

## 9. Công nghệ hàn các kim loại có hoạt tính cao và nhiệt độ nóng chảy cao

### 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.2 Công nghệ hàn các kim loại có hoạt tính cao và nhiệt độ nóng chảy cao

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Ứng dụng trong các chi tiết máy bay, tên lửa:

- Giữ được độ bền cao đến  $450\div 500$  °C.
- Khối lượng riêng nhỏ hơn thép 45% ( $4,54$  g/cm<sup>3</sup>),
- Ứng dụng trong công nghiệp hóa chất, năng lượng nguyên tử... :
  - Khả năng chống ăn mòn tốt trong nhiều môi trường ăn mòn.

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Đặc điểm của Ti:

- Có màu bạc. Cấu trúc tinh thể  $\alpha$  lục giác xếp chặt dưới  $885$  °C. Trên nhiệt độ này là cấu trúc  $\beta$  lập phương thể tâm. Các nguyên tố tạp chất và hợp kim làm thay đổi nhiệt độ này.
- Ti có ái lực mạnh đối với oxi, ni tơ, hydro.
  - Lớp oxit titan bền vững: khả năng chống ăn mòn cao trong môi trường muối, dung dịch axit có đặc tính oxi hóa, v.v.
  - Oxi và ni tơ trong dung dịch rắn có tác dụng tăng độ bền.
  - Hydro có tác dụng làm giòn Ti.

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Hợp kim hóa riêng rẽ hoặc kết hợp làm tăng đáng kể độ bền và tính dẻo của titan.

- Các nguyên tố hợp kim trong hợp kim titan là Al (3÷6%), Mn (< 2%), V (3,5÷4,5%), Cr (< 2,5%), Sn (2÷3%), v.v.
- Al ổn định hóa pha  $\alpha$  và tăng nhiệt độ chuyển biến pha.
- Cr, Mo, V ổn định hóa pha  $\beta$  và giảm nhiệt độ chuyển biến pha. Khi lượng nguyên tố ổn định pha  $\beta$  tăng, pha này tồn tại ổn định ở nhiệt độ thường và nhiệt độ âm.

DHBK Hà Nội 2005-06 Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL Cơ tính của hợp kim phụ thuộc vào tỷ lệ các pha

5

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Phân loại hợp kim titan:

- Titan kỹ thuật: phân loại trên cơ sở cơ tính tối thiểu và nồng độ tạp chất tối đa. Oxi, ni tơ, cacbon, sắt làm tăng độ bền.
- Hợp kim  $\alpha$  và giả  $\alpha$ : thường không được nhiệt luyện để tăng độ bền. Ứng dụng: đòi hỏi nhiệt độ trung bình, độ bền và bền nhiệt.
- Hợp kim  $\alpha + \beta$ : là hỗn hợp của 2 pha này. Có thể tăng bền bằng nhiệt luyện ủ hòa tan và hóa già. Ở trạng thái ủ, có độ dai phá hủy và tỷ lệ độ bền/khối lượng riêng

DHBK Hà Nội 2005-06 Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL cao.

6

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của các loại hợp kim titan:

- Titan kỹ thuật: khả năng chống ăn mòn tốt, dễ hàn. Cần sử dụng vật liệu hàn chứa ít Fe.
- Hợp kim  $\alpha$  và giả  $\alpha$ : có tính hàn, tính dẻo tốt. Chúng thường được hàn ở trạng thái ủ. Hợp kim giả  $\alpha$  có thể có ứng suất dư cao sau khi hàn, do đó cần khử ứng suất dư.
- Hợp kim  $\alpha + \beta$ : hàn có thể làm thay đổi đáng kể độ bền, tính dẻo và độ dai của hợp kim do ảnh hưởng của chu trình nhiệt hàn. Có thể sử dụng vật liệu hàn từ Ti hoặc hợp kim  $\alpha$ -Ti cho kim loại đắp chứa ít pha  $\beta$  (nhằm tăng tính dẻo).
- Hợp kim  $\beta$ : Hầu hết có thể hàn được ở trạng thái ủ hoặc trạng thái nhiệt luyện. Liên kết sau khi hàn có tính dẻo tốt nhưng độ bền tương đối thấp.

DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL

7

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của các loại hợp kim titan:

TT	A: Rất tốt; B: Tương đối tốt; C: Hạn chế; D: Không nên hàn ELI: Extremely low interstitial (nồng độ tạp chất xen kẽ cực thấp)		Tính hàn
	Loại	Thành phần	
1	Titan kỹ thuật	Ti	A
2	Hợp kim $\alpha$	Ti-5Al-2,5Sn	B
		Ti-5Al-2,5Sn-ELI ; Ti-0,2Pd	A
3	Hợp kim giả $\alpha$	Ti-8Al-1Mo-V; Ti-6Al-2Nb-1Ta-0,8Mo	A
		Ti-6Al-4Zr-2Mo-2Sn	B
4	Hợp kim $\alpha + \beta$	Ti-6Al-4V	B
		Ti-6Al-4V-ELI	A
		Ti-7Al-4Mo ;Ti-6Al-6V-2Sn	C
		Ti-8Mn	D
5	Hợp kim $\beta$	Ti-13V-11Cr-3Al	B

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### titan

#### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của titan và hợp kim titan:

- Hoạt tính cao. Dễ liên kết với H, O, N khi được nung và nóng chảy. Từ  $> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , titan hấp thu mạnh oxi để tạo thành cấu trúc mạng xen kẽ có độ bền và độ cứng cao nhưng lại có tính dẻo thấp. Oxi có ổn định hóa pha  $\alpha$  và liên kết với titan để tạo thành lớp  $\text{TiO}_2$  bền vững trên bề mặt.
- Từ  $> 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ni tơ bị hòa tan mạnh vào titan, liên kết hóa học với nó và một phần tạo nên pha nitrit có mạng xen kẽ với tính dẻo thấp:  
 $\text{Ti} + 0,5\text{N}_2 = \text{TiN}$  hoặc  $6\text{Ti} + \text{N}_2 = 2\text{Ti}_3\text{N}$ .  
Như vậy, dưới dạng nguyên tử xen kẽ và dạng nitrit, ni tơ làm tăng độ cứng và giảm tính dẻo của titan. Lớp titan bề mặt chứa nhiều ni tơ và oxi dưới dạng hấp thu.
- Khi hàn, các phần của lớp này có thể tham gia vào mối hàn dẫn đến giòn kim loại và tạo thành các vết nứt nguội. Do đó, cần loại bỏ hoàn toàn lớp này trước khi hàn.

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

#### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của titan và hợp kim titan:

- Hydro, thậm chí ở nồng độ thấp cũng làm giảm nhiều cơ tính của titan. Mặc dù khi tăng nhiệt độ, nồng độ hydro hấp thu có giảm, nhưng hydro dưới dạng dung dịch rắn quá bão hòa sẽ tạo thành pha riêng biệt  $\text{TiH}_2$ , là chất làm cho titan bị giòn mạnh và gây nứt nguội một thời gian dài sau khi hàn.
- Tác hại của hydro trong hợp kim  $\alpha$  lớn hơn nhiều so với trong hợp kim  $\beta$  (do khả năng hòa tan trong pha  $\alpha$  rất nhỏ  $< 0,001\%$ )
- Nứt dễ xảy ra khi:
  - Nồng độ hydro trong vật liệu ban đầu tăng
  - Mức độ hấp thu hydro trong khi hàn tăng (do bảo vệ kém)
  - Mức độ hấp thu hydro trong chuẩn bị mép hàn và trong vận hành liên kết tăng

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của titan và hợp kim titan:

- Các biện pháp công nghệ:
  - Giảm lượng khí trong vật liệu hàn, kim loại cơ bản ( $< 0,008\% \text{ H}_2$ ;  $< 0,1 \div 0,12\% \text{ O}_2$ ;  $< 0,04\% \text{ N}_2$ )
  - Bảo vệ tốt vùng hàn,
  - Chọn chế độ hàn hợp lý [hợp kim  $\alpha$  và giả  $\alpha$  – chế độ hàn cứng; hợp kim ( $\alpha + \beta$ ) – chế độ hàn tương đối mềm  $w = 10 \div 20 \text{ }^\circ\text{C/s}$ ]
  - Khử ứng suất dư hàn
  - Ngăn hydro hấp thu vào liên kết hàn trong quá trình vận hành.
- Ngoài ra hydro còn gây rỗ khí trong kim loại mối hàn.
  - Rỗ khí thường dưới dạng chuỗi tại vùng đường chảy, làm giảm độ bền (tĩnh và động) của liên kết.
  - Biện pháp chống rỗ khí: vật liệu hàn sạch, bảo vệ tốt vùng hàn

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của titan và hợp kim titan:

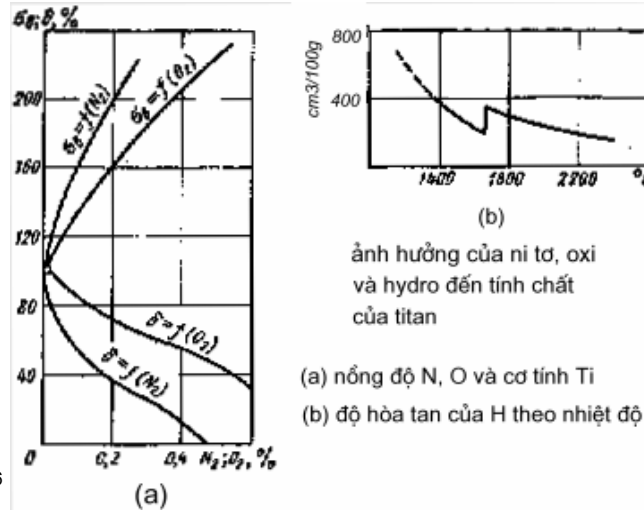
- Để sơ bộ xác định tính hàn của titan, có thể đánh giá theo độ cứng HB tính toán:
  - $\text{HB} = 40 + 310 (\text{O}_E)^{0,5}$ , với đương lượng oxi
  - $\text{O}_E = \text{O} + 2.\text{N} + 2/3.\text{C}$  trong đó O, N và C là nồng độ phần trăm (khối lượng) của các nguyên tố đó trong titan.
  - Nếu  $\text{HB} \leq 200$  và  $\text{O} \leq 0,01\%$  thì titan có tính hàn tốt.
  - Các biện pháp bảo vệ kim loại nóng chảy và vùng kim loại cơ bản  $> 400 \text{ }^\circ\text{C}$ : sử dụng thuốc hàn; sử dụng các đệm khí bảo vệ từ phía bên kia hồ quang, hoặc các đệm thuốc hàn, đệm kim loại
- Nếu sau khi hàn, bề mặt kim loại sáng bóng, việc bảo vệ được

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### titan

#### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của titan và hợp kim titan:



DHBK Hanoi 2005-06

13

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

#### 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn

Tính hàn của titan và hợp kim titan:

- Tính nhạy cảm với chu trình nhiệt hàn.
  - Khi nung và nguội, vùng pha  $\beta$  bị tăng kích thước hạt. Điều này liên quan đến tính dẫn nhiệt thấp của titan.
  - Khi nguội và hóa già, có thể hình thành các pha giòn. Do đó, tính dẻo của kim loại bị giảm và hình thành sự không đồng nhất tính chất liên kết hàn.

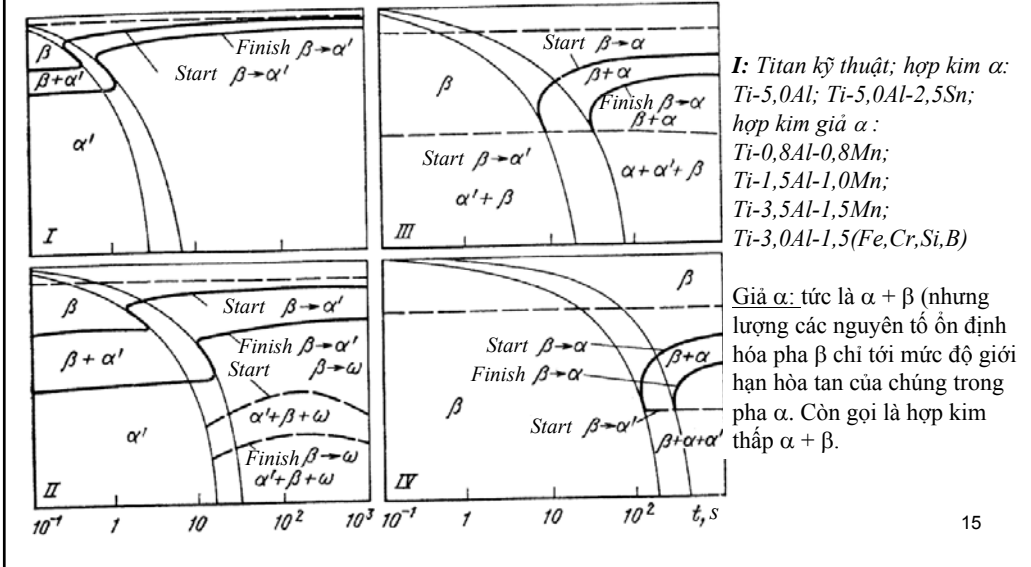
DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL

14

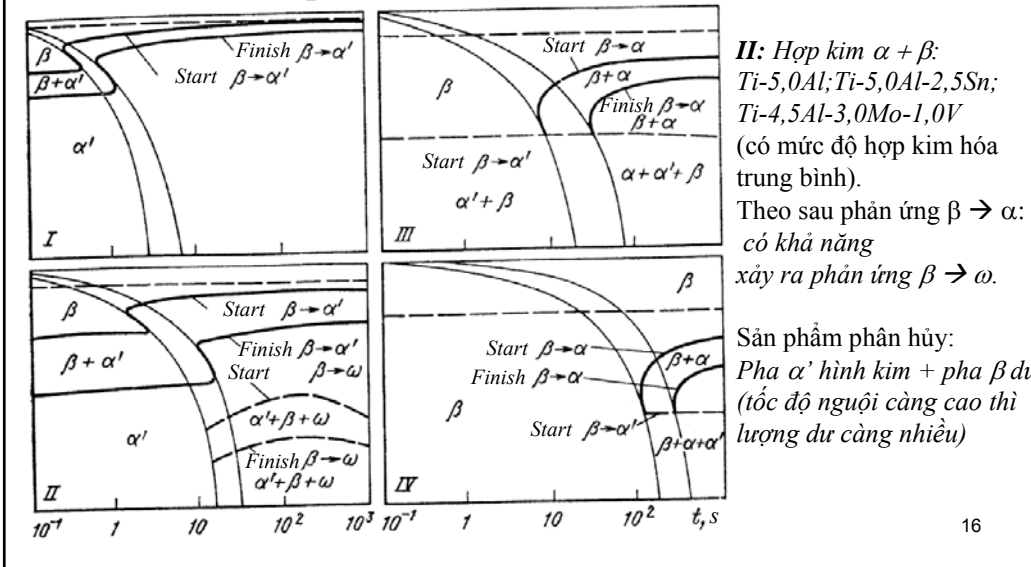
# 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

## 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn



# 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

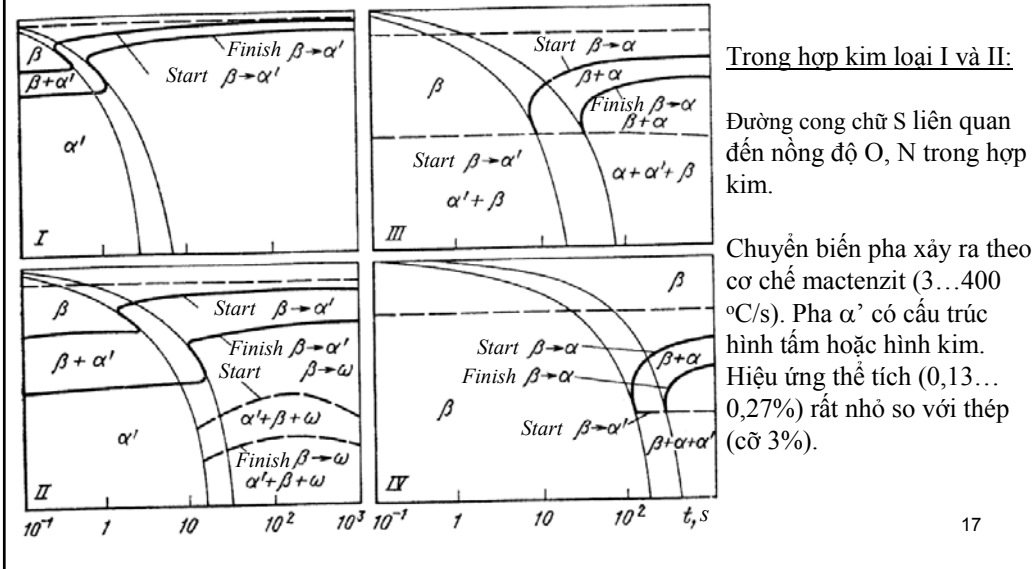
## 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn





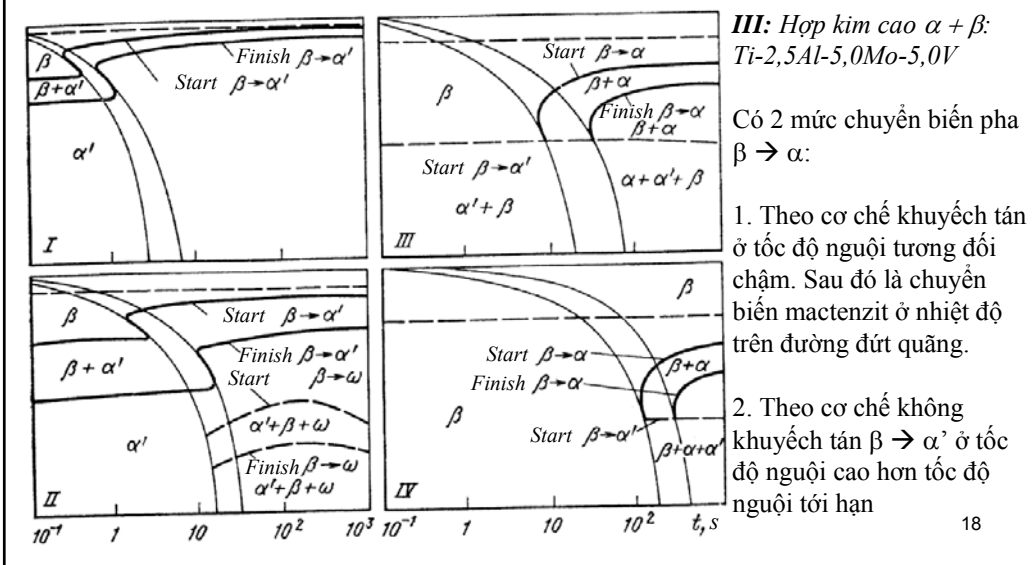
# 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

## 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn



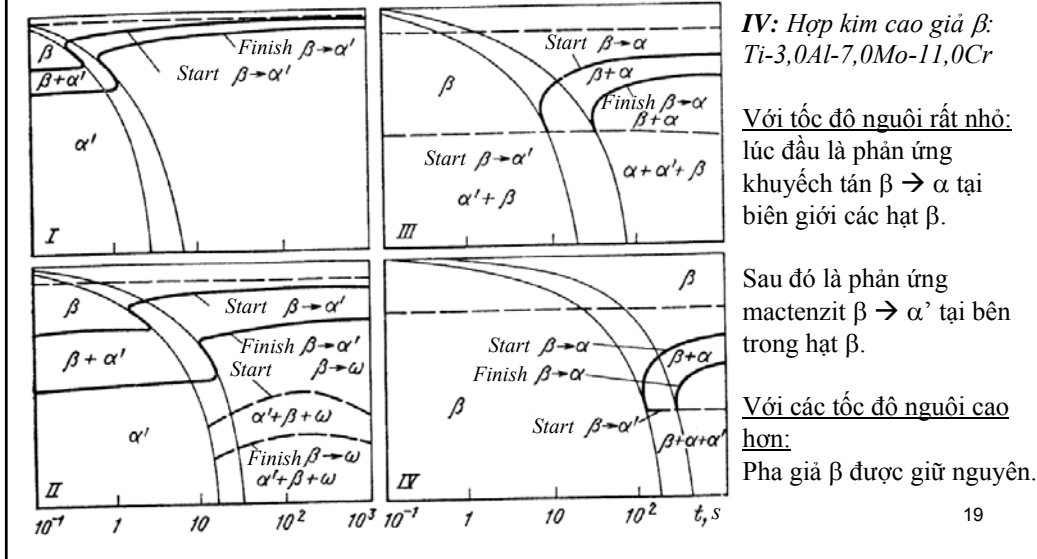
# 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

## 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn



# 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

## 9.1.1 Đặc điểm, phân loại và tính hàn



# 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

## 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn

### Tiêu chí lựa chọn chế độ công nghệ hàn

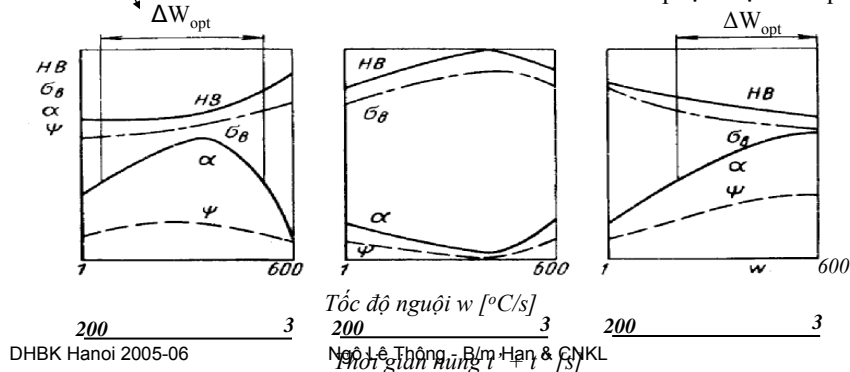
- Loại 1: titan kỹ thuật, hợp kim  $\alpha$ , hợp kim  $\alpha + \beta$  là những kim loại có hiệu ứng thể tích nhỏ khi có chuyển biến thù hình:
  - Lấy cơ tính tối ưu làm xuất phát điểm: chọn khoảng tốc độ nguội tối ưu  $\Delta w_{opt}$ , trong đó mức độ suy giảm tính dẻo vùng ảnh hưởng nhiệt là tối thiểu.

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn

(a) Titan kỹ thuật; Hợp kim  $\alpha$  ( $Ti-5,0Al$ ;  $Ti-5,0Al-2,5Sn$ ); Hợp kim giả  $\alpha$  ( $Ti-0,8Al-0,8Mn$ ;  $Ti-6,0Al-1,5Mn$ ;  $Ti-3,5Al-1,5Mn$ ; Hợp kim  $\alpha + \beta$  ( $Ti-5,0Al-4,0V$ )

- $q_d$  tối thiểu
- Sau khi hàn không nhiệt luyện bền hóa.
- Cấu trúc và tính chất liên kết hàn hoàn toàn phụ thuộc vào quá trình hàn.



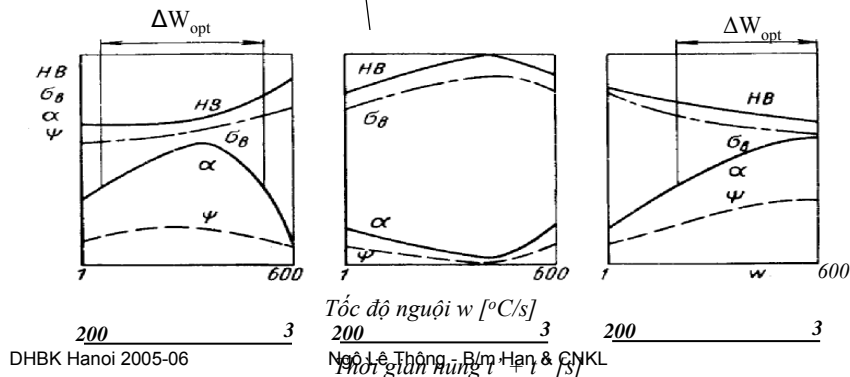
21

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn

(b) Hợp kim  $\alpha + \beta$  có nồng độ pha  $\beta$  ở mức trung bình ( $Ti-6,0Al-4,5V$ ;  $Ti-4,5Al-3,0Mo-1,0V$ ):

Có sự giảm đột ngột cơ tính trong khoảng rộng  $\Delta w$ . Ngoài khoảng này, tính dẻo tăng đối với các tốc độ nguội nhỏ (tỷ lệ pha  $\beta$  giảm).  
 Nên sử dụng chế độ hàn mềm với tốc độ nguội nhỏ.



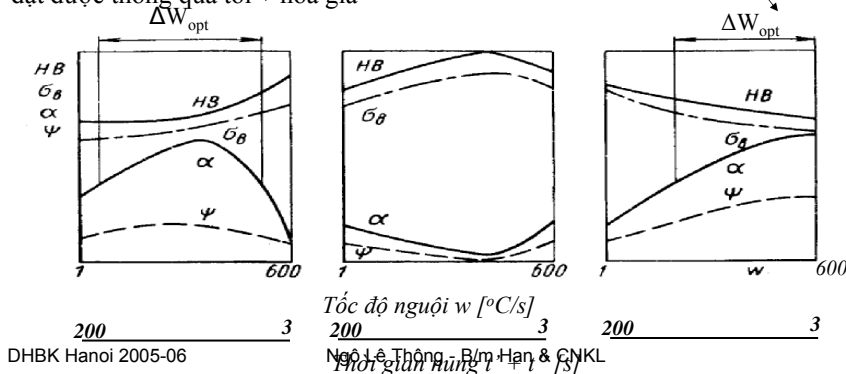
22

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn

(c) Hợp kim cao  $\beta + \alpha$  có tỷ lệ pha  $\beta$  cao (*Ti-2,5Al-5Mo-5V*) hoặc hợp kim giả  $\beta$  (*Ti-3,0Al-7,0Mo-11,0Cr*).

Cần hàn ở chế độ bảo đảm tốc độ nguội từ trung bình đến cao.  
Cơ tính cần thiết của hợp kim  $\alpha + \beta$  có thể nhiệt luyện được:  
đạt được thông qua tôi + hóa già



## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim titan

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn

#### Tiêu chí lựa chọn chế độ công nghệ hàn

- Loại 2: hợp kim  $\beta$ : không có chuyển biến thù hình
  - Lấy khả năng chống nứt nóng giữa các tinh thể, cộng với việc bảo đảm độ bền và tính dẻo cần thiết và các đặc tính cần thiết khác (chống ăn mòn...) của kim loại mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt làm tiêu chí.
  - Hàn ở chế độ cứng ( $w = 100 \div 500$   $^{\circ}\text{C/s}$ ). Tốc độ nguội nhỏ hơn làm giảm tính dẻo.
  - Chọn kim loại cơ bản tốt: hạn chế lượng nguyên tố xen kẽ (O, N, H)
  - Bảo vệ hữu hiệu vùng hàn: khí bảo vệ, chân không, ...
  - Chọn vật liệu hàn thích hợp:

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn titan

1. Quá trình hàn: hàn bằng điện cực không nóng chảy và điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ, hàn hồ quang plasma, v.v.
2. Chon liên kết hàn: liên kết hàn tương tự như đối với thép, nhưng tùy thuộc vào loại quá trình hàn, phương pháp hàn (tay, cơ giới), khả năng tiếp cận liên kết, và những yêu cầu về kiểm tra mối hàn. Liên kết hàn giáp mối tiêu biểu:  $t = 3 \text{ mm}$ ; góc rãnh hàn  $70^\circ$ ; mặt đáy  $0,5 \text{ mm}$ ; khe đáy  $0 \div 0,25 \text{ mm}$ . Gia công mép trước khi hàn không được làm nhiễm bẩn bề mặt.
3. Làm sạch trước khi hàn: làm sạch khỏi các chất bẩn, dầu mỡ, sơn, dầu tay, v.v. bằng dung môi.  
Bề mặt bị oxi hóa nhẹ: tẩy thực bằng dung dịch  $2 \div 4\% \text{ HF}$  và  $30 \div 40\% \text{ HNO}_3$ , sau đó tráng bằng nước và sấy khô.  
Bề mặt bị oxi hóa ở nhiệt độ trên  $600^\circ\text{C}$ : làm sạch bằng phương pháp cơ học.

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

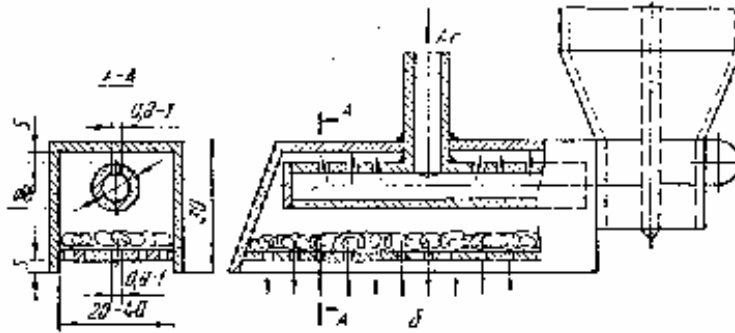
### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn titan

4. Nhiệt độ nung nóng sơ bộ và nhiệt độ giữa các đường hàn: tối đa  $120^\circ\text{C}$  để tránh oxi hóa. Nung nóng sơ bộ ở nhiệt độ thấp: làm khô bề mặt trước khi hàn.
5. Bảo vệ trong quá trình hàn:
  - Để tránh  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  từ không khí, toàn bộ hoặc những phần của vật hàn được nung nóng tới nhiệt độ cao hơn  $260^\circ\text{C}$  phải được bảo vệ bằng khí trơ hoặc chân không ( $10^{-4} \text{ torr}$ )
  - Trong quá trình hàn, bề mặt đã được nung phải được bảo vệ cho đến khi nó nguội xuống dưới  $425^\circ\text{C}$ .

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### titan

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn



DHBK Hanoi 2005-06

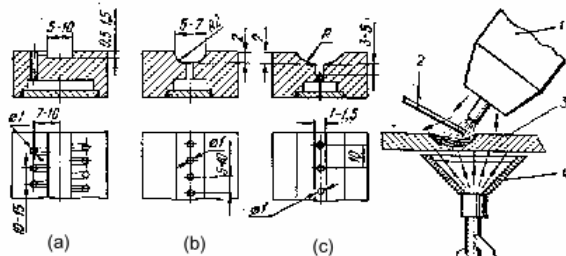
Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL

27

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### titan

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn



Bảo vệ phía bên kia mối hàn

- (a), (b), (c) dùng đệm lót đáy

có thổi khí trợ với chiều dày tấm:

0,8-3mm (a); 4-8mm (b); 8-16mm (c):

- (d) dùng phễu lót đáy bổ sung

DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL

28

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn titan

#### 6. Hàn bằng điện cực không nóng chảy trong khí trơ:

- Hàn ngoài không khí: chủ yếu đối với chiều dày tới 3 mm. Tốt nhất là hàn sấp. Dòng hàn một chiều cực thuận. Điện cực loại EWTh-2.
- Hàn trong hộp kín (Glove box GTAW).

#### 7. Hàn bằng điện cực nóng chảy trong khí trơ:

- Năng suất hàn cao hơn, đặc biệt đối với chiều dày lớn.
- Đòi hỏi cao đối với độ sạch của dây hàn, khí bảo vệ.
- Sử dụng được 3 loại dịch chuyển: ngắn mạch (cho tấm mỏng ở mọi tư thế hàn và tấm dày ở các tư thế khác hàn sấp), giọt lớn (có bắn tóe), và tia dọc trục (tấm dày ở tư thế hàn sấp, ngang)

DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Hàn & CNKL

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn titan

Chiều dày tấm, [mm]	Đường kính [mm]		Dòng điện hàn [I]	Tốc độ hàn [m/h]
	Dây hàn phụ	Điện cực W		
0,3÷0,7	–	1,6	40	55
0,8÷1,2	–	1,6	60÷80	40÷50
1,5÷2,0	2,0÷2,5	2,0	80÷120	35÷40
2,5÷3,5	2,0÷2,5	3,0	150÷200	35÷40

Lưu lượng Ar qua chụp khí 13÷18 l/min. Lưu lượng Ar tại mặt sau mỗi hàn (xông khí) 2÷2,5 l/min

DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Hàn & CNKL

30

## 9.1 Công nghệ hàn titan và hợp kim

### 9.1.2 Công nghệ và kỹ thuật hàn titan

Ø dây hàn [mm]	Dòng điện hàn [A]	Chiều dày tấm không vát mệp [mm]	Điện áp hàn [V]	Tốc độ hàn [m/h]	Tầm với điện cực [mm]	Lưu lượng khí bảo vệ [l/min]
Khí bảo vệ Ar						
0,6÷0,8	150÷250	4÷8	22÷24	30÷40	10÷14	20÷30
1,0÷1,2	280÷320	5÷10	24÷28	30÷40	17÷20	25÷35
1,6÷2,0	340÷520	8÷12	30÷34	20÷25	20÷25	35÷45
3,0	480÷750	14÷34	32÷34	18÷22	30÷35	40÷50
4,0	680÷980	16÷36	32÷36	16÷18	35÷40	50÷60
5,0	780÷1200	16÷36	34÷38	14÷16	40÷45	50÷60
Khí bảo vệ He						
0,6÷0,8	150÷250	4÷6	28÷32	30÷40	10÷14	30÷40
1,0÷1,2	280÷320	4÷8	32÷36	30÷40	17÷20	35÷45
1,6÷2,0	340÷520	5÷10	38÷40	20÷25	20÷25	70÷90
3,0	480÷750	10÷28	42÷48	18÷22	30÷35	80÷100
4,0	680÷980	12÷32	46÷50	16÷18	40÷50	100÷120
5,0	780÷1200	12÷32	46÷52	14÷16	45÷55	100÷120

DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL

31

## 9.2 Công nghệ hàn các kim loại có hoạt tính cao và nhiệt độ nóng chảy cao

Về mặt tính hàn, các kim loại này (Zr, Hf, Nb, Ta, Mo, W) có thể được chia thành hai nhóm:

1. Các nguyên tố có hoạt tính cao Zr, Hf, Nb, Ta: có tính hàn tốt khi tuân thủ các điều kiện công nghệ hàn.
2. Các nguyên tố có nhiệt độ nóng chảy cao Mo, W: khó hàn hơn nhiều do rất nhạy cảm đối với các tạp chất (gây giòn kim loại mối hàn). Để tránh nứt nguội Mo, cần nung nóng sơ bộ 200÷315 °C và ram sau khi hàn đến 980 °C để khử ứng suất dư.

DHBK Hanoi 2005-06

Ngô Lê Thông - B/m Han & CNKL

32



## 9.2 Công nghệ hàn các kim loại có hoạt tính cao và nhiệt độ nóng chảy cao

Các biện pháp cơ bản để có được liên kết hàn với tính chất cần thiết:

- Giảm lượng tạp chất có hại trong kim loại cơ bản và vật liệu hàn.
- Giảm ứng suất nhiệt và ứng suất dư trong liên kết hàn
- Bảo vệ kim loại mối hàn và vùng xung quanh mối hàn khỏi không khí bên ngoài.

Các phương pháp hàn các kim loại này:

- hàn bằng tia điện tử hoặc
- hàn bằng điện cực không nóng chảy (cực nghịch) trong các buồng có không chế thành phần khí (sử dụng Ar, He có độ tinh khiết cao).
- Cơ tính kim loại mối hàn đạt 80÷95% của kim loại cơ bản.