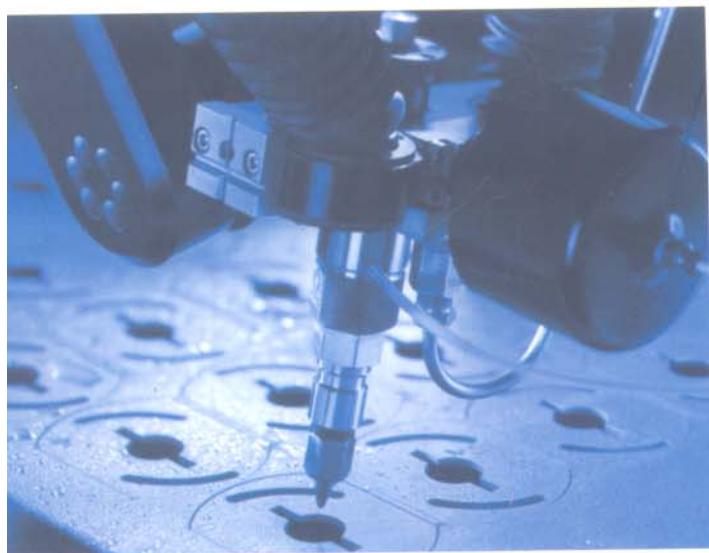


TS. NGUYỄN QUỐC TUẤN - Chủ biên
TS. VŨ NGỌC PI, TS. NGUYỄN VĂN HÙNG



CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG TIÊN TIẾN



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. NGUYỄN QUỐC TUẤN - CHỦ BIÊN
TS. VŨ NGỌC PI, TS. NGUYỄN VĂN HÙNG

CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG TIÊN TIẾN



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2009

LỜI NÓI ĐẦU

Sự phát triển của khoa học kỹ thuật gắn liền với sự ra đời của các vật liệu mới với những ưu điểm nổi bật như do bền, độ cứng cao, chịu nhiệt, chịu mài mòn tốt, chịu được các loại hoá chất v.v. Những đặc điểm quý báu kể trên là lý do để các loại vật liệu mới được sử dụng ngày càng rộng rãi trong các ngành công nghiệp cũng như trong dân dụng. Tuy nhiên, các đặc điểm này của vật liệu mới cũng làm cho chúng trở nên rất khó hoặc thậm chí không thể gia công được bằng các phương pháp gia công truyền thống như tiện, phay, mài v.v.. Vì lý do đó, bên cạnh việc nghiên cứu nâng cao hiệu quả các phương pháp gia công truyền thống, các nhà khoa học đã tập trung nghiên cứu ứng dụng những thành tựu khoa học về cơ học, điện tử, hoá học cũng như của các ngành khoa học khác để tìm ra các phương pháp gia công hiệu quả những vật liệu mới. Các phương pháp gia công mới này được gọi là các phương pháp gia công tiên tiến hay các phương pháp gia công không truyền thống.

Tài liệu này được biên soạn để phục vụ việc học tập và giảng dạy cho học viên cao học ngành Cơ khí tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên. Ngoài mục đích giảng dạy, tài liệu nham cung cấp cho kỹ sư, cán bộ kỹ thuật ngành cơ khí cũng như các ngành khác những kiến thức cơ bản về các phương pháp gia công tiên tiến.

Tài liệu này gồm 13 chương và được chia làm bốn phần chính, bao gồm:

- Phần I: Các phương pháp gia công cơ;

- Phần II: Các phương pháp gia công nhiệt;
- Phần III: Các phương pháp gia công điện;
- Phần IV: Các phương pháp gia công hoá.

Chúng tôi mong nhận được các ý kiến đóng góp của bạn đọc cho cuốn sách này. Mọi ý kiến xin gửi về Khoa Cơ khí Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên, Đường 3/2 Thành phố Thái Nguyên.

Các tác giả

GIỚI THIỆU

Trong thực tế, mỗi bề mặt cần gia công như mặt phẳng, mặt trụ, mặt cầu, mặt ren... có thể được tạo bằng nhiều phương pháp gia công khác nhau. Gia công có thể phân ra gia công có phoi (tiện, phay, bào v.v...) hoặc gia công không phoi (nong, ép, đập v.v...). Gia công có thể phân ra gia công thô, gia công bán tinh hoặc tinh tùy theo mức độ chính xác yêu cầu. Bên cạnh đó, các phương pháp gia công còn được phân ra thành các phương pháp gia công truyền thống và gia công không truyền thống.

Các phương pháp gia công truyền thống là các phương pháp gia công sử dụng các dụng cụ có độ cứng cao hơn độ cứng của chi tiết gia công (hay phôi) để bóc tách vật liệu [1]. Thêm vào đó, ở gia công truyền thống, để tạo hình bề mặt cần có một quan hệ thích hợp giữa chuyển động của dụng cụ và chi tiết gia công. Các phương pháp gia công truyền thống bao gồm tiện, phay, bào, khoan, doa, các phương pháp mài (mài tròn trong và ngoài, mài khôn, mài nghiền...), các phương pháp cắt răng (phay lăn răng, xọc răng...) v.v...

Sự phát triển không ngừng và nhanh chóng của kỹ thuật vật liệu nhằm đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của các máy móc, thiết bị hiện đại đã tạo nên nhiều loại vật liệu mới như polymer có độ bền cao, composit carbid, composit ceramic v.v... Các loại vật liệu mới này có các thuộc tính cơ học, hoá học và nhiệt học rất tốt như độ cứng cao, độ bền cao, độ chịu nhiệt cao v.v... Tuy nhiên, nhiều loại vật liệu mới rất khó hoặc không thể gia công được bằng các phương pháp gia công truyền thống. Để đáp ứng nhu cầu gia

công hiệu quả các vật liệu mới này, các phương pháp gia công không truyền thống (còn gọi là các phương pháp gia công tiên tiến) đã ra đời và phát triển.

Tùy theo dạng năng lượng được sử dụng, các phương pháp gia công tiên tiến được phân thành bốn nhóm bao gồm: gia công cơ, nhiệt, điện và hoá [2]. Bảng 0.1 liệt kê các phương pháp thuộc một trong các lĩnh vực trên.

Bảng 0.1: Các phương pháp gia công không truyền thống

Cơ	Nhiệt	Điện	Hoá
Gia công bằng tia hạt mài	Gia công xung điện	Gia công điện hoá	Phay hoá
Gia công bằng tia nước	Gia công bằng chùm tia điện tử	Mài điện hoá	Gia công quang hoá
Gia công bằng tia nước có hạt mài	Gia công laze	Mài xung điện hoá	Đánh bóng điện hoá
Gia công bằng siêu âm	Gia công bằng tia plasma	Gia công điện phân qua ống hình	

-Phương pháp cơ: Các dạng gia công của phương pháp này sử dụng trực tiếp tác động cơ học của các hạt mài để bóc tách vật liệu. Các phương pháp cơ thường được áp dụng với các vật liệu khó gia công bằng các kỹ thuật truyền thống do độ cứng, độ bền hay tính giòn của chúng cao. Các loại gốm, composit hay vật liệu hữu cơ là những loại đặc biệt thích hợp cho các phương pháp gia công này vì phần lớn các vật liệu này không dẫn điện (một

yêu cầu bắt buộc để có thể gia công bằng điện) và chúng có thể bị phá huỷ khi bị cháy, hoá than hay nứt gãy khi gia công bằng nhiệt.

-Phương pháp nhiệt : Các thiết bị gia công bằng phương pháp nhiệt có thể coi là được ưa chuộng nhất trong thị trường thiết bị gia công không truyền thống. Các phương pháp nhiệt nói chung không bị ảnh hưởng bởi cơ tính của vật liệu gia công do đó chúng thường được áp dụng cho các vật liệu đặc biệt cứng hoặc mềm. Các nguồn năng lượng để gia công theo phương pháp này rất đa dạng (điện tử, photon, xung điện, quang...). Vì cơ chế bóc tách vật liệu là cơ chế nhiệt nên cần chú ý là chi tiết gia công có thể bị ảnh hưởng vì nhiệt.

-Phương pháp điện : Sử dụng khi gia công các vật liệu dẫn điện. Các vật liệu khó gia công bằng các phương pháp thông thường chiếm tỷ lệ lớn trong việc áp dụng phương pháp này. Tuy nhiên, có khá nhiều các phương pháp điện có thể lựa chọn vì các phương pháp này có khả năng tạo ra các bề mặt phức tạp chỉ trong một lần chạy dao, khi gia công các chi tiết và dụng cụ ít bị mòn hoặc không mòn (ngoại trừ mài điện hóa, mài xung điện).

-Phương pháp hoá : Thích hợp với sản xuất hàng khối và loạt lớn. Gia công bằng phương pháp hoá được sử dụng rộng rãi để sản xuất hiệu quả các sản phẩm loạt lớn như lò xo, lá thép của mô tơ điện v.v... Do vật liệu được bóc tách bằng phản ứng hoá học nên không có lực tác động lên chi tiết. Điều này cho phép gia công chi tiết mà không gây biến dạng hay bị phá huỷ. Thêm vào đó, vì quá trình gia công xảy ra đồng thời trên tất cả các mặt của chi tiết nên hiệu quả của quá trình sản xuất đặc biệt cao, thậm chí cao hơn so với phương pháp sản xuất sản lượng lớn như dập hay đột.

Có thể thấy rõ ràng là tương lai của các phương pháp gia công không truyền thống là sự phát triển không ngừng. Mặc dù các phương pháp gia công không

truyền thống có thể không bao giờ thay thế các phương pháp truyền thống đang được sử dụng trong công nghiệp nhưng để thấy rằng vai trò của các phương pháp gia công không truyền thống ngày càng tăng bởi khả năng phát triển chắc chắn của chúng và bởi các hiệu quả đem lại của điều khiển bằng máy tính, điều khiển thích nghi và lập trình theo phương pháp dạy học [2].

So sánh với các phương pháp thông thường, các phương pháp gia công không truyền thống có khả năng gia công có thể coi gần như là vô hạn ngoại trừ một nhược điểm là tốc độ bóc tách vật liệu thấp [2]. Hiện nay, các phương pháp thông thường có tốc độ bóc tách vật liệu lớn. Tuy nhiên, tốc độ gia công của các phương pháp gia công không truyền thống đã được tăng lên trong những năm gần đây và có nhiều lý do để tin rằng xu hướng này còn tiếp tục. Điều này sẽ làm tăng khả năng cạnh tranh của phương pháp gia công không truyền thống và mở rộng phạm vi ứng dụng của chúng.

PHẦN I
CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG CƠ

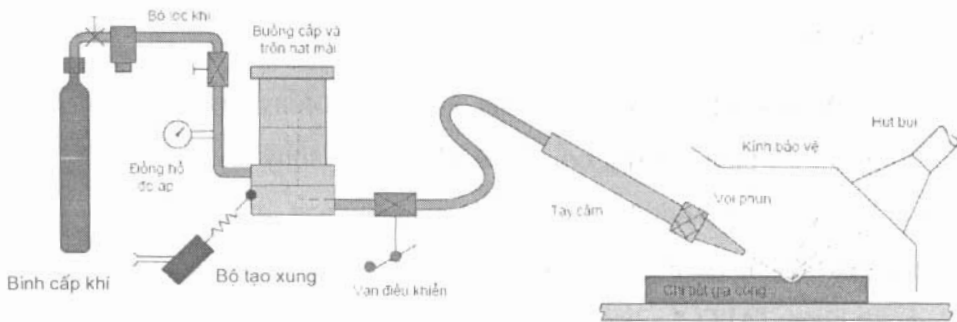
Chương 1

GIA CÔNG BẰNG DÒNG HẠT MÀI

1.1 Giới thiệu

Gia công bằng dòng hạt mài là quá trình bóc vật liệu khỏi chi tiết gia công bằng việc sử dụng một dòng khí tốc độ cao có mang các hạt mài. Trong phương pháp này, vật liệu được bóc tách nhờ sự va chạm của hạt mài trực tiếp lên bề mặt phôi. Phương pháp gia công bằng dòng hạt mài khác phương pháp phun cát thông thường ở chỗ nó sử dụng các hạt mài có kích thước nhỏ hơn (10 đến 50 μm) [2]. Bên cạnh đó, quá trình gia công được điều khiển chính xác hơn.

1.2 Hệ thống gia công



Hình 1.1. Sơ đồ hệ thống gia công bằng dòng hạt mài [2]

Hình 1.1 mô tả sơ đồ của hệ thống gia công bằng dòng hạt mài. Trong hệ thống này, khí từ bình cấp khí sau khi đi qua hệ thống lọc sẽ được dẫn vào một buồng trộn để trộn với hạt mài (được cung cấp bởi bộ phận cấp hạt mài). Buồng trộn được rung với tần số 50 Hz bởi bộ tạo rung với mục đích để hạt

mài trộn đều với dòng khí. Sau khi ra khỏi buồng trộn, dòng khí cùng hạt mài được phun qua một vòi phun với vận tốc khoảng 150 đến 300 m/s và đập vào bề mặt chi tiết gia công.

1.3 Các thông số của quá trình gia công

Các thông số cơ bản của quá trình gia công bằng dòng hạt mài gồm có khí, hạt mài, vận tốc dòng khí, vòi phun, khoảng cách từ đầu vòi phun đến chi tiết gia công.

1.3.1 Khí

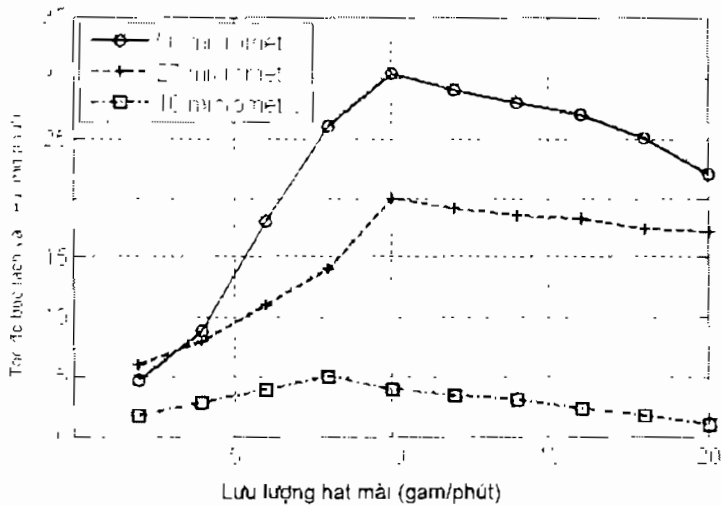
Khí dùng trong gia công bằng dòng hạt mài phải đảm bảo không bị bốc cháy khi đi qua vòi phun ra ngoài không khí. Thêm vào đó, khí phải đảm bảo không độc hại, dễ kiểm, rẻ tiền, và dễ sấy khô và lọc. Không khí, nitơ và CO₂ đều có thể dùng cho loại gia công này, trong đó không khí được dùng phổ biến hơn cả.

1.3.2 Hạt mài

Có nhiều loại hạt mài có thể dùng cho loại gia công này, ví dụ như oxit nhôm, silicon carbide, zirgrit, sodium bicarbonat, hạt thủy tinh v.v... Việc lựa chọn loại hạt mài nào tùy thuộc vào dạng gia công (cắt, đánh bóng, gia công thô hay tinh v.v..), vật liệu gia công và giá thành. Để cắt vật liệu thường sử dụng oxit nhôm (Al₂O₃), silicon carbid (SiC) hoặc zirgrit. Để đánh bóng, khắc v.v.. thường dùng sodium bicarbonat, hạt thủy tinh.

Kích thước của hạt mài phổ biến nhất từ 10 đến 50 μm [2]. Kích thước của hạt mài có ảnh hưởng đến tốc độ bóc tách vật liệu (hình 1.2). Hạt có kích thước lớn có khả năng bóc tách vật liệu cao nên được dùng để cắt và khắc. Các hạt kích thước nhỏ có khả năng bóc tách vật liệu thấp, nhưng lại cho độ

nhấn bề mặt cao hơn hạt to nên thường dùng để làm sạch và đánh bóng. Hình 1.3 cho thấy ảnh chụp qua kính hiển vi điện tử (SEM) các loại hạt mài khác nhau dùng trong gia công bằng dòng hạt mài.



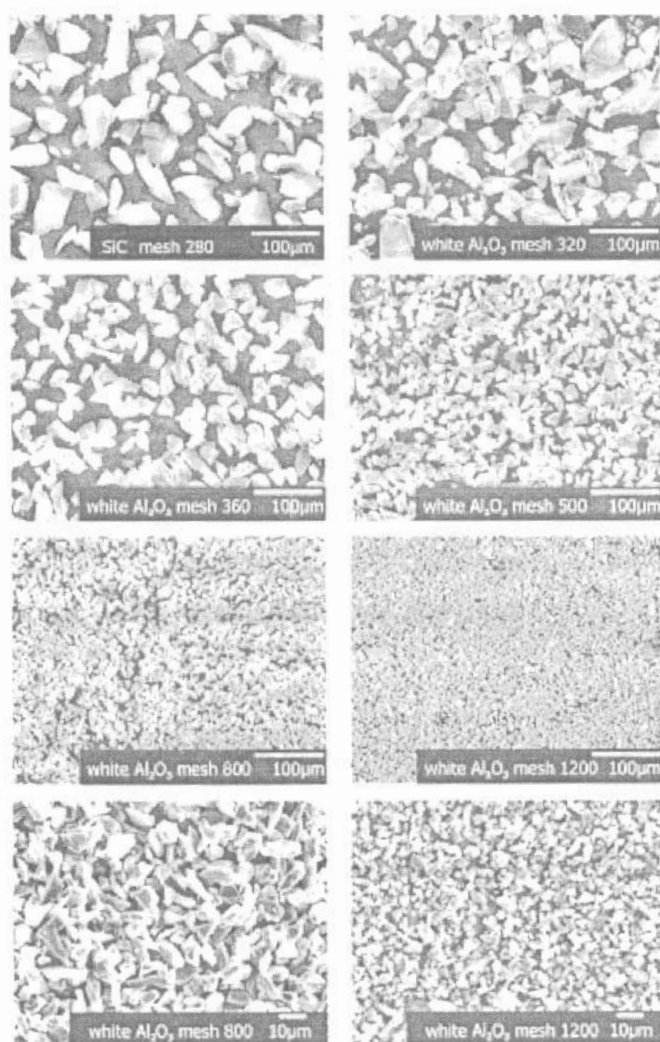
Hình 1.2 Quan hệ giữa lưu lượng hạt mài và tốc độ bóc tách vật liệu với các kích thước hạt mài khác nhau [2]

1.3.3 Vòi phun

Theo tiết diện mặt cắt ngang của vòi phun, có các loại: tiết diện tròn và loại có tiết diện hình chữ nhật. Vòi phun tiết diện hình chữ nhật (vòi phun Laval) có tốc độ bóc tách vật liệu cao hơn loại tiết diện tròn khoảng 40%. Thêm vào đó, vòi phun chữ nhật cho chất lượng cắt đều hơn vòi tròn. Tuy nhiên loại vòi này giá thành cao hơn do khó chế tạo.

Vật liệu vòi phun có thể là cacbit vonfram, cacbit silic, cacbit bo hoặc saphia. Vòi phun bằng saphia bền nhưng rất đắt hơn các loại khác và chỉ có loại tiết diện hình tròn. Đầu phun bằng cacbit vonfram có thể có lỗ tròn hay chữ nhật. Đầu phun tròn có đường kính từ 0.13 ÷ 12 mm. Các đầu phun chữ

nhật có kích thước từ 0,8 x 0,50 đến 0,15 x 3,8 mm [2]. Tuổi bền của vòi phun phụ thuộc vào vật liệu hạt mài và áp suất làm việc. Tuổi bền của vòi phun cacbit vonfram từ 8 đến 15 giờ khi dùng hạt mài cacbit silic và 20 giờ với hạt mài oxit nhôm. Đầu phun saphia có tuổi thọ trung bình là 300 giờ.



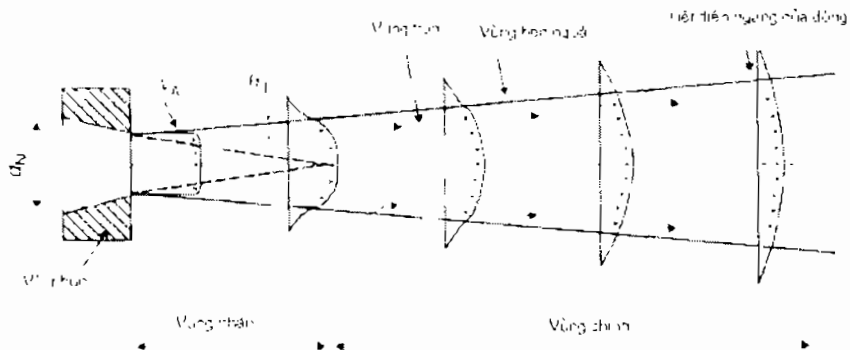
Hình 1.3. Ảnh SEM các loại hạt mài khác nhau [4]

1.3.4 Lưu lượng dòng hạt mài

Để đạt hiệu quả cắt cao, dòng hạt mài với lưu lượng 10 đến 20 gam/phút thường hay được dùng [2]. Khi gia công tinh, lưu lượng thường lấy từ 3 đến 5 gam/phút.

Thực tế cho thấy có một lưu lượng dòng hạt mài tối ưu để đạt tốc độ bóc tách vật liệu cao nhất (hình 1.2). Giá trị tối ưu này phụ thuộc vào nhiều thông số như kích thước hạt mài, áp suất phun, đường kính vòi phun. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có phương pháp nghiên cứu hiệu quả để xác định giá trị tối ưu của lưu lượng hạt mài.

1.3.5 Khoảng cách từ đầu vòi phun đến chi tiết gia công

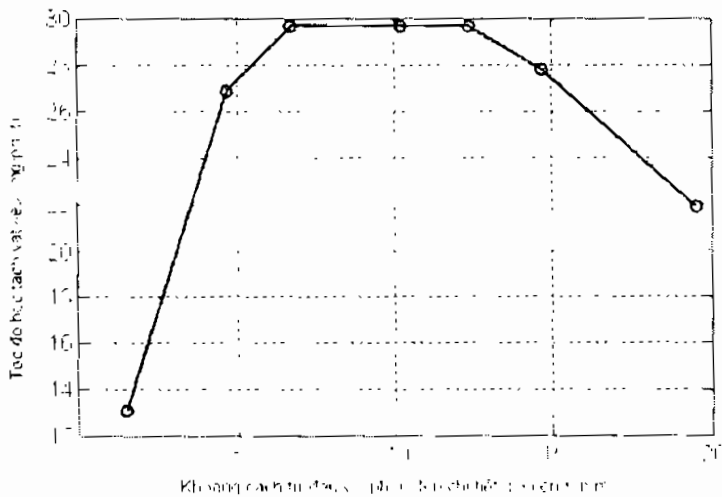


Hình 1.4. Cấu trúc của dòng khí [4]

Khoảng cách giữa đầu vòi phun và chi tiết gia công có ảnh hưởng đến quá trình gia công bằng dòng hạt mài. Có thể thấy rõ điều đó qua cấu trúc của dòng không khí khi đi qua vòi phun (hình 1.4). Dòng không khí có hai vùng phân biệt: vùng nhân và vùng chính [4]. Ở vùng nhân, vận tốc trung bình của khí là xấp xỉ nhau còn ở vùng chính vận tốc phân bố theo hình chuông (hình 1.4). Khi ra khỏi đầu phun, dòng không khí có dạng hình trụ chỉ ở một khoảng cách rất ngắn (khoảng 1,6 mm) tính từ đầu vòi phun.

Ở khoảng cách lớn hơn, dòng khí có dạng côn với góc đỉnh $\theta_f = 12,5^\circ \dots 15^\circ$ [4].

Khoảng cách đầu phun ảnh hưởng đến năng suất bóc tách vật liệu. Hình 1.5 cho thấy quan hệ giữa khoảng cách từ đầu vòi phun và chi tiết gia công với tốc độ bóc tách vật liệu. Trên thực tế, quá trình cắt hiệu quả nhất xảy ra khi khoảng cách đầu vòi phun đến chi tiết gia công từ 7 đến 13 mm khi cắt hoặc làm sạch. Khi đánh bóng chi tiết có thể lấy khoảng cách này từ 13 đến 75 mm [2].



Hình 1.5. Quan hệ giữa khoảng cách từ vòi phun đến chi tiết gia công và tốc độ bóc tách vật liệu

1.3.6 Tốc độ bóc tách vật liệu

Tốc độ bóc tách vật liệu khi gia công bằng dòng hạt mài có thể xác định theo công thức sau [3]:

$$Q_{qt} = K \cdot N \cdot d_a^3 \cdot v^{1,5} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{hạt}}}{12 \cdot \sigma_c} \right)^{1,4} \quad (1.1)$$

trong đó:

K-hàng số;

N- số hạt mài bắn phá chi tiết gia công/đơn vị diện tích;

d_a -đường kính trung bình của hạt mài (μm);

ρ_a - khối lượng riêng của hạt mài (kg/mm^3);

σ_c -giới hạn chảy của vật liệu (N/mm^2);

v- tốc độ của hạt mài.

Khi gia công thủy tinh, tốc độ bóc tách vật liệu có thể lấy 16,4 $mm^3/phút$. Khi gia công ceramic, tốc độ bóc tách vật liệu cao hơn 50% so với gia công thủy tinh. Khi gia công kim loại, tốc độ này lấy từ 1,6 đến 4,1 $mm^3/phút$ [1].

1.4 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

1.4.1 Ưu nhược điểm

Gia công bằng dòng hạt mài có các ưu điểm sau:

- Dòng khí làm giảm nhiệt sinh ra trong quá trình gia công, nên đặc biệt thích hợp với cắt các vật liệu nhạy với nhiệt;
- Tải trọng truyền vào phôi nhỏ cho phép cắt các vật liệu giòn;
- Đầu phun có thể hướng trực tiếp vào các vùng nhỏ khó tiếp cận;
- Có thể gia công vật liệu tấm mỏng;
- Công suất cắt nhỏ, tiết kiệm năng lượng gia công;

- Giá thành của hệ thống gia công thấp.

Bên cạnh các ưu điểm, phương pháp này cũng có một vài nhược điểm sau:

- Tốc độ bóc tách vật liệu thấp;
- Bề mặt gia công bị cắt không đều;
- Các hạt mài có thể bị găm vào bề mặt gia công.
- Khi gia công sâu rãnh hoặc lỗ cắt bị vát quá nhiều.

1.4.2 Phạm vi ứng dụng

Gia công bằng dòng hạt mài được sử dụng khá hiệu quả cho các ứng dụng sau:

- Làm sạch các bề mặt với chất lượng cao;
- Khoan và cắt những phần nhỏ của kính, gốm hay kim loại đã tôi cứng;
- Khắc nhiều hình lên các chi tiết bằng nhựa hay kim loại;
- Tạo hình trang trí trên kính;
- Cắt bavìa, xén và làm sạch các linh kiện điện tử.

Chương 2

GIA CÔNG BẰNG TIA NƯỚC VÀ TIA NƯỚC CÓ HẠT MÀI

2.1 Giới thiệu

Gia công bằng tia nước và tia nước có hạt mài là một phương pháp gia công không truyền thông được phát triển gần đây. Tia nước được sử dụng lần đầu vào công việc khai khoáng ở Liên Xô (cũ) và Niu Dilân [5]. Người ta sử dụng nó để bóc đất đá để làm các kênh dẫn nước.

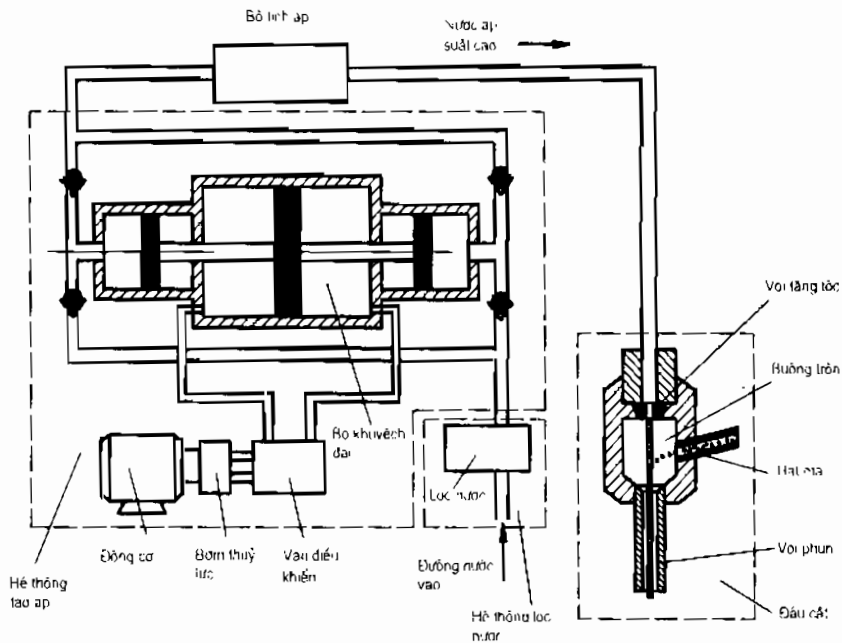
Từ 1853 đến 1886, tia nước áp lực cao đã được sử dụng để đào quặng vàng. Vào năm 1936, Peter Tupitsyn đã đề xuất ý tưởng dùng tia nước áp lực cao để tạo các lỗ trong các vỉa than đá [6].

Trong những năm 1950, tiến sỹ lâm nghiệp Norman Franz là người đầu tiên nghiên cứu việc dùng tia nước để cắt gỗ [7]. Tuy nhiên, bằng phát minh đầu tiên về hệ thống gia công bằng tia nước đã thuộc về nhóm nghiên cứu của Công ty Gia công Mc. Cartney - là một bộ phận của Ingersoll-Rand Corp. [8].

Năm 1979, tiến sỹ Mohamed Hashish - làm việc cho Flow International Cooperation - đã phát minh ra gia công bằng tia nước có hạt mài bằng cách trộn hạt mài vào tia nước áp lực cao [7]. Ngay sau đó, năm 1980, tia nước có hạt mài đã được sử dụng để cắt thủy tinh, thép, bê tông [7].

Việc phát minh ra tia nước có hạt mài đã tạo nên một loạt các ứng dụng của gia công bằng tia nước áp lực cao. Kể từ đó, tia nước có hạt mài đã được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp để cắt các loại vật liệu tấm, để làm sạch, đánh bóng v.v...

2.2 Hệ thống gia công



Hình 2.1. Sơ đồ hệ thống gia công bằng tia nước có hạt mài [16]

Có hai loại gia công sử dụng tia nước: tia nước và tia nước có hạt mài. Trong gia công bằng tia nước, chỉ có tia nước áp suất cao được sử dụng để cắt vật liệu. Loại này dùng để cắt các vật liệu mềm như cactông, da, vải, nhựa, thực phẩm hoặc cắt lá nhôm mỏng. Trong gia công bằng tia nước có hạt mài, các hạt mài được trộn với tia nước vận tốc cao trong buồng trộn (hình 2.1). Các hạt mài được gia tốc bởi tia nước và sau đó được phun ra khỏi vòi phun cùng tia nước tạo thành tia nước có hạt mài vận tốc cao. Tia nước có hạt mài dùng để cắt các vật liệu cứng như thép không gỉ, gốm, titan, vật liệu composit v.v...

Một hệ thống gia công bằng tia nước có hạt mài điển hình gồm bốn phần cơ bản (hình 2.1): Hệ thống lọc nước, hệ thống tạo áp, đầu cắt và hệ thống cấp hạt mài (Hệ thống gia công bằng tia nước chỉ khác hệ thống gia

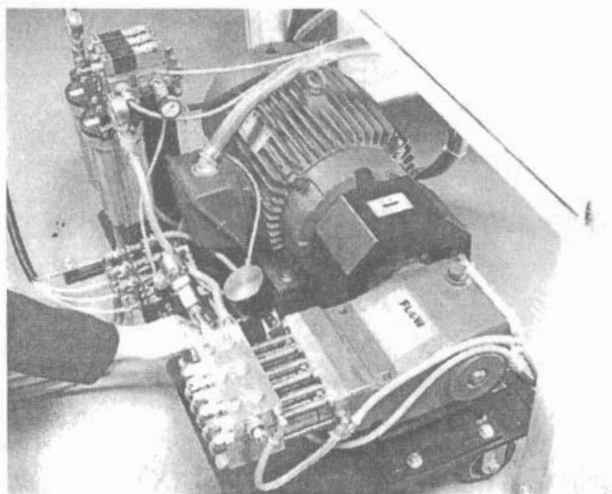
công bằng tia nước có hạt mài là không có hệ thống cấp hạt mài và đầu cắt có cấu tạo khác). Cấu tạo cụ thể của các bộ phận của hệ thống này như sau:

- **Hệ thống lọc nước**

Hệ thống lọc nước dùng để cung cấp nước tinh khiết cho hệ thống tạo áp. Các hạt có kích thước lớn hơn $1\ \mu\text{m}$ phải được loại bỏ để tránh mòn cho các chi tiết trong hệ thống tạo áp [9].

- **Hệ thống tạo áp**

Hệ thống này có bơm tạo áp suất cao và ổn định. Có ba kiểu bơm bao gồm bơm khuếch đại, bơm trực khuỷu và bơm trực tiếp.

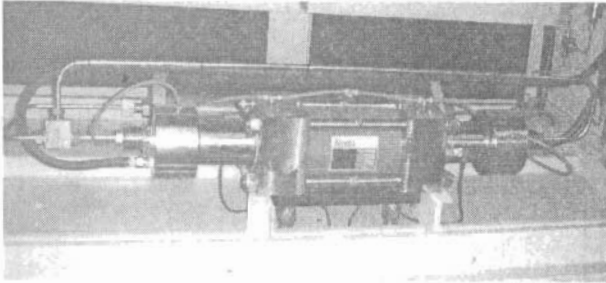


Hình 2.2. Bơm trực tiếp (hình của Flow International Cooperation)

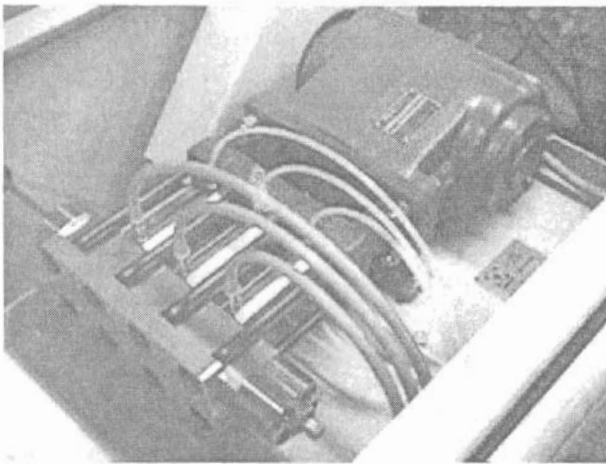
Bơm trực tiếp (hình 2.2) được dùng cho các trường hợp áp suất thấp như để làm sạch, rửa máy móc, chỗ làm việc vv...

Bơm piston (hình 2.3) được dùng khi áp suất lên tới 600 MPa. Trong loại bơm này, một xilanh tác dụng kép được dẫn động bởi hệ thống thủy lực.

Hai xilanh nhỏ được bố trí tại mỗi đầu của xilanh thủy lực để tăng áp suất của nước khi piston chuyển động qua lại. Bằng việc kết nối hai bơm piston có thể tạo ra áp suất đến 800 MPa [10].



Hình 2.3. Bơm piston tác dụng kép

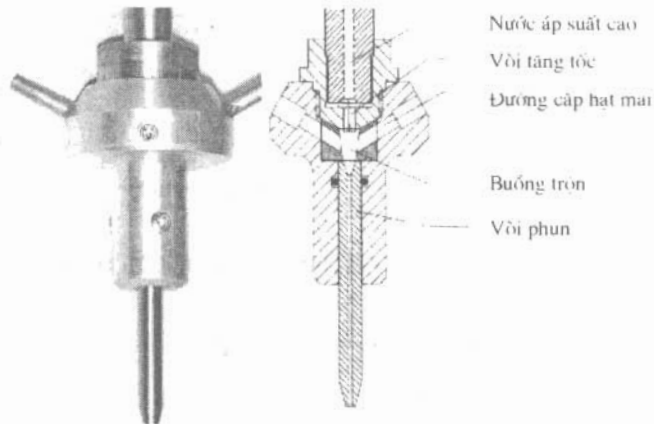


Hình 2.4. Bơm trục khuỷu (hình của OMAX Corp. Kent, WA)

Loại bơm thứ ba là bơm trục khuỷu (hình 2.4). Loại bơm này có thể tạo được áp suất đến 345 MPa [11]. Bơm trục khuỷu có hiệu suất cao hơn bơm piston vì loại bơm này không phải tiêu tốn công suất cho hệ thống thủy lực như ở bơm piston.

- **Đầu cắt**

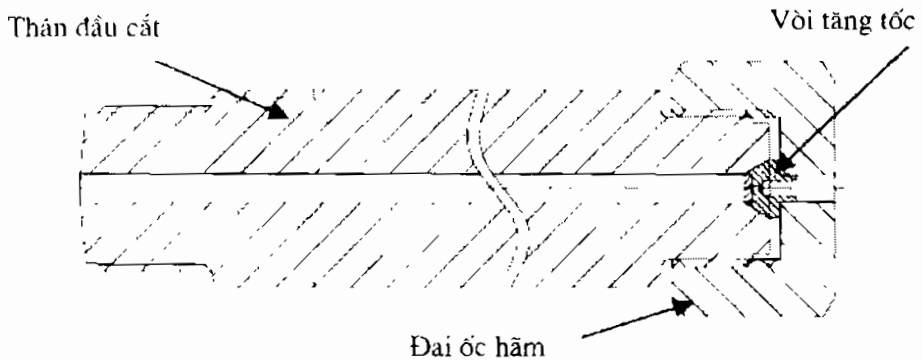
Đầu cắt dùng để chuyển đổi năng lượng của nước áp suất cao thành động năng của tia nước và sau đó là động năng của tia nước và hạt mài. Hình 2.5 là sơ đồ của một đầu cắt dùng cho gia công bằng tia nước có hạt mài [9]. Để tạo ra tia nước có hạt mài, trước tiên nước áp suất cao được nén qua vòi tăng tốc để tạo nên nước có tốc độ cao. Sau đó, nước với vận tốc cao sẽ đi qua buồng trộn. Do hiệu ứng Venturi, chân không sẽ được tạo ra trong buồng trộn và do đó sẽ hút các hạt mài qua đường cấp hạt mài. Sau khi đi vào buồng trộn, các hạt mài sẽ được gia tốc bởi nước tốc độ cao (với vận tốc khoảng 600 đến 800 m/s) và sau đó sẽ đi qua vòi phun.



Hình 2.5. Đầu cắt cho gia công bằng tia nước có hạt mài [9]

Như trên đã phân tích, vòi tăng áp, buồng trộn và vòi phun là các bộ phận cơ bản của đầu cắt. Vòi tăng áp có thể làm bằng saphia, ruby hoặc kim cương với đường kính lỗ từ 0,08 đến 0,8 mm [9]. Tuổi thọ của vòi kim cương khoảng 1000 đến 2000 giờ trong khi đó tuổi thọ của vòi saphia chỉ được 40 đến 70 giờ. Tuy nhiên, vòi tăng áp saphia được dùng phổ biến vì chúng rẻ hơn nhiều so với vòi kim cương (giá vòi kim cương khoảng \$435 trong khi giá vòi saphia chỉ có \$14,5/chiếc [12]).

Phần lớn các vòi phun được chế tạo bằng vật liệu composit cacbit. Các sản phẩm vòi phun trên thị trường được biết đến qua các vòi phun ROCTEC 100 và ROCTEC 500 của Kennametal Inc. ROCTEC composit cacbit là vật liệu cacbit vonfram nền kim loại cứng thiêu kết có tổ chức rất đặc. Các vòi phun có đường kính trong từ 0,5 đến 1,5 mm, có chiều dài phổ biến từ 70 đến 100 mm. Độ mòn $\dot{\delta}_{df}$ của các vòi phun ROCTEC 100 được xác định theo công thức sau [17]:



Hình 2.6. Đầu cắt dùng cho gia công bằng tia nước [13]

$$\dot{\delta}_{df} = \frac{4.167 \times 10^7 \cdot p_w^{0.24} \cdot \dot{m}_a^{0.13} \cdot d_{on}^{1.8}}{d_f^{0.67} \cdot l_f^{0.05}} \quad (2.1)$$

trong đó:

p_w -áp suất nước (MPa);

\dot{m}_a -lưu lượng hạt mài (kg/s);

d_{on} -đường kính vòi tăng tốc (m);

d_f -đường kính vòi phun (m);

l_f -chiều dài vòi phun (m);

Khi gia công bằng tia nước (không có hạt mài), đầu cắt không có buồng trộn và không có vòi phun (hình 2.6).

- **Hệ thống cấp hạt mài**

Hệ thống cấp hạt mài nhằm cung cấp chính xác hạt mài theo các giá trị lưu lượng hạt mài yêu cầu. Trên thực tế có nhiều loại hạt mài được sử dụng cho gia công bằng tia nước có hạt mài như Barton garnet (sản phẩm của Barton Mines Company), GMA garnet (sản phẩm của GMA garnet Pty Ltd), olivin, oxit nhôm v.v... Trong gia công bằng tia nước có hạt mài, lưu lượng hạt mài từ 0,08 đến 0,5 kg/phút [14] và kích thước hạt mài dao động từ 0,1 đến 0,3 mm.

2.3 Các thông số của quá trình gia công

Có rất nhiều thông số liên quan đến quá trình gia công bằng tia nước có hạt mài. Các thông số này có thể chia thành hai nhóm gồm các thông số quá trình và các thông số mục tiêu [15].

- **Các thông số quá trình có thể phân ra**

-Thông số thủy lực gồm áp suất nước và đường kính vòi tăng tốc.

-Thông số trộn bao gồm đường kính và chiều dài vòi phun.

-Thông số hạt mài gồm vật liệu hạt mài, kích thước, hình dạng hạt mài và lưu lượng hạt mài.

-Thông số cắt gồm khoảng cách từ vòi phun đến chi tiết gia công, góc tác động và tốc độ cắt (trong gia công bằng tia nước, tốc độ cắt được hiểu là tốc độ dịch chuyển của vòi phun khi gia công).

- **Các thông số mục tiêu**

Các thông số mục tiêu là các thông số liên quan đến đối tượng gia công. Các thông số này bao gồm vật liệu gia công, chiều sâu cắt và chất lượng cắt.

- **Quan hệ giữa thông số quá trình và thông số mục tiêu hay công thức để tính toán chế độ cắt**

Các thông số của quá trình gia công và thông số mục tiêu có quan hệ mật thiết với nhau. Trong gia công bằng tia nước có hạt mài, các thông số này được thể hiện qua công thức để tính toán chiều sâu cắt [16]:

$$h_{\max} = \xi \cdot \frac{P_{abr}}{e_c \cdot d_r \cdot v_r} \quad (2.2)$$

trong đó:

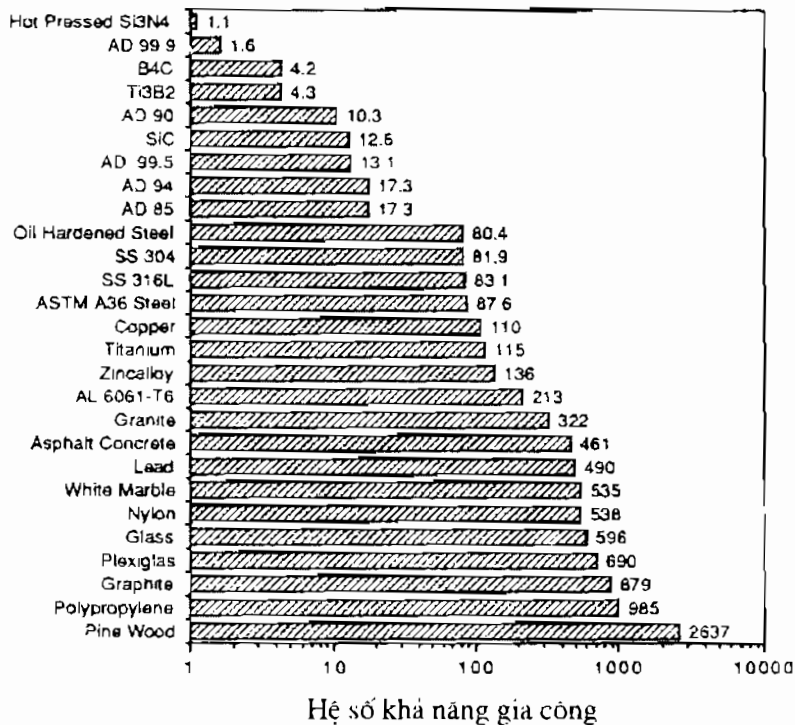
v_r - tốc độ cắt (m/s);

e_c - năng lượng cắt riêng (J/m³), xác định theo công thức sau [9]:

$$e_c = 6,11 \times 10^{11} / N_m \quad (2.3)$$

với N_m là hệ số khả năng gia công của vật liệu, được xác định theo hình 2.7 [18]:

P_{abr} - công suất của các hạt mài, xác định theo công thức sau [9]:



Hình 2.7. Hệ số khả năng gia công của vật liệu [18]

$$P_{abr} = \eta^{\gamma} \cdot \frac{R}{(1+R)^2} \cdot c_d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_w}} \cdot \rho_w^{3/2} \cdot d_{ori}^{\gamma} \quad (2.4)$$

c_d - hệ số chảy, được xác định theo công thức sau [16]:

$$c_d = 10.9638 \left(\frac{\rho_0 \cdot V_{w,m} \cdot d_{ori}}{\mu_0} \right)^{0.2113} \cdot \sqrt{\frac{E_{w0}}{\rho_w (n-1)}} \cdot \left[\left(1 + \frac{n \cdot \rho_w}{E_{w0}} \right)^{1.17n} \right]^{-1} \quad (2.5)$$

η - Hiệu suất chuyển đổi mômen động lượng, được xác định theo công thức sau [16]:

$$\eta = 0.3151 \cdot (d_{ori} / d_r)^{0.21} \cdot (\rho_w / \rho_a)^{0.09} - 0.6817 \cdot (d_p / d_r)^{0.2} \cdot R^{0.76} \quad (2.6)$$

ξ - hệ số hiệu suất cắt, xác định theo công thức sau [16]:

$$\xi = k_a \cdot k_m \cdot \left(\frac{v_f}{v_u}\right)^{0.254} \cdot \left(\frac{d_p}{d_f}\right)^{0.1555} \cdot \left(\frac{d_{oa}}{d_f}\right)^{0.3104} \cdot \left(\frac{p_w}{p_a}\right)^{-0.2318} R^{0.1236} \quad (2.7)$$

Trong các công thức trên, $E_{u0}=2135$ MPa, $n=7,15$ là các hệ số thực nghiệm; $\mu_0 \approx 0.001002$ (kg.s⁻¹.m⁻¹) là độ nhớt động của nước ở nhiệt độ trong phòng; $v_{u,th}$ là vận tốc lý thuyết của nước: $v = \sqrt{2 \cdot p_u / \rho_0}$ với ρ_0 là khối lượng riêng của nước; d_p là đường kính hạt mài, xác định theo công thức $d_p = 17.479 \times DH^{-1.0315}$ [15] với DH là độ hạt của hạt mài; p_u là áp suất khí quyển ($p_u=1$ at hay 101325,01 Pa); $v_u=1$ (m/s) là vận tốc đơn vị; k_a hệ số vật liệu hạt mài, $k_a=1$ khi gia công bằng hạt mài là Barton garnet, $k_a=0,92$ với GMA garnet và bằng 0,96 với Olivine [16]; k_m là hệ số vật liệu chi tiết gia công: $k_m = 14,86 - 0,0128 \cdot N_m$ [16].

2.4 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

2.4.1 Ưu nhược điểm

So với gia công bằng laze và gia công bằng xung điện, gia công bằng tia nước có hạt mài có một số ưu điểm sau:

- Có thể gia công rất nhiều loại vật liệu khó gia công như titan, thép không gỉ, hợp kim máy bay, thủy tinh, nhựa, gốm v.v...
- Có thể cắt các chi tiết dạng lưới;
- Không sinh nhiệt trong quá trình cắt nên không làm thay đổi cơ tính của chi tiết gia công;

- Rất sạch, an toàn cho người và môi trường;
- Dụng cụ cắt rất đơn giản, chỉ có một vòi phun;
- Dễ dàng tự động hoá và có thể gia công không có công nhân;
- Hạt mài có thể tái chế, tạo khả năng giảm giá thành gia công.

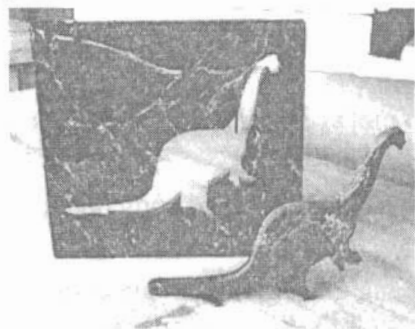
Tuy nhiên, gia công bằng tia nước có hạt mài cũng có một số hạn chế như sau:

- Giá thành đầu tư cao;
- Chất lượng cắt không phải lúc nào cũng đáp ứng được yêu cầu và ổn định.

2.4.2 Phạm vi ứng dụng

Gia công bằng tia nước và tia nước có hạt mài được dùng rộng rãi trong các ngành công nghiệp. Một số ứng dụng của dạng gia công này như sau:

- Cắt các bản mạch in, thẻ nhớ;
- Cắt các chi tiết dạng lưới;
- Cắt thực phẩm (xương, cá vv...);
- Cắt vải;
- Cắt đá;
- Cắt các chi tiết bằng vật liệu khó gia công như titan, hợp kim máy bay, ceramic...



a)



b)



c)



d)

Hình 2.8. Mẫu cắt bằng tia nước có hạt mài (hình của OMAX Corp. Kent, WA):
Vật liệu gia công: a) đá; b) ceramic; c) thủy tinh; d) thép không gỉ

Chương 3

GIA CÔNG BẰNG SIÊU ÂM

3.1 Giới thiệu

Gia công bằng siêu âm là quá trình bóc tách vật liệu cứng và giòn, vật liệu phi kim loại bằng việc sử dụng dụng cụ rung động siêu âm. Tần số rung động của dụng cụ từ 18 đến 20 kHz.

Gia công bằng siêu âm có hai phương pháp: Mài tác động siêu âm và gia công siêu âm quay [2]. Phương pháp thứ nhất sử dụng chất mài nhão và rung động của dụng cụ không quay. Phương pháp thứ hai sử dụng rung động siêu âm của dụng cụ phay hoặc khoan bằng kim cương.

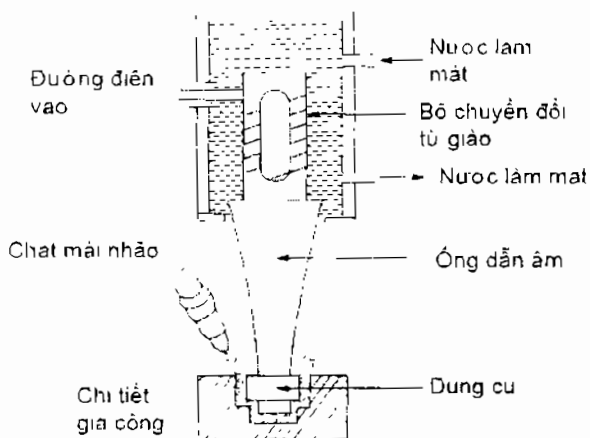
Trong mài tác động siêu âm, chất nhão chứa hạt mài (thường là B₄C hoặc SiC) được cấp liên tục vào khoảng trống giữa phôi và dụng cụ rung động làm bằng vật liệu mềm (thép hay đồng thau) (Hình 3.1). Do đó, các hạt mài trong chất nhão đập vào bề mặt phôi và tạo ra các phôi nhỏ dạng hạt (tức tạo nên sự bóc tách vật liệu). Dụng cụ rung động được chế tạo có hình dạng như chi tiết cần gia công. Trong quá trình gia công dụng cụ này được nén xuống chi tiết gia công với một lực thích hợp (khoảng vài kilogram lực). Biên độ dao động của dụng cụ khoảng 0,025 mm đến 0,09 mm [2].

Gia công siêu âm quay giống như khoan vật liệu thủy tinh hoặc gốm bằng phương pháp khoan truyền thống với mũi khoan kim cương, ngoại trừ một điểm là mũi khoan được rung động với tần số siêu âm (khoảng 20 kHz). Phương pháp này không sử dụng chất mài nhão. Tuy nhiên, ở phương pháp này dung dịch trơn nguội (thường là nước) phải được bơm qua lòng dụng cụ

vào vùng gia công để làm nguội và đẩy phoi đi. Biên độ của rung động của dụng cụ khoảng 0,025 đến 0,05 mm [2]. Với việc thu hẹp kích thước đầu mũi khoan và tăng kích thước chiều dài của nó, khả năng khoan đã được nâng lên do các nguyên nhân sau:

- Lực ma sát giữa dụng cụ và chi tiết gia công tại vùng cắt giảm.
- Hạn chế phần lõi của dụng cụ bằng cách tạo dòng làm lạnh chảy to hơn trong lõi của dụng cụ.
- Việc đẩy phoi đi đã giảm lực tác dụng lên dụng cụ kim cương.
- Tốc độ khoan tăng lên do giảm áp lực tác động lên dụng cụ và giảm mòn của dụng cụ.

3.2 Hệ thống gia công



Hình 3.1. Sơ đồ nguyên lý gia công bằng siêu âm sử dụng hạt mài [1]

Hệ thống gia công bằng siêu âm (Hình 3.1) gồm có các bộ phận chính sau: Bộ chuyển đổi từ giảo, ống truyền sóng, dụng cụ và bộ phận cung cấp chất nhão chứa hạt mài.



Hình 3.2. Máy gia công siêu âm quay (Hình của DMG America Inc.)

3.2.1 Bộ chuyển đổi từ giảo

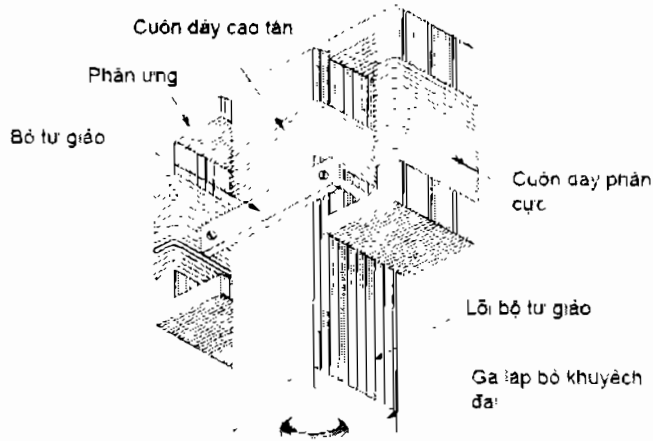
Bộ chuyển đổi từ giảo dùng trong gia công bằng siêu âm được trình bày ở hình 3.3. Trong bộ từ giảo có một cuộn dây cao tần cuốn quanh lõi của bộ từ giảo và cuộn dây phân cực đặc biệt cuốn quanh phần ứng. Do hiệu ứng từ giảo, một từ trường với tần số siêu âm gây nên sự thay đổi tương ứng trong lõi sắt từ đặt trong vùng ảnh hưởng. Hiệu ứng này được dùng để tạo ra dao động với tần số siêu âm (18 đến 20 kHz) của dụng cụ được kẹp vào cuối của bộ từ giảo.

Nguyên lý vận hành của bộ từ giảo có thể giải thích như sau :

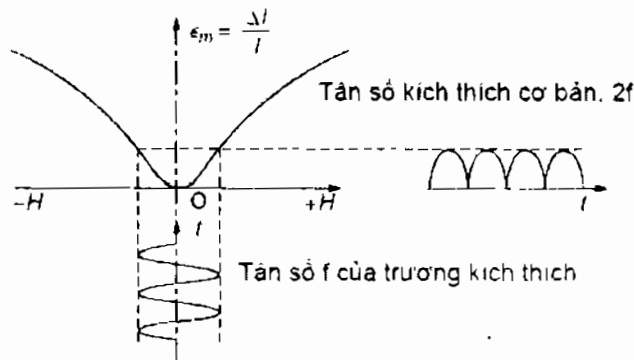
Hệ số từ giảo ϵ_m được xác định theo công thức sau [1]:

$$\epsilon_m = \frac{\Delta l}{l} \quad (3.1)$$

trong đó Δl là độ tăng chiều dài của lõi từ giao (mm), l là chiều dài ban đầu (khi không có từ trường) của lõi từ giao (mm).



Hình 3.3. Bộ chuyển đổi từ giáo [1]

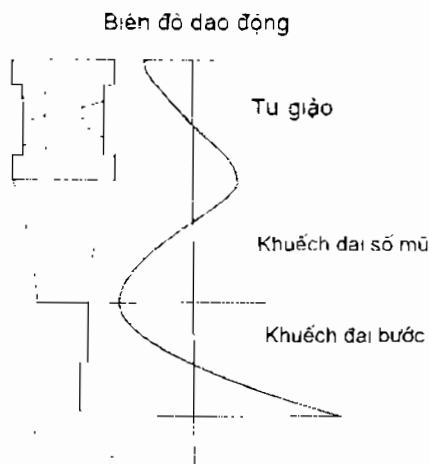


Hình 3.4. Quan hệ giữa cường độ từ trường và hệ số từ giáo [1]

Quan hệ giữa cường độ từ trường H và hệ số từ giáo ϵ_m được biểu diễn trên hình 3.4. Từ đồ thị này có thể thấy rằng hệ số từ giáo không phụ thuộc vào dấu của từ trường. Sự thay đổi của cường độ từ trường có độ lớn bằng hai

lần tần số ($2f$). Thêm vào đó, sự thay đổi độ dài không phải là hình sin như cường độ từ trường.

3.2.2 Bộ khuếch đại cơ khí



Hình 3.5. Khuếch đại 2 bước trong gia công siêu âm [1]

Trên thực tế, độ giãn dài của lõi từ giả thông thường là $0,001$ đến $0,1 \mu\text{m}$. Giá trị này là quá nhỏ để có thể dùng vào việc gia công. Do đó, biên độ rung động được tăng lên nhờ việc lắp vào đầu ra của bộ từ giả một bộ khuếch đại âm học. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng biên độ từ 40 đến $50 \mu\text{m}$ là phù hợp cho các ứng dụng thực tế [1]. Tùy theo biên độ yêu cầu, có thể dùng một hay nhiều đầu âm học để khuếch đại (hình 3.5).

Hình dạng của đầu âm học ảnh hưởng đến biên độ cuối cùng. Có 5 loại đầu âm học [1]: Loại trụ, loại bậc, loại số mũ, loại cosin hypecbol và loại côn. Loại bậc và loại mũ hay được dùng do thiết kế và chế tạo dễ hơn so với loại côn và hypecbol.

Đồng thau nhôm thường dùng để chế tạo đầu âm học vì nó rẻ và có độ bền mỏi cao (185 MN/m^2). Ngoài ra còn sử dụng titan; loại lớn hơn được làm bằng nhôm. Nhược điểm chính của bộ chuyển đổi từ giao là hiệu suất thấp (khoảng 55%), dẫn đến nhiệt tăng và phải làm nguội. Hiệu suất cao hơn có thể đạt được (90-95%) bằng việc sử dụng bộ chuyển đổi điện áp thạch anh.

3.2.3 *Dụng cụ*

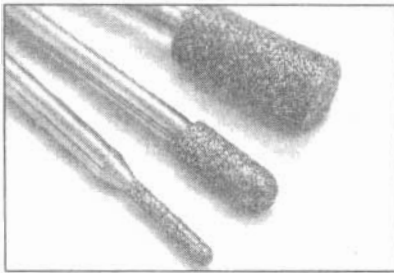
Trong gia công siêu âm, dụng cụ được tạo hình tùy theo lỗ hoặc hốc mà khách hàng yêu cầu. Hình 3.6 và 3.7 mô tả các dụng cụ dùng trong gia công bằng siêu âm. Đối với gia công siêu âm sử dụng hạt mài, phần lớn dụng cụ thường làm bằng thép không gỉ 304 để đảm bảo bền. Trong sản xuất nhỏ có thể dùng đồng. Đồng dễ tạo hình hơn thép không gỉ nhưng khả năng chịu mòn thấp hơn.

3.2.4 *Chất mài nhão*

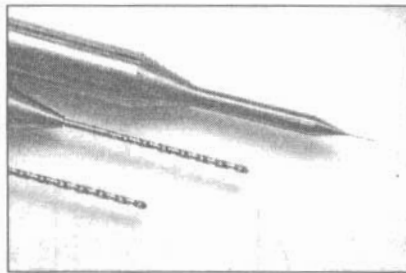
Có ba loại hạt mài thường được sử dụng trong chất này: oxit nhôm, cacbit silic và cacbit bo. Các hạt mài hay dùng trong gia công siêu âm là các hạt mài có số hiệu 240, 320, 400, 600 và 800 với đường kính hạt mài từ 0,009 đến 0,05 mm [2].

Chất nhão chứa hạt mài thường bao gồm 50 % hạt mài và 50 % nước (được dùng phổ biến) hoặc benzen, dầu nhớt... Chất mài nhão được bơm qua một đầu phun đặt gần vùng tiếp xúc phối - dụng cụ với lưu lượng khoảng 25 l/ph. Việc cung cấp chất mài nhão vào vùng gia công có thể thực hiện bằng hai phương pháp khác nhau: Phương pháp bơm và phương pháp hút (hình 3.8).

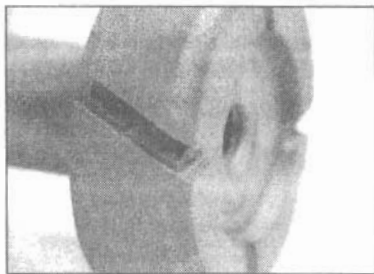
Ngoài việc thực hiện cắt, chất mài nhão còn làm mát dụng cụ và chi tiết gia công. Chất nhão chứa hạt mài sẽ trở lên kém hiệu quả khi các hạt bị mòn và vỡ. Tuổi thọ dự tính của hạt mài vào khoảng 150 đến 200 giờ [2].



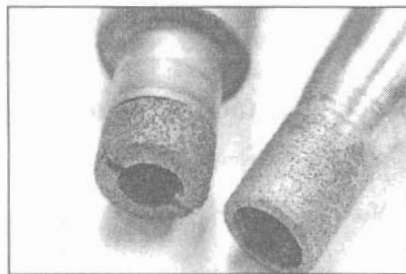
a)



b)



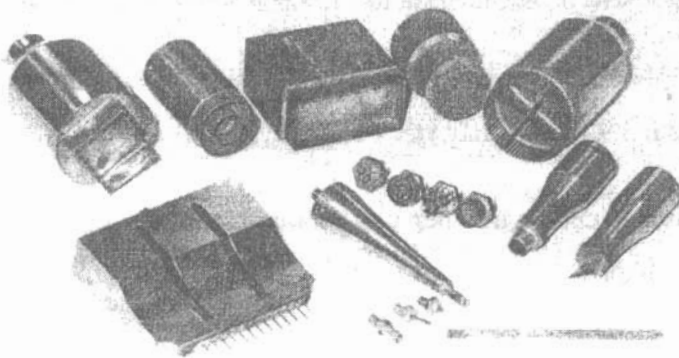
c)



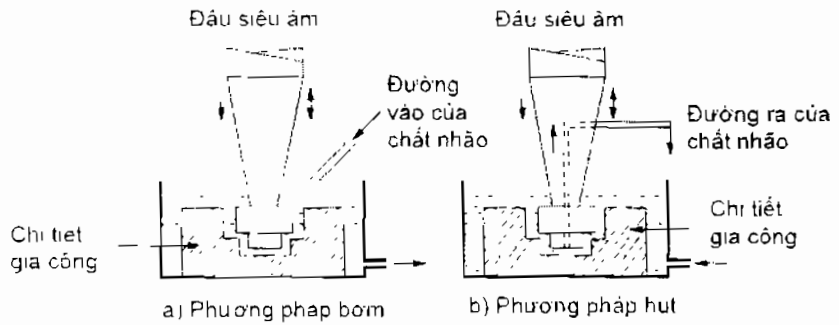
d)

Hình 3.6. Dụng cụ dùng trong gia công siêu âm quay:

a) đá mài; b) mũi khoan; c, d) dụng cụ phay



Hình 3.7. Dụng cụ gia công siêu âm sử dụng hạt mài [2]



Hình 3.8. Các phương pháp cấp chất nhão chứa hạt mài [1]

3.3 Cơ chế bóc tách vật liệu



Hình 3.9. Cơ chế bóc tách vật liệu trong gia công bằng siêu âm [19]

Cơ chế bóc tách vật liệu trong gia công siêu âm sử dụng hạt mài được mô tả trên hình 3.9. Có thể thấy việc bóc tách vật liệu gồm ba cơ chế rõ rệt:

- Do sự đập cục bộ trực tiếp của hạt mài bị kẹt giữa dụng cụ rung động và bề mặt của phôi.

- Do cào xước tế vi bởi sự va chạm tự do của các hạt mài chuyển động qua khe hở gia công và đập vào bề mặt phôi ở những vị trí ngẫu nhiên.

- Do sự ăn mòn bề mặt của phôi bởi bọt khí trong dòng chất mài nhão.

Phần lớn vật liệu được bóc đi là do sự đập trực tiếp của hạt mài vào phôi. Khối lượng bóc vật liệu do ăn mòn bề mặt bởi bột khí nhỏ hơn 5% trong số tổng vật liệu được bóc đi. Với các vật liệu mềm và dẻo thường bị biến dạng dẻo trước rồi mới bị bóc đi ở tốc độ thấp hơn [1].

Tốc độ bóc tách vật liệu MRR khi gia công bằng siêu âm có thể xác định theo công thức sau [1]:

$$MRR = 5,9 \cdot f \cdot \left(\frac{S}{H_0} \right) \cdot R^{0,5} \cdot Y^{0,5} \quad (3.2)$$

trong đó :

f - tần số của dao động;

S - áp lực tĩnh lên dụng cụ (kG/mm²);

H₀ - độ cứng Brinell của chi tiết gia công;

R - bán kính trung bình của hạt mài (mm);

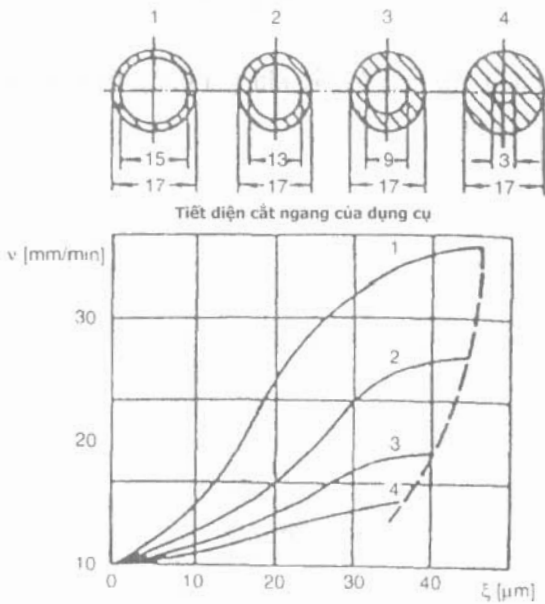
Y - biên độ của dao động (mm).

3.4 Các thông số ảnh hưởng đến tốc độ bóc tách vật liệu

3.4.1 Ảnh hưởng của dao động của dụng cụ

Biên độ dao động của dụng cụ có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ bóc tách vật liệu (hình 3.10). Biên độ dao động của dụng cụ quyết định tốc độ chuyển động của các hạt mài trong khe hở giữa dụng cụ và chi tiết gia công. Do vậy, khi biên độ dao động của dụng cụ tăng năng lượng va đập của các phần tử hạt mài vào bề mặt phôi tăng làm tăng tốc độ tách phôi và do đó làm tăng tốc độ bóc tách vật liệu. Tuy nhiên, biên độ dao động lớn quá có thể dẫn đến hiện

tượng bản toé làm giảm số hạt mài tác động và dẫn đến giảm tốc độ bóc tách vật liệu. Tuy theo kích thước của hạt mài biên độ dao động từ 0,025 đến 0,09 mm cho phần lớn các ứng dụng [2]

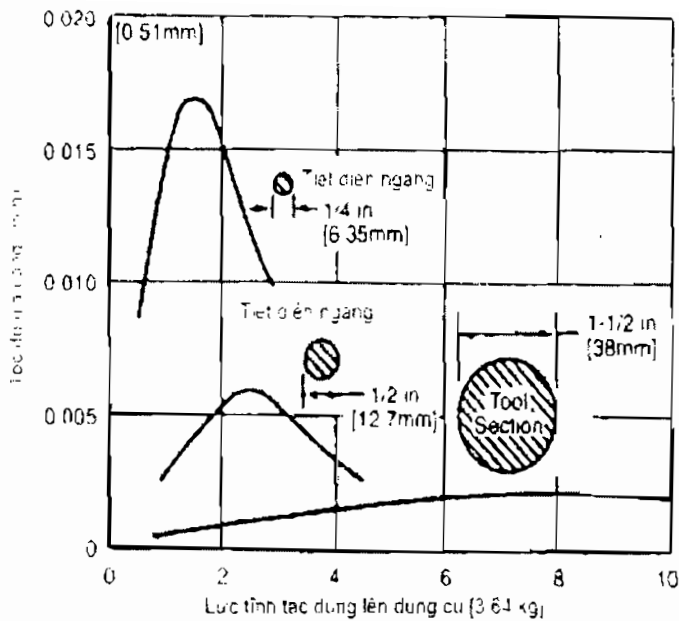


Hình 3.10. Quan hệ giữa tốc độ gia công và biên độ dao động [20]

Tần số của dao động cũng ảnh hưởng đến tốc độ bóc tách vật liệu. Tốc độ bóc tách vật liệu tăng khi tăng tần số của dao động. Với vật liệu giòn, ảnh hưởng của tần số dao động đến tốc độ bóc tách vật liệu cao hơn so với vật liệu dẻo [3].

3.4.2 Ảnh hưởng của hình dáng của dụng cụ

Tốc độ gia công bị ảnh hưởng bởi hình dáng và diện tích tiết diện ngang của dụng cụ. Khi tăng diện tích tiết diện dụng cụ tốc độ gia công giảm vì việc phân phối chất nhão chứa hạt mài vào vùng gia công sẽ khó khăn hơn (hình 3.11). Với cùng một diện tích gia công tiết diện ngang hình chữ nhật hẹp cho tốc độ gia công cao hơn tiết diện ngang hình vuông.



Hình 3.11. Quan hệ giữa tốc độ gia công và lực tác dụng với các diện tích tiết diện dụng cụ khác nhau [21]

3.4.3 Ảnh hưởng của lực tĩnh tác dụng lên dụng cụ

Quan hệ giữa lực tĩnh tác dụng lên dụng cụ với tốc độ gia công được biểu diễn trên hình 3.11. Từ quan hệ này, có thể tìm thấy một giá trị lực tĩnh tối ưu để đạt được tốc độ bóc tách vật liệu là lớn nhất. Thêm vào đó, ảnh hưởng của lực tĩnh lên tốc độ gia công càng nhiều khi diện tích tiết diện ngang của dụng cụ càng nhỏ (hình 3.11).

3.4.4 Ảnh hưởng của kích thước hạt mài

Kích thước hạt mài có ảnh hưởng đến tốc độ bóc tách vật liệu. Việc tăng kích thước hạt mài sẽ làm tăng tốc độ gia công nếu kích thước hạt mài nhỏ hơn một giá trị nào đó. Khi qua giới hạn này thì tốc độ bóc tách vật liệu sẽ giảm nếu tiếp tục tăng kích thước hạt mài [3].

3.4.5 Ảnh hưởng của độ cứng phôi - dụng cụ

Độ cứng của dụng cụ và độ cứng của phôi ảnh hưởng đến tốc độ gia công. Tốc độ gia công tỷ lệ nghịch với tỷ số độ cứng của dụng cụ và độ cứng của phôi. Chính vì vậy, dụng cụ mềm và bền được sử dụng để làm dụng cụ trong gia công bằng siêu âm.

3.5 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

3.5.1 Ưu nhược điểm

Ưu điểm:

- Có thể gia công được cả vật liệu dẫn điện và không dẫn điện.
- Quá trình gia công không gây ảnh hưởng nhiệt cũng như không gây thay đổi về hoá hay điện học của chi tiết gia công.
- Có thể gia công các vật liệu kỹ thuật như gốm chịu nhiệt (alumina và zirconia oxit), thủy tinh, silicon nitrit, graphit, vật liệu composit...
- Năng suất tăng ba đến năm lần so với các phương pháp gia công truyền thống khi gia công các bề mặt phức tạp.
- Chất lượng bề mặt gia công cao, đạt độ nhám bề mặt 0,2 micrômét.
- Quá trình gia công tạo ứng suất dư trên lớp mỏng bề mặt chi tiết gia công nên độ bền mỏi của chi tiết được tăng lên.

Nhược điểm:

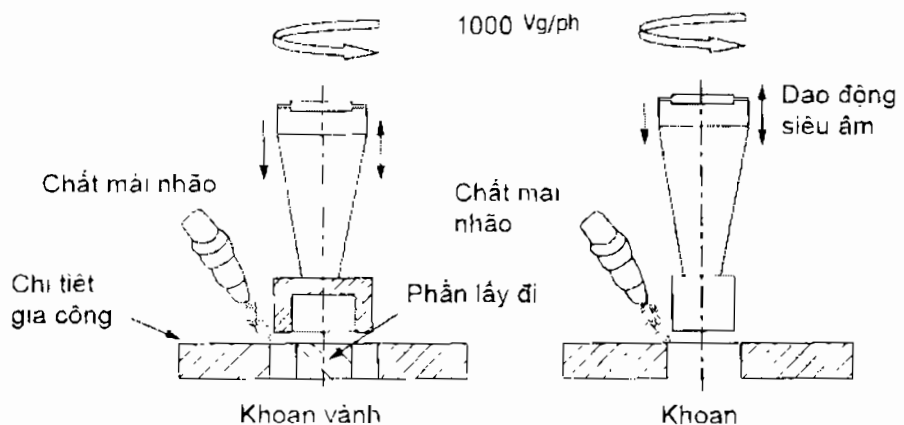
- Tốc độ bóc tách vật liệu thấp;

- Dụng cụ gia công mòn nhanh;
- Độ chính xác gia công còn hạn chế;
- Chiều sâu các lỗ gia công thấp (nhỏ hơn 2,5 lần đường kính dụng cụ).

3.5.2 Phạm vi ứng dụng

• Khoan và khoan vành siêu âm

Khoan và khoan vành là các ứng dụng phương pháp gia công siêu âm quay (hình 3.12). Phương pháp này cho phép khoan nhanh hơn phương pháp khoan thông thường với cùng một lực khoan và tốc độ quay của mũi khoan. Ví dụ khi khoan với lõi đường kính 13 mm, hạt mài cỡ 120, tốc độ cắt 3000 vg/ph với áp lực 83 kPa, khoan tấm oxit nhôm (99,5%) dày 13 mm bằng phương pháp khoan siêu âm sẽ tốn thời gian trung bình là 27 giây. Với phương pháp khoan truyền thống, cùng điều kiện khoan kể trên, thời gian khoan đạt chiều sâu 6 mm là 80 giây - lớn hơn nhiều so với khoan siêu âm [2].



Hình 3.12. Gia công siêu âm quay [1]

Gia công siêu âm quay cũng cho phép khoan ở áp lực thấp. Điều này đặc biệt có lợi khi khoan hoặc gia công các chi tiết kém cứng vững. Lực gia công nhỏ cho phép khoan các lỗ không bị vỡ và có thể gia công khi ngăn cách giữa các lỗ rất nhỏ (đến vài phần trăm mm).

Khoan các lỗ đường kính nhỏ bằng các phương pháp thông thường có thể gặp khó khăn do lực khoan quá lớn làm mũi khoan bị lệch khỏi phương thẳng đứng. Khoan siêu âm khắc phục được nhược điểm này nên có thể nâng cao đáng kể độ chính xác khi khoan. Ví dụ, khoan siêu âm có thể khoan hai lỗ đường kính 1mm sát nhau với vách ngăn chỉ 0,5mm đến độ sâu 65 mm [2]. Khoan siêu âm vành cũng có thể khoan lỗ đường kính 1 mm dài 90 mm trên oxit bery và thu được thanh lõi đường kính 0,43 mm, dài 90 mm từ lỗ khoan này [2].

Phương pháp khoan siêu âm cho phép khoan liên tục các lỗ đường kính nhỏ, trong khi khoan truyền thống thường xuyên phải rút mũi khoan ra để lấy phoi. Việc lùi mũi khoan này làm tăng thời gian khoan.

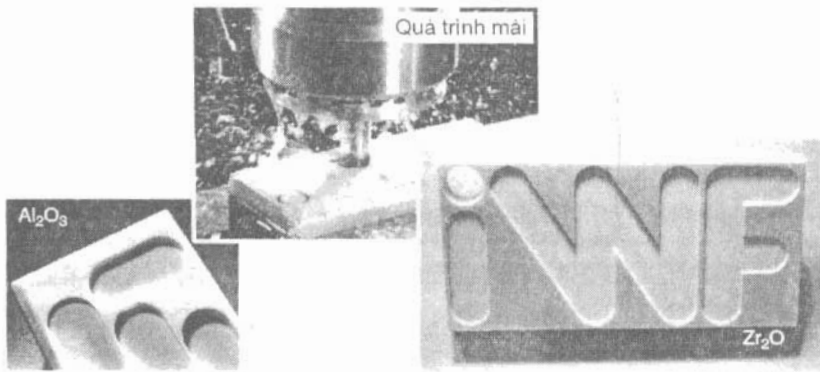
- **Phay**

Khi cho dao động siêu âm tác động trên trục hay vành dao phay, hiệu quả thu được tương tự như khi khoan. Áp lực yêu cầu khi cắt nhỏ hơn nhiều, quá trình cắt vật liệu nhanh hơn và êm hơn. Phay siêu âm mặt đầu có thể phay các hốc song song và duy trì thành mỏng ở mức 0,75 mm.

- **Mài bề mặt**

Mài bề mặt có thể thực hiện bằng mặt đầu của đá mài kim cương đường kính nhỏ (nhỏ hơn 32mm). Có thể dùng mặt cạnh của đá mài kim cương để gia công các rãnh (còn gọi là mài ngón) (hình 3.13 và 3.14). Do rung động

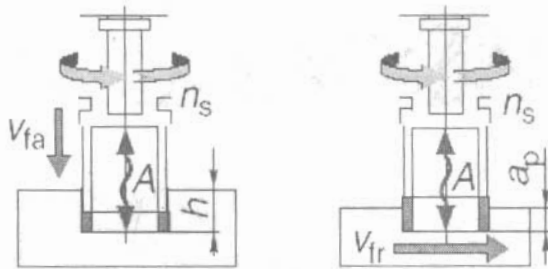
siêu âm tạo nên ứng suất trong vật liệu, thành đá mài không được mỏng hơn 2 mm.



Hình 3.13. Mài siêu âm và các chi tiết mẫu [22]

Mài mặt đầu

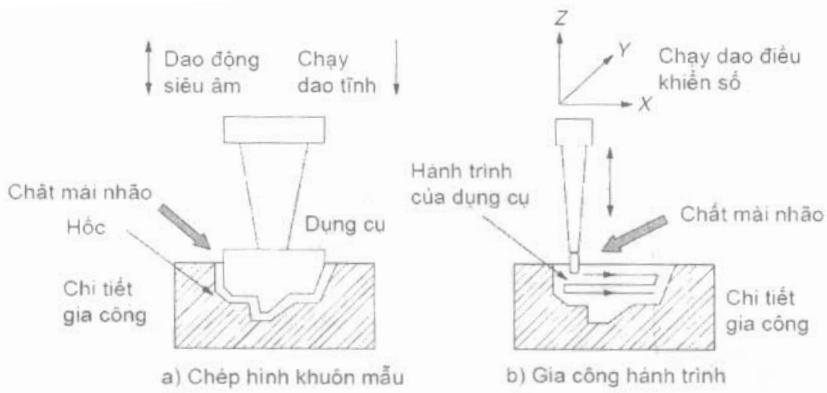
Mài ngón



Hình 3.14. Sơ đồ mài siêu âm [22]

- Chép hình khuôn mẫu và gia công hành trình

Sơ đồ chép hình khuôn mẫu siêu âm được trình bày trên hình 3.15a. Khi chiều sâu gia công lớn hơn 5 đến 7 mm thì việc thoát phoi rất khó khăn [1]. Thêm vào đó, việc chế tạo dụng cụ cho chép hình khuôn mẫu siêu âm khá phức tạp và tốn kém. Do vậy, phương pháp gia công hành trình (hình 3.15b) được sử dụng nhằm khắc phục các nhược điểm trên.



Hình 3.15. Gia công khuôn mẫu và gia công hành trình [1]

- **Đánh bóng siêu âm**



Trước khi đánh bóng



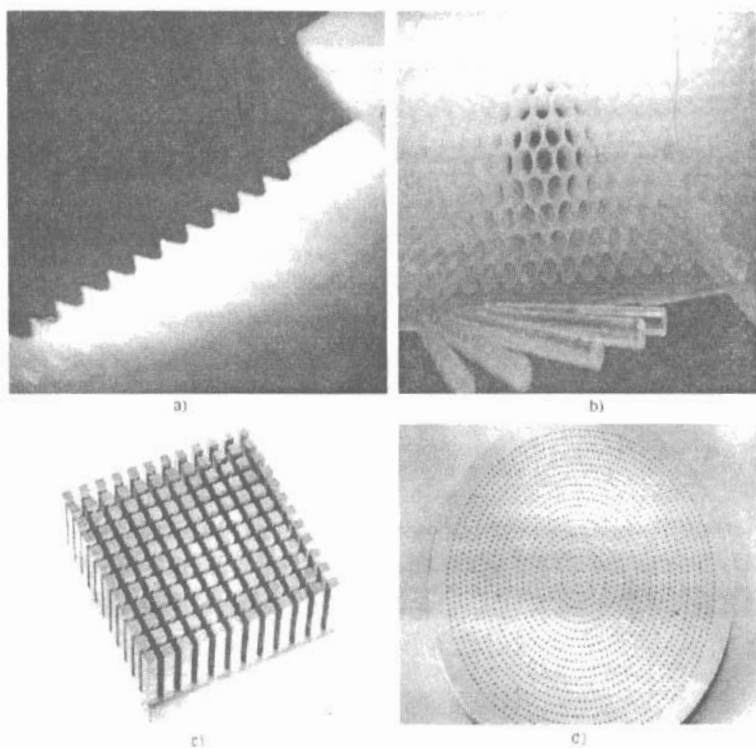
Sau khi đánh bóng

Hình 3.16. Mẫu đánh bóng bằng siêu âm [1]

Đánh bóng siêu âm được thực hiện nhờ dao động của dụng cụ bằng graphit hoặc thủy tinh với tần số siêu âm và biên độ dao động nhỏ. Các hạt mài kích thước nhỏ trong chất nhão tạo nên các điểm ăn mòn trên bề mặt chi

tiết gia công với chiều sâu khoảng 0,012 mm hoặc nhỏ hơn [1]. Hình 3.16 cho thấy hiệu quả của đánh bóng bằng siêu âm với thời gian 1,5 đến 2 phút.

• Các ứng dụng khác



Hình 3.17. Một số ứng dụng của gia công bằng siêu âm:

a) ZrO_2 ; b) thủy tinh; c) và d) silicon

- Gia công các kim loại cứng và giòn, chất bán dẫn, thủy tinh, gốm, cacbit, silicon v.v... (hình 3.17).

- Gia công các lỗ có tiết diện tròn, vuông hay hình dạng bất kỳ. Đường kính lỗ nhỏ nhất có thể gia công được là 0,05 mm. Đường kính dụng cụ đặc lớn nhất là 100 mm [3].

- Tiện ren các vật liệu khó gia công (hình 3.17a).

PHẦN II
CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG NHIỆT

Chương 4

GIA CÔNG XUNG ĐIỆN

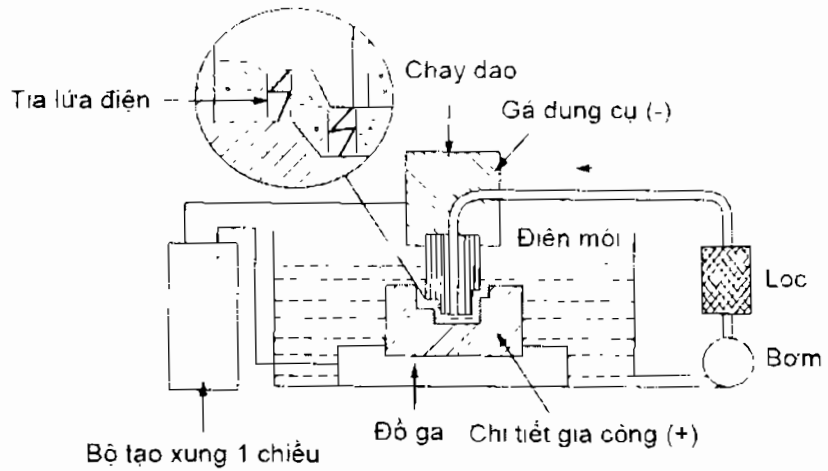
4.1 Giới thiệu

Gia công xung điện (còn gọi là gia công bằng tia lửa điện) là một phương pháp bóc tách kim loại bằng xung điện (hay bằng tia lửa điện). Trong phương pháp gia công này, dụng cụ và chi tiết là hai điện cực nên chúng đều phải là vật liệu có tính dẫn điện. Dụng cụ mang điện cực âm (catod) và chi tiết mang điện cực dương (anod) (hình 4.1). Dụng cụ (thường là đồng hoặc graphit) có hình dạng nhất định được dùng để tạo ra chi tiết (thường có dạng hốc) có hình dạng ngược với điện cực. Điện cực và phôi không trực tiếp tiếp xúc nhau mà được đặt trong dung dịch cách điện (chất điện môi). Xung điện đi qua dung dịch điện môi, khoảng cách giữa điện cực và phôi được điều khiển.

Máy gia công xung điện đầu tiên được B.R. Lazarenko và N.I. Lazarenko (các nhà khoa học Liên Xô cũ) giới thiệu vào năm 1943 [3]. Vào thập niên sáu mươi, gia công bằng tia lửa điện phát triển mạnh mẽ do các nỗ lực nghiên cứu nhằm giải quyết một loạt các bài toán liên quan đến loại gia công này. Những năm 70 đánh dấu cuộc cách mạng của máy cắt dây bằng sự ra đời của các máy tạo công suất, các dây điện cực mới, sự cải tiến quá trình điều khiển, cũng như là việc nâng chất lượng của việc làm mát và thoát phoi.

Các máy gia công xung điện hiện nay so với thua ban đầu có tốc độ gia công gấp 20 lần, chi phí gia công chi tiết giảm trên 30% và chất lượng bề mặt tăng khoảng 15 lần [1].

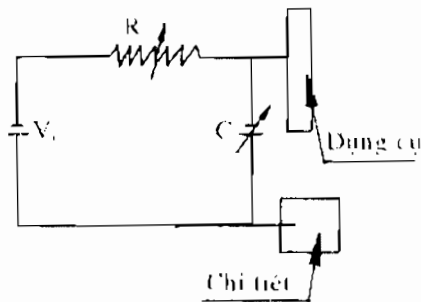
4.2 Hệ thống gia công



Hình 4.1. Sơ đồ hệ thống gia công xung điện [1]

Sơ đồ của hệ thống gia công xung điện được biểu diễn trên hình 4.1. Hệ thống này gồm các phần chính sau: Bộ tạo xung, cơ cấu điều khiển chạy dao servo (gọi tắt là cơ cấu servo), điện cực (dụng cụ gia công) và dung dịch điện môi.

4.2.1 Bộ tạo xung



Hình 4.2. Sơ đồ nguyên lý mạch tạo xung

Bộ tạo xung có nhiệm vụ tạo xung điện một chiều với cường độ dòng điện, điện áp xác định và đóng ngắt theo thời gian. Bộ tạo xung cho gia công xung điện có 3 kiểu: kiểu RC, kiểu RLC và kiểu CC. Bộ tạo xung kiểu RC (mạch điện trở - tụ điện) (Hình 4.2) được dùng khá phổ biến vì mạch của nó đơn giản và cho năng suất cao.

4.2.2 Cơ cấu servo

Cơ cấu servo dùng để duy trì khoảng cách giữa hai điện cực nhằm đảm bảo quá trình phóng điện giữa chúng. Khoảng cách này thường từ 0,01 đến 0,02 mm. Việc điều khiển tốc độ tiến của dụng cụ là do mạch điều khiển tự động đảm nhận. Một số mạch điều khiển tự động hay dùng là mạch điều khiển kiểu cuộn dây hình ống, mạch điều khiển kiểu điện động.

4.2.3 Điện cực

4.2.3.1. Vật liệu điện cực

Vật liệu điện cực trong gia công xung điện cần thoả mãn các yêu cầu sau:

- Có tính dẫn điện;
- Có khả năng bóc tách vật liệu cao;
- Độ mòn thấp;
- Dễ tạo hình;
- Giá thành chế tạo thấp.

Trong gia công xung điện, các loại vật liệu hay dùng để làm điện cực bao gồm graphit, đồng đỏ, đồng graphit, đồng vonfram, bạc vonfram, đồng thau, thép, vonfram v.v...

Graphit là vật liệu điện cực thông dụng nhất vì nó cho khả năng gia công cao và chịu mòn tốt. Điện cực graphit dễ chế tạo với các kích thước và hình dáng khác nhau. Có thể dễ dàng khoan các lỗ bôi trơn nhỏ trong điện cực graphit. Cỡ hạt graphit dùng làm điện cực thường từ 0,001 đến 0,1 mm [2]. Graphit có nhược điểm là nó bụi bẩn khi gia công nên cần có hệ thống hút chân không khi làm việc.

Đồng đỏ có tính mòn, độ dẫn điện tốt và giá thành rẻ. Đồng đỏ gia công không dễ như graphit hay đồng thau. Tuy vậy nó được dùng nhiều gần như graphit, và đặc biệt tốt khi gia công các bit vonfram. Đồng đỏ thích hợp cho gia công tinh với Ra nhỏ hơn 0,5 μm [2].

Đồng vonfram và bạc vonfram là các vật liệu đắt tiền (đắt gấp 18 đến 100 lần so với điện cực đồng đỏ). Các loại vật liệu điện cực này được dùng khi gia công các rãnh sâu với điều kiện bôi trơn và thoát phoi kém [2]. Để tạo các điện cực loại này, bột vonfram được nén và thiêu kết sau đó cho thấm thấu đồng hay bạc. Loại điện cực này có tính gia công khá tốt. Tuy nhiên, vì là vật liệu giòn nên không tạo hình được sau khi thiêu kết.

Đồng graphit được tạo nên bằng cách thấm thấu đồng đỏ vào graphit. Loại điện cực này có giá thành đắt hơn 1,5 đến 2 lần điện cực graphit nguyên chất (đắt gấp 5 đến 20 lần điện cực đồng đỏ) [2]. Độ bền uốn của điện cực này cao hơn điện cực graphit cùng cỡ hạt, do đó hay dùng làm điện cực có tiết diện mỏng. Loại vật liệu này có tính dẫn điện tốt nhưng tính chịu mòn kém hơn điện cực graphit nguyên chất cùng cỡ hạt. Điện cực đồng graphit thích hợp cho gia công các bit vonfram.

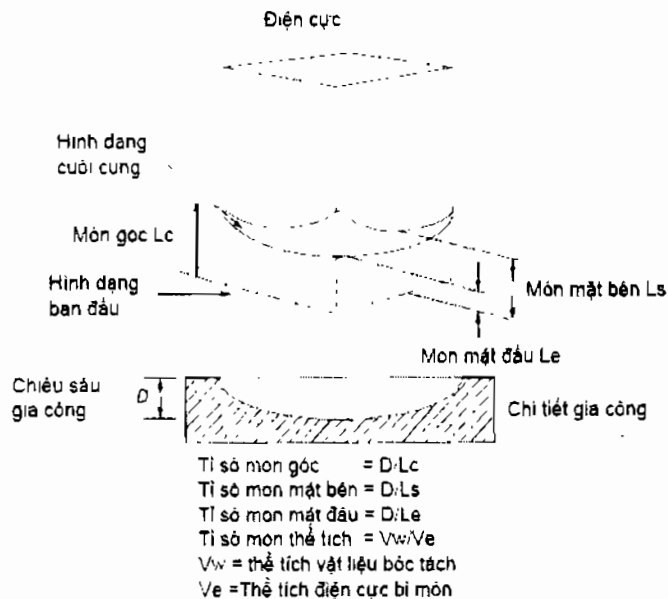
Đồng thau là loại vật liệu rẻ và dễ gia công nhưng có tính chịu mòn kém. Loại vật liệu này thường dùng làm điện cực để khoan các lỗ đặc biệt

nhỏ vì trường hợp này cho phép độ mòn điện cực cao, ví dụ như khi khoan môi để cắt dây tia lửa điện.

Thép không phải là một vật liệu điện cực tốt. Điện cực thép tính gia công kém, mòn nhanh nhưng dễ tạo hình và giá thành rẻ. Loại vật liệu này có thể dùng để gia công lần cuối.

Điện cực vonfram được coi là vật liệu điện cực có tính mòn tốt nhất nên hay dùng để gia công các lỗ nhỏ (<0,2 mm) khi không thể tạo các lỗ bởi tron bên trong điện cực. Nhược điểm của loại vật liệu này là khả năng gia công kém, tạo hình điện cực khó và giá thành cao.

4.2.3.2. Mòn điện cực



Hình 4.3. Các dạng mòn điện cực trong gia công xung điện [2]

Mòn điện cực trong gia công xung điện được biểu diễn qua mòn góc, mòn mặt bên, mòn mặt đầu và mòn thể tích (hình 4.3). Trong gia công xung

điện, điện cực được coi là không mòn khi tỉ số mòn điện cực/chi tiết gia công không quá 1%. Mòn điện cực xuất hiện ở góc trước, do đó mòn góc là yếu tố thường dùng để quyết định khi nào một điện cực phải bị sửa.

Độ mòn của điện cực V_c (mm^3/ph) và tỉ số mòn R_w có thể xác định qua công thức sau [23]:

$$V_c = 11000 \cdot i \cdot T_1^{-2.38} \quad (4.1)$$

$$R_w = 2,25 \cdot T_1^{-2.3} \quad (4.2)$$

trong đó:

i - cường độ dòng điện khi gia công (A);

T_1 - điểm nóng chảy của vật liệu điện cực ($^{\circ}\text{C}$);

T_1 - tỉ số giữa điểm nóng chảy của vật liệu chi tiết gia công và vật liệu điện cực.

4.2.3.3. Chế tạo điện cực

Trong gia công xung điện, độ chính xác của điện cực là một trong các nhân tố quyết định đến độ chính xác gia công. Do đó, việc chế tạo chính xác điện cực là nhiệm vụ rất quan trọng.

Phương pháp cắt gọt là phương pháp chế tạo điện cực thông dụng nhất hiện nay. Các điện cực có thể gia công trên các máy tiện, phay và mài. Phương pháp cắt gọt chủ yếu để gia công các điện cực có hình dạng đơn giản. Phương pháp này rất thích hợp với sản xuất đơn chiếc. Phương pháp cắt gọt đặc biệt phù hợp với vật liệu graphit vì vật liệu này rất dễ gia công. Với vật liệu đồng đó thì phương pháp này không đạt được độ chính xác cao.

Cát dũa hành trình xung điện là một phương pháp tuyệt vời để gia công các điện cực. Tất cả các vật liệu điện cực kim loại đều có thể gia công tốt bằng phương pháp này. Tốc độ cắt trên graphit bằng 1/3 khi cắt đồng. Với vật liệu graphit hạt siêu nhỏ sẽ cho năng suất cắt cao hơn. Phương pháp này cho phép gia công các chi tiết thành mỏng và phức tạp.

Gia công siêu âm sử dụng hạt mài (xem chương 3) được dùng để chế tạo các điện cực có dạng hốc. Phương pháp này đòi hỏi phải chế tạo một dụng cụ (gọi là vật mẫu) để tạo ra hình ảnh ngược của nó, giống như phương pháp xung điện. Vì chi phí chế tạo dụng cụ (mẫu) cao nên phương pháp này thích hợp với sản xuất loạt và hàng khối.

Tạo hình bằng khuôn được dùng để tạo hình các điện cực bằng đồng vonfram trước khi chúng được thiêu kết (xem phần 4.2.3). Phương pháp này dùng khi cần phải chế tạo nhiều điện cực phức tạp bằng đồng vonfram.

Tạo hình bằng điện phân là một phương pháp trong đó một vật mẫu được tạo hình, phủ bằng sơn dẫn điện và sau đó được mạ điện phân. Sau khi được mạ điện phân, mẫu ban đầu được bỏ đi. Mẫu thường được làm bằng sáp để dễ nung chảy nên phương pháp này giống như quá trình ngược của đúc trong khuôn mẫu chảy. Phương pháp tạo hình điện phân có thể tạo nên các điện cực có độ chính xác đến 0,01mm.

Phương pháp đùn hoặc ép dùng để tạo hình các điện cực bằng đồng vì đồng rất thích nghi với kiểu tạo hình này. Theo phương pháp này, đồng được đùn, hoặc ép qua một khuôn. Khuôn đùn thường làm bằng thép dụng cụ nhiệt luyện đạt độ cứng cao hoặc bằng cacbit vonfram. Phương pháp này thích hợp với các điện cực có tiết diện ngang phức tạp và sản xuất hàng loạt, hàng khối.

4.2.4 Dung dịch điện môi

Trong gia công xung điện, dung dịch điện môi thực hiện một số chức năng sau:

- Tạo một trường cách ly giữa điện cực và chi tiết gia công, trong đó hình thành kênh phóng điện.

- Là chất dẫn nhiệt, làm mát cho điện cực và chi tiết gia công.

- Làm trôi các phoi sinh ra trong quá trình gia công.

Để làm tốt các chức năng trên, dung dịch điện môi cần phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Có độ bền cách điện cao để có thể nâng cao được năng suất.

- Dẫn nhiệt tốt;

- Ít bị phân huỷ, bay hơi do tia lửa điện;

- Có khả năng khử ion nhanh sau khi bị đánh thủng bởi tia lửa điện;

- Có độ nhớt thấp để dễ điền đầy khe hở giữa điện cực và chi tiết gia công và dễ dàng tách phoi gia công;

- Giá thành thấp.

Dung dịch điện môi thông dụng nhất là dầu hoả vì nó cách điện tốt, có độ nhớt nhỏ và cho khả năng điều khiển khe hở gia công tốt. Tuy nhiên dầu hoả dễ bị cháy và hay mang theo phoi kim loại. Do đó khi dùng chất điện môi là dầu hoả cần phải có bộ lọc tốt.

Các loại dung dịch điện môi khác là kerosen, dầu silicon và dung dịch điện môi trên cơ sở nước. Nước khử ion có một vài đặc tính tốt như an toàn về cháy, giá thành thấp, độ nhớt thấp và không có cacbon (tránh được ảnh hưởng đến quá trình xung).

• Lưu thông dung dịch điện môi

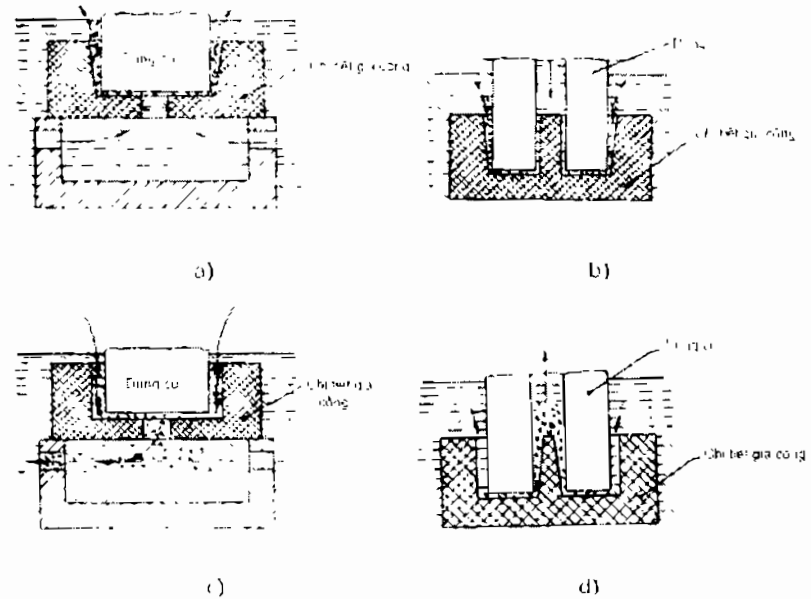
Lưu thông dung dịch điện môi ảnh hưởng lớn đến sự thành công của gia công xung điện. Lưu thông dung dịch điện môi tốt làm tăng độ chính xác gia công, tăng hiệu suất của máy và làm giảm thời gian cũng như chi phí gia công.

Một số quy tắc nên áp dụng khi thiết kế lưu thông chất điện môi :

- Nên lưu thông dung dịch điện môi qua lòng điện cực.
- Nhiều lỗ lưu thông dung dịch điện môi nhỏ tốt hơn một lỗ lớn. Lưu thông qua nhiều lỗ nhỏ cho phép phân phối dung dịch tốt hơn. Thêm vào đó, việc loại bỏ các bột kim loại bám trong các lỗ lưu thông cũng dễ dàng hơn.
- Nên tạo dòng chảy dung dịch điện môi ổn định và bao trùm cả điện cực và chi tiết gia công.
- Nên tránh các điểm chết (không có dung dịch lưu thông) do áp suất từ một vật cản nào đó ở phía đối diện tạo nên.
- Nên có lỗ thông cho các chi tiết dạng hàm ếch để tránh sự tập trung của các khí dễ nổ.

Hình 4.4 mô tả một số sơ đồ lưu thông dung dịch điện môi thông dụng. Chất điện môi có thể được lưu thông qua lỗ khoan xuyên qua chi tiết

với hai kiểu bao gồm lưu thông từ dưới lên (hình 4.4a) và lưu thông từ trên xuống (hình 4.4c). Ngoài ra, chất điện môi cũng có thể lưu thông qua lỗ khoan suốt qua lòng điện cực với lưu thông từ trong lỗ khoan ra ngoài bể chứa dung dịch (hình 4.4b) hoặc lưu thông từ ngoài bể chứa vào lòng lỗ khoan (hình 4.4c).

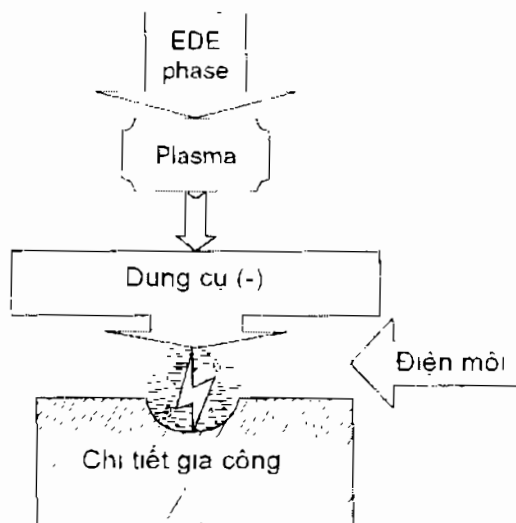


Hình 4.4. Các kiểu lưu thông chất điện môi

4.3 Cơ chế bóc tách vật liệu

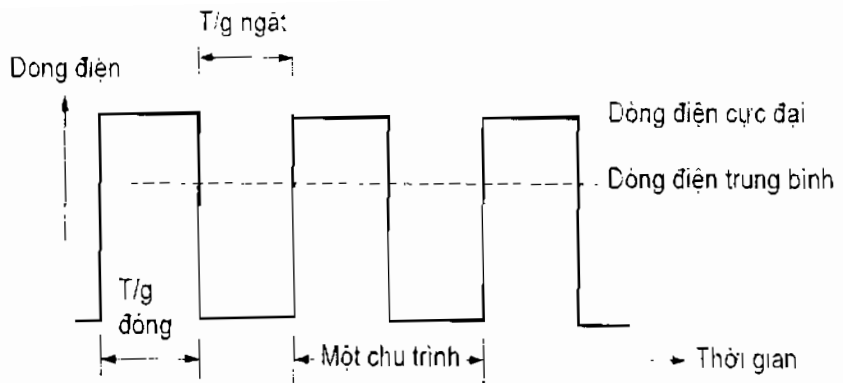
Trong gia công xung điện, sự bóc tách vật liệu dựa trên hiệu ứng ăn mòn xung điện của các tia lửa điện xuất hiện giữa hai điện cực (hình 4.5). Các tia lửa điện này tác dụng riêng rẽ nhờ chất điện môi. Sự bóc tách vật liệu xuất hiện do sự phóng điện tạo ra nhiệt độ cực kỳ cao làm nóng chảy và bốc hơi hai điện cực. Năng lượng một chiều được đặt vào một mạch xung với điện áp từ 30 V đến 250 V và tần số 50 kHz đến 500 kHz tạo ra giữa hai điện cực đặt cách nhau một khoảng ngắn (thường từ 0,01 đến 0,5 mm) một xung

vuông (hình 4.6). Khi sử dụng bộ tạo xung RC, các xung điện (hình 4.7) sẽ làm nhiệm vụ bóc tách vật liệu.

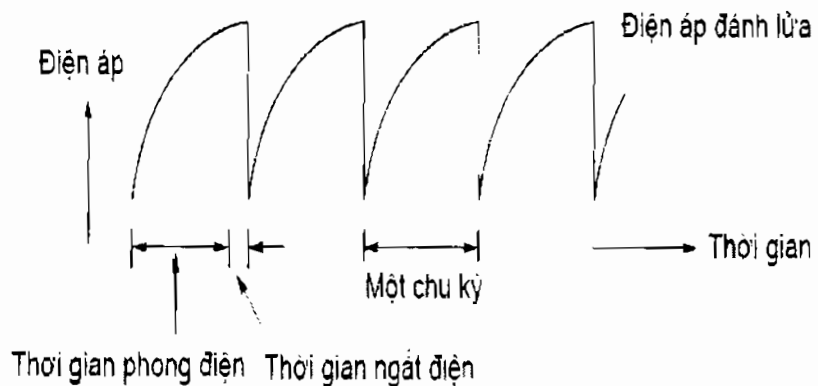


Hình 4.5. Các phần tử của gia công xung điện [1]

Do tác động của xung áp như trên hình 4.8 gây nên hiện tượng đánh thủng chất điện môi trong một kênh có bán kính $10 \mu m$ [24]. Hiện tượng đánh thủng tăng do sự gia tốc về phía anốt (điện cực dương) của các electron phát ra từ catốt (điện cực âm) và các electron nằm rải rác trong khe hở giữa điện cực và phôi. Các electron này va chạm với các nguyên tử neutron của chất điện môi, tạo nên các ion dương và các electron, chúng sẽ gia tốc về phía anốt và catốt. Khi các electron, các ion dương tiến đến anốt và catốt, động năng của chúng sẽ chuyển hoá thành nhiệt năng. Nhiệt độ này lên đến 8000 đến $12000^{\circ}C$ và nhiệt toả ra lên đến $10^{17} W/m^2$ [1]. Do thời gian phóng điện rất ngắn (từ 0,1 đến $2000 \mu s$), nhiệt độ của anốt và catốt tăng cục bộ đến nhiệt độ cao hơn điểm sôi của chúng. Do sự bay hơi của các điện cực, áp suất của kênh plasma tăng nhanh đến khoảng 200 atmophe. Áp suất cao này chống lại sự bay hơi của kim loại bị nung nóng.

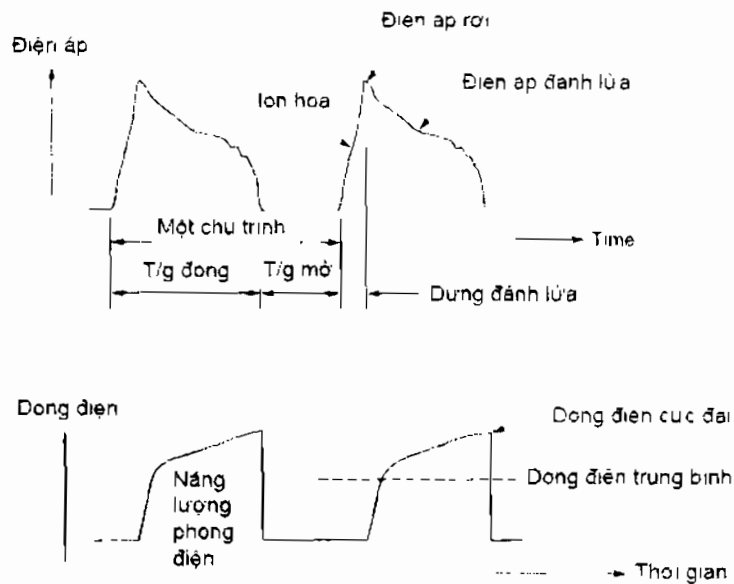


Hình 4.6. Chuỗi dòng điện xung điện hình trong gia công xung điện [2]

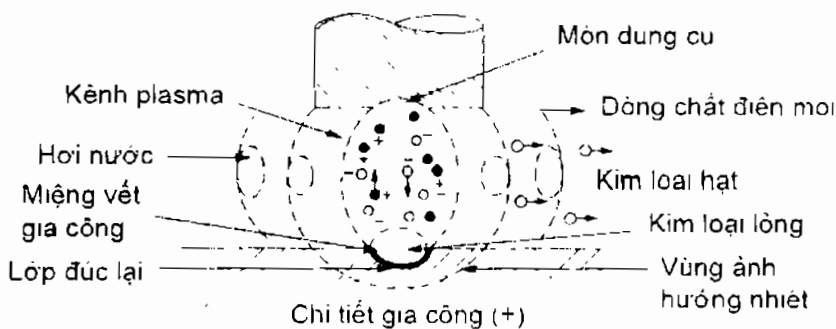


Hình 4.7. Sự thay đổi điện áp theo thời gian khi sử dụng bộ tạo xung RC [1]

Vào cuối chu kỳ xung, áp suất giảm đột ngột và kim loại bị nung nóng bay hơi khốc liệt. Kết quả là kim loại bị bóc khỏi các điện cực (hình 4.9). Chất điện môi sạch được bơm vào có tác dụng cuốn các phoi kim loại đi và làm mát bề mặt chi tiết gia công. Những hạt kim loại nóng chảy không bị cuốn đi tạo thành một lớp gọi là lớp đúc lại. Hơi nước còn lại sẽ bay lên khỏi bề mặt gia công.



Hình 4.8. Điện áp và dòng điện của sóng xung trong quá trình xung điện [1]



Hình 4.9. Cơ chế phóng điện trong gia công xung điện [1]

Lượng vật liệu được bóc đi khỏi anốt và catốt phụ thuộc vào số lượng các electron và các ion dương trong dòng chất lỏng. Vì các ion dương có số lượng nhiều gấp khoảng 10^4 lần số electron nên chúng khó di chuyển hơn

electron [3]. Do vậy momen động lượng của các ion dương khi đập vào catot sẽ nhỏ hơn nhiều momen động lượng của dòng electron tác dụng lên bề mặt anot. Kết quả là anot - chi tiết gia công sẽ mòn nhanh hơn catot. Bên cạnh đó, do lực phóng điện tạo ra trên bề mặt catot một ứng suất dư nén nên giúp nó giảm mòn [3].

Vào cuối quá trình xung, chiều rộng của kênh plasma tăng lên và mật độ dòng điện truyền qua khe hở phóng điện giảm. Với sự thay đổi của dòng điện do sự giảm của các electron, sự tác động của các ion dương tăng lên và theo đó sự ăn mòn của kim loại trên catot cũng tăng lên. Tần số cao của các xung áp nguồn cùng với chuyển động của dụng cụ về phía chi tiết gia công cho phép sự phóng điện trên suốt chiều dài của các điện cực. Hình 4.8 biểu diễn sự phóng điện theo chu kỳ của điện áp và dòng điện trong gia công xung khi sử dụng bộ tạo xung RC.

Tần số của sự phóng điện trong gia công xung là rất cao (từ 500 đến 500.000 lần/s [1]). Với tần số cao như vậy, tổng hợp kết quả của các phóng điện đơn lẻ tạo ra một lượng đáng kể kim loại bị bóc tách. Vị trí của điện cực dụng cụ được điều khiển bởi cơ cấu servo - luôn đảm bảo một khoảng cách không đổi giữa các điện cực (từ 200 đến 500 μm).

4.4 Tốc độ bóc tách vật liệu

Trong gia công xung điện, tốc độ bóc tách vật liệu phụ thuộc vào nhiều yếu tố như vật liệu chi tiết gia công, vật liệu điện cực, tình trạng của xung, tính phân cực của điện cực và chất điện môi. Tốc độ bóc tách vật liệu khi gia công bằng xung điện thường từ 0,1 đến 400 $\text{mm}^3/\text{phút}$. Hình 4.10 cho thấy tốc độ bóc tách vật liệu và độ nhám bề mặt của một số vật liệu khác nhau.

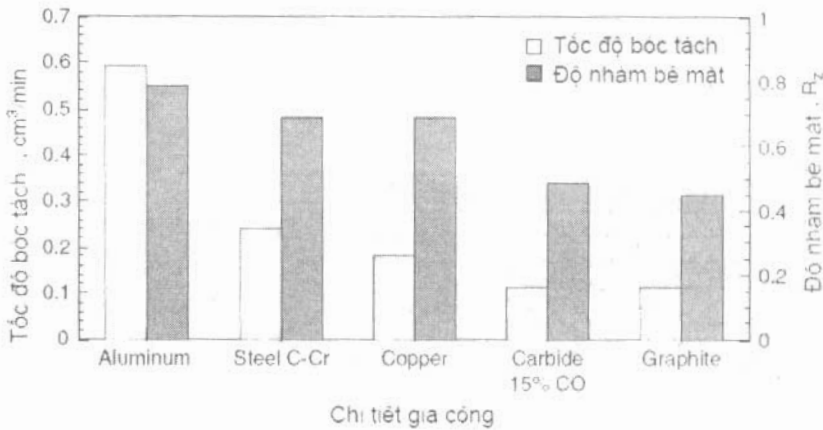
Tốc độ bóc tách vật liệu Q khi xung có thể xác định theo công thức sau [23]:

$$Q = 40000 \cdot i \cdot T_w^{-1.23} \quad (4.3)$$

trong đó:

i - cường độ dòng điện khi gia công (A);

T_w - điểm nóng chảy của vật liệu chi tiết gia công ($^{\circ}\text{C}$).



Hình 4.10. Tốc độ bóc tách và độ nhám bề mặt với các vật liệu khác nhau [25]

4.5 Bề mặt gia công bằng xung điện

Bề mặt tạo ra bằng phương pháp xung điện là tập hợp của vô số các hố bị bắn phá bởi các tia lửa điện phân bố ngẫu nhiên trên bề mặt gia công. Chiều cao của các hố bắn phá từ 2 đến 4 μm . Chất lượng của bề mặt gia công phụ thuộc chủ yếu vào năng lượng của mỗi lần phóng điện. Nếu năng lượng phóng điện cao thì sẽ tạo ra hố bắn phá sâu và dẫn đến chất lượng bề mặt kém.

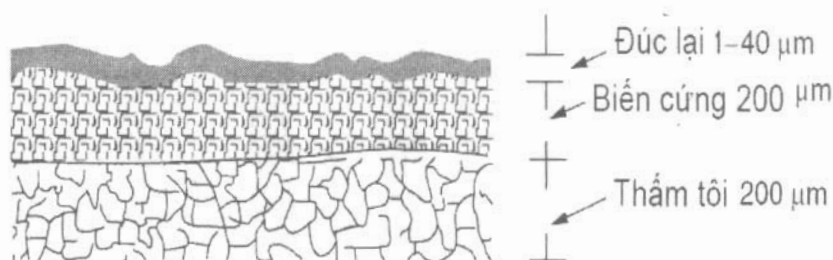
Độ nhám R_a của bề mặt gia công có thể xác định theo năng lượng của xung W (μJ) [26]:

$$R_a = \frac{K_h^2 \cdot W^{0,33}}{12} \quad (4.4)$$

với K_h là hệ số: $K_h = 0,4 \div 0,75$ ($\mu m / \mu J$).

Độ nhám bề mặt sau khi xung cũng có thể xác định qua cường độ dòng điện i_p (A) và chu kỳ xung t_p (μs) theo công thức sau [1]:

$$R_a = 0,0225 \cdot i_p^{0,29} \cdot t_p^{0,38} \quad (4.5)$$



Hình 4.11. Vùng ảnh hưởng nhiệt khi gia công xung điện

Như đã đề cập trong phần 4.3, do nhiệt độ khi phóng điện rất cao (8000 đến 12000 $^{\circ}C$) nên tổ chức kim loại của lớp bề mặt chi tiết gia công bị thay đổi. Bề mặt gia công được tráng một lớp mỏng kim loại - lớp đúc lại (xem phần 4.3) - có độ dày từ 1 đến 25 μm [1]. Một phần kim loại nóng chảy do không được cuốn ra khỏi vùng gia công nên đã nhanh chóng được tôi và tạo nên một lớp bề mặt rất cứng. Chiều sâu của lớp thấm tôi này từ 50 μm (khi gia công lần cuối) đến 200 μm khi cắt năng suất cao [1]. Các vùng ảnh hưởng nhiệt khi gia công xung điện được biểu diễn trên hình 4.11.

4.6 Độ chính xác gia công

Độ chính xác của gia công xung điện phụ thuộc vào nhiều thông số như vật liệu gia công, hình dáng kết cấu bề mặt gia công, độ mòn của điện cực, khe hở phóng điện giữa dụng cụ và bề mặt gia công v.v...

Lỗ gia công bằng phương pháp xung điện thường có độ côn do hiện tượng đánh lửa xảy ra cả ở mặt trước và mặt bên. Độ côn thông thường vào khoảng $0,005 \div 0,05\text{mm}$ trên 10mm chiều sâu.

Gia công bằng xung điện dễ dàng đạt được dung sai $\pm 0,05\text{mm}$. Trường hợp các thông số của quá trình xung được điều khiển tốt thì có thể đạt được dung sai $\pm 0,003\text{mm}$.

4.7 Ưu nhược điểm

Ưu điểm của gia công xung điện:

- Có thể gia công được các hốc có thành mỏng và các chi tiết chính xác vì không có tiếp xúc giữa điện cực và phôi.
- Có thể gia công các lỗ nhỏ và sâu.
- Có thể gia công các chi tiết có hình dáng phức tạp như khuôn mẫu, khuôn kéo, khuôn rèn
- Thời gian điều chỉnh máy và gia công ngắn.
- Mặc dù tốc độ tách bỏ vật liệu liên quan đến điểm nóng chảy của kim loại gia công, việc áp dụng xung điện không bị ảnh hưởng bởi độ cứng của phôi. Các vật liệu có tính gia công kém như cacbit vonfram và thép đã tôi có thể cắt bằng phương pháp này.

- Gia công không có bavìa.

Nhược điểm của gia công xung điện:

- Chỉ gia công được vật liệu dẫn điện.

- Lỗ gia công có độ côn.

- Độ nhẵn bề mặt không cao: Ra từ 0,2 đến 12,5 μm .

- Lớp bề mặt mỏng bị thay đổi về tổ chức tế vi, cơ lý tính. Lớp này có thể loại bỏ bằng đánh bóng.

- Tiêu thụ năng lượng lớn.

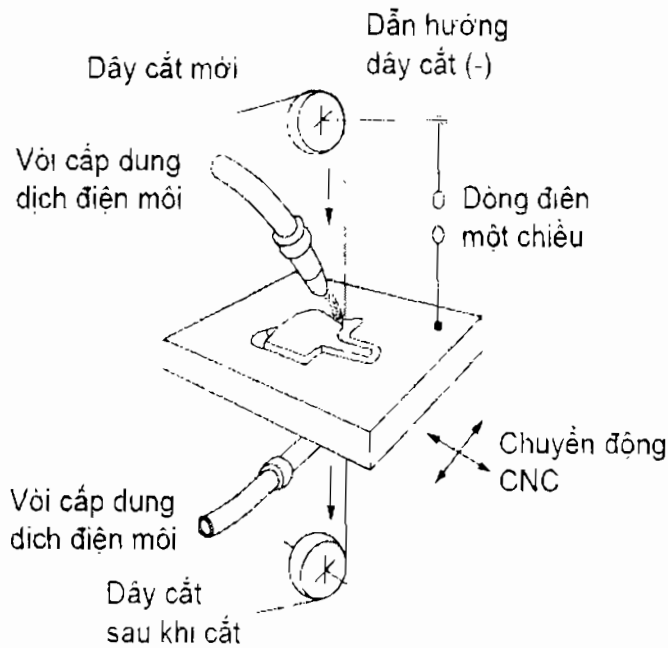
- Giá thành thiết bị cao.

4.8 Các ứng dụng của gia công tia lửa điện

4.8.1 Cắt dây tia lửa điện

Gia công bằng cắt dây tia lửa điện (còn gọi là gia công cắt dây) là một phương pháp đặc biệt của gia công xung điện trong đó sử dụng một dây cắt chuyển động liên tục như là một điện cực (hình 4.12). Dây cắt có đường kính từ 0,05 đến 0,3 mm [2] và có hai loại : dây phủ và không phủ. Dây cắt không phủ có thể là bằng đồng thau, đồng đỏ, molipden, bạc v.v... Dây phủ thường có lõi bằng thép hay bằng đồng thau và lớp phủ có thể là kẽm, đồng hoặc graphit v.v... Hình dạng của chi tiết gia công được tạo bởi các chuyển động (thường là chuyển động của bàn máy) được điều khiển theo chương trình số (chuyển động CNC).

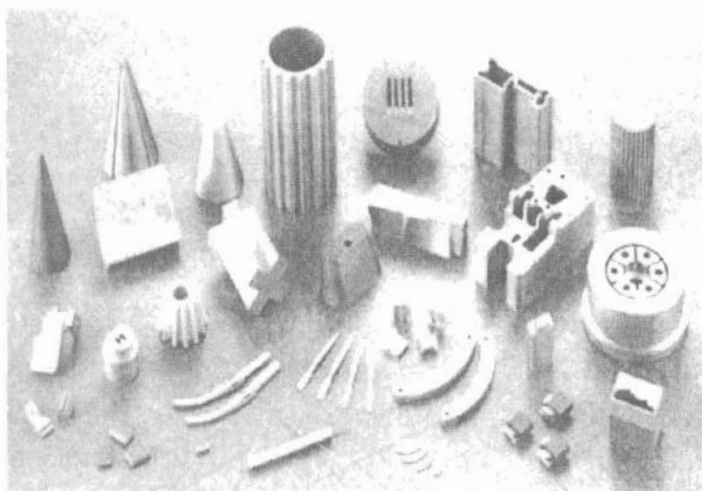
Gia công cắt dây có độ chính xác thông thường khoảng $\pm 0,013$ mm. Để đạt độ chính xác cao hơn (đến $\pm 0,005$ mm) cần phải áp dụng các biện pháp như chạy dây nhiều lần và điều khiển nhiệt chính xác [2].



Hình 4.12. Sơ đồ cắt dây tia lửa điện

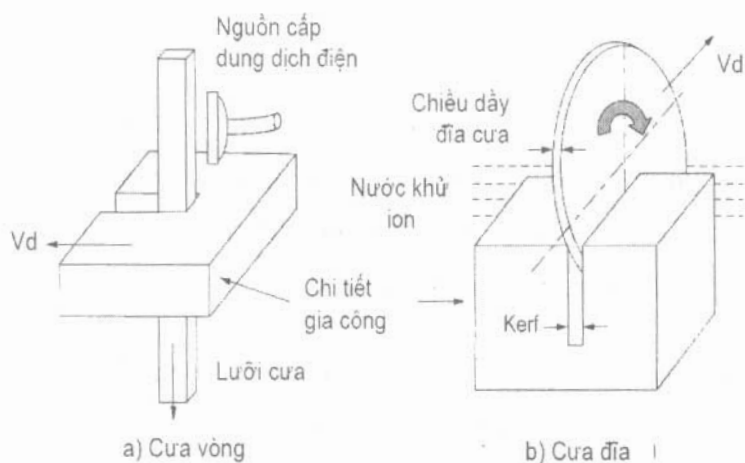
Tốc độ cắt trong gia công cắt dây thường tính theo diện tích bề mặt cắt được trên đơn vị thời gian (ví dụ $\text{mm}^2/\text{phút}$). Tốc độ cắt phụ thuộc vào nhiều thông số như vật liệu dây, vật liệu chi tiết gia công, chất lượng bề mặt gia công, đường kính dây, độ căng của dây v.v...

Gia công cắt dây được dùng rộng rãi để gia công khuôn mẫu, dụng cụ như khuôn đột, khuôn đùn, ép kim loại, gia công các lỗ cố định hình cho ngành dược để sản xuất viên nén. Gia công cắt dây là phương pháp hiệu quả để cắt các biên dạng phức tạp, đòi hỏi có độ chính xác cao như biên dạng cam, biên dạng răng thân khai, răng cycloid v.v... Đặc biệt, phương pháp này rất hiệu quả khi gia công các lỗ nhỏ và sâu, các lỗ, rãnh có thành rất mỏng. Một số mẫu gia công bằng cắt dây cho trên hình 4.13.



Hình 4.13. Các mẫu gia công bằng cắt dây

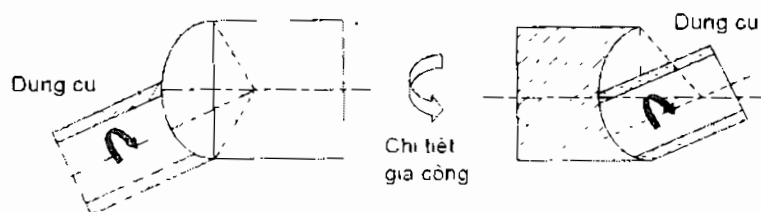
4.8.2 Cưa tia lửa điện



Hình 4.14. Sơ đồ cưa tia lửa điện [1]

Cưa tia lửa điện (hình 4.14) có hai loại là cưa vòng và cưa đĩa. Cưa tia lửa điện cho phép gia công nhanh gấp hai lần loại cưa đĩa truyền thống [1] và có chiều rộng mạch cưa nhỏ.

4.8.3 Gia công mặt cầu



Hình 4.15. Gia công mặt cầu bằng tia lửa điện [28]

Gia công bằng tia lửa điện có thể dùng để gia công các mặt cầu ngoài và cầu trong (hình 4.15). Phương pháp này có thể tạo được mặt cầu với độ chính xác $\pm 1 \mu\text{m}$ và độ nhám bề mặt nhỏ hơn $0,1 \mu\text{m}$ [28].

Chương 5

GIA CÔNG BẰNG TIA LAZE

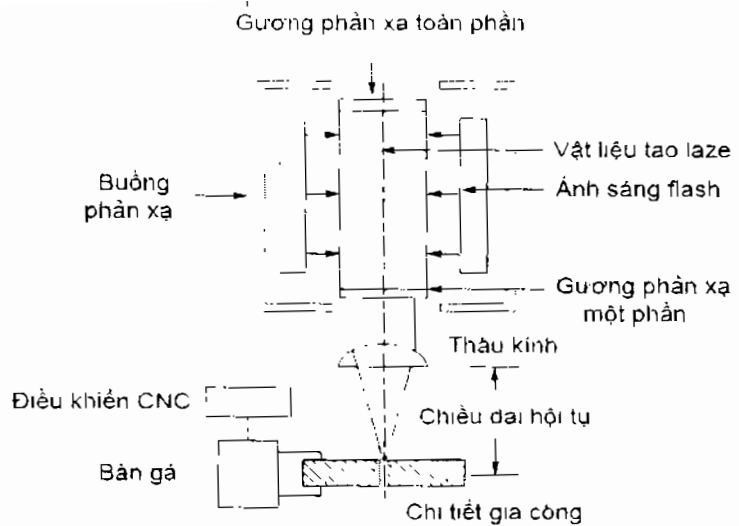
5.1 Giới thiệu

Laze là từ viết tắt của cụm từ tiếng Anh Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Nó có nghĩa là quá trình khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích. Lý thuyết bức xạ ánh sáng được nhà bác học Albert Einstein giới thiệu vào năm 1917 nhưng laze hồng ngọc lần đầu tiên được phát minh bởi Theodore Maiman vào năm 1960. Nhiều loại laze sau đó đã được phát triển và laze đã được ứng dụng rộng rãi như để xử lý bề mặt, để gia công, để hàn, để giao tiếp, để phẫu thuật, sử dụng trong quân đội v.v...

Gia công bằng tia laze là quá trình cắt vật liệu, nung chảy hay thay đổi cấu trúc vật liệu bằng cách tập trung một tia sáng đơn sắc vào chi tiết gia công. Bằng việc hội tụ tia laze tại một diện tích nhỏ (đến $1/100 \text{ mm}^2$), tia laze có thể tạo ra năng lượng tập trung đến 100.000 kW/cm^2 [1]. Năng lượng này đủ để làm nóng chảy và bay hơi bất cứ vật liệu kỹ thuật nào. Gia công laze không cho phép bóc tách vật liệu với khối lượng lớn nhưng nó cho tốc độ cắt cao và với dụng cụ dễ điều khiển, không tiếp xúc và không mòn.

5.2 Hệ thống gia công laze

Hình 5.1 mô tả hệ thống gia công bằng chùm tia laze. Hệ thống bao gồm ba bộ phận chính: Đầu phát laze, bộ phận cung cấp điện và điều khiển (không vẽ trên hình). Bàn gá (có thể được điều khiển CNC). Đầu phát laze để tạo ra tia laze là bộ phận quan trọng nhất.



Hình 5.1. Sơ đồ hệ thống gia công laser [1]

Đầu phát laser hoạt động như sau:

Vật liệu tạo laser (ví dụ rubi) được phát sáng bởi nguồn sáng (đèn phát xung bằng khí xenon) bao xung quanh nó. Thành trong của buồng phản xạ có tính phản xạ cao nên ánh sáng phát ra được tập trung vào thanh vật liệu tạo laser làm thanh này bị “xóc” và cộng hưởng để tạo thành tia laser. Ánh sáng flash được tạo ra cùng lúc loé sáng làm tia laser càng mạnh. Chùm la laser phát ra được một hệ thống thấu kính hội tụ tập trung vào vật liệu gia công làm vật liệu này bị nóng chảy, bốc hơi và xói mòn.

Năng lượng laser có thể liên tục hoặc dạng xung và nó có thể điều chỉnh được. Năng lượng dạng xung nhằm tạo ra công suất laser cao để chống lại sự mất nhiệt trong quá trình gia công. Năng lượng dạng liên tục có thể sử dụng ở dạng xung nhờ một cửa đóng/mở.

Trên thực tế, laser có bốn loại là laser rắn, laser lỏng, laser khí và laser gama trong đó laser rắn là thông dụng nhất. Các loại laser phổ biến trong công nghiệp và đặc điểm của chúng được cho trong bảng 5.1.

Bảng 5.1: Các loại laze phổ biến trong công nghiệp

Loại laze	Bước sóng, nm	Đặc điểm
Hồng ngọc	694,3	-Thể rắn; dạng xung; công suất 5 W; là laze sử dụng gia công kim cương đầu tiên; Để khoan lỗ, hàn điểm.
Nd-YAG	1064; 532; 355	Thể rắn; dạng xung; sóng liên tục; công suất rất rộng, từ 1-800 W; Sử dụng rộng rãi trong gia công.
Nd-glass	1064	Thể rắn; dạng xung; sóng liên tục; công suất 2 mW.
CO ₂	10600	Khí; dạng xung; sóng liên tục; dải công suất rộng từ vài W đến hàng chục kW; dùng rộng rãi cho gia công vật liệu; thích hợp với vật liệu phi kim loại.
Ar	514,5; 488	Ion; dạng xung; sóng liên tục; công suất 1W đến 5 kW.
Kr	647,1	Ion; dùng trong phẫu thuật, kính quang phổ Raman.
Excimer	200-500	Ion; dạng xung; tia dạng hình chữ nhật; năng lượng từ 1-1000 mJ.
Khí trơ He-Ne	632,8	Sóng liên tục; công suất 0,5-50 mW.

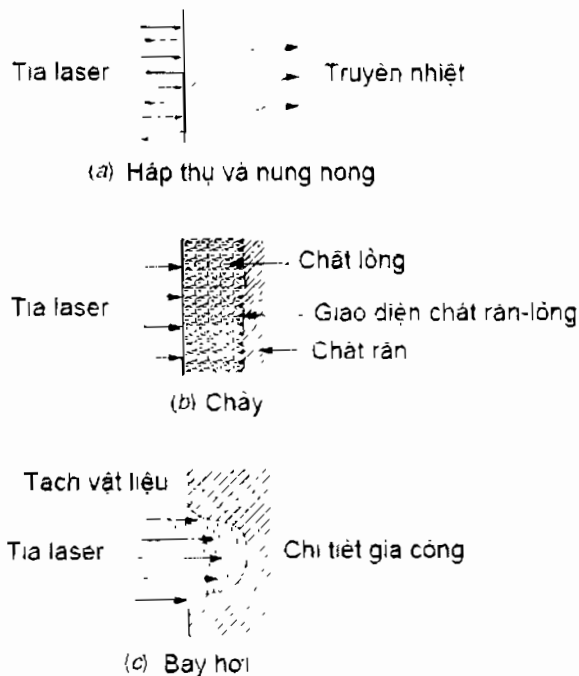
5.3 Cơ chế bóc tách vật liệu

Quá trình bóc tách vật liệu trong gia công bằng tia laze diễn ra tại vị trí tia laze đập vào vật liệu gia công. Quá trình này có thể chia làm các giai đoạn sau (hình 5.2):

-Giai đoạn 1: Vật liệu gia công hấp thụ năng lượng của tia laze và năng lượng này chuyển thành nhiệt năng làm nóng vật liệu lên.

-Giai đoạn 2: Vật liệu gia công bị chảy ra khi nó bị nung nóng đến nhiệt độ chảy.

-Giai đoạn 3: Giai đoạn bay hơi - vật liệu gia công bị bay hơi và bị lấy đi nhờ khí thổi vào vùng gia công.



Hình 5.2. Cơ chế bóc tách vật liệu của gia công laze [1]

5.4 Ưu nhược điểm của gia công laze

• Ưu điểm

- Dụng cụ không tiếp xúc với chi tiết gia công; không có mòn dụng cụ.
- Lực tác dụng lên chi tiết gia công rất nhỏ (có thể bỏ qua);
- Có thể gia công được hầu hết các loại vật liệu, kể cả các vật liệu rất cứng và khó gia công như kim cương, gốm, hợp kim cứng v.v...
- Có thể gia công được các lỗ rất nhỏ và sâu.
- Tốc độ gia công rất nhanh.
- Dễ tự động hóa việc điều khiển quá trình gia công.

• Nhược điểm

- Giá thành thiết bị cao;
- Khó gia công các lỗ sâu không thông.
- Không gia công được các lỗ sâu quá 50 mm [1].
- Để lại các kim loại trên miệng hố gia công nên cần phải làm sạch chúng.

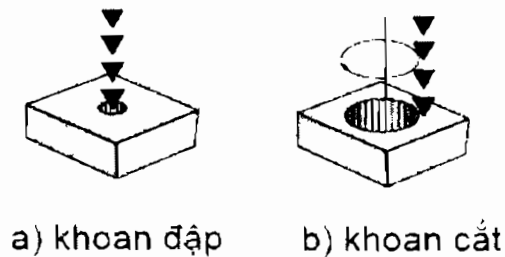
5.5 Ứng dụng của gia công laze

5.5.1 Khoan laze

Khoan laze có thể thực hiện bằng hai phương pháp gồm khoan đập và khoan cắt. Khi khoan đập, lỗ khoan có đường kính bằng đường kính của tia

laze nên tia laze không cần dịch chuyển mà chỉ đứng yên và thực hiện khoan. Với khoan cắt, lỗ khoan có đường kính lớn hơn đường kính tia laze và lỗ khoan được tạo thành bằng chuyển động của tia laze quanh trục lỗ nhiều lần, lần sau có bán kính lớn hơn lần trước để đạt được đường kính lỗ yêu cầu.

Phương pháp khoan đập đặc biệt hiệu quả với các lỗ có đường kính đến 1,5 mm. Với các lỗ đường kính lớn hơn 1,5 mm thường khoan bằng phương pháp khoan cắt [1]. Với các lỗ khoan đường kính từ 0,25 mm đến 1 mm, chiều sâu khoan thông thường đạt gấp 10 lần đường kính lỗ [29], đặc biệt có thể gấp 50 lần đường kính [1].



Hình 5.3. Các loại khoan laze

Khoan đập thường thực hiện bằng laze Nd-YAG vì công suất xung của loại này cao. Khi khoan ở chế độ xung, mỗi xung lấy đi một khối lượng kim loại nhất định. Khi độ dày của kim loại tăng lên, đường kính lỗ khoan cũng phải tăng lên. Các thông số chủ yếu của quá trình khoan được trình bày dưới đây.

Công suất khoan được xác định ở mức cần thiết để đạt hiệu suất cực đại mà vẫn đảm bảo dung sai đặt ra.

Độ dài xung được lựa chọn qua yêu cầu chất lượng, thành phần vật

liệu, độ dày vật liệu và loại laze. Độ dài xung được tăng lên khi chiều sâu khoan tăng. Độ dài xung với cả hai loại laze CO₂ và laze Nd-YAG thường nhỏ hơn 2 miligiây.

Tần số xung xác định tốc độ gia công ở đó vật liệu được gia công. Tần số xung thấp hơn thường dùng khi chiều dày kim loại lớn.

Tiêu cự được xác định bằng độ dày của vật liệu. Thấu kính tiêu cự lớn được dùng với vật liệu dày hơn hay khi mật độ năng lượng rơi xuống dưới mức yêu cầu để vượt qua độ phản xạ của bề mặt.

Đường cấp khí đồng trục dùng để hỗ trợ khi khoan cắt. Loại khí và áp suất phụ thuộc vào vật liệu. Oxy được dùng để đẩy nhanh phản ứng cháy, phản ứng này nâng cao hiệu quả của phương pháp. Khí trợ dùng khi cần lớp bề mặt sau gia công không có oxit. Một số trường hợp không yêu cầu lỗ chất lượng cao có thể dùng không khí. Áp suất khí ảnh hưởng đến chất lượng lỗ khoan cắt. Thông thường áp suất của oxy từ 100 đến 350 kPa. Với khí trợ và không khí, áp suất thường từ 200 đến 620 kPa. Các đầu phun được dùng để khống chế và định hướng cho dòng khí. Các đầu phun thường có đường kính lỗ từ 0,75 đến 2,5 mm. Khoảng cách đầu phun đến chi tiết gia công từ 0 đến 15 mm tùy theo loại laze, thiết kế của đầu phun và lưu lượng khí. Khoảng cách này với laze Nd-YAG thường là 5 mm.

5.5.2 *Cắt bằng laze*

Cắt có thể thực hiện bằng laze CO₂ thể thực hiện ở chế độ liên tục hay chế độ xung. Với laze CO₂, chế độ liên tục được dùng cho các kim loại dày, trong khi chế độ xung dùng cho kim loại mỏng hơn. Các laze Nd-YAG chế độ xung công suất cao được dùng để cắt các hợp kim đặc biệt có độ dày lớn.

Cắt bằng laze cũng dùng để cắt các phôi cứng với độ dẫn điện thấp khi không thể cắt bằng xung điện như dùng để cắt nitrit bo lập phương.

Như vậy, cắt bằng laze có thể thực hiện bằng laze CO₂ hoặc laze Nd-YAG, laze CO₂ thông dụng hơn và cho tốc độ cắt cao hơn.

Công suất trung bình trong cắt bằng laze CO₂ liên tục thường từ 250 W đến 5000 W. Trong chế độ xung, công suất trung bình cao hơn được dùng để cắt kim loại vì khi này yêu cầu công suất tức thời cao hơn. Với laze CO₂ công suất khi cắt kim loại khoảng 100 W đến 2000 W còn với laze Nd - YAG khoảng 100 W đến 400 W [2].

Độ dài xung được lựa chọn để tối ưu hoá chất lượng bề mặt cắt. Độ dài xung ngắn (< 0,75 miligiây) được dùng trong quá trình cắt phức tạp các kim loại mỏng. Độ dài xung ngắn có thể hạn chế mức năng lượng tối đa trong một xung. Độ dài xung lớn hơn (tới 2 miligiây) cho năng lượng xung lớn hơn, cho phép cắt kim loại dày hơn.

Tần số xung được điều chỉnh để cho tốc độ cắt lớn nhất với chất lượng yêu cầu. Nói chung, tần số xung cao được dùng để cắt kim loại mỏng. Với laze CO₂ tần số cao từ 200 đến 500 Hz. Với laze Nd:YAG tần số cao từ 30 Hz đến 100 Hz. Tần số thấp thường dùng để cắt kim loại có độ dày lớn.

Năng lượng xung cần thiết khi cắt liên quan đến độ dày kim loại. Khi độ dày kim loại tăng, năng lượng xung cũng tăng theo. Trong thực tế, laze CO₂ cho năng lượng xung tới 2 J ở chế độ độ xung lớn và tần số xung thấp. Laze Nd - YAG có thể cho năng lượng xung tới 80 J.

Việc lựa chọn thấu kính căn cứ trên độ dày kim loại, thành phần, yêu cầu chất lượng và đường kính yêu cầu của tia. Chiều rộng rãnh gia công lớn

có thể đạt được bằng cách dùng thấu kính tiêu cự lớn. Với đường kính tia laze từ 13 đến 25 mm có thể chọn thấu kính như sau:

-Với laze CO₂ dùng tiêu cự 65 mm để cắt kim loại dày tới 6 mm. Thấu kính tiêu cự 125 mm có thể dùng để cắt kim loại dày từ 5 đến 15,8 mm và tiêu cự 190 hay 250 mm hay dùng cho vật liệu có chiều dày lớn hơn 13 mm.

-Với laze Nd - YAG hay dùng thấu kính có tiêu cự là 100 mm khi cắt kim loại mỏng hơn 3 mm. Khi cắt kim loại dày tới 25 mm, tiêu cự thường từ 50 đến 250 mm. Với các kim loại dày hơn cần chọn tiêu cự lớn hơn.

Việc cấp khí nhằm tạo một dòng khí thổi qua khe cắt để lấy kim loại nóng chảy đi. Khí thổi có thể là oxy, khí trơ hay không khí tùy thuộc vào loại vật liệu và chất lượng gia công yêu cầu. Oxy được dùng nhiều nhất trong cắt thép. Khi cần cắt bề mặt không bị oxy hoá người ta dùng khí trơ như khí heli. Áp suất khí thường chọn như sau: với khí oxy áp suất từ 100 đến 350 kPa, còn với khí trơ từ 200 đến 620 kPa. Lỗ phun thông thường từ 0,75 đến 2,5 mm. Khoảng cách từ đầu phun khí tới phôi tùy theo loại laze từ 0 đến 1,5 mm với laze CO₂ và tới 5mm với laze Nd-YAG. Khoảng cách này và áp suất khí thổi ảnh hưởng lớn chất lượng cắt.

5.5.3 *Khắc laze*

Khắc bằng laze là quá trình tạo bề mặt khắc bằng cách quét hoặc chiếu tia laze lên vật liệu cần khắc. Khắc bằng laze là ứng dụng phổ biến nhất của công nghệ laze và nó chiếm 20% thị phần ứng dụng của tất cả các ứng dụng laze [30].

Khắc bằng laze có thể thực hiện trên hầu hết các vật liệu. Khắc laze dùng để khắc thông tin sản phẩm, tạo biểu tượng của hãng, khắc nghệ thuật v.v... Một số mẫu khắc bằng laze đưa ra trên hình 5.4.



Hình 5.4. Các mẫu khắc bằng laze (Hình của ALLTEC GmbH Inc.)

Các loại laze hay dùng để khắc gồm laze Nd: YAG, laze CO₂ và laze excimer.

5.5.4 Sửa đá mài bằng laze

Các tia laze có thể dùng để sửa đá mài với chất lượng cao vì nó có thể làm bay hơi và lấy đi vật liệu đá mài composit. Việc chọn tốc độ sửa đá hợp lý sẽ cho phép sửa toàn bộ bề mặt đá và thay đổi topography của đá. Sửa đá bằng laze tạo ra các lưới cắt mới trên bề mặt đá đã bị mòn. Phương pháp này cũng cho phép làm mới đá bằng cách chỉ làm bay hơi các phoi kim loại nhỏ bám trên bề mặt đá mài.

Chương 6

GIA CÔNG BẰNG CHÙM TIA ĐIỆN TỬ

6.1 Giới thiệu

Gia công bằng chùm tia điện tử sử dụng năng lượng của chùm tia điện tử tốc độ cao hội tụ trên bề mặt gia công làm nóng chảy và bay hơi vật liệu.

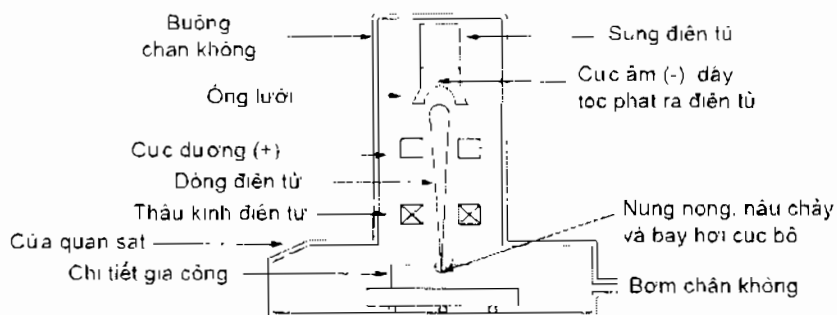
Gia công bằng chùm tia điện tử đã được biết đến từ khá lâu. Nó đã được sử dụng từ cuối những năm 30 để khoan các lỗ trên kính của kính hiển vi điện tử. Vào năm 1950, Steigerwald và các đồng nghiệp tại Carl Zeiss A.G. (Cộng hoà Liên bang Đức) đã phát triển máy phay bằng tia điện tử [3]. Năm 1960, E.B. Bas đã sử dụng chùm tia điện tử để khoan lỗ trên đá rubi.

Gia công bằng chùm tia điện tử có thể dùng để gia công nhiều loại vật liệu khác nhau. Phương pháp gia công này không bị hạn chế bởi các tính chất vật liệu như độ cứng, độ dẻo, độ dẫn điện, dẫn nhiệt và điểm nóng chảy. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả khi khoan chính xác các lỗ nhỏ (0,1 đến 1 mm) trong kim loại.

6.2 Hệ thống gia công bằng chùm tia điện tử

Các bộ phận chính của hệ thống gia công bằng chùm tia điện tử (hình 6.1) được bố trí trong một buồng chân không. Các điện tử tự do được tạo ra khi dây tóc vonfram của cực âm (catot) được nung nóng tới 2500 đến 3000⁰ C [1] bằng một dòng điện chạy qua nó. Dòng tia điện tử tốc độ cao được tạo ra bởi một súng điện tử mà nó gia tốc các điện tử tự do đến tốc độ lớn hơn 60% tốc độ ánh sáng. Một điện thế cao (thường khoảng 120 kV [1]) giữa catot

(dây tốc) và anot gia tốc các điện tử tự do hướng về phía chi tiết gia công [2]. Trên anot có tạo một lỗ dùng để hội tụ các điện tử. Tiếp đó chùm tia điện tử lại được hội tụ lần nữa bởi một thấu kính điện tử hay thấu kính điện tử được tạo bởi các cuộn dây từ trường (hình 6.1) để đảm bảo điều khiển chùm tia tập trung vào chi tiết gia công. Các điện tử duy trì vận tốc (228.10^3 km/s) được truyền bởi điện áp gia tốc đến tận khi chúng bắn phá chi tiết gia công trên một diện tích có thể điều chỉnh với đường kính thông dụng là 2,5 mm [1].



Hình 6.1. Sơ đồ hệ thống gia công bằng chùm tia điện tử

Động năng của các điện tử nhanh chóng chuyển thành nhiệt năng làm tăng nhiệt độ của chi tiết gia công lên đến trên nhiệt độ điểm sôi và tạo ra sự bóc tách vật liệu nhờ bay hơi. Với mật độ năng lượng của chùm tia $1,55 \text{ MW/mm}^2$, hầu hết các vật liệu kỹ thuật đều có thể gia công được bằng phương pháp này [1].

Cho đến nay, cơ chế bắn phá chi tiết gia công của chùm tia điện tử vẫn chưa được hiểu rõ. Tuy nhiên, người ta tin rằng bề mặt chi tiết gia công được làm nóng chảy nhờ sự kết hợp giữa áp suất của chùm tia điện tử và sức căng bề mặt. Dung dịch nóng chảy nhanh chóng bị đẩy ra và bay hơi và do đó tạo ra sự bóc tách kim loại với tốc độ khoảng $10 \text{ mm}^3/\text{mm}$ [1].

Một ống lưới đặt giữa catot và anot hoạt động như một lưới điều khiển số lượng điện tử bị gia tốc. Ống lưới cũng hoạt động như một ngắt mạch cho xung của chùm tia. Chùm tia thông thường được điều chỉnh từ 1 đến 80 mA và công suất xung có khả năng lên tới 12 kW/ xung [2].

6.3 Các thông số của quá trình gia công bằng chùm tia điện tử

Chiều sâu của lỗ gia công bằng chùm tia điện tử h có thể xác định theo công thức sau:

$$h = n_c \cdot h_c \quad (6.1)$$

trong đó:

h_c -chiều sâu lỗ gia công đạt được sau mỗi xung (mm).

n_c -số lượng xung cần thiết để gia công; n_c có thể xác định theo công thức [31]:

$$n_c = \frac{1}{K \cdot I_c \cdot U_c} \quad (6.2)$$

ở đây:

I_c - cường độ dòng điện của chùm tia (A);

U_c - điện áp gia tốc (V);

K - hằng số.

Khi khoan bằng chùm tia điện tử, tốc độ khoan v_k có thể xác định theo công thức sau:

$$v_k = \frac{h \cdot f_p}{n_c} \quad (6.3)$$

Khi gia công rãnh có chiều sâu h và chiều dài L (mm), thời gian gia công được xác định như sau:

$$t_{pr} = \frac{n_c \cdot L}{f_p \cdot d_h} \quad (6.4)$$

Trong các công thức trên:

f_p -tần số của xung (s⁻¹);

d_h -đường kính của chùm tia tại vị trí tiếp xúc với chi tiết gia công (chiều rộng rãnh gia công).

Chiều sâu gia công bằng chùm tia điện tử phụ thuộc vào nhiều thông số như đường kính của chùm tia, công suất của chùm tia, vật liệu gia công v.v...

6.4 Ưu nhược điểm của quá trình gia công bằng chùm tia điện tử

Gia công bằng chùm tia điện tử có một số ưu điểm sau:

- Có thể khoan các lỗ với năng suất rất cao (tới 4000 lỗ/giây);
- Có thể gia công các lỗ nghiêng;
- Các tham số của quá trình gia công có thể điều khiển dễ dàng trong quá trình gia công.
- Không gây biến dạng chi tiết gia công.

-Độ chính xác gia công cao.

Bên cạnh các ưu điểm trên, gia công bằng chùm tia điện tử còn có một số hạn chế như sau:

-Giá thành thiết bị gia công cao;

-Bề mặt gia công tồn tại một lớp đúc lại mỏng;

-Cần phải dùng đến vật liệu phụ.

6.5 Ứng dụng của gia công bằng chùm tia điện tử

-Gia công bằng chùm tia điện tử được dùng rất hiệu quả khi khoan hoặc gia công các rãnh nhỏ (từ 0,01 đến 1 mm) trên các loại vật liệu khác nhau như thép, thép không gỉ, grafit, gốm, hợp kim cứng, kim cương v.v... Chiều sâu các lỗ gia công có thể đạt từ 1 đến 15 lần đường kính gia công.

-Phương pháp này có thể gia công các lỗ nghiêng 15° so với phương thẳng đứng.

-Có thể gia công các lỗ có profilen phức tạp.

-Thường sử dụng để gia công các màng mỏng trong lĩnh vực cơ khí chính xác.

Chương 7

GIA CÔNG BẰNG PLASMA

7.1 Giới thiệu

Gia công bằng plasma là phương pháp gia công dùng dòng plasma có nhiệt độ cao để cắt kim loại bằng cách làm nóng chảy cục bộ kim loại tại vị trí cần cắt và dùng áp lực của dòng khí đẩy phần kim loại nóng chảy ra khỏi vùng cắt. Nhiệt độ của dòng plasma dùng để gia công thường từ 10.000 đến 30.000° C.

Gia công bằng plasma bắt đầu từ những năm đầu của thập niên 50 với mục đích thay thế phương pháp cắt bằng ngọn lửa oxy - khí ga để cắt các loại thép không gỉ, nhôm, kim loại không nhiễm từ v.v...[1]. Vào khoảng thời gian đó, phương pháp gia công này còn nhiều hạn chế như năng suất và chất lượng cắt thấp, thiết bị đắt tiền. Ngày nay, phương pháp này được sử dụng khá hiệu quả để gia công vật liệu dẫn và không dẫn điện. Đặc biệt, phương pháp này có ưu điểm là có thể gia công thép không gỉ nhanh hơn thép cacbon.

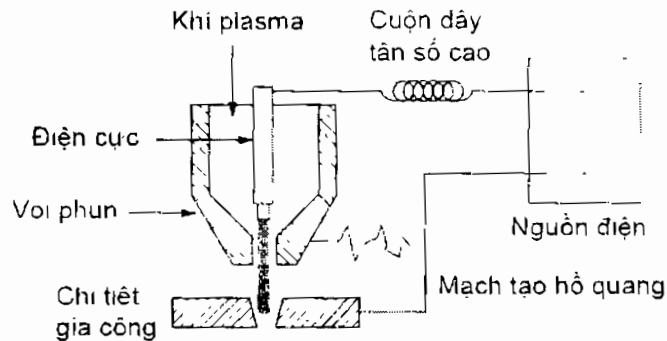
7.2 Hệ thống gia công bằng plasma

Trong gia công plasma, một dòng khí được thổi với vận tốc cao qua một vòi phun. Đồng thời với dòng khí thổi qua, một hồ quang điện được tạo thành đã biến dòng khí thành dòng plasma. Dòng plasma là hỗn hợp khí gồm các điện tử tự do, các ion dương, các nguyên tử và phân tử. Dòng plasma được tạo ra một cách liên tục giữa điện cực (thường làm bằng

vonfram) và chi tiết gia công. Các loại khí thường dùng để tạo plasma gồm có argon, hydrogen, nitrogen v.v... Dòng plasma được thu hẹp lại khi đi qua vòi phun để tạo thành tia tác dụng lên vùng cần gia công. Với vận tốc và nhiệt độ rất cao, tia plasma làm nóng chảy vật liệu và thổi chúng ra khỏi vùng cắt.

Các hệ thống gia công bằng plasma gồm có gia công hồ quang plasma, gia công bằng tia plasma và gia công plasma có bảo vệ bằng nước hoặc không khí.

7.2.1 Gia công bằng hồ quang plasma

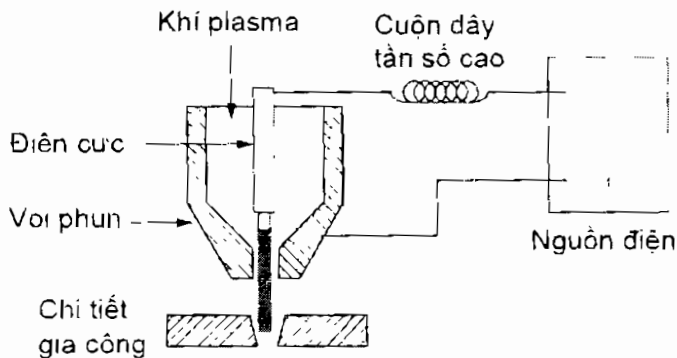


Hình 7.1. Sơ đồ hệ thống gia công hồ quang plasma

Hình 7.1 mô tả hệ thống gia công hồ quang plasma. Hồ quang được tạo ra giữa điện cực và chi tiết gia công có nhiệt độ lên tới trên 30.000°C [1]. Hồ quang plasma không phụ thuộc vào phản ứng hoá học giữa khí và chi tiết gia công. Hồ quang này làm mòn cả điện cực và chi tiết gia công. Tốc độ truyền nhiệt trong loại gia công này là rất cao vì hầu hết tất cả nhiệt lượng ở anốt được truyền tới chi tiết gia công (catốt). Do vậy, loại gia công này có hiệu suất cao và thường được dùng để gia công kim loại.

7.2.2 Gia công bằng tia plasma

Trong gia công bằng tia plasma (hình 7.2), chi tiết gia công không đóng vai trò điện cực như trong gia công bằng hồ quang plasma. Tia plasma được phun ra đã tạo ra nhiệt độ tới 16.000°C [1]. Loại gia công này rất thích hợp để gia công vật liệu không dẫn điện. Tuy nhiên, do một lượng nhiệt lớn bị mất đi vì nước làm mát, gia công bằng tia plasma có hiệu suất thấp.



Hình 7.2. Sơ đồ hệ thống gia công bằng tia plasma

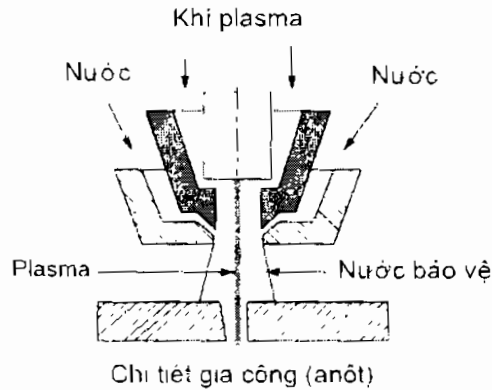
7.2.3 Gia công plasma có bảo vệ

Để nâng cao chất lượng khi gia công kim loại như thép không gỉ, thép các bon, nhôm v.v... người ta sử dụng khí hoặc nước để bảo vệ. Hình 7.3 mô tả hệ thống gia công plasma có nước bảo vệ. Nhờ lớp nước phun bao quanh hồ quang plasma, chiều rộng vùng cắt giảm xuống và chất lượng gia công tăng lên.

7.3 Các thông số của quá trình gia công bằng plasma

Quá trình gia công bằng plasma chịu ảnh hưởng của nhiều thông số. Các thông số này gồm có: Đầu phun plasma, khí để tạo plasma, vòi phun, điện cực, vật liệu gia công, phương pháp bảo vệ v.v...

Đầu phun plasma gồm có điện cực (thường làm bằng vonfram) và vòi phun (hình 7.1 và 7.2). Đầu phun plasma có hai dạng nối với nguồn điện một chiều là dạng hồ quang dịch chuyển và hồ quang không dịch chuyển.



Hình 7.3. Gia công bằng plasma có nước bảo vệ

Với đầu phun dạng hồ quang dịch chuyển (hình 7.1), catot được nối thẳng với cực âm của nguồn điện và anot (vòi phun) được nối với cực dương của nguồn thông qua một điện trở thích hợp để khống chế dòng điện chạy qua vòi phun khoảng 50 ampe. Chi tiết gia công (kim loại) cũng được nối với cực dương của nguồn. Khi bốc cháy, một ngọn lửa plasma sẽ được tạo ra giữa catot và vòi phun tạo nên một đường dẫn cho một dòng điện cường độ cao tạo hồ quang giữa catot và chi tiết gia công. Khi hồ quang xuất hiện thì điện trở tạo hồ quang sẽ ngắt. Phương pháp này chỉ sử dụng khí chi tiết gia công là kim loại.

Với đầu phun dạng hồ quang không dịch chuyển (hình 7.2), nguồn điện một chiều được nối trực tiếp catot và vòi phun, do đó catot và vòi phun có cùng dòng điện. Với loại này, plasma có dạng một ngọn lửa, rất hiệu quả cho gia công gốm và các vật liệu không dẫn điện.

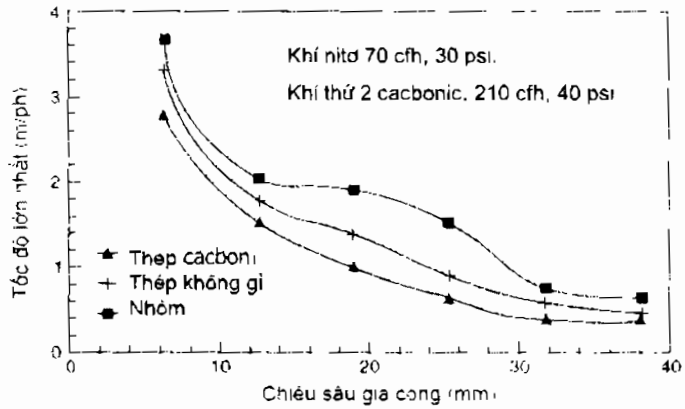
Kích thước của các kiểu đầu phun plasma khác nhau được cho trên bảng 7.1.

Trong gia công plasma sự hấp thụ năng lượng từ tia plasma tới chi tiết gia công ảnh hưởng tới tốc độ bóc tách vật liệu. Do vậy, tốc độ cắt cũng như khả năng gia công phụ thuộc vào vật liệu gia công và loại gia công, khí bảo vệ - là những nhân tố ảnh hưởng đến tốc độ truyền nhiệt. Hình 7.4 biểu diễn tốc độ gia công lớn nhất - được coi là khả năng gia công khi gia công các vật liệu khác nhau.

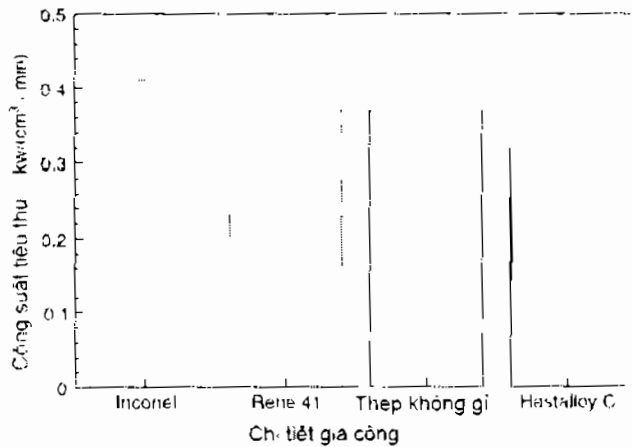
Bảng 7.1: Kích thước và điều kiện thao tác của các loại đầu phun plasma

Kiểu đầu phun	Đầu phun toé	Đầu cắt	Đầu hàn	Đầu hàn lớp	Đầu phun micro
Đường kính catot (mm)	8-12	10-20	3-6	6-8	2
Đầu catot	Còn 30-60" với đầu 1mm	Còn 75" với đầu 8 mm	Còn 75" với cùn	Còn 30" với đầu 1 mm	Còn 45" với đầu sắc
Đường kính vòi phun (mm)	4-10	3-5	3-4	3-4	0.5-2
Chiều dài vòi phun (mm)	10-25	3-5	3	25-100	2-5
Khe hở điện cực (mm)	1-5	1-4	1-3	1-3	1-3
Công suất tiêu thụ (kW)	5-40	10-200	5-50	5-50	đến 2
Lưu lượng khí (l/ph)	1-30	20-60	5-20	2-10	2-5

Hình 7.5 biểu diễn công suất tiêu thụ cần thiết khi tiện thô plasma các vật liệu gia công khác nhau. Công suất tiêu thụ thấp khi yêu cầu năng lượng ít hoặc tốc độ bóc tách vật liệu cao.



Hình 7.4. Khả năng gia công của plasma có khí bảo vệ [25]



Hình 7.5. Công suất tiêu thụ khi tiện thô bằng plasma [25]

7.4 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

7.4.1 Ưu nhược điểm

Gia công plasma có một số ưu điểm sau:

- Có thể gia công nhiều loại vật liệu với tốc độ cao.
- Không gây độc hại cho công nhân và môi trường.
- Tiêu thụ năng lượng cho gia công ít.

Tuy nhiên, gia công plasma có một số nhược điểm như:

- Cấu trúc lớp bề mặt chi tiết gia công bị phá hủy.
- Chất lượng bề mặt không cao.

7.4.2 Phạm vi ứng dụng



Hình 7.6. Tiện plasma

-Gia công plasma ứng dụng rộng rãi trong gia công thép không gỉ, nhôm, các vật liệu dẫn điện và không dẫn điện.

-Dùng để hàn các vật liệu khó hàn như titan, thép không gỉ v.v...

-Xử lý, làm sạch các bề mặt.

-Tiện plasma (hình 7.6) là phương pháp hiệu quả để tiện các vật liệu khó gia công.

PHẦN III
CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐIỆN

Chương 8

GIA CÔNG ĐIỆN HOÁ

8.1 Giới thiệu

Gia công điện hoá là quá trình gia công tiên tiến trong đó sự bóc tách kim loại được thực hiện bằng sự hoà tan anot trong một hệ thống điện phân mà trong đó phôi là anot và dụng cụ là catot. Chất điện phân được bơm qua khe hở giữa dụng cụ và phôi, trong khi dòng điện một chiều đi qua hệ thống với điện áp thấp để hoà tan kim loại của phôi.

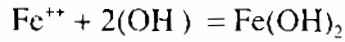
Tuy gia công điện hoá đôi khi vẫn áp dụng cho sản xuất loạt nhỏ, phương pháp này chủ yếu dùng trong sản xuất loạt lớn, hàng khối vì chi phí thiết bị, dụng cụ và lắp đặt cao. Một máy gia công điện hóa 15.000 ampe để gia công kim loại với tốc độ 25.000 mm³ /ph có thể có giá từ 400.000 đến 700.000 USD (chưa bao gồm thiết bị phụ và các vấn đề phụ trợ khác).

8.2 Hệ thống gia công điện hoá

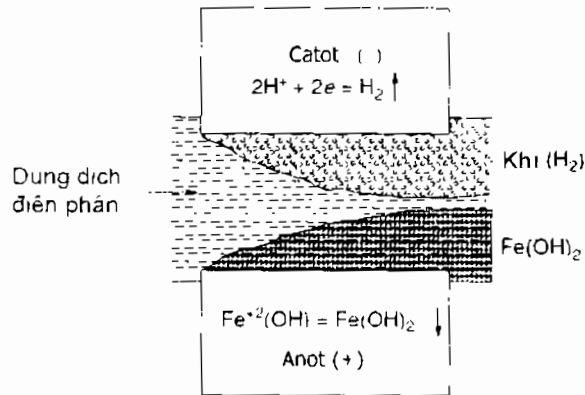
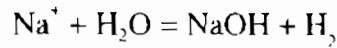
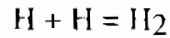
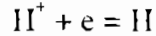
8.2.1 Nguyên lý gia công điện hoá

Sơ đồ nguyên lý của gia công điện hoá được trình bày trên hình 8.1. Khi sử dụng dung dịch chất điện phân là muối ăn NaCl, vật liệu gia công là sắt nguyên chất (Fe) thì trong quá trình gia công điện hoá sẽ xảy ra các hiện tượng sau: Trong dung dịch chất điện phân có các ion Cl⁻, ion OH⁻ sẽ chuyển động về anot (phôi) và các ion H⁺, và Na⁺ sẽ chuyển động về catot (dụng cụ).

Tại anot : Fe mất điện tử trở thành ion Fe⁺⁺ và có các phản ứng:



Tại catot :



Hình 8.1. Sơ đồ nguyên lý gia công điện hoá thép [1]

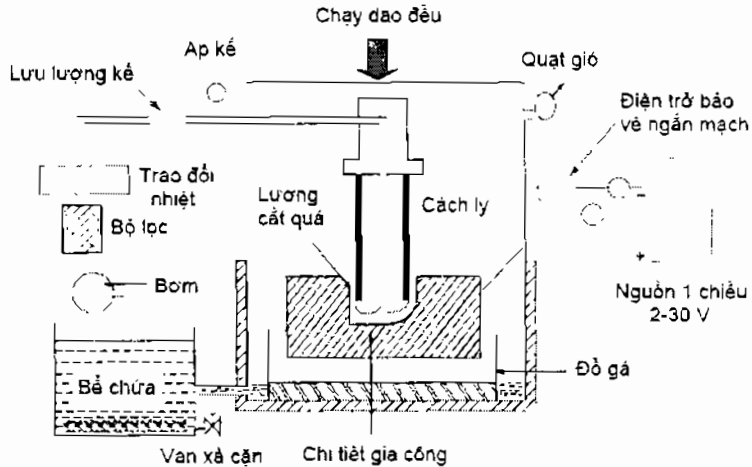
8.2.2 Thiết bị gia công điện hoá

Sơ đồ hệ thống gia công điện hoá được trình bày trên hình 8.2. Các phần tử chính của hệ thống gồm có: Hệ thống điều khiển chạy dao, hệ thống điện phân, nguồn điện một chiều và đồ gá để gá chi tiết.

Hệ thống điều khiển chạy dao nhằm tạo ra lượng chạy dao không đổi cho dụng cụ. Hệ thống điện phân nhằm cung cấp chất điện phân với các giá trị áp suất, nhiệt độ và lưu lượng thích hợp. Nguồn điện một chiều đảm bảo cung cấp dòng một chiều với cường độ và điện áp hợp lý.

Nguồn điện dùng cho gia công điện hoá thường có điện áp từ 2 V đến 30 V, có dòng từ 50 A đến 10.000 A [1].

Dung dịch điện phân dùng trong gia công điện hoá thường là NaCl, NaNO₃, NaOH, KCl hoặc NaClO₃.



Hình 8.2. Sơ đồ hệ thống gia công điện hoá

8.3 Các thông số của quá trình gia công điện hoá

8.3.1 Tốc độ bóc tách vật liệu

Tốc độ bóc tách vật liệu Q_v (mm³/ph) được xác định theo công thức sau:

$$Q_v = q_r \cdot I \quad (8.1)$$

trong đó, I là cường độ dòng điện (A); q_r là tốc độ bóc tách riêng (mm³/ph/A).

Tốc độ bóc tách riêng có thể xác định theo công thức sau [30]:

$$q_r = \frac{60 \cdot \varepsilon}{96.500 \cdot \rho} \quad (8.2)$$

với ε là đương lượng hóa học; ρ là trọng lượng riêng của vật liệu anot (g/mm³).

Tốc độ bóc tách riêng được xác định từ thực nghiệm và trị số của nó ứng với hiệu suất dòng điện 100% được cho trong bảng 8.1.

Bảng 8.1: Tốc độ bóc tách riêng q_i [2]

Vật liệu gia công	Tốc độ bóc tách riêng ứng với hiệu suất dòng điện 100% (mm ³ /ph/A)
Thép 4340	2,18
17-4 PH	2,02
A-286	1,92
M252	1,8
Rene41	1,77
Udimet 500	1,8
Udimet700	1,77
L605	1,75

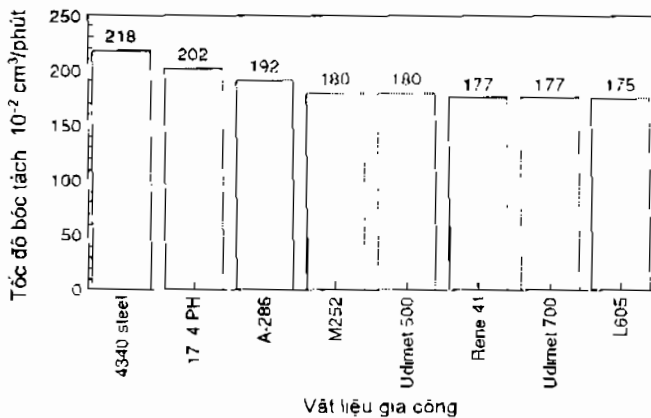
Tốc độ bóc tách vật liệu khi gia công các vật liệu khác nhau được biểu diễn trên hình 8.3.

8.3.2 Độ chính xác gia công

Độ chính xác khi gia công điện hoá phụ thuộc vào nhiều thông số như mật độ dòng điện, khe hở giữa dụng cụ và chi tiết gia công, dung dịch điện phân v.v...

Để đạt độ chính xác cao trong gia công điện hoá, khe hở giữa dụng cụ

và chi tiết gia công (khe hở gia công) cần phải đủ nhỏ. Dung sai kích thước khi gia công điện hoá với khe hở mặt trước khoảng $\pm 0,13$ mm và khe hở mặt bên $\pm 0,25$ mm khoảng $\pm 0,025$ mm [1].



Hình 8.3. Tốc độ bóc tách vật liệu khi gia công điện hoá [25]

8.3.3 Chất lượng bề mặt

Độ nhám bề mặt khi gia công điện hoá phụ thuộc nhiều vào tốc độ tiến dao và khe hở gia công. Hình 8.4 cho thấy sự hình thành độ nhám bề mặt R, khi gia công hợp kim có hai nguyên tố X và Y ở tốc độ chạy dao và khe hở khác nhau. Độ nhám bề mặt nhỏ khi gia công với tốc độ tiến dao cao và khe hở gia công nhỏ. Độ nhám bề mặt cũng bị ảnh hưởng nhiều bởi phương pháp nhiệt luyện [1].

Độ nhám bề mặt khi gia công điện hoá thường từ $0,3$ đến $1,9 \mu\text{m}$ với vùng gia công ứng với khe hở mặt trước và khoảng $5 \mu\text{m}$ hoặc hơn với vùng gia công ứng với khe hở mặt bên [2].

8.4 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

8.4.1 Ưu nhược điểm

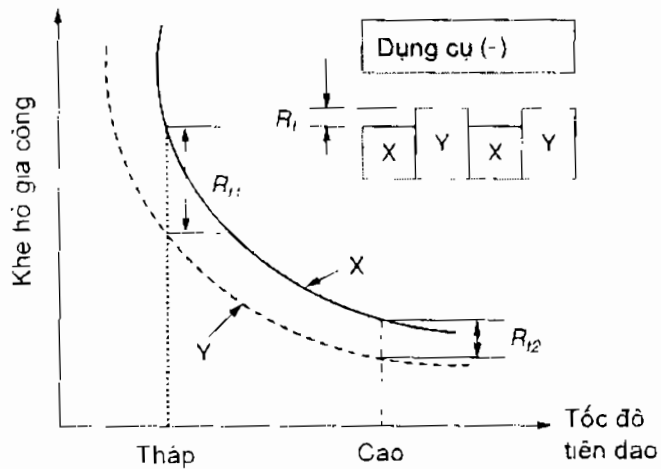
Gia công điện hoá có các ưu điểm sau:

- Dụng cụ gia công không mòn vì chúng không trực tiếp tiếp xúc với chi tiết gia công.

- Chi tiết gia công không bị ảnh hưởng nhiệt.

- Chế độ gia công thực hiện với dòng điện có điện áp thấp.

- Độ bóng, độ chính xác gia công cao.



Hình 8.4. Tốc độ tiến dao và việc tạo thành độ nhám bề mặt [1]

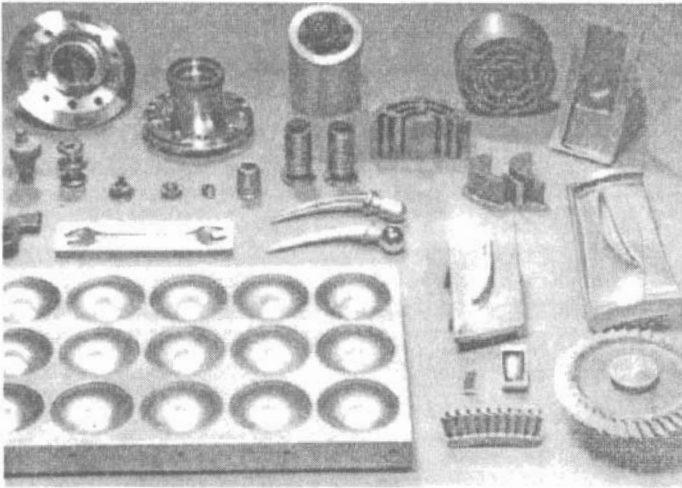
Tuy nhiên, gia công điện hoá còn tồn tại một số hạn chế sau:

- Tiêu tốn nhiều năng lượng cho gia công.

- Chi tiết sau gia công đòi hỏi làm sạch và lau dầu ngay.

- Không tạo được các cạnh sắc trên chi tiết gia công.

- Năng suất gia công thấp.



Hình 8.5. Một số chi tiết gia công bằng điện hoá
(hình của AEG-Eloterm-Germany)

8.4.2 Phạm vi sử dụng

-Gia công điện hoá được sử dụng khá rộng rãi để gia công các vật liệu khó gia công.

-Có thể sử dụng để khoan các lỗ sâu (thông hoặc không thông).

-Gia công các rãnh then, then hoa.

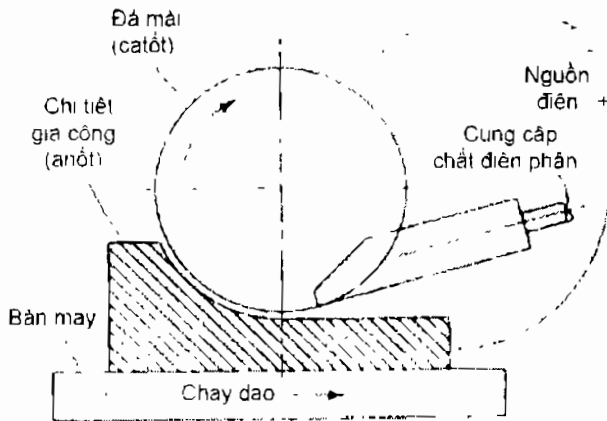
-Gia công các chi tiết có hình dáng phức tạp với độ chính xác cao.

Chương 9

MÀI ĐIỆN HOÁ

9.1 Giới thiệu

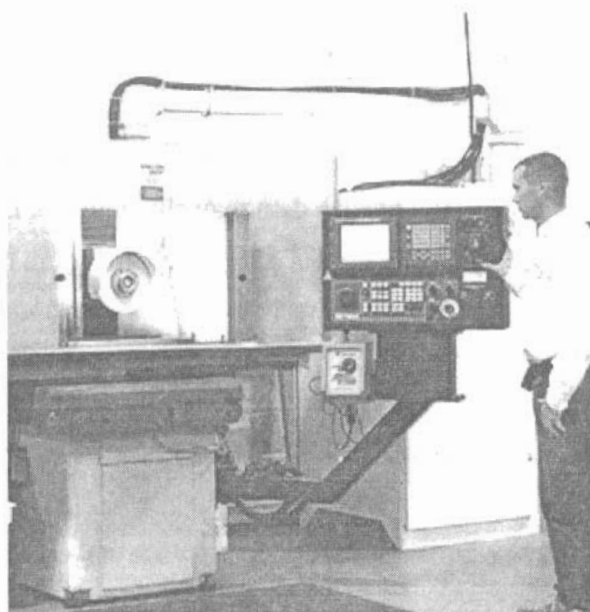
Mài điện hoá (còn gọi là mài điện phân) là một quá trình gia công điện hoá trong đó catot là đá mài được dẫn điện thay cho dụng cụ. Đá mài được tạo hình như biên dạng cần gia công khi gia công các bề mặt định hình (hình 9.1).



Hình 9.1. Sơ đồ mài điện hoá

Mài điện hoá được dùng chủ yếu để gia công các hợp kim khó gia công (như thép không gỉ, thép chịu nhiệt, hợp kim cứng v.v...), các phôi đã nhiệt luyện (có độ cứng 60 đến 65 HRC hoặc cao hơn), các chi tiết dễ vỡ hoặc các chi tiết nhạy cảm với nhiệt, hay các chi tiết đòi hỏi không có ứng suất hoặc bavaria. Mài điện hoá được đưa ra ứng dụng vào những năm đầu của thập kỷ 50 ở Liên Xô cũ [2].

Mài điện hoá bóc tách vật liệu bằng sự kết hợp giữa phản ứng điện hoá và quá trình mài. Trong đó, việc bóc tách vật liệu nhờ phản ứng điện hoá chiếm tới 90%, đá mài (catot) làm nhiệm vụ lấy đi lớp oxit hình thành trên bề mặt chi tiết gia công.



Hình 9.2. Máy mài điện hoá CNC (hình của Norman Noble, Inc.)

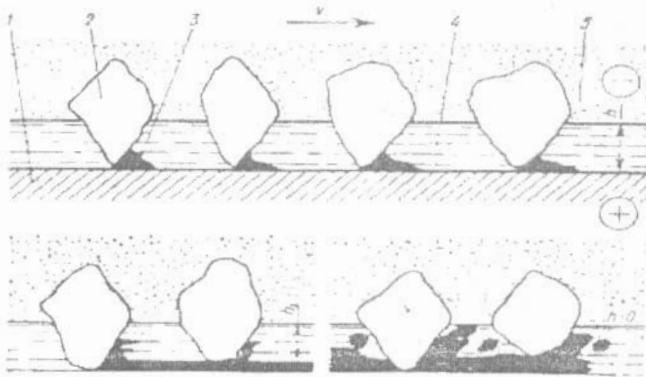
Mài điện hóa cho chất lượng bề mặt tốt và năng suất cao. Phương pháp gia công này cho phép giảm khoảng 2,5 lần chi phí đá mài và năng suất tăng khoảng 2 đến 3 lần khi mài các vật liệu khó gia công [23].

Cơ chế cắt hay tạo phôi trong mài điện hoá được mô tả trên hình 9.3. Cơ chế này có thể giải thích như sau [32]:

-Trong mài điện hoá phôi là điện cực dương (anot) và đá mài là điện cực âm (catot). Hai điện cực được nối với nguồn một chiều và được nhúng vào trong một dung dịch ion dẫn điện (chất điện phân) chứa các ion dương và âm tích điện. Dưới ảnh hưởng của điện thế, các ion dương di chuyển đến

catot và các ion âm di chuyển đến anot. Kết quả là trong chất điện phân có dòng điện chạy qua.

-Quá trình điện hoá là các quá trình hoá học tạo ra bởi tác dụng của dòng điện, trong đó kim loại cực dương bị hoà tan, nguyên tử vật liệu biến thành các ion dương và cực âm xuất hiện các nguyên tử khí hydro.



Hình 9.3. Cơ chế tạo phoi khi mài điện hoá [32]: 1-vật liệu gia công; 2-hạt mài; 3-dung dịch điện phân; 4-chất dính kết kim loại

-Các nguyên tử kim loại ở cực dương (anot) có dạng sau:



trong đó:

Me -nguyên tử kim loại (vật liệu dẫn điện);

n - số điện tử;

Me^{n+} -ion dương kim loại trong dung dịch.

Các ion tại cực âm (catot) có quá trình sau:



-Thành phần và tính chất của chất điện phân có ảnh hưởng lớn đến quá trình mài điện hoá. Chất điện phân phải có khả năng dẫn điện, khả năng chống oxy hoá tốt, có độ pH thích hợp, có khả năng hoà tan các vật liệu gia công khi có phản ứng hoá học và không gây hại cho môi trường. Độ dẫn điện của chất điện phân ảnh hưởng lớn đến năng suất của quá trình gia công. Khả năng chống oxy hoá nhằm tránh tạo ra các lớp màng oxit bám trên bề mặt phôi (anot) (màng này sẽ làm giảm năng suất gia công) và đồng thời để tránh gỉ cho chi tiết [32].

-Trong dung dịch điện phân có các ion âm hoặc dương. Trên các điện cực cũng có các ion. Cần phải tiêu tốn năng lượng cho việc tạo ra các ion nhưng lượng năng lượng này là không đáng kể [32].

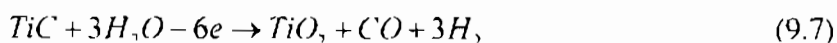
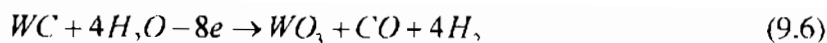
-Trong mài điện hoá đá mài kim cương, chất điện phân thường có thêm các muối $NaNO_2$, $NaNO_3$, KNO_3 và Na_3PO_4 [32]. Các muối trong dung dịch điện phân có chứa các ion của nước:



Trong quá trình điện phân $NaNO_3$, $NaPO_4$ tạo ra OH^{-} , NO^{-} và PO_4^{-} . Khi này trên cực dương sẽ có các phản ứng sau:



Trường hợp mài điện hoá hợp kim cứng (ứng dụng rộng rãi nhất của mài điện hoá), trên cực dương (hợp kim cứng) có sự phân huỷ cacbit [32]:



Khi coban bị hoà tan nó bị ôxy hoá tác động với OH tạo ra hydroxit coban $Co(OH)_2$:



Trên cực âm, các điện tử tự do sẽ kết hợp với các ion nước:



Theo kết quả các phản ứng (9.6) và 9.7), trên bề mặt cực dương (vật liệu gia công) tạo thành các oxit WO_3 , TiO_2 . Các oxit này có dạng bột màu vàng chanh, không hoà tan trong dung dịch điện phân. Việc lấy đi lớp oxit trên bề mặt chi tiết được thực hiện bởi đá mài.

Gia công mài điện hoá tiêu tốn năng lượng ít hơn so gia công điện hoá. Sở dĩ như vậy là vì diện tích gia công trong mài điện hoá nhỏ hơn. Ngoài ra, các hạt mài trên đá chỉ làm nhiệm vụ đẩy lớp oxit đi.

Các thông số điều khiển quá trình mài điện hoá thường dùng như sau [2]:

- Cường độ dòng điện thường từ 5 đến 1000 A.
- Điện áp đặt lên khe hở điện phân (nhỏ hơn hoặc bằng 0,025 mm) từ 3 đến 15 V.
- Tốc độ mài 1100 đến 1800 m/ph. Khi gia công rãnh dùng đá mài

cương chất kết dính kim loại có thể gia công với tốc độ 2500 đến 3000 m/ph hoặc hơn.

Điện áp gia công trong mài điện hoá được điều chỉnh để đạt tốc độ bóc tách kim loại lớn nhất mà vẫn đảm bảo yêu cầu về chất lượng bề mặt và độ mòn đá cho phép. Sự điều chỉnh này thường được thực hiện bằng việc tăng điện áp đạt đến khi có thể nghe thấy sự phóng điện và khi đó giảm điện áp đi 1/2 đến 1V. Điện áp thấp được dùng nếu chi tiết gia công gần đạt được dung sai, lượng cắt quá, các cạnh sắc, hay các yêu cầu đặc biệt khác. Dòng điện, tốc độ phản ứng hoá học và tốc độ bóc tách vật liệu tăng tuyến tính với việc tăng điện áp cho đến khi cung lửa và hiện tượng phóng điện xảy ra. Điều này cho thấy sự chuyển từ mài điện hoá sang gia công xung điện, nó có thể dẫn đến hình thành các hố trên cả hai điện cực. Tùy thuộc vào kiểu catot, sự chuyển đổi này xảy ra khi điện áp trong khoảng 10 đến 15 V. Hiện tượng này có thể điều chỉnh dễ dàng bằng việc điều chỉnh điện áp [2].

Trong mài điện hoá lực mài hướng kính nói chung có trị số nhỏ. Tùy thuộc vào diện tích tiếp xúc giữa đá và phôi, nó thường ở khoảng 140 kPa hay nhỏ hơn. Trên thực tế lực này có thể đạt có giá trị lớn hơn (đến 1400 kPa) nhưng rất ít khi gặp.

9.2 Các thông số của quá trình mài điện hoá

9.2.1 Tốc độ bóc tách vật liệu

Như đã trình bày ở phần 9.1, trong gia công mài điện hoá, 90% vật liệu được bóc tách thường được thực hiện nhờ phản ứng hoá học. Tuy nhiên, trong thực tế thường 5 đến 10% kim loại được cắt bằng mài. Với đa số vật liệu kim loại, tốc độ bóc tách vật liệu thường là 1600 m³/ph với dòng điện 1000A [2].

Về mặt lý thuyết, tốc độ bóc tách vật liệu của mài điện hoá bị giới hạn bởi định luật Faraday thứ 2 : 1 Faraday (96.494 culong hay ampe giây) sẽ giải phóng một lượng tương đương chất hay khối lượng nguyên tử của nó chia cho hoá trị [2]. Ví dụ, khối lượng tương đương của sắt là khối lượng nguyên tử chia cho hoá trị của sắt hoà tan, hay 56 chia cho 2 bằng 28 gam sắt sẽ được hoà tan trong lượng dịch chuyển của mỗi faraday điện. Bảng 9.1 liệt kê tốc độ bóc tách vật liệu khi dòng điện là 1000A.

Bảng 9.1: Giới hạn lý thuyết của mài điện hoá [2]

Vật liệu	Tỷ trọng (g/cm ³)	Tốc độ bóc tách vật liệu (cm ³ /phút)
Nhôm	2,67	2,06
Bery	1,85	1,05
Crom	7,19	2,25
Đồng	8,96	4,39
Sắt	7,86	2,21
Mo	10,22	1,95
Ti	4,51	2,19
W	19,3	0,98

9.2.2 *Chất lượng bề mặt gia công*

Như đã nêu ở phần 9.1, mài điện hoá bóc tách vật liệu bằng cách dùng phản ứng hoá học và tác động mài cực tiểu. Do đó chất lượng bề mặt tạo ra bởi mài điện hoá phụ thuộc vào cấu trúc tinh thể của phôi. Cấu trúc

tinh thể càng nhỏ mịn, chất lượng gia công càng cao. Thay cho việc tạo ra bề mặt có vết của dụng cụ, phương pháp này tạo ra một bề mặt có hình dạng của cấu trúc tinh thể. Bề mặt gia công có vẻ bị mờ xỉn do màu của bề mặt oxit trên phần lớn vật liệu được gia công, ngoại trừ một vài hợp kim có bề mặt sáng.

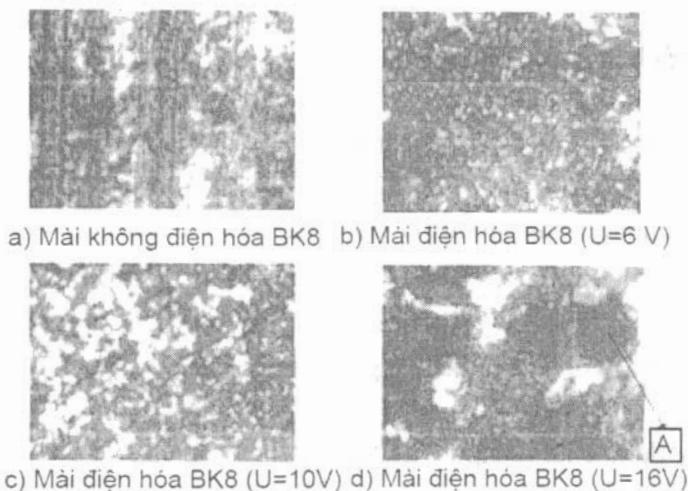
Độ nhám bề mặt gia công thường từ 0,2 đến 0,6 μm tùy thuộc vào vật liệu gia công và kiểu mài (mài tròn ngoài hay mài phẳng) [3]. Trường hợp bề mặt chất lượng cao hơn, cần phải thêm một lần gia công cuối. Bước gia công cuối được thực hiện ở điện áp thấp 3 đến 5V và ở tốc độ tiến đá tương đối cao khoảng 250 đến 500 mm/ph hay lớn hơn [2]. Việc sử dụng dòng điện trong khi thực hiện lượt gia công cuối này, thậm chí ở tốc độ thấp, rất có hiệu quả trong việc giảm thiểu ứng suất và tạo ứng suất nén trên bề mặt gia công. Ngoài ra, việc lựa chọn đá mài phù hợp trong mài điện hoá cũng rất quan trọng. Do tác dụng mài của đá là một phần quan trọng trong bước cuối nên việc lựa chọn cỡ hạt quyết định chất lượng bề mặt. Đá hạt nhỏ cỡ 220 đến 320 thích hợp cho mài các dụng cụ y tế và dụng cụ dùng trong công nghiệp.

Hình 9.4 biểu diễn cấu trúc bề mặt khi mài điện hoá hợp kim cứng BK8 bằng đá kim cương PP - 250 x 80 x 20 - AC6 125/100 100%M1 với chế độ mài như sau: Điện áp mài 6, 10 và 16 V, chiều sâu cắt $t = 0,05$ mm, lượng chạy dao dọc $S_d = 1,2$ m/phút, vận tốc cắt $v = 28$ m/s, và dung dịch điện ly là 5% NaNO_3 , 3% KNO_3 . Việc nghiên cứu cấu trúc bề mặt sau gia công cho phép rút ra một số kết luận sau [32]:

-Khi chưa có tác dụng của điện hoá, trên bề mặt gia công còn có các vết cắt cơ học của hạt mài. Chất lượng bề mặt khi này phụ thuộc vào thông số của đá, chế độ mài và cơ chế cắt cơ học của hạt mài.

-Khi mài có tác dụng điện hoá (hình 9.4b, c), các vết cắt của hạt mài trên bề mặt bị mất dần; độ nhấp nhô bề mặt gia công phụ thuộc nhiều vào mức độ hoà tan điện hoá. Khi điện áp tăng, mức độ hoà tan điện hoá tăng, chất lượng bề mặt gia công giảm.

-Trường hợp điện áp mài lớn chất lượng bề mặt gia công thấp. Nguyên nhân là do điện áp lớn sẽ xuất hiện hiện tượng phóng tia lửa điện và kết quả tạo nên các hố lõm trên bề mặt gia công (hố A trên hình 9.4d). Thêm vào đó, có hiện tượng dính bám của chất dính kết vào bề mặt gia công.



Hình 9.4. Cấu trúc bề mặt hợp kim cứng BK8 khi mài điện hoá bằng đá kim cương [32]

9.2.3 Độ chính xác gia công

Độ chính xác khi mài điện hoá phụ thuộc vào nhiều thông số như dòng điện, lưu lượng chất điện phân, tốc độ chạy dao, và vật liệu gia công.

Vật liệu gia công càng nhạy đối với phản ứng điện hoá thì càng khó đảm bảo độ chính xác gia công. Do vậy với các kim loại phản ứng nhạy, như

các hợp kim nhiều crom, cần sử dụng chất điện phân yếu để không tạo ra lượng bóc tách quá lớn [2]. Trong những điều kiện gia công với lượng bóc tách lớn, chất điện phân phải được kiểm soát về nhiệt độ, khối lượng riêng và độ dẫn điện một cách tự động và thường xuyên.

Trong gia công mài điện hoá, giá trị dung sai thường khoảng $\pm 0,025$ mm. Trường hợp điều khiển quá trình gia công tốt, dung sai có thể đạt $\pm 0,01$ mm [2].

9.3 Ưu nhược điểm của quá trình mài điện hoá

Quá trình mài điện hoá có các ưu điểm sau:

-Khả năng bóc tách vật liệu tăng;

-Giảm nhiệt trong quá trình gia công, dẫn tới không làm cháy bề mặt gia công;

-Không tạo ba via trên bề mặt gia công;

-Tăng được chất lượng bề mặt gia công do không có các vết cào xước của hạt mài;

-Giảm lực tác dụng lên đá mài.

Bên cạnh các ưu điểm trên, quá trình mài điện hoá còn có các nhược điểm sau:

-Mài điện hoá chỉ áp dụng cho các vật liệu dẫn điện;

-Giá thành đầu tư thiết bị cao;

-Chất điện phân yêu cầu lọc lại hoặc thay mới;

-Không thích ứng với các kim loại dễ gia công do tốc độ bóc tách vật liệu không cao hơn nhiều so với các phương pháp gia công thông thường.

9.4 Ứng dụng của mài điện hoá

-Mài điện hoá được ứng dụng rất hiệu quả để mài các dụng cụ cắt bằng hợp kim cứng. Phương pháp này cho phép giảm 75% chi phí đá mài và giảm 50% chi phí lương công nhân khi mài cacbit vonfram [3].

-Mài điện hoá được dùng phổ biến để mài các vật liệu rất cứng và giòn.

-Dùng để gia công các loại vật liệu khó gia công như các bít thiêu kết, hợp kim của titan, các loại composit kim loại, inconel v.v...

-Mài điện hoá có thể ứng dụng cho các gia công như phay, cưa, mài sắc dụng cụ v.v...

Chương 10

MÀI XUNG ĐIỆN HOÁ

10.1 Giới thiệu

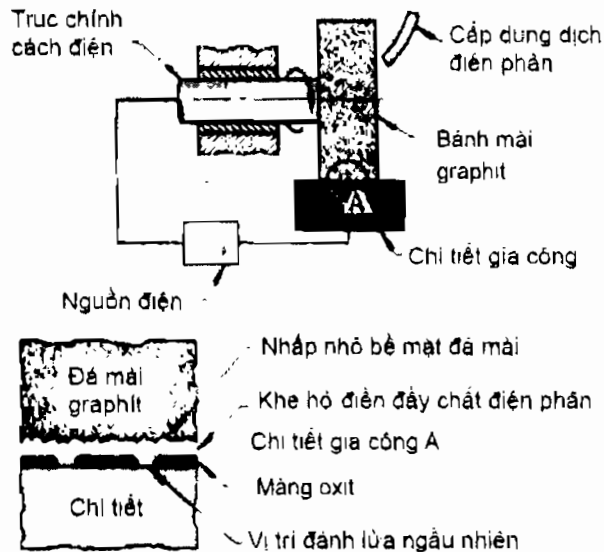
Mài xung điện hoá là sự kết hợp của hai quá trình gia công tiên tiến là mài điện hoá và mài xung điện. Trong mài xung điện hoá, vật liệu gia công được bóc tách nhờ phản ứng điện hoá như trong mài điện hoá và sự đánh lửa như trong gia công xung điện. Mài xung điện hoá được sử dụng để gia công các vật liệu dẫn điện với độ cứng bất kỳ. Phương pháp gia công này sử dụng bánh mài graphit nhưng không mài cơ học trực tiếp mà bóc tách vật liệu nhờ các xung điện. Không sử dụng chất điện môi như trong quá trình mài xung điện, mài xung điện hoá dùng dung dịch điện phân có tính dẫn điện cao. Phương pháp này được sử dụng đặc biệt hiệu quả khi mài hợp kim cứng, thép dụng cụ đã tôi cứng, các chi tiết có độ giòn cao v.v...

10.2 Hệ thống gia công mài xung điện hoá

Hình 10.1 mô tả sơ đồ hệ thống mài xung điện hoá. Hệ thống gia công gồm những bộ phận chính sau: trục chính cách điện mang đá mài graphit, bộ phận cấp dung dịch điện phân, bể chứa dung dịch điện phân (không vẽ), nguồn điện và chi tiết gia công.

Nguồn điện trong mài xung điện hoá có thể là nguồn một chiều hoặc xoay chiều tùy theo vật liệu gia công. Nguồn điện một chiều chỉ dùng khi mài hợp kim cứng còn nguồn xoay chiều có thể dùng mài các vật liệu khác nhau.

Bánh mài được làm từ các hạt graphit và chất dính kết. Các hạt graphit thường có độ hạt 300. Độ hạt càng nhỏ thì độ mòn của bánh mài càng bé. Ngoài ra, độ mòn của bánh mài còn phụ thuộc vào dòng điện sử dụng [35].



Hình 10.1. Sơ đồ hệ thống mài xung điện hoá [35]

Chất điện phân dùng trong mài xung điện hoá là dung dịch nước và các muối KNO_3 (110 g/l), Na_2CO_3 (55 g/l) khi mài hợp kim cứng và hầu hết các kim loại. Dung dịch điện phân có thể không cần có muối KNO_3 trừ khi mài hợp kim cứng [2]. Chất điện phân phải được đi qua hệ thống lọc trước khi vào bể chứa để làm việc. Sau khi làm việc, chất điện phân được thu hồi và được dùng trở lại.

10.3 Các thông số của quá trình mài xung điện hoá

Như đã nêu ở phần 10.1, mài xung điện hoá có thể được xem là bao gồm hai quá trình mài điện hoá và mài xung điện. Trong phương pháp mài xung điện, kim loại được bóc tách bằng xung lửa điện áp cao thông

qua dung dịch chất điện môi, trong khi oxi hoá anot bằng dung dịch điện phân dẫn điện là cơ chế chính để bóc kim loại trong mài điện hoá.

Trong mài xung điện hoá, kim loại trước tiên được bóc tách bằng cách biến đổi thành màng oxit, dẫn điện kém và dính bám vào phôi có chiều dày khoảng $0,25 \pm 1,25 \mu\text{m}$ [2]. Nếu sử dụng dòng điện xoay chiều, màng oxit được tạo thành suốt quá trình xung điện dương (phôi là điện cực dương), và được bóc đi ở vị trí xung khi điện áp vượt quá điện áp đánh thủng trong quá trình hình thành xung âm. Chu kỳ này được lặp đi lặp lại.

Khi sử dụng dòng điện một chiều, màng oxit được tạo thành ở phần xung điện áp thấp, và nó được bóc đi ở những vị trí xung khi điện áp vượt quá điện áp đánh thủng màng mỏng, trong khoảng thời gian vài giây. Vị trí của xung được phân bố ngẫu nhiên trên diện tích đang cắt.

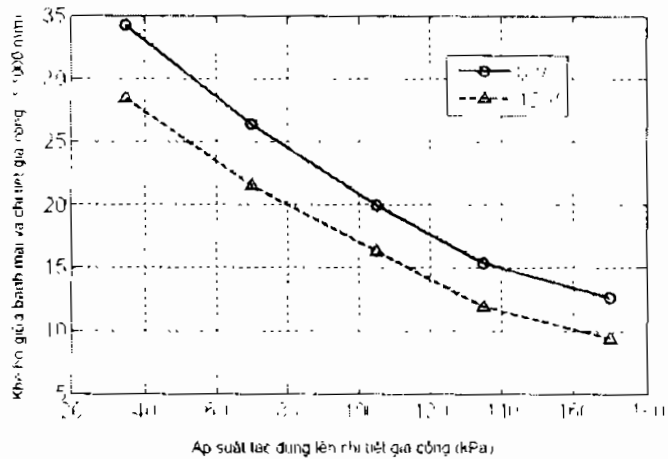
Tuỳ theo mức độ năng lượng sử dụng, mỗi xung lửa riêng rẽ có thể bóc đi một khối lượng kim loại nhỏ (hay bóc đi lớp màng oxit) tạo thành một hốc nhỏ trên bề mặt gia công. Tuy nhiên hốc nhỏ không quan sát được ở trên phôi ở những điều kiện gia công thông thường. Sự tạo thành các hốc ở những vị trí xung trên bánh mài là nguyên nhân gây mòn bánh mài.

10.3.1 Mật độ dòng điện

Trong mài xung điện hoá, mật độ dòng điện thường được điều khiển bởi một chiết áp trên nguồn điện. Ngoài ra, mật độ dòng điện còn có thể được điều chỉnh bởi khoảng cách khe hở giữa bánh mài và chi tiết gia công. Khi mài dụng cụ, điều này có thể được thay đổi nhờ áp lực lò so giữ phôi luôn tỳ vào bánh mài.

Quan hệ giữa áp lực tác dụng lên chi tiết gia công và khe hở giữa bánh mài và chi tiết được mô tả trên hình 10.2 với các điện áp khác nhau. Khi áp

lực lớn (với tốc độ bánh mài và lưu lượng chất điện phân xác định) điện áp đòi hỏi cao hơn để duy trì khe hở bởi vì lượng khí sản sinh tăng lên. Tốc độ bánh mài và lưu lượng chất điện phân cũng ảnh hưởng đến lượng khí sinh ra. Trên thực tế, áp lực thổi thường từ 35 đến 140 kPa để duy trì khoảng cách khe hở giữa bánh mài và chi tiết từ 0,0125 đến 0,030 mm.



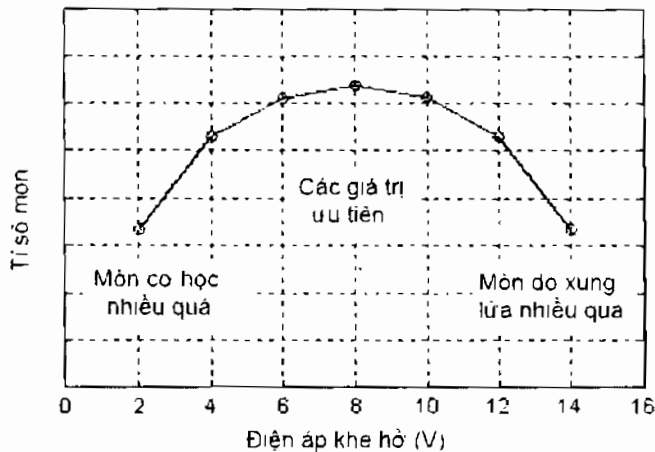
Hình 10.2. Quan hệ giữa áp suất tác dụng lên chi tiết và khe hở giữa nó và bánh mài [2]

Trong mài xung điện hoá, cường độ dòng điện tổng cộng thường từ 200 đến 2000A và điện áp từ 4 đến 12 von. Cường độ dòng điện tăng làm tăng sự bóc tách kim loại. Tuy nhiên, mật độ dòng điện bị giới hạn khoảng 0,9A/mm² khi mài hợp kim cứng và khoảng 1,2A/mm² khi mài các vật liệu kim loại. Khi mài với nguồn xung điện một chiều có thể dùng mật độ dòng điện khoảng 1,9A/mm² khi gia công thép. Các giá trị mật độ dòng điện trung bình được sử dụng khi gia công các kim loại khác. Cần chú ý là khi sử dụng mật độ dòng điện cao thì nhiệt tác động xấu lên chi tiết gia công và mòn bánh mài sẽ lớn hơn [2].

10.3.2 Tốc độ bánh mài

Tốc độ bánh mài trong hầu hết các ứng dụng thường khoảng 1200 đến 1800m/phút. Tốc độ nhỏ hơn không tạo ra tốc độ chảy hợp lý của chất điện phân qua khe hở mài nhằm duy trì thành phần của chất điện phân tại khe hở. Bên cạnh đó, tốc độ bánh mài thấp hơn còn làm tăng điện trở tại khe hở vì vì nó tạo điều kiện hình thành nhiều bọt khí giữa khe hở. Khi tốc độ bánh mài nhỏ hơn 600m/phút, mật độ dòng điện cho phép lớn nhất sẽ giảm mạnh.

10.3.3 Tỷ số mòn



Hình 10.3. Quan hệ giữa điện áp khe hở và tỉ số mòn [2]

Trong mài xung điện hoá, tỉ số mòn đối được xác định bằng tỷ số giữa thể tích kim loại được bóc tách với thể tích mòn của bánh mài graphite. Quan hệ giữa tỉ số mòn và điện áp khe hở trong mài xung điện hoá được biểu diễn trên hình 10.3. Từ quan hệ này có thể thấy rằng khi mài với điện áp thấp (khoảng 4V) độ mòn của bánh mài do mài mòn cơ học tăng. Ngược lại, khi mài với điện áp khe hở cao (khoảng 12V), độ mòn của bánh mài do các lỗ tạo thành trên bề mặt bánh mài do kết quả của xung lửa có giá trị lớn. Gia

công ở điện áp 8V cho phép đạt tuổi thọ của bánh mài hay tỉ số mòn cao nhất.

Tỉ số độ mòn của chi tiết gia công / bánh mài thường khoảng 7:1 khi mài hợp kim cứng và thép dụng cụ bằng dòng xoay chiều và khoảng 40:1 khi mài các loại thép khác bằng dòng một chiều [2].

10.3.4 Tốc độ bàn máy

Tốc độ di chuyển của bàn máy trong mài xung điện hoá phụ thuộc vào phương pháp mài và vật liệu gia công. Các trị số thông dụng của tốc độ bàn máy khi mài với mật độ dòng điện $0,8 \div 0,9 \text{ A/mm}^2$, chiều sâu cắt 2,5 mm, đường kính đá 200 mm được cho trong bảng 10.1 [2]. Tốc độ bóc tách thường dùng là 100 mm³/phút khi mài hợp kim cứng và 250 mm³/phút khi mài thép khi cường độ dòng điện là 200 A.

Bảng 10.1: Tốc độ bàn máy khi mài xung điện hoá [2]

Vật liệu gia công	Tốc độ bàn máy (mm/ph)	
	Mài tròn ngoài	Mài phẳng
Hợp kim cứng	0,5	3,8
Thép các loại	1,5	12,7

10.3.5 Độ chính xác và độ nhẵn bề mặt gia công

Mài xung điện hoá có thể đạt độ chính xác kích thước $\pm 0,0125\text{mm}$ với cả hai dạng mài tròn và mài phẳng nếu quá trình gia công được điều khiển

tốt. Giá trị dung sai kể trên cũng có thể đạt được khi mài prophin bằng cách sử dụng tấm plastic phụ trợ hay sử dụng những miếng nạo graphite để điều chỉnh việc phân phối chất điện phân trên bề mặt bánh mài. Độ chính xác đạt được ở gia công thông thường là $\pm 0.25\text{mm}$. Giá trị độ nhám điển hình thường là $0,125 \div 0,375 \mu\text{m}$ đối với mài hợp kim cứng và $0.375 \div 0.75 \mu\text{m}$ đối với mài thép [2].

10.3.6 Sửa bánh mài

Bề mặt của bánh mài graphite có thể được sửa bằng mũi sửa đá hợp kim cứng hoặc dụng cụ sửa bằng thép gió. Thực tế cho thấy việc sửa đá thường xuyên là không cần thiết và kết quả sửa đá có thể tốt ngay cả với các bề mặt đá bị xước hay có rãnh. Tuổi thọ của bánh mài phụ thuộc chủ yếu vào loại graphite, điện áp gia công và kiểu nguồn công suất.

Đối với mài prophin hay mài định hình, bánh mài có thể được tạo hình bằng dao định hình thép gió. Trong quá trình sử dụng, bánh mài có thể được sửa đá giống như vậy khi cần thiết.

10.4 Ưu nhược điểm của mài xung điện hoá

Mài xung điện hoá và mài điện hoá đều thường được dùng để mài các vật liệu mà mài bằng các phương pháp mài thông dụng gặp nhiều khó khăn. Tuy nhiên, so với mài điện hoá thì phương pháp mài xung điện hoá có một số ưu điểm sau:

- Khả năng bóc tách vật liệu cao hơn khi mài điện hoá. Ví dụ khả năng bóc tách khi mài hợp kim cứng bằng xung điện hoá là $15 \cdot 10^3 \text{ mm}^3/\text{h}$ trong khi của mài điện hoá là $3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3/\text{h}$ (khi mài với chiều sâu cắt là 13 mm và cường độ dòng điện là 200 A) [2].

- Chất lượng bề mặt gia công cao hơn khi mài điện hoá.

- Bánh mài graphit có tuổi bền cao, dễ tạo hình và sửa đá định hình. Thêm vào đó bánh mài khi mài xung điện hoá có giá thành rẻ hơn đá mài dùng trong mài điện hoá.

- Áp lực tác dụng lên bánh mài nhỏ hơn khi mài điện hoá.

Bên cạnh các ưu điểm đã nêu trên, mài xung điện hoá còn có những mặt hạn chế sau so với mài điện hoá:

- Độ chính xác kích thước thấp hơn khi mài điện hoá. Ví dụ với mài thông dụng, độ chính xác của mài điện hoá là $\pm 0,0125$ mm trong khi của mài xung điện hoá là $\pm 0,025$ mm.

- Mài xung điện hoá cần dòng điện lớn hơn 10 đến 15 lần khi mài điện hoá để đạt cùng một tốc độ bóc tách vật liệu.

- Mài điện hoá cũng cho bề mặt gia công sạch hơn về mặt luyện kim học, trong khi mài xung điện hoá để lại lớp bề mặt bị tái đúc (do nhiệt độ cao).

Chương 11

GIA CÔNG ĐIỆN PHÂN QUA ỐNG HÌNH

11.1 Giới thiệu

Gia công điện phân qua ống hình là phương pháp gia công điện phân trong đó sử dụng dung dịch điện phân axit. Phương pháp này được phát triển và hoàn thiện bởi General Electric Aircraft Engine Group để gia công lỗ có tỉ lệ giữa chiều sâu và đường kính lớn. Loại lỗ này khó hoặc không thể gia công bằng khoan thông thường. Các lỗ như vậy cũng không gia công điện hoá thông thường được, vì phương pháp điện hoá thông thường tạo ra chất kết tủa không tan làm ngăn cản quá trình gia công. Để giải quyết khó khăn đó, phương pháp gia công điện phân qua ống hình sử dụng chất điện phân axit do đó hoà tan kim loại thành dung dịch thay cho việc tạo ra chất kết tủa.

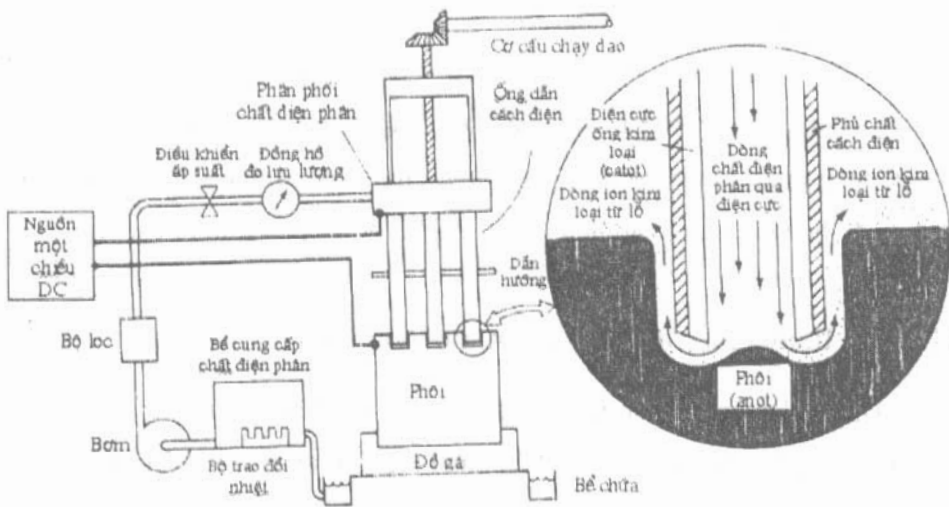
11.2 Hệ thống gia công điện phân qua ống hình

Hình 11.1 mô tả sơ đồ hệ thống gia công điện phân qua ống hình. Tương tự như hệ thống gia công điện phân thông thường, hệ thống này cũng dùng điện áp một chiều điện áp thấp để tạo ra phản ứng điện phân giữa anot (phôi) và catot (dụng cụ). Tuy nhiên hệ thống gia công này có những điểm khác biệt như sau:

- Độ cứng vững của hệ thống thấp hơn hệ thống gia công điện phân thông thường.
- Hệ thống phải chịu được axit.

- Cần phải đảo chiều dòng điện định kỳ vì chất điện phân làm tăng xu hướng mạ trên catot (dụng cụ) kim loại gia công.

Hệ thống gia công điện phân qua ống hình cơ bản giống như hệ thống gia công điện phân thông thường. Hệ thống này có một trục mang dụng cụ có thể tiến đều với tốc độ trong khoảng 0,125 - 25 mm/ph và có thể chuyển động nhanh (chạy dao nhanh). Máy gia công điện phân qua ống hình cũng có dạng máy nhiều trục nhằm sử dụng cho một số ứng dụng đặc biệt. Các máy CNC cho phép điều khiển số tốc độ chạy dao và thay đổi các tham số của quá trình gia công. Tốc độ tiến của dụng cụ trong gia công điện phân qua ống hình thường là 0,75 đến 3,0 mm/ph [2].



Hình 11.1. Sơ đồ hệ thống gia công điện phân qua ống hình

Nguồn điện cung cấp cho hệ thống gia công điện phân qua ống hình có điện áp lên tới 20 V và nó đảo chiều điện áp từ 5 đến 10 giây một lần. Việc đảo chiều dòng điện được điều khiển chính xác tới 75 đến 250 mili giây. Điện áp đảo chiều thường từ 8 đến 14 V và có thể thay đổi từ 0,1 đến 1 lần điện áp thuận chiều [2].

Nguồn điện dùng cho gia công điện phân qua ống hình cung cấp dòng điện tới 600A khi theo chiều thuận và 50A khi theo chiều nghịch. Dòng một chiều được nắn dòng hoàn toàn từ nguồn ba pha. Để làm mát cho nguồn có thể dùng không khí hoặc nước.

Hệ thống điện phân cho gia công điện phân qua ống hình bao gồm các thành phần sau: Bộ lọc, bơm, bộ trao đổi nhiệt, hệ thống điều khiển nhiệt độ, thiết bị trộn axit, thùng chứa axit thải. Bộ lọc nhằm loại bỏ các hạt có kích thước lớn hơn 0,001 mm. Bơm dùng cho hệ thống thường được thiết kế để tạo ra lưu lượng ở áp lực 550 kPa. Hệ thống điều khiển nhiệt độ có thể đảm bảo nhiệt độ làm việc không quá $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Máy dùng cho gia công điện phân qua ống hình phải có một hệ thống che kín để tránh bắn tóe chất điện phân. Thêm vào đó, máy cũng có hệ thống thông khí để thông khí hydro sinh ra trong quá trình điện phân. Ngoài ra, máy phải có dụng cụ để đo nồng độ chất điện phân. Một số máy hiện đại còn có thêm thiết bị kiểm soát nồng độ chất điện phân và tạp chất kim loại để nâng cao chất lượng gia công.

Dụng cụ là một trong các bộ phận quan trọng nhất của hệ thống gia công điện phân qua ống hình. Dụng cụ gồm bốn phần bao gồm đồ gá để kẹp chi tiết gia công, catot, kẹp catot và bộ phận dẫn hướng cho catot (giống như dẫn hướng mũi khoan).

Catot trong gia công điện phân qua ống hình có vai trò tương tự như mũi khoan và được làm bằng titan nguyên chất. Để đảm bảo độ chính xác gia công, định kỳ cần nắn thẳng và mài lại catot. Đồ gá kẹp chi tiết và dẫn hướng catot thường làm bằng titan nguyên chất để khi tiếp xúc với axit sẽ tạo ra một lớp bảo vệ trên bề mặt. Kẹp catot được làm bằng thép không gỉ và phải đảm bảo dẫn điện vào catot. Các ống dẫn axit vào trong catot làm bằng

nhựa Lexan hay acrylic. Chúng phải đảm bảo cấp axit với một áp suất nhất định mà không bị rò rỉ.

11.3 Các thông số của quá trình gia công điện phân qua ống hình

Chất điện phân dùng cho gia công điện phân qua ống hình là axit sulfuric, axit nitric hay axit clohydric với nồng độ từ 10 đến 25%. Nhiệt độ của chất điện phân khi gia công thường là 38°C với axit sulfuric và 21 °C với các axit khác.

Lượng tạp chất kim loại lớn nhất cho phép trong chất điện phân trong gia công điện phân qua ống hình khoảng 3 gam/lít tùy theo kim loại gia công. Tuy nhiên, lượng tạp chất kim loại không nên nhỏ hơn khoảng 0,5 gam/lít vì bản thân các tạp chất này cũng có tác dụng thúc đẩy quá trình gia công.

Một số thông số khác của quá trình gia công gồm có [2]:

-Tốc độ tiến của dụng cụ: từ 0,75 đến 3 mm/phút.

-Áp suất của chất điện phân từ 275 đến 500 kPa.

-Điện áp của quá trình điện phân thường chọn như sau: Điện áp thuận từ 8 đến 14 V với thời gian tác động từ 5 đến 7 giây. Điện áp ngược có giá trị khoảng 0,1 đến 1 lần điện áp thuận với thời gian tác động từ 75 đến 250 miligiây.

11.4 Ưu nhược điểm của gia công điện phân qua ống hình

Gia công điện phân qua ống hình có một số ưu điểm sau:

- Có thể gia công được các lỗ rất sâu (tỉ số chiều sâu / đường kính gia công tới 300);

- Có thể gia công rất nhiều lỗ đồng thời (tới 200 lỗ);
- Có thể khoan các lỗ không song song cùng một lúc ;
- Gia công được các lỗ không thông ;
- Gia công được các vật liệu cứng, gia công hợp kim bột;
- Không làm cháy hay hỏng tổ chức tế vi lớp bề mặt;
- Có thể thực hiện quá trình gia công không cần có mặt người điều khiển;
- Có thể gia công (hạn chế) các lỗ có hình dạng bất kì, các lỗ không thẳng, các rãnh.

Bên cạnh các ưu điểm kể trên, gia công điện phân qua ống hình còn có những mặt hạn chế sau:

- Hệ thống gia công và dụng cụ phức tạp;
- Năng suất gia công thấp khi gia công một lỗ; gia công các lỗ nghiêng khó;
- Có thể có trục trặc xảy ra nếu gia công lỗ thông;
- Do quá trình gia công sử dụng axit nên đòi hỏi thiết bị phải chịu được axit và yêu cầu các biện pháp cần thiết để bảo vệ môi trường;
- Quá trình gia công tạo các chất thải nguy hiểm cho môi trường;
- Không thể gia công được titan nguyên chất và kim loại chịu nhiệt.

11.5 Ứng dụng của gia công điện phân qua ống hình

Do gia công điện phân qua ống hình sử dụng một chất điện phân axit nên phương pháp này giới hạn khi gia công thép không gỉ hoặc các kim loại chống ăn mòn khác, gia công các chi tiết của động cơ phản lực và tuốc bin khí.

Một số ứng dụng cụ thể của phương pháp gia công điện phân qua ống hình gồm có:

- Gia công các lỗ làm mát ở cánh quạt tuốc bin, van tuốc bin;
- Gia công các đường dầu, các lỗ vòi phun nhiên liệu;
- Gia công các lỗ không cho phép gia công xung điện vì có hiện tượng cháy xảy ra;
- Gia công lỗ môi cho cắt dây bằng tia lửa điện, đặc biệt là lỗ chiều dài cắt vượt quá 100 mm;
- Gia công các dây lỗ làm bằng kim loại chống ăn mòn có tính gia công thấp hoặc bằng kim loại có độ bền cao.

PHẦN IV
CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG HOÁ

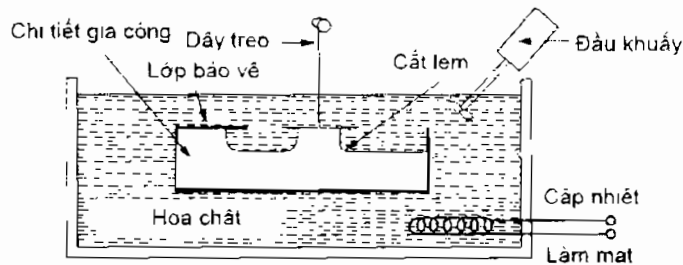
Chương 12

PHAY HOÁ

12.1 Giới thiệu

Phay hoá là phương pháp gia công tiên tiến trong đó vật liệu chi tiết gia công được bóc tách khi tiếp xúc trực tiếp với hoá chất mạnh. Trong phay hoá sử dụng một lớp phủ đặc biệt (lớp bảo vệ) để bảo vệ bề mặt vùng không cần gia công. Phương pháp gia công này thường dùng để gia công chi tiết dạng hốc, dạng đường viền hoặc gia công các loại vật liệu có độ bền cao.

12.2 Quá trình phay hoá



Hình 12.1. Sơ đồ nguyên lý phay hoá [1]

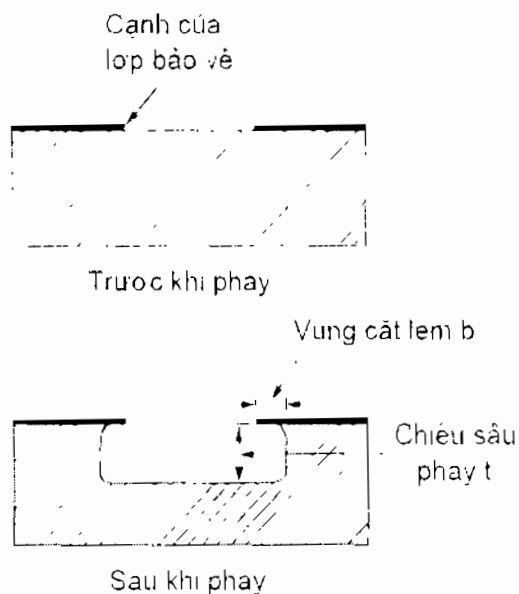
Hình 12.1 mô tả sơ đồ nguyên lý của quá trình phay hoá. Quá trình phay hoá nói chung gồm các bước sau:

-Làm sạch bề mặt chi tiết trước khi gia công: Việc làm sạch cho phép phủ lớp bảo vệ với chất lượng tốt. Bên cạnh đó, nó cho phép việc bóc tách kim loại đồng đều trên bề mặt gia công và tăng chất lượng và năng suất gia công do hoá chất không bị nhiễm bẩn.

-*Phủ lớp bảo vệ các bề mặt không gia công*: Lớp bảo vệ được làm bằng vật liệu không bị ăn mòn bởi hoá chất dùng cho quá trình gia công.

-*Phay hoá*: Chi tiết gia công được ngâm trong hoá chất và quá trình bóc tách vật liệu diễn ra. Nguyên tắc của quá trình này là dùng hoá chất để biến kim loại gia công thành muối hoà tan. Chiều sâu phay cần thiết sẽ đạt được bằng cách giữ chi tiết trong hoá chất đủ thời gian cần thiết. Quá trình gia công sẽ kết thúc khi bóc đủ lượng kim loại mong muốn và chi tiết sẽ được lấy ra khỏi dung dịch hoá chất và được làm sạch.

12.3 Các thông số của quá trình phay hoá



Hình 12.2. Hiện tượng cắt lem khi phay hoá

• Chất phủ

Chất phủ trong phay hoá thường dùng là các vật liệu tổng hợp hoặc cao su tổng hợp. Các yêu cầu đối với chất phủ bao gồm: Phải đủ độ bền, phải

bám chặt lên bề mặt chi tiết gia công, không bị ảnh hưởng nhiệt trong quá trình gia công, không tác dụng với hoá chất và dễ loại bỏ sau gia công.

- **Hoá chất**

Hoá chất dùng trong phay hoá là các dung dịch axit và kiềm. Hoá chất cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Có thể tạo bề mặt gia công với chất lượng tốt;
- Có tốc độ bóc tách vật liệu không đổi;
- Giá thành rẻ, dễ kiếm.
- Giá thành xử lý khi loại bỏ rẻ.

- **Hiện tượng cắt lẹm và hệ số khắc**

Do tác dụng của hoá chất, trong phay hoá có hiện tượng cắt lẹm (hình 11.2) và hiện tượng này là không thể tránh khỏi. Do vậy, cần phải tính toán kể đến việc cắt lẹm khi thiết kế lớp phủ nhằm đảm bảo đạt kích thước gia công. Chiều rộng của vùng cắt lẹm h phụ thuộc vào vật liệu gia công và chiều sâu phay t và quan hệ giữa chúng được biểu diễn bởi hệ số khắc k_c :

$$k_c = \frac{h}{t} \quad (11.1)$$

- **Tốc độ khắc**

Tốc độ bóc tách vật liệu hay tốc độ khắc khi phay hoá tùy thuộc vào vật liệu gia công và loại hoá chất sử dụng. Tốc độ khắc cao khi gia công kim loại cứng và thấp khi gia công kim loại mềm [2].

• **Chất lượng bề mặt**

Tốc độ khắc ảnh hưởng lớn đến độ nhám bề mặt gia công. Tốc độ khắc càng cao thì độ nhám bề mặt càng lớn. Bên cạnh đó, độ nhám bề mặt gia công cũng ảnh hưởng bởi vật liệu gia công. Hình 12.3 biểu diễn quan hệ giữa độ nhám bề mặt và tốc độ khắc và vật liệu gia công.

Bảng 12.1: Chất phủ, hoá chất và tốc độ khắc khi phay hoá [1]

Vật liệu gia công	Hoá chất	Chất phủ	Hệ số khắc	Tốc độ khắc
Nhôm	FeCl ₃	Polyme	1,5-2	0,013-0,025
	NaOH	Polyme		0,020-0,030
Magie	HNO ₃	Polyme	1,0	1,0-2,0
Đồng	FeCl ₃	Polyme	2,5-3,0	2,0
	CuCl ₂			1,2
Thép	HCl:	Polyme	2,0	0,025
	HNO ₃			0,025
	FeCl ₃			
Titan	HF	Polyme	1,0	0,025
	HF:HNO ₃			
Niken	FeCl ₃	Polyethylen	1,0-3,0	0,013-0,038
Silicon	HNO ₃ ; HF:H ₂ O	Polyme		Rất chậm

Bảng 12.1 trình bày cách chọn chất phủ, hoá chất, hệ số khắc và tốc độ khắc cho các vật liệu gia công khác nhau.

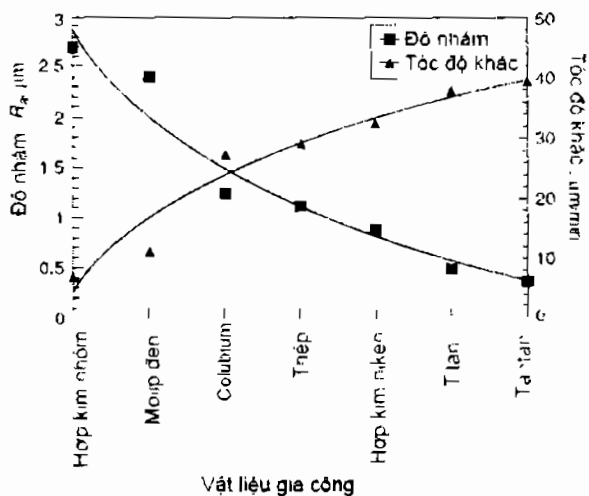
12.4 Ưu nhược điểm

Phương pháp phay hoá có những ưu điểm sau:

- Dễ dàng bóc vật liệu để giảm trọng lượng cho các chi tiết lớn, phức tạp, làm bằng các vật liệu khó gia công.

- Quá trình gia công đồng thời trên các bề mặt của chi tiết nên năng suất gia công cao.

- Không tạo gờ, vĩa sau gia công.



Hình 12.3. Quan hệ giữa độ nhám bề mặt và tốc độ khắc với các vật liệu gia công khác nhau [25]

- Không tạo ứng suất dư trên bề mặt gia công.

- Chi phí đầu tư khi gia công các chi tiết lớn khá thấp.

- Không đòi hỏi trình độ tay nghề gia công cao.

- Có thể thay đổi thiết kế khi gia công một cách dễ dàng.

Bên cạnh các mặt mạnh trên, phương pháp phay hoá còn tồn tại một số nhược điểm sau:

-Chiều sâu gia công bị hạn chế (nhỏ hơn 12,5 mm khi gia công tấm).

-Việc sử dụng và thải hoá chất sau khi gia công rất phức tạp.

-Khó gia công các rãnh hẹp và sâu.

-Khi gia công chi tiết có mối hàn tốc độ bóc tách không đều nhau giữa vật liệu chi tiết và vật liệu hàn.

-Vật liệu gia công cần đồng nhất để đạt chất lượng gia công cao.

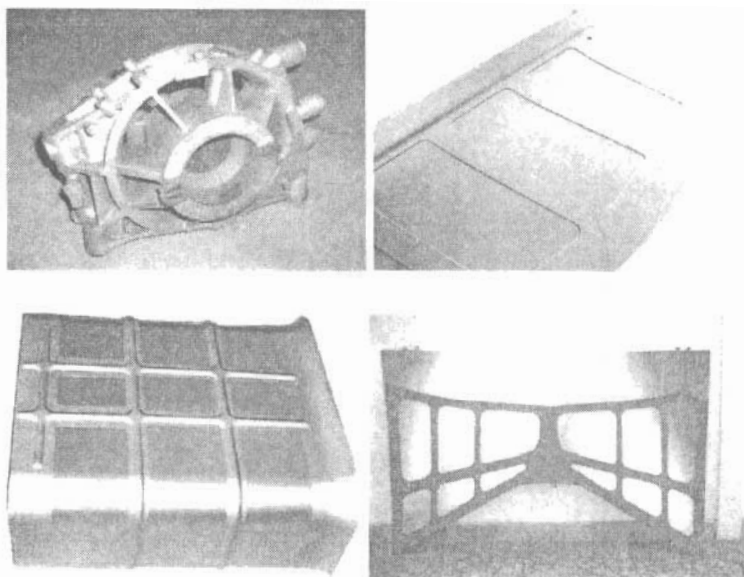
12.5 Phạm vi ứng dụng

-Có thể gia công được các loại kim loại thông thường như nhôm, đồng, thép, chì, niken v.v... Các vật liệu đặc biệt như molip đen, zirconium cũng như các vật liệu phi kim loại như thủy tinh, gốm, nhựa cũng đều có thể gia công được bằng phay hoá.

- Phay hoá ứng dụng rộng rãi để bóc kim loại nhằm giảm trọng lượng cho ngành công nghiệp chế tạo máy bay cũng như các ngành khác.

-Dùng để giảm trọng lượng cho các chi tiết lớn, phức tạp, chi tiết bằng vật liệu khó gia công.

-Một số chi tiết gia công bằng phương pháp phay hoá được chỉ trên các hình 12.4 và 12.5.



Hình 12.5. Mẫu gia công bằng phay hoá (hình của Prodem company)

Chương 13

GIA CÔNG QUANG HOÁ

13.1 Giới thiệu

Gia công quang hoá là một biến thể của phương pháp phay hoá trong đó lớp phủ chịu hoá chất được tạo bởi kỹ thuật chụp ảnh. Lớp phủ được tạo bởi kỹ thuật này còn gọi là kháng quang. Tương tự như phay hoá, gia công quang hoá sử dụng hoá chất để bóc tách vật liệu. Một số bước của quá trình gia công này cũng giống như gia công phay hoá.

Gia công quang hoá được sử dụng từ những năm giữa thập kỷ 50 để gia công rất nhiều các sản phẩm chính xác như các mạch tích hợp, đầu từ của máy ghi âm, các loại sàng, đĩa ghi âm, đồ trang sức vv.. [2]. Gia công quang hoá được sử dụng nhiều để gia công các chi tiết có hình dáng phức tạp đã được tạo hình bởi các phương pháp đúc hay dập.

Gia công quang hoá có thể gia công được hầu hết các sản phẩm dạng tấm làm bằng các loại kim loại và hợp kim thông thường.

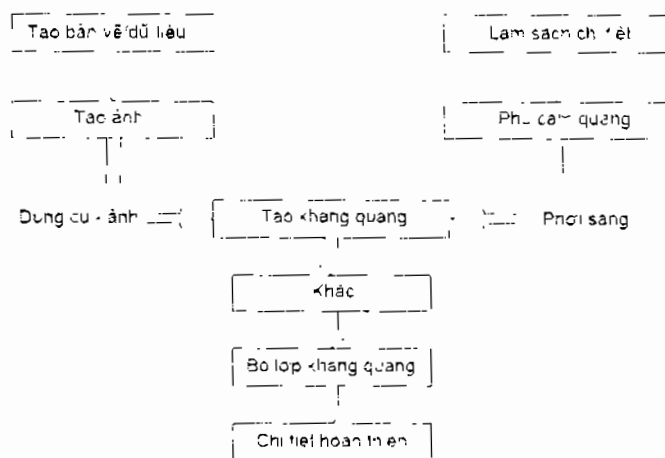
13.2 Quá trình gia công quang hoá

Hình 13.1 mô tả sơ đồ quá trình của gia công quang hoá. Các bước chính của quá trình gia công được biểu diễn trên hình 13.2.

Bước đầu tiên của quá trình là tạo hình dạng yêu cầu của sản phẩm trên dụng cụ - ảnh. Dụng cụ ảnh này có thể là phim ảnh hoặc là một tấm kính. Để tạo hình dạng của sản phẩm cần sử dụng thiết kế với sự trợ giúp của máy tính (CAD). Chi tiết gia công (thường là kim loại tấm) được làm sạch

bằng hoá chất và được phủ lớp cảm quang (vật liệu nhạy sáng). Lớp cảm quang có thể được tạo thành bằng cách ngâm trong dung dịch hoặc bằng cách ép nóng lớp cảm quang lên chi tiết gia công.

Tiếp đó, ánh sáng chiếu qua một âm bản sẽ chiếu lên lớp cảm quang để tạo nên những vùng cần khắc. Những vùng cần khắc sẽ được tạo thành bằng cách bóc đi lớp phủ cảm quang đã được chiếu sáng qua âm bản bằng kỹ thuật rửa ảnh. Kết quả là một lớp bảo vệ các phần bề mặt không gia công sẽ được tạo thành trên chi tiết.



Hình 13.1. Sơ đồ quá trình gia công quang hoá

Sau khi đã tạo được lớp bảo vệ bằng kỹ thuật rửa ảnh, quá trình gia công tiếp theo xảy ra giống như trong quá trình phay hoá. Sau khi gia công, lớp kháng quang sẽ được loại bỏ bằng các phương pháp làm sạch bằng hoá học hay cơ học và kết quả cuối cùng sẽ có được chi tiết hoàn thiện.

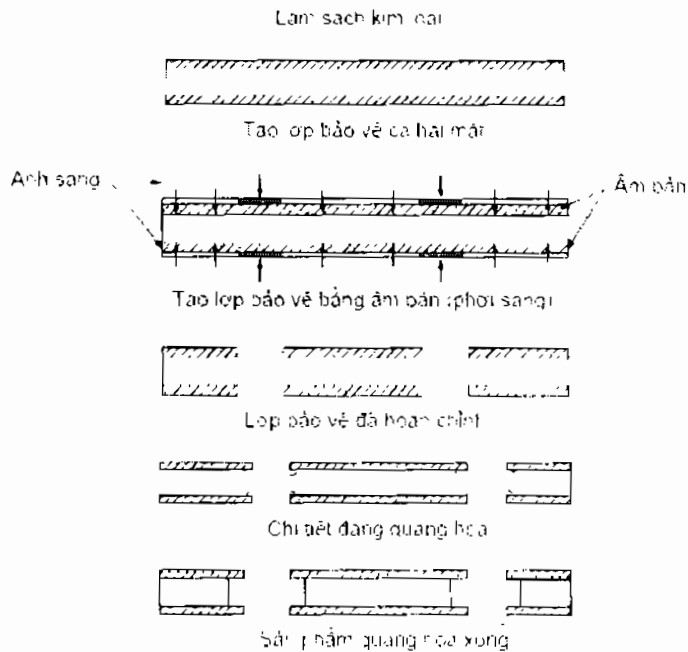
13.3 Ưu nhược điểm

Ngoài các ưu nhược điểm giống như của quá trình phay hoá, quá trình quang hoá còn có thêm các ưu điểm sau:

-Giá thành gia công thấp, đặc biệt khi sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ vì chi phí cho dụng cụ gia công thấp.

-Tổng thời gian chi phí cho toàn bộ quá trình gia công nhỏ.

-Do dụng cụ gia công được tạo bởi kỹ thuật ảnh nên có thể sử dụng lại hoặc thay đổi các mẫu chi tiết gia công rất tiện lợi và dễ dàng.

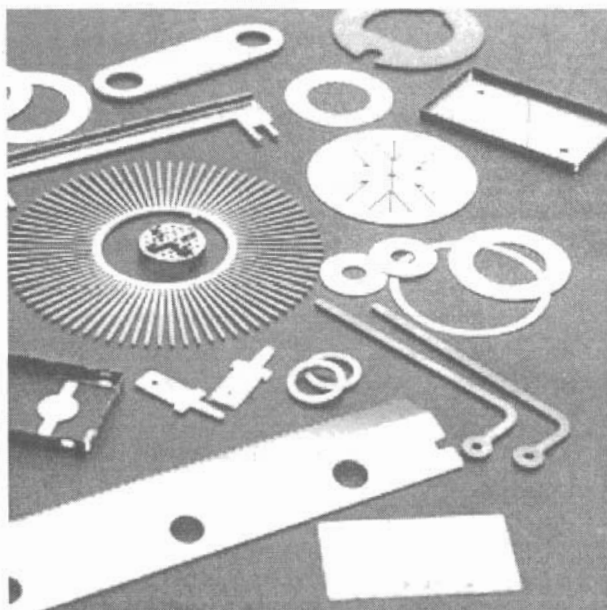


Hình 13.2. Các bước của gia công quang hoá [33]

13.4 Phạm vi ứng dụng

Gia công quang hoá có thể dùng cho các loại vật liệu khác nhau như nhôm, đồng, kẽm, molipden, chì, thép, thủy tinh, gốm, nhựa v.v... Đặc biệt, phương pháp này rất thích hợp với các vật liệu rất giòn và cứng vì nó không tạo nên gãy vỡ hay tập trung ứng suất sau quá trình gia công.

Gia công quang hoá được ứng dụng rộng rãi để tạo ra các sản phẩm nhỏ, các sản phẩm trang trí và mỹ thuật trong công nghiệp, lò xo lá, các loại sàng, lọc v.v... Hình 13.3 cho thấy một số sản phẩm của gia công quang hoá.



Hình 13.3. Một số sản phẩm của gia công quang hoá
(ảnh của Fotofabrication Ltd.)

Chương 14

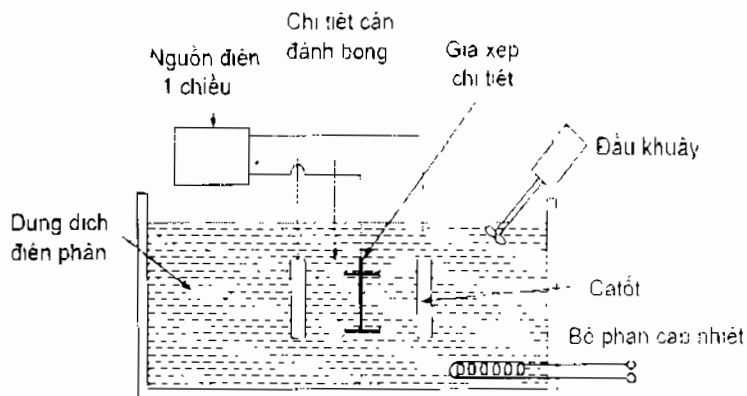
ĐÁNH BÓNG ĐIỆN HOÁ

14.1 Giới thiệu

Đánh bóng điện hoá là một quá trình điện hoá mà nhờ nó bề mặt nhấp nhô của kim loại được san phẳng nhờ sự tan rã của anot. Đánh bóng điện hoá làm bề mặt kim loại trở nên nhẵn, bóng, đẹp và có tính phản xạ tốt.

Đánh bóng điện hoá được sử dụng từ năm 1935 ở Đức để đánh bóng các sản phẩm bằng đồng, kẽm [1]. Ngày nay, phương pháp này được sử dụng ngày càng rộng rãi trong công nghiệp để đánh bóng các loại sản phẩm khác nhau.

14.2 Quá trình đánh bóng điện hoá

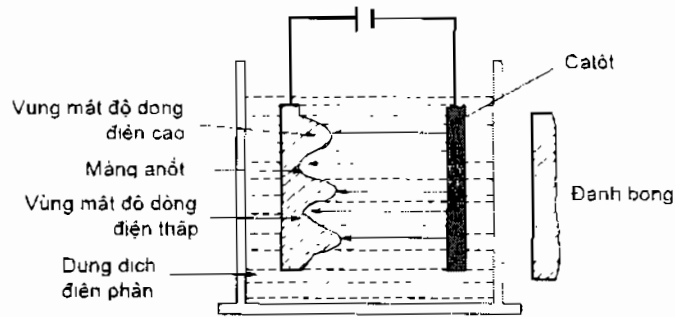


Hình 14.1. Sơ đồ hệ thống đánh bóng điện hoá [1]

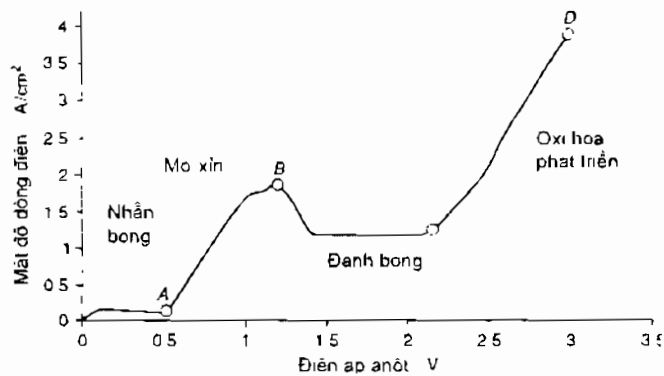
Hệ thống đánh bóng điện hoá điển hình được mô tả trên hình 14.1. Các bộ phận cơ bản của hệ thống gồm có: nguồn điện một chiều, dung dịch

điện ly, catot, bộ phận cấp nhiệt, đầu khuấy dung dịch, giá đỡ giá chi tiết cần đánh bóng.

Trong quá trình đánh bóng, các chi tiết cần đánh bóng (anot) được treo ở trung tâm của bể chứa dung dịch điện phân được nối với cực dương của nguồn điện. Các catot nối với cực âm của nguồn điện và được bố trí xung quanh anot.



Hình 14.2. Quá trình đánh bóng điện hoá [1]



Hình 14.3. Quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện áp anot [34]

Hình 14.2 biểu diễn quá trình đánh bóng điện hoá. Trong quá trình này, mật độ cường độ dòng điện (đo bằng cường độ dòng điện/cm² diện tích

bề mặt chi tiết cần đánh bóng) là nhân tố rất quan trọng quyết định đến chất lượng đánh bóng điện hoá. Trên bề mặt chi tiết gia công, mật độ dòng điện tại các đỉnh nhô cao sẽ lớn hơn nhiều tại các đỉnh thấp. Tốc độ phản ứng điện hoá hay tốc độ bóc tách vật liệu tỉ lệ với mật độ dòng điện. Do vậy, các đỉnh cao sẽ bị san phẳng nhanh hơn các đỉnh thấp và kết quả là bề mặt chi tiết trở nên nhẵn bóng. Kết thúc quá trình đánh bóng, chi tiết gia công phải được tẩy rửa, làm sạch các hoá chất.

Hình 14.3 biểu diễn quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện áp anot. Theo quan hệ này, từ điểm A đến B bề mặt gia công sẽ bị xỉn trong khi từ B đến C chất lượng bề mặt đánh bóng tốt. Từ C đến D bề mặt đánh bóng sẽ có những vết rỗ do sự gián đoạn của các lớp anot do oxi hoá phát triển.

14.3 Các thông số của quá trình đánh bóng điện hoá

Bảng 14.1 hướng dẫn cách chọn dung dịch điện phân và mật độ dòng điện hợp lý cho các loại vật liệu đánh bóng khác nhau.

14.4 Ưu nhược điểm

Đánh bóng điện hoá ngày càng được sử dụng rộng rãi do nó có các ưu điểm sau:

-Cho chất lượng bề mặt đánh bóng rất cao: không tạo vết xước cơ học như đánh bóng cơ khí; bề mặt nhẵn bóng, phản xạ tốt.

-Không gây ứng suất dư trên bề mặt.

-Tạo khả năng chống ăn mòn cho lớp bề mặt được tốt do đánh bóng điện hoá không để lại các chất khác (kim loại, hạt mài...) như trong đánh bóng cơ khí.

-Dễ dàng làm sạch sau quá trình đánh bóng.

-Có thể đánh bóng được những bề mặt có hình dáng bất kỳ mà các phương pháp khác khó hoặc không thực hiện được.

Bảng 14.1: Dung dịch điện phân và mật độ dòng điện khi đánh bóng [1]

Kim loại	Dung dịch điện phân	Mật độ dòng điện (A/cm ²)
Thép các bon	182 ml HClO ₄ 765 ml acetic anhydric 50 ml H ₂ O	0,04-0,06
Thép không gỉ	60% H ₃ PO ₄ , 20% H ₂ SO ₄ 20% H ₂ O 37% H ₃ PO ₄ , 56% glycerin 7% H ₂ O	1,8 tại 80°C 1,0 tại 120°C
Đồng đỏ	H ₃ PO ₄ ,	0,04
Đồng thau	H ₃ PO ₄ Cr ₁₁ , Na ₂ C ₂ O ₂ H ₂ SO ₄ , HF, Cr ₇ H ₇ , COOH	0,14-0,35 tại 50°C
Đồng thanh phốt pho	33% HNO ₃ ,	0,75-1,5
Đồng niken	75% H ₂ SO ₄	0,25
Nhôm	NCIO ₃	0,04-0,08
Magie	37% H ₂ PO ₄ , 63% C ₂ H ₅ OH	0,005

-Có thể đánh bóng được rất nhiều chi tiết đồng thời.

-Có thể làm cùn được các góc, cạnh sắc.

Tuy nhiên, đánh bóng điện hoá cũng có một số hạn chế sau:

-Đánh bóng điện hoá không loại bỏ được các vết bẩn, tạp chất trên bề mặt chi tiết.

-Không xoá được các vết xước lớn trên bề mặt, ngay cả khi kéo dài thời gian đánh bóng.

-Không đánh bóng được các hợp kim nhiều pha trong đó có pha chịu ăn mòn.

-Việc xử lý các hoá chất cần loại bỏ sẽ tốn kém và có thể ảnh hưởng đến môi trường.

14.5 Phạm vi ứng dụng

-Đánh bóng điện hoá được ứng dụng rộng rãi để đánh bóng các chi tiết cho các ngành công nghiệp ô tô, máy bay, chế tạo máy v.v...

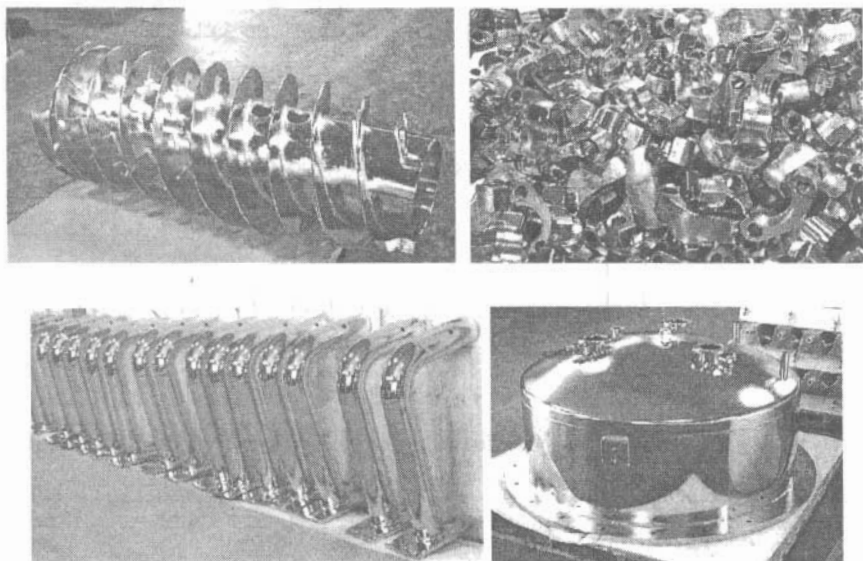
-Đánh bóng các chi tiết, thiết bị gia công thực phẩm, thiết bị cho ngành dược phẩm, y tế v.v...

-Đánh bóng mẫu để nghiên cứu cấu trúc kim loại.

-Đánh bóng các ống dẫn, các van dùng trong công nghiệp hoá dầu, hạt nhân, dược v.v...

-Làm sạch các bàn ghế, đồ dùng, các thiết bị bằng kim loại v.v...

-Đánh ba via các chi tiết có hình dạng phức tạp: cho phép đánh ba via hàng loạt, năng suất cao.



Hình 14.3. Một số sản phẩm của đánh bóng điện hoá (ảnh của Delstar, Inc.)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hassan El-Hofy, *Advanced Machining Processes*, Mc. Graw-Hill, 2005.
- [2] Joseph R. Davis (Senior Editor), *Metals Handbook*, Volume 16 – Machining, ASM International, 1995.
- [3] P.C. Pandey, H.S. Shan, *Modern Machining Processes*, Mc. Graw-Hill, 1980.
- [4] Marcel Achtsnick, *High performance micro abrasive blasting*, PhD. Thesis, Delft University of Technology, 2005.
- [5] D.A. Summers, *Waterjet Technology*, Chapman & Hall, 1995.
- [6] W. Christopher, *Waterjet cutting: The other “Non-traditional” process*, EDM Today, September/October 2003.
- [7] Flow International Cooperation website, <http://www.flowcorp.com/about-flow.cfm>
- [8] R.A. Tikhomirov, V.F. Babanin, E.N. Petukhov, I.D. Starikov, V.A. Kovaleb. 1992. *High-Pressure Jetcutting*, ASME Press.
- [9] A.M. Hoogstrate, *Towards high-definition abrasive waterjet cutting*, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, 2000.
- [10] T. Susuzlu, A.M. Hoogstrate, B. Karpuschewski, *Initial research on the ultra-high pressure waterjet up to 7000 MPa*, *Journal of Materials Processing Technology*, 149 (2004), 30-36.

- [11] Christopher, Waterjet cutting: The other “Non-traditional” process, EDM Today, September/October 2003,
<http://www.oman.com/pdfs/WATERJETCUTTING.pdf>
- [12] Barton Mines Company, 2008, Replacement parts for KMT Equipments,
http://www.barton.com/replacement_parts_kmt.cfm
- [13] T. Susuzlu, A.M. Hoogstrate, B. Karpuschewski, Waterjet cutting beyond 400 MPa, 2005 WJTA American Waterjet Conference, August 21-23, 2005, 1-16.
- [14] Triumph GmbH+Co. 1997, Water Jet Cutting - Technical information.
- [15] A.W. Momber, R. Kovacevic, Principle of Abrasive Water Jet Machining, SpringerVerlag London 1998.
- [16] Vu Ngoc Pi, Performace Enhancement of Abrasive Waterjet Cutting, PhD. Thesis, Delft University of Technology, 2008.
- [17] Vu Ngoc Pi, A.M. Hoogstrate, Cost calculation for recycled abrasives and for abrasive selecting in Abrasive Waterjet Machining, Int. Journal of Precision Technology, Vol.1, Issue 1, 2007, 40-50.
- [18] J. Zeng, Mechanism of brittle material erosion associated with high pressure abrasive waterjet processing - A modelling and application study, PhD thesis, University of Rhode Island, 1992.
- [19] A.B.E. Khairy, Assessment of some dynamic parameters for the ultrasonic machining process, Wear, 1990, 137, 187-190.
- [20] V.F. Kazantsev, Improving the output and accuracy of ultrasonic machining, Machines and Tooling, 1966, 37(4), 33-39.

- [21] T.B. Thoe, D.K. Aspinwall, M.L.H. Wise, Review of ultrasonic machining, *Int. Journal of Machines and Tools Manufacturing*, Vol. 38, No. 4, 1998, 239-255.
- [22] I. D. Marinescu, *Handbook of Advanced Ceramics Machining*, CRC Press, 2007.
- [23] S. Kalpakjian, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, 4th, Prentice Hall, 2002.
- [24] J.A. McGeough, A. De Silva, *Advanced Methods of Machining*, London, New York: Chapman and Hall, 1988.
- [25] H. El-Hofy, Machinability Indices for Some Non-Conventional Machining Processes, *Alexandria Engineering Journal (AEJ)*, 34(3), 1995, 231-245.
- [26] N.B. Stavitskaia, B.L. Stravinski, Fundamental Feature of Precision Spark Machining, *Electr. Obrab. Master.*, No.4, 1997, 5-15.
- [27] M.R. Delpreti, Physical and Chemical Characteristics of Super Facial Layers, *Proc. Of ISEM-5*, 1997, 209-212.
- [28] Shichun D. et al., A new Technology for Machining Spheres by Rotary, *ISEM-11*, 1995, 921-927.
- [29] C. Yeo, S. Jana, M. Lau, A Technical review of Laser Drilling of Aerospace Materials, *Journal of Materials Processing Technology*, No. 42, 1994, 15-49.
- [30] Hwaiyu Geng, *Manufacturing Engineering Handbook*, McGraw-hill, 2004.

- [31] J. Kaczmarek, *Principles of Machining by Cutting, Abrasion and Erosion*, Stevenage, U.K.: Peter Pergnenious Ltd., 1976.
- [32] Nguyễn Văn Hùng, *Nghiên cứu tối ưu các thông số công nghệ của quá trình mài điện hoá bằng đá mài kim cương khi gia công hợp kim cứng*, Luận án Tiến sỹ Kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà nội, 2003.
- [33] G. Tlustý, *Manufacturing Processes and Equipment*, Upper Saddle River, NJ: Prentice - Hall, 1999.
- [34] J.A. McGeough, *Principles of Electrochemical Machining*, London, New York: Chapman and Hall, 1974.
- [35] G. F. Benedict, *Nontraditional Manufacturing Processes*, CRC, 1987.

Mục lục

Lời nói đầu	3
Giới thiệu	5
Phần I Các phương pháp gia công cơ	9
Chương 1 Gia công bằng dòng hạt mài	11
1.1 Giới thiệu	11
1.2 Hệ thống gia công	11
1.3 Các thông số của quá trình gia công	12
1.3.1 Khí.....	12
1.3.2 Hạt mài.....	12
1.3.3 Vòi phun.....	13
1.3.4 Lưu lượng dòng hạt mài	15
1.3.5 Khoảng cách từ đầu vòi phun đến chi tiết gia công	15
1.3.6 Tốc độ bóc tách vật liệu	16
1.4 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng.....	17
1.4.1 Ưu nhược điểm	17
1.4.2 Phạm vi ứng dụng	18
Chương 2 Gia công bằng tia nước và tia nước có hạt mài.....	19
2.1 Giới thiệu	19
2.2 Hệ thống gia công	20
2.3 Các thông số của quá trình gia công	25
2.4 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng.....	28
2.4.1 Ưu nhược điểm.....	28
2.4.2 Phạm vi ứng dụng	29
Chương 3 Gia công bằng siêu âm	31
3.1 Giới thiệu	31

3.2	Hệ thống gia công	32
3.2.1	Bộ chuyển đổi từ giao	33
3.2.2	Bộ khuếch đại cơ khí.....	35
3.2.3	Dụng cụ.....	36
3.2.4	Chất mài nhão	36
3.3	Cơ chế bóc tách vật liệu	38
3.4	Các thông số ảnh hưởng đến tốc độ bóc tách vật liệu	39
3.4.1	Ảnh hưởng của dao động của dụng cụ	39
3.4.2	Ảnh hưởng của hình dáng của dụng cụ	40
3.4.3	Ảnh hưởng của lực tĩnh tác dụng lên dụng cụ.....	41
3.4.4	Ảnh hưởng của kích thước hạt mài	41
3.4.5	Ảnh hưởng của độ cứng phôi - dụng cụ	42
3.5	Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng.....	42
3.5.1	Ưu nhược điểm	42
3.5.2	Phạm vi ứng dụng	43
Phần II	Các phương pháp gia công nhiệt	49
Chương 4	Gia công xung điện	51
4.1	Giới thiệu	51
4.2	Hệ thống gia công	52
4.2.1	Bộ tạo xung	52
4.2.2	Cơ cấu servo	53
4.2.3	Điện cực	53
4.2.4	Dung dịch điện môi.....	588
4.3	Cơ chế bóc tách vật liệu	60
4.4	Tốc độ bóc tách vật liệu.....	64
4.5	Bề mặt gia công bằng xung điện.....	65
4.6	Độ chính xác gia công	67

4.7	Ưu nhược điểm	67
4.8	Các ứng dụng của gia công tia lửa điện	68
4.8.1	Cắt dây tia lửa điện.....	68
4.8.2	Cưa tia lửa điện	70
4.8.3	Gia công mặt cầu	71
Chương 5	Gia công bằng tia laze.....	73
5.1	Giới thiệu	73
5.2	Hệ thống gia công laze.....	73
5.3	Cơ chế bóc tách vật liệu	76
5.4	Ưu nhược điểm của gia công laze.....	77
5.5	Ứng dụng của gia công laze	77
5.5.1	Khoan laze.....	77
5.5.2	Cắt bằng laze	79
5.5.3	Khắc laze.....	81
5.5.4	Sửa đá mài bằng laze.....	82
Chương 6	Gia công bằng chùm tia điện tử	83
6.1	Giới thiệu	83
6.2	Hệ thống gia công bằng chùm tia điện tử	83
6.3	Các thông số của quá trình gia công bằng chùm tia điện tử	85
6.4	Ưu nhược điểm của quá trình gia công bằng chùm tia điện tử.....	86
6.5	Ứng dụng của gia công bằng chùm tia điện tử	87
Chương 7	Gia công bằng plasma	89
7.1	Giới thiệu	89
7.2	Hệ thống gia công bằng plasma	89
7.2.1	Gia công bằng hồ quang plasma	90
7.2.2	Gia công bằng tia plasma	91
7.2.3	Gia công plasma có bảo vệ.....	91
7.3	Các thông số của quá trình gia công bằng plasma	91

7.4	Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng.....	95
7.4.1	Ưu nhược điểm.....	95
7.4.2	Phạm vi ứng dụng	95
Phần III	Các phương pháp gia công điện	97
Chương 8	Gia công điện hoá	99
8.1	Giới thiệu	99
8.2	Hệ thống gia công điện hoá	99
8.2.1	Nguyên lý gia công điện hoá	99
8.2.2	Thiết bị gia công điện hoá.....	100
8.3	Các thông số của quá trình gia công điện hoá	101
8.3.1	Tốc độ bóc tách vật liệu	101
8.3.2	Độ chính xác gia công	102
8.3.3	Chất lượng bề mặt	103
8.4	Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng.....	103
8.4.1	Ưu nhược điểm.....	103
8.4.2	Phạm vi sử dụng.....	105
Chương 9	Mài điện hoá.....	107
9.1	Giới thiệu	107
9.2	Các thông số của quá trình mài điện hoá	112
9.2.1	Tốc độ bóc tách vật liệu	112
9.2.2	Chất lượng bề mặt gia công.....	113
9.2.3	Độ chính xác gia công	115
9.3	Ưu nhược điểm của quá trình mài điện hoá.....	116
9.4	Ứng dụng của mài điện hoá.....	117
Chương 10	Mài xung điện hoá.....	119
10.1	Giới thiệu	119
10.2	Hệ thống gia công điện hoá	119
10.3	Các thông số của quá trình mài xung điện hoá	120

10.3.1	Mật độ dòng điện	121
10.3.2	Tốc độ bánh mài.....	123
10.3.3	Tỉ số mòn	123
10.3.4	Tốc độ bàn máy.....	124
10.3.5	Độ chính xác và độ nhẵn bề mặt gia công	124
10.3.6	Sửa bánh mài	125
10.4	Ưu nhược điểm của mài xung điện hoá	125
Chương 11 Gia công điện phân qua ống hình		127
11.1	Giới thiệu	127
11.2	Hệ thống gia công điện phân qua ống hình.....	127
11.3	Các thông số của quá trình gia công điện phân qua ống hình	130
11.4	Ưu nhược điểm của gia công điện phân qua ống hình.....	130
11.5	Ứng dụng của gia công điện phân qua ống hình	132
Phần IV Các phương pháp gia công hoá		133
Chương 12 Phay hoá		135
12.1	Giới thiệu	135
12.2	Quá trình phay hoá.....	135
12.3	Các thông số của quá trình phay hoá	136
12.4	Ưu nhược điểm	139
12.5	Phạm vi ứng dụng	140
Chương 13 Gia công quang hoá.....		143
13.1	Giới thiệu	143
13.2	Quá trình gia công quang hoá	143
13.3	Ưu nhược điểm	144
13.4	Phạm vi ứng dụng	145
Chương 14 Đánh bóng điện hoá		147
14.1	Giới thiệu	147

14.2	Quá trình đánh bóng điện hoá.....	147
14.3	Các thông số của quá trình đánh bóng điện hoá	149
14.4	Ưu nhược điểm	149
14.5	Phạm vi ứng dụng	151
	Tài liệu tham khảo	153
	Mục lục.....	157

CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG

TIÊN TIẾN

Tác giả: NGUYỄN QUỐC TUẤN, VŨ NGỌC PI,
NGUYỄN VĂN HÙNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TS. PHẠM VĂN DIỄN

Biên tập:

ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

Trình bày bìa:

XUÂN DŨNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 Trần Hưng Đạo – Hà Nội

In 300 cuốn, khổ 16 × 24, tại Xưởng in NXB Văn hóa Dân tộc

Số đăng ký kế hoạch xuất bản: 352-2009/CXB/85-40/KHKT-27/4/2009

Quyết định xuất bản: 168/QĐXB – NXBKHK T - 31/5/2009

In xong và nộp lưu chiếu tháng 5 năm 2009

209158 H00

Các phương pháp gia công tiên



1607090000113

72,000

Giá: 72.000đ