

Đặc tính Hàn của Thép Không gỉ

Nội dung

- I. Ứng dụng của thép hàn không gỉ
- II. Quy trình chế tạo ống
- III. Phương pháp hàn áp dụng đối với thép không gỉ
- IV. GTA Welding (Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong khí trơ bảo vệ)
- V. Đặc tính của hàn thép không gỉ khi hàn
- VI. Phương pháp thử chất lượng ống
- VII. Tóm tắt – Giải thích công nghệ hàn

I. Ứng dụng của thép hàn không gỉ

● Ống thép không gỉ (Vật liệu : 201, 304, 316, 439)

- Ống kết cấu (CR) : STS Cuộn → Xẻ khổ → Cán tạo hình và hàn → **Mài hạt (Bead grinding)** → Định cỡ → cắt → Vát cạnh → Nắn thẳng → Đánh bóng bằng vải

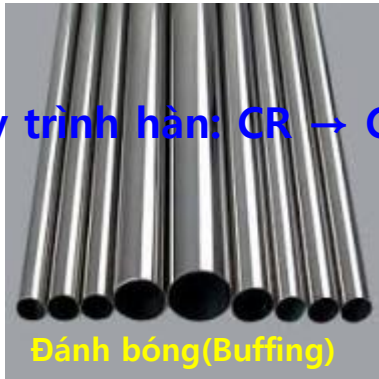
mềm (**Buffing**)

- Hệ thống ống nước (HR) : STS Cuộn → Xẻ khổ → Cán tạo hình (Cuộn uốn) và hàn → Định cỡ → Cắt → Tẩy dầu mỡ (**Degreasing**) → Xử lý nhiệt (**Heat Treatment**)

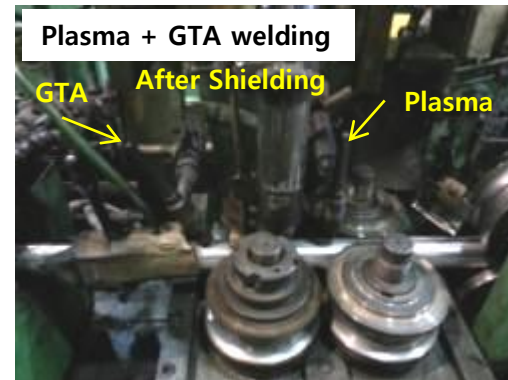
Test)

→ Nắn thẳng → Vát cạnh → Kiểm tra thủy tĩnh (**Hydrostatic**)

- Quy trình hàn: CR → **GTA (TIG) Welding**, HR → **Plasma + GTA (Double Torch)**



[Ống kết cấu (CR, Ống trang trí)]



[Hệ thống ống dẫn (HR, Ống nước)]

I. Ứng dụng của thép hàn không gỉ

3

● Cho Máy giặt và Lòng trong máy giặt (Vật liệu : 430, 430RE)

- Quy trình : STS Cuộn → xẻ khổ → Cuốn uốn → Hàn hoặc khóa gập mí (**Welding or Lock-Seaming**) → Tạo hình

Chuẩn bị hàn → Lòng vào bên trong và lắp ráp các phần

- **Quy trình hàn: Khóa gập mí, Plasma/Laser Welding /Repair GTA with Electrode**

* Để tăng công suất giặt và bảo đảm chất lượng, Quy trình hàn được phát triển từ khóa gập mí

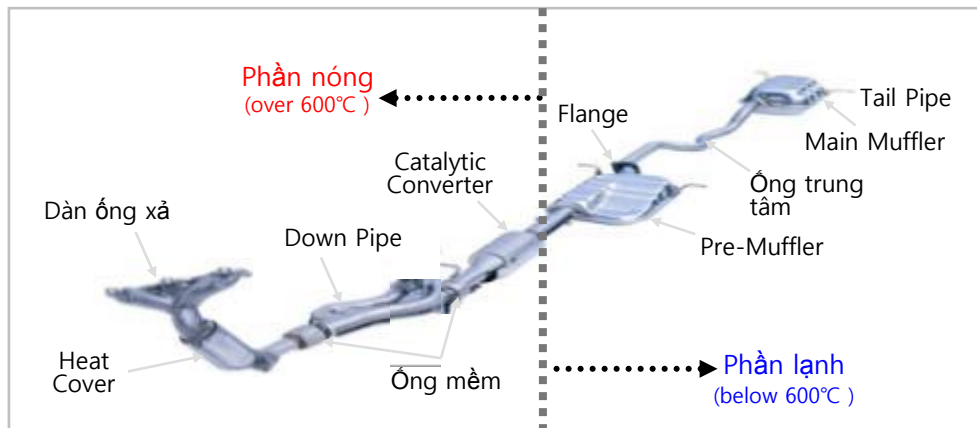
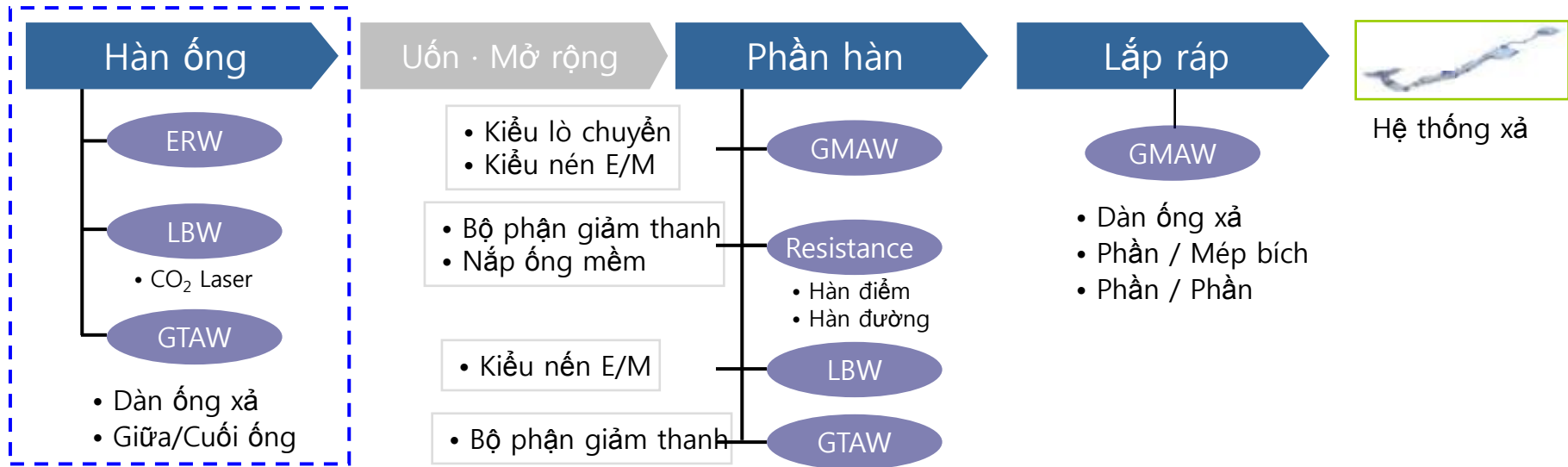
J, Samsung, LG)



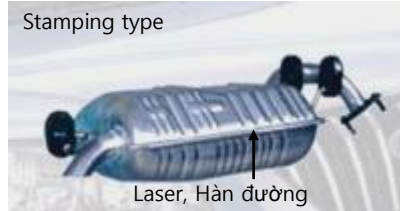
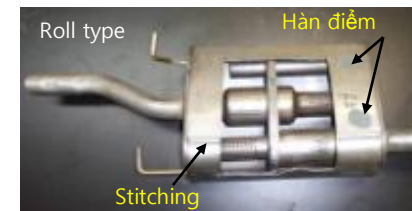
I. Ứng dụng của thép hàn không gỉ

4

● Cho Hệ thống ống xả của Automotive (Vật liệu: 409L, 439, 436, 429)



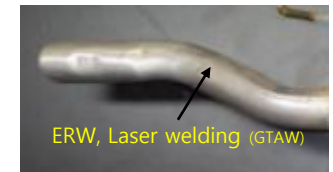
[Cấu trúc của hệ thống xả: Vỏ + Ống]



[Bộ phận giảm thanh chính]



[Muffler/Pipe]



[Ống trung tâm]

II . Quy trình chế tạo ống

● Quy trình

- Cho vật liệu với sự co giãn cao
Thêm phần dẫn hướng cán thì tốt hơn

Cắt

Định cỡ

Mài

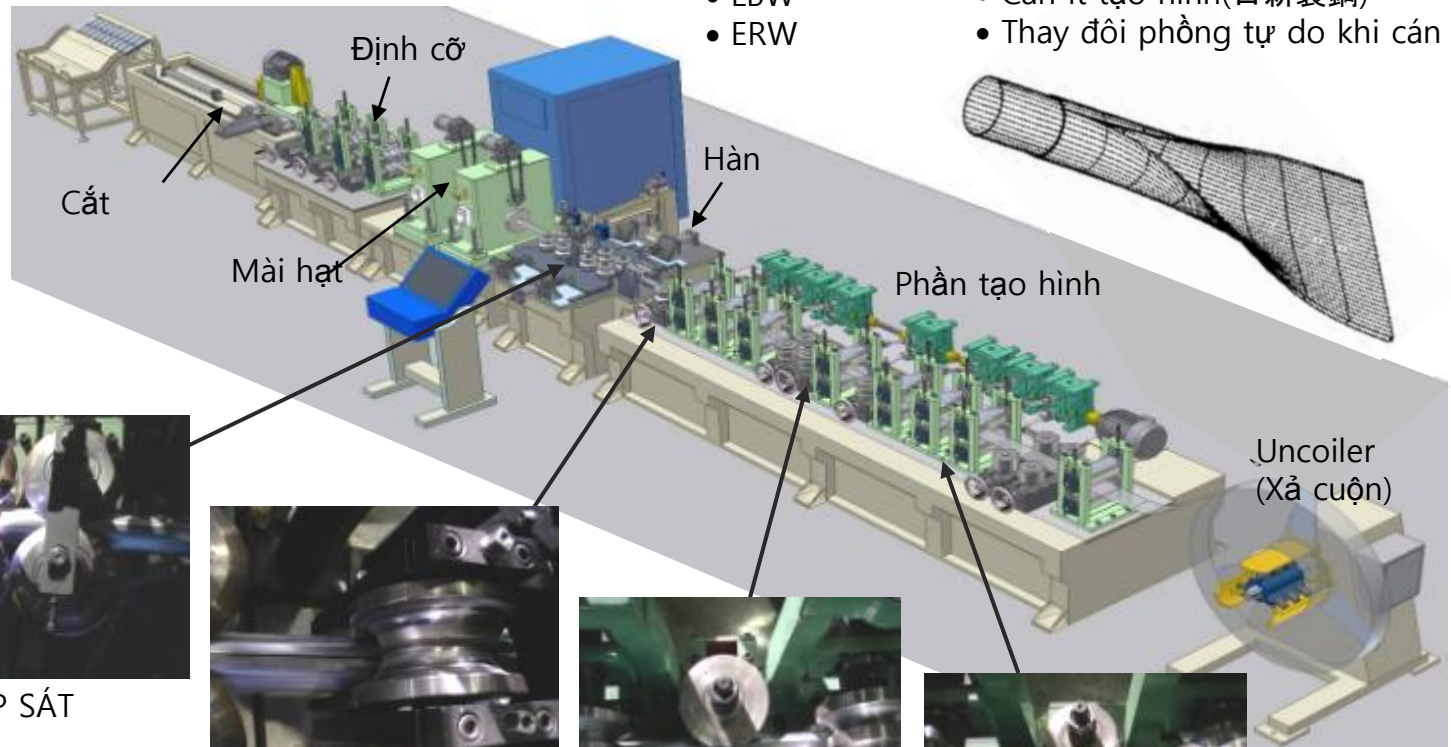
Hàn

Tạo Hình

Xả ra(Uncoiling)

- GTAW (Plasma)
- LBW
- ERW

- Cán tạo hình(Chung)
- Cán ít tạo hình(日新製鋼)
- Thay đổi phòng tự do khi cán tạo hình(JFE-KSC)



TRỰC ỐP SẮT



TRỰC ĐƯỜNG DẪN
(Vị trí hàn đường)



BÓP CuỘN
(Bán tròn → Tròn)



VỊ TRÍ PHÁ VỠ
(HÚP → Bán tròn -Tròn)

II. Quy trình chế tạo ống

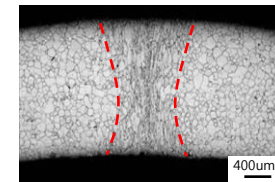
6

● So sánh những đặc tính: Ứng dụng của kỹ thuật Laser được mở rộng ở EU, US

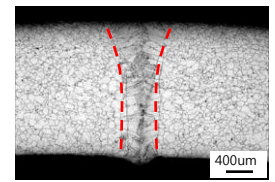
	ERW	LBW (CO ₂ Laser)	GTAW
Chi phí lắp đặt (1,000\$)	~900	320	220
Tốc độ (1.5t, m/min)	50	12	2
Chiều dày	≥ 0.8t	Không giới hạn	≤ 2.0t
Chất lượng hàn*	Tốt	Tốt hơn	Thấp hơn

[So sánh đặc tính của hàn ống]

	ERW	LBW	GTAW	Cho hình thức
Chiều rộng hàn	○	△	◎	Giảm đến mức tối thiểu
Độ cứng của hàn	◎	◎	○	Giảm cứng
Độ hạt	△	○	◎	Nhỏ hơn
Hàn không hoàn hảo (Ngấu, Underfill, Khuyết, Nứt)	◎	△	○	Không có không hoàn hảo
Hình thức	Giữa	Trên	Dưới	



[ERW]



[LBW]



[GTAW]

[Tổ chức tế vi của các phương pháp hàn]

◎: tốt

○: trung bình

△: thấp

III. Phương pháp hàn áp dụng đối với thép không gỉ

● Kỹ thuật hàn thép không gỉ



GTA welding

Hàn hồ quang: Ống, Điện tử, Ô tô

- **SMAW**(Hàn hồ quang quang que hàn có vỏ bọc) :Thủ công /dòng(trường h
- **GMAW**(Hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ) :
Lắp ráp/Bán tự động
- **FCAW** (hàn dây lõi thuốc) : Lắp ráp/Bán tự động
- **GTAW** (Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong khí trơ bảo vệ) :
Ống (CR) / Hàn sửa chữa
- **SAW** (Hàn hồ quang dưới lớp thuốc bảo vệ) : Ống (HR)
- **PAW** (Hàn hồ quang Plasma) : Ống (CR/HR)

Quy trình hàn



Hàn đường điện trở

Hàn điện trở: Điện tử, Dụng cụ gia đình, Ô tô

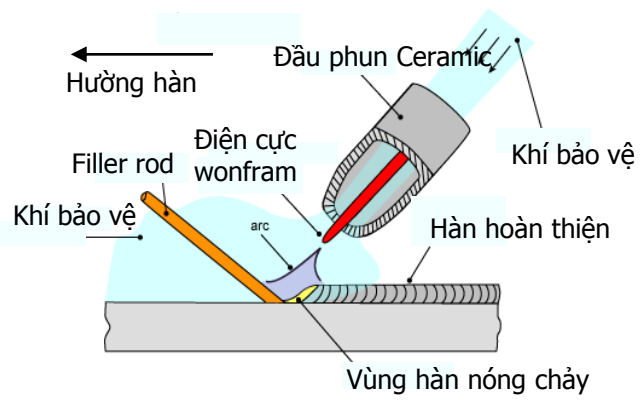
- **ERW** (Hàn điện trở) : Ống
- **RSW** (Hàn điểm tiếp xúc) : Lắp ráp
- **RSEW** (Hàn đường điện trở) : Lắp ráp
- **FBW** (Hàn cấy hay Hàn giáp mối)

Hàn năng lượng mặt độ cao: Ô tô, Nồi hơi

- **LBW** (Hàn tia laser) : Ống
- **EBW** (Hàn chùm tia điện tử) : lắp ráp

● Phác thảo của hàn GTA

- Năng lượng hồ quang(Trên 6,000K) từ không tiêu hao điện cực wonfram
- . Dây hàn: Chiều dày vật liệu(trên 2.0t) và hợp kim cao
- Thuận lợi: Bề mặt hàn sạch, Không bán tóe, Hàn tự động
- Lắp đặt hàn
 - Nguồn điện hàn
 - ngọn Đuốc(lửa) / Điện cực : wonfram +1 ~ 2% thorìa (ThO₂)
 - Khí bảo vệ (Ar, He) : Ngăn chặn quá trình oxy hóa của điện cực và mối hàn



[Quy trình hàn GTA]

[Phân cực và hiện tượng hàn: Áp dụng kiểu DCEN cho thép không gỉ]

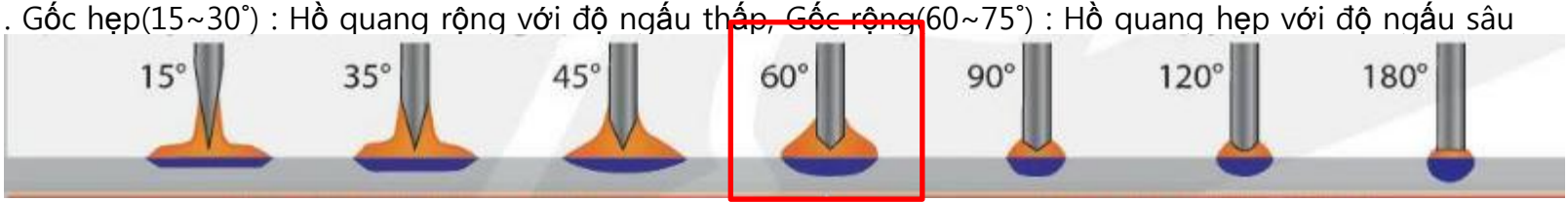
Kiểu hiện tại	DCEN (DC điện cực âm)	DCEP (DC điện cực dương)	AC (cân bằng)
Điện cực	Âm	Dương	
Electron và dòng chảy ion			
Công việc làm sạch Ô xít	Không	Có	Có – Mỗi nửa chu kỳ
Cân bằng nhiệt trong hồ quang(Approx.)	70% tại cuối công việc 30% ở điện cực cuối	30% tại cuối công việc 70% ở điện cực cuối	50% tại cuối công việc 50% ở điện cực cuối
Sự ngấu(thấm thấu)	Sâu; hẹp	Không sâu, rộng	Trung bình

● **Kỹ thuật hàn: Điều kiện hàn, Hình dạng điện cực,** Khí che chắn lại

• **Điều kiện hàn:** Chỉnh dòng điện(A)/Điện áp (V) và tốc độ (mpm) bởi chiều dày

Đường kính điện cực wonfram(mm)	Dòng điện(A)	Điện áp (V)	Chiều dày của vật liệu(mm)
1.6	50 ~ 120	10 ~ 12	< 1.0
2.4	100 ~ 230	16 ~ 18	1.0 ~ 3.0
3.2	170 ~ 300	17 ~ 19	> 2.0

• **Hình dạng điện cực:** Phóng to góc không đổi của điện cực
- Nếu mài thủ công(nhấn) được áp dụng, **Thay đổi của góc sẽ là quá lớn→ Chất lượng hàn không tốt**

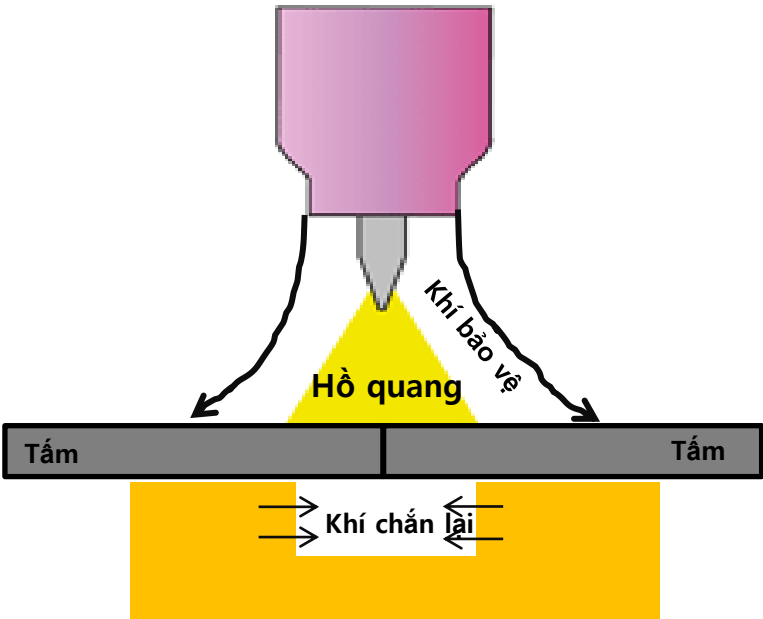


Điện cực sắc nét(Góc hẹp)	Điện cực không sắc nét(Góc rộng)
Hạt hàn rộng	Hạt hàn hẹp
Hồ quang bắt đầu dễ dàng hơn	Hồ quang bắt đầu khó hơn
Ít cường độ dòng điện	Nhiều cường độ dòng điện
Cải thiện sự ổn định của hồ quang	Tăng khả năng dịch chuyển của hồ quang
Hàn ngấu ít hơn	Hàn ngấu tốt hơn
Dòng đời điện cực ngắn	Dòng đời điện cực dài

● **Kỹ thuật hàn: Điều kiện hàn, Hình dạng điện cực, khí che chắn lại**

- khí che chắn lại: Bảo vệ hồ quang và vùng hàn từ không khí xung quanh
 - Ngăn chặn không khí oxy hóa(O_2), hàn dẽ giòn, rỗ, cracking (H_2 , N_2)
 - Ảnh hưởng đến hình học hàn, tốc độ hàn, chống ăn mòn và thuộc tính cơ học

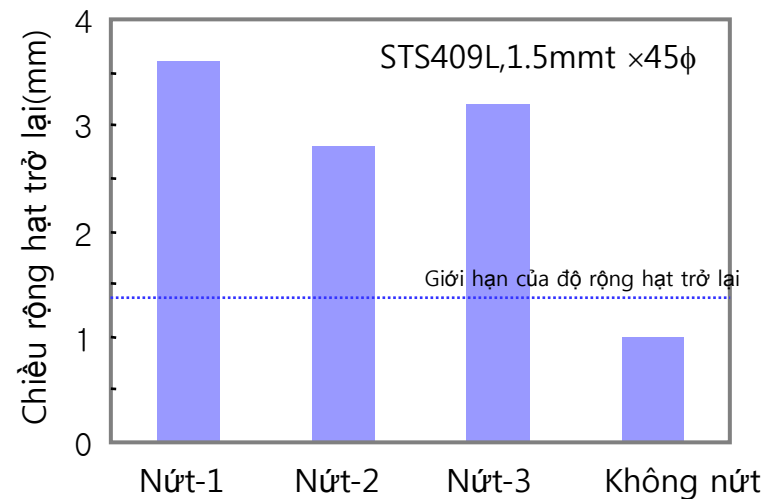
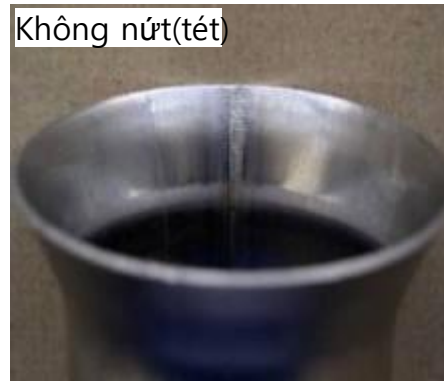
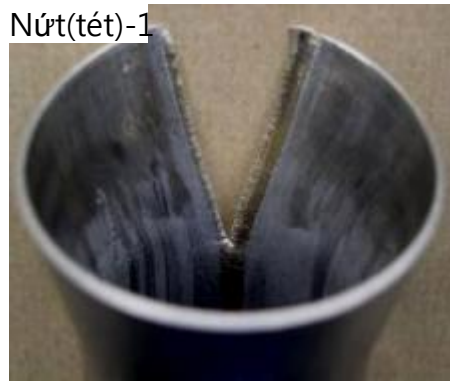
	Khí bảo vệ(15~20l/m)	Khí chắn lại(5~10l/m)
Ferritic	Ar	Ar
Austenitic	Ar+5~12% H_2	N_2
Duplex	Ar+2~5% N_2	N_2



		Đặc tính
Khí bảo vệ	Ar	Khí không hoạt động, Chất lượng tốt hơn, Hồ quang bắt đầu dễ dàng, Tất cả thép không gỉ
	Ar+ H_2	- Ngấu sâu, - Tăng tốc độ hàn, - Khuyết tật, giòn hydro
	Ar+ N_2	- Tăng khối lượng pha Austenitic - Điện cực mòn tăng
Khí chắn lại	Ar	- Chất lượng tốt(Đắt tiền)
	N_2	- Rẻ tiền

● Kỹ thuật hàn: Sự trở lại hình dạng hạt

- Kiểm soát sự trở lại hình dạng hạt
 - Tối ưu hóa tốc độ, Hiện tại → Giảm sự kéo căng của chu vi
 - Độ sâu của ngấu(a) : $a > 0.9t$, t: độ dày
 - Độ rộng của hạt trở lại(b) : $0 \leq b \leq t$

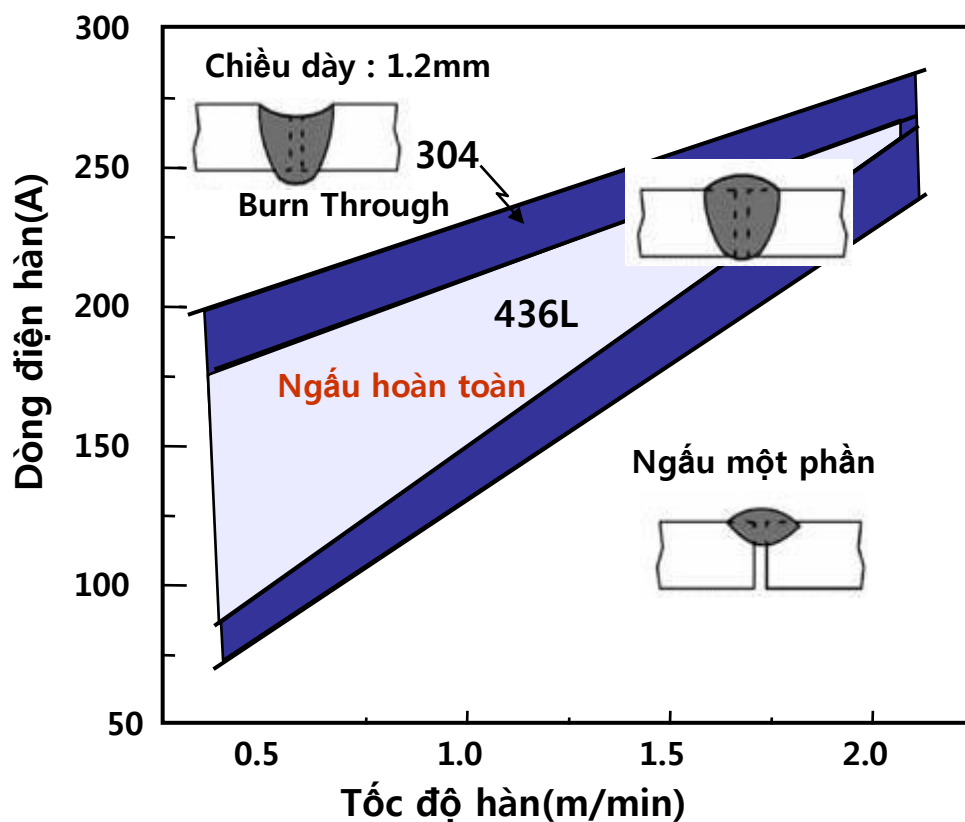


V. Đặc tính của hàn thép không gỉ khi hàn

● **Sự ngẫu** : Hàn hoàn thành phụ thuộc vào hóa học vật liệu/ tính chất vật lý

- Nhiệt đầu vào: Thép không gỉ Ferritic > Thép không gỉ Austenitic

* Điểm nóng chảy và độ dẫn nhiệt của Ferritic > Austenitic)

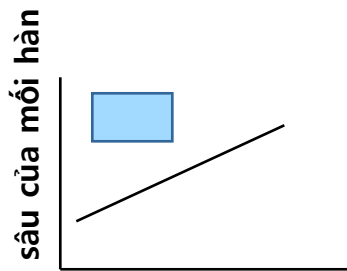


[Điều kiện hàn của STS 304 vs 436L]

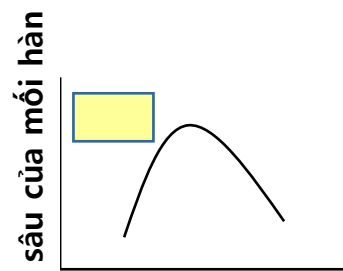
- Tối ưu hóa phạm vi hàn: 304 > 436L
- Tốc độ hàn: 304 > 436L

● Ảnh hưởng của các nguyên tố vật liệu đến độ ngấu hàn(Độ sâu hàn)

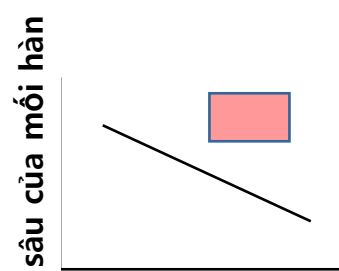
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uu n	Uu u	Uu b	Uut	Uu q	Uu p	Uu h	Uus	Uu o



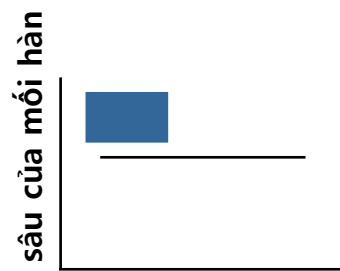
Độ sâu của mỗi hàn



Độ sâu của mỗi hàn

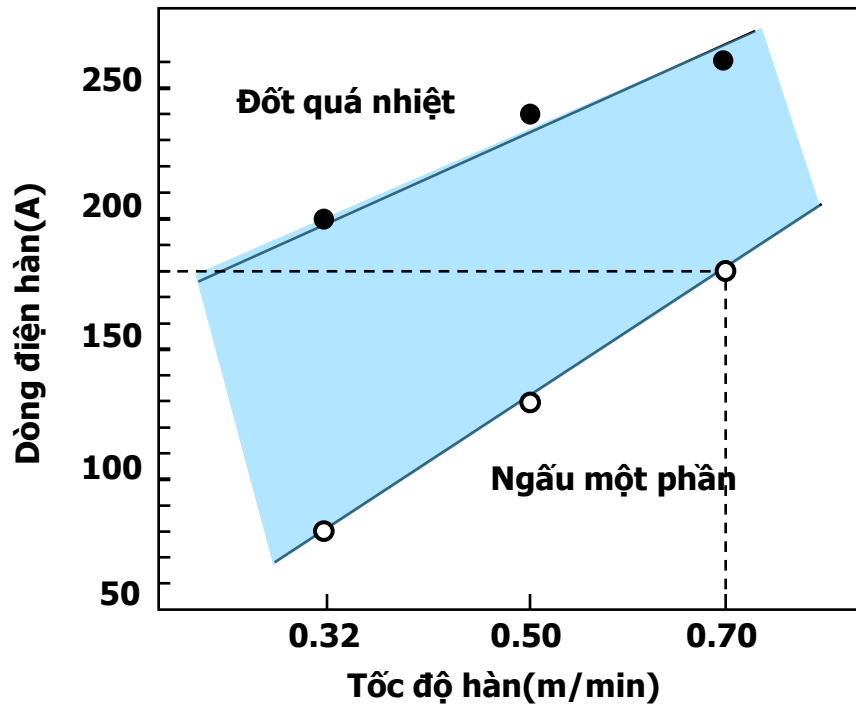
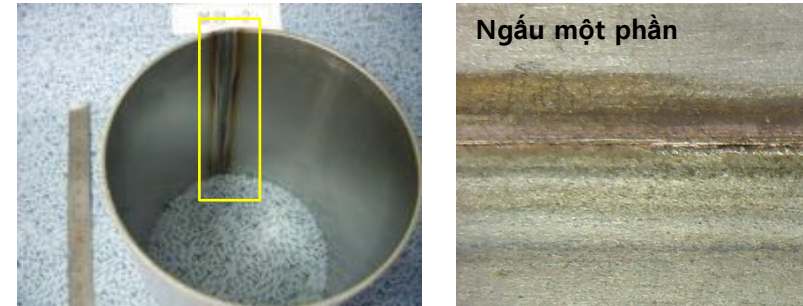


Độ sâu của mỗi hàn

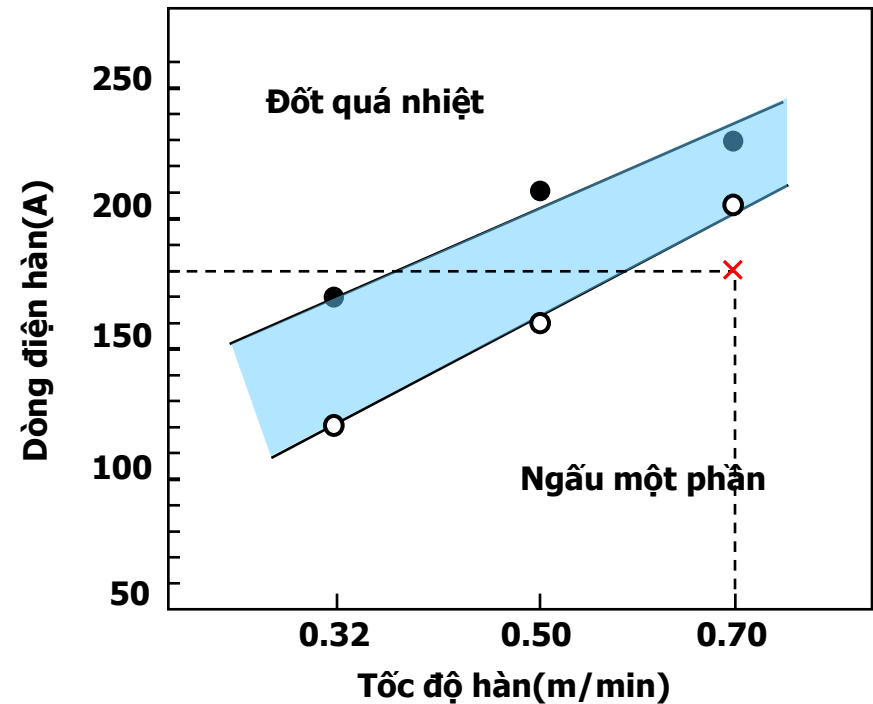


Độ sâu của mỗi hàn

- Sự ngẫu : Ảnh hưởng của nguyên tố **Al** trong thép không gỉ Ferritic (409L 1.5mmt)
 - Điều kiện hàn cùng được áp dụng cho thép không gỉ Ferritic hàn với hàm lượng Al khác nhau.

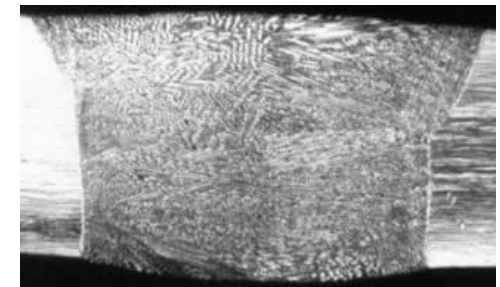
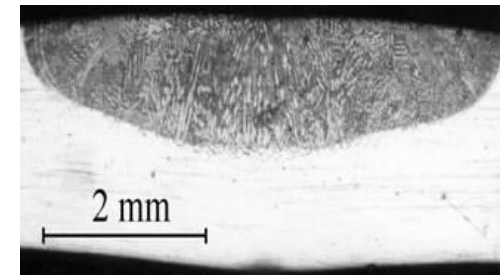
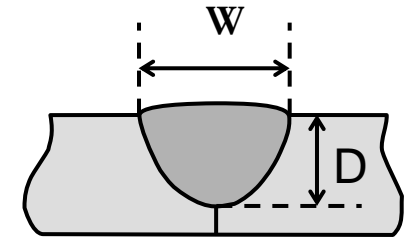
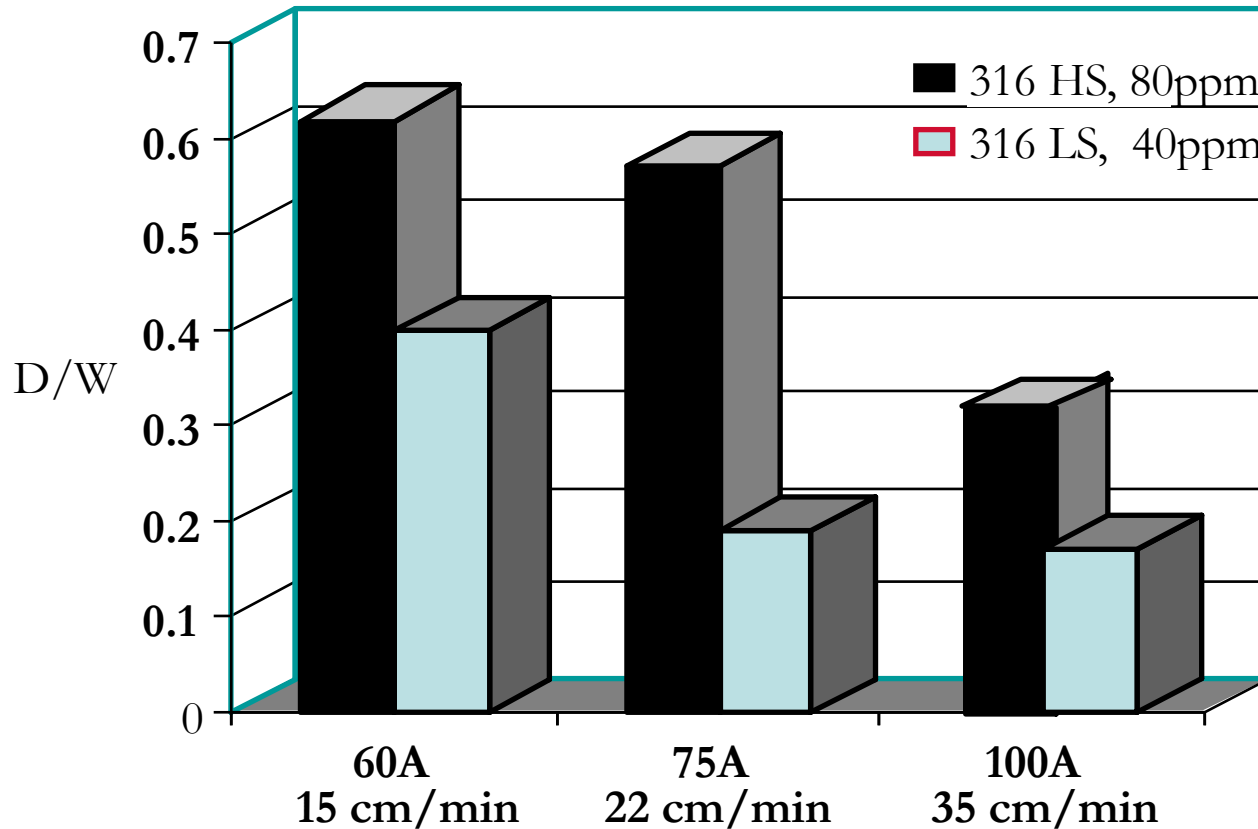


[409L : 0.003wt%Al]



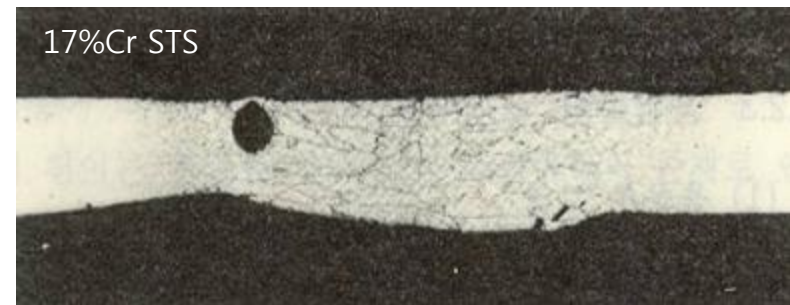
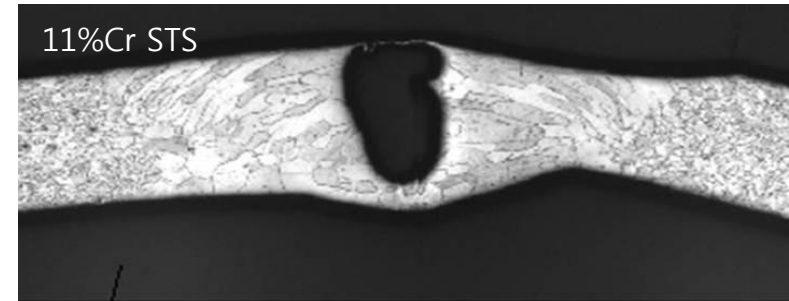
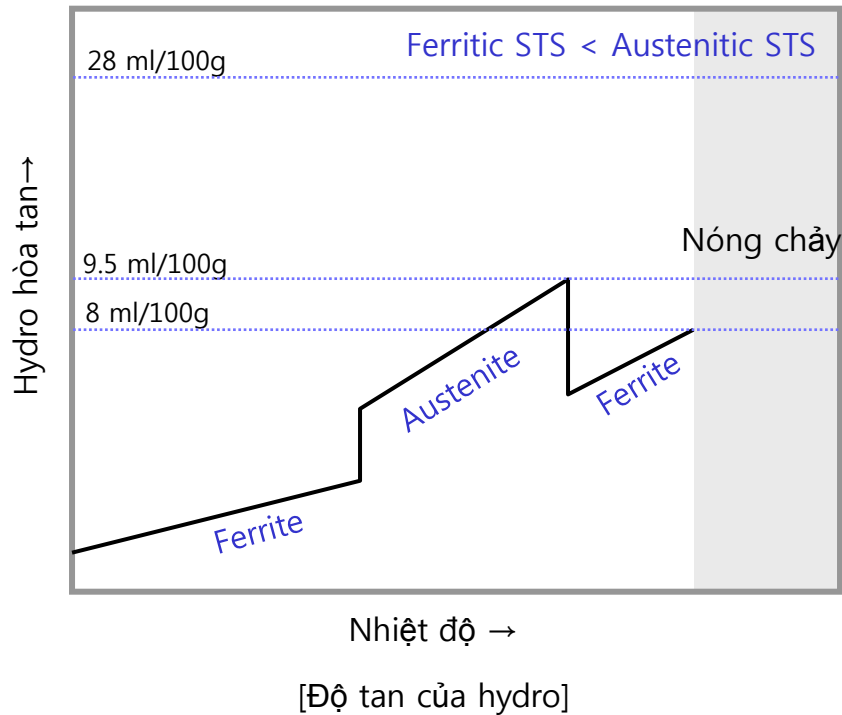
[409L : 0.05wt%Al]

- Sự ngẫu : Ảnh hưởng của nguyên tố S trong thép không gỉ Austenitic (316L, 2.0mmt)



● Rỗ khí

- Cơ cấu: Do sự hòa lẫn của hydro từ khí bảo vệ hay khí bên trong vùng nóng chảy.
→ Rỗ khí hình thành bởi hydro mất kẹt trong quá trình làm nguội.
※ Sự hình thành tính nhạy cảm của rỗ khí: STS400 > STS300
- Giải pháp: H₂ có trong khí bảo vệ Ar giảm, tốt cho che chắn.



[Cấu trúc vi mô của Ferritic STS GTA weld]

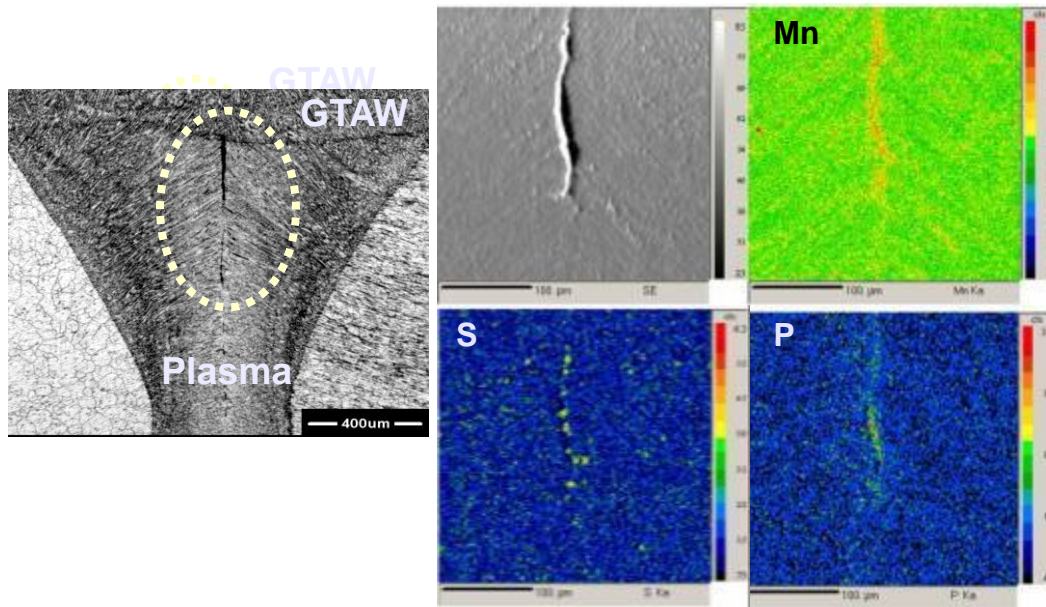
* Khí bảo vệ Ar+10%H₂

● Sự nứt nóng(Nứt rắn lại)

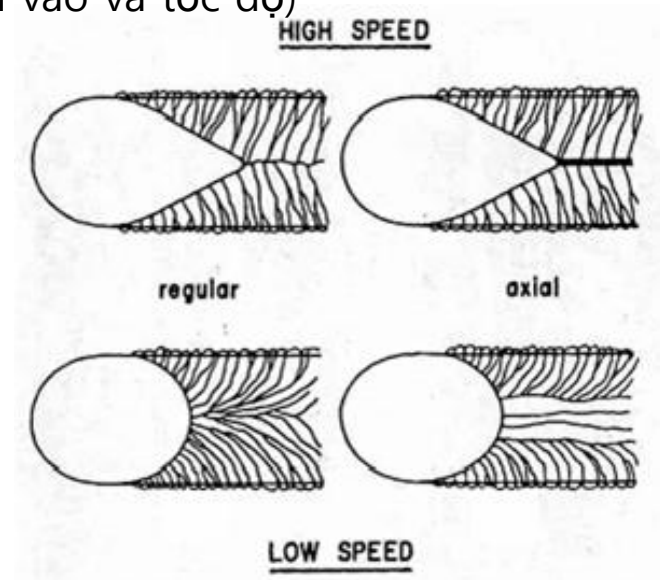
- Cơ cấu : Kết hợp sự chia tách của các nguyên tố có điểm nóng chảy thấp như (P, S, Cu) ,Hướng rắn lại(đông đặc) không phù hợp và ứng suất cao trong quá trình rắn lại.

※ Tính nhạy cảm của nứt nóng: STS310S > STS309S > STS 316L > STS 304> STS 409L

- Giải pháp : Giảm thiểu các nguyên tố tạp chất ($P+S<0.02\text{wt}\%$), $C_{req}/N_{req} < 1.48$, Điều chỉnh điều kiện hàn(Giảm nhiệt đầu vào và tốc độ)



[Nứt rắn lại trong 304 khi hàn Plasma]



[Mối quan hệ giữa nứt do rắn lại và tốc độ hàn]

● Cu Nứt do nấu chảy(chất lỏng kim loại trở nên giòn)

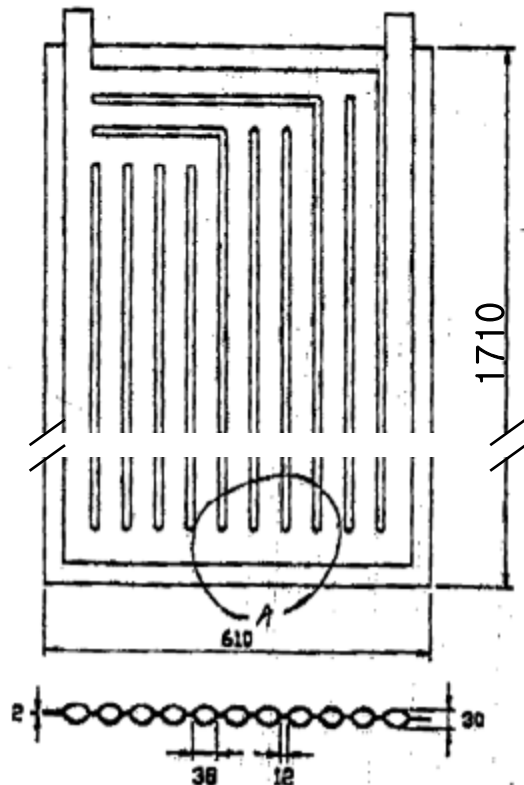
- Cơ cấu : Trong trường hợp màn chất lỏng Cu (M.P. of Cu < STS) và ứng suất dư trên bề mặt của

thép không gỉ

Chất lỏng Cu thâm nhập dọc theo biên giới hạt → Nứt nấu chảy (LME)

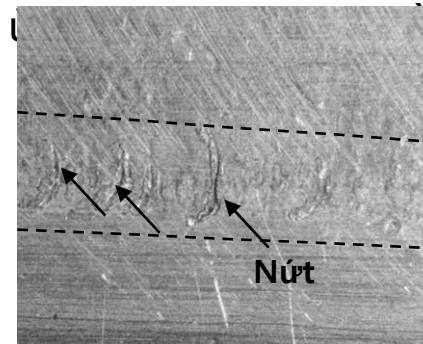
※ Tính nhạy cảm của Cu nứt nấu chảy: Austenitic > Ferritic

- Giải pháp : Ngăn chặn tiếp xúc với thép không gỉ và Cu

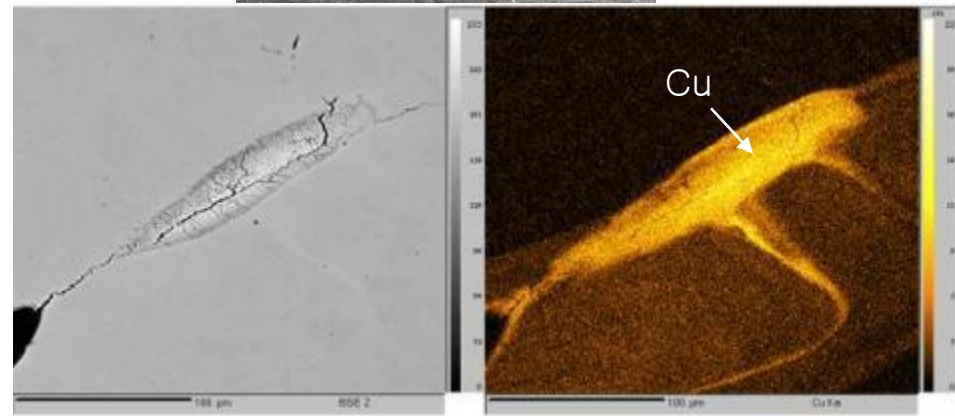


[316L Tấm – Kiểu trao đổi nhiệt]

chọn nhiệt độ (để tránh nấu chảy)



↓
Kháng cự hàn SEAM
↑



[Cấu trúc vi mô và bản đồ hành ảnh của nguyên tố (Cu)]

● Ăn mòn giữa các hạt (Ranh giới hạt nhạy cảm trong HAZ)

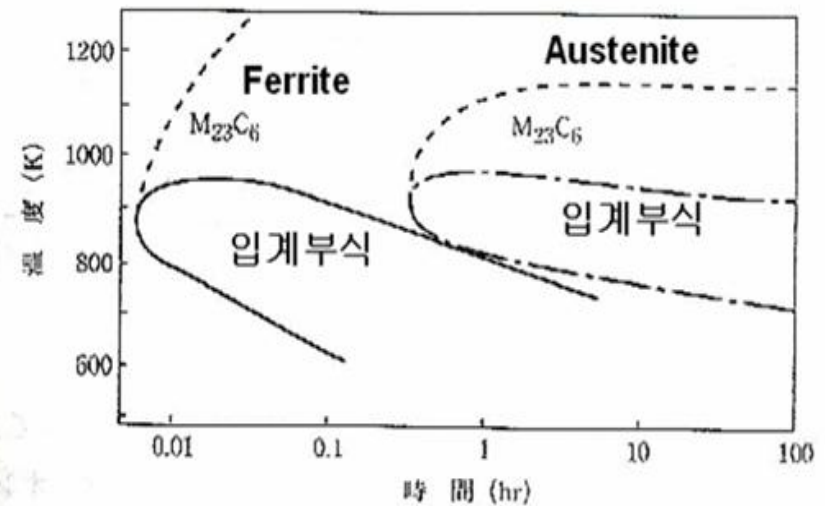
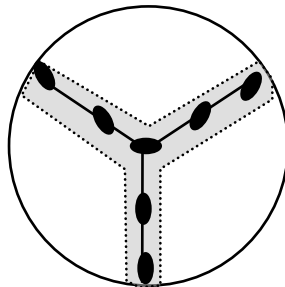
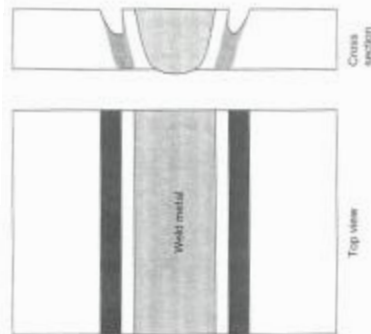
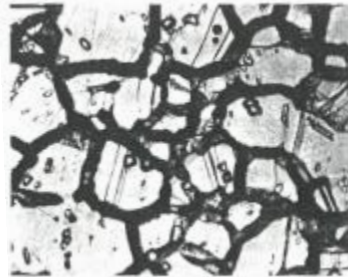
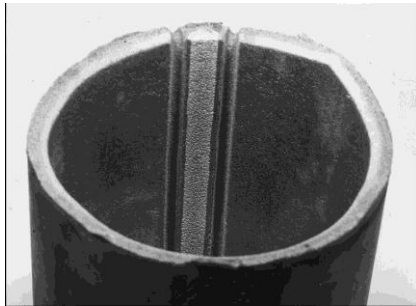
- Cơ cấu : Sự kết tủa của Cr_{23}C_6 , Cr_2N ở biên giới hạt trong quá trình làm nguội ở trong HAZ

→ Vùng cạn kiệt Cr → Ăn mòn biên giới hạt trong HAZ dưới môi trường ăn mòn.

※ Tính nhạy cảm của ăn mòn giữa các hạt : Ferritic > Austenitic

- Giải pháp : Carbon thấp (304L) và Ti, Nb thép không gỉ trở nên ổn định (321, 347)

Điều chỉnh điều kiện hàn: Nhiệt đầu vào thấp (Tỉ lệ làm nguội nhanh hơn)



[Nhiệt độ nhạy cảm của Ferritic và Austenitic]
Ferritic (>900°C) > Austenitic (650~800°C)

[Ăn mòn giữa các hạt trong HAZ của thép không gỉ]

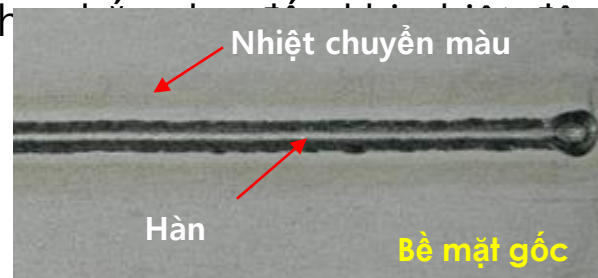
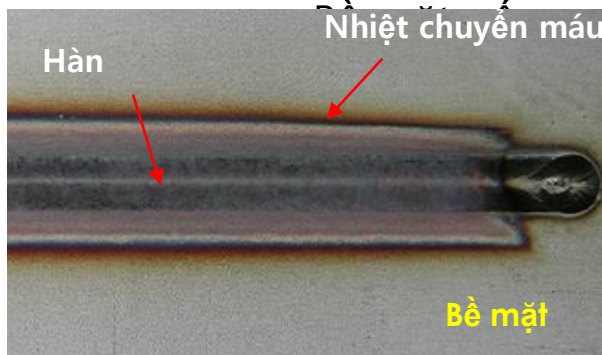
● Nhiệt chuyển màu(đổi màu)

• Cơ cấu : Quá trình oxy hóa ở vùng trên bề mặt hàn (HAZ) Oxidation Region on Weld Surface

(HAZ) và bề mặt gốc sau khi hàn.

Tỉ lệ giàu Cr (Cr_2O_3) và lớp Cr cạn kiệt → Ăn mòn tất công (sâm nhập)

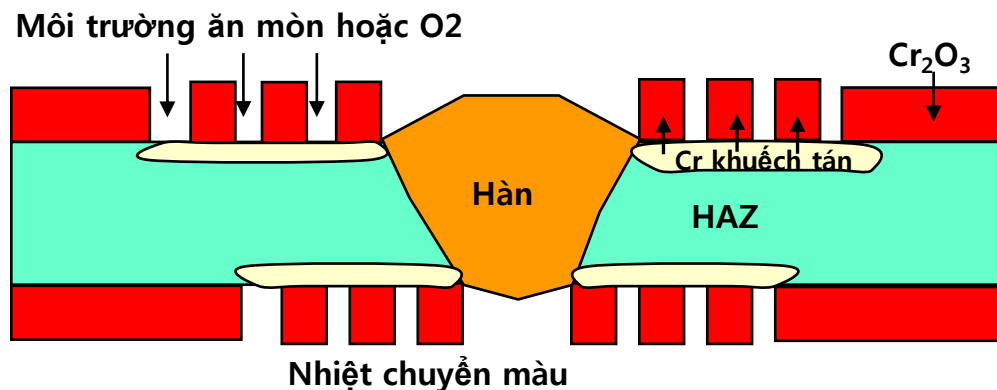
- Giải pháp : Bề mặt hàn → Mài + Tẩy rửa ($10\sim 15\%\text{HNO}_3 + 0.5\sim 3.0\%\text{HF}$)



[STS 304 hàn TIG]



[Tẩy rửa với dán]



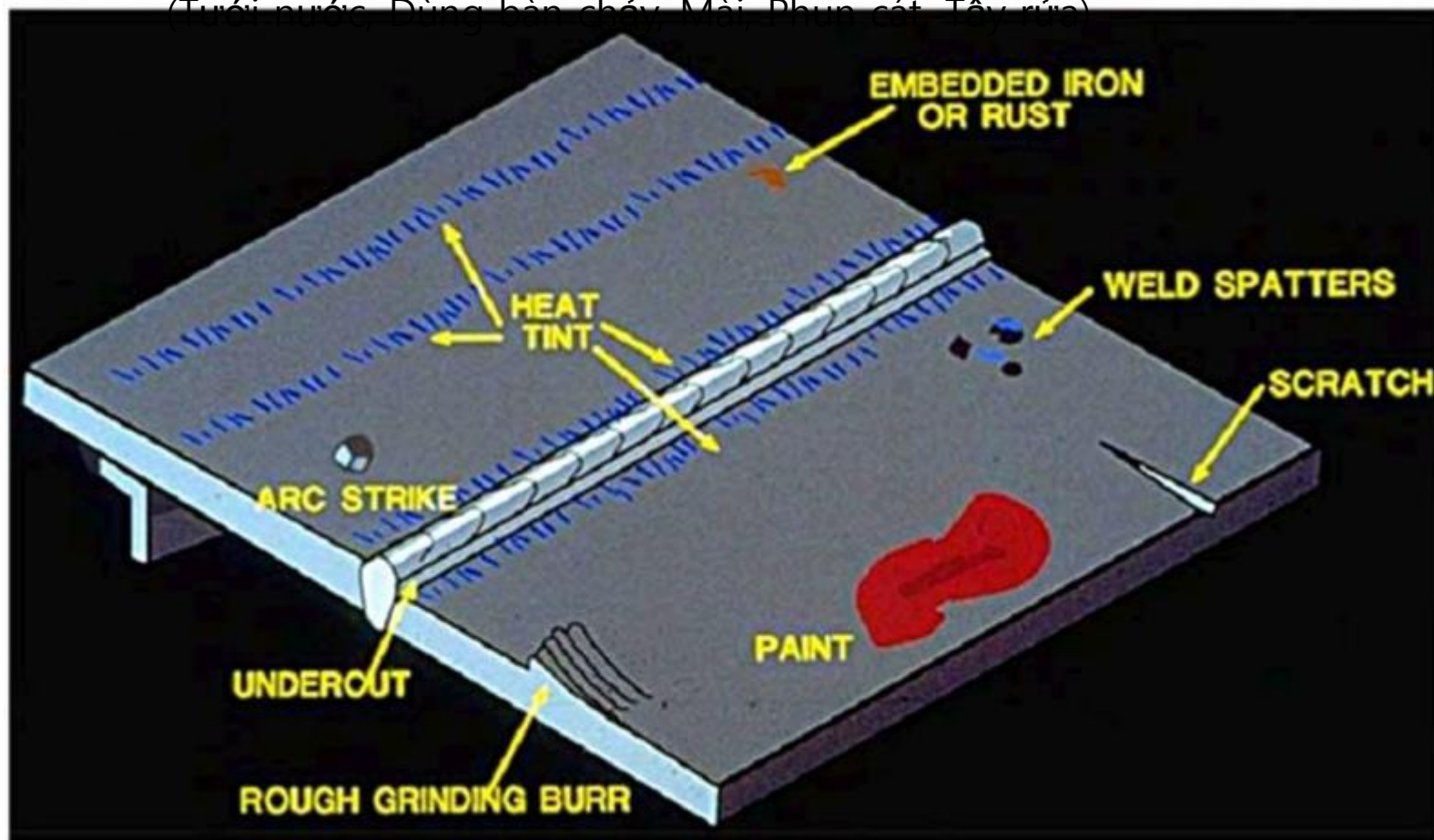
[Cơ cấu ăn mòn trong nhiệt chuyển màu]

● Sự làm bẩn khi hàn

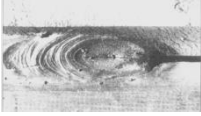





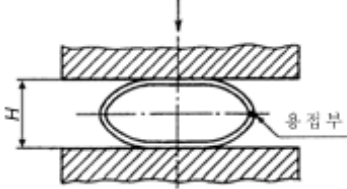

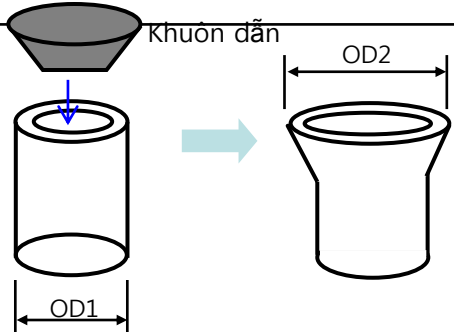

- Giải pháp: Để đảm bảo sự ăn mòn xung quanh các mối hàn, mối hàn ô nhiễm(bẩn) cần được

loại bỏ bằng phương pháp tối ưu.

(Tưới nước, Dùng bàn chải, Mài, Phun cát, Tẩy rửa)



VI. Phương pháp thử chất lượng ống

		Sự không hoàn hảo					
Sự nhìn	Quan sát bằng mắt	Hố nứt	Bề mặt rỗ	Bắn tung	Phóng điện hồ quang mặt phương hướng	Đốt quá nhiệt	Gờ xỉ
							
	Kính hiển vi quang học	Ngấu không hoàn	Nứt rắn lại	Gõỉ xỉ	Cắt dưới	Mối hàn kim loại quá mức	
Ống định hình	Dát mỏng			Austenitic H=1/3D Ferritic H=3/4D Duplex H = 2/3D			
	Sự giãn			$\text{Tỉ lệ giãn nở(\%)} = \frac{\{(\text{OD2}-\text{OD1})/\text{OD1}\} \times 100}{> 20\%}$			

VII. Tóm tắt – Giải thích công nghệ hàn

Điều kiện hàn		Chủng loại		
		Duplex	Austenitic	439 Ferritic
Hàng ống	Cán nguội Cold Rolled (~1.5t)	GTAW	GTAW	GTAW
		Khí bảo vệ: Ar+2%N ₂ (Cho cân bằng pha α- γ)	Khí bảo vệ : Ar+5~12%H ₂ (Cho năng suất tốt hơn)	Khí bảo vệ : Ar (Cho định hình tốt hơn)
		Cho năng suất, Giảm thiểu sự co lại và H ₂ có thể được bổ sung	Tạo hình tốt và năng suất	Cho năng suất, H ₂ có thể được bổ sung.
	Cán nóng (2.0~3.0t)	PAW+GTAW, Khí che chắn giống như cán nguội		
Hàn lắp ghép		SMAW, MIG, FCAW (Hàn dây)		
Hàn dây	Kim loại tương tự	Loại 308	Loại 308	Loại 430LNb
	Kim loại khác nhau	- Cho hàn 304 và 316 : dùng 309LMo hoặc 2209 - Cho hàn loại 400 series: Dùng 309L	Cho hàn loại 400 series: Dùng 309LMo (309L)	
Đặc tính (Thuộc tính)	Năng suất	△	◎ (△ 200 series)	△
	Tạo hình	○	◎	○
	Ăn mòn	○	◎ (△ 200 series)	○

◎ tốt ○: trung bình △: thấp