

## Chương 6

# HỢP KIM MÀU VÀ BỘT

### 6.1. Hợp kim Al (Al)

Al và hợp kim Al chiếm vị trí thứ hai sau thép vì tính chất phù hợp với nhiều công dụng: bền, nhẹ (bền riêng cao), chịu ăn mòn tốt (khí quyển),...

#### 6.1.1. Al nguyên chất và phân loại hợp kim Al

##### a. Các đặc tính của Al nguyên chất

**Ưu điểm:** : khối lượng riêng nhỏ ( $2,7g/cm^3$ ) = 1/3 của thép: hàng không, vận tải do tiết kiệm năng lượng, tăng tải trọng có ích. Tính bền ăn mòn khí quyển: xây dựng, trang trí nội thất, dẫn điện tốt, tuy = 62% của Cu nhưng nhẹ = 1/3, tính dẻo rất cao, mạng A1, dễ kéo sợi, dây và cán mỏng thành tấm, lá, băng, màng (foil), ép chảy thành các thanh dài với các biên dạng (profile) phức tạp rất khác nhau.

**Nhược điểm:** chịu nhiệt kém: chảy ( $660^{\circ}C$ ), không sử dụng ở trên  $300 \div 400^{\circ}C$ , độ bền, độ cứng thấp, ở trạng thái ủ  $\sigma_b = 60MPa$ ,  $\sigma_{0,2} = 20MPa$ , HB 25.

Để ký hiệu mức độ biến cứng đơn thuần (tăng bền nhờ biến dạng nguội) ở Hoa Kỳ, Nhật và các nước Tây âu thường dùng các ký hiệu H1x, x là tỷ phần tăng bền biến dạng (x/8):

x=8 - tăng toàn phần (8/8 hay 100%), ứng với mức độ biến dạng rất lớn ( $\epsilon = 75\%$ ),  
1 - mức tăng ít nhất (1/8 hay 12,5% so với mức toàn phần, ứng với mức độ biến dạng nhỏ,

2, 4, 6 - mức tăng trung gian (2/8, 4/8, 6/8 hay 25%, 50%, 75% so với mức toàn phần),

9 - mức tăng tối đa (bền, cứng nhất) ứng với mức độ biến dạng  $\epsilon > 75\%$ .

##### b. Hợp kim Al và phân loại

FC là giới hạn hoà tan của ntkh trong  $\alpha$

Hợp kim Al biến dạng- trái điểm C

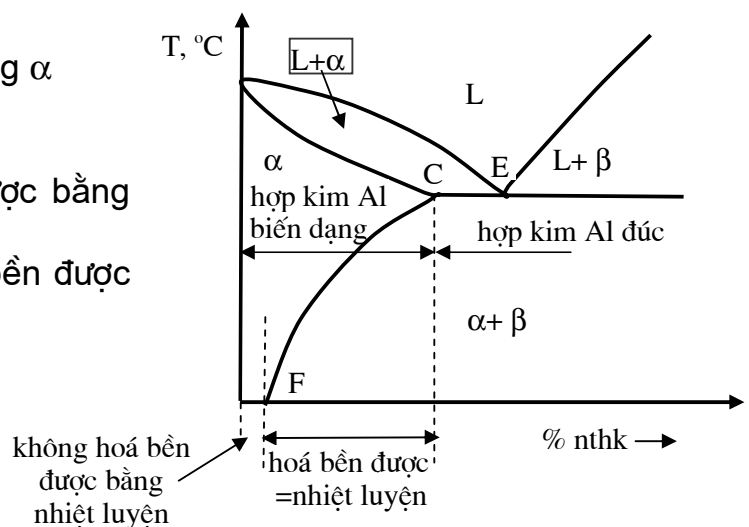
Hợp kim Al đúc- bên phải điểm C

Hợp kim Al biến dạng hoá bền được bằng nhiệt luyện nằm trong khoảng CF

Hợp kim Al biến dạng không hoá bền được bằng nhiệt luyện - trái điểm F

Si, Mn, Ti, Zn, Fe ít hoà tan,

Zn, Mg, Cu hoà tan nhiều



Hình 6.1. Góc giản đồ pha Al - nguyên tố hợp kim

##### c. Hệ thống ký hiệu cho hợp kim Al

Hoa kỳ ký hiệu các hợp kim Al: theo AA (Aluminum Association) bằng xxxx cho loại hợp kim Al biến dạng và xxx.x cho loại hợp kim Al đúc:

- Số đầu tiên có các ý nghĩa sau.

Loại biến dạng

1xxx - Al sạch ( $\geq 99,0\%$ ),  
 2xxx - Al - Cu, Al - Cu - Mg,  
 3xxx - Al - Mn,  
 4xxx - Al - Si,            5xxx - Al - Mg,  
 6xxx - Al - Mg - Si,  
 7xxx - Al - Zn - Mg, Al - Zn - Mg - Cu,  
 8xxx - Al - các nguyên tố khác

Loại đúc

1xx.x - Al thổi hợp kim thương phẩm,  
 2xx.x - Al - Cu,  
 3xx.x - Al - Si - Mg, Al - Si - Cu,  
 4xx.x - Al - Si,            5xx.x - Al - Mg,  
 6xx.x - không có,  
 7xx.x - Al - Zn,  
 8xx.x - Al - Sn.

- 3 số tiếp theo được tra theo bảng để có các số liệu cụ thể.

Trạng thái gia công và hóa bền, các nước phương Tây thường dùng các ký hiệu sau:

F: trạng thái phơi thô, O: ủ và kết tinh lại, H: hóa bền bằng biến dạng nguội, trong đó: H1x (x từ 1 đến 9): chỉ biến dạng nguội thuần túy với mức độ khác

H2x (x từ 2 đến 9): biến dạng nguội rồi ủ hồi phục,

H3x (x từ 2 đến 9): biến dạng nguội rồi ổn định hóa,

T: hóa bền bằng tôi + hóa già, trong đó:

T1: biến dạng nóng, tôi, hóa già tự nhiên

T3: tôi, biến dạng nguội, hóa già tự nhiên

T4: tôi, hóa già tự nhiên

T5: biến dạng nóng, tôi, hóa già nhân tạo

T6: tôi, hóa già nhân tạo

T7: tôi, quá hóa già

T8: tôi, biến dạng nguội, hóa già nhân tạo

T9: tôi, hóa già nhân tạo, biến dạng nguội

TCVN 1659-75: hợp kim Al: AlCu4Mg là hợp kim Al chứa  $\sim 4\%$ Cu,  $\sim 1\%$ Mg. Với Al sạch bằng Al và số chỉ phần trăm của nó, ví dụ Al99, Al99,5.

**6.1.2. Al và hợp kim Al biến dạng không hóa bền được bằng nhiệt luyện****a. Al sạch:****Kỹ thuật****Độ sạch cao**

Viết nam: A0,	A5,	A6,	A7,	A8,	A85,	A9,	A95,	A97,...	A995	A999
%Al 99	99,5	99,6	99,7	99,8	99,85	99,9	99,95	99,97,..	99,995	99,999

Hoa kỳ: AA1060 và AA1100: 1060 dùng làm tấm ốp trong xây dựng. Để làm dây (trần, bọc) hay cáp điện dùng AA1350: dây điện

**b. Hợp kim Al biến dạng không hóa bền được bằng nhiệt luyện**

**Hợp kim Al - Mn**: 3xx: dễ biến dạng dẻo, hoá bền biến dạng cao, cung cấp dưới dạng: lá mỏng, thanh, dây, hình, ống..., chống ăn mòn tốt trong khí quyển và dễ hàn.

**Hợp kim Al-Mg**: điển hình AA 5050, AA 5052, AA 5454: nhẹ nhất, độ bền khá, hoá bền biến dạng tốt, biến dạng nóng, nguội và hàn đều tốt, bền ăn mòn tốt nhất là sau anod hóa.

**6.1.3. Hợp kim Al biến dạng hóa bền được bằng nhiệt luyện**

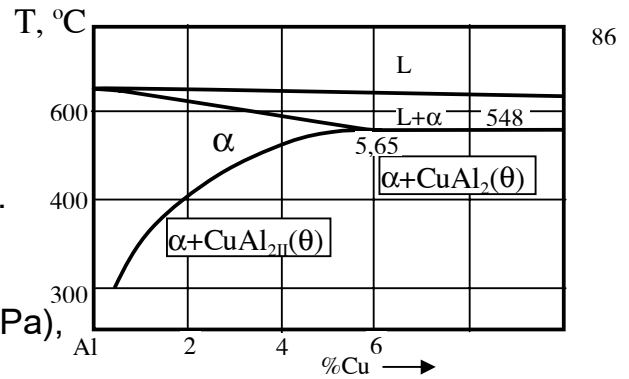
Đây là phân nhóm hợp kim Al quan trọng nhất, có cơ tính cao nhất không thua kém gì thép C.

**a. Hệ Al - Cu và Al - Cu - Mg**

Hợp kim AlCu4 và nhiệt luyện hóa bền

Giản đồ pha Al - Cu (hình 6.4)  
 Hoà tan cực đại: 5,65% ở 548°C  
 Hoà tan cực tiểu: 0,5% ở 20°C  
 Quá giới hạn hòa tan: tiết ra ở dạng  $\text{CuAl}_{2\text{II}}$ .  
Tổ chức của hợp kim AlCu4:

**cân bằng (ủ):**  $\alpha - \text{Al}(\text{Cu})_{0,5} + \text{CuAl}_{2\text{II}}$ ,  
 (khoảng 7%) pha, độ bền min( $\sigma_b=200\text{MPa}$ ),



Hình 6.4. Góc giàu Al của giản đồ pha Al-Cu

**sau tôi:** dd rắn  $\alpha$  quá bão hoà  $\text{Al}(\text{Cu})_{4\%}$ ,  $\sigma_b = 250 \div 300\text{MPa}$  và vẫn còn khá dẻo (sửa, nắn được).

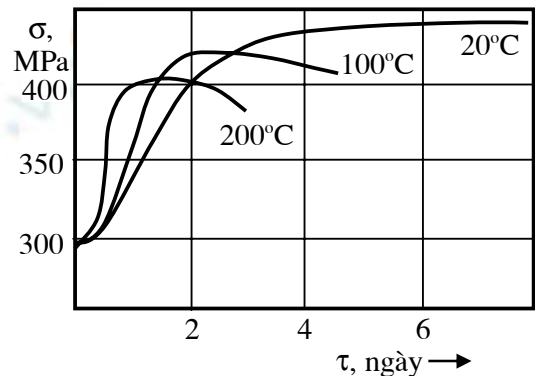
độ bền, độ cứng tăng lên dần và đạt đến giá trị cực đại sau 5 ÷ 7 ngày,  $\sigma_b = 400\text{MPa}$  tức đã tăng gấp đôi so với trạng thái ủ (hình 6.5) → gọi là tôi + hóa già tự nhiên (để lâu ở nhiệt độ thường).

Cơ chế hóa bền khi tôi + hóa già:

Guinier và Preston, TK 20:

$\alpha(\text{Al}(\text{Cu})_{4\%}) \rightarrow \text{GP1} \rightarrow \text{GP2} \rightarrow \theta' \rightarrow \theta (\text{CuAl}_2)$   
 hoá già  $\sigma_{\text{max}} \rightarrow$  quá già

$\theta'$  có mạng chính phương bán liên mạng với  $\alpha$  có  $\sigma_{\text{max}}$



Hình 6.5. Hóa già hợp kim AlCu4 sau khi tôi

- **hóa già tự nhiên:** 5 ÷ 7 ngày,  $\sigma_{\text{max}}$
- **hóa già nhân tạo:** 100 ÷ 200°C, thời gian tùy theo nhiệt độ có thể từ vài giờ vài chục h

**Các hợp kim thông dụng:**

Ho AA 2xxx (đura): hợp kim Al-Cu-Mg: ~ 4%Cu (2,6- 6,3%), 0,5÷1,5%Mg tên là đura (**duraluminium**). Pha hóa bền, ngoài  $\text{CuAl}_2$  còn có  $\text{CuMg}_5\text{Al}_5$ ,  $\text{CuMgAl}_2$  có tác dụng mạnh hơn. Tạp chất: Fe, Si và Mn: Fe và Si là hai tạp chất thường có, Mn được đưa vào với lượng nhỏ để làm tăng tính chống ăn mòn.

AA 2014 và AA 2024: kết cấu máy bay, dầm khung chịu lực xe tải, sườn tàu biển, thể thao...

Đặc điểm nổi bật của đura là: Độ bền cao ( $\sigma_b=450\div480\text{MPa}$ ), nhẹ  $\rho \approx 2,7\text{g/cm}^3 \rightarrow \sigma_b/\rho \sim 15\div16\text{km}$ , trong khi đó CT51 là 6,0 ÷ 6,5, gang: 1,5 ÷ 6,0.

Kém bền ăn mòn kém do có nhiều pha với điện thế điện cực khác nhau

**b. Hệ Al - Mg - Si và Al - Zn - Mg:**

**Al-Mg-Si:** Ho AA6xxx: điển hình là AA 6061 và AA 6070: độ bền kém đura ( $\sigma_b=400\text{MPa}$ ), nhưng dẻo hơn, tính hàn tốt. Sau ép chảy, anod hóa → thanh (15m) → Xây dựng.

**Al-Zn-Mg:** Ho AA 7xxx: có độ bền cao nhất ( $\sigma_b > 550\text{MPa}$ ), Zn= 4-8%, Mg=1÷3%. Cu= 2%

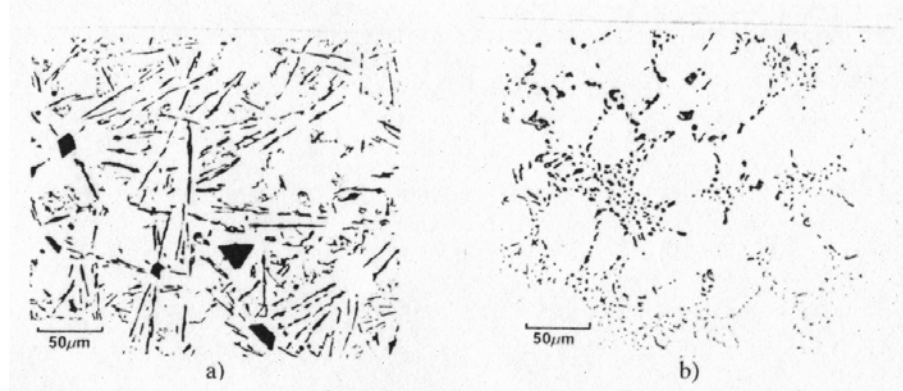
Tôi 350÷500°C trong không khí hoặc nước nóng, ứng dụng: máy bay, vũ khí, dụng cụ thể thao...

### 6.1.4. Hợp kim Al đúc

**a. Các đặc điểm:** dễ chảy, dễ đúc, có thể biến tính, nguội nhanh để tăng cơ tính

**b. Silumin đơn giản:** Al-(10÷13)%Si (AA 423.0 hay AЛ2 (Nga))

Biến tính : bằng hỗn hợp muối ( $2/3\text{NaF}+1/3\text{NaCl}$ ) với lượng 0,05÷0,08% tăng cơ tính từ  $\sigma_b = 130\text{MPa}$ ,  $\delta = 3\%$ ) lên  $\sigma_b = 180\text{MPa}$ ,  $\delta = 8\%$  nhưng vẫn còn thấp so với yêu cầu sử dụng.



Hình 6.7. Tổ chức tế vi của hợp kim Al - (10 ÷ 13)%Si:

- a. không biến tính,  
b. có biến tính

Các hợp kim Al - Si - Mg(Cu) Là các hợp kim với khoảng Si rộng

**b. Silumin phức tạp:** Ngoài Al, Si còn có <1%Mg, 3÷5%Cu phải qua nhiệt luyện hóa bền, cơ tính và có tính đúc tốt: đúc piston (AA 390.0, AЛ26), nắp máy (AЛ4) của động cơ đốt trong.

## 6.2. Hợp kim đồng

### 6.2.1. Đồng nguyên chất và phân loại hợp kim đồng

**a. Các đặc tính của đồng đỏ:** Cu nguyên chất có màu đỏ = đồng đỏ

- dẫn nhiệt, dẫn điện cao, dùng làm dây dẫn. - chống ăn mòn khá tốt. - dẻo dễ cán mỏng, kéo sợi tiện cho sử dụng. - tính hàn khá tốt

Nhược điểm: nặng ( $\rho = 8,94\text{g/cm}^3$ ), + tính gia công cắt kém do phoi quá dẻo, + tính đúc kém, chảy ở  $1083^\circ\text{C}$ , độ chảy loãng thấp (P khi đúc tượng).

**b. Các loại đồng nguyên chất:**

Đồng điện phân ETP (Electrolytic Tough Pitch) có 0,04% $\text{O}_2$ .

Do có  $\text{O}_2$  nên chỉ gia công, chế biến ở  $< 400^\circ\text{C}$  để tránh bệnh hydro.

Đồng sạch oxy OFHC (Oxygen Free High Conductivity) là loại được nấu chảy trong chân không hoặc môi trường bảo vệ,  $\text{O}_2 < 0,003\%$  nên không nhạy cảm với hydro.

Đồng được khử oxy khử ôxy triệt để khi nấu bằng Cu-P, dẫn điện = 85% của OFHC, do sạch oxy nên có thể biến dạng nóng.

**c. Phân loại hợp kim Cu:** latông = Cu-Zn, brông = Cu-Sn từ lâu đời

**d. Hệ thống ký hiệu cho hợp kim đồng**

**Hoa kỳ:** CDA (Copper Development Association): CDAXxx, số đầu tiên:

1xx - đồng đỏ và các hợp kim Cu - Be, 2xx - latông đơn giản,

4xx - latông phức tạp, 5xx - brông thiếc, 6xx - brông Al, 7xx - brông Al,

8xx và 9xx - hợp kim đồng đúc

Phương Tây dùng các ký hiệu O, H, T như của Al (O: ủ và kết tinh lại, H: hóa bền bằng biến dạng nguội, T- tôi + hoá già), riêng trạng thái phiêi thô: Al là "F" thì Cu là M, song các chữ và số tiếp theo khác đi (tra bảng).

**6.2.2. Latông** (đồng thau, Pháp - laiton, Anh - brass, Nga - латунь)

**Latông đơn giản:** được dùng nhiều hơn cả, phổ biến < 45%Zn nên tổ chức  $\alpha$  hoặc  $\alpha+\beta$ .

Điều rất đặc biệt: khi tăng %Zn độ bền và độ dẻo tăng lên, độ dẻo max ứng với ~ 30%Zn. Ngoài ra khi pha thêm Zn, màu đỏ của đồng nhạt dần và chuyển dần thành vàng.

Latông một pha ( $\alpha$ ), <35%Zn, dẻo cao làm các chi tiết máy qua dập.

Latông ~ 20%Zn (LCuZn20, CDA 240, Л80): màu như Au, đồ trang sức, giả vàng

Latông ~ 30%Zn (LCuZn30, CDA 260, Л70), dẻo và độ bền max làm vỏ đạn (cartridge brass).

Latông hai pha ( $\alpha + \beta$ ): với ~ 40%Zn (LCuZn40, CDA 280, ГОСТ Л60),

**Latông phức tạp:** ngoài Cu, Zn còn có Pb để đúc, cắt gọt, Sn chống ăn mòn, Ni tăng bền

LCuZn40Pb, CDA 370, ЛС59-1, dễ cắt, LCuZn29Sn, đồng thau Hải quân.

**6.2.3. Brông:** là hợp kim của Cu với các nguyên tố không phải là Zn như Sn, Al, Be... và được gọi là brông thiếc, brông Al, brông berili... (riêng Cu-Ni không gọi là brông mà là cuni).

**a. Brông thiếc:** hợp kim Cu-Sn: cổ xưa nhất, thời kỳ đồ đồng - Bronze Age).

Brông thiếc biến dạng: < 8%Sn (có thể tới 10%) có cơ tính cao và chống ăn mòn trong nước biển tốt hơn latông. Để cải thiện tính gia công cắt thường có thêm Pb (CDA 521, CDA 524, ГОСТ БрОЦС-1) hay có thêm Zn để vừa thay cho Sn rẻ hơn vừa có tác dụng hóa bền khi dùng 4% cho mỗi nguyên tố (4%Sn - 4%Zn - 4%Pb) với mác CDA 544 hay ГОСТ БрОЦС4-4-4.

Brông thiếc đúc: là loại chứa nhiều hơn 10%Sn hay với tổng lượng các nguyên tố đưa vào cao hơn 12% như loại 5%Sn - 5%Zn - 5%Pb với các mác CDA 835, ГОСТ БрОЦС5-5-5, hay 10%Sn - 2%Zn với mác CDA 905. Brông thiếc chứa Zn, Pb được dùng để đúc các tác phẩm nghệ thuật: tượng đài, chuông, phù điêu, họa tiết trang trí.

**b. Brông Al:** Brông Al một pha (với 5 ÷ 9%Al) được sử dụng khá rộng rãi để chế tạo bộ ngưng tụ hơi, hệ thống trao đổi nhiệt, lò xo tải dòng, chi tiết bơm, đồ dùng cho lính thủy (CDA 614, ГОСТ БрАЖ9-4), tiền xu (CDA 608, ГОСТ БрА5).

Brông hai pha (> 9,4%Al) với sự xuất hiện của pha  $\beta$  ( $\text{Cu}_3\text{Al}$ , pha điện tử mạng A2) chỉ ổn định ở trên 565°C và chịu biến dạng tốt. ở 565°C có chuyển biến cùng tích  $\beta \rightarrow [\alpha + \gamma_2]$ . Nếu làm nguội nhanh  $\beta \rightarrow \beta'$  (mạng sáu phương) cũng có tên là mactenxit, không cứng, khi ram ở 500°C  $\gamma_2$  tiết ra ở dạng nhỏ mịn, làm tăng mạnh độ bền, lại rất ít gây ra giòn nên các brông Al chứa 10 ÷ 13%Al được tôi ram cao và có cơ tính cao.

Các brông Al đúc có lượng Al  $\geq 9\%$  nên cũng có thể có thành phần như loại biến dạng như CDA 952 (giống với CDA 614), ГОСТ БрАЖ9-4Л (giống với БрАЖ9-4).



**c. Brông berili:** Hợp kim Cu với 2%Be (CDA 172, ГОСТ БрБ2) sau khi tôi 750 ÷ 790°C trong nước, hóa già ở 320 ÷ 320°C có tính đàn hồi rất cao, không phát ra tia lửa điện khi va đập nên được làm các chi tiết đàn hồi trong mỏ và thiết bị điện.

#### 6.2.4. Hợp kim Cu - Ni và Cu - Zn - Ni

Cu và Ni hòa tan vô hạn, kiểu mạng A1. Ni hòa tan vào Cu làm tăng mạnh độ bền, độ cứng, tính chống ăn mòn trong nước biển. Hợp kim Cu - Ni với 10 ÷ 30%Ni (ví dụ CDA 715 có 30%Ni) được dùng làm bộ ngưng tụ của tàu biển, ống dẫn nước biển, trong công nghiệp hóa học.

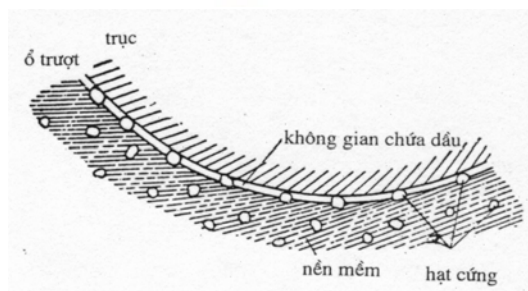
Hợp kim Cu với 17 ÷ 27%Zn và 8 ÷ 18%Ni được dùng làm dây biển trở, với tổ chức là dung dịch rắn nên có điện trở suất rất cao và có màu bạc như của niken.

### 6.3. Hợp kim ổ trượt

Mặc dầu ngày nay ổ lăn (bi và đũa) được sử dụng rất phổ biến, các ổ trượt vẫn có vị trí trong máy móc vì các ưu điểm của nó: dễ chế tạo, dễ thay, rẻ, bôi trơn dễ và trong nhiều trường hợp không thể thay thế khác được (như ở trục khuỷu), tốc độ cao không gây ồn.

#### 6.3.1. Yêu cầu đối với hợp kim làm ổ trượt

- *Ma sát nhỏ với bề mặt trục thép:* hệ số ma sát nhỏ và diện tích tiếp xúc nhỏ: pha cứng trên nền mềm, hoặc hạt mềm trên nền cứng để khi làm việc phần mềm bị mòn đi thành các ổ chứa dầu. Tổ chức hạt cứng - nền mềm có khả năng cho độ ma sát bé hơn loại nền cứng - hạt mềm.



Hình 6.12. Hình thái tổ chức của hợp kim ổ trượt nền mềm - hạt cứng

- ít làm mòn cổ trục thép và chịu được áp lực cao: bằng các hợp kim mềm: Sn, Pb, Al, Cu...

Để nâng cao khả năng chịu áp lực: đúc tráng hay gắn ép lên trên máng thép C8s.

- *Tính công nghệ tốt:* dễ đúc, khả năng dính bám vào máng thép cao...

- *Rẻ tiền.*

Hợp kim ổ trục ra làm hai nhóm lớn: tùy theo nhiệt độ chảy:

**6.3.2. Hợp kim ổ trượt có nhiệt độ chảy thấp:** là hợp kim các kim loại dễ chảy: Sn, Pb... gọi là babit (babbitt).

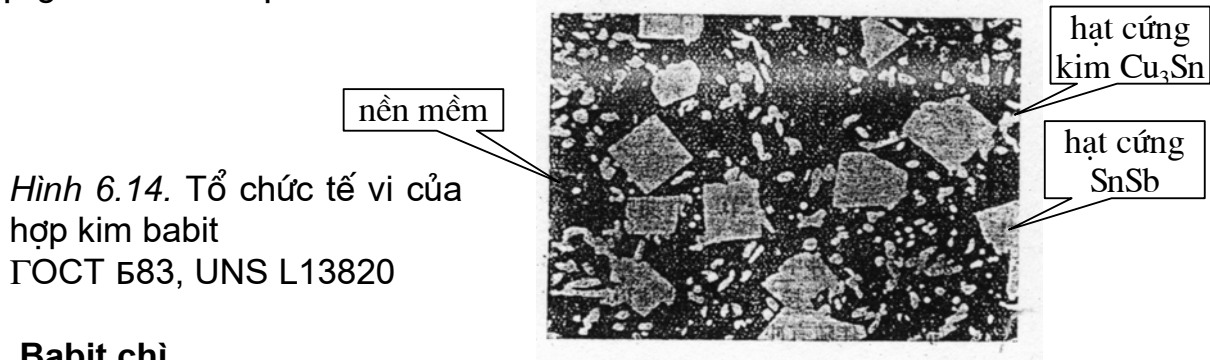
**a. Babit thiếc** (do Babbitt (người Anh) tìm ra)

Dùng làm các ổ trượt quan trọng với tốc độ lớn và trung bình như trong tuabin, động cơ điêzen. 2 mác: 83%Sn-11%Sb-6%Cu (ГОСТ Б83, UNS L13820)

88%Sn-8%Sb-3%Cu-1%(Ni+Cd) (ГОСТ Б88, UNS L13890).

Tổ chức: nền mềm: dung dịch rắn  $\alpha$  - Sn(Sb) (màu xám), hạt cứng: pha  $\beta'$  là SnSb (mảng sáng đa cạnh) (hình 6.14) và kim  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  (hay  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ), tác dụng chính của nó là tránh thiên tích (SnSb do nặng nên có xu hướng chìm xuống dưới, nhờ  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  kết tinh sớm tạo khung ngăn cản). Loại sau với nhiều Sn, ít Sb hơn nên

trong tổ chức hầu như không có SnSb, vai trò hạt cứng chỉ do  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  dạng kim, dạng sao đảm nhiệm.



Hình 6.14. Tổ chức tế vi của hợp kim babbitt  
ГОСТ 583, UNS L13820

### b. Babbitt chì

Là hợp kim trên cơ sở Pb với  $6 \div 16\% \text{Sn}$ ,  $6 \div 16\% \text{Sb}$  và  $\sim 1\% \text{Cu}$

Tổ chức: nền mềm là cùng tinh (Pb + Sb), hạt cứng: SnSb,  $\text{Cu}_3\text{Sn}$

2 mác Б6 (với  $6\% \text{Sn}$ ,  $6\% \text{Sb}$ ) và Б16 (với  $16\% \text{Sn}$ ,  $16\% \text{Sb}$ ), trong đó Б16 có nhiều hạt cứng hơn, giòn hơn chỉ dùng trong điều kiện không chịu va đập. Б6 được dùng nhiều hơn để thay Б83, Б88 trong các động cơ xăng, chịu va đập hơn và rẻ hơn.

Sau đây là các hợp kim ổ trượt có nhiệt độ chảy cao hơn.

#### 6.3.3. Hợp kim Al

Hợp kim Al: ma sát nhỏ, nhẹ, tính dẫn nhiệt cao, bền ăn mòn tốt trong dầu, đặc biệt là cơ tính cao hơn, tuy tính công nghệ hơi kém.

Các mác thường gặp: ГОСТ АО 9-2 ( $9\% \text{Sn}$ ,  $2\% \text{Cu}$ ), AA 851.0 ( $6\% \text{Sn}$ ,  $1\% \text{Cu}$ )

được dùng ở trạng thái đúc làm bạc hay ống lót dày  $> 10\text{mm}$  hoặc bimetal

ổ trượt bằng hợp kim Al chịu được áp lực cao ( $200 \div 300\text{kG/mm}^2$ ), tốc độ vòng lớn ( $15 \div 20\text{m/s}$ ), dùng nhiều trong động cơ điêzen.

#### 6.3.4. Các hợp kim khác

Brông thiếc với các mác CDA 836, ГОСТ БрОЦС5-5-5 (đúc) và CDA 544, ГОСТ БрОЦС4-4-4 (biến dạng), trong đó Pb không tan là các hạt mềm, nền cứng là Cu hòa tan Sn, Zn.

Brông chì thường dùng với mác ГОСТ БрС30 ( $30\% \text{Pb}$ ), với các phần tử Pb không tan là hạt mềm, Cu là nền cứng.

### 6.4. Hợp kim bột

#### 6.4.1. Khái niệm chung

##### a. Công nghệ bột

So sánh công nghệ truyền thống và công nghệ bột:

VL ban đầu  $\rightarrow$  phối liệu  $\rightarrow$  nấu chảy  $\rightarrow$  đúc  $\rightarrow$  biến dạng  $\rightarrow$  gia công cắt  $\rightarrow$  sản phẩm

VL ban đầu  $\rightarrow$  bột  $\rightarrow$  phối liệu  $\rightarrow$  ép  $\rightarrow$  thiêu kết  $\rightarrow$  sản phẩm

**Tạo bột kim loại hay hợp kim:** nghiền (cho vật liệu giòn), phun loại lỏng vào môi trường nguội nhanh (trên tang đồng hay trong nước, khí áp suất cao), hoàn nguyên từ ôxyt, điện phân, CVD, PVD, ...

- **Tạo hình:** ép, nén dưới áp suất  $100 \div 1000\text{MPa}$ , tùy theo yêu cầu về khối lượng riêng. Muốn được khối lượng riêng lớn và đồng đều phải ép với áp suất lớn và rung cơ học, ép nung nhiều lần

- **Thiêu kết:** để bột liên kết với nhau,