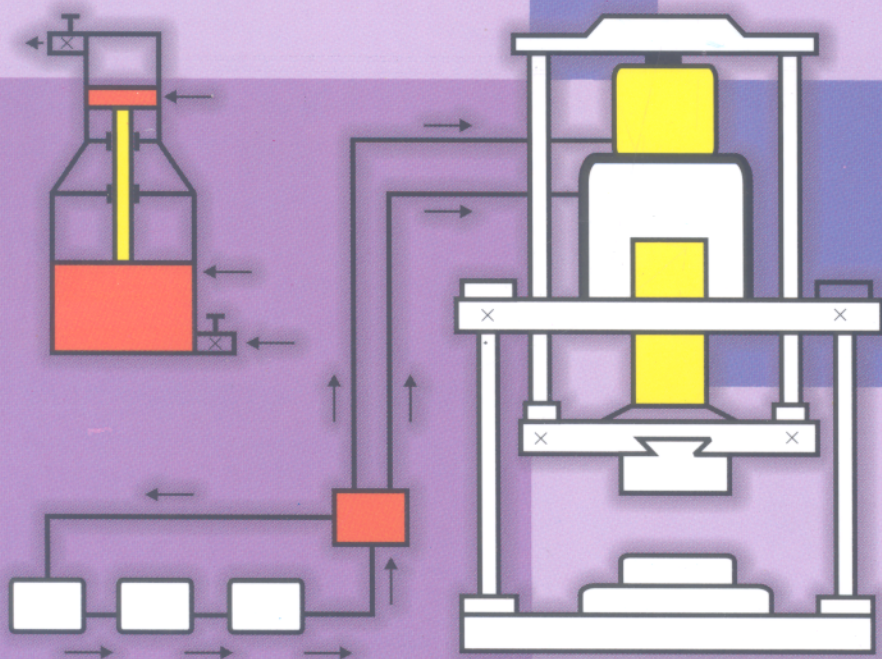


TS. NGUYỄN TIẾN ĐÀO

Công nghệ chế tạo phôi

TÀI LIỆU DÙNG CHO SINH VIÊN, HỌC VIÊN,
GIẢNG VIÊN CÁC NGÀNH
CƠ KHÍ, CHẾ TẠO MÁY, KỸ THUẬT, SƯ PHẠM KỸ THUẬT ...
TRONG CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC,
CAO ĐẲNG VÀ DẠY NGHỀ
THUỘC CÁC HỆ ĐÀO TẠO.



TS. NGUYỄN TIẾN ĐÀO

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO PHÔI

*Tài liệu dùng cho sinh viên, học viên, giảng viên các ngành
cơ khí, chế tạo máy, kỹ thuật, sư phạm kỹ thuật...
trong các trường đại học, cao đẳng và dạy nghề
thuộc các hệ đào tạo*



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2006

LỜI GIỚI THIỆU

“Công nghệ chế tạo phôi” là môn học kỹ thuật cơ sở bao gồm những kiến thức chung có liên quan đến các ngành kỹ thuật, cơ khí, chế tạo máy, sư phạm kỹ thuật... trong hệ thống đào tạo đại học, cao đẳng và dạy nghề.

Cuốn sách có bốn phần:

Phần thứ nhất: Những khái niệm chung.

Phần thứ hai: Chế tạo phôi bằng các phương pháp đúc.

Phần thứ ba: Chế tạo phôi gia công kim loại bằng áp lực

Phần thứ tư: Chế tạo phôi bằng hàn và cắt kim loại.

Nội dung của cuốn sách bao gồm những kiến thức cơ bản về công nghệ chế tạo các loại phôi; thiết kế công nghệ khi chế tạo các loại phôi đúc, phôi gia công kim loại bằng áp lực, phôi hàn và cắt kim loại; các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật khi chọn phôi và chọn phương án công nghệ chế tạo các loại phôi.

“ Công nghệ chế tạo phôi ” giới thiệu các phương pháp chế tạo phôi đúc, rèn, dập, hàn, cắt kim loại, nguyên lý và phương pháp cơ bản để thiết kế công nghệ cho quá trình chế tạo các loại phôi.

“ Công nghệ chế tạo phôi ” là tài liệu giúp cho sinh viên, học viên dễ dàng tiếp thu các môn khoa học tiếp theo thuộc lĩnh vực cơ khí và chế tạo máy, các ngành kỹ thuật và các ngành kinh tế, tạo điều kiện nhanh chóng tiếp cận với khoa học hiện đại.

“ Công nghệ chế tạo phôi ” cũng có thể là những tài liệu tham khảo bổ ích cho các giảng viên và bạn đọc.

Nhân dịp xuất bản cuốn sách, chúng tôi xin chân thành cảm ơn trường Đại học Bách khoa Hà nội, Khoa Cơ khí, Bộ môn Hàn - Công nghệ kim loại và các bạn đồng nghiệp đã tạo điều kiện, giúp đỡ, đóng góp nhiều ý kiến quý báu cho việc biên soạn cuốn sách này.

Cuốn sách chắc còn có những thiếu sót, chúng tôi xin trân trọng cảm ơn và mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc xa gần và các bạn đồng nghiệp.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Tác giả

KHÁI NIỆM CHUNG

1. Khái niệm và định nghĩa

1.1. Khái niệm về sản phẩm

a. Sản phẩm là danh từ quy ước chỉ 1 vật phẩm được chế tạo ra ở giai đoạn cuối cùng của 1 quá trình sản xuất, tại 1 cơ sở sản xuất để chế tạo ra *máy, thiết bị* hoàn chỉnh, sử dụng ngay. Ngoài ra sản phẩm cũng có thể là *bộ phận, cụm máy, chi tiết...* dùng lắp ráp, thay thế. Xe đạp, xe máy, ô tô... là sản phẩm của nhà máy xe đạp, xe máy, ô tô... *Phụ tùng* là sản phẩm của nhà máy chuyên sản xuất phụ tùng (ổ bi, bánh răng, xích, líp, săm, lốp...).

b. Chi tiết máy là đơn vị nhỏ nhất và hoàn chỉnh về mặt kỹ thuật (không thể tách thêm ra được nữa, ví dụ, bánh răng, trục, bi, vít, lốp...).

c. Bộ phận máy (cụm máy) gồm một số chi tiết liên kết với nhau theo những nguyên lý và quy luật nhất định, nhưng tự nó chưa thể hoạt động độc lập được mà phải lắp ghép, liên kết với một sản phẩm hoàn chỉnh khác để hoạt động (ví dụ, xích, líp, moayơ, săm... có quy luật làm việc riêng nhưng phải lắp vào xe mới hoạt động được).

1.2. Khái niệm về phối

1.2.1. Định nghĩa

Phôi là một danh từ kỹ thuật quy ước, chỉ 1 sản phẩm tạo ra từ quá trình sản xuất này chuyển sang quá trình sản xuất khác - *bán thành phẩm*.

Vật đúc là sản phẩm được chế tạo từ *quá trình sản xuất đúc*.

Vật đúc còn gọi là *phôi đúc (bán thành phẩm)*, có lượng dư gia công cần cắt gọt đi (bằng tiện, phay, bào, mài...) để thành chi tiết máy đạt được độ nhẵn, độ chính xác. Nếu sản phẩm đúc đem dùng ngay, không cần qua gia công (tạ, kiềng, lưỡi cày, bi nghiền) thì được gọi là *chi tiết đúc*.

Tương tự ta có phối kim loại gia công bằng áp lực (phôi rèn - đập); phối hàn hay cắt kim loại bằng khí, hồ quang, tia lửa điện, lade...

Các phân xưởng chế tạo phôi gồm các phân xưởng: đúc, rèn, dập, hàn, gò, cắt kim loại...

1.2.2 Đặc trưng

Phôi (bán thành phẩm) được tạo ra từ một quá trình sản xuất còn cần tiếp tục gia công bằng một quá trình sản xuất khác để có chi tiết hoàn chỉnh. **Phôi** có độ nhẵn, độ chính xác kém, kích thước lớn hơn kích thước chi tiết và bằng tổng các lượng dư gia công.

Như vậy phôi hay bán thành phẩm là một dạng sản phẩm được tạo ra từ một quá trình sản xuất còn cần phải tiếp tục gia công bằng một quá trình sản xuất khác để đạt được chi tiết hoàn chỉnh.

1.2.3. Nguyên tắc cơ bản để chọn phôi

Khi lập quy trình công nghệ chế tạo một chi tiết máy cần chọn vật liệu chế tạo phôi, loại phôi, xác định kích thước phôi.

Kích thước phôi được xác định bằng cách tính toán lượng dư gia công. Còn chọn loại phôi dựa vào yêu cầu kỹ thuật và chức năng làm việc của chi tiết sau này. Dựa trên cơ sở đó để chọn loại vật liệu cần thiết, kích thước hình dáng, kết cấu công nghệ, dạng sản xuất (sản lượng), phương pháp chế tạo phôi và khả năng đạt độ chính xác của phương pháp, đặc biệt phải căn cứ vào khả năng và điều kiện cụ thể của phân xưởng, xí nghiệp.

Chọn phôi hợp lý đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật (tính năng kỹ thuật tốt nhất, giá thành hạ, chi phí sản xuất thấp, tiết kiệm nguyên vật liệu, dễ chế tạo, quy trình công nghệ đơn giản, hợp lý). Muốn vậy ta chọn hệ số sử dụng vật liệu hợp lý.

Hệ số sử dụng vật liệu K là tỷ số giữa khối lượng chi tiết và khối lượng phôi, có thể tính bằng công thức:

$$K = \frac{m_{ct}}{m_{ph}}$$

Trong đó: m_{ct} - khối lượng chi tiết, (kg);

m_{ph} - khối lượng phôi, (kg).

Hệ số sử dụng vật liệu - đặc trưng cho **trình độ kỹ thuật** chế tạo phôi. Hiện nay, với trình độ kỹ thuật tiên tiến người ta phấn đấu để

hình dáng, kích thước phôi ngày càng gần với hình dáng, kích thước của chi tiết, nghĩa là cho K tiến dần tới 1.

Khi $K = 1$, không cần gia công thêm nên tiết kiệm, hạ giá thành nhiều.

1.3. Quá trình thiết kế

Quá trình thiết kế là quá trình khởi thảo, tính toán, thiết kế ra một dạng sản phẩm thể hiện trên bản vẽ kỹ thuật, thuyết minh, tính toán, công trình... Đó là quá trình sử dụng thành tựu khoa học kỹ thuật, tích lũy kinh nghiệm để sáng tạo sản phẩm mới ngày càng hoàn thiện, phù hợp yêu cầu ngày càng cao của con người. Bản thiết kế là cơ sở để thực hiện quá trình sản xuất, là cơ sở pháp lý để kiểm tra, đo lường, nghiệm thu sản phẩm, thực hiện hợp đồng...

1.4. Quá trình sản xuất

Quá trình sản xuất là quá trình tác động trực tiếp của con người qua công cụ sản xuất (dụng cụ, thiết bị...) nhằm biến đổi tài nguyên thiên nhiên, bán thành phẩm thành sản phẩm cụ thể đáp ứng yêu cầu của xã hội. Quá trình sản xuất được thực hiện trên cơ sở bản vẽ thiết kế. Hình 1.1 giới thiệu sơ đồ của quá trình sản xuất cơ khí.

Giai đoạn của quá trình sản xuất tương ứng với một công đoạn, một phân xưởng, một bộ phận... làm những nhiệm vụ chuyên môn khác nhau: chuẩn bị công cụ, tổ chức sản xuất, bố trí chỗ làm việc, mua sắm, bảo quản nguyên liệu, nhiên liệu, vật liệu, chuẩn bị phôi, gia công cơ khí, nhiệt luyện, hóa nhiệt luyện, kiểm tra, lắp ráp, sơn, tráng, phủ, bao bì, đóng gói... Quá trình sản xuất được chia ra thành các công đoạn nhỏ, theo quy trình công nghệ (QTCN).

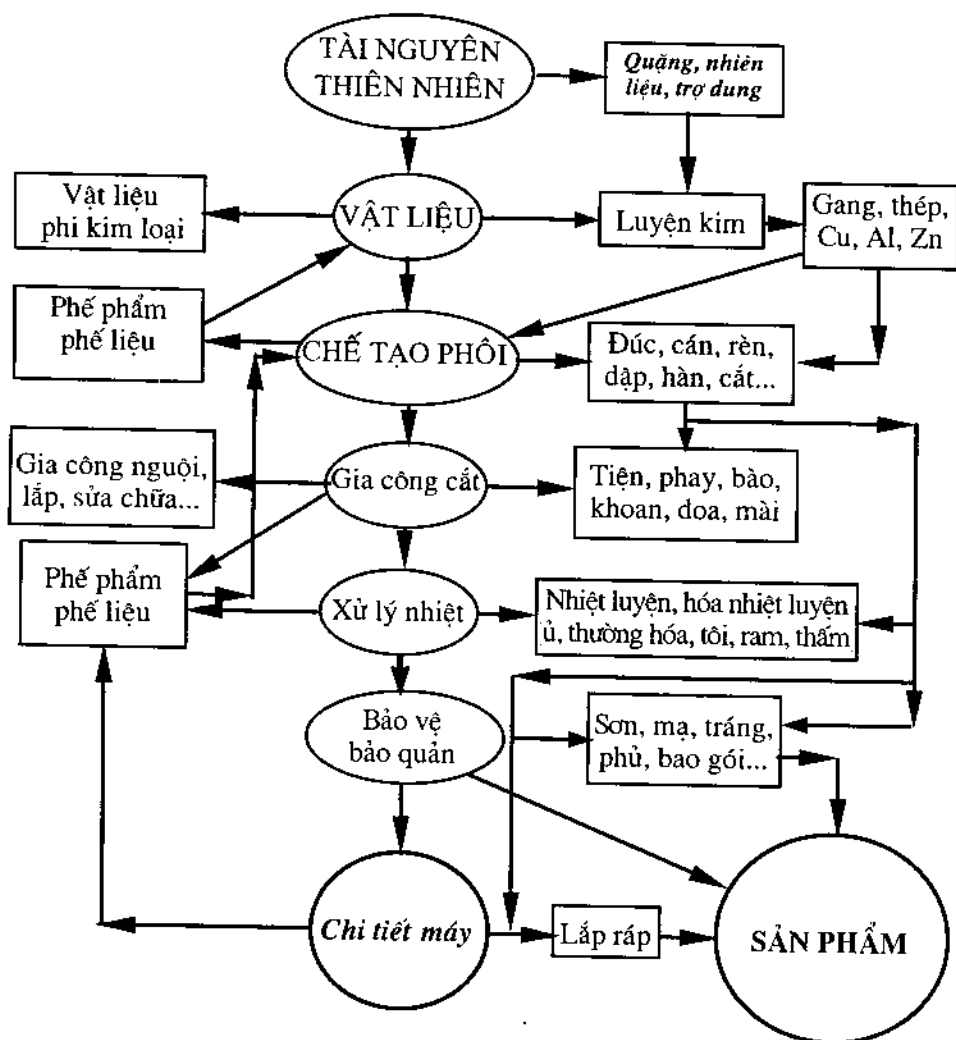
1.5. Quá trình công nghệ (quy trình công nghệ - QTCN)

Quy trình công nghệ là một phần của quá trình sản xuất trực tiếp làm thay đổi trạng thái của đối tượng sản xuất theo một thứ tự chặt chẽ, bằng một công nghệ nhất định. Thành phần của quy trình công nghệ bao gồm:

1.5.1. Nguyên công

Nguyên công là một phần của QTCN do một (hoặc một nhóm) công nhân thực hiện liên tục tại một chỗ làm việc để gia công một chi

tiết (hoặc một nhóm chi tiết cùng gia công một lần).



Hình 1.1. Sơ đồ quá trình sản xuất cơ khí

- **Tính cố định:** mỗi nguyên công có một vị trí làm việc không đổi, sản phẩm chuyển sang chỗ làm việc khác là chuyển sang nguyên công khác (cho dù công việc gia công có giống nhau).

- **Tính liên tục:** công việc được thực hiện liên tục trong nguyên công, nếu có sự gián đoạn trong công việc thực hiện là đã chuyển sang nguyên công khác.

Nguyên công là đơn vị cơ bản, chủ yếu của QTCN ảnh hưởng

đến tính chính xác, năng suất của quá trình sản xuất, là *đơn vị cơ sở để tính chi phí sản xuất và giá thành sản phẩm*.

1.5.2. Bước là một phần của nguyên công, trực tiếp thay đổi trạng thái kỹ thuật sản phẩm bằng một hay một nhóm dụng cụ với chế độ làm việc không đổi (đổi dụng cụ, chuyển bề mặt, đổi chế độ, chuyển sang một *bước mới*).

1.5.3. Động tác là một phần của bước hoặc nguyên công. Tập hợp các hoạt động, thao tác của công nhân để thực hiện nhiệm vụ của bước (nguyên công).

Động tác là yếu tố cơ bản để định mức thời gian và năng suất.

2. Dạng sản xuất

2.1. Sản xuất đơn chiếc

Sản xuất đơn chiếc là dạng sản xuất mà dạng sản phẩm của nó có sản lượng nhỏ, ít lặp lại, không theo một quy luật nào. Chung loại mặt hàng của nó rất đa dạng, số lượng rất ít, sử dụng dụng cụ và thiết bị vạn năng, bố trí theo nhóm. Nó đòi hỏi trình độ tay nghề, bậc thợ cao. Dạng sản xuất này khó cơ khí hóa, tự động hóa, năng suất thấp; khó thống nhất hóa, khó tiêu chuẩn hóa, vì vậy thường dùng trong sửa chữa, thay thế.

2.2. Sản xuất hàng loạt

Sản xuất hàng loạt là dạng sản xuất mà dạng sản phẩm của nó có sản lượng theo lô (loạt) được lặp đi lặp lại sau một khoảng thời gian nhất định, số lượng nhiều (vài trăm đến hàng ngàn).

Theo khối lượng, kích thước, mức độ phức tạp và số lượng mà phân ra *dạng sản xuất hàng loạt nhỏ, sản xuất hàng loạt vừa, sản xuất hàng loạt lớn*. ở dạng sản xuất này, trang thiết bị, dụng cụ sử dụng chuyên môn hóa có kèm theo vạn năng hẹp; việc tự động hóa cũng thuận lợi, dễ dàng hơn.

QTCN trong sản xuất hàng loạt chia thành các nguyên công riêng biệt. Mỗi máy (chỗ làm việc) chỉ thực hiện một số ít các nguyên công nhất định. Loạt lớn thực hiện dưới 5 nguyên công/chỗ làm việc; loạt vừa, 6 ÷ 10 nguyên công/chỗ làm việc, loạt nhỏ *trên 10* nguyên

công/chỗ làm việc.

2.3. Sản xuất hàng khối

Ở dạng sản xuất hàng khối sản phẩm được sản xuất *liên tục* trong một thời gian dài với số lượng rất lớn (mặt hàng ổn định, ít thay đổi). Xí nghiệp sản xuất hàng khối thường phân chia thành nhiều nguyên công nhỏ và thực hiện ổn định tại từng địa điểm. ở dạng sản xuất này, trang thiết bị, dụng cụ được *chuyên dùng*, dễ cơ khí hóa, tự động hóa. Điển hình của dạng sản xuất hàng khối là sản phẩm của xí nghiệp đồng hồ, văn phòng phẩm, ô tô, xe máy, xe đạp, bulông, ốc vít...

3. Khái niệm về chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật

3.1. Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật

Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật là những tiêu chí đề ra nhằm tăng năng suất lao động, tiết kiệm thời gian, vật tư; sử dụng trang thiết bị hợp lý nhằm đảm bảo chất lượng và hạ giá thành sản phẩm. Chỉ tiêu này còn đánh giá trình độ sử dụng trang thiết bị, thời gian, vật tư, áp dụng các biện pháp lao động tiên tiến...

Chỉ tiêu kinh tế kỹ - thuật bao gồm các chỉ tiêu về thời gian, năng suất, tiêu hao nguyên vật liệu, khấu hao trang thiết bị, dụng cụ và chỉ tiêu về giá thành sản phẩm.

3.2. Thời gian gia công T

Thời gian gia công T (tính bằng giây - s, phút - ph hay giờ - h) là thời gian cần thiết để hoàn thành việc gia công một loạt n chi tiết:

$$T = T_{cbkt} + T_c \cdot n$$

Trong đó:

T_{cbkt} - thời gian chuẩn bị kết thúc;

T_c - thời gian gia công từng chiếc cho mỗi nguyên công:

$$T_c = T_o + T_p + T_{pv} + T_n$$

Trong đó:

T_o hoặc T_m - thời gian cơ bản;

T_p - thời gian phụ;

T_{pv} - thời gian phục vụ;

T_n - thời gian nghỉ ngơi tự nhiên của công nhân.

n - số lượng chi tiết gia công trong loạt.

3.3. Năng suất lao động N_c

Đây là chỉ tiêu về năng suất quy ra bằng số lượng sản phẩm sản xuất ra (chiếc) hay khối lượng sản phẩm (kg, tấn) trong một đơn vị thời gian (ngày, giờ, tháng...):

$$N_c = \frac{1}{T_c}$$

Năng suất lao động N_c phụ thuộc vào trình độ tổ chức và quản lý sản xuất, quy trình công nghệ tiên tiến và hợp lý; vào mức độ cơ khí hóa và tự động hóa, trang thiết bị và công cụ lao động tiên tiến, trình độ tay nghề và hiểu biết của công nhân.

3.4. Giá thành sản phẩm

Giá thành sản phẩm là năng suất lao động và tổng chi phí cho đơn vị sản phẩm.

Giá thành sản phẩm bao gồm giá thành vật tư, nguyên vật liệu, chi phí lương, thưởng, khấu hao trang thiết bị, nhà xưởng, dụng cụ, công cụ lao động và những chi phí khác (các loại thuế, đất đai, nhà xưởng, quản lý phí, bảo hiểm, an toàn...).

Vậy muốn có giá thành sản phẩm hạ thì năng suất lao động phải cao, nhưng lại phải tiết kiệm được nguyên vật liệu, vật tư thiết bị, dụng cụ; tiết kiệm được sức lao động trực tiếp và gián tiếp; sử dụng thành thạo những thành tựu khoa học kỹ thuật mới và tổ chức và quản lý tốt...

3.5. Biện pháp tăng năng suất lao động và hạ giá thành sản phẩm

3.5.1. Biện pháp cơ bản

- Tăng mức độ cơ khí hóa và tự động hóa quy trình công nghệ, sử dụng máy tự động, máy điều khiển theo chương trình, đường dây tự động;

- Thiết kế kết cấu và chế tạo máy, thiết bị ngày càng hoàn thiện hơn;

- Tăng chế độ gia công một cách hợp lý bằng cách cải tiến các kết cấu máy và đồ gá cho đủ độ cứng vững, chọn kết cấu dụng cụ hiện đại, hợp lý, sử dụng cụ khuôn cối bằng kim cương, hợp kim cứng (để có độ cứng, độ bền và độ chịu nhiệt cao).

- Giảm thời gian cơ bản;

- Giảm thời gian phụ (hoàn thiện đồ gá và các phương pháp kiểm tra);

- Chế tạo phôi bằng các phương pháp tiên tiến, hiện đại như đúc chính xác, cán hình, dập thể tích, ép, lăn...

- Hoàn thiện quy trình công nghệ, ứng dụng các quy trình công nghệ tiên tiến.

3.5.2. Biện pháp để giảm thời gian cơ bản

Khi gia công, trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ, thời gian máy có thể chiếm $40 \div 50\%$ toàn bộ thời gian cần thiết (gọi là thời gian cho từng chiếc) còn trong sản xuất hàng loạt và hàng khối tỷ số phần trăm thời gian máy tăng lên rõ rệt.

Những biện pháp để giảm thời gian cơ bản là:

- Tạo kết cấu công nghệ hợp lý cho chi tiết

+ Hình dạng chi tiết được tạo thành từ các bề mặt đơn giản nhất (mặt phẳng, mặt trụ, mặt côn, mặt định hình đơn giản...).

+ Chi tiết đủ độ cứng vững, tránh biến dạng làm giảm chế độ cắt khi gia công.

+ Các mặt chuẩn, mặt tỳ, mặt định vị phải có đủ độ dài và độ lớn để cho phép gá đặt nhanh và chính xác.

+ Các mặt gia công phải hở, có đủ độ thoát dụng cụ và đưa dụng cụ vào.

+ Đảm bảo nguyên tắc thống nhất khi chọn chuẩn (chuẩn thiết kế, chuẩn công nghệ, chuẩn đo lường), chọn vật liệu và phương pháp chế tạo phôi hợp lý, có khả năng tạo thành cụm máy là những đơn vị lắp ráp riêng biệt không phụ thuộc lẫn nhau.

- **Chọn phương pháp gia công hợp lý** để tăng số lượng chi tiết đồng thời gia công, tăng số dụng cụ đồng thời làm việc, giảm chiều dài hành trình làm việc do bố trí phối hợp lý, giảm các khoảng chạy không đến giá trị nhỏ nhất hợp lý và chọn phương án gia công tối ưu trong điều kiện đã cho...

- **Sử dụng các kiểu máy, dụng cụ và chế độ gia công hợp lý**

Để giảm thời gian cơ bản, trong từng điều kiện gia công cụ thể phải chọn kiểu máy, dụng cụ thích hợp và phương pháp gia công, chế độ hợp lý, có cơ cấu chống rung giảm chấn, chống va đập khi gia công.

- **Tự động hóa** những nguyên công có thể thực hiện được bằng nhiều phương pháp. áp dụng các cơ cấu tự động cấp phôi, kẹp chặt. Sử dụng các chu kỳ gia công tự động và bán tự động. Gia công các nhóm chi tiết bằng phương pháp điều chỉnh nhóm hoặc thay thế nhanh. Sử dụng các loại máy điều khiển theo chương trình. Sử dụng các tín hiệu tự động ngừng làm việc trong trường hợp có sự cố.

- **Chọn phối hợp lý**, lượng dư tổng cộng và các lượng dư trung gian hợp lý, sử dụng các phương pháp chế tạo phôi tiên tiến (đúc dưới áp lực, các phương pháp dập thể tích, dập tấm...) để hình dạng của phôi gần giống hình dạng chi tiết, giảm lượng dư tổng cộng và các lượng dư trung gian.

3.5.3. Biện pháp để giảm thời gian phụ

Thời gian phụ bao gồm thời gian sử dụng cho việc gá đặt, lấy dấu, hiệu chuẩn, kẹp phôi, tháo chi tiết đã gia công xong; thời gian đưa dụng cụ đến vị trí bắt đầu làm việc và trở về vị trí xuất phát ban đầu; thời gian vượt quá những đoạn chạy không; thời gian thay đổi dụng cụ, đo kiểm chi tiết và điều khiển máy; thời gian vận chuyển dụng cụ, thiết bị, phôi và sản phẩm ...

Sử dụng đồ gá chuyên dùng định vị, gá lắp đơn giản, nhanh, hiệu quả kinh tế cao (đồ gá thủy lực, khí nén, điện từ...).

Biện pháp giảm thời gian điều khiển là sử dụng hành trình nhanh, chạy không của bàn máy, tự động hóa việc gia công ở các chu kỳ khác nhau, áp dụng phương pháp đóng mở tự động cũ hành trình,

chương trình gia công...

Thời gian phụ có thể giảm bằng cách đơn giản và hoàn thiện việc tháo lắp dụng cụ, sử dụng cơ cấu kẹp nhanh, cơ khí hóa việc kẹp dụng cụ, kẹp phôi.

Để giảm thời gian phụ cần gá đặt dụng cụ, phôi một cách chính xác, đo kiểm chi tiết trong quá trình gia công và sau khi đã kết thúc quá trình gia công chi tiết có thể dùng các cữ, dưỡng, dụng cụ đo được hiệu chỉnh trước hoặc dụng cụ đo chuyên dùng.

Để thời gian phụ trùng với thời gian gia công có thể dùng phương pháp gia công đồng thời nhiều nguyên công, phối hợp với các loại bàn quay, các cơ cấu tự động...

PHẦN THỨ NHẤT

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO PHÔI ĐÚC

Chương 1: KHÁI NIỆM CHUNG

1.1. Thực chất, đặc điểm và phân loại vật đúc

1.1.1. Thực chất

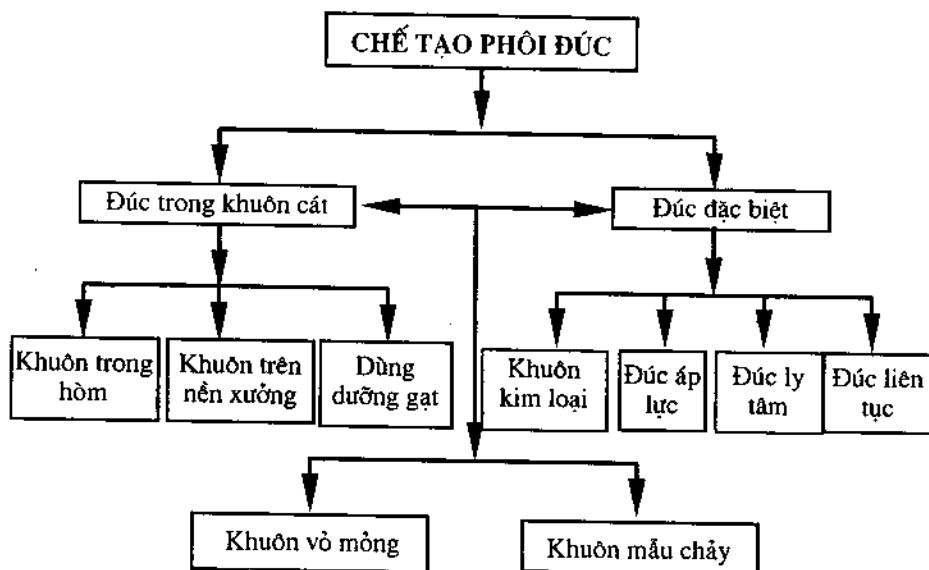
Đúc là phương pháp chế tạo phôi bằng cách điền đầy kim loại lỏng vào lòng khuôn đúc, sau khi hợp kim đông đặc thì thu được sản phẩm có hình dạng kích thước yêu cầu. Sản phẩm của quá trình đúc được gọi là *vật đúc*. Vật đúc được đem dùng ngay gọi là *chi tiết đúc* (ví dụ: quả tạ, bi nghiền...), vật đúc phải qua các phương pháp gia công tiếp theo gọi là *phôi đúc* hay *bán thành phẩm đúc*.

1.1.2. Đặc điểm

- Vật liệu đúc rất rộng rãi (vật liệu nấu chảy được là có thể đúc được) như kim loại, hợp kim, vật liệu phi kim (cao su, chất dẻo, parafin...).
- Khối lượng, kích thước vật đúc có thể từ rất nhỏ đến rất lớn (từ vài gam đến hàng tấn, từ vài mm đến hàng chục m).
- Vật đúc có hình dáng phức tạp mà phương pháp chế tạo khác khó thực hiện hoặc không chế tạo được.
- Công nghệ đúc đơn giản, trang thiết bị không phức tạp lắm, vốn đầu tư ít, giá thành hạ. Khi sử dụng thiết bị và công nghệ cao cũng có thể tạo ra vật đúc có độ chính xác cao với năng suất cao.
- Vật đúc có nhiều khuyết tật: tổ chức dạng hạt, cơ tính không đồng đều làm giảm khả năng chịu lực; đúc trong khuôn cát có độ nhẵn và độ chính xác thấp, dễ rỗ khí, rỗ xỉ, lẫn tạp chất, nứt, lượng dư gia công lớn, tổn vật liệu...

Sản xuất đúc có từ rất lâu, ngày càng hoàn thiện hơn để tạo ra vật đúc với hình dáng phức tạp, khối lượng và kích thước lớn, độ chính xác cao. Sản phẩm đúc được dùng nhiều trong các ngành công nghiệp

và dân dụng (chi tiết chịu nén, tải trọng tĩnh, tải trọng phức tạp, khối lượng lớn bằng gang, thép...).



Hình 1.1. Sơ đồ quá trình sản xuất đúc

1.1.3. Phân loại phương pháp đúc

Phương pháp phân loại vật đúc cho trên hình 1.1; đặc trưng, ứng dụng của phương pháp đúc cho trong bảng 1.1.

a. Theo loại khuôn

- Khuôn một lần: khuôn cát, khuôn vỏ mỏng, khuôn mẫu chảy...
- Khuôn bán vĩnh cửu: khuôn đất sét.
- Khuôn vĩnh cửu: khuôn kim loại.

b. Theo vật liệu làm khuôn: khuôn cát, khuôn đất sét, khuôn kim loại.

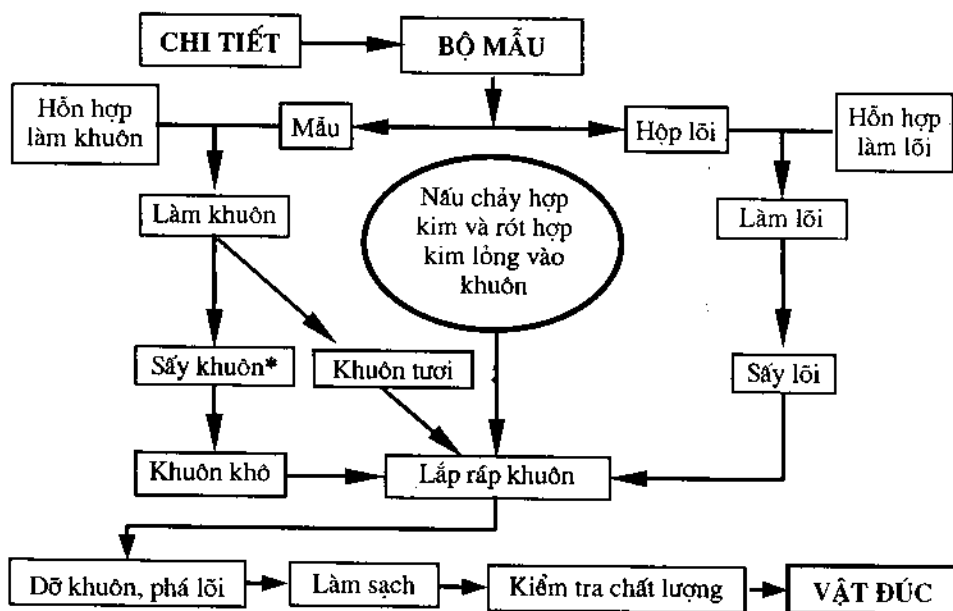
c. Theo phương pháp diễn dầy hợp kim lỏng: đúc áp lực, đúc ly tâm...

1.2. Đúc trong khuôn cát

1.2.1. Khái niệm

Khuôn cát được chế tạo bằng hỗn hợp có thành phần chủ yếu là cát. Khuôn cát để tạo hình vật đúc (loại nhỏ, lớn, đơn giản, phức tạp),

dùng một lần, năng suất thấp, độ chính xác và độ nhẵn bề mặt thấp, lượng dư gia công lớn, tốn nhiều kim loại. Khuôn cát thường dùng trong sản xuất đơn chiếc, hàng loạt nhỏ, vốn đầu tư ít, công nghệ đúc đơn giản. Hình 1.2 giới thiệu sơ đồ quá trình sản xuất một vật đúc trong khuôn cát.



* **Chú ý:** Chỉ sấy khuôn trong những trường hợp đặc biệt, yêu cầu chất lượng cao vì sấy sẽ làm thời gian kéo dài, giá thành sản phẩm cao.

Hình 1.2. Quá trình sản xuất đúc trong khuôn cát

1.2.2. Các bộ phận cơ bản của khuôn đúc bằng cát

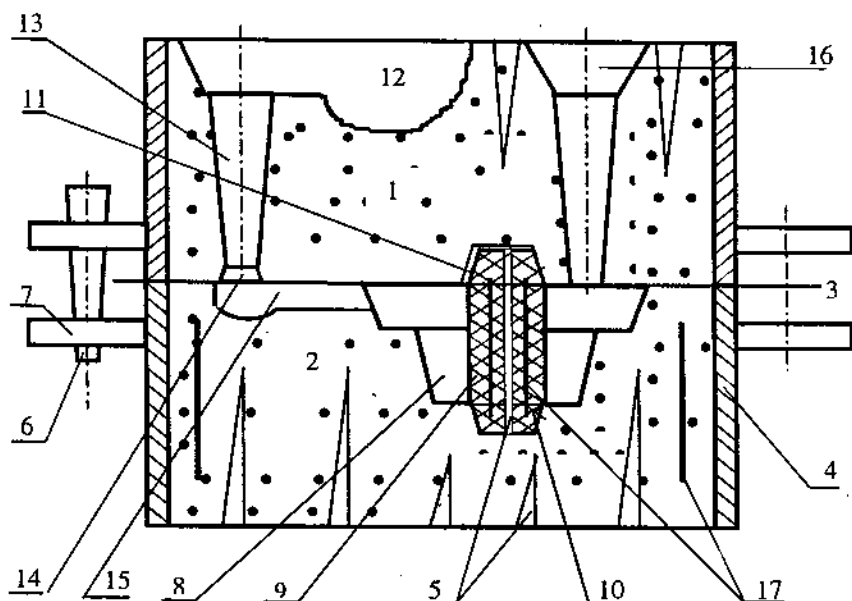
Bộ phận cơ bản của một bộ khuôn đúc bằng cát (hình 1.3) gồm khuôn trên 1, khuôn dưới 2, được phân cách bởi mặt phân khuôn 3. Hòm khuôn 4 bằng gỗ hoặc kim loại, bên trong là hỗn hợp (có các lỗ hoặc rãnh thoát khí 5).

Hai hòm khuôn được lắp với nhau bởi chốt định vị 6 qua tai hòm khuôn 7. Lòng khuôn 8 tạo hình dáng bên ngoài, lõi tạo thành hình dáng bên trong (lỗ) vật đúc. Lõi gồm thân lõi 9, các gối lõi 10, khe hở gối lõi 11. Hệ thống rót để dẫn kim loại lỏng vào lòng khuôn, gồm cốc rót 12, ống rót 13, rãnh lọc xỉ 14, rãnh dẫn 15, đầu ngót hoặc đầu hơi 16. Xương khuôn, xương lõi 17 để tăng thêm độ bền cho

khuôn và lõi. Hình 1.4 giới thiệu 1 vật đúc sau khi dỡ khuôn, phá lõi.

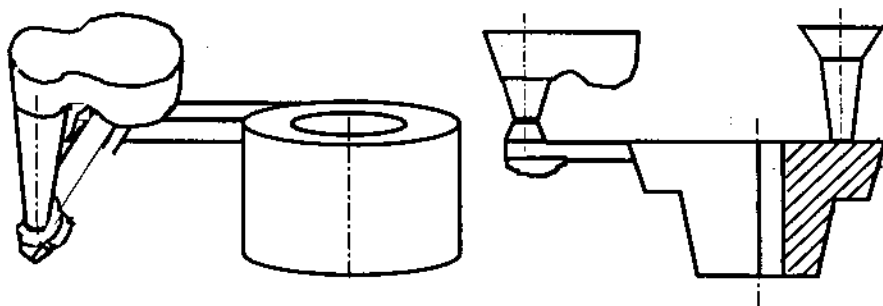
Bảng 1.1. Đặc trưng của các phương pháp đúc và ứng dụng

ĐÚC TRONG KHUÔN CÁT			
Phương pháp làm khuôn	Đặc trưng phân loại	Dạng sản xuất, đặc tính vật đúc	Lĩnh vực sử dụng
Làm khuôn bằng tay	Mẫu gỗ	Sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ, hình dạng bất kỳ	Dạng thường, chất lượng thường
	Mẫu kim loại	Sản xuất loạt, vật đúc nhỏ, trung bình, dạng đơn giản	Độ chính xác cao, mẫu sử dụng lâu
	Trong hòm khuôn	Vật nhỏ, trung bình, hình dạng tùy ý	Nhiều hòm khuôn, tiết kiệm nền xưởng, sấy khuôn
	Trên nền xương	Sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ, vật đúc lớn, hình dạng bất kỳ	Thiếu hòm khuôn Khuôn tươi Đúc các hợp kim
Làm khuôn bằng máy	Máy ép, máy dẫn	Sản xuất loạt trung bình, vật đúc nhỏ, đơn giản	Năng suất cao Hòm khuôn ≤ 200
	Máy thổi, máy bắn cát	Loạt nhỏ, trung bình, vật đúc lớn, hình dạng bất kỳ	Kích thước lớn, hòm khuôn lớn
ĐÚC ĐẶC BIỆT			
Đúc ly tâm	Đứng, khuôn kim loại; Nằm, khuôn cát, kim loại, công xôn	Sản xuất loạt, vật tròn xoay, rỗng Sản xuất loạt nhỏ, trung bình, vật đúc dạng bất kỳ	Hợp kim, đường kính lớn, chiều cao thấp, độ chính xác cao, sử dụng lâu
	Nằm, khuôn kim loại hai nửa	Vật nhỏ, trung bình, hình dạng tùy ý. Sản xuất loạt, vật đúc rỗng tròn xoay, mặt ngoài tùy ý	Hợp kim, vật đúc không lớn. Các loại ống, đường kính nhỏ chiều dài lớn
Đúc áp lực	Khuôn kim loại	Sản xuất loạt, vật đúc nhỏ, trung bình	Hợp kim màu, chất lượng vật đúc cao, lượng dư nhỏ
Đúc chính xác	Khuôn vỏ mỏng, mẫu kim loại	Sản xuất loạt, vật đúc nhỏ, trung bình	Hợp kim quý hiếm, chất lượng vật đúc cao, lượng dư nhỏ
	Mẫu chảy, khuôn cát không có mặt phân khuôn	Sản xuất loạt vừa, vật đúc trung bình, hình dạng phức tạp	Hợp kim quý hiếm, vật đúc chính xác cao, không gia công cơ, lượng dư nhỏ



Hình 1.3. Các bộ phận cơ bản của khuôn đúc bằng cát

1. Khuôn trên; 2. Khuôn dưới; 3. Mặt phân khuôn; 4. Hòm khuôn; 5. Rãnh thoát khí; 6. Chốt định vị; 7. Tai hòm khuôn; 8. Lòng khuôn; 9. Thân lõi; 10. Gối lõi; 11. Khe hở gối lõi; 12. Cốc rót (hoặc phễu rót); 13. Ống rót; 14. Rãnh lọc xỉ; 15. Rãnh dẫn; 16. Đậu ngót (hoặc đậu hơi); 17. Xương khuôn, xương lõi.



Hình 1.4. Vật đúc

1.3. Sự kết tinh của kim loại

1.3.1. Những yếu tố ảnh hưởng đến sự kết tinh của kim loại và hợp kim

a. Tính chất lý nhiệt của kim loại và hợp kim: nhiệt độ chảy (đông đặc), nhiệt độ rót, độ quá nhiệt...

b. Tính chất lý nhiệt của khuôn: vật liệu làm khuôn (cát, đất sét, gang, thép, đồng...), khuôn khô hoặc tươi, nhiệt độ của khuôn khi rót, phương pháp làm nguội...

c. Công nghệ đúc: phương pháp làm khuôn (bằng tay, bằng máy, đúc đặc biệt...), phương pháp rót (trực tiếp, xiphông, rung, đúc ly tâm, áp lực...).

1.3.2. Sự hình thành vật đúc trong khuôn (qua 4 giai đoạn)

a. Điền đầy hợp kim lỏng: yêu cầu điền đầy nhanh, liên tục để không làm giảm nhiệt độ của hợp kim lỏng.

b. Hạ nhiệt độ từ nhiệt độ rót đến nhiệt độ kết tinh, hợp kim lỏng xuất hiện phần tử rắn (trung tâm kết tinh - tâm mầm) lớn dần lên và xuất hiện các trung tâm kết tinh khác, đến khi tạo lớp kim loại rắn. Vùng kết tinh theo hướng tản nhiệt vuông góc với thành khuôn (hình 1.6). Đáy và thành bên đông đặc trước (do truyền nhiệt với tốc độ khác nhau).

c. Kết tinh và đông đặc

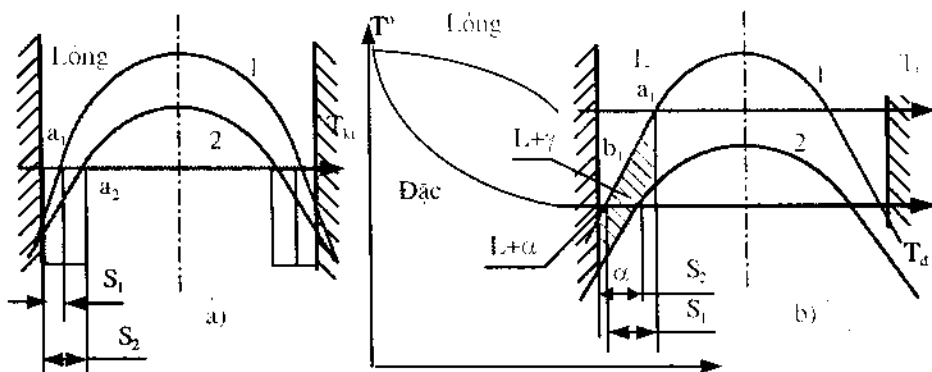
Khoảng nhiệt độ kết tinh được tính từ điểm lỏng (từ đường lỏng trở xuống) đến điểm đặc (từ đường đặc trở lên). Hướng tản nhiệt từ dưới lên, từ ngoài vào tâm. Sự đông đặc (theo lớp hay thể tích) ảnh hưởng trực tiếp đến tổ chức của vật đúc.

- **Đông đặc theo lớp** xảy ra với các kim loại nguyên chất, hợp kim cùng tinh hoặc hợp kim có khoảng nhiệt độ kết tinh hẹp. Đồ thị hình 1.5a là đường cong biểu diễn trường nhiệt độ tăng dần từ hai phía thành khuôn (đỉnh cao nhất ở tâm). Tốc độ truyền nhiệt của hợp kim lỏng giảm dần từ ngoài vào. Hạ nhiệt độ đến nhiệt độ kết tinh, hình thành từng lớp tinh thể. Tại thời điểm t_1 đường cong 1 cắt đường biểu diễn nhiệt độ kết tinh ($T_{\text{kết tinh}}$) tại a_1 xuất hiện lớp kim loại rắn (đông đặc) chiều dày S_1 ; hạ nhiệt độ đến t_2 , đường cong 2 cắt đường biểu diễn nhiệt độ kết tinh ($T_{\text{kết tinh}}$) tại a_2 ta có lớp kim loại đông đặc chiều dày S_2 . Hạ nhiệt độ đến thời điểm đường biểu diễn trường nhiệt độ nằm ngang ($T \leq T_{\text{kết tinh}}$) vật đúc đông đặc hoàn toàn.

- **Đông đặc theo thể tích** xảy ra khi hợp kim có khoảng nhiệt độ kết tinh lớn (2 pha lỏng và đặc của đường biểu diễn hình 1.5b). Tại

thời điểm t_1 , đường cong 1 cắt đường lỏng tại a_1 và cắt đường đặc tại b_1 tạo lớp S_1 có 2 pha lỏng và đặc. Khi hạ nhiệt độ đến thời điểm t_2 , đường cong 2 nằm dưới đường lỏng nên trong khoảng nhiệt độ kết tinh từ a_1 đến b_1 gồm tinh thể kết tinh (pha đặc) và tinh thể chưa kết tinh (pha lỏng). Khi nhiệt độ hạ xuống dưới đường đặc, hợp kim hoàn toàn đông đặc (pha rắn).

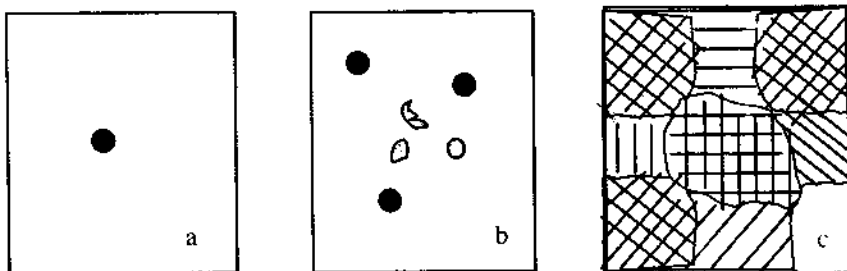
Do sự truyền nhiệt nên nhiệt độ giảm dần từ ngoài vào, hợp kim lỏng vẫn có xu hướng đông đặc theo lớp (từ ngoài khuôn vào tâm vật đúc).



Hình 1.5. Các loại hình kết tinh và đông đặc
a) Đông đặc theo lớp; b) Đông đặc theo thể tích.

d. Ngội trong khuôn

Khi kết thúc giai đoạn đông đặc của hợp kim, từ nhiệt độ đường đặc trở xuống đến lúc dỡ khuôn là thời điểm chuyển biến pha của từng hợp kim đúc ứng với từng nhiệt độ. Quá trình kết tinh cũng phụ thuộc vào kết cấu công nghệ vật đúc khác nhau (thành dày, mỏng, tập trung kim loại...), tốc độ chuyển biến khác nhau.



Hình 1.6. Sự kết tinh của kim loại

a. Pha lỏng (1 tâm mầm); b. Hai pha lỏng, đặc (nhiều tâm mầm); c. Pha đặc

e. *Nguội ngoài khuôn* (tốc độ nguội lớn), có thể ủ trong lò, bể, buồng ủ để tránh gây ứng suất dư, nứt nẻ vật đúc, hóa cứng bề mặt và làm đồng đều, ổn định thành phần hóa học...

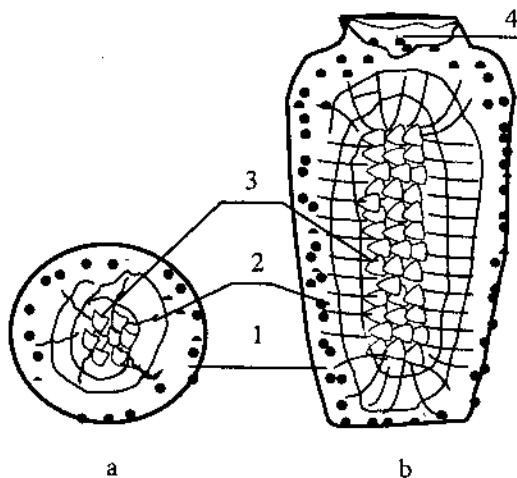
1.4. tổ chức kim loại vật đúc

Tổ chức kim loại vật đúc phụ thuộc vào kết cấu, phương pháp và công nghệ đúc. Thỏi đúc trong điều kiện làm nguội bình thường (mặt cắt dọc và mặt cắt ngang) được giới thiệu trên hình 1.7.

- *Vùng 1*: vỏ, hạt nhỏ có độ bền và độ cứng cao.

- *Vùng 2*: tinh thể hạt dài hình nhánh cây, theo hướng của vector tản nhiệt, vuông góc, xuyên tâm.

Nếu vật đúc có thành mỏng, tiết diện ngang nhỏ, tốc độ tản nhiệt lớn thì các hạt phát triển giao nhau ở tâm. Các hạt này gọi là dạng xuyên tâm.



Hình 1.7. Cấu tạo thỏi đúc
a. Mặt cắt ngang ; b. Mặt cắt dọc

- *Vùng 3*: giữa thỏi đúc có những hạt to, đều trục, đẳng hướng.

1.5. Sự hình thành khuyết tật vật đúc

1.5.1. Lỗ co

Đây là sự co thể tích, thường xảy ra ở phần trên khi đông đặc cuối cùng, tạo sự thiếu hụt (vùng 4 hình 1.7b).

Vùng này lẫn xỉ, tạp chất, nhiệt độ chảy thấp. Muốn giảm lỗ co phải dùng đậu ngót đủ lớn để bù ngót.

1.5.2. Rỗ co

Khi kết tinh, do các tinh thể nhánh cây phát triển, bao bọc phần kim loại lỏng, nên khi đông đặc hoàn toàn không được bù ngót. Sự co thể tích tạo nên các lỗ rỗng, cũng gọi là xốp cc, gây nên những vùng

tập trung ứng suất, làm giảm khả năng chịu lực. Để giảm xấp co, cần thiết kế kết cấu hợp lý, tránh tập trung kim loại, bố trí hệ thống rót hợp lý để hướng kết tinh từ xa đến gần đầu ngót hay hệ thống rót.

1.5.3. Rỗ khí

Trong hợp kim lỏng hòa tan một lượng khí, khi kết tinh, tạo bọt khí tồn tại trong kim loại và hình thành rỗ khí, tập trung ứng suất, giảm khả năng chịu lực. Muốn giảm rỗ khí, khuôn và lõi phải thoát khí tốt, có đầu hơi hợp lý, vật liệu nấu phải khô, sạch, giảm các chất tạo phản ứng sinh khí khi nấu hợp kim.

1.5.4. Thiên tích

Khi kim loại kết tinh nó tạo thiên tích vùng, thiên tích hạt, thiên tích nhánh cây gây ra sự không đồng đều về tổ chức, thành phần, độ hạt trong từng vùng, từng hạt làm giảm cơ tính và khả năng chịu lực của kết cấu.

1.5.5. Ứng suất dư

Ứng suất dư phát sinh do kết cấu công nghệ không hợp lý, làm nguội không đều. Có thể xác định ứng suất dư tổng như sau:

$$\sigma_{\text{dư}} = \sigma_{\text{nhiệt}} + \sigma_{\text{pha}} \pm \sigma_{\text{cơ}}$$

Trong đó:

$\sigma_{\text{dư}}$ - ứng suất dư toàn bộ.

$\sigma_{\text{nhiệt}}$ - ứng suất nhiệt, do quá trình nguội không đều sinh ra.

σ_{pha} - ứng suất pha, do sự chuyển biến pha tạo thành.

$\sigma_{\text{cơ}}$ - ứng suất cơ học do các tác động cơ học tạo ra.

1.6. Yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng vật đúc

Chất lượng vật đúc phụ thuộc vào yêu cầu của sản phẩm, chất lượng kim loại, quá trình công nghệ. Chất lượng vật đúc, được đánh giá bằng các chỉ tiêu về độ chính xác kích thước, hình dáng hình học, vị trí tương đối các bề mặt, chất lượng và độ nhẵn bề mặt. Sau đây là những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng vật đúc.

1.6.1. Hợp kim đúc

Mỗi hợp kim có tính đúc khác nhau nên chất lượng vật đúc cũng khác nhau (không đồng nhất). Do đó đánh giá đúng tính đúc của hợp kim sẽ chọn được biện pháp công nghệ hợp lý.

1.6.2. Loại khuôn

Khuôn cát dẫn nhiệt kém do đó hợp kim lỏng nguội chậm, tạo hạt tinh thể lớn. Bề mặt lòng khuôn xù xì làm cho độ nhẵn bề mặt vật đúc thấp cũng có thể tạo nên dính cát, cháy cát dẫn đến chất lượng bề mặt vật đúc kém.

Khuôn kim loại dẫn nhiệt tốt làm cho tổ chức kim loại vật đúc có hạt nhỏ làm cơ tính tăng, nhưng do nguội nhanh nên thường gây ra ứng suất, nứt nẻ trong vật đúc. Vỏ vật đúc thường bị hóa cứng, gây khó khăn cho quá trình cắt gọt.

1.6.3. Phương pháp làm khuôn

Khuôn cát làm bằng tay cho chất lượng vật đúc trong khuôn này thấp hơn trong khuôn làm bằng máy (làm khuôn bằng máy cho độ chính xác cao, chất lượng đồng đều).

1.6.4. Công nghệ đúc

Công nghệ đúc hợp lý sẽ làm giảm đến mức tối thiểu các khuyết tật của vật đúc. Nếu kèm theo trang thiết bị tiên tiến, hiện đại hóa quá trình công nghệ và quá trình sản xuất, nâng cao trình độ tay nghề của công nhân thì tất cả điều đó cũng là những biện pháp cơ bản để nâng cao chất lượng vật đúc.

Công nghệ đúc bao gồm:

- Công nghệ nấu chảy hợp kim đúc (kèm thiết bị hiện đại, khống chế thành phần, nhiệt độ...).
- Công nghệ chế tạo khuôn và lõi (bằng tay, bằng máy, sấy...).
- Công nghệ rót (có tác động cơ học, rung, lắc...).

Chương 2: NGUYÊN LÝ THIẾT KẾ KẾT CẤU CÔNG NGHỆ VẬT ĐÚC

2.1. khái niệm về kết cấu công nghệ vật đúc

Kết cấu công nghệ vật đúc ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình công nghệ chế tạo chi tiết và hình thành vật đúc về tổ chức (do quá trình kết tinh), tạo nên các loại khuyết tật.

2.1.1. Yêu cầu của kết cấu chi tiết

- Đảm bảo độ chính xác, đơn giản, làm việc lâu dài...
- Tính công nghệ tốt (đảm bảo quá trình công nghệ làm khuôn, lõi đơn giản thuận tiện, dễ sửa chữa, lắp ráp...), năng suất, tiết kiệm, giá thành hạ.
- Dễ xác định vị trí lòng khuôn để tạo ra hướng kết tinh có lợi nhất nhằm loại bỏ các khuyết tật, nâng cao chất lượng.
- Đảm bảo quá trình công nghệ gia công cơ khí và tháo lắp thuận lợi.
- Đảm bảo về cơ tính (khả năng làm việc, chịu lực, độ bền, độ cứng...).

2.1.2. Phân loại vật đúc

a. Phân loại theo khối lượng m (bảng 2.1)

Bảng 2.1. Phân loại vật đúc theo khối lượng, kg

<i>Nhỏ</i>	<i>Trung bình</i>	<i>Lớn</i>	<i>Rất lớn</i>
≤ 100	$100 \div 500$	$500 \div 5000$	> 5000

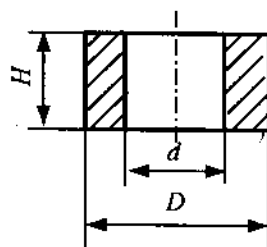
b. Phân loại theo hình dạng chi tiết (hình 2.1)

- Dạng trục, ký hiệu là T, khi $D \gg H$.
- Dạng đĩa, ký hiệu là Đ, khi $D \ll H$.
- Dạng trung bình, ký hiệu là M khi $D \approx H$.

Trong đó D là đường kính, H là chiều cao hoặc chiều dài chi tiết.

c. Phân loại theo kết cấu (mức độ phức tạp)

- **Vật đúc có kết cấu phức tạp:** tỷ lệ diện tích tiết diện ngang so với thể tích (F/V) lớn, bề mặt lớn, nhiều gân, gờ, thành mỏng (thân máy, hộp tốc độ, vỏ động cơ...).

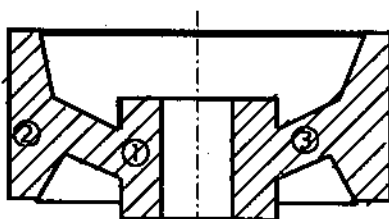


Hình 2.1. Kết cấu, kích thước vật đúc rỗng

- **Vật đúc có kết cấu đơn giản:** tỷ lệ diện tích tiết diện ngang so với thể tích (F/V) nhỏ, vật thu gọn, thuận lợi về công nghệ (bánh răng, puli, gối đỡ...).

d. Phân loại theo kết cấu công nghệ

Kết cấu công nghệ là hợp lý nếu hình dáng, kích thước, tiết diện hợp lý; khả năng làm việc lâu dài, chịu lực tốt, điều kiện thực hiện dễ dàng.



Hình 2.2. Kết cấu vật đúc
1. Lắp ráp (moay ơ); 2. Vành chịu lực;
3. Vành liên kết (gân)

Kết cấu công nghệ có thể được đánh giá là tốt, trung bình hoặc kém.

Sản phẩm thường bao gồm ba bộ phận chính sau (hình 2.2): phần lắp ráp ①, phần chịu lực ② (moayơ, chân đế, vành răng, trục đỡ, thùng kín, bể chứa, nắp che chắn...) và phần liên kết ③ (gân, nan hoa, thành nối...).

2.2. Nguyên tắc thiết kế kết cấu công nghệ vật đúc

Kết cấu công nghệ vật đúc nhằm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật (độ chính xác, độ nhẵn, cơ tính), tính kinh tế (tiết kiệm nguyên vật liệu, hạ giá thành sản phẩm, khả năng làm việc lâu dài...), tính công nghệ (dễ gia công, chế biến), giảm các loại khuyết tật khi đúc và không tạo ra ứng suất tập trung.

2.2.1. Yêu cầu chất lượng hợp kim đúc

a. Chiều dày thành vật đúc đều đặn

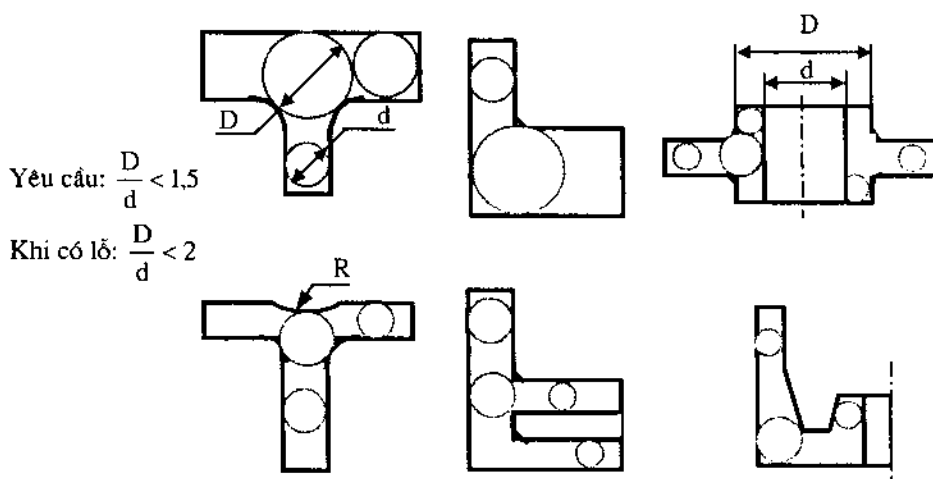
- Chọn chiều dày thành nhỏ nhất (bảng 2.2) theo vật liệu đúc.

Bảng 2.2. Chiều dày nhỏ nhất S_{min} của thành vật đúc (theo vật liệu)

Vật đúc	Thép cacbon	Thép hợp kim thấp	Gang xám	Gang trắng	Gang cầu (gang biến tính)	
Nhỏ	6 ÷ 9	+ 40% thép C	3 ÷ 5	3 ÷ 5	+ 40% gang xám	
Trung bình	10 ÷ 12		6 ÷ 10	6 ÷ 10		
Lớn	13 ÷ 20		11 ÷ 20	11 ÷ 20		
Thành ngoài	6 ÷ 8	8 ÷ 12	12 ÷ 16	16 ÷ 18	18 ÷ 20	20 ÷ 25
Thành trong	4 ÷ 5	6 ÷ 7	10 ÷ 11	11 ÷ 14	14 ÷ 16	16 ÷ 20

- Tránh tập trung kim loại, chống rỗ co.

Vòng nhiệt là vòng tròn tiếp xúc với các bề mặt sản phẩm dùng đánh giá sự tập trung kim loại (biểu diễn trên hình 2.3).

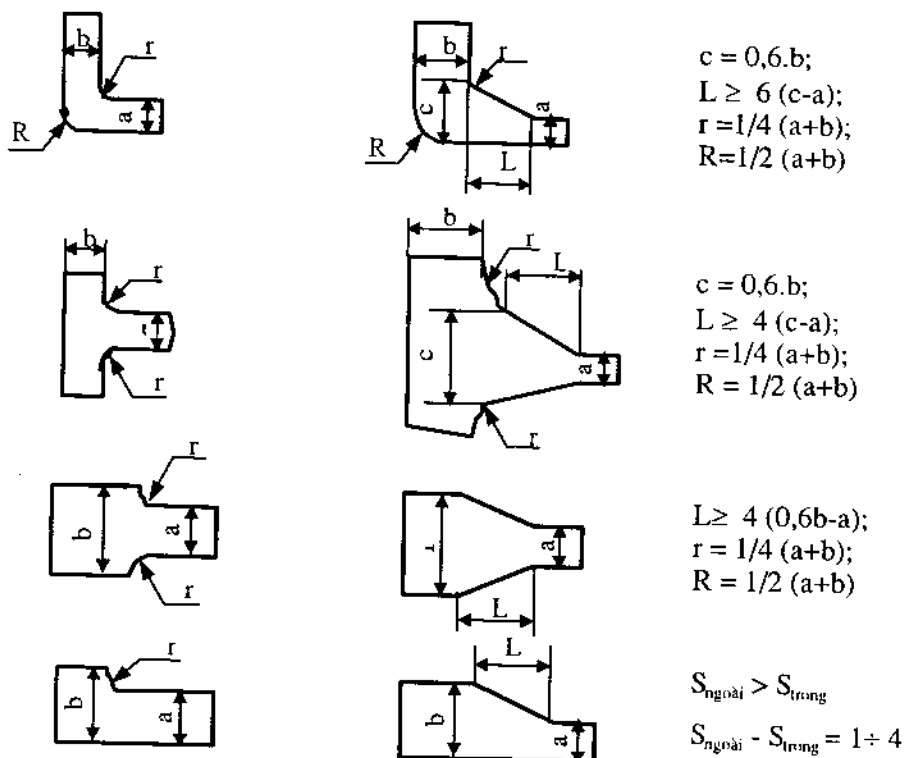


Hình 2.3. Vòng tròn nhiệt

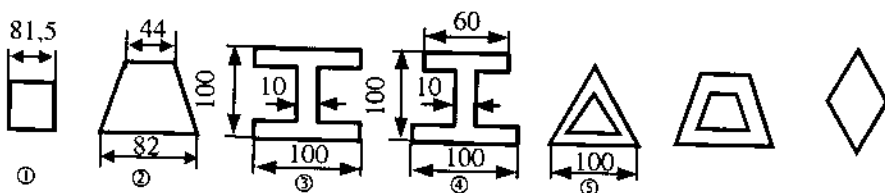
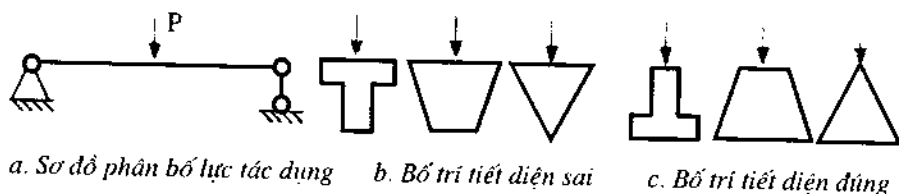
Phần chuyển tiếp, bán kính góc lượn, phần thoát, rãnh, lỗ... (hình 2.3) cũng làm giảm kim loại tập trung, đảm bảo chiều dày thành đều đặn.

Đối với thành không chuyển tiếp có thể chọn $b \leq 1,75a$, nếu thành có chuyển tiếp có thể tính theo công thức cho trên hình 2.4.

- Chọn hướng kết tinh đồng đặc có lợi nhất để bổ sung kim loại (từ xa đến gần đầu ngót).



Hình 2.4. Phán chuyển tiếp và bán kính góc lượn



Hình 2.5. Một số loại tiết diện ngang của thanh chịu lực

b. Kết cấu chống biến dạng, chống ứng suất dư

Hạn chế chọn chi tiết quá dài, quá rộng (khi đông đặc và nguội không đều, dễ co, cong, vênh, nứt...).

c. Kết cấu có phần chuyển tiếp, bán kính góc lượn để chiều dày thành đều dần. Giữa các chiều dày khác nhau phải có phần chuyển tiếp và bán kính góc lượn.

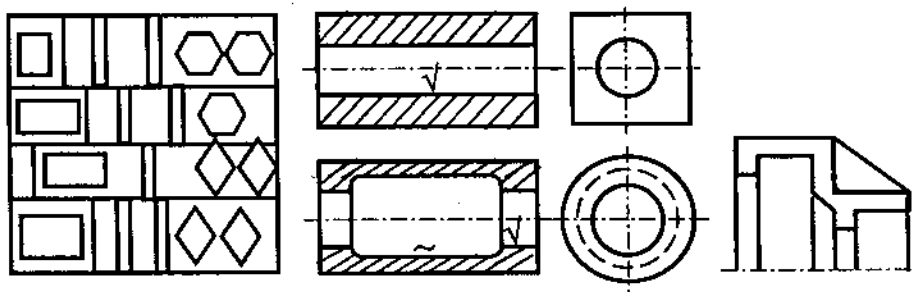
d. Bố trí tiết diện hợp lý để tăng khả năng chịu lực, giảm nhẹ trọng lượng của kết cấu, tiết kiệm vật liệu. Ví dụ, thanh chịu lực hình 2.5a, bố trí tiết diện không đúng (hình 2.5b), bố trí tiết diện hợp lý (hình 2.5c), so sánh một số loại tiết diện (bảng 2.3).

Bảng 2.3. So sánh vài loại tiết diện ngang của thanh chịu lực (hình 2.5d)

<i>Tiết diện</i>	①	②	③	④	⑤
Tăng độ bền (%)	+	20	194	144	194
Tiết kiệm kim loại (%)	+	8,4	49,5	50,2	66

e. Gân cứng vững

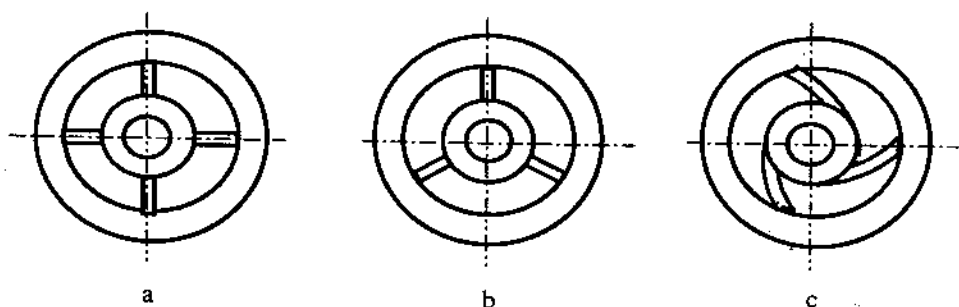
Những bề mặt lớn, chi tiết dài cần có gân để tránh biến dạng. Gân nên bố trí lệch nhau, không đối xứng hoặc là gân vòng (hình 2.6).



Hình 2.6. Các loại chi tiết có gân, gờ

g. Nan hoa

Nan hoa không bố trí hướng tâm hoặc trong cùng một mặt phẳng mà thường bố trí nghiêng một góc so với mặt phẳng ngang, tiếp tuyến hoặc cong để tránh ứng suất khi đông đặc và nguội. Số lượng nên là số lẻ (hình 2.7).



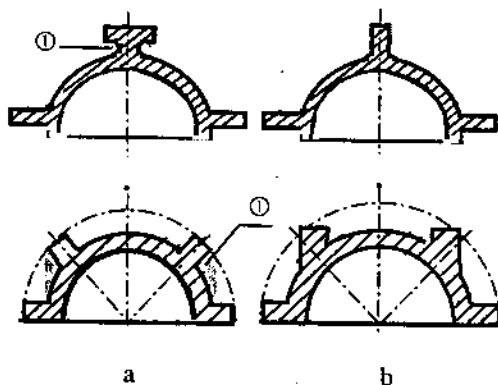
Hình 2.7. Bố trí nan hoa

- a. Số chẵn, đối xứng, hướng tâm, trong mặt phẳng;
b. Số lẻ, không đối xứng, hướng tâm;
c. Nan hoa cong, tiếp tuyến, không cùng trong một mặt phẳng.

2.2.2. Thiết kế kết cấu vật đúc thuận tiện cho công nghệ làm khuôn

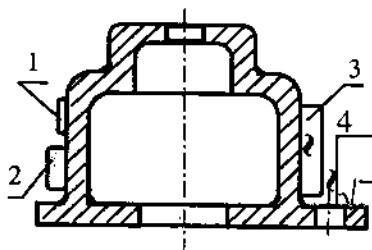
Khi thiết kế vật đúc cần đảm bảo sao cho khuôn đúc của nó dễ chế tạo, dễ rút mẫu và có mặt bích phân lõi hợp lý.

a. Để làm khuôn: đầm chặt, rút mẫu, sửa chữa, lắp khuôn, lắp lõi, dỡ khuôn, phá lõi, làm sạch, công nghệ làm khuôn đơn giản nhất, chất lượng vật đúc cao nhất, giá thành hạ, đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.



Hình 2.8. Rút mẫu cho kết cấu

- a. Không hợp lý (phần ①, cát bị vỡ); b. Hợp lý



Hình 2.9. Chi tiết hộp không hợp lý

- Phần nhô 1, 2 khác nhau;
3. Nối liền thành 1 phần nhô;

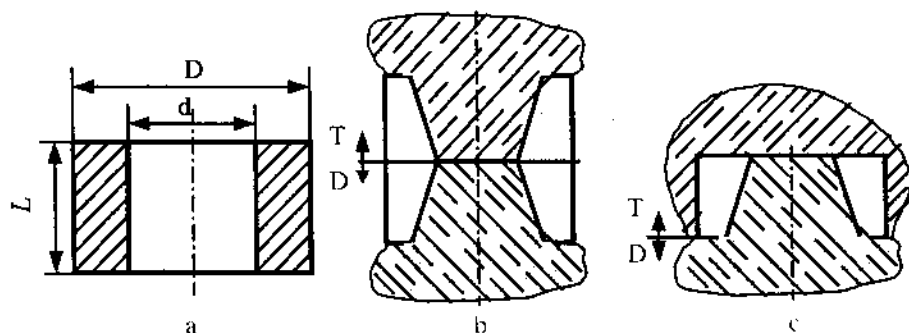
Hình 2.8a không rút được mẫu; phần ① cũng không thể đầm chặt.

b. Để rút mẫu lòng khuôn nông, hướng rút mẫu đúng (như hình 2.8b), phân bố trong 1 lòng khuôn, không nên có mẫu rời...

c. Mặt bích phần lõi bố trí về một phía, nên cao bằng nhau hoặc nối liền thành một khối. Hình 2.9 là chi tiết hộp, kết cấu không hợp lý vì phần lõi bố trí về 2 phía; phần 1, 2 có chiều cao không bằng nhau.

Nếu bố trí phần lõi về 1 phía và nối liền như phần 3 sẽ hợp lý hơn.

Mặt 4 và lỗ vướng dao không gia công bằng phay, bào, khoan... được.



Hình 2.10. Dùng phần nhỏ thay thế lõi

a. Chi tiết; b. Phần nhỏ trong 2 hòm khuôn; c. Phần nhỏ ở hòm khuôn dưới

2.2.3. Thiết kế kết cấu vật đúc thuận tiện cho công nghệ làm lõi

a. Số lượng lõi ít nhất

- Có thể dùng phần nhỏ để thay thế lõi (hình 2.10).
- Có thể nối liền 2 hoặc nhiều lõi đơn giản lại thành một lõi.

b. Dễ phá lõi và làm sạch vật đúc

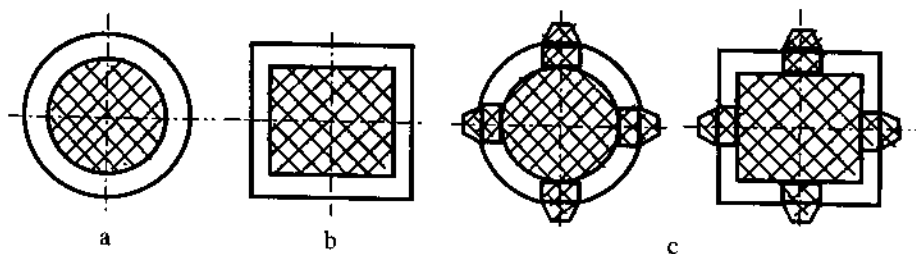
Quả cầu rỗng (hình 2.11a) hình hộp rỗng (hình 2.11b) là những kết cấu không hợp lý vì không thể định vị chính xác lõi trong khuôn, không phá được lõi, không thể làm sạch được vật đúc. Kết cấu hình 2.12c là hợp lý vì có đủ gối lõi định vị và có thể phá lõi, làm sạch vật đúc dễ dàng.

c. Đảm bảo cho lõi ổn định, dễ định vị, độ chính xác khi lắp ghép

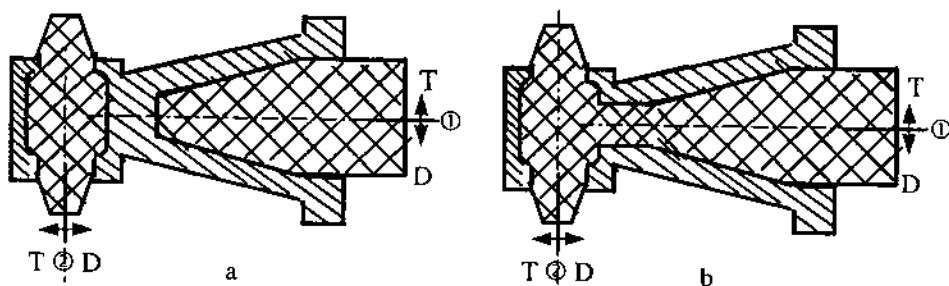
Chi tiết đúc hình 2.12a có 1 lõi đứng, 1 lõi ngang côngxôn (không ổn định), hình 2.12b có 1 lõi, 3 gối lõi (ổn định, chính xác khi

lắp ghép).

d. *Bố trí lõi đứng tốt hơn lõi ngang (lõi ngang chịu lực đẩy Archimet khi rót kim loại lỏng vào khuôn).*



Hình 2.11. Kết cấu không hợp lý: a. Quả cầu rỗng; b. Hình hộp rỗng.
Kết cấu hợp lý: c. Có gờ lõi, dễ làm sạch.



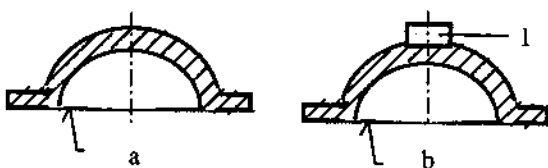
Hình 2.12. a. Kết cấu không hợp lý: 1 lõi đứng, 1 lõi ngang - công xôn
b. Kết cấu hợp lý: có 1 lõi với 3 gờ lõi

2.2.4. Thiết kế kết cấu vật đúc thuận tiện cho công nghệ gia công cơ, lắp ráp

a. *Gá lắp ổn định, chắc chắn, chính xác trên máy và đồ gá*

- Chi tiết hình 2.13a không thể gá kẹp trên máy tiện, máy mài... khi gia công mặt phẳng. Nếu thiết kế thêm núm 1 kẹp như hình 2.13b thì hợp lý hơn.

- Chi tiết hình 2.14a không hợp lý vì vướng dao khi tiện ren và khi phay, bào.



Hình 2.13. Gia công trên máy tiện, mài
a. Không gá kẹp được;
b. Thêm núm 1 để gá kẹp được trên máy

Hình 2.14b, c kết cấu hợp lý vì các chi tiết

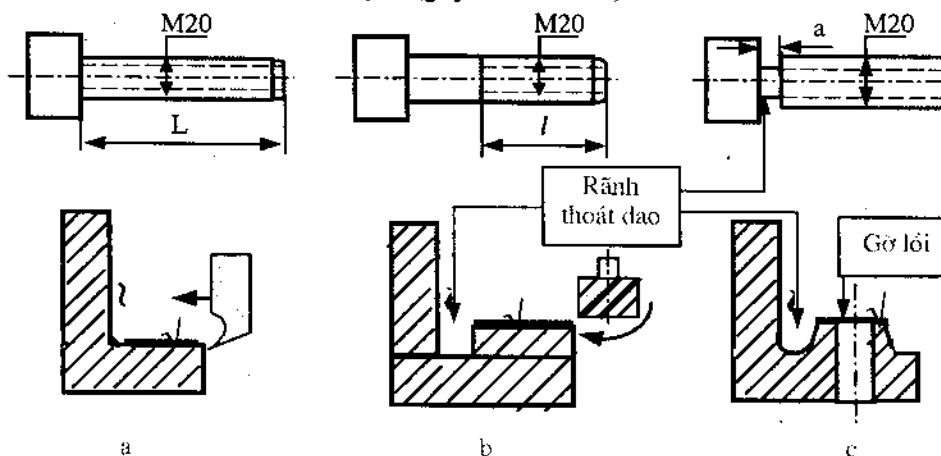
khi tiện, khoan, phay, bào đều có rãnh thoát dao.

- Chi tiết hình 2.15 gia công lỗ bằng tiện, mài, khoan, doa...

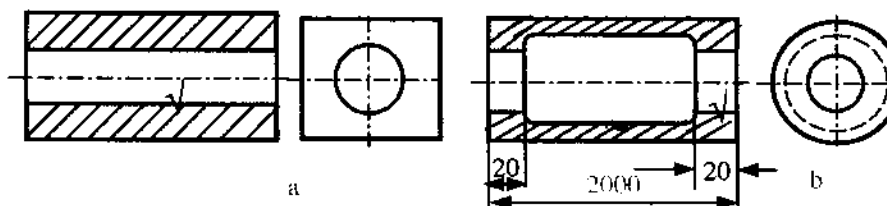
Ở phương án trên hình 2.15a vật đúc không hợp lý. Nếu thực hiện như phương án hình 2.15b thì tiết kiệm kim loại, giảm khối lượng kim loại, giảm thời gian gia công, đạt độ chính xác cao hơn, dễ tháo lắp hơn phương án hình 2.15a.

- Khoan lỗ các chi tiết trên hình 2.16a, e, h, k là không hợp lý. Khoan trên bề mặt nghiêng hoặc khoan khi có lượng dư không đều, mũi khoan bị uốn, gãy (hình 2.16b). Kết cấu hình 2.16c, d là hợp lý vì phương chạy dao vuông góc mặt phẳng ngang, lượng dư gia công phân bố đều đặn.

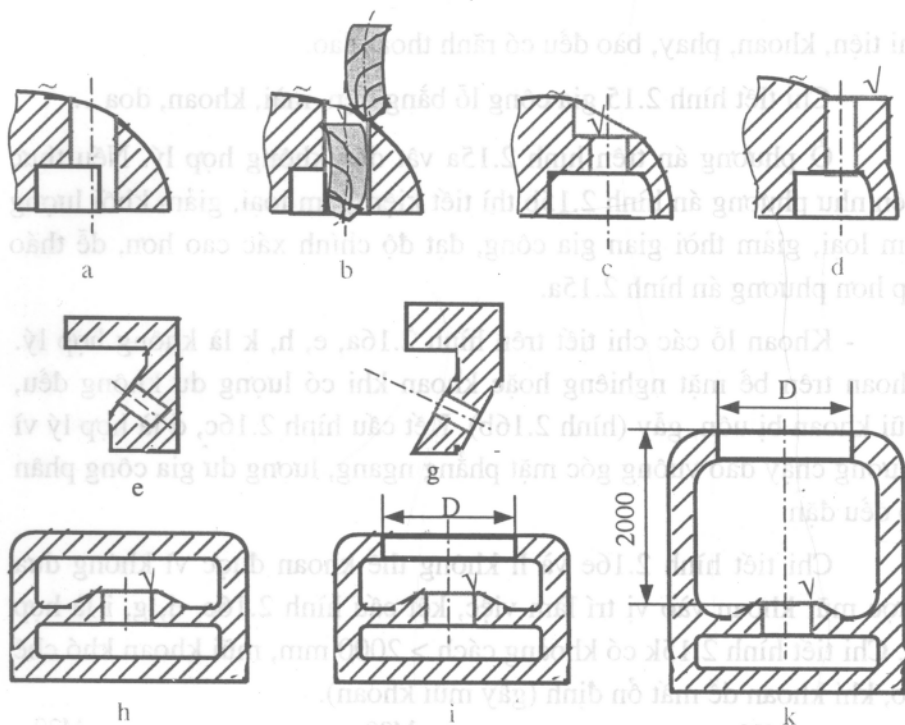
Chi tiết hình 2.16e và h không thể khoan được vì không đưa được mũi khoan vào vị trí làm việc, kết cấu hình 2.16c, d, g, i là hợp lý. Chi tiết hình 2.15k có khoảng cách > 2000 mm, mũi khoan khó chế tạo, khi khoan dễ mất ổn định (gãy mũi khoan).



Hình 2.14. Chi tiết tiện, phay, bào không hợp lý (a, vướng dao).
Hợp lý (b, c, có rãnh thoát dao, có gờ lồi, không vướng dao)



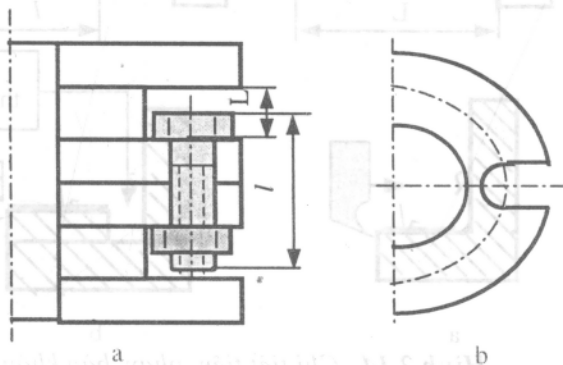
Hình 2.15. Gia công lỗ bằng tiện, mài, khoan, doa
a. Độ chính xác thấp, khó tháo lắp khi lắp ghép;
b. Tiết kiệm kim loại và thời gian gia công, dễ tháo lắp



Hình 2.16. Các chi tiết khoan không hợp lý (a, e, h, k). Hợp lý (c, d, g, i);
b. Mũi khoan bị uốn khi khoan bề mặt cong hoặc lượng dư không đều

b. Dễ tháo lắp

Hình 2.17a các chi tiết không tháo lắp được vì chiều dài bulông $l > L$ (khoảng cách để tháo lắp bulông). Muốn thực hiện việc tháo lắp được kết cấu này phải đảm bảo $L > l$. Nếu kết cấu không cho phép thì phải có rãnh để đưa bulông vào như kết cấu hình 2.17b.



Hình 2.17. Kết cấu tháo lắp

- a. Không tháo lắp được (vì $l > L$);
b. Xẻ rãnh để đưa bulông vào khi tháo lắp

2.3. Thiết kế công nghệ đúc

Căn cứ vào hình dạng kích thước, kết cấu, khối lượng, yêu cầu

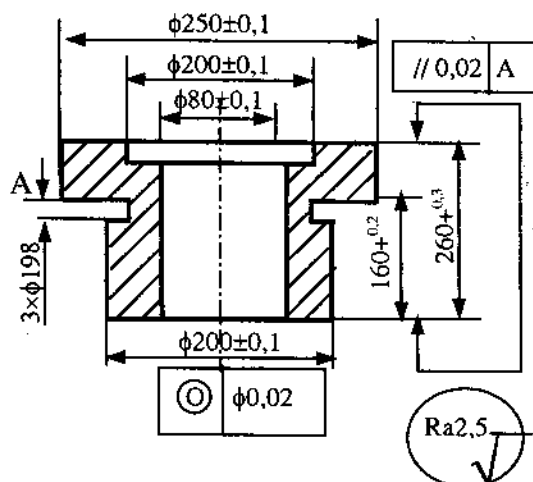
kỹ thuật, độ chính xác, độ nhẵn bề mặt ($Ra_{2,5}$), loại hợp kim (45Cr) và chất lượng hợp kim, dạng sản xuất để chọn phương pháp đúc và thiết kế công nghệ đúc.

2.3.1. Phân tích kết cấu

a. Nghiên cứu bản vẽ

Ví dụ: sản phẩm cho trên hình 2.18.

- Đây là một loại bạc có hình dáng, kích thước, yêu cầu kỹ thuật, điều kiện làm việc, vị trí sản phẩm, vật liệu, độ cứng và các yêu cầu khác cho trên hình 2.18.



Hình 2.18. Bản vẽ chi tiết (bạc)

Vật liệu : 45Cr, HRC42

- Dự kiến sơ bộ bề mặt gia công, quy trình công nghệ, mặt chuẩn, máy công cụ sử dụng...

b. Thêm lượng dư kỹ thuật (lượng thừa) cho rãnh thoát dao, rãnh then, lỗ nhỏ... để đơn giản hóa kết cấu, sau khi đúc sẽ gia công cùng với lượng dư.

c. Thay đổi chiều dày thành vật đúc, biến đổi các gân, gờ, nan hoa, tạo phân chuyển tiếp, bán kính góc lượn... theo nguyên tắc cho phép, không làm ảnh hưởng đến độ bền hoặc điều kiện làm việc của kết cấu. Cần chú ý chế tạo vật đúc càng gần hình dáng, kích thước so với chi tiết càng tốt.

Nếu kết cấu có chỗ chưa hợp lý, cần kiến nghị để sửa đổi (nhưng phải được phép của khách hàng) để chọn kết cấu công nghệ vật đúc hợp lý nhất.

2.3.2. Bản vẽ chi tiết (bản vẽ chế tạo - ví dụ cho trên hình 2.18)

Đây là bản vẽ chi tiết chính thức (sau khi đã được sửa); có ghi đầy đủ kích thước, yêu cầu kỹ thuật (dung sai, độ chính xác hình dáng, vị trí tương đối, độ đảo, độ cứng, nhám bề mặt...), vật liệu và những yêu cầu đặc biệt.

Bản vẽ chi tiết phải có đầy đủ các hình chiếu.

2.3.3. Xác định mặt phân khuôn

a. *Mặt phân khuôn* (ký hiệu màu xanh, phần trên - *T*, phần dưới - *D*, phần giữa - *G*) là bề mặt tiếp xúc giữa các khuôn và là yếu tố quan trọng, quyết định quá trình công nghệ.

b. *Nguyên tắc chọn mặt phân khuôn*

- Số lượng mặt là ít nhất, mặt đơn giản nhất; tránh mặt cong, mặt bậc...

- Bố trí vật đúc trong một hòm khuôn, tốt nhất là hòm khuôn dưới (đảm bảo ổn định khi rót, độ chính xác...).

- Tiết diện là lớn nhất, chiều sâu là nông nhất, không qua tiết diện thay đổi.

- Đảm bảo công nghệ làm khuôn, lõi (dễ làm khuôn, mẫu, dễ rút mẫu, sửa chữa, dễ lắp ráp); mẫu, hộp lõi, lõi đơn giản, số lượng ít nhất.

2.3.4. Thành lập bản vẽ đúc

a. *Bản vẽ đúc (bản vẽ qui ước)* vẽ trên cơ sở bản vẽ chi tiết. Trên bản vẽ đúc phải thể hiện được mặt phân khuôn, lượng dư gia công cơ, độ dốc đúc (độ nghiêng rút mẫu), bán kính góc lượn, lõi, gối lõi, khe hở gối lõi, các kích thước tính từ mặt chuẩn, kích thước đường bao của bản vẽ đúc (mặt ngoài vật đúc, mặt trong của lỗ). Chuẩn kích thước thường là mặt phân khuôn (ví dụ hình 2.21).

b. *Mặt phân khuôn* chọn theo nguyên tắc đảm bảo độ chính xác (lòng khuôn nên trong một hòm khuôn, lõi đứng để kiểm tra lắp ráp chính xác, lực đẩy lõi nhỏ nhất), *chất lượng hợp kim đúc* (bề mặt lớn, quan trọng đặt xuống dưới hoặc mặt bên để giảm xỉ, tạp chất; hướng kết tinh từ xa đến chân đậu ngót, hệ thống rót...).

Ví dụ, chọn mặt phân khuôn hợp lý để đúc chi tiết cho trên hình 2.19.

+ Dạng trục (T) chọn : ①;

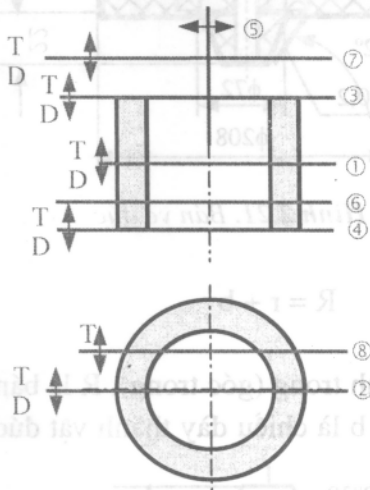
+ Dạng đĩa (Đ) chọn : ①, ③, ④;

+ Dạng trung bình (M): tùy yêu cầu làm khuôn, làm lõi, rút mẫu, lắp ghép, chọn mặt phân khuôn ①, ②, ③, ④, ⑤. Trường hợp đặc biệt chọn ⑥.

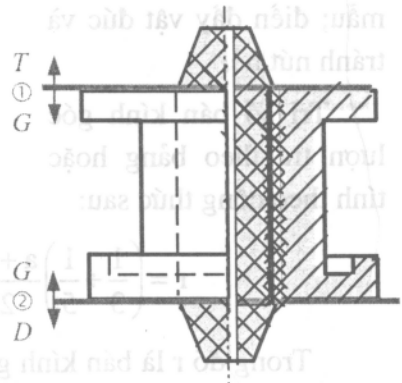
Mặt phân khuôn số ⑦ gây khó khăn khi làm khuôn, làm lõi và mẫu.

Mặt phân khuôn số ⑧ không rút mẫu được.

Hình 2.20 bố trí 2 mặt phân khuôn: ① - khuôn trên và khuôn giữa, ② - khuôn giữa và khuôn dưới.



Hình 2.19 . Chọn mặt phân



Hình 2.20. Hai mặt phân khuôn

Mặt phân khuôn ① (T và G)

Mặt phân khuôn ② (G và D)

c. Xác định các đại lượng bản vẽ đúc (hình 2.21)

- Lượng dư gia công cơ (màu đỏ) chỉ có trên các bề mặt cần gia công và phụ thuộc độ chính xác, kích thước, vị trí bề mặt (mặt trên lượng dư lớn hơn mặt dưới và mặt bên), dạng sản xuất (sản xuất loạt nhỏ, đơn chiếc - lượng dư lớn), phương pháp làm khuôn, mẫu (làm khuôn tay, mẫu gỗ - lượng dư lớn), loại khuôn (khuôn cát - cấp 3, đúc đặc biệt - cấp 1, 2).

- Độ dốc đúc (độ xiên, độ nghiêng rút mẫu) cho thành đứng, vuông góc với mặt phân khuôn. Nếu độ dốc lớn thì dễ rút mẫu nhưng sai lệch hình dáng, kích thước nhiều và lãng phí kim loại. Khi chiều cao thành lớn thì cần độ dốc nhỏ; đối với mẫu là kim loại cũng chọn độ dốc nhỏ.

Xác định độ dốc ngoài việc căn cứ vào chiều dày thành, còn phải xem bề mặt có gia công hay là mặt thô.

- Bán kính góc lượn là chỗ góc tiếp giáp hai bề mặt giao nhau, nó để đảm bảo độ bền cho khuôn, mẫu; điền đầy vật đúc và tránh nứt nẻ.

Trị số bán kính góc lượn tra theo bảng hoặc tính theo công thức sau:

$$r = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5} \right) \frac{a+b}{2}$$

$$R = r + b$$

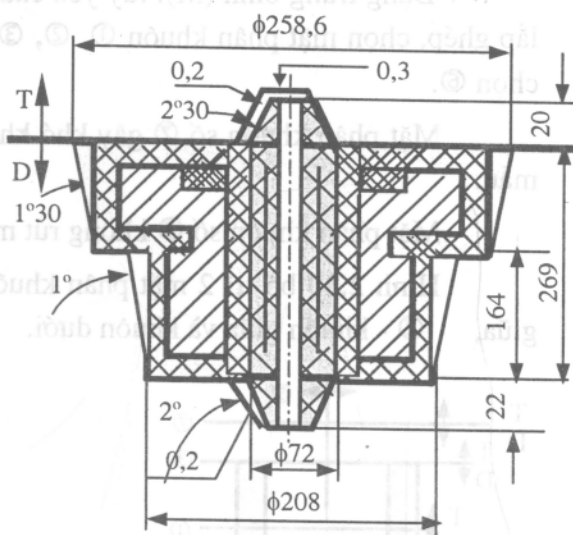
Trong đó r là bán kính góc lượn thành trong (góc trong), R là bán kính góc lượn thành ngoài (góc ngoài); a, b là chiều dày thành vật đúc (a > b).

- Dung sai phụ thuộc phương pháp đúc, loại khuôn, mẫu, hợp lõi.

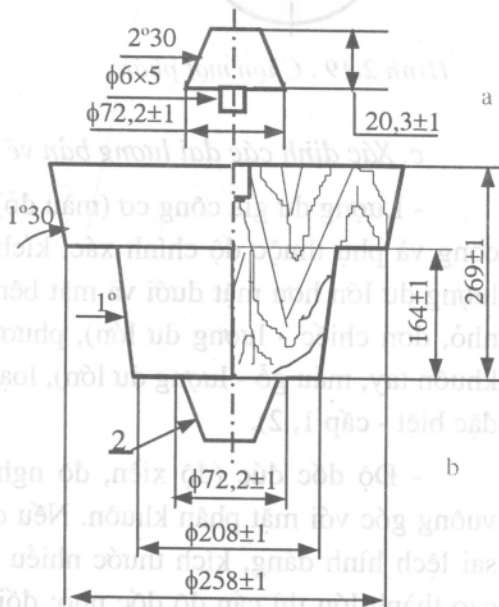
2.3.5. Thành lập bản vẽ mẫu

Bản vẽ mẫu (hình 2.22) tương ứng bản vẽ đúc, vẽ theo mặt phân khuôn, có đủ hình chiếu, kích thước chế tạo, mặt cắt (kim loại, thớ gỗ, cách ghép gỗ), chốt định vị, mẫu sơn và dung sai.

a. Mặt phân mẫu



Hình 2.21. Bản vẽ đúc



Hình 2.22. Bộ mẫu
a. Mẫu trên; b. Mẫu dưới

thường trùng với mặt phân khuôn, cũng có thể chọn khác đi tùy theo yêu cầu của việc phân chia mẫu để dễ rút mẫu.

b. Mẫu trên tính từ mặt phân mẫu trở lên.

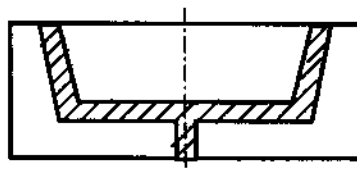
c. Mẫu dưới tính từ mặt phân mẫu trở xuống.

d. Mẫu giữa dùng cho những chi tiết phức tạp (có nhiều mặt phân mẫu).

e. Kích thước mẫu theo đường bao, có dung sai mẫu để chế tạo. Chuẩn kích thước tính từ mặt phân mẫu.

Độ hút mẫu tính vào kích thước chế tạo. Độ co kim loại vật đúc được thể hiện trong thước mẫu (màu sơn theo vật liệu đúc, tương ứng với độ co kim loại vật đúc).

Mẫu gỗ phải thể hiện thớ gỗ (ghép trái thớ để chống cong vênh, biến dạng). Gỗ được sấy khô, ghép lại rồi tạo hình, đánh bóng và sơn màu để chống hút ẩm, tăng độ bền mẫu và dễ rút mẫu.

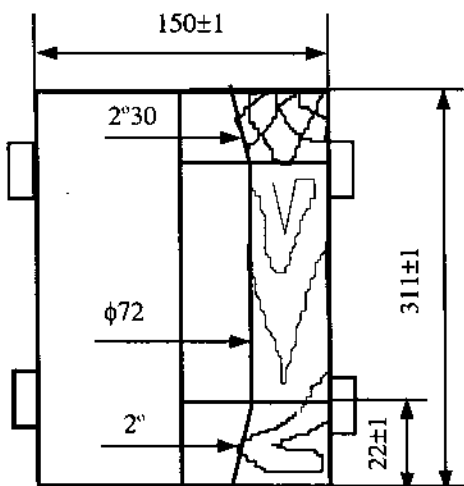


Hình 2.23. Hộp lõi nguyên

g. Qui ước về màu sơn của bộ mẫu

- Vật đúc bằng gang - màu đỏ;
- Vật đúc bằng thép - màu xanh;
- Vật đúc kim loại màu - màu vàng;
- Tai gối mẫu - màu đen;
- Phần chấm đen trên mẫu

chỉ những bộ phận quan trọng mà thợ đúc cần lưu ý (như độ chính xác kích thước, hình dáng, vị trí, độ đồng đều vật liệu, độ hạt...).



Hình 2.24. Hộp lõi hai nửa

2.3.6. Bản vẽ hộp lõi

Bản vẽ hộp lõi phải theo mặt phân chia hộp lõi, có đủ hình

chiều, kích thước chế tạo, mặt cắt, thớ gỗ, cách ghép gỗ, chốt định vị, mẫu sơn... (qui ước như bản vẽ mẫu). Bản vẽ hộp lõi căn cứ vào loại lõi (lõi đứng, lõi ngang), hộp lõi nguyên (hình 2.23), hộp lõi hai nửa (hình 2.24) hay hộp lõi lắp ghép. Giữa các phần của hộp lõi phải có chốt và lỗ định vị để lắp ghép.

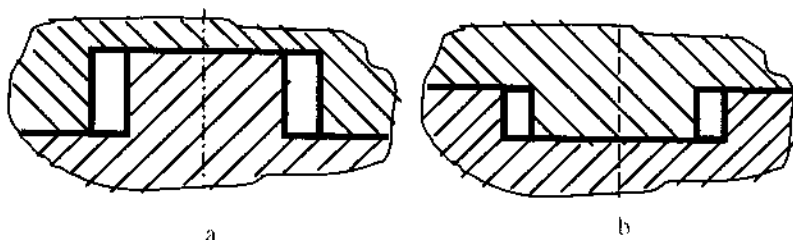
Kích thước hộp lõi theo đường bao, có dung sai để chế tạo. Chuẩn kích thước tính từ mặt phân chia hộp lõi.

2.3.7. Thiết kế lõi, gôi lõi, khe hở gôi lõi

a. Lõi (còn gọi là ruột, thao)

Lõi để tạo lỗ hoặc phân lõm trong vật đúc và được thiết kế theo nguyên tắc:

+ Đối với lỗ nhỏ cần gia công có thể thêm lượng dư kỹ thuật (lượng thừa) sau khi đúc sẽ gia công. Những lỗ không gia công đều phải làm lõi.



Hình 2.25. Phần nhô thay thế lõi

a. Phần nhô ở khuôn dưới;

b. Phần nhô ở khuôn trên

+

Số lượng lõi là ít nhất.

+ Khi $\frac{D}{L} \geq 0,85$ có thể dùng phần nhô khuôn dưới thay thế lõi.

+ Khi $\frac{D}{L} \geq 3$ có thể dùng phần nhô (hình 2.25) ở khuôn trên

hoặc khuôn

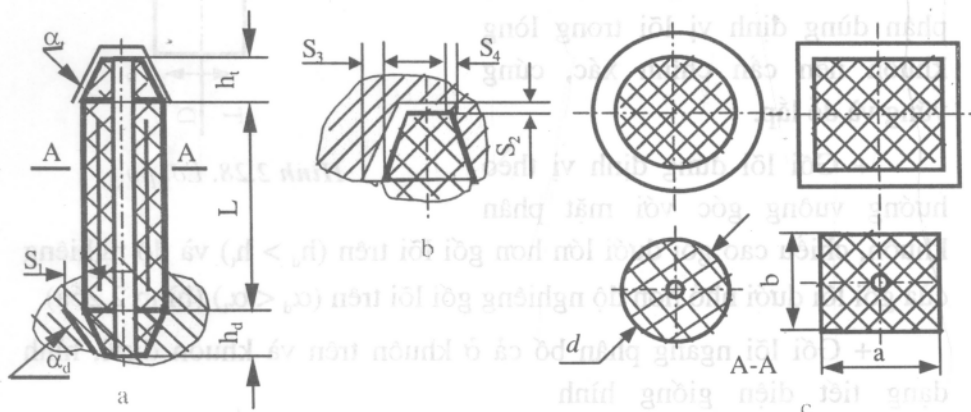
dưới; cũng có thể bố trí phần nhô ở cả khuôn trên và khuôn dưới.

Lõi phải có đầy đủ kích thước, gôi lõi, khe hở gôi lõi, rãnh thoát khí, xương lõi... Theo quy ước, lõi và gôi lõi dùng gạch chéo màu

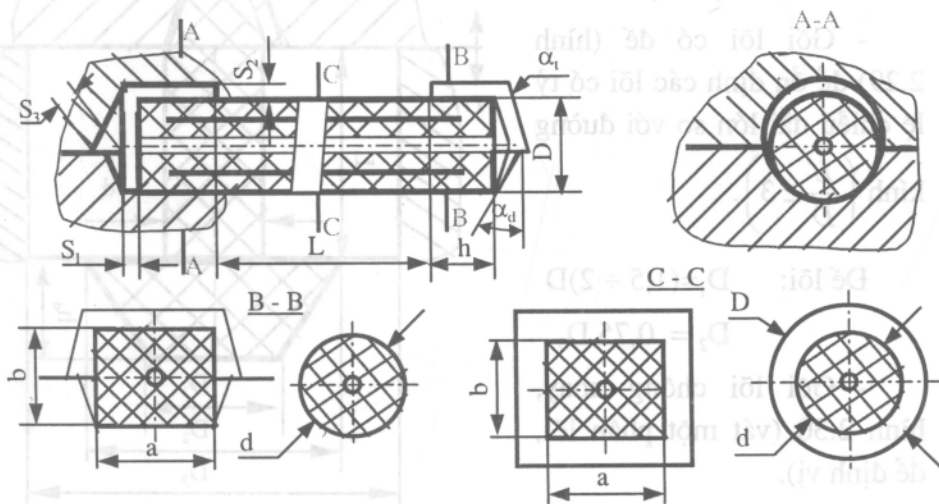
xanh để ký hiệu.

Lỗ đứng (hình 2.26a) không có lực đẩy lỗ nên ổn định, tiết diện ngang của lỗ như trên hình 2.26c.

Lỗ ngang có tiết diện lỗ và gổì lỗ như nhau (hình 2.27), có lực đẩy lỗ.



Hình 2.26. Lỗ đứng: a. Lỗ đứng; b. Gổì lỗ đứng; c. Tiết diện ngang của lỗ



Hình 2.27. Lỗ ngang, gổì lỗ ngang và khe hở gổì lỗ ngang

Lỗ phức tạp có thể phân chia thành nhiều lỗ đơn giản, sau chế tạo sẽ ghép lại, cũng có thể ghép nhiều lỗ lại thành một khối lỗ (ví dụ, hình 2.12b) hoặc có thể kết hợp cả lỗ và phần nhô.

Lỗ phụ dùng cho những trường hợp đặc biệt. Ví dụ, chi tiết cho trên hình 2.28 không có lỗ nhưng yêu cầu độ chính xác và độ đồng tâm cao nên phải làm lỗ phụ.

b. Gối lỗ (gác lỗ) là bộ phận dùng định vị lỗ trong lòng khuôn nên cần chính xác, cứng vững và dễ lắp.

+ Gối lỗ đứng định vị theo hướng vuông góc với mặt phân khuôn, chiều cao gối dưới lớn hơn gối lỗ trên ($h_d > h_u$) và độ nghiêng của gối lỗ dưới nhỏ hơn độ nghiêng gối lỗ trên ($\alpha_d < \alpha_u$) (hình 2.26a).

+ Gối lỗ ngang phân bố cả ở khuôn trên và khuôn dưới, hình dạng tiết diện giống hình dạng tiết diện lỗ (hình 2.27).

c. Gối lỗ đặc biệt

- Gối lỗ có đế (hình 2.29) để ổn định các lỗ có tỷ lệ chiều dài lớn so với đường kính ($\frac{L}{D} \geq 3$).

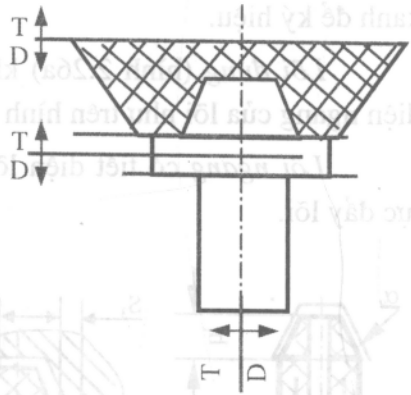
Đế lỗ: $D_1 = (1,5 \div 2)D$

$D_2 = 0,75 D_3$

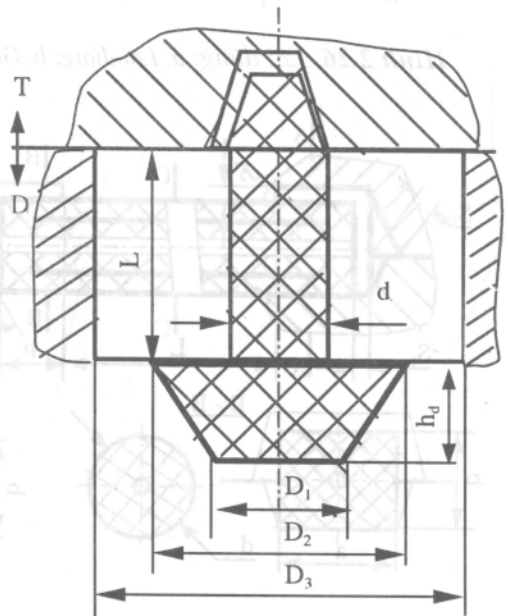
- Gối lỗ chống xoay, hình 2.30 (vát một phần lỗ, để định vị).

- Gối lỗ chống dịch dọc cho lỗ ngang (hình 2.31).

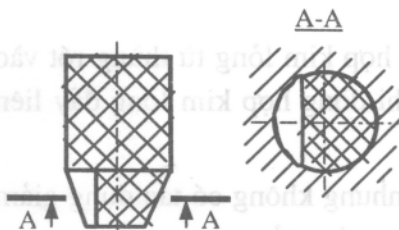
d. Khe hở gối lỗ đứng có thể bố trí 1 phía, 2 phía hoặc 3 phía (gối trên) như hình 2.26a và 2.26b. Khe hở gối lỗ ngang giới thiệu trên hình 2.27.



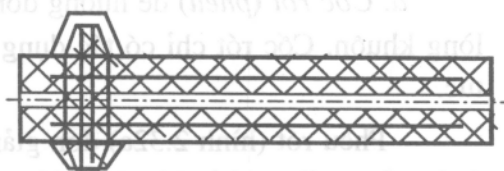
Hình 2.28. Lỗ phụ



Hình 2.29. Gối lỗ có đế



Hình 2.30. Gối lõi chống xoay



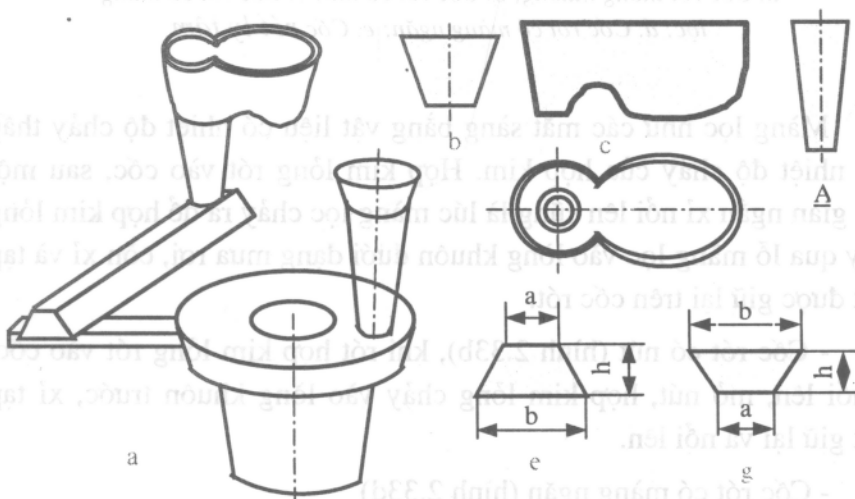
Hình 2.31. Gối lõi chống dịch dọc

2.4. Thiết kế hệ thống rót

2.4.1. Yêu cầu đối với hệ thống rót

- Dòng chảy của kim loại lỏng êm, liên tục, không va đập đột ngột, không tạo dòng xoáy gây vỡ lỗ lòng khuôn, lõi.
- Không dẫn xỉ, tạp chất, các loại khí... vào lòng khuôn.
- Điền đầy nhanh, không hao phí nhiệt (không giảm tính chảy loãng).
- Tiết kiệm kim loại, không hao phí kim loại cho hệ thống rót.
- Điều hòa được nhiệt trong lòng khuôn, tạo điều kiện cho hợp kim lỏng đông đặc theo hướng có lợi nhất, đồng thời bổ sung kim loại lỏng khi đông đặc.

2.4.2. Các bộ phận cơ bản của hệ thống rót (hình 2.32 và 2.33)



Hình 2.32. Hệ thống rót

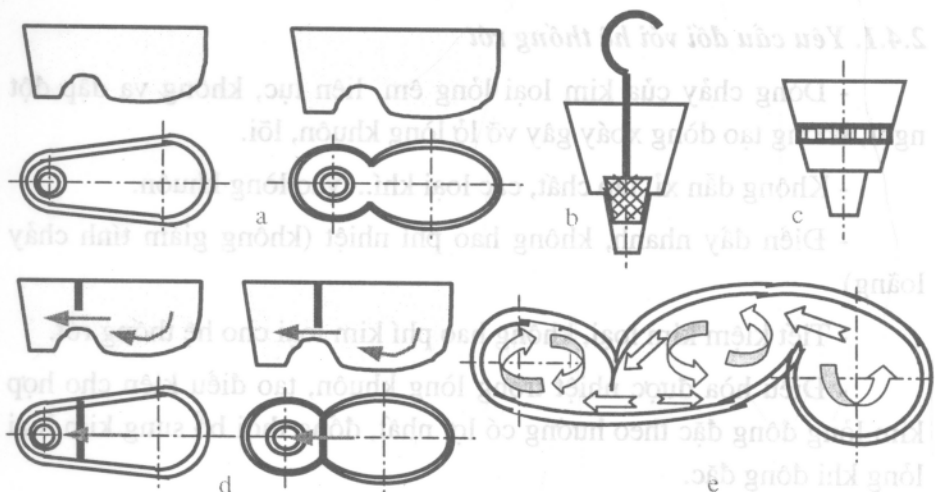
a. Vật đúc và hệ thống rót; b. Phễu rót; c. Ống rót (dầu ngót, dầu hơi);
d. Cốt rót; e. Tiết diện rãnh lọc xỉ; g. Tiết diện rãnh dẫn

a. Cốc rót (phễu) để hướng dòng hợp kim lỏng từ thùng rót vào lòng khuôn, Cốc rót chỉ có tác dụng khi dòng hợp kim lỏng đầy liên tục.

- Phễu rót (hình 2.32a) đơn giản nhưng không có tác dụng giảm áp lực động dòng chảy kim loại, không gạn lọc xỉ.

- Cốc rót thông thường (hình 2.32c và hình 2.33a): hình dáng kích thước phụ thuộc vào vật đúc và yêu cầu đảm bảo chất lượng

- Cốc rót có màng lọc (hình 2.33c).



Hình 2.33. Các loại cốc rót

a. Cốc rót thông thường; b. Cốc rót có nút; c. Cốc rót có màng lọc; d. Cốc rót có màng ngăn; e. Cốc rót ly tâm

Màng lọc như các mắt sàng bằng vật liệu có nhiệt độ chảy thấp hơn nhiệt độ chảy của hợp kim. Hợp kim lỏng rót vào cốc, sau một thời gian ngắn xỉ nổi lên cũng là lúc màng lọc chảy ra để hợp kim lỏng chảy qua lỗ màng lọc vào lòng khuôn dưới dạng mưa rơi, còn xỉ và tạp chất được giữ lại trên cốc rót.

- Cốc rót có nút (hình 2.33b), khi rót hợp kim lỏng rót vào cốc, xỉ nổi lên, mở nút, hợp kim lỏng chảy vào lòng khuôn trước, xỉ tạp chất giữ lại và nổi lên.

- Cốc rót có màng ngăn (hình 2.33d)

Màng ngăn, ngăn cách giữa 2 vùng. Hợp kim lỏng được rót vào

cốc, xỉ nổi lên, màng ngăn giữ lại, còn hợp kim lỏng chảy ở dưới sát đáy cốc để đi vào ống rót, vào lòng khuôn.

- Cốc rót ly tâm (hình 2.33e) có cấu tạo đặc biệt. Khi rót hợp kim lỏng vào tạo dòng xoáy, xỉ tạp chất tập trung ở giữa, hợp kim lỏng theo lực ly tâm chuyển ra vùng xoáy khác để vào ống rót, dẫn vào lòng khuôn. Cốc rót ly tâm chế tạo phức tạp, giá thành cao.

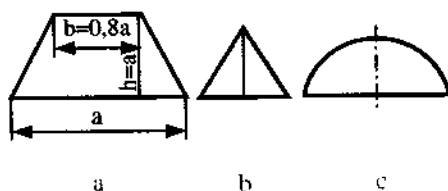
b. Ống rót là phần nối cốc rót xuống rãnh lọc xỉ, nó có độ dốc $(10 \div 15)\%$.

Để hạn chế tốc độ dòng chảy, có thể dùng ống rót bậc, ống rót hình sin. Các loại ống rót này phức tạp, giá thành cao, thường dùng cho khuôn kim loại.

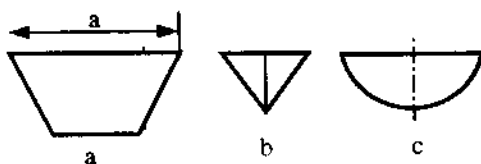
c. Rãnh lọc xỉ để gạn lọc xỉ (tốc độ càng nhỏ, xỉ nổi càng triệt để). Rãnh lọc xỉ bố trí ở khuôn trên, có tiết diện ngang hình thang, tam giác hoặc bán nguyệt (hình 2.34).

Khi cần lọc xỉ tốt và giảm áp lực có thể dùng rãnh bậc hoặc có màng ngăn (chế tạo phức tạp).

d. Rãnh dẫn để dẫn hợp kim lỏng từ rãnh lọc xỉ vào lòng khuôn. Rãnh dẫn bố trí ở dưới rãnh lọc xỉ và đặt ở khuôn dưới. Rãnh dẫn có tiết diện ngang hình thang, tam giác hoặc bán nguyệt (hình 2.35), kích thước phù hợp với khối lượng và chiều dày thành vật đúc cho một hoặc nhiều rãnh (rãnh thẳng hoặc cong). Đối với vật đúc cao, mỏng có thể bố trí rãnh dẫn nhiều tầng, khe mỏng, rãnh dẫn giọt mưa (bổ sung kim loại tốt, nguội đều).



Hình 2.34. Rãnh lọc xỉ với tiết diện
a. Hình thang; b. Tam giác; c. Bán nguyệt



Hình 2.35. Rãnh dẫn với tiết diện
a. Hình thang; b. Tam giác; c. Bán nguyệt
 $b = (0,7 \div 0,9)a$
 $h = (0,1 \div 0,5)a$

Chú ý: Các bộ phận của hệ thống rót không bố trí ngay ở đầu cuối (mút) của nhau.

2.4.3. Các loại hệ thống rót

a. *Rót trực tiếp* (hình 2.36a) đơn giản, dễ chế tạo nhưng không gọn lọc xỉ, do đó trong vật đúc dễ lẫn tạp chất và rỗ khí (khó thoát khí). Hệ thống rót này chỉ dùng cho vật đúc lớn, đơn giản, chất lượng vật đúc không cao.

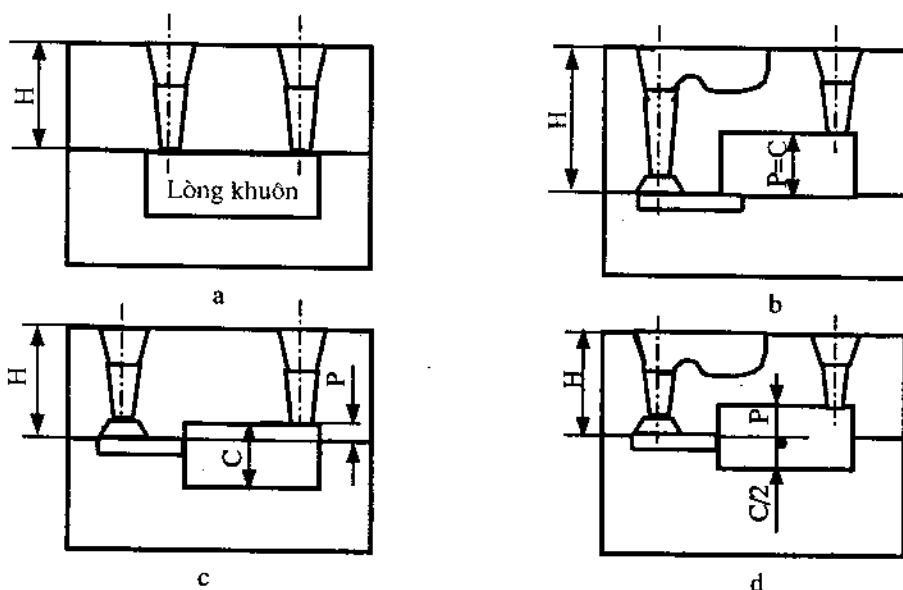
b. *Rót xiphông* (rót đùn) có dòng chảy êm, bổ sung kim loại và điều hòa nhiệt tốt. Vì rót từ dưới lên nên thoát khí tốt, chất lượng vật đúc cao nhưng chế tạo phức tạp chỉ thích hợp với vật đúc nhỏ, chất lượng yêu cầu cao hoặc với khuôn kim loại.

c. *Rót bên hông qua mặt phân khuôn vào lòng khuôn*

- Khi lòng khuôn không đối xứng

+ Rót qua mặt phân khuôn (hình 2.36c) vật đúc đơn giản, chiều cao ngắn, dễ sửa chữa khuôn trên và dễ lắp khuôn, nhưng dễ tạo dòng xoáy, gây vỡ lở lòng khuôn, lõi (vì áp lực động dòng chảy lớn).

+ Rót từ đáy lòng khuôn lên (như rót xiphông, hình 2.36b).



Hình 2.36. Các loại hệ thống rót

a. Rót trực tiếp; b. Rót xiphông (rót đùn); c. Rót qua mặt phân khuôn lòng khuôn không đối xứng; d. Rót qua mặt phân khuôn lòng khuôn đối xứng

- Khi lòng khuôn đối xứng (hình 2.36d).

Rót qua mặt phân khuôn đối xứng dùng cho vật đúc có mặt phân khuôn đi qua giữa (phân bố đối xứng), lòng khuôn phân bố đều trên 2 hòm khuôn.

Loại này dễ làm khuôn, dễ sửa chữa lòng khuôn, dễ lắp khuôn và lõi.

2.4.4. Tính toán, thiết kế hệ thống rót

Dòng chảy của hợp kim lỏng đi qua hệ thống rót, điền đầy lòng khuôn và chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Khi tính toán thiết kế hệ thống rót cần sử dụng các yếu tố sau:

a. *Lý thuyết dòng chảy* (có thể tra bảng theo sổ tay đúc), xác định ảnh hưởng của khối lượng và chiều dày thành vật đúc.

b. *Đồ thị (tuyến đồ)* được thiết lập theo một số dữ liệu cho trước.

c. *Dùng phương pháp thủy lực học*, ví dụ, phương pháp E. Zandite:

Khối lượng vật đúc (cả hệ thống rót, đầu ngót, đầu hơi) chảy qua tiết diện rãnh dẫn trong thời gian t , với tốc độ dòng chảy v , khối lượng riêng của hợp kim lỏng γ , có thể tính khối lượng m như sau (sơ đồ hình 2.37):

$$m = \gamma \cdot \Sigma F_{rd} \cdot v \cdot t \quad (1)$$

Vậy
$$\Sigma F_{rd} = \frac{m}{\gamma \cdot v \cdot t} \quad (2)$$

Theo phương trình thủy lực Becnuli:

$$v = \mu \sqrt{2g \cdot H_P} \quad (3)$$

Trong đó:

m - khối lượng vật đúc (cả hệ thống rót, đầu ngót, đầu hơi), (g);

ΣF_{rd} - tổng tiết diện rãnh dẫn, (cm²);

v - tốc độ dòng chảy, (cm²/s);

t - thời gian điền đầy, (s);

γ - khối lượng riêng của hợp kim lỏng, (g/cm^3);

$g = 981 \text{ cm/s}^2$ - gia tốc trọng trường

μ - hệ số sức cản thủy lực: $\mu = \mu_1 \cdot \mu_2$

μ_1 - hệ số sức cản trong hệ thống rót;

μ_2 - hệ số sức cản trong lòng khuôn;

H_p - chiều cao cột áp (áp suất thủy tĩnh cột kim loại lỏng), (cm):

$$H_p = \frac{2H.C - P^2}{2C} = H - \frac{P^2}{2C} \quad (4)$$

Công thức (4), xác định theo sơ đồ hình 2.36 và 2.37, căn cứ vào kích thước sơ bộ của hòm khuôn và vị trí đặt hệ thống rót, trong đó:

H - chiều cao cột kim loại lỏng, tính từ chỗ dẫn kim loại vào khuôn đến mặt thoáng, (cm);

C - chiều cao vật đúc, (cm);

P - chiều cao vật đúc, tính từ chỗ dẫn kim loại vào khuôn trở lên.

Khi H quá lớn, áp lực tăng, điền đầy nhanh nhưng dòng chảy không êm. Ngược lại, khi H nhỏ, áp suất thủy tĩnh không đủ lớn, điền đầy chậm, chất lượng hợp kim đúc kém.

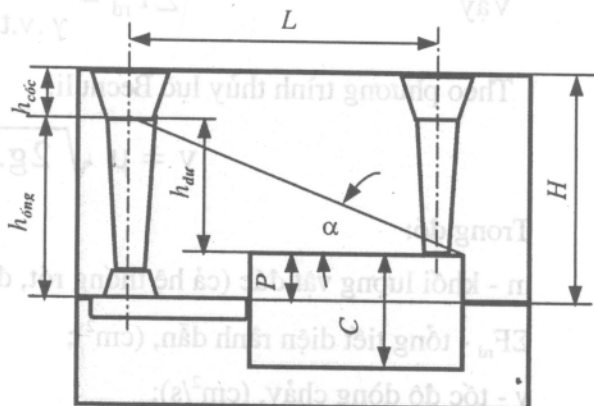
Cột áp suất dư tối thiểu có thể xác định theo công thức:

$$h_{\text{dư min}} = L \cdot \text{tg} \alpha$$

Trong đó:

L - khoảng cách từ tâm ống rót đến vị trí xa nhất của lòng khuôn theo phương nằm ngang.

α - góc nghiêng phụ thuộc khoảng cách L và



Hình 2.37. Xác định chiều cao cột áp suất

chiều dày thành vật đúc (hình 2.37).

Ta có: $h_{\text{ống}} = h_{\text{đu}} + P$

và $H = h_{\text{ống}} + h_{\text{cốc}}$

$$H = h_{\text{đu}} + h_{\text{cốc}} + P$$

Để tiết kiệm vật liệu và giảm nhẹ khối lượng khuôn trên, có thể chế tạo cốc rớt rời, nhưng cũng phải có thêm các đầu ngót, đầu hơi có chiều cao tương ứng, nên quá trình chế tạo cũng phức tạp hơn.

- Khi rót trực tiếp: $P = 0$ ta có $H_p = H$.

- Khi rót qua mặt phân khuôn đối xứng của vật đúc:

$$P = \frac{1}{2}C \text{ ta có } H_p = H - \frac{C}{8}$$

- Khi rót đùn (rót xiphông):

$$P = C \text{ ta có } H_p = H - \frac{C}{2}$$

Thời gian điền đầy khuôn phụ thuộc vào khối lượng vật đúc, chiều dày thành và loại hợp kim đúc. Có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

- Đối với vật đúc bằng gang, thép, khối lượng < 450 kg, chiều dày thành mỏng (< 15 mm):

$$t = S_1 \sqrt{m} \quad (5)$$

- Đối với vật đúc khối lượng lớn < 10.000 kg:

$$t = S_2 \sqrt[3]{m} \quad (6)$$

Trong đó: S_1, S_2 - hệ số phụ thuộc chiều dày thành vật đúc (tra bảng).

Thay (3), (4), (5) hoặc (6) vào công thức (2) ta có:

$$\Sigma F_{\text{rd}} = \frac{m}{\gamma \cdot t \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \sqrt{2gH_p}}$$

Với vật đúc bằng gang ($\gamma = 7,8 \text{ g/cm}^3$) ta có công thức rút gọn:

$$\Sigma F_{rd} = \frac{m}{0,31 \cdot \mu \cdot \sqrt{H_p}}$$

Tính rãnh lọc xỉ và ống rót theo tỷ lệ thực nghiệm:

- Đối với vật đúc nhỏ, thành mỏng, khối lượng $m < 100$ kg:

$$\Sigma F_{\text{rãnh dẫn}} : F_{\text{rãnh lọc xỉ}} : F_{\text{ống rót}} = 1 : 1,06 : 1,11$$

- Đối với vật đúc trung bình, khối lượng $[m = (100 \div 500)]$ kg:

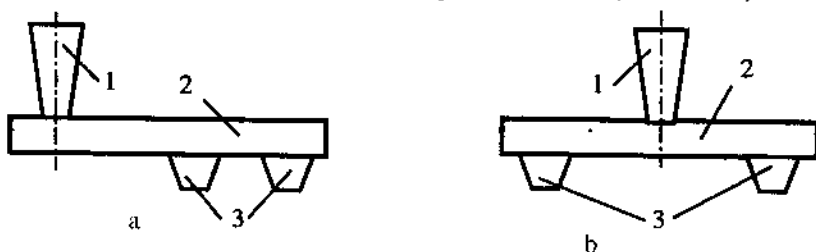
$$\Sigma F_{\text{rãnh dẫn}} : F_{\text{rãnh lọc xỉ}} : F_{\text{ống rót}} = 1 : 1,1 : 1,15$$

- Đối với vật đúc lớn, khối lượng $m > 500$ kg:

$$\Sigma F_{\text{rãnh dẫn}} : F_{\text{rãnh lọc xỉ}} : F_{\text{ống rót}} = 1 : 1,2 : 1,4$$

Chú ý:

- Chân ống rót chia chiều dài rãnh lọc xỉ làm 2 phần đều có đặt rãnh dẫn thì tiết diện ngang của rãnh lọc xỉ phải chia đôi (hình 2.38).



Hình 2.38 Bố trí hệ thống rót

a. Rãnh dẫn phân bố 1 phía ($S_{rd} = F_{rd}$); b. Rãnh dẫn phân bố 2 phía ($S_{rd} = 0,5 F_{rd}$)

1. Ống rót; 2. Rãnh lọc xỉ; 3. Rãnh dẫn

- Ống rót có độ dốc 1:100.
- Nếu $\Sigma F_{rd} \geq 40 \text{ cm}^2$, lấy ≥ 2 rãnh.
- Rãnh dẫn (ở khuôn dưới), rãnh lọc xỉ (ở khuôn trên) đều qua mặt phân khuôn.
- Không đặt các bộ phận này ở phần cuối (đầu mút) của nhau.

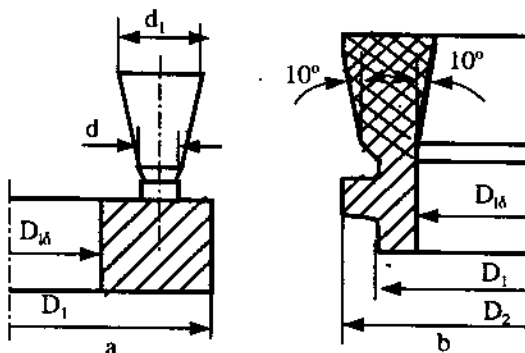
2.4.5. Đậu ngót, đậu hơi (hình 2.39)

a. Đậu ngót cân bố trí tại những chỗ phù hợp, có lợi nhất (chỗ tập trung kim loại, ngụt cuối cùng, tránh rõ khí, thoát khí từ dưới lên,

bù ngót, bổ sung kim loại khi đông đặc).

- Đậu ngót hờ chế tạo đơn giản, áp lực lớn, dễ bổ sung kim loại, dễ thoát hơi (có thể kiểm đậu hơi), dễ quan sát khi điền đầy hợp kim lỏng.

Đậu ngót phải có độ cao ngang mặt thoáng của cốc rót, đủ áp lực để bù ngót tốt, đủ lớn để đông đặc cuối cùng và bù ngót nhưng không lãng phí kim loại. Chân đậu ngót phải dễ cắt, không làm hỏng vật đúc.



Hình 2.39. Đậu ngót hờ (đậu hơi)

a. Đậu ngót dễ cắt; b. Đậu ngót vòng

Đối với vật đúc

bằng gang xám nhỏ, hành mỏng không cần đậu ngót.

- Đậu hơi thường bố trí ở những vị trí cao nhất của vật đúc (lòng khuôn) để thoát hết khí.

2.5. Quy trình công nghệ làm khuôn (lõi) cát bằng tay

2.5.1. Bản vẽ sơ đồ quá trình làm khuôn

Bản vẽ đó chính là quy trình công nghệ làm khuôn (làm lõi), trên nó ghi rõ thứ tự các bước thực hiện khi làm khuôn (lõi). Các bản vẽ này là sơ đồ nguyên lý, không yêu cầu tỷ lệ.

Sau đây là một số ví dụ về sơ đồ, quá trình làm khuôn cát và lõi cát bằng tay.

2.5.2. Làm khuôn cát trong 2 hòm khuôn, lõi đứng (hình 2.40) bao gồm các bước sau:

①. Làm khuôn dưới

- Đặt mẫu dưới lên tấm mẫu.
- Đặt hòm khuôn dưới, xương khuôn (nếu cần).
- Đổ hỗn hợp làm khuôn (rải cát áo, đổ cát đậm).
- Đầm chặt và tạo lỗ, rãnh thoát khí.

②. Làm khuôn trên

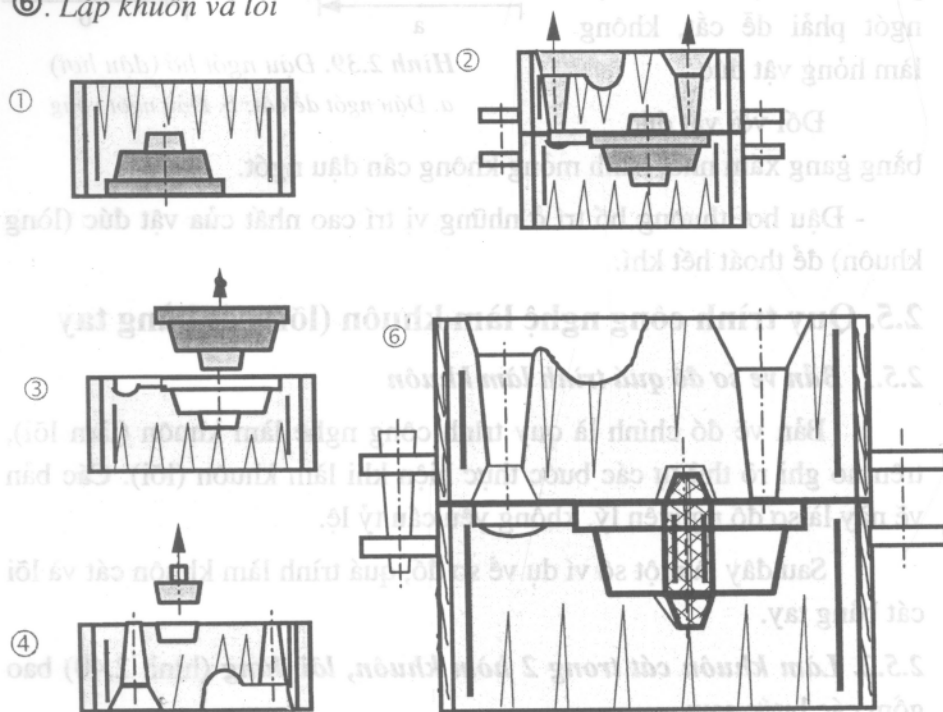
- Lật hòm khuôn dưới, lắp mẫu trên.
- Lắp hòm khuôn trên, đặt mẫu phụ.
- Đổ hỗn hợp, đầm chặt, tạo lỗ thoát khí.
- Rút các mẫu phụ (mẫu hệ thống rút).
- Lật hòm khuôn trên.

③. Rút mẫu dưới

④. Rút mẫu trên

⑤. Tạo rãnh dẫn, sửa khuôn

⑥. Lắp khuôn và lõi



Hình 2.40. Quá trình làm khuôn cát trong hai hòm khuôn với lõi đứng

2.5.3. Làm khuôn cát trong 2 hòm khuôn, lõi ngang (hình 2.41) như sau :

①. Làm khuôn dưới

- a. Đặt mẫu dưới 2 lên tấm mẫu 1, đặt hòm khuôn dưới 3.

b. Phủ cát áo.

c. Đổ cát đệm.

d. Đầm chặt, tạo lỗ thoát khí.

②. Làm khuôn trên

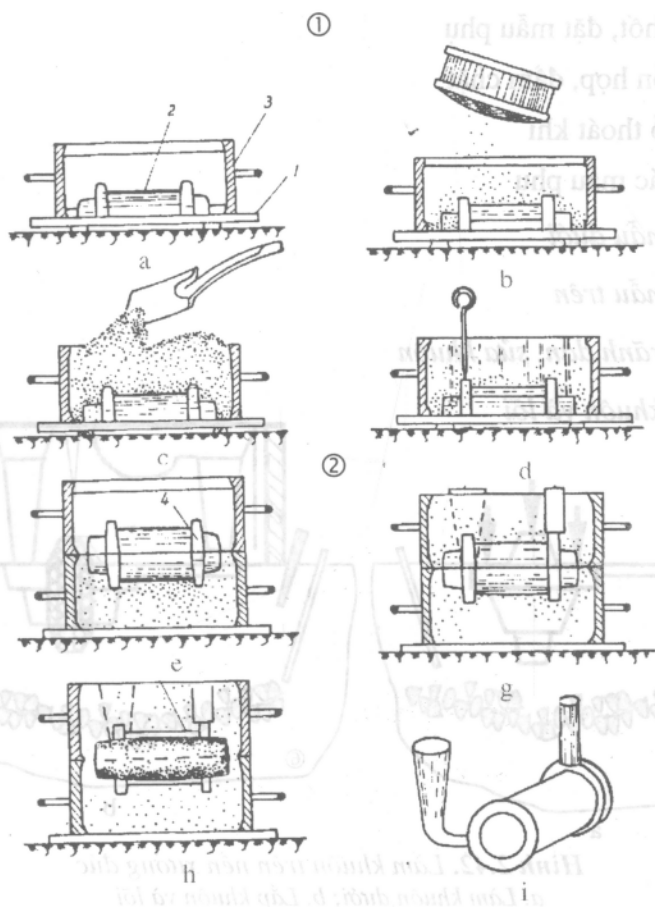
e. Lật hòm khuôn dưới, lắp mẫu trên 4, lắp hòm khuôn trên.

g. Đặt mẫu phụ, phủ cát áo, đổ hỗn hợp, đấm chặt, tạo lỗ thoát khí, rút mẫu và mẫu phụ, tạo rãnh dẫn, rãnh lọc xỉ.

h. Sửa khuôn, lắp khuôn, lõi.

i. Vật đúc.

Các bước khác tương tự như làm khuôn cát trong 2 hòm khuôn với lõi đứng.



Hình 2.41. Làm khuôn cát trong 2 hòm khuôn, lõi ngang

2.5.4. Làm khuôn cát trên nền xương đúc (đúc chi tiết lớn, hình 2.42) như sau :

①. *Làm khuôn trên nền xương đúc* (thay thế bước làm khuôn dưới)

- Đào hố cát, đầm chặt
- Đặt sỏi, xỉ, đặt ống thoát khí
- Đổ cát đệm, đổ cát áo
- Nén mẫu dưới xuống
- Rải lớp phân cách

②. *Làm khuôn trên*

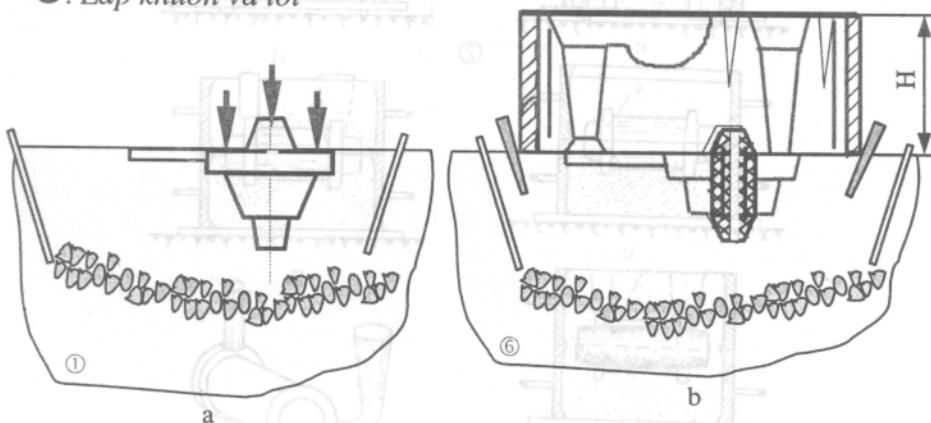
- Lắp mẫu trên
- Đặt hòm khuôn trên
- Lắp chốt, đặt mẫu phụ
- Đổ hỗn hợp, đầm chặt
- Tạo lỗ thoát khí
- Rút các mẫu phụ

③. *Rút mẫu dưới*

④. *Rút mẫu trên*

⑤. *Tạo rãnh dẫn, sửa khuôn*

⑥. *Lắp khuôn và lõi*



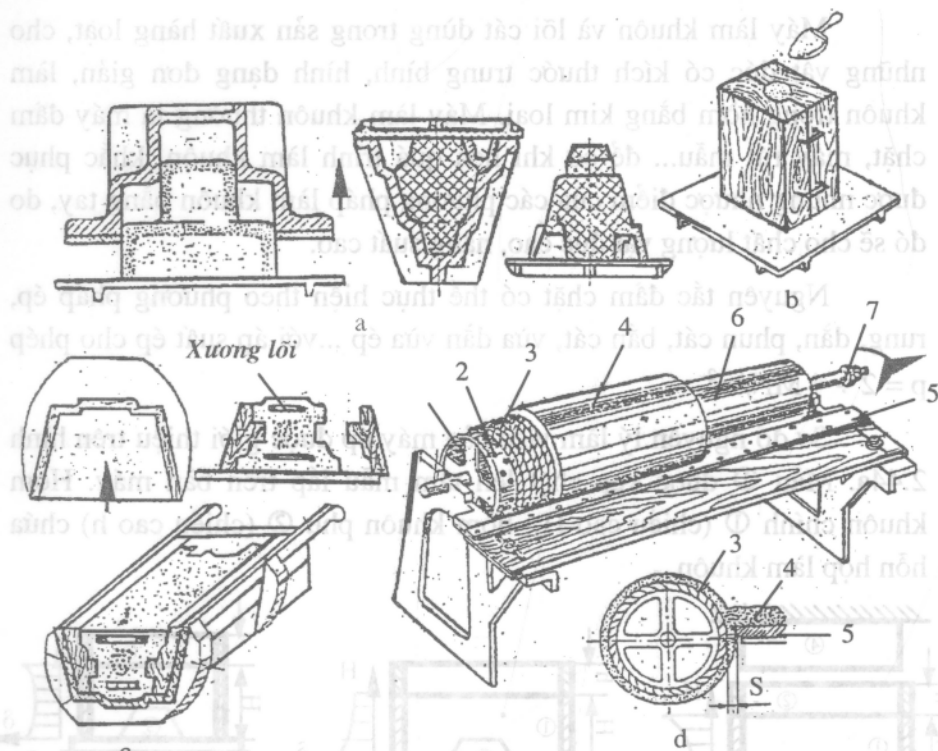
Hình 2.42. Làm khuôn trên nền xương đúc
a. Làm khuôn dưới; b. Lắp khuôn và lõi

2.5.5. Làm lõi cát

Lõi có yêu cầu độ bền, độ chịu nhiệt, độ thông khí, tính lún... cao hơn khuôn. Đặt xương lõi để tăng thêm độ bền. Muốn tăng tính thông khí có thể làm rãnh thoát khí qua gối lõi hay qua mặt phân khuôn.

Hình 2.43a là các phương pháp làm lõi trong hộp lõi nguyên.

Hình 2.43b giới thiệu phương pháp làm lõi trong hộp lõi hai nửa.



Hình 2.43. Làm lõi cát

- a. Làm lõi cát trong hộp lõi nguyên; b. Làm lõi cát trong hộp lõi hai nửa
c. Làm lõi cát trong hộp lõi lắp ghép; d. Làm lõi cát bằng đường gạt
1. Ống kim loại; 2. Lỗ thoát khí; 3. Thùng rơm; 4. Hỗn hợp làm lõi

Hình 2.43c giới thiệu một phương pháp làm lõi trong hộp lõi lắp ghép cho những loại lõi có hình dáng phức tạp. Hộp lõi lắp ghép có nhiều mảnh, được lắp vào khi làm lõi. Khi mở hộp lõi phải tháo ra từng mảnh để lấy lõi ra.

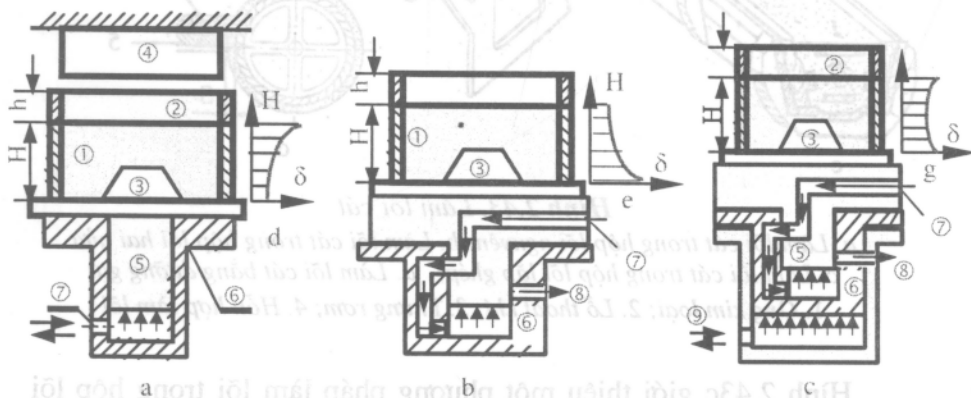
Đối với các loại lõi cát lớn, tròn xoay có thể làm lõi bằng dưỡng gạt như hình 2.43d. Ống kim loại 1 như xương lõi (đã khoan nhiều lỗ thoát khí 2) xung quanh quần thùng rơm 3 (để tạo độ co và thoát khí), đặt lên hệ thống bàn quay 7 có dưỡng gạt 5 (giống đường sinh của lõi 6). Phủ hỗn hợp cát 4 lên và nén chặt (như khi làm khuôn). Quay hệ thống lõi bằng tay quay và đưa dưỡng gạt vào để cắt các lớp cát, tạo hình đến khi đúng kích thước của lõi. Đưa lõi đi sấy.

2.6. Làm khuôn và lõi cát bằng máy

Máy làm khuôn và lõi cát dùng trong sản xuất hàng loạt, cho những vật đúc có kích thước trung bình, hình dạng đơn giản, làm khuôn trong hòm bằng kim loại. Máy làm khuôn thường là máy đầm chặt, máy rút mẫu... để cơ khí hoá quá trình làm khuôn, khắc phục được những nhược điểm của các phương pháp làm khuôn bằng tay, do đó sẽ cho chất lượng vật đúc cao, năng suất cao.

Nguyên tắc đầm chặt có thể thực hiện theo phương pháp ép, rung, dần, phun cát, bắn cát, vừa dần vừa ép ... với áp suất ép cho phép $p = 2 \div 4 \text{ MN/m}^2$.

Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy ép được giới thiệu trên hình 2.44a. Mẫu ① được kẹp chặt lên tấm mẫu lắp trên bàn máy. Hòm khuôn chính ① (chiều cao H), hòm khuôn phụ ② (chiều cao h) chứa hỗn hợp làm khuôn.



Hình 2.44. Làm khuôn bằng máy (sơ đồ nguyên lý làm việc máy đầm chặt)

a. Máy ép; b. Máy dần; c. Máy vừa dần vừa ép; d, e, g. Đồ thị độ đầm chặt

①. Hòm khuôn chính (hỗn hợp làm khuôn); ②. Hòm khuôn phụ; ③. Mẫu;

④. Xà ép; ⑤. Pittông; ⑥. Xylanh; ⑦, ⑧, ⑨. Đường dẫn và thoát khí nén qua van

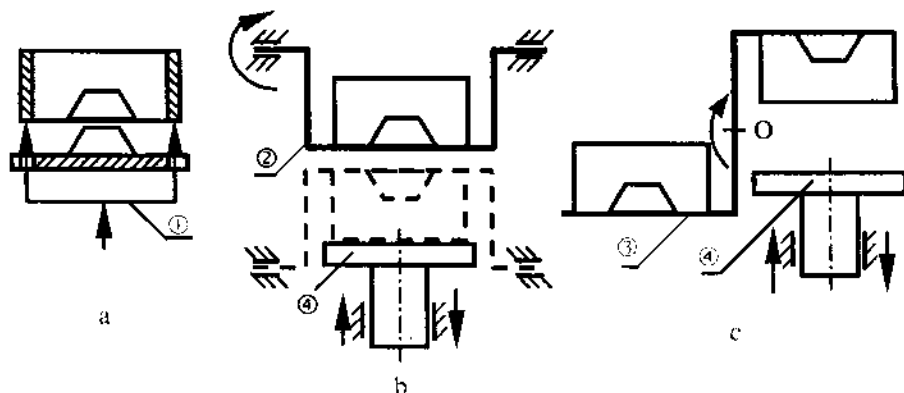
Chày ép ④ được lắp trên xà ép và quay đến vị trí làm việc. Khi mở van ⑦, khí ép đi vào buồng xylanh ⑥, ép lên pittông ⑤ làm cho bàn máy và hòm khuôn đi lên thực hiện quá trình ép. Khi xả khí ép, quay xà ép ra, tiến hành rút mẫu. Độ đầm chặt của khuôn không đều như đồ thị biểu diễn hình 2.44d.

Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy dần giới thiệu trên hình 2.44b. Khí ép từ van ⑦ vào xylanh, đẩy pittông, nâng bàn máy lên, van ⑦ đóng lại, van ⑧ mở ra, khí ép thoát ra đột ngột, bàn máy rơi tự do và đập vào thành xylanh tạo nên lực dần để ép cho hỗn hợp đầm chặt. Độ đầm chặt cũng không đều, được biểu diễn trên đồ thị hình 2.44e.

Máy vừa dần vừa ép (hình 2.44c) khắc phục được nhược điểm của hai loại máy trên nhưng máy có cấu tạo phức tạp.

Hình 2.45a là sơ đồ nguyên lý làm việc của máy rút mẫu kiểu chốt đẩy. Các chốt đẩy ① nâng hòm khuôn lên, mẫu được rút ra kèm tấm mẫu. Máy rút mẫu kiểu bàn quay cho trên hình 2.45b, máy rút mẫu kiểu bàn lật cho trên hình 2.45c. Sau khi làm khuôn trên máy, các máy này quay và lật để bàn đỡ hạ hòm khuôn xuống còn mẫu và tấm mẫu giữ lại để tiếp tục làm khuôn khác.

Làm lõi bằng máy có thể thực hiện bằng phương pháp ép, dần hoặc dùng máy thổi phun cát, bắn cát. Khi đó phải dùng hộp lõi bằng kim loại.



Hình 2.45. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy rút mẫu

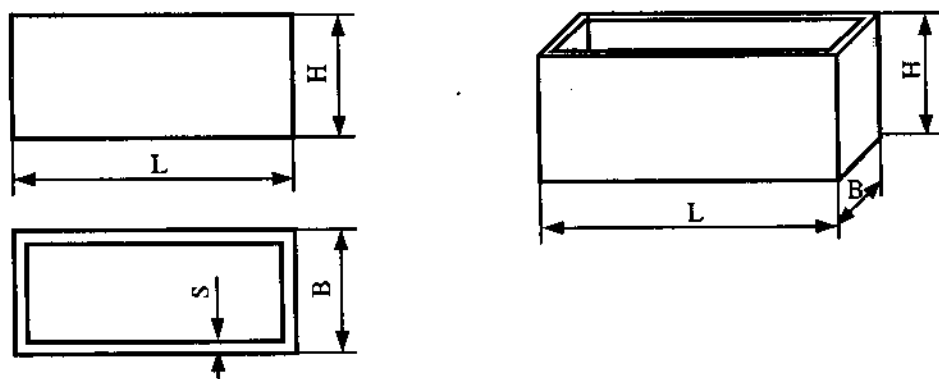
a. Kiểu chốt đẩy ; b. Kiểu bàn quay ; c. Kiểu bàn lật

①. Chốt đẩy hòm khuôn; ②. Bàn quay; ③. Bàn lật; ④. Bàn đỡ

2.7. Lắp lõi, khuôn và kẹp (đè) khuôn

2.7.1. Hòm khuôn

Hòm khuôn bằng gỗ hay bằng kim loại (gang, thép) đủ hình chiếu và kích thước không gian 3 chiều (ví dụ, hình 2.46).



Hình 2.46 Hòm khuôn

- Khoảng cách từ lòng khuôn đến thành hòm khuôn $\geq 50 \div 100$ mm (tùy theo loại khuôn lớn hay nhỏ). Đó là những chỗ rỗng có dẫn kim loại vào, kể cả cốc rót, đầu ngót, đầu hơi, rãnh dẫn, rãnh lọc xỉ, đến thành hòm khuôn...

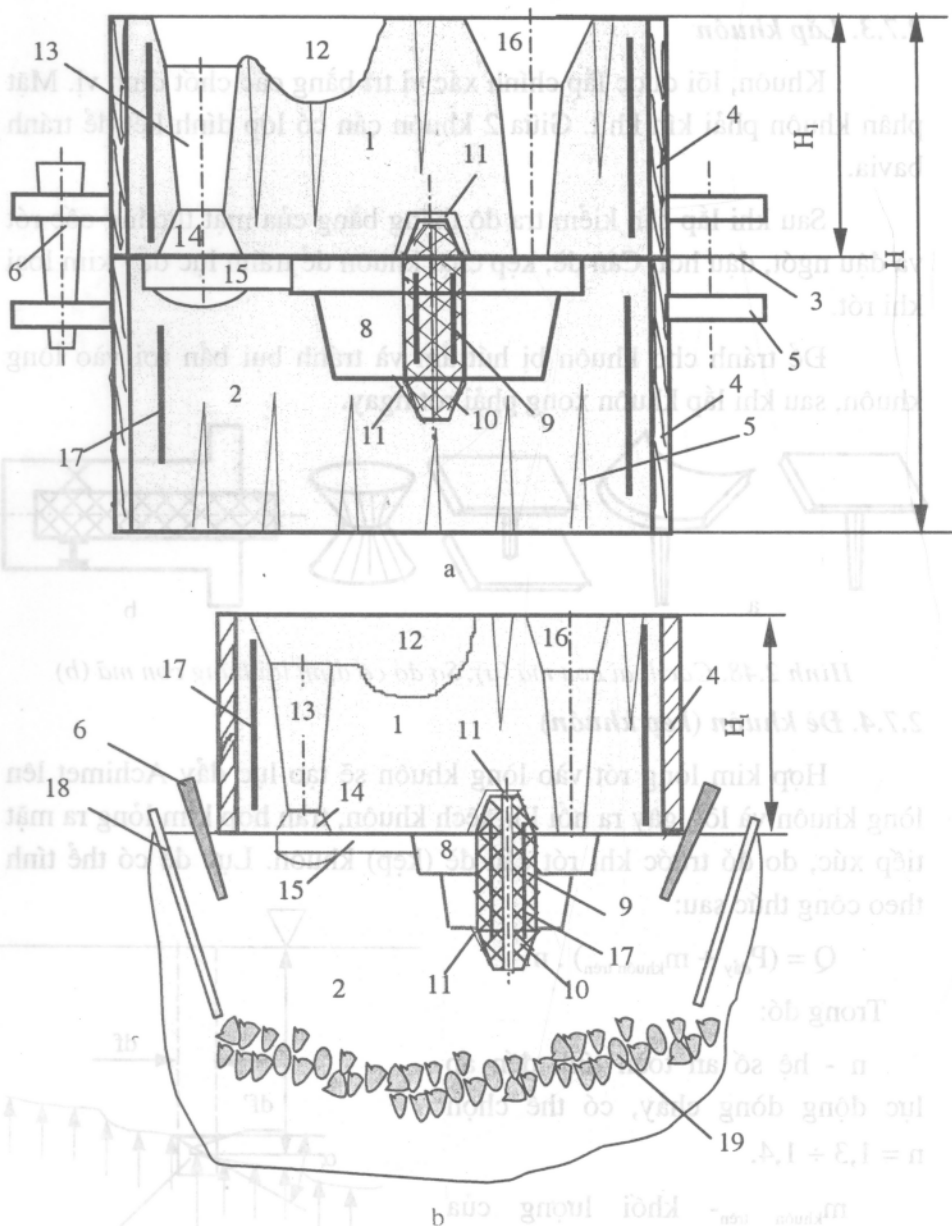
- Xác định chiều dài rãnh dẫn và rãnh lọc xỉ để tính khoảng cách đến thành hòm khuôn.

- Chiều cao hòm khuôn trên xác định theo chiều cao của cột áp suất kim loại lỏng (từ chỗ dẫn kim loại vào lòng khuôn trở lên đến mặt thoáng - khi tính hệ thống rót cho trên hình 2.37).

- Kích thước không gian 3 chiều được quy tròn và lấy theo qui chuẩn.

2.7.2. Lắp lõi

Lõi sau khi sấy được sửa chữa, đưa vào lắp ghép. Lõi lắp vào khuôn nhờ gối lõi nhưng vẫn phải kiểm tra, đặt lõi chính xác và ổn định. Những lõi dài, côngxôn, không ổn định cần cố định thêm bằng những con mã (hình 2.48a) để cố định lõi như hình 2.48b.



Hình 2.47. Bản vẽ lắp khuôn và lõi

a. Bộ khuôn 2 hòm khuôn; b. Bộ khuôn với nền xương

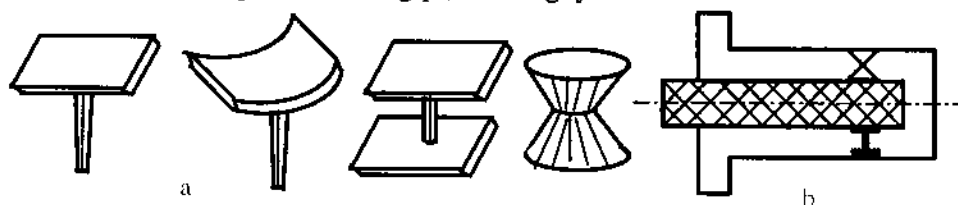
1. Khuôn trên; 2. Khuôn dưới (nền xương) với hỗn hợp làm khuôn; 3. Mặt phân khuôn; 4. Hòm khuôn; 5. Rãnh thoát khí; 6. Chốt định vị; 7. Tai hòm khuôn; 8. Lòng khuôn; 9. Lõi; 10. Gối lõi; 11. Khe hở gối lõi; 12. Cốc rót; 13. Ống rót; 14. Rãnh lọc xỉ; 15. Rãnh dẫn; 16. Đậu ngót, đậu hơi; 17. Xương khuôn, xương lõi; 18. Ống thông hơi; 19. Xỉ, sỏi; H. Kích thước không gian; H_1 . Chiều cao khuôn trên.

2.7.3. Lắp khuôn

Khuôn, lõi được lắp chính xác vị trí bằng các chốt định vị. Mặt phân khuôn phải kín khít. Giữa 2 khuôn cần có lớp dính kết để tránh bavia.

Sau khi lắp cần kiểm tra độ thẳng bằng của mặt thoáng cốc rót và đầu ngót, đầu hơi. Cần đề, kẹp chặt khuôn để tránh lực đẩy kim loại khi rót.

Để tránh cho khuôn bị hút ẩm và tránh bụi bẩn rơi vào lòng khuôn, sau khi lắp khuôn xong phải rót ngay.



Hình 2.48. Các loại con mã (a); Sơ đồ cố định lõi bằng con mã (b)

2.7.4. Đề khuôn (kẹp khuôn)

Hợp kim lỏng rót vào lòng khuôn sẽ tạo lực đẩy Archimét lên lòng khuôn và lõi, gây ra nổi lõi, lệch khuôn, tràn hợp kim lỏng ra mặt tiếp xúc, do đó trước khi rót cần đề (kẹp) khuôn. Lực đề có thể tính theo công thức sau:

$$Q = (P_{\text{đẩy}} + m_{\text{khuôn trên}}) \cdot n$$

Trong đó:

n - hệ số an toàn tính đến áp lực động dòng chảy, có thể chọn $n = 1,3 \div 1,4$.

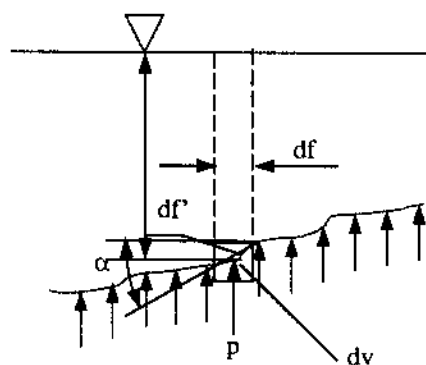
$m_{\text{khuôn trên}}$ - khối lượng của khuôn trên.

$P_{\text{đẩy}}$ - lực đẩy, có thể tính:

$$P_{\text{đẩy}} = P_{\text{đẩy khuôn}} + P_{\text{đẩy lõi}}$$

$P_{\text{đẩy lõi}}$ - lực đẩy lõi, có thể tính:

$$P_{\text{đẩy lõi}} = V_{\text{lõi}} \cdot \gamma$$



Hình 2.49. Sơ đồ xác định lực đẩy khuôn

γ - khối lượng riêng của hợp kim lỏng.

V - thể tích khối kim loại lỏng tương đương ở khuôn trên.

$V_{\text{lõi}}$ - thể tích của lõi chìm trong kim loại lỏng chịu lực đẩy Archimet.

$P_{\text{đẩy khuôn}}$ - lực đẩy lên khuôn trên tính từ vị trí của lòng khuôn bị đẩy đến mặt thoáng. Xét một phần tử chất lỏng có thể tích dv , diện tích tiết diện bị đẩy df , ở độ sâu h , có khối lượng riêng γ , có thể tính lực đẩy (sơ đồ hình 2.49):

$$dp = h \cdot \gamma \cdot df$$

Thành phần thẳng đứng:

$$dp_z = dp \cdot \cos\alpha = h \cdot \gamma \cdot df' = h \cdot \gamma \cdot df \cos\alpha$$

Vậy lực đẩy kim loại lỏng lên bề mặt lòng khuôn trên hoặc lõi:

$$P = \gamma \int_0^F h \cdot df' = \gamma \int_0^F h \cdot df \cdot \cos\alpha = \gamma \int_0^V dV = \gamma \cdot V$$

Nếu kẹp khuôn bằng bulông thì có thể xác định lực tác dụng lên mỗi bulông: $p = \frac{n \cdot Q}{N}$ (Niuton)

Trong đó n - hệ số an toàn, thường $n = 1,25$.

N - số lượng bulông.

Đường kính bulông được xác định:

$$d \geq 0,04\sqrt{p} \quad (\text{cm})$$

2.8. Đúc các hợp kim

2.8.1. Tính đúc của hợp kim

Xác định tính đúc của hợp kim (tính công nghệ đúc của hợp kim) nhằm đánh giá khả năng của hợp kim đúc dễ hay khó. Tiêu chuẩn để đánh giá tính đúc của hợp kim bao gồm các tính chất sau:

a. Tính chảy loãng

Tính chảy loãng là khả năng của hợp kim lỏng điền đầy vào lòng khuôn. Tính chảy loãng cao sẽ điền đầy tốt và đảm bảo vật đúc có

độ chính xác và rõ nét. Tính chảy loãng phụ thuộc vào thành phần hợp kim, vật liệu làm khuôn (cát, kim loại...), cấu tạo lòng khuôn (đơn giản, phức tạp), phương pháp điền đầy - công nghệ rót (rót rung hay cưỡng bức, chảy tầng hay chảy rối...), nhiệt độ rót, khoảng nhiệt độ kết tinh (hợp kim cùng tinh thì tính chảy loãng cao nhất).

b. Tính co (độ co ngót)

Độ co ngót là khả năng giảm kích thước chiều dài và thể tích khi kết tinh. Co chiều dài gây ra biến dạng, có thể phá hủy vật đúc. Co thể tích gây ra thiếu hụt, lõm co, rỗ co, xốp co... Độ co phụ thuộc vào hợp kim đúc, tốc độ làm nguội, kết cấu vật đúc. Chỗ tập trung kim loại là chỗ thường bị rỗ co. Độ co có thể tính theo công thức sau:

$$\varepsilon_V = \frac{V_{LK} - V_{VD}}{V_{VD}} 100\%$$

$$\varepsilon_L = \frac{L_{LK} - L_{VD}}{L_{VD}} 100\%$$

Trong đó:

ε_V - độ co thể tích (V), ε_L - độ co chiều dài (L); V_{LK} - thể tích lòng khuôn; V_{VD} - thể tích vật đúc, L_{LK} - kích thước lòng khuôn; L_{VD} - kích thước vật đúc.

Có thể xác định gần đúng: $\varepsilon_V = 3\varepsilon_L$

Cũng có thể xác định: $V_1 = V_0 \{1 - \alpha_l(t_0 - t_1)\}$.

V_1 , V_0 - thể tích vật đúc ở nhiệt độ t_1° và t_0° .

α_l - hệ số nhiệt thay đổi thể tích từ nhiệt độ t_1° và t_0° .

Để khắc phục co ngót cần thiết kế kết cấu hợp lý, có chiều dày thành đều đặn, tránh những chỗ tập trung kim loại; có thể dùng các loại đậu ngót (đậu ngót hở, đậu ngót ngầm, đậu ngót để cát) để bù ngót.

c. Tính thiên tích

Thiên tích là sự không đồng nhất về thành phần hoá học, độ hạt và tổ chức của hợp kim trong từng vùng hay trong nội bộ hạt sau khi đông đặc làm cho cơ tính của vật đúc không đồng đều.

Thiên tích vùng là sự không đồng nhất về thành phần và tổ chức của từng vùng còn **thiên tích hạt** là sự không đồng nhất về tổ chức, độ hạt trong nội bộ hạt. Để khắc phục thiên tích vùng cần làm nguội nhanh hợp kim lỏng khi kết tinh, sau khi kim loại đã đông đặc cần làm nguội chậm để giảm thiên tích hạt.

d. Tính hoà tan khí

Tính hoà tan khí là sự xâm nhập của các loại khí trong môi trường vào vật đúc khi nấu, rót và kết tinh tạo nên các khuyết tật rỗ khí. Các loại khí thường dễ bị hòa tan là O_2 , H_2 , CO_2 , SO_2 ...

Tính hoà tan khí phụ thuộc vào tạp chất tạo khí trong vật liệu nấu, độ sạch, độ ẩm vật liệu của lòng khuôn, phương pháp rót, môi trường, áp suất ...

2.8.2. Đúc gang

a. Gang

Gang là hợp kim Fe-C được dùng phổ biến trong các ngành công nghiệp vì tính đúc tốt, có thể đúc những vật đúc lớn, phức tạp.

Thành phần chủ yếu của gang $C = (2 \div 5) \%$, $Si = (0,4 \div 3) \%$, $Mn = (0,2 \div 1,5) \%$, $P = (0,04 \div 1,5) \%$, $S = (0,02 \div 0,2) \%$.

b. Phân loại

- Theo giản đồ: gang cùng tinh ($4,3\%C$), gang trước và sau cùng tinh.

- Theo tổ chức và điều kiện hình thành graphit:

+ Gang trắng cứng, giòn, cacbon ở dạng liên kết hóa học Fe_3C (xêmentit tự do trong lêđêburit).

+ Gang xám (GX), cacbon ở dạng tự do (graphit) tính đúc tốt, dễ gia công cơ.

+ Gang hoa râm, graphit dạng tự do hình hoa, màu xám, (xêmentit tự do trong lêđêburit).

+ Gang biến trắng mặt ngoài trắng, bên trong vẫn là gang xám.

+ Gang cầu (GC), graphit dạng hình cầu do biến tính gang

lòng (bằng cầu hóa). Gang cầu cơ tính tốt, có thể thay thế thép trong một số trường hợp.

+ Gang dẻo (GZ), graphit hình hoa. Gang dẻo được ủ từ gang trắng, cơ tính tốt, có thể thay thế thép trong một số trường hợp.

- Theo thành phần hợp kim:

+ Gang hợp kim thấp: tổng lượng hợp kim trong gang $< 3\%$.

+ Gang hợp kim trung bình: tổng lượng hợp kim trong gang $3 \div 10\%$.

+ Gang hợp kim cao: tổng lượng hợp kim trong gang $> 10\%$.

- Theo độ cứng: gang mềm ($HB < 149$), gang vừa ($HB = 150 \div 197$), gang tương đối cứng ($HB = 198 \div 269$), gang cứng ($HB > 250$).

- Theo độ bền: gang có độ bền thường ($\sigma_b < 200 \text{ N/mm}^2$), gang bền ($200 \div 330 \text{ N/mm}^2$), gang có độ bền cao ($> 400 \text{ N/mm}^2$).

- Theo độ dẻo: gang không dẻo ($\delta < 1\%$), gang có độ dẻo thấp ($\delta = 1 \div 5\%$), gang có độ dẻo trung ($\delta = 5 \div 10\%$), gang có độ dẻo cao ($\delta > 10\%$).

c. Các yếu tố ảnh hưởng đến tổ chức của gang

- Thành phần hóa học

+ Cacbon ($C = 2,4 \div 3,8\%$), silic ($Si = 0,4 \div 2,5\%$), có tác dụng graphit hóa mạnh.

+ Mangan (Mn) là nguyên tố có lợi cho gang. $Mn = (0,3 \div 0,6)\%$ tăng graphit hóa, $Mn = (0,6 \div 1,5)\%$ làm tăng peclit, giảm ferit, nếu $Mn > 1,5\%$ dễ hóa trắng gang.

+ Phốtpho ($P = 0,4 \div 0,5\%$) ít ảnh hưởng đến graphit hóa, $P > 3,5\%$ tạo cùng tinh 3 nguyên $Fe_3P - Fe_3C - Fe$, chống mài mòn tốt, nhưng dễ nứt nguội, dễ dòn nguội.

+ Lưu huỳnh ($S = 0,1 \div 0,2\%$) là tạp chất có hại, nó làm giảm tính chảy loãng, giảm độ bền, gây nở nóng. Có thể dùng Mn để khử S tạo MnS đi vào xỉ.

+ Những nguyên tố Cu, Ni, Cr, Mo, Ti, V, Al... cũng có ảnh hưởng đến tổ chức của gang.

- Tốc độ nguội, độ quá nguội, nhiệt độ rót, quá trình biến tính, nhiệt luyện...

d. Đặc điểm khi

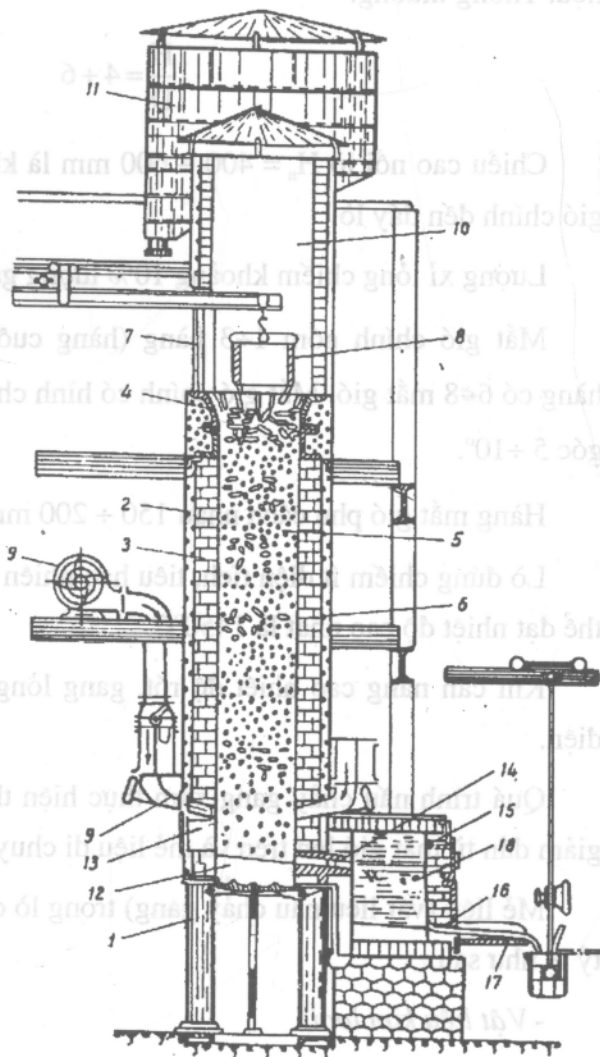
đúc gang xám

Gang xám có tính đúc tốt, tính chảy loãng cao, ít co, ít thiên tích, ít hòa tan khí... có thể đúc trong mọi loại khuôn.

e. Lò đứng nấu

chảy gang

Gang được nấu chảy trong các loại lò đứng, lò ngọn lửa và lò điện. Hình 2.50 là một loại lò đứng hình trụ gồm đáy lò, phần đỡ, thân lò, bộ phận tiếp liệu, thiết bị thổi gió nóng, bộ phận làm nguội, ống khói, tán dập lửa, lò tiền (chứa gang lỏng), máng gang, máng xỉ, thiết bị nâng chuyển.



Hình 2.50. Lò đứng

Các thông số kỹ thuật chính của lò đứng như sau:

Kích thước quan trọng là đường kính trong D của lò

1. Cột chống; 2. Vỏ lò (thép 8 ÷ 10 mm); 3. Gạch chịu lửa; 4. Cổ lò (gang); 5. Than; 6. Vật liệu kim loại; 7. Cửa lò; 8. Thùng tiếp liệu; 9. Ống gió; 10. Ống khói; 11. Thiết bị dập lửa; 12. Đáy lò; 13. Nắp đáy lò; 14. Cửa gang; 15. Lò trước chứa gang lỏng; 16. Cửa ra gang; 17. Máng gang; 18. Cửa tháo xỉ.

($\phi 500 \div \phi 1000$ để không treo liệu). Năng suất có thể đạt khoảng 1 ÷ 27 tấn/giờ (ví dụ, khi $D = 600$ mm, có thể đạt năng suất 1,5 ÷ 2T/h).

Chiều cao H là khoảng cách từ hàng mắt gió chính đến cửa chất liệu. Thông thường:

$$\frac{H}{D} = 4 \div 6$$

Chiều cao nồi lò $H_n = 400 \div 600$ mm là khoảng cách từ hàng mắt gió chính đến đáy lò.

• Lượng xỉ lỏng chiếm khoảng 10% lượng gang lỏng.

Mắt gió chính gồm 1÷3 hàng (hàng cuối chiếm 60÷80%), mỗi hàng có 6÷8 mắt gió. Mắt gió chính có hình chữ nhật, đặt nghiêng một góc $5 \div 10^\circ$.

Hàng mắt gió phụ cách nhau $150 \div 200$ mm.

Lò đứng chiếm ít diện tích, tiêu hao nhiên liệu ít, hiệu suất cao, có thể đạt nhiệt độ cao nhất là 1450°C .

Khi cần nâng cao nhiệt độ rót, gang lỏng được nấu tiếp trong lò điện.

Quá trình nấu chảy gang xám thực hiện theo nguyên tắc nhiệt độ giảm dần từ mắt gió lên trên và mẻ liệu di chuyển từ trên xuống.

Mẻ liệu (vật liệu nấu chảy gang) trong lò đứng được xác định theo tỷ lệ như sau:

- *Vật liệu kim loại*

Gang thổi (lò cao), gang thép vụn, vật liệu về lò (đập nhỏ hoặc ép cục), phero hợp kim (phero silic, phero mangan). Tính mẻ liệu bằng giải tích hay đồ thị theo tỷ lệ thành phần trong vật liệu kim loại và lượng cháy (Si cháy 15÷20%, Mn cháy 10÷15%).

Sau đây là ví dụ tính mẻ liệu theo các dữ liệu cho ở bảng 2.4 và lập hệ phương trình bậc nhất 3 ẩn số.

Bảng 2.4. Ví dụ dữ liệu để tính mẻ liệu

N ^o	Vật liệu	Khối lượng (kg)	Thành phần (%)		Lượng cháy (%)	
1	Gang số 1	X1	Mn1	Si1	Mn _{cháy}	Si _{cháy}
2	Gang số 2	X2	Mn2	Si2	Mn _{cháy}	Si _{cháy}
3	Thép vụn	X3	Mn3	Si3	Mn _{cháy}	Si _{cháy}

$$\begin{cases} X1 + X2 + X3 = 100 \text{ kg (100\%)} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} X1 \text{Mn1(\%)} + X2 \text{Mn2(\%)} + X3 \text{Mn3(\%)} = \frac{\text{Mn(\%)}}{[1 - \text{Mn}_{\text{ch}}(\%)]} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} X1 \text{Si1(\%)} + X2 \text{Si2(\%)} + X3 \text{Si3(\%)} = \frac{\text{Si(\%)}}{[1 - \text{Si}_{\text{ch}}(\%)]} \end{cases} \quad (3)$$

- *Nhiên liệu* gồm các loại nhiên liệu rắn, lỏng hoặc khí.

Nhiên liệu rắn như than cốc, than mỡ, than gầy nhiệt luyện, thường sử dụng cho lò đúc, lò chảy. Yêu cầu độ bền cơ học, nhiệt trị cao, sạch, ít tro, kích thước 40 ÷ 60 mm, chiều dày mỗi lớp 150 ÷ 200 mm.

Than cốc là sản phẩm chưng luyện từ than đá, có nhiệt dung cao, độ bền cao, ít tạp chất. Lượng nhiên liệu (than cốc) gồm lớp than đáy và các lớp bổ sung, tiêu thụ khoảng 10 ÷ 20% mẻ liệu.

- *Chất trợ dung* là vật liệu xúc tác, tạo xỉ (chiếm khoảng 5 ÷ 10%/mẻ liệu), tham gia thực hiện nhanh các phản ứng hoá học, oxy hoá tạp chất (MnS, FeS, SiO₂). Các chất trợ dung thường dùng là CaCO₃, MgCO₃, dolômít...

g. *Quá trình nấu chảy gang trong lò đúc*

+ Thổi gió vào các hàng mắt gió cấp oxy, tạo vùng oxy hóa. Sự cháy của cacbon và chuyển động của khí lò thực hiện theo các phản ứng sau:

- Cacbon cháy tạo CO và cho nhiệt lượng Q₁ và Q₂:



- Phản ứng hoàn nguyên:



+ Từ trên xuống, có thể phân ra các vùng:

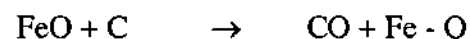
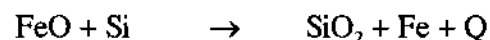
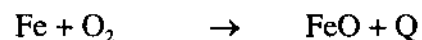
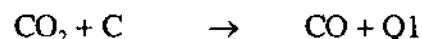
- *Vùng nung nóng* (trên cùng), nhiệt độ $T^\circ C = (400 \div 600)^\circ C$.

Sau 25 ÷ 40 phút nung tới tạo phản ứng phân tích (thu nhiệt):

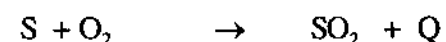
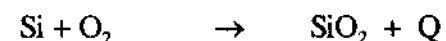
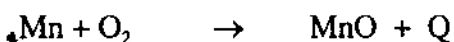
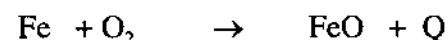
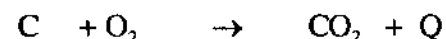


- *Vùng nóng chảy* nhiệt độ tăng dần đến $1000^\circ C$, kim loại bắt đầu chảy.

- *Vùng hoàn nguyên* (do CO), nhiệt độ khoảng $1200^\circ C$:



- *Vùng ôxy hóa* nhiệt độ khoảng $(1600^\circ C \div 1700^\circ C)$:



Cacbon tăng, xỉ tăng, khử S tạo SO_2 .

- *Vùng nổi lò* nhiệt độ khoảng $(1350 \div 1450)^\circ C$ cacbon đi vào gang lỏng.

Hiệu suất tăng khi sử dụng khí nóng, giàu ôxy; tăng áp lực gió thổi khoảng 200 ÷ 600 mm từ mặt gió lên.

2.8.3. Đúc thép

a. Phân loại thép đúc

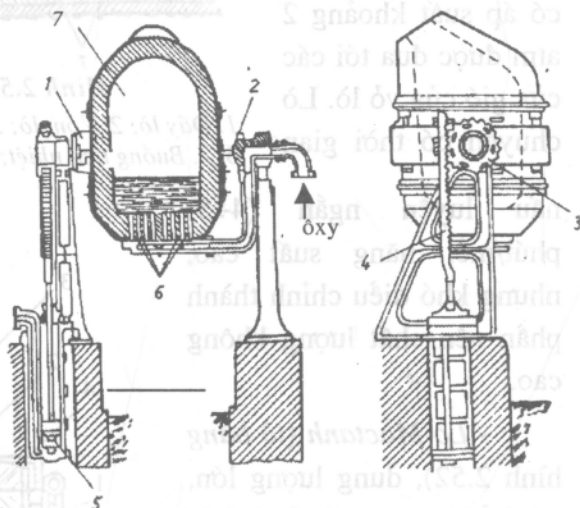
Thép cacbon, thép hợp kim dùng để đúc gọi là thép đúc. Căn cứ vào thành phần hóa học có thể phân thép đúc tương ứng như phân loại theo công dụng của thép cacbon và thép hợp kim thông thường.

b. Tính đúc của thép

So với gang xám thì thép có tính đúc kém hơn vì nhiệt độ chảy cao, độ quá nhiệt lớn, độ co lớn, hòa tan khí nhiều, dễ tạo ra khuyết tật (rỗ khí, rỗ co...), thiên tích xảy ra ở thép hợp kim rất phổ biến, tính chảy loãng kém. Vì thế yêu cầu vật đúc thép phải có kết cấu đơn giản, chiều dày thành thích hợp, đều đặn. Hệ thống rót, đậu ngót, đậu hơi cần bố trí hợp lý để bù ngót, thoát khí.

Các loại khuôn để đúc thép cần có tính bền nhiệt cao, tính lún tốt, tính thông khí tốt.

Thép có thể đúc trong khuôn cát chịu nhiệt, khuôn kim loại. Những loại thép hợp kim cao thường đúc trong khuôn vỏ mỏng, khuôn mẫu chảy.



Hình 2.51. Lò chuyển

1, 2. Tai trục; 3. Bánh răng; 4. Thanh răng;
5. Pinông; 6. Mắt gió; 7. Vỏ lò

c. Nấu chảy thép

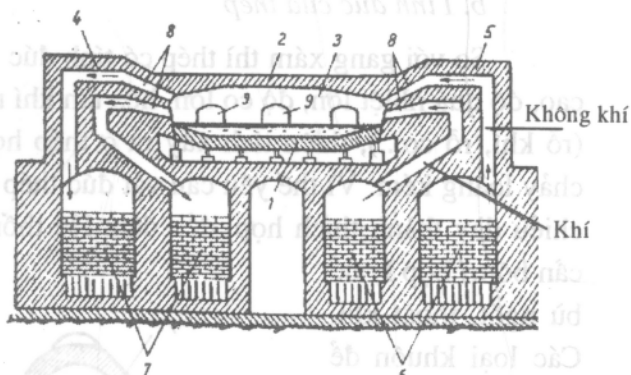
Trong thực tế sản xuất, nấu chảy thép đúc là một quá trình luyện kim theo yêu cầu của kim loại vật đúc. Có thể thực hiện trong lò chuyển, lò bằng, lò điện hồ quang...

- Lò chuyển (lò quay, lò thép thổi: lò Besme, lò Thomat - hình 2.51). Nguyên liệu là gang lỏng (gang lò cao, gang lò đứng) đưa vào

lò, thổi ôxy vào, đốt cháy cacbon, khử tạp chất. Ở nhiệt độ thấp ($< 1300^{\circ}\text{C}$) Si, Mn... bị đốt cháy nhiều, ở nhiệt độ cao ($>1300^{\circ}\text{C}$) thành phần cacbon bị đốt cháy là chủ yếu. Nhiệt lượng sinh ra trong lò chủ yếu do các phản ứng cháy và nhiệt độ nước gang lỏng.

Hình 2.51 là một loại lò chuyển. Trong vỏ thép có lớp gạch chịu lửa. Vỏ lò thép

được quay trên các tai trục 1 và 2 nhờ các bánh răng 3 và thanh răng 4. Thanh răng này chuyển động được nhờ pittông 5. Không khí có áp suất khoảng 2 atm được đưa tới các cửa gió của vỏ lò. Lò chuyển có thời gian



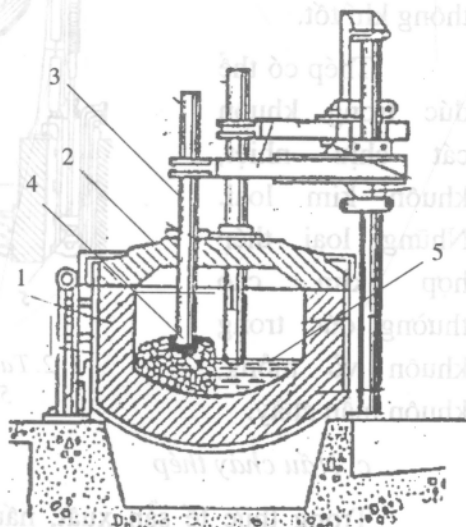
Hình 2.52. Lò Mactanh

1. Đáy lò; 2. Vòm lò; 3. Đường dẫn; 4, 5. Đỉnh lò;
6, 7. Buồng tích nhiệt; 8. Lòng lò; 9. Cửa tiếp liệu

nấu luyện ngắn (4÷5) phút/mẻ, năng suất cao, nhưng khó điều chỉnh thành phần nên chất lượng không cao.

- Lò Mactanh (lò bằng hình 2.52), dung lượng lớn, có thể luyện ra các loại thép thông thường và thép chất lượng cao, thời gian nấu luyện 6÷8 giờ/mẻ.

Đáy lò 1 được chất vật liệu kim loại (gang, thép vụn) qua cửa 9. Đỉnh lò 4 và 5 cùng với vòm lò 2, lòng lò 3 nối với buồng tích nhiệt



Hình 2.53. Lò điện hồ quang

1. Vật liệu chịu lửa; 2. Vòm lò; 3. Điện cực
4. Hồ quang; 5. Thép lỏng

6 và 7 bằng các đường ống dẫn 8. Khí và không khí được nung nóng trước trong các buồng tích nhiệt để nâng nhiệt độ lò lên 1700°C . Các buồng tích nhiệt làm việc theo trình tự lần lượt kế tiếp nhau.

Khi buồng 7 được khí đi từ lò ra đốt nóng thì buồng 6 lại cung cấp nhiệt cho khí và không khí đi vào lò. Sau $10 \div 15$ phút các buồng lại đổi ngược lại.

+ *Lò điện hồ quang* (dùng năng lượng do hồ quang sinh ra giữa các điện cực) là loại lò có chất lượng cao, cho nhiệt độ cao, ổn định, dễ điều chỉnh thành phần... Hình 2.53 là lò điện hồ quang để nấu chảy thép đúc. Quá trình nấu chảy gồm ba giai đoạn: *đốt cháy* Mn, Si và một phần cacbon, *khử tạp chất* có hại (P, S, phi kim), *hoàn nguyên* (khử ôxy, tạp chất, điều chỉnh thành phần).

Nấu chảy thép trong lò điện hồ quang đạt công suất một mẻ khoảng $1,5 \div 10$ tấn trong vòng $2 \div 2,5$ giờ. Tùy theo nguyên liệu nấu luyện có thể tạo ra các loại thép cacbon, thép hợp kim khác nhau.

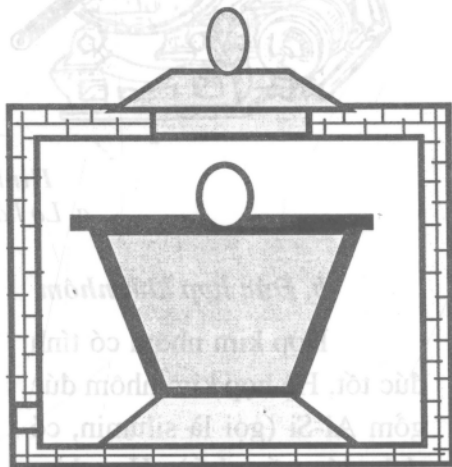
2.8.4. Đúc hợp kim màu

a. Đúc hợp kim đồng

Đồng đỏ (Cu) - đồng nguyên chất có nhiệt độ nóng chảy khoảng 1083°C , tính đúc kém vì có nhiều, dễ thiên tích, dễ hoà tan khí làm cho chi tiết đúc bị rỗ khí, rỗ xỉ, dễ nứt. Trong công nghiệp, đồng thường dùng ở dạng hợp kim như đồng thanh, đồng thau.

Tính đúc của hợp kim đồng phụ thuộc vào thành phần của hợp kim và khoảng nhiệt độ kết tinh.

Đồng thanh thiếc và đồng thanh không thiếc (như đồng thanh nhôm, đồng thanh chì, đồng thanh silic...) có tính đúc tốt, nên có thể dùng để đúc các sản phẩm sử dụng trong các ngành công nghiệp.

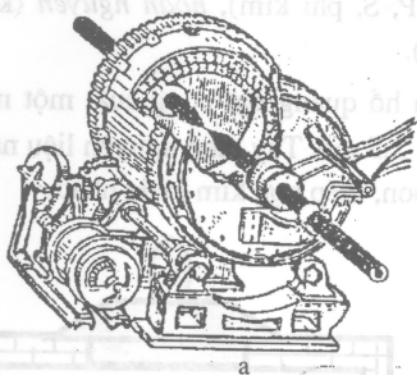


Hình 2.54. Lò nội (bằng graphit)

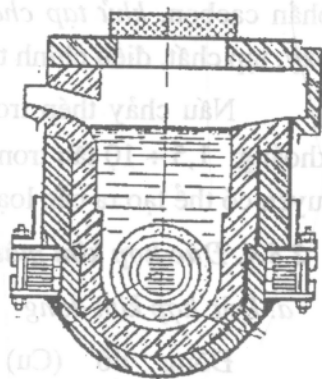
Đồng thau là hợp kim của đồng và kẽm, cũng là hợp kim có tính đúc đạt yêu cầu cao như tính chảy loãng tốt, ít bị ôxy hoá, ít hoà tan khí. Đồng thau dùng để đúc các chi tiết chịu lực.

Khuôn đúc hợp kim đồng thường dùng là khuôn cát, khuôn đất sét, khuôn kim loại với yêu cầu thông hơi và thoát khí tốt. Nếu là khuôn cát, cần chọn hỗn hợp mịn. Hệ thống rót cần bố trí hợp lý để rót êm, liên tục (ví dụ rót xiphông). Đạp ngót phải đủ lớn để bù ngót khi đông đặc.

Hợp kim đồng được nấu trong lò nổi (bằng graphit, hình 2.54), lò điện (hình 2.55b), lò hồ quang quay (hình 2.55a), lò cảm ứng.



a

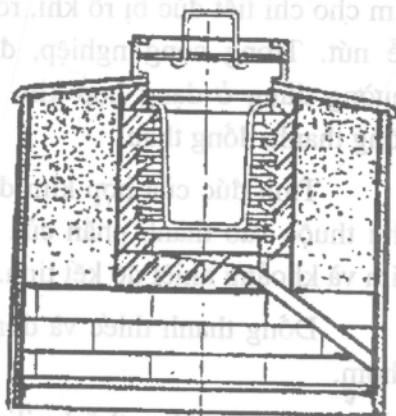


b

Hình 2.55. Lò nấu đồng
a. Lò hồ quang; b. Lò điện trở

b. Đúc hợp kim nhôm

Hợp kim nhôm có tính đúc tốt. Hệ hợp kim nhôm đúc gồm Al-Si (gọi là silumin, có tính đúc tốt nhất). Hợp kim Al-Cu, Al-Mg... đúc dưới áp lực là tốt nhất. Hợp kim nhôm có nhiệt độ chảy thấp nhưng dễ bị ôxy hóa tạo ôxyt nhôm, có độ bền rất kém, độ co lớn, dễ nứt nóng... Để đúc hợp kim nhôm nên dùng khuôn cát,



Hình 2.56. Lò nấu nhôm

khuôn kim loại với hệ thống rót hợp lý (êm, liên tục, rót xi phong, đầu ngót lớn, thoát khí tốt).

Hợp kim nhôm được nấu chảy trong lò điện trở với công suất không lớn lắm vì nhiệt độ nấu chảy thấp.

Lò điện trở nấu hợp kim nhôm cho trên hình 2.56.

2.9. Đúc đặc biệt

Đúc trong khuôn cát có nhiều nhược điểm, không đảm bảo chất lượng, độ bóng và độ chính xác thấp, năng suất thấp. Do đó khi cần, phải dùng các phương pháp đúc đặc biệt. Chúng cho năng suất và chất lượng cao, lượng dư gia công nhỏ, tiết kiệm kim loại, tiết kiệm nguyên vật liệu, giảm thời gian gia công, giá thành sản phẩm hạ. Sau đây là một số phương pháp đúc đặc biệt đó.

2.9.1. Đúc trong khuôn kim loại

Khuôn kim loại là loại khuôn có độ bền cao, chịu nhiệt tốt, lòng khuôn có độ nhẵn bề mặt và độ chính xác cao. Nhưng do dẫn nhiệt nhanh nên kết tinh hạt nhỏ, độ thông khí và tính lún gần như không có, dễ sinh các khuyết tật như rỗ khí, nứt, chế tạo khuôn phức tạp, giá thành cao...

Vật đúc trong khuôn kim loại có cơ tính cao, độ nhẵn bề mặt và độ chính xác cao. Phương pháp đúc này chỉ dùng hợp lý trong sản xuất hàng loạt, hàng khối với những vật đúc nhỏ, hình dáng đơn giản. Đúc trong khuôn kim loại thường dùng kết hợp với các phương pháp đúc đặc biệt khác như đúc áp lực, đúc ly tâm, đúc liên tục...

Hình 2.57, 2.58 và 2.59 giới thiệu một số loại khuôn kim loại dùng cho đúc áp lực, đúc ly tâm, đúc liên tục.

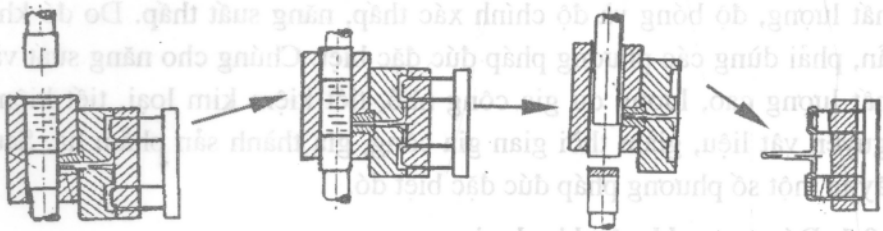
2.9.2. Đúc áp lực

Đúc áp lực dùng áp lực lớn để điền đầy kim loại lỏng vào khuôn kim loại, giữ áp lực đó đến khi hợp kim lỏng kết tinh và đông đặc hoàn toàn.

Do lực ép lớn, nên có thể đúc vật đúc thành mỏng ($1 \div 5$ mm), lỗ nhỏ, vật đúc phức tạp với độ nhẵn bề mặt và độ chính xác cao, vật đúc mịn chặt làm tăng cơ tính. Khuôn đúc áp lực làm việc ở nhiệt độ

cao, áp lực lớn nên, chống mòn, thường chỉ dùng để đúc hợp kim nhẹ, hợp kim màu có nhiệt độ chảy thấp. Đúc áp lực có thể thực hiện bằng máy đúc pittông có buồng ép nóng hay buồng ép nguội.

Hình 2.57 giới thiệu sơ đồ nguyên lý phương pháp đúc áp lực bằng máy đúc pittông có buồng ép nguội. Pittông ép kim loại lỏng qua rãnh dẫn điền đầy nhanh vào lòng khuôn kim loại. Sau khi đông đặc, mở khuôn và dùng chốt đẩy để lấy vật đúc ra. Kim loại còn thừa trong xylanh được pittông đẩy ra ngoài.

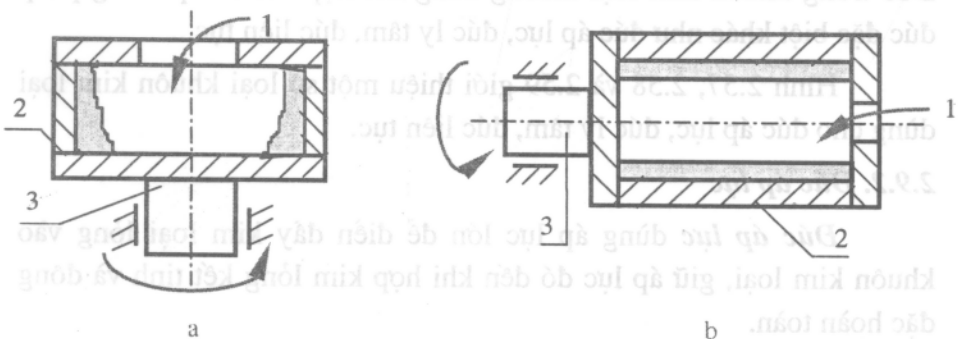


Hình 2.57. Sơ đồ nguyên lý phương pháp đúc áp lực

2.9.3. Đúc ly tâm

Đúc ly tâm là phương pháp rót kim loại lỏng vào trong khuôn quay. Lực ly tâm ép kim loại lỏng vào thành khuôn cho đến khi đông đặc, hình thành nên vật đúc.

Hình 2.58 giới thiệu sơ đồ nguyên lý phương pháp đúc ly tâm. Khuôn kim loại 2 quay quanh trục 3; dưới tác dụng của lực ly tâm, hợp kim lỏng 1 điền đầy theo thành khuôn kim loại 2 và kết tinh tại đó.



Hình 2.58. Sơ đồ nguyên lý các phương pháp đúc ly tâm

a. Đúc ly tâm đứng; b. Đúc ly tâm nằm

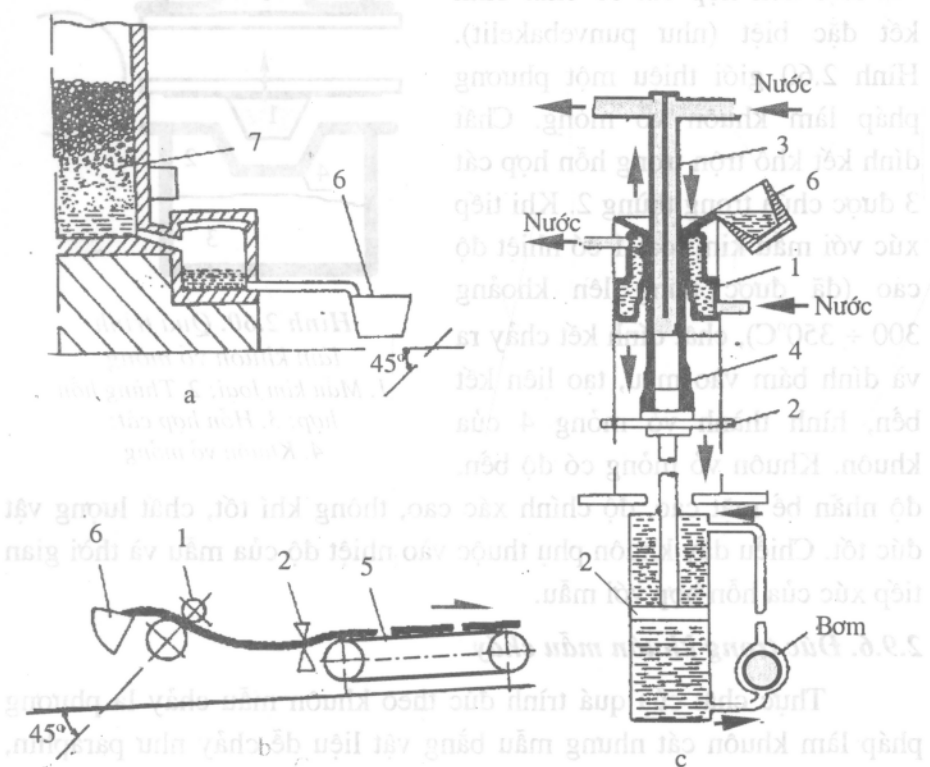
1. Rót kim loại lỏng; 2. Khuôn kim loại; 3. Trục quay

Lực ly tâm có tác dụng như áp lực để tạo hình và điền đầy, nên năng suất cao, kim loại mịn chặt. Đúc ly tâm có thể đúc vật đúc hình ống mà không cần lõi, tạo ra sản phẩm nhiều lớp kim loại có khối lượng riêng khác nhau.

Nhược điểm của đúc ly tâm là tạo thiên tích trong vật đúc với bề mặt trong có độ bóng kém, kích thước đường kính trong không chính xác.

a. *Đúc ly tâm đứng*: trục quay 3 của khuôn thẳng đứng (hình 2.58a), mặt trong vật đúc có dạng parabolôit nên chiều cao vật đúc bị hạn chế.

b. *Đúc ly tâm nằm*: trục quay 3 của khuôn nằm ngang (hình 2.58b), khắc phục được nhược điểm của đúc ly tâm đứng, mặt trong có dạng hình trụ. Trong xây dựng, đúc ly tâm dùng để đúc các loại sản phẩm bê tông như các loại ống, cống, cột điện tròn xoay...



Hình 2.59. Sơ đồ nguyên lý của phương pháp đúc liên tục

- a. Nấu chảy hợp kim; b. Đúc tấm, đúc thanh; c. Đúc ống
1, 3. Khuôn, lõi (bình kết tinh); 2. Hệ thống dịch chuyển sản phẩm;
4. Sản phẩm; 5. Cắt tấm; 6. Thùng rót; 7. Lò nấu gang

2.9.4. Đúc liên tục

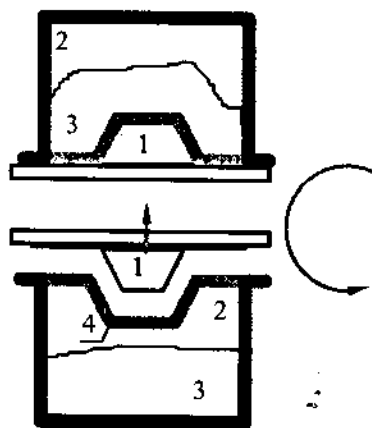
Đúc liên tục là phương pháp rót hợp kim lỏng liên tục vào lòng khuôn và vật đúc được tạo thành liên tục. Khuôn đúc là một bình kết tinh bằng kim loại có nước làm nguội tuần hoàn.

Hình 2.59 giới thiệu phương pháp đúc liên tục gồm: đúc - cán (đúc tấm, hình 2.59a), đúc thanh (hình 2.59b), đúc ống (hình 2.59c).

Khuôn đúc và lõi kim loại có hệ thống lạnh tuần hoàn, để làm nguội và đông đặc nhanh vật đúc. Sản phẩm đúc liên tục có độ bóng, độ chính xác cao, năng suất cao, độ cứng bề mặt vật đúc cao, khó gia công cơ. Khi kết hợp đúc - cán, chi phí sản xuất giảm.

2.9.5. Đúc trong khuôn vỏ mỏng

Khuôn vỏ mỏng là khuôn cát thành mỏng (khoảng 10 mm) với loại hỗn hợp cát có chất dính kết đặc biệt (như punvebakelit). Hình 2.60 giới thiệu một phương pháp làm khuôn vỏ mỏng. Chất dính kết khô trộn trong hỗn hợp cát 3 được chứa trong thùng 2. Khi tiếp xúc với mẫu kim loại 1 có nhiệt độ cao (đã được nung lên khoảng $300 \div 350^{\circ}\text{C}$), chất dính kết chảy ra và dính bám vào mẫu, tạo liên kết bền, hình thành vỏ mỏng 4 của khuôn. Khuôn vỏ mỏng có độ bền, độ nhẵn bề mặt cao, độ chính xác cao, thông khí tốt, chất lượng vật đúc tốt. Chiều dày khuôn phụ thuộc vào nhiệt độ của mẫu và thời gian tiếp xúc của hỗn hợp với mẫu.



Hình 2.60. Quá trình làm khuôn vỏ mỏng
1. Mẫu kim loại; 2. Thùng hỗn hợp; 3. Hỗn hợp cát; 4. Khuôn vỏ mỏng

2.9.6. Đúc trong khuôn mẫu chảy

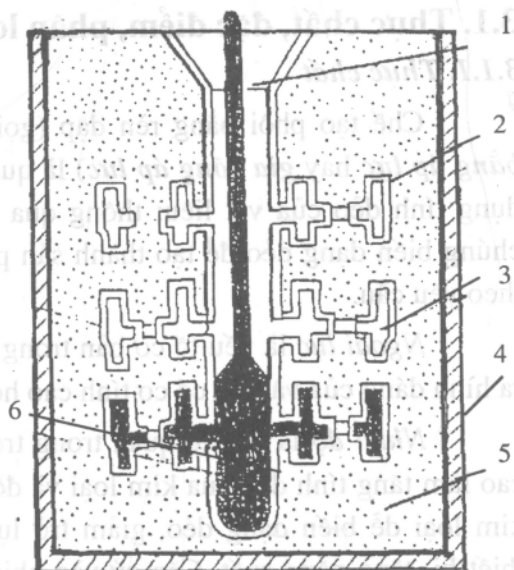
Thực chất của quá trình đúc theo khuôn mẫu chảy là phương pháp làm khuôn cát nhưng mẫu bằng vật liệu dễ chảy như paraffin, sáp, stêarin... nên không cần nguyên công rút mẫu. Vì không cần mặt phân khuôn, không phải chế tạo lõi riêng (lõi liền với khuôn) nên có

thể đúc được vật đúc phức tạp, với độ nhẵn bề mặt vật đúc cao, độ chính xác cao, tiết kiệm kim loại... nhưng quá trình làm khuôn lâu và phức tạp.

Đầu tiên phải chế tạo mẫu gốc, có hình dáng kích thước như vật đúc, sau đó dùng mẫu gốc chế tạo khuôn ép. Vật liệu mẫu được nấu chảy và ép vào khuôn ép. Mẫu chảy này được lấy ra để ghép lại với các mẫu chảy khác (kể cả mẫu hệ thống rót), sơn phủ rồi đem làm khuôn cát bằng máy, sau đó sấy khuôn để rót mẫu chảy ra tạo thành lòng khuôn.

Khuôn mẫu chảy dùng để đúc những hợp kim có nhiệt độ nóng chảy cao, các kim loại và hợp kim quý...

Hình 2.61 giới thiệu một loại khuôn mẫu chảy gồm: vỏ lòng khuôn 2, lòng khuôn 3, hòm khuôn kim loại 4, cát đệm 5, hệ thống rót 1 để dẫn kim loại lỏng 6 vào lòng khuôn.



Hình 2.61. Khuôn mẫu chảy

1. Hệ thống rót; 2. Vỏ lòng khuôn;
3. Lòng khuôn; 4. Hòm khuôn kim loại;
5. Cát đệm; 6. Kim loại lỏng

Phần thứ ba

CHẾ TẠO PHÔI BẰNG RÈN DẬP (GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG ÁP LỰC)

Chương ba: KHÁI NIỆM CHUNG

3.1. Thực chất, đặc điểm, phân loại

3.1.1. Thực chất

Chế tạo phôi bằng rèn dập (gọi chung là *gia công kim loại bằng áp lực* hay *gia công áp lực*) là quá trình gia công bằng cách lợi dụng tính dẻo của vật liệu; thông qua dụng cụ, thiết bị tạo lực làm chúng biến dạng dẻo để tạo thành sản phẩm có hình dáng kích thước theo yêu cầu.

Ngoại lực là yếu tố cơ bản trong gia công áp lực, góp phần tạo ra hình dáng của vật thể có cơ tính cao hơn, giảm tiêu hao vật liệu...

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng trong gia công áp lực. Nhiệt độ cao làm tăng tính dẻo của kim loại và đồng đều hóa về tổ chức, do đó kim loại dễ biến dạng dẻo, giảm trở lực biến dạng, giảm công suất thiết bị, tăng năng suất. Căn cứ vào nhiệt độ gia công có thể phân ra *gia công nóng* và *gia công nguội*.

Gia công nóng là quá trình gia công thực hiện trên nhiệt độ kết tinh lại, gia công nguội thực hiện dưới nhiệt độ kết tinh lại.

3.1.2. Đặc điểm

Chế tạo phôi bằng rèn dập là quá trình biến dạng vật liệu ở thể rắn, khử khuyết tật, biến tổ chức hạt thành tổ chức thớ, tạo ra sản phẩm có cơ tính tốt, độ bền cao, khả năng chịu lực tốt, độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao hơn. Phương pháp này tiết kiệm kim loại, dễ cơ khí hóa và tự động hóa, cho năng suất cao nhưng cần thiết bị tạo lực phức tạp và đắt tiền.

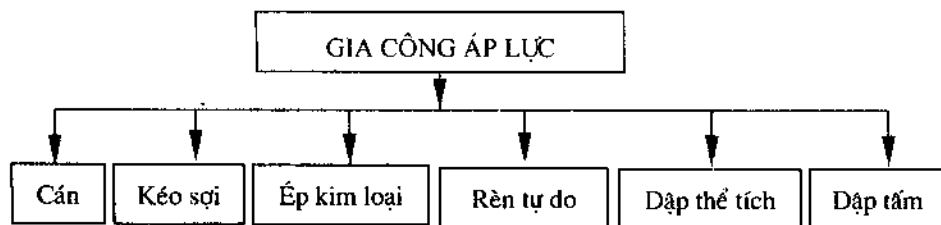
Vật liệu dùng gia công áp lực bị hạn chế, yêu cầu độ dẻo cao (như thép ít cacbon, thép hợp kim, kim loại màu, hợp kim màu...). Khối lượng, kích thước, mức độ phức tạp của sản phẩm cũng bị hạn

chế.

Sản phẩm gia công áp lực thường dùng cho các chi tiết máy, cơ cấu chịu tải trọng cao, tải trọng động hay tải trọng va đập. Những sản phẩm đem dùng ngay gọi là *chi tiết*, sản phẩm cần gia công tiếp tục gọi là *phôi*.

3.1.3. Phân loại

Hình 3.1 giới thiệu sơ đồ phân loại các phương pháp gia công áp lực.



Hình 3.1. Sơ đồ phân loại các phương pháp gia công áp lực

3.1.4. Cán kim loại

a. Cán là quá trình biến dạng kim loại qua khe hở của các trục cán quay ngược chiều nhau để tạo nên sản phẩm cán bằng lực ma sát.

Hình 3.2a giới thiệu sơ đồ dây chuyền cán, hình 3.2b, c giới thiệu sơ đồ nguyên lý quá trình cán bằng hai trục, một lỗ hình và ba trục nhiều lỗ hình.

Theo sơ đồ cán trên hình 3.2b ta có:

$$T = N.f$$

Điều kiện cán vào:

$$T.\cos\alpha > N.\sin\alpha$$

$$f.\cos\alpha > \sin\alpha$$

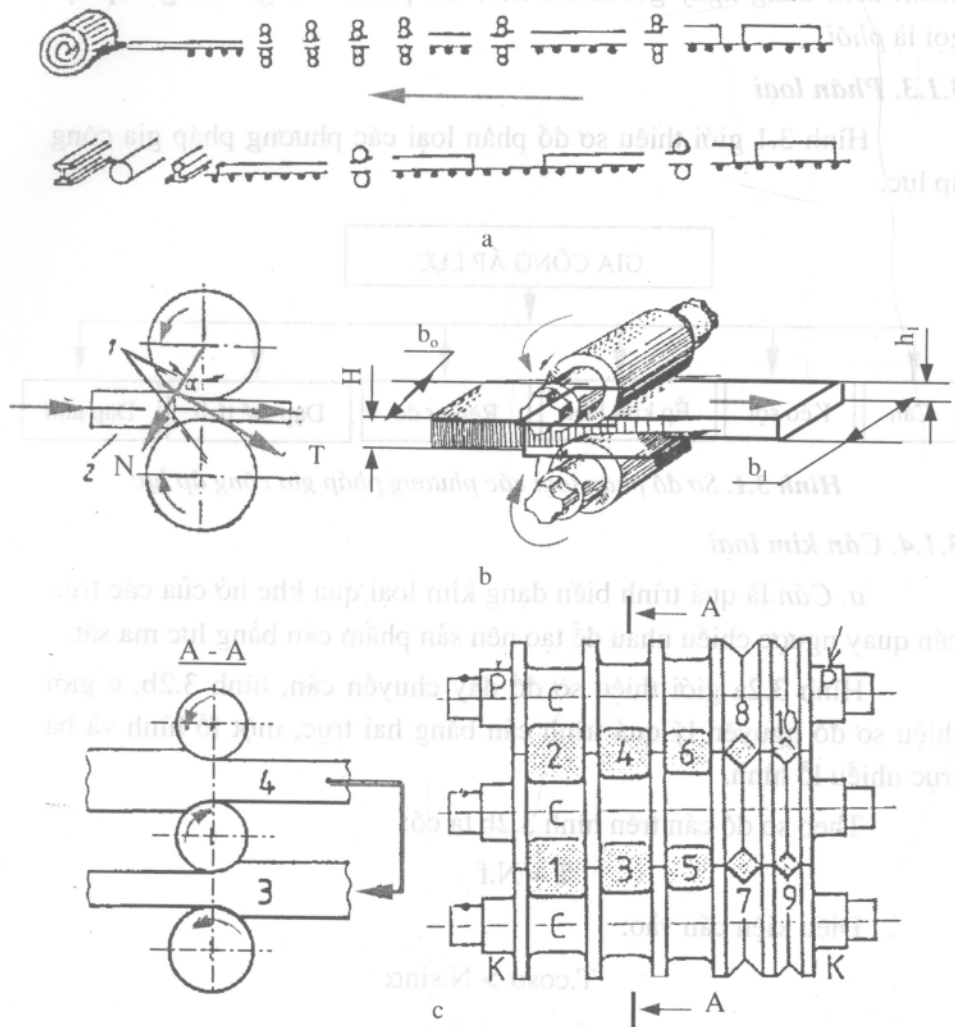
$$f > \tan\alpha$$

Mỗi lần cán, chiều dày phôi giảm đi một lượng Δh (lượng ép):

$$\Delta h = h_0 - h_1 = D(1 - \cos\alpha)$$

$$\cos\alpha = 1 - \frac{\Delta h}{D}$$

Trong đó: T - lực ma sát; N - phản lực; f - hệ số ma sát; α - góc cán; D - đường kính trục cán; h_0 , h_1 - chiều cao phôi, chiều cao sản phẩm sau 1 lần cán.



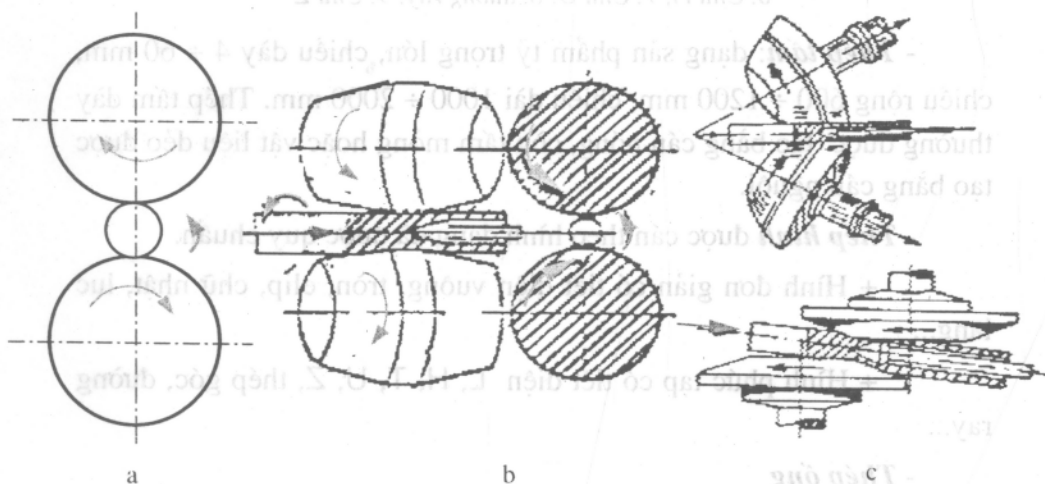
Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý cán kim loại

- a. Dây chuyển cán; b. Sơ đồ nguyên lý cán hai trục, một lỗ hình;
c. Sơ đồ nguyên lý cán 3 trục cán, nhiều lỗ hình

b. Phân loại các phương pháp cán

- Theo nhiệt độ gia công:

- + *Cán nóng*: dễ biến dạng, tạo thớ kim loại theo phương cán.
- + *Cán nguội*: độ bóng, độ chính xác cao hơn, công suất máy lớn và khuôn chổng mòn (do lực biến dạng lớn).
- Theo chiều quay và phương trục cán (hình 3.3):
 - + *Cán ngang*: hai trục cán song song và quay cùng chiều, ngược với chiều quay của phôi (hình 3.3a).
 - + *Cán dọc*: hai trục cán song song và quay ngược chiều nhau, đường kính trục cán bằng nhau hoặc không bằng nhau (hình 3.3b).
 - + *Cán nghiêng*: hai trục cán quay cùng chiều, nhưng trục của chúng nghiêng với nhau một góc để tạo nên lực đẩy dọc (hình 3.3c).

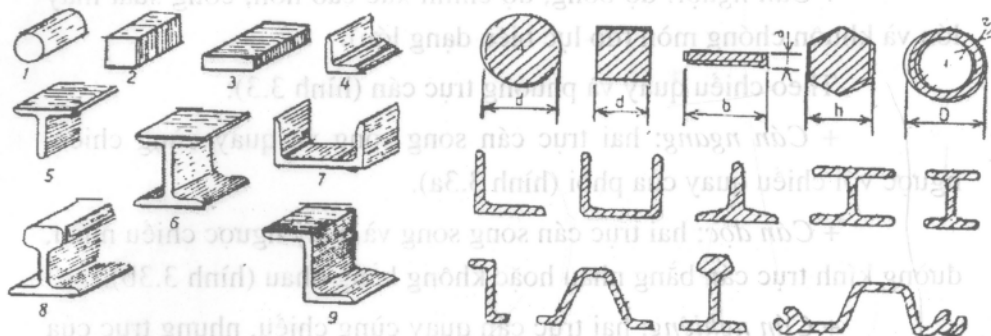


Hình 3.3. Sơ đồ nguyên lý các phương pháp cán kim loại

a. Cán ngang; b. Cán dọc; c. Cán nghiêng

Quá trình cán dễ cơ khí hóa và tự động hoá, năng suất cao. Nếu cán kim loại thực hiện ngay trên khu vực nhà máy luyện kim sẽ giảm được nhiều khâu trung gian (vận chuyển...), giá thành sản phẩm hạ. Có thể kết hợp quá trình đúc - cán để tăng số lượng sản phẩm cán và giảm chi phí sản xuất. Sản phẩm đúc - cán có độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao. Vật liệu dùng cán là thép cacbon thấp và trung bình, thép hợp kim dẻo, hợp kim màu...

c. Các loại hình sản phẩm cán (hình 3.4)



Hình 3.4. Sản phẩm cán theo tiết diện:

1. Tròn; 2. Vuông; 3. Chữ nhật; 4. Góc; 5. Chữ T;
6. Chữ H; 7. Chữ U; 8. đường ray; 9. Chữ Z

- **Thép tấm:** dạng sản phẩm tỷ trọng lớn, chiều dày $4 \div 60$ mm, chiều rộng $600 \div 1200$ mm, chiều dài $1000 \div 2000$ mm. Thép tấm dày thường được tạo bằng cán nóng, còn tấm mỏng hoặc vật liệu dẻo được tạo bằng cán nguội.

- **Thép hình** được cán theo hình dạng đã được quy chuẩn.

+ Hình đơn giản có tiết diện vuông, tròn, elip, chữ nhật, lục lăng...

+ Hình phức tạp có tiết diện L, H, T, U, Z, thép góc, đường ray...

- **Thép ống**

+ Ống có mối hàn được chế tạo từ các loại băng rộng, mỏng, sau khi cuốn và hàn bằng hàn điện hoặc hàn khí...

Mối hàn xoắn ốc có độ bền, độ cứng cao hơn mối hàn đường thẳng.

+ Ống không có mối hàn được cán trên máy cán ống liên tục. Những ống mỏng, đường kính nhỏ có thể dùng phương pháp cán nguội.

- **Các dạng sản phẩm đặc biệt** (bi, ren, bánh xe tròn...)

Sản phẩm cán có thể dùng ngay được như đường ray, ren bulông, ống..., nhiều loại sản phẩm cán phải qua gia công tiếp tục

bằng rèn dập, hàn hoặc gia công cắt gọt...

3.1.5. Kéo sợi

Kéo là phương pháp biến dạng dẻo kim loại qua lỗ hình khuôn kéo dưới tác dụng của lực kéo. Phôi được vuốt dài ra, giảm diện tích tiết diện ngang, tăng chiều dài. Vật liệu kéo thường dùng là thép cacbon, thép hợp kim, hợp kim màu... Kéo thường tiến hành ở trạng thái nguội nên độ nhẵn, độ chính xác cao, nhưng thường bị biến cứng, cần ủ để phục hồi tính dẻo.

Kim loại biến dạng qua lỗ hình của khuôn kéo làm giảm tiết diện ngang F , mức độ biến dạng tính theo hệ số kéo tương đối ε hoặc hệ số kéo tuyệt đối μ sau mỗi lần kéo:

$$\varepsilon = \frac{F_1 - F_2}{F_1} 100\% \qquad \mu = \frac{F_1}{F_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

Trong đó F_1, F_2 - diện tích tiết diện ngang của hai lần kéo liên tiếp d_1, d_2 .

Lực P là yếu tố cơ bản tạo ứng suất kéo trong vùng biến dạng dẻo, lực kéo nhỏ hơn giới hạn cho phép để không làm đứt sản phẩm.

Hình 3.5a giới thiệu sơ đồ kéo. Phôi 1 kéo ra sản phẩm 2 qua khuôn kéo 3 lắp trên giá khuôn 5 (hình 3.5a). Tiết diện của sản phẩm kéo sợi (hình 3.5d), theo lỗ hình của khuôn kéo (dây, ống, thanh định hình, tròn, ellip, vuông, nhiều cạnh... kích thước nhỏ nhất 0,065mm. Sản phẩm có diện tích tiết diện không đổi suốt chiều dài.

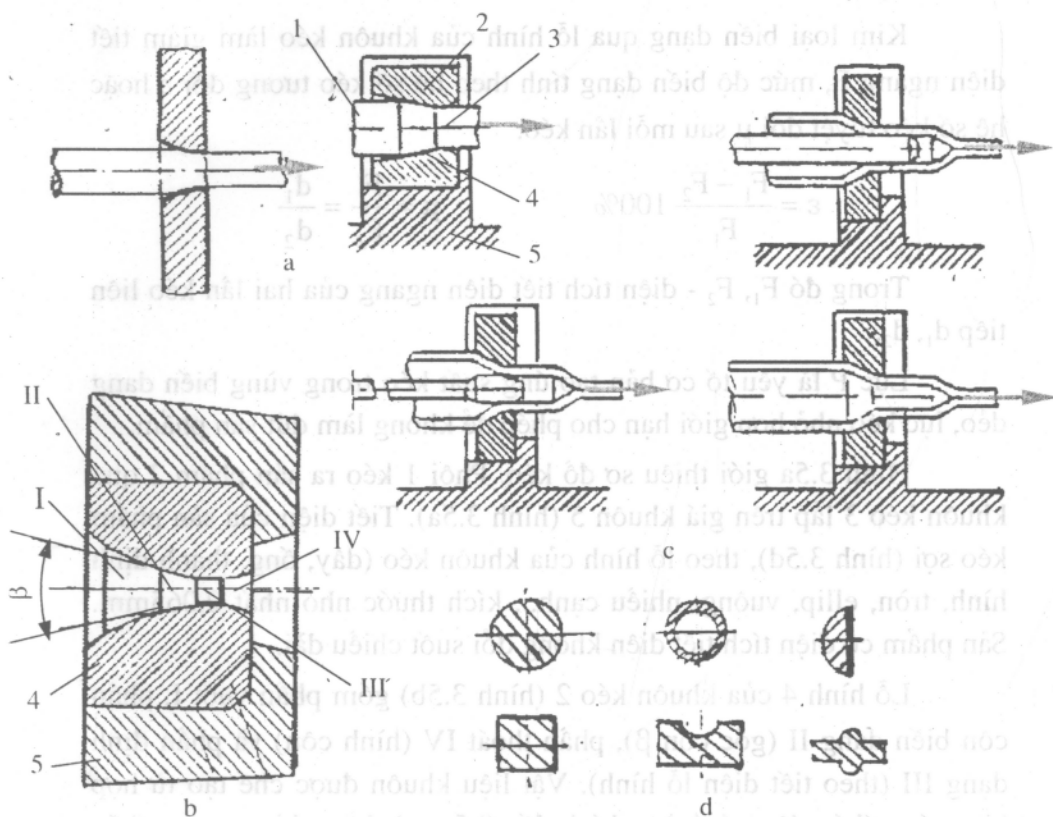
Lỗ hình 4 của khuôn kéo 2 (hình 3.5b) gồm phần vuốt I, phần côn biến dạng II (góc côn β), phần thoát IV (hình côn) và phần định dạng III (theo tiết diện lỗ hình). Vật liệu khuôn được chế tạo từ hợp kim cứng (kéo dây có đường kính đến 0,5mm), bằng kim cương (kéo dây có đường kính rất nhỏ), bằng thép dụng cụ hay thép gió (kéo thanh hay ống có đường kính lớn). Khuôn kéo được lắp vào giá khuôn 5 trước khi lắp lên máy kéo sợi. Để giảm ma sát có thể dùng các chất bôi trơn (dầu, mỡ, bột xà phòng, bột graphit, đồng sunphat...).

3.1.6. Ép kim loại

Ép là phương pháp làm biến dạng dẻo kim loại qua lỗ hình của

khuôn, dưới tác dụng của lực ép (hình 3.6). Sản phẩm có tiết diện không thay đổi theo chiều dài, có độ nhẵn và độ chính xác cao, năng suất cao nhưng lượng kim loại thừa (không biến dạng) trong khuôn còn nhiều. Thiết bị ép cần độ cứng vững cao.

Vật liệu ép thường là hợp kim màu. Phôi ép có thể là thỏi cán hay sản phẩm rèn dập. Sản phẩm ép có thể là thỏi, dây, ống... với các tiết diện khác nhau (theo lỗ hình khuôn ép).



Hình 3.5. Sơ đồ kéo và tiết diện sản phẩm kéo

a. Sơ đồ kéo; b. Khuôn kéo (mà); c. Các phương pháp kéo ống;

d. Tiết diện sản phẩm cán;

1. Phôi; 2. Khuôn kéo; 3. Sản phẩm; 4. Lòng khuôn; 5. Giá khuôn

I - Phần côn vuốt;

II - Phần biến dạng;

III - Phần định dạng;

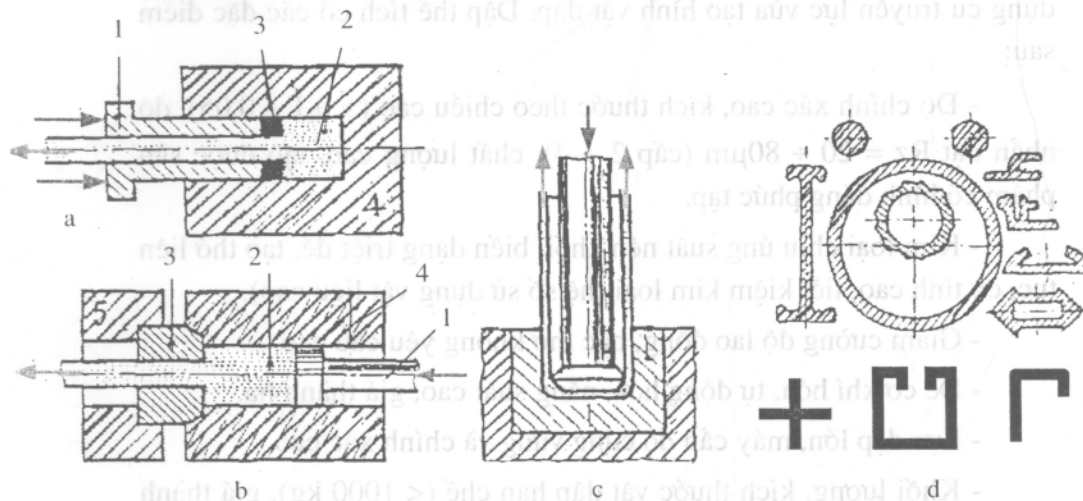
IV - Phần côn thoát;

V - Góc côn

a. Ép thuận

Khi ép thuận, chiều đi ra của sản phẩm cùng chiều với chiều của lực ép (hình 3.6b). Phôi 2 được nung nóng, đặt vào xylanh 4, khuôn 3 được kẹp trong giá khuôn 5, chày ép chính là pittông 1 ép vật liệu để tạo thành sản phẩm. Vùng biến dạng dẻo trong khuôn ở xa điểm đặt của lực ép nên kim loại thừa trong khuôn còn nhiều ($18 \div 20\%$).

Ống mỏng có thể tạo được bằng ép nguội vật liệu dẻo (hình 3.6c). Sản phẩm ép cho trên hình 3.6d. Phôi cần được chuẩn bị trước theo dạng sản phẩm.



Hình 3.6. Sơ đồ các phương pháp ép và sản phẩm ép kim loại

a. Ép thuận; b. Ép nghịch; c. Ép ống (nghịch); d. Tiết diện sản phẩm ép

1. Pittông; 2. Phôi; 3. Khuôn ép; 4. Xylanh; 5. Giá khuôn

b. Ép nghịch

Phương pháp ép nghịch ngược lại với phương pháp ép thuận (hình 3.6a), chiều của lực ép ngược với chiều đi ra của sản phẩm, để biến dạng dẻo, tạo hình tốt hơn, nhưng dễ rung động, chất lượng sản phẩm kém hơn, lượng kim loại thừa giảm xuống còn ($5 \div 6$) %, lực ép giảm khoảng 25%. Thiết bị có thể dùng là máy ép thủy lực, máy ép cơ khí...

3.1.7. Rèn tự do

Rèn tự do là quá trình biến dạng tự do để tạo hình vật thể kim

loại dưới tác dụng của thiết bị tạo lực, dụng cụ (ví dụ, bề mặt búa, đe).

Rèn tự do cho chất lượng sản phẩm không cao, độ nhẵn bề mặt thấp, năng suất thấp, hao phí nhiều kim loại, cường độ lao động lớn, thường dùng trong sản xuất đơn chiếc, hàng loạt nhỏ, trong sửa chữa... Nhưng nó có khả năng tạo ra được sản phẩm từ rất nhỏ đến rất lớn. Vật liệu thường dùng là phôi đúc, thỏi cán, thanh...

3.1.8. Dập thể tích (dập khối, rèn khuôn, dập nóng)

Dập thể tích là quá trình biến dạng dẻo phôi kim loại ở dạng khối trong lòng khuôn dưới tác dụng của lực dập. Khuôn dập vừa là dụng cụ truyền lực vừa tạo hình vật dập. Dập thể tích có các đặc điểm sau:

- Độ chính xác cao, kích thước theo chiều cao ($\pm 0,1 \div 0,05$), độ nhẵn đạt $R_z = 20 \div 80\mu m$ (cấp 2 ÷ 4), chất lượng cao, tạo được sản phẩm có hình dáng phức tạp.

- Kim loại chịu ứng suất nén khối, biến dạng triệt để, tạo thớ liên tục, cơ tính cao, tiết kiệm kim loại (hệ số sử dụng vật liệu cao).

- Giảm cường độ lao động, bậc thợ không yêu cầu cao.

- Dễ cơ khí hóa, tự động hóa, năng suất cao, giá thành hạ.

- Lực dập lớn, máy cần độ cứng vững và chính xác cao.

- Khối lượng, kích thước vật dập hạn chế (< 1000 kg), giá thành khuôn cao, chỉ dùng cho sản xuất hàng loạt và hàng loạt, khối.

Để chọn phương pháp rèn - dập hợp lý có thể sử dụng công thức sau:

$$N \geq \frac{\sum M_{kh}}{(m_1 + n_1) - (m_2 + n_2)}$$

Trong đó:

$\sum M_{kh}$ - tổng giá thành chi phí cho bộ khuôn;

N - số chỉ tiết hợp lý để dập thể tích (N nhỏ hơn thì dùng rèn tự do);

m_1 - chi phí khi rèn tự do cho sản phẩm và m_2 - giá thành của sản phẩm đó khi dập thể tích;

n_1 - chi phí để gia công cơ khí chi tiết sau rèn tự do và n_2 - giá thành gia công cơ khí cũng của chi tiết đó sau dập thể tích.

3.1.9. Dập tấm (dập nguội)

Dập tấm là phương pháp biến dạng dẻo phôi kim loại ở dạng tấm (có tính dẻo như: thép cacbon thấp, thép hợp kim, kim loại và hợp kim màu...), trong khuôn dưới tác dụng của ngoại lực để tạo thành sản phẩm có hình dạng, kích thước theo yêu cầu. Dập tấm thường tiến hành ở trạng thái nguội - *dập nguội*.

Dập tấm dùng rộng rãi trong các ngành công nghiệp như ô tô, hàng không, hàng hải, dụng cụ thiết bị điện, điện tử, công nghiệp thực phẩm, dân dụng, chi tiết che chắn, nắp đậy, vỏ, thùng chứa...

Sản phẩm dập tấm có độ nhẵn, độ chính xác rất cao, tính lắp lẫn tốt, nhiều sản phẩm không cần qua gia công cắt gọt, độ bền và độ cứng vững cao tiết kiệm nhiều kim loại. Dập tấm dễ cơ khí hóa, tự động hóa, năng suất rất cao, giá thành hạ, thường dùng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

3.2. Biến dạng kim loại

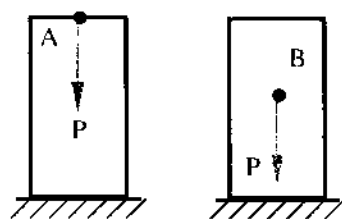
3.2.1. Khái niệm về lực

a. *Ngoại lực* là lực tác dụng (của người, thiết bị, do ma sát, chuyển động) vào vật thể tạo nên sự biến dạng. Ngoại lực gồm lực chính, phản lực, lực ma sát, lực quán tính.

+ Lực chính P (lực tác dụng) do người, thiết bị (đầu búa, khuôn dập...)

tác dụng song song với phương chuyển động của dụng cụ, thiết bị; cùng chiều chuyển động và ảnh hưởng trực tiếp tới quá trình biến dạng với giá trị bằng tổng hợp các lực (tổng các vectơ). Điểm đặt của tổng hợp lực ảnh hưởng trực tiếp đến sự biến dạng vật thể. Điểm đặt của lực P tại A (hình 3.7) làm vật thể biến dạng toàn bộ; nếu đặt tại B vật thể biến dạng cục bộ (từ B xuống).

+ Phản lực N ngăn cản chuyển động tự do theo hướng lực tác dụng chính P . Phản lực sinh ra ở bộ phận cố định của thiết bị, cùng



Hình 3.7. Ảnh hưởng của điểm đặt lực đến biến dạng vật thể

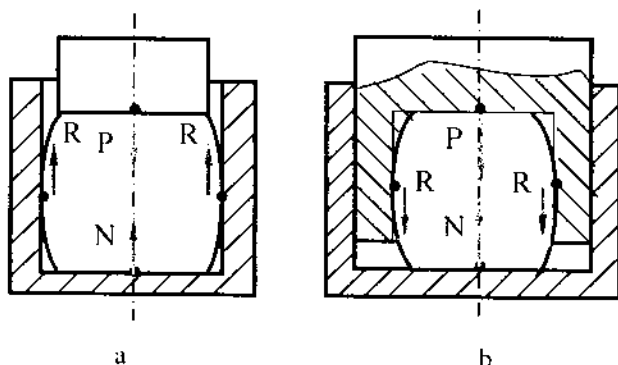
phương với phương chuyển động của dụng cụ, thiết bị và ngược chiều chuyển động của lực chính.

+ Lực ma sát R sinh ra khi các vật chuyển động tương đối với nhau. Lực ma sát sinh ra cản trở sự di chuyển kim loại, ngược chiều với chuyển động của vật thể, trị số là tích của hệ số ma sát f và phản lực pháp tuyến N :

$$R = f \cdot N$$

Phản lực N và tổng lực ma sát R ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình biến dạng vật thể.

Khi ép kim loại trong khuôn kín (hình 3.8a) ta có:



Hình 3.8. Phân bố lực chính P , phản lực N và tổng lực ma sát R trong khuôn kín (a) và trong chày kín (b)

$$P = N + \sum R \rightarrow P > N$$

Ở đây phần trên của vật thể biến dạng trước và đẩy đáy khuôn tốt hơn.

Khi ép kim loại trong chày kín (hình 3.8b) ta có:

$$P = N - \sum R \rightarrow P < N$$

Do đó phần dưới của vật thể biến dạng trước và đẩy đáy khuôn tốt hơn phần trên.

Nhận xét: Khi gia công thì phần phức tạp, khó biến dạng cần đặt về phía có lực biến dạng lớn, để dễ biến dạng và đẩy đầy lòng khuôn.

+ Lực quán tính F sinh ra khi chất điểm vật thể biến dạng có khối lượng m chuyển động với gia tốc a ảnh hưởng đến biến dạng. Theo định luật 3 Newton, trị số lực quán tính là tích số của khối lượng chuyển động với gia tốc:

$$F = m \cdot a$$

Lực quán tính ảnh hưởng đến biến dạng (khó xác định, tính toán phức tạp).

b. *Nội lực* xuất hiện trong nội bộ vật thể khi có ngoại lực tác dụng (hiện tượng hóa, lý, nung nóng, làm nguội). Ứng suất nội lực làm giảm giới hạn bền, giới hạn mồi. Khi vượt quá các giới hạn này vật thể sẽ bị nứt nẻ và phá hủy.

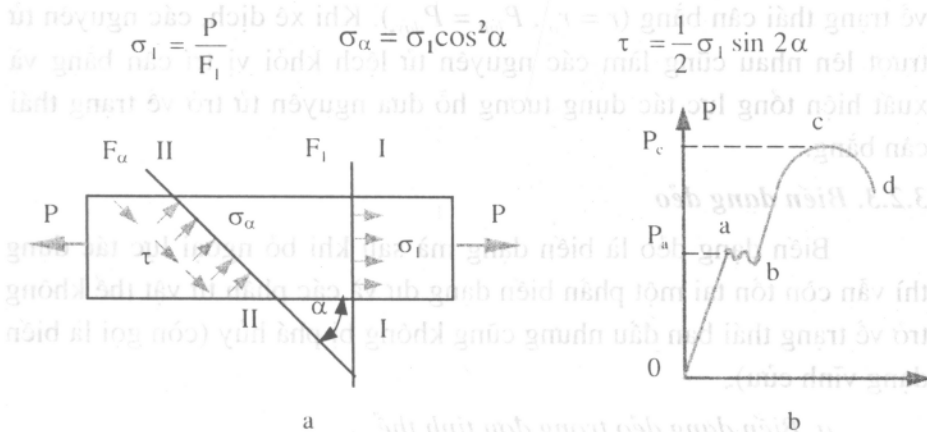
3.2.2. Biến dạng đàn hồi

Vật liệu kim loại (cấu thành từ vô số đơn tinh thể) có tính dẻo, khi nó chịu tác dụng của ngoại lực xảy ra ba giai đoạn là biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo, phá hủy. Xét hai tiết diện trên thanh kim loại chịu lực kéo P (hình 3.9).

- *Mặt cắt I - I*: tiết diện F_1 vuông góc với phương tác dụng lực. Trên mỗi phần tử kim loại chịu ứng suất pháp σ_1 .

- *Mặt cắt II - II*: tiết diện F_α nghiêng so với mặt cắt I - I một góc α , trên diện tích tiết diện F_α xuất hiện ứng suất pháp σ_α và ứng suất tiếp τ .

Khi giá trị P còn nhỏ, thanh kim loại biến dạng đàn hồi (đoạn 0a, hình 3.9b) tuân theo định luật Húc. Khi tăng lực $P > P_a$ xuất hiện biến dạng dẻo (đoạn nằm ngang ab), biểu thị giai đoạn chảy của vật liệu, nghĩa là lực không tăng nhưng kim loại vẫn biến dạng dẻo (gọi là giới hạn chảy, ký hiệu là $\sigma_{chảy}$). Nếu giá trị lực vượt quá P_c , thanh kim loại bị thắt và đứt (phá hủy). Hình 3.9b là biểu đồ quan hệ giữa lực P và đại lượng biến dạng Δl .



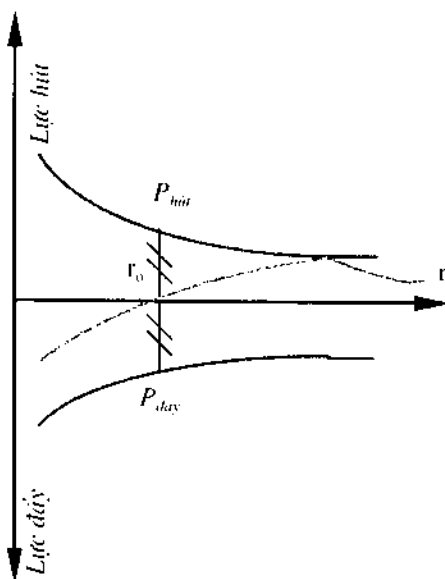
Hình 3.9. Sơ đồ kéo thanh kim loại

a. Sơ đồ, b. Đồ thị lực và biến dạng

Biến dạng đàn hồi tỷ lệ thuận với lực tác dụng, nếu bỏ ngoại lực thì biến dạng không còn và vật thể trở lại trạng thái ban đầu.

Mạng tinh thể gồm những nguyên tử sắp xếp theo một quy luật nhất định và có tác dụng tương hỗ (đẩy và hút). Bình thường, các nguyên tử ở trạng thái cân bằng, nghĩa là $r = r_0$ thì $P_{hút} = P_{đẩy}$ (hình 3.10 và 3.11).

Khi có ngoại lực tác dụng, mạng tinh thể bị xô lệch khỏi vị trí cân bằng làm khoảng cách giữa các nguyên tử thay đổi và xuất hiện lực tác dụng ngược chiều để đưa các nguyên tử trở về trạng thái cân bằng.



Hình 3.10. Biểu đồ lực liên kết giữa các nguyên tử

Tải trọng kéo sẽ làm tăng khoảng cách giữa các nguyên tử $r > r_0$ và lực hút xuất hiện có xu hướng đưa nguyên tử trở về trạng thái cân bằng.

Ngược lại, tải trọng nén làm giảm khoảng cách giữa các nguyên tử ($r < r_0$) và lực đẩy xuất hiện có xu hướng đưa nguyên tử trở về trạng thái cân bằng ($r = r_0, P_{hút} = P_{đẩy}$). Khi xô dịch, các nguyên tử trượt lên nhau cũng làm các nguyên tử lệch khỏi vị trí cân bằng và xuất hiện tổng lực tác dụng tương hỗ đưa nguyên tử trở về trạng thái cân bằng.

3.2.3. Biến dạng dẻo

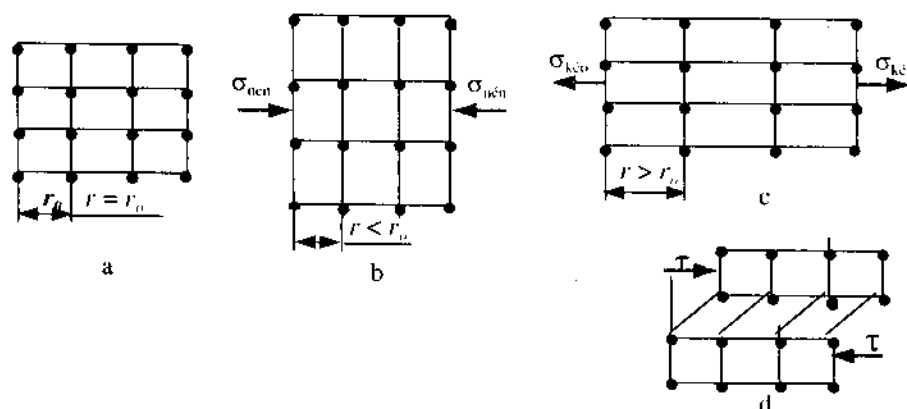
Biến dạng dẻo là biến dạng mà sau khi bỏ ngoại lực tác dụng thì vẫn còn tồn tại một phần biến dạng dư và các phần tử vật thể không trở về trạng thái ban đầu nhưng cũng không bị phá hủy (còn gọi là biến dạng vĩnh cửu).

a. Biến dạng dẻo trong đơn tinh thể

Kim loại có cấu tạo tinh thể gồm mạng các nguyên tử sắp xếp trong không gian theo một trật tự và quy luật nhất định (hình 3.12).

Biến dạng dẻo trong đơn tinh thể thực chất là sự trượt và song tinh.

- *Trượt* là sự dịch chuyển song song tương đối của một bộ phận mạng tinh thể này so với bộ phận khác qua mặt trượt. Trong một đơn tinh thể, các nguyên tử ở điều kiện không tải có lực đẩy và lực hút tương hỗ cân bằng. Khi có lực tác dụng kéo nén, trong vật thể xuất hiện ứng suất pháp tuyến σ và ứng suất tiếp tuyến τ . Dưới tác dụng của σ , vật thể bị kéo nén đàn hồi ($\sigma < \sigma_{đàn hồi}$) hoặc bị phá hủy (nếu $\sigma > [\sigma_{hủy}]$). Khi chịu lực cắt sẽ xuất hiện ứng suất trượt τ và bắt đầu quá trình biến dạng.



Hình 3.11. Sự dịch chuyển các nguyên tử khỏi vị trí cân bằng theo tải trọng

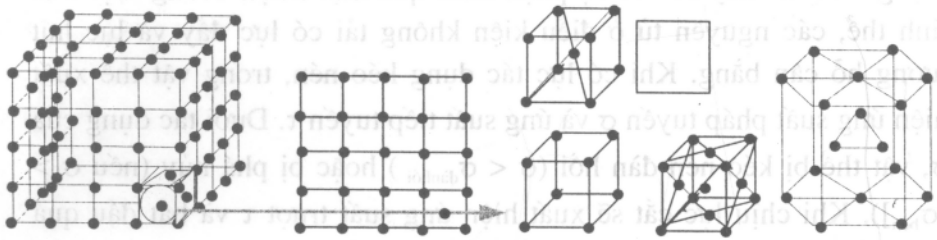
Hình 3.13 là sơ đồ mô hình biến dạng dẻo trong đơn tinh thể. Hình 3.13a mô phỏng sự trượt tương đối của các lớp nguyên tử khi chịu lực. Trong đơn tinh thể, trượt là hiện tượng chủ yếu làm kim loại biến dạng dẻo.

Dưới tác dụng của τ , lúc đầu các lớp nguyên tử biến dạng đàn hồi, xô dịch dần khỏi vị trí cân bằng. Khi $\tau > \tau_{tới hạn}$ các mặt nguyên tử trượt lên nhau theo một mặt phẳng nhất định, đó là sự trượt. Đặc điểm của sự trượt:

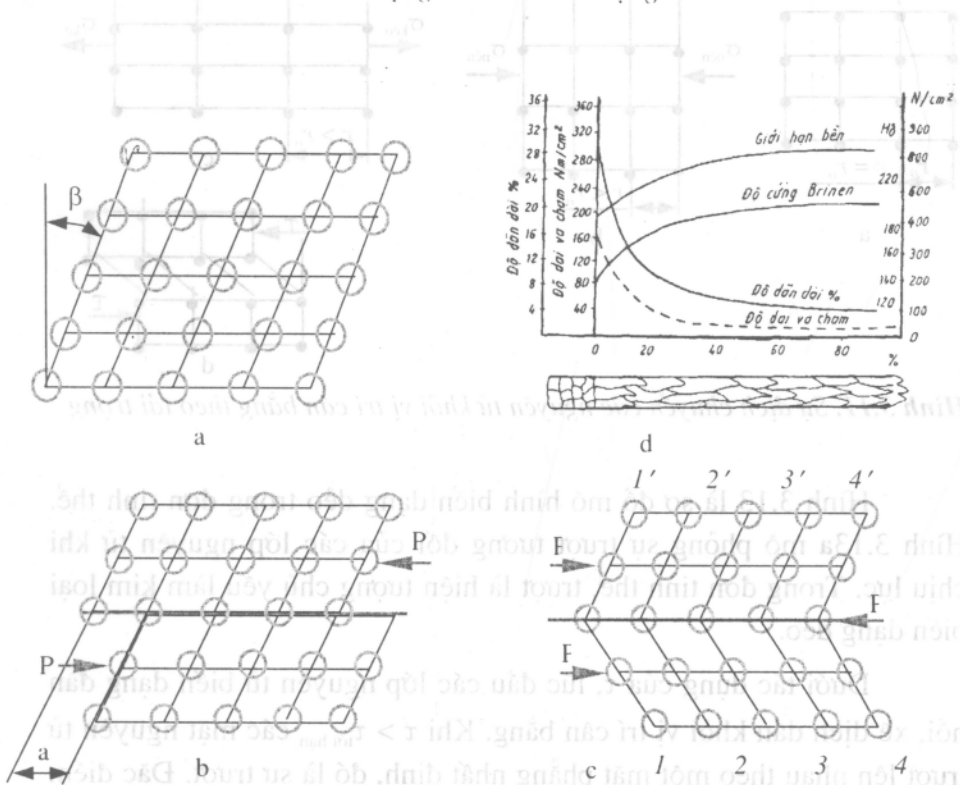
+ Biến dạng dẻo tạo nên sự trượt khi $\tau > \tau_{tới hạn}$. Giá trị $\tau_{tới hạn}$ phụ thuộc vào loại vật liệu, cấu tạo mạng tinh thể, thành phần hóa học, tạp chất, nhiệt độ, tốc độ biến dạng và mức độ biến dạng.

+ Khi trượt, các nguyên tử lần lượt dịch chuyển đi 1, 2, 3, ..., n

lần khoảng cách nguyên tử, tách khỏi sự liên kết ban đầu để liên kết với nguyên tử khác. Sự trượt xảy ra từ từ, tuần tự cho đến khi khối kim loại biến dạng.



Hình 3.12. Mạng tinh thể và ô mạng cơ bản



Hình 3.13. Sơ đồ biến dạng dẻo trong đơn tinh thể

a. Trạng thái cân bằng; b. Trượt; c. Song tinh; d. Sự thay đổi cơ tính và hình dạng hạt

+ Sự trượt xảy ra trên một số mặt tinh thể nhất định (mặt trượt), theo những hướng nhất định (mặt và hướng nào có nhiều nguyên tử

nhất). Mạng tinh thể lập phương diện tâm (Al, Cu...) có 4 mặt trượt, mỗi mặt có 3 hướng trượt. Mạng tinh thể lập phương thể tâm (Fe α , Mo...) có 6 mặt trượt, mỗi mặt có 2 hướng trượt. Mạng tinh thể lục phương (Zn, Mg, Ti...) có 1 mặt trượt là đáy lục phương, mỗi mặt có 3 hướng trượt.

- + Bỏ ngoại lực sau trượt thì chỉ còn lại biến dạng dư.

- + Lập lại nhiều lần quá trình trượt thì biến dạng dư rất đáng kể và lượng biến dạng bằng tổng các biến dạng dư trên mặt trượt.

- + Trong quá trình trượt các nguyên tử không chuyển động đồng thời mà thường bắt đầu từ chỗ nguyên tử bị lệch.

- + Mạng tinh thể trên mặt trượt bị vặn vẹo, vỡ vụn, cản trở sự trượt và gây ra biến cứng.

- **Song tinh** là sự dịch chuyển tương đối của hàng loạt các nguyên tử trên mặt này so với các mặt khác qua một mặt đối xứng gọi là **mặt song tinh** (hình 3.13.b). Đặc điểm của song tinh:

- + Song tinh xảy ra khi $\tau > \tau_{\text{tới hạn}}$. Mặt song tinh thường trùng với mặt trượt. Song tinh dễ xảy ra đối với mạng lục phương.

- + Nguyên tử trên mỗi mặt trượt dịch chuyển tỷ lệ với khoảng cách từ mặt trượt đó đến mặt song tinh.

- + Song tinh xảy ra đột ngột (không từ từ) khi chịu tải trọng và đập. Tăng tốc độ biến dạng không cản trở mà thúc đẩy quá trình song tinh.

- + Song tinh thường xảy ra nơi tập trung ứng suất (trước khi bị phá hủy), với lượng biến dạng dư rất nhỏ. Sự vỡ vụn của tinh thể tạo biến dạng dư.

- + Biến dạng dư do khuếch tán và làm xuất hiện nhiều mặt trượt.

b. Biến dạng dẻo trong đa tinh thể

Đa tinh thể là tập hợp của nhiều đơn tinh thể, liên kết với nhau bởi vùng tinh giới hạt. Khi chịu lực thì đa tinh thể cũng biến dạng dẻo tương ứng như đơn tinh thể (trượt, song tinh) nhưng không đồng đều

và không đồng thời. Hạt ở vị trí thuận tiện biến dạng trước với mức độ biến dạng nhiều hơn, hạt ở vị trí khó khăn biến dạng sau với mức độ biến dạng nhỏ hơn phụ thuộc vào số lượng mặt trượt và hướng trượt (số lượng nhiều thì dễ biến dạng). Ngoài ra, biến dạng dẻo trong đa tinh thể còn có dịch chuyển tương đối giữa các đơn tinh, làm cho các hạt bị vỡ vụn, phá vỡ vùng tinh giới, tạo nên hiện tượng biến cứng. Vùng tinh giới hạt là tập chất có nhiệt độ chảy thấp, mạng tinh thể bị rối loạn nên ở nhiệt độ bình thường xảy ra hiện tượng trượt và song tinh, ở nhiệt độ cao $> 950^\circ$ vùng này chảy ra và biến dạng trước. Vì vậy, khi có ngoại lực tác dụng các hạt bị trượt và xoay tạo nên biến dạng dư. Ở nhiệt độ thấp biến dạng trong đa tinh thể xảy ra trong nội bộ hạt, còn ở nhiệt độ cao biến dạng xảy ra giữa các hạt. Biến dạng trong đa tinh thể khó hơn ở đơn tinh thể. Sự thay đổi hình dạng hạt và cơ tính - các đơn tinh thể (hạt) cũng bị kéo dài ra tạo dạng thớ như hình 3.11 hoặc thay đổi cơ tính như ở hình 3.13d.

3.2.4. Các hiện tượng xảy ra khi biến dạng dẻo kim loại

a. Sự thay đổi hình dạng hạt

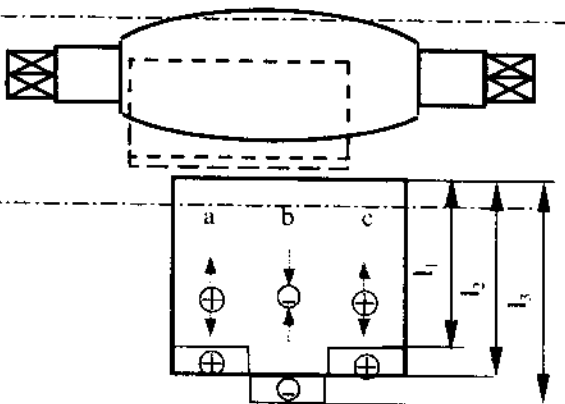
Khi biến dạng dẻo, các hạt có xu hướng quay về trục tác dụng lực, hạt kéo dài ra theo hướng ứng suất kéo tạo thớ khi biến dạng tăng dần.



b. Sự thay đổi hướng của hạt

Trước khi biến dạng

các hạt sắp xếp không theo quy luật nào. Khi trượt các hướng trượt xoay dần về phương của lực tác dụng và sau biến dạng chuyển thành tổ chức thớ (sợi).



c. Sự tạo thành ứng suất dư

Khi gia công đo

Hình 3.14. Phân bố ứng suất dư

biến dạng không đều, không cùng hướng nên sau biến dạng trong vật liệu tồn tại ứng suất dư.

- *Ứng suất dư loại 1 ($\sigma_{dư1}$)* sinh ra do sự biến dạng không đồng đều giữa các bộ phận của vật thể.

Khi cán bằng trục cán hình trống (hình 3.14) vùng giữa (b) bị biến dạng nhiều hơn vùng hai bên (a, c). Sau cán thì vùng a, c còn lại ứng suất kéo, vùng b tồn tại ứng suất nén.

- *Ứng suất dư loại 2 ($\sigma_{dư2}$)* sinh ra do sự biến dạng không đồng đều giữa các hạt. Hạt có nhiệt độ chảy thấp hoặc được nung nóng nhiều sẽ biến dạng nhiều.

Khi kéo các hạt biến dạng nhiều thì sau khi gia công sẽ chịu ứng suất dư nén, ngược lại các hạt biến dạng ít sau gia công sẽ có ứng suất dư kéo.

- *Ứng suất dư loại 3 ($\sigma_{dư3}$)* sinh ra do sự biến dạng không đồng đều trong nội bộ của hạt. Khi biến dạng, sự trượt và song tinh gây nên sự vặn vẹo, vỡ nát mạng tinh thể. Khi kết tinh trong nội bộ hạt thường có thiên tích hạt. Vùng tinh giới nhiệt độ chảy thấp, khi biến dạng không đều gây ứng suất dư.

d. Sự thay đổi thể tích và tỷ trọng

Sau gia công biến dạng dẻo, các khe xóp, lỗ rỗng, vết nứt tế vi được gắn liền làm thể tích giảm, tỷ trọng tăng. Nhưng khi gia công có biến cứng, tạo vết nứt tế vi, tạo lỗ nhỏ và khe xóp làm thể tích tăng, tỷ trọng giảm.

Tổng hợp kết quả của cả 2 quá trình trên là khi gia công áp lực thể tích và tỷ trọng vật biến dạng thay đổi không đáng kể (coi như không thay đổi).

3.2.5. Yếu tố ảnh hưởng đến tính dẻo và biến dạng dẻo kim loại

a. Ảnh hưởng của ứng suất chính

- Ứng suất chính (ứng suất pháp tuyến σ) sinh ra khi có ngoại lực tác dụng. Có 3 loại ứng suất chính: ứng suất đường, ứng suất mặt, ứng suất khối. Ứng suất chính làm vật thể biến dạng đàn hồi hoặc phá hủy và ảnh hưởng trực tiếp đến ứng suất tiếp tuyến. Ứng suất tiếp tuyến

(τ) gây ra sự trượt và song tinh làm vật thể biến dạng dẻo. Ứng suất tiếp càng lớn thì biến dạng dẻo càng nhiều. Ứng suất tiếp đạt trị số cực đại $\tau_{\max}$ tại các mặt làm với phương của lực tác dụng 1 góc 45° , phụ thuộc vào trạng thái và giá trị của ứng suất chính.

- Điều kiện để kim loại biến dạng dẻo (theo tác giả Convenan, Pháp - 1872):

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_s}{2} = \frac{\sigma_{ch}}{2}$$

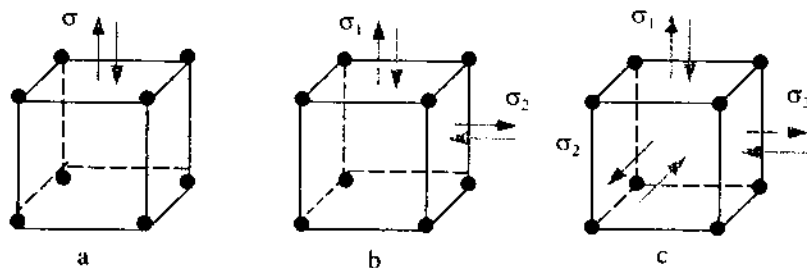
Trong đó σ_s (σ_{ch}) là giới hạn chảy.

Điều kiện biến dạng dẻo với các trạng thái ứng suất (hình 3.15) như sau:

+ Ứng suất đường: $\tau_{\max} = \frac{\sigma}{2} = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{\sigma_s}{2}$

+ Ứng suất mặt: $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{\sigma_s}{2}$

+ Ứng suất khối: $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{\sigma_s}{2}$



Hình 3.15. Trạng thái ứng suất

a. Ứng suất đường; b. Ứng suất mặt; c. Ứng suất khối

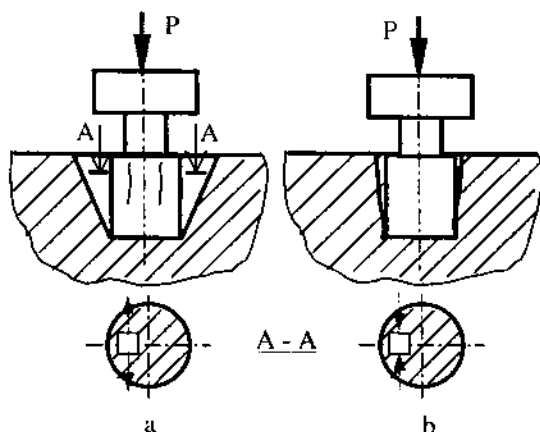
- Ảnh hưởng của trạng thái ứng suất chính đối với tính dẻo và biến dạng dẻo kim loại

Khi ép hợp kim nhôm trong khuôn với góc nghiêng của thành khuôn khoảng $5 \div 6^\circ$ (hình 3.16a), các phần tử vành ngoài chịu ứng suất kéo (do sự trượt khi chưa tiếp xúc thành khuôn) sinh ra các vết

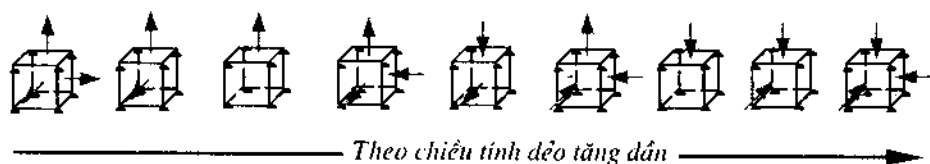
nứt. Nếu góc nghiêng thành khuôn khoảng $< 1^\circ$ (hình 3.16b), các phần tử vành ngoài khi ép đã chịu ứng suất khối nén, biến dạng dẻo chủ yếu là sự trượt và song tinh trong nội bộ hạt tinh thể, làm tăng khả năng biến dạng dẻo nên không sinh ra vết nứt.

Tác giả Cacman làm thí nghiệm ép khối đá trong khuôn kín, (ứng suất nén 3 chiều) cũng làm khối đá biến dạng, khi nén 1 chiều thì khối đá bị vỡ.

Kết luận: Tác dụng của ứng suất nén càng nhiều, ứng suất kéo càng ít, tính dẻo càng cao. Trạng thái ứng suất nén khối làm vật liệu có tính dẻo cao nhất, ngược lại, trạng thái ứng suất kéo khối làm vật liệu có tính dẻo kém nhất (biểu diễn trên hình 3.17).



Hình 3.16. Thí nghiệm ép kim loại



Hình 3.17. Ảnh hưởng của trạng thái ứng suất đến tính dẻo của kim loại

b. Ảnh hưởng của ứng suất dư

Sự tồn tại ứng suất dư bên trong vật thể biến dạng làm tính dẻo của vật liệu giảm đi; ứng suất dư lớn làm cho vật biến dạng hoặc phá hủy. Khi vật thể chịu ứng suất do ngoại lực tác dụng (σ_0), nếu kể đến ảnh hưởng của ứng suất dư (σ_{du}) thì tổng ứng suất tác dụng bên trong vật thể vật thể sẽ khác nhau.

Vùng có ứng suất dư kéo hoặc nén thì: $\sigma = \sigma_0 \pm \sigma_{du}$

Do ứng suất dư phân bố không đều làm cho các vùng của vật

thể biến dạng không đều, làm cơ tính giảm đi (giảm độ dẻo, độ bền, độ dai va đập, khả năng chịu lực và nhanh chóng đạt giới hạn bền cho phép).

c. Ảnh hưởng của thành phần hóa học

Thành phần hóa học (quyết định bởi các nguyên tố hợp kim và tạp chất) cũng ảnh hưởng đến tính dẻo và khả năng biến dạng dẻo của hợp kim.

- Nguyên tố cơ bản tạo nên tổ chức cơ sở, ảnh hưởng quyết định đến tính dẻo và biến dạng dẻo của vật liệu. Ví dụ, thép cacbon có nguyên tố cơ bản là Fe và C tạo nên hợp chất hóa học Fe_3C (xêmentit) rất cứng và giòn. Lượng C tăng làm độ dẻo kém, nếu lượng Fe tăng thì tính dẻo tăng.

- Nguyên tố hợp kim liên kết với kim loại cơ sở tạo tổ chức tinh thể phức tạp làm vật liệu cứng và giòn. Nguyên tố hợp kim làm xô lệch mạng, cản trở sự trượt, làm tính dẻo kém. Thành phần hợp kim càng tăng thì độ cứng, độ bền tăng.

- Tạp chất (ảnh hưởng nhiều đến tính dẻo) thường tập trung ở vùng tinh giới hạt làm rối loạn mạng tinh thể, tính dẻo kém. Ví dụ, lưu huỳnh (S) tác dụng với sắt (Fe) tạo sunfua sắt (FeS), phân bố ở vùng tinh giới hạt, nhiệt độ chảy khoảng 950°C làm thép trở nên giòn, còn photpho (P) tác dụng với sắt (Fe) tạo hợp chất FeP nhiệt độ chảy $< 950^\circ\text{C}$, làm xô lệch mạng nên thép bị giòn.

d. Ảnh hưởng của tổ chức kim loại đến tính dẻo

- Dung dịch đặc có tính dẻo cao nhất, nhưng nếu thành phần hợp kim nhiều thì tính dẻo giảm. Ví dụ, dung dịch đặc Ni - Cu cơ tính ít thay đổi, nhưng Sb (antimon) hoà tan vào Cu làm tăng độ bền, tính dẻo giảm, còn ferit (Fe_α) có độ dẻo cao và ôstenit (Fe_γ) là dẻo nhất.

- Mạng tinh thể của hợp chất hóa học rất phức tạp làm kim loại khó biến dạng. Fe_3C rất cứng (800HB) nên nếu tăng Fe_3C thì thép sẽ cứng và giòn.

- Hỗn hợp cơ học có độ hạt khác nhau và lộn xộn cản trở quá trình biến dạng dẻo. Peclit là hỗn hợp cơ học của ferit và xêmentit (Fe_3C hạt nhỏ trên nền ferit - Fe_α) cũng cản trở sự trượt. Graphit tấm

trong gang rất giòn. Graphit hình hoa và graphit hình cầu có độ bền cao, ít giòn hơn graphit tấm.

- Tổ chức đúc có hạt nhỏ đồng đều thì tính dẻo cao. Tổ chức đúc có hạt thô, không đều thì kém dẻo, độ bền thấp. Sau gia công áp lực tổ chức đúc được tạo dạng thớ do đó có độ bền cao. Tổ chức nhiều pha, càng phức tạp thì độ dẻo càng kém. Tổ chức có hạt nhỏ, đồng đều thì có độ dẻo cao.

e. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Khi nung nóng kim loại, dao động nhiệt giữa các nguyên tử tăng lên làm giảm lực liên kết, tăng tính dẻo, đưa các nguyên tử trở về trạng thái cân bằng, giảm xô lệch mạng, khử biến cứng, đồng thời sự khuếch tán làm đồng đều thành phần và tổ chức hạt cũng làm tăng tính dẻo. Nhiệt độ tăng lên làm chuyển biến từ pha có độ dẻo thấp lên pha có độ dẻo cao hơn. Ví dụ, khi nung nóng thép ở nhiệt độ $> 727^{\circ}\text{C}$ sẽ chuyển biến pha ferit ($\text{Fe}\alpha$) có tính dẻo; khi chuyển thành pha ôstenit ($\text{Fe}\gamma$) thì độ dẻo cao hơn. Khi nung nóng, kim loại trải qua giai đoạn phục hồi và giai đoạn kết tinh lại, do đó tính dẻo tăng.

- Giai đoạn hồi phục

Nung kim loại đã biến dạng nguội để phục hồi tính dẻo. Với nhiệt độ nung $(0,25 \div 0,3)T_{\text{chảy}}$, sẽ khử ứng suất dư, giảm xô lệch mạng và biến cứng (do dao động nhiệt). Nhiệt độ càng cao, giữ nhiệt càng lâu thì khả năng phục hồi tính dẻo càng tăng.

- Giai đoạn kết tinh lại

Khi nung đến nhiệt độ khoảng $0,4T_{\text{chảy}}$, xuất hiện trung tâm kết tinh (kết tinh lại lần 1) có mạng tinh thể hoàn thiện, trung tâm này lớn lên tạo mạng tinh thể kim loại không bị xô lệch và sát nhập các hạt nhỏ (kết tinh lại lần 2) thành hạt lớn và đều nhau hơn.

Trung tâm kết tinh lại lần 1 thường chỉ xảy ra trong thời gian giữ nhiệt nhất định, ở 1 khoảng nhiệt độ nhất định, kết thúc khi chúng lớn lên và xích lại gần nhau. Quá trình kết tinh lại lần 2 là sự sát nhập các hạt, khuếch tán và làm đồng đều các hạt (về thành phần hóa học, năng lượng tự do, khử vết nứt tế vi, phục hồi sự cân bằng của độ hạt và tính dẻo). Độ hạt sau kết tinh lại phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian

nung cùng mức độ biến dạng (tổ chức thứ sau biến dạng dẻo vẫn tồn tại).

Độ hạt phụ thuộc vào nhiệt độ nung, thời gian nung, mức độ biến dạng (nhiệt độ càng cao, thời gian nung lâu, biến dạng càng lớn thì độ hạt càng nhỏ).

- Hình thức gia công áp lực

Có hai phương pháp gia công áp lực sau:

+ *Gia công nóng* là gia công ở nhiệt độ trên nhiệt độ kết tinh lại ($T_{gc} > T_{kl}$). Gia công nóng có các đặc điểm sau: có kết tinh lại, nâng cao và phục hồi tính dẻo cho sản phẩm, dễ gia công, giảm trở lực, công suất thiết bị nhỏ, năng suất cao, giảm giá thành. Một số vật liệu chỉ có thể gia công nóng (Zn, W...); thổi đúc chỉ gia công nóng (nhiều khuyết tật). Có một số vật liệu nếu gia công nóng sẽ bị giòn nóng (FeS), nứt nóng.

Chi tiết nhỏ, mỏng khi gia công nóng sẽ dễ cháy thủng, dễ oxy hóa, thoát than, giảm độ nhẵn và độ chính xác.

+ *Gia công nguội* là gia công ở nhiệt độ dưới nhiệt độ kết tinh lại ($T_{gc} < T_{kl}$). Gia công nguội có các đặc điểm sau: độ nhẵn, độ chính xác và chất lượng bề mặt sản phẩm cao; cơ tính tốt nhưng khó biến dạng, cần lực gia công lớn, dễ biến cứng, nứt nẻ...

g. Ảnh hưởng của tốc độ biến dạng

- *Tốc độ biến dạng dài tương đối (V)* là lượng biến dạng dài tương đối (dl) trong đơn vị thời gian (dt):

$$V = \frac{dl}{dt}$$

- *Tốc độ biến dạng thể tích tương đối (W)* là lượng biến dạng của một đơn vị thể tích (dV) trong đơn vị thời gian (dt):

$$W = \frac{dV}{dt}$$

Khi gia công nóng, nếu tăng tốc độ biến dạng sẽ làm giảm tính dẻo kim loại (tốc độ biến cứng lớn hơn tốc độ khử biến cứng). Khi gia công nóng, tốc độ kết tinh lại tăng làm giảm tính dẻo. Đối với hợp kim đồng, thép hợp kim cao... tính dẻo giảm đột ngột khi tốc độ biến dạng

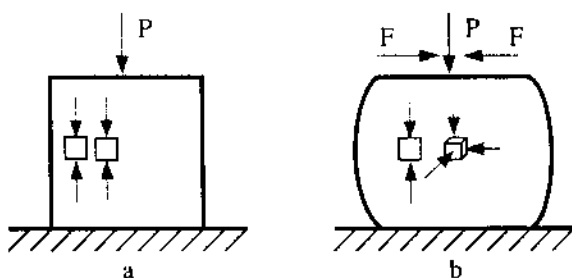
tăng.

Tăng tốc độ biến dạng, nhiệt sinh ra nhiều làm vật liệu bị quá nhiệt, tính dẻo thấp, khi gia công chi tiết sẽ bị nứt nẻ.

Khi gia công nguội, nếu tăng tốc độ biến dạng sẽ làm tăng tính dẻo kim loại (tốc độ biến dạng lớn hơn tốc độ biến cứng). Khi gia công nguội, tốc độ biến dạng tăng, sinh nhiệt nhiều làm phục hồi tổ chức, tăng tính dẻo. Khi nhiệt độ tăng, kim loại chuyển từ vùng đôn sang vùng dẻo (đồng thau ở khoảng 700°C tính dẻo thấp, tốc độ biến dạng tăng, nếu làm nhiệt độ tăng lên $700 \div 800^{\circ}\text{C}$ đồng thau sẽ có tính dẻo cao hơn).

h. Ảnh hưởng của ma sát ngoài

- Ma sát ngoài làm thay đổi hình thức tác dụng lực và trạng thái ứng suất chính của phôi. Nếu không có ma



Hình 3.18. Ảnh hưởng của ma sát ngoài

sát ngoài, khi ép khối kim loại tạo ứng suất đường (hình 3.18a). Nếu có ma sát ngoài ma sát ngoài F (búa, đe và phôi, hình 3.18b) làm phôi biến dạng tạo thành hình trống do phần giữa chịu ứng suất khối ép, vùng xa tâm chịu ứng suất đường đơn giản, tạo ứng suất dư loại I làm giảm tính dẻo.

- Ma sát ngoài cản trở sự biến dạng tự do của kim loại làm phôi biến dạng không đều, đòi hỏi tăng lực và công biến dạng.

Hai mặt tiếp xúc của phôi với búa và đe hạn chế biến dạng tự do nên phôi có dạng hình trống.

- Ma sát ngoài làm mòn dụng cụ, giảm độ bền của phôi (nhất là bề mặt có ôxyt kim loại). Có thể dùng chất bôi trơn để làm giảm ma sát.

- Ma sát cản trở sự điền đầy kim loại vào khuôn nhất là đối với khuôn phức tạp.

3.2.6. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến tổ chức và tính chất của kim loại

a. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến tổ chức kim loại

Tổ chức đúc có dạng hạt tinh thể nhánh cây và có nhiều khuyết tật. Sau khi biến dạng dẻo tổ chức hạt sẽ biến thành tổ chức mịn, chặt, hạt đồng đều hoặc thành tổ chức thớ, đổi hướng thớ, uốn thớ theo đường bao, đường xoắn và khử các khuyết tật biến cứng làm độ bền, độ cứng của kim loại tăng còn độ dẻo và độ dai giảm xuống, giảm độ dẫn điện và dẫn nhiệt, giảm khả năng chống mài mòn, gây khó khăn cho quá trình gia công cắt gọt.

b. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến cơ tính của kim loại

Gia công áp lực (sau biến dạng dẻo) làm thay đổi tổ chức ban đầu của kim loại, biến tổ chức hạt thành tổ chức thớ hoặc làm thay đổi hướng thớ. Vì thế muốn tăng độ bền thì khi chi tiết chịu kéo hoặc nén phải bố trí phương của lực tác dụng trùng với phương của thớ. Nếu chi tiết chịu ứng suất cắt phải bố trí phương của lực tác dụng vuông góc với phương của thớ. Cần chú ý khi thiết kế, không nên cắt đứt thớ khi gia công mà nên uốn thớ theo đường bao của chi tiết để tăng độ bền và tiết kiệm vật liệu.

- Khi uốn chi tiết như hình 3.19a, thì chi tiết uốn có độ bền cao hơn hẳn chi tiết bị cắt đứt thớ như hình 3.19b.

- Chế tạo bulông mà cắt đứt thớ như hình 3.19c thì khả năng chịu lực của bulông kém hẳn, nếu vuốt như hình 3.19d thì độ bền bulông cao hơn nhưng nếu chôn như hình 3.19e thì bulông có độ bền cao nhất.

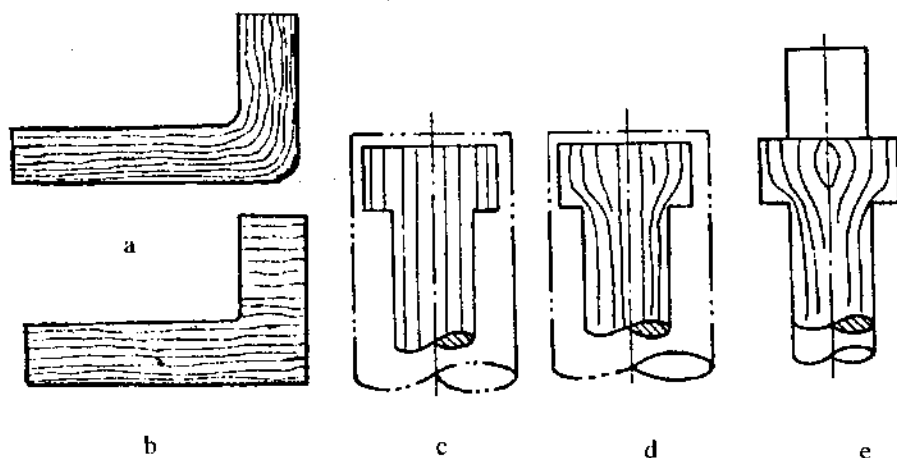
- Trục khuỷu chế tạo bằng đập thể tích như hình 3.20b có độ bền cao và tiết kiệm kim loại, tiết kiệm thời gian gia công.

- Chế tạo bánh răng như hình 3.21a thì độ bền của răng kém, nếu cắt tẩm như hình 3.21b một số răng có phương lực cắt song song với thớ thì độ bền kém và nếu chôn phôi như hình 3.21c, các răng có độ bền cao và đồng đều do các thớ đều hướng tâm, vuông góc với phương của lực tác dụng.

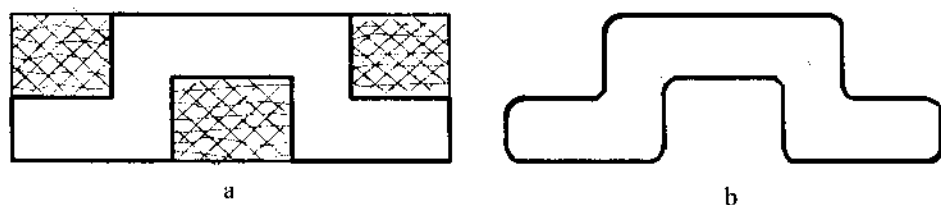
c. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến lý và hóa tính của kim loại

Gia công áp lực làm thay đổi từ trường, điện trở, thay đổi tính dẫn nhiệt, dẫn điện của kim loại. Thường sau biến dạng dẻo điện trở của chi tiết kim loại tăng $2 \div 5\%$, (nhưng điện trở của vonfram (W) giảm $30 \div 50\%$ do mạng bị xô lệch), cách bố trí từ trường thay đổi nên từ tính, từ giảo, độ thấm từ, từ dư và từ trễ đều thay đổi. Khi chế tạo nam châm thì biến dạng dẻo có tác dụng tốt, nhưng làm lõi biến thế, động cơ thì nó có ảnh hưởng xấu.

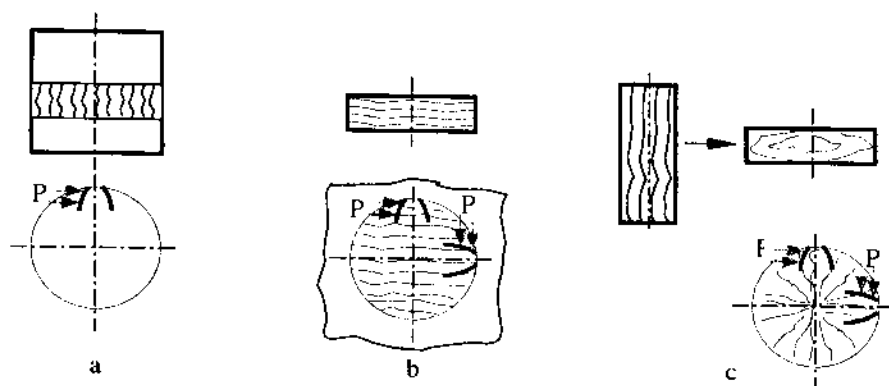
Sau biến dạng dẻo năng lượng tự do của kim loại tăng nên tính hoạt động hóa học của kim loại tăng.



Hình 3.19. Thớ kim loại và phương pháp gia công sản phẩm
a. Uốn thớ cho tấm; b, c. Cắt đứt thớ; d. Vuốt bulông; e. Chôn bulông



Hình 3.20. Chế tạo trục khuỷu
a. Cắt đứt thớ; b. Dập khối (thớ theo đường bao)



Hình 3. 21. Chế tạo bánh răng

a. Cắt phôi cán; b. Cắt phôi tấm; c. Chôn phôi tăng đường kính

3.3. Định luật cơ bản áp dụng trong gia công kim loại bằng áp lực

3.3.1. Định luật biến dạng đàn hồi tồn tại khi biến dạng dẻo

“Khi biến dạng dẻo kim loại, đồng thời với biến dạng dẻo có xảy ra biến dạng đàn hồi. Quan hệ giữa lực và biến dạng khi biến dạng đàn hồi tuân theo định luật Húc”.

Vì có biến dạng đàn hồi khi biến dạng dẻo nên chi tiết sau gia công biến dạng đàn hồi trở lại. Cần chú ý là khi thiết kế vật rèn dập và khuôn phải tính đến biến dạng dư do biến dạng đàn hồi gây nên. Ví dụ, nếu muốn uốn 1 chi tiết đạt góc 90° , cần phải uốn thêm 1 lượng nữa bằng lượng biến dạng đàn hồi của vật liệu để sau gia công chi tiết đàn hồi trở lại đúng góc 90° .

3.3.2. Định luật ứng suất dư

“Bên trong bất cứ kim loại biến dạng dẻo nào cũng đều sinh ra ứng suất dư cân bằng nhau”.

Vì nung nóng và làm nguội không đều, biến dạng phân bố không đều, ma sát ngoài cũng tác dụng không đều làm các bộ phận vật thể, các hạt và các vùng trong 1 hạt biến dạng không đều nhau. Do đó phát sinh ứng suất dư bên trong vật thể làm giảm độ dẻo, độ bền, độ dai va đập và nếu ứng suất dư này đủ lớn nó có thể phá hủy vật thể. Ứng suất dư làm tăng khả năng hòa tan kim loại trong môi trường, giảm sự ăn mòn, thay đổi cơ tính và gây khó khăn cho quá trình gia

công.

3.3.3. Định luật thể tích không đổi

“Thể tích phổi trước biến dạng dẻo bằng thể tích vật thể sau biến dạng”.

Định luật này có ứng dụng trong thực tiễn, nó cho biết biến dạng vật thể theo các phương khác nhau khi có ngoại lực tác dụng.

Gọi thể tích phổi (chỉ số 0) và thể tích vật sau gia công tương ứng với các kích thước (chỉ số 1), theo định luật ta có:

$$V_0 = l_0 \cdot b_0 \cdot h_0 = l_1 \cdot b_1 \cdot h_1 = V_1$$

Do đó:
$$\frac{l_1}{l_0} = \frac{b_1}{b_0} = \frac{h_1}{h_0}$$

Suy ra
$$\ln \frac{l_1}{l_0} + \ln \frac{b_1}{b_0} + \ln \frac{h_1}{h_0} = 0$$

và phương trình điều kiện thể tích không đổi với các ứng biến chính là:

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0$$

trong đó các ứng biến chính được ký hiệu:

$$\delta_1 = \ln \frac{l_1}{l_0} \quad \delta_2 = \ln \frac{b_1}{b_0} \quad \delta_3 = \ln \frac{h_1}{h_0}$$

Nhận xét:

- Khi tồn tại cả 3 ứng biến chính thì dấu của 1 ứng biến phải ngược dấu với 2 ứng biến kia và trị số bằng tổng trị số của 2 ứng biến kia. Ví dụ, khi chôn thỏi kim loại thì chiều cao giảm đi, chiều dài và chiều rộng tăng lên. Lượng giảm thể tích theo chiều cao bằng tổng lượng tăng thể tích của theo chiều dài và chiều rộng. Khi đó:

$$\begin{array}{lll} \frac{h_1}{h_0} < 1 & \frac{l_1}{l_0} > 1 & \frac{b_1}{b_0} > 1 \\ \delta_3 < 0 & \delta_1 > 0 & \delta_2 > 0 \end{array}$$

Ta có: $\delta_1 + \delta_2 = -\delta_3$

Từ đây:
$$\left| \frac{\delta_1}{\delta_3} \right| + \left| \frac{\delta_2}{\delta_3} \right| = 1.$$

Nếu biết: $\frac{\delta_1}{\delta_3} = 0,4$ thì $\frac{\delta_2}{\delta_3} = 0,6$. Nghĩa là sau biến dạng có

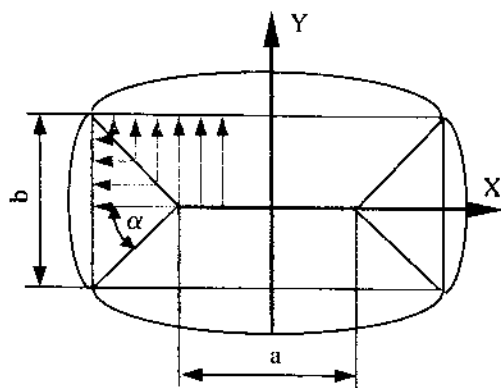
40% kim loại chuyển ra theo chiều dài và 60% chuyển ra theo chiều rộng.

- Khi có 1 ứng biến bằng 0 thì 2 ứng biến còn lại phải có dấu ngược nhau và có trị số tuyệt đối bằng nhau. Ví dụ, khi chôn hạn chế để không có giãn dài, nghĩa là $\delta_1 = 0$ thì $\delta_2 = -\delta_3$. Lượng giảm thể tích theo chiều cao bằng lượng tăng thể tích theo chiều rộng.

3.3.4. Định luật trở lực bé nhất (định luật chu vi bé nhất)

"Trong quá trình biến dạng, các chất điểm của vật thể sẽ di chuyển theo phương nào có trở lực bé nhất".

Hướng di chuyển của một điểm bất kỳ nào trên mặt phẳng vuông góc với phương của lực tác dụng là hướng thẳng góc với chu vi của mặt phẳng ấy. Lượng biến dạng nhiều nhất theo hướng có nhiều chất điểm di chuyển. Ví dụ, ép 1 khối kim loại lăng trụ có tiết diện chữ nhật, các chất điểm di



Hình 3.22. Trở lực biến dạng

chuyển trong mặt phẳng thẳng góc với lực tác dụng. Tiết diện của vật thể chuyển dần sang hình tròn để cuối cùng có chu vi bé nhất (hình 3.22).

Vì thế định luật này còn gọi là “Định luật chu vi bé nhất”.

3.3.5. Định luật đồng dạng

"Trong điều kiện biến dạng đồng dạng, 2 vật thể có hình dáng hình học đồng dạng, kích thước khác nhau, sẽ có áp lực đơn vị biến dạng như nhau, quan hệ giữa 2 lực biến dạng bằng bình phương quan hệ giữa các kích thước tương ứng của 2 vật thể, quan hệ giữa 2 công biến dạng bằng tam thừa quan hệ giữa các kích thước".

Nếu a_1, b_1, c_1, F_1, V_1 là các kích thước, diện tích và thể tích vật thể 1; a_2, b_2, c_2, F_2, V_2 là các kích thước, diện tích và thể tích vật thể 2. Gọi P_1, P_2, A_1, A_2 là lực và công biến dạng tác dụng lên vật thể 1, 2; ký hiệu:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{c_1}{c_2} = n ; \quad \frac{F_1}{F_2} = n^2 ; \quad \frac{V_1}{V_2} = n^3$$

Theo định luật đồng dạng thì:

$$\frac{P_1}{P_2} = n^2 ; \quad \frac{A_1}{A_2} = n^3$$

Điều kiện biến dạng đồng dạng của 2 vật là: cùng thành phần hóa học, cùng nhiệt độ biến dạng, hệ số ma sát và lượng biến dạng tương đối như nhau.

Định luật này có ý nghĩa và ứng dụng quan trọng trong thực tế. Nó cho phép thông qua mẫu thử để xác định thông số của quá trình biến dạng vật thể thật như: xác định ảnh hưởng của quá trình biến dạng đến sự thay đổi tổ chức, cơ, lý, hóa tính kim loại, tìm ra quy luật biến dạng và nhân tố ảnh hưởng.

Chương bốn: NUNG NÓNG TRONG GIA CÔNG ÁP LỰC

4.1. Mục đích nung nóng

Nung nóng trong gia công kim loại bằng áp lực nhằm tạo tổ chức đồng pha, nâng cao tính dẻo kim loại, phục hồi tổ chức để giảm trở lực, dễ biến dạng đảm bảo chất lượng, nâng cao năng suất, hạ giá thành sản phẩm. Nhiệt độ là nhân tố có ảnh hưởng lớn đến gia công áp lực.

4.2. Hình thức và đặc điểm gia công áp lực

4.2.1. Hình thức gia công áp lực

Gia công nóng được thực hiện trên nhiệt độ kết tinh lại, ngược lại, *gia công nguội* là quá trình gia công thực hiện dưới nhiệt độ kết tinh lại.

Nhiệt độ kết tinh lại của kim loại nguyên chất thường từ $0,4 \div 0,5$ nhiệt độ chảy:

$$T_{KTL} \approx (0,4 \div 0,5)T_{ch}$$

Ví dụ, nhiệt độ kết tinh lại (T_{KTL}) của thép cacbon khoảng $600 \div 650^{\circ}\text{C}$.

Khi nung đến nhiệt độ $T_{KTL} \approx (0,4 \div 0,5)T_{ch}$ trong kim loại rắn xuất hiện 2 quá trình kết tinh lại:

+ Các trung tâm kết tinh (có mạng tinh thể hoàn thiện) lớn dần lên và phục hồi lại mạng tinh thể (không bị xô lệch mạng). Đó là hiện tượng kết tinh lại lần thứ nhất.

+ Các hạt nhỏ, không đều kết hợp với nhau tạo thành các hạt lớn, đều nhau hơn. Đó là hiện tượng kết tinh lại lần thứ hai.

4.2.2. Đặc điểm các hình thức gia công áp lực

a. Gia công nóng

Ở đây kim loại biến dạng dẻo ở nhiệt độ cao, khoảng nhiệt độ gia công nóng có thể tính theo thực nghiệm:

$$T_{gnong} = (0,7 \div 0,9)T_{chay}$$

Gia công nóng có những đặc điểm sau:

- + Tính dẻo cao, dễ biến dạng, giảm trở lực, năng suất cao, giá thành hạ.

- + Một số kim loại chỉ có thể gia công nóng (kẽm, vonfram...).

- + Thỏi đúc chứa nhiều tạp chất, tổ chức không đều, có nhiều khuyết tật (rỗ khí, thiên tích...) và hạt lớn sẽ khó gia công nguội.

- + Kim loại phục hồi tính dẻo (không cần ủ) và kết tinh lại nên không bị biến cứng, thuận lợi cho gia công cắt gọt và phục hồi cơ, lý, hóa tính...

- + Những chi tiết nhỏ, mỏng ($< 2\text{ mm}$) dễ bị phá hủy vì cháy.

- + Bề mặt kim loại bị oxy hóa (vảy oxyt) làm giảm độ bóng, độ chính xác thấp, tổn hao kim loại, dễ thoát than, giảm cơ tính, dễ cong vênh biến dạng.

- + Một số kim loại bị dòn khí gia công nóng.

Chú ý: Một số kim loại có nhiệt độ chảy thấp (hợp kim chì, thiếc), khi gia công ngay ở nhiệt độ thường ($30 \div 35$)°C cũng là gia công nóng.

b. Gia công nguội (biến dạng dẻo ở nhiệt độ thấp):

$$T_{\text{gengươi}} < T_{\text{kết tinh lại}}$$

Gia công nguội có những đặc điểm sau:

- + Độ chính xác, độ nhẵn bề mặt kim loại cao, chất lượng tốt hơn gia công nóng.

- + Kim loại không bị cháy, không bị oxy hóa, không hao phí kim loại.

- + Thép không bị mất cacbon, tổ chức vỡ vụn, hạt nhỏ, cơ tính tăng.

- + Kim loại được khử khuyết tật, biến tổ chức hạt thành thớ (sản phẩm dạng thớ, cơ tính tăng, chịu lực tốt, tiết kiệm kim loại...).

- + Kim loại dễ biến cứng, tính dẻo giảm (dễ nứt), cần lực và công để gia công lớn hơn so với gia công nóng, (thiết bị tạo lực lớn). Năng suất thấp.

- + Vật liệu gia công hạn chế: chỉ có vật liệu có độ dẻo cao mới

gia công nguội được (thép ít cacbon, thép hợp kim thấp, kim loại và hợp kim màu). Kích thước, khối lượng và độ phức tạp sản phẩm cũng bị hạn chế. Một số hợp kim không thể gia công nguội được.

4.3. Hiện tượng xảy ra khi nung thép

4.3.1. Chảy

Khi nung nóng vật liệu đến gần đường đặc, kim loại bắt đầu chảy, làm mất sự liên tục, không thể gia công được.

4.3.2. Cháy

Khi nung nóng thép đến gần đường đặc, phần tinh giới hạt của thép bị oxy hóa mãnh liệt (khi đó ở thép nung thường xuất hiện hoa lửa) làm mất tính liên tục của kim loại, độ dẻo và độ bền giảm. Kim loại bị cháy thì không thể tận dụng được mà chỉ có thể chặt bỏ đoạn cháy và đem nấu lại.

4.3.3. Quá nhiệt

Khi nung thép đến nhiệt độ cao ($T_{\text{nung}} > T_{\text{đặc}} - 150^{\circ}\text{C}$), tổ chức hạt của thép lớn lên, tính dẻo và độ bền giảm, nếu gia công sẽ bị nứt vỡ (có thể sửa chữa bằng cách ủ để phục hồi lại tính dẻo).

4.3.4. Ôxy hóa

Thực chất của ôxy hóa là quá trình khuếch tán ôxy vào kim loại tạo nên các ôxyt. Khi nung nóng kim loại trong lò ở nhiệt độ cao sẽ có các loại khí (O_2 , CO_2 , không khí), do đó bề mặt kim loại bị ôxy hóa tạo thành lớp vảy ôxyt kim loại làm tổn hao vật liệu (thép khoảng $2 \div 6\%$), làm mòn dụng cụ, gây khó khăn cho quá trình gia công, giảm chất lượng sản phẩm. Để khắc phục hoặc giảm hiện tượng ôxy hóa bề mặt kim loại có thể chọn chế độ nung thích hợp cho từng loại vật liệu (nhiệt độ nung, tốc độ nung, thời gian nung, thời gian giữ nhiệt...), tốt nhất là nung trong môi trường không có ôxy hoặc có bảo vệ để tránh cho kim loại bị ôxy hóa.

4.3.5. Thoát than (mất cacbon)

Khi nung nóng trong lò, các loại khí (O_2 , CO_2 , H_2O , H_2 , SO_2 ...) tác dụng với Fe_3C , đốt cháy cacbon, làm giảm hàm lượng cacbon trên bề mặt thép ở nhiệt độ cao, thay đổi thành phần, cơ tính. Biện pháp khắc phục: quét lên bề mặt vật nung lớp sơn bảo vệ ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 +$

$\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$) hoặc thấm than lên bề mặt các chi tiết đó.

4.3.6. Nứt

Do kết cấu chi tiết phức tạp hoặc chế độ nung không hợp lý dẫn đến ứng suất nhiệt lớn, tạo các vết nứt bên trong và bên ngoài sản phẩm. Do đó phải chọn chế độ nung hợp lý.

4.4. Chế độ nung nóng trong gia công áp lực

4.4.1. Khoảng nhiệt độ gia công

a. Xác định bằng công thức thực nghiệm

- Nhiệt độ bắt đầu gia công (T'_{max}) là nhiệt độ cao nhất bắt đầu gia công.

Nếu gia công ở nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ này, tính dẻo giảm đột ngột, xảy ra nhiều khuyết tật (chảy, cháy, quá nhiệt, ôxy hóa, thoát C...):

$$T'_{\text{bắt đầu}} = T'_{\text{đặc}} - (150 \div 200) ^\circ\text{C}$$

- Nhiệt độ kết thúc gia công (T'_{min}) là nhiệt độ thấp nhất cần phải kết thúc gia công, đem nung lại để gia công tiếp. Gia công dưới nhiệt độ này tính dẻo giảm, khó biến dạng, gây biến cứng, nứt nẻ:

+ Đối với thép trước cùng tích: $T'_{\text{kết thúc}} = T'_{\text{Ar3}} + (20 \div 40^\circ\text{C})$.

+ Đối với thép sau cùng tích : $T'_{\text{kết thúc}} = T'_{\text{Ar1}} + (40 \div 50^\circ\text{C})$.

Trong khoảng nhiệt đó, phần lớn tổ chức của thép là một pha (γ - ôstenit) độ dẻo cao, dễ gia công. Đó là vùng gia công nóng.

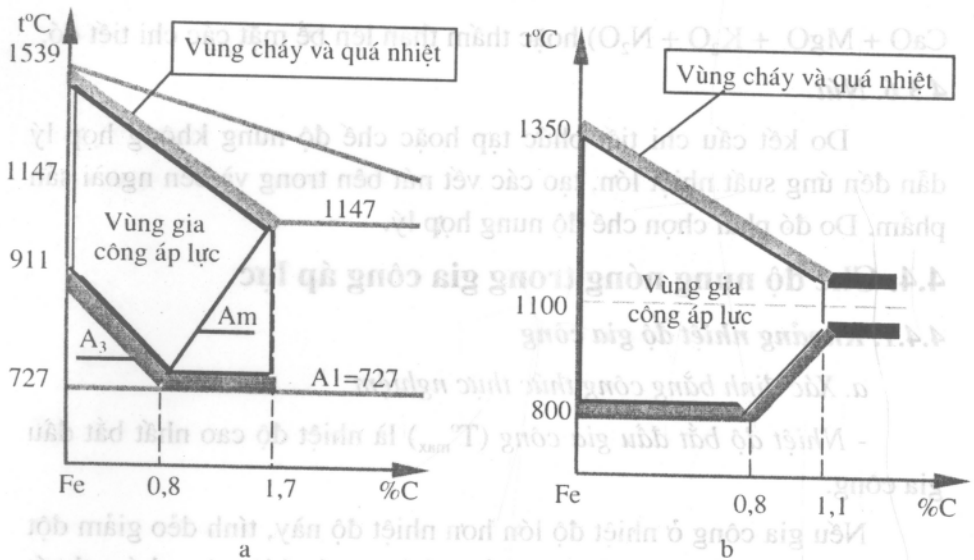
Khi cần nhiệt luyện (ủ, tôi...) cần kết thúc gia công tại nhiệt độ cần thiết để nhiệt luyện.

b. Xác định khoảng nhiệt độ gia công bằng giản đồ trạng thái Fe - C

Khoảng nhiệt độ gia công nóng thép (nhiệt độ cao nhất và thấp nhất) được xác định theo giản đồ lý thuyết (hình 4.1a).

Khoảng nhiệt độ gia công nóng thép được xác định theo đồ thị thực nghiệm (hình 4.1b).

Ở khoảng nhiệt độ gia công tại vùng trên, phần lớn tổ chức của thép là một pha đồng nhất (γ - ôstenit), có độ dẻo cao.



Hình 4.1. Khoảng nhiệt độ vùng gia công áp lực đối với thép cacbon
a. Theo giản đồ trạng thái Fe - C (lý thuyết); b. Theo đồ thị thực nghiệm

c. Dùng màu để xác định khoảng nhiệt độ gia công thép theo kinh nghiệm của người thợ: chảy, chảy (có hoa lửa), quá nhiệt (màu sáng trắng), nhiệt độ gia công (màu vàng rom). Khi thép chuyển sang màu tím thì kết thúc gia công.

4.4.2. Thời gian nung

Công thức thực nghiệm xác định thời gian nung trong lò buồng từ 20°C ÷ 1200°C như sau:

$$T = \alpha \cdot \beta \cdot K \cdot D \cdot \sqrt{D} \quad (\text{giờ})$$

Bảng 4.1. Hệ số β theo

L/D	3	2	1,5	1
β	1	0,98	0,92	0,71

Trong đó:

β - hệ số (kích thước) độ dài tương đối (tra bảng 4.1).

K - hệ số vật liệu:

+ Đối với thép cacbon có 0,4%C: K = 10.

+ Đối với thép cacbon > 0,4%C và thép hợp kim thấp: K = 12,5.

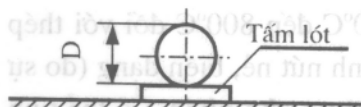
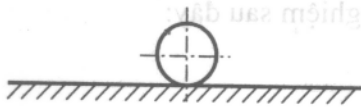
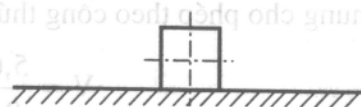
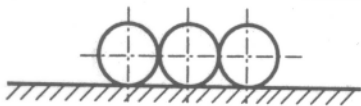
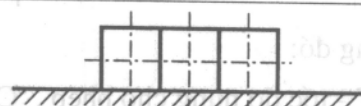
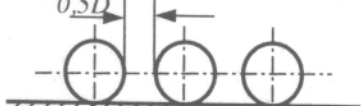
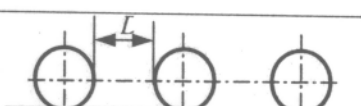
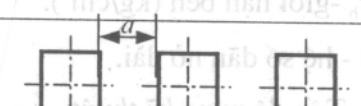
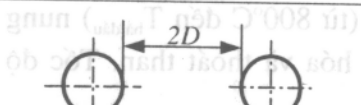
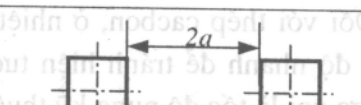
+ Đối với thép hợp kim cao: K = 20.

D (hoặc a) - đường kính (hoặc cạnh ngắn) của phôi, tính bằng m.

α - hệ số sắp xếp phôi, phụ thuộc vào hình dáng tiết diện phôi và cách bố trí sắp xếp phôi trong lò (theo khoảng cách, có kê lót hay không...).

Bảng 4.2 cho phép xác định hệ số sắp xếp phôi α trong lò buồng.

Bảng 4.2. Xác định hệ số sắp xếp phôi α trong lò buồng
(theo vị trí và hình dạng tiết diện phôi)

Sơ đồ sắp xếp	α	Sơ đồ sắp xếp	α
	1		1
	1		1,4
	2		4
	1,4		2,2
	1,35		2
	1,3		1,8

4.4.3. Thời gian giữ nhiệt

Đây là thời gian để vật liệu đồng đều về nhiệt độ từ trong ra ngoài và chuyển biến hoàn toàn thành pha đồng nhất. Thời gian giữ nhiệt phụ thuộc vào tính chất vật liệu, kích thước phôi và nhiệt độ

nung.

Có thể xác định thời gian giữ nhiệt theo thực nghiệm như sau:

+ Đối với thép cacbon: $T_{\text{giữ nhiệt}} = (20 \div 30) \% T_{\text{nung}}$

+ Đối với thép hợp kim: $T_{\text{giữ nhiệt}} = 150 \% T_{\text{nung}}$

4.4.4. Tốc độ nung

Tốc độ nung cũng ảnh hưởng đến chất lượng, năng suất quá trình gia công, do đó cần chọn chế độ nung hợp lý. Sau đây là 2 loại tốc độ nung:

a. Tốc độ nung cho phép

Khi nung từ nhiệt độ môi trường 20°C đến 800°C đối với thép cacbon thường nung với tốc độ chậm để tránh nứt nẻ, biến dạng (do sự dẫn nhiệt). Tốc độ này được gọi là *tốc độ nung cho phép*. Có thể tính tốc độ nung cho phép theo công thức thực nghiệm sau đây:

$$V = \frac{5,6 \lambda \cdot \sigma_b}{\beta \cdot E \cdot \rho^3}$$

Trong đó:

V - tốc độ nung cho phép, °C/giờ.

ρ - bán kính phôi trụ, cm.

λ - hệ số dẫn nhiệt (kcal/cm.độ).

σ_b - giới hạn bền (kg/cm²).

β - hệ số dẫn nở dài.

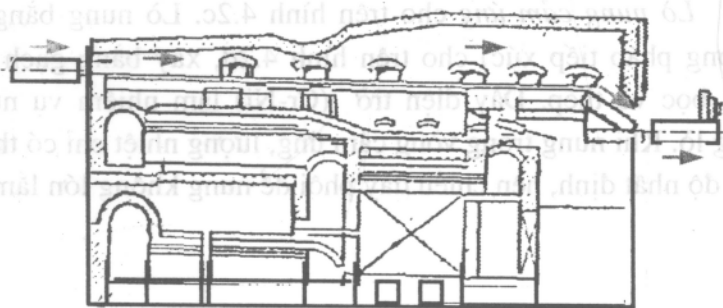
b. Tốc độ nung kỹ thuật

Đối với thép cacbon, ở nhiệt độ cao (từ 800°C đến $T_{\text{bắt đầu}}$) nung với tốc độ nhanh để tránh hiện tượng ôxy hóa và thoát than. Tốc độ này được gọi là tốc độ nung kỹ thuật.

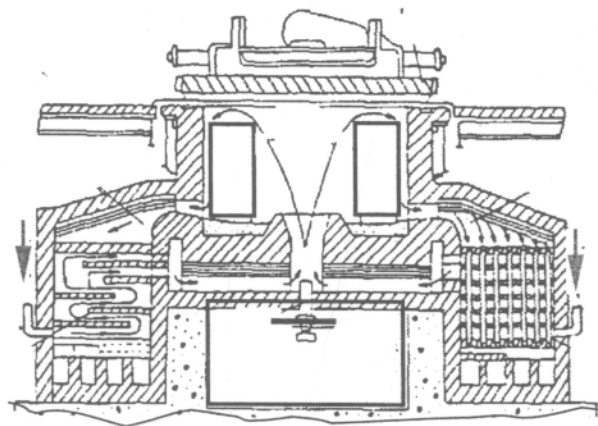
4.5. Thiết bị nung

Năng lượng để nung nóng vật rèn dập đến nhiệt độ gia công có thể là năng lượng do đốt cháy nhiên liệu trong ôxy (nhiên liệu rắn - than, nhiên liệu lỏng - dầu, khí cháy) hoặc năng lượng điện nếu nung trong lò điện, lò nung cảm ứng, lò phản xạ, nung điện trở...

Lò phản xạ được sử dụng rộng rãi vì đơn giản, dễ thao tác, khoảng không gian lớn, nhiệt độ cao đồng đều, phôi không tiếp xúc trực tiếp với ngọn lửa, ít bị cháy và ôxy hóa. Lò phản xạ có lò nung liên tục (hình 4.2a) và lò quạt lửa (hình 4.2b).



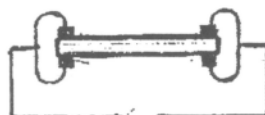
a



b



c



d

Hình 4.2. Thiết bị nung nóng

a. Lò nung liên tục; b. Lò quạt lửa;

c. Nguyên lý lò điện nung cảm ứng; d. Nguyên lý lò nung điện trở

Lò điện dễ điều chỉnh, đạt nhiệt độ cao, khống chế nhiệt độ nung chính xác với sai số $\pm 5^{\circ}\text{C}$, chất lượng vật nung cao, ít bị ôxy hóa, giảm hao phí kim loại, thời gian nung nhanh. Thiết bị điện kết cấu phức tạp, giá thành cao, tiêu tốn năng lượng. Do đó lò điện dùng nung vật nhỏ, tiết diện ít thay đổi hoặc nung kim loại quý, yêu cầu kỹ thuật cao. Lò điện được dùng trong sản xuất hàng loạt lớn.

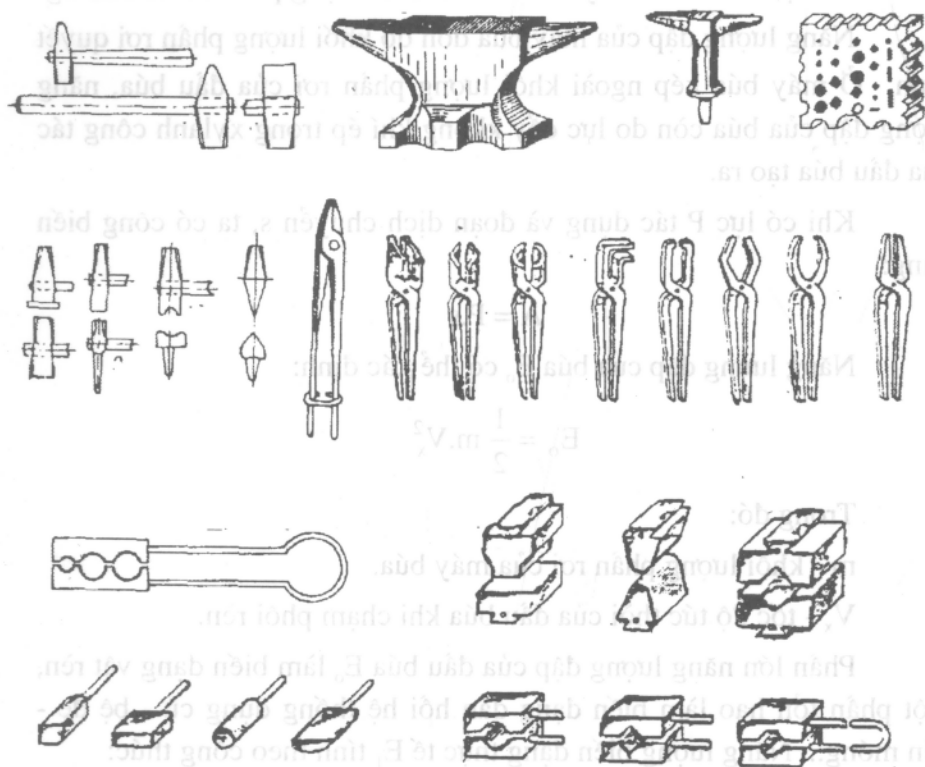
Lò nung cảm ứng cho trên hình 4.2c. Lò nung bằng điện trở (phương pháp tiếp xúc) cho trên hình 4.2d, xây bằng gạch chịu lửa, ngoài bọc vỏ thép. Dây điện trở (Cr-Ni) làm nhiệm vụ nung nóng buồng lò. Khi nung trong vòng cảm ứng, lượng nhiệt chỉ có thể đạt đến nhiệt độ nhất định, nên chiều dày phôi để nung không lớn lắm.

Chương năm: DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ RÈN - DẬP

5.1. Dụng cụ rèn - dập

Dụng cụ rèn - dập gồm nhiều dạng loại. Chọn dụng cụ nào là tùy theo tính chất của phương pháp gia công. Ví dụ, đối với các nguyên công như rèn tự do, dập thể tích, dập tấm có: búa, đe, đệm, đột, bàn là, bàn tóp, kìm, dưỡng, compa, khuôn rèn - dập...

Hình 5.1 giới thiệu một số loại dụng cụ rèn tự do thường gặp.



Hình 5.1. Dụng cụ rèn tự do

5.2. Thiết bị rèn - dập

Thiết bị chính dùng rèn - dập bao gồm các loại máy búa (máy búa không khí, máy búa hơi, máy búa hơi nước, máy búa ma sát ván gỗ), máy ép (máy ép ma sát trục vít, máy ép thủy lực), máy dập, máy

đột, máy đột - dập liên hợp, máy rèn ngang... Máy búa được đặc trưng bởi khối lượng phần rơi, còn máy ép được đặc trưng bởi lực ép.

Thiết bị phụ phục vụ cho quá trình rèn - dập như thiết bị vận chuyển, thiết bị nung nóng, sàn làm nguội...

5.2.1. Máy búa

a. Máy búa không khí chạy bằng động cơ

Máy búa không khí chạy bằng động cơ ký hiệu là BH kèm theo sau là các chữ số chỉ khối lượng phần rơi (BH50, BH75, BH100, BH500, BH1000...).

Ví dụ, BH500 là máy búa hơi có khối lượng phần rơi là 500 kg.

Năng lượng đập của máy búa đơn do khối lượng phần rơi quyết định. Ở máy búa kép ngoài khối lượng phần rơi của đầu búa, năng lượng đập của búa còn do lực đẩy không khí ép trong xy lanh công tác của đầu búa tạo ra.

Khi có lực P tác dụng và đoạn dịch chuyển s , ta có công biến dạng:

$$A = P.s$$

Năng lượng đập của búa E_o có thể xác định:

$$E_o = \frac{1}{2} m.V_x^2$$

Trong đó:

m - khối lượng phần rơi của máy búa.

V_x - tốc độ tức thời của đầu búa khi chạm phôi rèn.

Phần lớn năng lượng đập của đầu búa E_o làm biến dạng vật rèn, một phần tổn hao làm biến dạng đàn hồi hệ thống dụng cụ - bệ đe - nền móng... Năng lượng biến dạng thực tế E_l tính theo công thức:

$$E_l = \eta.E_o$$

Hệ số hữu ích $\eta = 0,8 \div 0,9$ (tổn hao do biến dạng đàn hồi hệ thống dụng cụ, bệ, nền...). Lực đập xác định từ biểu thức:

$$m_2(V_2 + V_x) = m_2(2V_{th}) = P. \Delta t \rightarrow V_{th} = \frac{V_2 + V_x}{2}$$

Vì ban đầu $V_2 = 0$ nên $m_2 V_x = P \cdot \Delta t$.

$$\text{Do đó } P = \frac{m_2 \cdot V_x}{\Delta t}$$

Trong đó:

V_1 - vận tốc khối lượng phần rơi m_1 .

V_2 - vận tốc khối lượng đe và bệ m_2 (ban đầu $V_2 = 0$).

V_x - vận tốc khối lượng phần rơi, đe và bệ đe tại thời điểm biến dạng.

Δt - thời gian va chạm; sau nhất đập thứ nhất đoạn biến dạng là h_1 .

Khi bộ phận rơi dịch chuyển một đoạn S_{bd} (do biến dạng) với vận tốc V_1 và sau biến dạng S_{bd} vận tốc cuối là V_x thì hệ thống sẽ lún đàn hồi một đoạn S_c , ta có:

$$S_{bd} = h_0 - h_1 \quad \text{và} \quad V_1 + V_x = 2V_{tb}$$

Trong đó:

h_0 - chiều cao ban đầu của vật rền.

h_1 - chiều cao của vật rền sau nhất đập thứ nhất.

Khi đập cả hệ thống sẽ lún xuống một đoạn S_0 và cùng dịch chuyển với vận tốc trung bình V_{tb} , nên thời gian va chạm có thể xác định theo công thức:

$$\Delta t = \frac{S_{bd} + S_c}{V_{tb}} = \frac{2(S_{bd} + S_c)}{V_1 + V_x} = \frac{2[(h_0 - h_1) + S_c]}{V_1 + V_x}$$

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$V_x(m_1 + m_2) = V_1 m_1 + V_2 m_2; \text{ vì } V_2 = 0 \text{ nên:}$$

$$V_x = \frac{V_1 \cdot m_1 + V_2 \cdot m_2}{m_1 + m_2} = \frac{V_1 \cdot m_1}{m_1 + m_2}$$

Lực đập P xác định từ năng lượng đập E_1 (năng lượng E bằng công A):

$$E_1 = \eta \cdot E_0 = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot V_1^2}{2} = P \cdot (S_{bd} + S_c) = P(h_0 - h_1 + S_c)$$

$$\text{Vậy } P = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot V_1^2}{2(S_{bd} + S_e)}$$

Ví dụ, xác định lực đập của máy búa BH1000, biết vận tốc của khối lượng phần rơi thời điểm đập $V_1 = 6,1 \text{ m/s}$, biến dạng vật rền $S_{bd} = 1 \text{ mm}$, đoạn lún đàn hồi $S_e = 1 \text{ mm}$, khối lượng bệ đỡ $m_2 = 20 \text{ m}_1$ (m_1 - khối lượng phần rơi). Ta có:

$$V_x = \frac{V_1 \cdot m_1}{m_1 + m_2} = \frac{6,1 \cdot 1000}{1000 + 20 \cdot 1000} \approx 0,29 \text{ m/s}$$

Thời gian va chạm:

$$\Delta t = \frac{2(S_{bd} + S_e)}{V_1 + V_x} = \frac{2(1 + 1)}{6100 + 290} \approx 0,0006 \text{ s} = 1.000 \text{ tấn}$$

Lực đập:

$$P = \frac{m_2 \cdot V_x}{\Delta t} = \frac{20 \cdot 1000 \cdot 0,3}{9,8 \cdot 0,0006} = \frac{6100}{0,0006} \approx 1.000.000 = 1.000 \text{ tấn}$$

Theo năng lượng biến dạng:

$$P = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot V_1^2}{2(S_{bd} + S_e)} = \frac{0,85 \cdot 1000 \cdot 6,1^2}{2(1 + 1) \cdot \frac{9,8}{1.000}} \approx 1000 = 1000 \text{ tấn}$$

- Các bộ phận cơ bản của máy búa không khí chạy bằng động cơ

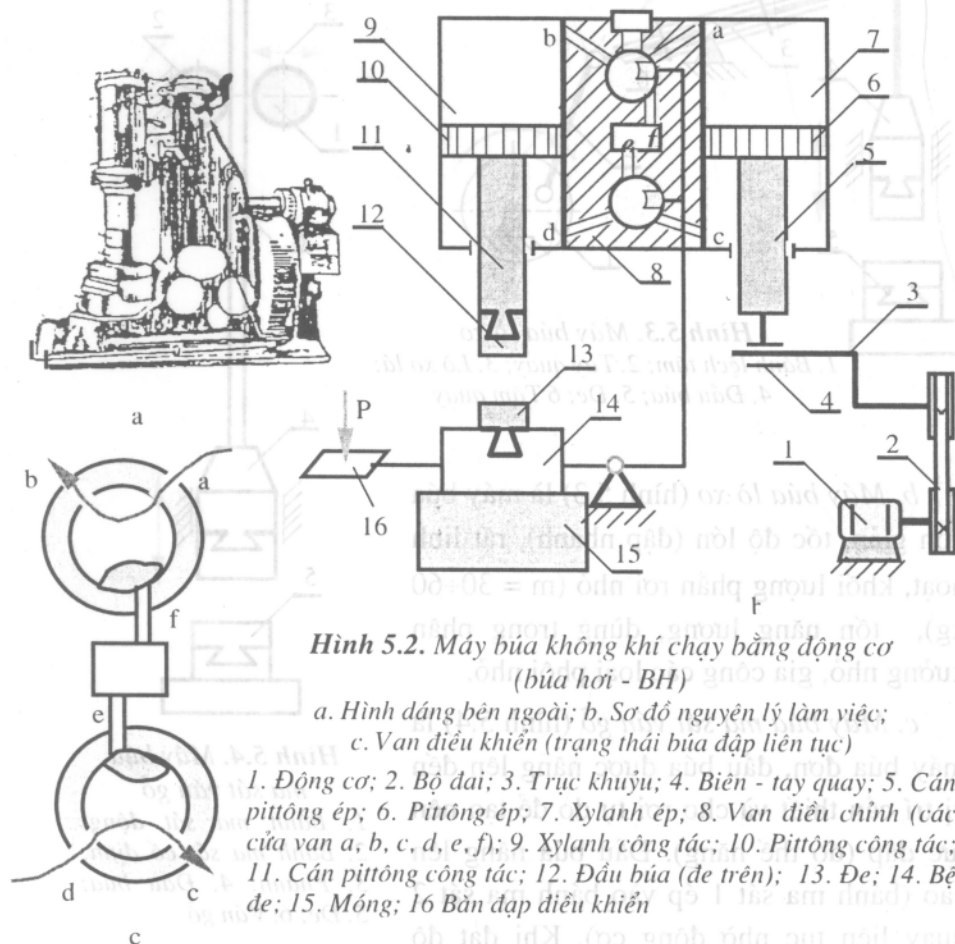
Hình 5.2 giới thiệu một loại máy búa không khí chạy bằng động cơ dùng gia công các chi tiết nhỏ. Hình dáng bên ngoài của máy cho trên hình 5.2a, sơ đồ nguyên lý làm việc của máy cho trên hình 5.2b và van điều khiển cho trên hình 5.2c.

Bộ phận chính của máy búa không khí chạy bằng động cơ gồm: phần rơi (pittông, đe trên - đầu búa), đe, bệ đỡ (loại phẳng, chữ V), xylanh công tác (loại đơn hoặc kép), thân máy (bộ phận cơ bản để lắp các bộ phận khác lên nó) và bộ phận điều khiển...

- Nguyên lý làm việc của máy búa không khí chạy bằng động cơ

Động cơ điện 1 truyền qua bộ truyền đai 2, hộp tốc độ (để thay

đổi tốc độ), trục khuỷu 3, hệ thống biên - tay quay 4, làm pittông ép 6 chuyển động trong xylanh ép 7. Không khí ép qua van điều khiển 8, phân phối khí làm pittông công tác 10 chuyển động trong xylanh công tác 11, tạo nên lực đập của đầu búa 12. Bàn đạp 16 dùng điều khiển van 8. Phôi rèn đặt lên đe 13. Đe lắp trong bệ đe 14 và đặt trong móng 15.



Hình 5.2. Máy búa không khí chạy bằng động cơ (búa hơi - BH)

a. Hình dáng bên ngoài; b. Sơ đồ nguyên lý làm việc;
c. Van điều khiển (trạng thái búa đập liên tục)

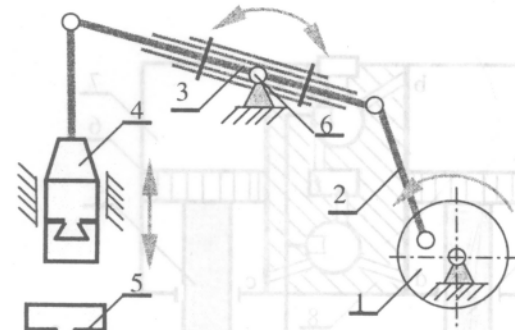
1. Động cơ; 2. Bộ đai; 3. Trục khuỷu; 4. Biên - tay quay; 5. Cán pittông ép; 6. Pittông ép; 7. Xylanh ép; 8. Van điều chỉnh (các cửa van a, b, c, d, e, f); 9. Xylanh công tác; 10. Pittông công tác; 11. Cán pittông công tác; 12. Đầu búa (đe trên); 13. Đe; 14. Bệ đe; 15. Móng; 16. Bàn đạp điều khiển

- **Hành trình của máy búa không khí chạy bằng động cơ**

Hành trình của búa hơi thực hiện do đóng mở các cửa của van điều khiển 8 như sau (sơ đồ hình 5.2c là khi búa đập liên tục):

- + Khi chạy không : đóng van b, d ; mở các van a, c, e, f.
- + Khi búa đập liên tục : đóng van e, f ; mở các van a, b, c, d.

- + Khi búa treo : đóng van a và e ; các van khác mở một chiều.
- + Khi búa ép : đóng van c và f ; các van khác mở một chiều.
- + Khi búa đập nhát một : đóng van e, f ; mở van a, b, c, d đập rồi treo ngay.



Hình 5.3. Máy búa lò xo

1. Bánh lệch tâm; 2. Tay quay; 3. Lò xo lá;
4. Đầu búa; 5. Đe; 6. Tâm quay

b. Máy búa lò xo (hình 5.3) là máy búa đơn giản, tốc độ lớn (đập nhanh), rất linh hoạt, khối lượng phần rơi nhỏ ($m = 30 \div 60$ kg), tốn năng lượng, dùng trong phân xưởng nhỏ, gia công các loại phôi nhỏ.

c. Máy búa ma sát ván gỗ (hình 5.4) là máy búa đơn, đầu búa được nâng lên đến vị trí cần thiết và cho rơi tự do để tạo nên lực đập (do thế năng). Đầu búa nâng lên cao (bánh ma sát 1 ép vào bánh ma sát 2 quay liên tục nhờ động cơ). Khi đạt độ cao, phanh 3 giữ đầu búa 4 lại. Khi mở phanh, đầu búa rơi tự do tạo lực đập. Máy đơn giản nhưng công kênh, chập chạp, ván gỗ chóng mòn.

Hình 5.4. Máy búa ma sát ván gỗ

1. Bánh ma sát động;
2. Bánh ma sát cố định;
3. Phanh; 4. Đầu búa;
5. Đe; 6. Ván gỗ

5.2.2. Máy ép

a. Máy ép ma sát trực vít

Máy ép ma sát trực vít có các đặc điểm sau:

- Hành trình lớn, không cố định, có thể đập vật đập với một hoặc

nhiều lần trong 1 lòng khuôn và dập được vật có chiều cao lớn.

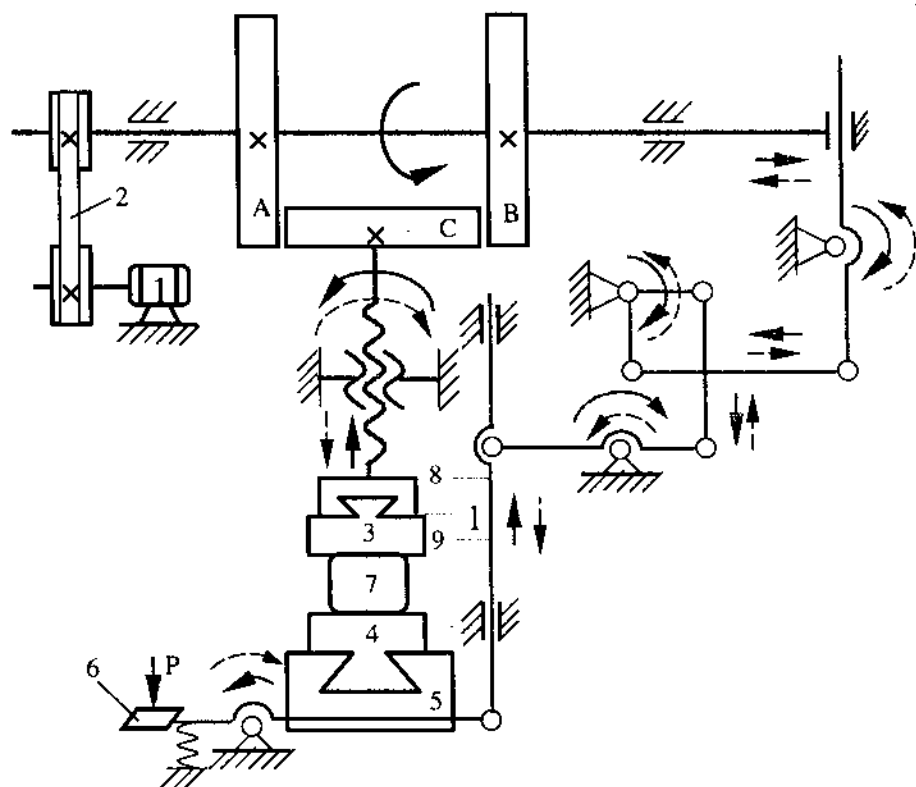
- Tốc độ biến dạng nhỏ ($v = 3 \div 4 \text{ m/s}$), kim loại biến dạng triệt để, đồng đều, điền đầy khuôn tốt. Năng lượng ép được tính theo áp lực đơn vị (không tính theo khối lượng phân rơi).

- Độ cứng vững kém (trục vít me dài). Máy chỉ dập những vật tròn xoay, đối xứng (không lệch tâm).

- Dùng cơ cấu đẩy phôi từ dưới lên nên có thể dập sản phẩm có chiều sâu lớn (chuôi, cán...).

- Máy ép ma sát trục vít có thể dùng cho nhiều loại khuôn.

Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy ép ma sát trục vít giới thiệu trên hình 5.5.



Hình 5.5. Máy ép ma sát trục vít
A, B, C. Bánh ma sát.

1. Động cơ; 2. Bộ truyền đai; 3. Đe trên; 4. Đe dưới; 5. Bệ đe; 6. Bàn đập điều khiển; 7. Vật dập; 8, 9, 10. Các vấu điều khiển tự động

Truyền động từ động cơ 1, qua bộ truyền đai 2 làm trục truyền lắp hai bánh ma sát A, B luôn luôn quay theo một chiều. Trục chính dịch chuyển để bánh ma sát C tiếp xúc với bánh A hoặc B. Bánh C lắp trên trục vít me mang đầu búa. Khi ép bàn đập 6 hệ thống cần điều khiển chuyển động (chiều mũi tên nét liền) quay theo hai chiều đưa đầu búa đi xuống (ép vật đập). Đầu máy ép đến vị trí cuối cùng thì vấu điều khiển 10 đẩy vấu 8 làm hệ thống cần quay ngược lại (chiều mũi tên nét đứt) để đầu con trượt đi lên (lấy vật đập).

b. Máy ép thủy lực

Máy ép thủy lực là thiết bị truyền dẫn bằng chất lỏng (dầu, nước) áp suất cao. Nguyên lý tác dụng và hoạt động của máy này dựa vào định luật Pascal như sau: ***“Áp suất được truyền đến tất cả các điểm của chất lỏng là nguyên vẹn và theo mọi phương”***. Theo nguyên tắc này, hình 5.7, có thể tạo nên lực ép lớn cho các máy thủy lực bằng cơ cấu khuếch đại áp suất (hình 5.6). Áp suất thấp p_1 vào xy lanh lớn tác dụng lên pittông đường kính D_1 , truyền qua cán pittông đến xy lanh nhỏ, có pittông đường kính D_2 tạo nên áp suất cao đến máy ép p_2 . Ta có:

$$p_2 \cdot D_2 = p_1 \cdot D_1$$

Do đó hệ số khuếch đại áp suất có thể tính như sau:

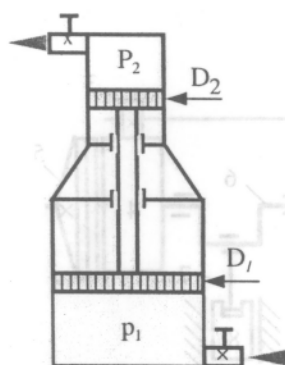
$$p_2 = \frac{D_1^2}{D_2^2} \cdot p_1 = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \cdot p_1$$

Giả sử áp suất đầu vào là $p_1 = 10 \text{ atm}$, đường kính pittông lớn $D_1=100$, đường kính pittông nhỏ $D_2=10$, ta có áp suất ra máy ép $p_2 = 100 \text{ atm}$. Như vậy máy ép thủy lực có thể cho lực ép đến 100.000 tấn để đập phôi có khối lượng đến 5 tấn (đập vật phức tạp, mặt bích, bánh răng, trục khuỷu, cánh tuabin...).

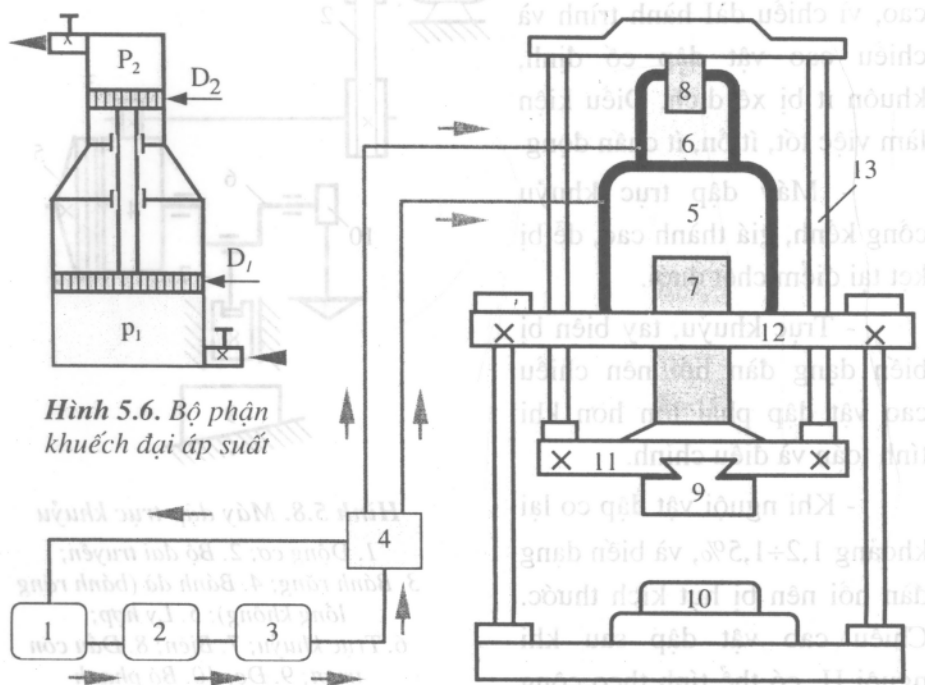
Đặc điểm của máy ép thủy lực:

- Tốc độ biến dạng nhỏ hơn $5 \div 10$ lần so với máy đập trục khuỷu (thường $v = 2,5 \div 5 \text{ cm/s}$), kim loại biến dạng triệt để, đồng đều, điền đầy lòng khuôn tốt.
- Hành trình lớn, không cố định, độ cứng vững cao nên ép được

vật có khối lượng lớn, phức tạp, chiều cao lớn, thành khuôn có góc nghiêng nhỏ. Có thể dùng khuôn nhiều lòng khuôn, cũng có thể dùng ép tấm dày.



Hình 5.6. Bộ phận khuếch đại áp suất



Hình 5.7. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy ép thủy lực

1. Bể chứa; 2. Bơm; 3. Van ổn áp; 4. Van phân phối; 5. Xylanh ép; 6. Xylanh nâng; 7. Pittông ép; 8. Pittông nâng; 9. Đầu ép; 10. Đe; 11, 12. Xà ngang; 13. Trụ

5.2.3. Máy dập trực khuỷu

Hình 5.8 giới thiệu sơ đồ máy dập trực khuỷu. Động cơ 1 truyền chuyển động cho bộ truyền đai 2, đến bánh răng 3 (cố định trên trục), ăn khớp với bánh răng lồng không 4 (bánh đà). Động cơ quay nhưng máy vẫn chạy không. Muốn cho máy hoạt động phải ép ly hợp ma sát 5 vào bánh đà 4 làm trục khuỷu 6 chuyển động tịnh tiến đưa đầu trượt 8 đi lên, xuống tạo lực dập xuống đe 9. Phanh 10 để dừng máy và mở ly hợp. Máy dập trực khuỷu có đặc điểm sau:

- Có hiệu suất cao, hệ số sử dụng năng lượng và vật liệu cao (giảm lượng dư), năng suất cao (mỗi nhát đập cho 1 sản phẩm) nên giá thành hạ.

- Tốc độ biến dạng nhỏ ($v = 0,5 \div 8 \text{ m/s}$) nên có điều kiện để kim loại trong lòng khuôn biến dạng triệt để, đồng đều cả ở 2 lòng khuôn.

- Độ chính xác vật dập cao, vì chiều dài hành trình và chiều cao vật dập cố định, khuôn ít bị xô dịch. Điều kiện làm việc tốt, ít ồn, ít chấn động

- Máy dập trực khuỷu công kênh, giá thành cao, dễ bị kẹt tại điểm chết dưới.

- Trục khuỷu, tay biên bị biến dạng đàn hồi nên chiều cao vật dập phải lớn hơn khi tính toán và điều chỉnh.

- Khi nguội vật dập co lại khoảng $1,2 \div 1,5\%$, và biến dạng đàn hồi nên bị hụt kích thước. Chiều cao vật dập sau khi nguội H_n có thể tính theo công thức:

$$H_n = H_T + \Delta_1 - \varepsilon_1 + \Delta_d$$

Trong đó:

H_T - chiều cao vật dập, tương đương với hành trình không tải (chiều cao vật dập mà giả thiết máy không có biến dạng đàn hồi).

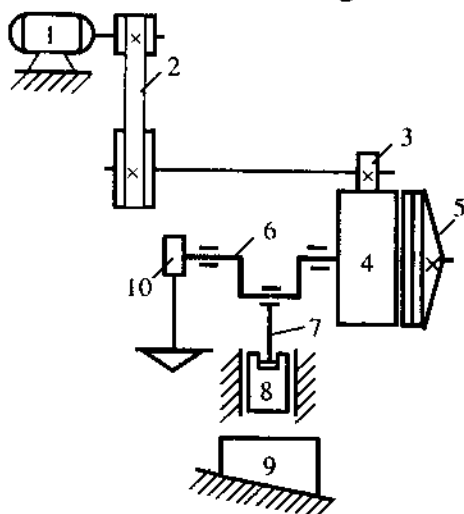
ε_1 - độ co kích thước vật dập khi nguội.

Δ_1 - tổng các biến dạng đàn hồi của máy.

Δ_d - lượng biến dạng đàn hồi của bản thân vật dập.

- Khuôn dùng cho máy dập trực khuỷu cũng giống như cho máy búa (nguyên khối khuôn hay ghép, bố trí một hay nhiều lòng khuôn), độ nghiêng thành khuôn nhỏ, rãnh bavaria không khép kín, mặt phân khuôn có thể chọn gần đáy hơn (tránh được dòng chảy ngang của kim loại ở khuôn sâu, có các lỗ thoát khí).

- Muốn khắc phục hiện tượng kẹt khuôn ở vị trí điểm chết dưới



Hình 5.8. Máy dập trực khuỷu

1. Động cơ; 2. Bộ đai truyền;
3. Bánh răng; 4. Bánh đà (bánh răng lồng không); 5. Ly hợp;
6. Trục khuỷu; 7. Biên; 8. Đầu con trượt; 9. Đế; 10. Bộ phanh

thì làm thêm tấm đệm khuôn và bàn máy vát nghiêng góc $12^\circ \div 14^\circ$ để khi bị kẹt, đóng nhẹ vào tấm đệm (hoặc bàn máy) làm thay đổi chiều cao khép kín của khuôn, máy sẽ vượt qua điểm chết, không bị kẹt.

- Khuôn dùng chốt đẩy (cần đẩy) nên giảm được độ dốc thành khuôn, tiết kiệm kim loại, giảm lượng dư gia công, giảm độ mòn lòng khuôn, tăng tuổi thọ cho khuôn (tăng độ nhẵn bề mặt lòng khuôn, tăng nhiệt độ vật dập, dùng chất bôi trơn giảm ma sát), tăng chất lượng vật dập.

- Tốc độ biến dạng thấp nên không thể dập nhiều lần trên một lòng khuôn mà làm $2 \div 3$ lòng khuôn trên một khối khuôn. Khi phối được chuẩn bị kỹ thì năng suất dập sẽ cao hơn.

- Hành trình cố định, dễ gây quá tải. Để tránh hiện tượng này, cần làm túi chứa kim loại thừa để sau khi dập xong sẽ cắt bỏ.

5.2.4. Máy rèn ngang

- + Ưu điểm cơ bản của máy :

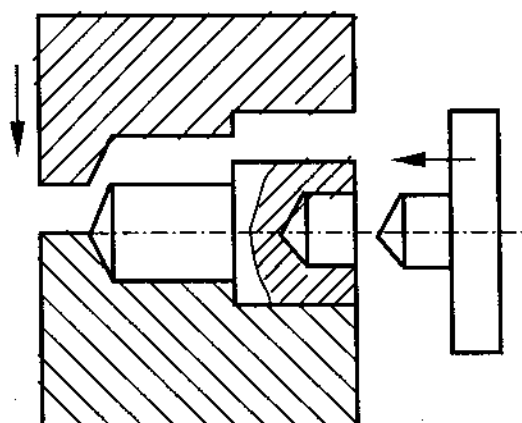
- Máy rèn ngang (như máy dập đặt nằm ngang), có 2 con trượt chuyển động vuông góc với nhau, phù hợp với yêu cầu vật dập chôn cục bộ.

- Khuôn dập có 2 mặt phân khuôn vuông góc với nhau, có nhiều mảnh, có thể dập sản phẩm có hình dáng phức tạp, lỗ không thông suốt, góc nghiêng nhỏ, lượng dư nhỏ, tiết kiệm kim loại.

- Máy có kết cấu vững chắc, con trượt dịch chuyển chính xác nên gia công được vật dập có độ chính xác cao.

- Phân bố thử trong vật dập đều đặn, cơ tính vật dập cao hơn so với các máy khác.

- Dễ cơ khí hóa, tự động hóa, năng suất cao (hàng ngàn sản



Hình 5.9. Sơ đồ nguyên công thực hiện trên máy rèn ngang

phẩm/giờ).

+ Nhược điểm cơ bản của máy:

- Phôi kẹp 2 phía nên tốn kim loại (phần kẹp phôi).
- Yêu cầu chuẩn bị phôi chính xác (cần qua tinh chỉnh, phôi cán...).
- Chọn phôi có tỷ lệ chiều cao H_o và đường kính D_o : $\frac{H_o}{D_o} < 2,5$.

Đối với phôi có đáy phẳng và vuông góc với trục phôi có thể chọn với tỷ lệ cao hơn $2,5 < \frac{H_o}{D_o} < 3,2$.

- Khó làm sạch vảy ôxyt nằm trong lòng khuôn nên có khi chất lượng bề mặt sản phẩm không tốt.

Chương sáu: THIẾT KẾ CÔNG NGHỆ RÈN DẬP

6.1. Thiết kế công nghệ rèn tự do

6.1.1. Thực chất, đặc điểm

Rèn tự do là một quá trình biến dạng tự do kim loại dưới tác dụng của các dụng cụ đơn giản hoặc các thiết bị tạo lực. Việc tạo hình nhờ bề mặt dụng cụ và trình độ tay nghề của công nhân. Rèn tự do cho chất lượng sản phẩm không cao, độ bóng bề mặt thấp, năng suất thấp, hao phí nhiều kim loại, cường độ lao động lớn. Do đó rèn tự do thường dùng trong sản xuất đơn chiếc, hàng loạt nhỏ, trong sửa chữa... Nhưng nó có khả năng tạo ra được sản phẩm có kích thước từ rất nhỏ đến rất lớn. Vật liệu thường dùng là phôi đúc, thỏi cán, thanh...

6.1.2. Nguyên công cơ bản khi rèn tự do

Hình 6.1 giới thiệu một số nguyên công cơ bản khi rèn tự do. Các nguyên công đó gồm: nguyên công chôn (hình 6.1a), chôn cục bộ (hình 6.1b), vuốt thanh (hình 6.1c), vuốt ống mở rộng lỗ (hình 6.1d), vuốt ống tăng chiều dài (hình 6.1e), uốn (hình 6.1g), xoắn (hình 6.1h), xấn hoặc chặt (hình 6.1i), đột lỗ suốt - tấm mỏng (hình 6.1k), đột lỗ không thông hoặc đột lỗ lớn (hình 6.1l), là phẳng, tóp, lấy dấu, ép vết...

a. Nguyên công chôn làm giảm chiều cao (từ H_0 xuống h), tăng diện tích tiết diện ngang (từ D_0 đến d) của phôi nhằm thay đổi kích thước, cải tạo cấu trúc, tạo thớ uốn, tăng độ bền, giảm chiều sâu đột lỗ.

- Đặc điểm biến dạng của nguyên công chôn:

Khi chôn, phôi chịu ảnh hưởng của lực tác dụng (lực chính P), phản lực N , lực ma sát R của phôi tiếp xúc dụng cụ (hình 6.2a).

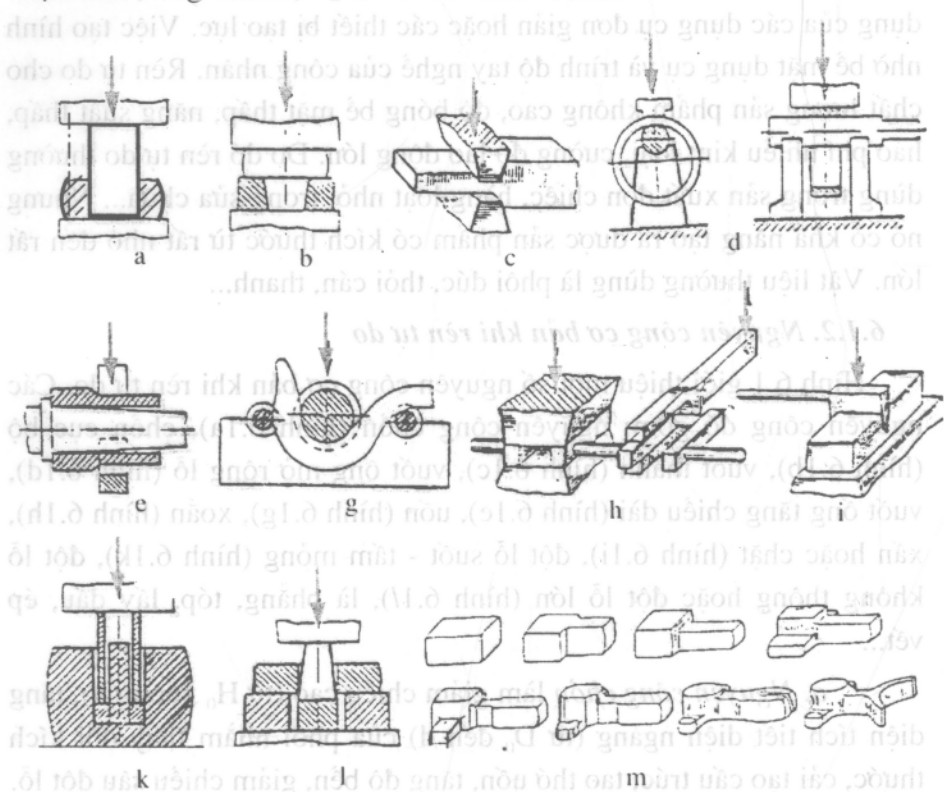
+ **Vùng 1:** trạng thái ứng suất phức tạp, khó biến dạng (do ma sát dụng cụ tiếp xúc với phôi).

+ **Vùng 2:** xuất hiện trạng thái ứng suất tiếp τ nghiêng một góc 45° so với phương của lực tác dụng. Sự trượt xảy ra mãnh liệt, kim loại dễ biến dạng.

+ **Vùng 3:** các phần tử kim loại chịu ứng suất kéo, hướng tiếp

tuyến, phối biến dạng tự do theo phương hướng kính làm cho sản phẩm bị phình tang trống.

Các vùng của phối có ứng suất khác nhau, biến dạng khác nhau nên cơ tính khác nhau, chất lượng không đồng đều. Vùng biến dạng nhiều là vùng có cấu trúc kim loại tốt hơn, cơ tính cao hơn. Vùng nào chịu nhiều ứng suất kéo thì ở đó dễ sinh vết nứt.



Hình 6.1. Một số nguyên công và sản phẩm rèn tự do

a. Chôn; b. Chôn cục bộ; c. Vuốt thanh; d. Vuốt ống mở rộng lỗ; e. Vuốt ống tăng chiều dài; g. Uốn; h. Xoắn; i. Xắn hoặc chặt; k. Đột lỗ suốt (tầm mỏng); l. Đột lỗ không thông hoặc đột lỗ lớn; m. Sản phẩm rèn tự do

Cấu trúc kim loại thay đổi khi chôn:

* *Thổi đúc* hạt không đều, tinh thể hình nhánh cây bị phá vỡ, khử rỗ khí, vết nứt nhỏ, hạt kéo dài ra, tạo thớ.

* *Thổi cán* tạo thớ uốn, tăng độ bền (bulông, bánh răng...).

- Những hiện tượng xảy ra khi chôn (hình 6.2):

+ Chôn toàn phần

Khi $H_0 < 2D_0$, phôi biến dạng thành hình tang trống (hình 6.2a, b).

Khi $H_0 < (2 \div 2,5)D_0$, có 3 trường hợp:

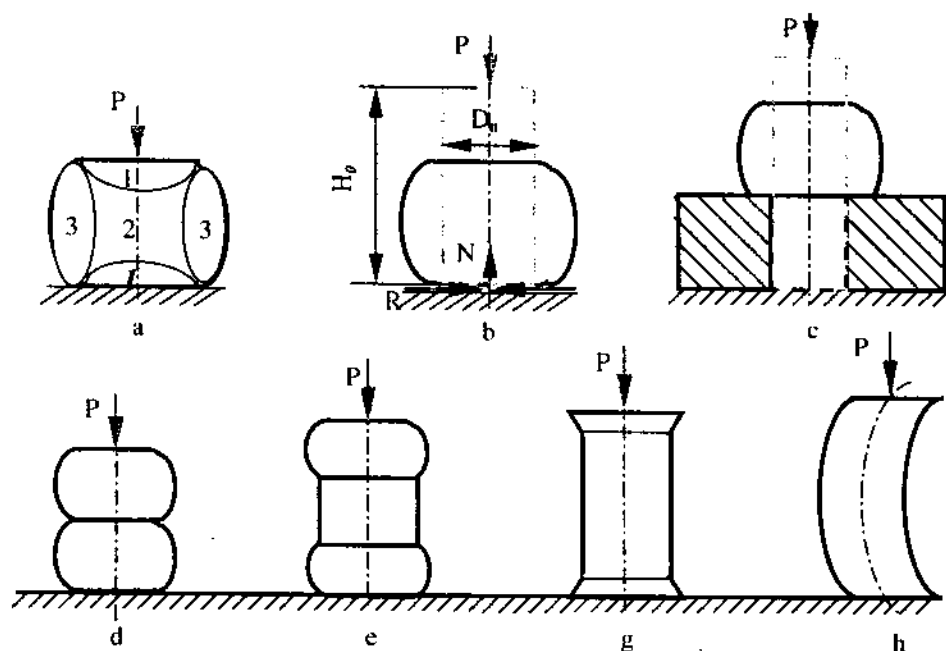
- Lực đủ lớn phôi biến dạng thành hình tang trống kép (hình 6.2d).

- Lực không đủ lớn phôi biến dạng thành hình tang trống ở hai đầu đoạn giữa không biến dạng (hình 6.2e).

- Lực quá nhỏ, phôi chôn bị loe hai đầu (hình 6.2g).

Khi $H_0 > 2,5D_0$, mất ổn định (uốn cong) không gia công được (hình 6.2h).

+ Chôn cục bộ (chôn đặc biệt) thực hiện trong khuôn, trong vòng đệm và trong búa đe lồi (hình 6.2c).



Hình 6.2. Nguyên công chôn

a. Sơ đồ biến dạng; b. Chôn toàn phần ($H_0 < 2D_0$); c. Chôn cục bộ (trong vòng đệm);

d. $H_0 < (2 \div 2,5)D_0$, lực đủ lớn; e. $H_0 < (2 \div 2,5)D_0$, lực không đủ lớn;

g. $H_0 < (2 \div 2,5)D_0$, lực quá nhỏ; h. $H_0 > 2,5D_0$

b. Nguyên công vuốt

- Đặc điểm

Nguyên công vuốt làm giảm chiều cao tiết diện ngang phần vuốt, tăng chiều dài, chiều rộng không đều nhau.

Khi có lực tác dụng P, phản lực N, lực ma sát R làm giảm chiều cao, tăng chiều rộng, chiều dài biến dạng không đều, tạo dạng tang trống.

- Thông số cơ bản của nguyên công vuốt (hình 6.3):

+ Lượng ép $\Delta h = H_0 - h$ (chiều cao phôi trước và sau mỗi nhát đập).

+ Bước vuốt a_0 - bước chuyển phôi sau 1 nhát đập.

a - bước chuyển phôi tương đối:

$$a = \frac{a_0}{B_0}$$

b - chiều rộng đầu búa.

B_0 - chiều rộng phôi.

V_B - thể tích giãn rộng.

V_L - thể tích giãn dài.

V_H - thể tích giảm theo chiều

cao.

+ f - hệ số giãn rộng biểu thị tỷ lệ phần thể tích tăng theo chiều

rộng V_B so với thể tích giảm theo chiều cao V_H , $f = \frac{V_B}{V_H}$.

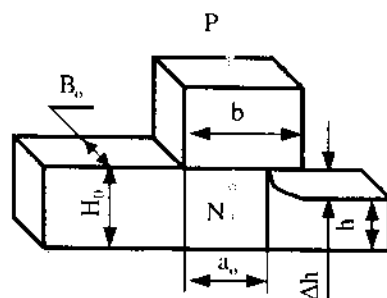
+ q - hệ số giãn dài biểu thị tỷ lệ phần thể tích tăng theo chiều

dài V_L so với thể tích giảm theo chiều cao V_H , $q = \frac{V_L}{V_H}$.

- Theo định luật thể tích không đổi thì $f + q = 1$, do đó ta có:

$$f + q = \frac{V_B}{V_H} + \frac{V_L}{V_H} + \frac{V_B + V_L}{V_H} = 1$$

Ở đây f, q biểu thị tỷ lệ phần V_B, V_L và V_H thay đổi. Tổng tỷ lệ



Hình 6.3. Sơ đồ và các thông số khi vuốt

này là 1.

Bảng 6.1. Quan hệ giữa a với f và q

a	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
f	0,19	0,21	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,5	0,56
q	0,81	0,79	0,77	0,73	0,68	0,63	0,57	0,5	0,44

- Nhận xét (bảng 6.1):

+ Khi $a = 1$, vùng biến dạng có diện tích hình vuông thì $f = 0,27$ (lượng dẫn rộng 27%) và $q = 0,73$ (lượng dẫn dài 73%).

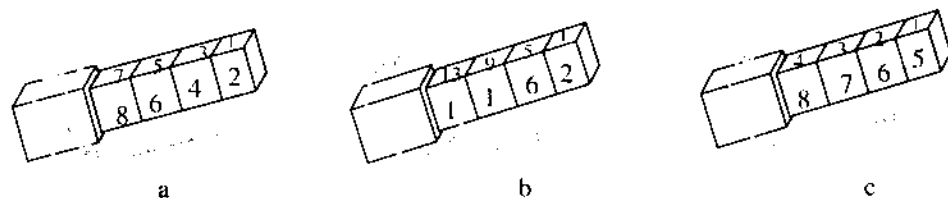
+ Muốn phân biến dạng có lượng dẫn dài bằng lượng dẫn rộng ($f = q = 0,5$) thì $a = 1,8$.

+ Nếu bước vuốt a_n (a) càng giảm, lượng dẫn rộng f càng giảm và lượng dẫn dài q càng tăng.

+ Để tăng năng suất cần hạn chế lượng dẫn rộng f, tăng lượng dẫn dài q.

- Phương pháp lật chuyển phôi khi vuốt (hình 6.4).

+ Lật qua lật lại phôi 90° và dịch chuyển nó dọc trục (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8): phương pháp này thuận tay cho thợ nhưng phôi nguội và biến dạng không đều, dễ bị cong vênh..., chỉ dùng để vuốt thép ít cacbon (hình 6.4a).



Hình 6.4. Phương pháp lật chuyển phôi khi vuốt

a. Lật đi lật lại; b. Vuốt xoay tròn; c. Vuốt 1 mặt rồi lật 90° để vuốt mặt thứ 2

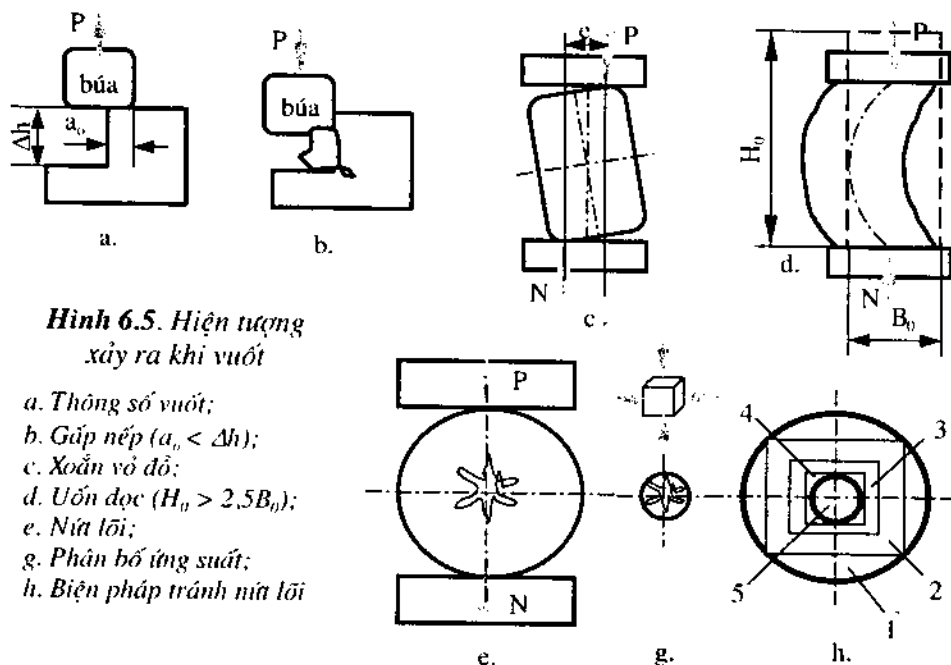
+ Lật phôi xoay tròn 90° và dịch chuyển dọc trục (theo thứ tự 1, 2...9, 10...13, 14 như hình 6.4b): phương pháp này không thuận tay cho thợ nhưng dễ tự động hóa. Khi gia công các phần của phôi nguội và biến dạng đồng đều nên có thể dùng vuốt các loại thép cacbon, thép hợp kim.

+ Vuốt phôi theo chiều dài, dịch chuyển dọc trục (hình 6.4c). Khi vuốt hết chiều dài phôi mới lật 90° để vuốt tiếp (1, 2, 3 ... 5, 6, 7, 8). Như vậy trở lực chiều dài giảm, dễ dẫn dài, năng suất cao, nhưng phôi nguội không đều do đó thường dùng gia công vật liệu dẻo.

- Các hiện tượng xảy ra khi vuốt phôi và biện pháp khắc phục:

+ Gấp nếp, xảy ra khi bước vuốt $a_0 < \Delta h$ (lượng ép như hình 6.5b) sẽ có lớp mỏng biến dạng xếp lên bề mặt phôi gia công. Đó là hiện tượng gấp nếp. Nó sẽ làm bề mặt kim loại không liên tục, cơ tính giảm. Để tránh hiện tượng gấp nếp cần chọn bước vuốt a_0 lớn hơn lượng ép Δh .

+ Xoắn vỏ đồ (hình 6.5c) xảy ra khi vuốt phôi tiết diện hình chữ nhật mà lại lật phôi không đúng 90° . Sau mỗi lần đập tạo ra mômen xoắn (lực P và phản lực N có đoạn lệch tâm e - tạo mômen ngẫu lực) làm phôi dần dần bị xoắn. Để tránh hiện tượng xoắn vỏ đồ, phải lật phôi đúng 90° .



+ Uốn dọc, mất ổn định (hình 6.5d) xảy ra khi vuốt phôi tiết diện hình chữ nhật có chiều cao phôi $H_0 > 2,5B_0$ (B_0 - chiều rộng) làm phôi bị cong, gấp nếp không gia công được, chất lượng sản phẩm kém. Điều

kiện đảm bảo không xảy ra hiện tượng này là $H_0 \leq 2,5B_0$.

+ Nứt lõi chân chim (hình 6.5c) xảy ra khi vuốt từ tiết diện tròn lớn xuống tiết diện tròn nhỏ, do lực P tạo ứng suất nén theo phương của lực tác dụng và ứng suất kéo theo phương vuông góc với lực tác dụng. Sự thay đổi liên tục (hình 6.5g) làm phần lõi bị mỏi nên bị nứt và vết nứt lớn dần lên tạo vết nứt lõi chân chim. Hiện tượng này làm độ bền của phôi giảm hẳn.

Để tránh hiện tượng nứt lõi khi vuốt phôi tròn, phải chuyển phôi thành tiết diện vuông để vuốt vuông, gần đạt kích thước cuối cùng sẽ vê (sửa) thành tiết diện tròn đúng kích thước sản phẩm. Ví dụ về thứ tự các bước: 1, 2, 3, 4 như hình 6.5h và đến bước 5 sẽ sửa tròn.

- Kỹ thuật vuốt

+ Vuốt thép thời đúc: vuốt từ giữa ra để dồn tạp chất và thiên tích ra hai đầu rồi chặt bỏ.

+ Vuốt thép thời cán: vuốt từ hai đầu vào giữa vì hai đầu nguội trước.

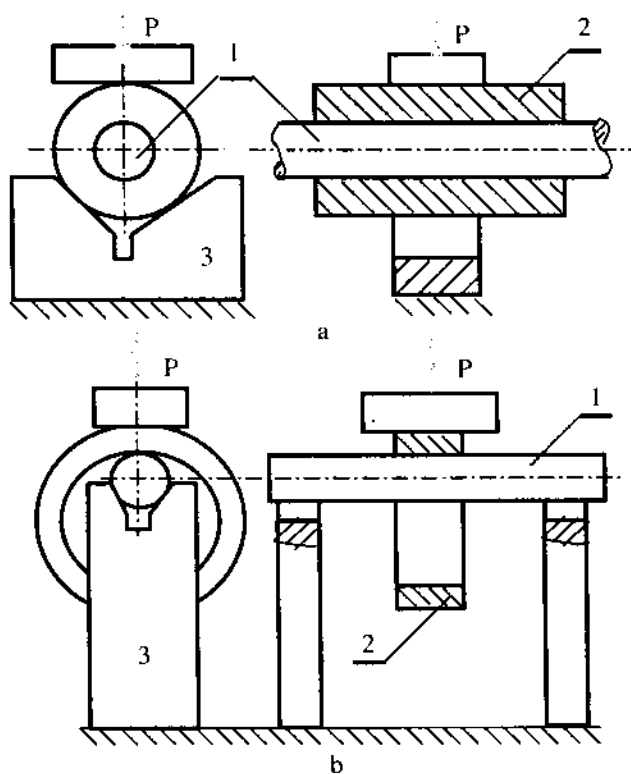
+ Vuốt đảm bảo độ phẳng và nhẵn:

Để đảm bảo vật rèn phẳng nhẵn, tránh gập nếp có thể xác định bước vuốt a_0 theo kinh nghiệm:

$$a_0 = (0,4 \div 0,8)b$$

$$a_0 = (0,4 \div 0,7)B_0$$

Tỷ lệ a_0/b nhỏ quá dễ làm gập nếp; nếu lớn quá, năng



Hình 6.6. Vuốt ống

a. Vuốt giảm chiều dày, tăng chiều dày, đường kính không đổi; b. Vuốt mở rộng lỗ (giảm chiều dày, tăng đường kính lỗ, chiều dài ống không thay đổi)

suất vượt giảm.

- Biện pháp tăng năng suất quá trình vượt

* Bước vượt nhỏ hơn chiều rộng phôi ($a_0 < B_0$), theo định luật trở lực bé nhất lượng dẫn dài lớn hơn lượng dẫn rộng ($q > f$).

* Xẻ rãnh ngang trên mặt búa (đé), giảm ma sát biến dạng dọc nên phôi dễ biến dạng theo chiều dọc của phôi.

- Vuốt ống

+ Vuốt giảm chiều dày tăng chiều dài, đường kính lỗ không đổi (hình 6.6a)

Dùng trục tâm 1 có đường kính xấp xỉ đường kính lỗ của phôi 2 ($\phi \approx \phi_{lỗ}$), độ côn $3 \div 12 \text{ mm/m}$ (để dễ tháo) đặt trên khối V số 3, vuốt từ hai đầu vào (vì nguội nhanh, dễ nứt).

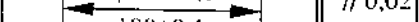
Trục tâm lắp sát với ống, ma sát hướng đường sinh nhỏ hơn hướng tiếp tuyến, biến dạng phần lớn làm tăng theo chiều dài, đường kính lỗ không thay đổi.

+ Vuốt mở rộng lỗ (giảm chiều dày, tăng đường kính lỗ, chiều dài không thay đổi như hình 6.6b).

Dùng trục tâm dài 1, đường kính nhỏ (đường kính càng nhỏ năng suất càng cao), có

$[\phi_{\text{tổ}} - \phi_{\text{trục}} = (15 \div 20)] \text{ mm}$

gá trên 2 gối tựa chữ V số 3.



$\phi 250 \pm 0,1$

$\phi 190 \pm 0,1$

$\phi 80 \pm 0,1$

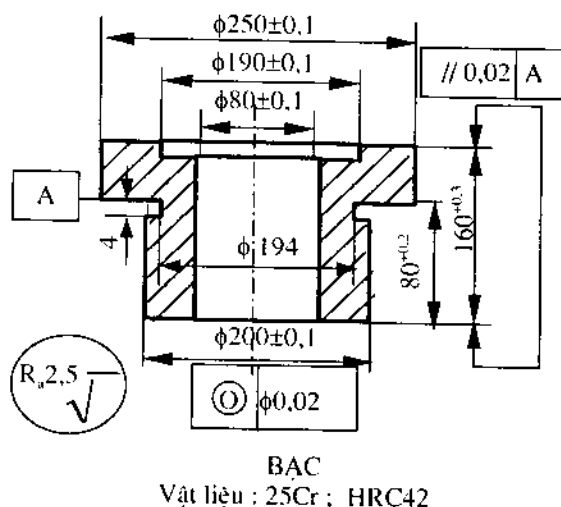
// 0,02 A

6.2. Thiết kế công nghệ vật rèn tự do

6.2.1. Bản vẽ chi tiết
(bản vẽ chế tạo)

a. Phân tích kết cấu chi tiết

Nhận dạng chi tiết về hình dáng, kích thước, yêu cầu kỹ thuật, vị trí chi tiết trong sản



Hình 6.7. Bản vẽ chi tiết (bac)

phẩm, khả năng làm việc và chịu lực, vật liệu... Dự kiến sơ bộ quy trình công nghệ gia công cơ, chọn mặt chuẩn, máy và công cụ sử dụng...

Ví dụ, cho chi tiết bạc (hình 6.7) hình trụ có lỗ $\phi 80$, có vai, rãnh $4 \times \phi 194$, các bề mặt cần gia công cắt từ thô đến tinh. Quá trình gia công cơ có thể thực hiện trên các máy tiện, máy khoan, máy doa, máy mài...

b. Phân tích kết cấu công nghệ

Đối với rãnh thoát dao, rãnh then, rãnh và lỗ nhỏ... sẽ thêm lượng thừa để đơn giản hóa kết cấu, sau khi rèn sẽ cắt gọt cùng với lượng dư gia công.

Ví dụ, rãnh $4 \times \phi 194$ và $\phi 190$ của bạc (hình 6.7) được thêm lượng dư kỹ thuật (lượng thừa) để có $\phi 200/\phi 194$ và $\phi 74/\phi 80$ rồi thêm lượng dư gia công cho đơn giản hóa. Khi gia công cơ sẽ tạo rãnh thoát dao và tạo lỗ $\phi 190$ này.

Việc thay đổi chiều dày thành vật rèn - đập, biến đổi các gân, gờ, nan hoa, tạo phần chuyển tiếp, bán kính góc lượn ...theo nguyên tắc cho phép, không làm ảnh hưởng đến độ bền hoặc điều kiện làm việc của kết cấu. Cần chú ý chế tạo vật rèn - đập càng gần với hình dáng, kích thước của chi tiết càng tốt.

Nếu kết cấu có chỗ chưa phù hợp, kiến nghị sửa đổi (phải được phép của khách hàng) để có kết cấu công nghệ vật rèn - đập hợp lý nhất.

c. Vẽ bản vẽ chi tiết

Đây là bản vẽ chi tiết chính thức (sau khi đã được sửa), có đủ kích thước, yêu cầu kỹ thuật (dung sai, độ chính xác hình dáng, vị trí tương đối, độ đảo, độ nhẵn, độ cứng...), vật liệu và các yêu cầu đặc biệt...

6.2.2. Thành lập bản vẽ vật rèn

Bản vẽ vật rèn (qui ước) được thành lập trên cơ sở bản vẽ chi tiết, thể hiện được lượng dư gia công cơ, độ dốc (độ nghiêng), bán kính góc lượn...

a. Chọn phương án công nghệ

- Chọn loại phôi và thiết bị sơ bộ (bảng 6.2).

Bảng 6.2. Chọn loại phôi và thiết bị sơ bộ

Vật liệu, khối lượng (m), kg	Loại phôi	Thiết bị
Thép C, thép hợp kim m < 200	Đúc cán	Máy búa MB (100÷10000)kg
Thép C, m < 1000 ÷ 1500	Đúc	Máy búa MB (100÷10000)kg
Thép hợp kim m < 200 ÷ 500	Đúc	Máy búa MB (100÷10000)kg
Thép C khối lượng m > 1500	Đúc	Máy ép thủy lực 600÷1500T

- Dạng sản xuất xác định theo số lượng chi tiết và có thể tính:

$$n = \frac{T_{CB-KT}}{a \cdot T_{CT}}$$

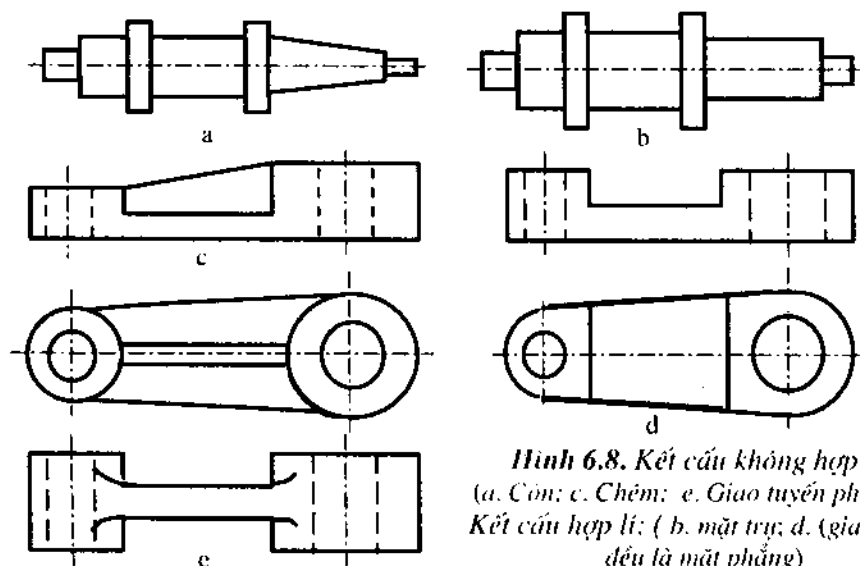
Trong đó:

n - số lượng chi tiết;

T_{CB-KT} - thời gian chuẩn bị kết thúc cho 1 loạt;

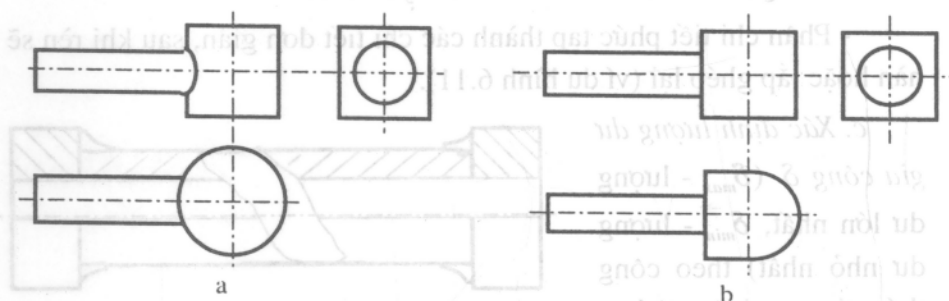
T_{CT} - thời gian gia công chi tiết;

a - hệ số dạng sản xuất: loạt nhỏ a = 10÷30, loạt lớn a = 5÷10.

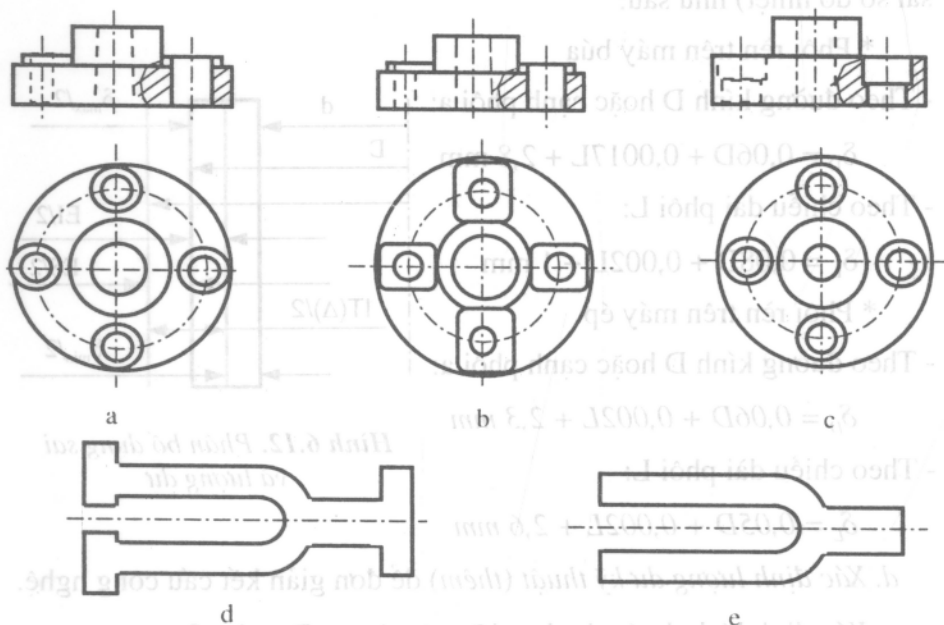


b. Chọn hình dáng kết cấu hợp lý (hình 6.8 ÷ hình 6.11).

- Tránh chọn các mặt côn nhỏ (hình 6.8a) và chêm nhỏ (hình 6.8c).



Hình 6.9. a. Kết cấu không hợp lý (giao tuyến phức tạp); b. Kết cấu hợp lý



Hình 6.10. Kết cấu có gân, gờ, mặt bích, lỗ, lõm không đồng nhất
a. Phần lõi không bằng nhau; b. Phần lõi được nối liền thành 4 khối; c. Phần lõi được nối liền thành 1 khối; d. Gờ lõi và lõm; e. Chi tiết không có gờ.

- Tránh chọn các mặt trụ giao nhau, mặt cong, mặt bậc, phức tạp, giao tuyến bậc 3 trở lên (hình 6.8c, hình 6.9a).

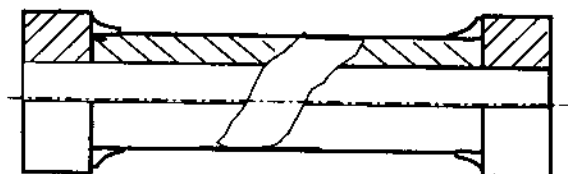
- Tránh các gân, gờ, thành mỏng, phần nhỏ, lỗ, lõm bên trong, mặt bích không đồng nhất, không đều nhau (ví dụ trên hình 6.8c, e và

hình 6.10a, b, d).

- Nối ghép các chi tiết đơn giản, nhỏ thành một sản phẩm, sau khi rèn xong cắt thành các chi tiết theo yêu cầu.

- Phân chi tiết phức tạp thành các chi tiết đơn giản, sau khi rèn sẽ hàn hoặc lắp ghép lại (ví dụ hình 6.11).

c. *Xác định lượng dư gia công δ* (δ_{max} - lượng dư lớn nhất, δ_{min} - lượng dư nhỏ nhất) theo công thức thực nghiệm (chưa tính phần thử nghiệm và sai số do nhiệt) như sau:



Hình 6.11. Hàn nối các chi tiết sau rèn

* Phôi rèn trên máy búa

- Theo đường kính D hoặc cạnh phôi a:

$$\delta_D = 0,06D + 0,0017L + 2,8 \text{ mm}$$

- Theo chiều dài phôi L:

$$\delta_L = 0,08D + 0,002L + 1 \text{ mm}$$

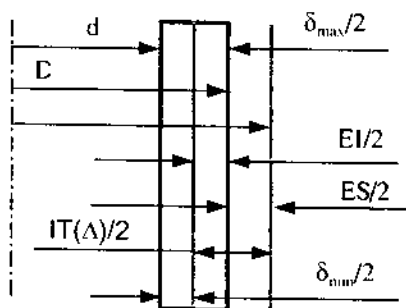
* Phôi rèn trên máy ép

- Theo đường kính D hoặc cạnh phôi a:

$$\delta_D = 0,06D + 0,002L + 2,3 \text{ mm}$$

- Theo chiều dài phôi L:

$$\delta_L = 0,05D + 0,002L + 2,6 \text{ mm}$$



Hình 6.12. Phân bố dung sai và lượng dư

d. *Xác định lượng dư kỹ thuật (thêm) để đơn giản kết cấu công nghệ.*

e. *Xác định kích thước danh nghĩa vật rèn:* $D = d + \delta$

Trong đó: d - kích thước danh nghĩa chi tiết, δ - lượng dư.

g. *Xác định dung sai:* $IT = \Delta = \Delta_i + \Delta_d = ES + EI$

$IT_D = \Delta_D$: dung sai theo đường kính ; $IT_L = \Delta_L$: dung sai theo chiều dài.

$ES = \Delta_i$: sai lệch trên; $EI = \Delta_d$: sai lệch dưới.

Có thể tính dung sai theo đường kính và dung sai theo chiều

dài theo công thức thực nghiệm:

$$IT_D = \Delta_D = \pm(0,026D + 0,0004L + 0,5) \text{ mm}$$

$$IT_L = \Delta_L = \pm(0,03D + 0,0003L + 1,2) \text{ mm}$$

h. Xác định khối lượng, kích thước vật rèn và phôi rèn

- Khối lượng vật rèn: $m_{\text{vật rèn}} = V_{\text{vật rèn}} \cdot \gamma$

- Khối lượng phôi rèn

+ Phôi đúc: $m_{\text{phôi}} = m_{\text{vật rèn}} + m_{\text{cháy}} + m_{\text{đầu}} + m_{\text{dây}}$

Nung lần đầu: $m_{\text{cháy}} = (2 \div 3) \% m_{\text{phôi}}$

Nung mỗi lần sau: $m_{\text{cháy}} = (1 \div 1,5) \% m_{\text{phôi}}$

Thép cacbon: $m_{\text{đầu}} = (15 \div 20) \% m_{\text{thời}}$; $m_{\text{dây}} = (5 \div 7) \% m_{\text{thời}}$

Thép hợp kim: $m_{\text{đầu}} = (20 \div 30) \% m_{\text{thời}}$; $m_{\text{dây}} = (7 \div 10) \% m_{\text{thời}}$

+ Phôi cán: $m_{\text{phôi}} = m_{\text{vật rèn}} + m_{\text{cháy}} + m_{\text{thừa}}$

Nung lần đầu: $m_{\text{cháy}} = (2 \div 3) \% m_{\text{phôi}}$

Nung mỗi lần sau: $m_{\text{cháy}} = (1 \div 1,5) \% m_{\text{phôi}}$

Phân cắt, thép cacbon: $m_{\text{thừa}} = (5 \div 7) \% m_{\text{thời}}$

Thép hợp kim: $m_{\text{đầu}} = (7 \div 10) \% m_{\text{thời}}$

- Kích thước phôi rèn:

$$V_{\text{ph}} = \frac{m_{\text{ph}}}{\gamma} = F \cdot L \rightarrow F_{\text{ph}} = \frac{V_{\text{ph}}}{L} = \frac{\pi D^2}{4} = a^2$$

$$D = (d + \delta)_{-\Delta d}^{+\Delta t} = (d + \delta)_{-EI}^{+ES} = D_{-\Delta d}^{+\Delta t} = D_{-EI}^{+ES}$$

$$L = (l + \delta)_{-\Delta d}^{+\Delta t} = (l + \delta)_{-EI}^{+ES} = L_{-\Delta d}^{+\Delta t} = L_{-EI}^{+ES}$$

$$a = (0,75 \div 0,9) \sqrt[3]{V_{\text{ph}}}$$

Chọn D và a theo qui chuẩn.

Trong đó:

$m_{\text{vật rèn}}$ - khối lượng vật rèn;

m_{ph} - khối lượng phôi;

$m_{\text{cháy}}$ - khối lượng kim loại cháy sau mỗi lần nung;

$m_{\text{đầu}}$ - khối lượng kim loại phần đầu cần cắt bỏ (xỉ, tạp chất nổi

lên);

$m_{\text{đáy}}$ - khối lượng kim loại phần đáy cần cắt bỏ (do thiên tích vùng);

$m_{\text{thừa}}$ - khối lượng kim loại thừa (phần thừa sau khi cắt các chi tiết).

V_{ph} - thể tích phôi;

$F_{\text{phôi}}$ - diện tích tiết diện phôi;

L - chiều dài phôi;

$D(a)$ - đường kính (cạnh) phôi;

γ - khối lượng riêng vật liệu phôi

i. Vẽ bản vẽ vật rèn

Bản vẽ phải có đủ các hình chiếu cần thiết để biểu diễn mặt cắt, hình cắt, kích thước...

+ Kích thước chi tiết: $d_1, d_2, d_3, \dots, l$.

+ K kích thước phôi: $D_1, D_2, D_3, \dots, L$.

+ δ - lượng dư gia công.

6.2.3. Chọn dụng cụ và thiết bị

a. Xác định khối lượng phần rơi của máy búa

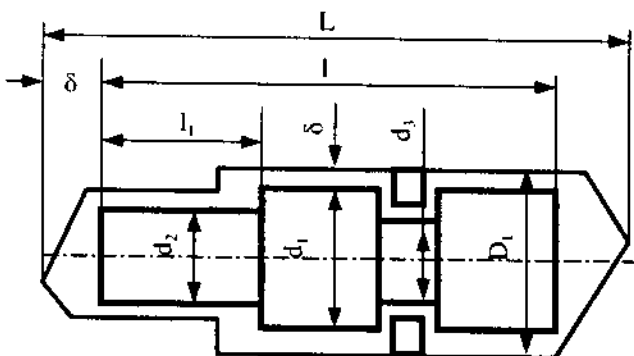
- Khi vuốt trên máy búa

Khối lượng phần rơi của máy búa trong trường hợp vuốt có thể

tính theo công thức thực nghiệm như sau:

$$m = 1,7 \cdot \mu \cdot \left(1 + 0,17 \frac{a_0}{\Delta h}\right) \sigma_{\text{ch}} \cdot \varepsilon \cdot \Delta h \cdot B_0 \cdot a_0$$

Trong đó:



Hình 6.13. Bản vẽ vật rèn

μ - hệ số hình dạng đầu búa. Đối với đầu búa phẳng $\mu = 1$;

Thể tích phần biến dạng $V = \Delta h \cdot B_0 \cdot a_0$ (Δh - lượng ép, B_0 - chiều rộng, a_0 - bước vuốt);

σ_{ch} - giới hạn chảy của vật liệu ở nhiệt độ rèn;

ε - mức độ biến dạng sau 1 nhát đập, với thép $\varepsilon = 0,03$.

- Chồn trên máy búa

Khối lượng phần rơi của máy búa trong trường hợp chồn có thể tính theo công thức thực nghiệm như sau:

$$m = 1,7 \cdot \mu \cdot (1 + 0,17 \frac{D}{H}) \sigma_{ch} \cdot \varepsilon \cdot V$$

D - đường kính (hoặc cạnh) phôi; H - chiều cao phôi; V thể tích phôi.

Khi chồn thép: đối với vật lớn $\varepsilon = 0,025$, đối với vật nhỏ $\varepsilon = 0,06$.

b. Chọn máy búa theo quy chuẩn

Sau khi xác định khối lượng phần rơi cần chọn máy theo quy chuẩn.

6.3. Đập thể tích (đập khối, rèn khuôn, đập nóng)

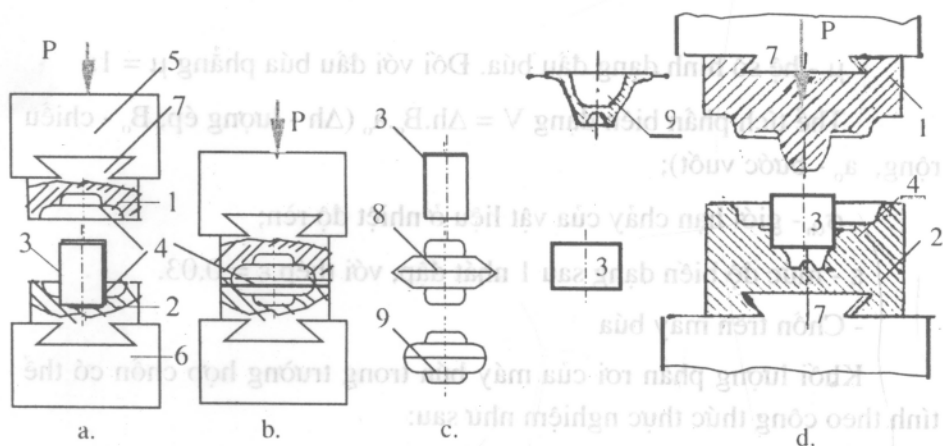
6.3.1. Thực chất

Đập thể tích là quá trình biến dạng dẻo phôi kim loại ở dạng khối trong lòng khuôn dưới tác dụng của lực đập. Khuôn đập vừa là dụng cụ truyền lực vừa là dụng cụ tạo hình vật đập.

Hình 6.14a giới thiệu sơ đồ đập thể tích trong khuôn hở. Hình 6.14d là bộ khuôn và chày đập. Bộ khuôn thường gồm khuôn trên 1, khuôn dưới 2 được phân cách với nhau bởi mặt phân khuôn và lòng khuôn 4. Bộ khuôn được lắp vào rãnh mang cá của đầu búa 5 và đe dưới 6 bằng đuôi én 7 của khuôn. Sau khi đã biến dạng phôi 3, ta được bán thành phẩm 8 hay thành phẩm 9 (gọi là vật đập, hình 6.14c).

6.3.2. Phương pháp đập thể tích

Đập thể tích sử dụng các loại lòng khuôn đập sau đây:

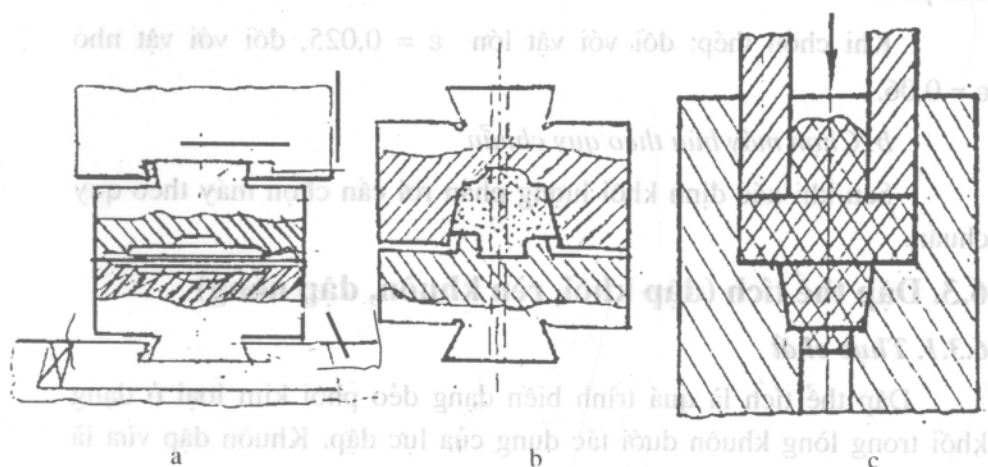


Hình 6.14. Sơ đồ dập thể tích

a. Trước khi dập; b. Sau khi dập; c. Phôi, sản phẩm; d. Bộ khuôn và chày dập

1. Khuôn trên; 2. Khuôn dưới; 3. Phôi; 4. Lòng khuôn; 5. Đầu búa; 6. Đe dưới;

7. Đầu trên; 8. Bán thành phẩm; 9. Vật dập



Hình 6.15. Phân loại dập thể tích theo lòng khuôn

a. Lòng khuôn hở; b. Lòng khuôn kín; c. Lòng khuôn ép chảy

a. Lòng khuôn hở

Lòng khuôn hở giới thiệu trên hình 6.14a và 6.15a là loại lòng khuôn có phương của lực tác dụng vuông góc với mặt phân khuôn. Lòng khuôn hở có rãnh bavaria để chứa kim loại thừa khi gia công, có khe bavaria để chứa một phần kim loại biến dạng tự do nhằm giảm va đập giữa hai bề mặt khuôn. Bavaria sẽ được cắt đi bằng khuôn cắt. Nhờ có rãnh ba via nên phôi dập không yêu cầu xác định thật chính xác về

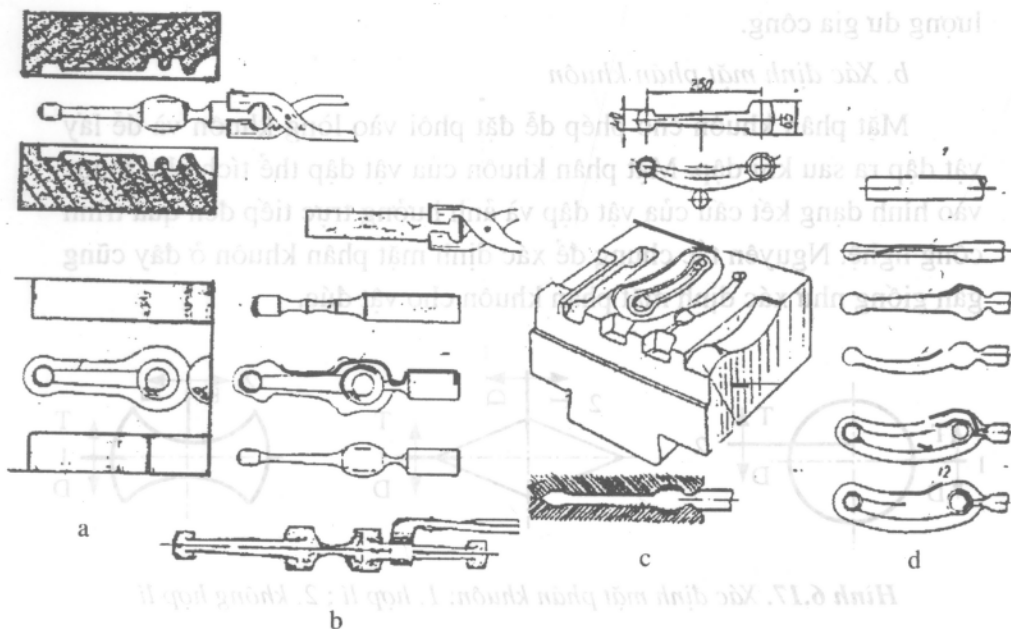
thể tích. Lòng khuôn hở có độ bền cao, thường dùng để tạo vật dập đơn giản với độ chính xác vật dập theo chiều cao (thẳng đứng), nhưng kém chính xác theo chiều ngang.

b. Lòng khuôn kín (hình 6.15b) là loại lòng khuôn khí gia công không có rãnh bavia (không có bavia trên sản phẩm), phương của lực tác dụng song song hoặc gần song song với mặt phân khuôn. Khi ráp khuôn, lòng khuôn hoàn toàn kín, vật dập chịu ứng suất khối ép nên kim loại biến dạng triệt để. Phôi để dập trong khuôn kín phải là phôi đã qua dập thô hay rèn tự do có yêu cầu xác định chính xác về thể tích.

c. Lòng khuôn ép chảy thuộc loại lòng khuôn hở gần giống với ép kim loại (hình 6.15c), thể tích phôi không yêu cầu chính xác, có thể ép chảy toàn phần hay ép chảy cục bộ; sản phẩm đặc hay rỗng, có phần thân và phần chân.

d. Khuôn nhiều lòng khuôn

Đối với vật dập lớn, khối khuôn chỉ có một lòng khuôn (hình 6.14, 6.15 và hình 6.16a). Đối vật dập nhỏ, mỗi khối khuôn có thể bố trí nhiều lòng khuôn theo thứ tự nguyên công - gọi là khuôn nhiều lòng khuôn như hình 6.16b.



Hình 6.16. Lòng khuôn và vật dập

a. Khuôn một lòng khuôn; c. Khuôn nhiều lòng khuôn; d. Vật dập

6.3.3. Thiết bị dập thể tích

Thiết bị sử dụng để dập thể tích thường là các loại máy có công suất lớn, độ chính xác cao, độ cứng vững cao, làm việc êm... như máy búa hơi nước, máy búa không khí ép, máy dập trục khuỷu, máy ép ma sát trục vít, máy rèn ngang, máy ép thủy lực...

6.3.4. Nguyên lý thiết kế vật dập thể tích trên máy búa

Khi thiết kế vật dập thể tích trên máy búa cần xác định các yếu tố sau:

a. Xác định kết cấu và chọn phối hợp lý

Để thực hiện điều này thường có các cách sau:

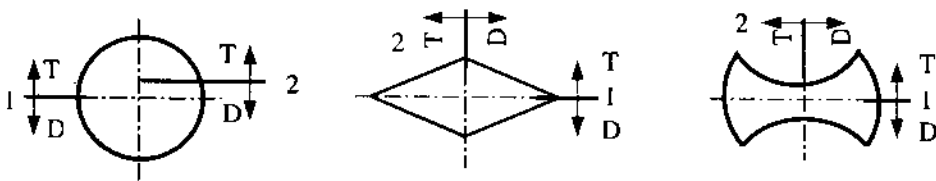
- Phối dập thể tích trên máy búa là phối cán hay phối đúc định hình. Để tiện dụng có thể chọn phối là thép cán định hình, có hình dạng gần giống vật dập.

- Phân nhóm chi tiết có hình dáng kích thước gần giống nhau: bánh răng, biên, bạc, trục, trục bạc... Phân chi tiết phức tạp thành những phần đơn giản, sau khi dập sẽ lắp ghép lại. Tổ hợp, ghép chi tiết đơn giản với nhau, sau khi dập sẽ cắt rời từng phối.

- Chọn phối dập chính xác, ép nghiền, ép tinh... sẽ làm giảm lượng dư gia công.

b. Xác định mặt phân khuôn

Mặt phân khuôn cho phép dễ đặt phối vào lòng khuôn và dễ lấy vật dập ra sau khi dập. Mặt phân khuôn của vật dập thể tích phụ thuộc vào hình dạng kết cấu của vật dập và ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình công nghệ. Nguyên tắc chung để xác định mặt phân khuôn ở đây cũng gần giống như xác định mặt phân khuôn cho vật đúc.

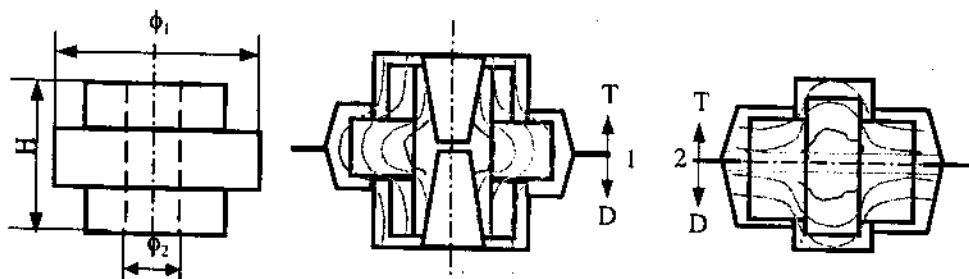


Hình 6.17. Xác định mặt phân khuôn: 1. hợp lý; 2. không hợp lý

- Vật dập: chọn vật có kết cấu đơn giản, không có phần lồi, lõm, gân, gờ. Nếu có phần lồi thì mặt bích nên bố trí về một phía, có chiều cao bằng nhau, nối liền thành một khối.

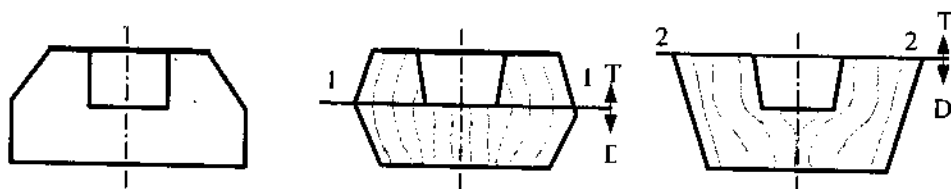
- Số lượng, hình dáng: chọn số lượng mặt ít nhất, chỉ nên bố trí 1 mặt phân khuôn; bề mặt đơn giản nhất (mặt phẳng); tránh mặt cong mặt bậc, giao tuyến bậc 3 trở lên...

- Vị trí: mặt phân khuôn nên đặt vào bề mặt có tiết diện lớn nhất để lòng khuôn nông nhất và dễ lấy vật nhất. Nhưng như vậy lượng kim loại sẽ nhiều hơn do có bavaria lớn và vì vậy cần lực dập lớn, máy máy có công suất lớn hơn.



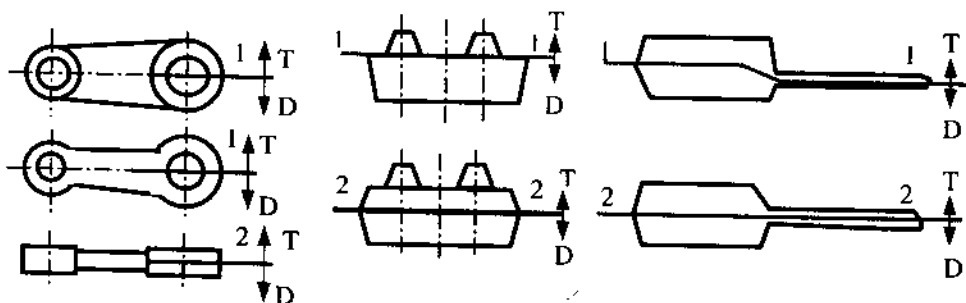
Hình 6.18. Mặt phân khuôn chi tiết có lỗ

1- $H \leq D$ dập dọc (phôi có lỗ); 2- $H > D$ dập ngang (phôi không có lỗ)



Hình 6.19. Mặt phân khuôn con chốt

1-1 thô bị đứt, độ bền giảm; 2-2 độ bền tăng



Hình 6.20. Chọn mặt phân khuôn: 1. không hợp lý; 2. hợp lý

+ Bố trí mặt phân khuôn sao cho phân bố thờ hợp lý, vật dập có cơ tính cao nhất.

+ Bố trí phần phức tạp của vật dập, phần có gân, thành mỏng... ở khuôn trên để vật dễ biến dạng, dễ điền đầy và nguội sau.

c. Xác định lượng dư gia công và dung sai

- Lượng dư phải có trên tất cả các bề mặt cần gia công. Lượng dư gia công phụ thuộc vào kích thước, khối lượng, tính chất vật liệu, độ chính xác của chi tiết và loại thiết bị sử dụng. Nguyên tắc chọn:

+ Lượng dư trong mặt phẳng ngang (mặt phẳng vuông góc với phương của lực tác dụng) phải lớn hơn theo chiều cao của vật gia công (kích thước vật gia công theo phương nằm ngang thường lớn hơn theo phương dọc - thẳng đứng - để lòng khuôn rộng và nông nhất).

+ Lượng dư cần bố trí hợp lý (tăng đủ lượng dư gia công) vì khi dập có thể gây ra hiện tượng xô dịch (không khớp) giữa 2 khuôn.

+ Tăng lượng dư cho những chỗ dễ bị cong, vênh, biến dạng... khi nhiệt luyện và những chỗ khó làm sạch (vẩy sắt).

+ Giảm lượng dư cho bề mặt được chọn làm chuẩn thô để đảm bảo khi gia công cơ được chính xác.

- Lượng dư kỹ thuật (lượng thừa, thêm): đây là lượng dư thêm vào để làm giảm độ phức tạp của vật dập hoặc những chỗ không thể dập được. Lượng dư kỹ thuật này sẽ được gia công cùng lượng dư gia công.

- Dung sai IT = Δ là sai lệch giữa kích thước danh nghĩa và kích thước thực tế của vật dập (do dập chưa thấu hết chiều cao, kim loại không điền đầy hết vào lòng khuôn, thiếu hụt, lòng khuôn mòn, sai kích thước...).

Chọn dung sai phụ thuộc vào kích thước, vào lượng dư và có thể tra bảng theo TCVN, ISO. Dung sai này cũng có thể xác định theo công thức thực nghiệm (gần đúng) như sau:

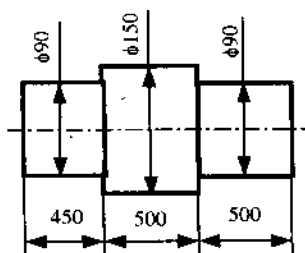
+ Theo chiều cao: $ES = \Delta_1 = (0,7 \div 1)\delta$; $EI = \Delta_d = (0,4 \div 0,6)\delta$

+ Theo chiều ngang: $ES = \Delta_1 = (0,6 \div 0,9)\delta$; $EI = \Delta_d = (0,5 \div 0,8)\delta$

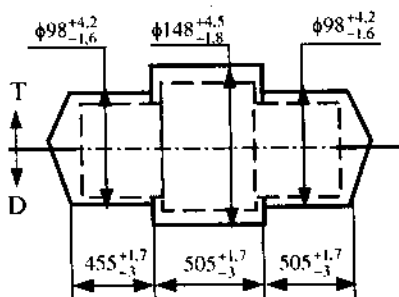
Trong đó: $ES = \Delta_1$ - sai lệch trên; $EI = \Delta_d$ - sai lệch dưới; δ - lượng dư.

Chú ý : Sự xô dịch của khuôn phải nhỏ hơn giá trị:

$$\delta - |IT_d| = |\Delta_d|$$



Hình 6.21 Bản vẽ chi tiết



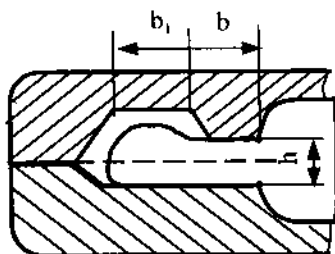
Hình 6.22. Bản vẽ vật dập

Ví dụ, căn cứ bản vẽ chi tiết (hình 6.21), sau khi tra bảng xác định được lượng dư theo đường kính và chiều dài, qui tròn đến 0,5 và xác định dung sai, ta vẽ bản vẽ vật dập như hình 6.22.

d. Rãnh bavia (hình 6.23)

Lồng khuôn hở có rãnh bavia vành biên) để chứa kim loại thừa.

- Khuôn trên : chiều dài rãnh bavia b_1 , chiều dài khe bavia b .
- Chiều cao khe bavia h .
- Rãnh bavia khuôn dưới thẳng, phẳng để giảm ma sát, giảm độ mòn (vì nhiệt độ cao).



Hình 6.23. Rãnh bavia

Chiều cao khe bavia h :

$$h = 0,015 \sqrt{F_{\text{vật dập}}}$$

Trong đó $F_{\text{vật dập}}$ - diện tích hình chiếu tiết diện vật dập trên mặt phân khuôn (mm^2).

Chú ý: Vùng khó biến dạng, muốn tăng trở lực biến dạng cần giảm chiều cao h .

Thể tích bavia: $V_{\text{bavia}} = \varphi \cdot S \cdot L$

Trong đó : φ - hệ số điền đầy, $\varphi = 0,3$ cho vật đơn giản, $\varphi = 0,5$ cho vật trung bình, $\varphi = 0,7$ cho vật phức tạp;

S - diện tích tiết diện ngang của rãnh bavia;

L - chu vi vật dập theo trọng tâm của tiết diện ngang rãnh bavia S.
 Những vật lớn, tăng thêm 20% rãnh bavia.

e. *Độ nghiêng (dốc) thành khuôn để dễ lấy vật ra khỏi lòng khuôn (hình 6.24).* Chọn độ dốc phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Loại khuôn: khuôn có chốt đẩy giảm độ dốc, độ dốc của khuôn trên cần lớn hơn của khuôn dưới.
- Độ sâu tương đối: chiều sâu càng lớn thì độ dốc càng giảm.
- Thành trong α_i hay thành ngoài α_n của khuôn: độ dốc thành trong lớn hơn thành ngoài.
- Nhiệt độ kết thúc càng cao, độ dốc càng lớn.

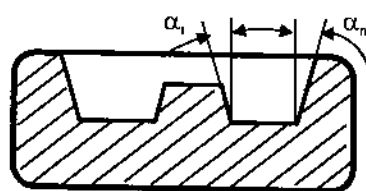
Trong bảng 6.4, L là chiều dài (hoặc ϕ là đường kính lòng khuôn), b là chiều rộng (hoặc đường kính lòng khuôn), H là chiều cao lòng khuôn.

Bảng 6.4. Độ dốc thành khuôn

$L(\phi)/b$	H/b		
	<9	9÷3	3÷1,5
<1,5	5°	7°	10°
>1,5	3°	5°	7°

g. *Bán kính góc lượn để kim loại dễ di động trong khuôn, tránh nứt, gấp nếp, tăng độ bền, tuổi thọ lòng khuôn...* đặc biệt tại những phần chuyển tiếp. Chọn bán kính góc lượn phụ thuộc chiều sâu h, chiều rộng b lòng khuôn và tỷ số b/h, bán kính góc lượn thành ngoài R

(ứng với phần lồi của vật), bán kính góc lượn thành trong r (ứng với phần lõm của vật). Bán kính góc lượn nhỏ thì đòi hỏi lực lớn, kim loại khó điền đầy, khó biến dạng; khuôn và vật dập dễ nứt, kẹt khuôn, kẹt vật dập, gây hỏng khuôn, gấp nếp, đứt thớ, giảm cơ tính...



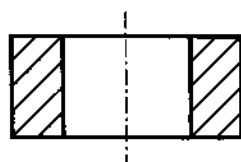
Hình 6.24. Độ dốc

Có thể tính r theo công thức thực nghiệm (hoặc chọn $r = 1 \div 6$; $R = 3 \div 15$; chiều sâu lớn thì bán kính góc lượn tăng):

- + Khi $b/h < 2$ $r = 0,05h + 0,5\text{mm}$ $R = 2,5r + 0,5\text{mm}$
- + Khi $b/h < 2 \div 4$ $r = 0,06h + 0,5\text{mm}$ $R = 3r + 0,5\text{mm}$
- + Khi $b/h > 4$ $r = 0,07h + 0,5\text{mm}$ $R = 3,5r + 0,5\text{mm}$

h. Chọn màng ngăn lỗ (lớp chưa thấu)

Chi tiết có lỗ (hình 6.25), khi dập chỉ tạo được lỗ không thông bởi lớp màng ngăn (hình 6.26). Màng ngăn lỗ đảm bảo độ chính xác cho vật dập, đảm bảo độ bền cho lòng khuôn và sẽ được cắt đi cùng bavia bằng khuôn cắt hoặc gia công cơ.



Hình 6.25.
Bản vẽ chi tiết

Chiều sâu tối đa của lỗ dập được trên máy búa $h_{\max}$ có thể tính theo công thức:

$$h_{\max} = \frac{3,5D}{\cos 4\alpha \cdot 2,75\sqrt{\sigma_b(t)}}$$

Trong đó:

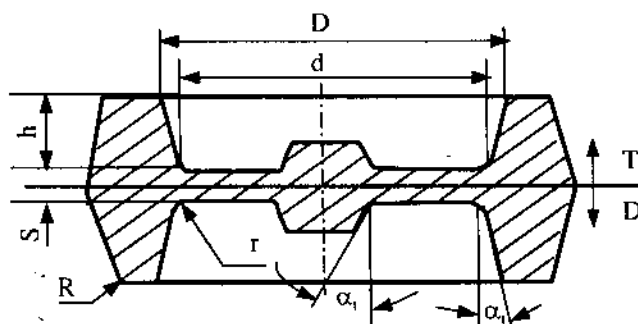
D - đường kính
lỗ;

α - góc
nghiêng thành
khuôn;

$\sigma_b(t)$ - giới hạn
bền của vật liệu ở
nhiệt độ gia công;

d - đường kính
đầu (dấu) khuôn, $d = D - 2h \cdot \tan \alpha$

h - chiều sâu 1 phía của lỗ.



Hình 6.26. Màng ngăn lỗ

Lớp chưa thấu có thể bố trí ở 1 hoặc 2 phía của lỗ. Nếu bố trí nó về một phía thì bộ phận nhô ra (dấu khuôn) sẽ phải làm việc trong điều kiện bất lợi, khuôn dễ bị hỏng.

Đường kính dấu khuôn thường chọn khoảng 30 mm. Nếu lớp màng ngăn lỗ bố trí về 2 phía thì phải tạo lỗ sơ bộ và dấu khuôn dưới thấp hơn để đặt phôi đúng vị trí (tránh sót sai lệch).

Chọn chiều dày lớp màng ngăn S phụ thuộc vào đường kính và chiều sâu lỗ, có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$S = 0,45\sqrt{D - 2,25h} - 5 + 0,6\sqrt{h}$$

i. Thiết lập bản vẽ vật dập

Đây là bản vẽ qui ước được vẽ trên cơ sở bản vẽ chi tiết, phải thể hiện được lượng dư gia công cơ, độ dốc (độ nghiêng), mặt phân khuôn, màng ngăn lỗ (lớp chưa thấu) và các kích thước (chuẩn kích thước tính từ đường tâm hoặc từ mặt phân khuôn).

Vẽ bản vẽ vật dập cần ghi lượng bavaria cho phép, phương pháp làm sạch và nhiệt luyện; sai lệch cho phép; độ lệch khuôn, độ cong, phần cắt thử, chuẩn thô...

k. Xác định khối lượng kích thước phôi

Khối lượng phôi được xác định theo công thức:

$$m_{\text{phôi}} = m_{\text{vật dập}} + m_{\text{bavia}} + m_{\text{chưa thấu}} + m_{\text{cháy}}$$

Trong đó:

$m_{\text{vật dập}}$ - khối lượng vật dập, xác định theo bản vẽ vật dập;

m_{bavia} - khối lượng bavaria tính theo thể tích rãnh bavaria với hệ số điền đầy $\varphi = 0,3 \div 0,7$;

$m_{\text{chưa thấu}}$ - khối lượng lớp màng ngăn lỗ của vật dập xác định theo kích thước của chúng;

$m_{\text{cháy}}$ - khối lượng kim loại cháy khi nung nóng, có thể xác định theo công thức:

$$m_{\text{cháy}} = (3 \div 4)\% m_{\text{vật dập}}$$

Kích thước phôi có thể xác định trên nguyên tắc sau:

+ Đối với vật dập có kích thước tiết diện ngang theo chiều dài ít thay đổi có thể tính tiết diện phôi F_{ph} theo công thức thực nghiệm sau:

$$F_{\text{ph}} = (1,05 \div 1,3) \frac{V_{\text{ph}}}{L_{\text{ph}}} \quad ; \quad V_{\text{ph}} = \frac{m_{\text{ph}}}{L_{\text{ph}}}$$

+ Đối với vật dập có kích thước tiết diện ngang thay đổi theo chiều dài có thể tính tiết diện phối theo công thức thực nghiệm sau:

$$F_{ph} = (0,6 \div 0,8) F_{max}$$

l. Xác định khối lượng phần rơi của máy búa và chọn máy:

Căn cứ vào áp lực biến dạng, dựa vào tiết diện vật dập có thể tính khối lượng phần rơi theo công thức thực nghiệm sau:

Cho búa kép: $m = 4.F$

Cho búa đơn: $m = 6.F$

F - diện tích tiết diện vật dập kể cả bavaria chiếu trên mặt phân khuôn.

Dựa vào kết quả tính khối lượng phần rơi để chọn máy theo quy chuẩn.

m. Phân loại lòng khuôn

Theo dạng lòng khuôn: lòng khuôn hở, lòng khuôn kín, lòng khuôn ép chảy.

Theo công dụng: lòng khuôn vuốt, ép tụ, uốn, thắt...

Theo tính chất nguyên công: lòng khuôn tạo hình, thô, bán tinh, tinh và cắt.

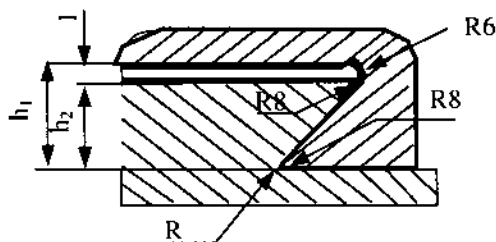
6.3.5. Những điều cần chú ý khi thiết kế khuôn

a. Nguyên nhân gây hỏng khuôn, hỏng máy, phế phẩm

- Lềch khuôn: 2 khuôn lệch nhau gây phế phẩm khi dập do khuôn lệch, nên khi dập thì thanh chèn con chốt long ra (lỏng), khuôn có lực ngang tác dụng.

- Lực tác dụng lệch tâm: lòng khuôn không đều, nhiều lòng khuôn, phân bố lệch trọng tâm làm khuôn bị uốn, võ, mòn dẫn hướng, lệch, hở... Do đó cần phân bố đối xứng.

- Lún khuôn: đuôi é n tiếp xúc đế khuôn để truyền lực, vai có khe hở 1mm (hình 6.27). Do đó đuôi é n không tiếp xúc đế khuôn mà vai tiếp xúc đế nên gây ra uốn, võ



Hình 6.27. Đuôi é n

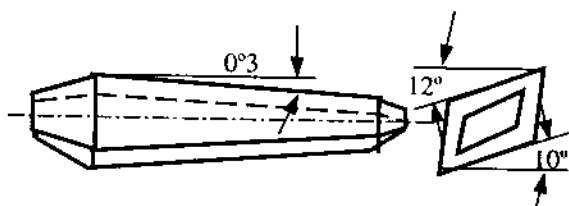
khuôn.

- Khuôn thấp: khuôn mòn, mỗi lần bào (phay) $10 \div 25 \text{ mm}$ /lớp ($2 \div 3$ lần), nếu lớp gia công quá lớn, hoặc nhiều hơn số lần cho phép thì pittông chạm mặt bích gây vỡ khuôn, vỡ máy.

b. Các bộ phận của bộ khuôn

- Đuôi én (hình 6.27) chọn theo tiêu chuẩn, khi lắp có khe hở vai và đế 1mm.

- Thanh chêm (hình 6.28) dùng chêm vào rãnh đuôi én thẳng. Theo chiều dài, thanh chêm vát $1/100$ (khoảng $0^\circ 30' \div 0^\circ 35'$), mặt bên nghiêng 12° , mặt đối diện nghiêng 10° .



Hình 6.28. Thanh chêm

- Con chốt

Ví dụ một loại con chốt cho trên hình 6.29.

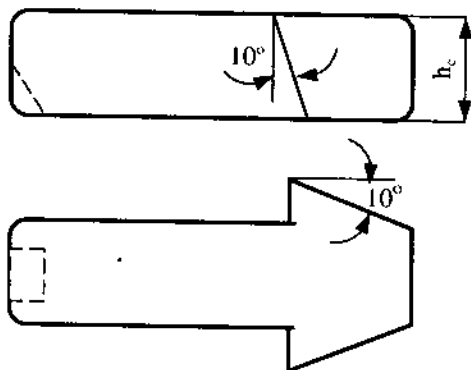
c. Khối khuôn

- Kích thước khối khuôn

Có thể chọn theo tiêu chuẩn như sau:

$$(\text{Cao} \times \text{rộng} \times \text{dài}) = (200 \times 225 \times 275) \div (400 \times 500 \times 650) \text{ mm}$$

- Đánh dấu trên khối khuôn theo chiều trục thổi thép, hướng thổi kim loại, mác thép. Bố trí lòng khuôn trên khối khuôn sao cho chiều ứng suất kéo lớn nhất nằm dọc theo trục kim loại.



Hình 6.29. Con chốt

- Diện tích mặt gương là diện tích tiếp xúc giữa 2 khuôn với nhau (là hiệu diện tích mặt phân khuôn và diện tích lòng khuôn). Diện tích mặt gương phải đủ lớn để không bị nát khuôn khi dập. Có thể xác định diện tích mặt gương f theo khối lượng

phân rơi của búa:

+ $f = 250 \text{ cm}^2 / 1 \text{ tấn}$, khi búa có khối lượng $m < 2 \text{ tấn}$.

+ $f = 300 \text{ cm}^2 / 1 \text{ tấn}$, khi búa có khối lượng $m > 2 \text{ tấn}$.

- Chiều cao khối khuôn bố trí đủ 3 lần làm lại lòng khuôn (mỗi lần phay hoặc bào một lớp khoảng $10 \div 25 \text{ mm}$).

d. Khi phân bố lòng khuôn trên khối khuôn cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đối với khuôn 1 lòng khuôn: trung tâm lòng khuôn trùng với trung tâm khối khuôn.

- Đối với khuôn nhiều lòng khuôn: các lòng khuôn đối xứng nhau sao cho trọng tâm lực tác dụng trùng với trọng tâm khối khuôn để tăng độ chính xác và tuổi thọ cho khuôn.

- Bố trí các lòng khuôn sao cho diện tích tiết diện mặt gương là nhỏ nhất.

- Đối với vật phức tạp, khó định tâm thì lấy trung tâm áp lực trùng với trung tâm diện tích hình chiếu vật đập trên mặt phân khuôn.

- Lòng khuôn tinh bố trí ở giữa hoặc gần trung tâm mặt gương.

- Lòng khuôn thô và tinh bố trí lệch nhau theo tỷ lệ cân bằng lực và mô men (lực biến dạng trong lòng khuôn tinh lớn hơn).

e. Mặt kiểm tra

Chọn mặt kiểm tra để làm chuẩn xác định các kích thước lòng khuôn, kiểm tra sự ăn khớp của bộ khuôn khi lắp và quá trình làm việc. Mặt kiểm tra được chọn tại hai mặt bên liền tiếp nhau của khối khuôn vuông góc với nhau và vuông góc với mặt phân khuôn. Bề rộng mặt kiểm tra $50 \div 70 \text{ mm}$, sâu 5 mm , độ nhẵn $Ra = (0,16 \div 0,63)$.

Mặt kiểm tra cũng dùng làm chuẩn kích thước cho khuôn.

g. Vật liệu làm khuôn dập

Chọn vật liệu làm khuôn có độ bền cao, chịu nhiệt tốt, chịu mài mòn cao vì khuôn làm việc trong điều kiện đặc biệt nặng (nhiệt độ cao, áp suất lớn, ma sát nhiều). Tùy theo loại búa để chọn vật liệu cho khuôn:

Đối với búa nhẹ: 5CrNiMo, 5CrNiCoW... Độ cứng $(388 \div 444) \text{ HB}$.

Đối với búa vừa: 5CrNiMo, 5CrCoW... Độ cứng (353÷387)HB.

Đối với búa nặng: 5CrNiMo, 5CrNiW... Độ cứng (293÷321)HB.

6.4. Dập tấm (dập nguội)

6.4.1. Nguyên công tạo phôi

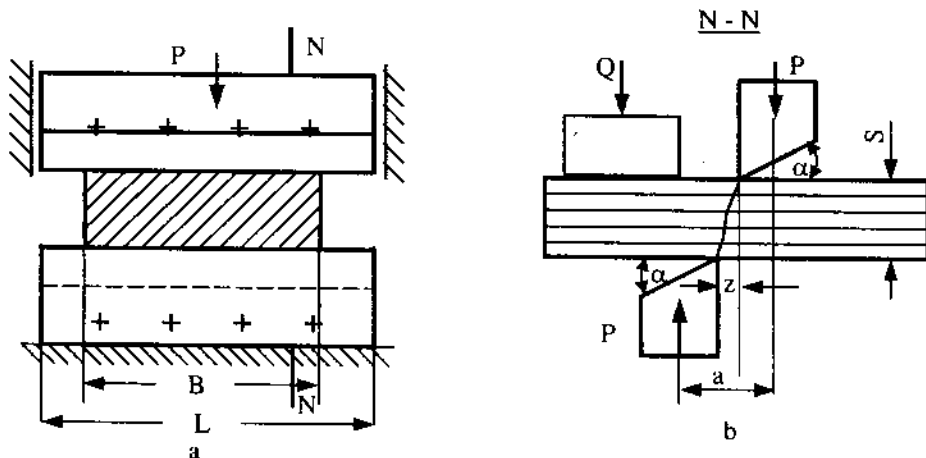
a. Cắt phôi theo đường không khép kín

Cắt phôi là nguyên công phân chia phôi tấm lớn thành dải, tấm nhỏ, mảnh... theo một đường không khép kín (hở) hoặc đường khép kín (thẳng, gấp khúc, cong). Khi có lực tác dụng, vật liệu biến dạng đàn hồi, lực tăng dần làm vật liệu biến dạng dẻo, sau đó xuất hiện các vết nứt theo hướng cắt và tách rời tấm phôi. Yếu tố quan trọng là khe hở Z giữa hai điểm đặt lực.

- Máy cắt có lưỡi dao song song (hình 6.30)

Máy có 2 lưỡi dao song song, lưỡi dao dưới cố định, lưỡi dao trên chuyển động tịnh tiến lên xuống đồng thời cắt trên toàn bộ chiều rộng của tấm cần cắt. Đặc điểm khi cắt phôi trên máy cắt có lưỡi dao song song:

- + Mặt phẳng cắt đẹp, hành trình nhỏ, thời gian ngắn.
- + Có thể cắt chiều rộng khoảng 3200 mm, chiều dày cắt đến 60 mm.
- + Chỉ cắt được đường thẳng với chiều rộng nhỏ hơn chiều dài của lưỡi dao ($B < L$).



+ Lực cắt lớn, trọng tâm lực cắt không nằm trên 1 đường thẳng (có khoảng cách tạo a do đó tạo ngẫu lực mômen) làm phôi quay đi 1 góc $\varphi = 10 \div 20^\circ$, tăng khe hở Z giảm chất lượng mép cắt. Để tránh hiện tượng này có thể dùng lực chặn Q chống lại mômen lật và tạo góc sau của dao α , hình 6.30b. Có thể tính lực cắt:

$$P_s = K.B.S.\tau_c$$

Trong đó:

Hình 6.31. Lưỡi dao nghiêng

K - hệ số kể đến ảnh hưởng của dao, vật liệu và khe hở, thường lấy $K = 1,3$.

B - chiều rộng cắt; S - chiều dày;

τ_c - ứng suất cắt cho phép:

$$\tau_c = (0,8 \div 0,86)\sigma_b$$

σ_b - giới hạn bền của vật liệu.

- Máy cắt có lưỡi dao nghiêng

Lưỡi dao dưới cố định, lưỡi dao trên (vát nghiêng 1 góc $\varphi = 2^\circ \div 6^\circ$) chuyển động xuống cắt tuần tự theo từng điểm (hình 6.31). Ưu điểm là lực cắt nhỏ, công suất máy không lớn, có thể cắt chiều dài bất kỳ và hình dạng tùy ý.

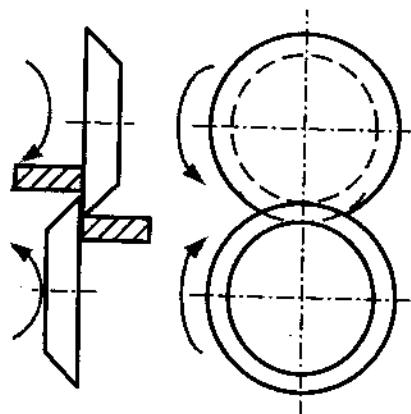
Nhược điểm là hành trình lớn, mặt cắt không phẳng, tấm cắt bị biến dạng. Để giảm lực cắt và lật phôi, lưỡi cắt được tạo góc trước $\gamma = 5 \div 15^\circ$ và góc sau $\alpha = 5 \div 30^\circ$.

Về nguyên lý, tương tự như máy cắt có lưỡi dao song song nhưng cắt từng điểm, cắt từ từ tuần tự. Lực cắt nhỏ, có thể tính theo công thức sau:

$$P_\varphi = \frac{K.\lambda.S^2.\tau_c}{\operatorname{tg}\varphi}$$

Trong đó λ là hệ số vật liệu, thường chọn $K = 2,3$.

Ví dụ, cắt thép tấm rộng 1.000mm, chiều dày 2mm, $\tau_c = 400\text{N/mm}^2$, $\lambda = 0,5$; $\varphi = 2^\circ$. Lực cắt tính được trong trường hợp máy cắt có lưỡi dao song song là $P_s = 1.040.000\text{ N}$ và nếu thực hiện trên máy có lưỡi dao nghiêng thì $P_\varphi = 29.900\text{ N}$. Như vậy lực cắt ở trường hợp sau giảm đi gần 35 lần.



Hình 6.32. Lưỡi dao hình đĩa

- Máy cắt có lưỡi dao hình đĩa (hình 6.32)

Dao cắt là hai đĩa quay ngược chiều nhau. Lưỡi dao hình đĩa tương tự như lưỡi dao nghiêng (cắt tuần tự từng điểm một), quá trình cắt liên tục, chiều dài không hạn chế, đường cắt tùy ý, không tốn thời gian cho hành trình chạy không, năng suất cao. Lực cắt có thể tính:

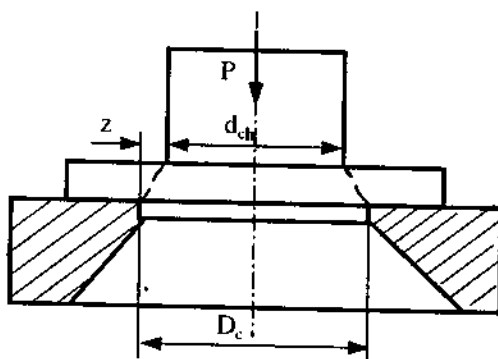
$$P = \frac{K \cdot S^2 \cdot \tau_c}{2 \tan \alpha}$$

Khi $S > 10\text{ mm}$, $K = 1,2$.

Khi $S < 3\text{ mm}$, $K = 1,6$.

b. Cắt phôi theo đường khép kín (dập cắt và đột lỗ)

Để cắt phôi theo một đường viền khép kín (mạch kín) nhằm tách phôi tấm thành những phôi định hình có lỗ hay không có lỗ ta có nguyên công **dập cắt** và **đột lỗ**. Hai nguyên công này có cùng một nguyên lý cắt nhưng mục đích sử dụng thì khác nhau.



Hình 6.33. Sơ đồ nguyên lý nguyên công cắt phôi và đột lỗ

Hình 6.33 giới thiệu sơ

đồ nguyên lý của nguyên công dập cắt và đột lỗ.

- Nếu sử dụng phần vật liệu nằm bên trong đường cắt còn phần ngoài bỏ đi thì có nguyên công **dập cắt** (hình 6.34b).

- Nếu sử dụng phần nằm bên ngoài đường cắt còn phần trong bỏ đi thì có nguyên công **đột lỗ** (hình 6.34c).

Để có sản phẩm dập cắt, đột lỗ có

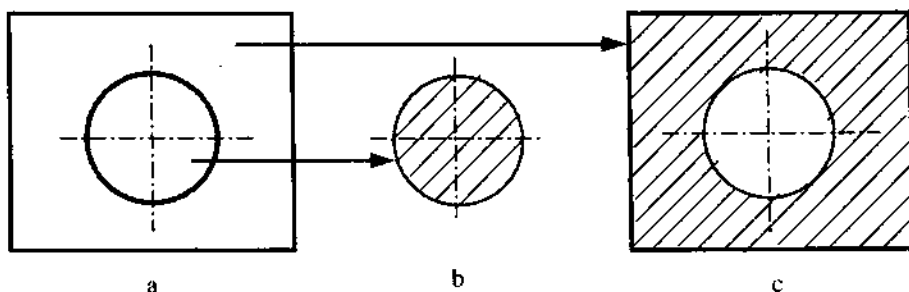
thể dùng các bộ khuôn, chày, cối khác nhau (khuôn dập cắt, chày đột lỗ).

Lực P ép xuống làm vật liệu biến dạng đàn hồi rồi biến dạng dẻo. Tại tiết diện phối chỗ cắt (mép chày và cối) tập trung ứng suất ngày càng cao, tạo vết nứt và tách phôi theo đường cắt (nếu khe hở Z phù hợp).

Đặc điểm: cùng lúc cắt trên toàn bộ chu vi; đường cắt phẳng, đẹp; hành trình cắt nhỏ; cắt được chu vi phức tạp nhưng lực cắt lớn. Chất lượng phôi cắt phụ thuộc vào khe hở Z giữa chày và cối được tính theo công thức:

$$Z = \frac{D_c - d_c}{2}$$

Trong đó: D_c - đường kính của cối; d_{ch} - đường kính của chày.



Hình 6.34. Dập cắt, đột lỗ - cắt phôi theo đường viền khép kín (nét đậm)

a. Tấm phôi cắt ; b. Cắt phôi ; c. Đột lỗ

Trị số khe hở Z phụ thuộc vật liệu và chiều dày (bảng 6.4), vật liệu càng cứng thì khe hở Z càng lớn.

- Lực cắt xác định theo công thức:

$$P_c = K.L.S.\tau_c$$

Trong đó:

K - hệ số điều kiện cắt (tình trạng chày và cối, chiều dày vật liệu không đều, bề mặt không tốt), thường $K = 1,1 \div 1,3$;

L - chiều dài đường cắt.

Bảng 6.4. Khe hở Z xác định theo chiều dày S

Chiều dày S	0,3 ÷ 1	1 ÷ 3	3 ÷ 10
Khe hở Z	0,02 ÷ 0,08	0,08 ÷ 0,3	0,3 ÷ 1,8

- Phương pháp cối (khuôn), chày phối hợp

Chế tạo chày (hoặc cối) xong lấy nó làm chuẩn để gia công phần kia.

+ Dập cắt sử dụng phần vật liệu trong đường cắt (hệ thống lỗ); lấy miếng cắt (sản phẩm) làm chuẩn; khi đó cối quyết định (lấy kích thước chuẩn là cối):

$$D_{\text{cối}} = (d_{\text{cl}} \pm IT)^{+ES_{\text{cối}}}$$

$$d_{\text{chày}} = D_{\text{cối}} - 2Z$$

+ Đột lỗ sử dụng phần vật liệu ngoài đường cắt (hệ thống trục); lấy lỗ miếng cắt (sản phẩm) làm chuẩn; khi đó chày quyết định (lấy kích thước chuẩn là chày):

$$d_{\text{chày}} = (d_{\text{cl}} \pm IT)_{-EI_{\text{chày}}}$$

$$D_{\text{cối}} = d_{\text{chày}} + 2Z$$

Trong đó:

$D_{\text{cối}}$ - đường kính của cối;

$d_{\text{chày}}$ - đường kính của chày;

d_{cl} - đường kính của chi tiết (sản phẩm); Z - khe hở;

IT - dung sai, ES - sai lệch trên; EI - sai lệch dưới.

- Bố trí nguyên vật liệu khi cắt đột

Khi dập cắt, cần bố trí phối hợp lý để nâng cao hiệu suất sử dụng vật liệu và hạ giá thành sản phẩm. Có thể xác định hệ số sử dụng vật liệu theo yêu cầu hiệu suất sử dụng cao nhất, giảm độ phức tạp của

khuôn (góc nhọn, lỗ khoét), giảm số lần cắt, giảm số lượng động tác của công nhân dựa vào công thức sau đây:

$$\eta = \frac{F_c}{F_p} \cdot 100\% = \frac{n \cdot f}{F_p} \cdot 100\%$$

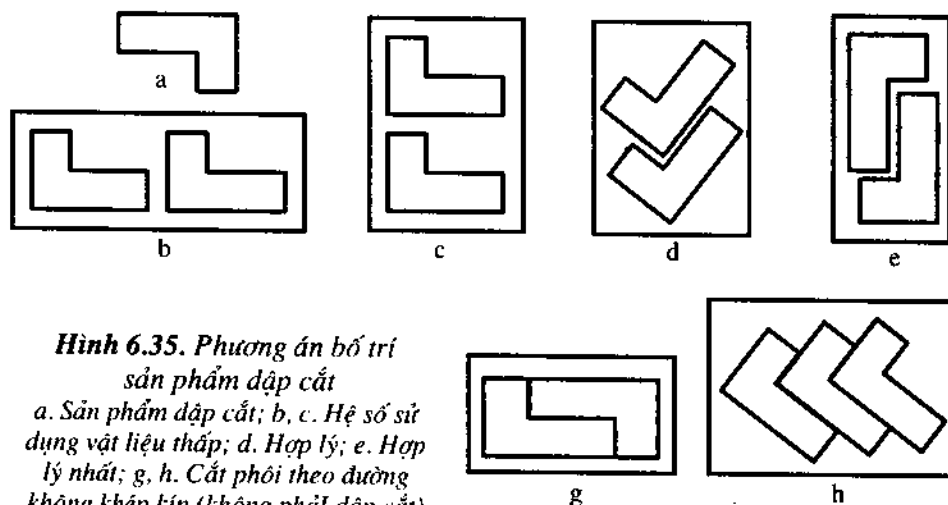
Trong đó:

η - hệ số sử dụng vật liệu tính theo %, đánh giá mức độ sử dụng vật liệu;

n - số lượng phôi cắt trên tấm phôi có diện tích F_p (mm²);

F_c - tổng diện tích tiết diện n phôi cắt trên tấm phôi diện tích F_p (mm²);

f - diện tích một tấm phôi được cắt ra, (mm²).



Hình 6.35. Phương án bố trí sản phẩm dập cắt

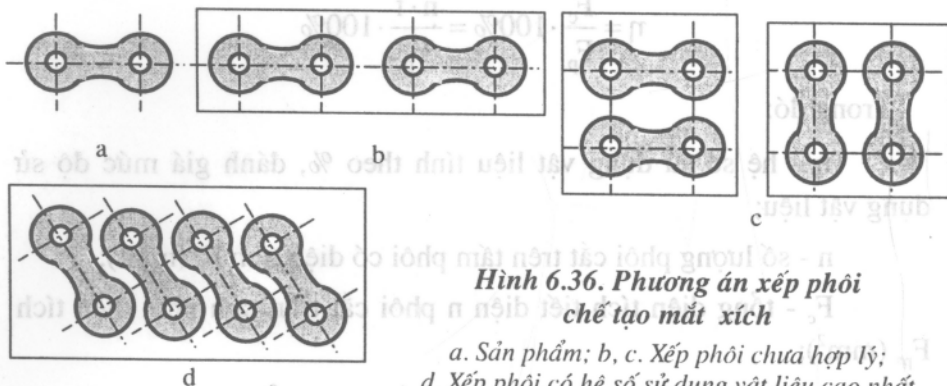
a. Sản phẩm dập cắt; b, c. Hệ số sử dụng vật liệu thấp; d. Hợp lý; e. Hợp lý nhất; g, h. Cắt phôi theo đường không khép kín (không phải dập cắt)

Chỗ tiếp giáp giữa 2 cạnh phải có bán kính góc lượn để dễ cắt và tăng độ bền cho chày và cối.

Ví dụ: để cắt phôi chữ L (hình 6.35a), có thể thực hiện như nhóm hình 6.35b, c tốt hơn là xếp như hình 6.35d, xếp phôi như hình 6.35e có hệ số sử dụng cao nhất. Nhóm xếp phôi trên hình 6.35g và 6.35h không phải là nguyên công cắt phôi vì đường cắt không khép kín.

Để chế tạo mắt xích (hình 6.36a) cần 2 nguyên công: cắt phôi để tạo hình bên ngoài và đột lỗ để tạo 2 lỗ; có thể thực hiện đồng thời

2 loại nguyên công này. Xếp phôi như hình 6.36b và 6.36c là lãng phí vật liệu. Xếp phôi như hình 6.36d có hệ số sử dụng vật liệu cao nhất.



Hình 6.36. Phương án xếp phôi chế tạo mắt xích

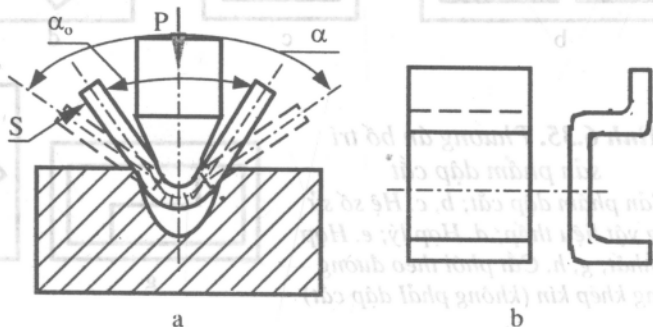
a. Sản phẩm; b, c. Xếp phôi chưa hợp lý;
d. Xếp phôi có hệ số sử dụng vật liệu cao nhất

6.4.2. Nguyên công biến dạng tạo hình

Nguyên công biến dạng tạo hình trong dập tấm gồm: uốn, dập sâu, dập vuốt, dập giãn, thành hình, tóp, lên vành, uốn vành, miết, dập gân, dập nổi...

a. Uốn

Uốn là nguyên công làm thay đổi hướng thớ của tấm phôi. Biến dạng dẻo xảy ra ở một phần hay toàn bộ phôi và được thực hiện trên những tấm phôi không có lỗ hay có lỗ sẵn.



Hình 6.37. Nguyên công uốn

a. Sơ đồ nguyên lý; b. Sản phẩm uốn

Hình 6.37a giới thiệu sơ đồ nguyên lý của nguyên công uốn.

Mặt trong của phôi (tiếp xúc với chày) chịu ứng suất nén, bề mặt phôi bị nhẵn, mặt ngoài (tiếp xúc với cối) chịu ứng suất kéo bề mặt phôi bị nứt, ở giữa là lớp trung hòa.

Vì gia công nguội nên ứng suất dư tăng, biến dạng tăng làm

tăng nhiệt độ, hạt lớn lên làm giảm độ bền.

+ Bán kính uốn nhỏ nhất $r_{\min}$ quyết định bán kính chày (tỷ lệ nghịch với biến dạng tỷ đối ε), phụ thuộc vật liệu, chiều dày, phương thớ uốn, có thể tính:

$$r_{\min} = K.S$$

Trong đó:

K - hệ số vật liệu;

S - chiều dày.

Ví dụ, đối với thép CT31 thì khi uốn vuông góc với thớ lấy $K = 0,1$; khi uốn song song với thớ, lấy $K = 0,5$.

+ Góc uốn β : biến dạng dẻo kèm theo biến dạng đàn hồi nên sau khi uốn sản phẩm sẽ trở lại 1 phần bằng góc đàn hồi $\beta = \alpha - \alpha_0$ (hình 6.37). Góc đàn hồi β phụ thuộc vào góc uốn α_0 , bán kính uốn r và bán kính chày r_{ch} . Góc β được xác định:

$$\beta = (180 - \alpha) \left(\frac{r}{r_{ch}} - 1 \right)$$

+ Lực uốn phụ thuộc hình dáng sản phẩm, vật liệu, chiều dày và chiều rộng phôi, có thể xác định:

$$P = 0,7 \cdot \frac{B.S^2.\sigma_b}{r + S}$$

Trong đó:

B - chiều rộng phôi; S - chiều dày; r - bán kính uốn; σ_b - giới hạn bền.

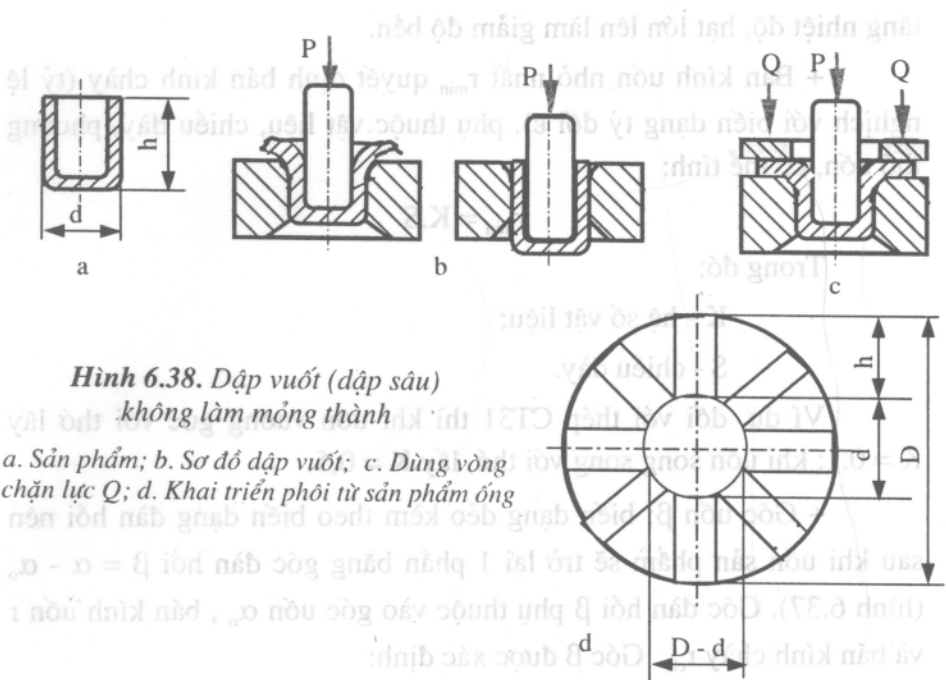
Hình 6.37b là một dạng sản phẩm uốn điển hình.

b. Dập sâu dùng chế tạo sản phẩm ống thông hoặc không thông, chiều dày (0,02 ÷ 50)mm, kích thước ϕ (0,1 ÷ 10.000), khối lượng đến 5 tấn.

Có hai phương pháp dập sâu:

+ Dập sâu (dập vuốt) không làm mỏng thành

Dập sâu không làm mỏng thành là nguyên công biến dạng mà ở đây chiều dày sản phẩm và phôi xấp xỉ nhau (hình 6.38).



Hình 6.38. Dập vuốt (dập sâu)
không làm mỏng thành

a. Sản phẩm; b. Sơ đồ dập vuốt; c. Dùng vòng
chặn lực Q ; d. Khai triển phôi từ sản phẩm ống

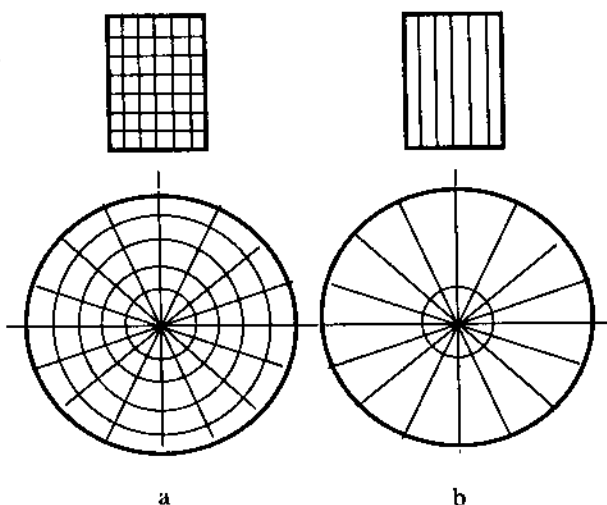
Hình 6.38b giới thiệu sơ đồ nguyên lý dập vuốt (dập sâu) không làm mỏng thành cho chi tiết ống ở hình 6.38a. Hình 6.38d khai triển sản phẩm ống (hình trụ, đường kính d chiều cao h) ra phôi tấm hình tròn (đường kính D), chiều dày S . Sản phẩm được tạo thành nhờ chày ép tấm phôi vào khuôn (cối), phôi biến dạng. Phần kim loại phôi, nơi chày ép lên, chịu ứng suất kéo hướng kính, chuyển dần thành đường kính đáy d . Phần hình vành khăn ($D - d$), chịu kéo theo hướng trục chi tiết và chịu nén theo hướng tiếp tuyến chuyển dần thành đường kính ống d chiều cao h . Các phần tử càng xa tâm càng bị nén theo hướng tiếp tuyến nhiều và càng gần tâm càng bị kéo theo hướng kính nhiều. Vùng tâm phôi và vùng tiếp xúc với mép chày là vùng dễ bị nứt.

Khe hở Z ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng sản phẩm: Z lớn - tạo hiện tượng lằn xếp, Z nhỏ - phôi không biến dạng mà bị đứt, kẹt.

Để tránh hiện tượng lằn xếp, cân bố trí lực ép phụ Q lên vòng chặn như hình 6.38c.

- Quá trình biến dạng khi dập sâu có các đặc điểm sau (hình 6.39):

+ Những điểm nằm trên cùng 1 vòng tròn cách đều tâm thì mức độ biến dạng của chúng là như nhau (hình 6.39a), sau biến dạng chúng nằm trên vòng tròn đường kính sản phẩm.

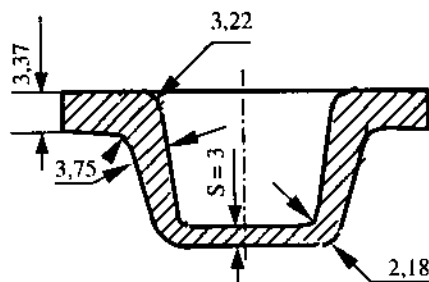


Hình 6.39. Sơ đồ biến dạng khi dập sâu

Vòng tròn đồng tâm trên phôi chuyển thành các vòng tròn bằng nhau, tâm trên trục chi tiết, khoảng cách không đều nhau, tăng dần từ đáy lên. Như vậy các điểm càng xa tâm, biến dạng càng nhiều.

Các vòng tròn càng xa tâm phôi, sau biến dạng cách nhau càng xa.

+ Những điểm nằm trên đường bán kính (chia đều vòng tròn thành những góc bằng nhau, hình 6.39a), sau biến dạng chuyển thành các đường sinh song song và cách đều nhau (hình 6.39b).



Hình 6.40. Sự thay đổi chiều dày thành khi dập sâu

+ Sự thay đổi chiều dày thành trên sản phẩm (hình 6.40) như sau:

- Chiều dày đáy không đổi (bằng chiều dày phôi).
- Chiều dày góc lượn đáy giảm (có khi đến 30% do bị kéo dãn). Đó cũng là nơi tập trung ứng suất nên nguy hiểm và thường bị phá hủy trước.
- Càng lên trên miệng chiều dày càng tăng dần lên, ở mép góc lượn trên chiều dày tăng nhiều (15 ÷ 25%).

+ Nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi:

- Bán kính góc lượn của cối càng nhỏ thì kim loại vùng đó biến dạng càng nhiều, chiều dày thành càng giảm.

- Khe hở Z càng nhỏ, biến dạng càng nhiều, biến mỏng thành càng tăng.

- Mức độ biến dạng càng tăng thì biến mỏng thành càng nhiều.

- Bôi trơn tốt sẽ giảm biến mỏng thành.

- Các thông số cơ bản của công nghệ dập sâu:

- Hệ số dập sâu m đánh giá mức độ biến dạng sau mỗi lần dập sâu, phụ thuộc chủ yếu vào vật liệu và chiều dày vật gia công:

$$m = \frac{d}{D}$$

Trong đó: d - đường kính chi tiết;

D - đường kính phôi; $m = 0,35 \div 0,95$.

- Số lần dập sâu n

Tùy theo chiều cao h, đường kính d, phôi đường kính phôi D, chiều dày S, xác định số lần dập n.

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg(m_1 D)}{\lg m_{tb}} ; \quad m = \frac{d}{D}$$

$$m_1 = \frac{d_1}{D} ; m_2 = \frac{d_2}{d_1} ; m_3 = \frac{d_3}{d_2} ; m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} ;$$

$$d_1 = m_1 D ; d_2 = m_2 d_1 ;$$

$$d_n = m_n d_{n-1} = m_1 \cdot m_{tb}^{n-1} D$$

$$m_{tb} = \sqrt[n]{m_1 \cdot m_2 \dots m_n}$$

Trong đó: $m_1, m_2, \dots, m_n, m_{tb}$ - hệ số dập sâu lần thứ 1, 2, ..., n và hệ số dập sâu trung bình.

- Lực ép vòng chặn Q (lực ép phụ) nhằm làm phôi biến dạng đều, tránh nhăn (lăn xếp), có thể tính theo công thức:

$$Q = F \cdot q$$

F - diện tích phần phôi bị chặn.

q - áp lực riêng phần, phụ thuộc vật liệu, chiều dày phôi và hệ số dập sâu.

Lực nhỏ - giảm tác dụng vòng chặn, dễ bị nhân (lăn xếp), Lực lớn - gây mỏng thành và đứt đáy. Áp lực riêng phần một số vật liệu cho trong bảng 6.5.

Bảng 6.5. Áp lực đơn vị q (áp lực riêng phần) một số vật liệu

Vật liệu	Nhôm	Đồng	Thép
q (N/mm ²)	0,8 ÷ 1,2	1,2 ÷ 1,8	2,5 ÷ 3,5

• Khe hở Z (giữa chày và cối) quyết định chất lượng sản phẩm và mức độ biến dạng. Z lớn - dễ biến dạng nhưng có nếp nhăn, Z nhỏ - dễ phá hủy sản phẩm. Có thể xác định:

$$Z = K \cdot S + S_{\max}$$

K - hệ số phụ thuộc vào chiều dày vật liệu. Ví dụ, dập sâu lần đầu (có lực chặn) và với $S = (0,5 \div 2)$ mm thì $K = 0,1$;

S và $S_{\max}$ - chiều dày và chiều dày lớn nhất của phôi.

• Lực dập (P_d) gồm lực biến dạng P và lực ép phụ Q (lực vòng chặn):

$$P_d = P + Q$$

+ Lực cho lần dập sâu thứ n của chi tiết hình trụ:

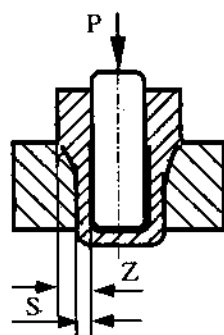
$$P = K_n \cdot \pi \cdot d_n \cdot S \cdot \sigma_b$$

K_n - hệ số phụ thuộc chủ yếu vào hệ số dập sâu m.

d_n - đường kính chi tiết ở lần dập thứ $n = 1, 2, 3 \dots$

S - chiều dày phôi;

σ_b - giới hạn bền của vật liệu.

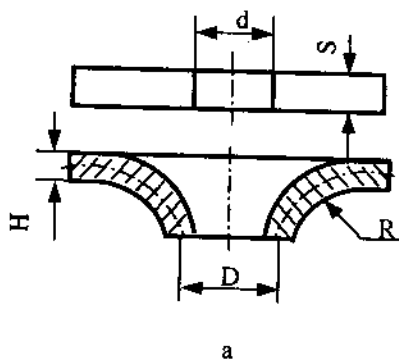


Hình 6.41. Dập vuốt cường bức

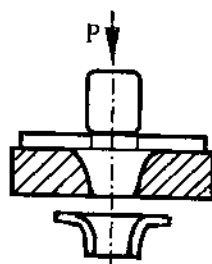
+ Đối với chi tiết bất kỳ có chu vi phức tạp:

$$P = K_n \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b$$

L - chu vi đáy sản phẩm.

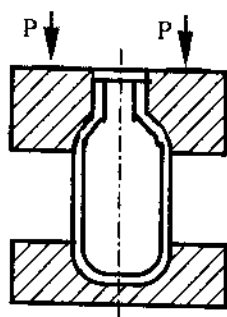


a



b

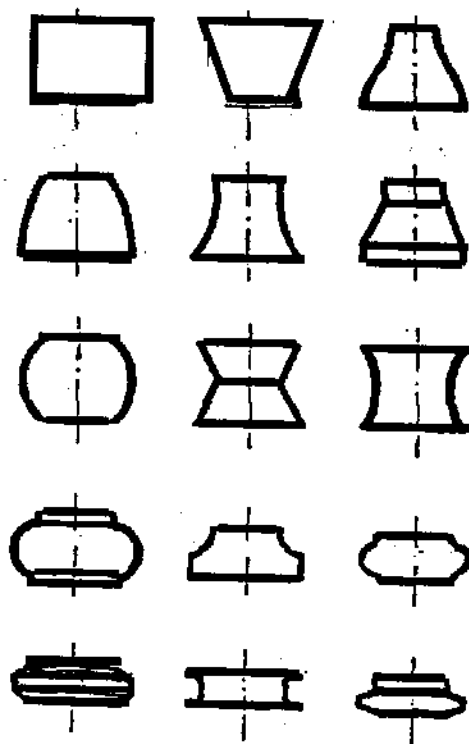
Hình 6.42. Nguyên công lên vành



Hình 6.43. Nguyên công tót miệng

+ Dập vuốt cường bức (dập sâu làm mỏng thành)

Quá trình dập sâu cường bức là quá trình biến phôi thành sản phẩm mỏng hơn so với chiều dày phôi (hình 6.41). Bộ chày và cối có khe hở giữa chúng nhỏ hơn chiều dày thành ban đầu của phôi ($Z < S$). Lực P đẩy phôi vào khuôn sinh ứng suất kéo trên thành làm kim loại bị kéo dài ra theo hướng đường sinh qua khe hở giữa chày và cối. Do ma sát lớn nên lực dập phải đủ lớn. Dập sâu cường bức không cần lực phụ ở vòng chặn. Để tạo lực dập có thể dùng máy ép đơn, chất lượng



Hình 6.44. Một số sản phẩm tạo hình biến dạng điển hình

vật dập tốt hơn nhưng sau vài lần dập phải ủ vật dập để khử biến cứng.

c. Các nguyên công biến dạng tạo hình khác

Hình 6.42 giới thiệu nguyên công lên vành. Đó là nguyên công tạo ra gờ, mép, tăng độ cứng vững cho sản phẩm hoặc chuẩn bị cho lắp ghép hoặc hàn. Hình 6.42a là phôi và sản phẩm, hình 6.42b là sơ đồ nguyên công lên vành.

Hình 6.43 giới thiệu nguyên công bóp miệng.

Hình 6.44 giới thiệu một số dạng sản phẩm của nguyên công tạo hình biến dạng điển hình khác.

Ngoài ra còn có các nguyên công dẫn phòng, in nổi...

PHẦN THỨ TƯ

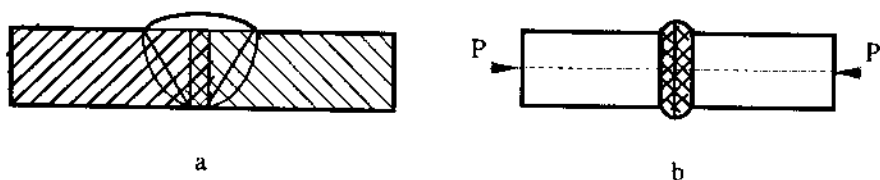
CHẾ TẠO PHÔI HÀN VÀ CẮT KIM LOẠI

Chương bảy: KHÁI NIỆM CHUNG

7.1. Thực chất, đặc điểm, phân loại

7.1.1. Thực chất

Hàn là một phương pháp nối cứng các phần tử kim loại hoặc phi kim lại với nhau. Có thể hàn bằng cách nung nóng các chỗ hàn đến trạng thái hàn (chảy hoặc dẻo) sau đó kim loại đông đặc (hàn nóng chảy) hoặc dùng áp lực để ép chúng dính lại với nhau (hàn áp lực) tạo thành liên kết bền vững. Các liên kết đó gọi là **mối hàn**.



Hình 7.1. Các dạng hàn
a. Hàn nóng chảy; b. Hàn áp lực

Phương pháp hàn mà ở đó kim loại (vật liệu) mối hàn được nung nóng chảy, sau khi đông đặc tạo thành mối hàn, gọi là **hàn nóng chảy**.

Phương pháp hàn mà ở đó phần tiếp xúc kim loại chỉ được nung đến trạng thái dẻo nên phải dùng một áp lực để ép cho chúng thấm thấu với nhau tạo thành mối hàn, gọi là **hàn áp lực**.

Hình 7.1a giới thiệu sơ đồ phương pháp hàn nóng chảy, hình 7.1b là sơ đồ dạng hàn áp lực.

Khi hàn nóng chảy, kim loại vùng nóng chảy là hợp kim trung gian của các phần tử hàn. Kim loại mối hàn sau khi kết tinh khác với kim loại cơ bản.

Ở dạng hàn áp lực, dưới tác dụng của lực ép P, vùng kim loại

được nung nóng đến trạng thái dẻo của các phần tử sẽ biến dạng, tiếp xúc và khuếch tán vào nhau tạo ra sự liên kết nguyên tử của mối hàn.

7.1.2. Đặc điểm

So với gia công áp lực và đúc thì hàn có các ưu điểm sau:

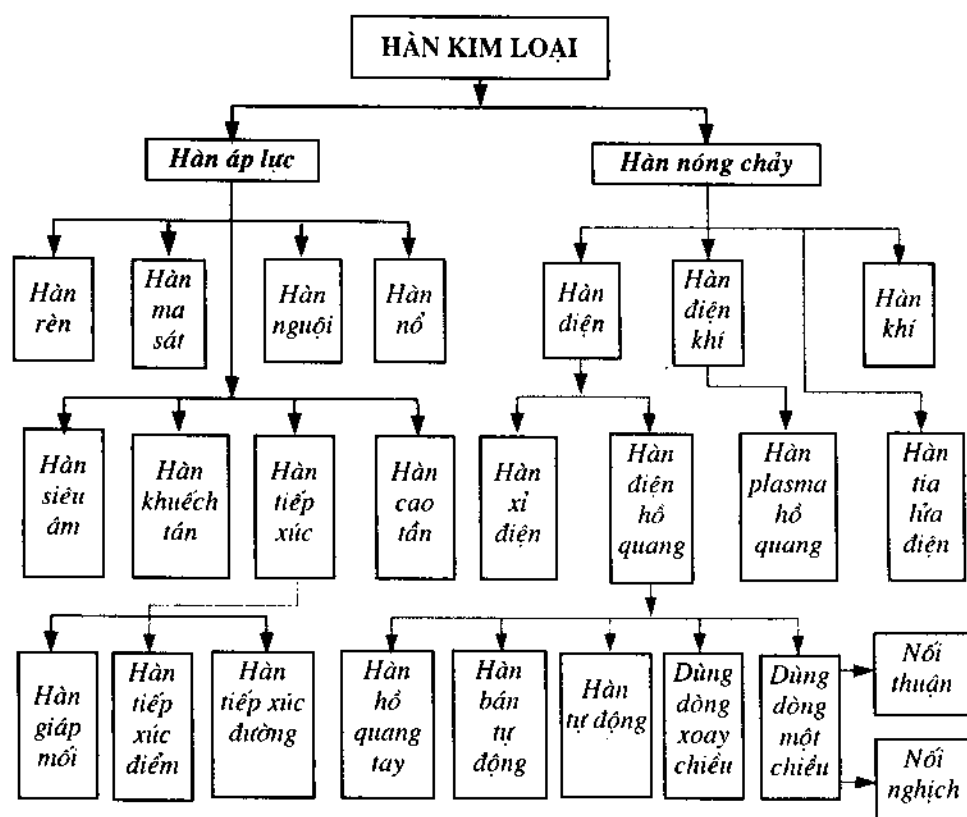
- Tạo liên kết phức tạp mà đúc, rèn - dập khó hoặc không thực hiện được.

- Hàn được các vật liệu cùng loại hoặc khác loại.

- Tiết kiệm kim loại nhiều. So với tán bằng đinh rivê hoặc lắp bằng bulông thì hàn tiết kiệm đến 25% kim loại, so với đúc còn tiết kiệm hơn nhiều.

- Công nghệ hàn tương đối đơn giản và rất linh động.

- Hàn tạo ra được các kết cấu kín, độ bền cao do đó cho phép chế tạo sản phẩm chịu áp lực như bể chứa, thùng, bình áp lực, đường ống... Các phương pháp hàn để tự động hoá để tạo ra năng suất và chất lượng



Hình 7.2. Sơ đồ phân loại phương pháp hàn

hàn cao, giá thành sản phẩm hạ.

Nhược điểm là vùng hàn có nhiệt lượng lớn làm ảnh hưởng đến tổ chức của kim loại vùng lân cận làm cho vật hàn dễ cong, vênh, biến dạng và giảm cơ tính.

7.1.3. Phân loại hàn

Hình 7.2 giới thiệu một phương pháp phân loại hàn phổ biến nhất, dựa vào trạng thái nung nóng kim loại của vùng hàn.

Để tạo ra các trạng thái hàn (dù nóng chảy hoặc dẻo), nhiệt là yếu tố quan trọng. Nhiệt năng để nung nóng mỗi hàn có thể được chuyển hóa từ cơ năng, điện năng, hóa năng hay từ các dạng năng lượng khác, nên trong thực tế có rất nhiều phương pháp hàn.

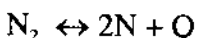
7.2. Quá trình luyện kim và tổ chức kim loại mối hàn

7.2.1. Quá trình luyện kim khi hàn nóng chảy

Hàn nóng chảy là phương pháp hàn phổ biến nhất. Quá trình hóa lý ở đây xảy ra trong kim loại lỏng giống như quá trình luyện kim (có quá trình ôxy hóa, khử ôxy, hợp kim hoá và các quá trình tương tác khác). Nhưng các quá trình này xảy ra trong điều kiện đặc biệt: nhiệt độ chảy rất cao (trên 3000°C), trong thời gian rất ngắn (vài giây), vùng kim loại chảy rất nhỏ, đông đặc nhanh, quá trình hóa lý xảy ra không triệt để, khó điều khiển, nguồn nhiệt di động, vùng ảnh hưởng nhiệt lớn... Như vậy, kim loại lỏng (cả hơi kim loại) ở nhiệt độ cao gây ra sự tương tác giữa các pha (môi trường khí, kim loại lỏng, xỉ lỏng) như sau:

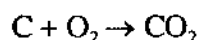
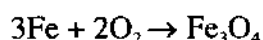
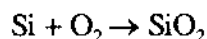
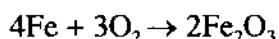
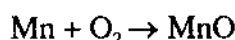
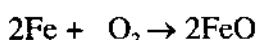
a. Pha khí trong vũng hàn nóng chảy

Dưới tác dụng của nhiệt độ cao, các phân tử khí phân ly:



Các nguyên tử khí có hoạt tính cao, tác dụng qua lại với các giọt kim loại lỏng nóng chảy trong vũng hàn, tạo ảnh hưởng của chúng đến tính chất của mối hàn thép như sau (các nguyên tố khí có hại của thép):

- **Ôxy**: ở nhiệt độ cao Fe bị ôxy hóa mãnh liệt



Ở nhiệt độ cao, FeO hòa tan vào thép tạo dung dịch đặc, ảnh hưởng trực tiếp đến cơ tính (giảm độ bền, độ dai và đập) của kim loại.

- **Nitơ** có hoạt tính mạnh, ở nhiệt độ cao tạo với Fe thành các nitrit Fe_2N , Fe_4N làm giảm độ dẫn dài, độ dai và đập khi chịu tải.

- **Hydrô** ở nhiệt độ cao phân hủy thành hydrô nguyên tử có hoạt tính cao, hòa tan mãnh liệt vào thép, khuếch tán và tích tụ tạo rỗ khí, gây ứng suất, giảm độ bền.

Nói chung các loại khí (ôxy, hydrô, cacbonic, hơi nước) đều là những yếu tố có hại cho mối hàn thép. Có thể dùng các biện pháp công nghệ để ngăn ngừa sự xâm nhập của chúng vào kim loại mối hàn (khí bảo vệ, thuốc hàn, xỉ).

b. Pha xỉ trong vũng hàn

Xỉ hàn là hỗn hợp các ôxyt và các muối (Na_2SiO_2 , CaOSiO_2 , MnO , FeO , Al_2O_3 , ...). Xỉ có khối lượng riêng nhỏ, phân bố chủ yếu trên bề mặt kim loại lỏng nhằm bảo vệ kim loại lỏng không bị ôxy hóa, duy trì quá trình luyện kim khi hàn (khử ôxy, hợp kim hóa mối hàn, tinh luyện, khử tạp chất photpho, lưu huỳnh). Theo tỷ lệ:

$$n = \frac{\Sigma M\% \text{ôxyt axit}}{\Sigma M\% \text{ôxyt bazơ}}$$

Nếu $n > 1$ ta có pha xỉ axit, $n < 1$ ta có pha xỉ bazơ. Pha xỉ axit bảo vệ kim loại tốt hơn, không bị ôxy hóa, duy trì sự cháy ổn định của hồ quang, dễ làm sạch khi nguội (dễ bong).

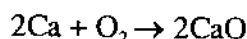
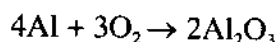
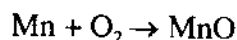
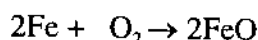
c. Pha kim loại

Trong quá trình hàn, ở nhiệt độ cao thì ảnh hưởng tương hỗ giữa kim loại lỏng, môi trường khí và xỉ như sau:

- Quá trình ôxy hóa

Kim loại lỏng ở nhiệt độ cao bị ôxy hóa trực tiếp bởi các ôxyt

tự do ở dạng nguyên tử, oxy hóa các oxit kim loại bậc thấp thành các oxit bậc cao hoặc oxy hóa trên cơ sở phản ứng trao đổi

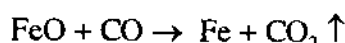
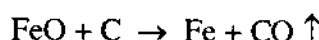


Oxit kim loại có thể hòa tan (hay không hòa tan) vào kim loại lỏng, tạo ra dung dịch có nồng độ oxy cao, gây khó khăn cho việc khử oxy. Để giảm oxit kim loại không hòa tan vào kim loại phải khử oxy hoặc đưa chúng vào xỉ.

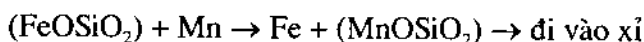
- Quá trình khử oxy trong vũng hàn

+ Khử oxy dưới dạng phản ứng trao đổi: dùng các nguyên tố hợp kim có hoạt tính hóa học với oxy cao hơn để khử oxy cho các kim loại có hoạt tính yếu hơn (nhôm, mangan, silic, titan, crôm...). Cũng có thể khử oxy từ oxit sắt, đồng thời có tác dụng hợp kim hóa mối hàn.

+ Khử oxy bằng các phản ứng cho sản phẩm khí:



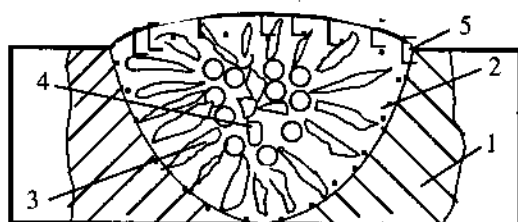
+ Khử oxy bằng các hệ xỉ hàn (xỉ axit SiO_2 , TiO_2):



- Quá trình hợp

kim hóa mối hàn

Ngoài quá trình oxy hóa và khử oxy còn quá trình tương tác giữa các pha hợp kim hóa mối hàn, quá trình tinh luyện kim loại, khử tạp chất (P, S) để nâng cao chất lượng mối hàn.



Hình 7.3. Tổ chức kim loại mối hàn

1. Kim loại cơ bản; 2. Viên chảy (hạt nhỏ);

3. Tinh thể hình trụ (nhánh cây);

4. Hạt đều trực; 5. Tạp chất phi kim, xỉ

7.2.2. Tổ chức kim loại mối hàn nóng chảy

a. Vững hàn (hình 7.3)

Sự kết tinh kim loại xảy ra tương tự như tổ chức kim loại vật đúc (theo trật tự mạng tinh thể) và gồm: quá trình kết tinh (nảy mầm tại vùng tinh giới và phát triển mầm) theo hướng truyền nhiệt. Vùng kim loại cơ bản (tấm hàn) 1, viên chảy 2 (hạt nhỏ), tinh thể hình trụ 3 (hình nhánh cây), hạt đều trực 4.

Tạp chất phi kim và xỉ 5 nổi lên phía trên.

Khi hàn nhiều lớp, lớp dưới mịn hơn lớp trên (như nhiệt luyện).

Kim loại ở tâm mối hàn nguội chậm nên có hạt lớn, có thể có khuyết tật (thiên tích, rỗ khí, rỗ xỉ...).

Khi kim loại đông đặc có thể hình thành khuyết tật nứt (nứt nóng, nứt tế vi, do ứng suất, biến dạng vết nứt lớn dần lên, khi nguội đến $200 \div 500^{\circ}\text{C}$ có thể nứt nguội do chuyển biến pha).

b. Vùng ảnh hưởng nhiệt

Hình 7.4 là đường cong biểu diễn sự phân bố nhiệt và sự thay đổi cấu trúc kim loại cơ bản trong vùng ảnh hưởng nhiệt và quan hệ với giản đồ trạng thái Fe - C (thép cacbon thấp).

Vùng 1 là vùng kim loại lỏng (trong vững hàn), kim loại nóng chảy hoàn toàn, nhiệt độ cao (khoảng 1600°C).

Vùng 2 là viên chảy (vùng quá độ), kim loại nóng chảy không hoàn toàn (nhiệt độ khoảng 1500°C).

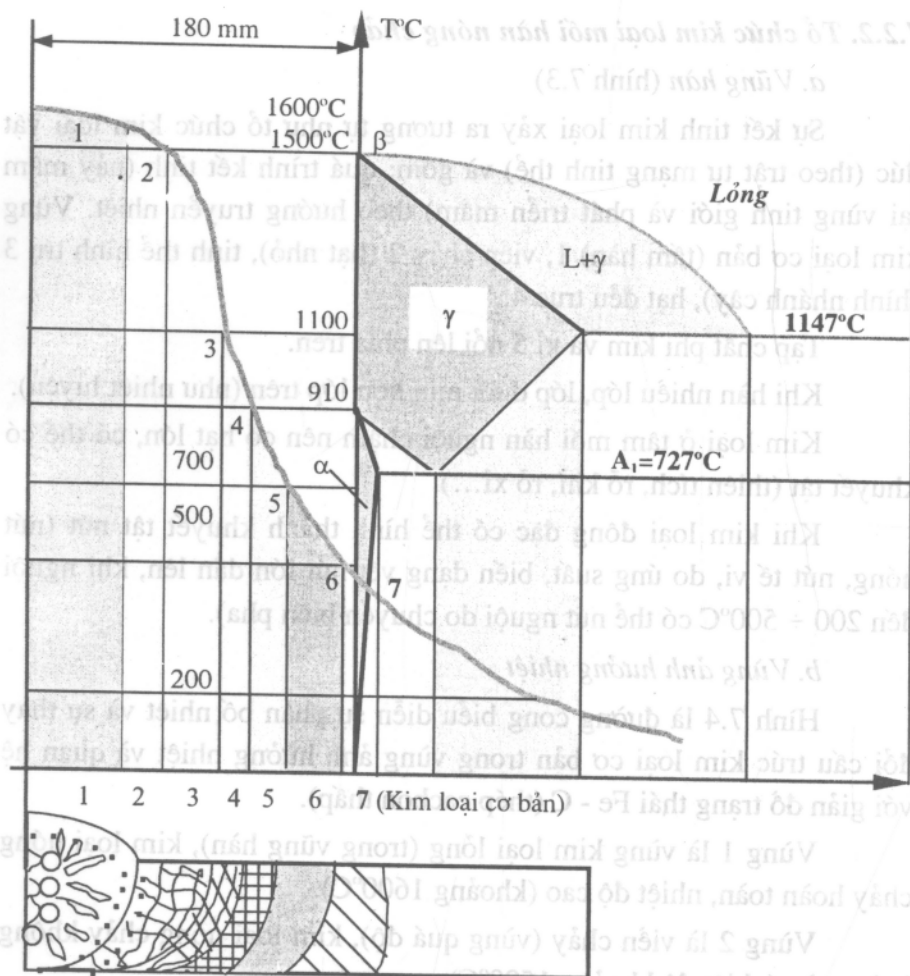
Vùng 3 là vùng quá nhiệt (khoảng $1100^{\circ}\text{C} \div 1400^{\circ}\text{C}$). Hình thành tổ chức vimentet, độ bền kém nhất, độ dẻo và độ dai va đập giảm nhiều.

Vùng 4 là vùng thường hóa, kim loại kết tinh lại hoàn toàn (khoảng $900^{\circ}\text{C} \div 1100^{\circ}\text{C}$).

Vùng 5 là vùng kim loại kết tinh lại không hoàn toàn (khoảng $700^{\circ}\text{C} \div 900^{\circ}\text{C}$).

Vùng 6 là vùng dòn xanh (khoảng $< 500^{\circ}\text{C}$), nằm cách xa tâm mối hàn khoảng 180 mm, có ứng suất dư, độ bền kém, độ dẻo và độ dai va đập giảm.

Vùng 7 là vùng kim loại cơ bản.



Hình 7.4. Tổ chức kim loại mối hàn, vùng ảnh hưởng nhiệt (thép ít cacbon)

1. Chảy lỏng hoàn toàn; 2. Quá độ (chảy lỏng không hoàn toàn); 3. Quá nhiệt (tổ chức vimentet, yếu nhất); 4. Thường hóa (kết tinh lại hoàn toàn); 5. Kết tinh lại không hoàn toàn; 6. Vùng dòn xanh ($< 500^{\circ}\text{C}$, kém bền); 7. Kim loại cơ bản

7.3. Tính hàn của kim loại và hợp kim

7.3.1. Phân loại tính hàn theo vật liệu hàn

Tính hàn (tính công nghệ hàn) của vật liệu (kim loại, hợp kim) là khả năng của vật liệu đó hàn dễ hay khó để đạt được yêu cầu chất lượng.

Nhóm 1: Vật liệu có tính hàn tốt, cho phép tạo mối hàn dễ dàng bằng mọi phương pháp công nghệ hàn bình thường mà vẫn đạt

chất lượng cao (như thép ít C, CT31, C15, C20, thép hợp kim thấp...).

Nhóm 2: Vật liệu có tính hàn trung bình. Muốn kết cấu hàn đạt chất lượng phải sử dụng các biện pháp công nghệ (xử lý nhiệt, nung sơ bộ, giảm tốc độ nguội, dùng đồ gá...). Thuộc nhóm này có thép hợp kim thấp và trung bình, thép cacbon trung bình ...

Nhóm 3: Vật liệu có tính hàn kém. Khi hàn vật liệu này phải sử dụng công nghệ rất đặc biệt và phức tạp, nhưng chất lượng chỉ đạt mức trung bình (như thép hợp kim cao, thép hợp kim đặc biệt, thép chịu nhiệt, thép không gỉ...).

Nhóm 4: Vật liệu không có tính hàn là những loại vật liệu không hàn được hoặc khi hàn đã sử dụng mọi biện pháp công nghệ đặc biệt phức tạp nhưng kết cấu hàn không đạt yêu cầu và đều có khuyết tật rỗ, nứt...

7.3.2. Đánh giá tính hàn của thép

Đánh giá tính hàn của thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp bằng hàm lượng cacbon tương đương (C_{td}):

$$C_E = C_{td} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{3} + \frac{(Ni + Co)}{15}$$

Trong đó: C - hàm lượng cacbon;

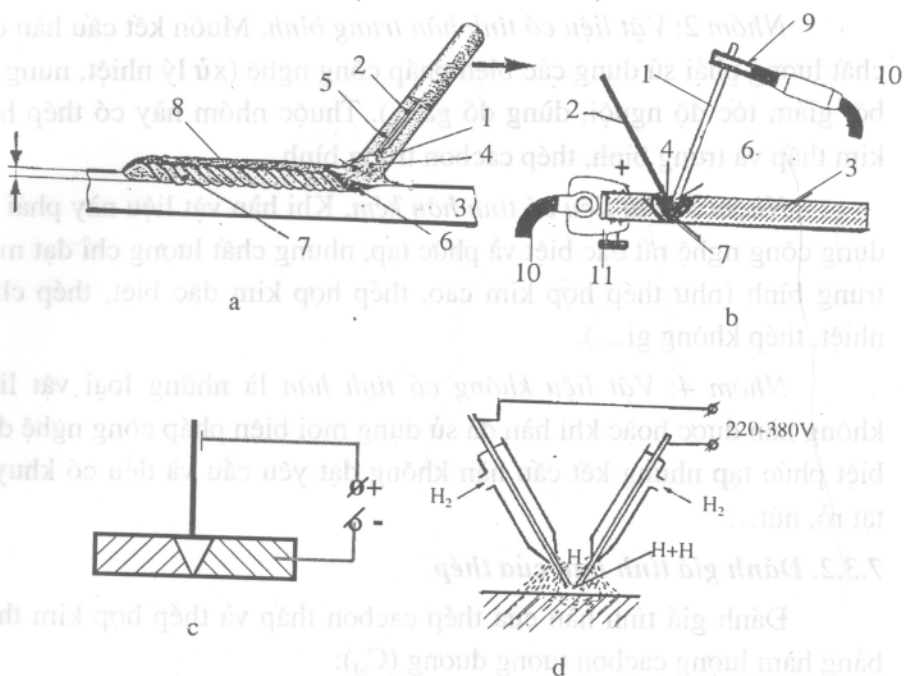
Mn, Cr, Mo, V, Ni, Co - hàm lượng thành phần hợp kim có trong thép.

7.4. Hàn điện hồ quang

7.4.1. Thực chất, đặc điểm

Hàn hồ quang là phương pháp hàn nóng chảy bằng cách lợi dụng nguồn nhiệt sinh ra khi hồ quang cháy để làm nóng chảy chỗ hàn, thực hiện tại từng điểm hàn trong thời gian rất ngắn, nhiệt lượng tập trung cao vào mối hàn. Hàn hồ quang được sử dụng rộng rãi để tạo các liên kết trong các lĩnh vực công nghiệp.

Hình 7.5a giới thiệu sơ đồ hàn hồ quang bằng que hàn thuốc bọc. Que hàn 1 nối với nguồn điện, giữa có lõi que 2, ngoài bọc lớp thuốc 5. Hồ quang 4 để nung nóng chảy kim loại vũng hàn 6 trên có lớp xỉ lỏng. Khi đông đặc tạo thành mối hàn 7 được bảo vệ bằng lớp vỏ xỉ 8.



Hình 7.5. Sơ đồ nguyên lý hàn hồ quang

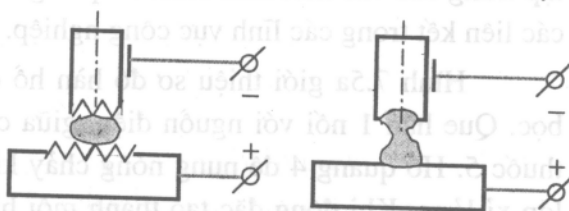
- a. Hàn hồ quang trực tiếp; b. Hàn hồ quang bằng dòng điện một chiều nối thuận;
c. Hàn hồ quang bằng dòng điện một chiều nối nghịch; d. Hàn hồ quang gián tiếp
1. Que hàn (cực hàn); 2. Lõi que hàn; 3. Tấm hàn; 4. Hồ quang; 5. Thuốc bọc;
6. Vũng hàn; 7. Mối hàn; 8. Vỏ xỉ; 9. Kim hàn; 10. Dây dẫn; 11. Mở kẹp.

7.4.2. Hồ quang hàn

Hồ quang là hiện tượng phóng điện giữa các điện cực trong môi trường không khí được ion hóa. Ngọn lửa hồ quang cho nhiệt lượng rất lớn (đạt nhiệt độ hàng ngàn °C), kèm theo sự phát quang. Ánh sáng hồ quang gồm các tia hồng ngoại, tia tử ngoại, tia cực tím gây bỏng da, viêm mắt, ảnh hưởng đến môi trường xung quanh. Cần có phương tiện đảm bảo an toàn lao động cho con người khi làm việc (kính coban, găng tay, quần áo, giấy, mũ, kính chắn).

Có thể gây hồ quang như sau (hình 7.6):

Cho que hàn (cực



Hình 7.6. Sự hình thành hồ quang

hàn) chạm vào vật hàn (cực thứ hai) trong khoảng 0,1 giây. Theo định luật Jun - Lenxơ ta có nhiệt lượng tỏa ra:

$$Q = 0,24 RI^2t.$$

Điện trở R rất lớn, cường độ dòng điện I lớn, nhiệt lượng tỏa ra nhanh chóng tại chỗ tiếp xúc điểm. Nâng que hàn lên khoảng $2 \div 5$ mm tạo ra giọt kim loại lỏng bị thất lại và tạo sự phóng điện với tốc độ rất lớn: các điện tử và ion âm đi về cực dương (tạo nhiệt độ 3400°C) và các ion dương đi về cực âm (tạo nhiệt độ 2800°C). Đó là hiện tượng phóng điện trong môi trường khí được ion hóa (hồ quang). Giữ khoảng cách từ $2 \div 5$ mm để hồ quang ổn định. Khi đó, quan hệ giữa điện thế và cường độ dòng điện (hình 7.7) là **đường đặc tính tĩnh của hồ quang 1**, cắt **đường đặc tính động 2** của máy tại điểm A (gây hồ quang) và B (hồ quang ổn định). Trên đồ thị, đoạn $80 \div 800$ ampe của đường đặc tính gần như song song với trục nằm ngang, gọi là đoạn **đặc tính cứng** (dùng hàn hồ quang tay).

Tại khoảng đó điện thế không phụ thuộc vào cường độ dòng điện mà phụ thuộc vào chiều dài hồ quang theo quan hệ sau:

$$U = a + bl_{hq}$$

Trong đó:

a - điện thế rơi trên hai cực;

b - điện thế rơi trên một đơn vị chiều dài của hồ quang;

l_{hq} - chiều dài hồ quang.

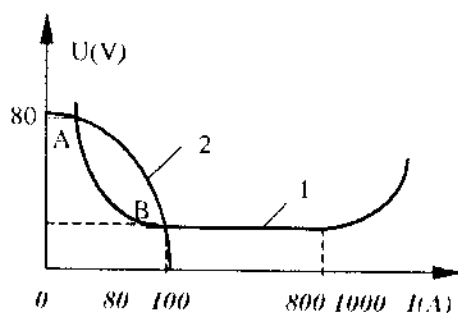
Nhiệt lượng lớn của hồ quang hàn làm nóng chảy mọi loại kim loại và hợp kim, có thể hàn được vật có chiều dày lớn với nhiều chế độ.

Hồ quang hàn có thể là **hồ quang kín** (tạo ra trong môi trường bảo vệ như thuốc hàn, trợ dung, xỉ ...)

để kim loại mối hàn được bảo vệ, không chịu ảnh hưởng của môi trường xung quanh) hoặc **hồ quang hở** dùng cho những mối hàn không quan trọng.

7.4.3. Sự dịch chuyển kim loại vào mối hàn (hình 7.8)

Sự dịch chuyển kim loại vào mối hàn chịu ảnh hưởng các yếu tố sau:



Hình 7.7. Đường đặc tính

1. Đường đặc tính tĩnh của hồ quang

2. Đường đặc tính động của máy

a. Trọng lực

Ở vị trí hàn sắp giọt kim loại lỏng được dịch chuyển vào mối hàn nên dễ hàn, ngược lại khi hàn trần giọt kim loại lỏng có xu hướng tách ra khỏi mối hàn nên hàn trần là khó hàn nhất.

b. Sức căng bề mặt

Giọt kim loại lỏng có sức căng bề mặt. Sức căng này luôn tạo cho giọt kim loại có dạng hình cầu và bám dính vào vật rắn cho đến khi giọt chất lỏng đủ lớn sẽ bị trọng lực kéo ra ngoài. Do đó giọt kim loại lỏng luôn có xu hướng đi vào mối hàn (kể cả hàn trần).

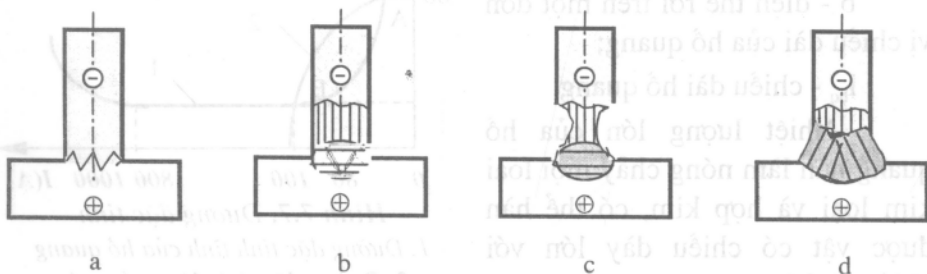
c. Áp lực khí

Thuốc hàn tham gia vào các phản ứng, sinh khí tạo ra áp lực lớn có xu hướng đẩy giọt kim loại lỏng đi vào mối hàn.

d. Áp lực hơi kim loại lỏng

Ở nhiệt độ rất cao kim loại bốc thành hơi, tạo áp lực lớn có xu hướng đẩy giọt kim loại lỏng đi vào mối hàn.

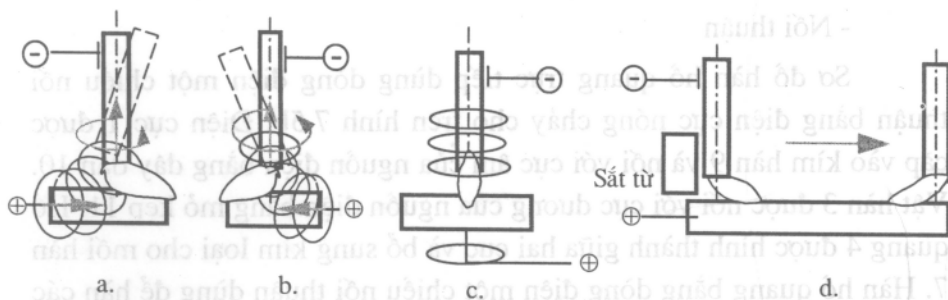
Như vậy giọt kim loại lỏng luôn có xu hướng đi vào trong mối hàn (trừ mối hàn trần, vì trọng lực có xu hướng kéo giọt kim loại lỏng ra).



Hình 7.8. Quá trình hình thành hồ quang hàn

7.4.4. Hiện tượng thổi lệch hồ quang (hình 7.9a, b)

Cột hồ quang được coi như dây dẫn mềm, khi hàn do lực điện trường tác dụng (điện trường tĩnh của mạch hàn và lực điện trường sinh ra bởi sắt từ) làm hồ quang bị thổi lệch, có ảnh hưởng xấu đến quá trình hàn và chất lượng.



Hình 7.9. Sự thổi lệch hồ quang

a, b. Nghiêng que hàn để tạo hồ quang đối xứng; c. Dẫn dây vào giữa để tạo hồ quang đối xứng; d. Đặt sắt từ tại các đầu mút mỗi hàn tạo từ trường đối xứng

a. Ảnh hưởng của điện trường tĩnh

Khi hàn bằng dòng điện 1 chiều, xung quanh hồ quang phát sinh điện trường tĩnh theo thành phần nằm hướng tiếp tuyến. Nếu nghiêng que hàn (hình 7.9a và b), mắc dây đối xứng (hình 7.9c), đặt sắt từ ferit (hình 7.9d) sẽ tạo từ trường đối xứng, hồ quang không bị thổi lệch. Chiều dài hồ quang ngắn hoặc dùng dòng điện xoay chiều sẽ làm giảm sự thổi lệch hồ quang.

b. Ảnh hưởng của sắt từ

Vật liệu sắt từ đặt gần cột hồ quang sẽ làm tăng độ thấm từ làm hồ quang hút về phía sắt từ làm giảm sự thổi lệch hồ quang ở phần gần mút của mỗi hàn (tại mút mỗi hàn sẽ là nơi khó hàn nhất vì hiện tượng thổi lệch hồ quang).

7.4.5. Phân loại hàn hồ quang

Hàn hồ quang có thể thực hiện bằng dòng điện xoay chiều hay một chiều, trực tiếp hay gián tiếp, bằng điện cực nóng chảy hoặc điện cực không nóng chảy. Khi hàn bằng dòng điện một chiều có thể nối thuận hay nối nghịch.

a. Hàn hồ quang nối trực tiếp

Que hàn (dây hàn) được gọi là điện cực nóng chảy. Cực hàn này trực tiếp bổ sung kim loại cho mối hàn (hàn hồ quang trực tiếp). Như vậy ở sơ đồ nối trực tiếp thì một đầu nguồn điện nối với điện cực (que hàn) đầu kia nối với vật hàn (hình 7.5a). Nếu dùng dòng điện một chiều thì có hai phương pháp nối dây:

- Nối thuận

Sơ đồ hàn hồ quang trực tiếp dùng dòng điện một chiều nối thuận bằng điện cực nóng chảy cho trên hình 7.5b. Điện cực 1 được cấp vào kim hàn 9 và nối với cực âm của nguồn điện bằng dây dẫn 10. Vật hàn 3 được nối với cực dương của nguồn điện bằng mỏ kẹp 11. Hồ quang 4 được hình thành giữa hai cực và bổ sung kim loại cho mối hàn 7. Hàn hồ quang bằng dòng điện một chiều nối thuận dùng để hàn các tấm dày hoặc vật liệu khó chảy.

- Nối nghịch

Ở phương pháp hàn hồ quang bằng dòng điện một chiều nối nghịch (hình 7.5c) thì que hàn nối với cực dương, vật hàn nối với cực âm và thường dùng để hàn các tấm mỏng hoặc vật liệu có nhiệt độ nóng chảy thấp.

b. Hàn hồ quang gián tiếp

Ở phương pháp này dùng hai cực hàn bằng vật liệu không nóng chảy (cực than, graphit, vonfram). Hai cực nối trực tiếp với nguồn điện và tạo hồ quang. Hình 7.5d là sơ đồ hàn hồ quang gián tiếp dùng hai điện cực không nóng chảy được bảo vệ bằng khí hydro.

7.5. Dụng cụ và thiết bị hàn

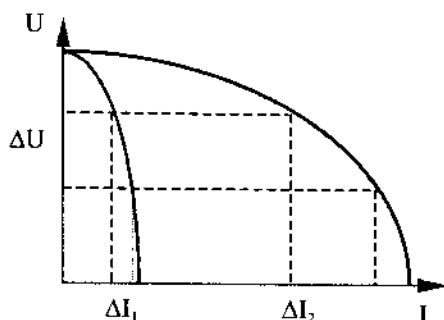
7.5.1. Yêu cầu của nguồn điện hàn và máy hàn

Nguồn điện hàn một chiều được cung cấp từ các loại máy phát một chiều hoặc từ máy chỉnh lưu hàn. Các máy này có giá thành cao nhưng hàn bằng dòng điện một chiều cho hồ quang ổn định, chất lượng mối hàn tốt, có thể đảo cực. Thực tế thường dùng nguồn xoay chiều để hàn vì thiết bị gọn nhẹ, cơ động, vận hành đơn giản, hiệu suất cao, tiêu hao năng lượng ít, giá thành rẻ hơn, nhưng chất lượng mối hàn không cao. Nguồn điện hàn và máy hàn có những yêu cầu sau:

a. *Điện thế không tải (U_0)* phải đủ lớn để gây hồ quang, nhưng khi hàn điện thế không vượt quá giới hạn cho phép đảm bảo an toàn cho người sử dụng (< 80 vôn). Dòng xoay chiều có điện áp không tải là $U_0 = 55 \div 80V$, điện áp hàn $U_h = 35 \div 45V$. Dòng một chiều có điện áp không tải là $U_0 = 35 \div 55V$, điện áp hàn $U_h = 16 \div 25V$.

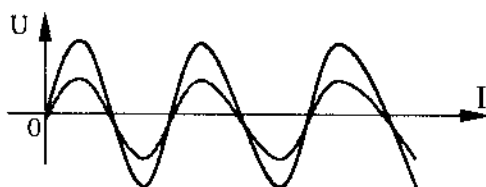
b. Dòng điện ngắn mạch không được vượt quá 40% cường độ dòng điện hàn, nghĩa là cường độ dòng ngắn mạch $I_d < (1,3 \div 1,4) I_h$.

c. Điện thế nguồn hàn phải thay đổi nhanh phù hợp với sự thay đổi điện trở của hồ quang nhằm ổn định sự cháy của hồ quang (đường đặc tính ngoài của máy khi hàn phải là đường cong dốc liên tục) và đảm bảo sự điều chỉnh chế độ hàn. Đường đặc tính ngoài càng dốc càng tốt (hình 7.10).



Hình 7.10. Đường đặc tính ngoài của máy hàn

d. Cường độ và điện thế nguồn xoay chiều phải lệch pha nhau, để hồ quang không bị tắt (hình 7.11).



Hình 7.11. Sự lệch pha của U và I

e. Điều chỉnh được cường độ dòng điện hàn (phân cấp hoặc vô cấp).

g. Máy hàn phải gọn, nhẹ, cấu tạo đơn giản, dễ sử dụng, vận hành và bảo quản.

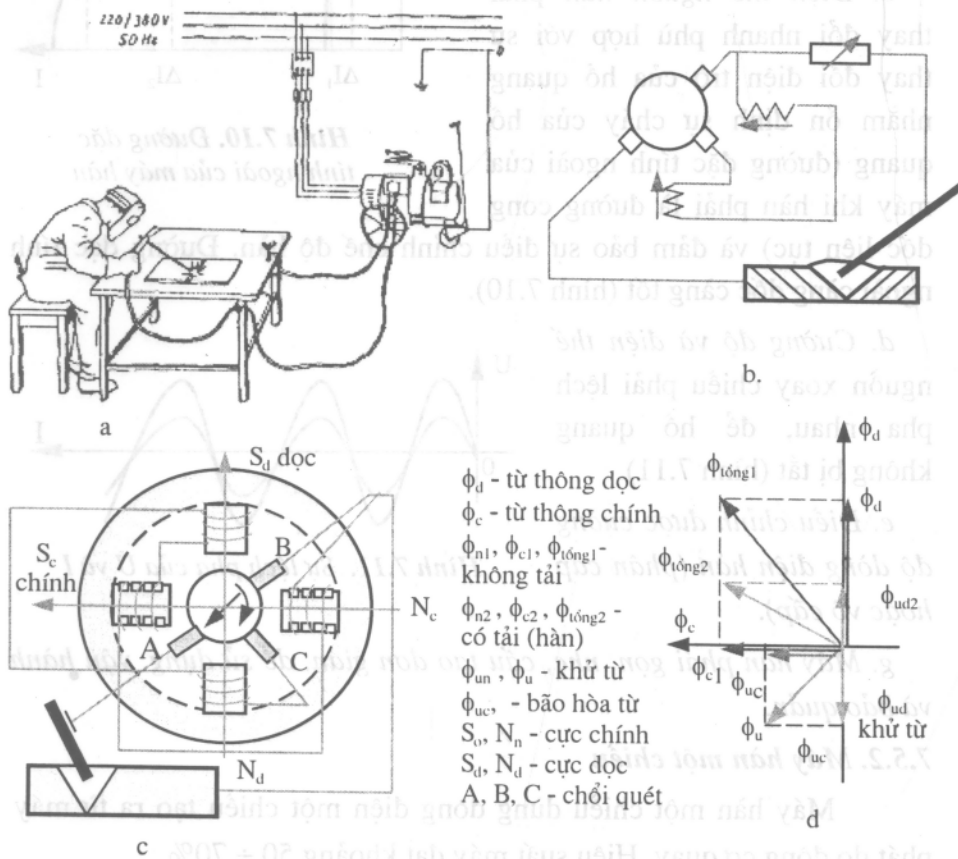
7.5.2. Máy hàn một chiều

Máy hàn một chiều dùng dòng điện một chiều tạo ra từ máy phát do động cơ quay. Hiệu suất máy đạt khoảng $50 \div 70\%$.

Hình 7.12a giới thiệu hình dáng bên ngoài của một loại máy hàn một chiều, hình 7.12b là sơ đồ nguyên lý làm việc, hình 7.12d là sơ đồ phân bố từ thông khi không tải, khi hàn (có tải) với bộ phận khử từ, bão hòa từ. Hình 7.12c giới thiệu sơ đồ cấu tạo của một loại máy hàn một chiều có cực từ tách đôi. Phần tĩnh (stator) của máy gồm cặp cực từ chính (S_c, N_c) có xẻ rãnh, tạo từ thông chính (Φ_c) và cặp cực từ dọc (S_d, N_d) tạo từ thông dọc (Φ_d). Hai cực bắc (N) đặt cạnh nhau và 2 cực nam (S) đặt cạnh nhau, nên có thể coi là 1 cặp cực, mỗi cực được tách

đôi. Máy có 3 chổi quét, 2 chổi A và B đặt giữa 2 cực khác tên, chổi C đặt giữa 2 cực cùng tên lấy điện ra từ phần quay (rôto).

Máy làm việc theo nguyên tắc tự kích thích. Các cuộn dây kích thích có thể mắc nối tiếp hay song song. Cuộn thứ nhất bố trí trên đôi cực chính (N_c, S_c - hình 7.12c) làm việc theo chế độ bão hòa từ.



Hình 7.12. Máy hàn một chiều

a. Hình dạng bên ngoài; b. Sơ đồ nguyên lý làm việc;

c. Máy hàn một chiều có cực từ tách đôi; d. Phân bố từ thông

Nguyên lý làm việc của máy như sau:

Khi không tải, cuộn dây của phần động không có dòng điện, sức điện động trên 2 chổi quét A, B sinh ra từ thông tổng ($\vec{\psi}_{tổng1}$) là tổng hình học của $\vec{\phi}_{n1}, \vec{\phi}_{c1}$.

$$\vec{\phi}_{tổng1} = \vec{\phi}_{d1} + \vec{\phi}_{c1}$$

Khi có tải (khi hàn, hồ quang cháy), cuộn dây phần động có điện tạo phản ứng ở phần ứng, sinh ra từ thông phụ của phần ứng (ϕ_u). Từ thông phụ này có phương trùng với phương của các chổi quét A, B, có chiều theo quy tắc vụn nút chai.

$$\vec{\phi}_{uc} = \vec{\phi}_{ud} + \vec{\phi}_u$$

Thành phần $\vec{\phi}_{ud}$, $\vec{\phi}_u$ khử từ, còn thành phần $\vec{\phi}_{uc}$ không ảnh hưởng đến từ thông tổng vì cực từ có xẻ rãnh nên bão hòa từ. Như vậy khi hàn (có tải), sinh ra từ thông $\vec{\phi}_{d2}$, $\vec{\phi}_{c2}$ và từ thông tổng $\vec{\phi}_{tổng2}$.

$$\vec{\phi}_{tổng2} = \vec{\phi}_{t1} + \vec{\phi}_u = \vec{\phi}_{d1} + \vec{\phi}_{c1} + \vec{\phi}_{uc} + \vec{\phi}_{ud}$$

Ta có: $\vec{\phi}_{ud2} = \vec{\phi}_{ud1} - \vec{\phi}_{ud}$ và $\vec{\phi}_{uc} = \vec{\phi}_{c1} + \vec{\phi}_{uc2} \approx \vec{\phi}_{c1}$

do bão hòa từ. $\vec{\phi}_{tổng2} = \vec{\phi}_{t1} + \vec{\phi}_u = \vec{\phi}_{d1} + \vec{\phi}_{c1} - \vec{\phi}_{ud}$

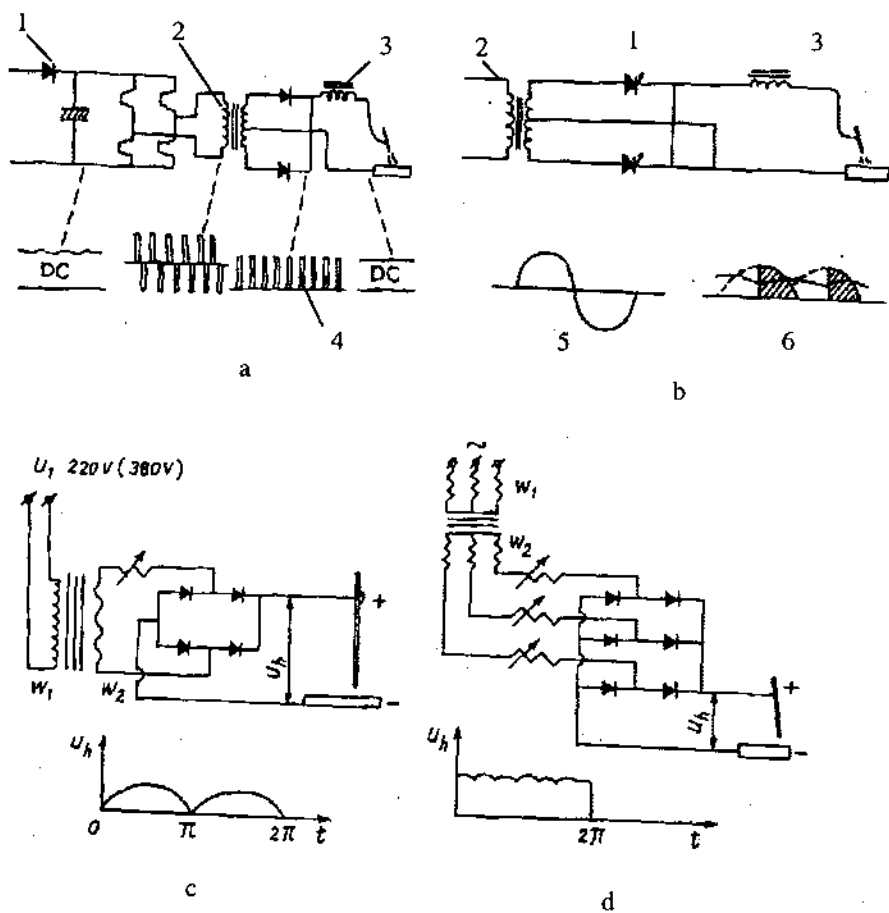
Do đó $\vec{\phi}_{t1} \gg \vec{\phi}_{t2}$

Trong lúc từ thông chính không tăng (do bão hòa từ), từ thông dọc giảm mạnh nên:

Điện thế của máy phụ thuộc từ thông tổng $U_1 > U_2$. Khi có tải điện thế giảm đi nhiều, máy thỏa mãn yêu cầu U tăng I giảm và đường đặc tính ngoài của máy là một đường cong giảm dốc liên tục. Khi ngắn mạch, cường độ dòng điện đạt cực đại, điện thế $U_{AB} \approx 0$. Cường độ dòng điện được điều chỉnh theo 2 phương pháp:

- Thay vị trí chổi quét A, B làm thay đổi phương từ thông sẽ làm thay đổi thành phần khử từ ϕ_{un} làm thay đổi cường độ dòng điện (điều chỉnh phân cấp).

- Điều chỉnh cường độ dòng điện bằng biến trở mạch ngoài (dùng nhiều). Biến trở này có thể được bố trí trên mạch điện (thuận lợi, tăng tuổi thọ). Cũng có thể kết hợp cả 2 biện pháp trên, khi đó phạm vi điều chỉnh rộng hơn, máy gọn hơn.



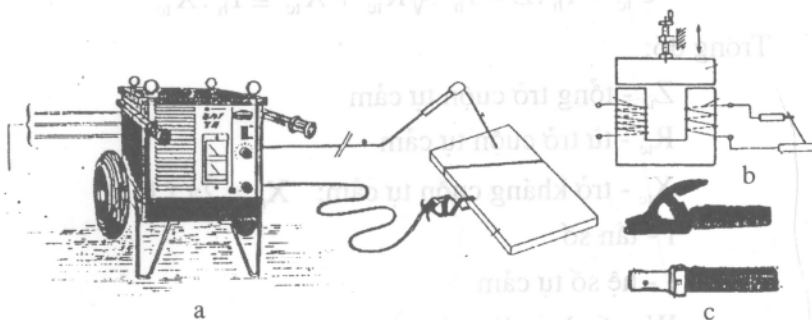
Hình 7.13. Sơ đồ nguyên lý làm việc chỉnh lưu dòng điện cho máy hàn
 a. Chỉnh lưu dòng hàn bằng transistor; b. Chỉnh lưu dòng hàn bằng thyristor;
 c. Máy hàn chỉnh lưu 1 pha; d. Máy hàn chỉnh lưu 3 pha
 1. Bộ chỉnh lưu; 2. Biến thế; 3. DC bộ kháng; 4. Nắn dòng; 5. Dải tần; 6. Tín hiệu ra

Ở máy hàn hiện đại có thể dùng các phương pháp chỉnh lưu dòng hàn một pha hoặc ba pha, chỉnh lưu bằng transistor, thyristor kèm theo bộ kháng DC. Hình 7.13 là sơ đồ nguyên lý làm việc của một số loại chỉnh lưu dòng hàn.

7.5.3. Máy hàn xoay chiều

Máy hàn xoay chiều sử dụng dòng điện xoay chiều (như máy biến áp) thỏa mãn các yêu cầu của máy hàn. Hiệu suất làm việc của máy hàn xoay chiều cao hơn máy một chiều (hiệu suất đạt đến 80 ÷

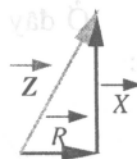
90%). Hình 7.14a là hình dáng bên ngoài của máy hàn xoay chiều và hình 7.14b là sơ đồ nguyên lý làm việc của nó.



Hình 7.14. Máy hàn xoay chiều

a. Máy hàn xoay chiều; b. Sơ đồ nguyên lý làm việc; c. Kim hàn

Hình 7.16 giới thiệu sơ đồ nguyên lý làm việc của máy hàn xoay chiều có bộ tự cảm riêng (cuộn cảm 3 pha). Bộ tự cảm tạo sự lệch pha giữa điện thế U và cường độ I . Đường đặc tính của máy là đường cong dốc liên tục, cường độ dòng điện I_h có thể điều chỉnh.



a. Khi không tải:

Điện áp cuộn sơ cấp $U_1 = U_0 = 220/380V$ (điện áp mạng), cường độ dòng điện $I_h = 0$ (mạch hở).

b. Khi có tải (khi hàn)

Điện áp cuộn thứ cấp: $U_2 = U_h + U_{tc} = C_{tc}$ (hằng số).

Điện áp hàn: $U_h = I_h \cdot R = 60 \div 80 V$.

Điện áp cuộn tự cảm U_{tc} bằng tích số cường độ dòng điện và tổng trở, được tính như sau:

$$U_{tc} = I_h \cdot Z = I_h \cdot \sqrt{R_{tc}^2 + X_{tc}^2}$$

Vì $\vec{Z} = \vec{R_{tc}} + \vec{X_{tc}}$ (hình 7.15) nên $Z = \sqrt{R_{tc}^2 + X_{tc}^2}$

Ở đây điện trở cuộn tự cảm R_{tc} nhỏ hơn rất nhiều lần trở kháng tự cảm ($R_{tc} \ll X_{tc}$) nên có thể bỏ qua vì nó vô cùng bé (R_{tc}). Ta có

Hình 7.15. Đồ thị vector tổng trở

Z. Tổng trở; R. Điện trở tự cảm; X. Trở kháng tự cảm

điện áp cuộn tự cảm:

$$U_{lc} = I_h \cdot Z = I_h \cdot \sqrt{R_{lc}^2 + X_{lc}^2} \cong I_h \cdot X_{lc}.$$

Trong đó:

Z_{lc} - tổng trở cuộn tự cảm

R_{lc} - từ trở cuộn tự cảm

X_{lc} - trở kháng cuộn tự cảm: $X_{lc} = 2\pi \cdot f \cdot L$

f - tần số

L - hệ số tự cảm

W - số vòng dây

Hệ số tự cảm L tăng nên X_{lc} tăng, làm U_{lc} tăng và U_h giảm ($U_2 = \text{Cte}$) làm I_h giảm. Như vậy điện thế tăng, cường độ dòng điện giảm.

c. *Khi ngắn mạch*

Ở đây $U_h = 0$, do đó cường độ dòng điện đạt cực đại và có thể tính:

$$I_h = I_d = \left[\frac{U_2}{(0,8\pi^2 \cdot f \cdot 10^{-8})} \right] \cdot \frac{R_{lc}}{W_{lc}^2}$$

d. *Điều chỉnh cường độ dòng điện hàn I_h*

Cường độ dòng điện hàn có thể điều chỉnh bằng các phương pháp sau:

- Thay đổi số vòng dây W (khó khăn, phức tạp nên ít dùng)
- Thay đổi khoảng cách a

Khoảng cách a (hình 7.16) tăng làm điện trở R tăng, hệ số tự cảm L giảm, làm trở kháng tự cảm X_{lc} và U_{lc} giảm nên I_h tăng. Ngược lại khi a giảm R giảm, L tăng, X_{lc} và U_{lc} tăng, I_h giảm.

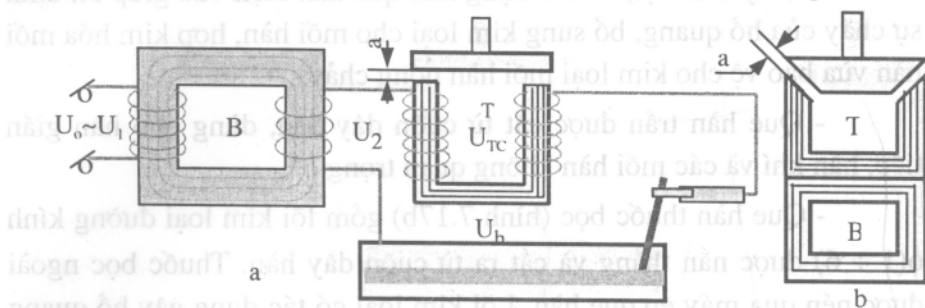
- Điều chỉnh bằng biến trở con chạy ở mạch ngoài (sử dụng thuận tiện, tăng tuổi thọ).

- Thay đổi khoảng cách a kết hợp với điều chỉnh bằng biến trở mạch ngoài. Cách điều chỉnh này cho phạm vi điều chỉnh rộng hơn, máy gọn hơn.

7.5.4. Dụng cụ để hàn hồ quang

Ở đây gồm thiết bị an toàn (mặt nạ, kính coban, giấy ủng,

găng, tấm chắn, thiết bị thông gió), cáp điện, đầu cặp, kìm hàn, thùng đựng que hàn, bàn, ghế, bàn chải, búa gõ xỉ, đục, dụng cụ, đồ gá...



Hình 7.16. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy hàn xoay chiều

a. Sơ đồ nguyên lý; b. Sơ đồ cải tiến

B – biến áp; $U_0 = 220/380V$ – điện áp nguồn; U_1, U_2 – điện áp cuộn sơ cấp và thứ cấp;

7.6. Vật liệu hàn

Vật liệu dùng để hàn gồm các loại điện cực (que hàn, dây hàn), khí hàn, khí bảo vệ, thuốc hàn ...

7.6.1. Điện cực hàn hồ quang

a. Điện cực không nóng chảy có tác dụng gây hồ quang và duy trì hồ quang. Ở đây, muốn bổ sung kim loại cho mối hàn phải dùng dây hàn hoặc que hàn nóng chảy. Loại điện cực này có thể nối trực tiếp hoặc gián tiếp. Vật liệu điện cực không nóng chảy là than (cacbon, graphite) hoặc vonfram (hình 7.17a).

- Điện cực than (graphit) có đường kính $\phi(2 \div 25)$, chiều dài $L = 200 \div 700$.

- Điện cực bằng vonfram (W) có đường kính $\phi(0,2 \div 10)$, chiều dài $L = 250 \div 350$ với góc vát $\alpha = (60^\circ \div 70^\circ)$.

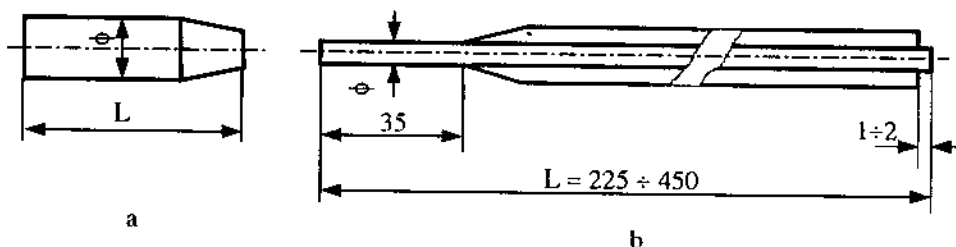
b. Điện cực nóng chảy gồm có dây hàn và que hàn.

- Dây hàn được tiêu chuẩn hóa với đường kính $\phi(0,2 \div 12)$, thường chế tạo đến $\phi 6$. Dây hàn được đóng gói thành từng cuộn với đường kính trong của mỗi cuộn là $\phi(100 \div 200)$, tương ứng với khối lượng $(5 \div 8)$ kg, được bao gói để chống gỉ và bảo quản. Dây hàn thường dùng cho hàn hồ quang tự động, bán tự động hoặc để chế tạo que hàn trần, lõi que hàn thuốc bọc. Trong công nghệ hiện đại, dây

hàn tự động được chế tạo với lõi thuốc, sử dụng rất thuận tiện. Dây hàn lõi thuốc (dây hàn bột) có tác dụng như que hàn điện vừa giúp ổn định sự cháy của hồ quang, bổ sung kim loại cho mối hàn, hợp kim hóa mối hàn vừa bảo vệ cho kim loại mối hàn nóng chảy.

- Que hàn trần được cắt từ cuộn dây hàn, dùng cho hàn gián tiếp, hàn khí và các mối hàn không quan trọng...

- Que hàn thuốc bọc (hình 7.17b) gồm lõi kim loại đường kính $\phi(1 \div 6)$ được nắn thẳng và cắt ra từ cuộn dây hàn. Thuốc bọc ngoài được nén qua máy ép que hàn. Lõi kim loại có tác dụng gây hồ quang và bổ sung kim loại cho mối hàn. Thuốc bọc que hàn để ổn định sự cháy của hồ quang, hợp kim hóa mối hàn, tạo khí, xỉ bảo vệ cho vũng hàn.



Hình 7.17. Điện cực hàn không nóng chảy (a) và điện cực nóng chảy (b)

Que hàn thuốc bọc (que hàn điện, điện cực hàn nóng chảy) có các ký hiệu N38, N42, N46, N50...(TCVN), E38, E42, E46, E50...(ISO). Hai chữ số chỉ giới hạn bền kéo mối hàn (ví dụ, N42 là que hàn thuốc bọc, có giới hạn bền kéo $\sigma_{hk} = 420 \text{ N/mm}^2$). Tính chất cơ học mối hàn cho trong bảng 7.1.

7.6.2. Thuốc hàn

Thành phần thuốc hàn thường gồm các chất ion hóa (phấn, kiềm...), chất tạo xỉ (cao lanh), chất tạo khí (tinh bột), chất khử oxy (hợp kim nhôm, các ferô hợp kim) và chất dính kết (loại axit, bazơ, hoặc rutin...).

Khi hàn hồ quang tự động có thể dùng thuốc hàn nóng chảy hay thuốc hàn không nóng chảy (thuốc hàn gôm).

7.6.3. Khí hàn

Khí hàn gồm khí bảo vệ và khí cháy.

a. *Khí bảo vệ*: khí trơ như hêli (He), argon (Ar) cho chất lượng mối hàn tốt, sạch nhưng đắt, hiếm. Ngoài ra có thể dùng khí hoạt tính như cacbonic (CO₂), hydro (H₂) để bảo vệ.

b. *Các loại khí cháy*: axetylen (C₂H₂), metan (CH₄), khí dầu xăng, v.v...

Bảng 7.1. Tính chất cơ học mối hàn (hàn hồ quang, que hàn thép kết cấu)

<i>Loại điện cực</i>		<i>Kim loại mối hàn</i>		<i>Góc uốn mối hàn với que hàn $\phi < 3$ (°)</i>
<i>TCVN</i>	<i>ISO</i>	<i>Độ dẫn dài tương đối δ (%)</i>	<i>Độ dai va đập ak (kJ/cm²)</i>	
N38	E38	14	3	60
N42	E42	18	8	150
N46	E46	18	8	150
N50	E50	16	7	120
N42A	E42A	22	16	180
N46A	E46A	22	14	180
N50A	E50A	20	13	150
N55	E55	20	12	150
N60	E60	18	10	120

7.7. Công nghệ hàn

7.7.1. Biểu diễn mối hàn: (hình 7.18)

a. *Mối hàn nhìn thấy* được biểu diễn trên hình 7.18a, b, d:

Mối hàn được biểu diễn bằng nét liền cơ bản.

Điểm hàn được biểu diễn bằng dấu cộng (+) như hình 4.18d.

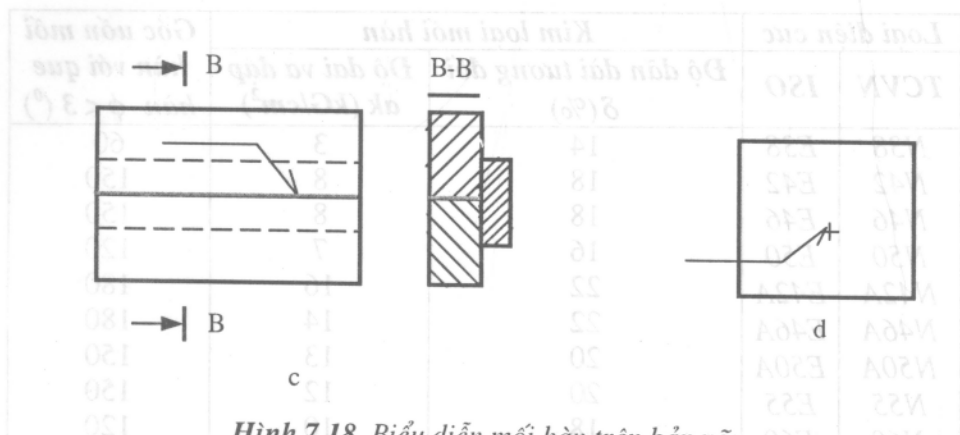
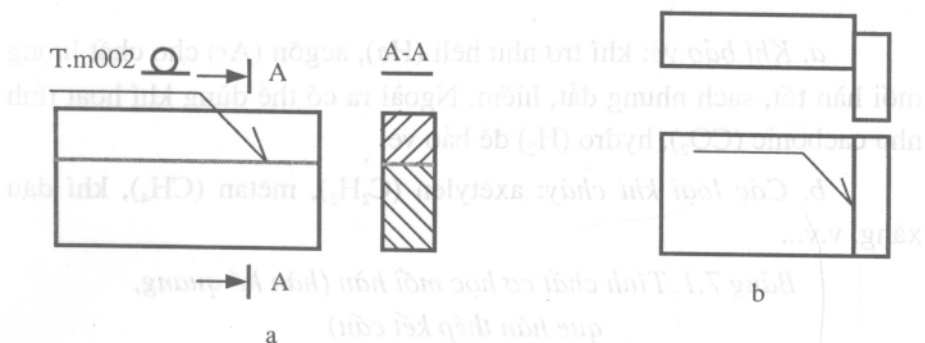
b. *Mối hàn khuất* (không thấy):

- *Mối hàn* được biểu diễn bằng nét đứt, như trên hình 7.18c.

- *Điểm hàn* - không biểu diễn.

c. *Đường (điểm hàn)* được biểu diễn bằng đường gấp khúc, nét mảnh, kết thúc là mũi tên 1 phía chỉ vào mối hàn hay điểm hàn (hình 7.18). Kèm theo còn có các ký hiệu phương pháp hàn, kiểu mối hàn, dạng vát mép...

d. *Đối với mối hàn nhiều lớp* dùng đường viền để biểu diễn riêng cho từng lớp. Chữ số La Mã chỉ thứ tự lớp hàn (hình 7.19). Các phần tử kết cấu hàn cũng được biểu thị bằng nét liền.



Hình 7.18. Biểu diễn mối hàn trên bản vẽ:

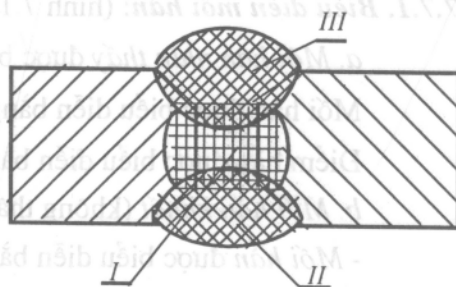
— Mối hàn thấy được (nét liền); ---- Mối hàn khuất (nét đứt); — Đường (điểm) hàn.

T - Hàn hồ quang tay; m - Mối hàn giáp mối; 00 - Mối hàn không vát mép;
2 - Hàn 2 phía; Ω - Phần lõi mối hàn phải gia công cho bằng kim loại cơ bản

e. Mối hàn phi tiêu chuẩn được người thiết kế quy định kiểu ký hiệu (có hướng dẫn riêng).

f. Quy ước bổ sung được giới thiệu trong bảng 7.2, hình 7.20 và 7.21.

g. Ký hiệu kiểm tra được ghi dưới nhánh nằm nghiêng của đường chỉ mối hàn (nếu phía dưới nhánh nằm ngang có ký hiệu quy ước mối hàn).

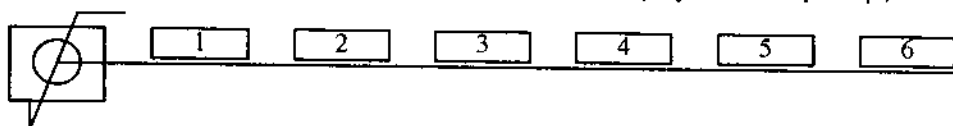


Hình 7.19. Mối hàn nhiều lớp

h. Mối hàn giống nhau được ký hiệu như N°1 trên hình 7.21. Đó là các mối hàn có yêu cầu kỹ thuật giống nhau, có chung một ký hiệu quy ước, có kiểu và kích thước các phần tử kết cấu trong tiết diện ngang như nhau.

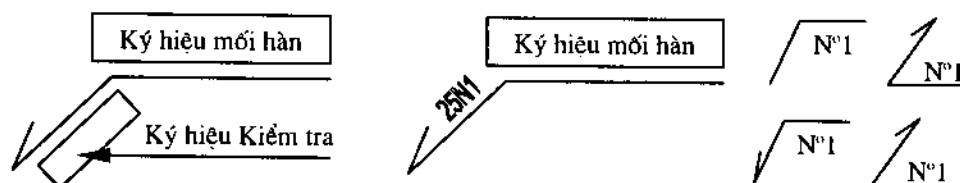
Tương tự như vậy để ghi ký hiệu cho các bộ phận của kết cấu hàn giống nhau. Mỗi hàn đối xứng, chỉ cần ghi một phần (bên đối xứng không cần ghi).

Cũng có thể chỉ dẫn cụ thể trong *điều kiện kỹ thuật* mà không cần ghi trên bản vẽ (nếu có yêu cầu như nhau hoặc yêu cầu đặc biệt).



Hình 7.20. Ký hiệu phụ của mỗi hàn thực hiện theo chu vi kín và mỗi hàn lắp ráp theo tiêu chuẩn và phi tiêu chuẩn

1. Ghi ký hiệu phương pháp hàn, dạng hàn tự động và bán tự động.
2. Ghi ký hiệu kiểu mối , liên kết hàn, chuẩn bị và mối hàn thực hiện.
3. Ghi ký hiệu Δ và kích thước cạnh mối hàn của liên kết hàn chữ T và hàn góc.
4. Ghi ký hiệu chiều dài phần hàn của mối hàn gián đoạn (" / " hoặc " Z ") và bước
5. Ghi ký hiệu phụ.
6. Ghi ký hiệu phương pháp hàn chiều dài phần hàn của mối hàn gián đoạn (" / " hoặc " Z ") và bước hàn cho mối hàn phi tiêu chuẩn.



Hình 7.21. Ký hiệu bổ sung cho mối hàn N°1 - các mối hàn giống nhau

i. Quy ước ký hiệu phương pháp hàn và dạng hàn

+ Chữ cái in hoa chỉ phương pháp hàn (kèm chỉ số là chữ in thường):

T - hàn hồ quang tay.

K - hàn khí

Đ - hàn tự động dưới lớp thuốc không dùng tấm lót, đệm thuốc hay hàn dính trước.

Đ₁ - hàn tự động dưới lớp thuốc (trợ dung) dùng tấm lót bằng thép.

D_{dt} - hàn tự động dưới lớp thuốc liên hợp, dùng tấm lót bằng đồng.

D_d - hàn tự động dưới lớp thuốc (trợ dung) dùng đệm thuốc.

D_h - hàn tự động dưới lớp thuốc có hàn đính trước.

D_{bv} - hàn tự động trong môi trường khí bảo vệ.

B - hàn bán tự động dưới lớp thuốc không dùng tấm lót, đệm thuốc hay hàn đính trước.

B_t - hàn bán tự động dưới lớp thuốc (trợ dung) dùng tấm lót bằng thép.

B_{dt} - hàn bán tự động dưới lớp thuốc liên hợp dùng tấm lót bằng đồng.

B_d - hàn bán tự động dưới lớp thuốc (trợ dung) dùng đệm thuốc.

B_h - hàn bán tự động dưới lớp thuốc có hàn đính trước.

B_{bv} - hàn bán tự động trong môi trường khí bảo vệ.

X_d - hàn xỉ điện bằng điện cực dây.

X_t - hàn xỉ điện bằng điện cực tấm.

X_{td} - hàn xỉ điện bằng điện cực tấm - dây liên hợp.

+ Chữ cái in thường chỉ kiểu liên kết hàn (kèm chỉ số chỉ kiểu liên kết)

m - liên kết hàn giáp mối.

mg - liên kết hàn giáp mối gấp mép.

t - liên kết hàn chữ T.

g - liên kết hàn góc.

v - liên kết hàn góc gấp mép.

c - liên kết hàn chồng.

đ - liên kết hàn tán đính.

+ Chữ số đặt sau các chữ cái chỉ kiểu mối hàn để chỉ mép hàn chuẩn bị và mối hàn thực hiện:

- Chữ số thứ nhất chỉ **chi tiết** hàn được vát mép (gấp mép):

Số 0 : không vát mép hoặc không gấp mép.

Số 1 : vát hoặc gấp mép 1 chi tiết.

Số 2 : vát hoặc gấp mép cả 2 chi tiết.

- Chữ số thứ hai chỉ **bề mặt** chi tiết hàn được vát mép (gấp mép):

Số 0 : không vát mép hoặc không gấp mép bề mặt chi tiết.

Số 1 : vát hoặc gấp mép 1 mặt của chi tiết.

Số 2 : vát hoặc gấp mép cả 2 mặt của chi tiết.

+ Chữ số thứ ba chỉ mối hàn được thực hiện với chi tiết hàn:

Số 1 : hàn 1 mặt của chi tiết.

Số 2 : hàn cả 2 mặt của chi tiết.

Ghi chú: Tất cả mối hàn giống nhau (cùng tiêu chuẩn, cùng quy định) thì chỉ dẫn trong điều kiện kỹ thuật hoặc ghi ký hiệu như N°1 trên hình 7.21.

k. Quy ước bổ sung cho hàn hồ quang tay:

- Hàn giáp mối các tấm có chiều dày khác nhau:

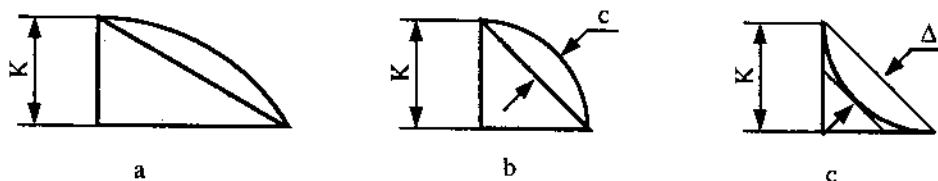
Hiệu số chiều dày cho phép lớn nhất ($S_1 - S_{\max}$) theo chiều dày tấm mỏng S , có thể tra bảng 7.2 và 7.3.

- Độ lồi của mối hàn cho phép:

$K = 5 \div 8 \text{ mm}$ $c = 1 \text{ mm}$.

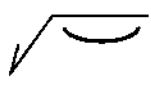
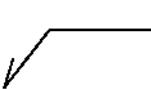
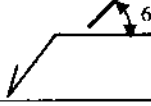
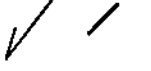
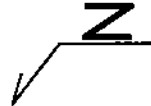
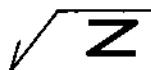
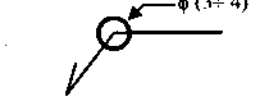
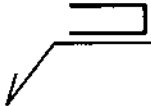
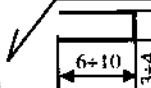
$K = 8 \div 10 \text{ mm}$ $c = 2 \text{ mm}$.

$K > 10 \text{ mm}$ $c = 3 \text{ mm}$.



Hình 7.22. Cảnh của mối hàn lồi (a, b), mối hàn lõm (c)

Bảng 7.2. Ký hiệu quy ước bổ sung cho mối hàn giáp mối

Ký hiệu	Ý nghĩa	Vị trí	
		Phía chính	Phía phụ
	Phân lõi của mối hàn được gia công cho bằng kim loại cơ bản		
	Mối hàn lõi		
	Mối hàn lõm		
	Mối hàn được gia công để có sự chuyển tiếp từ kim loại mối hàn đến kim loại cơ bản		
	Mối hàn thực hiện khi lắp ráp		
	Mối hàn phân đoạn (phân bố kiểu mắt xích) (Góc nghiêng ký hiệu 60°)		
	Mối hàn gián đoạn Các điểm hàn phân bố so le		
	Mối hàn thực hiện theo chu vi kín [Đường kính của ký hiệu $\phi (3 \div 4)$]		
	Mối hàn thực hiện theo chu vi hở (chỉ dùng cho mối hàn thấy)		

Ghi chú:

- Đối với mối hàn không đối xứng thì hàn 2 phía, phía chính hàn với chiều sâu lớn hơn.
- Đối với mối hàn đối xứng thì phía chính là phía hàn và ngược lại là phía phụ.
- Phía chính ghi ở trên và phía phụ ghi ở dưới nét gạch ngang của đường đóng chỉ vị trí hàn (nhánh).

Bảng 7.3. Hiệu số chiều dày lớn nhất cho phép khi hàn giáp mối

Chiều dày tấm mỏng S (mm)	< 3	4 ÷ 8	9 ÷ 11	12 ÷ 25	> 25
Hiệu số chiều dày lớn nhất $(S_1 - S)_{max}$	0,7S	0,6S	0,4S	5	7

Ghi chú:

- Nếu $S_1 - S$ nhỏ hơn giá trị trong bảng 7.3 thì chuẩn bị liên kết hàn như chi tiết có chiều dày $S \leq 26$ mm. Khi chi tiết hàn có $S > 26$ mm thì chọn 2 mm.
- Độ lôm của mối hàn $\Delta \leq 3$ mm áp dụng cho các loại mối hàn thực hiện ở mọi vị trí hàn trong không gian.
- Khi hàn mặt chính cho phép hàn ngấu cả chân mối hàn qua mặt phụ.
- Chuyển vị tương đối của mép hàn giữa 2 tấm hàn và sai lệch khe hở hàn được quy định như hàn hồ quang tay, còn mối hàn vòng do người thiết kế quy định chung.
- Cạnh K mối hàn góc, chữ T, mối hàn chồng quy định như hàn hồ quang tay.
- Dung sai của cạnh mối hàn cho phép: $\Pi \pm 1$ mm (khi $K < 6$ mm); $\Pi \pm 2$ mm (khi $K \geq 6$ mm).

7.7.2. Công nghệ hàn hồ quang tay

Hàn hồ quang tay tuy năng suất thấp, chất lượng không cao, cần trình độ tay nghề cao, nhưng nó rất linh động, phù hợp với sản xuất nhỏ và để sửa chữa, lắp ráp đặc biệt với các kết cấu phức tạp.

a. Các loại liên kết hàn và mối hàn

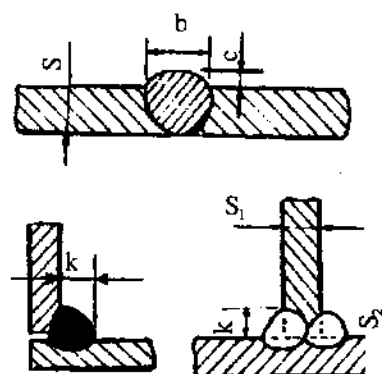
Hình 7.23 giới thiệu các thông số cơ bản của mối hàn.

Hình 7.24 giới thiệu các loại mối hàn và ký hiệu của chúng. Mỗi loại liên kết có chế độ và kỹ thuật hàn khác nhau.

b. Nguyên công chuẩn bị

- Chuẩn bị chi tiết hàn

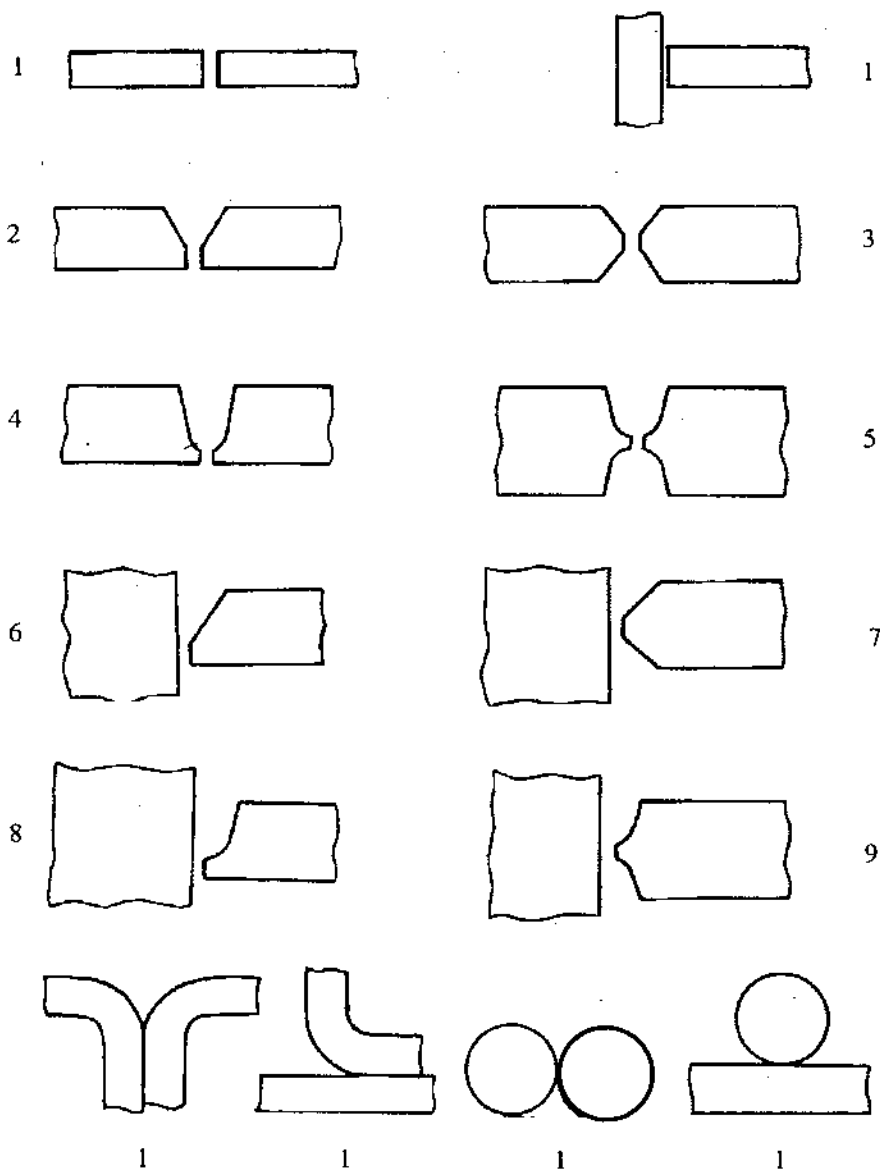
Ở đây, gồm các nguyên công cắt, uốn, nắn...được thực hiện trên các máy cắt hoặc cắt bằng khí, máy uốn, máy lốc, máy nắn.



Hình 7.23. Các thông số cơ bản của mối hàn

K.H	Minh họa	Ghi ký hiệu trên bản vẽ		Biểu diễn
JL				
II				
V				
✓				
Y				
Y				
Y				
Y				
D				
Δ				
L				
O				
Φ				

Hình 7.24. Các loại mối hàn và ký hiệu



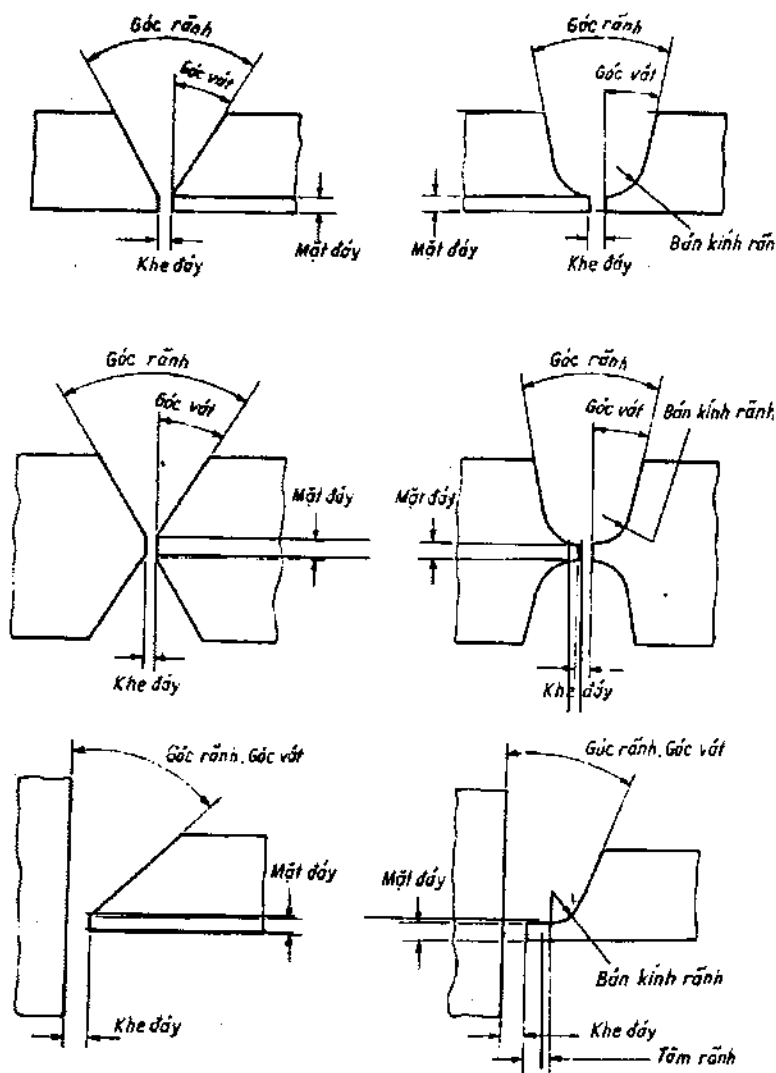
Hình 7.25. Chuẩn bị mép hàn và các yếu tố của rãnh hàn

1. Rãnh vuông; 2. Rãnh chữ V đơn; 3. Rãnh chữ V kép (chữ X); 4. Rãnh chữ U đơn; 5. Rãnh chữ U kép; 6. Rãnh nghiêng đơn; 7. Rãnh nghiêng kép; 8. Rãnh chữ J đơn; 9. Rãnh chữ J kép; 10. Rãnh chữ V loe đơn; 11. Rãnh nghiêng loe đơn chữ L; 12. Rãnh loe kép chữ M; 13. Rãnh nghiêng loe kép.

- Chuẩn bị mép hàn (hình 7.25) gồm uốn mép (gấp mép) hoặc vát mép.

Hình 7.26 là các yếu tố, kích thước khi vát mép (rãnh hàn) và khi lắp ghép.

- *Làm sạch mép hàn* (20 ÷ 30 mm) là làm sạch vùng tiếp xúc và vùng lân cận (loại bỏ hết dầu, mỡ, sơn, gỉ, nước và các chất bẩn khác).



Hình 7.26. Các yếu tố vát mép và lắp ghép rãnh hàn

Gá đặt chi tiết hàn đảm bảo khe hở như trong bảng 7.4.

Hình 7.27 giới thiệu một số kết cấu hàn thường gặp (hình 7.27a

- kết cấu dạng hộp, hình 7.27b - liên kết hàn tạo lỗ, hình 7.27c - kết cấu hàn tạo thành từ các loại vật liệu thép hình hay tấm, hình 4.27d - liên kết có gân cứng vững, hình 7.27e - liên kết hàn tạo thành từ vật liệu dạng ống).

Hình 7.28 giới thiệu một loại bình chứa chất lỏng. Đó là loại sản phẩm đặc trưng, có kết cấu hàn tạo thành từ các chi tiết dạng tấm gò và hàn.

Bảng 7.4. Khe hở cho phép của các liên kết hàn giáp mối

Chiều dày tấm hàn (mm)	Kích thước khe hở cho phép (mm)	
	Không vát mép	Có vát mép
< 15	1 ÷ 3	0,5 ÷ 2
16 ÷ 20	2 ÷ 4	1 ÷ 3
21 ÷ 30	3 ÷ 6	2 ÷ 4

7.7.3. Vị trí hàn trong không gian

Vị trí hàn trong không gian (xét trong mặt phẳng ngang) có các vị trí sau: hàn sấp, hàn đứng và hàn trần (hình 7.29).

- Hàn sấp phân bố từ $0^\circ \div 60^\circ$ so với mặt phẳng nằm ngang và tấm hàn ở dưới, que hàn ở trên.

- Hàn đứng và hàn ngang có mối hàn nằm trong khoảng $60^\circ \div 120^\circ$.

- Hàn trần (hàn ngửa) có góc $120^\circ \div 180^\circ$ và que hàn ở dưới, tấm hàn ở trên.

7.7.4. Chế độ hàn hồ quang tay (d , I_h , V_h , T_h ...).

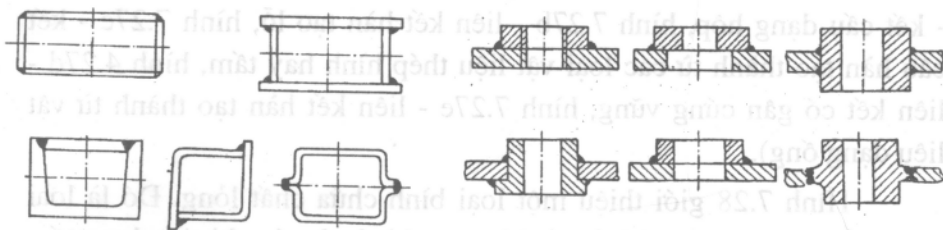
a. Đường kính que hàn d phụ thuộc vào chiều dày vật hàn, tính theo công thức thực nghiệm (hoặc tra trong bảng 7.5) như sau (hàn 1 lần):

- Khi hàn giáp mối:
$$d = \frac{S}{2} + 1$$

- Khi hàn góc, hàn chữ T:
$$d = \frac{K}{2} + 2$$

S - chiều dày của vật hàn.

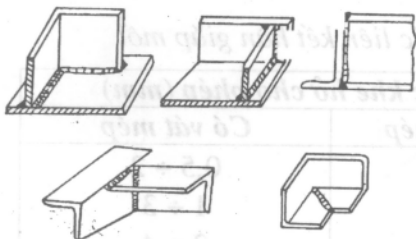
K - cạnh mối hàn góc hay mối hàn chữ T.



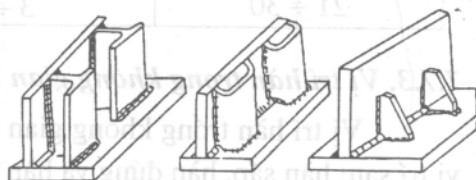
a. Kết cấu hàn dạng hộp



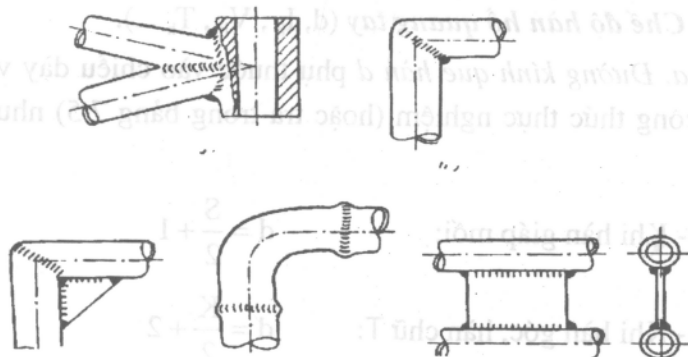
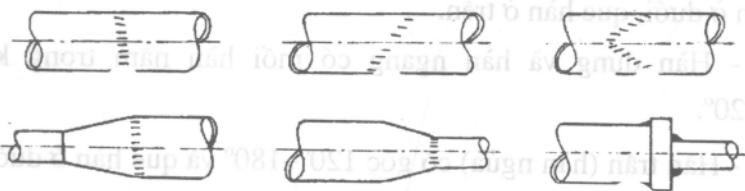
b. liên kết tạo lỗ



c. Liên kết hàn cấu tạo từ vật liệu thép tấm hoặc thép hình



d. Liên kết hàn tạo gân cứng vững



e. Liên kết hàn tạo thành từ vật liệu dạng ống

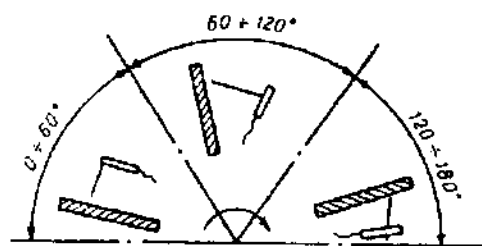
Hình 7.27. Kết cấu hàn thường gặp trong thực tế

Bảng 7.5. Đường kính que hàn thuốc bọc khi hàn giáp mối chọn theo S

S (mm)	1,5÷2	3	4÷5	6÷8	9÷12	13÷15	16÷20	>20
d (mm)	1,6÷2	3	3÷4	4	4÷5	5	5÷6	6

Chú ý: Khi chiều dày lớn, đường kính que hàn nhỏ, phải hàn nhiều lớp. Lớp thứ nhất, đường kính que hàn d_1 chọn nhỏ hơn d 1mm ($d - d_1 = 1$ mm). Vì que hàn lớn không thể đặt vào chân phần vát mép của mối hàn.

b. Cường độ dòng điện hàn I_h (chọn theo bảng hoặc tính theo công thức thực nghiệm) phụ thuộc vào đường kính que hàn, vật liệu hàn và vị trí hàn trong không gian.



Hình 7.29. Vị trí của mối hàn trong không gian

Khi hàn sắp với mối hàn giáp mối, có thể tính:

$$\text{- Khi } d < 4 \quad I_h = k \cdot d \quad (1)$$

$$\text{- Khi } d = 4 \div 5 \quad I_h = \frac{\pi d^2}{4} J \quad (2)$$

$$\text{- Khi } d \geq 5 \quad I_h = k_1 \cdot d^{1.5} \quad (3)$$

$$\text{- Khi hàn thép cacbon} \quad I_h = (\beta + \alpha \cdot d) \cdot d \quad (4)$$

Trong đó:

I_h - cường độ dòng điện hàn, (A);

J - mật độ dòng điện hàn có thể xác định theo bảng 7.6, A/mm²;

d - đường kính que hàn, (mm);

k - hệ số chọn theo đường kính que hàn, chọn theo bảng 7.7;

α, β, k_1 - hệ số thực nghiệm, phụ thuộc kim loại vật hàn,

$k_1 = 20 \div 25$.

Khi hàn thép cacbon với $d = 3 \div 6$ mm có thể chọn $\beta = 20$, $\alpha = 6$.

Bảng 7.6. Mật độ dòng điện hàn

Loại thuốc bọc que hàn	Mật độ dòng điện hàn theo đường kính, (A/mm ²)			
	<i>d</i> = 3 (mm)	<i>d</i> = 4 (mm)	<i>d</i> = 5 (mm)	<i>D</i> = 6 (mm)
Quặng axit, rutin	14 ÷ 20	11,5 ÷ 16	10 ÷ 13,5	9,5 ÷ 10,5
Fluorua canxi	13 ÷ 18,5	10 ÷ 14,5	8,5 ÷ 12	8,5 ÷ 12

Bảng 7.7. Hệ số thực nghiệm đường kính que hàn *k*

<i>d</i> (mm)	2	3	4	5	6
<i>k</i>	20 ÷ 30	30 ÷ 45	35 ÷ 50	40 ÷ 55	45

Những vật hàn có chiều dày lớn phải hàn nhiều lớp. Để bảo đảm độ ngẫu theo chiều sâu và các vị trí hàn khác nhau trong không gian có thể điều chỉnh cường độ dòng điện theo nguyên tắc :

- Nếu $S > 3d$ thì tăng 10 ÷ 15% cường độ dòng điện hàn.
- Nếu $S < 1,5d$ thì giảm 10 ÷ 15% cường độ dòng điện hàn để tấm hàn không bị thủng.
- Khi hàn đứng (hàn ngang) thì giảm 10 ÷ 15% cường độ dòng điện hàn.
- Khi hàn trần giảm cường độ dòng điện 15 ÷ 20%.

Khi tính các yếu tố khác như vận tốc hàn, thời gian hàn... cần dựa vào cường độ dòng điện *I* (A) và hệ số đắp α_j của que hàn (tính bằng g/A.h).

c. Điện áp hàn (U_{hq})

Điện áp hàn phụ thuộc vào chiều dài cột hồ quang, tính chất của que hàn, (thay đổi trong một phạm vi rất hẹp), có thể chọn theo bảng hoặc tính theo công thức thực nghiệm:

$$U_{hq} = a + b \cdot I_{hq} + \frac{c + d \cdot I_{hq}}{I_h} \quad (*)$$

Trong đó:

U_{hq} - điện áp hàn (v);

l_{hq} - chiều dài cột hồ quang (mm);

I_h - cường độ dòng điện hàn (A);

a - tổng điện áp rơi trên anôt và catôt, phụ thuộc loại điện cực ($a = U_a + U_k$; $a=15\div20$ v - điện cực nóng chảy, $a=30\div35$ v - điện cực không nóng chảy);

b - điện áp rơi trên một đơn vị chiều dài hồ quang ($b = 15,7$ v/cm);

c, d - hệ số ($c = 9,4$ w, $d = 2,5$ w/cm).

Vì cường độ dòng điện hàn (I_h) trong công thức (*) khá lớn nên có thể bỏ qua phân số cuối vô cùng bé. Do đó ta có:

$$U_{hq} = a + b \cdot l_{hq}$$

d. Số lượt hàn n

Hàn nhiều lớp khi tấm hàn có chiều dày lớn và diện tích tiết diện đắp mỗi hàn $F_d \geq 40 \text{ mm}^2$ (đường kính que hàn giới hạn). Số lớp hàn hợp lý (số lượt hàn tối thiểu khi hàn mỗi hàn nhiều lớp) được tính theo công thức:

$$n = \frac{F_d - F_t}{F_n} + 1$$

Trong đó:

n - số lớp (số lượt) hàn;

F_t - diện tích tiết diện ngang của lớp hàn thứ nhất, (mm^2);

F_n - diện tích tiết diện ngang của lớp hàn thứ n tiếp theo, (mm^2);

F_d - diện tích tiết diện ngang của mối hàn (tổng các lớp hàn), (mm^2).

Để đơn giản, coi các lớp hàn tiếp theo có diện tích tiết diện ngang tương đương nhau: $F_2 = F_3 = F_4 = \dots = F_n$.

Diện tích tiết diện ngang mỗi lớp đắp phụ thuộc vào đường kính que hàn. Theo kinh nghiệm có thể tính:

- Cho lớp hàn thứ nhất ($d_1 = 3 \div 4$):

$$F_1 = (6 \div 8)d_1$$

- Cho các lớp hàn tiếp theo ($d_n = 4 \div 5$):

$$F_n = (8 \div 12)d_n$$

Hình 7.30 giới thiệu sơ đồ tính diện tích tiết diện ngang của mối hàn giáp mối:

$$F_d = f_1 + 2f_2 + f_3$$

$$f_1 = a \cdot S$$

$2f_2$ - diện tích tam giác cân có góc đỉnh là α , chiều cao S.

f_3 - diện tích

phần nhô:

Hình 7.30. Diện tích tiết diện mối hàn

$$f_3 = \frac{2}{3} b \cdot c$$

Khi hàn góc, hàn chữ T, diện tích tiết diện ngang của lớp kim loại đắp tính theo công thức:

$$F_d = \frac{1}{2} K \cdot K_y$$

Trong đó: K - kích thước cạnh mối hàn;

K_y - hệ số kể đến khe hở và phần lồi của mối hàn, phụ thuộc vào cạnh của mối hàn (tra theo bảng 7.8).

Bảng 7.8. Hệ số kể đến khe hở và phần lồi của mối hàn

K	3 ÷ 4	5 ÷ 6	7 ÷ 10	12 ÷ 20	> 20
K_y	1,5	1,35	1,25	1,15	1,1

e. Tốc độ hàn V_h

Tốc độ hàn lớn sẽ cho năng suất cao nhưng phải đảm bảo chiều sâu ngấu của mối hàn, đảm bảo hình dáng, kích thước của mối hàn. Tốc độ hàn khi hàn hồ quang tay có thể tính theo công thức:

$$V_h = \frac{L}{t_m} = \frac{V_d}{F_d \cdot t_{cb}} = \frac{m}{\gamma \cdot F_d \cdot t_{cb}} \quad (\text{cm/s}) \quad (*)$$

Trong đó:

L - chiều dài mối hàn, (cm);

t_{cb} - thời gian cơ bản (thời gian hồ quang cháy t_o hoặc t_m), (s);

V_d - thể tích khối kim loại đắp vào mối hàn, (cm³);

γ - khối lượng riêng của kim loại lỏng, (g/cm³);

F_d - diện tích tiết diện ngang của kim loại đắp của một lớp hàn (cm²);

m - khối lượng kim loại đắp vào mối hàn, (g); m phụ thuộc vào hệ số đắp của que hàn, cường độ dòng điện hàn và thời gian hàn :

$$m = \alpha_d \cdot I_h \cdot t_{cb} \quad (g) \quad (**)$$

α_d - hệ số đắp của que hàn, (g/A.h); thường $\alpha_d = 8 \div 11$ g/A.h;

I_h - cường độ dòng điện hàn, (A);

Thay công thức (**) vào công thức (*) và chuyển đổi α_d từ g/A.h thành g/A.s ta có công thức tính tốc độ hàn như sau:

$$V_h = \frac{\alpha_d \cdot I_h}{3600 \cdot \gamma \cdot F_d}$$

g. Thời gian hàn T_h

* Thời gian hàn hồ quang tay cho mối hàn giáp mối được xác định phụ thuộc dạng sản xuất :

+ Sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ :

$$T_1 = [(t_{cb} + t_{p1})k_1 k_2 L + t_{p2}]k_3$$

+ Sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối :

$$T_2 = [(t_{cb} + t_{p1})k_1 k_2 L + t_{p2}]k_4$$

t_{cb} , t_o hoặc t_m - thời gian cơ bản (thời gian hồ quang cháy).

Khi hàn một lớp hoặc lớp thứ nhất:

$$t_o = 3600 \cdot \frac{\gamma \cdot F_1 \cdot L}{\alpha_d \cdot I_{h1}}$$

Khi hàn lớp thứ n tiếp theo (từ lớp thứ hai trở đi):

$$T_n = 3600 \cdot \frac{\gamma \cdot F_n \cdot L}{\alpha_d \cdot I_{hn}}$$

Trong đó:

γ - khối lượng riêng kim loại đắp, (g/cm³);

α_d - hệ số đắp, (g/A.h);

I_{h1}, I_{hn} - cường độ dòng điện hàn lần thứ nhất, lần thứ n, (A);

F_1, F_n, F_d - diện tích tiết diện ngang của lớp hàn thứ nhất, lớp hàn thứ n và tổng diện tích tiết diện ngang của toàn bộ mối hàn (mm²);

t_{p1} - thời gian phụ tính cho mỗi mét chiều dài mối hàn để làm sạch, thay que hàn và quan sát, (s/m); có thể tính:

$$t_{p1} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

Trong đó:

t_1 - thời gian làm sạch mép hàn cho 1 mét, $t_1 = 30$ s/m;

t_2 - tổng thời gian thay que hàn cho 1 mét, có thể tính theo công thức:

$$t_2 = \frac{4000 \cdot t_0 \cdot F_d}{\pi \cdot d^2 (1 - 3600) k_n}$$

Thời gian thay 1 que hàn, thường t_2 khoảng 10 giây;

F_d - tổng diện tích tiết diện ngang của lớp kim loại đắp (mm²);

l - chiều dài que hàn (mm);

k_n - hệ số kể đến sự chuyển tiếp của của kim loại que hàn vào mối hàn;

$$k_n = 0,8 \div 1$$

t_3 - thời gian quan sát mối hàn cho 1 mét, thường $t_3 = 20$ s/m;

t_4 - thời gian làm sạch mối hàn cho 1 mét, (s/m);

$$t_4 = [0,06 + 1,2(n-1)]$$

n - số lớp hàn;

t_{p2} - thời gian phụ để điều chỉnh, tháo, lật, xoay... vật hàn, có thể tính:

$$t_{p2} = t_5 + t_6 + t_7$$

t_5 - thời gian dịch chuyển của người thợ trong quá trình hàn cho 1 mét, (s/m), thường $t_5 = 20$ s/m;

t_6 - thời gian điều chỉnh, lật, tháo vật hàn (bảng 7.9).

t_7 - thời gian hiệu chỉnh mỗi hàn ở vị trí làm việc, (s); thường $t_7=20$ giây.

L - chiều dài mỗi hàn (m);

k_1 - hệ số điều chỉnh theo vị trí mỗi hàn trong không gian (bảng 7.11).

k_2 - hệ số điều chỉnh theo chiều dài mỗi hàn (bảng 7.10).

k_3, k_4 - hệ số tính đến điều kiện làm việc của người thợ (bảng 7.12).

Bảng 7.9. Thời gian điều chỉnh vật hàn t_6 (giây)

Tên công việc	Thực hiện bằng tay	Thực hiện bằng máy
Điều chỉnh vật hàn	30	180 ÷ 420
Lật vật hàn (một lần)	20	180 ÷ 420
Tháo vật hàn	25	180 ÷ 420

Bảng 7.10. Hệ số điều chỉnh vị trí mỗi hàn trong không gian k_1

Hệ số	Vị trí				Mỗi hàn vòng cho vật	
	Hàn sắp	Hàn đứng	Hàn ngang	Hàn trần (Hàn ngửa)	xoay được	không xoay được
k_1	1	1,25	1,3	1,6	1,1	1,35

Bảng 7.11. Hệ số chiều dài mỗi hàn k_2

$L(m)$	$> 0,5$	$0,2 \div 0,5$	$< 0,2$
k_2	1	1,1	1,2

Bảng 7.12. Hệ số tính đến điều kiện làm việc của thợ hàn k_3, k_4

Điều kiện làm việc của thợ hàn	k_3	k_4
Thuận lợi	1,10	1,13
Không thuận lợi	1,12	1,15
Căng thẳng	1,15	1,18
Trong không gian kín	1,20	1,23

Để đơn giản cho việc tính toán thời gian hàn, có thể quy thời gian phụ, thời gian phục vụ, tổ chức, thời gian nghỉ ngơi của công nhân vào hệ số tổ chức sản xuất và tính gần đúng theo công thức sau:

$$T_h = T_{cb} + T_{ph} T_{pv} + T_n$$

$$T_h = \frac{T_{cb}}{p}$$

T_h - thời gian hàn (h)

T_{cb} - thời gian hàn cơ bản (h);

T_{ph} - thời gian phụ;

T_{pv} - thời gian tổ chức phục vụ;

T_n - thời gian nghỉ ngơi tự nhiên của người thợ

p - hệ số tính đến điều kiện tổ chức sản xuất:

- Tổ chức sản xuất kém: $p \leq 0,3$;

- Tổ chức sản xuất trung bình: $p = 0,3 \div 0,4$;

- Tổ chức sản xuất khá: $p = 0,4 \div 0,5$;

- Tổ chức sản xuất tốt: $p = 0,6 \div 0,7$.

7.7.5. Chế độ hàn hồ quang tay khi hàn góc và hàn chữ T

a. Đường kính que hàn, d

d được tính theo công thức thực nghiệm (hoặc chọn theo bảng 7.14).

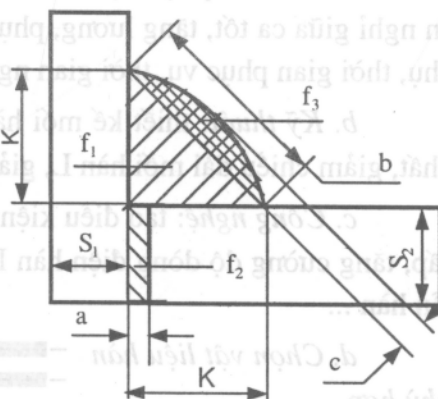
$$d = \frac{K}{2} + 2$$

b. Diện tích tiết diện đắp F_d (mỗi hàn không vát mép có khe hở) được tính theo công thức:

$$F_d = f_1 + f_2 + f_3$$

$$F_d = \frac{K^2}{2} + a \cdot S_2 + \frac{2}{3} b \cdot c$$

Để đơn giản, có thể áp



Hình 7.31. Diện tích tiết diện mỗi hàn góc, mỗi hàn chữ T

dụng công thức:

$$F_d = m \frac{K^2}{2}$$

Trong đó m - khối lượng kim loại đắp; K - hệ số kể đến khe hở của mối hàn và độ lồi của mối hàn (bảng 7.13).

Khi cạnh mối hàn $K > 8$ mm phải hàn nhiều lớp.

Bảng 7.13. Hệ số điều chỉnh theo khe hở và độ lồi của mối hàn

K (mm)	3 ÷ 4	5 ÷ 6	7 ÷ 10	11 ÷ 20	> 20
d (mm)	1,5	1,35	1,25	1,2	1,1

Bảng 7.14. Đường kính que hàn khi hàn góc, kết cấu hàn chữ T

K (mm)	2	3	4	5	6 ÷ 8
d (mm)	1,6 ÷ 2	2,5 ÷ 3	3 ÷ 4	4	4 ÷ 5

Các thông số khác của chế độ hàn góc, kết cấu hàn chữ T được xác định như khi hàn giáp mối.

7.7.6. Biện pháp nâng cao năng suất khi hàn hồ quang tay

Muốn nâng cao năng suất khi hàn hồ quang tay, cần giảm thời gian hàn (T_h) bằng các biện pháp sau đây:

a. *Tổ chức phục vụ*: tổ chức sản xuất tốt (phục vụ trong ca tốt, ăn nghỉ giữa ca tốt, tăng lương, phục vụ đời sống tốt) sẽ giảm thời gian phụ, thời gian phục vụ, thời gian nghỉ ngơi tự nhiên của công nhân.

b. *Kỹ thuật*: thiết kế mối hàn đúng (các trị số cho phép là nhỏ nhất, giảm chiều dài mối hàn L, giảm diện tích tiết diện đắp F_d).

c. *Công nghệ*: tạo điều kiện để sao cho vị trí của kết cấu là hàn sắp, tăng cường độ dòng điện hàn I, hàn bằng nhiều que hàn cùng một lần hàn ...

d. *Chọn vật liệu hàn phù hợp*



Hình 7.32. Que hàn 3 pha (2 lõi)

Chọn que hàn có đường kính lớn, hệ số đắp

cao, que hàn lõi kép để có hồ quang ba pha (hình 7.32)...

7.7.7. Kỹ thuật hàn hồ quang tay

a. Gây hồ quang, duy trì hồ quang

Khi hàn cần di chuyển que hàn dọc theo trục que hàn với tốc độ bằng tốc độ chảy của que hàn để duy trì chiều dài hồ quang. Có thể tính chiều dài hồ quang theo công thức thực nghiệm sau:

$$l_{hq} = (0,5 \div 1,2) d$$

Chiều dài hồ quang lớn làm chiều sâu ngấu giảm, ảnh hưởng đến chất lượng và hình dáng mối hàn.

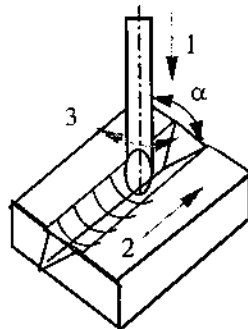
Khi hàn lớp đầu tiên (hoặc tấm mỏng), không có dao động ngang thì chiều rộng mối hàn chọn như sau:

$$b_1 = (0,8 \div 1,5) d_1$$

Và $b_n = (3 \div 5) d_n$ đối với các trường hợp khác.

b. Chuyển động của que hàn

Cần di chuyển que theo hướng hàn với góc nghiêng que hàn: $\alpha = 75^\circ \div 85^\circ$.



Hình 7.33. Chuyển động của que hàn

Để duy trì chiều dài của hồ quang, đảm bảo chiều rộng của mối hàn, người thợ cần chuyển động que hàn theo 3 phương (hình 7.33):

- 1 chuyển động dọc trục que hàn để ổn định chiều dài hồ quang.
- 2 chuyển động dọc theo mối hàn để hàn hết chiều dài mối hàn.
- 3 chuyển động ngang để đảm bảo chiều rộng của mối hàn, ngấu 2 mép mối hàn và làm cho mối hàn nguội chậm.

Hình 7.34 giới thiệu sơ đồ hàn 1 lớp như sau:

* Đối với tấm mỏng, hàn lượt thứ nhất, mối hàn nhỏ ($b = 1,5d$), chuyển động thẳng:

- + Chiều dài nhỏ $L < 250$ mm, hàn liên tục.
- + Chiều dài trung bình $L < 250 \div 750$ mm, hàn 2 đoạn ngược nhau.

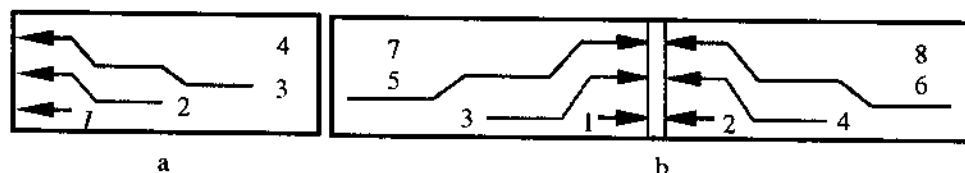
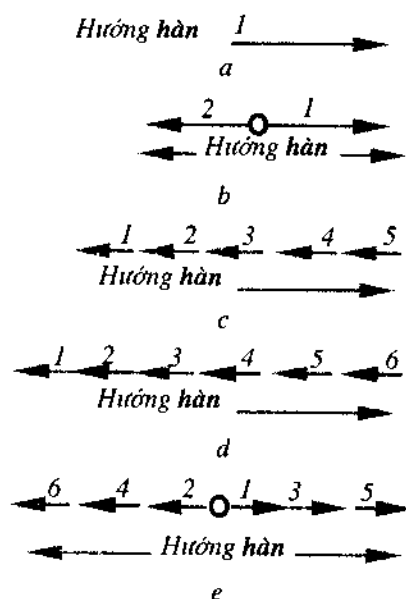
+ Chiều dài lớn $L=750\div 1000\text{mm}$, hàn phân đoạn nghịch theo hướng hàn.

+ Chiều dài lớn $L > 1000 \text{ mm}$, hàn phân đoạn cách đoạn theo hướng hàn.

+ Chiều dài lớn $L>1000\text{mm}$, hàn phân đoạn cách đoạn theo 2 hướng hàn.

Hình 7.34. Sơ đồ hàn lớp thứ nhất

- Chiều dài nhỏ $L<250\text{mm}$, hàn liên tục.
- Chiều dài trung bình $L < 250\div 750\text{mm}$, hàn 2 đoạn ngược nhau.
- Chiều dài lớn $L > 750\div 1000 \text{ mm}$, hàn phân đoạn nghịch theo hướng hàn.
- Chiều dài lớn $L > 1000 \text{ mm}$, hàn phân đoạn cách đoạn theo hướng hàn.
- Chiều dài lớn $L > 1000 \text{ mm}$, hàn phân đoạn cách đoạn theo 2 hướng hàn.



Hình 7.35. Sơ đồ hàn nhiều lớp

- Phân đoạn leo; a. Phân đoạn xếp chồng



Hình 7.36. Các hình thức dao động của que hàn

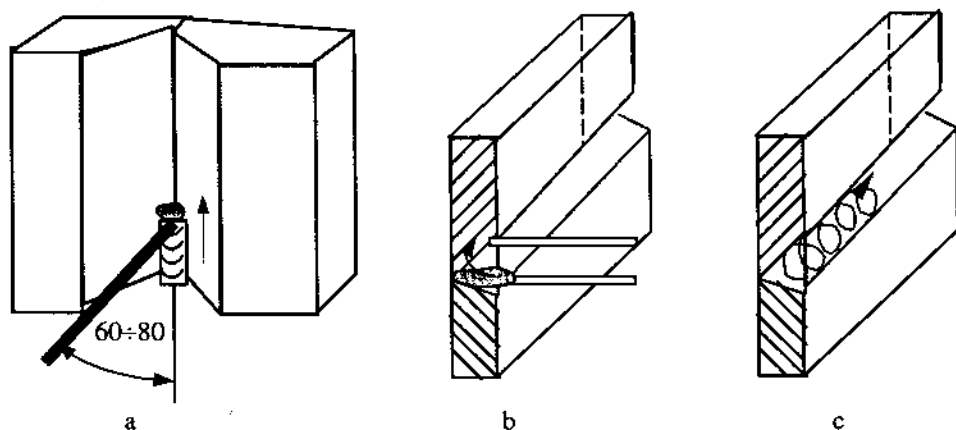
- Chuyển động thẳng; b.Nung hai mép nối hàn; c.Nung hai mép và giữa mỗi hàn

* Khi hàn nhiều lớp cho các tấm dày: dùng phương pháp phân đoạn leo (hình 7.35a) và phân đoạn xếp chồng (hình 7.35b).

* Các hình thức dao động (phối hợp chuyển động dọc, ngang của que hàn):

- Chuyển động thẳng (không dao động hình 7.36a).
- Chuyển động ngang nhằm nung hai mép mỗi hàn (hình 7.36b).
- Chuyển động để nung hai mép mỗi hàn và tâm mỗi hàn (hình 7.36c).

Trên hình 7.37 giới thiệu chuyển động của que hàn khi hàn đứng, hàn ngang



Hình 7. 37. Chuyển động của que hàn khi hàn đứng, hàn ngang
a. Hàn đứng chuyển động từ dưới lên; b, c. Hàn ngang (gây hồ quang từ tấm dưới)

7.8. Hàn hồ quang tự động và bán tự động

7.8.1. Thực chất

Hàn hồ quang tự động là phương pháp hàn mà toàn bộ các thao tác đều do máy điều khiển tự động như gây hồ quang, duy trì và ổn định chiều dài hồ quang, dịch chuyển dọc theo mối hàn, kết thúc quá trình hàn, trở về vị trí ban đầu, cung cấp thuốc hàn, cung cấp khí bảo vệ cho mối hàn.

Khi hàn bán tự động thì quá trình dịch chuyển dọc theo mối hàn được điều chỉnh bằng tay.

Khi hàn tự động hay bán tự động thì điện cực nóng chảy là dây hàn trần hoặc dây hàn có lõi thuốc (dây hàn bột). Có thể dùng loại cực hàn không nóng chảy bằng vonfram (W), nhưng bổ sung kim loại cho mỗi hàn bằng dây hàn.

Để bảo vệ mối hàn người ta dùng thuốc hàn rời (còn gọi là thuốc trợ dung) hoặc khí bảo vệ. Thuốc hàn có thể là loại thuốc hàn nóng chảy hay thuốc hàn gốm. Hàn tự động và bán tự động dưới lớp thuốc hàn chỉ thực hiện được với vị trí hàn sắp. Nhờ lớp thuốc che kín nên hiệu suất nhiệt cao, tạo được xỉ, mối hàn nguội chậm, chất lượng đồng đều.

Máy hàn tự động sẽ tự động điều chỉnh mọi thông số. Đối với những mối hàn ngắn, khó thao tác dọc theo mối hàn thì dùng hàn bán tự động.

7.8.2. Hàn tự động và bán tự động dưới lớp thuốc (bảo vệ bằng chất trợ dung)

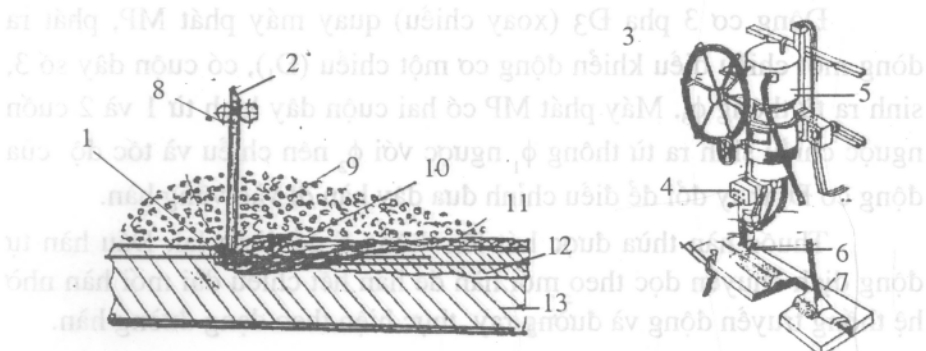
Hình 7.38 giới thiệu sơ đồ máy hàn tự động dưới lớp trợ dung, với điện cực nóng chảy, được bảo vệ bằng thuốc hàn rời.

Dây hàn 2, cuốn trên tang 3 di chuyển xuống nhờ hộp giảm tốc và cơ cấu kéo dây 8 của bộ truyền tự động đi xuống để gây hồ quang và ổn định chiều dài hồ quang tại vũng hàn 10. Ngọn lửa hồ quang 1 nung nóng chảy kim loại vật hàn 13. Lớp thuốc hàn 9, được cung cấp qua máng dẫn thuốc hàn phủ kín trên vũng hàn để bảo vệ mối hàn. Khi kim loại đông đặc hình thành mối hàn 12 và lớp xỉ 11.

Thuốc hàn thừa được hút lên thùng 5 để dùng lại. Đầu hàn tự động dịch chuyển dọc theo mối hàn để hàn hết chiều dài mối hàn nhờ hệ thống truyền động và đường ray, thực hiện theo dạng đường hàn.

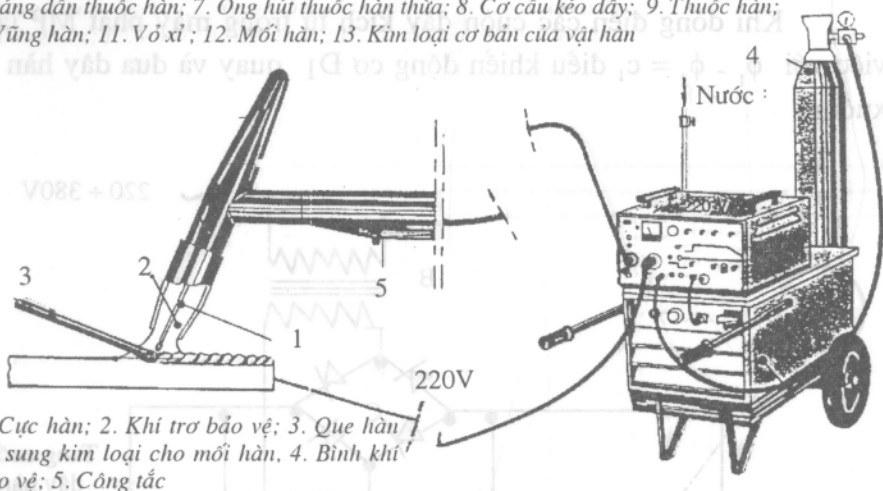
Hình 7.39 và 7.40 giới thiệu máy hàn TIG và MAG.

Hình 7.41 giới thiệu sơ đồ nguyên lý làm việc của máy hàn tự động AEC-1000 với điện cực nóng chảy, được bảo vệ bằng thuốc hàn rời. Máy hàn đặt trên xe chạy dọc mối hàn ($V_h = 10 \div 20$ m/h) nhờ động cơ một chiều điều khiển qua hộp giảm tốc làm quay bánh răng thay thế chủ động sau xe hàn.



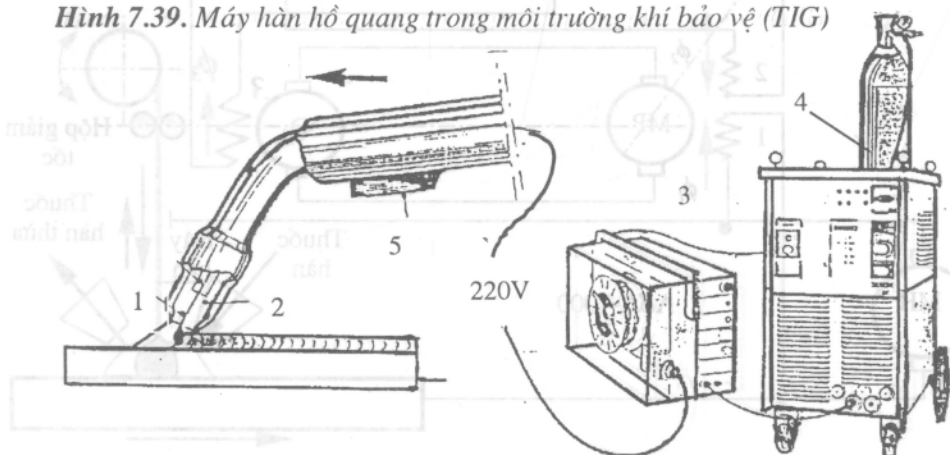
Hình 7.38. Máy hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc (trợ dung) bảo vệ

1. Hồ quang; 2. Dây hàn; 3. Tang cuộn dây; 4. Đầu hàn tự động; 5. Thùng thuốc hàn;
6. Máng dẫn thuốc hàn; 7. Ống hút thuốc hàn thừa; 8. Cơ cấu kéo dây; 9. Thuốc hàn;
10. Vững hàn; 11. Vỏ xi; 12. Mối hàn; 13. Kim loại cơ bản của vật hàn



1. Cực hàn; 2. Khí trợ bảo vệ; 3. Que hàn bổ sung kim loại cho mối hàn, 4. Bình khí bảo vệ; 5. Công tắc

Hình 7.39. Máy hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ (TIG)



Hình 7.40. Máy hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ (MAG)

1. Cực hàn; 2. Khí bảo vệ CO_2 ; 3. Cuộn dây hàn; 4. Bình khí bảo vệ CO_2 ; 5. Công tắc

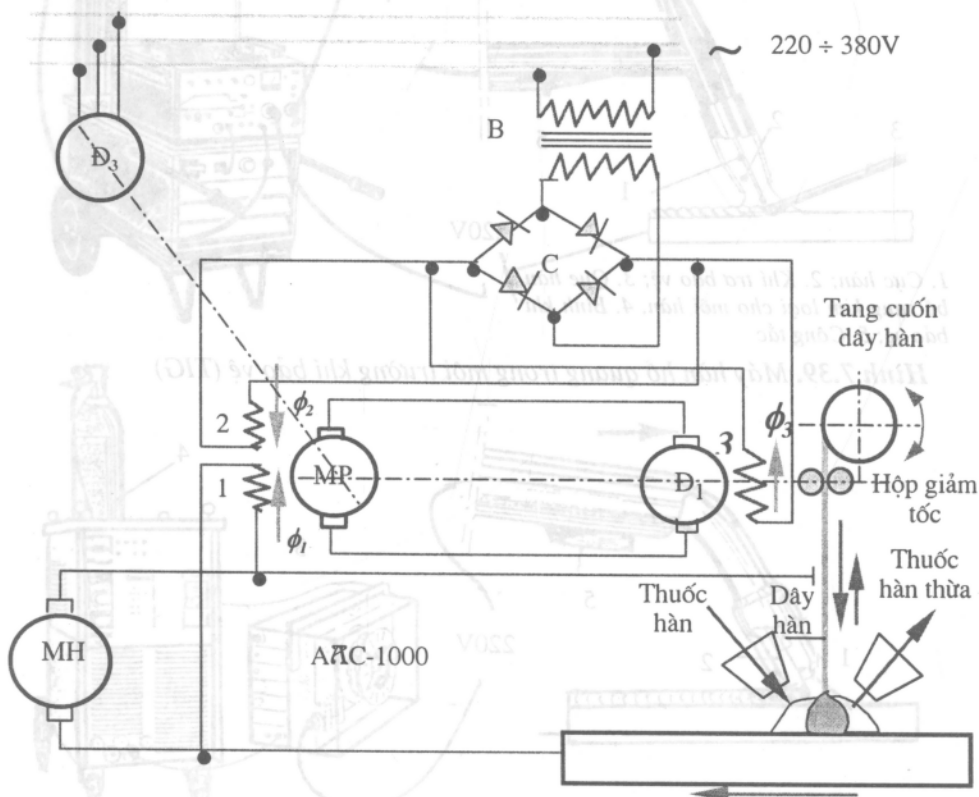
Động cơ 3 pha Đ₃ (xoay chiều) quay máy phát MP, phát ra dòng một chiều điều khiển động cơ một chiều (Đ₁), có cuộn dây số 3, sinh ra từ thông ϕ_3 . Máy phát MP có hai cuộn dây kích từ 1 và 2 cuốn ngược chiều sinh ra từ thông ϕ_1 ngược với ϕ_2 nên chiều và tốc độ của động cơ Đ₁ thay đổi để điều chỉnh đưa dây hàn đi vào vũng hàn.

Thuốc hàn thừa được hút lên thùng 5 để dùng lại. Đầu hàn tự động dịch chuyển dọc theo mối hàn để hàn hết chiều dài mối hàn nhờ hệ thống truyền động và đường ray, thực hiện theo dạng đường hàn.

Quá trình hàn tự động như sau:

a. Chạy không tải

Khi đóng điện các cuộn dây kích từ trong máy phát MP làm việc với $\phi_1 - \phi_2 = c_1$ điều khiển động cơ Đ₁ quay và đưa dây hàn đi xuống.



Hình 7.41. Sơ đồ nguyên lý làm việc máy hàn tự động dưới lớp thuốc AXC-1000
Đ1 - Động cơ 1 pha; Đ3 - Động cơ 3 pha; B - Biến thế; C - Bộ chỉnh lưu; MP - Máy phát;
MH - Máy hàn; 1, 2, 3. Các cuộn dây có từ thông ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3

b. Gây hồ quang

Khi dây hàn tiếp xúc với vật hàn (máy hàn đoản mạch $U_h = 0$), từ thông $\phi_1 \approx 0$, ($U_1 = 0$) hiệu số $\phi_1 - \phi_2 < 0$, máy phát MP điều khiển động cơ Đ1 quay ngược lại, đưa dây hàn đi lên tạo hồ quang (nhờ nguồn của máy hàn MH). Điện thế hồ quang tăng dần, từ thông ϕ_1 tăng đến khi hiệu số $\phi_1 - \phi_2 = c_2$, có giá trị đủ để máy phát MP làm quay động cơ Đ1 đưa dây hàn đi xuống với tốc độ không đổi và bằng tốc độ chảy của dây hàn, đủ để duy trì chiều dài của hồ quang ($U = a + b l_{hq}$) và ổn định hồ quang.

c. Hồ quang ổn định thực hiện quá trình hàn: chiều dài hồ quang ổn định ($l_{hq} = c_3$), ($U = a + b l_{hq}$), $\phi_1 - \phi_2 = c_2$ để tốc độ động cơ Đ1 không đổi (bằng tốc độ chảy của dây hàn).

d. Tự động điều chỉnh tốc độ dây hàn để ổn định chiều dài hồ quang

Trong quá trình hàn, nếu khoảng cách giữa dây hàn và tấm hàn thay đổi (bề mặt vật hàn không phẳng, dây hàn trượt) sẽ làm chiều dài hồ quang thay đổi, điện thế hàn thay đổi, nghĩa là $\phi_1 - \phi_2$ thay đổi làm tốc độ động cơ Đ1 thay đổi.

Giả sử khoảng cách tăng lên, l_{hq} tăng (U_h tăng), hiệu số $\phi_1 - \phi_2$ tăng, làm tốc độ động cơ Đ1 tăng đưa dây hàn đi xuống cho đến khi chiều dài hồ quang ổn định. Ngược lại khoảng cách giảm đi, l_{hq} giảm (U_h giảm), hiệu số $\phi_1 - \phi_2$ giảm, làm tốc độ động cơ Đ1 giảm để dây hàn đi xuống chậm lại cho đến khi chiều dài hồ quang ổn định.

Nếu đoản mạch, quá trình sẽ lặp lại như khi gây hồ quang.

e. Tự động cung cấp thuốc hàn và thu lại thuốc hàn thừa

g. Tự động dịch chuyển dọc theo môi hàn, tự ngắt hồ quang, kết thúc và trở về vị trí ban đầu (công tác hành trình thực hiện).

7.8.3. Hàn hồ quang tự động và bán tự động trong môi trường khí bảo vệ

Khí bảo vệ là các loại khí trơ (Ar, He) hoặc khí hoạt tính (CO, CO₂, H₂ ...). Điện cực hàn có thể dùng loại nóng chảy hoặc không

nóng chảy.

Hồ quang hàn cháy trong môi trường khí bảo vệ tạo cho mối hàn hình thành có chất lượng cao, mối hàn sạch. Hàn trong môi trường khí bảo vệ có thể hàn được các vị trí khác nhau, chất lượng hàn tốt và giảm giá thành so với hàn hồ quang tay.

Hàn hồ quang tự động và bán tự động trong môi trường khí bảo vệ có thể phân ra:

+ *Hàn TIG* (Tungstene Inert Gas)

Hàn hồ quang dùng điện cực không nóng chảy, bảo vệ bằng khí trơ (Ar, He...).

Hình 7.39 giới thiệu sơ đồ hàn TIG trong môi trường khí bảo vệ bằng khí trơ 1 (Ar), điện cực không nóng chảy 2 (bằng W), hồ quang hàn làm nóng chảy vật hàn và que hàn bổ sung 3.

+ *Hàn MIG*
(Metal Inert Gas)

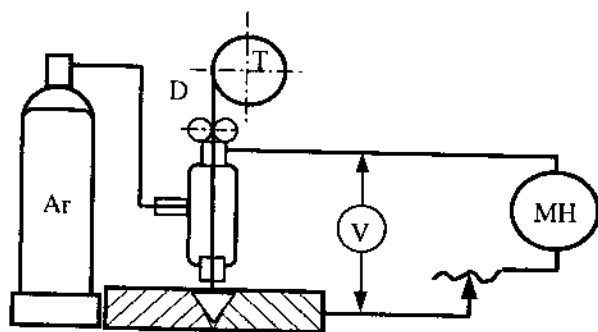
Hàn hồ quang dùng điện cực nóng chảy, bảo vệ bằng khí trơ.

Hình 7.42 giới thiệu sơ đồ hàn MIG trong môi trường khí bảo vệ bằng khí trơ Ar, điện cực nóng chảy (dây hàn D).

+ *Hàn MAG* (Metal Active Gas):

Hàn hồ quang dùng điện cực nóng chảy, bảo vệ bằng khí hoạt tính (sơ đồ hàn MAG bảo vệ bằng khí H_2 cho trên hình 7.5d, bằng khí CO_2 cho trên hình 7.40).

Điện cực nóng chảy 2 đi xuống nhờ cơ cấu đẩy dây để gây hồ quang, duy trì chiều dài hồ quang ổn định và làm nóng chảy vùng hàn giống như trường hợp hàn hồ quang tự động bảo vệ bằng thuốc hàn rời.



Hình 7.42. Sơ đồ hàn MIG

Ar - Bình khí Ar; D - Dây hàn; T - Tang;
MH - Máy hàn; V - Vôn kế

7.8.4. Công nghệ hàn hồ quang tự động và bán tự động

Công nghệ này gồm các công việc chính sau:

- Chuẩn bị chi tiết hàn, vát mép và làm sạch

- Chọn vật liệu hàn (dây hàn, cực hàn, thuốc hàn và khí bảo vệ).

- Chọn chế độ hàn (đường kính dây hàn d , cường độ dòng điện hàn I_h , điện thế hàn U_h và tốc độ hàn V_h).

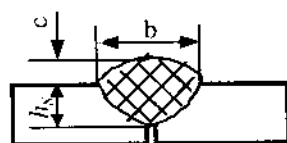
a. Chế độ hàn dưới lớp thuốc

Chế độ hàn dưới lớp thuốc ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước, hình dáng, chiều sâu ngấu (h_s) của mỗi hàn, chiều rộng mỗi hàn (b), phần nhô mỗi hàn (c), lượng kim loại dịch chuyển vào mỗi hàn (hình 7.43).

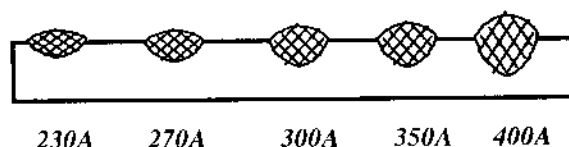
- Cường độ dòng điện hàn I_h tăng làm áp lực khí cột hồ quang tăng, kim loại dây hàn chảy nhiều và mạnh làm tăng chiều sâu ngấu (h_s) còn chiều rộng (b) ít thay đổi. Có thể tính cường độ I_h theo công thức thực nghiệm sau:

$$I_h = (80 \div 100)h_s \text{ (A)}$$

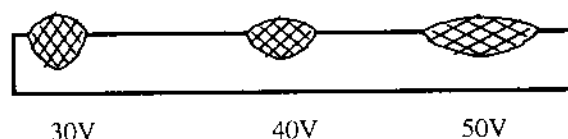
h_s - chiều sâu ngấu.



a. Hình dáng hình học mỗi hàn tự động



b. Ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến hình dạng mỗi hàn



c. Ảnh hưởng của điện áp đến chiều sâu ngấu và chiều rộng mỗi hàn

Hình 7.43. Hình dáng hình học mỗi hàn tự động và ảnh hưởng của cường độ dòng điện, điện áp đến hình dạng, kích thước mỗi hàn

K - hệ số phụ thuộc loại dòng điện và phương pháp đấu dây (nối thuận, nối nghịch), đường kính dây hàn d (bảng 7.15).

Bảng 7.15. Hệ số điều chỉnh K khi đường kính dây hàn $d \leq \phi 5$

Loại dòng điện	K (mm/100A)	
	Hàn góc, giáp mối (vát mép)	Hàn đắp, giáp mối (không vát mép)
Một chiều nối nghịch	1,75	1,15
Xoay chiều	1,55	1,10

- Đường kính dây hàn d

Khi cường độ dòng điện không thay đổi, đường kính dây hàn d giảm thì chiều sâu ngấu tăng và chiều rộng giảm.

Đường kính dây hàn ước tính theo bảng 7.16. Từ đó mà xác định d theo quan hệ cường độ dòng điện hàn I_h (A) và mật độ dòng điện J (A/mm^2):

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_h}{J}}$$

Bảng 7.16. Quan hệ giữa đường kính d và mật độ dòng điện J

d, (mm)	2	3	4	5	6
J, (A/mm^2)	65 ÷ 200	45 ÷ 90	35 ÷ 60	30 ÷ 50	25 ÷ 50

- Điện áp hàn U_h

Điện áp thay đổi tỷ lệ thuận với chiều dài hồ quang. Chiều dài hồ quang tăng, điện áp tăng, chiều rộng mối hàn tăng, chiều sâu ngấu giảm (hình 7.43c).

Điện áp chọn phụ thuộc vào cường độ dòng điện và đường kính dây hàn. Thường chọn $U_h = 30 \div 50$ vôn.

- Tốc độ hàn V_h

Tốc độ hàn tăng, chiều rộng b giảm còn chiều sâu ngấu tăng lên không nhiều. Nếu tăng $V_h > 41$ m/h thì chiều sâu ngấu giảm. Khi tăng $V_h > 80$ m/h khó tạo thành mối hàn (do không kịp chảy dính).

Để đảm bảo mối hàn đồng đều trên suốt cả chiều dài mối hàn cần giữ tích $I_h V_h = C$ (hằng số).

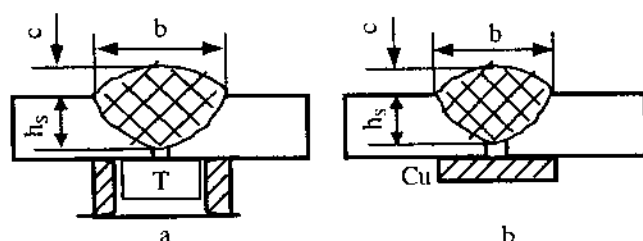
Theo số liệu thực nghiệm có thể tính tốc độ hàn V_h theo công thức cho trong bảng 7.17.

Bảng 7.17. Quan hệ đường kính dây, cường độ I_h và tốc độ hàn V_h

d (mm)	4 ÷ 6	2 ÷ 3
$I_h V_h$ (A.m/h)	20.000 ÷ 30.000	8.000 ÷ 12.000
V_h (m/h)	$\frac{20.000 \div 30.000}{I_h}$	$\frac{8.000 \div 12.000}{I_h}$

b. Kỹ thuật hàn

Hàn tự động dưới lớp thuốc dùng cho vị trí hàn sấp, thường dùng cho mối hàn thẳng và dài. Có thể vát mép hoặc không, hàn 1 phía hoặc 2 phía, hàn 1 lượt hay 2 lượt.



Hình 7.44. Hàn có đệm thuốc (a) và có đệm đồng đỏ (b)

T - Đệm thuốc; Cu - Đệm đồng đỏ

Để hàn 1 lượt tấm dày cần tăng cường độ dòng hàn nhưng chất lượng mối hàn sẽ kém, hình thức xấu. Có thể để khe hở lớn và dùng đệm thuốc hay đệm tấm đồng (hình 7.44).

Đối với tấm mỏng $S = 3 \div 20$ mm thì hàn 1 lượt, (khi $S < 3$ mm, không áp dụng hàn tự động). Khi $S > 20$ mm, hàn 2 phía: phía chính hàn khoảng 60%, còn lại là hàn phía phụ.

7.9. Hàn điện tiếp xúc

7.9.1. Thực chất và đặc điểm

Hàn điện tiếp xúc là dạng hàn áp lực, dùng dòng điện có cường độ lớn đi qua chỗ tiếp xúc có điện trở để sinh ra nhiệt lượng nung nóng mối hàn đến trạng thái dẻo và dùng lực ép thích hợp tạo thành mối hàn.

Hình 7.1b và hình 7.45 giới thiệu sơ đồ hàn tiếp xúc hai thanh kim loại.

Dòng thứ cấp có điện áp nhỏ (1 ÷ 12 vôn) và dòng điện có cường độ cao qua các điện cực đi vào vật hàn, tại chỗ tiếp xúc của hai vật hàn có điện trở R_{tx} . Theo hiệu ứng Jun - Lenxơ ta có:

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R_{tx} \cdot t$$

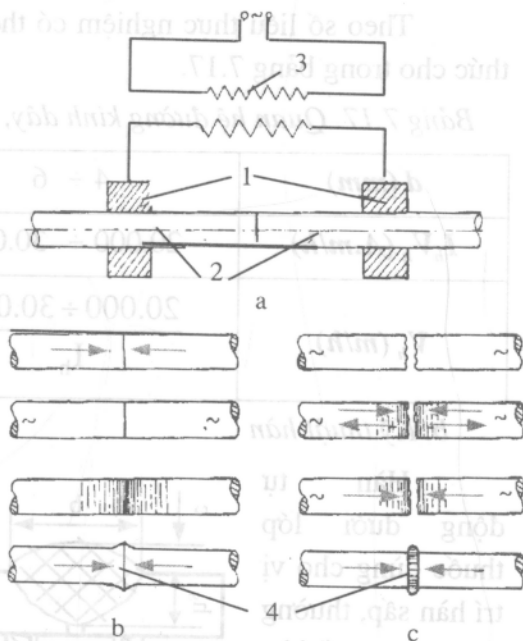
Hàn tiếp xúc là phương pháp hàn năng suất cao nhờ dòng điện lớn, thời gian nung nóng nhanh (vài phần trăm giây), chất lượng mối hàn cao, hình thức đẹp, cơ tính bảo đảm và có khả năng hàn các kim loại và hợp kim cùng loại hay khác loại. Nó được dùng nhiều trong các ngành giao thông vận tải, chế tạo dụng cụ, bưu điện, điện tử, hàng dân dụng ...

7.9.2. Phương pháp hàn điện tiếp xúc giáp mối

Hàn tiếp xúc giáp mối thực hiện trên toàn bộ bề mặt tiếp xúc (hình 7.45). Diện tích tiết diện tiếp xúc khi hàn và chất lượng bề mặt được quyết định bởi hai dạng hàn sau:

a. Hàn giáp mối điện trở

Khi hàn giáp mối điện trở (hình 7.45a) các bề mặt phần chi tiết hàn tiếp xúc với nhau trên toàn bộ tiết diện. Ở đây chỉ nung vùng hàn đến trạng thái dẻo, sau đó ngắt dòng điện, dùng áp lực ép cho chúng dính lại với nhau. Hàn giáp mối điện trở dùng khi hàn tiết diện nhỏ ($< 1000 \text{ mm}^2$), vật liệu có tính dẻo cao (thép ít cacbon, hợp kim màu). Cần chuẩn bị tốt trước khi hàn, như tiết diện hai vật hàn phải bằng



Hình 7.45. Hàn tiếp xúc

a. Hàn tiếp xúc giáp mối; b. Hàn điện trở; c. Hàn chảy
1. Điện cực; 2. Chi tiết; 3. Biến thế; 4. Mối hàn

nhau, được làm sạch cẩn thận ...

Phương pháp này cho năng suất thấp, chất lượng mối hàn không đồng đều.

b. Hàn giáp mối nóng chảy

Hàn giáp mối nóng chảy (hình 7.45b) được thực hiện trên các bề mặt mà vật hàn tiếp xúc nhau tại các điểm nên điện trở lớn và chỉ nóng chảy lớp bề mặt. Sau đó dùng áp lực ép cho chúng thấm thấu, dính lại tạo thành mối hàn. Lớp kim loại nóng chảy tạo thành mối hàn kín (xi lông, tạp chất bị đẩy ra ngoài). Cường độ dòng điện hàn và lực ép nhỏ hơn so với hàn giáp mối điện trở, vật hàn không cần làm sạch, chất lượng mối hàn cao hơn hàn điện trở. Trường hợp công suất máy không đủ có thể dùng phương pháp hàn chảy gián đoạn. Khi tách chi tiết ra, trên bề mặt của chúng tạo ra hồ quang nung nóng chảy nhanh lớp bề mặt tiếp xúc trước khi ép cho chúng tạo thành mối hàn.

Hàn giáp mối sử dụng để hàn các loại thanh, thép, dây, hàn nối các dụng cụ (mũi khoan, tarô) hoặc hàn trong xây dựng ...

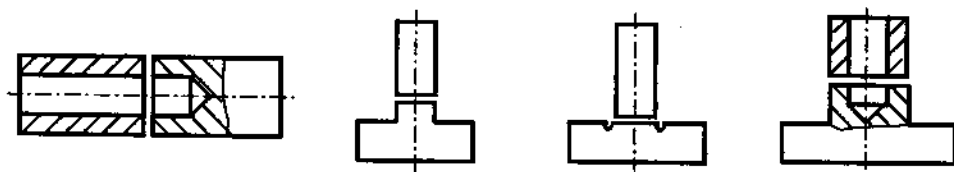
Máy hàn tiếp xúc giáp mối (loại công suất nhỏ $1,5 \div 8$ KVA, loại lớn đến 200 KVA) dùng hàn các loại dây (đường kính nhỏ đến $\phi 0,3$), lực ép có thể đến 20 tấn (bằng cơ khí, thủy lực, khí nén hoặc phối hợp).

c. Công nghệ hàn giáp mối

Để chất lượng mối hàn tốt cần làm sạch và bảo vệ các bề mặt tiếp xúc để chúng không bị oxy hóa. Khi gá lắp và kẹp chặt chúng phải đảm bảo độ đồng tâm, nung nóng đều bề mặt tiếp xúc.

- Chuẩn bị chi tiết hàn giáp mối

Kích thước phần tiếp xúc của hai vật hàn phải xấp xỉ bằng nhau (hình 7.46).



Hình 7.46. Chuẩn bị chi tiết trước khi hàn giáp mối

- Kỹ thuật và chế độ hàn giáp mối

+ Hàn điện trở đối với các chi tiết có tiết diện nhỏ ($< 100\text{mm}^2$), bằng thép ít cacbon thì chất lượng mối hàn tốt, đường viền chi tiết ít thay đổi (hàn ống).

* Cường độ dòng điện hàn có thể tính:

$$I_h = \frac{T_h}{\frac{0,24.K_2.\rho_{tb}.t}{C.\gamma.F^2} + \frac{0,24.m_1.R_{tx}.t.\lambda}{F\sqrt{\pi.\gamma.C}}}$$

Trong đó:

T_h - nhiệt độ hàn, °C;

K_2 - hệ số tổn thất nhiệt, với thép cacbon thấp $K_2 = 0,75$;

ρ_{tb} - điện trở suất trung bình, ($\mu \cdot \Omega \cdot \text{cm}$). Công thức tính như sau:

$\rho_{tb} = \rho_0 (1 - \alpha \cdot T_h)$, với thép cacbon thấp: $\rho_{tb} = 48 \mu \cdot \Omega \cdot \text{cm}$

ρ_0 - điện trở suất vật hàn ở nhiệt độ 0°C;

α - hệ số nhiệt điện trở;

m_1 - hệ số phụ thuộc điện trở tiếp xúc, ($m_1 = 0,4$);

R_{tx} - điện trở tiếp xúc lúc bắt đầu hàn, ($\mu \cdot \Omega$);

C - diện dung kim loại hàn;

γ - khối lượng riêng kim loại hàn, g/cm^3 ;

F - diện tích tiết diện hàn, mm^2 ;

λ - hệ số truyền dẫn nhiệt, (cal/cm.s);

t - thời gian nung nóng, giây.

* Công suất hàn, chọn công suất riêng:

- Cho chi tiết có tiết diện đặc: $(0,12 \div 0,15) \text{ KVA} / \text{mm}^2$.

- Cho chi tiết ống: $0,2 \text{ KVA} / \text{mm}^2$.

* Lực ép có thể chọn như sau:

Lực ép sơ bộ: trước khi cho dòng điện qua $(10 \div 15) \text{ N/mm}^2$.

Lực ép sau khi nung nóng: $(30 \div 40) \text{ N/mm}^2$.

* Chiều dài phần nhô L_1, L_2

Chiều dài phần nhô phải đảm bảo tính ổn định và cứng vững của chi tiết trong quá trình hàn, nhưng không quá nhỏ ảnh hưởng đến sự truyền nhiệt của điện cực (giảm tuổi thọ điện cực). Khi điện trở kim loại R lớn, L tăng.

Đối với thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp:

$$L_1 = L_2 = (0,7 \div 1,0)d.$$

Đối với thép cacbon cao và thép hợp kim cao:

$$L_1 = L_2 = 0,5d.$$

Hàn giáp mối nóng chảy có 2 giai đoạn nung nóng và ép.

Hàn liên tục: ép sơ bộ, cho dòng điện chạy qua nung nóng phần tiếp xúc tạo vòm kim loại chảy lỏng.

Hàn gián đoạn: khi tách 2 chi tiết ra, có sự phóng hồ quang, làm giảm lượng oxy ở vùng hàn và tạo nên khí CO, CO₂ trong khe hở bề mặt tiếp xúc. Các khí này có tác dụng bảo vệ mối hàn nên chất lượng mối hàn tốt. Khi vật hàn đạt trạng thái hàn phải tăng mạnh lực ép để chúng liên kết tạo thành mối hàn. Hàn nóng chảy dùng trong sản xuất dụng cụ cắt, hàn xích và đường ray...

- Mật độ dòng điện khi hàn nóng chảy gián đoạn $J = (3 \div 15) \text{ A/mm}^2$, khi hàn nóng chảy liên tục $J = (10 \div 50) \text{ A/mm}^2$ (so với hàn điện trở dòng điện ở đây giảm 1,5 ÷ 2,5 lần).

- Áp suất ép khi hàn nóng chảy phụ thuộc vào mức độ nung nóng trước khi ép và vật liệu.

Khi hàn gián đoạn chi tiết lớn trên máy công suất nhỏ thì vùng nung nóng rộng, nhưng không đồng đều và kiểm tra khó khăn.

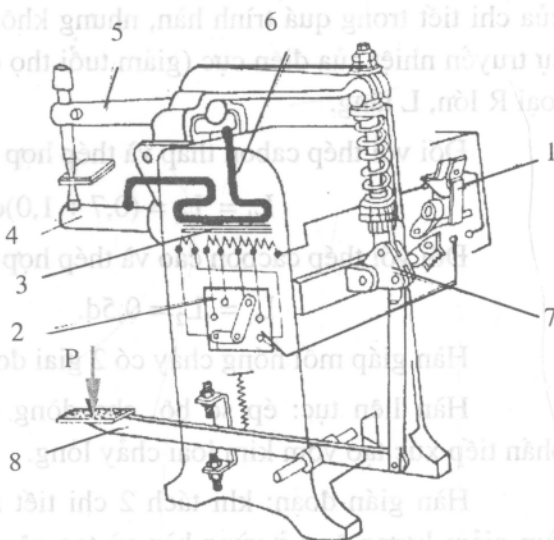
Nếu thời gian tiếp xúc là $(0,3 \div 0,5)\text{s}$ thì sẽ có hiện tượng phóng hồ quang làm kim loại hao phí vì bắn toé.

7.9.3. Hàn điện tiếp xúc điểm

Hàn điện tiếp xúc điểm là thực hiện mối hàn theo từng điểm của bề mặt tiếp xúc. Dùng hai điện cực nung nóng từng điểm của chi tiết hàn đến trạng thái dẻo và dùng áp lực để ép chúng dính lại với nhau (điểm hàn).

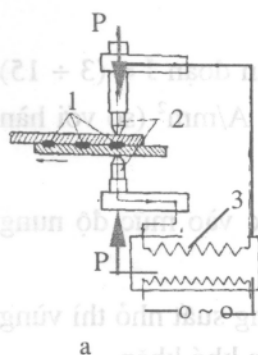
Hình 7.47 là hình dáng bên ngoài của một loại máy hàn điểm. Dòng điện từ máy biến áp 3 đi qua hai cần mang điện cực 4, 5 đến hai điện cực hình trụ nung nóng vật hàn tại điểm hàn đến trạng thái dẻo và hình thành mỗi hàn (điểm hàn) nhờ lực ép của các cực. Có 2 phương pháp hàn điểm:

- Đặt hai điện cực đối diện của vật hàn (hình 7.48a). Phương pháp này dùng hàn các tấm mỏng, chiều dày bằng nhau, mỗi lần chỉ hàn được một điểm, năng suất thấp.

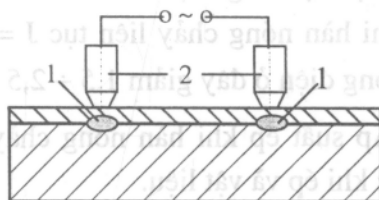


Hình 7.47. Máy hàn điểm đạp chân

1. Công tắc biến áp; 2. Bộ điều chỉnh công suất; 3. Biến thế; 4, 5. Cần mang điện cực; 6, 7. Tay gạt; 8. Bàn đạp.



a



b

Hình 7.48. Sơ đồ nguyên lý hàn tiếp xúc điểm

a. Cực đặt hai phía đối diện; b. Cực đặt một phía (chiều dày không bằng nhau)
1. Các điểm hàn; 2. Các điện cực; 3. Biến thế

- Điện cực bố trí cùng một phía

Phương pháp này dùng để hàn chiều dày các tấm không bằng nhau, mỗi lần ép có thể hàn được từ hai hay nhiều điểm hàn (hình 7.48b), do đó năng suất rất cao (ví dụ, điện cực bố trí trên khung sườn để hàn vỏ ô tô).

Cực hàn được chế tạo bằng vật liệu dẫn điện, chịu nhiệt, có độ bền cao, thường dùng đồng điện phân hoặc hợp kim đồng cán nguội, có đường dẫn nước làm nguội qua điện cực.

Hàn điểm nối các vật liệu tấm bằng thép cacbon, thép hợp kim thấp, hợp kim màu. Phương pháp hàn này không tạo được kết cấu kín nhưng có lực liên kết bảo đảm, mối hàn đẹp, khả năng tự động hóa cao và thường dùng hàn các kết cấu che chắn trong các ngành ô tô, máy bay, toa xe...

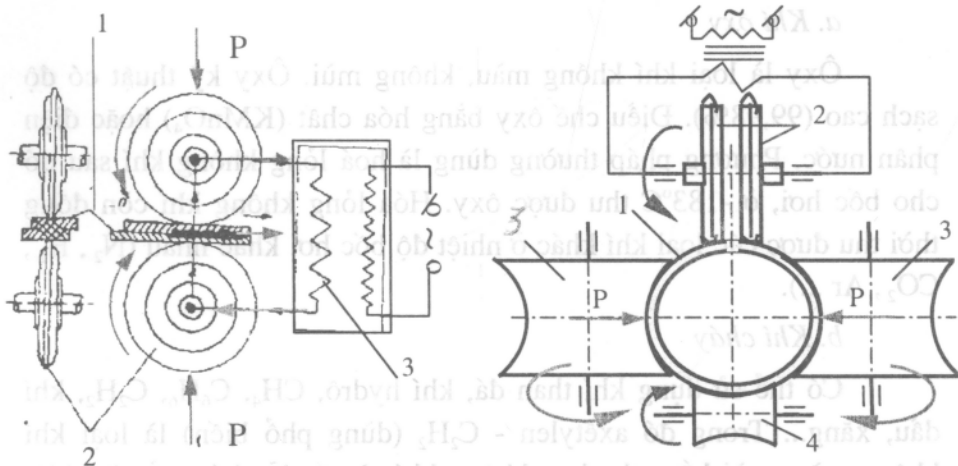
7.9.4. Hàn đường (hàn lăn)

Hàn đường là phương pháp hàn điện tiếp xúc dùng điện cực hình đĩa (con lăn), quay liên tục tạo đường hàn (quỹ tích của các điểm hàn).

Hàn đường dùng để hàn các tấm mỏng (tổng chiều dày các tấm khoảng 4 mm), đảm bảo độ kín. Khi hàn bố trí điện cực ở hai phía đối diện vật hàn và quay ngược chiều nhau đẩy vật hàn ra khỏi vị trí đã hàn (hình 7.49). Vật liệu điện cực ở đây giống như điện cực khi hàn điểm.

Nhược điểm là dòng điện có mạch rẽ khá lớn, nếu không điều chỉnh hợp lý thì chất lượng kết cấu hàn không đồng đều.

Máy hàn đường có công suất đến 200 KVA (tùy loại vật liệu, chiều dày tấm, tốc độ hàn). Lực ép của máy đến 10.000 N.



Hình 7.49. Sơ đồ nguyên lý hàn đường

1. Tấm hàn; 2. Cực hàn; 3. Biến thế

Hình 7.50. Hàn ống bằng hàn đường giáp mối

1. Chi tiết; 2. Cực hàn; 3, 4. Con lăn ép

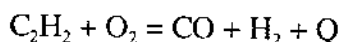
Hình 7.50 giới thiệu một phương pháp ứng dụng hàn đường để hàn giáp mối ống. Chi tiết 1 sau khi định hình được ép bằng lực ép P. Hai con lăn 3 quay ngược chiều nhau làm và con lăn 4 ép chi tiết hàn 1 vào cực 2 và dịch chuyển dọc trục mối hàn (hai mặt tiếp xúc chi tiết hàn) trùng với hướng chuyển động do hai cực hàn 2 (hình đĩa, nằm hai phía trục mối hàn) quay tạo ra cho chi tiết. Mặt tiếp xúc sẽ tạo thành mối hàn.

7.10 Hàn khí

7.10.1. Thực chất, đặc điểm

Hàn khí là phương pháp hàn sử dụng nguồn nhiệt sinh ra bởi sự cháy hỗn hợp khí với oxy để nung nóng mối hàn đến trạng thái chảy. Đó là phương pháp hàn nóng chảy nhưng không cần dùng năng lượng điện, mà dùng nhiệt lượng của hỗn hợp khí cháy với oxy nung nóng chảy mối hàn. Hàn khí dùng để hàn các tấm mỏng, vật liệu có nhiệt độ chảy thấp và trong sửa chữa.

Ngọn lửa khí cháy cũng dùng để nung nóng vật liệu, tôi, cắt kim loại bằng khí... Nhiệt lượng sinh ra của khí cháy với oxy thực hiện theo phản ứng:



7.10.2. Vật liệu hàn khí

a. Khí oxy

Ôxy là loại khí không màu, không mùi. Ôxy kỹ thuật có độ sạch cao (99,98%). Điều chế ôxy bằng hóa chất (KMnO_4) hoặc điện phân nước. Phương pháp thường dùng là hoá lỏng không khí sau đó cho bốc hơi, ở -183°C thu được ôxy. Hóa lỏng không khí còn đồng thời thu được các loại khí khác ở nhiệt độ bốc hơi khác nhau (N_2 , H_2 , CO_2 , Ar ...).

b. Khí cháy

Có thể sử dụng khí than đá, khí hydro, CH_4 , C_6H_6 , C_2H_2 , khí dầu, xăng... Trong đó axetylen - C_2H_2 (dùng phổ biến) là loại khí không màu, mùi hắc, nhẹ hơn không khí và rất dễ cháy nổ, đặc biệt trong điều kiện có nhiệt độ cao ($\geq 400^\circ\text{C}$), áp suất cao ($\geq 1,7$ atm). Do đó cần tuân thủ đúng quy tắc an toàn lao động khi sử dụng khí này.

Axetylen chứa trong bình chứa bằng thép, áp suất thấp (< 19 atm) hoặc dùng trực tiếp qua thùng điều chế khí hàn bằng cách cho đất đèn (cacbua canxi - CaC_2) tác dụng với nước theo phản ứng:

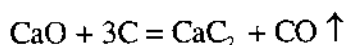


Axetylen rất dễ gây cháy, nổ nên bình chứa, thùng điều chế khí axetylen và bình chứa đất đèn phải được đặt nơi thoáng gió, khô ráo, nhiệt độ thấp, không ẩm ướt và có buồng riêng để bảo vệ.

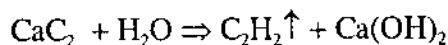
Axetylen khi cháy cho nhiệt lượng khoảng 11.470 cal/m^3 và đạt nhiệt độ cao (khoảng 3150°C).

c. Đất đèn (CaC_2 - cacbit canxi)

Cacbit canxi (đất đèn) là hợp chất hóa học của canxi và cacbon, được sản xuất bằng cách nung chảy đá vôi (CaCO_3) với than cốc hoặc antraxit (cacbon) trong lò điện ở nhiệt độ $1900 \div 2300^\circ\text{C}$. Khi đó sẽ có phản ứng:



Trong công nghiệp, cacbit canxi kỹ thuật chứa $(65 \div 80)\%$ CaC_2 , $(10 \div 25)\%$ CaO còn lại là tạp chất (C , SiO_2 ...), có màu xanh xám, màu xám tối hoặc nâu. Nó giống như đá, rất cứng, khó tác dụng với các loại axit nhưng lại phản ứng phân hủy rất nhanh với nước hay hơi ẩm để tạo thành khí axetylen.



d. Que hàn

Que hàn để bổ sung kim loại cho mối hàn, phải thoả mãn được tính hàn, nhiệt độ chảy không cao hơn nhiệt độ chảy của kim loại cơ bản, có đường kính tương ứng với chiều dày vật hàn, bề mặt sạch, không tạo bọt khí, không bắn tóe khi hàn, không đưa xỉ và tạp chất vào vùng hàn. Que hàn thép và gang các loại phải có thành phần tương ứng với vật liệu tấm hàn. Để hàn thép có thể sử dụng dây hàn $\phi(0,3 \div 12)$, hàn gang có thể sử dụng que hàn $\phi(6 \div 12)$.

Khi hàn gập mép các tấm mỏng bằng thép thì không cần dùng que hàn.

e. Thuốc hàn

Thuốc hàn (bột hàn) được sử dụng để tạo xỉ bảo vệ kim loại mối hàn, tránh oxy hóa kim loại nóng chảy khi hàn, khử oxyt tạo thành trong quá trình hàn, hoàn nguyên và hợp kim hóa mối hàn.

Thuốc hàn được sử dụng ở dạng bột hoặc chất lỏng dễ bốc hơi và có yêu cầu:

- Dễ chảy, nhiệt độ chảy thấp hơn kim loại cơ bản và que hàn.
- Phản ứng nhanh với các oxyt và hòa tan chúng trước khi đông đặc.

- Lớp xỉ lỏng có khối lượng riêng nhỏ hơn khối lượng riêng hợp kim nên xỉ nổi dễ dàng giúp bảo vệ tốt cho mối hàn và dễ bong khi làm sạch.

- Không gây độc hại, rẻ, không hiếm.

Khi hàn thép, đồng, kẽm thường tạo các oxyt bazơ (FeO , CuO , ZnO ...) do đó phải dùng thuốc hàn axit để hòa tan như borac $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

Khi hàn gang tạo các oxyt axit (SiO_2) do đó phải dùng thuốc hàn có tính bazơ mạnh để hòa tan như K_2O , Na_2O .

Thuốc hàn cần được nung nóng trước khi hàn.

7.10.3. Thiết bị hàn khí

Thiết bị hàn khí thường là một trạm hàn khí gồm: bình chứa khí oxy 1 và bình chứa khí axetylen 2 (hình 7.51a) hoặc bình chứa khí oxy 1 và thùng điều chế axetylen 2* (hình 7.51b) cùng với các van giảm áp (ổn áp) 3 để điều chỉnh áp suất ra khi sử dụng, van an toàn 4, các đồng hồ đo áp suất 7, các ống dẫn khí oxy và axetylen, mỏ hàn 5 và các dụng cụ phụ (kính bảo vệ, kìm, búa gõ xỉ ...). Tất cả được đặt trên xe đẩy 8.

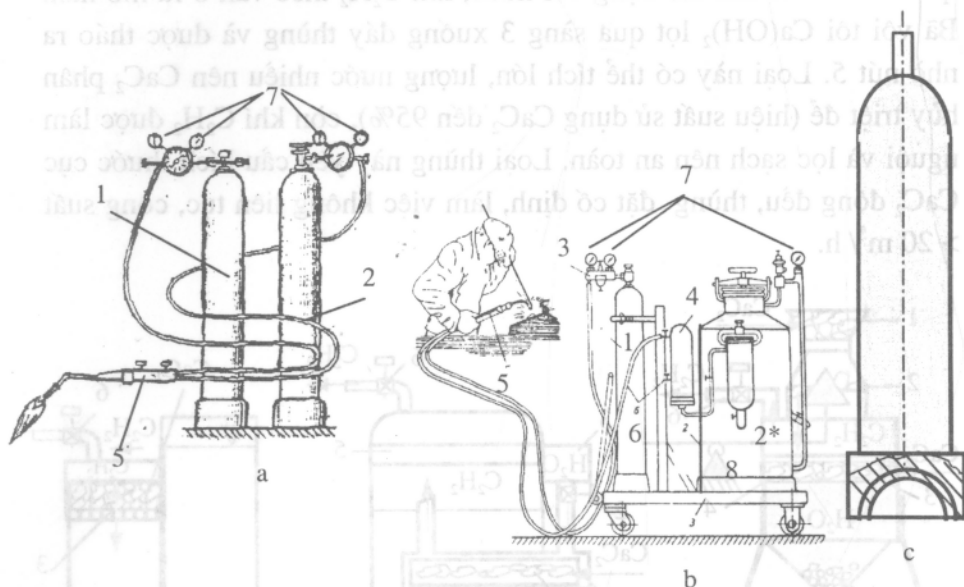
a. Bình chứa (hình 7.51a, c)

Bình chứa bằng thép, đáy lõm được chế tạo bằng phương pháp dập và hàn, dung tích 40 lít, được sơn màu để dùng phù hợp cho từng loại khí.

Bình chứa oxy sơn màu xanh lam, chịu được áp suất $150 \div 200 \text{ atm}$ (chứa khoảng 6 m^3 khí oxy ở 20°C , 1 atm). Bình chứa

axetylen sơn màu trắng chịu áp suất $< 19 \text{ atm}$ (trong có bột xốp - than hoạt tính tẩm axêton). Các khí khác chứa trong các bình có màu sơn khác nhau (CO_2 - màu đỏ, H_2 - màu vàng sẫm, khí trơ Ar kỹ thuật - màu trắng hoặc đen, không khí - màu đen hoặc trắng sọc đen...).

Để đảm bảo an toàn, bình chứa khí cần được kiểm tra, bảo dưỡng, quy định thời hạn sử dụng.



Hình 7.51. Sơ đồ trang thiết bị cho một trạm hàn khí

- a. Trạm hàn khí với bình chứa khí ôxy và bình chứa khí axetylen
 b. Trạm hàn khí với thùng điều chế khí axetylen và bình chứa khí ôxy;
 1. Bình chứa O_2 ; 2. Bình chứa C_2H_2 ; 2*. Thùng điều chế khí C_2H_2 ; 3. Van ổn áp;
 4. Van an toàn; 5. Mỏ hàn; 6. Khóa; 7. Đồng hồ; 8. Xe đẩy
 c. Cấu tạo bình chứa khí axetylen hoặc ôxy

b. Thùng điều chế khí axetylen C_2H_2

Thùng điều chế khí C_2H_2 sử dụng thuận tiện tại những nơi không có bình chứa hoặc xa nơi sản xuất khí C_2H_2 . Bình chứa có thể phân loại như sau:

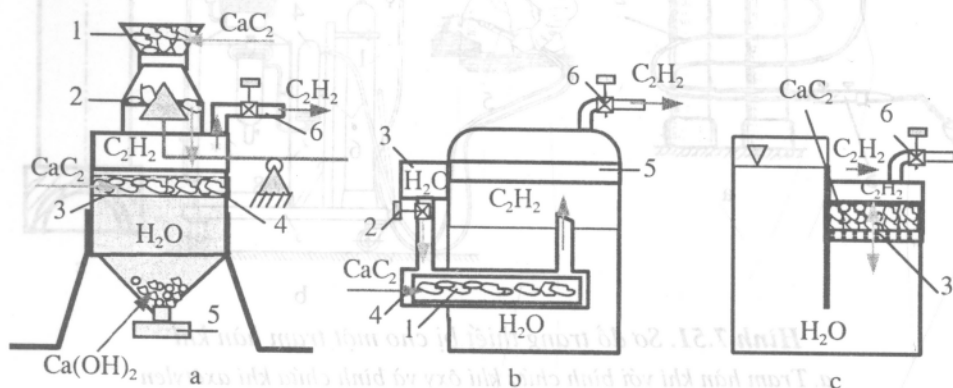
- Theo năng suất có các loại $(0,8 \div 80) \text{ m}^3/\text{h}$, loại đặc biệt $(150 \div 200) \text{ m}^3/\text{h}$.
- Theo cách lắp đặt; loại di động $< 4 \text{ m}^3/\text{h}$ (loại đặc biệt $35 \text{ m}^3/\text{h}$), loại cố định $5 \div 100 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Theo hệ thống điều chỉnh và sự tác dụng giữa CaC_2 và H_2O có loại điều chỉnh theo lượng chất tiếp xúc hoặc thời gian tiếp xúc.

Trên hình 7.52 giới thiệu 3 loại thùng điều chế C_2H_2 sau:

+ Loại CaC_2 rơi vào H_2O (hình 7.52a).

Đất đèn (CaC_2) chứa trong phễu 1 rơi xuống thùng chứa nước 4 qua cửa 2. Sau khi tác dụng với nước, khí C_2H_2 theo van 6 ra mỏ hàn. Bã vôi tôi Ca(OH)_2 lọt qua sàng 3 xuống đáy thùng và được tháo ra nhờ nút 5. Loại này có thể tích lớn, lượng nước nhiều nên CaC_2 phân hủy triệt để (hiệu suất sử dụng CaC_2 đến 95%), còn khí C_2H_2 được làm nguội và lọc sạch nên an toàn. Loại thùng này yêu cầu kích thước cục CaC_2 đồng đều, thùng đặt cố định, làm việc không liên tục, công suất $> 20 \text{ m}^3/\text{h}$.



Hình 7.52. Thùng điều chế khí axetylen (C_2H_2)

a. CaC_2 rơi vào H_2O ; b. H_2O rơi vào CaC_2 ; c. CaC_2 tiếp xúc H_2O

+ Loại H_2O rơi vào CaC_2 (hình 7.52b)

Đất đèn chứa trong hộp 1, đặt trong buồng 4. Khi mở khóa 2, nước chứa trong bể 3 xuống hộp 1, khí C_2H_2 sinh ra nhờ phản ứng (được làm nguội gián tiếp qua tấm 5), theo van 6 ra mỏ hàn.

Loại này kết cấu đơn giản, sử dụng dễ dàng thuận tiện, kích thước vừa phải, công suất $< 20 \text{ m}^3/\text{h}$, thường dùng khi cần di động. Kích thước đất đèn không yêu cầu đều đặn lắm, lượng nước tiêu hao không nhiều nhưng CaC_2 phân hủy không triệt để, hiệu suất thấp, lãng phí, khí C_2H_2 không được lọc sạch và không làm nguội tốt.

+ Loại CaC_2 tiếp xúc với H_2O (hình 7.52c)

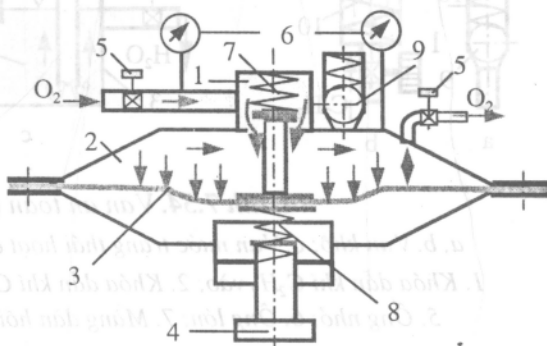
Đất đèn (CaC_2) chứa trong khay, đặt trên mặt sàng 3 ở ngăn phải, nước ở ngăn trái, dưới tác dụng của áp suất khí quyển (bình thông nhau), qua mặt sàng tiếp xúc với đất đèn, khí C_2H_2 sinh ra, qua van 6 đến mỏ hàn.

Thùng có cấu tạo đơn giản, thuận tiện, dễ sử dụng. Khí C_2H_2 có nhiệt độ cao và không được lọc sạch. Chỉ sử dụng khi công suất $< 10 \text{ m}^3/\text{h}$.

c. Van giảm áp (van ổn áp)

Van giảm áp có chức năng điều chỉnh và ổn định áp suất khí tiêu thụ (O_2 từ $3\div 5 \text{ atm}$, C_2H_2 từ $0,3\div 0,5 \text{ atm}$). Hình 7.53 giới thiệu một loại van giảm áp tác dụng nghịch (chiều mở rộng cửa van ngược chiều dẫn khí vào buồng hạ áp).

Ôxy qua van 5, vào buồng cao áp (áp suất khí giảm lần 1), qua khe hẹp của van đến buồng hạ áp 2 (áp suất khí giảm lần 2), qua van 5 đến mỏ hàn.



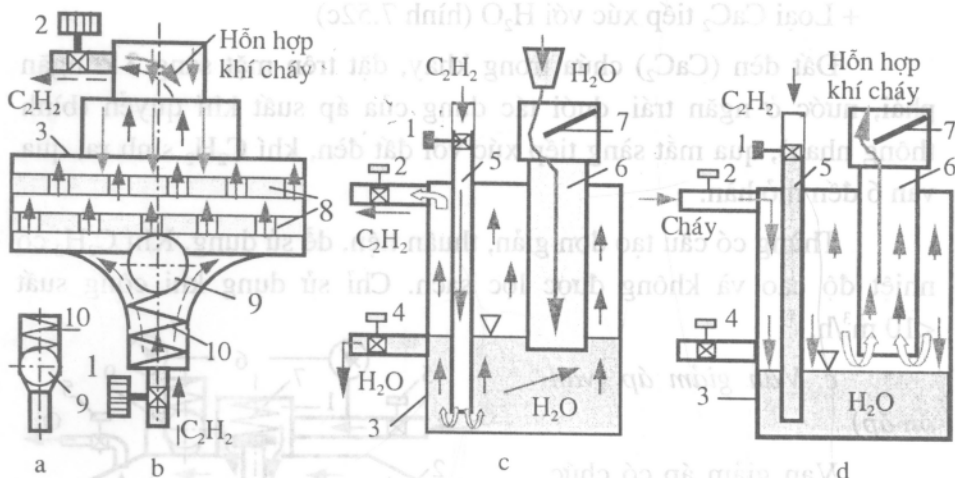
Hình 7.53. Van giảm áp (ổn áp) tác dụng nghịch

1. Buồng cao áp; 2. Buồng hạ áp; 3. Màng đàn hồi; 4. Vít điều chỉnh áp suất ra; 5. Van khóa; 6. Đồng hồ đo áp suất; 7. Lò xo; 8. Lò xo điều chỉnh áp suất; 9. Van an toàn

Áp suất khí vào và ra được đo bằng đồng hồ 6, được điều chỉnh bằng vít 4, qua màng đàn hồi 3. Van an toàn 9 giúp tránh các sự cố xảy ra.

d. Van an toàn (khóa bảo hiểm)

Van an toàn (hình 7.54) có chức năng dập tắt ngọn lửa và xả khí cháy ra ngoài để bảo vệ bình chứa, thùng điều chế C_2H_2 không bị cháy nổ khi ngọn lửa cháy quật từ mỏ hàn, mỏ cắt vào (tốc độ cháy lớn hơn tốc độ khí cung cấp). Tốc độ cháy tăng khi tăng lượng O_2 , nhiệt độ cao và ở môi trường khô. Tốc độ cung cấp khí giảm khi tăng đường kính lỗ phun, giảm áp suất khí, khi tắc ống...



Hình 7.54. Van an toàn (khóa bảo hiểm)

a, b. Van khô; c. Van nước trạng thái hoạt động; d. Van nước trạng thái cháy

1. Khóa dẫn khí C_2H_2 vào; 2. Khóa dẫn khí C_2H_2 ra; 3. Thân van; 4. Khóa nước;
5. Ống nhỏ; 6. Ống lớn; 7. Màng đàn hồi; 8. Màng chắn; 9. Bì; 10. Lò xo

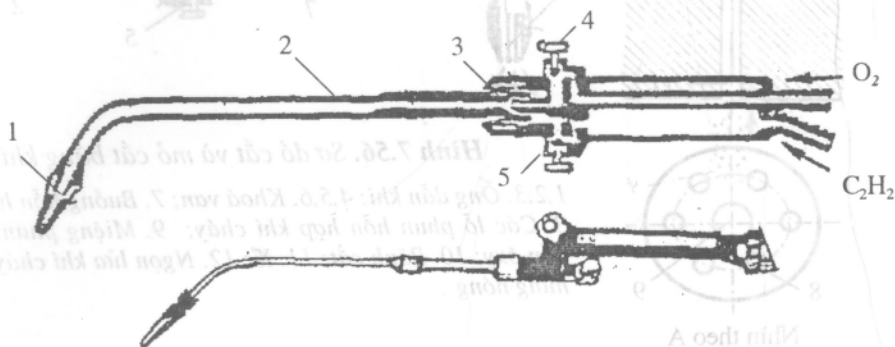
- Van an toàn khô (hình 7.54a, b) dùng cho áp suất thấp ($0,1 \div 0,7$ atm). Van này có kết cấu đơn giản, nhưng khả năng an toàn bị giới hạn.

Ví dụ, van bì an toàn 9 kèm theo van giảm áp (hình 7.54a và hình 7.54b) cũng là loại van khô, có 2 màng chắn (bằng bột sứ ngâm nước) 8 với những lỗ mắt sàng lệch nhau. Khi có hiện tượng cháy quạt trở lại thì áp suất của hỗn hợp khí cháy sẽ ép hai tấm chắn 8 đóng kín các lỗ dẫn khí và ép viên bì 9 đóng luôn đường dẫn C_2H_2 vào để tự ngắt khi hỗn hợp cháy hết.

- Van an toàn dùng nước (loại hở, hình 7.54c) có cấu tạo rất đơn giản, làm việc an toàn và hiệu quả cao. Khí C_2H_2 qua van 1 vào ống nhỏ 5 được lọc sạch và làm nguội trong bình nước 3 trước khi qua van 2 đến mỏ hàn. Khi có hiện tượng cháy quạt trở lại, áp suất của hỗn hợp khí cháy trong bình 3, ép nước vào ống nhỏ 5 (áp suất cao, ngăn không cho khí C_2H_2 vào) làm chân ống lớn 6 hở ra và khí cháy thoát ra ngoài qua màng 7. Sau khi thoát hết khí cháy cần cho nước vào để van an toàn trở lại bình thường như hình 7.54c. Mức nước trong bình 3 xác định nhờ van khóa 4.

e. Mỏ hàn và mỏ cắt

- Mỏ hàn hút (hình 7.55) là dụng cụ rất an toàn nên được sử dụng nhiều. Ôxy áp suất cao vào buồng hỗn hợp 3 (có cấu tạo đặc biệt) tạo vùng xoáy áp suất thấp (gần như chân không), hút axetylen áp suất thấp (dưới 1 atm) tạo hỗn hợp ôxy - axetylen.



Hình 7.55. Mỏ hàn hút

1. Đầu mỏ hàn; 2. Ống dẫn hỗn hợp khí cháy; 3. Buồng hỗn hợp khí ôxy - axetylen;
4. Van đóng mở khí ôxy; 5. Van đóng mở khí axetylen

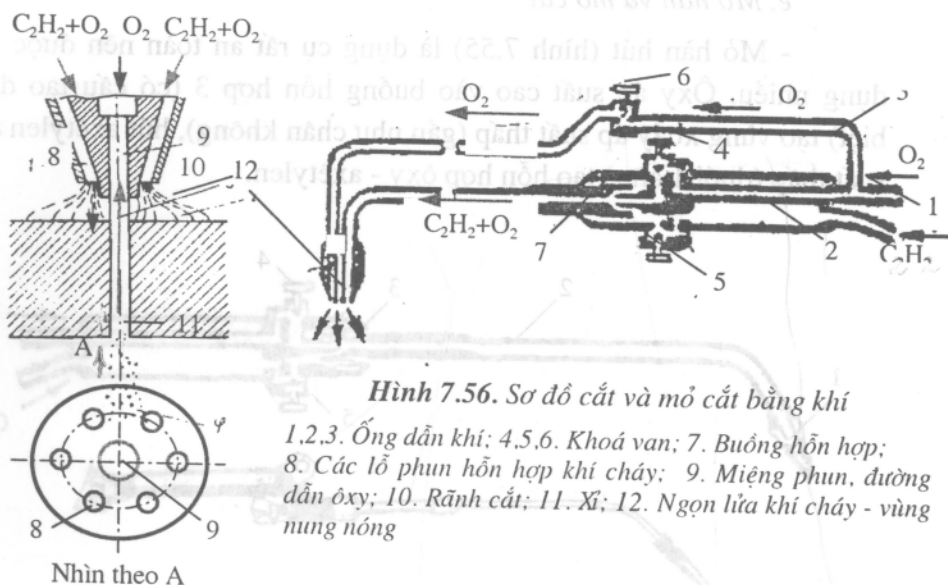
- Mỏ hàn đẳng áp có cấu tạo đơn giản (các ống dẫn ôxy, axetylen như nhau và áp suất của ôxy, axetylen trong các ống dẫn này gần bằng nhau), nhưng không đảm bảo an toàn tuyệt đối như mỏ hàn hút (áp suất C_2H_2 thấp).

Mỏ hàn thường kèm theo bộ (3 ÷ 7) đầu mỏ hàn, đánh số theo thứ tự để hàn các chiều dày tấm khác nhau.

- Mỏ cắt

Ngoài yêu cầu như mỏ hàn thì mỏ cắt cần cấu tạo được các hướng (cả gá lắp cắt vòng, cắt lỗ), điều chỉnh được ngọn lửa và dòng O_2 (gá lắp đảm bảo khoảng cách từ mỏ đến vật cắt), có chiều dài đủ lớn, khối lượng nhỏ (nhẹ).

Hình 7.56 giới thiệu 1 loại mỏ cắt. Khí O_2 theo ống 1, qua van 4 vào miệng phun buồng hỗn hợp 7 hút khí C_2H_2 (áp suất thấp) vào từ ống 2 qua van 5, đưa hỗn hợp khí cháy ra đầu mỏ cắt (qua các lỗ 8) để tạo ngọn lửa 12 nung nóng vùng cắt đến nhiệt độ cháy. Luồng O_2 từ ống 3 qua van 6 vào lỗ phun 9 để ôxy hóa rãnh cắt và thổi xỉ 11 ra tạo rãnh cắt.



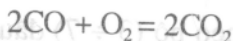
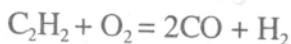
Hình 7.56. Sơ đồ cắt và mỏ cắt bằng khí

1,2,3. Ống dẫn khí; 4,5,6. Khoá van; 7. Buồng hỗn hợp;
8. Các lỗ phun hỗn hợp khí cháy; 9. Miệng phun, đường
dẫn oxy; 10. Rãnh cắt; 11. Xí; 12. Ngọn lửa khí cháy - vùng
nung nóng

7.10.4. Công nghệ hàn khí

a. Ngọn lửa hàn

Để hàn khí cần có ngọn lửa hàn. Ngọn lửa hàn được tạo ra bởi các phản ứng cháy như sau:



Căn cứ vào tỷ lệ hỗn hợp khí cháy oxy với axêtylen

$\beta = \frac{\text{O}_2}{\text{C}_2\text{H}_2}$ có thể phân loại ngọn lửa hàn thành 3 loại: ngọn lửa bình thường, ngọn lửa oxy hóa và ngọn lửa cacbon hóa.

- Ngọn lửa bình thường (ngọn lửa trung hòa) có tỷ lệ $\beta = 1,1 \div 1,2$ (hình 7.57a, b), gồm ba vùng rõ rệt:

+ Vùng I có hạt nhân (hình búp đa) màu trắng, nhiệt độ thấp (khoảng 800°C), không dùng hàn. Tại đây có phản ứng phân hủy $\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{C} + \text{H}_2$.

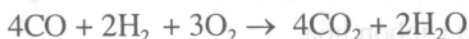
+ Vùng II là vùng hoàn nguyên (cháy không hoàn toàn, vùng

hàn) màu xanh lam, là vùng có nhiệt độ cao nhất (khoảng 3200°C), sản phẩm cháy có phản ứng:



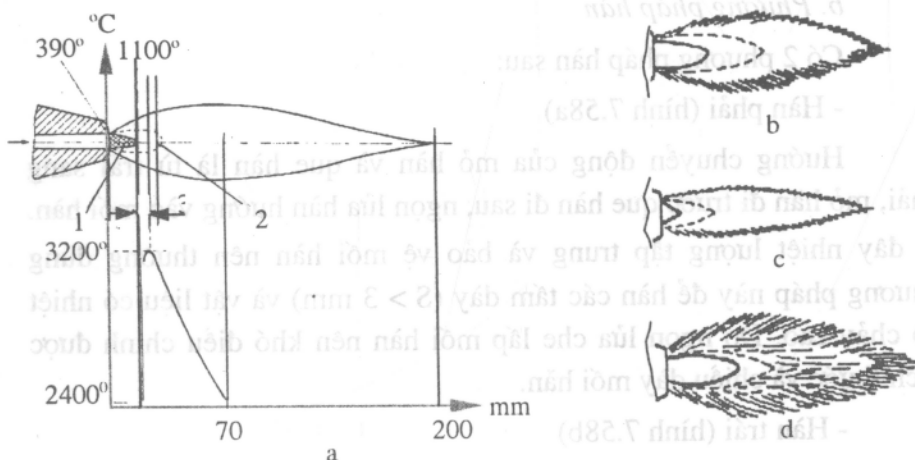
Khí CO và H₂ là những chất khử oxy của oxyt kim loại, bảo vệ khỏi sự xâm nhập oxy từ môi trường. Vùng này thường dùng để hàn.

+ Vùng III là vùng oxy hóa, cháy hoàn toàn theo phản ứng sau:



Đây là phần lớn nhất và đuôi ngọn lửa, màu nâu sẫm, chứa hơi nước, khí CO₂, nhiệt độ thấp lại dễ oxy hóa kim loại do đó không dùng để hàn.

Cấu tạo ngọn lửa trung hòa, hình 7.57b và sự phân bố nhiệt của ngọn lửa hàn giới thiệu trên hình 7.57a. Nhiệt lượng truyền vào kim loại cơ bản chiếm 52%, truyền ra môi trường là 42% và truyền vào vũng hàn 6%. Như vậy nhiệt lượng của ngọn lửa sử dụng cho việc tạo thành mỗi hàn chỉ chiếm khoảng 10% (6% cho vũng hàn và 4% cho que hàn).



Hình 7.57. Ngọn lửa hàn khí

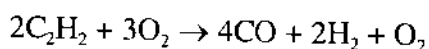
a. Cấu tạo; b. Ngọn lửa trung hòa ($\beta = 1,1 \div 1,2$);

c. Ngọn lửa oxy hóa ($\beta > 1,2$); d. Ngọn lửa cacbon hóa ($\beta < 1,1$).

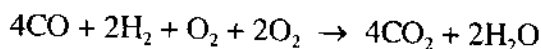
- Ngọn lửa oxy hóa

Khi $\beta > 1,2$ thì ngọn lửa thừa oxy hay ngọn lửa oxy hóa (hình 7.57c). Ngọn lửa này thường dùng hàn đồng và hợp kim đồng. Phản

ứng xảy ra:



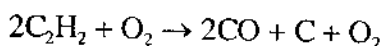
Phản ứng tiếp tục với O_2 của không khí:



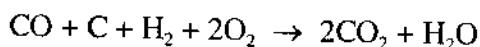
Vì thừa O_2 nên nhân ngọn lửa ngắn lại, vùng giữa và đuôi ngọn lửa không phân biệt rõ ràng. Ngọn lửa có màu trắng.

- Ngọn lửa cacbon hóa

Khi $\beta < 1,1$ thì ngọn lửa cacbon hóa (C tự do, hình 7.57d) theo phản ứng:



Phản ứng tiếp tục với O_2 của không khí:



Vùng giữa của ngọn lửa này có nhiều C tự do, nhân kéo dài ra nhập vào vùng giữa. Ngọn lửa này thường dùng để hàn gang, thép cacbon cao, hợp kim nhôm.

b. Phương pháp hàn

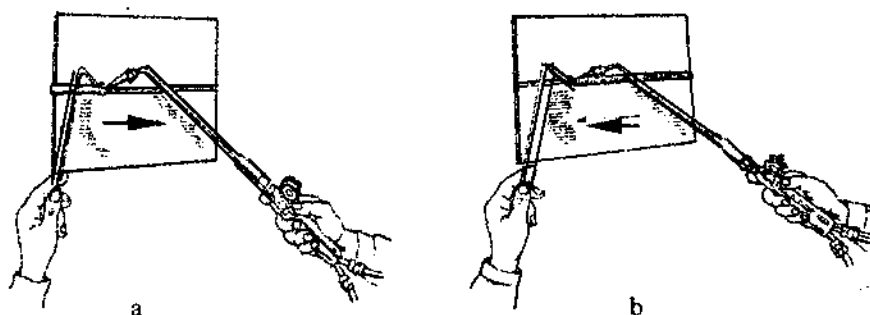
Có 2 phương pháp hàn sau:

- Hàn phải (hình 7.58a)

Hướng chuyển động của mỏ hàn và que hàn là từ trái sang phải, mỏ hàn đi trước que hàn đi sau, ngọn lửa hàn hướng vào mối hàn. Ở đây nhiệt lượng tập trung và bảo vệ mối hàn nên thường dùng phương pháp này để hàn các tấm dày ($S > 3 \text{ mm}$) và vật liệu có nhiệt độ chảy cao. Do ngọn lửa che lấp mối hàn nên khó điều chỉnh được kích thước và chiều dày mối hàn.

- Hàn trái (hình 7.58b)

Hướng chuyển động của mỏ hàn và que hàn là từ phải qua trái, que hàn đi trước mỏ hàn đi sau, ngọn lửa hướng về phía chưa hàn, nhiệt lượng bị phân tán ra vùng xung quanh. Phương pháp này dùng để hàn những tấm mỏng ($S < 3 \text{ mm}$), vật liệu có nhiệt độ chảy thấp. Khi hàn trái quan sát được mối hàn nên dễ điều chỉnh kích thước và chiều rộng của mối hàn.



Hình 7.58. Phương pháp hàn khí
a. Hàn phải; b. Hàn trái

c. Chế độ và kỹ thuật hàn khí

- Đường kính que hàn d (mm).

Que hàn là vật liệu kim loại bổ sung cho mối hàn và thường được chọn giống vật liệu tấm hàn. Đối với chiều dây $S = 12 \div 15$ mm, có thể tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$+ \text{ Khi hàn phải : } d = \frac{S}{2}$$

$$+ \text{ Khi hàn trái : } d = \frac{S}{2} + 1$$

Khi $S > 15$ mm thì chọn $d = 6 \div 8$.

- Công suất ngọn lửa hàn khí (W)

Công suất ngọn lửa hàn khí là lượng tiêu hao khí (O_2 hoặc C_2H_2) trong một đơn vị thời gian, có thể tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$W = k \cdot S \text{ (l/h)}$$

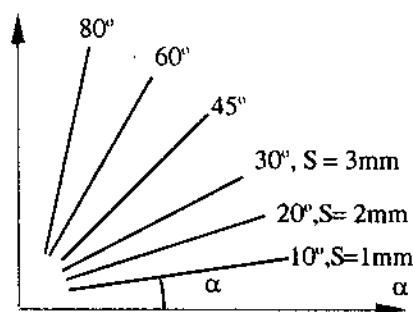
Trong đó:

k - hệ số phụ thuộc vào loại kim loại vật hàn và phương pháp hàn:

+ Khi hàn phải $k = 120 \div 150$.

+ Khi hàn trái $k = 100 \div 120$.

+ Khi hàn đồng $k = 150 \div 200$.

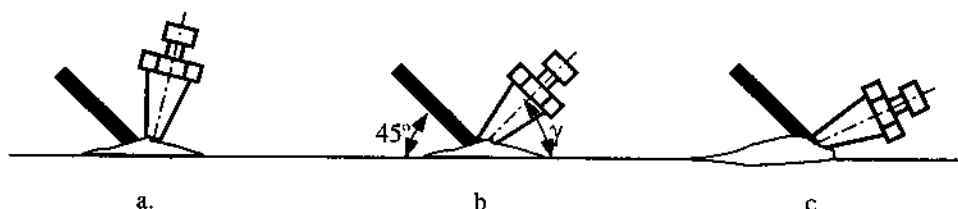


Hình 7.59. Góc nghiêng của mỏ hàn

S - chiều dày vật hàn, mm.

- Góc nghiêng của mỏ hàn α

Chọn góc α phụ theo chiều dày vật hàn S (mm). Chiều dày càng lớn góc nghiêng α so với phương nằm ngang càng tăng (hình 7.59).



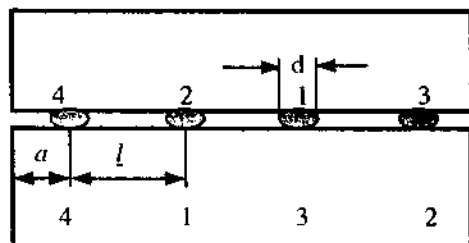
Hình 7.60. Vị trí mỏ hàn trong quá trình hàn vật có chiều dày trung bình
a. Nung nóng trước khi hàn; b. Quá trình hàn; c. Kết thúc hàn

Hình 7.60. trình bày vị trí của mỏ hàn từ lúc bắt đầu đến khi kết thúc hàn. Khi nung nóng góc mỏ hàn γ tăng để tập trung ngọn lửa. Khi bắt đầu hàn góc γ giảm xuống, que hàn nghiêng một góc 45° và trước khi kết thúc quá trình hàn, giảm góc γ còn khoảng 15° hoàn thành phần mút của mối hàn.

- Chuẩn bị mối hàn và gá lắp

Các loại mối hàn (hàn giáp mối, hàn chồng, hàn góc, hàn chữ T, hàn mặt đầu...), việc chuẩn bị mối hàn (vát mép, gấp mép, làm sạch) và vị trí của mối hàn trong không gian được xác định tương tự như hàn hồ quang.

Gá lắp và hàn đính là để đảm bảo vị trí tương đương của kết cấu hàn. Mối hàn đính và thứ tự hàn đính được cho trên hình 7.61 với kích thước như sau:



Hình 7.61. Thứ tự mối hàn đính

* Chiều cao: $h = (0,5 \div 0,7)S$.

* Đường kính, khoảng cách:

+ Đối với vật nhỏ, tấm mỏng: $d < 5$; $L = 50 \div 100$;

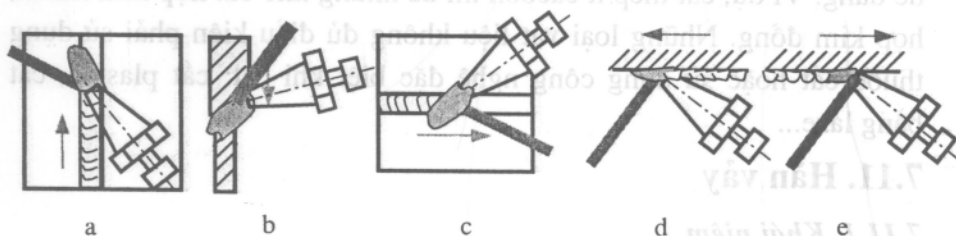
+ Đối với vật lớn, tấm dày: $d = 20 \div 30$; $L = 300 \div 500$

* Khoảng cách từ điểm đỉnh đến đầu mút mối hàn:

$$a = 40 \div 200 \text{ mm.}$$

- Hàn các mối hàn có vị trí hàn khác nhau trong không gian

Hàn trái hay phải thì ở vị trí hàn sắp là thuận lợi nhất. Các vị trí hàn khác cho ví dụ trên hình 7.62.



Hình 7.62. Hàn các mối hàn có vị trí khác nhau trong không gian

a. Hàn đứng, hàn trái, từ dưới lên; b. Hàn đứng, hàn phải, từ trên xuống;

c. Hàn ngang, hàn phải; d. Hàn trần, hàn phải; e. Hàn trần, hàn trái

7.10.5. Cắt kim loại bằng khí

a. Thực chất và đặc điểm

Cắt kim loại bằng khí là dùng nhiệt lượng của ngọn lửa hỗn hợp khí cháy ($O_2 + C_2H_2$) nung nóng vùng cắt đến nhiệt độ cháy, thổi khí oxy để oxy hóa vùng kim loại cắt và thổi xỉ lỏng ra để tạo thành rãnh cắt.

Cắt bằng khí có thể cắt được các loại mạch kín, mạch hở và những đường cắt phức tạp, chiều dày tấm cắt lớn mà không cần lực cắt.

Cắt bằng khí dùng để tạo phôi từ các tấm kim loại có chiều dày khác nhau. Phương pháp công nghệ này dễ tự động hóa, cho năng suất cao, tiết kiệm kim loại, cho chất lượng mép cắt tốt (chính xác, phẳng, đẹp...).

b. Điều kiện cắt kim loại bằng khí

Cắt kim loại bằng khí cần những điều kiện sau:

+ Kim loại có nhiệt độ cháy nhỏ hơn nhiệt độ chảy của nó.

+ Nhiệt độ chảy của ôxyt kim loại phải nhỏ hơn nhiệt độ chảy của kim loại tạo ra ôxyt đó.

+ Các phản ứng cháy trong quá trình cắt phải sinh nhiệt đủ để duy trì quá trình cắt tiếp tục.

+ Kim loại vật cắt dẫn nhiệt kém.

+ Tính chảy loãng của ôxyt cao.

Với các điều kiện trên, không phải kim loại nào cũng cắt được dễ dàng. Ví dụ, cắt thép ít cacbon thì dễ nhưng khó cắt hợp kim nhôm, hợp kim đồng. Những loại vật liệu không đủ điều kiện phải sử dụng thuốc cắt hoặc sử dụng công nghệ đặc biệt khi cắt: cắt plasma, cắt bằng laze...

7.11. Hàn vảy

7.11.1. Khái niệm

Hàn vảy là phương pháp hàn bằng cách nối các phần tử kim loại hoặc hợp kim ở trạng thái rắn lại với nhau nhờ hợp kim trung gian thứ ba. Hợp kim thứ ba này gọi là *vảy hàn* (có nhiệt độ chảy thấp hơn kim loại vật hàn). Quá trình tạo thành mối hàn là nhờ vảy hàn ở trạng thái chảy khuếch tán vào các phần tử kim loại hàn đông đặc lại. Trong quá trình hàn chỉ có vảy hàn được nung nóng chảy, khuếch tán vào kim loại hàn ở trạng thái rắn tại các mép hàn.

Hàn vảy được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp và dân dụng với những đặc điểm cơ bản là chỉ cần một năng lượng nhỏ để làm nóng chảy vảy hàn. Hàn vảy rất đơn giản nhưng hiệu quả kinh tế cao, không gây nên sự thay đổi thành phần và tổ chức kim loại vì vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ, ít chịu ảnh hưởng của ứng suất, không gây biến dạng, mối hàn vảy có độ kín cao... Tùy theo loại vảy, mối hàn có thể có cơ tính cao, có thể dùng để hàn những kết cấu phức tạp, vật liệu cùng loại hay khác loại mà các phương pháp khác khó thực hiện. Mối hàn vảy không có phần nhô nên hình thức đẹp, sau khi hàn không cần gia công cắt gọt, năng suất cao.

7.11.2. Vảy hàn

Vảy hàn là yếu tố quan trọng quyết định chất lượng kết cấu hàn. Tùy theo nhiệt độ nóng chảy có thể phân vảy hàn thành hai loại

sau:

a. Vảy hàn mềm

Vảy hàn mềm có nhiệt độ nóng chảy thấp ($< 450^\circ$), độ bền và độ cứng thấp, cơ tính kém. Vảy mềm thường dùng để hàn các kết cấu ít chịu lực, làm việc ở nhiệt độ thấp. Nó được ứng dụng trong công nghiệp điện tử, công nghiệp nhẹ, công nghiệp thực phẩm...

Vật liệu chế tạo vảy hàn mềm là các loại hợp kim như Sn-Pb, Sb-Zn ...

b. Vảy hàn cứng

Vảy hàn cứng là loại vảy hàn có độ bền cơ học cao, độ cứng cao, chịu được nhiệt độ trên 450° . Mối hàn khi hàn bằng vảy cứng có khả năng chịu tải trọng động, chịu các loại lực kéo, lực xoắn; chịu ma sát lớn, nhiệt độ cao. Vảy hàn cứng dùng trong chế tạo cơ khí, sản xuất các dụng cụ cắt, hàn mảnh hợp kim cứng, hàn kim cương...

Vảy hàn cứng (bảng 7.18) thường được chế tạo từ các hợp kim đồng, bạc, niken, sắt, nhôm...

Để giảm ứng suất nhiệt xuất hiện khi hàn mảnh hợp kim cứng cần dùng thêm các tấm đệm bằng thép ít cacbon hoặc thép hợp kim pecmalôi.

Bảng 7.18. Vảy hàn cứng và đặc tính của chúng

<i>Loại vảy hàn</i>	<i>Thành phần hóa học (%)</i>	<i>Nhiệt độ nóng chảy ($^\circ\text{C}$)</i>	<i>Công dụng</i>
Đồng niken	Cu = 68,7 Ni = 27,5 Al = 0,8	1170	Chịu tải trọng nặng, chế tạo dụng cụ gắn hợp kim cứng, chịu nhiệt độ $> 900^\circ\text{C}$
Đồng điện phân	Cu = 99,9 Tạp chất 0,1	1083	Chịu tải trọng trung bình, dụng cụ chịu nhiệt độ đến 700°C
Đồng thau niken	Cu = 68,0 Zn = 27,0 Ni = 5,0	1000	Chịu tải trọng trung bình, dụng cụ chịu nhiệt độ đến 700°C
Đồng thau	Cu = 62,0 Zn = 38,0	900	Chịu tải trọng trung bình, dụng cụ chịu nhiệt độ đến 600°C

7.11.3. Thuốc hàn (chất trợ dung)

Thuốc hàn (trợ dung) dùng để làm sạch chỗ hàn và thúc đẩy quá trình hàn, khuếch tán vảy hàn. Thuốc hàn gồm các chất như axit, muối clorua kẽm, muối kali, borac... Bảng 7.19 giới thiệu thành phần của vài loại thuốc hàn.

Bảng 7.19. Thuốc hàn vảy hàn (chất trợ dung khi hàn vảy)

<i>Thành phần thuốc hàn (%)</i>	<i>Công dụng</i>
Borac = 100	Là thành phần chính của thuốc hàn vảy Dùng khi hàn mà vảy hàn là đồng thau
Borac = 50	
Axit boric = 50	

7.12. Các phương pháp hàn đặc biệt

7.12.1. Hàn ma sát

Hàn ma sát là phương pháp hàn áp lực. Dùng nhiệt sinh ra do ma sát giữa hai mặt tiếp xúc để nung nóng mối hàn đến trạng thái dẻo và dùng lực ép để tạo mối hàn như hàn áp lực.

Trên hình 7.63a giới thiệu sơ đồ nguyên lý làm việc của phương pháp hàn ma sát. Chi tiết 2 được kẹp chặt trong giá cố định 1, chi tiết 3 quay tròn với vận tốc xác định, khi ép nhẹ bề mặt tiếp xúc 4 giữa hai chi tiết, sẽ tạo nhiệt lượng nung nóng mối hàn. Nhờ lực ép P mối hàn được hình thành. Hàn ma sát cho năng suất cao, giá thành hạ, có thể dùng hàn nối các thanh, thỏi kim loại, dụng cụ cắt...

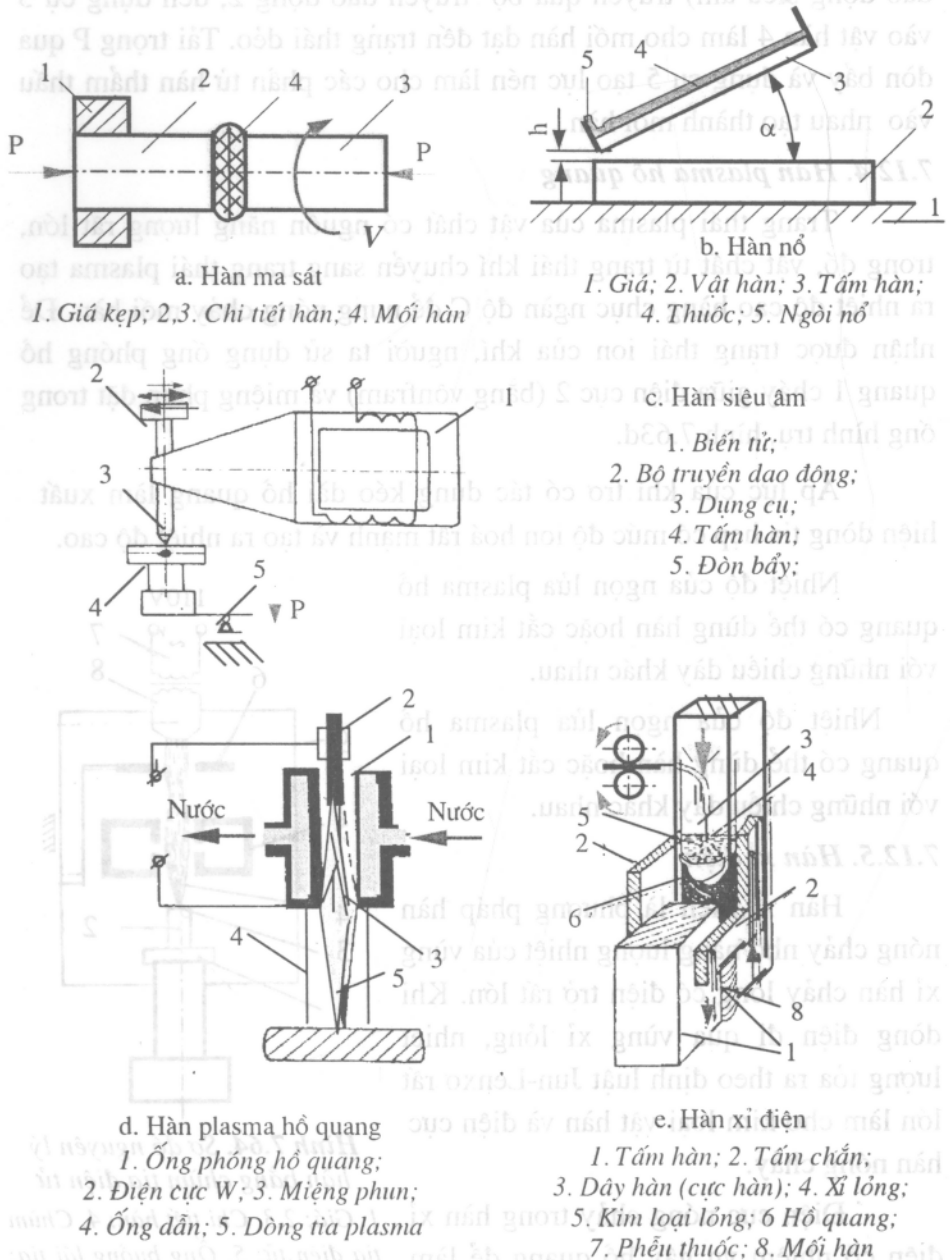
7.12.2. Hàn nổ

Nhờ tác dụng của áp lực nổ tạo sự va đập giữa 2 bề mặt vật hàn tạo mối hàn. Vật hàn 2 (hình 7.63b) đặt trên giá 1, được hàn với tấm hàn 3. Ngòi nổ 5 và thuốc nổ 4 trải đều trên tấm hàn 3, đặt nghiêng một góc α . Khi ngòi nổ va đập làm cháy thuốc hàn tạo áp lực và hình thành mối hàn. Hàn nổ hình thành mối hàn ở trạng thái rắn dùng để tạo phôi cán, phôi có hai lớp kim loại không cùng loại, vật có diện tích tiếp xúc lớn.

7.12.3. Hàn siêu âm (hình 7.63c)

Hàn siêu âm là phương pháp hàn áp lực, khi tác dụng lên vật

hàn các dao động cơ học với tần số siêu âm đồng thời với lực nén thích hợp để mối hàn đạt trạng thái dẻo và tạo thành mối hàn.



Hình 7.63. Sơ đồ nguyên lý các phương pháp hàn đặc biệt

Trên hình 7.63c là sơ đồ nguyên lý hàn siêu âm. Dòng cao tần từ máy phát siêu âm truyền vào biến tử 1 tạo ra tần số siêu âm (gọi là dao động siêu âm) truyền qua bộ truyền dao động 2, đến dụng cụ 3 vào vật hàn 4 làm cho mối hàn đạt đến trạng thái dẻo. Tải trọng P qua đòn bẩy và dụng cụ 5 tạo lực nén làm cho các phần tử hàn thẩm thấu vào nhau tạo thành mối hàn.

7.12.4. Hàn plasma hồ quang

Trạng thái plasma của vật chất có nguồn năng lượng rất lớn, trong đó, vật chất từ trạng thái khí chuyển sang trạng thái plasma tạo ra nhiệt độ cao hàng chục ngàn độ C để nung nóng chảy mối hàn. Để nhận được trạng thái ion của khí, người ta sử dụng ống phóng hồ quang 1 cháy giữa điện cực 2 (bằng vonfram) và miệng phun đặt trong ống hình trụ, hình 7.63d.

Áp lực của khí trợ có tác dụng kéo dài hồ quang làm xuất hiện dòng tia hẹp có mức độ ion hoá rất mạnh và tạo ra nhiệt độ cao.

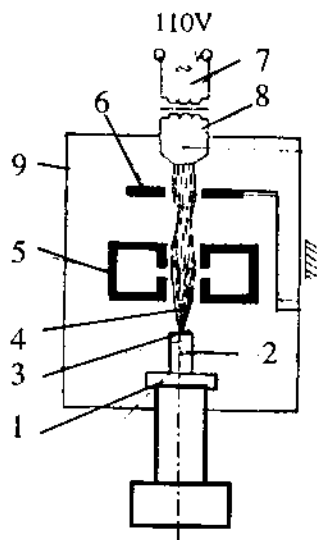
Nhiệt độ của ngọn lửa plasma hồ quang có thể dùng hàn hoặc cắt kim loại với những chiều dày khác nhau.

Nhiệt độ của ngọn lửa plasma hồ quang có thể dùng hàn hoặc cắt kim loại với những chiều dày khác nhau.

7.12.5. Hàn xỉ điện

Hàn xỉ điện là phương pháp hàn nóng chảy nhờ năng lượng nhiệt của vùng xỉ hàn chảy lỏng có điện trở rất lớn. Khi dòng điện đi qua vùng xỉ lỏng, nhiệt lượng tỏa ra theo định luật Jun-Lenxơ rất lớn làm cho kim loại vật hàn và điện cực hàn nóng chảy.

Điện cực nóng chảy trong hàn xỉ điện có nhiệm vụ gây hồ quang để làm nóng chảy xỉ hàn và bổ sung kim loại cho mối hàn.



Hình 7.64. Sơ đồ nguyên lý hàn bằng chùm tia điện tử

1. Giá; 2,3. Chi tiết hàn; 4. Chùm tia điện tử; 5. Ống buồng lái tia; 6. Bàn cực; 7. Biến thế; 8. Nguồn; 9. Buồng hàn

Hàn xỉ điện là phương pháp tối ưu để hàn vật hàn có chiều dày lớn, hàn đắp, hàn phục hồi các chi tiết máy đã mòn.

Trên hình 7.63e giới thiệu sơ đồ nguyên lý hàn xỉ điện. Vùng ... lỏng 4 có điện trở lớn cung cấp nhiệt lượng để nung nóng chảy mép hàn của các vật hàn 1 và cực hàn 3. Khi đông đặc tạo thành mối hàn 8. Các tấm chắn 2 kèm theo các ống dẫn nước làm nguội và đông đặc kim loại lỏng vũng hàn tạo thành mối hàn 8. Giá đỡ điện cực có ống dẫn điện cực, có nhiệm vụ đưa điện cực 3 vào vũng hàn 5 và tạo ra hồ hồ quang 6. Trong quá trình hàn, thuốc hàn được phễu 7 cung cấp vào để bảo vệ mối hàn 8.

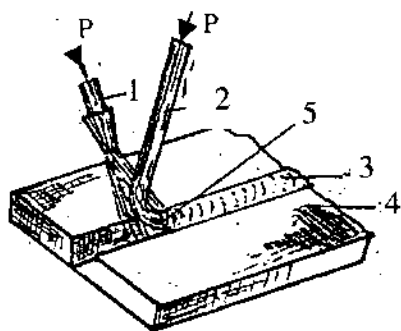
Các dạng hàn đặc biệt khác như hàn bằng chùm tia điện tử (hình 7.64), hàn cảm ứng, hàn bằng lade... cũng được ứng dụng trong công nghiệp.

7.12.6. Hàn chất dẻo

Chất dẻo cứng chịu nhiệt không dùng để hàn vì khi có nhiệt độ cao các tính chất của nó sẽ bị phá hủy, còn loại chất dẻo không chịu nhiệt có tính hàn tốt nên có thể dùng để hàn nóng chảy hay hàn áp lực. Các phương pháp hàn chất dẻo gồm:

a. Hàn bằng khí nóng
là phương pháp hàn dựa trên cơ sở truyền nhiệt của không khí, khí CO_2 ở trạng thái nóng vào vũng hàn để nung nóng vật hàn đến trạng thái chảy dẻo và khi vũng hàn đông đặc tạo thành mối hàn.

Hình 7.65 giới thiệu sơ đồ nguyên lý hàn chất dẻo bằng khí nóng. Mỏ phun khí nóng 1 tác dụng lên vũng hàn 5 nung nóng vật hàn 4 và que hàn bổ sung 2 làm chúng chảy dẻo để tạo thành mối hàn 3.



Hình 7.65. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn chất dẻo bằng khí nóng

1. Mỏ phun; 2. Que hàn; 3. Mối hàn;
4. Chi tiết hàn; 5. Vũng hàn

Hàn khí nóng sử dụng hợp lý khí hàn mà vật liệu chất dẻo không

bị ôxy hoá.

b. Hàn ma sát

Ở đây cũng tương tự như hàn ma sát kim loại (xem mục 7.12.1. Hàn ma sát). Nhiệt do ma sát tạo ra làm vật liệu chảy dẻo và tạo thành mối hàn.

c. Hàn bằng dụng cụ truyền nhiệt

Nhiệt từ các dụng cụ đặc biệt, đã được nung nóng đến nhiệt độ thích hợp, truyền vào chỗ tiếp xúc giữa hai vật hàn để chúng dẻo ra và khi nguội sẽ kết dính lại với nhau.

d. Hàn bằng dòng điện cao tần là dùng nhiệt từ dòng điện cao tần truyền qua các điện cực làm cho vật hàn vừa bị chảy dẻo vừa bị ép chặt dưới tác dụng của điện cực.

Phương pháp này chỉ hợp lý khi hàn các tấm chất dẻo mỏng (nilông) tạo ra mối hàn kín. Nó dùng phổ biến trong bao bì, đóng gói.

7.13. Dán kim loại

7.13.1. Thực chất đặc điểm

Dán kim loại bằng keo dán (cũng gọi là nhựa tổng hợp) là một phương pháp gia công tiến tiến, được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp và dân dụng. Căn cứ vào vật liệu nối, vật liệu dán, tính mao dẫn của keo dán mà sử dụng cho các lĩnh vực khác nhau. Phương pháp này thích hợp cho việc nối các tấm mỏng từ các loại kim loại, hợp kim, phi kim ... Có thể dán vật liệu cùng loại hay khác loại. Hiện nay đã có những loại keo dán thích hợp với từng loại kết cấu, thiết bị và tính năng riêng biệt.

Dán kim loại nhẹ, tấm mỏng cho độ bền cao nên được dùng nhiều trong các ngành công nghiệp hàng không, giao thông vận tải, xây dựng, thiết bị lạnh, dệt, bưu điện, điện tử, thông tin...

7.13.2. Keo dán

Keo dán dùng trong công nghiệp và dân dụng có nhiều loại, phụ thuộc vào thành phần hóa học, cơ sở trùng hợp các chất dính kết... Chúng được chế tạo trên cơ sở các loại epôxi, cao su tổng hợp. Ngày nay đã có nhiều loại keo dán có tính chất đặc trưng riêng biệt của mỗi

dán. Người ta đã tổng hợp được một số loại êpôxi với chất tự liên kết khác nhau để cho các loại keo có tính năng đặc biệt như bền nhiệt, bền khi trượt, có khả năng chống dầu, xăng, các dung dịch có axit, bazơ, muối, dung môi...

Keo dán thường gồm phần nhựa nền (nhựa lỏng) có độ nhớt, màu vàng nâu hoặc trắng được hòa tan vào các dung dịch hòa tan khác nhau, sau đó cho thêm các chất hóa cứng.

Ví dụ, loại keo tự đông cứng P có thể trùng hợp ở nhiệt độ bình thường (chất lượng mỗi nối kém). Nếu tăng tỉ lệ lên 7% thì cần 48 giờ để trùng hợp ở 20°C, 10 giờ để trùng hợp ở 50°C và 1 giờ để trùng hợp ở nhiệt độ 100°C. Loại này cho độ bền cao ($2000 \div 3000 \text{ N/cm}^2$), chịu nhiệt độ > 50°C. Nếu cho thêm 3% axit có lưu huỳnh thì mỗi dán có khả năng kín với dầu, xăng... Nếu thêm muối NaOH và amoniac thì nó sẽ chịu nhiệt kém và nhạy cảm với nước.

Loại keo dán E120 với 12% chất tự đông cứng pôlyêtylen - pôluamin, có thể trùng hợp và sấy khô ở 60°C trong 4 giờ.

Loại P505 tự đông cứng có thể trùng hợp ở nhiệt độ thường (20°C) trong một thời gian rất ngắn là 1 ÷ 5 phút.

7.13.3. Công nghệ dán

a. Chuẩn bị

Chuẩn bị bề mặt dán quyết định đến chất lượng mỗi dán.

Có thể chuẩn bị mỗi dán bằng cơ học như phun cát, tiện tinh, phay tinh, bào tinh, mài... để độ nhấp nhô trung bình đạt khoảng 0,5 μm với yêu cầu các bề mặt phải trùng khớp.

Dùng phương pháp hóa học để khử các tạp chất sẽ gây khó khăn cho sự bám dính của keo. Ví dụ, để làm sạch dầu mỡ có thể dùng axêton. Sau khi làm sạch còn phải sấy khô bằng nhiệt (dùng dòng khí nóng ...), hoặc dùng điện hóa để làm sạch dầu mỡ...

Để nâng cao độ bền mỗi dán hợp kim nhôm có thể dùng các phương pháp xử lý bề mặt bằng cách tạo ra một lớp chì làm cơ sở, sau đó làm sạch dầu mỡ bằng hóa học hay điện phân. Thép cacbon và thép hợp kim được làm sạch dầu mỡ bằng dung dịch kiềm hoặc HPO_3 , nếu là hợp kim đồng thì phun cát và khử dầu mỡ bằng các dung dịch hòa

tan ...

b. Chọn keo

Chọn keo dán phải chú ý đến an toàn khi sử dụng. Cần đảm bảo chính xác về tỉ lệ và thành phần chất nền cơ sở, chất hóa cứng và chất làm lạnh hỗn hợp keo. Vì trong quá trình trùng hợp sinh nhiệt nhiều và nhanh nên không an toàn nên có thể cho thêm các chất phụ làm cho mối dán có tính chất tốt và giảm giá thành của keo (ví dụ, bột kẽm, oxyt titan nâng cao độ bền và độ bền nhiệt mối dán).

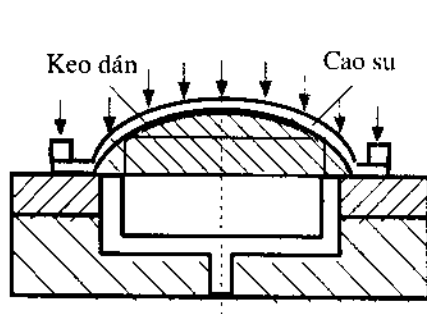
c. Kỹ thuật phủ keo

Cách phủ keo lên bề mặt dán phụ thuộc vào trạng thái và nhiệt độ. Bình thường dùng chổi quét để phủ keo lên bề mặt rồi sấy ở 40°C để keo phân bố đều đặn thành lớp mỏng. Một số loại keo với nhiệt độ thường thì ở trạng thái rắn, nếu sấy đến 120°C chúng sẽ chảy lỏng và phủ đều lên bề mặt dán (như epôxi 1001 chẳng hạn).

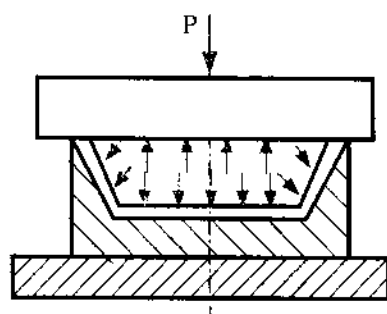
d. Ép

Độ dính kết bền của mối dán phụ thuộc vào khoảng cách và áp lực riêng phần tác dụng lên mối dán trong quá trình dán. Ví dụ, keo dán epôxi cần sự trùng hợp ở áp lực lớn (áp lực riêng cần khoảng $> 0,2 \text{ N/cm}^2$).

Bề mặt ép có thể là vòng đàn hồi bằng cao su xốp. Khi dán ở nhiệt độ cao cần sử dụng đồ gá thích hợp với áp lực bằng lò xo hoặc khí nén.



Hình 7.66. Sơ đồ áp lực tác dụng lên bề mặt dán



Hình 7.67. Sơ đồ áp lực tác dụng lên bề mặt dán là vỏ cao su

Hình 7.66 giới thiệu sơ đồ áp lực tác dụng lên bề mặt dán, hình 7.67 biểu thị áp lực tác dụng lên bề mặt dán là vỏ cao su. Hình 7.68

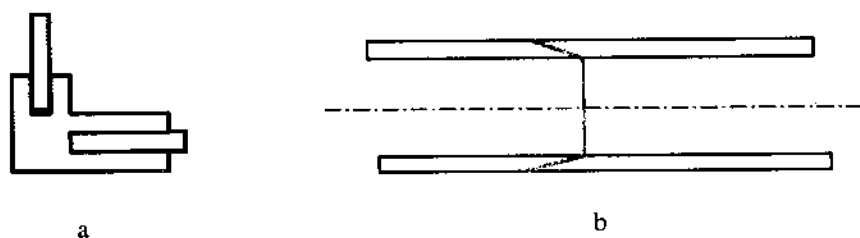
giới thiệu phương pháp dán các tấm mỏng.

Hình 7.69a giới thiệu phương pháp dán thanh kim loại và hình 7.69b là sơ đồ dán ống kim loại.

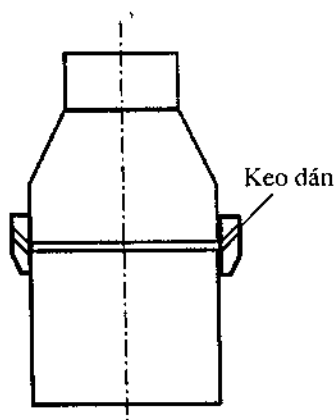
Trong các ngành công nghiệp, dán dùng khi nối các chi tiết, các sản phẩm để lót ổ, lót trục; dán phanh, côn... Mối dán có thể làm việc ở nhiệt độ $< 100^{\circ}\text{C}$.



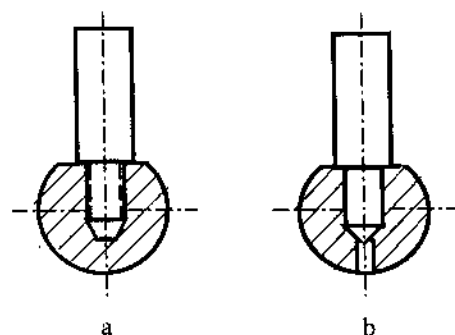
Hình 7.68. Sơ đồ dán các tấm mỏng



Hình 7.69. Sơ đồ dán thanh kim loại (a) và sơ đồ dán ống (b)



Hình 7.70. Sơ đồ dán hai phần nối



Hình 7.71. Sơ đồ dán kim loại thay thế lắp ren

a. Lắp ren; b. Dán bằng keo

Hình 7.70 là ví dụ dán hai phần của một nồi bằng thép hoặc hợp kim nhôm dập từ hai phần ghép lại bằng mối dán.

Hình 7.71 là sơ đồ thay thế mối ghép ren bằng dán kim loại.

Dán còn dùng để nối các thanh; hàn nối dụng cụ hoặc dán phục hồi các chi tiết máy bị gãy, vỡ, nứt...

7.14. Khuyết tật và kiểm tra khuyết tật vật hàn

Chất lượng mối hàn là yếu tố quan trọng của các kết cấu, sản phẩm. Vì vậy sau khi hàn xong cần phải kiểm tra các yếu tố chất lượng mối hàn như cơ tính, lý tính, hóa tính, các dạng loại khuyết tật tế vi bên trong và trên bề mặt mối hàn.

Các khuyết tật được kiểm tra bằng các phương pháp thông thường như cân, đo, đóng, đếm... hoặc dùng mắt thường quan sát theo kinh nghiệm để dự đoán và phát hiện những khuyết tật. Kiểm tra cơ tính thường được thực hiện bằng lấy mẫu rồi thử cơ học để kiểm tra, xác định các yêu cầu về cơ tính. Phương pháp lấy mẫu, mài mẫu, soi mẫu và chụp ảnh là để kiểm tra tổ chức, độ hạt, thành phần hoá học hoặc một số loại khuyết tật tế vi khác.

Kiểm tra khuyết tật tế vi bề mặt mối hàn thường dùng các phương pháp kiểm tra không phá hủy như phương pháp từ tính dùng bột từ để xác định vị trí các khuyết tật, dùng các dòng tia (χ , γ ...) kết hợp với chụp ảnh, dùng phương pháp siêu âm và chụp ảnh, phương pháp chỉ thị màu ...

7.14.1. Các loại khuyết tật vật hàn

- Chảy loang bề mặt mối hàn

Hiện tượng này xuất hiện khi kim loại hàn chảy loang ra bề mặt của kim loại tấm hàn. Nguyên nhân chủ yếu là do cường độ dòng điện hàn quá lớn, chiều dài hồ quang quá lớn, vị trí đặt que hàn không đúng, góc nghiêng của vật hàn lớn khi hàn đứng.

- Vết lõm mối hàn

Đây là những chỗ lõm sâu (rãnh) trên tấm hàn dọc theo cạnh mép hàn. Vết lõm xuất hiện khi cường độ dòng điện hàn quá lớn, chiều dài hồ quang quá dài. Khuyết tật này làm giảm tiết diện chịu lực của kết cấu. Đó cũng chính là nguyên nhân làm cho liên kết hàn bị phá hủy.

- Cháy thùng

Khi hàn có thể xuất hiện các lỗ thùng xuyên mối hàn. Nguyên

nhân là do khe hở chân mối hàn quá lớn, cường độ dòng điện hàn quá lớn, chiều dài hồ quang quá lớn và công suất mỏ hàn quá lớn khi tốc độ hàn quá nhỏ.

- Thiếu hụt

Thiếu hụt, lõm ở đầu đường hàn hoặc cuối đường hàn. Nguyên nhân chủ yếu do ngọn lửa hồ quang bị thổi lệch, ngắt hồ quang đột ngột. Sự thiếu hụt này làm cho tiết diện mối hàn bị giảm và đó cũng là nguyên nhân gây ra các vết nứt.

- Rỗ khí

Rỗ khí thường gặp khi hàm lượng cacbon trong kim loại tấm hàn cao; trên mép hàn không sạch, còn dầu, mỡ, sơn bám dính trên mép hàn hay cực hàn; dùng vật liệu hàn ẩm, có chứa nước, khí, tạp chất, tạp khí (dây hàn, que hàn, thuốc hàn, khí hàn, khí bảo vệ...). Điều chỉnh ngọn lửa hàn không thích hợp, tốc độ hàn lớn khi sử dụng khí bảo vệ CO_2 cũng là những nguyên nhân gây nên rỗ khí.

- Rỗ xỉ

Đây là kết quả của việc làm sạch mép hàn hoặc dây hàn không triệt để. Đó cũng là nguyên nhân của việc hàn nhiều lớp mà các lớp trước không làm sạch hết xỉ.

Xỉ lẫn vào kim loại mối hàn sẽ làm cho tiết diện chịu lực của mối hàn kém, độ bền kết cấu hàn kém dẫn đến sự tập trung ứng suất.

- Hàn không ngấu

Đây là dạng khuyết tật xuất hiện ở chỗ kim loại mối hàn và kim loại cơ bản của tấm hàn không dính (không ngấu) hoặc ở chỗ các lớp mối hàn (khi hàn nhiều lớp) không dính nhau.

Nguyên nhân chủ yếu là làm sạch không cẩn thận, còn tồn tại bụi, gỉ, sơn...; góc vát mép nhỏ; chân mối hàn quá lớn; khe hở hàn quá hẹp; dòng điện hàn quá nhỏ; tốc độ hàn quá lớn; lệch vị trí que hàn ra khỏi tâm (trục) mối hàn.

- Nứt

Trong kỹ thuật hàn, tùy theo nhiệt độ xảy ra hiện tượng nứt mà chúng có thể được phân thành hai nhóm: nứt nóng và nứt nguội.

+ Nứt nóng xảy ra ở nhiệt độ cao, bề mặt vết nứt bị ôxy hóa.

Khi kết tinh, các màng nửa đặc, nửa lỏng cùng với sự tồn tại ứng suất kéo dài do co ngót gây ra *nứt nóng*.

Ngoài ra nứt nóng còn xuất hiện khi bên trong kim loại mỗi hàn chứa một hàm lượng lớn các nguyên tố cacbon, silic, hydro, niken.

Nứt nóng thường phân bố bên trong mỗi hàn nên khó phát hiện. Chúng có thể phát triển ra bên ngoài và dễ gây ra phá hủy kết cấu hàn.

+ Nứt nguội xảy ra ở nhiệt độ bình thường do kết cấu không hợp lý, làm nguội không đều gây ra ứng suất dư, khi làm việc có ứng suất ngoại lực gây ra vết nứt. Bề mặt vết nứt nguội không bị ôxy hóa.

- Biến dạng

Biến dạng dẫn đến cong, nứt, hỏng ... kết cấu hàn.

7.14.2. Chỉ tiêu kiểm tra và đánh giá chất lượng kết cấu hàn

Căn cứ các chỉ tiêu kiểm tra chất lượng mối hàn, có thể sử dụng các phương pháp kiểm tra chất lượng mối hàn như sau :

- Kiểm tra bằng mắt thường với kính phóng đại (quan sát)

Phương pháp này dùng kiểm tra các khuyết tật lớn trên bề mặt của mối hàn. Quan sát bằng mắt thường và có thể phối hợp với kính phóng đại (như kính lúp phóng đại lên mười lần). Phương pháp này đơn giản, nhưng chỉ kiểm tra được các khuyết tật lớn và rõ ràng.

- Phương pháp kiểm tra thẩm thấu bằng chất dễ thấm (dầu hỏa)

Dùng phương pháp này có thể xác định rõ khí, rỗ xỉ, rỗ, rỉ, nứt ... những mối hàn có chiều dày < 10 mm. Một mặt bôi chất thấm (như dầu hỏa), một mặt quét bột thấm (như nước vôi, bột phấn... để khô). Tại những chỗ có khuyết tật chất thấm thẩm thấu qua và có thể phát hiện được khuyết tật. Phương pháp này đơn giản và có thể phát hiện các khuyết tật nhỏ tới 0,1mm.

- Kiểm tra bằng áp suất thủy tĩnh và kiểm tra có áp suất cao

Phương pháp này dùng kiểm tra độ bền và độ kín của các thiết bị áp lực, thùng, bể chứa, các dụng cụ chứa khí và các chất lỏng ...

Cho áp suất vào thiết bị và tăng lên khoảng $30 \div 40\%$ so với áp lực làm việc cho phép và giữ trong khoảng 30 ÷ 60 phút. Nếu thiết bị ổn định thì có thể đảm bảo an toàn trong quá trình làm việc.

- Kiểm tra bằng thử mẫu

Phương pháp này dùng xác định sự liên kết của kim loại mối hàn. Sự phá hỏng tồn tại ở những chỗ mối hàn không ngấu hoặc có khuyết tật bên trong mối hàn.

- Kiểm tra tổ chức và thành phần hóa học (thử mẫu kim tương)

Phương pháp này dùng kiểm tra tổ chức, kiểm tra thành phần hóa học, xác định chiều sâu ngấu của mối hàn và xác định vùng ảnh hưởng nhiệt của kết cấu hàn cùng các khuyết tật tồn tại bên trong mối hàn. Đây là phương pháp thử mẫu nên không chủ động được hoàn toàn.

- Kiểm tra hóa tính và độ nhạy ăn mòn tinh giới của mối hàn

Dùng phương pháp này để kiểm tra mối hàn từ thép hợp kim ôstenit.

- Kiểm tra cơ tính

Phương pháp này dùng kiểm tra cơ tính của mối hàn như độ bền ... Đây là phương pháp kiểm tra phá hủy. Mẫu hàn được cắt từ các kết cấu hàn hoặc hàn trên cùng vật liệu với cùng một chế độ.

Với các ống có đường kính $\phi < 100$ bắt buộc phải thử kéo và uốn, còn thử độ dai va chạm, chỉ thực hiện với các kết cấu hàn chịu va đập.

- Kiểm tra bằng dòng tia (röntgen, gama) chiếu xạ qua mối hàn và chụp lên phim.

Phương pháp này dùng các dòng tia (γ , χ ...) xuyên qua mối hàn và hiện lên phim. Tại những chỗ có khuyết tật (rỗ khí, rỗ xỉ, không ngấu, có vết nứt...) trên phim sẽ có màu sẫm.

- Kiểm tra bằng siêu âm và chụp lên phim

Phương pháp này dựa vào khả năng xuyên thấu và khúc xạ khi đi qua chỗ mối hàn có khuyết tật.

- Kiểm tra bằng chất phát quang

Dùng dung dịch phát quang quét lên mối hàn để nhận biết vùng có khuyết tật và hình dạng của chúng.

- Kiểm tra khuyết tật tế vi bề mặt mối hàn bằng chất chỉ thị màu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Tùng, Nguyễn Tiến Đào, Nguyễn Thúc Hà
CƠ KHÍ ĐẠI CƯƠNG
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2005
- [2] Nguyễn Tiến Đào, Nguyễn Tiến Dũng
CÔNG NGHỆ KIM LOẠI VÀ ỨNG DỤNG CAD/CAM/CNC
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2003
- [3] Nguyễn Tiến Đào, Trần Công Đức
CÔNG NGHỆ KHAI THÁC THIẾT BỊ CƠ KHÍ
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2002
- [4] Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến và các tác giả
CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY (trọn bộ 2 tập)
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2000
- [5] Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tồn
SỔ TAY CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY (trọn bộ ba tập)
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2005
- [6] Hoàng Tùng, Nguyễn Thúc Hà, Ngô Lê Thông, Chu Văn Khang
CẨM NANG HÀN
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2005
- [7] Kônôrôdôp B.V. , Usôva L. Ph.
CÔNG NGHỆ KIM LOẠI VÀ GIA CÔNG VẬT LIỆU
Nhà xuất bản Luyện kim Maxcova - 1997
- [8] Thomas E. French
MECANICAL DRAWING CAD - COMMUNICATION
Mc Graw - Hill Publishing Company - International Edition - 2000
- [9] Mahadevan K.
SỔ TAY THIẾT KẾ CƠ KHÍ
Nhà xuất bản Shadara Delhi - 1990
- [10] Puff T.
TECHNOLOGIE BUDOWY MASZYN
Nhà xuất bản Warszawa - 1990

- [11] M. V. Storoyev
SÁCH TRA CÚU RÈN VÀ DẬP KHỐI
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Moscow - 1996
- [12] L'ANALYSE DE FABRICATION
Paris - 2000
- [13] R. Butin, M. Pinot
FABRICATION MÉCANIQUE - TECHNOLOGIE
Paris - 1996 và 1997
- [14] F. Lelong, R. Tison
TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES
Paris - 2000
- [15] Lincoln
ELECTRODES AND FLUXES
Sydney - 1990
- [16] SAF
WELDING CUTTING
France - 1998
- [17] ESAB
WELDING HANDBOOK
Geteborg - 1998

MỤC LỤC

	Trang
LỜI GIỚI THIỆU	3
KHÁI NIỆM CHUNG	5
<i>1. Khái niệm và định nghĩa</i>	5
1.1. Khái niệm về sản phẩm	5
1.2. Khái niệm về phối	5
1.3. Quá trình thiết kế	7
1.4. Quá trình sản xuất	7
1.5. Quá trình công nghệ (quy trình công nghệ)	7
<i>2. Dạng sản xuất</i>	9
2.1. Sản xuất đơn chiếc	9
2.2. Sản xuất hàng loạt	9
2.3. Sản xuất hàng khối	10
<i>3. Khái niệm về chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật</i>	10
3.1. Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật	10
3.2. Thời gian gia công T	10
3.3. Năng suất lao động N_L	11
3.4. Giá thành sản phẩm	11
3.5. Biện pháp tăng năng suất lao động và hạ giá thành sản phẩm	11
Phần thứ nhất: CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO PHÔI ĐÚC	15
Chương một: Khái niệm chung	15
<i>1.1. Thực chất, đặc điểm, phân loại</i>	15
1.1.1. Thực chất	15
1.1.2. Đặc điểm	15
1.1.3. Phân loại phương pháp đúc	16
<i>1.2. Đúc trong khuôn cát</i>	16
1.2.1. Khái niệm	16
1.2.2. Các bộ phận cơ bản của khuôn đúc bằng cát	17
<i>1.3. Sự kết tinh của kim loại</i>	19
1.3.1. Yếu tố ảnh hưởng đến sự kết tinh kim loại và hợp kim	19
1.3.2. Sự hình thành vật đúc trong khuôn	20

1.4. Tổ chức kim loại vật đúc	22
1.5. Sự hình thành khuyết tật vật đúc	22
1.5.1. Lỗ co	22
1.5.2. Rỗ co	22
1.5.3. Rỗ khí	22
1.5.4. Thiên tích	22
1.5.5. Ứng suất dư	22
1.6. Yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng vật đúc	23
1.6.1. Hợp kim đúc	24
1.6.2. Loại khuôn	24
1.6.3. Phương pháp làm khuôn	24
1.6.4. Công nghệ đúc	24
Chương hai: Nguyên lý thiết kế kết cấu công nghệ vật đúc	25
2.1. Khái niệm về kết cấu công nghệ vật đúc	25
2.1.1. Yêu cầu của kết cấu chi tiết	25
2.1.2. Phân loại vật đúc	25
2.2. Nguyên tắc thiết kế kết cấu công nghệ vật đúc	26
2.2.1. Yêu cầu về chất lượng hợp kim đúc	26
2.2.2. Thiết kế kết cấu vật đúc thuận tiện cho công nghệ làm khuôn	30
2.2.3. Thiết kế kết cấu vật đúc thuận tiện cho công nghệ làm lõi	31
2.2.4. Kết cấu vật đúc thuận tiện cho công nghệ gia công cơ, lắp ráp	32
2.3. Thiết kế công nghệ đúc	34
2.3.1. Phân tích kết cấu	35
2.3.2. Bản vẽ chi tiết	35
2.3.3. Xác định mặt phân khuôn	36
2.3.4. Thành lập bản vẽ đúc	36
2.3.5. Thành lập bản vẽ mẫu	38
2.3.6. Bản vẽ hộp lõi	39
2.3.7. Thiết kế lõi, gối lõi, khe hở gối lõi	40
2.4. Thiết kế hệ thống rót	43
2.4.1. Yêu cầu đối với hệ thống rót	43

2.4.2. Các bộ phận cơ bản của hệ thống rót	43
2.4.3. Các loại hệ thống rót	46
2.4.4. Tính toán, thiết kế hệ thống rót	47
2.4.5. Đậu ngót, đậu hơi	50
2.5. Quy trình công nghệ làm khuôn (lõi) cát bằng tay	51
2.5.1. Bản vẽ sơ đồ quá trình làm khuôn	51
2.5.2. Làm khuôn cát trong 2 hòm khuôn, lõi đứng	51
2.5.3. Làm khuôn cát trong 2 hòm khuôn, lõi ngang	52
2.5.4. Làm khuôn cát trên nền xương đúc	54
2.5.5. Làm lõi cát	55
2.6. Làm khuôn và lõi cát bằng máy	56
2.7. Lắp lõi, khuôn và kẹp (dè) khuôn	58
2.7.1. Hòm khuôn	58
2.7.2. Lắp lõi	58
2.7.3. Lắp khuôn	60
2.7.4. Dè (kẹp) khuôn	60
2.8. Đúc các hợp kim	61
2.8.1. Tính đúc của hợp kim	61
2.8.2. Đúc gang	63
2.8.3. Đúc thép	69
2.8.4. Đúc hợp kim màu	71
2.9. Đúc đặc biệt	73
2.9.1. Đúc trong khuôn kim loại	73
2.9.2. Đúc áp lực	73
2.9.3. Đúc li tâm	74
2.9.4. Đúc liên tục	76
2.9.5. Đúc trong khuôn vỏ mỏng	76
2.9.6. Đúc trong khuôn mẫu chảy	76
Phần thứ ba: CHẾ TẠO PHÔI BẰNG RÈN DẬP (GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG ÁP LỰC)	
Chương ba: Khái niệm chung	78
3.1. Thực chất, đặc điểm, phân loại	78
3.1.1. Thực chất	78
3.1.2. Đặc điểm	78

3.1.3. Phân loại	79
3.1.4. Cán kim loại	79
3.1.5. Kéo sợi	83
3.1.6. Ép kim loại	83
3.1.7. Rèn tự do	85
3.1.8. Dập thể tích	86
3.1.9. Dập tấm	87
3.2. Biến dạng kim loại	87
3.2.1. Khái niệm về lực	87
3.2.2. Biến dạng đàn hồi	89
3.2.3. Biến dạng dẻo	90
3.2.4. Các hiện tượng xảy ra khi biến dạng dẻo kim loại	94
3.2.5. Nhân tố ảnh hưởng đến tính dẻo và biến dạng dẻo	95
3.2.6. Ảnh hưởng của biến dạng đến tổ chức và tính chất kim loại	102
3.3. Định luật ứng dụng trong gia công kim loại bằng áp lực	104
3.3.1. Định luật biến dạng đàn hồi tồn tại khi biến dạng dẻo	104
3.3.2. Định luật ứng suất dư	104
3.3.3. Định luật thể tích không đổi	105
3.3.4. Định luật trở lực bé nhất (định luật chu vi bé nhất)	106
3.3.5. Định luật đồng dạng	106
Chương bốn: Nung nóng trong gia công áp lực	108
4.1. Mục đích nung nóng	108
4.2. Hình thức và đặc điểm gia công áp lực	108
4.2.1. Hình thức gia công áp lực	108
4.2.2. Đặc điểm các hình thức gia công áp lực	108
4.3. Hiện tượng xảy ra khi nung nóng thép	110
4.4. Chế độ nung nóng trong gia công áp lực	111
4.4.1. Khoảng nhiệt độ gia công trong gia công áp lực	111
4.4.2. Thời gian nung	112
4.4.3. Thời gian giữ nhiệt	113
4.4.4. Tốc độ nung	114
4.5. Thiết bị nung	114

Chương năm: Dụng cụ và thiết bị rèn - dập	117
5.1. Dụng cụ rèn - dập	117
5.2. Thiết bị rèn - dập	117
5.2.1. Máy búa	118
5.2.2. Máy ép	122
5.2.3. Máy dập trục khuỷu	125
5.2.4. Máy rèn ngang	127
Chương thứ sáu: Thiết kế công nghệ vật rèn dập	129
6.1. Thiết kế công nghệ vật rèn tự do	129
6.1.1. Thực chất, đặc điểm	129
6.1.2. Nguyên công cơ bản khi rèn tự do	129
6.2. Thiết kế công nghệ vật rèn tự do	136
6.2.1. Bản vẽ chi tiết (bản vẽ chế tạo)	136
6.2.2. Thành lập bản vẽ vật rèn	137
6.2.3. Chọn dụng cụ và thiết bị	142
6.3. Dập thể tích (dập khối, rèn khuôn, dập nóng)	143
6.3.1. Thực chất	143
6.3.2. Phương pháp dập thể tích	143
6.3.3. Thiết bị dập thể tích	146
6.3.4. Nguyên lý thiết kế vật dập thể tích trên máy búa	146
6.3.5. Những điều cần chú ý khi thiết kế khuôn	153
6.4. Dập tấm (dập nguội)	156
6.4.1. Nguyên công tạo phôi	156
6.4.2. Nguyên công biến dạng tạo hình	162
Phần thứ tư: CHẾ TẠO PHÔI HÀN VÀ CẮT KIM LOẠI	
Chương bảy: Khái niệm chung	170
7.1. Thực chất, đặc điểm, phân loại	170
7.1.1. Thực chất	170
7.1.2. Đặc điểm	171
7.1.3. Phân loại hàn	172
7.2. Quá trình luyện kim và tổ chức kim loại mối hàn	172
7.2.1. Quá trình luyện kim khi hàn nóng chảy	172
7.2.2. Tổ chức kim loại mối hàn nóng chảy	175

7.3. Tính hàn (tính công nghệ hàn) của kim loại và hợp kim	176
7.2.1. Phân loại tính hàn theo vật liệu hàn	176
7.2.2. Đánh giá tính hàn của thép	177
7.4. Hàn điện hồ quang	177
7.4.1. Thực chất, đặc điểm	177
7.4.2. Hồ quang hàn	178
7.4.3. Sự dịch chuyển kim loại vào mối hàn	180
7.4.4. Hiện tượng thổi lệch hồ quang	180
7.4.5. Phân loại hàn hồ quang	181
7.5. Dụng cụ và thiết bị hàn	182
7.5.1. Yêu cầu của nguồn điện hàn và máy hàn	182
7.5.2. Máy hàn một chiều	182
7.5.3. Máy hàn xoay chiều	186
7.5.4. Dụng cụ để hàn hồ quang	188
7.6. Vật liệu hàn	189
7.6.1. Điện cực hàn hồ quang	189
7.6.2. Thuốc hàn	190
7.6.3. Khí hàn	190
7.7. Công nghệ hàn	191
7.7.1. Biểu diễn mối hàn	191
7.7.2. Công nghệ hàn hồ quang tay	197
7.7.3. Vị trí hàn trong không gian	201
7.7.4. Chế độ hàn hồ quang tay	201
7.7.5. Chế độ hàn hồ quang tay khi hàn góc và hàn chữ T	211
7.7.6. Biện pháp nâng cao năng suất khi hàn hồ quang tay	212
7.7.7. Kỹ thuật hàn hồ quang tay	213
7.8. Hàn hồ quang tự động và bán tự động	215
7.8.1. Thực chất	215
7.8.2. Hàn tự động, bán tự động dưới lớp thuốc (trợ dung)	216
7.8.3. Hàn hồ quang tự động và bán tự động trong môi trường khí bảo vệ	219
7.8.4. Công nghệ hàn hồ quang tự động và bán tự động	221
7.9. Hàn điện tiếp xúc	223
7.9.1. Thực chất và đặc điểm	223

7.9.2. Phương pháp hàn điện tiếp xúc giáp mối	224
7.9.3. Hàn điện tiếp xúc điểm	227
7.9.4. Hàn đường	229
7.10. Hàn khí	230
7.10.1. Thực chất và đặc điểm	230
7.10.2. Vật liệu hàn khí	230
7.10.3. Thiết bị hàn khí	232
7.10.4. Công nghệ hàn khí	238
7.10.5. Cắt kim loại bằng khí	243
7.11. Hàn vảy	244
7.11.1. Khái niệm	244
7.11.2. Vảy hàn	244
7.11.3. Thuốc hàn (chất trợ dung)	246
7.12. Các phương pháp hàn đặc biệt	246
7.12.1. Hàn ma sát	246
7.12.2. Hàn nổ	246
7.12.3. Hàn siêu âm	246
7.12.4. Hàn plasma hồ quang	248
7.12.5. Hàn xỉ điện	248
7.12.6. Hàn chất dẻo	249
7.13. Dán kim loại	250
7.13.1. Thực chất, đặc điểm	250
7.13.2. Keo dán	250
7.13.3. Công nghệ dán	251
7.14. Khuyết tật và kiểm tra khuyết tật vật hàn	254
7.14.1. Các loại khuyết tật vật hàn	254
7.14.2. Chỉ tiêu kiểm tra và đánh giá chất lượng kết cấu hàn	256
Tài liệu tham khảo	256
Mục lục	260

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO PHÔI

Tác giả: TS. NGUYỄN TIẾN ĐÀO

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS. TS. Tô Đăng Hải

Biên tập và sửa chế bản:

Nguyễn Thị Diệu Thúy

Trình bày và chế bản:

Tiến Đào, Thụy Anh

Vẽ bìa:

Hương Lan

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
Hà Nội 2006

In 1.000 cuốn, khổ 16 x 24 cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Thống kê.

Quyết định xuất bản số: 409-2006/CXB/95-33/KHKT do Cục Xuất bản cấp ngày 7 tháng 6 năm 2006.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2006

206 217



Giá 41.000 đồng