

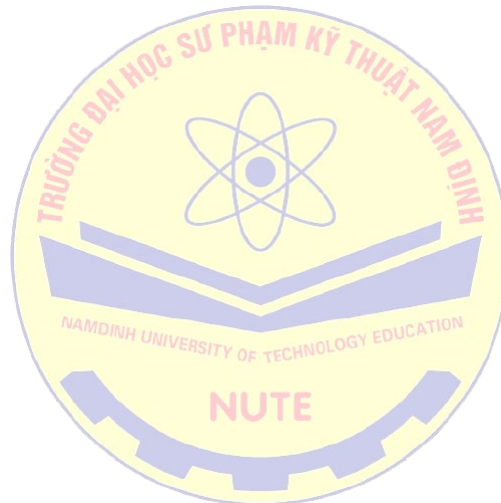
LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan ngoại trừ các số liệu được trích dẫn từ tài liệu tham khảo thì nội dung còn lại là công trình nghiên cứu và tính toán của riêng tôi, các số liệu tính toán là trung thực và chưa từng được ai công bố. Nếu sai tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm.

Nam Định, ngày 15 tháng 6 năm 2022

Người cam đoan

Nguyễn Văn Thái

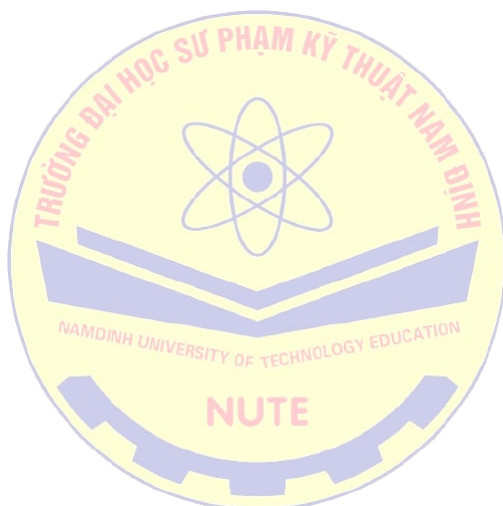


MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
MỤC LỤC.....	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	v
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH, ĐỒ THỊ	vi
DANH MỤC BẢNG	vii
PHẦN MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài.....	1
2. Mục tiêu, đối tượng, phạm vi nghiên cứu.....	2
2.1. Mục tiêu	2
2.2. Đối tượng	2
2.3. Phạm vi nghiên cứu	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CHUNG	3
1.1. Công nghệ hàn vỏ tàu thép	3
1.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển	3
1.1.2. Các phương pháp hàn được áp dụng cho hàn tàu vỏ thép hiện nay	4
1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước và quốc tế	9
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trong nước	9
1.2.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	10
1.3. Tổng quan về công nghệ đóng tàu	11
1.3.1. Công nghệ đóng tàu hiện nay	11
1.3.2. Thép chế tạo vỏ tàu thủy	15
1.3.3. Ứng dụng công nghệ hàn một phía trong chế tạo vỏ tàu thủy	19
Kết luận chương 1	20
CHƯƠNG 2. CÔNG NGHỆ HÀN GIÁP MỠI MỘT PHÍA BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÀN TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC	21
2.1. Đặt vấn đề	21
2.2. Công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc	21
2.2.1. Nguyên lý hàn tự động dưới lớp thuốc	21
2.2.2. Đặc điểm và ứng dụng của phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc	23

2.2.3. Vật liệu hàn tự động dưới lớp thuốc	24
2.3. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ	26
2.3.1. Góc nghiêng dây hàn	26
2.3.2. Ảnh hưởng của thông số công nghệ	27
2.3.3. Ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn	28
2.3.4. Ảnh hưởng của điện áp hồ quang	29
2.3.5. Ảnh hưởng của tốc độ hàn	29
2.3.6. Ảnh hưởng của đường kính điện cực	30
2.4. Công nghệ hàn giáp mối khi hàn tự động dưới lớp thuốc	31
2.4.1. Các thông số chế độ hàn giáp mối.....	31
2.4.2. Các dạng liên kết hàn giáp mối	34
2.4.3. Kỹ thuật hàn	37
2.4.4. Kỹ thuật hàn tự động tấm phẳng	38
2.4.5. Khuyết tật mối hàn	40
Kết luận chương 2	41
CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM HÀN GIÁP MỐI MỘT PHÍA BẰNG QUÁ TRÌNH HÀN SAW	42
3.1. Mô hình thực nghiệm	42
3.2. Vật liệu	42
3.2.1. Vật liệu cơ bản	42
3.2.2. Vật liệu hàn	43
3.3. Điều kiện thí nghiệm	48
3.3.1. Thiết bị thực nghiệm	49
3.3.2. Các trang thiết bị phụ trợ	52
3.3.3. Mẫu thực nghiệm	54
3.4. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm	57
3.5. Quy trình hàn thực nghiệm	59
3.5.1. Quy trình chung	59
3.5.2. Hàn mẫu thực nghiệm	60
3.6. Lấy mẫu kiểm tra chất lượng mối hàn	60
3.7. Đo kết quả và lập bảng thống kê số liệu thực nghiệm	61

3.8. Đánh giá và thảo luận kết quả thực nghiệm nghiệm	69
Kết luận chương 3	70
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	71
1. Kết luận	71
2. Kiến nghị	71
TÀI LIỆU THAM KHẢO	72



DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

STT	Kí hiệu/ chữ viết tắt	Ý nghĩa
1	KLCB	Kim loại cơ bản
2	KLMH	Kim loại mối hàn
3	HAZ	Vùng ảnh hưởng nhiệt
4	I_h	Cường độ dòng điện hàn
5	U_h	Điện áp hàn
6	V_h	Vận tốc hàn
7	MIG (GMAW)	Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ với điện cực nóng chảy (Metal Inert Gas)
8	TIG (GTAW)	Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ với điện cực không nóng chảy (Tungsten Inert Gas)
9	SMAW(MMA)	Hàn hồ quang que hàn thuốc bọc (Submerged Metal Arc Welding)
10	Ar	Khí bảo vệ argon
11	He	Khí bảo vệ heli
12	AC	Dòng điện xoay chiều
13	DC	Dòng điện một chiều
14	B	Bề rộng mặt lõi mối hàn
15	H	Chiều cao mặt lõi mối hàn
16	b	Bề rộng mặt đáy của mối hàn
17	h	Chiều cao mặt đáy của mối hàn

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH, ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Nguyên lý hàn hồ quang tay.....	5
Hình 1.2. Nguyên lý hàn GTAW.....	5
Hình 1.3. Nguyên lý hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ	6
Hình 1.4. Nguyên lý hàn FCAW a) Có khí bảo vệ; b) Tự bảo vệ	8
Hình 1.5. Nguyên lý hàn tự động dưới lớp thuốc bảo vệ	9
Hình 2.1. Nguyên lý máy hàn tự động dưới lớp thuốc	22
Hình 2.2. Ảnh hưởng của góc nghiêng dây hàn, vật hàn đến hình dạng kích thước mối hàn	27
Hình 2.3. Ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến hình dạng kích thước mối hàn	28
Hình 2.4. Ảnh hưởng của điện áp hàn đến hình dạng kích thước mối hàn	29
Hình 2.5. Ảnh hưởng của tốc độ hàn đến hình dạng kích thước mối hàn	30
Hình 2.6. Ảnh hưởng của đường kính điện cực đến hình dạng kích thước mối hàn	30
Hình 2.7. Hình ảnh gây hồ quang bằng phôi thép	37
Hình 2.8. Hình ảnh gây hồ quang bằng phương pháp cắt vát nhọn điện cực hàn	37
Hình 2.9. Các dạng liên kết hàn giáp mối.....	39
Hình 3.1. Mô hình thực nghiệm	42
Hình 3.2. Thuốc hàn	46
Hình 3.3. Dây hàn Spoolarc	48
Hình 3.4. Máy hàn tự động dưới lớp thuốc Miller Dimemson 1250	49
Hình 3.5. Bảng điều khiển	50
Hình 3.6. Hệ thống cấp và thu hồi thuốc hàn	51
Hình 3.7. Bảng điều khiển từ xa	51
Hình 3.8. Mối ghép hàn	54
Hình 3.9. Thông số kỹ thuật của mối ghép hàn	54
Hình 3.10. Mẫu thực nghiệm.....	55
Hình 3.11. Mẫu thử kéo ngang mối hàn giáp mối	61

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Sản lượng đóng tàu của thế giới	13
Bảng 1.2. Thực trạng phát triển công nghiệp đóng tàu Việt Nam	14
Bảng 1.3. Thành phần hóa học và cơ tính đối với thép đóng tàu, độ bền bình thường.....	16
Bảng 1.4. Yêu cầu chung về cơ tính của 4 cấp thép theo TCVN 6259-7:2003.....	16
Bảng 1.5. Thành phần hóa học thép độ bền cao	17
Bảng 1.6. Tính chất cơ học thép độ bền cao	18
Bảng 1.7. Hàm lượng các bon tương đương	18
Bảng 1.8. Thông kê chiều dài đường hàn trong thân tàu	19
Bảng 2.1. Mật độ dòng điện hàn	31
Bảng 2.2. Quy phạm liên kết hàn giáp mối không vát mép, hàn hai phía	34
Bảng 2.3. Quy phạm liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “V”, hàn một phía	35
Bảng 2.4. Quy phạm liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “X”	36
Bảng 3.1. Thành phần hóa học của thép A36	43
Bảng 3.2. Cơ tính của thép A36	43
Bảng 3.3. Ký hiệu thuốc hàn theo Viện Hàn Quốc tế IIW	47
Bảng 3.4. Thành phần hóa học của dây hàn HJ431	47
Bảng 3.5. Các trang thiết bị phụ trợ và mục đích sử dụng	52
Bảng 3.6. Giá trị biến thiên của các thông số công nghệ trong hàn thực nghiệm ...	56
Bảng 3.7. Phương án thực nghiệm theo giá trị mã hóa	58
Bảng 3.8. Chế độ hàn của các thí nghiệm theo giá trị thực	58
Bảng 3.9. Kế hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm	61
Bảng 3.10. Kết quả thử kéo và đồ thị kiểm tra độ bền kéo mối hàn của các mẫu thử	63
Bảng 3.11. Số liệu thí nghiệm thông số công nghệ hàn và độ bền kéo	67

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam là quốc gia ven biển nằm bên bờ Thái Bình Dương và liên trực giao thông đường biển quốc tế từ Thái Bình Dương sang Đại Tây Dương. Với chiều dài trên 3.260 km chạy dọc từ Bắc tới Nam theo chiều dài đất nước, có nhiều cảng, vịnh... rất nhiều thuận tiện cho giao thông đường thủy, đánh bắt hải sản. Vì vậy phát triển kinh tế biển là góp phần thực hiện thắng lợi sự nghiệp Công nghiệp hóa - Hiện đại hóa đất nước. Để đảm bảo yêu cầu này thì ngành công nghiệp đóng tàu biển trở thành một ngành công nghiệp mũi nhọn để phát triển kinh tế biển và tạo thị trường cho các ngành công nghiệp khác phát triển. Có thể nói sự phát triển của công nghiệp đóng tàu gắn liền với sự phát triển của công nghệ hàn.

- Hàn tạo ra sức bền cao cho thân tàu: Do sử dụng nhiệt để mặt cắt làm việc của chi tiết hàn nên độ bền mỗi hàn cao, tăng độ bền chắc của kết cấu. Độ bền của các mối hàn sẽ tham gia đảm bảo độ kín khít, độ bền chung và khả năng làm việc lâu dài, ổn định, của con tàu. Hàn có thể nối được những kim loại có tính chất khác nhau, không hạn chế chiều dày của các chi tiết, với độ bền mỗi hàn cao, mối hàn kín, chịu tải trọng tốt và chịu được áp suất cao. Ngoài ra, công nghệ hàn cho phép giảm được tiếng ồn trong sản xuất.

- Tính công nghệ: Công nghệ hàn là yếu tố hàng đầu quyết định việc chọn lựa phương án chế tạo, lắp ghép các phân đoạn, tổng đoạn. Do đó, nó trực tiếp quyết định đến độ lớn của con tàu. Ngày nay, các loại tàu ngày càng đòi hỏi phải có tải trọng lớn vì vậy kích thước của nó là rất lớn; đặc biệt là các loại tàu vận tải, tàu khu trục, tàu sân bay. Vì vậy đòi hỏi vỏ thân tàu phải có chiều dày rất lớn để chịu tải; để chế tạo được các loại vỏ thân tàu như vậy thì các phương pháp hàn vẫn là phương án được lựa chọn và hàn tự động dưới lớp thuốc là một trong những lựa chọn phù hợp.

- Tính kinh tế: Công nghệ hàn mang lại hiệu quả kinh tế cao trong ngành công nghiệp đóng tàu. So với tán ri vê, hàn sẽ tăng được 13% tốc độ thi công, giảm 30% lượng nhiên liệu tiêu hao, tiết kiệm được (10 ÷ 20)% khối lượng kim loại do sử dụng

mặt cắt làm việc của chi tiết hàn triệt để hơn, hình dáng chi tiết cân đối hơn, giảm được khối lượng kim loại mất mát do đột lỗ v.v... So với đúc, hàn tiết kiệm được tới 50% vì không cần tới hệ thống rót. Công nghệ hàn là một trong những yếu tố quan trọng góp phần nâng cao năng suất trong ngành công nghiệp đóng tàu. Hàn sẽ giảm được thời gian và giá thành chế tạo kết cấu. Hàn cho năng suất cao hơn so với các phương pháp khác do giảm được số lượng nguyên công và cường độ lao động.[1]

- Xu hướng phát triển: Hàn với những ưu điểm vượt trội về tính bền, tính công nghệ, tính kinh tế... Do đó, công nghệ hàn đã và đang được nghiên cứu, ứng dụng rộng rãi hơn trong công nghiệp nói chung và công nghiệp đóng tàu nói riêng.

2. Mục tiêu, đối tượng, phạm vi nghiên cứu

2.1. Mục tiêu

- Nghiên cứu công nghệ hàn giáp mối một phía bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc có sử dụng tấm lót;
- Tiến hành thực nghiệm để xác định chế độ hàn; tối ưu hóa bằng phương pháp Quy hoạch trực giao cấp II để xác định bộ thông số chế độ hàn hợp lý;
- Xây dựng quy trình hàn giáp mối một phía bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc có sử dụng tấm lót.

2.2. Đối tượng

- Nghiên cứu đặc điểm và công nghệ hàn giáp mối một phía bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc có sử dụng đệm thuốc, thép A36 có chiều dày 12 mm ứng dụng trong chế tạo vỏ tàu thủy;
- Xây dựng quy trình hàn giáp mối một phía bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc có sử dụng đệm thuốc, thép A36 có chiều dày 12 mm ứng dụng trong chế tạo vỏ tàu thủy.

2.3. Phạm vi nghiên cứu

Đề tài này tập trung nghiên cứu, phân tích và hệ thống hóa công nghệ, chế độ hàn (cường độ dòng điện hàn, điện áp hàn, vận tốc hàn) cho vật liệu là thép A36 có chiều dày 12 mm. Làm sáng tỏ kiến thức lý thuyết và các kiến thức thực nghiệm về công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc có sử dụng đệm thuốc.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CHUNG

1.1. Công nghệ hàn tàu vỏ thép

1.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển

Lịch sử phát triển của ngành công nghiệp đóng tàu gắn liền với lịch sử phát triển của công nghệ hàn. Năm 1801, Sir Humphrey Davy đã tìm ra hiện tượng hồ quang điện và chỉ rõ khả năng sử dụng nhiệt năng của nó để làm nóng chảy kim loại, mở ra thời kỳ hàn hồ quang tay trong ngành công nghiệp đóng tàu.[2]

Năm 1889, độc lập với nhau N.G Sla-vi-a-nốp và Charle coffin đã áp dụng điện cực nóng chảy (điện cực điện kim loại) vào hàn hồ quang tay thay cho điện cực các bon, đến năm 1907, kỹ sư Thụy Điển Oscar Kjellberg đã phát hiện ra phương pháp ổn định quá trình phóng hồ quang và bảo vệ vùng hàn khỏi tác động của không khí xung quanh bằng cách bọc lên điện cực kim loại một lớp thuốc. Việc ứng dụng que hàn bọc thuốc bảo đảm chất lượng của mối hàn trong ngành công nghiệp đóng tàu lúc bấy giờ.[2]

Năm 1919, Roberts và Van Nuys đã thử nghiệm khả năng dùng khí để bảo vệ hồ quang và đến năm 1940 phương pháp hàn sử dụng khí trơ để bảo vệ hồ quang của điện cực Wonfram trong hàn tấm mỏng manhê và thép không gỉ. Hàn trong khí bảo vệ làm tăng vọt chất lượng mối hàn và hiện nay là một trong những phương pháp hàn được sử dụng rộng rãi nhất tại các nhà máy đóng tàu với những ưu điểm về chất lượng mối hàn và đặc biệt là khả năng sử dụng dễ dàng ở mọi tư thế hàn và mọi vị trí hàn khác nhau.[2]

Năm 1932, người ta đã tìm ra phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc trong điều kiện thí nghiệm. Thời kỳ phát triển cao của công nghệ hàn tàu đã được mở ra vào những năm cuối thập kỷ 30 và đầu thập kỷ 40 sau những công trình nổi tiếng của viện sĩ E.O.Paton về hàn dưới lớp thuốc. Phương pháp hàn này được ứng dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp đóng tàu, đó là thành tựu vô cùng to lớn của kỹ thuật hàn hiện đại. Cho đến nay, hàn dưới thuốc vẫn là phương pháp cơ khí hoá cơ bản trong kỹ thuật hàn trong ngành công nghiệp đóng tàu với những ưu điểm vượt trội về

hiệu suất và chất lượng của mối hàn.[2]

Năm 1949 đã ra đời phương pháp hàn nóng chảy đặc biệt - hàn điện xỉ. Đó là một phát minh nổi tiếng nữa của tập thể Viện hàn điện B.O Paton. Hàn điện xỉ được cho phép hàn các loại kim loại rất dày.[2]

Ngày nay đã có khoảng 130 phương pháp hàn khác nhau và các phương pháp hàn ngày càng được nghiên cứu và cải tiến để nâng cao năng suất, hiệu quả và chất lượng mối hàn cũng như nâng cao khả năng tự động hóa.

1.1.2. Các phương pháp hàn được áp dụng cho hàn tàu vỏ thép hiện nay

Hiện nay, có hơn 130 phương pháp hàn khác nhau. Trong đó, ngành công nghiệp đóng tàu chủ yếu chỉ sử dụng phương pháp hàn nóng chảy.[3]

Các phương pháp hàn nóng chảy được ứng dụng rộng rãi nhất trong ngành công nghiệp đóng tàu là:

Hàn hồ quang tay;

Hàn hồ quang tự động và bán tự động;

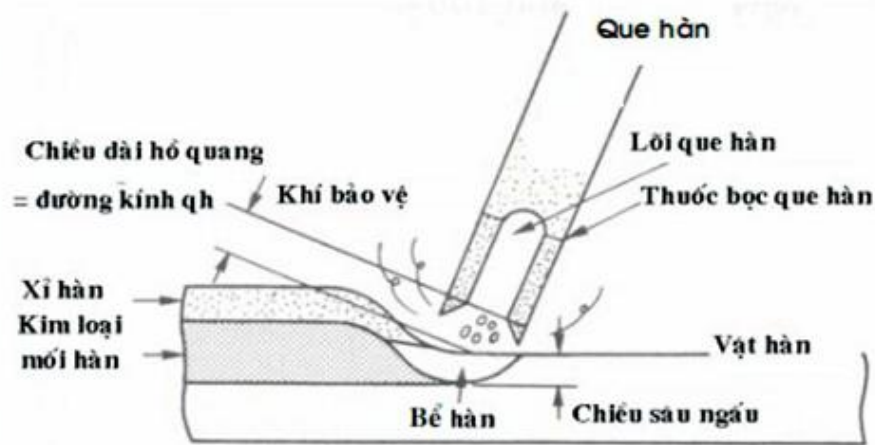
Hàn điện xỉ.

Trong các phương pháp hàn hồ quang nóng chảy thì hồ quang hình thành giữa điện cực và vật hàn. Kim loại bổ sung được sử dụng trong quá trình hàn nóng chảy với mục đích là tăng thể tích kim loại đắp và tăng độ bền của kim loại mối hàn. Bề hàn nóng chảy bao gồm kim loại bổ sung và kim loại cơ bản tạo nên. Vì điện cực di chuyển dọc theo đường hàn, kim loại nóng chảy sẽ đông đặc tạo thành mối hàn. Dưới đây là một vài phương pháp hàn nóng chảy được dùng phổ biến hiện nay: hàn hồ quang que hàn thuốc bọc (SMAW), hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GTAW), hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GMAW), hàn hồ quang dây hàn lõi thuốc (FCAW), hàn hồ quang dưới lớp thuốc (SAW),...

a) Hàn hồ quang tay (SMAW)

Hàn hồ quang tay với que hàn thuốc bọc (SMAW), thường được gọi là phương pháp hàn bằng que hàn, là một phương pháp cổ điển nhất của các nhóm hàn hồ quang hiện nay. Tuy nhiên nó lại được ứng dụng rộng rãi nhất. Đây là quá trình

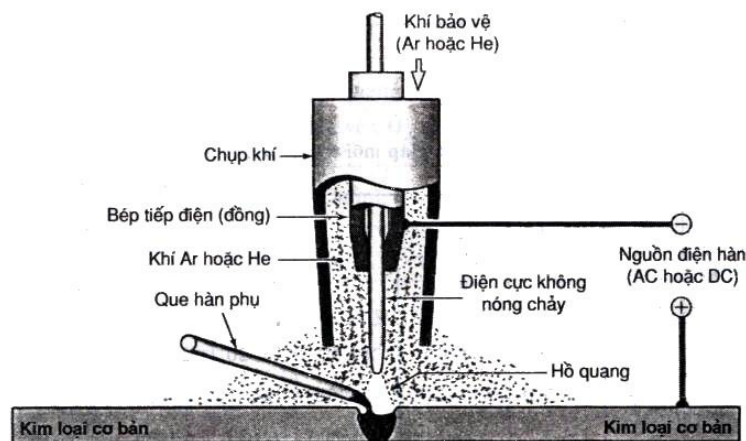
hàn được thực hiện bằng tay, trong đó nhiệt lượng cho quá trình hàn tạo ra nhờ cột hồ quang hình thành giữa vật hàn và que hàn (điện cực tự hao), có vỏ bọc là lớp trợ dung (thuốc hàn). Phương pháp hàn hồ quang SMAW được sử dụng rộng rãi do tính đa dạng của nó và thiết bị tương đối đơn giản, dễ di chuyển và rẻ hơn so với các thiết bị hàn hồ quang khác. Hình 1.1 mô tả nguyên lý hàn hồ quang tay.[2,4]



Hình 1.1. Nguyên lý hàn hồ quang tay

b) Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GTAW)

Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ, điện cực wolfram được sử dụng thay thế điện cực nóng chảy trong hàn hồ quang que hàn thuốc bọc. Khí bảo vệ là các loại khí trơ như: argon, helium hoặc H_2 được sử dụng để bảo vệ kim loại không bị oxy hóa. Nguồn nhiệt của hồ quang hình thành giữa điện cực và vũng hàn. Nguồn nhiệt được tạo ra do sự hình thành hồ quang giữa điện cực và KLCB làm nóng chảy mép hàn.

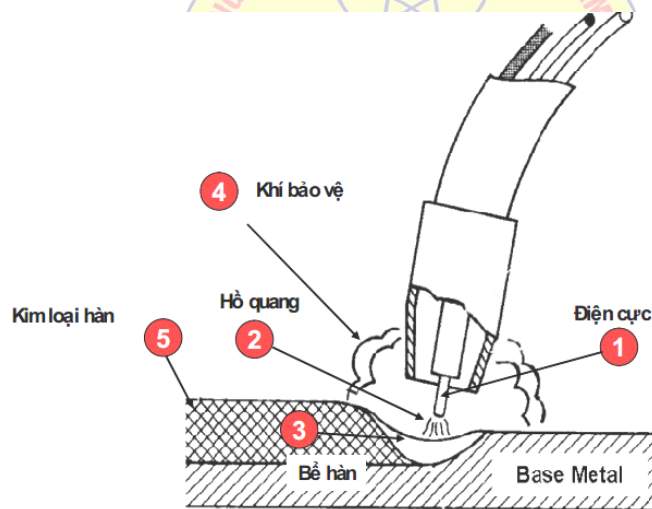


Hình 1.2. Nguyên lý hàn GTAW

Dây kim loại phụ được đưa vào vùng hồ quang hoặc bể hàn. Quá trình hàn hồ quang với điện cực không nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ có thể hàn được hầu hết các kim loại và cho mỗi hàn có chất lượng tốt. Tuy nhiên tốc độ hàn chậm hơn các quá trình hàn khác.[2,4]

c) *Hàn hồ quang với điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GMAW)*

Đây là loại quá trình hàn có độ tin cậy cao khi sử dụng điện cực nóng chảy dưới dạng dây hàn trong môi trường khí trơ trên cơ sở khí argon. Ra đời trong thập kỷ 50, quá trình này được biết đến với tên gọi ban đầu là quá trình hàn MIG và cho đến nay vẫn là một trong những quá trình hàn được sử dụng rộng rãi vì có một loạt những ưu điểm nổi bật. Ta có thể sử dụng phương pháp hàn này ở chế độ hàn tự động hoặc bán tự động đối với nhiều loại vật liệu, chiều dày và vị trí hàn. Đây là loại quá trình hàn có năng suất đắp cao ở hai chế độ hàn tự động và bán tự động.



Hình 1.3. Nguyên lý hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ

Một trong những ứng dụng ban đầu của phương pháp hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ là hàn nhôm trong môi trường khí argon. Đối với thép, khí bảo vệ được sử dụng rộng rãi là CO_2 và hỗn hợp khí Ar/CO_2 . Thành phần khí bảo vệ có ảnh hưởng đáng kể đến đặc trưng của quá trình hàn, hình dạng mối hàn, mức độ bắn tóe và cơ tính của kim loại mối hàn (đặc biệt là độ dai va đập). Khí bảo vệ CO_2 thường được sử dụng cho hàn kết cấu thông dụng từ thép các

bon thấp đôi khi đòi hỏi cao về hình dạng bề mặt mối hàn, phạm vi biến thiên tương đối rộng chế độ hàn và độ dai va đập. Mặc dù có giá thành cao, các hỗn hợp khí Ar/CO₂ hoặc Ar/CO₂/O₂ cho phép cải thiện đáng kể hình dạng bề ngoài mối hàn.[2]

* Ưu điểm chính của hàn điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ là:

- Có thể hàn ở cả hai chế độ: tự động và bán tự động.
- Mức độ linh hoạt cao đối với các loại vật liệu và vị trí hàn khác nhau.
- Năng suất đắp cao (có thể dùng dây lõi bột).
- Mật độ dòng hàn cao bảo đảm vùng ảnh hưởng hẹp;
- Chế độ hàn xung cho phép kiểm soát tốt hơn so với hàn không có xung.

* Nhược điểm của quá trình này là:

- Dễ hình thành khuyết tật, bắn tóe và rỗ khí.
- Giá thành thiết bị hàn cao hơn so với phương pháp hàn hồ quang tay. Bên cạnh đó nếu yêu cầu tối ưu hóa các thông số hàn để kiểm soát quá trình hàn tốt hơn thì giá thành thiết bị sẽ tăng rất cao.

- Sử dụng dây hàn lõi bột tự bảo vệ sẽ ít nhiều gây ảnh hưởng tới sức khỏe của người thợ. Do vậy phải yêu cầu có sự thông thoáng và điều kiện thông gió tốt (đặc biệt trong vùng không gian làm việc chật hẹp).

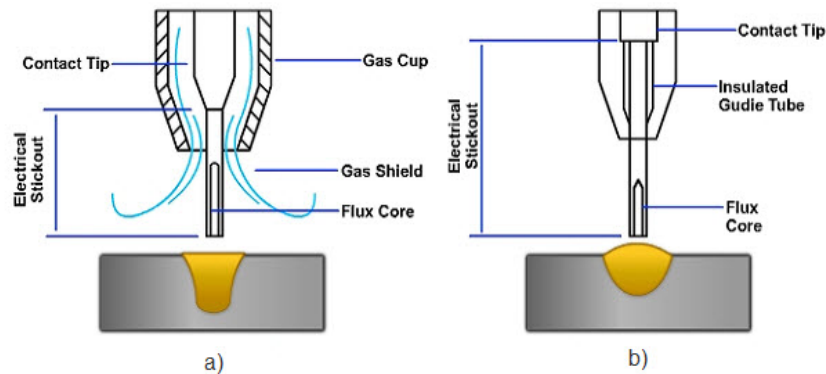
- Chi phí sử dụng cao nếu sử dụng khí bảo vệ trên cơ sở khí Ar so với khí CO₂.

- Khí bảo vệ (CO₂) không cho phép đạt tới trạng thái dịch chuyển tia dọc trục, chất lượng bề mặt mối hàn kém, hồ quang kém ổn định và mức độ bắn tóe cao hơn.

d) Hàn hồ quang dây hàn lõi thuốc

Quá trình hàn hồ quang dây hàn lõi thuốc (FCAW) được phát triển từ những năm 1950 của thế kỷ trước. Quá trình hàn này tương tự như hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ điện cực nóng chảy (GMAW). Quá trình hàn FCAW trở nên phổ biến do được tự động hoá cao và cho chất lượng mối hàn tốt. Phương pháp hàn này thường được áp dụng để hàn thép các bon, thép hợp kim thấp, thép không gỉ và một số loại thép đúc.[2]

Phương pháp hàn FCAW được chia làm 2 loại: Loại thứ nhất là Tự bảo vệ (FCAW-S) và loại thứ hai là Sử dụng khí bảo vệ (FCAW-G).



Hình 1.4. Nguyên lý hàn FCAW

a) Có khí bảo vệ; b) Tự bảo vệ

Loại tự bảo vệ được sử dụng rộng rãi vì dây hàn tương đối rẻ tiền và dễ kiểm, khí sinh ra trong quá trình hàn của lõi thuốc tự bảo vệ vùng hàn khỏi sự thâm nhập của khí ở môi trường xung quanh. FCAW-S thường sử dụng để hàn các loại thép có chiều dày trung bình và có thể hàn ở mọi vị trí hàn trong không gian. Hàn có sử dụng khí bảo vệ (FCAW-G) cũng là phương pháp hàn dây hàn lõi thuốc tuy nhiên người ta sử dụng thêm khí bảo vệ để nâng cao chất lượng mối hàn giảm giá thành so với hàn hồ quang tay. Hàn có khí bảo vệ thường cho chiều sâu ngấu cao hơn so với hàn không sử dụng khí bảo vệ. Tuy nhiên, hàn không có khí bảo vệ khoảng cách giữa ống tiếp điện và bề mặt vật hàn thường lớn hơn, bề mặt mối hàn thường gồ cao và bề rộng thường lớn hơn so với có khí bảo vệ.

e) Hàn hồ quang dưới lớp thuốc bảo vệ (Submerged Arc Welding - SAW)

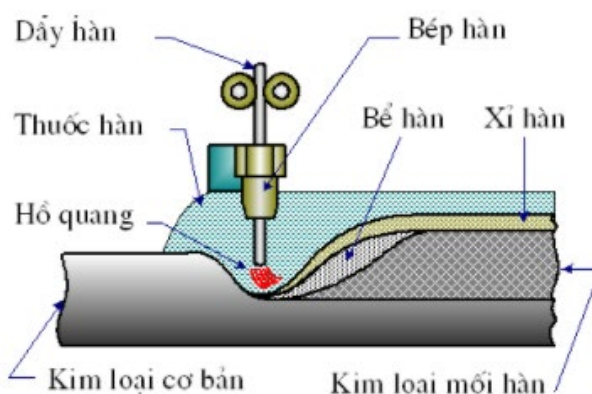
Hàn hồ quang dưới lớp thuốc bảo vệ còn gọi là hàn hồ quang chìm, tiếng Anh viết tắt là SAW (Submerged Arc Welding), là quá trình hàn nóng chảy mà hồ quang cháy giữa dây hàn (điện cực hàn) và vật hàn dưới một lớp thuốc bảo vệ.[2,3]

Dưới tác dụng nhiệt của hồ quang, mép hàn, dây hàn và một phần của thuốc hàn sát hồ quang bị nóng chảy tạo thành vũng hàn. Dây hàn được đẩy vào vũng hàn bằng một cơ cấu đặc biệt với tốc độ phù hợp với tốc độ cháy của nó.

Theo độ chuyển dịch của nguồn nhiệt (hồ quang) mà kim loại vũng hàn sẽ nguội và kết tinh tạo thành mối hàn. Trên mặt vũng hàn và phần mối hàn đã đông đặc hình thành một lớp xỉ có tác dụng tham gia vào các quá trình luyện kim khi hàn,

bảo vệ và giữ nhiệt cho mối hàn, và sẽ tách khỏi mối hàn sau khi hàn. Phần thuốc hàn chưa được nóng chảy có thể sử dụng lại.

Hàn hồ quang dưới lớp thuốc bảo vệ có thể được tự động cả hai khâu cấp dây vào vùng hồ quang và di chuyển hồ quang theo trục mối hàn. Trường hợp này được gọi là “Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc bảo vệ”.



Hình 1.5. Nguyên lý hàn tự động dưới lớp thuốc bảo vệ

1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước và quốc tế

1.2.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Hàn tự động dưới lớp thuốc ra đời từ nửa đầu của thế kỷ 19 và phát triển mạnh mẽ, có nhiều sự đóng góp với sự phát triển của công nghiệp trên thế giới. Tuy nhiên tại Việt Nam việc ứng dụng công nghệ hàn này khá rộng rãi trong sản xuất công nghiệp và cũng đã có những nghiên cứu phát triển và ứng dụng vào các lĩnh vực sản xuất cụ thể như:

Vũ Huy Lân (2016) - Trường Đại học bách khoa Hà Nội với đề tài “Nghiên cứu sản xuất thuốc hàn thiêu kết bằng nguyên liệu trong nước để hàn tự động dưới lớp thuốc các kết cấu thép các bon thấp và hợp kim thấp”. Đề tài đã đưa ra thiết kế hoàn chỉnh cho dây chuyền sản xuất thuốc hàn thiêu kết để hàn tự động dưới lớp thuốc với quy mô sản xuất thử nghiệm trong phòng thí nghiệm. Nghiên cứu cũng xây dựng được quy trình sản xuất thuốc hàn và đã sản xuất thử nghiệm thuốc hàn và kiểm tra mẫu hàn cho kết quả ổn định và đáp ứng yêu cầu về độ hạt, kích thước, độ ẩm thuốc hàn.[5]

Nguyễn Hữu Hưởng, Tống Ngọc Tuấn (2016) – Học viện Nông nghiệp Việt Nam “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc để hàn thép hợp kim độ bền cao Q345B”. Đề tài đã xây dựng được bộ thông số hàn để hàn thép hợp kim thấp độ bền cao Q345B với chiều dày nhất định.[6]

Ngô Hùng (2013) – Trường Đại Nha Trang “Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn đến độ bền mối hàn giáp mối đến kết cấu vỏ tàu thép bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc”. Đề tài đã xác định được ảnh hưởng của chế độ hàn đến độ bền mối hàn giáp mối bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc của kết cấu tấm vỏ tàu thép.[7]

Hoàng Tiến Đạt (2019) – Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Nam Định “Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn hồ quang điện cực lõi thuốc (FCAW) đến ứng suất và biến dạng của mối hàn giáp mối một phía trong chế tạo vỏ tàu thủy”. Đề tài đã khảo sát công nghệ hàn hồ quang dây hàn lõi thuốc và nghiên cứu áp dụng cho các liên kết hàn giáp mối một phía. Đánh giá được ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn FCAW như: cường độ dòng điện hàn, điện áp hàn, góc vát và tốc độ hàn đến ứng suất và biến dạng mối hàn.[8]

1.2.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc là công nghệ hàn tiên tiến cho năng suất hàn cao, chất lượng liên kết hàn tốt ngày càng được sử dụng nhiều trong chế tạo các kết cấu thép có khối lượng lớn thuộc các lĩnh vực lắp máy, xây dựng, đóng tàu, nhiệt điện, dầu khí... Mặc dù công nghệ SAW được đưa vào sử dụng rất sớm (1938) ở Đức, song với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật trên mọi lĩnh vực, sự phong phú của các sản phẩm chế tạo bằng hàn đã tạo điều kiện thuận lợi và thúc đẩy việc nghiên cứu, cải tiến và ứng dụng của công nghệ này nhằm đạt hiệu quả tốt nhất trong chế tạo các kết cấu thép bằng công nghệ SAW. Các nghiên cứu về công nghệ SAW rất đa dạng bao gồm cả các nghiên cứu về đặc điểm công nghệ, thông số quá trình, thiết bị, vật liệu.

Chandel R. S. và các cộng sự tiến hành nghiên cứu để dự báo lý thuyết về ảnh hưởng của dòng điện, cực tính, đường kính, tầm với điện cực về tốc độ nóng chảy,

độ cao, độ rộng đường hàn và sự ngấu của mối hàn trong hàn hồ quang dưới lớp thuốc. Nghiên cứu đã cho thấy tốc độ chảy của hàn hồ quang dưới lớp thuốc tăng lên khi tăng dòng điện hàn, sử dụng điện cực thẳng, sử dụng điện cực đường kính nhỏ và tầm với điện cực lớn, kết quả này là cơ sở tốt cho việc thiết kế phát triển quy trình hàn dưới lớp thuốc để chế tạo các kết cấu.[9]

P. Kanjilal và các cộng sự tiến hành nghiên cứu về sự hợp kim hóa và ảnh hưởng của thuốc hàn trong công nghệ SAW. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng các thành phần thuốc riêng lẻ và hỗn hợp có ảnh hưởng lớn và làm thay đổi hàm lượng oxy, mangan, silic và cacbon trong kim loại mối hàn, đồng thời phân tích các đặc điểm và cơ chế của sự chuyển đổi các nguyên tố trong quá trình hàn.[10]

Copyright James Amanie đã tiến hành nghiên cứu, đánh giá ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn và vận tốc hàn đến cấu trúc tế vi, vùng ảnh hưởng nhiệt và thành phần hóa học kim loại mối hàn khi hàn thép SA516 và A709. Nghiên cứu đã so sánh, đánh giá ảnh hưởng của dòng điện và tốc độ hàn đến cấu trúc tế vi của kim loại mối hàn.[11]

Kahraman Sirin và các cộng sự đã nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của tốc độ nguội đến cấu trúc mối hàn thông qua mẫu hàn nối ống hai phía bằng công nghệ SAW. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng tốc độ nguội là yếu tố quyết định tới cấu trúc vi mô, tính chất cơ học của kim loại mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt trong các kết cấu hàn. Đồng thời nghiên cứu còn đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ giữa các lớp hàn đến độ dai va đập mối hàn bằng cách thực hiện các lớp hàn bên trong và bên ngoài ống không liên tục, kết quả cho thấy cơ tính liên kết hàn phụ thuộc vào đầu vào nhiệt của quá trình hàn và nhiệt độ giữa các lớp hàn.[12]

1.3. Tổng quan về công nghệ đóng tàu

1.3.1. Công nghệ đóng tàu hiện nay

a) Tình hình phát triển công nghệ đóng tàu trên thế giới

Ngành công nghiệp đóng tàu thế giới thể hiện qua một số giai đoạn: Giai đoạn trước 1956, các nước Tây Âu (EU) được xem là cái nôi của ngành đóng tàu thế giới và họ đã giữ vị trí quán quân trong nhiều thế kỉ. Mãi đến năm 1956 Nhật Bản

mới vượt lên, mặc dù các nước EU vẫn luôn giữ được vị trí dẫn đầu về các loại tàu có công nghệ và giá trị gia tăng cao.[13]

Đối với Nhật Bản, sau chiến tranh thế giới thứ hai, nền kinh tế gần như kiệt quệ, nhưng trái lại họ có nguồn nhân lực rất dồi dào. Nhờ đó mà chỉ 10 năm sau chiến tranh, bằng việc triển khai chương trình "Keikaku Zosen" (kế hoạch phát triển ngành đóng tàu), Nhật Bản đã dẫn đầu thế giới, chỉ mất 10 năm để có được 20% thị phần và 20 năm để chiếm lĩnh gần 40% thị phần đóng tàu thế giới.[14]

Ở Hàn Quốc, đóng tàu đã trở thành một trong những ngành trọng điểm trong “Kế hoạch phát triển các ngành công nghiệp nặng và hoá chất” vào những năm đầu thập niên 1970. Tuy nhiên, Hàn Quốc đã phải mất 10 năm (1974 - 1984) để thêm được 7% thị phần và 20 năm để có được 21,5% thị phần và họ đã trở thành vị trí quán quân vào năm 2000 để thay thế vị trí số một của Nhật Bản.[15]

Đối với Trung Quốc, trong suốt 10 năm (1984-1994), ngành đóng tàu chỉ tăng được khoảng 3% thị phần và mất 20 năm, mới đạt được 11,7% thị phần. Khác với Nhật Bản và Hàn Quốc thì Trung Quốc có lợi thế rất lớn là thị trường nội địa khổng lồ. Dự kiến trong thập kỉ tới, Trung Quốc sẽ vượt qua Hàn Quốc để giữ vị trí quán quân.[16]

Hiện nay, trung tâm đóng tàu của thế giới đang ở Đông Á với ba nước Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc chiếm đến 85% tổng sản lượng, EU chỉ có 11%. Các nước còn lại chiếm hơn 4%. Tuy nhiên, xét về giá trị, EU lại là khu vực chiếm một tỉ lệ doanh thu lớn nhất (gần 30%) do họ tập trung vào những loại tàu cao cấp như: tàu chở khí lỏng và tàu chở khách. Trong khi đó, Hàn Quốc chiếm lĩnh các loại tàu chở container, tàu chở dầu. Nhật Bản tập trung vào tàu chở hàng khô, tàu chở khí lỏng. Còn Trung Quốc đang cố gắng chiếm lĩnh tất cả những gì có thể. Một thị trường đóng tàu mạnh được kỳ vọng sẽ tiếp tục trong một tương lai thấy trước. Với mức sản lượng 40 triệu tấn vào cuối năm 2004, dự báo đến năm 2015 sản lượng tàu toàn cầu sẽ vào khoảng 50 triệu tấn/năm.

Sự phân chia thị phần đóng tàu thế giới được thể hiện trong Bảng 1.1 dưới đây.

Bảng 1.1. Sản lượng đóng tàu của thế giới

Năm	Nhật Bản	Hàn Quốc	Trung Quốc	EU	Các nước khác
1938*	14,9%	NA	NA	81,6%	3,5%
1956*	20,5%	NA	NA	75,3%	4,1%
1964	38,7%	NA	NA	55,0%	6,2%
1974	50,4%	0,9%	NA	41,2%	7,5%
1984	53,0%	8,0%	1,8%	23,1%	14,1%
1994	44,0%	21,5%	5,5%	21,9%	7,1%
2000	37,9%	38,6%	5,2%	14,3%	4,0%
2004	36,1%	36,6%	11,7%	11,2%	4,5%

* Nước khác chỉ là Hoa Kỳ, N/A: không có số liệu

Hiện nay, Trung Quốc là nước có đầy đủ các yếu tố để phát triển ngành này. Đối với những nước chỉ có lợi thế nhân công mà không có khả năng phát triển các ngành phụ trợ, không có thị trường nội địa lớn, rất khó để tạo được chỗ đứng trong ngành công nghiệp này trong vòng 20 năm tới và dường như không thể cạnh tranh với Trung Quốc.[17]

b) Công nghiệp đóng tàu thủy ở Việt Nam

Theo Quyết định số: 2290/QĐ-TTg, ngày 27 tháng 11 năm 2013 về quy hoạch tổng thể phát triển ngành công nghiệp tàu thủy Việt Nam đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 sẽ xây dựng hoàn chỉnh các nhà máy đóng mới, sửa chữa tàu theo quy hoạch để đến năm 2020 hình thành các trung tâm đóng, sửa chữa tàu tại 03 khu vực Bắc, Trung, Nam đạt mức công nghệ và năng suất tương đương với các nước trong khu vực; từng bước nâng dần sản lượng tàu xuất khẩu với các sản phẩm có khả năng cạnh tranh của Việt Nam như các tàu vận tải có yêu cầu độ phức tạp cao, bao gồm tàu chở ô tô, tàu Container 30.000 tấn, tàu chở dầu đến 100.000 tấn, một số gam tàu chở hóa chất, tàu tổng hợp đến 70.000 tấn; xuất khẩu một số tàu chuyên dụng như tàu tuần tra cao tốc, tàu tìm kiếm cứu nạn, tàu công trình và du thuyền với số lượng

tàu xuất khẩu dự tính khoảng 1,67 đến 2,16 triệu tấn/năm.[18]

Thực trạng ngành công nghiệp đóng tàu Việt Nam qua sự phân tích điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức như Bảng 1.2.

Bảng 1.2. Thực trạng phát triển công nghiệp đóng tàu Việt Nam [19]

Thực trạng	Công nghiệp đóng tàu Việt Nam
Về kỹ thuật	<ul style="list-style-type: none"> - Không có khả năng thiết kế, chủ yếu phải mua thiết kế của nước ngoài - Rất hạn chế trong nghiên cứu và phát triển (R&D) - Chủ yếu đóng các loại tàu cỡ trung bình - Thiếu đội ngũ kỹ sư giỏi, được đào tạo chuyên sâu
Về vận hành và thị trường	<ul style="list-style-type: none"> - Quá trình sản xuất thủ công là chủ yếu, dựa vào kỹ năng - Năng suất lao động thấp - Nguyên vật liệu chủ yếu là nhập khẩu - Khó phát triển các ngành phụ trợ - Quản lý dây chuyền cung cấp kém hiệu quả - Chi phí nhân công rẻ - Thị trường nội địa nhỏ
Cơ hội	Phát triển một ngành công nghiệp đóng tàu mạnh
Thách thức	<ul style="list-style-type: none"> - Khả năng cạnh tranh thị phần đóng tàu thế giới rất khó khăn - Giảm khả năng cạnh tranh do ngành khác không có cơ hội phát triển vì thiếu vốn đầu tư

Với mức đầu tư hạn chế nên chưa xây dựng được nhà máy đóng tàu đủ lớn, hiện đại, đồng bộ về khả năng công nghệ và đạt chuẩn công nghiệp đóng tàu thế giới để đóng được các loại tàu tải trọng lớn từ 100.000 tấn trở lên; bên cạnh đó với đa phần trang thiết bị công nghệ và vật liệu đều nhập ngoại nên chi phí sản xuất lớn, công nghiệp phụ trợ kém phát triển dẫn đến tỉ lệ nội địa hóa thấp do đó khó có thể cạnh tranh được với các nước như Trung Quốc, Hàn Quốc,...

Với tình hình thực tế ở Việt Nam hiện nay, việc xây dựng và phát triển các ngành công nghiệp phụ trợ, nhất là ngành thép, tự động hoá, chế tạo máy tàu là rất khó khăn. Cách hiệu quả hơn cả là Việt Nam nên đầu tư tập trung vào các cụm công nghiệp đóng tàu có sẵn lợi thế ở ba vùng miền; đồng thời chỉ chọn những công đoạn

phù hợp hơn là xây dựng tất cả các ngành phụ trợ. Hơn thế nữa, thay vì hạn chế chỉ cho thành lập các liên doanh và mở cửa cho nước ngoài (nhất là Hàn Quốc và Nhật Bản) thành lập các doanh nghiệp 100% vốn của họ và khuyến khích khu vực kinh tế tư nhân tham gia vào ngành công nghiệp này. Như vậy sẽ sớm xây dựng được một ngành đóng tàu mạnh có khả năng cạnh tranh cao.[19]

1.3.2. Thép chế tạo vỏ tàu thủy

Thân tàu thép nói chung và vỏ tàu nói riêng làm việc trong điều kiện rất khắc nghiệt như: Môi trường nước mặn, sóng to, gió lớn, nhiệt độ các vùng nước biển khác nhau đặc biệt là ở vùng nước biển có nhiệt độ âm có thể đến -70°C ; thân tàu chịu tải trong điều kiện biến đổi, đồng thời cùng một lúc vừa chịu xoắn, uốn, lắc,... Để đảm bảo chất lượng đóng tàu trên thế giới, từ năm 1959 các tổ chức đăng kiểm trên thế giới (DNV, GL, LR, BV, KR, ABS, RINA, NK, CCS,...) đã đồng ý tiêu chuẩn hóa thép đóng tàu nhằm giảm thiểu các cách phân loại thép dùng cho đóng các cấp tàu (chủng loại tàu) khác nhau.

a) Thép có độ bền bình thường

Thép chế tạo vỏ tàu thường là thép cacbon, chứa từ 0,15% đến 0,23% cacbon cùng lượng mangan cao. Hai thành phần gồm lưu huỳnh và phot pho trong thép đóng tàu phải ở mức thấp nhất, dưới 0,05%.

Thép có độ bền bình thường được phân thành 5 cấp thép (từ kỹ thuật bằng tiếng Anh viết là grade), chất lượng khác nhau, dùng cho tàu thương mại đó là cấp A, B, C, D và E. Thép cấp B dùng tại những vùng nhạy cảm chịu tác động lực, những nơi đòi hỏi tấm có chiều dày lớn. Đăng kiểm ABS ghi rõ rằng thép cấp B vào danh mục thép dùng làm thân tàu. Về sau này nhiều nước không ghi cấp C vào danh mục các cấp thép đóng tàu. Theo cách ghi trong qui phạm do Đăng kiểm Việt Nam đưa ra, cấp thép chấp nhận tại mục “phân loại thép”. Điều 3.1.2 - Qui phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép, 2003, gồm 4 cấp thép A, B, D, E. Yêu cầu về thành phần hóa học đối với các cấp thép này được quy định cụ thể như Bảng 1.3.

Bảng 1.3. Thành phần hóa học và cơ tính đối với thép đóng tàu, độ bền bình thường.

Cấp thép	A	B	D	E
Cacbon (% max)	0,21	0,21	0,21	0,18
Mangan (% min)	0,6	0,6	0,6	-
Phospho (% max)	0,035	0,035	0,035	0,035
Lưu huỳnh (% max)	0,04	0,04	0,04	0,04
Silic (% max)	0,5	0,35	0,1 - 0,35	0,1 - 0,35
Ni,Cr,Cu,... (% max)	0,02			

Các ký hiệu nêu trong phần vật liệu này được dùng tại hầu hết các nước. Trong tài liệu chính thức do Đăng kiểm Việt Nam lưu hành, yêu cầu chung về cơ tính cho tất cả 4 cấp thép, theo TCVN 6259-7:2003 như Bảng 1.4.

Bảng 1.4. Yêu cầu chung về cơ tính của 4 cấp thép theo TCVN 6259-7:2003. [20]

Cấp thép	Thử cơ tính		
	Giới hạn chảy (MPa)	Giới hạn bền (MPa)	Độ giãn dài, %
A	≥ 235	400 ÷ 640	≥ 22
B			
D			
E			

Một số hệ thống qui tắc bắt buộc áp dụng khi dùng thép sản xuất tại USA có thể kể sau đây. Hệ thống phân loại quan trọng nhất của USA là AISI (American Iron and Steel Institute), theo hệ thống này cấp thép được dùng 4 con số để chỉ. Số thứ nhất chỉ cacbon, con số thứ hai chỉ lượng phần trăm hợp chất chính yếu trong đó. Ví dụ 10XX chỉ thép cacbon. Hai con số cuối chỉ lượng cacbon, tính bằng phần trăm, ví dụ AISI 1040 chỉ thép cacbon chứa 0,04% cacbon. Các ký hiệu theo hệ thống ASTM (American Society for Testing Materials) mang đặc trưng dễ nhận diện, được dùng chính thức trong văn bản của đăng kiểm ABS. Thép thường dùng trong đóng tàu thuộc nhóm A36-78, là thép cacbon, dùng trong xây dựng. Hai con số cuối cùng trong ký hiệu ASTM chỉ năm ra đời của phiên bản mới nhất. Thép tám, thép hình,

ồng vv... thường được phân loại trong hệ thống này. Thép độ bền cao ghi trong hệ thống này gồm A242, A440, A441, và A588, vv... Trong một số tiêu chuẩn GOST được công bố những năm gần đây, đã sử dụng giới hạn dưới của độ bền chảy để kết hợp với mác thép tiêu chuẩn quốc tế ISO. Đối với thép chế tạo tàu thuyền, theo GOST 5521-89 có hai loại đều có tính hàn. Một là loại thép có độ bền thông thường, có 4 mác thép A, B, C, D, giới hạn chảy đề là 235 MPa; một là loại thép có độ bền cao, mác thép là A x x, D x x, E x x.

Trong đó x x biểu thị cấp độ bền, ví dụ A32 biểu thị cấp 32 kG (tức 315 MPa), D40 biểu thị cấp 40 kG (tức 395 MPa).

b) Thép độ bền cao

Thép độ bền cao dùng để chế tạo vỏ tàu theo các tổ chức đăng kiểm (DNV, GL, LR, BV, KR, ABS, RINA, NK,...) được phân cấp thành ba mức, ký hiệu 32, 36, 40. Mỗi mức bền được chia làm bốn cấp: AH (ví dụ AH32, AH36, AH40), DH (ví dụ DH32, DH36, DH40), EH (EH32, EH36, EH40). Mức bền cao hơn, tính từ 42, 46, 50, 56, 62 và 69 được ghi vào các cấp FH. Theo tiêu chuẩn Việt Nam, thép cường độ cao được chia làm các cấp sau đây: A32, D32, E32, A36, D36, E36, A40, D40, E40, F32, F36, F40. Thành phần hóa học và các tính chất cơ học của thép độ bền cao được quy định như trong Bảng 1.5 và Bảng 1.6.

Bảng 1.5. Thành phần hóa học thép độ bền cao. [21]

Cấp thép	Thành phần hóa học (%)											
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Ti
A32	0,18	0,50	0,90 ÷ 1,60	0,035	0,035	0,35	0,2	0,4	0,08	0,02 ÷ 0,05	0,05 ÷ 0,10	0,2
D32												
E32												
A36												
D36												
E36												
A40												
D40												
E40												

F32												
F36	0,16			0,025	0,025			0,8				
F40												

Bảng 1.6. Tính chất cơ học thép độ bền cao. [21]

Cấp thép	Thử kéo			Thử độ dai va đập		
	Giới hạn chảy (MPa)	Giới hạn bền (MPa)	Độ giãn dài (%)	Nhiệt độ thử	Năng lượng va đập trung bình (J)	
				°C	L	T
A32	315	440 – 590	22	0	31	22
D32				-20		
E32				-40		
F32				-60		
A36	355	490 – 620	21	0	34	24
D36				-20		
E36				-40		
F36				-60		
A40	390	510 – 650	20	0	41	27
D40				-20		
E40				-40		
F40				-60		

Các cấp thép dùng chế tạo vỏ tàu được trích dẫn ở trên là những cấp thép có tính hàn tốt được thể hiện qua hàm lượng cacbon tương đương như trong Bảng 1-7.

Bảng 1.7. Hàm lượng cacbon tương đương [21]

Cấp thép	Hàm lượng cacbon tương đương (%)
A 32, D32, E32, F32	0,36
A 36, D36, E36, F36	0,38
A 40, D40, E40, F40	0,40

Phần trên đây trình bày các yếu tố và các yêu cầu cơ bản của các cấp thép độ bền bình thường và thép độ bền cao thông dụng, được sử dụng phổ biến trong chế tạo vỏ

tàu thủy. Dựa trên cơ sở đó để lựa chọn cấp thép phù hợp dùng cho mục đích nghiên cứu của luận án, cũng như cơ sở lựa chọn vật liệu hàn, thiết kế mối ghép, các thông số công nghệ hàn thích hợp.

1.3.3. Ứng dụng công nghệ hàn một phía trong chế tạo vỏ tàu thủy

Hàn là một trong những công việc quan trọng nhất, chiếm tới 60% khối lượng công việc chế tạo một con tàu. Theo thống kê của Công ty Đóng tàu Phà Rừng, tổng chiều dài đường hàn trong một con tàu tương ứng [22] như Bảng 1.8

Bảng 1.8. Thống kê chiều dài đường hàn trong thân tàu

Loại tàu	Loại liên kết/Vị trí thực hiện	Chiều dài đường hàn (m)
Tàu chở hàng rời, tải trọng 20.000 tấn	1- Mối hàn góc nằm ngang/ khi đóng khối đáy	10.584
	2- Mối hàn góc nằm ngang/ đóng khối mạn & boong	15.120
	3- Mối hàn giáp mối vị trí đứng/ khi đầu đà	388
	4- Mối hàn giáp mối vị trí nằm ngang/ khi đầu đà	980
Tổng cộng		27.072
Tàu chở hàng rời, tải trọng 34.000 tấn	1- Mối hàn góc nằm ngang/ khi đóng khối đáy	10.819
	2- Mối hàn góc nằm ngang/ đóng khối mạn & boong	23.781
	3- Mối hàn giáp mối vị trí đứng/ khi đầu đà	1.310
	4- Mối hàn giáp mối vị trí nằm ngang/ khi đầu đà	830
Tổng cộng		36.740

Các mối hàn này có chiều dài lớn và nằm ở các vị trí hàn góc nằm ngang, hàn giáp mối ngang và hàn giáp mối ở vị trí đứng thích hợp cho việc tự động hoá. Qua

bảng trên ta có thể thấy tổng chiều dài đường hàn khi chế tạo tàu chở hàng có tải trọng 20.000 tấn là 27 km và tàu có tải trọng 34.000 tấn là gần 37 km. Điều này có nghĩa rất lớn về mặt năng suất và chất lượng nếu các mối hàn này được thực hiện tự động. Theo tài liệu [22], khi chế tạo tàu chở dầu 200.000 tấn, tổng chiều dài của các liên kết hàn là 340.000 m, trong đó liên kết hàn giáp mối chiếm 15% (51.000 m) và có khoảng 22.000 m thích hợp cho hàn giáp mối một phía. Như vậy khoảng 45% chiều dài liên kết hàn giáp mối có thể thực hiện bằng công nghệ hàn một phía.

Kết luận chương 1

Trên cơ sở phân tích, đánh giá các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về công nghệ hàn SAW ứng dụng trong chế tạo vỏ tàu thủy rút ra một số kết luận sau:

- Ở các nước có nền công nghiệp đóng tàu tiên tiến trên thế giới đã nghiên cứu áp dụng hiệu quả phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc (SAW) vào quá trình hàn giáp mối một phía nối phân đoạn vỏ đáy tàu thủy, bằng cách áp dụng công nghệ hàn giáp mối một phía đệm thuốc mặt đáy mối ghép, đã hàn hoàn thành mối hàn chỉ sau một lần hàn (một lớp hàn) góp phần nâng cao năng suất và chất lượng mối hàn đồng thời nâng cao hiệu quả kinh tế chế tạo vỏ tàu thủy.

- Tuy nhiên ở Việt Nam hiện nay khi hàn giáp mối một phía phân đoạn vỏ đáy tàu thủy thường sử dụng phương pháp hàn GMAW để hàn lớp lót, sau đó sử dụng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc SAW để hàn các lớp tiếp theo và hoàn thành mối hàn do đó năng suất và chất lượng vỏ tàu không cao.

Mục tiêu chính của đề tài này tác giả sẽ tập trung nghiên cứu công nghệ hàn giáp mối một phía đệm thuốc bằng phương pháp hàn SAW ứng dụng trong hàn nối phân đoạn vỏ đáy tàu thủy nhằm nâng cao năng suất và chất lượng chế tạo vỏ tàu thủy ở Việt Nam.

CHƯƠNG 2. CÔNG NGHỆ HÀN GIÁP MỠI MỘT PHÍA BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÀN TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC

2.1. Đặt vấn đề

Công nghệ hàn giáp mỗi một phía được thực hiện bằng nhiều quá trình hàn khác nhau phụ thuộc vào từng trường hợp cụ thể; hàn hồ quang tay (MAW), hàn tự động dưới lớp thuốc (SAW), hàn tự động và bán tự động trong môi trường khí bảo vệ (GMAW), hàn điện cực không nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GTAW), hàn hồ quang với dây lõi thuốc (FCAW), hàn điện khí (EGW), v.v... Trong công nghiệp chế tạo thân tàu thì các mối hàn được thực hiện bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc (SAW) thường chiếm tỷ trọng lớn.

Hồ quang cháy ngầm dưới lớp thuốc, một phần thuốc hàn nóng chảy tạo thành xỉ bảo vệ vùng hồ quang hàn và vũng hàn khỏi tác dụng có hại của khí quyển xung quanh (ôxi, nitơ, hơi nước,...).

Nhiệt lượng hồ quang tập trung và nhiệt độ cao (so với các phương pháp hàn khác như hàn hồ quang tay, hàn TIG, MIG/MAG, ...), cho phép hàn với tốc độ lớn và có thể hàn những vật hàn có chiều dày lớn mà không cần phải vát mép, tiết kiệm kim loại cơ bản và điện cực, giảm chi phí chuẩn bị mép hàn.

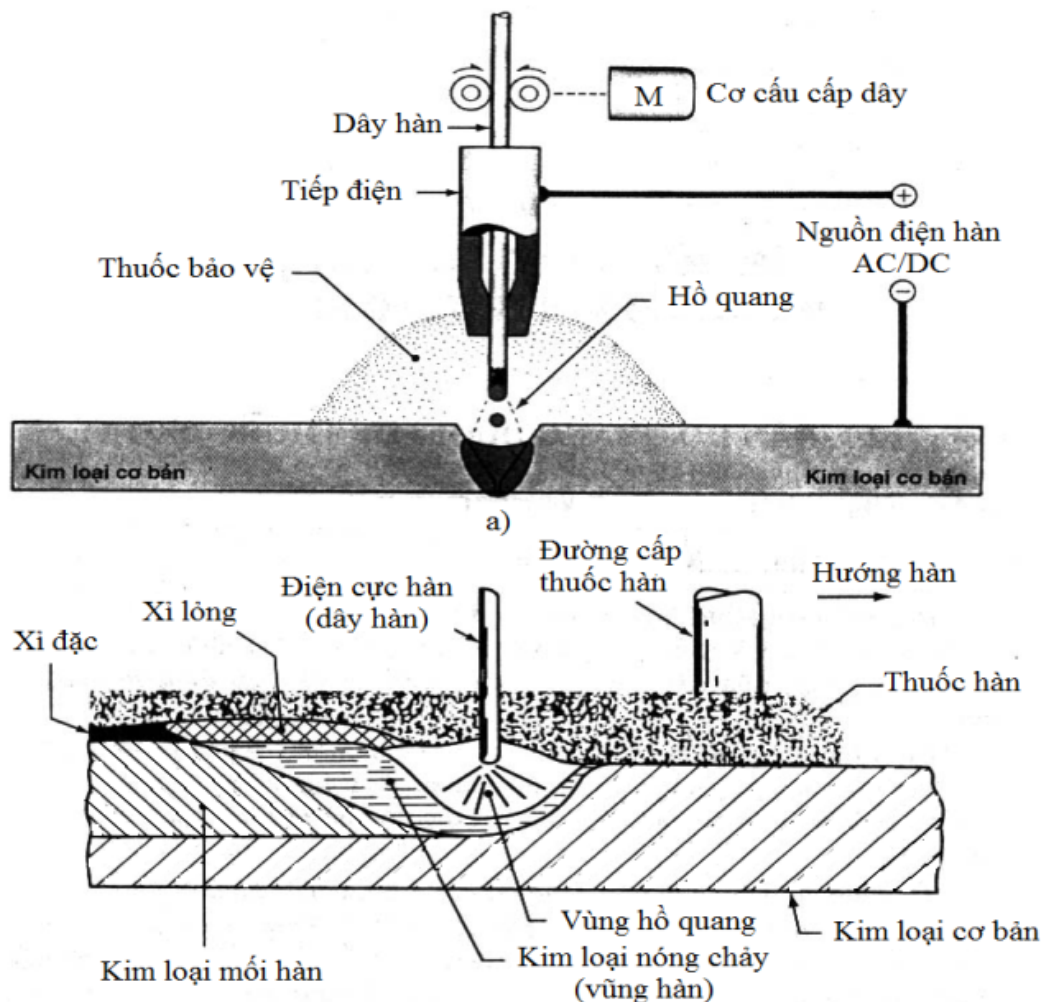
Chất lượng kim loại mối hàn cao do vùng hàn được bảo vệ tin cậy khỏi tác dụng của oxi và nitơ trong khí quyển xung quanh. Khả năng tinh luyện kim loại mối hàn tốt hơn. Lớp thuốc và xỉ hàn làm mối hàn nguội chậm nên giảm được khuyết tật hàn như không ngấu, rỗ xỉ, rỗ khí,... và khả năng thoát hidrô tốt hơn.

Kim loại lỏng không bị bắn tóe, ít tổn thất, nên hệ số mất mát giảm và hệ số đắp nâng cao. Năng suất hàn cao. Hồ quang được bao bọc kín bởi thuốc hàn nên ít ảnh hưởng tới sức khỏe người thợ hàn, điều kiện lao động được cải thiện. Lượng khí (khói, bụi độc hại) sinh ra trong quá trình hàn rất ít so với hàn hồ quang tay, tốt hơn về yêu cầu vệ sinh môi trường. Dễ cơ khí hóa và tự động hóa quá trình hàn.

2.2. Công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc

2.2.1. Nguyên lý hàn tự động dưới lớp thuốc

Hàn hồ quang dưới lớp thuốc là một quá trình hàn trong đó hồ quang hình thành giữa dây hàn và vật hàn dưới lớp thuốc hàn, nhiệt hồ quang sinh ra làm nóng chảy dây hàn, kim loại cơ bản và thuốc hàn. Quá trình hàn dây hàn được đẩy vào vùng hồ quang bằng một cơ cấu đặc biệt với tốc độ phù hợp với tốc độ chảy của nó. Theo độ chuyển dời của nhiệt hồ quang, kim loại bề hàn nguội và kết tinh tạo thành mối hàn, phía trên mối hàn hình thành một lớp xỉ có tác dụng tham gia vào quá trình luyện kim khi hàn, bảo vệ và giữ nhiệt cho mối hàn [2,4]. Hình 2.1 mô tả nguyên lý hàn tự động dưới lớp thuốc.



Hình 2.1. Nguyên lý hàn tự động dưới lớp thuốc

Quá trình hàn dưới lớp thuốc có thể được thực hiện theo phương pháp tự động hoặc bán tự động. Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc là quá trình hàn trong đó các

công đoạn cấp dây hàn xuống vũng hàn, cấp thuốc hàn xuống vùng phía trước hồ quang, điều chỉnh chiều dài hồ quang và chuyển động hồ quang theo trục mỗi hàn... đều được tự động hóa. Khi hàn hồ quang bán tự động dưới lớp thuốc việc cấp dây hàn xuống vũng hàn và điều chỉnh chiều dài hồ quang được tự động hóa. Người thợ hàn dùng tay điều chỉnh đầu hàn (súng hàn) theo chiều dài mỗi hàn với tốc độ nhất định và phù hợp tình hình nóng chảy của bề hàn.

2.2.2. Đặc điểm và ứng dụng của phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc

a) Đặc điểm

- Nhiệt lượng hồ quang rất tập trung và nhiệt độ rất cao cho phép hàn với tốc độ lớn. Vì vậy phương pháp hàn này có thể hàn những chi tiết có chiều dày lớn mà không cần phải vát mép;

- Chất lượng liên kết hàn cao do bảo vệ tốt kim loại mỗi hàn khỏi tác dụng của Ôxy và Ni tơ trong không khí xung quanh;

- Kim loại đồng nhất về thành phần hoá học;

- Lớp thuốc và xỉ hàn làm liên kết nguội chậm nên ít bị biến dạng;

- Mỗi hàn có hình dạng tốt, đều đặn, ít bị các khuyết tật như không ngấu, rỗ khí, nứt và bắn toé kim loại lỏng;

- Giảm tiêu hao vật liệu hàn (dây hàn);

- Dễ cơ khí hoá và tự động hoá trong quá trình hàn;

- Hồ quang được bao bọc kín bởi thuốc hàn nên không làm hại mắt và da của người thợ hàn. Điều kiện lao động tốt hơn, lượng khói (khí độc) sinh ra trong quá trình hàn là rất nhỏ so với hàn hồ quang tay.

b) Ứng dụng

Hàn hồ quang tự động và bán tự động dưới lớp thuốc bảo vệ được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực cơ khí chế tạo, cũng như trong sản xuất; Hàn các kết cấu thép dạng tấm vỏ kích thước lớn, các dầm thép có khẩu độ và chiều cao, các ống thép có đường kính lớn, các bồn bể, các bình chịu áp lực và trong công nghiệp đóng tàu v.v... Tuy nhiên phương pháp này chủ yếu được ứng dụng để hàn các mối hàn ở vị trí hàn bằng, các mối hàn có chiều dài lớn và quỹ đạo không phức tạp. Phương

pháp hàn hồ quang tự động và bán tự động dưới lớp thuốc có thể hàn được các chi tiết có chiều dày từ vài mm đến hàng trăm mm.

2.2.3. Vật liệu hàn tự động dưới lớp thuốc [4, 23]

a) Dây hàn

Trong hàn tự động dưới lớp thuốc dây hàn đóng vai trò điện cực, quá trình hàn dây hàn dẫn điện duy trì hồ quang và nóng chảy bổ sung kim loại đắp cho mối hàn. Đường kính dây hàn được chế tạo theo tiêu chuẩn, bề mặt được phủ một lớp đồng mỏng để bảo vệ và được cuộn trong các tang có khối lượng khác nhau 15, 20, 25....kg (được quy định theo các tiêu chuẩn về vật liệu hàn). Trong hàn tự động SAW thường sử dụng dây hàn có đường kính từ 2-5mm việc lựa chọn dây hàn phải căn cứ vào kim loại cơ bản và yêu cầu về chất lượng của mối hàn, dây hàn thép các bon và thép hợp kim thấp thường có hàm lượng C<0,12% và hàm lượng P, S thấp hơn kim loại cơ bản.

b) Thuốc hàn

Thuốc hàn là một loại vật chất gồm nhiều thành phần ở dạng bột có kích thước xác định từ 0,25 - 4 mm. Thuốc hàn dùng cho hàn tự động bằng dây nóng chảy cần đảm bảo các yêu cầu chung sau:

- Đảm bảo tính ổn định của hồ quang và quá trình hàn
 - Đảm bảo các tính chất và thành phần hóa học của mối hàn
 - Tạo dáng mối hàn đẹp, mối hàn chứa ít tạp chất
 - Xi dễ bong sau khi hàn.
 - Nhiệt độ nóng chảy phải thấp hơn kim loại dây hàn để giảm hao phí nhiệt, giảm hao phí dây hàn vì bị cháy và bắn tóe
 - Thuốc hàn được phân loại theo nhiều cách khác nhau + Theo công dụng thuốc hàn tự động, bán tự động có 3 loại:
 - Thuốc hàn để thép các bon và thép hợp kim thấp
 - Thuốc hàn để thép hợp kim cao
 - Thuốc hàn để hàn kim loại và hợp kim màu
- * Theo thành phần của xỉ: Thuốc hàn có tính axit và thuốc hàn có tính bazơ

được đánh giá bằng hệ số B trên cơ sở lý thuyết cấu tạo phân tử của nó là tỷ số các thành phần trong xỉ.

$B = \text{Tổng nồng độ oxit bazơ trong xỉ} / \text{tổng nồng độ oxit axit trong thành phần xỉ}$ Các oxit bazơ gồm: CaO, MgO, MnO, FeO...; các oxit axit gồm: SiO₂, TiO₂, ZrO₂... các oxit (Al₂O₃) và (Fe₂O₃) có tính chất lưỡng tính. Nếu $B < 1$ thuốc hàn được coi là axit (A); $B > 1$ thuốc hàn được coi là bazơ (B); $B = 1$ thuốc thuộc hệ trung tính

* Theo hàm lượng Mn, Si: Thuốc được xây dựng chủ yếu trên nền hệ xỉ MnO-SiO₂, mặc dù có thuốc trên nền của các hệ khác.

Thuốc silic: không có silic (lượng SiO₂ dưới dạng tạp chất tới 5%); silic thấp (6 - 35%SiO₂); silic cao (trên 35%SiO₂)

Thuốc Mn: Theo hàm lượng Mn có thuốc không có Mn (lượng MnO dưới dạng tạp chất tới 1%); mangan thấp (tới 10% MnO); mangan trung bình (từ 15 - 30%MnO) và mangan cao (trên 30%MnO) dùng hàn thép các bon và thép hợp kim thấp.

* Theo phương pháp chế tạo có:

- Thuốc hàn không nóng chảy (ceramic): là một hỗn hợp cơ học của các vật liệu tự nhiên, các ferô hợp kim và các silic nhân tạo được xay mịn và tạo hạt (với kết dính thủy tinh lỏng), sau đó sấy khô ở nhiệt độ 600 - 800°C. Thuốc hàn này có độ bền hạt thấp dễ bị vỡ, tuy nhiên khả năng khử oxy tốt và hợp kim hóa mỗi hàn cao, được sử dụng nhiều trong hàn đắp.

- Thuốc hàn nóng chảy: Nhận được bằng cách nấu chảy liệu trong các lò điện hoặc lò ngọn lửa, sau đó tạo hạt bằng phương pháp ướt trong nước, bằng nghiền khô xỉ nguội hoặc phun xỉ lỏng. Thành phần của thuốc không chứa các tạp chất khử oxy và hợp kim hóa ở dạng ferô hợp kim mà ở dạng oxit các nguyên tố đó. Thuốc hàn nóng chảy được dùng nhiều hơn vì quá trình chế tạo đơn giản hơn, độ bền hạt thuốc cao hơn và thành phần hóa học của thuốc đều hơn.

* Chọn thuốc để hàn tự động cũng như hàn với kim loại bổ sung phải căn cứ vào thành phần kim loại cơ bản. Hàn thép các bon thấp bằng dây hàn thép ít các bon phải dùng thuốc hàn axit có hàm lượng Mn cao, hàn thép hợp kim bằng dây hàn thép hợp kim trung bình hoặc cao tốt nhất là dùng thuốc hàn có tính bazơ, trong thành

phần không có Mn và có hàm lượng Si nhỏ.

* Các thành phần thuốc còn ảnh hưởng đến quá trình luyện kim trong hàn. Để đảm bảo nhận được mối hàn chất lượng khi hàn thép các bon và thép hợp kim thấp cần lựa chọn đồng bộ dây và thuốc hàn. Thuốc hàn mangan silic cao hàn với dây các bon thấp hoặc dây Mn, thuốc hàn Mn tự do Si cao hàn với dây Mn. Khi hàn với thuốc mangan silic cao có khả năng chống nứt kết tinh của kim loại mối hàn (do mối hàn chứa ít suniit và các bon thoát khỏi mối hàn nhiều hơn), ít rỗ khí hơn so với thuốc Mn tự do Si cao. Thuốc Mn tự do Si cao khi hàn xỉ dễ bong khỏi mối hàn, do tác dụng ôxy hóa yếu hơn của thuốc đối với kim loại mối hàn khi đông đặc. Trong thuốc hàn chứa lượng huỳnh thạch CaF_2 càng cao thì nguy cơ rỗ khí càng ít, nhưng sự cháy của hồ quang càng kém ổn định. Với thuốc hàn không nóng chảy do chứa nhiều ierô nên khả năng khử ôxy để hoàn nguyên kim loại mối hàn tốt. Sự khử ôxy có thể thực hiện ngay tại các vùng nhiệt độ thấp trong giai đoạn bề kim loại đã hình thành và tiếp xúc với xỉ nóng chảy chứa các chất khử ôxy.

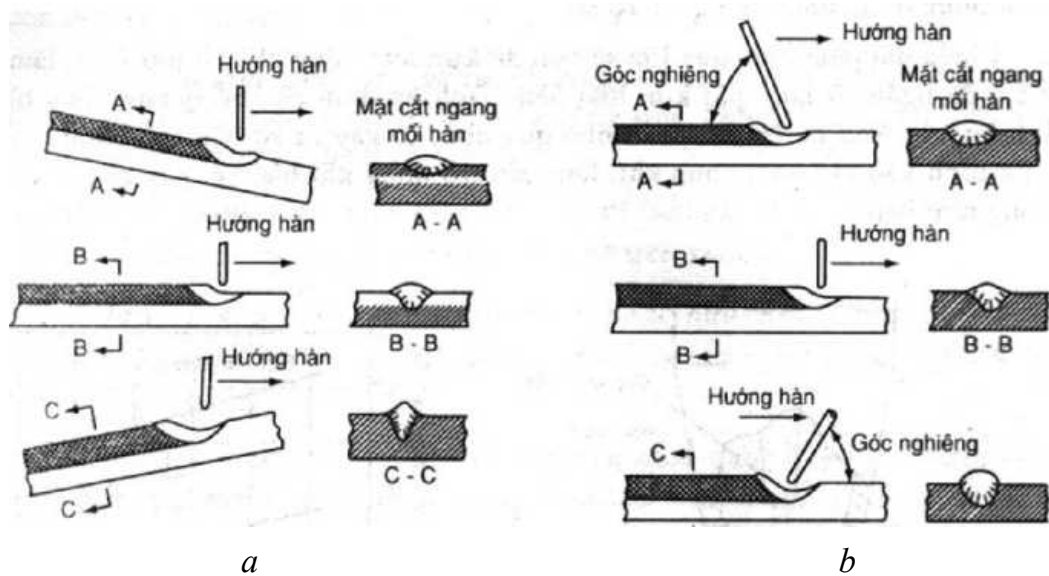
2.3. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ

Các yếu tố công nghệ trong hàn hồ quang dưới lớp thuốc bao gồm: góc nghiêng dây hàn, góc nghiêng vật hàn, loại dòng điện hàn và kích cỡ hạt thuốc hàn.

2.3.1. Góc nghiêng dây hàn

Khi nghiêng dây hàn về phía hướng hàn để hồ quang thổi trực tiếp vào vũng hàn, chiều sâu ngấu và chiều cao mối hàn tăng lên nhưng bề rộng mối hàn giảm. Kết quả làm giảm hệ số ngấu và hệ số hình dạng mối hàn, mối hàn hay bị nứt và rỗ khí. Khi nghiêng dây hàn ngược với hướng hàn làm cho hồ quang hướng về kim loại cơ bản nhiều hơn, kết quả chiều rộng mối hàn tăng, chiều sâu ngấu mối hàn giảm.[2,4]

Hình 2.2.b



Hình 2.2. Ảnh hưởng của góc nghiêng dây hàn, vật hàn đến hình dạng kích

- *Góc nghiêng vật hàn*: Góc nghiêng vật hàn ảnh hưởng tương tự như góc nghiêng của dây hàn. Để đảm bảo việc tạo dáng mối hàn tốt góc nghiêng vật hàn không được quá 8° so với mặt phẳng nằm ngang [2,4], Hình 2.2.a

- *Loại dòng điện hàn*: hàn tự động dưới lớp thuốc có thể hàn bằng dòng xoay chiều, một chiều. Khi hàn các tấm thép dày có thể hàn bằng dòng xoay chiều, nhờ sự thay đổi cực tính trong quá trình hàn làm tăng chiều sâu ngấu song hồ quang cháy kém ổn định. Hàn các vật mỏng dùng dòng điện một chiều để hồ quang cháy ổn định hơn, do trong thuốc hàn có hàm lượng florua canxi cao nên độ sâu nóng chảy khi hàn bằng dòng một chiều đầu cực thuận nhỏ hơn so với đầu cực nghịch. [2,4]

- *Cỡ của hạt thuốc hàn*: Cỡ của hạt thuốc hàn ảnh hưởng nhất định đến độ ngấu của mối hàn. Thuốc hàn có cỡ hạt nhỏ sẽ giảm bớt tính linh động của hồ quang, cho mối hàn hẹp hơn, với chiều sâu ngấu lớn hơn và hệ số hình dạng nhỏ hơn so với các mối hàn thực hiện dưới thuốc hàn có cỡ hạt thô.[4]

2.3.2. Ảnh hưởng của thông số công nghệ

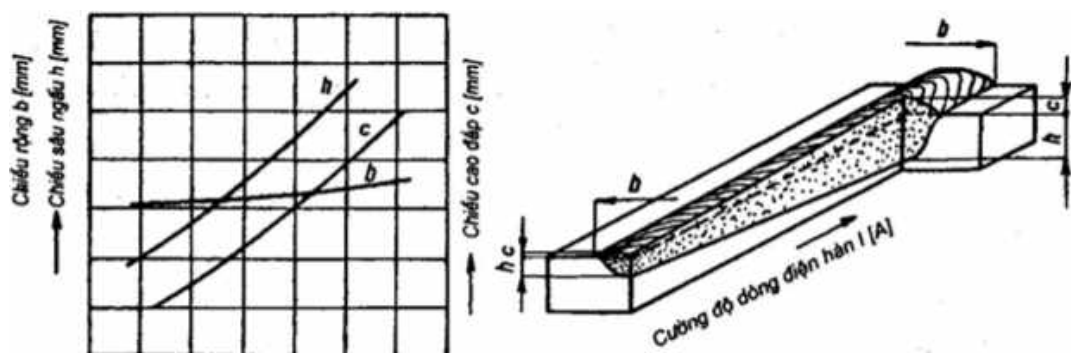
Trong quá trình hàn hồ quang thép, ngoài thứ tự lắp ráp và hàn chính xác các phần tử của kết cấu, các thông số công nghệ (gọi là thông số hàn) đóng vai trò quan trọng. Sự chọn hợp lý các thông số hàn một mặt tạo điều kiện nhận được mối hàn có hình dạng và kích thước yêu cầu, đảm bảo điều kiện ngấu hoàn toàn và hạn chế các

khuyết tật tồn tại trong mối hàn, mặt khác cho phép điều chỉnh các chu trình nhiệt nhằm đạt được cấu trúc và các tính chất cần thiết của mối hàn. Các thông số hàn trong SAW bao gồm: cường độ dòng điện hàn I_h (A), điện áp hồ quang U_h (V), tốc độ hàn (m/h), đường kính dây hàn d (mm). Do hàn dưới lớp thuốc các thông số công nghệ thường ảnh hưởng rất mạnh đến quá trình hàn, hình dạng kích thước mối hàn nên cần có sự đánh giá mức độ ảnh hưởng làm cơ sở cho việc xác định các thông số hàn.

2.3.3. Ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn

Dòng hàn và nhiệt đầu vào có liên quan trực tiếp. Dòng hàn tăng làm tăng đầu vào nhiệt, nó ảnh hưởng đến tốc độ nóng chảy dây hàn, lượng kim loại cơ bản nóng chảy và hình dạng mối hàn. Tăng dòng hàn làm tăng lượng kim loại đắp và thuốc sử dụng, độ ngấu mối hàn tăng.

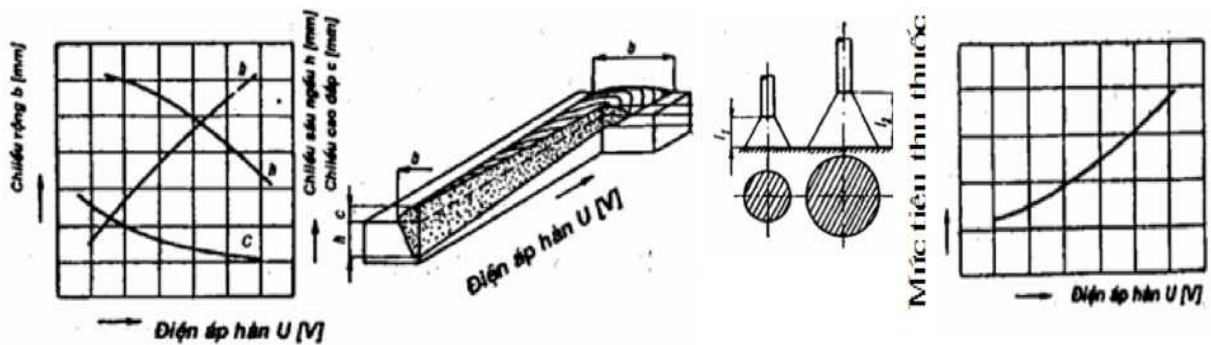
Khi các thông số hàn khác không đổi, dòng hàn cao sẽ tăng độ ngấu, mối hàn hẹp và độ ngấu quá lớn có thể dẫn đến khuyết tật cháy thủng liên kết hàn. Sử dụng dòng quá cao tiêu hao vật liệu phụ bổ sung tăng, độ bền chắc mối hàn cao song làm tăng chi phí gia công sau khi hàn. Mặt khác tăng cường độ dòng hàn cũng làm tăng độ co mối hàn và có thể gây biến dạng trong mối hàn. Ngược lại, dòng hàn thấp sẽ dẫn đến hồ quang không ổn định và gây ra sự nóng chảy không đầy đủ hoặc không đủ độ ngấu. Hình 2.3 mô tả ảnh hưởng của dòng hàn đến hình dạng kích thước mối hàn.[2, 11]



Hình 2.3. Ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến hình dạng kích thước mối hàn

2.3.4. Ảnh hưởng của điện áp hồ quang

Độ dài hồ quang tỷ lệ với điện áp hàn và ảnh hưởng đến độ rộng của mối hàn. Giữ các thông số hàn khác không đổi, nếu điện áp tăng lên, chiều rộng các mối hàn tăng lên, nhưng độ ngấu mối hàn giảm, do áp lực hồ quang tác dụng lên kim loại lỏng giảm. Điện áp cao cũng làm tăng tiêu hao thuốc hàn, do sự tăng độ rộng mối hàn.

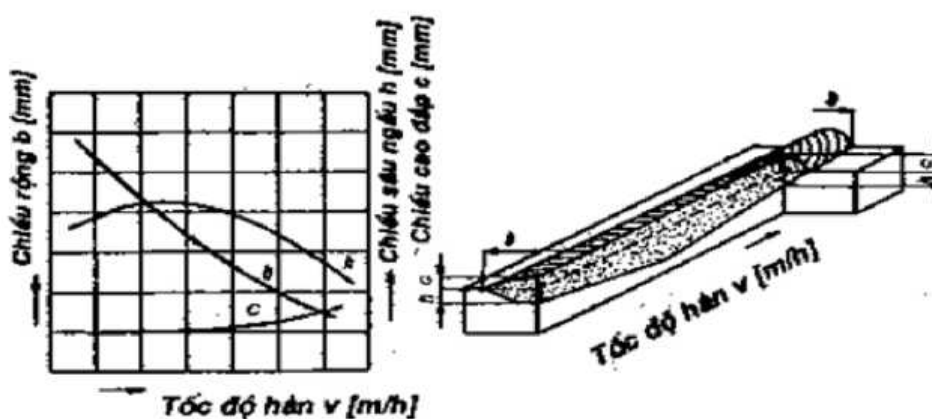


Hình 2.4. Ảnh hưởng của điện áp hàn đến hình dạng kích thước mối hàn

Ngoài ra pha lỏng của các kim loại cơ bản cũng bị ảnh hưởng bởi sự tăng điện áp. Do đó điện áp hàn là một thông số quan trọng trong việc kiểm soát thành phần hóa học của kim loại mối hàn. Hình 2.4 mô tả ảnh hưởng của điện áp hàn đến hình dạng kích thước mối hàn.[2, 11]

2.3.5. Ảnh hưởng của tốc độ hàn

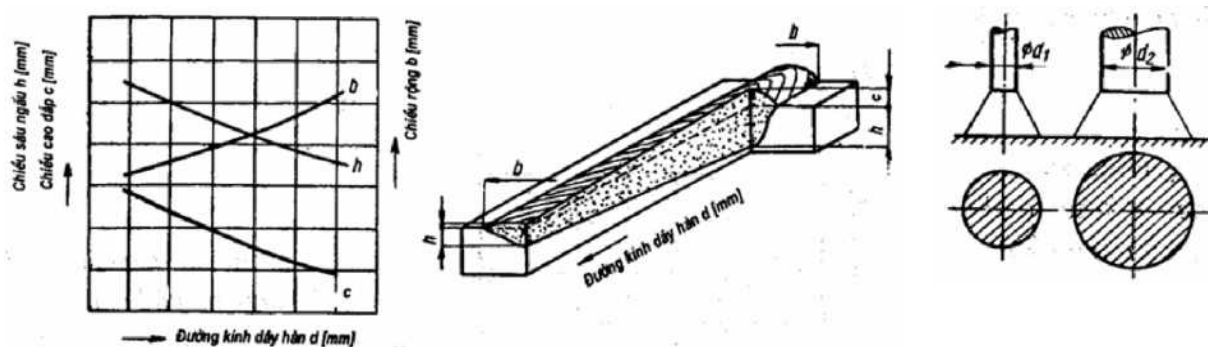
Tốc độ di chuyển của hồ quang có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và các tính chất của mối hàn. Tốc độ hàn tỉ lệ nghịch với nhiệt đầu vào, nó thường được sử dụng để kiểm soát chiều rộng và độ ngấu mối hàn. Khi các thông số khác không đổi, tăng tốc độ hàn tạo ra mối hàn hẹp hơn, chiều sâu ngấu giảm và tăng tốc độ làm nguội mối hàn có thể hình thành mactenxit, mặt khác lượng rỗ khí trong mối hàn cũng liên quan trực tiếp đến tốc độ hàn. Tốc độ hàn rất chậm dẫn đến vũng hàn nóng chảy lớn mối hàn lan rộng gây ra nứt kết tinh và tăng tiêu hao thuốc, đồng thời đầu vào nhiệt cao tạo ra vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) kích thước lớn và tăng hạt thô. Hình 2.5 mô tả ảnh hưởng của tốc độ hàn đến hình dạng kích thước mối hàn.[2, 11]



Hình 2.5. Ảnh hưởng của tốc độ hàn đến hình dạng kích thước mỗi hàn

2.3.6. Ảnh hưởng của đường kính điện cực

Điện cực dẫn dòng điện và cung cấp vật liệu phụ cần thiết để lấp đầy rãnh hàn. Điện cực trong SAW là kim loại trần với lớp phủ đồng mỏng để cải thiện tính dẫn điện của chúng và khả năng chống ăn mòn. Thành phần hóa học của dây hàn được lựa chọn theo các yêu cầu ứng dụng nhưng chúng luôn có hàm lượng các bon thấp ($\sim 0,10\%$) và nồng độ các tạp chất thấp, đặc biệt là nitơ, lưu huỳnh và photpho. Khi dòng hàn không đổi nếu tăng đường kính điện cực sẽ làm tăng diện tích vết hồ quang, mật độ dòng điện trong cột hồ quang giảm, kết quả tăng bề rộng mỗi hàn, giảm chiều sâu chày và chiều cao mỗi hàn. Các dây hàn có khoảng kích thước đường kính từ 1,6 mm cho khoảng dòng điện từ (150 ÷ 400) A đến đường kính 6,4mm, cho khoảng dòng điện từ (700 – 1600) A. Hình 2.6 mô tả ảnh hưởng của đường kính điện cực đến hình dạng kích thước mỗi hàn.[2, 11]



Hình 2.6. Ảnh hưởng của đường kính điện cực đến hình dạng kích thước mỗi hàn

2.4. Công nghệ hàn giáp mối khi hàn tự động dưới lớp thuốc

2.4.1. Các thông số chế độ hàn giáp mối

Hàn SAW chất lượng mối hàn được xác định bởi loại trợ dung, loại điện cực và các thông số: cường độ dòng hàn, điện áp hồ quang, tốc độ hành trình, kích cỡ điện cực, tốc độ cấp nhiệt...

a) Đường kính dây hàn [2, 24, 25]

Đường kính dây hàn chọn theo chiều dày tấm kim loại cơ bản và kích cỡ mối hàn mong muốn.

Khi đường kính dây hàn tăng thì mật cắt cột hồ quang tăng (đường kính cột hồ quang tăng) còn chiều sâu nóng chảy thì giảm tương ứng. Đường kính dây hàn giảm thì hồ quang ăn sâu vào kim loại nền do đó mối hàn sẽ hẹp nhưng sâu.

Đường kính dây hàn tăng thì đường kính cột hồ quang tăng, làm nhiệt truyền đến kim loại cơ bản phân bố trên diện tích rộng hơn và mật độ dòng điện giảm, nên chiều sâu nóng chảy giảm, còn chiều rộng mối hàn tăng. Nếu đường kính dây hàn nhỏ thì hồ quang ăn sâu vào kim loại vật hàn làm chiều sâu nóng chảy tăng, nhưng chiều rộng mối hàn nhỏ.

Đường kính dây hàn có thể xác định theo công thức:

$$d = 2 \sqrt{\frac{I_h}{\pi j}}$$

j: Mật độ dòng điện hàn, mật độ dòng điện hàn khi hàn SAW như Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Mật độ dòng điện

d (mm)	2	3	4	5	6
J (A/mm ²)	65 ÷ 200	45 ÷ 90	35 ÷ 60	30 ÷ 50	25 ÷ 45

b) Dòng điện hàn [2, 24, 25]

Dòng điện kiểm soát tốc độ nóng chảy của điện cực và tốc độ kết tinh mối hàn, độ ngấu sâu và độ hòa tan kim loại hàn với kim loại nền. Khi dòng điện hàn tăng nhiệt lượng hồ quang phát sinh tăng, nhiệt lượng chuyển đến vật hàn tăng, làm tăng độ sâu nóng chảy. Đồng thời dòng điện hàn tăng nên lượng nóng chảy của dây hàn tăng, nhưng hồ quang chìm sâu vào trong kim loại vật hàn nên chiều rộng của

mối hàn không tăng rõ rệt mà chỉ tăng chiều cao của mối hàn. Dòng điện hàn quá cao có thể gây cháy thủng kim loại mỏng, bề mặt mối hàn không đều. Nếu dòng điện hàn quá thấp, độ sâu nóng chảy nhỏ làm cho hồ quang cháy không ổn định, độ ngấu không đủ. Do đó dòng điện phải lựa chọn phù hợp (thiết bị thường có am pe kế để điều chỉnh dòng hàn một cách chính xác).

Cường độ dòng điện hàn có thể xác định theo công thức:

$$I_h = (80 \div 100) \cdot h \quad (\text{A}) \quad (2.2)$$

Trong đó h: chiều sâu nóng chảy (chiều sâu ngấu), khi hàn 2 phía thì chiều sâu ngấu

một phía lấy $h = \frac{S}{2} + (1 \div 3) \text{ mm}$

c) Điện áp hàn [2, 24, 25]

Điện áp hồ quang hay còn gọi điện áp hàn là hiệu điện thế giữa đầu điện cực hàn và bề mặt vùng kim loại nóng chảy, được đo bằng vôn kế trên máy hàn hay bộ phận xe hàn, điện áp hồ quang có ảnh hưởng nhất định đến hình dạng mối hàn.

Hồ quang dài, điện thế hồ quang cao sức thổi của nó đến kim loại lỏng sẽ giảm bớt, do đó khi hàn điện thế hồ quang tương đối cao thì độ sâu nóng chảy có hơi giảm bớt do hồ quang dài làm cho tính hoạt động của hồ quang tăng lên, như vậy chiều rộng vùng nóng chảy sẽ tăng lên một cách rõ rệt, mà chiều cao của mối hàn thì lại giảm xuống tương ứng. Điều chỉnh tốc độ đưa dây hàn có thể làm thay đổi được điện thế hồ quang, tăng tốc độ cấp dây hàn thì điện thế hồ quang sẽ thấp, ngược lại giảm tốc độ cấp dây hàn thì điện thế hồ quang sẽ cao, điện áp tăng cao thì sẽ:

- Tạo ra đường hàn rộng và phẳng;
- Tăng tiêu thụ chất trợ dung (thuốc hàn);
- Mối hàn dễ bị rỗ khí;
- Tăng sự hấp thụ các nguyên tố hợp kim từ chất trợ dung;
- Gây rạn nứt mối hàn;
- Khó loại bỏ xỉ khi hàn rãnh.

Ngược lại điện áp hồ quang quá thấp thì tạo ra đường hàn nhô cao và hẹp khó loại bỏ xỉ.

d) *Tốc độ hàn [2, 24, 25]*

Đối với dòng điện hàn và hồ quang cho trước, tăng tốc độ hồ quang hoặc tốc độ hành trình hồ quang sẽ làm giảm độ ngấu sâu, giảm độ bền mối hàn, giảm lượng nhiệt cung cấp cho một đơn vị chiều dài mối hàn. Tốc độ hàn quá cao sẽ làm giảm sự nóng chảy giữa kim loại hàn và kim loại nền. Khi giảm tốc độ hàn, độ ngấu sâu và độ bền mối hàn sẽ tăng lên, nhưng nếu tốc độ quá thấp độ ngấu sâu sẽ giảm, chất lượng mối hàn và bề mặt mối hàn sẽ giảm rõ rệt.

Thực tế cho thấy, hàn tự động dưới lớp thuốc khi tốc độ hàn nhỏ hơn 40 m/h thì ảnh hưởng của nó đến kích thước mối hàn không đáng kể. Nhưng khi tốc độ hàn lớn hơn 40m/h làm chiều sâu nóng chảy giảm tương đối mạnh, còn chiều rộng và chiều cao mối hàn giảm ít hơn.

Tốc độ hàn tối ưu khi hàn tự động dưới lớp thuốc được xác định theo công thức:

+ Hàn tự động dưới lớp thuốc với dây hàn đường kính (2÷3) mm:

$$V_h = (8 \div 12) 10^3 / I_h \quad (\text{m/h}) \quad (2.3)$$

+ Hàn tự động dưới lớp thuốc với dây hàn đường kính (4÷6) mm:

$$V_h = (20 \div 30) 10^3 / I_h \quad (\text{m/h}) \quad (2.4)$$

Hàn bán tự động, tốc độ hàn do người thợ hàn quyết định.

e) *Tầm với điện cực [2, 24, 25]*

Khoảng cách giữa mối hàn và đầu điện cực, tạo thành nhiệt trở. Khoảng đầu điện cực tới vật hàn càng lớn, lượng nhiệt càng cao, do đó tốc độ hàn càng cao. Khoảng cách đầu điện cực tới vật hàn thường là (10÷15) mm cho các đường kính điện cực 2,0; 2,4 và 3,2 mm, từ (15÷20) mm cho các đường kính điện cực 4,0; 4,8; 5,6 mm.

Tốc độ hàn có thể tăng khoảng (25÷50)% bằng cách tăng khoảng đầu điện cực, nhưng điều này ít được áp dụng trong công nghiệp.

Tốc độ cấp nhiệt: Tốc độ cấp nhiệt được tính toán theo công thức.

$$HIR = \frac{V \times A \times 60}{S \times 1000} \quad (2.5)$$

Trong đó: HIR: Tốc độ cấp nhiệt KJ/mm.

V: Điện áp hồ quang

A: Dòng điện hàn

S: Tốc độ hành trình hồ quang mm/min

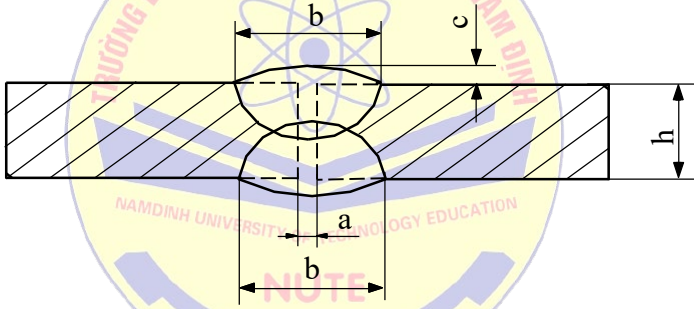
Tốc độ cấp nhiệt có ảnh hưởng đối với cấu trúc vĩ mô của mối hàn và cấu trúc vĩ mô của vùng bị ảnh hưởng nhiệt xung quanh mối hàn.

2.4.2. Các dạng liên kết hàn giáp mối

Đây là loại liên kết đơn giản, dễ chế tạo, tiết kiệm kim loại... do đó được dùng phổ biến trong thực tế. Tùy thuộc vào chiều dày vật liệu và yêu cầu kỹ thuật có thể vát mép hoặc không vát mép.

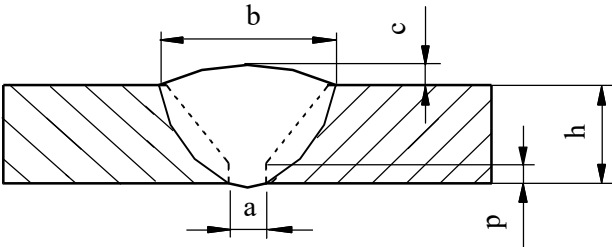
- Liên kết hàn giáp mối không vát mép, hàn hai phía: Quy phạm của liên kết hàn giáp mối không vát mép, hàn 2 phía được quy định như Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Quy phạm liên kết hàn giáp mối không vát mép, hàn hai phía

			
Kích thước, mm			
h	a	b	c
2	$2^{\pm 1}$	5 ÷ 8	$1,5^{\pm 1}$
3		6 ÷ 9	
4			
5	$1 \div 3,5$	7 ÷ 10	$2^{\pm 1}$
6			
7			
8			

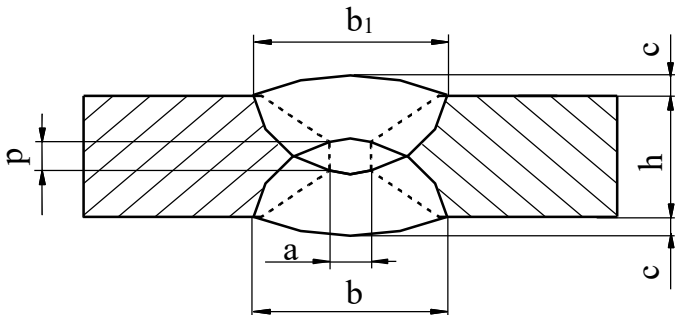
- Liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “V”, hàn một phía: Quy phạm của liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “V”, hàn một phía được quy định như Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Quy phạm liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “V”, hàn một phía

								
Góc vát $60^{\pm 5}$ độ								
Kích thước, mm								
h	a = p	b	c					
3	1 \pm 1	10	0 ÷ 2					
4		0 ÷ 2						
6				14				
8				20				
10	0 ÷ 3		24	0 ÷ 2,5				
12		0 ÷ 2,5						
14			30					
16			0 ÷ 3,5					
18					0 ÷ 3,5			
20						34		
22						0 ÷ 3,5		
24							0 ÷ 3,5	
26								38
28								0 ÷ 3,5
30	0 ÷ 3,5							
32		44						
34		0 ÷ 3,5						
36			0 ÷ 3,5					
38				48				
40				0 ÷ 3,5				
42					0 ÷ 3,5			
						54		
						58		

- Liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “X”: Loại liên kết này thường áp dụng với những vật liệu hàn có chiều dày >12 mm, quy phạm của liên kết này được quy định như Bảng 2.4.

Bảng 2.4. Quy phạm liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “X”.

																		
Góc vát $60^{\pm 5}$ độ																		
Kích thước, mm																		
h	a	b	b ₁	p	c													
12	$2^{\pm 1}$	18	13	$0 \div 2,5$	$1^{\pm 1}$													
14		$2^{\pm 1}$	20			14												
16			$2^{\pm 1}$			24	15											
18						$2^{\pm 1}$	28	16										
20							$2^{\pm 1}$	30	18									
22								$2^{\pm 1}$	34	20								
24									$2^{\pm 1}$	36	21							
26										$2^{\pm 1}$	38	23						
28				$2^{\pm 1}$							42	25						
30											$2^{\pm 1}$	46	26					
32												$2^{\pm 1}$	48	28				
34													$0 \div 3,5$					
36														$0 \div 3,5$				
38															$0 \div 3,5$			
40																$0 \div 3,5$		
42																	$0 \div 3,5$	
44	$0 \div 3,5$																	
46		$0 \div 3,5$																
48			$0 \div 3,5$															
50					$0 \div 3,5$													
52						$0 \div 3,5$												
54							$0 \div 3,5$											

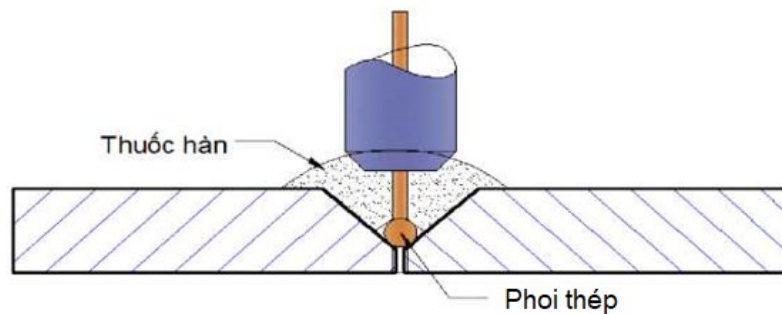
2.4.3. Kỹ thuật hàn

a) Kỹ thuật bắt đầu gậy hồ quang

Có thể gậy hồ quang bằng một trong các biện pháp sau:

* Dùng phoi ép vụn hoặc bột sắt.

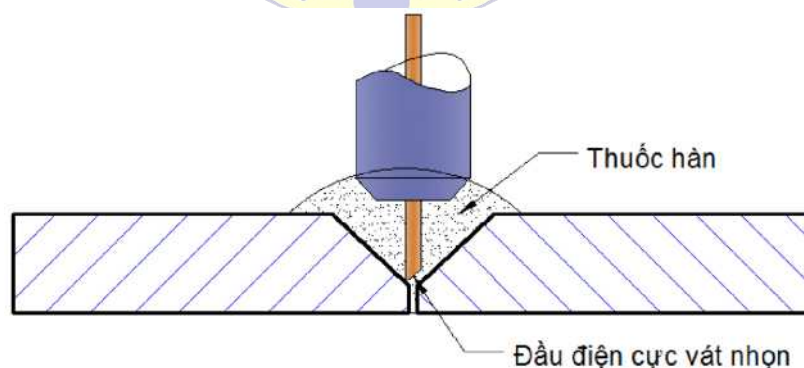
Đặt một cuộn tròn phoi thép có đường kính khoảng 10 mm vào nơi cần gậy hồ quang trên bề mặt liên kết, cho dây hàn hạ xuống cho đến khi nó ép chặt cuộn phoi thép (cũng có thể đổ bột thép mịn vào giữa đầu dây hàn và bề mặt vật hàn); sau đó đổ thuốc hàn vào và bắt đầu hàn.



Hình 2.7. Hình ảnh gậy hồ quang bằng phoi thép

* Làm nhọn đầu dây hàn

Cắt nhọn đầu dây hàn để có mật độ dòng lớn; sau đó hạ dây hàn để tiếp xúc bề mặt vật hàn; đổ thuốc hàn và bắt đầu hàn.



Hình 2.8. Hình ảnh gậy hồ quang bằng phương pháp cắt vát nhọn điện cực hàn

b) Chuyển động quét đầu dây hàn

Hạ dây hàn xuống cho tiếp xúc với bề mặt vật hàn; đổ thuốc hàn xuống; cho xe hàn chạy; ngay sau đó bật dòng điện hàn.

c) Tạo vũng xỉ nóng chảy

Khi hàn bằng nhiều dây hàn, một dây tạo vũng xỉ nóng chảy; sau đó các dây hàn kia tự gây hồ quang khi chúng được đưa vào vũng xỉ và bật dòng hàn.

d) Chuyển động xuống và lên dây hàn

Phương pháp này hữu ích và mang tính kinh tế khi cần thường xuyên gây hồ quang và khi phải gây hồ quang tại những điểm nhất định. Nó chỉ dùng cho nguồn hàn có đặc tính dốc đi kèm với bộ cấp dây có tốc độ biến đổi.

Đầu tiên dây hàn được hạ xuống để tiếp xúc bề mặt vật hàn; sau đó đồ thuốc hàn xuống và bật dòng điện hàn. Điện áp thấp giữa đầu dây hàn và vật hàn sẽ cung cấp tín hiệu cho bộ cấp dây rút đầu dây hàn ra khỏi vật hàn. Lúc đó xuất hiện hồ quang. Điện áp hồ quang tiếp tục tăng khi dây đang được kéo lên và động cơ bộ cấp dây nhanh chóng đổi chiều để cấp dây vào hồ quang. Tốc độ cấp dây tăng cho đến khi tốc độ chảy của dây hàn và điện áp hồ quang ổn định ở chế độ đặt trước.

Dùng bộ tạo tần số cao khi cần hàn gián đoạn hay hàn tốc độ cao. Bộ tạo tần số và điện áp cao được nối song song với mạch hàn, tự động tạo ra hồ quang giữa đầu dây hàn và bề mặt vật hàn khi khoảng cách giữa chúng giảm xuống còn 1,6 mm.

e) Ngắt hồ quang

Nói chung, để ngắt hồ quang đầu tiên phải ngừng hành trình của xe hàn; ngừng cấp dây hàn và ngắt dòng điện hàn sau vài giây, điều này sẽ tránh dây hàn dính vào vào vũng hàn, cho phép làm đầy kim loại ở cuối đường hàn.

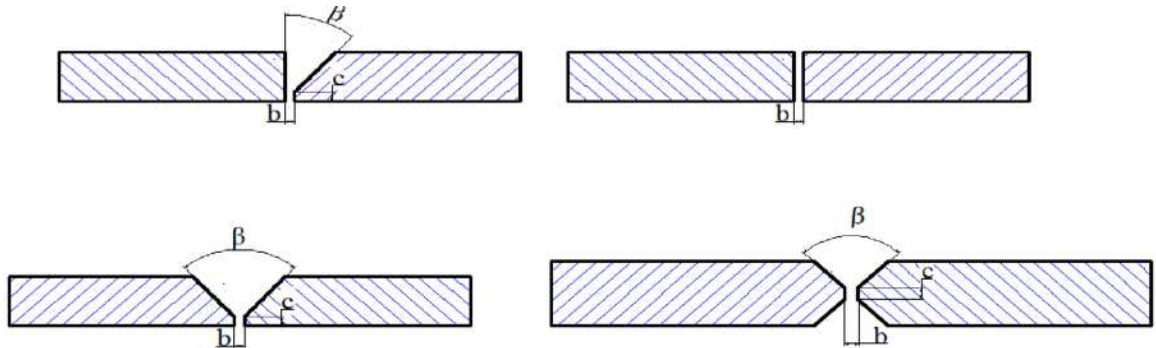
2.4.4. Kỹ thuật hàn tự động tâm phẳng

a) Hàn giáp mối

- Liên kết hàn: Căn cứ vào đường kính điện cực (dây hàn) và các kết cấu hàn cụ thể để điều chỉnh khe hở đáy b và thường có giá trị trong khoảng từ 1.5 - 2 mm. Phần mặt đáy c (phần không vát mép) thường có giá trị trong khoảng từ $2^{\pm 1}$ mm cho từng kết cấu hàn cụ thể.

- Góc rãnh hàn thường phụ thuộc nhiều vào công nghệ hàn và kiểu kết cấu hàn và được thay đổi trong khoảng từ $60^{\circ} \pm 5^{\circ}$ - $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$. Kiểu và độ lớn góc vát ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng mối hàn.

- Liên kết hàn giáp mối có thể chia thành các kiểu như sau:



Hình 2.9. Các dạng liên kết hàn giáp mối

+ Hàn giáp mối từ một phía: Việc chuẩn bị mép hàn cần đơn giản nhất. Do đặc điểm của quá trình hàn, có thể hàn tự động một lớp không vát mép tới chiều dày tấm 20 mm. Việc tăng độ lớn khe đáy có thể khắc phục hiện tượng mối hàn lồi quá mức do dòng điện hàn cao.

Sử dụng đệm lót cần bảo đảm đủ lực ép của tấm đệm nhằm tạo dáng tốt mối hàn (đệm đồng: cho tấm mỏng đến 3mm; đệm thuốc hàn: cho tấm 4^8 mm).

Khi chiều dày $s > 30$ mm, có thể hàn một hoặc nhiều lớp. Hàn chiều lớp cho phép giảm cường độ dòng điện hàn và bảo đảm chiều sâu ngẫu đủ lớn. Ngoài ra, hàn nhiều lớp thép hợp kim thấp dễ tối có tác dụng ram vùng ảnh hưởng nhiệt của các lớp trước đó.

Khi hàn tấm mỏng, cần giảm năng lượng đường để chống cháy thủng (chọn cường độ hàn I_h nhỏ) nhưng cần chọn chế độ hàn bảo đảm chiều sâu ngẫu h cần thiết là nhỏ nhất.

+ Hàn giáp mối từ hai phía: Kỹ thuật hàn giáp mối từ hai phía khác với chỉ hàn từ một phía. Mặt đáy có kích thước lớn hơn nhiều so với hàn hồ quang tay. Khe đáy thường rất nhỏ hoặc không có khe đáy. Lớp hàn đầu tiên không được ngẫu toàn bộ mặt đáy (phần ngẫu vào khoảng $2/3$ giá trị mặt đáy). Sau đó quay ngược để hàn lớp đầu tiên từ phía ngược lại (phải ngẫu phần chân đường hàn trước đó).

Nếu chỉ hàn một lớp từ mỗi phía, chiều sâu chảy lớp thứ hai gần bằng 2/3 chiều dày tấm.

- Khuyết tật thường gặp: đường hàn bị lệch về một bên, do dẫn hướng dây hàn không chính giữa mỗi hàn, làm một phần mặt đáy không ngấu hết. Trình tự đặt các đường hàn từ hai phía nên xem xét quá trình hình thành biến dạng khi hàn sao cho biến dạng dư là nhỏ nhất.

- Cách dẫn hướng dây hàn: có thể nghiêng đầu dây hàn ở các lớp trên.

- Trình tự hàn: thường hàn từ 2 đến 4 đường hàn từ một bên, sau đó hàn với số lớp nhiều hơn ở phía ngược lại.

b) Hàn góc

Hàn góc thường được thực hiện đối với các liên kết hàn chữ T và liên kết hàn chồng. Khi hàn, có thể vát mép hoặc không; có thể hàn một hoặc nhiều lớp.

2.4.5. Khuyết tật mối hàn

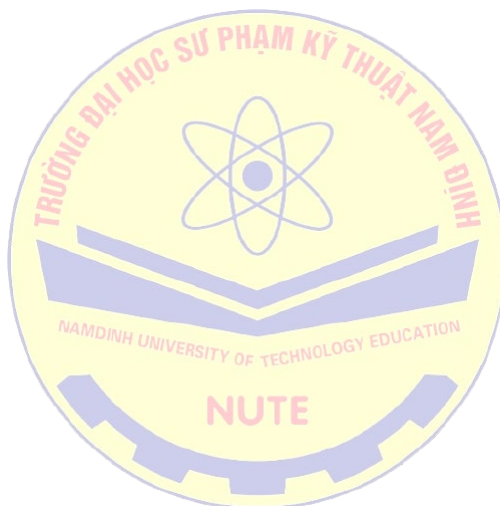
Khuyết tật làm giảm chất lượng mối hàn và tăng nguy cơ phá hủy kết cấu hàn trong quá trình vận hành. Các khuyết tật có thể là bên ngoài (nhìn thấy bằng mắt thường), hoặc bên trong (có thể phát hiện bằng các phương pháp kiểm tra không phá hủy). Nguy hiểm nhất là các khuyết tật dạng vết cắt (nứt, hàn không ngấu, lẫn xỉ có mép nhọn).

Nguyên nhân gây ra khuyết tật nhiều nhất là do thiết kế mối hàn không thích hợp; chọn sai kim loại cơ bản và vật liệu hàn, công nghệ và nhiệt luyện sau khi hàn; không giữ vững quy tắc công nghệ.

Kết luận chương 2

Bằng việc nghiên cứu lý thuyết về công nghệ, thiết bị, vật liệu và kỹ thuật hàn tự động dưới lớp thuộc đã xác định được: Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ tới chất lượng mối hàn giáp mối như: thông số chế độ hàn, thông số công nghệ hàn. Kỹ thuật hàn giáp mối 1 phía áp dụng trong ngành công nghiệp đóng tàu thủy.

Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở cho việc xây dựng mô hình thực nghiệm hàn giáp mối một phía đệm thuốc bằng phương pháp hàn SAW.



CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM HÀN GIÁP MỠI MỘT PHÍA BẰNG QUÁ TRÌNH HÀN SAW

Việc xây dựng mô hình thực nghiệm nhằm xác định các thành phần, yếu tố đầu vào, đầu ra của quá trình và giải quyết các mục tiêu của đề tài yêu cầu, từ đó lựa chọn trang thiết bị, kim loại làm mẫu, vật liệu hàn, kim loại bổ sung và xác định mức của các thông số công nghệ lựa chọn nghiên cứu, các chỉ tiêu cần đánh giá để chuẩn bị mẫu cho quá trình thực nghiệm.

3.1. Mô hình thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm được xây dựng trên cơ sở các yếu tố đầu vào của quá trình hàn và các mục tiêu đầu ra sau khi hàn.[26]



Hình 3.1. Mô hình thực nghiệm

3.2. Vật liệu

3.2.1. Vật liệu cơ bản

Việc chọn vật liệu làm mẫu thực nghiệm dựa trên các cơ sở sau:

- Phạm vi ứng dụng của công nghệ: Công nghệ hàn tự động SAW với kim loại bổ sung để hàn các kết cấu chế tạo từ thép tấm như (dầm, trụ nhà công nghiệp, trụ cầu trong giao thông vận tải, đóng tàu, dầu khí, nhiệt điện, thủy điện, khung máy, bộ máy...). Công nghệ này đạt hiệu quả cao và đáp ứng được yêu cầu chất lượng khi hàn các kết cấu có chiều dày vật liệu tương đối lớn [27, 28].

- Kết quả khảo sát thực tế về các loại thép hiện có trên thị trường và phạm vi nghiên cứu của đề tài, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 21 2010/BGTVT [21] để xác định cấp thép chế tạo vỏ tàu tải trọng trung bình từ 10.000 đến 20.000 tấn, tàu hoạt động trong điều kiện vùng nước hạn chế.

Từ những cơ sở trên vật liệu sử dụng làm mẫu thực nghiệm là thép A36 tương đương với mác thép SS400. Thành phần hóa học thép SS400 được xác định tại Trung tâm kỹ thuật đo lường chất lượng 1 thuộc Tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng, kết quả Bảng 3-1. Cơ tính thép SS400 được kiểm tra tại Trung tâm đánh giá hư hỏng vật liệu (COMFA) thuộc Viện khoa học vật liệu (IMS), kết quả Bảng 3-2.

Bảng 3.1. Thành phần hóa học của thép A36

Thành phần hóa học %									
C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Al
0,18	0,1÷0,5	0,1÷0,5	0,035	0,035	0,35	0,20	0,40	0,02	0,0115÷0,08

Bảng 3.2. Cơ tính của thép A36

Cấp thép	Giới hạn chảy nhỏ nhất (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn dài nhỏ nhất (%)	Năng lượng va đập trung bình (J)
A36	≥355	490 ÷ 630	21	34

3.2.2. Vật liệu hàn

Vật liệu hàn gồm thuốc hàn, dây hàn, kim loại bổ sung, các vật liệu này ảnh hưởng đến thành phần hóa học mối hàn, vì vậy việc chọn vật liệu hàn phải căn cứ vào kim loại cơ bản đã chọn. Sử dụng dây hàn và thuốc hàn của Công ty cổ phần Kim Tín sản xuất, địa chỉ: 40 Ngô Gia Tự - Đức Giang - Long Biên - Hà Nội.

a) Thuốc hàn [4, 29]

Với hàn dưới lớp thuốc, thuốc hàn có ảnh hưởng quyết định đến tính chất kim loại mối hàn. Khác với hàn hồ quang tay, có thể phối hợp thuốc hàn và dây hàn để có được kim loại mối hàn với thành phần hóa học mong muốn.

- Nguyên tắc chọn vật liệu hàn hồ quang dưới lớp thuốc

Loại dây hàn ảnh hưởng đáng kể đến thành phần hóa học của kim loại mối hàn.

Thuốc hàn cũng ảnh hưởng đến thành phần hóa học của kim loại mối hàn tùy theo mức độ tham gia của nó vào quá trình luyện kim khi hàn.

Thuốc hàn còn ảnh hưởng đến hình dạng mối hàn (chiều rộng, chiều cao, độ nhẵn bề mặt, bề ngoài) và đây là điều quan trọng đối với các kết cấu chịu tải trọng động như vỏ thân tàu.

- Ảnh hưởng của thuốc hàn đến thành phần hóa học của kim loại mối hàn

Khi hàn dưới lớp thuốc, trong vũng hàn xảy ra các phản ứng hóa học, mà bản chất của chúng là tương tác về mặt hóa lý giữa xỉ nóng chảy, kim loại nóng chảy và môi trường khí của hồ quang hàn. Trong các phản ứng đó, quan trọng nhất là các phản ứng oxi hóa và hoàn nguyên mangan và silic, cacbon, crôm, titan cùng các nguyên tố khác khi hàn thép hợp kim. Từ khía cạnh chất lượng mối hàn, việc khử lưu huỳnh và photpho cùng các chất khí cũng đóng vai trò quan trọng. Các phản ứng nói trên xảy ra trong thời gian rất ngắn (vài giây) và rất mãnh liệt, do diện tích giữa các pha nói trên lớn vì có sự xáo trộn mạnh giữa kim loại nóng chảy và xỉ nóng chảy. Điều này gắn liền với tính chảy loãng cao (độ nhớt thấp) của xỉ trong khoảng nhiệt độ xảy ra các phản ứng giữa kim loại nóng chảy và xỉ nóng chảy (đặc biệt rõ rệt với các loại thuốc hàn bazơ). Khi hàn dưới lớp thuốc, nhiệt độ cao của các giọt kim loại nóng chảy dịch chuyển từ dây hàn sang vũng hàn (khoảng 2300°C) và nhiệt độ trung bình của vũng hàn tương đối cao ($1770 \pm 100^\circ\text{C}$) tạo thuận lợi cho các phản ứng tỏa nhiệt.

Để đơn giản hóa khi lựa chọn, trên thực tế, các kỹ sư công nghệ có thể chọn thuốc hàn thích hợp với từng loại dây hàn cho các ứng dụng hàn cụ thể theo catalo của các hãng sản xuất vật liệu hàn.

Sử dụng thuốc HJ431-GB/T5293-1999, tương đương thuốc hàn theo tiêu chuẩn Mỹ AWS.A5.17- F6A2- ELI2. Thuốc này dùng để hàn thép các bon và một số thép hợp kim thấp. Thuốc được sấy ở nhiệt độ 200-300°C trong thời gian 2-3 giờ trước khi hàn.

- Đặc điểm của thuốc hàn nung chảy

Thường là hệ silicat có tỷ lệ oxit silic cao, do đó có đặc tính axit. Việc chứa nhiều oxit tự do: do thuốc hàn chứa nhiều oxit Mn và oxit Si, chúng bị các nguyên tố

kim loại làm hoàn nguyên.

Nhiệt độ nóng chảy khoảng 1300°C . nhiệt độ này bảo đảm xỉ hàn còn ở trạng thái nóng chảy khi kim loại mối hàn đã kết tinh để bề mặt có hình dạng tốt.

Độ nhớt đủ cao ở nhiệt độ cao để ngăn tác động của oxi và nitơ từ không khí khi hàn và ngăn xỉ chảy loang ra khỏi mối hàn. Tuy nhiên độ nhớt phải đủ thấp để khí kịp thoát ra khỏi vũng hàn khi nó kết tinh. Giá trị độ nhớt vào khoảng 200 poise ở $1000 - 1200^{\circ}\text{C}$ và khoảng 500 poise ở 1400°C .

Đồng nhất về mặt hóa học, không hút ẩm.

Không chứa được các nguyên tố hợp kim (do công nghệ chế tạo chúng).

Khi hàn, xỉ hàn chứa nhiều oxi tự do.

- Đặc điểm của thuốc hàn gồm

Thường có hệ số bazơ tối đa $2,6 \sim 3,2$. Hệ số bazơ cao khiến nồng độ oxi và lưu huỳnh thấp và độ dai va đập cao trong kim loại mối hàn. Nó khử oxi trong kim loại mối hàn triệt để hơn thuốc hàn nung chảy. Thuốc hàn gồm còn cải thiện tổ chức kim loại mối hàn thông qua biến tính.

Có thể bổ sung trực tiếp fero kim loại vào thuốc hàn, tăng khả năng hợp kim hóa kim loại mối hàn trong dải nồng độ rộng. Rất thích hợp cho hàn đắp các lớp đặc biệt (cứng). Các nguyên tố hợp kim dễ đi vào kim loại mối hàn (hàn đắp). Kim loại hợp kim hóa dễ chuyển vào mối hàn còn do tính ổn định hóa học của CaO và MgO (thành phần chính). Thuốc hàn gồm được hợp kim hóa đòi hỏi không chế tốt điện áp hồ quang, dễ hút ẩm. Do đó, ngày nay có xu hướng dùng thuốc hàn gồm không chứa fero hợp kim và kết hợp với dây hàn thép hợp kim để hàn thép hợp kim thấp độ bền cao (nhằm tránh nứt do hydro). Khi đó không còn vấn đề mất ổn định thành phần hóa học mối hàn do thay đổi điện áp hồ quang.



Hình 3.2. Thuốc hàn

- Vai trò của thuốc hàn
 - + Bảo vệ vũng hàn khỏi tác động của không khí từ bên ngoài;
 - + Cải thiện sự ion hóa tạo ổn định hồ quang;
 - + Tinh luyện kim loại vũng hàn (khử lưu huỳnh);
 - + Hợp kim hóa mối hàn (hoàn nguyên Mn và Si, và các nguyên tố hợp kim khác; vào kim loại mối hàn nếu là thuốc hàn gốm);
 - + Tạo dáng mối hàn;
 - + Bảo vệ thợ hàn khỏi tác dụng bức xạ của hồ quang;
 - + Chống bắn tóe kim loại nóng chảy.
- Phân loại
 - + Theo tác động về mặt luyện kim, thuốc hàn có thể mang đặc tính axit hoặc tính bazơ:

Tính theo hệ số axit A : $A = (\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2) / (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{K}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O})$. Khi $A < 0,9$ thuốc hàn thuộc loại bazơ; khi $A > 1,1$ thuốc hàn thuộc loại axit; và khi $A = 0,9 \dots 1,1$ thuốc hàn được gọi là thuộc loại trung tính.

+ Hệ số bazơ của xỉ hàn: $B = 1/A$

- Kí hiệu thuốc hàn: Tiêu chuẩn IIW 545-78 “phân loại, kí hiệu dây hàn và thuốc hàn cho hàn dưới lớp thuốc thép” của Viện Hàn Quốc tế như Bảng 3-3.

Bảng 3.3. Ký hiệu thuốc hàn theo Viện Hàn Quốc tế IIW

Ký hiệu	Thành phần chính	Loại
MS	Mn + SiO ₂ 50%min.	Mn silicat Ca silicat Zr silicat
CS	CaO + MgO + SiO ₂ 60%min.	
ZS	ZrO + SiO ₂ 30%min.	
AR	Al ₂ O ₃ + TiO ₂ 15%min.	Oxit nhôm - rutil Oxit nhôm - bazơ
AB	Al ₂ O ₃ + CaO + MgO 45%min. Al ₂ O ₃ 20%min.	
FB	CaO + MgO + MnO + CaF ₂ 50%min. SiO ₂ 20%max. CaF ₂ 15%min.	Bazơ - fluorit
ST	Chứa chất hợp kim hóa (kim loại)	Đặc biệt

Bảng 3.4. Thành phần hóa học của thuốc hàn HJ431[29]

SiO ₂	Al ₂ O ₃ + MnO	CaO+MgO	CaF ₂	FeO	S	P
40 ÷ 44	35 ÷ 42	7 ÷ 14	3 ÷ 7	< 1,8	< 0,06	< 0,08

b) Dây hàn

Hiện nay có nhiều loại dây hàn khác nhau dùng cho quá trình hàn tự động dưới lớp thuốc, song việc chọn dây hàn phải căn cứ vào thành phần kim loại cơ bản, yêu cầu cơ tính của mối hàn và hiệu quả của quá trình hàn. Với mục tiêu nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ hàn đến chất lượng mối hàn nên dây hàn được sử dụng là Dây hàn Spoolarc 81 của hãng ESAB với các đặc tính kỹ thuật như sau:

- Thành phần hóa học: C: 0,1%; Mn: 1,0%; Si: 0,2%; P: 0,008%; S: 0,010%
- Đặc điểm cơ học:
- + Độ bền kéo đứt: 560 MPa

- + Độ bền uốn: 470 MPa
- + Độ giãn dài (2''): 30%
- + CVN: 60 J + Nhiệt độ: -40°C
- + Đường kính: 3,2 (mm)



Hình 3.3. Dây hàn Spoolarc

3.3. Điều kiện thí nghiệm

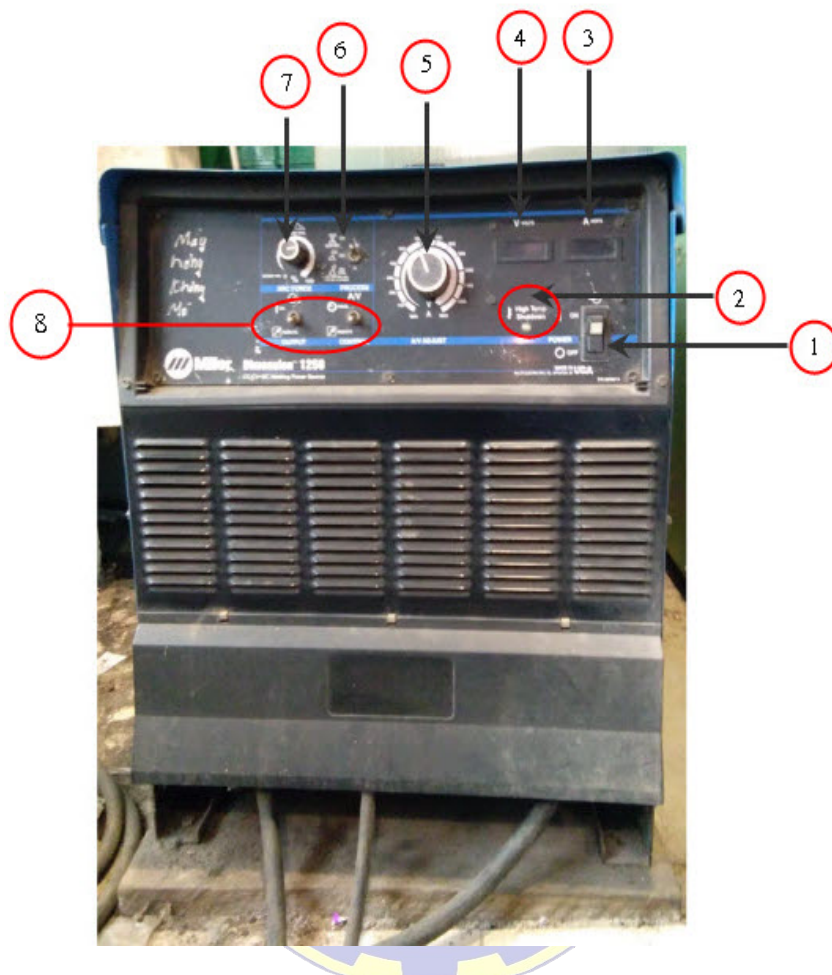
- Quá trình thí nghiệm sử dụng máy hàn tự động dưới lớp thuốc “Miller Dimension 1250”, dòng hàn cho phép đến 1000A, đường kính dây hàn tới 4mm, nguồn hàn, xe hàn và các trang thiết bị phụ trợ.

- Quá trình thực hiện thí nghiệm hàn các mẫu ở điều kiện nhiệt độ, áp suất, độ ẩm của môi trường.

- Liên kết hàn sử dụng lót đáy bằng thép thành phần giống kim loại cơ bản và thực hiện hàn ở vị trí hàn bằng.

3.3.1. Thiết bị thực nghiệm

Máy hàn tự động dưới lớp thuốc “Miller Dimension 1250”, Hình 3.4



Hình 3.4. Máy hàn tự động dưới lớp thuốc Miller Dimension 1250

Trong đó:

1. Công tắc nguồn
2. Đèn báo quá nhiệt
3. Đồng hồ Ampe
4. Đồng hồ Volt
5. Điều chỉnh dòng điện hàn
6. Công tắc chuyển đổi phương pháp hàn (SAW – SMAW)
7. Arc force
8. Công tắc chuyển chế độ điều khiển sang Remote

a) Hệ thống điều khiển dòng điện và điện áp hàn



Hình 3.5. Bảng điều khiển

Trong đó:

1. Vôn kế: cho biết điện áp hàn trong khi hàn
2. Ampe kế: cho biết cường độ dòng điện trong khi hàn
3. Power: tắt và mở chế độ điều khiển từ xa
4. Điều khiển dòng hàn.
5. Điều khiển điện áp
6. Bảng điều khiển đường đặc tính hàn
7. Nút rút dây lên
8. Nút đẩy dây xuống
9. Nút bắt đầu công việc hàn
10. Nút dừng công việc hàn

b) Hệ thống cấp và thu hồi thuốc hàn



Hình 3.6. Hệ thống cấp và thu hồi thuốc hàn

c) Bảng điều khiển từ xa



Hình 3.7. Bảng điều khiển từ xa

Trong đó:

1. Nút nguồn

2. Cầu chì
3. Điều chỉnh tốc độ hàn
4. Điều chỉnh xe hàn chạy tiến hoặc lùi
5. Công tác chuyên chế độ di chuyển xe hàn bằng tay hay tự động

3.3.2. Các trang thiết bị phụ trợ


Mô hình thí nghiệm của tác giả là hàn giáp mối hai tấm thép A36 dày 12mm bằng nguồn nhiệt hàn hồ quang dưới lớp thuốc, khe hở hàn $b = 3,2\text{mm}$. Khe hở hàn là một yếu tố quyết định rất lớn đến chất lượng và khả năng hình thành nên mối hàn. Do vậy cần phải sử dụng những trang thiết bị phụ trợ can thiệp như máy mài cầm tay, giấy ráp mịn, máy nén khí,... để làm sạch mép hàn và đảm bảo khe hở hàn.

Mặt nữa, do đặc thù ngành hàn, người thợ hàn luôn phải làm việc trong môi trường hàn độc hại do khói hàn, hồ quang hàn và nguy hiểm từ nguồn điện hàn. Do vậy, để đảm bảo an toàn cho người thợ hàn trong quá trình hàn, chúng ta cần phải trang bị cho người thợ hàn những trang thiết bị phụ trợ bảo hộ lao động cần thiết như trong Bảng 3.6 dưới đây:

Bảng 3.5. Các trang thiết bị phụ trợ và mục đích sử dụng:

STT	Tên trang thiết bị phụ trợ	Mục đích sử dụng
1	Găng tay hàn 	Tránh sự ảnh hưởng của nguồn nhiệt hàn đến phần tay của người thợ hàn.
2	Quần áo chịu nhiệt/yếm chịu nhiệt 	<ul style="list-style-type: none"> - Quần áo chịu nhiệt/yếm chịu nhiệt cần được làm từ những vật liệu khó cháy, ít hấp thu nguồn nhiệt. - Tránh sự ảnh hưởng của nguồn nhiệt đến phần thân của người thợ hàn.

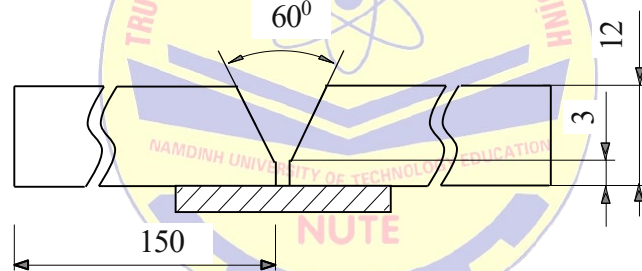
3	<p>Giày bảo hộ khi hàn</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tránh sự ảnh hưởng của nguồn nhiệt đến phần chân của người thợ hàn. - Giày có khả năng chống tĩnh điện, chống gập, an toàn cho thợ hàn.
4	<p>Máy mài cầm tay</p> 	<p>Dùng để mài mép các mẫu (nếu cần)</p>
5	<p>Giấy giáp mịn</p> 	<p>Dùng để loại bỏ những nhấp nhô mà máy mài không thực hiện được trên mẫu (mặt giáp mới) xuất hiện trong quá trình chuẩn bị mẫu trước đó.</p>
6	<p>Bàn chải sắt</p> 	<p>Làm sạch bề mặt mối hàn và vùng lân cận mối hàn.</p>
7	<p>Búa gõ xỉ</p> 	<p>Làm sạch xỉ hàn.</p>

8	<p>Máy nén khí mini</p> 	<p>Dùng để thổi sạch các hạt mặt sắt ra khỏi bề mặt ghép giáp mối xuất hiện do các quá trình chuẩn bị mẫu trước đó.</p>
---	---	---

3.3.3. Mẫu thực nghiệm

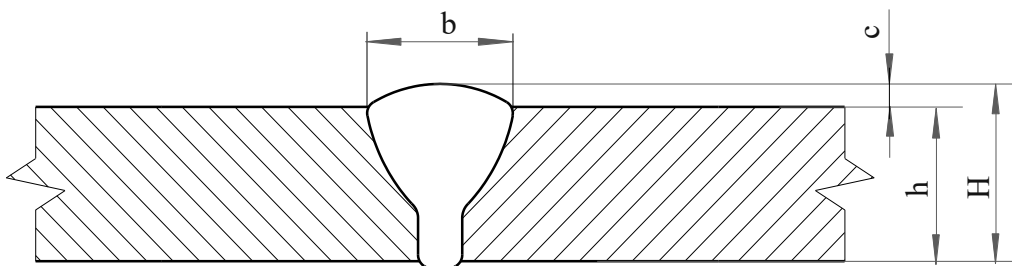
- Thông số kỹ thuật của mối ghép hàn [30, 31]

Chọn liên kết hàn giáp mối vát mép chữ “V”, Kích thước một chi tiết của liên kết hàn là 250x150x12 mm, để giữ kim loại bổ sung và thuốc hàn không chảy qua khe hở hàn sử dụng lót đáy liên kết hàn. Trong liên kết hàn thực nghiệm sử dụng tấm lót đáy bằng thép có thành phần giống kim loại cơ bản, kích thước tấm lót là 250x80x10 mm.



Hình 3.8. Mối ghép hàn

- Thông số kỹ thuật của mối hàn



Hình 3.9. Thông số kỹ thuật của mối ghép hàn

Trong đó:

Chiều rộng mối hàn (b): $b = 20 \text{ cm}$

Chiều cao đắp (c): $c = 2 \text{ mm}$

Chiều dày chi tiết hàn (h): $h = 12 \text{ mm}$

Chiều cao toàn bộ ($H=h+c$): $H = 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$



Hình 3.10. Mẫu thực nghiệm

- Xác định mức các thông số công nghệ thí nghiệm

Trong kỹ thuật hàn có nhiều thông số công nghệ ảnh hưởng đến chất lượng của mối hàn, tuy nhiên thông qua nghiên cứu lý thuyết về công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc SAW và dựa vào các nghiên cứu tương tự đã công bố, tác giả đã xác định các thông số chế độ hàn (U_h, I_h, V_h) là các thông số ảnh hưởng chính đến chất lượng của mối hàn; đồng thời xác định được giá trị sơ bộ của các thông số chế độ hàn thực nghiệm để hàn giáp mối một phía thép A36, chiều dày 12mm. Tiếp theo tác giả tiến hành hàn thí nghiệm sơ bộ để đánh giá chất lượng liên kết hàn thực nghiệm, trên cơ sở đó để xác định và điều chỉnh lại giá trị của các thông số chế độ hàn nhằm thu được mối hàn đảm bảo chất lượng theo quy chuẩn đóng tàu.

+ Đường kính dây hàn: xác định theo công thức (2.1) và tiêu chuẩn của dây hàn, chọn $d = 3,2 \text{ mm}$. [2, 25]

+ Cường độ dòng điện hàn: Để hàn thép các bon thấp dày từ (3/16 - 4 inch) vát mép hai bên một mặt, đường kính dây hàn 1/8 inch với kim loại bổ sung đến 55% hoặc thấp hơn thì cường độ dòng hàn trong phạm vi (500 - 900A) [32]. Hoặc tính theo công thức (2.2) và có sự điều chỉnh để phù hợp với, đường kính dây hàn, vật liệu hàn, vị trí hàn và kiểu liên kết hàn thực nghiệm thì: $I_h \approx (400 - 500) \text{ A}$.

Trên cơ sở đó ta xác định 3 mức cường độ dòng điện hàn để thí nghiệm là:

$I_{h1} = 440A$; $I_{h2} = 460A$; $I_{h3} = 480A$.

+ Điện áp hàn: Điện áp hàn tỷ lệ với I_h và chọn điện áp hàn cho các mức cường độ dòng điện hàn từ thấp đến cao là: 36, 38 và 40V.

+ Vận tốc hàn: Tốc độ hàn quá cao sẽ làm giảm sự nóng chảy giữa kim loại hàn và kim loại nền, với đường kính dây hàn $d = 3,2mm$ tốc độ hàn được xác định theo công thức (2.3) và chọn tốc độ hàn từ thấp đến cao là: 34, 36, 38 Cm/phút

+ Số lớp hàn n: phụ thuộc tiết diện ngang mối hàn, với liên kết hàn đã chọn ta tiến hành hàn 2 lớp ($n = 2$). Nếu thực hiện hàn một lớp thì tốc độ hàn quá chậm so với hàn tự động sẽ ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả thí nghiệm.

Tập hợp các mức và giá trị từng mức các thông số công nghệ để thí nghiệm hàn mẫu bằng công nghệ SAW, Bảng 3.7.

Tiếp theo tác giả tiến hành hàn thí nghiệm sơ bộ ở mức giá trị trung bình của các thông số chế độ hàn $I_h = 460A$, $U_h = 36V$, $V_h = 38$ Cm/ph. Tiến hành hàn 3 mẫu thực nghiệm; Đánh giá chất lượng mối hàn mẫu thực nghiệm theo tiêu chuẩn ISO 5817 thu được các mối hàn đều đảm bảo độ ngấu và hình dạng kích thước.

Để tiến hành khảo sát mức độ, phạm vi ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đã xác định đến chất lượng của liên kết hàn thực nghiệm như độ ngấu, chiều cao, bề rộng và cơ tính của mối hàn. Dựa trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết, kinh nghiệm thực tế và các công trình đã công bố, tác giả xác định khoảng biến thiên của các thông số chế độ hàn như Bảng 3.7.

Bảng 3.6. Giá trị biến thiên của các thông số công nghệ hàn thực nghiệm

Thông số công nghệ	Thông số thiết kế	Mức độ thông số công nghệ			Khoảng biến thiên
		Thấp (-1)	Trung bình (0)	Cao (1)	
Dòng điện hàn (A)	P1	440	460	480	20
Điện áp (V)	P2	34	36	38	2
Vận tốc hàn (Cm/ph)	P3	36	38	40	2

3.4. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Quy hoạch thực nghiệm nhằm xác định ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng của liên kết mối hàn.

- Xây dựng mối quan hệ toán học giữa các thông số chế độ hàn đến các thông số đặc trưng của chất lượng mối hàn:

Các thông số đầu vào và thông số đầu ra của bài toán quy hoạch thực nghiệm là các thông số chế độ hàn SAW và hình dạng và giới hạn bền của mối hàn đó là;

+ Thông số đầu vào x_1, x_2, x_3 là đại lượng đặc trưng cho cường độ dòng điện hàn I_h (A), vận tốc hàn V_h (cm/phút) và vận tốc hàn (V_h).

+ Thông số đầu ra y_1, y_2, y_3, y_4 đặc trưng cho chất lượng mối hàn gồm: chiều rộng, chiều cao, chiều sâu ngấu và giới hạn bền kéo của mối hàn giáp mối một phía.

Hàm số ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến sự hình thành mối hàn:

$$b, c, h, G, \dots = f(I, U, V_h)$$

Chọn chiều dày vật hàn điển hình: $S = 12\text{mm}$, $d = 3,2\text{mm}$, ... và tâm với, góc nghiêng điện cực, ... giữ cố định.

Trong đó:

b – là chiều rộng mối hàn;

c – là chiều cao (phần lồi) mối hàn;

h – là chiều sâu ngấu của mối hàn;

G – là độ bền kéo của mối hàn

I_h, U_h, V_h – tương ứng là cường độ dòng điện hàn, điện áp, vận tốc hàn.

- Khoảng giá trị của các thông số chế độ hàn như trong Bảng 3.7:

+ Dòng điện hàn: $I_h = 440 \div 480$ (A)

+ Điện áp hàn: $U_h = 34 \div 38$ (V)

+ Vận tốc hàn: $V_h = 36 \div 40$ (Cm/phút)

Dựa trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết và các công trình đã công bố, tác giả tiên lượng mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn cần khảo sát với các thông số đặc trưng của chất lượng mối hàn là mối quan hệ phi tuyến. Áp dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc 2 tâm xoay tác giả thiết lập bảng kế hoạch thực nghiệm với

17 mẫu thực nghiệm trong đó có 3 thí nghiệm ở tâm, 6 thí nghiệm ở cánh tay đòn và 8 thí nghiệm ở các mức cơ bản như Bảng 3.7 và Bảng 3.8.

Bảng 3.7. Phương án thực nghiệm theo giá trị mã hóa

Thí nghiệm số	Chế độ hàn		
	I_h (A)	Điện áp (V)	V_h (Cm/ph)
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1,215	0	0
10	1,215	0	0
11	0	-1,215	0
12	0	1,215	0
13	0	0	-1,215
14	0	0	1,215
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

Trên cơ sở bảng kế hoạch thực nghiệm theo biến mã hóa như trong Bảng 3.7, tiến hành thay các giá trị theo biến thực của các thông số chế độ hàn cần khảo sát theo biến mã hóa ta được Bảng 3.8.

Bảng 3.8. Chế độ hàn của các thí nghiệm theo giá trị thực

Thí nghiệm số	Chế độ hàn		
	I_h (A)	Điện áp (V)	V_h (Cm/ph)
1	440	34	36

Tiếp bảng 3.8

2	480	34	36
3	440	38	36
4	480	38	36
5	440	34	40
6	480	34	40
7	440	38	40
8	480	38	40
9	435,7	36	38
10	484,3	36	38
11	460	33,57	38
12	460	38,43	38
13	460	36	35,57
14	460	36	40,43
15	460	36	38
16	460	36	38
17	460	36	38

3.5. Quy trình hàn thực nghiệm

3.5.1. Quy trình chung

Bước 1: Chuẩn bị các mối ghép giáp mỗi một phía theo bản vẽ, hàn tâm công nghệ hai đầu mỗi ghép.

Bước 2: Gá kẹp mối ghép hàn lên đồ gá ở vị trí hàn bằng.

Bước 3: Thiết lập các thông số công nghệ đã xác định theo Bảng 3.8.

Bước 4: Chạy thử, kiểm tra và hiệu chỉnh chương trình hàn,

Bước 5: Thực hiện hàn các liên kết hàn lần lượt theo Bảng 3.8.

Bước 6: Tháo các liên kết hàn ra khỏi đồ gá.

Bước 7: Làm sạch liên kết hàn

3.5.2. Hàn mẫu thực nghiệm

Quá trình hàn mẫu thực nghiệm được thực hiện theo bảng quy trình hàn sơ bộ (WPS) xây dựng theo tiêu chuẩn AWS D1.1/D1.1.M:2010 [33], được trích dẫn trong phụ lục 1 của luận văn. Trong quá trình hàn mẫu cần lưu ý một số điểm sau:

- Trước khi hàn:

Kiểm tra sự đồng bộ của thiết bị hàn như nguồn hàn, xe hàn, cơ cấu cấp thuốc, cấp dây và bảng điều khiển.

Điều chỉnh thiết bị cấp kim loại bổ sung đúng khối lượng cho từng thí nghiệm.

Hàn trên phôi để điều chỉnh các thông số công nghệ (I_h, V_h, U_h) đúng với thông số chế độ hàn của từng mẫu thí nghiệm.

Kiểm tra, đính liên kết hàn lên bàn hàn, trước khi đính phải điều chỉnh phôi để dây hàn hướng đúng vào giữa rãnh hàn trên suốt chiều dài đường hàn.

Gá ống cấp kim loại lên vòi hàn và cấp hạt kim loại vào rãnh hàn theo đúng khối lượng đã điều chỉnh.

- Tiến hành hàn:

Mở phiếu cấp thuốc hàn, điểm bắt đầu hàn trên tấm nốt đáy cách mép đầu liên kết hàn từ 20 - 30mm.

Quá trình hàn phải quan sát bảng điều khiển để phòng sự thay đổi các thông số chế độ hàn và theo dõi thuốc hàn nếu thiếu cần bổ sung tránh để hở hồ quang.

Hàn xong lớp thứ nhất làm sạch xỉ, khi nhiệt độ giảm xuống còn $\sim 150^{\circ}\text{C}$ thì tiếp tục cấp kim loại bổ sung và hàn lớp thứ 2.

Sau khi hàn xong liên kết hàn được làm nguội trong không khí và tiếp tục hàn các mẫu khác theo các bước đã nêu và bảng thông số quy trình hàn.

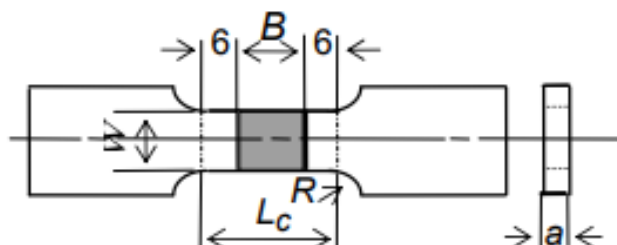
3.6. Lấy mẫu kiểm tra chất lượng của mối hàn

- Làm sạch toàn bộ 17 liên kết hàn thực nghiệm bằng bàn chải sắt, và các dụng cụ cầm tay, đảm bảo các mẫu sạch triệt để các xỉ hàn, kim loại bắn tóe, và các vết han gỉ,... Sử dụng các dụng cụ như thước đo chuyên dụng để đo chiều cao, bề rộng mặt trên và mặt đáy mối hàn;

- Cắt mẫu theo tiết diện ngang của mối hàn để lấy mẫu kiểm tra Macro để

kiểm tra độ ngẫu của mối hàn;

- Cắt mẫu thử uốn chân, uốn mặt và thử kéo mối hàn áp dụng theo quy chuẩn đóng tàu Việt Nam ở Bảng 6/3.1, trang 11 trong QCVN21:2015/BGTVT.[34]



Hình 3.11. Mẫu thử kéo ngang mối hàn giáp mối

Trong đó:

B: là bề rộng của mối hàn;

t: là chiều dày của phôi hàn; chiều dày mẫu thử $a=t=12$; $W=30$; $L_c=B+12$;

$R \geq 50$

3.7. Đo kết quả và lập bảng thống kê số liệu thực nghiệm

Sử dụng các thước đo chuyên dụng để đo các thông số kích thước của mối hàn như: b – là chiều rộng mối hàn; c – là chiều cao (phần lồi) mối hàn; h – là chiều sâu ngẫu của mối hàn. Các kết quả đo được theo các mẫu thực nghiệm được trình bày như trong Bảng 3.9.

Bảng 3.9. Kế hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm

Số TN	Giá trị các biến thực			Giá trị các biến mã hóa			Giá trị các hàm mục tiêu		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Chiều rộng mối hàn, Y ₁	Chiều cao mối hàn, Y ₂	Chiều sâu ngẫu, Y ₃
1	440	34	36	-1	-1	-1	20,5	2,2	1,69
2	480	34	36	+1	-1	-1	21,1	2,6	1,73
3	440	38	36	-1	+1	-1	21,7	1,9	1,64
4	480	38	36	+1	+1	-1	21,9	2,2	1,65

Tiếp bảng 3.9

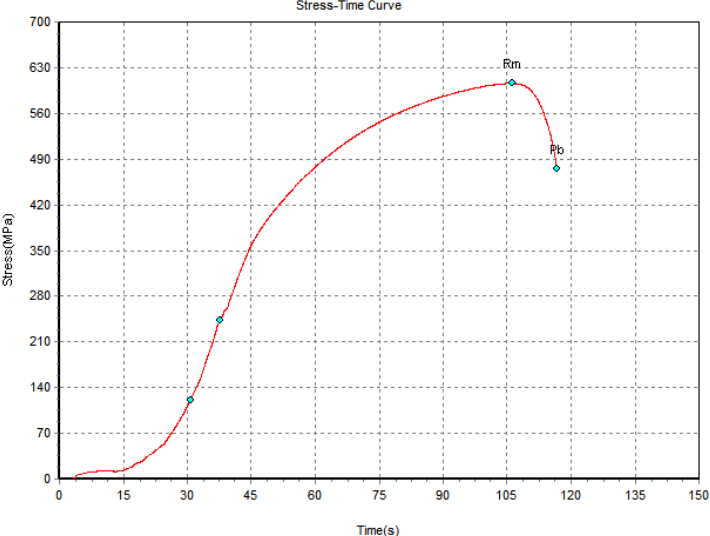
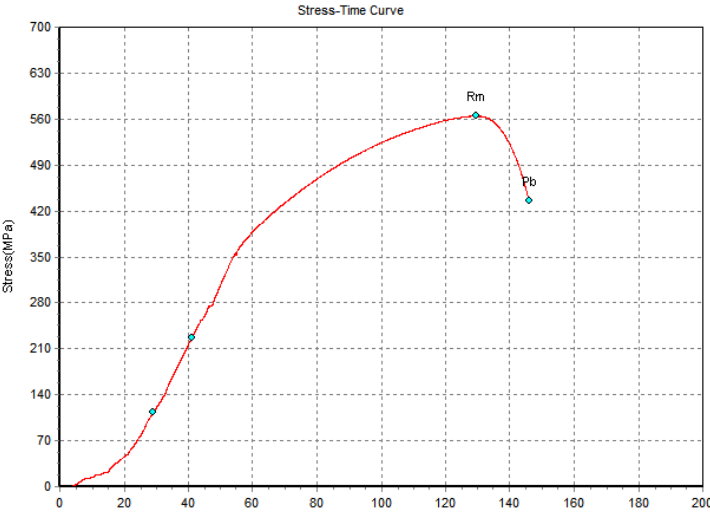
5	440	34	40	-1	-1	+1	19,8	2,4	1,72
6	480	34	40	+1	-1	+1	20,5	2,7	1,83
7	440	38	40	-1	+1	+1	21,7	2,2	1,74
8	480	38	40	+1	+1	+1	21,3	2,5	1,79
9	435,7	36	38	- ,215	0	0	20,4	1,9	1,72
10	484,3	36	38	+1,215	0	0	20,8	2,5	1,83
11	460	33,57	38	0	- ,215	0	19,4	2,4	1,61
12	460	38,43	38	0	+1,215	0	22	2,1	1,69
13	460	36	35,57	0	0	- ,215	20,2	1,8	1,71
14	460	36	40,43	0	0	+1,215	19,7	2,4	1,62
15	460	36	38	0	0	0	20,7	2,3	1,76
16	460	36	38	0	0	0	20,3	2,2	1,8
17	460	36	38	0	0	0	20,8	2,4	1,7

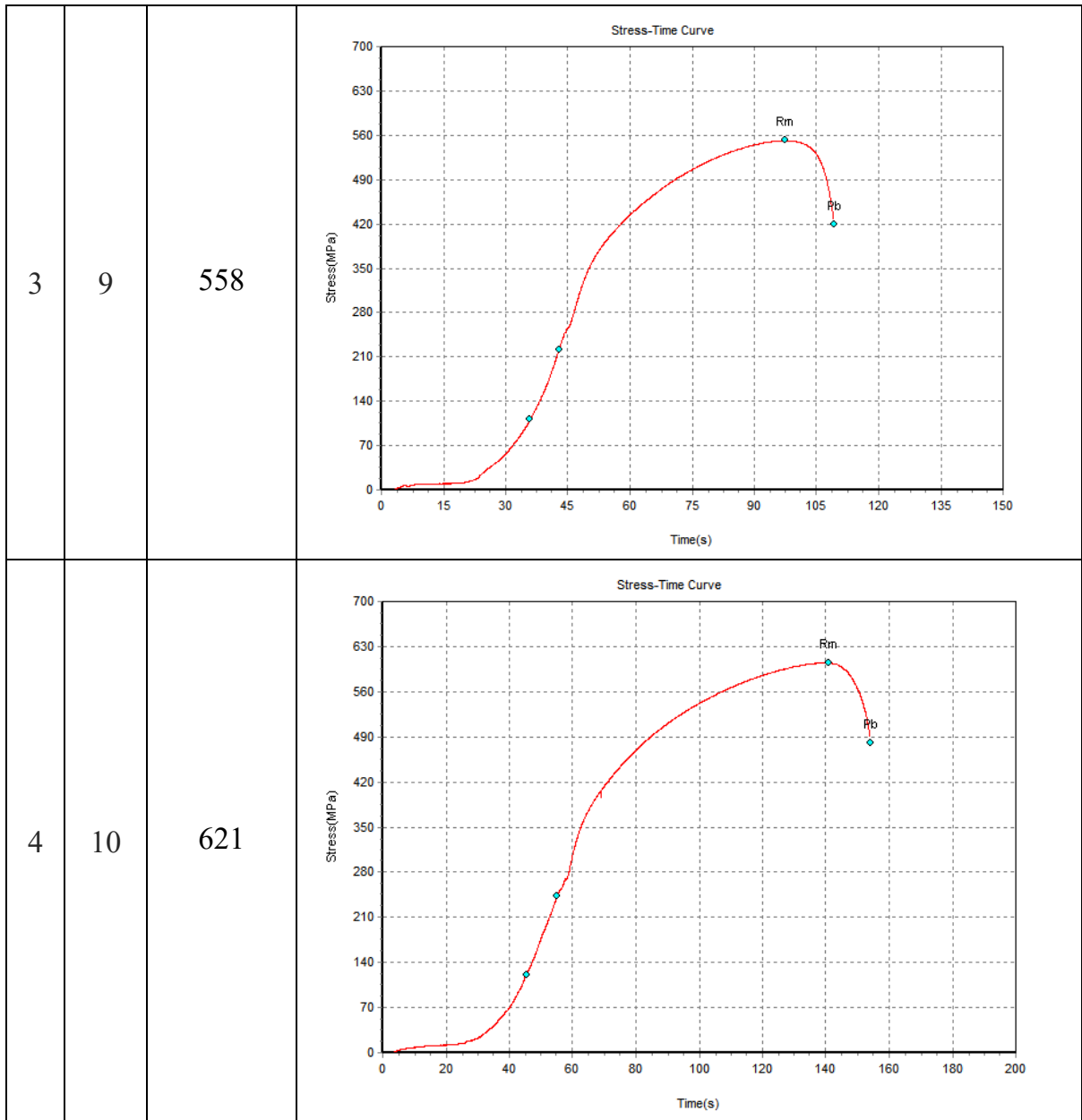
Chất lượng của liên kết hàn được đánh giá không chỉ bởi hình dáng và kích thước hợp lý như đã phân tích ở trên, mà còn bởi các tính chất cơ học, cấu trúc và tổ chức tế vi, cũng như độ cứng của kim loại trong liên kết hàn nhận được từ thực nghiệm. Kiểm tra cơ tính là công việc đi xác định các đặc tính cơ học của liên kết hàn. Trên cơ sở đó, đánh giá tính hợp lý của quy trình hàn đã sử dụng, vật liệu hàn đã lựa chọn,... Cách thức và quy trình kiểm tra cơ tính như thử kéo ngang, thử uốn, thử độ cứng của liên kết hàn tổng đoạn được thực hiện theo QCVN 21/GTVT.[34]

Các mẫu để thử kéo ngang liên kết hàn sau khi đã được cắt đúng vị trí sẽ được gia công đúng các kích thước và độ nhám bề mặt theo quy định của QCVN 21/GTVT.[34] Tiến hành gá lắp trên giá thử kéo của thiết bị kéo nén vạn năng WEW-600D một cách chắc chắn rồi thực hiện việc kéo mẫu. Kết quả thử kéo được thể hiện trong Bảng 3.10.

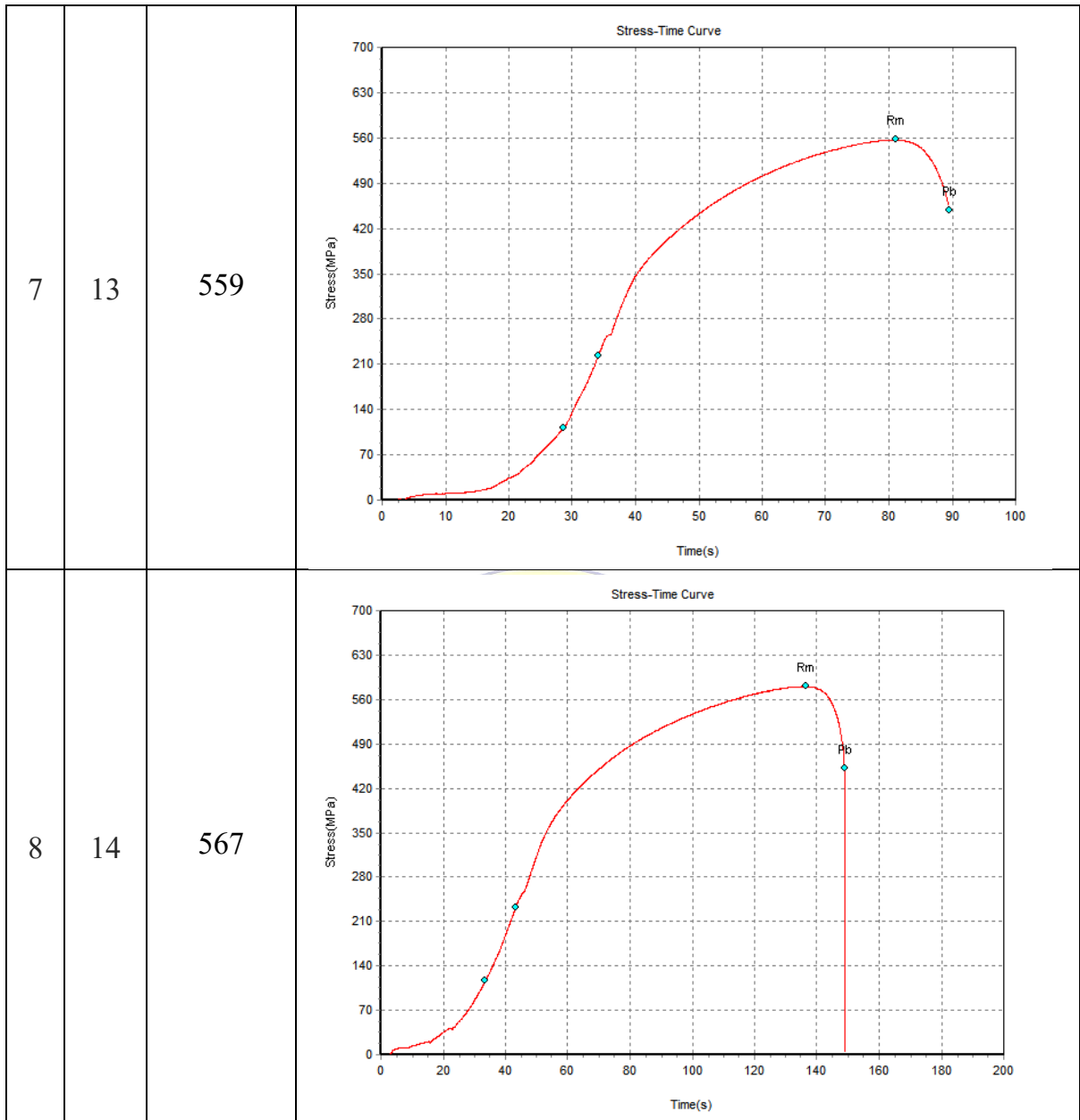
Một số kết quả thử kéo và đồ thị kiểm tra độ bền kéo mỗi hàn của các mẫu thử trình bày trong Bảng 3.10

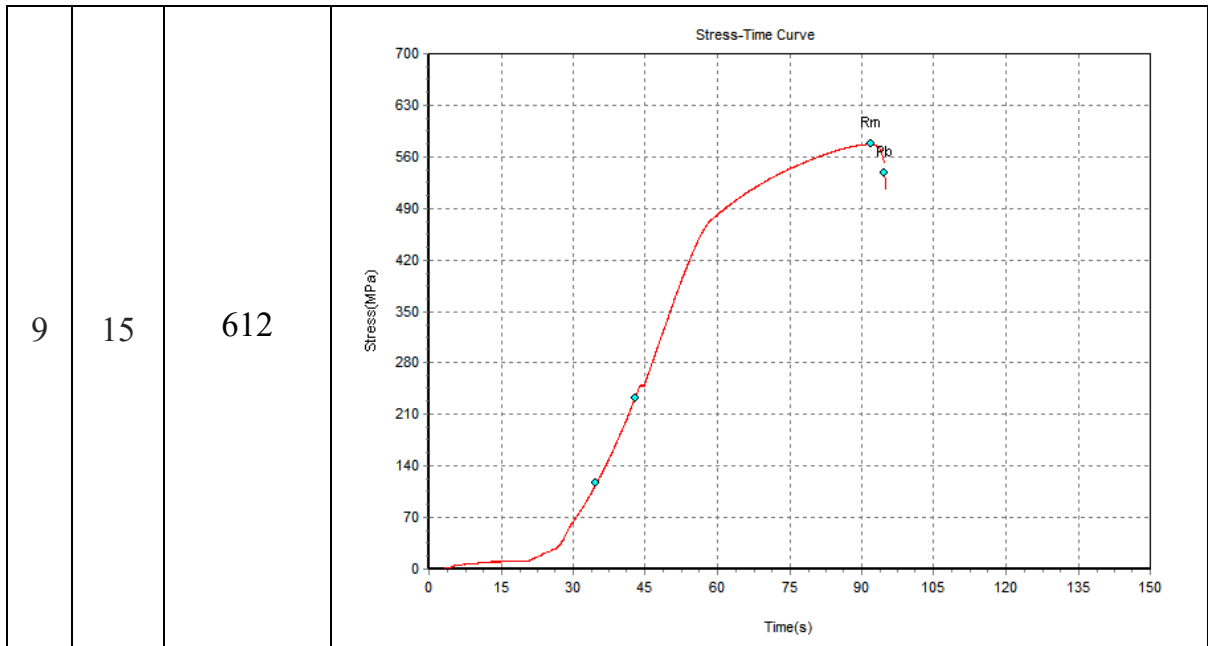
Bảng 3.10. Kết quả thử kéo và đồ thị kiểm tra độ bền kéo mỗi hàn của các mẫu thử

TT	Mẫu hàn số	Giới hạn bền kéo [N/mm ²]	Biểu đồ thử kéo
1	2	623	 <p>The graph for sample 1 shows a stress-time curve. The y-axis is Stress (MPa) from 0 to 700, and the x-axis is Time (s) from 0 to 150. The curve starts at (0,0), rises to a yield point (Pb) at approximately 490 MPa and 115 seconds, reaches a maximum stress (Rm) at approximately 623 MPa and 105 seconds, and then drops to zero at approximately 120 seconds.</p>
2	4	561	 <p>The graph for sample 2 shows a stress-time curve. The y-axis is Stress (MPa) from 0 to 700, and the x-axis is Time (s) from 0 to 200. The curve starts at (0,0), rises to a yield point (Pb) at approximately 430 MPa and 145 seconds, reaches a maximum stress (Rm) at approximately 561 MPa and 130 seconds, and then drops to zero at approximately 150 seconds.</p>



5	11	560	<p>Stress-Time Curve</p> <table border="1"> <caption>Approximate data points for specimen 560</caption> <thead> <tr> <th>Time (s)</th> <th>Stress (MPa)</th> <th>Label</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>75</td><td>100</td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td>220</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td>350</td><td></td></tr> <tr><td>150</td><td>480</td><td></td></tr> <tr><td>205</td><td>560</td><td>PeH</td></tr> <tr><td>225</td><td>580</td><td>Rm</td></tr> <tr><td>255</td><td>420</td><td>Rb</td></tr> </tbody> </table>	Time (s)	Stress (MPa)	Label	0	0		30	10		60	50		75	100		85	220		100	350		150	480		205	560	PeH	225	580	Rm	255	420	Rb
Time (s)	Stress (MPa)	Label																																		
0	0																																			
30	10																																			
60	50																																			
75	100																																			
85	220																																			
100	350																																			
150	480																																			
205	560	PeH																																		
225	580	Rm																																		
255	420	Rb																																		
6	12	566	<p>Stress-Time Curve</p> <table border="1"> <caption>Approximate data points for specimen 566</caption> <thead> <tr> <th>Time (s)</th> <th>Stress (MPa)</th> <th>Label</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td>100</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td>220</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>400</td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td>600</td><td>Rm</td></tr> <tr><td>105</td><td>480</td><td>Rb</td></tr> </tbody> </table>	Time (s)	Stress (MPa)	Label	0	0		15	5		30	20		40	100		45	220		60	400		90	600	Rm	105	480	Rb						
Time (s)	Stress (MPa)	Label																																		
0	0																																			
15	5																																			
30	20																																			
40	100																																			
45	220																																			
60	400																																			
90	600	Rm																																		
105	480	Rb																																		





Bảng 3.11. Số liệu thí nghiệm thông số công nghệ hàn và độ bền kéo

Số TN	Giá trị các biến thực			Giá trị các biến mã hóa			Giá trị các hàm mục tiêu
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁	X ₂	X ₃	σ _k , Y ₄
1	440	34	36	-1	-1	-1	552
2	480	34	36	+1	-1	-1	565
3	440	38	36	-1	+1	-1	549
4	480	38	36	+1	+1	-1	564
5	440	34	40	-1	-1	+1	562
6	480	34	40	+1	-1	+1	556
7	440	38	40	-1	+1	+1	567
8	480	38	40	+1	+1	+1	558
9	435,7	36	38	-1,215	0	0	549
10	484,3	36	38	+1,215	0	0	570
11	460	33,57	38	0	-1,215	0	554
12	460	38,43	38	0	+1,215	0	566
13	460	36	35,57	0	0	-1,215	558
14	460	36	40,43	0	0	+1,215	564

Tiếp bảng 3.11

15	460	36	38	0	0	0	559
16	460	36	38	0	0	0	560
17	460	36	38	0	0	0	563

Từ những kết quả thực nghiệm trong Bảng 3.9 và Bảng 3.11, sử dụng phần mềm xử lý số liệu thực nghiệm Modde 5.0 tìm được các hệ số (a_0, a_j, a_{ij}) của phương trình hồi quy, độ lệch chuẩn R và tính tương thích của mô hình thực nghiệm Q như sau:

- Phương trình hồi quy biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn với chiều rộng mỗi hàn:

$$Y_1 = 20,1426 + 0,119974x_1 + 0,594936x_2 - 0,110248x_3 - 0,275002x_1x_2 + 0,049999x_1x_3 + 0,175x_2x_3 + 0,43053x_1^2 + 0,566012x_2^2 - 0,00978x_3^2$$

$$\text{Hệ số tương quan } R^2 = 0,824.$$

- Phương trình hồi quy biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn với chiều cao mỗi hàn:

$$Y_2 = 2,25392 - 0,0436887x_1 - 0,110249x_2 + 0,22374x_3 - 1,19392x_1x_2 + 0,02499x_1x_3 - 0,02499x_2x_3 + 0,075326x_1^2 + 0,007586x_2^2 + 0,007585x_3^2$$

$$\text{Hệ số tương quan } R^2 = 0,895.$$

- Phương trình hồi quy biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn với chiều sâu ngấu của mỗi hàn:

$$Y_3 = 1,7092 + 0,0313767x_1 - 0,00482x_2 + 0,02379x_3 - 0,01125x_1x_2 + 0,0137499x_1x_3 + 0,01375x_2x_3 + 0,05586x_1^2 - 0,028814x_2^2 - 0,0186529x_3^2$$

$$\text{Hệ số tương quan } R^2 = 0,605.$$

- Phương trình hồi quy biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn với độ bền kéo của mỗi hàn:

$$Y_4 = 560,234 + 3,516x_1 + 1,605x_2 + 1,852x_3 - 0,125x_1x_2 - 5,375x_1x_3 + 1,375x_2x_3 - 0,771x_1^2 - 0,432x_2^2 + 0,244x_3^2$$

$$\text{Hệ số tương quan } R^2 = 0,740.$$

Theo đó, tính giá trị trong cột η (S/N): Yêu cầu đặt ra là sản phẩm sau quá trình hàn có độ bền cơ tính lớn nhất. Do vậy công thức tính S/N được chọn:

$$\eta = S/N = -10\log_{10}(\text{MSD})$$

Do kết quả đầu ra càng nhỏ càng tốt nên công thức tính MSD được áp dụng: Phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để miêu tả quan hệ giữa các thông số chế độ hàn và độ bền kéo của sản phẩm. Tổng hợp các kết quả tính toán với công thức tính tổng bình phương như sau:

$$3(m_{j1} - m)^2 + 3(m_{j2} - m)^2 + 3(m_{j3} - m)^2$$

$$\text{Trong đó: } m = (1/17) \sum_{i=1}^9 \eta_i = -8,00 \text{ và } m_{ji} = (1/3) \sum_{i=1}^3 (\eta_j)_i$$

3.8. Đánh giá và thảo luận kết quả thực nghiệm

Thông qua quá trình hàn 17 mẫu thực nghiệm theo bảng kế hoạch thực nghiệm Bảng 3.8, với các giá trị của các thông số chế độ hàn cần khảo sát như trong Bảng 3.6; thông qua kết quả đánh giá chất lượng mỗi hàn thực nghiệm theo tiêu chuẩn ISO 5817 [35] và theo quy chuẩn đóng tàu Việt Nam QCVN21:2015/BGTVT [34] cho thấy rằng tất cả 17 mẫu hàn đều đạt yêu cầu chất lượng về hình dạng kích thước của mỗi hàn ở mức B (mức chất lượng cao nhất phù hợp với kết cấu vỏ tàu thủy) như: Mỗi hàn ngẫu hoàn toàn, chiều cao mỗi hàn từ 0÷3mm, bề rộng mỗi hàn nằm trong phạm vi từ 19,7 ÷ 22mm. Kết quả thử độ bền kéo ngang mỗi hàn với 17 mẫu thử kéo đều đứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt của mỗi hàn với giá trị độ bền kéo thu được $\sigma_k = 552 \div 623$ MPa nằm trong phạm vi độ bền kéo của kim loại cơ bản thép A36.

Từ kết quả thử độ bền kéo các mẫu Bảng 3.11 và kết quả đánh giá ngoại dạng mỗi hàn theo tiêu chuẩn ISO 5817 [35] theo các yêu tố đặc trưng cơ bản về chất lượng của mỗi hàn cần xác định. Khi hàn tự động dưới lớp thuốc - SAW, liên kết hàn giáp mỗi một phía có đệm lót bằng thuốc và thép ở mặt đáy, thép A36 có chiều dày 12 mm, vật liệu hàn và các thông số công nghệ hàn khác đã xác định và coi như không đổi,... với phạm vi thay đổi giá trị của các

thông số chế độ hàn cần khảo sát như: $I_h = 440 \div 480A$, $U_h = 34 \div 38V$, $V_h = 36 \div 40 \text{ Cm/phút}$ thu được mối hàn đảm bảo chất lượng theo các tiêu chuẩn đánh giá chất lượng mối hàn phù hợp với kết cấu vỏ tàu thủy.

Kết luận chương 3

- Trên cơ sở nghiên cứu công nghệ, thiết bị và vật liệu hàn SAW và kỹ thuật hàn giáp mối một phía trong chế tạo vỏ tàu thủy đã xây dựng được mô hình mối ghép hàn thực nghiệm phù hợp khi hàn giáp mối một phía thép A36 ứng dụng trong vỏ tàu thủy.

- Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc hai tâm xoay với 3 thông số ảnh hưởng chính đã xây dựng được mô hình bài toán quy hoạch thực nghiệm phù hợp, mô tả mối quan hệ giữa các thông số ảnh hưởng chính đến chất lượng của mối hàn.

- Đã áp dụng các tiêu chuẩn, quy phạm trong hàn và trong đóng tàu để kiểm tra, đánh giá chất lượng liên kết hàn, mối hàn thực nghiệm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đối với liên kết hàn vỏ tàu thủy. Thử kéo kim loại mối hàn và đánh giá được ảnh hưởng của thông số chế độ hàn đến giới hạn bền kéo của kim loại cơ bản.

- Trên cơ sở các giá trị đã chọn thông qua phương pháp quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật, tác giả đã xác định được phạm vi giá trị của các thông số chế độ hàn phù hợp với liên kết hàn giáp mối một phía thép A36 có chiều dày 12mm bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc ứng dụng trong chế tạo tàu thủy.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Thông qua việc xây dựng được mô hình thực nghiệm mô tả mối quan hệ toán học bậc hai nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn (I_h); điện áp hàn (U_h) và vận tốc hàn (V_h) đến chiều cao, độ ngấu của mỗi hàn và giới hạn bền kéo của mỗi hàn giáp mỗi một phía thép A36;

- Lựa chọn thông số công nghệ hàn phù hợp với thép A36;

- Thử kéo kim loại mỗi hàn và đánh giá được ảnh hưởng của thông số chế độ hàn đến giới hạn bền kéo của kim loại mỗi hàn;

1. Kết luận

Luận văn được tác giả nghiên cứu kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm về công nghệ và kỹ thuật hàn tự động dưới lớp thuốc. Kết quả thực nghiệm phản ánh tính đúng đắn của lý thuyết trên cơ sở áp dụng các tiêu chuẩn về công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc thép các bon trung bình dùng trong đóng tàu;

Tác giả đã xây dựng được bộ thông số chế độ hàn thép A36 bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc;

Trên cơ sở nghiên cứu của mình tác giả đã đưa ra những khuyến cáo đối với các cơ sở, công ty có ứng dụng hàn tự động dưới lớp thuốc trong chế tạo tàu thủy nói riêng và kết cấu thép nói chung.

2. Kiến nghị

Trên đây là nghiên cứu của tác giả về hàn thép A36 có chiều dày 12mm bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc. Để ứng dụng rộng rãi công nghệ hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc ở Việt Nam tác giả đề nghị các cơ quan, tổ chức có thể dựa vào kết quả nghiên cứu này và phát triển đối với vật liệu có chiều dày lớn hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

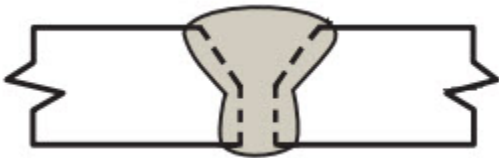
- [1]. Hoàng Tùng (1999), “*Sổ tay định mức tiêu hao vật liệu và năng lượng điện trong hàn*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Ngô Lê Thông (2004), “*Công nghệ hàn điện nóng chảy. Tập 1*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Vũ Văn Ba (2014), “*Nghiên cứu công nghệ hàn giáp mối một phía ứng dụng trong chế tạo vỏ tàu thủy*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật vật liệu, Trường ĐH Bách khoa, Hà Nội.
- [4]. Ngô Lê Thông (2007), “*Vật liệu và công nghệ hàn*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5]. Vũ Huy Lân (2016), “*Nghiên cứu sản xuất thuốc hàn thiêu kết bằng nguyên vật liệu trong nước để hàn tự động dưới lớp thuốc các kết cấu thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp*” Đề tài khoa học công nghệ cấp Nhà nước mã số: KC.02.04/11-15.
- [6]. Nguyễn Hữu Hưởng, Tống Ngọc Tuấn (2016), “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc để hàn thép hợp kim độ bền cao Q345B*” – Học viện Nông nghiệp Việt Nam.
- [7]. Ngô Hùng (2013), “*Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn đến độ bền mối hàn giáp mối đến kết cấu vỏ tàu thép bằng phương pháp hàn tự động dưới lớp thuốc*” – Trường Đại Nha Trang
- [8]. Hoàng Tiên Đạt (2019), “*Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn hồ quang điện cực lõi thuốc (FCAW) đến ứng suất và biến dạng của mối hàn giáp mối một phía trong chế tạo vỏ tàu thủy*” – Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Nam Định.
- [9]. Chandel R. S, Seow H. P., Cheong F. L. (1997), “*Effect of increasing deposition rate on the bead geometry of submerged arc welds*”, Journal of Materials Processing Technology, vol.72, pp. 124-128.
- [10]. Kanjilal. P, T. K. Pal, and S. K. Majumdar (2007), “*Prediction of Element Transfer in Submerged Arc Welding Several studies were conducted to better understand the chemical behavior of fluxes in order to control weld metal chemistry*” 136-sMAY2007, VOL. 86.

- [11]. Copyright James Amanie (2011), “*Effect of Submerged Arc Welding Parameters on the Micro structure of SA516 and A709 Steel Welds*”, the Department of Mechanical Engineering University of Saskatchewan Saskatoon.
- [12]. Kahraman Sirin^a, Sule Y. Sirin^{b*}, Erdinc Kaluc^c (2016), “*Influence of the interpass temperature on t8/5 and the mechanical properties of submerged arc welded pipe*”, Journal of Materials Processing Technology 238 (2016) 152-159.
- [13]. Cộng Đồng Châu Âu (2003), Overview of The international Commercial Shipbuilding Industry.
- [14]. Kazunori ECHIGO (1958), Development of postwar Japanese Shipbuilding Industry and Revival of Monopoly.
- [15]. Nordic Industries (2004), Summary of Korean shipbuilding industry.
- [16]. Nordic Industries (2003): Introduction to shipbuilding in China
- [17]. Tim Huxley (2004): World Shipbuilding Trends.
- [18]. Quyết định số: 2290/QĐ-TTg, ngày 27 tháng 11 năm 2013, Quy hoạch tổng thể phát triển ngành công nghiệp tàu thủy Việt Nam đến năm 2020, định hướng đến năm 2030.
- [19] Huỳnh Thế Du (2006), “*Cơ hội nào cho ngành đóng tàu Việt Nam*”, Chương trình Giảng dạy Kinh tế Fulbright.
- [20] TCVN 6259-7:2003, Qui phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép.
- [21] QCVN 21: 2010/ BGTVT, “*Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép*” Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia.
- [22] Bùi Văn Hạnh, “*Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo robot hàn tự hành phục vụ ngành đóng tàu ở Việt Nam*”, đề tài NCKH cấp Nhà nước mã số KC.03.06/06-10 thuộc Chương trình KH&CN trọng điểm cấp Nhà nước.
- [23]. ESAB India Limited, “*Product Catalogue: Welding Consumables - Equipment - Automation - Cutting Systems*”
- [24]. International Welding Engineer (IWE).
- [25]. Nguyễn Như Tự (1984), “*Công nghệ hàn nóng chảy*”, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

- [26]. Lê Văn Thoài (2018), “*Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc hàn với hạt kim loại bổ sung*” – Viện nghiên cứu cơ khí – Bộ công thương.
- [27]. By N. Bailey (1991), “*Submerged Arc Welding Ferritic Steels with Alloyed Metal Powder*”, Supplement to the Welding Journal August 1991.
- [28]. Lee. C. S, R. S. Chandel and H. P. Seow (2000), “*Effect of Welding Parameters on the Size of Heat Affected Zone of Submerged Arc Welding*”, Materials and Manufacturing Processes.
- [29]. <http://feilongweldingflux.com/joomlashine/147-feilong-fused-flux-hj431-2>
- [30]. The Welding Experts, “*Guide for processes and Equipment*” – The Lincoln Electric company.
- [31]. AWS D1.1/D1.1M:2008, Structural Welding Code - Steel, An American National Standard.
- [32]. Phillip D. Thomas (1986), “*Automatic submerged arc welding with metal power additions to increase productivity and maintain quality*”, Newport news Shipbuiding 4101 Washington avenue Newport news, va 23607.
- [33]. AWS D1.1/D1.1M:2010, Structural Welding Code – Steel, An American National Standard.
- [35]. Tiêu chuẩn Quốc gia - TCVN 8311 (2010), “*Thử phá hủy mối hàn trên vật liệu kim loại- thử kéo dọc kim loại mối hàn*”.
- [34]. QCVN 21:2015/BGTVT, “*quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép*”.
- [35]. Tiêu chuẩn ISO 5817: 2014, “*Hàn các mối nối hàn bằng thép, niken, titan và hợp kim của chúng (không bao gồm hàn chùm) – Mức chất lượng cho các khuyết tật*”

Phụ lục 1. QUY TRÌNH HÀN

		Quy trình hàn số: 01
		LOẠI: Bán tự động <input type="checkbox"/> Bàn tay <input type="checkbox"/> Tự động <input checked="" type="checkbox"/>
Kiểu liên kết hàn: Giáp mỗi Đệm phía sau: Có Khe hở lắp ghép: 3,0 mm Góc vát: 50° (+5°; - 5°) Bán kính (U-J): N/A Khoét đáy: không	PHƯƠNG PHÁP HÀN TIG <input type="checkbox"/> SAW <input checked="" type="checkbox"/> MIG <input type="checkbox"/>	VỊ TRÍ HÀN Vị trí hàn: 1G
VẬT LIỆU CƠ BẢN Vật liệu theo tiêu chuẩn: ASTM Loại: A36 Chiều dày: 12 mm	ĐẶC TÍNH DÒNG ĐIỆN: Dòng điện: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> Xung Có <input type="checkbox"/> Không <input checked="" type="checkbox"/>	
KIM LOẠI BỔ SUNG Tiêu chuẩn: AWS A5.10 Ký hiệu: Đường kính: \varnothing 3,2 mm	THAO TÁC KỸ THUẬT Góc độ mở hàn: $\alpha = 80^{\circ}$ $\beta = 90^{\circ}$ Kiểu dao động đầu hàn: Răng cưa <input type="checkbox"/> Bán nguyệt <input type="checkbox"/> Đi thẳng <input checked="" type="checkbox"/> Hàn: 1 lượt <input type="checkbox"/> nhiều lượt <input checked="" type="checkbox"/> 1 phía <input checked="" type="checkbox"/> 2 phía <input type="checkbox"/> Tầm với điện cực: 12 mm Làm sạch đường hàn: Bàn chải sắt Trang thiết bị khác: Máy mài tay	
THUỐC BẢO VỆ Tiêu chuẩn: AWS.A5.17- F6A2- ELI2 Ký hiệu: HJ431 Lưu lượng:		

NUNG NÓNG SƠ BỘ		NHIỆT LUYỆN SAU HÀN					
Nhiệt độ nung nóng, m/min: N/A		Nhiệt độ: N/A					
Nhiệt độ giữa các đường hàn min/max: N/A		Thời gian: N/A					
KIỂM TRA SAU HÀN:		LIÊN KẾT HÀN					
Kiểm tra không phá hủy: bằng mắt thường							
Kiểm tra phá hủy: thử kéo							
Kiểm tra tổ chức tế vi: không							
Tiêu chuẩn: TCVN 197-2002							
Đường hàn	Quá trình hàn	Kim loại bổ sung		Chế độ hàn			
		Kí hiệu	Đường kính (mm)	Loại dòng điện	Dòng hàn (A)	Điện áp hàn (V)	Tốc độ hàn (cm/phút)
1	SAW	HJ431	Ø 3,2	DC	440-480	34-38	36 ÷ 40
2	SAW	HJ431	Ø 3,2	DC	440-480	34-38	36 ÷ 40