

# KHUYẾT TẬT HÀN

## 1. Tổng quan

Sự tồn tại của các khuyết tật hàn khó có thể tránh được trong quá trình chế tạo . Các khuyết tật này đôi khi không đến mức loại bỏ khả năng phục vụ của mối hàn . Do vậy , ở chừng mực nào đó , có thể coi chúng như là các khiếm khuyết , và tùy thuộc vào yêu cầu phục vụ của mối hàn mà có thể chấp nhận hoặc không chấp nhận chúng. Thông thường các khiếm khuyết được đánh giá mức độ nghiêm trọng ở ba mức B, C hoặc D theo các tiêu chuẩn châu âu EN 25817 hoặc ASME IX hay AWS D1.1, theo tiêu chuẩn Mỹ hoặc các quy phạm hàn cho từng nước, TCVN chẳng hạn.

Khi đánh giá mối hàn thường phải tuân thủ các hướng dẫn của qui phạm hàn nào đó và cần tính đến yêu cầu phục vụ và hiệu quả kinh tế của chúng . Tất nhiên là , nếu các tiêu chuẩn kiểm định mối hàn không quá khắt khe thì độ tin cậy của chúng sẽ giảm đi song giá thành chế tạo lại rẻ . Việc chọn lựa qui phạm đánh giá mối hàn là một cân nhắc về mức độ mạo hiểm và giá thành chế tạo . Áp dụng các qui phạm khắt khe không cần thiết là lãng phí , song quá nhân nhượng lại là mạo hiểm . Chương này sẽ trình bày các dạng khuyết tật , nguyên nhân và mức độ chấp nhận được theo các quy phạm .

Các khuyết tật hàn về đại thể có thể chia ra như sau :

### **Các khuyết tật xuất hiện trong quá trình thi công :**

- Thiếu chảy (lack of fusion)
- Nứt (cracks)
- Rỗ khí (porosity)
- Ngậm xỉ (inclusions)
- Mối hàn thiếu kích thước hoặc sai lệch hình dạng

### **Các khuyết tật xuất hiện khi phục vụ :**

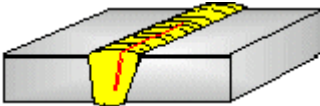
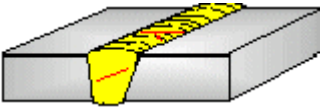

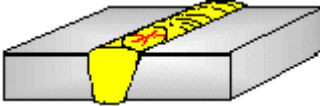
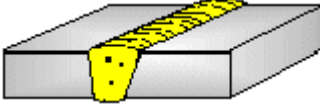
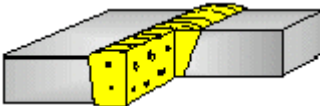
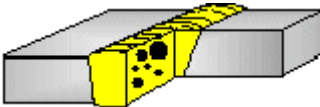
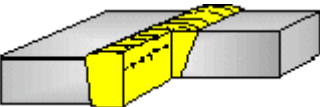


- Nứt do dòn (brittle fracture)
- Nứt do ăn mòn ứng suất (stress corrosion cracking)
- Nứt do mỏi (fatigue failure)

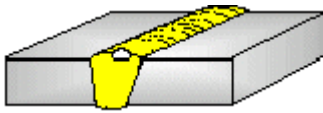
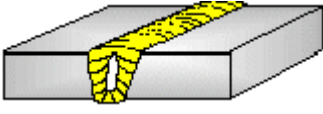
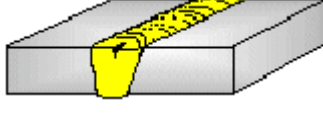
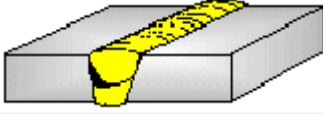
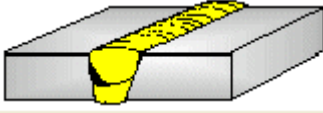


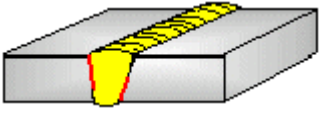

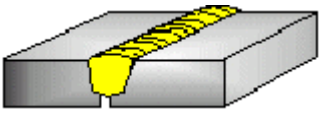
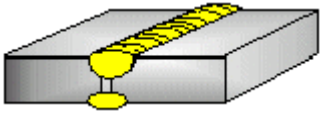
Nguyên nhân trực tiếp của các khuyết tật thường do qui trình hàn và kỹ thuật hàn không đúng. Qui trình không đúng hoặc kỹ thuật hàn yếu kém có thể tạo ra các mối hàn không có giá trị khai thác .










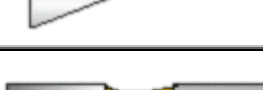



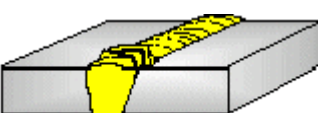
### **Nhận dạng khuyết tật hàn.**

**Khuyết tật bên ngoài:** có thể nhận biết bằng mắt thường hoặc nhờ vào các phương tiện phát hiện như thăm thấu (PT) bột từ (MT).

**Khuyết tật bên trong:** Cần sử dụng các phép thử không phá hủy (NDT) như siêu âm (UT) X-ray (RT) để phát hiện.

PHÂN LOẠI CÁC KHUYẾT TẬT HÀN			
Code	Tên gọi	Mô tả	Tên tiếng Anh
<b>Nhóm 1: Nứt</b>			
101	Nứt dọc		LONGITUDINAL CRACK
102	Nứt ngang		TRANSVERSE CRACK
103	Nứt phân nhánh ( nứt chân chim)		RADIATING CRACK
104	Nứt đuôi lửa		CRATER CRACK
<b>Nhóm 2: Rỗ / Bọt</b>			
2011	Rỗ khí		GAS PORE
2012	Rỗ phân tán đều		UNIFORMLY DISTRIBUTED POROSITY
2013	Rỗ tập trung		CLUSTERED POROSITY
2014	Rỗ phân tán dọc		LINEAR POROSITY
2015	Khuyết bọt		ELONGATED POROSITY
2016	Lỗ dò		WORM HOLE

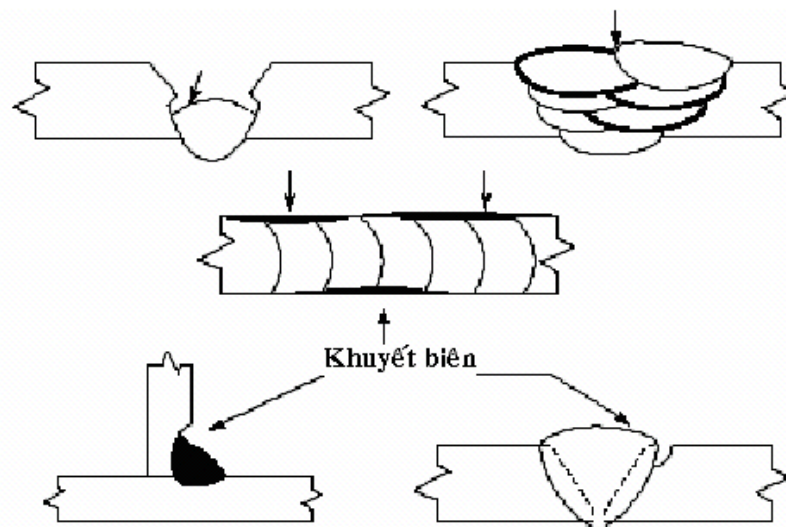
2017	Rỗ mặt		SURFACE PORE
2021	Khuyết co ngót		INTERDENDRITIC SHRINKAGE
2024	Khuyết đuôi lửa		CRATERE PIPE
<b>Nhóm 3: Lẫn / ngậm xỉ (tạp chất)</b>			
301	Ngậm xỉ		SLAG INCLUSION
302	Ngậm thuốc hàn		FLUX INCLUSION
303	Ngậm oxyt		OXIDES INCLUSION
304	Ngậm kim loại (mắt cá)		METALLIC INCLUSION
<b>Nhóm 4: Thiếu chảy</b>			
4011	Thiếu chảy		LACK OF FUSION
4012	Thiếu chảy giữa các lớp hàn		LACK OF INTER-RUN FUSION
<b>Nhóm 4: Thiếu ngấu</b>			
402	Thiếu ngấu		LACK OF PENETRATION
402	Thiếu ngấu giữa các lớp hàn		LACK OF PENETRATION

Nhóm 5: Sai lệch hình dáng			
5011	Cháy lẹm		UNDERCUT
5012	Khuyết biên / cháy chân		UNDERCUT
5013	Khuyết biên phía ngấu		SHRINKAGE GROOVE
502	Lồi / mô cao		EXCES WELD METAL
504	Chảy xệ / quá ngấu		EXCESSIVE PENETRATION
5041	Chảy xệ cục bộ		EXCESSIVE PENETRATION
506	Chồng mép		OVERLAP
507	Gá lệch		LINEAR MISALIGNMENT
508	Lệch góc		ANGULAR MISALIGNMENT
509	Cháy lõm		SAGGING
511	Thiếu bề dày		INCOMPLETE FILLED GROOVE
515	Co ngót phía ngấu		ROOT CONVEXITY
516	Quá nhiệt / oxyt hóa		POROSITY DUE TO CARBONE MONOXIDE
517	Nổi que kém		POOR RESTART

## 2. Khuyết biên (*Undercut*)

### 2.1. Nhận dạng .

Khuyết biên là phần bị lẹm ( lõm, khuyết ) thành rãnh dọc theo ranh giới giữa kim loại cơ bản và kim loại đắp, trên bề mặt hoặc trên các lớp đắp.



Hình 1: khuyết biên (*Undercut*)

### 2.2. Nguyên nhân.

- Dòng hàn quá cao.
- Chiều dài hồ quang quá dài.
- Mối hàn quá rộng do lắc que.
- Tốc độ hàn quá nhanh thiếu dừng ở biên mối hàn.
- Góc độ que hàn và cách di chuyển que chưa hợp lý.

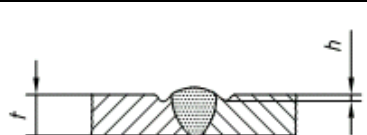
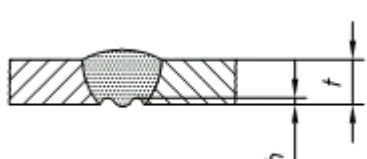
**Hậu quả:** Làm giảm tiết diện làm việc của liên kết, tạo sự tập trung ứng suất cao là nơi xuất phát các vết nứt do mỏi và có thể dẫn đến sự phá hủy của kết cấu trong quá trình sử dụng.

### 2.3. Biện pháp khắc phục.

Để đề phòng khuyết biên, cần phải chọn dòng điện hàn chính xác, chiều dài hồ quang ngắn và cách di chuyển que phù hợp.

### 2.4. Tiêu chuẩn chấp nhận .

Các giới hạn khuyết tật chấp nhận được công bố bởi EN 25817 (ISO 5817) đối với các khuyết tật khi hàn thép.

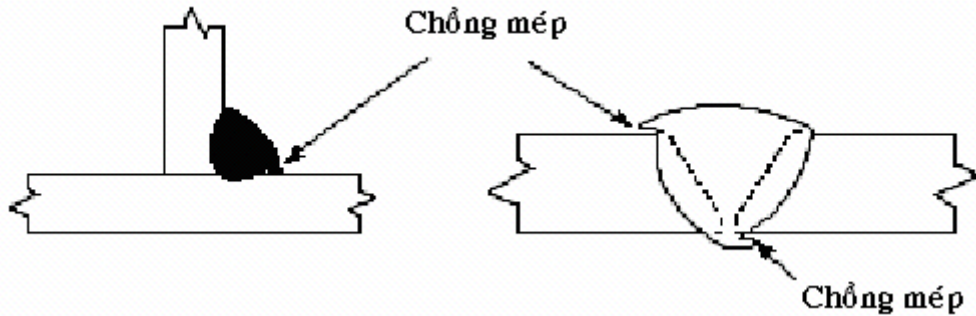
Khuyết tật		t (mm)	Cấp D	Cấp C	Cấp B
5011		0,5 - 3	$h \leq 0,2t$ (1)	$h \leq 0,1t$ (1)	Không chấp nhận
5012		>3	$h \leq 0,2t$ max 1mm	$h \leq 0,1t$ max 0,5mm	$h \leq 0,05t$ max 0,5mm
5013		0,5 - 3	$h \leq 0,2mm + 0,1t$	$h \leq 0,1t$ (1)	Không chấp nhận
		>3	$h \leq 0,2t$ max 2mm (1)	$h \leq 0,1t$ max 1mm (1)	$h \leq 0,05t$ max 0,5mm (1)

(1) : Short imperfections

### 3. Chồng mép (Overlap)

#### 3.1. Nhận dạng.

Kim loại hàn chảy tràn lên mép hàn song không nóng chảy để kết dính.



Hình 2: Chồng mép (Overlap)

#### 3.2. Nguyên nhân.

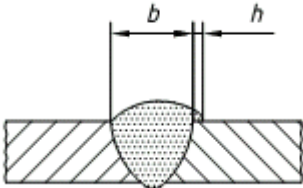
- Tốc độ dịch chuyển không đúng.
- Góc hàn sai .
- Đường kính que quá lớn.
- Dòng điện hàn quá thấp.

**Hậu quả :** Gây tập trung ứng suất tương tự như khuyết biên . Là nơi xuất phát các vết nứt do mỏi.

#### 3.3. Biện pháp khắc phục .

Điều chỉnh thông số hàn phù hợp.

#### 3.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

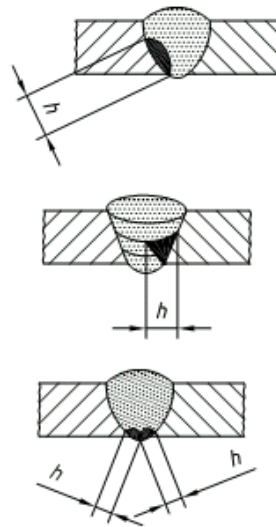
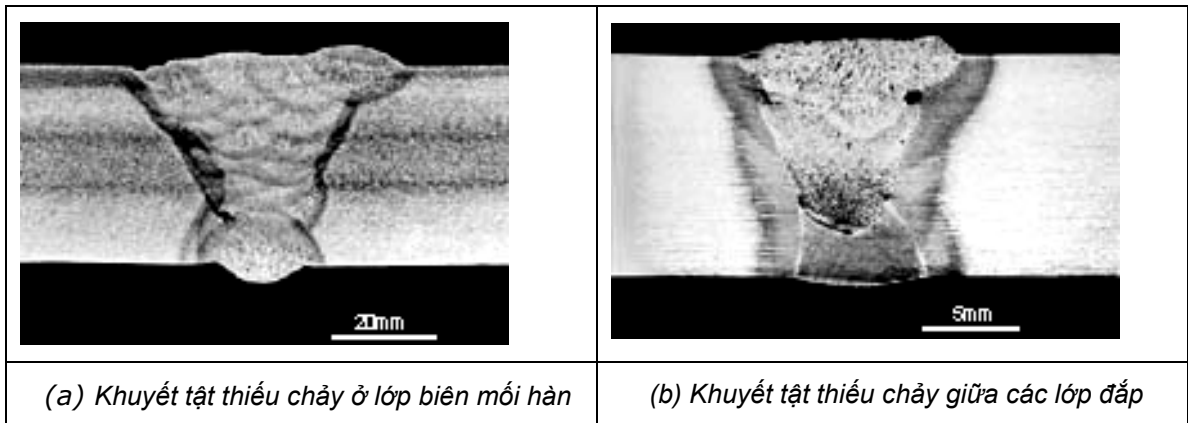
Khuyết tật	t (mm)	Cấp D	Cấp C	Cấp B	
506 Chồng mép		$\geq 0,5$	$h \leq 0,2b$	Không chấp nhận	Không chấp nhận

## 4. Thiếu chảy (Lack of fusion)

### 4.1. Nhận dạng .

Thiếu chảy trên biên hoặc trong mối hàn xuất hiện khi

- Biên mối hàn không đủ nhiệt để nóng chảy (hình – a)
- Ngẫu không đều giữa các lớp hàn (hình – b).
- Thiếu chảy lớp ngẫu.



Hình 3 : Thiếu chảy (Lack of fusion)

### 4.2. Nguyên nhân.

Nguyên nhân chính thường là góc vát quá hẹp, các thông số hàn hiệu chỉnh không đúng, kỹ thuật hàn yếu kém hoặc bị thổi lệch từ không kiểm soát được . Mép hàn không được tẩy sạch gỉ sét và dầu mỡ cũng là nguyên nhân gây ra thiếu chảy. Các loại khuyết tật này thường xuất hiện khi hàn các mối hàn ở tư thế đứng .

#### **Chuẩn bị mối hàn**

Chuẩn bị mối hàn với góc vát quá hẹp thường khiến hồ quang bị kéo về một phía gây ra sự thiếu chảy trên phía ngược lại hoặc gây ra sự ngẫu không đều trên lớp hàn trước. Khi hàn với chiều dài hồ quang lớn cũng làm tăng nguy cơ nóng chảy không đều ở hai biên và độ ngẫu yếu trên lớp hàn trước. Thêm vào



đó , góc vát hẹp cũng làm cho việc tiếp cận và kiểm soát quá trình chảy của hồ quang khó khăn hơn .

### **Thông số hàn**

Dòng điện là yếu tố quan trọng , nó phải bảo đảm sự ngẫu đều vào các biên vững chảy. Khi dòng lớn , buộc phải hàn với tốc độ cao làm tăng nguy cơ thiếu ngẫu hoặc ngẫu không đều . Tốc độ hàn chậm có thể gây chảy tràn (overlap) khiến cho hình dạng mỗi hàn không đều ; các khiếm khuyết này là nguyên nhân gây ra độ ngẫu không đều và thiếu chảy ở lớp hàn kế tiếp.

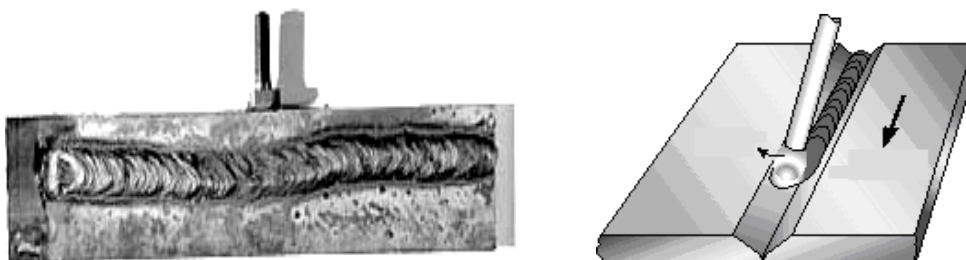
### **Kỹ thuật hàn**

Kỹ thuật hàn gồm góc hàn , tốc độ và phương thức dịch chuyển hồ quang có tác động quan trọng đến phân bố nhiệt ở khu vực hàn. Các thiếu sót về mặt kỹ năng như giữ góc độ hàn không đúng , thao tác hàn sai , tốc độ không phù hợp sẽ làm mép hàn nóng chảy không đều. Hồ quang hàn cần phải dao động (Weaving) nhiều hoặc ít tùy thuộc cấu hình mỗi hàn và tư thế thi công để bảo đảm vững chảy đầy đặn và tiếp xúc tốt với mép hàn ; đặc biệt chú ý dừng hồ quang một chút ở biên mỗi hàn để bảo đảm các mép hàn được nung chảy đúng mức. Chú ý là sự dao động hồ quang không thể thực hiện tùy tiện, mà phải tuân thủ qui trình hàn. Biên dao động được tính toán thông qua thiết kế tiết diện mỗi hàn có cân nhắc để bề dày và năng lượng nhiệt cung cấp cho từng lớp hàn. Tỷ lệ giữa bề dày và độ rộng lớp / mỗi hàn có vai trò quyết định đến độ dai và khả năng chịu mỏi của mỗi hàn.

### **Thối lệch từ**

Hiện tượng thối lệch từ có thể làm hồ quang trở nên khó kiểm soát dẫn đến các khuyết tật thiếu chảy trên biên , đặc biệt là khi hàn trên thép bị từ hóa. Thối lệch từ có xuất hiện do sự mất cân đối của từ trường phát sinh bởi dòng điện hàn (hình-4), các nguyên nhân có thể là :

- Từ dư trên chi tiết hàn khi dùng các thiết bị bốc dỡ hoặc gá đặt sử dụng nam châm .
- Từ trường trái đất tác động (earth's magnetic field), khi hàn đường ống dài
- Điểm đặt mass trên chi tiết hàn. Hình - 4 cho thấy tác động của vị trí đặt mass tại giữa tâm mỗi hàn có thể gây ra thối lệch từ khi hàn ngang qua điểm nối mass. Thối lệch từ do đặt sai điểm nối mass có thể khắc phục dễ dàng bằng qui tắc sau “Luôn tiến hành hàn về phía (hoặc xa dần) điểm nối mass”, hoặc dùng nguồn điện AC hoặc áp dụng biện pháp khử từ như hình - 5 .



a)

b)

*Hình 4 : Các nguyên nhân gây ra thối lệch từ*

*(a) Điểm đặt mass không đúng gây ra thối lệch từ làm cho mối hàn ngoằn ngoèo , (b) hồ quang bị thối lệch do góc hàn không đúng*



Hình 5: Giải pháp khắc phục thổi lệch từ khi hàn ống

#### 4.3. Biện pháp khắc phục.

Áp dụng các giải pháp kỹ thuật sau để loại bỏ khuyết tật thiếu chảy trên biên hoặc giữa hai lớp hàn:

- Góc vát chuẩn bị phải đủ rộng để thao tác và kiểm soát hồ quang
- Chọn thông số hàn (dòng hàn đủ cao, chiều dài hồ quang đủ ngắn, tốc độ hàn phù hợp) vừa bảo đảm ngẫu đều vừa tránh chảy xệ.
- Góc hàn và các dịch chuyển hồ quang hợp lý nhằm bảo đảm vũng chảy cân đối và tiếp xúc tốt với các biên.
- Lắc que và dừng biên đúng cách (lưu ý đến năng lượng hàn)
- Nếu xảy ra sự thổi lệch từ không kiểm soát được thì nên chọn nguồn điện AC để thay thế hoặc áp dụng các giải pháp loại bỏ sự mất đối xứng của từ trường hoặc từ dư trong chi tiết hàn

#### 4.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

Các giới hạn khuyết tật chấp nhận được công bố bởi BS EN 25817 (ISO 5817) ở ba cấp độ (xem bảng) Nhìn chung ở cấp B (stringent) và C (intermediate) không chấp nhận. Đối với cấp D (moderate) chỉ cho phép những vết thiếu chảy nhỏ giữa các lớp hàn không mở rộng lên đến bề mặt mối hàn.

Khi hàn nhôm, không cho phép các khuyết tật thiếu chảy dài hoặc liên tục. Tuy nhiên ở cấp C và D có thể chấp nhận các khuyết tật thiếu chảy ngắn và kích thước các khuyết tật cho phép tùy thuộc vào kích thước mối hàn đầu mí hoặc góc (Không quá 0,2 kích thước mối hàn)

Ứng dụng	Qui phạm / Tiêu chuẩn	Giới hạn chấp nhận
Trên thép	ISO 5817:1992	Cấp B và C không cho phép. Cấp D Chấp nhận các khuyết tật thiếu chảy (ngấu) giữa các lớp hàn miễn là không lan rộng đến bề mặt mỗi hàn .
Nhôm	ISO 10042:1992	Cả ba cấp B, C, D. Các khuyết tật kéo dài không được chấp nhận. Cấp C & D. Các khuyết tật ngắn và không liên tục được chấp nhận . Cấp B không cho phép
Các bình chịu áp	BS5500:1997	Không cho phép
Các bình chứa	BS2654:1989	Không cho phép
Các hệ thống ống	BS2633:1987	'Chiều dài' không quá 15mm (Phụ thuộc vào bề dày thành ống)
Đường ống	API 1104:1983	'Chiều dài' không quá 25mm (nhỏ hơn nếu mỗi hàn <300mm)

#### 4.5. Kiểm tra và sửa chữa.

Khi khuyết tật lan đến bề mặt mỗi hàn thì có thể kiểm tra bằng các dung dịch thẩm thấu (PT) hoặc kiểm tra bằng bột từ (MPI). Các khuyết tật bên trong có thể kiểm tra bằng siêu âm (UT) hoặc tia bức xạ (RT) . Phương pháp siêu âm cho kết quả rõ ràng và chính xác hơn. Thổi carbon hoặc mài kỹ lưỡng trước khi hàn sửa chữa .

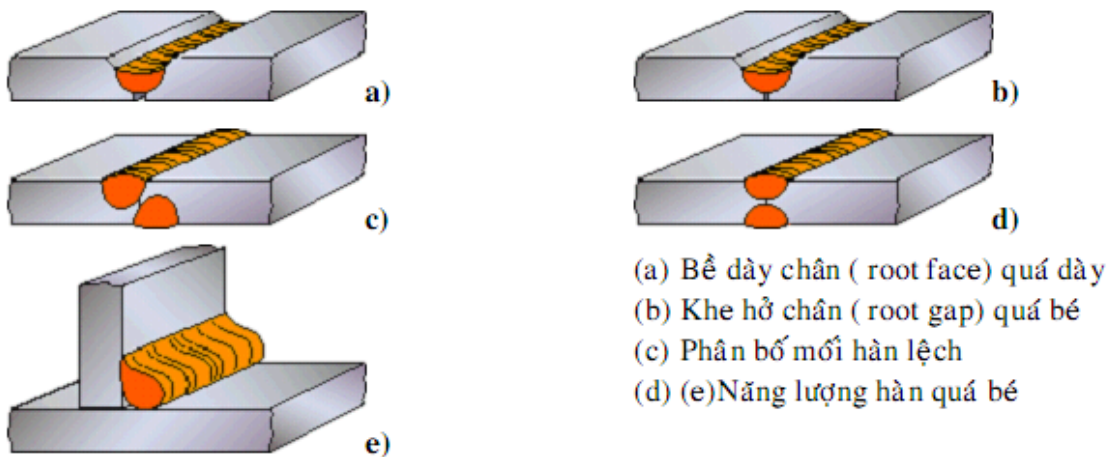
Nếu các khuyết tật quá nghiêm trọng và xác định nguyên nhân không phải do thời lệch từ thì phải hiệu chỉnh lại qui trình hàn hoặc huấn luyện lại thợ hàn .

## 5. Thiếu ngấu (*Lack of penetration*)

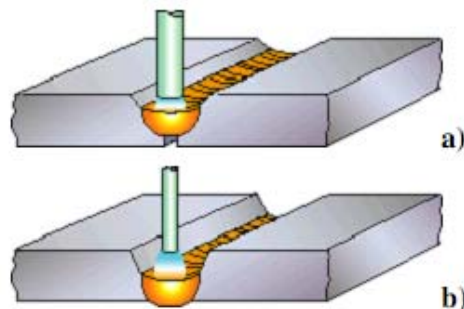
### 5.1. Nhận dạng.

Mối hàn thiếu ngấu khi cả hai mép hàn ở đáy đều không chảy ngấu. Các nguyên nhân chủ yếu :

- Bề dày chân (root face) quá lớn (hình - 6a)
- Khe hở chân (root gap) quá bé (hình - 6b)
- Phân bố mối hàn bị lệch (hình - 6c)
- Khi hàn hai phía , thiếu mài vát (thổi) phía đối diện trước khi hàn (hình - 6d)
- Thiếu ngấu ở đáy có thể do năng lượng hàn quá thấp (hình - 6e)
- Góc mài quá hẹp, hoặc dùng que hàn có đường kính lớn hơn mức cần thiết (hình - 7a)



Hình 6 : Thiếu ngấu (*Lack of penetration*)



Hình 7 : ảnh hưởng của đường kính que hàn đến độ ngấu.

(a) que hàn đường kính lớn - thiếu ngấu , (b) que hàn đường kính nhỏ - chảy ngấu tốt hơn

### 5.2. Nguyên nhân.

Khuyết tật thiếu ngấu thường xuất hiện trong các phương pháp hàn hồ quang kim loại (MIG, SMAW & SAW) .Trong các phương pháp này mối hàn

được hình thành từ kim loại nóng chảy cung cấp từ dây hoặc que hàn và một phần kim loại mép hàn bị nóng chảy, thợ hàn chỉ có thể kiểm soát độ ngấu và lượng kim loại đắp một cách thụ động thông qua các thông số hàn và kỹ thuật dịch chuyển hồ quang. Đối với phương pháp TIG thợ hàn có thể quan sát vững chắc để dễ dàng hơn và chủ động kiểm soát để có thể loại trừ các khuyết tật.

Khi hàn que (MMA hoặc SMAW), nguy cơ thiếu ngấu có thể khắc phục bằng các hiệu chỉnh đúng các thông số hàn và chọn đường kính que hàn phù hợp với năng lượng hàn và độ ngấu yêu cầu. Đường kính que hàn rất quan trọng, nó phải bảo đảm tiếp cận đều hai mép hàn ở chân, đặc biệt là khi góc vát nhỏ. Khi hàn thường phải chọn đường kính que hàn phù hợp với năng suất và kỹ năng quản lý vũng chảy và thông số hàn cần đáp ứng yêu cầu năng lượng; do vậy phần tác động quan trọng có thể kiểm soát khuyết tật là tốc độ và cách thức di chuyển hồ quang cùng với khả năng tiếp cận đáy rãnh hàn.

Khi hàn MIG, Thông số hàn phải phù hợp với bề dày chi tiết hàn và chiều dài hồ quang ngắn song vẫn bảo đảm sự nóng chảy ở hai mép đáy rãnh hàn. Dòng điện thấp quá so với mức phù hợp với bề dày chân mép hàn (root face) có thể gây nên sự ngấu không đều. Trong khi dòng quá cao, năng suất đắp sẽ tăng lên, buộc thợ hàn di chuyển nhanh sẽ làm mối hàn thiếu ngấu.

Nói chung, kích thước bề dày chân và khe hở chân cũng như góc vát có ảnh hưởng quan trọng đến mức độ bảo đảm độ ngấu. Chú ý, là khi hàn thì khe hở chân có thể bị thu hẹp lại do biến dạng nhiệt.

### 5.3. Biện pháp khắc phục.

- Khi hàn TIG, dừng để bề dày chân lớn và phải chọn dòng hàn đủ để bảo đảm sự ngấu ở đáy rãnh
- Khi hàn que, dùng dòng hàn phù hợp và chọn đường kính que nhỏ khi hàn lớp lót
- Khi hàn MIG, chọn kiểu chuyển dịch ngắn mạch và cỡ dây phù hợp để bảo đảm độ ngấu.
- Bảo đảm kích thước chuẩn bị mép rãnh hàn phù hợp và loại trừ sự co rút khe hở chân khi hàn
- Không dùng dòng quá cao vì khi đó bắt buộc phải di chuyển nhanh không bảo đảm độ ngấu.

### 5.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

Khuyết tật	Cấp B	Cấp C	Cấp D
Thiếu ngấu	Không chấp nhận	Chỉ chấp nhận các khuyết tật ngắn $h < 0,1 \text{ --} 0,2 S$ (Max $< 1,5 \text{ --} 2 \text{ MM}$ ) và cách khoảng $> 10 \text{ MM}$ với Tổng chiều dài các khuyết tật $< 25 \text{ MM} / 100 \text{ MM}$ bề dài mỗi hàn hoặc không quá 25 % trên mỗi hàn ngắn	
Ngấu không hoàn toàn	Không chấp nhận khi hàn các bồn áp lực, song được chấp nhận (hoặc không) khi hàn trên ống phụ thuộc vào bề dày thành ống		

### 5.5. Kiểm tra và sửa chữa.

Vật ( thỏi ) bằng que carbon hoặc mài loại trừ khuyết tật , sau đó hàn lại theo đúng qui trình áp dụng cho mỗi hàn.

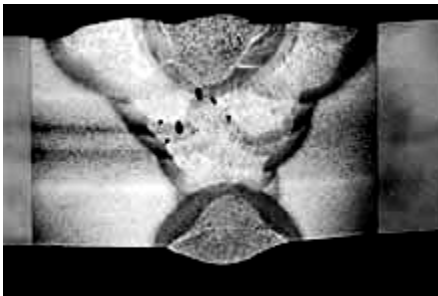
## 6. Rỗ khí (*Porosity*)

### 6.1. Nhận dạng.

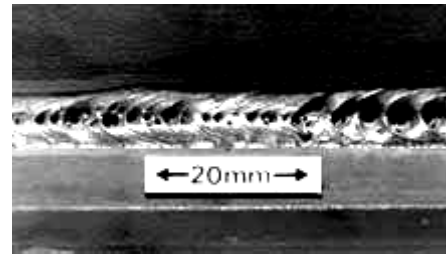
Rỗ khí đặc trưng bằng sự hiện diện của các lỗ hổng chứa khí trong mối hàn. Các bọt khí xuất hiện trong quá trình giải phóng các chất khí hòa tan vào kim loại nóng chảy như nitơ , hydro khi mối hàn đông rắn.

Rỗ khí có nhiều dạng như:

- Rỗ khí phân tán
- Các rỗ mặt (hố lõm trên bề mặt) mối hàn (worm hole)
- Lỗ dò trong vũng chảy (crater pipes)



a)



b)

Hình - 8 (a) Rỗ khí phân tán trên bề mặt các lớp hàn không được xử lý, (b) rỗ mặt do khí bảo vệ hoặc môi trường bảo vệ tổn hại (gió, khí bẩn, ống dẫn khí bảo vệ bị rò rỉ)

### 6.2. Nguyên nhân.

Các rỗ khí phân tán (hình – 8a) thường là các bọt khí nằm trong mối hàn. Các rỗ mặt (Surface breaking pores) (hình – 8b) thường là một chuỗi lớn các rỗ khí xuất hiện trên bề mặt mối hàn.

Rỗ khí có nguyên nhân từ sự hấp thu khí nitrogen, oxygen và hydrogen vào kim loại đắp nóng chảy song điều kiện thoát khí khi mối hàn đông rắn không bảo đảm. Các bọt khí không đủ thời gian thoát ra khỏi bề mặt đông rắn nhanh nên bị nhốt lại bên trong mối hàn.

Nitrogen và oxygen xâm nhập vào vũng chảy từ khí bảo vệ có chất lượng kém. Chỉ cần 1% không khí chứa trong khí bảo vệ cũng gây ra hơn 1.5% các rỗ mặt so với định mức. Sự rò rỉ trong đường dẫn khí , lưu lượng khí bảo vệ quá cao khiến dòng khí bảo vệ bị chảy rối cũng là nguyên nhân làm tăng nguy cơ rỗ khí trong mối hàn.

Hydro sinh ra từ hơi ẩm trong thuốc hàn hoặc trên bề mặt chi tiết hàn , dầu , mỡ trên chi tiết hoặc dây hàn cũng là nguyên nhân gây ra các rỗ khí hydro.

Bề mặt sơn lót hoặc mạ kẽm gây ra các sản phẩm cháy (khói) phá hỏng môi trường bảo vệ vũng chảy, sẽ dẫn đến rỗ khí. Mối hàn kiểu chữ “T” có nguy cơ rỗ khí nhiều hơn mối hàn đầu mí , đặc biệt khi mối hàn T được hàn cả hai phía .

Khi hàn trên tôn nhúng kẽm , thật ra có thể không cần mài bỏ lớp kẽm / sơn lót nếu nó đủ mỏng để không gây ra rỗ khí, Tuy nhiên , khi lớp kẽm / sơn quá dày thì nguy cơ rỗ khí rất nghiêm trọng cần mài bỏ đi lớp mạ (hoặc sơn) phủ trước khi hàn.

### 6.3. Biện pháp khắc phục.

Cần loại trừ nguồn phát sinh rỗ khí :

- Lẫn không khí vào hệ thống dẫn khí bảo vệ
- Bịt kín các khớp nối ống dẫn khí bị thủng hoặc rò rỉ
- Bảo đảm dòng chảy đều của khí bảo vệ và vũng hàn không bị chảy xoáy (khi lắc que)
- Dùng que đắp / dây hàn sạch , không bị gỉ sét hoặc dính dầu mỡ
- Không chỉnh lưu lượng khí quá mức cần thiết
- Làm sạch mỏ phun để tránh dòng khí chảy rối
- Chỉnh tube contact chính tâm
- Che chắn gió khu vực hàn tránh gió lùa

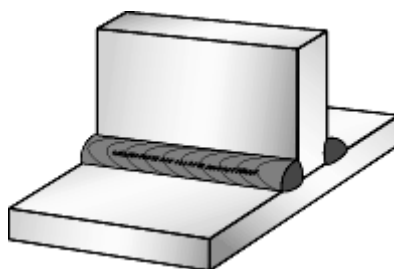
#### **Hydrogen**

- Sấy que hàn đúng hướng dẫn (300<sup>0</sup>C – 2 h đối với que thuốc bọc nhóm Basic , 110<sup>0</sup>C – 1h nhóm acid và 80<sup>0</sup>C – 1h nhóm rutile)
- Tẩy sạch bề mặt mép hàn và vùng lân cận

#### **Các lớp phủ bề mặt chi tiết hàn**

- Tẩy sạch bề mặt khu vực sẽ tiến hành hàn
- Bảo đảm rằng bề dày lớp phủ không vượt quá giới hạn có thể gây nên rỗ khí

### Các rỗ (khí) mặt kéo dài (Wormholes)



Hình 9: Rỗ mặt kéo dài

#### **Nguyên nhân.**

Wormholes là dấu hiệu cho thấy một lượng lớn chất khí đã được hấp thu và bị nhốt lại trong quá trình mối hàn đông rắn. Lượng khí hấp thu có thể sinh ra từ bề mặt dư thừa , lớp sơn (phủ ) quá dày. Các rỗ khí dạng này dễ phát sinh khi hàn các mối hàn T hàn hai phía . Khi hàn mối hàn T trên thép phủ cần bảo đảm bề dày lớp phủ nhỏ hơn 20 $\mu$ m

#### **Biện pháp khắc phục.**

Các biện pháp loại trừ wormholes.

#### **Nguồn sinh khí**

- Làm sạch bề mặt vùng hàn
- Loại bỏ lớp sơn phủ
- Loại bỏ lớp phủ , mạ nếu chúng dày hơn mức cho phép

### Hình dạng mối nối

Tránh thiết kế các mối hàn sâu , hẹp , điều kiện thoát khí không bảo đảm.

### Lỗ dò vũng chảy (*Crater pipe*)

Khi vũng chảy nguội lại đôi khi xuất hiện một ống trụ rỗng ở giữa được gọi là (crater pipe) Thường đây cũng là dấu hiệu chứng tỏ sự rò khí đang hiện diện. Thuật ngữ này cũng dùng để chỉ các lỗ hổng ở vũng chảy khi kết thúc quá trình hàn (TIG) không đúng phương pháp.

#### **Nguyên nhân.**

Là sự co rút của vũng chảy khi đông rắn . Hiện tượng này đặc biệt nghiêm trọng khi kết thúc quá trình hàn không đúng cách.

Trong hàn TIG , hàn tự chảy (autogenous techniques), hoặc ngưng cấp kim loại đắp trước khi ngắt nguồn điện hàn cũng gây ra các khuyết tật này.

#### **Biện pháp khắc phục.**

Crater pipe có thể loại trừ bằng các thay đổi thói quen kết thúc hàn không đúng.

#### **Loại bỏ các khuyết tật khi dừng (hàn ) lại (*Removal of stop*)**

- Dùng các miếng gá mài và kết thúc mối hàn ( run-off tag).
- Mài điểm dừng trước khi tiếp tục hàn.

#### **Kỹ thuật hàn**

- Giảm từ từ dòng điện hàn để giảm nhỏ kích thước vũng chảy.
- Thêm kim loại đắp (TIG) bù trừ đủ cho sự co rút vũng chảy.

#### **Các vật liệu hàn “nhạy cảm” với sự rò khí**

Một số vật liệu rất dễ bị rò khí khi hàn , được liệt kê ở bảng sau.

Các chất khí gây ra rò khí và phương pháp làm sạch

Vật liệu	Khí	Làm sạch
Thép C - Mn	Hydrogen, Nitrogen và Oxygen	Mài sạch các lớp gỉ
Stainless steel	Hydrogen	Tẩy dầu + chải sạch bằng bàn chải Inox + tẩy
Nhôm và hợp kim nhôm	Hydrogen	Tẩy bằng hóa chất + Chải bằng bàn chải + Tẩy dầu + Cạo sạch
Đồng và hợp kim đồng	Hydrogen, Nitrogen	Tẩy dầu + Chải sạch + Tẩy dầu



Nickel và hợp kim Nickel	Nitrogen	Tẩy dầu + Chải sạch + Tẩy dầu
--------------------------	----------	-------------------------------

#### 6.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

Khuyết tật	Cấp D	Cấp C	Cấp B
Rỗ khí (Porosity) và bọt khí (Pore) Tổng diện tích hình chiếu các rỗ khí Kích thước lớn nhất của bọt khí	4 %	2 %	1 %
Mỗi hàn đầu mí Mỗi hàn góc	$d \leq 0,5 S$ $d \leq 0,5 a$	$d \leq 0,4 S$ $d \leq 0,4 a$	$d \leq 0,3 S$ $d \leq 0,3 S$
Giới hạn kích thước bọt khí	5 MM	4 MM	3 MM
Rỗ khí kéo dài (Tổng các khuyết tật được tính ra phần trăm so với kích thước nhỏ nhất của một trong hai kích thước sau : Chu vi kín bao quanh các khuyết tật , hoặc vòng tròn có đường kính bằng bề rộng mỗi hàn) Tổng kích thước các rỗ khí không quá Kích thước rỗ khí lớn nhất	16 %	8 %	4 %
Hàn đầu mí Hàn góc	$d \leq 0,5 S$ $d \leq 0,5 a$	$d \leq 0,4 S$ $d \leq 0,4 a$	$d \leq 0,3 S$ $d \leq 0,3 a$
Kích thước lớn nhất của khuyết tật	4 MM	3 MM	2 MM
Các lỗ hổng kéo dài (Elongated cavities, wormholes) Khuyết tật dài	$h \leq 0,5 S$ $h \leq 0,5 a$	Không chấp nhận	Không chấp nhận
Mỗi hàn đầu mí Mỗi hàn góc Giới hạn kích thước	2 MM		
Khuyết tật ngắn	$h \leq 0,5 S$ $h \leq 0,5 a$	$h \leq 0,4 S$ $h \leq 0,4 a$	$h \leq 0,3 S$ $h \leq 0,3 a$
Mỗi hàn đầu mí Mỗi hàn góc Giới hạn kích thước	4MM (NLTT)	3MM (NLTT)	2MM (NLTT)

#### 6.5. Kiểm tra và sửa chữa

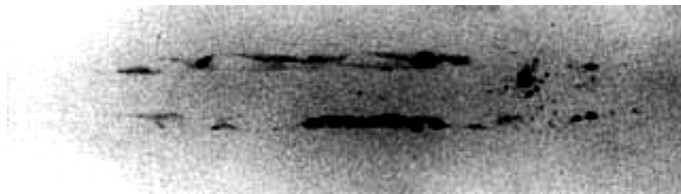
Khi các khuyết tật lan lên đến bề mặt thì có thể kiểm tra bằng PT hoặc MT . Đối với các khuyết tật bên trong cần dùng các phương pháp UT hoặc RT để kiểm tra . RT cho kết quả chính xác và rõ ràng hơn. Tuy nhiên , các rỗ khí có kích thước nhỏ rất khó phát hiện nhất là trên các chi tiết dày.

Cần thổi carbon , mài để sửa chữa các khu vực bị rỗ khí . Song nếu như rỗ khí trên diện rộng thì phải loại bỏ hoàn toàn mỗi hàn (Cắt bỏ , Vát mép chuẩn bị và hàn lại).

## 7. Ngậm xỉ (*Slag inclusion*)

### 7.1. Nhận dạng.

Ngậm xỉ (slag inclusion) là một vết ngắn hoặc dài nằm dọc theo mối hàn . Bằng ảnh chụp RT rất dễ xác định (hình - 9 ) Khuyết tật này thường xuất hiện trong các phương pháp hồ quang kim loại (SMAW, FCAW và SAW), Đôi khi cũng xuất hiện trong các phương pháp hàn MIG – MAG.



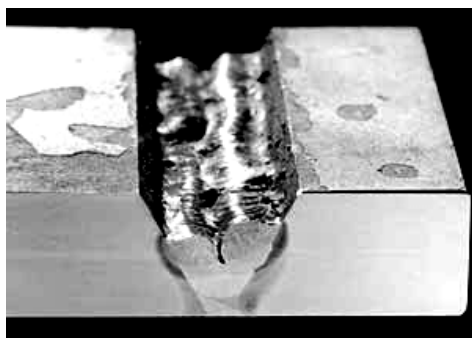
Hình 10: Phim chụp Gamma khuyết tật ngậm xỉ trong mối hàn

### 7.2. Nguyên nhân.

Xỉ là sản phẩm cháy của thuốc bọc , Nó chính là các sản phẩm Oxy hóa - khử giữa thuốc hàn , không khí và oxyt kim loại . Ngậm xỉ xuất hiện khi chúng bị kẹt giữa hai lớp hàn được đắp lên nhau không đều. Khi lớp hàn kế tiếp được đắp , các phần xỉ bị kẹt sẽ không nóng chảy được . Xỉ hàn cũng có thể bị nhốt trong các lỗ hổng do khuyết (cháy) chân hoặc các vảy mấp mô không đều khi hàn nhiều lớp (hình - 11 )

#### **Nguyên cơ ngậm xỉ chịu ảnh hưởng bởi**

- Loại thuốc hàn
- Kỹ thuật hàn
- Dạng thiết kế của mối hàn , tư thế hàn và các hạn chế khi kiểm soát hồ quang cũng có nguy cơ gây ra ngậm xỉ



a)



b)

Hình - 11(a)mối hàn lồi (mô cao) tẩy xỉ không sạch dễ gây ra ngậm xỉ, (b)mối hàn phẳng dễ tẩy sạch giảm nguy cơ ngậm xỉ

## **Loại thuốc hàn**

Một trong các chức năng của thuốc hàn là tạo xỉ che phủ bề mặt vũng chảy ngăn ngừa sự oxyt hóa . Hai tính chất xỉ là : sức căng bề mặt và tốc độ nguội của xỉ cần phù hợp với yêu cầu ứng dụng .

Khi hàn vị trí phẳng , ngang , xỉ độ nhớt cao , nguội chậm giúp tạo mối hàn phẳng; khi độ nhớt thấp , xỉ dễ bị ngậm khi mối hàn đông rắn . Độ nhớt của xỉ trung bình sẽ giúp xỉ dễ tróc.

Khi hàn các tư thế ngược , xỉ cần loãng hơn để dễ trôi khỏi bề hàn giúp nó nguội nhanh , song phải bảo đảm sức căng bề mặt tương đối để tạo bề cho vũng chảy .

Thành phần của thuốc hàn có ảnh hưởng quan trọng đến các tính chất của xỉ . Từ đó có ảnh hưởng đến nguy cơ ngậm xỉ khi hàn .

Vũng chảy có hàm lượng oxygen thấp sẽ có sức căng bề mặt cao làm mối hàn mô cao và ngược lại . Do đó , các thuốc hàn chứa bột sắt sẽ làm giảm sức căng bề mặt vũng chảy , mối hàn sẽ phẳng phiu hơn. Thuốc hàn chứa nhiều silicate tạo xỉ dạng thủy tinh , dòn , dễ tróc . Còn thuốc hàn chứa nhiều đá vôi thì tạo xỉ bám chặt và khó tẩy .

### **Khả năng tróc (tẩy) của hai nhóm thuốc hàn chính :**

- Rutile và Acid : Bao gồm phần lớn Oxyt Titan (Rutile) và silicate . Hàm lượng Oxygen trong bề hàn đủ cao để giảm sức căng bề mặt của bề hàn khiến chúng phẳng hoặc hơi lồi . Độ chảy loãng của xỉ , quyết định bởi hàm lượng Calcium Flouride (Flouspar). Các que hàn không chứa Calcium Flouride được thiết kế để hàn phẳng để cho mặt mối hàn phẳng đẹp , xỉ dễ tróc . Khi hàn ở vị trí ngược cần độ loãng của xỉ cao , người ta cho vào thuốc hàn calcium flouride và do vậy xỉ loãng song khó tẩy .
- Basic : Chứa chủ yếu là calcium Carbonate (đá vôi) và calcium flouride nên xỉ loãng song bám chặt khi đông rắn . Thành phần này làm giảm nồng độ oxy có trong bề hàn làm tăng sức căng bề mặt của chúng nên mối hàn thường mô cao . Xỉ loãng dễ chảy tuột khỏi bề hàn khiến nó nguội nhanh song khi nguội thì bám chặt nên khó tẩy . Các tính chất này tạo nhiều thuận lợi khi hàn ở các tư thế ngược .

Kết luận , đối với thuốc hàn nhóm basic nguy cơ ngậm xỉ cao hơn do đó cần có qui trình thực hành tốt để tẩy xỉ .

### **Kỹ thuật hàn**

Kỹ thuật hàn có vai trò quan trọng trong việc loại trừ nguy cơ ngậm xỉ. Thao tác hồ quang phải bảo đảm hình dạng bề hàn đều đặn , đặc biệt là các chỗ tiếp giáp với biên mối hàn . Tránh tạo ra các hốc , kẹt , xỉ sẽ bị nhốt vào các nơi đó .Do vậy , cần chọn cỡ que hàn phù hợp với từng lớp hàn , chuẩn bị mối hàn tốt và hợp lý là các giải pháp chính để loại trừ nguy cơ ngậm xỉ .

Khi hàn nhiều lớp tư thế đứng , đặc biệt với que basic, cần chú ý bảo đảm đốt chảy xỉ ở các vùng tiếp giáp (biên) mối hàn để hạn chế khuyết (cháy) chân. Khi phải lắc que (weave), dừng lại một chút ở hai biên và chỗ nối que sẽ giúp mối hàn phẳng và giảm nguy cơ ngậm xỉ .

Dòng điện quá cao , kết hợp với tốc độ hàn cao cũng gây nên sự khuyết (cháy) chân làm cho xỉ khó tẩy tăng nguy cơ ngậm xỉ.

Nhất thiết phải tẩy sạch xỉ khi hàn lớp phủ hoặc nối mối hàn . Có thể mài , gõ hoặc chải bằng bàn chải. Dụng cụ làm sạch phải phù hợp với kim loại hàn , ví dụ : dùng bàn chải inox khi làm sạch inox .

Khi hàn với loại que hàn có thuốc bọc khó tẩy sạch , trên các mối hàn hẹp , hoặc khi xỉ hàn bị kẹt trong các rãnh khuyết chân , cần phải mài sạch bề mặt mối hàn trước khi thực hiện lớp đắp kế tiếp .

### 7.3. Biện pháp khắc phục.

Áp dụng các kỹ thuật sau để loại trừ ngậm xỉ:

- Dùng kỹ thuật dịch chuyển hồ quang bảo đảm tạo mối hàn phẳng , đều , loại trừ các hốc kẹt có thể chứa xỉ .
- Dùng dòng hàn hợp lý , tốc độ hàn vừa phải bảo đảm mối hàn không bị khuyết chân.
- Tẩy sạch xỉ và chú ý đặc biệt ở các biên , hốc , rãnh .
- Mài khi chải và gõ xỉ không bảo đảm tẩy sạch mối hàn.

### 7.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

Ngậm xỉ là khuyết tật dài song không có các biên sắc cạnh so với các vết nứt cho nên chúng được chấp nhận ở mức độ dễ dãi hơn. Giới hạn chấp nhận theo BS EN 25817 (ISO 5817) có ba cấp độ.

Khuyết tật	Cấp D	Cấp C	Cấp B
Khuyết tật dài Mối hàn đầu mí Mối hàn góc Kích thước không quá	$h \leq 0,5 S$ $h \leq 0,5 a$ 2 MM	Không chấp nhận	Không chấp nhận
Khuyết tật ngắn Mối hàn đầu mí Mối hàn góc Kích thước không quá	$h \leq 0,5 S$ $h \leq 0,5 a$ 4 MM (NLTT)	$h \leq 0,4 S$ $h \leq 0,4 a$ 3 MM (NLTT)	$h \leq 0,3 S$ $h \leq 0,3 a$ 2 MM (NLTT)
Lẫn đồng , Tungsten (Copper,tungsten inclusion)	Không chấp nhận		

*NLTT = Not Larger Than Thickness = không quá bề dày chi tiết*

## 8. Nứt (Crack)

### Nhận dạng.

Các bề mặt không liên tục trong vùng ảnh hưởng nhiệt hoặc trong mối hàn. Nứt có thể xuất hiện trong quá trình hàn (nứt nóng), trong quá trình mối hàn đông rắn (nứt kết tinh) hoặc nứt khi mối hàn đã nguội hẳn (nứt nguội) hoặc sau khi chịu tải (nứt hydro)

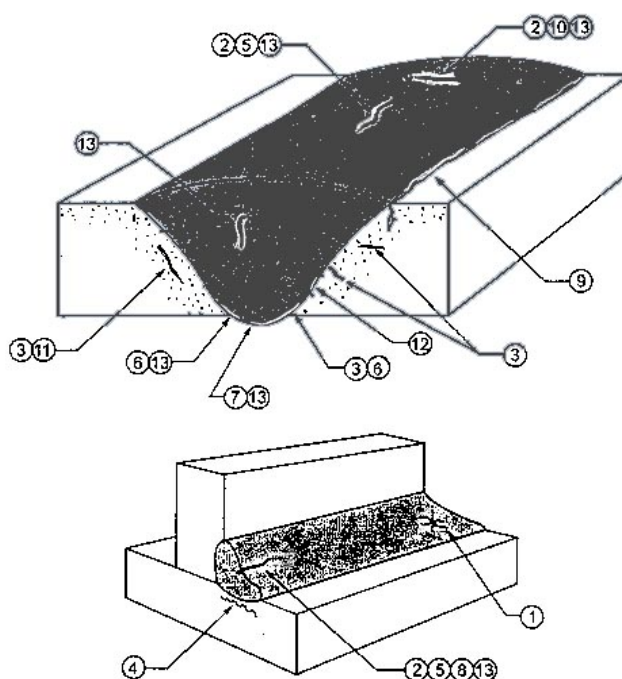
Có rất nhiều loại vết nứt và nguyên nhân gây ra cũng rất khác biệt (tham khảo hình dưới)

Các dạng nứt thường gặp:

**Nứt đuôi lửa:** Là nứt nóng do kết thúc và nối mối hàn không đúng cách. Do ứng suất nhiệt khi hàn quá lớn, lớp hàn quá mỏng

**Nứt biên:** Nứt nguội thường ở vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ)

**Nứt dọc:** Là vết nứt nóng thường nằm dọc theo tâm mối hàn



Hình 12: Các dạng nứt

1. Nứt đuôi lửa ; 2. Nứt mặt ; 3. Nứt vùng ảnh hưởng nhiệt; 4. Nứt lớp ; 5. Nứt dọc ; 6. Nứt biên lớp ngấu (root crack); 7. Nứt mặt ngấu ; 8. Nứt tiết diện mối hàn góc (throat crack) ; 9. Nứt chân (toe crack); 10. Nứt ngang; 11. Nứt dưới đường hàn (underbead crack); 12. Nứt vùng tiếp giáp (interface crack); 13. Nứt mối hàn (weld metal crack).

### Nguyên nhân.

- Quy trình và kỹ thuật hàn không đúng. (Chọn que sai, thông số trình tự hàn không đúng, thiếu nung sơ bộ.)
- Mối hàn có tiết diện không hợp lý.

- Kim loại hàn có carbon cao ( $> 0.45\%$ ).
- Kim loại hàn chứa quá nhiều lưu huỳnh , phospho hoặc chì
- Que hàn bị ẩm , kém phẩm chất .

## 8.1. Nứt kết tinh (nứt nóng) – Solidification cracking

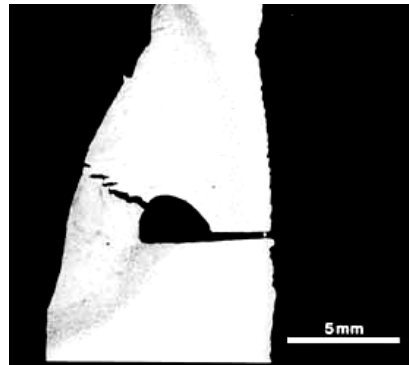
Vết nứt hàn một gián đoạn cục bộ xuất hiện do ứng suất co rút khi mối hàn đông kết lại. Đây là khuyết tật nghiêm trọng xuất hiện trên kim loại mối hàn cần loại bỏ. Vết nứt chẳng những làm giảm sức chịu bền của mối hàn mà còn gây ra sự tập trung ứng suất , đặc biệt với tải trọng va đập khiến cho mối hàn gãy vỡ nhanh hơn.

### 8.1.1. Nhận dạng.

#### Biểu hiện khi quan sát

Nứt nóng phân biệt với các hiện tượng nứt khác nhờ các đặc trưng sau:

- Chỉ xuất hiện trên kim loại mối hàn
- Thường là một đường nứt dọc theo tâm mối hàn (*hình - 13*), Đôi khi lại là những vết nứt ngang khi hàn trên inox , thép HSLA .
- Nứt nóng trong bể (vũng) hàn thường kèm theo các nhánh như vết chân chim.
- Nứt nóng thường có xu thế lan đến bề mặt do vậy rất dễ phát hiện .



*Hình 13: nứt nóng dọc theo tâm mối hàn*

Khi hàn trên các mối hàn thép HSLA và hợp kim nickel , lớp oxýt màu xanh là dấu hiệu mối hàn đang ở trạng thái dòn ram , và nguy cơ nứt rất cao.

#### Biểu hiện kim tương (Metallography)

Các vết nứt nóng thường xuất hiện ở biên đông đặc và có dạng nhánh cây (dendritic). Điều đó chứng tỏ vết nứt hình thành trong quá trình kết tinh mối hàn theo kim tương học (morphology) nứt nóng có nguyên nhân từ sự thiên tích (segregation) các thành phần trong cấu trúc ở bao kết tinh (solidification boundary)

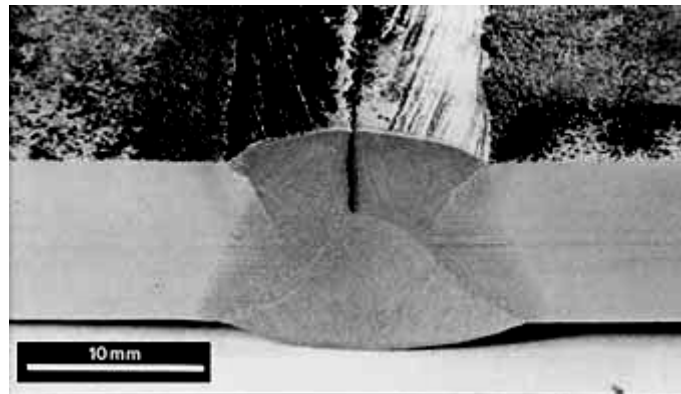
### 8.1.2. Nguyên nhân.

Nguyên nhân chủ yếu là mối hàn có cấu trúc không đủ bền để chịu được ứng suất co rút ở cuối giai đoạn kết tinh . Các yếu tố làm tăng nguy cơ bao gồm:

- Kích thước và hình dạng tiết diện hàn không đủ chắc
- Mối hàn chịu ứng suất co rút quá lớn

- Các tính chất của vật liệu như có nhiều tạp chất và biến dạng mỗi hàn quá lớn khi đông rắn.

Thiết kế mỗi hàn có tác động quan trọng đến việc hình thành ứng suất và biến dạng khi mỗi hàn đông rắn. Khe hở quá rộng sẽ tăng co rút của mỗi hàn khi đông rắn, đặc biệt là khi tỉ lệ độ ngấu / bề rộng không phù hợp. Các khuyết tật có xu thế tập trung vùng tâm mỗi hàn là nơi đông rắn sau cùng, cũng chính là nơi có sức đề kháng yếu nhất khi mỗi hàn bị co rút. Mỗi hàn có tỉ lệ độ sâu / bề rộng nhỏ sẽ rất dễ bị nứt nóng (do mỗi hàn thiếu bề dày); song nếu tỉ lệ này quá lớn (Hình - 14) các khuyết tật như rỗ khí, ngậm xỉ cũng làm suy yếu khu vực trung tâm mỗi hàn nghiêm trọng và vết nứt vẫn có thể xuất hiện.



Hình 14: Mối hàn với dòng hàn lớn và tốc độ cao, lớp đắp quá dày.

Sự thiên tích (Segregation) của các tạp chất tập trung tại trung tâm mỗi hàn là nguyên nhân gây ra nứt nóng phổ biến khi hàn các mác thép có hàm lượng lưu huỳnh, phospho cao. Ngoài ra khi hàn thép inox, việc nung nóng thái quá hoặc tốc độ nguội mỗi hàn quá chậm thì việc hình thành carbide crôm sẽ làm mất carbon ở vùng tinh giới hạt tạo điều kiện cho các vết nứt tế vi. Sự tập trung các tạp chất theo hướng phát triển hạt khi kết tinh hình thành nên một màng mỏng có nhiệt độ chảy thấp và độ bền kém khiến dễ bị nứt nứt khi mỗi hàn co rút. Mỗi hàn có tiết diện ellip thì dễ bị nứt hơn mỗi hàn có tiết diện tròn hoặc parabol. Hàn trên bề mặt nhiễm bẩn (dầu bôi trơn chẳng hạn) nguy cơ nhiễm tạp chất do đó nứt nóng rất dễ phát sinh.

Thành phần cấu tạo của chi tiết và kim loại đắp cũng ảnh hưởng lớn đến nguy cơ nứt nóng.

### **Thép**

Nứt nóng gắn liền với tạp chất, đặc biệt là lưu huỳnh (sulphur) và (phosphorus), Thêm vào thép một lượng manganese và silicon tương đối sẽ giúp giảm nguy cơ nứt nóng. Để giảm nguy cơ nứt, kim loại đắp cần sạch lưu huỳnh và phospho và có hàm lượng manganese tương đối cao. Qui tắc chung, đối với thép carbon-manganese, thì tổng hàm lượng sulphur và phosphorus không quá 0.06%.

Thành phần kim loại hàn cấu thành chủ yếu từ thành phần của kim loại đắp và kim loại đắp (thường có thành phần chuẩn, trong sạch hơn kim loại hàn), do vậy, việc kiểm soát tốt tỉ lệ hoà tan (dillution) của kim loại chi tiết vào trong mỗi hàn có thể khống chế tốt xu thế gây nứt. Khi hàn lớp ngấu thì tỉ lệ pha trộn kim loại hàn vào kim loại mỗi hàn tương đối cao, nhất là khi hàn bằng phương

pháp TIG hoặc SAW nguy cơ nứt nóng tất nhiên là sẽ cao hơn , do vậy cần xác định tiết diện lớp lót hợp lý , giảm tối đa ứng suất co rút khi mỗi hàn đông rắn. Việc xác định khe hở (Root Gap) và bề dày chân (Root Face) hợp lý là thủ thuật cơ bản để loại bỏ nguy cơ nứt khi hàn lớp lót.

Trong hàn hồ quang chìm (SAW) theo BS 5135 (Appendix F), nguy cơ nứt được ước lượng nhờ đại lượng có tên “Units of Crack Susceptibility” (UCS) từ thành phần hóa học của kim loại hàn (% trọng lượng):

$$UCS = 230C^* + 190S + 75P + 45Nb - 12.3Si - 5.4Mn - 1$$
$$C^* = \text{Hàm lượng carbon hoặc } 0.08 \text{ khi cao hơn}$$

Khi UCS <10 thì khả năng kháng nứt cao hơn . Trong khi UCS >30 sẽ cho khả năng kháng nứt thấp nhất . Khi UCS trong khoảng giới hạn thì nguy cơ nứt đối với các mối hàn có tỉ số độ sâu / bề rộng lớn sẽ cao hơn , Ta sẽ gặp dạng tiết diện hàn này khi hàn với tốc độ cao hoặc sự chuẩn bị mép hàn có nhiều khiếm khuyết . Đối với mối hàn góc , tỉ số độ sâu / bề rộng gần bằng 1, giá trị UCS 20 hoặc cao hơn sẽ cho nguy cơ nứt cao hơn . Đối với mối hàn đầu mí , Giá trị UCS giới hạn ở mức UCS = 25. Khi tỉ số độ sâu / bề rộng giảm từ 1 đến 0.8, thì UCS có thể tăng lên khoảng 9 đơn vị. Tuy nhiên , giảm tỉ số độ sâu / bề rộng khi hàn ngẫu ở đáy rãnh sẽ không có hiệu quả thực tế vì khi đó nguy cơ nứt do ứng suất sẽ nghiêm trọng hơn.

### **Nhôm**

Hệ số dẫn nở nhiệt cao của nhôm (khoảng gấp đôi thép ) và sự co rút khi đông rắn cũng cao hơn (cỡ 5% cao hơn so với mối hàn thép ) . Nguy cơ nứt khi hàn nhôm có thể giảm nhờ sử dụng dây hàn kháng nứt (thường là hợp kim nhôm nhóm 4xxx và 5xxx ). Khi này chúng ta phải chấp nhận tổn thất về độ dẻo và tính cắt gọt của mối hàn (sẽ kém hơn kim loại cơ bản).

### **Thép Inox nhóm Austenitic**

Thép Inox có thành phần austenitic thuần túy dễ nứt hơn so với khi chứa khoảng 5-:-10% ferrite. Lợi thế của cấu trúc ferrite là nó hòa tan và phân tán hầu hết các tạp chất gây ra thiên tích hình thành nên lớp màng có nhiệt độ chảy thấp và độ bền chống nứt kém , do vậy mà hạn chế nguy cơ nứt nóng .Do vậy , khi hàn Inox , nên lựa chọn que đắp sao cho thành phần kim loại mối hàn chứa 5 -:-10% ferrite. Ví dụ dùng que nhóm 308 để hàn trên Inox 304 chẳng hạn.

#### **8.1.3. Phương pháp hạn chế nguy cơ nứt nóng.**

Ngoài việc chọn vật liệu hàn và vật liệu đắp , các giải pháp kỹ thuật chính để loại trừ nguy cơ nứt nóng bao gồm:

- Kiểm soát tốt các thông số chuẩn bị mối hàn , giảm lượng đắp bù trừ .
- Làm sạch khu vực hàn trước khi tiến hành hàn
- Bảo đảm rằng trình tự hàn được thiết trí sao cho không gây nên các ứng suất nhiệt bất lợi.
- Xác lập thông số hàn và thao tác hàn sao cho mối hàn có tỉ số độ sâu / bề rộng đồng đều, hoặc kích thước dày (throat ) mối hàn góc đủ chịu được ứng suất (Tỉ số độ sâu / bề rộng hợp lý là 0.5:1).
- Tránh đắp mối hàn với tỉ số độ sâu / bề rộng quá lớn sẽ thúc đẩy mạnh sự thiên tích và tạo ra biến dạng ngang quá lớn trong tiết diện hàn hạn chế. Qui tắc chung , tỉ số độ sâu/ bề rộng vượt quá 2:1 sẽ có nguy cơ nứt nóng gần như chắc chắn.



- Tránh hàn với năng lượng hàn quá cao (tương ứng cường độ cao hoặc tốc độ chậm) vì khi đó sự thiên tích và ứng suất sẽ tăng trong mối hàn dễ gây nứt nóng.
- Khi kết thúc mối hàn phải bảo đảm đắp que đầy đủ lên vũng chảy tránh để chúng bị quá lõm.

#### 8.1.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

Vì nứt nóng thường kéo dài và có biên sắc cạnh nên khuyết tật này không chấp nhận ở các cấp độ B, C và D theo BS EN 25817 (ISO 5817). Nứt nóng ở đuôi lửa được chấp nhận ở cấp độ D.

#### 8.1.5. Kiểm tra và sửa chữa.

Nứt nóng bề mặt được phát hiện nhờ các phương pháp kiểm tra như VT, PT, MT. Những vết nứt khuất bên trong thì dùng UT hoặc RT để xác định.

Khi sửa chữa phải bảo đảm mài hoặc thổi bỏ toàn bộ khu vực bị nứt, thường là thêm mỗi phía cỡ 5 mm để bảo đảm loại trừ hoàn toàn các khuyết tật. Sau đó tiến hành hàn sửa chữa với thành phần que đắp kháng nứt

## 8.2. Nứt nguội - hydrogen cracks in steels.

Nứt nguội là vết nứt xuất hiện một thời gian sau khi mối hàn được hoàn tất nên cũng được gọi là nứt trễ (delayed cracking). Hàm lượng hydro ngậm trong mối hàn quá cao là nguyên nhân chính gây ra các vết nứt dạng này nên nứt nguội là biểu hiện kết quả của hiện tượng dòn / nứt hydro. Đặc điểm chính của nứt nguội này là xuất hiện trên thép có cấu trúc ferrite tập trung thành dãy hoặc mảng lớn. Nứt nguội có thể xảy ra ngay sau khi kết thúc hàn hoặc sau đó ít lâu / hoặc rất lâu khi kết cấu chịu tải trọng.

### 8.2.1.

### Nhận

#### dạng.

Nứt nguội có các đặc điểm sau:

- Trên thép C-Mn, vết nứt thường bắt đầu từ vùng ảnh hưởng nhiệt - heat affected zone (HAZ) lan tỏa và phát triển vào mối hàn (*hình 14*).
- Các vết nứt nguội đôi khi cũng xuất hiện trong mối hàn, thường có phương ngang hoặc nghiêng  $45^0$  với bề mặt mối hàn. Các vết nứt này thường là các đoạn thẳng chạy theo quỹ đạo răng cưa nhưng không phân nhánh.
- Trên thép HSLA, các vết nứt có phương ngang mối hàn, thẳng góc với bề mặt mối hàn, nằm trên một mặt phẳng và không phân nhánh.
- Trên bề mặt mẫu bị bẻ gãy (thường khi nhiệt luyện), thường không bị oxy hóa, ngay cả khi chúng là các vết nứt trên bề mặt, đây là dấu hiệu cho thấy vết nứt được hình thành khi mối hàn đã nguội. Màu xanh phớt là kết quả của việc nung sơ bộ hoặc nhiệt hàn.

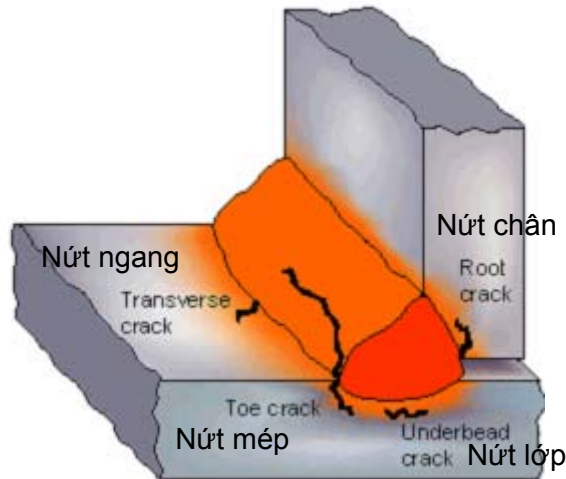
#### Biểu hiện kim tương (Metallography)

Các vết nứt phát xuất từ vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) thường có liên quan chặt chẽ đến vùng có cỡ hạt thô (coarse grain), (*hình – 15*). Các vết nứt có

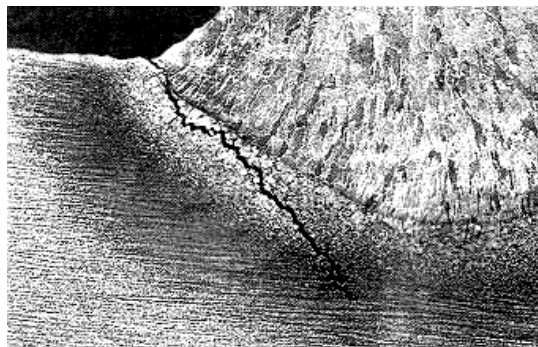
thể nằm trong tinh thể ( intergranular), hoặc ở vùng tiếp giáp (transgranular) hoặc cả hai . Nứt trong tinh thể hầu như chỉ xuất hiện trong vùng ảnh hưởng nhiệt nơi có các cấu trúc độ cứng cao hình thành khi hàn trên thép HSLA hoặc thép có hàm lượng carbon cao. Nứt ở vùng tiếp giáp ( Transgranular cracking ) thì thường xuất hiện khi hàn trên thép C-Mn

Đối với các mối hàn góc , các vết nứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt thường nằm ở vùng gốc mối hàn và song song với tâm mối hàn.

Đối với mối hàn đầu mí , Các vết nứt trong vùng ảnh hưởng nhiệt thường nằm dọc theo mối hàn.



Hình 15: nứt nguội có thể phát xuất từ vùng ảnh hưởng nhiệt và lan rộng vào mối hàn



Hình 16: nứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt hoặc phía dưới mối hàn do dòn hydro

### 8.2.2. Nguyên nhân.

Có ba yếu tố kết hợp nhau gây ra vết nứt nguội:

- Hydro bị hấp thu và giải phóng ra trong quá trình nóng chảy và đông rắn
- Cấu trúc dòn dễ nứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt
- Ứng suất dư tác động lên vùng hàn khi nung nóng và nguội lại

Sự nứt gây ra bởi sự khuếch tán hydro đến vùng tập trung ứng suất và cứng nhất của mối hàn.

Đối với thép C-Mn , có nguy cơ tạo nên các cấu trúc dòn cao , các vết nứt thường xuất hiện ở vùng có cấu trúc hạt thô hơn là ở vùng ảnh hưởng nhiệt (có hạt mịn hơn) , nên hầu hết các vết nứt nguội đều được tìm thấy ở trên kim

loại hàn. Việc chọn loại que hàn đúng đắn, kim loại mối hàn sẽ có nồng độ Carbon thấp hơn kim loại cơ bản nên ít có khả năng nứt hơn. Tuy nhiên, các vết nứt ngang vẫn có thể xuất hiện, đặc biệt khi hàn trên các chi tiết dày.

Các mối hàn trên thép HSLA có cấu trúc nhạy cảm hơn vùng ảnh hưởng nhiệt nên các vết nứt cũng thường xuất hiện trong vùng kim loại mối hàn.

#### **Các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ nứt nguội là:**

- Lượng khí hydro có trong mối hàn
- Thành phần cấu tạo của kim loại hàn
- Bề dày chi tiết hàn
- Ứng suất dư tác động lên mối hàn
- Năng lượng hàn (heat input)

#### **Nồng độ khí hydro trong mối hàn**

Nguồn hydro chủ yếu sinh ra từ hơi ẩm chứa trong thuốc hàn. Lượng hydrogen tối thiểu được xác định chủ yếu nhờ cấp chất lượng của que hàn. Loại que Basic thường hạn chế lượng hydrogen trong mối hàn ở mức thấp hơn so với loại que rutile.

Cũng cần lưu ý là lượng hơi ẩm trong không khí quanh mối hàn có ảnh hưởng lớn đến lượng khí hydro chứa trong mối hàn hoặc từ các vật liệu được chế tạo hoặc đã qua phục vụ trong môi trường làm tăng lượng hydro tích lũy trong chúng. Khí Hydro cũng có thể sinh ra từ các chất bám trên bề mặt chi tiết hàn hoặc trên kim loại đắp.

Các chất đó là :

- Dầu, mỡ và bụi
- Gỉ sét
- Chất sơn và mạ phủ
- Các chất làm sạch, tẩy rửa

#### **Thành phần kim loại hàn**

Các thành phần hợp kim có trong kim loại cơ bản có ảnh hưởng lớn đến khả năng biến cứng (hardenability) và, khi tốc độ nguội lớn, nguy cơ hình thành các cấu trúc giòn trong vùng ảnh hưởng nhiệt tăng cao.

Khả năng biến cứng của vật liệu thường được biểu thị qua hàm lượng Carbon tương đương (CE) tính theo công thức :

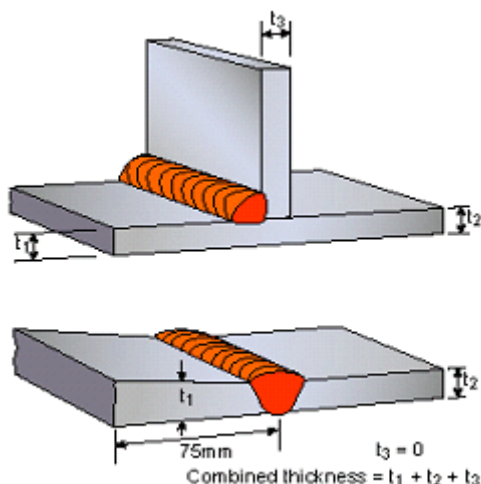
$$CE = C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Cr\% + Mo\% + V\%}{5} + \frac{Ni\% + Cu\%}{15}$$

Giá trị CE càng cao thì nguy cơ nứt nguội càng lớn. Thông thường, với thép giá trị  $CE < 0.4$  hoặc được hàn với qui trình giảm hydro được kiểm soát chặt chẽ sẽ hạn chế được độ nhạy nứt và loại trừ nguy cơ nứt nguội trong vùng ảnh hưởng nhiệt.

#### **Bề dày kim loại hàn**

Bề dày kim loại hàn có ảnh hưởng lớn đến tốc độ nguội do đó sẽ tác động bất lợi đến độ cứng và cấu trúc tế vi ở vùng ảnh hưởng nhiệt, cũng như nguy cơ tích tụ hydro trong mối hàn.

Khái niệm 'bề dày liên kết', được định nghĩa là tổng bề dày của vật liệu tiếp cận với mối hàn, được xác định theo dạng mối hàn, tốc độ nguội của vùng ảnh hưởng nhiệt và độ cứng của mối hàn. Tóm lại, như chỉ ra ở (Hình - 17). Mối hàn góc có nguy cơ lớn hơn mối hàn đầu mí với cùng bề dày vật liệu.



Bề dày liên kết =  $t_1 + t_2 + t_3$

Hình 17: Bề dày tích hợp của mối nối.

### Ứng suất tác động lên mối hàn

Ứng suất tác động lên mối hàn chịu ảnh hưởng lớn bởi kết cấu mối nối, bề dày và hình dạng, cách gá đặt mối hàn. Hầu như các vết nứt nguội đều khởi đầu từ chân hoặc đáy mối hàn cho thấy chân và đáy mối hàn là nơi tập trung ứng suất cần có các biện pháp để loại trừ. Nguy cơ tập trung ứng suất rất cao ở những nơi mối hàn bị cháy biên (undercut) hoặc có tiết diện mô cao.

Gá đặt tồi trong mối hàn góc cũng sẽ làm tăng nguy cơ nứt. Mức độ "ràng buộc" tác động lên mối hàn sẽ tăng theo tiến trình hàn do tăng độ cứng của kết cấu mối nối.

### Năng lượng hàn (Heat input)

Năng lượng hàn tác động trong quá trình hàn thường kết hợp với bề dày chi tiết và nhiệt độ nung sơ bộ, xác định quá trình nhiệt khi hàn, từ đó kiểm soát được các ảnh hưởng đến cấu trúc và độ cứng trong vùng ảnh hưởng nhiệt và kim loại hàn.

Năng lượng hàn cao sẽ làm giảm độ cứng.

Năng lượng hàn trên một đơn vị chiều dài mối hàn được tính theo công thức:

$$\frac{V \times A \times 60 \times k}{1000 \times S} \text{ kJ/mm}$$

$V$  = Điện áp hồ quang (V)

$A$  = Dòng điện hàn (A)

$S$  = Tốc độ hàn (mm/min)

$k$  = Hệ số hiệu dụng (thermal efficiency factor)

Khi tính toán năng lượng hàn thì hệ số hiệu dụng được tính theo BS EN 1011-1: 1998 cho các phương pháp hàn hồ quang cơ bản như sau:

Hàn hồ quang chìm dây đơn	1.0
Hàn que SMAW	0.8
Hàn MIG/MAG và dây thuốc FCAW	0.8
Hàn TIG và plasma	0.6

Khi hàn que , năng lượng hàn thường được kiểm soát bằng cách hàn hết toàn bộ một que hàn với chế độ xác định . Sau đó tính năng lượng cho một đơn vị chiều dài mỗi hàn . Tất nhiên năng lượng này sẽ phụ thuộc vào kỹ thuật hàn (lắc que , dùng biên ) .

### 8.2.3. Nung sơ bộ , giữ nhiệt giữa các lớp hàn và nung sau khi hàn để loại trừ nứt nguội (Preheating, interpass and post heating to prevent hydrogen cracking)

Như trên đã nói có ba yếu ảnh hưởng đến nguy cơ nứt nguội gồm:

- Lượng hydro chứa trong mỗi hàn
- Sự hình thành các tổ chức cứng , tồn ở vùng ảnh hưởng nhiệt hoặc trong mỗi hàn
- Ứng suất dư tác động trên mỗi hàn

Trong thực hành , với điều kiện xác định (thành phần vật liệu , bề dày chi tiết hàn , kiểu mối nối, thành phần que hàn và năng lượng hàn), nguy cơ nứt nguội có thể loại bỏ nhờ tác động lên chu trình nhiệt khi hàn .

#### **Nung sơ bộ (Preheat)**

Nung sơ bộ sẽ làm giảm tốc độ nguội , cho phép hydro khuếch tán ra ngoài và loại trừ việc hình thành các cấu trúc cứng nhạy cảm với quá trình sinh vết nứt. Nhiệt độ nung sơ bộ ứng với thép carbon và carbon-manganese được cho trong BS 5135 nhiệt độ nung sơ bộ có thể đến 200<sup>0</sup>C tùy thuộc vào bề dày và hàm lượng carbon tương đương (CE) .

#### **Nung giữa các lớp hàn và nung sau khi hàn (Interpass & post heating)**

Bởi vì hiếm khi các vết nứt nguội xuất hiện khi nhiệt độ chi tiết hàn cao hơn nhiệt độ môi trường , việc duy trì nhiệt độ chi tiết hàn khi chế tạo có tác dụng rất quan trọng. Đối với các loại thép dễ nứt , thường phải duy trì nhiệt độ nung khoảng 2 đến 3 giờ, để cho hydro có điều kiện thoát hết ra ngoài khỏi vùng hàn. Đối với các trường hợp nhạy cảm với nứt nguội như khi hàn trên thép có chỉ số CE cao hoặc mối hàn của các kết cấu phức tạp , nhiệt độ nung và thời gian giữ nhiệt cần tăng cao 250-300<sup>0</sup>C trong 3 hoặc 4 giờ .

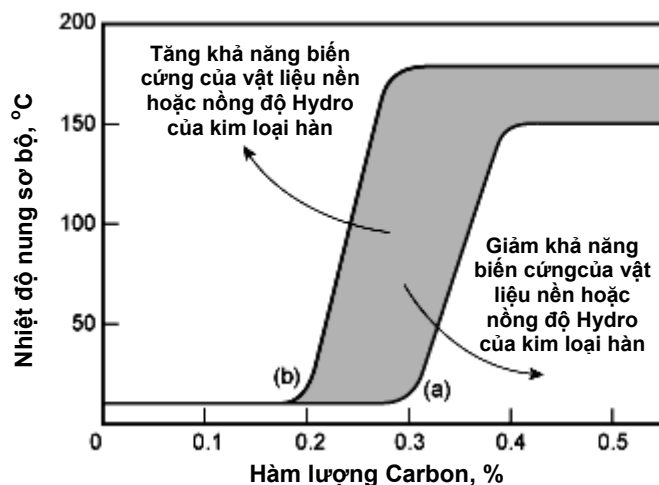
Quá trình xử lý nhiệt sau khi hàn - Post weld heat treatment (PWHT) - cần thực hiện ngay khi kết thúc quá trình hàn nghĩa là không cần đợi chi tiết nguội. Tuy nhiên, trong thực hành , bởi vì sự kiểm tra chỉ có thể thực hiện ở nhiệt độ thường nên nguy cơ loại bỏ chỉ được xác định sau khi tiến hành nung xử lý nhiệt. Đối với các loại thép biến cứng nhiệt đôi khi cần phải ủ (temper) để loại bỏ các cấu trúc “cứng” còn tồn tại sau khi PWHT.

Trong một vài tình huống ,Cần tiến hành các quá trình nung theo qui trình nghiêm ngặt hơn để loại bỏ nguy cơ nứt hơn là chỉ dựa vào các chỉ dẫn ở BS 5135. Phụ lục E của tiêu chuẩn này đề cập đến các điều kiện sau :

- Lưu ý mức độ chịu căng kéo cao của mối hàn
- Bề dày > 50mm
- Thép có hàm lượng carbon tương đương thấp (thép C-Mn với C =0.1% và CE ~ 0.42)
- Thép sạch 'clean' hoặc có hàm lượng lưu huỳnh thấp (S cỡ 0.008%), bởi vì khi lưu huỳnh thấp và oxy thấp sẽ làm tăng khả năng biến cứng nhiệt của thép.
- Các mối hàn hợp kim thường không loại bỏ được nguy cơ nứt nguội bằng nung sơ bộ. Khi đó qui trình hàn giảm hydro cần được áp dụng và kiểm soát nghiêm ngặt. (hình – 17) là lược đồ ước lượng nhiệt độ nung sơ bộ nhằm loại trừ vết nứt cần thiết ứng với nồng độ hydro dự kiến có trong mối hàn, độ bền kéo và năng lượng hàn.

#### 8.2.4. Dùng các que hàn austenitic và nickel để chống nứt

Trong trường hợp nung sơ bộ không thể tiến hành được hoặc không cải thiện được tình trạng nứt, chúng ta cần dùng que hàn có cấu trúc austenite. Que hàn Inox austenite và que nickel sẽ tạo nên mối hàn có độ hòa tan hydro cao hơn cấu trúc ferrite ở nhiệt độ thường. Kết quả là, hydro hình thành trong quá trình hàn sẽ bị 'khóa' trong mối hàn, chỉ một lượng nhỏ khuếch tán sang vùng ảnh hưởng nhiệt khi nguội lại. Que thường dùng là loại 23Cr:12Ni (theo BS 2926:1984). Tuy nhiên, cần lưu ý là hợp kim nickel có độ dẫn nhiệt thấp hơn thép inox, nên tốt nhất sử dụng que nickel austenitic khi hàn các kết cấu hàn chịu căng kéo phức tạp nhằm giảm biến dạng co. Hình 18 là nhiệt độ nung tham khảo khi dùng các que hàn hợp kim austenitic. Khi hàn thép có trên 0.2%C, cần phải nung sơ bộ. Tuy nhiên, trên 0.4%C cần phải nung đến 150<sup>0</sup>C để loại bỏ nguy cơ nứt trong vùng ảnh hưởng nhiệt. Ảnh hưởng của nồng độ hydro và độ căng kéo cũng được mô tả trên hình.



Hình 18: Nhiệt độ nung sơ bộ (a) trường hợp khi hàn ít co rút (bề dày < 30mm)  
(b) trường hợp khi hàn có sự co rút nghiêm trọng (bề dày > 30mm)

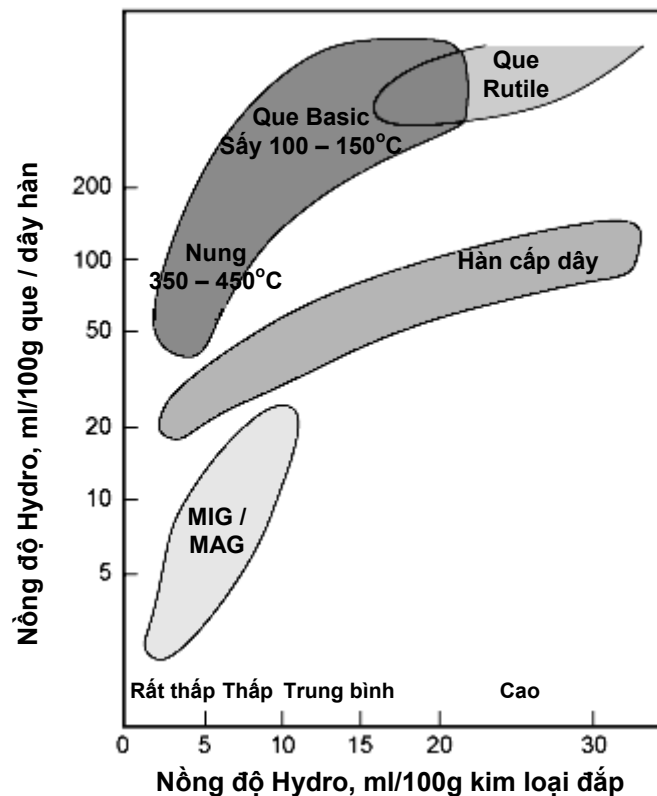
### 8.2.5. Phương pháp loại trừ nứt nguội.

#### Giảm sự hòa tan hydro trong mối hàn

Phương pháp hiệu quả nhất để loại trừ nứt nguội là giảm sự hòa tan hydro vào trong kim loại hàn nhờ vào qui trình hàn và que hàn giảm sự hòa tan hydro.

Qui trình hàn có thể phân ra các nhóm tùy thuộc vào mức độ hydro hòa tan vào mối hàn, chúng gồm rất thấp, thấp, trung bình và cao:

Rất thấp	<5ml/100g
Thấp	5 - 10ml/100g
Trung bình	10 - 15ml/100g
Cao	>15ml/100g



Hình 19: Mức độ hoà tan hydro vào trong mối hàn ứng với lượng hydro chứa trong que/ dây hàn và phương pháp hàn

#### Hướng dẫn chung

Các hướng dẫn ở đây được dùng cho các loại thép chỉ định theo BS 5135 hoặc BS EN 1011:

- Thép thường Mild steel ( $CE < 0.4$ )

- Tính hàn tốt , không cần nung nóng song vẫn phải nung nếu phải hàn với qui trình hoặc que hàn giảm
- Khi hàn trên thép dày , kết cấu căng kéo cao và với môi trường nhiễm hydro cao (ẩm)

**b. Thép C-Mn, carbon trung bình và thép hợp kim thấp (CE = 0.4 đến 0.5)**

Chi tiết mỏng không cần nung sơ bộ trừ phi hàn các chi tiết dày và khi hàn với qui trình và que hàn giảm hydro

**c. Thép carbon cao và thép hợp kim (CE >0.5)**

Nung sơ bộ ,sử dụng qui trình và que hàn giảm, nung sau khi hàn và làm nguội chậm.

*Tham khảo chi tiết BS 5135.*

### **Kỹ thuật thực hành**

Sau đây là các biện pháp kỹ thuật cần thực hiện để giảm nguy cơ nứt nguội:

- Làm sạch khu vực hàn khỏi sơn , dầu , bụi , gỉ .
- Dùng qui trình giảm hydro khi có thể
- Sấy kỹ que hàn và thuốc hàn
- Giảm ứng suất trên mối hàn bằng cách giảm khe hở và các tác động căng kéo khi hàn
- Nếu phải nung theo qui trình thì khi hàn đỉnh cũng phải nung
- Nung trên dải rộng ít nhất 75mm cách hai bên mối hàn và bảo đảm nung đều trên suốt bề dày chi tiết hàn
- Xác định nhiệt độ nung trên mặt dưới (sau) chi tiết , nếu không thể cần kéo dài thời gian nung để bảo đảm nhiệt độ đồng đều
- Bảo đảm năng lượng hàn chính xác
- Duy trì nhiệt độ khoảng 2 -:- 3 giờ sau khi hàn nếu hàn trên thép dễ nứt
- Dùng que hợp kim austenite , nickel khi không thể loại trừ nguy cơ nứt bằng xử lý nhiệt

#### **8.2.6. Tiêu chuẩn chấp nhận.**

Theo BS EN 25817 (ISO 5817) thì không chấp nhận nứt (hydro) nguội trên cả ba cấp độ D , C và B .

#### **8.2.7. Kiểm tra và sửa chữa.**

Nứt (hydro ) nguội rất nhỏ và chìm sâu , rất khó xác định. Các vết nứt lộ ra trên bề mặt có thể kiểm tra bằng VT , PT , MT . Đối với các vết nứt ẩn sâu UT tỏ ra có ưu thế hơn RT trong phát hiện. Phải loại bỏ phần bị nứt ít nhất là 5mm sau đó hàn lại với qui trình được kiểm soát chặt chẽ . Thường thì phải nung sơ bộ 50°C.

### **8.3. Nứt lớp (Lamellar tearing)**

Nứt lớp (Lamellar tearing) thường xuất hiện phía dưới mối hàn nên cũng có tên là (underbead crack) , đặc biệt là khi hàn trên thép cán nguội có độ dẻo thấp .

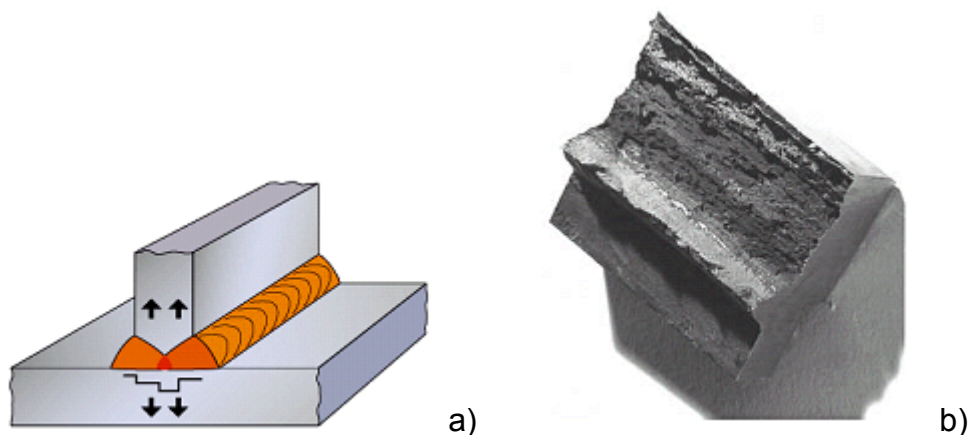
#### **8.3.1. Nhận dạng.**



Đặc điểm của nứt lớp là thường xuất hiện trên các mối hàn T và hàn góc , thường nằm trong phần kim loại cơ bản , song song với biên nóng chảy của mối hàn (*hình – 20a*). Các vết nứt có thể xuất hiện ở chân hoặc đáy mối hàn , nơi tập trung ứng suất cao nhất.

### Mặt gãy

Nứt lớp thường có mặt gãy không phẳng (bậc thang) nằm dọc theo cấu trúc thớ trên nền kim loại cơ bản (*hình – 20b*).



Hình 20: a) nứt lớp trên mối nối chữ T, b) mặt gãy theo vết nứt

### Kim tương

Hiện tượng nứt lớp liên quan chặt chẽ với sự tập trung các khuyết tật kéo dài nằm dọc theo bề mặt vật liệu hàn . Vết gãy thường nằm dọc biên giới hạt và có hình dạng mấp mô.

#### 8.3.2. Nguyên nhân.

Có ba điều kiện để sinh ra nứt lớp:

- Biến dạng ngang (Transverse strain) – sự co rút trên mối hàn tác động mạnh lên bề mặt chi tiết hàn .
- Trục của mối hàn (Weld orientation) – biên nóng chảy của mối hàn nằm song song với các khuyết tật nằm dọc theo thớ kim loại .
- Sự nhạy cảm của vật liệu với nứt - Chi tiết hàn có độ dẻo kém khi chịu căng theo hướng thẳng góc thớ . Vì vậy , nguy cơ nứt lớp sẽ lớn khi tiến trình hàn gây nên các ứng suất co rút thẳng góc thớ vật liệu. Nguy cơ này càng lớn khi hàn trên các vật liệu cán nguội và mối hàn có nồng độ hydro cao .

#### 8.3.3. Các nhân tố giảm nguy cơ nứt lớp.

Chọn vật liệu , thiết kế mối hàn , trình tự hàn , que hàn , nung sơ bộ và hàn lớp đệm (buttering) có thể giúp giảm thiểu nguy cơ nứt lớp .

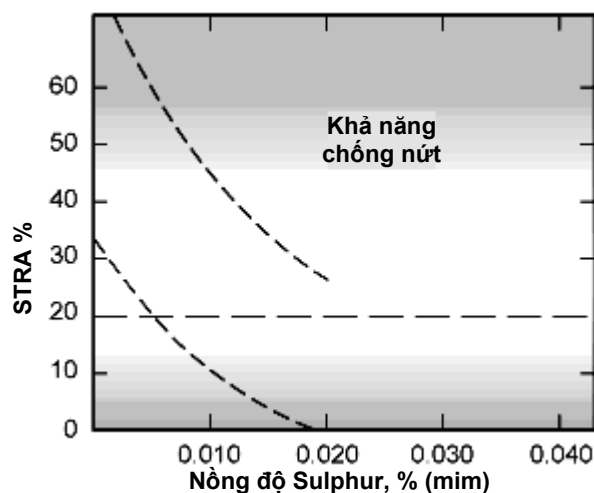
### Vật liệu

Nứt lớp chỉ xuất hiện khi hàn trên thép cán. Thực tế không có mác thép nào nhạy cảm với nứt lớp ngoại trừ các mác thép có chỉ số co thắt ngang - Short Transverse Reduction in Area (STRA) thấp là có nguy cơ nứt lớp. Thường thì ,

thép có STRA > 20% sẽ chống nứt lớp tốt , do vậy khi hàn trên thép có STRA < 10 -:- 15% phải chú ý loại trừ nguy cơ nứt lớp bằng cách thiết kế mối hàn hoặc qui trình hàn có tác dụng hạn chế tập trung ứng suất co rút theo hướng thẳng góc thớ (*hình - 21*).

Thép có độ bền càng cao thì nguy cơ càng lớn, nhất là khi chi tiết dày hơn 25mm. Thép được làm mịn hạt bằng nhôm (Aluminium treated steels) thường có hàm lượng lưu huỳnh thấp (<0.005%) nên nguy cơ nứt lớp cũng thấp .

Các nhà cung cấp thép thường phải bảo đảm thép đưa ra thị trường có độ co thắt STRA > 20 % .



Hình 21: chỉ số đánh giá khả năng nứt lớp

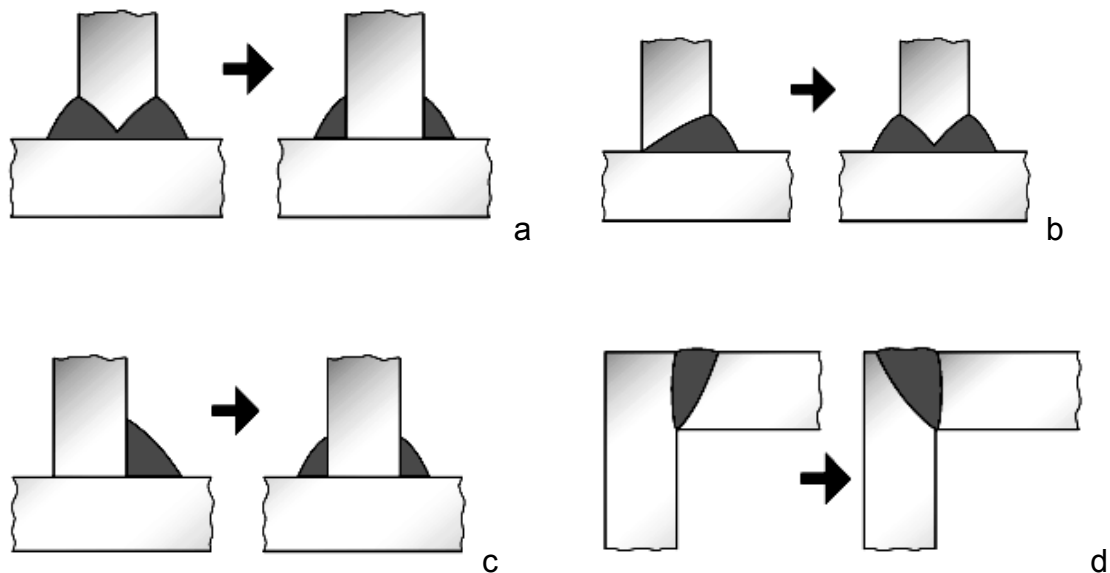
### Thiết kế mối hàn

Nứt lớp sẽ xuất hiện khi mối hàn tạo ra ứng suất co rút tập trung tác động theo phương thẳng góc thớ cán . Thường trong mối hàn kiểu T hoặc mối hàn góc . Các kiểu hàn T hoặc chữ thập hàn ngẫu hoàn toàn rất dễ bị nứt lớp. Mối hàn chữ thập trên các tấm dày khiến chúng không thể uốn , biến dạng khi hàn có nguy cơ nứt lớp rất lớn .

Mối hàn đầu mí , vì ứng suất sinh ra khi hàn không tác động theo phương bề dày tấm , nên nguy cơ nứt lớp hầu như không có .

Các biến dạng góc có thể làm tăng ứng suất ở chân và góc mối hàn , nên nứt lớp có thể xảy ra khi hàn các tấm dày làm nảy sinh độ căng kéo khi hàn gây ra các biến dạng uốn. *Hình - 22*. là các gợi ý thiết kế giúp loại trừ nứt lớp

- Thay mối hàn ngẫu hoàn toàn bằng mối hàn hai phía . Vì nứt lớp chỉ xuất hiện khi hàn kiểu T ngẫu hoàn toàn, *hình 22a*.
- Hàn ngẫu từ hai phía ít nguy cơ nứt lớp hơn hàn một phía và quá trình hàn đối xứng cũng giảm ứng suất co rút do vậy giảm nguy cơ nứt lớp *hình - 22b*
- Thay vì hàn mối hàn lớn trên một phía , nên thay bằng mối hàn nhỏ hơn hàn hai phía, *hình - 22c*
- Thay đổi thiết kế mối hàn (vát mép) sao cho biên nóng chảy của mối hàn không song song với bề mặt thớ cán cũng là biện pháp hữu hiệu giảm nguy cơ nứt lớp *Hình - 22d*



Hình - 22 Các giải pháp thiết kế cải thiện tính kháng nứt lớp

### Kích thước mối hàn

Nứt lớp hầu như chỉ xuất hiện trên các mối hàn kích thước lớn. Thường thì với các mối hàn T và góc có kích thước chân > 20mm. Bởi vì nguyên nhân gây ra nứt lớp là sự căng kéo và khả năng biến dạng kém của các tấm hàn, nên tấm mỏng sẽ khó nứt lớp hơn tấm dày. Hàn mối hàn T và góc có khe hở sẽ có nguy cơ nứt lớp thấp hơn.

### Trình tự hàn

Vì vật liệu và thiết kế mối hàn là nhân tố chính tạo ra nguy cơ nứt lớp, nên trình tự hàn chỉ có vai trò thứ yếu trong việc giảm nguy cơ. Tuy nhiên, nhiệt hàn càng cao, ứng suất sinh ra trong vùng ảnh hưởng nhiệt càng thấp, vùng ảnh hưởng nhiệt càng lớn và mối hàn càng sâu đôi khi lại có lợi cho sự giảm nguy cơ nứt lớp. Nồng độ hydro trong mối hàn càng lớn thì nguy cơ nứt lớp càng lớn. Nên dùng qui trình và que hàn giảm hydro để hạn chế nguy cơ nứt lớp.

### Que hàn

Khi có thể nên chọn que hàn có độ bền thấp để cho phép mối hàn dễ biến dạng giảm sức căng trên bề mặt tấm hàn. Que hàn có đường kính nhỏ, tạo ra các lớp hàn có kích thước nhỏ, hàn nhiều lớp, sẽ cải thiện chu trình nhiệt và khử ứng suất khi hàn cũng tạo ra hiệu quả đáng kể cho mục tiêu giảm nguy cơ nứt lớp.

Que hàn hydro thấp sẽ hạn chế nồng độ hydro trong mối hàn, giảm sự khuếch tán hydro vào vùng ảnh hưởng nhiệt do đó cũng giảm nguy cơ nứt lớp. Nhớ là phải sấy que hàn.

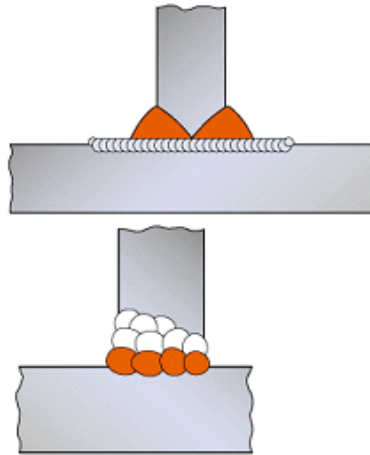
### Nung sơ bộ

Như đã biết nung sơ bộ sẽ hạn chế sự khuếch tán hydro vào vùng ảnh hưởng nhiệt. Tuy nhiên cần lưu ý là trong các kết cấu hàn chịu căng kéo cao, việc nung sơ bộ có thể gây ra nhiều bất lợi, do chúng làm tăng biến dạng nhiệt, khi mối hàn nguội lại sẽ làm tăng ứng suất.

Do vậy, để hạn chế sự hấp thu hydro có thể áp dụng nung sơ bộ song cần lưu ý đến ứng suất nhiệt tăng thêm do quá trình nung sơ bộ gây ra.

### Hàn lớp đệm (Buttering)

Hàn một lớp đệm trên tấm dễ bị nứt bằng que hàn có độ bền kéo thấp là giải pháp hữu hiệu chống nứt lớp. Như đã thấy trên hình 22, mỗi hàn T được thực hiện qua trung gian một lớp đệm trên bề mặt tấm dễ nứt. Cần bảo đảm sao cho lớp đệm rộng hơn khu vực hàn từ 15 đến 25mm và dày từ 5 đến 10mm.



Hình 23: hàn lớp đệm chống nứt lớp

(a) lớp đệm có giới hạn chảy rộng hơn bảo đảm liên kết,

(b) lớp đệm liên kết ở góc bằng que austenite.

#### 8.3.4. Tiêu chuẩn chấp nhận.

Nứt lớp không được chấp nhận ở cả ba cấp độ B, C và D theo BS EN 25817 (ISO 5817).

#### 8.3.5. Kiểm tra và sửa chữa.

Các vết nứt lộ có thể phát hiện nhờ các phương pháp VT, PT và MT. Các khuyết tật chìm sâu có thể phát hiện nhờ UT song rất khó phân biệt với dây ngầm xỉ. Hầu như không thể phát hiện nứt lớp bằng phương pháp RT.

## 8.4. Nứt do nung nóng (Reheat cracking)

### 8.4.1. Nhận dạng.

Nứt do nung lại (Reheat cracking) có thể xuất hiện trên các kết cấu bằng thép hợp kim thấp, đặc biệt là chứa các nguyên tố như chromium, vanadium và molybdenum khi kết cấu hàn bị nung lại khi xử lý nhiệt sau hàn hoặc nung khử ứng suất, hoặc là bị nung nóng khi phục vụ (350 đến 550°C).

Vết nứt hầu như chỉ nằm trong vùng hạt thô trong vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) bên dưới mối hàn, hoặc trên lớp phủ (cladding), đôi khi cũng xuất hiện trên vùng kim loại mối hàn có cấu trúc hạt thô. Các vết nứt thường dễ phát hiện ở các khu vực tập trung ứng suất như chân, biên mối hàn. Quá trình nứt có thể phát triển từ các vết nứt thô (coarse macro-cracks) hoặc các vết nứt tế vi (micro-cracks).

Vết nứt thô (macro-crack) thường phân nhánh là vết nứt theo biên giới các hạt thô, (hình – 24) Vết nứt luôn nằm dọc theo tinh giới hạt (intergranular)

thường là biên của các hạt austenite có cấu trúc (hình – 24b). Trong mỗi hàn các vết nứt này có phương ngang hoặc dọc. Tuy nhiên, nứt trong vùng ảnh hưởng nhiệt thường song song với mối hàn.

Các vết nứt tế vi (Micro-cracking) cũng có thể thấy trong vùng HAZ và trong kim loại hàn. Nứt tế vi trong hàn nhiều lớp thường nằm trong khu vực hạt thô không được làm mịn nhờ các lớp hàn kế tiếp.

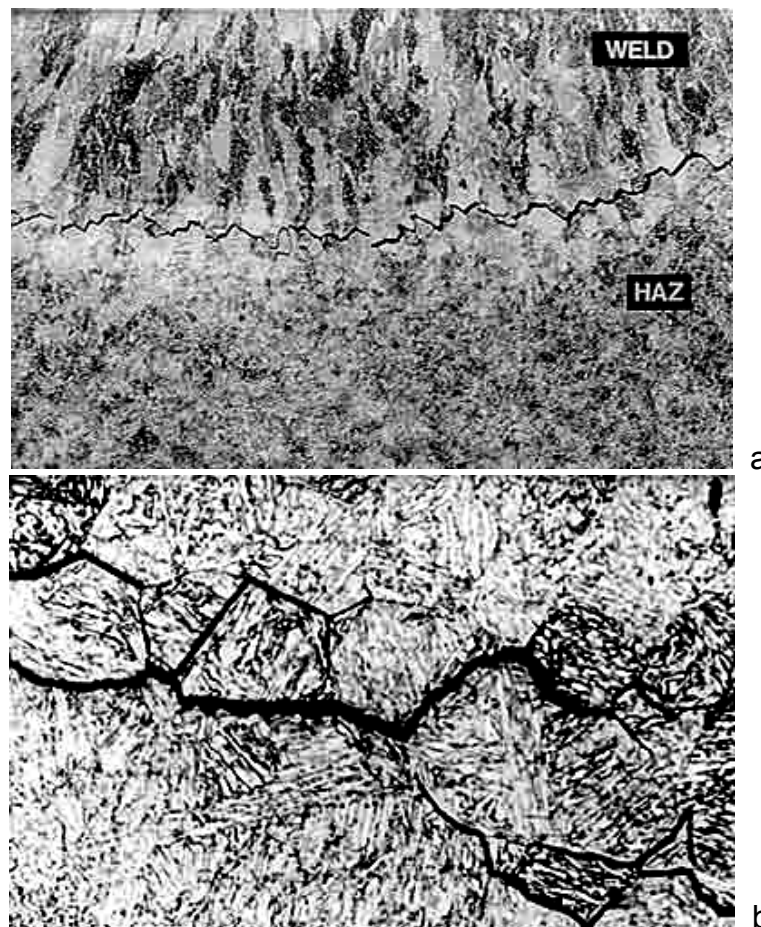
#### 8.4.2. Nguyên nhân.

Nguyên nhân chính là khi xử lý nhiệt các mác thép dễ nứt, phần bên trong hạt trở nên bền hơn bởi sự kết đọng các carbide. Quá trình khử ứng suất dư tạo nên các biến dạng (creep deformation) ở vùng biên giới hạt.

Sự hiện diện các tạp chất thiên tích về vùng biên hạt và xu thế gây giòn ram (temper embrittlement) của các nguyên tố như lưu huỳnh, arsenic, thiếc và phosphorus, sẽ làm tăng nguy cơ nứt khi nung lại.

Thiết kế mối hàn không hợp lý cũng làm tăng nguy cơ nứt khi chịu nhiệt. Ví dụ, các mối hàn tập trung ứng suất như mối hàn gầu bán phần thường là nơi khởi đầu các vết nứt.

Qui trình hàn không hợp lý cũng là nguyên nhân. Mối hàn kích thước lớn hầu như sẽ tạo ra các cấu trúc thô đại trong vùng ảnh hưởng nhiệt. Và do phân bố lớp hàn có kích thước lớn nên cơ hội làm mịn hạt nhờ các lớp hàn kế tiếp không có. Kết quả là, chúng trở nên nhạy cảm với nứt khi bị nung lại.



Hình - 24 (a) Nứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt có cấu trúc hạt thô, (b) nứt ở vùng tinh giới hạt

### 8.4.3. Phương pháp loại trừ nứt do nung nóng.

Nguy cơ nứt do nung nóng có thể loại trừ khi có cơ hội chọn lựa mác thép có tạp chất thấp. Và khi qui trình hàn được thiết lập kỹ lưỡng cộng với quá trình thực hiện qui trình được giám sát nghiêm ngặt.

#### Chọn thép

Khi có thể, tránh dùng các mác thép nhạy cảm với nứt do nung nóng ví dụ như chọn A 508 nhóm 2 – Loại thép có độ nhạy đặc biệt cao với nứt do nung nóng, trong khi A508 nhóm 3 thì ít được lưu ý. Hai mác thép có cùng cơ tính song A508 nhóm 3 có hàm lượng Cr thấp hơn trong khi Mn lại cao hơn nên nguy cơ nứt do nung thấp hơn.

Dưới đây là xếp hạng các mác thép theo nguy cơ nứt do nung nóng:

<b>5 Cr 1Mo</b>	<b>Nguy cơ thấp</b>
<b>2.25Cr 1 Mo</b>	↓
<b>0.5Mo B</b>	↓
<b>0.5Cr 0.5Mo 0.25V</b>	<b>Nguy cơ cao</b>

Do đó, khi chọn các mác thép chống rão (creep resistant), Thép chromium molybdenum, thép 0.5Cr 0.5Mo 0.25V được coi là nhạy nứt hơn là mác 2.25Cr 1Mo có độ chống rão tương tự song kém nhạy hơn.

Không may là, dù các hiểu biết về khả năng nứt của một mác thép nào đó rất bổ ích, song nguy cơ nứt do nung lại không thể dự đoán chính xác được khi chỉ dựa vào thành phần hóa học của thép.

Có rất nhiều chỉ số như  $G1$ ,  $P_{SR}$  và  $R_s$ , được dùng để biểu thị độ nhạy của thép đối với nứt do nung lại.

Thép có chỉ số  $G1 < 2$ ,  $P_{SR} < 0$  hoặc  $R_s < 0.03$ , thì có độ nhạy kém với nứt do nung lại

$$\begin{aligned} G1 &= 10C + Cr + 3.3Mo + 8.1V - 2 \\ P_{SR} &= Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7Nb + 5Ti - 2 \\ R_s &= 0.12Cu + 0.19S + 0.10As + P + 1.18Sn + 1.49Sb \end{aligned}$$

#### Mức độ tạp chất

Tính không đồng đều của các mác thép trên thị trường là yếu tố quan trọng cần xem xét khi mua thép (Các mác thép giống nhau song 'heat number' khác nhau có thể có các sai biệt về thành phần và tính chất). Tốt nhất là nên có thông tin xác nhận (certificate) cấp bởi nhà sản xuất, hoặc phải làm thử nghiệm xác nhận trước khi chọn đưa vào ứng dụng.

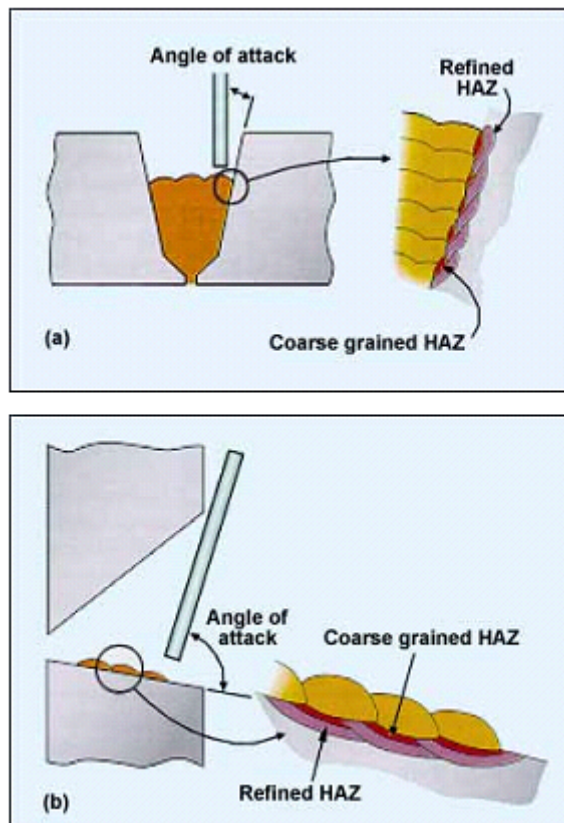
Lẽ tự nhiên là không nên chọn thép có nhiều tạp chất như antimony, arsenic, tin và phosphorus, dù theo thông thường chúng chỉ tồn tại ở dạng các vết. Tiêu chuẩn chọn lựa là tổng các tạp chất không quá 0.01% sẽ bảo đảm nguy cơ nứt do nung lại (dòn ram) tối thiểu.

#### Qui trình hàn và kỹ thuật hàn

Qui trình hạn chế nguy cơ nứt do nung lại cần tuân thủ các điều kiện sau

- Tạo điều kiện tối đa cho quá trình làm mịn hạt ở vùng ảnh hưởng nhiệt nhờ chu trình nhiệt khi hàn
- Hạn chế sự tăng trưởng kích thước hạt
- Loại bỏ ứng suất dư và tập trung ứng suất

Nên hàn nhiều lớp nhỏ để làm mịn các hạt thô trong vùng ảnh hưởng nhiệt. Khi hàn đầu mí, hiệu quả làm mịn hạt được tối đa khi tiến hành hàn bậc thang trên các mép hàn với góc que hàn (angle of attack) thấp để hạn chế độ ngấu sâu vào trong kim loại (*hình – 25a*). So sánh với khi hàn trên các mép hàn có góc vát rộng, vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) lớn, hạn chế hiệu quả làm mịn hạt nhờ các lớp (*hình – 26b*). Tuy nhiên, mỗi hàn với góc vát hẹp sẽ rất khó hàn và dễ gây ra sự thiếu chảy ở hai bên (lack of sidewall fusion).



Hình 25: (a) hàn phẳng góc vát hẹp khả năng hạt ở vùng HAZ mịn hơn  
(b) hàn ở tư thế ngang góc que lớn, hạt vùng HAZ có xu thế tăng trưởng mạnh nên cỡ hạt thô hơn

Sự làm mịn hạt trong HAZ có hiệu quả hơn nếu tiến hành hàn một lớp đệm mỏng bằng que hàn cỡ nhỏ. Sau đó thực hiện mỗi hàn với que hàn có kích thước lớn hơn.

Mức độ tăng trưởng của các hạt austenite có thể hạn chế khi hàn với năng lượng hàn thấp. Tuy nhiên khi đó phải chú ý loại trừ nguy cơ nứt hydro và thiếu chảy. Ví dụ, giảm năng lượng hàn đến mức kết hợp với nung sơ bộ để loại trừ nứt hydro.

Thiết kế mối hàn và kỹ thuật hàn cần bảo đảm mối hàn không bị tập trung ứng suất, nghĩa là hạn chế các chỗ tiếp giáp giật cấp. Sự tập trung ứng suất thường sinh ra từ các trường hợp sau:

- Hàn với thanh lót phía sau (backing bar)

- Mỗi hàn ngẫu không hoàn toàn
- Thiếu chảy biên , ngậm xỉ , khuyết chân trên bề mặt và bên trong mỗi hàn
- Tiết diện hàn có hình dáng không hợp lý , mô cao , chảy xệ , các góc lượn chuyển tiếp sắc cạnh .

Chú ý là mỗi đắp ở chân mỗi hàn góc và lớp phủ mặt sau cùng có cấu trúc rất tồi vì vùng ảnh hưởng nhiệt tiếp giáp với chúng không được cải thiện hạt ( do không có lớp hàn sau đó ). Khi hàn trên các mác thép để nứt khi nung lại thì lớp sau cùng thường được bố trí trên nền kim loại của mỗi hàn , thay vì liên kết giữa mỗi hàn và kim loại hàn.

Mài bỏ mỗi hàn chân đi trong khi vẫn tiếp tục duy trì nhiệt độ nung rồi hàn lại cũng là giải pháp hiệu quả nhằm giảm nguy cơ nứt do nung lại trên thép 0.5Cr 0.5Mo 0.25V .

## 9. Sai lệch về hình dáng liên kết hàn.

Loại khuyết tật này bao gồm những sai lệch về hình dáng mặt ngoài của liên kết hàn, làm nó không thỏa mãn với các yêu cầu kỹ thuật và thiết kế.

Ví dụ :

- Chiều cao phần nhô hoặc chiều rộng của mỗi hàn không đồng đều.
- Đường hàn vận vẹo không thẳng.
- Bề mặt mỗi hàn nhấp nhô.

**Nguyên nhân :**

- Gá lắp và chuẩn bị mép hàn chưa hợp lý.
- Chế độ hàn không ổn định.
- Vật liệu hàn không đảm bảo chất lượng.
- Trình độ công nhân quá thấp, ...

Ngoài các loại khuyết tật thường gặp đã trình bày trên. Trong liên kết hàn còn có các loại khuyết tật khác như quá nhiệt và bắn tóe.

**Quá nhiệt.** Khuyết tật này xuất hiện do việc chọn chế độ hàn không hợp lý (năng lượng nhiệt quá lớn, vận tốc hàn quá nhỏ) làm cho kim loại đắp và vùng ảnh hưởng nhiệt có cấu tạo hạt rất thô, cơ tính của liên kết hàn bị giảm.

**Bắn tóe.** Khuyết tật này là hiện tượng bắn tóe kim loại lên vật hàn, do vật liệu hàn không đảm bảo chất lượng, thiếu khí bảo vệ hoặc sử dụng không đúng loại khí. Gây mất thẩm mỹ liên kết hàn, mất công sức làm sạch vv...

Nói chung, các loại khuyết tật của liên kết hàn sau khi đã phát hiện được, nếu quá quy định cho phép thì :

- Đục bỏ phần kim loại có khuyết tật.
- Hàn sửa chữa và kiểm tra lại.
- Riêng đối với vết nứt cần phải khoan chặn hai đầu vết nứt để hạn chế sự phát triển của vết nứt, loại bỏ triệt để, và hàn sửa chữa lại.
- Khắc phục khuyết tật quá nhiệt bằng phương pháp nhiệt luyện để khôi phục lại kích thước hạt của kim loại mỗi hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt.