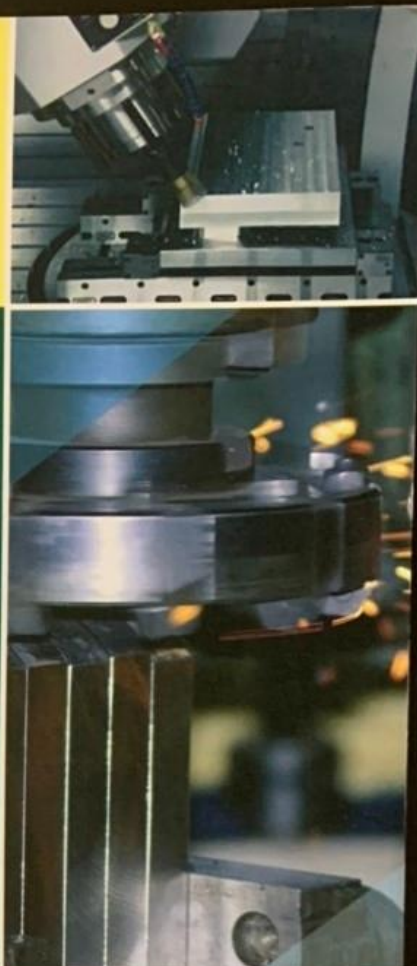


BÙI LÊ GÔN (*Chủ biên*) - TRỊNH DUY CẤP  
PHẠM ĐÌNH SÙNG - NGUYỄN QUỐC DŨNG

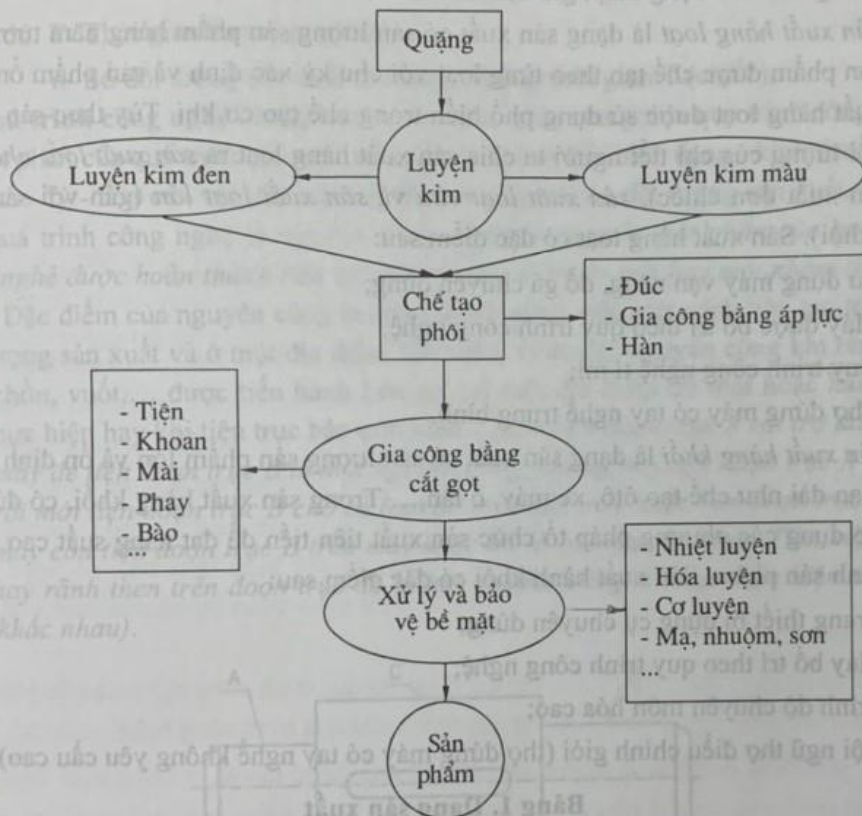
# GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT GIA CÔNG CƠ KHÍ



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

## NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

Quá trình sản xuất cơ khí được diễn tả theo sơ đồ sau (hình 1):



Hình 1. Sơ đồ quá trình sản xuất cơ khí

**Quá trình sản xuất cơ khí** là quá trình con người thông qua các công cụ sản xuất tác dụng lên đối tượng sản xuất (phôi) để biến đổi chúng thành dạng mới gọi là sản phẩm. Quá trình sản xuất cơ khí được thực hiện dựa trên các thiết kế (các bản vẽ), nó gắn liền với sức sản xuất và tư liệu sản xuất. Tùy theo sản lượng hàng năm và mức độ ổn định của sản phẩm người ta chia quá trình sản xuất cơ khí thành 3 dạng (sản xuất đơn chiếc, sản xuất hàng loạt và sản xuất hàng khối - Bảng 1).

- Sản xuất đơn chiếc là dạng sản xuất có sản lượng sản phẩm hàng năm rất ít (thường từ một đến vài chục chiếc) sản phẩm không ổn định và không có chu kỳ sản xuất lại. Sản xuất đơn chiếc thường dùng cho các sản phẩm chế thử hoặc sửa chữa. Sản xuất đơn chiếc có đặc điểm sau:

- + Trang thiết bị, dụng cụ vạn năng;
- + Máy được bố trí theo loại;
- + Thợ đứng máy có tay nghề cao;
- + Năng suất lao động thấp, giá thành cao.

- Sản xuất hàng loạt là dạng sản xuất có sản lượng sản phẩm hàng năm tương đối lớn, sản phẩm được chế tạo theo từng loạt với chu kỳ xác định và sản phẩm ổn định. Sản xuất hàng loạt được sử dụng phổ biến trong chế tạo cơ khí. Tùy theo sản lượng và khối lượng của chi tiết người ta chia sản xuất hàng loạt ra sản xuất loạt nhỏ (gần với sản xuất đơn chiếc), sản xuất loạt vừa và sản xuất loạt lớn (gần với sản xuất hàng khối). Sản xuất hàng loạt có đặc điểm sau:

- + Sử dụng máy vạn năng, đồ gá chuyên dùng;
- + Máy được bố trí theo quy trình công nghệ;
- + Quy trình công nghệ tỉ mỉ;
- + Thợ đứng máy có tay nghề trung bình.

- Sản xuất hàng khối là dạng sản xuất có sản lượng sản phẩm lớn và ổn định trong thời gian dài như chế tạo ô tô, xe máy, ô lăn,... Trong sản xuất hàng khối, có đủ điều kiện áp dụng các phương pháp tổ chức sản xuất tiên tiến để đạt năng suất cao và hạ giá thành sản phẩm. Sản xuất hàng khối có đặc điểm sau:

- + Trang thiết bị dụng cụ chuyên dùng;
- + Máy bố trí theo quy trình công nghệ;
- + Trình độ chuyên môn hóa cao;
- + Đội ngũ thợ điều chỉnh giỏi (thợ đứng máy có tay nghề không yêu cầu cao).

**Bảng 1. Dạng sản xuất**

Dạng sản xuất	Khối lượng chi tiết		
	> 200 kg	4 ÷ 200kg	< 4kg
	Sản lượng hàng năm (chiếc)		
Đơn chiếc	< 5	< 10	< 100
Loạt nhỏ	55 ÷ 100	10 ÷ 200	100 ÷ 500
Loạt vừa	100 ÷ 300	200 ÷ 500	500 ÷ 5000
Loạt lớn	300 ÷ 1000	500 ÷ 5000	5000 ÷ 50000
Hàng khối	> 1000	> 5000	> 50000

Việc phân chia 3 dạng sản xuất nói trên chỉ là tương đối vì tính chất loạt còn phụ thuộc vào thiết bị, tổ chức sản xuất và phương pháp công nghệ.

Trong quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí thường có hai hình thức tổ chức sản xuất:

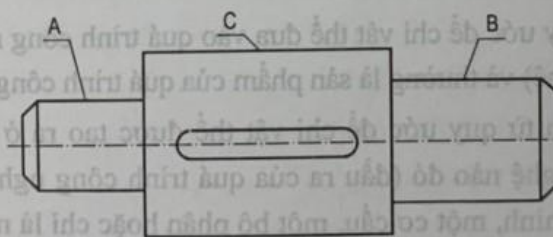
- Sản xuất không theo dây chuyền, áp dụng cho dạng sản xuất đơn chiếc - loạt nhỏ;
- Sản xuất theo dây chuyền, áp dụng cho dạng sản xuất loạt lớn - hàng khối. Đặc trưng của sản xuất theo dây chuyền là nhịp sản xuất. *Nhịp sản xuất là khoảng thời gian lặp lại chu kỳ gia công hoặc lắp ráp, nhịp sản xuất được tính theo công thức:*

$$\tau = T/n \text{ (ph/ch)}$$

trong đó: T- Thời gian làm việc (phút);

n- Số đối tượng sản xuất ra trong khoảng thời gian T (chiếc).

**Quá trình công nghệ** (trong trường hợp đơn giản còn gọi là quy trình công nghệ) là một phần của quá trình sản xuất trực tiếp làm thay đổi hình dạng - kích thước, tính chất cơ - lý - hóa của vật liệu hoặc vị trí tương quan của đối tượng sản xuất. Đơn vị của quá trình công nghệ là nguyên công. *Nguyên công là một phần của quá trình công nghệ được hoàn thành liên tục tại một địa điểm do một hay một nhóm thợ thực hiện.* Đặc điểm của nguyên công là hoàn thành công việc một cách liên tục trên một đối tượng sản xuất và ở một địa điểm làm việc, ví dụ các nguyên công khi rèn tự do như chôn, vuốt,... được tiến hành liên tục tại một địa điểm do một hoặc hai người thợ thực hiện hay khi tiện trục bậc trên hình 2 (nếu tiện đoạn trục A rồi trở đầu ngay trên máy để tiện đoạn trục B là một nguyên công, nhưng nếu tiện đoạn trục A cho cả loạt rồi mới tiện đoạn trục B cho cả loạt đó trên một máy hoặc tiện đoạn trục A trên một máy còn tiện đoạn trục B trên máy khác thì là hai nguyên công. Tiện mặt trụ C và phay rãnh then trên đoạn trục đó là hai nguyên công vì được thực hiện trên hai máy khác nhau).



**Hình 2.** Ví dụ về nguyên công

Khi gia công bằng cắt gọt nguyên công bao gồm các thành phần: *Gá, vị trí, bước, đường chuyển dao và động tác.*

**Gá** là một phần của nguyên công được hoàn thành trong một lần gá. Trong một nguyên công có thể có một hoặc nhiều lần gá. Ví dụ để tiện các mặt trục bậc A, B, C trên một máy có thể thực hiện với hai lần gá (hình 2):

+ Gá 1. Gá phôi lên hai mũi tâm và truyền chuyển động quay bằng tốc để tiện các bề mặt B và C.

+ Gá 2. Trờ đầu phôi để tiện bề mặt A (vì mặt này chưa được tiện ở lần gá 1 do phải kẹp tốc).

- **Vị trí** là một phần của nguyên công được xác định bởi một vị trí tương quan giữa phôi và máy hoặc giữa phôi và dao cắt (cữ so dao). Ví dụ khi phay bánh răng bằng phương pháp chép hình, mỗi lần phay một rãnh răng nên trong một lần gá có nhiều vị trí. Khi phay bánh răng bằng dao phay lăn răng, do tất cả các răng đều được cùng gia công nên chỉ có một vị trí;

- **Bước** là một phần của nguyên công tiến hành gia công một bề mặt hoặc một tập hợp bề mặt, sử dụng một dao hoặc nhiều dao với các yếu tố cắt xác định (V, t, S). Nếu thay đổi một trong các điều kiện về bề mặt gia công, dao cắt, chế độ cắt,... thì chuyển sang một bước khác (khi chế tạo một chi tiết thường gồm bước gia công thô, bước gia công bán tinh, bước gia công tinh,...);

- **Đường chuyển dao** là một phần của bước để hớt đi một lớp vật liệu với cùng một chế độ cắt và một dao;

- **Động tác** là một hành động của người thợ để điều khiển máy như bấm nút, quay ụ dao, gạt càng gạt,... Động tác là đơn vị của nguyên công, đồng thời là đơn vị nhỏ nhất của quá trình công nghệ. Việc phân chia thành động tác rất cần thiết cho việc định mức thời gian gia công, nghiên cứu năng suất lao động và tự động hóa nguyên công.

**Quá trình thiết kế** là quá trình trong đó con người sử dụng những kiến thức tích lũy được để sáng tạo ra một dạng sản phẩm chi thể hiện trên bản vẽ hoặc trong thuyết minh tính toán. Quá trình thiết kế là khởi thảo quan trọng của mọi quá trình diễn ra sau đó.

**Phôi** là danh từ quy ước để chỉ vật thể đưa vào quá trình công nghệ nào đó (đầu vào của quá trình công nghệ) và thường là sản phẩm của quá trình công nghệ trước đó.

**Sản phẩm** là danh từ quy ước để chỉ vật thể được tạo ra ở khâu cuối cùng của một quá trình công nghệ nào đó (đầu ra của quá trình công nghệ). Sản phẩm có thể là một thiết bị hoàn chỉnh, một cơ cấu, một bộ phận hoặc chỉ là một chi tiết máy.

Kỹ thuật gia công cơ khí truyền thống bao gồm các phương pháp gia công kim loại từ quá trình chế tạo phôi đến gia công bằng cắt gọt (sơ đồ hình 1). Hiện nay, do sự phát triển của khoa học vật liệu, xuất hiện ngày một nhiều loại vật liệu mới không mang gốc kim loại như chất dẻo cao phân tử, composit, vật liệu bán dẫn,... nên đòi hỏi có các phương pháp gia công riêng như cán, kéo, thổi, ép hoặc các phương pháp gia công tiên tiến.

Bước  
thách th  
ngày cầ  
người s  
áo,... đ  
Chiế  
- Tíc  
đầu tư,  
- To  
giúp sã  
- Xã  
ngày c  
- X  
và nói  
Đề  
định h  
linh h

Bước vào thiên niên kỷ mới, sản xuất cơ khí đang đứng trước những cơ hội và thách thức của cuộc cách mạng kỹ thuật mới, thời đại tin học, áp lực của môi trường ngày càng tăng, việc toàn cầu hóa và tự do hóa mậu dịch, sự thay đổi quan niệm của người sử dụng và tiêu dùng theo hướng toàn cầu hóa, nối mạng và công nghệ ảo,... đòi hỏi chiến lược phát triển phù hợp.

Chiến lược phát triển sản xuất cơ khí hiện nay bao gồm:

- Tích hợp nhiều kỹ thuật công nghệ mô đun thành công nghệ đơn nhất, để giảm đầu tư, thời gian kiểm nghiệm, thời gian vận chuyển và gia công.
  - Toàn bộ công nghệ có thể lập trình mà không cần lắp ráp hoặc gia công cứng, giúp sản phẩm có thể chuyển đổi nhanh.
  - Xây dựng công nghệ tự thân, làm đơn giản hóa lập trình và gia công lắp ráp ngày càng linh hoạt.
  - Xử lý ở mức độ phân tử hoặc nguyên tử để sản xuất vật liệu mới, loại bỏ lắp ráp và nối ghép phân tán, có thể sản xuất vật liệu thành nhiều phần trong một linh kiện.
- Đề hội nhập và phát triển, sản xuất cơ khí của nước ta đang từng bước thực hiện định hướng công nghệ chế tạo hiện đại của thế giới theo phương châm: Chính xác, linh hoạt, thông minh, tích hợp và toàn cầu hóa.

# PHẦN 1

## CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG KHÔNG PHOI

### Chương 1

#### ĐÚC KIM LOẠI

##### 1.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Đúc là phương pháp chế tạo sản phẩm bằng cách rót kim loại lỏng vào khuôn có hình dạng và kích thước nhất định. Sau khi kim loại đông đặc, ta thu được vật phẩm có hình dạng và kích thước phù hợp với yêu cầu gọi là vật đúc. Vật đúc được dùng ngay gọi là chi tiết đúc, nếu vật đúc phải qua gia công cắt gọt để nâng cao độ chính xác và độ bóng bề mặt thì gọi là phôi đúc.

Vật liệu đúc phải có tính đúc như kim loại đen (thép, gang), kim loại - hợp kim màu và vật liệu có tính đúc khác. Kim loại lỏng trước khi rót vào khuôn là sản phẩm của quá trình nấu - luyện với thành phần hóa học theo yêu cầu của vật đúc.

Sản xuất đúc có vai trò quan trọng trong ngành cơ khí chế tạo, là phương pháp thông dụng tạo hình các phôi liệu (các chi tiết có nguồn gốc từ đúc thường chiếm 70÷80% khối lượng của máy).

Có thể phân loại đúc theo loại khuôn, tên gọi của vật liệu làm khuôn và phương pháp điền đầy kim loại lỏng vào lòng khuôn.

- Theo loại khuôn:
  - + Khuôn đúc một lần (khuôn cát);
  - + Khuôn đúc bán vĩnh cửu (khuôn đất sét);
  - + Khuôn đúc vĩnh cửu (khuôn kim loại).
- Theo tên gọi của vật liệu làm khuôn:
  - + Khuôn cát (vật liệu làm khuôn bằng cát);
  - + Khuôn kim loại (vật liệu làm khuôn bằng kim loại);...
- Theo phương pháp điền đầy kim loại lỏng vào khuôn:
  - + Đúc bình thường;
  - + Đúc áp lực;
  - + Đúc ly tâm.

Trong các thông dụng, trong khuôn về các phươn

Trong h  
khuôn

##### 1.2. ĐÚC T

###### 1.2.1. Khái

Đúc tron

là thành ph

Đặc điề

- Khuôn

- Đúc đ

- Độ ch

- Tổn k

- Khuyế

- Vốn đ

Đúc tro

- Đúc

khuôn và

đơn giản v

- Đúc t

dùng khí

- Đúc

vật đúc r

Trong các phương pháp đúc trên thì đúc trong khuôn cát là phương pháp đúc thông dụng, các phương pháp đúc khác gọi là đúc đặc biệt. Ngoài ra, còn có đúc trong khuôn vỏ mỏng, đúc trong khuôn mẫu chảy. Trên hình 1.1 là sơ đồ phân loại về các phương pháp đúc.



Hình 1.1. Sơ đồ phân loại các phương pháp đúc kim loại

## 1.2. ĐÚC TRONG KHUÔN CÁT

### 1.2.1. Khái niệm, đặc điểm và phân loại

Đúc trong khuôn cát là đúc các sản phẩm trong khuôn làm bằng hỗn hợp mà cát là thành phần chủ yếu.

Đặc điểm khi đúc vật đúc trong khuôn cát:

- Khuôn cát là loại khuôn đúc một lần (phải dỡ khuôn và tháo lõi khi lấy vật đúc);
- Đúc được những vật đúc lớn, vật đúc có hình thù phức tạp;
- Độ chính xác vật đúc thấp, chất lượng bề mặt kém, năng suất đúc thấp;
- Tốn kim loại (vì hệ thống rót công kênh và lượng dư gia công cơ khí lớn);
- Khuyết tật khi đúc trong khuôn cát nguy hiểm và khó kiểm tra ;
- Vốn đầu tư thấp, phù hợp với dạng sản xuất đơn chiếc - loạt nhỏ.

Đúc trong khuôn cát bao gồm các phương pháp (hình 1.1):

- Đúc trên nền xương (lòng khuôn được tạo trên nền xương, không cần hòm khuôn và sấy khuôn tại chỗ), dùng khi đúc các vật đúc lớn hoặc vật đúc có hình thù đơn giản với số lượng lớn trong một mẻ đúc;
- Đúc trong hòm khuôn (lòng khuôn được tạo trong một hoặc nhiều hòm khuôn), dùng khi đúc các vật đúc có hình thù phức tạp, kích thước nhỏ hoặc trung bình;
- Đúc trong khuôn dưỡng gạt (lõi khi đúc được thay bằng dưỡng gạt), dùng cho vật đúc rỗng có kích thước lớn, thấp và tròn xoay.



### 1.2.2. Quá trình sản xuất vật đúc trong khuôn cát

Quá trình sản xuất vật đúc trong khuôn cát bao gồm chuẩn bị sản xuất, sản xuất và kiểm tra.

- Chuẩn bị sản xuất:

+ Chuẩn bị thiết kế. Bộ phận kỹ thuật căn cứ vào bản vẽ chế tạo chi tiết, lập ra bản vẽ vật đúc (bản vẽ lồng phôi - thể hiện lượng dư gia công cơ khí), bản vẽ mẫu, lõi và cấu tạo khuôn đúc (mặt cắt khuôn), tính toán khối lượng vật liệu đúc, lực đè khuôn,...;

+ Chuẩn bị công nghệ gồm việc chế tạo mẫu, hộp lõi, chuẩn bị vật liệu làm khuôn (lõi), mặt bằng làm khuôn (lõi), vật liệu đúc, nhiên liệu và thiết bị nấu chảy kim loại;...

- Sản xuất:

+ Làm khuôn (sấy khuôn nếu cần), làm lõi và sấy lõi;

+ Sửa khuôn, lắp ráp khuôn (lõi);

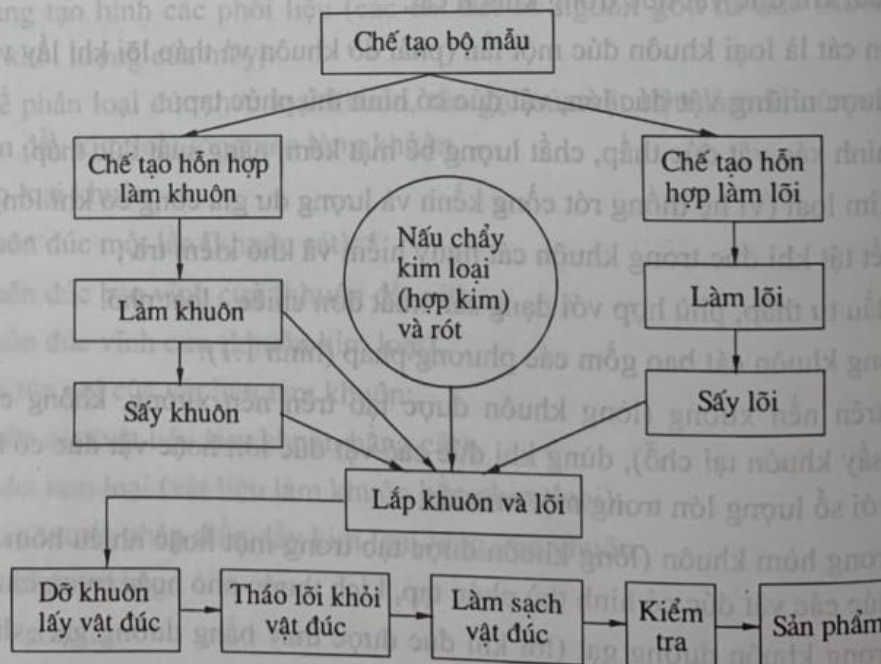
+ Nấu chảy kim loại và rót kim loại lỏng vào khuôn;

+ Sau khi kim loại đông đặc và nguội tiến hành dỡ khuôn lấy vật đúc (tháo lõi khỏi vật đúc nếu có);

+ Làm sạch vật đúc, cắt bỏ hệ thống rót, đậu ngót, đậu hơi và kiểm tra sơ bộ vật đúc.

- Kiểm tra chính xác hình dáng, kích thước, chất lượng bên trong và bên ngoài của vật đúc.

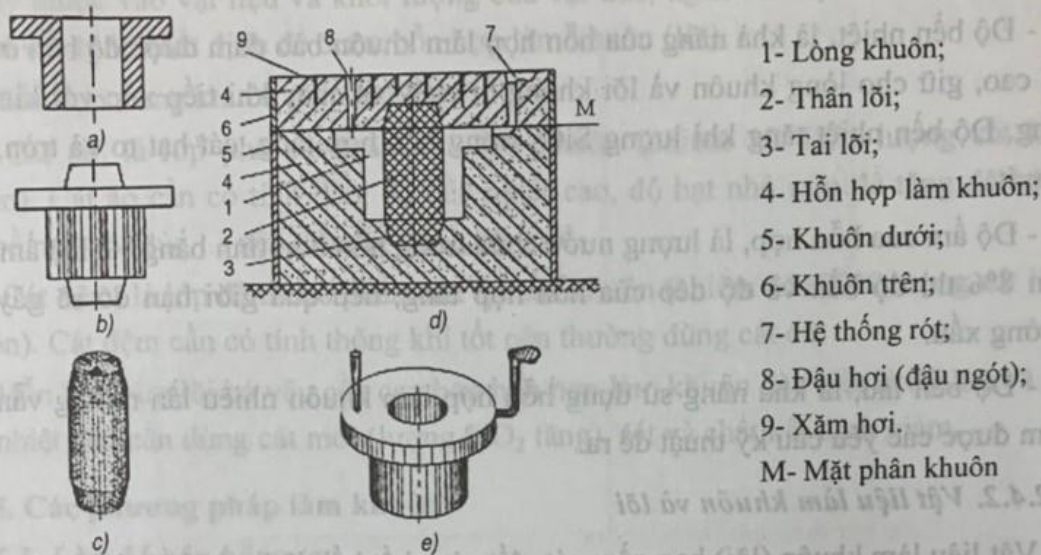
Trên hình 1.2 là sơ đồ quá trình sản xuất vật đúc trong khuôn cát.



Hình 1.2. Quá trình sản xuất vật đúc trong khuôn cát

### 1.2.3. Những bộ phận chính khi đúc vật đúc trong khuôn cát

Những bộ phận chính khi đúc vật đúc trong khuôn cát gồm chi tiết (bản vẽ chi tiết, hình 1.3a), mẫu (hình 1.3b), lõi (hình 1.3c), khuôn đúc (mặt cắt khuôn - hình 1.3d) và vật đúc (hình 1.3e).



Hình 1.3. Những bộ phận chính khi đúc vật đúc trong khuôn cát

a) Chi tiết; b) Mẫu; c) Lõi; d) Mặt cắt khuôn; e) Vật đúc

### 1.2.4. Hỗn hợp làm khuôn và lõi

#### 1.2.4.1. Yêu cầu đối với hỗn hợp làm khuôn và lõi

Hỗn hợp làm khuôn và lõi phải thỏa mãn những yêu cầu sau:

- Tính dẻo, là khả năng biến dạng vĩnh cửu của hỗn hợp để tạo thành lòng khuôn (mặt lõi) khi lấy mẫu ra khỏi khuôn hay lấy lõi ra khỏi hộp lõi. Tính dẻo tăng khi lượng nước trong hỗn hợp tăng đến 8%, lượng sét và chất kết dính tăng, cát hạt nhỏ.

- Độ bền, là khả năng của hỗn hợp chịu được tác dụng của ngoại lực mà không bị phá hủy trong quá trình vận chuyển, lấp đặt và chịu áp lực của kim loại lỏng khi rót vào khuôn. Độ bền của hỗn hợp tăng khi lượng nước tăng đến 8%, cát hạt nhỏ và sắc cạnh, lượng sét tăng. Khuôn được sấy (khuôn khô) có độ bền cao hơn khuôn không được sấy (khuôn tươi);

- Độ lún, là khả năng giảm thể tích của hỗn hợp khi chịu tác dụng của ngoại lực, làm giảm sự cản trở của khuôn (lõi) khi vật đúc co ngót trong quá trình kết tinh và nguội, tránh cho vật đúc các khuyết tật về hình dạng. Độ lún tăng khi cát hạt to, chất kết dính ít, chất phụ có độ xốp tăng.

- Tính thông khí, là khả năng cho khí thoát qua hỗn hợp ra ngoài khi rót kim loại lỏng vào khuôn, tránh gây rỗ khí trong vật đúc. Tính thông khí tăng khi cát hạt to và đều, lượng sét và chất kết dính ít, chất phụ có độ xốp tăng, lượng nước hạn chế. Để tăng tính thông khí, trong quá trình làm khuôn, người ta dùng xiên sắt tạo xăm hơi và sấy khuôn.

- Độ bền nhiệt, là khả năng của hỗn hợp làm khuôn bảo đảm được độ bền ở nhiệt độ cao, giữ cho lòng khuôn và lõi không bị cháy và chảy khi tiếp xúc với kim loại lỏng. Độ bền nhiệt tăng khi lượng  $\text{SiO}_2$  trong hỗn hợp tăng, cát hạt to và tròn, chất phụ ít.

- Độ ẩm của hỗn hợp, là lượng nước chứa trong hỗn hợp tính bằng %. Độ ẩm tăng đến 8% thì độ bền và độ dẻo của hỗn hợp tăng, nếu quá giới hạn đó sẽ gây ảnh hưởng xấu.

- Độ bền lâu, là khả năng sử dụng hỗn hợp làm khuôn nhiều lần nhưng vẫn bảo đảm được các yêu cầu kỹ thuật đề ra.

#### 1.2.4.2. Vật liệu làm khuôn và lõi

Vật liệu làm khuôn (lõi) bao gồm cát, đất sét, chất kết dính và chất phụ.

- Cát là thành phần chủ yếu của hỗn hợp làm khuôn (lõi). Thành phần chính của cát là thạch anh ( $\text{SiO}_2$ ), ngoài ra còn có một ít sét và các tạp chất.

- Đất sét có thành phần chủ yếu là cao lanh ( $m\text{Al}_2\text{O}_3 + n\text{SiO}_2 + q\text{H}_2\text{O}$ ) ngoài ra còn có một số tạp chất khác như:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,... Sét làm tăng độ bền và độ dẻo cho hỗn hợp.

- Chất kết dính, là chất tạo ra sự liên kết cơ học trong hỗn hợp làm khuôn (lõi) nhất là sau khi sấy. Chất kết dính bao gồm chất kết dính hữu cơ và chất kết dính vô cơ ở thể lỏng hay bột.

+ Chất kết dính hữu cơ gồm các loại dầu thực vật như dầu bông, dầu lanh, dầu thầu, ...

+ Chất kết dính vô cơ gồm chất kết dính vô cơ hòa tan trong nước (đường, mật mía, bột hồ, ...) và chất kết dính hóa cứng (xi măng, hắc ín, nước thủy tinh, ...) dùng cho khuôn hoặc lõi tự sấy khô.

- Chất phụ là những chất đưa vào nhằm tăng độ lún, tính thông khí, độ bóng bề mặt lòng khuôn hoặc khả năng chịu nhiệt của hỗn hợp. Chất phụ gồm hai loại chính:

+ Chất phụ làm tăng độ xốp, độ lún và khả năng thoát khí như mùn cưa, rơm, rạ, bột than, ...;

+ Chất sơn khuôn như bột grafit, bột than hoặc dung dịch của chúng với đất sét. Các chất này được sơn lên lòng khuôn, mặt lõi để tăng độ bóng và tăng tính chịu nhiệt.

Ngoài các vật liệu trên còn có các chất liệu đặc biệt như bột cát thạch anh,...

#### 1.2.4.3. Chế tạo hỗn hợp làm khuôn và lõi

Tùy thuộc vào vật liệu và khối lượng của vật đúc, người ta trộn các vật liệu làm khuôn với tỷ lệ nhất định để được hỗn hợp làm khuôn (lõi).

- Hỗn hợp trong khuôn gồm hai lớp:

+ Cát áo, là lớp phủ sát mẫu khi làm khuôn (chiếm 10÷15% lượng cát làm khuôn). Cát áo cần có tính dẻo, độ bền nhiệt cao, độ hạt nhỏ mịn để tăng độ bóng cho bề mặt vật đúc, ... nên thường dùng cát mới.

+ Cát đệm, là lớp đệm cho phần còn lại của khuôn (chiếm 85÷90% lượng cát làm khuôn). Cát đệm cần có tính thông khí tốt nên thường dùng cát cũ.

- Hỗn hợp làm lõi có yêu cầu cao hơn hỗn hợp làm khuôn đặc biệt là độ lún và độ bền nhiệt nên cần dùng cát mới (lượng  $\text{SiO}_2$  tăng), sét và chất kết dính giảm.

#### 1.2.5. Các phương pháp làm khuôn

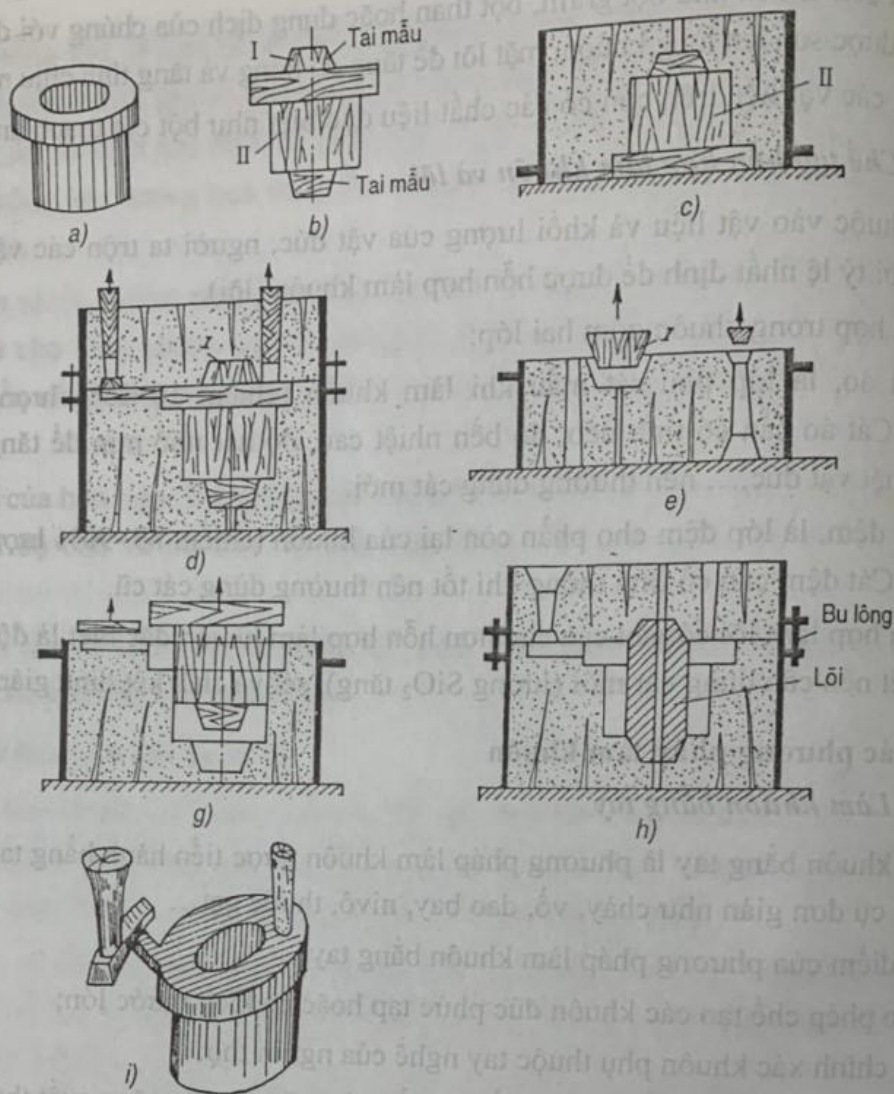
##### 1.2.5.1. Làm khuôn bằng tay

Làm khuôn bằng tay là phương pháp làm khuôn được tiến hành bằng tay nhờ một số dụng cụ đơn giản như chày, vồ, dao bay, nivô, thước gạt...

Đặc điểm của phương pháp làm khuôn bằng tay:

- Cho phép chế tạo các khuôn đúc phức tạp hoặc có kích thước lớn;
- Độ chính xác khuôn phụ thuộc tay nghề của người thợ;
- Thời gian làm khuôn kéo dài (gồm nhiều công đoạn) nên năng suất thấp;
- Phù hợp với sản xuất đơn chiếc và loại nhỏ.

Trên hình 1.4 biểu diễn quá trình làm khuôn đúc vật đúc trong hai hòm khuôn: Lấy nửa mẫu II và hòm khuôn dưới để làm khuôn dưới, rải hỗn hợp làm khuôn theo lớp - đầm chặt và xăm hơi để tăng tính thông khí (hình 1.4c); Lật khuôn dưới đi  $180^\circ$  và rắc bột phân cách (hỗn hợp khô), định vị hòm khuôn trên và dưới bằng các chốt định vị trên mặt ghép giữa các hòm khuôn, đặt mẫu I trong hòm khuôn trên, đặt mẫu hệ thống rót và đậu ngót, rải hỗn hợp làm khuôn theo lớp - đầm chặt, xăm hơi rồi rút mẫu cốc rót - ống rót, đậu ngót và sửa khuôn (hình 1.4d); Tháo hòm khuôn trên, lật đi  $180^\circ$  để rút mẫu I và rãnh lọc xỉ (hình 1.4e); Rút mẫu rãnh dẫn, mẫu II của hòm khuôn dưới, sửa khuôn (hình 1.4g); Sấy lõi (khuôn) và lắp ráp khuôn (lõi) theo chốt định vị, cố định các hòm khuôn bằng bulông để chờ rót kim loại lỏng (hình 1.4h).



**Hình 1.4.** Quá trình làm khuôn đúc vật đúc trong hai hòm khuôn

- a) Chi tiết; b) Mẫu; c) Làm khuôn dưới; d) Làm khuôn trên; e) Rút mẫu khuôn trên - sửa khuôn; g) Rút mẫu khuôn dưới - sửa khuôn; h) Lắp ráp khuôn; i) Vật đúc

### 1.2.5.2. Làm khuôn bằng máy

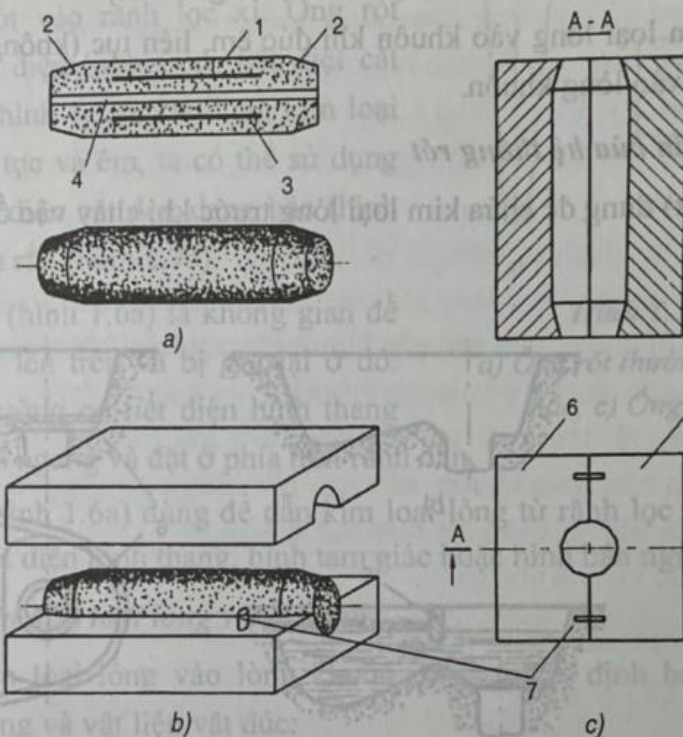
Đối với vật đúc có hình thù đơn giản - kích thước trung bình (đúc trong hòm khuôn) có thể làm khuôn bằng máy - nguyên công đảm chặt được tiến hành bằng các phương pháp rung, ép hoặc kết hợp.

### 1.2.6. Các phương pháp làm lõi

Lõi là bộ phận nằm lại trong khuôn khi đúc nhằm tạo ra khoảng không gian rộng bên trong hoặc các phần lõm của vật đúc.

Cấu tạo chung của lõi bao gồm (hình 1.5a):

- Thân lõi 1 có hình dạng và kích thước giống với hình dạng bên trong của vật đúc;
- Tai lõi 2 dùng để định vị lõi trong khuôn (đặt trên tai gồi lõi trong khuôn).
- Xương lõi 3 (làm bằng thép hoặc gang) nhằm tăng độ bền và độ cứng cho lõi. Kích thước và hình dạng của xương lõi phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của lõi.
- Rãnh hơi 4 để tăng khả năng thông khí cho lõi (thường làm rỗng bằng cốt hoặc đặt sẵn một sợi dây dễ cháy).



**Hình 1.5.** Lõi và hộp lõi hai nửa

a) Lõi: 1- Thân lõi, 2- Tai lõi, 3- Xương lõi, 4- Rãnh hơi;

b) Tháo hộp lõi; c) Cấu tạo hộp lõi: 5; 6- Hai nửa hộp lõi, 7- Chốt định vị

Các phương pháp làm lõi:

- Làm lõi bằng tay, thường sử dụng hộp lõi hai nửa như trên hình 1.5: Lắp hai nửa hộp lõi 5 và 6 với nhau bằng các chốt định vị 7 rồi kẹp giữ bằng vít kẹp hoặc dây buộc (hình 1.5c). Cho hỗn hợp làm lõi vào hộp lõi, đặt xương lõi và cốt rãnh hơi, đảm chặt hỗn hợp đến khi đầy, rút cốt rãnh hơi (có thể dùng lõi tạo rãnh hơi sau khi đảm chặt hỗn hợp), tháo hai nửa hộp lõi để lấy lõi (hình 1.5b), quét sơn lên mặt lõi và đem sấy khô.

- Làm lõi bằng máy. Đối với các lõi có hình thù đơn giản (hình trụ tròn) có thể được tạo hình bằng các thiết bị dằn - ép hoặc đùn - ép.

### 1.2.7. Hệ thống rót (đậu rót)

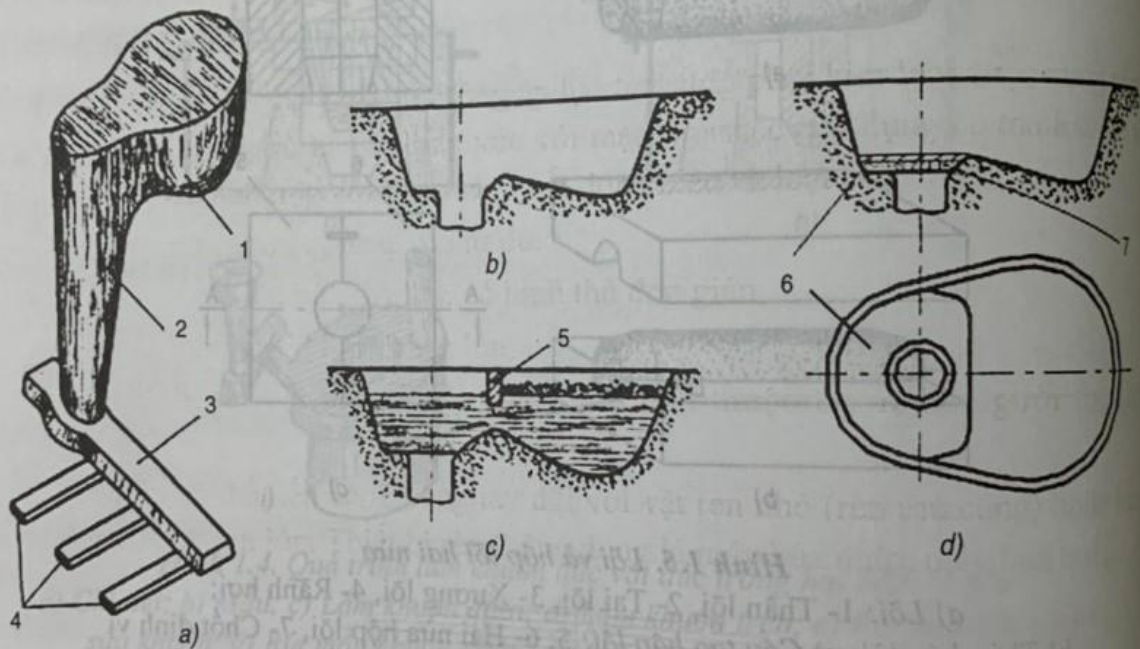
Hệ thống rót bao gồm cốc rót 1, ống rót 2, rãnh lọc xi 3, rãnh dẫn 4 (hình 1.6a). Hệ thống rót có nhiệm vụ dẫn kim loại lỏng từ thùng rót vào lòng khuôn. Nếu hệ thống rót được thiết kế và bố trí hợp lý sẽ góp phần giảm hao phí kim loại và nâng cao chất lượng vật đúc.

Yêu cầu đối với hệ thống rót:

- Bảo đảm cho kim loại lỏng điền đầy toàn bộ lòng khuôn;
- Dòng chảy kim loại lỏng vào khuôn khi đúc êm, liên tục (không bị cản trở) và ngăn không cho xỉ vào lòng khuôn.

#### 1.2.7.1. Các bộ phận của hệ thống rót

1. Cốc rót (phễu rót) dùng để chứa kim loại lỏng trước khi chảy vào ống rót.



Hình 1.6. Hệ thống rót

a) Hệ thống rót: 1- Cốc rót, 2- Ống rót, 3- Rãnh lọc xỉ, 4- Rãnh dẫn;

b) Cốc rót thường; c) Cốc rót có màng ngăn: 5- Màng ngăn;

d) Cốc rót có màng lọc: 6- Tấm tôn mỏng, 7- Màng lọc

Cốc rót gồm các loại:

- Cốc rót thường (hình 1.6b) được tạo ra khi làm khuôn. Cốc rót thường không lọc được xỉ, nên cần rót đầy kim loại lỏng vào cốc để xỉ nổi lên trên.
- Cốc rót có màng ngăn (hình 1.6c). Màng ngăn 5 được bố trí giống như các lá cực ắc quy. Khi rót kim loại lỏng vào cốc, kim loại lỏng chảy qua các khe hở vào

khuôn, còn xi và tạp chất có khối lượng riêng nhỏ hơn khối lượng riêng của kim loại lỏng sẽ nổi lên trên và được giữ ở lại.

- Cốc rót có màng lọc (hình 1.6d) được tạo ra khi làm khuôn với màng lọc 7 bằng vật liệu làm khuôn và đập lên trên một tấm tôn mỏng 6. Khi rót kim loại lỏng đầy vào cốc, tấm tôn bị chảy thủng tại vị trí các lỗ trên màng - cho kim loại lỏng chảy vào khuôn, còn xi bị giữ ở lại.

2. **Ống rót** (hình 1.6a) dùng để dẫn kim loại lỏng từ cốc rót vào rãnh lọc xi. Ống rót thường có tiết diện hình tròn, tiết diện cắt dọc hình côn (hình 1.7a). Để dòng kim loại lỏng chảy liên tục và êm, ta có thể sử dụng ống rót có tiết diện cắt dọc dạng bậc (hình 1.7b) hoặc hình rắn (hình 1.7c).



3. **Rãnh lọc xỉ** (hình 1.6a) là không gian để cho xỉ nhẹ nổi lên trên và bị giữ lại ở đó. Rãnh lọc xỉ thường có tiết diện hình thang được bố trí nằm ngang và đặt ở phía trên rãnh dẫn.

4. **Rãnh dẫn** (hình 1.6a) dùng để dẫn kim loại lỏng từ rãnh lọc xỉ vào lòng khuôn. Rãnh dẫn có tiết diện hình thang, hình tam giác hoặc hình bán nguyệt.

#### 1.2.7.2. **Chỗ dẫn kim loại lỏng vào khuôn**

Chỗ dẫn kim loại lỏng vào lòng khuôn được quyết định bởi hình dạng, kích thước, khối lượng và vật liệu vật đúc:

- Đối với vật đúc có khối lượng  $G \leq 1,5$  tấn, chiều dài  $L \leq 3$ m dẫn kim loại lỏng vào lòng khuôn từ một phía. Khi  $L > 3$ m dẫn kim loại lỏng vào giữa lòng khuôn;

- Đối với vật đúc có hình dạng phức tạp (chiều dài  $L > 2$ m) dẫn kim loại lỏng từ hai phía vào lòng khuôn và cần có hai hệ thống rót;

- Đối với vật đúc rỗng bằng gang, có chiều dày khác nhau không nhiều, dẫn kim loại lỏng vào chỗ mỏng nhất để vật đúc nguội đồng đều. Vật đúc bằng gang ít cacbon có nhiều chỗ dày, dẫn kim loại lỏng vào chỗ dày nhất để vật đúc nguội từ tiết diện nhỏ đến tiết diện lớn;

- Đối với vật đúc có dạng tròn xoay, dẫn kim loại lỏng vào theo hướng tiếp tuyến với thành khuôn để dòng kim loại xoay tròn theo một hướng;

- Đối với vật đúc thấp (đúc trong một hòm khuôn), dẫn kim loại lỏng từ trên xuống;



- Đối với vật đúc có chiều cao trung bình (đúc trong hai hay nhiều hòm khuôn) dẫn kim loại lỏng vào giữa lòng khuôn;

- Đối với vật đúc cao, vật đúc quan trọng, vật đúc bằng kim loại - hợp kim màu thì dẫn kim loại lỏng từ dưới lên trên theo kiểu xi phông.

### 1.2.7.3. Đậu hơi, đậu ngót

1. **Đậu hơi** dùng để dẫn khí trong lòng khuôn thoát ra môi trường làm giảm áp lực của kim loại lỏng trong lòng khuôn và báo hiệu mức kim loại lỏng trong khuôn khi đúc. Đậu hơi còn có tác dụng dẫn và bổ sung kim loại lỏng cho vật đúc khi bị thiếu hụt. Đậu hơi thường có tiết diện hình tròn hoặc hình chữ nhật, tiết diện cắt dọc hình côn và được đặt ở vị trí cao nhất hoặc bên cạnh lòng khuôn (hình 1.3d,e).

2. **Đậu ngót** dùng để quan sát và bổ sung kim loại lỏng khi đúc. Đậu ngót gồm hai loại:

- Đậu ngót hở, là đậu ngót thông với khí trời (có cấu tạo giống như đậu hơi), đặt ở chỗ kim loại đông đặc chậm và co ngót nhiều (hình 1.3d,e). Đậu ngót hở dễ chế tạo, dễ quan sát và bổ sung kim loại lỏng khi đúc. Tuy nhiên, chiều cao đậu ngót hở phụ thuộc chiều cao hòm khuôn, nên hao phí kim loại tăng, côn trùng và chất bẩn dễ rơi vào lòng khuôn.

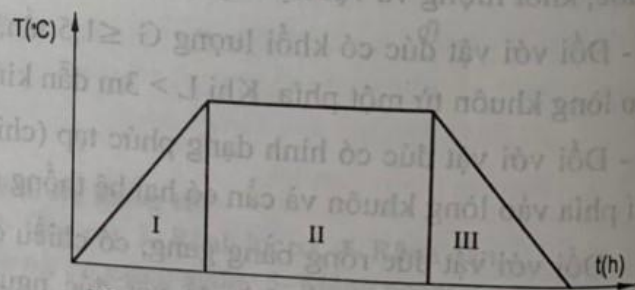
- Đậu ngót ngậm, là đậu ngót không thông với khí trời (chiều cao không phụ thuộc vào chiều cao của hòm khuôn, nên hao phí kim loại ít hơn đậu ngót hở). Sử dụng đậu ngót ngậm không quan sát được mức kim loại trong khuôn, khó bổ sung kim loại lỏng khi đúc và khó chế tạo.

### 1.2.8. Sấy và lắp ráp khuôn

#### 1.2.8.1. Sấy khuôn và sấy lõi

Sấy khuôn (lõi) là quá trình sử dụng nguồn nhiệt làm bốc hơi nước trong khuôn (lõi) nhằm tăng độ bền, tính thông khí và hạn chế khả năng tạo khí của hỗn hợp khi đúc. Sấy khuôn tiến hành khi đúc các vật đúc lớn, vật đúc có hình thù phức tạp và có yêu cầu cao về chất lượng hoặc chịu áp lực lớn khi đúc. Các trường hợp khác thường dùng khuôn tươi. Đối với lõi, do có yêu cầu kỹ thuật cao nên bắt buộc phải sấy.

Nhiệt độ và thời gian sấy khuôn (lõi). Trên hình 1.8 là đồ thị quan hệ giữa nhiệt độ và thời gian sấy. Quá trình sấy gồm ba giai đoạn: *tăng nhiệt độ* (I), *giữ nhiệt độ*



Hình 1.8. Quan hệ giữa nhiệt độ sấy và thời gian sấy

(II) và *giảm nhiệt độ* (III). Nhiệt độ sấy cao nước bốc hơi nhanh, nhưng nếu nhiệt độ sấy cao quá sẽ gây nứt nẻ khuôn và lõi. Ngược lại, nhiệt độ sấy thấp thì thời gian sấy lâu. Thời gian sấy phụ thuộc vào khối lượng, kích thước, độ phức tạp của khuôn (lõi) và phương pháp sấy khuôn. Ví dụ khi sấy lõi có khối lượng < 200 kg bằng phương pháp sấy đối lưu, thời gian sấy:  $t = 0,75 \div 6$  giờ.

Các phương pháp sấy khuôn (lõi):

- Sấy tự nhiên, bằng cách hong khô khuôn (lõi) ngoài trời hoặc để tự khô trong xưởng. Phương pháp này phụ thuộc vào thời tiết nên thời gian sấy lâu - hiệu quả sấy thấp;

- Sấy cưỡng bức, gồm các phương pháp:

+ Sấy tiếp xúc, bằng cách cho lòng khuôn (lõi) tiếp xúc với các vật được nung nóng như tấm gang nóng, đất nung nóng,...;

+ Sấy đối lưu, bằng cách thổi dòng khí nóng vào lòng khuôn (lõi);

+ Sấy bức xạ, bằng cách dùng các tia hồng ngoại và tử ngoại phát ra từ nguồn nhiệt như bóng điện, dây điện trở để sấy khuôn (lõi).

Ngoài ra, có thể tiến hành sấy bằng cách phun chất dễ cháy như cồn vào lòng khuôn (lõi) và đốt.

#### 1.2.8.2. Lắp ráp khuôn và lõi

Khuôn và lõi sau khi chế tạo và sấy được đem lắp ráp theo trình tự sau:

- Đặt lõi vào khuôn và kiểm tra vị trí của lõi trong khuôn (kiểm tra bằng nivô hoặc dưỡng);

- Lắp hòm khuôn trên thông qua các chốt định vị (khi đúc trong hai hoặc nhiều hòm khuôn);

- Cố định các hòm khuôn để chống lại lực đẩy của kim loại lỏng khi đúc (*lực đè khuôn xác định bằng hiệu lực đẩy của kim loại lỏng lên hòm khuôn trên và trọng lượng của hòm khuôn trên*):

+ Dùng đối trọng (vật nặng) để đè khuôn khi đúc trong một hòm khuôn;

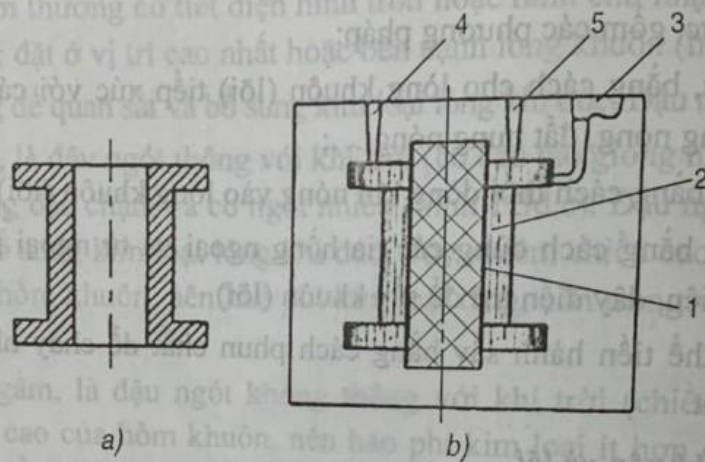
+ Dùng đối trọng hoặc bulông kẹp giữ các hòm khuôn với nhau khi đúc trong hai hay nhiều hòm khuôn.

### 1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÚC ĐẶC BIỆT

#### 1.3.1. Đúc trong khuôn kim loại

Thực chất của đúc trong khuôn kim loại là điền đầy kim lỏng vào khuôn được làm bằng kim loại (hình 1.9). So với đúc trong khuôn cát, đúc trong khuôn kim loại có những đặc điểm sau:

- Cơ tính của vật đúc tốt hơn do tốc độ kết tinh của kim loại lỏng lớn nhờ khả năng trao đổi nhiệt với thành khuôn cao;
- Chất lượng bề mặt vật đúc tốt hơn do độ bóng và độ chính xác của lòng khuôn cao;
- Tuổi thọ của khuôn cao, năng suất đúc cao (do chỉ phải làm khuôn một lần);
- Công nghệ đúc bị hạn chế (do khuôn kim loại không có độ lún và tính thông khí);
- Đúc trong khuôn kim loại không thích hợp với vật đúc có thành mỏng, hình thù phức tạp hoặc kích thước lớn (do khả năng làm khuôn bị hạn chế);
- Giá thành chế tạo khuôn cao, khuôn chóng mòn.



**Hình 1.9. Đúc trong khuôn kim loại**

a) Chi tiết đúc; b) Mặt cắt khuôn

1- Lõi, 2- Lòng khuôn (kim loại lỏng), 3- Hệ thống rót, 4- Đậu ngót, 5- Đậu hơi

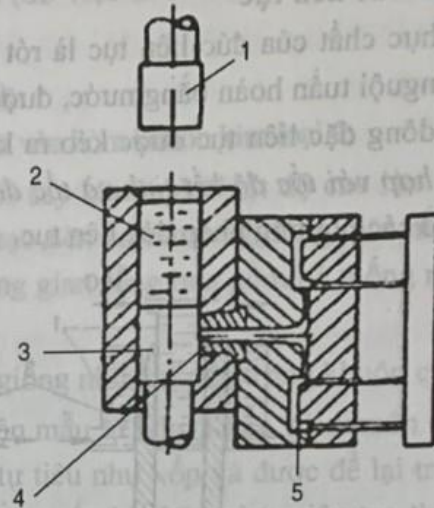
Đúc trong khuôn kim loại chỉ thích hợp với dạng sản xuất hàng loạt, vật đúc có hình thù đơn giản, kích thước nhỏ hoặc trung bình.

### 1.3.2. Đúc áp lực

Thực chất của đúc áp lực là dùng lực ép để ép kim loại lỏng điền đầy vào lòng khuôn kim loại. Đúc áp lực có những đặc điểm sau:

- Đúc được các chi tiết phức tạp, thành mỏng ( $S = 1 \div 5\text{mm}$ ), các loại lỗ có kích thước nhỏ hoặc bề mặt rỗng đơn giản;
- Độ bóng và độ chính xác vật đúc cao;
- Cơ tính của vật đúc tốt nhờ mật độ kim loại lớn;
- Năng suất đúc cao nhờ khả năng điền đầy kim loại lỏng và khả năng cơ khí hóa khi đúc;
- Không thích hợp với lõi cát, khuôn chóng mòn vì dòng chảy kim loại lỏng có áp suất và nhiệt độ cao.

Trên hình 1.10 là sơ đồ nguyên lý đúc áp lực kiểu pittông. Sau khi rót kim loại lỏng 2 vào xi lanh, pittông ép 1 thực hiện hành trình ép làm kim loại lỏng 2 ép lên pittông đỡ 3 và đẩy nó đi xuống dưới cửa 4 và dừng lại, kim loại lỏng qua cửa 4 vào lòng khuôn 5. Sau khi kim loại lỏng điền đầy lòng khuôn, pittông 3 thực hiện dịch chuyển lên trên đẩy pittông 1 và phần kim loại thừa ra khỏi miệng xi lanh rồi trở về vị trí ban đầu để chuẩn bị cho hành trình đúc mới.



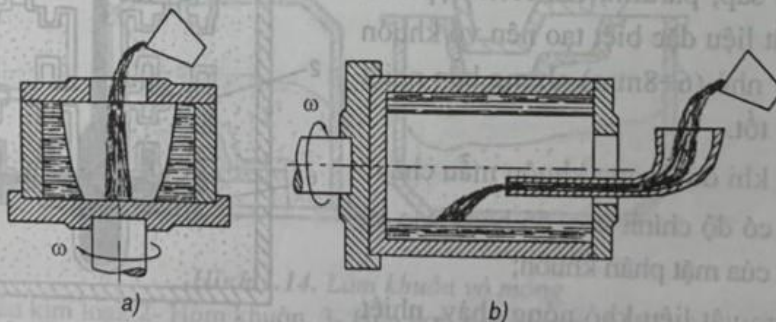
**Hình 1.10. Đúc áp lực**

- 1-Pittông ép, 2- Kim loại lỏng,  
3- Pittông đỡ, 4- Cửa dẫn kim loại lỏng,  
5- Lòng khuôn

### 1.3.3. Đúc ly tâm

Thực chất của đúc ly tâm là điền đầy kim loại lỏng vào khuôn quay, nhờ lực ly tâm nên kim loại lỏng bị ép vào thành khuôn và đông đặc tại đó (hình 1.11). Đúc ly tâm có những đặc điểm sau:

- Tạo ra vật đúc rỗng như các ống hoặc bạc tròn xoay mà không cần lõi;
- Tổ chức kim loại mịn chặt, không tồn tại các khuyết tật như rỗ khí, rỗ co, ...;
- Hệ thống rót đơn giản, hao phí kim loại ít;
- Tạo ra vật đúc gồm nhiều lớp kim loại riêng biệt trong cùng một tiết diện (do mỗi phần tử kim loại lỏng có khối lượng khác nhau chịu lực ly tâm khác nhau khi đúc);
- Mặt rỗng trong vật đúc không đồng đều.



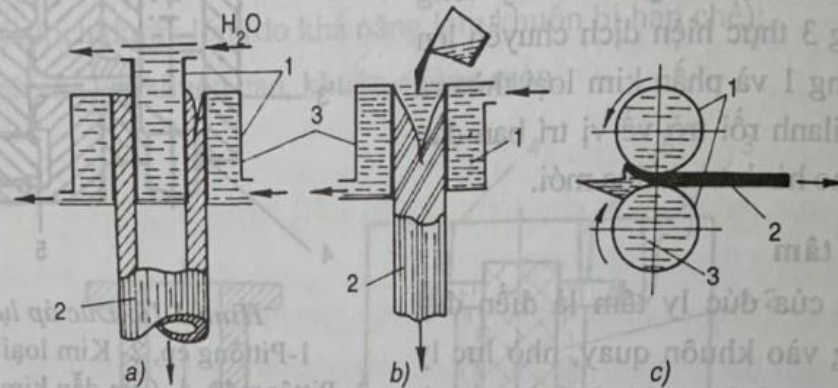
**Hình 1.11. Đúc ly tâm**

- a) Khuôn quay có trục thẳng đứng; b) Khuôn quay có trục nằm ngang

Đúc ly tâm có thể tiến hành trong khuôn quay có trục thẳng đứng (hình 1.11a) hoặc trong khuôn quay có trục nằm ngang (hình 1.11b).

### 1.3.4. Đúc liên tục

Thực chất của đúc liên tục là rót kim loại lỏng vào khuôn kim loại có hệ thống làm nguội tuần hoàn bằng nước, được thiết kế theo nguyên lý bình kết tinh. Phần vật đúc đông đặc liên tục được kéo ra khỏi khuôn (tốc độ rót kim loại lỏng vào khuôn phù hợp với tốc độ kết tinh và tốc độ kéo vật đúc ra khỏi khuôn). Trên hình 1.12 là sơ đồ các phương pháp đúc liên tục.



Hình 1.12. Đúc liên tục

a) Đúc ống; b) Đúc thanh; c) Đúc tấm

1- Khuôn đúc (lõi), 2- Sản phẩm, 3- Nước tuần hoàn làm nguội

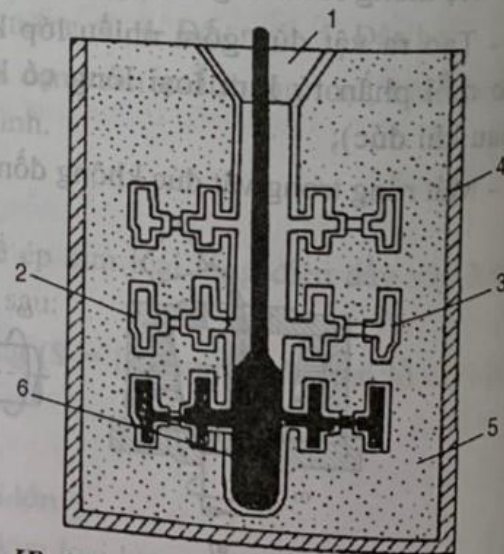
Nếu ngắt quãng quá trình rót kim loại lỏng để lấy vật đúc ở một thời điểm nào đó (tùy theo chiều dài vật đúc), ta có đúc bán liên tục.

### 1.3.5. Đúc trong khuôn mẫu chảy

Đúc trong khuôn mẫu chảy là dạng đúc đặc biệt trong khuôn cát mà lòng khuôn được tạo ra nhờ mẫu được làm bằng vật liệu dễ chảy như sáp, parafin, ..., Hỗn hợp làm khuôn là chất liệu đặc biệt tạo nên vỏ khuôn có chiều dày nhỏ (6÷8mm) nhưng bền nhiệt và thông khí tốt.

Đặc điểm khi đúc trong khuôn mẫu chảy:

- Vật đúc có độ chính xác, độ bóng cao và không có vết của mặt phân khuôn;
- Đúc được vật liệu khó nóng chảy, nhiệt độ rót kim loại lỏng cao;
- Vật liệu mẫu được tận thu lại trong quá trình làm khuôn;



Hình 1.13. Đúc trong khuôn mẫu chảy

1-Hệ thống rót, 2- Vỏ khuôn, 3-Lòng khuôn, 4-Hòm khuôn, 5-Hỗn hợp làm khuôn, 6-Mẫu hoặc kim loại lỏng

- Năng suất đúc trong khuôn mẫu chảy thấp (do việc làm khuôn bao gồm nhiều công đoạn).

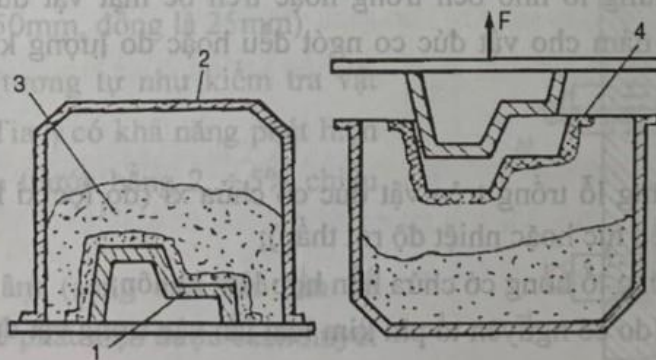
Quy trình làm khuôn mẫu chảy, gồm (hình 1.13):

- Chế tạo mẫu 6, hệ thống rót 1 rồi ghép lại và đặt vào hòm khuôn kim loại 4;
- Điền đầy và làm chặt hỗn hợp làm khuôn 5, sấy khuôn ở nhiệt độ cao làm cho lớp hỗn hợp sát mẫu 6 bám dính - liên kết bền tạo nên vỏ khuôn 2 đồng thời mẫu 6 bị tan chảy và được gạn ra ngoài, thu được không gian rỗng bao gồm hệ thống rót 1 và lòng khuôn 3;
- Sau khi vỏ khuôn 2 rắn chắc, tiến hành đúc giống như khi đúc trong khuôn cát.

Hiện nay còn có phương pháp đúc trong khuôn mẫu tự tiêu. Khác với khuôn mẫu chảy, mẫu được làm bằng vật liệu có khả năng tự tiêu như xốp và được để lại trong khuôn. Khi rót kim loại lỏng vào khuôn, mẫu bằng xốp bị cháy và tự tiêu tạo thành không gian lòng khuôn để kim loại lỏng điền đầy giống như khi đúc trong khuôn cát.

### 1.3.6. Đúc trong khuôn vỏ mỏng

Đúc trong khuôn vỏ mỏng là dạng đúc đặc biệt trong khuôn cát (hỗn hợp làm khuôn là chất liệu đặc biệt gồm bột cát thạch anh và chất kết dính punvebakelit). Phương pháp làm khuôn vỏ mỏng là cho hỗn hợp làm khuôn 3 vào hòm khuôn 2 tiếp xúc với mẫu kim loại 1 đã được nung nóng đến nhiệt độ  $300 \div 350^{\circ}\text{C}$ , hỗn hợp sẽ bám dính và liên kết bền thành lớp vỏ mỏng 4 có chiều dày  $6 \div 8 \text{ mm}$ . Lớp vỏ mỏng này có độ bền, độ bóng và độ chính xác cao - gọi là khuôn vỏ mỏng (hình 1.14). Dạng đúc này thường dùng trong sản xuất loạt lớn.



Hình 1.14. Làm khuôn vỏ mỏng

1- Mẫu kim loại, 2- Hòm khuôn, 3- Hỗn hợp làm khuôn, 4- Khuôn vỏ mỏng

## 1.4. KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG VẬT ĐÚC

### 1.4.1. Các khuyết tật của vật đúc

Các khuyết tật chủ yếu của vật đúc khi đúc trong khuôn cát bao gồm:

- Sai về hình dạng, kích thước và trọng lượng (khối lượng):
  - + Thiếu hụt, là không đủ lượng kim loại trong khuôn khi đúc;
  - + Lệch, là có sự xô dịch giữa các phần trong một vật đúc khi đúc trong hai hay nhiều hòm khuôn;
  - + Bavaria, là phần kim loại thừa ra ở chỗ ráp khuôn;
  - + Cong - vênh, là do ảnh hưởng của ứng suất bên trong vật đúc khi kim loại đông đặc gây ra;
    - + Sai về kích thước (kích thước tăng hoặc giảm so với yêu cầu);
    - + Sai về khối lượng (chênh lệch về khối lượng so với yêu cầu).
- Khuyết tật mặt ngoài:
  - + Cháy cát, là những lỗ hổng chứa hỗn hợp làm khuôn bị cháy do chịu nhiệt kém;
  - + Khớp, là các mép tròn hoặc cong trên mặt vật đúc do dòng kim loại lỏng vào khuôn không liên tục gây nên sự phân tầng trong quá trình đông đặc;
    - + Lỗm, là sự thiếu hụt kim loại cục bộ do lỗ khuôn hoặc có vật lạ trong lòng khuôn.
  - Nứt có thể xảy ra ở nhiệt độ cao (nứt nóng) hoặc nhiệt độ thấp (nứt nguội).
    - + Nứt nóng (do kim loại lỏng kết tinh co ngót không đều gây ra);
    - + Nứt nguội (do ứng suất bên trong vật đúc khi nguội không đồng đều gây ra).
  - Lỗ hổng trong vật đúc:
    - + Rỗ khí, là những lỗ nhỏ có hình dạng - kích thước khác nhau trong vật đúc (do khí hòa tan trong kim loại lỏng không kịp thoát ra khi kim loại đông đặc);
    - + Rỗ co, là những lỗ nhỏ bên trong hoặc trên bề mặt vật đúc (do cấu tạo của khuôn không bảo đảm cho vật đúc co ngót đều hoặc do lượng kim loại khi đúc bị thiếu hụt gây ra).
  - Lẫn tạp chất:
    - + Rỗ xỉ, là những lỗ trống trên vật đúc có chứa xỉ (do lọc xỉ không tốt, rót kim loại lỏng không liên tục hoặc nhiệt độ rót thấp);
    - + Rỗ cát, là những lỗ hổng có chứa hỗn hợp làm khuôn;
    - + Lẫn tạp chất (do có nguyên tố phi kim loại lẫn vào trong vật đúc).
  - Sai về tổ chức:
    - + Sai về cỡ hạt (cỡ hạt không đúng yêu cầu);
    - + Sai về cấu trúc (kiểu mạng và thông số mạng không đúng yêu cầu);
    - + Thiên tích, là hiện tượng không đồng đều về cơ tính giữa các vùng trong vật đúc (do sự khác nhau về thành phần hóa học gây nên);
      - + Lỗm co trên bề mặt thoáng và tổ chức nhánh cây trong thân vật đúc;

+ Biến trắng (thường xảy ra khi đúc gang xám). Tại những chỗ vật đúc có thành mỏng truyền nhiệt nhiều làm cho gang xám biến thành gang trắng.

- Sai về thành phần hóa học, cơ tính và lý tính:

+ Thành phần hóa học không đúng yêu cầu (do mẻ liệu sai);

+ Cơ tính và lý tính không đúng yêu cầu.

Đối với các phương pháp đúc đặc biệt, không bao gồm các dạng khuyết tật liên quan đến vật liệu làm khuôn như khi đúc trong khuôn cát (cháy cát, rỗ cát,...).

### 1.4.2. Kiểm tra và sửa chữa khuyết tật của vật đúc

#### 1.4.2.1. Kiểm tra vật đúc bằng phương pháp không phá hủy

- Bằng mắt thường hoặc các dụng cụ đo kiểm thông dụng có thể phát hiện các khuyết tật về hình dạng, kích thước và khối lượng.

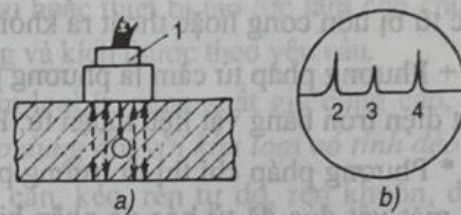
- Kiểm tra bằng phương pháp vật lý (dùng tia X, tia  $\gamma$ , siêu âm, từ tính) để phát hiện các khuyết tật bên trong vật đúc như rỗ khí, nứt, lẫn tạp chất,....

+ Dùng tia X. Chiều chùm tia X qua vật đúc và căn cứ vào vùng sáng - tối trên phim cho ta biết vị trí và kích thước của khuyết tật (khả năng xuyên qua của tia X đối với thép là 70mm, nhôm là 150mm, đồng là 25mm).

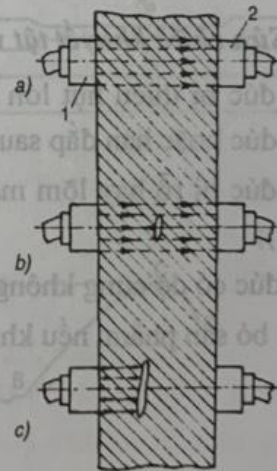
+ Dùng tia  $\gamma$  (tương tự như kiểm tra vật đúc bằng tia X). Tia  $\gamma$  có khả năng phát hiện khuyết tật có kích thước bằng  $2 \div 5\%$  chiều dày vật đúc;

+ Dùng siêu âm (sóng siêu âm tần số  $1 \div 10\text{MHz}$ ) có thể phát hiện được các khuyết tật nằm vuông góc phương truyền sóng với kích thước lớn hơn nửa bước sóng. Sóng dọc có thể truyền qua được các chất rắn - lỏng - khí, sóng ngang chỉ truyền qua được chất rắn.

Thiết bị siêu âm vật đúc là các máy dò



**Hình 1.15.** Phương pháp phân xạ xung  
a) Bố trí kiểm tra; b) Màn hình dao động ký nhận tín hiệu dưới dạng xung (vị trí số 3 có khuyết tật - xung bị cản)



**Hình 1.16.** Phương pháp truyền qua  
a) Vật đúc không có khuyết tật;  
b) Vật đúc có khuyết tật nhỏ hơn chùm sóng siêu âm; c) Vật đúc có khuyết tật lớn hơn chùm sóng siêu âm



xung hoạt động dựa trên nguyên lý ra đa, phát và thu sóng siêu âm dưới dạng xung bao gồm:

\* Máy dò xung một đầu dò, hoạt động dựa trên phương pháp phản xạ xung (đầu dò 1 vừa phát và thu xung - hình 1.15);

\* Máy dò xung hai đầu dò (gồm đầu phát 1 và đầu thu 2) hoạt động theo phương pháp truyền qua - hình 1.16.

+ Phương pháp từ trường bột, là phương pháp thông dụng để phát hiện khuyết tật của vật đúc bằng vật liệu thuận từ khi đã từ hóa thông qua việc quan sát chuyển động của hạt sắt hoặc chất lỏng chỉ thị màu (chất lỏng chứa các hạt sắt có màu). Tại chỗ khuyết tật, từ trở tăng làm mật độ từ thông tăng tạo thành các cực từ (đường sức từ bị uốn cong hoặc thoát ra khỏi bề mặt kim loại) làm cho các hạt sắt bị tụ lại.

+ Phương pháp từ cảm là phương pháp phát hiện khuyết tật trên bề mặt vật đúc có tiết diện tròn bằng vật liệu thuận từ. Phương pháp từ cảm bao gồm:

\* Phương pháp chỉ thị từ trường phân tán. Dịch chuyên bộ dò điện từ trường trên bề mặt vật đúc đã từ hóa và nhận biết khuyết tật bằng sự thay đổi dưới dạng xung điện.

\* Đo độ dẫn từ của lớp bề mặt vật đúc bằng dòng Fucô. Dùng máy phát từ trường làm thay đổi cảm ứng trên bề mặt vật đúc để phát hiện khuyết tật (tại chỗ có khuyết tật, độ dẫn từ giảm làm thay đổi điện thế của cuộn dây phát từ).

#### 1.4.2.2. Sửa chữa khuyết tật vật đúc

- Vật đúc bị thiếu hụt lớn nếu được phát hiện thì có thể bổ sung thêm kim loại lỏng khi đúc hoặc hàn đắp sau khi làm sạch vật đúc;

- Vật đúc bị rỉ hay lõm mặt ngoài ở phần không quan trọng (có thể trát sơn, bả mattít,...);

- Vật đúc có độ cứng không đúng yêu cầu cần tiến hành nhiệt luyện;

- Loại bỏ sản phẩm, nếu khuyết tật nghiêm trọng hoặc đối với vật đúc quan trọng.

## Chương 2

# GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG ÁP LỰC

### 2.1. KHÁI NIỆM, ĐẶC ĐIỂM VÀ PHÂN LOẠI

Gia công kim loại bằng áp lực là phương pháp gia công không phoi, thực chất là lợi dụng tính dẻo của vật liệu, thông qua các dụng cụ hoặc thiết bị tạo lực làm cho chúng biến dạng dẻo để tạo ra các sản phẩm có hình dạng và kích thước theo yêu cầu.

Đặc điểm của gia công áp lực là hao phí kim loại ít, năng suất gia công cao, cơ tính của sản phẩm được cải thiện rõ rệt và *chỉ áp dụng đối với kim loại có tính dẻo*.

Gia công áp lực bao gồm các phương pháp cán, kéo, rèn tự do, rèn khuôn, dập tấm và miết kim loại.

### 2.2. BIẾN DẠNG Dẻo CỦA KIM LOẠI

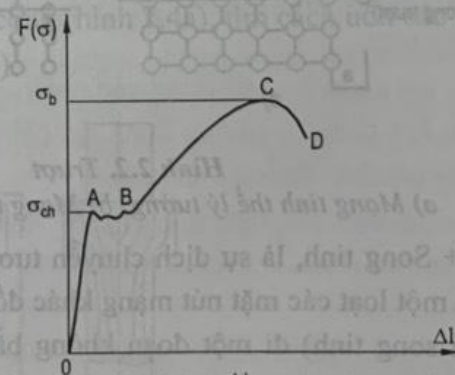
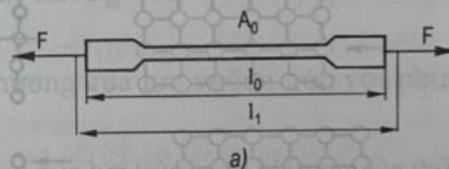
#### 2.2.1. Khái niệm

Tiến hành làm thí nghiệm kéo đúng tâm một thanh kim loại bằng vật liệu dẻo có diện tích tiết diện và chiều dài ban đầu là  $A_0$  và  $l_0$  (hình 2.1a) để thiết lập biểu đồ quan hệ giữa lực kéo  $F$  (ứng suất kéo  $\sigma$ ) với lượng giãn dài  $\Delta l = l_1 - l_0$ .

Biểu đồ gồm các giai đoạn (hình 2.1b):

- Biến dạng đàn hồi (OA) là biến dạng xảy ra khi lực tác dụng  $F$  nhỏ, nếu thôi tác dụng lực ( $F = 0$ ) thì biến dạng sẽ mất đi ( $\Delta l = 0$ ) và thanh kim loại trở về trạng thái ban đầu;

- Biến dạng dẻo (AB) là biến dạng xảy ra khi lực tác dụng  $F$  khá lớn gây ra ứng suất tương ứng với giới hạn chảy của vật liệu ( $\sigma_{ch}$ ), nếu thôi tác dụng lực ( $F = 0$ ) thì biến dạng vẫn tồn tại ( $\Delta l \neq 0$ );



**Hình 2.1**

a) Sơ đồ kéo đúng tâm; b) Biểu đồ quan hệ giữa lực (ứng suất) với lượng giãn dài

- Giai đoạn cứng cố (BC) khi lực  $F$  tăng biến dạng tăng, tại C lực gây ra ứng suất lớn nhất tương ứng với giới hạn bền của vật liệu ( $\sigma_b$ );

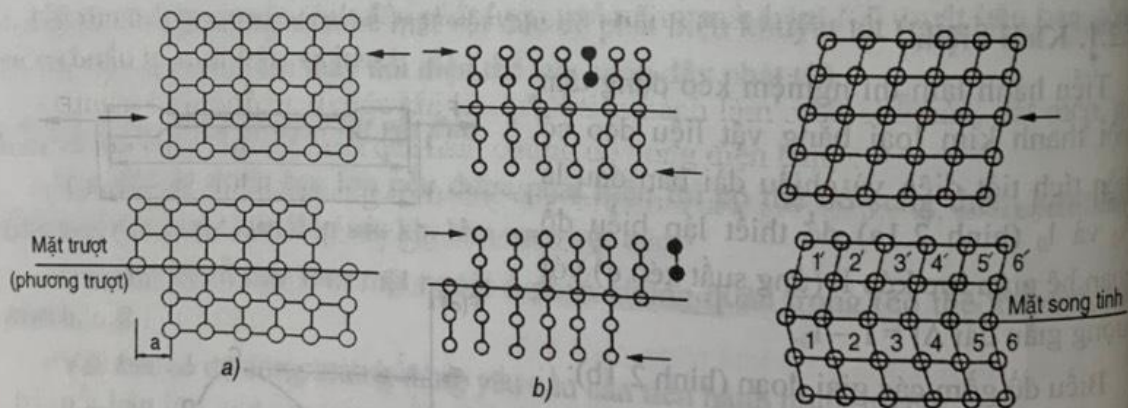
- Biến dạng phá hủy (CD) sau khi lực  $F$  gây ứng suất vượt quá giới hạn bền của vật liệu, mặc dù lực không tăng nhưng biến dạng vẫn tăng cho đến khi mẫu bị đứt.

Giá trị lực khi gia công kim loại bằng áp lực tốt nhất tương đương với giá trị lực gây giới hạn chảy  $\sigma_{ch}$  trên biểu đồ hình 2.1b.

Kim loại có cấu trúc tinh thể (bao gồm nhiều hạt) nên biến dạng dẻo trong kim loại bao gồm biến dạng dẻo trong nội bộ hạt và biến dạng dẻo giữa các hạt.

- Biến dạng dẻo trong nội bộ hạt xảy ra theo hai cơ chế trượt và song tinh:

+ Trượt, là sự dịch chuyển song song tương đối của một bộ phận mạng tinh thể này so với một bộ phận mạng tinh thể còn lại trên một mặt trượt theo phương lực tác dụng (phương trượt) đi một khoảng cách bằng số nguyên lần của thông số mạng khi có ngoại lực tác dụng (hình 2.2a - mạng tinh thể lý tưởng). Trong cấu trúc tinh thể luôn tồn tại những khuyết tật (ví dụ như lệch mạng) nên khi có ngoại lực tác dụng, trượt là sự dịch chuyển của lệch theo phương lực tác dụng dần dần sang các vị trí của các nút mạng kế cận theo từng bước cho tới khi gặp tinh giới hạt hoặc bề mặt kim loại (hình 2.2b).



**Hình 2.2. Trượt**

a) Mạng tinh thể lý tưởng; b) Mạng tinh thể có lệch

**Hình 2.3. Song tinh**

+ Song tinh, là sự dịch chuyển tương đối của một loạt các mặt nút mạng này so với một loạt các mặt nút mạng khác đối xứng với nhau qua một mặt nút mạng (gọi là mặt song tinh) đi một đoạn không bằng số nguyên lần của thông số mạng khi có ngoại lực tác dụng (hình 2.3). Song tinh xảy ra rất nhanh và càng mạnh khi kim loại chịu tải trọng va đập (rèn - đập). Song tinh làm ứng suất tiếp giới hạn của kim loại giảm nhanh (có thể đạt giá trị nhỏ nhất) tạo điều kiện để mặt trượt ở vị trí thuận lợi nhất giúp cho kim loại biến dạng dễ dàng.

- Biên dạng dèo giữa các hạt, là sự trượt và dịch chuyển tương đối giữa các hạt, bắt đầu xảy ra ở những hạt có mặt trượt tạo với phương của lực tác dụng một góc gần bằng  $45^\circ$ , sau đó đến các hạt lân cận khác,...

## 2.2.2. Ảnh hưởng của gia công áp lực đến tổ chức và cơ tính của kim loại

### 2.2.2.1. Gia công nguội và gia công nóng

Tùy theo nhiệt độ của kim loại khi gia công áp lực, người ta phân biệt gia công nguội và gia công nóng:

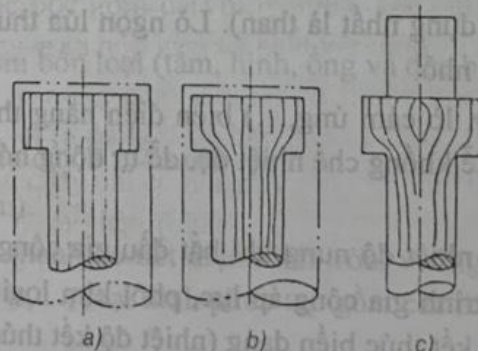
- Gia công nguội, là quá trình gia công kim loại xảy ra ở nhiệt độ dưới nhiệt độ kết tinh lại (nhiệt độ kết tinh lại của kim loại nguyên chất:  $T_{kết}^0 = 0,4T_{nc}^0$ ). Sau khi gia công, kim loại bị biến cứng làm tính dẻo giảm, độ bền và độ cứng tăng lên.

- Gia công nóng, là quá trình gia công kim loại xảy ra ở nhiệt độ trên nhiệt độ kết tinh lại. Cùng với hiện tượng biến cứng, kim loại còn bị biến mềm hay biến dạng nóng do nhiệt độ cao.

### 2.2.2.2. Ảnh hưởng của gia công áp lực đến tổ chức và cơ tính của kim loại

Gia công áp lực loại trừ được các khuyết tật do đúc để lại như lỗm co, tổ chức nhánh cây làm tăng độ mịn chặt của kim loại. Các hạt kim loại bị kéo dài tạo thành thớ, nên độ bền của kim loại mang tính dị hướng. Khi thiết kế và chế tạo các chi tiết máy, cần thiết phải xét đến ảnh hưởng của tổ chức thớ theo các nguyên tắc cơ bản sau:

- Nếu chi tiết máy chịu cắt thì cần bố trí phương của lực vuông góc với phương của thớ;
- Nếu chi tiết máy chịu kéo thì cần bố trí phương của lực trùng với phương của thớ;
- Tránh cắt đứt thớ khi tạo hình chi tiết gia công (hình 2.4a), tìm cách uốn các thớ theo bề mặt bao quanh của chi tiết (hình 2.4b,c).



Hình 2.4. Các phương pháp tạo hình thân bulông

a) Tiện; b) Vuốt; c) Chèn

## 2.3. NUNG NÓNG KIM LOẠI

### 2.3.1. Mục đích của nung nóng kim loại và các hiện tượng xảy ra khi nung

Mục đích của nung nóng kim loại là làm tăng khả năng biến dạng dẻo của kim loại, tạo điều kiện cho quá trình gia công áp lực được dễ dàng, nâng cao chất lượng và hạ giá thành sản phẩm.

Các hiện tượng xảy ra khi nung:

- Quá nhiệt, là nung kim loại quá nhiệt độ cho phép (đối với thép cacbon, nhiệt độ gây quá nhiệt nằm thấp hơn đường đặc khoảng  $150^{\circ}\text{C}$ ). Khi xảy ra quá nhiệt, hạ kim loại thô nên độ bền và độ dẻo giảm, muốn gia công tiếp cần phải ủ lại phôi;

- Cháy xảy ra khi nung kim loại đến nhiệt độ trên nhiệt độ gây quá nhiệt, vùng tinh giới hạt chứa hợp chất của P, S bị ôxy hóa mãnh liệt làm giảm lực liên kết giữa các hạt dẫn đến sự phân rã và phá hủy kim loại;

- Ôxy hóa, là hiện tượng hình thành vẩy ôxyt kim loại trên bề mặt phôi khi tiếp xúc với không khí trong quá trình gia công. Lớp vẩy ôxyt làm hao phí kim loại, gây khó khăn cho quá trình gia công tiếp theo và làm giảm chất lượng sản phẩm. Để hạn chế ôxy hóa lớp bề mặt kim loại, cần khống chế nhiệt độ nung và tốc độ nung hoặc nung kim loại trong môi trường khí bảo vệ (nung phôi kim loại trong lò chõ);

- Thoát cacbon, là hiện tượng giảm hàm lượng cacbon ở lớp bề mặt kim loại dẫn đến giảm độ bền của kim loại;

- Nứt xảy ra khi nung kim loại với tốc độ không hợp lý gây ra ứng suất dư lớn bên trong kim loại dẫn đến nứt.

### 2.3.2. Thiết bị nung và nhiệt độ nung

Để nung kim loại khi gia công áp lực người ta thường sử dụng các loại thiết bị nung sau:

- Lò ngọn lửa, sử dụng các nhiên liệu dễ cháy ở thể rắn, lỏng hoặc khí như than, dầu, khí cháy,... (thông dụng nhất là than). Lò ngọn lửa thường được sử dụng trong sản xuất đơn chiếc - loạt nhỏ.

- Lò điện (lò điện trở, lò cảm ứng,...) biến điện năng thành nhiệt năng để nung nóng kim loại. Lò điện dễ khống chế nhiệt độ, dễ tự động hóa và được sử dụng trong sản xuất lớn.

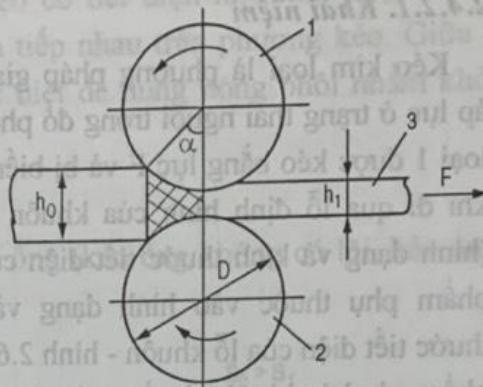
Đối với thép cacbon, nhiệt độ nung khi bắt đầu gia công thấp hơn đường đặc từ  $150\div 200^{\circ}\text{C}$ . Trong quá trình gia công áp lực, phôi kim loại nguội dần đến nhiệt độ nhất định gọi là nhiệt độ kết thúc biến dạng (nhiệt độ kết thúc biến dạng đối với thép cacbon cao hơn nhiệt độ kết tinh lại một ít). Nếu chưa hoàn thành gia công thì phôi được đưa vào lò nung lại để gia công tiếp.

## 2.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG ÁP LỰC

### 2.4.1. Cán kim loại

#### 2.4.1.1. Khái niệm

Cán là phương pháp gia công áp lực trong đó kim loại được nung nóng và biến dạng dẻo qua khe hở giữa hai trục cán quay ngược chiều nhau. Hình dạng - kích thước khe hở và lõi (nếu có) quyết định hình dạng - kích thước tiết diện của sản phẩm. Chuyển động của phôi qua khe hở là nhờ lực ma sát sinh ra giữa bề mặt các trục cán và bề mặt kim loại (hình 2.5). Đối với nhà máy luyện kim, 75% sản phẩm là kết quả của quá trình cán.



Hình 2.5. Cán kim loại

1; 2-Trục cán; 3- Sản phẩm cán.

Đặc điểm của cán kim loại:

- Khi cán, chiều cao của phôi giảm còn chiều dài và chiều rộng tăng. Mức độ biến dạng kim loại khi cán được đánh giá bằng hệ số kéo dài  $\mu$  và lượng ép tuyệt đối  $\Delta h$ :

$$+ \text{Hệ số kéo dài: } \mu = \frac{l_1}{l_0} = \frac{A_0}{A_1} = 1 + 2$$

$$+ \text{Lượng ép tuyệt đối: } \Delta h = h_0 - h_1 = D(1 - \cos\alpha)$$

trong đó:  $l_0$ ,  $A_0$ ,  $h_0$  và  $l_1$ ,  $A_1$ ,  $h_1$  lần lượt là chiều dài, diện tích tiết diện, chiều cao của phôi và của sản phẩm;  $\alpha$ - Góc cán (góc ăn).

- Lực cán lớn (tổn hao ma sát lớn) nên trục cán chống mòn.

**Chú ý:** Ngoài phương pháp cán nóng còn có phương pháp cán nguội để tạo ra các sản phẩm như ống có mối hàn, tấm chắn xô, tấm lợp, ... từ phôi dài, bản hoặc tấm.

#### 2.4.1.2. Sản phẩm cán

Sản phẩm cán bao gồm bốn loại (tấm, hình, ống và đặc biệt).

- Loại tấm, gồm:

+ Tấm mỏng (có chiều dày  $S \leq 4\text{mm}$ );

+ Tấm dày ( $S > 4\text{mm}$ ).

- Loại hình gồm các thanh có tiết diện hình tròn, vuông, chữ nhật, tam giác, lục giác, bầu dục, bán nguyệt, ..., loại hình phức tạp gồm các thanh có tiết diện hình chữ L, T, I, C, U, Z, ...

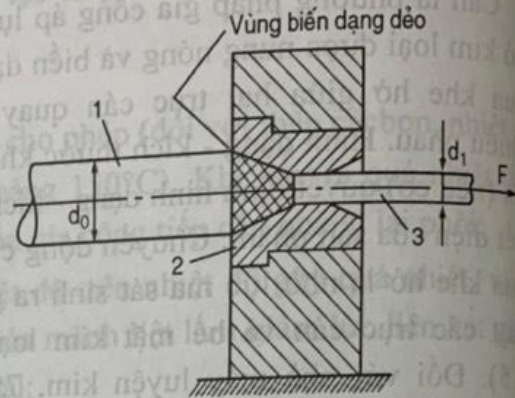
- Loại ống gồm ống có mối hàn được cuộn hoặc lóc từ phôi dài hoặc bản rồi hàn kín, ống không có mối hàn được cán trực tiếp từ phôi đặc hình trụ.

- Loại đặc biệt (có tiết diện đặc biệt) dùng trong ngành chế tạo ô tô, tàu thủy, máy bay, đồ gia dụng như thanh nhôm định hình,...

## 2.4.2. Kéo kim loại

### 2.4.2.1. Khái niệm

Kéo kim loại là phương pháp gia công áp lực ở trạng thái nguội trong đó phôi kim loại 1 được kéo bằng lực  $F$  và bị biến dạng khi đi qua lỗ định hình của khuôn kéo 2 (hình dạng và kích thước tiết diện của sản phẩm phụ thuộc vào hình dạng và kích thước tiết diện của lỗ khuôn - hình 2.6). Sản phẩm của kéo kim loại gồm các dạng dây, thanh hoặc ống.



Hình 2.6. Kéo kim loại

1- Phôi, 2- Khuôn kéo, 3- Sản phẩm

Đặc điểm của kéo kim loại:

- Khi kéo tiết diện phôi giảm, chiều dài tăng, cơ tính vật liệu tăng theo phương chiều dài của sản phẩm. Lượng giảm tiết diện được đánh giá bằng hệ số kéo  $k = d_0/d_1$  (tùy theo vật liệu của phôi và vật liệu khuôn kéo, mỗi lần kéo tiết diện phôi giảm từ 15 ÷ 30 %).

- Giá thành chế tạo khuôn kéo cao, khuôn kéo chống mòn.

Lực kéo  $F$  có thể tạo nên bởi xích kéo cột bằng móc khóa với đầu sản phẩm kéo (khi kéo sợi, lực kéo được tạo nên bởi tang cuốn sản phẩm).

### 2.4.2.2. Cấu tạo của khuôn kéo

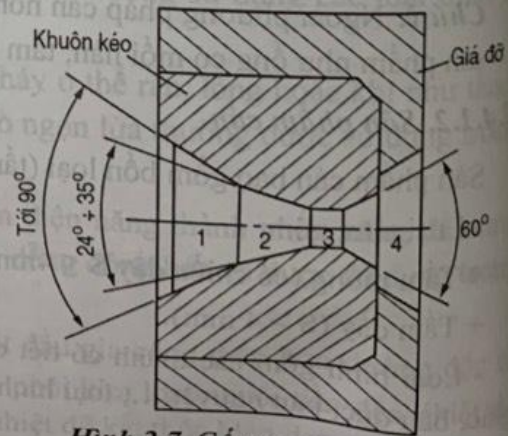
Khuôn kéo là một lỗ định hình có tiết diện cắt dọc gồm bốn phần: 1 - Vuốt nhỏ; 2 - Làm tròn; 3 - Vuốt nhọn (hay sửa đúng) có tiết diện không đổi để cường bức không cho kim loại trở về trạng thái ban đầu; 4 - Thoát (hình 2.7).

Vật liệu làm khuôn kéo phụ thuộc vào hình dạng và kích thước tiết diện của sản phẩm:

- Thép dụng cụ làm khuôn kéo dây có đường kính trung bình và nhỏ;

- Hợp kim cứng làm khuôn kéo dây có đường kính đến 0,5mm;

- Kim cương làm khuôn kéo dây (sợi) có đường kính đến 0,065mm.



Hình 2.7. Cấu tạo khuôn kéo

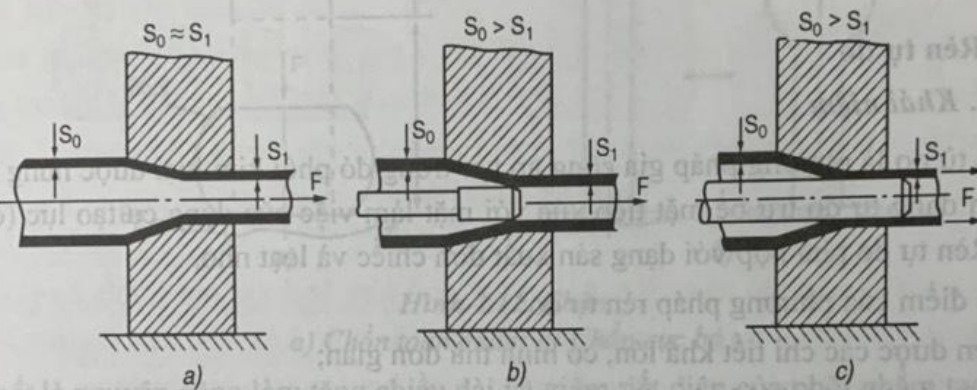
**Chú ý:**

- Để giảm ma sát, cần bôi trơn khuôn kéo bằng dầu, mỡ, bột xà phòng, grafit hoặc đồng sunfat.

- Sau mỗi một lần kéo, phải thay khuôn kéo có tiết diện nhỏ hơn hoặc bố trí những khuôn kéo có tiết diện giảm dần liên tiếp nhau trên phương kéo. Giữa 2 khuôn kề nhau thường đặt các điện cực đặc biệt để nung nóng phôi nhằm khôi phục lại tính dẻo của kim loại.

**2.4.2.3. Các phương pháp kéo ống**

Trên hình 2.8 là sơ đồ các phương pháp kéo ống (kéo ống không có lõi, kéo ống có lõi ngắn và kéo ống có lõi dài).



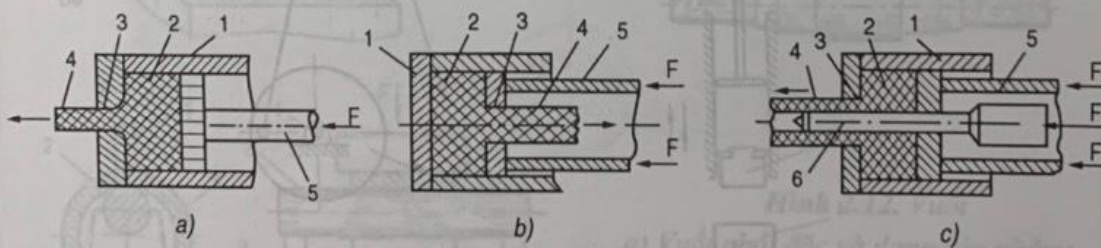
**Hình 2.8. Kéo ống**

a) Kéo ống không lõi; b) Kéo ống có lõi ngắn; c) Kéo ống có lõi dài

Khi kéo ống có lõi, lực kéo lớn nhưng chất lượng bên trong của ống được cải thiện rõ rệt so với kéo ống không có lõi.

**2.4.3. Ép kim loại**

Ép kim loại, là phương pháp gia công áp lực trong đó kim loại được nung nóng và ép qua lỗ khuôn để có được hình dạng và kích thước theo yêu cầu của sản phẩm.



**Hình 2.9. Ép kim loại**

a) Ép thuận; b) Ép nghịch; c) Ép ống

1 - Khuôn ép, 2 - Phôi kim loại, 3 - Lỗ khuôn, 4 - Sản phẩm, 5 - Chày ép, 6 - Chày nóng



- Đặc điểm của ép kim loại:
- Độ chính xác của sản phẩm cao (do lỗ khuôn chính xác)
  - Chất lượng của sản phẩm tốt (do mật độ kim loại cao);
  - Năng suất cao, dễ cơ khí hóa - tự động hóa;
  - Lượng kim loại tồn sau khi ép lớn;
  - Giá thành chế tạo khuôn cao, khuôn chóng mòn.

Các phương pháp ép:

- Ép thuận, khi chày ép chuyển động cùng chiều với chiều sản phẩm (hình 2.9a)
  - Ép nghịch, khi chày ép chuyển động ngược chiều với chiều sản phẩm (hình 2.9b)
- Ngoài việc ép phôi đặc còn có phương pháp ép phôi có tiết diện rỗng (ép ống) hình 2.9c).

#### 2.4.4. Rèn tự do

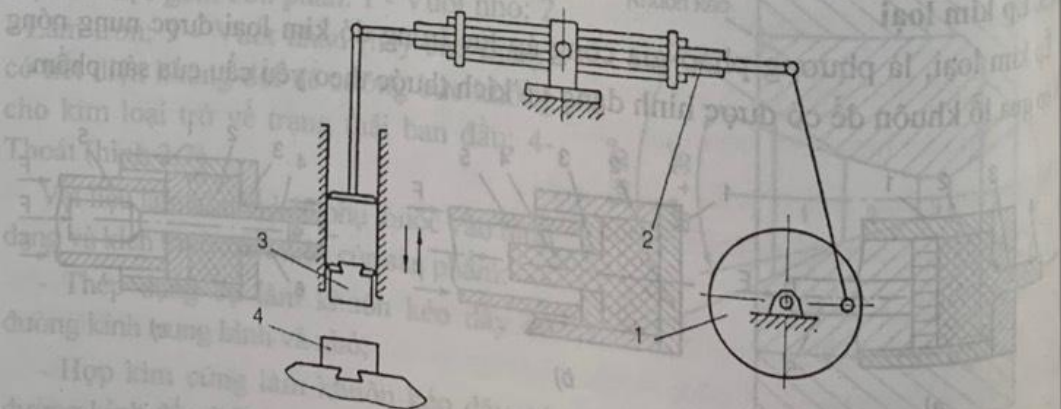
##### 2.4.4.1. Khái niệm

Rèn tự do là phương pháp gia công áp lực trong đó phôi kim loại được nung nóng và biến dạng tự do trừ bề mặt tiếp xúc với mặt làm việc của dụng cụ tạo lực (đũa búa). Rèn tự do phù hợp với dạng sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ.

Đặc điểm của phương pháp rèn tự do:

- Rèn được các chi tiết khá lớn, có hình thù đơn giản;
- Hao phí kim loại khi gia công lớn;
- Độ chính xác vật rèn và năng suất rèn phụ thuộc tay nghề người thợ (thấp).

Rèn tự do có thể tiến hành bằng tay đối với vật rèn nhỏ (rèn thủ công) hoặc bằng máy đối với vật rèn lớn. Thiết bị rèn thông dụng là máy búa nhíp, máy búa hơi,...

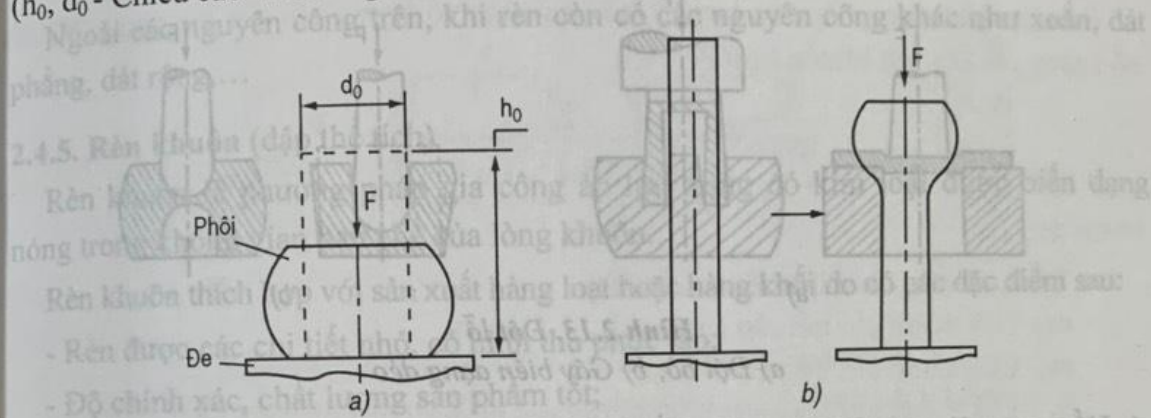


Hình 2.10. Sơ đồ động của máy búa nhíp  
1- Bánh lệch tâm, 2- Lò xo nhíp, 3- Đầu búa, 4- Đe

Trên hình 2.10 là sơ đồ động của máy búa nhíp, gồm bánh lệch tâm 1 quay một chiều nối với cánh tay đòn bằng lò xo nhíp 2 kéo - đẩy đầu búa 3 đập - nhả vào phôi rèn đặt trên đe 4.

#### 2.4.4.2. Những nguyên công chủ yếu khi rèn tự do

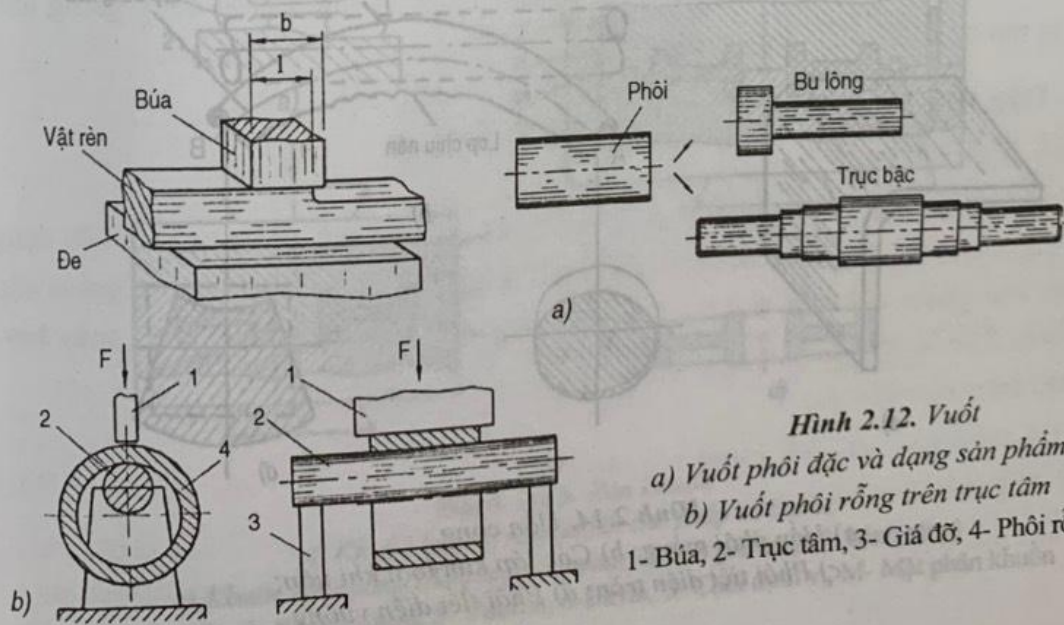
**1. Chôn** là nguyên công làm tăng tiết diện và giảm chiều cao của phôi nhằm cải tạo thớ kim loại phù hợp với khả năng chịu lực của chi tiết máy. Chôn thường dùng để chế tạo phôi bánh răng, bánh xe, bulông, đai ốc, ... Điều kiện chôn tốt nhất:  $h_0/d_0 \leq 2$  ( $h_0, d_0$  - Chiều cao và đường kính ban đầu của phôi) - hình 2.11.



Hình 2.11. Chôn

a) Chôn toàn phần; b) Chôn cục bộ

**2. Vuốt** là nguyên công làm tăng chiều dài và giảm tiết diện của phôi nhằm tạo ra các phôi trục bậc, bulông, chốt, dụng cụ cắt (dao cắt, đục, giũa, ...) hoặc làm giảm chiều dày thành của các phôi dạng ống.



Hình 2.12. Vuốt

a) Vuốt phôi đặc và dạng sản phẩm;

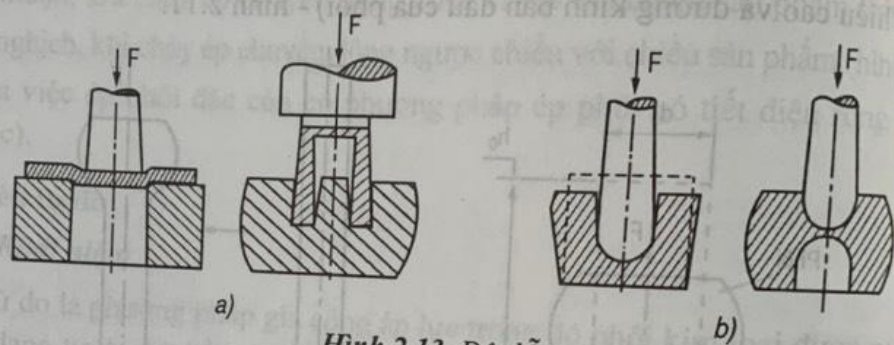
b) Vuốt phôi rộng trên trục tâm

1- Búa, 2- Trục tâm, 3- Giá đỡ, 4- Phôi rộng

Trên hình 2.12 là sơ đồ các phương pháp vuốt thường gặp:

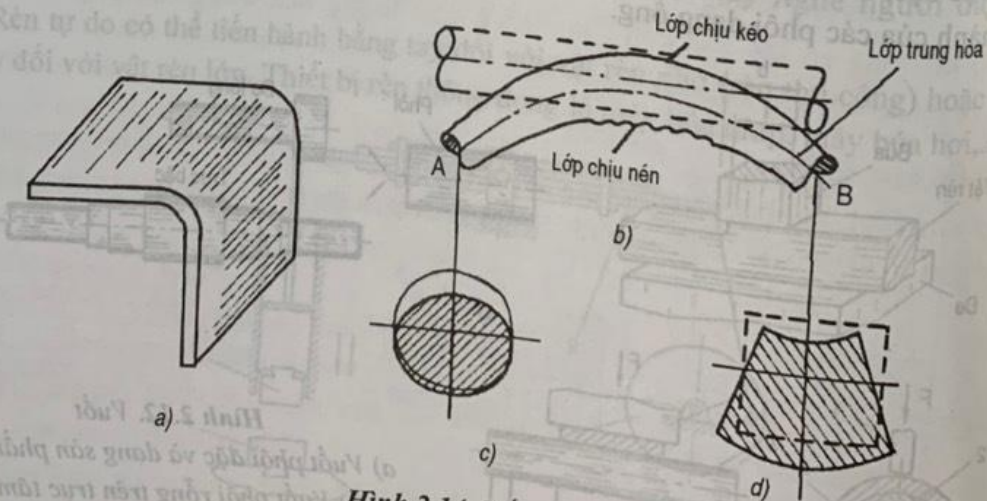
- Vuốt phôi đặc (hình 2.12a);
- Vuốt phôi rỗng trên trục tâm (hình 2.12b);...

3. **Đột lỗ** là nguyên công tạo lỗ hoặc rãnh trên phôi với dụng cụ là đột hoặc chày. Tùy thuộc chiều dày của phôi và hình dạng - kích thước của lỗ (lỗ thông, lỗ không thông) có thể tạo lỗ bằng cách đột bỏ một phần kim loại (hình 2.13a) hoặc gây biến dạng dẻo (hình 2.13b).



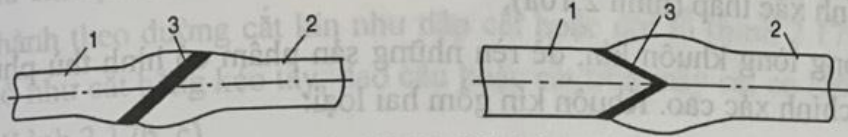
**Hình 2.13. Đột lỗ**  
a) Đột bỏ; b) Gây biến dạng dẻo

4. **Uốn cong** là nguyên công làm đổi hướng thớ kim loại vật rèn (hình 2.14a). Khi uốn, các thớ kim loại được chia thành hai lớp (lớp chịu kéo - bề mặt thường bị nứt, lớp chịu nén - bề mặt thường bị nhăn, giữa hai lớp trên là lớp trung hòa AB) hình 2.14b.



**Hình 2.14. Uốn cong**  
a) Uốn phôi mỏng; b) Các lớp kim loại khi uốn;  
c) Phôi tiết diện tròn; d) Phôi tiết diện vuông

5. Hàn rèn là phương pháp nối các phần kim loại với nhau bằng rèn. Thực chất của hàn rèn là nung nóng các phần kim loại tại chỗ nối tới nhiệt độ dưới nhiệt độ nóng chảy và dùng lực để ép chúng dính lại với nhau (hình 2.15).



Hình 2.15. Hàn rèn  
1; 2- Vật rèn, 3- Mối hàn.

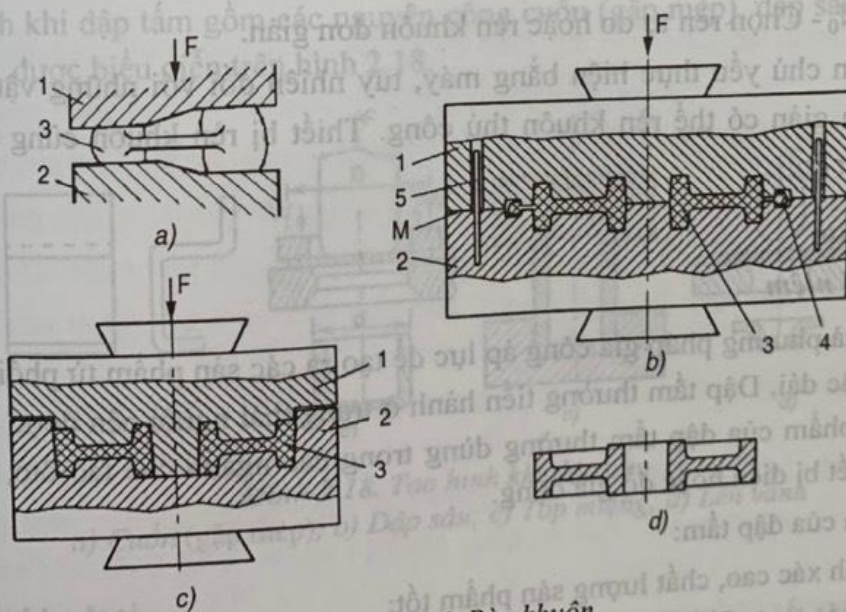
Ngoài các nguyên công trên, khi rèn còn có các nguyên công khác như xoắn, dát phẳng, dát rộng,...

#### 2.4.5. Rèn khuôn (dập thể tích)

Rèn khuôn là phương pháp gia công áp lực trong đó kim loại được biến dạng nóng trong không gian hạn chế của lòng khuôn.

Rèn khuôn thích hợp với sản xuất hàng loạt hoặc hàng khối do có các đặc điểm sau:

- Rèn được các chi tiết nhỏ, có hình thù phức tạp;
- Độ chính xác, chất lượng sản phẩm tốt;
- Năng suất rèn khuôn cao, dễ cơ khí hóa - tự động hóa;
- Giá thành chế tạo khuôn cao, khuôn chóng mòn.



Hình 2.16. Rèn khuôn

a) Khuôn hở; b) Khuôn kín cho phép có bavìa;

c) Khuôn kín không cho phép có bavìa; d) Sản phẩm (phôi bánh răng)

1- Khuôn trên, 2- Khuôn dưới, 3- Vật rèn, 4- Bavìa, 5- Chốt định vị, M- Mặt phân khuôn

Căn cứ vào cấu tạo lòng khuôn, có các phương pháp rèn khuôn sau:

- Rèn trong lòng khuôn hở, là quá trình rèn trong đó có một phần kim loại biến dạng tự do. Rèn trong lòng khuôn hở thường rèn những vật rèn có hình thù giản, độ chính xác thấp (hình 2.16a);
- Rèn trong lòng khuôn kín, để rèn những sản phẩm có hình thù phức tạp yêu cầu độ chính xác cao. Khuôn kín gồm hai loại:
  - + Khuôn kín cho phép có bavaria (hình 2.16b);
  - + Khuôn kín không cho phép có bavaria (hình 2.16c).

Để chọn phương pháp rèn hợp lý, cần so sánh số lượng chi tiết gia công số lượng chi tiết rèn khuôn hợp lý ( $N_0$ ):

$$N_0 = \frac{\sum G_{kh}}{(m_1 + n_1) - (m_2 + n_2)}$$

trong đó:

- $\sum G_{kh}$  - Tổng chi phí chế tạo khuôn;
- $m_1$  - Giá thành chi tiết rèn tự do;
- $m_2$  - Giá thành chi tiết rèn khuôn;
- $n_1$  - Giá thành gia công cắt gọt chi tiết rèn tự do;
- $n_2$  - Giá thành gia công cắt gọt chi tiết rèn khuôn.

Khi  $N > N_0$  - Chọn rèn khuôn.

Khi  $N < N_0$  - Chọn rèn tự do hoặc rèn khuôn đơn giản.

Rèn khuôn chủ yếu thực hiện bằng máy, tuy nhiên đối với những vật rèn hình thù đơn giản có thể rèn khuôn thủ công. Thiết bị rèn khuôn cũng giống thiết bị rèn tự do.

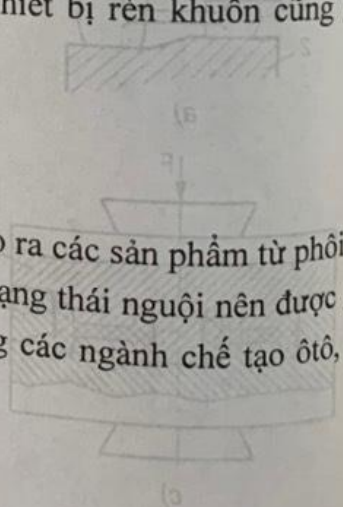
### 2.4.6. Dập tấm

#### 2.4.6.1. Khái niệm

Dập tấm là phương pháp gia công áp lực để tạo ra các sản phẩm từ phôi liệu dập, bản hoặc dải. Dập tấm thường tiến hành ở trạng thái nguội nên được gọi là dập nguội. Sản phẩm của dập tấm thường dùng trong các ngành chế tạo ô tô, máy bơm thủy, thiết bị điện hoặc đồ gia dụng.

Đặc điểm của dập tấm:

- Độ chính xác cao, chất lượng sản phẩm tốt;
- Năng suất cao, dễ cơ khí hóa - tự động hóa;
- Giá thành chế tạo khuôn cao, khuôn chóng mòn.



2.4.6.2

Dập

### 1. Cắt

có thể

đường

hoặc c

3.1. H

3.1.1.

Hà

phân

loại tu

Đ

- H

k

### 2. Tạc

Tạc

lên và

- M

- O

- K

- K

Ch

hai nh

- H

kết th

2.4.7.

Mi

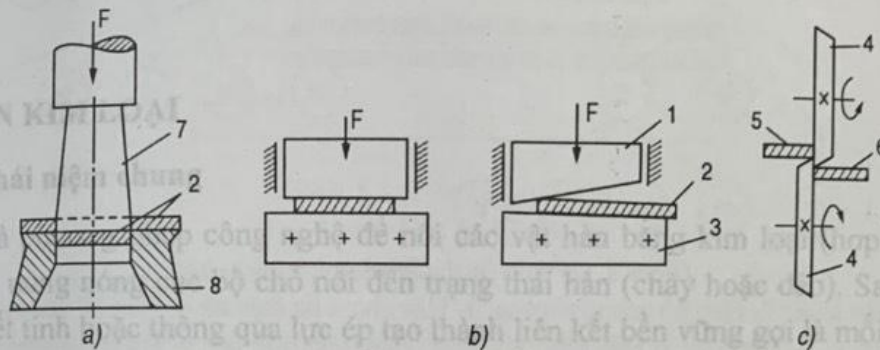
tùy th

phẩm.

### 2.4.6.2. Các nguyên công cơ bản của dập tấm

Dập tấm gồm hai công đoạn cơ bản là cắt phôi và tạo hình.

1. **Cắt phôi** là chia phôi ra nhiều phần (bằng nhau hoặc không bằng nhau). Cắt phôi có thể tiến hành theo đường cắt kín như dập cắt hoặc đột lỗ (hình 2.17a) hoặc theo đường cắt hở như cắt bằng kéo tay, dao cầu hoặc cắt trên máy cắt có lưỡi cắt, đĩa cắt hoặc đá cắt (hình 2.17b, c).

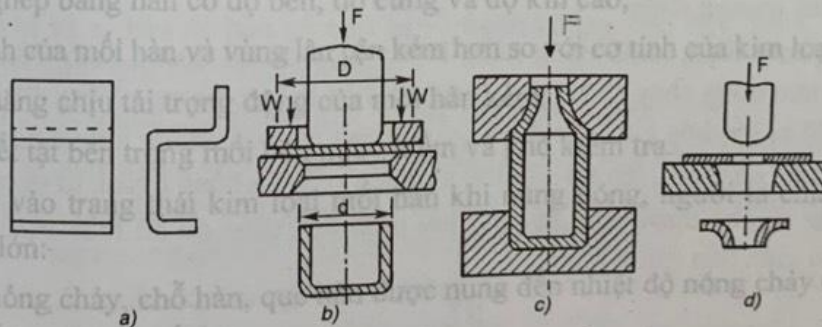


**Hình 2.17. Cắt phôi**

a) Dập cắt hoặc đột; b) Cắt bằng lưỡi cắt; c) Cắt bằng đĩa cắt  
1- Lưỡi cắt động, 2;5;6- Phôi cắt và sản phẩm cắt, 3- Lưỡi cắt cố định, 4- Đĩa cắt, 7- Đột, 8- Cối đột

### 2. Tạo hình

Tạo hình khi dập tấm gồm các nguyên công cuộn (gập mép), dập sâu, tóp miệng, lên vành,... được biểu diễn trên hình 2.18.



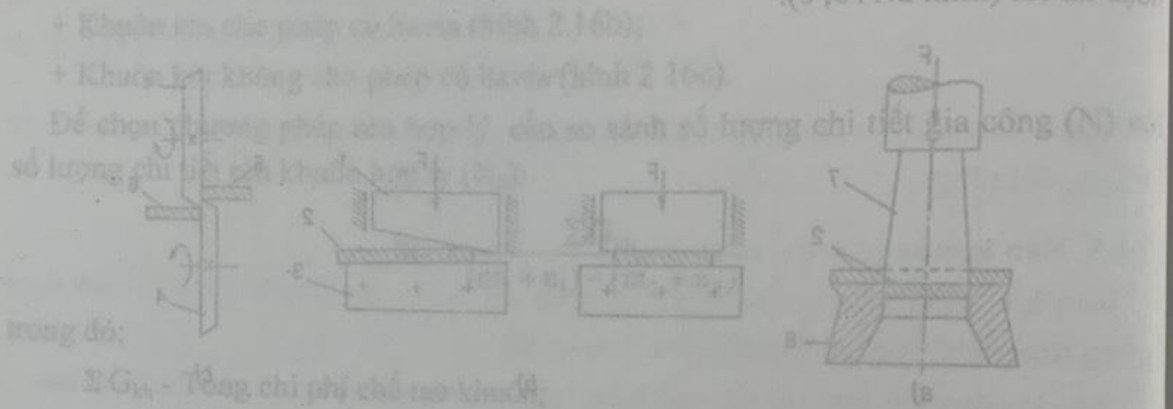
**Hình 2.18. Tạo hình khi dập tấm**

a) Cuốn (gập mép); b) Dập sâu; c) Tóp miệng; d) Lên vành

### 2.4.7. Miết kim loại

Miết kim loại là phương pháp gia công áp lực khi cho chày miết (có hình dạng tùy thuộc hình dạng sản phẩm) tiếp xúc và ép vào bề mặt phôi quay để tạo hình sản phẩm. Miết kim loại bao gồm miết nguội và miết nóng.

- Miết nguội để tạo ra các sản phẩm có dạng chòm cầu từ phôi tấm tròn như đỉnh hoặc đáy các téc, xilô, bồn chứa hoặc chi tiết có dạng hình chậu;
- Miết nóng để tạo ra phần cong tròn xoay hoặc định hình từ phôi ống như bình chứa gas, chai hơi, ... hoặc vành răng.



Hình 2.17. Định hình chòm cầu từ phôi tấm tròn

a) Định hình chòm cầu từ phôi tấm tròn; b) Định hình chòm cầu từ phôi tấm tròn

1 - Lưỡi cắt động; 2, 3 - Phôi cắt và sản phẩm cắt; 3 - Lưỡi cắt cố định

4 - Dĩa cắt; 5 - Dĩa; 6 - Cối dẹt

$N_1$  - Lực cắt;  $N_2$  - Lực ép;  $N_3$  - Lực đẩy

$N > N_1$  - Chọn cùn nhọn

2. Tạo hình

Tạo hình khi dập tấm gồm các nguyên công cùn (gập mép), dập sâu, tạo miệng, tạo hình chủ yếu thực hiện bằng máy, tuy nhiên đối với những vật rèn như hình thù đơn giản có thể rèn khuôn thủ công. Thiết bị rèn khuôn cũng giống như thiết bị rèn tự do.



2.4.6. Dập tấm

2.4.6.1. Gấp mép

Dập tấm là phương pháp tạo hình tấm kim loại bằng cách ép tấm kim loại giữa hai trục lăn hoặc giữa trục lăn và dụng cụ định hình. Sản phẩm của dập tấm thường uốn thành các dạng như ống, hộp, ...

2.4.7. Miết kim loại

Miết kim loại là phương pháp gia công nguội khi cho chảy dẻo (có hình dạng tùy thuộc hình dạng sản phẩm) tiếp xúc và ép vào bề mặt phôi quay để tạo hình sản phẩm kim loại bao gồm một nguội và miết nóng.

## Chương 3 HÀN VÀ CẮT KIM LOẠI

### 3.1. HÀN KIM LOẠI

#### 3.1.1. Khái niệm chung

Hàn là phương pháp công nghệ để nối các vật hàn bằng kim loại (hợp kim) với nhau khi nung nóng cục bộ chỗ nối đến trạng thái hàn (chảy hoặc dẻo). Sau đó kim loại tự kết tinh hoặc thông qua lực ép tạo thành liên kết bền vững gọi là mối hàn.

Đặc điểm của hàn kim loại:

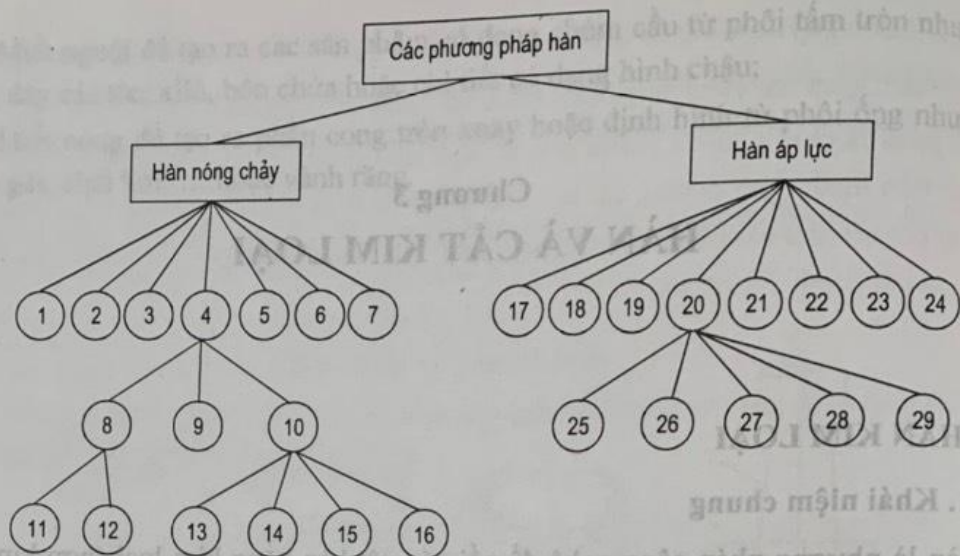
- Hàn chỉ thực hiện được với các kim loại có tính hàn như kim loại đen, kim loại-hợp kim màu, ...;
- Chế tạo được những tổ hợp phức tạp như cầu, giàn, khung, ... từ những phần tử đơn giản;
- Tiết kiệm được kim loại (so với mối ghép đinh tán, hàn tiết kiệm được  $15 \div 30\%$ );
- Mối ghép bằng hàn có độ bền, độ cứng và độ kín cao;
- Cơ tính của mối hàn và vùng lân cận kém hơn so với cơ tính của kim loại vật hàn;
- Khả năng chịu tải trọng động của mối hàn kém;
- Khuyết tật bên trong mối hàn nguy hiểm và khó kiểm tra.

Căn cứ vào trạng thái kim loại mối hàn khi nung nóng, người ta chia hàn thành hai nhóm lớn:

- Hàn nóng chảy, chỗ hàn, que hàn được nung đến nhiệt độ nóng chảy ( $T^0_{nc}$ ) và tự kết tinh để tạo thành mối hàn;
- Hàn áp lực, chỗ hàn được nung đến trạng thái dẻo ( $T^0 < T^0_{nc}$ ) và kết hợp với lực ép làm tăng khả năng khuếch tán của các phần tử kim loại giữa các vật hàn để tạo thành mối hàn.

Trong mỗi nhóm trên lại bao gồm nhiều phương pháp hàn khác nhau. Trên hình 3.1 là sơ đồ phân loại các phương pháp hàn.





**Hình 3.1. Phân loại các phương pháp hàn**

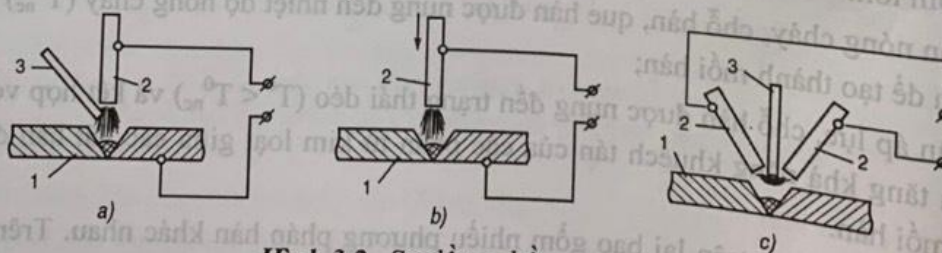
- 1- Hàn laser; 2- Hàn hồ quang plasma; 3- Hàn chùm tia điện tử; 4- Hàn hồ quang điện;  
 5- Hàn điện xi; 6- Hàn khí; 7- Hàn nhiệt nhôm; 8- Hàn hồ quang tay; 9- Hàn hồ quang tự động và bán tự động dưới lớp thuốc; 10- Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ; 11- Hàn hồ quang tay điện cực nóng chảy; 12- Hàn hồ quang tay điện cực không nóng chảy; 13- Hàn trong môi trường khí argon; 14- Hàn trong môi trường khí heli; 15- Hàn trong môi trường khí nito; 16- Hàn trong môi trường khí CO<sub>2</sub>; 17- Hàn siêu âm; 18- hàn nổ; 19- Hàn nguội; 20- Hàn điện tiếp xúc; 21- Hàn ma sát; 22- Hàn khuếch tán trong chân không; 23- Hàn cao tần; 24- Hàn rèn; 25- Hàn giáp mối; 26- Hàn điểm; 27- Hàn đường; 28- Hàn bằng điện cực giả; 29- Hàn bằng tụ điện

Trong chương này chỉ giới thiệu về hàn hồ quang điện, hàn điện tiếp xúc và hàn khí.

### 3.1.2. Hàn hồ quang điện

Hàn hồ quang điện, là sử dụng năng lượng điện do hồ quang hình thành giữa các điện cực để làm nóng chảy chỗ hàn. Hồ quang điện là hiện tượng phóng điện trong môi trường khí đã bị ion hóa giữa các điện cực, nơi tạo ra nhiệt lượng lớn và tia sáng (nhiệt độ tại trung tâm hồ quang lên tới 3200°C kèm theo các tia hồng ngoại, tử ngoại).

Hồ quang có thể được sinh ra giữa hai điện cực theo sơ đồ mắc trực tiếp (hình 3.2a,b) hoặc gián tiếp (hình 3.2c).



**Hình 3.2. Sơ đồ tạo hồ quang điện**

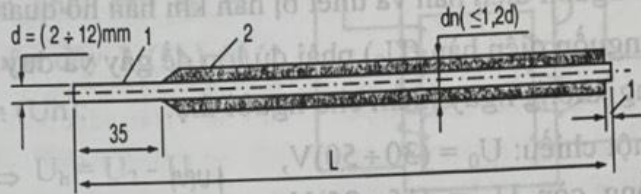
a,b) Sơ đồ mắc trực tiếp; c) Sơ đồ mắc gián tiếp

- 1- Vật hàn, 2- Điện cực hàn hoặc que hàn, 3- Que hàn phụ hoặc dây hàn

Điện cực hàn bao gồm điện cực nóng chảy và điện cực không nóng chảy.

- Điện cực nóng chảy là điện cực vừa làm nhiệm vụ gây hồ quang và duy trì sự cháy ổn định của hồ quang, đồng thời cung cấp kim loại bổ sung cho mỗi hàn. Điện cực nóng chảy gồm que hàn và dây hàn.

+ Que hàn là điện cực nóng chảy có thuốc bọc. Trên hình 3.3 là sơ đồ cấu tạo của que hàn (gồm lõi và thuốc bọc).



**Hình 3.3. Cấu tạo que hàn**

1- Lõi que hàn, 2- Thuốc bọc

\* Yêu cầu đối với vật liệu làm lõi:

- Có thành phần hóa học giống hoặc tốt hơn kim loại vật hàn;
- Dễ gây và duy trì hồ quang cháy ổn định, đồng thời cung cấp kim loại bổ sung cho mỗi hàn;

○ Giá thành rẻ.

Vật liệu làm lõi thông dụng là thép cacbon, đồng hoặc mangan.

\* Yêu cầu đối với thuốc bọc và thành phần thuốc bọc:

- Có nhiệt độ nóng chảy cao hơn nhiệt độ nóng chảy của lõi để tạo thành ống hướng kim loại lỏng vào mỗi hàn;

○ Tạo khí và xỉ hàn để bảo vệ mỗi hàn - ngăn không cho oxy, nitơ,... xâm nhập vào kim loại lỏng làm ôxy hóa mỗi hàn;

○ Hợp kim hóa mỗi hàn nhằm loại bỏ các tạp chất có hại;

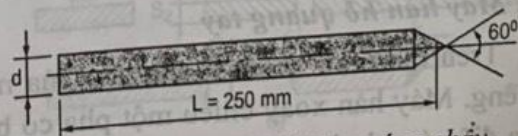
○ Tăng độ chảy loãng và khả năng điền đầy của kim loại lỏng khi hàn.

Thành phần của thuốc bọc gồm đá vôi, penpat, bột tan, cao lanh, chất khử oxy (nhôm, ferô magan), nguyên tố hợp kim và chất kết dính.

+ Dây hàn là điện cực nóng chảy không có thuốc bọc. Dây hàn được chế tạo thành cuộn, dùng trong hàn tự động hoặc hàn bán tự động.

- Điện cực không nóng chảy chỉ có nhiệm vụ gây và duy trì sự cháy ổn định của hồ quang để đốt nóng cục bộ chỗ hàn (hình 3.2a,c). Trên hình 3.4 là cấu tạo của điện cực không nóng chảy.

Điện cực không nóng chảy được chế tạo từ vonfram với đường kính  $d = 1 \div 5\text{mm}$  hoặc grafit với đường kính  $d = 4 \div 12\text{mm}$ .



**Hình 3.4. Điện cực không nóng chảy**

Hàn hồ quang điện bao gồm: hàn hồ quang tay, hàn tự động - bán tự động dưới lớp thuốc và trong môi trường khí bảo vệ.

### 3.1.2.1. Hàn hồ quang tay

Hàn hồ quang tay là một trong những phương pháp hàn hồ quang điện phổ biến, trong đó các chuyển động của que hàn được thực hiện bằng tay với thiết bị hàn đơn giản.

Yêu cầu đối với nguồn điện hàn và thiết bị hàn khi hàn hồ quang tay:

- Hiệu điện thế nguồn điện hàn ( $U_0$ ) phải đủ lớn để gây và duy trì sự cháy ổn định của hồ quang nhưng không nguy hiểm cho người thợ.

+ Nguồn điện một chiều:  $U_0 = (30 \div 50)V$ , khi hàn giảm xuống còn  $U_0 = (15 \div 25)V$ . Nguồn điện một chiều yêu cầu thiết bị phức tạp (đắt) nhưng chất lượng mối hàn tốt, dùng để hàn những mối hàn quan trọng;

+ Nguồn điện xoay chiều:  $U_0 = (50 \div 80)V$ , khi hàn giảm xuống còn  $U_0 = (25 \div 40)V$ . Nguồn điện xoay chiều có giá thành rẻ, thông dụng nhưng hồ quang cháy không ổn định - chất lượng mối hàn kém.

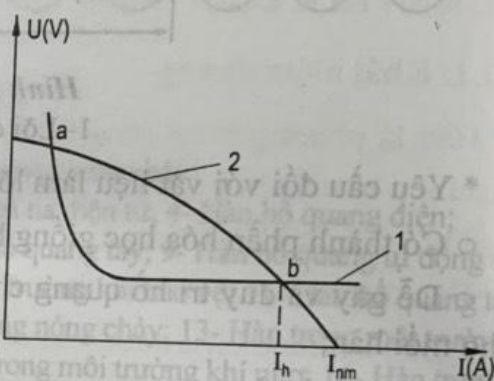
- Cường độ dòng điện hàn có thể thay đổi vô cấp hoặc phân cấp tùy theo kim loại và chiều dày của vật hàn. Cường độ dòng ngắn mạch phải đủ nhỏ để không làm cháy máy hàn:  $I_{nm} = (1,3 \div 1,4) I_h$  - hình 3.5;

- Quan hệ giữa điện thế hàn ( $U$ ) và cường độ dòng điện hàn ( $I$ ): Khi  $I$  tăng thì  $U$  giảm và ngược lại (hình 3.5); đối với nguồn điện xoay chiều,  $U$  và  $I$  phải lệch pha nhau để không cùng bị triệt tiêu (hình 3.6);

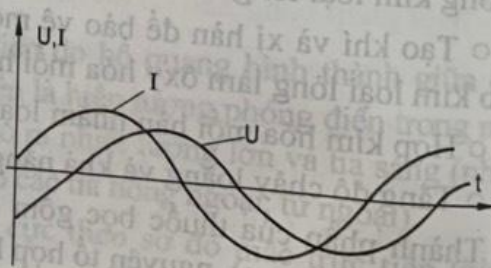
- Thiết bị hàn cần có cấu tạo đơn giản, gọn nhẹ, dễ sử dụng, an toàn và rẻ.

#### 1. Máy hàn hồ quang tay

Trên hình 3.7 là sơ đồ cấu tạo của máy hàn xoay chiều một pha có bộ tự cảm riêng. Máy hàn xoay chiều một pha có bộ tự cảm riêng thực chất là một biến áp để hạ điện áp của lưới điện từ 110V, 220V, 380V xuống điện áp hàn ( $50 \div 80)V$  và một bộ tự cảm.



**Hình 3.5.** Quan hệ giữa  $U$  và  $I$   
1- Đặc tính tĩnh của hồ quang, 2- Đặc tính ngoài của máy hàn, a- Điểm gây hồ quang, b- Điểm hồ quang cháy ổn định

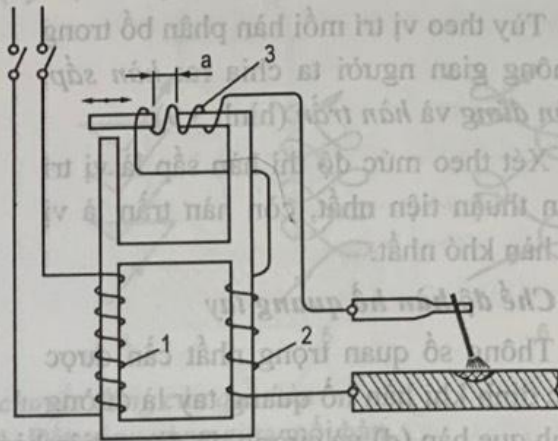


**Hình 3.6.** Lệch pha giữa  $U$  và  $I$

- Khi đầu cuộn dây sơ cấp 1 vào lưới điện có điện áp  $U_1$  (dòng  $I_1$ ) sẽ sinh ra từ thông  $\phi_0$  trong lõi biến áp và một sức điện động cảm ứng trong cuộn dây thứ cấp 2 có hiệu điện thế  $U_2$ .  $U_2$  được phân phối cho bộ tự cảm thông qua cuộn dây 3 ( $U_c$ ) và điện áp rơi khi hàn ( $U_h$ ):

$$U_2 = U_h + U_c \Rightarrow U_h = U_2 - U_c$$

- Khi hàn:  $I_h$  tăng làm  $U_c$  tăng,  $U_h$  giảm và ngược lại *phù hợp với đường đặc tính ngoài của máy hàn* (hình 3.5).



Hình 3.7. Máy hàn hồ quang tay

- 1- Cuộn dây sơ cấp, 2- Cuộn dây thứ cấp,
- 3- Cuộn cảm

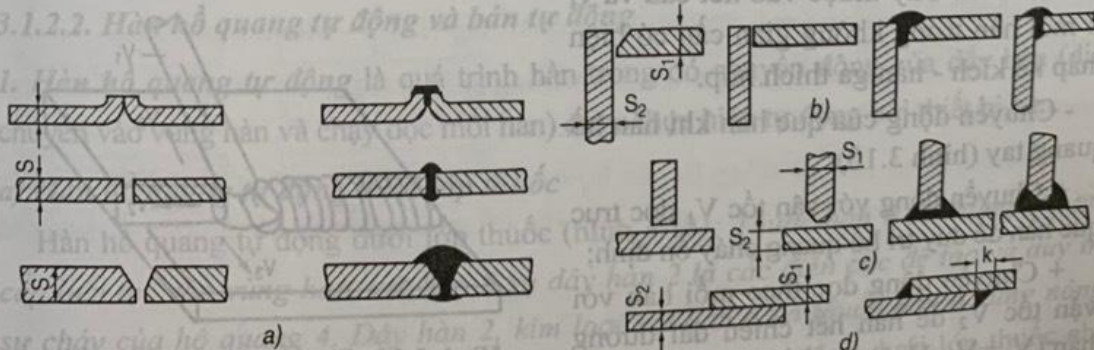
Có thể điều chỉnh cường độ dòng điện hàn phù hợp với vật liệu và chiều dày vật hàn bằng hai cách:

- + Thay đổi từ trở của mạch từ bộ tự cảm ( $R_c$ ) bằng cách thay đổi khe hở không khí a (hình 3.7);
- + Thay đổi số vòng dây của cuộn cảm bằng cách thay đổi tiếp điểm đầu dây với que hàn.

## 2. Công nghệ hàn hồ quang tay

### a) Các loại liên kết mối hàn

Các loại liên kết mối hàn khi hàn hồ quang tay gồm: hàn giáp mối, hàn góc, hàn chữ T và hàn chồng (hình 3.8).



Hình 3.8. Các loại liên kết mối hàn

- a) Hàn giáp mối (hàn đối đầu); b) Hàn góc; c) Hàn chữ T; d) Hàn chồng

**b) Vị trí mối hàn trong không gian**

Tùy theo vị trí mối hàn phân bố trong không gian người ta chia ra: hàn sấp, hàn đứng và hàn trần (hình 3.9).

Xét theo mức độ thì hàn sấp là vị trí hàn thuận tiện nhất, còn hàn trần là vị trí hàn khó nhất.

**c) Chế độ hàn hồ quang tay**

Thông số quan trọng nhất cần được xác định khi hàn hồ quang tay là đường kính que hàn ( $d$ ) và cường độ dòng điện hàn ( $I_h$ ).

- Xác định đường kính que hàn:

+ Hàn giáp mối, hàn góc:  $d = S/2 + 1$ , mm với  $S$  - Chiều dày vật hàn;

+ Hàn chông, hàn chữ T kiểu hàn chông:  $d = k/2 + 2$ , mm với  $k$  - Bề rộng cạnh hàn.

- Xác định cường độ dòng điện hàn. Khi hàn sấp với vật liệu hàn là thép cacbon,  $I_h$  được xác định theo công thức kinh nghiệm:  $I_h = (20 + 6d)d$ , (Ampe).

**d) Kỹ thuật hàn**

Kỹ thuật hàn quyết định đến chất lượng và năng suất hàn. Kỹ thuật hàn bao gồm việc chuẩn bị mối hàn và hàn.

- Chuẩn bị mối hàn. Trước khi hàn phải tiến hành làm sạch chỗ hàn, vát mép, gá hàn và lựa chọn đường kính que hàn, cường độ dòng điện hàn,...

+ Làm sạch chỗ hàn bằng cơ học (dùng bàn chải sắt, giấy ráp,...), làm sạch bằng hóa học (dùng hóa chất để tẩy gỉ, dầu mỡ,...);

+ Vát mép (uốn mép khi hàn giáp mối tám mỏng) để tăng diện tích tiếp xúc tại chỗ hàn (hình 3.8a);

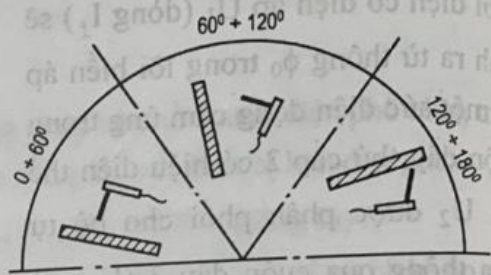
+ Gá hàn. Tùy thuộc vào kết cấu và vị trí mối hàn trong không gian cần có biện pháp kê kích - hàn gá thích hợp.

- Chuyển động của que hàn khi hàn hồ quang tay (hình 3.10):

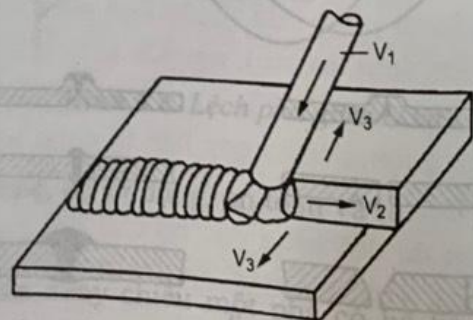
+ Chuyển động với vận tốc  $V_1$  dọc trục que hàn để duy trì hồ quang cháy ổn định;

+ Chuyển động dọc theo mối hàn với vận tốc  $V_2$  để hàn hết chiều dài đường hàn ( $V_2 = V_h$ ,  $V_h$  là vận tốc hàn);

+ Chuyển động dao động ngang với vận tốc  $V_3$ , đảm bảo hàn hết bề rộng mối hàn.

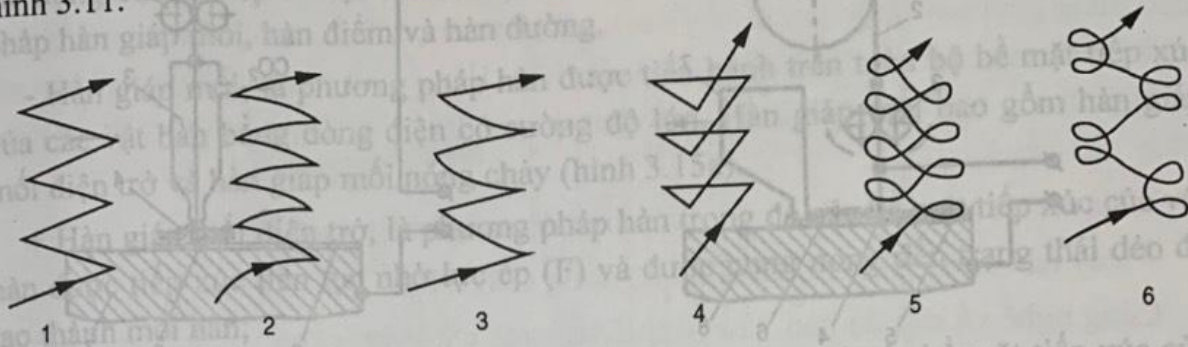


**Hình 3.9.** Vị trí mối hàn trong không gian  
 $0 \div 60^\circ$ : Hàn sấp;  $60 \div 120^\circ$ : Hàn đứng,  
 $120 \div 180^\circ$ : Hàn trần



**Hình 3.10.** Chuyển động của que hàn

Phối hợp 3 chuyển động trên, ta có quỹ đạo chuyển động của que hàn như trên hình 3.11.



**Hình 3.11.** Quỹ đạo chuyển động của que hàn

1; 2; 3 - Hàn bình thường, 4- Đốt nóng vùng giữa mỗi hàn,

5 và 6- Đốt nóng vùng mép mỗi hàn

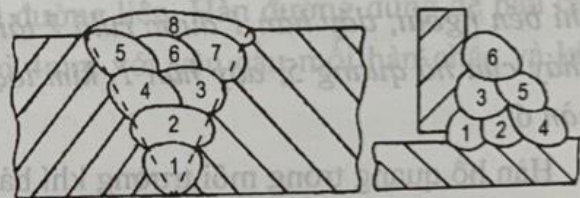
+ Thứ tự thực hiện khi hàn:

\* Đối với các mối hàn ngắn (có chiều dài  $l < 500$  mm) có thể thực hiện hàn liên tục từ đầu đến cuối mỗi hàn;

\* Đối với mối hàn có chiều dài trung bình ( $l = 500 \div 1000$  mm) nên hàn từ giữa ra hai đầu mỗi hàn;

\* Đối với mối hàn có chiều dài lớn ( $l > 1000$  mm) nên phân đoạn để hàn (chia mỗi hàn thành từng đoạn  $150 \div 250$  mm).

+ Thứ tự thực hiện các lớp hàn. Khi hàn mối hàn có tiết diện lớn, nên tiến hành hàn theo thứ tự các lớp như trên hình 3.12.



**Hình 3.12.** Thứ tự thực hiện các lớp hàn

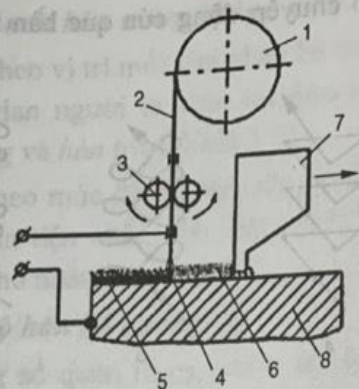
a) Hàn giáp mối; b) Hàn góc

### 3.1.2.2. Hàn hồ quang tự động và bán tự động

1. **Hàn hồ quang tự động** là quá trình hàn trong đó chuyển động của dây hàn (dịch chuyển vào vùng hàn và chạy dọc mối hàn) được thực hiện tự động bởi thiết bị hàn.

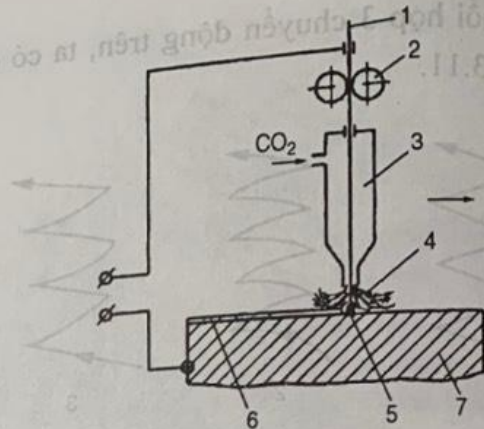
#### a) Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc

Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc (hình 3.13): Thuốc hàn 6 từ thùng 7 được cấp liên tục vào vùng hàn, vật hàn 8 và dây hàn 2 là các điện cực để tạo và duy trì sự cháy của hồ quang 4. Dây hàn 2, kim loại vật hàn 8 và thuốc hàn 6 cùng nóng chảy để tạo thành mối hàn và xỉ hàn 5. Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc chỉ thực hiện được khi hàn sấp.



**Hình 3.13.** Sơ đồ hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc

- 1- Cuộn dây hàn, 2- Dây hàn, 3- Rulô,  
4- Hồ quang, 5- Mối hàn và xỉ hàn, 6- Thuốc hàn,  
7- Thùng thuốc hàn, 8- Vật hàn



**Hình 3.14.** Hàn hồ quang tự động trong môi trường khí bảo vệ

- 1- Dây hàn, 2- Rulô, 3- Bình khí,  
4- Khí bảo vệ, 5- Hồ quang, 6- Mối hàn,  
7- Vật hàn

### b) Hàn hồ quang tự động trong môi trường khí bảo vệ

Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ (hình 3.14): Khí bảo vệ 4 từ vòi phun của bình khí 3 vây kín chỗ hàn giữ cho kim loại nóng chảy không tiếp xúc với không khí bên ngoài, dây hàn 1 được rulô 2 tải liên tục vào vùng hàn để gây và duy trì sự cháy của hồ quang 5, dây hàn 1, kim loại vật hàn 7 cùng nóng chảy tạo thành mối hàn 6.

Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ cho mối hàn đẹp, có thể hàn được mọi vị trí mối hàn trong không gian. Thường áp dụng phương pháp này để hàn các kết cấu bằng thép cacbon, thép hợp kim,... Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ có các công nghệ sau:

- Hàn hồ quang trong môi trường khí hoạt tính  $\text{CO}_2$  (MAG- Metal Active Gas);
- Hàn hồ quang trong môi trường khí trơ Ar, He (MIG - Metal Inert Gas);
- Hàn hồ quang với điện cực vonfram trong môi trường khí trơ (TIG - Tungsten Inert Gas).

**2. Hàn hồ quang bán tự động** là hàn hồ quang trong đó chuyển động để tạo ra vận tốc hàn  $V_2 (V_h)$  được thực hiện bằng tay. Hàn hồ quang bán tự động dùng để hàn các kết cấu hàn phức tạp.

### 3.1.3. Hàn điện tiếp xúc

Hàn điện tiếp xúc thực chất là cho dòng điện có cường độ lớn chạy qua chỗ tiếp xúc của các vật hàn. Theo định luật Jun - Lenxơ, tại chỗ tiếp xúc có điện trở lớn sinh

nhiệt nhiều làm kim loại vật hàn bị nung nóng đến trạng thái dẻo (hoặc chảy) và nhờ tác dụng của lực ép để tạo thành liên kết hàn. Hàn điện tiếp xúc gồm các phương pháp hàn giáp mối, hàn điểm và hàn đường.

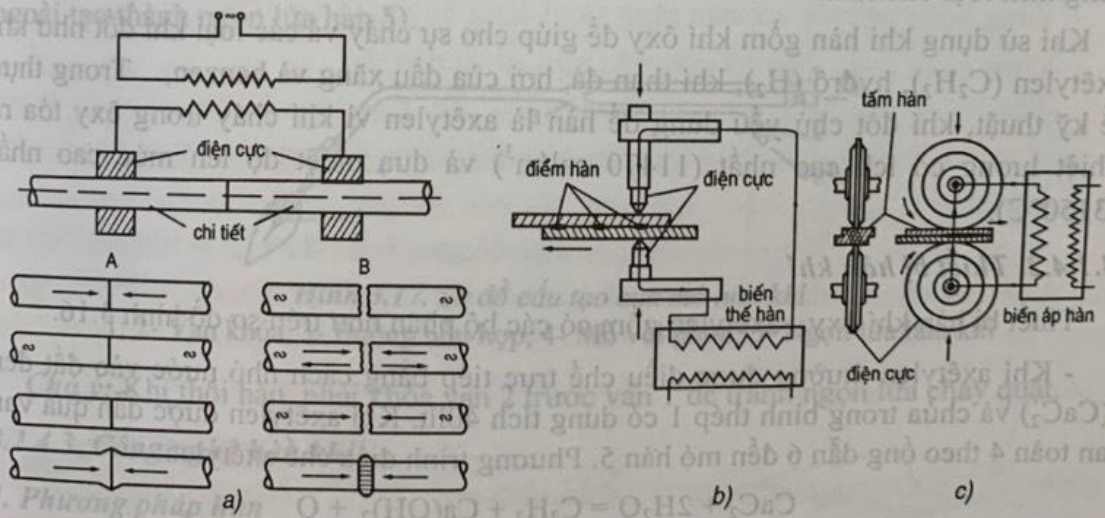
- Hàn giáp mối, là phương pháp hàn được tiến hành trên toàn bộ bề mặt tiếp xúc của các vật hàn bằng dòng điện có cường độ lớn. Hàn giáp mối bao gồm hàn giáp mối điện trở và hàn giáp mối nóng chảy (hình 3.15a).

+ Hàn giáp mối điện trở, là phương pháp hàn trong đó các bề mặt tiếp xúc của vật hàn được tiếp xúc liên tục nhờ lực ép (F) và được nung nóng đến trạng thái dẻo để tạo thành mối hàn;

+ Hàn giáp mối nóng chảy, là phương pháp hàn trong đó các bề mặt tiếp xúc của vật hàn được nung nóng tới trạng thái chảy bằng cách cho chúng tiếp xúc không liên tục với nhau và khi đạt đến trạng thái chảy thì dùng lực ép nhanh để tạo thành mối hàn.

- Hàn điểm (hình 3.15b), là phương pháp hàn chồng các tấm mỏng bằng các điểm hàn được tạo ra bởi các điện cực hàn khi bấm. Hàn điểm được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp sản xuất ô tô, các thiết bị điện hoặc đồ gia dụng.

- Hàn đường (hình 3.15c). Phương pháp này khác với hàn điểm ở chỗ các điện cực là các đĩa quay, nhờ đó mỗi hàn là một đường liền. Hàn đường dùng để hàn các vật hàn mỏng có chiều dày tổng cộng dưới 4mm với yêu cầu mối hàn chắc và kín như các thùng chứa, bình chứa,...



**Hình 3.15. Hàn điện tiếp xúc**

a) Hàn giáp mối; b) Hàn điểm; c) Hàn đường

Ngoài các phương pháp hàn theo sơ đồ hình 3.1 còn có các phương pháp nối kim loại bằng hàn vẩy hoặc dán.



Hàn vẩy, là phương pháp nối kim loại (hợp kim) ở trạng thái rắn nhờ một vật liệu trung gian có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của vật hàn (vật liệu trung gian này được gọi là vẩy hàn). Mỗi hàn được hình thành nhờ sự nóng chảy và khuếch tán của vẩy hàn vào vật liệu vật hàn. Hàn vẩy thường áp dụng để hàn các vật liệu trong kỹ thuật điện hoặc dụng cụ cắt gọt. Các loại vẩy hàn và nhiệt độ nóng chảy của vẩy hàn:

+ Vẩy hàn mềm (Sn-Pb; Sn-Zn) có nhiệt độ nóng chảy dưới  $450^{\circ}\text{C}$ ;

+ Vẩy hàn cứng (Fe, Cu) có nhiệt độ nóng chảy  $720 \div 900^{\circ}\text{C}$ ;

Công nghệ và chế độ hàn vẩy gồm: *Làm sạch chỗ hàn; chọn vẩy hàn và nhiệt độ nung; xác định thời gian nung và tiến hành hàn.*

- Dán kim loại là phương pháp nối kim loại bằng keo dán (còn gọi là nhựa nhân tạo). Phương pháp này thích hợp cho việc nối các tấm mỏng bằng nhôm hoặc hợp kim nhôm có chiều dày đến 3mm hoặc nối những vật liệu khác nhau như thép với nhôm, gỗ với kim loại nhẹ,.... Dán kim loại được sử dụng ngày một rộng rãi trong ngành hàng không, dệt may, máy - thiết bị lạnh và xây dựng.

### 3.1.4. Hàn khí

#### 3.1.4.1. Khái niệm

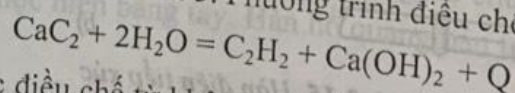
Hàn khí (hàn hơi) là một trong những phương pháp hàn hóa học trong đó dùng nhiệt lượng sinh ra từ các phản ứng tỏa nhiệt của các khí cháy trong oxy để nung nóng kim loại chỗ hàn.

Khí sử dụng khi hàn gồm khí oxy để giúp cho sự cháy và các loại khí đốt như khí axetylen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), hydro ( $\text{H}_2$ ), khí than đá, hơi của dầu xăng và benzen,.... Trong thực tế kỹ thuật, khí đốt chủ yếu dùng để hàn là axetylen vì khí cháy trong oxy tỏa ra nhiệt lượng có ích cao nhất ( $11470 \text{ cal/m}^3$ ) và đưa nhiệt độ lên mức cao nhất ( $3150^{\circ}\text{C}$ ).

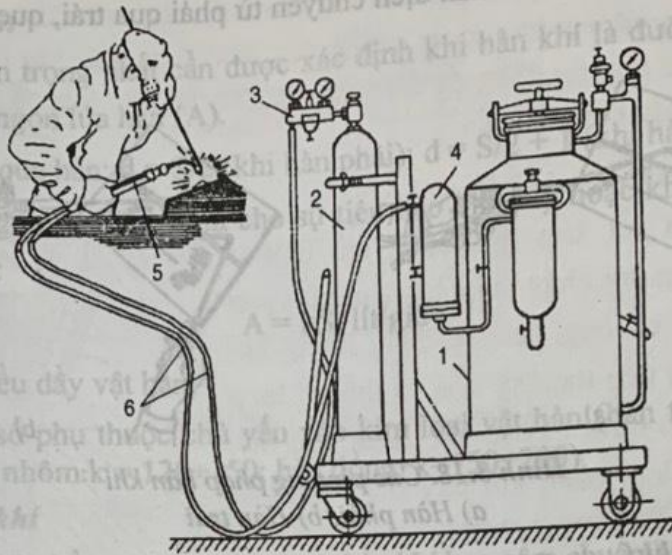
#### 3.1.4.2. Thiết bị hàn khí

Thiết bị hàn khí oxy - axetylen gồm có các bộ phận như trên sơ đồ hình 3.16.

- Khí axetylen thường được điều chế trực tiếp bằng cách nhỏ nước vào đất đèn ( $\text{CaC}_2$ ) và chứa trong bình thép 1 có dung tích 40lít. Khí axetylen được dẫn qua van an toàn 4 theo ống dẫn 6 đến mỏ hàn 5. Phương trình điều chế axetylen:



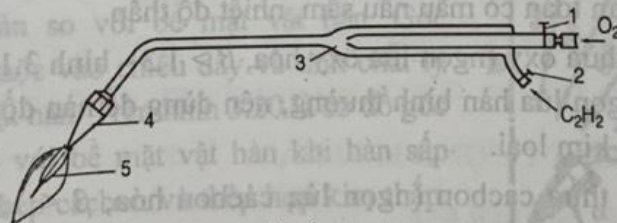
- Oxy kỹ thuật được điều chế từ không khí bằng cách nén - làm lạnh và làm giãn nở biến thành thể lỏng sau đó đem chưng cất ở nhiệt độ ( $-183^{\circ}\text{C}$ ) để lấy oxy nguyên chất. Khí oxy có áp suất 150 atm được chứa trong bình thép 2 có dung tích 40 lít, khi qua van giảm áp 3 giảm xuống còn  $3 \div 4$  atm theo ống dẫn 6 đến mỏ hàn 5.



**Hình 3.16.** Sơ đồ trạm hàn khí ôxy-axêtylen

- 1- Bình điều chế khí axêtylen, 2- Bình chứa ôxy kỹ thuật,  
3- Van giảm áp, 4- Van an toàn, 5- Mỏ hàn khí, 6- Ống dẫn khí

Trên hình 3.17 là sơ đồ cấu tạo mỏ hàn khí. Khi hàn, mở van khóa 1 dẫn  $O_2$ , trước van khóa 2 (dẫn  $C_2H_2$ ). Do lỗ dẫn khí ôxy trong mỏ hàn có đường kính nhỏ nên khi mở van 1 dòng khí ôxy có tốc độ cao tạo ra vùng áp suất thấp, hút nhanh khí axêtylen vào buồng hỗn hợp 3 và hòa trộn với ôxy để tạo thành hỗn khí cháy. Mỏ vòi phun 4 dùng để mở và điều chỉnh hỗn hợp khí cháy khi hàn (sau khi mỗi lần ngoài tạo thành ngọn lửa hàn 5).



**Hình 3.17.** Sơ đồ cấu tạo của mỏ hàn khí

- 1; 2- Van khóa, 3- Buồng hỗn hợp, 4- Mỏ vòi phun, 5- Ngọn lửa hàn khí

**Chú ý:** Khi thổi hàn, phải khóa van 2 trước van 1 để tránh ngọn lửa cháy giật.

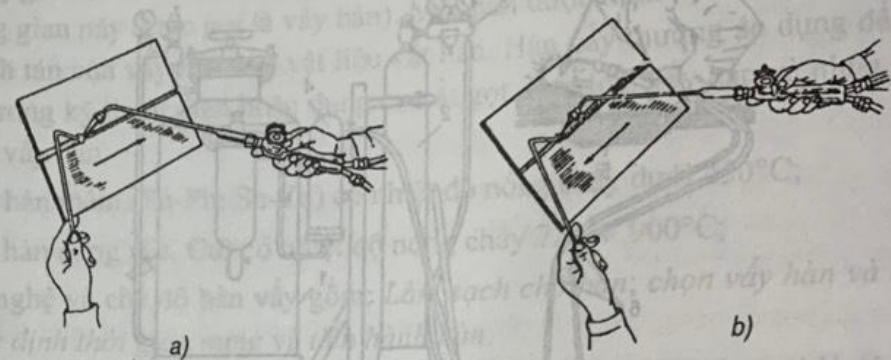
### 3.1.4.3. Công nghệ hàn khí

#### 1. Phương pháp hàn

Hàn khí có thể thực hiện theo hai phương pháp sau:

- Hàn phải (hình 3.18a) mỏ hàn dịch chuyển từ trái qua phải, que hàn phụ đi sau mỏ hàn. Phương pháp này thường dùng để hàn các vật hàn có chiều dày lớn hoặc vật liệu khó nóng chảy.

- Hàn trái (hình 3.18b) mỏ hàn dịch chuyển từ phải qua trái, que hàn phụ đi trước mỏ hàn.

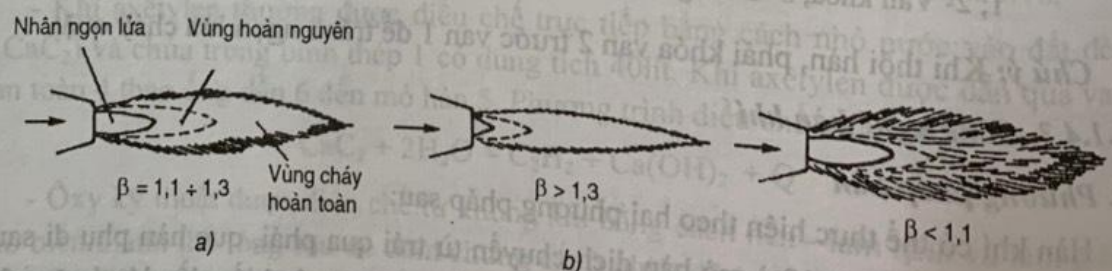


Hình 3.18. Các phương pháp hàn khí  
a) Hàn phải; b) Hàn trái

2. Ngọn lửa hàn khí

Ngọn lửa hàn ôxy - axetylen có hình dạng và công năng khác nhau tùy thuộc vào tỷ lệ thể tích của  $O_2$  và  $C_2H_2$  khi phối trộn ( $\beta = \frac{V_{O_2}}{V_{C_2H_2}}$ ). Có 3 loại ngọn lửa hàn:

- Ngọn lửa hàn bình thường ( $\beta = 1,1 \div 1,3$ ) dùng để hàn các loại thép hoặc đồng đỏ. Ngọn lửa hàn bình thường gồm 3 phần rõ rệt (hình 3.19a):
  - + Nhân ngọn lửa có màu sáng trắng ( $T^\circ = 1000^\circ C$ );
  - + Vùng hoàn nguyên có màu sáng xanh dùng để hàn ( $T^\circ = 3150^\circ C$ );
  - + Vùng cháy hoàn toàn có màu nâu sẫm, nhiệt độ thấp.
- Ngọn lửa hàn thừa ôxy (ngọn lửa ôxy hóa,  $\beta > 1,3$  - hình 3.19b) có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của ngọn lửa hàn bình thường, nên dùng để hàn đồng thau, nung nóng hoặc cắt hớt bề mặt kim loại.
- Ngọn lửa hàn thừa cacbon (ngọn lửa cacbon hóa,  $\beta < 1,1$  - hình 3.19c) có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ của ngọn lửa hàn bình thường, nên dùng để hàn gang hoặc hàn nhôm.



Hình 3.19. Ngọn lửa hàn khí  
a) Ngọn lửa hàn bình thường; b) Ngọn lửa hàn thừa ôxy; c) Ngọn lửa hàn thừa cacbon

### 3. Chế độ hàn khí

Thông số quan trọng nhất cần được xác định khi hàn khí là đường kính que hàn (d) và công suất ngọn lửa hàn (A).

- Đường kính que hàn:  $d = S/2$  (khi hàn phải);  $d = S/2 + 1$  (khi hàn trái);
- Công suất ngọn lửa hàn (tính cho sự tiêu hao khí ôxy hoặc khí cháy trong một đơn vị thời gian):

$$A = kS, \text{ lít/giờ}$$

trong đó: S - Chiều dày vật hàn;

- k- Hệ số phụ thuộc chủ yếu vào kim loại vật hàn (hàn thép:  $k=100 \div 120$ ; hàn nhôm:  $k = 120 \div 150$ ; hàn đồng:  $k=150 \div 200$ ).

### 4. Kỹ thuật hàn khí

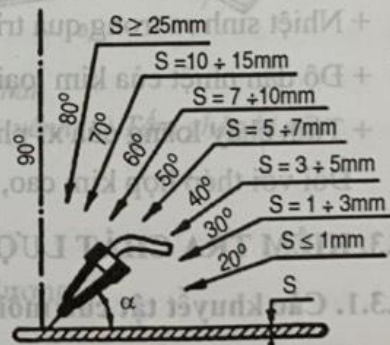
Tương tự như hàn hồ quang tay, kỹ thuật hàn khí bao gồm chuẩn bị mối hàn và hàn.

- Chuẩn bị mối hàn. Nội dung của chuẩn bị mối hàn gồm làm sạch chỗ hàn, vát mép, gá hàn và lựa chọn phương pháp hàn, đường kính que hàn, công suất ngọn lửa hàn,...

+ Làm sạch và vát mép, giống như khi hàn hồ quang điện (đối với hàn khí có thể làm sạch bằng ngọn lửa hàn);

+ Gá hàn bằng cách kê kích và hàn gá (có thể hàn gá bằng hàn hồ quang điện).

- Khi hàn cần chú ý đến phương pháp hàn và góc nghiêng của mỏ hàn so với bề mặt vật hàn. Góc nghiêng này phụ thuộc vào chiều dày và tính chất lý nhiệt của kim loại vật hàn. Trên hình 3.20 là sơ đồ góc nghiêng mỏ hàn so với bề mặt vật hàn khi hàn sắp với vật liệu hàn là thép cacbon và thép hợp kim thấp. Trong quá trình hàn, lúc đầu để nung nóng nhanh chỗ hàn - có thể tăng góc nghiêng của mỏ hàn lên ( $\alpha = 80 \div 90^\circ$ ) sau đó giảm dần theo sơ đồ hình 3.20.



Hình 3.20. Góc độ mỏ hàn

### 3.2. CẮT KIM LOẠI BẰNG HÀN

Cắt kim loại (hợp kim) có thể thực hiện bằng hồ quang điện hoặc bằng ngọn lửa hàn khí. Mục đích của cắt kim loại ngược với mục đích của hàn kim loại.

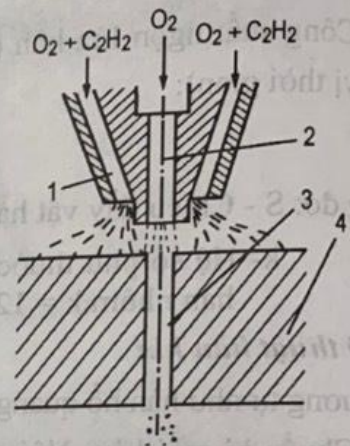
#### 3.2.1. Cắt kim loại bằng hồ quang điện

Cắt kim loại bằng hồ quang điện, là quá trình nung chảy và cắt đứt kim loại bằng nhiệt lượng của hồ quang điện với điện cực là grafit hoặc kim loại. Ưu điểm của

phương pháp này là cắt được nhiều loại vật liệu khác nhau như thép, gang, kim loại - hợp kim màu. Tuy nhiên đường cắt không đều, khó thực hiện khi chiều dày cắt lớn, không kinh tế nên thường dùng để tháo rời các kết cấu kim loại cũ hoặc dùng cắt hệ thống rót và các đậ của vật đúc.

### 3.2.2. Cắt kim loại bằng khí ôxy

Thực chất của cắt kim loại bằng khí ôxy là dùng ngọn lửa hàn đốt cháy vùng cắt làm kim loại nóng chảy thành xỉ lỏng, sau đó dùng luồng khí ôxy có áp lực cao tiếp tục ôxy hóa và thổi xỉ lỏng ra ngoài tạo thành rãnh hay lỗ cắt. Khác với hàn khí, khi cắt kim loại bằng khí ôxy mỏ vòi phun được thay bằng mỏ cắt (hình 3.21).



**Hình 3.21. Cắt kim loại bằng khí ôxy**

- 1- Luồng khí ôxy – Axêtylen,
- 2- Luồng khí ôxy có áp lực cao,
- 3- Rãnh cắt, 4- Vật cắt

Điều kiện cắt kim loại bằng khí ôxy:

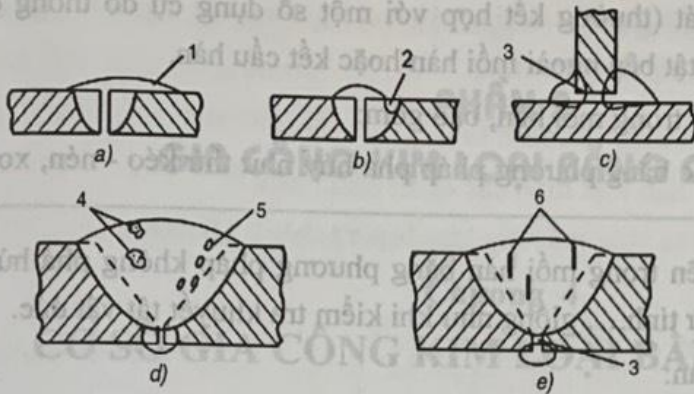
- Đối với thép cacbon và thép hợp kim thấp:
  - + Nhiệt độ cháy của kim loại phải thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của nó;
  - + Nhiệt độ nóng chảy của ôxy kim loại phải thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của kim loại;
  - + Nhiệt sinh ra trong quá trình ôxy hóa phải đủ duy trì sự cắt liên tục;
  - + Độ dẫn nhiệt của kim loại không quá lớn;
  - + Tính chảy loãng của xỉ phải cao.
- Đối với thép hợp kim cao, thường sử dụng phương pháp cắt bằng thuốc cắt.

## 3.3. KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG MỐI HÀN

### 3.3.1. Các khuyết tật của mối hàn

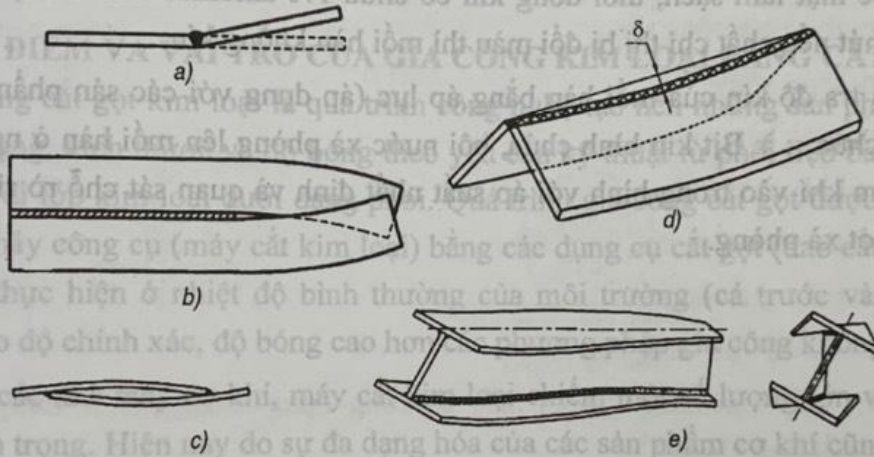
Các dạng khuyết tật khi hàn bao gồm khuyết tật bên ngoài và khuyết tật bên trong mối hàn.

- Khuyết tật bên ngoài mối hàn gồm:
  - + Chảy loang (hình 3.22a), lõm hàn (hình 3.22b), rỗ xỉ (hình 3.22d), nứt ngoài (hình 3.22e), đường hàn vận vẹo - mấp mô,...
  - + Kết cấu hàn không đảm bảo yêu cầu kỹ thuật (hình 3.23).
- Khuyết tật bên trong mối hàn gồm không ngấu (hình 3.22c,e), lẫn xỉ (hình 3.22d), rỗ khí (hình 3.22d), nứt trong (hình 3.22e), quá nhiệt và sai về tổ chức.



- 1- Chảy loang;
- 2- Lỗ hàn;
- 3- Không ngấu;
- 4- Rỗ - lẫn xỉ;
- 5- Rỗ khí;
- 6- Nứt

**Hình 2.22.** Các khuyết tật mối hàn



**Hình 3.23.** Sai lệch kết cấu hàn

- a) Sai lệch bề mặt ghép;
- b, c, d) Tạm ghép bị cong- vênh;
- e) Tạm ghép bị vụn

Nguyên nhân gây ra các khuyết tật trên:

**4.2. Kết cấu mối hàn không hợp lý;**

- Que hàn và vật liệu vật hàn không đảm bảo chất lượng;
- Chế độ hàn không hợp lý;
- Chuẩn bị mối hàn không tốt;
- Trình độ kỹ thuật hàn hạn chế;...

Để không xảy ra các khuyết tật khi hàn cần tìm hiểu - phân tích nguyên nhân và đưa ra các giải pháp phù hợp trong từng trường hợp cụ thể.

**3.3.2. Các phương pháp kiểm tra chất lượng mối hàn**

Kiểm tra chất lượng mối hàn và kết cấu hàn phải căn cứ vào bản vẽ thiết kế (chú ý đến các yêu cầu kỹ thuật). Có thể kiểm tra mối hàn bằng cách quan sát kết hợp với các phương pháp kiểm tra tiên tiến.

- Kiểm tra bằng quan sát (thường kết hợp với một số dụng cụ đo thông dụng) nhằm phát hiện các khuyết tật bên ngoài mối hàn hoặc kết cấu hàn.

- Kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn, bao gồm:

+ Kiểm tra độ bền cơ học bằng phương pháp phá hủy như thử kéo - nén, xoắn,...

đôi với mối hàn;

+ Kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn bằng phương pháp không phá hủy. Sử dụng tia X, tia  $\gamma$ , siêu âm, từ tính, ... giống như khi kiểm tra khuyết tật vật đúc.

+ Kiểm tra độ kín mối hàn:

\* Kiểm tra độ kín mối hàn bằng khí amôniac. Làm sạch mối hàn, bôi chất chỉ thị màu lên bề mặt làm sạch, thổi dòng khí có chứa 1% amôniac lên bề mặt đối diện, sau 1÷5 phút nếu chất chỉ thị bị đổi màu thì mối hàn không kín;

\* Kiểm tra độ kín của mối hàn bằng áp lực (áp dụng với các sản phẩm như nồi hơi, bình chứa, ...). Bịt kín bình chứa, bôi nước xà phòng lên mối hàn ở ngoài bình, sau đó bơm khí vào trong bình với áp suất nhất định và quan sát chỗ rò rỉ qua hiện tượng xì bọt xà phòng.

