

GS. TS. TRẦN VĂN DỊCH

GIA CÔNG TINH BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY

NHA XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



GS. TS TRẦN VĂN ĐỊCH

**GIA CÔNG TINH
BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY**

(Dùng cho giảng dạy, nghiên cứu và sản xuất)

In lần thứ nhất



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI 2004**

LỜI NÓI ĐẦU

Sự phát triển của nền kinh tế quốc dân đòi hỏi ngành cơ khí phải nhanh chóng chế tạo ra số lượng lớn máy móc và thiết bị với công suất và tốc độ cao. Công suất và tốc độ của máy phụ thuộc vào độ chính xác và chất lượng bề mặt gia công. Do đó, nhiệm vụ đặt ra là phải xây dựng được các phương pháp và điều kiện gia công chi tiết để đạt độ chính xác và chất lượng bề mặt hợp lý.

Tính chất sử dụng của chi tiết không chỉ phụ thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu, mà còn phụ thuộc vào trạng thái của lớp bề mặt. Thực tế cho thấy các chi tiết được chế tạo từ một loại vật liệu như nhau nhưng theo các phương pháp công nghệ và chế độ cắt khác nhau sẽ có tính chất của lớp bề mặt khác nhau. Tuổi thọ của các chi tiết này có thể khác nhau hàng chục lần.

Chất lượng bề mặt của chi tiết được hình thành trong quá trình thực hiện các nguyên công có tính đến yếu tố di truyền công nghệ (tính in dáp). Tuy nhiên, quan trọng nhất là các nguyên công gia công tinh, bởi vì ở các nguyên công này các đặc tính chất lượng của lớp bề mặt được hình thành rõ nét. Điều này nói lên tầm quan trọng của các phương pháp gia công tinh trong quy trình công nghệ và sự cần thiết phải xác định phương pháp gia công hợp lý với chế độ cắt tối ưu.

Trong sản xuất đã và đang ứng dụng nhiều phương pháp gia công tinh khác nhau. Các phương pháp này có thể tập trung lại thành bốn nhóm chính là: gia công bằng dụng cụ cắt có lưỡi, gia công bằng các hạt mài kết dính, gia công bằng các hạt mài tự do và gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt.

Mỗi một phương pháp có đặc thù riêng với khả năng công nghệ và phạm vi ứng dụng nhất định.

Để nâng cao hiệu quả của các nguyên công gia công tinh cần phải đẩy mạnh công tác nghiên cứu để tìm ra những điều kiện gia công tối ưu và sử dụng các thiết bị hợp lý.

Nhằm giúp cho công tác giảng dạy, nghiên cứu và sản xuất tác giả biên soạn cuốn sách này. Khi biên soạn cuốn sách này chúng tôi có sử dụng

các tài liệu của nước ngoài và trong nước, đồng thời cũng sử dụng các kết quả mà chúng tôi cùng với các khoá sinh viên nghiên cứu trong những năm từ 1988 đến 2003.

Do biên soạn lần đầu, chắc chắn cuốn sách còn có những thiếu sót, chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp và phê bình của bạn đọc.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Công nghệ chế tạo máy, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội hoặc Ban biên tập Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Tác giả

Chương 1

CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY

1.1 Khái niệm về chất lượng bề mặt chi tiết máy

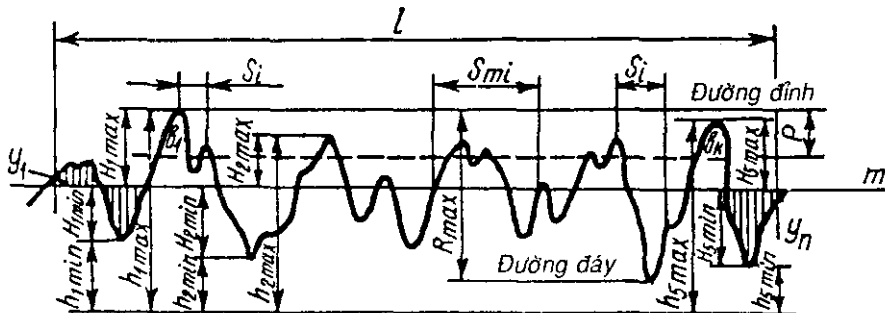
Các sản phẩm của ngành chế tạo máy hiện đại đòi hỏi phải có tính chất sử dụng cao. Nhiều nghiên cứu thực tế cho thấy tính chất sử dụng của chi tiết không chỉ phụ thuộc vào vật liệu mà còn phụ thuộc vào quy trình chế tạo và các điều kiện khác. Cùng một vật liệu nhưng quy trình công nghệ và chế độ gia công khác nhau có thể đạt được chất lượng bề mặt khác nhau và do đó tính chất sử dụng cũng khác nhau, có khi cách biệt nhau hàng chục, hàng trăm lần. Chính vì lẽ đó mà tại sao người ta lại quan tâm đặc biệt tới chất lượng bề mặt như vậy.

Chất lượng bề mặt chi tiết máy là những tính chất bề mặt của nó được hình thành trong quá trình gia công. Chất lượng bề mặt chi tiết máy được đánh giá theo các chỉ tiêu sau đây:

- Đặc tính hình học của bề mặt (độ nhám, độ sóng, sai số hình học).
- Tính chất cơ lý của bề mặt (độ cứng, ứng suất dư, cấu trúc lớp bề mặt).

1.1.1. Độ nhám bề mặt

Độ nhám bề mặt là tập hợp tất cả những vết lồi, lõm với bước cực ngắn để tạo thành profin bề mặt chi tiết trong phạm vi chiều dài chuẩn l (hình 1.1). Độ nhám bề mặt (độ nhấp nhô tế vi bề mặt) được hình thành do tác động của bề mặt gia công với dụng cụ cắt.



Hình 1.1. Profin bề mặt chi tiết máy

Độ nhám bề mặt được đánh giá theo các thông số sau đây:

R_a - sai lệch profin trung bình cộng.

R_z - chiều cao nhấp nhô (được xác định theo 10 đỉnh của profin).

R_{max} - chiều cao nhấp nhô cực đại.

S_m - bước nhấp nhô trung bình theo đường trung bình.

S - bước nhấp nhô trung bình theo đỉnh.

t_p - chiều dài tương đối của phân vật liệu profin.

Xác định giá trị của các thông số độ nhám bề mặt được thực hiện trên cơ sở đường trung bình m của profin. Đường trung bình m được vẽ sao cho tổng diện tích giới hạn giữa đường trung bình và profin ở phía trên bằng tổng diện tích giới hạn giữa đường trung bình và profin ở phía dưới. Đường đỉnh và đường đáy của profin được gọi là các đường cách đều của đường trung bình và nó đi qua đỉnh cao nhất và đỉnh thấp nhất của profin trong phạm vi chiều dài chuẩn. Khoảng cách giữa đường đỉnh và đường đáy của profin là chiều cao nhấp nhô cực đại R_{max} .

Sai lệch profin trung bình cộng R_a là giá trị trung bình cộng của tất cả các sai số profin y_i trong phạm vi chiều dài chuẩn l :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y_i| dl \quad (1.1)$$

Hoặc R_a được xác định theo công thức gần đúng:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (1.2)$$

Ở đây: y_i - sai số profin, là khoảng cách giữa một điểm profin bất kỳ nào đó và đường trung bình m .

Chiều cao nhấp nhô R_z là tổng trung bình của năm giá trị lớn nhất H_{max} và năm giá trị nhỏ nhất H_{min} trong phạm vi chiều dài chuẩn l :

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i\max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\min}| \right) \quad (1.3)$$

Nếu chọn đường chuẩn đo không trùng với đường trung bình (ví dụ, nằm ở phía dưới và ở ngoài profin như trên hình 1.1) thì R_z được xác định theo công thức sau:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i\max} - \sum_{i=1}^5 h_{i\min} \right) \quad (1.4)$$

Ở đây: $h_{i\max}$ và $h_{i\min}$ là tung độ của năm đỉnh cao nhất và năm đỉnh thấp nhất (trong phạm vi chiều dài chuẩn l) và được xác định từ đường cách đều của đường trung bình và không cắt profin bề mặt (nằm ngoài profin bề mặt).

Các thông số R_n , R_y và R_{\max} đặc trưng cho chiều cao nhấp nhô profin.

Một đặc tính nhấp nhô nữa của profin cũng rất quan trọng, đó là bước. Bước nhấp nhô theo đường trung bình S_m trong phạm vi chiều dài chuẩn được xác định theo công thức:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} \quad (1.5)$$

Ở đây: S_{mi} là bước nhấp nhô được xác định bằng chiều dài của đoạn thẳng trên đường trung bình và được giới hạn bởi hai điểm cắt nhau giữa đường trung bình và các profin cùng phía nằm cạnh nhau.

n là số bước trong phạm vi chiều dài chuẩn.

Bước nhấp nhô theo đỉnh S (giữa các đỉnh nhấp nhô) trong phạm vi chiều dài chuẩn được xác định theo công thức:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (1.6)$$

Ở đây: S_i là bước nhấp nhô thứ i theo đỉnh (khoảng cách giữa hai đỉnh nhấp nhô).

Để đánh giá tính chất sử dụng của bề mặt chi tiết người ta thường sử dụng thông số chiều dài tương đối của phần vật liệu profin t_p . Chiều dài tương đối của phần vật liệu profin t_p được xác định theo công thức:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} 100 \quad (1.7)$$

Ở đây: η_p là chiều dài phần vật liệu profin, nó được xác định bằng tổng các đoạn thẳng cắt profin bề mặt trong phạm vi chiều dài chuẩn l .

Thông số η_p được xác định theo công thức sau đây:

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i \quad (1.8)$$

Ở đây: b_i là các đoạn thẳng cắt profin vật liệu.

Tiêu chuẩn của các nước trên thế giới cũng như tiêu chuẩn Việt Nam quy định giá trị của các thông số trên đây tương ứng với các cấp độ bóng (có 14 cấp độ bóng, trong đó cấp 1 có cấp độ nhấp nhô cao nhất và cấp 14 có độ nhấp nhô thấp nhất) để đánh giá chất lượng bề mặt tùy thuộc vào phương pháp gia công.

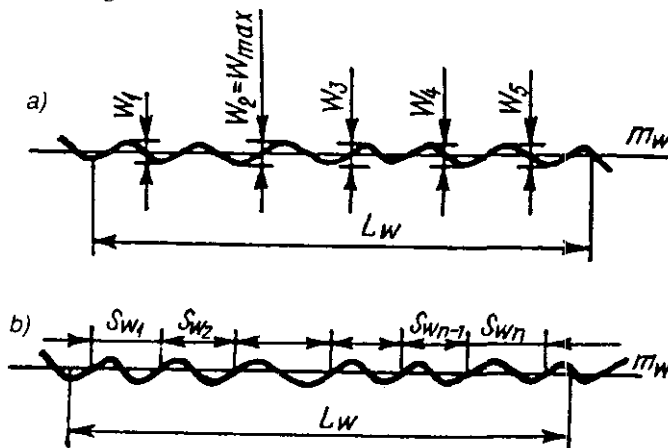
1.1.2. Độ sóng bề mặt

Độ sóng là tập hợp tất cả độ nhấp nhô được lặp lại theo chu kỳ trên bề mặt chi tiết. Nguyên nhân gây ra độ sóng là do độ cứng vững của hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - đồ gá) thấp. Đối với độ nhấp nhô thì tỷ số giữa bước và chiều cao nhấp nhô nhỏ hơn 50, còn đối với độ sóng thì tỷ số giữa bước sóng (S_w) và chiều cao độ sóng (W_z) nằm trong khoảng:

$$50 \leq \frac{S_w}{W_z} \leq 1000$$

Hình 1.2 là sơ đồ của độ sóng bề mặt. Chiều cao độ sóng W_z được xác định như là giá trị trung bình cộng của năm giá trị được đo trên chiều dài L_w mà chiều dài này không nhỏ hơn năm lần bước sóng thực S_w lớn nhất:

$$W_z = \frac{1}{5} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \quad (1.9)$$



Hình 1.2. Độ sóng bề mặt
a) sơ đồ để xác định chiều cao độ sóng;
b) sơ đồ để xác định bước sóng.

Bước sóng trung bình S_w là khoảng cách trung bình cộng S_{wi} giữa các mặt cùng phía của các bước sóng cạnh nhau và được đo theo đường profin trung bình:

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{wi} \quad (1.10)$$

Cũng như độ nhấp nhô, chiều cao độ sóng lớn nhất W_{max} là khoảng cách giữa hai đỉnh profin cao nhất và thấp nhất trong phạm vi chiều dài L_w .

Chiều cao độ sóng được quy định theo dãy: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 μ m.

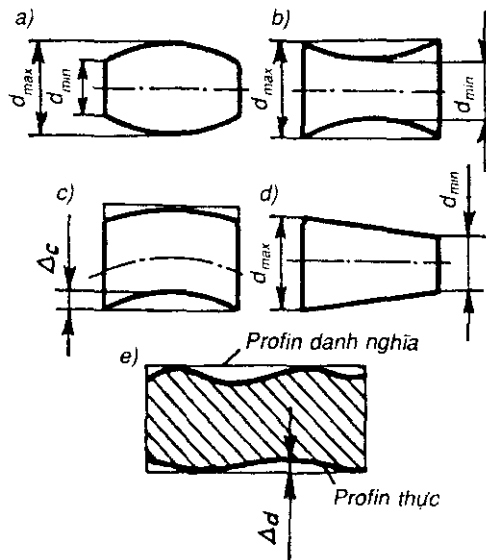
1.1.3. Sai số hình dạng bề mặt

Nguyên nhân gây ra sai số hình dạng bề mặt là lực xuất hiện khi cắt (làm biến dạng chi tiết), độ mòn của dao và của chi tiết trong máy, biến dạng nhiệt của hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - đồ gá), ứng suất dư và các yếu tố khác.

Sai số hình dáng bề mặt được hiểu là sai số hình dáng của bề mặt thực so với bề mặt danh nghĩa (bề mặt lý tưởng) được cho trên bản vẽ. Hình 1.3 là các sai số hình dáng thường gặp khi gia công mặt trụ.

Sai số hình dáng của mặt trụ được xét theo tiết diện dọc và tiết diện ngang của chi tiết. Theo tiết diện dọc của chi tiết hình trụ, sai số hình dáng được xác định bằng sai số profin của tiết diện dọc Δd (hình 1.3 e).

Một số dạng đặc biệt của sai số profin theo tiết diện dọc là: độ tang trống (hình 1.3 a), sai số dạng yên ngựa (hình 1.3 b), độ cong (hình 1.3 c), sai số dạng yên ngựa (hình 1.3 d).



Hình 1.3. Sai số hình dáng bề mặt trụ theo tiết diện dọc
a) độ tang trống; b) sai số dạng yên ngựa; c) độ cong; d) độ côn; e) sai số profin theo tiết diện dọc.

ngựa (hình 1.3 b), độ cong Δ_c (hình 1.3 c) và độ côn (hình 1.3 d).

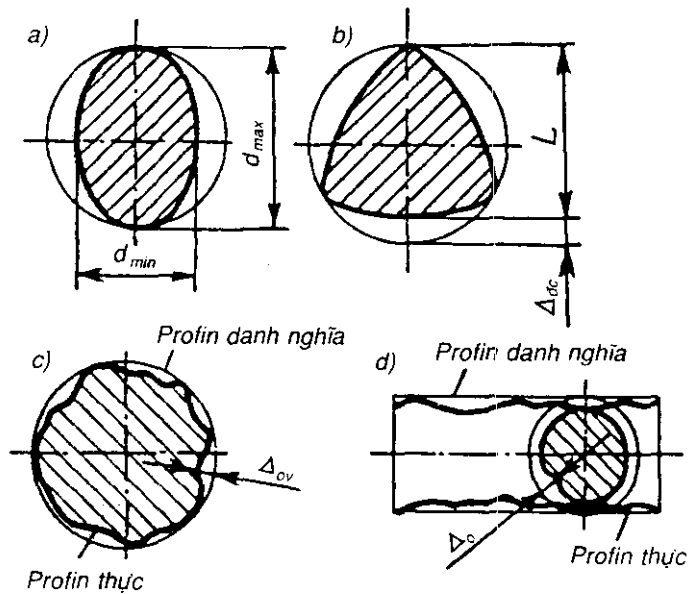
Độ côn được xác định bằng hiệu của hai đường kính lớn nhất và nhỏ nhất ở hai mặt đầu của chi tiết. Độ tang trống và sai số dạng yên ngựa được xác định bằng hiệu của các kích thước lớn nhất và nhỏ nhất ở mặt đầu và ở giữa chi tiết. Độ cong được xác định bằng độ võng của chi tiết.

Theo mặt cắt ngang (tiết diện ngang) của chi tiết hình trụ, sai số hình dạng được đánh giá bằng độ không tròn Δ_{kt} (hình 1.4c). Các dạng đặc biệt của độ không tròn là độ ôvan (hình 1.4a) và độ đa cạnh (hình 1.4b). Độ ôvan Δ_{ov} là hiệu quả của các kích thước được đo theo hai phương vuông góc với nhau ở tiết diện ngang của chi tiết. Độ đa cạnh Δ_{dc} là khoảng cách lớn nhất tính từ điểm trên **profil** thực đến vòng tròn danh nghĩa.

Để đánh giá hình dáng của mặt trụ chi tiết người ta sử dụng chỉ tiêu tổng hợp: độ trụ Δ_o . Độ trụ Δ_o là khoảng cách lớn nhất tính từ điểm trên bề mặt thực đến mặt trụ danh nghĩa trong phạm vi của đoạn quan sát (hình 1.4d).

1.1.4. Độ cứng tế vi

Khi gia công chi tiết bằng các phương pháp cắt gọt, dưới tác dụng của lực cắt bề mặt kim loại bị biến dạng dẻo đàn hồi. Biến dạng dẻo xảy ra ở lớp kim loại bề mặt với một độ sâu nhất định. Biến dạng dẻo này làm cho lớp kim loại bề mặt bị nén lại và do đó làm tăng độ cứng tế



Hình 1.4. Sai số hình dạng mặt trụ theo tiết diện ngang và độ trụ của chi tiết
 a) độ ôvan; b) độ đa cạnh; c) độ không tròn; d) độ trụ.

vi và làm giảm tính dẻo của kim loại ở lớp bề mặt.

Khi độ cứng tế vi tăng lên thì tính dẫn điện, dẫn nhiệt và mật độ kim loại giảm.

Mức độ biến cứng của lớp bề mặt trong quá trình gia công được xác định bằng tỷ số giữa độ cứng vĩ mô tế vi của lớp bề mặt H_1 và độ cứng tế vi của phần kim loại bên trong H_0 :

$$K = \frac{H_1}{H_0} 100 \quad (1.11)$$

Chiều sâu biến cứng của lớp bề mặt là khoảng cách tính từ mặt ngoài đến hết lớp kim loại ở bên trong có độ cứng chính bằng độ cứng ban đầu của vật liệu.

1.1.5. Ứng suất dư

Ứng suất dư là ứng suất tồn tại ở lớp bề mặt của chi tiết khi không có các tác động bên ngoài, ví dụ, tác động của lực và nhiệt độ.

Khi kim loại bị biến dạng dẻo thì ở lớp ngoài xuất hiện ứng suất dư nén, còn ở lớp trong xuất hiện ứng suất dư kéo. Ứng suất dư nén có khả năng làm tăng độ bền của chi tiết máy (ứng suất dư có lợi), còn ứng suất dư kéo làm giảm độ bền của chi tiết máy (ứng suất dư có hại).

Ứng suất dư phụ thuộc vào từng điều kiện gia công cụ thể, vì vậy cần chọn chế độ và phương pháp gia công sao cho tạo điều kiện thuận lợi cho ứng suất dư có lợi xuất hiện.

1.1.6. Cấu trúc của lớp bề mặt

Hình dạng, kích thước và cách bố trí của các hạt kim loại có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của chi tiết máy. Dưới tác dụng của nhiệt độ trong vùng cắt, cấu trúc của kim loại bị thay đổi mạnh và kết quả là lớp bề mặt bị nung nóng gần như bị nhiệt luyện. Sự thay đổi cấu trúc lớp bề mặt có thể có tính cục bộ và gây ra vết cháy cục bộ và các khuyết tật khác.

1.2. Ảnh hưởng của chất lượng bề mặt đến tính chất sử dụng của chi tiết máy

1.2.1. Các tính chất sử dụng của chi tiết máy

Chi tiết máy có hai tính chất sử dụng chủ yếu, đó là: tính chống mòn và độ bền mỏi.

Tính chống mòn là khả năng của bề mặt chi tiết máy chống lại hiện tượng mài mòn trong quá trình sử dụng. Khi bị mòn, kích thước và hình dáng

của chi tiết thay đổi, do đó làm thay đổi đặc tính ăn khớp của chi tiết, làm thay đổi vị trí tương quan của các cơ cấu máy và phá huỷ máy trong quá trình máy làm việc.

Độ bền mỏi là khả năng của chi tiết chống lại tải trọng chu kỳ đối đầu trong quá trình sử dụng. Độ bền mỏi không đủ sẽ làm cho chi tiết bị vỡ và máy ngừng hoạt động.

Điều kiện sử dụng của chi tiết rất khác nhau, do đó trong một số trường hợp chi tiết phải có thêm những tính chất sử dụng khác, ví dụ như độ bền mỏi tiếp xúc, tính chống ăn mòn hoá học, tính dẫn điện, tính dẫn từ, v...v.

Khi chế tạo các chi tiết máy cần phải biết mức độ ảnh hưởng của chất lượng bề mặt đến tính chất sử dụng của chúng (nhằm điều chỉnh chất lượng bề mặt để nâng cao tính chất sử dụng của chi tiết máy).

1.2.2. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt đến tính chất sử dụng của chi tiết máy

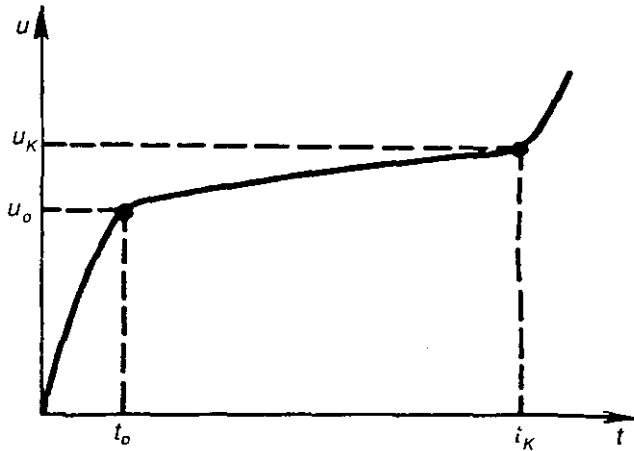
Nhiều nghiên cứu thực nghiệm cho thấy độ nhám bề mặt có ảnh hưởng đến độ mòn của chi tiết máy trong quá trình sử dụng. Hình 1.5 là quan hệ phụ thuộc giữa độ mòn bề mặt U và thời gian làm việc của chi tiết máy.

Độ mòn ứng với thời gian $\leq t_0$ là độ mòn ban đầu (tốc độ mòn ở giai đoạn này rất cao). Đây là thời gian chạy rà chi tiết máy và độ mòn được ký hiệu là U_0 (độ mòn ban đầu). Độ mòn ban đầu ở giai đoạn này có thể san phẳng 65÷75% chiều cao nhấp nhô, do đó diện tích tiếp xúc thực tăng lên, làm giảm áp lực tiếp xúc lên bề mặt chi tiết máy. Giai đoạn $t_0 - t_k$ là giai đoạn mòn bình thường. Tốc độ mòn ở giai đoạn này không cao và đây chính là thời gian sử dụng của chi tiết máy.

Có thể xác định được độ nhám bề mặt R_a để có độ mòn U nhỏ nhất (hình 1.6). Độ nhám bề mặt R_a để có độ mòn U nhỏ nhất phụ thuộc vào dạng tiếp xúc và điều kiện sử dụng. Ví dụ, đối với vòng bi, độ nhám R_a tối ưu (để có độ mòn U nhỏ nhất) là $0,04 \div 0,08 \mu\text{m}$, độ nhám R_a tối ưu của bộ đôi xylanh - pittông động cơ là $0,08 \div 0,32 \mu\text{m}$.

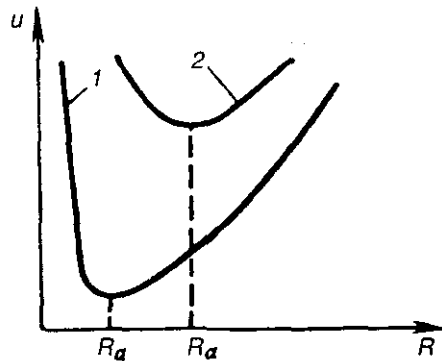
Khi độ nhám bề mặt R_a lớn hơn độ nhám bề mặt R_a tối ưu có thể xảy ra hiện tượng “ăn khớp cơ khí” giữa các bề mặt, làm cho độ mòn U tăng lên.

Ngược lại, khi độ nhám bề mặt R_a nhỏ hơn độ nhám bề mặt R_a tối ưu thì độ mòn của các bề mặt lắp ghép cũng tăng lên, do sự tiếp xúc khít giữa các bề mặt cũng tăng lên, làm cho dầu bôi trơn khó phát huy tác dụng và như vậy độ mòn của các bề mặt tăng lên.



Hình 1.5. Quan hệ phụ thuộc giữa độ mòn U và thời gian làm việc t của chi tiết máy

Độ nhám bề mặt có ảnh hưởng lớn đến độ bền mỏi của chi tiết, bởi vì đáy các nhấp nhô là nơi tập trung ứng suất, đặc biệt là khi độ nhám cao. Nhiều nghiên cứu thực nghiệm cho thấy độ bền mỏi của chi tiết tăng khi độ nhám bề mặt giảm.



Hình 1.6. Quan hệ phụ thuộc giữa độ mòn U và độ nhám bề mặt R_a
 1 - điều kiện làm việc nhẹ
 2 - điều kiện làm việc nặng

Độ nhám bề mặt còn gây ảnh hưởng lớn đến tính chống ăn mòn hoá học của chi tiết. Độ nhám càng cao thì chiều sâu rãnh của nó càng lớn, do đó càng tập trung nhiều chất ăn mòn bề mặt. Độ nhám giảm (độ bóng tăng) cho phép nâng cao tính chống ăn mòn hoá học.

Độ nhám, độ bóng và sai số hình dạng của bề mặt chi tiết có ảnh hưởng lớn đến độ chính xác lắp ghép, độ bền của mối ghép căng, độ cứng vững tiếp xúc và một số tính chất sử dụng khác của chi tiết. Ví dụ, độ sóng có thể làm giảm diện tích tiếp xúc thực của các bề mặt xuống 5÷10 lần so

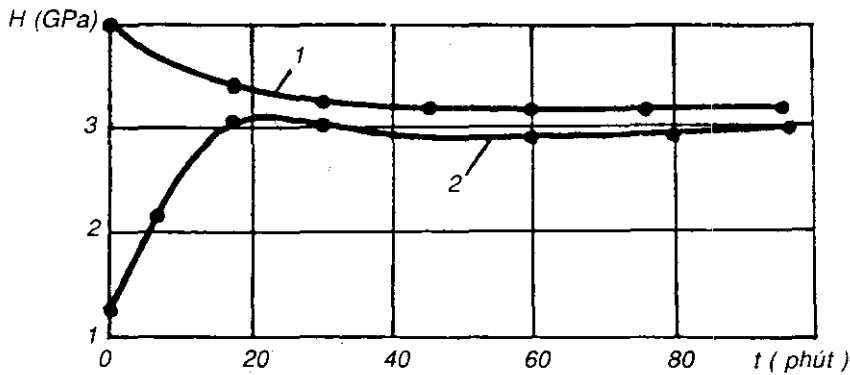
với cùng có độ nhám mà không có độ sóng. Như vậy, độ sóng gây ảnh hưởng xấu đến tính chống ăn mòn của bề mặt chi tiết.

Độ nhám của vòng bi lăn có thể gây ra rung động, làm giảm tuổi thọ của nó xuống nhiều lần.

1.2.3. Ảnh hưởng của độ cứng tế vi đến tính chất sử dụng của chi tiết máy

Độ cứng tế vi hình thành trong quá trình cắt cho phép nâng cao tính chống mòn của bề mặt chi tiết.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi chi tiết thử cọ sát với mẫu thử có độ cứng tế vi cao hơn thì trong quá trình chạy rà, độ cứng tế vi giảm đến một giá trị nào đó, rồi sau đó bắt đầu ổn định (đường cong 1 trên hình 1.7), còn khi chi tiết thử cọ sát với mẫu thử có độ cứng tế vi thấp hơn thì trong quá trình chạy rà độ cứng tế vi tăng gần như bằng độ cứng tế vi của chi tiết thử ở trường hợp thứ nhất (đường cong 2 trên hình 1.7).



Hình 1.7. Thay đổi độ cứng tế vi của chi tiết thử bằng thép 20 trong quá trình bị mài mòn

1- độ cứng tế vi ban đầu $H = 4 \text{ GPa}$

2- độ cứng tế vi ban đầu $H = 1,2 \text{ GPa}$

Độ cứng tế vi tối ưu của các bề mặt tiếp xúc phụ thuộc vào từng điều kiện mài mòn và điều kiện sử dụng cụ thể.

Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy trong trường hợp bị biến cứng, biến dạng tiếp xúc giảm (do giảm biến dạng dẻo), vì vậy biến cứng có khả năng làm tăng độ cứng vững tiếp xúc và độ bền tiếp xúc của chi tiết. Điều này rất có ý nghĩa đối với các ổ bi lăn.

Biến cứng bề mặt (độ cứng tế vi) trong quá trình gia công cơ có ảnh hưởng tốt đến độ bền mỏi của chi tiết máy (biến cứng có khả năng ngăn ngừa vết nứt mới xuất hiện).

Biến cứng bề mặt trong quá trình gia công cơ có khả năng làm tăng tính chống ăn mòn hoá học của bề mặt chi tiết.

1.2.4. Ảnh hưởng của ứng suất dư đến tính chất sử dụng của chi tiết máy

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm trong những năm gần đây cho thấy ứng suất dư ở lớp bề mặt chi tiết (không phụ thuộc vào dấu) hầu như không có ảnh hưởng đáng kể đến tính chống mòn của chi tiết. Điều này được giải thích rằng trong quá trình tiếp xúc của các bề mặt xảy ra biến dạng dẻo rất mạnh, do đó các ứng suất dư hình thành trong quá trình gia công cơ bị biến mất và thay vào đó lại xuất hiện ứng suất dư kéo. Ứng suất dư kéo không phụ thuộc vào ứng suất dư ở lớp bề mặt chi tiết, do đó ứng suất dư ở lớp bề mặt chi tiết không có ảnh hưởng đáng kể đến tính chống ăn mòn của chi tiết.

Tuy nhiên, ứng suất dư có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền mỏi của chi tiết. Ứng suất dư nén nâng cao độ bền mỏi của chi tiết, còn ứng suất dư kéo có ảnh hưởng ngược lại.

1.2.5. Ảnh hưởng của cấu trúc lớp bề mặt đến tính chất sử dụng của chi tiết máy

Khi gia công cơ, dưới tác dụng của nhiệt độ, trong lớp bề mặt có thể xảy ra hiện tượng thay đổi cấu trúc kim loại, dẫn đến quá trình “nhiệt luyện bề mặt” và tạo thành lớp bề mặt có độ cứng cao hơn so với cấu trúc của lớp kim loại bên trong. Ví dụ, khi mài thép vòng bi HIX15 và một số loại thép hợp kim khác tạo ra lớp bề mặt có cấu trúc austenit. Cấu trúc austenit có độ cứng và độ mòn cao, do đó nó có ảnh hưởng tốt đến tính chống ăn mòn và độ bền mỏi của chi tiết máy.

1.3. Quá trình hình thành các thông số chất lượng bề mặt khi chế tạo chi tiết máy

Công nghệ gia công cơ cho phép đạt được các thông số chất lượng và các tính chất sử dụng của chi tiết máy trong một phạm vi rất lớn. Chất lượng bề mặt của các chi tiết máy phụ thuộc vào nhiều yếu tố được tính đến khi thiết kế quy trình công nghệ chế tạo chúng. Ví dụ, chất lượng bề mặt của chi tiết phụ thuộc vào: phương pháp gia công, chế độ cắt, tính chất cơ - lý của

vật liệu gia công, phương pháp cấp dung dịch trơn nguội và tính chất của dung dịch trơn nguội, vật liệu dụng cụ cắt, thông số hình học của dụng cụ cắt, tình trạng của máy, độ cứng vững của hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - đồ gá) và các yếu tố di truyền công nghệ v.v. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố trên đây đến chất lượng bề mặt rất khác nhau. Nhưng nhìn chung có thể thấy rằng chất lượng bề mặt của chi tiết máy phụ thuộc chủ yếu vào mức độ biến dạng dẻo của lớp kim loại bề mặt trong quá trình gia công và nhiệt độ trong vùng cắt. Mức độ biến dạng dẻo càng cao thì độ biến cứng của kim loại và ứng suất dư (ứng suất dư nén) trong lớp bề mặt của chi tiết càng lớn.

Khi các yếu tố công nghệ làm tăng nhiệt độ và thời gian tác động nhiệt khi cắt thì chúng sẽ làm giảm mức độ biến cứng của bề mặt gia công. Còn khi các yếu tố công nghệ làm giảm nhiệt độ và thời gian tác động nhiệt khi cắt thì chúng sẽ làm tăng mức độ biến cứng của bề mặt gia công. Ví dụ, khi mài có dung dịch trơn nguội, tác động nhiệt của đá mài giảm, do đó làm giảm nhiệt độ ở lớp bề mặt và làm tăng mức độ biến cứng. Khi tốc độ của đá mài tăng, nhiệt độ trong vùng cắt tăng, do đó làm giảm mức độ biến cứng.

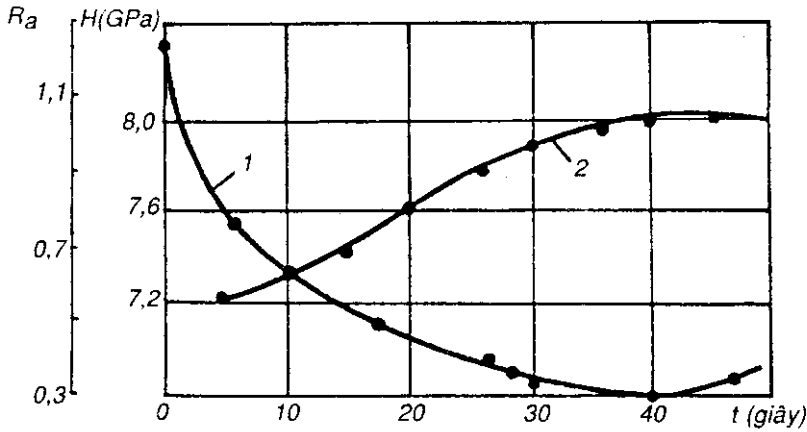
Yếu tố nhiệt độ và yếu tố biến dạng dẻo có ảnh hưởng không chỉ đến tính chất cơ lý của lớp bề mặt mà còn ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt khi gia công. Ví dụ, khi mài con lăn bằng thép IX15 nhiệt luyện có tưới dung dịch trơn nguội trực tiếp vào vùng cắt thì độ nhám bề mặt $R_a = 0,42 \mu m$.

Nếu cùng một chế độ gia công nhưng dung dịch trơn nguội được tưới ít hơn thì độ nhám bề mặt giảm ($R_a = 0,2 \mu m$). Độ nhám bề mặt đạt giá trị thấp nhất khi mài không có dung dịch trơn nguội mặc dù trong trường hợp này có thể xuất hiện những vết cháy.

Độ nhám bề mặt mài giảm khi giảm mức độ tưới dung dịch trơn nguội được giải thích bằng mức độ tác động nhiệt lên bề mặt gia công tăng. Dưới tác dụng của nhiệt độ cao, bề mặt kim loại bị mềm ra và đá mài có xu hướng là phẳng bề mặt gia công. Các vết gia công trong trường hợp này được phủ bằng một lớp kim loại.

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy mài không ăn dao sâu (chạy là trên bề mặt mài) có ảnh hưởng rất lớn đến độ nhám và độ cứng tế vi của bề mặt mài. Hình 1.8 là quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám và biến cứng với thời gian chạy là của đá mài khi mài với tốc độ quay của đá $V_1 = 30$ m/giây; tốc độ quay của chi tiết gia công $V_2 = 40$ m/phút và lượng chạy dao dọc $S_d = 0,8$ m/phút.

Theo đồ thị trên hình 1.8 ta thấy khi chạy là trong khoảng thời gian 15 ÷ 25 giây độ cứng tế vi tăng. Hiện tượng này xảy ra là do tác động của hạt mài lên bề mặt gia công tăng, làm cho lớp kim loại bề mặt bị nén nhiều hơn.



Hình 1.8. Ảnh hưởng của thời gian chạy là của đá mài đến độ nhám (1) và độ cứng tế vi (2) của bề mặt mài

Nhiều kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy độ cứng tế vi của lớp bề mặt khi chạy là tăng trung bình 20÷25%.

Khi gia công bằng dụng cụ cắt có lưỡi, ví dụ, khi tiện độ nhám bề mặt phụ thuộc vào thông số hình học của dụng cụ cắt, chế độ cắt và vật liệu gia công

Độ nhám bề mặt tăng khi lượng chạy dao, góc nghiêng chính φ và góc nghiêng phụ φ_1 tăng. Độ nhám bề mặt cũng tăng khi bán kính đỉnh dao tăng. Độ nhám bề mặt khi tiện phụ thuộc vào tốc độ cắt. Với tốc độ cắt $V=1 \div 60$ m/phút trên lưỡi dao hình thành hiện tượng "lẹo dao". Lẹo dao làm tăng độ nhám bề mặt. Khi tốc độ cắt $V > 60$ m/phút lẹo dao biến mất và độ nhám bề mặt gia công giảm (lẹo dao là hiện tượng kim loại chảy dẻo dính vào mũi dao).

Chất lượng bề mặt được hình thành không chỉ ở các nguyên công cuối cùng mà còn ở tất cả các nguyên công của quy trình công nghệ. Hiện tượng này có ý nghĩa là chất lượng bề mặt chịu ảnh hưởng của tính di truyền công nghệ.

Tính di truyền công nghệ (gần như tính in đậm) được hiểu là sự truyền tính chất của đối tượng gia công từ nguyên công trước sang nguyên công sau. Nhiều nghiên cứu thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng của tính di truyền công nghệ đến chất lượng bề mặt chi tiết là đáng kể. Ví dụ, khi gia công các con lăn trong những điều kiện giống nhau đã chứng minh được ảnh hưởng rõ nét của tính di truyền công nghệ.

Cần nhớ rằng tính di truyền công nghệ có thể xuất hiện không chỉ sau các nguyên công tinh mà còn gây ảnh hưởng đến sự thay đổi tính chất hoặc độ chính xác hình dáng của chi tiết trong quá trình sử dụng. Ví dụ, trong sử dụng thực tế đã phát hiện ra độ cong của cánh tuabin ở nhiệt độ cao do ứng suất dư khi gia công thô gây ra và ứng suất dư này chưa được khử hết ở nguyên công đánh bóng (gia công tinh).

Như vậy, ảnh hưởng của tính di truyền công nghệ đến tính chất sử dụng của chi tiết máy có thể tốt hoặc xấu. Biết được quy luật ảnh hưởng của tính di truyền công nghệ, có thể điều chỉnh nó để đảm bảo chất lượng bề mặt và nâng cao tính sử dụng của chi tiết máy.

1.4. Phương pháp kiểm tra chất lượng bề mặt của chi tiết máy

Để xác định độ nhám bề mặt người ta thường sử dụng các phương pháp sau đây:

So sánh bằng mắt thường. Theo phương pháp này thì bề mặt gia công được so sánh với các mẫu có độ nhám cao nhất.

Dùng kính hiển vi. Dụng cụ đo này thường dùng để xác định chiều cao nhấp nhô R_z .

Dùng máy đo profin. Với dụng cụ đo này có thể xác định R_a , R_z , R_{max} , t_p , ...v...

Độ sóng và sai số hình dáng được kiểm tra nhờ thiết bị và đồ gá chuyên dùng.

Độ cứng tế vi của lớp bề mặt được xác định bằng máy đo độ cứng khi dùng mũi kim cương tác dụng lên bề mặt mẫu.

Chiều sâu biến cứng cũng được xác định bằng máy đo độ cứng khi dùng mũi kim cương tác dụng nhiều lần (từ mặt ngoài vào trong) cho đến khi độ cứng bằng độ cứng của lớp kim loại bên trong.

Ứng suất dư được xác định nhờ phương pháp đo biến dạng hoặc phương pháp tia Ronghen.

Chương 2

GIA CÔNG TINH BỀ MẶT CHI TIẾT BẰNG DỤNG CỤ CẮT CÓ LƯỚI

2.1. Doa

2.1.1. Đặc điểm của doa

Doa là phương pháp gia công tinh lỗ đã qua các nguyên công khoét, khoan hoặc tiện trong. Doa cho phép gia công lỗ có đường kính < 150 mm. Tùy thuộc vào yêu cầu của lỗ gia công, doa được chia ra: doa thô, doa bán tinh và doa tinh.

Thông thường nguyên công doa được thực hiện sau khoan và khoét. Vì vậy, trong sản xuất hàng loạt và hàng khối các nguyên công khoan, khoét, doa thường được thực hiện trên các máy nhiều trục chính. Để tăng năng suất lao động khi gia công lỗ đôi khi người ta thực hiện một nguyên công gồm nhiều bước bằng dụng cụ cắt tổ hợp: khoan - khoét, khoan - doa hoặc khoan - khoét - doa. Hình 2.1 là sơ đồ của nguyên công doa.

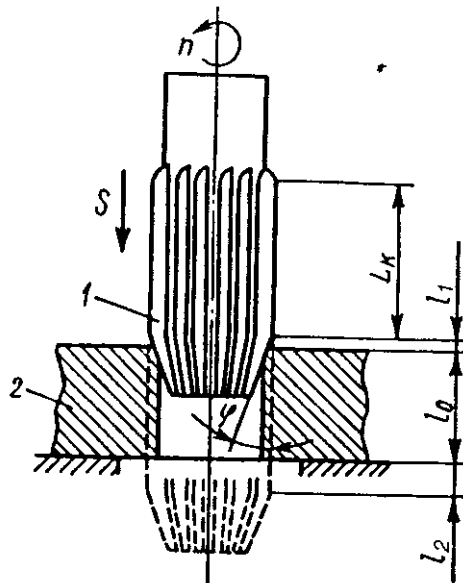
Ta thấy, dụng cụ cắt (dao doa) ăn vào lỗ gia công bằng mặt côn. Tâm của lỗ và phương chuyển động của dao doa khi doa máy được điều chỉnh lại nhờ sử dụng trục gá dao tùy động. Vì vậy, khi doa nhìn chung sai số lệch tâm của lỗ không sửa được.

Thời gian cơ bản khi doa được xác định theo công thức:

$$t_0 = \frac{l_0 + l_1 + l_2}{n \cdot S} \quad (2.1)$$

Ở đây: l_0 - chiều dài lỗ gia công (mm);

l_1 - chiều dài ăn dao (mm);



Hình 2.1. Sơ đồ doa lỗ

1 - dao doa;

2 - chi tiết gia công.

l_2 - chiều dài thoát dao (mm);

n - số vòng quay của dao (vòng/phút);

S - lượng chạy dao dọc (mm/vòng).

Chiều dài ăn dao l_1 khi doa được tính theo công thức:

$$l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi \quad (2.2)$$

Ở đây: t - chiều sâu cắt (mm);

φ - góc nghiêng chính của dao (độ);

Trong thực tế, kết quả tính toán l_1 theo công thức (2.2) cần cộng thêm $2 \div 3$ mm.

Chiều dài thoát dao l_2 được xác định tùy thuộc vào chiều dài phân hiệu chỉnh L_K của dao doa: $l_2 = (0,2 \div 0,3) L_K$.

Kích thước của lỗ gia công khác kích thước phân hiệu chỉnh của dao doa chút ít. Trong phần lớn các trường hợp kích thước của lỗ gia công lớn hơn, có nghĩa là xảy ra hiện tượng lay rộng lỗ. Mức độ lay rộng lỗ phụ thuộc vào đường kính của lỗ gia công, độ mòn của dao doa, lượng dư doa, tính chất cơ lý của vật liệu gia công và trạng thái của thiết bị. Nguyên nhân lay rộng lỗ là do rung động, độ đảo của răng dao doa và các hạt kim loại dính vào lưỡi cắt. Trong một số trường hợp khi doa thép chịu lửa và thép hợp kim, kích thước của lỗ có thể nhỏ hơn đường kính của dao doa.

Hiện tượng lay rộng lỗ khi doa cần được tính đến khi thiết kế dao doa. Hình 2.2 là sơ đồ xác định kích thước của dao doa được dùng để doa lỗ có kích thước giới hạn A_{\max} , A_{\min} và dung sai T_A .

Sai lệch trên của dao doa es nằm cách kích thước lớn nhất của lỗ (A_{\max}) một lượng lay rộng lỗ cực đại P_{\max} . Dung sai chế tạo dao doa T_p nhỏ hơn dung sai chế tạo lỗ của chi tiết T_A khoảng $3 \div 4$ lần.

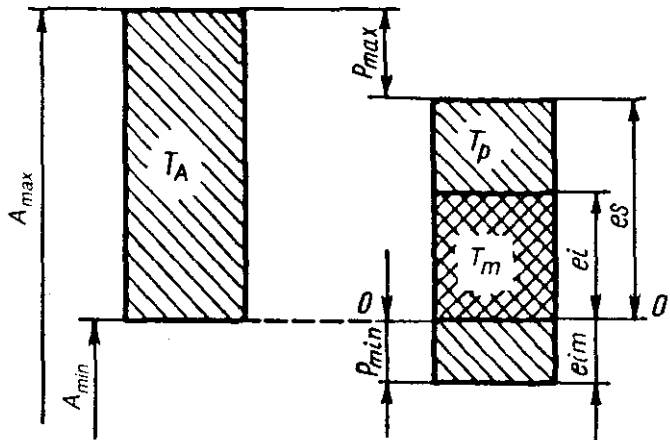
Dung sai độ mòn của dao doa được kí hiệu bằng T_m mà sai lệch dưới eim của nó được tính từ kích thước nhỏ nhất của lỗ cộng thêm lượng lay rộng lỗ nhỏ nhất P_{\min} . Khi tính gần đúng có thể chọn:

$$P_{\min} = 5\mu\text{m} \quad P_{\max} = 11 \div 18\mu\text{m}.$$

Doa cho phép nâng cao độ chính xác và giảm độ nhám bề mặt. Ví dụ, khi doa tinh độ chính xác của kích thước lỗ có thể đạt cấp $5 \div 6$ và độ nhám $R_a = 0,3 \div 0,63 \mu\text{m}$. Trong trường hợp, theo yêu cầu kỹ thuật, độ nhám bề

mặt phải thấp thì doa chỉ là nguyên công trước mài khôn hoặc mài nghiền (sẽ được nghiên cứu ở các chương sau).

Để nâng cao độ chính xác gia công, khi doa cần có bạc dẫn hướng. Khi doa nhiều lỗ đồng tâm cùng một lúc có thể dùng bạc dẫn hướng ở phía trước và bạc dẫn hướng ở phía sau chi tiết.



Hình 2.2. Sơ đồ xác định kích thước của dao doa.

2.1.2. Kết cấu của dao doa và chế độ cắt khi doa

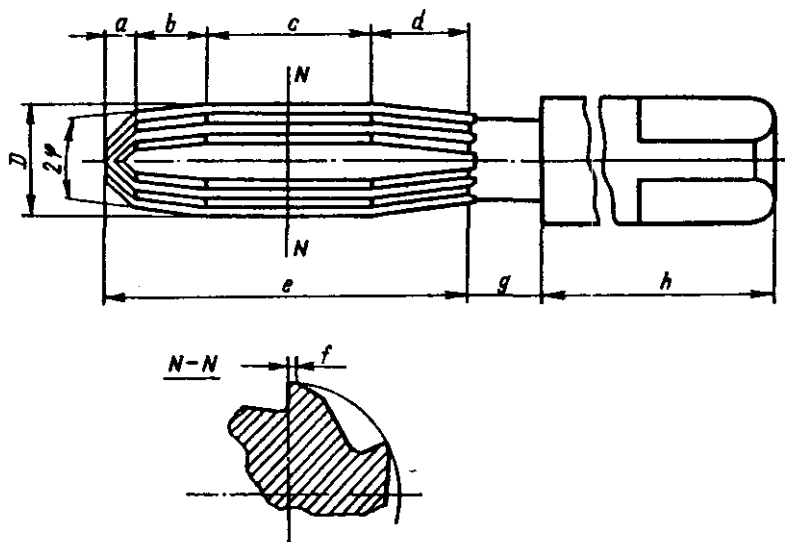
Dao doa được chia ra các loại sau đây:

- Tùy thuộc vào đặc tính sử dụng: dao doa tay và dao doa máy.
- Tùy thuộc vào hình dạng lỗ gia công: dao doa trụ và dao doa côn.
- Tùy thuộc vào phương pháp kẹp chặt: dao doa lắp với trục gá lắp lư và dao doa tự định tâm.
- Tùy thuộc vào kết cấu của răng dao: dao doa liền khối, dao doa răng chấp, dao doa răng hàn, dao doa răng dán (bằng keo) và dao doa răng kẹp cơ khí.
- Tùy thuộc vào vật liệu phần cắt: dao doa thép dụng cụ, dao doa thép gió và dao doa hợp kim cứng.

Hình 2.3 mô tả cấu tạo của dao doa.

Ta thấy phần làm việc gồm bốn phần khác nhau: côn định hướng, phần cắt, phần hiệu chỉnh và phần côn ngược. Côn định hướng (phần a) có góc đỉnh bằng 90^0 và có tác dụng để định hướng dao doa. Quá trình cắt được thực hiện chủ yếu bằng các lưỡi cắt của phần cắt. Phần cắt (phần b) của dao doa nghiêng so với trục của nó một góc φ . Đối với dao doa tay $\varphi = 0,5 \div 1,5^0$, còn đối với doa máy khi gia công thép $\varphi = 15^0$ và khi gia công gang $\varphi = 5^0$. Đối với dao doa hợp kim cứng có thể chọn góc $\varphi = 30^0 \div 45^0$. Phần trụ của dao doa (phần c) được dùng để hiệu chỉnh lỗ và dẫn hướng cho dao trong quá

trình gia công, vì vậy nó được gọi là phần hiệu chỉnh. Phần côn ngược (phần d) có tác dụng giảm ma sát của phần làm việc của dao doa với thành lỗ gia công.



Hình 2.3. Cấu tạo của dao doa

a) côn định hướng; b) phần cắt; c) phần hiệu chỉnh; d) phần côn ngược;
e) phần làm việc; g) ngõng trục; h) đuôi dao.

Tính chất cắt gọt của dao doa được xác định bằng góc trước γ và góc sau α ở các răng của phần cắt. Các góc này được chọn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, vật liệu dao và công dụng của nó. Ví dụ, đối với dao doa bằng thép dụng cụ khi gia công thô vật liệu dẻo có thể chọn $\gamma = 5^\circ \div 10^\circ$, còn khi gia công tinh $\gamma = 0^\circ$. Đối với dao doa hợp kim cứng cần chọn $\gamma = 0^\circ \div 15^\circ$. Góc sau $\alpha = 6^\circ \div 10^\circ$ khi gia công thép dụng cụ và thép hợp kim, còn khi gia công nhôm và hợp kim nhôm $\alpha = 10^\circ \div 12^\circ$.

Trên phần hiệu chỉnh (phần c) các răng có phần trụ với bề rộng bằng f (xem tiết diện cắt N - N) để bảo đảm kích thước của dao doa khi bị mòn và khi mài lại, đồng thời để giảm độ nhám bề mặt và dẫn hướng dao tốt hơn trong quá trình gia công. Tùy thuộc vào đường kính của lỗ và tính chất của vật liệu gia công, bề rộng phần trụ f dao động trong khoảng 0,05 đến 0,4 mm. Các răng của phần hiệu chỉnh có góc $\alpha = 0^\circ$ và $\gamma = 0^\circ$.

Để đảm bảo cho dao doa làm việc ổn định, bước răng của nó được chế tạo không đều nhau, còn để tiện cho việc kiểm tra kích thước của dao, số răng của nó thường là số chẵn.

Các thông số chủ yếu của chế độ cắt khi doa là tốc độ cắt và lượng chạy dao. Các thông số này được chọn phụ thuộc vào đường kính của dao doa, vật liệu chế tạo dao và tính chất cơ lý của vật liệu gia công. Tốc độ cắt tối ưu khi gia công bằng dao doa thép gió có sử dụng dầu trơn nguội là 3 m/phút, còn khi sử dụng dung dịch trơn nguội emunxi là 6 m/phút. Khi doa lỗ không thông suốt cần chọn lượng chạy dao bằng $0,2 \div 0,5$ mm/vòng.

Khi gia công bằng dao doa hợp kim cứng lượng chạy dao và tốc độ cắt được chọn theo bảng 2.1.

Bảng 2.1. Lượng chạy dao và tốc độ cắt khi doa lỗ bằng dao doa hợp kim cứng

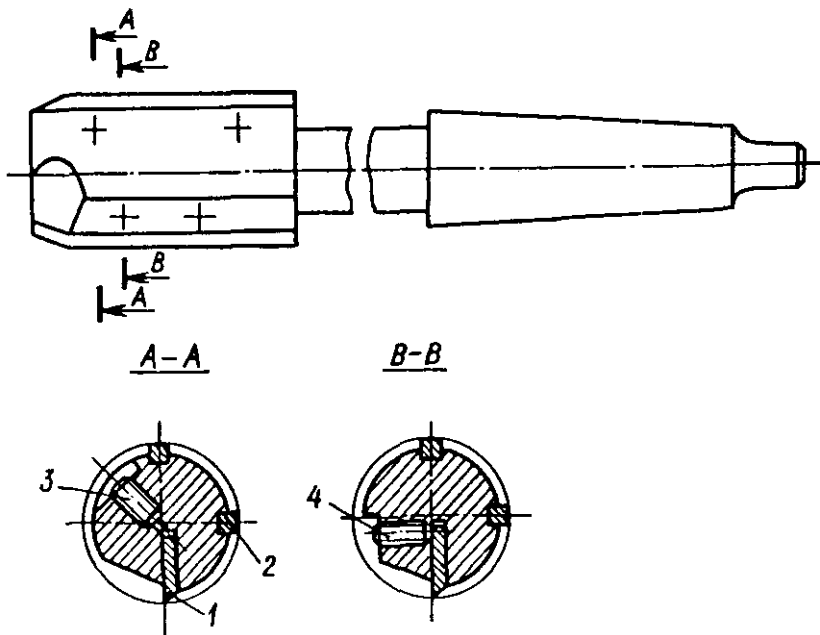
Đường kính dao doa, d (mm)	Chế độ cắt	Lượng chạy dao S(mm/vòng) và tốc độ cắt V(m/phút)					
		Thép kết cấu, dụng cụ và hợp kim				Gang	
		Mềm	Cứng trung bình	Cứng	Nhiệt luyện	HB ≤ 200	HB ≥ 200
10 – 25	S		0,30-0,65		0,20-0,33	0,80-1,60	0,60-1,30
	V	26-58	20-44	18-39	22-50	38-69	29-50
25 – 50	S		0,45-0,90		0,25-0,43	1,10-2,20	0,90-1,80
	V	17-36	13-27	12-24	13-32	28-44	22-36
50 – 80	S		0,70-1,20		0,35-0,50	1,50-3,00	1,10-2,20
	V	12-22	9-17	8-15	10-17	21-31	17-25

Để gia công lỗ trên vật liệu thép thường dùng dao doa hợp kim cứng T15K6, còn để gia công gang nên dùng BK2 và BK3M. Dung dịch trơn nguội trong các trường hợp này có thể là dầu công nghiệp.

Để gia công các lỗ có độ chính xác cao người ta dùng dao doa hợp kim cứng một lưỡi (hình 2.4). Dao có cấu tạo gồm: lưỡi cắt hợp kim cứng 1, các mảnh hợp kim cứng dẫn hướng 2, vít điều chỉnh (để điều chỉnh kích thước dao doa) và vít cố định 4.

Lực cắt do một lưỡi dao 1 tạo ra được hấp thụ bởi hai mảnh dẫn hướng 2, do đó tạo ra được sự cân bằng động học và cân bằng động lực học.

Đặc điểm quan trọng của dao doa một lưỡi là trong quá trình gia công xảy ra đồng thời hiện tượng là bề mặt nhờ lực xuất hiện trong vùng tiếp xúc của các mảnh dẫn hướng với bề mặt lỗ. Trong trường hợp này nhờ biến dạng dẻo của các nhấp nhô cho nên giảm được độ nhám bề mặt.



Hình 2.4. Kết cấu của dao doa hợp kim cứng một lưỡi

1- lưỡi dao hợp kim cứng; 2- mảnh hợp kim cứng dẫn hướng; 3- vít điều chỉnh;
4- vít cố định.

Hiện nay người ta đã chế tạo được dao doa hợp kim cứng một lưỡi có đường kính 5 đến 150 mm dùng để gia công các lỗ chính xác trên các loại máy khác nhau. Chọn vật liệu của mảnh dẫn hướng và lưỡi cắt phụ thuộc vào đặc tính của vật liệu gia công. Ví dụ, khi doa thép hợp kim và gang có độ bền cao người ta sử dụng mảnh hợp kim T15K6, còn khi gia công thép ít cacbon, kim loại mầu và gang có độ bền trung bình thường chọn BK6, BK8.

Ưu điểm quan trọng của dao doa một lưỡi là nó có thể sử dụng trực tiếp sau khi khoan mà không cần phải khoét hoặc tiện thô.

Khi gia công các lỗ đục có đường kính lớn không nên doa trực tiếp mà chưa qua gia công thô, bởi bề mặt lỗ đục có lượng dư không đều và có sai số vị trí tương quan của tâm lỗ. Vì vậy, khi gia công lỗ đục nên trước hết phải khoét và để lại lượng dư cho gia công bằng dao doa một lưỡi.

Gia công bằng dao doa một lưỡi có khả năng hút được lượng dư lớn (lượng dư để doa vật liệu thép có thể đạt 0,8 mm, còn lượng dư để doa vật liệu gang có thể đạt tới 1,0 mm). Bảng 2.2 là chế độ cắt khi doa lỗ bằng dao doa hợp kim cứng một lưỡi.

Bảng 2.2. Chế độ cắt khi gia công lỗ bằng dao doa hợp kim cứng một lưỡi

Vật liệu gia công	Lượng chạy dao S (mm/vòng)	Tốc độ cắt V (m/phút)	Lượng dư gia công (mm)
Thép ($\sigma_B \leq 700$ MPa)	0,2 - 0,4	7 - 10	0,4 - 0,8
Thép ($\sigma_B > 700$ MPa)	0,15 - 0,4	6 - 8	0,3 - 0,5
Gang (HB \leq 200)	0,2 - 0,8	10 - 20	0,4 - 1,0
Gang (HB $>$ 200)	0,15 - 0,6	7 - 17	0,4 - 0,8
Hợp kim đồng	0,2 - 0,8	10 - 20	0,3 - 0,8
Hợp kim nhôm	0,3 - 1,0	15 - 30	0,3 - 1,0

Tuổi bền của dao doa không chỉ phụ thuộc vào chế độ cắt và vật liệu lưỡi cắt mà còn phụ thuộc vào chất lượng của nguyên công mài sắc. Trong quá trình gia công răng của dao bị mòn ở mặt trước và mặt sau và ở phần trụ làm cho độ chính xác của kích thước giảm và độ nhám bề mặt tăng. Vì vậy dao doa phải được mài sắc lại theo định kỳ để đảm bảo tính chất sử dụng của nó.

Mài sắc dao doa được thực hiện trên các máy mài sắc bằng đá mài. Chất lượng mài sắc được xác định bằng độ chính xác kích thước, độ chính xác hình dáng hình học, độ nhám mặt cắt và độ sắc của lưỡi cắt.

Để đảm bảo yêu cầu về độ nhám của mặt trước và mặt sau lưỡi cắt, đồng thời phải khử hết lớp khuyết tật bề mặt xuất hiện sau khi mài sắc người ta dùng nguyên công mài nghiền bề mặt lưỡi dao. Mài nghiền bằng đá mài kim cương là phương pháp có hiệu quả nhất, nó cho phép giảm độ nhám bề mặt lưỡi cắt và đạt được bán kính nhỏ nhất của lưỡi cắt ($4 \div 5 \mu m$).

2.1.3. Chất lượng của nguyên công doa

Trong phạm vi giới hạn của tuổi bền của dụng cụ, nguyên công doa đảm bảo độ ổn định của kích thước và độ nhám bề mặt. Nhờ đó mà doa được sử dụng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt và hàng khối.

Doa bằng dao doa thép gió và hợp kim cứng nhiều lưỡi cho phép đạt độ chính xác kích thước cấp $5 \div 6$, độ nhám bề mặt $R_a = 0,16 \div 1,25 \mu m$. Trong nhiều trường hợp các thông số chất lượng này thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của lỗ gia công, vì vậy doa có thể được dùng như là phương pháp gia công tinh lần cuối. Trong những trường hợp bề mặt có yêu cầu về chất lượng cao hơn thì cần bổ sung thêm các phương pháp gia công tinh khác.

Dao doa một lưỡi cho phép đạt độ chính xác kích thước cấp $4 \div 5$, sai số hình dáng hình học theo tiết diện ngang trong phạm vi $3 \div 8 \mu m$ và theo tiết diện dọc $< 5 \mu m$ trên 100 mm chiều dài. Vì vậy, dao doa một lưỡi phát huy hiệu quả sử dụng khi gia công các lỗ có độ chính xác cao. Ngoài ra, sử dụng dao doa một lưỡi cho phép hớt được lượng dư nhiều hơn và loại trừ được các nguyên công trung gian, nhờ đó mà nâng cao được hiệu quả kinh tế – kỹ thuật của doa. Ví dụ, khối lượng gia công các lỗ có độ chính xác cao khi doa bằng dao doa một lưỡi giảm xuống 3 lần, còn giá thành gia công giảm 2 đến 4 lần.

Sử dụng dao doa kim cương cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,08 \div 0,63 \mu m$ và khi gia công lỗ sâu có thể sửa được độ cong của tâm lỗ.

2. 2. Tiện bằng dụng cụ kim cương và nitrit bo

2.2.1. Dụng cụ cắt có lưỡi bằng vật liệu siêu cứng

Ngoài những phương pháp gia công tinh truyền thống, gần đây người ta sử dụng rộng rãi dụng cụ cắt bằng vật liệu siêu cứng để tiện ngoài, tiện trong và phay. Các vật liệu siêu cứng đó là kim cương, nitrit bo.

Dụng cụ cắt bằng kim cương và nitrit bo có tính cắt gọt cao và đảm bảo được chất lượng khi gia công thép nhiệt luyện, gang, kim loại màu, hợp kim, vật liệu phi kim và kim loại gốm.

Tuổi bền cao của các loại dụng cụ này cho phép tăng thời gian sử dụng mà không cần mài lại. Tính chất này rất quan trọng đối với các dây truyền tự động và các máy CNC (máy điều khiển theo chương trình số) trong sản xuất hàng loạt và hàng khối.

Tính cắt gọt và tuổi bền của dụng cụ bằng vật liệu siêu cứng lớn hơn gấp 10 lần so với các dụng cụ bằng hợp kim cứng và hợp kim gốm. Điều này được giải thích bằng đặc tính cơ lý của vật liệu siêu cứng.

Kim cương tự nhiên có độ cứng và tuổi bền cao nhất. Ngoài ra, nó còn có cấu trúc mịn và đồng nhất, nhờ đó mà có thể tạo được lưỡi cắt có bán kính đỉnh rất nhỏ. Kim cương cũng có tính dẫn nhiệt cao và hệ số ma sát thấp. Tuổi bền nhiệt của kim cương tự nhiên đạt 1070°K .

Kim cương nhân tạo có tính chống mài mòn cao hơn kim cương tự nhiên nhưng lại có độ bền thấp hơn. Kim cương nhân tạo được chế tạo dưới dạng các thỏi hình trụ có đường kính từ $3,5 \div 5$ mm và chiều cao $4 \div 5$ mm.

Nitrit bo có độ cứng gần bằng độ cứng của kim cương tự nhiên nhưng tuổi bền nhiệt lại cao hơn rất nhiều (1670°K). Sử dụng nitrit bo rất có hiệu quả khi gia công thép nhiệt luyện và các vật liệu khó gia công khác. Nitrit bo được chế tạo dưới dạng các thỏi hình trụ có đường kính ≤ 5 mm và chiều cao $4 \div 5$ mm.

2.2.2. Kết cấu của dụng cụ bằng kim cương và nitrit bo

Vật liệu siêu cứng được dùng để chế tạo các loại dao tiện và dao phay. Dao tiện bằng kim cương và nitrit bo được dùng để gia công mặt ngoài mặt đầu và mặt lỗ. Dao phay bằng kim cương và nitrit bo được dùng để phay mặt phẳng của chi tiết máy.

Dao tiện bằng kim cương và nitrit bo được chia ra làm các loại sau đây tùy thuộc vào công dụng:

- Dao tiện ngoài.
- Dao tiện lỗ.
- Dao tiện mặt đầu.
- Dao tiện định hình.

Tùy thuộc vào phương pháp kẹp chặt, dao tiện bằng kim cương và nitrit bo được chia ra làm các loại:

- Loại dao tiện hàn mảnh kim cương hoặc nitrit bo.

- Loại dao tiện dán mảnh kim cương hoặc nitrit bo.
- Loại dao tiện kẹp cơ khí mảnh kim cương hoặc nitrit bo.

Tùy thuộc vào kết cấu, các dao tiện trên đây được chia ra: dao tiện liền khối và dao tiện lắp ghép. Dao tiện liền khối (hình 2.5) là loại dao có hàn mảnh kim cương và nitrit bo và được dùng chủ yếu để tiện lỗ (dao được kẹp trên trục gá). Ở dao tiện lắp ghép, chi tiết mang mảnh kim cương hoặc nitrit bo được kẹp chặt trên trục gá bằng phương pháp cơ khí.

Dao tiện kim cương được tiêu chuẩn hoá và được chế tạo theo tiêu chuẩn và theo đơn đặt hàng.

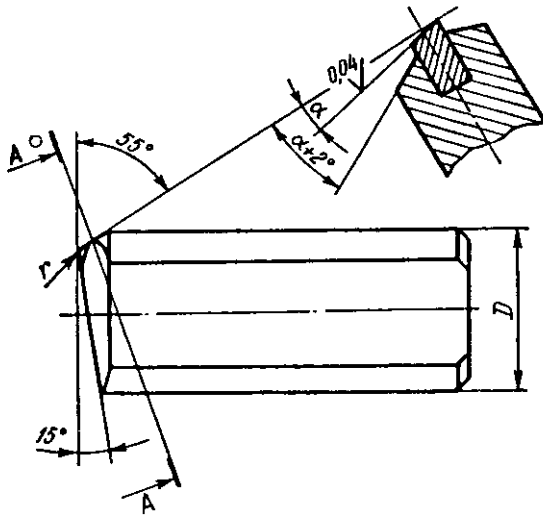
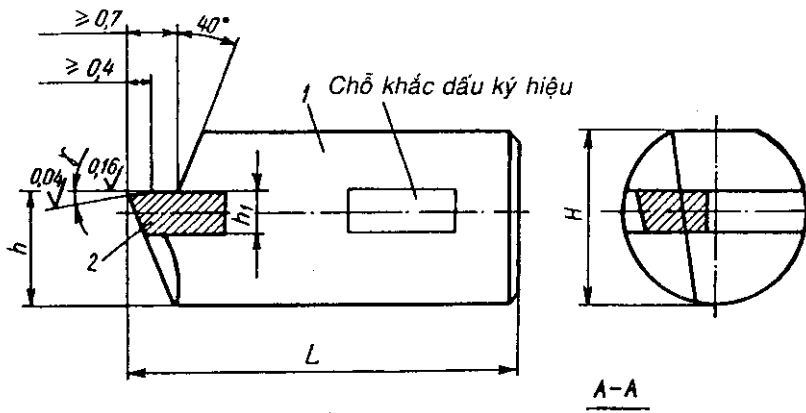
Theo hình 2.5 ta thấy dao tiện bằng kim cương (hay dao tiện kim cương) được đặc trưng bằng góc trước γ hay góc sau α , các góc này được chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công. Khi gia công hợp kim babít, đồng thanh, titan cần chọn góc $\gamma = 0 \div (-5^\circ)$, còn khi gia công hợp kim nhôm, đồng thau: góc $\gamma = 0 \div 5^\circ$. Góc sau α phụ thuộc vào vật liệu gia công ($\alpha = 6^\circ \div 15^\circ$). Góc nghiêng chính $\varphi = 30^\circ \div 90^\circ$, còn góc nghiêng phụ $\varphi_1 = 2 \div 45^\circ$.

Các thông số hình học của dao tiện bằng nitrit bo cũng phụ thuộc vào tính chất vật liệu của chi tiết. Ví dụ, khi gia công thép nhiệt luyện: góc $\gamma = -5 \div (-15^\circ)$, góc $\alpha = 10 \div 20^\circ$, $\varphi = 30 \div 60^\circ$ và $\varphi_1 = 5 \div 15^\circ$. Khi gia công gang có độ bền cao và hợp kim gang góc trước $\gamma = 0 \div (-5^\circ)$.

Các thông số hình học trên đây của dao tiện bằng kim cương hoặc nitrit bo là các giá trị gần đúng và trong trường hợp cụ thể chúng được chọn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu chi tiết và điều kiện gia công.

Để ứng dụng hiệu quả phương pháp tiện kim cương cần phải có thiết bị tiêu chuẩn và chế độ cắt hợp lý.

Độ nhám bề mặt và sai số hình dáng hình học của chi tiết thấp có thể đạt được khi tiện kim cương với tốc độ cắt cao, lượng chạy dao và chiều sâu cắt nhỏ. Máy để tiện kim cương phải có độ cứng vững cao, các chi tiết quay nhanh phải được cân bằng tốt. Cơ cấu chạy dao phải đảm bảo lượng ăn dao ổn định trong phạm vi từ 0,005 đến 0,5 mm/vòng. Độ đảo hướng kính của trục chính phải nhỏ hơn $2 \mu m$, còn độ đảo mặt đầu phải nhỏ hơn $3 \mu m$.



Hình 2.5. Dao tiện kim cương
 1- trục gá; 2- mảnh kim cương

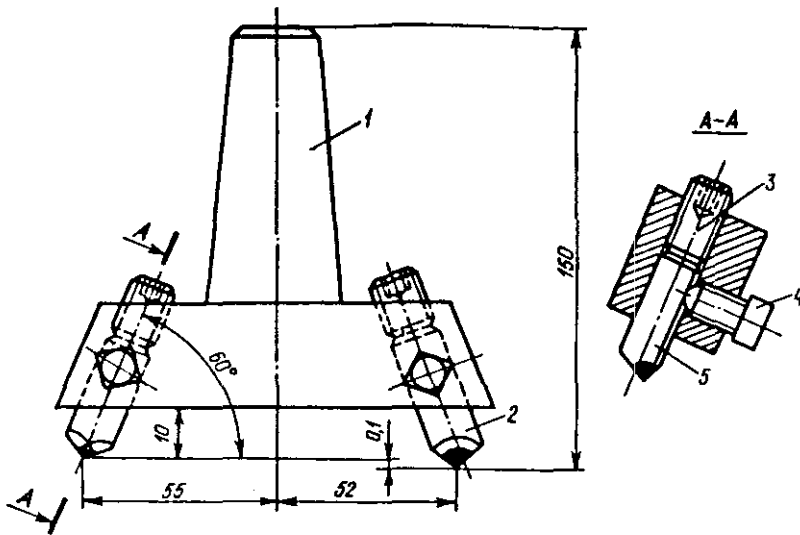
Hiện nay dao tiện kim cương được sử dụng rất có hiệu quả trên các máy tiện ren vít, các máy doa tinh, các máy doa tọa độ, các dây truyền tự động, các máy điều khiển số CNC và các máy tổ hợp khác.

Phương pháp tiện bằng dao nitrit bo được thực hiện trong những điều kiện tương tự, vì vậy những yêu cầu đối với thiết bị gia công cũng giống như khi tiện kim cương.

Dao phay kim cương thông thường có 2; 3 lưỡi, các lưỡi dao này được gá cách tâm và mặt đầu của dao với các khoảng cách khác nhau. Cách gá các lưỡi dao như vậy cho phép thực hiện đồng thời phay thô bằng một hoặc hai lưỡi dao và phay tinh bằng các lưỡi dao còn lại. Trong trường hợp này để phay thô thường dùng lưỡi dao hợp kim cứng.

Hình 2.6 là kết cấu của dao phay kim cương có hai lưỡi dao được gá nghiêng một góc 60° so với đường tâm dao. Lưỡi dao hợp kim cứng 5 gá trên thân dao 1 nằm cách tâm dao xa nhất (55 mm), còn lưỡi dao kim cương 2 nằm cách tâm gần hơn (52 mm). Lưỡi dao hợp kim cứng 5 (đi trước lưỡi dao kim cương 2) để cắt lượng dư chủ yếu. Lưỡi dao kim cương 2 hút lượng dư nhỏ (0,1 mm) để thực hiện gia công tinh bề mặt. Vít điều chỉnh 3 có tác dụng điều chỉnh vị trí của lưỡi dao, còn vít 4 dùng để cố định vị trí của lưỡi dao.

Độ cứng vững của dao phay kim cương phụ thuộc vào độ cứng vững của các lưỡi dao. Máy dùng để phay kim cương phải có độ cứng vững và độ chính xác cao.



Hình 2.6. Dao phay kim cương
 1- thân dao; 2- lưỡi dao kim cương; 3- vít điều chỉnh;
 4-vít kẹp; 5-lưỡi dao hợp kim cứng.

Đối với dao phay có lưỡi bằng nitrit bo và thiết bị gia công cũng có những yêu cầu giống như khi phay kim cương. Dao phay nitrit bo có 3; 5 lưỡi dao. Các lưỡi dao nitrit bo có thể được chế tạo liền khối hoặc lắp ghép. Quy trình công nghệ chế tạo lưỡi dao phay cũng tương tự như quy trình công nghệ chế tạo các lưỡi dao tiện.

2.2.3. Chế độ cắt khi gia công bằng dao kim cương và nitrit bo

Bảng 2.3 và bảng 2.4 là chế độ cắt của dao kim cương. Khi sử dụng các bảng này cần chú ý đến một số đặc điểm của quá trình gia công bằng

kim cương và hiệu chỉnh chế độ cắt cho phù hợp với các điều kiện gia công cụ thể.

Khi chọn tốc độ cắt phải chú ý đến năng suất gia công và độ nhám bề mặt với điều kiện không gây ra rung động. Trong trường hợp này tùy thuộc vào tính chất của vật liệu gia công trên mặt trước của dao tiện kim cương có thể xảy ra hiện tượng lẹo dao (ở tốc độ cắt nhất định) làm cho độ nhám bề mặt tăng lên. Để tránh hiện tượng lẹo dao có thể: tăng tốc độ cắt, gia công không có dung dịch trơn nguội hoặc cố dung dịch trơn nguội hợp lý.

Bảng 2.3. Chế độ cắt của dao tiện kim cương tự nhiên

Vật liệu gia công	Chế độ cắt		
	Tốc độ cắt V (m/phút)	Lượng chạy dao S (mm/vòng)	Chiều sâu cắt t (mm)
Nhôm	400 – 500	0,01 – 0,10	0,01 – 0,15
Hợp kim nhôm	400 – 700	0,01 – 0,08	0,01 – 0,10
Đồng thau	400 – 500	0,02 – 0,06	0,03 – 0,06
Đồng thiếc	250 – 400	0,04 – 0,07	0,08 – 0,20
Đồng kẽm	> 700	0,02 – 0,04	0,03 – 0,06
Babít	400 – 500	0,01 – 0,04	0,10 – 0,40
Đồng đỏ	350 – 500	0,01 – 0,04	0,10 – 0,40
Chất dẻo	500 – 700	0,02 – 0,05	0,05 – 0,15
Titan và hợp kim	100 - 300	0,02 – 0,05	0,03 – 0,06

Bảng 2.4. Chế độ cắt của dao tiện kim cương nhân tạo

Vật liệu gia công	Chế độ cắt		
	Tốc độ cắt V (m/phút)	Lượng chạy dao S (mm/vòng)	Chiều sâu cắt t (mm)
Hợp kim nhôm	300 – 700	0,02 – 0,07	0,2 – 1,0
Đồng đỏ	300 – 400	0,02 – 0,07	0,2 – 0,8
Đồng thau	300 – 400	0,02 – 0,07	0,2 – 0,5
Chất dẻo	400 – 500	0,02 – 0,07	0,5 – 1,5
Hợp kim gốm	150 – 200	0,02 – 0,07	0,2 – 0,5
Hợp kim cứng	15 – 40	0,02 – 0,07	0,1 – 0,15
Hợp kim titan	80 – 100	0,02 – 0,07	0,1 – 0,2

Độ nhám bề mặt thấp nhất khi gia công với lượng chạy dao $0,02 \div 0,04$ mm/vòng. Khi tăng lượng chạy dao đến $0,1$ mm/vòng độ nhám bề mặt tăng lên. Chiều sâu cắt t không có ảnh hưởng lớn đến độ nhám bề mặt, vì vậy trong nhiều trường hợp chiều sâu cắt có thể đạt tới $t = 0,1 \div 0,15$ mm.

Dung dịch trơn nguội có ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt gia công. Chọn dung dịch trơn nguội hợp lý có thể giảm độ nhám bề mặt và khử được rung động. Bảng 2.5 là chế độ cắt khi tiện bằng dao nitrit bo.

Một số nghiên cứu thực nghiệm cho thấy tuổi bền lớn nhất của dao nitrit bo đạt được ở một tốc độ cắt xác định (tốc độ cắt tối ưu). Ví dụ, đối với thép P6M5 (HRC 62 – 64) tốc độ cắt tối ưu $V = 80$ mm/phút, thép XBF (HRC 60 – 62) tốc độ cắt tối ưu $V = 100$ m/phút còn đối với gang: $V = 200$ đến 400 m/phút. Tuổi bền trung bình của dao tiện nitrit bo khi gia công tinh là $40 \div 120$ phút, còn khi gia công siêu tinh là $120 \div 200$ phút.

Bảng 2.5. Chế độ cắt khi tiện bằng dao nitrit bo

Vật liệu gia Công	Dạng gia Công	Chế độ cắt		
		Tốc độ cắt V (mm/phút)	Lượng chạy dao S (mm/v)	Chiều sâu cắt t (mm)
Thép nhiệt luyện HRC 65 - 70	Gia công tinh	80 – 160	0,04 – 0,08	0,2 – 0,6
	Gia công siêu tinh	120 – 180	0,02 – 0,04	0,05 – 0,2
Thép nhiệt luyện HRC 40 - 60	Gia công tinh	80 – 120	0,04 – 0,1	0,5 – 1
	Gia công siêu tinh	80 – 120	0,02 – 0,06	0,1 – 0,3
Thép không nhiệt luyện	Gia công tinh	120 – 200	0,04 – 0,1	0,5 – 2,0
	Gia công siêu tinh	200 – 300	0,02 – 0,06	0,1 – 0,5
Gang xám (HB ≤ 200)	Gia công tinh	400 – 500	0,04 – 0,1	0,2 – 1,0
Gang có độ bền cao (HB ≤ 600)	Gia công tinh	300 - 500	0,04 – 0,12	0,32 – 1,25

Tốc độ cắt có ảnh hưởng không lớn đến độ nhám bề mặt, còn lượng chạy dao có ảnh hưởng lớn không chỉ đến độ nhám bề mặt mà còn đến tuổi bền của dao. Ví dụ, thay đổi lượng chạy dao từ 0,04 đến 0,16 mm/vòng làm giảm tuổi bền của dao tiện nitrit bo xuống 3 ÷ 4 lần và tăng độ nhám bề mặt R_a từ 0,32 lên đến 2,5 μm .

Gia công bằng dao tiện nitrit bo có thể không cần dung dịch trơn nguội nhờ độ bền cao của nitrit bo. Tuy nhiên, sử dụng dung dịch trơn nguội có 5% emunxi cho phép tăng tốc độ cắt tối ưu, do đó tăng năng suất gia công mà vẫn đảm bảo chất lượng bề mặt.

Các thông số hình học của dao phay kim cương cũng được chọn như dao tiện kim cương. Tốc độ cắt khi phay bằng dao phay kim cương phụ thuộc vào vật liệu gia công (xem bảng 2.3 và 2.4). Chiều sâu phay t của lưỡi dao hợp kim cứng (của dao phay) có thể chọn $t = 0,3$ mm, còn của lưỡi dao kim cương $t = 0,15$ mm. Lượng chạy dao khi phay bằng dao phay kim cương $S = 0,02 \div 0,06$ mm/vòng. Trong thực tế khi phay bằng dao phay kim cương không cần dung dịch trơn nguội.

Khi phay tinh bằng dao phay nitrit bo chế độ cắt được chọn như sau:

- Thép nhiệt luyện (HRC 50 – 55): $V = 80 \div 100$ m/phút; $S = 25 \div 80$ mm/phút; $t = 0,1 \div 0,44$ mm.

- Gang (HB 200 – 600): $V = 350 \div 600$ m/phút; $S = 25 \div 80$ mm/phút; $t = 0,1 \div 0,6$ mm.

2.2.4. Chất lượng bề mặt và phạm vi ứng dụng của phương pháp gia công bằng dụng cụ kim cương và nitrit bo

Khi tiện (tiện ngoài và tiện trong) nhôm và hợp kim nhôm bằng dao kim cương tự nhiên, độ nhám bề mặt đạt $R_a = 0,02 \div 0,32 \mu\text{m}$, còn khi gia công các vật liệu khác $R_a = 0,16 \div 0,63 \mu\text{m}$. Tiện bằng dao kim cương nhân tạo, độ nhám bề mặt đạt $R_a = 0,32 \div 1,25 \mu\text{m}$. Độ nhám lớn khi gia công bằng dao kim cương nhân tạo là do lưỡi cắt của dao kim cương nhân tạo có độ nhám cao hơn so với lưỡi cắt của dao kim cương tự nhiên.

Khi gia công thép nhiệt luyện bằng dao nitrit bo, độ nhám bề mặt đạt $R_a = 0,08 \div 0,32 \mu\text{m}$, còn khi gia công thép không nhiệt luyện: độ bóng $R_a = 0,32 \div 1,25 \mu\text{m}$ và khi gia công gang $R_a = 0,16 \div 1,25 \mu\text{m}$.

Độ nhám của bề mặt gia công khi tiện bằng dao kim cương và nitrit bo phụ thuộc chủ yếu vào độ cứng vững và độ bền chống rung của hệ thống

công nghệ (máy - dao - đồ gá - chi tiết), tính chất cơ lý của chi tiết gia công và lượng chạy dao.

Trong nhiều trường hợp khi gia công trên các máy có độ chính xác cao với chế độ cắt tối ưu, độ nhám bề mặt có thể đạt $R_a \leq 0,08 \mu m$ và độ chính xác của chi tiết đạt cấp 4. Các chỉ tiêu chất lượng này khá cao, do đó trong nhiều trường hợp có thể dùng phương pháp tiện kim cương để thay cho các nguyên công tinh khác. Tiện bằng dao kim cương cho phép tăng năng suất gia công lên $1,5 \div 2,5$ lần.

Phay mặt phẳng bằng dao phay kim cương với chế độ cắt hợp lý cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,04 \div 0,16 \mu m$.

Phay mặt phẳng thép nhiệt luyện bằng dao phay nitrit bo cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,32 \div 1,25 \mu m$, còn phay mặt phẳng gang: $R_a = 0,63 \div 2,5 \mu m$.

Khi tiện thép nhiệt luyện bằng dao nitrit bo xuất hiện lực cắt đơn vị lớn, do đó ở vùng tiếp xúc nhiệt độ cắt tăng cao, gây ảnh hưởng đến tuổi bền của dao và chất lượng lớp bề mặt của chi tiết gia công. Theo kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm thì nhiệt độ trung bình nằm trong khoảng $670^0 \div 1470^0 K$. Nhiệt độ cắt chịu ảnh hưởng của tốc độ cắt lớn hơn so với lượng chạy dao.

Mặc dù nhiệt độ trong vùng cắt lớn nhưng thay đổi cấu trúc trong lớp bề mặt khi tiện bằng dao nitrit bo không xảy ra, bởi vì diện tích tiếp xúc và thời gian tiếp xúc ngắn, ngoài ra phần lớn nhiệt độ cắt được truyền vào phoi. Hơn nữa, khi tiện bằng dao nitrit bo trong lớp bề mặt của chi tiết xuất hiện ứng suất dư kéo, lớp kim loại bị biến cứng, do đó cấu trúc của lớp bề mặt hầu như không thay đổi.

Thật vậy, tiện bằng dao nitrit bo cho phép nâng cao chất lượng bề mặt và tính chất sử dụng của chi tiết.

Nhiệt độ cắt khi tiện bằng dao tiện kim cương thấp hơn so với khi tiện bằng dao nitrit bo. Điều này được giải thích bằng sự khác nhau của tính dẫn nhiệt của vật liệu cắt. Vì vậy, tiện bằng dao kim cương cho phép nâng cao tính sử dụng của bề mặt chi tiết gia công.

Tiện bằng dao kim cương được dùng trong những trường hợp khi có yêu cầu cao về độ chính xác kích thước, sai số hình dáng hình học thấp và chất lượng bề mặt cao. Dao tiện kim cương được dùng rất có hiệu quả khi gia

công kim loại màu (đồng, nhôm, babbit), vật liệu phi kim (chất dẻo, cao su, v.v.), hợp kim cứng và hợp kim gốm.

Dụng cụ bằng nitrit bo được dùng chủ yếu trong các phân xưởng dụng cụ, phân xưởng sửa chữa, khi chế tạo khuôn mẫu và sửa chữa các chi tiết bị mòn.

Dao nitrit bo còn được dùng để tiện lỗ của các bạc dẫn hướng, các trục bậc, các chi tiết mẫu, .v.v.

Phay bằng dao phay nitrit bo được dùng để gia công các chi tiết có profin phức tạp trên các máy điều khiển số CNC, khi phay bề mặt chi tiết có độ cứng cao như khuôn mẫu, khi gia công băng dẫn hướng của máy, .v.v.

Tóm lại, nhờ năng suất, độ chính xác và chất lượng bề mặt của phương pháp gia công bằng các dụng cụ kim cương và nitrit bo, cho nên chúng ngày càng được sử dụng rộng rãi trong chế tạo máy.

Chương 3

MÀI BẰNG CÁC LOẠI ĐÁ MÀI

3.1. Ứng dụng mài để gia công tinh

Mài là một phương pháp gia công tinh được sử dụng rộng rãi trong chế tạo máy. Mài có thể gia công được các mặt trụ ngoài, mặt trụ trong, mặt phẳng và các mặt định hình. Nguyên công mài đã được nghiên cứu rất sâu và đã có rất nhiều kinh nghiệm ứng dụng trong tất cả các dạng sản xuất (đơn chiếc, hàng loạt và hàng khối).

Trên cơ sở các vật liệu siêu cứng người ta đã chế tạo ra các loại đá mài khác nhau để thực hiện nguyên công mài. Các loại đá mài này có khả năng cắt gọt và tuổi bền cao, nhờ đó mà nâng cao được năng suất lao động khi gia công tinh. Sử dụng đá mài kim cương và nitrit bo cho phép nâng cao chất lượng bề mặt (giảm độ nhám và tăng các tính chất cơ lý của lớp bề mặt). Tất cả các ưu điểm này đã mở rộng khả năng công nghệ của mài để gia công tinh bề mặt chi tiết máy. Vì vậy, phải hiểu sâu sắc những đặc điểm của phương pháp, phạm vi ứng dụng và xác định chế độ cắt tối ưu.

3.2. Mài tròn ngoài

Mài tròn ngoài được chia ra: mài có tâm và mài vô tâm.

Mài tròn ngoài có tâm được thực hiện bằng các phương pháp sau đây:

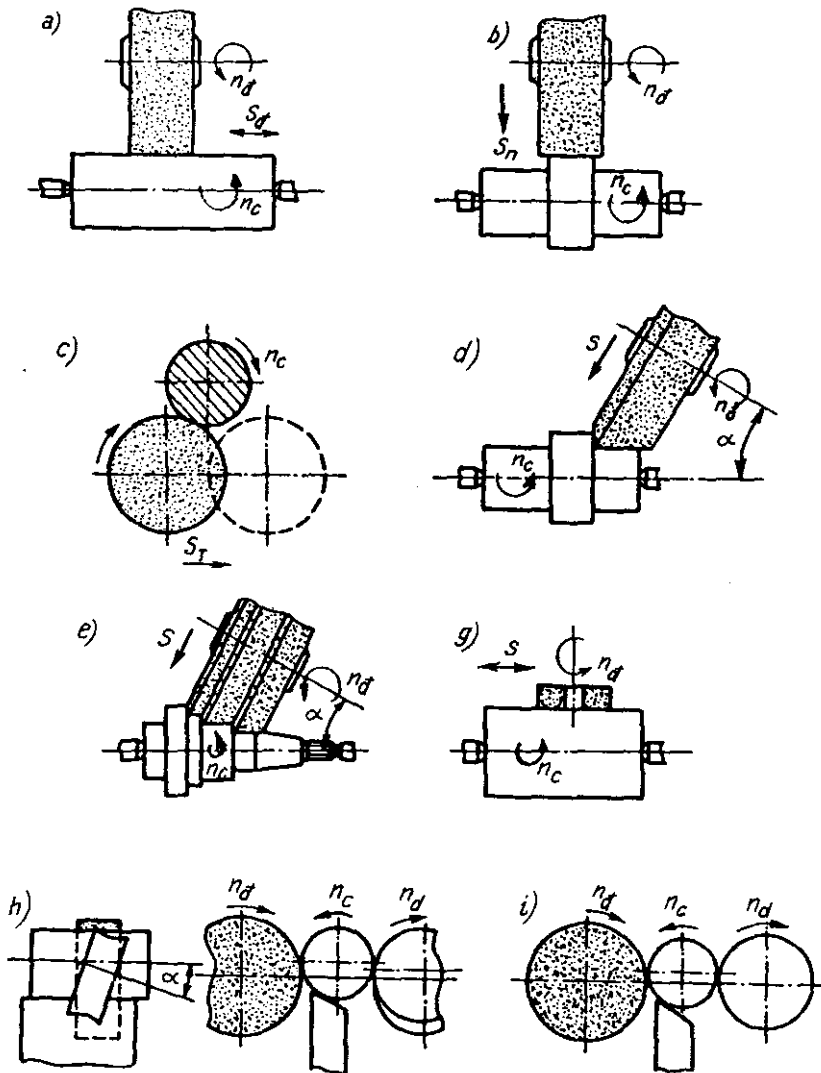
1. Phương pháp tiến dao dọc (hình 3.1 a).

Theo phương pháp tiến dao dọc, chi tiết được gá trên hai mũi tâm và được gia công trên máy mài tròn ngoài. Chi tiết gia công quay với tốc độ n_c theo phương cùng chiều quay với chiều quay của đá mài n_d . Chuyển động tịnh tiến dọc trục của chi tiết do bàn máy thực hiện. Lượng dư được hớt đi trong quá trình gia công phải qua nhiều bước, mỗi bước có chiều sâu cắt rất nhỏ. Phương pháp tiến dao dọc được dùng để gia công chi tiết hình trụ có chiều dài $L > 80$ mm, chi tiết hình côn (chi tiết cần được gá nghiêng một góc bằng $1/2$ góc côn). Phương pháp tiến dao dọc cũng hay được dùng để gia công các loại dụng cụ cắt như dao khoan, dao khoét, dao chuốt, .v.v.

2. Phương pháp tiến dao hướng kính (hình 3.1 b).

Theo phương pháp này thì đá mài thực hiện tiến dao hướng kính S_c (tiến dao ngang) để cắt hết lượng dư gia công. Phương pháp mài tiến dao hướng kính được dùng để gia công chi tiết có chiều dài $L < 80$ mm.

Trong thực tế phương pháp này thường dùng để gia công cổ trục, cam, .v.v. Ngoài ra, phương pháp còn được dùng để gia công các mặt định hình.



Hình 3.1. Các sơ đồ mài tròn ngoài

- a) tiến dao dọc; b) tiến dao hướng kính; c) tiến dao tiếp xúc; d, e) tiến dao xiên;
 g) mài bằng mặt đầu của đá mài; h) mài vô tâm ăn dao dọc;
 i) mài vô tâm ăn dao ngang.

3. Phương pháp tiến dao tiếp tuyến (hình 3.1 c)

Trong trường hợp này đá mài thực hiện lượng tiến dao (ăn dao) theo phương tiếp tuyến đối với chi tiết gia công. Ta thấy lượng kim loại được bóc tách lúc đầu có giá trị lớn, sau đó giảm dần và ở thời điểm khi mà tâm của đá

mài trùng với tâm của chi tiết gia công, quá trình bóc tách kim loại ngừng lại và tiếp theo là quá trình “chạy là”.

4. Phương pháp tiến dao xiên (hình 3.1 d, e).

Phương pháp tiến dao xiên được dùng để gia công đồng thời hai hoặc nhiều bề mặt cùng một lúc. Hình dáng bề mặt gia công có thể là hình trụ, mặt đầu và các mặt định hình. Để ứng dụng phương pháp này đá mài phải có profin đặc biệt, chi tiết gia công phải có độ cứng vững cao, còn máy mài phải có khả năng đánh nghiêng ụ đá một góc $\alpha = 8 \div 45^\circ$ (góc nghiêng α phụ thuộc vào lượng dư mặt đầu và đường kính chi tiết). Chiều dày (chiều cao) của đá mài phải nhỏ hơn 200 mm.

5. Mài tròn ngoài bằng mặt đầu của đá mài (hình 3.1 g).

Phương pháp này được dùng để gia công các mặt trụ có đường kính lớn như các trục lớn, các trục chính, các trục máy v.v. Quá trình hút lượng dư được thực hiện sau một số bước của đá mài dọc theo đường sinh của chi tiết gia công.

6. Mài vô tâm ăn dao dọc (hình 3.1 h).

Đây là một trong những phương pháp gia công cho năng suất cao nhất để gia công mặt trụ ngoài. Phương pháp gia công này được thực hiện trên máy mài vô tâm. Chi tiết gia công nằm giữa hai đá, một là bánh dẫn (có tác dụng làm cho chi tiết quay và tịnh tiến) và một là bánh mài (để mài chi tiết)

Ngoài ra, chi tiết còn được đặt trên thanh đỡ đặt nghiêng, tâm của chi tiết gia công luôn luôn cao hơn tâm của hai bánh mài nhằm mục đích loại trừ sai số hình dáng hình học. Khi mài vô tâm không cần kẹp chặt chi tiết gia công, nó chuyển động được (quay và dịch chuyển tịnh tiến) là nhờ lực ma sát giữa bề mặt gia công và bề mặt dẫn (đá dẫn được gá nghiêng một góc $\alpha = 1 \div 5^\circ$). Như vậy, chuẩn định vị khi mài vô tâm cũng chính là bề mặt gia công. Tốc độ tiến dao dọc (dịch chuyển của chi tiết gia công) phụ thuộc vào góc nghiêng α . Phương pháp mài vô tâm này cho phép đạt độ chính xác kích thước cấp 2-3 với sai số hình dáng hình học $< 2,5 \mu\text{m}$ và độ nhám bề mặt trong phạm vi $R_a = 0,32 \div 0,16 \mu\text{m}$. Số bước khi mài phụ thuộc vào lượng dư gia công và yêu cầu về độ chính xác kích thước và độ nhám bề mặt.

7. Mài vô tâm ăn dao ngang (hình 3.1 i).

Theo phương pháp này chi tiết gia công được đặt giữa hai bánh mài, trong đó một là bánh cắt (bánh mài) còn một là bánh dẫn và được tỳ lên thanh đỡ ở phía dưới. Quá trình hút lượng dư được thực hiện bằng ăn dao

ngang của bánh dẫn theo hướng tới bánh mài (theo phương hướng kính). Trong quá trình mài dịch chuyển dọc trục của chi tiết gia công được khống chế bằng chốt tỳ cứng. Để đảm bảo cho chi tiết gia công có dịch chuyển nhỏ theo hướng trục và luôn luôn được tỳ sát vào chốt tỳ cứng, đá dẫn phải được gá nghiêng một góc $0,5 \div 1^0$. Phương pháp này được dùng để gia công các chi tiết có bậc mà phương pháp mài vô tâm tiến dao hướng kính không thực hiện được.

3.3. Mài lỗ

Mài lỗ được thực hiện trên các máy mài tròn trong. Trong đa số các trường hợp, chi tiết được kẹp chặt trên mâm cặp và thực hiện chuyển động quay n_c ngược với chiều quay của đá mài n_a . Đường kính của đá mài bằng $0,8 \div 0,9$ đường kính của lỗ gia công. Khi đường kính của lỗ gia công lớn hơn 125 mm thì chọn đường kính của đá mài bằng $0,65 \div 0,75$ đường kính lỗ. Mài lỗ chi tiết gá trên mâm cặp được thực hiện theo hai phương pháp:

1. Phương pháp tiến dao hướng trục (hình 3.2 a).

Phương pháp này được dùng để gia công lỗ thông suốt và lỗ không thông suốt có chiều dài lớn. Đá mài ngoài chuyển động quay còn thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại S_d (ăn dao dọc) và ăn dao hướng kính S_n sau mỗi hành trình kép (của đá). Ở lần ăn dao hướng kính cuối cùng có thể thực hiện “chạy là” vài lần mà không có tiến dao hướng kính.

2. Phương pháp tiến dao hướng kính (3.2 b).

Đối với các chi tiết có chiều dài ngắn có thể dùng phương pháp tiến dao hướng kính. Trong trường hợp này đá mài chỉ thực hiện tiến dao ngang (tiến dao hướng kính). Phương pháp này được dùng để gia công các lỗ thông suốt và lỗ không thông suốt ở các chi tiết có độ cứng vững cao.

Thời gian cơ bản (phút) khi mài tròn trong tiến dao dọc được xác định theo công thức:

$$T_0 = \frac{a}{q \cdot S_n} K \quad (3.1)$$

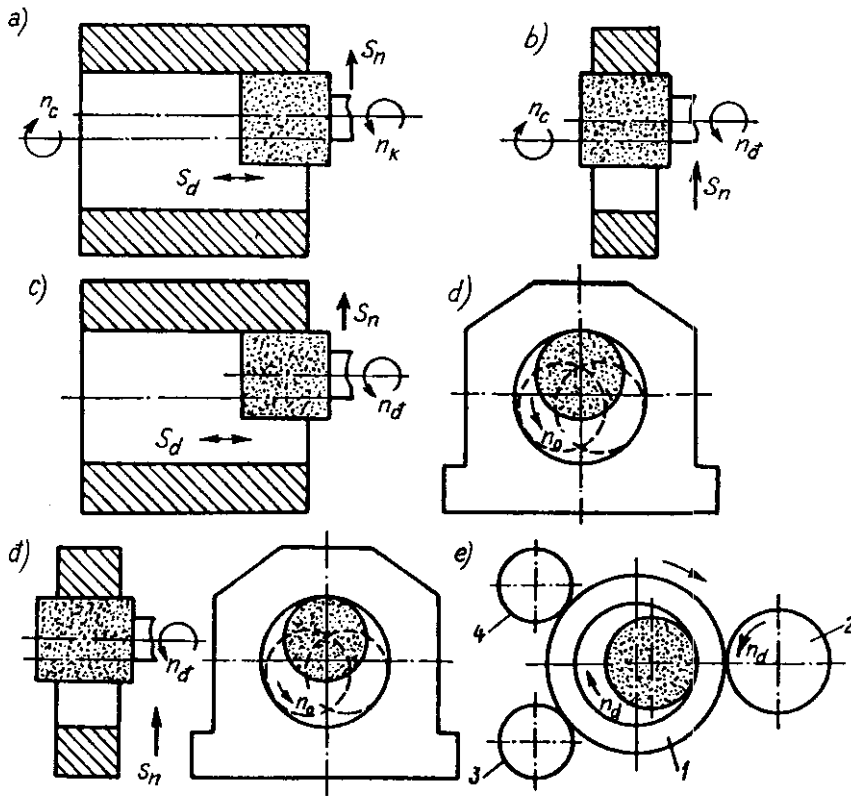
Ở đây:

a- lượng dư gia công một phía (mm);

q- số hành trình kép của bàn máy trong một phút;

S_n - lượng chạy dao ngang trong một hành trình kép (mm);

K- hệ số tính đến độ chính xác của nguyên công mài (hệ số chạy là) được chọn theo số tay gia công cơ.



Hình 3.2. Các sơ đồ mài

a) tiến dao dọc; b) tiến dao ngang (hướng kính); c) tiến dao dọc và chi tiết cố định; d) tiến dao ngang và chi tiết cố định; e) mài vô tâm. 1- chi tiết gia công; 2- bánh dẫn; 3- con lăn đỡ phía dưới; 4- con lăn ép phía trên.

Số hành trình kép q của bàn máy trong một phút được xác định theo công thức sau:

$$q = \frac{V_d \cdot 1000}{2L} \quad (3.2)$$

Ở đây:

V_d - tốc độ tịnh tiến của bàn máy (m/phút);

L- chiều dài hành trình của bàn máy (mm).

Tốc độ tịnh tiến V_d của bàn máy được xác định theo công thức:

$$V_d = \frac{S_d \cdot n_c}{1000} \quad (3.3)$$

Ở đây:

S_d -lượng chạy dao dọc của bàn máy trong một vòng quay của chi tiết (mm/vòng);

n_c - số vòng quay của chi tiết gia công trong một phút.

Mài lỗ ở các chi tiết lớn và các chi tiết dạng hộp được thực hiện khi gá chi tiết cố định trên các máy mài đứng hoặc mài ngang với chuyển động hành tinh của đá mài (đá mài thực hiện chuyển động hành tinh n_0 trong lỗ gia công). Phương pháp gia công này có thể thực hiện bằng tiến dao dọc (hình 3.2 c) và tiến dao ngang (hình 3.2 d).

Theo phương pháp tiến dao dọc đá mài thực hiện bốn chuyển động: quay xung quanh trục, chuyển động tịnh tiến, chuyển động hướng kính và chuyển động quay hành tinh. Tốc độ quay của đá mài 35 m/giây, còn tốc độ chuyển động quay hành tinh $40 \div 60$ m/phút. Lượng ăn dao ngang được thực hiện sau mỗi hành trình kép là $0,008 \div 0,05$ mm/hành trình kép của bàn máy.

Theo phương pháp tiến dao ngang thì đá mài thực hiện ba chuyển động: chuyển động quay, chuyển động ăn dao hướng kính và chuyển động quay hành tinh. Các thông số của chế độ cắt cũng tương tự như phương pháp tiến dao dọc.

Gia công lỗ cũng có thể được thực hiện bằng mài vô tâm. Khi mài vô tâm, chi tiết gia công 1 không cần kẹp chặt, nó được đặt giữa các con lăn 3, 4 và bánh dẫn 2. Con lăn 3 có tác dụng đỡ chi tiết ở phía dưới, con lăn 4 có tác dụng ép cho chi tiết gia công 1 luôn luôn tiếp xúc với con lăn 3 và bánh dẫn 2. Bánh dẫn 2 được dùng để truyền chuyển động quay cho chi tiết gia công 1. Chi tiết 1 trước khi gia công được mài sơ bộ mặt ngoài. Trong quá trình gia công chi tiết 1 có cùng tốc độ vòng với bánh dẫn 2. Phương pháp mài vô tâm này được dùng chủ yếu để mài vòng bi.

3.4. Mài mặt phẳng

Mài mặt phẳng là phương pháp gia công tinh bề mặt chi tiết có năng suất cao. Mài phẳng được thực hiện bằng đá mài tròn và đá mài mặt đầu. Hiện nay có một số phương pháp mài mặt phẳng sau đây:

1. Mài bằng đá mài tròn với phương pháp tiến dao dọc (hình 3.3a).

Phương pháp này được dùng để gia công các chi tiết có chiều dài lớn và bề rộng nhỏ, ví dụ như then, chêm, v.v.

2. Mài bằng đá mài tròn với phương pháp tiến dao dọc và tiến dao ngang (hình 3.3b).

Phương pháp này được dùng để gia công mặt phẳng có bề rộng lớn, ví dụ như bàn máy, các tấm phẳng và các bề mặt của chi tiết dạng hộp.

3. Mài bằng đá mài tròn nhiều chi tiết cùng lúc trên máy mài dọc hoặc máy mài có bàn quay (hình 3.3c).

Hình 3.3c là sơ đồ mài phẳng bằng đá mài tròn trên máy mài có bàn quay. Trong trường hợp này bàn máy thực hiện chạy dao vòng để gia công hết tất cả các chi tiết. Phương pháp này được dùng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối để mài mặt đầu của chi tiết và các chi tiết nhỏ có hình dạng khối chữ nhật.

4. Mài bằng đá mài mặt đầu (hình 3.3d, e, g).

Hình 3.3d là mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu trên máy mài có bàn quay. Hình 3.3e là mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu với phương pháp tiến dao dọc, còn hình 3.3g là mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu với phương pháp tiến dao dọc và tiến dao ngang.

Thời gian cơ bản T_0 (phút) khi mài bằng đá mài mặt đầu trên máy có bàn quay (hình 3.3d) được xác định theo công thức:

$$T_0 = \frac{a.K}{S_0.n_c.m} \quad (3.4)$$

Ở đây:

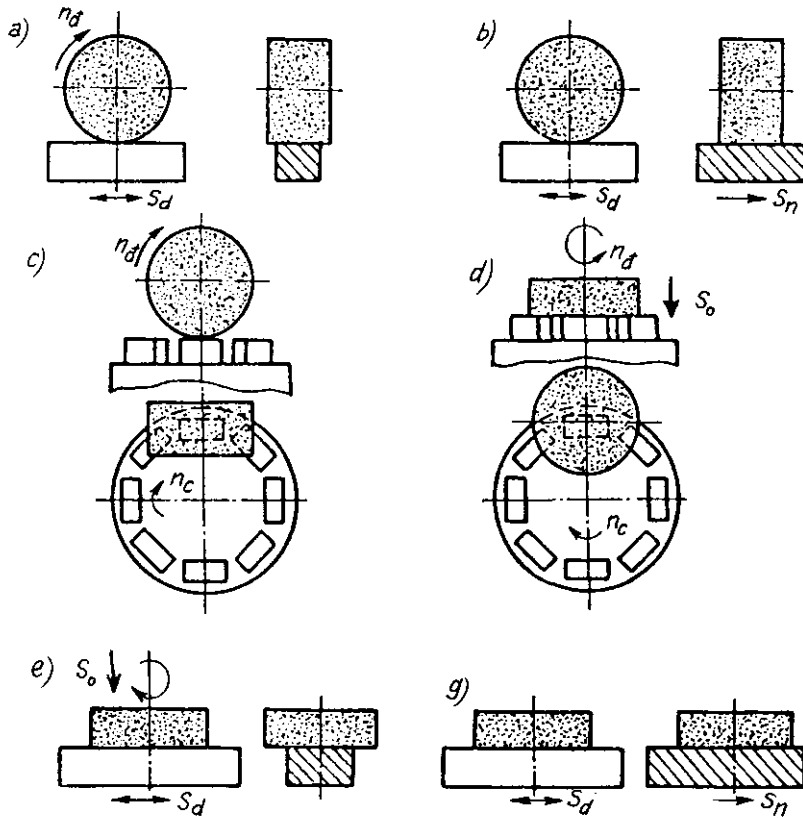
a- lượng dư gia công (mm)

S_0 - lượng ăn dao đứng (theo phương vuông góc với bàn máy) sau một vòng quay của bàn máy hoặc chiều sâu cắt (mm);

n_c - số vòng quay của bàn máy trong một phút;

m- số chi tiết được gia công đồng thời trên bàn máy;

K- hệ số chạy là (không tăng chiều sâu cắt) được chọn theo sổ tay gia công cơ.



Hình 3.3. Các sơ đồ mài mặt phẳng

a) đá mài tròn, tiến dao dọc; b) đá mài tròn, tiến dao dọc và ngang; c) đá mài tròn, chạy dao vòng; d) đá mài mặt đầu, chạy dao vòng; e) đá mài mặt đầu, tiến dao dọc; g) đá mài mặt đầu, tiến dao dọc và ngang.

Thời gian gia công cơ bản T_0 (phút) khi mài bằng đá mài mặt đầu ăn dao dọc (hình 3.3e) được xác định theo công thức:

$$T_0 = \frac{L \cdot a \cdot K}{V_d \cdot 1000 \cdot S_0 \cdot m} \quad (3.5)$$

Ở đây:

V_d - tốc độ dịch chuyển của bàn máy (m/phút);

S_0 - lượng ăn dao đứng (theo phương vuông góc với bàn máy) sau một hành trình kép của bàn máy hoặc là chiều sâu cắt (mm);

L - chiều dài hành trình của bàn máy (mm);

A, m, K - các thông số tương tự như trong công thức (3.4).

Cần nhớ rằng, các phương pháp mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu có năng suất cao hơn các phương pháp mài bằng đá mài tròn. Điều này được giải thích rằng trong quá trình mài bằng đá mài mặt đầu, bề mặt tiếp xúc giữa đá mài và chi tiết gia công lớn, do đó khi cắt có số lượng lớn hạt mài cùng tham để bóc tách kim loại ở bề mặt gia công. Như vậy, quá trình sửa đá rất đơn giản, bởi vì chỉ cần sửa lại phần bề mặt bị mòn (tiếp xúc với bề mặt gia công) mà không cần sửa lại toàn bộ bề mặt của đá mài.

Tuy nhiên, mài bằng đá mài tròn cho phép nâng cao độ chính xác, giảm nhiệt độ trong vùng cắt, do đó giảm được biến dạng nhiệt của chi tiết. Điều này rất quan trọng đối với trường hợp khi cần khử độ cong vênh và vết cháy trên bề mặt gia công.

Khi mài phẳng trên máy mài có bàn máy dịch chuyển tịnh tiến, chuyển động của bàn máy bị hạn chế do quán tính của cơ cấu đảo chiều. Ngoài ra, khi mài cần có thời gian phụ để đảo chiều chuyển động, dịch chuyển ăn dao và thoát dao của bàn máy. Những yếu tố này làm cho mài mặt phẳng trên các máy mài như vậy có năng suất thấp hơn so với các máy mài có bàn quay.

3.5 Mài mặt định hình

Khi gia công mặt định hình thì mài thường được sử dụng như phương pháp gia công tinh. Gia công mặt định hình thường được thực hiện bằng đá mài định hình hoặc đá mài thường với chuyển động chạy dao của đá hoặc của chi tiết gia công theo đường chép hình. Hình 3.4 là một ví dụ gia công mặt định hình.

Mài ren (hình 3.4a) được thực hiện bằng đá mài đơn hoặc đá mài kép (một profin hoặc nhiều profin). Mài ren là một phương pháp gia công tinh được dùng cho tất cả các loại ren có yêu cầu cao về độ chính xác và chất lượng mặt ren.

Mài răng có thể được thực hiện bằng phương pháp chép hình (định hình) và phương pháp bao hình. Khi mài theo phương pháp chép hình đá mài có profin giống như profin của rãnh răng và lượng dư gia công được cắt nhờ chạy dao hướng kính.

Mài răng theo phương pháp bao hình được thực hiện bằng hai đá mài dạng đĩa hoặc một đá mài profin (hình 3.4b) đồng thời cũng có thể thực hiện bằng đá mài trục vít. Mài bằng phương pháp bao hình cho phép đạt được năng suất và độ chính xác cao.

Mài mặt định hình bằng đá mài chuyên dùng được thực hiện bằng chạy dao hướng kính và chuyển động dao động (hình 3.4c). Phương pháp mài này được dùng để gia công vòng bi.

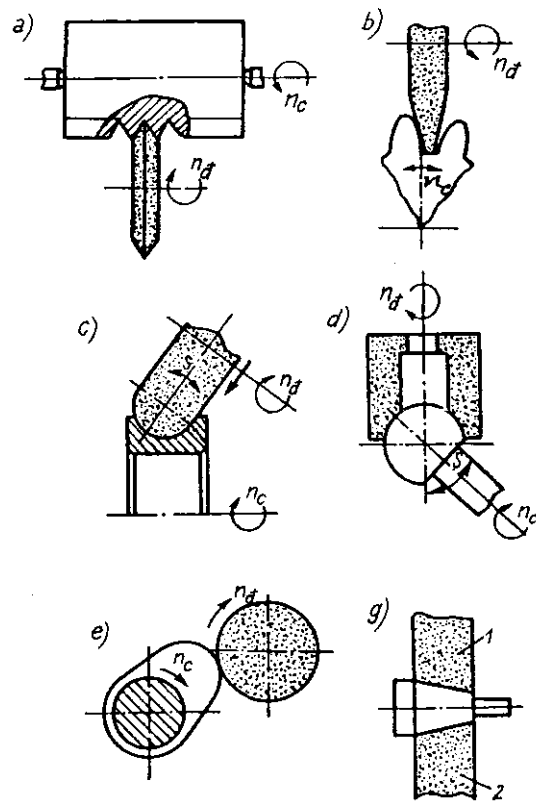
Để gia công mặt cầu có thể dùng đá mài có profin lõm với bán kính bằng bán kính mặt cầu (hình 3.4d).

Gia công tinh mặt định hình phức tạp (cam) có thể được thực hiện bằng đá mài thông thường với chuyển động phức tạp của chi tiết theo đường chếp hình (hình 3.4e). Phương pháp gia công này có năng suất và độ chính xác cao.

Mặt côn cũng có thể được gia công bằng mài vô tâm (hình 3.4g). Khi gia công mặt côn, bánh dẫn 2 được gá nghiêng một góc $0,5 \div 1^{\circ}$ để tạo áp lực ép chi tiết gia công xuống chốt tỳ (thanh đỡ ở phía dưới). Cần lưu ý rằng đá mài 1 có đường kính khác nhau theo bề rộng, do đó khi gia công nó bị mòn không đều. Phần đá mài có đường kính nhỏ sẽ làm việc với tải trọng lớn, do đó nó bị mòn nhiều hơn so với phần có đường kính lớn.

3.6. Sửa đá mài

Trong quá trình gia công, đá mài bị mòn và đánh mất tính cắt gọt, do đó năng suất và độ chính xác gia công giảm. Vì vậy, trong quá trình mài cần thường xuyên sửa đá để phục hồi tính chất cắt gọt và tạo cho đá có hình dạng hình học và profin ban đầu. Trong một số trường hợp, sửa đá có mục đích để thay đổi profin tế vi của đá mài, nhờ đó mà đặc tính gia công cũng thay đổi. Ví dụ, chọn chế độ sửa đá hợp lý có thể làm thay đổi hình dáng của hạt mài,



Hình 3.4. Các sơ đồ mài định hình
a) mài ren; b) mài răng; c) mài vòng bi;
d) mài mặt cầu; e) mài cam;
g) mài côn; 1-đá mài; 2-đá dẫn.

nờ đó mà tính cắt gọt cũng thay đổi. Gia công chi tiết bằng loại đá như vậy có thể giảm độ nhám bề mặt so với các loại đá mài có quy trình sửa đá bình thường.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã xác định rằng profin của bề mặt đá mài phụ thuộc vào phương pháp và chế độ sửa đá. Trong trường hợp này tính chất của đá mài thay đổi rất nhiều.

Mài mặt định hình bằng các loại đá mài được sử dụng rộng rãi trong chế tạo máy. Trong nhiều trường hợp đá mài định hình được tạo ra từ đá mài phẳng đơn giản, do đó thời gian để bóc tách hạt mài rất lớn so với thời gian sửa đá. Vì vậy, nguyên công sửa đá không chỉ được dùng trong quá trình mài mà ngay cả trước khi mài.

Tùy thuộc vào yêu cầu đối với chất lượng gia công và điều kiện sản xuất, trong thực tế người ta sử dụng các phương pháp sửa đá khác nhau.

Để sửa đá mài thường người ta dùng ba phương pháp:

- Tiện bằng bút chì kim cương.
- Lăn theo biên dạng bằng đá mài có độ cứng cao hơn.
- Mài bằng đá mài có độ cứng cao hơn.

Để sửa đá mài kim cương cũng có ba phương pháp:

- Dùng thổi đá kim cương.
- Dùng con lăn kim cương.
- Dùng bút chì kim cương.

Gần đây để sửa đá mài kim cương người ta còn dùng các phương pháp ăn mòn điện và ăn mòn điện hoá nhờ quá trình tác động nhiệt và tác động hoá học tới bề mặt kim cương của đá mài.

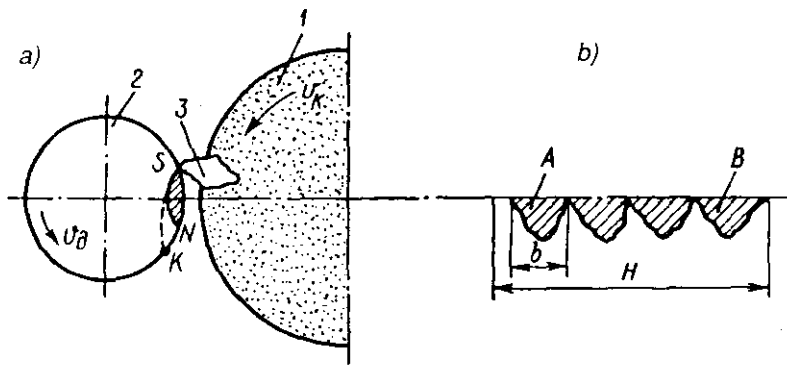
3.7. Ảnh hưởng của chế độ cắt đến năng suất và chất lượng của bề mặt gia công

Các thông số quan trọng để hình thành bề mặt gia công sau khi mài là tôpography (profin tế vi) và hình dáng hình học. Một trong những thông số quan trọng của tôpography là độ nhám bề mặt.

3.7.1. Quá trình hình thành độ nhám bề mặt

Khi mài, độ nhám được hình thành do kết quả chép hình của quỹ đạo chuyển động của hạt mài có hình dáng hình học xác định.

Hình 3.5 là sơ đồ hình thành phoi khi mài.



Hình 3.5. Sơ đồ hình thành phoi khi mài

a) hạt mài cắt bề mặt gia công; b) chi tiết dọc của bề mặt gia công;
1- đá mài; 2- chi tiết gia công; 3- hạt mài.

Từ sơ đồ trên hình 3.5a ta thấy quá trình cắt kim loại bằng hạt mài 3 được bắt đầu từ điểm S và tiếp tục cho đến khi hạt mài ra khỏi bề mặt gia công. Nhưng trong quá trình gia công chi tiết quay cho nên hạt mài 3 đi ra khỏi bề mặt gia công không phải ở điểm N mà ở điểm K. Trong trường hợp này chiều dày và chiều dài của phoi tăng lên.

Hình 3.5b mô tả hình dạng phoi được hút bằng hạt mài ở tiết diện ngang của chi tiết gia công. Nhưng do bề rộng của phoi nhỏ hơn khoảng cách giữa hai hạt mài cạnh nhau nằm trên một mức dọc theo trục của chi tiết, cho nên hai hạt mài cạnh nhau sẽ hút lượng kim loại A và B trên chiều dài H (hình 3.5b).

Lượng kim loại giữa các phần A và B trong trường hợp này không được hút. Để hút toàn bộ phần kim loại trên chiều dài H cần phải có đủ số lượng hạt mài cùng tham gia cắt.

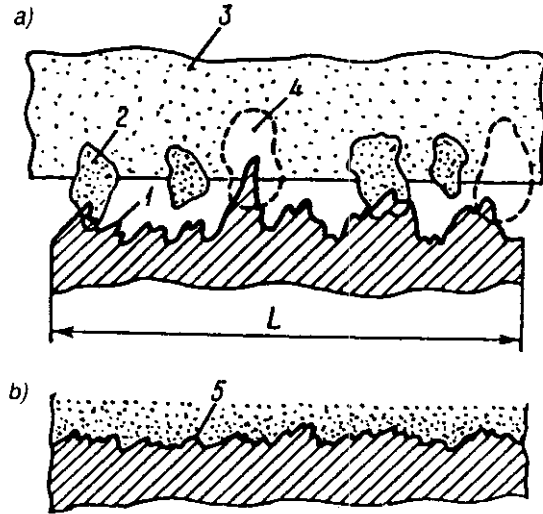
Thực tế cho thấy các hạt mài nằm trên nhiều tiết diện khác nhau vuông góc với trục của đá mài và trên nhiều mức khác nhau theo chiều cao. Các tính toán lý thuyết đã chứng minh rằng: xác suất để cho hai hạt mài cạnh nhau rơi đúng vào cùng một tiết diện sẽ bằng không. Thật vậy, quá trình cắt bằng hai hạt mài cạnh nhau sẽ xảy ra ở các mặt phẳng khác nhau nằm vuông góc với trục của chi tiết gia công. Cần lưu ý rằng khi đá mài quay tất cả các hạt mài đều tham gia vào quá trình cắt, do đó kim loại được hút đi trên toàn bộ chiều dài H.

Mô tả sơ đồ hình thành độ nhám bề mặt chỉ có tính chất lý thuyết. Trong thực tế quá trình tiếp xúc của hạt mài với bề mặt gia công phức tạp hơn nhiều. Khi gia công các hạt mài không cắt bề mặt trơn mà cắt bề mặt đã

có độ nhám ở nguyên công trước để lại. Ngoài ra, xác suất để cho một vài hạt mài nằm trên cùng một khoảng cách tính từ tâm của đá mài là rất nhỏ. Vì vậy, khi gia công chỉ có những hạt mài nhỏ ra xa nhất trên bề mặt đá mài tham gia vào quá trình cắt kim loại. Các hạt mài có đỉnh thấp hơn chỉ gây ra biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi của chi tiết gia công.

Như vậy, quá trình tạo phoi khi mài được xem như quá trình ăn sâu của hạt mài vào quá trình gia công, còn bản thân các hạt mài được phân bố lộn xộn trong toàn bộ thể tích của đá mài (hình 3.6).

Trong trường hợp này quá trình mài được xem như quá trình không gian chứ không phải mặt phẳng. Trong vùng tiếp xúc trên chiều dài L bề mặt gia công không chỉ cọ sát với một dãy hạt mài mà với nhiều dãy khác nhau. Ví dụ, khi mài chi tiết có đường kính $D_c = 50$ mm với tốc độ của chi tiết $V_c = 18$ m/phút bằng đá mài có đường kính $D_d = 300$ mm với tốc độ của đá $V_d = 30$ m/giây và chiều sâu cắt $t = 0,025$ mm trên chiều dài đoạn tiếp



Hình 3.6. Sơ đồ hình thành bề mặt mài
 1- độ nhám bề mặt trước khi mài; 2- dãy hạt mài đầu tiên; 3- đá mài; 4- dãy hạt mài thứ hai; 5- bề mặt gia công sau khi ra khỏi vùng tiếp xúc với đá mài.

xúc $l, 1$ mm chi tiết gia công quay một góc $2^0 24'$ tương ứng với góc tiếp xúc với đá mài là $0,003516$ giây. Trong thời gian này các đá mài đi qua quãng đường $105,2$ mm. Điều này có nghĩa là khi độ hạt của đá mài là 25 và khoảng cách trung bình giữa các đá mài là $0,255$ mm sẽ có 414 dãy hạt mài đi qua vùng tiếp xúc (giữa đá mài và chi tiết gia công), do đó giảm đáng kể độ nhám bề mặt mà dãy hạt mài thứ nhất vừa tạo ra (xem hình 3.6a). Thật vậy, tốc độ của đá mài càng cao (khi tốc độ của chi tiết gia công không thay đổi) thì độ nhám bề mặt càng giảm nhanh và quá trình mài càng nhanh giống với điều kiện cắt liên tục bằng dụng cụ cắt có lưỡi. Nếu giả sử chuyển tất cả các dãy hạt mài về một mặt phẳng thì biên dạng cắt được hình thành (hình

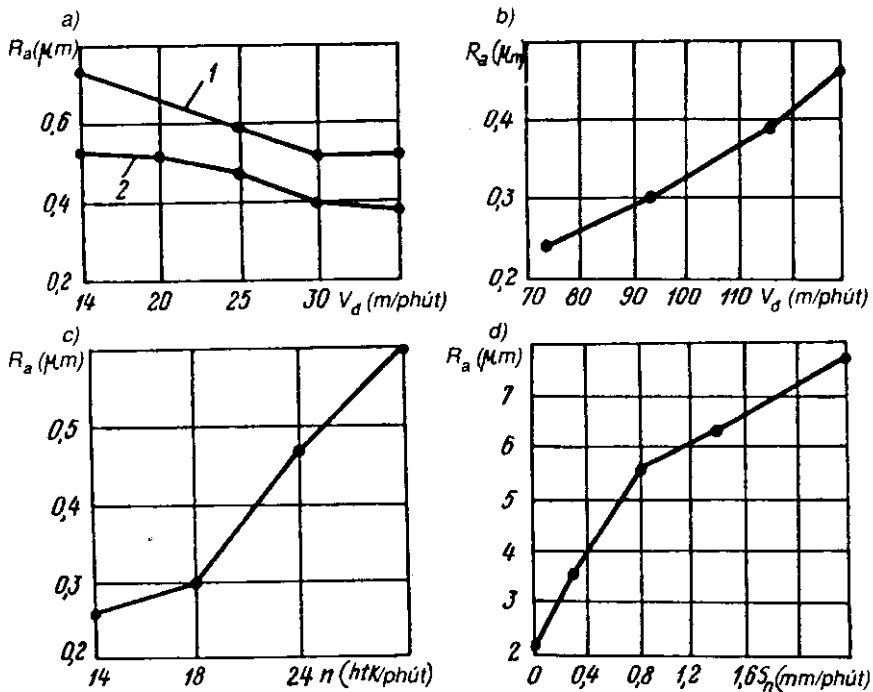
3.6b) sẽ có độ nhám được sao chép lại tại vùng tiếp xúc từ đá mài sang bề mặt gia công.

Độ nhám bề mặt phụ thuộc rất nhiều vào chế độ cắt (hình 3.7). Hình 3.7a cho thấy với cùng một tốc độ của đá mài, độ hạt của đá giảm sẽ làm giảm độ nhám bề mặt.

Tốc độ của chi tiết gia công tăng có ảnh hưởng xấu đến độ nhám bề mặt, tức là làm cho độ nhám bề mặt tăng (hình 3.7b).

Số hành trình kép của bàn máy tăng sẽ làm cho chiều dày của phôi và độ nhám bề mặt gia công tăng (hình 3.7c).

Lượng chạy dao ngang (chạy dao hướng kính) tăng cũng làm cho độ nhám bề mặt gia công tăng (hình 3.7d).



Hình 3.7. ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt mài

- a) R_a phụ thuộc vào tốc độ của đá mài (1 và 2 tương ứng với độ hạt là 10 và 8);
 b) R_a phụ thuộc vào tốc độ của chi tiết gia công; c) R_a phụ thuộc vào số hành trình kép (htk); d) R_a phụ thuộc vào lượng chạy dao ngang.

Vì vậy “chạy là” chi tiết (không tăng lượng chạy dao) cho phép giảm độ nhám bề mặt gia công. Trong quá trình chạy là mức độ bóc tách kim loại giảm dần và hệ thống công nghệ (máy - dao - đồ gá - chi tiết gia công) dần dần trở về trạng thái ban đầu, do đó làm cho độ nhám bề mặt gia công giảm.

Nhiệt độ cắt cũng có ảnh hưởng đáng kể đến độ nhám bề mặt khi mài. Khi giảm lượng chạy dao dọc, có nghĩa là giảm số hành trình kép trong một phút (hình 3.7c), độ nhám bề mặt giảm. Điều này được giải thích như sau: vì nhiệt độ cắt ở lớp bề mặt tăng làm cho bề mặt được là phẳng mạnh hơn do đó độ nhám giảm.

Do nguyên công mài có nhiệt độ cắt rất cao cho nên dung dịch trơn nguội có một ý nghĩa rất lớn đối với độ nhám bề mặt gia công. Khi giảm mức độ cấp dung dịch trơn nguội, trong vùng cắt nhiệt độ cắt tăng lên làm cho bề mặt dễ bị là phẳng hơn, do đó độ nhám bề mặt giảm. Ngược lại, khi mức độ cấp dung dịch trơn nguội tăng thì tác động nhiệt của đá mài giảm, do đó quá trình là phẳng bề mặt xảy ra ở mức độ thấp hơn, cho lên độ nhám tăng.

3.7.2. Ảnh hưởng của chế độ cắt đến tính chất cơ lý của lớp bề mặt

Tính chất cơ lý của lớp bề mặt khi mài được hình thành do tác động của hạt mài và nhiệt độ ở diện tích tiếp xúc giữa đá mài và bề mặt gia công. Tác động này gây ra biến dạng dẻo và biến cứng bề mặt, làm cho độ cứng tế vi tăng lên. Khi chế độ cắt tăng, nhiệt độ cắt sẽ tăng, do đó mức độ biến cứng tăng, làm cho độ cứng tế vi tăng.

Ở lớp bề mặt của chi tiết còn xuất hiện ứng suất dư do biến dạng dẻo khi mài gây ra. Chiều sâu xuất hiện ứng suất dư và dấu của chúng phụ thuộc vào mức độ biến cứng của lớp bề mặt, nhiệt độ cắt, điều kiện trơn nguội và các yếu tố khác. Hiện tượng nung nóng cục bộ và làm nguội có thể làm thay đổi cấu trúc pha của lớp kim loại, do đó xuất hiện các loại ứng suất khác nhau. Ví dụ, khi mài thép nhiệt luyện ở lớp bề mặt thường xuất hiện ứng suất dư kéo đạt giá trị $0,8 \div 1$ Gpa (Gama Pascal) với chiều sâu có ứng suất dư $20 \div 40 \mu m$. Sự xuất hiện ứng suất dư kéo cho thấy yếu tố nhiệt là nguyên nhân chủ yếu trong sự hình thành của ứng suất dư.

3.8. Chọn đặc tính đá mài và chế độ cắt

Thông số chính của chế độ cắt khi mài là tốc độ của chuyển động chính, nghĩa là tốc độ của đá mài V_d :

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n_d}{60 \cdot 1000} \quad (3.6)$$

Ở đây:

D_d - đường kính của đá mài (mm);

n_d - số vòng quay của đá mài (vòng/phút).

Thông số thứ hai đối với tất cả các phương pháp mài là độ dịch chuyển của đá mài, có nghĩa là lượng chạy dao.

Khi mài tròn tốc độ của chi tiết được xác định theo công thức sau:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n_c}{1000} \quad (3.7)$$

Ở đây:

D_c - đường kính của chi tiết gia công (mm);

n_c - số vòng quay của chi tiết gia công (vòng/phút).

Dịch chuyển tương đối của đá mài và chi tiết dọc theo trục của chúng được gọi là lượng chạy dao dọc (S_d), còn vuông góc với trục của chi tiết gọi là lượng chạy dao ngang (S_n).

Lượng chạy dao dọc được biểu thị bằng mm/vòng quay của chi tiết và thường được xác định bằng % của hệ thống đá mài H. Khi mài vô tâm lượng chạy dao dọc được biểu thị bằng mm hoặc m trong một phút. Đơn vị đo của lượng chạy dao ngang là mm trong một vòng quay của chi tiết (khi mài ăn dao ngang) hoặc mm trong một hành trình hoặc hành trình kép của bàn máy (khi mài tròn trong, mài tròn trong với chạy dao dọc, khi mài vô tâm và mài phẳng). Sau mỗi hành trình của bàn máy đá mài ăn sâu vào một lượng t , gọi là chiều sâu cắt và $t = S_n$. Trước khi kết thúc gia công bàn máy chạy là một số lần mà đá mài không tiến dao hơn nữa.

Hiệu quả của mài phụ thuộc rất nhiều vào cách chọn đặc tính của đá mài. Quá trình cắt của nguyên công mài rất phức tạp, do đó trong các sổ tay chỉ giới thiệu các phương pháp chung (tương đối chính xác) để chọn đá mài.

Đá mài côrun điện thường được sử dụng để gia công thép cacbon, thép hợp kim, đồng đỏ, hợp kim niken và hợp kim nhôm. Để gia công vật liệu cứng và giòn, ví dụ như gang, hợp kim cứng và cả vật liệu mềm như đồng thau, nhôm người ta sử dụng đá mài cacbit silic.

Chọn độ hạt của đá mài phụ thuộc vào phương pháp gia công và yêu cầu của chất lượng bề mặt. Để mài tinh thường chọn độ hạt 25-16, còn khi mài sắc dụng cụ cần chọn độ hạt 12-6. Khi mài ren và mài kính gương nên chọn độ hạt 6-4.

Chọn độ cứng của đá mài phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu gia công. Như đã biết, khi mài vật liệu cứng hạt mài mòn nhanh và cần phải tách những hạt mài đã mòn ra khỏi bề mặt gia công càng nhanh càng tốt. Quá trình tách các hạt mài đã mòn được thực hiện dễ dàng ở đá mài có độ cứng thấp. Vì vậy, khi gia công vật liệu cứng nên sử dụng đá mài mềm và ngược lại, khi gia công vật liệu mềm nên sử dụng đá mài có độ cứng cao hơn. Tuy nhiên, có nguyên tắc ngoại lệ là khi gia công nhôm, đồng, thép chịu lửa và thép không gỉ nên sử dụng đá mài mềm (có độ cứng thấp).

Độ cứng của đá mài còn phụ thuộc vào diện tích tiếp xúc của đá với chi tiết gia công, tốc độ cắt, phương pháp tưới dung dịch trơn nguội và các yếu tố khác. Nhưng nhìn chung, chọn đá mài có thể được thực hiện trên cơ sở kinh nghiệm thực tế và chỉ phụ thuộc vào phương pháp mài và vật liệu gia công. Bảng 3. 1 giới thiệu cách chọn đặc tính của đá mài và tốc độ cắt (tốc độ của đá mài) V_d khi mài tinh.

Chế độ cắt khi mài tinh có thể được xác định bằng phương pháp tính toán. Trong trường hợp này cần xây dựng mô hình toán học, chọn các giới hạn biên và thực hiện các phép tính cần thiết để rút ra chế độ cắt tối ưu. Tuy nhiên, xác định chế độ cắt tối ưu bằng phương pháp tính toán rất phức tạp, do đó nó chỉ được thực hiện trong sản xuất hàng khối. Bất kỳ chế độ cắt nào khác với chế độ cắt tối ưu đều giảm hiệu quả của nguyên công mài.

Trong sản xuất đơn chiếc và sản xuất hàng loạt chế độ cắt được chọn dựa trên cơ sở của số liệu thực tế. Bảng 3. 2 là chế độ cắt khi mài tinh chi tiết bằng thép kết cấu và thép dụng cụ.

Nguyên công mài chỉ đạt năng suất cao khi cắt với lượng dư hợp lý. Lượng dư khi mài phụ thuộc vào đặc tính của nguyên công, phương pháp mài và kích thước của bề mặt gia công. Bảng 3.3 là lượng dư mài tinh mặt trụ ngoài và mặt trụ trong.

Khi cần sửa sai số hình dáng hình học và giảm độ nhám bề mặt người ta sử dụng phương pháp siêu tinh. Để mài siêu tinh cần sửa siêu tinh đá mài và sử dụng chế độ mài siêu tinh (bảng 3. 4).

Mài siêu tinh được dùng để gia công mặt trụ, mặt phẳng và mặt định hình. Độ chính xác của phương pháp đạt cấp $2 \div 3$, độ nhám $R_a = 0,32 \div 0,04 \mu m$.

Để mài chi tiết và dụng cụ bằng thép gió người ta sử dụng đá mài nitrit bo.

Bảng 3.1. Chọn đặc tính và tốc độ của đá mài khi mài tinh

Phương pháp mài	Vật liệu gia công					
	Thép kết cấu		Thép gió nhiệt luyện	Gang và đồng đỏ	Hợp kim cứng	Thép không gỉ và hợp kim titan
	Không nhiệt luyện	Nhiệt luyện				
Mài tròn ngoài: Đặc tính đá mài Tốc độ của đá mài V_d (m/s)	23A16-25C2 - CT1K 30 – 40	23A16-25C1- C2K 30 – 35	44A, 23A16 - 25CM2K 25 – 35	15A, 53C16- 25CM2K 30 – 50	63C16 25CM2BK 30 – 35	23A16- 25CM2K 35 -30
Mài tròn trong: Đặc tính đá mài Tốc độ của đá mài V_d (m/s)	15, 23A16 C2K 25 – 35	15, 23A16 C2K 20 – 30	44A, 23A16- 25CM1-CM2K 15 – 20	53C, 15A 6C1K 20 – 25	63C16-25C M1K 15 – 30	23A16 C1K 30 - 40
Mài phẳng: Đặc tính đá mài Tốc độ của đá mài V_d (m/s)	15A16C1K 30 – 35	15A16C1K - CM2K 25 – 30	23A16-25CM1 CM2K 25 – 35	53C, 15A 16C1K 30 – 50	63C16 - 25CM1K 25 – 35	23A16 C1K 35 – 40
Mài mặt đầu: Đặc tính đá mài Tốc độ của đá mài V_d (m/s)	15A25CM2B 25 – 30	15A25M3 - CM1B 25 – 30	15A25M3 - CM2B 25 – 35	53C, 15A25 C1B 30 – 45	63C16-25M3 M3 B 25 – 35	15A16- M3 B 35 -45
Mài vô tâm: Đặc tính đá mài Tốc độ của đá mài V_d (m/s)	23A16- 25CT2K 30 – 35	23A16-25C1 - CT1K 25 – 30	44A, 23A16 - 25M3-CM1K 25 – 35	53C, 15A16 C2K 30 – 50	63C16M3 CM1K 25 – 35	23A16- 25C1K 35 - 40

Bảng 3.2. Chế độ cắt khi mài tinh chi tiết bằng thép kết cấu và thép dụng cụ

Phương pháp mài	Chế độ cắt			
	Tốc độ chi tiết V_c (m/phút)	T (mm)	Chạy dao đọc S_d (mm/phút)	Chạy dao ngang S_N (mm/vòng)
Mài tròn ngoài: - Chạy dao dọc - Chạy dao ngang	15 – 55 20 – 40	0,005-0,015	(0,2-0,4)H -	- 0,001--0,005
Mài tròn trong: - Trên máy thông thường - Trên máy bán tự động	20 – 40 50 – 150	0,0025-0,01 0,0015-0,0025	(0,25-0,4)H (0,25-0,4)H	- -
Mài vô tâm: - Tiến dao dọc - Tiến dao ngang	40 – 120 10 – 30	0,0025-0,010 -	1200-200 -	- 0,001-0,05
Mài phẳng: - Trên máy có bàn tròn - Trên máy có bàn hình chữ nhật	40 – 60 15 – 20	0,005-0,010 0,005-0,015	(0,2-0,25)H (0,2-0,3)H	- -
Mài mặt đầu trên máy có bàn hình chữ nhật	2 – 3	0,005-0,01	-	-

Ghi chú: H – bề rộng của đá mài

Bảng 3.3. Lượng dư (mm) khi mài

Đường kính gia công trục hoặc lỗ(mm)	Mài tròn ngoài					Mài vô tâm	Mài tròn trong				
	Chiều dài trục						Chiều dài lỗ				
	100	250	500	800	1200		50	100	200	300	500
30	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,35-0,45	0,05	0,06	0,06	-	-
50	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,35-0,45	0,06	0,60	0,06	0,08	-
80	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,45-0,55	0,06	0,06	0,06	0,80	-
120	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,50-0,60	0,08	0,08	0,10	0,10	0,12
180	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,55-0,65	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12
260	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,70-0,80	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14
360	-	-	0,07	0,08	0,10	-	0,12	0,14	0,14	0,14	0,16
500	-	-	-	0,08	0,10	-	0,14	0,14	0,14	0,16	0,18

Bảng 3.4. Chế độ mài siêu tinh

Các thông số	Phương pháp mài		
	Mài tròn ngoài ăn dao ngang	Mài tròn ngoài ăn dao dọc	Mài tròn trong
Tốc độ của đá mài (m/giây)	35	35	20 – 30
Tốc độ của chi tiết Gia công (m/phút)	25 - 50	20 - 45	25 - 60
Tốc độ chạy dao dọc (theo tỷ lệ của bề rộng H đá mài trong một vòng quay của chi tiết gia công)	-	(0,1-0,2) H	(0,1-0,3) H
Lượng chạy dao ngang	0,1-0,3 mm/phút	0,005-0,01 mm/hành trình kép	0,01 mm/hành trình kép
Chạy là (không tăng lượng chạy dao)	5-10 giây	2-5 hành trình kép	4-7 hành trình kép
Ghi chú: H – bề rộng của đá mài			

Bảng 3. 5 là chế độ mài tinh bằng đá mài nitrit bo.

Mài tinh thép nhiệt luyện và hợp kim cứng có thể được thực hiện bằng đá mài kim cương. Bảng 3.6 giới thiệu chế độ mài chi tiết hợp kim cứng bằng đá mài kim cương.

Bảng 3.5. Chế độ cắt khi mài tinh bằng đá mài nitrit bo

Các thông số	Mài tròn ngoài	Mài phẳng bằng đá mài mặt đầu
Tốc độ của đá mài (m/giây)	30 – 40	20 – 25
Tốc độ của chi tiết (m/phút)	15 – 25	-
Chạy dao dọc (m/phút)	0,5 – 1,0	3 – 5
Chạy dao ngang (mm/hành trình kép)	-	0,3 – 1,0
Lượng chạy dao theo chiều sâu cắt (mm/hành trình kép)	0,002 – 1,010	0,005 – 0,010

Bảng 3.6. Chế độ cắt khi mài chi tiết hợp kim cứng bằng đá mài kim cương

Các thông số	Mài tròn ngoài	Mài tròn trong	Mài phẳng
Tốc độ của đá mài(m/giây)	20 – 35	20 – 35	20 – 35
Tốc độ của chi tiết (m/phút)	10 – 40	30 – 60	-
Chạy dao dọc (m/phút)	0,3 – 0,6	0,5 – 1,0	3 – 12
Chạy dao để thay đổi chiều sâu cắt(mm/hành trình kép)	0,0025 – 0,07	0,0025 – 0,2	0,0025-0,2
Chạy dao ngang (mm/hành trình kép)			0,3 – 1,0

3. 9. Một số ví dụ ứng dụng nguyên công mài tinh

Khi mài tinh trong điều kiện bình thường, độ chính xác kích thước có thể đạt cấp $2 \div 3$, và độ nhám $R_a = 1,25 \div 0,16 \mu m$. Khi gia công trên các máy mài có độ chính xác cao với chế độ cắt tinh có thể đạt độ nhám $R_a = 0,16 \div 0,02 \mu m$.

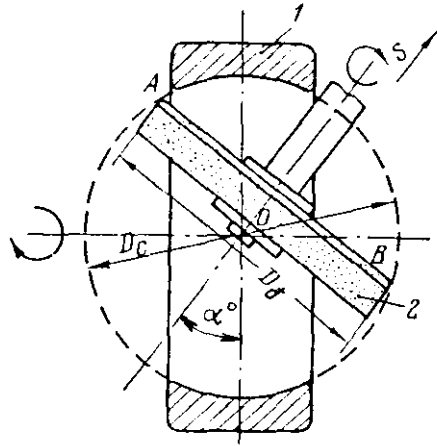
Ví dụ, khi mài tinh trục chính của máy, sai số hình dáng hình học nằm trong khoảng $0,5 \div 1,5 \mu m$ và độ nhám $R_a = 0,025 \div 0,1 \mu m$. Độ chính xác và độ nhám bề mặt này đạt được khi gia công với chế độ cắt: tốc độ của đá mài 15 m/giây; tốc độ của chi tiết gia công $V_c = 11 \div 15$ m/phút, chạy dao dọc của bàn máy (mm/vòng quay của chi tiết) $S_d = (1/8 \div 1/12) H$ (H-bề rộng của đá mài), chạy dao theo chiều sâu cắt $0,001 \div 0,004$ mm/hành trình kép, chạy là $2 \div 4$ hành trình kép.

Khi mài bằng dẫn hướng của máy công cụ có độ chính xác cao bằng đá mài hình trụ thì độ phẳng của bề mặt $< 5 \mu m$ trên 1000 mm chiều dài; độ nhám bề mặt gia công đạt $R_a = 0,2 \div 0,32 \mu m$.

Khi mài bằng máy công cụ bằng đá mài mặt đầu (trục đá nghiêng một góc $< 90^\circ$), sai số hình dáng hình học và độ nhám bề mặt cũng đạt các giá trị tương tự như khi mài bằng đá mài hình trụ.

Để mài lỗ người ta thường sử dụng đá mài nitrit bo với chế độ cắt như sau: tốc độ của đá mài $25 \div 30$ m/giây, tốc độ của chi tiết gia công $20 \div 25$ m/phút, chạy dao dọc $0,5 \div 0,6$ m/phút, chạy dao theo chiều sâu cắt $0,003 \div 0,004$ mm/hành trình kép, chạy là $6 \div 8$ hành trình. Khi gia công với chế độ cắt như vậy độ nhám $R_a = 0,15 \div 0,3 \mu m$.

Hiện nay trong công nghiệp vòng bi người ta áp dụng nguyên lý mài bằng phương pháp “trục chéo nhau” để mài mặt cầu của vòng bi. Hình 3.8 là sơ đồ mài vòng đỡ bi đưa cầu trên máy mài mặt cầu. Khi mài, chi tiết gia công (vòng đỡ bi) 1 thực hiện chuyển động quay xung quanh trục của nó, còn đá mài 2 thực hiện chuyển động quay và dịch chuyển tịnh tiến S. Trục của đá mài được gá nghiêng một góc α so với mặt phẳng vuông góc với trục của chi tiết gia công.



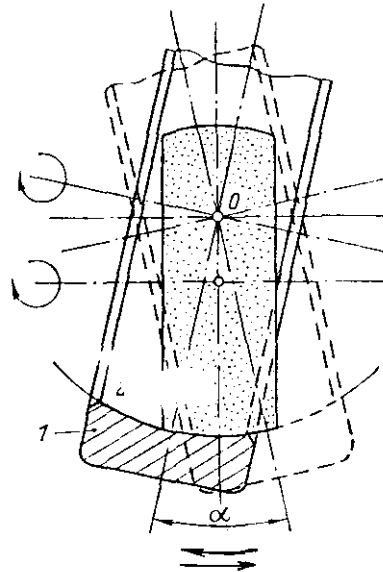
Hình 3.8. Sơ đồ mài mặt cầu vòng đỡ bi

1.- chi tiết gia công; 2.- đá mài;
 D_c - đường kính của chi tiết gia công;
 D_f - đường kính đá mài.

Trong quá trình gia công đá mài chỉ tiếp xúc với bề mặt gia công theo mặt cầu AB và phần cầu này tăng lên theo thời gian (do độ mòn của đá mài gây ra).

Để mài siêu tinh mặt cầu vòng đỡ bi cũng có thể dùng phương pháp khác (hình 3.9).

Theo phương pháp này thì chi tiết gia công (vòng đỡ bi) 1 quay xung quanh trục của nó và thực hiện chuyển động dao động trong phạm vi góc α so với tâm O. Đá mài 2 chỉ thực hiện chuyển động quay xung quanh trục của nó. Nguyên công này được thực hiện trên máy mài mặt cầu với chế độ cắt sau: tốc độ của đá mài $V_d = 14$ m/giây, tốc độ của chi tiết gia công $V_c = 95$ m/phút, số dao động kép trong một phút $N = 18$, lượng dư gia công bằng 0,06 mm. Dung dịch trơn nguội là emunxi.



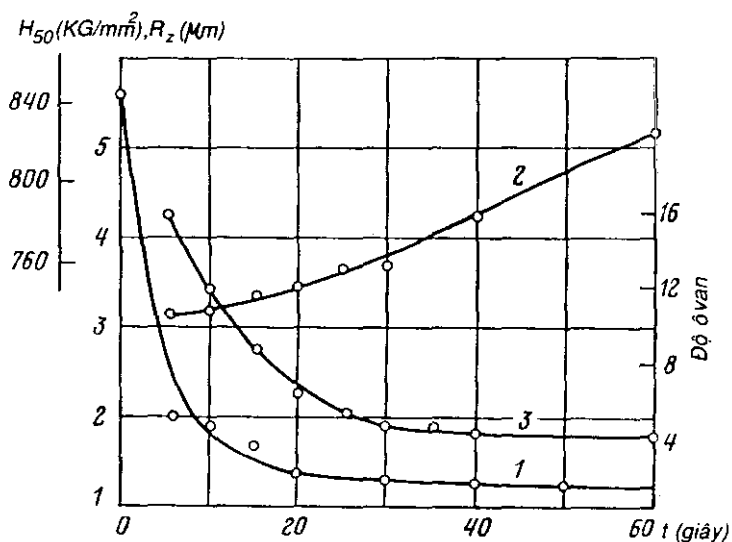
Hình 3.9. Sơ đồ mài siêu tinh mặt cầu vòng đỡ bi

1- Chi tiết gia công; 2- đá mài

Các thông số như độ nhám bề mặt và độ ôvan giảm dần theo thời

gian chạy là (không tăng thêm lượng chạy dao hay chiều sâu cắt), còn độ cứng tế vi lại tăng lên theo thời gian chạy là của đá mài. Tuy nhiên, độ nhám bề mặt và độ ôvan chỉ giảm từ 0 đến 40 giây sau chạy là, còn sau 40 giây các thông số này hầu như không thay đổi. Riêng độ cứng tế vi có thể tăng trong khoảng thời gian từ 0 đến 60 giây chạy là (hình 3. 10).

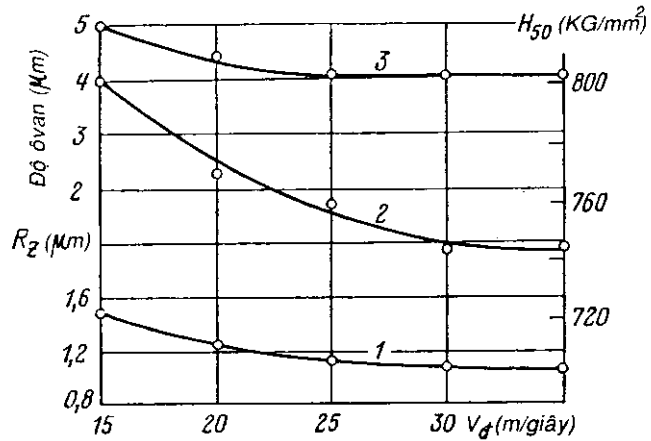
Tốc độ của đá mài cũng có ảnh hưởng lớn đến các thông số chất lượng trên đây. Cả ba thông số: độ nhám bề mặt, độ ôvan và độ cứng tế vi đều giảm khi tốc độ của đá mài tăng (hình 3. 11).



Hình 3. 10. Quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt (1), độ cứng tế vi (2), độ ôvan và thời gian chạy là t (giây).

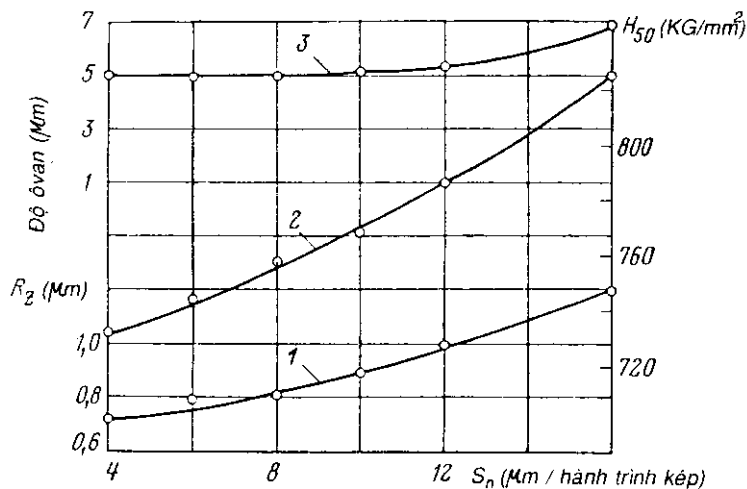
Theo sơ đồ trên hình 3. 11 ta thấy độ nhám bề mặt (đường cong 1) thay đổi không nhiều khi tốc độ của đá $V_d \geq 20$ m/giây, còn độ ôvan hầu như không thay đổi khi tốc độ của đá ≥ 25 mm/giây. Độ nhám bề mặt hầu như không tăng sau $V_d \geq 20$ m/giây được giải thích bằng độ mịn của biên dạng cắt đã đạt được nhờ độ hạt nhỏ của đá mài khi mài tinh, do đó tăng tốc độ cắt của đá mài hầu như không làm thay đổi độ mịn của biên dạng cắt, có nghĩa là không làm thay đổi độ nhám bề mặt. Còn độ ôvan bề mặt cũng không thay đổi sau $V_d \geq 25$ m/giây được giải thích bằng biên dạng cắt của độ hạt nhỏ của đá mài hoàn toàn có khả năng hút đi lớp kim loại (hoàn toàn sửa được sai số hình dáng hình học) trong thời gian tiếp xúc giữa bề mặt gia công và đá mài.

Độ cứng tế vi giảm khi tốc độ V_d của đá mài tăng. Hiện tượng này được giải thích như sau: khi tốc độ của đá V_d tăng trong vùng cắt sinh ra nhiệt độ lớn, do đó mức độ biến cứng giảm, làm cho độ cứng tế vi giảm. Vì vậy không nên tăng tốc độ của đá mài quá 15 m/giây khi mài tinh.



Hình 3. 11. Quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt (1), độ cứng tế vi (2), độ ô van (3) và tốc độ quay của đá mài V_d

Lượng chạy dao ngang cũng có ảnh hưởng đến các thông số trên đây. Hình 3. 12 là quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt (1), độ cứng tế vi (2), độ ô van (3) và lượng chạy dao ngang khi mài siêu tinh.



Hình 3. 12. Quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt (1), độ cứng tế vi (2), độ ô van (3) và lượng chạy dao khi mài siêu tinh

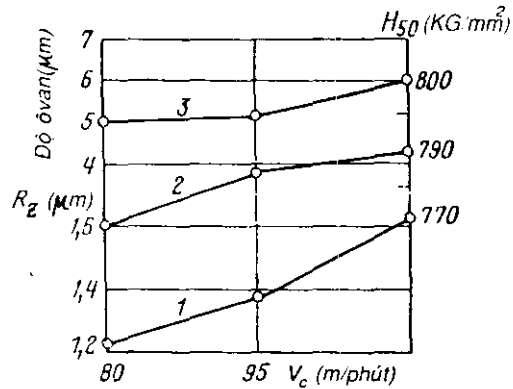
Khi lượng chạy dao trong một vòng quay lắc lư (khứ hồi) tăng, áp lực hướng kính của đá mài lên chi tiết gia công tăng, làm cho điều kiện cắt xấu đi (do lực ma sát giữa đá mài và bề mặt gia công tăng), do đó độ nhám bề

mặt tăng (đường cong 1). Độ nhám bề mặt thấp nhất $R_a = 0,16 \mu m$ (cấp 10) đạt được khi $S_n = 4 \mu m$ /hành trình dao động kép. Tăng lượng chạy dao ngang làm cho chiều dày của phoi tăng, do đó mức độ biến cứng tăng, có nghĩa là độ cứng tế vi tăng.

Độ ôvan tăng không đáng kể khi lượng chạy dao ngang tăng. Tốc độ của chi tiết gia công V_c cũng có ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt (1), độ cứng tế vi (2) và độ ôvan (3) (hình 3.13).

Khi tăng tốc độ của chi tiết gia công V_c , chiều dày của phoi tăng, thời gian tiếp xúc giữa đá mài và chi tiết gia công giảm, do đó số lượng hạt mài đi qua vùng tiếp xúc giảm, làm cho độ nhám bề mặt (1) tăng.

Độ cứng tế vi (2) tăng khi tốc độ của chi tiết V_c tăng, bởi vì quá trình làm nguội vùng cắt xảy ra nhanh hơn, làm cho mức độ biến cứng tăng (có nghĩa là độ cứng tế vi tăng).



Hình 3. 13. Quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt (1), độ cứng tế vi (2), độ ôvan (3) và tốc độ của chi tiết gia công.

Độ ôvan thay đổi không đáng kể khi tốc độ của chi tiết tăng.

Chương 4

MÀI KHÔN

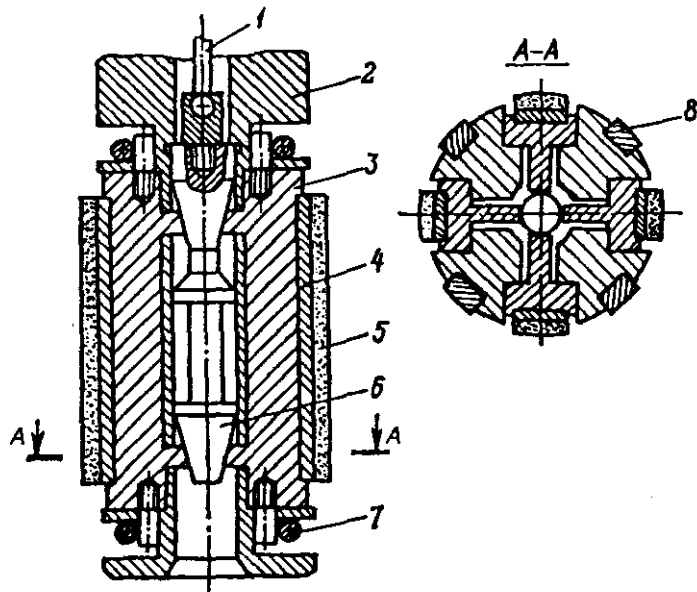
4.1. Bản chất và đặc tính của mài khôn.

Mài khôn là một trong những nguyên công để gia công tinh mặt trụ trong sau mài, tiện trong, doa và chuốt trong sản xuất hàng loạt và hàng khối. Mài khôn cho phép nâng cao độ chính xác kích thước, giảm sai số hình dáng hình học và độ nhám bề mặt gia công. Độ chính xác kích thước sau mài khôn đạt cấp 2-3, còn độ nhám $R_a=0,08\div 0,32\mu\text{m}$.

Mài khôn được thực hiện bằng các thỏi đá khôn được gá trên cơ cấu chuyên dùng gọi là đầu khôn. Số lượng và kích thước của các thỏi đá khôn phụ thuộc vào kích thước của lỗ gia công và kết cấu của đầu khôn. Trong quá trình gia công đầu khôn thực hiện chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến đi lại dọc theo lỗ gia công. Để hút lượng dư các thỏi đá khôn phải có ăn dao hướng kính.

Hình 4.1 là một loại đầu khôn điển hình.

Chi tiết chủ yếu là thân đầu khôn 2. Thân đầu khôn 2 có bốn rãnh để lắp các thanh góoc 3, trong các rãnh của các thanh góoc 3 có lắp các miếng đệm 4 để gá các thỏi đá khôn 5. Các thanh góoc 3 luôn luôn được kéo vào tâm của đầu khôn nhờ lò xo vòng 7. Trong lỗ của đầu khôn có lắp đòn rút



Hình 4.1. Kết cấu của đầu khôn

1-trục nối; 2-thân đầu khôn; 3- thanh góoc; 4- miếng đệm; 5-thỏi đá khôn; 6-đòn rút ống côn dần hồi; 7- lò xo; 8- thanh dẫn hướng

ống côn đàn hồi 6. Khi đòn rút ống côn dịch chuyển xuống phía dưới, các thanh guốc 3 được nở rộng ra khỏi tâm của đầu khôn, làm cho đường kính ngoài của đầu khôn tăng lên.

Thân đầu khôn 2 được nối lặc lư với trục chính của máy mài khôn. Thông qua trục nối 1 đòn rút ống côn đàn hồi 6 dịch chuyển dọc trục (nhờ cơ cấu thủy lực của máy), làm cho các thanh guốc 3 cùng các thỏi đá khôn 5 dịch chuyển theo phương hướng kính để thực hiện quá trình cắt. Sau khi gia công đòn rút ống côn đàn hồi trở về vị trí ban đầu ở phía trên nhờ các lò xo 7, còn các thanh guốc 3 cùng các thỏi đá khôn 5 dịch chuyển vào tâm của đầu khôn.

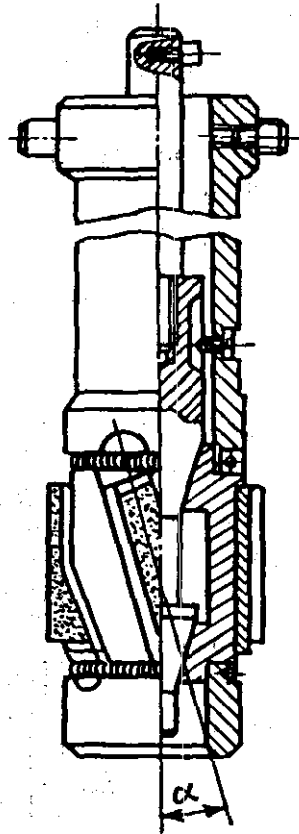
Các thanh dẫn hướng 8 có tác dụng dẫn hướng đầu khôn trong lỗ trước khi gia công. Các thanh dẫn hướng được gá trên đường kính nhỏ hơn đường kính lỗ khôn khoảng $0,3 \div 0,5 \text{ mm}$.

Các thỏi đá khôn được kẹp chặt trên các thanh guốc bằng các miếng đệm, vít, lò xo lá hoặc bằng keo dán.

Mài khôn được dùng để gia công các lỗ thông suốt, lỗ không thông suốt, trong đó kể cả lỗ trơn và lỗ gián đoạn (lỗ có rãnh then hoặc then hoa).

Hình 4.2 là kết cấu của đầu khôn để gia công lỗ then hoa. Kết cấu của đầu khôn này cũng tương tự như đầu khôn lỗ trơn nhưng các thỏi đá khôn được gá nghiêng một góc α . Góc nghiêng α được chọn sao cho đảm bảo ăn khớp cố định của rãnh then hoặc then hoa với ít nhất hai thỏi đá khôn cùng lúc.

Khi mài khôn lỗ không thông suốt thì trong lỗ phải có rãnh thoát dao (thoát khỏi đá khôn). Trong trường hợp lỗ không cho phép có rãnh thì khi mài khôn đáy rãnh có thể bị hẹp lại. Để khắc phục nhược điểm này, ở máy mài khôn



Hình 4.2. Kết cấu của đầu khôn lỗ gián đoạn

có lắp cơ cấu giảm tốc độ dịch chuyển dọc trục của lỗ và giữ cho đầu khôn quay khi đến đáy lỗ.

Trong kết cấu của đầu khôn lỗ không thông suốt các thỏi đá khôn được lắp nhô ra khỏi mặt đầu của đầu khôn.

Khác với nguyên công mài, trong quá trình mài khôn diện tích phần tiếp xúc của dụng cụ (đầu khôn) với bề mặt gia công lớn hơn nhiều lần. Do đó trong quá trình mài khôn cần có định vị toàn phần hoặc từng phần của bề mặt dụng cụ và lỗ gia công. Để đạt được mục đích này cần phải định vị dụng cụ trong lỗ gia công hai hoặc bốn bậc tự do.

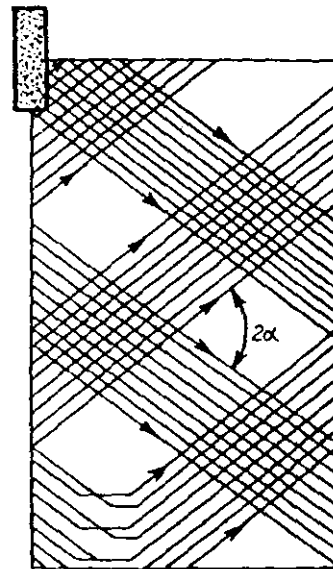
Các phương pháp công nghệ tiên tiến cho phép mài khôn nhiều lỗ đồng tâm cùng lúc trên chi tiết dạng hộp hoặc mài khôn nhiều chi tiết nhỏ cùng lúc.

Nếu các lỗ đồng trục trên chi tiết dạng hộp nằm cách nhau không xa, thì nên dùng đầu khôn có các thỏi đá mài hoặc thỏi kim cương dài. Trong trường hợp này để giảm độ không đồng tâm và sai số hình dáng hình học của lỗ, chiều dài của các thỏi đá khôn phải được chọn sao cho khi chúng ăn vào lỗ tiếp theo phải có chiều dài bằng một hoặc hai lỗ trước đó.

Nếu các lỗ đồng tâm trên chi tiết dạng trục nằm cách nhau xa thì cần phải đảm bảo dẫn hướng thật tốt cho đầu khôn. Ngoài ra, có thể dùng đầu khôn có nhiều hàng thỏi đá mài.

Để mài khôn lỗ dài (ở chi tiết dạng ống) người ta dùng các đầu khôn chuyên dùng. Các đầu khôn này có một số hàng thỏi đá khôn, do đó nó được gọi là đầu khôn nhiều dãy. Thông thường người ta dùng các đầu khôn có 2, 3 hoặc 4 dãy (hàng) đá khôn. Số thỏi đá khôn trong một hàng phụ thuộc vào đường kính của lỗ khôn và có thể là từ 4 đến 6.

Gần đây trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối người ta dùng phương pháp mài khôn mặt trụ ngoài. Phương pháp này được gọi là mài khôn bao mặt ngoài và dụng cụ trong trường hợp này gọi là đầu khôn chuyên dùng.



Hình 4.3. Sơ đồ tạo thành vết gia công khi mài khôn.

Trong quá trình mài khô, chuyển động quay và tịnh tiến khứ hồi của đầu khô làm cho mỗi thỏi đá khô khi tiếp xúc với bề mặt gia công tạo ra vết cắt dưới dạng mặt lưỡi (hình 4.3).

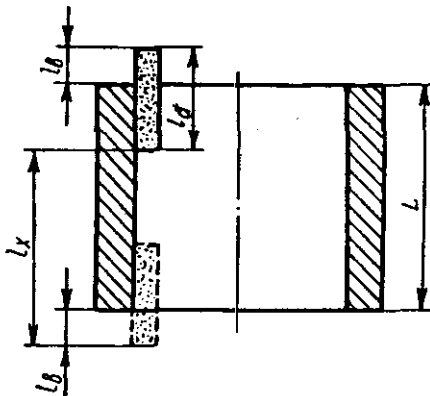
Đây là sơ đồ vết cắt khi triển khai bề mặt gia công bằng một thỏi đá khô sau một hành trình khứ hồi của đầu khô. Góc cắt nhau 2α phụ thuộc vào tỷ lệ giữa tốc độ quay và tốc độ tịnh tiến khứ hồi của đầu khô. Góc 2α là một trong những thông số chủ yếu của quá trình mài khô. Giá trị của góc 2α có ảnh hưởng lớn đến cường độ bóc tách kim loại và hiệu quả sửa sai số hình dáng hình học của lỗ gia công.

Khác với nguyên công mài, khi mài khô có số lượng hạt mài rất lớn tham gia vào quá trình cắt. Điều này cho phép nâng cao năng suất cắt mà áp lực lên bề mặt gia công không lớn. Tốc độ cắt khi mài khô thấp hơn khi mài. Trong quá trình mài khô ở vùng cắt dung dịch trơn nguội được tưới rất mạnh, do đó nhiệt độ cắt giảm, có nghĩa là có ảnh hưởng tốt đến chất lượng bề mặt gia công.

4.2. Chế độ cắt khi mài khô

Năng suất và chất lượng bề mặt của chi tiết được gia công bằng phương pháp mài khô phụ thuộc vào chế độ cắt và điều kiện gia công. Điều quan trọng nhất là phải xác định chính xác vật liệu và độ hạt của các thỏi đá khô, kích thước và chiều dài của hành trình chạy dao dọc, tốc độ tịnh tiến khứ hồi và tốc độ quay của đầu khô, áp lực của các thỏi đá khô lên bề mặt gia công và dung dịch trơn nguội. Chọn chế độ cắt phụ thuộc vào kết cấu và vật liệu của chi tiết gia công, độ nhám trước khi mài khô và yêu cầu kỹ thuật đối với bề mặt mài khô.

Chiều dài của các thỏi đá khô phụ thuộc vào chiều dài của lỗ gia công (hình 4.4). Nhìn chung, khi mài khô lỗ trơn, chiều dài thỏi đá khô $l_d = (0,5 \div 0,75)L$ (L -chiều dài của lỗ gia công). Khi mài khô lỗ ngắn ($L < d$), chiều dài thỏi đá khô $l_d = (1,0 \div 1,2)L$.



Hình 4.4. Sơ đồ xác định chiều dài hành trình của đầu khô.

Chiều dài nhô ra l_B khỏi mặt đầu lỗ của các thỏi đá được xác định theo công thức:

$$l_B = \frac{1}{3} l_d \quad (4.1)$$

Ở đây: l_d - chiều dài thỏi đá khôn (mm).

Như vậy, chiều dài hành trình l_x của đầu khôn :

$$l_x = L + 2l_B - l_d \quad (4.2)$$

Nếu thay l_B từ công thức (4.1) vào công thức (4.2) ta có:

$$l_x = L - l_B \quad (4.3)$$

Vì mài khôn được dùng để sửa sai số hình dáng hình học, đạt kích thước đường kính và giảm độ nhám bề mặt, cho nên mài khôn thường được thực hiện qua hai bước (hoặc hai nguyên công) thô và tinh.

Nguyên công thô có nhiệm vụ chủ yếu là giảm độ nhám bề mặt và khử sai số hình dáng hình học ở nguyên công trước để lại (độ côn, độ ô van, độ tang trống, độ sóng v.v). Lượng dư chủ yếu được hút ở nguyên công này.

Nguyên công tinh có nhiệm vụ đảm bảo độ chính xác kích thước, độ nhám và tính chất cơ lý của lớp bề mặt. Vì vậy, nguyên công này được thực hiện với áp lực và tốc độ cắt nhỏ hơn so với nguyên công thô. Với điều kiện gia công như vậy, biến dạng dẻo của lớp bề mặt tăng lên, do đó xảy ra quá trình chạy là bề mặt, làm cho độ nhám giảm.

Lượng dư ở nguyên công mài khôn thô phụ thuộc vào vật liệu gia công và độ chính xác của nguyên công sát trước. Lượng dư thường được chọn bằng 1,5÷2 lần lớn hơn sai số hình dáng hình học của nguyên công trước để lại và có giá trị trung bình bằng 0,05÷0,15mm.

Khi mài khôn tinh lượng dư cũng phụ thuộc vào vật liệu gia công và thường được chọn bằng 0,005÷0,03mm.

Lượng dư mài khôn có thể được chọn theo bảng 4.1 tùy thuộc vào sai số hình dáng hình học và độ nhám của nguyên công trước để lại.

Vật liệu hạt mài và độ hạt của chúng phụ thuộc vào vật liệu gia công, lượng dư gia công và độ nhám của bề mặt theo yêu cầu.

Các thỏi đá khôn thường được chế tạo từ côrun điện và cacbit silic. Thỏi đá khôn bằng côrun điện được dùng để gia công thép, gang dẻo (có độ

bền đứt cao), còn thổi đá khô bằng cacbit silic được dùng để gia công các loại vật liệu khác (có độ bền đứt thấp).

Khi mài khô thô, độ hạt của thổi đá khô thường chọn là (10÷16), còn khi mài khô tinh độ hạt nhỏ hơn (M5÷M40). Bảng 4.2 giới thiệu đặc tính của đá khô tùy thuộc vào lượng dư gia công, vật liệu gia công và độ nhám của nguyên công trước để lại.

Bảng 4.1. Lượng dư và số lượng nguyên công khi mài khô

Sai số hình dáng (μm)		Độ nhám bề mặt (μm)		Số lượng nguyên công	Lượng dư nguyên công	Kết quả sau khi mài khô	
Ở nguyên công trước	Theo yêu cầu	Ở nguyên công trước	Theo yêu cầu			Sai số hình dáng (μm)	Độ nhám bề mặt (μm)
100-150	4-5	$R_z=40-10$	$R_a=0,32-0,08$	1	150-200	15-20	2,5-0,63
				2	20-30	6-10	0,63-0,16
				3	12-15	4-5	0,32-0,08
50-90	3-4	$R_z=20-10$	$R_a=2,5-1,25$	1	80-120	10-18	2,5-0,63
				2	15-25	5-9	0,63-0,16
				3	8-12	3-4	0,32-0,08
25-40	2-3	$R_z=20-10$	$R_a=2,5-1,25$	1	50-70	8-12	1,25-0,32
				2	12-15	4-6	0,63-0,16
				3	6-12	2-3	0,32-0,08
12-15		$R_a=2,5-0,63$		1	20-35	5-9	1,25-0,16
				2	10-12	2-3	0,32-0,08
6-12	1-2			1	15-20	2-4	0,63-0,16
				2	4-6	1-2	0,32-0,08

Đá khô bằng kim cương được dùng để gia công chi tiết bằng thép nhiệt luyện, gang, hợp kim cứng và khi mài khô tự động hoặc khi có cơ cấu kiểm tra tích cực (kiểm tra trong quá trình gia công). Mài khô bằng đá kim cương cho phép nâng cao độ chính xác hình dáng hình học và giảm độ nhám bề mặt gia công, bởi vì quá trình gia công trong trường hợp này rất ổn định.

Mài khôn bằng đá mài cacbit bo được dùng để gia công thép nhiệt luyện và các vật liệu khó gia công. Chọn vật liệu đá khôn kim cương và đá khôn cacbit bo và độ hạt của chúng phụ thuộc vào vật liệu gia công và đặc tính của nguyên công mài khôn (bảng 4-3).

Bảng 4.2. Chọn đặc tính thời đá khôn phụ thuộc vào lượng dư gia công, vật liệu chi tiết và độ nhám của nguyên công sát trước để lại

Vật liệu gia công	Lượng dư gia công (μm)	Độ nhám bề mặt R_a (μm)		Đặc tính thời đá khôn
		Của nguyên công trước để lại	Sau khi mài khôn	
Thép không nhiệt luyện	0,04-0,07	2,5	0,06	63C10CT2-T1K; 24A10C2-CT2K 63CM40CT2-T2K; 63C4CT2-T2K
	0,02-0,04	1,25	0,63	
Thép nhiệt luyện	0,003-0,005	0,63	0,16	63CM14-M28CT1-CT2K 24A10CT1-CT2K 24A6C2-CT2K; 24A5C2-CT2K 63C3-5C1-CT1K; 24A3-5C1-CT1K
	0,08-0,14	2,5	1,25	
	0,04-0,08	2,5	0,63	
	0,03-0,04	1,25	0,32	
	0,01-0,03	1,25	0,32	
Gang xám	0,08-0,16	5,0	2,5	63C12-16T1-T2K 63C10T1-T2K 63C10CT2-T2K 63C6CT2-T2K 63CM20-M28CT2-T2K 63CM14-M20CT2-T2K 63C16T1-T2K
	0,05-0,08	2,5	1,25	
	0,03-0,05	2,5	1,25	
	0,02-0,03	1,25	0,63	
	0,005-0,008	0,63	0,32	
	0,005-0,008	0,63	0,16	
	0,08-0,16	2,5	1,25	
Gang xám nhiệt luyện	0,04-0,08	1,25	0,63	63C10-12T1-T2K 63CM40CM2-C2K; 63CM4CM2-C2K
	0,01-0,03	0,63	0,32	

Thông số có ảnh hưởng lớn đến năng suất và độ nhám bề mặt khi mài khôn là tỷ số giữa tốc độ quay của đầu khôn V_k và tốc độ tịnh tiến khứ hồi của nó V_t . Tỷ số này được đặc trưng bằng hệ số K:

$$K = \frac{V_t}{V_k} \quad (4.4)$$

Khi hệ số K giảm, cường độ bóc tách kim loại tăng, do đó độ nhám bề mặt tăng. Vì vậy mục đích của nguyên công mài khôn thô là hút phần lượng dư chủ yếu, không đặt vấn đề giảm độ nhám bề mặt, do đó gia công được thực hiện với tốc độ dịch chuyển khứ hồi cực đại (tốc độ này thường nằm trong khoảng 15÷20 m/ph). Khi mài khôn tinh, mục đích chủ yếu là giảm độ nhám bề mặt, do đó lượng kim loại được hút đi không lớn.

Hệ số K được chọn như sau: khi mài khôn thép $K=3 \div 5$, còn khi mài khôn gang $K=2 \div 4$ (giá trị K lớn được chọn cho vật liệu qua nhiệt luyện).

Bảng 4.3. Độ hạt của đá khôn phụ thuộc vào lượng dư và vật liệu gia công

Lượng dư đường kính (mm)	Vật liệu gia công					
	Thép tôi cải thiện	Thép nhiệt luyện	Gang xám	Gang xám nhiệt luyện	Crôm	Hợp kim nhôm
0,15	200/160	200/160	315/250	200/160	-	-
	160/125		250/200			
0,10	160/125	160/125	200/160	200/160	-	-
	125/100		160/125			
0,08	125/100	125/100	160/125	160/125	100/80	200/160
	100/80		125/100			
0,06	100/80	100/80	125/100	125/100	100/80	160/125
			100/80			
0,04	80/63	80/62	80/63	80/63	63/50	80/63
	63/50					
0,02	63/50	63/50	40/28	40/28	63/50	80/63
	40/28					
0,01	28/20	40/28	28/20	28/20	40/28	40/28
0,005	20/14	28/20	20/14	20/14	28/20	10/7

Bảng 4.4 là chế độ mài khôn bằng đá kim cương, còn bảng 4.5 là chế độ mài khôn bằng đá mài thông thường.

Áp lực của các thỏi đá khôn (đá thường hoặc đá kim cương) lên bề mặt gia công khi mài khôn thô phụ thuộc vào vật liệu gia công $P = 1,0 \div 1,5$ MPa, còn khi gia công tinh $P = 0,4 \div 0,8$ MPa. Đối với thép nhiệt luyện và vật

liệu có độ cứng cao thì áp lực có thể cho phép lớn hơn áp lực khi mài khô thép chưa nhiệt luyện và vật liệu mềm.

Bảng 4.4. Chế độ cắt khi mài khô bằng đá kim cương

Vật liệu gia công	Đặc tính nguyên công	V_k (m/ph)	V_t (m/ph)	P(MPa)	S (mm/hành trình kép)
Gang xám có nhiệt luyện	Thô	50-80	16-18	1,30-1,50	-
	Bán tinh	45-70	16-18	1,30-1,50	
	Tinh	40-50	12-16	0,50-0,90	
Gang xám	Thô	50-80	15-18	0,80-1,20	2-3
	Tinh	40-70	8-12	0,40-0,60	0,6-0,8
Thép không nhiệt luyện	Thô	25-35	6-12	0,40-0,60	1-2
	Tinh	25-35	3-8	0,20-0,40	0,4-0,6
Thép nhiệt luyện	Thô	40-50	5-8	0,80-1,40	1-3
	Tinh	40-55	4-6	0,40-0,80	0,4-0,6
Crom	Thô	12-20	6-8	0,40-0,60	-
	Tinh	12-20	5-7	0,30-0,50	
Hợp kim nhôm	Tinh	20-25	10-12	0,30-0,40	-

Bảng 4.5. Chế độ cắt khi mài khô bằng đá mài thông thường

Vật liệu gia công	Đặc tính nguyên công	V_k (m/ph)	V_t (m/ph)	P (MPa)
Gang xám có nhiệt luyện	Thô	50-80	15-20	0,80-1,40
	Bán tinh	50-60	12-16	0,80-1,20
	Tinh	40-50	8-12	0,60-0,80
Gang xám	Thô	40-80	17-22	0,80-1,00
	Tinh	30-50	8-15	0,30-0,60
Thép không nhiệt luyện	Thô	15-30	8-12	0,40-0,80
	Tinh	10-30	5-7	0,20-0,40
Thép nhiệt luyện	Thô	20-40	5-8	1,00-1,50
	Tinh	20-30	4-7	0,60-1,00
Đồng thanh	Tinh	40-70	4-8	0,30-0,50

Dung dịch trơn nguội khi mài khô bằng đá mài thông thường là dầu hoá có pha thêm 10÷25% dầu khoáng. Thành phần dầu khoáng trong dung dịch trơn nguội làm giảm cường độ bóc tách kim loại, nhưng nó lại làm giảm độ nhám bề mặt gia công. Vì vậy, dung dịch trơn nguội có pha thêm dầu khoáng chỉ nên dùng cho gia công tinh.

Khi mài khôn bằng đá mài kim cương, thành phần của dung dịch tron ngoài bao gồm dung dịch nước HCK-5, trong đó có khoảng 30% muối natri, 2,5% axit natri-nitơ, 2,5% natri-boxit, còn lại là nước.

Nguyên công mài khôn được thực hiện trên các máy mài khôn nằm ngang và thẳng đứng. Các máy này chủ yếu làm việc theo chu kỳ tự động. Chu kỳ làm việc của máy bao gồm: đẩy đầu khôn vào lỗ gia công, chuyển động quay và tịnh tiến khứ hồi (tịnh tiến đi lại) của đầu khôn, ăn dao hướng kính của các thoi đá khôn, chạy là (không tăng lượng ăn dao hướng kính), trở về vị trí ban đầu của cơ cấu ăn dao hướng kính và rút đầu khôn ra khỏi lỗ.

4.3. Chất lượng bề mặt và phạm vi ứng dụng của mài khôn

Mài khôn có ưu điểm hơn so với các nguyên công gia công tinh khác là nó có thể sửa được sai số hình dáng hình học của nguyên công trước để lại. Lượng dư gia công lớn khi mài khôn cho phép ở nguyên công trước có thể không cần độ chính xác cao, bởi vì với lượng dư gia công lớn nguyên công mài khôn có thể đảm bảo được độ chính xác yêu cầu.

Để đánh giá hiệu quả sửa lại sai số hình dáng hình học người ta dùng hệ số K_0 :

$$K_0 = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta D} \quad (4.5)$$

Ở đây :

Δ_1, Δ_2 – sai số hình dáng hình học trước và sau khi gia công;

ΔD – lượng kim loại được bóc tách theo đường kính trong thời gian gia công (mm).

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy mức độ sửa lại sai số hình dáng hình học phụ thuộc vào áp lực. Ví dụ, khi mài khôn lỗ của bánh răng thép nhiệt luyện bằng đá khôn kim cương A200-160M1 100% với $\Delta_1=0,05\text{mm}$, hệ số sửa lại sai số hình dáng hình học (khi áp lực $P=0,5\text{MPa}$) $K_0=0,4$, còn khi $P=2,6\text{MPa}$ thì $K_0=0,59$.

Độ chính xác hình dáng hình học của chi tiết gia công còn phụ thuộc vào kết cấu của đầu khôn, độ cứng vững của nó và các điều kiện gia công. Độ chính xác hình dáng hình học khi mài khôn lỗ nằm trong khoảng $1\div 5\mu\text{m}$. Khi tăng số lượng các thoi đá khôn trên đầu khôn thì độ chính xác hình dáng

hình học tăng. Vì vậy khi có điều kiện nên chọn đá khôn có nhiều thoi đá khôn.

Nếu khi mài vết gia công trên bề mặt có hướng xác định và nó phụ thuộc vào chiều quay của đá mài thì khi mài khôn trên bề mặt tạo ra vết gia công có dạng lưới với các thông số có thể được điều chỉnh nhờ chế độ cắt, do đó có thể ảnh hưởng tới đến tính chất sử dụng của chi tiết. Mật độ phân bố độ nhám tế vi trên bề mặt khôn cao hơn nhiều so với bề mặt mài. Bán kính đỉnh của độ nhám tế vi trên bề mặt khôn cũng lớn hơn so với bề mặt mài. Tất cả những đặc tính này xác định diện tích rất lớn phần vật liệu của bề mặt khôn, do đó tính chất sử dụng của chi tiết trong điều kiện ma sát tăng lên.

Nguyên công trước khi mài khôn thường là mài. Khi mài trên lớp bề mặt của chi tiết xuất hiện ứng suất dư kéo. Nhiệt độ cắt khi mài rất lớn, gây ra những vết nứt, vết cháy và các khuyết tật khác. Do mài khôn hút được lượng dư lớn cho nên phần lớn các khuyết tật của nguyên công mài để lại có thể được khử hết. Áp lực và tốc độ cắt thấp, điều kiện dung dịch trơn nguội tốt, tạo điều kiện để giảm nhiệt độ cắt khi mài khôn. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy nhiệt độ khi mài khôn không vượt quá $400^{\circ}\div 430^{\circ}\text{K}$. Trong những điều kiện này trên lớp bề mặt khi mài khôn xuất hiện ứng suất dư nén (có thể đạt $0,7\div 1,0\text{ GPa}$). Chiều sâu lớp có ứng suất dư đạt $5\div 10\mu\text{m}$ và ứng suất dư lớn nhất tập trung ở độ sâu $1\div 1,5\mu\text{m}$.

Khi mài khôn cũng xảy ra hiện tượng biến cứng, làm cho độ cứng tế vi tăng lên $20\div 40\%$ so với độ cứng ban đầu. Điều này chứng tỏ quá trình chạy là các nhấp nhô tế vi, đặc biệt ở nguyên công mài khôn tinh khi tác động của hạt mài gây ra biến dạng dẻo kim loại.

Trong những năm gần đây người ta sử dụng ngày càng nhiều đá khôn kim cương vì chúng cho phép cắt với chế độ cắt cao đồng thời chúng có tuổi bền cao. Ví dụ, khi mài khôn chi tiết bằng gang và thép tuổi bền của đá khôn kim cương cao hơn $150\div 200$ lần so với tuổi bền của đá khôn thông thường. Ngoài ra, ở đá khôn kim cương quá trình bóc tách kim loại ổn định theo thời gian, do đó có thể hút được lượng dư lớn và sửa được nhiều sai số hình dáng hình học của chi tiết gia công. Mài khôn bằng đá kim cương cho phép đạt được độ ổn định của kích thước và chất lượng bề mặt cao hơn so với mài khôn bằng đá khôn thông thường. Hơn nữa, độ chính xác và chất lượng bề mặt của mài khôn bằng đá kim cương ít phụ thuộc vào sai số và độ nhám của nguyên công trước để lại và cũng ít phụ thuộc vào điều kiện gia công.

Vì vậy mài khôn bằng đá kim cương ở nguyên công tinh có khả năng thay thế cho các nguyên công: mài tròn trong, tiện trong, doa và nó đã trở thành phương pháp gia công tinh chủ đạo trong chế tạo máy.

Mài khôn nói chung (bằng đá khôn thông thường và đá khôn kim cương) được dùng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối để gia công mặt trụ trong của chi tiết nhằm đạt tính chất sử dụng cao.

Chương 5

MÀI NGHIÊN BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY

5.1. Đặc điểm của mài nghiên

Mài nghiên là một nguyên công mà trong đó quá trình cắt được thực hiện nhờ tác động của hạt mài nằm giữa các bề mặt của dụng cụ và chi tiết.

So với các nguyên công gia công tinh bằng hạt mài khác, mài nghiên có đặc điểm:

- Khi mài nghiên, bề mặt gia công chịu các tác động cơ khí và hoá học song song với nhau, nhờ đó mà các hạt mài kim loại được tách ra khỏi bề mặt gia công.

- Quá trình cắt được thực hiện nhờ tác động qua lại của chi tiết gia công với dụng cụ nghiên. Độ chính xác hình dáng hình học của bề mặt gia công phụ thuộc vào độ chính xác của dụng cụ và kích thước hạt mài. Hình dáng hình học của dụng cụ thay đổi trong quá trình cắt, làm cho các thông số của bề mặt gia công cũng thay đổi, vì vậy độ chính xác của mài nghiên bị giới hạn (bởi dụng cụ), trong khi đó độ chính xác gia công của các phương pháp gia công bằng hạt mài khác chỉ bị giới hạn bởi độ chính xác kích thước của máy và của dụng cụ.

- Trên bề mặt gia công xuất hiện những vết lộn xộn (không theo hướng xác định).

- Quá trình bóc tách kim loại được thực hiện chủ yếu nhờ những hạt mài hoặc hạt kim cương được gắn tạm thời trên bề mặt dụng cụ hoặc nằm ở trạng thái tự do trong vùng cắt.

- Trong quá trình cắt toàn bộ bề mặt gia công tiếp xúc với bề mặt dụng cụ, do đó quá trình bóc tách kim loại xảy ra liên tục trên toàn bộ bề mặt gia công. Hiện tượng này ảnh hưởng xấu đến quá trình đẩy phoi ra khỏi vùng cắt.

- Quá trình mài nghiên được thực hiện với chế độ gia công thấp. Ví dụ, áp lực nghiên nhỏ hơn áp lực mài khôn và mài khoảng từ 10 đến 100 lần và nhiệt độ trung bình trong vùng cắt không vượt quá 80°C.

Những đặc trưng trên đây của quá trình mài nghiên cho phép nâng cao chất lượng gia công, cải thiện tính chất cơ lý của lớp bề mặt, tăng diện tích tiếp xúc của các bề mặt lắp ghép lên gấp hai lần, tăng khả năng chống ăn mòn hoá học của bề mặt gia công.

Khi mài nghiền lớp bề mặt bị biến cứng và ở đó xuất hiện ứng suất dư nén (ứng suất dư có lợi). Khi cần thiết có thể giảm chiều sâu biến cứng xuống $2\div 5\mu\text{m}$, mức độ biến cứng xuống 10% và thay đổi cấu trúc lớp bề mặt ở độ sâu $1\mu\text{m}$ thay vì $8\mu\text{m}$ khi mài tinh.

Hình 5.1 là cấu trúc lớp bề mặt của chi tiết thép khi gia công bằng các phương pháp khác nhau.

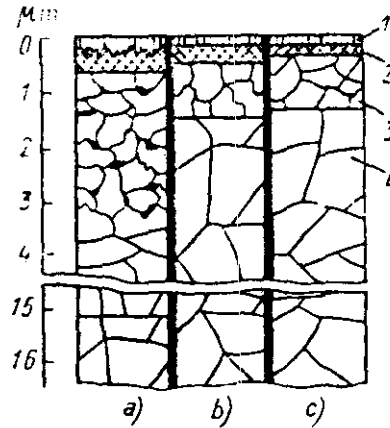
Trên bề mặt chi tiết sau khi gia công xuất hiện lớp biến dạng 1 (có chiều dày $0,0002\div 0,0003\mu\text{m}$) với các nguyên tử khí. Tiếp theo đó là lớp biến dạng 2 (có chiều dày $0,002\div 0,008\mu\text{m}$) gồm các oxit và nitrit (khi mài tinh và mài nghiền) hoặc là lớp màng mỏng có pha trộn hạt mài (khi mài nghiền). Lớp biến dạng 3 có chiều dày $5\div 15\mu\text{m}$ xuất hiện khi mài tinh và mài nghiền. Lớp không biến dạng 4 là lớp kim loại bên trong không chịu ảnh hưởng của quá trình gia công.

Khi mài nghiền chiều dày của các lớp 1, 2, 3 giảm dần và riêng ở lớp 3 độ biến dạng của các hạt kim loại là nhỏ nhất.

Để đạt được độ chính xác kích thước và hình dáng cao, độ nhám bề mặt thấp, mài nghiền được chia ra nhiều nguyên công hoặc nhiều bước. Các chi tiết có độ chính xác thấp được mài nghiền (nghiền) qua hai nguyên công, có nghĩa là nghiền thô và nghiền tinh, còn đối với chi tiết có độ chính xác cao cần phải nghiền qua $3\div 6$ nguyên công.

Khi nghiền có thể:

- Sử dụng máy có kết cấu đơn giản, bởi vì độ chính xác gia công chủ yếu phụ thuộc vào đặc tính kỹ thuật của dụng cụ nghiền.
- Gia công nhiều chi tiết cùng lúc và sử dụng máy nhiều vị trí.



Hình 5.1. Cấu trúc lớp bề mặt của chi tiết thép sau khi mài tinh (a), mài nghiền (b) và mài siêu tinh xác (c)
 1- lớp biến dạng có chiều dày $0,0002- 0,0003\mu\text{m}$; 2- lớp biến dạng có chiều dày $0,002-0,008\mu\text{m}$;
 3- lớp biến dạng có chiều dày $5-15\mu\text{m}$;
 4- lớp không biến dạng.

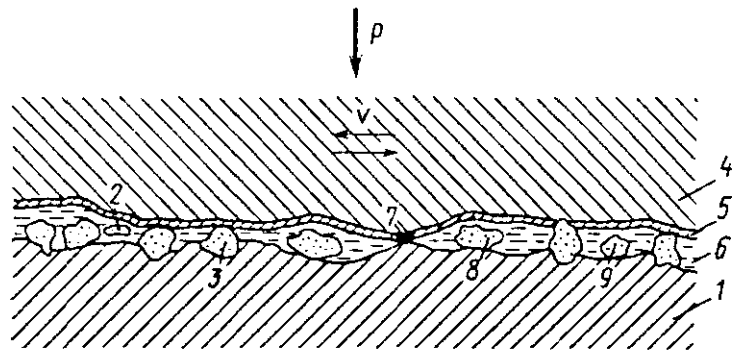
5.2. Bản chất vật lý của mài nghiền

Quá trình bóc tách kim loại (quá trình hình thành bề mặt) khi mài nghiền (khí nghiền) được thực hiện nhờ tác động của các hạt mài, các phản ứng xúc tác hoá học và bề mặt dụng cụ tới bề mặt gia công (hình 5. 2).

Quá trình hình thành bề mặt gia công (khi có tác động qua lại của bề mặt dụng cụ nghiền) xảy ra dưới tác dụng của ứng suất pháp tuyến và ứng suất tiếp tuyến. Trong trường hợp này các lớp kim loại mỏng chịu biến dạng dẻo đàn hồi, do đó dẫn đến các hiện tượng khác nhau:

- Tăng mật độ của các nguyên tử kim loại trên bề mặt gia công.
- Bề mặt bị biến cứng.

Các hạt mài nằm giữa các bề mặt của chi tiết gia công và dụng cụ nghiền có hai trạng thái: dính chặt trên dụng cụ nghiền hoặc ở trạng thái tự do. Quá trình bóc tách kim loại khi nghiền bằng các hạt mài



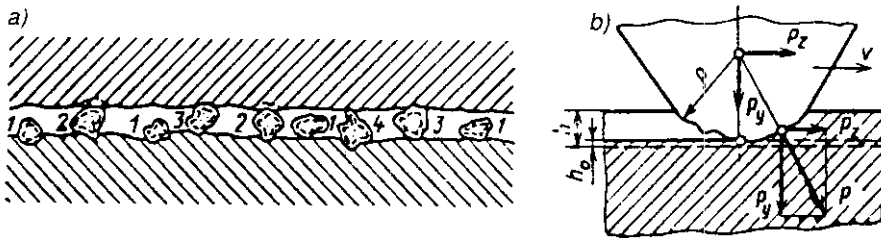
Hình 5.2. Sơ đồ mài nghiền

1- dụng cụ nghiền; 2- phôi; 3-hạt xúc tác hoá học; 4- chi tiết gia công; 5- lớp kim loại chịu tác dụng của hiện tượng hoá học; 6- chất lỏng có pha thêm chất xúc tác hoá học; 7- lớp kim loại chịu tác dụng của hiện tượng ma sát; 8-hạt mài di trượt; 9- mảnh vụn của hạt mài.

dính chặt trên dụng cụ nghiền xảy ra tương tự như khi mài và các phương pháp gia công bằng dụng cụ hạt mài khác (hình 5.3 a). Trong trường hợp này dưới tác dụng của lực P_x hạt mài bị nén vào bề mặt gia công, còn dưới tác dụng của lực P_y hạt mài thực hiện quá trình cắt kim loại (hình 5.3 b).

Trong trường hợp này quá trình bóc tách kim loại chủ yếu phụ thuộc vào tỷ lệ giữa độ cứng của hạt mài và độ cứng của vật liệu gia công. Nếu hạt mài có độ cứng thấp hơn độ cứng của vật liệu gia công thì quá trình bóc tách kim loại xảy ra ít nhất. Nếu độ cứng của hạt mài tăng lên so với độ cứng của vật liệu gia công thì năng suất bóc tách kim loại tăng lên. Với một tỷ lệ nào

đó của các độ cứng (của hạt mài và của chi tiết gia công) thì năng suất bóc tách kim loại đạt giá trị lớn nhất. Kết quả của một số nghiên cứu thực nghiệm cho thấy tỷ lệ $\frac{H_{ct}}{H_{hm}}=0,75$ cho phép đạt năng suất bóc tách kim loại cao nhất (ở đây: H_{ct} - độ cứng của chi tiết gia công; H_{hm} - độ cứng của hạt mài).



Hình 5. 3. Sơ đồ profin của dụng cụ nghiền (a) và tác dụng lực của hạt mài lên bề mặt gia công (b)

1-hạt mài chưa tham gia vào quá trình gia công; 2-hạt mài thực hiện quá trình nén đàn hồi; 3-hạt mài thực hiện quá trình nén dẻo; 4-hạt mài thực hiện quá trình cắt.

Chỉ tiêu thực hiện quá trình biến dạng chi tiết là độ ăn sâu tương đối vào bề mặt gia công $\frac{h}{\rho}$ của hạt mài (hình 5.3 b) (ở đây: h- độ ăn sâu của hạt mài vào bề mặt gia công; ρ - bán kính đỉnh của hạt mài). Rõ ràng là đối với từng điều kiện gia công cụ thể độ ăn sâu tương đối $\frac{h}{\rho}$ phụ thuộc trước hết vào lực P_y và bán kính đỉnh của hạt mài ρ . Một số kết quả thực nghiệm cho thấy khi tỷ lệ $\frac{h}{\rho} \geq 0,01$ xảy ra hiện tượng nén đàn hồi kim loại, có nghĩa là hiện tượng cọ xát của hạt mài với bề mặt gia công mà không có quá trình cắt phoi.

Độ ăn sâu tương đối của hạt mài vào bề mặt gia công khi biến dạng đàn hồi chuyển sang biến dạng dẻo được xác định theo công thức:

$$\frac{h}{\rho} \approx 200 \left(\frac{\sigma_T}{E} \right)^2 \quad (5.1)$$

Ở đây: σ_T - giới hạn chảy của vật liệu;
E- môđun đàn hồi của vật liệu.

Khi $0,01 < \frac{h}{\rho} < 0,1 \div 1,1$ xảy ra hiện tượng nén dẻo kim loại, còn khi

$\frac{h}{\rho} > 0,2 \div 2,0$ xảy ra quá trình cắt.

Khi nghiền bề mặt thép nhiệt luyện với chế độ gia công: áp lực nghiền $1,11 \text{ kG/cm}^2$, tốc độ của dụng cụ nghiền 7m/phút , lúc đầu xảy ra quá trình cắt với xác suất $0,6 \div 0,7$, sau đó dần dần chuyển sang quá trình nén dẻo kim loại với xác suất cắt chỉ còn $0,1 \div 0,3$.

Khi tăng tính dẻo của kim loại gia công giá trị $\frac{h}{\rho}$ (để tạo ra quá trình cắt) cũng tăng theo. Ví dụ, khi mài nghiền chi tiết bằng thép 40 nhiệt luyện, tỷ lệ $\frac{h}{\rho}$ nằm trong khoảng $0,25 \div 0,66$.

Để đánh giá khối lượng kim loại được bóc tách thành phoi người ta dùng hệ số tạo phoi K_p . Hệ số K_p bằng tỷ số giữa thể tích kim loại chuyển thành phoi và toàn bộ thể tích của kim loại bị cào xước. Hệ số K_p tăng khi tính dẻo của kim loại và bán kính đỉnh của hạt mài giảm. Hệ số K_p cũng tăng khi tốc độ cắt tăng. Hệ số K_p nằm trong khoảng $0 \div 1$.

5.3. Đặc tính chủ yếu của hạt mài

Hạt mài là hạt khoáng chất tự nhiên hoặc nhân tạo có kích thước rất nhỏ. Khi nghiền thường sử dụng:

-Kim cương tự nhiên, côrun, ruôt ráp...

-Kim cương nhân tạo, enbo, cacbit bo, corun điện, cacbit silic, các loại ôxit crôm, ôxit sắt, ôxit nhôm...

Tính chất cơ của hạt mài là độ cứng. Độ cứng được đặc trưng bằng khả năng thâm nhập của hạt mài vào vật liệu gia công và phá huỷ bề mặt gia công, đồng thời chống lại hiện tượng nghiền vụn bề mặt gia công dưới tác dụng của ngoại lực.

Tùy thuộc vào độ cứng, vật liệu hạt mài được chia ra các nhóm sau đây: độ cứng cao, độ cứng trung bình và độ cứng thấp. Bảng 5. 1 là các đặc tính chủ yếu và phạm vi ứng dụng của các loại vật liệu hạt mài.

Bảng 5.1. Đặc tính và phạm vi ứng dụng của các loại vật liệu hạt mài

Nhóm độ cứng	Ký hiệu	Đặc tính của vật liệu hạt mài		Phạm vi ứng dụng
		Thành phần hoá học	Độ cứng tế vi	
Độ cứng cao	ACM và AM	C	8600-10060	Để nghiên hợp kim cứng, hợp kim gốm
	ACH và AH	C	8600-10060	Để nghiên hợp kim cứng, hợp kim gốm.
	ЭБ, Э9, Э8	98%Al ₂ O ₃	2360-2400	Để nghiên vật liệu thép
	Э, Э4, Э3, Э2	92-95%Al ₂ O ₃	2000-2200	Để nghiên vật liệu thép
Độ cứng trung bình	Cácbit Bo	85-94%BrC	3350-4300	Để nghiên hợp kim cứng và thép nhiệt luyện
	K36, K4	97-98%SiC	2900-3500	Để nghiên thép gang và hợp kim màu
Độ cứng thấp	OX	Cr ₂ O ₃	-	Để nghiên thép
	OX	Fe ₂ O ₃	-	Để nghiên gang

Đặc tính chủ yếu của các hạt mài là độ hạt, hình dáng hình học, trạng thái bề mặt, thành phần khoáng chất, khả năng cắt. Độ hạt đặc trưng cho độ lớn của hạt mài và kích thước của nó.

Các hạt mài có kích thước hơn 28μm cũng được dùng để nghiên. Các loại hạt mài này được dùng để nghiên thô bề mặt. Hình dáng của hạt mài rất đa dạng. Ví dụ, hạt mài côrun điện và cacbit silic có hình dạng như một khối đa cạnh với kích thước của các cạnh không giống nhau.

Trạng thái của bề mặt hạt mài được đặc trưng bằng độ nhám bề mặt, hình dáng cạnh sắc và đỉnh (thẳng, cung tròn v.v). Hạt mài với góc nhọn và bán kính đỉnh nhỏ có khả năng thâm nhập vào bề mặt gia công một cách dễ dàng đồng thời tăng khả năng bóc tách kim loại và nâng cao độ bóng bề mặt.

Góc sắc ở đỉnh hạt mài thường có giá trị trong khoảng $40 \div 145^\circ$, trong đó các góc sắc $>90^\circ$ chiếm $70 \div 75\%$.

Thành phần chất khoáng (hay đặc tính chất khoáng) được xác định bằng phương pháp phân tích hoá học. Bằng cách phân tích này có thể phát hiện được thành phần chủ yếu của các hợp chất trong hạt mài. Tăng số lượng thành phần hợp chất sẽ không tạo ra được hạt mài có chất lượng cao.

Khả năng cắt của hạt mài là khả năng mà hạt mài có thể bóc tách kim loại trong những điều kiện gia công cụ thể. Khả năng cắt của hạt mài được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau và được đánh giá bằng các chỉ tiêu sau:

Tổng khối lượng kim loại được bóc tách cho đến khi hạt mài không còn khả năng cắt;

Khối lượng kim loại tương đối được bóc tách so với khối lượng kim loại được bóc tách bằng hạt mài chuẩn;

Khối lượng kim loại tương đối được bóc tách so với khối lượng của hạt mài.

5.4. Bột nghiền

Bột nghiền là hỗn hợp của hạt mài với một loại chất lỏng nào đó, ví dụ, dầu hoả, nước lã hoặc dầu công nghiệp.

Tùy thuộc vào loại vật liệu hạt mài mà bột nghiền được chia ra:

- Bột nghiền có độ cứng cao.
- Bột nghiền có độ cứng trung bình.
- Bột nghiền có độ cứng thấp.

Tùy thuộc vào kích cỡ, bột nghiền được chia ra:

- Loại hạt mài lớn.
- Loại hạt mài trung bình.
- Loại hạt mài nhỏ.

Bột nghiền có cấu tạo gồm hạt mài và chất lỏng. Tỷ lệ của hạt mài và chất lỏng dao động trong khoảng $1/5 \div 1/1$.

5.5. Yêu cầu đối với dụng cụ nghiền

Kết cấu và kích thước của dụng cụ nghiền phụ thuộc vào hình dáng và kích thước của bề mặt gia công, đồng thời cũng phụ thuộc vào thiết bị sản

xuất. Dụng cụ nghiền được dùng để gia công các mặt phẳng, mặt tròn ngoài, mặt tròn trong, mặt côn và các mặt định hình.

Tùy thuộc vào thiết bị sản xuất, dụng cụ nghiền được chia ra: dụng cụ nghiền tay và dụng cụ nghiền máy. Vật liệu của dụng cụ nghiền phụ thuộc vào vật liệu gia công và độ bóng bề mặt yêu cầu.

Vật liệu dùng để chế tạo dụng cụ nghiền thường là: gang, thép, đồng thau, đồng vàng, kính thủy tinh, cao su, da, gỗ v.v. Vật liệu dụng cụ nghiền phải đáp ứng được những yêu cầu sau đây:

-Dụng cụ nghiền phải có độ cứng thấp hơn độ cứng của vật liệu gia công.

-Khi nghiền, hạt mài có kích thước càng lớn thì dụng cụ nghiền phải có độ cứng càng lớn.

-Dụng cụ nghiền phải có tính chống mòn cần thiết.

-Hạt mài phải có khả năng bám chặt trên bề mặt của dụng cụ nghiền.

-Dụng cụ nghiền phải có tính chất ma sát tốt.

Dụng cụ nghiền bằng gang cho phép đạt năng suất và độ chính xác gia công cao hơn so với dụng cụ nghiền làm bằng vật liệu mềm hơn gang. Tuy nhiên, độ nhám bề mặt lại tăng so với dụng cụ nghiền làm bằng vật liệu mềm. Dụng cụ nghiền bằng gang được dùng để gia công vật liệu có độ cứng cao khi sử dụng bột nghiền có độ hạt lớn (độ hạt của hạt mài).

Dụng cụ nghiền bằng thép được dùng thay cho dụng cụ nghiền bằng gang trong những trường hợp khi mà độ bền của gang không đủ (khi gia công lỗ nhỏ hoặc khi cắt với lượng dư lớn). Dụng cụ nghiền bằng thép có năng suất gia công thấp hơn dụng cụ nghiền bằng gang nhưng nó lại có tuổi bền cao hơn, do đó khi nghiền bằng dụng cụ nghiền bằng thép bề mặt gia công có độ chính xác cao hơn.

Dụng cụ nghiền bằng đồng vàng (đôi khi có sử dụng lõi thép để tăng độ bền) được dùng để gia công chi tiết bằng bột nghiền có độ hạt trung bình và khi có yêu cầu cao về độ bóng bề mặt.

Dụng cụ nghiền bằng gỗ phíp được dùng để gia công chi tiết bằng bột nghiền có độ hạt trung bình và nhỏ để đạt độ bóng bề mặt cao.

Dụng cụ nghiền bằng da chỉ được dùng để đánh bóng bề mặt (bột nghiền có độ hạt rất nhỏ).

Bảng 5.2 cho biết cách chọn vật liệu dụng cụ nghiền phụ thuộc vào lượng dư nghiền và đặc tính của nguyên công nghiền (nghiền thô hay nghiền tinh).

Bảng 5.2. Chọn vật liệu của dụng cụ nghiền

Nguyên công nghiền	Lượng dư nghiền (mm)	Vật liệu dụng cụ nghiền	Độ nhám bề mặt gia công (μm)
Nghiền thô	0,05-0,02	Gang, thép	$R_a=0,16-0,63$
Nghiền bán tinh và nghiền tinh	0,02-0,01	Gang, kim loại màu	$R_a=0,04-0,16$
Nghiền siêu tinh	0,01-0,03	Gang	$R_a=0,02-0,08$ $R_z=0,05-0,1$

Dưới tác dụng của trọng tâm dụng cụ và lực nghiền, dụng cụ nghiền có thể bị biến dạng. Vì vậy dụng cụ nghiền phải có độ cứng vững và độ chính xác lắp ghép với máy cao.

Để giảm ứng suất dư thì phôi chế tạo dụng cụ nghiền phải được ủ. Quy trình ủ phôi dụng cụ nghiền bằng gang gồm các bước sau:

- Gia công cơ sơ bộ .
- Đưa phôi vào lò có nhiệt độ $>100^\circ\text{C}$.
- Nung nóng phôi đến nhiệt độ 450°C với tốc độ nung $60^\circ\text{C}/\text{giờ}$.
- Giữ phôi trong lò theo quy định: 1 giờ cho 25mm chiều dày phôi.
- Làm nguội phôi với tốc độ $\leq 40^\circ\text{C}/\text{giờ}$.
- Lấy phôi từ trong lò ra với nhiệt độ $\leq 80^\circ\text{C}$.

Khi gia công tinh dụng cụ nghiền cần phải tránh hiện tượng nung nóng cục bộ vì nung nóng cục bộ là nguyên nhân gây ra ứng suất dư. Để tránh nung nóng cục bộ, phương pháp gia công dụng cụ nghiền phẳng hợp lý nhất là bào bằng dao bào rộng bản với chiều sâu cắt $0,03\div 0,04\text{mm}$ trên máy bào có độ cứng vững cao.

5. 6. Dụng cụ nghiền mặt phẳng

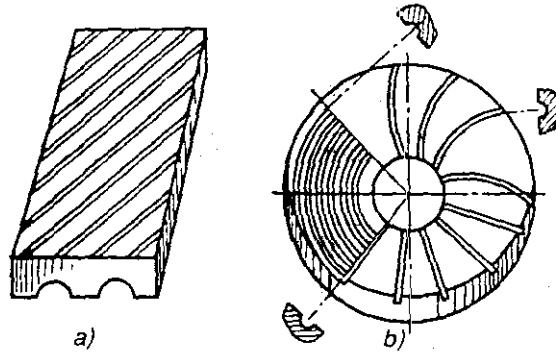
Dụng cụ nghiền mặt phẳng được chế tạo theo dạng tấm (hình 5.4a) và dạng đĩa tròn (hình 5.4b).

Dụng cụ nghiền dạng tấm được dùng để nghiền bằng tay hoặc bằng máy theo phương pháp chuyển động tịnh tiến đi lại. Còn dụng cụ nghiền

dạng đĩa tròn được dùng để nghiền bằng máy theo phương pháp chuyển động quay tròn.

Bề mặt dụng cụ nghiền có thể phẳng hoặc có các rãnh (hình 5.5).

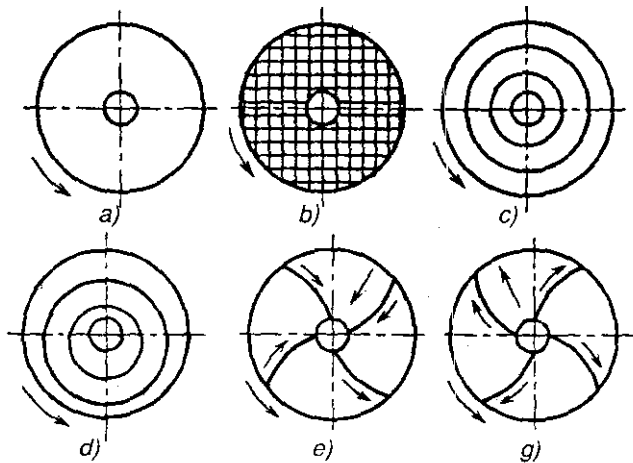
Khi nghiền bằng đĩa phẳng, quá trình cấp bột nghiền rất khó khăn, đặc biệt là ở vùng trung tâm đĩa nghiền. Cho nên các chi tiết được gia công bằng đĩa nghiền phẳng sẽ có profin lồi.



Hình 5. 4. Dụng cụ nghiền phẳng
a) dạng tấm;
b) dạng đĩa tròn.

Đĩa nghiền có rãnh cho phép bột nghiền đi tới tất cả các phần của bề mặt gia công. Nhờ có dịch chuyển của bột nghiền theo các rãnh của đĩa nghiền mà độ mòn của đĩa nghiền có thể được điều chỉnh một cách hợp lý.

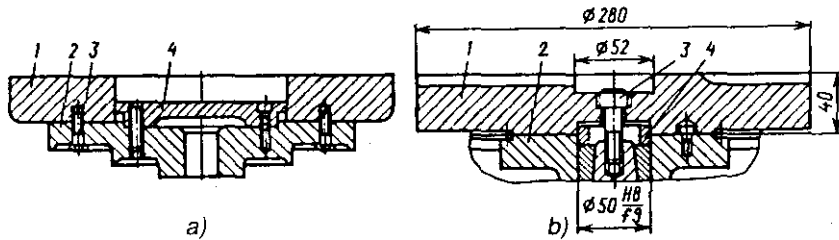
Đĩa nghiền có rãnh cho phép nâng cao độ chính xác và năng suất gia công (so với đĩa nghiền phẳng).



Hình 5. 5. Bề mặt dụng cụ nghiền
a) phẳng; b) rãnh lưới; c) rãnh vòng đồng tâm;
d) rãnh vòng lệch tâm; e) rãnh xoắn phải acsimet;
g) rãnh xoắn trái acsimet.

Độ chính xác của đĩa nghiền có ảnh hưởng đến độ chính xác của bề mặt gia công. Ví dụ, để gia công mặt phẳng có độ không phẳng $< 0,6\mu\text{m}$ thì đĩa nghiền phải có độ không phẳng $\leq 2\mu\text{m}$.

Trên các loại máy nghiền, đĩa nghiền được gá theo sơ đồ như hình 5. 6.

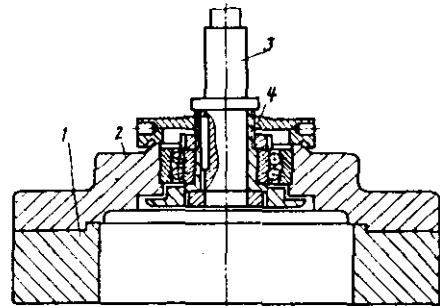


Hình 5. 6. Kẹp đĩa nghiền trên máy nghiền.

a) máy nghiền một đĩa; b) máy nghiền hai đĩa.

1-đĩa nghiền; 2- bàn máy; 3- vít kẹp; 4- vòng định tâm.

Đĩa nghiền 1 của máy nghiền một đĩa (hình 5. 6 a) hoặc đĩa nghiền dưới của máy nghiền hai đĩa (hình 5. 6b) được gá trên bàn máy (mâm quay) 2 của máy nghiền. Đĩa nghiền 1 được kẹp chặt với bàn máy 2 bằng các vít kẹp 3. Đĩa nghiền 1 được định tâm trên bàn máy bằng vòng định tâm 4.



Hình 5.7. Kẹp đĩa nghiền phía trên ở máy nghiền hai đĩa

1- đĩa nghiền; 2-mâm quay; 3-trục chính; 4-dai ốc.

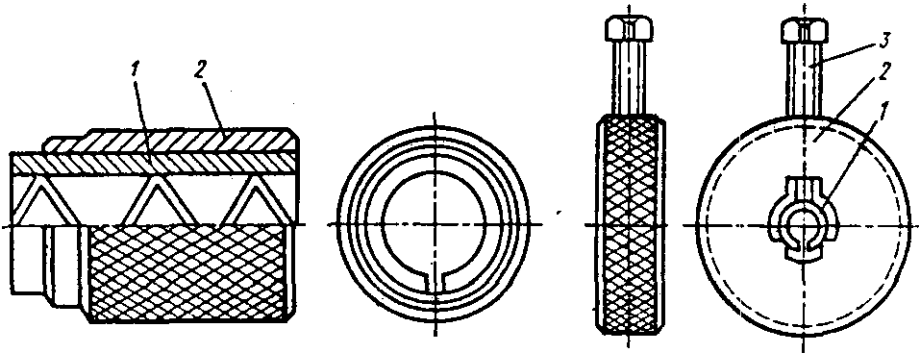
5. 7. Dụng cụ nghiền mặt trụ ngoài

Dụng cụ nghiền mặt trụ ngoài có thể là vòng nghiền, đĩa nghiền, tấm nghiền và trục nghiền (khi nghiền vô tâm). Bề mặt lỗ của vòng nghiền có đường kính $0,1 \div 0,15\text{mm}$ (khi nghiền thô) và $0,03 \div 0,08\text{mm}$ (khi nghiền tinh) lớn hơn đường kính của chi tiết gia công.

Vòng nghiền có hai loại: loại xẻ rãnh (loại điều chỉnh) và loại không xẻ rãnh (loại không điều chỉnh).

Loại xẻ rãnh (hình 5.8) có thể thay đổi đường kính trong và nó được dùng để gia công thô. Trên bề mặt vòng nghiền có xẻ rãnh xoắn (xoắn trái và

xoắn phải) với chiều sâu 0,3mm và chiều rộng 0,5mm. Các rãnh xoắn này có tác dụng tích bột nghiền và sau đó cấp bột nghiền cho bề mặt gia công.



Hình 5. 8. Vòng nghiền xẻ rãnh (điều chỉnh)

a) để nghiền chi tiết có chiều dài lớn; b) để nghiền chi tiết có chiều dài nhỏ.

1- vòng nghiền; 2- thân gá; 3- vít điều chỉnh.

Vòng nghiền không xẻ rãnh (không điều chỉnh) được dùng chủ yếu để gia công tinh bề mặt chi tiết. Vòng nghiền không xẻ rãnh có thể là vòng nghiền kim cương (ống kim cương).

Đĩa nghiền và tấm nghiền mặt trụ ngoài có kết cấu giống như đĩa nghiền và tấm nghiền mặt phẳng.

Bề mặt làm việc của đĩa nghiền và tấm nghiền mặt trụ ngoài có thể phẳng hoặc có rãnh chéo nhau 45° .

Trục nghiền để nghiền mặt trụ ngoài được dùng trên máy nghiền vô tâm. Độ chính xác của bề mặt trục nghiền có ảnh hưởng đến độ chính xác gia công.

5. 8. Dụng cụ để nghiền mặt trụ trong

Để nghiền mặt trụ trong người ta thường dùng bạc nghiền xẻ rãnh và trục gá bung hình côn (có khả năng điều chỉnh đường kính của bạc nghiền). Chiều dài phần làm việc của dụng cụ nghiền thường bằng $1,2 \div 1,5$ chiều dài lỗ gia công. Khi nghiền lỗ không thông suốt thì chiều dài của dụng cụ nghiền phải nhỏ hơn (chút ít) chiều dài của lỗ gia công.

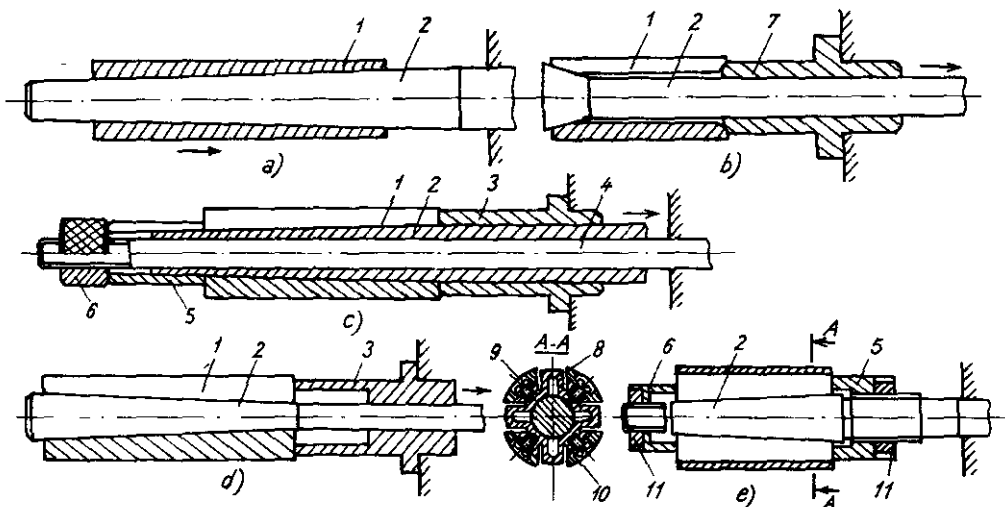
Tùy thuộc vào kết cấu, dụng cụ nghiền lỗ được chia ra: loại điều chỉnh và loại không điều chỉnh. Dụng cụ nghiền điều chỉnh được dùng để nghiền lỗ trụ có đường kính $> 5\text{mm}$. Dụng cụ nghiền loại này được chế tạo có cơ cấu điều chỉnh cơ khí, điều chỉnh thủy lực- khí nén và tự động điều chỉnh.

Hình 5. 9 là các loại dụng cụ nghiền điều chỉnh cơ khí. Kết cấu của chúng bao gồm bạc nghiền xẻ rãnh hoặc không xẻ rãnh và trục gá côn để thay đổi kích thước của bạc nghiền. Dụng cụ nghiền có bạc nghiền xẻ rãnh trên hình 5.9 a, b, c, d được dùng để nghiền lỗ có đường kính trong khoảng $5\div 30\text{mm}$, còn dụng cụ nghiền có bạc nghiền gợn sóng (hình 5.9 e) được dùng để nghiền lỗ có đường kính $>30\text{mm}$. Bạc nghiền và trục gá phải có độ chính xác hình dáng cao vì độ chính xác này có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng bề mặt gia công. Khi nghiền lỗ chính xác, độ đảo của bề mặt bạc nghiền phải nhỏ hơn $0,01\div 0,02\text{mm}$, còn sai số hình dáng của bạc nghiền theo tiết diện ngang và tiết diện dọc phải nhỏ hơn $0,01\text{mm}$.

Trong quá trình điều chỉnh (bạc nghiền dịch chuyển dọc theo trục gá côn) độ chính xác hình học giảm, đây chính là nhược điểm chủ yếu của loại dụng cụ này. Sai số này xảy ra là do mặt côn của trục gá và mặt côn trong của bạc nghiền không tương thích. Vì vậy khi đường kính ngoài của bạc nghiền tăng lên $0,005\div 0,015\text{mm}$ cần phải sửa lại bạc nghiền.

Đối với các dụng cụ nghiền trên hình 5.9 a, b, c, d khi cần điều chỉnh kích thước ta chỉ việc dịch chuyển bạc xẻ rãnh 1 dọc theo trục gá côn 2. Cữ chặn 3 và bạc chặn 5 có tác dụng xác định vị trí của bạc nghiền.

Trục 4 (hình 5. 9 c) được dùng để gá trục côn 2.



Hình 5. 9. các loại dụng cụ nghiền điều chỉnh

a, b, c, d) điều chỉnh bạc nhờ trục gá côn; e) dụng cụ nghiền có bạc gợn sóng;

1- bạc xẻ rãnh; 2- trục gá côn; 3- cữ chặn; 4- trục; 5- bạc chặn; 6- đai ốc chặn; 7- thân gá; 8- bạc gợn sóng; 9- vít kẹp; 10- thỏi gang; 11- đai ốc chặn.

Dụng cụ nghiền trên hình 5.9 b được điều chỉnh bằng phần côn ở một đầu của trục gá 2 và được tỳ vào mặt đầu của thân gá 7.

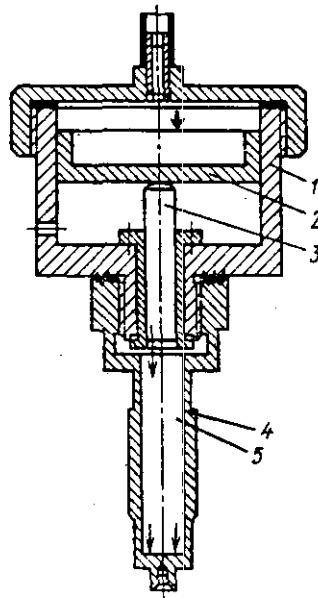
Kết cấu của dụng cụ nghiền trên hình 5.9e rất khác so với các dụng cụ nghiền khác. Bạc nghiền trong trường hợp này gồm bạc gợn sóng 8, trên đó có lắp các thỏi gang 10 nhờ các vít kẹp 9. Khi cần điều chỉnh bạc nghiền chỉ cần xoay các đai ốc 6, 11. Bạc chặn 5 có tác dụng làm chi tiết trung gian giữa bạc nghiền và đai ốc chặn 11 ở phía sau.

Hình 5. 10 là dụng cụ nghiền điều chỉnh thủy lực khí nén.

Nguyên lý điều chỉnh của dụng cụ nghiền này như sau: xylanh dầu ép 1 có pittông 2 dịch chuyển làm cho chốt 3 dịch chuyển, chốt 3 nén khí ở trong lỗ của bạc biến dạng 4. Như vậy, bạc 4 có thể thay đổi kích thước trong phạm vi nhỏ. Áp lực cần thiết để làm cho bạc 4 biến dạng là $50 \div 100 \text{ kg/cm}^2$. Dụng cụ nghiền loại này được dùng để nghiền lỗ có đường kính $> 12 \text{ mm}$, bởi vì nếu đường kính nhỏ hơn 12 mm cần phải có áp lực lớn và chiều dày của thành bạc 4 nhỏ. Nghiệm cứu thực nghiệm cho thấy sau khi nghiền lỗ có đường kính 20 mm và chiều dài 100 mm (chi tiết bằng thép XBF, HRC 60-62) bằng dụng cụ nghiền điều chỉnh thủy lực- khí nén (bạc nghiền bằng gang) độ không tròn (sai số hình dáng) của bề mặt gia công là $0,15 \div 0,2 \mu\text{m}$. Độ chính xác hình dáng hình học này không thua kém độ chính xác hình dáng hình học của các phương pháp khác. Tuổi bền của dụng cụ nghiền điều chỉnh thủy lực – khí nén cao hơn 2 lần so với các dụng cụ nghiền khác.

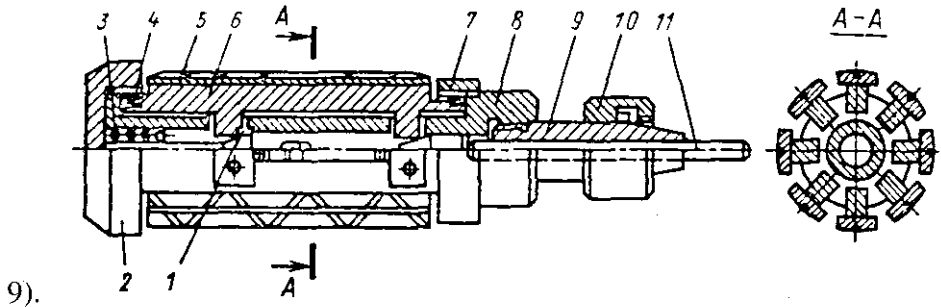
Hình 5.11 là dụng cụ nghiền tự điều chỉnh. Dụng cụ nghiền loại này được dùng để nghiền lỗ có đường kính lớn ($> 30 \text{ mm}$). Trong quá trình gia công, bạc nghiền 5 (áo nghiền) được điều chỉnh nhờ lò xo 4.

Hình 5. 12 là dụng cụ nghiền kim cương được dùng để gia công thô các lỗ có đường kính nhỏ. Dụng cụ nghiền kim cương được chế tạo theo nguyên lý



Hình 5. 10. Dụng cụ nghiền điều chỉnh thủy lực khí nén
1- vỏ xy lanh; 2-pittông; 3-chốt đẩy; 4-bạc biến dạng.

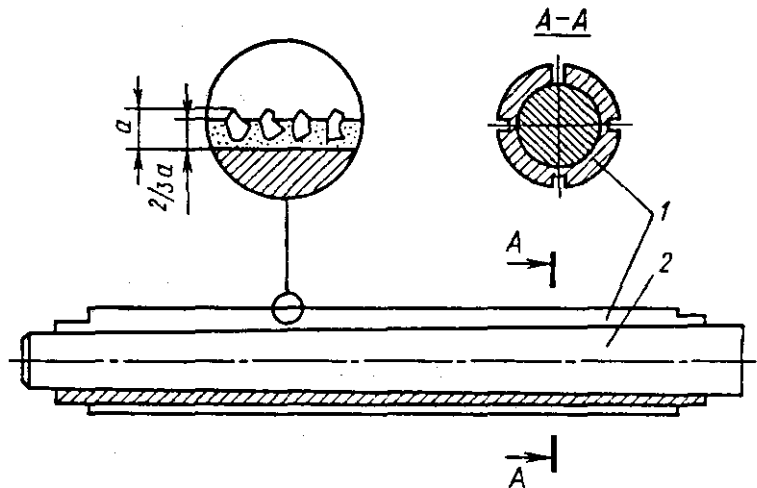
của dụng cụ nghiền điều chỉnh. Nó gồm bạc nghiền bằng thép 1 (trên đó có lớp hạt kim cương) và trục gá côn 2. Các hạt kim cương được gắn trên bề mặt bạc nghiền nhờ một lớp niken. Chiều dày của lớp niken bằng khoảng $2/3$ kích thước hạt. Dụng cụ nghiền kim cương cho phép đạt năng suất gia công cao và có khả năng tự mài sắc. Nghiệm cứu thực nghiệm cho thấy sau khi nghiền lỗ $\phi 10\text{mm}$, chiều dài 57mm (vật liệu bằng thép ШХ15, HRC 60-64) bằng dụng cụ nghiền kim cương thì độ côn và độ ôvan không vượt quá $2,5\mu\text{m}$. Độ nhám bề mặt sau khi nghiền $R_a=0,16\pm 0,32\mu\text{m}$ (tương đương cấp



Hình 5.11. Dụng cụ nghiền tự điều chỉnh

1- trục gá côn; 2, 7- vòng chặn; 3- lò xo chặn; 4- lò xo điều chỉnh;
5- bạc nghiền; 6- chi tiết dải quạt; 8- bạc; 9- chi tiết trung gian;
10- đai ốc; 11- đuôi dụng cụ.

Các dụng cụ nghiền không điều chỉnh (đường kính không thay đổi trong quá trình nghiền) được dùng để gia công các lỗ có đường kính nhỏ ($< 5\text{mm}$). Dụng cụ nghiền loại này gồm hai trục gá côn và bạc nghiền (áo nghiền) không xẻ rãnh.

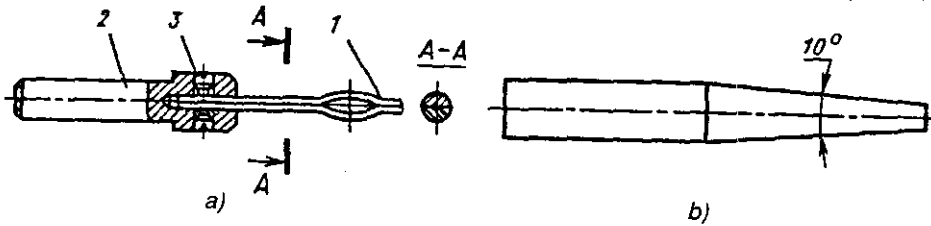


Hình 5.12. Dụng cụ nghiền kim cương

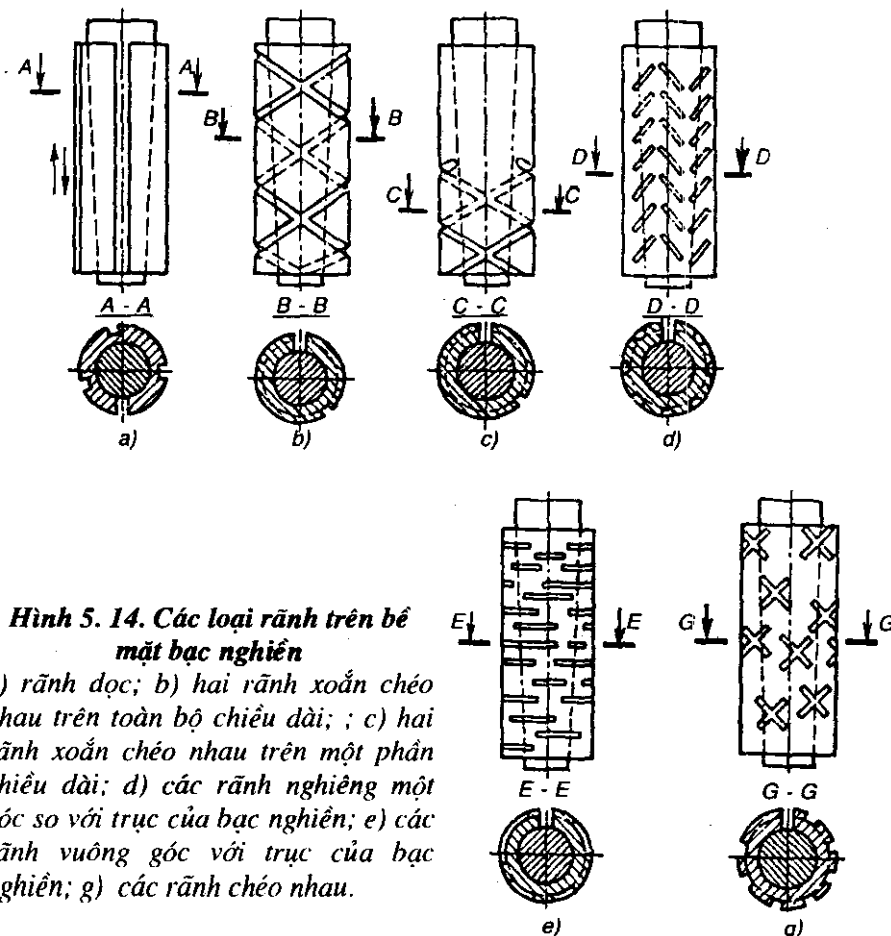
1- hạt nghiền; 2- trục gá côn.

Để gia công các lỗ nhỏ cũng có thể dùng dụng cụ nghiền lắp ghép đàn hồi hoặc nguyên khối (hình 5.13).

Hình 5.13a là dụng cụ nghiền lắp ghép đàn hồi (chi tiết đàn hồi 1, trục gá 2 và vít kẹp 3) được dùng để gia công lỗ có đường kính $1 \div 5\text{mm}$.



Hình 5.13. Dụng cụ nghiền lỗ có đường kính $\leq 5\text{mm}$
 a) dụng cụ nghiền lắp ghép đàn hồi; b) dụng cụ nghiền nguyên khối
 chi tiết biến dạng đàn hồi: 2- trục gá ; 3- vít kẹp.



Hình 5.14. Các loại rãnh trên bề mặt bạc nghiền

a) rãnh dọc; b) hai rãnh xoắn chéo nhau trên toàn bộ chiều dài; ; c) hai rãnh xoắn chéo nhau trên một phần chiều dài; d) các rãnh nghiêng một góc so với trục của bạc nghiền; e) các rãnh vuông góc với trục của bạc nghiền; g) các rãnh chéo nhau.

Còn hình 5.13b là dụng cụ nghiền nguyên khối được dùng để gia công các lỗ có đường kính $\leq 1\text{mm}$ (đường kính của dụng cụ nghiền lớn hơn lỗ gia công $0,05 \pm 0,1\text{mm}$). Để thuận lợi cho việc đưa dụng cụ nghiền vào lỗ gia công, đầu dụng cụ nghiền được vát côn.

Bề mặt bạc nghiền có thể có kết cấu trơn hoặc có nhiều dạng rãnh khác nhau (hình 5.14).

Bạc nghiền trơn (không có rãnh) có năng suất gia công thấp vì vậy nó được dùng để gia công tinh các lỗ có độ chính xác cao. Các rãnh trên bề mặt bạc nghiền cho phép nâng cao năng suất gia công. Các rãnh này là nơi tích bột mài để cấp dần dần cho mọi tiết diện của bề mặt gia công.

Độ chính xác gia công bằng bạc nghiền (hình 5.14a) có rãnh dọc không cao, tuy nhiên năng suất cắt của dụng cụ này khá cao. Các dụng cụ nghiền có rãnh nghiêng (hình 5.14d), rãnh vuông góc (hình 5.14e) và rãnh chéo nhau (hình 5.14b, g) cho phép đạt độ chính xác và độ bóng bề mặt cao. Để đạt độ chính xác gia công cao nhất và độ nhám bề mặt thấp nhất nên sử dụng bạc nghiền có các rãnh xoắn chéo nhau trên một phần của chiều dài bạc (hình 5.14c).

Bảng 5.3 là kết quả gia công chi tiết bằng phương pháp mài nghiền. Vật liệu gia công là thép 20X, độ cứng HRC 58-62, vật liệu bạc nghiền là gang, chế độ cắt: áp lực nghiền $P=1\text{kg/cm}^2$, tốc độ nghiền $V = 20\text{m/phút}$, thời gian nghiền $t = 5\text{phút}$.

Bảng 5.3. Kết quả gia công chi tiết 20X bằng mài nghiền, μm

Bạc nghiền	Độ nhám bề mặt $Ra(\mu\text{m})$	Độ côn của lỗ gia công	Chiều sâu của lớp kim loại được bóc tách
Bề mặt trơn	0,05-0,063	8-9	12
Bề mặt có rãnh xoắn chéo nhau trên toàn bộ chiều dài	0,125-0,16	6-8	20
Bề mặt có rãnh xoắn chéo nhau trên một phần chiều dài	0,063-0,08	1-3	18

Kích thước và khoảng cách của rãnh cũng có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng bề mặt. Khoảng cách giữa các rãnh phụ thuộc vào đường kính và chiều dài của bạc nghiền và thường được chọn trong phạm vi 2÷10mm.

5. 9. Dụng cụ nghiền lỗ côn

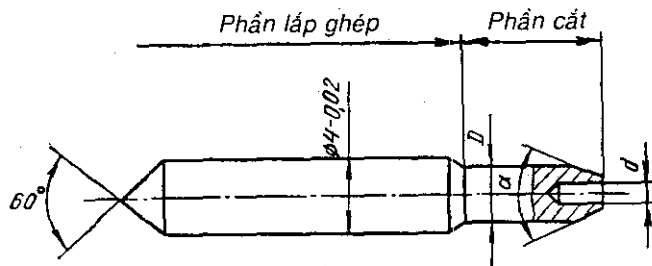
Kết cấu của dụng cụ nghiền lỗ côn được xác định bằng phương pháp và độ chính xác gia công. Dụng cụ nghiền lỗ côn là trục bằng gang có phần côn làm việc ở đầu. Hình 5.15 là kết cấu của dụng cụ nghiền lỗ côn trên máy nghiền chuyên dùng.

Đường kính D và d có ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt gia công.

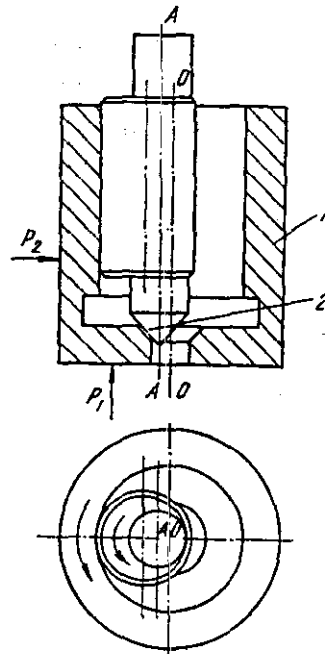
Hình 5.16 là dụng cụ nghiền lỗ côn có vị trí lệch tâm so với chi tiết

gia công. Trong quá trình gia công, chi tiết 1 quay xung quanh tâm của nó, còn dụng cụ nghiền 2 quay xung quanh tâm mặt côn làm việc A-A, làm cho nó luôn tiếp xúc với chi tiết gia công theo hướng trục và hướng kính với các áp lực P_1 và P_2 . Các áp lực này cho phép các mặt chuẩn tiếp xúc khít và dịch chuyển dọc theo đường sinh của mặt côn trên dụng cụ nghiền, nhờ đó mà chất lượng gia công được nâng cao.

Hình 5.17 là dụng cụ nghiền lỗ đa giác đều có góc côn α . Dụng cụ nghiền này gồm trục gá 2, bulông 1, các chi tiết hình dài quạt 3 và ống cao su 4. Số lượng chi tiết hình dài quạt 3 đúng bằng số cạnh của lỗ. Ống cao su 4 có tác dụng tạo ra tiếp xúc đàn hồi của các chi tiết dài quạt với bề mặt gia công. Vòng chặn 5 có tác dụng để lắp đầu

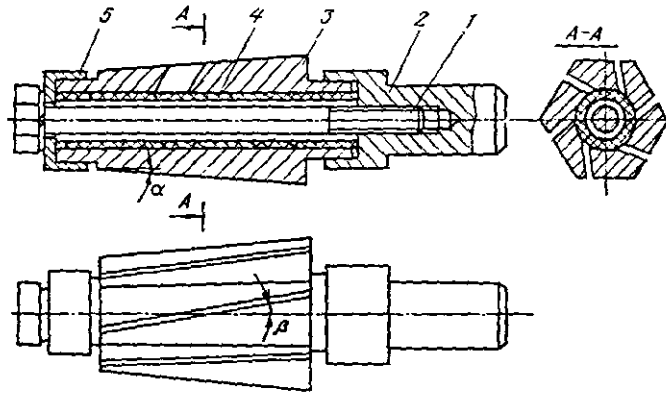


Hình 5. 15. Dụng cụ nghiền lỗ côn



Hình 5.16. Dụng cụ nghiền lỗ côn có mặt chuẩn lệch tâm
1- chi tiết gia công
2- dụng cụ nghiền

trái của các chi tiết dải quạt 3. Đầu phải của các chi tiết dải quạt 3 được lắp trong lỗ của trục gá 2. Ở giữa các chi tiết dải quạt có các rãnh dọc, nằm nghiêng một góc β so với tâm của dụng cụ nghiền. Điều chỉnh kích thước của dụng cụ nghiền được thực hiện nhờ bulông 1.

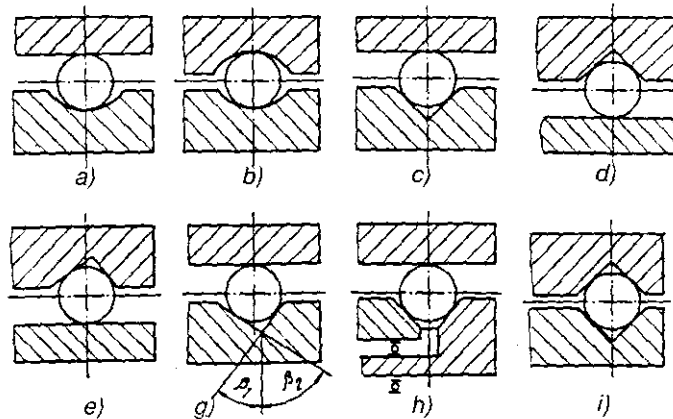


Hình 5. 17. Dụng cụ nghiền lỗ côn đa giác đều

1-bulông; 2- trục gá; 3- chi tiết dải quạt; 4- ống cao su; 5- vòng chặn.

5.10. Dụng cụ nghiền mặt cầu

Hiện nay ở các nhà máy sản xuất vòng bi phương pháp chính để nghiền bi là dùng hai đĩa nghiền: đĩa trên (thường cố định) và đĩa dưới (thường quay). Hình 5. 18 là các loại đĩa nghiền bi.



Hình 5. 18. Các loại đĩa nghiền bi

a, c, g, h- các rãnh vòng ở đĩa dưới; d, e) rãnh vòng ở đĩa trên;
b, i) rãnh vòng ở cả hai đĩa dưới và trên.

Có thể thấy: bi tiếp xúc với đĩa nghiền theo hai điểm (hình 5.18 a, b), ba điểm (hình 5. 18 c, d, e, g, h) và bốn điểm (hình 5.18 i).

Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy rãnh vòng (hình 5.18 a, b) tạo ra tiếp xúc theo hai điểm, làm giảm chất lượng gia công. Trong trường hợp này luôn luôn xảy ra khuyết tật ôvan và đa cạnh. Để nâng cao chất lượng gia công nên chế tạo đĩa nghiền có rãnh góc. Nếu rãnh góc ở đĩa nghiền dưới thì trường hợp tốt nhất là rãnh có profin không đối xứng với góc $\beta_1=35^\circ$ và $\beta_2=55^\circ$. Kết cấu của rãnh góc như vậy cho phép tăng tuổi bền của dụng cụ nghiền lên 10÷15%.

5.11. Các phương pháp nghiền

Nghiền được phân loại theo mức độ cơ khí hoá và trang bị dụng cụ.

Nghiền bằng tay được sử dụng trong sản xuất đơn chiếc (khi thiếu thiết bị) để gia công các chi tiết có hình dạng phức tạp và để phục hồi hoặc sửa chữa. Khi nghiền bằng tay, chuyển động cần thiết để thực hiện nguyên công được thực hiện bằng tay. Khi nghiền bằng tay độ chính xác và chất lượng bề mặt phụ thuộc vào kinh nghiệm của công nhân. Công nhân có tay nghề cao có thể nghiền chi tiết đạt độ chính xác kích thước và hình dáng hình học trong phạm vi $0,5\div 2\mu\text{m}$ và độ nhám bề mặt $R_z=0,025\div 0,1\mu\text{m}$.

Nghiền bán cơ khí được thực hiện trên các máy tiện, máy khoan hoặc các máy nghiền chuyên dùng. Trong trường hợp này, có một số chuyển động phụ (chuyển động khứ hồi, điều chỉnh áp lực nghiền, v...v) được thực hiện bằng tay. Nghiền bán cơ khí cho phép giảm khối lượng lao động 3÷5 lần so với nghiền bằng tay. Phương pháp nghiền bán cơ khí được sử dụng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ. Trong sản xuất hàng khối nghiền bán cơ khí được sử dụng khi lắp ráp (cân cạo sửa).

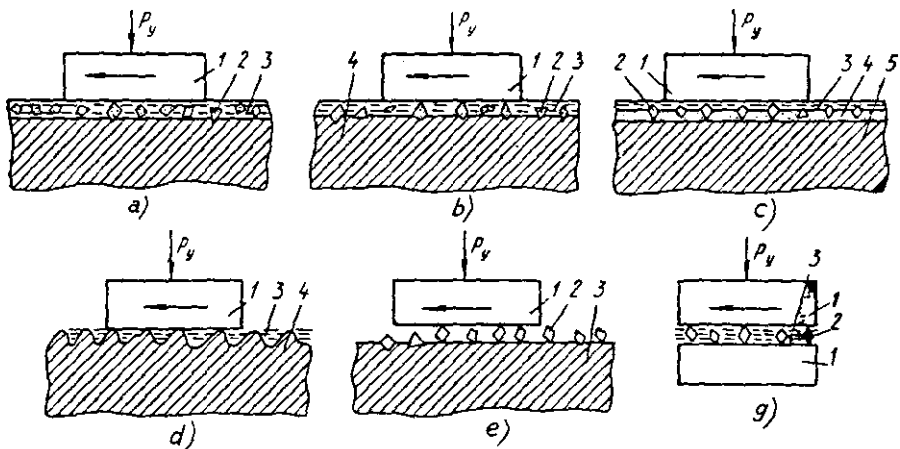
Nghiền cơ khí được thực hiện trên các máy nghiền vạn năng và chuyên dùng. Các máy này hoạt động theo chu kỳ tự động và bán tự động. Đây là phương pháp nghiền tiên tiến, có năng suất cao và nó được dùng để gia công nhiều loại bề mặt khác nhau. Công nhân trong trường hợp này chỉ thực hiện cấp, tháo phôi và kiểm tra chất lượng sản phẩm.

Nghiền rung là phương pháp gia công mới, nó được thực hiện nhờ truyền động cơ khí và truyền động rung hoặc chỉ do tác dụng của lực quán tính (còn gọi là nghiền quán tính). Trong trường hợp này chuyển động dao động bổ sung của dụng cụ nghiền hoặc của chi tiết cho phép tăng năng suất gia công lên khoảng 2 lần và giảm độ nhám bề mặt. Một ưu điểm khác của nghiền rung là dụng cụ mòn đều, do đó tuổi bền của nó tăng.

Nghiền bằng bột nghiền (hình 5. 19 a) có năng suất cao, tuy nhiên độ chính xác và độ bóng bề mặt giảm. Vì vậy, phương pháp nghiền này chủ yếu được dùng để gia công thô.

Nghiền bằng dụng cụ nghiền có gắn hạt mài (hình 5.19 b) có năng suất thấp, tuy nhiên độ chính xác và độ bóng bề mặt tăng. Phương pháp nghiền này được sử dụng để gia công và sửa chữa các đường kiểm tra và một số chi tiết phẳng khác.

Nghiền bằng hạt mài kim cương (hình 5.19 c) được thực hiện bằng dụng cụ nghiền nguyên khối có gắn lớp hạt mài kim cương. Phương pháp nghiền này có năng suất cao, tuy nhiên nhược điểm chính của phương pháp là sử dụng không hết hạt mài kim cương.



Hình 5. 19. Các sơ đồ mài nghiền

- a) nghiền bằng bột nghiền; b) nghiền bằng dụng cụ có gắn hạt mài;
 c) nghiền bằng hạt mài kim cương; d) nghiền không có hạt mài; e) nghiền khô;
 g) nghiền bằng hai chi tiết gia công với nhau; 1-chi tiết gia công;
 2-hạt mài; 3-chất lỏng; 4-dụng cụ nghiền; 5-vật liệu nền.

Nghiền không có hạt mài (hình 5.19 d) được dùng để gia công vật liệu mềm và vật liệu phi kim. Dụng cụ là đĩa nghiền bằng vật liệu kính gương có xẻ rãnh ở bề mặt làm việc. Dầu bôi trơn khi nghiền là bụi than hoặc điphuxit molipden v...v.

Nghiền khô (hình 5.19 e) được dùng để gia công bề mặt kính gương. Khi nghiền khô lớp kim loại được bóc tách nhờ các hạt mài có cạnh sắc, vì vậy trên bề mặt gia công để lại các vết xước. Khi nghiền khô, độ nhám bề mặt giảm 2÷3 lần so với nghiền “ướt”. Một trong những nhược điểm của nghiền khô là hiện tượng “cháy” dụng cụ nghiền (do ma sát ở những vị trí có nhiệt độ cao). Vì vậy, khi tốc độ và lực nghiền tăng thì xác suất “cháy”

dụng cụ nghiền cũng tăng. Ngoài ra, thời gian nghiền cũng là nguyên nhân gây ra “cháy” bề mặt của dụng cụ nghiền.

Nghiền bằng hai chi tiết gia công với nhau hay là nghiền phối hợp (hình 5.19g) được gọi là phương pháp gia công không dùng dụng cụ nghiền, có nghĩa là các chi tiết cọ sát với nhau nhờ dụng cụ nghiền là một trong hai chi tiết gia công. Phương pháp nghiền này được dùng khi lắp sửa hoặc khi cần độ kín khít cao mà phương pháp nghiền đơn lẻ không đảm bảo được độ chính xác kích thước và độ chính xác hình dáng hình học. Nhược điểm của phương pháp nghiền này là không đảm bảo tính lặp lại của các chi tiết ăn khớp với nhau.

5. 12. Các thông số của nghiền

Các thông số chủ yếu đặc trưng cho quá trình nghiền là:

- Năng suất gia công Q (chiếc/phút).
- Lượng kim loại được bóc tách trong một phút q (g/phút) hoặc ($\mu\text{m}/\text{phút}$).
- “Khả năng hạt mài” của dụng cụ nghiền L (μm).

Chỉ tiêu khả năng hạt mài của dụng cụ nghiền là lượng kim loại được bóc tách trong phạm vi tuổi bền của nó (của dụng cụ nghiền). Tuổi bền của dụng cụ nghiền được xác định bằng khoảng thời gian khi quá trình cắt (bóc tách kim loại) không thể thực hiện tiếp hoặc khi chất lượng bề mặt không đạt yêu cầu. Chất lượng bề mặt bao gồm: độ chính xác kích thước, độ nhám bề mặt, chiều sâu và mức độ biến cứng, ứng suất dư, v...v).

Chỉ tiêu (thông số) của quá trình nghiền phụ thuộc vào tổ hợp các yếu tố công nghệ tác động trong quá trình gia công. Các yếu tố này có liên quan với nhau rất chặt chẽ. Tùy thuộc vào đặc điểm của quá trình nghiền, các yếu tố công nghệ (có ảnh hưởng đến các thông số nghiền) được chia ra các nhóm sau đây:

- Tính gia công của vật liệu (tính chất cơ lý, thành phần hoá học của vật liệu, độ cứng của vật liệu, v...v).
- Đặc tính của dụng cụ nghiền (vật liệu và độ cứng của dụng cụ nghiền, vật liệu và độ hạt của hạt mài, tính chất của chất lỏng trong bột nghiền, tỷ lệ hạt mài trong bột nghiền).
- Chế độ gia công (tốc độ nghiền, áp lực nghiền, thời gian nghiền).

- Điều kiện nghiền (phương pháp nghiền, chuẩn bị bề mặt trước khi nghiền, v...v).

- Các yếu tố chủ quan của con người.

Lượng bóc tách kim loại q và độ nhám bề mặt R_z khi nghiền cũng như khi gia công tinh bằng các phương pháp khác được xác định bằng các công thức sau:

$$Q = C_Q \cdot V \cdot P^\gamma \cdot d^\delta \cdot W^\beta \cdot S^m \quad (5.2)$$

$$R_z = C_{RZ} \cdot \sqrt{d} \quad (5.3)$$

Ở đây: C_Q và C_{RZ} – các hệ số phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, hạt mài và các điều kiện gia công khác;

V - tốc độ nghiền (m/phút);

P - áp lực nghiền (kG/cm^2);

d - kích thước trung bình của hạt mài (mm);

W - tỷ lệ hạt mài trong bột nghiền tính theo khối lượng;

S - diện tích tiếp xúc của bề mặt gia công và bề mặt làm việc của dụng cụ nghiền (mm^2).

γ, δ, β, m – các số mũ ($\gamma = 0,7 \div 1,0$; $\delta = 0,5 \div 0,7$; $\beta = 0,7$; $m = 0,3$).

Các công thức trên đây mô tả quá trình nghiền trong phạm vi thay đổi nhất định của các yếu tố công nghệ. Dùng máy tính điện tử có thể xác định được các mô hình toán học mô tả quan hệ phụ thuộc giữa chất lượng bề mặt và các yếu tố công nghệ. Với các mô hình toán học này có thể xác định được các thông số nghiền tối ưu.

Để xây dựng mô hình toán học và tối ưu hoá quá trình công nghệ cần có thông tin đầu vào về ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến các thông số của quá trình gia công. Thông tin đó cho phép xác định dạng quan hệ với số lượng thông số hạn chế trong các công thức mô tả những quy luật đặc trưng của quá trình công nghệ. Dưới đây ta xét ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến các thông số của quá trình nghiền.

Tính gia công của vật liệu được đặc trưng bằng các tính chất của vật liệu. Các tính chất này xác định quá trình hình thành phoi, độ mòn ma sát, năng suất cắt, độ chính xác và chất lượng bề mặt (trước hết là độ nhám bề mặt).

Các thông số nghiên phụ thuộc vào tính chất cơ lý, thành phần hoá học và cấu trúc bề mặt của vật liệu gia công. Độ chống mòn tương đối của thép ủ ϵ_0 và thép nhiệt luyện ϵ có quan hệ với độ cứng của thép ủ H_0 và của thép nhiệt luyện H theo các công thức sau:

$$\epsilon_0 = b.H_0 \quad (5.4)$$

$$\epsilon = \epsilon_0 + b'(H-H_0) \quad (5.5)$$

Ở đây: H_0 - độ cứng tế vi của thép ủ;

H - độ cứng tế vi của thép nhiệt luyện;

b và b' - các hệ số tương quan và $b > b'$ (b' có các giá trị khác nhau đối với các loại thép có các thành phần hoá học khác nhau).

Tính gia công của vật liệu khi nghiên bằng hạt mài tự do chủ yếu phụ thuộc vào độ cứng của nó. Vật liệu có độ cứng cao khó gia công hơn, do đó năng suất cắt sẽ giảm. Tuy nhiên, với độ cứng vật liệu tăng thì độ nhám bề mặt gia công lại giảm (khi các điều kiện gia công khác là như nhau). Hiện tượng này xảy ra là do độ mòn của hạt mài tăng và hạt mài khó ăn sâu vào vật liệu cứng.

Để so sánh tính gia công của vật liệu khi nghiên người ta dùng hệ số tính gia công: theo năng suất K_q và theo độ nhám bề mặt K_{RZ} (bảng 5. 4).

Bảng 5.4. Hệ số tính gia công của một số vật liệu khi nghiên mặt phẳng

Hệ số tính gia công	Vật liệu gia công		
	Thép nhiệt luyện	Thép ủ	Đồng thau
K_Q	1,0	1,1-1,3	2,0-2,5
K_{RZ}	1,0	1,1-1,3	1,7-2,5

Đặc tính của dụng cụ nghiên là vật liệu dụng cụ và hạt mài, chất lỏng trong bột mài, độ hạt của hạt mài, v.v. Tất cả các thông số này xác định “khả năng hạt mài” của dụng cụ. “Khả năng hạt mài” của dụng cụ được đánh giá bằng tổng lượng kim loại được bóc tách theo chiều dày L (μm), sai số hình dáng hình học Δ (μm), độ nhám bề mặt R_z, R_a (μm).

Độ chính xác của bề mặt gia công phụ thuộc rất nhiều vào độ chính xác hình dáng hình học của dụng cụ nghiên. Sai số hình dáng hình học của bề mặt chi tiết gia công Δ_{ct} được xác định theo công thức:

$$\Delta_{ct} = K.\Delta_{dc} \quad (5.6)$$

Ở đây: Δ_{dc} - sai số hình dáng hình học của dụng cụ nghiên;

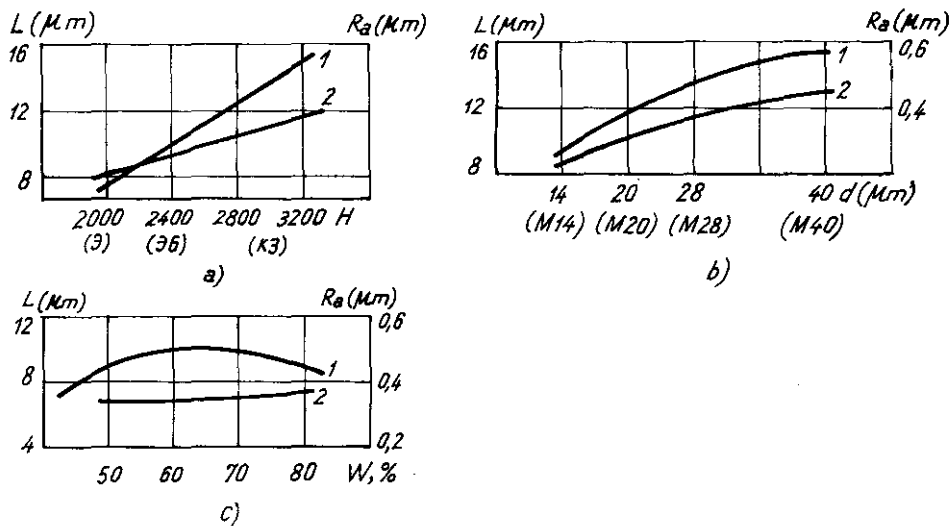
Ở đây: Δ_{uc} - sai số hình dáng hình học của dụng cụ nghiền;

K- hệ số truyền tính chất ($K=0,3\div 1$).

Giá trị K nhỏ tương ứng với trường hợp khi kích thước của bề mặt dụng cụ lớn hơn nhiều so với kích thước của bề mặt gia công.

- Các thông số của quá trình nghiền phụ thuộc vào đặc tính của bột nghiền hoặc lớp hạt mài (vật liệu và độ hạt của hạt mài, độ nhớt của chất lỏng, tỷ lệ hạt mài trong bột nghiền hoặc lớp hạt mài). Khi các đặc tính này thay đổi thì các thông số của quá trình nghiền cũng thay đổi và giữa chúng tồn tại quan hệ phụ thuộc tương quan.

Hình 5.20 mô tả quan hệ phụ thuộc giữa “khả năng hạt mài L”, độ nhám bề mặt R_a và các thông số: độ cứng tế vi H (hình 5.20a), độ hạt của hạt mài d (b) và tỷ lệ của hạt mài trong bột nghiền W% (hình 5.20c).



Hình 5. 20. Quan hệ phụ thuộc giữa “khả năng hạt mài” L, độ nhám bề mặt R_a và các thông số: độ cứng tế vi H a), độ hạt của hạt mài d b) và tỷ lệ của hạt mài trong bột nghiền W% c).

1-lượng bóc tách kim loại tổng cộng theo chiều dày;
2-sai lệch profin trung bình cộng.

Ta thấy, khi độ cứng H của vật liệu hạt mài tăng thì L (lượng bóc tách kim loại hay khả năng hạt mài) và độ nhám bề mặt R_a tăng. Khả năng hạt mài không chỉ phụ thuộc vào độ cứng của nó mà còn phụ thuộc vào hình dáng hình học của bản thân hạt mài.

Chế độ cắt khi nghiền là thông số điều chỉnh quan trọng của quá trình nghiền. Các thông số của chế độ cắt bao gồm: tốc độ nghiền (tốc độ chuyển động của dụng cụ nghiền hoặc của chi tiết gia công), áp lực nghiền trên một đơn vị diện tích hoặc chiều dài (khi nghiền mặt trụ) của chi tiết gia công, thời gian nghiền.

Khi nghiền bề mặt côn của chi tiết bằng vật liệu thép 40 với tốc độ cắt $V = 7,4 \div 24 \text{ m/phút}$, áp lực nghiền $P = 0,13 \div 1,5 \text{ kG/cm}^2$ quan hệ phụ thuộc giữa q (lượng kim loại được bóc tách theo thời gian), R_a (độ nhám bề mặt) và V (tốc độ cắt), P (áp lực nghiền) có dạng sau:

$$q = -4,60 + 0,514V + 9,88P - 0,16P \cdot V - 0,005V^2 - 2,5P^2 \quad (5.7)$$

$$R_a = 0,11 + 0,0034V + 0,183P - 0,028P^2 \quad (5.8)$$

Ta thấy q và R_a phụ thuộc vào V và P theo quy luật phi tuyến (hàm số bậc hai).

5.13 Nghiền mặt phẳng

5.13.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt phẳng

Độ chính xác hình dáng hình học của bề mặt chi tiết khi nghiền phẳng phụ thuộc vào lượng bóc tách kim loại theo chiều dày và độ mòn của dụng cụ nghiền.

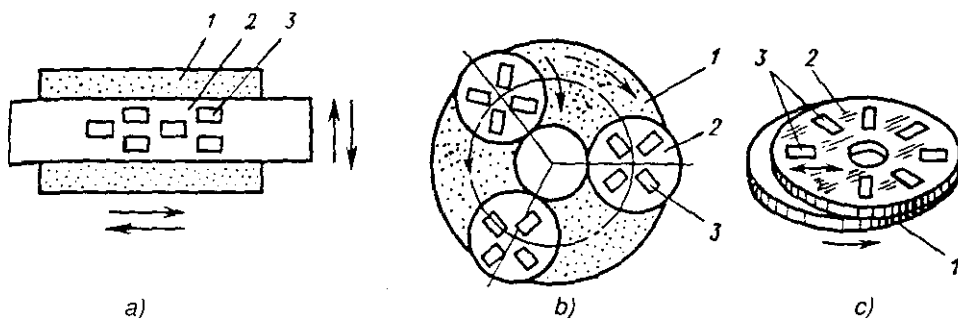
Nghiền phẳng được thực hiện bằng các phương pháp: bước tịnh tiến đi lại (hình 5.21 a), bước vòng (hình 5.21 b) và phương pháp phối hợp (hình 5.21 c).

Theo phương pháp thứ nhất chuyển động của chi tiết gia công bao gồm chuyển động tịnh tiến đi lại song song hoặc các chuyển động tịnh tiến đi lại vuông góc với nhau. Mặc dù có nhược điểm (độ mòn của dụng cụ không đều), nghiền phẳng theo phương pháp này được sử dụng rộng rãi nhất, nó cho phép nâng cao độ chính xác hình dáng hình học, giảm độ nhám bề mặt và tạo ra bề mặt có vết gia công theo một hướng xác định (độ nhám $R_z = 0,025 \div 0,1 \mu\text{m}$; độ không phẳng của bề mặt nằm trong khoảng $0,02 \div 0,05 \mu\text{m}$, độ song song giữa các bề mặt $< 1 \mu\text{m}$).

Khi nghiền theo phương pháp thứ hai (hình 5.21 b) dụng cụ nghiền thực hiện chuyển động quay (chi tiết cố định) hoặc cố định (chi tiết quay).

Ví dụ, khi đĩa nghiền quay, chi tiết (cố định) sau một vòng quay của dụng cụ chịu tác động của chiều dài tiếp xúc khác nhau với bề mặt dụng cụ. Lượng kim loại được bóc tách ở phía ngoài chi tiết lớn hơn ở phía trong.

Hiện tượng này xảy ra là do phần chiều dài làm việc của dụng cụ không bằng nhau (hình 5. 22).



Hình 5.21. Các sơ đồ nghiền mặt phẳng

a) theo phương pháp bước tịnh tiến; b) theo phương pháp bước vòng;
c) theo phương pháp hỗn hợp của bước tịnh tiến và bước vòng; 1- dụng cụ
nghiền; 2- vòng cách; 3- chi tiết gia công.

Như vậy, hiệu giữa hai lượng kim loại được bóc tách ΔL được xác định theo công thức sau đây:

$$\Delta L = L_H - L_B = 2\pi (r_H - r_B) = 2\pi b \quad (5.9)$$

Ở đây: L_H , L_B - chiều dài bao phía ngoài và phía trong của dụng cụ nghiền;

r_H , r_B - bán kính bao phía ngoài và phía trong của chi tiết;

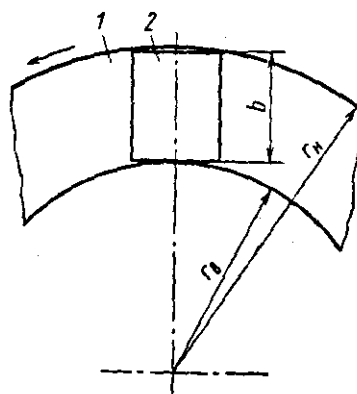
b - chiều rộng phần làm việc của dụng cụ.

5.13.2. Máy nghiền mặt phẳng

Mài nghiền thường được sử dụng trên các loại máy nghiền một đĩa hoặc hai đĩa.

Hình 5. 23 là máy nghiền phẳng một đĩa 387-HK.

Đĩa nghiền 5 thực hiện chuyển động quay nhờ hộp giảm tốc 8. Trên đĩa nghiền 5 có gá vòng chắn 6, phía trong vòng chắn 6 có lắp vòng cách 1 với các chi tiết gia công 2. Ở phía trên chi tiết 2 có đặt tải trọng bổ sung 3 (để tăng áp lực nghiền). Các chi tiết gia công 2 quay xung quanh trục của chúng nhờ ma sát giữa mặt phẳng của chi tiết và đĩa nghiền. Vòng chắn 6 cùng với



Hình 5.22 Chiều dài thực của dụng cụ khi nghiền

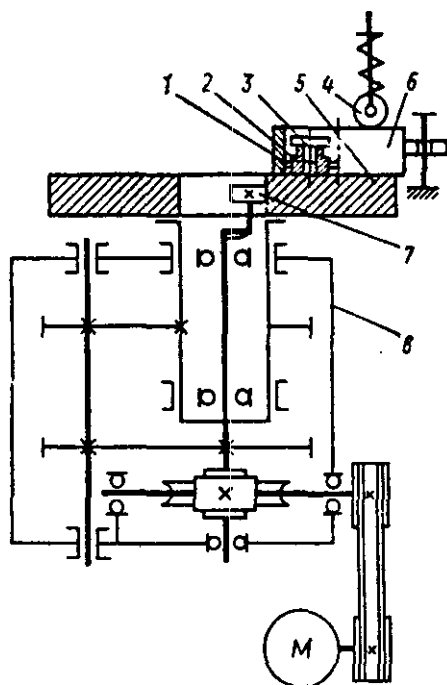
1- dụng cụ nghiền;
2- chi tiết gia công.

các chi tiết gia công 2 dịch chuyển theo phương hướng kính của đĩa nghiền nhờ chi tiết lệch tâm 7. Con lăn lò xo 4 được đặt trên một vòng chắn 6 nào đó (có nhiều vòng chắn 6) nhằm mục đích tạo áp lực bổ sung của vòng chắn xuống đĩa nghiền để có độ mòn đều của đĩa nghiền trong quá trình gia công.

Máy nghiền 387-HK được dùng để nghiền các chi tiết bằng thép hoặc kim loại gốm. Độ không phẳng của bề mặt đạt $0,3 \div 0,6 \mu\text{m}$, còn độ nhám bề mặt $R_a = 0,02 \div 0,08 \mu\text{m}$.

Hình 5.24 là sơ đồ động của máy nghiền hai đĩa 3B814 có cơ cấu lệch tâm để nghiền hai mặt phẳng song song với nhau.

Chi tiết gia công 4 được gá trong lỗ của vòng cách 2 nằm giữa hai đĩa nghiền cố định 1 và 3. Chuyển động chính (để dịch chuyển chi tiết gia công trên bề mặt đĩa nghiền) được thực hiện từ chi tiết lệch tâm 12 (nhờ chi tiết lệch tâm 12 vòng cách 2 thực hiện chuyển động quay song phẳng). Vòng cách 2 thực hiện chuyển động quay nhờ bánh răng trung tâm 11 và bánh răng ngoài 8, bánh răng ngoài 8 được gá vào chốt 9, chốt 9 được lắp trên bàn phụ trợ 10. Chuyển động quay của chi tiết lệch tâm 12 được thực hiện nhờ hộp giảm tốc 13, hộp giảm tốc 13 được lắp trên thân máy 14. Cơ cấu nâng hạ 6 được lắp trên xà ngang 7 của máy có tác dụng tăng, giảm áp lực nghiền. Trị số của áp lực được điều chỉnh nhờ đồng hồ so 5. Máy nghiền này được dùng để nghiền các mặt phẳng song song của nhiều loại chi tiết khác nhau.



Hình 5.23. Sơ đồ động của máy nghiền một đĩa 387-HK

- 1-vòng cách; 2-chi tiết gia công;
- 3-tải trọng bổ sung; 4-con lăn lò xo;
- 5-đĩa nghiền; 6-vòng chắn;
- 7-chi tiết lệch tâm; 8-hộp giảm tốc.

5.14. Nghiền mặt trụ ngoài

5.14.1 Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt trụ ngoài

Mặt trụ ngoài có thể được gia công bằng phương pháp nghiền trụ (phương pháp định hình) và phương pháp nghiền vô tâm (phương pháp bao hình). Phương pháp nghiền trụ được sử dụng rộng rãi khi gia công bán cơ khí

và được thực hiện trên các đồ gá nghiền hoặc máy tiện. Hình 5.25 là sơ đồ nghiền mặt trụ ngoài theo phương pháp định hình.

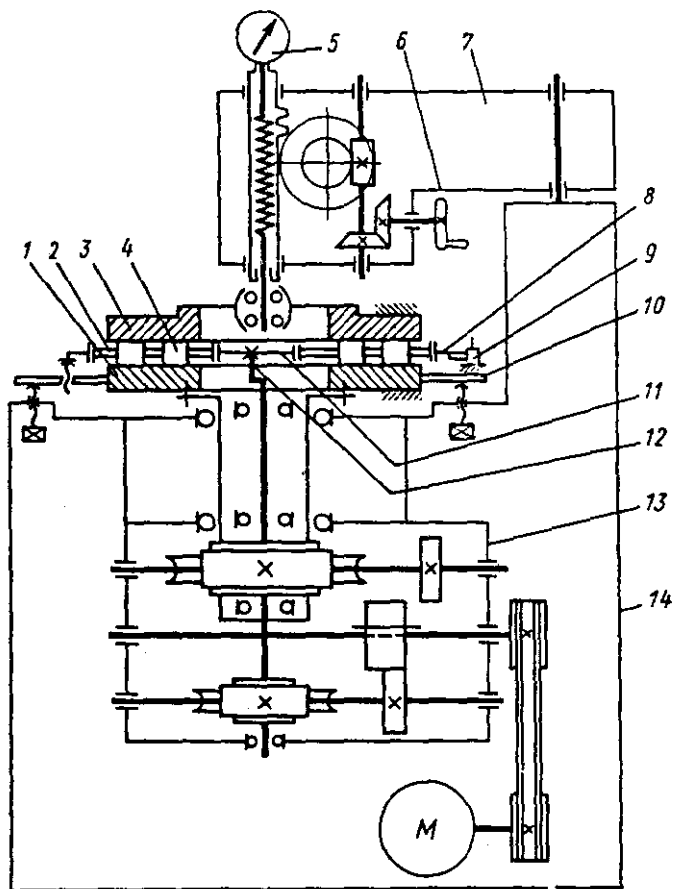
Chi tiết gia công 3 thực hiện chuyển động quay V_1 theo mâm cặp của máy tiện, còn dụng cụ nghiền 1 và thân gá dụng cụ nghiền 2 thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại V_2 . Chuyển động tịnh tiến đi lại V_2 được thực hiện bằng tay.

Nghiên theo phương pháp định hình cho phép nâng cao độ chính xác kích thước và hình dáng hình học của chi tiết (độ chính xác kích thước và hình dáng hình học của chi tiết đạt $0,5 \pm 2\mu\text{m}$). Độ nhám bề mặt của chi tiết gia công:

$$R_a = 0,02 \pm 0,04 \mu\text{m};$$

$$R_z = 0,025 \pm 0,1 \mu\text{m}.$$

Để nâng cao năng suất khi nghiền người ta dùng phương pháp nghiền vô tâm (nghiền bao hình). Nghiền bao hình được thực hiện bằng hai phương pháp sau (hình 5.26):



Hình 5. 24. Sơ đồ động của máy nghiền hai đĩa 3B814 có cơ cấu lệch tâm

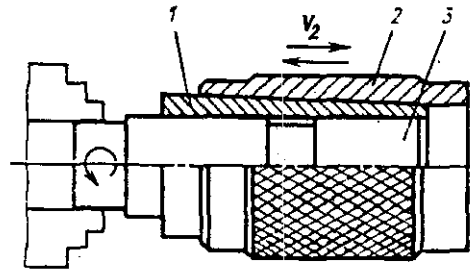
1-đĩa nghiền dưới; 2-vòng cách; 3-đĩa nghiền trên; 4-chi tiết gia công; 5-đồng hồ so; 6-cơ cấu nâng hạ đĩa nghiền trên; 7-xà ngang; 8- bánh răng ngoài; 9-chốt; 10-bàn phụ trợ; 11- bánh răng trung tâm; 12- chi tiết lệch tâm; 13-hộp giảm tốc; 14-thân máy.

+ Ăn dao ngang trên toàn bộ bề rộng của chi tiết gia công. Phương pháp này được thực hiện trên máy nghiền đứng hai đĩa có cơ cấu lệch tâm (hình 5.26 a).

+ Ăn dao dọc. Phương pháp này được thực hiện trên các máy nghiền vô tâm (hình 5.26 b).

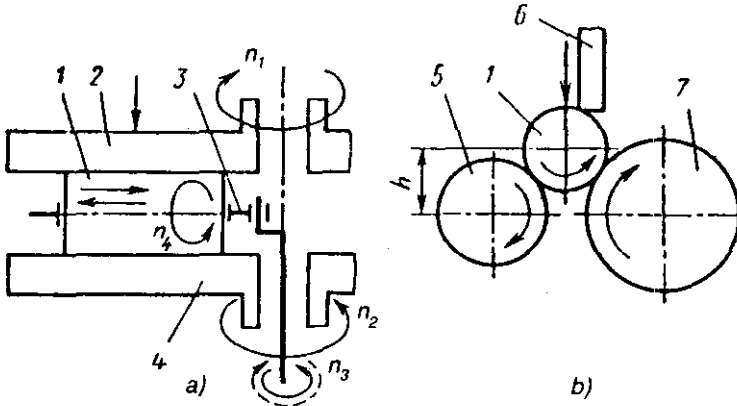
Theo sơ đồ trên hình 5.26 a: chi tiết gia công được đặt trong vòng cách 3, vòng cách 3 nằm ở giữa đĩa nghiền trên 2 và đĩa nghiền dưới 4. Khi gia công nhờ có cơ cấu lệch tâm của máy mà chi tiết 1 dịch chuyển dọc theo trục của nó (theo bán kính của đĩa nghiền). Ăn dao ngang khi nghiền được thực hiện nhờ đĩa nghiền trên 2.

Theo sơ đồ trên hình 5.26 b: chi tiết gia công 1 được đặt giữa trục dẫn 5 (làm cho chi tiết quay) và trục nghiền 7 (để nghiền chi tiết). Thanh ép 6 có tác dụng để tăng áp lực khi nghiền.



Hình 5.25. Sơ đồ nghiền theo phương pháp định hình

1-dụng cụ nghiền; 2-trục gá dụng cụ;
3-chi tiết gia công.

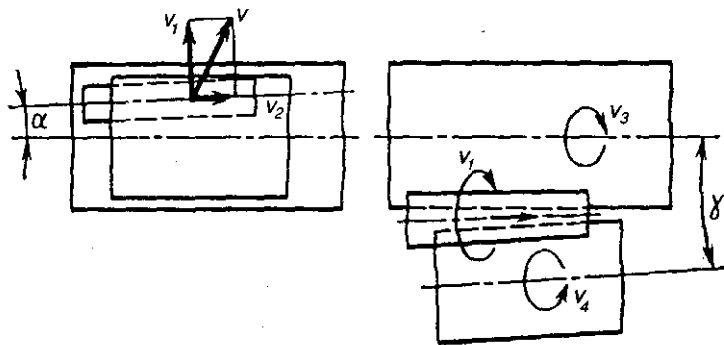


Hình 5.26. Sơ đồ nghiền theo phương pháp ăn dao ngang a) và ăn dao dọc b)
 n_1 -chiều quay của đĩa nghiền trên; n_2 -chiều quay của đĩa nghiền dưới; n_3 -chiều quay của vòng cách; n_4 -chiều quay của chi tiết gia công; 1-chi tiết gia công; 2-đĩa nghiền trên; 3-vòng cách; 4-đĩa nghiền dưới; 5-trục dẫn; 6-thanh ép; 7-trục nghiền

Nghiên theo phương pháp ăn dao ngang cho phép đạt độ chính xác kích thước và một số thông số của sai số hình học $0,1\mu\text{m}$, còn độ nhám bề mặt gia công $R_z=0,05\pm 0,1\mu\text{m}$. Tuy nhiên, khi nghiên theo phương pháp này còn một số sai số hình dáng hình học như độ đa cạnh, độ ô van giảm không đáng kể.

Khi nghiên theo phương pháp ăn dao dọc chi tiết gia công thực hiện chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến (chuyển động chạy dao). Hình 5.27 là sơ đồ dịch chuyển của chi tiết gia công khi nghiên vô tâm ăn dao dọc.

Dịch chuyển của chi tiết gia công được thực hiện nhờ trục dẫn được gá nghiêng một góc γ so với trục nghiên. Lượng chạy dao (tốc độ dịch chuyển V_2) của chi tiết gia công phụ thuộc vào tốc độ quay của trục dẫn V_4 và góc nghiêng α :



Hình 5.27. Sơ đồ dịch chuyển của chi tiết gia công khi nghiên vô tâm ăn dao dọc

$$V_2 = V_4 \cdot \mu \cdot \sin \alpha \quad (5.10)$$

Ở đây: V_4 - tốc độ quay của trục dẫn.

μ - hệ số trượt của chi tiết gia công theo trục dẫn.

Tốc độ vòng của chi tiết gia công $V_1 = V_4 \cdot \cos \gamma$.

Để khử sai số hình dáng hình học (độ đa cạnh) chi tiết gia công được gá cao hơn tâm của trục dẫn và trục nghiên.

Khi nghiên vô tâm mặt trụ ngoài chế độ gia công được đặc trưng bằng áp lực P (kG/cm) trên một đơn vị chiều dài của chi tiết gia công:

$$P = \frac{10 p_0}{\sum_1^n l_i} \quad (5.11)$$

Ở đây: P_0 -áp lực pháp tuyến lên bề mặt tiếp xúc (kG);

l_i -chiều dài của chi tiết thứ i ;

n -số chi tiết được gia công đồng thời.

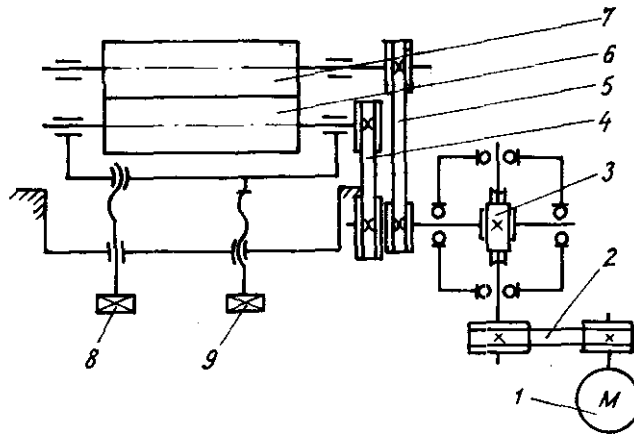
5.14.2. Máy nghiền mặt trụ ngoài

Máy nghiền chuyên dùng mặt trụ ngoài có hai loại:

- Loại máy nghiền vô tâm hai đĩa để nghiền mặt trụ ngoài theo phương pháp ăn dao ngang (xem nguyên lý của máy trên hình 5. 28 a).

- Loại máy nghiền vô tâm BE-33 để nghiền mặt trụ ngoài theo phương pháp ăn dao dọc (hình 5. 28).

Nghiên trên máy nghiền vô tâm BE-33 cho phép khử được sai số hình dáng hình học của chi tiết ở tiết diện ngang. Máy nghiền BE-33 được dùng để gia công tinh các bề mặt có yêu cầu độ chính xác cao như kim phun, con lăn



Hình 5. 28. Sơ đồ động của máy nghiền vô tâm BE-33
1-động cơ điện; 2, 4, 5- bộ truyền đai; 3- hộp giảm tốc trục vít-bánh vít; 6- trục dẫn; 7- trục nghiền; 8, 9- vít điều chỉnh

của vòng bi đĩa. Kích thước của các chi tiết được gia công trên máy nghiền này nằm trong khoảng: đường kính từ 4 đến 11mm và chiều dài từ 4 đến 60mm.

Nguyên lý làm việc của máy như sau: từ động cơ điện 1 qua bộ truyền đai 2, hộp giảm tốc trục vít – bánh vít 3, các bộ truyền đai 4 và 5, chuyển động quay được truyền tới trục dẫn 6 và trục nghiền 7. Các vít 8 và 9 được dùng để điều chỉnh vị trí của trục dẫn 6. Ép chi tiết gia công để cho nó tiếp xúc với các bề mặt của các trục (trục dẫn và trục nghiền) được thực hiện nhờ thanh ép được lắp ở phía trên (không thể hiện theo sơ đồ). Khi gia công chi tiết thực hiện chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến. Chuyển động tịnh

tiên của chi tiết gia công được thực hiện không chỉ trong mặt phẳng nằm ngang mà còn trong mặt phẳng thẳng đứng. Vì vậy, thanh ép (ở phía trên trục dẫn và trục nghiền) phải có kết cấu gồm các phần riêng biệt để chép lại quỹ đạo chuyển động cong của chi tiết gia công. Lực ép của các phần riêng biệt của thanh ép xác định lượng kim loại được bóc tách.

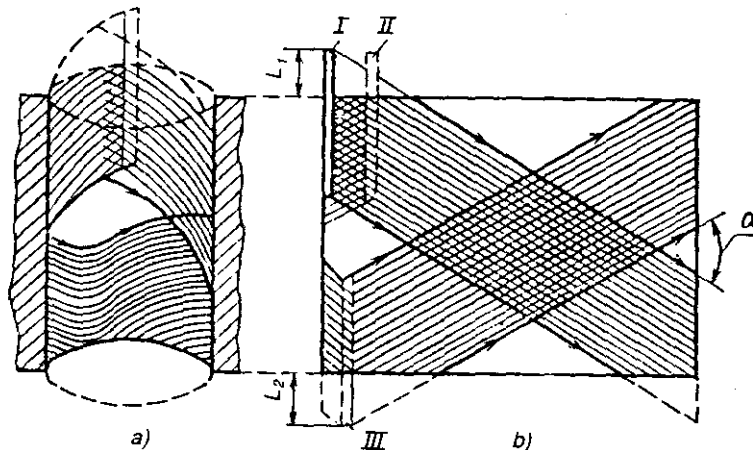
Nếu độ không trụ của chi tiết trước khi nghiền $< 0,0015\text{mm}$ và độ không tròn trước khi nghiền $< 0,001\text{mm}$ thì sau khi nghiền trên máy BE-33 các thông số tương ứng chỉ còn $< 0,001\text{mm}$ và $< 0,0002\text{mm}$. Độ nhám bề mặt gia công sau khi nghiền trên máy BE-33 đạt $R_a=0,04\div 0,08\mu\text{m}$.

5.15. Nghiền mặt trụ trong

5.15.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt trụ trong

Khi nghiền lỗ trụ thì đường kính của dụng cụ nghiền phải nhỏ hơn đường kính của lỗ một lượng khoảng $0,005\div 0,03\text{mm}$. Nếu khe hở (giữa dụng cụ nghiền và lỗ gia công) quá nhỏ thì dụng cụ có khả năng bị kẹt, còn nếu khe hở quá lớn sẽ gây sai số hình dáng hình học. Vì vậy, tùy thuộc vào điều kiện gia công cụ thể mà chọn kích thước của dụng cụ nghiền cho phù hợp.

Khi nghiền mặt trụ trong, dụng cụ nghiền thực hiện chuyển động tổ hợp: chuyển động quay, chuyển động tịnh tiến và chuyển động chạy dao hay nói cách khác dụng cụ nghiền được bung ra theo lượng kim loại được bóc



Hình 5. 29. Sơ đồ chuyển động của hạt mài (a) và lưới khai triển (b) khi nghiền lỗ
 I, II, III – các vị trí ngoài cùng của dụng cụ;
 L_1, L_2 – phần nhô ra khỏi lỗ khôn của dụng cụ.

tách và theo lượng mòn của dụng cụ nghiền. Các chuyển động này tạo ra vết gia công dưới dạng đường xoắn vít cắt nhau (hình 5.29).

Đặc tính của vết gia công được xác định bằng tỷ số K_v của tốc độ quay V_q và tốc độ dịch chuyển V_d của dụng cụ hoặc bằng góc nghiêng α của véc tơ tốc độ nghiền:

$$K_v = \frac{V_q}{V_d}$$

$$\alpha = \arctg \frac{V_q}{V_d}$$

Ở đây: V_q - tốc độ quay của dụng cụ nghiền (m/phút);

V_d - tốc độ dịch chuyển tịnh tiến của dụng cụ nghiền (m/phút).

Có thể chọn $K_v = 0,2 \div 0,4$ và $\alpha = 12 \div 22^\circ$. Khi góc α tăng thì chất lượng bề mặt gia công tăng, còn năng suất cắt giảm chút ít.

Tốc độ nghiền V là tổng hình học của tốc độ quay V_q và tốc độ dịch chuyển V_d của dụng cụ nghiền:

$$V = \sqrt{V_q^2 + V_d^2} \quad (5.12)$$

Khi nghiền thô: tốc độ $V_q = 30 \div 50$ m/phút và $V_d = 6 \div 15$ m/phút, còn khi nghiền tinh: $V_q = 10 \div 20$ m/phút và $V_d = 5 \div 8$ m/phút.

Để nâng cao chất lượng gia công cần tạo ra chuyển động quay bổ sung cho chi tiết với tốc độ bằng $(0,15 \div 0,2)V_q$.

Áp lực nghiền có ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt gia công. Khi tăng áp lực lên trục gá côn (nhờ lực dọc trục P_{oc}) xuất hiện lực P_{21} , lực P_{21} nằm nghiêng một góc ma sát φ_{12} so với bề mặt trục gá (hình 5.30).

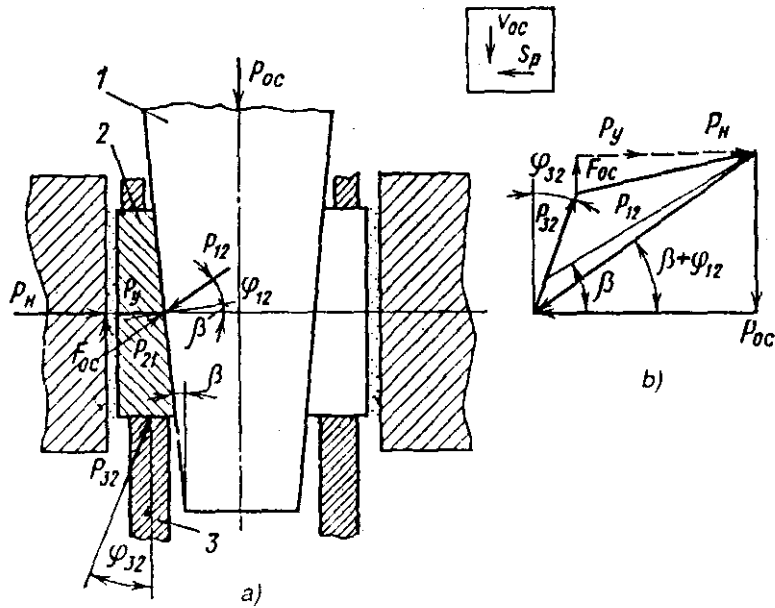
Góc ma sát được xác định bằng hệ số ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc. Khi dụng cụ nghiền tiếp xúc đều theo vòng tròn của bề mặt gia công thì các thành phần lực bằng nhau và triệt tiêu nhau. Trong trường hợp này trục gá côn chịu tác dụng của các lực P_{21} , P_{32} , P_H và P_Y . Phương trình lực tác dụng lên trục gá côn và bạc nghiền được viết dưới dạng vectơ như sau:

$$\bar{P}_{21} + \bar{P}_{32} + \bar{P}_H + \bar{P}_Y + \bar{P}_{oc} = 0 \quad (5.13)$$

Ở đây: P_H - lực pháp tuyến tác dụng lên bề mặt nghiền;

P_Y - lực đàn hồi của bạc nghiền (áo nghiền);

F_{oc} -lực ma sát dọc trục;
 P_{21} -lực tác dụng lên trục gá côn;
 P_{32} -lực tác dụng lên bạc nghiền.



Hình 5. 30. Sơ đồ tác dụng lực lên bề mặt gia công a) và đa giác lực b)
 1-trục gá côn; 2-bạc nghiền; 3-bạc điều chỉnh.

Như vậy, lực pháp tuyến tác dụng lên bề mặt nghiền được xác định theo công thức:

$$P_H = \frac{P_{oc}}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_{12})} \pm (P_{oc} \pm F_{oc}) \sin \varphi_{32} - P_y \quad (5. 14)$$

Ở đây: P_{oc} - lực dọc trục tác dụng lên trục gá côn;

β - 1/2 góc côn của trục gá côn.

Khi tính gần đúng thì thành phần $(P_{oc} \pm F_{oc}) \sin \varphi_{32}$ có thể được bỏ qua. Lực đàn hồi P_y phụ thuộc vào kích thước, vật liệu, kết cấu của dụng cụ nghiền và được xác định bằng tính toán hoặc kinh nghiệm.

Áp lực lên bề mặt nghiền P_n (kg/cm^2) được xác định theo công thức:

$$P_n = \frac{P_H}{S} \quad (5. 15)$$

Ở đây: S-diện tích tiếp xúc của bề mặt nghiền với bề mặt gia công (cm^2).

Áp lực P_n được chọn trong khoảng $0,4 \div 0,6 \text{ kG/cm}^2$ khi nghiền thô và $0,2 \div 0,3 \text{ kG/cm}^2$ khi nghiền tinh.

5.15.2. Máy nghiền mặt trụ trong

Dựa theo kết cấu, máy nghiền mặt trụ trong được chia ra:

- Máy nghiền đứng và máy nghiền ngang.
- Máy nghiền một trục chính, nhiều trục chính, một vị trí, nhiều vị trí.

Dựa theo công dụng, máy nghiền mặt trụ trong được chia ra:

- Máy nghiền lỗ thông suốt.
- Máy nghiền lỗ không thông suốt.

Hình 5.31 là máy nghiền lỗ thông suốt nhiều vị trí 3820Д.

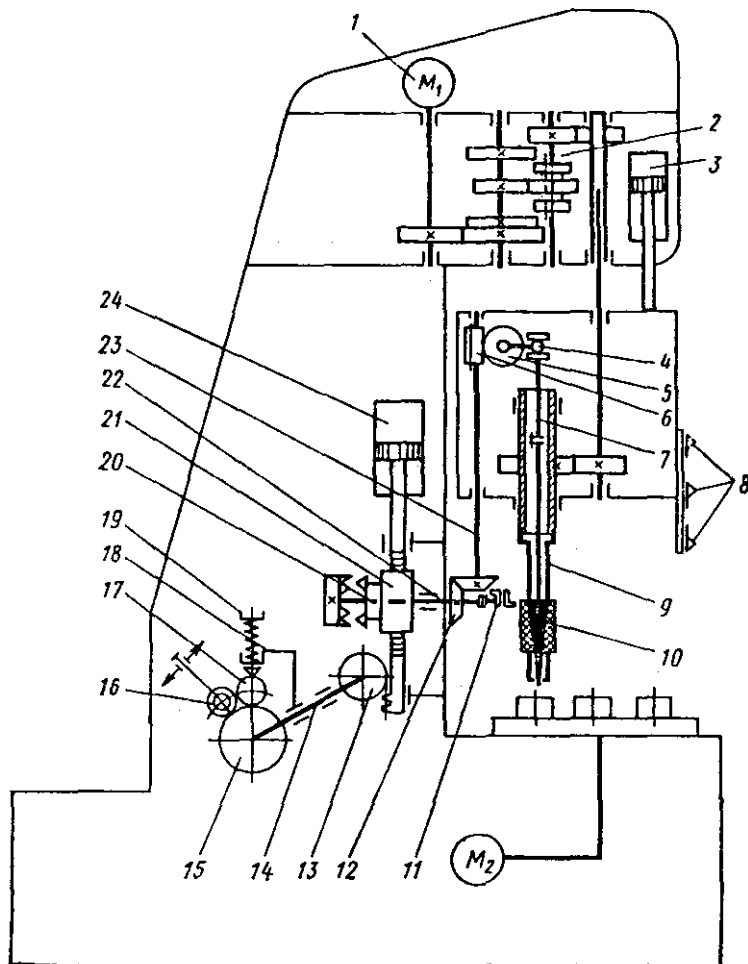
Ăn dao hướng kính trên máy nghiền 3820Д được thực hiện tự động bằng cách mở nhanh bạc nghiền sau mỗi hành trình kẹp của trục dao, do đó có thể thực hiện được quá trình chạy là (không ăn dao) và tự động kẹp chặt dụng cụ nghiền.

Máy 3820Д được trang bị bàn quay (nhờ động cơ M_2) cho nên có thể dùng đồ gá nhiều vị trí để gá nhiều chi tiết và làm cho thời gian gá đặt, tháo kẹp chi tiết trùng với thời gian máy nhằm nâng cao năng suất gia công.

Nguyên lý làm việc của máy 3820Д như sau: từ động cơ 1, qua hộp tốc độ 2 và trục then hoa, chuyển động quay được truyền đến trục dao 9. Xylanh dầu ép 3 được dùng để truyền cho đầu dao (mang trục dao) chuyển động tịnh tiến đi lại. Hành trình cắt của đầu dao được điều chỉnh nhờ các cam 8 (các cam 8 được lắp trên tấm cố định). Bên trong trục dao có lắp đòn rút 7, đòn rút 7 được lắp với trục gá côn, trên trục gá côn có lắp bạc nghiền 10.

Bạc nghiền được mở ra nhờ xylanh dầu ép 24. Trên cán của xylanh dầu ép có lắp thanh răng ăn khớp với bánh răng 21. Khi thanh răng dịch chuyển, qua bánh răng 21, bộ ly hợp 20, cặp bánh răng côn 12, trục chính 23, trục vít 6, bánh vít 5 và tay gạt 4, đòn rút 7 quay và dịch chuyển lên xuống. Ngoài ra, khi thanh răng dịch chuyển các bánh răng 13 và 15 lắp trên trục 14 cũng quay. Trên trục 14 có lắp cần chỉ thị 18 với bánh răng 17, bánh răng 17 được ăn khớp cứng với đĩa phân độ 16. Cần chỉ thị 18 được dùng để quan sát độ

mở của bạc nghiền. Đĩa phân độ 16 được chặn lại nhờ bánh cóc lò xo 19 và cũng chính nhờ bánh cóc lò xo 19 quá trình bù lượng mòn của bạc nghiền được thực hiện. Để có thông tin đầy đủ về lượng mòn của bạc nghiền, trên trục 22 có lắp cỡ chặn 11. Nếu khi bạc nghiền mở ra mà trục gá dịch chuyển quá vị trí ứng với toàn bộ lượng mòn của bạc nghiền thì cỡ chặn đóng công tắc hành trình. Lúc này chu trình gia công dừng lại và đầu dao được nâng lên.



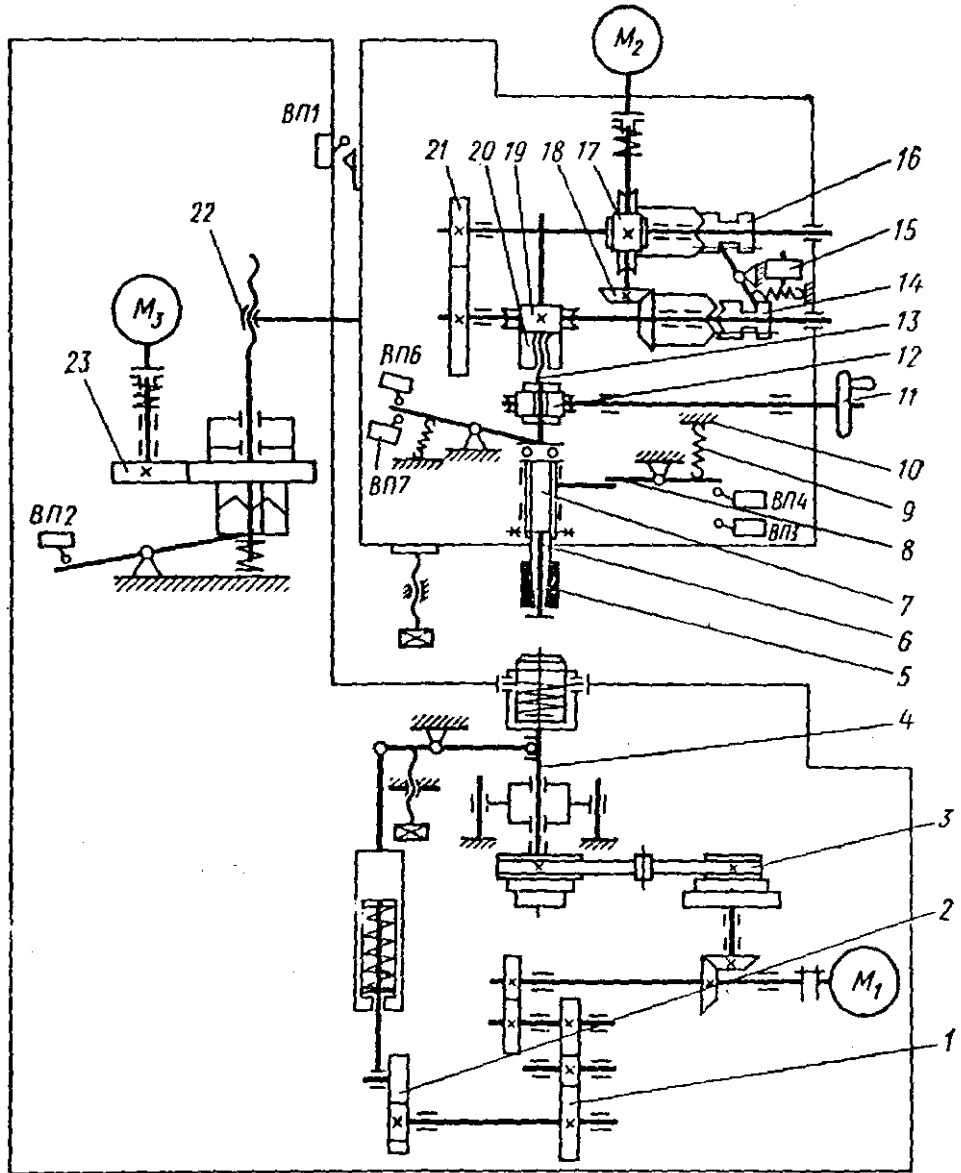
Hình 5.31. Sơ đồ động của máy nghiền lỗ thông suốt nhiều vị trí 3820Д

1-động cơ điện; 2-hộp tốc độ; 3, 24-xylanh dầu ép; 4-tay gạt; 5-bánh vít; 6-trục vít;
7-dòn rút; 8-cam; 9-trục dao; 10-bạc nghiền; 11-cỡ chặn; 12-bánh răng côn;
13, 15, 17, 21-bánh răng; 14, 22-trục; 16-đĩa phân độ; 18-cân chỉ thị; 19-bánh cóc;
20-ly hợp vấu; 23-trục chính.

Để gia công lỗ không thông suốt người ta dùng máy nghiền bán tự động. Hình 5.32 là sơ đồ động của loại máy nghiền này. Quá trình nghiền được thực hiện bằng chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến đi lại của chi tiết gia công, còn dụng cụ nghiền đứng yên. Độ mở của bạc nghiền được điều chỉnh vô cấp và được thực hiện theo mức độ bóc tách kim loại và độ mòn của bạc nghiền.

Nguyên lý hoạt động của máy như sau: trục chính 4 nhận chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến từ động cơ điện M_1 , qua bộ truyền đai 3, hộp giảm tốc 1, cơ cấu bốn khâu 2. Trên đầu trục chính 4 có lắp đồ gá tự lựa để kẹp chi tiết gia công. Cơ cấu bốn khâu có lò xo để giữ cho dụng cụ nghiền dừng lại một thời gian khi tiếp xúc với mặt đáy của lỗ gia công. Trục dao 7 nhận chuyển động tịnh tiến lên xuống từ động cơ điện M_3 , qua bộ truyền bánh răng 23 và bộ vít me 22. Vị trí thấp nhất và cao nhất của trục dao được xác định bằng các công tắc BPI2 và BPI1. Độ mở của bạc nghiền 5 được thực hiện khi trục gá dao 6 dịch chuyển. Khi mở bạc nghiền, trục gá dao 6 nhận chuyển động tịnh tiến từ động cơ điện M_2 , qua bộ bánh răng côn 18, trục vít 19, đai ốc bánh răng 20, và trục vít me 13. Ở thời điểm bạc nghiền tiếp xúc với bề mặt gia công, trục dao 7 quay và tay gạt 8 mở công tắc BPI4 (không còn tiếp xúc với công tắc BPI4). Nhờ đó mà bộ điện từ 15 đóng các bộ ly hợp 14 và 16 để thực hiện lượng ăn dao. Việc đóng các bộ ly hợp này được thực hiện từ động cơ điện M_2 , qua bộ truyền trục vít- bánh vít 17 và bộ bánh răng thay thế 21. Mômen xoắn được xác định bằng lò xo 9 kẹp trên tay gạt 8 và giá đỡ 10. Trong trường hợp mômen xoắn vượt quá trị số cho phép thì trục dao 7 vẫn tiếp tục quay và tay gạt 8 đóng công tắc BPI3. Như vậy, mạch được ngắt, bộ điện từ 15 mở (gạt) các bộ ly hợp 14, 16 và lượng ăn dao dừng lại.

Do bạc nghiền bị mòn dần trong quá trình gia công, mô men ma sát (mômen xoắn trên trục dao) giảm, lò xo 9 làm xoay trục dao 7 và tay gạt 8 đóng công tắc BPI3 rồi tiếp tục đóng các bộ ly hợp 14 và 16 của lượng ăn dao. Như vậy, tay gạt 8 xoay theo chu kỳ và điều khiển quá trình mở ra của bạc nghiền tùy thuộc vào mômen ma sát. Để điều chỉnh bạc nghiền bằng tay cần quay vô lăng 11, từ vô lăng 11 chuyển động được truyền tới trục dao 7 (có gá bạc nghiền) thông qua bộ truyền trục vít- bánh vít 12. Để kiểm tra vị trí thấp nhất và vị trí cao nhất trên máy có lắp các công tắc BPI6 và BPI7, các công tắc này tự động ngắt động cơ điện M_2 khi trục dao 7 đạt tới các vị trí giới hạn (thấp nhất và cao nhất).



Hình 5.32. Sơ đồ động của máy nghiền bán tự động để nghiền lỗ không thông suốt

1-hộp giảm tốc; 2-cơ cấu bốn khâu; 3-bộ truyền đai; 4-trục chính;
 5-bạc nghiền; 6-trục gá dao; 7-trục dao; 8-tay gạt; 9-lò xo; 10-giá đỡ; 11-vô lăng;
 12,17-bộ truyền trục vít- bánh vít; 13-trục vít me; 14,16-bộ ly hợp; 15-bộ điện từ;
 18-bộ bánh răng côn; 19-trục vít; 20-đai ốc bánh răng; 21-bộ bánh răng thay thế;
 22-bộ vít me; 23-bộ truyền bánh răng; M_1, M_2, M_3 -các động cơ điện;
 BΠ1, BΠ2, BΠ3, BΠ4, BΠ6, BΠ7-công tắc.

5.16. Nghiền mặt côn

5.16.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt côn

Mặt côn được gia công bằng dụng cụ nghiền với các chuyển động quay và tịnh tiến.

Bề mặt côn sau khi nghiền đạt độ chính xác hình dáng hình học cao và độ nhám thấp. Tuy nhiên, phương pháp nghiền côn không đảm bảo ổn định được độ chính xác của góc côn.

Tùy thuộc vào mức độ trang bị kỹ thuật người ta phân biệt:

- Nghiền bán cơ khí.
- Nghiền cơ khí.
- Nghiền rung.

Tùy thuộc vào dạng tiếp xúc của dụng cụ và bề mặt gia công người ta chia ra:

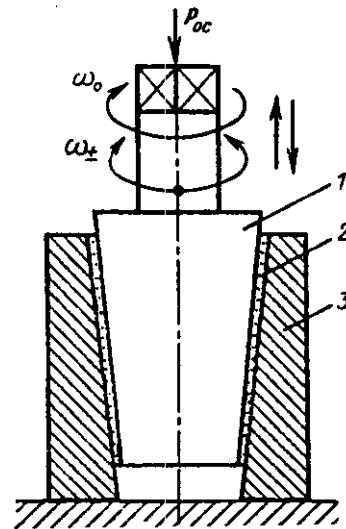
-Nghiền theo phương pháp tiếp xúc thể tích.

-Nghiền theo phương pháp phối hợp giữa tiếp xúc đường và tiếp xúc thể tích.

Theo phương pháp tiếp xúc thể tích (hình 5.33) các bề mặt (của dụng cụ và của chi tiết gia công) được tiếp xúc với nhau theo toàn bộ chiều dài, vì vậy khó đạt được độ thẳng đường sinh và độ nhám bề mặt theo yêu cầu.

Khi nghiền theo phương pháp tiếp xúc thể tích chi tiết gia công và dụng cụ thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại (chuyển động chính), thực hiện chạy dao vòng (dịch chuyển góc ở mỗi chu kỳ của chuyển động chính) và chuyển động phụ (ngắt quãng theo chu kỳ của các bề mặt tiếp xúc khi nghiền).

Chuyển động chính và chạy dao



Hình 5. 33. Nghiền mặt côn theo phương pháp tiếp xúc thể tích

- 1 - dụng cụ nghiền;
- 2 - bột nghiền;
- 3 - chi tiết gia công.

ω_0 - tốc độ góc của chuyển động ăn dao vòng;
 ω_{\pm} - tốc độ góc của chuyển động dao động

vòng là các chuyển động cắt. Khi nghiền mặt côn theo phương pháp tiếp xúc thể tích, tốc độ cắt V_{\pm} được xác định theo công thức:

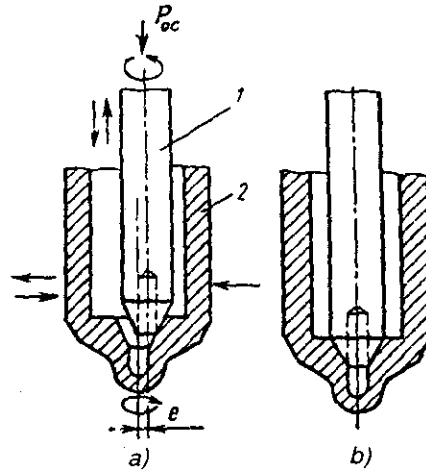
$$\bar{V}_{\pm} = V_{K\pm} + \bar{V}_0 \quad (5.16)$$

Ở đây: $V_{K\pm}$ - tốc độ của chuyển động dao động (chuyển động chính).
Dấu + ứng với chiều quay phải còn dấu - ứng với chiều quay ngược lại;

V_0 - tốc độ của chuyển động ăn dao vòng.

Khi nghiền theo phương pháp phối hợp giữa tiếp xúc đường và tiếp xúc điểm (hình 5.34) dụng cụ và chi tiết gia công đều thực hiện chuyển động quay. Ngoài chuyển động quay, dụng cụ hoặc chi tiết phối hợp còn thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại. Ngoài ra, khi nghiền đồ gá mang chi tiết gia công dịch chuyển đi lại theo phương vuông góc với phương chuyển động tịnh tiến đi lại của dụng cụ nghiền. Như vậy, bề mặt gia công và bề mặt dụng cụ luôn tiếp xúc với nhau.

Theo sơ đồ nghiền trên hình 5.34a thì tâm của chi tiết gia công và tâm của dụng cụ nghiền lệch nhau một lượng bằng e . Khi dụng cụ đi xuống nhờ cơ cấu đàn hồi trong hệ thống dụng cụ- chi tiết giữa bề mặt gia công và bề mặt dụng cụ xảy ra hiện tượng tiếp xúc một phía. Dưới tác dụng của lực dọc trục P_{oc} , dụng cụ được hạ xuống cho đến khi tiếp xúc với toàn bộ mặt côn của chi tiết (hình 5.34b). Trong trường hợp này dụng cụ gia công mặt côn dưới tác dụng của lực dọc trục theo phương pháp nghiền tiếp xúc thể tích.



Hình 5.34. Nghiền mặt côn theo phương pháp phối hợp tiếp xúc đường và tiếp xúc thể tích

1- dụng cụ hoặc chi tiết phối hợp

2- chi tiết gia công

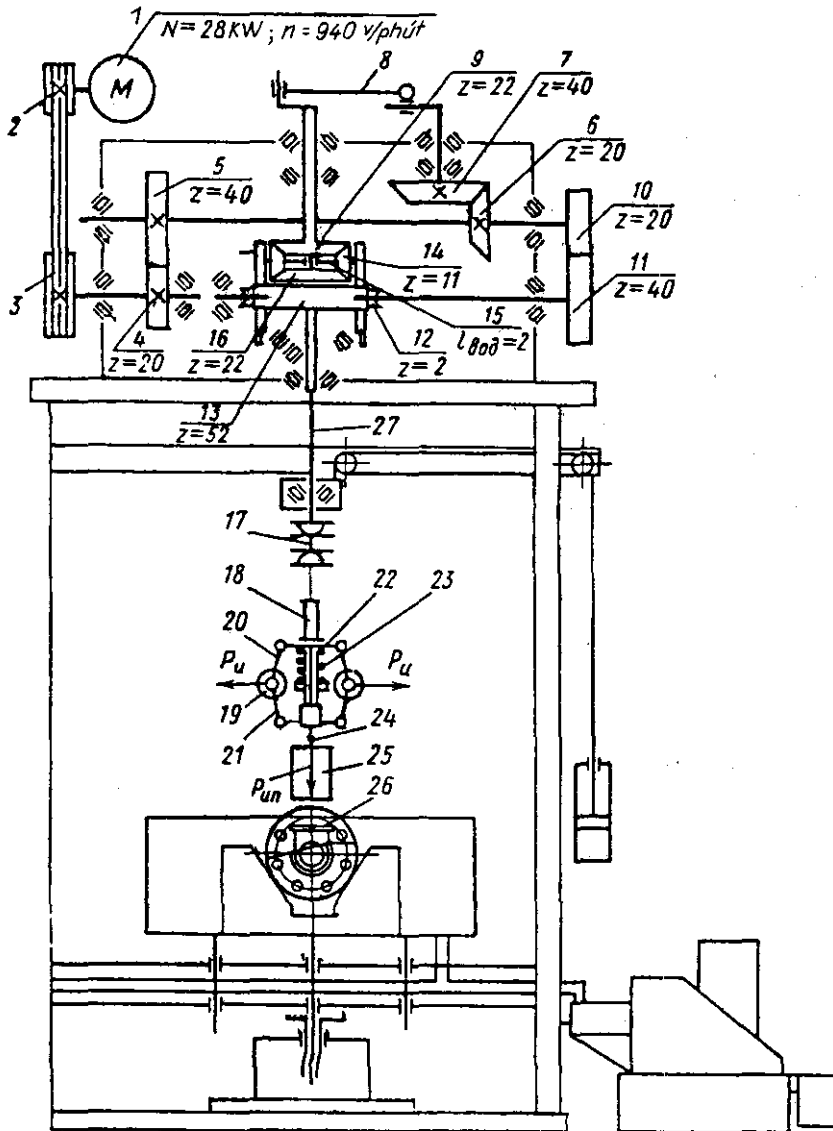
a) bước thứ nhất

b) bước thứ hai

5.16.2. Máy nghiền mặt côn

Nguyên lý làm việc của máy, hình 5.35, như sau: từ động cơ điện 1, qua các puli (bánh đai) 2 và 3 của bộ truyền đai, các bánh răng trụ 4 và 5, các bánh răng côn 6 và 7, chuyển động quay được truyền cho cơ cấu chủ động của cơ cấu bốn khâu 8 (cơ cấu này có thanh truyền với bán kính thay đổi). Cơ cấu bốn khâu 8 truyền chuyển động quay thành chuyển động quay

khử hôi của bánh răng chủ động 9. Từ trục truyền động, qua các bánh răng thay thế 10 và 11, trục vít 12, bánh vít 13, thanh nối vi sai 15 thực hiện chuyển động quay chậm. Bánh răng thụ động 16 của bộ vi sai (trên đó có lắp



Hình 5.35. Sơ đồ động của máy nghiền mặt côn CK4000

- 1-động cơ điện; 2,3-các puli (bánh đai); 4,5-các bánh răng;
 6,7-các bánh răng côn; 8-cơ cấu bốn khâu; 9-bánh răng chủ động;
 10,11-các bánh răng thay thế; 12-trục vít; 13-bánh vít; 15-thanh nối vi sai;
 16-bánh răng thụ động; 17-bộ ly hợp; 18-thân dầu dao;
 19-khối nặng; 20,21-thanh kéo; 22-thanh nối ngang; 23-lò xo;
 24-dòn nối cố định; 25-bạc nghiêng; 26-chi tiết gia công; 27-trục chính.

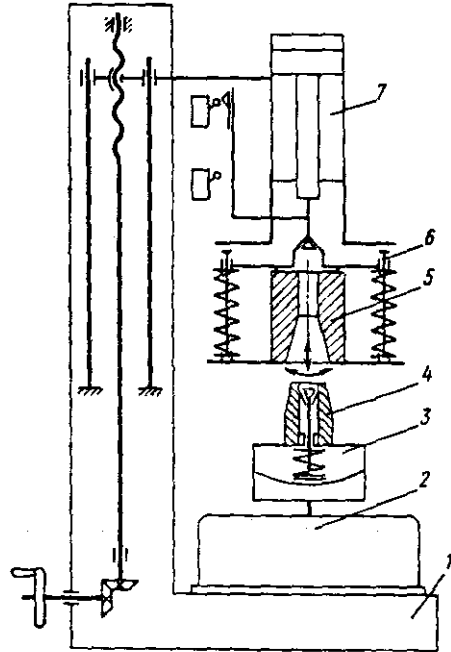
trục chính 27) nhận chuyển động quay khứ hồi. Ở cuối trục chính 27 có bộ ly hợp 17 để nối với thân đầu dao 18. Khi thân đầu dao 18 quay, trên các khối nặng 19 xuất hiện lực ly tâm P, lực ly tâm này kéo các thanh kéo 20, 21 và thanh nối ngang 22, nén lò xo 23 và thông qua đòn nối cố định 24 để đẩy bạc nghiền 25 xuống chi tiết gia công 26.

Bề mặt nghiền trên máy CK4000 đạt độ nhám $R_a=0,02\div 0,016\mu\text{m}$ (tương đương cấp 10, cấp 12).

Hình 5.35 là sơ đồ động của máy nghiền mặt côn CK4000.

Hình 5.36 là sơ đồ động của máy nghiền rung mặt côn 2CK990006. Quá trình gá đặt phôi và tháo phôi được thực hiện bằng tay. Trên đế máy 1 có lắp hệ thống rung 2. Trên trụ máy có lắp cứng hệ truyền động khí nén 7. Cơ cấu 6 được dùng để kẹp chặt chi tiết gia công 5. Chi tiết gia công khác (số 4) được kẹp chặt trong mâm cặp 3.

Nghiền rung mặt côn cho phép đạt độ nhám $R_a=0,02\div 0,04\mu\text{m}$ (cấp độ bóng 12), độ chính xác hình dáng hình học cấp 1-2, năng suất gia công tăng 1,5÷2 lần so với phương pháp nghiền bằng tay.



Hình 5.36. Sơ đồ động của máy nghiền rung côn 2CK990006

1- đế máy; 2- hệ thống rung; 3- mâm cặp;
4, 5- chi tiết gia công; 6- cơ cấu kẹp chi tiết; 7- cơ cấu truyền động khí nén.

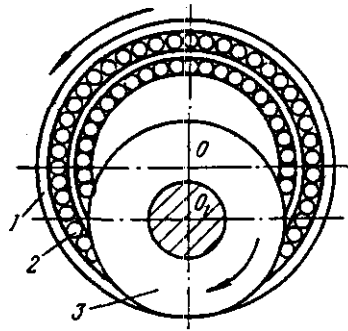
5.17. Nghiền mặt cầu

Nghiền mặt cầu được thực hiện trên các máy nghiền hai đĩa.

Trên hình 5.15 đã giới thiệu các loại đĩa nghiền mặt cầu (nghiền bi). Theo các sơ đồ này thì ít nhất bi phải nằm trong rãnh của một đĩa nghiền nào đó (trên hoặc dưới). Các đĩa nghiền (trên và dưới) có thể đồng tâm hoặc lệch tâm với nhau.

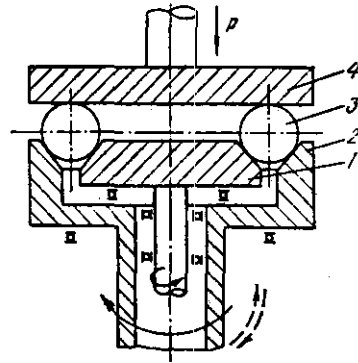
Hình 5.37 là sơ đồ nghiền bi trên máy nghiền của hãng NSK (Nhật Bản). Máy có hai đĩa nghiền lệch tâm nhau (O và O_1) và có đường kính khác nhau.

Đĩa nghiền phía dưới 1 là đĩa dẫn động, trên mặt đĩa có xẻ rãnh để gá bi cầu 2. Trong quá trình gia công hai đĩa nghiền (trên và dưới) quay ngược chiều nhau. Đĩa nghiền trên 3 có tác dụng điều chỉnh áp lực nghiền.



Hình 5.37. Sơ đồ nghiền bi bằng hai đĩa có tâm quay không trùng nhau
1-đĩa nghiền dẫn động phía dưới;
2-bi cầu;
3-đĩa nghiền tạo lực ép phía trên.

Hình 5.38 là sơ đồ nghiền bi cầu 3 ở rãnh góc được tạo thành bởi hai đĩa vát mép 1 và 2. Các đĩa 1 và 2 được gá trên các trục chính khác nhau và quay ngược chiều nhau. Đĩa nghiền cố định phía trên 4 có tác dụng điều chỉnh áp lực P xuống các viên bi. Kết cấu của sơ đồ nghiền này có thể được cải tiến cho hoàn thiện hơn bằng cách thay đổi chiều quay của các đĩa nghiền từ ngược chiều nhau sang cùng chiều (được thể hiện bằng mũi tên nét đứt trên sơ đồ).



Hình 5.38. Sơ đồ nghiền bi trong rãnh góc được tạo thành bởi hai đĩa vát mép
1, 2-các đĩa vát mép; 3-bi nghiền; 4-đĩa nghiền phía trên.

5.18. Công nghệ nghiền

5.18.1. Chuẩn bị chi tiết để nghiền

Để nâng cao độ chính xác và chất lượng bề mặt, nghiền phải được thực hiện sau khi gia công tinh và làm sạch ở nguyên công trước. Đối với các chi tiết có độ cứng và độ giòn cao, nguyên công tinh trước khi nghiền tốt nhất là mài bằng đá mài có độ cứng cao. Trong trường hợp không có đá mài có độ cứng cao có thể dùng đá mài bình thường hoặc gia công bằng dụng cụ cắt có lưỡi. Nếu gia công bằng cắt gọt (doa, mài, .v...v) có ảnh hưởng xấu đến một số tính chất (ví dụ, tính dẫn từ) của vật liệu gia công thì nghiền (mài nghiền) cần được thực hiện sau khi nhiệt luyện. Vì lượng dư nghiền nhỏ và nghiền chỉ sửa được một phần sai số hình dáng hình học cho nên để đạt năng suất và chất lượng bề mặt, bề mặt gia công trước khi nghiền phải có độ nhám $R_a=0,32\div 1,25\mu\text{m}$ (cấp 7, cấp 8).

Hơn nữa, nghiền có ảnh hưởng rất ít đến tính chất bề mặt (ứng suất dư, độ cứng tế vi, v...v) cho nên các tính chất này phải được đảm bảo ở các nguyên công trước khi nghiền.

Trước khi nghiền, chi tiết phải được làm sạch bụi bẩn và bavias. Yêu cầu chuẩn bị bề mặt nghiền phụ thuộc vào dạng chi tiết gia công, yêu cầu kỹ thuật của nó, phương pháp nghiền và thiết bị công nghệ. Ví dụ, khi nghiền mặt phẳng và mặt trụ ngoài trên các máy nghiền đứng hai đĩa thì sai số của kích thước chi tiết phải nhỏ hơn $1/4 \div 1/5$ lượng dư nghiền.

Yêu cầu quan trọng nhất khi chuẩn bị chi tiết để nghiền còn theo phương pháp hỗn hợp (hai chi tiết lắp ghép được nghiền với nhau) là đảm bảo độ côn của các chi tiết. Yêu cầu này khi gia công các chi tiết có kích thước nhỏ (đường kính đầu to của mặt côn $< 50\text{mm}$) và độ cứng thấp được đảm bảo bằng phương pháp tiện trong. Khi gia công các chi tiết có kích thước lớn và độ cứng cao, yêu cầu này có thể đạt được bằng phương pháp mài và kiểm tra bằng cách bôi lớp sơn trên bề mặt.

Ngoài ra, độ côn cũng có thể đạt được bằng phương pháp mài khôn. Khi mài khôn lỗ côn, đầu khôn thực hiện chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến đi lại.

5.18.2. Lượng dư và số nguyên công khi mài nghiền

Lượng dư và số nguyên công khi mài nghiền (khi nghiền) phụ thuộc chủ yếu vào yêu cầu về độ chính xác hình dáng hình học và độ nhám bề mặt gia công. Lượng dư nghiền nhỏ nhất h_{\min} được xác định theo công thức:

$$h_{\min} = \sum_1^n (\Delta_{1i} - \Delta_{2i}) \cdot K_n + K_{RZ} \cdot R_{\max} \quad (5.17)$$

Ở đây: Δ_{1i}, Δ_{2i} - sai số hình dáng hình học trước và sau khi nghiền (độ không phẳng, độ song song, độ không trụ, v...v);

$K_n = 1,5 \div 2,0$ - hệ số phụ thuộc vào điều kiện nghiền;

$K_{RZ} = 4 \div 6$ - hệ số tính đến khả năng giảm độ nhám và các khuyết tật khác của bề mặt gia công.

R_{\max} - độ nhám lớn nhất.

Ví dụ:

Xác định lượng dư một phía khi nghiền hai mặt phẳng song song nếu chi tiết có các sai số đầu vào như sau: chênh lệch độ cao $5\mu\text{m}$; độ không

song song $10\mu\text{m}$; độ không phẳng $6\mu\text{m}$; độ nhám lớn nhất $R_{\text{max}}=1,60\mu\text{m}$; và các sai số đầu ra: chênh lệch độ cao $0\mu\text{m}$; độ không song song $< 1\mu\text{m}$; độ không phẳng $< 0,5\mu\text{m}$; độ nhám lớn nhất $R_{\text{max}}=0,20\mu\text{m}$.

Theo công thức (5.17) ta có:

$$h_{\text{min}}=[(5-0)+(10-0)+(6-0,5)](1,5\div 2,0)+(4\div 6)(1,6-0,2)=(34,85\div 47,40)\mu\text{m}$$

Quy trình công nghệ mài nghiền được chia ra:

- Nghiên thô
- Nghiên bán tinh.
- Nghiên tinh.

Lượng dư nghiền chủ yếu được cắt ở nguyên công nghiên thô và nghiên bán tinh bằng dụng cụ nghiền với hạt mài có kích thước lớn. Ở nguyên công nghiên tinh lượng dư chủ yếu được hút đi là chiều cao nhấp nhô. Để đạt độ nhám bề mặt $R_a=0,08\div 0,32\mu\text{m}$ (cấp 9-10) có thể chỉ cần thực hiện một nguyên công nghiên thô.

Sau khi xác định được lượng dư nghiền có thể chọn số nguyên công và phân bố lượng dư cho các nguyên công. Cần lưu ý rằng số nguyên công được xác định theo hiệu giữa độ nhám sau khi nghiền và độ nhám trước khi nghiền.

5.18.3. Kinh nghiệm ứng dụng quá trình mài nghiền

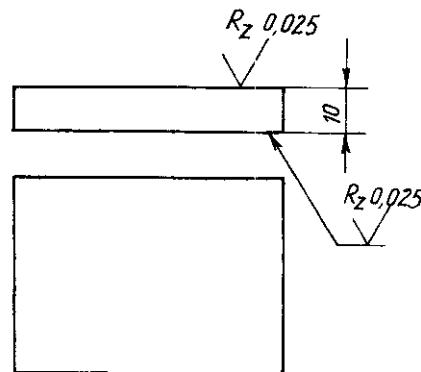
Ưu điểm của quá trình mài nghiền là nó có thể được sử dụng rộng rãi để gia công tinh các chi tiết có độ chính xác cao.

5.18.3.1. Nghiền căn mẫu

Hình 5.39 là căn mẫu cần được nghiền hai bề mặt song song với nhau (vật liệu thép gió P18). Quy trình công nghệ mài nghiền căn mẫu bao gồm các nguyên công sau:

1.Nghiên thô. Áp lực nghiền $0,5\text{kG/cm}^2$; vật liệu dụng cụ nghiền là

gang xám C415-32; lượng dư nghiền một phía $0,01\div 0,02\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ không phẳng trước khi nghiền $0,005\text{mm}$ và sau khi nghiền



Hình 5.39. Căn mẫu

0,003mm; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,08\pm 0,32\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,04\pm 0,08\mu\text{m}$.

2. *Nghiền bán tinh.* Áp lực nghiền $0,5\text{kG/cm}^2$; vật liệu dụng cụ nghiền là gang xám C415-32; lượng dư nghiền một phía $0,005\pm 0,01\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ không phẳng trước khi nghiền một phía $0,003\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,0015\text{mm}$; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,04\pm 0,08\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,05\pm 0,06\mu\text{m}$.

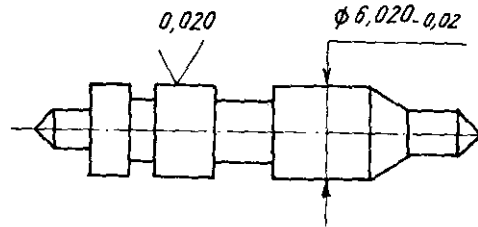
3. *Nghiền tinh.* Áp lực nghiền $0,5\text{kG/cm}^2$; vật liệu dụng cụ nghiền là gang xám C415-32; lượng dư nghiền một phía $0,003\pm 0,005\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ không phẳng trước khi nghiền $0,0005\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,0001\text{mm}$; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,05\pm 0,1\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,02\pm 0,05\mu\text{m}$.

Ghi chú: bột nghiền dùng ở các nguyên công khác nhau thì có độ hạt khác nhau.

5.18.3.2. Nghiền kim phun

Hình 5.40 là kim phun được nghiền mặt trụ ngoài (vật liệu là thép gió P18).

Quy trình công nghệ mài nghiền kim phun bao gồm các nguyên công sau đây:



Hình 5.40. Kim phun

1. *Nghiền thô.* Áp lực nghiền $0,1\text{kG/cm}^2$; vật liệu bạc nghiền là gang xám C415-32; lượng dư nghiền một phía $0,01\pm 0,015\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ ôvan trước khi nghiền $0,004\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,001\text{mm}$; độ côn trước khi nghiền $0,002$ và sau khi nghiền $0,001$; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,16\pm 0,69\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,08\pm 0,16\mu\text{m}$.

2. *Nghiền bán tinh.* Áp lực nghiền $0,2\text{kG/cm}^2$; vật liệu bạc nghiền là gang xám C415-32; lượng dư nghiền một phía $0,002\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ đa cạnh trước khi nghiền $0,004\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,001\text{mm}$; độ nhám bề mặt trước và sau khi nghiền không thay đổi và bằng $R_a=0,08\pm 0,16\mu\text{m}$ vì chỉ sửa sai số hình dáng.

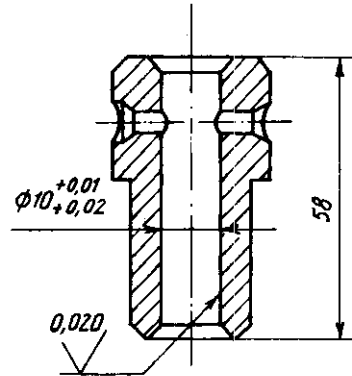
3. *Nghiền tinh.* Áp lực nghiền $0,1\text{kG/cm}^2$; vật liệu bạc nghiền là gang xám C418-36; lượng dư nghiền một phía $0,005\div 0,01\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ ôvan trước khi nghiền $0,001\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,0005\text{mm}$; độ côn trước và sau khi nghiền $0,001\text{mm}$; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,08\div 0,16\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,02\div 0,04\mu\text{m}$.

Ghi chú: bột nghiền dùng ở các nguyên công khác nhau có độ hạt khác nhau.

5.18.3.3. Nghiền xylanh

Hình 5.41 là xylanh cân được nghiền mặt trụ trong (vật liệu là thép 25X5M).

Quy trình công nghệ mài nghiền lỗ xylanh bao gồm các nguyên công sau đây:



Hình 5.41. Xylanh

1. *Nghiền thô.* Áp lực nghiền 2kG/cm^2 ; vật liệu bạc nghiền là thép 10; lượng dư nghiền một phía $0,04\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ côn trước khi nghiền $0,03\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,008\text{mm}$; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,32\div 0,63\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,08\div 0,16\mu\text{m}$.

2. *Nghiền tinh.* Áp lực nghiền $1,2\text{kG/cm}^2$; vật liệu bạc nghiền là gang xám C415-32; lượng dư nghiền một phía $0,005\div 0,01\text{mm}$; sai số hình dáng hình học: độ côn trước khi nghiền $0,008\text{mm}$ và sau khi nghiền $0,003\text{mm}$; độ nhám bề mặt: trước khi nghiền $R_a=0,08\div 0,63\mu\text{m}$ và sau khi nghiền $R_a=0,02\div 0,04\mu\text{m}$.

Ghi chú: bột nghiền dùng ở các nguyên công khác nhau có độ hạt khác nhau.

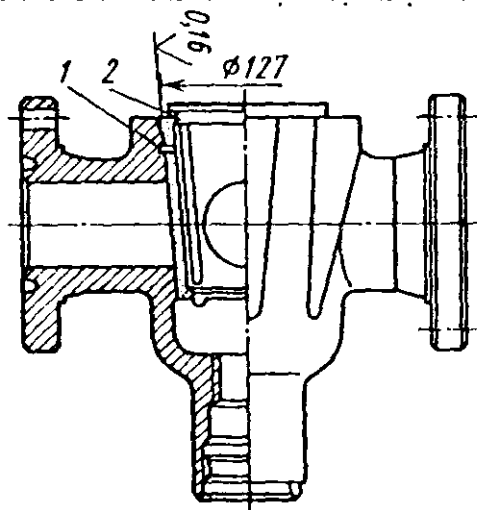
5.18.3.4. Nghiền lỗ côn thân van

Hình 5.42 là thân van 1 bằng thép 40П có độ cứng HB 212-245 và nút côn 2 cũng bằng thép 40П có độ cứng HB 352-415.

Nút côn thay cho dụng cụ nghiền. Như vậy hai chi tiết được nghiền với nhau.

Quá trình mài nghiền tổ hợp hai chi tiết với nhau được thực hiện theo các bước sau đây:

1. Gá thân van trên đồ gá.
2. Kẹp chặt nút côn trên trục của đầu nghiền.
3. Bôi bột nghiền lên bề mặt lỗ thân van hoặc trên bề mặt nút côn.
4. Đưa nút côn vào lỗ của thân van (mặt đầu của nút côn phải cao hơn mặt đầu của lỗ thân van khoảng 0,5-1,5mm).
5. Mở máy và tiến hành nghiền hai chi tiết với nhau trong thời gian tương ứng với tuổi bền của bột nghiền.



Hình 5.42. thân van và nút côn
1-thân van; 2-nút côn

6. Kiểm tra định kỳ chất lượng gia công (rửa hoặc lau sạch trước khi kiểm tra).

Phương pháp nghiền này cho phép đạt 100% diện tích tiếp xúc giữa các bề mặt của chi tiết khi kiểm tra bằng vết sơn (trước khi nghiền diện tích tiếp xúc là 10%), độ nhám $R_a = 0,16 \div 0,32 \mu\text{m}$ (trước khi nghiền độ nhám $R_a = 0,63 \div 2,5 \mu\text{m}$). Lượng dư nghiền một phía là 0,06mm, còn áp lực nghiền $0,7 \text{kg/cm}^2$.

5.18.4. Làm sạch chi tiết nghiền

Bề mặt của chi tiết nghiền bị bẩn do dính phoi, bavia, hạt mài v.v, do đó nó cần được làm sạch trước và sau khi nghiền. Khi nghiền các hạt mài nhỏ có thể bám vào bề mặt gia công. Vì vậy, cần chú ý những điểm sau đây:

-Trước khi nghiền thì chi tiết gia công và dụng cụ nghiền cần phải được tẩy sạch bụi bẩn.

-Thiết bị và dụng cụ nghiền phải được đặt tại nơi không có bụi bẩn, ở chỗ nghiền chỉ đặt bột nghiền cần thiết cho nguyên công đó.

-Bộ phận nghiền phải được cách ly với các bộ phận sản xuất khác.

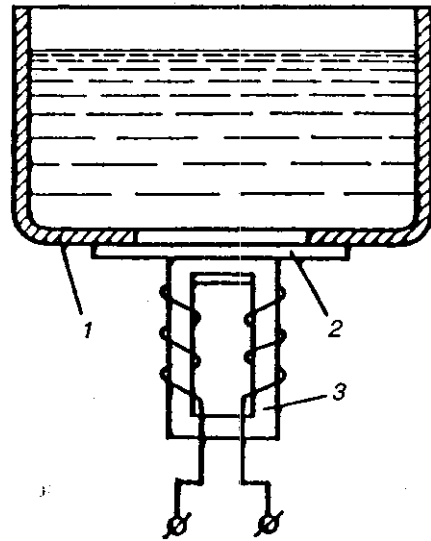
Để giữ cho bề mặt nghiền không bị hư hỏng khi gia công cũng như sau khi gia công cần phải tẩy hết vết bẩn trước và sau khi nghiền. Làm sạch chi tiết được thực hiện bằng các phương pháp sau đây:

- Rửa sạch cục bộ và lau chùi.
- Thổi bằng khí nén hoặc dung dịch lỏng.
- Ngâm trong bể.
- Rửa sạch bằng siêu âm.

Rửa sạch cục bộ và lau chùi không có khả năng tẩy hết các vết bẩn và các hạt mài nhỏ. Phương pháp này chủ yếu được dùng để làm sạch dụng cụ nghiên. Làm sạch chi tiết bằng cách thổi khí nén hoặc dung dịch lỏng và ngâm trong bể được dùng chủ yếu khi chế tạo các chi tiết có độ chính xác không cao.

Các chi tiết có độ chính xác cao được làm sạch bằng dao động siêu âm (hình 5.43).

Chi tiết gia công được xếp trong bể chứa 1, ở đáy bể chứa 1 có lắp màng chắn 2, màng chắn 2 được lắp với bộ phát siêu âm 3. Dao động siêu âm được truyền qua màng chắn 2 để tới dung dịch trong bể chứa 1. Như vậy, chi tiết được làm sạch nhờ dao động của siêu âm trong dung dịch chất lỏng.



Hình 5.43. Sơ đồ bể rửa siêu âm
1-bể chứa; 2-màng chắn; 3-bộ phát siêu âm.

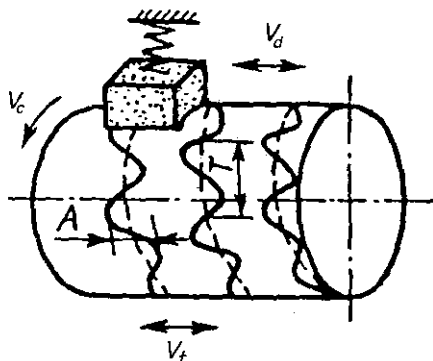
Chương 6

MÀI SIÊU TINH XÁC

6.1. Bản chất của mài siêu tinh xác

Mài siêu tinh xác là một trong những phương pháp gia công siêu tinh bề mặt chi tiết máy . Mài siêu tinh xác được thực hiện bằng các thỏi đá hạt mịn (đá thường hoặc đá kim cương) được lắp với cơ cấu đàn hồi để tạo ra áp lực xuống bề mặt gia công.

Trong quá trình gia công các thỏi đá thực hiện chuyển động dao động với tốc độ V_d và chuyển động tịnh tiến đi lại dọc theo đường sinh của bề mặt chi tiết gia công với tốc độ V_1 . Nhờ các chuyển động này và chuyển động quay của chi tiết gia công với tốc độ V_c , mỗi hạt mài vẽ lên bề mặt gia công một quỹ đạo chuyển động tương đối phức tạp (hình 6.1) .

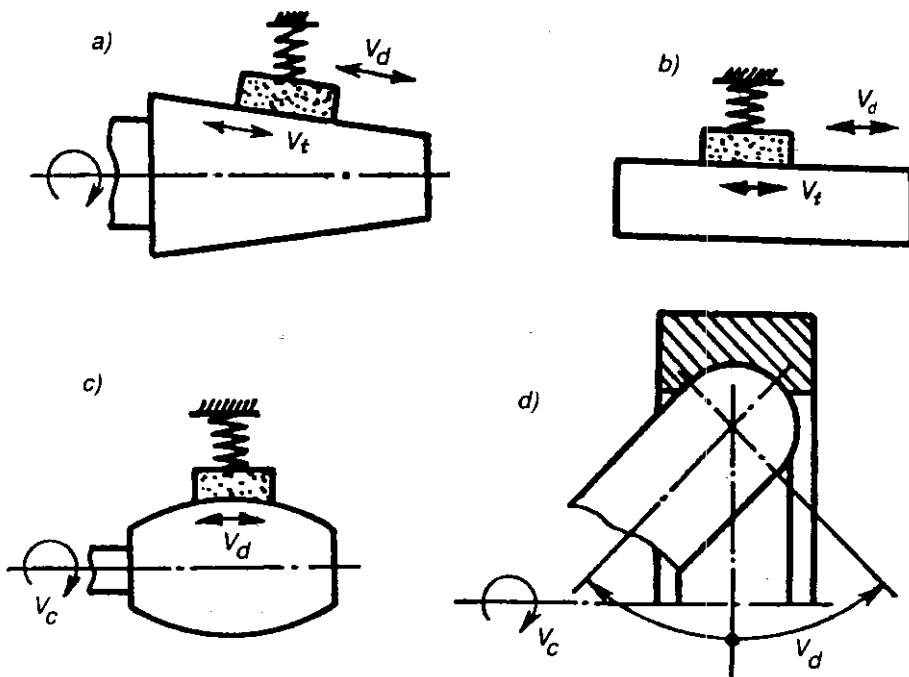


Hình 6.1. Sơ đồ các chuyển động khi mài siêu tinh xác

Với các chuyển động như vậy bề mặt gia công được phủ bởi các vết của hạt mài dưới dạng mặt lưới có kích thước rất nhỏ, có tác dụng nâng cao chất lượng bề mặt chi tiết .

Khi mài siêu tinh xác áp lực của các thỏi đá xuống bề mặt gia công không lớn. Vì vậy, tác động của hạt mài lên bề mặt gia công xảy ra trong phạm vi chiều cao nhấp nhô của nguyên công trước để lại. Trong trường hợp này độ nhám bề mặt giảm rất nhiều ($R_a = 0,02 \div 0,16 \mu\text{m}$), còn kích thước và sai số hình dáng hình học hầu như không thay đổi. Vì vậy, mài siêu tinh xác phải được thực hiện sau nguyên công tinh nào đó để đảm bảo độ chính xác và độ nhám bề mặt tối thiểu . Thông thường trước khi mài siêu tinh xác chi tiết được mài để có $R_a = 0,63 \div 1,25 \mu\text{m}$. Nếu chi tiết không cần nhiệt luyện thì trước khi mài siêu tinh xác chi tiết có thể được gia công bằng phương pháp tiện siêu tinh.

Mài siêu tinh xác được sử dụng để gia công tinh mặt trụ, mặt côn, mặt phẳng và mặt cầu (hình 6.2).



Hình 6.2. Các sơ đồ mài siêu tinh xác
 a) mặt côn ; b) mặt phẳng ; c, d) mặt cầu

Khi gia công các chi tiết có chiều dài ngắn ($50 \div 70$ mm) mài siêu tinh xác có thể được thực hiện bằng phương pháp ăn dao ngang. Theo phương pháp này các thỏi đá chỉ thực hiện chuyển động dao động.

Để gia công chi tiết trụ trơn có thể dùng phương pháp mài siêu tinh xác vô tâm.

Mài siêu tinh xác mặt phẳng và mặt cầu có thể được thực hiện không phải bằng các thỏi đá mà bằng đá mài hình chấu, đá mài này ngoài chuyển động quay còn thực hiện chuyển động dao động hoặc chuyển động hành tinh.

Mài siêu tinh xác được thực hiện trên các máy chuyên dùng hoặc trên các máy tiện và máy mài vạn năng có lắp đầu rung chuyên dùng. Đầu rung thông dụng nhất là đầu rung cơ khí mà chuyển động dao động của nó được thực hiện nhờ cơ cấu cam, cơ cấu lệch tâm hoặc cơ cấu tay đòn. Đầu rung như vậy có kết cấu đơn giản, độ ổn định cao và cho phép thay đổi tần số dao động trong phạm vi biên độ cho trước.

Khi mài siêu tinh xác chế độ cắt có thể chọn trong phạm vi rất rộng. Ví dụ, tốc độ cắt V_c của chi tiết khi gia công bằng các thỏi đá thông thường có thể chọn trong phạm vi từ 5 đến 120 (mm/phút). Tần số dao động của các thỏi đá : 500 ÷ 3000 (hành trình kép/phút), còn biên độ dao động của các thỏi đá : 2 ÷ 5 (mm). Áp lực khi mài siêu tinh xác có thể chọn trong phạm vi từ 0,05 đến 0,6 (MPa).

Tốc độ dao động trung bình của các thỏi đá V_d (m/phút) được xác định theo công thức :

$$V_d = \frac{2A.n}{1000} \quad (6.1)$$

Ở đây : A – khoảng dao động lớn nhất (mm);

n – số hành trình kép của các thỏi đá trong một phút.

Một trong những thông số chủ yếu đặc trưng cho quá trình mài siêu tinh xác là góc chéo α (là tỷ số giữa tốc độ quay của chi tiết gia công V_c và tốc độ dao động trung bình của các thỏi đá V_d):

$$\alpha = \arctg \frac{V_c}{V_d} \quad (6.2)$$

Khi mài siêu tinh xác chi tiết bằng thép nhiệt luyện, dung dịch trơn nguội được sử dụng là dầu hoá có pha thêm 15% dầu máy. Còn khi gia công chi tiết bằng thép không nhiệt luyện và các hợp kim dẻo thì thành phần dầu máy trong dung dịch trơn nguội chiếm 70 ÷ 80 %.

Quá trình mài siêu tinh xác được đặc trưng bằng ba giai đoạn sau đây.

Ở giai đoạn thứ nhất (thời gian trung bình 0,5 ÷ 2 giây) tạo ra bề mặt cắt mới của các thỏi đá mài. Sau chu kỳ gia công tiếp theo các hạt mài nhờ ra khỏi chất kết dính bị mài mòn và các khe hở giữa các hạt mài bị lấp đầy bụi bẩn. Ở thời điểm ban đầu khi gia công chi tiết tiếp theo xảy ra sự tiếp xúc của bề mặt cắt của các thỏi đá với bề mặt gia công có độ nhám lớn hơn so với độ nhám của bề mặt thỏi đá. Vì vậy ở thời điểm này xuất hiện áp lực lớn, làm cho một số hạt mài bị gãy một phần hoặc bị phá huỷ hoàn toàn. Do đó bề mặt của thỏi đá được tự mài sắc lại. Do diện tích tiếp xúc của bề mặt gia công và bề mặt của các thỏi đá ở giai đoạn này không lớn nhưng áp lực lớn nên màng dung dịch trơn nguội không ngăn cản quá trình cắt. Vì vậy, ở đây chỉ xảy ra quá trình cắt độ nhám cao nhất, do đó diện tích tiếp xúc tăng, còn áp lực lại bắt đầu giảm. Với áp lực nào đó quá trình tự mài sắc của hạt mài sẽ

bị ngừng lại. Phần lớn độ nhấp nhô bị san phẳng và bề mặt trở nên nhẵn hơn. Ở cuối giai đoạn này cường độ bóc tách kim loại đạt giá trị cực đại.

Ở giai đoạn thứ hai (thời gian trung bình $2 \div 15$ giây) xảy ra hiện tượng cắt tế vi và biến dạng dẻo đàn hồi của bề mặt gia công. Do thiếu hiện tượng tự mài sắc, diện tích tiếp xúc thực của đá với chi tiết tăng, còn áp lực lên mỗi hạt mài giảm và cường độ bóc tách kim loại giảm. Ở cuối giai đoạn này biến dạng dẻo đàn hồi là yếu tố quyết định đối với độ nhẵn bóng của bề mặt gia công.

Ở giai đoạn thứ ba diện tích tiếp xúc của đá với chi tiết có giá trị lớn nhất và các thoi đá được “bơi” trên màng dầu, do đó quá trình cắt tế vi và biến dạng dẻo bị ngừng hẳn. Như vậy, quá trình gia công kết thúc và độ nhám bề mặt đạt giá trị cực tiểu.

Từ những phân tích trên đây ta thấy quá trình mài siêu tinh xác được đặc trưng bằng sự tắt dần của cường độ bóc tách kim loại và quá trình gia công được kết thúc tự động khi đạt được độ nhám bề mặt theo yêu cầu.

6.2. Ảnh hưởng của chế độ cắt và điều kiện gia công đến chất lượng của mài siêu tinh xác

Chế độ cắt khi mài siêu tinh xác có ảnh hưởng lớn đến chất lượng của bề mặt gia công. Nhưng khi chọn chế độ gia công người ta thường chỉ chọn tốc độ quay của chi tiết và áp lực của thoi đá. Tần số và biên độ dao động bị giới hạn bởi lực quán tính sinh ra do rung động của cơ cấu chấp hành. Trong trường hợp này độ mòn của thoi đá tăng đột ngột và thoi đá rất dễ bị gãy. Vì vậy tốc độ trung bình của chuyển động dao động nên chọn $V_d = 5 \div 10$ (m/phút).

Các nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng cường độ bóc tách kim loại lớn nhất và quá trình tự mài sắc xảy ra khi góc chéo α theo công thức (6.2) bằng $40 \div 50^\circ$, có nghĩa là $V_c = V_d$.

Khi tăng hoặc giảm góc chéo α , cường độ bóc tách kim loại và độ mòn của đá sẽ giảm đột ngột, còn độ nhám bề mặt cũng sẽ giảm. Thực tế cho thấy độ nhám thấp nhất có thể đạt được khi mài siêu tinh xác có góc $\alpha = 75 \div 85^\circ$. Vì vậy phương án tối ưu của mài siêu tinh xác là gia công theo hai giai đoạn có thay đổi góc chéo α .

Ở giai đoạn thứ nhất, để đẩy nhanh quá trình san phẳng nhấp nhô và sửa sai số hình dáng hình học nên chọn góc $\alpha = 40 \div 50^\circ$, có nghĩa là

$V_c = (1,0 \div 1,2)V_d$. Ở giai đoạn thứ hai cần tăng góc chéo α nhờ tăng tốc độ quay của chi tiết $V_c = (8 \div 12)V_d$. Với chế độ gia công như vậy có thể đạt được độ nhám bề mặt $R_a = (0,05 \div 0,1) \mu\text{m}$. Khi chọn áp lực của đá lên bề mặt gia công cần phải tính đến độ cứng của vật liệu gia công, đặc tính của các thỏi đá, chiều dày lớp kim loại được cắt và độ nhám yêu cầu. Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi tăng áp lực của đá, khối lượng bóc tách kim loại tăng. Nhưng trong những điều kiện gia công cụ thể sẽ có một áp lực tối ưu, còn các giá trị lớn hơn giá trị tối ưu sẽ làm cho đá mòn nhanh. Áp lực nhỏ không đảm bảo được năng suất gia công. Điều này được giải thích như sau: khi áp lực tăng, lực tác động lên mỗi hạt mài tăng, làm cho các hạt mài ăn sâu vào bề mặt gia công, hớt phoi có tiết diện lớn hơn, có nghĩa là cường độ bóc tách kim loại (năng suất gia công) tăng.

Độ cứng vật liệu gia công càng cao thì áp lực của đá càng phải lớn. Ví dụ, khi gia công thép nhiệt luyện và các vật liệu khác có độ cứng cao thì áp lực $P = 0,3 \div 0,4$ MPa cho trường hợp thỏi đá có độ hạt M40 \div M20, $P = 0,2 \div 0,3$ MPa cho đá có độ hạt M14 \div M5 và $P = 0,1 \div 0,2$ MPa cho đá có độ hạt M3 \div M1.

Khi gia công vật liệu mềm, ví dụ thép không nhiệt luyện, hợp kim màu, .v...v. , áp lực của đá thường được chọn trong khoảng $P = 0,1 \div 0,2$ MPa. Tuy nhiên, trong những điều kiện cụ thể có thể thay đổi áp lực trong quá trình gia công. Ví dụ, ở giai đoạn hai của mài siêu tinh xác (khi xảy ra quá trình biến dạng dẻo lớp bề mặt) áp lực của đá giảm mạnh.

Khi mài siêu tinh xác có gá thỏi đá đàn hồi, tác động của hạt mài lên bề mặt gia công được thực hiện trong phạm vi độ nhám của nguyên công trước để lại và khi độ nhám này được khử hết thì quá trình bóc tách kim loại được dừng lại. Trong những điều kiện như vậy chỉ có độ nhám bề mặt gia công giảm, còn sai số hình dáng hình học hầu như không thay đổi.

Mài siêu tinh xác được thực hiện với áp lực và tốc độ cắt nhỏ hơn so với nguyên công mài, vì vậy nhiệt độ cắt khi mài siêu tinh xác nhỏ ($< 370 \div 420^{\circ}\text{K}$), các vết cháy và các vết nứt trên bề mặt chi tiết không xảy ra. Chiều sâu lớp bề mặt mà trong đó xuất hiện ứng suất dư nén nhỏ hơn $2 \div 5 \mu\text{m}$.

Sử dụng các thỏi đá kim cương và cacbit bo cho phép nâng cao năng suất gia công lên hai lần và tăng tuổi bền lên 10 lần so với các thỏi đá thông thường. Ngoài ra, mài siêu tinh xác bằng đá kim cương và cacbit bo có thời gian cắt tế vi lớn hơn các thỏi đá thông thường (cao hơn 3 \div 5 lần). Điều này

được giải thích rằng tuổi bền của đá kim cương và cacbit bo cao hơn và độ mài mòn thấp hơn.

Khi mài siêu tinh xác bằng đá kim cương và cacbit bo có thể hút lượng dư $15 \div 20\mu\text{m}$ và sai số hình dáng hình học được sửa nhiều hơn so với mài siêu tinh xác bằng đá thông thường. Tuy nhiên, đá thông thường cho phép đạt độ nhám thấp hơn so với đá kim cương và cacbit bo trong những điều kiện gia công tương tự.

6.3. Chọn thỏi đá và chế độ cắt khi mài siêu tinh xác

Đặc tính của thỏi đá có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả của quá trình mài siêu tinh xác. Đặc tính của thỏi đá bao gồm: vật liệu hạt mài, độ hạt của hạt mài, chất kết dính và khả năng tự mài sắc lại của hạt mài. Khi mài siêu tinh xác thông thường người ta sử dụng hạt mài cacbit silic hoặc kôrun điện trắng trên nền chất kết dính hợp kim gốm. Hạt mài cacbit silic được dùng để gia công thép dẻo và hợp kim màu, còn hạt mài kôrun điện trắng - gia công thép nhiệt luyện và vật liệu có độ cứng cao.

Khi gia công thô thường dùng hạt mài có độ hạt $M40 \div M20$, còn khi gia công tinh - độ hạt $M14 \div M1$. Độ nhám yêu cầu càng thấp (độ bóng càng cao) thì độ hạt phải càng nhỏ.

Thỏi đá kim cương được dùng để mài siêu tinh xác hợp kim cứng, còn thỏi đá cacbit bo - gia công thép hợp kim và thép kết cấu có độ bền cao.

Độ cứng của hạt mài cũng có ảnh hưởng đến chất lượng gia công vì vậy để gia công thép có độ cứng cao cần dùng hạt mài mềm và ngược lại. Nếu chọn độ cứng của hạt mài lớn hơn yêu cầu thì hạt mài rất khó ăn vào bề mặt chi tiết gia công. Trong trường hợp này hạt mài không có khả năng cắt toàn bộ bề mặt chi tiết, có nghĩa là lượng kim loại được bóc tách giảm. Tuy nhiên, hạt mài quá mềm sẽ bị mòn nhanh và luôn luôn làm việc ở chế độ tự mài sắc. Độ cứng của hạt mài được chọn tùy thuộc vào độ cứng của vật liệu gia công, bảng 6.1.

Bảng 6.1. Quan hệ giữa độ cứng vật liệu gia công và hạt mài

Độ cứng của vật liệu gia công (HRC)	Độ cứng của hạt mài
10 – 20	CM1
25 – 35	M3 – CM1
40 – 50	M3
55 – 60	M1 – M2
60 - 65	BM2 – M1

Cần nhớ rằng độ cứng tối ưu của hạt mài nằm trong phạm vi rất hẹp, do đó trong từng trường hợp cụ thể cần phải xác định bằng thực nghiệm có tính đến khả năng thay đổi của các yếu tố công nghệ.

Kích thước của các thỏi đá được chế tạo theo tiêu chuẩn. Các chi tiết ngắn được gia công bằng các thỏi đá có chiều dài $50 \div 70\text{mm}$, còn các chi tiết dài cần dùng các thỏi đá $100 \div 120\text{mm}$.

Bề rộng của thỏi đá phụ thuộc đường kính của chi tiết gia công. Đối với chi tiết có đường kính $40 \div 100\text{mm}$. Bề rộng của thỏi đá bằng $0,25 \div 0,50\text{mm}$ đường kính của chi tiết. Tăng bề rộng của thỏi đá làm cho diện tích tiếp xúc giữa đá và bề mặt gia công tăng, áp lực của thỏi đá lên bề mặt gia công giảm, do đó tăng khả năng sửa lại sai số hình dáng hình học của chi tiết. Tuy nhiên, khi tăng bề rộng thỏi đá, dung dịch trơn nguội khó xâm nhập vào vùng gia công, do đó khả năng tẩy rửa những vết bẩn trên bề mặt chi tiết bị hạn chế. Ngoài ra, khi tăng bề rộng thỏi đá sẽ tạo ra những vết nứt ở hai bên rìa của nó. Vì vậy trong thực tế bề rộng thỏi đá được chọn trong khoảng $20 \div 25\text{mm}$.

Bảng 6.2 là lượng dư và các thông số của chu kỳ động học khi mài siêu tinh xác.

6.4. Phạm vi ứng dụng của mài siêu tinh xác

Mài siêu tinh xác được dùng để gia công tinh các loại bề mặt chi tiết trong những trường hợp có yêu cầu độ nhám thấp nhất. Ưu điểm của phương pháp này là khi gia công bề mặt không bị biến dạng dẻo, do đó nâng cao được tính chất sử dụng của chi tiết. Vì vậy, mài siêu tinh xác chỉ nên sử dụng cho các chi tiết quan trọng của máy. Ví dụ, mài siêu tinh xác được dùng để gia công các loại trục khuỷu, các loại van phân phối, các loại trục chính của máy công cụ và các loại chi tiết dạng đĩa khác.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy mài siêu tinh xác thông thường có những nhược điểm riêng. Ví dụ, nếu hạt mài có độ cứng quá cao thì ở giai đoạn gia công đầu trên các thỏi đá không tự mài sắc được. Các thỏi đá như vậy không có khả năng hút được hết lượng dư gia công, do đó trên bề mặt còn để lại vết của nguyên công trước. Các thỏi đá quá mềm lại luôn luôn tự mài sắc (ở cả hai giai đoạn gia công thứ nhất và thứ hai), làm cho quá trình cắt tế vi liên tục xảy ra và kết quả là độ nhám bề mặt không đạt yêu cầu.

Ngoài ra, trong thực tế nguyên công mài siêu tinh xác không chỉ phải đạt độ nhám bề mặt và sửa được sai số hình dạng hình học mà phải khử được

khuyết tật của bề mặt do nguyên công trước để lại. Những yêu cầu này không thể đạt được bằng phương pháp mài siêu tinh xác thông thường.

Gần đây người ta sử dụng rộng rãi đầu mài siêu tinh xác kiểu mới. Đặc điểm của nó là các thỏi đá có kết cấu cứng chứ không phải kết cấu đàn hồi như đầu mài siêu tinh xác thông thường. Gia công bằng các thỏi đá lắp cứng cho phép nâng cao năng suất và độ chính xác của quá trình. Quá trình mài siêu tinh xác bằng các thỏi đá lắp cứng được gọi là *mài siêu tinh tế vi*.

Bảng 6.2. Lượng dư và các thông số của chu kỳ động học khi mài siêu tinh xác

Độ nhám bề mặt R_a (μm)		Lượng dư gia công theo đường kính (μm)	Số cấp chu kỳ gia công	Góc chéo α ($^\circ$)	Tỷ lệ $\frac{V_c}{V_d}$	Độ hạt của hạt mài	Tỷ lệ của thời gian gia công ở mỗi cấp và thời gian của chu kỳ (%)
Yêu cầu	Độ nhám của nguyên công trước để lại						
0,16	1,25	20-25	1	40-45	0,8-1,2	M20, M14	100
	0,63	10-15	1	40-50	0,8-1,5	M14, M10	100
0,8	0,63	10-15	1	40-50	0,8-1,2	M14, M7	50-60
	0,32	8-10	2	60-70	1,7-2,7	M10, M7	50-40
0,04	0,32	8-10	1	40-50	0,8-1,2	M14	50-60
			2	60-70	1,7-2,7	M10	40-25
			3	75-85	3,7-11,4	M3	10-15
0,02	0,32	8-10	1	40-50	0,8-1,2	M7	40-50
	0,16	3-5	2	60-70	1,7-2,7	M5	40-20
			3	75-80	3,7-5,7	M1	10-15
			4	85-88	11,4-28,6	M1	10-15

Khi gia công bằng các thỏi đá lắp cứng xích động học của hệ thống được khép kín, tạo khả năng để điều chỉnh động học và động lực học của quá trình gia công. Vì mài siêu tinh xác bằng các thỏi đá lắp cứng cũng có tất cả các chuyển động của dụng cụ và chi tiết gia công như mài siêu tinh thông thường, cho nên khi điều chỉnh động học có thể thay đổi tốc độ quay của chi tiết ở các giai đoạn khác nhau của quá trình gia công. Ngoài ra, khi mài siêu tinh xác bằng các thỏi lắp cứng có thể thực hiện quá trình điều chỉnh động lực học nhờ thay đổi tần số dao động và áp lực của các thỏi đá. Ví dụ, khi giảm tần số dao động và áp lực của các thỏi đá, quá trình tự mài sắc bị dừng

lại và quá trình cắt tế vi chuyển sang quá trình chạy là (không tăng lượng ăn dao ngang). Điều này rất quan trọng đối với trường hợp dùng thỏi đá kim cương hay cacbit bo và cả thỏi đá thông thường có độ cứng khác độ cứng tối ưu.

Mài siêu tinh xác bằng thỏi đá lấp cứng cho phép nâng cao năng suất gia công và lượng kim loại được bóc tách có thể đạt $10 \div 15 \mu\text{m}/\text{phút}$. Ở đây không chỉ có quá trình cắt tế vi độ nhám của nguyên công trước để lại mà còn hớt một lượng dư khá lớn, do đó có thể khử được một số khuyết tật của lớp bề mặt kim loại và sửa được sai số hình dáng hình học của chi tiết. Nếu chọn kích thước của thỏi đá hợp lí có thể hoàn toàn khử được độ sóng và giảm đáng kể độ không tròn và độ đa cạnh của bề mặt chi tiết. Vì bề rộng của thỏi đá bị hạn chế cho nên không thể khử hết được độ ô van của bề mặt chi tiết trong quá trình gia công.

Độ cứng vững của cơ cấu mang thỏi đá và của hệ thống công nghệ nói chung có ảnh hưởng lớn đến mức độ sửa sai số hình dáng hình học của chi tiết.

Khi gia công (mài siêu tinh xác) các chi tiết có chiều dài lớn và độ cứng vững thấp có thể sử dụng đầu dụng cụ mang hai hoặc ba thỏi đá và chúng được bố trí đối diện nhau hoặc cách nhau 120° .

Như vậy, mài siêu tinh xác bằng các thỏi đá lấp cứng cho phép nâng cao độ chính xác kích thước và độ chính xác hình dáng hình học, đồng thời giảm độ nhám bề mặt xuống giá trị thấp nhất mà các phương pháp mài siêu tinh bằng các thỏi đá lấp đàn hồi không đạt được.

Mài siêu tinh xác các chi tiết từ vật liệu mềm và dẻo rất khó khăn, bởi vì trong quá trình gia công xảy ra hiện tượng các hạt kim loại dính vào bề mặt thỏi đá, làm cho chất lượng bề mặt giảm.

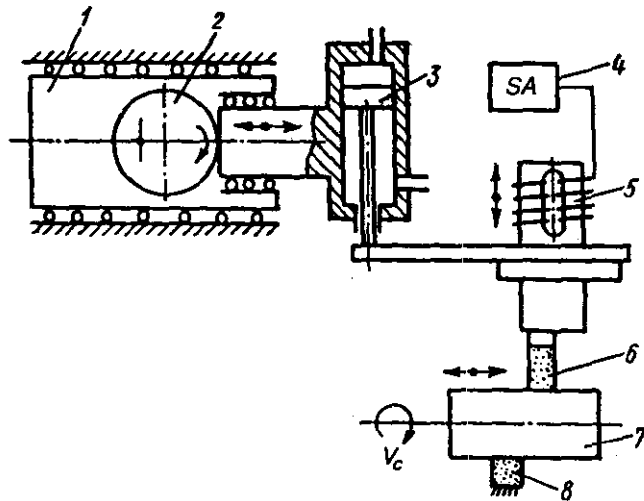
Nhiều nghiên cứu thực nghiệm cho thấy dao động siêu âm của thỏi đá và của chi tiết có thể khử được hiện tượng dính kim loại vào bề mặt thỏi đá và có tác động tốt đến quá trình cắt gọt. Vì lí do đó người ta đã nghiên cứu và chế tạo đầu mài siêu tinh xác siêu âm (hình 6.3). Phương pháp này được dùng để gia công mặt trụ và mặt côn. Bản chất của phương pháp là trong vùng cắt được kích thích dao động siêu âm với tần số $10\div 30\text{KHz}$ và biên độ dao động $1\div 4\mu\text{m}$.

Nguyên lý hoạt động của của đầu mài siêu tinh xác siêu âm (hình 6.3) như sau: thỏi đá 6 được kẹp chặt với bộ chuyển đổi từ tính 5, bộ chuyển đổi

từ tính này nhận từ máy phát siêu âm 4. Cơ cấu dao động 2 có tác dụng tạo ra dao động theo phương dọc trục của chi tiết 7. Cơ cấu hành trình 1 có nhiệm vụ cung cấp dịch chuyển tịnh tiến cho chi tiết gia công. Xylanh 3 luôn luôn ép thổi đá 6 xuống bề mặt gia công của chi tiết 7. Trong quá trình gia công chi tiết 7 thực hiện chuyển động quay và nó luôn luôn được tỳ sát vào chốt tỳ cố định 8.

Thực tế cho thấy chỉ riêng dao động siêu âm không có khả năng cắt được lượng dư cần thiết nhưng khi nó kết hợp với dao động của đầu mài siêu tinh xác theo phương dọc trục của chi tiết thì hiệu quả cắt lớn hơn nhiều (thời gian cắt cùng lượng dư như nhau nhanh gấp 2 – 3 lần so với phương pháp mài siêu tinh xác thông thường).

Sử dụng dao động siêu âm khi mài siêu tinh xác cho thấy quá trình cắt tế vi không tắt dần và không có sự chuyển đổi từ quá trình cắt tế vi sang quá trình chạy là (không tăng lượng chạy dao hướng kính) ngay cả khi tăng tốc độ quay của chi tiết gia công. Vì vậy, quá trình gia công được thực hiện theo hai giai đoạn. Ở giai đoạn thứ nhất dao động siêu âm thúc đẩy nhanh quá



Hình 6.3. Sơ đồ gia công mặt trụ và mặt côn bằng phương pháp mài siêu tinh xác siêu âm
 1- cơ cấu hành trình dọc của thổi đá; 2- cơ cấu dao động của thổi đá; 3- xylanh ép thổi đá xuống bề mặt gia công; 4- máy phát siêu âm SA; 5- độ chuyển đổi từ tính; 6- thổi đá; 7- chi tiết gia công; 8- chốt tỳ cố định.

trình san phẳng nhấp nhô của nguyên công trước để lại và quá trình cắt lượng dư. Ở giai đoạn hai dao động ngừng tác dụng và quá trình gia công được tiếp tục với chế độ mài siêu tinh xác thông thường. Cũng ở giai đoạn hai xảy ra quá trình chạy là bề mặt, do đó độ nhám bề mặt giảm nhanh hơn so với mài siêu tinh xác thông thường.

Mài siêu tinh xác siêu âm cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,01 \div 0,1$ μm nếu độ nhám ban đầu (của nguyên công trước để lại) $R_a = 0,2 \div 0,8 \mu\text{m}$. Độ sóng bề mặt giảm từ $1 \div 3 \mu\text{m}$ (trước khi gia công) xuống còn $0,05 \div 0,2 \mu\text{m}$.

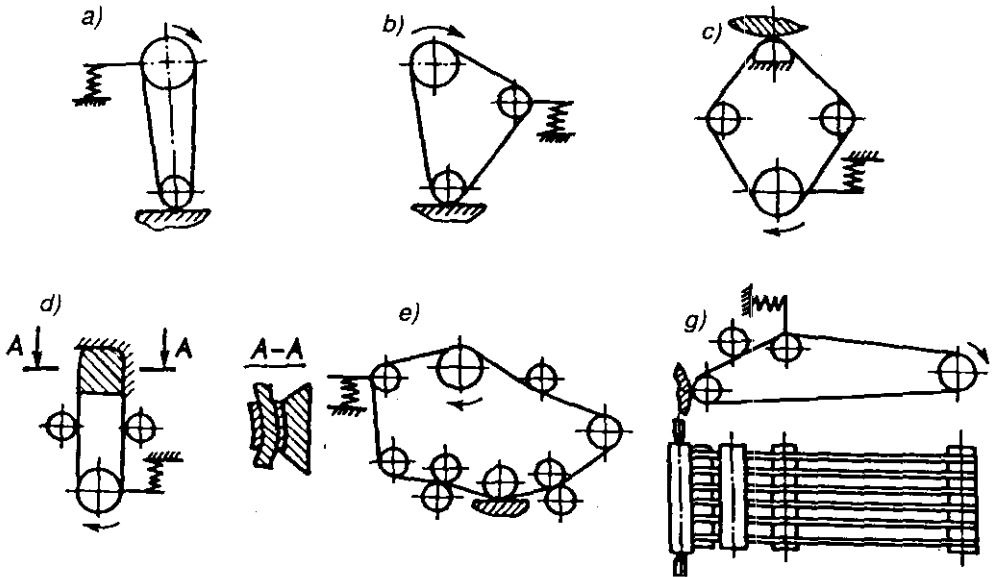
Mài siêu tinh xác siêu âm cũng được dùng để gia công mặt phẳng và mặt cầu. Ứng dụng phương pháp này để gia công vòng ổ bi (thép ШСХ 15, độ cứng HRC 62-65) cho phép tăng năng suất cắt lên 2÷3 lần và đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,08 \mu\text{m}$.

Chương 7

MÀI BẰNG ĐAI MÀI

7.1. Bản chất của phương pháp mài bằng đai mài

Mài bằng đai mài là phương pháp gia công tinh chi tiết bằng đai hạt mài khép kín có bề rộng xác định. Nguyên công này được thực hiện trên các máy mài đai chuyên dùng (hình 7.1).



Hình 7.1. Các sơ đồ của cơ cấu đai mài

a) các con lăn: truyền động và tiếp xúc; b) các con lăn: truyền động, tiếp xúc và kéo căng; c) các con lăn: truyền động, tiếp xúc và tỳ chặn; d) các con lăn: truyền động, tiếp xúc và biên dạng; e) các con lăn: truyền động, tiếp xúc và lệch vị trí; g) các con lăn: truyền động, tiếp xúc, kéo căng và chi tiết tỳ đai mài.

Cơ cấu đai mài đơn giản nhất là cơ cấu có hai con lăn: con lăn truyền động và tiếp xúc (hình 7.1a). Đai mài được lắp và được kéo căng trên hai con lăn này. Cơ cấu này cho phép đạt góc ôm (giữa các con lăn và đai mài) nhỏ, do đó có thể tạo ra độ căng không lớn. Đối với đai mài có chiều dài lớn phải dùng thêm nhiều con lăn với các chức năng khác nhau như: truyền động, tiếp xúc, kéo căng, tỳ chặn, biên dạng và lệch vị trí.

Ví dụ, các con lăn kéo căng và các con lăn tỳ chặn được dùng để điều chỉnh vị trí của đai mài khi gia công, các con lăn biên dạng được dùng để tạo

ra đai mài khi gia công các bề mặt định hình phức tạp, còn các con lăn lệch vị trí – để thay đổi hình dáng của cơ cấu đai mài trong quá trình gia công.

Cơ cấu đai mài trên hình 7.1g được dùng để gia công các chi tiết định hình cỡ lớn dạng cánh tuabin, .v...v.

Khi mài bằng đai mài, các thông số của con lăn tiếp xúc (hình dáng, kích thước, vật liệu và độ cứng) có ý nghĩa rất lớn đối với hiệu quả của nguyên công. Mặt ngoài của các con lăn tiếp xúc được chế tạo bằng kim loại, cao su nhân hoặc khía nhám và giấy ép, v...v.

Dụng cụ cắt khi mài bằng đai mài là hạt mài dính trên đai mài. Trong quá trình gia công, đai mài chịu tác dụng của tải trọng rất lớn, vì vậy nó phải có độ bền và tính đàn hồi cao. Tính đàn hồi rất cần thiết khi gia công các mặt định hình và các vị trí bề mặt khó đưa đai mài vào.

Khả năng cắt của đai mài phụ thuộc vào tính chất của vật liệu hạt mài, độ hạt của nó, độ bền kết dính với vật liệu gia công, chế độ cắt và các yếu tố khác.

Vật liệu hạt mài thường là côrun điện, cacbit silic, cacbit bo, kim cương. Đai mài bằng hạt mài kim cương và cacbit bo được dùng để mài siêu tinh và đánh bóng chi tiết bằng hợp kim cứng và thép hợp kim cao.

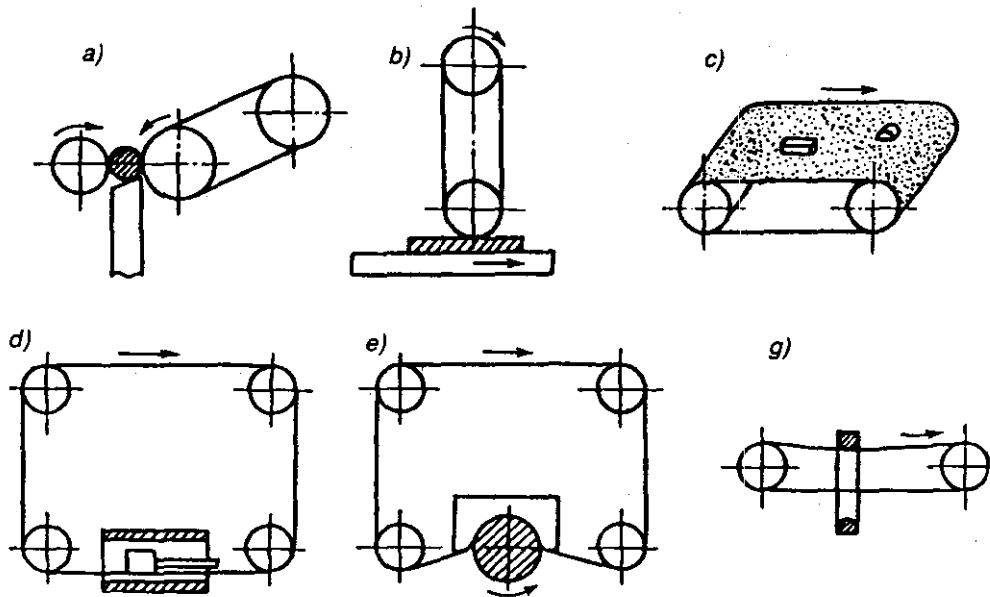
Mài bằng đai mài là phương pháp gia công vạn năng, bởi vì nó có thể dùng để gia công thô (làm sạch phôi, làm sạch gỉ hàn) hoặc gia công tinh bề mặt chi tiết. Mài bằng đai mài cho phép đạt độ nhám $R_a = 0,08 \div 0,16$ (μm). Vì vậy, nó được dùng rất rộng rãi để gia công tinh (đánh bóng) bề mặt chi tiết trong công nghiệp vòng bi, máy bay và ô tô.

Hình 7.2 là một số ví dụ của các nguyên công mài bằng đai mài.

Các chi tiết trụ trơn được gia công bằng phương pháp mài bằng đai mài (mài đai) vô tâm (hình 7.2a). Các chi tiết phẳng và rộng được gia công bằng mài đai với phương pháp chạy dao dưới con lăn tiếp xúc (hình 7.2b), còn các chi tiết nhỏ được gia công bằng chạy dao tay trên đai mài có bề rộng lớn (hình 7.2c). Bề mặt trong của các chi tiết dạng ống và dạng bạc cũng có thể được gia công bằng mài đai (hình 7.2d, g). Các cổ trục của chi tiết hình trụ được gia công bằng mài đai có cơ cấu tỳ ép (hình 7.2e).

Mài bằng đai mài là phương pháp gia công rất có hiệu quả đối với các bề mặt cong của cánh tuabin và các bề mặt định hình phức tạp mà phương pháp mài thông thường không thể thực hiện được trên các máy mài. Các máy

mài đai có giá thành thấp hơn các máy mài bằng đá mài. Kích thước của các máy mài đai cũng nhỏ hơn và sử dụng an toàn hơn.



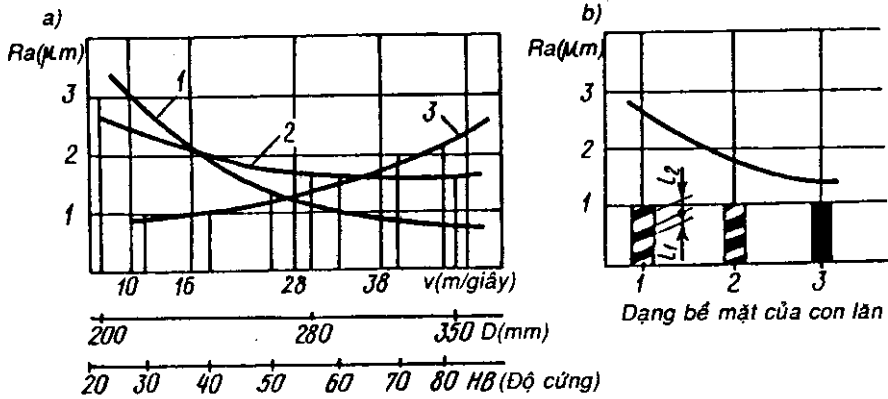
Hình 7.2. Một số ví dụ của các nguyên công mài bằng đai mài
 a- mài đai vô tâm; b- chạy dao dưới con lăn tiếp xúc; c- chạy dao bằng tay trên đai mài rộng; d- mài mặt trong của ống; e- mài các cổ trục khác nhau; g- mài mặt trong của chi tiết dạng đĩa.

7.2. Chế độ cắt và chất lượng bề mặt khi mài đai

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính của quá trình gia công bằng phương pháp mài đai, đó là: tốc độ mài đai, áp lực, đặc tính của hạt mài, tính chất của vật liệu gia công, độ căng của đai mài, hình dáng và vật liệu của con lăn tiếp xúc, loại dung dịch trơn nguội, v...v.

Hình 7.3 mô tả quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt khi mài đai và tốc độ cắt (tốc độ của đai mài), đường kính, hình dáng và độ cứng của con lăn tiếp xúc.

Hình dáng bề mặt của con lăn tiếp xúc có ảnh hưởng lớn đến độ nhám gia công. Độ nhám gia công thấp nhất khi dùng con lăn có bề mặt nhẵn, còn độ nhám gia công cao nhất khi dùng con lăn có bề mặt khía nhám. Bề rộng của rãnh khía nhám càng nhỏ và rãnh càng lớn thì cường độ bóc tách kim loại và độ nhám càng tăng. Vì vậy khi mài thô cần sử dụng con lăn tiếp xúc có bề mặt khía nhám nhỏ.



Hình 7.3. Độ nhám bề mặt khi mài đai

a) phụ thuộc vào: 1- tốc độ của đai mài; 2- đường kính của con lăn tiếp xúc; 3- độ cứng của con lăn tiếp xúc.

b) phụ thuộc vào hình dáng bề mặt của con lăn tiếp xúc (l_1 - bề rộng của răng; l_2 - bề rộng của rãnh).

Khi gia công tinh nên sử dụng con lăn tiếp xúc có bề mặt bằng cao su nhẵn hoặc giấy ép có đường kính lớn trong giới hạn cho phép. Các con lăn có bề mặt bằng cao su (bề mặt đàn hồi) còn được dùng để gia công kim loại mềm và kim loại màu.

Độ căng của đai mài có ảnh hưởng lớn đến tuổi bền của nó và điều kiện làm việc của máy. Ví dụ, khi độ căng của đai thấp xảy ra hiện tượng trượt, làm cho tốc độ của đai giảm và độ mòn của hạt mài tăng, gây ảnh hưởng xấu đến hiệu quả của quá trình gia công. Ngược lại khi độ căng của đai mài tăng làm cho tuổi bền của nó giảm, độ mòn của hạt cũng tăng lên và có khả năng đai mài bị đứt. Vì vậy, cần phải xác định độ căng của đai mài hợp lý. Độ căng của đai mài được xác định phụ thuộc vào tính chất của nó và vật liệu của chi tiết gia công. Độ căng của đai mài được chọn trong khoảng từ 0,1 đến 0,7 MPa (bảng 7.1).

Chọn độ hạt của hạt mài phụ thuộc vào đặc tính nguyên công, độ nhám yêu cầu và tính chất của vật liệu chi tiết gia công. Ví dụ, khi gia công thô chi tiết bằng thép và gang cần chọn hạt có độ hạt 50 và lớn hơn từ côrun điện trắng hoặc hợp kim. Khi cường độ bóc tách kim loại thấp cần chọn độ hạt của hạt mài ≤ 40 . Khi chọn độ hạt của hạt mài cần lưu ý rằng với độ hạt giảm, khối lượng kim loại được bóc tách và độ nhám giảm và ngược lại.

Vì vậy khi gia công tinh cần chọn đai mài có độ hạt của hạt mài nhỏ. Ví dụ, khi đánh bóng vòng bi cần dùng hạt mài côrun điện có độ hạt $10 \div M40$, còn khi gia công trục khuỷu cần chọn độ hạt (hạt mài côrun điện) $25 \div 10$. Khi mài chi tiết để sơn cần chọn đai mài có độ hạt $10 \div 8$. Để gia công các chi tiết bằng hợp kim titan và hợp kim chịu lửa, độ hạt của hạt mài (của đai mài) được chọn phụ thuộc vào đặc tính nguyên công: khi mài (bằng đai mài) $40 \div 14$, còn khi đánh bóng: $M40 \div M14$.

Nguyên công mài đai có thể được thực hiện khô (không có dung dịch trơn nguội) hoặc có dung dịch trơn nguội. Vì vậy, khi chọn đặc tính của đai mài cần phải tính đến tính chất của dung dịch trơn nguội (bảng 7.2). Độ nhớt của dung dịch trơn nguội tăng sẽ làm cho độ nhám của bề mặt gia công giảm.

Áp lực khi mài đai phụ thuộc vào vật liệu gia công. Ví dụ, khi gia công thép cacbon áp lực mài có thể chọn $\leq 0,5$ Mpa, gang: $\leq 0,4$ MPa, kim loại màu và hợp kim: $\leq 0,2$ MPa, còn khi gia công hợp kim titan và hợp kim chịu lửa: $0,15 - 0,30$ MPa. Khi đánh bóng cần chọn áp lực nhỏ hơn khi mài.

Khi tốc độ của đai mài tăng tới $25 \div 30$ m/giây thì năng suất gia công tăng, nhưng khi tốc độ của đai mài tăng hơn nữa thì năng suất gia công và tuổi bền của đai mài giảm mạnh. Vì vậy, tốc độ của đai mài thường chọn khoảng 30m/giây.

Bảng 7.1. Chọn độ căng của đai mài

Vật liệu gia công	Vật liệu hạt mài	Độ hạt của hạt mài	Vật liệu chất kết dính	Độ căng của đai mài (Mpa)
Hợp kim chịu lửa	23A, 43A, 44A	25 - 40	Hắc ín tổng hợp	0,5 - 0,7
Hợp kim titan	53C, 54C 63C	10 - 25	Hắc ín tổng hợp	0,2 - 0,3
Thép hợp kim	43A - 45A 13A - 15A	10 - 40	Hắc ín tổng hợp	0,4 - 0,5
Thép cacbon	13A-15A 23A	8 - 50	Hắc ín hữu cơ và hắc ín tổng hợp	0,3 - 0,4
Hợp kim màu	23A - 53C 54C, 63C	8 - 10	Hắc ín hữu cơ và hắc ín tổng hợp	0,15 - 0,2

Bảng 7.2. Các thông số công nghệ khi gia công bằng đá mài

Vật liệu gia công	Độ hạt của đai mài		Tốc độ cắt (m/giây)		Áp lực (Mpa)		Dung dịch trơn nguội
	Khi mài	Khi đánh bóng	Khi mài	Khi đánh bóng	Khi mài	Khi đánh bóng	
Thép (HRC 60)	40 - 16	M28 – M14	22 - 30	25 - 32	0,2 – 0,4	0,15 – 0,3	Dung dịch nitrit natri, dầu, emunxi
Gang	40 - 16	M28 – M14	20 - 25	25 - 30	0,2 – 0,4	0,15 – 0,3	Dung dịch xôđa, emunxi
Đồng và hợp kim đồng	40 - 25	M40 - M28	25 - 32	30 - 38	≤ 0,2	≤ 0,08	Emunxi, dầu, hơi ép
Nhôm và hợp kim nhôm	40 - 25	M40 – M28	25 - 35	30 - 40	≤ 0,2	≤ 0,1	Emunxi, dầu, hơi ép
Titan và hợp kim titan	40 - 25	M40 – M28	22 - 25	22 - 28	0,15 – 0,25	0,03 – 0,1	Dung dịch nitrit natri, dầu
Hợp kim chịu lửa	40 - 25	M40 – M28	22 - 25	22 - 28	0,15 – 0,3	0,08 – 0,15	Dung dịch xôđa, emunxi, dầu

Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy chế độ nhiệt khi mài đai rất khác chế độ nhiệt khi mài bằng đá mài. Nhiệt độ trong vùng cắt phụ thuộc vào nhiều yếu tố và chế độ cắt nhưng cùng một chế độ cắt và điều kiện gia công thì khi mài đai nhiệt độ thấp hơn 1,5÷2,5 lần so với mài bằng đá mài.

Yếu tố công nghệ có ảnh hưởng lớn nhất đến nhiệt độ cắt là chiều sâu cắt và lượng chạy dao dọc. Ví dụ, tăng chiều sâu cắt trong phạm vi 0,005÷0,05 (mm) làm cho nhiệt độ cắt khi mài đai tăng từ 420 đến 800^oK. Vì vậy nên gia công chi tiết với chiều sâu cắt 0,03 mm trong một hành trình của bàn máy và lượng chạy dao dọc trong phạm vi 2,5÷10m/phút.

Nhiệt độ trung bình khi mài đai thường nhỏ hơn 770^oK nhưng khi gia công không có dung dịch trơn nguội nó có thể đạt tới 1070^oK và lớn hơn. Ở nhiệt độ cao có khả năng xảy ra hiện tượng nóng chảy phoi kim loại. Vì vậy để đạt được chất lượng bề mặt cao khi mài đai cần chọn chế độ cắt tối ưu và phun dung dịch trơn nguội. Trong trường hợp này nhiệt độ của lớp bề mặt không được vượt quá 420÷470^oK, do đó trên lớp bề mặt gia công không có hiện tượng cháy, nứt và các khuyết tật khác.

Xét về cơ chế nhiệt thì mài đai có vị trí trung gian giữa mài bằng đá mài và gia công bằng hạt mài tự do. Vì vậy, tính chất cơ lý của lớp bề mặt khi mài đai được hình thành do hai yếu tố: lực và nhiệt độ. Khi mài đai cấu trúc kim loại, độ cứng tế vi và ứng suất dư đều thay đổi. Với chế độ cắt tối ưu khi nhiệt độ cắt không vượt quá nhiệt độ giới hạn của quá trình chuyển pha, ở lớp bề mặt xuất hiện ứng suất dư kéo với chiều sâu 30÷40 μ m. Trong trường hợp này độ cứng tế vi có thể tăng 15÷20%. Chế độ cắt không tối ưu có thể làm thay đổi ảnh hưởng của các yếu tố nhiệt và lực đến chất lượng bề mặt gia công.

Mài đai cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,02\div 0,63\mu\text{m}$. Độ chính xác kích thước của mài đai khi gia công chi tiết hình trụ có thể đạt 0,01 mm, còn khi gia công mặt phẳng: 0,04mm. Khi gia công các mặt định hình, ví dụ như cánh tuabin khí, độ chính xác có thể đạt 0,05÷0,07mm.

Chương 8

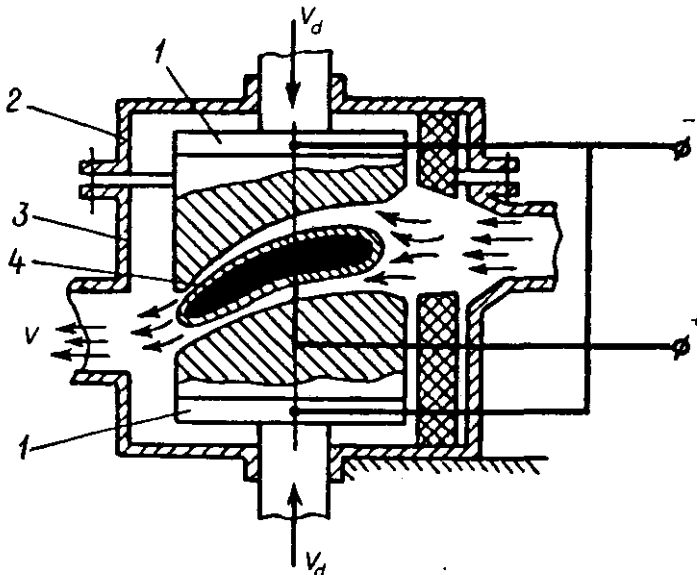
GIA CÔNG ĐIỆN HOÁ

8.1. Bản chất của phương pháp gia công điện hoá

Khi có dòng điện đi qua chất điện phân, kim loại (cực dương) sẽ bị ăn mòn và trên bề mặt của nó sẽ hình thành lớp màng axit.

Phương pháp gia công điện hoá được sử dụng rộng rãi để gia công các loại vật liệu khó gia công. Bằng phương pháp này có thể gia công được các chi tiết có hình dáng đơn giản cũng như phức tạp (các bề mặt khuôn mẫu). Đặc biệt phương pháp này rất có hiệu quả khi gia công các cánh tuabin và máy nén khí. Độ chính xác của phương pháp có thể đạt $0,01 \div 0,02 \text{mm}$, còn độ nhám bề mặt $R_a = 0,16 \div 0,63 \mu\text{m}$. Vì vậy phương pháp này được sử dụng như một phương pháp gia công tinh bề mặt chi tiết máy.

Hình 8.1 là sơ đồ gia công chi tiết dạng cánh tuabin .



Hình 8.1. Sơ đồ gia công điện hoá

1- các điện cực dụng cụ; 2- nắp dây; 3- thân giá; 4- chi tiết gia công;
 V_d tốc độ dịch chuyển của dụng cụ; V - tốc độ dịch chuyển của chất điện phân.

Chi tiết gia công 4 được đặt giữa hai điện cực dụng cụ 1. Chất điện phân với áp lực đầu vào $1,0 \div 1,5 \text{MPa}$ chảy qua khe hở giữa chi tiết gia công và các dụng cụ. Dụng cụ và chi tiết gia công được nối với nguồn điện một

chiều có điện thế 10÷15 V. Dụng cụ và chi tiết gia công được đặt trong thân giá 3 có nắp đậy 2.

Năng suất của phương pháp gia công điện hoá được đặc trưng bằng khối lượng kim loại Q được bóc tách từ bề mặt chi tiết trong quá trình hoà tan cực dương (chi tiết gia công). Quá trình hoà tan kim loại được xác định bằng quy luật Faraday. Theo quy luật này khối lượng kim loại Q tỷ lệ với cường độ dòng điện I và thời gian điện phân t:

$$Q = K.I.t \quad (8.1)$$

Ở đây: K- hệ số tương đương của vật liệu gia công.

Công thức (8.1) chỉ đúng khi toàn bộ điện năng được dùng để hoà tan kim loại. Tuy nhiên, trong thực tế một phần năng lượng điện được dùng để điện phân nước và nung nóng chất điện phân. Vì vậy khối lượng kim loại hoà tan thực tế Q_1 sẽ nhỏ hơn khối lượng kim loại hoà tan theo tính toán Q :

$$Q_1 = \eta.Q \quad (8.2)$$

Ở đây: η - hệ số cực dương theo cường độ dòng điện ($\eta < 1$).

Chất lượng bề mặt gia công bằng phương pháp điện hoá phụ thuộc vào tính chất của chất điện phân, tốc độ của nó và bề rộng của khe hở giữa các điện cực. Chất điện phân tốt nhất thường được dùng là dung dịch muối của các muối vô cơ.

Tốc độ của chất điện phân và khe hở giữa các điện cực có ảnh hưởng lớn đến quá trình gia công. Tốc độ tuần hoàn của chất điện phân không đủ có thể làm cho sản phẩm hoà tan của cực dương bị kẹt lại trong vùng gia công, do đó bề mặt gia công có thể bị cát không đều. Tuy nhiên, nếu tốc độ của chất điện phân quá lớn thì có thể xảy ra hiện tượng xâm thực và làm giảm khả năng bóc tách kim loại của dụng cụ. Như vậy, trong từng trường hợp cụ thể cần xác định tốc độ dịch chuyển của chất điện phân và khe hở giữa các điện cực hợp lý. Để tăng cường độ bóc tách kim loại (hoà tan cực dương) cần dùng mật độ dòng điện trong phạm vi 200÷250 A/cm². Với mật độ dòng điện như vậy năng suất bóc tách kim loại có thể đạt 1500÷2000mm³/phút.

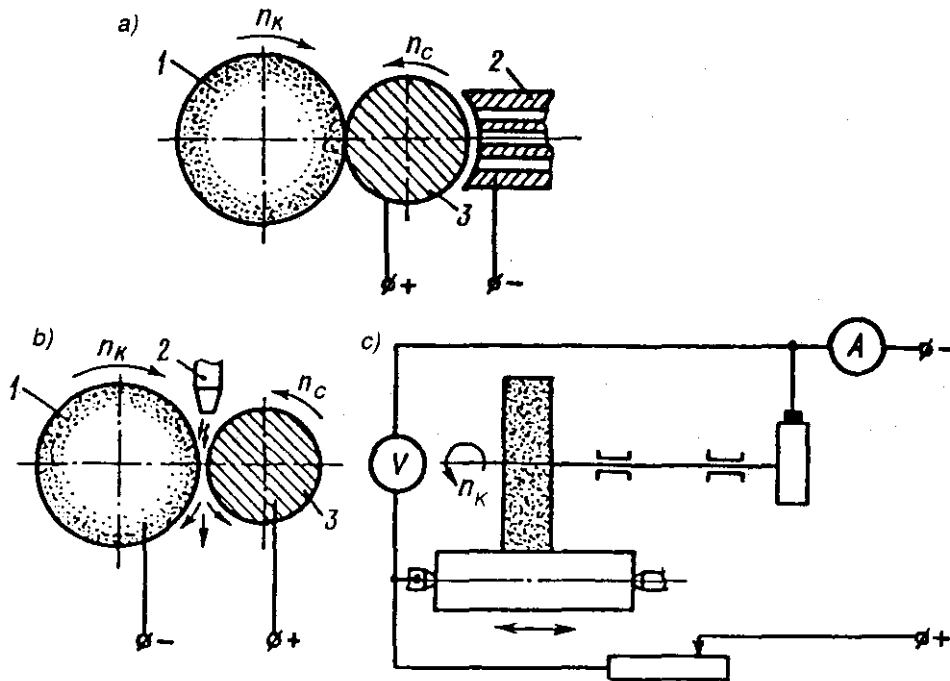
Năng suất gia công của phương pháp không phụ thuộc vào độ bền của vật liệu chi tiết. Vì vậy, phương pháp gia công điện hoá thường được dùng để tạo hình chi tiết bằng các loại vật liệu có độ bền cao và khó gia công.

8.2. Gia công điện hoá hạt mài và điện hoá kim cương

Phương pháp tăng cường hòa tan cực dương kim loại khi gia công điện hóa là tác động cơ khí đến quá trình nhờ dụng cụ hạt mài. Tổ hợp hai quá trình: hòa tan cực dương và cắt tế vi bằng đá mài thông thường hoặc đá mài kim cương cho phép nâng cao năng suất và chất lượng gia công. Do không thống nhất trong ngôn từ của phương pháp mà người ta có thể gọi phương pháp gia công này là gia công điện hoá hạt mài, mài điện hoá hoặc gia công điện hạt mài.

Hình 8.2 là các sơ đồ gia công điện hoá hạt mài và phương pháp kết nối hệ thống khi mài tròn ngoài.

Theo sơ đồ với các vùng làm việc riêng biệt (hình 8.2) nhờ catốt 2 mà vùng hoà tan điện hoá tách khỏi vùng cắt, có nghĩa là tách khỏi vùng tác động của hạt mài. Đá mài 1 trong trường hợp này có thể không dẫn điện. Trong trường hợp này chi tiết gia công 3 và catốt được nối với nguồn điện một chiều.



Hình 8.2. Các sơ đồ gia công điện hoá hạt mài

a) với các vùng làm việc riêng biệt; b) với vùng làm việc chung; c) sơ đồ nối ghép khi mài tròn ngoài; 1- đá mài; 2- catốt; 3- chi tiết gia công.

Khi phối hợp vùng hòa tan và vùng tác động của hạt mài (hình 8.2b) thì chỉ cần dùng đá mài có chất kết dính kim loại và nó được nối với cực âm của nguồn điện một chiều. Chất điện phân được cấp vào khe hở giữa bề mặt của chi tiết gia công và đá mài bằng phương pháp tưới bình thường hoặc phun áp lực. Hình 8.2c là sơ đồ ghép nối khi mài tròn ngoài.

Mài điện hoá thông thường hoặc mài điện hoá kim cương cũng được thực hiện bằng các chuyển động như các phương pháp mài khác nhưng ở các phương pháp mài điện hoá có hiện tượng hoà tan anốt của vật liệu gia công. Ở đây quá trình bóc tách kim loại được thực hiện nhờ ba yếu tố: hoà tan anốt, ăn mòn điện và cắt tế vi. Tùy thuộc vào chế độ cắt và điều kiện gia công, vai trò của từng yếu tố không giống nhau.

Mài điện hoá cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,08 \div 0,16 \mu\text{m}$ và giảm độ mòn của đá xuống 3÷4 lần so với các phương pháp mài thông thường.

Mài điện hoá có hiệu quả rất cao khi gia công hợp kim cứng và hợp kim chịu lửa. Khi gia công các loại vật liệu này năng suất và chất lượng bề mặt tăng đáng kể.

Chế độ cắt tối ưu khi mài điện hoá (thông thường hoặc kim cương) được xác định bằng thực nghiệm cho từng loại vật liệu gia công và đặc tính nguyên công.

Vùng tốc độ quay tối ưu của đá mài nằm trong khoảng $V_d = 25 \div 30$ m/giây. Các nghiên cứu thực nghiệm đã xác định rằng tăng điện thế lên 6÷8 vôn sẽ làm cho mật độ dòng điện (ampe/cm²) và khối lượng kim loại được bóc tách tăng. Tăng điện thế cao hơn nữa sẽ không có kết quả vì dòng điện sẽ nung nóng chất điện phân, làm cho dụng cụ mòn nhanh và tăng chi phí sử dụng điện. Khi gia công với các vùng làm việc riêng biệt (hình 8.2a) điện thế có thể đạt tới 24÷30 vôn.

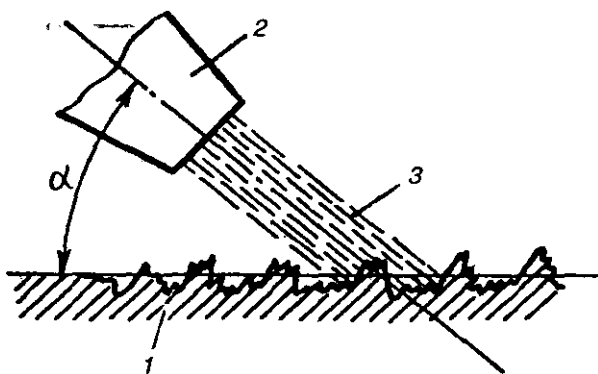
Chương 9

GIA CÔNG TINH BẰNG HẠT MÀI TỰ DO

9.1. Gia công bằng tia hạt mài

Tia hạt mài (hay tia dung dịch hạt mài) được dùng để gia công tinh các bề mặt phức tạp. Phương pháp này có năng suất 10÷12 lần cao hơn so với phương pháp gia công bằng dòng tia khí nén.

Hình 9.1 là sơ đồ gia công bằng tia hạt mài. Bề mặt 1 của chi tiết gia công chịu tác động của tia hạt mài 2. Tia hạt mài này được phun tới bề mặt gia công từ vòi phun 3 dưới một góc α . Để tăng tốc độ chảy của dung dịch trong ống phun (vòi phun) thông thường người ta dùng khí nén từ một thiết bị riêng.



hình 9.1. Sơ đồ gia công bằng tia hạt mài
1- chi tiết gia công; 2- tia hạt mài; 3- vòi phun.

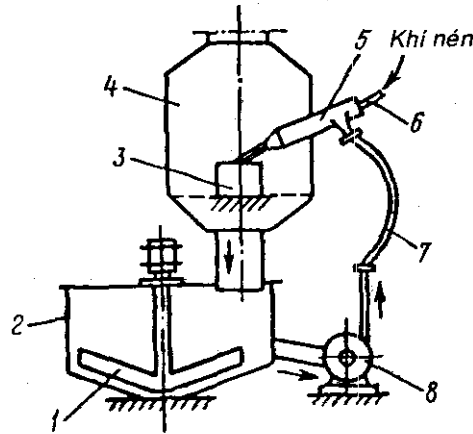
Tia hạt mài có động năng lớn, khi va đập vào bề mặt gia công nó gây ra tác động hạt mài, có nghĩa là thực hiện quá trình cắt tế vi, biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo. Số lượng hạt mài va đập vào bề mặt gia công rất lớn, làm tăng cường độ bóc tách kim loại, nhờ đó mà độ nhám bề mặt giảm rất nhanh.

Hình 9.2 là sơ đồ kết cấu của thiết bị gia công bằng tia hạt mài. Dung dịch hạt mài từ bể chứa 2 được máy bơm 8 bơm theo ống dẫn 7 để tới vòi phun 5. Nhờ có khí nén từ ống dẫn 6, dung dịch hạt mài va đập vào bề mặt của chi tiết gia công 3 đặt trong buồng gia công 4. Dung dịch hạt mài sau khi gia công chảy vào bể chứa 2. Để cho hạt mài không bị lắng xuống đáy, trong bể chứa 2 có lắp cần khuấy 1.

Để nâng cao hiệu quả gia công của thiết bị, dung dịch hạt mài được phun với áp lực 0,5÷0,7MPa (bằng áp lực của khí nén). Nếu dung dịch hạt

mài không được phun bằng khí nén (chỉ dùng máy bơm) thì năng suất gia công giảm xuống 7÷12 lần. Khi tăng áp lực của khí nén động năng tăng, làm cho cường độ bóc tách kim loại tăng.

Hiệu quả gia công của tia hạt mài (tia dung dịch hạt mài) phụ thuộc vào kết cấu của vòi phun. Ngoài ra, cường độ bóc tách kim loại và độ nhám bề mặt gia công còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như thời gian gia công, tỷ lệ hạt mài trong dung dịch, độ hạt của hạt mài, loại hạt mài và đặc tính của dòng tia (chiều dài, góc phun).



Hình 9.2. Sơ đồ thiết bị gia công bằng tia hạt mài
 1- cán khuấy; 2- bể chứa; 3- chi tiết gia công;
 4- buồng gia công; 5- vòi phun; 6- ống dẫn khí;
 7- ống dẫn dung dịch hạt mài; 8- máy bơm.

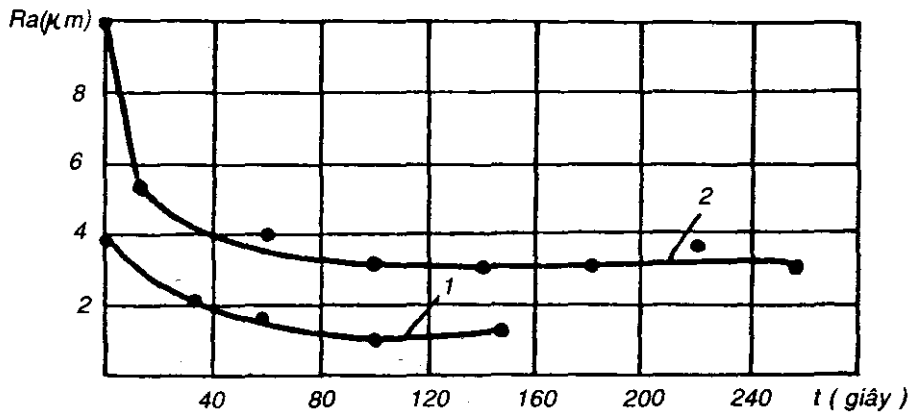
Khi quy trình công nghệ ổn định, có nghĩa là khi đặc tính của dòng tia không thay đổi theo thời gian, cường độ bóc tách kim loại sẽ đều đặn và tỷ lệ thuận với thời gian gia công. Quan hệ phụ thuộc này xảy ra đối với tất cả các loại vật liệu gia công (vật liệu chưa nhiệt luyện, vật liệu nhiệt luyện và hợp kim màu). Tuy nhiên, cường độ bóc tách kim loại sẽ khác nhau đối với các loại vật liệu có các tính chất cơ lý khác nhau, bởi vì với cùng một điều kiện gia công hiệu quả tác động hạt mài của dòng tia sẽ không như nhau đối với các loại vật liệu khác nhau.

Nhưng với cùng một điều kiện gia công cho tất cả các loại vật liệu thì độ nhám bề mặt lại biến đổi theo một qui luật riêng theo thời gian gia công.

Các nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng độ nhám bề mặt chỉ giảm ở thời gian gia công ban đầu đến một lúc nào đó, còn ở thời gian gia công tiếp theo hầu như nó không thay đổi (hình 9.3).

Kết quả nghiên cứu cụ thể như sau : khi gia công với áp lực của máy bơm và áp lực của khí nén $P_K = 0,5 \text{ Mpa}$, tỷ lệ hạt mài trong dung dịch là $K = 1:5$, chiều dài dòng tia (khoảng cách phun) $L = 100\text{mm}$ và góc phun

$\alpha = 45^\circ$, độ nhám ban đầu của tấm thép $R_a = 10\mu\text{m}$, sau 90 giây gia công độ nhám giảm xuống $R_a = 1,2\ \mu\text{m}$. Độ hạt của hạt mài trong trường hợp này là 16.



Hình 9.3. Quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt và thời gian gia công.
1- gia công thép nhiệt luyện 40X; 2- gia công thép 45 không nhiệt luyện.

Do đặc tính va đập của hạt mài tới bề mặt gia công, độ nhám sẽ khác nhau đối với các vật liệu có tính chất cơ lý khác nhau. Ở vật liệu mềm và dẻo độ nhám gia công sẽ lớn hơn. Tỷ lệ hạt mài K trong dung dịch càng lớn thì khả năng cắt của hạt mài càng lớn, do đó cường độ bóc tách kim loại càng lớn. Tuy nhiên, nếu tăng tỷ lệ hạt mài trong dung dịch lên quá mức (>35%) thì khi gia công có khả năng bị tắc ống phun. Vì vậy, khi sử dụng hạt mài có độ hạt từ 5 đến 50 với áp lực của khí nén $P_k = 0,5 \div 0,6\ \text{MPa}$ thì tỷ lệ hạt mài tối ưu $K = 25\%$ (hay 1:4). Nếu sử dụng hạt mài có độ hạt nhỏ hơn thì tỷ lệ hạt mài K có thể lớn hơn.

Độ hạt của hạt mài (hạt mài cacbit silic và cacbit bo) được chọn tùy thuộc vào độ nhám ban đầu của bề mặt gia công (bảng 9.1).

Nhờ cách chọn độ hạt của hạt mài theo bảng 9.1 có thể thực hiện nguyên công bằng 2÷3 bước để đạt độ nhám $R_a = 0,32 \div 0,63\ (\mu\text{m})$.

Góc phun α (xem hình 9.1), có nghĩa là góc giữa tâm vòi phun và bề mặt gia công là thông số quan trọng của phương pháp gia công bằng tia hạt mài. Khi tăng góc phun α , lượng kim loại được bóc tách tăng đến một mức độ nào đó, sau giá trị này lượng kim loại được bóc tách lại giảm. Lượng kim loại được bóc tách tối ưu (lớn nhất) đạt được khi góc phun $\alpha = 45^\circ$ (hình 9.4).

Bảng 9.1. Chọn độ hạt của hạt mài

Độ nhám ban đầu R_a (μm)	Độ hạt của hạt mài (số hiện)	Độ nhám sau khi gia công R_a (μm)
40 - 20	50	3,0 - 5,0
20 - 10	25	2,0 - 4,0
10 - 7	12	1,1 - 1,6
7 - 4	8	0,7 - 1,5
4 - 1,6	5	0,5 - 0,9
1,6 - 1,0	M28	0,3 - 0,5

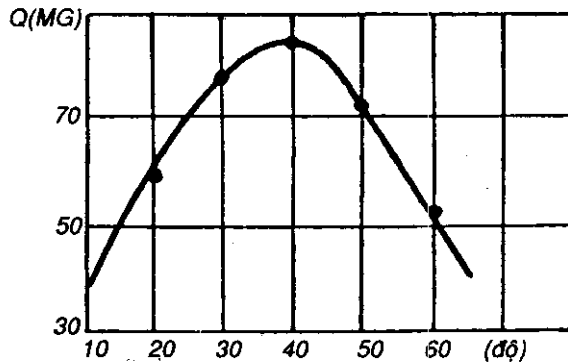
Khoảng cách phun tối ưu L nằm trong khoảng 70÷90mm, nó phụ thuộc vào kích thước, hình dáng của vòi phun và áp lực của khí nén.

Tăng áp lực của khí nén (áp lực phun) cho phép nâng cao năng suất gia công nhưng lại tốn khí nén, làm ảnh hưởng đến hiệu

quả kinh tế của quá trình. Do đó, áp lực của khí nén (áp lực phun) hợp lý là 0,5÷0,6(Mpa) tùy thuộc vào độ hạt của hạt mài.

Gia công bằng tia hạt mài thường được sử dụng trong những trường hợp sau:

1. Khi gia công các chi tiết của động cơ, máy tự động có phủ lớp hợp kim chống mòn.
2. Khi gia công các chi tiết máy có biên dạng phức tạp.
3. Khi gia công dụng cụ cắt, ví dụ như dao khoan, dao ta rô, dao phay...
4. Khi gia công tinh các loại khuôn mẫu có biên dạng phức tạp.



Hình 9.4. Quan hệ phụ thuộc giữa lượng kim loại được bóc tách và góc phun khi gia công: thép 45; khoảng cách phun $L = 70\text{mm}$; độ hạt của hạt mài $K = 1:4$; áp lực khí nén $P_K = 0,18 \text{ MPa}$.

5. Khi gia công bánh răng kể cả khi làm sạch bavia.

6. Để gia công tinh và gia công trước khi phủ bề mặt đối với các chi tiết có biên dạng phức tạp.

7. Để làm sạch chi tiết, .v...v..

Gia công bằng tia hạt mài không chỉ cho phép giảm độ nhám bề mặt mà còn nâng cao tính chất cơ lý của lớp bề mặt.

Phương pháp gia công bằng tia hạt mài có nhiệt độ thấp, bề mặt cũng bị biến cứng, làm cho độ cứng tế vi tăng lên và trong lớp bề mặt của chi tiết xuất hiện ứng suất dư nén (ứng suất có lợi cho độ bền và độ chống mòn của bề mặt chi tiết). Gia công bằng tia hạt mài cho phép nâng cao độ bền mỏi của chi tiết, tuổi bền và độ bền vững của dụng cụ cắt. Ngoài ra, phương pháp tia hạt mài còn cho phép gia công tinh một số loại chi tiết mà xét về hiệu quả kinh tế thì các phương pháp khác không thể thực hiện được.

9.2. Gia công hạt mài rung

9.2.1. Bản chất của phương pháp hạt mài rung

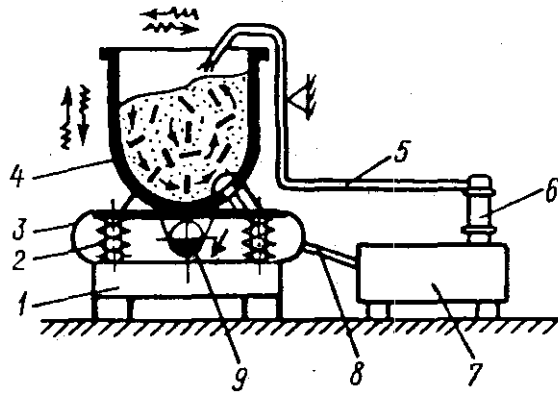
Gia công hạt mài rung được thực hiện trong thùng chuyên dùng có chứa chi tiết và môi trường gia công. Thùng chứa được gá trên đế lò xo, nó có thể thực hiện các dao động tần số thấp theo các hướng khác nhau (các dao động này sinh ra nhờ một trục quay có đối trọng không cân bằng). Dưới tác động của dao động môi trường gia công và chi tiết luôn luôn có gia tốc thay đổi theo dấu và dịch chuyển tương đối với nhau. Các hạt mài của môi trường gia công khi va đập vào bề mặt chi tiết làm cho nó biến dạng dẻo, là phẳng các nhấp nhô tế vi, do đó độ nhám giảm.

Các chi tiết gia công và môi trường gia công ngoài các chuyển động dao động còn có thêm chuyển động tuần hoàn, có nghĩa là chuyển động quay chậm trong thùng chứa. Vì vậy, các chi tiết trong quá trình gia công sẽ có các vị trí khác nhau trong môi trường gia công, nhờ đó mà thực hiện được tác động đều đặn của hạt mài trên toàn bộ các bề mặt cần gia công.

Gia công hạt mài rung được thực hiện trong môi trường khô hoặc dung dịch (lỏng) được cấp liên tục hoặc theo chu kỳ. Môi trường dung dịch có tác dụng để tăng khả năng cắt của hạt mài và để khử bụi bẩn trên bề mặt gia công.

Hình 9.5 là sơ đồ của thiết bị gia công hạt mài rung khi chi tiết được cấp tự do.

Thùng chứa 4 với các chi tiết gia công và hạt mài (môi trường gia công) được gá trên đai 3, lò xo 2 và đế 1. Khi trục 9 (có đối trọng không cân bằng) quay, thùng chứa 4 dao động theo các hướng khác nhau. Môi trường dung dịch được cấp từ bể chứa 7 nhờ máy bơm 6 qua ống dẫn 5 tới thùng chứa 4.



*Hình 9.5. Sơ đồ của thiết bị gia công hạt mài rung
1- đế; 2- lò xo; 3- đai; 4- thùng chứa; 5- ống dẫn;
6- máy bơm; 7- bể chứa; 8- ống nối; 9- trục quay
có đối trọng không cân bằng.*

Ống nối 8 có tác dụng dẫn dung dịch từ thùng chứa 4 xuống bể chứa 7.

Dao động của thành thùng chứa 4 được truyền cho các hạt mài cạnh đó, dao động của các hạt mài này lại được truyền cho các hạt bên cạnh... Vì vậy, dao động hay quá trình gia công được thực hiện ở tất cả các vùng của thùng chứa. Tuy nhiên, càng xa thành của thùng chứa thì biên độ dao động và khả năng cắt gọt giảm. Khả năng cắt gọt (khả năng gia công) xảy ra ở đáy thùng chứa nơi mà áp lực của môi trường gia công đạt giá trị lớn nhất. Chuyển động quay chậm của môi trường gia công (dung dịch hạt mài) xảy ra trong mặt phẳng quay của đối trọng không cân bằng nhưng theo hướng ngược lại với chiều quay của trục dao động. Trong quá trình gia công chi tiết quay tương đối so với trọng tâm của nó và dịch chuyển cùng môi trường gia công. Đặc tính chuyển động của chi tiết phụ thuộc vào khối lượng và hình dạng của nó. Tốc độ chuyển động tuần hoàn của chi tiết thường nhỏ hơn tốc độ tuần hoàn của môi trường gia công (dung dịch hạt mài) và khi chuyển động chi tiết nằm ở phía ngoài cùng của môi trường gia công mà không chạm vào thành của thùng chứa. Vì trong quá trình gia công các lớp của dung dịch hạt mài luôn được khuấy đều cho nên các lớp chi tiết không dịch chuyển theo vòng tròn đồng tâm. Các chi tiết này theo chu kỳ dịch chuyển về tâm rồi sau đó lại dịch chuyển ra khỏi tâm của thùng chứa.

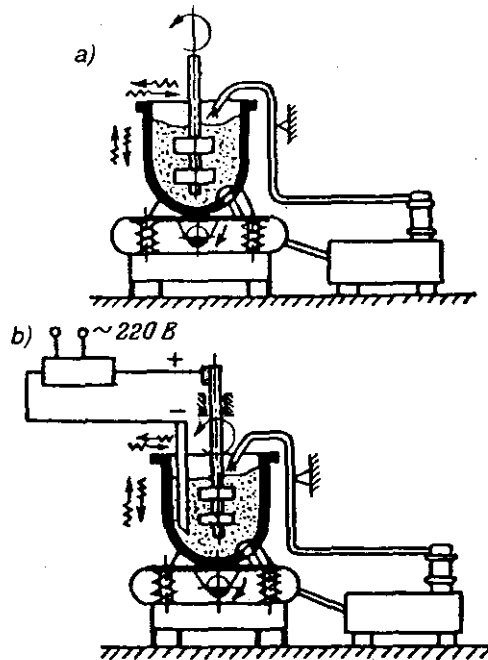
Khả năng cắt của phương pháp gia công hạt mài rung phụ thuộc vào chế độ gia công, thời gian gia công, tính chất của vật liệu gia công, đặc tính và kích thước của hạt mài, đồng thời còn phụ thuộc vào dung tích và mức độ điền đầy của thùng chứa. Chế độ và điều kiện gia công xác định lực va đập tế vi của hạt mài vào bề mặt gia công, có nghĩa là xác định đặc tính chất lượng của quá trình, bởi vì quá trình hình thành lớp bề mặt được thực hiện dưới tác động của nhiều lần va đập của hạt mài.

Để nâng cao hiệu quả gia công các chi tiết có bề mặt tròn xoay người ta đã thiết kế ra các thiết bị có cơ cấu làm quay chi tiết (hình 9.6a) hoặc cơ cấu làm quay chi tiết kết hợp với quá trình gia công điện hoá (hình 9.6b).

Khi gia công theo sơ đồ trên hình 9.6a chi tiết được gá trên trục quay, trục quay này có thể được gá theo phương thẳng đứng, nằm ngang hoặc nghiêng một góc nào đó so với tâm của thùng chứa. Ngoài chuyển động quay chính ra, trục quay có thể được cấp thêm các chuyển động phụ. Khi chi tiết quay trong môi trường gia công (dung dịch hạt mài) xảy ra hiện

tượng va đập của các hạt mài có tốc độ cao với bề mặt gia công. Do đó, quá trình bóc kim loại được thực hiện cùng với các quá trình biến dạng dẻo và là phẳng nhấp nhô bề mặt. Cường độ tác động của dung dịch hạt mài trong trường hợp này cao hơn nhiều so với phương pháp gia công bằng cấp phối tự do (theo sơ đồ trên hình 9.5).

Khi gia công hạt mài rung điện hoá (hình 9.6b) chi tiết cũng được gá trên trục quay của máy hoặc trên trục gá cố định và được ngâm trong môi trường gia công chứa chất điện phân. Cực dương của nguồn được nối với chi



Hình 9.6. Gia công hạt mài rung có cơ cấu làm quay chi tiết a) và gia công rung điện hoá b).

tiết gia công (anôt), còn cực âm của nguồn điện được nối với chất điện phân (catôt). Dưới tác dụng của nguồn điện lớp bề mặt chi tiết gia công được hoà tan và phoi kim loại được đẩy ra khỏi bề mặt gia công. Trong trường hợp này cũng xảy ra hiện tượng tác động hạt mài thông thường dưới dạng cắt tế vi và biến dạng dẻo. Nhờ đó mà cường độ bóc tách kim loại tăng lên 5÷7 lần so với phương pháp gia công hạt mài rung chỉ có cơ cấu làm quay chi tiết (xem hình 9.6a).

Phương pháp gia công hạt mài rung điện hoá được dùng để gia công tinh các chi tiết có độ cứng cao và để gia công các chi tiết có kích thước lớn khi gá chúng trong các đồ gá chuyên dùng.

Gia công hạt mài rung là phương pháp gia công vạn năng, nó có thể được dùng để gia công các chi tiết lớn và dài. Gia công các chi tiết có kích thước và khối lượng lớn có thể được thực hiện trong các đồ gá chuyên dùng. Để đảm bảo được chất lượng đồng đều ở tất cả các bề mặt của chi tiết cần thay đổi chiều quay của môi trường gia công hoặc chi tiết. Thay đổi chiều quay của môi trường gia công hoặc chi tiết được thực hiện bằng cách thay đổi chiều quay của trục rung động hoặc một trục riêng biệt được lắp trên cơ cấu truyền động.

9.2.2. Môi trường gia công và chế độ cắt

Thành phần của môi trường gia công (dung dịch hạt mài) và chế độ cắt có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng và năng suất gia công.

Môi trường gia công bao gồm chất cứng và chất lỏng. Chất cứng là các loại hạt mài hoặc vật liệu không phải là hạt mài dưới dạng các hạt nhỏ từ gỗ, chất dẻo, cao su, da ... Ngoài ra, còn có thể sử dụng chất cứng kim loại như các hạt bi thép và hạt bi gang...

Chất lỏng là dung dịch axit, kiềm hoặc muối. Nó có tác dụng để khử phoi kim loại ra khỏi bề mặt gia công và tạo sự phân bố vị trí đều cho các chi tiết gia công trong thùng chứa.

Chất lỏng có thể chảy tuần hoàn liên tục qua thùng chứa hoặc được thay đổi theo định kỳ. Mức độ chất lỏng trong thùng chứa có ảnh hưởng đến hiệu quả gia công.

Chọn chất cứng và chất lỏng phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, hình dáng và kích thước của nó, đồng thời cũng phụ thuộc vào mục đích của nguyên công gia công hạt mài rung. Ví dụ, khi mài rung thô và cần

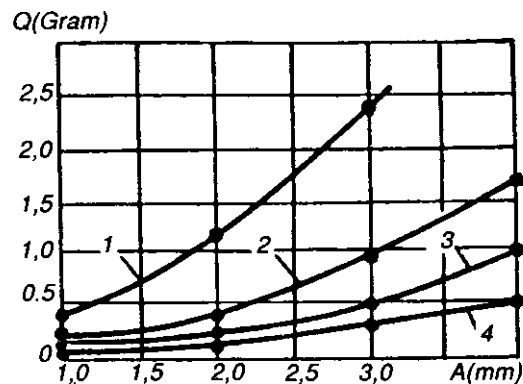
làm sạch bavia, nếu yêu cầu năng suất lớn và tuổi bền của chất cứng cao thì nên sử dụng hạt mài có độ hạt 25÷40 với độ cứng CT và lớn hơn. Khi gia công chi tiết nên chọn hạt mài nhỏ hơn (độ hạt 8÷25). Chọn độ hạt của hạt mài còn phụ thuộc vào độ nhám ban đầu (do nguyên công trước để lại) và yêu cầu kỹ thuật của bề mặt gia công.

Năng suất gia công không chỉ phụ thuộc vào thành phần của môi trường gia công (dung dịch hạt mài) mà còn phụ thuộc vào chế độ cắt. Chế độ cắt tối ưu có thể dao động trong một phạm vi lớn tùy thuộc vào dung tích của thùng chứa, hình dáng, kích thước và tính chất cơ lý của vật liệu chi tiết gia công. Theo nghiên cứu thực nghiệm thì tần số dao động của thùng chứa có thể thay đổi trong phạm vi 900÷3000 dao động/một phút, còn biên độ dao động 0,5÷0,9 mm.

Khi gia công hạt mài rung có cơ cấu làm quay chi tiết (xem hình 9.6a) tốc độ quay của chi tiết có thể chọn trong khoảng 0,5÷15 m/giây với tần số dao động của môi trường gia công 1500÷2000 dao động/một phút và biên độ dao động 1÷5 mm.

Thay đổi chế độ cắt trong phạm vi nói trên gây ra sự thay đổi các thông số tác động qua lại của hạt mài với bề mặt gia công như: tốc độ hạt mài từ 0,3 đến 1 m/giây, gia tốc của hạt mài từ 20 đến 150 m/giây², lực va đập tế vi từ 15 đến 30N, áp lực tiếp xúc từ 0,15÷15 GPa và nhiệt độ trung bình trong thùng chứa không vượt quá 300⁰-310⁰ K.

Biên độ dao động có ảnh hưởng lớn đến cường độ bóc tách kim loại (năng suất gia công) bởi vì biên độ dao động xác định lực va đập tế vi của hạt mài với bề mặt gia



Hình 9.7. Quan hệ phụ thuộc giữa lượng kim loại được bóc tách và biên độ dao động

1- gia công vật liệu phi kim loại ; 2- gia công đồng thanh; 3- gia công gang xám; 4- gia công thép dụng cụ nhiệt luyện.

công.

Hình 9.7 là quan hệ phụ thuộc giữa lượng kim loại được bóc tách Q (gram) và biên độ dao động khi gia công các loại vật liệu khác nhau bằng hạt mài 24A63CT1 có kích thước hạt $20\div 40\mu\text{m}$, tần số dao động $f=25\text{Hz}$ và thời gian gia công $t=3$ giờ.

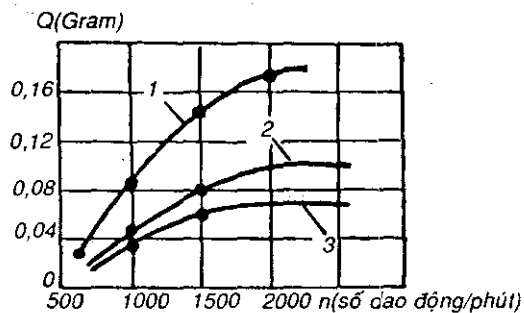
Ta thấy khi gia công kim loại càng mềm thì ảnh hưởng của biên độ dao động A càng lớn và nhìn chung khi tăng biên độ dao động của thùng chứa thì cường độ bóc tách kim loại (năng suất gia công) tăng. Tuy nhiên, trong thực tế biên độ dao động của thùng chứa thường trong khoảng $5\div 7$ mm.

Tần số dao động (của thùng chứa) xác định số va đập tế vi của hạt mài với bề mặt gia công trong một đơn vị thời gian, có nghĩa là có ảnh hưởng đến cường độ bóc tách kim loại (năng suất gia công).

Khi tăng tần số dao động, cường độ bóc tách kim loại tăng, bởi vì tăng tần số dao động sẽ làm cho chuyển động quay của toàn bộ môi trường gia công tăng. Hình 9.8 là quan hệ phụ thuộc giữa cường độ bóc tách kim loại và tần số dao động khi gia công các loại vật liệu khác nhau bằng hạt mài 24A16CT3 có kích

thước hạt $20\div 40\mu\text{m}$, biên độ dao động $A=2\text{mm}$ và thời gian gia công $t=1,5$ giờ.

Kích thước của hạt mài (độ hạt của hạt mài) cũng có ảnh hưởng đến chất lượng và năng suất gia công. Khi tăng độ hạt của hạt mài, năng suất gia công gia công và độ nhám bề mặt đều tăng. Chọn kích thước của hạt mài phụ thuộc vào chế độ cắt, tính chất của vật liệu gia công và đặc tính của thiết bị gia công. Kích thước hạt mài tối ưu được xác định bằng phương pháp thực



Hình 9.8. Quan hệ phụ thuộc giữa lượng kim loại được bóc tách và tần số dao động
1- gia công đồng thanh; 2- gia công nhôm; 3- gia công thép

nghiệm trong từng trường hợp cụ thể. Trong thực tế thường sử dụng hạt mài có kích thước từ 3 đến 70 μm .

Tỷ lệ giữa thể tích của chi tiết gia công và thể tích của dung dịch hạt mài (môi trường gia công) cũng có ảnh hưởng đến cường độ bóc tách kim loại (năng suất gia công). Theo nghiên cứu thực nghiệm, nếu tỷ lệ này thay đổi từ 1:4 đến 1:1 thì năng suất gia công giảm xuống 2 lần.

9.2.3. Chất lượng bề mặt và phạm vi ứng dụng của phương pháp gia công hạt mài rung

Độ nhám bề mặt khi gia công hạt mài rung được hình thành trong quá trình va đập của hạt mài vào bề mặt gia công. Nhờ có va đập của hạt mài trên bề mặt gia công tạo ra các vết cắt khác nhau theo các góc khác nhau. Trong trường hợp này đỉnh các nhấp nhô được vê tròn và được là phẳng. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy cường độ giảm độ nhám bề mặt phụ thuộc vào đặc tính của môi trường gia công, chế độ làm việc của thiết bị rung và tính chất của vật liệu chi tiết gia công.

Trong những điều kiện gia công như nhau độ nhám bề mặt phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu chi tiết. Độ cứng của vật liệu càng mềm, vết va đập của hạt mài vào bề mặt chi tiết càng sâu, do đó độ nhám càng cao.

Lực va đập của hạt mài vào bề mặt gia công phụ thuộc vào chế độ làm việc của thiết bị rung như biên độ và tần số dao động. Biên độ dao động tăng sẽ làm cho độ nhám bề mặt gia công tăng, còn khi tần số dao động tăng thì lúc đầu độ nhám tăng sau đó sẽ giảm. Ngoài ra, khi tần số dao động tăng tất cả các bề mặt của chi tiết được gia công đều đặn hơn.

Độ nhám bề mặt gia công còn phụ thuộc vào thành phần của môi trường gia công và dung tích của thùng chứa. Đưa phụ gia vào dung dịch hạt mài (môi trường gia công) có thể làm thay đổi chiều cao nhấp nhô (độ nhám). Thay đổi dung tích của thùng chứa cũng có thể làm thay đổi độ nhám bề mặt gia công (có thể chuyển từ gia công thô sang gia công tinh).

Đặc tính của hạt mài cũng có ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt gia công. Nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được mối quan hệ phụ thuộc giữa độ nhám bề mặt R_a và kích thước của hạt mài N :

$$R_a = K.N^m \quad (9.1)$$

Ở đây : K - hệ số ;

m - số mũ phụ thuộc vào điều kiện gia công và tính chất của vật liệu gia công ;

N - kích thước của hạt mài được đo bằng μm .

Dưới tác dụng của va đập hạt mài vào bề mặt gia công xảy ra hiện tượng biến dạng dẻo của lớp bề mặt, làm cho tính chất cơ lý của nó thay đổi. Biến dạng dẻo của lớp bề mặt càng lớn thì độ cứng tế vi và ứng suất dư thay đổi càng nhiều. Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã rút ra kết luận rằng khi gia công hạt mài rung ở lớp bề mặt xuất hiện ứng suất dư nén (ứng suất dư có lợi). Nếu ở bề mặt chi tiết trước khi gia công (gia công hạt mài rung) có ứng suất dư kéo thì sau khi gia công giá trị của ứng suất dư này sẽ giảm mạnh. Độ cứng tế vi khi gia công hạt mài rung cũng tăng lên.

Độ cứng tế vi và ứng suất dư của lớp bề mặt phụ thuộc vào chế độ và thời gian gia công, tính chất của vật liệu chi tiết gia công và đặc tính của môi trường gia công. Ví dụ, khi tăng thời gian gia công đến một giới hạn nào đó độ cứng tế vi tăng, nhưng nếu tiếp tục tăng thời gian gia công bề mặt sẽ bị chảy dẻo, do đó độ cứng tế vi lại giảm. Quan hệ phụ thuộc này cũng xảy ra tương tự như khi thay đổi biên độ dao động của thùng chứa. Khi biên độ dao động của thùng chứa tăng, thời gian gia công giảm, do đó độ cứng tế vi đạt cực đại. Độ cứng tế vi khi gia công thép nhiệt luyện tăng 46÷56%, còn khi gia công thép không nhiệt luyện có thể đạt tới 63%. Mức độ tăng tương đối của độ cứng tế vi ở lớp bề mặt càng cao nếu độ cứng ban đầu (trước khi gia công) càng thấp.

Tần số dao động của thùng chứa tăng sẽ làm cho độ cứng tế vi ở lớp bề mặt tăng. Tuy nhiên, tần số dao động tối ưu cho độ cứng tế vi và ứng suất dư là 25÷33 Hz (1500÷2000 dao động/phút).

Môi trường gia công cũng có ảnh hưởng lớn đến tính chất cơ lý của lớp bề mặt.

Khi gia công nếu chi tiết được kẹp chặt trên trục quay thì độ cứng tế vi tối ưu sẽ đạt được nhanh hơn khi gia công nếu chi tiết được thả tự do trong thùng chứa.

Vì gia công hạt mài rung có nhiệt độ thấp, cho nên cấu trúc ở lớp bề mặt không thay đổi.

Gia công hạt mài rung có thể được sử dụng rất hiệu quả để làm sạch phôi đúc, tẩy sạch gỉ sắt sau nhiệt luyện và làm sạch chi tiết sau khi gia công. Phương pháp này cũng được dùng như nguyên công tinh khi cần tẩy sạch bavia, làm cùn cạnh sắc và đánh bóng lưỡi cắt.

Khi các chi tiết gia công không có yêu cầu cao về độ nhám bề mặt thì gia công hạt mài rung được sử dụng như một phương pháp gia công tinh lần cuối. Với chế độ cắt và điều kiện gia công tối ưu, phương pháp này cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,32 \div 0,63 \mu\text{m}$. Vì vậy, gia công hạt mài rung được sử dụng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối của nhiều ngành công nghiệp khác nhau. Phương pháp này được sử dụng rất có hiệu quả để gia công các chi tiết của máy bay, các cánh tuabin, các chi tiết của thiết bị hoá học, các chi tiết trong ngành chế tạo máy nhỏ và máy dệt.

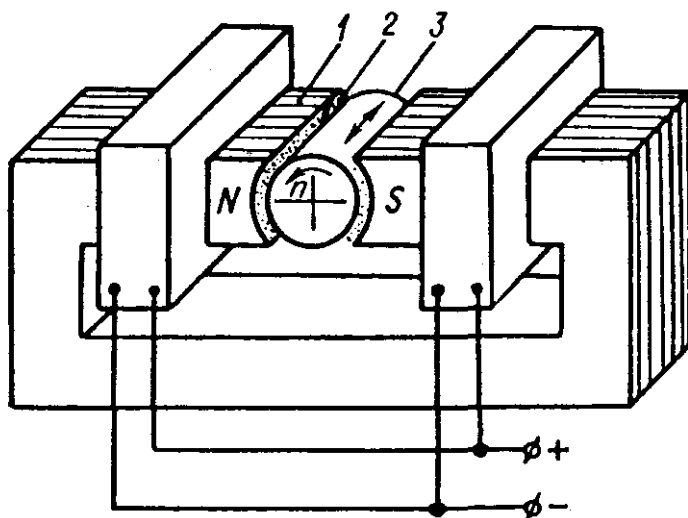
Gia công hạt mài rung cũng có thể được thực hiện theo nhiều bước khác nhau nếu có nhu cầu giảm độ nhám bề mặt của chi tiết. Trong trường hợp này ở mỗi bước gia công, đặc tính của môi trường gia công và chế độ cắt có thể thay đổi.

9.3. Gia công hạt mài từ

9.3.1. Bản chất của quá trình gia công hạt mài từ

Trong những năm gần đây đã có rất nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng phương pháp gia công hạt mài từ ở các nước phát triển. Phương pháp gia công này còn được gọi là đánh bóng hạt mài từ.

Bản chất của phương pháp gia công hạt mài từ là chi tiết gia công và hạt mài được đặt trong từ trường vĩnh cửu và được nhận chuyển động cưỡng bức. Hình 9.9 là sơ đồ gia công hạt mài từ bề mặt ngoài tròn xoay.



Hình 9.9. Sơ đồ gia công hạt mài từ bề mặt ngoài tròn xoay
1- cục của nam châm điện; 2- hạt mài nhiễm từ; 3- chi tiết gia công.

Chi tiết gia công 3 có hình dáng tròn xoay được đặt giữa các cực 1 của nam châm điện. Ở giữa các bề mặt của chi tiết gia công và cực từ có khe hở để cấp hạt mài nhiễm từ 2. Nhờ có lực từ trường vĩnh cửu, hạt mài được giữ lại ở khe hở và tiếp xúc với bề mặt của chi tiết gia công. Khi chi tiết quay và chuyển động dao động dọc trục của nó quá trình bóc tách kim loại (quá trình gia công) được thực hiện.

Phương pháp gia công hạt mài từ (đánh bóng hạt mài từ) được sử dụng để gia công các chi tiết có hình dáng bất kỳ từ vật liệu nhiễm từ và không nhiễm từ. Tuy nhiên, hiện nay trong thực tế phương pháp gia công hạt mài từ chỉ được dùng để gia công mặt phẳng, mặt trụ ngoài, mặt trụ trong và mặt định hình đơn giản. Các mặt trụ được gia công bằng cách gá chi tiết trên mâm cặp, chống tâm hai đầu hoặc phương pháp vô tâm.

Khi gia công hạt mài từ dụng cụ là bột nhiễm từ nằm ở khe hở trong trạng thái liên kết- di động. Vai trò của chất liên kết giữa các hạt mài là từ trường. Từ trường có lực đàn hồi tác động đến hạt mài. Tính đàn hồi của chất liên kết có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi cường độ dòng điện ở cuộn dây điện từ, có nghĩa là thay đổi điện thế của từ trường. Vì vậy có thể điều chỉnh chế độ công nghệ để làm cho quá trình đánh bóng gần với phương pháp gia công bằng hạt mài liên kết hoặc hạt mài tự do, đó chính là ưu điểm trong một chu kỳ gia công.

Hạt mài nhiễm từ trong vùng gia công tạo ra dụng cụ hạt mài đàn hồi, dụng cụ hạt mài đàn hồi này tác động đến bề mặt gia công dưới hai thành phần lực cắt pháp tuyến và tiếp tuyến. Các lực cắt này thực hiện quá trình bóc tách kim loại ở lớp bề mặt chi tiết.

9.3.2. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến quá trình gia công hạt mài từ và chế độ cắt

Chất lượng của phương pháp gia công hạt mài từ phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Tuy nhiên, các yếu tố có ảnh hưởng nhiều nhất đến chất lượng bề mặt gia công là: từ thông ở vùng gia công, vật liệu hạt mài nhiễm từ và độ hạt của nó, khe hở gia công, tốc độ quay và tốc độ dao động của chi tiết, tính chất cơ lý của vật liệu chi tiết, độ nhám ban đầu (trước khi gia công), thời gian gia công và dung dịch tron nguội.

Từ thông trong vùng gia công có ảnh hưởng đến lực tác động của hạt mài vào bề mặt gia công. Khi từ thông tăng thì lực tác động của hạt mài vào

bề mặt gia công tăng, tuy nhiên trong trường hợp này khả năng định hướng và khuấy đều hạt mài bị hạn chế, do đó làm giảm tính cát gọt của hạt mài. Vì vậy trong từng trường hợp cụ thể cần xác định từ thông tối ưu để nâng cao hiệu quả cát gọt của quá trình.

Tốc độ cắt ảnh hưởng đến cường độ bóc tách kim loại và độ nhám bề mặt. Khi tốc độ cắt tăng chiều dài quãng đường cắt bằng các hạt mài tiếp xúc trong cùng một khoảng thời gian tăng, do đó cường độ bóc tách kim loại tăng và độ nhám bề mặt giảm. Tuy nhiên, khi tốc độ cắt tăng, tính di động của hạt mài giảm và lưỡi hạt mài từ trở nên cứng hơn. Vì vậy, với một tốc độ cắt xác định, độ nhám bề mặt bắt đầu tăng, còn cường độ bóc tách kim loại lại giảm.

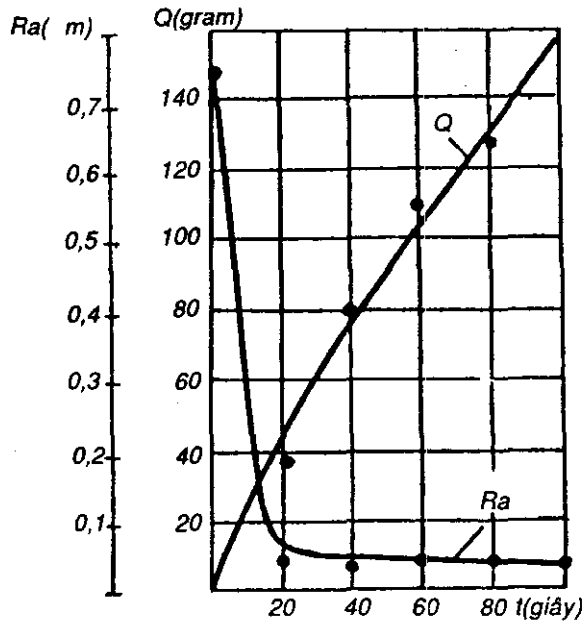
Tăng khe hở của vùng gia công làm cho áp lực từ của hạt mài vào bề mặt chi tiết giảm, do đó cường độ bóc tách kim loại sẽ giảm.

Tốc độ và biên độ dao động của chi tiết cũng có ảnh hưởng đến quá trình khuấy đều hạt mài và khả năng tự mài sắc của hạt mài. Chuyển động phụ (chuyển động dao động của chi tiết) có tác dụng thúc đẩy quá trình cát của hạt mài. Khi biên độ dao động giảm và tần số dao động tăng thì cường độ bóc tách kim loại tăng và độ nhám bề mặt giảm. Độ nhám bề mặt giảm được giải thích bằng sự thay đổi của quỹ đạo chuyển động của hạt mài, làm cho các phương của độ nhám mới và độ nhám ban đầu không trùng nhau. Vì vậy, cũng tương tự như quá trình mài siêu tinh xác (xem chương 6) việc cung cấp cho quá trình gia công hạt mài từ một chuyển động dao động bổ sung sẽ làm cho độ nhám bề mặt giảm đáng kể.

Độ hạt của hạt mài (kích thước của hạt mài) có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng bề mặt gia công. Khi độ hạt giảm thì số lượng của hạt mài tiếp xúc với chi tiết tăng lên, làm cho độ nhám giảm. Số lượng tiếp xúc của hạt mài với bề mặt chi tiết và chiều sâu cắt tỷ lệ nghịch với kích thước của hạt mài. Vì vậy, khi giảm độ hạt của hạt mài thì cường độ bóc tách kim loại tăng. Theo kết quả của các nghiên cứu thực nghiệm thì độ nhám nhỏ nhất và cường độ bóc tách kim loại lớn nhất đạt được khi gia công bằng hạt mài Fe+15%TiC có kích thước $160 \div 125 \mu\text{m}$.

Chất lượng bề mặt khi gia công bằng hạt mài từ còn phụ thuộc vào tính chất cơ lý và độ nhám ban đầu của chi tiết. Khi gia công vật liệu cứng chiều sâu vết cắt và tần số cắt tế vi giảm, do đó cường độ bóc tách kim loại giảm so với khi gia công vật liệu mềm. Khi tăng độ nhám ban đầu thì khối lượng

kim loại được bóc tách tăng. Ngoài ra, khối lượng kim loại được bóc tách và độ nhám bề mặt thay đổi nhanh ở thời gian gia công ban đầu. Hình 9.10 là quan hệ phụ thuộc giữa khối lượng kim loại được bóc tách Q , độ nhám bề mặt R_a và thời gian gia công. Đồ thị cho thấy độ nhám bề mặt giảm nhanh trong 20 phút gia công đầu tiên, sau đó nó giảm rất chậm. Còn khối lượng kim loại được bóc tách sau 20 phút thay đổi tương đối đều.



Hình 9.10. Quan hệ phụ thuộc giữa lượng kim loại được bóc tách Q , độ nhám bề mặt R_a và thời gian gia công t .

Dựa vào kết quả thực nghiệm người ta đã chọn được các thông số hợp lý cho quá trình gia công hạt mài từ (bảng 9.2). Các số liệu trong phạm vi ở bảng 9.2 cần được cụ thể hoá trong điều kiện gia công.

Bảng 9.2. Các thông số và giới hạn của từ trường và chế độ cắt

Các thông số của từ trường và chế độ cắt	Giới hạn cho phép
Từ thông trong vùng gia công ($\text{cm}^{-1/2} \text{gr}^{1/2} \text{s}^{-1}$) (gr- gram; s- giây)	0,6-1,8
Khe hở của vùng gia công (mm)	0,3-3,0
Kích thước hạt mài (mm)	0,05-0,30
Lượng kim loại được bóc tách theo kích thước đường kính(mm)	0,005-0,03
Áp lực của hạt mài vào bề mặt chi tiết (MPa)	0,8-1,0
Tốc độ quay của chi tiết (m/giây)	0,15-5,0
Tốc độ dao động của chi tiết (m/giây)	0,01-0,50
Lượng chạy dao của bàn máy (mm/giây)	0,01-15,00
Thời gian gia công (giây)	15 - 20

9.3.3. Chất lượng bề mặt khi gia công hạt mài từ

Khi gia công hạt mài từ độ nhám bề mặt giảm trong vòng 10÷60 giây từ $R_a = 0,63 \div 1,25 \mu\text{m}$ xuống $R_a = 0,04 \div 0,08 \mu\text{m}$. Độ sóng bề mặt có thể giảm 8÷10 lần (từ 2÷3 μm xuống 0,2÷0,4 μm), còn độ đa cạnh có thể giảm 1,5÷2 lần (từ 2÷3 μm xuống 0,8÷2,0 μm).

Phương pháp gia công hạt mài từ cho phép đạt năng suất bóc tách kim loại cao. Lượng kim loại được bóc tách theo kích thước có thể đạt 1 μm /giây (theo đường kính). Như vậy trong thời gian gia công 10-50 giây lớp kim loại được bóc tách $\Delta D = 0,01 \div 0,05 \text{ mm}$.

Ở lớp bề mặt được gia công bằng hạt mài từ số lượng austenit dư giảm mạnh nhờ biến dạng của kim loại. Quá trình gia công hạt mài từ có nhiệt độ thấp cho nên biến dạng dẻo của lớp bề mặt gây ra biến cứng (làm cho độ cứng tế vi tăng) và ứng suất dư nén (ứng suất dư có lợi).

Chiều sâu của lớp biến cứng bề mặt nằm trong khoảng 4÷6 μm , còn độ cứng tế vi tăng 20÷25%. Ứng suất dư nén ở lớp bề mặt có thể đạt 1 GPa hoặc lớn hơn tùy thuộc vào chế độ cắt. Khi gia công với các thông số của từ trường và chế độ cắt tối ưu cấu trúc kim loại ở lớp bề mặt không thay đổi, do đó không xảy ra hiện tượng cháy, nứt hoặc các khuyết tật khác.

Tóm lại, gia công hạt mài từ là một phương pháp gia công tinh có năng suất cao và có khả năng đạt được các tính chất sử dụng tốt.

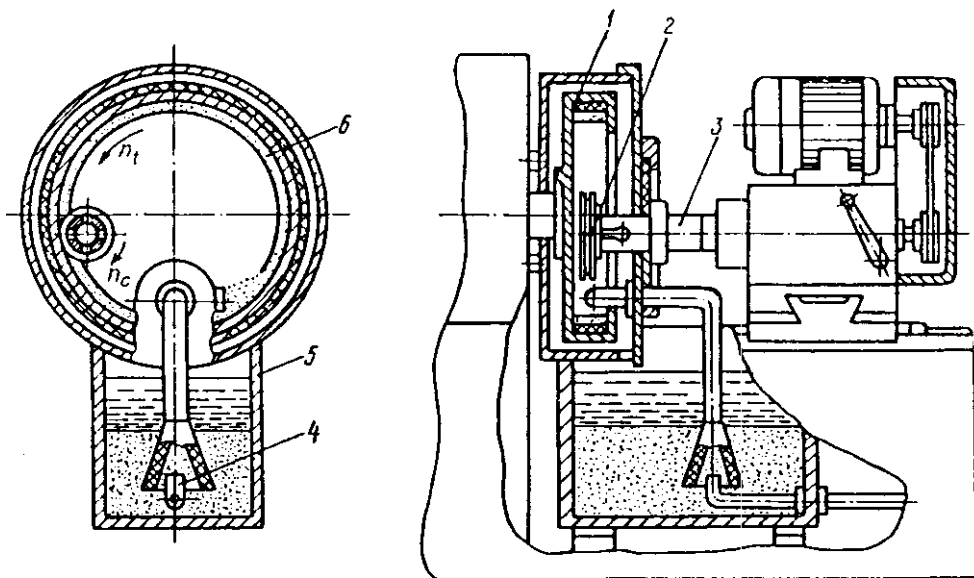
9.4. Gia công bằng hạt mài tự do được lèn chặt nhờ lực quán tính

9.4.1. Bản chất và đặc điểm của phương pháp

Trong những năm gần đây các nghiên cứu lý thuyết và thực tế đã chứng minh được khả năng ứng dụng hạt mài tự do được lèn chặt bằng lực quán tính để gia công các bề mặt ngoài, mặt trong và các mặt phẳng có profin khác nhau.

Tác động hạt mài được thực hiện bằng các hạt mài tự do được lèn chặt nhờ quán tính, trong quá trình dịch chuyển tạo ra áp lực lèn bề mặt của chi tiết gia công (để thực hiện quá trình cắt).

Hình 9.11 là sơ đồ của thiết bị gia công mặt ngoài tròn xoay bằng hạt mài tự do được lèn chặt nhờ lực quán tính.



Hình 9.11. Sơ đồ của thiết bị gia công mặt ngoài tròn xoay bằng lớp hạt mài được lèn chặt

1- tang trống; 2- chi tiết gia công; 3- trục chính của máy; 4- ống dẫn; 5- bể chứa; 6- vòng hạt mài được lèn chặt.

Thiết bị gồm bốn phần chính: bể chứa dung dịch hạt mài, cơ cấu kẹp và làm quay chi tiết gia công; tang trống và cơ cấu để làm quay tang trống và cơ cấu phun dung dịch hạt mài.

Dung dịch hạt mài có cấu tạo từ hạt mài và emunxi được chứa trong bể chứa 5. Tang trống 1 với lớp hạt mài lèn chặt được gá trên trục chính của máy. Dung dịch hạt mài được phun theo ống dẫn 4 lên bề mặt trong của tang trống nhờ nguồn khí nén có áp lực cao. Dưới tác dụng của lực quán tính hạt mài được lèn chặt và tạo thành một lớp dạng vòng 6, dính chặt với bề mặt trong của tang trống.

Chi tiết gia công 2 được gá trên trục chính 3 của máy và nhận chuyển động quay từ hộp tốc độ của máy. Trục chính 3 của máy có thể dịch chuyển theo các phương dọc và phương ngang. Khi trục chính dịch chuyển theo phương dọc, chi tiết gia công tiến sâu vào tang trống, còn khi trục chính của máy dịch chuyển theo phương ngang, chi tiết gia công ăn sâu vào lớp hạt mài dính chặt trên bề mặt tang trống.

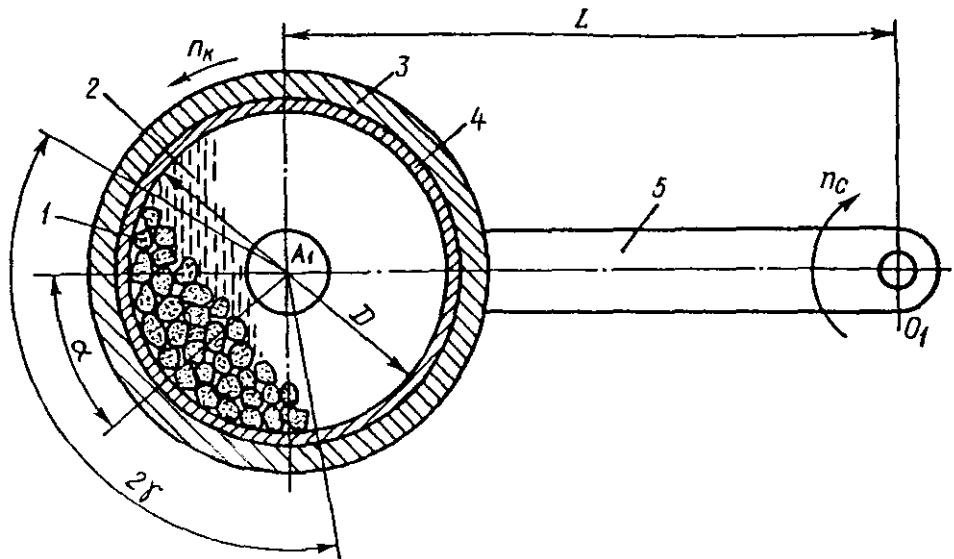
Chi tiết gia công và tang trống có các chiều quay ngược nhau (n_1 là chiều quay của tang trống, còn n_2 là chiều quay của chi tiết gia công). Lớp hạt mài quay cùng với tang trống để thực hiện quá trình cắt bề mặt chi tiết.

Lớp hạt mài này có tính đàn hồi và độ mềm dẻo nhất định, do đó nó có thể cắt được tất cả profin của bề mặt chi tiết.

Dung dịch hạt mài thừa và những hạt mài được rơi ra khi tiếp xúc với chi tiết được rơi xuống bể chứa 5. Dung dịch hạt mài được khuấy đều trong bể chứa 5 và lại được bơm (phun) lên bề mặt của tang trống. Như vậy, ở đây xảy ra quá trình tuần hoàn liên tục của dung dịch hạt mài, nhờ đó mà khả năng cắt của hạt mài được đảm bảo và quá trình làm nguội chi tiết gia công luôn luôn ổn định.

Theo phương pháp gia công trên đây (xem hình 9.11) thì hạt mài tự do dưới tác dụng của lực ly tâm tạo thành một lớp dính chặt vào bề mặt trong của tang trống, còn chi tiết gia công thực hiện lượng ăn dao vào lớp hạt mài.

Để gia công mặt tròn trong người ta còn dùng phương pháp hạt mài tự do được lên chặt tiếp xúc trực tiếp với bề mặt chi tiết nhờ lực ly tâm và chuyển động hành tinh (hình 9.12).



Hình 9.12. Sơ đồ của thiết bị gia công mặt trụ trong bằng hạt mài lên chặt với chuyển động ly tâm hành tinh
1- hạt mài; 2- nước; 3- thùng chứa; 4- chi tiết gia công; 5- thanh nối.

Nguyên lý gia công theo phương pháp này như sau: các chi tiết gia công 4 được đặt trong thùng chứa 3. Thùng chứa 3 cùng với các chi tiết gia công 4 thực hiện chuyển động quay hành tinh từ thanh nối 5 xung quanh trục tâm O_1 với tần số n_c và thông qua cơ cấu hành tinh thực hiện chuyển

động quay xung quanh tâm A_1 với tần số n_k . Dung dịch hạt mài (gồm nước 2 và hạt mài 1 cùng một số hợp chất khác) được bơm theo đường ống vào thùng chứa 3 có đặt chi tiết gia công 4.

Khi thanh nối 5 quay với tốc độ lớn, dưới tác dụng của lực ly tâm dung dịch hạt mài được lên chặt và tiếp xúc với bề mặt của chi tiết gia công, tạo ra một thoi đá đàn hồi có khả năng chép lại biên dạng của chi tiết. Nhờ có chuyển động quay của thùng chứa với các chi tiết xung quanh tâm A_1 , các chi tiết gia công dịch chuyển tương đối so với lớp hạt mài lên chặt đàn hồi để thực hiện quá trình cắt kim loại ở bề mặt chi tiết.

Dung dịch hạt mài dư (lượng dung dịch hạt mài còn lại sau khi tạo thành lớp) được đẩy qua một lỗ để rơi vào bể chứa. Như vậy, chuyển động tuần hoàn liên tục của dung dịch hạt mài cho phép tỏa nhiệt nhanh ra khỏi vùng gia công.

Áp lực tiếp xúc của lớp hạt mài lên bề mặt gia công được xác định bằng các lực quán tính xuất hiện khi quay hành tinh. Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy các hạt mài (trong lớp hạt mài được lên chặt) không phải cố định trong quá trình gia công. Khi lực cắt xuất hiện trên các lưỡi cắt của hạt mài, lớn hơn áp lực pháp tuyến thì hạt mài sẽ quay đi một góc nào đó để có lưỡi cắt mới. Trong trường hợp này dưới tác dụng của lực ma sát hạt mài có xu hướng xoay theo chiều quay của chi tiết gia công. Như vậy, các hạt mài trong khi gây tác động đến bề mặt gia công lại dịch chuyển dần dần dọc theo bề mặt đó. Khi đạt đến vị trí ngoài cùng, các hạt mài dịch chuyển về tâm quay và dưới tác dụng của các lực ly tâm, chúng dịch chuyển theo bề mặt của lớp được lên chặt về vị trí ban đầu, có nghĩa là khép kín chu kỳ tuần hoàn bên trong. Lớp hạt mài được lên chặt (thoi đá mài) xê dịch tương đối so với tâm O_1A_1 một góc α theo chiều quay của chi tiết (xem hình 9.12).

Góc tâm của thoi đá 2γ xác định chiều dài tiếp xúc của nó với bề mặt gia công, còn góc xê dịch α (góc xê dịch của 2γ) và tốc độ tuần hoàn bên trong của hạt mài phụ thuộc vào nhiều yếu tố của quy trình công nghệ. Các thông số này của thoi đá (lớp hạt mài được lên chặt) có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng gia công.

Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy tồn tại một phạm vi xác định của tỷ lệ giữa góc quay của hệ thống và thùng chứa, ngoài giới hạn

đó quá trình gia công sẽ bị ngừng. Tỷ lệ này cần được tính đến khi thiết kế thiết bị và chọn chế độ gia công (chế độ cắt).

Quan hệ giữa tốc độ góc của hệ thống ω_1 và tốc độ góc của thùng chứa ω_2 , để đảm bảo quá trình gia công, được xác định theo các đẳng thức sau:

- Đối với trường hợp phương của các vectơ tốc độ ngược nhau:

$$0 < \omega_2 < \omega_1 (K+1) \quad (9.2)$$

- Đối với trường hợp phương của vectơ tốc độ như nhau:

$$0 < \omega_2 < \omega_1 (K-1) \quad (9.3)$$

Ở đây : K- hệ số tính đến đặc điểm kết cấu của thiết bị.

Hệ số K được tính theo công thức :

$$K = \frac{1}{D} \sqrt{2DL} \quad (9.4)$$

Ở đây : D- đường kính trong của chi tiết gia công (mm);

L- chiều dài của thanh nối (mm).

Quá trình cắt bị ngừng lại khi tốc độ quay của thùng chứa vượt quá giới hạn cho phép được giải thích như sau: khi tốc độ quay của thùng chứa ω_2 tăng và tốc độ quay của hệ thống ω_1 không đổi (cố định), góc cung tiếp xúc của thỏi đá với bề mặt gia công 2γ tăng. Khi tốc độ quay của thùng chứa ω_2 đạt tới giá trị nhất định, phạm vi của thỏi đá có thể nằm ở trên đường nối hai tâm O_1 và A_1 và các hạt mài dưới tác dụng của các lực quán tính trở về trạng thái ban đầu theo bề mặt của chi tiết và khép kín thành vòng tròn hạt mài. Như vậy, theo chu vi của chi tiết gia công tạo thành lớp hạt mài dưới dạng vòng tròn. Nhờ có ma sát lớn, vòng tròn hạt mài bị chi tiết kéo theo, do đó các hạt mài chịu tác dụng của các lực quán tính từ chuyển động quay của thùng chứa:

$$F = 0,5m.\omega_2^2 \quad (9.5)$$

Ở đây: m- khối lượng của thùng chứa (kg).

Các lực quán tính này ép lớp hạt mài xuống bề mặt gia công, tạo ra áp lực tiếp xúc lớn, do đó xảy ra hiện tượng tiếp xúc chặt của vòng tròn hạt mài với bề mặt của chi tiết. Như vậy, vòng tròn hạt mài và chi tiết quay đồng bộ với nhau và quá trình gia công bị ngừng lại .

Tuy nhiên, cần phải lưu ý rằng khi tốc độ quay của thùng chứa nhỏ, cường độ gia công (cường độ bóc tách kim loại) không lớn (vì tốc độ tương đối của hạt mài và của dòng tuần hoàn bên trong nhỏ). Vì vậy cần chọn tốc độ quay của hệ thống và của thùng chứa lớn nhất theo tỷ lệ có thể.

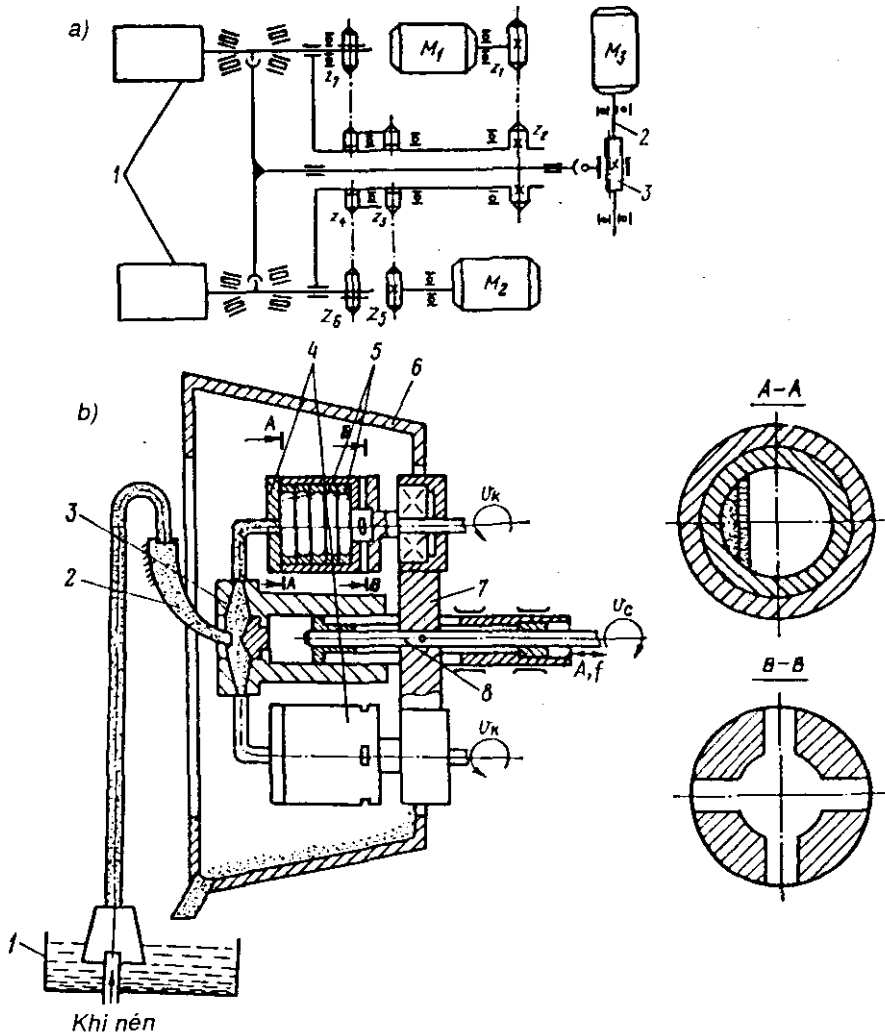
Để cân bằng khối quay và để tăng số chi tiết được gia công đồng thời cần chế tạo thiết bị có nhiều thùng chứa.

Thực tế cho thấy gia công bằng phương pháp trên đây cho phép nâng cao chất lượng bề mặt của chi tiết. Tuy nhiên, nếu thiết bị được cung cấp thêm chuyển động dao động dọc của các thùng chứa với các chi tiết gia công thì hiệu quả của phương pháp còn cao hơn nhiều.

Hình 9.13a là sơ đồ động của thiết bị có trục quay nằm ngang của hệ thống và các thùng chứa để gia công chi tiết bằng lớp hạt mài lèn chặt và chuyển động ly tâm hành tinh. Chuyển động quay của hệ thống xung quanh tâm được thực hiện từ động cơ điện điều chỉnh M_1 , qua bộ truyền xích và các bánh xích z_1 và z_2 . Chuyển động quay của các thùng chứa xung quanh tâm của chúng được thực hiện từ động cơ điện M_2 , qua các bộ truyền xích và các bánh xích z_3 và z_3 , z_4 và $z_6(z_7)$. Bộ truyền xích cho phép lắp đặt số lượng thùng chứa bất kỳ. Để tạo dao động dọc cho các thùng chứa 1 (trong đó có các chi tiết gia công) cần có động cơ điện M_3 và cơ cấu lệch tâm 2. Điều chỉnh biên độ dao động được thực hiện bằng cách thay đổi độ lệch tâm giữa trục lệch tâm (cơ cấu lệch tâm) và bạc 3, còn tần số dao động có thể thay đổi số vòng quay của động cơ điện điều chỉnh M_3 .

Hình 9.13b là phần làm việc (bộ phận công tác) của thiết bị được chế tạo theo sơ đồ động trên hình 9.13a. Nhờ nguồn khí nén dung dịch hạt mài được bơm (được phun từ bể chứa 1, qua phễu 2 và chảo chứa phân phối 3 để tới các thùng chứa 4 mà trong đó có gá các chi tiết gia công 5. Các thùng chứa được gá trên các ổ bi, còn các ổ bi được lắp trên tấm đế 7. Tấm đế 7 được nối với trục gá 8 để nhận dao động dọc của toàn hệ thống, có nghĩa là tất cả các thùng chứa với chi tiết gia công. Phần làm việc của thiết bị bên trong được nắp đậy 6 cố định, ở phía dưới của nắp đậy 6 có để dung dịch hạt mài được thực hiện theo một chu kỳ tuần hoàn liên tục.

Thiết bị trên đây có kết cấu đơn giản và không có yêu cầu độ chính xác cao. Trong thiết bị không có các chi tiết phức tạp, vì vậy trong quá trình sử dụng các chi tiết bị mòn có thể được thay thế dễ dàng, không gây ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng gia công.



Hình 9.13. Thiết bị để gia công mặt trong bằng lớp hạt mài lên chất và chuyển động ly tâm hành tinh

- a) 1- các thùng chứa với chi tiết; 2- cơ cấu lệch tâm; 3- bạc;
 b) 1- bể chứa; 2- phễu; 3- chảo chứa phân phối;
 4- các thùng chứa; 5- chi tiết gia công; 6- nắp đậy;
 7- tấm đế; 8- trục gá.

9.4.2. Đặc tính chất lượng và chế độ gia công

Năng suất gia công (lượng kim loại được bóc tách) và độ nhám bề mặt phụ thuộc vào mức độ lên chất của hạt mài, tốc độ dịch chuyển tương đối của thời đá mài (lớp hạt mài được lên chất) và của bề mặt chi tiết gia công, thành phần của dung dịch trơn nguội và thời gian gia công.

Khi gia công mặt tròn trong, dung dịch hạt mài được lèn chặt dưới tác dụng của các lực quán tính luôn luôn bị ép xuống bề mặt gia công. Mức độ lèn chặt của hạt mài (phụ thuộc vào tốc độ quay V_C của hệ thống) xác định áp lực tiếp xúc của thỏi đá mài lên bề mặt gia công. Tốc độ dịch chuyển tương đối của thỏi đá mài và bề mặt gia công xác định tốc độ quay của thùng chứa V_K .

Hình 9.14 là quan hệ phụ thuộc giữa lượng kim loại được bóc tách Q , độ nhám bề mặt R_a và thời gian gia công t khi $V_C = 22,5$ m/giây $V_K = 8$ m/giây biên độ dao động $A = 1$ mm, tần số dao động $f = 20$ Hz và độ hạt của hạt mài (kích thước hạt mài) $200 \mu\text{m}$.

Từ đồ thị trên hình 9.14 ta thấy trong phạm vi thời gian nghiên cứu lượng kim loại được bóc tách tăng, còn độ nhám bề mặt giảm.

Tuy nhiên, lượng kim loại được bóc tách tăng mạnh trong 3 phút gia công đầu tiên khi mà các hạt mài có cạnh sắc ban đầu với khả năng cắt gọt cao. Tiếp theo đó lượng kim loại được bóc tách tăng rất chậm và hầu như ổn định theo thời gian. Còn độ nhám bề mặt giảm mạnh trong 9 phút gia công. Sau 12 phút gia công độ nhám bề mặt đạt giá trị $R_a = 0,125 \mu\text{m}$ và tiếp theo hầu như không thay đổi.

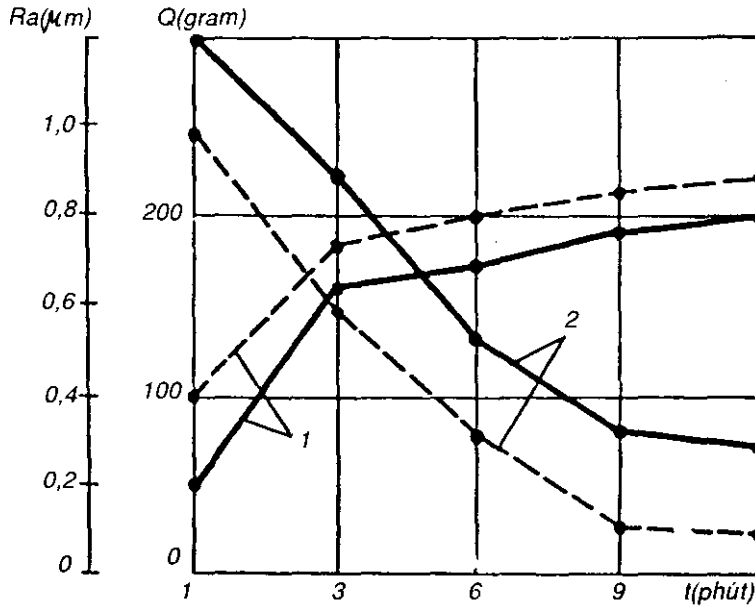
Kết quả trên đây cho thấy chất lượng gia công đạt cao hơn khi có thêm dao động dọc trục, bởi vì dao động dọc trục làm cho các hạt mài có thêm lượng dịch chuyển dọc trục, làm tăng khả năng cắt gọt, có nghĩa là tăng lượng kim loại được bóc tách. Ngoài ra, lượng dịch chuyển dọc trục tạo ra điều kiện gia công tương tự như quá trình mài siêu tinh xác (xem chương 6), làm cho các quỹ đạo của hạt mài cắt chéo nhau.

Quan hệ phụ thuộc trên hình 9.14 nhận được khi gia công vòng kéo sợi có đường kính trong 50 mm và chiều cao 10 mm bằng thép thấm nitơ và nhiệt luyện đạt độ cứng HRC 60-63. Độ nhám ban đầu (trước lúc gia công) $R_a = 1,60-2,5 \mu\text{m}$. Vật liệu hạt mài được dùng là côrun điện.

Khi gia công thép không nhiệt luyện và vật liệu mềm thì lượng kim loại được bóc tách lớn hơn và độ nhám bề mặt cũng lớn hơn so với trường hợp gia công vật liệu cứng.

Khi tốc độ quay của hệ thống và của thùng chứa tăng tới trị số cho phép thì lượng kim loại được bóc tách tăng, còn độ nhám bề mặt giảm. Điều này được giải thích rằng khi tăng tốc độ quay của hệ thống làm cho các lực

quán tính và áp lực tiếp xúc của lớp hạt mài lên bề mặt gia công tăng, nhờ đó mà lượng kim loại được bóc tách tăng và độ nhám bề mặt giảm.



Hình 9.14. Ảnh hưởng của thời gian gia công đến lượng kim loại bóc tách (1) và độ nhám bề mặt (2) (đường nét liền đậm: không có dao động của thanh nổi; đường nét đứt: có dao động của thanh nổi).

Tăng tốc độ quay của thùng chứa làm cho tốc độ tương đối của lớp hạt mài và tốc độ tuần hoàn của các hạt mài tăng. Ngoài ra, tăng tốc độ quay của thùng chứa còn làm cho hình dáng và kích thước của thỏi đá (lớp hạt mài được lèn chặt) thay đổi. Trong trường hợp này cung tiếp xúc của lớp hạt mài với bề mặt gia công tăng, do đó tăng khả năng cắt của hạt mài, có nghĩa là tăng lượng kim loại được bóc tách và giảm độ nhám bề mặt.

Tăng kích thước của hạt mài cho phép nâng cao hiệu quả gia công, có nghĩa là tăng cường độ bóc tách kim loại và giảm độ nhám bề mặt, bởi vì hạt mài lớn có khối lượng lớn và lực được ép xuống bề mặt gia công cũng lớn. Vì vậy, các hạt mài này thực hiện quá trình cắt kim loại nhanh hơn.

Quá trình gia công bằng hạt mài tự do được lèn chặt nhờ lực ly tâm có nhiệt độ cắt thấp. Chất lỏng của dung dịch hạt mài luôn luôn tồn tại trong vùng gia công, do đó hiệu quả làm lạnh được nâng cao.

Khi chọn chế độ cắt và thành phần dung dịch trơn nguội tối ưu, phương pháp gia công trên đây cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,05 \div 0,16 \mu\text{m}$.

Độ cứng tế vi của lớp bề mặt sau khi gia công tăng $10 \div 12\%$, còn chiều sâu lớp biến cứng có thể đạt tới $50 \mu\text{m}$.

Khi mức độ biến cứng thấp trong lớp bề mặt xuất hiện ứng suất dư nén với giá trị $0,4 \div 0,5 \text{ GPa}$ (ứng suất dư có lợi).

Chế độ cắt phụ thuộc rất nhiều vào kích thước và hình dáng của bề mặt chi tiết, phương pháp gia công và kết cấu của thiết bị. Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi gia công bằng thiết bị trên hình 9.13b với chế độ cắt như sau: tốc độ quay của hệ thống $V_c = 20-25 \text{ m/giây}$, tốc độ quay của thùng chứa $V_k = 5 \div 6 \text{ m/giây}$, biên độ dao động $A = 1 \div 2 \text{ mm}$, tần số dao động $f = 25 \div 35 \text{ Hz}$, kích thước của hạt mài $100-200 \mu\text{m}$, độ nhám ban đầu $R_a = 2,5 \div 5 \mu\text{m}$ và thời gian gia công $t = 6 \div 9 \text{ phút}$ cho phép đạt độ nhám bề mặt $R_a = 0,16 \mu\text{m}$.

Gia công bằng hạt mài tự do được lên chặt nhờ lực ly tâm về bản chất là một phương pháp gia công siêu tinh, nó được sử dụng rất có hiệu quả khi gia công mặt trụ ngoài và mặt trụ trong và các chi tiết dạng vòng mỏng có độ cứng vững thấp.

Khả năng gia công đồng thời nhiều chi tiết và khả năng cơ khí hoá quá trình cho phép phương pháp này được sử dụng rất có hiệu quả không chỉ trong sản xuất hàng loạt lớn mà còn trong sản xuất hàng loạt nhỏ.

Khi thời gian cơ bản (thời gian máy) lớn cho loạt chi tiết từ 20 đến 60 chiếc thì thời gian từng chiếc (cho mỗi chi tiết) sẽ không lớn, vì vậy phương pháp gia công này sẽ cho hiệu quả kinh tế cao.

Chương 10

ĐÁNH BÓNG BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY

Đánh bóng là nguyên công gia công tinh được sử dụng để nâng cao độ bóng (giảm độ nhám) bề mặt nhằm tăng tuổi thọ của chi tiết máy.

Đánh bóng cũng có thể được dùng để trang trí bề ngoài của chi tiết máy.

Ngoài ra, đánh bóng còn được dùng để chuẩn bị bề mặt trước khi mạ nhằm nâng cao tuổi thọ và thẩm mỹ công nghiệp của sản phẩm.

Hiện nay có ba phương pháp đánh bóng như sau:

1. Đánh bóng cơ khí. Phương pháp này được thực hiện nhờ hạt mài liên kết hoặc hạt mài tự do.

2. Đánh bóng áp lực. Phương pháp này được thực hiện nhờ biến dạng dẻo của lớp bề mặt.

3. Đánh bóng điện phân.

10.1. Bản chất và công dụng của đánh bóng

Đánh bóng được dùng để gia công mặt trụ ngoài, mặt trụ trong, mặt côn, mặt phẳng, mặt cầu, mặt định hình và các bề mặt khác. Trong một số trường hợp ngoài mục đích giảm độ nhám, đánh bóng còn được dùng để nâng cao độ chính xác của chi tiết.

Lượng kim loại được bóc tách khi đánh bóng khoảng $0,01 \div 0,03$ mm. Độ bóng của bề mặt sau khi đánh bóng có thể đạt cấp 11–14.

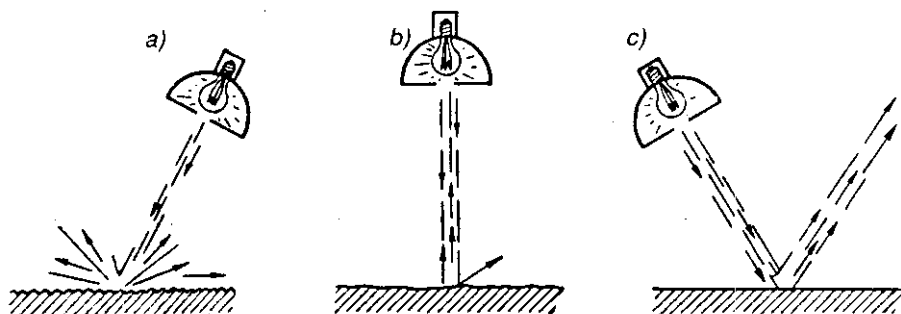
Bằng phương pháp đánh bóng có thể gia công được tất cả các loại vật liệu có độ cứng khác nhau – từ nhôm cho đến thép nhiệt luyện.

Trong suốt thời gian dài người ta cho rằng đánh bóng cơ khí và mài nếu nhìn bề ngoài thì hai nguyên công này gần giống nhau. Đặc điểm của đánh bóng là nó được thực hiện bằng hạt mài có kích thước nhỏ hơn. Tuy nhiên, khi nghiên cứu cơ chế của quá trình đánh bóng người ta đã chứng minh rằng quá trình này có rất ít điểm chung với quá trình mài. Bề mặt đánh bóng có khả năng phản xạ ánh sáng tốt hơn.

Bề mặt mài (hình 10.1a) không có khả năng phản xạ ánh sáng rõ ràng, bởi vì độ nhám bề mặt phân tán theo các hướng khác nhau.

Bề mặt đánh bóng thô (hình 10.1b) có khả năng phản xạ ánh sáng tốt hơn, bởi vì độ nhám bề mặt thấp hơn so với bề mặt mài.

Bề mặt đánh bóng tinh đạt độ bóng mặt gương (hình 10.1c) ở trường hợp lý tưởng không có độ nhám và vết xước có khả năng phản xạ ánh sáng tập trung mà không phân tán.



Hình 10.1. Sơ đồ phản xạ ánh sáng của các bề mặt được gia công bằng các phương pháp khác nhau
a- mài ; b- đánh bóng thô; c- đánh bóng tinh.

Cơ chế của quá trình đánh bóng được giải thích theo ba hướng sau đây:

- Cơ khí (khi cơ chế của quá trình được giải thích bằng bóc tách độ nhám tế vi).

- Vật lý (khi các yếu tố xác định quá trình đánh bóng là nhiệt độ nóng chảy, tính dẫn nhiệt của vật liệu gia công).

- Hoá học (khi quá trình đánh bóng được giải thích chủ yếu bằng bóc tách lớp axit thường xuyên tạo ra dưới tác động của môi trường xung quanh).

Dựa vào nghiên cứu thực nghiệm có thể kết luận rằng quá trình đánh bóng là một quá trình tổ hợp của các hiện tượng cơ khí, vật lý, điện và hoá học. Các hiện tượng này có liên hệ và tác động qua lại lẫn nhau, đồng thời thay đổi tùy thuộc vào vật liệu gia công, vật liệu dụng cụ, chế độ cắt (chế độ gia công) và môi trường xung quanh.

10.2. Yêu cầu đối với quá trình đánh bóng

Điều kiện sử dụng của chi tiết được đánh bóng đòi hỏi nguyên công đánh bóng phải đảm bảo được độ bóng bề mặt mà không làm sai lệch kích

thước của chi tiết do nguyên công trước để lại. Tuy nhiên, trong một số trường hợp khi đánh bóng cần sửa lại sai số (nếu sai số do nguyên công trước để lại còn quá lớn) của chi tiết nhờ sử dụng các thiết bị đắt tiền.

Bề mặt được đánh bóng không cho phép để lại khuyết tật. Các vết xước có độ sâu lớn cần được khử ngay trước khi đánh bóng nhờ nguyên công mài.

Đánh bóng thường được bắt đầu từ phần có khuyết tật nhiều nhất. Ví dụ, khi đánh bóng ống hàn cần phải bắt đầu từ vết hàn dọc vì ở đó thường xảy ra các vết nứt. Bề mặt đánh bóng không được có vết cháy, bởi vì vết cháy có thể gây biến dạng bề mặt. Vì vậy, các chi tiết đánh bóng cần được làm nguội thường xuyên ở trên bàn hoặc trong đồ gá.

Bề mặt của chi tiết quan trọng như cánh tuabin, vòng ổ bi, ..., phải được đánh bóng cẩn thận.

Độ nhám bề mặt của chi tiết khi đánh bóng đạt được qua một số bước với sử dụng hạt mài có kích thước nhỏ dần. Để giảm chi phí hạt mài và tăng năng suất đánh bóng cần thực hiện nguyên công có số bước nhỏ nhất. Số bước đánh bóng phụ thuộc vào độ nhám ban đầu, cụ thể là độ nhám ban đầu (trước khi đánh bóng) càng thấp thì số bước đánh bóng càng nhỏ và ngược lại.

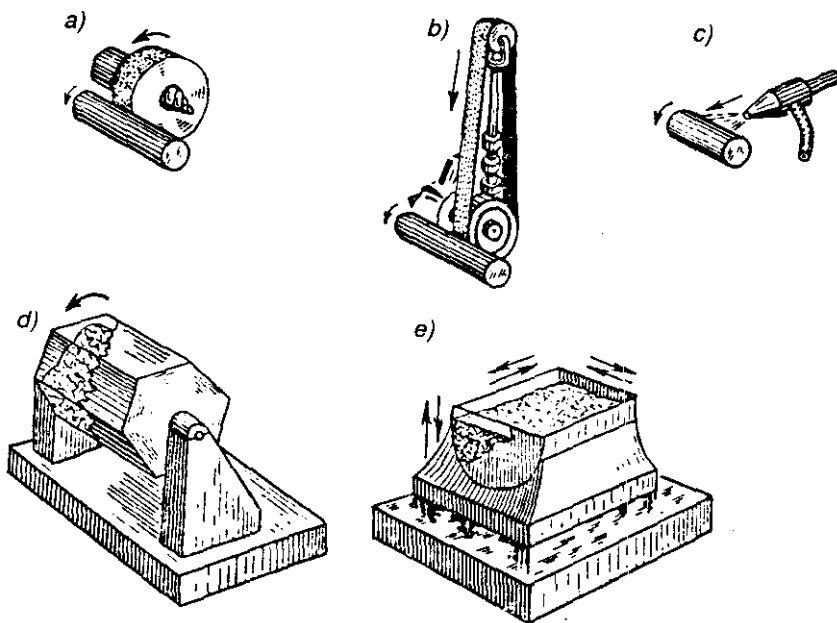
10.3. Các phương pháp đánh bóng cơ khí

Đánh bóng cơ khí được thực hiện bằng đá mài mềm, bằng đai mài, bằng tia dung dịch hạt mài, trong tang quay và bằng cơ cấu rung (hình 10.2).

Trong quá trình đánh bóng dụng cụ và chi tiết gia công thực hiện các chuyển động tương đối với nhau. Nhờ có chuyển động này cùng với các yếu tố khác mà bề mặt chi tiết có độ bóng cao.

Phương pháp đánh bóng thông dụng nhất là đánh bóng bằng đá mài mềm. Phương pháp này đơn giản, có tính vạn năng cao nhưng năng suất gia công thấp.

Đánh bóng trong tang quay và bằng cơ cấu rung là các phương pháp có năng suất cao nhất. Gần đây đánh bóng bằng cơ cấu rung được sử dụng rộng rãi trong điều kiện sản xuất hàng khối và hàng loạt lớn. Tuy nhiên, không phải bất kỳ chi tiết nào cũng có thể được đánh bóng bằng tang quay hoặc cơ cấu rung, vì vậy trong điều kiện sản xuất hàng khối người ta dùng phương pháp đánh bóng bằng đá mài mềm. Ví dụ, vành xe đạp không thể đánh bóng trong tang quay hoặc bằng cơ cấu rung.



Hình 10.2. Các phương pháp đánh bóng cơ khí

a) bằng đá mài mềm; b) bằng đai mài; c) bằng tía dung dịch hạt mài;
d) bằng tang quay; e) bằng cơ cấu rung.

Chọn phương pháp đánh bóng phụ thuộc vào kết cấu của chi tiết, số lượng chi tiết trong loạt cần đánh bóng và tính chất cơ lý của vật liệu gia công.

Thép không gỉ có tính dẫn nhiệt không tốt và có độ cứng cao, do đó bất kỳ phương pháp đánh bóng nào cũng gặp khó khăn khi thực hiện. Ngược lại vật liệu kim loại màu rất dễ đánh bóng. Đối với kim loại màu khi đánh bóng chỉ cần một vài bước (hay nguyên công) là đủ.

Như vậy, trong từng trường hợp cụ thể cần chọn phương pháp đánh bóng có năng suất cao, còn nếu vì lí do nào đó không thể sử dụng được thì mới chuyển sang phương pháp có năng suất thấp hơn.

10.4. Đánh bóng bằng đá mài đàn hồi (đá mài mềm)

Phương pháp đánh bóng này được thực hiện bằng đá mài đàn hồi có lớp hạt mài hoặc bột đánh bóng trên bề mặt (của đá mài).

10.4.1. Phạm vi ứng dụng của đá mài đàn hồi

Đánh bóng bằng đá mài đàn hồi hay đá mài mềm được thực hiện trên các máy đánh bóng đơn giản hoặc trên cơ cấu đánh bóng với phương pháp

chạy dao bằng tay. Đánh bóng với phương pháp chạy dao cơ khí được thực hiện trên các máy chuyên dùng, các máy tổ hợp hoặc các máy bán tự động.

Đá mài mềm được dùng chủ yếu để đánh bóng các chi tiết trước khi mạ. Ngoài ra nó còn được dùng để đánh bóng các chi tiết không có yêu cầu cao về độ chính xác của kích thước như bánh đà, tay quay, chi tiết phản xạ và một số chi tiết khác của ô tô, xe máy hoặc các máy công cụ.

Trong thực tế đánh bóng bằng đá mài mềm được phân biệt ra hai quá trình khác nhau:

1. Đánh bóng bằng đá mài mềm có lớp hạt mài cho phép đạt độ bóng bề mặt thấp và được sử dụng khi không cần kiểm tra kích thước và sai số hình dáng của chi tiết.

2. Đánh bóng bằng đá mài mềm có bột đánh bóng cho phép đạt độ bóng bề mặt cao và giữ được độ chính xác của chi tiết do nguyên công trước để lại.

Trong quá trình đánh bóng lớp hạt mài bị mòn dần hoặc bị bột mài (bột đánh bóng) và phoi gia công làm bẩn, đặc biệt là khi đánh bóng kim loại mềm. Trong trường hợp này đá mài cần được làm sạch (bằng đá mài cứng hoặc bàn chải sắt) và phủ lớp hạt mài mới hoặc bôi lớp bột nghiền khác (ngay tại chỗ làm việc).

Khi gia công số lượng chi tiết nhỏ và vừa thì đánh bóng bằng đá mài mềm rất có hiệu quả. Ưu điểm của phương pháp đánh bóng này là tính vạn năng cao, còn nhược điểm là làm bẩn chỗ làm việc, công nhân dễ bị mệt, đặc biệt là khi đánh bóng bằng tay, chất lượng đánh bóng không ổn định (phụ thuộc vào tay nghề của công nhân) và năng suất thấp.

Tuy nhiên, nhờ tính vạn năng và đơn giản cho nên đánh bóng bằng đá mài mềm được sử dụng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt vừa và hàng loạt nhỏ, còn trong một số trường hợp ở sản xuất hàng khối có thể thực hiện cơ khí hoá và tự động hoá quá trình đánh bóng.

10.4.2. Bánh đánh bóng

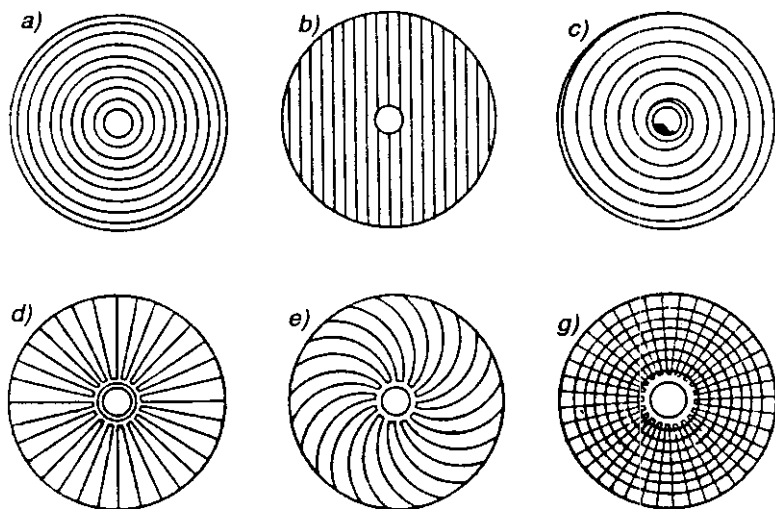
Bánh đánh bóng là dụng cụ mềm, đàn hồi, trên bề mặt của nó có phủ lớp hạt mài hoặc lớp bột đánh bóng. Bánh đánh bóng được chế tạo từ vật liệu phíp và phốt, vải các loại, giấy ép, cao su, chất dẻo, da...

Bánh đánh bóng bằng phíp và phốt đơn giản trong chế tạo, nhưng có giá thành cao nên chúng ít được sử dụng.

Bánh đánh bóng bằng vải được sử dụng rộng rãi hơn vì bề mặt của chúng dễ dính hạt mài hoặc bột đánh bóng và có tuổi bền cao. Bánh đánh bóng bằng vải được chế tạo từ vải phế liệu và có ba loại: dạng đĩa (không phải khâu), dạng lắp ghép (phải khâu) và dạng đặc biệt.

Bánh đánh bóng dạng đĩa được chế tạo từ một loại vải đồng nhất. Nó được ép từ nhiều đĩa lại với nhau trên máy ép hoặc bằng tay (nhờ cơ cấu ép cơ khí). Bánh đánh bóng loại này rất dễ lắp trên trục chính của máy, có độ cân bằng tốt và cho phép gia công đạt độ bóng bề mặt cao. Bánh đánh bóng dạng đĩa bằng vải ép có thể được dùng để gia công các chi tiết có hình dạng bất kỳ với chất lượng cao. Khi đánh bóng bánh đánh bóng loại này hầu như không có phế phẩm.

Bánh đánh bóng lắp ghép được chế tạo từ các đĩa riêng biệt hoặc từ các mảnh vật liệu và được khâu lại trên các máy khâu chuyên dùng. Có nhiều cách khâu khác nhau. Hình 10.3 là một số dạng khâu bánh đánh bóng.



Hình 10.3. Một số dạng khâu bánh đánh bóng lắp ghép

a) đồng tâm; b) song song; c) xoắn ốc; d) hướng kính;
e) cánh quạt; g) tổ hợp.

Các bánh đánh bóng với các khâu đồng tâm, song song và xoắn ốc (hình 10.3a,b,c) có kết cấu đơn giản và được sử dụng rộng rãi trong thực tế. Đường xoắn ốc được chế tạo với bước cố định giữa các dòng là

10÷40 mm. Tuy nhiên các loại bánh đánh bóng này không có khả năng giữ chặt bột đánh bóng.

Các bánh đánh bóng với cách khâu hướng kính, cánh quạt và tổ hợp (hình 10.3d,e,g) có khả năng giữ chặt bột đánh bóng hơn.

Sau khi khâu xong cần đột lỗ ở tâm của bánh đánh bóng để tạo chuẩn khi gá bánh đánh bóng lên trục chính của máy. Bánh đánh bóng đặc biệt (hình 10.4) được chế tạo từ các dải băng bằng sợi vải. Loại bánh đánh bóng này có khả năng giữ được bột đánh bóng rất tốt và có tuổi bền cao.

Bánh đánh bóng bằng giấy được chế tạo bằng cách ép các tấm giấy nhẵn lại với nhau. Các bánh đánh bóng này có độ cứng cao, vì vậy khi gia công rất khó đạt được độ bóng bề mặt cao.

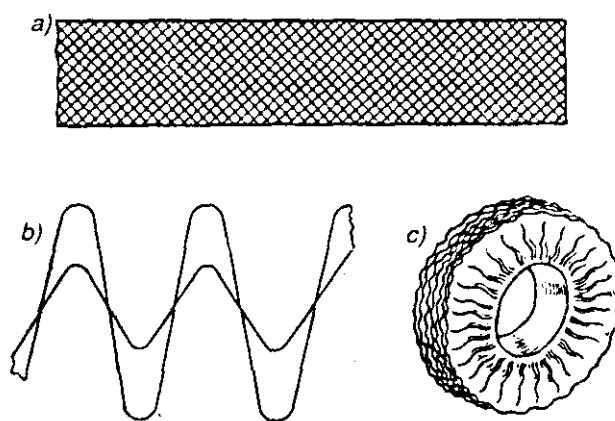
10.4.3. Bột đánh bóng

Bột đánh bóng là một chất hỗn hợp bao gồm hạt mài, chất kết dính, mỡ và một số hợp chất khác như ôxit sắt, ôxit crôm hoặc ôxit nhôm. Bột đánh bóng được bôi thành một lớp mỏng trên bề mặt của bánh đánh bóng. Mỗi loại vật liệu gia công cần có loại bột đánh bóng riêng.

Bột đánh bóng phải thoả mãn các yêu cầu sau đây:

1. Đảm bảo gia công đạt độ bóng tương đương với mặt gương.
2. Có đủ độ dai và độ bền cần thiết, đồng thời thành phần phải đồng nhất.
3. Có khả năng bám chặt trên bề mặt của bánh đánh bóng.
4. Không bị vỡ, không được làm bẩn và làm xước bề mặt gia công.

Hiện nay còn dùng bột đánh bóng bằng hạt kim cương. Năng suất và chất lượng gia công bằng loại bột này tăng lên rõ rệt.



Hình 10.4. Sơ đồ chế tạo bánh đánh bóng đặc biệt.
a) dải băng ban đầu; b) dải băng triển khai thành đường xoắn vít; c) bánh đánh bóng sau khi chế tạo.

10.4.4. Công nghệ đánh bóng bằng đá mài đàn hồi

Đánh bóng cũng như các nguyên công tinh khác, thường được thực hiện ở cuối qui trình công nghệ chế tạo chi tiết. Nguyên công đánh bóng bằng đá mài mềm đàn hồi (đá mài mềm) là quá trình gia công được thực hiện trên một máy gồm nhiều bước khác nhau. Bước là một phần của nguyên công được thực hiện bằng một bánh đánh bóng. Mỗi một bước bao gồm các tác động cần thiết để gia công các phần của profin chi tiết. Profin của chi tiết càng phức tạp thì số động tác trong từng bước càng lớn.

Đôi khi các phần của profin chi tiết không thể được gia công trên cùng một máy. Vì vậy, việc gia công này phải được thực hiện trên nhiều máy khác nhau, có nghĩa là qui trình công nghệ đánh bóng phải được chia ra nhiều nguyên công, nhiều bước và nhiều động tác.

Thiết kế qui trình công nghệ đánh bóng phải được bắt đầu từ việc xác định các bề mặt của chi tiết, độ chính xác và độ bóng cần đạt. Để qui trình công nghệ đánh bóng đạt năng suất cao cần phải chuẩn bị tốt bề mặt trước khi đánh bóng (bề mặt ở nguyên công trước) và xác định số nguyên công (số bước) và chế độ cắt hợp lý.

1. Chuẩn bị bề mặt trước khi đánh bóng.

Khi độ bóng của bề mặt không cần cao thì độ bóng ban đầu của chi tiết phải \geq cấp 6. Đánh bóng có thể tăng độ bóng (giảm độ nhám) của bề mặt lên (xuống) 1 ÷ 2 cấp. Còn khi có yêu cầu cao về độ bóng bề mặt thì độ bóng ban đầu phải đạt cấp 7, 8 hoặc 9.

Độ chính xác hình dáng hình học của chi tiết cần phải được đảm bảo ở các nguyên công trước, bởi vì nguyên công đánh bóng không khử được sai số hình dáng hình học. Còn các khuyết tật lớn cần phải được khử ở các nguyên công mài thô.

2. Các bước công nghệ khi đánh bóng.

Đặc tính và số bước công nghệ khi đánh bóng phụ thuộc vào vật liệu gia công, yêu cầu về độ bóng bề mặt, lượng dư đánh bóng và độ nhám ban đầu. Chi tiết có độ nhám ban đầu và lượng dư lớn được đánh bóng qua nhiều bước. Lượng dư để đánh bóng nằm trong khoảng 0,12 ÷ 0,3 mm.

Thứ tự các bước khi đánh bóng có thể chọn theo bảng 10.1.

Bảng 10.1. Thứ tự các bước khi đánh bóng

Số bước	Tên bước	Độ hạt của hạt mài	Độ bóng yêu cầu (cấp)
1	Thô	50 - 40	6
2	Mài	25 - 16	7 - 8
3	Đánh bóng thô	12 - 8	8 - 9
4	Đánh bóng tinh	6 - M20	9 - 11
	Đánh bóng siêu tinh	M10 - M5	11 - 12

Tùy thuộc vào chuẩn bị bề mặt trước khi đánh bóng và độ nhám (độ bóng) yêu cầu, số lượng bước có thể giảm xuống 2 - 3. Trong trường hợp này các bước công nghệ có thể được thực hiện theo trình tự như sau : 1 - 2 - 3; 2 - 3 - 4; 3 - 4 - 5; 2 - 3 hoặc 3 - 4 (theo bảng 10.1).

Tuy nhiên, số lượng và thứ tự của các bước có thể thay đổi chút ít so với thứ tự ghi trong bảng 10.1 tùy thuộc vào điều kiện gia công cụ thể.

3. Chế độ đánh bóng.

Chế độ đánh bóng là tốc độ quay của bánh đánh bóng (tốc độ vòng) và áp lực của nó lên chi tiết trong thời gian gia công.

Bảng 10.2 là tốc độ vòng của bánh đánh bóng.

Số vòng quay của bánh đánh bóng được tính theo công thức :

$$n = \frac{60.1000.V}{\pi.D} \quad (10.1)$$

hoặc theo công thức gần đúng :

$$n = 19.100. \frac{V}{D} \quad (10.2)$$

Ở đây :

V - tốc độ vòng của bánh đánh bóng (m/giây) ;

D - đường kính của bánh đánh bóng (mm)

Bảng 10.2. Tốc độ vòng của bánh đánh bóng

Vật liệu để đánh bóng	Tốc độ vòng khi gia công (m/giây)		
	Thép, nikel, crôm	Đồng đỏ và đồng thau	Nhôm, kẽm và thiếc
Hạt mài	20 - 35	16 - 25	12 - 20
Bột mài	30 - 35	25 - 30	20 - 30

Bánh đánh bóng được chế tạo với đường kính ≤ 500 mm. Các bánh đánh bóng có đường kính trung bình ($300 \div 350$ mm) cho phép gia công với tốc độ quay $2000 \div 2400$ vòng/phút, còn bánh đánh bóng có đường kính 500 mm cho phép gia công với tốc độ quay $1200 \div 1400$ vòng/phút.

Áp lực của bánh đánh bóng lên chi tiết gia công nằm trong khoảng $2,5 \div 5,0$ kG/cm chiều dài bề mặt tiếp xúc của bánh đánh bóng với chi tiết. Áp lực lớn được dùng khi đánh bóng thô, còn áp lực nhỏ được dùng khi đánh bóng tinh.

10.4.5. Máy đánh bóng

Các máy đánh bóng gia công bằng đá mài đàn hồi (đá mài mềm) được chia ra các nhóm sau đây: một trục chính hai phía, hai trục chính hai phía, máy-động cơ, máy trục mềm, máy đánh bóng vô tâm, máy đánh bóng bán tự động và tự động, các máy đánh bóng dùng cho đường dây tự động (dây chuyên tự động).

Cơ cấu chính của các máy đánh bóng là trục chính. Trục chính của máy đánh bóng quay với tốc độ lớn cho nên nó hấp thụ một lực rất lớn. Nếu hệ thống bôi trơn kém, các ổ bi sẽ bị nung nóng nhanh và máy có thể bị hỏng. Vì vậy các máy đánh bóng thế hệ mới đều có hệ thống bôi trơn tập trung. Sau đây sẽ nghiên cứu một số loại máy đánh bóng thông dụng.

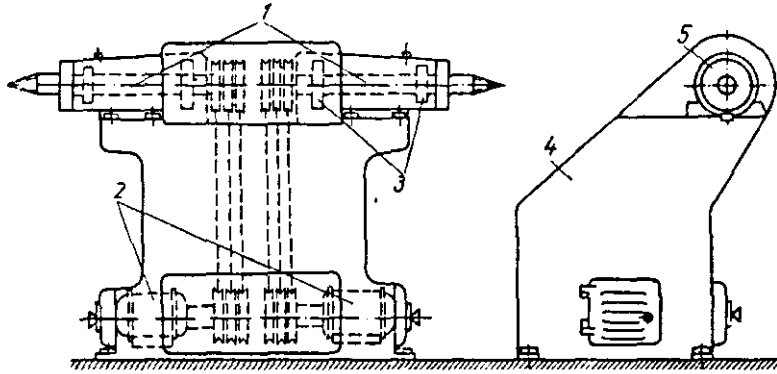
1. Máy đánh bóng một trục chính hai phía

Các máy đánh bóng loại này có trục chính được che kín và được gá trên các ổ bi cầu hoặc ổ bi đĩa. Truyền động của máy được thực hiện nhờ một động cơ điện (được gá trên thân máy) thông qua bộ truyền đai.

Các máy loại này được dùng để gia công chi tiết bằng đá mài trụ và đá mài mặt đầu. Nhược điểm chính của loại máy này là khi một đầu trục chính làm việc thì một đầu còn lại quay không tải. Nhược điểm này có thể được khắc phục ở máy hai trục chính hai phía.

2. Máy hai trục chính hai phía.

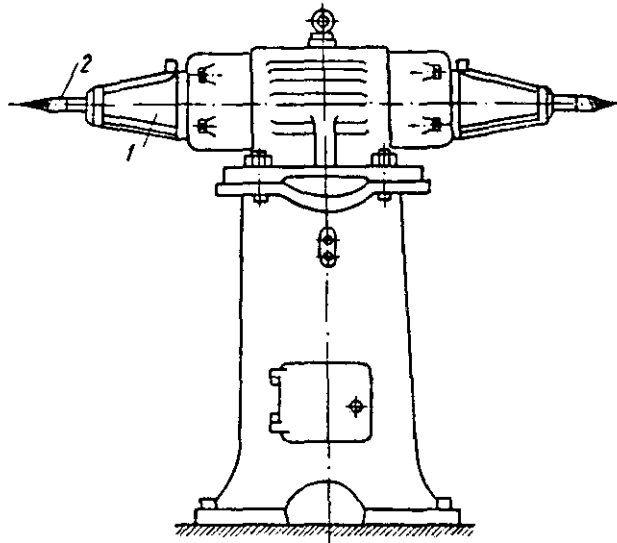
Hình 10.5 là máy đánh bóng hai trục chính hai phía. Máy có hai động cơ điện 2, các động cơ này được lắp trên thân máy 4, các trục chính 1 được lắp trên các ổ bi 3. Các ổ bi 3 được lắp trên đầu mang trục chính 5. Kết cấu như vậy cho phép dễ thay đổi số vòng quay của trục chính (từ 1300 đến 3000 vòng/phút).



Hình 10.5. Máy đánh bóng hai trục chính hai phía
 1 – các trục chính; 2 – các động cơ điện; 3 – các ổ bi;
 4 – thân máy; 5 – đầu mang trục chính.

3. Máy-động cơ.

Kết cấu của loại máy này rất đơn giản. Trục chính của máy cũng chính là trục của động cơ được kéo dài. Kết cấu như vậy làm cho độ cứng vững của máy giảm, độ đảo của đá mài tăng và rung động trong quá trình cắt cũng tăng. Vì vậy phạm vi ứng dụng của loại máy này bị hạn chế.



Hình 10.6. Máy-động cơ hai phía có lắp ống côn dài
 1 – ống côn dài; 2 – trục chính.

Nếu làm trục chính ngắn lại thì độ cứng vững tăng lên, nhưng chỉ gia công được các chi tiết nhỏ.

Để tăng độ cứng vững của máy ở thân động cơ người ta lắp thêm ống côn dài, trong ống côn có lắp thêm vòng bi (hình 10.6). Trục chính 2 được lắp kéo dài từ động cơ qua ống côn 1, như vậy độ cứng vững có nó tăng lên rõ rệt.

Tùy thuộc vào công suất và số vòng quay của động cơ, máy-động cơ được chia ra các nhóm chính sau đây :

- a). Công suất $0,6 \div 2,2$ kW có số vòng quay $590 \div 930$ vòng/phút.
- b). Công suất $0,8 \div 3,0$ kW có số vòng quay $1400 \div 1450$ vòng/phút.
- c). Công suất $1,2 \div 3,3$ kW có số vòng quay $2800 \div 3000$ vòng/phút.

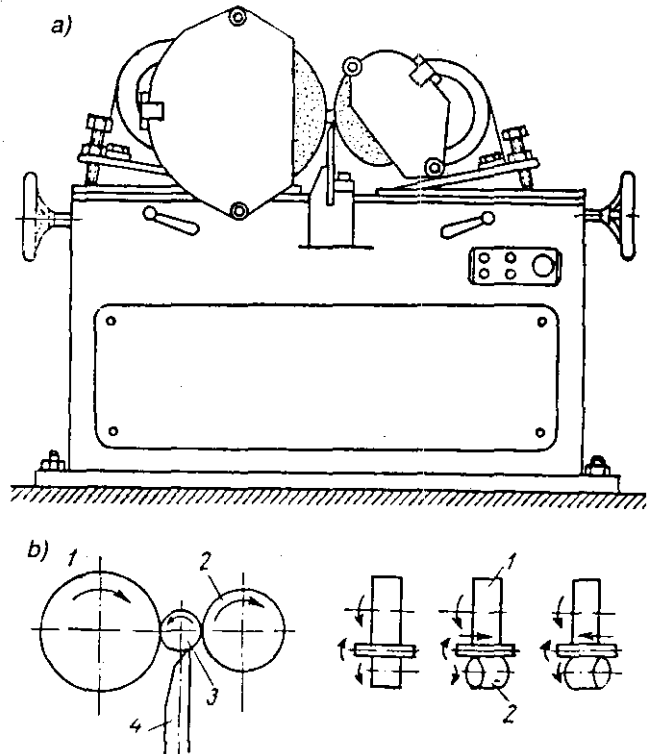
4. Máy trục mềm.

Truyền động của máy trục mềm có thể là truyền động điện hoặc truyền động khí nén. Trục mềm có một đầu được nối với động cơ, còn một đầu được nối với đá mài (bánh đánh bóng). Loại máy này có thể di chuyển dễ dàng bằng tay, do đó chúng được dùng để đánh bóng các chi tiết lớn. Số vòng quay trục chính của loại máy này nằm trong khoảng $5000 \div 25000$ vòng/phút.

5. Máy đánh bóng vô tâm.

Hình 10.7 là sơ đồ máy đánh bóng vô tâm, làm việc theo nguyên lý của máy mài vô tâm. Chi tiết gia công 3 được gá giữa hai đá mài: bánh dẫn 2 và bánh công tác (bánh đánh bóng) 1.

Chuyển động quay của chi tiết được thực hiện nhờ lực ma sát giữa bánh đá dẫn và chi tiết. Gia công chi tiết được thực hiện bằng mặt trụ ngoài của bánh đánh bóng. Khi gia công chi tiết được đỡ bằng thanh đỡ 4.

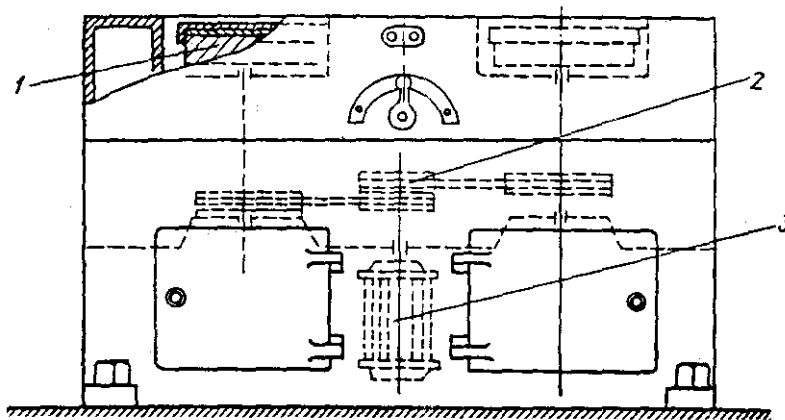


Hình 10.7. Máy đánh bóng vô tâm
 a) sơ đồ chung; b) sơ đồ gia công: 1-bánh đánh bóng; 2-bánh dẫn; 3-chi tiết gia công; 4-thanh đỡ

Cách gá chi tiết có ảnh hưởng đến chất lượng làm việc của máy. Nếu tâm quay của chi tiết thấp hơn đường nối tâm của hai đá mài (một bánh dẫn và một bánh đánh bóng) thì chi tiết có thể bị kẹt, còn nếu tâm quay của nó cao hơn thì xuất hiện rung động, bởi vì bánh dẫn có xu hướng nâng chi tiết lên khỏi thanh đỡ, còn bánh đánh bóng lại ép chi tiết xuống thanh đỡ. Vì vậy, tâm quay của chi tiết phải nằm trên cùng một mặt phẳng với các tâm của đá mài.

6. Máy đánh bóng chuyên dùng.

Hình 10.8 là sơ đồ của máy đánh bóng được dùng để đánh bóng các mẫu hiển vi (dùng để nghiên cứu cấu trúc của vật liệu) và một số chi tiết cùng loại (các chi tiết quang học). Nó được chế tạo dưới dạng bàn kín có hai trục chính thẳng đứng. Ở phía trên của trục chính có lắp bàn quay 1, trên bàn quay 1 có thể gá đá mài đàn hồi (đá mài mềm) nhờ các đai ốc móc. Chuyển động quay của đá mài được thực hiện từ động cơ điện 3, qua bộ truyền 2. Trong một số trường hợp bàn quay cùng đá mài có thể được gá trực tiếp trên trục của động cơ, như vậy có thể có máy đánh bóng đơn giản với trục quay của đá theo phương nằm ngang.



Hình 10.8. Máy đánh bóng chuyên dùng để gia công mẫu hiển vi và các chi tiết tương tự

1- bàn quay; 2 - bộ truyền đai; 3 - động cơ điện.

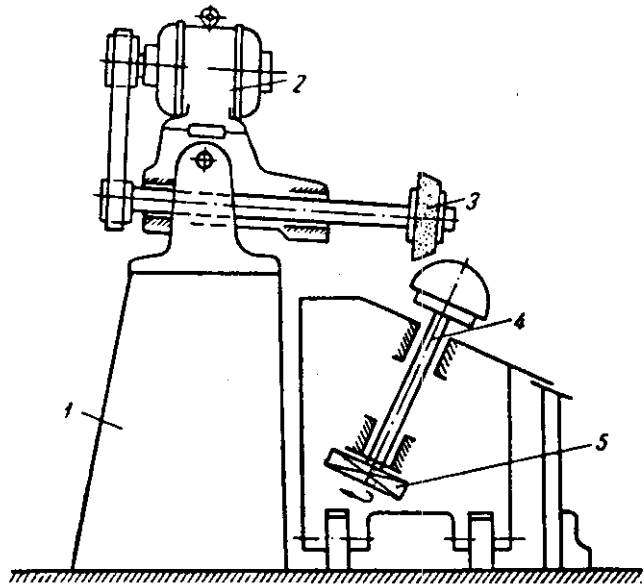
7. Máy đánh bóng bán tự động, tự động và đường dây tự động.

Trong sản xuất hàng loạt và hàng khối, khi cần đánh bóng số lượng lớn chi tiết, người ta sử dụng các máy đánh bóng bán tự động, tự động và

đường dây tự động. Khi làm việc trên các máy bán tự động, công nhân thực hiện việc gá chi tiết trên máy và tháo chi tiết sau khi gia công. Trên các máy tự động toàn bộ chu kỳ gia công từ gá chi tiết và tháo chi tiết được thực hiện hoàn toàn tự động. Trong trường hợp này công nhân hoặc thợ điều chỉnh thực hiện việc điều chỉnh máy, theo dõi hoạt động của máy và theo dõi việc cấp phôi liên tục từ thùng chứa.

Các máy tự động còn được tích hợp lại thành đường dây tự động (dây chuyền tự động) để gia công nhiều loại chi tiết khác nhau, ví dụ, để gia công vòng đỡ bi.

Hình 10.9 là sơ đồ của máy đánh bóng làm việc trên đường dây tự động. Kết cấu của máy rất đơn giản, nó gồm thân máy 1, động cơ điện 2, đá mài (bánh đánh bóng) 3, trục gá chi tiết gia công 4 và bộ bánh răng truyền động 5.



Hình 10.9. Máy đánh bóng chuyên dùng trên đường dây tự động

1 – thân máy; 2 – động cơ điện; 3 – bánh đánh bóng;
4 – trục gá; 5 – bộ truyền bánh răng

Khi thiết kế đường dây đánh bóng tự động cần nhớ rằng trong thời gian chuyển từ vị trí này

sang vị trí khác chi tiết bị nung nóng ở nguyên công trước phải được làm nguội cưỡng bức hoặc lắp đặt thêm vị trí không gia công ở giữa để khi chi tiết đi qua vị trí này có thể tự làm nguội.

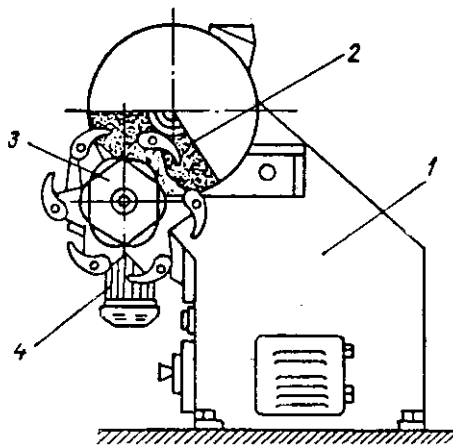
10.4.6. Cơ khí hóa và tự động hóa quá trình đánh bóng bằng đá mài đàn hồi

Cơ khí hóa và tự động hóa quá trình đánh bóng được thực hiện nhằm mục đích loại bỏ các nguyên công bằng tay và chuyển sang sản xuất hàng loạt và hàng khối. Trong quá trình cơ khí hóa cần chế tạo các cơ cấu có khả năng thực hiện việc kẹp chặt, cấp phôi, tự động mở máy và mở lượng chạy

dao của đá tới bề mặt gia công. Cơ khí hóa quá trình đánh bóng được kết thúc bằng việc chế tạo các máy đánh bóng chuyên dùng, máy bán tự động, còn tự động hóa dẫn đến việc chế tạo các máy đánh bóng tự động hoặc các đường dây tự động.

Hình 10.10 là sơ đồ máy đánh bóng bán tự động để đánh bóng mặt đầu của các chi tiết nhỏ. Trên thân 1 có lắp hai tang quay hình lục lăng 3, hai tang quay này có nhiệm vụ cấp chi tiết cho bánh đánh bóng 2. Truyền động của các tang quay được thực hiện nhờ động cơ điện 4. Các chi tiết gia công được gá trong các khối V và được kẹp chặt tự động. Khi quay chậm các tang quay đưa chi tiết tới bánh đánh bóng để thực hiện quá trình gia công. Trên máy có lắp một đồ gá để cấp bột đánh bóng, nhờ đó mà quá trình gia công được thực hiện liên tục mà không cần điều chỉnh lại máy.

Hình 10.11 là máy bán tự động để đánh bóng trực vít của tay lái trong ô tô. Để gá trực vít gia công 2 cần có đầu chuyên dùng 10, đầu chuyên dùng này được gá trên bàn tròn nhờ tay quay 9, thanh răng 8 và bánh răng (không ghi chú trên hình). Khi ấn nút A, bánh đánh bóng 7 nhận chuyển động quay từ động cơ điện 5. Mở máy được thực hiện bằng nút bấm B, trong trường hợp này cơ cấu chạy dao dịch chuyển



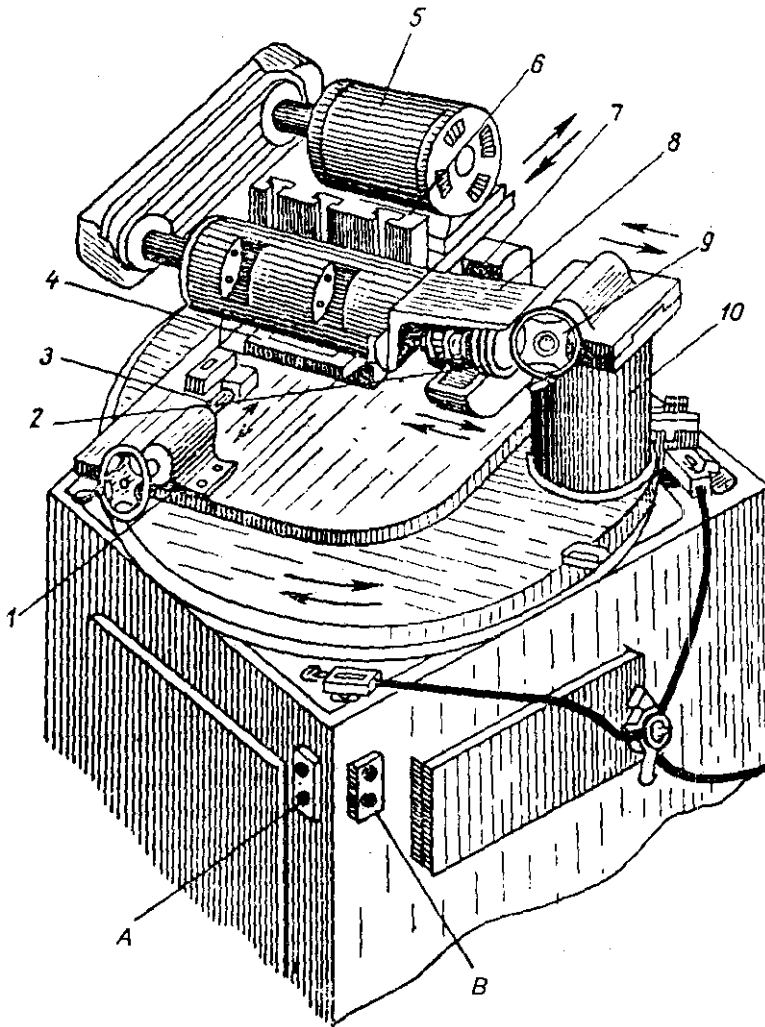
Hình 10.10. Máy bán tự động để đánh bóng mặt đầu của các chi tiết nhỏ
 1 - thân máy; 2 - bánh đánh bóng;
 3 - tang quay lục lăng; 4 - động cơ điện

bàn xe dao 4 cùng đầu đánh bóng (được kẹp trên chi tiết đỡ 6) cho đến khi đá đánh bóng 7 chạm vào bề mặt của chi tiết (trục vít) gia công 2. Ở thời điểm khi mà đá đánh bóng và chi tiết chạm vào nhau thì cơ cấu quay bàn máy bắt đầu quay và đầu đánh bóng cùng chi tiết gia công thực hiện dịch chuyển tịnh tiến.

Khi quay tay quay 9 về bên trái có thể tháo chi tiết đã gia công ra và gá chi tiết khác để thực hiện chu kỳ gia công mới.

Điều chỉnh lượng chạy dao ngang của đá đánh bóng được thực hiện nhờ giá đỡ 1 và trục ren 3.

Sử dụng máy bán tự động này cho phép tăng năng suất gia công lên 5 lần.



Hình 10.11. Máy bán tự động để đánh bóng trục vít của tay lái trong ô tô
 1 – giá đỡ; 2 – trục vít gia công; 3 – trục ren; 4 – bàn xe dao; 5 – động cơ điện; 6 – chi tiết đỡ; 7 – đá đánh bóng; 8 – thanh răng; 9 – tay quay; 10 – đầu chuyên dùng; A – công tắc của đá đánh bóng; B – công tắc của máy.

10.4.7. Các ví dụ đánh bóng chi tiết bằng đá mài đàn hồi và tổ chức chỗ làm việc

10.4.7.1. Các ví dụ đánh bóng

Bằng đá mài đàn hồi có thể đánh bóng được bất kỳ loại chi tiết nào. Tuy nhiên, tùy thuộc vào loại vật liệu gia công và yêu cầu đối với bề mặt đánh bóng cần phải chọn loại đá mài (đá đánh bóng) sao cho số nguyên công (số bước) là ít nhất.

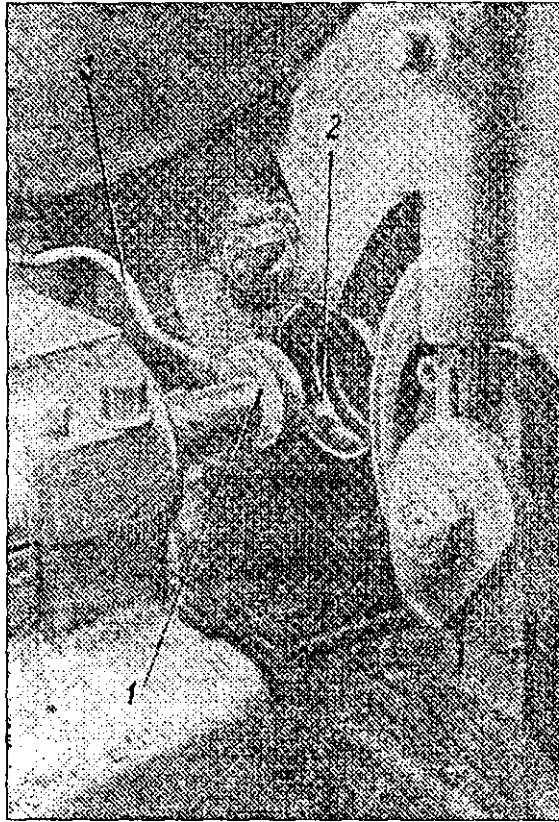
1. Đánh bóng các chi tiết của dụng cụ y học.

Các chi tiết này phần lớn được đánh bóng qua ba nguyên công : đánh bóng thô, đánh bóng tinh và đánh bóng lần cuối (đánh bóng siêu tinh) hoặc đánh bóng sau khi mạ niken. Các nguyên công này được thực hiện trên các máy đánh bóng với số vòng quay của trục chính $1300 \div 1500$ vòng/phút và đường kính của đá $200 \div 450$ mm.

2. Đánh bóng các chi tiết của xe đạp.

Đánh bóng các bề mặt chi tiết của xe đạp, ngoại trừ các bề mặt khó gia công, được thực hiện trên các máy tự động và bán tự động.

Đánh bóng ghi đông xe đạp (trước khi uốn) lúc đầu được thực hiện trên máy đánh bóng vô tâm, sau đó bằng tay. Độ bóng bề mặt có thể đạt cấp 7.



Hình 10.12. Một bộ phận của máy đánh bóng vô tâm tự động để đánh bóng vòng bi
1 – bánh đánh bóng; 2 – chi tiết gia công (vòng đỡ bi);
3 – ống dẫn dung dịch hạt mài.

Đánh bóng moay ơ xe đạp được thực hiện qua ba nguyên công :

- Đánh bóng thô cho phép đạt độ bóng bề mặt cấp 8.
- Đánh bóng tinh cho phép đạt độ bóng bề mặt cấp 9.
- Đánh bóng lần cuối (trước khi mạ niken) cho phép đạt độ bóng bề mặt cấp 11.

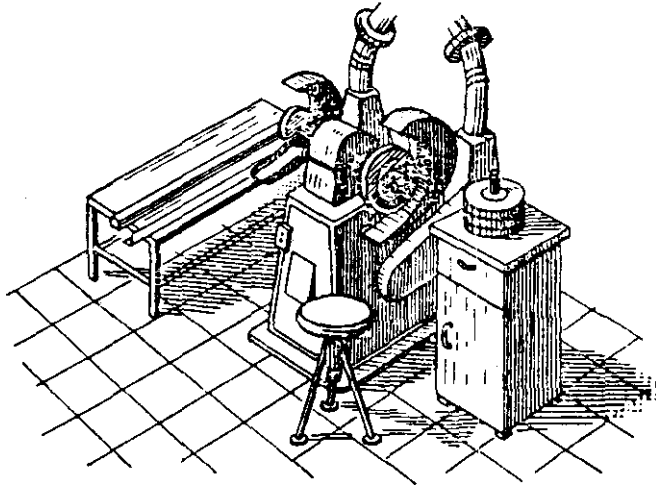
3. Đánh bóng vòng đỡ bi.

Nguyên công này được thực hiện trên máy đánh bóng vô tâm tự động

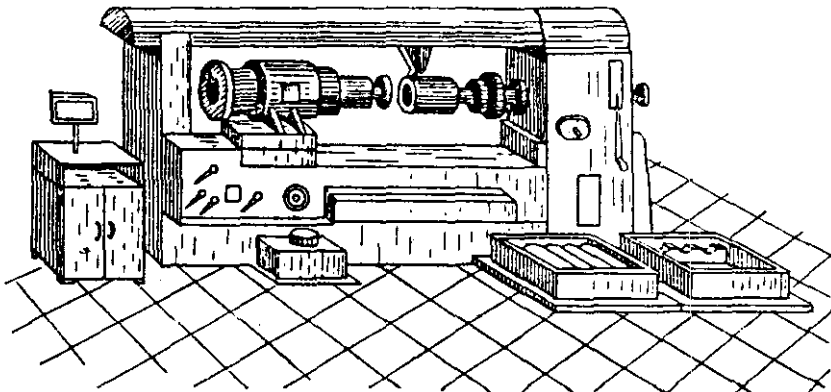
(hình 10.12)

bằng bánh đánh bóng từ vật liệu phốt 1. Dung dịch hạt mài được cấp vào vùng gia công (giữa bánh đánh bóng 1 và chi tiết 2) nhờ ống dẫn 3). Tốc độ của bánh đánh bóng là 22 m/giây, áp lực của bánh đánh bóng lên chi tiết bằng $3 \div 4$ kG.

Độ bóng bề mặt gia công đạt cấp 11.



Hình 10.13. Chỗ làm việc của công nhân đánh bóng trên máy đánh bóng vạn năng



Hình 10.14. Chỗ làm việc của công nhân đánh bóng trên máy đánh bóng chuyên dùng

10.4.7.2. Tổ chức chỗ làm việc khi đánh bóng

Tổ chức chỗ làm việc của công nhân đánh bóng hợp lý là chi tiết gia công được đưa vào vùng gia công một cách dễ dàng, bố trí giá đỡ phù hợp và chi tiết sau khi đánh bóng thuận tiện, có đầy đủ dụng cụ và đồ gá cần thiết, v.v. Tổ chức chỗ làm việc không hợp lý sẽ có ảnh hưởng xấu đến năng suất và chất lượng gia công.

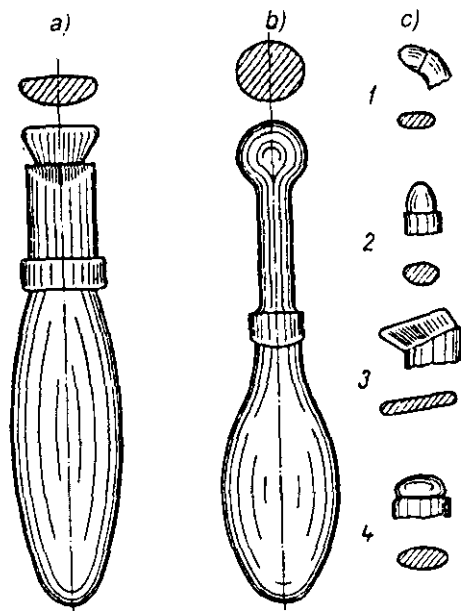
Hình 10.13 là sơ đồ chỗ làm việc của công nhân đánh bóng trên máy đánh bóng vạn năng, còn hình 10.14 là sơ đồ chỗ làm việc của công nhân đánh bóng trên máy đánh bóng chuyên dùng.

10.4.8. Đánh bóng kim loại quý

Bạc, vàng và các bề mặt được mạ bằng các kim loại này được đánh bóng bằng tay nhờ các dụng cụ đánh bóng chuyên dùng. Khi đánh bóng chỉ cần đưa dụng cụ lên bề mặt kim loại và dịch chuyển nhanh dụng cụ để san phẳng các nhấp nhô bề mặt.

Để đánh bóng thô bạc, dụng cụ đánh bóng được chế tạo bằng thép. Khi đánh bóng dụng cụ được bôi nước xà phòng. Đánh bóng vàng được thực hiện bằng dụng cụ đánh bóng từ gỗ. Khi đánh bóng bạc và vàng không cho phép tiêu hao kim loại.

Hình dáng đầu dụng cụ đánh bóng phụ thuộc vào công dụng của chúng. Hình 10.15a là loại dụng cụ đánh bóng vàng với các đầu đánh bóng bằng gỗ (hình 10.15c), còn hình 10.15b là loại dụng cụ bằng thép để đánh bóng thô bạc.



Hình 10.15. Các dụng cụ đánh bóng và các đầu đánh bóng

a) dụng cụ đánh bóng vàng; b) dụng cụ đánh bóng bạc; c) các đầu đánh bóng vàng. 1- để đánh bóng mặt trong; 2- để đánh bóng đường thêu và đường mảnh; 3- để đánh bóng đường thêu hẹp; 4- để đánh bóng mặt phẳng hờ có kích thước nhỏ.

10.5. Đánh bóng bằng giấy ráp và đai mài

10.5.1. Giấy ráp, đai mài và ứng dụng của chúng

1. Giấy ráp.

Giấy ráp có cấu tạo gồm: vật liệu nền là vải hoặc giấy và lớp hạt mài được dính trên vật liệu nền bằng keo hoặc hắc ín. Chất lượng của giấy ráp phụ thuộc vào độ bền của vật liệu nền và keo (chất kết dính) giữ hạt mài.

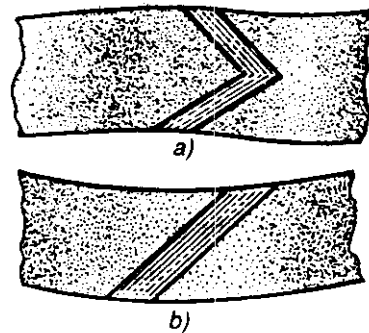
Giấy ráp bằng vải trong quá trình làm việc bị kéo dài ra, như vậy nó phá hoại tính đồng nhất của hạt mài và làm cho giấy ráp bị mòn nhanh.

Chọn vật liệu hạt mài và độ hạt (kích thước) của hạt mài phụ thuộc vào điều kiện gia công và chất lượng bề mặt yêu cầu. Thông thường để đánh bóng người ta dùng nhiều số giấy ráp khác nhau (giấy ráp có độ hạt lớn được dùng để gia công thô còn giấy ráp có độ hạt nhỏ được dùng để gia công tinh).

2. Đai mài.

Đai mài được chế tạo từ giấy ráp và được nối với nhau. Có nhiều cách nối ghép : nối tiếp xúc thẳng, nối tiếp xúc hình chữ V, nối tiếp xúc theo đường chéo. Hai phương pháp nối tiếp xúc : theo hình chữ V và theo đường chéo (hình 10.16) được sử dụng rộng rãi nhất.

Dùng đai mài có thể gia công được bất kỳ loại vật liệu nào. Tùy thuộc vào kích thước của chi tiết gia công, đai mài có thể có bề rộng từ 10 đến 775 mm và chiều dài tới 25000 mm. Đôi khi người ta còn làm đai mài có bề rộng tới 3000 mm, nó được nối với nhau từ nhiều mảnh có bề rộng 500 ÷ 700 mm (hình 10.17).



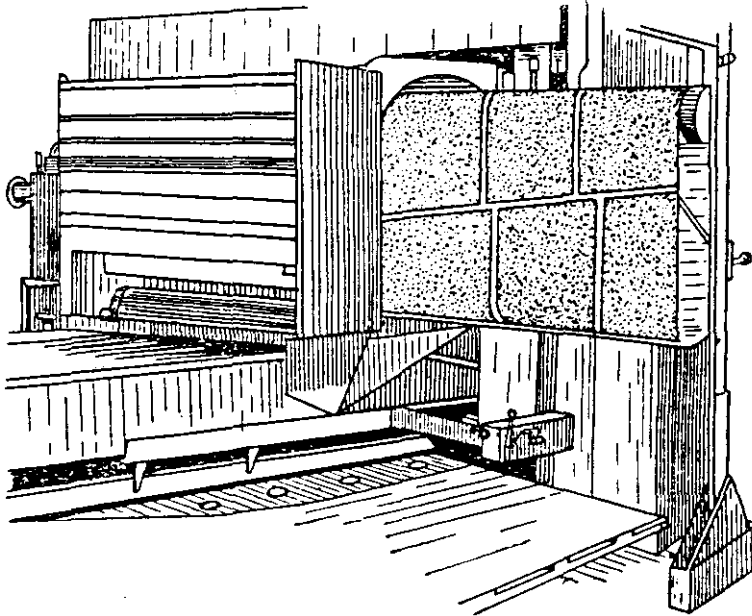
Hình 10.16. Đai mài được nối với nhau theo hình chữ V a) và theo đường chéo b).

Giấy ráp và đai mài được sử dụng rộng rãi ở các nguyên công đánh bóng. Với tính đàn hồi cao và chiều dày nhỏ, chúng có khả năng gia công những rãnh hẹp, những chỗ khó gia công trên các chi tiết khác nhau.

Dùng đai mài có thể gia công được các chi tiết bằng thép, bằng gang, bằng kim loại màu và bằng hợp kim. Gia công bằng đai mài (mài hoặc đánh bóng) có nhiều ưu điểm hơn so với gia công bằng đá mài.

Các ưu điểm đó là :

- Bề mặt làm việc của đai mài lớn hơn bề mặt của đá mài nhiều lần, do đó nó không chỉ tăng năng suất gia công mà còn cải thiện điều kiện cắt nhờ khả năng tỏa nhiệt tốt.



*Hình 10.17. Đai mài có bề rộng 2800mm
được lắp trên máy đánh bóng*

- Không cần phải cân bằng, do đó giảm được thời gian điều chỉnh máy và thay đổi dụng cụ.

- Khi đai mài mòn tốc độ cắt vẫn không thay đổi, trong khi đó đá mài mòn làm cho đường kính của nó giảm và hiệu quả gia công giảm.

- Đai mài có tính đàn hồi cao, làm việc êm và không va đập ngay cả khi tải trọng thay đổi.

- Kết cấu của máy đơn giản.

- Dùng đai mài có thể gia công được mặt phẳng, mặt trụ, mặt định hình, mặt lồi, mặt lõm với lượng dư đều đặn.

- Sử dụng đai mài có thể cơ khí hóa quá trình đánh bóng một cách dễ dàng.

Mài hoặc đánh bóng bằng đai mài có nhược điểm: vết nối của đai mài làm mất tính đồng nhất của đai, do đó độ bền của đai mài giảm và khó đạt độ chính xác gia công cao. Tuy nhiên, điều này không gây ảnh hưởng lớn đến quá trình phát triển của các phương pháp gia công bằng đai mài.

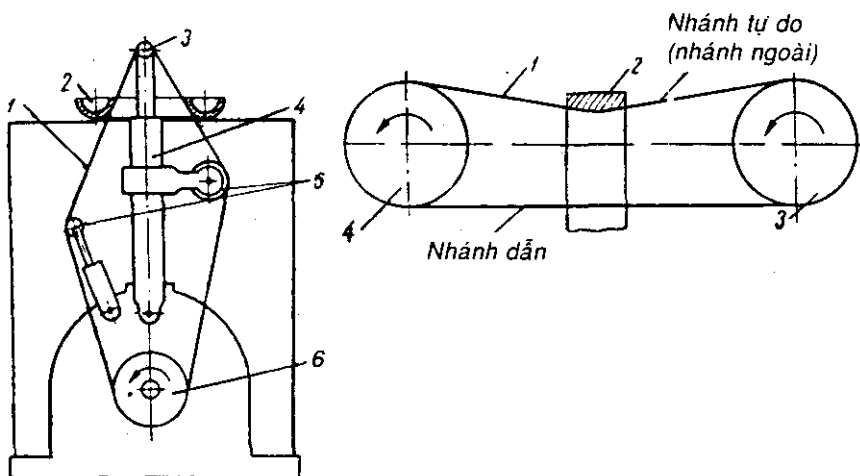
10.5.2. Công nghệ đánh bóng bằng giấy ráp và đai mài

10.5.2.1. Các phương pháp đánh bóng

Đánh bóng bằng giấy ráp được thực hiện bằng tay, còn đánh bóng bằng đai mài thường được thực hiện trên các máy đánh bóng chuyên dùng.

1. Đánh bóng trên nhánh tự do (nhánh ngoài) của đai mài.

Phương pháp này được dùng để gia công các bề mặt cong và lỗ có profin khác hình trụ (hình 10.18). Hình 10.18a là sơ đồ của máy đánh bóng bằng đai mài để gia công lỗ của chi tiết lớn. Đai mài 1 được tỳ lên con lăn dẫn hướng 3 nhận chuyển động từ đĩa 6. Chi tiết gia công 2 được tỳ lên đai mài 1 để thực hiện quá trình cắt. Điều chỉnh độ căng của đai mài được thực hiện nhờ con lăn 5. Thanh điều chỉnh vị trí 4 có tác dụng để xoay đai mài đi một góc bất kỳ tùy thuộc vào vị trí của chi tiết gia công.



Hình 10.18. Các sơ đồ của các máy đánh bóng mặt trong

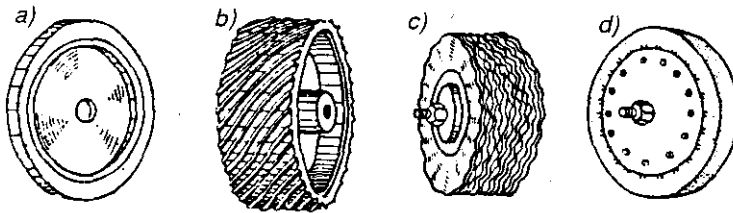
- a) đánh bóng chi tiết lớn; 1 – đai mài; 2 – chi tiết gia công; 3 – con lăn dẫn hướng; 4 – thanh điều chỉnh vị trí; 5 – con lăn điều chỉnh độ căng; 6 – đĩa dẫn;
b) đánh bóng chi tiết nhỏ; 1 – đai mài; 2 – chi tiết gia công; 3 – con lăn dẫn; 4 – con lăn định hướng.

Để đánh bóng các chi tiết nhỏ có thể dùng loại máy trên hình 10.18b. Đai mài hẹp 1 được luồn qua lỗ gia công của chi tiết 2 và được điều chỉnh độ căng bằng con lăn dẫn 3 và con lăn định hướng 4.

Ngoài ra, còn có máy đánh bóng bằng đai mài dùng để đánh bóng mặt trong của ống có đường kính $16 \div 225\text{mm}$ và chiều dài tới 12m.

2. Đánh bóng tiếp xúc.

Đánh bóng tiếp xúc có thể được thực hiện bằng đai mài hoặc bánh mài (bánh đánh bóng). Bánh đánh bóng là chi tiết dạng đĩa bằng nhôm với lớp bọc đàn hồi có chiều dày $3 \div 15\text{mm}$. Lớp bọc đàn hồi được chế tạo từ cao su, gỗ, phíp, vải, vòng phốt và một số loại vật liệu khác (hình 10.19).



Hình 10.19. Các bánh đánh bóng tiếp xúc có các lớp bọc khác nhau
a) cao su nhẵn; b) cao su xẻ rãnh; c) vải; d) gỗ phíp

3. Đánh bóng vô tâm bằng đai mài.

Phương pháp này được sử dụng để đánh bóng các trục, các ống từ nhiều loại vật liệu khác nhau. Máy đánh bóng vô tâm bằng đai mài có hai giá với đai dẫn và đai cắt vô tận. Đai dẫn có tác dụng làm quay chi tiết, còn đai cắt thực hiện quá trình đánh bóng. Chi tiết gia công nằm giữa hai đai (đai dẫn và đai cắt) và được tỳ lên thanh đỡ.

10.5.2.2. Chế độ cắt, độ chính xác và độ bóng bề mặt

Độ chính xác của chi tiết và độ nhám bề mặt gia công phụ thuộc vào phương pháp và chế độ đánh bóng (chế độ cắt). Độ nhám nhỏ nhất có thể đạt được khi đánh bóng trên nhánh tự do của đai mài. Để nâng cao năng suất gia công có thể dùng phương pháp đánh bóng tiếp xúc.

Năng suất gia công và độ nhám bề mặt phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của đai mài và áp lực của nó lên chi tiết. Khi tốc độ của đai mài tăng, độ nhám của bề mặt gia công giảm.

Các mặt phẳng của chi tiết bằng gang, đồng và thép được đánh bóng bằng đai mài với tốc độ $15 \div 20$ m/giây, còn các mặt trụ - với tốc độ $25 \div 30$ m/giây. Khi đánh bóng vật liệu titan thì tốc độ của đai mài được chọn khoảng $12 \div 15$ m/giây, bởi vì với tốc độ lớn hơn đai mài sẽ mòn nhanh.

Áp lực của đai mài lên chi tiết (hoặc của chi tiết lên đai mài) có ảnh hưởng rất lớn đến năng suất đánh bóng. Áp lực tăng cho phép tăng năng suất bóc tách kim loại, có nghĩa là năng suất đánh bóng tăng, nhưng trong trường hợp này tuổi bền của đai mài giảm. Nếu áp lực của đai mài lên chi tiết quá lớn, trên lớp bề mặt gia công sẽ xuất hiện các vết cháy và độ nhám bề mặt cũng sẽ tăng.

Thông thường gia công bằng đai mài được thực hiện qua hai bước. Ở bước thứ nhất dùng đai mài có độ hạt lớn để bóc tách lượng dư chủ yếu, còn ở bước thứ hai dùng đai mài hạt nhỏ để đạt độ nhám yêu cầu.

Khi mục đích chủ yếu của đánh bóng là đạt độ nhám bề mặt thì quá trình gia công có thể được thực hiện bằng đai bột mài.

Sử dụng dung dịch trơn nguội khi đánh bóng bằng đai mài cho phép tăng tuổi bền của đai mài, nâng cao chất lượng bề mặt và không gây ra các vết cháy. Tuy nhiên, phần lớn các nguyên công đánh bóng được thực hiện trong môi trường khô. Điều này được giải thích rằng không phải tất cả các máy đánh bóng bằng đai mài đều thích ứng với gia công có dung dịch trơn nguội.

Chế độ cắt khi đánh bóng bằng đai mài được ghi trong bảng 10.3

Đánh bóng bằng đai mài các chi tiết nhỏ hình trụ cho phép đạt độ chính xác tới 0,01mm. Khi đánh bóng mặt định hình của chi tiết lớn độ chính xác chỉ có thể đạt 0,1mm.

Độ chính xác của phương pháp đánh bóng bằng đai mài vô tâm đạt 0,02mm và không chỉ phụ thuộc vào phương pháp gia công, kết cấu và kích thước của chi tiết mà còn phụ thuộc vào độ hạt của đai mài và độ chính xác của chi tiết do nguyên công trước để lại.

Độ nhám của bề mặt được đánh bóng bằng đai mài phụ thuộc vào độ hạt của đai mài, dung dịch trơn nguội và các yếu tố khác. Đai mài có độ hạt $25 \div 6$ cho phép đạt độ bóng bề mặt cấp 9, còn đai mài có độ hạt $6 \div 4$ cho phép đạt độ bóng bề mặt cấp 10. Đai mài có phủ bột mài khi đánh bóng cho phép đạt độ bóng bề mặt cấp 11 \div 12.

Bảng 10.3. Chế độ đánh bóng bằng đai mài

Vật liệu chi tiết	Hình dáng bề mặt gia công	Độ hạt của đai mài	Tốc độ của đai mài (m/giây)	Áp lực (KG/cm ²)	Dung dịch trơn nguội
Thép	Mặt phẳng	6 - 5	10 - 15	0,5 - 1,0	Dầu lưu hóa
	Mặt định hình	6 - 4	15 - 20	0,5 - 2,0	
	Mặt trụ	6 - 4	30 - 35	0,5 - 2,0	
Gang	Mặt phẳng và mặt định hình	10 - 6	15 - 20	0,5 - 2,0	Dung dịch xôđa
	Mặt trụ	10 - 6	30 - 35	0,5 - 2,0	
Đồng	Mặt phẳng và mặt định hình	6 - 5	12 - 15	≤ 0,3	Erynxi
	Mặt trụ	5 - M40	30 - 35	≤ 0,3	
Nhôm	Mặt phẳng và mặt định hình	6 - 5	20 - 25	< 0,4	Erynxi
	Mặt trụ	5 - M40	30 - 35	< 0,4	
Chì	Mặt phẳng và mặt định hình	6 - 5	12 - 15	≤ 0,3	Erynxi
	Mặt trụ	5 - 4	30 - 35	≤ 0,3	
Titan	Mặt phẳng	5 - M40	12 - 15	< 1,0	Erynxi
Magiê	Mặt phẳng và mặt trụ	Bột mài	15 - 18	0,2 - 0,4	Mỡ, paraffin

Độ căng của đai mài cũng có ảnh hưởng đáng kể đến độ nhám (độ bóng) bề mặt gia công, đặc biệt là khi đánh bóng trên nhánh (mặt) tự do của đai. Độ căng của đai càng lớn, độ nhám của bề mặt gia công nhận được càng nhỏ.

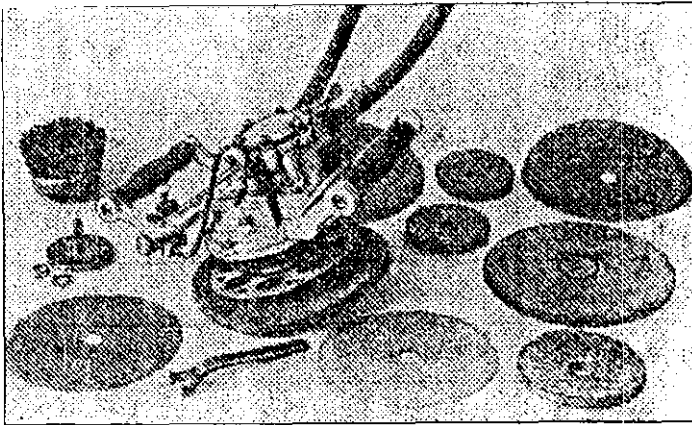
Khi đánh bóng bằng đai mài mới, độ nhám bề mặt cao hơn so với khi đánh bóng bằng đai mài đã mòn (đai mài đã qua gia công). Vì vậy, đai mài mới được dùng để đánh bóng thô và bán tinh, còn đai mài đã bị mòn - để đánh bóng tinh.

10.5.3. Cơ khí hóa quá trình đánh bóng bằng giấy ráp và đai mài

Cơ khí hóa quá trình đánh bóng bằng giấy ráp được thực hiện nhờ các máy nén khí hoặc các máy điện. Các loại dụng cụ này rất đơn giản, do đó chúng được dùng không chỉ để đánh bóng bề mặt kim loại mà còn để làm sạch kim loại khi có nhu cầu.

Hình 10.20 là ảnh chụp máy đánh bóng bằng khí nén. Đĩa đánh bóng bằng cao su hoặc phớt có lớp bọc ngoài bằng giấy ráp được lắp trên trục chính của máy để thực hiện chuyển động quay.

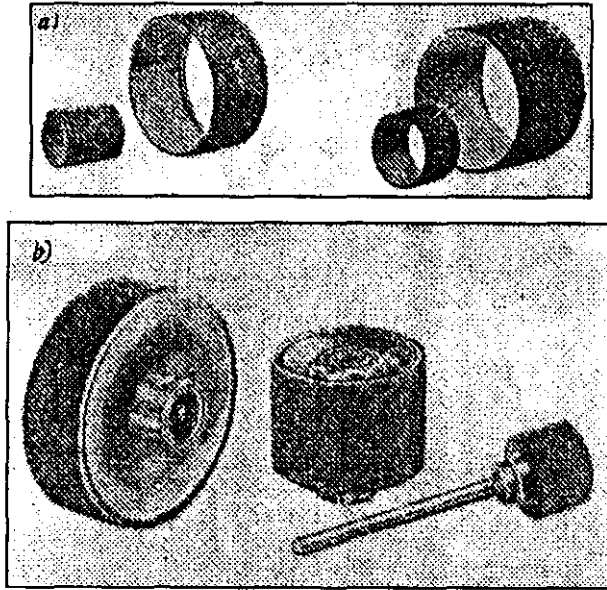
Tốc độ quay của máy có thể đạt $1800 \div 1900$ vòng/phút. Khi đánh bóng cần làm nguội thì nước sẽ được phun qua lỗ trong trục tới vùng gia công. Vì loại máy này không có màn chắn dung dịch trơn nguội, cho nên khi gia công chỗ làm việc bị bắn, do đó loại này thường dùng để đánh bóng khô (không có dung dịch trơn nguội).



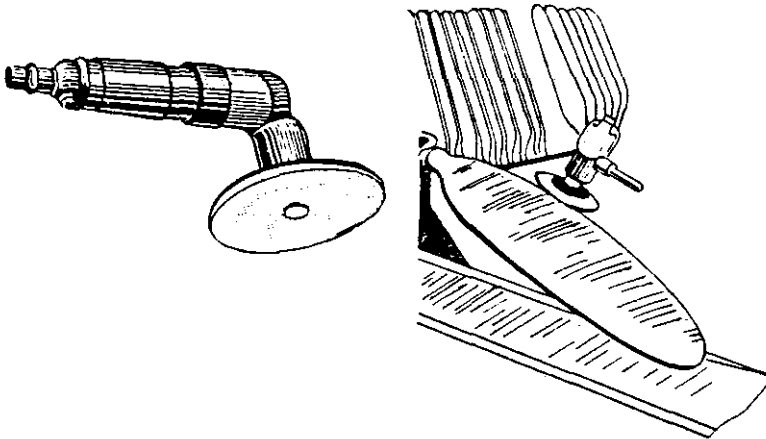
Hình 10.20. Ảnh chụp máy đánh bóng khí nén vận năng

Khi dùng giấy ráp để đánh bóng trên máy điện và máy khí nén thì giấy ráp được cuộn tròn thành vòng (hình 10.21a) rồi được lắp trên các đầu đánh bóng đàn hồi chuyên dùng (hình 10.21b). Các đầu đánh bóng này được lắp trên các trục chính của máy. Các đầu đánh bóng đàn hồi cho phép thay nhanh các vòng giấy ráp có đặc tính khác nhau để thực hiện các bước công nghệ theo yêu cầu. Sử dụng các vòng giấy ráp như vậy có thể giảm được tiêu hao dụng cụ (giấy ráp) và tăng năng suất gia công.

Hình 10.22a là máy đánh bóng khí nén cầm tay, còn hình 10.22b là máy đánh bóng điện có thể dùng để đánh bóng cánh chong chóng.



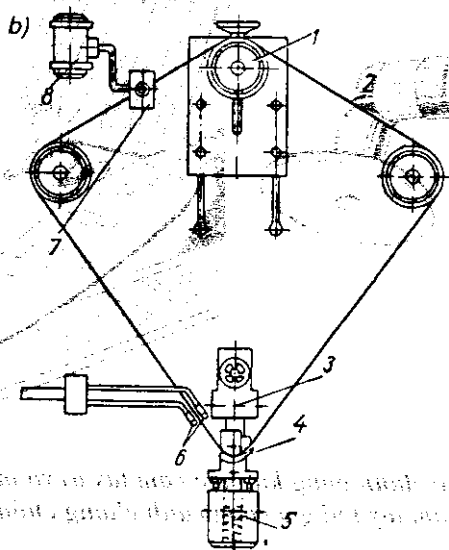
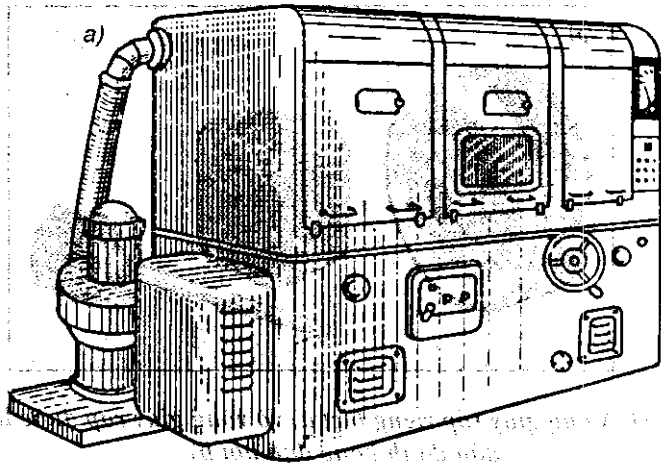
Hình 10.21. Vòng giấy ráp riêng biệt a) và vòng giấy ráp được lắp trên đầu đánh bóng đàn hồi b).



Hình 10.22. Máy đánh bóng khí nén cầm tay a) và máy đánh bóng điện cầm tay khi gia công cánh chong chóng b).

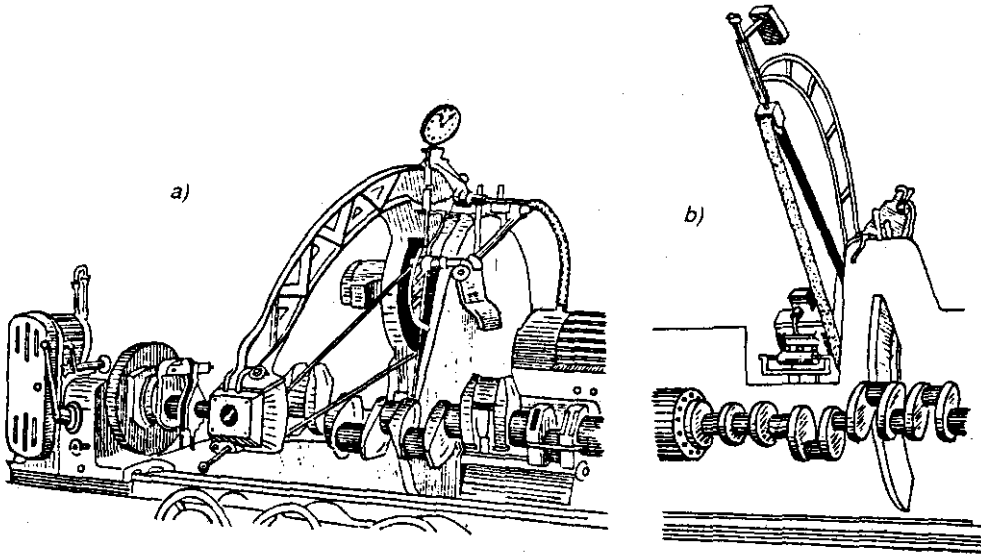
Đánh bóng bằng đai mài cho phép cơ khí hóa và tự động hóa một số nguyên công trong điều kiện sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, ví dụ, đánh bóng cánh tuabin trên máy đánh bóng bằng đai mài chuyên dùng (hình 10.23). Nguyên lý hoạt động của máy như sau: đai mài 2 được gá trên con lăn kéo căng 1 và hai con lăn khác để thực hiện quá trình gia công chi tiết (cánh tuabin) 4. Trục quay lắc lư của cơ cấu chếp hình 3 và trục quay lắc lư

của chi tiết 5 có tác dụng tạo cho chi tiết được gia công đều đặn trên toàn bộ bề mặt. Ống 6 được dùng để cấp (phun) dung dịch trơn nguội vào vùng gia công. Điều chỉnh vị trí của đai mài được thực hiện nhờ cơ cấu 7. Máy nén khí 8 có nhiệm vụ cung cấp khí nén cho hệ thống công tác.



Hình 10.23. Máy đánh bóng bằng đai mài để gia công cánh tuabin a) và sơ đồ khối của máy b).

1 - con lăn điều chỉnh độ căng của đai mài; 2 - đai mài; 3 - trục lắc lư của cơ cấu chập hình; 4 - cánh tuabin; 5 - trục lắc lư của cánh tuabin; 6 - ống cấp dung dịch trơn nguội; 7 - cơ cấu điều chỉnh vị trí của đai mài; 8 - máy nén khí



Hình 20.26. Đồ gá đánh bóng bằng đá mài được lắp trên máy mài

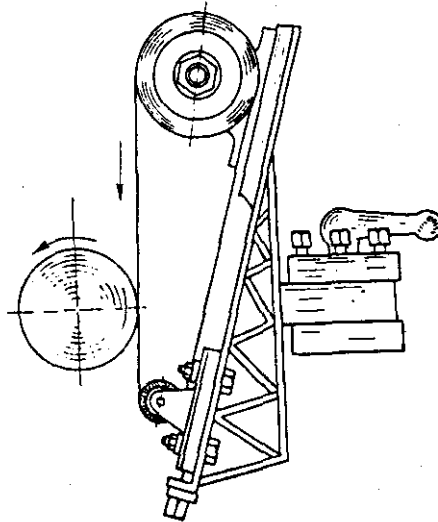
- a) đá mài của máy được tháo ra;
- b) đá mài của máy vẫn giữ nguyên.

10.6. Đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài

10.6.1. Công nghệ đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài

Quá trình đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài được đặc trưng bằng tác động của nhiều yếu tố như : độ hạt của hạt mài, thành phần của dung dịch hạt mài, tốc độ của dòng tia dung dịch hạt mài, đường kính và chiều dài của vòi phun.

Ngoài ra, khi đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài thì góc phun, khoảng cách phun và thời gian gia công cũng có ý nghĩa rất lớn đối với chất lượng bề mặt.



Hình 10.27. Đồ gá đánh bóng bằng đá mài trên máy tiện

Như vậy, thiết kế qui trình công nghệ đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài bao gồm :

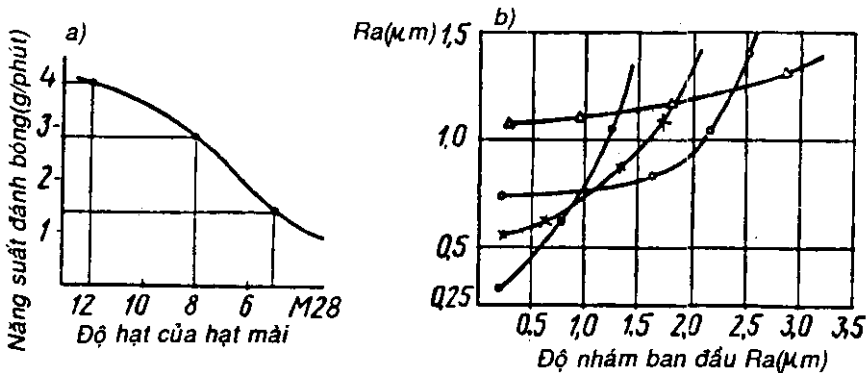
- Chọn vật liệu và độ hạt của hạt mài.
- Chọn thành phần của dung dịch hạt mài .
- Chọn kích thước vòi phun, áp lực khí nén, góc phun, v..v.

10.6.1.1. Chọn vật liệu hạt mài

Để đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài người ta dùng cacbit silic, côrun điện, cát thạch anh và một số loại vật liệu khác.

Chọn vật liệu hạt mài phụ thuộc vào đặc tính cắt gọt và giá thành của nó. Cacbit silic là loại vật liệu có độ cứng và độ giòn cao. Hiệu quả gia công bằng cacbit silic cao hơn so với gia công bằng côrun điện. Cát thạch anh có hiệu quả cắt thấp nhưng giá thành chế tạo loại vật liệu này rất thấp vì vậy nó được sử dụng rộng rãi để làm sạch chi tiết và để đánh bóng bề mặt có yêu cầu không cao.

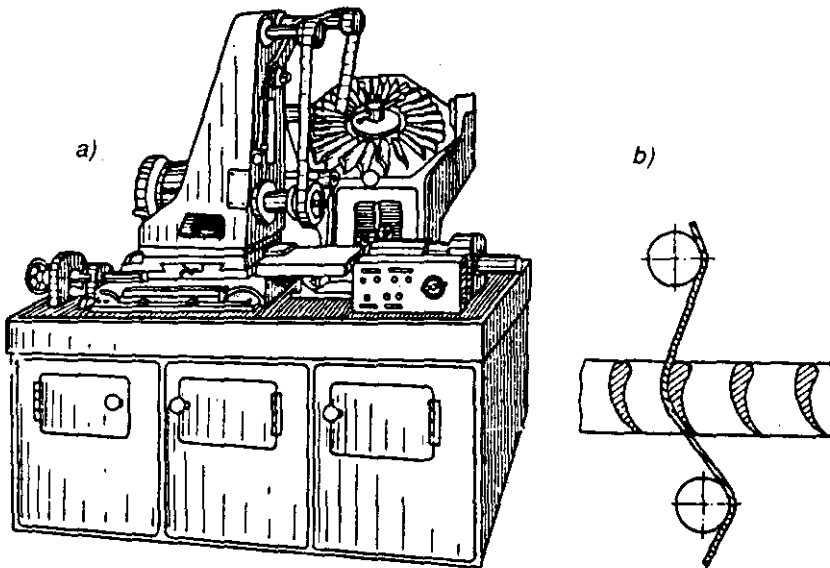
Kích thước của hạt mài (độ hạt của hạt mài) có ảnh hưởng rất lớn đến năng suất và độ nhám bề mặt gia công. Hình 10.28 là quan hệ phụ thuộc giữa độ hạt của hạt mài và năng suất đánh bóng. Ta thấy: độ hạt của hạt mài tăng thì năng suất gia công tăng nhưng độ nhám bề mặt cũng tăng, có nghĩa là độ bóng bề mặt giảm.



Hình 10.28. Quan hệ phụ thuộc giữa năng suất đánh bóng a), độ nhám bề mặt b) và độ hạt của hạt mài

b) ● - độ hạt 20; x - độ hạt 30; ○ - độ hạt 8; △ - độ hạt 12.

Hình 10.24 là máy đánh bóng bằng đai mài để gia công cánh quạt. Sử dụng máy này cho phép cơ khí hóa và tự động hóa nguyên công mà trước đây phải thực hiện bằng tay. Nhánh tự do (nhánh ngoài) của đai mài ôm lấy toàn bộ mặt lưng của cánh quạt (hình 10.24b).



Hình 10.24. Máy đánh bóng bằng đai mài để gia công cánh quạt a) và sơ đồ đánh bóng b).

Quá trình đánh bóng cánh quạt được tích hợp từ các chuyển động sau đây:

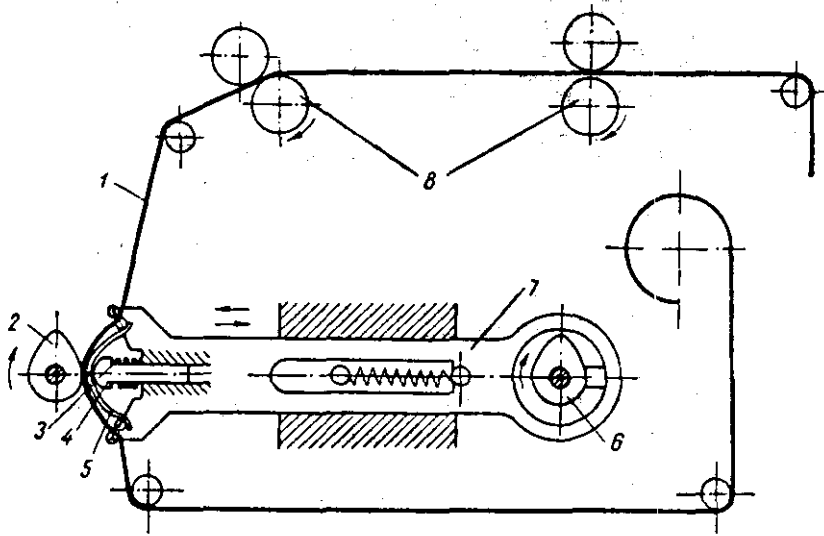
- Dịch chuyển của đai mài theo phương ngang tới profin của từng cánh quạt.
- Dịch chuyển của đai mài dọc theo đường sinh của từng cánh quạt.
- Dao động của cả cánh quạt xung quanh tâm song song với tâm của từng cánh.

Cánh quạt được gá trên bàn quay và tự động xoay đi một góc để gia công từng cánh theo chu kỳ đã định.

Nhược điểm của máy là không có màn chắn bụi và không thích hợp với gia công có dung dịch trơn nguội.

Hình 10.25 là sơ đồ đánh bóng cam của trục phân phối trên máy đánh bóng bằng đai mài. Trong quá trình gia công trục phân phối thực hiện

chuyển động quay chậm xung quanh tâm của nó và chuyển động dao động dọc trục. Đai mài 1 được ép sát xuống bề mặt cam 2 nhờ lò xo 3, chốt 4 và đai vòng cung 5. Để quá trình đánh bóng được thực hiện đều trên toàn bộ mặt cong của cam thì áp lực của lò xo phải cố định trong suốt quá trình gia công. Điều này có thể đạt được nhờ cam chếp hình 6, mà cam chếp hình 6 được lắp với tay đòn 7 và đai mài luôn luôn được tỳ lên tay đòn này. Quá trình gia công không có tiếng ồn bởi vì cam chếp hình có cùng profin với cam gia công và hai cam này quay đồng bộ với nhau. Nhờ có cơ cấu các con lăn 8 mà đai mài dịch chuyển liên tục để quá trình cắt luôn luôn được thực hiện bằng các hạt mài mới (chưa bị mòn).



Hình 10.25. Sơ đồ đánh bóng cam của trục phân phối

1 - đai mài; 2 - cam gia công; 3 - lò xo; 4 - chốt; 5 - đai vòng cung; 6 - cam chếp hình; 7 - tay đòn; 8 - cơ cấu các con lăn.

Ở Ý để đánh bóng trục khuỷu người ta dùng đồ gá lắp trên máy mài (hình 10.26a). Tốc độ của đai mài là 36m/giây. Độ bóng bề mặt có thể đạt cấp 9 ÷ 10 mà không ảnh hưởng đến độ chính xác hình học của chi tiết. Hình 10.26b cũng là đồ gá để đánh bóng trục khuỷu bằng đai mài. Đồ gá này có thể được gá trên máy mài hoặc máy tiện.

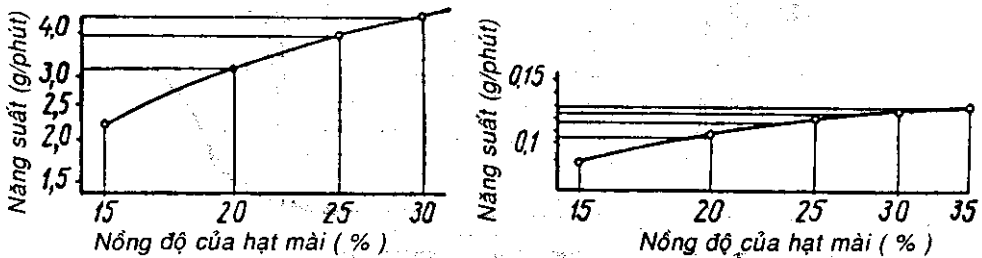
Để đánh bóng bằng đai mài trên các máy tiện sẵn có người ta đã chế tạo đồ gá đơn giản. Đồ gá này được lắp trên bàn xe dao (hình 10.27). Khi đánh bóng bằng đai mài hạt nhỏ trên đồ gá này có thể đạt độ bóng cấp 10.

10.6.1.2. Thành phần và nồng độ của dung dịch hạt mài

Dung dịch hạt mài có tác dụng chuyển hạt mài tới vùng gia công, làm nguội chi tiết, rửa sạch chi tiết và giảm sự xâm nhập của hạt mài vào bề mặt gia công khi cắt gọt.

Cơ sở của dung dịch hạt mài là nước và các loại dung dịch trên nên dầu hỏa hoặc dầu công nghiệp không được sử dụng để đánh bóng trong công nghiệp. Thành phần của dung dịch hạt mài phụ thuộc vào vật liệu gia công, độ nhám ban đầu (do nguyên công trước để lại) và yêu cầu của chi tiết sau khi gia công. Ví dụ, khi gia công các chi tiết bằng kẽm và chì người ta sử dụng dung dịch hạt mài có chứa chất kiềm và thêm emynxi. Dung dịch hạt mài phải có tính chống ăn mòn hóa học và không bị phân hủy dưới tác dụng của không khí. Ngoài ra, nó còn không được bốc hơi nhanh và không gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của con người.

Hình 10.29 là quan hệ phụ thuộc giữa năng suất đánh bóng và nồng độ của hạt mài trong dung dịch. Ta thấy, lượng kim loại được bóc tách lớn nhất có thể đạt được khi nồng độ của hạt mài trong dung dịch đạt 50%. Khi sử dụng dung dịch hạt mài có nồng độ thấp hơn 50% (khoảng < 30%) xuất hiện các “nút” hạt mài trong ống dẫn, làm cho áp lực của tia dung dịch giảm, có nghĩa là giảm hiệu quả của quá trình gia công.



Hình 10.29. Quan hệ phụ thuộc giữa năng suất đánh bóng và nồng độ của hạt mài trong dung dịch
a) độ hạt 40; b) độ hạt 4.

Hiện nay người ta sử dụng rộng rãi dung dịch hạt mài có thành phần sau : 60% nước, 30% hạt mài, 8% nitrit natri và 2% xôđa canxi.

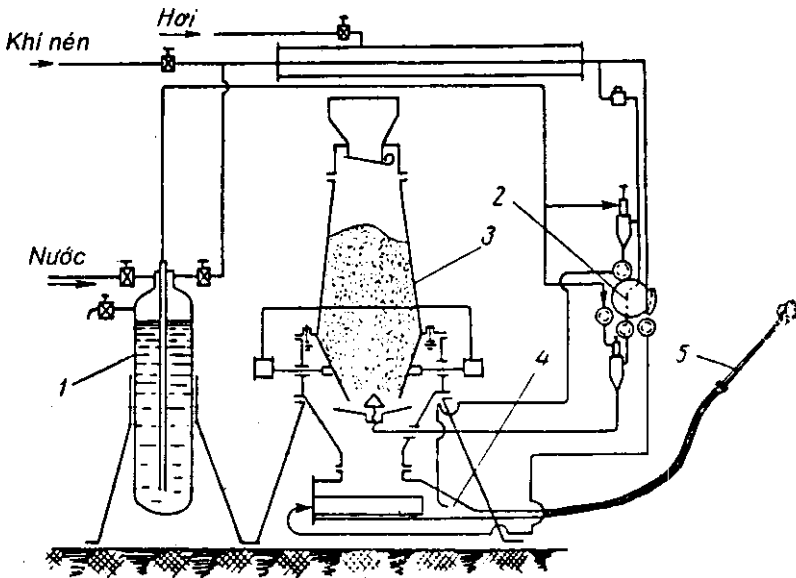
Chọn độ hạt của hạt mài phụ thuộc vào yêu cầu của độ nhám bề mặt gia công. Góc phun của tia dung dịch hạt mài thường chọn trong khoảng

$30 \div 45^\circ$. Khi góc phun bằng 45° lượng kim loại được bóc tách đạt giá trị lớn nhất.

10.6.2. Thiết bị đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài

Tùy thuộc vào kích thước của chi tiết gia công và năng suất yêu cầu người ta đã chế tạo các loại máy đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài khác nhau.

Hình 10.30 là sơ đồ của máy (thiết bị) đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài. Thiết bị này có thể dùng để đánh bóng chi tiết bằng phun cát hoặc tia dung dịch hạt mài. Khí nén đi vào ống đựng nước 1, từ đó dưới áp lực $4,5 \div 7$ at qua van điều khiển và điều chỉnh 2 nước được chuyển vào bình chứa 3. Từ bình chứa 3 dung dịch hạt mài chảy xuống thùng chứa 4 và từ thùng chứa này dung dịch hạt mài được phun tới bề mặt gia công nhờ ống phun 5.



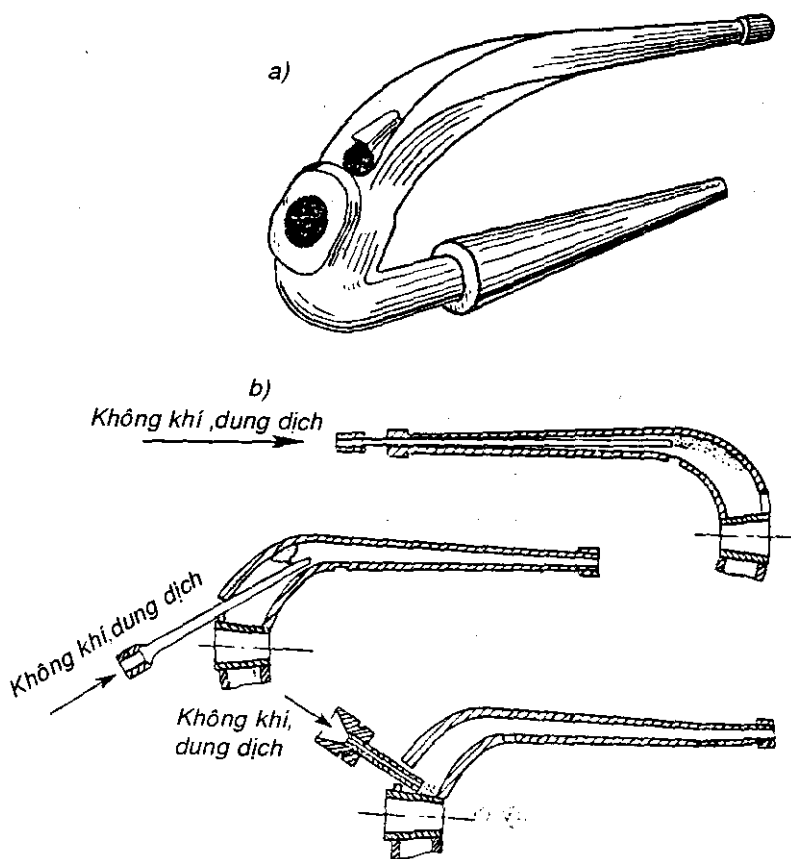
Hình 10.30. Sơ đồ của thiết bị đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài
1-ống đựng nước; 2-van điều khiển; 3-bể chứa; 4-thùng chứa; 5-vòi phun.

Đặc tính kỹ thuật của thiết bị này như sau :

- Áp lực khí nén (at) : $4,5 \div 7$
- Tiêu hao khí nén (m^3 /phút) : 5
- Tiêu hao cát (m^3 /giờ) : 0,04
- Tiêu hao nước (m^3 /giờ) : 0,08

Sử dụng thiết bị này cho phép tăng năng suất gia công lên $30 \div 50\%$ so với gia công bằng phun cát và đặc biệt thiết bị này không làm bắn chỗ làm việc.

Thiết bị đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài có nhiều loại: từ nhỏ đến lớn. Chúng được sử dụng trong tất cả các dạng sản xuất: từ sản xuất đơn chiếc đến sản xuất hàng khối. Trong sản xuất hàng khối người ta còn sử dụng thiết bị nhiều vòi phun tự động để đánh bóng chi tiết máy.



Hình 10.31. Chi tiết dạng sừng trong máy dẹt a) và sơ đồ đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài b).

10.6.3. Các ví dụ đánh bóng chi tiết bằng tia dung dịch hạt mài

Gia công bằng tia dung dịch hạt mài được dùng chủ yếu để đánh bóng và làm sạch chi tiết.

Bề mặt được đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài cho phép giữ chặt crôm và niken khi mạ, giữ được lớp dầu bôi trơn, nhờ đó mà tăng tuổi thọ khi sử dụng.

Đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài được sử dụng để gia công các loại khuôn mẫu, các loại cánh tuabin, các loại lò xo và nhiều loại chi tiết khác.

Đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài có năng suất cao hơn gấp 10 lần so với đánh bóng bằng đá mài đàn hồi (đá mài mềm).

Trong thực tế có một số bề mặt (ví dụ, các chi tiết trong máy sợi) chỉ có thể được gia công bằng tia dung dịch hạt mài (hình 10.31). Mặt trong của chi tiết dạng sừng (trong máy dệt) phải có độ bóng cấp 7. Độ bóng cấp 7 chỉ có thể được gia công bằng tia dung dịch hạt mài qua hai nguyên công. Ở nguyên công đánh bóng thô cần dùng hạt mài có độ hạt 12, còn ở nguyên công đánh bóng tinh - độ hạt 6.

Đánh bóng các khuôn mẫu bằng tia dung dịch hạt mài cho phép nâng cao tuổi bền của chúng lên $1,5 \div 3$ lần, giảm khối lượng lao động của nguyên công đánh bóng xuống $2 \div 3$ lần.

10.7. Đánh bóng trong tang quay

10.7.1. Các phương pháp đánh bóng và các loại tang quay

Đánh bóng trong tang quay được thực hiện nhờ hạt mài, chất độn và chất lỏng. Ưu điểm của phương pháp này là cùng một lúc trong tang quay có thể đánh bóng được hàng chục, hàng trăm chi tiết khác nhau với chất lượng đạt được như nhau.

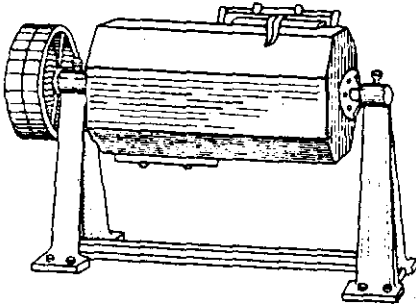
Có năm phương pháp đánh bóng trong tang quay :

1. Trong tang quay côngxôn có trục quay nghiêng.
2. Trong tang quay kín có trục quay nằm ngang.
3. Trong tang quay đột lỗ.
4. Trong tang quay chuyên dùng.
5. Trong tang quay rung.

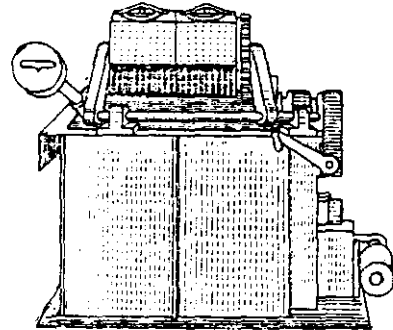
Tùy theo phương pháp gia công người ta phân biệt : đánh bóng khô và đánh bóng ướt. Khi đánh bóng khô chi tiết được gia công bằng hạt mài và có thể thêm bi thép, mảnh da hoặc mảnh phốt. Khi đánh bóng ướt chi tiết

được gia công bằng hạt mài và có thêm dung dịch xà phòng, dung dịch kiềm, .v..v. Để sấy khô chi tiết nhằm khử lớp dung dịch trên bề mặt người ta dùng máy cưa.

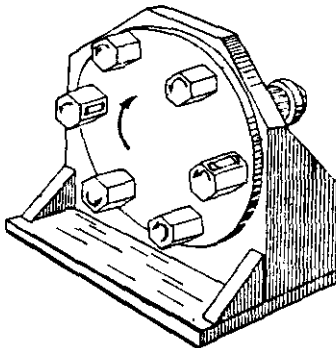
Tang quay để đánh bóng có nhiều loại: tang quay kín có trục quay nằm ngang (hình 10.32), tang quay đột lỗ (hình 10.33), tang quay công-xôn (hình 10.34), tang quay chuyên dùng (hình 10.35).



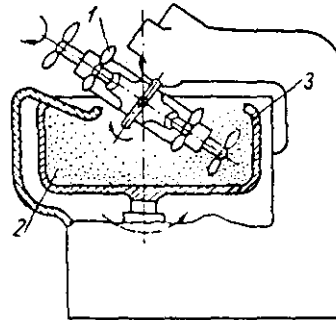
Hình 10.32. Tang quay kín có trục nằm ngang



Hình 10.33. Tang quay đột lỗ



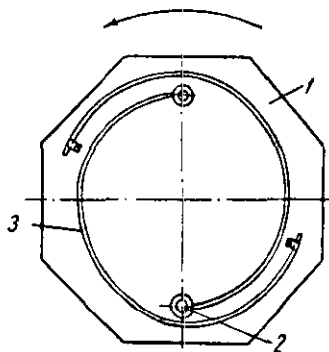
Hình 10.34. Sáu tang quay công-xôn



Hình 10.35. Tang quay ly tâm chuyên dùng
1- chi tiết gia công; 2- hạt mài;
3 - tang quay

Để gia công các chi tiết nhỏ và lớn có số lượng ít, các tang quay được chế tạo hai, ba buồng. Khi gia công các chi tiết lớn trong mỗi buồng của tang quay chỉ có một hoặc hai chi tiết. Thể tích của các tang quay được thiết kế trong khoảng 300 dm³.

Các tang quay côngxôn được dùng chủ yếu để đánh bóng các chi tiết bằng đồng và niken có kích thước nhỏ. Ở vị trí làm việc, trục quay của tang nghiêng một góc $40 \div 45^\circ$ so với mặt phẳng nằm ngang. Ở nhiều nước trên thế giới người ta dùng thiết bị có 6 tang quay côngxôn (xem hình 10.34). Sử dụng thiết bị này cho phép giảm diện tích sản xuất so với các tang quay có tổng năng suất bằng nhau. Ngoài ra, thiết bị này còn đơn giản khi sử dụng và tạo điều kiện để cơ khí hóa các công việc phụ.



Hình 10.36. Cơ cấu an toàn của tang quay kín

1- thành tang quay; 2- van an toàn;
3- ống thải khí

Các tang quay kín (xem mặt cắt ngang trên hình 10.36) có tính vận năng cao, có thể thực hiện được bất kỳ nguyên công nào. Chúng được chế tạo bằng các kết cấu hàn và ở mặt trong được bọc một lớp cao su để cho bề mặt chi tiết không bị biến dạng và bề mặt của tang quay (bằng thép) không bị mòn. Nắp của tang quay được đậy kín và có lớp đệm bằng cao su. Các tang quay kín có trục quay nằm ngang. Tuy nhiên, trong thực tế cũng có những tang quay kín có trục quay nghiêng một góc so với mặt phẳng nằm ngang.

Trong quá trình gia công có thể có một số tạp chất rơi vào tang quay kín, những tạp chất này có thể tạo thành khí ga, vì vậy để tránh những trường hợp bất thường xảy ra, tang quay được trang bị thiết bị an toàn chuyên dùng 2 3. (hình 10.36).

Trong sản xuất nhỏ và đơn chiếc khi các chi tiết gia công có số lượng không lớn nên sử dụng các tang quay kín có kích thước nhỏ để bàn.

Các tang quay đột lỗ (xem hình 10.33) được sử dụng rộng rãi để đánh bóng chi tiết với quá trình rửa sạch chi tiết ngay trong lúc gia công, do đó mà chất lượng bề mặt được cải thiện rất tốt.

Các tang quay chuyên dùng (xem hình 10.35) được dùng chủ yếu để gia công các chi tiết lớn. Chi tiết gia công 1 được gá trên đồ gá nhiều trục chính và dịch chuyển từ từ vào vùng đánh bóng. Khi quay các chi tiết này đi

qua khối lượng hạt mài 2, khối lượng hạt mài 2 dưới tác dụng của lực ly tâm quay theo tang quay 3 để thực hiện quá trình đánh bóng.

Đánh bóng trong tang quay cho phép đạt chất lượng đồng nhất và không gây ảnh hưởng xấu đến độ chính xác hình học của chi tiết. Các chi tiết đánh bóng trong tang quay phải có kết cấu và kích thước sao cho khi quay có thể tiếp xúc tự do với nhau và không bị kẹt vào nhau.

Khi đánh bóng các chi tiết có lỗ cần chọn hạt mài và chất độn sao cho các chất này không bị kẹt (bị tắc) trong lỗ của chi tiết.

10.7.2. Công nghệ đánh bóng trên các tang quay

Trên các tang quay có thể cùng lúc gia công được các loại chi tiết có hình dáng, kích thước và vật liệu khác nhau.

Quá trình đánh bóng chi tiết trong tang quay diễn ra như sau: chi tiết gia công được nạp vào tang quay cùng với vật liệu đánh bóng, sau đó đậy nắp cẩn thận và cho tang quay chuyển động với tốc độ đã định. Trong quá trình gia công chi tiết và vật liệu đánh bóng dịch chuyển lên phía trên, sau đó bị rơi xuống dưới nhờ trọng lượng của bản thân. Như vậy, toàn bộ khối lượng trong tang quay di động liên tục và các hạt mài thực hiện quá trình đánh bóng chi tiết.

Năng suất và chất lượng của quá trình đánh bóng phụ thuộc vào các yếu tố như khối lượng của chi tiết và hạt mài, tỷ lệ tương quan giữa chúng, thành phần và nhiệt độ chất lỏng, thành phần và tính chất của vật liệu hạt mài, tốc độ của tang quay.

Sau khi đánh bóng bề mặt chi tiết đạt chất lượng gần như mặt gương. Nếu độ nhám ban đầu (trước khi đánh bóng) tương đương cấp $7 \div 9$ thì sau khi đánh bóng nó sẽ có giá trị tương đương cấp $9 \div 11$.

Khi gia công trong tang quay lượng kim loại được bóc tách ở các vị trí khác nhau của bề mặt chi tiết không giống nhau. Lượng kim loại được bóc tách ở chỗ lồi lớn hơn ở chỗ lõm và chỗ phẳng. Nhưng đối với các bề mặt đồng nhất thì lượng kim loại được bóc tách là như nhau. Vì vậy, đánh bóng trong tang quay thường được dùng để gia công các chi tiết trang sức.

Đánh bóng trong tang quay công xôn có năng suất thấp hơn so với đánh bóng trong tang quay kín và tang quay đột lỗ. Đánh bóng trong tang quay chuyên dùng được thực hiện do kích thước và đặc điểm kết cấu của chi tiết không thể gia công được trong tang quay kín hoặc tang quay đột lỗ.

Đánh bóng trong tang quay kín (hình 10.37a) khác đánh bóng trong tang quay đột lỗ (hình 10.37b) ở chỗ tang quay đột lỗ quay trong bể chứa có dung dịch (chất lỏng gia công) chảy tuần hoàn từ bể chứa vào tang quay qua các lỗ trên thành của tang quay và ngược lại. Trong khi đó đối với tang quay kín việc cấp dung dịch không thể thực hiện trong quá trình đánh bóng.

10.7.3. Vật liệu hạt mài, chất độn và chất lỏng gia công

Vật liệu hạt mài để đánh bóng được chế tạo từ vật liệu sứ và đá granit xám. Để tăng tính cắt gọt (của vật liệu hạt mài) khi đánh bóng trong tang quay người ta cho thêm corum điện có độ hạt $12 \div 5$.

Chất độn được dùng để giảm nhẹ sự va đập giữa các chi tiết và giảm độ nhám bề mặt. Ngoài ra, khi đánh bóng khô, chất độn còn có khả năng hút bụi và chất thải của quá trình đánh bóng. Chất độn thường dùng khi đánh bóng có các loại sau đây:

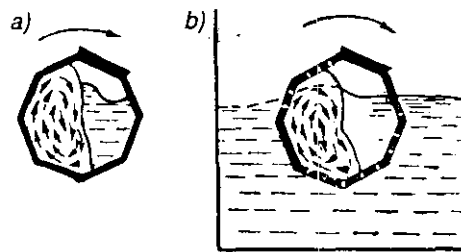
- Kim loại: dạng bi cầu, bi trụ.
- Vật liệu phi kim: lõi gỗ, da, phốt, mặt cưa.

Chất lỏng gia công được dùng khi đánh bóng thường là xà phòng, nước, xôđa canxi và natri. Chất lỏng gia công phải có khả năng thấm ướt tốt chi tiết và chất độn, dễ phun thành sương và về mặt hóa học phải trung tính.

10.7.4. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến quá trình đánh bóng trong tang quay

Thời gian đánh bóng phụ thuộc vào vật liệu gia công và kích thước của chi tiết. Ví dụ, khi đánh bóng các chi tiết bằng thép có kích thước nhỏ thời gian gia công là $3 \div 4$ giờ, còn khi đánh bóng các chi tiết bằng thép có kích thước lớn thời gian gia công là $30 \div 48$ giờ. Khi đánh bóng các chi tiết kim loại màu thời gian gia công giảm đáng kể.

Chất lượng của bề mặt đánh bóng phụ thuộc vào chất lỏng gia công. Chất lượng bề mặt tốt nhất khi đánh bóng trong tang quay có thể đạt được



Hình 10.37. Sơ đồ của quá trình đánh bóng
a) trong tang quay kín; b) trong tang quay đột lỗ.

khi sử dụng chất lỏng gia công là xà phòng và nước mềm. Sử dụng nước cứng có ảnh hưởng xấu đến chất lượng đánh bóng.

Khi đánh bóng trong tang quay kín chất lỏng gia công thường bị bắn trước khi quá trình đánh bóng kết thúc, vì vậy sau 1 ÷ 2 giờ gia công cần thay dung dịch.

Một yếu tố công nghệ có ảnh hưởng rất lớn đến năng suất và chất lượng đánh bóng đó là tốc độ vòng của tang quay. Đối với tang quay kín tốc độ vòng của tang quay là 0,5 ÷ 0,6 m/giây. Giảm tốc độ của tang quay sẽ làm giảm năng suất gia công, còn tăng tốc độ của tang quay sẽ làm tăng độ nhám bề mặt và tăng độ mòn của chất độn. Khi đánh bóng các chi tiết giòn và thành mỏng số vòng quay của tang quay có thể giảm xuống 6 ÷ 10 vòng/phút. Tốc độ của tang quay kín thường được chọn trong khoảng 0,9 ÷ 1,0 m/giây.

Đặc điểm của đánh bóng trong tang quay là trong từng trường hợp cụ thể thời gian gia công cần được xác định bằng thực nghiệm. Điều này cho phép kiểm tra tính hợp lý của chế độ gia công và thực hiện quá trình đánh bóng với năng suất cao nhất.

10.7.5. Các ví dụ đánh bóng chi tiết

Để đánh bóng chi tiết bằng các loại vật liệu khác nhau cần chọn vật liệu hạt mài và chất độn theo bảng 10.4 và chất lỏng gia công theo bảng 10.5.

Bảng 10.4. *Vật liệu hạt mài và chất độn để đánh bóng trong tang quay*

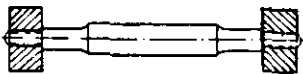
Vật liệu gia công	Vật liệu hạt mài và chất độn
Thép cacbon và thép không gỉ	Mảnh vụn của vật liệu sứ có kích thước 5 ÷ 40mm Hạt thép Da mềm Mạt cưa
Đồng, nhôm, hợp kim magie	Mảnh vụn của vật liệu sứ có kích thước 5 ÷ 20mm Hạt thép Da mềm Mạt cưa
Kẽm và hợp kim nhôm – kẽm	Mảnh vụn của vật liệu sứ có kích thước 5 ÷ 20mm Thạch anh có kích thước 1,5 ÷ 5mm Mạt cưa

Các chi tiết có ren ngoài, các chi tiết thành mỏng và rãnh sâu đòi hỏi khi đánh bóng phải đảm bảo những yêu cầu đặc biệt.

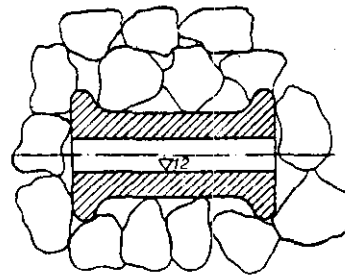
Để giữ cho ren ngoài không bị hỏng khi đánh bóng trong tang quay cần phải dùng đai ốc bảo vệ (hình 10.38).

Bảng 10.5. Chất lỏng gia công để đánh bóng trong tang quay

Vật liệu gia công	Chất lỏng gia công
Thép cacbon và thép không gỉ	Dung dịch nước chứa 0,8% kính lỏng và 0,3% natri-phôpho Dung dịch nước chứa 0,2% nitrit natri, 0,25% xôđa canxi 1 – 2% emynxi xà phòng
Đồng và hợp kim đồng	Dung dịch nước chứa 1% angidrit crôm và 0,5% muối ăn 1 – 2% emynxi xà phòng
Nhôm, hợp kim nhôm, hợp kim kẽm	Dung dịch nước chứa 1% angidrit crôm và 0,5% axit sunfuaric 1 – 2% emynxi xà phòng



Hình 10.38. Chi tiết có ren ngoài cần được bảo vệ khi đánh bóng trong tang quay



Hình 10.39. Sơ đồ đánh bóng chi tiết có lỗ chính xác cần được bảo vệ

Các lỗ có đường kính nhỏ có thể được bảo vệ bằng cách sử dụng hạt mài có kích thước lớn hơn đường kính lỗ (hình 10.39) để hạt mài không lọt được vào lỗ khi đánh bóng bề mặt ngoài.

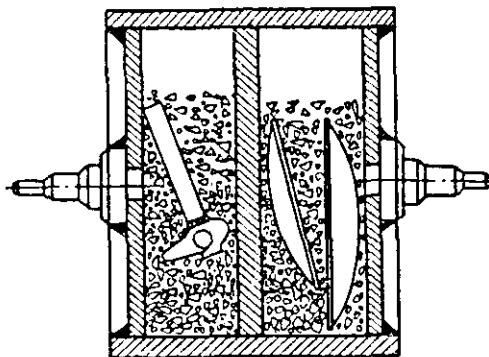
Để bảo vệ các lỗ chính xác có đường kính lớn khi đánh bóng trong tang quay cần dùng các nắp bằng cao su để bịt kín hai đầu lỗ. Các chi tiết có kích thước trung bình và lớn cần được xếp đặt trong tang quay sao cho chúng không va chạm lẫn nhau trong quá trình gia công. Các chi tiết này có

thể được gá trên các trục gá ở thành của tang quay hoặc gia công 1 ÷ 2 chi tiết trong tang quay có nhiều buồng chứa (hình 10.40).

Các chi tiết có rãnh sâu để tránh hiện tượng kẹt lẫn nhau cần gia công với số lượng tối đa của chất độn. Tỷ lệ tương quan thể tích của chi tiết gia công và chất độn nên chọn trong khoảng từ 1:10 đến 1:12.

10.8. Đánh bóng rung

Nếu thả một chi tiết vào môi trường hạt mài có rung động mà trọng lượng thể tích của chi tiết lớn hơn trọng lượng thể tích của môi trường hạt mài thì chi tiết dưới tác dụng của lực trọng trường sẽ dịch chuyển dần dần xuống phía dưới. Nhưng nếu trọng lượng thể tích của chi tiết nhỏ hơn trọng lượng thể tích của môi trường hạt mài thì chi tiết sẽ bị hạt mài rung động đẩy lên trên.



Hình 10.40. Sơ đồ đánh bóng các chi tiết lớn trong các thùng chứa khác nhau của tang quay

Trong quá trình chuyển động của chi tiết trong môi trường hạt mài rung động, các hạt mài trượt theo bề mặt của chi tiết và thực hiện quá trình đánh bóng chi tiết. Phương pháp đánh bóng như vậy được gọi là đánh bóng rung. Nó được thực hiện trong các thiết bị rung chuyên dùng.

Đánh bóng rung là phương pháp gia công mới nhưng đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới. Theo đặc tính gia công thì đánh bóng rung gần giống đánh bóng trong tang quay, nhưng đánh bóng rung có năng suất cao hơn. Cũng như đánh bóng trong tang quay, đánh bóng rung có thể được thực hiện bằng phương pháp khô hoặc phương pháp ướt.

Đánh bóng khô được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp vì lý do thiết bị đơn giản, dễ sử dụng. Tuy nhiên, đánh bóng khô có năng suất không cao, do đó đánh bóng ướt vẫn được sử dụng rộng rãi hơn.

Đánh bóng ướt có hai loại :

- Đánh bóng bằng hạt mài ướt (đặc sệt).
- Đánh bóng trong môi trường chất lỏng (dung dịch hạt mài).

Phương pháp thứ hai được gọi tắt là đánh bóng lỏng. Đánh bóng lỏng tùy thuộc vào phương pháp cấp dung dịch có thể được thực hiện với cách cấp dung dịch theo chu kỳ hoặc liên tục.

Tần số và biên độ dao động của môi trường gia công có thể ảnh hưởng rất lớn đến năng suất và chất lượng đánh bóng.

Hình 10.41 là sơ đồ của thiết bị đánh bóng rung làm việc theo nguyên lý chuyển động tuần hoàn của dung dịch. Trên đế 1 có lắp các lò xo 2, trên các lò xo này có đặt bộ rung 3 với cơ cấu rung 4. Cơ cấu rung 4 là một động cơ điện với công suất 1kW, số vòng quay 1440 vòng/phút, ở hai đầu của trục động cơ có gá các đĩa lệch tâm 6 (để tạo rung). Mặt trong của thùng chứa 5 được bọc một lớp cao su có chiều dày $8 + 15\text{mm}$. Như vậy, khi làm việc thùng chứa 5 (bên trong có chi tiết gia công và dung dịch hạt mài) rung động để thực hiện quá trình đánh bóng chi tiết.

Hạt mài để đánh bóng rung bao gồm:

- Các mảnh vụn của đá mài côrun điện hoặc cacbit silic với độ hạt $63 \div 16$.

- Hạt thép với độ hạt $80 \div 10$.

Chất lỏng thường được dùng là nước và xôđa canxi.

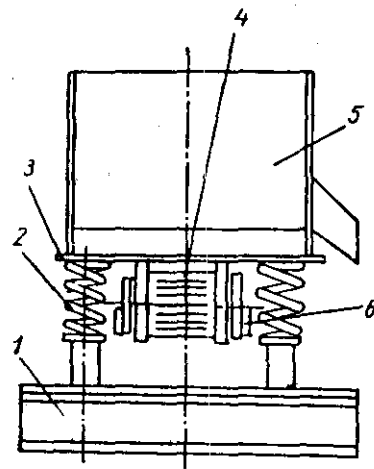
Đánh bóng rung được thực hiện với điều kiện và chế độ sau đây :

- Chất tải cho thùng chứa $\geq 1/2$ thể tích của thùng.

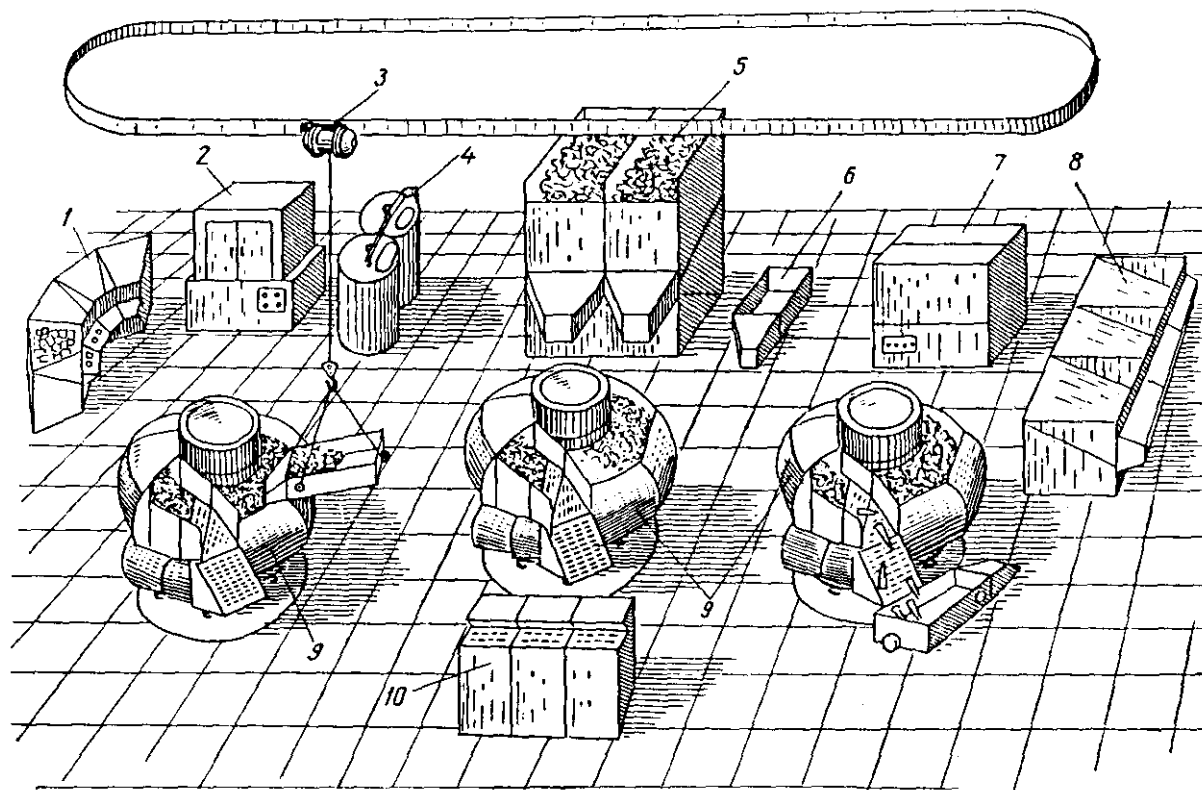
- Tỷ lệ thể tích tương quan của chi tiết gia công và dung dịch hoặc môi trường hạt mài là 1:2.

- Tần số dao động khi đánh bóng : 2000 dao động/phút và biên độ dao động $2,5 \div 4\text{mm}$.

- Rửa sạch liên tục môi trường gia công và chi tiết bằng dung dịch xôđa canxi.



Hình 10.41. Sơ đồ thiết bị đánh bóng rung
1-đế; 2-lò xo; 3-bộ rung; 4-cơ cấu rung;
5-thùng chứa; 6-đĩa lệch tâm.



Hình 10.42. Công đoạn cơ khí hoá để đánh bóng chi tiết trong các thiết bị rung.

- 1- thùng chứa chi tiết; 2- thiết bị khử dầu mỡ; 3- cầu trục; 4- thùng chứa dung dịch; 5- thùng chứa hạt mài và chất dòn;
 6- gầu cấp liệu; 7- máy rửa sạch và sấy khô; 8- bàn chứa chi tiết và thành phẩm;
 9- thiết bị rung bán tự động; 10- bàn điều khiển.

- Thời gian gia công loại chi tiết trong khoảng 30 ÷ 90 phút.

- Kiểm tra chất lượng làm sạch bằng mắt.

- Thao chi tiết được thực,hiện bằng tay nhờ vòng cách rung hoặc vòng cách từ (khi môi trường gia công không nhiễm từ).

Sử dụng đánh bóng rung cho phép thiết lập các công đoạn cơ khí hóa (hình 10.42) hoặc tự động hóa. Công đoạn gia công như vậy phải bao gồm các thùng chứa chi tiết 1, thiết bị khử dầu mỡ 2, cầu trục 3, thùng chứa dung dịch 4, thùng chứa hạt mài và chất độn 5, gầu cấp liệu 6, máy rửa sạch và sấy khô 7, bàn chứa chi tiết thành phẩm 8, thiết bị rung bán tự động 9 và bàn điều khiển 10.

Cơ khí hóa các thao tác của quá trình đánh bóng rung cho phép giải phóng nhiều công nhân và loại trừ những nguyên công bằng tay, vì vậy năng suất và chất lượng gia công tăng lên rõ rệt, điều kiện lao động của công nhân được cải thiện nhiều.

Chương 11

GIA CÔNG CHI TIẾT BẰNG BIẾN DẠNG ĐÉO LỚP BỀ MẶT

11.1. Khái niệm chung về phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo lớp bề mặt

Trong những năm gần đây phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo lớp bề mặt ngày càng được sử dụng rộng rãi để gia công các loại chi tiết khác nhau. Phương pháp gia công này cho phép giảm đáng kể độ nhám bề mặt và trong nhiều trường hợp có thể thay thế cho các nguyên công mài khôn, mài nghiền và mài siêu tinh xác.

Ưu điểm chính của phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt (biến dạng dẻo lớp bề mặt) là giảm độ nhám và tăng biến cứng bề mặt xảy ra đồng thời. Trong trường hợp này cũng xuất hiện ứng suất dư nén (ứng suất dư có lợi). Như vậy tính chất cơ lý của lớp bề mặt và tính chất sử dụng của chi tiết được cải thiện đáng kể.

Dụng cụ gia công của phương pháp rất đơn giản, còn bản thân phương pháp có thể được thực hiện trên các máy vạn năng thông thường. Quá trình gia công bằng biến dạng dẻo dễ tự động hóa, vì vậy có thể được sử dụng trong sản xuất hàng khối cũng như trong sản xuất hàng loạt nhỏ. Tính vạn năng của dụng cụ cho phép sử dụng chúng ngay cả trong điều kiện sản xuất đơn chiếc và ở các phân xưởng sửa chữa.

Tất cả các phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt được chia ra hai nhóm :

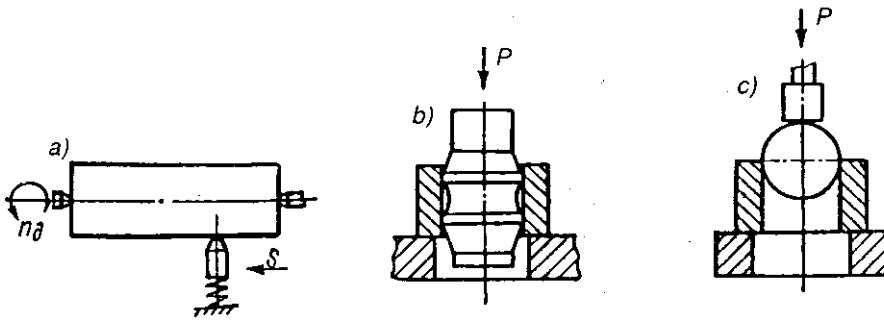
1. Dựa trên nguyên lý là ép bề mặt bằng dụng cụ.
2. Dựa trên nguyên lý lăn ép bề mặt bằng dụng cụ.

Ở nhóm phương pháp thứ nhất giữa dụng cụ và bề mặt gia công tồn tại ma sát trượt, còn ở nhóm phương pháp thứ hai – ma sát lăn với trượt nhẹ.

11.2. Gia công chi tiết bằng các phương pháp là ép bề mặt

Các phương pháp là ép bề mặt thường được sử dụng để gia công mặt trụ ngoài và mặt trụ trong bằng các dụng cụ chuyên dùng. Quá trình là mặt ngoài được thực hiện bằng dụng cụ là, còn khi gia công mặt trong cần sử dụng chày đột hoặc bi.

Hình 1.11 là các sơ đồ là ép bề mặt trụ.



Hình 11.1. Các sơ đồ là ép bề mặt

a) mặt trụ ngoài bằng dụng cụ là ép; b) mặt trụ trong bằng chày đột;
c) mặt trụ trong bằng ép bi.

Dụng cụ là ép để gia công mặt trụ ngoài có cấu tạo gồm thân gá và phần biến dạng có thể là mảnh hợp kim cứng hoặc kim cương. Gia công bằng kim cương cho phép đạt chất lượng cao nhất. Kim cương được kẹp chặt trên thân gá bằng phương pháp hàn (hàn bằng bạc). Để chế tạo dụng cụ người ta dùng mảnh kim cương $0,4 \div 0,9$ cara với bán kính từ 0,5 đến 3,5 mm. Bề mặt làm việc (mặt cầu) của kim cương được đánh bóng để nâng cao chất lượng gia công. Vì có độ cứng cao cho nên kim cương hầu như không bị biến dạng với diện tích tiếp xúc (tiếp xúc với bề mặt chi tiết) nhỏ có khả năng tạo ra áp lực tiếp xúc lớn để nâng cao hiệu quả của phương pháp. Kim cương được dùng có thể là kim cương tự nhiên hoặc kim cương nhân tạo.

Khi gia công, dụng cụ là ép với một lực nhất định được ép xuống bề mặt gia công và thực hiện chạy dao dọc, còn chi tiết thực hiện chuyển động quay (hình 11.1a). Tiếp xúc của dụng cụ với chi tiết có thể đàn hồi hoặc cứng.

Khi tiếp xúc cứng dụng cụ là ép được gá trên bàn xe dao của máy tiện. Lượng chạy dao ngang của bàn xe dao tạo ra áp lực tiếp xúc của kim cương vào bề mặt gia công. Nhược điểm của phương pháp này là áp lực tiếp xúc không ổn định mà dao động phụ thuộc vào độ đảo và sai số hình dáng hình học của chi tiết. Trong trường hợp này biến dạng xảy ra không đều và độ nhám bề mặt nhận được cũng không đồng nhất. Vì vậy phương pháp gia công có ưu điểm hơn là phương pháp gia công có tiếp xúc đàn hồi của dụng cụ với chi tiết gia công.

Tiếp xúc đàn hồi được tạo ra bằng các chi tiết đàn hồi trong đồ gá. Trong các hệ thống cơ khí vai trò của cơ cấu đàn hồi thường là lò xo. Ngoài cơ cấu đàn hồi cơ khí còn sử dụng cơ cấu đàn hồi thủy lực để là ép bề mặt. Khi tiếp xúc đàn hồi quá trình gia công xảy ra ổn định hơn, chất lượng bề mặt nhận được cũng đồng nhất hơn. Khi là ép dụng cụ bị mài mòn, vì vậy để

giảm ma sát và tăng tuổi bền của dụng cụ cán dùng dung dịch trơn nguội (dùng dầu công nghiệp).

Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy chiều sâu của lớp kim loại bị biến cứng khi là ép phụ thuộc vào áp lực chỗ tiếp xúc và diện tích tiếp xúc. Mức độ biến cứng phụ thuộc vào lực ép của dụng cụ vào bề mặt gia công. Đặc tính của quá trình là ép còn phụ thuộc vào bán kính mũi kim cương, lượng chạy dao dọc của dụng cụ và số lần chạy dao (số bước). Tất cả các yếu tố này xác định hiệu quả và chất lượng của phương pháp là ép.

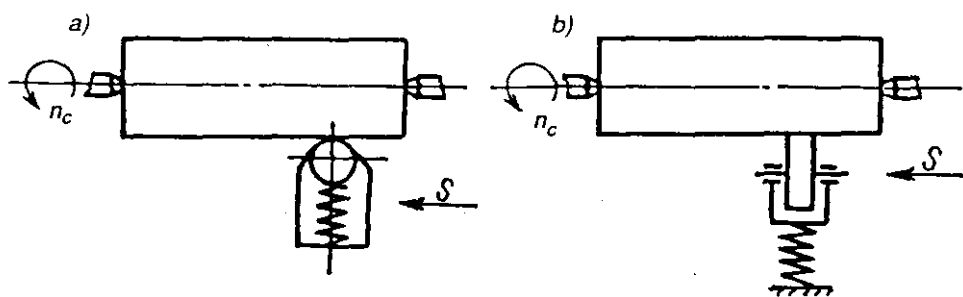
Chế độ cắt hợp lý cho phép cải thiện tính chất sử dụng của chi tiết. Chế độ cắt không hợp lý có thể dẫn đến hiện tượng làm mềm lớp bề mặt và giảm tuổi thọ của chi tiết.

Quá trình là ép mặt trụ trong cũng có cùng những tính chất như là ép mặt trụ ngoài. Để là ép mặt trụ trong có thể dùng chày đột (hình 11.1b) hoặc bi cầu (hình 11.1c). Đường kính của dụng cụ trong những trường hợp này lớn hơn đường kính của lỗ gia công chút ít để đảm bảo áp lực tiếp xúc của dụng cụ lên bề mặt gia công. Phương pháp là ép mặt trụ trong có năng suất cao, đảm bảo được kích thước và chất lượng bề mặt ổn định.

11.3. Các phương pháp lăn ép chi tiết

Phương pháp gia công bề mặt chi tiết bằng biến dạng dẻo là lăn ép bằng bi hoặc bằng con lăn.

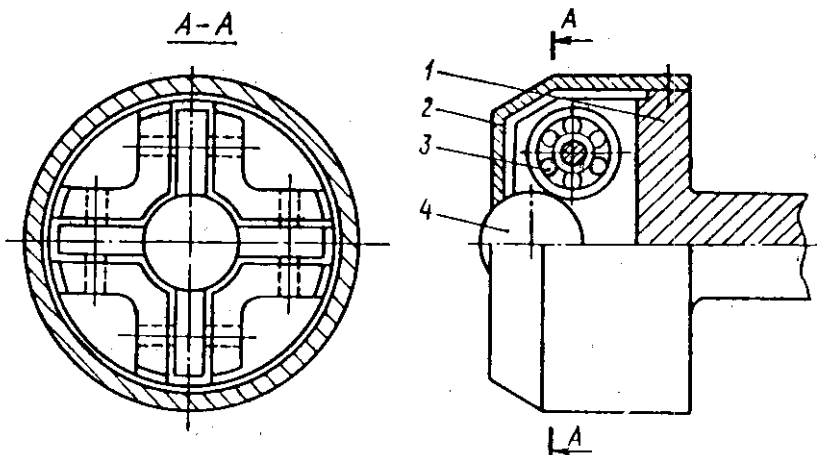
Khi lăn ép bằng bi thì dụng cụ là viên bi cầu được đánh bóng để có độ nhám thấp. Trong trường hợp này dụng cụ (bi hoặc con lăn) luôn luôn được ép vào bề mặt gia công và đồng thời thực hiện chạy dao dọc trục của chi tiết, còn chi tiết chỉ thực hiện chuyển động quay xung quanh trục của nó (hình 11.2).



Hình 11.2. Các sơ đồ lăn ép bề mặt
a) lăn ép bằng bi; b) lăn ép bằng con lăn.

Các con lăn được chế tạo từ thép ШХ15, XBr, X12M, 5XHM, Y10, Y12, còn bi được chế tạo từ thép ШХ15. Các con lăn được nhiệt luyện đạt độ cứng HRC 58 – 62 và được đánh bóng để đảm bảo tính gia công và tuổi thọ cần thiết. Hình dáng bề mặt của con lăn có thể là hình tang trống hoặc hình trụ. Trong trường hợp con lăn là hình trụ thì ở đầu được vát côn để tăng khả năng gia công.

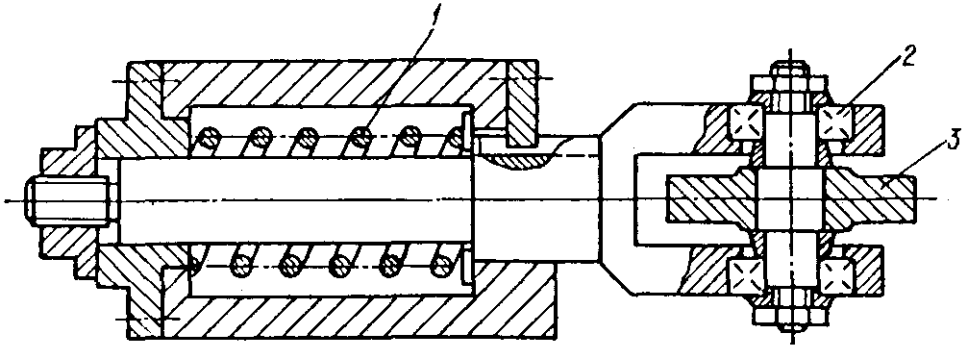
Bi ở dụng cụ lăn ép bằng bi được gá trên một hoặc hai vòng bi cầu. Tuy nhiên, để nâng cao độ cứng vững và giảm ma sát trượt của bi có thể dùng kết cấu một bi gá trên bốn vòng bi cầu (hình 11.3). Trong trường hợp này các vòng bi 3 được gá trong các rãnh của chạc chữ thập mà chạc chữ thập này được gia công trên thân gá 1. Viên bi dụng cụ 4 được đỡ bằng vòng cách 2 để không bị rơi ra ngoài.



Hình 11.3. Dụng cụ lăn ép bằng bi
1-thân gá; 2-vòng cách; 3-vòng bi cầu; 4-bi dụng cụ.

Ở dụng cụ lăn ép bằng con lăn (hình 11.4) con lăn 3 được lắp trên trục gá, còn trục gá được lắp trên hai ổ bi lăn 2. Toàn bộ cơ cấu này được kẹp trên đồ gá, còn đồ gá được kẹp trên bàn xe dao của máy tiện. Áp lực cần thiết được tạo ra nhờ lượng chạy dao ngang của bàn xe dao.

Trong nhiều trường hợp lăn ép bằng bi hoặc con lăn được thực hiện nhờ tiếp xúc đàn hồi của bi hoặc con lăn với bề mặt gia công. Tiếp xúc đàn hồi có thể được tạo ra nhờ lò xo 1 (hình 11.4), bằng các cơ cấu thủy lực hoặc khí nén.



Hình 11.4. Dụng cụ lăn ép bằng con lăn
1-lò xo; 2-ổ bi lăn; 3-con lăn.

Lăn ép bằng bi hoặc con lăn cho phép tăng độ cứng tế vi và giảm độ nhám bề mặt.

Khi lăn ép (bằng bi hoặc con lăn) ở vùng tiếp xúc bề mặt chi tiết và dụng cụ bị nung nóng, do đó chất lượng bề mặt giảm. Vì vậy, khi gia công cần có dung dịch trơn nguội (dầu công nghiệp). Sử dụng dung dịch trơn nguội có thể giảm được hệ số ma sát và nhiệt độ ở vùng tiếp xúc, nhờ đó mà độ nhám bề mặt gia công giảm và tuổi bền của dụng cụ tăng.

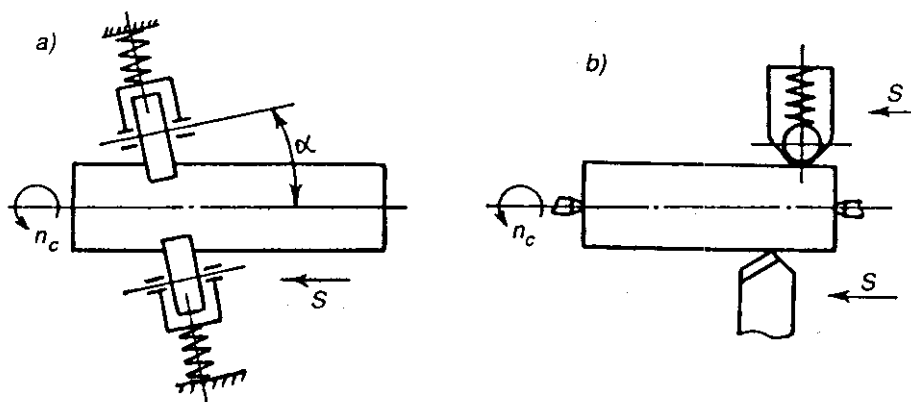
Độ nhám ban đầu (trước khi lăn ép) có ảnh hưởng đến chỉ tiêu chất lượng của quá trình gia công. Ví dụ, khi lăn ép chi tiết bằng thép không nhiệt luyện, độ nhám ban đầu phải nhỏ hơn $10 \div 20\mu\text{m}$. Nếu độ nhám ban đầu lớn hơn trị số đó thì nó chỉ biến dạng một phần cho nên không thể gia công được bề mặt có độ nhám yêu cầu. Khi lăn ép chi tiết bằng thép nhiệt luyện và các vật liệu khác có tính dẻo thấp thì độ nhám ban đầu cho phép $R_a \leq 1,25\mu\text{m}$. Vì vậy, trước khi lăn ép chi tiết thường được mài. Vì lăn ép bằng tiếp xúc đàn hồi không sửa được sai số hình dáng hình học của chi tiết, cho nên độ chính xác của chi tiết cần được đảm bảo ở các nguyên công trước (trước khi lăn ép).

Khi lăn ép theo các sơ đồ trên hình 11.2 lực làm biến dạng dẻo bề mặt có thể làm cho chi tiết bị biến dạng nếu chi tiết có độ cứng vững thấp. Vì vậy, lăn ép bằng một dụng cụ chỉ được dùng để gia công các chi tiết có độ cứng vững cao, có nghĩa là các chi tiết có đường kính lớn và chiều dài nhỏ.

Để gia công các chi tiết có chiều dài lớn và đường kính nhỏ (độ cứng vững thấp) nên dùng hai hoặc ba dụng cụ lăn ép, các dụng cụ này được đặt

đối diện nhau (khi dùng hai dụng cụ) hoặc cách nhau 120^0 (khi dùng ba dụng cụ). Trong các trường hợp này các lực gây ra độ võng của chi tiết hầu như hoàn toàn được loại bỏ.

Khi lăn ép bằng ba dụng cụ (ba đầu lăn ép) chi tiết gia công có thể thực hiện lượng chạy dao dọc S nếu trục của các con lăn được gá nghiêng một góc α so với trục của chi tiết gia công (hình 11.5a). Trong một số trường hợp hiệu quả gia công có thể đạt được nhờ phối hợp giữa nguyên công tiện (đi trước) và lăn ép (đi sau) như sơ đồ trên hình 11.5b.

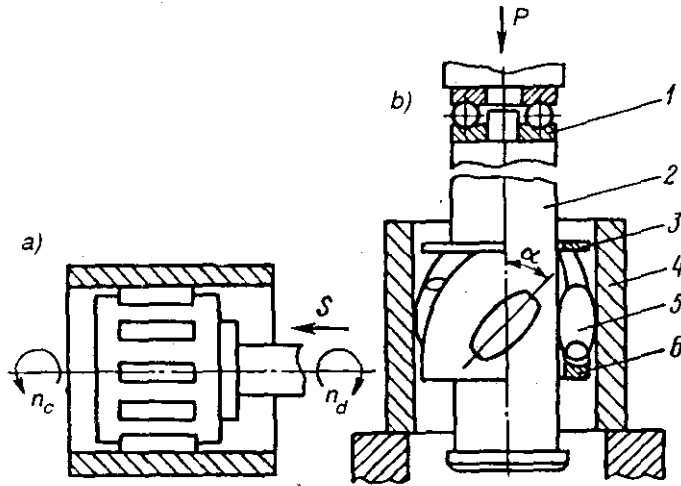


Hình 11.5. Các sơ đồ gia công chi tiết bằng biến dạng dẻo
 a) chi tiết gia công thực hiện lượng chạy dao dọc;
 b) vừa tiện vừa lăn ép.

Hiện nay trong thực tế người ta dùng phương pháp lăn ép để gia công mặt trụ ngoài, mặt trụ trong, góc lượn và các mặt định hình.

Để gia công mặt trụ trong có thể dùng đầu lăn ép đơn hoặc kép bằng bi hoặc con lăn. Về nguyên tắc, các dụng cụ này tạo ra tiếp xúc đàn hồi khi gia công. Ở các dụng cụ làm việc theo nguyên tắc tiếp xúc cứng, kích thước của dụng cụ được điều chỉnh theo yêu cầu.

Hình 11.6a là sơ đồ lăn ép lỗ bằng dụng cụ nhiều con lăn điều chỉnh. Để đảm bảo cho dụng cụ ra vào lỗ dễ dàng, nó được gá lắp với trục chính của máy. Trước khi lăn ép, lỗ thường được doa hoặc tiện trong. Với độ nhám ban đầu (trước khi lăn ép) $R_a = 1,25 \div 4\mu\text{m}$ có thể đạt độ nhám $R_a = 0,16 \div 0,63\mu\text{m}$. Năng suất gia công của lăn ép cao hơn $2 \div 3$ lần so với nguyên công mài khô. Lăn ép mặt trụ trong còn được gọi là đột xoay.



Hình 11.6. Lăn ép mặt trụ trong

- a) lăn ép bằng dụng cụ nhiều con lăn điều chỉnh;
 b) chuốt xoay; 1-ổ bi mặt dầu; 2-trục dẫn hướng; 3,6-vòng cách;
 4-chi tiết gia công; 5-con lăn.

Hình 11.6b là sơ đồ chuốt xoay mặt trụ trong. Phương pháp này được thực hiện bằng các con lăn 5 gá trong vòng cách 6 có tâm lệch một góc α so với tâm của chi tiết. Chi tiết gia công 4 được đặt trên bàn của máy chuốt đứng hoặc máy ép và trong lỗ chi tiết có đưa vào trục dẫn hướng với vòng cách 3. Dịch chuyển dọc trục của trục dẫn hướng được thực hiện nhờ cơ cấu truyền lực của máy thông qua ổ bi mặt dầu 1. Khi trục dẫn hướng dịch chuyển các con lăn được chêm chặt giữa mặt ngoài của trục dẫn hướng và mặt trong của lỗ chi tiết gia công. Nhờ đó, các con lăn thực hiện quá trình lăn ép bề mặt chi tiết. Khi lăn ép các con lăn thực hiện chuyển động quay và chuyển động dọc trục của trục dẫn hướng. Trong trường hợp này các vòng cách 3 và 6 cũng thực hiện các chuyển động như các con lăn. Như vậy, khi trục dẫn hướng chỉ thực hiện chuyển động tịnh tiến thì tất cả các chi tiết của đầu chuốt xoay sẽ thực hiện một chuyển động phức tạp.

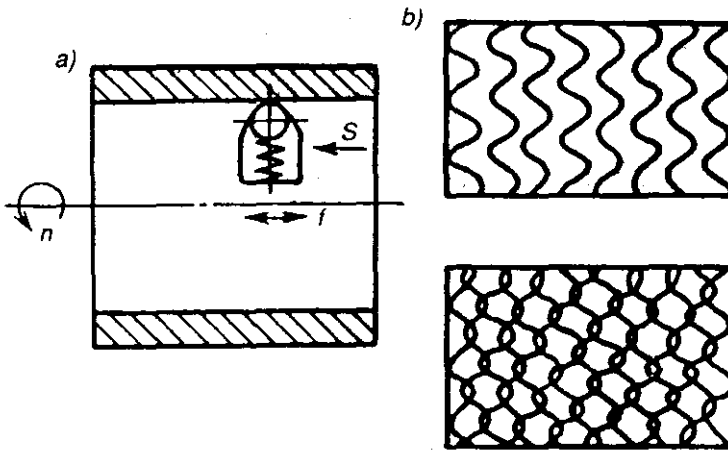
Khi lăn ép bề mặt các con lăn tạo ra những vết gia công dưới dạng mặt xoắn vít có bề rộng bằng chiều dài của con lăn với bước xoắn phụ thuộc vào góc gá con lăn α . Với các thông số α chiều dài của các con lăn và số lượng các con lăn hợp lý thì toàn bộ vết gia công sẽ được xóa sạch trong một hành trình của trục dẫn hướng.

Chuốt xoay cũng có thể được thực hiện bằng cách cho chi tiết quay và tịnh tiến còn trục dẫn hướng đứng yên.

Gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt cũng có thể được thực hiện bằng phương pháp lăn ép rung. Khi lăn ép dao động, đầu lăn ép ngoài

chuyển động ăn dao dọc thông thường còn thực hiện thêm chuyển động dao động với tần số và biên độ nhất định. Trong trường hợp này trên lớp bề mặt gia công xuất hiện vết có hình dạng phụ thuộc vào tốc độ quay của chi tiết, lượng chạy dao, tần số và biên độ dao động.

Hình 11.7 là sơ đồ lăn ép rung mặt trụ trong, còn hình 11.7b là sơ đồ vết gia công khi triển khai bề mặt của chi tiết.



Hình 11.7. Sơ đồ lăn ép rung mặt trụ trong a) và vết gia công b).

Lăn ép rung thường được thực hiện bằng tiếp xúc đàn hồi của bi với bề mặt gia công. Để tạo ra chuyển động dao động cần có đồ gá chuyên dùng với truyền động bằng cơ khí, khí nén hoặc điện từ. Bằng lăn ép rung có thể gia công được mặt trụ ngoài, mặt trụ trong, mặt đầu và mặt phẳng. Quá trình gia công được thực hiện trên các máy tiện, máy phay đứng và một số loại máy khác.

Với chế độ cắt hợp lý khi gia công bằng phương pháp lăn ép rung có thể nhận được profin mặt phẳng, mặt trụ trong và mặt trụ ngoài có vị trí rãnh vết đều đặn. Còn khi gia công mặt đầu profin có vị trí rãnh vết thay đổi, bởi vì tốc độ vòng của các điểm ngoài cùng ở mặt đầu có giá trị lớn nhất.

11.4. Chất lượng và chế độ cắt khi gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt

Gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt cho phép giảm độ nhám và tăng độ cứng tế vi ở lớp bề mặt, nhờ đó mà tính chống mòn, độ bền mỏi và tính chống ăn mòn hóa học cũng tăng theo.

Khi là ép lỗ, chất lượng bề mặt phụ thuộc vào vật liệu và hình dáng của chi tiết, độ căng của dụng cụ và các yếu tố khác.

Khi là ép lỗ thành mỏng sau các nguyên công tiện trong hoặc doa với độ nhám ban đầu $R_z = 10 \div 8\mu\text{m}$, có thể đạt độ nhám $R_a = 1,25 \div 0,08\mu\text{m}$ (khi gia công thép), $R_a = 0,63 \div 0,08\mu\text{m}$ (khi gia công đồng) và $R_a = 2,5 \div 0,32\mu\text{m}$ (khi gia công gang).

Mặt lỗ có thể được gia công với độ căng (của dụng cụ) nhỏ hoặc lớn. Nếu độ căng quá lớn biến dạng dẻo lan ra toàn bộ chiều dài của chi tiết, do đó đường kính ngoài và chiều dài của nó sẽ bị thay đổi.

Độ cứng tế vi của lớp bề mặt khi là ép lỗ phụ thuộc vào nhiều yếu tố và trung bình có thể tăng $20 \div 50\%$ so với độ cứng tế vi ban đầu. Để tăng chất lượng bề mặt và giảm độ mòn của dụng cụ cần dùng dung dịch trơn nguội khi là ép. Dung dịch trơn nguội có thể là dầu hỏa hoặc dầu công nghiệp.

Tốc độ là ép khi gia công chi tiết bằng thép nằm trong khoảng $5 \div 10$ m/phút, nếu có dung dịch trơn nguội tốc độ có thể đạt 15 m/phút.

Độ căng của dụng cụ khi gia công thép là 0,03 – 0,80mm, khi gia công gang là $0,05 \div 0,20\text{mm}$, còn khi gia công kim loại màu và hợp kim là $0,03 \div 0,35\text{mm}$.

Khi là ép người ta thường sử dụng mũi kim cương, vì vậy phương pháp gia công này được gọi là phương pháp là ép bằng mũi kim cương.

Khi là ép với áp lực tối ưu thì độ nhám đạt được là nhỏ nhất. Nếu là ép với áp lực lớn hơn giá trị tối ưu thì độ bền của lớp bề mặt giảm.

Là ép với chế độ công nghệ tối ưu cho phép giảm thiểu nhiệt độ trong vùng gia công. Nhiệt độ trong vùng gia công thấp là do tính dẫn nhiệt của kim cương và hệ số ma sát của kim cương với kim loại thấp. Vì vậy trong quá trình gia công bằng mũi kim cương không có thay đổi pha và cấu trúc kim loại. Trong trường hợp này ứng suất dư ở lớp bề mặt là kết quả tác động của biến dạng dẻo (ứng suất dư nén – ứng suất dư có lợi). Khi là ép bằng mũi kim cương có thể chọn chế độ gia công theo bảng 11.1.

Khi gia công chi tiết bằng các phương pháp lăn ép (bằng bi hoặc con lăn) các quá trình cơ lý cũng xảy ra tương tự như khi là ép. Sau khi lăn ép độ

nhám bề mặt giảm, độ cứng tế vi tăng và ở lớp bề mặt xuất hiện ứng suất dư nén (ứng suất dư có lợi).

Bảng 11.1. Chế độ gia công khi lăn ép bằng mũi kim cương

Chế độ gia công và các thông số khi là ép bằng mũi kim cương	Vật liệu gia công			
	Thép nhiệt luyện với độ cứng		Thép không nhiệt luyện	Hợp kim nhôm và đồng
	HRC 58-64	HRC 40-58		
Bán kính mũi kim cương (mm)	0,5-1,5	1,5-2,5	2,0-3,0	2,5-3,5
Lực là ép (N)	200-300	150-250	100-200	50-150
Áp lực tiếp xúc trung bình (GPa)	2,7-2,9	2,2-2,8	1,9-2,2	1,8-2,1
Lượng chạy dao (mm/phút)	0,02-0,05	0,02-0,06	0,04-0,08	0,05-0,10
Nguyên công trước khi là ép	Mài	Mài	Tiện tinh	Tiện tinh
Độ nhám ban đầu (R_a)	0,63-0,32	1,25-0,63	2,5-1,25	1,25-0,32
Độ nhám đạt được (R_a)	0,32-0,08	0,32-0,16	0,63-0,32	0,32-0,04

Khi lăn ép diện tích tiếp xúc của dụng cụ với bề mặt gia công lớn hơn so với là ép, vì vậy khi lăn ép để có cùng giá trị áp lực tiếp xúc như khi là ép thì lực pháp tuyến phải lớn hơn (so với khi là ép). Vì diện tích tiếp xúc xác định chiều sâu biến dạng cho nên chiều sâu biến dạng khi lăn ép lớn hơn khi là ép. Khi lăn ép bằng bi chiều sâu lớp biến dạng đạt 5mm, còn khi lăn ép bằng con lăn chiều sâu lớp biến dạng có thể còn lớn hơn.

Khi lăn ép bằng bi có thể chọn chế độ gia công theo bảng 11.2.

Lực ép pháp tuyến khi lăn ép phụ thuộc vào áp lực trung bình ở vùng tiếp xúc và đường kính của viên bi. Theo kết quả của nghiên cứu thực nghiệm khi lăn ép thép chịu lửa 12X18H9T và hợp kim titan BT8, BT9 lực ép pháp tuyến $0,5 \div 1\text{kN}$ với đường kính bi $4 \div 7\text{mm}$ và $1 \div 1,5\text{kN}$ với đường kính bi $8 \div 12\text{mm}$.

Độ nhám bề mặt trước khi lăn ép phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công. Đối với thép mềm và hợp kim màu độ nhám ban đầu $R_a = 2,5 \div 5,0\text{mm}$, còn đối với thép nhiệt luyện độ nhám ban đầu $R_a \leq 0,75 \div 1,25\text{mm}$.

Vật liệu viên bi dùng để lăn ép phải có độ cứng lớn hơn độ cứng của vật liệu gia công. Để gia công thép nhiệt luyện độ cứng của viên bi HRC 63 ÷ 65. Tuổi bền của viên bi phụ thuộc vào áp lực tiếp xúc, tốc độ lăn ép và độ cứng của vật liệu chi tiết.

Bảng 11.2. Chế độ gia công khi lăn ép bằng bi

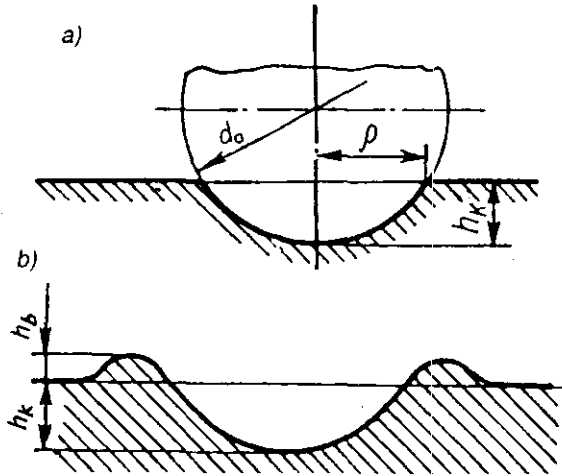
Chế độ gia công và các thông số của lăn ép bằng bi	Vật liệu gia công							
	Thép nhiệt luyện (HRC)					Thép không nhiệt luyện		
	> 62	58-62	52-58	45-52	< 45	Thép 20	Thép 45	Thép Y8A và Y10
Áp lực tiếp xúc trung bình (GPa)	2,8-3,2	2,7-2,9	2,5-2,8	2,3-2,5	2,1-2,4	1,6-1,8	1,9-2,1	2,0-2,2
Đường kính bi (mm)	4-10	4-19	4-10	4-10	4-10	10-20	10-20	10-20
Lượng chạy dao (mm/vòng)	0,06-0,10	0,06-0,10	0,06-0,10	0,06-0,10	0,06-0,10	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2
Tốc độ lăn ép (m/phút)	50-80	50-80	50-80	50-80	50-80	50-100	50-100	50-100

Lăn ép bằng con lăn và chuốt xoay được thực hiện tương tự như khi lăn ép bằng bi. Tốc độ lăn ép bằng con lăn có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng bề mặt và được chọn trong khoảng 30 ÷ 150m/phút. Lượng chạy dao khi lăn ép bằng 0,2 ÷ 0,6mm/vòng. Đối với đầu lăn ép nhiều con lăn lượng chạy dao có thể chọn bằng 0,1 ÷ 0,3mm/vòng. Độ căng khi lăn ép bằng con lăn là 0,03 ÷ 0,3mm tùy thuộc vào đường kính của chi tiết gia công, độ cứng vững của dụng cụ, độ nhám ban đầu và độ nhám cần đạt sau lăn ép. Lăn ép bằng con lăn thường được thực hiện trong một hành trình của dụng cụ.

Khi chuốt xoay tốc độ vòng phụ thuộc vào tốc độ tịnh tiến của đầu lăn ép (của dụng cụ) và góc nghiêng α của các con lăn. Nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng thay đổi tốc độ vòng trong phạm vi 0,5 ÷ 2m/giây không ảnh hưởng đến độ nhám của bề mặt gia công. Độ căng của dụng cụ khi chuốt xoay (0,1 ÷ 0,3mm) ảnh hưởng đến độ nhám và chiều sâu biến cứng. Tăng độ căng trong phạm vi này làm cho độ nhám bề mặt giảm, còn chiều sâu biến cứng tăng. Chiều sâu biến cứng có thể đạt 0,3mm và độ cứng tế vi tăng 1,7 lần so với độ cứng ban đầu khi gia công thép.

Gia công bằng phương pháp chuốt xoay cho phép đạt độ nhám $R_a = 0,1 \div 0,2 \mu\text{m}$.

Trong quá trình lăn ép rung (có thêm dao động dọc trục của chi tiết gia công) các vết gia công cắt nhau, làm cho độ nhám bề mặt giảm đáng kể.



Hình 11.8. Vết lăn ép của bi a) và sơ đồ hình thành bướu khi lăn ép rung b).

Đường kính viên bi dùng cho lăn ép rung phụ thuộc vào độ cứng vững, kích thước và vật liệu chi tiết gia công và thường chọn trong khoảng 2 đến 30mm. Trong quá trình hình thành rãnh khi lăn ép rung kim loại biến dạng dẻo và tạo ra các bướu như trên hình 11.8.

Các thông số chủ yếu của lăn ép rung là :

n_c – số vòng quay của chi tiết gia công (vòng/phút);

$n_{h\dot{a}k}$ – số hành trình kép của đầu lăn ép (của dụng cụ) trong một phút;

d_0 – đường kính viên bi (mm);

A – biên độ dao động của đầu lăn ép (mm); P – lực lăn ép (N).

Lực lăn ép P, đường kính bi d_0 và tính chất cơ lý của vật liệu gia công có ảnh hưởng quyết định đến chiều sâu vết lăn ép h_k . Bề rộng ρ của một nửa rãnh do bi tạo ra khi lăn ép được xác định theo công thức :

$$\rho = \sqrt{d_0 \cdot h_k} \quad (11.1)$$

Ở đây :

d_0 - đường kính viên bi (mm);

h_k - chiều sâu vết lăn ép (mm) .

Số chu kỳ dao động i trong một vòng quay của chi tiết được xác định theo công thức sau :

$$i = \frac{n_{hk}}{n_c} \quad (11.2)$$

Ở đây :

n_{hk} - số hành trình kép của đầu lăn ép trong một phút ;

n_c - số vòng quay của chi tiết gia công (vòng/phút).

Đặc tính cắt nhau của vết lăn ép phụ thuộc vào các thông số gia công như : lượng chạy dao của đầu lăn ép S , số vòng quay của chi tiết gia công n_c , số hành trình kép n_{hk} và biên độ dao động của đầu lăn ép A . Khi thay đổi các thông số gia công này sẽ làm cho diện tích tương đối của các rãnh (được hình thành khi lăn ép) thay đổi. Cùng một diện tích tương đối của các rãnh có thể nhận được với nhiều chế độ gia công khác nhau. Do đó, chế độ gia công tối ưu cần được xác định bằng thực nghiệm trong từng điều kiện cụ thể.

Tùy thuộc vào yêu cầu chất lượng của bề mặt chi tiết, chế độ gia công và các thông số của quá trình lăn ép có thể thay đổi trong một phạm vi lớn.

Ví dụ, khi tính đến đặc tính của máy, kết cấu của đồ gá để lăn ép rung mặt trụ trong và mặt trụ ngoài và kích thước khác của chi tiết gia công người ta chọn chế độ gia công và các thông số của quá trình lăn ép rung như sau: số vòng quay của chi tiết gia công $n_c = 5 \div 25$ vòng/phút; lượng chạy dao của đầu lăn ép $S = 0,1 \div 2$ mm/phút; số chu kỳ dao động $i = 11 \div 200$; lực lăn ép $P = 100 \div 500$ N; biên độ dao động $A = 0,4 \div 1,5$ mm; đường kính viên bi $d_0 = 1 \div 6$ mm. Trong trường hợp này diện tích tương đối của các rãnh $F_k = 25 \div 65\%$ (diện tích tương đối của các rãnh là tỷ lệ giữa diện tích của các rãnh và diện tích toàn bộ bề mặt gia công).

11.5. Phạm vi ứng dụng của các phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt

Trong quá trình biến dạng dẻo xảy ra hai hiện tượng cùng lúc, đó là làm phẳng độ nhám tế vi và biến cứng bề mặt. Cả hai hiện tượng này đều đặc trưng cho tất cả các phương pháp là ép. Tuy nhiên, tùy thuộc vào phương pháp là ép hay lăn ép và chế độ gia công mà mức độ làm phẳng độ nhám tế vi và mức độ biến cứng cũng như chiều sâu biến cứng có khác nhau.

Gia công tinh bằng biến dạng dẻo được chia ra các loại nguyên công sau đây :

- Nguyên công tinh.
- Nguyên công hiệu chuẩn.
- Nguyên công tinh – tăng cứng.
- Nguyên công tăng cứng.
- Nguyên công tinh đặc biệt.

Tùy thuộc vào loại nguyên công mà người ta chọn phương pháp và chế độ gia công. Ví dụ, khi gia công tinh mục đích chính là đạt độ nhám bề mặt, cho nên phương pháp gia công tối ưu là: là ép bằng kim cương hoặc lăn ép bằng bi. Trong cả hai trường hợp chiều sâu biến cứng sẽ có giá trị nhỏ nhất.

Ở nguyên công hiệu chuẩn mục đích chính là nâng cao độ chính xác và độ ổn định của kích thước chi tiết, giảm độ nhám bề mặt. Vì vậy nên chọn phương pháp là ép bằng chày đột hoặc chuốt ép. Độ nhám của bề mặt được gia công bằng các phương pháp này có thể đạt $R_a = 0,16 \div 0,63 \mu\text{m}$.

Khi cần nâng cao tính chất sử dụng của bề mặt chi tiết nên chọn nguyên công tinh – tăng cứng để đồng thời giảm độ nhám và tăng độ cứng của lớp bề mặt chi tiết. Dạng gia công này thường được thực hiện bằng các phương pháp lăn ép bằng bi, bằng con lăn hoặc bằng chuốt xoay.

Ở nguyên công tăng cứng mục đích chính là tăng độ cứng của lớp bề mặt chi tiết để nâng cao độ bền mỏi và độ chống mòn của chi tiết. Nguyên công tăng cứng được thực hiện bằng lăn ép bằng các con lăn, lăn ép bằng bi hoặc phun hạt với áp suất cao. Nguyên công tăng cứng cho phép nâng cao độ cứng của bề mặt chi tiết lên $25 \div 40\%$ so với độ cứng của lớp kim loại bên trong và chiều sâu biến cứng có thể đạt 3mm hoặc lớn hơn.

Nguyên công tăng cứng rất quan trọng khi gia công các góc lượn, các rãnh, các chỗ tiếp xúc của các bề mặt ở rãnh then hoa. Các chỗ này thường có độ nhám cao, ứng suất kéo (ứng suất dư có hại) và là nơi tập trung ứng suất. Do đó, để nâng cao độ bền mỏi của các chi tiết như vậy cần dùng phương pháp lăn ép bằng con lăn để tăng cứng bề mặt.

Nguyên công tinh đặc biệt thường là lăn ép rung. Phương pháp này thường được dùng để gia công căn mẫu, pittông, trục động cơ, băng máy và một số loại chi tiết khác.

Như vậy, khi biết được mục đích chính của gia công tinh có thể chọn dạng nguyên công biến dạng dẻo thích hợp để đạt chất lượng yêu cầu.

Chương 12

HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG TINH

12.1. Chọn phương pháp gia công tinh

Đánh giá hiệu quả kinh tế của phương pháp gia công tinh chi tiết có một ý nghĩa quan trọng khi thiết kế qui trình công nghệ.

Khi chọn phương pháp gia công tinh chi tiết, việc đánh giá hiệu quả kinh tế phải dựa trên khả năng công nghệ của phương pháp. Dựa vào kết quả phân tích này để chọn phương pháp gia công phù hợp. Khi phân tích các phương pháp cần để ý đến đặc thù của chúng. Ví dụ, nếu ở các nguyên công chuẩn bị phôi và gia công thô chỉ tiêu chính để chọn phương pháp gia công là năng suất xác định hiệu quả kinh tế của quá trình thì ở các nguyên công gia công tinh ngoài chỉ tiêu năng suất ra còn phải tính đến khả năng đảm bảo chất lượng bề mặt.

Chất lượng bề mặt của chi tiết không chỉ phụ thuộc vào phương pháp gia công mà còn phụ thuộc vào chế độ cắt (chế độ công nghệ hay chế độ gia công). Chế độ gia công tối ưu ở các nguyên công tinh thông thường thấp hơn khả năng cho phép của phương pháp gia công.

Các phương pháp gia công tinh ngoài chỉ tiêu năng suất và chất lượng còn cần phải đảm bảo một yêu cầu quan trọng khác, đó là độ ổn định của quá trình theo thời gian. Nếu ở các nguyên công thô sai số có thể được khử ở các nguyên công tiếp theo thì ở nguyên công tinh sai số này sẽ được giữ nguyên (không có khả năng giảm) và chính nó là đặc trưng cho chất lượng sản phẩm.

Khi chọn phương pháp gia công tinh cần phải tính đến các nguyên công trước vì các nguyên công này xác định ảnh hưởng của các yếu tố di truyền công nghệ. Nếu ở các nguyên công trước có sai số lớn thì phải dùng nguyên công tinh để khử sai số này.

Vai trò của thiết bị và dụng cụ cắt ở các nguyên công gia công tinh có ý nghĩa rất quan trọng. Ví dụ, chất lượng bề mặt ở một mức nào đó khi mài bằng đá mài kim cương chỉ có thể đạt được nhờ sửa đá với một chế độ nhất định.

Khi chọn phương pháp gia công tinh trong từng trường hợp cụ thể phải tính đến bậc thợ đứng máy.

Trong thực tế nhiều khi theo điều kiện công nghệ chỉ chọn được một phương pháp gia công tinh thích hợp. Nếu phương pháp gia công tinh được xác định thì các phương án của nó được chọn nhờ thời gian cơ bản t_0 hoặc thời gian từng chiếc t_c . Trong trường hợp nếu chất lượng bề mặt có thể đạt được bằng nhiều phương pháp gia công tinh khác nhau thì cần phải tính và so sánh hiệu quả kinh tế của chúng.

12.2. Cơ sở lý thuyết để đánh giá hiệu quả kinh tế của các phương pháp gia công tinh

Chọn phương án có hiệu quả kinh tế cao nhất được thực hiện trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án.

Một trong những chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật để so sánh là giá thành công nghệ.

Giá thành công nghệ của sản phẩm là tổng các chi phí của nhà máy hoặc xí nghiệp để chế tạo ra sản phẩm đó. Người ta phân biệt các loại giá thành sau đây :

- Giá thành tổng thể.
- Giá thành sản xuất.
- Giá thành phân xưởng.
- Giá thành công nghệ.

Giá thành công nghệ là một phần của giá thành phân xưởng và nó bao gồm các loại chi phí: tiền lương, trang bị công nghệ, dụng cụ, nhà xưởng, v..v. Giá thành công nghệ có thể được xác định bằng cách tính tổng tất cả các loại chi phí.

Nếu so sánh hai phương án trong tương quan kỹ thuật như nhau thì giá thành công nghệ của chúng được xác định theo các công thức sau:

$$S_1 = \left(a_1 + \frac{b_1}{n_1}\right).N + B_1 \quad (12.1)$$

$$S_2 = \left(a_2 + \frac{b_2}{n_2}\right).N + B_2 \quad (12.2)$$

Ở đây :

S_1, S_2 - giá thành công nghệ của các chi tiết (VND hoặc USD);

a_1, a_2 - chi phí tương quan để chế tạo một chi tiết ở nguyên công (VND hoặc USD);

b_1, b_2 - chi phí cố định để chế tạo một chi tiết (VND hoặc USD);

N - sản lượng hàng năm của chi tiết (chiếc);

B_1, B_2 - chi phí gián tiếp cho chế tạo các chi tiết (VND hoặc USD);

Chi phí tương quan (a_1, a_2) là các chi phí thay đổi theo sản lượng của chi tiết N . Chi phí cố định (b_1, b_2) là chi phí theo một số lượng sản phẩm nào đó và không thay đổi theo thời gian có nghĩa là không phụ thuộc vào số lượng của chi tiết.

“Sản lượng giới hạn” N_K được gọi là sản lượng mà theo đó các phương án so sánh có giá trị như nhau về mặt kinh tế. Sản lượng giới hạn này có thể được xác định bằng cách cho hai vế phải của các phương trình (12.1) và (12.2) bằng nhau (hay nói cách khác $S_1 = S_2$). Trong trường hợp này có thể có hai trường hợp :

I. $n = const.$

Vùng xác định của hàm số $S = f(n)$ trong trường hợp này có thể được chia ra các khoảng : $0 < N < n$ và $n \leq N < \infty$.

Trong phạm vi $0 < N < n$:

$$N_K = \frac{b_1 - b_1 + B_2 - B_1}{a_1 - a_2} \quad (12.3)$$

Trong phạm vi $n_2 \leq N < n_1$:

$$N_K = \frac{B_1 - B_2 + b_1}{a_2 + \frac{b_2}{n_2} - a_1} \quad (12.4)$$

Trong phạm vi $n_1 \leq N < \infty$, ta có :

$$N_K = \frac{B_1 - B_2}{a_2 + \frac{b_2}{n_2} - a_1 - \frac{b_1}{n_1}} \quad (12.5)$$

Cần lưu ý rằng các phương trình (12.3) + (12.5) không phải lúc nào cũng giải được. Phương trình không giải được khi mà một trong hai phương án so sánh trong phạm vi nói trên có hiệu quả cao hơn phương án còn lại với bất kỳ giá trị nào của N .

Các hình 12.1 và 12.2 trình bày cách giải các phương trình (12.3) ÷ (12.5) ứng với $n = N$ và $n \neq N$ ($N/n \geq 2$).

2. Số lượng chi tiết n là một hàm số phụ thuộc vào sản lượng N , có nghĩa là $n = f(N)$.

Ví dụ:

$$n = C_1 \cdot \sqrt{N}$$

Ở đây:

C_1 - hệ số được xác định theo công thức:

$$C_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot b}{\gamma \cdot c_{ct}}} \quad (12.6)$$

Ở đây:

γ - hệ số tính đến chi phí lưu kho của sản phẩm;

(hệ số γ được tính theo % của giá thành nhà máy của chi tiết c_{ct})

Khi $S_1 = S_2$ từ các phương trình (12.1) và (12.2) có thể nhận được biểu thức sau:

$$a_2 \cdot N + \frac{b_2}{c_2} \cdot \sqrt{N} - a_1 \cdot N - \frac{b_1}{c_1} \cdot \sqrt{N} + B_2 - B_1 = 0 \quad (12.7)$$

Giải phương trình (12.7) ta được:

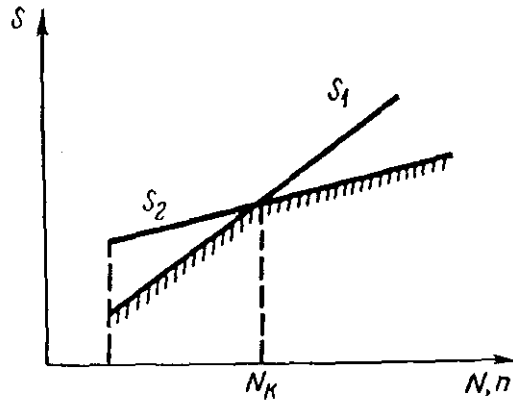
$$N_K = \left\{ \frac{\frac{b_2}{c_2} - \frac{b_1}{c_1}}{2 \cdot (a_2 - a_1)} \mp \sqrt{\left[\frac{\frac{b_2}{c_2} - \frac{b_1}{c_1}}{2 \cdot (a_2 - a_1)} \right]^2 - \frac{B_2 - B_1}{a_2 - a_1}} \right\} \quad (12.8)$$

Ví dụ : Hãy xác định phương án công nghệ tối ưu nếu biết:

$a_2 = 0,03 \text{ USD}$; $a_1 = 0,04 \text{ USD}$; $b_2 = 72 \text{ USD}$; $b_1 = 18 \text{ USD}$; $B_2 = 1000 \text{ USD}$;
 $B_1 = 650 \text{ USD}$; $C_{C+1} = 0,79 \text{ USD}$; $C_{C+2} = 0,80 \text{ USD}$;
 $\gamma = 0,15 \text{ USD}$.

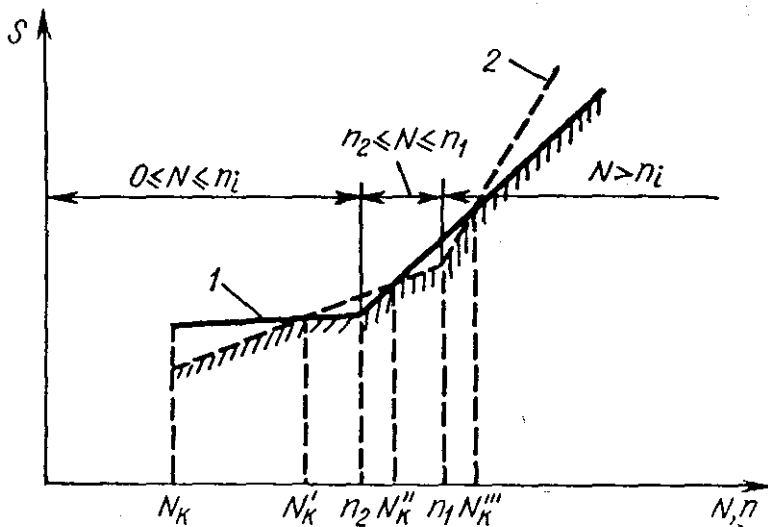
Theo công thức (12.6) ta xác định $C_2 = 34,6$; $C_1 = 17,3$. Sau khi thay đổi các số liệu và giải phương trình (12.8) ta được $N_K = 33800$ chiếc (chi tiết). Do đó :

$$\begin{aligned}
 n_2 &= \\
 C_2 \cdot \sqrt{N} &= 34,6 \cdot \sqrt{33800} = \\
 &= 6380 \text{ chi tiết;} \\
 n_1 &= 17,3 \cdot \sqrt{33800} = \\
 &= 3190 \text{ chi tiết.}
 \end{aligned}$$



Hình 12.1. Đồ thị xác định chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật theo giá thành công nghệ khi $n = N$

Giá thành công nghệ tính theo các công thức (12.1) và (12.2) với N_K là : $S_1 = S_2 = 2400 \text{ USD}$.



Hình 12.2. Đồ thị xác định chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của các phương án theo giá thành công nghệ khi $n \neq N$ và $n = n_1$ hoặc $n = n_2$

Như vậy, trên cơ sở tính toán có thể kết luận rằng khi $N > 33800$ chi tiết phương án 2 có hiệu quả cao hơn, còn khi $N < 33800$ chi tiết phương án 1 có hiệu quả cao hơn. Điều này cũng có thể nhận thấy trên các đồ thị (các hình 12.1 và 12.2).

Trong nhiều trường hợp thực hiện phương pháp gia công này hay phương pháp gia công khác đòi hỏi vốn đầu tư lớn K_i . Do đó, đánh giá hiệu quả kinh tế và lựa chọn phương án được thực hiện theo chỉ phí qui đổi S_{qi} :

$$S_{qi} = \left(a_i + \frac{b_i}{n_i} \right) \cdot N + B_i + E_K \cdot K_i \quad (12.9)$$

Ở đây :

E_K - hệ số hiệu quả kinh tế của vốn đầu tư ($E_K = 0,15$) ;

a_i, b_i, n_i, B_i, N - các thông số tương tự như trong các công thức (12.1) và (12.2).

Phương pháp so sánh các phương án theo công thức (12.9) cũng tương tự như phương pháp vừa được nghiên cứu ở trên, bởi vì $E_K \cdot K_i$ đối với cả hai phương án đều là giá trị cố định, không phụ thuộc vào N .

Ví dụ, khi $n = \text{const}$:

- Đối với trường hợp $0 < N \leq n$ ta có:

$$N_K = \frac{b_2 - b_1 + B_2 - B_1 + E_K \cdot K_2 - E_K \cdot K_1}{a_1 - a_2} \quad (12.10)$$

- Đối với trường hợp $n_2 \leq N \leq n_1$ ta có:

$$N_K = \frac{B_1 - B_2 - b_1 + E_K \cdot K_1 - E_K \cdot K_2}{a_2 + \frac{b_2}{n_2} - a_1} \quad (12.11)$$

- Đối với trường hợp $n_1 \leq N < \infty$ ta có :

$$N_K = \frac{B_1 - B_2 + E_K \cdot K_1 - E_K \cdot K_2}{a_2 + \frac{b_2}{n_2} - a_1 - \frac{b_1}{n_1}} \quad (12.12)$$

Khi $n = C_i \cdot \sqrt{N}$ ta được:

$$N_K = \left\{ \frac{\frac{b_2}{c_2} - \frac{b_1}{c_1}}{2.(a_2 - a_1)} \mp \sqrt{\left[\frac{\frac{b_2}{c_2} - \frac{b_1}{c_1}}{2.(a_2 - a_1)} \right]^2 - \frac{B_2 - B_1 + E_K.(K_2 - K_1)}{a_2 - a_1}} \right\}^2 \quad (12.13)$$

12.3. Chọn phương án đánh giá hiệu quả kinh tế của nguyên công

Các chi phí trong giá thành công nghệ bao gồm: chi phí vật liệu, chi phí tiền lương, chi phí bảo hiểm xã hội, chi phí sử dụng máy, dao, đồ gá và một số chi phí phân xưởng khác.

Tất cả các chi phí trong giá thành công nghệ được chia ra: chi phí trực tiếp và chi phí gián tiếp. Chi phí trực tiếp bao gồm các loại chi phí có liên quan trực tiếp đến qui trình chế tạo và có thể chuyển sang giá thành của chi tiết. Chi phí gián tiếp bao gồm các loại chi phí của phân xưởng hoặc nhà máy nói chung, có nghĩa là các chi phí có liên quan đến chế tạo số lượng lớn chi tiết. Các chi phí gián tiếp được tính theo các công thức riêng hoặc % của chi phí trực tiếp.

Tùy thuộc vào sản lượng hàng năm của chi tiết, các chi phí được chia ra:

- Chi phí tương quan (chi phí thay đổi).
- Chi phí không tương quan (chi phí cố định).

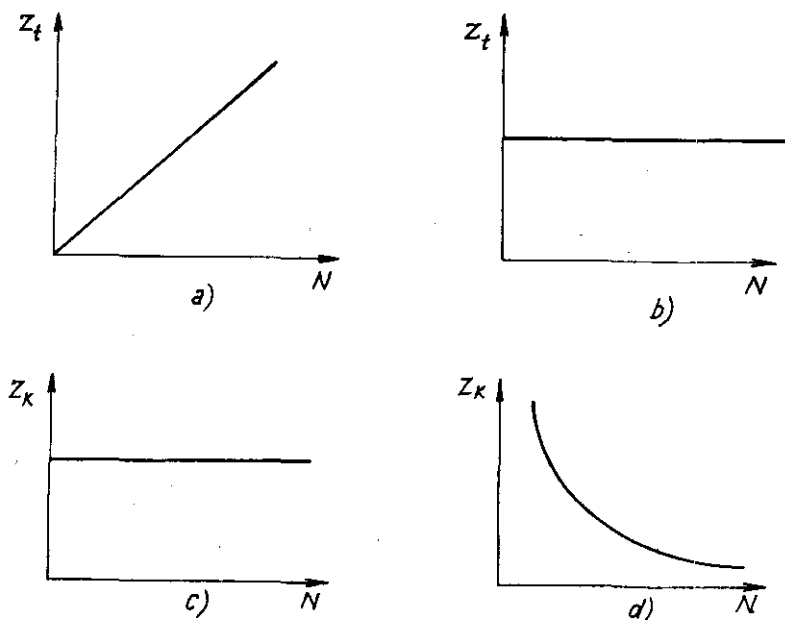
Chi phí tương quan Z_t (hình 12.3a, b) bao gồm : chi phí tiền lương, chi phí vật liệu, chi phí bảo hiểm xã hội, chi phí cho năng lượng, v.v.

Chi phí không tương quan Z_k (hình 12.3c, d) bao gồm: chi phí cho vật liệu phụ, nhiên liệu để sưởi nóng, năng lượng chiếu sáng, chi phí tiền lương của cán bộ gián tiếp, v.v.

Số chi tiết trong loạt n có ảnh hưởng lớn đến cách chọn phương án công nghệ. Tuy nhiên, xác định số lượng chi tiết trong loạt n là một vấn đề rất phức tạp và phải dựa vào kế hoạch sản xuất.

Để tính toán các chi phí trong giá thành công nghệ người ta dùng ba phương pháp :

- Phương pháp kế toán.
- Phương pháp hệ số máy.
- Phương pháp tính toán chi tiết.



Hình 12.3. Chi phí tương quan a,b) và chi phí không tương quan c,d)

Khi tính toán các chi phí theo phương pháp kế toán cân giả thiết rằng các chi phí cho đầu tư và sử dụng thiết bị, các chi phí phân xưởng và các chi phí nhà máy nói chung đều tỷ lệ thuận với tiền lương của công nhân trực tiếp sản xuất. Tuy nhiên, cách giả thiết này chưa thật triệt để, vì vậy phương pháp kế toán không được ứng dụng để xác định chỉ tiêu kinh tế của quá trình gia công.

Phương pháp tính toán chi tiết được thực hiện trên cơ sở xác định các loại chi phí tỷ lệ thuận với thời gian làm việc của máy, khối lượng công việc của nguyên công và thời gian cắt. Phương pháp này rất phức tạp mặc dù nó có độ chính xác cao. Thực tế cho thấy phương pháp này chỉ có hiệu quả khi chọn phương án gia công trong điều kiện sản xuất hàng khối hoặc sản xuất hàng loạt, vì ở các dạng sản xuất này qui trình công nghệ được thể hiện qua các phiếu gia công.

Khi qui trình công nghệ được thiết kế theo phiếu tiến trình nguyên công (thường trong sản xuất hàng loạt nhỏ hoặc sản xuất đơn chiếc) thì nên dùng phương pháp hệ số máy vì nó sẽ mang lại hiệu quả cao hơn.

Hệ số máy K_m là đại lượng biểu thị tỷ lệ giữa giá thành giờ máy của một máy cụ thể C_m và của máy chuẩn C_{mc} . Khi có K_m và C_{mc} có thể xác định được các loại chi phí.

Các thông số a, b và B được xác định như sau :

$$a = A_1 + A_2 + A_3 \quad (12.14)$$

Ở đây :

A_1 - giá thành của vật liệu để chế tạo một chi tiết (VND hoặc USD).

A_2 - chi phí tiền lương của công nhân trực tiếp sản xuất (VND hoặc USD).

A_3 - chi phí đầu tư và sử dụng máy (VND hoặc USD).

Chi phí A_2 được tính theo công thức:

$$A_2 = \sum_{i=1}^m T_{tc} \cdot \tau \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\delta}{100}\right) \quad (12.15)$$

Ở đây:

T_{tc} - thời gian gia công từng chiếc (phút);

τ - tiền lương trong một giờ làm việc của công nhân trực tiếp sản xuất (VND hoặc USD);

m - số lượng nguyên công trong qui trình công nghệ;

β - phần trăm tiền lương bổ sung cho công nhân trực tiếp sản xuất;

δ - phần trăm của tiền lương của công nhân để nộp bảo hiểm xã hội.

Chi phí A_3 được tính theo công thức:

$$A_3 = \sum_{i=1}^m \frac{T_{tc} \cdot K_m \cdot C_{mc}}{K_o} \quad (12.16)$$

Ở đây:

K_o - hệ số thực hiện chỉ tiêu sản xuất;

Thông số b được tính theo công thức:

$$b = \left\{ \sum_{i=1}^m \left[T_{cbki} \cdot \tau_o \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\delta}{100}\right) + G \right] \right\} \cdot \frac{N}{n} \quad (12.17)$$

Ở đây:

T_{cbkt} - thời gian chuẩn bị - kết thúc (giờ) ;

τ_o - tiền lương cho thợ điều chỉnh máy (VND hoặc USD) ;

G - các chi phí có liên quan đến điều chỉnh máy như chi phí cho các chi tiết bị hỏng khi điều chỉnh máy (VND hoặc USD) ;

Khi $n = c_i \cdot \sqrt{N}$, biểu thức (12.17) có dạng :

$$b = \left\{ \sum_{i=1}^m \left[T_{cbkt} \cdot \tau_o \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) \left(1 + \frac{\delta}{100} \right) + G \right] \right\} \cdot \frac{\sqrt{N}}{c_i} \quad (12.18)$$

Thông số B được xác định theo công thức :

$$B = \sum_{i=1}^m C_o \cdot K_o + \sum_{i=1}^m G_o \quad (12.19)$$

Ở đây:

C_o - chi phí cho các trang bị công nghệ chuyên dùng như đồ gá và dụng cụ phụ (VND hoặc USD) ;

K_o - hệ số khấu hao của trang bị công nghệ chuyên dùng ;

G_o - các chi phí khác để thực hiện m nguyên công (VND hoặc USD) ;

Trong thực tế khi chọn các nguyên công gia công tinh bề mặt cần phải xác định xem phương án gia công nào có hiệu quả cao nhất mà vẫn đảm bảo được yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Trong trường hợp này dựa theo sản lượng hàng năm N và loạt chi tiết n có thể xác định được giá thành công nghệ nhờ các công thức (12.1) và (12.2). Sau đó, bằng cách so sánh các giá trị S_1 và S_2 có thể xác định được phương án gia công có hiệu quả kinh tế cao nhất. Các thông số cần thiết a, b và B được tính theo công thức (12.14) ÷ (12.19). Trong thực tế đôi khi cũng cần phải xác định giá trị giới hạn N_k . Khi $n = \text{const}$, N_k cũng được tính theo các công thức (12.3) ÷ (12.5), còn khi $n = C_i \cdot \sqrt{N}$ - theo công thức (12.8).

Khi vốn đầu tư rất lớn N_k cũng được xác định theo phương pháp tương tự và dùng các công thức (12.10) ÷ (12.13). Các thông số ở trong các công thức này cũng được tính như khi giải bài toán chọn phương án có hiệu quả kinh tế cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS.TS Trần Văn Địch, PGS.TS Nguyễn Trọng Bình, PGS.TS Nguyễn Thế Đạt; PGS.TS Nguyễn Việt Tiếp; PGS.TS Trần Xuân Việt.

Công nghệ chế tạo máy.

Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà nội, 2003.

2. С. Г. Бабаев, П. Г. Садыгов.

Притирка и доводка поверхностей деталей машин.

Москва, "Машиностроение", 1976.

3. П. И. Ящерицын, А. Н. Мартынов.

Чистовая обработка деталей в машиностроении.

Минск, "Вышэйшая школа", 1983.

4. С. П. Кислев.

Полирование металлов.

Ленинград, "Машиностроение", 1967.

5. П. И. Ящерицын, А.Г. Зайцев, А. И. Барботько.

Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов.

Минск, "Наука и Техника", 1976.

6. И. М. Колев.

Технология машиностроения.

Москва, "Машиностроение", 1999.

7. A. Dupont, A. Castell.

Travaux réalisés sur les Machines-Outils.

Paris. 1980.

8. E. Paul Decarmo, J.I. Black, Ronal A. Koser.

Materials and Processes in Manufacturing.

Eight edition, Prentice- Hall International, 1997.

9. Steve F. Krar, Albert F. Check.

Texnology of Machine Tools.

International Edition 1998.

MỤC LỤC

	trang
Lời nói đầu	3
Chương 1. Chất lượng bề mặt chi tiết máy	
<i>1.1. Khái niệm về chất lượng bề mặt chi tiết máy</i>	5
1.1.1. Độ nhám bề mặt	5
1.1.2. Độ sóng bề mặt.....	8
1.1.3. Sai số hình dáng bề mặt.....	9
1.1.4. Độ cứng tế vi.....	10
1.1.5. Ứng suất dư.....	11
1.1.6. Cấu trúc của lớp bề mặt.....	11
<i>1.2. Ảnh hưởng của chất lượng bề mặt đến tính chất sử dụng</i>	11
1.2.1. Các tính chất sử dụng của chi tiết máy.....	11
1.2.2. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt đến tính chất sử dụng của chi tiết máy.....	12
1.2.3. Ảnh hưởng của độ cứng tế vi đến tính chất sử dụng của chi tiết máy.....	14
1.2.4. Ảnh hưởng của ứng suất dư đến tính chất sử dụng của chi tiết máy.....	15
1.2.5. Ảnh hưởng của cấu trúc lớp bề mặt đến tính chất sử dụng của chi tiết máy.....	15
<i>1.3. Quá trình hình thành các thông số chất lượng bề mặt khi chế tạo chi tiết máy</i>	15
<i>1.4. Phương pháp kiểm tra chất lượng bề mặt của chi tiết máy</i>	18
Chương 2. Gia công tinh bề mặt chi tiết máy bằng dụng cụ có lưỡi	
<i>2.1. Dao</i>	19
2.1.1. Đặc điểm của dao.....	19
2.1.2. Kết cấu của dao doa và chế độ cắt khi doa.....	21
2.1.3. Chất lượng của nguyên công doa.....	26
<i>2.2. Tiện bằng dụng cụ kim cương và nitrit bo</i>	26
2.2.1. Dụng cụ cắt có lưỡi bằng vật liệu siêu cứng.....	26
2.2.2. Kết cấu của dụng cụ bằng kim cương và nitrit bo.....	27
2.2.3. Chế độ cắt khi gia công bằng dao kim cương và nitrit bo.....	30
2.2.4. Chất lượng bề mặt và phạm vi ứng dụng của phương pháp gia công bằng dụng cụ kim cương và nitrit bo.....	33

Chương 3. Mài bằng các loại đá mài

3.1. Ứng dụng mài để gia công tinh.....	36
3.2. Mài tròn ngoài.....	36
3.3. Mài lỗ.....	39
3.4. Mài mặt phẳng.....	41
3.5. Mài mặt định hình.....	44
3.6. Sửa đá mài.....	45
3.7. Ảnh hưởng của chế độ cắt đến năng suất và chất lượng của bề mặt gia công.....	46
3.7.1. Quá trình hình thành độ nhám bề mặt.....	46
3.7.2. Ảnh hưởng của chế độ cắt đến tính chất cơ lý của lớp bề mặt.....	50
3.8. Chọn đặc tính đá mài và chế độ cắt.....	50
3.9. Một số ví dụ ứng dụng nguyên công mài tinh.....	56

Chương 4. Mài khôn

4.1. Bản chất và đặc tính của mài khôn.....	61
4.2. Chế độ cắt khi mài khôn.....	64
4.3. Chất lượng bề mặt và phạm vi ứng dụng của mài khôn.....	70

Chương 5. Mài nghiền bề mặt chi tiết máy

5.1. Đặc điểm của mài nghiền.....	73
5.2. Bản chất vật lý của mài nghiền.....	75
5.3. Đặc tính chủ yếu của hạt mài.....	77
5.4. Bột nghiền.....	79
5.5. Yêu cầu đối với dụng cụ nghiền.....	79
5.6. Dụng cụ nghiền mặt phẳng.....	81
5.7. Dụng cụ nghiền mặt trụ ngoài.....	83
5.8. Dụng cụ để nghiền mặt trụ trong.....	84
5.9. Dụng cụ nghiền lỗ côn.....	90
5.10. Dụng cụ nghiền mặt cầu.....	91
5.11. Các phương pháp nghiền.....	92
5.12. Các thông số của nghiền.....	94
5.13. Nghiền mặt phẳng.....	98
5.13.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt phẳng.....	98
5.13.2. Mài nghiền mặt phẳng.....	99
5.14. Nghiền mặt trụ ngoài.....	100

5.14.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt trụ ngoài	100
5.14.2. Máy nghiền mặt trụ ngoài.....	104
5.15. Nghiền mặt trụ trong.....	105
5.15.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt trụ trong.....	105
5.15.2. Máy nghiền mặt trụ trong.....	108
5.16. Nghiền mặt côn.....	112
5.16.1. Đặc điểm công nghệ của nghiền mặt côn.....	112
5.16.2. Máy nghiền mặt côn.....	113
5.17. Nghiền mặt cầu.....	115
5.18. Công nghệ nghiền.....	116
5.18.1. Chuẩn bị chi tiết để nghiền.....	116
5.18.2. Lượng dư và số nguyên công khi mài nghiền.....	117
5.18.3. Kinh nghiệm ứng dụng quá trình mài nghiền.....	118
5.18.3.1. Nghiền cân mẫu.....	118
5.18.3.2. Nghiền kim phun.....	119
5.18.3.3. Nghiền xylanh.....	120
5.18.3.4. Nghiền lỗ côn thân van.....	120
5.18.4. Làm sạch chi tiết nghiền.....	121
Chương 6. Mài siêu tinh xác	
6.1. Bản chất của mài siêu tinh xác.....	123
6.2. Ảnh hưởng của chế độ cắt và điều kiện gia công đến chất lượng của mài siêu tinh xác.....	126
6.3. Chọn thời đá và chế độ cắt khi mài siêu tinh xác.....	128
6.4. Phạm vi ứng dụng của mài siêu tinh xác.....	129
Chương 7. Mài bằng đai mài	
7.1. Bản chất của phương pháp mài bằng đai mài.....	134
7.2. Chế độ cắt và chất lượng khi mài đai.....	136
Chương 8. Gia công điện hoá	
8.1. Bản chất của phương pháp gia công điện hoá.....	141
8.2. Gia công điện hoá mài và điện hoá kim cương.....	143
Chương 9. Gia công tinh bằng hạt mài tự do	
9.1. Gia công bằng tia hạt mài.....	145
9.2. Gia công mài hạt rung.....	149
9.2.1. Bản chất của phương pháp hạt rung mài.....	149
9.2.2. Môi trường gia công và chế độ cắt.....	152

9.2.3. Chất lượng bề mặt và phạm vi ứng dụng của phương pháp gia công hạt mài rung.....	155
9.3. Gia công hạt mài từ.....	157
9.3.1. Bản chất của quá trình gia công hạt mài từ.....	157
9.3.2. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ.....	158
9.3.3. Chất lượng bề mặt khi gia công hạt mài từ.....	161
9.4. Gia công bằng hạt mài tự do được làm chặt nhờ lực quán tính.....	161
9.4.1. Bản chất và đặc điểm của phương pháp.....	161
9.4.2. Đặc tính chất lượng và chế độ gia công.....	167
Chương 10. Đánh bóng bề mặt chi tiết máy	
10.1. Bản chất và công dụng của đánh bóng.....	171
10.2. Yêu cầu đối với quá trình đánh bóng.....	172
10.3. Các phương pháp đánh bóng cơ khí.....	173
10.4. Đánh bóng bằng đá mài đàn hồi.....	174
10.4.1. Phạm vi ứng dụng của đá mài đàn hồi.....	174
10.4.2. Bánh đánh bóng.....	175
10.4.3. Bột đánh bóng.....	177
10.4.4. Công nghệ đánh bóng bằng đá mài đàn hồi.....	178
10.4.5. Máy đánh bóng.....	180
10.4.6. Cơ khí hoá và tự động hoá quá trình đánh bóng bằng đá mài đàn hồi.....	184
10.4.7. Các ví dụ đánh bóng chi tiết bằng đá mài đàn hồi và tổ chức chỗ làm việc.....	187
10.4.7.1. Các ví dụ đánh bóng.....	187
10.4.7.2. Tổ chức chỗ làm việc khi đánh bóng.....	189
10.4.8. Đánh bóng kim loại quý.....	189
10.5. Đánh bóng bằng giấy ráp và đai mài.....	190
10.5.1. Giấy ráp, đai mài và ứng dụng của chúng.....	190
10.5.2. Công nghệ đánh bóng bằng giấy ráp và đai mài.....	192
10.5.2.1. Các phương pháp đánh bóng.....	192
10.5.2.2. Chế độ cắt, độ chính xác và độ bóng bề mặt.....	193
10.5.3. Cơ khí hoá quá trình đánh bóng bằng giấy ráp và đai mài.....	196
10.6. Đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài.....	201
10.6.1. Công nghệ đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài.....	201
10.6.1.1. Chọn vật liệu hạt mài.....	202
10.6.1.2. Thành phần và nồng độ của dung dịch hạt mài.....	203
	245

10.6.2. Thiết bị đánh bóng bằng tia dung dịch hạt mài.....	204
10.6.3. Các ví dụ đánh bóng chi tiết bằng tia dung dịch hạt mài.....	205
10.7. Đánh bóng trong tang quay.....	206
10.7.1. Các phương pháp đánh bóng và các loại tang quay.....	206
10.7.2. Công nghệ đánh bóng trên các tang quay.....	209
10.7.3. Vật liệu hạt mài, chất độn và chất lỏng gia công.....	210
10.7.4. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến quá trình đánh bóng trong tang quay.....	210
10.7.5. Các ví dụ đánh bóng chi tiết.....	211
10.8. Đánh bóng rung.....	213
Chương 11. Gia công chi tiết bằng biến dạng dẻo lớp bề mặt	
11.1. Khái niệm chung về phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo lớp bề mặt.....	217
11.2. Gia công chi tiết bằng các phương pháp là ép bề mặt.....	217
11.3. Các phương pháp lăn ép chi tiết.....	219
11.4. Chất lượng và chế độ cắt khi gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt.....	224
11.5. Phạm vi ứng dụng của các phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo bề mặt.....	229
Chương 12. Hiệu quả kinh tế của các phương pháp gia công tinh	
12.1. Chọn phương pháp gia công tinh.....	231
12.2. Cơ sở lý thuyết để đánh giá hiệu quả kinh tế của các phương pháp gia công tinh.....	232
12.3. Chọn phương án đánh giá hiệu quả kinh tế của nguyên công.....	237
Tài liệu tham khảo	241

GIA CÔNG TINH BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY

Tác giả: GS. TS Trần Văn Dịch

Chịu trách nhiệm xuất bản: PGS. TS Tô Đăng Hải
Biên tập và sửa chế bản: Nguyễn Diệu Thuý
Trình bày và chế bản: Kiên, Thụy Anh
Vẽ hình: Nguyễn Thị Hạnh
Vẽ bì: Hương Lan

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI 2004

In 700 cuốn khổ 16x24 tại Xí nghiệp in Thương mại
Giấy phép số 6-464 do Cục Xuất bản cấp ngày 18/12/2004
In xong và nộp lưu chiểu tháng 5/2004.