

1. Giới thiệu chung

1.1. Lịch sử phát triển:

Khoảng 60 năm trở lại đây, trên thế giới xuất hiện một ngành kỹ thuật mới, tuy còn non trẻ nhưng phát triển với tốc độ nhanh, ngày càng chiếm lĩnh được thị trường, đó là ngành luyện kim bột. Tuy mới ra đời nhưng sản phẩm của luyện kim bột đã được áp dụng rộng rãi trong mọi ngành kinh tế quốc dân.

1.2. Nguyên lý làm việc

Quy trình sản xuất luyện kim bột trải qua các công đoạn:

- Sản xuất bột kim loại, hợp kim hoặc bột gốm.
- Trộn bột kim loại, bột hợp kim với chất dính và chất phụ gia.
- Tạo hình sản phẩm: tạo ra sản phẩm có hình dáng theo yêu cầu nhưng chưa có liên kết bền giữa các hạt bột vật liệu.
- Thiêu kết (gia công nhiệt): tạo liên kết bền giữa các hạt vật liệu và độ bền cần thiết cho chi tiết.
- Gia công tinh: tinh chỉnh kích thước, ép lại, nhiệt luyện...

Trong thực tế không nhất thiết phải đúng trình tự như trên, đôi khi có thể tiến hành hai nguyên công đồng thời, thí dụ tạo hình và thiêu kết đồng thời.

1.3. Ưu nhược điểm của luyện kim bột:

Ưu điểm công nghệ luyện kim bột:

- Nguyên liệu được sử dụng gần như triệt để (hư hao nguyên liệu ít).
- Sản phẩm ra có tính đồng nhất cao và ít phải gia công.
- Có khả năng tạo ra các vật liệu mà các phương pháp nấu đúc truyền thống không thể tạo ra được. Ví dụ như các hợp kim đồng – graphit, đồng – graphit – teflon, hợp kim cứng, ...
- Có thể điều chỉnh thành phần bột theo ý muốn với độ đồng đều rất cao.



Hình 1. Sản phẩm luyện kim bột có tính đồng nhất cao

Tuy nhiên, công nghệ vật liệu bột cũng có một số nhược điểm sau:

- Khả năng sản xuất khối lớn hàng loạt không bằng phương pháp nấu đúc truyền thống, chỉ áp dụng cho các chi tiết nhỏ và vừa.
- Công nghệ vật liệu bột chỉ có ưu thế khi chế tạo vật liệu chứa lỗ xốp và vật liệu kết hợp.
- Vật liệu kim loại bột có độ bền thấp hơn vật liệu truyền thống do trong tổ chức có nhiều lỗ xốp và màng oxit trên biên giới hạt. Độ xốp và màng oxit trên biên giới hạt là nguyên nhân làm cho vật liệu bột có độ bền thấp hơn và tính giòn cao hơn so với vật liệu cùng loại chế tạo bằng phương pháp nấu đúc.

1.4. Người ta dùng phương pháp kim loại bột để chế tạo :

1- Hợp kim cứng : để sản xuất vật liệu cắt gọt có tính chịu nóng cao tới 1000°C , tốc độ cắt đến hàng trăm m/ph. Loại này sử dụng bột WC, TiC, TaC và một lượng nhỏ coban làm chất kết dính. Có thể dùng một, hai hoặc ba cacbit và tương ứng sẽ có hợp kim cứng một, hai hoặc ba cacbit. Ví dụ, loại một cacbit WCCo15; loại hai cacbit WCTiC14Co8, loại ba cacbit WCTiC4TaC3Co12.

2- Vật liệu làm đĩa cắt : dùng các vật liệu siêu cứng như kim cương nhân tạo hoặc nitrir bo BN. Chất kết dính là bột B, Be hoặc Si. Ép nóng dưới áp lực và nhiệt độ cao hoặc rất cao tùy thuộc yêu cầu công nghệ.



Hình 2. Đĩa cắt từ luyện kim bột

3- Vật liệu mài : dùng bột SiC, chất kết dính là nhựa hữu cơ hay gốm thủy tinh.

4- Vật liệu kết cấu trên cơ sở nhôm và hợp kim nhôm (SAP; SAAP) hoặc trên cơ sở sắt và thép, hoặc trên cơ sở đồng và hợp kim đồng.

5 - Chế tạo thép gió theo phương pháp kim loại bột có thể tạo ra các thép gió hợp kim hóa cao và dụng cụ có hình dạng phức tạp. Độ bền cao hơn so với phương pháp cổ điển 1,5 - 3 lần.



Hình 3. Thép gió sản xuất từ luyện kim bột

6- Bạc xốp tự bôi trơn: dùng bột đồng hoặc sắt và một lượng nhỏ grafit. Người ta chế tạo bạc có độ xốp 10-25% và cho thấm dầu nhớt trong chân không ở nhiệt độ khoảng 70°C.

7- Chế tạo vật liệu ghép từ những vật liệu có tính chất khác biệt, một số loại vật liệu mới.

2. Các phương pháp chế tạo bột kim loại:

2.1. Tạo bột bằng phương pháp hóa học

2.1.1. Tạo bột bằng phương pháp hoàn nguyên

Trong luyện kim bột, phương pháp hoàn nguyên được sử dụng rộng rãi để sản xuất hầu hết các loại bột kim loại. Phương pháp này vừa tạo bột, vừa ủ bột. Có 2 loại hoàn nguyên cơ bản đó là hoàn nguyên oxit và hoàn nguyên nhiệt kim.

+ Hoàn nguyên oxit: Đây là một trong những phương pháp phổ biến nhất, đơn giản nhất, rẻ nhất để sản xuất bột kim loại trong công nghiệp.

Tất cả các quá trình hoàn nguyên là quá trình trao đổi chất hoàn nguyên và chất được hoàn nguyên. Chất hoàn nguyên là chất ở nhiệt độ phản ứng có ái lực hóa học với oxy lớn hơn ái lực hóa học với oxy của chất được hoàn nguyên.

Trong công nghiệp sản xuất bột, chất hoàn nguyên được sử dụng phổ biến là chất hoàn nguyên thể khí H_2 , CO hay hỗn hợp khí $H_2 + CO$, khí thiên nhiên, v.v...

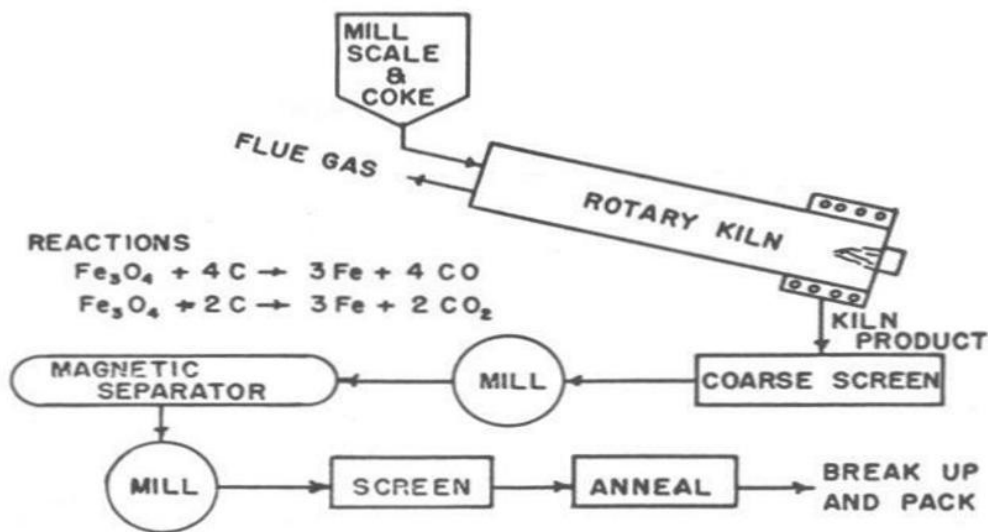


Fig. Schematic outline of reduction with carbon in rotary kiln

+ Hoàn nguyên nhiệt kim: Phương pháp này được ứng dụng để sản xuất ra kim loại hay hợp kim từ chất hóa học của chúng dựa trên cơ sở ái lực hóa học của chất hoàn nguyên với oxy, clo, flo, v.v... lớn hơn ái lực hóa học của kim loại được hoàn nguyên.

Điều kiện đặt ra là sản phẩm hoàn nguyên và chất hoàn nguyên không được tạo thành hợp kim. Nhiệt độ bay hơi phải cao để tránh mất mát do bay hơi. Phương pháp này không được ứng dụng rộng rãi, thường được dùng để sản xuất các kim loại khó hoàn nguyên như Cr, Ti, Zn, U.

- Ngoài ra trong nhiều trường hợp chất hoàn nguyên không dùng kim loại mà dùng hợp chất hydro của chúng.

Đối với quá trình hoàn nguyên nhiệt kim, chất hoàn nguyên phải thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Chất hoàn nguyên phải được hoàn nguyên hoàn toàn khi nhiệt cung cấp từ bên ngoài thấp.
- Lượng dư của chất hoàn nguyên cũng như xỉ tạo ra dễ dàng tách khỏi kim loại.
- Chất hoàn nguyên phải có độ sạch cao.
- Chất hoàn nguyên phải rẻ tiền, dễ kiếm.

2.1.2. Tạo bột bằng phương pháp điện phân

Sản xuất bột bằng phương pháp điện phân dung dịch ngày nay có thể cạnh tranh với các phương pháp tạo bột khác đặc biệt là để chế tạo bột Fe và Cu. Chế tạo bột bằng phương pháp này có rất nhiều ưu điểm như độ sạch cao, tính ép tốt, khả năng thiêu kết tốt, sản phẩm nhận được có lý tính ổn định. Phương pháp này mang lại hiệu quả kinh tế cao, ở mọi quy mô sản xuất lớn cũng như bé. Có thể sử dụng nguyên liệu ban đầu có chứa nhiều tạp chất, sản phẩm nhận được có lý tính hầu như không đổi, đặc biệt là bột sắt. Hiện nay phương pháp này có thể tạo được bột các loại như Cu, Ag, Fe, Zn, Ni, Cd, v.v... và một số kim loại hiếm khác cũng như hợp kim của chúng.

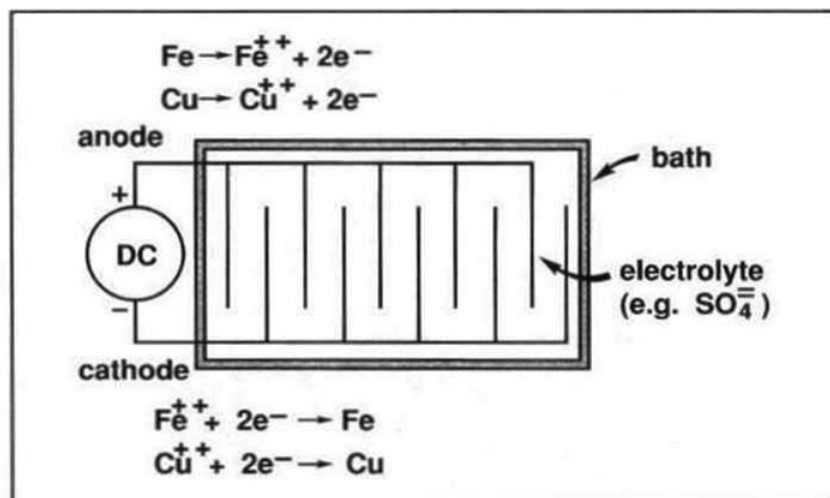


Figure 3.5. An electrolytic cell operation for deposition of powder. The raw metal is dissolved at the anode and deposited at the cathode (examples of reactions are shown for copper and iron). The external voltage drives the deposition process. After deposition, the cathode deposit is washed, dried, ground, screened, and annealed to form a powder.

Các yếu tố cơ bản như mật độ dòng điện, nhiệt độ, nồng độ axit, nồng độ dung dịch điện phân có ảnh hưởng lớn tới kích thước, thành phần cấp hạt và cấu trúc của bột điện phân. Có thể sản xuất bột kim loại không những điện phân ở dung dịch nước mà có thể ở dung dịch muối nóng chảy.

2.1.3. Tạo bột bằng phương pháp xi măng hóa

Dựa trên cơ sở các phản ứng đẩy các kim loại quý hơn ra khỏi dung dịch bằng các kim loại rẻ tiền khác. Kim loại giải phóng bằng phương pháp xi măng hóa thường có hình nhánh cây dạng xốp. Phương pháp này ít được ứng dụng trong thực tế vì cho năng suất thấp, giá thành bột lại cao. Phương pháp này thường được dùng để sản xuất bột hợp kim ở dạng mạng kim loại bao quanh kim loại cơ bản.

2.1.4. Tạo bột bằng phương pháp Cacbonyl

Khi điều chế bột bằng phương pháp phân hủy nhiệt của các hợp chất Cacbon kim loại dễ bay hơi. Phương trình tổng quát:



Phản ứng đầu gọi là phản ứng tổng hợp Cacbonyl. Cacbonyl nhận được có nhiệt độ nóng chảy thấp và bay hơi. Phản ứng thứ 2 là phản ứng phân hủy Cacbonyl được tiến hành ở nhiệt độ thấp.

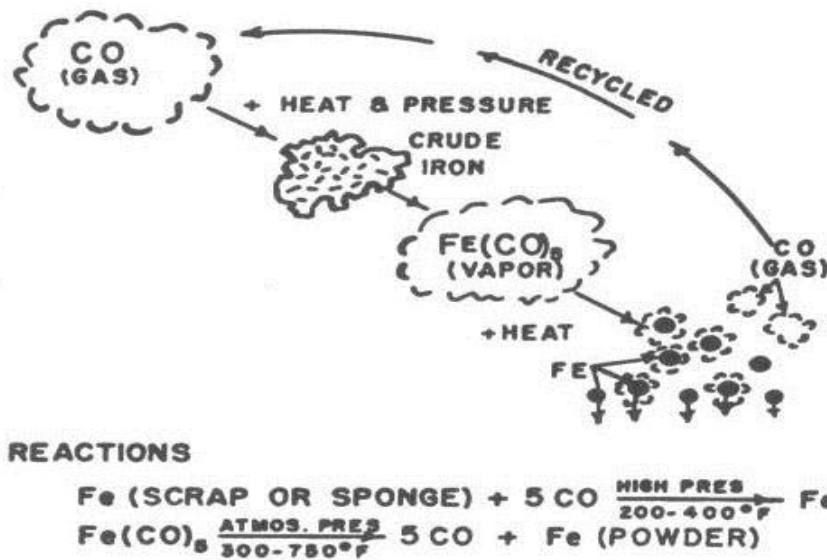


Fig. 2.6. Schematic drawing of decomposition using carbonyl process

Bột nhận được bằng phương pháp này chứa nhiều tạp chất khí CO, N₂ & Oxy. Hàm lượng của các chất khí này có thể lên tới 1÷3%. Để loại bỏ tạp chất đó người ta đem ủ ở 300÷400⁰C trong môi trường khí Hydro, đôi khi phải tiến hành trong chân không. Bột nhận được bằng phương pháp này có giá thành rất cao, nhưng bột nhận được lại có độ sạch cao. Bột này được sử dụng làm vật liệu điện cao cấp.

2.1.5. Tạo bột bằng phương pháp ngưng tụ

Phương pháp này có thể sản xuất ra bột các kim loại có áp suất hơi lớn ở nhiệt độ nóng chảy thấp (Zn, Mg, Cd). Quá trình này được tiến hành theo 2 giai đoạn: Giai đoạn đầu cho bay hơi kim loại ở nhiệt độ cao trong bình kín. Giai đoạn 2 cho hơi kim loại đó ngưng tụ trên bình lạnh. Phương pháp này có thể nhận được bột kim loại có kích thước từ 10÷20 μm đến 0,1 μm. Bột nhận tạo ra có độ sạch rất cao.

Nhược điểm của phương pháp này là bột bị phủ màng oxit mỏng, có thể hạn chế được khi tiến hành trong chân không; ứng dụng phạm vi hẹp, năng suất không cao.

2.2. Phương pháp cơ học

2.2.1. Tạo bột bằng phương pháp nghiền cơ học

Phương pháp nghiền cơ học được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp luyện kim bột. Bằng phương pháp này người ta có thể sản xuất hầu hết bột kim loại. Ưu điểm của phương pháp tạo bột nghiền cơ học là đơn giản, giá thành sản phẩm thấp, có thể chuyển một số kim loại cứng và giòn sang dạng bột. Tuy nhiên phương pháp này có những

nhược điểm cơ bản là khó nghiền các kim loại hay hợp kim quá cứng hoặc quá mềm, năng suất thấp dẫn đến giá thành sản phẩm cao, bột nhận được này có hình dáng phức tạp khó đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

Có nhiều loại thiết bị nghiền bao gồm: máy nghiền rung, máy nghiền lắc, máy nghiền búa đập, máy nghiền hành tinh v.v... nhưng phổ biến nhất vẫn là loại máy nghiền bi tang trống.

Máy nghiền bi: cấu tạo là tang hình trụ làm bằng hợp kim trong đó có bi nghiền. Khi quay bi cùng tang được nâng lên một góc không lớn hơn góc rơi tự do (90°). Sau đó bi rơi xuống, va đập giữa bi và tang tạo thành quá trình nghiền. Quá trình nghiền trong tang phụ thuộc vào kích thước hình học của tang nghiền. Nếu tỷ lệ $D/L \geq 3$ thì quá trình nghiền các vật liệu giòn là do va đập, nếu $D/L < 3$ thì quá trình nghiền các vật liệu mềm là do xiết trượt.

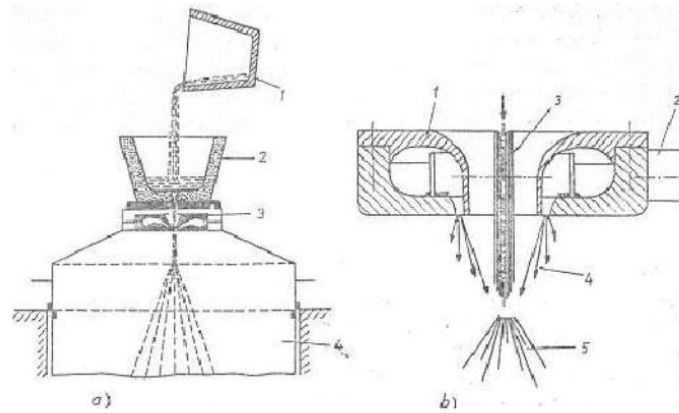
Ngoài kết cấu của tang máy nghiền còn chịu ảnh hưởng của tốc độ quay. Khi tang tốc độ quay của máy làm tang lực ly tâm và làm tang góc rơi của bi nghiền là bi rơi ở độ cao lớn hơn làm tăng lực đập giữa bi và bi, giữa bi và tang tạo thành cơ chế đập. Nếu tốc độ quay của bi và tang bằng nhau thì quá trình nghiền không bao giờ xảy ra.

Để nâng cao hiệu quả nghiền thông thường người ta sử dụng tốc độ quay $0,75 \div 0,8$ tốc độ quay lý thuyết. Khi đó với $N = 0,75 N_{lt}$ thì trọng lượng bi tối ưu sẽ là $B = 1,7 \div 1,9 \text{ kg/l}$ thể tích của máy nghiền. Hệ số điền đầy (γ) không quá $0,4 \div 0,5$ vì nếu (γ) lớn hơn thì các hạt bi đẩy lẫn nhau làm quá trình nghiền kém hiệu quả. Đối với vật liệu cứng và giòn rất thuận tiện sử dụng máy nghiền bi trong quá trình tạo bột.

Hình dạng của bột nhận được rất đa dạng. Bột có trọng lượng đong lớn, độ xốp tự do khoảng 60%. Chính vì vậy quá trình nghiền trong máy nghiền bi là quá trình phụ thêm để tăng trọng lượng đong của bột.

2.2.2. Tạo bột bằng phương pháp phun kim loại nóng chảy:

Bản chất của phương pháp phun kim loại nóng chảy lỏng là tạo bột của các dòng kim loại lỏng bằng khí hay là cho chảy dòng kim loại vào môi trường lỏng thì gọi là tạo hạt. Tạo bột và tạo hạt chỉ khác nhau là tạo bột ở áp suất nhất định còn tạo hạt ở áp suất bình thường. Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi để sản xuất các kim loại và hợp kim của chúng. Nhiệt độ nóng chảy của các kim loại dưới 1600°C , bột nhận được cho kích thước hạt thô và trung bình từ $10 \div 500 \mu\text{m}$.



Hình 1: Sơ đồ thiết bị chế tạo bột từ kim loại lỏng bằng phun khí dưới áp suất cao

Dựa vào thực nghiệm người ta xác định được 3 giai đoạn xảy ra trong quá trình phun kim loại lỏng.

- Giai đoạn 1: Sơ bộ xé nhỏ phần kim loại lỏng tạo ra dưới dạng hình côn.
- Giai đoạn 2: Xé nhỏ những sợi kim loại nhỏ đã được tạo ra.
- Giai đoạn 3: Tạo thành bột và đông đặc.

Trong quá trình đông đặc, xảy ra hiện tượng các hạt dính lại với nhau, hình dáng và cấp hạt bị ảnh hưởng lớn dẫn đến giảm hiệu quả phun.

Các yếu tố ảnh hưởng của quá trình phun:

+) Kích thước hạt: Độ nhớt thấp, sức căng bề mặt nhỏ, t lớn, d nhỏ, P cao, tác nhân phun có lưu lượng lớn, góc đỉnh α tối ưu.

+)Hình dáng dạng bột: Một trong những ưu điểm của quá trình phun bột kim loại là có thể khống chế được hình dạng hạt bột. Bột dạng cầu có tính chảy và tỷ trọng lớn rất dễ nhận được trong các trường hợp:

- Sức căng bề mặt lớn, độ quá nhiệt nhỏ.
- Phun bằng khí, tốc độ làm nguội chậm
- Tốc độ của tác nhân phun nhỏ, góc ở đỉnh lớn.
- Khoảng cách của bột dài.

+) Ảnh hưởng áp suất phun đến độ hạt: Do kích thước hạt kim loại nhỏ cùng với sức căng bề mặt nhỏ nên áp suất phun ảnh hưởng trực tiếp đến phân bố cấp hạt.

+) Ảnh hưởng của góc hội tụ (α) đến đường kính hạt (d_m): Góc hội tụ ảnh hưởng đến hình dạng, kích thước hạt, Khi góc hội tụ càng lớn, hạt bột có xu hướng cầu hóa và độ hạt lớn hơn.

Thông thường bột kim loại nhận được bằng phương pháp phun bị lẫn nhiều oxy ở dạng oxit kim loại. Chính vì vậy bột nhận được cần phải tiếp tục ủ hoàn nguyên trong môi trường khí hydro nhằm hoàn nguyên các màng oxit và nâng cao tính công nghệ của bột.

3. Quá trình tạo hình:

3.1. Chuẩn bị bột để ép

Quá trình chuẩn bị để ép đóng một vai trò quan trọng trong lưu trình công nghệ luyện kim bột. Trong thực tế sản xuất, bột kim loại được sản xuất ở các phân xưởng hay nhà máy riêng biệt nên không thể đáp ứng tất cả những yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm. Vì vậy trong mọi trường hợp cần phải có khâu chuẩn bị bột sao cho đảm bảo yêu cầu về thành phần hóa học và yêu cầu vật lý để đáp ứng những yêu cầu của sản phẩm cuối cùng.

Những khâu cơ bản của quá trình chuẩn bị bột bao gồm: ủ, rây, trộn.

3.1.1. Ủ bột

Ủ bột nhằm nâng cao tính dẻo của bột, tính chịu nén, chịu ép bằng cách hoàn nguyên khử màng oxit và biến mềm hạt bột. Do bột để lâu và bảo quản không đúng cách dẫn tới bị oxit hóa do môi trường xung quanh. Các loại bột thu được bằng phương pháp nghiền, điện phân cần phải tiến hành ủ. Còn các loại bột thu được bằng phương pháp hoàn nguyên không cần ủ, chỉ tiến hành khi đòi hỏi bột có độ sạch cao hay đôi khi cần thiết phải làm lớn các hạt mịn để tránh bột bị cháy khi ép. Đối với bột nhận được bằng phương pháp hoàn nguyên nhiệt kim nhất thiết phải ủ hoàn nguyên lại để khử các màng oxit tạo thành trong quá trình rửa và sấy.

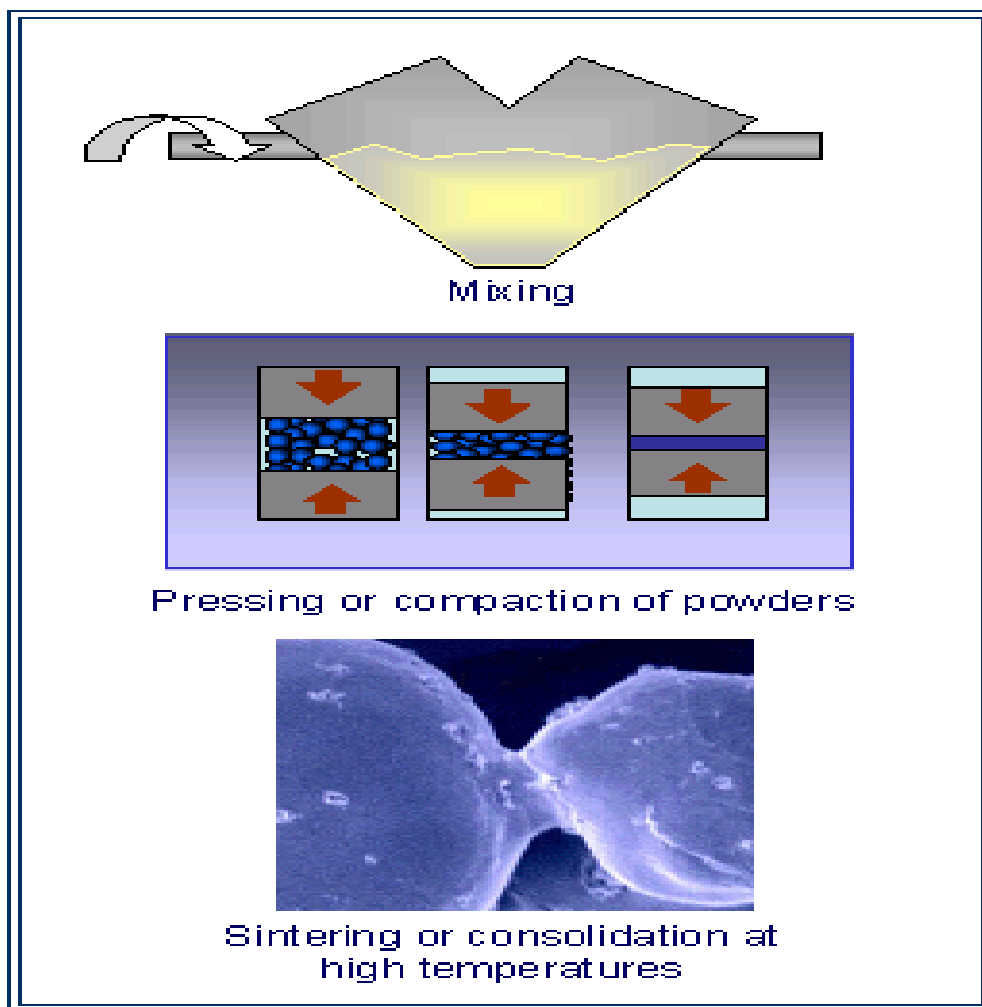
3.1.2. Rây bột

Trong thực tế sản xuất, để bột nhận được có kích thước ổn định, cơ lý tính xác định thù cần phải phân cấp hạt hay là rây bột để phân cấp. Phân chia kích thước hạt thành từng phần riêng biệt sau đó trộn phối liệu theo tỷ lệ nhất định. Đối với một số kích thước hạt không thích hợp cần phải gia công thêm.

Thiết bị phân chia cấp hạt cũng không giống như thiết bị phân chia của công nghiệp hóa chất hay tuyển khoáng.

3.1.3. Trộn bột

Trong công nghiệp luyện kim bột, các chi tiết cần sản xuất ít ở dạng một loại riêng biệt mà là tổ hợp của cả hai hay nhiều cấu tử của hỗn hợp bột. Sự đồng nhất của hỗn hợp bột có ảnh hưởng rất lớn đến cơ tính của sản phẩm. Trong thực tế tồn tại hai phương pháp trộn chủ yếu đó là: trộn cơ học và trộn hóa học.



- **Phương pháp trộn hóa học:** Là quá trình kết tủa từ dung dịch kim loại phụ gia lên trên bề mặt của hạt cơ sở. Thông thường người ta sử dụng dung dịch kèm theo sự khuấy trộn với bột kim loại cơ sở. Trong thực tế phương pháp này chưa được ứng dụng rộng rãi trong công nghệ luyện kim bột vì không đặc trưng.
- **Phương pháp trộn cơ học:** Sự đồng đều của hỗn hợp bột (2 hay nhiều cấu tử) đóng vai trò quan trọng, nó ảnh hưởng đến tính chất, cơ lý tính của sản phẩm, và quá trình thiêu kết của sản phẩm. Sự đồng đều của hỗn hợp bột phụ thuộc vào nhiều yếu tố: phương pháp trộn, thiết bị trộn, thời gian trộn,...



Ngoài ra môi trường trộn cũng có ảnh hưởng khá lớn tới chất lượng của hỗn hợp bột nhận được. Thông thường nguyên công trộn được tiến hành trong môi trường không khí, khí trơ, dung dịch (cồn, xăng, dầu, nước...). Trong môi trường lỏng bột nhận được không bị oxy hóa sự linh động của các hạt lớn và đồng đều nhanh hơn

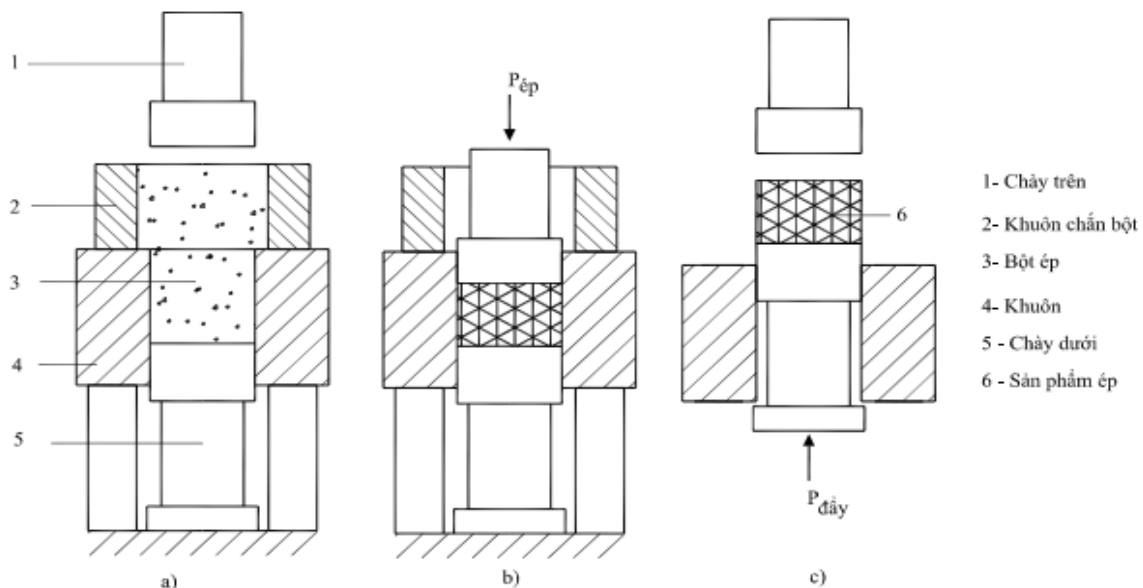
Mặc dù trộn ướt có nhiều ưu điểm hơn trộn khô nhưng cũng có những nhược điểm là phải sấy bột trong chân không để tránh oxy hóa bột hay phải sấy ở nhiệt độ thấp. Tùy trường hợp cụ thể mà ta chọn phương pháp trộn bột khác nhau nhằm đảm bảo tính chất của sản phẩm và hiệu quả kinh tế.

3.2. Quá trình ép bột kim loại:

3.2.1. Quy luật chung của quá trình ép

Mục đích của quá trình ép tạo hình là tạo ra các chi tiết có hình thù và kích thước nhất định, đồng thời tạo cho vật ép có độ bền cần thiết để giữ được hình dạng trong khi xử lý những giai đoạn tiếp theo. Mặt khác, vật ép phải đạt được mật độ cần thiết để sau khi thiêu kết chúng có được những cơ, lý tính mong muốn. Độ xít chặt của vật ép đóng vai trò chủ yếu đối với các tính chất quan trọng của chúng đặc biệt khi tiến hành thiêu kết ở pha rắn. Bột kim loại trải qua quá trình ép tạo hình được gọi là vật ép tươi, có độ bền rất thấp. Những chi tiết được tạo ra sau quá trình ép rất giòn, dễ dàng bị phá hủy. Để có vật ép tươi độ bền cao, lượng bột được cho vào khuôn phải phù hợp với khoang chứa của khuôn, lực ép phải đủ phù hợp với chi tiết cần tạo ra.

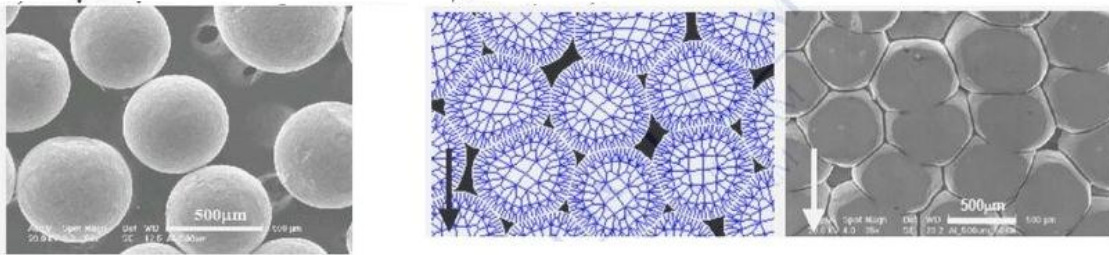
Có nhiều phương pháp ép tạo hình nhưng phổ biến nhất là phương pháp ép nguội một chiều trong khuôn kim loại (hình 1). Quá trình ép nguội một chiều trong khuôn kim loại gồm ba nguyên công cơ bản là cho bột vào khuôn, ép mẫu và tháo mẫu ra khỏi khuôn. Theo phương pháp này bột được cho vào khuôn và được ép thẳng đứng bằng 2 chày trên và dưới cùng chuyển động theo phương thẳng đứng với bột. Lực ép tác dụng vào chày trên và thực hiện công tác nén bột trong lòng khuôn ép, trong khi chày dưới được giữ cố định trong quá trình ép.



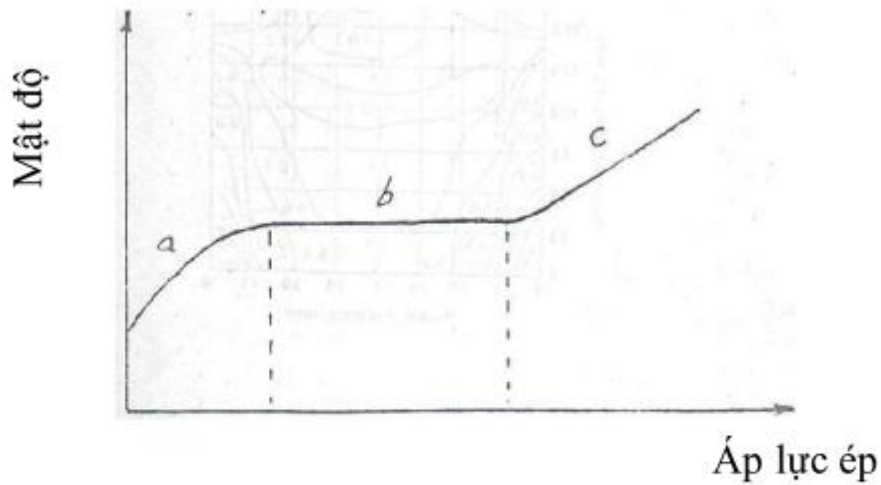
Hình 1 Sơ đồ ép một chiều.

a) Cho bột vào khuôn; b) Ép; c) Lấy phôi.

Bản chất của quá trình ép là biến dạng thể tích bột xốp bằng cách nén dần tới là giảm thể tích của bột và định hình vật ép có hình dạng và kích thước mong muốn. Thể tích của bột khi ép luôn luôn thay đổi do sự biến dạng của các hạt riêng biệt. Khi tăng lực ép bột không sắp xếp lại được nữa, bột sinh ra phản lực chống lại. Nếu tiếp tục tăng lực ép tiếp, hạt sẽ lại biến dạng.



Hình 2 . Sơ đồ nguyên lý ép tạo hình chi tiết máy bằng bột kim loại [26]: a) - Bột đổ vào khuôn kín; b) - Trong quá trình ép; c) - cuối quá trình ép



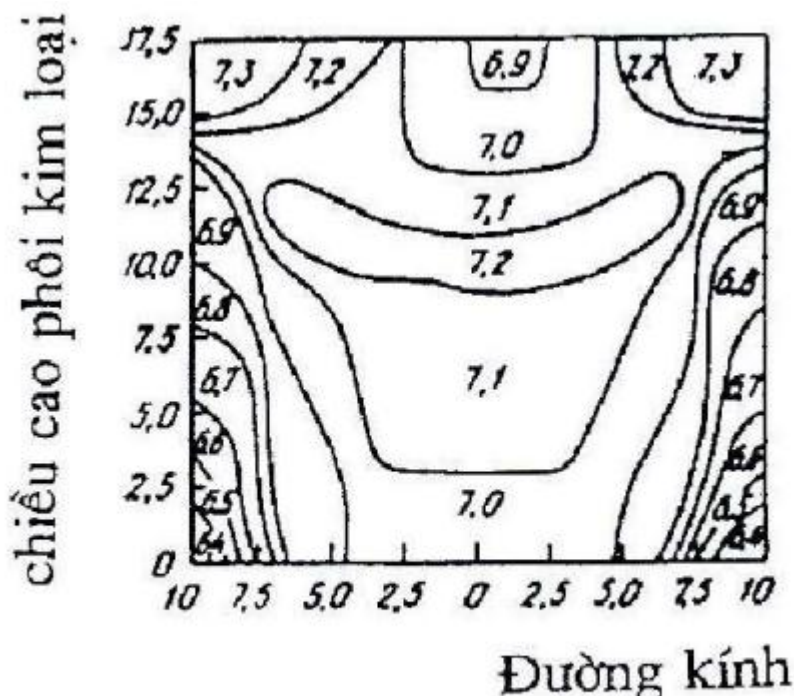
Hình 3 : Ảnh hưởng của mật độ vật ép vào áp lực ép

Trên hình 3 ta thấy, ở giai đoạn đầu mật độ vật ép tăng nhanh (phần a) vì ở giai đoạn này bột dịch chuyển tương đối tự do và điền đầy các lỗ trống gần đây. Đến cuối giai đoạn đầu, các hạt bột hầu như đã lèn chặt ở mức tối đa (đoạn nằm ngang b). Vì có lực cản của các hạt bột đối với lực ép rất lớn do đó mặc dù lực ép tăng nhanh nhưng thể tích của khối bột kim loại không bị giảm trong một thời gian nhất định. Chỉ khi nào lực ép vượt

quá lực cản của vật ép thì lúc đó các hạt bột mới bắt đầu biến dạng và bắt đầu giai đoạn 3 (đoạn c) của quá trình ép.

Trong thực tế, quá trình ép hầu như xảy ra đồng thời cả 3 giai đoạn. Một số hạt bắt đầu biến dạng ngay khi lực ép thấp thậm chí cả trong lúc đổ bột vào khuôn, trong khi đó một số hạt chỉ dịch chuyển khi lực nén lớn.

Dưới lực ép bột, bột có đặc điểm giống như chất lỏng là có chiều hướng chảy về mọi phía. Do đó xuất hiện áp suất ép lên thành khuôn. Nhưng bột khác chất lỏng ở chỗ là chất lỏng thì áp suất phân bố đều ở mọi hướng còn đối với bột áp suất phân bố không đều. Lực truyền lên thành khuôn bé hơn so với chiều ép và do đó mật độ ép sẽ không đồng đều (hình 4).



Hình 4 : Sự phân bố mật độ khác nhau trong một vật ép

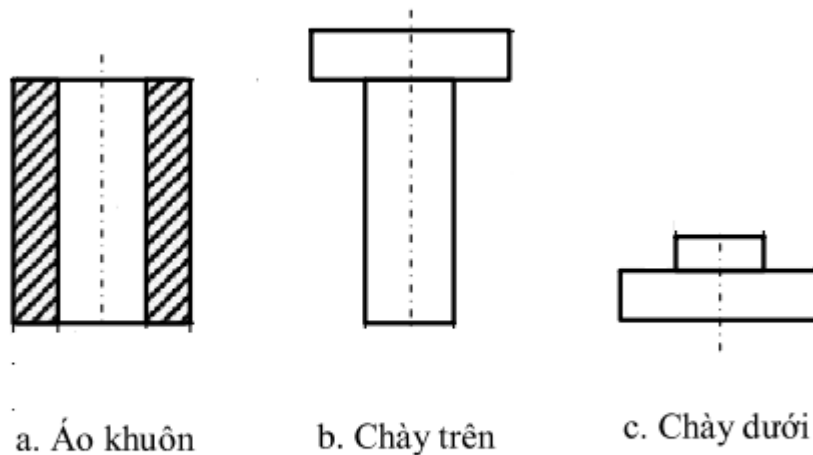
Do ma sát giữa thành khuôn và bột nên lực ép sẽ giảm theo chiều cao của mẫu.

Ngoài ra trong quá trình ép, các hạt bột bị đàn hồi và biến dạng dẻo, do đó trong vật ép sẽ tích lũy các ứng suất tương đối lớn. Vì vậy sau khi vật ép được lấy ra khỏi khuôn, các ứng suất đàn hồi tích lũy trong mẫu ép làm cho mẫu tiếp tục giãn nở ra các phía.

Ép với lực ép thấp khi ngắt lực ép, thì không hề có sự giãn nở đàn hồi của mẫu ép. Nếu lực ép tăng cao tới một mức độ nhất định thì bột mẫu ép sẽ rắn chắc hơn. Lực ép này nhờ bột cũng truyền ra thành khuôn theo hướng ngang và phản lực lại từ thành khuôn cũng bắt đầu ép lên mẫu theo hướng xuyên tâm. Sau khi mẫu đã chắc tới một mức độ nhất định, lực ép lại tăng tiếp tục thì sẽ có sự biến dạng đàn hồi, loại biến dạng có hồi phục sau khi ngắt lực ép. Lúc đó khuôn ép cũng giãn nở đàn hồi ở mức độ phù hợp vào độ cứng của khuôn. Ở cùng một lực ép, vật liệu bột mịn sẽ có tỷ trọng tươi cao hơn vật liệu thông thường là do các hạt bột mịn có khe trống giữa các hạt nhỏ, bột dễ dàng sắp xếp lại để điền vào khoảng trống đó.

3.2.2. Khuôn ép

Khuôn ép gồm nhiều chi tiết nhưng có ba chi tiết cơ bản là: áo khuôn, chày trên và chày dưới. Khuôn ép được sử dụng trong công nghiệp rất đa dạng và được chia thành các nhóm khác nhau: khuôn ép tay, khuôn ép tự động, khuôn ép một chiều, khuôn ép hai chiều, khuôn ép định lượng, khuôn ép trọng lượng, khuôn ép theo lớp. Khuôn ép tuy đa dạng nhưng vẫn phải tuân theo các yêu cầu kỹ thuật như: đảm bảo mật độ đồng đều trong toàn bộ vật ép, định hình đúng chi tiết các kích thước, hình dáng xác định, lấy mẫu ép ra khỏi khuôn đơn giản, làm việc phải an toàn và thời gian sử dụng lâu dài.



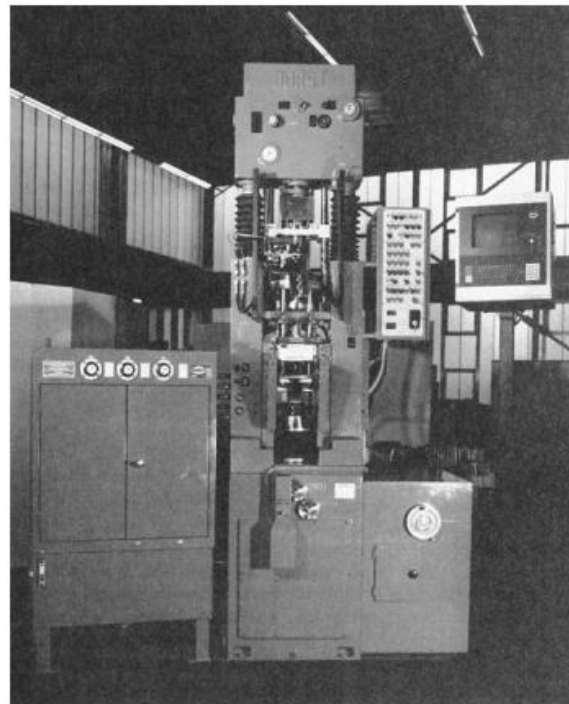
Hình 6: Bộ ép khuôn

Khuôn ép nguội được chế tạo từ những loại vật liệu có độ cứng cao như thép hợp kim (độ cứng trên 60 HRC) hoặc hợp kim cứng. Khuôn ép có vai trò quan trọng đối với chất lượng của viên mồi. Do đó khi thiết kế khuôn ép nguội phải đặc biệt chú ý đến mối quan hệ giữa tính chất của đối tượng ép (tính chất của bột) với vật liệu làm khuôn với lực ép thường sử dụng.

3.2.3. Máy ép

Hiện nay máy ép được sử dụng rất đa dạng bao gồm: máy ép thủy lực, máy ép cơ học, máy ép theo chiều dọc hay chiều ngang (máy ép thủy tĩnh), máy ép tự động và máy ép không tự động. Máy ép được dùng trong phương pháp Luyện kim bột phải thỏa mãn những điều kiện: hành trình, vận tốc đẩy mẫu ra khỏi khuôn, có thể được khối lượng bột vào khuôn, chày ép chuyển động mềm, đảm bảo độ bền không bị ảnh hưởng của vật ép, hệ thống bôi trơn đơn giản v.v..

Sự lựa chọn máy ép phụ thuộc vào số lượng, chất lượng, chất lượng, hình dáng kích thước sản phẩm ép. Thông thường máy ép trong thực tế hay ứng dụng là máy ép thủy lực (hình 6).



Hình 6: Máy ép thủy lực 450KN

3.2.4. Các phương pháp ép tạo hình khác :

3.2.4.1. Tạo hình dùng lực ép:

Ép thủy tĩnh: Bột kim loại được cho vào khuôn dẻo bằng cao su hoặc bằng vật liệu dẻo có hình dáng thích hợp. Khuôn và bột được đóng kín, được ép bằng áp suất thủy tĩnh

trong chất lỏng hoặc chất khí. Người ta nén chất lỏng dưới áp suất có thể đạt đến 500 MPa nhưng thường từ 200÷300 MPa.

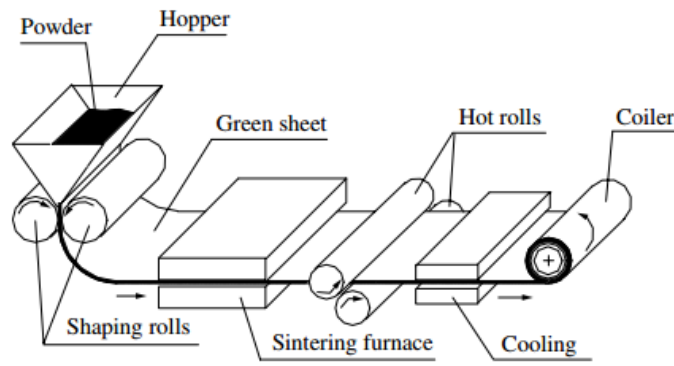
Ưu điểm của phương pháp này là tạo ra các sản phẩm có mật độ rất đồng đều. Phương pháp ép thủy tĩnh được áp dụng để tạo hình các chi tiết có hình dáng khác nhau. Người ta tiến hành ép thủy tĩnh trong khuôn ẩm và trong khuôn khô. Phương pháp ép thủy tĩnh trong khuôn ẩm chỉ áp dụng để ép ra các chi tiết lớn có hình dáng tương đối đơn giản do thời gian ép kéo dài, ví dụ như ép các trục, ống, nồi lò lớn.

Phương pháp ép thủy tĩnh trong khuôn khô có bộ phận đong bột tự động, đong sơ bộ hoặc đổ trực tiếp bột vào khuôn được phát triển rất mạnh để sản xuất hàng loạt các chi tiết. Hiện nay các máy ép được trang bị từ 6÷8 khuôn làm việc liên tục để sản xuất các chi tiết bằng ceramic. Tốc độ có thể đạt được 500 chi tiết trong 1 giờ đối với một khuôn.

Phương pháp ép thủy tĩnh còn có ưu điểm là không cần chất kết dính bột và có khả năng ép được các chi tiết có hình dạng tương tự như khi ép 1 chiều trong khuôn khô. Nhược điểm của phương pháp ép thủy tĩnh là không đạt được kích thước chính xác như mong muốn.

Cán bột kim loại: Phương pháp cán bột kim loại được áp dụng để sản xuất trực tiếp các băng, dải kim loại. Bột kim loại liên tục được ép trong 2 trục của máy cán theo hướng nằm ngang, thẳng đứng hoặc nghiêng. Dải kim loại dày 2÷6 mm sau khi cán được đưa qua lò thiêu kết, sau đó cán lại lần nữa và ủ. Bằng phương pháp này người ta có thể sản xuất được các băng kim loại dạng bán sản phẩm có cấu trúc đồng nhất và có đặc tính, có thể so sánh ngang hoặc cao hơn các băng kim loại được cán từ các thỏi kim loại (Hình 7).

Phương pháp cán bột kim loại cho phép chế tạo các băng kim loại bằng đồng, đồng thau, đồng thanh niken và rẻ hơn so với sản xuất bằng phương pháp cổ điển.



Hình 7 Phương pháp cán bột kim loại

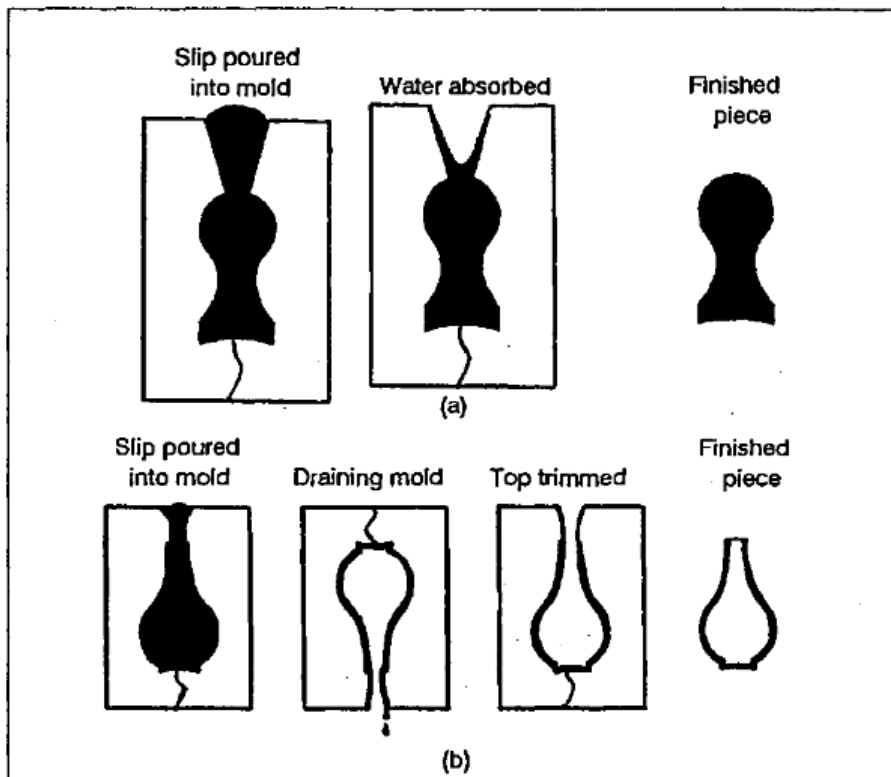
3.2.4.2. Tạo hình không cần ép

Đặc điểm của phương pháp này

- Không cần thiết bị đắt tiền hay phức tạp.
- Có thể chế tạo những chi tiết lớn.
- Hàm lượng chênh lệch không đáng kể.

Đúc trong khuôn:

Bột kim loại và hợp kim có độ mịn cao được trộn cùng với chất phụ gia trong nước tạo nên thể huyền phù. Sau đó đổ dung dịch vào khuôn thạch cao, thạch cao sẽ hút nước làm khô hỗn hợp. Tháo khuôn và sấy khô rồi lấy chi tiết ra đem thiêu kết. Phương pháp này sử dụng để chế tạo các chi tiết có thành mỏng và các loại hợp kim cứng trên cơ sở cacbit, nitrit, borit...



Nguyên lý đúc trong khuôn: a) Đúc rắn b) Rút nước

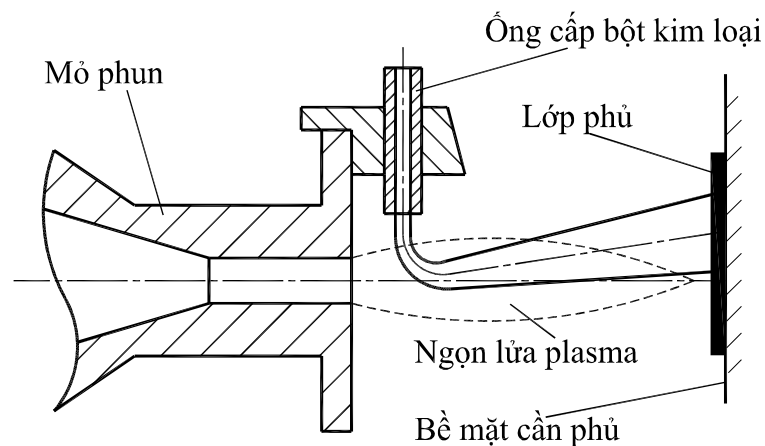
Điện di:

Với điện thế 50-1200 V tác dụng vào tấm Al₂O₃ hoặc SiC dày 5-10 mm, với lượng hạt đồng nhất có khoảng phân bố khít nhau. Với điện thế cao thời gian tác dụng trong vài phút. Bột sẽ được nén chặt, nhưng chỉ có hình dạng đơn giản, còn phải phụ thuộc vào hình dạng của điện cực (ví dụ: đĩa, ống,..) mới thực hiện được. Khả năng thiêu kết đối với chi tiết được điện di rất tốt.

3.2.4.3. Phương pháp phun phủ:

Để tạo một lớp vật liệu thiêu kết mỏng trên nền một vật liệu thích hợp có thể sử dụng một số phương pháp phun phủ sau:

- Bột kim loại được trộn với một dung dịch keo thích hợp và dùng pistole phun lên trên vật liệu nền thích hợp. Sau khi sấy có thể tháo lõi bằng cơ học và sau đó đem thiêu kết.
- Bột kim loại và hợp kim được phun phủ trên lõi hoặc vật liệu nền thích hợp bằng ngọn lửa oxy - axetylen hoặc trong plasma Ar-H₂ theo sơ đồ như hình.



Phương pháp phun phủ bằng plasma

Sau khi phun phủ hình thành lớp phủ kim loại bột gồm vật liệu nền, lớp khuếch tán trung gian và lớp vật liệu phủ. Tùy theo công nghệ, lớp vật liệu phủ gồm các phần tử kim loại, các lỗ xốp và các phần tử ôxyt. Sau khi phun phủ vật liệu có thể được thiêu kết lại để tăng độ bám dính. Phương pháp này rất thuận lợi để chế tạo các lớp phủ mỏng với mục đích nào đó chẳng hạn phủ vonfram lên mặt trong của ống xả tên lửa nhằm nâng cao tính chịu nóng của nó. Phương pháp này cũng thuận tiện để chế tạo các bimetal và các lớp phủ chống mài mòn khác nhau.

4. THIÊU KẾT:

Thiêu kết là nguyên công kế tiếp việc tạo hình bột kim loại. Thiêu kết bao gồm việc nung nóng bột kim loại ép ở gần nhiệt độ nóng chảy của cấu tử chính, giữ nhiệt một thời gian để tạo ra môi liên kết bền vững giữa các hạt nhằm tạo ra cơ, lý, hoá tính cần thiết cho vật liệu.

4.1. Các quá trình xảy ra khi thiêu kết:

Quá trình thiêu kết được tiến hành ở gần nhiệt độ nóng chảy của cấu tử chính trong một thời gian. Khi thiêu kết sẽ xảy ra hai quá trình bao gồm kết tinh lại và khuếch tán các nguyên tử.

Kết tinh lại xảy ra giống như quá trình kim loại bị biến dạng dẻo. Kết quả là tạo ra các hạt tinh thể mới. Khi kéo dài thời gian thiêu kết hoặc thiêu kết ở nhiệt độ quá cao, các hạt cũng có quá trình phát triển kích thước hạt làm cho hạt lớn có thể ảnh hưởng xấu đến cơ tính.

Bản thân sự kết tinh lại với sự sinh mầm và phát triển mầm các hạt tinh thể mới đã là một quá trình khuếch tán. Ở đây nói thêm tới sự khuếch tán của các nguyên tử khác loại để tạo thành dung dịch rắn hoặc các pha liên kim loại. Trong các hỗn hợp bột có nhiều cấu tử, kết quả của sự khuếch tán có thể là các hạt kim loại xen kẽ nhau, không hoà

tan vào nhau; có thể các kim loại hoà tan vào nhau tạo thành các dung dịch rắn hoặc có thể các hạt kim loại khó chảy nằm phân tán trên một nền gồm tổ chức các hạt của cấu tử có nhiệt độ chảy thấp hơn.

4.2. Các thông số công nghệ khi thiêu kết:

Các thông số công nghệ thiêu kết bao gồm nhiệt độ, thời gian và môi trường thiêu kết.

4.2.1. Nhiệt độ thiêu kết:

Nhiệt độ thiêu kết là một thông số quan trọng trong công nghệ chế tạo vật liệu kim loại bột. Chọn nhiệt độ thiêu kết phải đảm bảo sao cho quá trình kết tinh lại và khuếch tán xảy ra thuận lợi đảm bảo vật liệu có cơ, lý, hoá tính cần thiết. Nhiệt độ thiêu kết quá cao sẽ dẫn đến hạt tinh thể lớn và cơ tính sẽ thấp. Nhiệt độ thiêu kết thấp (nhưng vẫn cao hơn nhiệt độ kết tinh lại) làm quá trình kết tinh xảy ra chậm chạp và thời gian thiêu kết phải dài. Thường chọn nhiệt độ thiêu kết bằng $(2/3 \div 3/4)$ nhiệt độ nóng chảy của bột kim loại cấu tử chính.

4.2.2. Thời gian thiêu kết:

Thời gian thiêu kết ảnh hưởng tới độ hạt tinh thể vật liệu bột. Thời gian thiêu kết quá ngắn, các quá trình khuếch tán và kết tinh lại chưa xảy ra triệt để có thể dẫn tới vật liệu không đủ bền. Thời gian thiêu kết quá dài làm cho hạt tinh thể thô to và cũng giảm độ bền. Thời gian nung khi thiêu kết phụ thuộc vào trọng lượng mẻ nung, chế độ truyền nhiệt và cách sắp xếp chi tiết trong lò. Thời gian giữ nhiệt khi thiêu kết phụ thuộc vào kích thước chi tiết, thông thường chọn từ 1÷3 giờ.

4.2.3. Môi trường thiêu kết:

Các vật liệu kim loại và hợp kim rất dễ bị oxy hoá khi nung do tiếp xúc với môi trường nung. Đặc biệt trong vật liệu bột, do ảnh hưởng của lỗ xốp nên quá trình oxy hoá càng được thúc đẩy mạnh hơn, có thể oxy hoá vào tận lõi chi tiết. Do đó môi trường thiêu kết thường là môi trường khử như trong khí H_2 , CO_2 hoặc NH_3 nhiệt phân. Môi trường

khí bảo vệ hoặc khí trơ như Ar, N₂, He cũng được sử dụng. Đôi khi cũng sử dụng quá trình thiêu kết chân không.

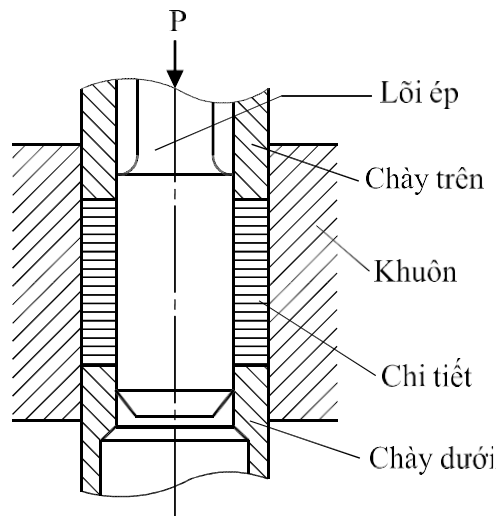
4.3. Gia công chi tiết sau khi thiêu kết:

Sau khi thiêu kết, do sự giảm thể tích của vật liệu (quá trình kết tinh lại làm tăng mật độ của hợp kim cộng với sự giảm thể tích các lỗ xốp bên trong vật liệu) nên chi tiết không đạt được độ chính xác kích thước cũng như các tính chất mong muốn. Do đó sau khi thiêu kết cần phải tiến hành một số nguyên công gia công tiếp theo để tạo ra thành phẩm. Các nguyên công gia công sau thiêu kết như nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện đã được trình bày trong chương 4 của giáo trình này. Các nguyên công gia công cơ khí được trình bày trong các giáo trình chuyên ngành. Trong phần này chúng tôi trình bày hai nguyên công là tẩm dầu bôi trơn và ép hiệu chuẩn.

4.3.1. Tẩm dầu bôi trơn:

Trong các vật liệu chống mài mòn, tổ chức vật liệu tồn tại các lỗ xốp lại trở thành yếu tố thuận lợi nếu các lỗ xốp đó được bịt bằng dầu bôi trơn hoặc các chất bôi trơn rắn khác. Một số chất bôi trơn rắn như Mo₂S, graphit...được đưa ngay vào thành phần vật liệu từ đầu. Các chất bôi trơn lỏng như dầu, mỡ...được tẩm vào các lỗ xốp của vật liệu sau khi thiêu kết. Khi làm việc dưới áp lực tương đối nhỏ, dầu bôi trơn từ các lỗ xốp liên thông nhau sẽ bị đẩy ra hình thành một lớp màng dầu bôi trơn cặp chi tiết ma sát. Màng dầu hoặc chất bôi trơn rắn có hệ số ma sát nhỏ có tác dụng làm tăng tính chống mài mòn cho vật liệu thiêu kết. Khi chi tiết không làm việc, màng dầu lại được hút vào bên trong, như vậy trong suốt quá trình hoạt động của chi tiết, không cần phải cấp thêm chất bôi trơn. Công nghệ tẩm dầu tiến hành bằng cách đun dầu biến thể lên tới nhiệt độ 110÷120°C, cho chi tiết vào cho tới khi hết sủi bọt (khoảng 2 – 3 giờ) sau đó để dầu nguội hẳn và lấy chi tiết ra.

4.3.2. Ép hiệu chuẩn:



Sơ đồ ép hiệu chuẩn.

Chi tiết sau khi thiêu kết có kích thước không chính xác theo thiết kế. Đối với một số chi tiết đủ dẻo có thể tiến hành ép hiệu chuẩn để đưa chi tiết đến kích thước chính xác. Công nghệ ép hiệu chuẩn tiến hành bằng cách ép chi tiết đã thiêu kết trong một khuôn tương ứng với kích thước chính xác của chi tiết. Lực ép hiệu chuẩn thường cao hơn ép tạo hình từ 30÷50%. Sau khi ép hiệu chuẩn, ngoài việc chi tiết có kích thước chính xác, còn làm cho các lỗ xốp trong vật liệu bị dẹp lại do đó làm giảm độ xốp và độ bền tăng lên. Khuôn để ép hiệu chuẩn thường được làm bằng hợp kim cứng hoặc thép hợp kim độ bền cao. Khi thiết kế chú ý tới việc lấy chi tiết ra khỏi khuôn. Ngoài ra cần chú ý tới độ xốp còn lại sau khi ép hiệu chuẩn vì lượng dầu bôi trơn chứa trong các lỗ xốp cần đủ và khi ép không được làm tắc nghẽn sự lưu thông của lỗ xốp (đối với vật liệu chống mài mòn tự bôi trơn). Hình vẽ trên trình bày sơ đồ ép hiệu chuẩn đồng thời mặt trong và mặt ngoài của chi tiết.

