

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP  
KHOA CÔNG NGHỆ CƠ ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỬ**

\*\*\*\*\*



**GIÁO TRÌNH  
CÔNG NGHỆ GIA CÔNG PHÔI**  
*(Giáo trình nội bộ dùng cho sinh viên Công nghệ)*

**THÁI NGUYÊN NĂM 2022**

# PHẦN 1. CÔNG NGHỆ ĐÚC

## CHƯƠNG 1. CƠ BẢN VỀ ĐÚC KIM LOẠI

### 1.1. Định nghĩa, đặc điểm và phân loại

#### 1.1.1. Định nghĩa

*Đúc là phương pháp tạo ra sản phẩm bằng cách nấu chảy kim loại, rót kim loại lỏng vào lòng khuôn đúc định sẵn. Sau khi kim loại đông đặc, ta sẽ thu được vật đúc có hình dáng và kích thước tương ứng với lòng khuôn đúc.*

Sản phẩm đó gọi là vật đúc. Nếu đem vật đúc gia công tiếp theo như gia công cắt gọt thì nó được gọi là phôi đúc.

#### 1.1.2 Đặc điểm

- Mọi loại vật liệu như gang, thép, hợp kim màu, vật liệu phi kim khi nấu chảy lỏng được đều đúc được.

- Tạo ra vật đúc có kết cấu phức tạp, những vật đúc có khối lượng lớn mà các phương pháp gia công phôi khác không thực hiện được.

- Một số phương pháp đúc tiên tiến có thể tạo ra sản phẩm có chất lượng cao, kích thước chính xác, độ bóng bề mặt cao và có khả năng cơ khí hóa, hoặc tự động hoá cao.

- Giá thành của sản xuất đúc nói chung hạ hơn so với các dạng sản xuất khác.

Tuy vậy, quá trình sản xuất đúc còn cần phải khắc phục một số các mặt hạn chế sau:

- Do quá trình kết tinh từ thể lỏng nên trong vật đúc dễ tồn tại các dạng rỗ co, rỗ khí, nứt, lẫn tạp chất.v.v...

- Khi đúc trong khuôn cát độ chính xác về kích thước và độ bóng thấp.

- Tiêu hao một phần không nhỏ kim loại cho hệ thống rót, đậu ngót và cho các đại lượng khác (lượng dư, độ xiên v.v...)

#### 1.1.3 Phân loại các phương pháp đúc

Theo loại khuôn đúc người ta phân ra:

##### a. Đúc trong khuôn cát

Là dạng đúc phổ biến. Khuôn cát là loại khuôn đúc một lần (chỉ rót một lần rồi phá khuôn). Vật đúc tạo hình trong khuôn cát có độ chính xác thấp, độ bóng bề mặt kém, lượng dư gia công lớn. Nhưng khuôn cát tạo ra vật đúc có kết cấu phức tạp, khối lượng lớn.

##### b. Đúc đặc biệt

Ngoài khuôn cát, các dạng đúc trong khuôn đúc (kim loại, vỏ mỏng, ...) được gộp chung là đúc đặc biệt.

Đúc đặc biệt cho sản phẩm chất lượng cao hơn, độ chính xác, độ bóng cao hơn vật đúc trong khuôn cát. Ngoài ra phần lớn các phương pháp đúc đặc biệt có năng suất cao hơn. Tuy nhiên đúc đặc biệt thường chỉ tạo được vật đúc nhỏ và trung bình.

Trong bảng dưới đây trình bày tóm tắt các dạng sản xuất đúc, phương pháp tạo khuôn và lĩnh vực sử dụng của chúng.

Dạng đúc (1)	Phương pháp làm khuôn (2)	Đặc trưng phân loại (3)	Dạng sản xuất và đặc tính của vật đúc (4)	Lĩnh vực sử dụng (5)
Đúc trong khuôn cát	Làm khuôn bằng tay	Mẫu gỗ	Sản xuất đơn chiếc, hàng loạt nhỏ, vật đúc hình dạng bất kỳ.	Dùng trong các trường hợp thông thường, không đòi hỏi chất lượng cao
		Mẫu kim loại	Sản xuất hàng loạt, vật đúc nhỏ và trung bình, không quá phức tạp.	Dùng khi cần nâng cao độ chính xác. Thời gian sử dụng mẫu tương đối lớn.
		Làm khuôn trong hòm khuôn	Vật đúc nhỏ và trung bình, hình dạng tùy ý.	Dùng trong trường hợp có nhiều hòm khuôn. Tiết kiệm nền xưởng. Sấy khuôn được trong lò sấy.
		Làm khuôn trên nền xưởng	Sản xuất đơn chiếc, hàng loạt nhỏ. Vật đúc lớn, hình dạng bất kỳ.	Dùng khi thiếu hòm khuôn lớn, khuôn tươi hoặc chỉ sấy bề mặt. Sử dụng khi đúc gang.
	Làm khuôn bằng máy	Làm khuôn trên máy ép và máy dẫn	Sản xuất hàng loạt trung bình, hàng loạt lớn. Vật đúc nhỏ, đơn giản.	Dùng khi yêu cầu năng suất cao. Hòm khuôn không cao quá 200 mm
		Làm khuôn trên máy thổi cát	Hình dạng bất kỳ, có kích thước lớn và trung	Dùng khi đúc các vật đúc có chiều cao, kích thước

			bình. Sản xuất hàng loạt nhỏ và trung bình	ngang lớn. Hòm khuôn lớn.
Đúc đặc biệt	Khuôn kim loại	Điền đầy kim loại lỏng bằng rót tự do	Sản xuất hàng loạt lớn. Vật đúc nhỏ, trung bình. Cấu tạo đơn giản.	Dùng đúc các kim loại khác nhau cần cơ tính cao. Hạn chế đúc gang xám.
		Điền đầy kim loại lỏng dưới áp lực	Sản xuất hàng loạt lớn, hành khối, vật đúc nhỏ, đơn giản.	
Đúc li tâm	Khuôn đúc li tâm	Khuôn kim loại, trục quay thẳng đứng	Sản xuất hàng loạt. Vật đúc tròn xoay, rỗng.	Dùng đúc các hợp kim khác nhau. Đường kính vật đúc lớn, chiều cao không lớn lắm.
		Khuôn cát đặt trên giá quay trục thẳng đứng	Sản xuất hàng loạt nhỏ và trung bình. Vật đúc có dạng bất kỳ.	Dùng đúc các hợp kim, vật đúc không lớn.
		Khuôn kim loại trục quay nằm ngang dạng công sôn.	Sản xuất hàng loạt. Vật đúc tròn xoay, rỗng.	Dùng đúc các hợp kim ít thiên tích. Yêu cầu chất lượng cao. Chiều dài vật đúc nhỏ.
		Khuôn kim loại hai nửa, trục quay nằm ngang	Sản xuất hàng loạt, vật đúc tròn xoay, rỗng. Vật đúc có mặt ngoài không tròn xoay	Dùng chế tạo các loại ống bằng các hợp kim, có đường kính nhỏ, chiều dài lớn.
		Khuôn kim loại có lót hỗn hợp cát bên trong khuôn liền trục quay nằm ngang	Sản xuất hàng loạt, trung bình. Vật đúc có tiết diện không đều.	Dùng đúc các vật đúc bằng gang, có gia công mặt ngoài.

Đúc liên tục	Khuôn đúc có dạng bình, kết tính có làm nguội tuần hoàn	Sản xuất hàng loạt. Vật đúc là thỏi hoặc ống có tiết diện không đổi trên chiều dài, độ dài lớn.	Dùng trong trường hợp chế tạo thỏi hay ống, yêu cầu mặt ngoài và mặt trong của ống có chất lượng cao không cần gia công.
Đúc chính xác	Mẫu kim loại, vỏ khuôn đặc biệt có chiều dày nhỏ	Dùng trong sản xuất hàng loạt, vật đúc nhỏ và trung bình	Chế tạo vật đúc có chất lượng cao, kim loại quý, lượng dư gia công nhỏ.
	Mẫu bằng vật liệu dễ chảy, khuôn cát đặc biệt không có mặt phân khuôn	Dạng sản xuất hàng loạt trung bình trở lên. Vật đúc nhỏ, phức tạp.	Dùng chế tạo vật đúc chính xác cao, không phải gia công cơ hoặc gia công với lượng dư nhỏ, vật đúc bằng kim loại, hợp kim quý, hiếm.

## 1.2 Sự kết tinh của kim loại vật đúc trong khuôn

Kim loại lỏng khi điền đầy lòng khuôn sẽ nhanh chóng chuyển dần sang trạng thái đặc theo quá trình kết tinh phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

- Tính chất lý nhiệt và nhiệt độ rót của hợp kim đúc.
- Tính chất lý nhiệt của vật liệu khuôn.
- Công nghệ đúc.

Có thể phân chia quá trình kết tinh thành các giai đoạn liên tiếp sau đây:

### a. Giai đoạn điền đầy kim loại lỏng vào lòng khuôn

Thời gian điền đầy tính từ khi bắt đầu rót đến thời điểm kim loại lỏng điền đầy hệ thống rót và đậu ngót. Thông thường thời gian rót phải đảm bảo sao cho kim loại điền đầy nhanh, nên giai đoạn này chưa có sự hạ nhiệt đáng kể.

### b. Giai đoạn hạ nhiệt độ từ $t^o$ rót đến nhiệt độ điểm lỏng

Kim loại lỏng trong lòng khuôn tiếp xúc với thành khuôn sẽ truyền nhiệt vào vật liệu khuôn với tốc độ khác nhau phụ thuộc vào tính chất lý nhiệt của khuôn và lượng tập trung kim loại từng vùng. Vì ở đáy lòng khuôn bao giờ cũng được điền đầy trước nên ở

đó sẽ bắt đầu kết tinh trước, sau đó mới đến thành bên. Hướng tản nhiệt luôn luôn vuông góc với thành khuôn.

*c. Giai đoạn kết tinh tính từ nhiệt độ điểm lỏng đến nhiệt độ điểm đặc (khoảng đông đặc)*

Trong lòng khuôn, kim loại lỏng bao giờ cũng kết tinh theo hướng từ dưới lên và từ ngoài vào trong ở các thành bên. Ở giai đoạn này có thể xảy ra theo hai trường hợp:

+ *Đông đặc theo lớp*: Những kim loại nguyên chất, hợp kim cùng tinh hoặc khoảng kết tinh hẹp thường đông đặc theo lớp.

+ *Đông đặc thể tích*: Những hợp kim có khoảng nhiệt độ kết tinh lớn thường xảy ra đông đặc thể tích. Tất nhiên cũng do độ truyền nhiệt giảm dần từ ngoài thành khuôn vào trong, nên xét ở mỗi thời điểm bao giờ gần thành cũng đông trước.

*d. Giai đoạn nguội trong khuôn*: Kết thúc giai đoạn trên, kim loại đã hoàn toàn đông đặc. Từ nhiệt độ điểm đặc trở xuống nhiệt độ ứng với thời điểm lấy vật đúc ra khỏi khuôn, quy định là giai đoạn nguội trong khuôn. Đây là thời điểm xảy ra sự chuyển biến pha ứng với từng hợp kim đúc và từng nhiệt độ. Quá trình kết tinh lại ở giai đoạn này cũng phụ thuộc vào kết cấu vật đúc.

Phân thành mỏng, thành dày hoặc vùng tập trung kim loại lớn, tốc độ chuyển biến sẽ khác nhau.

*e. Giai đoạn nguội ngoài khuôn*: Tùy thuộc vào công nghệ đúc đã qui định thời gian lấy vật đúc ra khỏi khuôn mà xác định thời điểm bắt đầu nguội ngoài khuôn, Nói chung, khi vật đúc đã ra khỏi khuôn sẽ có tốc độ nguội nhanh hơn. Vật đúc qui định lấy ra sớm, người ta thường cho vào lò ủ hoặc buồng ủ để hạn chế bớt tốc độ nguội tránh gây ra ứng suất dư, hoá cứng bề mặt, làm ổn định và đồng đều thành phần hóa học ...

Phân biệt các giai đoạn trên làm cơ sở cho việc thiết lập công nghệ đúc hợp lý nhằm loại bỏ được các khuyết tật đúc có thể xảy ra, nâng cao chất lượng vật đúc.

### **1.3 Tổ chức kim loại vật đúc**

Xét từ ngoài vào trong thường có ba vùng phân biệt.

- Vỏ ngoài cùng 1 có lớp hạt kim loại nhỏ, đẳng trục. Do kim loại lỏng tiếp xúc với thành khuôn đúc nguội hơn nên tại đây độ truyền nhiệt lớn. Mặt khác vùng kề thành khuôn có nhiều tâm mầm sẵn có, tốc độ hình thành tâm mầm lớn hơn nhiều so với tốc độ phát

triển mầm vì thế tạo nên hạt nhỏ, mịn. Lớp vỏ này dày hay mỏng tùy thuộc lượng tích nhiệt của vỏ khuôn đúc. Lớp vỏ bao giờ cũng bền và cứng.

- Vùng 2 tiếp sau có sự kết tinh phần lớn ở các tâm mầm tự sinh và vẫn chịu ảnh hưởng lớn của hướng tản nhiệt vuông góc với thành khuôn nên tinh thể kim loại có dạng hình trụ phát triển theo hướng ngược lại của vectơ tản nhiệt.

Nếu thành vật đúc không lớn lắm (tiết diện ngang nhỏ), tốc độ tản nhiệt lớn, các hạt hình trụ phát triển và giao nhau ở tâm, ta gọi đó là dạng xuyên tâm.

- Vùng 3 là vùng nằm ở khu vực giữa thỏi đúc. Lúc này do độ dày lớp kết tinh đã dày lượng tích nhiệt của khuôn đã giảm nhiều, phần kim loại lỏng còn lại sẽ tạo ra hạt to hơn và đẳng hướng.

### \* Sự hình thành khuyết tật đúc

Ở đây ta chỉ xét dạng khuyết tật hình thành do quá trình kết tinh kim loại vật đúc

- *Lỗ co và rỗ co*

Lỗ co hình thành do kim loại co thể tích, vì vậy lỗ co bao giờ cũng nằm ở phía trên cùng vật đúc, tại đó kim loại đông đặc sau hết. Vùng lỗ co có nhiều tạp chất có nhiệt độ nóng chảy thấp. Để tránh lỗ co, trong khuôn đúc phải thiết kế đậu ngót bổ sung.

Rỗ co cũng hình thành do kim loại co thể tích khi kết tinh, nhưng chúng phân bố ở phía trong vật đúc tạo ra các lỗ hổng to nhỏ khác nhau với bề mặt nhám nhòe.

Trong vật đúc rỗ co thường xuất hiện ở vùng có thể tích kim loại lớn, bởi vì tốc độ nguội ở vùng này nhỏ hơn xung quanh, nên khi kim loại co không được bổ sung thêm. Nếu lỗ hổng rất nhỏ và tập trung thì gọi là xốp co.

Rỗ co làm giảm tiết diện chịu lực của vật đúc, làm tăng ứng suất tập trung và làm giảm độ dẻo.

Để hạn chế rỗ co, điều cần thiết là thiết kế kết cấu đúc hợp lý để quá trình kết tinh luôn hướng từ xa đến chân đậu ngót hoặc hệ thống rót.

- *Rỗ khí*

Một lượng khí hoặc đã hoà tan vào kim loại lỏng khi nấu, hoặc theo dòng chảy chảy vào lòng khuôn, hoặc do các phản ứng sinh khí khi kim loại lỏng tiếp xúc tác dụng lên vật liệu khuôn, trong quá trình kim loại vật đúc kết tinh không thoát ra được và tạo ra những



bọt khí khi cân bằng dạng cầu lưu lại trong vật đúc. Bề mặt lỗ hổng rỗng khí nhẵn và bị oxy hoá. Chúng phân bố bất kỳ trong vật đúc.

Cũng như rỗ co, rỗ khí làm giảm tiết diện chịu lực, giảm cơ tính.

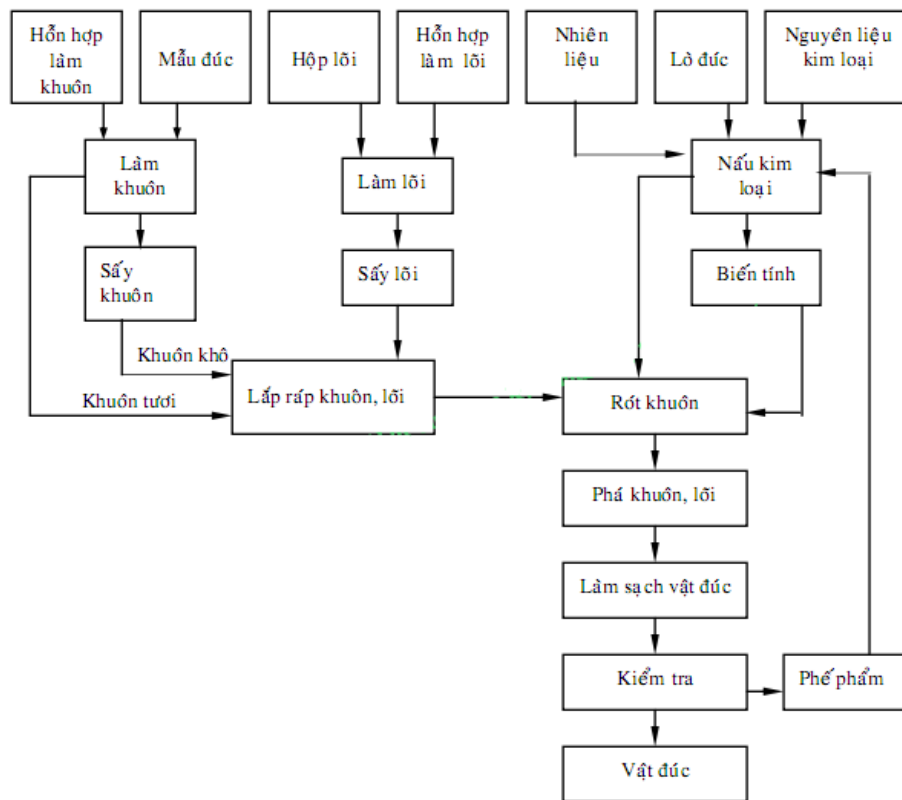
- *Thiên tích*

Kim loại vật đúc do kết tinh qua các giai đoạn khác nhau, hướng từ dưới lên và từ ngoài vào trong nên dễ tạo ra sự không đồng đều về thành phần hoá học, dẫn đến không đồng đều về tổ chức cơ tính và khả năng chịu lực. Những dạng hạt kết tinh thô đại cũng có thiên tích nội bộ.

Như vậy, quá trình kết tinh với tốc độ không đều, với hướng kết tinh khác nhau đều là nguyên nhân gây nên thiên tích.

#### 1.4. Quá trình sản xuất đúc bằng khuôn cát và các bộ phận cơ bản của một khuôn đúc

a. *Quá trình sản xuất đúc bằng khuôn cát*



Hình 1.3. Quá trình sản xuất đúc bằng khuôn cát

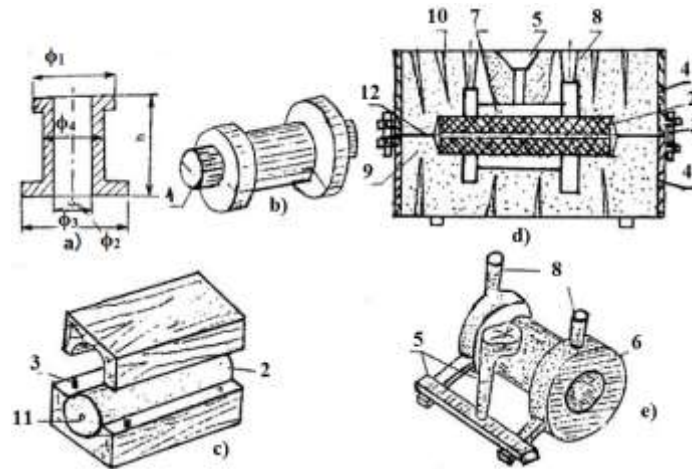
Quá trình sản xuất vật đúc trong khuôn cát có thể tóm tắt như sau:

- Bộ phận kỹ thuật căn cứ theo bản vẽ cơ khí, lập ra bản vẽ vật đúc, mẫu, hộp lõi, lắp ráp...



- Bộ mẫu gồm: mẫu đúc, hộp lõi, tấm mẫu, mẫu hệ thống rót, đậu hơi, đậu ngót.
- Khuôn ,mẫu, hộp lõi thường làm thành hai nửa và lắp với nhau bằng các chốt định vị.
- Khuôn đúc và lõi thường phải sấy khô để tăng cơ tính và khả năng thông khí.
- Bộ phận nấu chảy kim loại lỏng phải phối hợp nhịp nhàng với quá trình làm khuôn, lắp ráp khuôn để tiến hành rót kim loại lỏng vào khuôn kịp thời.
- Sau khi kim loại đông đặc, vật đúc được hình thành trong khuôn, tiến hành phá khuôn, lõi, làm sạch vật đúc, kiểm tra vật đúc bằng thủ công hoặc bằng máy.
- Kiểm tra vật đúc về hình dáng, kích thước, chất lượng bên trong...

*b. Những bộ phận chính để đúc vật đúc trong khuôn cát*



Hình 1.4. Các bộ phận của khuôn đúc

- a) Chi tiết. b) Mẫu đúc. c) Hộp lõi. d) Khuôn đúc. e) Vật đúc và hệ thống rót.
1. Tai mẫu; 2. Lõi; 3. Chốt định vị; 4. Hòm khuôn; 5. Hệ thống rót; 6. Vật đúc;  
7. Lòng khuôn; 8. Đậu ngót và đậu hơi; 9. Hỗn hợp làm khuôn; 10. Xiên hơi;  
11. Lỗ thoát khí của lõi; 12. Mặt phân khuôn.

**1.5. Những nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng vật đúc**

*a. Hợp kim đúc:* Mỗi hợp kim đúc có tính đúc tốt xấu khác nhau nên chất lượng khác nhau. Vì thế khi đánh giá đúng tính đúc của hợp kim chúng ta sẽ có biện pháp công nghệ đúc hợp lý.

*b. Loại khuôn đúc và phương pháp đúc.*

Quá trình kết tinh kim loại vật đúc xảy ra khác nhau tùy thuộc vào loại khuôn đúc và phương pháp đúc.

- Khuôn cát có độ dẫn nhiệt thấp nên kim loại nguội chậm tạo ra hạt tinh thể của vật đúc lớn. Bề mặt lòng khuôn cát không nhẵn nên làm bề mặt vật đúc kém nhẵn bóng.

- Khuôn kim loại cấu tạo hạt nhỏ mịn làm tăng cơ tính vật đúc, nhưng thường gây ra nội ứng suất trong vật đúc và dễ hoá cứng mặt ngoài cản trở quá trình cắt gọt.

Làm khuôn bằng máy cho chất lượng đồng đều, chính xác hơn làm bằng tay.

*c. Ảnh hưởng của công nghệ đúc.*

Công nghệ đúc bao gồm :

- Công nghệ nấu chảy hợp kim đúc
- Công nghệ chế tạo khuôn và lõi.
- Công nghệ rót.

Ngoài ra, một nhân tố quan trọng nữa là nâng cao tay nghề, hiện đại hoá quá trình sản xuất, thay đổi trang thiết bị.

## **CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ ĐÚC**

### **3.1. Nguyên lý thiết kế kết cấu vật đúc**

#### **3.1.1. Khái niệm**

Vật đúc là dạng sản phẩm hình thành từ hợp kim lỏng trong lòng khuôn. Sự hình thành đó chịu ảnh hưởng lớn kết cấu vật đúc.

Một kết cấu kim loại (chi tiết) sẽ được tạo hình bằng đúc phải bảo đảm những yêu cầu sau đây:

- Bảo đảm quá trình công nghệ làm khuôn và lõi đơn giản, thuận tiện.
- Dễ xác định vị trí lòng khuôn trong khuôn đúc để tạo ra hướng kết tinh đúng nhằm nâng cao chất lượng hợp kim đúc, loại bỏ các khuyết tật đúc.
- Bảo đảm cho quá trình công nghệ gia công cắt gọt được thuận lợi.
- Bảo đảm cơ tính của vật đúc.

#### **3.1.2 Nguyên tắc thiết kế kết cấu vật đúc**

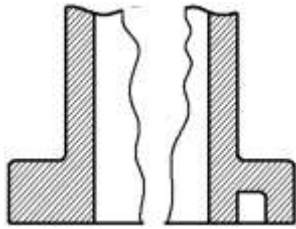
Thiết kế một kết cấu phải thỏa mãn một số nguyên tắc sau:

##### *a. Thiết kế kết cấu thỏa mãn chất lượng hợp kim*

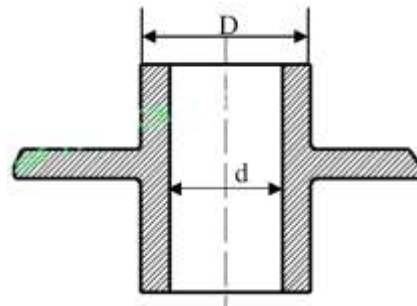
Hợp kim đúc khi chuyển từ trạng thái lỏng sang đặc trong khuôn chịu ảnh hưởng lớn của kết cấu vật đúc. Khi kết cấu không hợp lý sẽ gây khó khăn cho việc chọn hướng kết tinh và dễ gây ra khuyết tật đúc.

- *Kết cấu chống xuất hiện rỗ co:* Nơi xuất hiện rỗ co là nơi tập trung kim loại nhiều hơn xung quanh nó.

Nên giảm bớt lượng kim loại tập trung ở những phần không cần thiết để tránh rỗ co (hình 1-7). Những kết cấu có dạng ống (moayơ) khi đúc phải đặt lõi để tạo lỗ, cần chọn đường kính trong và ngoài hợp lý (hình 1-8) để tận dụng khả năng tích nhiệt của lõi (thường chọn tỷ lệ đường kính ngoài D và đường kính trong d theo:  $d > D/2$ ).



Hình 1.7



Hình 1.8

- *Kết cấu chống xuất hiện ứng suất dư*

Về mặt kết cấu, ứng suất dư sinh ra do nguội không đồng đều ở các phần tên cùng vật đúc, do kết cấu đó có độ co chiều dài lớn. Do đó, phải tuân theo các đặc điểm sau:

Thành ngoài (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
Thành trong (mm)	5	6	8	10	12	12	14	16	18	22

Tỷ số chiều dài thành		Kích thước
$A/a \leq 1,75$	$A/a > 1,75$	
		$C = 0,6A$ $L \geq 6(c-a)$ $r = \frac{A+a}{4}$ $R = \frac{A+a}{2}$
		$C = 0,6A$ $L \geq 4(c-a)$ $r = \frac{A+a}{4}$ $R = \frac{A+a}{2}$
		$L \geq 4(0,6A-a)$ $r = \frac{A+a}{4}$ $R = \frac{A+a}{2}$

### Hình 1.9. Kết cấu chuyển tiếp

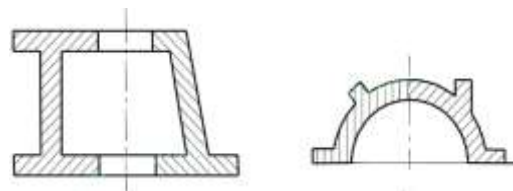
Tránh kết cấu có độ co chiều dài lớn dễ gây ra biến dạng hoặc phá hủy bằng cách tạo các gân cứng vững, thiết kế những thanh có độ cong hợp lý, những kết cấu có nan hoa nên là số lẻ hoặc dạng nan hoa cong, nghiêng một góc so với mặt phẳng ngang.

#### b. Thiết kế kết cấu bảo đảm công nghệ làm khuôn

Công nghệ làm khuôn gồm các nguyên công cơ bản như: đảm chặt hỗn hợp, rút mẫu, làm lõi và lắp ráp lõi, lắp khuôn. Công nghệ làm khuôn càng đơn giản, chất lượng vật đúc càng cao. Kết cấu vật đúc hợp lý phải thỏa mãn các điểm sau đây:

- Kết cấu phải đảm bảo chọn hướng rút mẫu dễ dàng, hoặc chỉ phân bố trong một lòng khuôn, hoặc không phải làm mẫu rời...

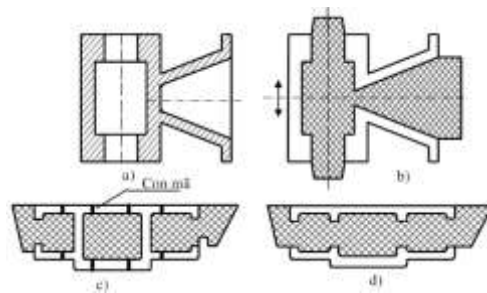
Trên hình 1-11 giới thiệu các kết cấu hợp lý và không hợp lý khi rút mẫu.



a) Hình 1.11. (b)

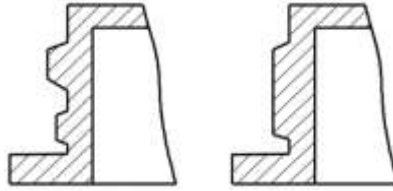
Hình a, b. Bên trái không hợp lý, bên phải hợp lý

- Kết cấu vật đúc có số lượng lõi càng ít càng tốt, đảm bảo dễ định vị khi lắp ráp và dễ phá lõi khi dỡ khuôn, làm sạch.



Hình 1.12

Trên hình 1-12 kết cấu (a) có hai phần lõi tách biệt và một lõi phải đặt công xôn. Có thể sửa lại kết cấu đó như (b) mà không có ảnh hưởng gì đến khả năng chịu lực, trong lúc chỉ cần một lõi liền cứng vững và dễ lắp đặt. Kết cấu (c) có ba lõi cũng có thể sửa lại thành kết cấu có một lõi chung (d). Tuy vậy, không phải bao giờ cũng đúng, vì nếu ghép quá nhiều sẽ làm lõi quá phức tạp. Kết cấu vật đúc có các mặt bích hoặc phân nhô, nên thiết kế có cùng độ cao và nên nối liền lại nếu chúng ở gần nhau để dễ làm khuôn (tránh phải làm mẫu rời). Trên hình 1-13 kết cấu (a) không hợp lý, kết cấu (b) hợp lý hơn.

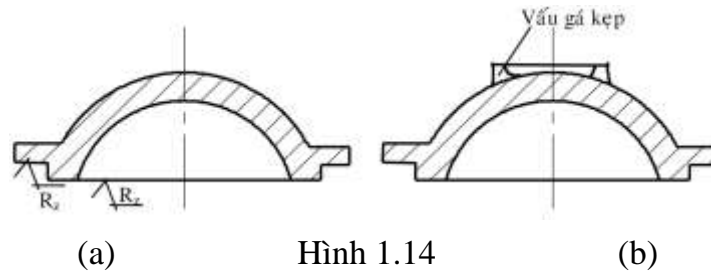


Hình 1.13

c. Thiết kế kết cấu thoả mãn công nghệ gia công cơ và lắp ráp.

Hầu hết các vật đúc đều phải qua gia công cắt gọt. Để thuận tiện cho quá trình cắt gọt, kết cấu vật đúc phải thoả mãn các điểm sau đây:

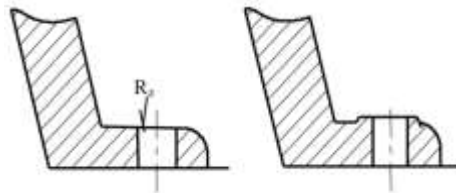
Đảm bảo gá lắp trên máy và đồ gá chắc chắn và thuận tiện, chính xác. Thí dụ trên hình 1-14 kết cấu (a) không thể gá kẹp để gia công các mặt A,B được. Cần có thêm phần C (b) để dùng nó làm mặt định vị khi kẹp chặt trên mâm cặp máy tiện.



(a)

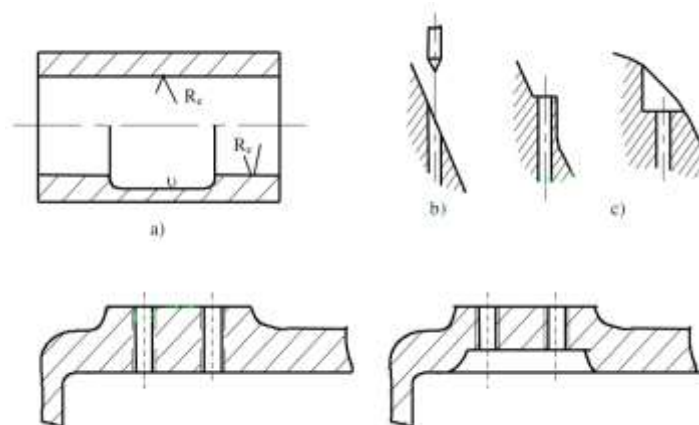
Hình 1.14

(b)



Hình 1.15

Kết cấu không gây cản trở cho quá trình cắt gọt. Trên những mặt phẳng hoặc mặt cong, nếu chỉ cần gia công cắt một phần thì phần đó phải nhô cao hơn một lượng độ dày bằng giá trị lượng dư gia công cơ (hình 1-15).



## Hình 1.16

Kết cấu đảm bảo giảm lượng gia công cắt để giảm thời gian máy khi cắt. Thí dụ tăng thêm kích thước lỗ ở phần giữa của lỗ gia công và tạo ra nó bằng lõi. Khi gia công chỉ cần cắt hai đoạn ở đầu và cuối (hình 1-16a)

Tạo những bề mặt vuông góc với tâm lỗ khoan để bảo đảm khoan lỗ chính xác. Thí dụ hai kết cấu trên hình 1-16b,c. Kết cấu (b) có công nghệ khoan không hợp lý, còn kết cấu (c) hợp lý.

Chiều dày thành vật đúc cần phải đều đặn, nếu chỗ dày và chỗ mỏng khác nhau quá nhiều thì khi kết tinh chỗ mỏng đông đặc và nguội trước, chỗ dày đông đặc và nguội sau dễ gây ra nứt. Chỗ dày dễ sinh rỗ co. Ví dụ phải thiết kế lại thành vật đúc cho hợp lý như hình 1-16 d.

### 3.2. Thành lập bản vẽ đúc

Bản vẽ đúc về nội dung không phải là bản vẽ chế tạo, nhưng trên cơ sở bản vẽ này người ta thành lập được một loạt các bản vẽ khác như: bản vẽ mẫu, hộp lõi, bản vẽ lắp khuôn.

Để thành lập bản vẽ đúc, người thiết kế phải dựa vào bản vẽ chi tiết máy và tiến hành theo các bước sau đây:

#### 3.2.1. Phân tích kết cấu

Quá trình phân tích kết cấu cho phép đánh giá tính hợp lý hoặc chưa hợp lý của kết cấu vật đúc từ đó nếu cho phép có thể thay đổi một phần kết cấu nhằm:

+ Đơn giản hoá kết cấu tạo điều kiện dễ đúc hơn như lược bỏ các rãnh then, rãnh lùi dao, các lỗ nhỏ quá không đặt lõi được v.v...

+ Tăng hoặc giảm độ dày thành vật đúc, các gân gờ, các phần chuyển tiếp cho phù hợp với các nguyên tắc đã xét. Việc thay đổi nó chỉ có lợi mà không làm ảnh hưởng đến khả năng chịu lực hoặc điều kiện làm việc.

Cần lưu ý rằng, không nên coi việc đơn giản hoá chi tiết mà làm sai khác quá mức kết cấu ban đầu của chi tiết máy. Cố gắng sao cho hình dáng và kích thước càng gần với chi tiết máy càng tốt.

#### 3.2.2. Xác định mặt phân khuôn

Mặt phân khuôn là bề mặt tiếp xúc của các nửa khuôn với nhau (thường là mặt tiếp xúc giữa khuôn trên và khuôn dưới). Mặt phân khuôn xác định vị trí vật đúc trong khuôn.

Ký hiệu bằng gạch xanh, mũi tên T chỉ phần vật đúc thuộc khuôn trên, còn D thuộc về khuôn dưới.

Mặt phân khuôn có thể là mặt phẳng, mặt bậc hoặc cong bất kỳ. Những vật đúc khác nhau có mặt phân khuôn chọn khác nhau. Có thể trong khuôn đúc có một hoặc có vài ba mặt phân khuôn. Nó là yếu tố quan trọng, bởi vì nhờ mặt phân khuôn ta có thể tạo lòng khuôn chính xác, lắp ráp lõi dễ dàng, tạo hình hệ thống dẫn kim loại lỏng vào khuôn chính xác.v.v... Để chọn mặt phân khuôn hợp lí phải dựa trên một số nguyên tắc chung sau đây:

*a. Chọn mặt phân khuôn dựa vào công nghệ làm khuôn*

Công nghệ làm khuôn gồm rút mẫu, sửa chữa lòng khuôn, định vị lõi nếu có và lắp các nửa khuôn. Vì vậy, phải đảm bảo được các điểm sau:

- Chọn mặt phân khuôn qua tiết diện có diện tích lớn nhất (theo vị trí đặt mẫu) để rút mẫu dễ dàng, không bị vướng, không tạo ra ma sát giữa mẫu và khuôn quá lớn.

- Chọn mặt phân khuôn làm sao cho lòng khuôn là nông nhất để vừa dễ rút mẫu vừa dễ sửa chữa lòng khuôn, nhất là các vật đúc có thành mỏng tạo thành khuôn rất hạn hẹp.

- Những kết cấu có lòng khuôn phân bố ở cả khuôn trên và khuôn dưới, nên chọn lòng khuôn trên nông hơn.

- Mặt phân khuôn nên chọn mặt phẳng, tránh các mặt bậc, hay mặt cong. Bởi vì mặt bậc và cong khó làm, phải có hòm khuôn thích hợp.

*b. Chọn mặt phân khuôn dựa vào độ chính xác của lòng khuôn*

Độ chính xác vật đúc phụ thuộc vào độ chính xác của lòng khuôn. Do đó, phải đảm bảo các mặt sau:

+ Lòng khuôn tốt nhất là chỉ phân bố trong một hòm khuôn. Điều này tránh được sai số khi ráp khuôn. Những vật đúc có nhiều tiết diện khác nhau nếu yêu cầu đồng tâm cao người ta có thể dùng phần đất phụ để đặt toàn bộ vật đúc trong một hòm khuôn.

- Những vật đúc có lõi, nên bố trí sao cho vị trí của lõi là thẳng. Như vậy sẽ dễ định vị lõi chính xác, tránh được tác dụng lực của kim loại lỏng làm biến dạng thân lõi, để kiểm tra khi lắp ráp.

- Số lượng mặt phân khuôn càng ít càng bảo đảm chính xác. Trường hợp phải chọn hai mặt phân khuôn, nên cho toàn bộ vật đúc ở khuôn giữa. Đặt như vậy dù các nửa khuôn có bị xô dịch khi lắp ráp cũng không ảnh hưởng đến lòng khuôn cơ bản.

- Không chọn mặt phân khuôn qua chỗ có tiết diện thay đổi. Vì như vậy sẽ khó phát hiện sai lệch tâm giữa các bề mặt, đồng thời gây khó khăn khi gia công cắt gọt.

*c. Chọn mặt phân khuôn dựa vào chất lượng hợp kim đúc*

- Những bề mặt quan trọng cần chất lượng cao hoặc bố trí ở dưới hoặc ở hai bên. Bề mặt trên ngoài sau cùng nên chứa nhiều tạp chất.

- Chọn mặt phân khuôn sao cho hướng kết tinh từ xa chuyển dần về chân đạu ngót hoặc hệ thống rót. Nói cách khác là nên đặt các phần thành mỏng xuống dưới và chân đạu ngót hay hệ thống rót đặt ở chỗ tập trung kim loại và cao nhất.

- Chọn mặt phân khuôn phải tính đến vị trí đặt hệ thống rót để bảo đảm kim loại lỏng điền đầy nhanh, đồng đều, không tạo dòng chảy rối làm hỏng khuôn. Trong thực tế có thể có ba vị trí rót: Từ trên xuống, bên hông và từ dưới lên (rót xi phông) (Trong đó, chỗ dẫn kim loại lỏng vào nằm sát ngang mặt phân khuôn).

### 3.2.3 Xác định các đại lượng của bản vẽ vật đúc.

#### a. Lượng dư gia công cắt gọt

Là phần kim loại dôi ra trên vật đúc để khi cắt bỏ đi sẽ có độ chính xác kích thước và độ bóng bề mặt ( tra bảng Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập 1).

Những bề mặt không ghi độ bóng bề mặt (thô) sẽ không xác định lượng dư.

Lượng dư gia công đặt trên vật đúc phụ thuộc vào kích thước vật đúc, vào vị trí các bề mặt vật đúc trong khuôn, vào độ chính xác đúc và dạng sản xuất.

Lượng dư đặt trên các mặt trên của vật đúc có giá trị lớn hơn mặt bên và dưới.

Dạng sản xuất đơn chiếc, hàng loạt nhỏ có giá trị lượng dư lớn. Làm khuôn bằng tay, mẫu gỗ, có giá trị lượng dư lớn hơn so với làm bằng máy, mẫu kim loại.

Đúc trong khuôn cát, cấp chính xác thấp hơn (cấp 3) khi đúc đặt biệt. Phương pháp đúc đặt biệt có thể đạt được cấp 2 hay cấp 1.

#### b. Độ dốc rút mẫu (góc thoát khuôn)

Trên các thành đứng (vuông góc với mặt phân khuôn) cần có độ dốc rút mẫu gọi là độ dốc đúc. Giá trị độ dốc càng lớn càng dễ rút mẫu nhưng nó sẽ làm sai lệch hình dạng và làm tăng sự hao phí kim loại vật đúc. Vì vậy về nguyên tắc khi thiết kế vật đúc có thể theo bảng dưới đây, chiều cao thành khuôn lớn, độ dốc rút mẫu phải nhỏ. Khi sử dụng vật liệu mẫu khác nhau, phương pháp đúc khác nhau, giá trị độ dốc khác nhau (góc nghiêng  $\beta$  tra bảng Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập 1).

Dạng độ dốc	Độ dốc làm tăng kích thước vật đúc	Độ dốc trung bình	Độ dốc làm giảm kích thước vật đúc



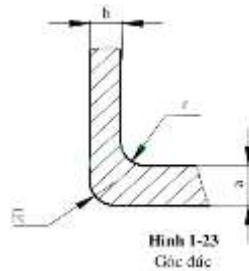
Sơ đồ độ dốc			
Áp dụng	Cho bề mặt cần gia công cơ	Cho bề mặt không gia công cơ	Cho bề mặt không gia công cơ

### c. Góc đúc

Là góc tiếp giáp giữa hai bề mặt giao nhau của vật đúc (hình 1-23).

Góc đúc đảm bảo cho khuôn không bị vỡ khi rút mẫu và vật đúc không bị nứt khi đông đặc trong khuôn. Góc đúc cũng giúp cho mẫu nâng cao độ bền, dễ rút mẫu.

Trị số bán kính lượn ngoài R và bán kính lượn trong r có thể xác định theo công thức kinh nghiệm hoặc tra bảng Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập 1.



Góc ngoài:  $r = 1/3 \div 1/5 ((a + b)/2)$

Góc trong:  $R = r + b$

Trong đó: a, b là chiều dày thành vật đúc giao nhau ( $a > b$ )

### d. Dung sai vật đúc

Là sai số của kích thước vật đúc cho phép so với kích thước danh nghĩa (tra bảng Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập 1).

Dung sai của vật đúc phụ thuộc vào nhiều yếu tố : phương pháp đúc, loại khuôn đúc, loại mẫu, hộp lõi... Dung sai thành phần trên các khâu kích thước phải phù hợp với dung sai khâu khép kín.

Khi đúc trong khuôn cát, sai số kích thước khá lớn. Nguyên nhân do độ lắc (rung) khi rút mẫu, độ co khi sấy khuôn và lõi, do độ lún của hỗn hợp khi chịu áp lực của kim loại lỏng trong khuôn.

## 3.2.4. Xác định lõi và gói lõi

### a. Lõi

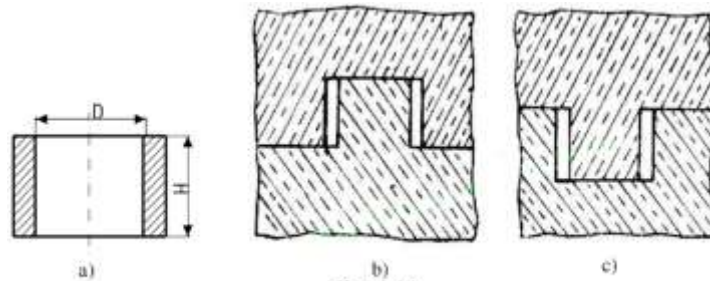
Dùng để tạo lỗ hoặc phần lõm trong vật đúc. Phần đặt lõi đã xác định khi chọn mặt phân khuôn.

Để xác định số lượng lõi, khi thiết kế đúc cần tuân theo các qui định sau đây:

- Những lỗ cần gia công cắt gọt, tùy theo dạng sản xuất, nếu kích thước nhỏ có thể không cần đặt lõi mà đúc liền. Thí dụ khi sản xuất đơn chiếc các lỗ có đường kính  $\phi 50\text{mm}$ , sản xuất hàng loạt  $\phi 30\text{mm}$ , sản xuất hàng khối  $\phi 20\text{mm}$  có thể đúc liền, việc tạo lỗ sẽ do gia công cắt gọt đảm nhiệm.

- Các bậc dày hơn 25 mm và các rãnh có chiều sâu  $\phi 6\text{ mm}$  trên các vật đúc nhỏ và vừa đều được tạo nên ngay từ khi đúc.

- Những lỗ không cần gia công cắt gọt cần phải đặt lõi dù cho kích thước lỗ nhỏ.



Hình 1-24  
Phần nhô khuôn

- Số lượng lõi càng ít càng tốt. Để đảm bảo nguyên tắc này có thể thay thế lõi bằng những phần nhô của khuôn (hình 1-24)

Nếu  $D/H \geq 0,85$  có thể thay lõi bằng phần nhô của khuôn dưới (hình 1-24 b).

Nếu  $D/H > 3$  có thể thay lõi bằng phần nhô của khuôn trên (hình 1-24 c).

Dùng ụ cát thay lõi bảo đảm độ chính xác của khuôn đúc, giảm bớt được hộp lõi và thời gian làm lõi, nhưng phần nhô gây phần nào khó khăn cho một số nguyên công làm khuôn và lắp ráp khuôn.

Những lõi lớn có độ phức tạp cao, có tiết diện thay đổi nhiều có thể kết hợp cả phần nhô và lõi.

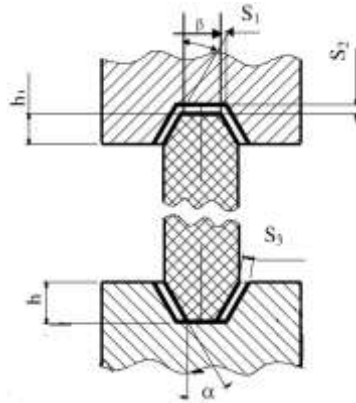
### b. Thiết kế góì lõi

Góì lõi là bộ phận để định vị lõi trong khuôn đúc. Vì vậy góì lõi phải đảm bảo định vị chính xác và cứng vững, phải dễ lắp ráp lõi vào khuôn.

Căn cứ vào vị trí của lõi trong khuôn, người ta chia ra hai loại cơ bản: lõi đứng và lõi ngang. Từ đó, góì lõi cũng phải thiết kế phù hợp với dạng lõi trên.

- Lõi đứng: góì lõi được định vị theo hướng vuông góc với mặt phân khuôn nằm ngang. Thường làm góì lõi hình côn (hình 1-25) có kích thước đảm bảo:  $h > h_1$ ,  $\alpha < \beta$ .

Gối lõi phía dưới tác dụng lên khuôn dưới bằng chính khối lượng của lõi. Gối lõi trên chỉ tác dụng lên khuôn trên khi có lực đẩy kim loại lỏng tác dụng vào lõi. Vì thế hai gối lõi dưới và trên có kích thước khác nhau và có thể có cấu tạo khác nhau (hình 1-26).



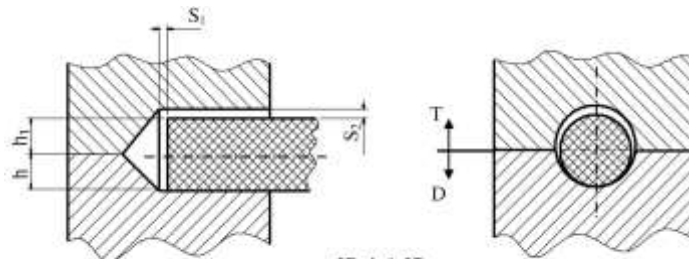
Hình 1.25

Để dễ lắp ráp, tránh vỡ khuôn, lõi thì giữa lõi và khuôn có khe hở  $S_1, S_2, S_3$ . Gối lõi dưới dễ lắp ráp hơn, nhưng phải bảo đảm độ chính xác và tính ổn định, nên góc côn  $\alpha$  bé hơn, chiều cao gối lõi  $h$  lớn hơn so với gối lõi trên.

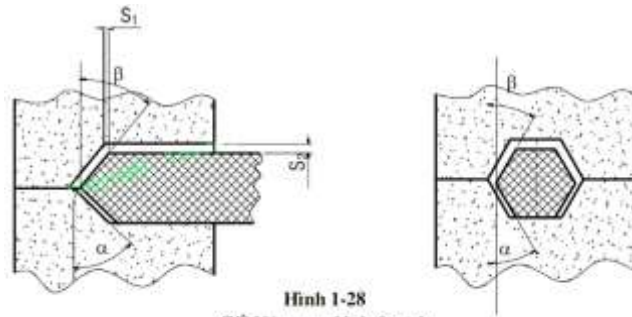
Đối với những lõi đứng có tỷ lệ chiều cao trên đường kính thân lõi lớn, để tránh mất ổn định, người ta thiết kế lõi có đế (hình 1-26).

- Lõi ngang: có gối lõi phân bố cả ở khuôn trên và khuôn dưới ở chỗ mặt phân khuôn. Để bảo đảm chính xác, gối lõi ngang có tiết diện đủ để chống lại chính trọng lượng của cả lõi. Tiết diện ngang của gối lõi ngang có thể là tròn, vuông và những dạng định hình khác.

Để dễ lắp ráp và tránh vỡ khuôn, lõi, giữa lõi và khuôn cũng có khe hở  $S_1, S_2, S_3$ . Kích thước, góc độ gối lõi cũng phải bảo đảm như lõi đứng, nghĩa là:  $h > h_1, \alpha < \beta$



Hình 1-27  
Gối lõi ngang hình trụ

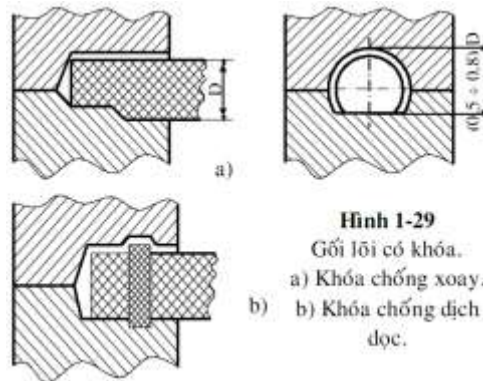


**Hình 1-28**  
Gối lõi ngang hình 6 cạnh

Trên hình 1- 27, 1-28 giới thiệu một vài loại gối lõi.

Một số trường hợp cần xác định chính xác vị trí tọa độ của lõi, người ta thiết kế gối lõi có khi gồm hai loại:

- + Gối lõi có khoá chống xoay (hình 1-29a).
- + Gối lõi có khoá chống dịch chuyển dọc (hình 1-29b).



**Hình 1-29**

Gối lõi có khóa.

a) Khóa chống xoay.

b) Khóa chống dịch chuyển dọc.

### 3.3. Thiết kế mẫu và hộp lõi

#### 3.3.1 Thiết kế mẫu

Mẫu là bộ phận cơ bản trong bộ mẫu. Một bộ mẫu bao gồm: mẫu, mẫu hệ thống rót, đầu hơi, đầu ngót và tám mẫu.

Mẫu là bộ phận tạo ra lòng khuôn đúc khi làm khuôn. Mẫu sẽ in hình trong khuôn để tạo ra mặt ngoài của vật đúc đã thiết kế. Trừ phần tai mẫu để tạo ra vị trí gác gối lõi, hình dạng và kích thước mẫu tương ứng với mặt ngoài của vật đúc.

Bản vẽ mẫu:

Căn cứ vào bản vẽ đúc để thành lập bản vẽ của mẫu. Những căn cứ đó là:

- Mặt phân khuôn.
- Hình dáng và kích thước mặt ngoài của vật đúc.

- Hình dạng và kích thước của gổ lõi nếu có, kể cả những lõi phụ hoặc miếng đất phụ được thiết kế khi chọn mặt phân khuôn.

- Vật liệu dự định để chế tạo mẫu.

Từ đó, trình tự các bước để vẽ bản vẽ mẫu như sau:

+ Xác định mặt phân mẫu: Đa số mẫu đúc có mặt phân mẫu trùng với mặt phân khuôn. Trường hợp đặc biệt mẫu có thể chế tạo dưới dạng nhiều phần tháo rời. Phải phân định rõ mẫu trên và mẫu dưới kể cả trường hợp mặt phân khuôn là mặt đối xứng.

+ Xác định hình dạng và kích thước tai mẫu

Tai mẫu sẽ in hình trong khuôn để tạo ra chỗ tựa cho gổ lõi. Phải dựa vào hình dạng gổ lõi, khe hở giữa lõi và khuôn và quá trình lắp ráp khuôn để thiết kế tai mẫu. Sai số kích thước tai mẫu sẽ dẫn đến sai số kích thước của lòng khuôn đúc.

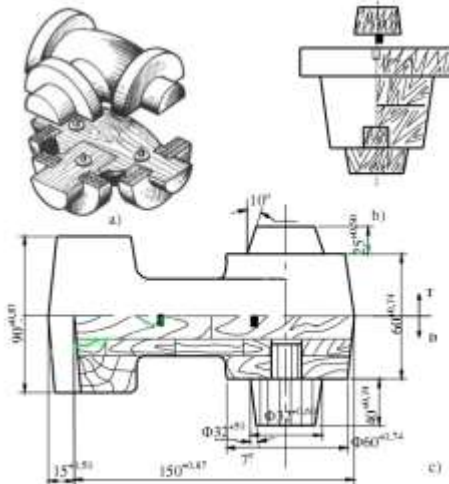
+ Kích thước và dung sai kích thước mẫu: Mỗi một phần mẫu riêng biệt có kích thước bộ phận của chúng. Những kích thước bị chia ra do mặt phân mẫu khi ghép lại phải tương ứng với kích thước vật đúc. Những kích thước quan trọng phải xác định dung sai.

Lưu ý: Kim loại lỏng khi chuyển sang đặc sẽ co lại. Như vậy, nếu lấy đúng các kích thước ở bản vẽ vật đúc sao lại cho bản vẽ mẫu thì vật đúc sẽ hụt kích thước do co ngót. Vì vậy phải làm lòng khuôn rộng hơn, do đó kích thước mẫu phải tăng lên một lượng tương ứng với độ co của từng hợp kim. Tuy nhiên, khi ghi trên bản vẽ vẫn lấy số liệu theo bản vẽ đúc (khi chế tạo mẫu người ta phải dùng thước tỷ lệ tùy thuộc vào loại hợp kim đúc khác nhau).

+ Cấu tạo của mẫu: để thực hiện đầy đủ một bản vẽ chế tạo, phải xác định từ đâu vật liệu chế tạo nó (gỗ, kim loại...)

+ Phân định vị khi ghép mẫu: Những mẫu tròn xoay có mặt phân mẫu vuông góc trục tâm chỉ cần làm một chốt định vị. Đối với các loại khác phải dùng 2 hoặc 3 chốt định vị để định vị chính xác.

Ngoài ra, trên bản vẽ mẫu phải xác định thêm độ nhẵn bóng bề mặt, màu sơn của các bộ phận của mẫu .



Hình 1-32  
a) Mẫu gỗ b) Mẫu có 1 chốt định vị c) Mẫu có 2 chốt.

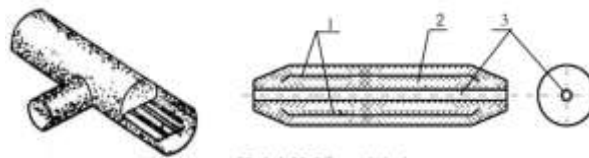
### 3.3.2. Thiết kế lõi và hộp lõi

Lõi là một bộ phận của khuôn đúc để tạo ra phần lỗ hoặc phần lõm cần có trong vật đúc. Do đó lõi có hình dạng và kích thước tương ứng với phần lỗ hoặc lõm cần có đó.

Lõi có thể bằng kim loại hoặc bằng hỗn hợp cát.

Để thiết kế hộp lõi, trước hết phải xác định được hình dạng và kích thước lõi (thân lõi và các gờ lõi), sau đó phải tính đến cấu tạo của xương lõi và hình dạng kích thước rãnh thoát khí.

Hộp lõi ngoài việc tạo ra lõi có độ chính xác về hình dáng, kích thước, còn phải tính đến thao tác đặt xương, điền đầy hỗn hợp, đầm chặt, tạo rãnh hay lỗ thoát khí và cuối cùng là lấy lõi ra khỏi hộp.



Hình 1-33 Cấu tạo lõi cát.  
1. Xương kim loại 2. Hỗn hợp cát 3. Rãnh thoát khí

### 3.3.3. Vật liệu làm hộp lõi

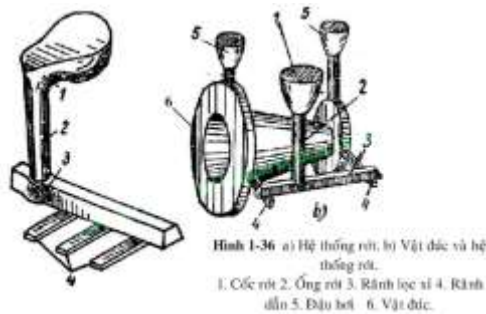
Kể cả mẫu và hộp lõi đều có thể chế tạo bằng gỗ bằng kim loại hoặc một số vật liệu khác như chất dẻo, xi măng, thạch cao...

Chọn vật liệu thường dựa vào dạng sản xuất, yêu cầu chất lượng, kích thước, khối lượng và thực tế của nơi sản xuất. Có thể dùng gỗ các loại để làm mẫu và hộp lõi phức tạp, lớn vì gỗ dễ làm, nhẹ. Nhưng gỗ chống mòn, hay hư hỏng do cong vênh, nứt nẻ, thấm nước, mục... Những loại có kích thước nhỏ, khối lượng không quá lớn có thể dùng mẫu kim loại (gang, thép cacbon, hay dùng nhất là hợp kim nhôm đúc: Al-Si hay còn gọi là hợp

kim silumin). Mẫu và hộp lõi kim loại nên cấu tạo rỗng để giảm khối lượng và tiết kiệm kim loại.

### 3.4. Thiết kế hệ thống rót và đậu hơi, đậu ngót.

#### 3.4.1 Hệ thống rót.



Hệ thống rót là một bộ phận để dẫn kim loại lỏng điền đầy lòng khuôn.

##### a. Yêu cầu của hệ thống rót

- Dòng chảy của kim loại phải êm, không gây va đập, bắn toé, không tạo xoáy và phải liên tục.

- Không dẫn xỉ, khí hoặc các tạp chất vào lòng khuôn.

- Điền đầy khuôn nhanh, không làm hao phí nhiệt làm giảm độ chảy loãng của hợp kim đúc.

- Điều hòa được nhiệt trong toàn bộ lòng khuôn tạo điều kiện đông đặc theo hướng lợi nhất, đồng thời có khả năng bổ sung kim loại.

- Không hao phí nhiều kim loại cho hệ thống rót.

Tùy thuộc vào loại khuôn, phương pháp đúc và loại hợp kim đúc phải thiết kế sao cho tương đối hợp lý. Trong thực tế sản xuất, người ta thường dùng ba loại: Rót bên hông, rót trực tiếp từ trên xuống và rót từ dưới lên (kiểu xi phông).

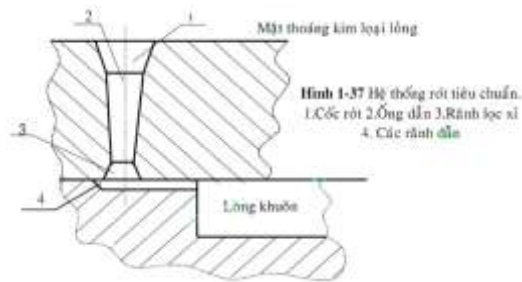
- Rót trực tiếp ít dùng, mặt dù cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo. Chỉ dùng trong trường hợp đúc vật đúc đơn giản.

- Rót kiểu xi phông bảo đảm dòng chảy êm, có khả năng bổ sung kim loại cho vùng dưới của vật đúc. Nhưng loại này khó chế tạo, chỉ dùng thích hợp trong các loại khuôn kim loại, đúc vật nhỏ.

- Loại rót bên hông (rót ngang) thông dụng hơn cả.

##### b. Cấu tạo hệ thống rót

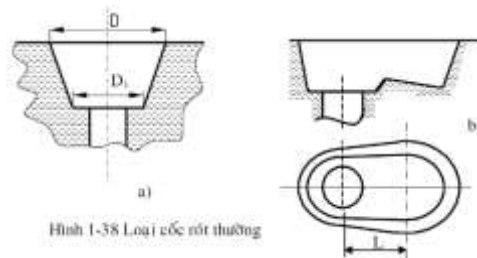
Cấu tạo một hệ thống rót tiêu chuẩn bao gồm: cốc rót, ống rót, rãnh lọc xỉ và các rãnh dẫn.



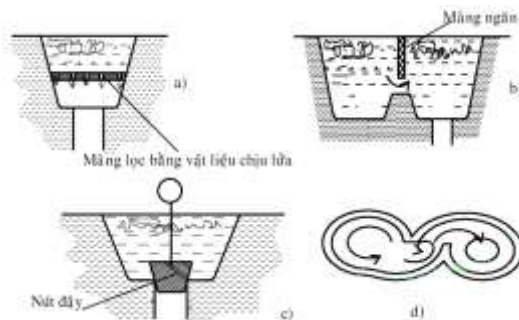
- Cốc rót là phần trên cùng của hệ thống. Nó có tác dụng chứa phần kim loại lỏng khi chảy tiếp vào bộ phận dưới nhằm loại bỏ một phần tạp chất, xỉ nổi trên mặt. Cốc rót còn hứng dòng chảy kim loại lỏng từ thùng rót.

Cốc rót chỉ phát huy tác dụng khi nó luôn luôn chứa đầy kim loại lỏng.

Các loại cốc rót thông thường có cấu tạo như trên hình 1-38. Kích thước của chúng phụ thuộc vào khối lượng và hình dáng của vật đúc.



Để chặn xỉ được tốt hơn khi đúc vật đúc có chất lượng cao, người ta dùng loại cốc đặc biệt: cốc có màng lọc, màng ngăn, cốc có nút hoặc loại ly tâm (hình 1-39).



Hình 1-39. Các loại cốc đặc biệt

a) Cốc có màng lọc; b) Cốc có màng ngăn; c) Cốc có nút; d) Cốc ly tâm

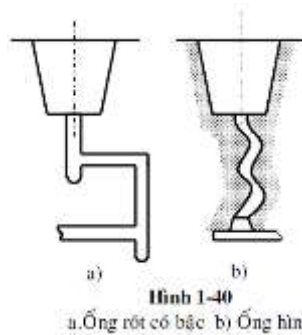
Các loại cốc này có tác dụng giữ xỉ tốt vì kim loại lỏng được lưu lại trong cốc lâu hơn. Loại cốc rót ly tâm do tạo dòng chảy xoay tròn nên giảm vận tốc và nổi xỉ tốt. Nhưng những loại cốc rót này thường làm giảm nhiệt độ kim loại, vì thế phải nâng cao độ quá nhiệt của kim loại khi rót.

- Ống rót là phần nối tiếp từ cốc rót xuống dưới. Dòng kim loại lỏng chảy trong ống có gia tốc. Ống cao, vận tốc dòng chảy càng xuống dưới càng tăng.



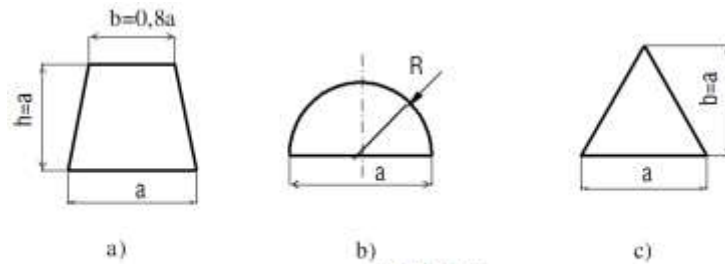
- Ống rót được tạo ra từ mẫu ống rót nên có độ côn rút mẫu, một lý do nữa dòng chảy trong ống có độ côn vừa phải sẽ không dẫn khí vào lòng khuôn.

Để hạn chế bớt vận tốc dòng chảy, trong các khuôn kim loại người ta hay dùng loại ống rót bậc hoặc hình sin (hình 1-40).



- Rãnh lọc xỉ: Nằm dưới chân ống rót, ở khuôn trên và sát mặt phân khuôn. Do nằm ngang nên ở đây tốc độ dòng chảy giảm hẳn xuống. Phần xỉ lỏng nếu lọt qua ống rót sẽ được giữ lại ở rãnh lọc xỉ. Tiết diện ngang hợp lý, tốc độ dòng càng nhỏ, xỉ nổi lên càng triệt để.

Ngoài ra rãnh lọc xỉ cũng tạo điều kiện để bố trí các rãnh dẫn.

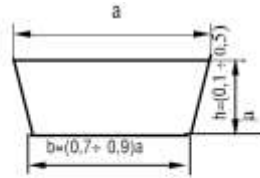


Tiết diện ngang của rãnh lọc xỉ thường dùng loại hình thang, bán nguyệt hay tam giác (hình 1-41).

- Rãnh dẫn

Kim loại sau khi chảy qua rãnh lọc xỉ sẽ vào các rãnh dẫn để vào lòng khuôn. Điều bắt buộc là rãnh dẫn phải nằm phía mặt dưới của rãnh lọc xỉ, để hứng kim loại sạch. Do đó nó nằm sát mặt phân khuôn ở khuôn dưới.

Để đạt yêu cầu điều hòa nhiệt, có thể bố trí nhiều rãnh dẫn đồng thời tùy theo cấu tạo của lòng khuôn và khối lượng vật đúc. Vị trí của rãnh dẫn không đặt dưới ống rót hoặc đầu cuối của rãnh lọc xỉ.



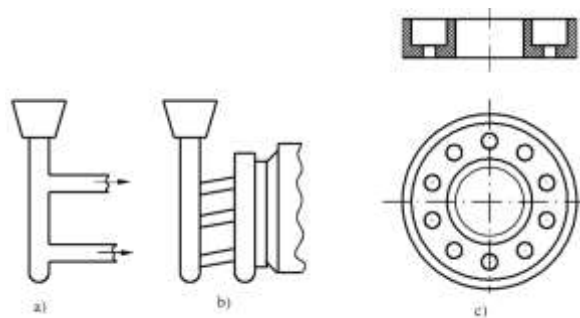
**Hình 1.42**  
Tiết diện rãnh dẫn hình thang.

- Rãnh dẫn cũng được cấu tạo bởi các tiết diện hình thang, bán nguyệt hoặc tam giác nhưng chiều ngược lại. Một điều cần lưu ý là khi làm sạch vật đúc phải cắt hoặc thông thường là đập gãy rãnh dẫn. Vì thế kích thước rãnh có thể thay đổi phù hợp với chiều dày thành vật đúc tại chỗ dẫn (Hình 1-42).

Rãnh dẫn thường cấu tạo thẳng. Tuy vậy cũng có những loại phi tiêu chuẩn cho phù hợp với các yêu cầu khác nhau.

Để vật đúc nguội đều theo chiều cao, giảm ứng suất nhiệt thì dùng rãnh dẫn nhiều tầng (hình 1-43a). Những vật đúc thành mỏng, chiều cao tương đối lớn, để điền đầy nhanh, nguội đều, bổ sung kim loại tốt thì dùng loại rãnh dẫn khe mỏng (hình 1-43b).

Trường hợp không thể bố trí khe mỏng có thể dùng loại rãnh dẫn giọt mưa (hình 1-43c).



**Hình 1-43** Các loại rãnh dẫn khác  
a- Dẫn nhiều tầng b- Dẫn qua khe mỏng c- Dẫn kiểu giọt mưa

### c. Chọn chỗ dẫn kim loại vào khuôn

Bố trí chỗ kim loại vào khuôn là một khâu rất quan trọng để đạt được vật đúc chất lượng cao. Nếu bố trí chỗ dẫn kim loại đúng đắn thì bảo đảm được sự điền đầy lòng khuôn đều đặn, tránh được những ứng suất bên trong và rỗ co tạo ra trong vật đúc.

Muốn thế chúng ta cần tuân theo một số quy tắc sau:

1. Đối với vật đúc có khối lượng < 1,5 tấn, chiều dài vật đúc không quá 3m (thân máy...) thì nên dẫn kim loại theo một phía. Đối với vật đúc có chiều dài lớn hơn, để cho kim loại điền đầy lòng khuôn được đều đặn (đối xứng) thì nên dẫn vào bộ phận giữa của vật đúc. Đối với vật đúc có hình dáng phức tạp mà chiều dài > 2m thì cần phải dẫn kim loại theo hai phía bằng các hệ thống rót riêng biệt.

2. Khi đúc chi tiết bằng gang xám có độ chảy loãng cao, độ co nhỏ, chiều dày không khác nhau lắm thì nên dẫn kim loại vào chỗ thành mỏng của vật đúc, để kim loại phần dày và phần mỏng có nhiệt độ chênh nhau ít, làm cho vật đúc nguội đồng đều.

3. Khi đúc gang bền cao và đúc thép, vì độ co lớn và chóng đông (chảy loãng kém) nên phải dẫn kim loại lỏng vào chỗ thành dày của vật đúc, để bảo đảm rót đầy khuôn và tạo ra sự đông đặc có hướng. Khi đông đặc, phần mỏng đông trước, phần dày đông đặc sau cùng, phần dày làm nhiệm vụ bổ ngót cho phần mỏng, khi phần dày co ngót sau thì phải dùng đầu ngót để bổ sung kim loại.

4. Khi đúc vật đúc hình trụ tròn thì nên dẫn kim loại theo hướng tiếp tuyến với mặt cắt ngang để tránh hiện tượng xoáy gây ra tụ khí, tụ xỉ (hình 1-44a).

5. Khi đúc vật đúc dạng tám phẳng vừa rộng vừa mỏng thì phải dẫn kim loại vào khuôn bằng nhiều rãnh dẫn mới có thể điền đầy tốt (hình 1-44b).

#### d. Tính toán hệ thống rót

Nguyên tắc tính như sau: trước tiên xác định tổng tiết diện của rãnh dẫn, còn tiết diện của rãnh lọc xỉ và ống rót lấy theo một tỷ lệ nhất định.

Khối lượng vật đúc bao gồm hệ thống rót, đầu ngót  $G(g)$  sẽ bằng tích số của tổng tiết diện của rãnh dẫn tại chỗ kim loại lỏng chảy vào lòng khuôn ( $\Sigma F_{rd} \text{ cm}^2$ ), vận tốc dòng chảy  $v$  (cm/s), thời gian điền đầy lòng khuôn  $t$  (s) và khối lượng riêng của kim loại lỏng  $\gamma$  (g/cm<sup>3</sup>). Đối với gang:  $\gamma = 6,8 \text{ g/cm}^3$

$$\text{Ta có: } G = \gamma \cdot \Sigma F_{rd} \cdot v \cdot t \quad (1)$$

$$\text{Suy ra } \Sigma F_{rd} = G / (\gamma \cdot v \cdot t) \quad (2)$$

Dựa vào phương trình thủy lực của Bernoulli ta có thể tính  $v$  theo công thức:

$$v = \mu \sqrt{2gH_p} \quad (3)$$

Trong đó:  $\mu$  - Hệ số cản thủy lực (0,3 ÷ 0,8). Hệ số này gồm 2 phần:

$$\mu = \mu_1 \cdot \mu_2$$

$\mu_1$  - Hệ số cản trong hệ thống rót;

$\mu_2$  - Hệ số cản thủy lực trong khuôn

$g$  - Gia tốc trọng trường tính bằng 981 cm/s<sup>2</sup>

$H_p$  - Chiều cao tính toán cột áp (áp suất thủy tĩnh cột kim loại lỏng). Công thức để tính là:

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

Trên hình 1-45 giới thiệu cách tính  $H_p$  cho ba kiểu rót khác nhau.

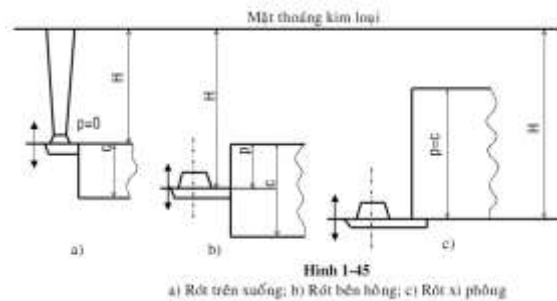
Trong công thức (4),  $H$  là chiều cao tính từ chỗ dẫn kim loại lỏng vào khuôn đến mặt thoáng (cm). Nếu  $H$  quá lớn, áp lực điền đầy tăng lên nhưng dòng chảy sẽ không êm.

Ngược lại, nếu  $H$  không đủ lớn, áp suất thủy tĩnh sẽ nhỏ dẫn đến điền đầy chậm, chất lượng hợp kim đúc kém.

Tổng chiều cao ống rót  $h_0$  và cốc rót là giá trị  $H$  cần tìm. Phần khuôn chứa cốc rót có thể chế tạo riêng để tiết kiệm vật liệu và giảm khối lượng khuôn trên.

$P$  - Chiều cao phần lòng khuôn đúc tính từ rãnh dẫn trở lên (cm).

$C$  - Chiều cao lòng khuôn theo vị trí rót (cm).



- Khi rót trực tiếp từ trên xuống (hình 1.45 a) do  $P = 0$  nên  $H_p = H$

- Khi rót bên hông (hình 1.45 b) do  $P = 0,5.C$  nên  $H_p = H_c - (C/8)$

- Khi rót từ dưới lên (kiểu rót xi phông hình 1.45 c) do  $P = C$  nên

$$H_p = H - \frac{C}{2}$$

Thời gian điền đầy khuôn  $t$  chọn phụ thuộc vào khối lượng vật đúc, chiều dày thành và loại hợp kim đúc.

Những vật đúc bằng gang, thép có khối lượng nhỏ hơn 450 Kg, chiều dày thành mỏng ( $\leq 15\text{mm}$ ) có thể tính theo công thức kinh nghiệm:

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

$S_1$ - Hệ số phụ thuộc chiều dày thành

Những vật đúc có khối lượng lớn ( $< 10^4 \text{ Kg}$ )

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

$S_2$  - Hệ số phụ thuộc chiều dày thành ( $S_1, S_2$  có thể tra trong sổ tay đúc)

Cuối cùng thay (3), (4), (5) hoặc (6) vào công thức (2) ta có:

$$\Sigma F_{rd} = \frac{G}{\gamma \mu_1 \mu_2 \sqrt{2gH_p}} \quad (\text{cm}^2)$$

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

$$\Sigma F_{rd} = \frac{G}{0,31 \mu_1 \mu_2 \sqrt{H_p}} \quad (\text{cm}^2)$$

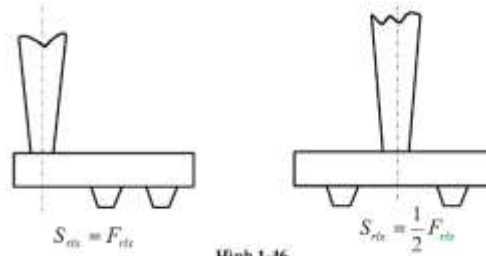
Có tổng tiết diện  $\Sigma F_{rd}$  ta có thể dùng các công thức tỷ lệ sau đây để tính tiết diện rãnh lọc xỉ ( $F_{rlx}$ ) và ống rót  $F_{\text{or}}$ .

Vật đúc nhỏ, thành mỏng ( $G < 100\text{Kg}$ )  $\Sigma F_{rd} : F_{rlx} : F_{\text{or}} = 1 : 1,06 : 1,11$

Vật đúc trung bình ( $100 \div 500 \text{ Kg}$ ).  $\Sigma F_{rd} : F_{rlx} : F_{\text{or}} = 1 : 1,1 : 1,15$

Vật đúc lớn ( $> 500 \text{ Kg}$ ) :  $\Sigma F_{rd} : F_{rlx} : F_{\text{or}} = 1 : 1,2 : 1,4$

Cần chú ý : Khi chân ống rót chia chiều dài rãnh lọc xỉ làm hai phần đều có đặt rãnh dẫn thì tiết diện ngang của rãnh lọc xỉ phải chia đôi. Hình 1 - 46 giới thiệu hai loại đó.



Hình 1-46

### 3.4.2. Đậu ngót và đậu hơi

#### a. Đậu hơi

Dùng để khí trong lòng khuôn thoát ra, báo hiệu mức kim loại lỏng, làm giảm áp lực động của kim loại trong khuôn, đôi khi dùng để dẫn và bổ sung kim loại cho vật đúc.

Đậu hơi thường có tiết diện ngang là hình tròn, hình chữ nhật và thường đặt ở vị trí cao nhất của vật đúc và ở phía đối diện với hệ thống rót. Trong một khuôn đúc thường có 1 hay nhiều đậu hơi.

#### b. Đậu ngót

Thông thường, đậu ngót và đậu hơi cùng chung tác dụng. Chúng là một bộ phận trong khuôn đúc để chứa một lượng kim loại lỏng nhằm bổ ngót cho vật đúc khi đông đặc. Ở thời điểm khi chưa điền đầy kim loại đậu ngót làm chức năng đậu hơi, nghĩa là để thoát hơi trong lòng khuôn. Đậu ngót dùng để bổ sung kim loại cho vật đúc khi đông đặc, thường được dùng khi đúc thép, hợp kim màu, gang độ bền cao, vật đúc gang xám có thành dày. Những vật đúc bằng gang xám nhỏ và thành mỏng không cần đậu ngót.

Để phát huy tác dụng thoát hơi và bổ ngót phải đặt nó đúng vị trí.

- Đậu ngót phải đặt ở chỗ cao và tập trung kim loại (thành dày) vì ở đó kim loại đông đặc chậm nhất và co rút nhiều nhất.

- Đậu ngót phải có độ cao ngang mặt thoáng với cốc rót và bản thân nó cũng phải đủ áp lực thủy tĩnh để bổ ngót tốt.
- Đậu ngót phải nguội cuối cùng và có thể tích đủ lớn để bổ ngót.
- Không gây khó khăn cho công nghệ làm khuôn và không lãng phí kim loại.
- Chân đậu ngót phải dễ cắt, không làm hỏng bề mặt gia công.

### **Chương 3. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO KHUÔN VÀ LỖI**

#### **3.1. Vật liệu làm khuôn và lõi**

Để chế tạo hỗn hợp khuôn và lõi ta sử dụng vật liệu tự nhiên hoặc nhân tạo. Vật liệu làm khuôn và lõi cát được chế tạo bằng cát, đất sét và một số phụ gia khác.

Hỗn hợp làm khuôn và lõi là các vật liệu để tạo ra lòng khuôn, nơi thực hiện quá trình kết tinh vật đúc nên yêu cầu phải có một số tính chất đặc biệt.

##### **3.1.1. Yêu cầu của vật liệu làm khuôn và lõi**

Vật liệu này phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

##### **a. Độ bền**

Là khả năng hỗn hợp bảo đảm cho khuôn và lõi không bị phá hủy khi có ngoại lực tác dụng, cụ thể là không bị phá hủy khi chế tạo, lắp ráp, vận chuyển hoặc khi chịu tác dụng tĩnh, động của kim loại lỏng khi rót vào khuôn.

##### **b. Độ bền bề mặt**

Là khả năng chịu lực khi có dòng chảy kim loại tác dụng lên bề mặt lòng khuôn. Nếu chỉ tiêu này không đạt có nghĩa là hỗn hợp bị phá vỡ dẫn đến làm lẫn vật liệu khuôn vào kim loại đúc.

##### **c. Tính lún**

Là khả năng giảm thể tích của hỗn hợp khi ngoại lực tác dụng (khi kim loại co);

- Tính lún cần có để khuôn lõi ít cản trở vật đúc co khi đông đặc và làm nguội, do đó tránh được nứt nẻ, cong vênh. Do đó, tính lún không tốt sẽ dẫn đến phá vỡ khuôn hoặc làm nứt vật đúc.

- Tính lún tăng khi dùng cát hạt to, lượng đất sét và chất dính kết ít và chất phụ (mùn cưa, rơm vụn, bột than...) tăng.

##### **d. Tính dẻo**

Là khả năng in hình rõ nét của mẫu và hộp lõi tạo ra hình dáng và kích thước đúng.

Tính dẻo là một trong những yêu cầu quan trọng nhất của hỗn hợp làm khuôn và lõi. Nó đánh giá khả năng tạo hình lòng khuôn chính xác và rõ nét, đảm bảo tạo ra vật đúc đáp ứng yêu cầu thiết kế. Do đó, hỗn hợp làm khuôn, lõi phải có tính dẻo để tạo thành lòng khuôn rõ nét và đúc tốt.

Tính dẻo của hỗn hợp phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó rõ rệt và quan trọng nhất là độ ẩm và hàm lượng đất sét trong hỗn hợp.

Tính dẻo tăng khi thành phần nước trong hỗn hợp tăng đến 8%, đất sét và chất kết dính tăng, cát hạt nhỏ mịn, sắc cạnh...

#### **e. Tính công nghệ**

Gồm các chỉ tiêu sau:

- Tính điền đầy: Là khả năng di động của vật liệu để điền đầy khi làm khuôn và lõi. Tính điền đầy bảo đảm khuôn và lõi có độ đầm chặt đồng đều và khả năng dùng lực nhồi nén nhỏ nhất.

#### **- Tính chịu nhiệt (độ bền nhiệt):**

Độ bền nhiệt của hỗn hợp là khả năng giữ cho vật liệu không bị cháy, không bị nóng chảy, không có tác dụng hóa học với kim loại nóng chảy ở nhiệt độ cao.

Nếu tính bền nhiệt kém thì khi rót kim loại lỏng vào khuôn, hỗn hợp sẽ bị chảy, bị cháy và hình thành một lớp vỏ cứng bám trên bề mặt vật đúc gây khó khăn cho gia công cắt gọt và làm giảm độ thoát khí, tạo rỗ khí trong vật đúc. Tính bền nhiệt còn cần để hỗn hợp không bị biến dạng khi rót kim loại lỏng vào khuôn.

Tính bền nhiệt tăng khi lượng cát thạch anh  $\text{SiO}_2$  tăng, cát hạt to và tròn, các tạp chất dễ chảy trong hỗn hợp ít.

- Tính chống ẩm: Là khả năng hút ẩm rất ít trong một đơn vị thời gian. Độ ẩm cao làm giảm độ bền nén và sinh khí khi tiếp xúc kim loại nóng chảy.

- Tính bền lâu: Là khả năng giữ được tính chất của vật liệu khi sử dụng nhiều lần (khả năng làm việc được nhiều lần của hỗn hợp khuôn, lõi).

- **Tính thông khí:** Là khả năng thoát khí qua hỗn hợp tránh cho vật đúc khỏi bị rỗ khí, làm giảm áp lực khí trong lòng khuôn khi điền đầy kim loại lỏng.

- Tính nhiệt lý: Bao gồm tính dẫn nhiệt và nhiệt dung. Tính nhiệt lý ảnh hưởng đến tốc độ kết tinh của kim loại và do đó làm ảnh hưởng đến tổ chức và tính chất của vật đúc.

Tóm lại: Hỗn hợp làm khuôn và lõi đòi hỏi nhiều yêu cầu khác nhau. Cần căn cứ vào loại hợp kim đúc, khối lượng và hình dáng của vật đúc để chọn loại thành phần của hỗn hợp.

### 3.1.2 Vật liệu làm khuôn và lõi

#### a. Cát

Cát là thành phần chính của hỗn hợp làm khuôn và lõi. Trong cát, thành phần cơ bản là thạch anh ( $\text{SiO}_2$ ) có nhiệt độ nóng chảy cao ( $t_{\text{ch}}^0 = 1713^\circ\text{C}$ ), độ bền, độ cứng và tính ổn định nhiệt hóa cao, độ hạt từ  $0,02 \div 3\text{mm}$ . Đặc tính xấu của cát thạch anh là ở nhiệt độ trung bình ( $575^\circ$ ) có sự chuyển biến thù hình làm thay đổi thể tích làm nứt nẻ hạt cát tạo ra bụi nhỏ. Người ta thường bổ sung thêm cát vàng.

- Phân loại:

+ Phân loại cát theo nguồn gốc khai thác:

*Cát sông*: do độ bền kém nên trong quá trình làm khuôn, lõi phải pha thêm đất sét. Độ bền nhiệt cao, tính lún tốt, thường có dạng cầu và đều.

*Cát núi*: hàm lượng đất sét nhiều do đó có độ bền cao. Nhưng tính lún và tính thông khí kém, thường có dạng đa diện, không đồng đều. Vì vậy khi làm khuôn, lõi phải pha thêm cát sông.

+ Phân loại cát theo hàm lượng đất sét trong cát:

Cát gầy: đất sét  $< 10\%$

Cát nửa mỡ: đất sét ( $10 \div 15$ )%

Cát mỡ: đất sét ( $15 \div 20$ )%

Cát rất mỡ: đất sét ( $20 \div 30$ )%

+ Phân loại cát theo độ hạt: được sử dụng nhờ các bộ sàng (rây) tiêu chuẩn, mỗi sàng cho một cỡ hạt cát khác nhau theo tiêu chuẩn.

#### b. Đất sét

Đất sét là loại chất liệu kết dính nhằm bảo đảm sự bám chắc, độ bền, đặc biệt là tính dẻo của hỗn hợp.

Cát và đất sét là hai thành phần chủ yếu tạo nên hỗn hợp làm khuôn.

Đất sét thường dùng là loại cao lanh ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) có sẵn trong tự nhiên hoặc ngoài ra còn dùng loại Bentonit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Các tạp chất  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  trong đất sét làm giảm khả năng kết dính và tính ổn định nhiệt hóa.

#### c. Chất kết dính

Chất kết dính là những chất đưa vào hỗn hợp làm khuôn, lõi để tăng độ bền, tính dẻo, tính chịu nhiệt cho khuôn và lõi bằng cách tạo liên kết tốt giữa các hạt hỗn hợp. Những chất dính kết thường dùng gồm dầu thực vật, nước đường (ri mật), bột hồ, kiềm



sunfit (nước bã giấy)... Một số chất kết dính hóa cứng như nhựa thông, hắc ín, nước thủy tinh ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ), ximăng...

#### **d. Chất phụ gia**

Trong hỗn hợp thường cho thêm mùn cưa, rơm vụn, phân trâu bò khô, bột than... Khi rót kim loại lỏng vào khuôn, những chất này cháy để lại trong khuôn những lỗ rỗng làm tăng tính xốp, thông khí, tính lún cho khuôn lõi, làm nhẵn bóng bề mặt khuôn lõi.

#### **3.1.3 Hỗn hợp cát - đất sét**

Khi tạo hỗn hợp, người ta chia ra hai loại gọi là *cát áo* và *cát đệm*.

**Cát áo:** Hỗn hợp này phủ lên sát mẫu một lớp dày khoảng 40 - 100mm khi làm khuôn và trực tiếp tiếp xúc với kim loại lỏng nên yêu cầu có chất lượng cao (có độ bền, độ dẻo, độ chịu nhiệt cao), độ hạt cần nhỏ hơn để bề mặt vật đúc nhẵn bóng. Thông thường, cát áo phải là cát mới 100% (không dùng lại). Cát áo chiếm khoảng 10÷15% khối lượng khuôn.

**Cát đệm:** Dùng điền đầy phần còn lại của khuôn. Do không trực tiếp tiếp xúc với kim loại lỏng nên chất lượng thấp hơn (tính chịu nhiệt, độ bền không cần cao), nhưng phải có tính thông khí tốt chiếm 85÷90% khối lượng khuôn. Cát đệm thường là cát đã qua sử dụng, nhằm để tăng tính kinh tế.

Nếu làm lõi, làm khuôn bằng máy thì chỉ dùng một loại cát mới đồng nhất.

Hỗn hợp cát – đất sét tùy từng loại khuôn, sau khi đầm chặt không qua sấy gọi là khuôn tươi; nếu qua sấy gọi là khuôn khô.

Lượng đất sét tăng làm giảm độ thông khí và độ chịu nhiệt, khó phá vỡ khuôn và lõi. Thường người ta cho thêm mùn cưa vào hỗn hợp làm lõi. Sau khi sấy mùn cưa cháy làm tăng độ thông khí cho lõi, tăng tính lún để chống nứt vật đúc, dễ phá bỏ lõi. Ngược lại, không nên dùng mùn cưa cho khuôn tươi vì sẽ làm giảm độ thông khí. Trường hợp đặc biệt khi đúc thép có thể dùng hỗn hợp có chứa thêm chất kết dính là bã sunphit/ thủy tinh lỏng.

#### **Chế tạo hỗn hợp làm khuôn, lõi**

Do tiếp xúc với kim loại lỏng ở nhiệt độ cao, thành phần nước trong hỗn hợp làm khuôn giảm đi nhiều, các hạt thạch anh bị vỡ vụn thành dạng bột làm cho tính thông khí giảm. Mặt khác ở nhiệt độ cao đất sét đã mất hết nước sẵn có, hoá cứng và khi pha trộn lại thì không có khả năng hút nước nữa, do đó hết khả năng dính kết. Những chất dính kết, chất phụ bị cháy cũng không còn tác dụng. Muốn sử dụng lại phải tiến hành điều chế như sau: làm nguội hỗn hợp xuống ( $30 \div 35$ )<sup>0</sup>C, phân ly các tạp chất lẫn trong nó, rây lại để loại trừ các cục đất to và đất sét bột, bột cát thạch anh... thu được cát có độ hạt như yêu

cầu. Sau đó pha thêm một lượng nhất định cát, đất sét, chất dính, chất phụ mới để đảm bảo tính chất của hỗn hợp.

Cát, đất sét và chất phụ phải nghiền nhỏ, sấy khô, rây để có độ hạt xác định.

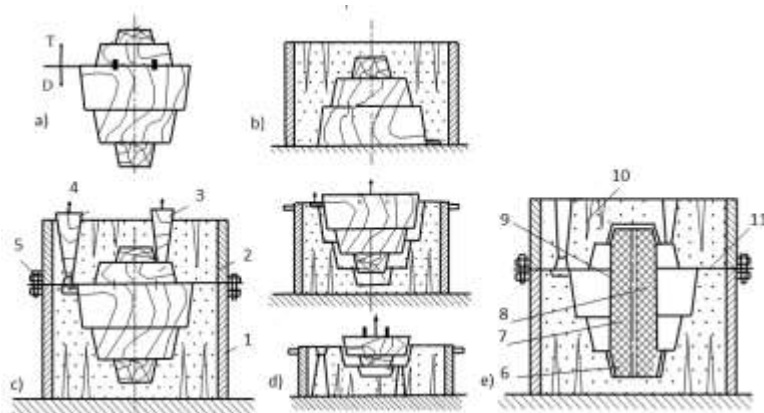
Vật liệu cũ và mới pha trộn với nhau theo tỷ lệ nhất định. Để trộn đều hỗn hợp làm khuôn, lõi người ta thường dùng các máy nhào trộn.

### 3.2 Chế tạo khuôn và lõi

Trong sản xuất đúc, khuôn đúc đóng một vai trò quan trọng, là một trong những yếu tố quyết định chất lượng vật đúc. Thường có tới 50 đến 60% phế phẩm là do khuôn đúc gây ra. Vì vậy phải tuân thủ quy trình công nghệ làm khuôn chặt chẽ.

Khuôn đúc có 3 loại: khuôn dùng một lần, khuôn bán vĩnh cửu làm bằng vật liệu chịu nóng đưa sấy ở  $600\div 700^{\circ}\text{C}$ , sau khi lấy vật đúc đem sửa chữa rồi dùng lại được một số lần (50÷200 lần). Khuôn vĩnh cửu làm bằng kim loại dùng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối.

Hình 1-50 giới thiệu tóm tắt các bước làm khuôn cát trong hai hòm khuôn với lõi đứng:



Hình 1.50. Sơ đồ quá trình làm khuôn trong hai hòm khuôn

a) Mẫu; b) Làm khuôn dưới; c) Làm khuôn trên; d) Rút mẫu ra khỏi khuôn dưới và khuôn trên; e) Lắp ráp khuôn, lõi

(1) Khuôn dưới; (2) Khuôn trên; (3) Mẫu đậu hơi; (4) Mẫu hệ thống rót; (5) Chốt định vị; (6) Gối lõi; (7) Lõi; (8) Rãnh thông khí cho lõi; (9) Lòng khuôn (vật đúc); (10) Xăm hơi; (11) Mặt phân khuôn.

#### 3.2.1 Chế tạo khuôn và lõi bằng tay

##### 3.2.1.1 Chế tạo khuôn bằng tay

Đặc điểm chung

- Làm khuôn bằng tay có độ chính xác không cao;

- Năng suất thấp;
- Yêu cầu trình độ tay nghề của công nhân cao, điều kiện lao động nặng nhọc;
- Có thể làm khuôn đúc các chi tiết có độ phức tạp, kích thước, khối lượng tùy ý.

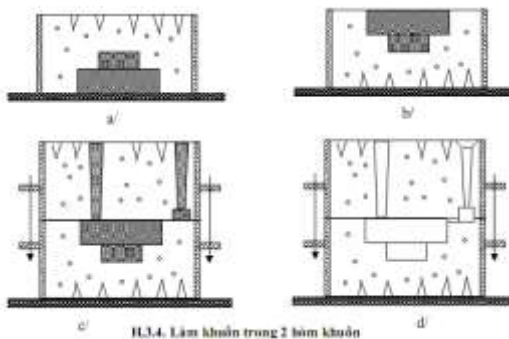
Do đó, làm khuôn bằng tay chỉ dùng trong sản xuất đơn chiếc hoặc hàng loạt nhỏ và đặc biệt để chế tạo vật đúc có kích thước rất lớn hoặc phức tạp.

Có nhiều cách để chế tạo khuôn bằng tay. Ở đây chỉ xét vài cách thông dụng.

#### a. Làm khuôn trong hai hòm khuôn

Gồm: Khuôn dưới, khuôn trên và mặt phân khuôn nằm ngang.

Trong hai hòm khuôn chỉ chế tạo các vật đúc tương đối đơn giản, nhỏ và trung bình. Cách làm này tiêu tốn hòm khuôn nhưng dễ vận chuyển, thuận tiện cho nguyên công sấy khuôn.



H.3.4. Làm khuôn trong 2 hòm khuôn

**Làm nửa khuôn dưới:** Đặt mẫu lên tấm mẫu, đặt hòm khuôn lên tấm mẫu, đổ cát áo xung quanh mẫu, đổ cát đệm, đầm chặt lần thứ nhất, đổ tiếp cát đệm rồi đầm chặt, là phẳng, xăm khí (a).

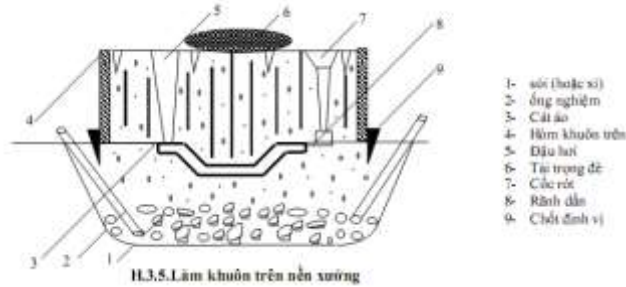
**Làm nửa khuôn trên:** Quay nửa khuôn dưới  $180^0$ , lấy tấm mẫu, đặt hòm khuôn trên lên, bắt chốt định vị, đặt mẫu đậu hơi, mẫu ống rót, mẫu rãnh lọc xỉ, đổ cát áo xung quanh mẫu và tiến hành làm khuôn như hòm khuôn dưới (b, c).

**Tháo lắp khuôn:** Tháo chốt định vị, tháo nửa khuôn trên ra, rút bộ mẫu, khoét rãnh dẫn và cóc rót, sửa chữa các hư hỏng, quét sơn lên mặt phân khuôn, lắp ráp khuôn, bắt chặt cơ cấu kẹp chặt (d).

#### b. Làm khuôn trên nền xưởng

Khuôn dưới là vùng hỗn hợp ngay trong vùng nền xưởng và khuôn trên trong hòm khuôn. Loại này cũng chỉ có một mặt phân khuôn.

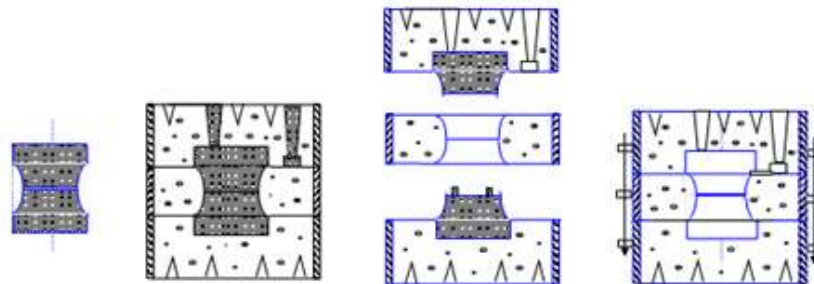
Phương pháp này thích ứng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ, vật đúc trung bình và lớn không yêu cầu bề mặt nhẵn đẹp, kích thước không cần chính xác.



Trên nền xương, đào một lỗ có chiều sâu lớn hơn chiều cao của mẫu 300÷400 mm, dầm chặt đáy lỗ rồi đổ 1 lớp xi hoặc sỏi dày 150÷200 mm. Để tăng độ thoát khí, đặt hai ống nghiệm 2 dẫn khí ra ngoài, đổ lớp cát đậm sau đó cát áo 3 và dầm chặt một ít, ấn mẫu xuống để mặt phân khuôn của mẫu trùng mặt bằng của nền, rắc lớp bột cách và đặt hòm khuôn 4 lên, cố định vị trí của hòm bằng chốt 9 sát vào thành hòm và tiến hành làm khuôn trên. Nhấc hòm khuôn trên và cắt màng dẫn 8, rút bộ mẫu ra và lắp khuôn trên vào, tạo cốc rót 7, đặt tải trọng đè 6 và rót kim loại.

### c. Làm khuôn trong 3 hoặc nhiều hòm khuôn

Phương pháp này thích ứng khi làm khuôn với mẫu phức tạp mà không thể làm trong 2 hòm khuôn được.



Ngoài những phương pháp trên còn nhiều phương pháp làm khuôn bằng tay khác và có thể làm khuôn bằng máy.

#### 3.2.1.2 Chế tạo lõi bằng tay

Dùng hộp lõi và hỗn hợp làm lõi để tạo ra lõi đúc. Lõi là bộ phận của khuôn chịu cả tác động nhiệt lớn và cả tác dụng lực của kim loại lỏng, thậm chí cả trọng lượng bản thân. Vì thế lõi được chế tạo theo quy trình nghiêm ngặt hơn.

Những điểm cần lưu ý khi chế tạo lõi bằng tay:

- Lõi đúc phải có xương lõi để bảo đảm độ bền khi chịu lực, nhưng xương lõi không làm giảm tính lún của hỗn hợp, không gây khó khăn khi phá lõi;

- Lõi đúc phải có rãnh, lỗ thông khí đủ để thoát hết khí ra ngoài. Vì thế, trước hết rãnh khí phải thông suốt ra tận đầu gối lõi;

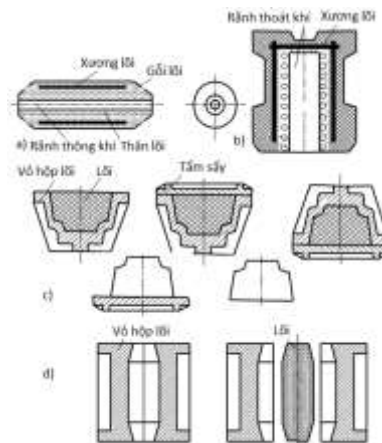
- Để tiết kiệm hỗn hợp, các lõi lớn nên độn thêm các vật liệu khác. Ví dụ, lõi trụ thẳng để đúc ống nên dùng ống kim loại có khoan lỗ, vừa tạo xương vừa thoát khí, vừa giảm tiêu hao hỗn hợp; có thể độn thêm xỉ cục bên trong.

- Để tránh cháy cát cho lỗ vật đúc, bề mặt thân lõi phải sơn lớp chống cháy (hỗn hợp graphít + đất sét loãng);

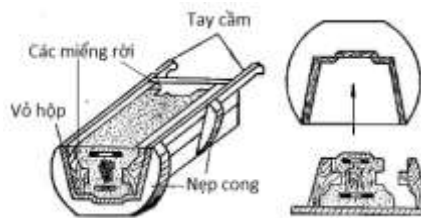
- Sau khi hong khô ngoài không khí, lõi phải sấy ở nhiệt độ thích hợp tăng bền, tăng thông khí (150-400<sup>0</sup>C);

- Để tránh biến dạng lõi khi lấy lõi ra khỏi hộp lõi, lõi cần được xác định ngay vị trí cố định hoặc trên tấm kim loại phẳng, hoặc trên tấm kim loại có đệm cát mịn và khô.

Có thể làm lõi trong **hộp lõi nguyên**, **hộp lõi hai nửa**, **hộp lõi lắp ghép**, **bằng dưỡng gạt**. Hình 1-53 giới thiệu cấu tạo lõi và các dạng hộp lõi.



Hình 1-53. a,b) Cấu tạo lõi; c) Hộp lõi nguyên; d) Hộp lõi hai nửa



Hình 1-54. Hộp lõi lắp ghép

- Để tránh biến dạng lõi khi lấy lõi ra khỏi hộp lõi, lõi cần được xác định ngay vị trí cố định hoặc trên tấm kim loại phẳng, hoặc trên tấm kim loại có đệm cát mịn và khô.

### 3.2.2 Chế tạo khuôn và lõi bằng máy

#### 3.2.2.1 Chế tạo khuôn

Quá trình chế tạo khuôn có nhiều nguyên công khác nhau. Trong số đó có hai nguyên công cơ bản là **đảm chặt hỗn hợp** và **rút mẫu**.

### a. Đảm chặt hỗn hợp

Hỗn hợp sau khi đảm chặt phải có độ chặt đồng đều trên toàn bộ thể tích khuôn. Nó được đo bằng độ đảm chặt  $\delta$  ( $g/cm^3$ ) ứng với độ bền, độ thông khí... Vị trí của khuôn lúc đảm chặt phải thích hợp với nguyên công rút mẫu sau đó.

Người ta thường dùng các loại đảm chặt sau:

- Đảm chặt bằng máy ép: Ép từ trên xuống hoặc dưới lên. Lực tác dụng thông qua chày ép và mẫu, truyền năng lượng trong hỗn hợp làm chúng xít chặt vào nhau tạo ra độ đảm chặt. Do hao tổn năng lượng nên những điểm xa điểm đặt lực độ đảm chặt kém dần.

Chiều cao hòm khuôn được tính theo công thức:

$$h = \left( H - \frac{V}{F} \right) \left( \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right) (cm)$$

H- Chiều cao hòm khuôn chính (cm);

V- Thể tích của mẫu ( $cm^3$ )

F- Diện tích tiết diện ngang hòm khuôn ( $cm^2$ )

$\delta, \delta_0$ - Độ đảm chặt trước và sau đảm chặt.

Độ đảm chặt trung bình của hỗn hợp khuôn có thể tính theo công thức kinh nghiệm:

$$\delta = 1 + C \left( \frac{P}{10} \right)^{0,25} \left( \frac{g}{cm^3} \right)$$

Trong đó:

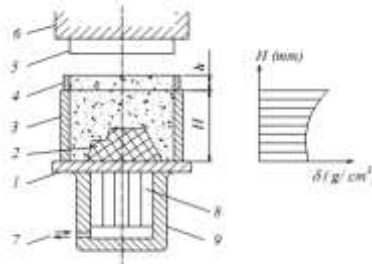
C- Hệ số đảm chặt (0,4-0,6)

H- Áp suất khí nén (20-25)  $N/cm^2$ .

### \* Làm khuôn trên máy ép từ trên xuống

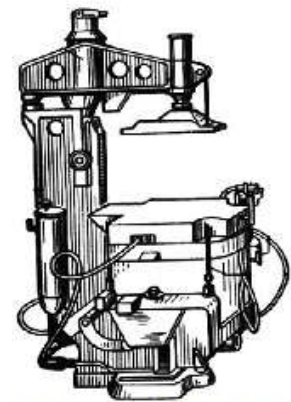
- Sơ đồ nguyên lý:

1. Bàn máy
2. Mẫu
3. Hòm khuôn chính
4. Hòm khuôn phụ
5. Chày ép
6. Xà ngang
7. Rãnh khí nén
8. Piston
9. Xilanh



Hình 2.1. Sơ đồ nguyên lý làm khuôn trên máy ép từ trên xuống

- Nguyên lý: kẹp chặt mẫu 2, hòm khuôn chính 3 (chiều cao H) và hòm khuôn phụ 4 (chiều cao h) lên bàn máy 1. Đổ đầy hỗn hợp làm khuôn vào hòm khuôn. Xà ngang 6 lắp



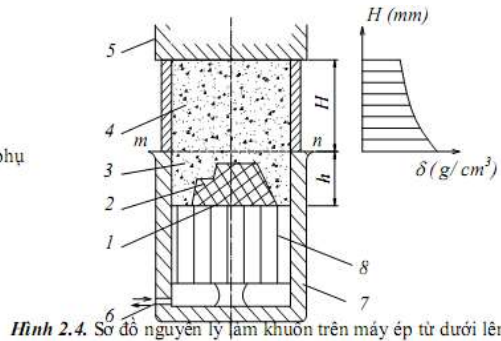
Hình 1-55 Máy ép làm khuôn.

chày ép 5 được quay đến vị trí làm việc (kích thước chày ép nhỏ hơn kích thước hòm khuôn phụ một ít). Mở van cho khí ép vào theo rãnh 7 để đẩy piston 8 trong xylanh 9 lên, đồng thời làm cho toàn bộ bàn máy, hòm khuôn ... đi lên. Chày ép cố định sẽ nén chặt hỗn hợp làm khuôn đến mặt trên của hòm khuôn chính, mở van cho khí ép ra ngoài làm toàn bộ phần trên hạ xuống. Quay xà ngang để tiến hành rút mẫu và lại lặp lại quá trình làm khuôn khác.

### \* Làm khuôn trên máy ép từ dưới lên

- Sơ đồ nguyên lý:

1. Bàn máy
2. Mẫu
3. Hỗn hợp làm khuôn phụ
4. Hòm khuôn chính
5. Xà ngang
6. Rãnh khí nén
7. Xylanh
8. Piston



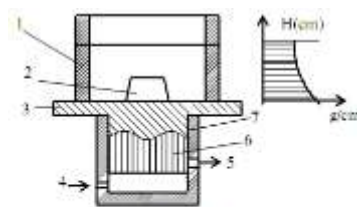
Hình 2.4. Sơ đồ nguyên lý làm khuôn trên máy ép từ dưới lên

- Nguyên lý: Bàn máy 1 và piston 8 gắn chặt với tấm mẫu 2. Trên thành của xylanh 7 đặt hòm khuôn chính 4, lớp hỗn hợp làm khuôn phụ 3 tương ứng cho từng mẫu được xác định bởi chiều cao h. Dùng xà ngang 5 để tỳ lên mặt trên của hòm khuôn. Mở van cho khí ép vào theo rãnh 6, nâng piston và tấm mẫu lên đến vị trí mặt mn để nén chặt hỗn hợp làm khuôn. Sau đó quay xà ngang, mở van cho khí ép thoát ra đồng thời rút mẫu lấy hòm khuôn.

### \* Làm khuôn trên máy dẫn

Một khối lượng gồm hỗn hợp và các hòm khuôn chính, phụ, bàn máy 3 và pittong 4 được khí nén có áp lực trong xylanh 5 nâng lên một độ cao nhất định. Khí đi vào qua lỗ 6 để nén, sau đó lại thoát nhanh qua lỗ 7 để hạ áp suất và làm toàn bộ phần trên dẫn xuống. Động năng do quá trình dẫn sinh ra ở mỗi chất điểm của hỗn hợp sẽ làm chúng dịch chuyển xuống dưới tạo ra độ đầm chặt.

Như vậy, khi dẫn, động năng của các vật vùng dưới sẽ lớn nên độ chặt của hỗn hợp tăng dần từ trên xuống dưới.



Hình 1-57.  
Đúc chặt bằng máy dẫn.  
1. Khuôn chính 2. Mẫu đúc 3. Bàn máy 4. Khí vào 5. Khí thoát 6. Pittong 7. Xylanh

Theo công thức kinh nghiệm, có thể tính độ đầm chặt khi dần theo:

$$\delta = 1 + K \left( \frac{a}{10} \right)^{0,3} (g/cm^3)$$

Trong đó:

K- Hệ số đầm chặt (0,35 – 0,55)

a- Công đầm chặt cho một đơn vị diện tích hỗn hợp trong khuôn.

$$a = \frac{Q \cdot h \cdot n \cdot \eta}{F} (N/cm)$$

Trong đó:

Q- Khối lượng hỗn hợp khuôn (N);

h- Chiều cao hành trình nâng (cm)

n- Số lần dần;

$\eta$ - Hệ số hữu ích (0,3-0,7).

Cần lưu ý, nếu dần quá mạnh có thể dẫn đến phá vỡ khuôn gần mặt mẫu, nên chiều cao hành trình nâng không quá lớn, số lần dần chỉ hạn chế 2-3 lần.

*Ưu điểm:*

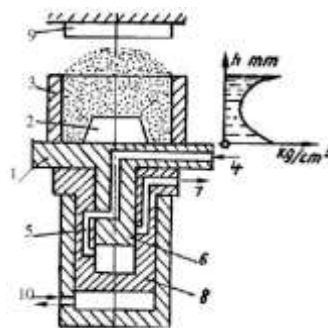
- Độ đầm chặt đều hơn so với máy ép;
- Tạo độ đầm chặt lớn nhất ở mặt phân khuôn;

*Nhược điểm:*

- Gây ồn.
- Có xu hướng nứt khuôn do tạo ra dòng chảy của hỗn hợp. Do đó phải tính toán số lần dần hợp lý.

Đầm chặt bằng máy ép và dần riêng biệt như ta đã biết có sự chênh lệch độ đầm chặt  $\delta$  theo chiều cao hòm khuôn. Vì vậy, sử dụng cho loại hòm khuôn có chiều cao không vượt quá 200mm.

**\* Làm khuôn bằng máy hỗn hợp vừa dần vừa ép**



Hình 1-58  
 Máy vừa dần vừa ép.  
 1. Bàn máy 2. Mẫu 3. Khuôn đúc  
 4; 5; 7; 10 Rãnh khí 6. Pistông dẫn  
 8. Pistông ép 9. Chày ép



- **Dẫn:** Khí nén đi vào rãnh 4,5 vào xilanh 8 và đẩy pittông 6 cùng bàn máy 1, mẫu 2, khuôn 3 đi lên. Khi độ cao của pittông vượt qua rãnh 7 khí ép thoát ra làm toàn bộ phần trên rơi xuống, thực hiện quá trình dẫn.

- **Ép:** Quay chày ép 9 vào vị trí làm việc, đóng cửa vào rãnh 4. Cho khí nén vào rãnh 10 nâng pittông 8 cùng toàn bộ pittông 6 và bàn máy đi lên để thực hiện quá trình ép. Điều chỉnh liên tiếp hai giai đoạn trên. Sau đó quay chày ép 9 để lấy khuôn ra.

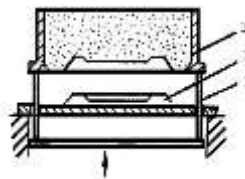
Ngoài các phương pháp trên, khi cần làm khuôn lớn, người ta dùng máy phun cát. Động năng tác dụng lên dòng cát được phun ra từ máy phun vừa có tác dụng điền đầy, vừa đầm chặt.

### **b. Nguyên công rút mẫu**

Cơ khí hóa nguyên công rút mẫu được tiến hành theo các phương pháp sau:

#### **\* Rút mẫu bằng thanh đẩy**

Khuôn sau khi đã đầm chặt, khí nén sẽ tác động lên một hệ thanh đẩy có cùng tốc độ. Hệ thanh đẩy sẽ đẩy khuôn đi lên trong khi bàn máy gắn mẫu đứng yên. Khi mép dưới của khuôn vượt quá mép trên của mẫu, khuôn được đưa qua hệ thống băng tải hoặc nhắc bằng tay để lắp ráp.



Hình 1.59. Rút mẫu bằng chốt đẩy

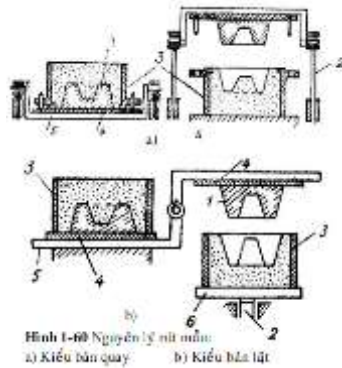
#### **\* Rút mẫu bằng bàn quay hoặc bàn lật**

Khi cơ khí hóa hoàn toàn quá trình làm khuôn, rút mẫu bằng thanh đẩy thuận tiện cho khuôn trên. Để làm khuôn dưới, người ta dùng phương pháp quay hoặc lật.

Sơ đồ nguyên lý.

- Kiểu bàn quay: Hòm khuôn 3 cùng tấm mẫu 1 kẹp lên bàn máy 5. Sau đó quay một góc  $180^{\circ}$ . Nâng bàn máy và tấm mẫu rời khỏi khuôn nhờ thanh đẩy 2 rồi quay về vị trí cũ để tiếp tục làm khuôn khác.

- Kiểu bàn lật: Mẫu 1 và hòm khuôn 3 kẹp lên bàn máy 5. Sau khi làm khuôn xong lật bàn máy một góc  $180^{\circ}$  và dùng bàn đỡ 6 đỡ mặt khuôn rồi dần dần hạ xuống bằng pittông 2, mẫu sẽ tách khỏi khuôn.



Hình 1-69 Nguyên lý nhồi mẫu:  
a) Kiểu bản quay b) Kiểu bản lật

Đồng thời quá trình làm khuôn lại tiếp tục phía trái.

### 3.2.2.2 Thiết kế hòm khuôn và chế tạo lõi

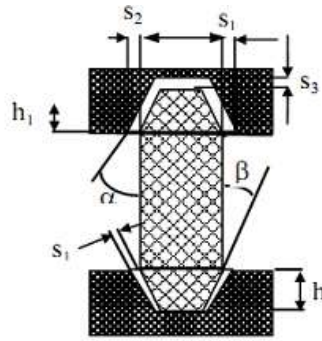
Lõi là bộ phận nằm trong khuôn đúc để tạo thành phần rỗng bên trong phần lõi hoặc phần lõm trên vật đúc. Kim loại lỏng luôn bao bọc lấy lõi nên lõi làm việc trong điều kiện xấu hơn khuôn, do đó vật liệu làm lõi cần có độ bền, độ thông khí, tính lún, tính chịu nhiệt tốt hơn vật liệu làm khuôn. Gối lõi bảo đảm lõi nằm vững trong khuôn, dễ lắp ráp lõi vào khuôn. Trên bản vẽ lõi và gối lõi được ký hiệu bằng nét gạch chéo màu xanh.

Khi xác định hình dáng lõi và số lượng lõi cần thiết để tạo hốc rỗng bên trong vật đúc cần lưu ý một số vấn đề sau:

- Sử dụng nhiều lõi (chia lõi ra nhiều phần) sẽ làm tăng số lượng các bộ phận hợp thành khuôn, tăng số lượng hộp lõi, đồ gá và dưỡng để chế tạo lõi, tăng các nguyên công để lắp ráp và lắp ghép lõi. Đây là điều không mong muốn của người thiết kế cũng như người sản xuất.

Tuy nhiên, việc phân chia lõi ra nhiều phần cũng tạo ra những thuận lợi là:

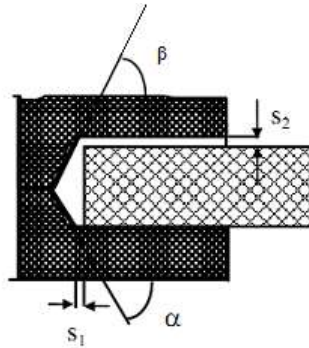
- + Làm đơn giản hình dáng các lõi nên chế tạo hộp lõi đỡ phức tạp.
- + Có thể dùng một loại hộp lõi để chế tạo các lõi tương tự nhau trên cơ sở bổ sung thêm một số tấm lót thay đổi được nên giảm chi phí chế tạo bộ mẫu, có thể đạt được hiệu quả kinh tế khi chuyển sang làm khuôn trên máy với hộp lõi kim loại ngay cả khi sản xuất không lớn lắm.
- + Có thể tạo ra các mặt phẳng ở các lõi để đặt dễ dàng và chắc chắn trên các tấm sấy có hình dáng đơn giản mà không phải dùng các khay sấy định hình đắt tiền. Điều này rất quan trọng với những lõi có hình dáng phức tạp.
- + Có thể dùng các máy làm lõi cỡ nhỏ, dụng cụ để quay (lật) và vận chuyển lõi đơn giản và rút ngắn được thời gian sấy lõi.
- + Các lõi có kích thước (nhất là chiều cao) nhỏ sẽ bị ít biến dạng khi sấy, đảm bảo vật đúc chính xác.



Kết cấu đầu góc và ô góc lõi thẳng đứng

Lõi ngang có thể làm gổi lõi hình trụ, hình vuông, côn và những dạng hình khác. Để lắp ráp và tránh vỡ khuôn, lõi giữa lõi và khuôn cũng phải có khe hở  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ . Kích thước và góc độ gổi lõi cũng phải đảm bảo như đối với lõi đứng.

- Lõi ngang có chiều dài phần góc lõi là  $l$ .



Kết cấu đầu góc và ô góc lõi nằm ngang

- Lõi phức tạp có thể phân chia thành nhiều lõi đơn giản, sau chế tạo sẽ ghép lại, cũng có thể ghép nhiều lõi lại thành một khối lõi hoặc cũng có thể kết hợp cả phần lõi và phần nhô.

- Lõi phụ dùng cho những trường hợp đặc biệt. Với những chi tiết đặc biệt phức tạp cần độ đồng tâm cao tuy không có lỗ nhưng phải dùng lõi phụ.

- Những lõi lớn có bán kính hơn 60 mm cần đặt thêm xương lõi. Lõi cần có rãnh thoát khí cho lõi, thường khi chế tạo lõi người ta đặt một sợi dây thép để tạo rãnh thoát khí cho lõi.

Có thể dùng máy làm khuôn để làm lõi bằng cách thay tấm mẫu trên bàn máy bằng hộp lõi. Để đảm bảo chất lượng cao của lõi, người ta còn sử dụng một số máy làm lõi riêng.

### 3.3. Sấy khuôn, lõi, lắp khuôn và rót kim loại vào khuôn

#### 3.3.1 Sấy khuôn, lõi

- Mục đích sấy: nâng cao độ bền, tính thông khí và giảm bớt khả năng tạo khí của chúng khi rót kim loại vào khuôn.

*Lõi phải sấy trước khi lắp ráp với khuôn.*

Đối với khuôn thường chỉ khi nào chế tạo những vật đúc lớn và cao, hoặc hình dạng phức tạp, nhiều phần lõi lõm tạo nên những ụ cát nhô ra dễ vỡ; vật đúc cần chất lượng cao, chịu lực lớn thì phải sấy khuôn (khuôn khô).

### 3.3.2 Lắp ráp khuôn, lõi

Lắp ráp phần khuôn và lõi để tạo ra khuôn đúc là khâu cuối cùng của công nghệ làm khuôn. Những yêu cầu khi lắp ráp khuôn gồm:

- Các nửa khuôn và lõi đã được sấy khô không có độ ẩm vượt quá quy định và đã được kiểm tra kỹ càng.

- Việc định vị lõi (nếu có) phải bảo đảm chắc chắn và có độ chính xác yêu cầu. Có hệ thống thoát khí cho lõi.

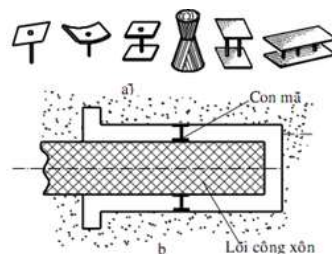
- Bảo đảm độ kín khít ở mặt phân khuôn.

#### a. Lắp ráp khuôn, lõi

Lõi sau khi sấy có độ bền cao nên có thể vận chuyển bằng tay đối với lõi nhỏ, vận chuyển bằng cần trục đối với lõi lớn.

Lõi được lắp vào khuôn nhờ phần gối lõi. Tuy vậy, cũng phải căn đo bằng thước hoặc bằng dưỡng để dịch chỉnh kích thước, sau đó cố định nó với khuôn dưới để bảo đảm khi lắp ráp khuôn trên vào không làm xô dịch.

Trường hợp lõi bằng cát có độ dài thân lõi lớn, lõi lắp công xôn phải được gia cố thêm bằng con mã (Hình 1-63).



a) Các loại con mã b) Cách lắp con mã

#### b. Lắp khuôn

Lắp khuôn là bước cuối tạo ra lòng khuôn đúc hoàn chỉnh nên yêu cầu thật cẩn thận.

- Các nửa khuôn ghép với nhau đúng vị trí của chốt định vị để tránh lệch lòng khuôn;

- Đối với khuôn cát, để bảo đảm độ kín khít, giữa các mặt lắp ráp phải có lớp dính bằng đất sét để hạn chế ba vĩa hay rò kim loại lỏng;

- Kẹp chặt hoặc đè khuôn để chống lại sức đẩy của kim loại lỏng;
- Kiểm tra vị trí và độ ngang bằng của cốc rót và đặt ngót;
- Khuôn lắp xong không nên để lâu mới rót vì đối với khuôn cát có thể hút ẩm từ môi trường xung quanh; các loại khuôn khác cũng có thể thay đổi các yếu tố như nhiệt độ hoặc làm biến lòng khuôn...

### c. Đè khuôn hoặc kẹp khuôn

Kim loại lỏng khi đã điền đầy lòng khuôn, sẽ tác dụng lên lõi và khuôn một lực đẩy làm khuôn trên xô dịch, thậm chí nổi khuôn trên. Điều đó sẽ gây rò rỉ kim loại lỏng, sai lệch lòng khuôn. Để hạn chế nó, người ta phải đè khuôn hay kẹp khuôn bằng chốt hoặc bulông.

Phương pháp đơn giản hơn cả là áp dụng định luật acsimet như sau:

*Lực kẹp khuôn hoặc “Tải trọng đè” và khối lượng của khuôn trên phải lớn hơn lực đẩy Acsimet của kim loại lỏng lên khuôn trên và lên lõi.*

Có thể dùng công thức tính gần đúng sau để tính lực đè khuôn cho nhanh:

$$Q = 10 \cdot n \cdot (F \cdot H \cdot \gamma + V_{lõi} \cdot \gamma - G_{KT}) \quad (N)$$

Trong đó:

F- Diện tích hình chiếu bằng của mặt khuôn trên (có thể cả diện tích hệ thống rót) (dm<sup>2</sup>)

H- Chiều cao khuôn trên (dm)

$\gamma$ - Khối lượng riêng kim loại lỏng (kg/dm<sup>3</sup>)

V- Thể tích lõi (dm<sup>3</sup>)

G<sub>KT</sub>- Khối lượng khuôn trên (hòm khuôn và cát) (kg)

n- Hệ số an toàn (n=1,3-1,4)

Nếu kẹp khuôn bằng bulông thì lực tác dụng lên mỗi bulông sẽ là:

$$Q = \frac{Q \cdot 1,25}{N} \quad (N)$$

Q- Lực kẹp khuôn (N)

N- Số lượng bulông.

Từ đó suy ra đường kính bulông:

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

## 3.3.3 Rót kim loại lỏng vào khuôn

### a. Thùng rót

Kim loại lỏng từ lò nấu được tháo vào những thùng rót rồi mang thùng rót vào khuôn. Thùng rót có vỏ ngoài bằng thép lá dày 6-8 mm, đáy dày 10-13mm, bên trong có đắp một lớp gạch chịu lửa dày 20mm. Thùng có thể làm hình trụ, hình côn.

### **b. Nhiệt độ rót**

Đối với gang: Vật đúc lớn, không quan trọng 1220 – 1260<sup>0</sup>C.

Vật đúc trung bình: 1280 – 1320<sup>0</sup>C.

Vật đúc thành mỏng: 1320 – 1360<sup>0</sup>C.

Gang ra lò có nhiệt độ yêu cầu cao hơn nhiệt độ rót khoảng 50<sup>0</sup>C.

Đối với thép: Nhiệt độ rót khoảng 1500, nhiệt độ ra lò 1550-1600<sup>0</sup>C.

Đối với hợp kim đồng: Nhiệt độ rót khoảng 1040-1170<sup>0</sup>C.

Đối với hợp kim nhôm: Nhiệt độ rót khoảng 700-730<sup>0</sup>C.

## **Chương 4. ĐÚC CÁC HỢP KIM**

### **4.1. Tính đúc của hợp kim**

Tính đúc của hợp kim là khả năng đúc dễ hay khó của hợp kim đó. Nó được đánh giá bằng các chỉ tiêu cơ bản sau đây:

#### **4.1.1 Tính chảy loãng**

Là mức độ lỏng hay sệt của hợp kim đúc, tạo khả năng điền đầy khuôn và được vật đúc rõ nét. Tính chảy loãng kém thì vật đúc dễ bị thiếu hụt, hình dạng vật đúc không được rõ nét, khó đúc được những vật đúc phức tạp và thành mỏng.

Những nhân tố ảnh hưởng đến tính chảy loãng gồm:

#### **a. Nhiệt độ**

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng quyết định tính chảy loãng của hợp kim. Để chảy loãng cao, khi rót người ta nâng nhiệt độ lên trên đường lỏng một lượng gọi là *độ quá nhiệt*. Độ quá nhiệt tăng, tính chảy loãng tăng. Nhưng nhiệt độ rót quá cao dễ sinh nhiều khuyết tật khác trong vật đúc. Vì vậy, mỗi hợp kim đúc có một nhiệt độ rót nhất định.

#### **b. Thành phần hóa học của hợp kim**

Thành phần hóa học quyết định tính chất của hợp kim, do đó cũng quyết định tính chảy loãng của nó. Khi thay đổi thành phần hóa học sẽ thay đổi tính chảy loãng của hợp kim.

VD: Đối với hệ hợp kim Fe-C, hàm lượng các bon (C), phốt pho (P) tăng, tính chảy loãng tăng, lưu huỳnh (S) làm giảm độ chảy loãng của hợp kim Fe-C.

### c. Cấu tạo hợp kim

Kim loại nguyên chất và hợp kim cùng tinh thì có độ chảy loãng cao hơn hợp kim có cấu tạo dạng dung dịch đặc và hợp chất hóa học.

### d. Công nghệ khuôn

Mọi yếu tố khách quan khác (như khuôn, lõi, công nghệ rót...) cũng ảnh hưởng đến tính chảy loãng.

Nếu tính dẫn nhiệt của vật liệu làm khuôn càng cao thì làm độ chảy loãng càng kém. Tính chảy loãng khi đúc trong khuôn kim loại kém xa khi đúc trong khuôn cát.

#### 4.1.2 Tính co

Đó là khả năng giảm thể tích của hợp kim khi kết tinh. Độ co có thể đánh giá bởi các chỉ tiêu sau đây:

- Co thể tích:  $\varepsilon_v = \frac{V_{lk} - V_{vd}}{V_{vd}} \cdot 100\% (\%)$
- Co chiều dài:  $\varepsilon_L = \frac{L_{lk} - L_{vd}}{L_{vd}} \cdot 100\% (\%)$

Trong đó:

$\varepsilon_v, \varepsilon_L$ : Độ co thể tích và kích thước

$V_{lk}, L_{lk}$ : Thể tích và kích thước lòng khuôn

$V_{vd}, L_{vd}$ : Thể tích và kích thước vật đúc tương ứng.

Co thể tích có thể tạo ra lõm co trong vật đúc, để hạn chế cần tính toán hệ thống rót và đậu ngót hợp lý. Hiện tượng co làm thay đổi hình dáng, kích thước, tạo ứng suất, cong vênh hoặc làm nứt vật đúc. Độ co phụ thuộc thành phần hợp kim đúc. Độ co chiều dài thường bằng 1/3 độ co thể tích.

Quá trình co diễn ra ở trạng thái lỏng và trạng thái đặc (lúc kết tinh) cho đến nhiệt độ thường.

#### 4.1.3 Tính thiên tích

Thiên tích là sự không đồng đều tổ chức hoặc thành phần trong từng vùng hoặc trong nội bộ hạt tinh thể. Thiên tích vùng hình thành chủ yếu do hai yếu tố trọng lượng bản thân và áp lực. Những nguyên tố có trọng lượng riêng lớn sẽ lắng xuống phía dưới, nhẹ thì nổi lên trên. Áp lực tác động lên từng chất điểm trong lòng khuôn cũng khác nhau tạo nên hiện tượng thiên tích vùng.

#### 4.1.4 Tính hòa tan khí

Là khả năng xâm nhập của khí vào hợp kim lỏng khi nấu chảy cũng như khi rót vào khuôn.

Tính hòa tan khí phụ thuộc vào loại hợp kim, loại khí, nhiệt độ và áp suất.

Những khí hòa tan thường là  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ , hơi nước...

## 4.2 Đúc gang

### 4.2.1 Khái niệm

Gang là hợp kim Fe và C với hàm lượng  $C > 2\%$ . Ngoài ra, trên thực tế trong gang luôn có các nguyên tố khác như: Si, Mn, P và S hoặc vài nguyên tố hợp kim khác. Các loại gang thông dụng thường chứa:  $C = 2,0 \div 4,0\%$  ;  $Si = 0,4 \div 3,5\%$  ;  $Mn = 0,2 \div 1,5\%$  ;  $P = 0,04 \div 0,65\%$  ;  $S = 0,02 \div 0,15\%$ .

Gang là loại vật liệu dùng phổ biến nhất trong ngành cơ khí. Gang có tính đúc khá tốt nhưng lại rất khó hàn do có độ chảy loãng cao và độ dẻo thấp.

Phân loại gang: Gang đúc được chia thành các loại sau:

#### a. Theo thành phần hóa học

- Gang thường: là gang ngoài các nguyên tố thông thường còn chứa các nguyên tố hợp kim hóa. Những nguyên tố kim loại ngoài Fe phải nằm trong giới hạn  $Si < 4\%$  ;  $Mn < 2\%$  ;  $Cr < 0,1\%$  ;  $Ni < 0,1\%$ .

- Gang hợp kim thấp: Gang có lượng chứa nguyên tố hợp kim  $< 3\%$  ;

- Gang hợp kim trung bình: Gang có lượng chứa nguyên tố hợp kim 3-10% ;

- Gang hợp kim cao: Gang có lượng chứa nguyên tố hợp kim  $> 10\%$ .

#### b. Theo tổ chức và điều kiện tạo thành graphit

Tùy theo tổ chức tế vi và thành phần hóa học của gang, người ta chia ra thành các loại:

- Gang trắng: Toàn bộ cacbon của nó nằm dưới dạng liên kết với sắt trong tổ chức xêmentit. Mặt gãy của nó có màu sáng trắng đỏ là màu của xêmentit. Gang này rất cứng và giòn. Gang trắng hầu như không được sử dụng trong sản xuất cơ khí, chủ yếu dùng để luyện thép.

- Gang xám: Gang mà phần lớn hay toàn bộ cacbon tồn tại dưới dạng tự do graphit. Graphit ở dạng tấm, phiến, chuỗi... Mặt gãy có màu xám, đó là màu của graphit. Đây là loại gang phổ biến nhất và được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật.

Ký hiệu: Theo TCVN 1659-75 quy định ký hiệu gang xám bằng 2 chữ GX, tiếp đó là các nhóm chỉ số chỉ giới hạn bền kéo và giới hạn bền uốn tối thiểu tính theo đơn vị  $KG/mm^2$ .

Ví dụ: GX15-32, Gang xám có giới hạn bền kéo tối thiểu  $15KG/mm^2$  và giới hạn bền uốn tối thiểu  $32KG/mm^2$ .



#### - Gang cầu

Gang cầu là loại gang có tổ chức graphit thu gọn nhất ở dạng quả cầu, do đó gang cầu có độ bền cao nhất trong các loại gang có graphit. Graphit dạng cầu nhờ biến tính bằng các nguyên tố Mg, Ce và các nguyên tố đất hiếm. Gang cầu bề ngoài cũng có màu xám tối như gang xám. Nên khi nhìn bề ngoài không thể phân biệt hai loại gang này.

Gang cầu theo TCVN được ký hiệu bằng hai chữ GC với hai cặp chữ số chỉ giá trị tối thiểu của giới hạn bền kéo và độ dẻo của gang. Gang cầu ferit mác GC40-10 có giới hạn bền kéo > 400 MPA và độ dẫn dài tương đối 10%. Gang cầu được sử dụng để sản xuất các chi tiết chịu lực lớn và chịu tải trọng va đập, mài mòn như trục khuỷu, cam, bánh răng.... Do rẻ gang cầu được dùng nhiều để thay thế thép và gang dẻo.

Việc sử dụng gang cầu vào công nghiệp rất có hiệu quả, ví dụ giá 1 tấn vật đúc loại gang này rẻ hơn vật đúc bằng thép hợp kim từ 30-35%, rẻ hơn loại vật đúc bằng hợp kim màu 3 đến 4 lần và rẻ hơn loại phôi thép rèn từ 2 đến 3 lần.

#### - Gang dẻo

Gang dẻo là loại gang trắng được ủ trong thời gian dài (đến vài ngày) ở nhiệt độ từ 850 – 1050<sup>0</sup>C để tạo thành một loại gang có tính dẻo cao. Đây là vật liệu có độ bền cao lại kế thừa được những tính chất tốt vốn có của gang, thậm chí có thể thay thế cho thép trong rất nhiều ứng dụng mà các loại gang khác không có khả năng.

Với đặc tính: điểm nóng chảy thấp, độ chảy loãng tốt, tính đúc tốt, dễ gia công, có khả năng chịu mài mòn, nên giá thành gia công rất thấp, do đó gang được sử dụng trong rất nhiều chi tiết, lĩnh vực khác nhau.

Ký hiệu: Gang dẻo được ký hiệu bằng 2 chữ GZ và 2 nhóm số chỉ giới hạn bền kéo tối thiểu tính theo KG/m<sup>2</sup> và độ dẫn dài tương đối tính theo %.

Ứng dụng: Gang dẻo thường được dùng làm các chi tiết đồng thời đòi hỏi ba yêu cầu sau: Hình dáng phức tạp; chịu va đập, và Tiết diện mỏng.

### **4.2.2 Các nhân tố ảnh hưởng đến tổ chức và tính chất của gang**

#### **a. Thành phần hóa học**

Gang là loại hợp kim có thành phần hóa học phức tạp. Ngoài những nguyên tố thường có (như Fe, C, Mn, Si, P, S) tùy theo nguồn gốc của mẻ liệu, điều kiện nấu mà còn có các nguyên tố khác nữa. Với hàm lượng có khi rất nhỏ nhưng trong những điều kiện nhất định cũng ảnh hưởng đến quá trình tạo nền của gang và graphit hóa.

Đứng về phương diện graphit hóa trên cơ sở lấy Si làm chuẩn (là nguyên tố thúc đẩy graphit hóa), ta có bảng so sánh sau:

Nguyên tố	Si	Al	Ti	Ni	Cu	Mn	Mo	S	Cr	V
Hệ số graphit hóa	1	0,5	0,4	0,35	0,25	-0,25	-0,35	-1	-1	-2

Ở bảng trên, những nguyên tố có hệ số graphit hóa mang dấu dương là nguyên tố Graphit hóa, mang dấu âm là nguyên tố cacbit hóa (cản trở graphit hóa).

Sau đây xét ảnh hưởng của một số nguyên tố hóa học.

- Các bon và Silic: Đây là nguyên tố graphit hóa mạnh nên thường được xét chung. Hàm lượng C tăng, khả năng graphit hóa tăng, nhưng làm giảm độ bền của gang. Nếu hàm lượng C thấp, tính đúc của gang giảm. Vì vậy, hàm lượng C thích hợp lấy khoảng C = 2,5 – 3,5%.

Si có ái lực với Fe mạnh hơn C nên dễ làm cho xêmtit bị phân hủy, tạo điều kiện cho quá trình graphit hóa.

Tùy thuộc vào mức độ graphit hóa yêu cầu, chiều dày vật đúc mà người ta chọn hàm lượng Si thích hợp, nhưng chỉ trong khoảng Si = 0,8 – 3%.

- Măng gan: Là tạp chất có lợi trong gang vì nó hạn chế tác hại của lưu huỳnh, làm nhỏ mịn hạt peclit. Hàm lượng Mn trong khoảng Mn = 0,6 – 1,3% có ảnh hưởng tốt đến graphit hóa. Nhưng tăng Mn đạt đến 1,3 – 1,5% thì Mn có tác dụng tăng lượng peclit, giảm pherit. Nếu hàm lượng Mn tăng >1,5% làm gang hóa trắng.

- Phốtpho: P ít ảnh hưởng đến sự graphit hóa nhưng phốtpho tăng sẽ làm tăng tính chảy loãng của gang. Khi tăng >3,5%, P sẽ hình thành cùng tinh ba nguyên: Fe<sub>3</sub>P – Fe<sub>3</sub>C-Fe. Thường Fe<sub>3</sub>C ở đây sẽ phân hóa thành auxtênit và graphit nên chỉ thấy cùng tinh hai nguyên. Phốtphit rắn, giòn có khả năng chống mài mòn, nhưng dễ nứt nguội. Hàm lượng phốtpho trong gang cho phép P=0,2-1%.

- Lưu huỳnh: Là tạp chất có hại vì nó làm giảm tính chảy loãng, giảm độ bền của gang. Lưu huỳnh là nguyên tố cản trở Graphit hóa mạnh. Để giảm tác hại của nguyên tố S người ta tăng Mn, vì Mn kết hợp với S tạo nên Sunphit Mn (MnS) khó chảy. Nhưng không thể tăng nhiều được. Do vậy, lượng Mn cho phép trong gang là S<0,12%.

- Đồng, Niken: Là hai nguyên tố ảnh hưởng tốt đến tổ chức và tính chất của gang. Khi đông đặc, Cu cho sự Graphit hóa, đồng thời khi chuyển biến cùng tinh nó lại cản trở sự phân hóa peclit. Chỉ có Cu và Ni mới có hai đặc tính này.

- Crôm: Là chất cacbit hóa mạnh khi chuyển biến cùng tinh nhưng ở chuyển biến cùng tích lại nâng cao tính ổn định của auxtênit. Thường ít khi dùng riêng Cr để hợp kim hóa gang mà thường kết hợp với các nguyên tố khác (Niken, Môlipđen, đồng, nhôm...).

- Môlípđen: Là chất hợp kim hóa gang có tác dụng tăng độ bền rất mạnh. Khi hàm lượng  $>0,8\%$ , Mo được coi là chất cacbit hóa, nhưng chỉ làm gang hóa trắng khi  $Mo > 3\%$ . Nếu với tốc độ nguội bình thường và hàm lượng  $Mo < 1\%$  nó giúp sự graphit hóa khi đông đặc. Mo là chất ổn định peclit rất mạnh.

- Vanadi: Là chất cacbit hóa mạnh. Vanadi trong gang làm nhỏ mịn hạt peclit và graphit do đó làm tăng độ bền và độ cứng của gang, nhất là gang có hàm lượng C thấp (gang hoa râm). Lượng Vanadi thường dùng là  $0,15 - 0,35\%$ .

- Titan: Với lượng chứa  $< 0,5\%$  trong gang trước cùng tinh, Titan giúp cho quá trình graphit hóa, tạo nên graphit tấm ngắn, nhỏ, mịn. Thường chỉ đưa vào gang  $0,05 - 0,1\%$  Titan. Dưới  $0,2\%$ , Ti có tác dụng graphit hóa mạnh hơn Si, nhưng  $> 0,2\%$  khả năng đó giảm đi.

- Nhôm: Ảnh hưởng của nhôm tùy thuộc vào hàm lượng của nó trong gang.

+  $< 4\%$ : Al giúp cho sự graphit hóa;

+  $4 - 8\%$ : Al làm giảm sự graphit hóa.

Ảnh hưởng của Al tới sự graphit hóa chỉ bằng  $1/3 - 1/2$  ảnh hưởng của Silic. Người ta thường dùng Al để chế tạo gang chống ôxi hóa.

### **b. Ảnh hưởng của tốc độ nguội**

Tốc độ nguội không những làm thay đổi nền của gang mà còn trực tiếp ảnh hưởng đến sự graphit hóa. Tăng tốc độ nguội, gang kết tinh thành lêđêburit (có xêmentit), tốc độ nguội giảm gang sẽ xám, nhưng nguội chậm quá hạt graphit càng to.

Người ta thường làm nguội nhanh khi chuyển biến cùng tích để đạt tổ chức peclit, còn ở vùng chuyển biến cùng tinh nguội chậm để tạo graphit, giảm xementit.

Tốc độ nguội còn làm thay đổi cả hình dạng và sự phân bố graphit.

### **c. Các yếu tố ảnh hưởng khác**

- Quá nhiệt và nhiệt độ rót:

Quá nhiệt là nâng cao nhiệt độ của gang lỏng cao hơn nhiệt độ nóng chảy hoàn toàn của nó. Quá nhiệt làm gang kết tinh và graphit nhỏ, mịn, giảm lượng graphit, tăng lượng cacbon liên kết làm cho gang có xu hướng biến trắng, giảm tính di truyền xấu của gang (vì quá nhiệt có tác dụng hòa tan, giảm bớt những mầm graphit thô to trong nguyên liệu và thay đổi lượng khí hòa tan trong kim loại).

Với gang có thể quá nhiệt đến  $1600^{\circ}\text{C}$  độ bền sẽ tăng, nhưng nếu cao hơn nữa độ bền lại giảm vì hạt graphit thô to.

Với tốc độ quá nhiệt nhất định, nhiệt độ rót càng thấp, gang càng ít có xu hướng hóa trắng, độ bền giảm. Vì vậy, thường rót ở nhiệt độ  $1320 - 1450^{\circ}\text{C}$ .

- Biến tính:

Trong sản xuất gang có nhiều cách biến tính khác nhau, để đạt những mục đích khác nhau, nhưng đều làm tăng độ bền của gang.

+ Khi chế tạo gang cầu ta phải dùng chất cầu hóa như Mg hoặc các nguyên tố đất hiếm để graphit đạt dạng cầu.

Điều chú ý là cá chất cầu hóa này thường cản trở sự graphit hóa, nên người ta phải đồng thời dùng thêm Ferôilic (Féi) nữa để gang xám.

+ Khi sản xuất gang dẻo, biến tính nhằm rút ngắn thời gian ủ gang trắng và thường dùng một lượng nhỏ Al.

+ Khi sản xuất gang gang graphit tấm chất lượng cao thì biến tính có nhiệm vụ tạo ra graphit mịn và nền peclit đồng nhất.

- Nhiệt luyện:

Để thay đổi cơ tính của gang sau khi kết tinh, người ta dùng phương pháp nhiệt luyện nhằm:

+ Phân hóa xementit để tạo nên graphit làm cho gang mềm hơn.

+ Chuyển biến auxtenit thành tổ chức không cân bằng có cơ tính cao hơn peclit như troxit, xoocbit hoặc mactenxit. Hai yếu tố chủ yếu làm thay đổi nền của gang và graphit là nhiệt độ và thời gian.

#### **4.2.3 Đặc điểm khi đúc gang xám**

Gang xám được sử dụng nhiều vì có tính đúc rất tốt thể hiện ở các mặt sau:

- Tính chảy loãng cao vì vậy đúc được các vật đúc thành mỏng, phức tạp;

- Khối lượng riêng của gang lớn, chảy loãng cao nên ít lẫn các tạp chất xỉ và bọt khí;

- Độ co của gang nhỏ nên hạn chế được lõm co, rỗ co.

Để tăng độ chảy loãng của gang, người ta tăng hàm lượng Si, P. Để giảm lượng co ngót phải hạn chế nhiệt độ rót, dùng khuôn khô. Để giảm độ hòa tan khí thì tăng độ quá nhiệt, sấy và làm sạch nguyên vật liệu khi nấu...

Công nghệ đúc gang xám tương đối đơn giản và có thể đúc gang trong các loại khuôn. Nói chung cần chọn phối liệu thích hợp mà không cần đến những biện pháp xử lý phức tạp trong quá trình nấu.

Một điều cần chú ý là chiều dày thành vật đúc ảnh hưởng nhiều cơ tính. Thành vật đúc dày, mức độ graphit hóa tăng, hạt của nền cơ sở to, kết quả độ bền giảm.

Thông thường dùng gang xám để đúc các vật đúc có thành mỏng khác nhau nhiều vì nếu muốn thành dày có tổ chức peclit thì ở phần thành mỏng lại có xêmtit, ngược lại đảm bảo thành mỏng không bị trắng thì tổ chức chỗ thành dày bị nhiều pherit.

#### **4.2.4 Nấu chảy gang**

##### **a. Vật liệu chịu lửa**

Vật liệu chịu lửa để lát xung quanh thành lò. Phía trong của các lò luyện kim, lò đúc, lò nung và các thiết bị khác làm việc ở nhiệt độ cao. Yêu cầu vật liệu chịu lửa phải chịu được nhiệt độ cao, ổn định hóa học, không thay đổi thể tích theo nhiệt độ, truyền nhiệt kém.

Theo thành phần hóa học, vật liệu chịu lửa chia làm ba nhóm:

- Vật liệu chịu lửa axit: như gạch Đinat có nhiệt độ chảy 1630 – 1730<sup>0</sup>C, gồm 92 – 96% SiO<sub>2</sub>, 2% đá vôi. Thường để xây lò điện, lò nung bằng ngọn lửa.

- Vật liệu chịu lửa Basic: Như gạch Manhêdit, Crôm-Manhêdit, Đôlômit. Gạch manhêdit có nhiệt độ chảy 1265<sup>0</sup>C thường được dùng để xây lò luyện thép.

- Vật liệu chịu lửa trung tính: Như gạch Crômít, Samôt. Gạch Samôt chứa 50-60% SiO<sub>2</sub>, 42% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và 1,5-3% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, có nhiệt độ chảy 1580-1730<sup>0</sup>C, dùng để xây lò đúc.

Vật liệu chịu lửa có chứa Cacbon tới 90% được dùng để chế tạo các điện cực bằng than hoặc graphit trong các lò hồ quang, nồi nấu kim loại.v.v..

##### **b. Lò đứng**

Trong ngành đúc người ta thường dùng lò hồ quang, lò cảm ứng để nấu thép, lò đứng dùng than cốc, lò chõ dùng than đá, lò dầu đốt bằng dầu F.O, lò điện để nấu gang, lò cảm ứng có lõi Fe, lò nồi để nấu hợp kim màu.

Thiết bị nấu gang phải đảm bảo được yêu cầu:

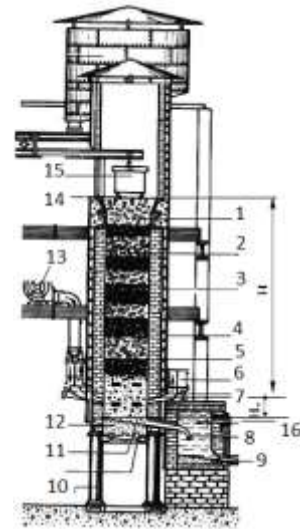
- Nhiệt độ nước gang ra lò cao;
- Thành phần gang ổn định;
- Tiêu thụ ít nhiên liệu.

Lò đứng là loại thiết bị nấu gang phổ biến nhất vì nó đáp ứng được phần nào những yêu cầu trên. Ngoài ra có thể nấu được liên tục, năng suất cao, số người phục vụ không nhiều, không chiếm nhiều diện tích, sử dụng đơn giản và có khả năng tự động hóa.

Lò đứng dùng than cốc là loại than được chế tạo từ than mỡ được chưng luyện ở nhiệt độ 900-1100<sup>0</sup>C và không tiếp xúc với không khí. Than cốc rất bền và có nhiệt năng lớn.

##### **\* Cấu tạo lò đứng**

Phần quan trọng của lò đứng có dạng hình ống trụ, trong chứa vật liệu nấu. Vật liệu này được đưa từ sàn liệu vào qua cửa cho ( nạp) liệu. Gió từ quạt gió được đưa vào buồng gió 6, qua các mắt gió 7 vào lò. Gió đi từ dưới lên đốt cháy cột than lốt 11, kim loại nóng chảy thành giọt và rơi xuống nôi lò tạo thành gang lỏng. Than mẽ bổ sung vào cột than lốt, còn đá vôi (chất trợ dung) tạo thành xỉ. Trước khi lấy than lỏng qua máng ra gang 9, xỉ được lấy ra ngoài qua cửa ra xỉ 16 nằm trên lỗ ra gang.



Cấu tạo lò đứng

### c. Vật liệu nấu

Vật liệu nấu gồm vật liệu kim loại, nhiên liệu, chất trợ dung. Ba vật liệu này phối hợp với nhau theo một tỷ lệ xác định tạo thành một mẻ liệu.

- Vật liệu kim loại: Vật liệu kim loại gồm gang thổi lò cao, gang, thép vụn được đập nhỏ đạt kích thước  $<1/3d$ . trường hợp kích thước của chúng khá nhỏ ta phải ép thành cục. Ngoài ra còn có các loại pherô hợp kim (pherô silic FeSi, pherô mangan FeMn...)

1,2 Vật liệu kim loại, vôi; 3. Nhiên liệu; 4. Vỏ thép dày 6-12mm; 5. Gạch samôt; 6. Hộp gió; 7. Mắt gió; 8. Lò tiền; 9. Máng ra gang; 10. Trụ đỡ; 11. Lớp than lốt; 12. Lớp hỗn hợp đắp đáy lò; 13. Quạt gió; 14. Cửa cho liệu; 15. Thùng nạp liệu; 16. Cửa ra xỉ

Việc tính toán tỷ lệ các vật liệu kim loại nói trên căn cứ vào thành phần hóa học của vật liệu kim loại, mức độ hao hụt của các nguyên tố hợp kim bị cháy hao khi nấu luyện. Ví dụ, khi nấu Mn thường cháy 20%, Si cháy khoảng 15%, C cháy 15% (nhưng không cần tính bổ sung C khi nấu gang trong lò đốt bằng than đá, than cốc...). Tỷ lệ này có thể xác định bằng đồ thị hoặc giải tích. Sau đây giới thiệu phương pháp xác định bằng giải tích.

- Nhiên liệu:

Nhiên liệu dùng cho nấu gang phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- + Đảm bảo độ bền cơ học
- + Nhiệt trị cao
- + Khi cháy cho tro sạch
- + Kích thước nhiên liệu phù hợp với cỡ lò, thông thường 40-90 mm;

- Chất trợ dung:

Dùng để tạo xỉ trong quá trình nấu. Chất trợ dung thường dùng là đá vôi  $\text{CaCO}_3$  chiếm khoảng 4-5% khối lượng vật liệu kim loại.

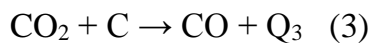
#### **d. Quá trình nấu chảy gang**

Sự cháy của than và chuyển động của khí lò.

Quá trình cháy của than được tiến hành theo ba phản ứng liên tiếp sau:



Khí  $\text{CO}_2$  sau đó tiếp tục bị hoàn nguyên:

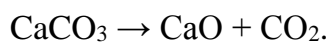


Gió thổi vào lò chủ yếu cung cấp oxy để thực hiện (1), (2) tạo nên vùng oxy hóa. Chiều cao vùng này khoảng 200-600mm tính từ mắt gió trở lên. Cuối vùng oxy hóa lò có nhiệt độ cao nhất. Yêu cầu chủ yếu của quá trình nấu là phát triển mạnh, đều hai phản ứng (1), (2) nhằm đảm bảo C cháy hoàn toàn.

Khi nghiên cứu từ trên xuống dưới ta có thể chia lò thành hai vùng sau:

+ Vùng nung nóng

Quá trình hóa lý ở đây là sự trao đổi nhiệt giữa khí lò và vật liệu rắn. Khí lò ra khỏi lò có nhiệt độ khoảng  $400-600^\circ\text{C}$ . Thành phần khí lò chứa khoảng 15%  $\text{CO}_2$ , 10%  $\text{CO}$ , 75%  $\text{N}_2$ , ngoài ra còn có một lượng nhỏ khí  $\text{H}_2$ , khí Sunfua (do cháy S trong than) và hơi nước do độ ẩm của mẻ liệu. Ở vùng này, liệu được sấy và nhiệt độ được tăng dần từ trên xuống dưới và sau khoảng 25-40 phút sẽ được nung tới nhiệt độ chảy. Ở cuối vùng này đá vôi đạt đến nhiệt độ đủ để phân ly hoàn toàn (trừ những cục quá lớn).



+ Vùng nóng chảy

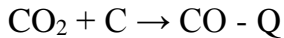
Ở đây vật liệu kim loại nóng chảy đi qua lớp than lót và được quá nhiệt. Thông thường một cục vật liệu kim loại muốn chảy hết phải mất 5-15 phút, trong thời gian đó cục kim loại phải đi xuống được một đoạn bằng chiều cao lớp than lót dày 300-500mm. Để có độ quá nhiệt cao, ít bị oxy hóa, người ta có xu hướng thu hẹp vùng này và dịch lên trên xa mắt gió bằng cách:

- Dùng than hoạt tính kém, cục cỡ lớn;
- Dùng liệu cỡ cục nhỏ;
- Lưu lượng gió thích hợp.

Quá trình lý hóa xảy ra vùng này tương tự như ở vùng nung nóng nhưng mãnh liệt hơn khi kim loại từ thể rắn chuyển sang thể lỏng.

+ Vùng hoàn nguyên:

Đặc trưng cơ bản của vùng này là phản ứng:

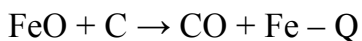
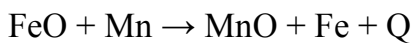
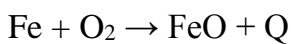


Phản ứng này thu nhiệt, mặt khác nhiệt của khí lò phải truyền cho các giọt kim loại đang chảy xuống. Trao đổi nhiệt ở đây được tiến hành giữa ba pha rắn, khí, lỏng nhưng quan trọng nhất là truyền nhiệt trực tiếp từ bề mặt cục than cốc nóng đỏ đến những giọt kim loại lỏng. Do đó, nhiệt độ vùng này có giảm xuống nhưng vẫn đủ để tiếp tục nung nóng chảy những cục kim loại còn lại.

Ở đây, phản ứng ôxy hóa kim loại vẫn tiến hành và có mãnh liệt hơn so với phần trên. Oxyt sắt được tạo thành trên bề mặt sẽ hòa tan ngay vào giọt kim loại lỏng và bị hoàn nguyên (trao ôxy) do các nguyên tố có ái lực với ôxy mạnh hơn Si, Mn, Cr và một phần C. Trong vùng này, CaO sẽ kết hợp với các oxyt đó và các chất bản khác tạo thành xỉ lỏng.

+ Vùng ôxy hóa

Môi trường khí ở vùng này có tính oxy hóa mạnh nhất. Nhiệt độ vùng này đạt tới 1600 – 1700<sup>0</sup>C. Các phản ứng hóa học ở vùng này cũng xảy ra mãnh liệt hơn vùng trên:



Do các phản ứng tỏa nhiệt nên nhiệt độ của gang lỏng được nâng cao đồng thời thúc đẩy quá trình hòa tan C vào gang lỏng. Do đó, trong thực tế ở vùng này thành phần C trong gang tăng lên chứ không giảm đi. Ở vùng này, xỉ lỏng được tăng lên nhiều và khử được khá nhiều S do tạo thành SO<sub>2</sub> đi vào khí lò.

+ Vùng nôi lò

Phía trên nôi lò pha khí vẫn có tính oxy hóa, ở giữa yếu hơn còn ở đáy lò hoàn toàn không có. Nhiệt độ nôi lò cũng giảm dần về phía dưới và chỉ đạt 1350-1450<sup>0</sup>C. Quá trình hòa tan C ở nôi lò vẫn tiếp tục tùy thuộc thời gian lưu lại kim loại lỏng trong nôi lò.

Để nâng cao hiệu suất quá trình nấu, người ta có thể dùng khí nóng, gió giàu oxy, tăng áp lực gió vào lò.

### **4.3 Đúc hợp kim màu**



Hợp kim màu thường có đặc điểm là nhẹ, bền, chống mài mòn, bền khi chịu tác dụng của axit và nước biển. Thường dùng nhất trong ngành chế tạo máy là hợp kim đồng và hợp kim nhôm.

#### 4.3.1 Đồng và hợp kim của đồng

##### a. Đồng đỏ

Đồng nguyên chất gọi là đồng đỏ, có khối lượng riêng  $8,96 \text{ g/cm}^3$ , nhiệt độ nóng chảy  $1083^\circ\text{C}$ , độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao, dẻo, dễ gia công áp lực nhưng độ bền thấp. Tính đúc của đồng đỏ kém vì co nhiều, dễ nứt, hút khí nhiều nên dễ rỗ. Độ chảy loãng không cao do đó đồng đỏ ít dùng ở trạng thái đúc. Trong cơ khí thường dùng hợp kim đồng là latông và brông.

##### b. Hợp kim đồng

- **Latông (đồng thau):** Là hợp kim gồm đồng và kẽm (Zn không quá 45%) được dùng nhiều trong công nghiệp vì có cơ tính khá, tính chống ăn mòn tốt, dễ đúc và gia công áp lực.

Để nâng cao cơ tính và tăng cường một số tính chất đặc biệt, người ta đưa vào đồng thau hai nguyên (Cu-Zn) một số các nguyên tố hợp kim như Sn, Al, Ni, Fe, Pb... gọi là latông đặc biệt hay latông nhiều nguyên. Thường để làm cánh quạt, chân vịt tàu thủy, những chi tiết chống ma sát...

Ký hiệu latông theo TCVN có chữ L đứng đầu, sau đó là ký hiệu của các nguyên tố. Thành phần của mỗi nguyên tố là chữ số đứng sau ký hiệu của nguyên tố đó. Ví dụ:

LcuZn30 có 30% Zn, còn lại là Cu;

LcuZn29Sn1 có 29% Zn, 1% Sn, còn lại là Cu;

LcuZn38Sn2Pb2 có 38% Zn, 2% Sn, 2% Pb, còn lại là Cu.

- **Brông (đồng thanh):** Là hợp kim của đồng với các nguyên tố khác và được chia thành hai loại chính:

+ Brông thiếc (đồng thanh thiếc): Là hợp kim của đồng và thiếc. Brông thiếc có  $>8\%$  Sn có tính chống mài mòn tốt nên dùng làm ổ trượt, bạc lót chốt pittông ôtô; Brông thiếc có  $<8\%$  Sn có tính truyền âm xa nên thường dùng đúc các loại nhạc cụ như chuông, chiêng, cồng, trống đồng. Các loại kèn đồng làm bằng Brông thiếc có  $<8\%$  Sn nhưng chế tạo bằng phương pháp gò, hàn, dập, nguội.

Ví dụ: BCún5Zn5Pb5, BCún4Zn4Pb17, BCún6Zn6Pb3 làm chi tiết chịu ma sát, mài mòn, ổ trượt...

+ Brông không thiếc: Là hợp kim của đồng và các nguyên tố khác (trừ thiếc và kẽm).

Ví dụ:

Brông nhôm: BcuAl5 cán thành tấm, băng, dập huy hiệu; BcuAl10Fe3Zn2,5 làm ổ trượt, bánh răng;

Brông chì: BcuPb30 làm ổ trượt trong động cơ đốt trong.

### c. Nấu đồng

+ Lò nấu: Thường dùng lò nôi Graphít (hình 1-69). Giữa vỏ 1 và nôi lò 2 là buồng đốt than hoặc dầu mazút hoặc khí đốt.

Khi nấu nhiều có thể dùng lò điện hồ quang. Nấu đồng thau dùng lò điện cảm ứng có lõi Fe là tốt nhất. Nôi graphít được chế tạo bằng cách dùng Graphít trộn với đất sét chịu nóng và một ít bột thạch anh rồi ép thành nôi và nung. Nôi tốt phải có khoảng 60% graphít có thể nấu được khoảng 50 lần.

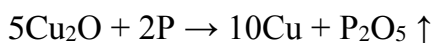
+ Phối liệu: Nguyên liệu để nấu gồm có:

Đồng nguyên chất ở dạng thỏi hay tấm.

Phế liệu của đồng (hệ thống rót, đậu hơi, đậu ngọt...)

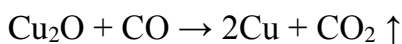
Hợp kim phụ là hợp kim của đồng với một hoặc hai nguyên tố kim loại cần đưa vào hợp kim đồng (để hòa tan đều và ít cháy hao) ở dạng thỏi.

- Chất khử oxy: Dùng để hoàn nguyên ôxyt kim loại trong hợp kim. Khi nấu đồng chất khử oxy thường dùng là đồng phốt pho có 90% Cu + 10% P. Vì P có ái lực với oxy mạnh hơn đồng nên khi gặp  $Cu_2O$  sẽ xảy ra phản ứng:



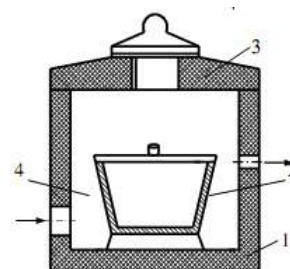
$P_2O_5$  tạo thành xỉ nổi lên trên.

- Chất trợ dung: Dùng để bảo vệ kim loại lỏng khỏi bị oxy hóa và dễ tách tạp chất ra thành xỉ. Thường dùng là than củi hoặc thủy tinh lỏng, thạch cao, muối ăn, clorua bari, borac... Chất trợ dung này được phủ lên bề mặt hoặc cho vào kim loại lỏng khi nấu để ngăn không cho oxy từ không khí oxy hóa kim loại. Nếu dùng than thì khi than cháy sẽ tạo ra Co, Co cũng có tác dụng khử oxy trong ôxyt đồng theo phản ứng:



$CO_2$  bay ra khỏi kim loại lỏng còn lõi kéo thêm tạp chất và chất khí thoát ra.

Việc nấu luyện hợp kim đồng phải tuân theo các bước:



Hình 1-69 Lò nôi  
1. Vỏ lò bằng vật liệu chịu lửa 2. Nôi bằng graphít  
3. Nắp lò 4. Buồng đốt

- làm sạch nồi nấu và vật liệu kim loại
- Sấy lò và vật liệu;
- Nấu chảy đồng và khử oxy bằng hợp kim trung gian, thường dùng là Cu-P (với khoảng 0,3% trọng lượng).

Để hạn chế sự ôxy hóa và hòa tan khí ta dùng chất tạo xỉ để che phủ bề mặt kim loại khi bắt đầu chảy.

- Nâng nhiệt độ nước đồng, hợp kim hóa bằng kim loại nguyên chất hoặc hợp kim trung gian.

- Khử ôxy lần cuối ở nồi rót trước khi rót vào khuôn.

#### **d. Đặc điểm khi đúc đồng**

##### **+ Tính đúc**

Tính đúc của đồng phụ thuộc vào từng loại hợp kim đồng nhưng thể hiện chủ yếu ở mức độ ôxy hóa, hòa tan khí, thiên tích và độ co...

Về mức độ ôxy hóa có thể xếp theo thứ tự giảm dần như sau: Brông Al, brông Si, brông Mn, brông chứa Si, Mn, brông thiếc, brông Pb và ít ôxy hóa nhất là latông. Độ co, tính thiên tích, độ chảy loãng phụ thuộc vào khoảng đồng của hợp kim đồng. Khoảng đồng càng nhỏ, tính chảy loãng càng tốt, ít thiên tích, ít nứt nóng, tổ chức sít chặt và có xu hướng tạo độ co tập trung như brông Al. Khi khoảng đồng lớn tạo độ co phân tán như brông thiếc, brông chì.

##### **+ Khuôn đúc**

Hợp kim đồng có thể đúc trong khuôn cát hoặc khuôn kim loại vì cho ta tổ chức hạt mịn. Khi đúc đồng trong khuôn cát nên chọn hỗn hợp cát mịn.

Điều cần chú ý là bố trí hệ thống rót hợp lý, rót êm, tránh hút khí và ôxy hóa. Những hợp kim đồng dễ bị ôxy hóa có thể rót trực tiếp từ trên xuống hoặc kiểu mưa rơi.

Đối với các loại hợp kim đồng có khoảng đồng nhỏ cần chú ý bổ sung co ngót bằng đậu ngót lớn và đảm bảo hướng đồng khi kết tinh.

Các hợp kim đồng có khoảng đồng lớn nên làm nguội nhanh và tốt nhất là đúc trong khuôn kim loại.

### **4.3.2 Đúc nhôm và hợp kim nhôm**

#### **a. Phân loại hợp kim nhôm**

Nhôm nguyên chất có màu trắng sáng, nhiệt độ nóng chảy  $660^{\circ}\text{C}$ , khối lượng riêng  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , có nhiều đặc tính quý như: tính dẫn điện, dẫn nhiệt, tính chống ăn mòn cao

nhưng độ bền tổng hợp thấp vì vậy trong công nghiệp thường dùng ở dạng hợp kim. Các hợp kim nhôm thường dùng:

- **Hợp kim Al-Si** là hệ hợp kim đượ dùng phổ biến và có tên gọi là hợp kim Silumin. Hàm lượng Si tăng làm độ bền tăng và iảm dẻo một ít. Hợp kim Al-Si chiếm khoảng 50% tổng số hợp kim đúc. Ngoài Al và Si (5-20% Si), còn có các nguyên tố hợp kim khác như Fe, Mn, Mg, Cu, Zn.

Nói chung, hợp kim Silumin dễ đúc (hợp kim Al-Si có khoảng 12-13% Si có tính đúc tốt nhất), chịu ăn mòn tốt, nhưng để tăng bền người ta thường cho thêm một lượng nhỏ Mg, Cu, Zn. Người ta hay dùng hệ này chế tạo các loại pittông, ví dụ như mác hợp kim  $AlSi_{12}CuMg_{1}Mn_{0,6}Ni_{1}Đ$  (chữ Đ nghĩa là đúc).

#### - **Hợp kim Al-Mg**

Hợp kim Al-Mg có độ bền, độ dẻo cao nhất là sau khi nhiệt luyện. Hợp kim này khó đúc vì khoảng đông lớn, co nhiều nên dễ tạo rỗ, xốp và nứt nóng, tính chảy loãng kém nên hạn chế đúc trong khuôn kim loại. Tốt nhất nên dùng phương pháp đúc dưới áp lực. Ngoài Al và Mg còn có các tạp chất khác như Fe, Ni, Be, Si, Cu, Zn...

#### + **Hợp kim Al-Zn**

Hệ hợp kim Al-Zn dễ hóa già sau đúc làm tăng độ bền gần bằng các hợp kim khác có qua nhiệt luyện, tính chống ăn mòn tốt. Tính đúc kém vì khoảng đông lớn, dễ nứt nóng.

Hiện nay, người ta đang nghiên cứu hệ hợp kim nhôm có độ bền cao trên cơ sở Al-Zn, ví dụ Al-Zn-Mg.

+ **Hợp kim nhôm bền nhiệt:** Là những hợp kim có thành phần phức tạp đảm bảo giữ được cơ tính ở nhiệt độ cao. Các nguyên tố hợp kim thường dùng là Cu, Ni, Mn, C, Ti, Fe.

#### + **Hợp kim nhôm biến dạng**

Đó là những hợp kim có khả năng biến dạng dẻo tốt dùng trong gia công áp lực. Trong kỹ thuật dùng những hệ sau:

- Nhôm kỹ thuật.
- Hệ Al-Mn với hàm lượng Mn=1-1,6%
- Hệ Al-Mg với hàm lượng Mg < 6%.

Ba loại trên chịu ăn mòn tốt, cơ tính thấp.

- Hệ Al-Cu-Mg gọi là đuyara có hàm lượng các nguyên tố hợp kim như sau: Cu 3-5%; Mg < 1%.

- Hệ Al-Mg-Si.

- Hệ Al-Mg-Si-Cu.

- Hệ Al-Zn-Mg-Cu (gọi là hợp kim bền nhiệt).

- Các hệ hợp kim nhôm chịu nóng gồm các loại: Al-Mg-Si-Fe-Ni; Al-Cu-Mg-Fe-Ni; Al-Cu-Mn.

### **b. Kỹ thuật nấu hợp kim nhôm**

- Nguyên tắc chung:

Hợp kim nhôm nấu xong phải đảm bảo được ba yêu cầu sau:

+ Không còn khí hòa tan;

+ Không có ôxyt nhôm;

+ Đúng thành phần đã định.

Muốn vậy trong quá trình nấu phải đảm bảo:

+ Chọn lò và liệu thích hợp;

+ Sấy kỹ lò và nung liệu trước khi cho vào lò;

+ Tạo môi trường khí ôxi hóa yếu, hạn chế diện tích mặt thoáng của kim loại lỏng, khi nấu có che phủ.

+ Rút ngắn thời gian nấu chảy;

+ Tránh nâng nhiệt độ của hợp kim lỏng quá cao và giữ lâu ở nhiệt độ đó để tránh cho khí có điều kiện hòa tan và hạt thô;

+ Tiến hành khử khí và tinh luyện trước khi rót

+ Hạn chế khuấy động hợp kim lỏng

+ Lò nấu

Lò nấu hợp kim nhôm thường có dung tích lớn, dễ khống chế nhiệt độ, nấu nhanh để tránh oxy hóa. Người ta thường dùng lò nồi bằng gang có sơn kỹ để tránh sự xâm nhập Fe vào hợp kim nhôm, hoặc dùng lò điện cảm ứng, lò điện trở, lò gas.

Nếu dùng lò gạch đắp bằng bột cần chắc để tránh nhôm lỏng xâm nhập vào thành lò. Không nên dùng gạch sa mốt có hàm lượng SiO<sub>2</sub> cao vì sẽ diễn ra phản ứng sau tạo thành

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

SiO<sub>2</sub> + Al → Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Si

Nên dùng loại gạch chứa nhiều Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hoặc dùng gạch Manhedit nhưng gạch này đắt.

+ Vật liệu nấu

Vật liệu nấu bao gồm nhôm nguyên chất, nhôm hợp kim, hợp kim nhôm trung gian, Các phế liệu về nhôm, chất trợ dung để ngăn ngừa sự oxy hóa và để tạo thành xỉ như 40% KCl + 56%  $MnCl_2$  hoặc 50% NaCl + 35% KCl + 15%  $Na_2Al_2F$ . Nói chung phải bảo đảm sạch và khô, xác định chính xác thành phần hóa học.

+ Có 3 cách nấu: Nấu dưới lớp chất trợ dung; Tinh luyện bằng khí (thổi khí clo hoặc Nitơ vào kim loại lỏng khoảng 5 đến 15 phút để tinh luyện); hoặc tinh luyện bằng muối  $ZnCl_2$ , TiCl,  $BCl_3$ ...

### **c. Đặc điểm khi đúc hợp kim nhôm**

Hợp kim nhôm có độ co lớn hơn gang lại rất dễ nứt nóng. Cả khi nấu và khi rót hợp kim nhôm dễ bị hòa tan khí để tạo nên  $Al_2O_3$ . Có điều đáng chú ý là khi tăng nhiệt độ, độ chảy loãng của hợp kim nhôm tăng rất mạnh.

Người ta có thể đúc nhôm trong khuôn cát hoặc khuôn kim loại. Đặc biệt nên dùng đúc áp lực để đạt chất lượng, năng suất cao. Khi dùng khuôn kim loại phải sơ khuôn. Vì độ co của hợp kim lớn nên phải có đậu ngót hợp lý căn cứ vào hướng đông đặc của vật đúc trong khuôn.

Hệ thống rót phải có dòng chảy êm, thường dùng loại xiphông hay khe hở mỏng thẳng đứng. Trong nhiều trường hợp phải dùng ống rót dạng rỗng rỗng và cốc rót có nút để hạn chế tạo màng ôxyt nhôm trong lúc rót.

Để tránh tổ chức hạt thô to, cần phải tăng tốc độ kết tinh, công nghệ nấu rót kim loại phải biến tính./.

---

## **CHƯƠNG 5. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÚC ĐẶC BIỆT**

### **5.1. ĐÚC TRONG KHUÔN KIM LOẠI**

#### **5.1.1. Khái niệm**

Đúc trong khuôn kim loại là quá trình đúc cho kim loại, hợp kim lỏng kết tinh trong lòng khuôn làm bằng kim loại có độ dẫn nhiệt cao, tạo vật đúc có cơ tính tốt.

#### **5.1.2. Đặc điểm**

##### *Ưu điểm*

- Tốc độ kết tinh nhanh, độ hạt kim loại nhỏ lên vật đúc có cơ tính cao.

- Khuôn đúc có độ bền cao, sử dụng được nhiều lần.
- Do bề mặt khuôn bóng nên chất lượng bề mặt vật đúc cao.
- Quá trình đúc trong khuôn kim loại tăng năng suất, giảm độc hại.

### **Nhược điểm**

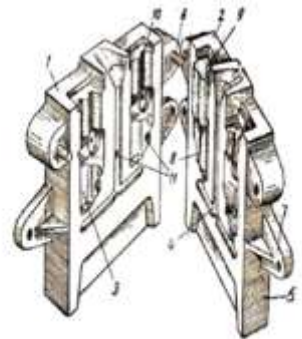
- Tốc độ nguội nhanh lên không đúc được các hợp kim có tính chảy loãng kém và nhiệt độ nóng chảy cao (chủ yếu đúc kim loại màu).
- Do khuôn không có tính lún lên vật đúc dễ xuất hiện vết nứt tế vi (đặc biệt những hợp kim có tính co lớn).
- Phải tạo hệ thống thoát khí phức tạp (đặc biệt là những chi tiết lớn).
- Khuôn khó gia công nên không đúc được các vật đúc phức tạp, khi cần sản xuất thì giá thành khuôn cao.

Do đó đúc trong khuôn kim loại chủ yếu áp dụng cho sản xuất hàng loạt lớn.

### **5.1.3. Đặc điểm về kết cấu khuôn lõi**

- Khuôn thường là loại hai nửa để tháo lắp khi dỡ vật đúc.
- Khi đúc vật đúc có nhiều tiết diện khác nhau thì phải làm khuôn nhiều phần.
- Với vật đúc có chiều dài lớn phải bố trí nhiều hệ thống rút.
- Lõi có hai loại:
  - + Lõi làm bằng hỗn hợp làm khuôn: đúc các vật đúc có phần rỗng phức tạp - để tăng cường hệ thống thông hơi.
  - + Lõi kim loại: thường dùng cho các vật đúc giản, khi thiết kế phải chú ý việc tháo lõi ra khỏi vật đúc.

Hai nửa khuôn (1), (2), lòng khuôn (3), hệ thống rút (4), gờ khuôn (5) (đảm bảo cứng vững cho khuôn), chốt định vị (6) (để lắp hai nửa khuôn chính xác). Để kẹp chặt khuôn lên máy ta dùng gờ (7) có lỗ bulông. Đặt lõi cát (8) nhờ gối lõi (9). Rãnh khí (10) (dọc mặt phân khuôn, sâu 0.2÷0.5 mm). Chốt đẩy (11) (để dễ lấy vật đúc ra khỏi khuôn).



Hình 5.1 Khuôn kim loại

đơn

bắt

## **5.2. ĐÚC DƯỚI ÁP LỰC**

### **5.2.1. Khái niệm**

Đúc dưới áp lực là quá trình đúc kim loại và hợp kim lỏng kết tinh trong lòng khuôn bằng kim loại. Kim loại, hợp kim lỏng được rót vào khuôn dưới áp lực cao (60 - 100) at. Vật đúc tạo thành có mật độ kim loại cao, cơ tính tốt.

## 5.2.2. Đặc điểm

### *Ưu điểm*

- Tốc độ nguội nhanh, độ hạt nhỏ, cơ tính cao.
- Độ bóng bề mặt vật đúc cao.
- Đúc được những vật mỏng và phức tạp
- Tốc độ dòng chảy kim loại cao làm tăng khả năng điền đầy lòng khuôn.
- Tạo dòng chảy rối, chất lượng đồng đều, ít bị rỗ khí.
- Năng suất đúc cao

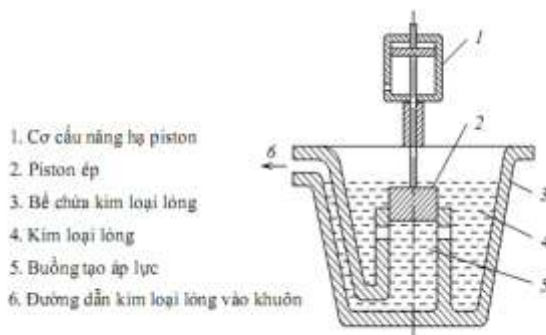
### *Nhược điểm*

- Thiết bị phức tạp
- Dưới áp lực cao, vận tốc dòng kim loại lớn làm cho khuôn chóng mòn, do đó vật liệu chế tạo khuôn phải có độ bền cao.
- Không sử dụng được lõi cát, chỉ sử dụng lõi kim loại do đó không đúc được các vật đúc có phần rỗng phức tạp.
- Ít dùng để đúc kim loại đen

## 5.2.3. Một số phương pháp đúc áp lực

### 5.2.3.1. Đúc áp lực trong buồng ép nóng

- Nguyên lý: buồng tạo áp lực nằm trong lòng kim loại lỏng.



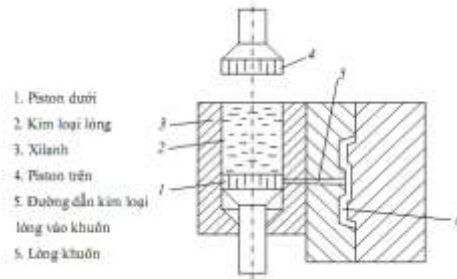
Hình 5.2 Sơ đồ đúc áp lực trong buồng ép nóng

Đặc điểm: Kim loại lỏng có nhiệt độ ổn định nên vật đúc đồng đều, năng suất cao. Tuy nhiên hệ thống piston ép và buồng tạo áp lực chóng mòn, nên ít dùng để đúc kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao.

### 5.2.3.2. Đúc áp lực trong buồng ép nguội

- Nguyên lý: buồng ép cách ly với kim loại lỏng, mỗi lần đúc là một lần rót kim loại lỏng vào xilanh.





Hình 5.3 Sơ đồ đúc áp lực trong buồng ép nguội

- Đặc điểm: So với đúc áp lực trong buồng ép nóng, đúc áp lực trong buồng ép nguội có thể dùng để đúc kim loại có tính chảy loãng thấp hơn, nhiệt độ nóng chảy cao hơn.

### 5.3. ĐÚC LY TÂM

#### 5.3.1. Khái niệm

Đúc ly tâm là quá trình đúc kim loại, hợp kim lỏng kết tinh trong lòng khuôn bằng kim loại và khuôn được quay quanh trục. Quá trình tạo hình vật đúc nhờ lực ly tâm tác động vào kim loại lỏng.

#### 5.3.2. Đặc điểm

##### *Ưu điểm*

- Vật đúc khi kết tinh tạo ra dạng hạt nhỏ nhờ lực ly tâm nên cơ tính cao.
- Có thể đúc các vật rỗng mà không cần làm lõi.
- Vật đúc có mật độ kim loại cao.
- Vật đúc sạch do tạp chất, xỉ và phi kim nhẹ có lực ly tâm bé không bị lẫn vào kim loại vật đúc.
- Không cần dùng hệ thống rót nên tiết kiệm được kim loại
- Có thể chế tạo các chi tiết có nhiều lớp kim loại khác nhau

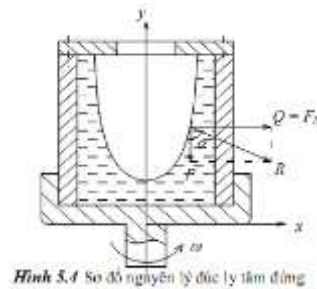
##### *Nhược điểm*

- Phần lõi của vật đúc chất lượng xấu do đó để lượng dư gia công lớn do đó khó nhận được đường kính trong chính xác
- Khi đúc ly tâm đứng tạo biên dạng phức tạp.
- Chúng loại sản phẩm không đa dạng, chủ yếu có dạng tròn xoay và rất khó thay đổi tiết diện.
- Khuôn cần phải cân bằng và kín
- Vật đúc dễ bị thiên tích theo tiết diện ngang.

#### 5.3.3. Các phương pháp đúc ly tâm

##### 5.3.3.1. Đúc ly tâm đứng

- Đúc ly tâm đứng là phương pháp đúc ly tâm mà trục quay của khuôn theo phương thẳng đứng.



Hình 5.4 Sơ đồ nguyên lý đúc ly tâm đứng

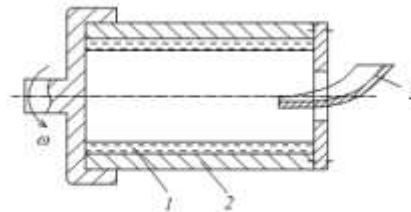
Đặc điểm:

- + Tập trung xỉ ở đáy.
- + Cơ tính vật đúc cao.
- + Thành vật đúc có chiều dày thay đổi.
- + Đúc ly tâm đứng không đúc được vật đúc có chiều cao quá lớn

### 5.3.3.2. Đúc ly tâm nằm ngang

- Đúc ly tâm nằm ngang là phương pháp đúc ly tâm mà trục quay của khuôn theo phương nằm ngang.

1. Kim loại lỏng
2. Khuôn đúc
3. Hệ thống rót



Hình 5.5 Sơ đồ nguyên lý đúc ly tâm nằm ngang

- Đặc điểm:

- + Đúc được vật đúc có chiều dài lớn với thành có chiều dày không đổi.
- + Lượng dư gia công không cần quá lớn.
- + Bố trí hệ thống rót phức tạp.
- + Khó đúc những hợp kim có tính chảy loãng thấp.
- + Đúc ly tâm ngang không đúc được ống có đường kính quá nhỏ

## 5.4. ĐÚC MẪU CHẢY

### 5.4.1. Khái niệm

Đúc mẫu chảy là quá trình đúc mà mẫu làm bằng vật liệu dễ chảy. Trong quá trình làm khuôn không thực hiện việc rút mẫu mà sấy nóng khuôn cho mẫu tự chảy ra theo hình lòng khuôn.

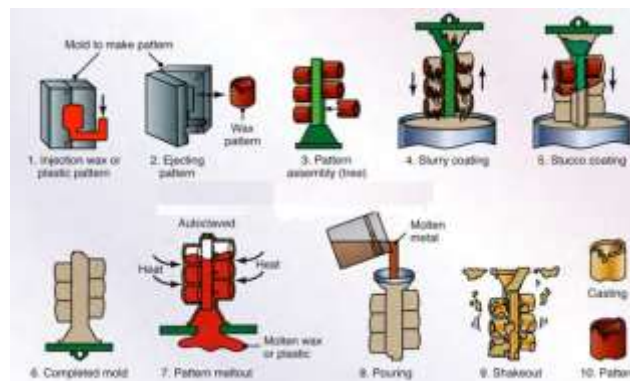
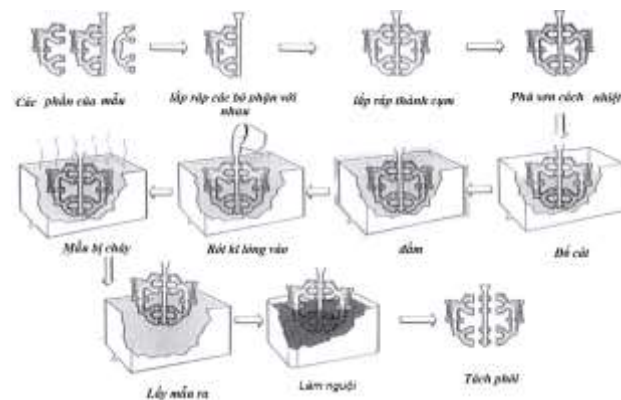
Thành phần vật liệu dễ chảy: 70% nhựa thông + 20% sáp + 10% parafin hoặc 70% Stearin + 30% parafin.

### 5.4.2. Phạm vi áp dụng

- Đúc các vật đúc có hình dạng rất phức tạp.
- Đúc các kim loại, hợp kim có nhiệt độ nóng chảy thấp, tính chảy loãng cao.

### 5.4.3. Phương pháp làm khuôn khi đúc mẫu chảy

- Làm mẫu và làm hệ thống rót.
- Gắn mẫu vào hệ thống rót.
- Sơn mẫu và hệ thống rót.
- Đặt hòm và đổ hỗn hợp làm khuôn.
- Sấy khuôn, đổ mẫu lỏng ra ngoài.



Hình 5.6 Các bước đúc trong khuôn mẫu chảy

## 5.5. ĐÚC LIÊN TỤC

### 5.5.1. Khái niệm

Đúc liên tục là quá trình đúc mà kim loại lỏng khi rót vào khuôn thì khuôn được làm mát liên tục, vật đúc tạo thành kết tinh tới đầu lấy ra tới đó. Kim loại lỏng được rót liên tục vào khuôn.

### 5.5.2. Đặc điểm

### Ưu điểm

- Tổ chức hạt của vật đúc rất nhỏ, cơ tính cao.
- Trong quá trình rút vật đúc ra khỏi khuôn, tạo bề mặt vật đúc có độ bóng cao.
- Năng suất cao, dễ cơ khí hoá và tự động hoá.
- Do kim loại lỏng được bổ sung liên tục lên không cần hệ thống ngót.

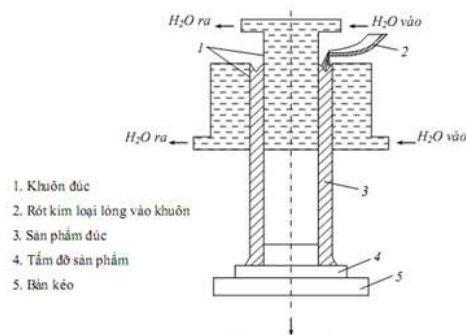
### Nhược điểm

- Dễ tạo vết nứt do kết tinh quá nhanh (đặc biệt là với kim loại có tính co lớn).
- Không đúc được những vật thay đổi tiết diện theo chiều dài.
- Áp dụng trong sản xuất hàng loạt và sản phẩm có hình dạng đơn giản.

### 5.5.3. Các dạng sản phẩm

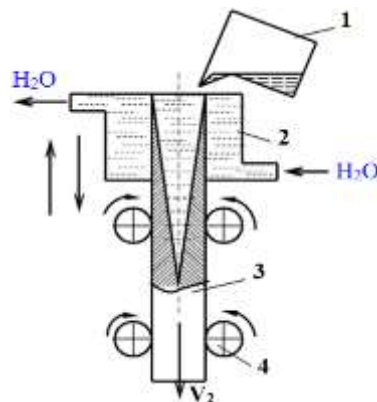
- Đúc ống.
- Đúc thổi.
- Đúc tấm.

Sơ đồ công nghệ đúc ống liên tục:



Hình 5.7 Sơ đồ nguyên lý đúc ống liên tục

Sơ đồ công nghệ đúc thổi liên tục:



Hình 5.7. Đúc thổi liên tục

- 1) Rót KL lỏng vào khuôn 3) Ống đúc, 4) Tấm đỡ sản phẩm, 5) Bàn kéo

## **CHƯƠNG 6. DỠ KHUÔN, PHÁ LỖI, LÀM SẠCH VẬT ĐÚC VÀ KHUYẾT TẬT VẬT ĐÚC**

### **6.1 Dỡ khuôn, phá lỗi, làm sạch vật đúc khi đúc trong khuôn cát**

#### **6.1.1 Để nguội vật đúc trong khuôn**

- Chỉ tiến hành sau khi để vật đúc nguội tới nhiệt độ nhất định:

+ Nếu dỡ khuôn quá sớm, nội lực bên trong vật đúc sẽ lớn và có thể gây ra cong, nứt...

+ Với vật đúc lớn, có những thành dày, mỏng khác nhau dễ nứt, cong vênh cần phải có chế độ làm nguội đặc biệt.

**VD:** Những thành dày muốn cho vật đúc nguội đều thì phải đặt gang hoặc sắt nguội ở khuôn

#### **6.1.2 Dỡ khuôn, phá lỗi**

#### **6.1.3 Làm sạch vật đúc**

- Chặt/ cắt đầu ngót, hệ thống rót còn nằm lại ở vật đúc, đục ba-via và những chỗ gồ ghề ở mặt vật đúc bằng.

- Làm sạch cháy cát bám ở bề mặt vật đúc.

### **6.2 Khuyết tật vật đúc**

Nhóm 1: Sai hình dáng, kích thước

Nhóm 2: Khuyết tật mặt ngoài

Nhóm 3: Nứt

Nhóm 4. Lỗ hồng trong vật đúc

#### **a. Nhóm 1: Sai hình dáng, kích thước**

- **Thiếu hụt:**

**Nguyên nhân:**

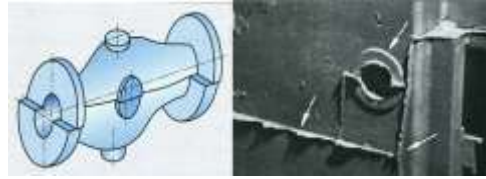
- Lượng kim loại rót không đủ;
- Độ chảy loãng thấp, nhiệt độ rót thấp;
- Kim loại lỏng thoát ra do lắp ráp không kín, kẹp chặt hay đè khuôn thiếu lực;
- Hệ thống thoát khí không đạt yêu cầu tạo áp lực trong khuôn tăng lên đến mức kim loại lỏng không điền đầy được;
- Kích thước hệ thống rót nhỏ;



Hình 1: vật đúc bị thiếu hụt

- Thành vật đúc mỏng.

**Lệch:** Là sự xô dịch tương đối giữa các phần của vật đúc. Có thể do đặt mẫu sai; định vị lõi không tốt, ráp khuôn thiếu chính xác và kẹp khuôn lỏng.

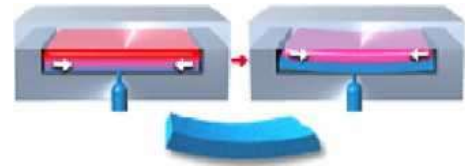


**Bavia:** (hình 1-82) là phần kim loại thừa ra, nó thường hình thành ở mặt phân khuôn, gổỉ lõi...



Hình 1-82. Bavia

**Vênh:** Là sự thay đổi hình dạng, kích thước vật đúc do kết cấu không hợp lý, không đảm bảo cứng vững, do mẫu bị cong vênh, do công nghệ rót, làm nguội không hợp lý hoặc do ứng suất bên trong vật đúc khi kết tinh.



### b. Nhóm 2: Khuyết tật mặt ngoài

\* **Cháy cát:** Do vật liệu khuôn lõi bị cháy dưới tác dụng của nhiệt độ rót kim loại lỏng, bám dính lên bề mặt vật đúc làm giảm độ bóng bề mặt, gây khó khăn cho gia công cắt gọt.

**Nguyên nhân:**

- Độ bền nhiệt của hỗn hợp kém, nhiều tạp chất;
- Nhiệt độ rót quá cao;
- Hệ thống rót thiếu hợp lý để kim loại tập trung cục bộ quá lớn làm cháy hỗn hợp ở đó;
- Lớp sơn khuôn không đảm bảo.



**Khớp:** là hiện tượng không liên tục trên bề mặt vật đúc sự tiếp giáp các dòng chảy của kim loại.



Hình 8. vật đúc bị thừa khớp

do

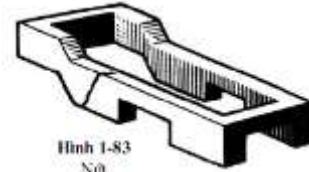
**Lỗ co:** Là những lỗ có hình dạng, kích thước khác nhau làm giảm chiều dày thành vật đúc.



Hình 9: vật đúc bị lõm

### c. Nhóm 3: Nứt

Nứt là khuyết tật tương đối phổ biến và nguy hiểm đối với vật đúc. Nguyên nhân chủ yếu do ứng suất bên trong, do co ngót không đồng đều giữa các vùng khác nhau trong vật đúc cả trong khi kết tinh và làm nguội.



Hình 1-83  
Nứt

### d. Nhóm 4: Lỗ hổng trong vật đúc

#### \* Rỗ khí

Rỗ khí do khí xâm nhập vào hợp kim lỏng khi nấu hoặc rót, hoặc các phản ứng sinh khí trong quá trình đúc.

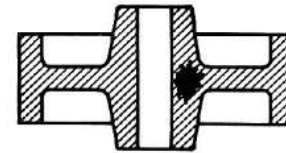


Hình 13: vật đúc bị rỗ khí

#### \* Rỗ co:

**Rỗ co:** Do kim loại co thể tích khi kết tinh, nhưng phân bố phía trong vật đúc, kích thước to nhỏ khác nhau.

Sự hình thành rỗ co, xốp co thường xảy ra ở những nơi vật đúc có thể tích lớn (vì tốc độ nguội của vùng này nhỏ hơn xung quanh nên khi kim loại co không được bổ sung thêm).



Hình 1-85. Rỗ co

## PHẦN II. CÔNG NGHỆ GIA CÔNG ÁP LỰC

### CHƯƠNG 1. GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG ÁP LỰC

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

##### 1.1.1. Định nghĩa

Gia công kim loại bằng áp lực là các phương pháp gia công được thực hiện bằng cách dùng ngoại lực tác dụng lên kim loại rắn ở nhiệt độ cao (nóng) hoặc nhiệt độ thấp (nguội) với cường độ lực vượt quá giới hạn đàn hồi của kim loại để thay đổi hình dáng của vật thể kim loại mà không phá huỷ tính liên tục và độ bền của chúng.

##### 1.1.2 Đặc điểm

So với đúc, chế tạo phôi bằng rèn dập có ưu điểm sau:

- Sau khi gia công không những thay đổi hình dáng, kích thước mà còn thay đổi cả cơ, lý, hoá tính của kim loại như kim loại mịn chặt hơn, hạt đồng đều, khử các khuyết tật (rỗ khí, rỗ co v.v ...) do đúc gây nên.

- Chất lượng cơ lý lớp bề mặt sản phẩm tốt, độ bóng, độ chính xác cao hơn của chi tiết đúc (thấp hơn so với gia công cắt gọt);

- Dễ cơ khí hóa và tự động hóa;

- Lượng phế liệu thấp tiết kiệm nguyên vật liệu, gia công có năng suất cao nên giá thành hạ..

Tuy nhiên so với đúc, rèn dập có nhược điểm sau:

- Không gia công được các chi tiết phức tạp như đúc;

- Không rèn dập được các chi tiết quá lớn.

### 1.1.3 Phân loại

Những dạng cơ bản của gia công kim loại bằng áp lực là: cán, kéo, ép, rèn (rèn tự do, rèn khuôn) và dập tấm, miết, gò.

- **Cán** là ép kim loại bằng cách cho phôi kim loại đi giữa hai trục cán quay ngược chiều của máy cán, phôi biến dạng và di chuyển nhờ sự quay liên tục của trục cán, ma sát giữa trục cán với phôi. Trên 60% phôi để rèn và dập đều do sản phẩm cán cung cấp.

- **Kéo** là sự kéo dài phôi qua lỗ khuôn kéo, lỗ khuôn có hình dáng và kích thước nhỏ hơn tiết diện phôi. Kéo có đặc điểm là bề mặt sản phẩm nhẵn bóng, độ chính xác cao. Kéo để chế tạo các sợi, thỏi hoặc ống có chiều dài không hạn chế.

- **Ép** kim loại là quá trình ép kim loại trong khuôn kín qua lỗ khuôn ép để nhận được hình dáng và kích thước chi tiết cần chế tạo. Thường dùng để chế tạo ống hoặc thỏi bằng kim loại màu và hợp kim của chúng.

- **Rèn tự do** là phương pháp biến dạng kim loại dưới tác dụng lực đập của đầu búa hoặc lực ép của máy ép. Vì không dùng khuôn nên quá trình biến dạng tự do của kim loại không bị hạn chế bởi lòng khuôn.

- **Dập thể tích** (rèn khuôn) là phương pháp rèn mà kim loại biến dạng trong lòng khuôn có hình dáng và kích thước của chi tiết cần chế tạo (dưới tác dụng của lực của đầu búa hay đầu máy ép).

Rèn tự do thường dùng để sản xuất đơn chiếc, dùng trong sửa chữa còn rèn khuôn thường dùng cho sản xuất hàng loạt.



- **Dập tấm** là phương pháp chế tạo chi tiết từ phôi liệu ở dạng tấm. Dập tấm có thể thực hiện ở trạng thái nóng hoặc nguội nhưng ở dạng nguội thông dụng hơn nên thường gọi là dập nguội.

## 1.2. Biến dạng dẻo của kim loại

Khảo sát quá trình biến dạng của mẫu kim loại khi chịu tác dụng của ngoại lực, tùy theo cấu trúc tinh thể của mỗi loại, các giai đoạn trên có thể xảy ra với các mức độ khác nhau nhưng có 3 giai đoạn cơ bản là biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và phá hủy.

- **Biến dạng đàn hồi:** Dưới tác dụng của ngoại lực, kim loại bị biến dạng; nếu thôi lực tác dụng thì biến dạng sẽ mất đi và kim loại trở về vị trí ban đầu.

- **Biến dạng dẻo:** Là biến dạng sau khi bỏ tải trọng mà vẫn tồn tại một lượng biến dạng dư được giữ lại làm mẫu bị thay đổi về hình dạng và kích thước. Biến dạng dẻo xảy ra khi ứng suất sinh ra trong kim loại do ngoại lực vượt quá giới hạn đàn hồi.

- **Sự phá hủy:** Biến dạng làm cho mẫu tách rời thành những phần riêng lẻ.

Khi biến dạng với ứng suất tăng đến một mức độ nào đó vượt quá giới hạn ban đầu của kim loại thì kim loại sẽ bị phá hủy thành hai hoặc nhiều phần rời nhau. Nếu lực tác dụng thì đến lúc đó lực không cần tăng nữa, biến dạng vẫn tiếp diễn và dẫn đến phá hủy kim loại.

## 1.3 Các hình thức gia công kim loại bằng áp lực

Căn cứ vào nhiệt độ chia ra hai hình thức gia công sau:

### 1.3.1 Gia công nóng

Gia công nóng là hình thức gia công áp lực thực hiện ở nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ kết tinh lại.

$$T_{g.c \text{ nóng}} > T_{KTL} \quad [\text{Thực tế } T_{g.c \text{ nóng}} = (0,7-0,9) T_{cháy}]$$

Gia công nóng có ưu điểm:

- Do tính dẻo luôn luôn được phục hồi trong quá trình biến dạng nên có thể biến dạng kim loại với lượng lớn trong một lần nung (có thể lớn hơn 100%).

- Do kim loại ở trạng thái dẻo cao nên lực gia công bé, dễ gia công. Nhiều kim loại ở nhiệt độ thường khó gia công, chỉ dễ gia công ở trạng thái nóng như Zn, W...

- Trong quá trình gia công các vết nứt, rỗ bên trong được hàn lại, một độ kim loại tăng do đó cơ tính tăng.

- Gia công nóng có kèm theo quá trình phục hồi và kết tinh lại nên sau khi gia công kim loại được phục hồi tính dẻo, không bị biến cứng, phục hồi cơ lý hóa tính. Sau khi gia

công nóng do tính dẻo kim loại được phục hồi, nên rất thuận lợi cho gia công cắt gọt tiếp tục.

Nhược điểm của gia công nóng:

- Tổn năng lượng để nung nóng kim loại;
- Ở trạng thái nóng khó gia công những chi tiết nhỏ và mỏng (có đường kính và chiều dày <2mm) vì dễ cháy hỏng. Khi nung ở nhiệt độ cao dễ bị ôxy hóa bề mặt tạo nên lớp vảy ôxyt làm cho độ bóng, độ chính xác gia công thấp, chất lượng lớp bề mặt vật gia công kém.

- Khi gia công ở trạng thái nóng, nếu ngừng gia công ở nhiệt độ cao, tốc độ làm nguội vật gia công quá lớn dễ gây biến dạng, cong vênh hoặc nứt nẻ.

- Một số kim loại và hợp kim có tính giòn nóng khó gia công ở nhiệt độ cao. Ví dụ: Thép có chứa nhiều S bị giòn nóng, dễ nứt khi gia công nóng.

### 1.3.2 Gia công nguội

Gia công nguội là hình thức gia công áp lực ở nhiệt độ mà tại đó không xảy ra quá trình kết tinh lại.

$$T_{g.c \text{ nguội}} < T_{KTL}$$

Sau khi biến dạng nguội, tổ chức kim loại thường có dạng thớ, tính chất kim loại mang tính có hướng nghĩa là tính chất khác nhau theo các hướng khác nhau.

Phương pháp gia công nguội thường để gia công các tấm mỏng, kéo dây, kéo ống.

Đặc điểm của gia công nguội:

- Gia công nguội đạt độ chính xác, độ bóng và chất lượng bề mặt cao hơn gia công nóng;

- Gia công nguội kim loại không bị ôxy hóa, không bị cháy nên không hao phí kim loại, vật gia công không bị hao hụt kích thước.

- Gia công thép mặt ngoài không bị thoát cacbon, hạt nhỏ nên cơ tính tốt.

- Gia công nguội, kim loại dễ bị biến cứng, tính dẻo giảm, trở lực biến dạng tăng nên tổn lực và công biến dạng. Nếu mức độ biến dạng càng tăng thì biến dạng càng nhiều, tiếp tục gia công vật gia công dễ bị nứt nẻ. Muốn phục hồi tính dẻo cần phải nung nóng (cần phải mang ủ).

## CHƯƠNG 2. CÁN, KÉO VÀ ÉP KIM LOẠI

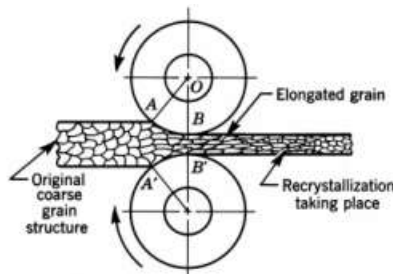
### 2.1 Cán kim loại (Roll forming)

#### 2.1.1. Thực chất của quá trình cán

Cán là quá trình biến dạng kim loại bằng cách cho kim loại đi qua khe hở giữa 2 trục quay của máy cán quay ngược chiều nhau, phôi biến dạng và di chuyển nhờ sự quay liên tục của trục cán và ma sát giữa trục cán và phôi

Máy cán có hai trục cán đặt song song với nhau và quay ngược chiều. Phôi có chiều dày lớn hơn khe hở giữa hai trục cán, dưới tác dụng của lực ma sát, kim loại bị kéo vào giữa hai trục cán, biến dạng tạo ra sản phẩm. Khi cán, chiều cao phôi giảm, chiều dài và chiều rộng tăng.

Hình dạng của khe hở giữa hai trục cán quyết định hình dáng của sản phẩm.

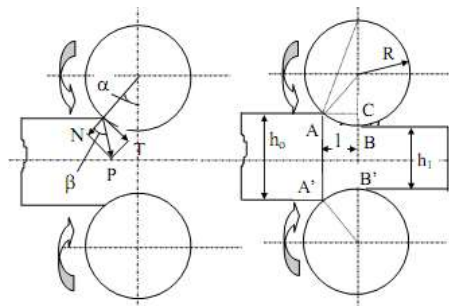


Hình 2.1 Sơ đồ cán

#### Đặc điểm

- Sản phẩm cán có độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao.
- Năng suất cao, dễ cơ khí hóa và tự động hóa;
- Cán không những làm thay đổi hình dáng, kích thước phôi mà còn nâng cao chất lượng kim loại vì trong quá trình cán các rỗ xốp, rỗ khí trong thỏi cán được hàn lại, mật độ kim loại tăng, hạt nhỏ mịn.
- Cán có thể thực hiện ở trạng thái nóng hoặc cán nguội.

Khi cán dùng các thông số sau để biểu thị:



### Hình 2.2 Một số thông số cán kim loại

- **Hệ số cán ( $\mu$ ):** Tỷ số chiều dài (hoặc tỷ số tiết diện) của phôi trước và sau khi cán (hệ số kéo dài):

$$\mu = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1}$$

- **Lượng ép tuyệt đối ( $\Delta h$ ):** Hiệu số giữa chiều cao phôi trước và sau khi cán.

$$\Delta h = (h_0 - h_1) \text{ (mm)}.$$

- **Góc ăn ( $\alpha$ ):**

$$\Delta h = D(1 - \cos \alpha) \text{ (mm)}.$$

- **Lượng giãn dài ( $\Delta l$ ):** Sự thay đổi chiều dài trước và sau khi cán:  $\Delta l = l_1 - l_0$

- **Lượng giãn rộng ( $\Delta b$ ):** Sự thay đổi chiều rộng trước và sau cán:  $\Delta b = b_1 - b_0$ .

- **Số lần cán ( $n$ ):**

$$n = \frac{\lg F_0 - \lg F_n}{\lg \mu_{tb}}$$

Trong đó:

-  $F_0$ : diện tích phôi ban đầu ( $\text{mm}^2$ )

-  $F_n$ : diện tích phôi sản phẩm ( $\text{mm}^2$ )

-  $\mu_{tb}$ : Hệ số kéo dài trung bình của từng loại lỗ hình (tra bảng ví dụ thép tròn có tiết diện tròn, vuông, dẹt... Trước cán tinh  $\mu_{tb} = 1,1 - 1,3$  và cán tinh  $\mu_{tb} = 1,13 - 1,15$ ).

-  $D$ : Đường kính của trục cán.

#### 2.1.2 Phân loại phương pháp cán

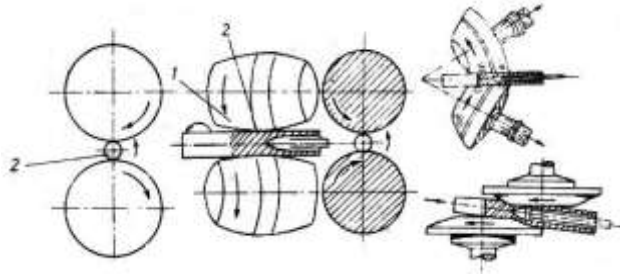
- Căn cứ vào nhiệt độ nung của phôi: Cán nóng và cán nguội

- Căn cứ vào chiều quay của trục cán và phương trục cán:

+ Cán ngang: Hai trục cán song song và quay cùng chiều, ngược chiều quay phôi (Hình a).

+ Cán dọc: Hai trục cán song song và quay ngược chiều, đường kính trục bằng nhau hoặc không bằng nhau (Hình b).

+ Cán nghiêng: Hai trục cán quay cùng chiều, nhưng trục của chúng nghiêng với nhau một góc để tạo nên lực đẩy dọc (Hình c).



Hình 2.3 Sơ đồ nguyên lý của các phương pháp cán kim loại

a) Cán ngang, b) Cán dọc, c) Cán nghiêng

### 2.1.3 Các sản phẩm cán

Sản phẩm cán rất đa dạng, được phân ra bốn nhóm chính: dạng hình, dạng tấm, dạng ống và dạng đặc biệt.

#### a/ Loại hình:

Các sản phẩm dạng hình được chia ra dạng hình đơn giản (a), gồm có thanh, thời tiết diện tròn, vuông, chữ nhật, lục giác, bán nguyệt và dạng hình phức tạp (b) có tiết diện chữ V, U, I, T, Z.



a/ Các loại thép hình đơn giản.

b/ Các loại thép hình phức tạp

Hình 2.4 Tiết diện ngang một số sản phẩm cán

**b/ Thép tấm:** Được ứng dụng nhiều trong các ngành chế tạo tàu thủy, ô tô, máy kéo, chế tạo máy bay, trong ngành dân dụng. Chúng được chia thành 3 nhóm:

- Thép tấm dày:  $S = 4 \div 60$  mm;  $B = 600 \div 5.000$  mm;  $L = 4000 \div 12.000$  mm
- Thép tấm mỏng:  $S = 0,2 \div 4$  mm;  $B = 600 \div 2.200$  mm.
- Thép tấm rất mỏng:  $S = 0,001 \div 0,2$  mm;  $B = 200 \div 1.500$  mm;  $L = 4000 \div 60.000$  mm.

**c/ Thép ống:** Được sử dụng nhiều trong các ngành công nghiệp dầu khí, thủy lợi, xây dựng... Chúng được chia thành 2 nhóm:

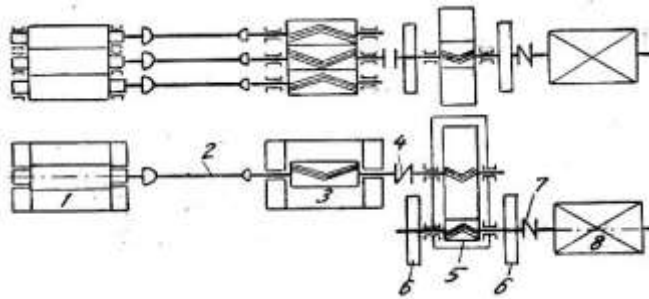
- **Ống không hàn:** là loại ống được cán ra từ phôi thổi ban đầu có đường kính  $\varphi = 200 \div 350$  mm; chiều dài  $L = 2.000 \div 4.000$  mm. Chúng được cán theo công nghệ đặc biệt trực tiếp thành ống (máy cán ống liên tục). Những ống mỏng, đường kính nhỏ có thể dùng phương pháp cán nguội.

- **Ống cán có hàn:** được chế tạo bằng cách cuộn tấm thép mỏng thành ống, sau khi cuộn sẽ hàn bằng hàn điện hoặc hàn khí... Loại này đường kính đạt đến  $4.000 \div 8.000$  mm; chiều dày đạt đến 14 mm.

**d/ Thép có hình dáng đặc biệt:** Thép có hình dáng đặc biệt được cán theo phương pháp đặc biệt: cán bi, cán ren, đườn ray xe lửa, cán bánh xe lửa, cán vỏ ô tô và các loại có tiết diện thay đổi theo chu kỳ.

#### 2.1.4. Thiết bị cán

##### a. Các bộ phận chủ yếu của máy cán



Hình 2.5. Sơ đồ máy cán

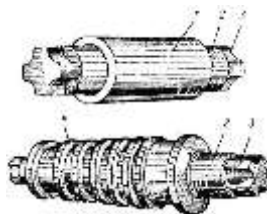
1. Trục cán; 2. trục truyền; 3. Hộp bánh răng chữ V; 4. Ly hợp;

5. Hộp giảm tốc; 6. Bánh đà; 7. Ly hợp; 8. Động cơ điện

Máy cán gồm 3 bộ phận chính dùng để thực hiện quá trình công nghệ cán.

- **Giá cán:** Là bộ phận chủ yếu của máy cán, nơi tiến hành quá trình cán bao gồm: các trục cán, gối, ổ đỡ trục cán, hệ thống nâng hạ trục, hệ thống cân bằng trục, thân máy, hệ thống dẫn phôi, cơ cấu lật trở phôi ...

Trục cán: Gồm thân trục cán (1), cổ trục (2), đầu chữ thập (3). Trục cán có thể là trục phẳng (cán thép tấm, thép dải), là trục bậc (cán thép dẹt), trục cán có thể có rãnh (một rãnh hay nhiều rãnh), khi hai trục cán ăn khớp với nhau tạo nên các lỗ hình đơn giản đến phức tạp để cán thép hình.



Hình 2.6. Trục cán

a) Trục cán phẳng b) Trục cán thép hình

- **Hệ thống truyền động:** là nơi truyền mômen cho trục cán, bao gồm hộp giảm tốc (giảm tốc độ quay khi chuyển động từ động cơ đến trục cán), khớp nối, trục nối, bánh đà, hộp phân lực.

Hộp bánh răng chữ V: Là bộ phận nhận chuyển động từ hộp giảm tốc qua các bánh răng chữ V để phân phối cho các trục cán. Bánh răng chữ V có tác dụng triệt tiêu lực dọc trục và lực trượt giữa hai trục cán, đảm bảo vật cán đi thẳng sau khi qua lỗ hình.

- **Nguồn năng lượng:** là nơi cung cấp năng lượng cho máy, thường dùng các loại động cơ điện một chiều và xoay chiều hoặc các máy phát điện.

## 2.2. Kéo kim loại (Drawing)

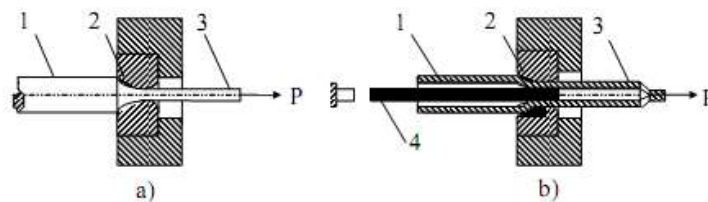
### 2.2.1. Thực chất, đặc điểm và phân loại

#### a. Thực chất của quá trình kéo dây kim loại

Kéo dây (sợi) kim loại là quá trình kéo phôi kim loại qua lỗ hình của khuôn kéo (làm biến dạng dẻo kim loại qua lỗ hình của khuôn kéo dưới tác dụng của lực kéo) làm cho tiết diện ngang của phôi giảm và chiều dài tăng.

Khuôn kéo là thiết bị chính để kéo kim loại. Hình dáng tiết diện và kích thước của lỗ khuôn kéo quyết định hình dáng tiết diện sản phẩm.

Thường dùng cho kéo dây đồng, kẽm, nhôm, ... Tốc độ kéo khoảng 20 ~ 50 m/phút và có thể kéo được phôi rỗng hay phôi đặc, có thể kéo nóng hoặc kéo nguội.



Hình 2.7 Sơ đồ kéo sợi

a. Kéo sợi b. Kéo ống

1. Phôi 2. Khuôn kéo 3. Sản phẩm 4. Lỗ sửa lỗ

Khi kéo sợi, phôi (1) được kéo qua khuôn kéo (2) với lỗ hình có tiết diện nhỏ hơn tiết diện phôi kim loại và biến dạng theo yêu cầu, tạo thành sản phẩm (3). Đối với kéo ống, khuôn kéo (2) tạo hình mặt ngoài ống còn lỗ được sửa đúng đường kính nhờ lỗ (4) đặt ở trong.

#### b. Đặc điểm

Kéo sợi có thể tiến hành ở trạng thái nóng hoặc trạng thái nguội.

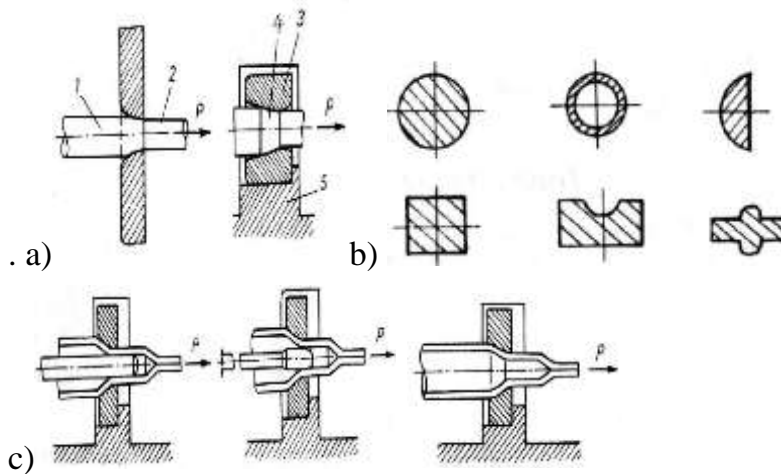
- Kéo nóng: Kim loại dễ biến dạng, năng suất cao nhưng cơ tính, độ bóng và độ chính xác của sản phẩm kéo kém hơn kéo nguội.

- Kéo nguội: Kim loại biến dạng khó nên phải dùng lực kéo lớn, năng suất thấp nhưng cơ tính cao (do sau khi kéo kim loại được hóa bền), độ bóng bề mặt cao, độ chính xác về kích thước cao. Thường kéo những kim loại có độ dẻo cao như thép C thấp, đồng, vàng... Phải dùng chất bôi trơn như dầu thực vật, dầu hỏa, nước xà phòng, bột phân chì, mỡ động vật...

### c. Công dụng

Kéo dây dùng để chế tạo các sản phẩm có tiết diện tròn hoặc đa giác, nhưng chủ yếu là tiết diện tròn đặc (kéo dây) và tiết diện hình vành khăn (kéo ống).

Tiết diện có thể đạt 8mm (máy cán lớn) hoặc 6mm (máy cán nhỏ). Sau mỗi lần kéo kim loại biến cứng một phần, do đó, sau vài lần kéo phải đem ủ kết tinh lại để phục hồi tính dẻo mới kéo tiếp được.



Hình 2.8. Sơ đồ kéo và tiết diện sản phẩm kéo

a) Sơ đồ kéo dây; b) Tiết diện sản phẩm kéo; c) Các phương pháp kéo ống

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

## 2.2.2. Một số thông số cơ bản của quá trình kéo sợi

### a. Hệ số kéo dài (k)

Tùy thuộc tính dẻo của kim loại, hình dáng lỗ khuôn, mỗi lần kéo tiết diện có thể giảm xuống từ 15-35%. Tỷ lệ giữa đường kính trước và sau khi kéo gọi là hệ số kéo dài K.

$$k = \frac{d_0}{d_1} = \sqrt{1 + \frac{\sigma}{p(1 + f \cot \alpha)}}$$

Trong đó:

$d_0, d_1$ : đường kính dây trước và sau khi kéo (mm)

$\sigma$ : Giới hạn bền của kim loại ( $N/mm^2$ )



p: Áp lực của khuôn kéo ép lên kim loại (N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha$ : Góc nghiêng của lỗ khuôn

f: Hệ số ma sát

b. Số lần kéo

$$n = \frac{\lg d_0 - \lg d_n}{\lg k}$$

Lực kéo phải đảm bảo đủ lớn để cho kim loại biến dạng và thắng lực ma sát giữa kim loại và khuôn.

Lực kéo được xác định theo công thức:

$$P = \sigma \cdot F_1 \cdot \lg \frac{F_0}{F_1} (1 + f \cotg \alpha) \quad (N)$$

Trong đó:

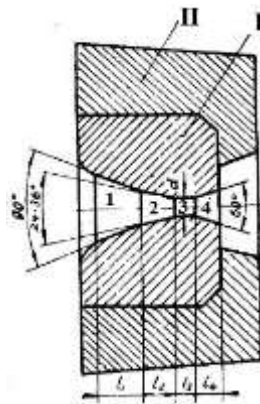
-  $\sigma$ : Giới hạn bền của kim loại (lấy bằng trị số trung bình giới hạn bền của vật trước và sau khi kéo – N/mm<sup>2</sup>)

-  $F_0, F_1$ : Tiết diện kim loại trước và sau khi kéo (mm<sup>2</sup>)

- f: Hệ số ma sát giữa vật liệu và khuôn.

### 2.2.3. Dụng cụ và thiết bị kéo

#### a. Khuôn kéo (mà)



Hình 2.9 Khuôn kéo

1. Vùng bôi trơn 2. Vùng biến dạng 3. Vùng định kính 4. Vùng ra

Quá trình kéo được thực hiện trên máy kéo qua một dụng cụ có lỗ gọi là khuôn kéo.

Lỗ khuôn chế tạo gồm các phần cơ bản sau:

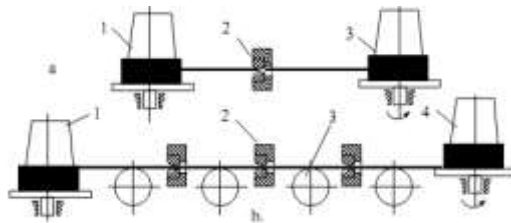
- Vùng 1. Vùng bôi trơn có hình nón góc 90<sup>0</sup> để kim loại vào và chứa chất bôi trơn.

- Vùng 2. Vùng biến dạng có góc nghiêng 2 $\alpha$ . Khi kéo dây  $\alpha=10^0-20^0$ . Tùy kim loại kéo, chiều dài  $l_2 > d$  của dây kim loại.

- Vùng 3: Có hình trụ để tinh chỉnh lại đường kính dây có chiều dài  $l_3=1/2d$
- Vùng 4: Vùng ra có góc  $60^\circ$  để dây thoát ra khỏi khuôn dễ dàng, không bị xước.

### b. Máy kéo sợi

Máy kéo sợi có nhiều loại, căn cứ vào phương pháp kéo có thể chia làm 2 loại: máy kéo thẳng hay máy kéo có tang cuộn. Máy kéo sợi có tang cuộn dùng khi kéo sợi dài có thể cuộn tròn được. Trên máy kéo một khuôn (a) dùng kéo những sợi hoặc thỏi có  $\varphi = 6\div 10$  mm. Khi tang kéo (3) quay, sợi được kéo qua khuôn (2) đồng thời cuộn thành cuộn. Theo tốc độ kéo, tang cấp sợi (1) liên tục quay theo để cấp cho khuôn kéo. Máy kéo sợi nhiều khuôn kéo có sự trượt (b) thì các khuôn kéo có tiết diện giảm dần và giữa những khuôn kéo là những con lăn (3). Sự quay của trống (4) đồng thời tạo nên tổng lực kéo của các khuôn.



Hình 2.10 Máy kéo có tang cuộn

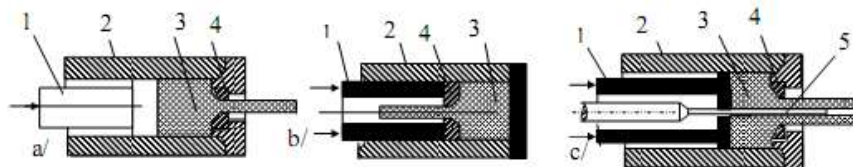
a) Máy kéo một khuôn b) Máy kéo nhiều khuôn

## 2.3. Ép kim loại

### a. Khái niệm

Ép là phương pháp chế tạo các sản phẩm kim loại bằng cách đẩy phôi kim loại nóng qua lỗ khuôn, dưới tác dụng của chày ép kim loại biến dạng và có hình dạng, kích thước yêu cầu cần thiết (giống lỗ khuôn).

Trên hình sau trình bày nguyên lý một số phương pháp ép kim loại:



Hình 2.11. Sơ đồ nguyên lý ép kim loại

a,b. Ép sợi, thanh c. Ép ống

1. Pittông 2. Xilanh 3. Kim loại 4. Khuôn kéo 5. Lỗ tạo lỗ

Ép thường được dùng để gia công các kim loại màu và hợp kim màu, đôi khi nó cũng dùng để gia công thép và các hợp kim khác.

Phôi kim loại để ép có thể là phôi kim loại đúc hay phôi kim loại cán.

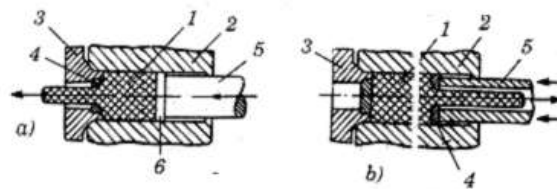
Ưu điểm của phương pháp này là có khả năng tạo thành những sản phẩm có độ chính xác cao và năng suất cao. Trong quá trình ép, kim loại chủ yếu chịu ứng suất nén nên tính dẻo tăng, do đó có thể ép được các sản phẩm có tiết diện ngang phức tạp.

Nhược điểm của phương pháp là kết cấu ép phức tạp, khuôn ép yêu cầu chống mòn cao. Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi để chế tạo các thanh kim loại màu có đường kính từ 5÷200 mm, các ống có đường kính trong đến 800 mm, chiều

### b. Các phương pháp ép

Có hai phương pháp ép: ép thuận và ép nghịch.

**Phương pháp ép thuận:** Phôi (1) được nung nóng tới nhiệt độ cần thiết và được đặt vào xilanh (2). Khuôn (4) có lỗ ép được kẹp trong ống kẹp khuôn (3). Phía đầu xilanh có chày ép (5) với đầu chày (6) có thể di chuyển ở bên trong xilanh. Khi máy ép làm việc, pittông truyền áp lực cho chày ép và qua đầu chày truyền tới phôi làm cho kim loại bị biến dạng dẻo và thoát ra khỏi lỗ khuôn.



Hình 2.12. Các phương pháp ép

a. Ép thuận b. Ép nghịch

**Phương pháp ép nghịch:** Chày rỗng giữa và đầu là khuôn ép (4) gắn vào. Khi chày ép vào phôi (1), kim loại biến dạng sẽ thoát qua lỗ khuôn (4) đi về phía ngược với phía chuyển động của chày. Phương pháp này có ưu điểm là giảm lượng hao phí kim loại xuống tới 5 - 6% so với khối lượng của phôi (ở phương pháp thuận là 18 - 20%) và giảm lực ép xuống 25 - 30%. Tuy nhiên nó không được áp dụng rộng rãi vì cấu trúc phức tạp.

Quá trình ép được phân thành những giai đoạn sau:

- Chuẩn bị phôi để ép (sửa các hư hỏng bên ngoài, cắt đoạn...).
- Nung nóng phôi tới nhiệt độ nhất định.
- Đặt kim loại nóng trong xilanh.
- Tiến hành ép kim loại
- Tu sửa thành phẩm: cắt phần kim loại chưa được ép ở đầu thành phẩm, cắt đoạn theo yêu cầu, uốn nắn, sửa các chỗ hư hỏng.

Máy ép kim loại thường dùng là loại máy ép thủy lực và máy ép cơ khí. Lực ép có thể theo chiều ngang hoặc theo chiều thẳng đứng. Phổ biến nhất là loại máy ép ngang.

## CHƯƠNG 3. RÈN VÀ DẬP KIM LOẠI

### 3.1. Rèn tự do

#### 3.1.1. Thực chất, đặc điểm và dụng cụ rèn tự do

##### a. Thực chất

Rèn tự do là một phương pháp gia công áp lực mà kim loại biến dạng không bị khống chế bởi một mặt nào khác ngoài bề mặt tiếp xúc giữa phôi kim loại với dụng cụ gia công (búa và đe).

Dưới tác động của lực  $P$  do búa (1) gây ra và phản lực  $N$  từ đe (3), khối kim loại (2) biến dạng, sự biến dạng chỉ bị khống chế bởi hai mặt trên và dưới, còn các mặt xung quanh hoàn toàn tự do.

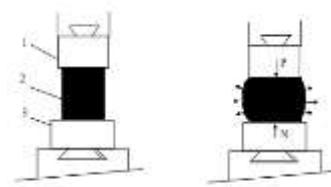
##### b. Đặc điểm

- Độ chính xác, độ bóng bề mặt chi tiết không cao.  
- Năng suất thấp;

- Chất lượng và tính chất kim loại từng phần của chi tiết khó đảm bảo giống nhau nên chỉ gia công các chi tiết đơn giản hay các bề mặt không định hình.

- Chất lượng sản phẩm phụ thuộc vào tay nghề của công nhân. Thiết bị và dụng cụ rèn tự do đơn giản.

- Rèn tự do được dùng rộng rãi trong sản xuất đơn chiếc hay hàng loạt nhỏ. Chủ yếu dùng cho sửa chữa, thay thế.



Hình 3.1. Sơ đồ rèn tự do

##### c. Phân loại

Rèn tự do có thể chia làm 2 loại:

a) **Rèn tay**: Quá trình rèn hoàn toàn dùng sức người và với những dụng cụ đơn giản như: búa tạ, búa tay, mũi đột, bàn là...

Rèn tay chỉ rèn được những vật nhỏ và trung bình, năng suất rèn không cao.

b) **Rèn máy**: Quá trình rèn được tiến hành trên máy búa như: máy búa nhịp, máy búa hơi v.v.

##### d. Dụng cụ và thiết bị rèn tự do

##### \* Dụng cụ

Do tính chất đa dạng của rèn tự do về công nghệ, hình dáng, kích thước, khối lượng... cho nên dụng cụ rèn tự do cũng có nhiều kiểu loại khác nhau như búa, đe, đệm, đột, bàn là, bàn tóp, kim, dưỡng, compa...

- Nhóm 1: Là những dụng cụ công nghệ cơ bản như các loại đe, búa, bàn là, bàn tóp, sấn, chặt, mũi đột.

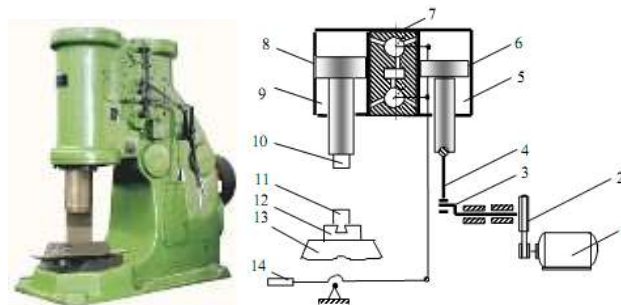
- Nhóm 2: Là những dụng cụ kẹp chặt như các loại kim, êtô và các cơ cấu kẹp chặt khác.

- Nhóm 3: Là những dụng cụ kiểm tra và đo lường: êke, thước cặp (đo trong đo ngoài, đo chiều sâu, các loại compa).

### \* Thiết bị rèn tự do

Thiết bị rèn tự do bao gồm: thiết bị gây lực, thiết bị nung, máy cắt phôi, máy nắn thẳng, máy vận chuyển.v.v...Rèn tự do có thể tiến hành bằng tay hoặc bằng máy. Rèn tay chủ yếu dùng trong sản xuất sửa chữa, trong các phân xưởng cơ khí chủ yếu là rèn máy. Theo đặc tính tác dụng lực, các máy dùng để rèn tự do được chia ra: máy tác dụng lực va đập (máy búa), máy tác dụng lực tĩnh (máy ép). Trong đó, máy búa hơi là thiết bị được sử dụng nhiều nhất.

Máy búa hơi có hai xi lanh, một xi lanh khí (5) và một xi lanh búa (9). Giữa hai xi lanh có van phân phối khí (7) để điều khiển sự cấp khí nén từ xi lanh nén sang xi lanh đầu búa.



Hình 3.2. Máy búa hơi và sơ đồ nguyên lý máy búa hơi

1. Động cơ điện 2. Bộ truyền đai 3. Trục khuỷu 4. Tay biên 5. Xi lanh khí 6. Piston 7. Van phân phối khí 8. Piston búa 9. Xi lanh búa 10. Đe trên 11. Đe dưới 12. Gối đỡ đe 13. Bộ đe 14. Bàn đạp điều khiển

Nguyên lý làm việc của máy búa: Động cơ 1 truyền động cho trục khuỷu 3 qua bộ truyền đai 2. Thông qua biên truyền động 4 làm cho pittông ép 6 chuyển động tịnh tiến tạo ra khí ép ở buồng trên hoặc buồng dưới trong xi lanh búa 9.

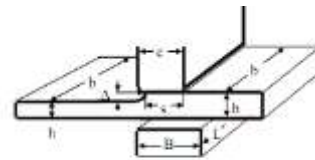
Tuỳ theo vị trí của bàn đạp điều khiển 14 mà hệ thống van phân phối khí 7 sẽ tạo ra những đường dẫn khí khác nhau, làm cho pittông búa 8 có gắn thân pittông búa và đe trên 10 chuyển động hay đứng yên trong xi lanh búa 9. Đe dưới 11 được lắp vào gối đỡ đe 12, chúng được giữ chặt trên bộ đe 13.

Ngoài máy búa hơi trong thực tế còn sử dụng các loại máy sau đây trong rèn tự do: Máy búa hơi nước - không khí ép rèn tự do, Máy búa ma sát kiểu ván gỗ, Máy búa lò xo.

### 3.1.2 Những nguyên công cơ bản của rèn tự do

#### a. Nguyên công vuốt

Nguyên công làm giảm tiết diện ngang và tăng chiều dài của phôi rèn. Dùng để rèn các chi tiết dạng trục, ống, dẹt mỏng hay chuẩn bị cho các nguyên công tiếp theo như đột lỗ, xoắn, uốn. Thông thường khi vuốt dùng búa phẳng, nhưng khi cần vuốt với năng suất cao hơn thì dùng búa có dạng hình chữ V hoặc cung tròn.



Hình 3.3. Sơ đồ vuốt

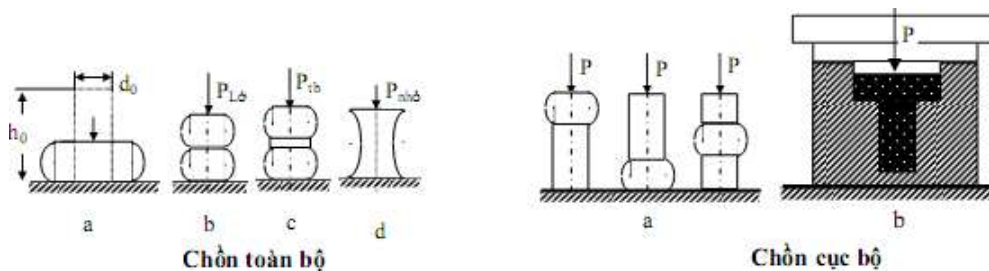
#### b. Nguyên công chèn

Là nguyên công nhằm tăng tiết diện ngang và giảm chiều cao phôi. Nó thường là nguyên công chuẩn bị cho các nguyên công tiếp theo như đột lỗ, thay dạng thớ trong tổ chức kim loại, làm bằng đầu, chuyển đổi kích thước phôi. Có 2 dạng chèn:

- Chèn toàn bộ: là nung cả chiều dài phôi, khi chèn thường xảy ra các trường hợp

sau: Khi  $\frac{h_0}{d_0}$  (thì vật chèn có dạng hình tròn (a). Khi  $\frac{h_0}{d_0} \approx 2 + 2,5$  Tùy theo độ lớn của lực tác dụng mà có thể xảy ra các b, c, d.

- Chèn cục bộ: Chỉ cần nung nóng vùng cần chèn hay làm nguội trong nước phần không cần chèn rồi mới gia công. Cũng có thể nung nóng toàn bộ rồi gia công trong những khuôn đệm thích hợp.



Hình 3.4. Nguyên công chèn

#### c. Nguyên công đột lỗ

Có 2 dạng đột lỗ:

- *Đốt lỗ thông suốt*: Nếu chi tiết đốt mỏng và rộng thì không cần lật phôi trong quá trình đốt.

Cần phải có vòng đệm để dễ thoát phoi. Nếu chiều dày vật đốt lớn thì đốt đến 70÷80% chiều sâu lỗ, lật phôi 180° để đốt phần còn lại. Nếu lỗ đốt quá sâu ( $h/d \geq 2,5$ ) thì khi hết mũi đốt ta dùng các trụ đệm để đốt đến chiều sâu yêu cầu. Nếu lỗ đốt có đường kính quá lớn ( $D > 50 \div 100 \text{mm}$ ) nên dùng mũi đốt rộng để giảm lực đốt.

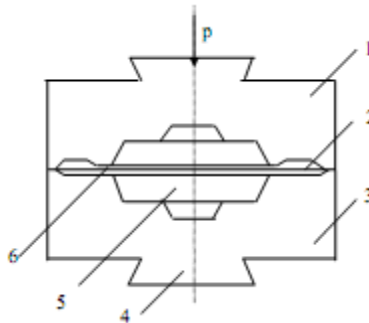
- *Đốt lỗ không thông*: Được coi như là giai đoạn đầu của đốt lỗ thông, song để biết được chiều sâu lỗ đã đốt thì trên mũi đốt và trụ đệm phải được khắc dấu, không dùng được mũi đốt rộng. Nếu lỗ đốt lớn trước hết dùng mũi đốt nhỏ để đốt, sau đó dùng mũi đốt lớn dần cho đến đường kính yêu cầu. Vì rằng sự biến dạng trong khi đốt lỗ không thông rất khó khăn.

## 3.2. DẬP THỂ TÍCH (Rèn khuôn/ Dập khối)

### 3.2.1. Định nghĩa, đặc điểm

#### a/ Định nghĩa:

Dập thể tích là phương pháp gia công áp lực trong đó kim loại biến dạng trong một không gian hạn chế bởi bề mặt lòng khuôn (sự biến dạng của kim loại bị hạn chế theo mọi chiều bởi bề mặt của lòng khuôn).



Hình 3.5. Sơ đồ kết cấu của một bộ khuôn rèn

- 1-khuôn trên; 2- rãnh chứa ba-via; 3- khuôn dưới; 4- chuôi đũa ép;  
5- lòng khuôn; 6- cửa vành biên

Sơ đồ kết cấu chung của bộ khuôn gồm: Khuôn trên 1 và khuôn dưới 3 được bắt chặt vào đầu búa, vào đe nhờ chuôi é n 4. Lòng khuôn 5 có hình dáng gần giống hình bao của chi tiết gia công. Chung quanh lòng huôn dọc theo bề mặt phân cách giữa hai khuôn trên và khuôn dưới có cửa vành biên 6 và rãnh chứa vành biên 2.

Quá trình biến dạng của phôi trong lòng khuôn phân thành 3 giai đoạn:

- Giai đoạn đầu: Chiều cao của phôi giảm, kim loại biến dạng và chảy ra xung quanh. Theo phương thẳng đứng, phôi chịu ứng suất nén, còn theo phương ngang thì phôi chịu ứng suất kéo.

- Giai đoạn 2: kim loại bắt đầu lên kín cửa vành biên, khối kim loại trong lòng khuôn bị trở lực của lòng khuôn về mọi phía nên chịu ứng suất nén khối, mặt tiếp giáp giữa nửa khuôn trên và dưới chưa áp sát vào nhau.

- Giai đoạn cuối: Đây là giai đoạn hình thành vành biên. Kim loại chịu ứng suất nén khối triệt để, điền đầy những phần sâu và mỏng của lòng khuôn. Phần kim loại thừa sẽ tràn qua cửa vành biên và rãnh chứa vành biên cho tới khi hai bề mặt của khuôn áp sát vào nhau (vành biên còn có tên gọi là bavaria hay ba-vơ).

### **b/ Đặc điểm:**

- Sử dụng một bộ khuôn có hình dáng và kích thước lòng khuôn gần giống vật gia công;

- Độ chính xác và độ bóng bề mặt phôi cao (cấp 6 - 7; Rz40 ÷ Rz10)

- Chất lượng sản phẩm đồng đều và cao, ít phụ thuộc tay nghề công nhân.

- Có thể tạo phôi có hình dạng phức tạp hơn;

- Năng suất cao, dễ cơ khí hoá và tự động hoá.

- Thiết bị cần có công suất lớn, độ cứng vững và độ chính xác cao.

- Chi phí chế tạo khuôn cao, khuôn làm việc trong điều kiện nhiệt độ và áp lực cao.

Bởi vậy dập thể tích chủ yếu dùng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối.

### **c) Phân loại**

*\* Phân loại theo trạng thái nhiệt của phôi: Rèn khuôn nóng và rèn khuôn nguội*

- Rèn khuôn nóng: Là phương pháp rèn khuôn mà phôi được nung nóng đến nhiệt độ rèn. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi hơn do kim loại được biến dạng dẻo dễ dàng, khả năng điền thấu được tốt, không yêu cầu thiết bị có công suất cao, khuôn ít mòn. Tuy nhiên, rèn khuôn nóng chất lượng bề mặt của sản phẩm bị hạn chế, độ chính xác về kích thước thấp, khuôn phải chịu nhiệt tốt, nếu nhiệt luyện không tốt thì khuôn dễ nứt mẻ.

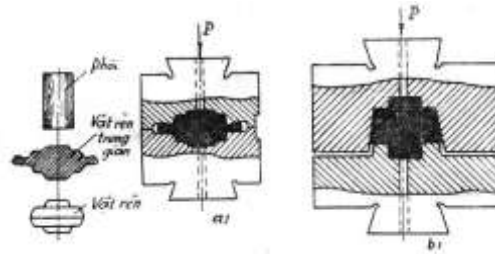
Vì vậy, người ta thường rèn khuôn nóng để rèn những chi tiết yêu cầu độ bóng bề mặt, độ chính xác không cao, rèn thô hoặc rèn sơ bộ trước khi rèn khuôn nguội.

- Rèn khuôn nguội: Phôi không nung nóng hoặc chỉ nung nóng đến nhiệt độ kết thúc rèn (đối với thép nung đến 750-780°C). Vì thế kim loại biến dạng khó khăn, khả năng điền thấu kém, đòi hỏi công suất thiết bị cao, khuôn chóng mòn. Ưu điểm là chất lượng bề mặt tốt, độ chính xác về kích thước cao, thường dùng để rèn lần cuối trước khi ra thành phẩm.



\* *Phân loại theo kết cấu lòng khuôn: Rèn trong khuôn kín, rèn trong khuôn hở*

- **Khuôn hở:** Khuôn có mặt phân khuôn mà vùng tiếp giáp với vật gia công vuông góc với phương của lực tác dụng. Khuôn có rãnh vành biên để chứa phần kim loại thừa sau khi biến dạng. Trong quá trình dập, hai nửa khuôn luôn có khe hở, chúng chỉ được khép kín khi quá trình dập kết thúc. Thể tích của phôi lớn hơn thể tích vật rèn nên sau khi điền đầy lòng khuôn kim loại chảy theo cửa vành biên vào rãnh vành biên do có sự biến dạng của kim loại không bị hạn chế.



Hình 3.6. Kết cấu lòng khuôn

a. Lòng khuôn hở b. Lòng khuôn kín

- **Khuôn kín:** Là khuôn có mặt phân khuôn tại vùng tiếp giáp với vật gia công song song hay gần song song với phương của lực tác dụng. Khuôn không có rãnh vành biên nên vật rèn không có bavias. Trong quá trình gia công hai nửa khuôn luôn khép kín với nhau.

Rèn khuôn kín thì tính dẻo của kim loại tăng, tính điền đầy tốt, yêu cầu công suất thiết bị không lớn. Tuy nhiên, rèn khuôn kín yêu cầu việc tính toán phôi phải chính xác, yêu cầu chất lượng nung nóng phôi cao.

\* *Phân loại theo thiết bị gia công*

Đây là cách phân loại thường dùng nhất, gồm: rèn khuôn trên máy búa, rèn khuôn trên máy ép thủy lực, rèn khuôn trên máy ép dập nóng, rèn khuôn trên máy chuyên dùng.

### 3.2.2. Thiết bị dập thể tích

Thiết bị dùng trong dập thể tích bao gồm nhiều loại khác nhau như thiết bị nung, thiết bị vận chuyển, máy cắt phôi, thiết bị làm nguội, thiết bị kiểm tra v.v...Tuy nhiên ở đây ta chỉ nghiên cứu một số máy gia công chính.

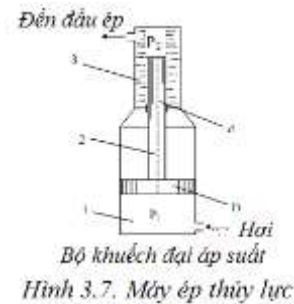
Dập thể tích đòi hỏi phải có lực dập lớn, bởi vậy các máy dập phải có công suất lớn, độ cứng vững của máy cao. Mặt khác, do yêu cầu khi dập khuôn trên và khuôn dưới phải định vị chính xác với nhau, chuyển động của đầu trượt máy dập phải chính xác, ít gây chấn động. Trong dập thể tích thông dụng nhất là sử dụng các loại máy sau: máy búa hơi nước - không khí nén, máy ép trực khuỷu, máy ép thủy lực, máy ép ma sát trực vít.

**a/ Máy ép thủy lực:** Máy được chế tạo với lực ép từ 300 - 7.000 tấn.

Máy ép thủy lực có ưu điểm là lực ép lớn, chuyển động của dầu ép êm và chính xác, điều khiển hành trình ép và lực ép dễ dàng. Nhược điểm của máy ép thủy lực là chế tạo phức tạp, bảo dưỡng khó khăn.

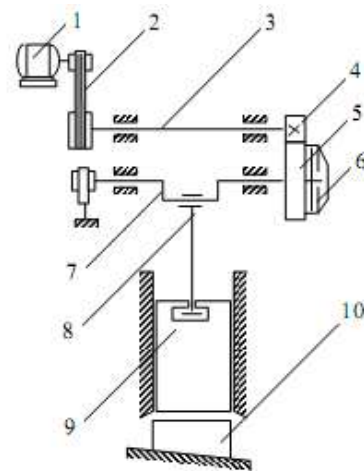
Để tạo áp lực ép lớn, trong các máy ép thủy lực thường dùng bộ khuếch đại áp suất với hai xi lanh: xi lanh hơi (1) và xi lanh dầu (3). Pittông (2) có hai phần đường kính khác nhau, phần nằm trong xi lanh hơi có đường kính lớn (D) và phần nằm trong xi lanh dầu có đường kính bé (d). Với áp suất hơi  $p_1$ , áp suất dầu ( $p_2$ ) được tính theo công thức sau:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{D^2}{d^2}$$



### b/ Máy ép trực khuỷu

Máy ép trực khuỷu có lực ép từ 16÷10.000 tấn. Máy này có loại hành trình đầu con trượt cố định gọi là máy có hành trình cứng; có loại đầu con trượt có thể điều chỉnh được gọi là hành trình mềm. Nhìn chung các máy lớn đều có hành trình mềm. Trên máy ép cơ khí có thể làm được các công việc khác nhau: rèn trong khuôn hở, ép phôi, đột lỗ, cắt bavias v.v... Sơ đồ nguyên lý được trình bày trên hình sau:



Nguyên lý làm việc của máy như sau: Động cơ (1) qua bộ ruyền đai (2) truyền chuyển động cho trục (3), bánh răng (4) ăn khớp với bánh răng (7) lắp lồng không trên trục khuỷu (5). Khi đóng i hợp (6), trục khuỷu (8) quay, thông qua tay biên (8) làm cho đầu rượt (9) chuyển động tịnh tiến lên xuống, thực hiện chu trình dập. Dưới (10) lắp trên bộ nghiêng có thể điều chỉnh được vị trí ăn khớp của khuôn trên và khuôn dưới.

Đặc điểm của máy ép trực khuỷu: chuyển động của đầu trượt êm hơn máy búa, năng suất cao, tổn hao năng lượng ít, nhưng có nhược điểm là phạm vi điều chỉnh hành trình bé, đòi hỏi tính toán phôi chính xác và phải làm sạch phôi kỹ trước khi dập.

## 3.3 DẬP TẤM

### 3.3.1 Thực chất, đặc điểm và công dụng

#### a/ Thực chất

Dập tấm là phương pháp biến dạng dẻo phôi kim loại ở dạng tấm, trong khuôn, dưới tác dụng của ngoại lực để tạo thành sản phẩm có hình dạng và kích thước theo yêu cầu.

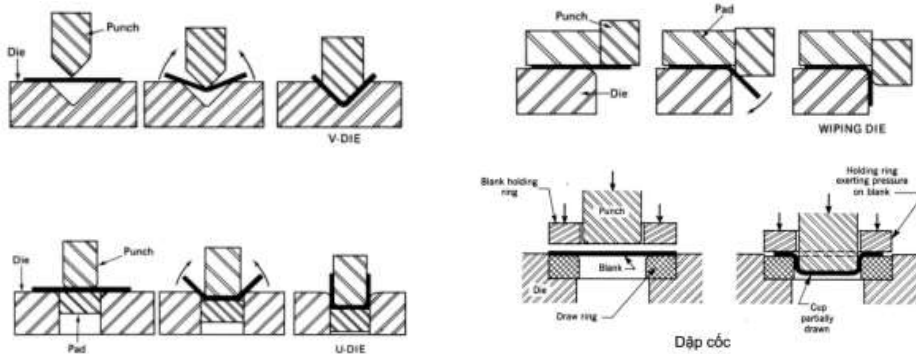
Dập tấm là một phương pháp gia công áp lực tiên tiến để chế tạo các sản phẩm hoặc chi tiết bằng vật liệu tấm, thép bản hoặc thép dải. Dập tấm được tiến hành ở trạng thái nguội (trừ thép cacbon có  $S > 10\text{mm}$ ) nên còn gọi là dập nguội.

### b/ Đặc điểm

- Sản phẩm dập có độ chính xác cao, thường không cần gia công cơ khí lại, khả năng lắp lẫn tốt;
- Vật liệu dùng trong dập tấm rất đa dạng: Thép cacbon, thép hợp kim mềm, đồng và hợp kim đồng, nhôm và hợp kim nhôm, niken, thiếc, chì vv... và vật liệu phi kim: giấy cactông, amiăng, da, vv...
- Năng suất lao động cao, giá thành hạ do dễ tự động hoá và cơ khí hoá;
- Chuyển động của thiết bị đơn giản, công nhân không cần trình độ cao. Có thể dập được những chi tiết phức tạp và đẹp (huy hiệu, tiền kim loại...), có độ bền cao..v.v...

### c/ Công dụng

Dập tấm được dùng rộng rãi trong các ngành công nghiệp đặc biệt ngành chế tạo máy bay, nông nghiệp, ô tô, thiết bị điện, dân dụng v.v...



Do những ưu điểm trên nên dập tấm được sử dụng rất rộng rãi trong công nghiệp. Trong ngành chế tạo ô tô, khối lượng các chi tiết dập tấm chiếm tới 60%, ngành sản xuất thiết bị điện 60-70%, ngành chế tạo dụng cụ chính xác 85-90%, sản xuất hàng tiêu dùng 90%. Thường dùng trong sản xuất loạt lớn và hàng khối để chế tạo các chi tiết che chắn, nắp đậy, vỏ, thùng chứa...

### 3.3.2. CÔNG NGHỆ DẬP TẤM

Công nghệ dập tấm được đặc trưng bởi 2 nhóm nguyên công chính: nguyên công cắt và nguyên công tạo hình.

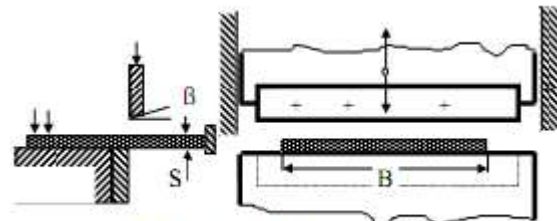
#### A/ NHÓM NGUYÊN CÔNG CẮT

Cắt phôi là nguyên công tách một phần của phôi khỏi phần kim loại chung. Nguyên công này có 3 loại: cắt đứt, cắt phôi, đột lỗ.

a/ Cắt đứt: Là nguyên công cắt phôi thành từng miếng theo đường cắt hở, dùng để cắt thành từng dải có chiều rộng cần thiết, cắt thành miếng nhỏ từ những phôi thép tấm lớn. Có các loại máy cắt đứt sau:

**Máy cắt lưỡi dao song song:**

- Cắt được các tấm rộng  $B \geq 3200$  mm, chiều dày S đến 60 mm.
- Chỉ cắt được đường thẳng, chiều rộng tấm cắt phải nhỏ hơn chiều dài dao.
- Đường cắt thẳng, đẹp, hành trình dao nhỏ;



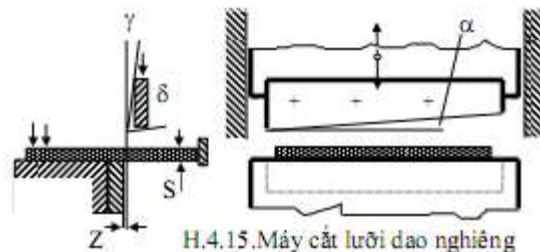
H.4.14. Máy cắt lưỡi dao song song

Lực cắt lớn:  $P = 1,3.B.S.\sigma_c$  (N).

$\sigma_c = (0,6 \div 0,8)\sigma_b$  (N/mm<sup>2</sup>) - Giới hạn bền cắt.

**Máy cắt dao nghiêng:**

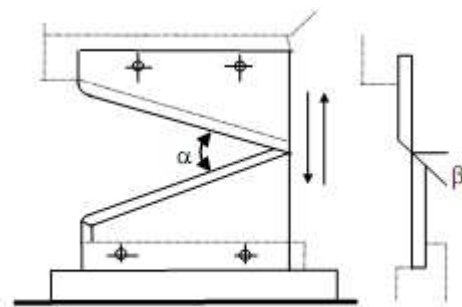
- Lưỡi dao trên nghiêng một góc  $\alpha = 2 \div 6^\circ$
  - Độ hở giữa 2 dao  $Z = 0,05 \div 0,2$ mm
  - Lực cắt không lớn, cắt được các tấm
- Cắt được các đường cong; Đường cắt không thẳng và nhẵn. Hành trình của dao



dày;  
lớn:

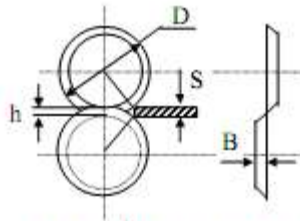
$$P = 1,3 \frac{0,5.S^2.\sigma_c}{tg\alpha} \text{ (N)}$$

**Máy cắt chấn động:** Máy có 2 lưỡi dao nghiêng tạo thành một góc  $\alpha = 24 \div 30^\circ$ ; góc  $\beta = 6 \div 7^\circ$ , khi cắt lưỡi cắt trên lên xuống rất nhanh (2000 ÷ 3000 lần/phút) và với hành trình 2 ÷ 3 mm. Cắt được tấm có  $S \leq 10$  mm.

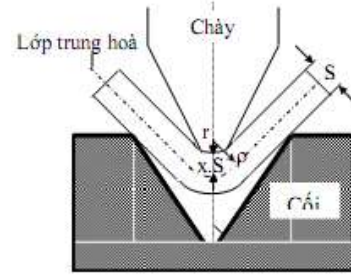


trước  
ngắn

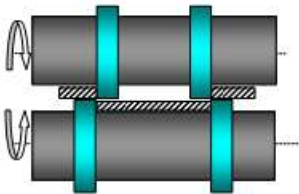
**Máy cắt dao đĩa:**



H.4.17.a/ Máy cắt dao đĩa một cặp dao

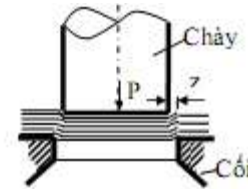


H.4.19. Nguyên công uốn



H4.17.b/ Máy cắt dao đĩa nhiều cặp dao

**b/ Dập cắt và đột lỗ:** Đây là nguyên công cắt mà đường cắt là một chu vi kín. Về nguyên lý dập cắt và đột lỗ giống nhau chỉ khác nhau về công dụng. Đột lỗ là quá trình tạo nên lỗ rỗng trên phôi, phần vật liệu tách khỏi phôi gọi là phế liệu. Đối với dập cắt thì phần cắt rời là phôi phần còn lại là phế liệu.



H.4.18. Sơ đồ dập cắt và đột lỗ

## B/ NHÓM NGUYÊN CÔNG TẠO HÌNH

Là những nguyên công dịch chuyển một phần của phôi đối với phần khác mà không bị phá huỷ.

**a/ Nguyên công uốn:** Là nguyên công làm thay đổi hướng của trục phôi. Trong quá trình uốn cong lớp kim loại phía trên bị nén, lớp kim loại phía ngoài bị kéo.

**Bán kính uốn cho phép:** Khi uốn bán kính uốn phía trong được giới hạn nhất định. Nếu quá lớn, vật uốn chưa đến mức biến dạng dẻo. Ngược lại nếu quá nhỏ thì có thể làm đứt vật liệu ở tiết diện uốn:

$$r_{\min} = (0,25+0,3)S \text{ (mm)} < r < r_{\max} = \frac{\epsilon S}{2\sigma_c}$$

Trong đó  $\epsilon$  - môđun đàn hồi khi kéo ( $\text{N/mm}^2$ );  $\sigma_c$  - giới hạn chảy của vật liệu, ( $\text{N/mm}^2$ ).

**Sự đàn hồi khi uốn cong:** Sau khi thôi lực tác dụng, do có sự đàn hồi nên vật uốn có xu hướng giãn ra. Để có được góc uốn của chi tiết  $\phi_0$ , người ta phải uốn với góc là  $\phi$ , và góc

đàn hồi được biểu thị là: 
$$\gamma = \frac{\phi_0 - \phi}{2}$$

Trong thực tế  $\gamma = 0 \div 12^\circ$ .

**b/ Nguyên công dập vuốt:** Dập vuốt là nguyên công chế tạo các chi tiết rỗng có hình dạng bất kỳ từ phôi phẳng và được tiến hành trên các khuôn dập vuốt.

- Dập vuốt không làm mỏng thành: + Chọn hình dạng và kích thước phôi: Nếu chi tiết là hình

hộp đáy chữ nhật thì phôi có dạng hình bầu dục hay elíp, còn nếu chi tiết là hình hộp đáy vuông hoặc hình trụ đáy tròn thì phôi là miếng cắt tròn. Nếu  $S < 0,5 \text{ mm}$  thì diện tích phôi bằng diện tích mặt trong hoặc diện tích mặt ngoài của chi tiết, còn nếu  $S > 0,5 \text{ mm}$  thì lấy bằng diện tích lớp trung hoà của chi tiết.

+ Xác định số lần dập vuốt: Khi dập vuốt tùy theo tính dẻo của vật liệu mỗi lần dập cho phép dập thành chi tiết có đường kính nhất định. Hệ số dập cho phép được tính như sau:

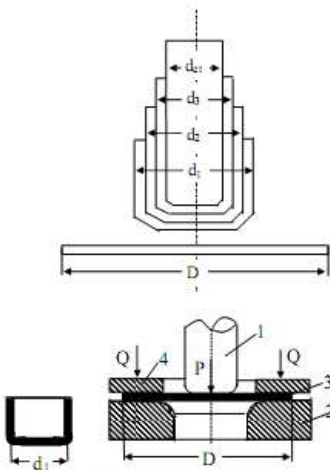
$$m = \frac{d_{ct}}{D_{ph}} = 0,55 + 0,95$$

Số lần dập  $n$  của phôi có đường kính  $D$  thành chi tiết có đường kính  $d_n$ :

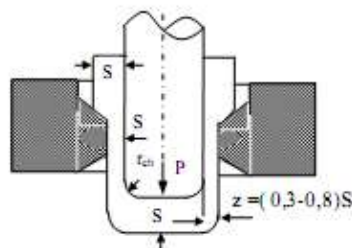
$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg(m_1 \cdot D)}{\lg m_{tb}}$$

+ Quá trình dập vuốt: Những chi tiết có phôi là tấm dày thì tiến hành trên khuôn không cần vành ép, nhưng nếu phôi là tấm mỏng sẽ xảy ra hiện tượng nhăn xếp ở thành sản phẩm nên dùng thêm vành ép.

- Dập vuốt làm mỏng thành: Được thực hiện khi độ hở giữa chày và khuôn nhỏ hơn chiều dày phôi. Đường kính giảm ít, chiều sâu tăng nhiều và giảm chiều dày thành phôi. Để rút ngắn số lần dập giãn, một số lần dập đầu không làm mỏng thành, sau đó mới dập giãn làm mỏng thành.

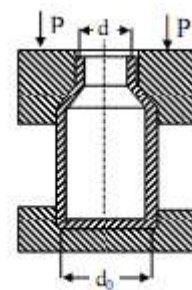


H.4.20. Quá trình dập vuốt  
1. chày ép; 2. khuôn ép; 3. phôi k.loại; 4. vành ép



H.4.21. Dập vuốt làm mỏng thành

**c/ Tóp miệng:** là nguyên công làm cho miệng của phôi rỗng (thường là hình trụ) thu nhỏ lại. Phần tóp nhỏ lại có thể là hình côn, côn và trụ, nửa hình cầu v.v... Khuôn dưới làm nhiệm vụ định vị chi tiết, khuôn trên có lỗ hình côn đường kính giảm dần, phần cuối của khuôn trên là hình trụ.



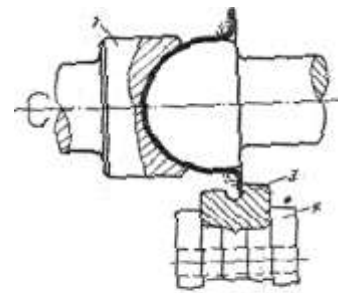
H.4.22. Sơ đồ tóm tắt quá trình tóp miệng

$$K = \frac{d_0}{d} = 1,2 + 1,3$$

Để tránh xảy ra hiện tượng xếp ở miệng tóp thì:

Khi cần tóp đến chi tiết có đường kính nhỏ hơn giới hạn cho phép thì phải qua một số lần tóp.

**d/ Viên mép:** Để tăng thêm độ cứng vững của các chi tiết rỗng dập vuốt từ kim loại tấm mỏng, người ta viên mép chi tiết sau khi dập.

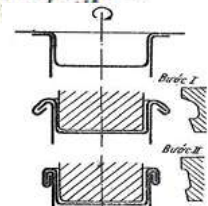


H.4.23. Gá viên mép bằng con lăn trên

#### **đ/ Ghép mối**

Lắp ghép các chi tiết từ vật liệu tấm bằng phương pháp dập với sự phối hợp các nguyên công uốn, tóp, nong, giãn rộng v.v... để các chi tiết nối lại với nhau thành sản phẩm hay cụm chi tiết gọi là ghép mối.

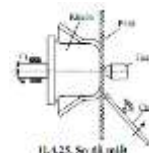
Ghép mối phần lớn dùng cho mối ghép không tháo rời và đơn giản. Hình sau trình bày một phương pháp ghép mối bằng con lăn.



H.4.24. Ghép mối

**e/ Miết:** Miết là phương pháp chế tạo các chi tiết tròn xoay mỏng. Đặc biệt miết được dùng để chế tạo những chi tiết có đường kính miệng thu nhỏ vào và thân phình ra như bi đồng, lọ hoa...kế tiếp sau nguyên công dập vuốt. Công nghệ miết được ứng dụng đối với các chi tiết bằng thép mềm hay kim loại màu.

Số vòng quay của trục chính phụ thuộc vào vật liệu: thép mềm 400 - 600 v/ph; nhôm 800 - 1200 v/ph; đũa 500 - 900 v/ph; đồng đỏ 600 - 800 v/ph.



H.4.25. Sơ đồ miết

## PHẦN 3. CÔNG NGHỆ HÀN

### 3.1. Thực chất, đặc điểm và phân loại hàn

#### 3.1.1 Thực chất

Hàn là một quá trình gia công kim loại, nối hai hay nhiều chi tiết kim loại lại với nhau thành một khối không tháo rời được bằng cách nung nóng kim loại ở vùng tiếp xúc đến trạng thái nóng chảy (trạng thái hàn), sau đó kim loại kết tinh (nguội tự do và đông đặc) hoặc nung đến trạng thái dẻo, sau đó tác dụng lực ép đủ lớn để tạo liên kết hàn.



Mối hàn

#### 3.1.2 Đặc điểm

Công nghệ hàn ngày nay phát triển mạnh và được sử dụng rộng rãi, vì có những đặc điểm sau:

- Tiết kiệm kim loại (tiết kiệm từ 30÷50% khối lượng kim loại so với đúc).

Đồng thời hàn có thể hàn được các kim loại khác nhau để tiết kiệm kim loại quý hoặc tạo kết cấu đặc biệt. Ví dụ hàn đồng với thép, hàn nhôm với thép...)

- Độ bền và độ kín của mối hàn lớn.

Thông thường, mối hàn kim loại được hợp kim hóa tốt hơn kim loại vật hàn nên mối hàn chịu tải trọng tĩnh tốt.

- Sản phẩm đa dạng, có thể hàn được nhiều kim loại khác nhau, có thể tạo được các kết cấu nhẹ nhưng khả năng chịu lực cao.

- Thời gian chuẩn bị và chế tạo phôi ngắn, giá thành phôi thấp, cho năng suất cao, vì có thể giảm được số lượng các nguyên công, giảm cường độ lao động;

- Thiết bị hàn đơn giản, gọn nhẹ, dễ chế tạo;

- Hàn có thể gia công được những chi tiết phức tạp mà các phương pháp gia công khác không thể làm được.

Tuy nhiên, do nguồn nhiệt nung nóng cục bộ, dễ tạo ứng suất dư lớn gây biến dạng kết cấu hàn, tổ chức kim loại gần mối hàn bị thay đổi theo chiều hướng xấu đi, làm giảm khả năng chịu tải trọng động của mối hàn, mặt khác trong mối hàn dễ gây khuyết tật như rỗ, nứt... Trong vật hàn tồn tại ứng suất dư lớn, vật hàn dễ bị biến dạng và cong vênh. Khả năng chịu tải trọng động thấp.



Hàn được sử dụng rộng rãi để chế tạo phôi trong ngành chế tạo máy, chế tạo các kết cấu dạng khung, giàn, dầm trong xây dựng, cầu đường, đóng tàu, các bình chứa trong công nghiệp v.v...

### c. Phân loại các phương pháp hàn

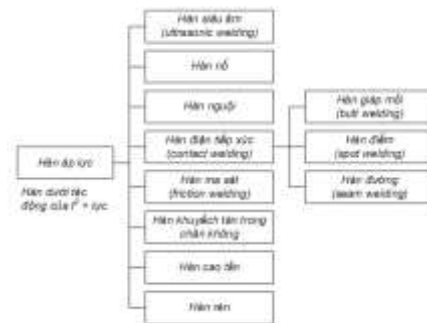
Ngày nay có trên 120 phương pháp hàn khác nhau. Theo trạng thái hàn chia làm hai nhóm: Hàn nóng chảy và hàn áp lực

- Hàn nóng chảy: Kim loại mép hàn được nung đến trạng thái nóng chảy kết hợp với kim loại bổ sung từ ngoài vào điền đầy khe hở giữa hai chi tiết hàn, sau đó đông đặc tạo ra mối hàn.



*Các phương pháp hàn nóng chảy*

- Hàn áp lực: khi hàn bằng áp lực kim loại ở vùng mép hàn được nung nóng đến trạng thái dẻo sau đó hai chi tiết được ép lại với lực ép đủ lớn, tạo ra mối hàn. Nhóm này gồm hàn điện tiếp xúc, hàn ma sát, hàn nổ, hàn siêu âm, hàn khí ép, hàn cao tần, hàn khuếch tán v.v...



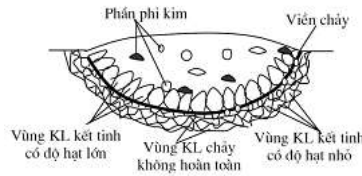
*Các phương pháp hàn áp lực*

## 3.2 Tổ chức kim loại mối hàn khi hàn nóng chảy

### 3.2.1 Tổ chức vùng mối hàn

Vùng này kim loại nóng chảy hoàn toàn, khi kết tinh có tổ chức tương tự tổ chức thỏi đúc, thành phần và tổ chức khác với kim loại que hàn và vật hàn.

Vùng sát với kim loại cơ bản do tản nhiệt nhanh, tốc độ nguội lớn nên hạt rất nhỏ. Vùng tiếp theo kim loại sẽ kết tinh theo hướng vuông góc với mặt tản nhiệt tạo nên hạt lớn kéo dài. Vùng trung tâm do nguội chậm nên hạt lớn và có lẫn chất phi kim (xi...).



*Sự kết tinh của kim loại mối hàn*

### 3.2.2 Vùng ảnh hưởng nhiệt

Tổ chức của kim loại trong vùng ảnh hưởng nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ của từng vùng (căn cứ vào giản đồ trạng thái Fe-C), bao gồm:

- Vùng chảy lỏng không hoàn toàn (II): Nằm giữa kim loại mối hàn và kim loại vật hàn, vùng này kim loại vật hàn có hai pha lỏng và đặc có pha lẫn kim loại que hàn. Hạt kim loại nhỏ và ảnh hưởng tốt đến cơ tính mối hàn.

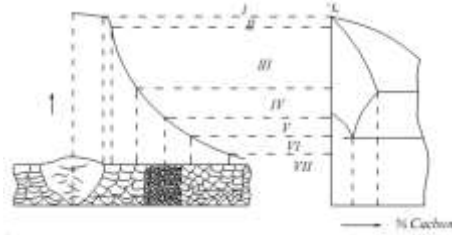
- Vùng quá nhiệt (III): Là vùng có nhiệt độ trên  $1100^{\circ}\text{C}$ , ở nhiệt độ này các hạt ôstenit bắt đầu phát triển mạnh, tạo hạt thô, rất dòn, sau khi kết tinh thu được hạt lớn do đó vùng này là vùng yếu nhất của vật hàn.

- Vùng thường hóa (IV): Là vùng có nhiệt độ ( $900-1100^{\circ}\text{C}$ ). Ở nhiệt độ này tổ chức là các hạt ferit nhỏ và ôstenit, sau khi kết tinh thu được hạt ferit hạt nhỏ và peclit, vì thế vùng này có cơ tính rất cao.

- Vùng kết tinh lại không hoàn toàn (V): Là vùng có nhiệt độ ( $720-900^{\circ}\text{C}$ ). Tổ chức vùng này gồm hạt ferit và ôstenit nhỏ, sau khi kết tinh thu được hạt không đồng đều vì thế cơ tính vùng này giảm.

- Vùng kết tinh lại (VI): Là vùng có nhiệt độ ( $500-720^{\circ}\text{C}$ ). Tổ chức giống tổ chức kim loại vật hàn, nhưng ở nhiệt độ này là nhiệt độ biến mềm làm mất hiện tượng biến cứng nên tổ chức của kim loại trở lại trạng thái ban đầu. Vùng này có độ cứng giảm, tính dẻo tăng.

- Vùng dòn xanh (VII): Là vùng có nhiệt độ  $<500^{\circ}\text{C}$ . Tổ chức, cấu tạo giống hoàn toàn kim loại vật hàn nhưng do ảnh hưởng nhiệt nên tồn tại ứng suất dư, vì vậy khi chịu kéo chỗ này cũng hay bị đứt.



*Tổ chức của vùng ảnh hưởng nhiệt khi hàn thép*

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| I. Vùng kim loại mối hàn           | V. Vùng kết tinh lại không hoàn toàn |
| II. Vùng chảy lỏng không hoàn toàn | VI. Vùng kết tinh lại                |
| III. Vùng quá nhiệt                | VII. Vùng đôn xanh                   |
| IV. Vùng thường hóa                |                                      |

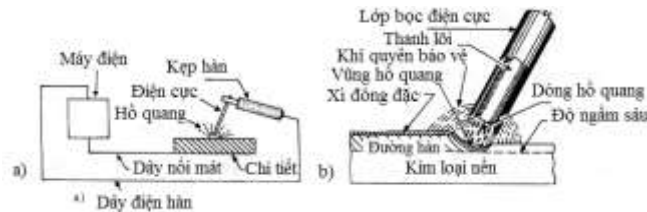
### 3.3 Một số phương pháp hàn kim loại

#### 3.3.1 Hàn hồ quang tay

##### a. Thực chất

Hàn hồ quang là phương pháp hàn nóng chảy dùng nhiệt của ngọn lửa hồ quang sinh ra giữa các điện cực hàn. Thực chất của hồ quang hàn là dòng chuyển động của các điện tử và ion trong môi trường khí giữa hai điện cực, kèm theo sự phát nhiệt lớn và phát sáng mạnh.

Sự cháy và duy trì ổn định của hồ quang trong quá trình hàn được thực hiện bằng tay.



*Hình 2.1 Hàn hồ quang tay*

*a) Mạch điện hàn b) Hồ quang hàn*

##### b. Đặc điểm

- Có thể hàn được mối hàn ở các vị trí không gian;
- Hàn được trên các chi tiết to, nhỏ, đơn giản, phức tạp khác nhau;
- Hàn được trong các môi trường khác nhau (khí bảo vệ, hàn dưới nước, hàn trong chân không...);
- Thiết bị hàn và trang bị gá lắp hàn đơn giản, dễ thao tác;
- Năng suất hàn thấp, chất lượng mối hàn không cao, phụ thuộc vào trình độ công nhân;

- Được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp như chế tạo máy, giao thông vận tải, xây dựng...

### c. Phân loại:

- Phân loại theo dòng điện hàn: Hàn bằng dòng điện xoay chiều và hàn bằng dòng điện một chiều.

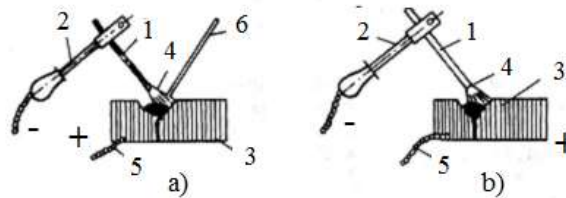
Hàn bằng dòng điện xoay chiều cho ta mối hàn có chất lượng không cao, khó gây hồ quang và khó hàn song thiết bị hàn dòng xoay chiều đơn giản và rẻ tiền nên trên thực tế hiện có khoảng 80% là máy hàn xoay chiều.

Hàn bằng dòng điện một chiều tuy máy hàn đắt tiền nhưng dễ gây hồ quang, dễ hàn và chất lượng mối hàn cao.

#### - Phân loại theo điện cực:

+ Hàn bằng điện cực không chảy:

Điện cực hàn không nóng chảy được chế tạo từ các vật liệu có nhiệt độ nóng chảy cao như điện cực than, grafit và vonfram.



Hình 2.2 Sơ đồ hàn điện hồ quang

a) Hàn bằng điện cực không chảy b) Hàn bằng điện cực kim loại chảy

1. Điện cực 2. Kìm hàn 3. Vật hàn 4. Hồ quang điện 5. Dây mát 6. Que hàn

+ Hàn bằng điện cực nóng chảy

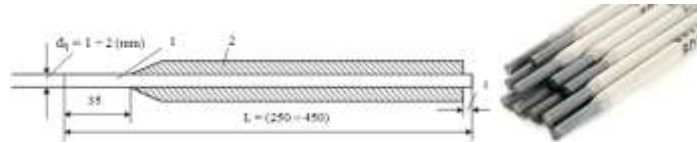
Điện cực nóng chảy hay còn gọi là que hàn.

Phương pháp hàn bằng điện cực nóng chảy cho hồ quang hàn ổn định, để bổ sung kim loại cho mối hàn phải sử dụng thêm que hàn phụ. Điện cực hàn nóng chảy được chế tạo từ kim loại hoặc hợp kim có thành phần gần với thành phần kim loại vật hàn (que hàn thép; gang; đồng; nhôm;...).

Lõi que hàn có đường kính theo lý thuyết  $d_q = 6 \div 12$  mm.

Trong thực tế thường dùng  $d_q = 1 \div 6$  mm,  $L = 250 \div 450$  mm;  $l_1 = 30 \pm 5$  mm;  $l_2 < 15$  mm;  $l_3 = 1 \div 2$  mm.

Que hàn điện còn được chia ra hai loại: que hàn không thuốc (que hàn trần) và que hàn có thuốc bọc.



### *Cấu tạo que hàn hồ quang*

#### *1. Lõi que 2. Thuốc hàn*

Lớp thuốc bọc que hàn điện có khối lượng chiếm 1 - 5% khối lượng lõi kim loại ( $d_q$ ), đường kính ngoài que hàn  $d_n \leq 1,2d_q$  ( $d_q$  được gọi là đường kính que hàn).

Lớp thuốc bọc mỏng: có tác dụng làm tăng tính ổn định của hồ quang. Thành phần thuốc bọc thường có: đá vôi, fenpat, bột tan... (chiếm 80 - 85% khối lượng) và thủy tinh lỏng (15 - 20% khối lượng). Lớp thuốc bọc loại này thường dùng hàn các kết cấu không quang trọng, vì mỗi hàn bằng que hàn này có cơ tính kém.

Lớp thuốc bọc loại dày ( $d_n \geq 1,55d_q$ ) có tính ổn định hồ quang và tạo xung quanh hồ quang một lớp khí và xỉ bảo vệ kim loại khỏi bị tác dụng của ôxy và nitơ ở môi trường. Trong trường hợp cần thiết người ta cho thêm lớp thuốc bọc những thành phần hợp kim (các fero hợp kim), những thành phần này sẽ tham gia vào thành phần của mỗi hàn và nâng cao cơ tính của mỗi hàn.

Thành phần của lớp bọc này bao gồm các chất ion hóa (phấn), chất tạo xỉ (cao lanh), chất tạo khí (tinh bột), chất khử ôxy (nhôm, fero mangan...), các chất hợp kim và chất dính kết.

Lớp thuốc bọc được chế tạo từ hỗn hợp gồm nhiều loại vật liệu dùng ở dạng bột, sau đó trộn đều với chất dính và bọc ngoài lõi có chiều dày từ 1÷2 mm. Nó có tác dụng:

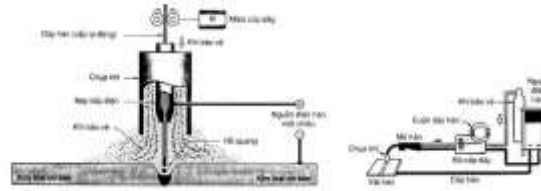
- + Tăng khả năng ion hóa để dễ gây hồ quang và duy trì hồ quang cháy ổn định.
- + Bảo vệ được mỗi hàn, tránh sự oxy hoá hoà tan khí từ môi trường.
- + Tạo xỉ lỏng và đều, che phủ kim loại tốt để giảm tốc độ nguội của mỗi hàn tránh nứt.
- + Khử ôxy trong quá trình hàn.

### **3.3.2 Hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GMAW - Gas Metal Arc Welding)**

#### **a. Thực chất**

Hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ là quá trình hàn nóng chảy trong đó nguồn nhiệt được cung cấp bởi hồ quang tạo ra giữa điện cực nóng chảy (dây hàn) và vật hàn. Hồ quang và kim loại nóng chảy được bảo vệ khỏi tác dụng của ôxy và nitơ trong môi trường xung quanh bởi một loại khí trơ ( $A_r$ ;  $H_e$ ) hoặc hỗn hợp  $A_r+H_e$  không tác

dụng với kim loại lỏng trong khi hàn hoặc là các loại khí hoạt tính ( $\text{CO}_2$ ;  $\text{CO}_2+\text{O}_2$ ;  $\text{CO}_2+\text{Ar}$ ...) có tác dụng chiếm chỗ đẩy không khí ra khỏi vùng hàn và hạn chế tác dụng xấu của nó.



*Sơ đồ hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ*

*a) Sơ đồ nguyên lý b) Sơ đồ thiết bị*

Khi điện cực hàn hay dây hàn được cấp tự động vào vùng hồ quang thông qua cơ cấu cấp dây, còn sự dịch chuyển hồ quang dọc theo mối hàn được thao tác bằng tay thì gọi là hàn hồ quang bán tự động trong môi trường khí bảo vệ. Nếu tất cả chuyển động cơ bản được cơ khí hoá thì được gọi là hàn hồ quang tự động trong môi trường khí bảo vệ.

## **b. Phân loại**

- **Hàn MIG** (Metal Inert Gas): Hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ ( $\text{Ar}$ ;  $\text{He}$ ).

Vì các loại khí trơ có giá thành cao nên không được ứng dụng rộng rãi, chỉ dùng để hàn kim loại màu và thép hợp kim.

- **Hàn MAG** (Metal Active Gas): Hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí hoạt tính ( $\text{CO}_2$ ;  $\text{CO}_2+\text{O}_2$ ...).

Phương pháp hàn MAG được phát triển rộng rãi do có rất nhiều ưu điểm:  $\text{CO}_2$  là loại khí dễ kiếm, dễ sản xuất và giá thành thấp; Năng suất hàn trong  $\text{CO}_2$  cao (gấp 2,5 lần so với hàn hồ quang tay).

Có thể tiến hành ở mọi vị trí không gian khác nhau. Chất lượng hàn cao, sản phẩm hàn ít bị cong vênh do tốc độ hàn cao, nguồn nhiệt tập trung (vùng ảnh hưởng nhiệt hẹp), hiệu suất sử dụng nhiệt lớn, vùng ảnh hưởng nhiệt hẹp. Điều kiện lao động tốt hơn so với hàn hồ quang tay và trong quá trình hàn không phát sinh khí độc.

## **c. Phạm vi ứng dụng**

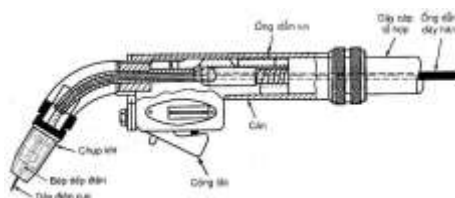
Trong nền công nghiệp hiện đại, hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ không những có thể hàn các loại thép kết cấu thông thường mà còn có thể hàn các loại thép không gỉ, thép chịu nhiệt, thép bền nóng, các hợp kim đặc biệt, các hợp kim nhôm, magiê, niken, đồng, các hợp kim có ái lực hoá học mạnh với ôxy.

#### d. Thiết bị hàn

Thiết bị hàn gồm nguồn điện hàn, cơ cấu cấp dây hàn tự động, súng hàn đi cùng các đường ống dẫn khí, dẫn dây hàn và cáp điện, chai chứa khí bảo vệ kèm theo bộ đồng hồ, lưu lượng kế và van kế.

- Nguồn điện hàn thông thường là nguồn một chiều DC. Đặc tính của nguồn điện hàn là điện áp không đổi (đặc tính cứng). Điều này được dùng với tốc độ cấp dây hàn không đổi, cho phép điều chỉnh tự động chiều dài hồ quang.

- Mỏ hàn (súng hàn) bao gồm bếp tiếp điện để chuyển dòng điện hàn đến dây hàn, đường dẫn khí và chụp khí để hướng dòng khí bảo vệ bao quanh vùng hồ quang, bộ phận làm nguội có thể bằng khí hoặc bằng nước tuần hoàn, công tắc đóng ngắt dòng bộ dòng điện hàn, dây hàn và dòng khí bảo vệ.

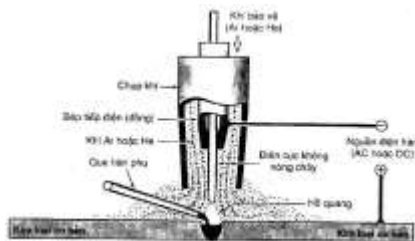


*Mỏ hàn cổ cong, làm nguội bằng khí*

### 3.3.3 Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ

#### a. Thực chất

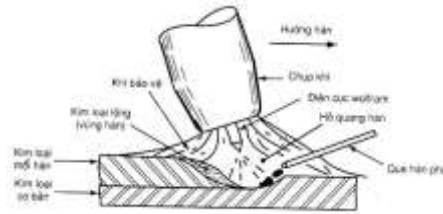
Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ là quá trình hàn nóng chảy, trong đó nguồn nhiệt cung cấp bởi hồ quang được tạo thành giữa điện cực không nóng chảy và vũng hàn. Vùng hồ quang được bảo vệ bằng môi trường khí trơ ( $Ar$ ,  $He$  hoặc  $Ar+He$ ) để ngăn chặn những tác động có hại của ôxi và nitơ trong không khí. Điện cực không nóng chảy thường dùng là Wolfram nên phương pháp hàn này tiếng Anh gọi là **TIG (Tungsten Inert Gas)**.



*Sơ đồ nguyên lý hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ*

Vũng hồ quang: Hồ quang trong hàn TIG có nhiệt độ rất cao, có thể đạt tới hơn  $6100^{\circ}C$ . Kim loại mối hàn có thể tạo thành chỉ từ kim loại cơ bản khi hàn những chi tiết

mỏng với liên kết gấp mép, hoặc được bổ sung từ que hàn phụ. Toàn bộ vùng hàn được bao bọc bởi khí trơ thổi ra từ chụp khí.



Hình 3.5. Vùng hồ quang và vùng hàn trong hàn TIG

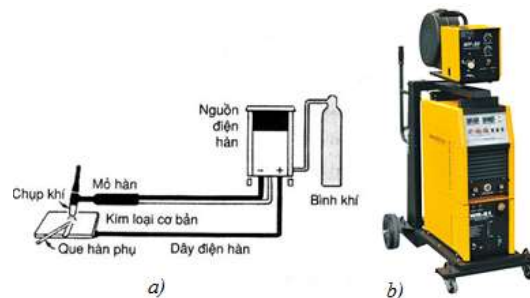
### b. Đặc điểm

- Tạo mối hàn có chất lượng cao đối với hầu hết kim loại và hợp kim.
- Mối hàn không phải làm sạch sau khi hàn.
- Hồ quang và vùng hàn có thể quan sát được trong khi hàn.
- Có thể hàn ở mọi vị trí trong không gian. Không có kim loại bắn toé.
- Nhiệt tập trung cho phép tăng tốc độ hàn, giảm biến dạng liên kết hàn.

**c. Ứng dụng:** Phương pháp hàn TIG được áp dụng trong nhiều lĩnh vực sản xuất, đặc biệt rất thích hợp trong hàn thép hợp kim cao, kim loại màu và hợp kim của chúng...Phương pháp hàn này thông thường được thao tác bằng tay và có thể tự động hoá hai khâu di chuyển hồ quang và cấp dây hàn phụ.

### d. Thiết bị hàn

- Nguồn điện hàn, bao gồm cả hệ thống điều khiển khí bảo vệ, nước làm mát, dòng điện và điện áp hàn; mỏ hàn; chai chứa khí trơ và van điều chỉnh lưu lượng khí.



Thiết bị dùng cho hàn TIG

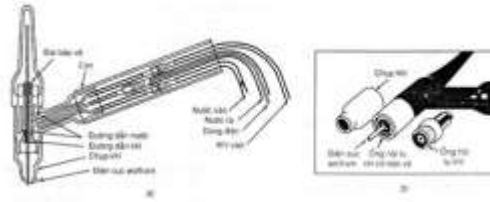
a) Sơ đồ thiết bị b) Máy hàn TIG

- Mỏ hàn TIG: Chức năng của mỏ hàn TIG là dẫn dòng điện và khí trơ vào vùng hàn. Điện cực W dẫn điện được giữ chắc chắn trong mỏ hàn bằng đai giữ với các vít lắp trong thân mỏ hàn. Khí được cung cấp vào vùng hàn qua chụp khí. Chụp khí có ren được lắp vào đầu mỏ hàn, để hướng và phân phối dòng khí bảo vệ.



Mỏ hàn TIG được phân làm hai loại theo cơ cấu làm mát:

- + Mỏ hàn làm mát bằng khí - tương ứng với cường độ dòng điện hàn <120A;
- + Mỏ hàn làm mát bằng nước - tương ứng với cường độ dòng điện hàn >120A.



### *Cấu tạo mỏ hàn TIG*

- a) Mỏ hàn TIG làm mát bằng nước    b) Mỏ hàn TIG có ống hội tụ khí*
-