

PGS, TS. VŨ HOÀI ÂN

Gia công tia lửa điện



CNC



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PGS. TS. Vũ Hoài Ân

GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN CNC

(Giáo trình dùng cho sinh viên, kỹ sư và học viên cao học
các ngành kỹ thuật)

In lần thứ hai



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI 2005

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS. TS. Tô Đăng Hải

Biên tập và sửa chế bản:

Diệu Thúy

Trình bày và chế bản:

Quang Hùng

Vẽ hình:

Phạm Văn Tước

Vẽ bìa:

Hương Lan

In 800 cuốn, khổ 16 x 24cm. Tại Xí nghiệp in Thương mại.
Giấy phép xuất bản: 469-98, Cục xuất bản cấp ngày 19/4/2004.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 3 năm 2005.

Lời nói đầu

Đổi mới công nghệ luôn luôn là nhu cầu cấp bách của mọi nền sản xuất và mọi quốc gia. Đối với nền công nghiệp cơ khí, các phương pháp công nghệ truyền thống như: đúc, rèn, dập, tiện, phay, mài v.v.... không còn đáp ứng được nhu cầu ngày càng cao của sự phát triển sản phẩm trong thời đại hiện đại nữa. Ngày nay trong sản xuất và đời sống xuất hiện ngày càng nhiều các sản phẩm hoặc chi tiết có hình dáng phức tạp hoặc được làm từ các vật liệu cứng rất khó gia công cắt gọt. Thực tế đó đòi hỏi phải phát triển các phương pháp công nghệ mới, trong đó có gia công tia lửa điện. Phương pháp này còn gọi là gia công EDM (Electrical Discharge Machining). Thực ra gia công tia lửa điện không phải là một phương pháp công nghệ rất mới đối với thế giới vì nó đã được áp dụng vào sản xuất được hơn nửa thế kỷ qua. Ngày nay, công nghệ này đã được hiện đại hoá cao, đến mức các máy gia công tia lửa điện đã được chế tạo hàng loạt và được trang bị các hệ thống điều khiển số CNC. Tây Âu, Bắc Mỹ và Nhật Bản là những trung tâm lớn, phát triển và xuất khẩu nhiều nhất các loại máy này. Các nước khác như Hàn Quốc, Đài Loan, Trung Quốc v.v... cũng đã có ngày càng nhiều các máy EDM của họ trên thị trường thế giới.

Trong khoảng một thập kỷ trở lại đây, công nghệ gia công EDM đã thâm nhập vào Việt Nam. Số lượng các cơ sở sản xuất và nghiên cứu ở nước ta nhập các máy gia công tia lửa điện ngày càng nhiều. Tuy nhiên việc đào tạo về công nghệ này chưa thực sự được quan tâm ở các trường đại học kỹ thuật và các Viện nghiên cứu.

Trong hoàn cảnh đó, việc viết và xuất bản một tài liệu giáo khoa về công nghệ gia công tia lửa điện là hết sức cần thiết vì ở Việt Nam cho đến nay chưa có một tài liệu nào tương tự được xuất bản. Trong các trường đại học Việt Nam cũng chưa có quyển sách nào về công nghệ này.

Tác giả hy vọng rằng, tài liệu "Gia công tia lửa điện CNC" này sẽ đóng vai trò là cuốn sách đầu tiên được sử dụng làm tài liệu giáo khoa trong các trường đại học kỹ thuật. Cuốn sách này là cần thiết đối với sinh viên, học viên cao học cũng như các kỹ sư, cán bộ khoa học công nghệ ngành cơ khí.

Do đây là cuốn sách đầu tiên được chúng tôi biên soạn về công nghệ gia công tia lửa điện nên chắc chắn còn có nhược điểm, thiếu sót. Tác giả

xin chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp của độc giả.

*Những ý kiến đóng góp xin gửi tới: Trung tâm đào tạo IMI - Viện
Máy và Dụng cụ công nghiệp - 46 Láng Hạ, Đống Đa - Hà Nội.*

Xin chân thành cảm ơn!

Tác giả

Chương 1

KHÁI QUÁT VỀ GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN

1.1. Sự xuất hiện của một công nghệ mới

Trong nửa thế kỷ qua, nhu cầu về các vật liệu cứng, lâu mòn và siêu cứng sử dụng cho tuabin máy điện, động cơ máy bay, dụng cụ, khuôn mẫu... tăng lên không ngừng ở các nước công nghiệp phát triển. Việc gia công những vật liệu đó bằng công nghệ cắt gọt thông thường (tiện, phay, mài v.v...) là vô cùng khó, đôi khi không thể thực hiện được.

Cách đây gần 200 năm, nhà nghiên cứu tự nhiên người Anh Joseph Priestley (1733 - 1809), trong các thí nghiệm của mình đã nhận thấy có một hiệu quả ăn mòn vật liệu gây ra bởi sự phóng điện. Nhưng mãi đến năm 1943, thông qua hàng loạt các nghiên cứu về tuổi bền của các thiết bị đóng điện, hai vợ chồng Lazarenko người Nga mới tìm ra cánh cửa dẫn tới công nghệ gia công tia lửa điện. Họ bắt đầu sử dụng tia lửa điện để làm một quá trình hót kim loại mà không phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu đó.

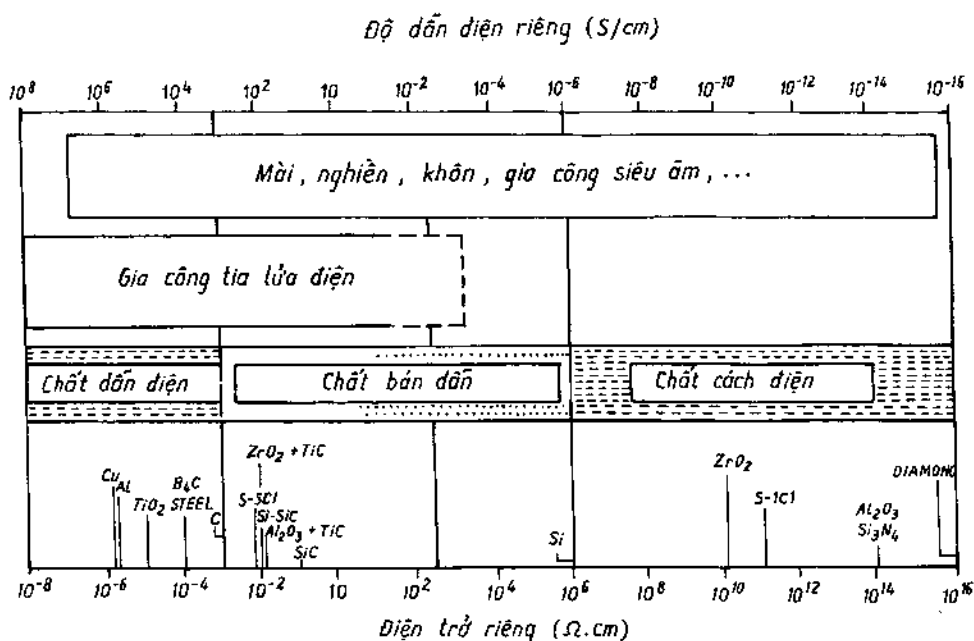
Khi các tia lửa điện được phóng ra, vật liệu mặt phôi sẽ bị hót đi bởi một quá trình điện - nhiệt thông qua sự nóng chảy và bốc hơi kim loại, nó thay cho tác động cơ học của dụng cụ vào phôi. Quá trình hót kim loại bằng điện nhiệt bởi sự phóng điện được gọi là "gia công tia lửa điện" - (nguyên gốc tiếng Anh là "Electrical Discharge Machining", gọi tắt là gia công EDM).

1.2. Đặc điểm của gia công tia lửa điện

Ba đặc điểm lớn của công nghệ này là :

- Điện cực (đóng vai trò dụng cụ) lại có độ cứng thấp hơn nhiều lần so với độ cứng của phôi. Nói nôm na là: lấy cái mềm để cắt cái cứng. Điện cực là đồng, graphit, còn phôi là thép đã tôi hoặc hợp kim cứng.
- Vật liệu dụng cụ và vật liệu phôi đều phải dẫn điện.
- Khi gia công phải sử dụng một chất lỏng điện môi, đó là một dung dịch không dẫn điện ở điều kiện bình thường.

Sơ đồ ở hình 1 cho ta một cái nhìn tổng quát về các vật liệu có thể được gia công bằng tia lửa điện.



Hình 1. Các vật liệu có thể gia công bằng tia lửa điện

Nguyên lý hót vật liệu bắt buộc phải theo là: vật liệu phải dẫn điện. Các vật liệu dẫn điện kém như gốm và kim cương cũng có thể gia công được. Ở kim cương, tự nó có thể tổng hợp 1 lớp cacbon dẫn điện trên bề mặt phôi.

Có hai phương pháp công nghệ gia công tia lửa điện được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp là:

- Gia công tia lửa điện dùng điện cực định hình, gọi tắt là phương pháp "xung định hình". Theo đó, điện cực là một hình không gian bất kỳ mà nó in hình của mình lên phôi tạo thành một lỗng khuôn (hình 2, a). Thuật ngữ tiếng Anh của phương pháp này là "EDM - Die sinking".

- Gia công tia lửa điện bằng cắt dây. Ở đây, điện cực là một dây mảnh ($d = 0,1 - 0,3\text{mm}$) được cuốn liên tục và được chạy theo một côngtua cho trước. Nó sẽ cắt phôi theo đúng côngtua đó. (hình 2, b). Thuật ngữ tiếng Anh của gia công tia lửa điện cắt dây là "EDM - Wire Cutting".

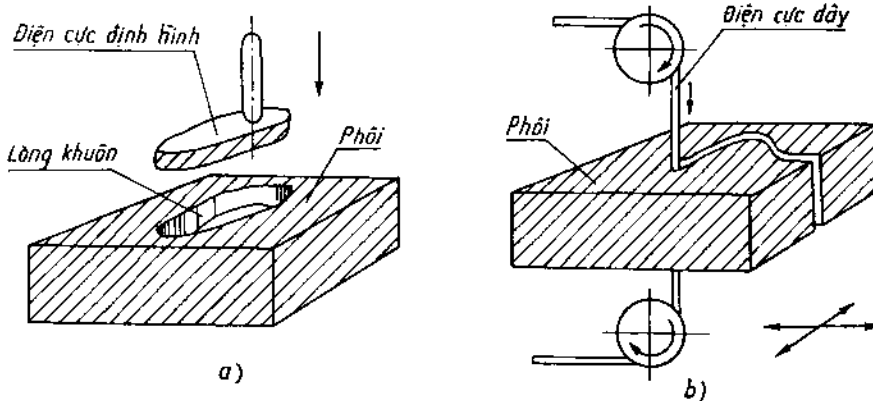
1.3. Sự tiến bộ của các máy gia công tia lửa điện

Các máy đầu tiên của thời kỳ những năm 50 - 60 của thế kỉ 20 ít tự động hóa và không tiện dùng lắm.

Ngày nay, với các thuật toán điều khiển mới, với các hệ thống điều khiển CNC cho phép gia công đạt năng suất và chất lượng cao mà không cần đến sự tham gia trực tiếp của con người. Các máy gia công tia lửa điện ngày nay được đặc trưng bởi mức độ tự động hóa cao.

Các hệ thống điều khiển CNC trên thị trường đã có tiến bộ rất nhiều, đặc biệt là máy cắt dây.

Các hệ điều khiển CNC trong nhiều năm qua đã có mặt ở các máy xung định hình, nhưng đã mất nhiều thời gian hơn để có thể tận dụng mọi khả năng của chúng. Các chuyển động hành tinh và chuyển động theo côngtua của một điện cực có hình dáng đơn giản cho phép gia công xung định hình các hình dáng phức tạp. Ưu điểm của phương pháp này là ở chỗ việc chế tạo điện cực sẽ rẻ hơn và nếu sử dụng điện cực quay thì điều kiện dòng chảy sẽ tốt hơn và điện cực ăn mòn đều hơn. Một trong những đề tài nghiên cứu chính đang được thực hiện ở Tây Âu và Nhật Bản là gia công 3 chiều đạt độ chính xác cao. Tuy nhiên họ vẫn chưa đạt được kết quả mong muốn.



Hình 2. Sơ đồ gia công a) xung định hình; b) cắt bằng dây

Sử dụng tối ưu công nghệ gia công tia lửa điện như một kỹ thuật sản xuất đòi hỏi phải áp dụng rất nhiều bí quyết công nghệ (Know how). Ngày nay có khuynh hướng đưa ra nhiều máy thông minh, chọn máy và điều chỉnh nhiều thông số mà người sử dụng đã đặt từ trước. Điều đó làm giảm

bớt các dữ liệu đầu vào mà người đứng máy phải quan tâm. Khuynh hướng này là mạnh nhất đối với máy cắt dây, ở đó các thuật toán điều khiển tạo được một lượng hết vật liệu tối ưu và làm giảm bớt nguy cơ đứt dây.

Ở các máy xung định hình, nhờ có hệ thống điều khiển CNC nên không cần phải dùng người đứng máy có kinh nghiệm mà vẫn đạt hiệu quả và chất lượng gia công cao. Điều kiện gia công (như sự thoát phoi) thay đổi rất nhiều trong gia công xung định hình, đến mức rất khó phát triển chiến lược điều khiển tùy chọn phù hợp với tất cả các hoàn cảnh. Một số nhà chế tạo máy (như MITSUBISHI) cung cấp những hệ thống điều khiển liên hệ ngược mà trong những điều kiện khó khăn nhất (như gia công lỗ tịt mà không có thoát phoi cưỡng bức) cũng cho kết quả tốt hơn so với kết quả nhận được do sự điều chỉnh các thông số của một người đứng máy có kinh nghiệm. Trong mọi trường hợp, hầu hết các máy đều có mức độ tự động hóa cho phép làm việc rất lâu không có người đứng máy, dù rằng không phải luôn luôn trong điều kiện tối ưu. Cùng với sự xâu dây tự động ở máy cắt dây, sự tách phoi, thay pallet (thường được cung cấp bởi các hãng chế tạo phụ tùng như hãng EROWA) và khả năng lập trình thì mức độ tự động hóa trong gia công tia lửa điện đã tăng lên rất nhiều.

1.4. Thị trường máy gia công tia lửa điện trên thế giới

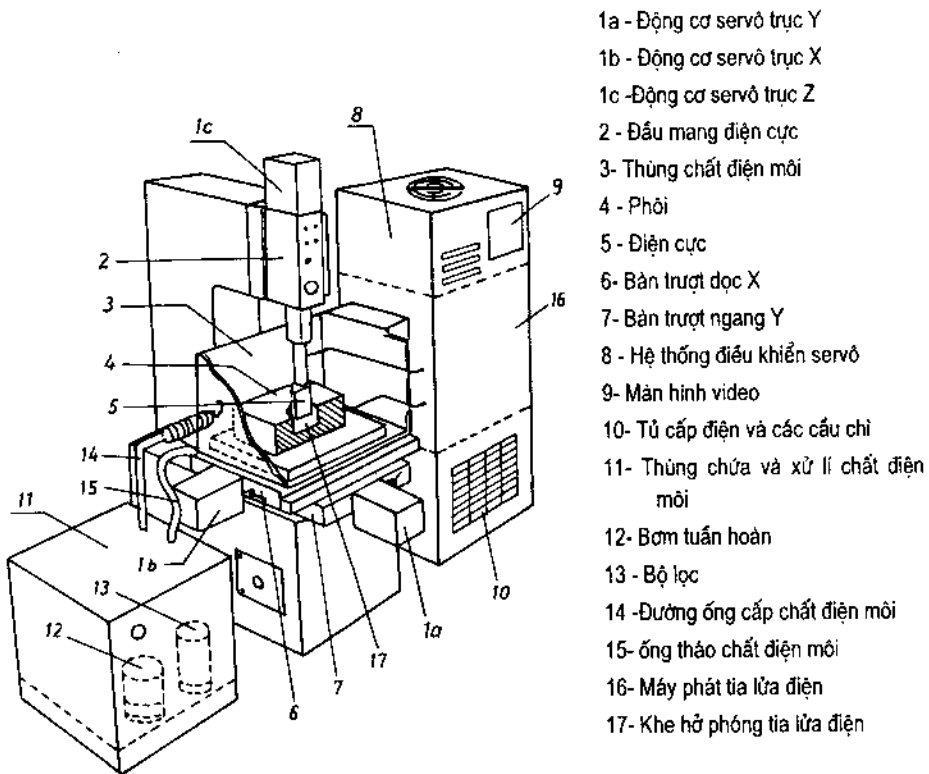
Việc bán các máy gia công tia lửa điện trên phạm vi thế giới tăng 6% mỗi năm và vào cuối những năm 90 là khoảng 12.000 máy một năm.

Nhật Bản là nước sản xuất và sử dụng nhiều máy gia công tia lửa điện nhất, chiếm 35% tổng số máy trên thị trường thế giới. Thứ hai là châu Âu với 30%, sau đó là Mỹ với 15% và Châu Á với 12% tổng số máy.

Phạm vi của các máy được buôn bán trên thị trường thế giới là rất rộng và đa dạng : từ những máy rất lớn (như máy NASSOVIA) đến máy rất nhỏ và đặc biệt để gia công tế vi, từ máy rẻ tiền, ít tự động hóa cỡ (10.000 ÷ 15.000) USD/máy của Trung quốc, Đài Loan, đến cỡ vài trăm ngàn USD/máy của Tây Âu và Nhật Bản hoàn toàn tự động hóa với các hệ thống CAD/ CAM hiện đại.

Đối với người sử dụng, điều quan trọng là phải xác định các yêu cầu cụ thể phù hợp với sản phẩm và quy mô sản xuất của mình và sau đó cần phân tích các tùy chọn sẵn có của các hãng sản xuất máy từ mọi góc độ để đưa ra quyết định đúng đắn nhất trước khi mua máy.

1.5. Sơ đồ một máy xung định hình



Hình 3. Sơ đồ một máy xung định hình

Máy xung định hình có 3 phần chính sau:

- Phần cơ khí
- Hệ thống tủ điện và điện tử điều khiển
- Cụm dung dịch điện môi.
- + Phần cơ khí bao gồm :
 - Khung máy tổng hợp.
 - Thùng chất điện môi cho phôi
 - Bàn kẹp phôi
 - Hệ thống lắp điện cực và điện cực
 - Các bàn trượt và bàn quay để tạo các chuyển động cần thiết.

+ Hệ thống điện, điện tử điều khiển bao gồm:

- Máy phát xung
- Hệ thống điều khiển quá trình phóng điện
- Hệ thống điều khiển CNC.

Hãng CHAMILLES đã sản xuất các máy mới trên thị trường. Chúng được khép kín hoàn toàn để đáp ứng các quy định của cộng đồng Châu Âu năm 1993. Hiện nay có khuynh hướng làm các máy gọn nhẹ hơn trước.

Các máy gia công tia lửa điện cắt bằng dây, về nguyên tắc cũng có 3 phần chính như trên. Tuy nhiên, phần cơ khí có một số kết cấu khác biệt so với máy xung định hình, để phù hợp với việc bố trí và điều khiển điện cực dây (xin xem thêm chương 9).

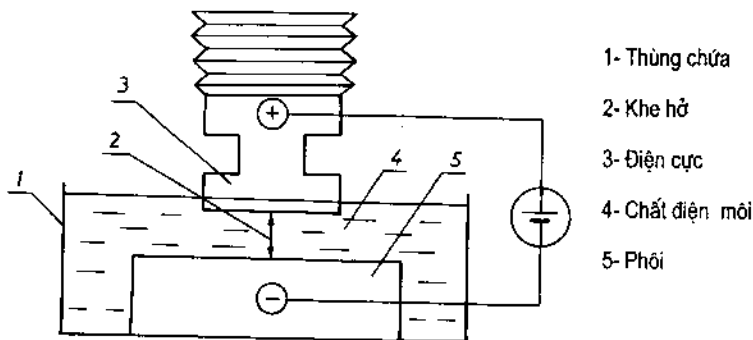
Chương 2

CƠ SỞ CÔNG NGHỆ GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN

2.1. Bản chất vật lý của quá trình phóng tia lửa điện.

Hiệp hội kỹ sư Đức (VDI) định nghĩa sự phóng tia lửa điện là " sự tách vật liệu nhờ tia lửa điện ". Vậy, vật liệu được tách ra như thế nào?

Một điện áp được đặt giữa điện cực và phôi. Ví dụ như ở hình 4.



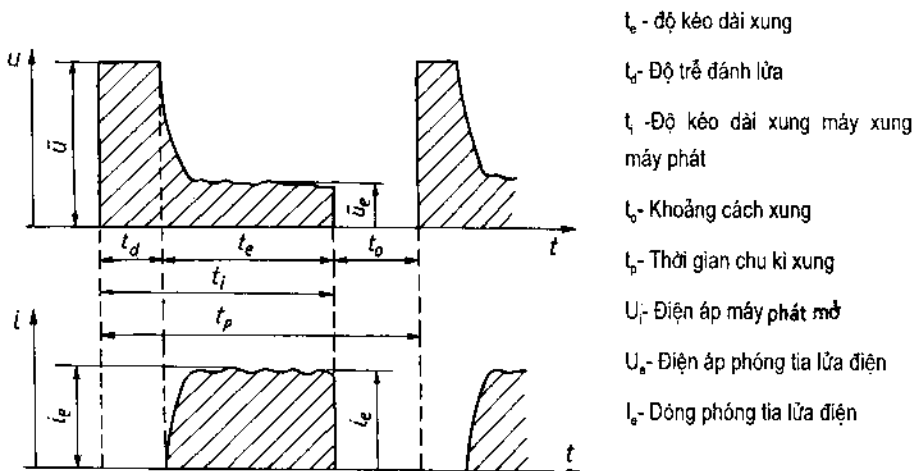
Hình 4. Sơ đồ nguyên lý gia công tia lửa điện

Không gian giữa 2 điện cực đó được điền đầy bởi một chất lỏng cách điện gọi là chất điện môi. (Dielectric).

Cho 2 điện cực áp lại gần nhau, đến một khoảng cách nào đó thì xảy ra sự phóng tia lửa điện. Một dòng điện xuất hiện 1 cách tức thời.

Khi phóng tia lửa điện, các điện cực không tiếp xúc với nhau. Nếu chúng chạm vào nhau thì sẽ không có tia lửa điện mà sẽ xảy ra một dòng ngắn mạch, có hại đối với quá trình gia công. Nếu khe hở lớn quá thì lại không thể xảy ra sự phóng tia lửa điện, làm giảm năng suất gia công.

Đồ thị ở hình 5 cho thấy diễn biến của điện áp và dòng điện ở một máy xung định hình, được sinh ra bởi một máy phát tĩnh, trong những khoảng thời gian xác định của một chu kỳ xung. Đây là đồ thị điển hình của chu kỳ xung trong gia công tia lửa điện. Đặc điểm của đồ thị này là dòng điện i_c của xung bao giờ cũng xuất hiện trễ hơn một khoảng thời gian t_d (độ trễ đánh lửa) so với thời điểm bắt đầu có điện áp máy phát u_p . u_c và i_c là các giá trị trung bình của điện áp và dòng điện khi phóng tia lửa điện.



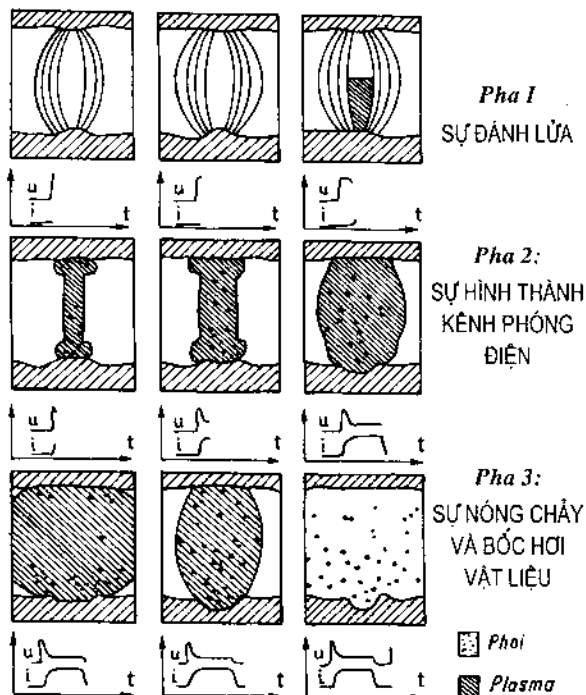
Hình 5. Đồ thị điện áp và dòng điện trong một xung phóng điện

Ở hình 6, có thể phân biệt 3 pha trong một chu kỳ phóng tia lửa điện.

Pha 1 : Đánh lửa

Máy phát tăng điện áp khởi động qua một khe hở (đóng điện áp máy phát u_i). Dưới ảnh hưởng của điện trường, từ cực âm (catôt) bắt đầu phát ra các điện tử và chúng bị hút về phía cực dương (anôt). Sự phát điện tử gây ra sự tăng cục bộ tính dẫn điện của chất điện môi ở khe hở.

Các bề mặt của 2 điện cực không hoàn toàn phẳng. Điện trường sẽ mạnh nhất ở hai điểm gần nhau nhất. Chất điện môi bị iôn hóa. Tất cả các phần tử dẫn điện (điện tử và iôn dương) đều hội tụ quanh



Hình 6. Các pha trước và sau khi phóng tia lửa điện

điểm này trong khoảng không gian ở giữa hai điện cực và chúng tạo nên một cái cầu. Một kênh phóng điện đột nhiên được hình thành ngang qua cầu. Sự phóng điện được bắt đầu.

Pha II: Sự hình thành kênh phóng điện

Ở thời điểm phóng điện, điện áp bắt đầu giảm (hình 5). Số lượng các phân tử dẫn điện (điện tử và ion dương) tăng lên một cách khủng khiếp và dòng điện bắt đầu chạy giữa các điện cực. Dòng điện này cung cấp một mật độ năng lượng khổng lồ làm cho dung dịch điện môi bốc hơi cục bộ. Áp suất trong các bong bóng hơi sẽ đẩy chất lỏng điện môi sang hai bên. Nhưng do có độ nhớt nên chất điện môi tạo ra một sự cản trở, hạn chế sự lớn lên của kênh phóng điện giữa các điện cực.

Pha III: Nóng chảy và bốc hơi vật liệu

Lõi của bọt hơi bao gồm một kênh plasma. Plasma này là một chất khí có lẫn các điện tử và các ion dương ở áp suất rất cao (khoảng 1kbar) và nhiệt độ cực lớn (10.000°C). Khi kênh plasma này được tạo thành đầy đủ thì điện áp qua khe hở đạt tới mức của điện áp phóng tia lửa điện Ue. Giá trị của điện áp Ue là một hằng số vật lý phụ thuộc vào sự phối hợp vật liệu anốt/catốt và bằng 25V đối với cặp vật liệu đồng/ thép.

Chất điện môi giữ kênh plasma và cũng là giữ cho năng lượng có một độ tập trung cục bộ. Sự va chạm của các điện tử lên anốt và của các ion dương lên catốt làm nóng chảy và bốc hơi các điện cực.

Máy phát sẽ ngắt dòng điện sau khi đã diễn ra một xung có hiệu quả. Điện áp bị ngắt đột ngột. Kênh phóng điện biến mất. Áp suất cũng bị mất đột ngột. Điều này khiến cho kim loại nóng chảy bất ngờ, bị đẩy ra khỏi kênh phóng điện và bốc hơi.

Sự phóng điện có thể kéo dài từ vài micro giây đến vài trăm micro giây, tùy thuộc vào công dụng. Giữa các xung có một độ trễ t_0 (là thời gian giữa các xung), cho phép chất điện môi thời ion hóa và để có thời gian vận chuyển phôi ra khỏi khe hở giữa các điện cực nhờ dòng chảy của chất điện môi. Ở đây, chất điện môi của vật liệu điện cực bị tách ra. Mỗi bề mặt điện cực đều để lại một "miệng núi lửa" bị ăn mòn, nhưng sự ăn mòn này không như nhau. Cực nào ăn mòn nhiều hơn (thường là cực dương) thì sẽ dành cực đó cho phôi. Cực nào ít ăn mòn sẽ được dành cho điện cực. Điều này không phải là luôn luôn cố định. Nó còn phụ thuộc vào chế độ phóng điện, vào việc chọn cặp vật liệu và sự đấu cực.

2.2. Cơ cấu tách vật liệu

Các đặc tính tách vật liệu đầu tiên phụ thuộc vào năng lượng tách vật liệu. Nếu gọi năng lượng tách vật liệu là W_e thì ta có đẳng thức sau :

$$W_e = U_e \cdot I_e \cdot t_e$$

Trong đó : U_e , I_e , là các giá trị trung bình của điện áp và dòng tia lửa điện được lấy trong khoảng thời gian xung. Do U_e là một hằng số vật lý phụ thuộc vào cặp vật liệu điện cực/phôi nên về thực chất , năng lượng tách vật liệu chỉ phụ thuộc vào dòng điện và thời gian xung

Dòng điện tổng cộng trong kênh plasma qua khe hở phóng điện là tổng của dòng các điện tử chạy tới cực dương (anôt) và dòng các ion dương chạy tới cực âm (catôt). Do khối lượng của các ion dương lớn hơn trên 100 lần so với khối lượng của các điện tử, nên có thể bỏ qua tốc độ của các ion dương khi xuất phát các xung điện so với tốc độ của điện tử.

Mật độ điện tử tập trung tới bề mặt cực dương (anôt) cao hơn nhiều lần so với mật độ ion dương tập trung tới bề mặt cực âm (catôt) trong khi mức độ tăng của dòng điện rất lớn trong khoảng khắc đầu tiên của sự phóng điện. Điều này là nguyên nhân gây ra sự nóng chảy rất mạnh ở cực dương (anôt) trong chu kỳ này.

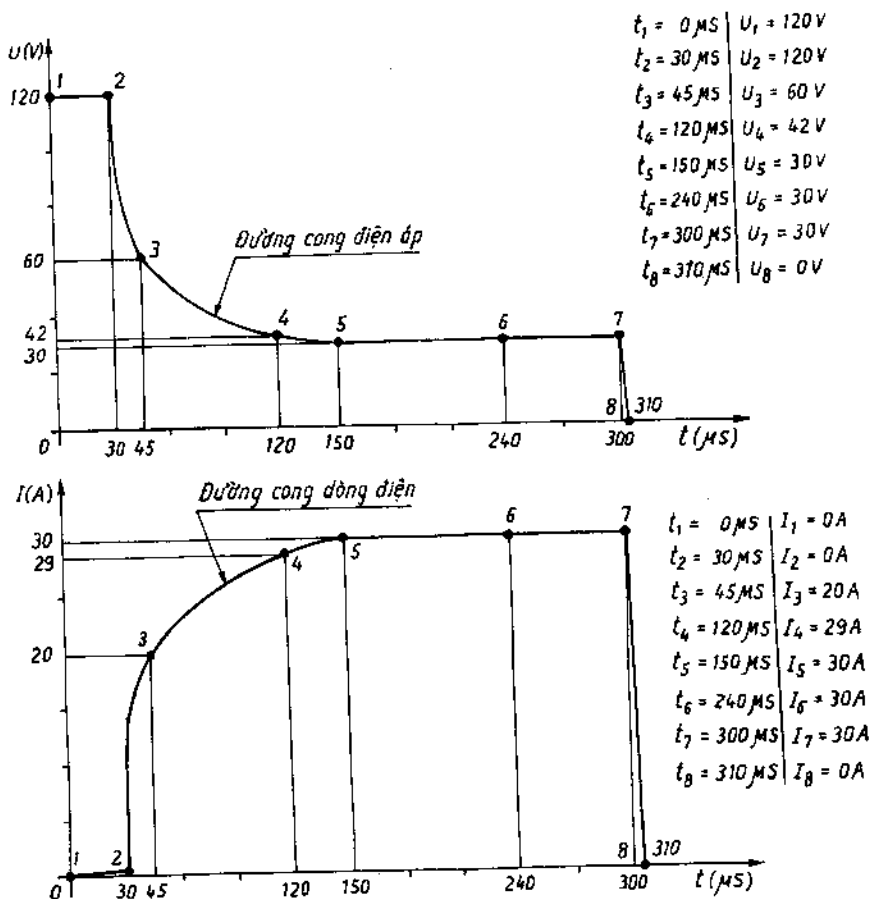
Dòng ion dương chỉ đạt tới cực âm (catôt) trong micro giây đầu tiên. Các ion dương gây ra sự nóng chảy và bốc hơi của vật liệu catôt. Do đó có hiện tượng điện cực bị mòn.

Vật liệu điện cực khi tiếp xúc với plasma này ở một pha có áp lực cao tới 1 kbar và nhiệt độ cực cao tới 10.000°C trong kênh plasma.

Một lý do quan trọng của sự tổng ra vật liệu bị chảy lỏng là sự đột ngột biến mất của kênh plasma khi dòng điện bị ngắt. Ngay tức khắc áp suất tụt xuống bằng áp suất xung quanh sau khi ngắt dòng điện. Nhưng nhiệt độ của chất lỏng lại không tụt nhanh như thế. Điều này gây ra sự nổ và bốc hơi của chất lỏng nóng chảy hiện có. Tốc độ cắt dòng điện và mức độ sụt của xung dòng điện sẽ quyết định tốc độ sụt áp suất và sự bắt buộc nổ vật liệu chảy lỏng. Thời gian sụt của dòng điện là yếu tố quyết định đối với độ nhám bề mặt gia công.

Vì lượng vật liệu được hút đi phụ thuộc vào điện áp, cường độ dòng điện và thời gian nên người ta có thể nghiên cứu một cách chính xác tuần tự theo thời gian của điện áp và dòng điện trong lúc phóng tia lửa điện. Người ta đo điện áp và dòng điện ở các khoảng thời gian đã cho từ thời điểm đóng điện ($t = 0$) đến thời điểm ngắt điện (nghĩa là, vào khoảng $t = 300 \mu\text{s}$).

Từ một loạt các điểm đánh dấu đo lường được thiết lập cho quan hệ thời gian/ điện áp và thời gian/dòng điện, có thể hình dung cụ thể diễn biến của quá trình phóng tia lửa điện theo hình 7.



Hình 7. Diễn biến của một quá trình phóng tia lửa điện

2.3. Đặc tính về điện của sự phóng tia lửa điện

Dựa vào các đặc tính thời gian của sự phóng tia lửa điện người ta có thể nhận ra các đặc tính về điện. Các đặc tính này chính là các thông số điều chỉnh quan trọng nhất của quá trình gia công.

Mỗi máy phát của thiết bị gia công tia lửa điện đều có nhiệm vụ là cung cấp năng lượng làm việc cần thiết. Trước đây người ta sử dụng các máy phát có tụ bù. Nhược điểm của loại máy này là 50% của năng lượng tích trữ trong điện trở nạp bị biến thành nhiệt. Vì vậy, loại máy này chỉ có

hiệu suất khoảng 50%. Ngày nay các tụ bù này chỉ còn được sử dụng trong các bộ ngắt xung để thực hiện tối ưu việc gia công đơn giản.

Máy phát hiện đại của một thiết bị gia công tia lửa điện là một máy phát xung tĩnh. Ở đây năng lượng được điều khiển bằng điện tử nhưng không có yếu tố bù. Nguyên lý tác dụng của máy phát xung tĩnh thực hiện được trước hết thông qua sự phát triển của transistor mạnh và các sản phẩm điện tử hiện đại. Máy phát xung tĩnh có ưu việt lớn ở độ linh hoạt của các thông số điều chỉnh. Qua đó môi trường hợp gia công có thể được giải quyết dưới quan điểm là điện cực phải ít mòn nhất và chất lượng bề mặt gia công là tối ưu. Muốn vậy, tất cả các thông số của quá trình gia công phải được điều chỉnh cho phù hợp.

Các thông số đó gồm có:

- Điện áp đánh lửa U_z :

Đây là điện áp cần thiết để dẫn tới sự phóng tia lửa điện. Nó được cung cấp cho điện cực và phôi khi máy phát được đóng điện, gây ra sự phóng tia lửa điện để đốt cháy vật liệu. Điện áp đánh lửa U_z càng lớn thì phóng điện càng nhanh và cho phép khe hở phóng điện càng lớn.

- Thời gian trễ đánh lửa t_d

Đó là thời gian giữa lúc đóng điện máy phát và lúc xảy ra phóng tia lửa điện. Khi đóng điện máy phát, lúc đầu chưa xảy ra điều gì. Điện áp duy trì ở giá trị của điện áp đánh lửa U_z , dòng điện vẫn bằng không. Sau một thời gian trễ t_d mới xảy ra sự phóng tia lửa điện. Dòng điện từ zêrô vọt lên giá trị I_c .

- Điện áp phóng tia lửa điện U_c :

Khi bắt đầu phóng tia lửa điện thì điện áp sụt từ U_z xuống giá trị U_c . Đây là điện áp trung bình trong suốt thời gian phóng tia lửa điện. U_c là một hằng số vật lý phụ thuộc vào cặp vật liệu điện cực/ phôi. U_c không điều chỉnh được.

- Dòng phóng tia lửa điện I_c :

Dòng điện I_c là giá trị trung bình của dòng điện từ khi bắt đầu phóng tia lửa điện đến khi ngắt điện. Khi bắt đầu phóng tia lửa điện, dòng điện từ zêrô tăng mạnh lên giá trị I_c , kèm theo sự đốt cháy. I_c ảnh hưởng lớn nhất lên lượng hót vật liệu, lên độ mòn điện cực lên và chất lượng bề mặt gia công. Nhìn chung, I_c càng lớn thì lượng hót vật liệu càng lớn, độ nhám gia công càng lớn, nhưng độ mòn điện cực giảm.

- Thời gian phóng tia lửa điện t_c .

t_c là khoảng thời gian giữa lúc bắt đầu phóng tia lửa điện và lúc ngắt

điện, tức thời gian có dòng điện I_e trong một lần phóng điện.

- Độ kéo dài xung t_i

Đây là khoảng thời gian giữa hai lần đóng - ngắt của máy phát trong cùng một chu kỳ phóng tia lửa điện. Độ kéo dài xung t_i là tổng của thời gian trễ đánh lửa t_d và thời gian phóng tia lửa điện t_e :

$$t_i = t_d + t_e$$

Độ kéo dài xung ảnh hưởng lên :

+ Tỷ lệ hót vật liệu

+ Độ mòn điện cực

+ Chất lượng bề mặt gia công

- Khoảng cách xung t_0

Đây là khoảng thời gian giữa 2 lần đóng ngắt của máy phát giữa 2 chu kỳ xung kế tiếp nhau. t_0 còn được gọi là độ kéo dài nghỉ của xung.

Phải giữ cho t_0 nhỏ như có thể được để có thể đạt một lượng hót vật liệu tối đa. Nhưng khoảng cách xung t_0 lại phải đủ lớn để có đủ thời gian thối iôn hóa chất điện môi trong khe hở phóng điện. Nhờ đó sẽ tránh được các lỗi của quá trình như sự tạo hồ quang hoặc dòng điện ngắn mạch. Cũng trong thời gian của khoảng cách xung t_0 , dòng chảy sẽ đẩy các vật liệu đã bị ăn mòn ra khỏi khe hở phóng điện.

2.4. Lượng hót vật liệu

- Năng lượng phóng tia lửa điện và lượng hót vật liệu

Các yếu tố tác động lên lượng hót vật liệu là:

+ Điện áp phóng tia lửa điện U_e

+ Dòng phóng tia lửa điện I_e

+ Thời gian phóng tia lửa điện t_e

Từ đẳng thức của năng lượng phóng tia lửa điện : $W_e = U_e \cdot I_e \cdot t_e$

Ta thấy rằng, dưới điện kiện bình thường thì khi U_e , I_e , t_e càng lớn thì năng lượng phóng tia lửa điện càng lớn.

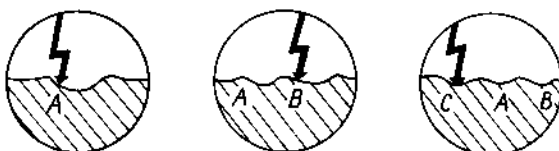
Trong thực tế, lượng hót vật liệu có thể được xác định qua các thông số điều chỉnh là : I , t_p , t_0 , và U_z .

- Sự đồng đều khi hút vật liệu

Khi xảy ra sự phóng tia lửa điện, trên bề mặt phôi xuất hiện 1 "miệng núi lửa" rất nhỏ ở 1 điểm A nào đó có khoảng cách gần nhất tới điện cực (vì thực tế là mặt phôi không bao giờ bằng phẳng tuyệt đối (xem hình 8)

Khi nguồn điện áp được đóng ngắt một lần nữa, sẽ lại xảy ra phóng tia lửa điện, nhưng ở một vị trí khác, ví dụ, vị trí B.

Khi máy phát đóng - ngắt liên tục thì sự phóng tia lửa điện sẽ sản sinh ra một loạt "miệng núi lửa" kế tiếp nhau. Nhờ đó, vật liệu được hút đi một cách đồng đều trên bề mặt.



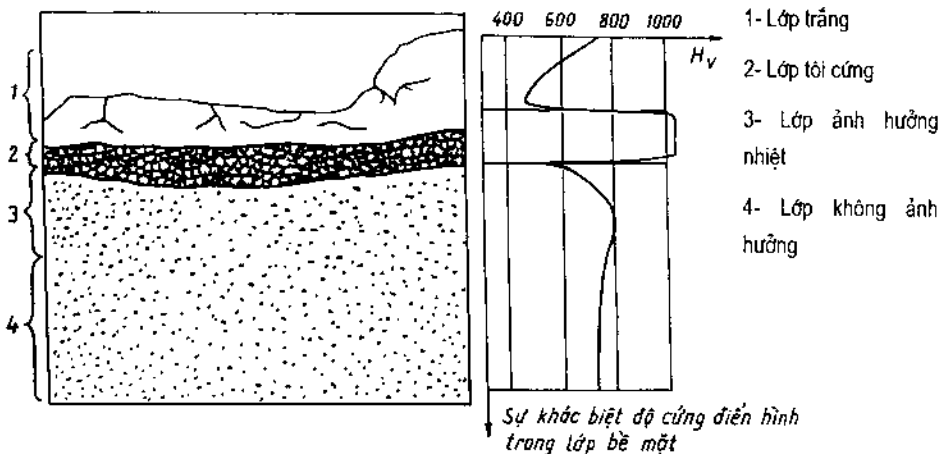
Hình 8. Các "miệng núi lửa" được hình thành liên tiếp

Bề mặt được gia công tia lửa điện sẽ hình thành do sự tạo nên các "miệng núi lửa" li ti đó. Nếu năng lượng phóng điện được giảm một cách phù hợp thì "miệng núi lửa" sẽ có kích thước cực nhỏ và ta nhận được một bề mặt có độ bóng cao.

2.5. Chất lượng bề mặt khi gia công tia lửa điện

Chất lượng bề mặt là một khái niệm tổng hợp, bao gồm:

- + Độ nhám bề mặt
- + Vết nứt tế vi trên bề mặt
- + Cách ảnh hưởng nhiệt ở lớp bề mặt.



Hình 9. Vùng ảnh hưởng nhiệt của bề mặt phôi

Về độ nhám bề mặt, khi gia công thô sẽ có độ nhám lớn, tạo ra bề mặt thô, xù xì. Khi gia công tinh sẽ nhận được bề mặt có độ nhám nhỏ, bề mặt tinh, nhẵn. Bề mặt càng thô thì càng giảm đặc tính chống mài mòn cơ học và tăng nguy cơ bị ăn mòn hoá học.

Để xác định độ nhám, người ta đo giá trị độ nhám cực đại $R_{\max}$ (tức chiều cao lớn nhất giữa các đỉnh và các thung lũng của nhấp nhô bề mặt) và độ nhám trung bình R_a (tức giá trị trung bình số học của tất cả các nhấp nhô bề mặt. Cần chú ý rằng, không bao giờ được nhầm lẫn giữa R_a và $R_{\max}$).

- Về vết nứt tế vi và các lớp ảnh hưởng nhiệt, người ta có thể mài một mặt cắt của mẫu thử để soi và chụp ảnh trên kính hiển vi kim tương. Sau khi gia công thô có thể thấy rõ các vết nứt tế vi và một vùng bị ảnh hưởng nhiệt (hình 9)

Hình 9 cho thấy rõ cấu trúc các lớp bề mặt phôi và sự thay đổi độ cứng của chúng theo chiều sâu.

Phân biệt các lớp và các cấu trúc sau đây:

1. Lớp trắng, đó là lớp kết tinh lại, với các vết nứt tế vi do ứng suất dư vì nóng lạnh đột ngột lặp đi lặp lại. Độ kéo dài xung t_e càng lớn thì lớp này càng dày.

2. Lớp bị tôi cứng, với cấu trúc tròn, lớp này có độ cứng tăng vọt (trên 1000 HV) so với kim loại nền.

3. Lớp bị ảnh hưởng nhiệt, do nhiệt độ ở đây đã vượt quá nhiệt độ ôstênit ($Fe - Fe_3C$) trong một thời gian ngắn. Độ cứng của lớp này giảm so với lớp tôi cứng, còn khoảng dưới 800 HV.

4. Dưới cùng là lớp không bị ảnh hưởng nhiệt. Nó trở lại độ cứng bình thường của vật liệu nền.

Các lớp ở vùng 1 và vùng 2 (hình 9) có ảnh hưởng rất xấu như:

- Các vết nứt tế vi và ứng suất dư làm giảm độ bền mỏi của vật liệu, chi tiết.

- Lớp trắng gây khó khăn để lắng đọng một lớp phủ dính bám, ví dụ, phủ TiN.

- Lớp tôi cứng với cấu trúc giòn dễ phá hỏng chi tiết khi làm việc chịu tải trọng va đập.

Để khắc phục các ảnh hưởng xấu nói trên của lớp bề mặt, khi gia công tia lửa điện nên sử dụng nhiều bước gia công kế tiếp nhau: gia công

thô, bán tinh và tinh. Nhờ đó, không những giảm được độ nhám bề mặt, mà còn lấy đi được vùng bị ảnh hưởng nhiệt với các lớp trắng và lớp tôi cứng.

Ngay trong lúc gia công thô người ta cũng có thể giảm được vùng ảnh hưởng nhiệt do sử dụng các xung có hình dáng đặc biệt hoặc sử dụng kỹ thuật tổng hợp như gia công tia lửa điện kết hợp với gia công bằng siêu âm.

2.6. Độ chính xác tạo hình khi gia công tia lửa điện

Gia công tia lửa điện điều khiển xung định hình là một phương pháp gia công in hình. Độ chính xác in hình phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

- Độ chính xác của máy (độ ổn định về cơ, độ chính xác vị trí, hệ thống chạy dao các bàn trượt).
- Các thông số điều chỉnh về điện khi gia công (U_e , I_e , t_e , v.v...).
- Tính chất của điện cực (vật liệu điện cực, độ chính xác kích thước...)
- Độ chính xác lập trình (độ chính xác của quỹ đạo dụng cụ được lập trình) v.v...

Về độ chính xác của máy, trước hết nhà chế tạo phải quan tâm bố trí máy cho tối ưu. Điều này nhà chế tạo chỉ có thể ảnh hưởng ở mức độ giới hạn vì phải quan tâm đến quan hệ về giá thành, công suất hoặc độ lớn chấp nhận được của máy. Người sử dụng cũng cần quan tâm những điều kiện phù hợp như nhiệt độ trong phòng và việc giữ cho nhiệt độ của chất điện môi là hằng số.

Người sử dụng phải chịu trách nhiệm về các thông số điều chỉnh. Vì gia công xung định hình là phương pháp in hình nên độ không chính xác của điện cực sẽ được in lên phôi. Không bao giờ đạt được độ chính xác của phôi cao hơn độ chính xác của điện cực.

Bên cạnh ảnh hưởng của sai số vị trí, của độ mòn điện cực và sự phát triển nhiệt thì khe hở phóng điện có ảnh hưởng quan trọng lên độ chính xác gia công. Chiều rộng của khe hở phóng điện thường được kiểm tra bằng cách so sánh điện áp trung bình được đo qua khe hở phóng điện với một điện áp gốc đặt trước. Nếu có một sự khác nhau trong hai điện áp này thì cơ cấu servô sẽ điều chỉnh khoảng cách khe hở phóng điện.

Tình trạng của chất điện môi cũng có ảnh hưởng quan trọng lên điện áp được đo. Với một mật độ của vật liệu được hút đi có mặt trong khe hở

phóng điện lớn hơn so với khi chất điện môi loãng, thì sự có mặt của các phần tử dẫn điện sẽ làm tăng cường độ từ trường đối với cùng một chiều rộng khe hở phóng điện. Từ đó đưa đến sự khác nhau giữa chiều rộng khe hở phóng điện mặt bên và mặt trước.

Khe hở phóng điện mặt bên là khoảng cách giữa phôi và mặt bên của điện cực, nơi mà chỉ có sự phóng điện rời rạc. Định nghĩa đầy đủ và rõ ràng về các loại khe hở phóng điện được trình bày ở chương 5.

- Độ chính xác lập trình không chỉ phụ thuộc vào người sử dụng mà còn phụ thuộc vào nhà sản xuất máy. Ví dụ, khi lập trình cho gia công theo một đường cong nào đó, người lập trình phải tận dụng mọi khả năng điều khiển của máy để miêu tả đường cong đó đúng như nó có thể có được. Mặt khác, nhiệm vụ của nhà chế tạo là phải cung cấp một hệ điều khiển có khả năng thực hiện chính xác các đường cong cho trước một cách có hiệu quả.

Tóm lại độ chính xác khi gia công xung định hình được tổng hợp trong bảng 2.1:

Bảng 2.1

Độ chính xác của máy	Thông số làm việc
- Độ ổn định của máy	- Vật liệu phôi
- Độ ổn định chống rung	- Số lượng điện cực
- Độ ổn định nhiệt	- Cường độ dòng điện
- Độ chính xác các vạch đo	- Độ kéo dài xung t_1
- Tư thế của các truyền động	- Khoảng cách xung t_0
- Sự bố trí của máy	- Điện áp làm việc
- Nhiệt độ trong phòng	- Điều chỉnh chạy dao
- Dung dịch điện môi	- Độ mòn điện cực
- Nhiệt độ dung dịch điện môi	

Độ chính xác điện cực	Độ chính xác lập trình
- Vật liệu điện cực	- Độ chính xác điều khiển theo 1 đường cong
- Đồ gá kẹp chặt điện cực	- Độ chính xác mà nhờ đó có thể lập trình một đường cong.
- Lượng dư của điện cực	- Việc lập chọn chuẩn tọa độ
- Khả năng giữ được kích thước	
- Tính chất bề mặt	
- Sự sạch rửa điện cực	

2.7. Sự mòn điện cực

Quá trình gia công xung định hình không được thực hiện với sự hót vật liệu của một lớp riêng lẻ. Vật liệu được hót đi từ phôi cho đến khi khe hở giữa điện cực và phôi lớn đến mức không thể xảy ra sự phóng điện nữa. Nếu điện cực tịnh tiến đều để duy trì được chiều rộng khe hở ban đầu thì nó sẽ gia công ngày càng sâu hơn vào vật liệu phôi tạo ra 1 âm bản của điện cực ở trong phôi.

Đến đây ta đã hiểu vật liệu phôi được hót đi như thế nào và biết rằng quá trình đó có thể được điều chỉnh qua một số thông số điều chỉnh.

Tuy nhiên, trong quá trình gia công, chính điện cực cũng bị hót đi một lớp mỏng vật liệu của nó, tuy rất nhỏ so với lượng hót vật liệu phôi. Sự hót vật liệu từ điện cực này là không mong muốn vì nó gây ra độ mòn điện cực.

Có thể giữ cho độ mòn điện cực là nhỏ nhất bằng cách chọn phù hợp vật liệu điện cực và phôi và xác định sự đấu cực phù hợp. Việc chọn các tham số ăn mòn điện cực cũng tác động lên độ mòn điện cực. Độ không chính xác khi gia công cũng thường là kết quả của độ mòn điện cực.

Người ta xác định một thông số gọi là " độ mòn tương đối" θ của điện cực:

$$\theta = \frac{V_E}{V_{W_1}} \cdot 100\%$$

Trong đó: V_E là thể tích vật liệu bị mất đi ở điện cực.

V_W là thể tích vật liệu phôi được hót đi.

Ảnh hưởng lên độ mòn tương đối θ của điện cực có các yếu tố sau:

- + Sự phối hợp vật liệu điện cực/ phôi
- + Dòng điện I_e , hay bước dòng điện
- + Độ kéo dài xung
- + Sự đấu cực.

Để độ mòn điện cực là tối thiểu, người vận hành máy phải có hiểu biết chi tiết về các nguyên nhân của nó.

- Giá trị độ mòn được xác định chủ yếu bởi sự phối hợp vật liệu điện cực / phôi. Độ mòn điện cực trong trường hợp cặp vật liệu graphit/cacbit cao hơn thực sự so với trường hợp vonfram - đồng /cacbit.

- Sự đấu cực là yếu tố quyết định thứ hai sau khi đã chọn sự phối hợp vật liệu điện cực / phôi. Ta sẽ tìm thấy các chỉ dẫn về sự đấu cực trong các bảng về điện cực được ghi cùng với vật liệu phôi, lượng hơi vật liệu và độ mòn điện cực.

- Dòng điện I_e hay bước dòng điện cũng tác động lên độ mòn điện cực. Trong trường hợp của hai sự phối hợp vật liệu thông dụng nhất là đồng/ thép và graphit / thép thì độ mòn tương đối θ của điện cực sẽ giảm khi tăng dòng điện I_e , hoặc tăng bước dòng điện. Bước dòng điện là một thông số dùng để sử dụng thay cho dòng phóng tia lửa điện I_e . Phụ thuộc vào từng kiểu máy xung định hình mà dòng phóng tia lửa điện I_e được điều chỉnh ở 18 hoặc 21 bước xác định.

Các bước dòng điện $I_e = (0,5 \div 80)A$.

Ví dụ: 0,5A..... 80A



bước dòng điện = 1



bước dòng điện = 21

Ví dụ, khi gia công thô, cặp vật liệu điện cực/ phôi là đồng / thép, dùng bước dòng điện lớn, thì độ mòn tương đối của điện cực là

$$\theta_{tho} = (0,5 \div 3)\%.$$

Nhưng khi gia công tinh, với bước dòng điện nhỏ thì độ mòn tương đối của điện cực là: $\theta_{tinh} = (5 \div 10)\%$.

Đối với sự phối hợp vật liệu graphit/ thép, nếu bước dòng điện tăng thì nên thay đổi sự đấu cực để tăng lượng hơi vật liệu:

- Gia công tinh: điện cực đấu vào cực dương.

- Gia công thô: điện cực đấu vào cực âm.

Độ kéo dài xung t_e cũng ảnh hưởng lên độ mòn tương đối θ của điện cực. Trong trường hợp cặp vật liệu đồng/ thép và graphit/thép, độ mòn tương đối θ sẽ giảm khi tăng độ kéo dài xung t_e . Đối với các cặp vật liệu khác cần xem bảng chỉ dẫn.

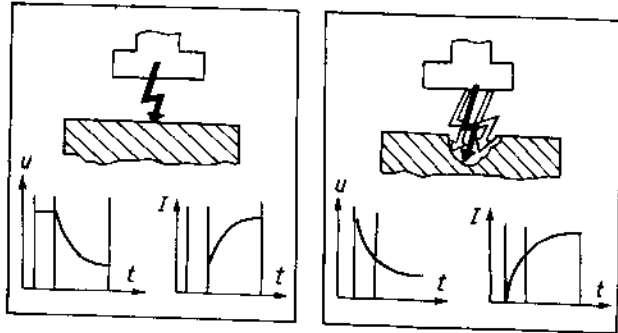
2.8. Các hiện tượng xấu khi gia công tia lửa điện

Khi so sánh các đường đặc tính điện áp/ thời gian và dòng điện / thời gian ở trường hợp phóng điện lý tưởng với các trường hợp khác, sẽ dễ dàng nhận thấy các hiện tượng xấu đó cần phải được hiểu rõ để biết nguyên nhân phát sinh ra chúng và khắc phục chúng, tạo điều kiện nâng cao hiệu quả gia công và đạt chất lượng bề mặt gia công hoàn hảo.

+ *Hồ quang* (sự phóng điện không có thời gian trễ đốt cháy)

Sự phóng điện lặp lại ở cùng một chỗ mà không có thời gian trễ đốt cháy t_d được gọi là hồ quang điện (hình 10,b). Nó có thể được phát hiện khi đo và kiểm tra máy phát nhờ hệ thống điện tử dựa vào các đường đặc tính thời gian của đường cong điện áp.

Nguyên nhân của hồ quang: theo sự phóng điện có một số lớn các phần tử vật liệu lơ lửng trong chất điện môi phía trên các "miệng núi lửa" đã bị ăn mòn điện. Hơn nữa có một số ion vẫn còn ở bên trên các



a) Phóng điện lí tưởng

b) Hồ quang

Hình 10. Hiện tượng hồ quang điện

"miệng núi lửa". Chính sự tồn tại của các ion này gây ra hồ quang, trước khi chúng bị mất điện và bị đẩy ra khỏi khe hở phóng điện bởi dòng điện chất điện môi. Hồ quang xảy ra ở khoảng cách giữa các xung.

Nếu khoảng cách xung quá ngắn thì một cầu tia lửa điện được tập hợp bởi các ion và các phần tử bị ăn mòn điện vẫn được duy trì, xung tiếp theo sẽ xảy ra lập tức và đốt cháy ở cùng một điểm với xung có trước. Như vậy, một sự phóng điện liên tiếp lặp đi lặp lại sẽ xảy ra ở cùng một điểm của phôi. Khi đó sẽ không xảy ra các miệng "núi lửa" ăn mòn liên tiếp bên cạnh nhau, mà sẽ tạo ra 1 lỗ sâu trên bề mặt phôi. Cả điện cực và phôi đều bị hư hại và chúng không thể sử dụng được nữa.

Tóm lại, hồ quang sẽ xảy ra khi:

- Dòng chảy của chất điện môi quá yếu .

- Khoảng cách xung t_0 quá ngắn.

+ *Ngắn mạch, sụt áp.*

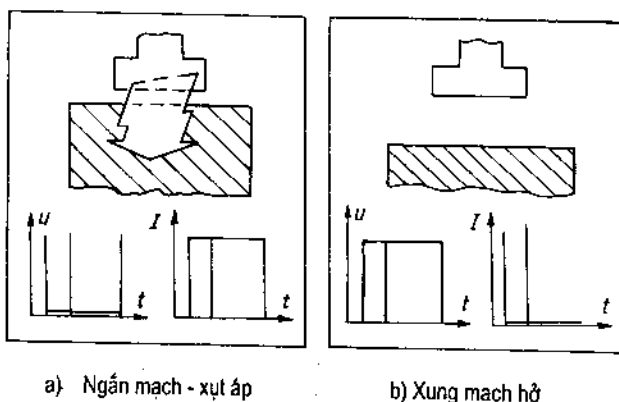
Dòng điện chạy từ điện cực qua phôi mà không có sự phóng tia lửa điện được gọi là dòng ngắn mạch. Các phép đo và kiểm tra bằng điện tử sẽ phát hiện được dòng ngắn mạch khi điện áp sụt tới một giá trị rất thấp, xấp xỉ zêrô, trong khi dòng điện đạt giá trị max (hình 11.a).

Sự ngắn mạch không chỉ ngăn cản sự hót vật liệu mà còn làm hư hại cấu trúc của phôi. Dòng điện mạnh khi ngắn mạch sẽ tạo ra nhiệt ảnh

hướng sâu vào phôi. Tóm lại, dòng ngắn mạch bị gây ra bởi:

- Sự tiếp xúc trực tiếp của điện cực vào phôi.
 - Các phần tử bị kẹt trong khe hở phóng điện.
 - Chiều rộng khe hở quá nhỏ và dòng chảy quá yếu.
- + *Xung mạch mở không có dòng điện.*

Điều kiện mà trong đó các xung không gây ra sự phóng tia lửa điện thì được gọi là các xung mạch mở. Các phép đo điện tử sẽ xác nhận rằng có 1 xung mạch mở khi điện áp đánh lửa không sụt giảm (hình 11.b). Sự tăng số lượng các xung mạch mở sẽ làm giảm hiệu quả phóng điện.



Hình 11. Hiện tượng ngắn mạch sụt áp và xung mạch hở

Các xung mạch mở bị gây ra bởi:

- Chiều rộng khe hở phóng điện quá lớn.
- Dòng chảy quá mạnh, thổi hết iôn ra khỏi vùng gia công.

Các xung mạch mở không gây ra sự hốt vật liệu và cũng không làm hư hại bề mặt gia công. Chúng chỉ làm giảm năng suất gia công.

+ *Sự quá nhiệt của chất điện môi.*

Khi vùng gia công rất rộng nhưng chiều rộng khe hở phóng điện lại quá nhỏ (gia công tinh khuôn lớn), chất điện môi trở nên nóng đến mức nó bị phân huỷ rất mạnh thành cacbon.

Các phần tử cacbon này khi được tạo nên sẽ làm tăng tính dẫn điện của chất điện môi khiến cho quá trình gia công bị nhiễu loạn bởi hồ quang thường xuyên.

Nếu cacbon cũng bị lắng đọng trên mặt điện cực thì nó sẽ gây ra sự không ổn định do ngắn mạch.

Khi chất điện môi bị quá nhiệt, phải tìm cách tối ưu hoá điều kiện dòng chảy và cho gia công theo phương thức nhấp.

2.9. Cách tránh các lỗi trong quá trình xung định hình

Bên cạnh việc tối ưu hoá các thông số của quá trình gia công, hệ điều khiển của một số máy xung định hình CNC còn có các tùy chọn bổ sung để tránh hoặc ngăn ngừa lỗi trong quá trình gia công đó là:

- + Phóng tia lửa điện với phương thức nhấp.
- + Phóng tia lửa điện với sự ngăn ngừa lỗi tự động

Hệ điều khiển MULTIFROM - 1 của hãng DECKEL (Đức) là một ví dụ về việc có 2 tùy chọn nói trên.

Phương thức nhấp

Theo phương thức nhấp, hệ điều khiển làm gián đoạn quá trình phóng điện sau từng thời gian nhất định và cho rút điện cực lên. Sau đó nó lại hạ điện cực xuống và hồi phục lại sự gia công.

Thời gian gián đoạn để rút điện cực lên, hạ xuống cho phép chất điện môi được thời iôn hoá và để cho dòng chảy mang các phần tử đã bị ăn mòn điện ra khỏi khe hở. Các lỗi như hồ quang và ngắn mạch xảy ra ít hơn.

Khi dùng phương thức nhấp thì cần có các thông số điều chỉnh: thời gian phóng tia lửa điện t_e và khoảng cách rút điện cực lên AW.

Thời gian phóng tia lửa điện t_e là thời gian cho phép đối với quá trình phóng điện. Độ kéo dài của t_e phụ thuộc vào bước dòng điện tương ứng và điều kiện trong khe hở phóng điện.

Khoảng cách rút điện cực lên AW cho thấy quỹ đạo mà dọc theo đó hệ điều khiển sẽ rút cực điện lên để hoàn thành thời gian phóng điện t_e .

Dựa trên các dữ liệu xác định đối với t_e và AW, hệ điều khiển nhận biết rằng quá trình gia công đang được thực hiện ở phương thức nhấp.

Sự tự động ngăn ngừa lỗi khi phóng điện

Hệ điều khiển CNC của máy xung định hình hiện đại đòi hỏi phải có khả năng tự động ngăn ngừa lỗi.

- + Ngăn ngừa hồ quang LS

Sự ngăn ngừa hồ quang cho thấy các đặc tính thời gian của điện áp trong toàn bộ đồ kéo dài xung. Nếu hệ điều khiển phát hiện bất kỳ một xu thế nào đó có thể tạo hồ quang, nó sẽ không cho tạo ra các bước dòng điện và phải chờ một số lượng xung nhất định.

Trong thời gian này, chất điện môi bắt đầu nguội đi và thời iôn hoá.

Sau một số lượng xung nhất định, hệ điều khiển lại đóng điện để tạo ra các bước dòng điện và phục hồi lại sự gia công.

Hệ điều khiển có thể lợi dụng tính chất ngăn ngừa hồ quang để rút nhanh điện cực lên nhằm cải thiện điều kiện dòng chảy trong khe hở. Trong lúc dòng điện bị dập tắt, nó kiểm tra xem khoảng cách rút điện cực lên AW đã được lập trình chưa. Nếu một khoảng cách AW được tìm thấy, hệ điều khiển lập tức rút điện cực lên 1 giá trị nhất định. Chất điện môi đã được iôn hoá và đã bị bắn trong khe hở có thể được thay thế.

Ở máy MULTIFROM - 1, sự ngăn ngừa hồ quang được lập trình theo các giai đoạn. Ở giai đoạn cao hơn thì sự ngăn ngừa nhạy cảm hơn và hệ điều khiển sớm phản ứng lại hồ quang hơn.

+ Ngăn ngừa ngắn mạch KS

Tính chất ngăn ngừa ngắn mạch cũng được biểu thị ở điện áp. Nếu một sự ngắn mạch bị phát hiện, hệ điều khiển sẽ ngắt bước dòng điện và chờ một số lượng xung.

Trong thời gian này, hệ thống điều khiển khe hở phóng điện sẽ cho một lệnh để rút điện cực lên.

Sau một số lượng xung nhất định, hệ điều khiển kiểm tra lại khe hở đối với dòng ngắn mạch. Nếu có một sự ngắn mạch thì nó sẽ rút điện cực lên cao hơn. Nếu không có dòng ngắn mạch, hệ điều khiển lại đóng điện để cho các bước dòng điện trở lại và phục hồi sự gia công.

Hệ điều khiển cũng có thể lấy một khoảng cách rút điện cực lên đã lập trình đưa vào bộ nhớ dùng để ngăn ngừa ngắn mạch. Trình tự này cũng giống như ngăn ngừa hồ quang. Sự ngăn ngừa ngắn mạch cũng được lập trình theo các giai đoạn. Giai đoạn cao hơn thì sự ngắn mạch sẽ nhạy cảm hơn và hệ điều khiển sẽ phản ứng lại sớm hơn đối với dòng ngắn mạch.

+ Tối ưu hoá sự ngăn ngừa lỗi:

Nếu các sự điều chỉnh đối với I , t_r , t_0 đã gây nên sự không ổn định đáng kể của trình tự gia công thì không thấy được sự tăng độ nhạy cảm của sự ngăn ngừa lỗi. Hệ điều khiển chỉ cần làm gián đoạn quá trình gia công một cách thường xuyên hơn thì sẽ dẫn tới lượng hút vật liệu thấp. Vì vậy, cần làm theo trình tự sau đây:

- Trước tiên, đặt điều chỉnh cho I , t_r , t_0 và dòng chảy đối với mức độ hút vật liệu cao nhất có thể được.

- Định rõ các giá trị phù hợp với LS, KS, AW và t_e đối với các điều

kiện ăn mòn này.

- Chọn các yếu tố LS, KS thiên về "quá nhạy cảm" hơn là "quá không nhạy cảm".

- Nếu các lỗi xảy ra thường xuyên thì thay đổi AW và t_e sao cho lỗi này được đền bù chắc chắn.

Ngoài ra, việc tránh các lỗi thường gặp của quá trình xung định hình như: hồ quang, ngắn mạch, xung mạch mở và sự quá nhiệt của chất điện môi cần được quan tâm thường xuyên .

+ *Tránh hồ quang:*

Đặc tính điển hình của hồ quang là sự phóng tia lửa điện sớm mà không có thời gian trễ đánh lửa. Hồ quang xảy ra khi chất điện môi không đủ thời gian để thời iôn hoá hoặc khi khe hở quá sát gần với các phần tử đã bị ăn mòn điện, tạo ra sự phóng điện nhiều lần lặp đi lặp lại ở cùng một điểm, làm hư hại bề mặt phôi và mặt điện cực.

Khi có nguy cơ xảy ra hồ quang thì phải:

- Kéo dài khoảng cách xung t_0 để chất điện môi có thời gian iôn hoá.
- Giảm thời gian phóng tia lửa điện t_e
- Tăng yếu tố điều chỉnh tham khảo REP (xem hình 16)
- Cải thiện điều kiện dòng chảy.

+ *Tránh ngắn mạch:*

Đặc tính điển hình của sự ngắn mạch là giảm điện áp khe hở đến một giá trị cực thấp, xấp xỉ zêrô, dòng phóng tia lửa điện tăng đến max.

Sự ngắn mạch xảy ra khi điện cực va chạm phải phôi hoặc bị dính vào các phần tử đã bị ăn mòn điện có trong khe hở phóng điện. Sự ngắn mạch làm hư hại vùng mép cạnh của phôi và làm giảm lượng hót vật liệu.

Khi có nguy cơ xảy ra ngắn mạch thì phải:

- Tăng yếu tố điều chỉnh tham khảo REP (xem hình 16).
- Giảm thời gian ăn mòn điện t_e .
- Cải thiện điều kiện dòng chảy.

+ *Tránh xung mạch mở:*

Xung mạch mở không gây ra sự phóng tia lửa điện . Đặc điểm điển hình của xung mạch mở là sự giảm hiệu quả phóng điện, tuy rằng nó không làm hư hại bề mặt phôi và điện cực.

Khi có mạch mở thì phải:

- Giảm yếu tố điều chỉnh tham khảo REP.
- Tối ưu hoá độ nhạy cảm chiều rộng khe hở VM (xem hình 17).

+ *Tránh sự quá nhiệt của chất điện môi:*

Khi chất điện môi bị quá nhiệt thì phải:

- Tối ưu hoá điều kiện dòng chảy.
- Cho gia công theo phương thức nhấp.

Chương 3

CÁC THÔNG SỐ ĐIỀU CHỈNH QUÁ TRÌNH XUNG ĐỊNH HÌNH

Mục tiêu của gia công xung định hình là: thời gian gia công ngắn, chất lượng bề mặt gia công cao và độ chính xác kích thước cao.

Tuy nhiên, có đạt được các mục tiêu đó hay không còn phụ thuộc vào việc chọn một loạt các thông số điều chỉnh phù hợp và các thông số gia công tia lửa điện.

3.1. Dòng phóng tia lửa điện, bước dòng điện

Dòng phóng tia lửa điện I_c có ảnh hưởng lớn nhất lên chất lượng bề mặt và lượng hơi vật liệu. Dòng càng mạnh thì lượng hơi vật liệu càng lớn và bề mặt gia công càng thô.

Như đã biết, để đặc trưng cho dòng phóng tia lửa điện, ở một số hệ điều khiển còn dùng khái niệm "bước dòng điện". Bước dòng điện càng lớn tức là dòng phóng tia lửa điện càng lớn. Phụ thuộc vào kiểu máy, 18 hoặc 21 bước dòng điện, sẽ có dòng phóng tia lửa điện từ $0,5A \div 80A$.

Bước dòng điện và độ mòn điện cực

Cùng với sự phối hợp vật liệu điện cực/phôi và sự đấu cực, bước dòng điện cũng ảnh hưởng mạnh mẽ lên độ mòn điện cực (xem 2.7 "Sự ăn mòn điện cực"). Độ mòn điện cực càng lớn thì độ chính xác tái tạo trên phôi càng thấp.

Đối với hai cặp vật liệu phổ biến nhất là đồng / thép và graphit / thép thì bước dòng điện và độ mòn điện cực tác động qua lại như sau:

+ Khi gia công thô: Độ mòn tương đối θ của điện cực sẽ giảm nếu bước dòng điện tăng. Điều đó có nghĩa là bước dòng điện cao hơn thì lượng hơi vật liệu tăng trong khi độ mòn tương đối θ của điện cực giảm.

+ Khi gia công tinh: Độ mòn tương đối θ của điện cực tăng khi bước dòng điện giảm. Điều đó có nghĩa là bước dòng điện thấp hơn, lượng hơi vật liệu giảm trong khi độ mòn tương đối θ của điện cực tăng.

Bước dòng điện và diện tích bề mặt bị ăn mòn:

Khi gia công xung định hình bằng điện cực nhỏ thì cường độ điện tập trung trên một vùng nhỏ. Nếu dùng điện cực có diện tích lớn thì

cường độ dòng điện phải phân bố trên một diện tích lớn. Vì vậy xuất hiện khái niệm "độ tập trung bề mặt" của dòng điện, gọi là "mật độ dòng điện" (A/mm^2).

Mật độ dòng điện cao sẽ sinh ra lượng nhiệt lớn làm quá nhiệt điện cực và gây mòn điện cực nhanh hơn. Vì vậy, để gia công một vùng nhỏ cần chọn bước dòng điện nhỏ hơn và ngược lại.

Sự chọn đúng bước dòng điện:

Để gia công xung định hình ở một giai đoạn đơn lẻ (tức chỉ dùng duy nhất 1 điện cực), nếu cần chọn bước dòng điện sao cho nó cho phép đạt được lượng hót vật liệu lớn nhất có thể được, trong khi vẫn duy trì độ thô và độ mài mòn điện cực trong các giới hạn yêu cầu.

Đối với gia công xung định hình nhiều giai đoạn, (tức lần lượt dùng nhiều điện cực) thì vẫn nên bắt đầu với bước dòng điện cao hơn rồi sau đó dùng bước dòng điện thấp hơn sau khi đã thay đổi điện cực.

Độ mòn tương đối θ của điện cực rất cao trong giai đoạn gia công tinh cuối cùng. Tuy rằng điều đó ảnh hưởng mạnh lên độ chính xác kích thước nhưng thực ra chỉ có một vài micrômét được hót đi ở giai đoạn cuối cùng này. Vì vậy, độ mòn tuyệt đối của điện cực vẫn không đáng kể.

Trong bảng 3.1 là điều cần nhớ khi chọn bước dòng điện:

Bảng 3.1

Bước dòng điện lớn	Bước dòng điện nhỏ
- Lượng hót vật liệu: lớn	- Lượng hót vật liệu: nhỏ
- Bề mặt gia công: thô	- Bề mặt gia công: nhẵn bóng
- Độ mòn tương đối θ : thấp	- Độ mòn tương đối θ : cao

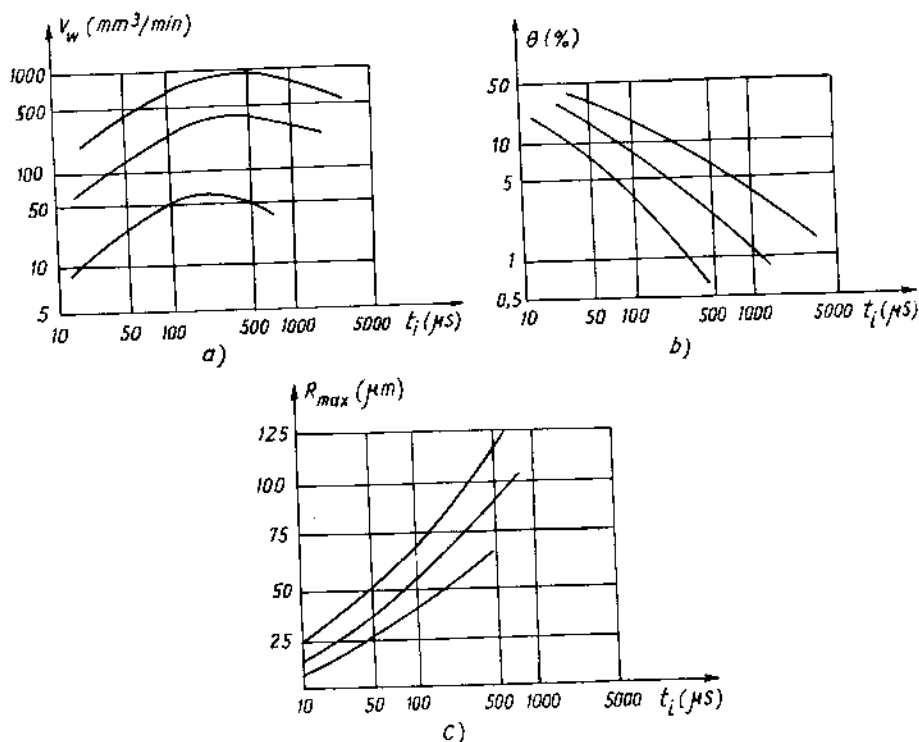
3.2. Độ kéo dài xung t_1

Độ kéo dài xung là khoảng thời gian giữa hai lần đóng - ngắt của máy phát trong một chu kỳ phóng điện. Độ kéo dài xung t_1 ảnh hưởng lên:

- + Lượng hót vật liệu
- + Độ mòn điện cực
- + Độ nhám bề mặt gia công.

Sau đây ta khảo sát kỹ hơn tính quy luật của ảnh hưởng đó - t_1 và lượng hót vật liệu (hình 12.a) .

Nếu độ kéo dài xung giữ nguyên bằng hằng số thì tác động của dòng phóng tia điện sẽ lâu hơn. Ban đầu, lượng hót vật liệu tăng nhưng chỉ tăng đến giá trị cực đại ở một độ kéo dài xung nhất định nào đó, sau đó giảm đi.



Hình 12. Quan hệ giữa t_i với V_w , θ và R_{max}

Giá trị cực đại của lượng hót vật liệu tương ứng với một độ kéo dài xung tối ưu. Nếu vẫn tiếp tục tăng độ kéo dài xung thì năng lượng phóng điện không còn được sử dụng thêm nữa để hót vật liệu phôi.

Khi đó bề mặt phôi và chất điện môi bị nóng một cách không cần thiết.

- t_i và độ mòn điện cực (hình 12.b)

Độ mòn tương đối θ của điện cực sẽ giảm đi khi tăng độ kéo dài xung t_i , thậm chí cả sau khi đạt lượng hót vật liệu cực đại.

- t_i và nhám bề mặt R_{max} (hình 12.c)

Do tác dụng của dòng điện duy trì lâu hơn khi tăng độ kéo dài xung nên chiều cao nhấp nhô R_{max} tăng, ngay cả sau điểm đạt được lượng hót

vật liệu cực đại.

- Chọn đúng độ dài kéo xung t_i :

Độ kéo dài xung được chọn phụ thuộc vào bước dòng điện. Độ kéo dài xung cần được tăng tương đối với bước dòng điện lớn hơn. Độ tăng bước dòng điện sẽ không có hiệu quả nếu độ kéo dài xung quá ngắn.

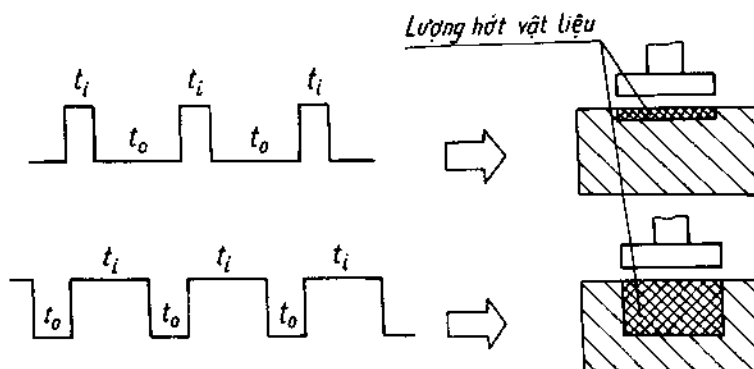
3.3. Khoảng cách xung t_0

Khoảng cách xung t_0 là thời gian giữa 2 lần ngắt và đóng của máy phát thuộc hai chu kỳ phóng điện kế tiếp nhau. Khoảng cách xung t_0 thường được chọn để phản ánh một tỷ lệ đã cho đối với độ kéo dài xung.

- t_0 và lượng hút vật liệu:

Cùng với t_i/t_0 , khoảng cách xung có một hiệu quả thực sự đối với lượng hút vật liệu.

Khoảng cách xung t_0 càng lớn thì lượng hút vật liệu V_w càng nhỏ, và ngược lại (hình 13)



Hình 13. Khoảng cách xung t_i và lượng hút vật liệu

Nếu khoảng cách xung quá ngắn thì chất điện môi không đủ thời gian để thời ion hoá. Các phân tử đã bị ăn mòn điện và nhiệt của chất điện môi không thể được đưa đi khỏi khe hở phóng điện trong khoảng thời gian quá ngắn này. Kết quả là xảy ra hồ quang và ngắn mạch. Chất lượng bề mặt bị giảm và lượng hút vật liệu bị sụt.

- Chọn đúng khoảng cách xung theo nguyên tắc sau:

+ Có tỷ lệ đúng cho độ kéo dài xung (t_i/t_0)

+ Chọn t_0 ngắn như có thể được đối với lượng hút vật liệu lớn

+ Chọn t_0 đủ lớn để tránh các lỗi của quá trình.

- Tỷ lệ t/t_0 :

Trong áp dụng thực tế, độ kéo dài xung t_i và khoảng cách xung t_0 được xác định bởi tỷ lệ t/t_0 , phụ thuộc vào kiểu máy. Tỷ lệ này càng lớn khi gia công càng thô, càng nhỏ khi gia công tinh và rất tinh

Khi gia công rất thô: chọn $t/t_0 > 10$

Khi gia công thô: chọn $t/t_0 \approx 10$. Tuy nhiên, giá trị của t_0 không nên quá nhỏ để tránh các khuyết tật của quá trình.

Khi gia công tinh, chọn $t/t_0 = (5 - 10)$. Lý do là khi gia công tinh, khe hở phóng điện giảm, nguy cơ tạo ra các lỗi quá trình sẽ nhiều hơn. Do đó cần tăng khoảng cách xung t_0 nên làm giảm t/t_0 .

Khi gia công rất tinh, khe hở còn nhỏ hơn nữa, do đó cần phải tăng t_0 , khiến cho t/t_0 giảm nhiều, thậm chí $t/t_0 < 1$ (thường chọn $t/t_0 = 0,4$).

3.4. Điện áp đánh lửa U_z

Điện áp đánh lửa U_z dùng để khởi đầu cho sự phóng tia lửa điện sau đó. Cùng với bước dòng điện, U_z chi phối chiều rộng khe hở phóng điện.

Tuy nhiên, tác động của U_z lên kết quả gia công thực tế là nhỏ hơn so với tác động của bước dòng điện, độ kéo dài xung t_i và khoảng cách xung t_0 .

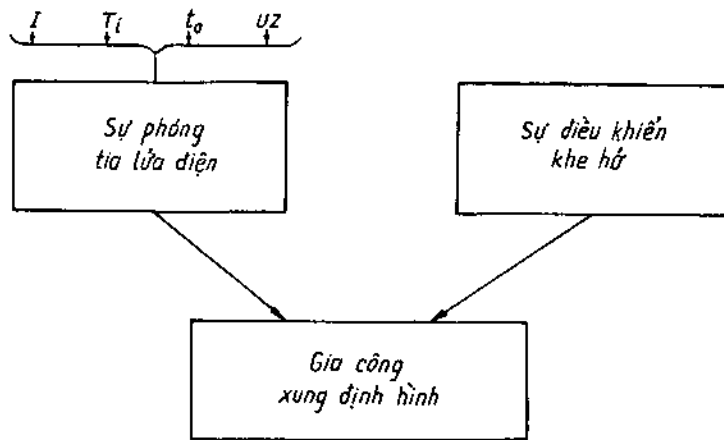
Không bao giờ được lẫn lộn điện áp đánh lửa U_z với điện áp phóng tia lửa điện U_e ! U_z có thể thay đổi được, còn U_e là một hằng số vật lý phụ thuộc vào cặp vật liệu điện cực / phôi. Bản thân U_e không thể điều chỉnh được.

3.5. Khe hở phóng điện

Cho tới nay, ta đã có rất nhiều các thông số điều chỉnh như: I , t_i , t_0 , U_z mà chúng chỉ tác động lên sự phóng tia lửa điện.

Để dự kiến được lượng hớt vật liệu từ đầu đến cuối sau một số lần phóng tia lửa điện thì vấn đề là phải duy trì khe hở với một chiều rộng tối ưu. Quá trình đó gọi là sự điều khiển khe hở phóng điện. Đó là cách để đảm bảo chắc chắn rằng điện cực tiếp tục ăn xuống để thâm nhập vào phôi.

Sơ đồ hình 14 cho thấy vai trò quan trọng của sự điều chỉnh quá trình phóng tia lửa điện và tương quan của nó đối với các thông số điều chỉnh quá trình phóng tia lửa điện.



Hình 14. Vai trò của sự điều khiển khe hở phóng điện

- Đo chiều rộng khe hở phóng điện

Việc đo chiều rộng khe hở phóng điện được thực hiện một cách gián tiếp qua việc đo điện áp phóng tia lửa điện U_e . Điện áp U_e chính là một đại diện chính xác khi điện cực đã tiến đầy đủ gần đến phôi để sinh ra sự phóng tia lửa điện. Nếu điện áp U_e tăng thì chiều rộng khe hở cũng tăng. Các chuyên gia thường coi điện áp U_e là điện áp khe hở.

- Điện áp khe hở và khe hở phóng điện

Để duy trì một chiều rộng khe hở phóng điện là hằng số thì điện áp khe hở giữa điện cực và phôi cần đo liên tục và điện cực phải được điều chỉnh.

Sự điều chỉnh khe hở này bằng tay là không thể được. Nó phải được thực hiện bằng một hệ điều khiển điện tử.

- Điều khiển khe hở phóng điện

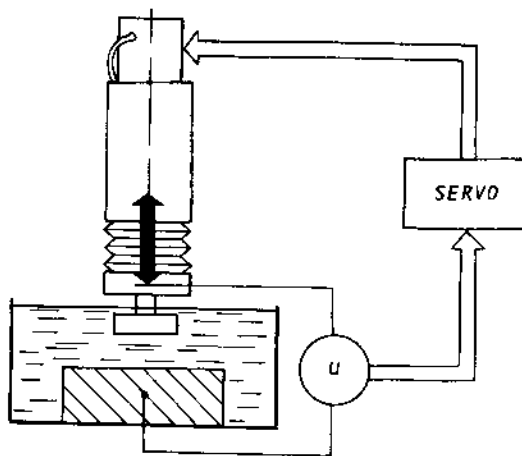
Hệ điều khiển điện tử biết chính xác điện áp khe hở nào tương ứng với một khe hở rộng bao nhiêu. Vì vậy, nó cho những áp điện khe hở để thay đổi được và điều khiển được. Nó so sánh điện áp này với một giá trị danh nghĩa và điều chỉnh chiều rộng khe hở cho phù hợp.

Nếu điện áp khe hở được đo giảm xuống (do điện cực hạ xuống quá nhiều) thì hệ điều khiển biết rằng khe hở đã trở nên quá hẹp và nó ra lệnh để động cơ servô nâng điện cực lên một lượng phù hợp.

Xét một chu kỳ thời gian rộng hơn, hệ điều khiển liên tục hạ điện cực xuống để hút vật liệu liên tục và đều đặn, có năng suất tốt. Trong thuật ngữ kỹ thuật, sự tự động điều khiển khe hở này được gọi là "điều khiển servo" (hình 15)

- Sự điều chỉnh trước khe hở phóng điện:

Người vận hành máy chọn I , t_p , t_0 và U_z phù hợp với độ tinh yêu cầu của bề mặt gia công và lượng hút vật liệu mong muốn. Hệ điều khiển sẽ tự động điều chỉnh chiều rộng khe hở để làm tương xứng bước dòng điện và điện áp đánh lửa.



Hình 15. Điều khiển servo

Tuy nhiên, việc đặt chiều rộng khe hở bởi hệ thống điều khiển theo cách này có thể không luôn luôn phù hợp một cách lý tưởng đối với các điều kiện gia công tia lửa điện riêng rẽ. Ví dụ, trong trường hợp gia công một rãnh sâu thì cần khe hở phóng điện có chiều rộng lớn hơn một chút để cho phép các phần tử đã bị ăn mòn điện được thổi đi dễ dàng khỏi khe hở phóng điện.

Vì vậy, chiều rộng khe hở phóng điện có thể được điều chỉnh trước từ hệ điều khiển để phù hợp với việc gia công.

3.6. Yếu tố điều chỉnh tham khảo REP

Cùng với sự điều khiển khe hở, yếu tố điều chỉnh tham khảo REP là thông số điều chỉnh dùng cho sự điều chỉnh lại khe hở điện cực "rộng ra" hay "hẹp lại".

+ REP thấp dùng để điều chỉnh khe hở hẹp lại.

+ REP cao dùng để điều chỉnh khe hở rộng ra (hình 16).

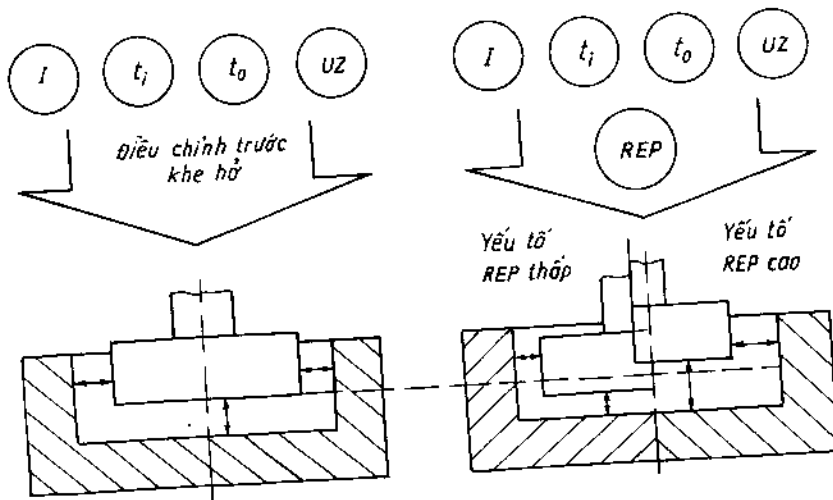
Khi I , t_p , t_0 , U_z đã cho trước, có thể tối ưu hoá quá trình xung định hình để tuân theo các điều kiện hình học như hình dáng kích thước điện cực và dòng chảy.

- Sự đặt yếu tố điều chỉnh tham khảo REP:

Với chiều rộng khe hở nhỏ có thể đạt được hiệu quả gia công cao và

do đó, lượng hút vật liệu là cao cho cả hai trường hợp: gia công tinh (bước dòng điện thấp) và gia công thô (bước dòng điện cao). Vì vậy, yếu tố REP được giữ cho thấp như có thể được trong thực tế để có thể điều chỉnh lại gần sát. Tuy nhiên, nếu yếu tố REP quá thấp thì dễ có các khuyết tật do xảy ra hồ quang và ngắt mạch một cách thường xuyên hơn, do đó giảm hiệu quả gia công.

Ngược lại, nếu yếu tố điều chỉnh tham khảo REP quá cao thì các xung dòng điện mở xảy ra thường xuyên hơn và cũng làm giảm hiệu quả gia công.



Hình 16. Yếu tố điều chỉnh tham khảo REP

- Quy tắc đặt yếu tố điều chỉnh tham khảo REP :

Khi lập trình các dữ liệu của quá trình xung định hình, cần tuân theo các qui tắc sau đây:

+ Đầu tiên, xác định các thông số của quá trình I , t_i , t_o và U_z .

+ Sau đó đặt yếu tố điều chỉnh tham khảo REP để phối hợp các điều kiện hình học.

- Các yếu tố REP thấp dùng cho gia công thô.
- Các yếu tố REP cao dùng cho hốc sâu và hẹp.
- Yếu tố REP cao dùng cho gia công tinh.
- Tăng yếu tố REP nếu xảy ra các lỗi quá trình.

3.7. Độ nhạy cảm điều khiển khe hở VM

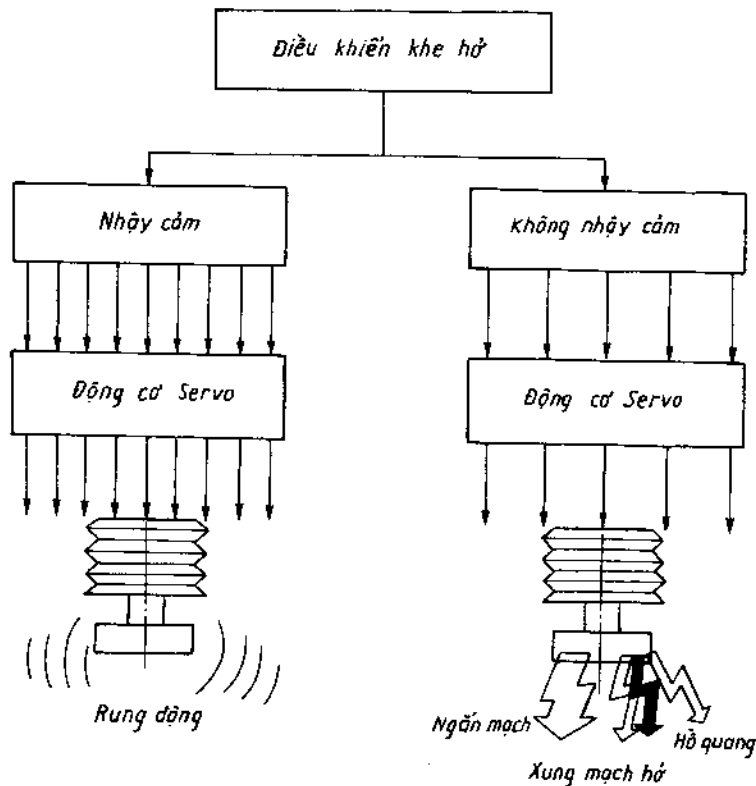
Đầu tiên, hệ điều khiển đọc lướt các điểm đặt và các giá trị thực tế, so sánh chúng và cho các lệnh điều khiển tương ứng tới động cơ servô.

Vì tốc độ hoặc độ nhạy cảm của hệ điều khiển khe hở phóng điện có thể làm yếu hiệu quả trong những trường hợp gia công nhất định, nên hệ điều khiển MULTIFORM - 1 cho phép hiệu chỉnh độ nhạy cảm bằng yếu tố đặc biệt VM.

Các nhà chuyên môn coi độ nhạy cảm của hệ điều khiển khe hở phóng điện là "độ nhạy cảm servô".

- Sự điều chỉnh lại một cách nhạy cảm (VM lớn).

Sự điều chỉnh lại một cách nhạy cảm đưa đến kết quả là có sự tác động vào một số lớn các lệnh trong một đơn vị thời gian. Trong trường hợp xấu nhất, động cơ servô làm chuyển động các bàn trượt tiến lên, lùi về nhanh đến mức làm cho điện cực rung động, khiến hiệu quả phóng điện giảm.



Hình 17. Độ nhạy cảm điều chỉnh khe hở VM

- Sự điều chỉnh lại một cách không nhạy cảm (VM nhỏ).

Sự điều chỉnh lại một cách không nhạy cảm tức là chỉ tạo ra một ít các lệnh điều khiển trong một đơn vị thời gian. Trong trường hợp xấu nhất, điện cực giữ quá lâu trong vùng chiều rộng khe hở phóng điện quá rộng hoặc quá hẹp. Các lỗi quá trình như ngắn mạch hồ quang và các xung điện mở sẽ xảy ra thường xuyên hơn, làm giảm hiệu quả gia công.

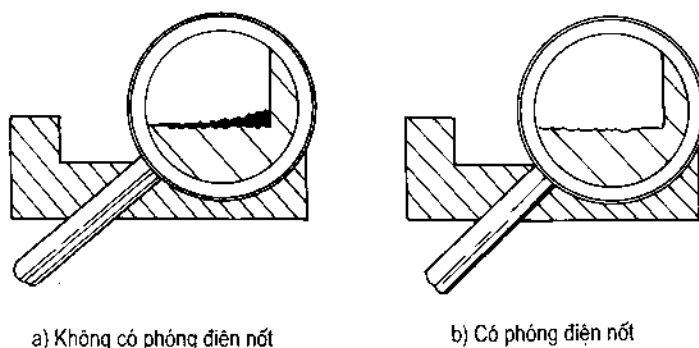
Hình 17 là sơ đồ mô tả một cách trực quan ý nghĩa của độ nhạy cảm điều khiển khe hở VM.

3.8. "Sự phóng điện nốt". Khi kết thúc gia công ERE

- Sự điều khiển vị trí (định vị).

Bên cạnh vòng điều khiển chạy dao, hệ thống điều khiển còn có một vòng điều khiển thứ hai dùng cho vị trí điện cực. Khi đã đạt tới điểm lập trình vị trí điện cực thì ngay lập tức, hệ điều khiển vị trí đóng máy phát và ngắt hệ điều khiển khe hở.

Sự phóng tia lửa điện và bản thân quá trình xung định hình sẽ sớm hoàn thành khi điện cực đạt tới điểm đặt vị trí trong quá trình chuyển động chạy dao của nó. Hệ điều khiển lại tiếp tục chương trình gia công với bước tiếp theo. Trong trường hợp này, đỉnh nhọn nhỏ vẫn còn ở trên bề mặt gia công. Kích thước cuối cùng vẫn duy trì nhưng chất lượng bề mặt gia công là chưa thoả đáng. Chính vì vậy mà cần đến một quá trình gọi là " sự phóng điện nốt".



Hình 18. Sự phóng điện nốt

- Sự phóng điện nốt

Sau khi điện cực đạt tới vị trí điểm đặt, thay vì chuyển động ngay điện cực tới vị trí tiếp theo thì hệ điều khiển lại giữ nó ở vị trí của điểm đặt đó trong một khoảng thời gian ngắn. Trong thời gian đó, nhờ sự

phóng điện nốt mà các tia lửa điện ấy có thể hút đi các đỉnh nhấp nhô còn lại (hình 18).

Trình tự này trong kỹ thuật xung định hình gọi là "sự phóng điện nốt" có thể so sánh "sự phóng điện nốt" với thời gian quay tại chỗ của dụng cụ ở đáy lỗ khi khoan (dwelltime).

- Thực hiện thời gian phóng điện nốt bằng ERE.

Có thể sử dụng chính lệnh ERE này để ngắt máy phát theo 4 cách khác nhau để hoặc là duy trì điện cực ở vị trí điểm đặt cuối cùng hoặc là rút nốt nó về vị trí ban đầu của nó.

Độc giả có thể tìm thấy nhiều thông tin chi tiết hơn về ERE trong tài liệu của hãng sản xuất máy.

Chương 4

CHẤT ĐIỆN MÔI VÀ HỆ THỐNG DÒNG CHẢY

4.1. Các nhiệm vụ của chất điện môi

Chất điện môi (Dielectric) có 4 nhiệm vụ chính sau đây:

- + Cách điện
- + Iôn hoá
- + Làm nguội
- + Vận chuyển phoi.
- Cách điện

Nhiệm vụ bao trùm của chất lỏng điện môi là cách điện giữa điện cực và phoi. Nó phải đảm bảo sự cách ly giữa điện cực với phoi khi khe hở chưa đủ hẹp. Chỉ có một khoảng cách nhỏ nhất có thể có giữa điện cực và phoi mới cho phép dòng phóng tia lửa điện đi qua. Nếu khe hở nhỏ thì lượng hót vật liệu và độ chính xác in hình tăng.

Tuy nhiên, lượng hót vật liệu cũng tăng khi khoảng cách xung ngắn. Chất điện môi phải được thổi iôn hoá nhanh như có thể được sau xung này.

Chất điện môi được dùng trong thực tế ít khi nguyên chất. Vì vậy, trước tiên nó phải được dẫn qua một hệ thống lọc. Mặc dù vậy, vẫn luôn luôn còn sót lại các phần tử tế vi của vật liệu. Điều này phải được tính đến khi chọn chất điện môi.

- Iôn hoá

Chất điện môi phải tạo nên những điều kiện tối ưu cho sự phóng điện, nghĩa là nó phải được iôn hoá ở vào thời điểm chuẩn bị phóng điện, nghĩa là, phải có khả năng tạo nên một cầu phóng điện. Điều này giúp cho sự tập trung năng lượng ở kênh plasma, giúp cho sự hót vật liệu khi phóng tia lửa điện.

Nếu xung bị ngắt thì chất điện môi phải được thổi iôn hoá, tạo điều kiện để sự phóng điện tiếp theo xảy ra ở một vị trí khác. Chất điện môi cũng bao trùm kênh phóng điện, nhờ đó có thể đạt được mật độ năng lượng cao, tăng hiệu quả phóng điện.

- Làm nguội

Ở kênh phóng điện, trong khoảng thời gian cực ngắn (cỡ phần triệu giây), nhiệt độ có thể lên tới 10.000°C . Nhiệt xuất hiện ở đây cần phải được chuyển đi, nếu không thì độ mòn điện cực sẽ tăng lên. Bề mặt phôi cũng bị hư hại do quá nhiệt.

Bản thân chất điện môi cũng không được phép bị quá nhiệt. Sự quá nhiệt làm cho chất điện môi dễ bị phân huỷ thành khí và cacbon tự do. Khí này đưa đến sự mở rộng không mong muốn của kênh phóng điện và làm giảm lượng hốt vật liệu.

Các cặn cacbon lắng trên bề mặt điện cực sẽ gây ra sự ngắn mạch. Vì vậy, cần tạo ra một dòng chảy đi qua khe hở phóng điện để làm nguội cả điện cực và phôi.

- Vận chuyển phoi

Nếu chất điện môi bị bắn sẽ gây ra sự in hình không chính xác và các khuyết tật quá trình. Sự bắn của chất điện môi chủ yếu là do các phần tử đã bị ăn mòn còn lơ lửng hoặc lắng đọng trong khe hở phóng điện. Một tỷ lệ quá lớn của các phần tử này dẫn đến sự phóng điện thất thường và gây ra sai số in hình, nguy cơ tạo hồ quang và ngắn mạch tăng lên.

Vì vậy, phải có một hệ thống dòng chảy của chất điện môi để vận chuyển các phần tử đã ăn mòn đó đi khỏi khe hở phóng điện và đảm bảo chất điện môi sạch cho khe hở. Dòng chảy mang theo các phần tử đã bị ăn mòn sẽ được đưa tới hệ thống lọc để sau đó lại tiếp tục đưa chất điện môi sạch tới vùng gia công.

4.2. Các loại chất điện môi và tiêu chuẩn đánh giá chúng

Các loại chất điện môi:

Cho đến nay, có hai loại chất điện môi chủ yếu dùng cho hai phương pháp gia công tia lửa điện khác nhau, đó là:

- Hydrocacbon: chủ yếu dùng cho xung định hình.
- Nước khử khoáng: chủ yếu dùng cho cắt dây.

Ngoài ra, trên thị trường thế giới vừa xuất hiện một loại chất điện môi mới nhất dựa trên thành phần chính là nước. Nó có độ nhớt cao hơn nước và hiệu quả làm nguội tốt hơn dầu. Nó được dùng chủ yếu cho gia công xung định hình với điện cực graphit lớn và bước dòng điện lớn. Do đó nó có lượng hốt vật liệu rất cao. Vì chất điện môi này có thành phần chính là nước nên dòng điện đó là rất lớn khi gia công tinh. Nó làm cho khó nhận được bề mặt tinh và độ nhám $R_{\max} \leq 10\mu\text{m}$.

Hydrôcacbon được chia ra 3 nhóm trên cơ sở đặc tính hoá học, đó là:

- + Parafin
- + Dầu khoáng.
- + Các dẫn xuất của xăng.

Các tiêu chuẩn như thành phần hoá học, độ nhớt, v.v... sẽ quyết định chất lượng và khả năng áp dụng chất điện môi. Dầu khoáng chất lượng cao có được nhờ kỹ thuật tinh chế đặc biệt.

Các dẫn xuất của xăng bao gồm 100% các sản phẩm thơm đều cho hiệu quả cao nếu dùng làm chất điện môi. Tuy nhiên, tiếc rằng lại không cho phép sử dụng chúng do chúng có mùi, gây hại sức khoẻ và hại môi trường.

- Các tiêu chuẩn đánh giá chất điện môi

Chất điện môi được đánh giá dựa trên một loạt các tiêu chuẩn sau đây:

- + Bền lâu, ít hao phí.
- + Vệ sinh, không hại da, không độc, không khó ngửi.
- + Có điểm cháy tương đối cao (khó cháy).
- + Có mật độ, độ đậm đặc nhất định.
- + Có độ trong suốt để dễ quan sát vùng gia công.
- + Có độ nhớt nhất định.
- + Có khả năng dẫn điện với điều kiện nhất định.
- + Cách điện ở điều kiện bình thường.
- + Có khả năng truyền điện áp.
- + Có khả năng bị iôn hoá.
- + Có khả năng được lọc sạch.
- + Giá cả phải chăng.

Trong các tiêu chuẩn trên, đáng quan tâm hàng đầu là độ nhớt của chất điện môi, vì nó ảnh hưởng trực tiếp lên kênh phóng điện. Độ nhớt đặc trưng cho "ma sát trong", là trở lực của chất lỏng đối với sự chảy. Độ nhớt được đo bằng mm^2/s . Độ nhớt quyết định sự mở rộng kênh phóng điện.

Độ nhớt của chất điện môi càng cao thì kênh phóng điện càng được tập trung hơn, hiệu quả phóng điện cao hơn.

Để gia công thô, sử dụng chất điện môi có độ nhớt cao, với giá trị độ nhớt đến 4 mm²/s.

Để gia công tinh, sử dụng chất điện môi có độ nhớt thấp, với giá trị độ nhớt đến 2 mm²/s.

Trong thực tế sử dụng, để tránh phải thay chất điện môi, có thể sử dụng một chất điện môi có độ nhớt trung bình cho cả gia công thô và tinh.

Tất cả các hãng dầu lớn trên thế giới đều bán các chất điện môi dùng cho gia công tia lửa điện.

Cần lưu ý rằng, khi gia công tinh và rất tinh, chất điện môi phải chảy qua những khe hở phóng điện rất nhỏ nên phải sử dụng chất điện môi có độ nhớt nhỏ.

Bảng 4.1: Đặc tính một số chất điện môi trên thị trường

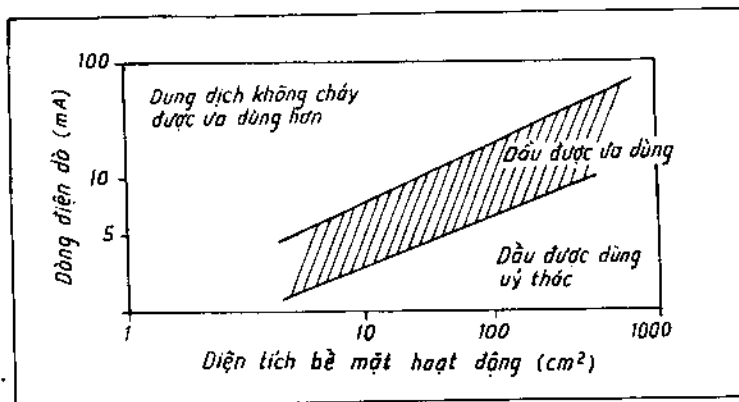
Tên sản phẩm	Hãng cung cấp	Điểm cháy (°C)	Độ nhớt V20/V40 (mm ² /s)	Độ thơm (%)	Nhiệt độ sôi (°C)
SE - Fluid 180	CASTROL	106	3,25/2,1	-	240
EDM - Fluid	TEXACO	127	-	-	-
Kristal - Oil - 60	SHELL	60	- /1,6	18	180
EDM-Fluid - 90		90			
EDM-Fluid-110		110			
EDM-Fluid-120		120			
DE - Fluid 30	ESSO	75	2,3/1,6	1	200
DE - Fluid 36		105	3,4/2,3	1	235
Fluxelf	ELF	90	2,5/1,9	-	216
Erodierfluid 56	MOBIL	87	2,7/1,7	-	-
CMT Cool 7- 22	CMT-RAUNHEIM	112	3,5/2,5	-	-
BP-Dielektrik180	BP	70	1,8/1,3	0,1	195
BP-Dielektrik180		90	3,5/2,3	0,5	195
IME - 82	OIL - HELD	82	3,2/-	0,3	213
IME - 110		106	3,4/-	1,0	240

Các yếu tố an toàn của chất điện môi

Vì nhiệt độ trong khe hở phóng điện rất cao, bản thân chất điện môi trở lên rất nóng nên rất cần tránh dùng các chất điện môi có điểm cháy thấp (dễ cháy).

Mặt khác phải chắc chắn rằng khí bốc hơi và các sản phẩm lắng cặn của chất điện môi phải không hại cho sức khỏe.

Trong các chất điện môi trên cơ sở nước, dòng điện dò rất lớn có hại khi gia công tinh.



Hình 19. Chọn chất điện môi phụ thuộc vào bề mặt hoạt động của điện cực

Sơ đồ hình 19 là sơ đồ áp dụng chất điện môi như một hàm số của dòng điện dò và diện tích bề mặt hoạt động của điện cực.

Phù hợp nhất cho gia công tinh vẫn là dầu, vì dầu có khả năng điện môi thấp. Trên thị trường cũng có các máy gia công xung định hình cho phép thay thế chất điện môi khi gia công thô và gia công tinh (ví dụ, máy SODIC). Khi gia công tinh có thể sử dụng sự ô nhiễm nhân tạo của chất điện môi, ví dụ, đưa vào các phân tử nhỏ li ti dẫn điện (nhôm) làm tăng tính dẫn điện của chất điện môi, giữa khe hở lớn, cho phép tránh được các vết đốm đen thường xuất hiện lác đác trên phôi sau khi gia công tinh.

- Khi gia công tia lửa điện cắt dây thì dùng nước khử khoáng. Khi đó, do khe hở nhỏ nên ít có vấn đề hơn liên quan đến sự bốc hơi của các bọt khí được tạo nên trong chất điện môi. Tuy nhiên, nước khử khoáng đòi hỏi các chất kiểm chế.

Trong gia công xung định hình thì không thể dùng nước khử khoáng

vì bề mặt điện cực (lớn hơn nhiều so với cắt dây) sẽ cho dòng điện dò quá lớn.

4.3. Các loại dòng chảy chất điện môi

Để đạt được kết quả gia công tối ưu, một điều tối cần thiết là phải sạch rửa tốt vùng khe hở phóng điện bằng cách tạo ra một dòng chảy thường xuyên của chất điện môi. Dòng chảy chất điện môi có ảnh hưởng quyết định lên kết quả gia công xung định hình. Nếu chất điện môi càng loãng và sức căng bề mặt càng nhỏ thì càng thích hợp với nhiệm vụ sạch rửa. Nếu sạch rửa càng kém càng kém thì gia công càng lâu. Nếu sạch rửa không đủ thì sẽ tồn tại các sản phẩm đã bị ăn mòn trong khe hở phóng điện, là nguyên nhân tạo ra các lỗi quá trình như ngắn mạch hoặc hồ quang, làm hư hại bề mặt phôi và điện cực.

Việc chọn cẩn thận các thông số gia công xung định hình sẽ là vô ích nếu điều kiện dòng chảy không đáp ứng được quá trình gia công đó.

Thông thường có các phương pháp tạo dòng chảy chất điện môi như sau:

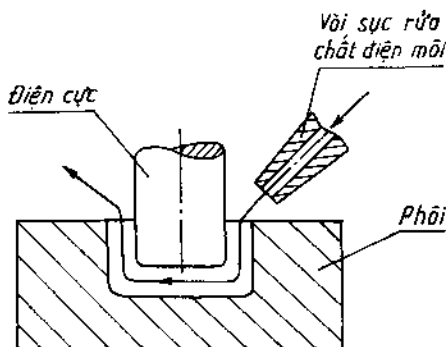
- + Dòng chảy bên ngoài.
- + Dòng chảy áp lực: từ điện cực hoặc từ phôi.
- + Dòng chảy hút: qua điện cực hoặc qua phôi.
- + Dòng chảy phối hợp.
- + Dòng chảy nhấp.
- + Dòng chảy chuyển động điện cực.

Sau đây nghiên cứu từng loại dòng chảy.

- *Dòng chảy bên ngoài*

Dòng chảy bên ngoài là phương pháp sạch rửa phổ biến nhất (còn gọi là sạch rửa hở). Nó được sử dụng khi hình học của điện cực và phôi không cho phép tạo lỗ khoan cho dòng chảy (hình 20).

Ở dòng chảy bên ngoài, chất điện môi được đưa trực tiếp đến khe hở



Hình 20. Dòng chảy bên ngoài

phóng điện bởi một miệng vòi.

Trong trường hợp này cần chú ý đến tư thế của miệng vòi.

+ Khi lòng khuôn rộng miệng vòi phải gần nằm ngang.

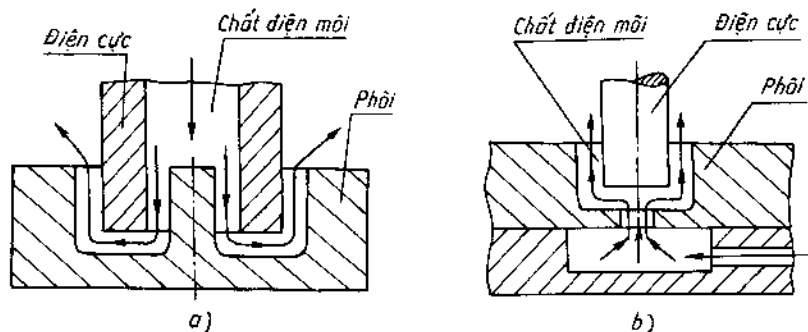
+ Khi lòng khuôn sâu thì miệng vòi phải gần thẳng đứng.

Nếu miệng vòi không được đặt dưới một góc phù hợp thì sẽ gây ra lỗi dòng chảy. Các phần tử đã bị ăn mòn điện sẽ tích tụ trong các góc của lòng khuôn, hiệu quả của dòng chảy bên ngoài bị giảm. Khi nó cân phối hợp dòng chảy với dòng chảy nhấp.

- *Dòng chảy áp lực*

Cùng với dòng chảy bên ngoài, dòng chảy áp lực là một trong những phương pháp dòng chảy quan trọng nhất. Trong kỹ thuật này chất điện môi được đưa cưỡng bức vào khe hở phóng điện qua các lỗ ở điện cực hoặc ở phôi.

Trong các trường hợp này, dòng chảy áp lực chỉ có hiệu quả nếu như việc tách các phần tử đã bị ăn mòn điện ra khỏi khe hở mặt bên không gây ra quá nhiều sự phóng tia lửa điện, nếu không sẽ có nguy cơ tạo ra sai số in hình và biến đổi hình dáng, ví dụ, tạo ra thành côn ở mặt bên lòng khuôn.



Hình 21. Dòng chảy áp lực

Hình 21a là dòng chảy áp lực được thực hiện qua 1 lỗ ở điện cực. Hình 21b là dòng chảy áp lực được thực hiện qua một lỗ ở đáy phôi.

Sự tạo ra các sai số in hình và thay đổi hình dáng chủ yếu có thể xảy ra nếu áp lực dòng chảy quá thấp hoặc quá cao. Các lỗ khoan lệch tâm và hình học không đối xứng cũng có thể gây ra các sai số như vậy.

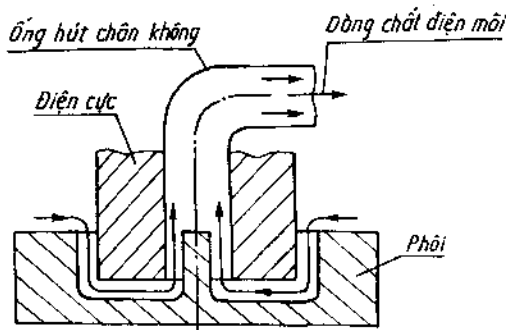
Cần lưu ý rằng, nếu dùng phương án để chất điện môi chảy qua một lỗ của điện cực (hình 21a) thì khi kết thúc gia công xung định hình sẽ để

lại một lõi ở phôi mà nó cần được cắt đi trong bước gia công tiếp theo.

- *Dòng chảy hút.*

Theo phương pháp này, chất điện môi đã bắn được hút ra khỏi khe hở phóng điện qua một lỗ ở điện cực (hình 22) hoặc một lỗ ở phôi.

Phương pháp hút này làm giảm sự phóng tia lửa điện bổ sung ở khe hở mặt bên, do các phần tử bị tách ra không bị đẩy lên trên kênh phóng điện. Vì thế, thường dùng phương pháp này khi gia công tinh 1 lần cuối và ở nơi cần đạt được các thành khuôn song song.

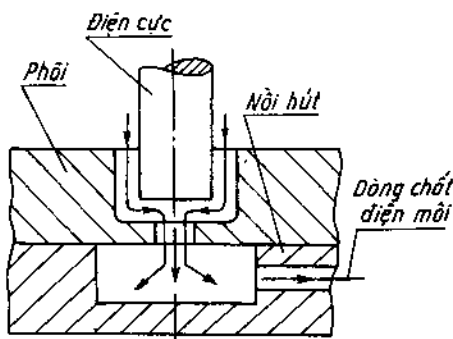


Hình 22. Dòng hút qua điện cực

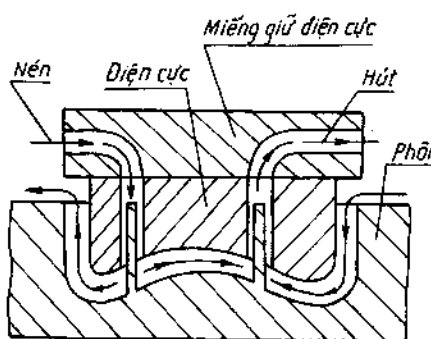
Dòng chảy hút không tốt sẽ xảy ra khi lòng khuôn sâu và hẹp.

Khi đó cần đặc biệt chú ý là phải luôn luôn có đủ dung dịch điện môi trong khe hở phóng điện để cho quá trình gia công không bị mất ổn định. Khi súc rửa theo kiểu hút cũng cần tính đến một giá trị nhỏ của khe hở phóng điện. Đôi khi do không đủ chất điện môi trong khe hở, có thể xuất hiện "khe hở khô" gây hư hại bề mặt phôi.

Trong trường hợp lòng khuôn sâu có lỗ thủng ở đáy người ta thường sử dụng sự hút qua phôi theo kiểu "vòi ảm" (hình 23), "vòi ảm" được đặt dưới phôi và chất điện môi bắn được hút qua phôi.



Hình 23. Dòng chảy hút qua phôi



Hình 24. Dòng chảy phôi hợp

- Dòng chảy phối hợp.

Một sự phối hợp của dòng chảy áp lực và dòng chảy hút sẽ ngăn ngừa các lỗi dòng chảy và các hậu quả xấu của chúng. Trong phương pháp này, chất điện môi được đưa cưỡng bức vào một đầu của khe hở phóng điện và hút ra ở đầu kia (hình 24)

Dòng chảy phối hợp thường là cách để đạt được kết quả tốt nhất trong trường hợp điện cực rộng và có hình dáng phức tạp.

- Dòng chảy nhấp.

Với hệ điều khiển MULTIFORM - 1, có thể lập trình dòng chảy theo cách mà nó thực hiện các chức năng liên tục hoặc là chỉ thực hiện chức năng khi điện cực nâng lên.

Dòng chảy nhấp là dòng chảy chỉ tác động khi điện cực nâng lên. Dòng chảy nhấp thường được thực hiện khi lòng khuôn sâu, điện cực nhỏ hoặc dùng cho gia công tinh.

Dòng chảy nhấp chỉ có thể dùng cho sự phóng tia lửa điện trong phương thức nhấp mà ở đó, quá trình gia công bị gián đoạn sau một chu kỳ nhất định của thời gian phóng tia lửa điện t_c.

Hệ điều khiển sẽ nâng điện cực lên một khoảng xác định AW và sau đó lại hạ điện cực xuống.

Các tham số điều chỉnh dòng chảy nhấp bao gồm:

+ Thời gian ăn mòn điện t_c,

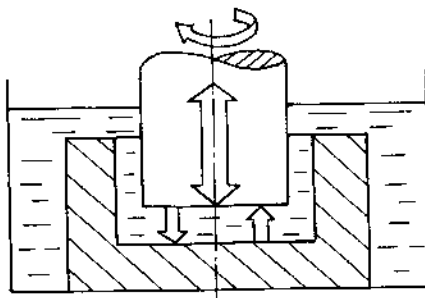
+ Khoảng cách nâng điện cực lên AW.

+ Phương thức dòng chảy SPL là phương thức chảy liên tục hay nhấp, với điều kiện dòng chảy là dòng chảy áp lực, dòng chảy hút hay dòng chảy phối hợp.

- Dòng chảy do chuyển động điện cực

Dòng chảy do chuyển động điện cực có tác động đối với chất điện môi trong khe hở phóng điện là nhờ vào chính chuyển động của điện cực.

Ở các lòng khuôn sâu và hẹp, sự tiến - lùi của điện cực sẽ đều đặn bơm chất điện môi sạch vào khe hở phóng điện (hình 25).



Hình 25. Dòng chảy do chuyển động điện cực

4.4. Các lỗi của dòng chảy

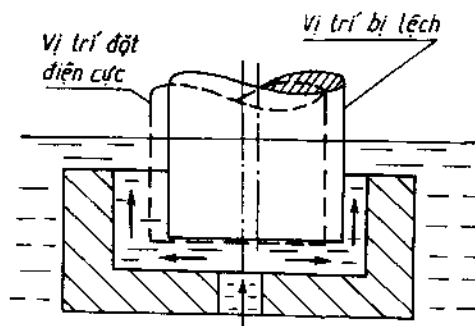
- Lỗi do áp lực cao và sự rung động

Do áp lực cao của dòng chảy, điện cực có thể phải chịu một lực đối kháng rất mạnh. Tác động của dòng chảy tương tự như là một cái kích thủy lực, đặc biệt khi lòng khuôn sâu và hẹp. Các đỉnh áp lực cao đặc biệt có thể xảy ra rung động của điện cực, vị trí điểm đặt của điện cực bị lệch đi (hình 26). Biến dạng và các lỗi quá trình có thể xảy ra. Các máy của hãng DECKEL, ví dụ như máy MULTIFORM - 1, đặc biệt cứng vững và tránh được hiện tượng này.

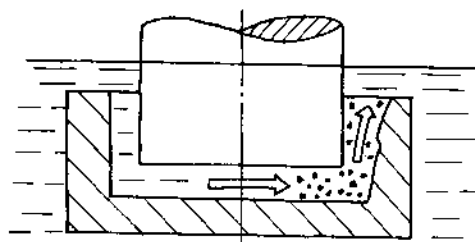
- Lỗi do sự giảm áp lực dòng chảy

Nhược điểm của phương pháp dòng chảy áp lực và dòng chảy hút là giảm áp lực khi khe hở đặc biệt hẹp và dài.

Các phần tử đã bị ăn mòn điện làm tắc nghẽn khe hở gây ra biến dạng hình dáng lòng khuôn.



Hình 26. Vị trí tâm điện cực bị lệch do áp lực cao của dòng chảy



Hình 27. Sự tắc nghẽn phoi gây biến dạng khe hở phóng điện

4.5. Dòng chảy được lập trình SPL

Với hệ điều khiển MULTIFORM - 1, có thể lập trình kiểu và phương thức của dòng chảy. Cũng có thể lập trình mở và đóng các van riêng biệt của hệ thống dòng chảy được phối hợp của máy.

Sử dụng phím SPL để khởi đầu sự đối thoại qua lại với hệ thống điều khiển, các van của dòng chảy hoặc phương thức dòng chảy.

- Các kiểu dòng chảy:

+ Dòng chảy áp lực: số 1

- + Dòng chảy hút: số 2.
- + Dòng chảy phối hợp: số 3.
- Các phương thức dòng chảy có thể chọn:
- + Dòng chảy liên tục: số 1.
- + Dòng chảy nhấp: số 2.

4.6. Ảnh hưởng chung của chất điện môi liên kết quả gia công

Ảnh hưởng này được thể hiện trong bảng 4.2.

Bảng 4.2

Các ảnh hưởng		Lượng hút vật liệu	Chất lượng bề mặt gia công	Khe hở phóng điện
Độ nhớt (+) Dung dịch Điện môi (-) môi	Độ nhớt thấp	Giảm đi (gia công tinh)	Tốt hơn (gia công tinh)	Nhỏ hơn
	Độ nhớt cao	Tăng lên (gia công thô)	Tồi hơn (gia công thô)	Lớn hơn

4.7. Hệ thống lọc chất điện môi

Để đạt được kết quả gia công tối ưu thì điều quan trọng là phải lọc sạch dung dịch điện môi khỏi các phân tử đã bị ăn mòn điện. Đồng thời dung dịch đó phải tải đi phần lớn nhiệt để duy trì nhiệt độ làm việc không đổi. Ở nhiệt độ làm việc càng cao thì gia công càng thiếu chính xác và sẽ xuất hiện hao phí dung dịch do sự bốc hơi nhanh.

Một cụm dung dịch điện môi cần thực hiện các chức năng sau đây:

- + Có bể dự trữ dung dịch.
- + Làm nguội dung dịch.
- + Có sẵn dung dịch cần thiết để nén vào và hút ra khi xục rửa.

Để làm sạch dung dịch điện môi, người ta sử dụng một trong 3 kiểu lọc sau đây:

- + Bộ lọc màng giấy.
- + Bộ lọc phễu đá sỏi.
- + Bộ lọc khe hở.

Sau đây lần lượt khảo sát từng loại bộ lọc.

- Bộ lọc mâm giấy

Thiết bị lọc mâm giấy là đơn giản và rẻ tiền nhất. Bộ phận chính của nó gồm: bể chứa dự trữ dung dịch điện môi, bơm lọc, bơm tới máy, bộ lọc mâm và bộ làm nguội, việc thay đổi bộ lọc được thực hiện bằng tay. Phần tử lọc là một mâm giấy hình tròn có một lỗ ở giữa. Mâm lọc là một hộp chịu áp lực và không dùng lại.

Khi mâm lọc đã bẩn tới đa thì áp lực lọc sẽ trở lên rất lớn và phải thay thế mâm lọc giấy. Tùy thuộc vào chủng loại giấy, người ta đạt được một đơn vị lọc giữa 2 và 5μm. Loại mâm giấy này có thể đảm bảo tới công suất gia công tới 450mm³/phút.

- Bộ lọc phểu đá sỏi

Khi công suất gia công lớn hơn thì bộ lọc mâm giấy không giải quyết được vấn đề nữa. Lúc này cần sử dụng bộ lọc phểu đá sỏi.

Trước khi lọc, người ta để một lớp chất lọc đều đặn lên yếu tố lọc. Phương tiện lọc có thể là phểu đá sỏi hoặc xenlulô. Sau khi chảy vào phểu thiết bị được chuyển sang lọc vòng tròn. Sau một thời gian sẽ có một độ chênh áp nhất định, khi đó chúng ta thiết bị lọc đã bẩn, nó cần phải được súc rửa lại.

Thông qua dòng chảy ngược lại của dung dịch điện môi, chất bẩn có trong phương tiện lọc sẽ được súc rửa. Sau khi được súc rửa ngược này, thiết bị lọc này có thể đạt được đơn vị lọc đến 1μm. Trên mỗi mm² của bề mặt lọc cần khoảng 1 kg đá sỏi. Độ lớn của thiết bị lọc cần phải tính sao cho mỗi ca chỉ cần súc rửa bộ lọc 1 lần. Vì chất huyền phù bám vào thiết bị lọc được cấu tạo từ 95% là các chất phụ lọc và chỉ có 5% là các sản phẩm được tách ra trong quá trình gia công tia lửa điện nên rất khó lấy đi.

- Bộ lọc khe hở

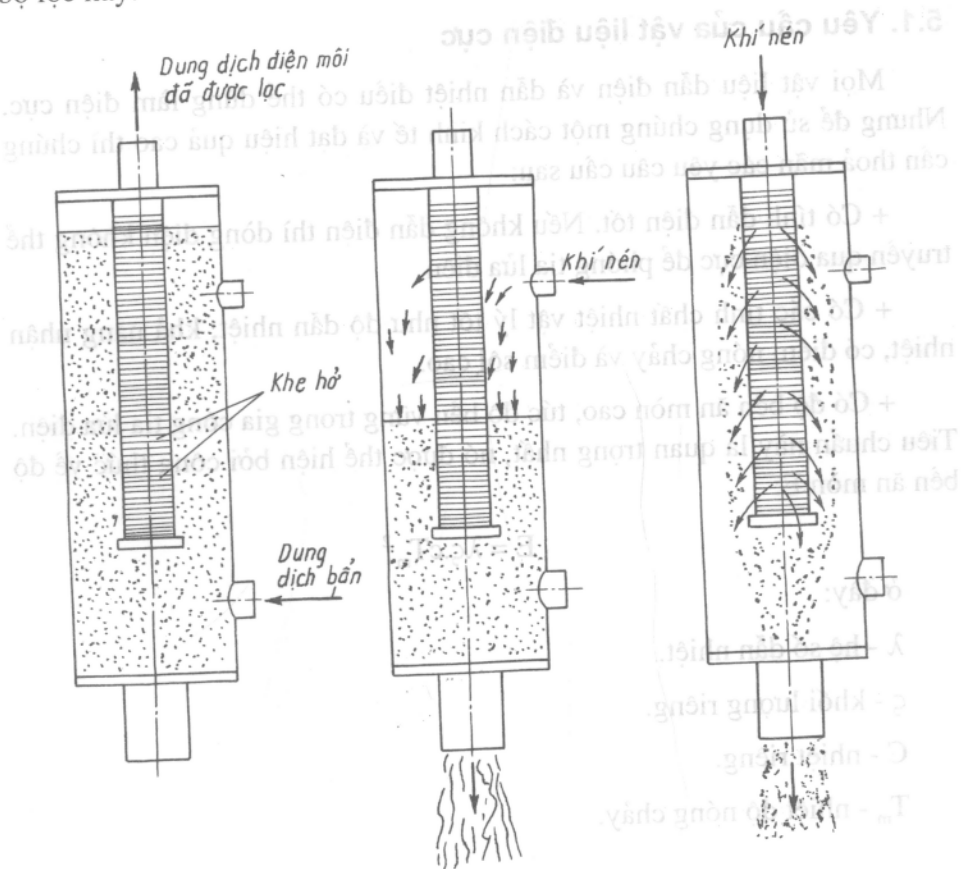
Bộ lọc khe hở được sử dụng ngày càng nhiều hơn. Ở đây, kết quả lọc có thể đạt được 1μm đơn vị lọc mà không cần phải thêm chất phụ lọc.

Bộ lọc khe hở bao gồm nhiều ống lọc ở trong một thùng chịu áp lực. Trên các ống lọc có các đĩa lọc đặc biệt không dẻo. Dung dịch điện môi đã bẩn được nén từ ngoài vào trong (hình 28a). Vì ở đây không có chất phụ lọc làm việc nên không có quá trình nhận dung dịch chảy vào (ngược lại với thiết bị lọc phểu đá sỏi).

Khi các ống lọc bị bẩn và đạt được sự chênh áp tối đa, dung dịch điện môi cần lọc được khí nén đẩy qua ống lọc theo chiều ngược lại, nhờ đó chất bẩn bám trên các ống lọc được rơi ra (hình 28b và 28c). Vì không

có chất phụ lọc nào được dùng đến nên chỉ có các phân tử tách ra được rơi xuống bể chứa phoi.

Bộ lọc khe hở (hình 28) đã được tiêu chuẩn hoá và có thể mua chúng trên thị trường. Các hãng chế tạo máy gia công tia lửa điện đều bán các bộ lọc này.



NGUYÊN LÝ LỌC KHE HỖ

Hình 28. Bộ lọc khe hở

Chương 5

ĐIỆN CỰC VÀ VẬT LIỆU ĐIỆN CỰC

5.1. Yêu cầu của vật liệu điện cực

Mọi vật liệu dẫn điện và dẫn nhiệt đều có thể dùng làm điện cực. Nhưng để sử dụng chúng một cách kinh tế và đạt hiệu quả cao thì chúng cần thoả mãn các yêu cầu sau:

- + Có tính dẫn điện tốt. Nếu không dẫn điện thì dòng điện không thể truyền qua điện cực để phóng tia lửa điện.

- + Có các tính chất nhiệt vật lý tốt như độ dẫn nhiệt, khả năng nhận nhiệt, có điểm nóng chảy và điểm sôi cao.

- + Có độ bền ăn mòn cao, tức độ bền vững trong gia công tia lửa điện. Tiêu chuẩn này là quan trọng nhất, nó được thể hiện bởi công thức về độ bền ăn mòn E:

$$E = \lambda \zeta . c T_m^2$$

ở đây:

λ - hệ số dẫn nhiệt.

ζ - khối lượng riêng.

C - nhiệt riêng.

T_m - nhiệt độ nóng chảy.

- + Có độ bền cơ học tốt, tức là phải có độ bền vững về hình dáng hình học khi gia công tia lửa điện. Phải có ứng suất riêng nhỏ, hệ số dẫn nhiệt nhỏ.

- + Có tính gia công tốt, nghĩa là phải dễ gia công. Đồng thời vật liệu điện cực phải rẻ, có khối lượng riêng nhỏ để có thể chế tạo các điện cực lớn nhưng không quá nặng làm ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của máy.

5.2. Các loại vật liệu điện cực

Người ta phân biệt 3 nhóm vật liệu điện cực:

- Nhóm vật liệu kim loại: đồng điện phân, đồng - wolfram, bạc -

volfram, đồng thau và thép.

- Nhóm vật liệu phi kim loại: graphit.

- Nhóm vật liệu pha trộn kim loại - phi kim loại: đồng - graphit.

Ngoài ra, các vật liệu như: thép, volfram, nhôm, mólipđen, hợp kim cứng v.v... chỉ được sử dụng làm điện cực trong một số ứng dụng đặc biệt.

Cần đi sâu tìm hiểu một vài vật liệu điện cực phổ biến nhất trong gia công tia lửa điện.

Trong nhóm vật liệu kim loại, thường dùng đồng điện phân và đồng - volfram.

+ *Đồng điện phân*

Đồng điện phân chứa ít nhất 99,92% Cu và tối đa 0,005% O₂.

Khối lượng riêng: 8,9g/cm³.

Điểm nóng chảy: 1083°C.

Điện trở riêng: 0,0178Ωmm²/m

Đồng điện phân phù hợp để gia công thép. Nó có thể dùng được nhiều lần để gia công thô và tinh. Việc gia công cơ đồng điện phân hầu như không có khó khăn gì nhưng khó gia công hơn graphit. Điện cực bằng đồng điện phân cần được khử ứng suất nội để tránh bị biến dạng do sự giải phóng ứng suất nội khi gia công tia lửa điện.

Điện cực bằng đồng điện phân có lượng hút vật liệu cao và độ mòn nhỏ. Nhược điểm lớn của đồng điện phân là nặng và có độ dẫn nhiệt lớn nên không phù hợp với việc chế tạo các điện cực lớn. Đồng điện phân dễ bị biến dạng nên khi làm các điện cực mảnh dễ thì đồng điện phân không ổn định về hình dáng.

+ *Đồng - volfram:*

Đồng - volfram gồm (65 - 80)% W, còn lại là đồng.

Khối lượng riêng: 15 ÷ 18 g/cm³

Điểm nóng chảy: khoảng 2500°C.

Điện trở riêng: 0,045 ÷ 0,055 Ωmm²/m.

Đồng - volfram là một vật liệu được phát triển qua luyện kim bột, trên cơ sở volfram. Nó là tổng hợp của bột volfram được trộn theo một

liều lượng nhất định với đồng.

Điện cực bằng đồng - volfram có độ bền ăn mòn cao là nhờ sự có mặt của volfram, có tính dẫn điện cao là nhờ có đồng. Điện cực bằng đồng - volfram đã đạt được chất lượng bề mặt gia công tia lửa điện tương đương với cực đồng điện phân, nhưng đồng - volfram có độ bền cao hơn. Lượng hớt vật liệu tốt hơn so với đồng điện phân, nhưng tính gia công kém hơn. Nhược điểm lớn của đồng - volfram là khối lượng riêng lớn và giá thành cao nên kích thước của điện cực bị giới hạn. Trong nhóm vật liệu phi kim loại, chỉ có graphit là được sử dụng phổ biến làm điện cực.

+ *Graphit:*

Đây là các bon tinh khiết với 0,1% tro.

Khối lượng riêng: $1,6 \div 1,85 \text{g/cm}^3$

Điện trở riêng: $8 \div 15 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$.

Độ bền gãy: $200 \div 700 \text{kg/cm}^2$.

Graphit có cấu trúc gồm nên nó có độ bền hình dáng - nhiệt rất cao và hơn nữa, nó rất bền nóng. Graphit cũng thích hợp để gia công thép. Khi gia công thép, nếu graphit được đấu cực dương sẽ có độ mòn ít hơn so với đồng. Graphit có điện trở riêng lớn hơn vài trăm lần so với đồng điện phân.

Ở đồng điện phân, nếu tăng cường độ phóng điện thì luôn luôn gắn với việc điện cực bị mòn nhiều hơn. Quan hệ này ở graphit thì khác: nếu tăng dòng phóng tia lửa điện thì sự mòn điện cực không đổi. Chỉ khi dòng phóng tia lửa điện rất cao (trên 200A) thì mới có sự thay đổi độ mòn điện cực.

Hiện nay đã phát triển các loại graphit đặc biệt với các đặc tính vật lý quan trọng nhất dùng cho gia công tia lửa điện xung định hình là chúng có độ bền mòn cao, độ xốp thấp, kích thước hạt nhỏ, độ đồng nhất và tính đẳng hướng cao. Sự khác biệt về chất lượng, nhất là trong các tính chất vật lý khiến cho graphit có rất nhiều mức khác nhau, mỗi loại có một ứng dụng riêng của nó.

Dựa vào công dụng, người ta phân ra các loại graphit: để gia công thô, đa năng hoặc để gia công tinh. Kích thước hạt graphit biến động từ $40 \mu\text{m}$ đến $2 \mu\text{m}$. Các dạng graphit có thể được chia là graphit có chất lượng được thẩm thấu hoặc không được thẩm thấu.

Nhược điểm của graphit là độ giòn của nó làm yếu đôi chút quan hệ mài mòn ở góc điện cực. Graphit không thích hợp với các yêu cầu về độ nhám tinh. Vì vậy, các nhà chế tạo graphit luôn luôn hướng tới các loại graphit nặng hơn và có độ hạt nhỏ hơn, tinh hơn. tuy nhiên, graphit hạt càng nhỏ thì càng đắt.

Graphit có thể được gia công cơ rất dễ dàng, nó được chế tạo nhanh hơn đồng 10 lần, nhưng tạo rất nhiều bụi đen làm ô nhiễm nhà xưởng. Với khối lượng riêng thấp, graphit trở thành vật liệu lý tưởng để làm các điện cực lớn. Graphit có độ bền nhiệt cực kỳ cao, nó không bị nóng chảy ngay cả ở 3600°C . Graphit còn có độ bền xung nhiệt. Ở một môi trường không khí xung quanh nóng tới 480°C graphit vẫn bền.

Graphit có tính dẫn điện tốt, độ dẫn điện là $10\ \mu\Omega\text{m}$. Ở ngay gần độ 0 tuyệt đối, graphit tỏ ra như một chất cách điện vì nó chỉ có rất ít điện tử tự do. Khi tăng nhiệt độ, số điện tử tự do tăng lên, nhờ đó tăng độ dẫn điện và quá trình gia công xung định hình sẽ tốt hơn.

Độ dẫn nhiệt ở graphit cao hơn ở nhiều kim loại. Độ dẫn nhiệt giảm khi nhiệt độ tăng.

Ưu điểm lớn nữa của graphit là độ giãn nở nhiệt rất thấp, bằng $3.10^{-6}/\text{K}$ và chỉ bằng 1/6 độ giãn nở nhiệt của đồng điện phân ($17.10^{-6}/\text{K}$). Qua đó thấy rằng graphit giữ được kích thước chính xác không chỉ khi gia công cơ nó mà cả khi gia công xung định hình.

Trên cơ sở đó, graphit được dùng ngày càng nhiều để làm điện cực, không chỉ trong lĩnh vực điện cực lớn mà ngay cả khi điện cực nhỏ hơn và có hình dáng phức tạp.

Các điện cực graphit phức tạp, thành mỏng làm bằng graphit có mật độ cao và hạt nhỏ được chế tạo đơn giản hơn một cách cơ bản so với đồng. Mặt khác, các điện cực cực kỳ nhạy cảm này, dưới các ảnh hưởng về nhiệt, khi gia công tia lửa điện vẫn giữ được hình dáng của nó, điều mà điện cực bằng đồng không bao giờ đảm bảo được.

Điều quan trọng đối với người sử dụng là trong số rất nhiều loại graphit khác nhau có trên thị trường, phải chọn đúng được loại cần dùng. Graphit có hơn 100 loại khác nhau, nên năng suất gia công tia lửa điện và độ mòn điện cực của chúng cũng khác nhau rất nhiều. Bảng 4.3 dưới đây giới thiệu một số mác graphit quan trọng nhất có thể tìm mua trên thị trường thế giới.

Graphit và đồng có cấu tạo mạng tinh thể khác nhau. Ở nhiệt độ trong phòng, đồng có mạng lập phương thể tâm, còn graphit có mạng 8 mặt. Vì số lượng mặt trượt ở mạng lập phương thể tâm lớn hơn nên đồng dễ uốn hơn.

Bảng 4.3: Các loại graphit của các nhà chế tạo khác nhau

Mác Graphit		Chỉ số	Độ hạt µm	Uốn gãy y N/mm ²	Mật độ g/cm ³	Độ cứng Shore	Độ rỗng %	Đạt được
Graphit nhóm C			< 5	75-90	1,8-1,9	70-80	5-10	
1	PocoEDM Alectro G1700	3	2,5	91	1,83	70	6	VDI 21
2	Ringsdorf V940/V1364		3	90	1,90	80	11	
3	Carbone Ellor + 35		3	95	1,88	85	7	
4	Alectro G1818		3	95	1,90	80	8	
5	Novotec Technograph 45		3	95	1,90	90	10	
6	Ringsdorf V1354		7	65	1,85	85	10	
Graphit nhóm B			<20	50-70	1,85	60-75	10-15	
1	Ringsdorf EK 88		10	50	1,85	75	10	VDI 25
2	Novotec Technograph 20/25		10	50	1,85	58	10	
3	Erograph 70/ Alectro G700		15	50	1,85	60	12	
4	Cacbone Ellor 10/12		20	-	1,85	65	7/10	
5	Ringsdorf V1345		15	45	1,73	85	15	
Graphit nhóm A			>10	<50	<1,85	<65	10-20	
1	Carbone Ellor +25		20	-	1,82	65	10	VDI 30
2	Nocotec Technograp 15		15	42	1,78	54	15	
3	Alectro G500/ erograph 50		10	42	1,78	54	20	
4	Ringsdorf EK 86/85		10	33	1,75	55	12,5	

Nói chung graphit chịu được dòng điện lớn hơn căn bản so với đồng. Graphit được cấu tạo từ các phân tử có lỗ rỗng, chúng được tạo nên từ các hạt siêu tinh hoặc thô. Độ bền của graphit trong mọi trường hợp được xác định bởi khả năng giữ các phân tử riêng biệt của nó. Do hiện tượng nổ khi phóng tia lửa điện, điện cực bị bắn phá bởi các phân tử tách ra từ phôi, nên các phân tử tạo thành cấu trúc của graphit có thể bị rời ra. Graphit bền cao có thể chịu được các lực bắn phá đó tốt hơn nhiều so với graphit bền thấp. Điện cực bằng graphit bền cao có độ bền mòn cao hơn so với graphit bền thấp. Hơn nữa độ mòn phụ thuộc vào độ lớn của phân tử graphit. Độ mòn điện cực tỷ lệ thuận với độ lớn các phân tử. Do đó độ mòn ở các điện cực graphit có độ hạt siêu tinh nhỏ hơn so với độ mòn điện cực có độ hạt thô. Độ mòn của điện cực thay đổi theo độ lớn của bề mặt làm việc khi tần số xung là hằng số. Về mặt lý thuyết, điện cực có bề mặt tác dụng nhỏ một nửa sẽ có số lượng tia lửa điện gấp đôi. Điều đó có nghĩa là: một điện cực nhỏ sẽ có một lượng nhiệt lớn hơn và độ tập trung tia lửa điện cao hơn so với điện cực lớn và dẫn đến mòn nhanh hơn. Độ hạt cũng ảnh hưởng lên giá trị nhỏ nhất của độ nhám bề mặt gia công đạt được

Khi gia công với dòng điện nhỏ và có độ kéo dài xung nhỏ thì điện cực có khuynh hướng bị mất cấu trúc bề mặt. Khi sử dụng điện cực hạt thô và có lỗ hổng lớn (graphit có độ xốp cao) thì không thể mong chờ nhận được bề mặt gia công tốt hơn so với bề mặt điện cực. Khi khe hở phóng điện nhỏ mà graphit có độ hạt lớn thì có nguy hiểm là quá trình gia công sẽ không ổn định vì các lỗi của quá trình đơn giản nhất là chỉ sử dụng graphit thích hợp. Trong nhóm vật liệu pha trộn kim loại- phi kim loại có vật liệu đồng- graphit là điển hình:

Khối lượng riêng: $2,4 \div 3,2 \text{ g/cm}^3$.

Điện trở riêng: $3 \div 5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

Độ bền gãy : $700 \div 900 \text{ kg/cm}^2$.

Ở đây, trong phương pháp chân không, người ta để cho đồng điện chảy các lỗ hổng của graphit. Nhờ có đồng mà độ bền gãy của vật liệu đồng- graphit cao hơn graphit 200 đơn vị, điện trở riêng giảm 3 lần so với graphit.

Trong quá trình gia công tia lửa điện, đồng có xu hướng chảy ra khỏi các lỗ hổng của graphit nên không đạt được chất lượng bề mặt gia công tốt như graphit. Vật liệu điện cực đồng- graphit chỉ dùng cho những nhiệm vụ

đặc biệt. Nó rất đắt, nhưng do có độ bền vững tốt hơn so với graphit nên thường được dùng làm các điện cực nhỏ cho các chỉ tiết tinh xảo.

5.3. Quy trình chế tạo vật liệu graphit

Để hiểu rõ hơn các loại graphit khác nhau và các tính chất của chúng thì điều quan trọng là cần làm quen với một số mác graphit cơ bản và phương pháp chế tạo chúng.

Graphit dùng làm điện cực gia công tia lửa điện được ép từ một hỗn hợp bột cốc đặc biệt, sau đó được nung nóng và graphit hoá. Các vật liệu rắn được dùng ở đây là: cốc dầu hoả, cốc nhựa thông và bồ hóng. Chất liên kết ở đây là nhựa thông than đá.

Sơ đồ của quy trình công nghệ được cho ở hình 29. Quy trình có thể tóm tắt gồm 5 bước sau đây:

- + Sơ chế nguyên liệu thô
- + Trộn đều hỗn hợp
- + Tạo hình sơ bộ
- + Nung sơ bộ ở 100°C
- + Graphit hoá ở 2800°C

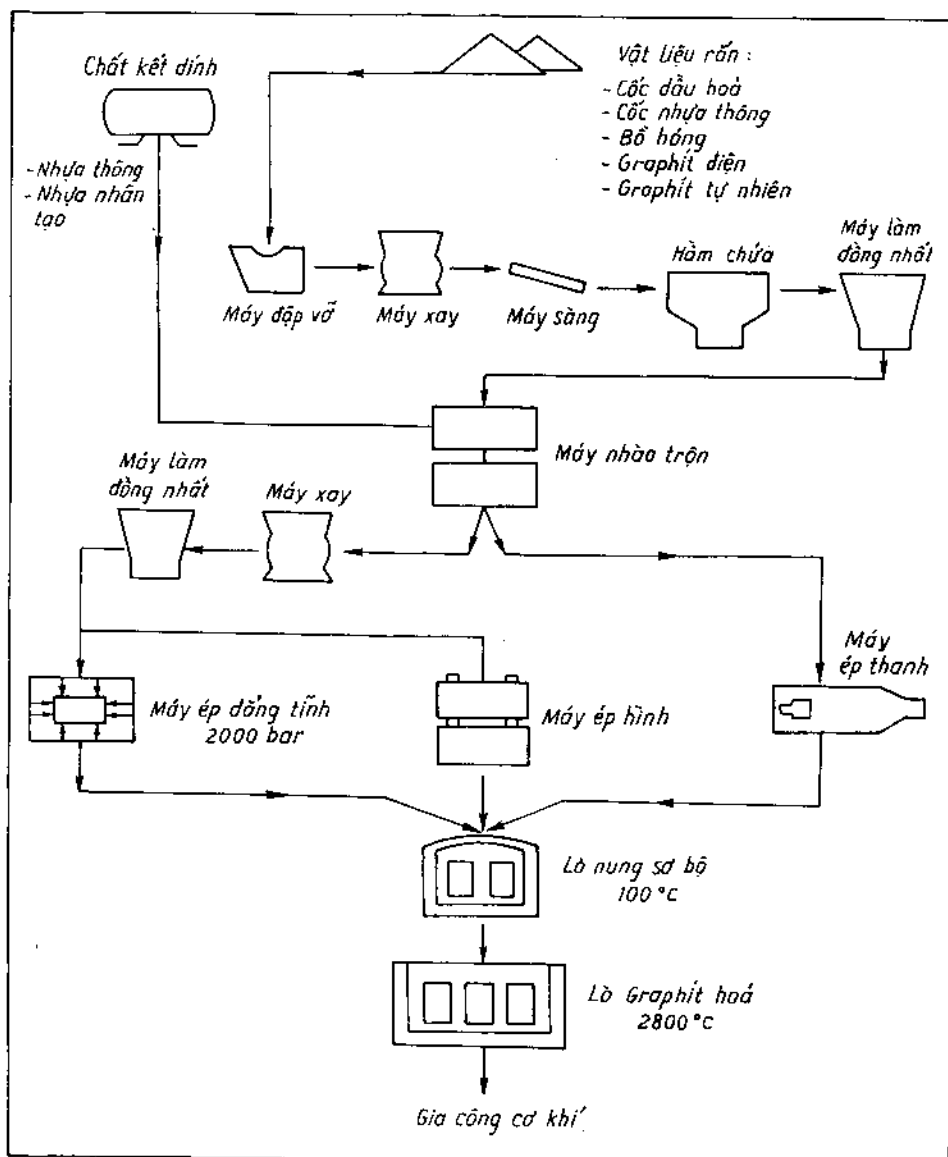
Trước tiên, các chất rắn được đưa tới các thiết bị sơ chế như máy đập vỡ, sau đó được xay nhỏ và đưa sang máy sàng để phân ra các cỡ hạt nhất định

Bây giờ, tùy theo loại graphit được chế tạo, người ta sẽ trộn một hỗn hợp từ các loại chất rắn khác nhau và thêm vào các chất liên kết. Chất liên kết là nhựa thông và nhựa thông nhân tạo, nó có tác dụng kết dính vật liệu. Hỗn hợp này sẽ quyết định các tính chất sau này của graphit. Mặc dù các vật liệu cơ bản giống nhau, nhưng do tỷ lệ % của chúng thay đổi nên người ta nhận được các chất lượng graphit khác nhau.

Độ hạt ảnh hưởng lớn lên tính chất của graphit. Đôi khi, đối với những yêu cầu nhất định, người ta còn sử dụng một lượng graphit tự nhiên hoặc graphit điện. Sau khi đã có một hỗn hợp thì người ta đem xay thành độ hạt mong muốn. Hiện nay đã sử dụng graphit có độ hạt tới $1\mu\text{m}$.

Tiếp đó, khối lượng đã xay này được đưa tới một máy làm đồng nhất

có nhiệm vụ trộn đều các thành phần riêng với nhau, nhờ đó sẽ xuất hiện một cấu trúc đồng nhất.



Hình 29. Quy trình chế tạo graphit

Sau đó cấu trúc đã được đồng nhất này được ép trên máy ép khuôn hoặc máy ép đẳng tĩnh dưới một áp lực khoảng 2000 bar, tạo ra các phôi đã ép tạo hình sơ bộ.

Một loại khác, cũng là sơ phẩm graphit, được đun qua các máy đun để tạo các thành phôi graphit có 4 cạnh vuông hoặc hình chữ nhật. Ở đây một hỗn hợp dẻo nóng được đun ra từ một máy trộn nóng. Qua kỹ thuật đun này sẽ quyết định phần nào các tính chất quan trọng của sản phẩm sau này.

Sau các phương pháp tạo hình, graphit được nung sơ bộ ở 100°C , sau đó hoá cốc các chất liên kết. Thông qua sự bốc hơi của chất liên kết trong quá trình nung, xuất hiện các thể tích rỗng trong vật thể bằng cacbon này.

Thông qua việc thẩm thấu nhựa thông, các lỗ hổng này biến mất.

Ở pha hai của sự gia công nhiệt, sản phẩm cacbon này được graphit hoá trong một quá trình nhiệt độ cao khoảng 2800°C . Sau quá trình này thực sự mới đạt được các tính chất quan trọng của graphit. Cũng ở vùng nhiệt này xảy ra sự thay đổi kết tinh và nhờ đó thay đổi trật tự cấu trúc graphit. Sự thay đổi này trong tinh thể đưa đến sự giảm điện trở, cải thiện độ dẫn điện, giảm độ giãn nở nhiệt. Ở cuối của quá trình này xuất hiện graphit rất tinh và tuyệt vời.

5.4. Kích thước điện cực

Độ chính xác kích thước lòng khuôn phụ thuộc vào độ chính xác kích thước điện cực. Ở đây sẽ sử dụng một điện cực hình trụ làm ví dụ để tính toán kích thước điện cực.

Đường kính d của điện cực phụ thuộc vào 3 yếu tố:

+ Đường kính D của lòng khuôn cần gia công.

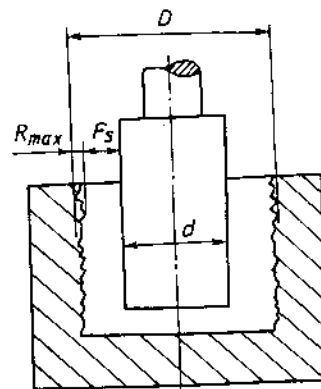
+ Khe hở F_s giữa lòng khuôn và điện cực.

+ Độ cao nhấp nhô cực đại $R_{\max}$ và khe hở F_s đều được đưa vào công thức d của điện cực (hình 30):

$$d_{\text{tho}} = D - 2F_s - 2R_{\max}$$

Khi gia công tinh, do độ nhám $R_{\max}$ rất nhỏ so với giá trị của khe hở phóng điện F_s nên có thể bỏ qua $R_{\max}$. Trong công thức tính đường kính d của điện cực chỉ còn lại F_s :

$$d_{\text{tinh}} = D - 2F_s$$



Hình 30. Tính kích thước điện cực d

Ví dụ 1:

Tính đường kính d của điện cực khi gia công thô lỗ $D = 10\text{mm}$. Trên bảng dữ liệu của màn hình của máy cho khe hở $F_s = 0,21\text{mm}$, $R_{\max} = 0,08\text{mm}$ đối với bước dòng điện được chọn $I = 16$, phối hợp vật liệu đồng/thép.

$$d_{\text{thô}} = 10 - 2 \times 0,21 - 2 \times 0,08 = 9,42\text{mm}.$$

Ví dụ 2:

Tính đường kính d của điện cực khi gia công tinh lỗ $D = 10\text{mm}$. Trên bảng dữ liệu của màn hình của máy cho khe hở $F_s = 0,06\text{mm}$ đối với bước dòng điện được chọn $I = 6$, phối hợp vật liệu đồng/thép.

$$d_{\text{tinh}} = 10 - 2 \times 0,06 = 9,88\text{mm}$$

5.5. Gia công xung định hình nhiều giai đoạn

Việc gia công xung định hình theo nhiều giai đoạn có thể được thực hiện bằng hai cách:

- Dùng 1 điện cực nhưng trong mỗi giai đoạn sử dụng một chế độ gia công khác nhau, thường là gia công thô trước, gia công tinh sau để rút ngắn thời gian hoàn thành lòng khuôn nhưng vẫn đảm bảo chất lượng yêu cầu:

Ví dụ 1: gia công từ đầu đến cuối với chế độ tinh lỗ $D = 10$, cặp vật liệu đồng/thép.

Bước dòng điện $I = 3$.

Chiều sâu lỗ: 10mm .

Tổng thời gian gia công: 4 giờ.

Ví dụ 2: gia công theo hai giai đoạn cũng lòng khuôn đó.

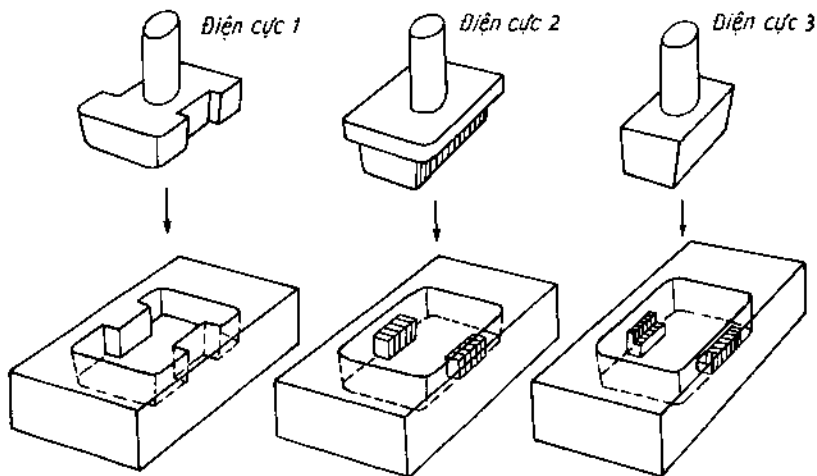
Giai đoạn 1: gia công thô với $I = 12$, sâu 9mm .

Giai đoạn 2: gia công tinh với $I = 3$, sâu 1mm .

Tổng thời gian gia công 30 phút.

- Sử dụng nhiều điện cực đơn giản cho nhiều giai đoạn để gia công một lòng khuôn phức tạp (hình 31).

Sự tính toán chính xác về hình dáng điện cực được sử dụng để tiết kiệm thời gian và tiền bạc. Đây là vấn đề của tính hiệu quả trong việc chọn phương án chế tạo điện cực. Người ta phải cân nhắc giữa 2 phương án:

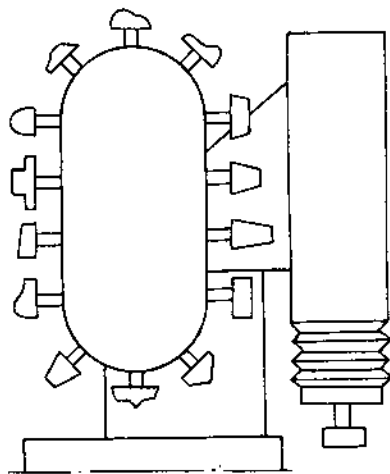


Hình 31. Gia công lòng khuôn bằng 3 điện cực - qua 3 giai đoạn

- + Gia công bằng 1 điện cực phức tạp trong 1 bước.
- + Gia công bằng nhiều điện cực đơn giản trong nhiều giai đoạn.

Nếu so sánh chi phí sản xuất một điện cực phức tạp với nhiều điện cực đơn giản thì cách thứ hai thường kinh tế hơn. Một bề mặt vừa tinh, vừa phức tạp có thể nhận được bằng cách sử dụng nhiều điện cực đơn giản và gia công trong nhiều giai đoạn.

Trong sản xuất tự động hoá, trong quá trình gia công nhiều giai đoạn dùng nhiều điện cực khác nhau, người ta sử dụng một bộ thay đổi điện cực tự động, còn gọi là magazin điện cực. Nó sẽ tự động thay đổi điện cực theo chương trình định sẵn (hình 32).



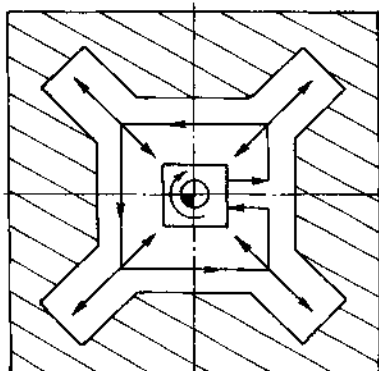
Hình 32. Magazin điện cực

5.6. Gia công xung định hình với chức năng hành tinh

Chức năng hành tinh là chức năng của hệ điều khiển để tạo ra các trình tự chuyển động phức tạp của điện cực được lập trình từ trước trong hệ điều khiển của máy.

Có thể sử dụng các chức năng hành tinh (hình 33) để chế tạo các lòng khuôn mà không phụ thuộc vào hình dáng và kích thước của điện cực. Điều đó cho phép sử dụng các điện cực nhỏ hơn và kinh tế hơn.

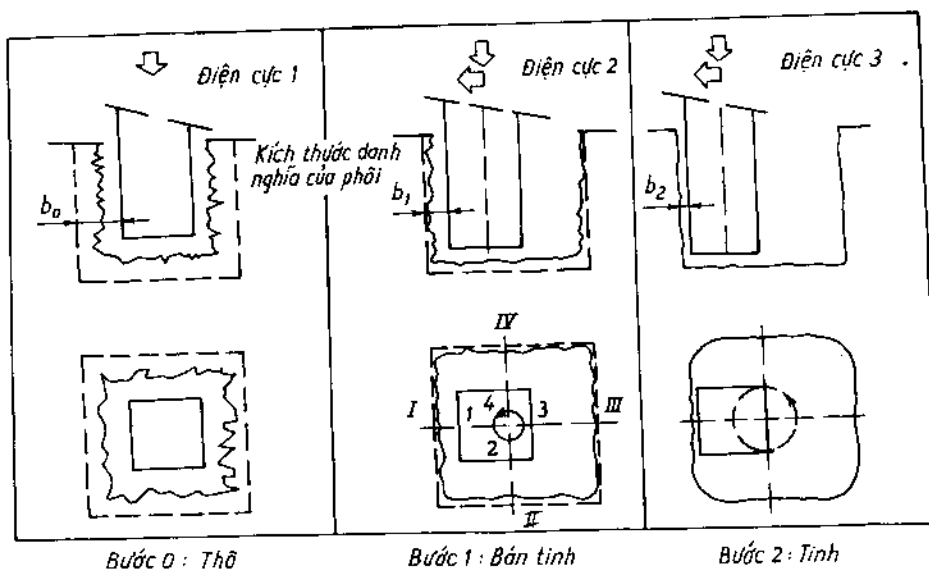
Có thể đạt được độ chính xác cao về kích thước mà không phải nỗ lực nhiều nhờ kỹ thuật hành tinh. Một vài μm cuối cùng của lòng khuôn có thể đạt được bằng việc gia công nhắc lại bằng một điện cực đơn giản. Phương pháp này bù được độ mòn điện cực.



Hình 33. Chuyển động hành tinh gia công khuôn

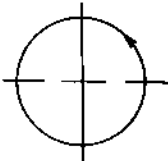
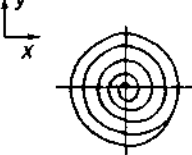
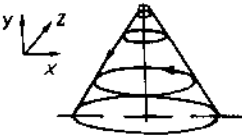
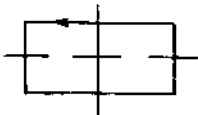
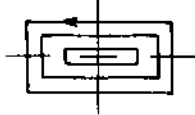
Trong trường hợp gia công thông thường (không có chuyển động hành tinh) người ta phải dùng các điện cực đắt tiền có hình dáng rất phức tạp và thường xuyên phải thay đổi chúng do độ mòn điện cực.

Sơ đồ chuyển động hành tinh để gia công một lòng khuôn được cho ở hình 34. Sau nguyên công gia công thô ban đầu bởi một chuyển động đi xuống thuần túy thì chính điện cực này sẽ thực hiện nhiều bước gia công tiếp theo. Sự khác nhau trong khe hở giữa các bước khác nhau được bù lại bởi chuyển dịch của điện cực ra khỏi tâm phôi về phía thành và phía đáy của lòng khuôn.



Hình 34. Chuyển động hành tinh gia công lòng khuôn vuông

Để có thể gia công toàn bộ bề mặt bên và đáy lòng khuôn, đòi hỏi có chuyển động tương đối bổ sung giữa dụng cụ và phôi. Đối với hầu hết các máy thì chuyển động này là dịch chuyển của điện cực theo một côngtua tròn. Dụng cụ ban đầu ở phía trước của bề mặt I của phôi và nó chuyển động trong hướng của bề mặt II và v.v... (hình 34). Nhiều quỹ đạo chuyển động hành tinh có thể thực hiện theo các kiểu khác nhau như ở hình 35, trong đó, các chuyển động hành tinh có thể chỉ được thực hiện trong mặt phẳng XY hoặc có thể được mở rộng hành tinh theo không gian 3 chiều để tạo ra hình côn, hình chóp.

Quỹ đạo hành tinh mặt phẳng X/Y	Mở rộng hành tinh	
	Trục Z bị khóa	Trục Z tự do
Tròn 		Hình côn 
Không tròn 		Hình chóp 
Hình sao 		

Hình 35. Các kiểu khác nhau của chuyển động hành tinh

Gia công xung định hình với chức năng hành tinh so với gia công xung định hình thông thường có các ưu điểm sau:

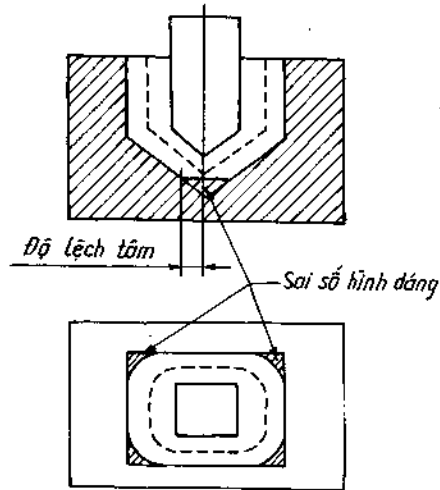
- + Số lượng điện cực ít hơn
- + Dòng chảy tự nhiên tốt hơn của chất điện môi,
- + Độ chính xác cao hơn và độ mòn trải đều trên toàn bộ điện cực

+ Lượng hút vật liệu lớn hơn.

Nhược điểm xung định hình với chức năng hành tinh là:

+ Độ phức tạp trong thiết kế điện cực tăng lên và phải chọn các bước gia công khác nhau

+ Chuyển động tròn có sai số hình dáng, các góc vuông của lòng khuôn cần phải được phóng điện riêng về sau. Trong trường hợp điện cực phức tạp sẽ tạo nên một mặt phẳng vòng tròn nhỏ có bán kính bằng bán kính lệch tâm của chuyển động hành tinh của dụng cụ (hình 36).



Hình 36. Sai số hình dáng do tạo vòng tròn nhỏ ở đáy lỗ

Có thể tránh được hoàn toàn hoặc một phần việc tạo ra mặt phẳng vòng tròn nhỏ nói trên bằng cách chọn đúng hình dáng hoàn toàn đầy đủ của điện cực. Đó là trách nhiệm của người hoạch định quy trình công nghệ.

Đẳng thức sau đây có giá trị đối với điện cực hình trụ:

$$D = d + 2b_i + 2r_i$$

Trong đó:

D - đường kính danh nghĩa của lòng khuôn.

d - đường kính điện cực.

i - số bước của chuyển động hành tinh.

r_i - độ lệch tâm lớn nhất đối với bước i.

b_i - khoảng cách giữa thành lòng khuôn và thành điện cực ở bước i.

Sau đó ta đặt: $b_i = S_i + R_{ii} + Z_i$

Trong đó S_i - khe hở phóng điện thực.

R_{ii} - nhấp nhô giữa các đỉnh ở bước i.

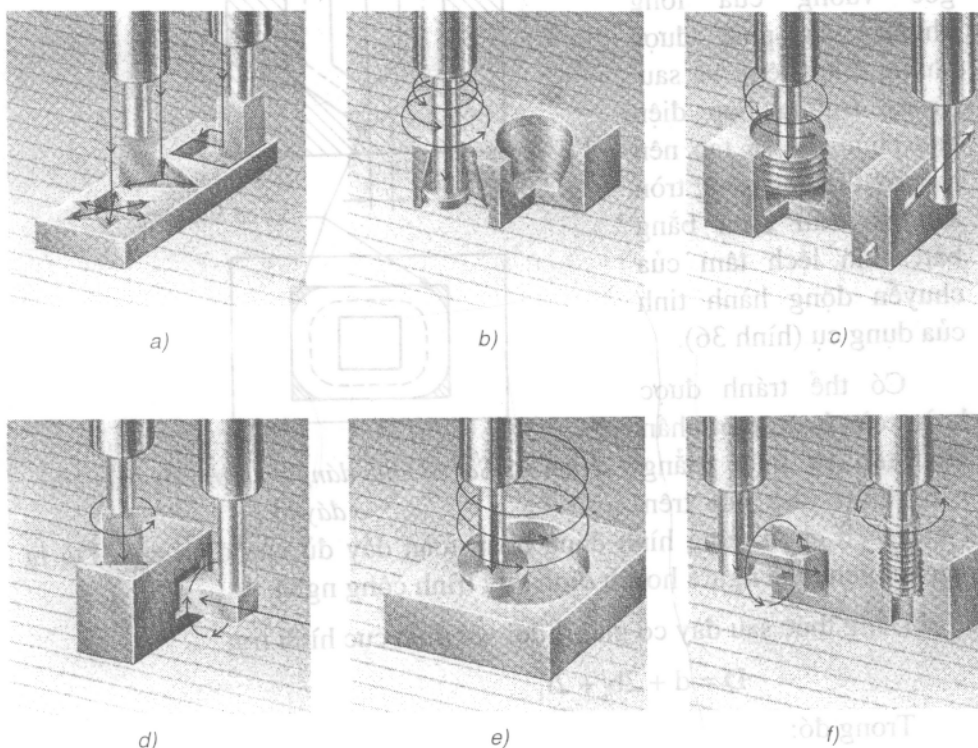
Z_i - lượng dư gia công ở bước i.

Đối với điện cực đơn giản có thể xác định các kích thước như sau:

$$d = D - 2b_0$$

(b_0 - kích thước b_i ở 0, khi điện cực in xuống ban đầu vào lòng khuôn đặc, với độ lệch tâm $r_0 = 0$).

$$\text{hoặc: } d = D - 2b_n = 2r_n.$$



Hình 37. Một số ví dụ áp dụng chức năng hành tinh

- a) Chuyển động hành tinh hình sao và hình chữ nhật.
- b) Chuyển động hành tinh gia công các lỗ côn.
- c) Sau khi gia công ren hoặc lỗ xiên, có thể áp dụng chuyển động hành tinh
- d) Gia công áp dụng chuyển động hành tinh một trong 3 mặt phẳng, có sự lùi về được lập trình của điện cực.
- e) Gia công hốc tròn có chuyển động hành tinh.
- f) Gia công hành tinh 1 trong 3 mặt phẳng cơ bản.

Một số ví dụ gia công lòng khuôn có áp dụng chức năng hành tinh trên máy xung định hình CNC HS 500E của MAHO được cho ở hình 37.

Chiến lược gia công với chức năng hành tinh:

Điều này có nghĩa là xác định từng bước của quá trình khi xung định hình với chức năng hành tinh. Đối với mỗi bước gia công phải xác định: độ lệch tâm r_1 , khoảng cách thành lòng khuôn và thành điện cực b_1 và các thông số đặt máy phát.

Các nhà chế tạo máy cung cấp các phiếu công nghệ cho người sử dụng cho phép dễ dàng xác định chiến lược của quá trình. Các thông số đầu vào cho hệ thống này là: chiều cao nhấp nhô cuối cùng của bề mặt gia công, dung sai hình học cuối cùng của lòng khuôn, hình học điện cực (bao gồm khe hở mặt trước, khe hở mặt bên) và độ mòn lớn nhất của điện cực. Các thông số trên có thể được đọc ra dễ dàng trên màn hình của máy đối với các bước gia công khác nhau.

Mặc dù có sự phối hợp về công nghệ, hầu hết những người sử dụng máy xung định hình vẫn tự mình xác định các tham số. Các giá trị được cung cấp bởi nhà chế tạo máy thường chỉ được sử dụng như một sự hướng dẫn. Trong hầu hết các chiến lược gia công hành tinh thì số bước gia công là cố định sẵn từ trước.

5.7. Đánh bóng bằng gia công xung định hình

Trong chế tạo dụng cụ, khuôn mẫu hiện đại, luôn có yêu cầu ngày càng cao về chất lượng bề mặt dụng cụ, khuôn mẫu. Trên cơ sở phương pháp xung định hình có thể tiếp tục phát triển để tạo ra các bề mặt nhẵn bóng cao trên máy xung định hình.

Việc gia công bằng máy xung định hình là cần thiết do kết cấu của khuôn có nhiều chỗ rất khó hoặc không thể đánh bóng bằng tay được. Ưu điểm cơ bản là bước gia công này có thể thực hiện hoàn toàn tự động.

Đánh bóng bằng xung định hình là một sự phát triển tiếp tục của gia công tinh xung định hình. Ở đây, tạo ra được một bề mặt cực kỳ bóng mà trên ảnh chụp mặt cắt mài thấy có một lớp rất mỏng, đồng nhất, không vết nứt tế vi và có chiều dày đều đặn.

Hiệu quả của đánh bóng bằng gia công xung định hình có thể được giải thích như sau:

Khi đánh bóng, trên cơ sở của nguyên tắc vật lý sẽ tạo ra một bề mặt có dạng các hố nhỏ. Chiều sâu của các hố nhỏ đó được chỉ rõ trong các giá trị của độ nhám bề mặt R_a , R_t , và R_z . Theo tiêu chuẩn của Hiệp hội kỹ sư Đức VDI - 3400 thì tất cả các bề mặt được xác định theo giá trị R_a với các cấp của VDI.

Trong gia công tinh chiều sâu của các hố nhỏ này luôn luôn giảm đi do sự giảm của dòng phóng tia lửa điện. Hiệu quả đánh bóng xuất hiện do dư san bằng các bề mặt dạng hố nhỏ này. Các đỉnh nhọn bị nóng chảy ra và xuất hiện các hố phóng điện đồng đều và cực kỳ phẳng.

Có rất nhiều thông số của phương pháp tác dụng lên hiệu quả đánh bóng và có ý nghĩa quyết định đối với thành quả đánh bóng. Ở đây có thể giải thích ngắn gọn như sau:

Điều kiện cơ bản của phương pháp đánh bóng là sự đấu cực âm của điện cực. Qua đó, sự phân chia năng lượng trong khe hở sẽ được thực hiện sao cho các quá trình truyền năng lượng cần thiết cho đánh bóng có thể xảy ra được.

Vật liệu phôi có ảnh hưởng quan trọng tiếp theo, thép có thành phần cacbon cao không phù hợp với đánh bóng. Các loại thép dụng cụ hợp kim cao được dùng trong chế tạo dụng cụ và khuôn mẫu đều có thể được đánh bóng tốt hoặc rất tốt bằng gia công xung định hình.

Các công nghệ nhiệt luyện khác nhau dù có được thực hiện, cũng không ảnh hưởng gì lên chất lượng đánh bóng. Vật liệu thép cần được đánh bóng ở trạng thái đã tôi. Kim loại nhẹ và hợp kim cứng không phù hợp với đánh bóng bằng gia công xung điện.

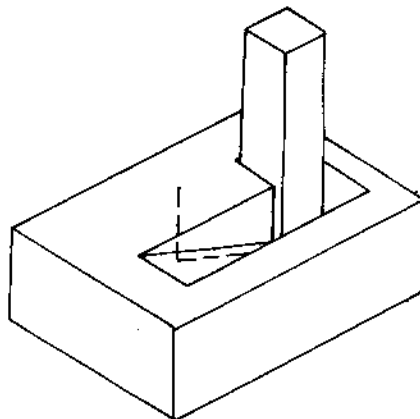
Về vật liệu điện cực thì đồng điện phân và đồng - wolfram cho thấy các kết quả gia công đánh bóng tốt nhất. Ngược lại, graphit hạt tinh hầu như không có hiệu quả khi đánh bóng bề mặt.

Một luận điểm tiếp theo là về công nghệ xung định hình. Vì trong đánh bóng, các giá trị khe hở phóng điện có thể đạt được nhỏ nhất nên độ chính xác in hình càng lớn. Do đó, tính chất bề mặt của điện cực trước khi đánh bóng phải thật hoàn hảo. Nhìn chung có thể nói rằng, bề mặt phôi được đánh bóng không bao giờ tốt hơn bề mặt điện cực. Hiệu ứng này có ở đánh bóng khuôn mẫu rất rõ. Nhưng đối với đánh bóng trong chuyển động hành tinh thì độ nhám của bề mặt điện cực lại không ảnh hưởng lắm.

Cần nhớ rằng các thông số làm việc của máy phát xung cũng là những yếu tố ảnh hưởng lên sự đánh bóng. Ví dụ, chỉ cần một thông số không được điều chỉnh tối ưu thì cũng không thể đạt được bề mặt phôi đánh bóng trơn nhẵn, ở đây đòi hỏi điện áp đánh lửa phải cao, cường độ phóng điện nhỏ, độ kéo dài xung và khoảng cách xung phải ngắn. Một cách lý tưởng ở các thiết bị xung định hình hiện đại là thông số này phải nằm trong một công nghệ thích hợp. Trên các máy này, ngày nay có thể tạo ra các bề mặt đánh bóng cao với $Ra < 0,1\mu m$.

5.8. Gia công xung định hình theo côngtua (đường viền)

Gia công xung định hình theo côngtua mang ý nghĩa là hớt vật liệu bởi một điện cực chạy theo côngtua trong không gian. Nhiều nhà thiết kế máy đã cho ra đời các máy xung định hình cho phép điện cực chuyển động phức tạp trong không gian. Gia công xung định hình côngtua sẽ rất hiệu quả khi mà các hình dáng phức tạp có thể được làm bởi các điện cực đơn giản (hình trụ, hình vuông v.v...) được đặc trưng bởi chi phí thấp. Hình 38 là một ví dụ gia công theo côngtua.



Hình 38. Xung định hình một côngtua

Điện cực hình trụ khi gia công còn được quay quanh trục của nó. Sự quay này có một ưu điểm nữa là độ mòn điện cực đồng đều.

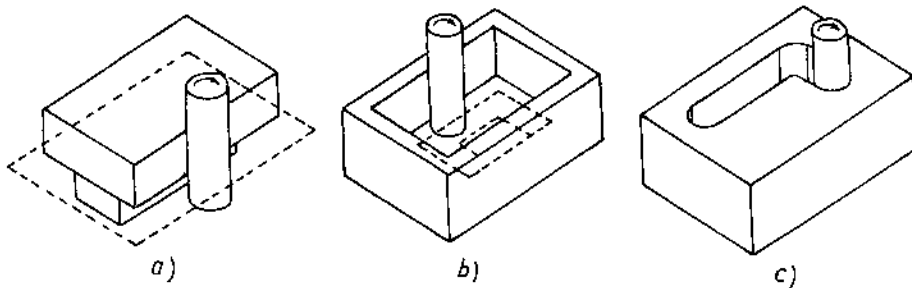
Quỹ đạo điện cực có thể được tính toán bằng các thuật toán sẵn có. Tuy nhiên, sự thay đổi khe hở phóng điện có thể được đưa vào tính toán.

Quỹ đạo lập trình có thể là 2D (hai chiều) hoặc 3D (ba chiều).

Có thể phân biệt 3 kiểu gia công xung định hình côngtua 2D (hình 39) đó là: gia công prôphin, hốc và rãnh.

Khi gia công prôphin thì điện cực chuyển động dọc theo côngtua của phôi.

Khi gia công một hốc thì quỹ đạo được lập trình bao gồm nhiều quỹ đạo song song sao cho có thể gia công các lòng khuôn 2D lớn hơn nhiều so với kích thước điện cực.



Hình 39. Xung định hình: a) prôfin, b) hốc, c) rãnh

Khi gia công rãnh thì chỉ cần lập trình điểm. Điện cực sẽ đi từ điểm này đến điểm khác theo một côngtua nào đó trong phôi.

- Ưu điểm của gia công xung định hình 2D là:

- + Dùng được các điện cực tiêu chuẩn rẻ.
- + Độ mòn điện cực ít quan trọng vì khi gia công nó được bù.
- + Có thể dùng cường độ dòng điện cao.
- + Độ mòn điện cực đối xứng chiều trục.
- + Có trình tự tiêu chuẩn đo điện cực.

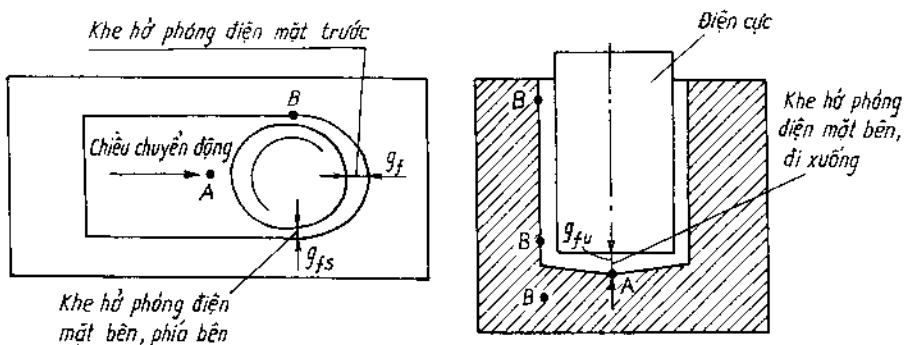
- Nhược điểm là:

- + Cần có hệ thống lập trình NC để sinh ra quỹ đạo điện cực.
- + Điện cực nhỏ hơn và nhiệt độ cao hơn đưa tới sự xuất hiện ứng suất cục bộ. Do đó, việc làm nguội điện cực bằng dòng chảy chất điện môi là rất quan trọng.
- + Biến động của khe hở phóng điện gây ra sai số lớn.
- + Tạo ra quỹ đạo điện cực đúng là quan trọng nhưng đắt tiền.

5.9. Xác định các khe hở phóng điện

Khi gia công hốc hoặc rãnh, có thể phân biệt 3 loại khe hở phóng điện khác nhau (hình 40):

- + Khe hở phóng điện mặt trước g_f .
- + Khe hở phóng điện mặt bên g_{fs} .
- + Khe hở phóng điện mặt bên đi xuống g_{fu} .



Hình 40. Xác định khe hở phóng điện khi gia công hốc và rãnh

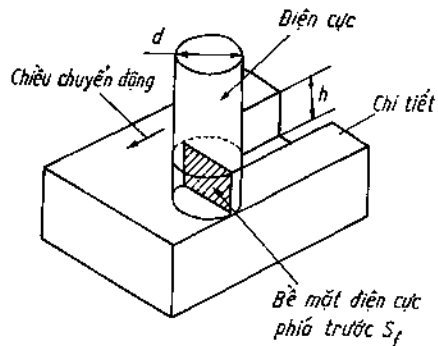
Khi gia công prôphin, ta chỉ có khe hở mặt trước g_f và khe hở mặt bên g_b ở đường đi bên cạnh điện cực. Khi tạo ra quỹ đạo điện cực phải đưa các khe hở phóng điện này vào tính toán.

5.10. Bề mặt điện cực phía trước

Khi gia công xung định hình côngtua 2D người ta phải quan tâm đến một thông số gọi là "bề mặt điện cực phía trước S_f ".

Bề mặt điện cực phía trước S_f là hình chiếu của bề mặt tiếp xúc giữa điện cực và phôi trong mặt phẳng vuông góc với chiều chuyển động điện cực (hình 41).

Ở các máy gia công xung định hình thế hệ cũ, điện cực chỉ có một chuyển động đi xuống, mức độ hút vật liệu là một hàm số của bề mặt điện cực phía trước (hình 42). Vùng gia công ổn định nằm ở phía dưới đường cong 1. Đường cong 1 này ngăn cách vùng ổn định và vùng không ổn định (có hồ quang), nó dựa trên cường độ dòng điện tối đa là $10A/cm^2$.

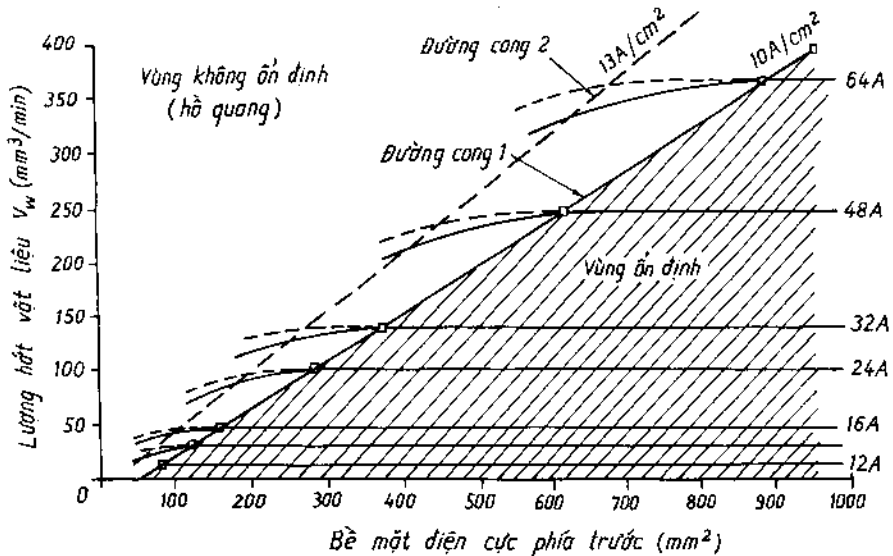


Hình 41. Xác định bề mặt điện cực phía trước khi gia công rãnh

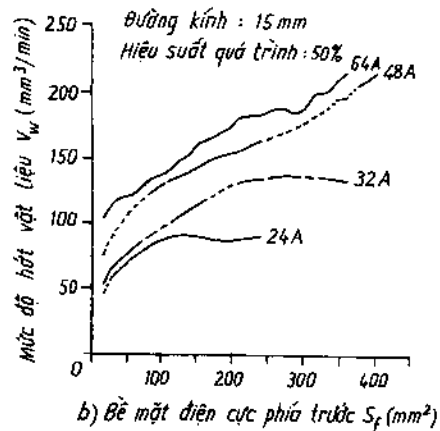
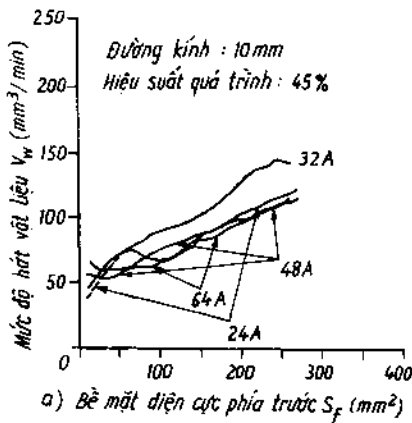
Ở đây, bề mặt tiếp xúc là bề mặt phía trước nhận được bằng cách chiếu bề mặt tiếp xúc lên mặt phẳng vuông góc với hướng đi xuống của điện cực.

Bề mặt tiếp xúc là bề mặt trên đó xảy ra sự phóng tia lửa điện. Bên dưới đường cong 1 ta nhận được mức độ hút vật liệu hoàn toàn bằng hằng số. Có thể xảy ra sóng gợn trong trường hợp ngắn mạch do hút phôi chưa triệt để. Điều này cho thấy một dòng chảy tốt là rất quan trọng.

Các máy hiện đại có thể gia công trong điều kiện ổn định phía trên đường cong 1. Các máy phát xung phản ứng tốt trong điều kiện của hồ quang (không ổn định), cho phép tiếp tục gia công, tuy nhiên, với lượng hút vật liệu thấp hơn. Mặc dù vậy không thể loại trừ được tất cả các hồ quang. Sự tồn tại của hồ quang bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ điện cực. Sự làm nguội mạnh mẽ (nhờ dòng chảy) cho phép giữ nhiệt độ này trong giới hạn và dòng điện cao hơn (đường cong 2 - hình 42). Một nhược điểm quan trọng là độ mòn điện cực khi đó sẽ cao hơn nên tăng dòng điện thực tế không được sử dụng.



Hình 42. Lượng hút vật liệu là hàm số của bề mặt điện cực phía trước S_f



Mức 43. Mức độ hút vật liệu phụ thuộc vào diện tích bề mặt điện cực phía trước S_f (gia công rãnh)

Trở lại với trường hợp xung định hình theo công thức 2D. Hình 43a và 43b cho thấy mức độ hút vật liệu V_w ($\text{mm}^3/\text{phút}$) cũng là hàm số của bề mặt điện cực phía trước S_f đối với đường kính điện cực bằng 10 và 15mm. Người ta thấy rằng các điều kiện quá trình ổn định là có thể được trong vùng không ổn định đối với xung định hình cổ điển (ở hình 42). Ở đây có nhiều lý do:

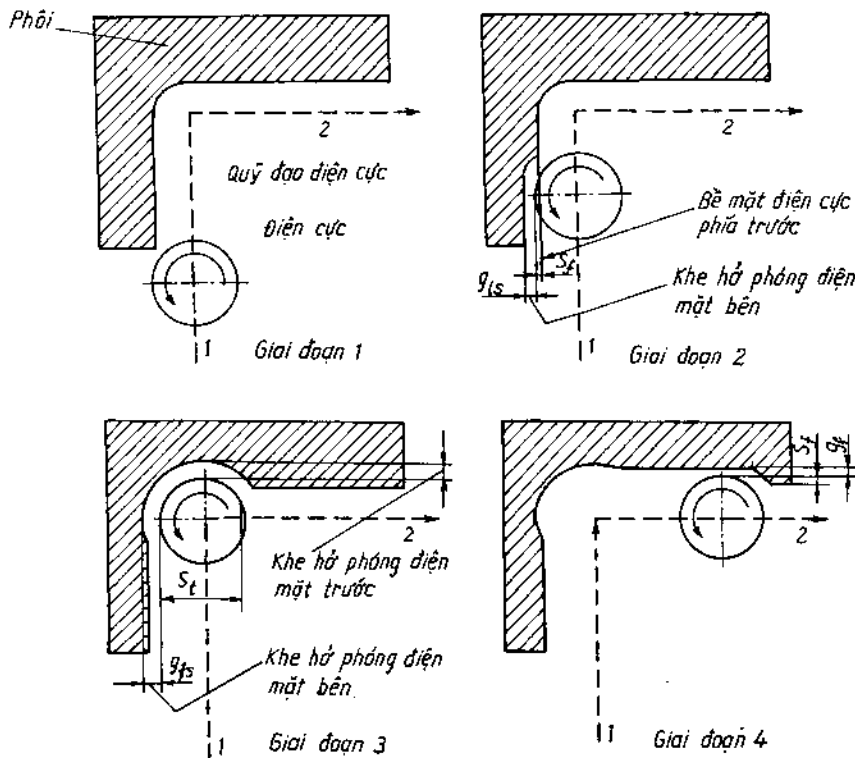
- Bề mặt điện cực phía trước nhỏ hơn sẽ cho phép hút phôi tốt hơn. Phôi tạo ra ở mặt bên của điện cực có thể được hút đi dễ hơn.

- Khi xung định hình theo côngtua có tạo chuyển động quay của điện cực quanh trục của nó nên sẽ tạo ra dòng chảy tự nhiên. Điều này tránh được nhiệt độ cao (mà có thể gây ra hồ quang). Mức độ hút vật liệu tăng với sự tăng của bề mặt điện cực phía trước và tăng đường kính.

5.11. Các sai số hình học khi gia công xung định hình

Trong quá trình xung định hình một côngtua, diễn biến về khe hở phóng điện có những thay đổi gây ra các sai số hình học của chi tiết cuối cùng. Một lý do do quan trọng là thời gian dừng của điện cực so với phôi là có thay đổi. Điện cực dừng càng lâu trong tiếp xúc với một điểm chi tiết thì khe hở phóng điện mặt bên càng trở nên lớn hơn. Hiện tượng này cũng được biết đến trong xung định hình truyền thống, nhưng ở gia công côngtua sai số này xuất hiện nhiều hơn.

Đặc biệt, khi gia công tinh góc lượn ta có thể thấy những sự biến



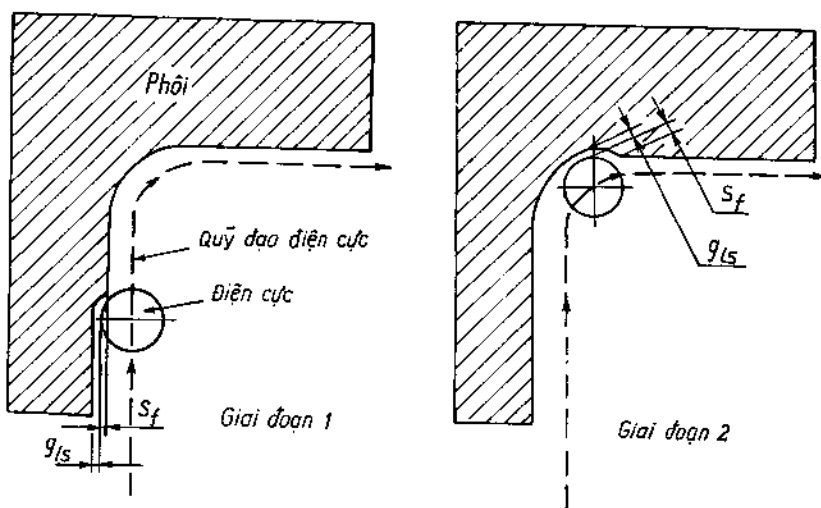
Hình 44. Các sai số hình học khi gia công định hình một hốc

động khe hở phóng điện quan trọng (hình 44).

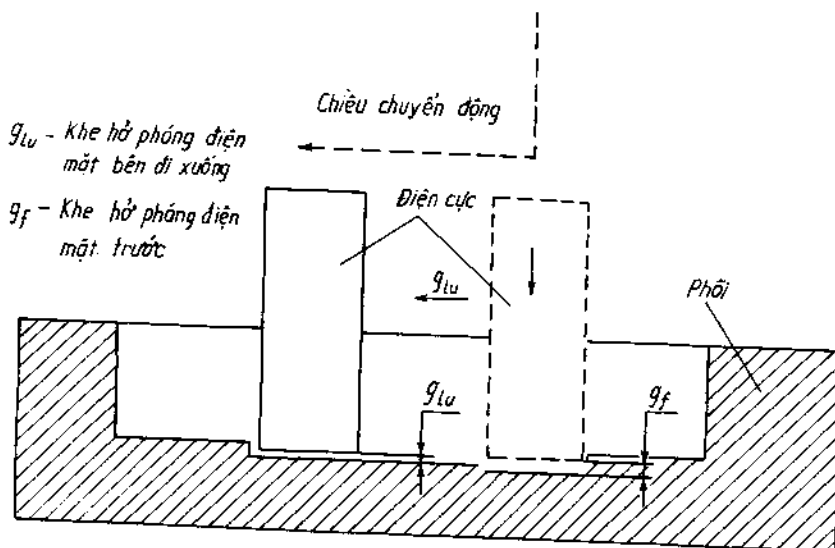
- Theo hình 44:

Giai đoạn 1 là khởi động quá trình cắt tĩnh: hình dáng ban đầu đã nhận được qua gia công thô hốc. Cũng chính chương trình này được sử dụng cho gia công thô và tinh. Kích thước của điện cực tĩnh là những kích thước của điện cực thô được tăng lên do có sự khác biệt trong khe hở phóng điện.

- Giai đoạn 2: gia công tinh của đường 1:



Hình 45. Gia công tinh góc lượn bằng điện cực đường kính nhỏ



Hình 46. Phương pháp sai khi gia công tinh hốc

Vì bề mặt điện cực phía trước S_r là hằng số, một lượng chạy dao bằng hằng số được thực hiện và duy trì.

- Giai đoạn 3: kết thúc của đường 1:

Bề mặt điện cực phía trước S_r đột ngột tăng lên. Khe hở phóng điện mặt bên tăng và xảy ra sai số đến $30\mu\text{m}$ khe hở phóng điện mặt trước tăng cũng do độ tập trung cao của phoi (sai số bằng $40\mu\text{m}$).

- Giai đoạn 4: Gia công tinh đường 2

Ở đây có cùng trạng thái như giai đoạn 1.

Ví dụ trên cho thấy sự gia công tinh phải được thực hiện với lượng chạy dao bằng hằng số.

Các thay đổi ít quan trọng hơn trong thời gian chạy dao hằng số có thể nhận được khi gia công tinh bằng cách dùng điện cực nhỏ hơn nhiều lần so với góc lượn (tối thiểu bán kính dụng cụ nhỏ hơn bán kính góc lượn hai lần). Một quỹ đạo điện cực mới có thể được tính toán và được lập trình, bao gồm đường thẳng - cung tròn - đường thẳng (hình 45).

Cần chú ý rằng trong lúc gia công tinh một lòng khuôn (bao gồm mặt thành và mặt đáy), không cho phép tiếp cận mặt đáy trong một quỹ đạo vuông góc với quỹ đạo gia công mặt thành khuôn. Vì nếu làm như vậy, khe hở phóng điện trước tạo ra trong khi điện cực tiếp cận mặt đáy (g_r) sẽ tạo thành một chỗ lõm sâu hơn xung quanh ở mặt đáy (hình 46).

5.12. Sự gia công phối hợp của xung định hình và siêu âm

Gia công siêu âm là một công nghệ đặc biệt, có sử dụng bột mài và được thực hiện ở tần số rung động siêu âm (trên 20KHz). Người ta sử dụng một vật thể gắn trên chấn tử của đầu rung siêu âm, khi rung, nó phóng các phần tử hạt mài lên bề mặt phôi. Dưới tác động cơ học của các phần tử hạt mài và tác động tạo ra các lòng khuôn của chấn tử và việc hút phoi được diễn ra.

Sự phối hợp của gia công xung định hình với gia công siêu âm được dùng để thay cho gia công thuần túy xung định hình trong trường hợp không thể có dòng chảy qua các lỗ hoặc không thể có các chuyển động hành tinh.

Gia công xung định hình phối hợp với rung động siêu âm cho phép gia công sâu hơn với lượng chạy dao lớn mà không làm giảm chất lượng bề mặt.

Để tránh sự cố có thể xảy ra, hệ thống servô của máy xung định hình phải được cách điện rất tốt đối với chấn tử của đầu rung siêu âm.

Khi có rung động siêu âm, chuyển động đi xuống sẽ đẩy phoi ra khỏi khe hở phóng điện. Khi đó, áp suất giữa các cực tăng lên và làm giảm lượng hút vật liệu. Chuyển động đi lên của điện cực sẽ làm giảm áp suất (do sự tạo lỗ rỗng) và làm tăng lượng hút vật liệu theo từng xung. Sự phối hợp tối ưu của 2 nguyên công có thể nhận được bằng cách phóng điện khi điện cực chuyển động lên và thôi phóng điện khi điện cực chuyển động xuống.

Tóm lại, theo nhà nghiên cứu B. Hosari thì khi gia công xung điện định hình phối hợp với siêu âm, mức độ hút vật liệu tăng 100% với gia công thô và tăng 400% với gia công tinh. Độ mòn điện cực cũng tăng. Vùng tác động nhiệt nhỏ, lớp trắng là cực tiểu đối với biên độ dao động 4 μ m. Vết nứt tế vi ở lớp trắng ít hơn cả chiều dài và mật độ ứng suất dư thấp hơn và độ bền mỏi cao hơn.

Một nghiên cứu khác, của các tác giả Trung Quốc đã sử dụng kỹ thuật tổng hợp này để cải thiện chất lượng bề mặt gia công gốm. Rung động siêu âm giúp kéo các hạt ra khỏi vật liệu gốm ở tần số cao và sau đó, chính các hạt này có hiệu quả mài.

Chương 6

MÁY XUNG ĐỊNH HÌNH - CNC

6.1. Sự làm việc của máy xung định hình CNC

CNC là gì?

CNC viết tắt tiếng Anh của "Computer Numerical Control", nghĩa là điều khiển số nhờ máy tính.

Người vận hành máy cung cấp các lệnh cho hệ điều khiển dưới dạng một chương trình. Hệ điều khiển có một máy tính (computer) sẽ biến đổi các lệnh này sang các mã số và thực hiện các tính toán. Sau đó, nó biến đổi các kết quả sang tín hiệu điện và truyền các tín hiệu này vào máy.

Tiền thân của công nghệ CNC là công nghệ NC (Numerical Control) nhưng các hệ thống NC không được trang bị computer mạnh như hệ thống CNC hiện đại. Ngày nay, khi nói đến công nghệ NC, hệ thống NC v.v... tức là ta đã thực sự nghĩ đến CNC.

Các hệ thống CNC có rất nhiều công dụng: chúng hỗ trợ người đứng máy trong việc lập trình với sự đối thoại trên màn hình tương tác. Chúng phát hiện các lệnh không đúng, các thông số sai v.v....

Có thể gọi các hệ thống CNC hiện đại là các "Máy truyền thông tích cực", nghĩa là chúng có thể thay đổi dữ liệu và chương trình bằng các dữ liệu và chương trình khác hoặc tự cung cấp cho chúng bằng các chương trình từ computer chủ.

Máy xung định hình CNC làm việc như thế nào?

Sơ đồ tổng quát của một máy xung định hình CNC được cho ở chương 1, hình 3, mục 1.5.

Hệ thống điều khiển tách người đứng máy ra khỏi các việc liên quan đến gia công phôi. Để làm điều đó, nó phải "nói rõ những việc gì cần phải làm trước khi bắt đầu gia công, nghĩa là hệ điều khiển cần phải được lập trình".

Mỗi máy đều có 1 bàn trượt ngang và 1 bàn trượt dọc được trang bị 1 động cơ riêng. Đây là các động cơ có tốc độ được điều khiển vô cấp trên máy không còn các tay quay nữa.

Giả sử, muốn nhắc điện cực lên khỏi phôi thì hệ điều khiển sẽ cho những tín hiệu thích hợp điều khiển động cơ dịch chuyển trục thẳng đứng

Z mang điện cực. Các tín hiệu này sẽ được khuếch đại trong một máy tăng áp quay và truyền cho động cơ trên trục Z để dịch chuyển điện cực. Hệ điều khiển phải "biết" vị trí đích của chuyển động này.

Ở các máy thế hệ cũ, người vận hành máy phải nhìn vào điện cực để xem là anh ta phải quay vô lăng để dịch chuyển bàn trượt đi bao xa. Nay, ở máy CNC, hệ điều khiển không thể làm như thế.

Để hệ điều khiển có thể "biết" điện cực đang ở đâu vào một thời điểm nhất định và điện cực đã chuyển động bao xa thì mỗi bàn trượt (X, Y, Z) phải được trang bị một hệ thống đo chiều dài. Trong lúc điện cực chuyển động, chúng truyền các tín hiệu điện cho cụm điều khiển và đối chiếu khoảng cách đã dịch chuyển thực tế với giá trị của lệnh dịch chuyển đã cho trong chương trình. Nếu có sự khác biệt trong hai giá trị này thì hệ điều khiển sẽ cấp một lệnh bổ sung để điều khiển động cơ của bàn trượt nhằm đạt đúng lượng dịch chuyển yêu cầu trong lệnh của chương trình.

Sự điều khiển vị trí.

Trong lúc điện cực chuyển động, hệ thống đo chiều dài liên tục phát tín hiệu điện về cho hệ điều khiển về vị trí thực tế của điện cực. Computer sẽ so sánh vị trí thực tế với điểm đặt trong chương trình hoặc so với vị trí danh nghĩa. Cho đến khi mà các vị trí thực tế và vị trí đặt trước còn chưa trùng nhau thì hệ điều khiển còn cho phép bàn trượt tiếp tục chuyển động.

Khi vị trí thực tế và vị trí đặt trước đã trùng nhau thì hệ điều khiển xác nhận rằng vị trí lập trình đã được đạt tới và lập tức dừng chuyển động của bàn trượt.

Mối tương quan này được gọi là "vòng điều khiển vị trí". Vị trí của điện cực đã được điều khiển.

Lượng chạy dao của điện cực cũng được điều khiển theo cách tương tự nhờ "vòng điều khiển chạy dao". Ngoài ra, trên màn hình của máy luôn luôn hiển thị các thông số gia công.

6.2. Các yêu cầu đối với máy xung định hình CNC

Các yêu cầu về độ chính xác của máy được thực hiện trên sự ổn định cơ học của nó, đó là:

- Phải bù sự giãn nở nhiệt.
- Phải hấp thụ được rung động.
- Phải giữ vững điện cực ở vị trí đã cho, chống lại áp lực cao của

dòng chảy.

Nếu kết cấu máy và cột máy yếu thì sẽ gây ra rung động và lệch điện cực. Đó là, nguyên nhân tạo ra sự ngắn mạch và các sai số gia công.

Mỗi máy xung định hình CNC cần có các bộ phận cơ bản sau đây:

Hệ thống cấp chất lỏng điện môi:

Chất điện môi có hiệu quả quyết định lên quá trình hớt kim loại và trong máy luôn luôn phải sẵn có đủ một lượng nhất định chất điện môi sạch. Hệ thống dòng chảy cùng với hệ thống lọc sẽ đảm bảo cung cấp chất điện môi sạch tới vùng gia công.

Hệ thống dòng chảy chất điện môi của máy được trang bị các van điều khiển được. Hệ thống lọc, nếu ở máy lớn thì là một cụm riêng còn ở máy nhỏ thì là một phần tử kết hợp nằm ngay trong thân máy.

Hệ thống đo đường thẳng:

Hệ thống đo đường thẳng được gắn trên mỗi bàn trượt của máy để báo cho hệ điều khiển biết là điện cực đang ở đâu vào bất kỳ thời điểm nào. Đây là một hệ thống đo lường không tiếp xúc, nhờ quang học và điện tử. Ở mỗi thời điểm nó đều phát tín hiệu tới hệ thống điều khiển (vòng điều khiển vị trí).

Các động cơ quay trục:

Tất cả các bàn trượt theo các phương X, Y, Z của máy xung định hình CNC đều được trang bị động cơ riêng nhằm mục đích truyền chuyển động quay có điều khiển cho trục vít me - đai ốc lăn làm dịch chuyển bàn trượt. Chúng có thể đồng thời dịch chuyển theo lệnh điều khiển để xác định vị trí định vị điện cực hoặc để chạy dao gia công.

Mỗi động cơ đều có một bộ khuyếch đại quay, được đặt trong khoang điều khiển cung cấp dòng điện cần thiết cho các động cơ. Có thể sử dụng động cơ điện một chiều (DC) điều khiển vô cấp hoặc động cơ điện xoay chiều (AC) điều khiển vô cấp bằng cách biến đổi tần số.

Hệ thống điều khiển:

Hệ thống điều khiển được coi như "bộ não" của máy xung định hình CNC. Nó sắp xếp tất cả các trình tự cần thiết để gia công phôi.

Các lệnh điều khiển động cơ được đưa ra từ hệ điều khiển. Đối với các côngtưả phức tạp, nó tính toán các chuyển động của bàn trượt của máy để đảm bảo điều khiển điện cực đi theo những quỹ đạo cho trước.

Các lệnh đóng, ngắt dòng điện gia công và đóng mở các van của dòng chảy chất điện môi cũng được đưa ra từ hệ điều khiển.

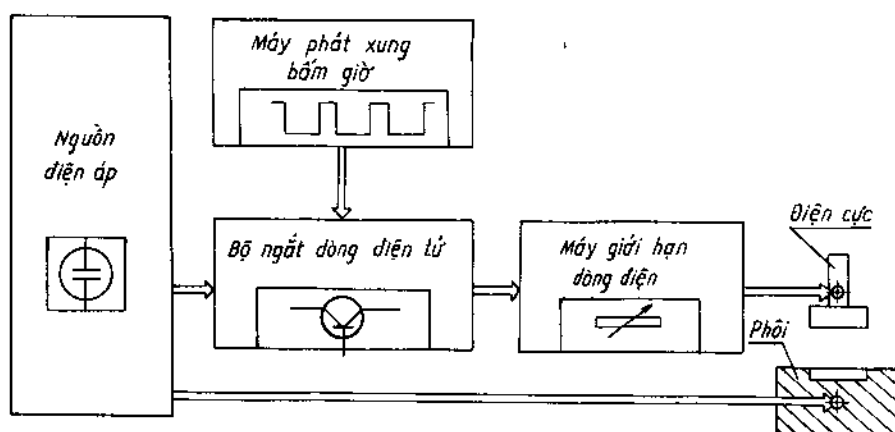
Hệ điều khiển nhận các dữ liệu một cách liên tục, đó là số liệu về các vị trí của điện cực từ hệ thống đo chiều dài, nó so sánh các dữ liệu này với các giá trị đặt và đưa ra các giá trị đặt mới.

Trên màn hình của máy có thông báo về vị trí hiện tại của điện cực, vị trí các điểm đặt và thông số của dòng điện gia công.

Máy phát:

Máy phát cung cấp điện áp và cường độ dòng điện cần thiết cho quá trình gia công tia lửa điện. Máy phát được đặt trong khoang điều khiển. Nó được nối với một máy phát xung bấm giờ, một bộ bật tắt dòng điện tử và một máy giới hạn dòng điện theo sơ đồ hình 47.

Nguồn điện áp sẽ cung cấp điện áp ban đầu được yêu cầu cho gia công xung định hình. Một cực của nguồn điện áp được nối trực tiếp vào phôi, cực kia được nối vào điện cực qua một máy ngắt dòng điện và một máy hạn chế dòng.



Hình 47. Sơ đồ khối của máy phát xung

Máy phát xung bấm giờ dùng để ngắt dòng điện tử. Xung bấm giờ là một đặc trưng của máy gia công tia lửa điện.

Máy giới hạn dòng điện đảm bảo rằng dòng điện được sử dụng cho gia công tia lửa điện không vượt qua các giới hạn được quy định trong chương trình gia công và được cung cấp bởi hệ thống điều khiển.

6.3. Người vận hành máy và hệ thống điều khiển

Ở các máy CNC, hệ điều khiển là nơi liên kết con người và máy. Tất cả các chức năng điều khiển và kiểm tra mà trước đây do con người thực hiện thì nay đều do hệ thống điều khiển thực hiện.

Các dữ liệu cần thiết để thực hiện các nhiệm vụ đó cần được người vận hành máy đưa vào hệ điều khiển CNC dưới dạng một bộ các lệnh gọi là một chương trình gia công.

Hệ thống CNC có thể thực hiện nhiều lệnh đồng thời với tốc độ lớn và truyền chúng tới máy làm cho máy hoạt động chính xác và tốt hơn nhiều so với con người làm nhiệm vụ đó.

Nhưng hệ điều khiển chỉ có thể thực hiện được những nhiệm vụ đã được viết lệnh từ trước. Nó kiểm tra để đảm bảo rằng nó đã nhận được các lệnh này và quá trình đó rất nhạy cảm.

Tuy nhiên, người vận hành máy phải có kiến thức về công nghệ để có thể thực hiện được các chương trình gia công xung định hình CNC.

6.4. Cấu trúc hệ thống CNC của máy xung định hình

Cấu trúc bên trong của hệ thống điều khiển dùng cho máy gia công tia lửa điện CNC có thể chia ra các vùng sau đây:

- Vùng điều khiển tia lửa điện:

Việc điều khiển tia lửa điện bao gồm điều khiển máy phát, điều khiển khe hở, điều khiển khoảng cách xung và sự ngăn ngừa lỗi quá trình (hồ quang, ngắn mạch v.v...)

- Vùng điều khiển côngtua:

Sự điều khiển côngtua thực hiện khống chế chuyển động của bàn trượt. Nó so sánh các vị trí điểm đặt trong chương trình với các vị trí thực tế. Quỹ đạo di chuyển điện cực cũng được tính toán ở đây. Ví dụ, để dẫn điện cực theo một quỹ đạo tròn trong mặt phẳng gia công XY, hệ điều khiển phải thực hiện các phép nội suy cung tròn giữa hai trục tọa độ X và Y.

- Bộ nhớ chương trình:

Hệ điều khiển bảo vệ các chương trình gia công và lưu giữ chúng trong bộ nhớ chương trình của nó. Người vận hành máy có thể thay đổi hoặc bổ sung các dữ liệu của chương trình hoặc tối ưu hoá các thông số phóng điện.

- Cụm đầu vào/ đầu ra:

Đây là một vùng của hệ điều khiển, nơi mà các tín hiệu tới, nghĩa là

từ hệ thống đo đường thẳng. Các tín hiệu này được giữ lại, rồi đi ra để truyền tới màn hình, tới bộ khuếch đại và tới các cấu tử khác.

Hình ảnh bên ngoài của hệ điều khiển CNC bao gồm:

- Màn hình video:

Màn hình video cung cấp cho người vận hành các máy thông tin và các menu khi vào dữ liệu chương trình. Trong khi gia công, nó hiển thị các vị trí hiện tại của điện cực, các chức năng hình học và các dữ liệu hiện tại của tia lửa điện.

Nếu xảy ra sai số thì hệ điều khiển sẽ sản sinh ra tín hiệu báo lỗi trong một ngôn ngữ rõ ràng để nhắc tin cho người vận hành máy biết rằng hiện đang xảy ra sai số gì.

- Các cửa sổ hiển thị của màn hình:

Sự bố trí cho hiển thị dữ liệu trên màn hình là đồng nhất với tất cả các phương thức gia công.

Các thông số định vị thực tế (X, Y, Z) thường được hiển thị chữ lớn ở bên trái màn hình.

Chương trình được hiển thị trên màn hình theo từng block. Các block chương trình được trình bày ở dạng bảng và chứa đựng tất cả các dữ liệu hình học và dữ liệu của quá trình phóng tia lửa điện. Chúng được trình bày ở bên phải của hiển thị vị trí.

Các phương thức gia công hiện tại của hệ thống điều khiển được hiển thị trực tiếp bên dưới các hiển thị vị trí thực tế.

- Các đồng hồ đo:

Các đồng hồ đo điện dùng để chỉ thị dòng điện và điện áp khe hở được đặt ở bên phải hoặc bên trái của màn hình. Các đèn chỉ thị được đặt phía dưới của đồng hồ đo để cho thấy các hiệu ứng của tia lửa điện và các lỗi của quá trình như hồ quang và sự ngắn mạch.

- Bàn phím:

Bàn phím được sử dụng để vào chương trình, chọn phương thức gia công và để dịch chuyển các bàn trượt của máy khi gia công điều khiển bằng tay.

- Hộp casset:

Bộ nhớ chương trình của hệ điều khiển có thể không đủ lớn để phối hợp tất cả các chương trình có thể bị mất sau khi chúng được thiết lập và vào chương trình, chúng có thể được lưu giữ trong một hộp casset chứa ở phía sau, bên trong hệ điều khiển để sử dụng khi cần đến.

6.5. Hệ thống điều khiển CNC EROCOM - 20 (HEIDENHAIN)

Hãng MAHO (Đức) có chế tạo hai kiểu máy xung định hình CNC có sử dụng hệ thống điều khiển CNC 4 trục EROCOM - 20 của HEIDENHAIN.

- Máy HS 300 E (hình 48)

Đây là một máy xung định hình nhỏ dùng để gia công chính xác cao các chi tiết vừa và nhỏ. Thùng xử lý chất điện môi được bố trí ngay trong thân máy. Máy có 4 trục điều khiển, đó là các trục thẳng đứng X, Y, Z và 1 trục quay C. Nhờ có trục quay C có thể định vị quay điện cực đi một góc xác định và điều khiển servo nội suy cùng với các trục X, Y, Z cho phép gia công các hình dáng hình học phức tạp nhất.

Máy có thể gia công hoàn toàn tự động từ thô đến tinh, khi sử dụng thư viện thì công nghệ MAHO - HANSEN được lưu giữ.

Máy có bộ thay đổi điện cực gồm 6 điện cực khác nhau. Máy sử dụng thùng chất điện môi kiểu nâng lên hạ xuống.

Kích thước bàn máy: 450 x 350 mm

Dòng điện làm việc max: 60A

Thùng chứa chất điện môi: 120 l

- Máy HS 500E: (hình 49):

Đây là máy xung định hình hoàn toàn tự động chính xác cao. Máy cũng có 4 trục điều khiển CNC: đó là 3 trục thẳng đứng X, Y, Z và một trục quay C (chuyển động C quay quanh Z). Nhờ đó nó có thể gia công khi quay điện cực đi một góc xác định hoặc có thể điều khiển quay servo trên trục C cùng với các trục X, Y, Z.



Hình 48. Máy xung định hình CNC HS-300E

Máy có bộ thay đổi điện cực với 16 điện cực khác nhau. Bàn máy của HS 500E rất khoẻ, có thể gia công được phôi nặng 1,5 T. Máy cũng sử dụng thùng chất điện môi kiểu nâng lên, hạ xuống.

Kích thước bàn máy:
780 x 500mm

Dòng điện làm việc max:
60A.

Thùng chứa chất điện môi: 450 l

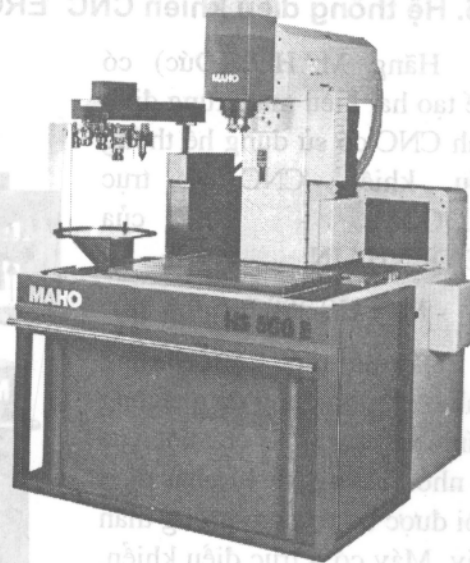
- Hệ thống điều khiển CNC EROCOM 20 là một hệ thống điều khiển 4 trục nó chính là giao diện giữa người và máy.

Nó quản lý các dữ liệu công nghệ rộng lớn, định vị chính xác các điện cực tới milimét cuối cùng ở điểm được lập trình và cho các lệnh để thay đổi điện cực tự động. Bộ thay đổi điện cực được cho ở hình 50.

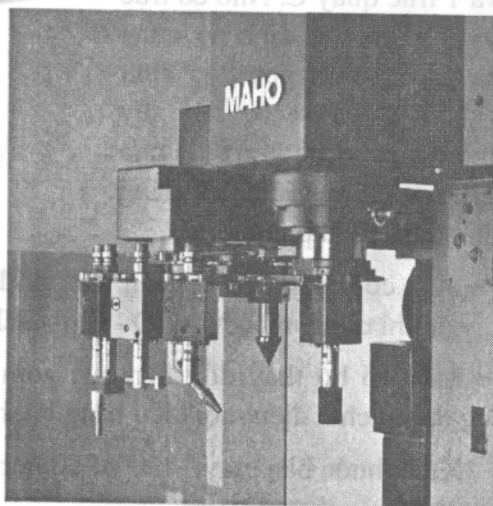
Nó có thể mô phỏng đồ hoạ chương trình gia công.

Tất cả các thông số quan trọng tác động lên quá trình gia công đều có thể thay đổi được bằng các phím trong lúc chương trình đang chạy. Hệ điều khiển tối ưu hoá các dữ liệu hiện hành một cách trực tiếp mà không cần mở rộng đầu vào.

Song song với việc gia công theo một chương trình nào đó thì có thể vào một chương trình khác, soạn thảo và đọc một chương trình khác nhờ một giao diện V - 24.



Hình 49. Máy xung định hình HS-500E



Hình 50. Bộ thay đổi điện cực của máy HS-500E

Có thể chạy thử chương trình để phát hiện các sai số lập trình. Với EROCOM- 20 có thể lập trình ngay tại máy. EROCOM-20 có thể được sử dụng để:

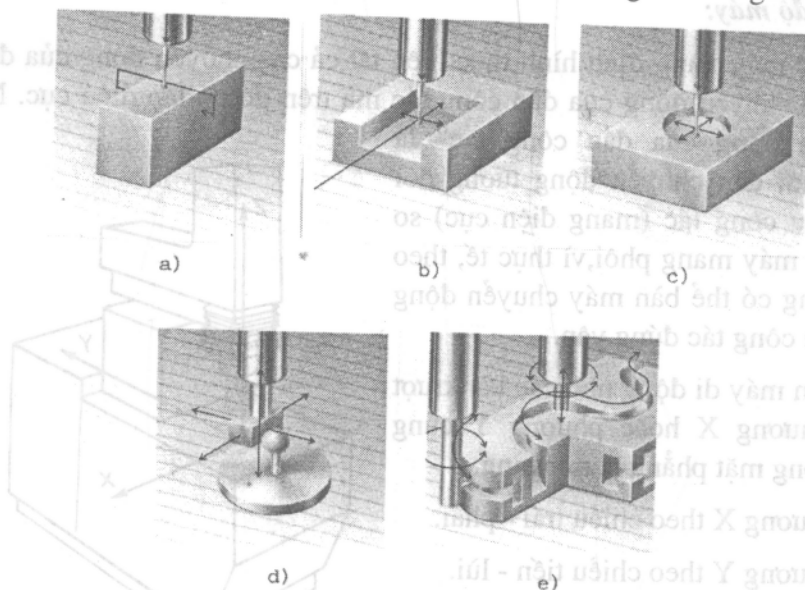
- + Nội suy đường thẳng 3 trục.
- + Nội suy đường tròn 2 trục.
- + Nội suy đường xoắn 4 trục.

Có nhiều chu kỳ gia công hành tinh (hình 35) và các chu kỳ dò tâm đặc biệt (hình 51).

Việc lập trình các hình dáng hình học phức tạp được hỗ trợ bởi các chức năng hình học sau:

- + Dịch chuyển côngtua.
- + Đối xứng gương.
- + Quay đi một góc.
- + Phóng to, thu nhỏ.

Có thể cho dữ liệu bằng tọa độ cực, làm góc vát và các cung tròn chuyển tiếp. Việc lập trình EROCOM - 20 nói chung rất đơn giản.



Hình 51. Một số chu kỳ dò đặc biệt và chu kỳ hành tinh

a) dò tâm một hình khối, b) dò tâm rãnh, c) dò tâm hốc tròn, d) dò bằng điện cực và lưu dữ số liệu dịch chuyển điện cực, e) gia công các cung tròn 3D ở 1 trong 3 mặt phẳng cơ bản, có trục thẳng thứ 3 hoặc trục quay C.

Chương 7

CƠ SỞ HÌNH HỌC VÀ CƠ SỞ LẬP TRÌNH CNC KHI GIA CÔNG XUNG ĐỊNH HÌNH.

7.1. Các khái niệm ban đầu

Trên một máy xung định hình CNC, thông qua các lệnh, người vận hành máy "nói" cho hệ điều khiển biết rằng máy sẽ phải thực hiện những hành động gì. Hệ điều khiển thực hiện các lệnh đó một cách tự động.

Tuy nhiên, hệ điều khiển phải biết từ trước rằng nó sẽ phải di động điện cực theo hướng nào và đi bao xa. Để làm được điều đó, nó cần các thông tin chính xác về vị trí xuất phát và vị trí đích đối với trình tự gia công đang thực hiện.

Để có thể viết được các lệnh dịch chuyển điện cực, phải có một số quy ước về chiều chuyển động, hệ tọa độ máy, hệ tọa độ phôi, các cách cho kích thước v.v...

Hệ tọa độ máy:

Các máy xung định hình thực hiện tất cả các chuyển động của điện cực nhờ chuyển động của đầu công tác mà trên đó có lắp điện cực. Nói "chuyển động của đầu công tác" là muốn nói đến chuyển động tương đối giữa đầu công tác (mang điện cực) so với bàn máy mang phôi, vì thực tế, theo 1 phương có thể bàn máy chuyển động còn đầu công tác đứng yên.

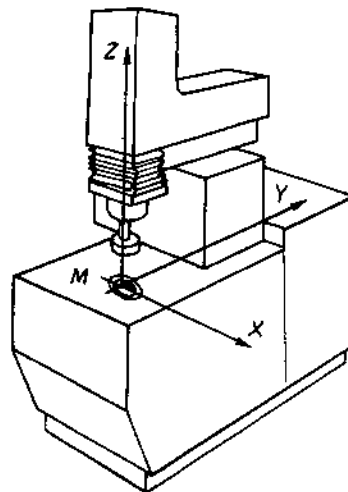
Bàn máy di động nhờ các bàn trượt theo phương X hoặc phương Y cùng nằm trong mặt phẳng nằm ngang.

Phương X theo chiều trái - phải.

Phương Y theo chiều tiến - lùi.

Còn phương Z là phương dịch chuyển lên - xuống của đầu máy mang điện cực (hình 52).

- Chiều dương của các trục tọa độ



Hình 52. Hệ tọa độ máy của một máy xung định hình

được quy ước là chiều chuyển động tương đối của điện cực so với phôi với quy ước rằng điện cực luôn chuyển động, còn phôi thì luôn đứng yên. Vậy, chiều dương theo các trục như sau:

- + Trục X: từ trái sang phải.
- + Trục Y: từ phía trước về phía sau.
- + Trục Z: từ dưới lên trên (hình 52).

+ Giao điểm của 3 trục tọa độ này ứng với vị trí cả 3 trục X, Y, Z đều có tọa độ bằng 0 gọi là điểm zêrô máy M. Đó là điểm zêrô của hệ tọa độ vĩnh cửu của máy.

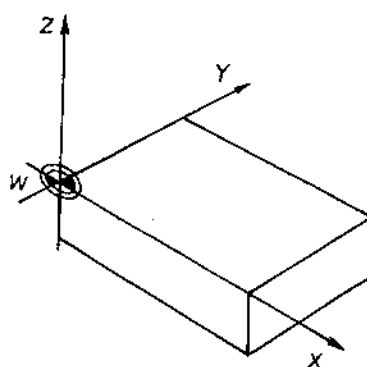
+ Khi cả 3 tọa độ X, Y, Z đều đạt các giá trị max thì chúng xác định một điểm gốc máy R (điểm Reference).

Bất cứ điểm nào nằm trong vùng giữa điểm zêrô máy M và điểm gốc máy R đều có tọa độ hoàn toàn xác định.

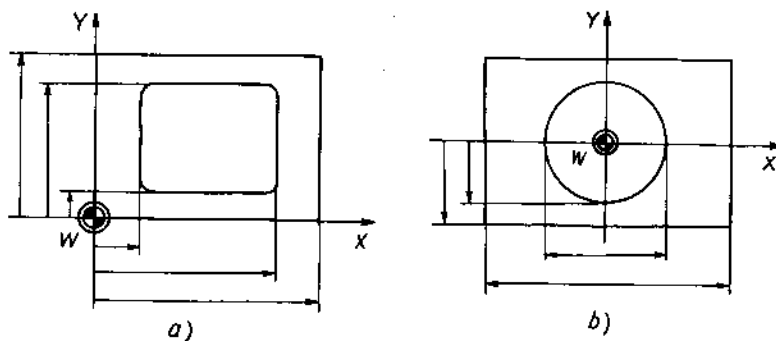
Hệ tọa độ phôi:

Đặt các trục X, Y dọc theo các mép của một phôi hình khối hộp chữ nhật ở trên đỉnh phôi. Đặt trục Z thẳng đứng qua giao điểm của 2 trục X, Y. Ba trục vuông góc nói trên có một giao điểm chung gọi là điểm zêrô của hệ tọa độ phôi, gọi tắt là điểm zêrô phôi W. Mỗi điểm trên phôi đều được xác định bởi các tọa độ X, Y, Z so với điểm zêrô phôi W (hình 53).

Các tọa độ của điểm zêrô phôi W so với điểm zêrô máy M sẽ xác định vị trí của phôi trên bàn máy. Vì tọa độ của điểm zêrô phôi là XO, YO, ZO nên nó cũng được gọi là điểm zêrô phôi (tức zêrô chương trình) ở bất cứ vị trí nào của phôi. Tuy nhiên, để tiết kiệm các tính toán không cần thiết thì điểm zêrô phôi thường đặt ở điểm mà trên đó hầu hết các kích thước được dựa vào, nên không phải tính toán hoặc đổi dấu các tọa độ (hình 54 a, b).



Hình 53. Hệ tọa độ phôi



Hình 54. Chọn điểm zêrô phôi W

- Trên bản vẽ thường quy định các biểu tượng sau đây cho các điểm:

+ Điểm zêrô máy: M

+ Điểm góc máy: R

+ Điểm rêrô phôi: W

+ Điểm zêrô điện cực : E

Điểm zêrô điện cực E là điểm gốc để xác định các kích thước của điện cực như bán kính, chiều dài.

- Kích thước tuyệt đối và kích thước gia số:

+ Kích thước tuyệt đối là toạ độ của điểm đích được so sánh với điểm zêrô của phôi W mà không cần để ý đến vị trí trước đó của điện cực.

Ví dụ: đi từ A đến B.

Điểm đích B có toạ độ X50 Y30 là toạ độ tuyệt đối. Ở đây không cần để ý đến vị trí trước đó là điểm xuất phát A (hình 55a).

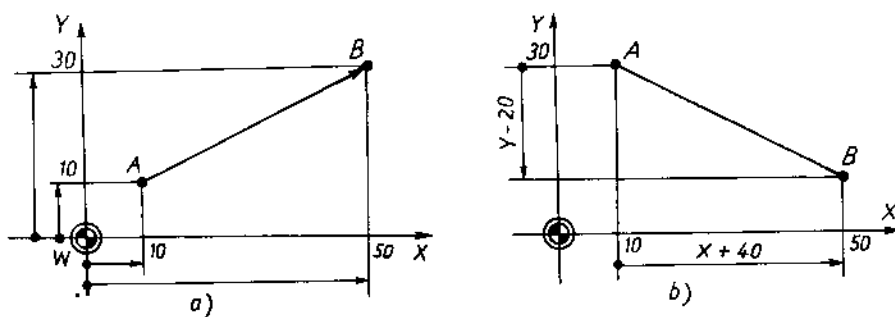
+ Kích thước gia số:

Các toạ độ của điểm đích B được so sánh với điểm xuất phát A trước đó của điện cực. Như vậy, thông tin phải dựa vào vị trí trước đó của điện cực chứ không để ý đến điểm zêrô phôi (hình 55b).

Ví dụ: đi từ A đến B.

Điểm đích B có toạ độ gia số so với điểm xuất phát A là : X40 , Y-20.

Cần lưu ý rằng kích thước gia số cũng có dấu cộng (+) hoặc trừ (-), tùy thuộc vào kích thước được thay đổi cùng chiều hay ngược chiều so với chiều dương của trục toạ độ.



Hình 55: a) Kích thước tuyệt đối, b) kích thước gia số

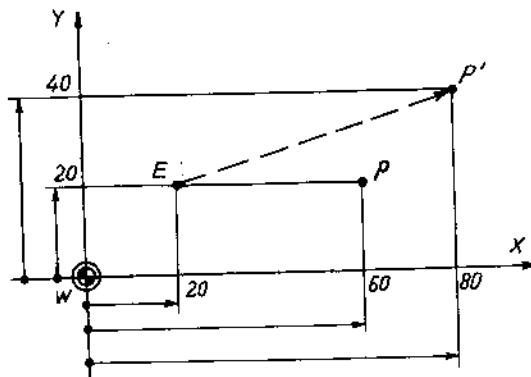
Để lập trình kích thước gia số, cần ấn phím "incremental demensions" (kích thước gia số). Biểu tượng của bàn phím này sẽ xuất hiện trên màn hình và hệ điều khiển biết rằng ta đang lập trình kích thước gia số.

Ví dụ: hình 56.

Điện cực đang ở vị trí E (X20, Y20). Nó phải di động tới vị trí đích P (X60, Y20).

Viết kích thước tuyệt đối là X60, Y20.

Nếu cũng với các giá trị đó, viết kích thước gia số X60, Y20 thì điểm đích P' (X80, Y40) chứ không phải là P.



Hình 56. Ví dụ lập trình kích thước gia số.

Để viết đúng tọa độ điểm P này trong kích thước gia số, phải viết X40, Y0.

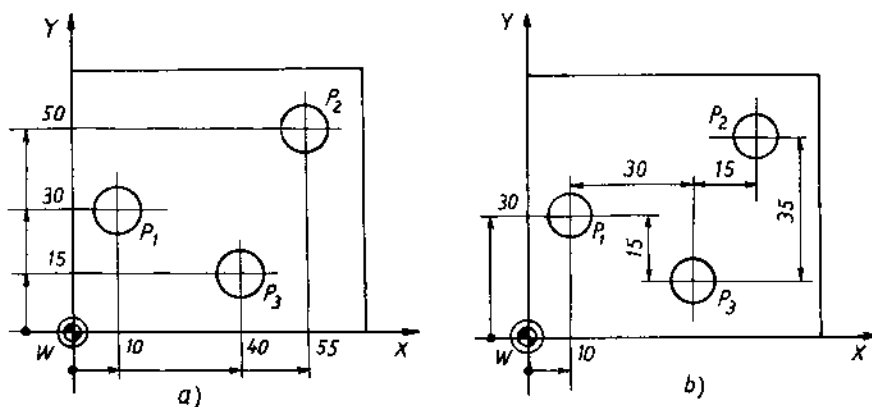
- Dấu cộng (+) / trừ (-):

Dấu (+) /(-) được đặt trước giá trị tọa độ của kích thước tuyệt đối và kích thước gia số.

Ở kích thước tuyệt đối, dấu (+) / (-) cho biết một điểm được đặt ở phía nào của điểm zêrô.

Ở kích thước gia số, dấu (+) / (-) cho biết điểm cực chuyển động theo chiều dương hay chiều âm của trục.

Ví dụ: hình 57, a, b



Hình 57. a) Kích thước tuyệt đối, b) Kích thước gia số

Kích thước tuyệt đối

Kích thước gia số

(hình 57, a)

(hình 57, b)

P1 X10 Y30

P1 X10 Y30

P2 X55 Y50

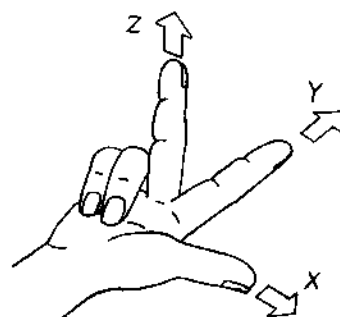
P2 X45 Y20

P3 X40 Y15

P3 X- 15 Y- 35

- Quy tắc bàn tay phải:

Tùy theo kiểu máy người ta có thể chọn hệ thống tọa độ X, Y, Z theo các cách bố trí khác nhau của các trục. Ví dụ, có thể chọn trục Z làm trục thẳng đứng như hầu hết các máy đã áp dụng. Cũng có khi nhà chế tạo lại chọn trục Y là trục thẳng đứng. Tuy nhiên, dù chọn cách nào nhưng có thể lập trình CNC một cách thuận lợi, người ta phải tuân theo một quy tắc chung về tương quan giữa các trục, đó là quy tắc bàn tay phải.



Hình 58. Quy tắc bàn tay phải

Quy tắc:

Khi để cho 3 ngón tay: ngón cái, ngón trỏ và ngón giữa vuông góc với nhau thì (hình 58):

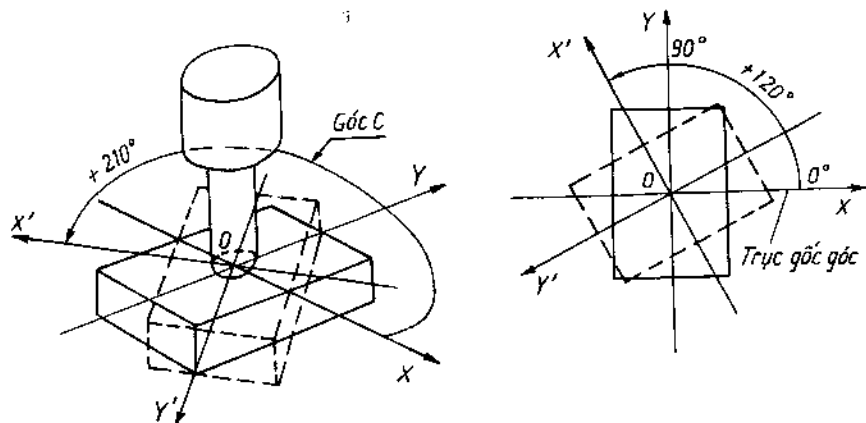
+ Ngón cái chỉ chiều dương của trục X.

+ Ngón trỏ chỉ chiều dương của trục Y

+ Ngón giữa chỉ chiều dương của trục Z.

7.2. Toạ độ C

Các máy xung định hình CNC được trang bị thêm một trục quay song song và trùng với trục Z, có tên là trục quay C. Điện cực có thể được quay quanh cái trục tưởng tượng này nhờ hệ điều khiển. C là một toạ độ điều khiển được. Trục C có thể tạo ra một góc quay xác định của điện cực hoặc tạo ra sự quay servo. Toạ độ C biểu thị sự quay quanh một trục, trong khi các toạ độ X, Y, Z biểu thị các chuyển động thẳng dọc theo một trục (hình 59).



Hình 59. Toạ độ C và trục gốc góc (trục +X)

Toạ độ C được sử dụng để quay điện cực đi 1 góc nhất định. Các góc quay được tính từ một "trục chuẩn góc". Đối với toạ độ C, trục chuẩn góc chính là chiều dương của trục X. Góc C = 0° nằm trên trục X. Chiều dương của góc là chiều ngược kim đồng hồ. Như vậy, chiều dương của trục Y sẽ biểu thị một góc C = 90°.

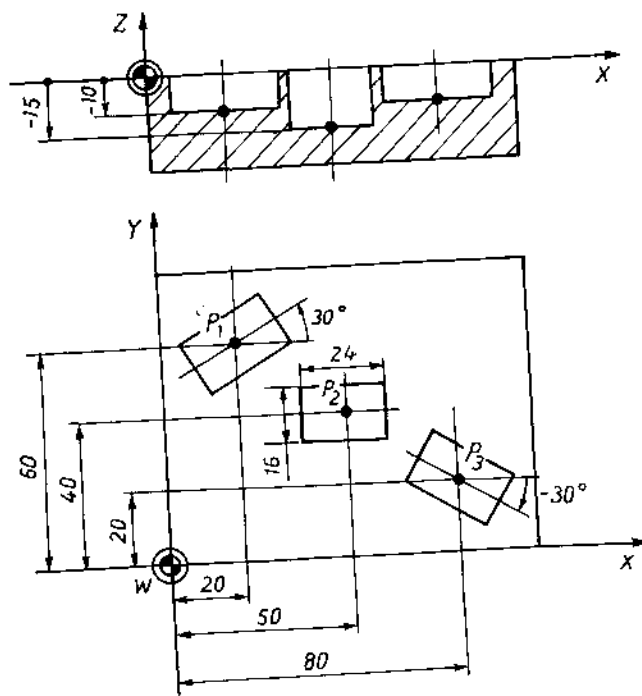
Ví dụ 1:

Một điện cực vuông góc được lắp trên trục của máy xung định hình sao cho các cạnh của nó song song với các trục toạ độ X, Y.

Hãy xác định các toạ độ X, Y, Z, C của điểm P1, P2 và P3 (hình 60). Kết quả ghi trong bảng 7.1.

Bảng 7.1. Toạ độ của các điểm P1, P2 và P3

Điểm \ Toạ độ				
	X	Y	Z	C
P1	20	60	- 10	30°
P2	50	40	- 15	0°
P3	80	20	- 10	- 30°



Hình 60. Minh họa cho ví dụ 1.

Ví dụ 2:

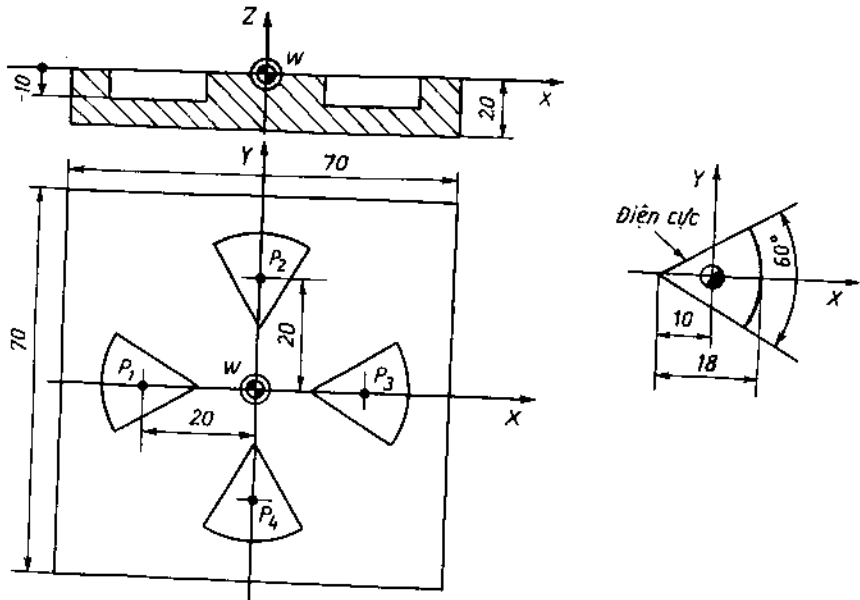
Xác định điểm zêrô phôi và tọa độ của điện cực ở các vị trí gia công P1, P2, P3 và P4, nếu như vị trí ban đầu của điện cực tương ứng với tọa độ $C = 0^\circ$ ở (hình 61).

Kết quả cho ở bảng 7.2

Bảng 7.2

Điểm \ Tọa độ	X	Y	Z	C
P1	-20	0	-10	180°
P2	0	20	-10	90°
P3	20	0	-10	0°
P4	0	-20	-10	270°

Do chi tiết đối xứng nên cần chọn điểm zêrô phôi W ở ngang tâm chi tiết.



Hình 61. Minh họa cho ví dụ 2

7.3. Cơ sở lập trình

Ở máy xung định hình thông thường, trước khi gia công người vận hành máy phải chuẩn bị kế hoạch làm việc gọi là sự mô tả gia công. ở đây việc gia công được chia ra nhiều bước với các trình tự riêng. Cơ sở cho trình tự gia công là bản vẽ phôi.

Ở máy xung định hình CNC cũng có một trình tự như vậy. Tuy nhiên, các trình tự công việc riêng biệt mà lẽ ra người vận hành máy phải đảm nhiệm thì ở máy CNC các nhiệm vụ đó đều do hệ điều khiển thực hiện, phù hợp với một chương trình được đưa vào từ trước.

Hệ điều khiển CNC phải có các thông tin sau đây để gia công phôi:

- + Nó phải biết làm thế nào để gia công phôi này, nghĩa là nó phải có các dữ liệu về quá trình phóng điện.

- + Nó phải biết phôi có hình dáng thế nào sau khi gia công xong, nghĩa là nó phải có các dữ liệu hình học.

Người vận hành máy phải đưa các thông tin này vào hệ điều khiển sao cho hệ điều khiển CNC có thể hiểu được.

7.4. Ngôn ngữ lập trình

Cũng giống như các ngôn ngữ khác, ngôn ngữ lập trình CNC cho xung định hình cũng bao gồm các từ.

Mỗi từ gồm một chữ cái địa chỉ và một con số. Nhờ các chữ cái địa chỉ này, hệ điều khiển biết phải truyền các lệnh gia công tới đâu.

Các con số đi sau chữ cái địa chỉ có thể là một số bất kỳ, nói lên kích thước hoặc độ lớn của đại lượng mà chữ cái địa chỉ đại diện, hoặc là một con số cố định, đại diện cho một lệnh đã được mã hoá.

Ví dụ 1: T1 150 là một từ.

T1 là độ kéo dài xung máy phát.

150 là một số bất kỳ, nói lên độ lớn của độ kéo dài xung bằng 150 μ s.

Ví dụ 2: M70 là một từ.

M là chữ cái địa chỉ, nói lên sự đấu cực của điện cực.

70 là con số cố định, được mã hóa cùng với địa chỉ M nói lên rằng điện cực được đấu cực là cực dương. (Trái với M71: điện cực được đấu cực là cực âm).

Một số lệnh đứng cạnh nhau để hình thành một bước gia công được gọi là một block (tức một câu lệnh).

Nhiều câu lệnh blocks kết hợp theo một trình tự nhất định tạo thành một chương trình gia công chi tiết hoặc tạo thành một chương trình con.

Có một số lệnh chỉ tác động trong block mà ở đó chúng được lập trình. Những lệnh như thế được gọi là "lệnh tác động trong block", hay "lệnh một lần".

Các lệnh khác duy trì được hiệu lực của chúng cho đến khi chúng bị xoá đi hoặc được thay thế bởi một lệnh khác. Các lệnh này được gọi là "lệnh tự duy trì".

Một lệnh đơn độc không có tác dụng gì: ví dụ: lệnh Z12 không nói lên điều gì về chuyển động hay về dòng điện v.v...

Vì thế trong hệ điều khiển, các lệnh được biên soạn trong một block thường được hiển thị trên màn hình ở dạng bảng. Người lập trình chỉ cần viết các lệnh riêng lẻ vào các khoảng trống phù hợp trong bảng này. Rất có thể người lập trình quên viết một điều gì đó trong khi lập trình. Hệ điều khiển sẽ lập tức kiểm tra để chắc chắn rằng: tất cả các lệnh được yêu cầu đối với nguyên công này đều đã được lập trình.

Các block trong chương trình cần được xếp theo thứ tự để cho hệ điều khiển biết cái trình tự mà theo đó các block được thực hiện. Số của block được dùng cho mục đích đó. Số của block biểu thị cho vị trí trong chương trình mà ở đó block là N. Ở hệ điều khiển MULTIFORM - 1, số của block có 4 chữ số. Ví dụ, N1010 (số của block ở hệ điều khiển khác có thể chỉ gồm 2 chữ số, ví dụ: N24).

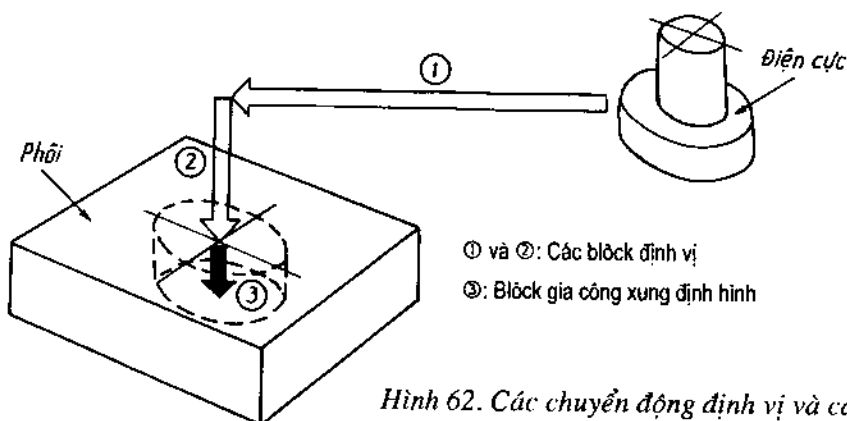
Các block được đánh số tự động trong lúc vào chương trình. Bạn cũng có thể tự mình đánh số block.

Một chương trình gia công xung định hình gồm có:

- + Các block định vị.
- + Các block gia công tia lửa điện.

Hệ điều khiển MULTIFORM - 1 nhận biết các block ăn mòn điện bằng tín hiệu ánh sáng đèn. Khi vào chương trình, chỉ cần ấn phím "lightning" đối với các block ăn mòn điện. Biểu tượng ánh sáng này xuất hiện trên màn hình. Sau đó hệ điều khiển sẽ nhớ để thực hiện các lệnh chạy dao phù hợp với các tín hiệu được cho bởi hệ điều khiển khe hở.

Hệ điều khiển nhận ra các block định vị bằng sự vắng mặt của biểu tượng ánh sáng đó. Trong trường hợp định vị, hệ điều khiển biết rằng nó phải di chuyển các trục với lượng chạy dao cực đại (hình 62).



Hình 62. Các chuyển động định vị và các chuyển động gia công

7.5. Trình tự lập trình

Theo kinh nghiệm về công nghệ, có một trình tự phải thực hiện để tạo ra một lòng khuôn bằng gia công xung định hình.

Đối với một lòng khuôn phức tạp, phải định trước phương pháp và dụng cụ phải sử dụng.

Hệ điều khiển tự nó không "học" được gì, không có "kinh nghiệm". Nó chỉ làm những gì mà người ta "bảo" nó làm. Điều đó giải thích tại sao phải có các dữ liệu cần thiết để sắp đặt các bước gia công trước khi gia công. Vì vậy, phải chuẩn bị một kế hoạch gia công cụ thể trước khi bắt đầu lập trình. Phải chia việc gia công ra các bước riêng lẻ và viết các lệnh phù hợp. Khi lập trình, nên theo trình tự như bảng 7.3.

Ví dụ.

Lập trình gia công xung định hình một lòng khuôn hình trụ trong một khối thép hình hộp.

Lòng khuôn có kích thước $\varnothing 10 \times 20$, bề mặt đạt $Ra = 7,2\mu m$ (hình 63).

Bảng 7.3

PHIẾU GIA CÔNG		
Bước 1	Chọn hình dáng và vật liệu điện cực	Đưa vật liệu phôi và hình dáng yêu cầu vào bản kê.
Bước 2	Chọn các tham số gia công tia lửa điện và xác định điều kiện dòng chảy chất điện môi	- Đưa lượng hút vật liệu và độ thô hoặc tinh của bề mặt gia công vào bản kê. + Các tham số phóng điện I, t_p, U_z + Các tham số điều khiển khe hở REP, VM + Các tham số ăn mòn điện AW, T + Các tham số để tự động ngăn ngừa lỗi: LS, KS. + Dòng chảy SPL (liên tục? nhấp?) + Kết thúc gia công tia lửa điện ERE
Bước 3	Chọn điểm zêrô chương trình	Đưa kích thước và hình dáng yêu cầu của phôi vào bản vẽ.
Bước 4	Xác định các tọa độ	- Đối với các block định vị: X, Y, Z, C - Đối với các block ăn mòn điện: X,Y,Z,C
Bước 5	Xác định kế hoạch gia công	Các bước kế tiếp nhau
Bước 6	Viết chương trình	Chuyển các bước định vị và gia công tia lửa điện sang các lệnh lập trình và gom vào các block.
Bước 7	Vào chương trình	Kiểm tra trình tự đúng của các block
Bước 8	Thử chương trình	Màn hình hiển thị như khi gia công thật
Bước 9	Chạy chương trình	Gia công phôi

+ Bước 1: *Chọn vật liệu và hình dáng điện cực*: Điện cực bằng đồng, hình trụ.

Khe hở mặt bên F_s được cho trong sổ tay công nghệ: $F_s = 0,29\text{mm}$.
Đường kính d của điện cực dùng cho lòng khuôn là:

$$d = 10 - 2 \times 0,29 = 9,42\text{mm}$$

+ Bước 2: *Chọn các tham số gia công tia lửa điện và điều kiện dòng chảy chất điện môi*:

Sử dụng sổ tay công nghệ để chọn các tham số gia công tia lửa điện xung định hình đối với: sự đấu cực, sự phóng điện và điều kiện khe hở.

- Sự đấu cực: điện cực là dương: M70

- Các tham số phóng tia lửa điện:

Độ kéo dài xung: $t_1 = 200 (\mu\text{s})$

Khoảng cách xung: $t_0 = 25 (\mu\text{s})$.

Bước dòng điện: $I = 13$

Điện áp đánh lửa: $U_z = 3$.

- Các tham số để điều khiển khe hở:

Góc ăn mòn điện: $REP = 51$.

Độ nhảy điều khiển khe hở: $VM = 60$

- Kết thúc gia công

Điện cực phóng điện nốt: 3 giây.

Sau khi đạt tới vị trí đích ($ERE = 3$).

Điện cực quay về vị trí xuất phát khi chu trình đã làm xong ($ERE = \dots 13$).

Toàn thể máy phát ngừng ($ERE = 2,13$).

- Các tham số cho quá trình ngăn ngừa lỗi:

Khoảng cách rút về $AW = 0,5$

Ngăn ngừa hồ quang $LS = 3$

Ngăn ngừa ngắn mạch $KS \approx 3$

- Dòng chảy:

Dòng chảy qua 2 van (SPL 2)

Dưới áp lực (SPL 2.1.)

Và tiếp tục (SPL 2.11.)

+ Bước 3: *Chọn điểm zêrô chương trình từ zêrô phôi W.*

Điểm W là góc thấp bên trái của phôi. Mọi kích thước của phôi được so với điểm này (hình 64).

+ Bước 4: *Xác định các toạ độ:*

Các kích thước được cho ở hình 64 là tương ứng với các toạ độ đúng:

- Để định vị: kích thước X50, Y 50.

- Để gia công xung định hình: kích thước Z - 20.

+ Bước 5:

Xác định kế hoạch gia công:

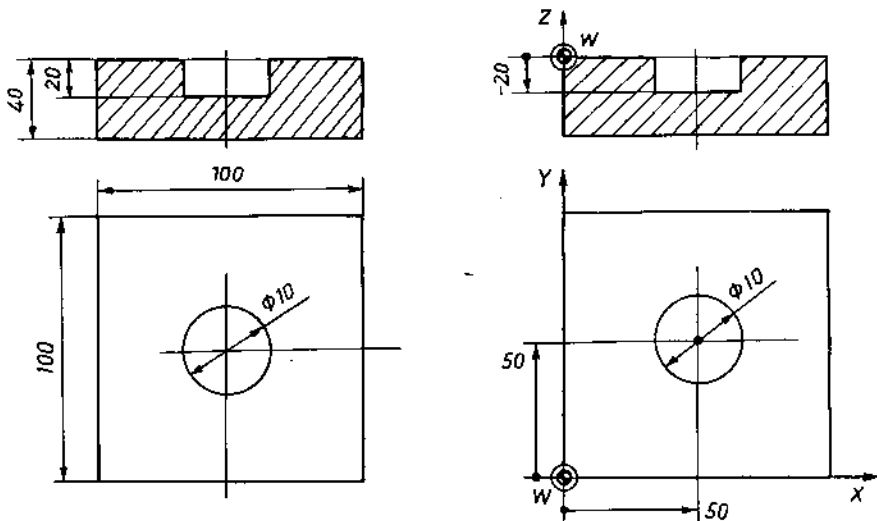
Kế hoạch gia công (trình tự thực hiện) ở giai đoạn này rất đơn giản.

1. Chuyển động điện cực theo trục Z đến khoảng cách an toàn cách mặt trên của phôi 2mm.

2. Đưa điện cực đến vị trí xuất phát X - , Y - ,

3. Gia công xung định hình đến chiều sâu Z yêu cầu.

4. Rút dụng cụ lên trục Z đến một độ cao thích hợp, ví dụ, Z100.



Hình 63. Kích thước phôi ở ví dụ 1

+ Bước 6

Viết chương trình:

Bây giờ ta phải đưa từ soạn thảo vào một chương trình. Sử dụng biểu mẫu (bảng 7.4), ở đó có danh mục các địa chỉ của các lệnh trên màn hình.

Nguyên công đầu tiên cũng là block đầu tiên:

Khoảng cách an toàn phải là 2mm phía trên mặt phôi. Như vậy là xong bước 1.

Bây giờ hệ điều khiển đã có tất cả các dữ liệu cần thiết. Khi di động để định vị trí không cần phải cho tốc độ chạy dao vì hệ điều khiển luôn luôn di chuyển các bàn trượt với tốc độ nhanh cực đại ở các block định vị.

Ở nguyên công tiếp theo, sẽ định vị điện cực phía trên điểm xuất phát. Lập trình 2 block cho điều đó:

- Vị trí điểm đặt của trục X.
- Vị trí điểm đặt của trục Y.

Ở block tiếp theo, sẽ viết nguyên công tiếp theo là gia công xung định hình lòng khuôn.

Đầu tiên, vào lệnh gia công tia lửa điện bằng phím "lightning" (phát sáng). Đánh dấu nó bằng một chấm nhỏ.

Tiếp đó là các tham số phóng tia lửa điện đã chọn từ bảng dữ liệu quá trình (bảng 7.4).

Ở nguyên công cuối cùng, điện cực được di chuyển nhanh trên trục Z tới một điểm phía trên phôi 100mm (Z100) (bảng 7.4).

Bảng 7.4

N	X	Y	Z	C	M	T	S	L	L	REP	I	UZ	ES	KS	VM	ERE	L	AW	SPI
10																			
20			2																
30	50																		
40		50																	
50			20		70		*	200	25	51	13	3	3	3	80	213		0.5	
60			100		02														

Bây giờ chương trình đã hoàn thành, ta báo cho hệ điều khiển biết rằng lệnh MO2, là "kết thúc chương trình" và quay trở về block đầu tiên của chương trình này.

7.6. Sự lập trình của các máy gia công tia lửa điện CNC

Chương trình CNC của các máy gia công tia lửa điện bao gồm:

- Chương trình NC hình học:

Chương trình này bao gồm các số liệu hình học để gia công chi tiết. Về nguyên tắc, nó mô tả quỹ đạo mà điện cực phải đi theo. Hầu hết các nhà thiết kế đều dùng ngôn ngữ lập trình ISO - NC (mã G). Tuy nhiên, một số nguyên công có thể có các mã chức năng khác.

- Chương trình NC công nghệ:

Chương trình này dùng để đặt các ghi chép của máy phát (như dòng điện, thời gian xung, servo, dòng chảy chất điện môi v.v...)

Dạng được sử dụng là không tiêu chuẩn và hoàn toàn phụ thuộc vào kết cấu máy. Trong một số trường hợp thì không yêu cầu các chương trình công nghệ vì tất cả các chức năng liên quan đến công nghệ đã được phối hợp trong hệ điều khiển của máy. Tuy nhiên, việc sử dụng chương trình công nghệ có thể là hữu ích để phối hợp với công nghệ riêng của người sử dụng.

Sự chuẩn bị các chương trình có thể làm ngay tại máy hoặc tách rời khỏi máy.

- Sự lập trình tại máy (hay tại phân xưởng), có thể được làm nhờ:

- + Diễn hình hoá các chương trình khác nhau trên hệ điều khiển. Nó có thể là mã ISO hoặc ngôn ngữ phụ thuộc máy.

- + Hội thoại menu.

- + Sử dụng hệ thống lập trình đồ hoạ. Hệ điều khiển có các đặc tính CAD/CAM đơn giản.

- Sự lập trình tách rời khỏi máy. Việc này hầu hết được làm trên một computer. Sau đó các chương trình được gài vào đĩa mềm, các giao diện truyền thông dữ liệu như RS 232, RS 422, ethernet, hoặc DNC.

Các khả năng khác nhau của sự lập trình tách rời khỏi máy là:

- + Diễn hình hóa các chương trình NC với các bộ xử lý từ ngữ (wordprocessor).

- + Sử dụng máy phụ thuộc computer dựa trên các hệ thống lập trình. Nhiều nhà thiết kế máy cung cấp các hệ thống này tương tự như hệ thống lập trình tại máy (nghĩa là cơ học). Chương trình được viết trong một ngôn ngữ giống như ngôn ngữ APT hoặc được tự động sinh ra trên cơ sở một hình học xác định. Ở đây đòi hỏi phải có các postprocessors (các bộ

vi xử lý) để nhận được chương trình chi tiết phụ thuộc máy cuối cùng.

- Các hệ thống CAD/CAM

Hệ thống CAD được sử dụng ở nhà thiết kế chi tiết có thể được dùng để tạo ra quỹ đạo dụng cụ (CAM). Đầu ra của hệ thống CAM là file CL (cutter location) và được truyền bởi bộ vi xử lý tới chương trình phụ thuộc máy.

- Sự phối hợp của máy xung định hình trong môi trường CIM:

Cách đây không lâu, các máy gia công tia lửa điện còn là những "hòn đảo tự động hoá". Ngày nay, chúng có thể được phối hợp trong một môi trường hiện hữu qua:

- + Việc thay đổi điện cực.
- + Chu kỳ đo (cho phép trong sự bù quá trình).
- + Thay đổi palet.
- + Mô tả đặc trưng và giữ sự ghi tự động.
- + Chương trình đối thoại dễ dàng với người sử dụng
- + Sự phối hợp về công nghệ (đặt tự động các thông số công nghệ)
- + Giao diện truyền thông dữ liệu (RS 232, RS 422, RS 485, Ethernet, v.v...).

7.7. Gia công xung định hình vật liệu gốm

Gốm được dùng trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật cao vì các tính chất vật lý và cơ học đặc biệt của nó. Độ cứng cao và độ bền nhiệt cao chống lại các cú sốc về nhiệt có được nhờ sự kết hợp của độ bền cao hơn, độ dẫn nhiệt cao hơn và hệ số giãn nở nhiệt thấp, vì vậy chúng được ứng dụng rộng rãi.

Gia công tia lửa điện cho phép tạo ra các hình dáng hình học phức tạp trong gốm dẫn điện. Một số lượng lớn các bậc tự do trong gia công tia lửa điện tạo nên các phương pháp gia công tương hỗ quan trọng đối với các kỹ thuật chung hơn như mài bằng đá mài kim cương và gia công siêu âm.

Ngày nay, càng có nhiều gốm kỹ thuật dẫn điện càng làm tăng sự áp dụng gia công tia lửa điện. Độ dẫn điện phải lớn hơn $0,01\text{s/cm}^2$. Việc thêm vào các chất dẫn điện và các khả năng pha tạp là các phương pháp được sử dụng làm cho gốm kỹ thuật có đủ độ dẫn điện để gia công tia lửa điện.

Gốm kỹ thuật thuộc về nhóm oxyt (Al_2O_3 , ZrO_2 và TiO_2) và gốm không oxyt (nitrit silic và carbit silic).

Do gia công tia lửa điện là một phương pháp gia công nhiệt nên không có ảnh hưởng của các tính chất cơ học lên mức độ hút vật liệu. Mức độ hút vật liệu đối với cacbit silic cao hơn 2 lần so với thép vì khi gia công cacbit silic, các hạt đẩy đủ bị lấy đi. Để có được bề mặt tinh, hãy thử phối hợp gia công tia lửa điện và gia công siêu âm.

Để có độ ổn định quá trình tốt, phải có gốm với hạt nhỏ như có thể được. Cần nghiên cứu thêm về sự tối ưu hoá các thông số của quá trình gốm.

Chương 8

GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN CẮT DÂY

8.1. Công dụng của gia công tia lửa điện cắt dây

Gia công tia lửa điện cắt dây chủ yếu được sử dụng để chế tạo:

- Các lỗ định hình trong khuôn đột dập, khuôn đùn, khuôn kéo.
- Điện cực dùng cho gia công xung định hình.
- Sản xuất thử.
- Các prophin dưỡng dùng trong đo kiểm.
- Cắt các hình dáng 3D đặc biệt.
- Cắt các côngtua phức tạp.

Sản phẩm của công nghệ gia công tia lửa điện cắt dây được thể hiện hình 65a.

Trong quá trình cắt dây, ngoài sự phối hợp các chuyển động tương đối giữa dây và phôi để tạo ra côngtua được cắt, bản thân dây phải có chuyển động dọc trục, được tạo ra do sự cuốn dây liên tục giữa các con lăn. Sơ đồ công nghệ cắt dây được cho ở hình 2, b.

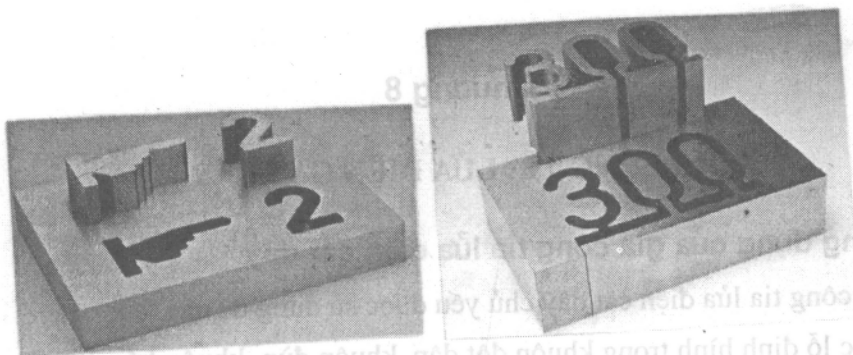
Tùy theo loại dây điện cực và tùy thuộc kiểu máy cắt dây, dây có thể chỉ được dùng một lần hoặc dùng đi dùng lại nhiều lần do được cuốn qua cuốn lại liên tục trong quá trình gia công.

Máy cắt dây cũng có rất nhiều loại, từ máy nhỏ đến máy lớn, từ máy đơn giản đến tự động hoá rất cao.

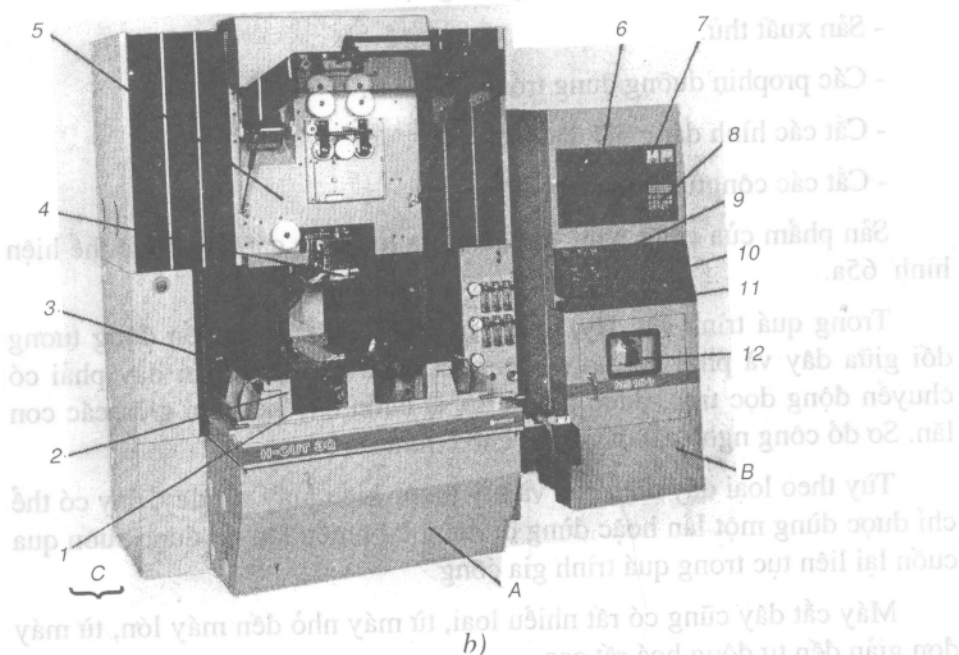
Sơ đồ của một máy cắt dây được cho ở hình 65 b, với :

TÍNH NĂNG KỸ THUẬT CỦA MÁY

Kích thước lớn nhất của phôi:	650 x 500 x 300 mm
Khối lượng lớn nhất của phôi:	700 kg
Khoảng dịch chuyển X -, Y -, Z - :	450 x 300 x 300 mm
Khoảng dịch chuyển U -, V - :	± 30 mm
Tốc độ chạy dao max (trục X/Y):	1.500 mm/ph
Độ nghiêng dây max:	± 12 ⁰



a)



b)

Hình 65: a) Các sản phẩm mẫu của công nghệ cắt dây

b) Máy cắt dây kiểu CNC kiểu HITACHI 3Q

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Dẫn dây phía dưới | 7. Các dây đồng hồ |
| 2. Bàn trượt Y | 8. Bảng điều khiển CNC |
| 3. Bàn gá phôi | 9. Bảng điều khiển điện |
| 4. Bộ dẫn dây phía trên | 10. Hộp ổ đĩa mềm |
| 5. Đầu máy và bàn trượt X | 11. Bàn phím lập trình |
| 6. Màn hình Video | 12. Đầu đọc băng đục lỗ |

A. Cụm cơ khí

B. Cụm điều khiển điện/ điện tử

C. Cụm dung dịch điện môi (không có trên ảnh)

8.2. Cấu hình trục cho máy cắt dây:

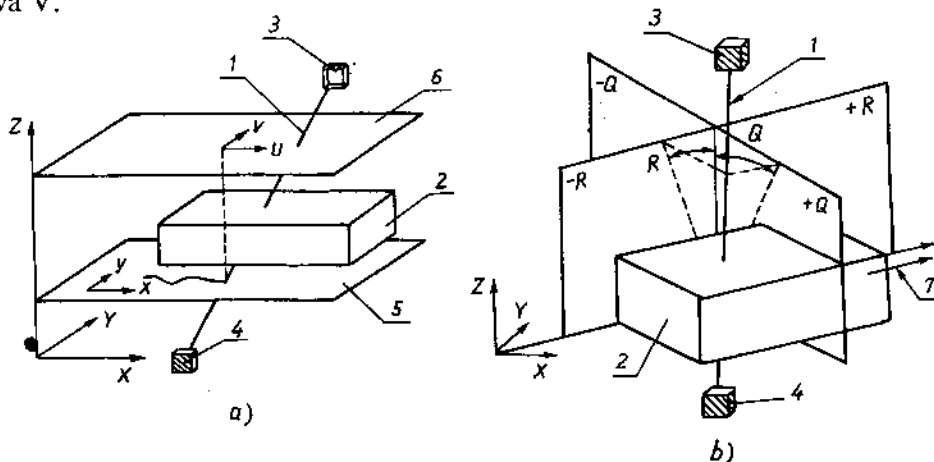
Các chi tiết có thể được gia công trên máy cắt dây với dây thẳng đứng, với dây có độ nghiêng cố định hoặc với dây có độ nghiêng thay đổi liên tục. Các chi tiết có độ nghiêng cố định rất thường gặp trong chế tạo dụng cụ, khuôn mẫu.

Sự áp dụng cấu hình bố trí các trục có khác nhau tùy theo từng máy. Sự khác nhau chủ yếu là ở bộ dẫn dây phía trên. Có hai loại cấu hình trục phổ biến:

- Cấu hình trục X, Y, U, V, theo đó dây được điều khiển trong một mặt phẳng gốc thứ 2 ở phía trên, theo các tọa độ U/V song song với các trục tọa độ X/Y ở mặt phẳng gốc thứ nhất ở phía dưới (hình 66, a). Cấu hình trục loại này được áp dụng, ví dụ, cho máy của hãng CHARMILLES hoặc HITACHI, v.v...

- Cấu hình trục X, Y, Q, R theo đó, độ nghiêng của dây được cho bởi các giá trị góc Q và R, trong đó R là độ nghiêng của dây trong hướng chạy dao và Q là độ nghiêng của dây trong hướng vuông góc với hướng chạy dao (hình 66, b). Một độ nghiêng của dây là hằng số có thể được lập trình với các giá trị của X, Y, Q, R. Áp dụng cấu hình trục loại này, ví dụ, có máy của hãng AGIE.

Trong trường hợp của cấu hình X, Y, U, V các tính toán là không thể tránh được. Hãng CHARMILLES đã giới thiệu một địa chỉ NC bổ sung là góc A để lập trình các độ nghiêng bằng hằng số của dây. Hệ điều khiển của máy sẽ thực hiện các tính toán cần thiết để chuyển sang các tọa độ U và V.



Hình 66 a) Cấu hình trục XYUV, b) cấu hình trục XYQR

1- Dây, 2- Phôi, 3- Bộ dẫn dây phía trên, 4- Bộ dẫn dây phía dưới, 5- Mặt phẳng gốc thứ nhất, 6- Mặt phẳng gốc thứ hai,

8.3. Sự thực hiện quá trình cắt dây

Sự thực hiện quá trình gia công tia lửa điện cắt dây phụ thuộc vào nhiều yếu tố: không chỉ phụ thuộc kiểu máy mà còn phụ thuộc kiểu dây, tình trạng của chất điện môi và nhiều yếu tố khác.

Nhờ sự tối ưu hoá quá trình gia công, có thể đạt được lượng hót kim loại khi gia công thô là $300\text{mm}^2/\text{ph}$ và độ nhám bề mặt khi gia công tinh $R_a=3\mu\text{m}$.

Chất điện môi dùng cho cắt dây thường là nước khử khoáng. Chất lượng bề mặt vẫn có thể cải thiện khi dùng chất điện môi là dầu, nhưng so với nước khử khoáng thì có mức độ hót vật liệu thấp hơn. Tuy nhiên, khi dùng dầu cần thiết phải gia công tinh bổ sung. Trong một số trường hợp, sẽ là ưu điểm nếu áp dụng sự thay đổi nhanh chất điện môi giữa gia công thô và gia công tinh.

Nếu sử dụng máy phát loại cổ điển sẽ không thể nhận được giá trị độ nhám rất thấp ($R_{\text{max}} \leq 0,5\mu\text{m}$). Một số nhà sản xuất đã cung cấp một cụm tùy chọn (option), có hoặc không có dây, đặc biệt có thể cho độ nhám bề mặt rất nhỏ. Ngày nay đã có máy cắt có dây có khả năng cắt được phôi có độ dày tới 500 mm mặc dù với độ chính xác giảm.

8.4. Các loại dây điện cực:

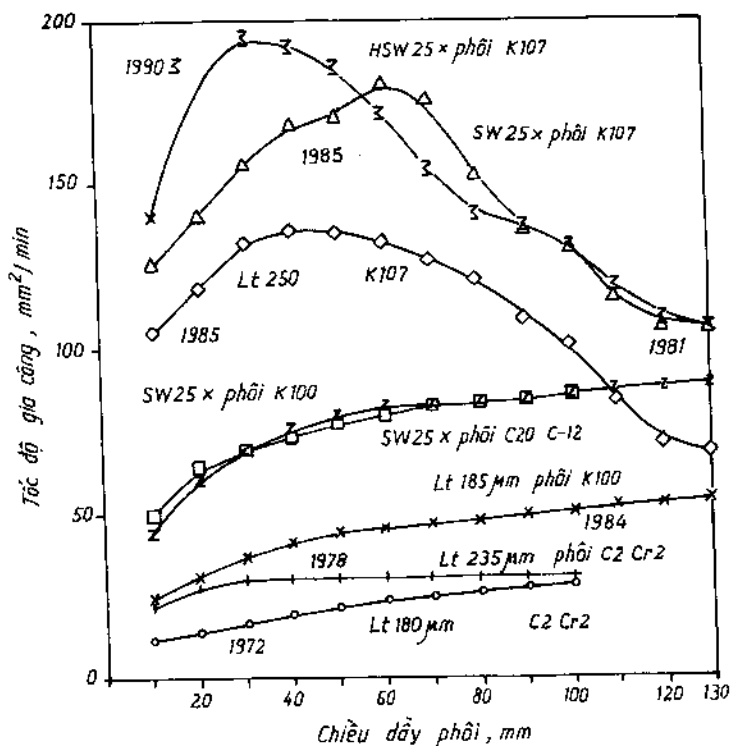
Các đặc tính của dây điện cực gồm có :

- Đường kính dây : thường dùng $d = 0,1 \div 0,3 \text{ mm}$,
- Vật liệu dây và các đặc tính của vật liệu .

Tùy thuộc các vật liệu gia công khác nhau có thể sử dụng vật liệu dây là đồng, đồng thau CuZn, molipden, wolfram và các dây có lớp phủ.

Hình 67 cho thấy mức độ hót vật liệu tăng gấp đôi, từ $20 \text{ mm}^2/\text{ph}$ lên $40\text{mm}^2/\text{ph}$. Đó là thành tựu phát triển dây của hãng CHARMILLES, được biết trên thị trường dưới cái tên thương mại SW, SWX, HSWX. Các loại dây này rất nổi tiếng dưới các tên thương mại COBRACUT, NOVOCUT, ALPHACUT, BROCAT được sản xuất với bằng sáng chế công nghệ của CHARMILLES.

Các dây được phủ có độ bền kéo căng cơ học cao và độ thoát nhiệt cao trong quá trình gia công. ví dụ, dây HSW- 25X bao gồm lõi bằng đồng thau (CuZn30) và lớp bề mặt phủ ôxyt kẽm. Độ bền kéo $750 \div 790 \text{ N/mm}^2$. Lớp phủ ôxyt kẽm cho độ thoát nhiệt tốt trong quá trình gia công. Khả năng đứt dây giảm. Sự bay hơi của lớp phủ ôxyt kẽm trong



Hình 67. Mức độ hút vật liệu là hàm số của chiều cao phôi và kiểu dây

quá trình gia công làm cải thiện sự hút phôi trong khe hở và khe hở tăng lên do lớp phủ biến mất.

Chiều cao phôi lớn đòi hỏi phải tăng độ căng dây để giữ cho sai số hình học nằm trong phạm vi nhất định. Vì vậy, hiểu biết về tính chất cơ học của dây là rất cần thiết.

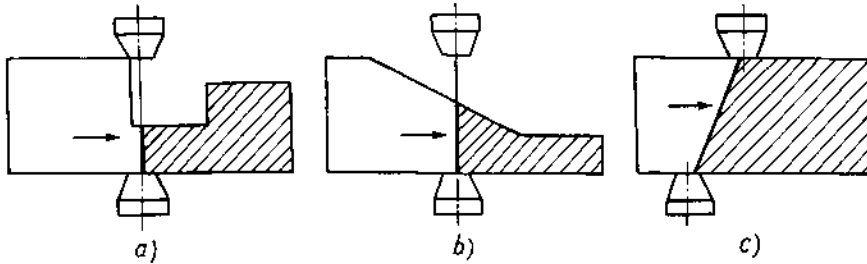
8.5. Sự thoát phôi khi cắt dây

Khi cắt dây, sự thoát phôi là cần thiết để lấy đi số phôi từ khe hở và để làm nguội dây. Muốn đạt độ chính xác cao thì phải giữ cho nhiệt độ của phôi và thùng phôi là hằng số. Nhúng chìm phôi trong chất điện môi hoặc phun chất điện môi vào thùng phôi là cần thiết. Các kỹ thuật thoát phôi khác gồm có :

- Thổi chiều trục dưới áp lực (dòng chảy đồng trục): chất điện môi được đưa vào khe hở phóng điện qua một bộ dẫn dưới áp lực cao (15 ÷ 20 bar). Ở đây đòi hỏi phải có tiếp xúc tốt giữa bộ dẫn dây và phôi để có

được áp lực cao trong khe hở.

- Dòng chảy tuần hoàn tự nhiên: sử dụng trong trường hợp phôi được nhấn chìm trong chất điện môi.



Hình 68. Các trường hợp khó khăn đối với dòng chảy đồng trục

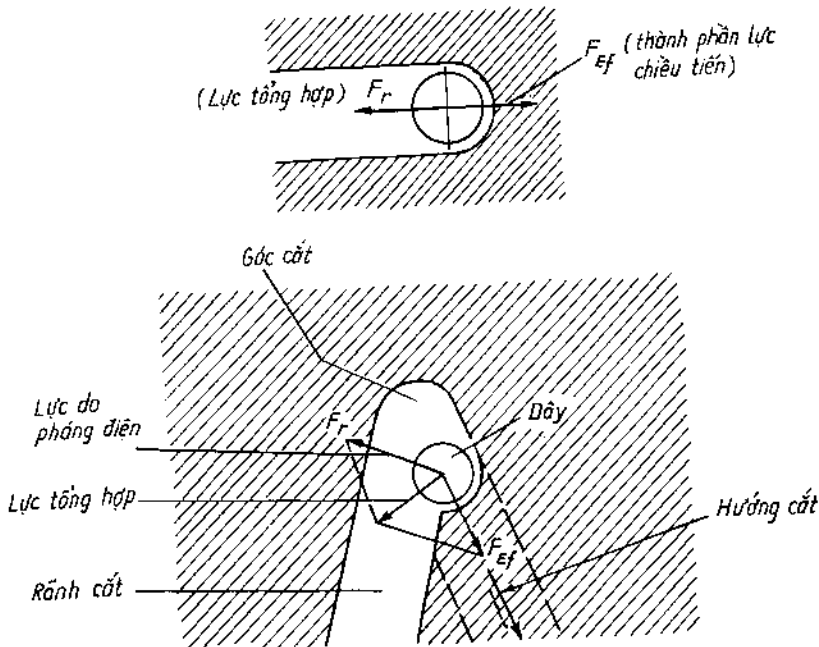
Trong trường hợp chiều cao phôi lớn thì dòng chảy đồng trục dưới áp lực được sử dụng cho gia công thô, còn dòng chảy phía bên, dưới áp lực dùng cho gia công tinh. Khi phôi lớn, đòi hỏi cụm điện môi đảm bảo độ chính xác và giá thành vừa phải. Một hệ thống phun được sử dụng để duy trì nhiệt độ thùng phôi là hằng số.

Đối với dòng chảy đồng trục dưới áp lực, các điều kiện không luôn luôn là tối ưu. Nếu chiều cao của phôi thay đổi thường xuyên hoặc nếu độ nghiêng của dây lớn thì không thể sử dụng áp lực cao. Hình 68 cho thấy một vài trường hợp khó khăn để có một áp lực cao của dòng chảy đồng trục.

8.6. Các sai số cố hữu của profin khi cắt dây

Khi cắt dây, các lực trong khe hở phóng điện là rất nhỏ so với các kỹ thuật cắt gọt truyền thống. Tuy nhiên, các lực này có thể có một ảnh hưởng quan trọng lên độ chính xác. Các lực này làm xô dịch dây khỏi vị trí thẳng đứng và gây ra sự dao động của dây đưa đến sự giảm độ chính xác gia công. Sự lệch xảy ra chủ yếu ở chỗ góc nhọn hoặc chỗ có bán kính nhỏ ($<0,1\text{mm}$). Các lực ở trên dây là do trường tĩnh điện và trường điện từ, áp suất trong kênh plasma và các bọt khí bốc hơi và dòng chảy đồng trục tạo ra.

Các xung điện được sử dụng gây ra một trường tĩnh điện tạo ra lực hút dây vào phôi. Giá trị của lực này tỷ lệ với bình phương của điện áp trung bình giữa phôi và dây. Điện áp trung bình này không lớn hơn 50V. Khi cắt các góc thì lại khác. Cùng với các hiện tượng khác, điều đó gây ra độ không chính xác, không ổn định và đứt dây trong quá trình gia công.



Hình 69. Sự cân bằng lực khi cắt dây và sai số hình học ở góc của côngtua

Các lực do sự phóng điện có ảnh hưởng quan trọng hơn so với các lực do dòng chảy của dung dịch điện môi. Các lực này là kết quả của áp suất được tạo nên trong kênh phóng điện và là lực đẩy ra khỏi phôi. (khoảng 1,5 N/m).

Các lực nói trên được cân bằng bởi các lực chiều trục bên ngoài và bằng khoảng 10N (hình 69).

Hiệu quả cuối cùng của tất cả các ảnh hưởng về lực tạo nên dao động của dây với một tần số khoảng 750Hz và dây đi chậm sau so với bộ dẫn dây. Có thể xảy ra sự thay đổi chiều rộng khe hở phóng điện do dao động này trong trường hợp chiều cao của phôi lớn. Các dao động này nên được giữ cho nhỏ để thực hiện lần cắt thứ hai dễ hơn. Độ bền kéo cơ học của dây được yêu cầu cao hơn để giảm biên độ của sự uốn dây và giảm giao

động. Đôi khi sự uốn dây được chủ động bù bởi một nguồn dao động từ bên ngoài.

Thường thì người ta chấp nhận rằng các sai số hình học là do hiệu ứng “bánh xe lùi”. Đó là sự chậm sau của dây so với bộ dẫn dây, do sự uốn dây. Tuy nhiên, W. Dekeyser chỉ ra rằng các sai số do “bánh xe lùi” chỉ quan trọng với góc lớn hơn 135° . Các hiện tượng khác như một sự tăng dao động của dây ở các góc, là quan trọng hơn và có thể làm tăng sai số hình học.

8.7. Điều khiển liên hệ ngược khi cắt dây

Sự điều khiển liên hệ ngược trong tiếng anh gọi là "adaptive control". Các máy mới nhất, hiện đại nhất đã được trang bị khả năng điều khiển liên hệ ngược. Ở những vị trí khó như ở các góc và chỗ lượn và trong trường hợp chiều cao phối thay đổi thì bộ điều khiển liên hệ ngược sẽ thay đổi êm nhẹ sự đặt máy phát. Các thay đổi êm nhẹ này được dựa trên một quá trình đo lường như đo điện áp gốc và thay đổi áp suất...

Ở đây, hình học phối có một ảnh hưởng quan trọng. Một thay đổi nhẹ trong hình học chi tiết sẽ dẫn đến một ảnh hưởng nhỏ trong thông số được đo, sao cho máy phát có thể phản ứng theo một cách ổn định.

Trái lại, một sự thay đổi không liên tục của chiều cao phối sẽ cho những kết quả không mong muốn như dao động của khe hở phóng điện. Trước khi mua máy người ta phải kiểm tra xem máy có thể tự động bù khe hở phóng điện được hay không.

8.8. Nhám bề mặt khi cắt dây

Trong trường hợp vật liệu đặc và không sử dụng lần cắt tinh bổ sung thì điều kiện của khe hở mặt bên giữa dây và chi tiết sẽ xác định chất lượng bề mặt của chi tiết hoàn thành. Ở chương 5, mục 5.9, ta đã xác định các loại khe hở khi phóng tia lửa điện để gia công xung định hình. Khi cắt dây cũng có hai loại khe hở phóng điện tương tự: khe hở phóng điện mặt trước g_f và khe hở phóng điện mặt bên g_{ls} .

Khe hở phóng điện mặt trước g_f là khoảng cách giữa dây và phối được đo trong hướng chạy dao.

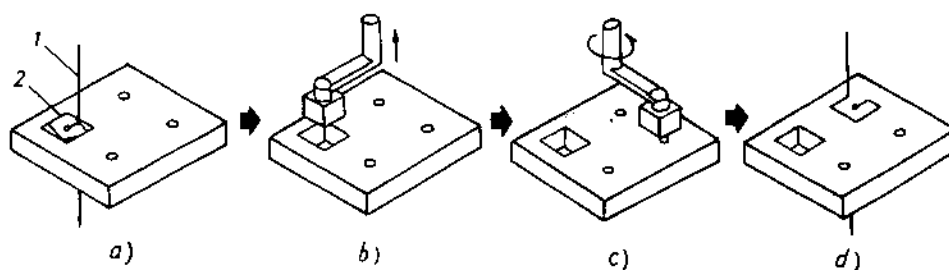
Khe hở phóng điện mặt bên g_{ls} là khoảng cách giữa dây và phối được đo trong hướng vuông góc với hướng chạy dao.

Mặt bên tạo nên khi gia công có đặc điểm là có kết cấu không đồng

đều. Khi vật liệu bị chảy lỏng ở khe hở phía trước (vào thời điểm cuối của xung) các bọt khí nổi lên và nổ, các phần tử vật liệu nhỏ xít bay ra và bị hàn dính vào vật liệu ở khe hở mặt bên. Giá trị của độ nhám bề mặt này phụ thuộc vào dòng điện. Dòng điện càng lớn thì sự chảy vật liệu càng lớn và các “miệng núi lửa” càng to ở cuối cùng của xung điện.

Sau khi cắt thô, cần thực hiện tốt nhiều lần cắt tinh. Ứng suất và biến dạng cùng với độ nhám do cắt thô sẽ được giảm đi sau khi cắt tinh.

8.9. Sự phối hợp của máy cắt dây trong môi trường CIM



Hình 70: Tự động lấy lõi khi cắt dây:

1- Dây, 2- Lõi.

a) Kết thúc cắt một côngtua

b) Nhấc lõi lên.

c) Đưa lõi ra khỏi vùng gia công.

d) Cắt một côngtua mới.

Cũng như máy xung định hình, ngày nay các máy cắt dây không còn là “ hòn đảo tự động hoá “ nữa mà chúng được phối hợp trong môi trường CIM, thông qua :

- Việc thay đổi dây tự động
- Lấy lõi tự động trong cắt côngtua,
- Chương trình đối thoại dễ dàng với người sử dụng,
- Sự phối hợp về công nghệ (đặt tự động các thông số công nghệ v.v..),

Hình 70 là một ví dụ về tự động lấy lõi trong cắt dây.

8.10. So sánh cắt dây với các phương pháp cắt không truyền thống khác

Hiện nay ngày càng có nhiều kỹ thuật gia công không truyền thống xuất hiện và được áp dụng trong thực tế sản xuất, đó là:

- Gia công laser và phay- laser
- Gia công plasma
- Gia công cắt bằng tia nước

Các kỹ thuật trên gần đây đã cạnh tranh với gia công tia lửa điện cắt dây ở các khía cạnh khác nhau. Ngày nay có thể coi các phương pháp đó là các kỹ thuật bổ sung. Trước hết hãy so sánh các phương pháp trên về độ dày chi tiết được cắt.

- Gia công laser phát huy hiệu quả khi có độ dày phôi nhỏ hơn 6 mm.

Chủ yếu được sử dụng để cắt tấm. Khi đó gia công laser có tốc độ cắt cao hơn và độ chính xác cao hơn so với phương pháp cắt bằng tia nước.

- Phương pháp cắt bằng tia nước áp suất cao (tới 4000 bar) có thể cắt được chi tiết dày hơn mà không có vùng bị ảnh hưởng như vẫn như xảy ra ở các phương pháp cắt bằng nhiệt. Cắt bằng tia nước có thể cùng với hạt mài hoặc không có hạt mài. Khi cắt bằng tia nước có hạt mài, năng suất cắt cao hơn nhưng bề mặt phôi có thể bị làm bẩn bởi hạt mài.

- Cắt bằng plasma có ưu điểm chính so với cắt bằng laser và tia nước là có thể cắt với tốc độ cao hơn, chiều dày phôi lớn hơn. Cắt bằng plasma thường cho phép đạt chất lượng mép cắt tốt hơn laser.

Sự biến động của độ nhám bề mặt dọc theo mép cắt là từ rất tinh cho đến thô trên thành mép được cắt. Tốc độ cắt càng nhỏ thì vùng tác động nhiệt càng lớn. Có thể thực hiện lần cắt thứ hai. Khi gia công laser, có thể nhận được bề mặt có độ nhám cỡ vài micromet đối với độ dày phôi dưới 1,6 mm. Nếu chiều dày phôi từ 6÷10 mm thì chỉ đạt độ nhám $>5 \mu\text{m}$.

- Gia công tia lửa điện cắt dây có ưu điểm chính là độ dày phôi lớn (đến 500mm) với độ chính xác cao và đạt chất lượng bề mặt như nhau trên toàn bộ chiều dày được cắt. Có thể nói rằng, so với các phương pháp kể trên, quá trình cắt dây này có sự thực hiện chính xác nhất, các máy cắt dây chất lượng hàng đầu đạt mức độ chính xác $3 \mu\text{m}$ về kích thước. Cắt dây siêu chính xác đạt độ nhám bề mặt $R_{\text{max}} = 0,5 \mu\text{m}$. Khi cắt chính xác cao thì nên áp dụng cắt dây.

Nhược điểm của phương pháp cắt dây bằng tia lửa điện là chỉ cắt được các vật liệu dẫn điện, trong khi phương pháp laser và tia nước có thể cắt được các vật liệu phi kim loại. Phương pháp phay laser là một phương pháp mới dùng để gia công lòng khuôn bằng nhiệt. Phương pháp này được phát triển bởi một hãng Đức là liên kết giữa DECKEL, MAHO và GILDEMEISTER với chiếc máy "LASER CAV" của họ. Tuy nhiên, gia công chiều sâu chính xác vẫn không thể so sánh với gia công tia lửa điện xung định hình. Hơn nữa, đối với gia công chiều sâu xuyên thủng thì phay laser bị hạn chế. Chi phí của một máy phay - laser cao gấp khoảng 3 lần một máy cắt dây hoặc máy xung định hình chính xác cao.

Chương 9

LẬP TRÌNH CNC GIA CÔNG CẮT DÂY

9.1. Các loại chương trình

Máy cắt dây CNC làm việc theo chương trình được lập sẵn. Chương trình gồm các lệnh về quỹ đạo cắt và các lệnh thay đổi điều kiện cắt. Để chuẩn bị gia công thì phải viết ra chương trình. Sau đây sẽ mô tả các mã số của lệnh và trình tự yêu cầu khi lập trình.

Có hai loại chương trình :

- Chương trình chính (main program).
- Chương trình con (sub program).

Máy HITACHI-2Q của Nhật có 4 khả năng chạy chương trình ; được áp dụng bằng cách ấn một trong các phím DISK, MEM, TAPE, hoặc ON LINE.

+DISK : chương trình được ghi vào đĩa mềm.

+MEM : dùng bàn phím trực tiếp đưa chương trình vào bộ nhớ của hệ điều khiển của máy.

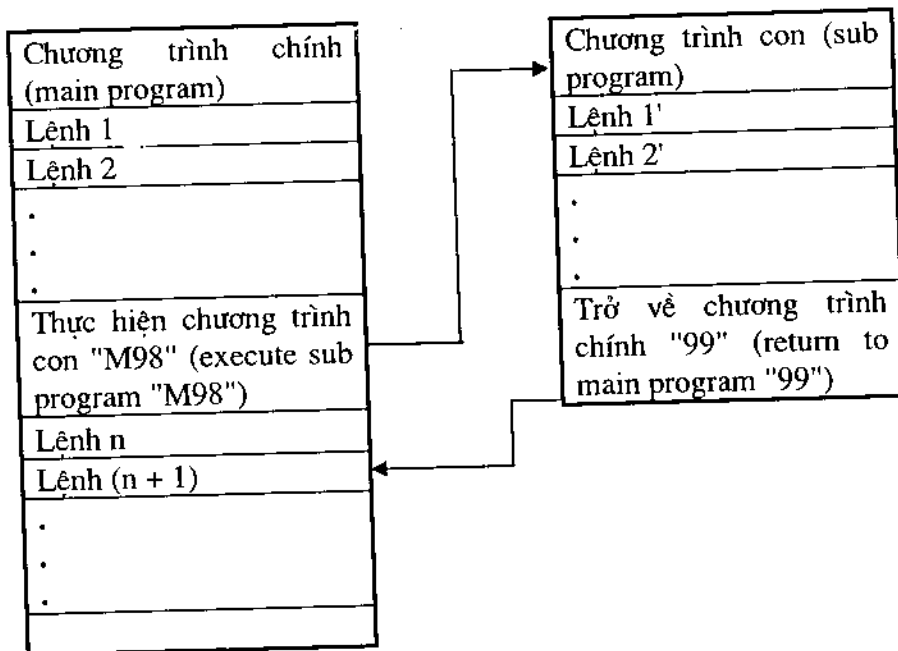
+ TAPE : đưa chương trình vào băng đục lỗ rồi lắp băng đó vào bộ phận đọc băng của máy.

+ ON LINE : soạn thảo chương trình ở một máy tính khác rồi nối bằng dây cáp với hệ điều khiển của máy cắt dây CNC.

Nếu khi chạy chương trình chính, thấy xuất hiện lệnh “ EXECUTE SUB PROGRAM “ (thực hiện chương trình con) thì khi đó sẽ thực hiện các lệnh thuộc chương trình con. Nếu khi đang ở chương trình con mà có lệnh “RETERN TO MAIN PROGRAM” thì sẽ trở lại các lệnh của chương trình chính (xem sơ đồ ở hình 71).

Trong trường hợp chương trình chính bao gồm liên tiếp và lặp đi lặp lại các phần giống nhau thì cần đưa chúng vào bộ nhớ của chương trình con. Nhờ đó sẽ làm cho chương trình đơn giản đi và ngắn hơn nhiều.

Hệ điều khiển của máy cũng sử dụng ngôn ngữ ISO- CNC trên cơ sở mã “ G”.



Hình 71. Chương trình chính và chương trình con

9.2. Các trục điều khiển và hệ tọa độ

Máy HITACHI- 2Q sử dụng cấu hình trục X,Y,Z,U,V.

+ Trục X do bàn trượt phía trên mang đầu máy dịch chuyển trong phương nằm ngang từ trái sang phải (chiều +X).

+ Trục Y do bàn trượt phía dưới mang phôi dịch chuyển trong phương nằm ngang, từ phía trước ra phía sau (chiều + Y).

+ Trục Z do bộ dẫn dây phía trên dịch chuyển thẳng đứng từ dưới lên trên (chiều +Z).

Ở bộ dẫn dây phía trên có các bàn trượt lắp trong đầu máy, chúng bị mang theo trong các truyền động của bàn trượt X. Bên trong bàn trượt X lại bố trí các bàn trượt nhỏ có thể di chuyển độc lập theo các phương U//X và V// Y, đó là các trục U và V để điều chỉnh cắt côn. Như vậy, X và Y dùng để điều khiển các tọa độ của bộ dẫn hướng dưới của dây.

U và V dùng để điều khiển các tọa độ của bộ dẫn hướng trên. Khi cắt hình trụ với dây thẳng đứng thì các tọa độ $U=0$; $V=0$ (xem hình 66, a).

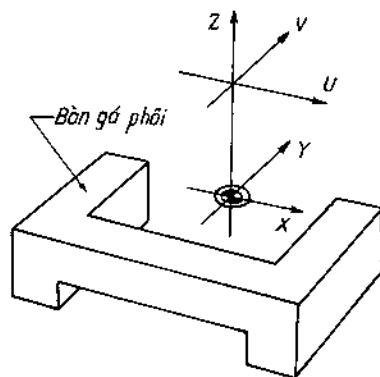
Hệ tọa độ :

Khi lập trình cần áp dụng quy tắc chuyển động tương đối, coi như

luôn luôn chỉ có dây điện cực chuyển động, còn phôi thì đứng yên.

Các lệnh để cho dây chuyển động sẽ gồm chữ cái địa chỉ G và một giá trị bằng số, ví dụ G00, G01, G02, v.v...

Hệ tọa độ của máy được cho ở hình 72 với các chiều dương được định nghĩa của các trục X, Y, Z, U, V.



Hình 72. Hệ tọa độ XYUV của máy cắt dây

Phương pháp viết lệnh các giá trị bằng số của các tọa độ X, Y, Z, U, V có hai dạng:

+ Viết các giá trị tuyệt đối đối với lệnh G90.

+ Viết các giá trị gia số với lệnh G91

Hệ tọa độ của máy là hệ tọa độ xác định điểm zêrô của máy.

Tốc độ chạy dao :

- Lệnh G00 là lệnh chạy dao nhanh. Khi đó các bàn trượt đều chuyển động với tốc độ cực đại, phù hợp với các giá trị cho trong bảng 9.1.

Bảng 9.1: Tốc độ dao chạy nhanh trên các trục. mm/phút

Trục	Tốc độ
X	1500
Y	1500
U	300
V	300
Z	600

- Chạy dao dò tìm ngắn: lệnh G107:

Lệnh G107 cho lượng chạy dao để dò tìm mép phôi. Lượng chạy dao này có thể đặc biệt sử dụng mã F.

Lượng chạy dao cắt:

Lượng chạy dao này dùng để cắt nội suy đường thẳng với lệnh G01, cắt nội suy cung tròn với lệnh G02 (theo chiều kim đồng hồ) và G03

(ngược chiều kim đồng hồ), nó phụ thuộc vào phương thức cắt lúc đó là theo G94 hay G95:

+ G94 là phương thức chạy dao cố định sử dụng mã F để đặt một lượng chạy dao cưỡng bức.

+ G95 là phương thức chạy dao servô tự động điều chỉnh mềm cho phù hợp với điều kiện cắt.

Khoảng các giá trị chạy dao F ở phương thức G94 được chọn từ 0,01 đến 99,99mm/ph.

Tốc độ chạy khô: dùng để chạy thử chương trình khi chưa lắp phôi. Tốc độ này phụ thuộc vào việc chọn lượng chạy dao JOG (bảng 9.2)

Bảng 9.2. Lượng chạy dao JOG mm/phút

Mức độ	Trục X/Y	Trục U/V	Trục Z
Thấp	100	50	50
Trung bình	400	200	200
Cao	600	300	300
Nhanh	400	200	200

Chức năng S: điều kiện cắt

Trên màn hình của hệ điều khiển thường có sẵn hoặc có thể tự thiết lập hàng loạt điều kiện cắt khác nhau, mỗi điều kiện cắt được thể hiện trên một dòng nằm ngang với đủ mọi thông số về điện như điện áp, dòng điện, độ kéo dài xung, v.v... và mỗi điều kiện cắt đặc trưng bởi địa chỉ S và một con số có 3 chữ số, theo thứ tự lớn dần. Ví dụ, điều kiện cắt S 001, S 002, S 003, v.v...

Ví dụ: Trích đoạn một chương trình:

-
-
-

S 001; → điều kiện cắt số 001 đã được chọn

M 98, OSUB1;

S 002 → điều kiện cắt số 002 đã được chọn'

M 98, OSUB1;

Nếu viết lệnh bằng mã S thì điều kiện cắt số... được chọn từ file điều kiện cắt (được gọi là file K) được lưu giữ trong bộ nhớ lúc đó.

9.3. Các chức năng G

Địa chỉ G được viết cùng một giá trị bằng số nói lên ý nghĩa của lệnh trong block, có 2 dạng của mã G:

+ Mã G một cú: chỉ có ý nghĩa bên trong một block.

+ Mã G hình thức (modal) là mã G duy trì được hiệu lực cho đến khi một mã G khác trong cùng nhóm được viết lệnh.

Ví dụ : G00 và G01 là các mã G hình thức (modal)

G 01 X10. ;

Y5. ; Trong vùng này G01 có hiệu lực

X10. ;

G 00 X5.; Ở đây G 01 bị xoá bởi G00.

Lưu ý rằng:

- Cuối mỗi block phải có dấu (;)

- Các toạ độ nếu viết bình thường thì có đơn vị là μm .

- Nếu viết có dấu (.) thì có đơn vị là mm.

Ví dụ: X 10. X = 10mm

X 540 X = 540 μm .

Danh mục các mã G được cho ở bảng 9.3.

Bảng 9.3: Danh mục các mã G

Nº	Mã G	Nhóm	Chức năng
1	+ 00	01	Định vị - chạy nhanh
2	-01		Nội suy đường thẳng
3	02		Nội suy vòng tròn, chiều kim đồng hồ
4	03		Nội suy vòng tròn, ngược chiều kim đồng hồ
5	04	00	Quay dừng tại chỗ
6	10		Thay đổi giá trị dịch chuyển đường kính dây
7	20	06	Số liệu vào bằng inch
8	21		Số liệu vào hệ mét.
9	22	04	Cú lưu giữ kiểm tra chức năng ON
10	23		Cú lưu giữ kiểm tra chức năng OFF

Bảng 9.3 (tiếp)

Nº	Mã G	Nhóm	Chức năng
11	27	00	Kiểm tra trở lại điểm gốc
12	28		Trở lại điểm gốc
13	29		Tự động trở lại điểm gốc
14	30		Trở lại điểm gốc thứ 2, thứ 3, thứ 4
15	31		Chức năng nhảy (skip function)
16	40	07	Xoá bù đường kính dây
17	41		Bù đường kính dây bên trái
18	42		Bù đường kính dây bên phải
19	48	10	Ghép vào góc lượn R tự động ON
20	+ 49		Ghép vào góc lượn R tự động OFF
21	+ 50	08	Xoá nghiêng dây
22	51		Nghiêng dây bên trái
23	52		Nghiêng dây bên phải
24	53	00	Đặt hệ toạ độ máy
25	53.1		Đặt hệ toạ độ cục bộ
26	+ 54.0 59.3	14	Chọn hệ toạ độ phối (24 hệ)
27	+ 60	09	Cùng một góc lượn R thẳng đứng
28	61		Góc lượn R côn
29	65	00	Gọi macro
30	90	03	Lệnh tuyệt đối
31	+ 91		Lệnh gia số
32	92	00	Đặt hệ toạ độ/ độ dày
33	94	05	Chạy dao hằng số
34	+ 95		chạy dao servo
35	100	08	Cắt côn 4 trục ON
36	102	00	Nội suy với chức năng M - cắt côn dư
37	103		Nội suy với chức năng M - cắt rời
38	107		Nhận biết sự chạm vào, ngắt hành trình nhanh
39	110		Định vị mép tự động
40	111		Định tâm lỗ tự động
41	112		Định tâm rãnh tự động
42	192		Lưu giữ điểm xuất phát cắt/đặt độ dày

Ghi chú:

1. Các mã G có dấu + chỉ ra rằng chúng chỉ được khởi đầu khi có điện, giải toả một tình trạng ngừng máy báo động khẩn cấp, hoặc bởi phím NC RESET, sau đó duy trì các mã G đó.

Vị trí + có thể được thay đổi bằng cách đặt điều kiện hoặc đặt các thông số.

2. Các mã G của nhóm 00 cho thấy các mã G không phải là mã hình thức (modal) và chúng có hiệu quả chỉ đối với 1 block viết lệnh.

3. Các mã G của nhóm khác nhau có thể viết được vô khối lệnh trong cùng một block. Nếu viết lệnh nhiều mã G của cùng 1 nhóm thì mã G cuối cùng sẽ có hiệu lực.

9.4. Các chức năng bổ sung M

Hệ thống điều khiển CNC của máy HITACHI - 20 có 32 chức năng bổ sung M. Các chức năng M được viết lệnh với một chữ cái địa chỉ M cùng với một giá trị bằng số có 2 chữ số. Đó là những số cố định được mã hoá, chúng mang một ý nghĩa nhất định được cho ở bảng 9.4.

Nếu lệnh mã M được cho cùng một block dịch chuyển thì nó sẽ có tác dụng sau khi hoàn thành dịch chuyển bù đường kính dây hoặc đang có phương thức cắt côn thì nó cho phép viết lệnh M với một block đơn. Tuy nhiên, việc cho liên tiếp các lệnh mã M của nhiều hơn 2 block là không thể được.

Bảng 9.4: Danh mục các mã M

Nº	Mã M	Chức năng
1	M 00	Stop chương trình
2	M 01	Stop chương trình tùy chọn (optional)
3	M 02	Kết thúc chương trình
4	M 30	Kết thúc ch/trình và trở về đầu ch/trình
5	M 31	Cho hiển thị thời gian cắt
6	M 40	Ngắt sự phóng tia lửa điện
7	M 41	Ngắt điện gia công cắt dây
8	M 42	Ngắt chạy dao dây
9	M 43	Ngắt nước
10	M 44	Ngắt tức thời tùy chọn 1
11	M 45	Ngắt tức thời tùy chọn 2
12	M 46	Ngắt tức thời tùy chọn 3

Bảng 9.4 (tiếp)

Nº	Mã M	Chức năng
13	M 47	Ngắt tức thời tùy chọn 4
14	M 48	Ngắt tức thời tùy chọn 5
15	M 49	Ngắt tức thời tùy chọn 6
16	M 50	Cắt đứt dây điện cực
17	M 60	Thay dây điện cực
18	M 70	Khởi động đi ngược trở lại điểm xuất phát
19	M 80	Đóng phóng điện (discharge ON)
20	M 81	Đóng điện EDM (EDM power ON)
21	M 82	Đóng chạy dao dây
22	M 83	Cho mở nước
23	M 84	Đóng tức thời tùy chọn 1
24	M 85	Đóng tức thời tùy chọn 2
25	M 86	Đóng tức thời tùy chọn 3
26	M 87	Đóng tức thời tùy chọn 4
27	M 88	Đóng tức thời tùy chọn 5
28	M 89	Đóng tức thời tùy chọn 6
29	M 96	Kết thúc chạy ngược lại copy đối xứng gương
30	M 97	Khởi động chạy ngược lại copy đối xứng gương
31	M 98	Gọi chương trình con
32	M 99	Kết thúc chương trình con

9.5. Nhóm các lệnh dịch chuyển mã G

Định vị bằng dịch chuyển nhanh: G 00

Nội dung và cách thể hiện lệnh:

G 00 X - Y - U - V - ; hoặc

G 00 Z - ;

Ví dụ:

G 00 X15. Y15. ;

G 00 X28. Y20. U5. V2.

;

G 00 Z 30. ;

Lập trình vị trí đích phụ thuộc vào việc sử dụng tọa độ tuyệt đối G90 hay tọa độ gia số G91.

Việc viết lệnh cho các trục U và V có tác dụng khi cắt côn.

Trục Z cho phép điều khiển dây đồng thời chỉ 1 trục.

Nội suy đường thẳng : G01

G01 thực hiện di chuyển để cắt theo đường thẳng tới vị trí viết lệnh. Tốc độ dịch chuyển chạy dao phụ thuộc vào việc sử dụng G94 (chạy dao hằng số) hoặc G95 (chạy dao servô).

Việc lập trình vị trí đích phụ thuộc vào việc dùng lệnh G90 (lệnh tuyệt đối) hay G91 (lệnh gia số).

Nếu dùng lệnh G94 thì sẽ có tốc độ chạy dao cưỡng bức trên cơ sở tốc độ viết lệnh với địa chỉ F.

Nếu dùng lệnh G95, nó sẽ được đặt tự động để đạt được một tốc độ chạy dao servô dựa trên điều kiện phóng điện ăn mòn.

Nếu không cắt côn thì các lệnh trục U -, V -, được lờ đi.

Nội suy vòng tròn: G 02, G03:

Dây dịch chuyển theo cung tròn được thể hiện như sau:

G02 X - Y - I - J - F - ; hoặc

G03 X - Y - I - J - F - ;

Lệnh G02: dây dịch chuyển theo chiều kim đồng hồ nếu nhìn xuống bàn máy từ dẫn hướng phía trên.

Lệnh G03 có chiều ngược lại.

X, Y là tọa độ điểm cuối của cung tròn.

I, J là tọa độ tâm của cung tròn.

Nếu dùng G91 thì tọa độ tâm được so với điểm xuất phát của cung tròn. Tốc độ dịch chuyển phụ thuộc vào việc dùng G94 hay G95 (chạy dao hằng số hay chạy dao servô).

Với vòng tròn đầy đủ 360° thì điểm xuất phát và điểm cuối trùng nhau. Khi đó chỉ cần viết lệnh tâm cung tròn bằng I và J:

G02 I- J- ;

Lệnh tạm dừng tại chỗ G04: (Dwell time)

Lệnh này có thể làm chậm, trì hoãn việc bắt đầu gia công đối với block tiếp theo bằng một thời gian được cố định trong chương trình.

Lệnh G04 dùng để đặt thời gian làm chậm, G04 là một mã G01 cũ nên nó chỉ có hiệu lực đối với block đó thôi.

Việc đặt thời gian làm chậm được thể hiện như sau:

G04 X- ; hoặc

G 04 P- ;

Con số đứng sau X hoặc P là thời gian tạm dừng tại chỗ, được tính bằng giây, nếu con số có dấu chấm thập phân và được tính bằng ms (mili giây = 1/1000 giây) nếu con số không có dấu chấm thập phân

Ví dụ:

Đặt thời gian tạm dừng là: 3.76 Sec

G04 X3.76 ; hoặc G04 X3760 ;

G04 P3760 ;

(Khi dùng địa chỉ P thì không dùng dấu chấm thập phân).

Ghi chú

1- Nếu đang ở lệnh G00 mà dùng lệnh tạm dừng G04 thì sự phóng tia lửa điện sẽ không xảy ra.

2 - Nếu đang ở các lệnh khác G00 mà dùng lệnh tạm dừng G04 thì sẽ xảy ra sự phóng tia lửa điện gia công trong lệnh tạm dừng. Sau đó sẽ tự động ngắt gia công. Chỉ khi khởi động lại bằng cách ấn phím CYCLE START thì mới gia công tiếp tục.

9.6. Các lệnh dịch chuyển đường kính G41/ G42

Đây là chức năng tự động thiết lập một quỹ đạo cách đều quỹ đạo lập trình trên một khoảng cách tùy chọn. Khoảng cách đó được gọi là khoảng dịch chuyển.

Cách thể hiện:

G 41 D- ; dịch chuyển đường kính dây bên trái.

G 42 D- ; dịch chuyển đường kính dây bên phải.

G 40 ; xoá dịch chuyển đường kính dây.

Ở đây, D không phải là một kích thước, mà là một mã số có giá trị lần lượt từ 01, 02...đến 199. Trong bảng của màn hình đã quy định trước

các giá trị dịch chuyển là bao nhiêu, tương ứng với các mã số của D.

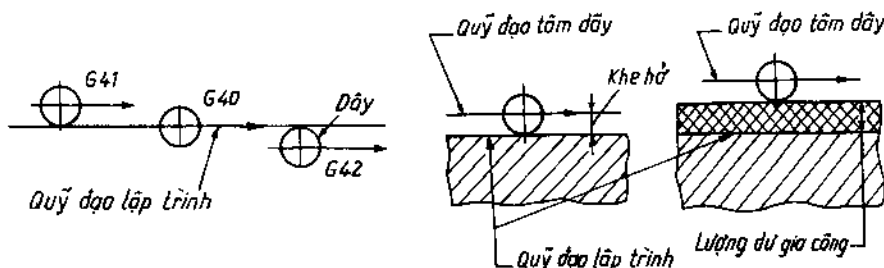
Ví dụ: $D\ 01 = 0,29\text{mm}$

$D\ 02 = 0,38\text{mm}$ v.v...

Khoảng dịch chuyển này chính là bằng một nửa chiều rộng của rãnh cắt (bao gồm cả khe hở phóng điện).

Khi sử dụng chức năng dịch chuyển đường kính dây, chỉ cần lập trình hình học cuối cùng của chi tiết, không yêu cầu phải lập trình quỹ đạo tâm dây.

Mặt khác G41, G42 còn cho phép cắt khi để lại một lượng dư để cắt lần sau (hình 73).



Hình 73. Các lệnh dịch chuyển đường kính dây G41/G42

Khi lệnh G40 có tác động, tâm dây sẽ chuyển động ngay trên quỹ đạo lập trình kể từ block mới (phương thức xoá dịch chuyển đường kính dây).

Khi lệnh G41 có tác động, tâm dây sẽ dịch chuyển sang trái nhìn theo chiều chuyển động, so với quỹ đạo được lập trình sau đó.

Với G42 cũng như vậy, chỉ khác là chuyển sang phải. Các chức năng này là modal, chúng duy trì được hiệu lực cho đến khi có lệnh khác hoặc khi đặt lại nếu chỉ tác động một lần.

Khi đặt giá trị âm cho giá trị dịch chuyển đường kính dây thì sự bù trái/phải sẽ bị ngược lại, ví dụ G41 lẽ ra bù trái thì sẽ bù phải.

9.7. Mô tả chi tiết sự dịch chuyển đường kính dây

Quy ước một vài ký hiệu thường dùng trên các hình vẽ như sau:

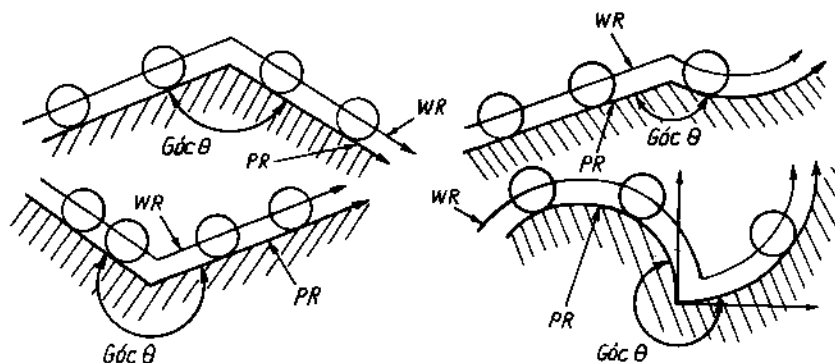
WR (nét mảnh): quỹ đạo tâm dây.

OR (nét mảnh): quỹ đạo dịch chuyển tâm dây.

PR (nét đậm): quỹ đạo được lập trình.

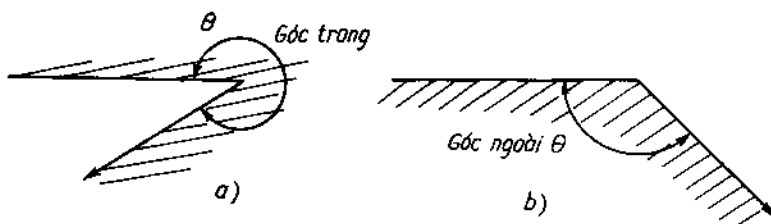
θ - góc trên phôi ở một góc của phôi.

Góc θ là một góc trên phần "thịt" của phôi chứ không phải là góc ở ngoài không khí. Trong trường hợp một cung tròn thì góc này được xác định bởi tiếp tuyến ở điểm của góc (hình 74).

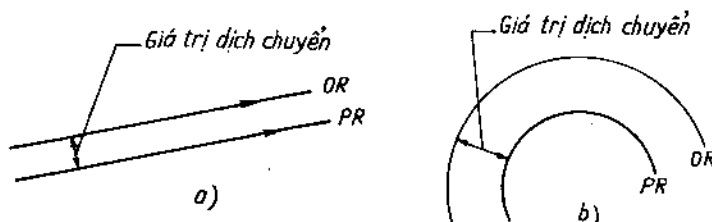


Hình 74. Góc θ ở góc trên phôi

Khi đo một góc θ được cho bởi các lệnh chuyển động của 2 block chương trình ở phía phôi, nếu $\theta > 180^\circ$ thì được gọi là góc trong, nếu $\theta < 180^\circ$ thì được gọi là góc ngoài (hình 75).



Hình 75. Góc θ : a) góc trong, b) góc ngoài



Hình 76. Quỹ đạo tâm dây: a) thẳng, b) cung tròn

- *Quỹ đạo dịch chuyển:*

Nếu quỹ đạo được lập trình là đường thẳng thì quỹ đạo dịch chuyển tâm dây là một đường thẳng song song với quỹ đạo lập trình và cách một khoảng cách bằng giá trị dịch chuyển (hình 76.a).

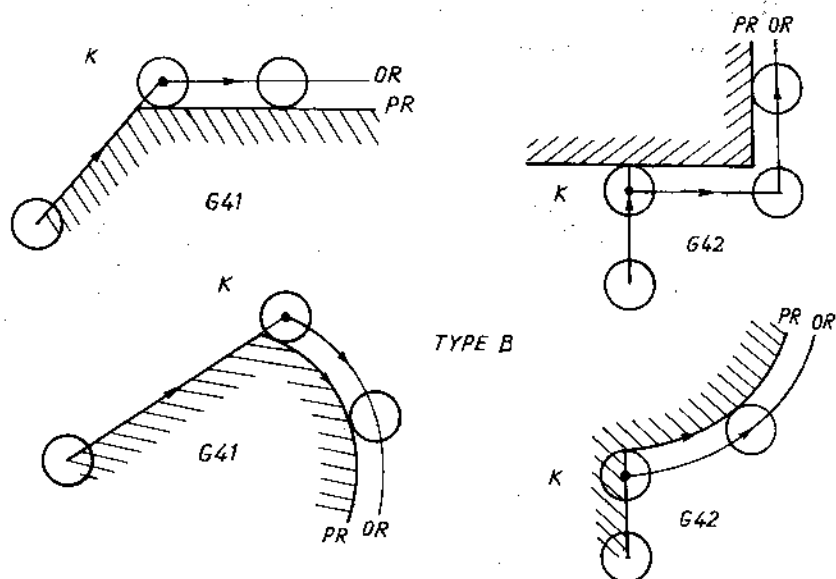
Nếu quỹ đạo được lập trình là một cung tròn thì quỹ đạo dịch chuyển là một cung tròn đồng tâm, cách một khoảng bằng giá trị dịch chuyển. Quỹ đạo lập trình và quỹ đạo dịch chuyển có sự khác biệt về bán kính đúng bằng giá trị dịch chuyển (hình 76.b).

- *Chuyển động xuất phát dịch chuyển đường kính dây:*

Một sự dịch chuyển đường kính dây có thể được bắt đầu nếu các điều kiện sau đây được thoả mãn:

- + G41 hoặc G42 được viết lệnh.
- + Giá trị dịch chuyển đường kính dây khác 0.

Trong chuyển động xuất phát, dây chuyển động tới giao điểm giữa quỹ đạo dịch chuyển và quỹ đạo lập trình (hình 77).



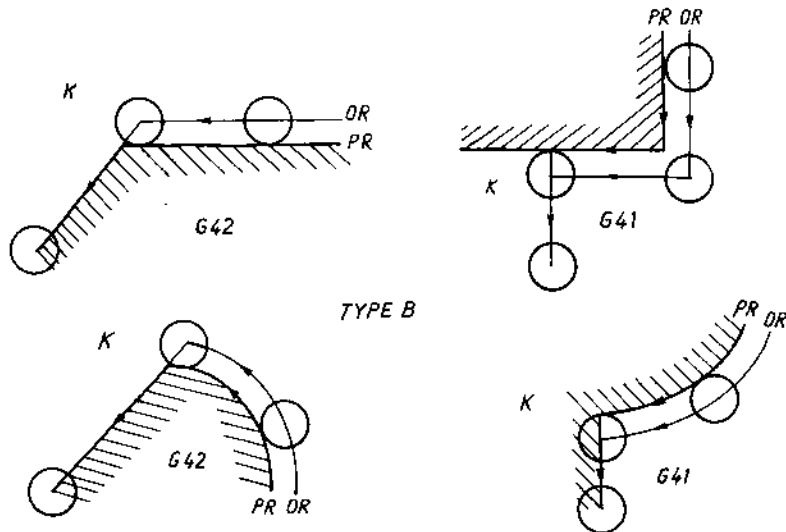
Hình 77. Chuyển động xuất phát dịch chuyển đường kính dây

- *Chuyển động xoá dịch chuyển đường kính dây*

Dịch chuyển đường kính dây sẽ chấm dứt khi:

+ G40 được viết lệnh.

+ Giá trị dịch chuyển đường kính dây bằng 0.



Hình 78. Chuyển động xoá dịch chuyển đường kính dây

Trong chuyển động xoá, dây chuyển động tới giao điểm với đường kéo dài của quỹ đạo lập trình và quỹ đạo dịch chuyển (hình 78).

- Phương thức dịch chuyển đường kính dây:

Quy trình từ lúc khởi xuất phát đến chuyển động xoá được biểu thị là phương thức dịch chuyển.

Trong phương thức dịch chuyển, cơ sở là : quỹ đạo tâm dây là quỹ đạo dọc theo quỹ đạo dịch chuyển, từ giao điểm này đến giao điểm khác của các quỹ đạo dịch chuyển. Tuy nhiên, khi quỹ đạo lập trình tiếp xúc nhau thì giao điểm sẽ không xảy ra trên quỹ đạo dịch chuyển.

Trong một số trường hợp, dây sẽ dịch chuyển đúng bằng đường kính của nó (hình 79a).

Hơn nữa, trong các dịch chuyển cung tròn và đường thẳng kế tiếp nhau, nếu một chuyển động là vòng tròn đầy đủ mà cũng không cắt với quỹ đạo dịch chuyển kéo dài thì phải xen vào một dịch chuyển đường thẳng như ở hình 79b.

Nếu do sự bù đường kính dây mà dây ăn lẹm vào phôi thì sẽ có một sự gián đoạn báo động và dừng lại do xảy ra hiện tượng giao thoa giữa đường kính dây và phôi (báo động số 58).

Các trường hợp xuất hiện một gián đoạn báo động do có sự giao thoa khi:

1 - Hướng của chuyển động lập trình và chuyển động bù ngược nhau (hình 80,a).

2 - Khi ở một cung lượn, giá trị dịch chuyển lớn hơn bán kính đặt (hình 80,b).

- Các ví dụ áp dụng lệnh dịch chuyển đường kính dây và chương trình chính, chương trình con:

Ví dụ 1: Chương trình chính (MAIN)

Chương trình con (SUB1)

	G92 XO YO ;
.	
.	
M98 , OSUBI ;	G91 G41 G01Y5.0; - START UP
.	X - 5.0 ;
M02	Y -10.0 ;
	X 10.0 ;
	Y 10.0 ;
	X -5.0 ;
	G40 Y-5.0 ; - CANCEL
	M99 ;

Gọi và thực hiện chương trình con bằng cách viết lệnh:

L - M98, O - ;

L là số lần nhắc lại của chương trình con. Nếu chỉ có một lần chương trình con thì bỏ qua L, khi đó chỉ còn là : M98,0 - ;

Đứng đằng sau 0- là tên chương trình con, ví dụ :

OSUB1;

Viết sau chữ cái địa chỉ 0 là những đặc tính bằng chữ cái cho đến 7 ký tự gọi tên của chương trình con. Tên chương trình con có thể đặt tùy ý nhưng không được quá 7 ký tự, ví dụ: OCn, OSUB1, OSUB2..... L là số lần nhắc lại chương trình con, có thể nhắc lại đến 9999 lần.

Ví dụ 2: M98 , OSUBPR01 ;
M98 , O 1000 ;
L5 M98 , OSUB123 ;

Chương trình chính

G92 XO YO ;
G91 GOO X50.0 ;
M01;
M98 , OSUBPRO ;
M01;
G91 GOO XO ;
M30 ;

Chương trình con

G92 XO YO ;
G4 G91 G01 Y5.0 ;
X5.0 ;
Y- 10.0 ;
X- 10.0 ;
Y10.0 ;
X5.0 ;
G40 Y-5.0 ;
M99

9.8. Các phép copy chuyển vị

Đây là các chức năng để tạo ra một quỹ đạo dây được dịch chuyển so với quỹ đạo dây cho trước của chương trình con bằng cách cho các lệnh chuyển vị tọa độ ở bảng 9.5.

Bảng 9.5

Lệnh chuyển vị	Tham số chuyển vị	Địa chỉ
ROTATION	Góc quay	Q
SCALE	Tỉ lệ (phóng to thu nhỏ)	K
MIRROR	Chiều đối xứng gương	B
ROTATION REPEAT	Góc quay, giá trị lặp lại	Q, L

Sau đây xem xét kỹ hơn những trường hợp kể trên.

- Sự copy quay (ROTATION):

Trong copy quay, hình cơ bản, tức quỹ đạo được lập trình trong chương trình con, được quay đi một góc bởi góc viết lệnh có địa chỉ Q (bảng 9.6).

Cách thể hiện lệnh:

Q - M98 , O- ;

Bảng 9.6

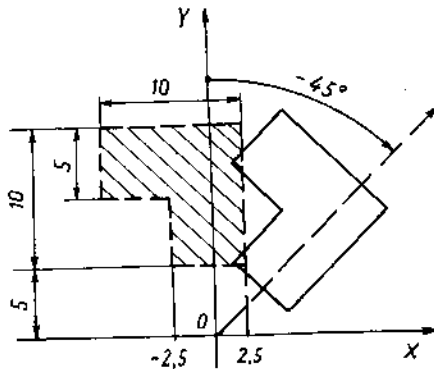
Góc quay Q	Gia số đầu vào	Khoảng cách đầu vào	Dấu
Q	0.00001°	-360.0° → 360.0°	Ngược chiều kim đồng hồ: + theo chiều kim đồng hồ: - nhìn từ dẫn hướng trên.

Tâm quay là vị trí ngay trước khi viết lệnh copy quay.

Ví dụ (hình 81).

CHƯƠNG TRÌNH CHÍNH

Q-45 . M98 , 0SUB ;
M30 ;



CHƯƠNG TRÌNH CON

G92, XO YO. ;
G91 G42 G01 Y5.;
X2.5 ;
Y10.0;
X-10.;
Y-5. ;
X 5. ;
Y-5;
X 2.5;
G 40 Y - 5. ;

Y-5. ;
X25. ;
G40 Y-5. ;
M99;

Hình 81. Copy quay -45° so với hình cơ bản

- Copy phóng to - thu nhỏ (SCALE COPY)

Trong copy tỷ lệ, hình cơ bản, tức quỹ đạo được lập trình trong

chương trình con, được phóng to hoặc thu nhỏ theo một tỷ lệ K nhất định.

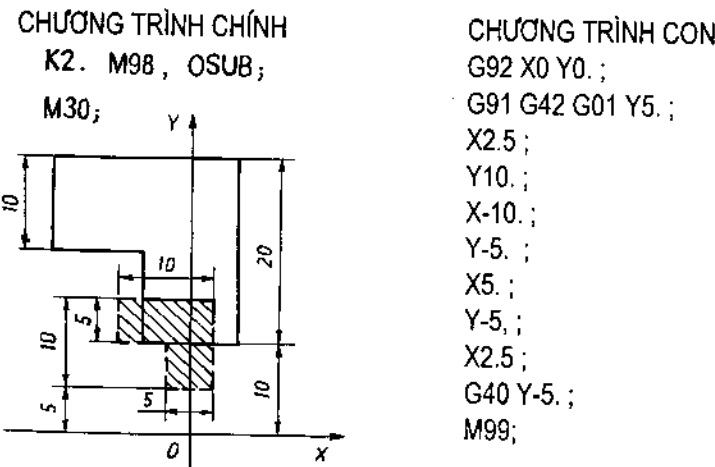
Tâm để phóng to hay thu nhỏ là vị trí ngay trước khi viết lệnh copy đó.

Tỷ lệ	Gia số đầu vào	Khoảng đầu vào
K	X 0.00001	0.0001 - 100.0

Cách thể hiện lệnh:

K - M98, 0 ;

Ví dụ (hình 82):



Hình 82. Copy phóng to 2 lần so với hình cơ bản

- Copy đối xứng gương (MIRROR COPY):

Trong copy đối xứng gương, hình cơ bản, tức quỹ đạo được lập trình trong chương trình con được dịch chuyển đối xứng gương qua trục X (và U), trục Y (và V) hoặc qua cả X,Y (và U,V).

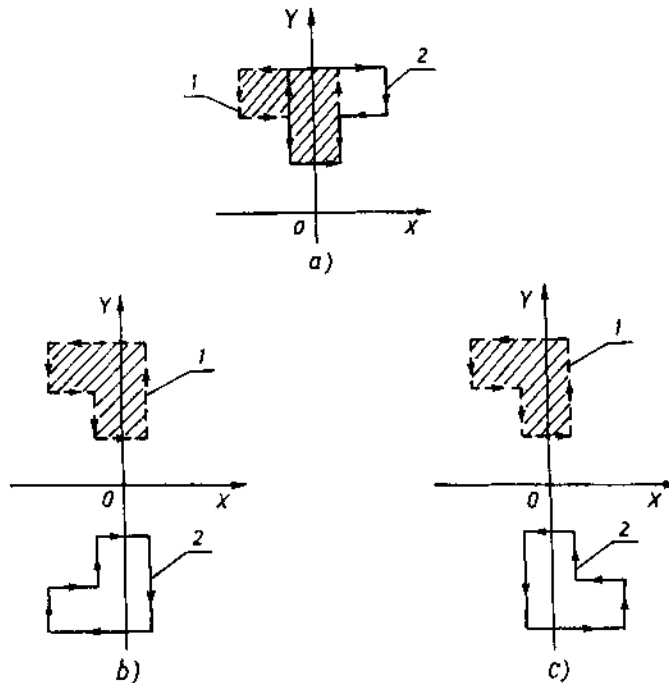
Khi viết lệnh đối xứng gương, sử dụng chữ cái địa chỉ B theo quy ước ở bảng 9.7.

Bảng 9.7

B	Đối xứng qua trục	Trục tọa độ bị đổi dấu:
0	Không có	Không có
1	Y (và V)	X (và U)
2	X (và U)	Y (và V)
3	X,Y (và U,V)	X,Y (và U,V)

Cách thể hiện: B - M 98 , O - ;

Sau địa chỉ B sẽ là các mã số 1, 2 hoặc 3 với các ý nghĩa như ở hình 83.



Hình 83: Copy đối xứng gương ; a) đối xứng qua trục Y

b) đối xứng qua trục X, c) đối xứng qua cả trục Y và X.

+ Lệnh B1: các chiều dịch chuyển trên trục X (và trục U nếu có) sẽ bị ngược lại, sau đó, một hình đối xứng qua trục Y sẽ nhận được (hình 83.a)

+ Lệnh B2: các chiều dịch chuyển trên trục Y (và trục V nếu có) sẽ bị ngược lại, sau đó một hình đối xứng qua tất cả các trục đó sẽ nhận được (hình 83.b)

+ Lệnh B3: các chiều dịch chuyển của tất cả các trục X , Y (và U,V nếu có) sẽ bị ngược lại, sau đó một hình đối xứng qua tất cả các trục đó sẽ nhận được (hình 83.c).

Khi viết lệnh đối xứng gương, trước và sau lúc đó, xoá sự dịch chuyển đường kính dây hoặc sự nghiêng dây trong cắt côn.

Sự viết lệnh copy quay hoặc góc, là không thể được khi lập trình có bao gồm lệnh đối xứng gương. (Báo động số 234: M98 không hợp lệ, mã

M99 sẽ xảy ra (kết thúc chương trình con).

- *Copy nhắc lại quay (ROTATION REPEAT - COPY)*

Copy nhắc lại quay là một chức năng để viết lệnh góc quay và giá trị số lần nhắc lại chương trình con. Góc quay được viết lệnh với chữ cái địa chỉ Q như ở bảng 9.8.

Số lần nhắc lại được viết lệnh với chữ cái địa chỉ L.

Cách thể hiện:

L - Q - M98, O ;

Bảng 9.8

Góc quay	Gia số đầu vào	Khoảng đầu vào	Dấu
Q	0.00001°	-360.0° → 360.0°	Ngược chiều kim Đ, hỏ: + theo chiều kim Đ, hỏ: - Nhìn từ dẫn hướng trên

Đối với góc quay, sẽ viết lệnh một gia số góc quay Q.

Ví dụ, hình 84

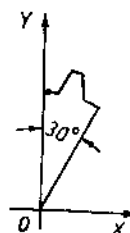
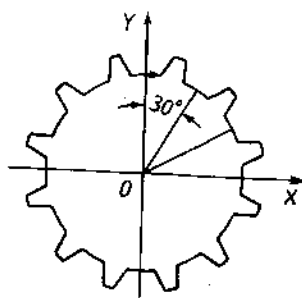
Góc quay dùng cho sự nhắc lại quay đầu tiên là zêrô. Sau lần thứ hai thì góc quay được cộng theo chiều tiến. Tâm của sự nhắc lại quay là nguyên gốc tọa độ khi nó được viết lệnh. Khi viết lệnh sự nhắc lại quay, vị trí tâm quay được đặt sao cho nó có thể là một gốc tọa độ tuyệt đối.

Chương trình chính

L12 Q-30. M98, OSUB;

M30;

Chương trình con (OSUB)C



Hình 84. Copy nhắc lại quay 12 lần

9.9. Các lệnh định vị tự động: G110, G111, G112 và G113

- Lệnh tự động định vị mép phôi G110:

Với lệnh G110, dây được định vị ở mặt phẳng mép phôi sẽ dò mặt phẳng này nhiều lần và xác định chính xác mặt phẳng mép phôi.

Để đặt chiều di chuyển dây, viết lệnh địa chỉ X,Y có kèm theo sau là dấu (+) hoặc (-):

G110 X + ; dây di chuyển chiều X +

G110 X - ; dây di chuyển chiều X -

G110 Y + ; dây di chuyển chiều Y +

G110 Y - ; dây di chuyển chiều Y -

Nếu có một giá trị bằng số ở sau dấu +/- đó thì nó sẽ được lờ đi hay nói một cách khác, con số đó không có ý nghĩa gì. Trường hợp dấu + có thể bỏ qua.

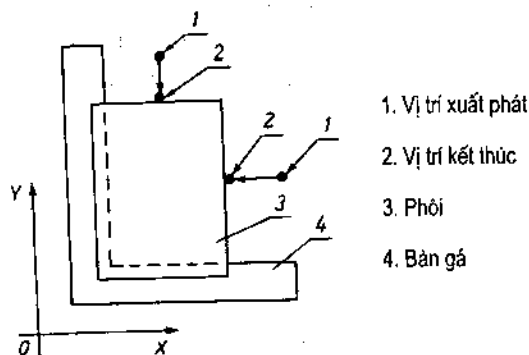
Ví dụ: G110 X - 100 Y 70; có cùng một ý nghĩa với:

G110 X - ;

Hình 85 mô tả sơ đồ thực hiện lệnh G110.

Khi thực hiện lệnh định vị mép phôi G110 cần phải lau hết nước và dầu bám ở mặt mép phôi và duy trì mép phôi ở điều kiện tốt.

Thực tế quá trình định vị động mép phôi được thực hiện qua một số bước như sau (hình 86):

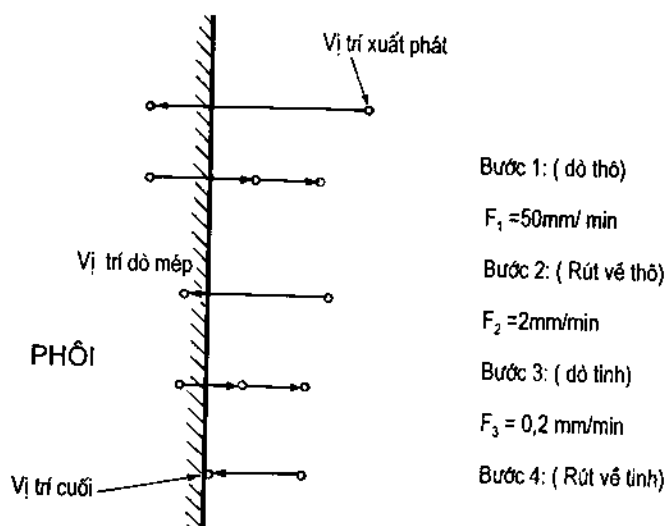


Hình 85. Thực hiện lệnh dò mép phôi G110

1. Đầu tiên, dò thô vị trí mặt phẳng cuối. Tiến dây gần đến phôi ở tốc độ chạy dao $f_1 = 50 \text{ mm/ph}$, cho đến khi có một tín hiệu dò ngăn mạch đi qua dây và phôi, sau đó dừng dây. Bước 1 này là dò thô.

2. Rút dây về khỏi phôi cho đến khi sự ngán mạch được giải phóng. Lượng chạy dao lúc này cũng là f_1 như ở bước 1. Để chắc chắn không bị ngán mạch, rút dây về thêm một lượng 20 μm với lượng chạy dao $f_2 = 2 \text{ mm/ph}$. Bước 2 này là rút về thô.

3. Tiếp theo, để dò vị trí chính xác của mặt phẳng cuối, cho dây tiến lại gần phôi với lượng chạy dao $f_3 = 0,2 \text{ mm/ph}$ cho đến khi xuất hiện một tín hiệu ngán mạch. Sau đó dừng dây.



Hình 86. Các chuyển động tự động định vị mép phôi

4. Lùi dây về với lượng chạy dây f_3 giống như ở bước 3 cho đến khi dòng ngán mạch được giải phóng. Để chắc chắn có sự giải phóng ngán mạch, lùi dây thêm một lượng 20 μm với lượng chạy dao $f_2 = 2 \text{ mm/ph}$. Bước 4 này là lùi tinh.

5. Lặp lại bước 3 và bước 4 nhiều lần, thường là 3 lần.

6. Ghi nhận giá trị vị trí được dò và xác định đó là vị trí mép phôi. Định vị để xác định mép với lượng chạy dao $f_1 = 50 \text{ mm/ph}$.

Khi xác định vị trí đây là khoảng cách từ tâm dây tới mép phôi, chỉ có một nửa của đường kính dây cần được xem xét để bù.

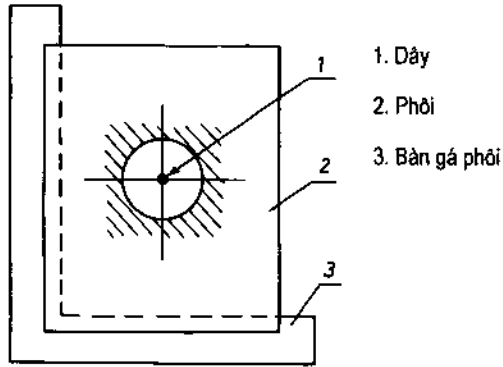
- Lệnh định vị tự động vị trí tâm lỗ G 111:

Lệnh G111 thực hiện định vị dây vào đúng tâm lỗ phôi (hình 87). Điều này được thực hiện khi dò một tín hiệu ngán mạch đi qua phôi và dây giống như dò mép tự động.

Cách thể hiện lệnh:

Viết G 111; hoặc
G111 X - Y - F - ;

Việc dò tâm lỗ cũng được tự động thực hiện dò nhiều lần. Mép lỗ cũng phải được lau sạch nước và dầu để duy trì ở điều kiện tốt.



Hình 87. Sơ đồ định vị tâm lỗ

Giá trị được dịch chuyển bởi lượng chạy dao F có thể được viết với lệnh X hoặc Y. Sau khi xuất phát, dây chuyển động trên khoảng cách được viết lệnh với X hoặc Y ở tốc độ F được lập trình, từ một bề mặt thành lỗ tới một mặt khác, bỏ qua sự dò ngắn mạch.

Khoảng F được lập trình : 0,01 đến 99,9mm/ph.

Các lệnh chuyển động tự xác định tâm lỗ với lệnh G111 được mô tả ở hình 88:

1. Dò mặt mép chiều chuyển động được chỉ định là thô. Quá trình dò cũng giống như dò thô tự động xác định mép.

2. Sau đó thực hiện dò thô theo chiều ngược lại.

3. Chuyển động dây tới giữa của hai điểm này, lúc này chạy dao bằng tay.

4 - 5. Đối với trục kia, xác định điểm giữa bằng cách sử dụng sự dò thô, sau đó chuyển động dây tới đây.

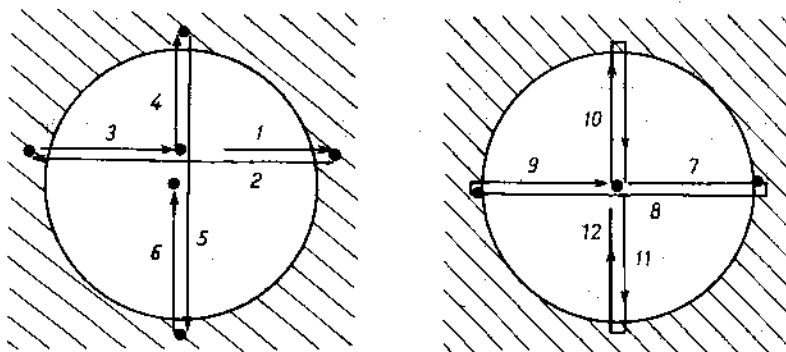
6. Bây giờ đã xác định thô tâm lỗ. Tiếp theo là dò tinh để nhận được chính xác tâm lỗ.

7. Dò chính xác mặt cuối trong chiều dịch chuyển được chỉ định. Quá trình dò giống như dò tinh trong tự động xác định mép.

8. Sau đó thực hiện dò tinh theo chiều ngược lại.

9. Chuyển động dây tới điểm giữa của hai điểm nhận được. Lượng chạy dao là $f_1 = 50\text{mm/ph}$ như định vị mép tự động.

10 - 11. Đối với trục kia, nhận được điểm giữa, sau đó chuyển động dây tới đó (chuyển động 12). Như vậy, đã xác định được tâm lỗ.



Hình 88. Các chuyển động tự động xác định tâm lỗ

- Lệnh tự động định vị tâm rãnh G 112

Lệnh G112 thực hiện định vị tới tâm rãnh (hình 89). Để đạt chiều chuyển động, làm cũng giống như G 110 (tự động định vị mép). Cần lưu ý lau sạch nước, dầu ở mặt rãnh và duy trì ở điều kiện tốt.

Cách thể hiện lệnh:

G 112 X ; định vị tâm rãnh theo X

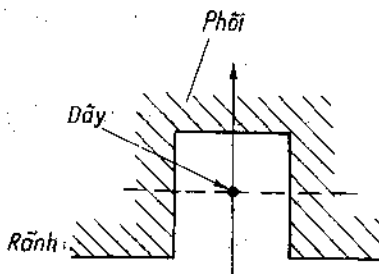
G 112 Y; định vị tâm rãnh theo Y

hoặc:

G 112 X- Y-;

G 112 Y- X- ;

Trong khi định vị tâm rãnh tự động, tin tức IN AUTO POSITIONING sẽ xuất hiện ở phía dưới bên trái màn hình. Sau khi hoàn thành, nó sẽ mất đi.



Hình 89. Sơ đồ định vị tâm rãnh

Các chuyển động định tâm rãnh tự động gồm có:

1. Thực hiện dò thô và dò tinh theo chiều được chỉ định theo trình tự như khi định vị mép tự động.
2. Thực hiện dò mép theo chiều ngược lại.
3. Đặt điểm giữa hai điểm là tâm của rãnh và thực hiện định vị dây.

Các xem xét khác cũng giống như tự động định vị mép và tự động định vị tâm lỗ.

Giá trị được dịch chuyển ở lượng chạy dao F có thể viết với lệnh X hoặc Y. Sau khi xuất phát, dây chuyển động bởi khoảng cách được viết lệnh với X hoặc Y ở tốc độ F được lập trình, chờ đi sự dò ngắn mạch, sau đó chuyển động dò thô được bắt đầu. Dây chuyển động bởi 2 lần khoảng cách được viết lệnh với X hoặc Y ở tốc độ F được lập trình của lượng chạy dao F có thể là 0,01 đến 99,9 mm/ph.

- Lệnh dịch chuyển song song với mặt phôi G 113:

Lệnh G 113 được sử dụng khi yêu cầu cắt bằng cách làm một mặt cuối của phôi song song với 1 trục tọa độ.

Sử dụng lệnh xác định mép tự động, nhận được 2 vị trí vô đoán của phôi, sau đó tính một góc của độ nghiêng mặt cuối để đặt trong "góc quay hình" (FIGURE ROTATION ANGLE) (hình 90).

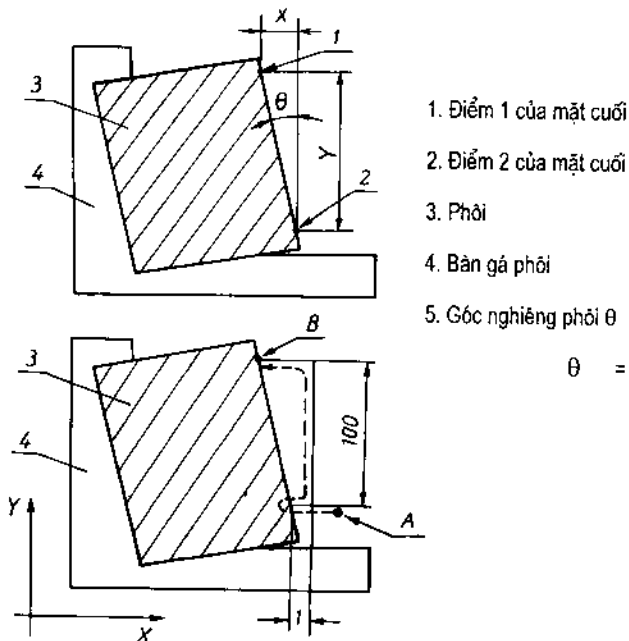
Cách thể hiện lệnh:

G113 X; Chiều X+

G 113 X-; Chiều X-

G113 Y; Chiều Y+

G113 Y-; Chiều Y-



Hình 90. Dịch chuyển song song mặt phôi

Trong sự bù độ song song mặt cuối của phôi, G113 và G110 được sử dụng thành một đôi như sau:

1. Viết lệnh G113. Khi lệnh G113 được cho thì chính chuyển động tự động định vị mép G110 sẽ xảy ra.

2. Dò 1 điểm khác bằng cách cho lệnh định vị mép tự động (G110).

3. Khi G110 thực hiện xong, góc nghiêng phôi được tính toán để đặt trong "góc quay hình" (FIGURE ROTATION ANGLE).

Để tăng độ chính xác tính toán, khoảng cách giữa 2 điểm cần chọn là xa nhất.

9.10. Các chức năng M

Việc giới thiệu tổng quát về các chức năng bổ sung M đã được đề cập sơ bộ ở mục 9.4. và danh mục 32 chức năng M đã được liệt kê ở bảng 9.4.

Dưới đây sẽ giải thích rõ một số chức năng M thông dụng.

Có 4 chức năng M liên quan đến sự kết thúc hoặc tạm dừng chương trình, đó là M00, M01, M02 và M30.

- *Chức năng tạm dừng chương trình (program stop): M00*

M00 là chức năng tạm dừng chương trình (khác với kết thúc chương trình). Khi có M00 thì trên màn hình sẽ hiển thị " PROGRAM STOP".

Nếu ấn phím CYCLE START thì lại tiếp tục gia công tự động.

Trong lúc M00 tác động thì đồng loạt ngắt toàn bộ dòng điện gia công, chạy dao dây, cấp nước và sự căng dây. Nếu sự ngắt tự động M00/M01 đang tác động trên màn hình chức năng hệ thống (F_s) thì dòng điện cấp cho NC sẽ bị ngắt tự động.

- *Chức năng dừng tùy chọn: (OPTIONAL STOP) M01:*

Nếu OPTIONAL STOP đang tác động trên màn hình chức năng NC (f_s) thì trong lúc M01 tác động sẽ nhận được hiệu quả giống như M00.

Nếu sự ngắt điện tự động M00/M01 đang tác động trên màn hình chức năng hệ thống (f_s) thì dòng điện cấp cho NC sẽ bị ngắt tự động.

- *Lệnh đặt lại chương trình M02:*

Trong lúc lệnh M02 đang tác động thì NC sẽ duy trì sự đặt lại và tự động ngắt toàn bộ dòng điện gia công, chạy dao dây, cấp nước và sự căng dây.

Nếu sự ngắt tự động dòng điện M02/M03 đang tác động trên màn hình chức năng hệ thống (f_s) thì điện cho NC sẽ tự động bị ngắt.

- *Lệnh kết thúc và trở về đầu chương trình M30:*

Khi block được viết lệnh M30 đang tác động, thì có nghĩa là kết thúc chương trình và trở lại đầu chương trình.

- *Đặt trước thời gian gia công M31.*

- *Các chức năng điều khiển máy M40 ÷ M49, M80 ÷ M89.*

+ Ngắt phóng điện M40

Ngắt sự phóng điện và lượng chạy dao sẽ ở tốc độ chạy khô tự động.

+ Ngắt dòng điện gia công M41: dòng điện gia công bị ngắt.

+ Ngắt chạy dao dây M42: chạy dao dây bị ngắt.

+ Ngắt nước M43: ngắt sự cung cấp nước.

+ Đóng sự phóng điện M80:

Nếu cho lệnh M80 thì sẽ đóng sự phóng điện và lượng chạy dao sẽ trở lại bình thường.

+ Đóng dòng điện gia công M81: dòng điện gia công được cung cấp.

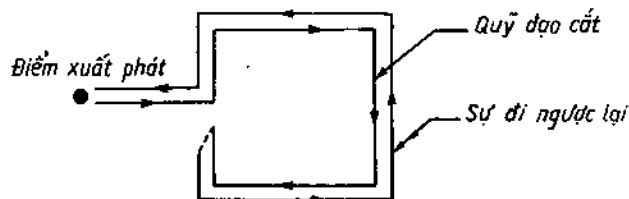
+ Đóng lượng chạy dao dây M82: dòng điện chạy dao dây.

+ Đóng sự cấp nước M83: nước được cấp.

- *Một số chức năng M khác*

+ Cắt đứt dây điện cực: M50 (1 tùy chọn AWF của máy).

+ Chuyển dịch dây trở lại vị trí xuất phát sau một AWF của máy. Chuyển dây lùi về điểm dứt, qua quỹ đạo cắt. Khi quan tâm đến M50 và M60, hãy cho lệnh M50 ở vị trí đầu tiên của chu trình.



Hình 91. Lệnh M70 đi trở về điểm xuất phát

+ Sự đi ngược trở về điểm xuất phát M70 (RETRACE)

Nếu cho lệnh M70 trong chương trình, dây sẽ quay trở lại điểm xuất phát (nơi mà G92 hoặc G192 đã được ra lệnh), qua quỹ đạo cắt một lần nữa, hình 91).

Khi cho M70 trong block với lệnh di chuyển, dây sẽ quay trở lại điểm xuất phát sau dịch chuyển này. Sự dịch chuyển đường kính dây và phương thức cắt còn có thể không bị xoá, thậm chí khi viết lệnh M70 thì lệnh M92 hoặc M192 cần được cho để cố định điểm xuất phát.

9.11. Chọn các hệ toạ độ: G53, G53.1 và G54.0 - G59.3

Chọn hệ toạ độ máy:

G53 X- Y-;

Các giá trị bằng số đi sau X và Y là khoảng cách từ mỗi trục đến hệ toạ độ máy.

Khi sử dụng lệnh nói trên thì hệ toạ độ máy có thể chọn điểm chuẩn trên máy (được đặt là dữ liệu máy). Hệ thống toạ độ mà dữ liệu máy được xác định là điểm zêrô của hệ toạ độ đó thì được định nghĩa là hệ toạ độ máy. Dây sẽ dịch chuyển tới vị trí của các giá trị toạ độ trên hệ thống toạ độ máy.

Sau khi đóng điện thì sự quay lại điểm gốc được thực hiện và sau đó hệ toạ độ máy được xác lập.

Một khi hệ toạ độ máy đã được xác lập, nó sẽ không bị thay đổi bởi G92 (sự đặt hệ toạ độ), G53.1 (sự đặt toạ độ cục bộ) và các nguyên công khác, loại trừ khi mất điện.

G53 chỉ có hiệu lực trong block đặt lệnh do mã G một cú. Nó có hiệu quả trong lệnh tuyệt đối G90 và có thể lờ đi trong lệnh gia số G91.

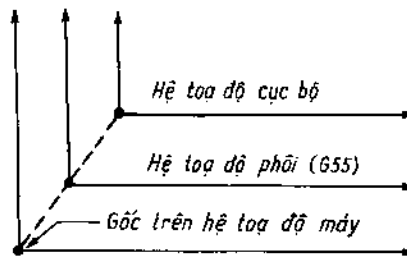
Khi cho lệnh G53, xoá dịch chuyển đường kính dây và các lệnh cắt còn. Nói chung, khi dữ liệu máy khác với điểm gốc, phải thực hiện sự trở về điểm gốc.

- Đặt hệ toạ độ cục bộ: G 53.1

G53.1 X- Y-;

Khi sử dụng lệnh nói trên, hệ toạ độ cục bộ có thể được đặt trong hệ toạ độ phối, được lập trình với các lệnh G54.0 đến G59.3.

Nếu hệ toạ độ cục bộ được đặt, các lệnh tuyệt đối sau nó sẽ là các toạ độ trong hệ toạ độ cục bộ (hình 92) .



Hình 92. Hệ tọa độ cục bộ

Hệ tọa độ cục bộ có hiệu lực trên hệ tọa độ phôi từ lệnh G54.0 đến G59.3

Khi sự đặt lại zêrô được thực hiện qua sự trở lại zêrô thứ nhất, sau khi thoát khỏi một tình trạng khẩn cấp, gốc cơ sở hệ tọa độ cục bộ của trục được trở lại tới điểm gốc của nó và gốc cơ sở hệ tọa độ phôi là giữ nguyên, giống như khi viết lệnh:

G53.1 XO YO;

Xoá sự đặt lại hệ tọa độ cục bộ.

Trong dịch chuyển đường kính dây, nó được xoá tạm thời với G53.1. Nếu sự đặt hệ tọa độ phôi sử dụng G92, hệ tọa độ cục bộ của chúng sẽ trở thành bằng zêrô.

- Chọn các hệ tọa độ phôi G54.0 đến G59.3

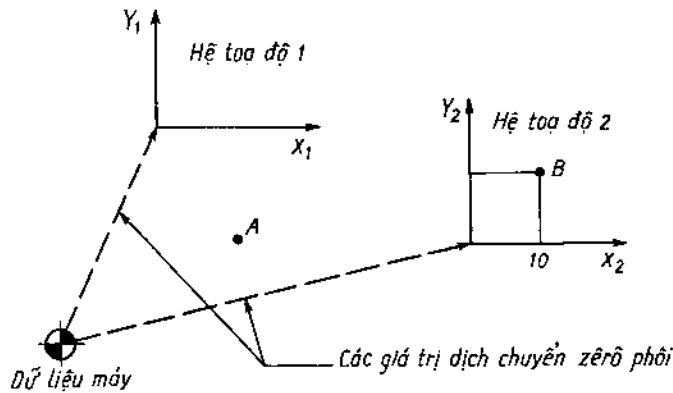
Khi sử dụng các lệnh G54.0 đến G59.3 thì có thể chọn được 24 hệ tọa độ sau đây:

G 54.0, G54.2, G54.3

.....

G59.0, G59.1, G59.2 và G59.3

24 hệ tọa độ được thiết lập sau khi thực hiện sự đặt lại dữ liệu máy. (Nếu điều đó không xảy ra thì sự đặt hệ tọa độ sẽ không có giá trị, hình 93).



Hình 93. Chọn các hệ tọa độ phôi G54.0 đến G59.3

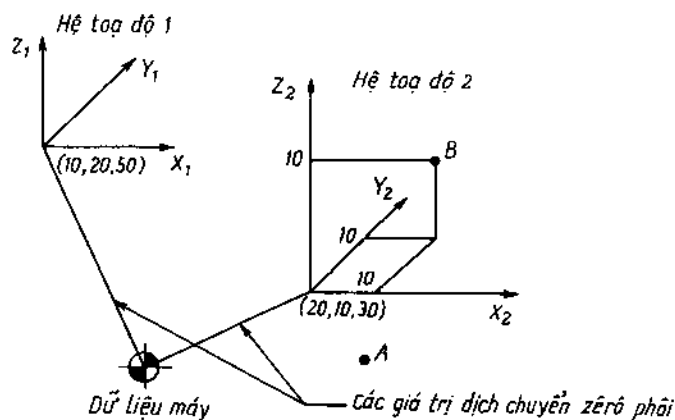
Khoảng cách của mỗi trục từ dữ liệu máy đến điểm zêrô của mỗi hệ tọa độ, nghĩa là giá trị dịch chuyển zêrô phôi được xác định bởi sự đặt trên màn hình chức năng NC (f_s), tức là NC FUNCTION.

Ví dụ 1:

Ở hình 93, sau khi đặt các hệ tọa độ 1 và 2, khi viết lệnh G55 G90 G00 X10.Y10;

Ở điểm A, các trục sẽ di chuyển tới điểm B của X10.0 Y10.0 trong hệ tọa độ 2 với tốc độ nhanh.

Lưu ý: khi hệ tọa độ này được lập trình với G92 sau khi giá trị dịch chuyển đã được đặt, nó sẽ không có hiệu lực.



Hình 94. Dịch chuyển tọa độ phôi.

Ví dụ 2:

Khi viết lệnh G92 X100.0 Y80.0 thì hệ toạ độ sẽ được đặt sao cho vị trí gốc của dây hiện tại là:

$$X = 100. \quad Y = 80.$$

Ở hình 94: khi viết lệnh G55 G90 G00 X10.0 Y10.0 Z10.0 ở điểm A sau khi đặt hệ toạ độ 1 và 2, các trục sẽ dịch chuyển tới vị trí điểm B của X10.0 Y10.0 Z10.0 với tốc độ nhanh.

9.12. Đặt toạ độ : G12, G192 ; (Viết lệnh chiều cao)

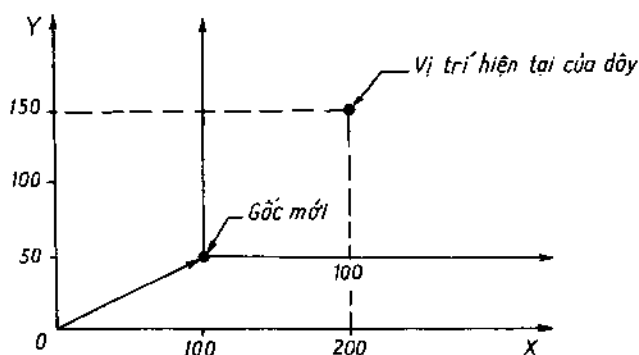
Hệ toạ độ được sử dụng trong cắt được gọi là hệ toạ độ tuyệt đối.

Hệ toạ độ tuyệt đối được xác định ở vị trí dây hiện tại thì vị trí của nó được đặt với G92.

Để viết lệnh giá trị toạ độ, thực hiện một sự lập trình tuyệt đối, bất chấp G90/G91 là các lệnh modal. Thậm chí nếu các giá trị toạ độ bằng 0 thì cũng không thể bỏ qua được.

Vị trí nơi mà lệnh G92 được cho, được lưu giữ ở điểm xuất phát.

G92 X - Y - ; sự đặt hệ thống toạ độ



Hình 95

Ví dụ (Hình 95):

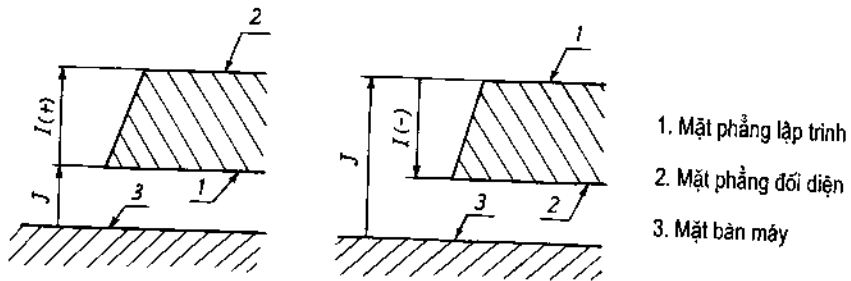
G90 G01 X200.0 Y150.0 ;
G92 X100.0 Y100.0 ;

Viết lệnh chiều cao :

Có thể đặt chiều dày phôi và chiều cao giữa mặt dưới của phôi và mặt phẳng lập trình cùng với G92.

Viết lệnh chiều dày phôi và chiều cao giữa mặt dưới của phôi và mặt phẳng lập trình lần lượt bằng I và J.

Về dấu, khi viết lệnh chiều dày phôi, nếu mặt phẳng đối diện của phôi cao hơn mặt phẳng lập trình thì chiều dày phôi I sẽ có dấu (+), còn nếu thấp hơn mặt phẳng lập trình thì I sẽ có dấu (-) (hình 96).



Hình 96. Các mặt phẳng xác định chiều dày phôi

Số liệu được viết lệnh với I cần phải nhỏ hơn số liệu của vị trí hướng dẫn trên đây.

Bằng cách đặt chiều cao từ mặt dưới của phôi tới mặt phẳng lập trình, việc cắt côn có thể được thực hiện với một chương trình đơn giản, thậm chí dùng cho phôi có bậc. Nếu bỏ qua nó thì chiều cao trước đó sẽ trở nên có hiệu lực.

Cách thể hiện sự đặt tọa độ và đặt chiều dày:

G92 X- Y- I- J- ;

- Lệnh G192

Điểm xuất phát cắt có thể được lưu giữ bằng G192. Nó khác với G92 ở chỗ là hệ tọa độ không được đặt và gốc chuẩn tọa độ phôi không bị xoá.

G192 ; sự lưu giữ điểm xuất phát cắt.

Với G192 cũng có thể viết lệnh chiều dày phôi và chiều cao giữa mặt dưới của phôi và mặt phẳng lập trình lần lượt bằng I và J. Về dấu khi viết lệnh chiều dày phôi, nếu mặt phẳng đối diện là cao hơn mặt phẳng lập trình thì chiều dày phôi I sẽ có dấu (+), thấp hơn là dấu (-).

G192 I- J- ; lưu giữ điểm xuất phát cắt, độ dày phôi I

và chiều cao mặt phẳng lập trình J.

Để đặc trưng cho chiều cao mặt phẳng lập trình có 2 phương pháp:

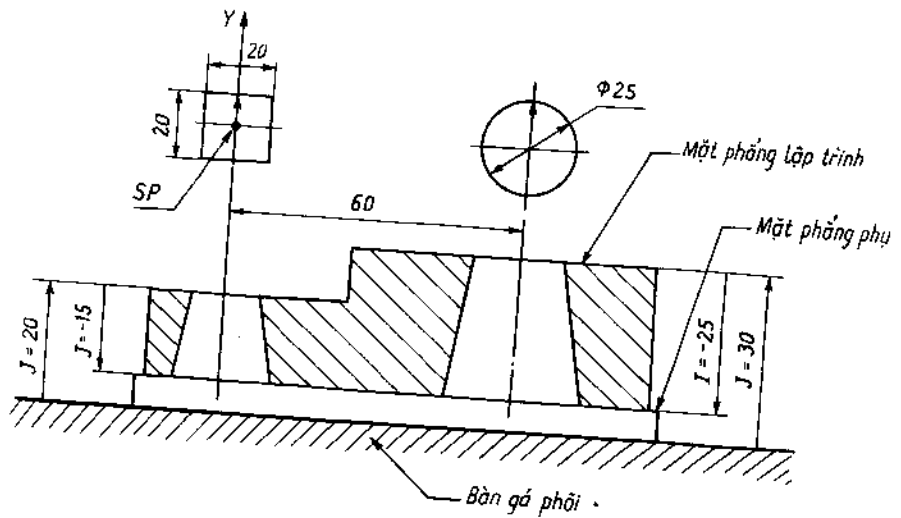
- Dùng cửa vào ở màn hình dữ liệu đầu vào DATA INPUT.
- Viết lệnh trong chương trình.

Dưới đây là phương pháp viết lệnh trong chương trình:

G92 X- Y- I- J- ; hoặc

G192 X- Y- I- J- ;

Chiều cao của mặt phẳng lập trình được viết lệnh với chữ cái địa chỉ J kèm theo một giá trị bằng số trong block G92 hoặc G192. Nó có thể được thay đổi trong chương trình sao cho việc gia công phôi với các bước có thể được thực hiện với một chương trình (hình 97).



Hình 97. Chương trình gia công phôi.

CHƯƠNG TRÌNH (Có dùng lệnh nghiêng dây phải G52 và xoá G50 và góc nghiêng dây T trong phương thức cắt côn - mục 9.13):

G92 XO YO I-15. J20. ;

G52 G42 G91 G01 Y10. T5. ;

X10. ;

Y-20. ;

X-20. ;

Y20. ;

X10. ;
 G50 G40 Y-5. ;
 G00 Z10. ;
 X60. ;
 G92 XO YO I-25 J30 ;
 G52 G42 G91 G01 Y12.5 T3. ;
 G02 J -12. 5 ; (J = toạ độ tâm)
 G50 G40 G01 Y-12.5 ;
 M30 ;

9.13. Các lệnh cắt côn G51, G52/G50

Chức năng cắt côn là tạo nên một hình thể bằng cách viết lệnh nghiêng dây (G51,G52) lưu ý đến quỹ đạo lập trình. Có 2 biến thể của sự cắt côn. Lập trình gia công côn theo một góc và lập trình gia công côn 4 trục X, Y, U, V cho hình dáng đỉnh phôi và hình dáng bên dưới của phôi. Khi đó sẽ dùng lệnh G100:"Cắt côn 4 trục ON".

- Lệnh G50: xoá nghiêng dây

Viết lệnh G50 khi thực hiện gia công cắt dây ở vị trí thẳng đứng (xoá nghiêng dây). Phương thức xoá nghiêng dây được bắt đầu từ block mới. Phương thức xoá nghiêng dây được chọn vào thời điểm có điện hoặc khi đặt máy.

- Lệnh G51: nghiêng dây trái

Khi viết lệnh G51, phương thức nghiêng dây sang bên trái được chọn. Dây nghiêng sang trái về phía mặt trước và liên hệ với quỹ đạo trên mặt phẳng lập trình. Dẫn hướng phía trên chuyển động dọc theo cạnh bên trái về phía trước được liên hệ đến quỹ đạo trên mặt phẳng lập trình (hình 98).

- Lệnh G52: nghiêng dây phải (hình 98).

Khi viết lệnh G52, phương thức nghiêng dây bên phải sẽ được chọn. Dây nghiêng sang bên phải, về phía trước với liên hệ đến quỹ đạo trên mặt phẳng lập trình.

Dẫn hướng phía trên chuyển động dọc theo bên phải về phía trước với liên hệ đến quỹ đạo trên mặt phẳng lập trình.

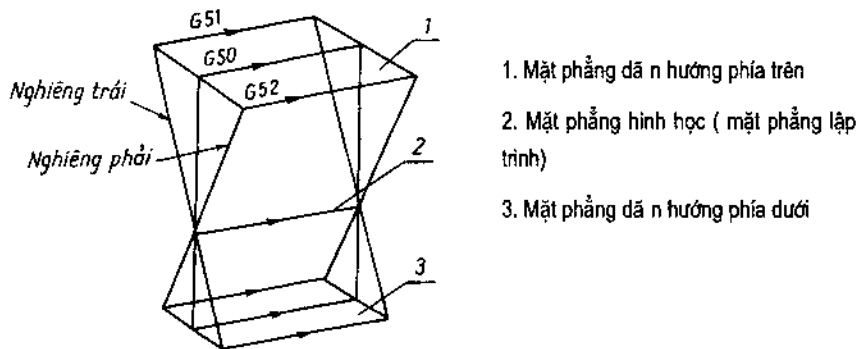
G50, G51 và G52 là các lệnh modal. Do đó, chỉ cần viết lệnh 1 lần thì lệnh này vẫn được duy trì hiệu lực ở các câu lệnh sau.

Viết lệnh nghiêng dây: địa chỉ T (là góc nghiêng). Góc nghiêng dây có thể được lập trình lớn nhất $= \pm 45.00000^0$ với gia số 0.00001^0 .

Góc nghiêng dây T là góc so với vị trí thẳng đứng của dây. Nếu viết lệnh 1 giá trị góc âm thì hướng nghiêng dây trái/ phải sẽ bị ngược lại. Thông thường thì góc nghiêng dây T được viết lệnh trong chính block G51 hoặc G52, hoặc trước block này.

Ví dụ: G95 G91 G01 G42 G51 Y5. T5;

(Dây nghiêng trái, chạy qua tới tọa độ Y = 5 với góc nghiêng dây $T = 5^0$)



Hình 98. Các lệnh nghiêng dây

- Viết lệnh chiều dây tẩm phôi:

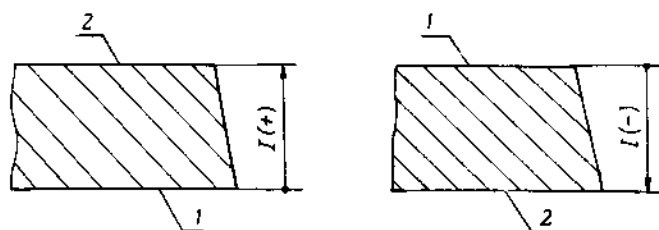
Khi gia công cắt dây, cần phải biết mặt phẳng hình học và một mặt phẳng khác của phôi, gọi là mặt phẳng phụ. Khoảng cách giữa mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ (có dấu +/-) được biểu thị là chiều dây tẩm phôi.

Viết lệnh chiều dây phôi bằng địa chỉ T như sau:

G92 X- Y- I-;

Nếu mặt phẳng hình học ở dưới mặt phẳng phụ thì chiều dây tẩm phôi có giá trị dương. Nếu mặt phẳng hình học ở trên mặt phẳng phụ thì chiều dây phôi là âm (hình 99).

Nói chung đỉnh phôi hoặc mặt dưới của phôi đều có thể đóng vai trò là mặt phẳng phụ. Chiều dây phôi phải nhỏ hơn chiều cao tẩm dẫn hướng trên.



Hình 99. Dấu của địa chỉ:

l- Chiều dày tấm phôi, 1- Mặt phẳng hình học, 2- Mặt phẳng phụ

9.14. Các chuyển động khi gia công cắt dây, góc côn

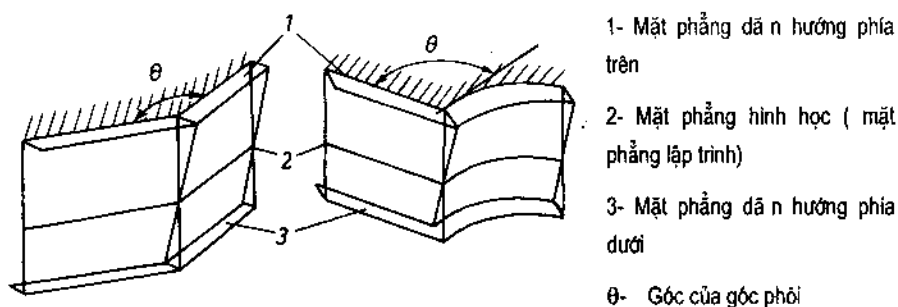
Các thuật ngữ được sử dụng khi gia công cắt côn:

WR- quỹ đạo tâm dây, nét mảnh

PR- quỹ đạo lập trình, nét đậm.

θ - góc của phôi.

θ là góc phía trên của phôi. Nếu phôi có cung tròn thì θ là góc với tiếp tuyến cung tròn ở điểm tiếp xúc (hình 100).



Hình 100. Dịch chuyển song song mặt phôi

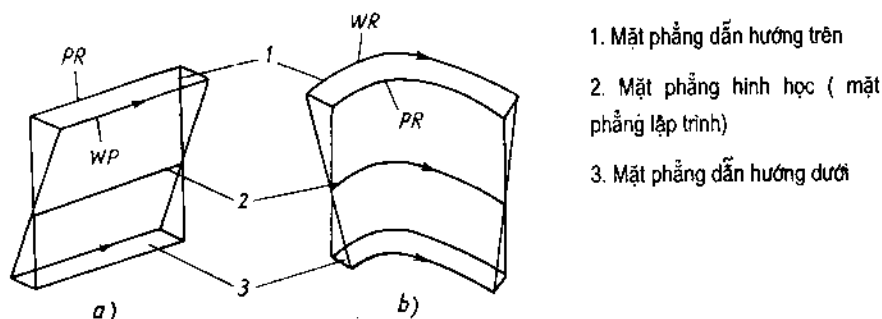
- Các quỹ đạo trên mặt phẳng hình học:

Đường thẳng song song và cách quỹ đạo được lập trình bằng các lệnh nghiêng dây được xác định là quỹ đạo tâm dây WR, nếu quỹ đạo lập trình PR là đường thẳng (hình 101.a).

Cung tròn đồng tâm với quỹ đạo lập trình bằng các lệnh nghiêng dây được biểu thị là quỹ đạo tâm dây WR, nếu quỹ đạo lập trình PR là cung tròn (hình 101.b).

Quỹ đạo lập trình PR và quỹ đạo hình học WR khác nhau về bán

kính, phụ thuộc vào góc nghiêng dây.



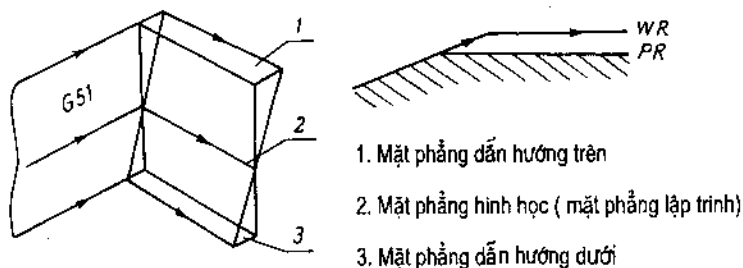
Hình 101. Quỹ đạo tâm dây WR khi cắt nghiêng dây

- Chuyển động xuất phát khi gia công côn:

Nếu các điều kiện sau đây được thoả mãn thì quá trình gia công côn sẽ được khởi đầu:

- + Khi cho lệnh G51 hoặc G52.
- + Khi góc nghiêng khác 0.

Một trong các phương án xuất phát cắt côn là: khi bắt đầu chuyển động dọc theo quỹ đạo lập trình và chuyển động tới cắt với một block mới của quỹ đạo tâm dây (Hình 102). Sau đó mới bắt đầu gia công với độ nghiêng của dây.



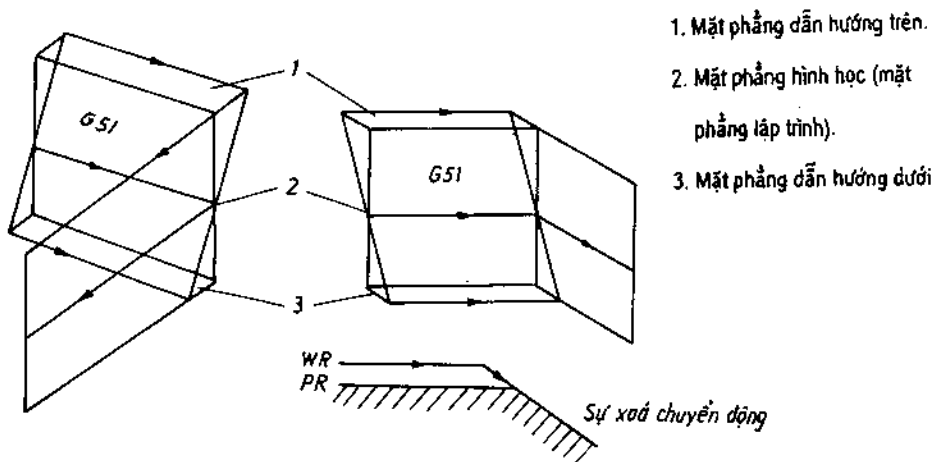
Hình 102. Chuyển động xuất phát cắt côn

- Xóa chuyển động cắt côn

Sự cắt côn được ngừng khi:

- + Lệnh G50 được viết, hoặc
- + Góc nghiêng dây bằng 0 (xóa chuyển động):

Sự xoá chuyển động cắt côn có thể được diễn ra theo một vài phương án, ví dụ như phương án ở hình 103.

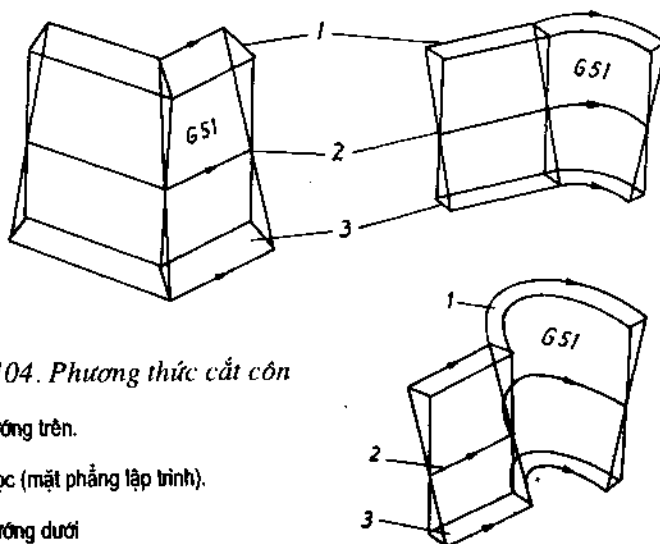


Hình 103. Xóa chuyển động cắt côn

- Phương thức cắt côn:

Các diễn biến chuyển động từ xuất phát cắt côn đến xoá được gọi là phương thức cắt côn.

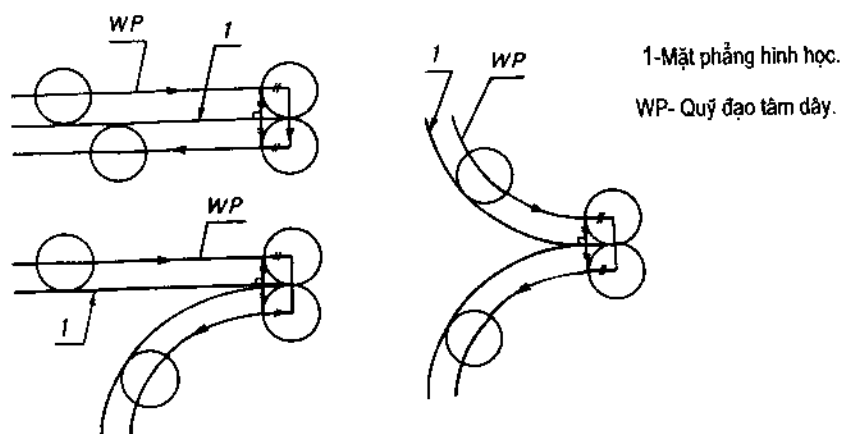
Nói chung, quỹ đạo tâm dây trong phương thức cắt côn được xác định là quỹ đạo dọc theo quỹ đạo tâm dây, từ giao điểm này tới giao điểm



Hình 104. Phương thức cắt côn

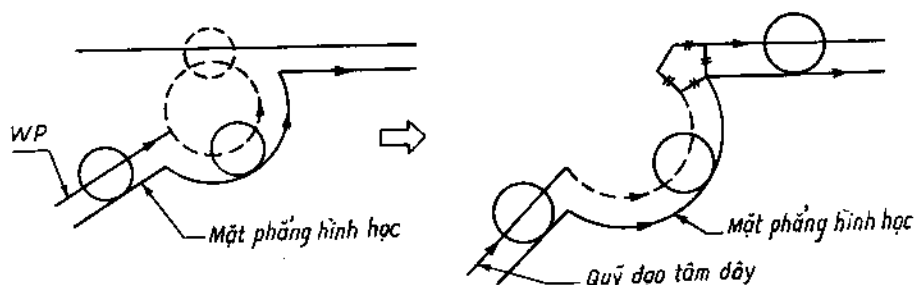
khác của quỹ đạo tâm dây (hình 104).

Nếu quỹ đạo lập trình có tiếp điểm thì mọi tiếp điểm không được đặt trên quỹ đạo tâm dây. Trong trường hợp này, dây phải xê dịch một khoảng bằng đường kính dây (hình 105).



Hình 105. Sự xê dịch dây

Trong các dịch chuyển vòng tròn và đường thẳng, nếu một bên trở thành vòng tròn đầy đủ mà tiếp điểm lại không nằm trên quỹ đạo tâm dây kéo dài thì dịch chuyển của tâm dây sẽ được thực hiện theo hình 106.



Hình 106. Dịch chuyển tâm dây

9.15. Gia công côn có góc lượn G60, G61

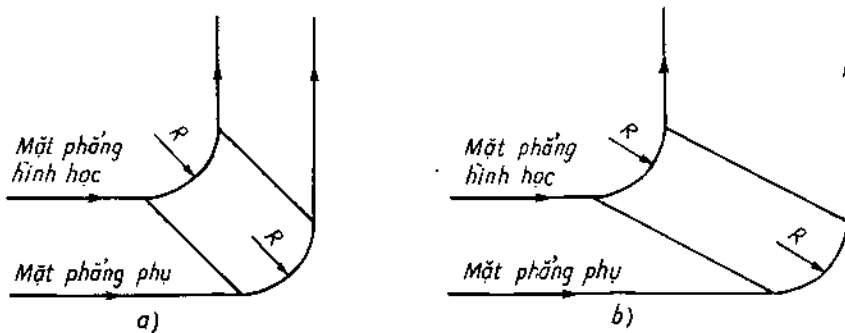
Trong trường trình gia công cắt côn ở góc của phôi cho phép có thể làm một góc lượn R ở góc phôi, được cho bởi một lệnh làm góc lượn. Có 2 trường hợp sau đây có thể được thực hiện:

a. Góc lượn R là không đổi theo chiều cao phôi G60.

Lệnh dịch chuyển : G60 R-;

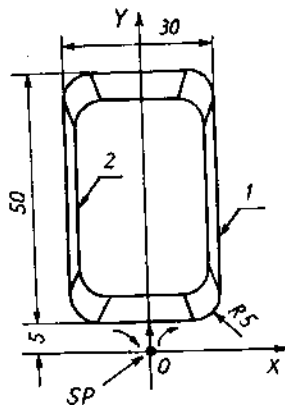
Cho một lệnh của góc lượn R với G60, sẽ làm ra một phôi có góc lượn bằng R không đổi suốt từ đỉnh phôi đến đáy phôi, mặc dù phôi vẫn được cắt côn với dây nghiêng, G60 là lệnh modal. Trong điều kiện đặt lại, G60 được viết lệnh.

Có thể thay đổi góc nghiêng dây trước và sau R (hình 107).



Hình 107 a) Góc của côn cố định b) góc của côn thay đổi

Ví dụ 1: hình 108



1. Mặt phẳng hình học

2. Mặt phẳng phụ

SP- Điểm xuất phát gia công cắt dây

Hình 108: Minh họa cho ví dụ 1

- Góc lượn R không đổi theo chiều cao phôi.

- Góc côn thay đổi giữa 5° và 2° .

Chương trình: G92 XO YO ZO I50. ;

G95 G91 G01 G42 G51 Y5. T5.;

X15. G60 R5. T5. ;

Y50. G60 R5. T2. ;

X-30. G60 R5. T5. ;

Y-50. G60 R5. T2.;

X15. T5. ;

G40 G50 Y-5. ;

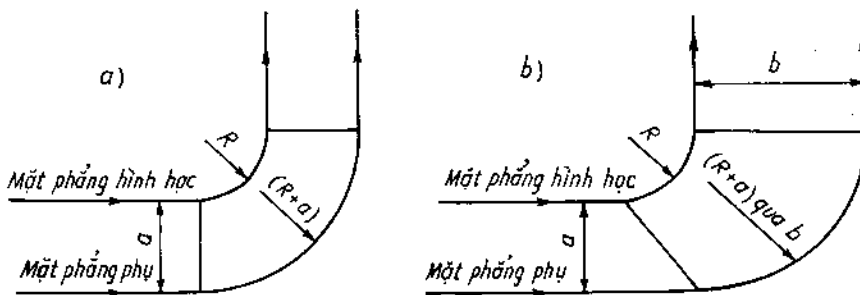
M30;

(Lưu ý: G92 là hệ tọa độ đặt điểm xuất phát, I50. là chiều dày phôi bằng 50mm).

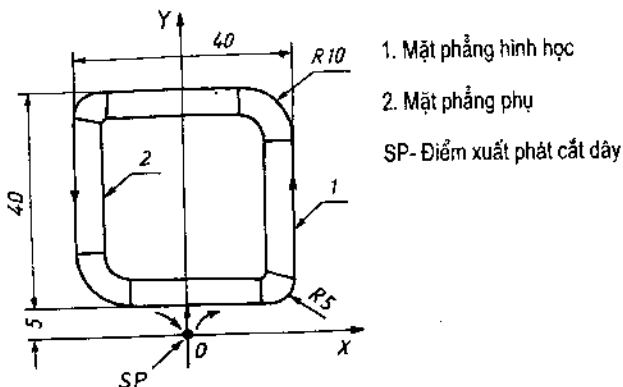
b. Góc lượn R là thay đổi theo chiều cao phôi: G61.

Lệnh dịch chuyển : G61 R- ;

Cho một lệnh của góc R với G61. Nó sẽ làm một góc lượn R ở mặt phẳng hình học. Càng xa mặt phẳng hình học, bán kính lượn càng tăng và đạt giá trị $(R + a)$ ở mặt phẳng phụ (hình 109,a), hoặc giá trị $(R + a)$ qua b ở mặt phẳng phụ (hình 109,b). Ở trường hợp thứ hai, đã thay đổi góc nghiêng dây trước và sau góc lượn.



Hình 109 a) Góc còn cố định; b) góc còn bị thay đổi

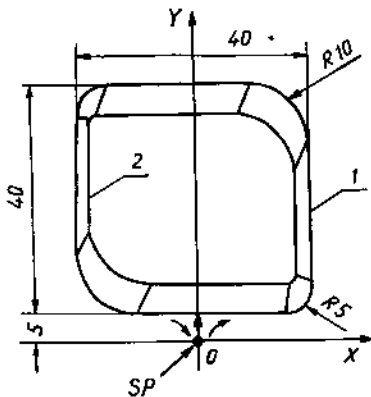


Hình 110. Minh họa cho ví dụ 2

Ví dụ 2: áp dụng G61, góc nghiêng dây không đổi (hình 110):

Chương trình: G92 XO YO ZO I50. ;
 G95 G91 G01 G42 G51 Y5. T5. ;
 X20. G61 R5. ;
 Y40. R10. ;
 X-40. G61 R5. ;
 Y-40. R10. ;
 X20. ;
 G40 G50 Y-5. ;
 M30;

Ví dụ 3: áp dụng G61, góc nghiêng dây thay đổi (hình 111).



1. Mặt phẳng hình học

2. Mặt phẳng phụ

SP- Điểm xuất phát cắt dây

Hình 111. Minh họa cho ví dụ 3

Chương trình:

G92 XO YO ZO I50. ;
 G95 G91 G01 G42 G51 Y5. T5. ;
 X20. G61 R5. T5. ;
 Y40. R10. T2. ;
 X-40. G61 R5. T5. ;
 Y-40. R10. T2. ;
 X20. T5. ;
 G40 G50 Y-5. ;
 M30 ;

Khi viết lệnh $R = 0$ ở mặt phẳng hình học thì vẫn tạo một góc lượn $R = a$ hoặc $R = a$ qua b ở mặt phẳng phụ (hình 112 a và b), tùy theo góc nghiêng dây là cố định hay thay đổi.

Ví dụ 4:

+ $R = 0$ ở mặt phẳng hình học.

+ Góc nghiêng dây cố định (hình 113).

Chương trình:

G92 XO YO ZO I-50. ;

G95 G91 G01 G42 G51 Y10. T5. ;

X20. G61 RO ;

Y40. R10. ;

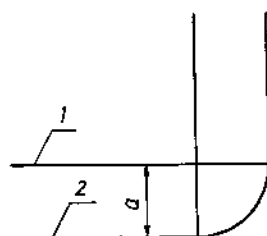
X-40. G61 RO ;

Y-40. R10. ;

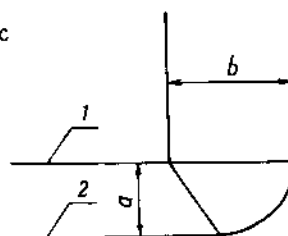
X20. ;

G40 G50 Y-10. ;

M30;

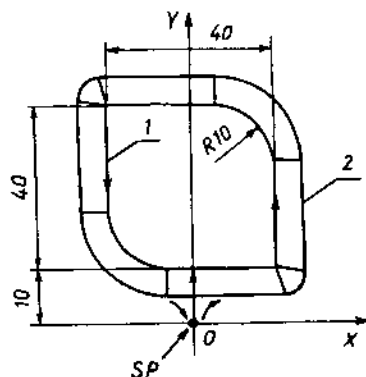


1- Mặt phẳng hình học
2- Mặt phẳng phụ



Hình 112 a) Góc của bán kính a
Góc của côn cố định

b) góc nhỏ của bán kính a qua b
Góc của côn thay đổi.



1. Mặt phẳng hình học

2. Mặt phẳng phụ

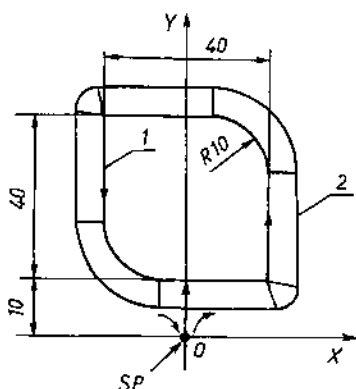
SP- Điểm xuất phát cắt dây

Hình 113. Ví dụ 4.

Ví dụ 5: +R ở mặt phẳng hình học
+ Góc nghiêng dây thay đổi (hình 114).

Chương trình:

```
G92 XO YO ZO I-50 ;
G95 G91 G01 G42 G51 Y10. T2. ;
X20. G61 RO T2. ;
Y40. R10. T5. ;
X-40. RO T2. ;
Y-40. R10. T5. ;
X20.T2. ;
G40 G50 Y-10 ;
M30;
```



- 1. Mặt phẳng hình học
- 2. Mặt phẳng phụ
- SP- Điểm xuất phát cắt dây

Hình 114

- Góc lượn khác nhau theo chiều cao phôi:

Lệnh di chuyển: R- K- ;

Khi viết lệnh góc lượn 1 cách độc lập cho mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ thì góc lượn ở mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ có thể được đặt riêng rẽ. Viết các lệnh chữ cái R và K kèm theo giá trị bằng số cho các góc lượn của mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ riêng biệt (hình 115).

Có thể thay đổi góc nghiêng dây trước và sau góc lượn. Nếu quy ước gọi R là bán kính lượn ở mặt phẳng hình học, K là bán kính lượn ở mặt phẳng phụ thì không phải luôn luôn $K > R$ mà có thể $K < R$. Có thể chọn mặt phẳng hình học ở trên hoặc dưới mặt phẳng phụ.

Ví dụ 6: + $R > K$ và $R < K$ ở cùng một chi tiết

+ Mặt phẳng hình học ở dưới mặt phẳng phụ (hình 116).

Chương trình:

G92 XO YO ZO I50. ;

G95 G91 G01 G51 G42 Y5. T5. ;

X25. R10. KO ;

Y50. R0 K5. ;

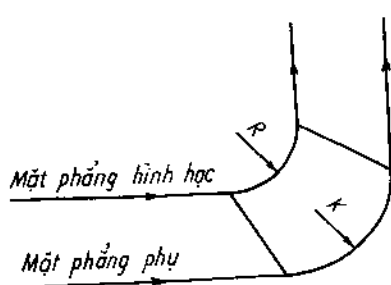
X-50. R10. KO ;

Y-50. R0 K5. ;

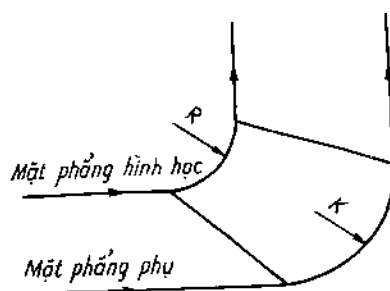
X25. ;

G50 G40 Y-5. ;

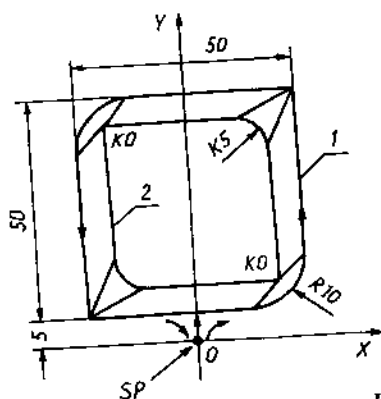
M30 ;



Hình 115 a) Góc côn cố định



b) Góc côn bị thay đổi



Hình 116. Ví dụ 6.

1. Mặt phẳng hình học

2. Mặt phẳng phụ

SP- Điểm xuất phát cắt dây

Ví dụ 7: + $R > K$ và $R < K$ ở cùng một chi tiết.

+ Mặt phẳng hình học ở dưới mặt phẳng phụ. (hình 117).

Chương trình

G92 XO YO ZO I50. ;

G95 G91 G01 G51 G42 Y5. T5.;

X25. R10. K5. T5. ;

Y50. R0 K5. T3. ;

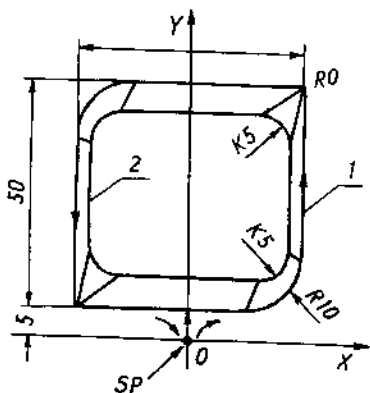
X-50. R10. K5. T5. ;

Y-50. R0. K5. T3. ;

X25. T5. ;

G50 G40 Y-5. ;

M30 ;



1. Mặt phẳng hình học

2. Mặt phẳng phụ

SP- Điểm xuất phát cắt dây

Hình 117. Ví dụ 7

9.16. Gia công côn sử dụng một vectơ tương đối U và V

Khi viết lệnh mối quan hệ giữa mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ (được biểu thị là 1 vectơ tương đối), trong trường hợp gia công côn, có thể áp dụng với hình học nội suy đường thẳng hoặc hình phẳng nội suy đường tròn.

a. Hình học được nội suy đường thẳng và mặt phẳng phụ:

Lệnh di chuyển: U - V - ;

Trong một block ở giữa chừng của chương trình, qua sự gia công côn góc, viết lệnh điểm cuối của mặt phẳng phụ khi nhìn từ điểm cuối của mặt phẳng hình học, sử dụng U và V với cả dấu (+) hoặc (-). (hình 118).

Ví dụ 1 $U < 0$ $V > 0$:

Chương trình:

G92 XO Y-30 ZO I-50. ;

G95 G91 G01 G51 G42 Y10. T5. ;

X15. ;

Y20. ;

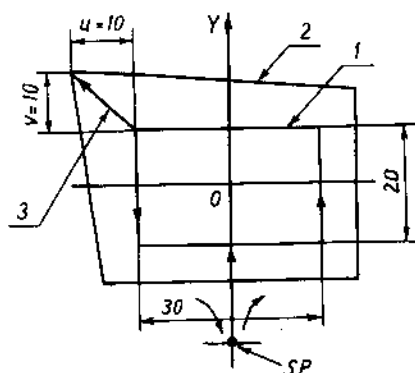
X-30. U-10. V10. ;

Y-20. ;

X15. ;

G50 G40 Y-10. ;

M30 ;



1. Mặt phẳng hình học

2. Mặt phẳng phụ

3. Véc tơ tương đối

SP- Điểm xuất phát cắt dây

Hình 118. Nội suy đường thẳng ở mặt phẳng phụ qua các vectơ U và V

b. Hình học được nội suy vòng tròn và mặt phẳng phụ:

Các lệnh dịch chuyển:

G02 X- Y- I- J- U- V- K- L- ; hoặc

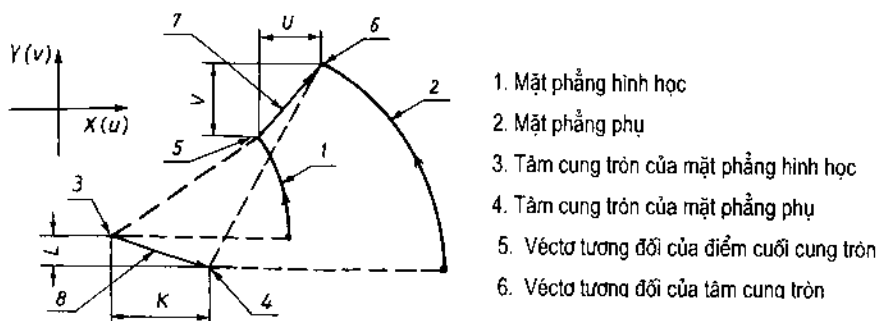
G30 X- Y- I- J- U- V- K- L- ;

Trong một block ở giữa chừng của chương trình, qua sự gia công côn góc, viết lệnh vị trí của điểm cuối cùng tròn của mặt phẳng phụ khi sử dụng các địa chỉ U và V với các dấu (+) hoặc (-); và viết lệnh vị trí của tâm cung tròn của mặt phẳng phụ, nhìn từ mặt phẳng hình học, sử dụng các địa chỉ K và L với các dấu (+) hoặc (-) (hình 119).

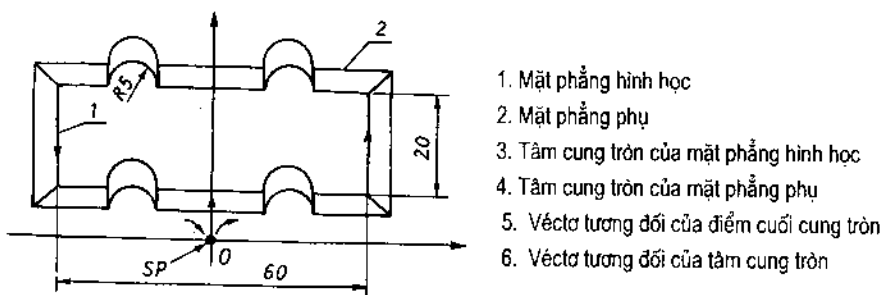
U, V, K và L chỉ có giá trị đối với block được viết lệnh. K và L chỉ tác dụng khi U và V được viết lệnh trong cùng một block. Nếu quên K và L khi viết lệnh U và V thì K và L được coi là bằng zêrô.

Ghi chú: Viết lệnh sử dụng cùng 1 block với thông tin để gọi chương trình phụ là không thể được.

Ví dụ 2 (hình 120) :



Hình 119. Nội suy cung tròn ở mặt phẳng phụ qua 2 cặp vectơ u/v và K/L



Hình 120. Ví dụ áp dụng nội suy đường thẳng và cung tròn ở mặt phẳng phụ

Chương trình:

G92 XO YO ZO I-20 ;

G95 G91 G51 G01 Y10. T10. ;

X10. V-3.5265 ;

G02 X10. I5. V-3.5265 L- 3. 5265 ;

G01 X10. ;

Y20. ;

X-10. V3.5265 ;

G03 X-10. I-5. V3. 5265 L3.5265 ;

G01 X-20 V3.5265 ;

G03 X-10. I-5. V3.5265 L3. 5265;

G01 X-20. V3.5265

G03 X-10. I-5. V3.5265 ;

G01 X-10 ;

Y-20. ;

X10. V-3.5265 ;

G02 X10. I5. V-3.5265 L-3.5256 ;

G01 X10. ;

M30 ;

Ghi chú: Góc nghiêng dây $T \approx 10^\circ$; $20 \tan 10^\circ = 3.5265$;

Khi viết lệnh góc nghiêng dây, sử dụng block đơn.

X- Y- ;

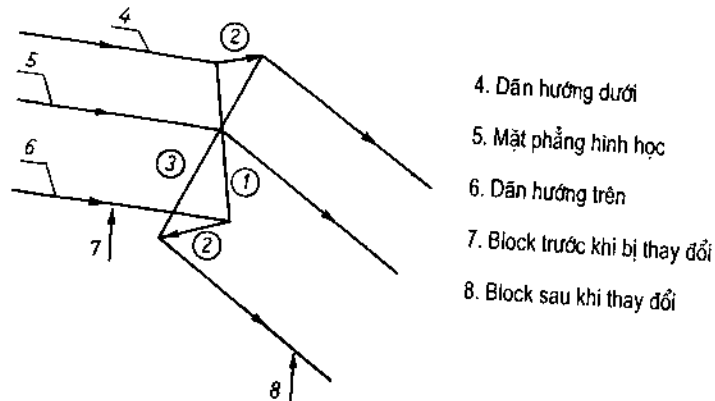
T- ; (góc nghiêng dây)

X- Y- ;

Các chuyển động của dây là:

- Thẳng đứng ở cuối của block trước khi chuyển tới block của góc nghiêng thay đổi thông tin với sự chú ý đến dịch chuyển trước đó. Trong lúc này, góc nghiêng dây là góc trước khi thay đổi, tức góc (1) ở hình 121.

- Theo đường thẳng sao cho ở điểm xuất phát của block mới, nó có thể trở thành thẳng đứng với sự để ý đến dịch chuyển tiếp theo (từ (2) sang (3) trong hình 121).



Hình 121. Các chuyển động của dây

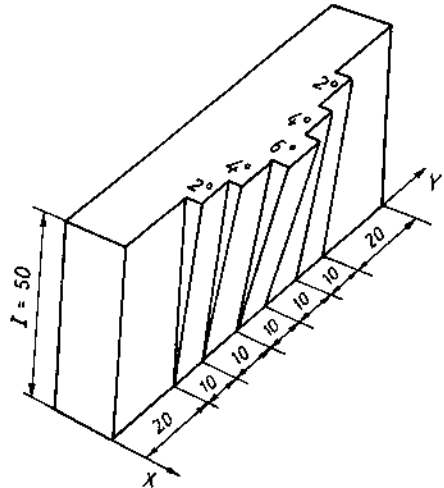
Chuyển động này giống như một dịch chuyển quay dây với tâm ở mặt phẳng hình học.

Ví dụ 3 (hình 122).

Khi sử dụng lệnh đơn của góc nghiêng đây, việc gia công côn theo bậc như ở hình 122 có thể được thực hiện.

Chương trình:

```
G92 XO YO ZO I50. ;
G95 G91 G01 G42 G52 Y20. ;
T2. ;
Y10. ;
T4. ;
Y10. ;
T6. ;
Y10. ;
T4. ;
Y10. ;
T2. ;
Y10. ;
TO ;
G50 G40 Y20. ;
M30 ;
```



Hình 122. Gia công côn theo bậc

9.17. Gia công côn 4 trục (phương thức HF)

Quá trình gia công côn 4 trục có 2 dạng: các lệnh gia công 4 trục với các vector tương đối của đỉnh và đáy phôi (phương thức HF), và gia công côn 4 trục hoàn toàn độc lập (phương thức HITACHI) cho phép trực tiếp lập trình của hình dáng đỉnh và đáy một cách độc lập nhờ lệnh G100.

Trước hết xem xét phương thức HF: phương thức HF thực hiện sự lập trình các hình dáng trên 2 mặt cắt ngang võ đoán của phôi (các mặt này song song với mặt phẳng X-Y).

Một trong hai mặt cắt ngang được đặt là mặt phẳng hình học, còn mặt kia là mặt phẳng phụ. Mặt phẳng hình học có thể lấy ở bên trên hoặc bên dưới của mặt phẳng phụ. Thường thì đỉnh phôi được lấy làm mặt phẳng hình học, đáy phôi là mặt phẳng phụ.

Trong phương thức HF, thực hiện lập trình hình dáng trên mặt phẳng hình học trong cùng một cách như lập trình bình thường và cho các lệnh của hình dáng trên mặt phẳng phụ như là vectơ về số lượng được nhìn từ mặt phẳng hình học.

Chức năng dịch chuyển đường kính dây có thể cũng được sử dụng phối hợp.

a. *Lập trình điểm zêrô tuyệt đối:*

G92 X- Y- ;

Viết lệnh vị trí hiện tại của dây trên mặt phẳng hình học và khoảng cách giữa mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ (chiều dây phôi I) khi sử dụng lần lượt X/Y và I.

Nếu mặt phẳng phụ ở trên hoặc dưới mặt phẳng hình học thì viết lệnh thay đổi lần lượt dương và âm.

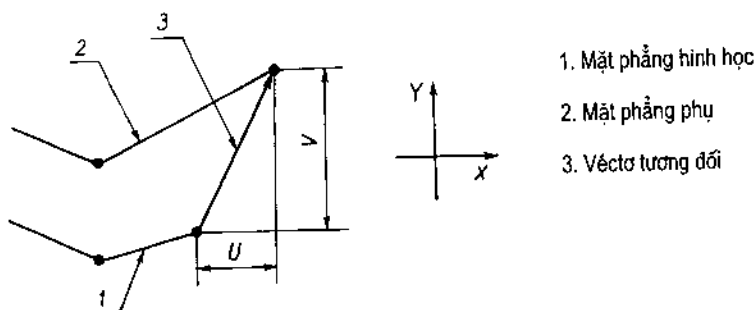
Lập trình điểm zêrô tuyệt đối phải được thực hiện ở đỉnh của mỗi chương trình.

Chiều dây tẩm cũng có thể đưa vào dữ liệu đầu vào màn hình DATA INPUT. Chiều dây tẩm phải nhỏ hơn so với dữ liệu của dẫn hướng trên.

b. *Hình học được nội suy đường thẳng và mặt phẳng phụ:*

G01 X- Y- U- V- ;

Lệnh này được viết khi cả 2 hình dáng của đỉnh và đáy phôi là đường thẳng. Viết lệnh quỹ đạo trên mặt phẳng hình học với X và Y. Chúng được cho cả các giá trị tuyệt đối hoặc gia số. Viết lệnh quỹ đạo trên mặt phẳng phụ với U và V. Chúng được cho là vectơ tương đối từ điểm cuối của mặt phẳng phụ (hình 123).



Hình 123. Lệnh cho khi đỉnh và đáy phôi là đường thẳng

c. Hình học được nội suy vòng tròn và các mặt phẳng phụ

G02 X- Y- I- J- U- V- K- L- ; hoặc

G03 X- Y- I- J- U- V- K- L- ;

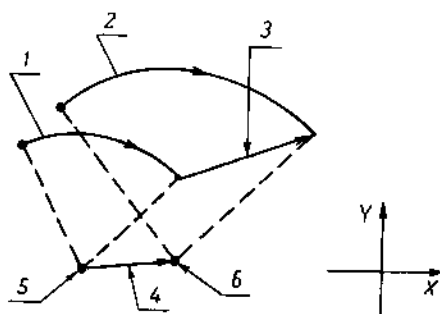
Lệnh này được viết khi đỉnh phôi và đáy phôi là đường tròn. Quỹ đạo của cung tròn trên mặt phẳng hình học được viết lệnh với X,Y và I,J trong cùng một cách thức như là sự nội suy vòng tròn.

Viết lệnh quỹ đạo của cung tròn trên mặt phẳng phụ với U,V và K,L

U,V: vectơ tương đối hướng tới điểm cuối cung tròn của mặt phẳng phụ, nhìn từ điểm cuối cung tròn của mặt phẳng hình học.

K,L: vectơ tương đối hướng tới tâm cung tròn của mặt phẳng phụ, được nhìn từ tâm cung tròn của mặt phẳng hình học (hình 124).

Ví dụ 1 (hình 125):



Hình 124. Lệnh quỹ đạo của cung tròn

1. Mặt phẳng hình học
2. Mặt phẳng phụ
3. Vectơ tương đối của điểm cuối cung tròn U/V
4. Vectơ tương đối của tâm cung tròn (K/L)
5. Tâm cung tròn của mặt phẳng hình học
6. Tâm cung tròn của mặt phẳng phụ

Chương trình

G92 XO Y0 Z0 I50. ;

G95 G91 G42 G01 Y5. V5. ;

X15. U-5 V15. ;

Y30. U-15. V-5. ;

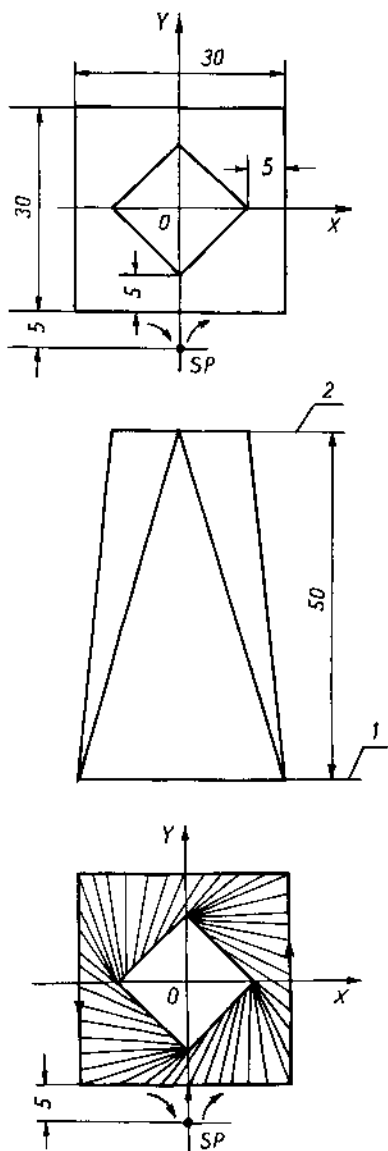
X-30. U5. V-15. ;

Y-30. U15. V5. ;

X15. U0 ;

G40 Y-5. V0 ;

M30;

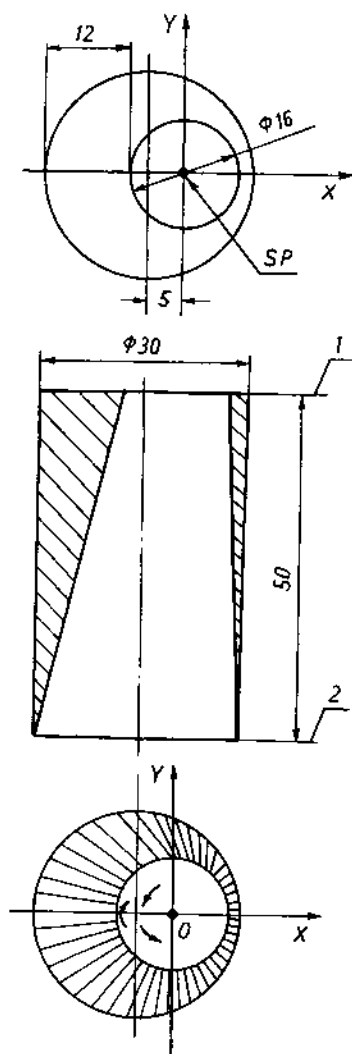


Hình 125. Ví dụ 1.

1- Mặt phẳng hình học

2- Mặt phẳng phụ

SP- Điểm xuất phát cắt dây



Hình 126. Ví dụ 2.

1- Mặt phẳng hình học

2- Mặt phẳng phụ

SP- Điểm xuất phát cắt dây

Ví dụ 2 (hình 126):

Chương trình

G92 XO YO ZO I-50.;

G95 G91 G01 G42 X-8. U-12. ;

G03 I8. U-12. K-5. ;

G40 G01 X8. ;

M30;

9.18. Gia công côn 4 trục hoàn toàn độc lập. Lệnh G100 (phương thức HITACHI)

a. Mô tả tổng quát:

Đây là chức năng thực hiện gia công côn bằng cách vào dữ liệu trực tiếp chương trình hình dáng của đỉnh phôi và đáy phôi và được gọi là gia công 4 trục hoàn toàn độc lập.

Trước khi gia công phải cho lệnh G100. Trong chức năng này, các mặt phẳng lập trình và các mặt phẳng phụ cần phải được xử lý hoàn toàn độc lập, hơn nữa, cho phép phối hợp sử dụng đường thẳng và đường tròn.

b. Sự lập trình:

Vào dữ liệu chương trình của một hình dáng trên hai mặt cắt ngang võ đoán (các mặt phẳng song song với mặt X-Y). Một trong hai mặt cắt ngang này được gọi là mặt phẳng hình học, còn mặt kia là mặt phẳng phụ. Mặt phẳng hình học có thể ở trên hoặc ở dưới mặt phẳng phụ.

Hình dáng mặt cắt ngang trên mặt phẳng hình học được lập trình theo cùng một cách như sự lập trình bình thường. Hình dáng mặt cắt ngang trên mặt phẳng phụ được lập trình (độc lập với mặt phẳng hình học) trong cùng một cách như lập trình thông thường, loại trừ sự sử dụng các địa chỉ cần dùng.

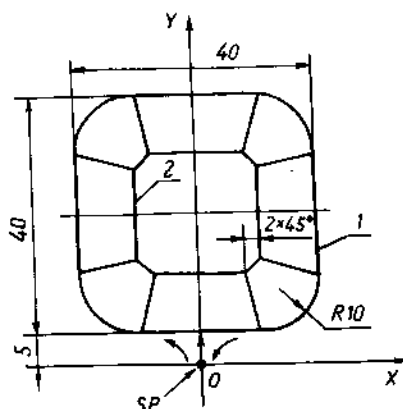
G01, G02 và G03 có thể được sử dụng độc lập với mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ trong sự phối hợp như bảng 9.9.

Bảng 9.9

Côngtọa trên mặt phẳng		Cú pháp câu lệnh của	
Hình học	Phụ	Mặt phẳng hình học	Mặt phẳng phụ
Đường thẳng	Đường thẳng	G01 X- Y-	[G01] U- V- +)
Đường thẳng	Cung tròn	G01 X- Y-	G02 U- V- K- L- hoặc G03 U- V- K- L-
Cung tròn	Đường thẳng	G02 X- Y- I- J- hoặc G03 X- Y- I- J-	G01 U- V-
Cung tròn	Đường thẳng	G02 X- Y- I- J- hoặc G03 X- Y- I- J-	[G02] U- V- K- L- hoặc ++) [G03] U- V- K- L-

Ghi chú: (+)G01 cuối cùng có thể bỏ đi

(+)Chỉ có thể trong cùng một chiều quay cho mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ, nghĩa là không thể cho G02 đối mặt với mặt phẳng hình học và G03 đối mặt với mặt phẳng phụ.



1. Mặt phẳng hình học
2. Mặt phẳng phụ
3. SP- Điểm xuất phát cắt dây

Hình 127. Ví dụ 1

1. Sự viết lệnh tuyệt đối hoặc gia số phụ thuộc G90 hoặc G91,
2. Nếu chỉ có một lệnh di chuyển của cả mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ thì mặt kia được dừng lại.
3. Trong gia số, các mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ được viết lệnh có để ý đến mỗi vị trí có trước.
4. Chức năng dịch chuyển kích thước dây cũng được sử dụng chung.
5. Trong các lệnh modal của G01, G02 và G03, mặt phẳng phụ (được thực hiện sau cùng) sẽ được duy trì.

6. Cũng có thể viết: G01 G03 X- Y- U- V- K- L-.

Trong trường hợp này, các mã G đầu tiên và tiếp theo được thực hiện như là lệnh này đối với lần lượt mặt phẳng hình học và mặt phẳng phụ.

Ví dụ 1 (hình 127):

Chương trình: G92 XO YO ZO I50. ;

G95 G91 G01 G41 G100 Y5. V15. ;

X-10. U-8. ;

G02 X-10. Y10. J10. G01 U-2. V2. ;

G01 Y20. V16. ;

G02 X10. Y10. I10. G01 U2. V2. ;

G01 X20. U16. ;

G02 X10. Y-10. J-10. G01 U2. V-2. ;

G01 Y-20. V-16. ;

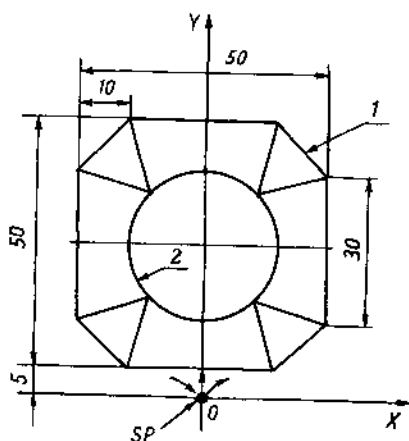
G02 X-10. Y-10. I-10. G01 U-2. V-2. ;

G01 X-10. U-8. ;

G40 G50 Y-5. ;

M30 ;

Ví dụ 2 (hình 128):



1. Mặt phẳng hình học
2. Mặt phẳng phụ
3. SP- Điểm xuất phát cắt dây

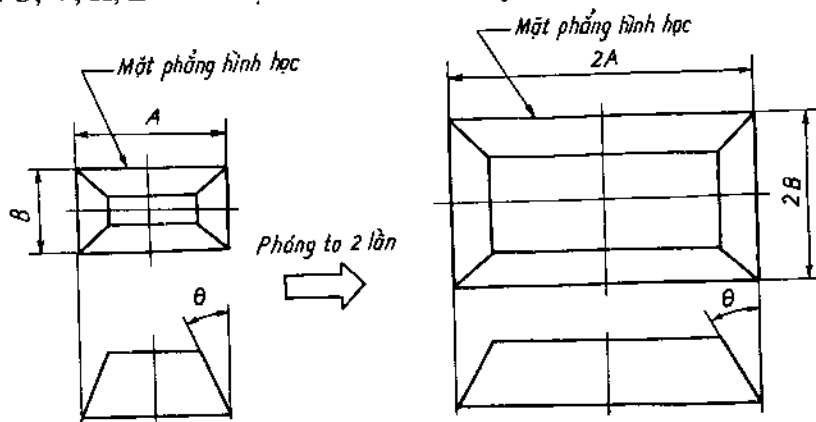
Hình 128. Ví dụ 2

Chương trình:

```
G92 XO YO ZO I50. ;
G95 G91 G01 G42 G100 Y5. V15. ;
G01 X15. G03 U10. 606607 V4. 3935 L15. ;
G01 X10. Y10. ;
G01 Y30. G03 UO V21..21 320 K-10.606507 L10. 606607 ;
G01 X-10. Y10. ;
G01 X-30. G03 U-21.21320 VO K-10.606607 L-10.606607 ;
G01 X-10. Y-10. ;
G10 Y-30.
G01 Y-30. G03 U0 V21.21320 K10.606607 L-10.606607 ;
G01 X10. Y-10.;
G01 X15. G03 U10.606607 V-4.3935 K10.606607 L10. 606607;
G40 G50 Y-5.;
M30;
```

c. Các xem xét trong khi gia công còn 4 trục với lệnh G100

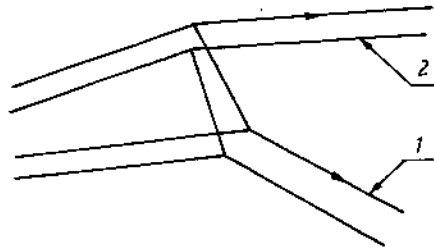
- 1- Sự viết lệnh của G51, G52 và T là không thể được ;
- 2- Sự viết lệnh của góc R và góc tự động R là không thể được.
- 3- Sự viết lệnh copy đổi chỗ và copy lùi về là không thể được.
4. Để gọi chương trình con, hãy viết lệnh với block đơn không có bất kỳ một lệnh di chuyển nào.
- 5- Sự phóng to hình không có giá trị đối với các lệnh vector tương đối của U, V, K, L và dữ liệu đầu vào chiều dày tấm (hình 129).



Hình 129. Các vector U, V và chiều dày tấm không chịu tác động của lệnh phóng to hai lần

Do đó, nếu được sử dụng, mặt phẳng hình học sẽ được phóng đại hoặc thu nhỏ phù hợp với sự biến đổi, tuy nhiên, góc còn vẫn giữ cố định (hình 129).

6- Việc sử dụng chung của các chức năng dịch chuyển kích thước dây là có thể được, cũng như khi gia công thẳng bình thường. Đối với các mặt phẳng phụ, chiều và giá trị dịch chuyển kích thước dây là chung (hình 130).



Hình 130. Sử dụng chung các chức năng dịch chuyển

1- Mặt phẳng hình học; 2- Mặt trụ

9.19. Một số chức năng G khác

- *Lệnh thay đổi giá trị dịch chuyển đường kính dây G10:*

Giá trị dịch chuyển để bù đường kính dây có thể được thay đổi trong chương trình.

Lệnh đối với dịch chuyển số P- và giá trị dịch chuyển là R- được viết sau lệnh G10.

G10 P- R- ; thay đổi giá trị dịch chuyển đường kính dây.

Ví dụ:

Thay đổi giá trị dịch chuyển số 14 từ 0,20mm lúc đầu, thành 0,25mm.

Nếu dùng G90 thì viết: G10 P14 R0.25 ;

Nếu dùng G91 thì viết: G10 P14 R0.05 ;

- *Hoán đổi hệ inch/ hệ mét G20, G21:*

Đặt đơn vị của số liệu bằng inch hay hệ mét. Để chọn đơn vị, viết lệnh bằng block đơn trước khi đặt hệ thống tọa độ ở đầu chương trình.

G20: số liệu bằng inch.

G21: số liệu hệ mét (mm).

Chú ý:

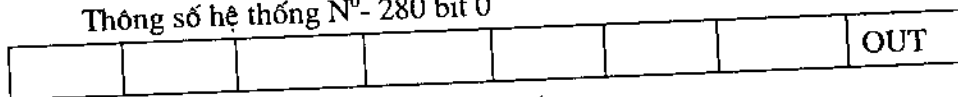
Không được thay đổi hệ đơn vị ở giữa chương trình vì có thể làm suy giảm độ chính xác gia công.

- *Chức năng kiểm tra cách thức lưu giữ G22, G23:*

Đây là chức năng cho dây không đi vào vùng đã đặt.

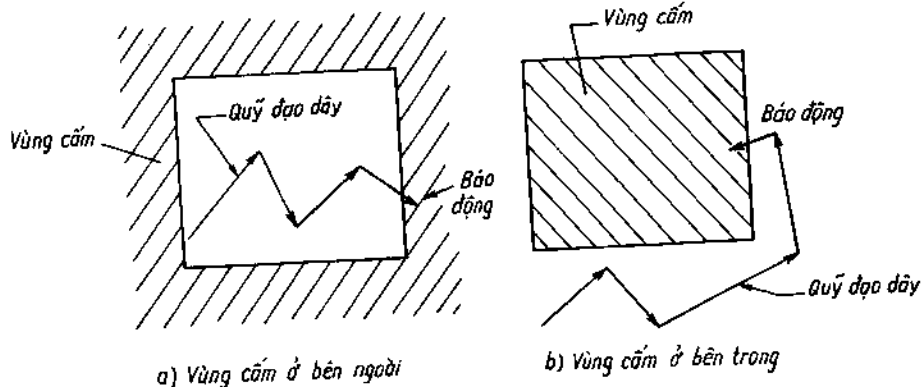
Ghi chú: Khi đặt tham số hệ thống, điều đó cũng có thể cho một vùng cấm ở bên trong.

Thông số hệ thống N⁰- 280 bit 0



OUT = 0: bên trong là một vùng cấm.

OUT = 1: bên ngoài là một vùng cấm (hình 131).



Hình 131. Vùng cấm

G22: Chức năng kiểm tra cách thức lưu giữ có hiệu lực (ON).

G23: Chức năng kiểm tra cách thức lưu giữ mất hiệu lực (OFF).

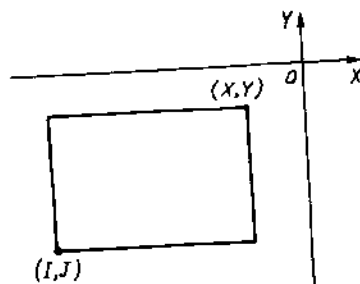
Khi dây đi vào vùng cấm thì sẽ xảy ra một sự gián đoạn báo động (N⁰- 6x2, 6x3 lệnh cách thức lưu giữ). Sử dụng phím RESET (đặt lại) sẽ giải toả điều kiện báo động và đẩy lùi về, ngược lại với hướng trước đó.

Để đặt vùng cấm, cho các tọa độ riêng của 2 điểm tạo ra 2 góc của vùng cấm hình chữ nhật.

G22 X- Y- I- J- ; vùng đặt, chức năng cách thức lưu giữ có hiệu lực.

Một điểm có tọa độ (X,Y) , điểm kia có tọa độ (I,J).

Ở đây, cần hiểu là $X < I$ và $Y < J$ (hình 132).



Hình 132. Đặt vùng cấm

Nếu $X > I$ và $Y > J$ thì không thỏa mãn và vùng cấm đã không được đặt đúng. Hơn nữa , ngay cả khi $X = I$ hoặc $Y = J$ trong cả 2 tọa độ thì cũng xảy ra một sự gián đoạn báo động.

- Chức năng kiểm tra quay lại điểm gốc: G27

Cách thể hiện lệnh:

G27 X- Y- U- Y- ; hoặc

G27 Z- ;

Sử dụng lệnh này để kiểm tra xem chức năng trở lại điểm gốc hoạt động có đúng hay không. Nếu trục được viết lệnh chuyển động từ nơi định vị với tốc độ nhanh và không quay lại tới điểm gốc của nó thì sẽ có một tín hiệu báo động. Sự thực hiện sẽ đến 5 trục đồng thời.

Ghi chú: sự kiểm tra này sẽ không xảy ra trong điều kiện khoá máy (MACHINE LOCK).

- Chức năng quay lại điểm gốc: G28

Cách thể hiện lệnh:

G28 X- Y- U- V- ; hoặc

G28 Z- ;

Khi sử dụng lệnh này, trục được viết lệnh sẽ chuyển động tới vị trí được viết lệnh (điểm trung gian) trong 1 lệnh tuyệt đối hoặc gia số, sau đó nó quay lại vị trí zêrô của máy (xem ghi chú 1).

Chuyển động xảy ra ở tốc độ nhanh. Sau khi đóng điện, đầu tiên tất cả các trục sẽ quay trở lại. Các trục không được viết lệnh sẽ không chuyển động. Để có sự tương hợp của các chương trình, thông thường chúng được coi là vị trí dịch chuyển zêrô. Khi tất cả các trục đã quay trở lại xong thì đèn chỉ thị sự quay trở lại zêrô sẽ sáng.

Ghi chú 1: Sự đặt tham số hệ thống cho phép sự quay trở lại đến vị trí dịch chuyển zêrô (số liệu phối bên ngoài).

Tham số N⁰-40 bit 5

		G28				
--	--	-----	--	--	--	--

G28 =0: quay trở lại đến số liệu máy.

G28=1 : quay trở lại đến số liệu phối bên ngoài.

Chức năng quay trở lại điểm gốc G29:

Cách thể hiện lệnh:

G29 X- Y- ; hoặc

G29 Z- ;

Với sự để ý đến giá trị đặt đối với X, Y, và Z sẽ vào số liệu một dịch chuyển từ G28 (quay trở lại điểm gốc) là 1 điểm trung gian trong 1 lệnh tuyệt đối hoặc gia số (hình 133)..

Ví dụ (hình 133).

G90

G28 X100. Y50 ;

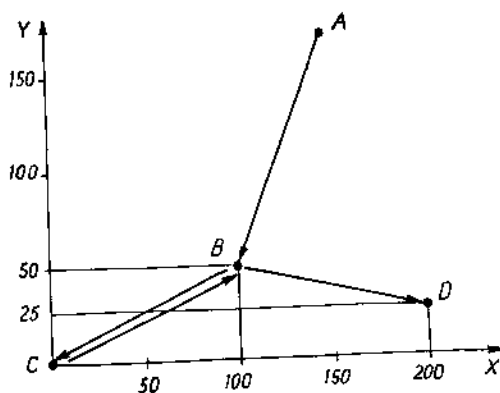
A → B → C

G29 X200. Y25 ;

C → B → D

Khi sử dụng lệnh nói trên, di chuyển tới vị trí được viết lệnh điểm trung gian G28 với hành trình nhanh (chuyển động tất cả các trục đồng thời).

Di chuyển của các trục tới các tọa độ được viết lệnh với địa chỉ X và Y từ điểm gốc qua điểm trung gian được viết lệnh bởi G28 (quay về điểm gốc). Sự di chuyển được thực hiện ở tốc độ định vị nhanh. Trước khi thực



Hình 133

hiện lệnh này, sự trở về điểm gốc phải được hoàn thành bởi G28, nếu không, sẽ xảy ra 1 gián đoạn báo động.

- Chức năng tự động ghép bán kính lượn R ở góc: G48, G49;

Đây là chức năng tự động làm một góc lượn R có bán kính nhất định ở góc của hình học được lập trình.

Cách thể hiện:

G48 ; tự động ghép R ở góc ON.

G49; tự động ghép R ở góc OFF.

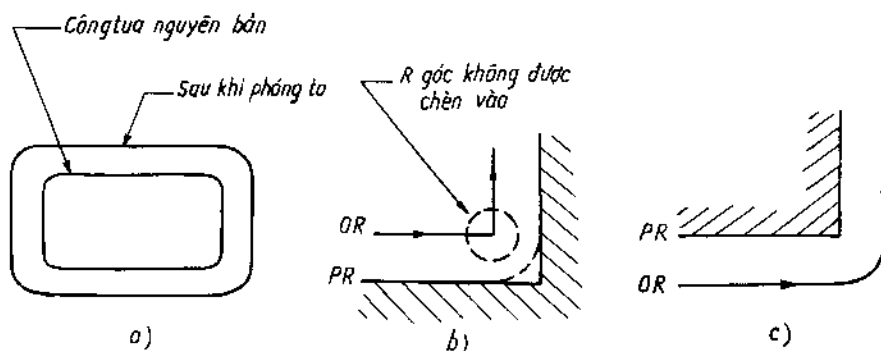
+ G48 và G49 nằm trong cùng một nhóm của mã G và là modal. Ở thời điểm đóng điện hoặc đặt lại, NC duy trì G49.

Sau khi viết lệnh G48, phương thức tự động ghép R ở góc được chọn, nghĩa là một cung tròn với giá trị bán kính được đặt tự động vào từng góc. Lệnh G48 nên sử dụng khi côngtua cắt có rất nhiều góc lượn có cùng một giá trị R.

Lệnh G49 xóa G48, nghĩa là thôi chọn ghép R ở góc tự động. Nếu góc nhỏ hơn 10° hoặc lớn hơn 179° thì R sẽ không thể được ghép vào. Một giá trị âm là không có đối với R. Tỷ lệ phóng to, thu nhỏ không có giá trị đối với R. Bán kính lượn R với một giá trị bán kính phải đặt đối với một hình đã được phóng to hoặc thu nhỏ (hình 134.a).

Ở góc trong, nếu chèn một bán kính lượn nhỏ hơn giá trị bán kính đặt thì góc lượn R sẽ không được ghép, ngay cả khi giá trị bán kính đã được đặt (hình 134.b).

Ở góc ngoài, nếu đặt giá trị bán kính $R = 0$ thì một bán kính chuyển tiếp ở góc ngoài vẫn được hình thành, ngay cả khi $R = 0$ (hình 134.c).



Hình 134. Bán kính lượn R

Khi cắt côn ở góc, hình dáng của R ở góc phụ thuộc vào thể thức modal G60/G61 (R góc là không đổi theo chiều cao phôi/ R góc thay đổi theo chiều cao phôi). Sử dụng một tham số H kèm theo 3 con số có tính chất thứ tự để đặt giá trị góc lượn R.

Ví dụ:

H 000 = 5.0 nghĩa là $R = 5\text{mm}$.

H001 = 6.0 $R = 6\text{mm}$.

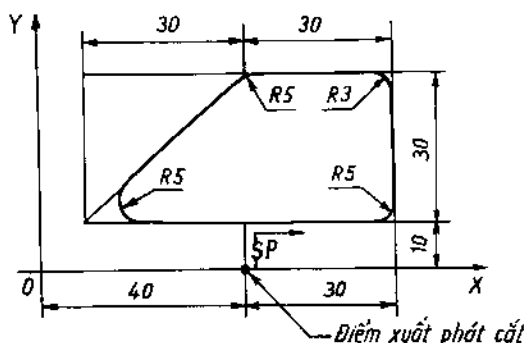
Trong ví dụ ở hình 135, trong số 4 góc lượn thì có tới 3 góc lượn có giá trị $R = 5$, vì vậy nên dùng lệnh G48 để ghép tự động $R = 5$ cho 3 góc đó. Góc lượn còn lại $R = 3$ lập trình bằng 1 block riêng.

Chương trình đơn giản đối với việc tự động ghép góc lượn $R = 5$ được thực hiện nhờ đặt tham số H000 = 5.0.

G92 X40. YO

G93 G42 G91 G01 Y10. ;

G48 X30 ;
 Y30. R3. ;
 X-30.
 X-30. Y-30.
 X30. ;
 G49. ;
 G40 Y-10;
 M02;



Hình 135. Đặt giá trị các góc lượn.

- Việc sử dụng các lệnh G41, G42 với sự thay đổi giá trị dịch chuyển đường kính dây:

Ở mục 9.6 đã trình bày các lệnh dịch chuyển đường kính dây G41 và G42 được thể hiện dưới dạng viết lệnh: G 41 D- ;

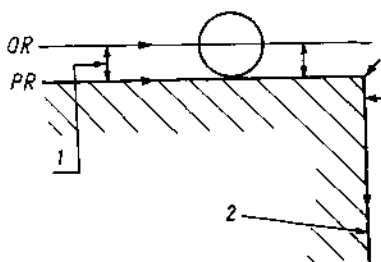
G 42 D- ;

Trong đó D là 1 mã số viết kèm với một số thứ tự từ 01, 02 đến 199.

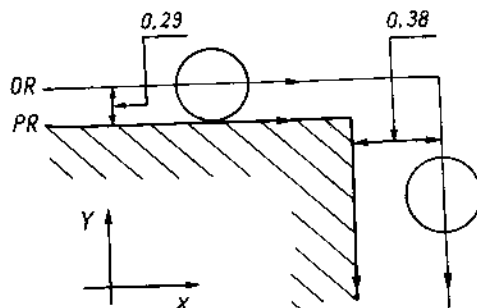
Trong mỗi block của chương trình có một giá trị dịch chuyển cố định. Khi cắt một côngtua, không nhất thiết phải có cùng một giá trị dịch chuyển đường kính dây cho toàn bộ côngtua.

Giá trị dịch chuyển đường kính dây có thể thay đổi từ đoạn này sang đoạn khác của côngtua. Vấn đề là điều đó được thực hiện như thế nào trong một chương trình.

Có thể xảy ra 2 trường hợp như sau:



Hình 136



Hình 137

+ Khi block viết lệnh dịch chuyển đường kính dây và block trước đó

giao nhau (góc giao nhau lớn hơn 1°) thì điểm xuất phát của block viết lệnh (tức từ điểm giao nhau đó trở đi) sẽ có giá trị dịch chuyển mới (hình 136).

Ví dụ:

Đặt trước các giá trị dịch chuyển đường kính dây cho hai đoạn kế tiếp nhau của côngtua.

$D01 = 0,29 \text{ mm}$

$D02 = 0,38 \text{ mm}$.

Hai đoạn này của côngtua giao nhau dưới góc 90° (hình 137).

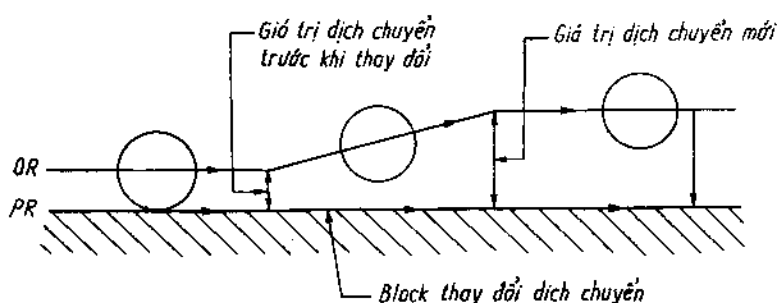
Chương trình có thể hiện sự thay đổi của giá trị dịch chuyển từ 0,29mm đến 0,38mm được viết như sau:

G41 D01 G01 X5.0 ;

G02 X10.0 ;

D02 Y-5.0 ;

+ Khi cả 2 chuyển động của 1 block viết lệnh dịch chuyển đường kính dây và của block trước đó là tiếp tuyến với nhau (hoặc thẳng hàng) thì giá trị dịch chuyển mới đều được dùng đến ở các điểm xuất phát và điểm cuối của block viết giá trị dịch chuyển một cách tuần tự. Ở những điểm trung gian thì giá trị dịch chuyển tăng hoặc giảm dần dần (hình 138).

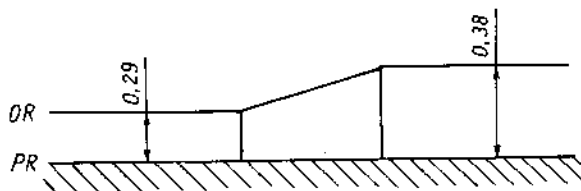


Hình 138.

Ví dụ: Cũng với
các giá trị dịch chuyển
D01 = 29mm

D02 = 0,38 mm

Nhưng 2 block kế
tiếp nhau thẳng hàng
(hình 139).



Hình 139

Chương trình được viết như sau:

G41 D01 G01 X5.0 ;

.

.

G01 X10.0 ;

D02 X5.0 ;

X6.0

Ghi chú: Block có nội suy cung tròn không cho phép thay đổi giá trị
dịch chuyển đường kính dây.

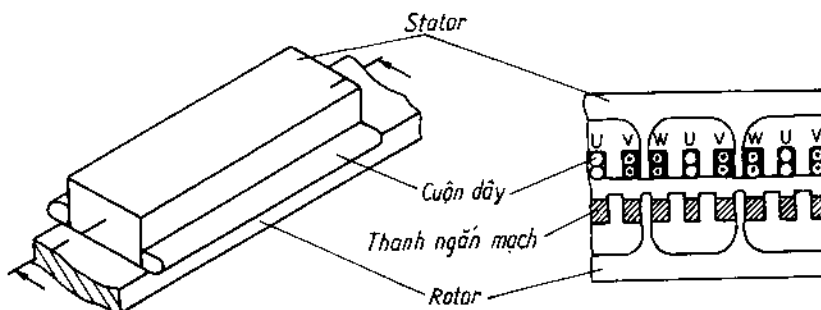
Chương 10

CÁC MÁY GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN THỂ HỆ MỚI VỚI ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH

10.1. Khái niệm

Trong những năm đầu thế kỷ 21, một thế hệ mới các máy gia công tia lửa điện đã bắt đầu xuất hiện trên thị trường máy công cụ thế giới. Đó là các máy gia công EDM có gắn các động cơ tuyến tính (Linear Motor) cho các bàn trượt và đầu điện cực.

Trước hết, cần biết những nét cơ bản về động cơ tuyến tính. Động cơ tuyến tính là loại động cơ phẳng, thực hiện chuyển động tịnh tiến trực tiếp. Nó được coi như là sự bỏ dọc một động cơ điện thông thường theo một mặt phẳng đi qua trục động cơ, sau đó trải cả rôtor và stator dạng hình trụ ra một mặt phẳng. Kết quả là có được một động cơ điện với stator phẳng và rôtor phẳng nằm đối diện với nhau qua một khe hở hẹp. stator và rôtor này cũng gồm các cuộn dây và các thanh ngắn mạch, tương tự như các cuộn dây và các vòng ngắn mạch ở động cơ quay thông thường. Sơ đồ nguyên lý của động cơ tuyến tính được cho ở hình 140.



Hình 140. Sơ đồ nguyên lý của động cơ tuyến tính

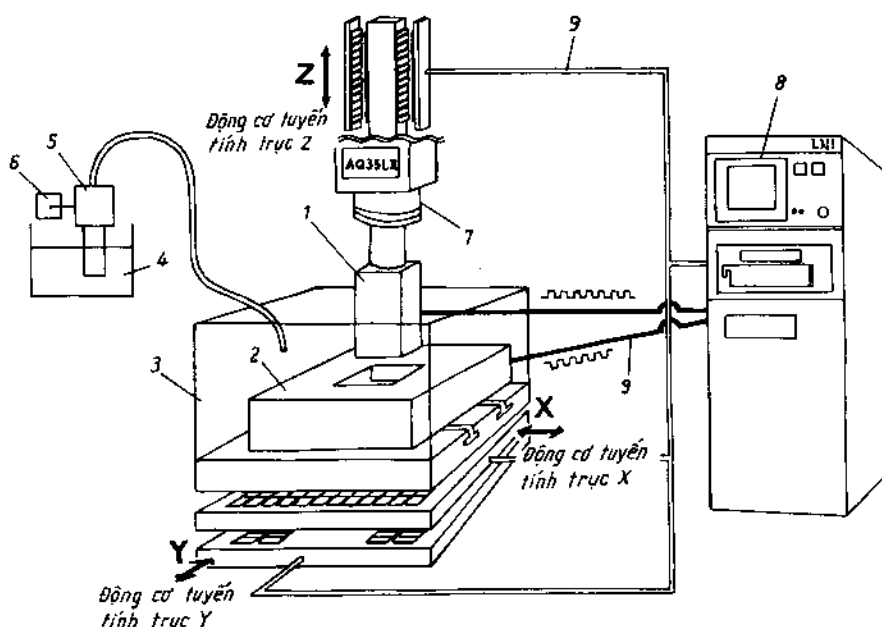
Khi có điện lập tức xuất hiện chuyển động tịnh tiến thẳng tương đối giữa rôtor và stator. Nếu lắp động cơ tuyến tính vào các bàn trượt hoặc đầu gia công của máy công cụ thì sẽ tạo được chuyển động tịnh tiến thẳng của các bộ phận đó, thay thế cho cơ cấu vít me - đai ốc lăn ở các máy công cụ CNC, với độ khác biệt vượt trội về tốc độ tịnh tiến và gia tốc dịch chuyển tịnh tiến cùng nhiều tính năng khác.

Dù đã được phát minh cách đây 50 năm nhưng chỉ khoảng 10 năm gần đây động cơ tuyến tính mới được áp dụng có hiệu quả cao vào các

máy công cụ, do các tiến bộ của kỹ thuật điều khiển, trong đó có các máy cắt gọt kim loại của công nghệ cắt cao tốc HSC (High Speed Cutting) và các máy gia công tia lửa điện thể hệ mới.

10.2. Ưu điểm của các máy gia công tia lửa điện thể hệ mới sử dụng động cơ tuyến tính.

Sơ đồ cấu tạo một máy xung định hình thể hệ mới được cho ở hình 141.



Hình 141. Nguyên lý máy xung định hình với 3 động cơ tuyến tính X, Y, Z

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Điện cực | 5. Bơm |
| 2. Phôi | 6. Động cơ bơm |
| 3. Thùng điện môi gia công | 7. Trục C/R |
| 4. Dung dịch điện môi | 8. Hệ điều khiển CNC và tủ điện |
| | 9. Cấp điện |

Các bàn trượt X và Y của máy cùng với đầu trượt trục thẳng đứng Z mang điện cực đã được đổi mới hoàn toàn: các bộ truyền động vít me - đai ốc lăn trên các trục X, Y và Z đã được thay thế bởi các động cơ tuyến tính trục X, động cơ tuyến tính trục Y và động cơ tuyến tính trục Z. Hệ thống điều khiển chuyển động cũng được đổi mới hoàn toàn với mục đích

điều khiển các chuyển động tịnh tiến trực tiếp của các bàn trượt và đầu máy mang điện cực.

Máy EDM xung định hình sử dụng động cơ tuyến tính có những ưu điểm cơ bản sau:

- Các bàn trượt X, Y và đầu trượt của máy trên trục Z không phải tải theo các khối lượng phụ không mong muốn của các bộ truyền vít me - đai ốc lăn.

- Không phải chịu lực ma sát của truyền động vít me - đai ốc lăn.

- Hành trình chuyển động các bàn trượt không bị hạn chế do không phải dùng bộ truyền vít me - đai ốc lăn.

- Không bị giới hạn về động lực học điều khiển.

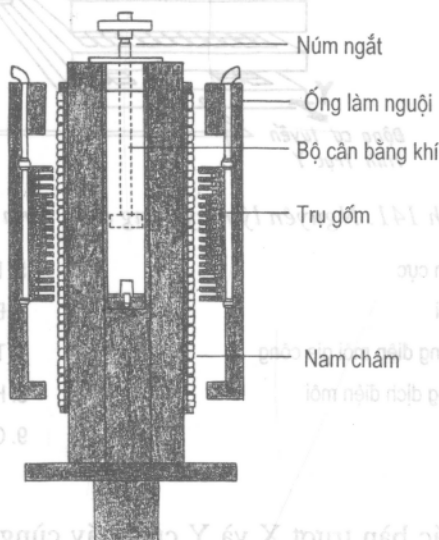
- Tốc độ tịnh tiến có thể tăng tới hàng chục m/ph.

- Gia tốc tịnh tiến có thể đạt tới 50m/s^2 .

- Không có sự trễ trong điều khiển chuyển động.

Hiện nay kỹ thuật điều khiển đã cho phép thực hiện chuyển động tịnh tiến bàn trượt X, Y tới bất kỳ điểm đích mong muốn nào với tốc độ dịch chuyển cho trước để thực hiện gia công xung định hình có điều khiển côngtua giống như khi phay bằng dao phay ngón. Trường hợp này được gọi là "gia công xung định hình - phay" (EDM - Milling). Khi đó chỉ dùng 1 điện cực hình trụ đơn giản cũng gia công được một côngtua phức tạp.

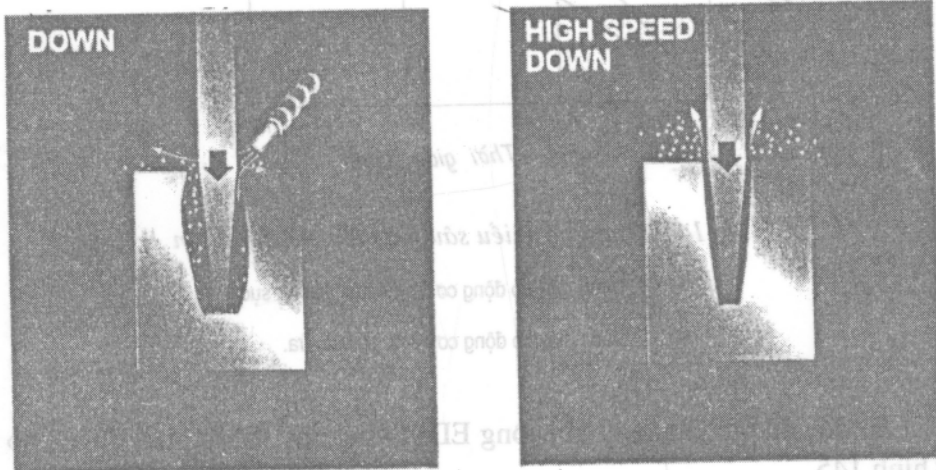
Điện cực được lắp trên đầu trượt của động cơ tuyến tính trục Z. Cấu tạo của đầu trượt Z được cho ở hình 142.



Hình 142. Cấu tạo của đầu trượt Z

Trong trường hợp gia công hốc sâu, đòi hỏi hình dáng hốc chính xác cao thì chỉ có máy xung định hình thể hệ mới, có chuyển động tịnh tiến lên xuống với tốc độ cao theo trục Z mới đảm bảo được. Lý do là chuyển động điện cực lên xuống với tốc độ cao sẽ tạo ra hiệu ứng của một cái bơm hút - đẩy, làm cho các phôi nhỏ li ti ở khe hở thành hốc dễ thoát ra ngoài mà không cần có vòi súc rửa (hình 143, b)

Ở các máy xung định hình loại thông thường, dùng cơ cấu vít me - đai ốc lăn, điện cực tịnh tiến lên xuống chậm, đồng thời phải dùng vòi súc rửa đưa dung dịch điện môi vào khe hở thành lỗ. Điều đó tạo ra áp lực, các phôi li ti sẽ làm biến dạng thành lỗ gia công (hình 143, a).



a) b)
Hình 143: Xung định hình hốc sâu

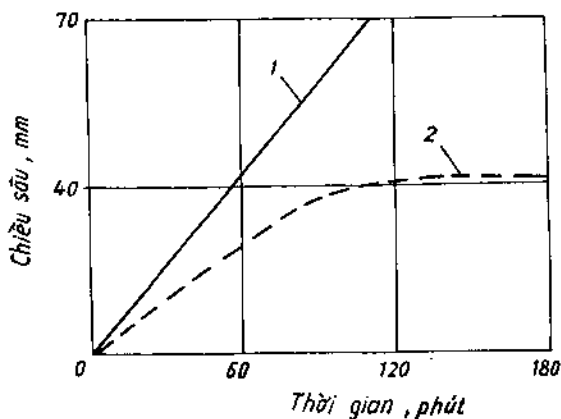
a) Với động cơ quay (dòng súc rửa làm biến dạng hốc).

b) Với động cơ tuyến tính (không cần súc rửa, tác dụng bơm).

Động cơ tuyến tính trục Z mang điện cực (hình 142) có trục trượt bằng vật liệu gốm để giảm biến dạng nhiệt (chỉ bằng 1/3 biến dạng nhiệt của gang đúc) và giảm khối lượng chuyển động (chỉ bằng 1/2 khối lượng của gang đúc). Đồng thời vật liệu gốm có độ cách điện cao giúp nâng cao hiệu suất phóng tia lửa điện cho điện cực. Nhờ sử dụng động cơ tuyến tính nên loại trừ được hoàn toàn các tiếng ồn do ma sát và do rung động gây ra. So với các máy truyền thống thì các máy gia công tia lửa điện sử dụng động cơ tuyến tính giảm được 60% tiêu hao năng lượng.

Khi gia công thô, chiều sâu gia công xung định hình ở máy dùng động cơ tuyến tính gần như tỷ lệ thuận với thời gian gia công (hình 144,

đường nét liền) trong khi đó, chiều sâu gia công xung định hình ở máy dùng động cơ truyền thống tăng với tốc độ rất chậm theo thời gian (hình 144 đường nét đứt).



Hình 144. Quan hệ chiều sâu gia công và thời gian

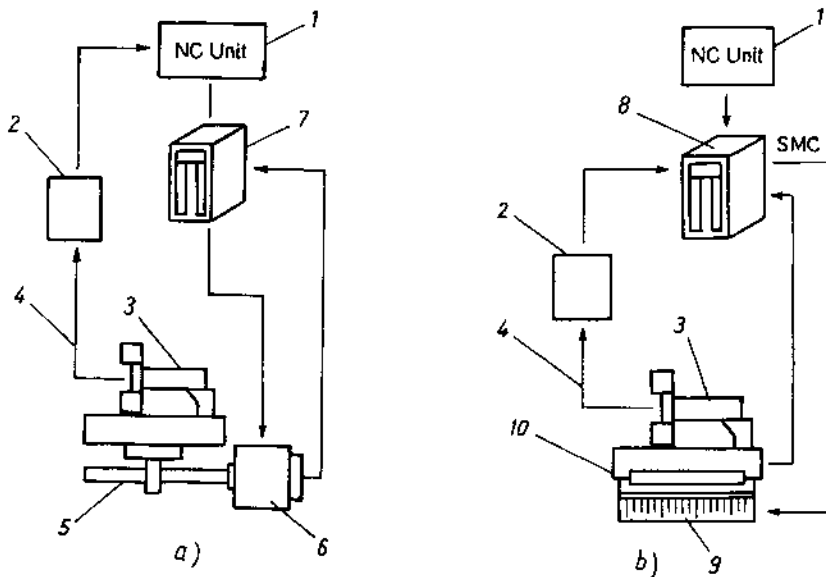
1. Dùng máy có động cơ tuyến tính, không súc rửa.
2. Dùng máy có động cơ quay, có súc rửa.

Sơ đồ cấu tạo của máy gia công EDM - cắt dây thể hệ mới được cho ở hình 145.

Các bàn trượt X, Y của máy được lắp động cơ tuyến tính. Máy được trang bị một bộ điều khiển chuyển động mới đảm bảo lập trình chính xác các côngtua cắt.

Hệ thống servô ở máy cắt dây EDM sử dụng động cơ tuyến tính có khả năng ngăn ngừa hiện tượng ngắn mạch và đảm bảo thường xuyên duy trì chế độ gia công ổn định.

Khi cắt dây ở các máy EDM loại thông thường nếu cắt phôi có chiều dày thay đổi thì ảnh hưởng xấu đến điều kiện cắt. Ngược lại, máy EDM cắt dây sử dụng động cơ tuyến tính đảm bảo khả năng cắt tối đa mọi dạng phôi có chiều dày khác nhau, nhờ hệ thống servô hoàn hảo của máy. Máy cắt dây dùng động cơ tuyến tính có thể đạt được độ nhám R_y của bề mặt cắt tinh $\leq 3\mu\text{m}$ (xem hình 146).



Hình 145. Sơ đồ các hệ điều khiển chuyển động ở máy cắt dây.

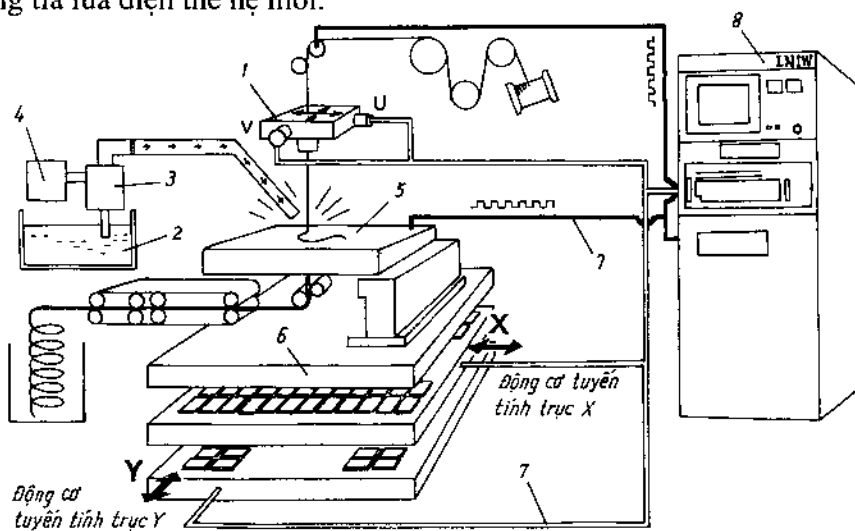
- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Bộ điều khiển CNC | 6. Máy đo vòng quay (Encoder) |
| 2. Nhận biết khe hở phóng điện | 7. Động cơ quay bộ điều khiển chuyển động SMC |
| 3. Phôi | 8. Động cơ tuyến tính |
| 4. Điện cực dây | 9. Thước đo hành trình |
| 5. Vít me - đai ốc lăn | 10. Bàn máy |

Ở các máy cắt dây loại thông thường, bộ điều khiển NC của máy điều khiển khe hở phóng điện thông qua máy đo tốc độ vòng quay (Encoder) của bộ vít me/ đai ốc lăn.

Ở máy cắt dây dùng động cơ tuyến tính, do không có bộ vít me/ đai ốc lăn nên không có sai số chuyển động chiều trục. Ở máy dùng động cơ tuyến tính, hệ điều khiển trực tiếp điều khiển động cơ tuyến tính nên loại trừ sự trễ do khe hở của bộ truyền động. Hệ điều khiển này giúp máy đạt độ chính xác gia công rất cao. Dễ dàng thấy sự khác nhau giữa hệ điều khiển chuyển động của máy cắt dây thông thường (hình 145, a) và hệ điều khiển chuyển động của máy cắt dây dùng động cơ tuyến tính (hình 145b).

Hãng SODICK của Nhật Bản là một trong những nhà sản xuất hàng đầu thế giới trong lĩnh vực xuất khẩu các máy xung định hình và cắt dây

thế hệ mới sử dụng động cơ tuyến tính. Giá bán các loại máy này hiện nay không phải là quá cao. Ví dụ, một máy gia công EDM xung định hình sử dụng động cơ tuyến tính của hãng SODICK, kiểu AQ35L với cỡ bàn máy 600 x 400mm giá khoảng 130.000 USD. Hãng SODICK cũng đặt tại Băng Cốc Thái Lan một nhà máy lớn chuyên sản xuất các máy gia công tia lửa điện thế hệ mới.



Hình 146. Sơ đồ máy cắt dây sử dụng động cơ tuyến tính ở các bàn trượt X và Y

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1- Bàn phụ để cất cùn | 5- Phôi |
| 2- Bể dung dịch | 6- Bàn máy |
| 3- Bơm | 7- Cáp điện |
| 4- Động cơ chạy bơm | 8- Hệ điều khiển CNC và tủ điện |

Hình 146 mô tả cấu tạo của một máy cắt dây thế hệ mới với các động cơ tuyến tính được lắp ở bàn trượt X và bàn trượt Y. Sơ đồ này được áp dụng cho máy cắt dây AQ35 của hãng SODICK. Với sơ đồ này, độ chính xác gia công tăng đáng kể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Eric L.J. Bohez,
Computer control of manufacturing I
AIT Bangkok, 1995.
2. Thomas Boetzel,
Die Technologie der Funkenerosion.
MAHO - Germany, 1990
3. CNC Die - Sinking made easy, DECKEL - Self Study Manual.
Munich, Germany, 1987
4. HITACHI- EDM Machine Model Q - Series,
Instruction manual, Kanagawa, Japan.
5. Vũ Hoài Ân,
Nền sản xuất CNC và các hệ thống CAM
IMI, Hà Nội 2/1996
6. Vũ Hoài Ân,
Thực trạng và triển vọng áp dụng công nghệ CNC ở Việt Nam. Báo cáo tại hội thảo quốc gia " Công nghệ phục vụ phát triển - Liên hệ Việt Nam"
Hà Nội 26-28/02/96.
7. CNC controlled electro- Discharge Machines - for Up - to - Date
Production: The E Range HS. 300E, HS. 500, MAHO - Germany.
8. W. Philipp, Stuttgart
Linear - Directantriebe hoher Genauigkeit und Dynamik,
Konstruktion 43 (1991)
9. Linear Motor Driver High Speed EDM
Sodick total Manufacturing Solution, Japan , 2001

MỤC LỤC

Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN

1.1. Sự xuất hiện của một công nghệ mới.	5
1.2. Đặc điểm của gia công tia lửa điện:.....	5
1.3. Sự tiến bộ của các máy gia công tia lửa điện	7
1.4. Thị trường máy gia công tia lửa điện trên thế giới:.....	8
1.5. Sơ đồ một máy xung định hình:	9

Chương 2: CƠ SỞ CÔNG NGHỆ GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN

2.1. Bản chất vật lý của quá trình phóng tia lửa điện.....	11
2.2. Cơ cấu tách vật liệu	14
2.3. Đặc tính về điện của sự phóng tia lửa điện.....	15
2.4. Lượng hút vật liệu	17
2.5. Chất lượng bề mặt khi gia công tia lửa điện.....	18
2.6. Độ chính xác tạo hình khi gia công tia lửa điện	20
2.7. Sự mòn điện cực.....	22
2.8. Các hiện tượng xấu khi gia công tia lửa điện	23
2.9. Cách tránh các lỗi trong quá trình xung định hình	26

Chương 3: CÁC THÔNG SỐ ĐIỀU CHỈNH XUNG ĐỊNH HÌNH

3.1. Dòng phóng tia lửa điện, bước dòng điện	30
3.2. Độ kéo dài xung t_1	31
3.3. Khoảng cách xung t_0	33
3.4. Điện áp đánh lửa U_z	34
3.5. Khe hở phóng điện	34
3.6. Yếu tố điều chỉnh tham khảo REP.....	36
3.7. Độ nhạy cảm điều khiển khe hở VM.....	38
3.8. "Sự phóng điện nốt". Khi kết thúc gia công ERE	39

Chương 4: CHẤT ĐIỆN MÔI VÀ HỆ THỐNG DÒNG CHẢY

4.1. Các nhiệm vụ của chất điện môi.....	41
4.2. Các loại chất điện môi và tiêu chuẩn đánh giá chúng	42
4.3. Các loại dòng chảy chất điện môi.....	46
4.4. Các lỗi của dòng chảy	50

4.5. Dòng chảy được lập trình SPL	50
4.6. ảnh hưởng chung của chất điện môi liên kết quả gia công.....	51
4.7. Hệ thống lọc chất điện môi	51

Chương 5: ĐIỆN CỰC VÀ VẬT LIỆU ĐIỆN CỰC

5.1. Yêu cầu của vật liệu điện cực.....	54
5.2. Các loại vật liệu điện cực.....	54
5.3. Quy trình chế tạo vật liệu graphit.....	60
5.4. Kích thước điện cực	62
5.5. Gia công xung định hình nhiều giai đoạn	63
5.6. Gia công xung định hình với chức năng hành tinh.....	64
5.7. Đánh bóng bằng gia công xung định hình.....	69
5.8. Gia công xung định hình theo côngtua	71
5.9. Xác định các khe hở phóng điện	72
5.10. Bề mặt điện cực phía trước	73
5.11. Các sai số hình học khi gia công xung định hình.....	75
5.12. Sự gia công phối hợp của xung định hình và siêu âm	77

Chương 6: MÁY XUNG ĐỊNH HÌNH - CNC

6.1. Sự làm việc của máy xung định hình CNC	79
6.2. Các yêu cầu đối với máy xung định hình CNC	80
6.3. Người vận hành máy và hệ thống điều khiển	83
6.4. Cấu trúc hệ thống CNC của máy xung định hình	83
6.5. Hệ thống điều khiển CNC EROCOM - 20 (HEIDENHAIN)	85

Chương 7: CƠ SỞ HÌNH HỌC VÀ CƠ SỞ LẬP TRÌNH CNC KHI GIA CÔNG XUNG ĐỊNH HÌNH

7.1. Các khái niệm ban đầu.....	88
7.2. Tọa độ C	93
7.3. Cơ sở lập trình	95
7.4. Ngôn ngữ lập trình	96
7.5. Trình tự lập trình.....	97
7.6. Sự lập trình của các máy gia công tia lửa điện CNC.....	102
7.7. Gia công xung định hình vật liệu gốm	103

Chương 8: GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN CẮT DÂY

8.1. Công dụng của gia công tia lửa điện cắt dây.....	105
---	-----

8.2. Cấu hình trục cho máy cắt dây:	107
8.3. Sự thực hiện quá trình cắt dây	108
8.4. Các loại dây điện cực:	108
8.5. Sự thoát phoi khi cắt dây	109
8.6. Các sai số cố hữu của profin khi cắt dây	110
8.7. Điều khiển liên hệ ngược khi cắt dây	112
8.8. Nhám bề mặt khi cắt dây	112
8.9. Sự phối hợp của máy cắt dây trong môi trường CIM.....	113
8.10. So sánh cắt dây với các phương pháp cắt không truyền thống khác	114

Chương 9: LẬP TRÌNH CNC GIA CÔNG CẮT DÂY

9.1. Các loại chương trình.....	116
9.2. Các trục điều khiển và hệ tọa độ	117
9.3. Các chức năng G	120
9.4. Các chức năng bổ sung M.....	122
9.5. Nhóm các lệnh dịch chuyển mã G.....	123
9.6. Các lệnh dịch chuyển đường kính G41/ G42	125
9.7. Mô tả chi tiết sự dịch chuyển đường kính dây	126
9.8 Các phép copy chuyển vị	132
9.9. Các lệnh định vị tự động: G110, G111, G 112 và G113	137
9.10. Các chức năng M.....	142
9.11. Chọn các hệ tọa độ: G53, G53.1 và G54.0 - G59.3	144
9.12. Sự đặt tọa độ : G12, G192 ; Sự viết lệnh chiều cao.....	147
9.13. Các lệnh cắt côn G51, G52/G50.....	150
9.14. Các chuyển động khi gia công cắt dây, góc côn	152
9.15. Gia công côn có góc lượn G60, G61.....	155
9.16. Gia công côn sử dụng một vectơ tương đối U và V.....	162
9.17. Gia công côn 4 trục: (phương thức HF).....	166
9.18. Gia công côn 4 trục hoàn toàn độc lập. Lệnh G100 (phương thức HITACHI)	170
9.19. Một số chức năng G khác.....	174

Chương 10: CÁC MÁY GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN THỂ HỆ MỚI VỚI ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH

10.1. Khái niệm.....	182
10.2. Ưu điểm của các máy gia công tia lửa điện thể hệ mới sử dụng động cơ tuyến tính.	183

205015



Giá: 26 000^d