

**BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH**

**NGUYỄN VĂN THANH**

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ HÀN GIÁP MỖI MỘT PHÍA  
THÉP KHÔNG GỈ SUS 316 ỨNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO  
THÙNG CHỨA HÓA CHẤT**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**NAM ĐỊNH – NĂM 2021**

BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

**NGUYỄN VĂN THANH**

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ HÀN GIÁP MỖI MỘT PHÍA  
THÉP KHÔNG GỈ SUS 316 ỨNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO  
THÙNG CHỨA HÓA CHẤT**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ khí**

**Mã số: 8520103**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. VŨ VĂN BA**

**Nam Định – Năm 2021**

## **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 10 tháng 10 năm 2021*

**Người cam đoan**

Nguyễn Văn Thanh

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH**

## LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn TS. Vũ Văn Ba đã tận tình hướng dẫn, tạo điều kiện về tài liệu và động viên tác giả trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành bản luận văn này.

Tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ nhiệt tình của các Thầy cô trong Bộ môn Hàn, Khoa Cơ khí trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Nam Định, trường Cao đẳng cơ điện, xây dựng Việt Xô; T.s Nguyễn Hồng Thanh và Th.s Vũ Văn Đạt đã giúp đỡ em trong quá trình thực hiện. Tác giả cũng xin trân trọng cảm ơn trung tâm thực hành Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định đã tạo điều kiện cơ sở vật chất để tác giả thực hiện các thí nghiệm hoàn thành luận văn này!

**Tác giả luận văn**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH**

Nguyễn Văn Thanh

## MỤC LỤC

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| LỜI CAM ĐOAN .....                                                           | i         |
| LỜI CẢM ƠN .....                                                             | ii        |
| MỤC LỤC.....                                                                 | iii       |
| DANH MỤC BẢNG.....                                                           | vii       |
| MỞ ĐẦU .....                                                                 | 1         |
| 1. Lý do chọn đề tài.....                                                    | 1         |
| 2. Lịch sử nghiên cứu .....                                                  | 1         |
| 3. Mục đích nghiên cứu.....                                                  | 2         |
| 4. Nội dung nghiên cứu .....                                                 | 2         |
| 5. Phương pháp nghiên cứu.....                                               | 2         |
| <i>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ HÀN THÉP KHÔNG GỈ.....</i>               | <i>4</i>  |
| 1.1. Tình hình nghiên cứu trong nước và nước ngoài.....                      | 4         |
| 1.1.1. Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài .....                               | 4         |
| 1.1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước .....                                 | 5         |
| 1.2. Tổng quan về phương pháp hàn thép không gỉ.....                         | 7         |
| 1.2.1. Đặc điểm công nghệ hàn thép không gỉ, phạm vi ứng dụng của chúng..... | 7         |
| 1.2.2. Các phương pháp hàn thép không gỉ thông dụng .....                    | 11        |
| 1.2.3. Công nghệ hàn thùng chứa hóa chất.....                                | 17        |
| 1.2.4. Lựa chọn công nghệ, thiết bị hàn, vật liệu hàn.....                   | 19        |
| <i>CHƯƠNG 2: CÔNG NGHỆ HÀN MIG.....</i>                                      | <i>23</i> |
| 2.1. Nguyên lý.....                                                          | 23        |
| 2.2. Đặc điểm.....                                                           | 23        |
| 2.3. Các thông số công nghệ .....                                            | 24        |
| 2.3.1. Cường độ dòng điện hàn .....                                          | 24        |
| 2.3.2. Điện áp hàn .....                                                     | 25        |
| 2.3.3. Lưu lượng khí bảo vệ.....                                             | 26        |
| 2.3.4. Đường kính dây hàn.....                                               | 27        |
| 2.3.5. Vận tốc hàn .....                                                     | 27        |
| 2.3.6. Tầm với điện cực (độ nhú của điện cực).....                           | 27        |

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4. Thiết bị hàn MIG thép không gỉ .....                                                                                         | 27 |
| 2.5. Vật liệu hàn.....                                                                                                            | 31 |
| 2.5.1. Khí bảo vệ.....                                                                                                            | 31 |
| 2.5.2. Dây hàn phụ .....                                                                                                          | 32 |
| 2.6. Ảnh hưởng của chế độ hàn MIG tới quá trình hình thành mối hàn khi hàn giáp mối một phía thép không gỉ .....                  | 33 |
| 2.6.1. Các dạng dịch chuyển kim loại lỏng vào bể hàn [4].....                                                                     | 33 |
| 2.6.2. Ảnh hưởng của dòng điện hàn .....                                                                                          | 35 |
| 2.6.3. Ảnh hưởng của điện áp hồ quang.....                                                                                        | 36 |
| 2.6.4. Ảnh hưởng của tầm với điện cực .....                                                                                       | 37 |
| 2.6.5. Ảnh hưởng của tốc độ hàn .....                                                                                             | 37 |
| 2.6.6. Ảnh hưởng của góc nghiêng điện cực .....                                                                                   | 38 |
| 2.6.7. Ảnh hưởng của khí bảo vệ. [13].....                                                                                        | 38 |
| 2.6.8. Ảnh hưởng của kỹ thuật hàn .....                                                                                           | 39 |
| 2.6.9. Ảnh hưởng của dòng xung.....                                                                                               | 39 |
| 2.6.10. Một số yếu tố khác ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn .....                                                                 | 40 |
| Kết luận chương 2.....                                                                                                            | 41 |
| CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN CHẤT LƯỢNG LIÊN KẾT HÀN GIÁP MỐI 1 PHÍA THÉP KHÔNG GỈ SUS 316 ..... | 42 |
| 3.1. Mục đích nghiên cứu thực nghiệm .....                                                                                        | 42 |
| 3.2. Phương pháp thực nghiệm.....                                                                                                 | 42 |
| 3.2.1. Quy hoạch thực nghiệm .....                                                                                                | 42 |
| 3.2.2. Đối tượng nghiên cứu .....                                                                                                 | 42 |
| 3.3. Xây dựng mô hình bài toán ảnh hưởng của chế độ hàn đến chất lượng mối hàn giáp mối thép không gỉ SUS 316 .....               | 43 |
| 3.3.1. Xác định các thông số đầu vào.....                                                                                         | 43 |
| 3.3.2. Thông số đầu ra.....                                                                                                       | 43 |
| 3.3.3. Mối quan hệ toán học giữa thông số đầu vào với thông số đầu ra.....                                                        | 43 |

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4. Xây dựng quy trình hàn sơ bộ cho thép không gỉ SUS 316.....                                                                          | 45 |
| 3.4.1. Kim loại cơ bản.....                                                                                                               | 45 |
| 3.4.2. Vật liệu hàn.....                                                                                                                  | 46 |
| 3.4.3. Thiết bị hàn.....                                                                                                                  | 47 |
| 3.4.4. Thiết kế mối ghép hàn.....                                                                                                         | 50 |
| 3.4.5. Chế độ hàn MIG.....                                                                                                                | 52 |
| 3.5. Quy hoạch thực nghiệm xác định ảnh hưởng của chế độ hàn MIG đến chất lượng liên kết hàn giáp mối một phía thép không gỉ SUS 316..... | 52 |
| 3.5.1. Đặt vấn đề.....                                                                                                                    | 52 |
| 3.5.2. Tính toán, mô phỏng trường ứng suất trong liên kết hàn bằng phương pháp phần tử hữu hạn.....                                       | 52 |
| 3.5.3. Mô hình hóa và mô phỏng số liên kết hàn giáp mối một phía thép không gỉ SUS 316.....                                               | 59 |
| 3.5.4. Mô phỏng quá trình hàn trên phần mềm Sysweld.....                                                                                  | 59 |
| 3.6. Mô phỏng số quá trình hàn MIG thép không gỉ SUS 316.....                                                                             | 64 |
| 3.6.1. Mô hình hóa.....                                                                                                                   | 64 |
| 3.6.2. Mô phỏng số.....                                                                                                                   | 66 |
| 3.6.3. Kết quả mô phỏng.....                                                                                                              | 66 |
| 3.7. Hàn thực nghiệm hàn MIG thép không gỉ SUS 316.....                                                                                   | 74 |
| 3.7.1. Kết quả thực nghiệm.....                                                                                                           | 75 |
| 3.7.2. Kiểm tra cơ tính.....                                                                                                              | 83 |
| Kết luận chương 3.....                                                                                                                    | 91 |
| ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN.....                                                                                                         | 92 |
| 1. Các kết quả thu được.....                                                                                                              | 92 |
| 2. Kết luận và kiến nghị.....                                                                                                             | 92 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO.....                                                                                                                   | 94 |
| PHỤ LỤC.....                                                                                                                              | 96 |

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

| STT | Kí hiệu/<br>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  | PAW                      | Hàn hồ quang plasma                                                                        |
| 11  | Ar                       | Khí bảo vệ argon                                                                           |
| 12  | He                       | Khí bảo vệ heli                                                                            |
| 13  | AC                       | Dòng điện xoay chiều                                                                       |
| 14  | DC                       | Dòng điện một chiều                                                                        |
| 15  | B                        | Bề rộng mặt lõi mối hàn                                                                    |
| 16  | H                        | Chiều cao mặt lõi mối hàn                                                                  |
| 17  | b                        | Bề rộng mặt đáy của mối hàn                                                                |
| 18  | h                        | Chiều cao mặt đáy của mối hàn                                                              |



## DANH MỤC BẢNG

|                                                                                               |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Bảng 1.1. Cơ tính thép không gỉ sus 316; sus 316l; sus 316h .....                             | 10                                  |
| Bảng 1.2. Thành phần hóa học thép không gỉ sus 316.....                                       | 10                                  |
| Bảng 1.3. Thành phần hóa học của các loại thép không gỉ sử dụng làm thùng chứa hóa chất ..... | 19                                  |
| Bảng 1.4. Thành phần hóa học dây hàn ER316 theo AWS A5.9 .....                                | 21                                  |
| Bảng 2.1. Các thông số tham khảo khi hàn trên thép carbon.....                                | 25                                  |
| Bảng 2.2. Các thông số hàn trên Inox ( hợp kim thấp).....                                     | 25                                  |
| Bảng 2.4.. Các que hàn phụ dùng trong hàn thép không gỉ .....                                 | 32                                  |
| Bảng 3.1. Bảng trực giao L9 .....                                                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.2. Giá trị thông số công nghệ trong thực nghiệm.....                                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.3. Cơ tính thép không gỉ sus 316 .....                                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.4. Thành phần hóa học thép không gỉ sus 316.....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.5. Thành phần hóa học dây hàn ER316 theo AWS A5.9.....                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.6. Thông số kỹ thuật của máy DIGITECH 400 PULSED và bộ cấp dây TA4 .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.7. Trang thiết bị phụ trợ và bảo hộ lao động .....                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.8. Mô hình nguồn nhiệt theo Goldak .....                                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.9. Chế độ hàn .....                                                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.10. Thông số mô phỏng .....                                                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.11. Chế độ hàn thực nghiệm và hình ảnh mối hàn đạt được .....                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.12. Hệ số ngẫu và kích thước, hình dạng của các mẫu hàn theo chế độ khác nhau .....    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.13. Bảng kết quả tính toán dữ liệu.....                                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.14. Ảnh hưởng của các thông số đến hệ số ngẫu của sản phẩm theo ANOVA .....            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.15. Cơ tính hợp kim thép không gỉ Sus 316 .....                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

|                                                                                    |                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Bảng 3.16. Kết quả thử kéo các mẫu hàn.....                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.17. Bảng kết quả tính toán dữ liệu.....                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Bảng 3.18. Ảnh hưởng của các thông số đến cơ tính của sản phẩm theo ANOVA<br>..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Hình 1.1- Quá trình hàn khí .....                                                                                                 | 11 |
| Hình 1.2. Ứng dụng của hàn khí .....                                                                                              | 12 |
| Hình 1.3. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn hồ quang que hàn thuốc bọc .....                                                        | 13 |
| Hình 1.4. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn TIG .....                                                                               | 14 |
| Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn MIG .....                                                                               | 14 |
| Hình 1.6. Sơ đồ mỏ hàn hàn hồ quang plasma.....                                                                                   | 16 |
| Hình 1.7. Bồn chứa hóa chất, xăng dầu... được làm từ thép sus 316.....                                                            | 18 |
| Hình 2.1. Các dạng dịch chuyển kim loại vào bề hàn, [15] .....                                                                    | 26 |
| Hình 2.2. Súng hàn MIG thép không gỉ .....                                                                                        | 28 |
| Hình 2.3 Máy hàn MIG thép không gỉ.....                                                                                           | 29 |
| Hình 2.6. Bình chứa khí Ar .....                                                                                                  | 30 |
| Hình 2.7. Đồng hồ giảm áp Ar .....                                                                                                | 31 |
| Hình 2.8. Các kích thước đặc trưng của mối hàn.....                                                                               | 33 |
| Hình 2.9. Quá trình dịch chuyển dạng cầu.....                                                                                     | 34 |
| Hình 2.10. Dịch chuyển dạng phun.....                                                                                             | 34 |
| Hình 2.11. Dịch chuyển dạng nhỏ giọt .....                                                                                        | 35 |
| Hình 2.12. Hình dạng mối hàn và ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn.....                                                         | 35 |
| Hình 2.13. Đồ thị quan hệ giữa cường độ dòng điện hàn với vận tốc cấp dây điện cực và đường kính dây điện cực. [17].....          | 36 |
| Hình 2.14. Đồ thị quan hệ giữa tầm với điện cực với cường độ dòng điện hàn, vận tốc cấp dây và đường kính dây điện cực [18] ..... | 37 |
| Hình 2.15. Góc nghiêng mỏ hàn khi hàn giáp mối .....                                                                              | 38 |
| Hình 2.16. Ảnh hưởng của khí bảo vệ đến hình dáng, kích thước mối hàn .....                                                       | 39 |
| Hình 2.17. Ảnh hưởng của dòng hàn đến chiều sâu ngấu.....                                                                         | 40 |
| Hình 3.1. Máy hàn Mig thép không gỉ .....                                                                                         | 47 |
| Hình 3.2. Mối ghép hàn thép không gỉ .....                                                                                        | 51 |
| Hình 3.3. Đồ gá kẹp phôi tạo mối ghép hàn .....                                                                                   | 51 |
| Hình 3.4. Sơ đồ kẹp phôi hàn và vị trí mỏ hàn .....                                                                               | 51 |
| Hình 3.5. Mô hình nguồn nhiệt hàn MIG .....                                                                                       | 60 |
| Hình 3.6. Giới hạn chảy của không gỉ SUS 316 .....                                                                                | 61 |

|                                                                      |                                     |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Hình 3.7. Hệ số dẫn nhiệt của không gỉ SUS 316.....                  | 62                                  |
| Hình 3.8. Hệ số giãn nở nhiệt của không gỉ SUS 316 .....             | 62                                  |
| Hình 3.9. Khối lượng riêng của không gỉ SUS 316 .....                | 63                                  |
| Hình 3.10. Nhiệt dung riêng của không gỉ SUS 316.....                | 63                                  |
| Hình 3.11. Mô đun Young của không gỉ sus 316 .....                   | 64                                  |
| Hình 3.12. Vùng chia lưới và kiểu lưới .....                         | 65                                  |
| Hình 3.13. Vị trí gá kẹp khi mô phỏng .....                          | 65                                  |
| Hình 3.14. So sánh vùng nóng chảy giữa mô phỏng và thực nghiệm ..... | 66                                  |
| Hình 3.15. Sự biến thiên nhiệt độ tại các node trên bề mặt .....     | 67                                  |
| Hình 3.16. Hình dạng vũng hàn .....                                  | 67                                  |
| Hình 3.17. Biến dạng tổng .....                                      | 68                                  |
| Hình 3.18. Biến dạng theo phương X .....                             | 69                                  |
| Hình 3.19. Phân bố ứng suất dư Von mises .....                       | 70                                  |
| Hình 3.20. Phân bố ứng suất dư theo phương X.....                    | 71                                  |
| Hình 3.21. Phân bố ứng suất dư theo phương Y .....                   | 72                                  |
| Hình 3.22. Vị trí các đường lấy kết quả ứng suất dư .....            | 73                                  |
| Hình 3.23. Ứng suất dư Von mises lấy theo 3 vị trí .....             | 73                                  |
| Hình 3.17. Mẫu thử kéo theo AWS D1.2[17]. .....                      | 83                                  |
| Hình 3.18. Máy thử kéo nén vạn năng .....                            | 83                                  |
| Hình 3.19. Kẹp mẫu .....                                             | 84                                  |
| Hình 3.20. Giai đoạn biến dạng đàn hồi .....                         | 84                                  |
| Hình 3.21. Giai đoạn biến dạng dẻo.....                              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Hình 3.22. Giai đoạn phá hủy liên kết .....                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Ngày nay cùng với sự phát triển không ngừng của khoa học kỹ thuật thì hàng loạt các vật liệu mới đã ra đời. Cho đến nay vật liệu được sử dụng trong các ngành là rất đa dạng về chủng loại và tính công nghệ. Cùng với đó nhu cầu của con người về năng suất, chất lượng và tính thẩm mỹ của sản phẩm ngày càng được nâng cao. Thép không gỉ hiện đang được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng, hàng không và đặc biệt là công nghiệp hóa chất. Vì vậy ngành công nghệ hàn cũng phải nghiên cứu để tìm ra những công nghệ nhằm đáp ứng thực tế đó. Kết quả là hàng loạt công nghệ hàn ra đời, trong đó có công nghệ hàn MIG thép không gỉ từng bước được áp dụng rộng rãi trong và ngoài nước.

Quá trình hàn MIG thép không gỉ có các ưu điểm: thời gian duy trì hồ quang dài, tốc độ đắp lớn, không bị tổn thất đầu mẫu que hàn nhiều so với hàn hồ quang tay; dễ tự động hóa; mức độ bắn tóe rất thấp... Với các ưu điểm của mình thì công nghệ hàn MIG thép không gỉ ngày càng được áp dụng rộng rãi trong thực tiễn. Tuy nhiên hàn MIG thép không gỉ là một phương pháp hàn tương đối mới ở nước ta, việc nghiên cứu, ứng dụng công nghệ này vào thực tế sản xuất còn rất hạn chế, chủ yếu là áp dụng trong dân dụng. Vì vậy, để có cơ sở đánh giá chất lượng mối hàn, việc nghiên cứu ảnh hưởng của thông số cơ bản công nghệ hàn đến kích thước và hình dạng của mối hàn thực hiện bằng công nghệ hàn MIG thép không gỉ là hết sức cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn cao.

### 2. Lịch sử nghiên cứu

Từ nhiều năm nay, thép không gỉ được ứng dụng khá rộng rãi trên toàn thế giới ở các lĩnh vực như xây dựng, dầu khí, hóa chất,...Rất nhiều các công ty, tập đoàn lớn cũng đã nghiên cứu quy trình công nghệ hàn và sản xuất vật liệu hàn cho thép không gỉ như: Hyundai, Miller, Lincol,... Ở nước ta thép không gỉ được áp dụng rộng rãi trong dân dụng, xây dựng... từ nhiều năm nay, còn trong công nghiệp hóa chất thì mới áp dụng công nghệ hàn hồ quang tay và công nghệ hàn TIG thép không gỉ để chế tạo thùng chứa hóa chất một vài năm gần đây, tuy nhiên các

phương pháp trên đều tồn tại rất nhiều hạn chế như: Tốc độ hàn chậm, ứng suất dư tồn tại trong mối hàn lớn... Do đó để giảm những tồn tại trên, công nghệ hàn MIG thép không gỉ đang được nghiên cứu nhiều hơn cho ứng dụng hàn thép không gỉ, tuy nhiên mức độ nghiên cứu mới chỉ chủ yếu đối với vật liệu sus 304 và vật liệu 308, còn đối với vật liệu sus 316 thì các nghiên cứu rất hạn chế, chung chung.

### **3. Mục đích nghiên cứu**

Đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ hàn đến hệ số ngẫu và cơ tính của mối hàn giáp mỗi một phía thép không gỉ sus 316 thực hiện bằng công nghệ hàn MIG nhằm ứng dụng vào sản xuất một cách có hiệu quả.

### **4. Nội dung nghiên cứu**

- Nghiên cứu tổng quan về công nghệ hàn MIG; thiết bị hàn và vật liệu hàn thép không gỉ;
- Nghiên cứu tổng quan về vật liệu cơ bản thép không gỉ sus 316 và phạm vi ứng dụng trong chế tạo.
- Nghiên cứu trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng phân bố trong liên kết hàn giáp mỗi một phía thép không gỉ sus 316 có chiều dày 6mm bằng phương pháp mô phỏng số trên phần mềm Sysweld.
- Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của các thông số công nghệ hàn MIG đến độ bền cơ tính khi hàn giáp mỗi một phía thép không gỉ sus 316 có chiều dày 6mm;
- Xác định bộ thông số chế độ hàn phù hợp để thu được chất lượng mối hàn cao nhất.
- Thiết lập bộ thông số công nghệ hàn MIG và xây dựng quy trình hàn thép không gỉ sus 316 có chiều dày 6mm.

### **5. Phương pháp nghiên cứu**

Nghiên cứu lý thuyết: nghiên cứu công nghệ hàn MIG thép không gỉ và các thông số công nghệ hàn; thiết bị hàn MIG; vật liệu hàn thép không gỉ; tiêu chuẩn hàn thép không gỉ.

Nghiên cứu thực nghiệm: Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm Taguchi và mô phỏng quá trình hàn trên phần mềm Sysweld để nghiên cứu ảnh

hưởng của các thông số chế độ hàn chính đến hệ số ngẫu và cơ tính của mối hàn thép không gỉ sus 316.

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

## **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ HÀN THÉP KHÔNG GỈ**

### **1.1. Tình hình nghiên cứu trong nước và nước ngoài**

#### **1.1.1. Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài**

Nhóm tác giả Vikas chauhan và Dr.R.S.Jadon thuộc trường Đại học nông nghiệp và công nghệ Pant, Pantnagar, Ấn độ đã nghiên cứu về “Tối ưu hóa tham số của hàn TIG cho thép không gỉ SUS 304. Với nghiên cứu này nhóm tác giả đã đưa ra một số kết luận là phương pháp Taguchi có thể sử dụng để xác định ảnh hưởng của các thông số hàn (dòng điện, điện áp, tốc độ hàn) đến độ bền kéo của mối hàn.

Tác giả Pawan Kumar, Dr.B.K. Roy, của viện công nghệ và quản lý Om, Haryana, ấn độ đã nghiên cứu về “Tối ưu hóa thông số của hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (GMAW) cho thép không gỉ Austenit (AISI 304) với nghiên cứu này nhóm tác giả đã phân tích ảnh hưởng của 3 thông số hàn là cường độ dòng điện, điện thế hồ quang và lưu lượng khí bảo vệ đến hình dáng và chất lượng mối hàn. Trong đó dòng điện hàn có ảnh hưởng lớn nhất.

Nhóm tác giả K.Krishnaprasad, Raghu v.Prakash đã nghiên cứu về sự phát triển của vết nứt do mỏi của mối hàn vật liệu khác nhau giữa thép không gỉ và thép cacbon. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã sử dụng cặp vật liệu là thép không gỉ SUS 316L và thép cacbon IS2062 Grade A, sử dụng phương pháp hàn TIG và dây hàn phụ là SUS 309. Với vết nứt được khởi xướng tại khu vực kim loại cơ bản, khu vực mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt. Kết quả là tốc độ phát triển vết nứt đã được tìm ra để nâng cao ứng suất cho mối hàn và kim loại cơ bản. Tốc độ phát triển vết nứt do mỏi tại vùng ảnh hưởng nhiệt của thép không gỉ là thấp nhất còn trên thép cacbon thì tốc độ phát triển vết nứt nhanh hơn. Hơn nữa dải tán xạ của dữ liệu được tìm ra bị thu hẹp, cường độ chống nứt tìm ra tại rất nhiều vị trí khác nhau của mối hàn, cường độ chống nứt được tìm ra tại rất nhiều vị trí khác nhau của mối hàn, cường độ chống nứt được tìm ra có giá trị thấp nhất tại mối hàn và cao nhất tại vùng ảnh hưởng nhiệt.

Nhóm tác giả Wichan chuaiphan, Somerk chandra – ambhom, Satian Nitawach và Banleng Sonil đã nghiên cứu tính khả thi của vật liệu không gỉ AISI



304 với chiều dày 15mm. Quá trình hàn được áp dụng là hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ (GTAW) và hàn hồ quang tay (SMAW), kết quả cấu trúc tế vi của kim loại mối hàn được hàn bởi phương pháp hàn GTAW là cấu trúc mạng tinh thể hình lưới ferit trong nền Austenit, trong khi cấu trúc mạng tinh thể ferit hình nhánh cây mịn phân bố trong nền austenit đã được tìm thấy trong các mối hàn được hàn bởi quá trình hàn SMAW, giá trị độ cứng của kim loại mối hàn được hàn bằng hai quá trình này đều tốt hơn so với kim loại cơ bản là thép không gỉ và thép tấm cacbon tương ứng, kim loại cơ bản được hàn bởi hai quá trình này đã đáp ứng đủ điều kiện về kiểm tra kéo và uốn; kiểm tra va đập của kim loại mối hàn được hàn bởi phương pháp hàn GTAW cao hơn kim loại mối hàn được hàn bởi quá trình hàn SMAW, khả năng chống ăn mòn của kim loại mối hàn được hàn bởi phương pháp hàn GTAW cao hơn so với mối hàn được hàn bằng quá trình hàn hồ quang tay SMAW từ đây nhóm đã đưa ra kết luận quan trọng: “Trong khía cạnh cơ tính và tính chống ăn mòn của mối hàn, phương pháp hàn GTAW được coi là quá trình rất triển vọng có thể được sử dụng cho hàn vật liệu có tính chống ăn mòn cao”.

Ngoài ra có rất nhiều nhóm tác giả cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hàn phương pháp hàn GTAW đến quá trình hàn thép không gỉ và hợp kim thép không gỉ như các tác giả:

Indira Rani và cộng sự, đã nghiên cứu cơ tính của hợp kim thép không gỉ AA khi hàn TIG không xung và có xung (thay đổi tần số xung).

Norman và cộng sự, đã nghiên cứu tổ chức tế vi của hợp kim Al-Mg-Cu- Mn trong phạm vi chế độ hàn rộng (dòng điện hàn từ  $100 \div 190$  A), tốc độ hàn thay đổi từ  $420 \div 1500$  mm/ phút. Tổ chức tế vi quan sát được ở vùng trung tâm mối hàn khi làm nguội với tốc độ lớn so sánh với tổ chức tế vi tại vùng viền chảy. Norman đã đưa ra kết luận rằng nếu tốc độ hàn tăng, tốc độ nguội ở vùng KLMH tăng thì tổ chức tế vi tại vùng KLMH có dạng hình nhánh cây nhưng kích thước nhỏ hơn.

### **1.1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước**

Ngành công nghiệp hóa chất hiện nay đang đóng vai trò rất quan trọng trong công cuộc công nghiệp hóa - hiện đại hóa của nước ta. Sự phát triển của công

nghiệp hóa chất có liên quan chặt chẽ với việc đổi mới công nghệ, tăng cường các quá trình công nghệ hiện có ở các cơ sở sản xuất và đầu tư xây dựng các nhà máy hóa chất mới với công nghệ sản xuất tiên tiến hơn.

Đặc trưng nhất của công nghiệp hóa chất là các dây chuyền sản xuất liên tục rất phức tạp, các điều kiện công nghệ được khống chế rất nghiêm ngặt, môi trường hóa chất rất khắc nghiệt. Do đó, việc tăng cường các quá trình công nghệ để tăng năng lực sản xuất tất yếu làm tăng tải trọng cơ, nhiệt, hóa trong các thiết bị hóa chất, dẫn đến việc tăng thường xuyên các yêu cầu về vật liệu kết cấu và làm tăng chi phí cho việc bảo vệ chống ăn mòn. Minh chứng cho điều này là ở các nước công nghiệp phát triển, chi phí cho bảo vệ chống ăn mòn thiết bị nói chung hàng năm chiếm khoảng 5% tổng sản phẩm quốc gia và con số này hàng năm không ngừng tăng lên.

Tổn thất do ăn mòn thiết bị gây ra bao gồm chi phí trực tiếp cho bảo vệ chống ăn mòn và tổn thất do dừng máy gây ra gián đoạn sản xuất. Theo các số liệu phân tích ở nước ngoài và qua theo dõi thực tế sản xuất hóa chất ở nước ta, người ta thấy tổn thất gây ra do dừng máy để sửa chữa thiết bị thường cao hơn rất nhiều so với chi phí trực tiếp cho bảo vệ chống ăn mòn thiết bị.

Chi phí trực tiếp cho bảo vệ chống ăn mòn thiết bị bao gồm các chi phí lựa chọn vật liệu thích hợp để sản xuất thiết bị, chi phí tạo ra các lớp phủ bảo vệ, và chi phí sử dụng các phương pháp bảo vệ thích hợp, thay thế sửa chữa các thiết bị hư hỏng.

Trong các nhà máy hóa chất - theo số liệu thống kê mới nhất, chi phí dành cho bảo vệ chống ăn mòn chiếm 70 - 80% chi phí sửa chữa và dịch vụ sửa chữa trong năm. Do vậy người ta ngày càng chú ý hơn đến việc bảo vệ chống ăn mòn thiết bị công nghệ.

Kỹ thuật bảo vệ chống ăn mòn bao gồm các vấn đề: thiết kế chống ăn mòn, lựa chọn vật liệu kết cấu, áp dụng phương pháp làm chậm ăn mòn bằng cách kiểm tra và xử lý môi trường, sử dụng các màng bảo vệ, bảo vệ điện hóa và lựa chọn các phương pháp chống ăn mòn phù hợp ở tất cả các giai đoạn của sản xuất.

Ở các nước có nền công nghiệp tiên tiến đã nghiên cứu rất nhiều về công nghệ hàn thép không gỉ bằng công nghệ hàn GTAW, Còn công nghệ hàn MIG thì mới

được nghiên cứu thời gian gần đây, tuy nhiên các kết quả nghiên cứu thường được thể hiện rất chung chung, không đầy đủ và cụ thể gây khó khăn cho việc áp dụng các kết quả nghiên cứu của họ vào thực tế hàn MIG thép không gỉ ở Việt Nam. Các kết quả nghiên cứu ở trong nước về công nghệ hàn MIG thép không gỉ thì rất hạn chế, rất ít chủ yếu là nghiên cứu trên vật liệu thép sus 304 và kết quả đạt chỉ mới được ứng dụng ở phạm vi hẹp nào đó. Phương pháp hàn chưa được sử dụng triệt để và hiệu quả nhằm nâng cao chất lượng hàn, giảm các nguy cơ hình thành các khuyết tật trong hàn.

Ở đề tài này tác giả đi nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn MIG đến chất lượng liên kết hàn, từ đó tìm ra chế độ công nghệ, quy trình hàn hợp lý cho thép không gỉ sus 316 với chiều dày 6 mm.

## **1.2. Tổng quan về phương pháp hàn thép không gỉ**

### ***1.2.1. Đặc điểm công nghệ hàn thép không gỉ, phạm vi ứng dụng của chúng***

Lịch sử ra đời thép không gỉ gắn liền với tên tuổi của một chuyên gia ngành thép người Anh là ông Harry Brearley. Khi vào năm 1913, ông đã sáng chế ra một loại thép đặc biệt có khả năng chịu mài mòn cao, bằng việc giảm hàm lượng các bon xuống và cho Crom vào trong thành phần thép (0.24% C và 12.8% Cr).

Sau đó hãng thép Krupp ở Đức tiếp tục cải tiến loại thép này bằng việc cho thêm nguyên tố niken vào thép để tăng khả năng chống ăn mòn axit và làm mềm hơn để dễ gia công. Trên cơ sở hai phát minh này mà 2 loại mác thép 400 và 300 ra đời ngay trước Chiến tranh thế giới lần thứ nhất. Sau chiến tranh, những năm 20 của thế kỷ 20, một chuyên gia ngành thép người Anh là ông W. H Hatfield tiếp tục nghiên cứu, phát triển các ý tưởng về thép không gỉ. Bằng việc kết hợp các tỉ lệ khác nhau giữa ni ken và crôm trong thành phần thép, ông đã cho ra đời một loại thép không gỉ mới 18/8 với tỉ lệ 8% Ni và 18% Cr, chính là mác thép 304 quen thuộc ngày nay. Ông cũng là người phát minh ra loại thép 321 bằng cách cho thêm thành phần titan vào thép có tỉ lệ 18/8 nói trên.

Trải qua gần một thế kỷ ra đời và phát triển, ngày nay thép không gỉ đã được dùng rộng rãi trong mọi lĩnh vực dân dụng và công nghiệp với hơn 100 mác thép khác nhau.

Trong ngành luyện kim, thuật ngữ thép không gỉ (inox) được dùng để chỉ một dạng hợp kim sắt chứa tối thiểu 10,5% crôm. Tên gọi là "thép không gỉ" nhưng thật ra nó chỉ là hợp kim của sắt không bị biến màu hay bị ăn mòn dễ dàng như là các loại thép thông thường khác. Vật liệu này cũng có thể gọi là thép chống ăn mòn. Thông thường, có nhiều cách khác nhau để ứng dụng inox cho những bề mặt khác nhau để tăng tuổi thọ của vật dụng. Trong đời sống, chúng xuất hiện ở khắp nơi như những lưỡi dao cắt hoặc dây đeo đồng hồ...

Thép không gỉ có khả năng chống sự ôxy hoá và ăn mòn rất cao, tuy nhiên sự lựa chọn đúng chủng loại và các thông số kỹ thuật của chúng để phù hợp vào từng trường hợp cụ thể là rất quan trọng.

Khả năng chống lại sự oxy hoá từ không khí xung quanh ở nhiệt độ thông thường của thép không gỉ có được nhờ vào tỷ lệ crôm có trong hợp kim (nhỏ nhất là 13% và có thể lên đến 26% trong trường hợp làm việc trong môi trường làm việc khắc nghiệt). Trạng thái bị oxy hoá của crôm thường là crôm ôxit (III). Khi crôm trong hợp kim thép tiếp xúc với không khí thì một lớp crôm III ôxit rất mỏng xuất hiện trên bề mặt vật liệu; lớp này mỏng đến mức không thể thấy bằng mắt thường, có nghĩa là bề mặt kim loại vẫn sáng bóng. Tuy nhiên, chúng lại hoàn toàn không tác dụng với nước và không khí nên bảo vệ được lớp thép bên dưới. Hiện tượng này gọi là sự oxy hoá chống gỉ bằng kỹ thuật vật liệu. Có thể thấy hiện tượng này đối với một số kim loại khác như ở thép không gỉ và kẽm.

Khi những vật thể làm bằng inox được liên kết lại với nhau với lực tác dụng như bulông và đinh tán thì lớp ôxit của chúng có thể bị bay mất ngay tại các vị trí mà chúng liên kết với nhau. Khi tháo rời chúng ra thì có thể thấy các vị trí đó bị ăn mòn. Do đó ngày nay để chế tạo các sản phẩm từ thép không gỉ người ta chủ yếu thực hiện bằng phương pháp hàn.

Niken cũng như mô-lip-đen và vanadi cũng có tính năng oxy hoá chống gỉ tương tự nhưng không được sử dụng rộng rãi.

Bên cạnh crôm, niken cũng như mô-lip-đen và ni tơ cũng có tính năng oxy hoá chống gỉ tương tự.

Niken (Ni) là thành phần thông dụng để tăng cường độ dẻo, dễ uốn, tính tạo hình của thép không gỉ. Mô-lip-đen (Mo) làm cho thép không gỉ có khả năng chịu ăn mòn cao trong môi trường axit. Ni tơ (N) tạo ra sự ổn định cho thép không gỉ ở nhiệt độ âm (môi trường lạnh).

Sự tham gia khác nhau của các thành phần crôm, niken, mô-lip-đen, ni tơ dẫn đến các cấu trúc tinh thể khác nhau tạo ra tính chất cơ lý khác nhau của thép không gỉ.

Các đặc trưng của nhóm thép không gỉ

- Tốc độ hóa bền rèn cao (higher work hardening rate)
- Độ dẻo cao hơn (higher ductility)
- Độ cứng và độ bền cao hơn (higher strength and hardness)
- Độ bền nóng cao hơn (higher hot strength)
- Chống chịu ăn mòn cao hơn (higher corrosion resistance)
- Độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp tốt hơn (higher cryogenic toughness)
- Phản ứng từ kém hơn (chỉ với thép austenit) (lower magnetic response (austenitic only))

Các tính chất trên thực ra đúng cho họ thép austenit và có thể thay đổi khá nhiều đối với các mác thép và họ thép khác, ngoài ra nó cũng chịu ảnh hưởng lớn từ công nghệ, thiết bị và phương pháp chế tạo.

\* Các loại thép không gỉ thường gặp:

- Austenitic: là loại thép không gỉ thông dụng nhất. Các mác thép nổi bật SUS 301, 304, 304L, 316, 316L, 321, 310s...

- Ferritic: là loại thép không gỉ có tính chất cơ lý tương tự thép mềm (thép carbon thấp), nhưng có khả năng chịu ăn mòn cao hơn thép mềm. Thuộc dòng này có thể kể ra các mác thép SUS 430, 410, 409...

- Austenitic-Ferritic (Duplex): Đây là loại thép có tính chất trung hòa giữa 2 loại Ferritic và Austenitic có tên gọi chung là DUPLEX. Thuộc dòng này có thể kể ra LDX 2101, SAF 2304, 2205, 253MA.

- Martensitic: Loại này chứa khoảng 11% đến 13% Cr, có độ bền chịu lực và độ cứng tốt, chịu ăn mòn ở mức độ tương đối. Được sử dụng nhiều để chế tạo cánh tuabin, lưỡi dao...

Trong đó thép không gỉ sus 316 được ứng dụng rộng rãi tại các nước phát triển trong các ngành như:

- Dùng sản xuất các thiết bị trong ngành thực phẩm và đặc biệt trong các môi trường chứa nhiều Clorua.

- Thiết bị y tế, các dụng cụ thiết bị dùng trong môi trường bắt buộc độ sạch nghiêm khắc như bệnh viện, phòng phẫu thuật, phòng thí nghiệm. Ngoài ra inox 316 còn được sử dụng trong cấy ghép các khớp nối trong cơ thể như ghim, ốc vít trong cấy ghép khớp hông, khớp gối...

- Được ứng dụng trong ngành hàng hải như phụ kiện tàu biển, tàu biển, mỏ neo, hay phụ kiện máy bay...

- Được sử dụng để làm bồn chứa hóa chất, hay trong ngành vận chuyển.

- Công nghiệp khai thác khoáng sản, dầu khí, khai thác mỏ, khai thác đá và lọc nước.

- Xây dựng nhà máy tái chế hạt nhân.

- Sử dụng nhiều trong ngành kiến trúc, các công trình ngoài trời và ở khu vực đặc biệt, hoặc khu vực có nhiệt độ môi trường khắc nghiệt. Vì thế tác giả chọn nghiên cứu công nghệ hàn thép không gỉ sus 316 với cơ tính và thành phần hóa học như sau:

*Bảng 1.1. Cơ tính thép không gỉ sus 316; sus 316L; sus 316h*

| Mác Inox 316 | Tensile Str<br>(MPa) min | Yield Str<br>0.2% Proof<br>(MPa) min | Elong<br>(% in 50mm) min | Hardness                 |                  |
|--------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
|              |                          |                                      |                          | Rockwell B (HR B)<br>max | Brinell (HB) max |
| SUS316       | 515                      | 205                                  | 40                       | 95                       | 217              |
| SUS316L      | 485                      | 170                                  | 40                       | 95                       | 217              |
| SUS316H      | 515                      | 205                                  | 40                       | 95                       | 217              |

*Bảng 1.2. Thành phần hóa học thép không gỉ sus 316*

| Thành phần hóa học (%) |    |    |   |    |   |    |    |   |
|------------------------|----|----|---|----|---|----|----|---|
| C                      | Mn | Si | P | Cr | S | Ni | Mo | N |

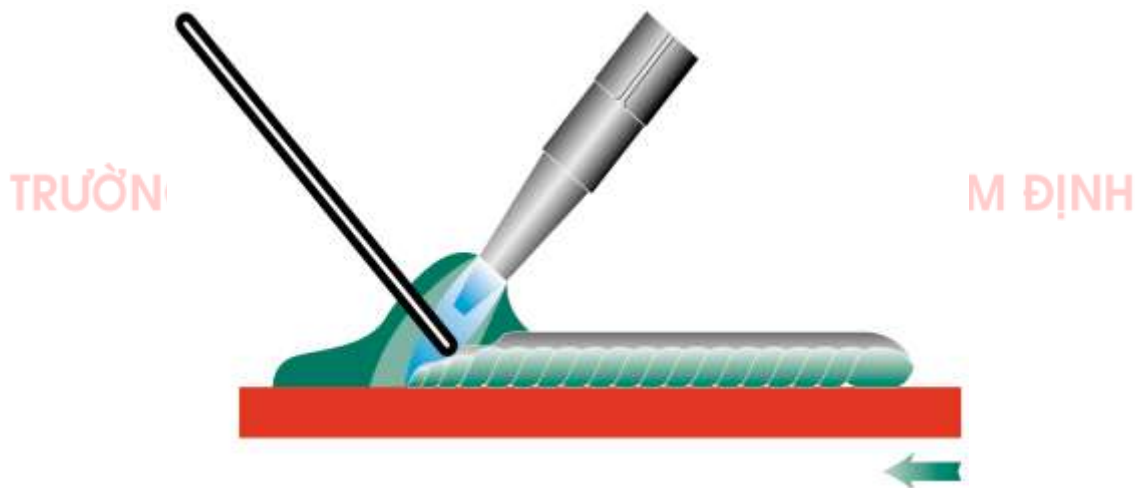
|             |            |            |              |                  |             |              |            |            |
|-------------|------------|------------|--------------|------------------|-------------|--------------|------------|------------|
| $\leq 0,08$ | $\leq 2,0$ | $\leq 1,0$ | $\leq 0,045$ | $16,0 \div 18,0$ | $\leq 0,03$ | $10 \div 14$ | $2 \div 3$ | $\leq 0,1$ |
|-------------|------------|------------|--------------|------------------|-------------|--------------|------------|------------|

### 1.2.2. Các phương pháp hàn thép không gỉ thông dụng

Ngày nay công nghệ hàn thép không gỉ đã và đang phát triển khá mạnh và phương pháp hàn thép không gỉ cũng trở nên khá đa dạng và phổ biến. Trong đó các phương pháp hàn thường được sử dụng là: hàn hơi, hàn hồ quang que hàn thuốc bọc (SMAW), GTAW, GMAW, FCAW, hàn điện trở, hàn plasma,...

#### 1.2.2.1. Hàn hơi

Hàn khí là quá trình nung nóng kim loại chỗ cần nối và que hàn phụ (nếu có) đến trạng thái nóng chảy bằng ngọn lửa của khí cháy với ôxy ( $O_2$ ). Sơ đồ đơn giản của quá trình hàn khí giới thiệu trên hình 1.1;

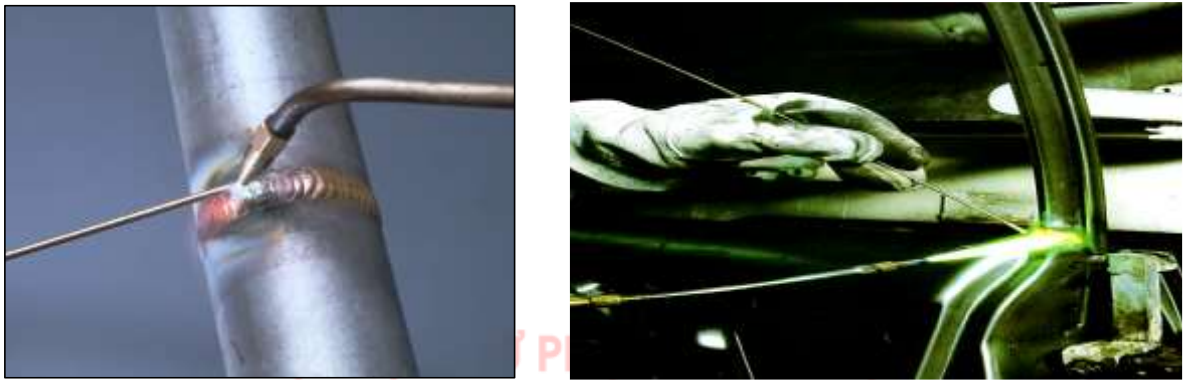


Hình 1.1- Quá trình hàn khí

Ngọn lửa hàn 2 của hỗn hợp khí cháy với ôxy đi ra từ mỏ hàn 3 sẽ làm nóng chảy chỗ cần nối của các chi tiết 1 và que hàn phụ 4 tạo thành vũng hàn 5. Sau khi ngọn lửa hàn đi qua, kim loại lỏng của vũng hàn kết tinh lại tạo thành mối hàn 6. Ngọn lửa của khí cháy axetylen ( $C_2H_2$ ) với ôxy có thể đạt được nhiệt độ từ 3200 đến 3485 $^{\circ}C$ . Quá trình hàn khí có thể cần hoặc không cần bổ sung kim loại cho vũng hàn thông qua que hàn phụ.

Ngoài chức năng chính là tạo ra nguồn nhiệt hàn, ngọn lửa hàn còn có tác dụng bảo vệ cho vùng hàn khỏi những ảnh hưởng xấu của môi trường xung quanh nhằm nâng cao chất lượng mối hàn.

Trong những thập niên đầu thế kỷ XX, hàn khí ôxy – axetylen là phương pháp hàn được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo, xây dựng cũng như bảo trì, sửa chữa máy móc, thiết bị. Nguyên nhân cơ bản khiến phương pháp này có phạm vi ứng dụng rộng rãi là nó có thể hàn được hầu hết các loại vật liệu kim loại thông dụng, thiết bị hàn khí đơn giản, rẻ, có thể trang bị và sử dụng ở những nơi không có nguồn điện lưới.

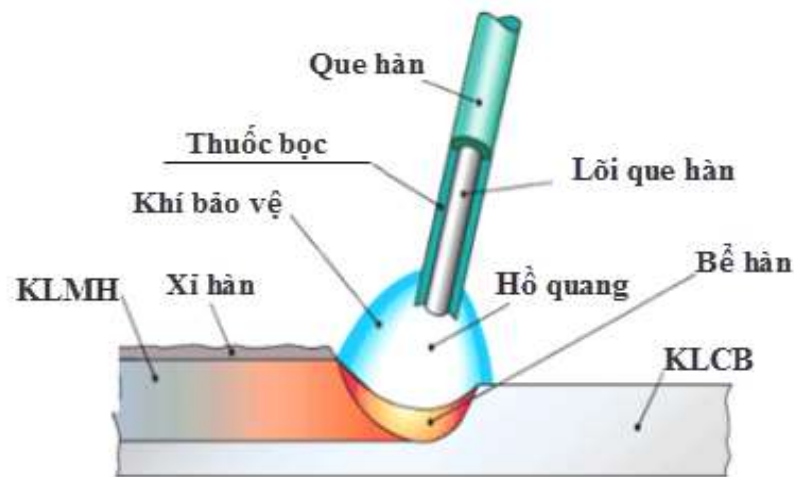


*Hình 1.2. Ứng dụng của hàn khí*

Tuy nhiên, ngày nay hàn khí chỉ còn được áp dụng một cách hạn chế cho những mục đích cụ thể do có sự phát triển nhanh với nhiều ưu điểm của các phương pháp hàn khác, đặc biệt khí hàn thép không gỉ, titan hay thép không gỉ. Hàn khí chủ yếu dùng để hàn các chi tiết mỏng, sửa chữa khuyết tật của vật đúc, hàn vảy, hàn đắp, hàn những kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp, công việc duy tu, sửa chữa và đặc biệt rất thích hợp khi hàn ống có đường kính nhỏ.

#### *1.2.2.2. Hàn hồ quang que hàn thuốc bọc (SMAW)*





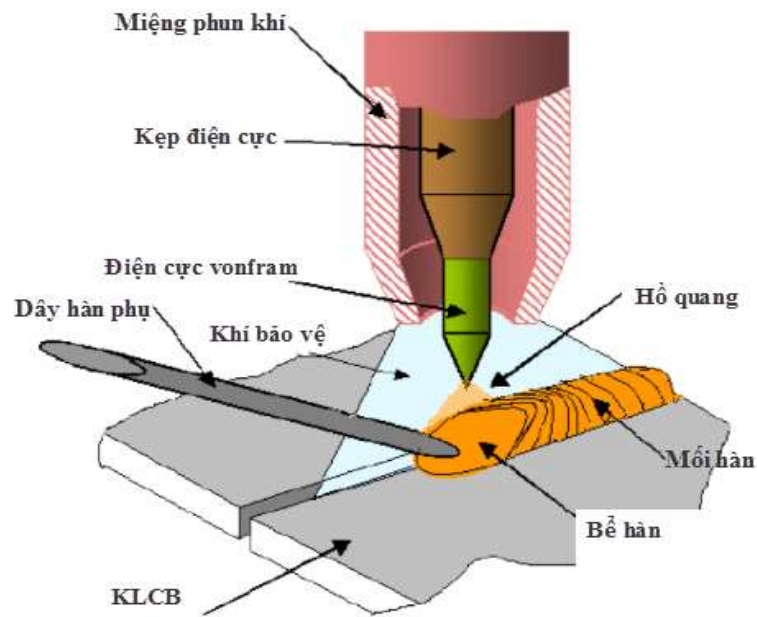
Hình 1.3. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn hồ quang que hàn thuốc bọc

Hàn hồ quang que hàn thuốc bọc (SMAW) là quá trình hàn điện nóng chảy sử dụng điện cực dưới dạng que hàn (thường có vỏ bọc), trong đó tất cả các thao tác (gây hồ quang, dịch chuyển que hàn, thay que hàn,...) đều do người thợ hàn thực hiện bằng tay.

Ưu điểm: Thiết bị hàn đơn giản, giá thành thấp, thích hợp cho hàn sửa chữa hoặc những chi tiết đơn giản không yêu cầu kỹ thuật cao.

Nhược điểm: Khi ứng dụng vào thép không gỉ sẽ có một số khó khăn là mối hàn không được liên tục do phải thay que hàn, khi đó nguồn nhiệt sẽ bị gián đoạn gây ảnh hưởng tới chất lượng mối hàn. Phương pháp hàn này gây bắn tóe nên cũng gây khó khăn cho khâu vệ sinh sau khi hàn.

#### 1.2.2.3. Hàn TIG (GTAW)



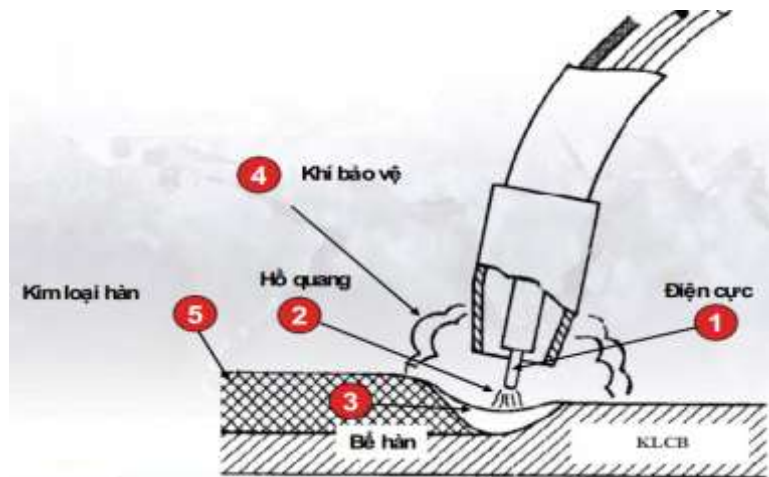
Hình 1.4. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn TIG

Hàn TIG hay còn gọi là hàn hồ quang điện cực không nóng chảy (tungsten) trong môi trường khí trơ bảo vệ.

Ưu điểm: Phương pháp này ứng dụng trong hàn thép không gỉ khá nhiều, cho chất lượng mối hàn tốt, tuy nhiên thường chỉ ứng dụng trong hàn các tấm mỏng.

Nhược điểm: Phương pháp TIG cho năng suất thấp và đòi hỏi tay nghề thợ hàn cao, đây cũng là nguyên nhân lớn dẫn đến giá thành sản phẩm tăng.

#### 1.2.2.4. Hàn MIG (GMAW)



Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý phương pháp hàn MIG

Hàn MIG là phương pháp hàn hồ quang với điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ bảo vệ.

\* Phương pháp hàn MIG có những ưu điểm chính sau:

- Phương pháp hàn MIG có đặc điểm là dây hàn được cấp một cách liên tục, do đó quá trình thực hiện bằng MIG sẽ nhanh hơn so với quá trình hàn SMAW, GTAW.

- Có thể thực hiện được các liên kết hàn ở các vị trí hàn khác nhau.
- Có thể hàn được cả tấm mỏng lẫn tấm dày.
- Quá trình hàn MIG cho hệ số đắp kim loại rất lớn.
- Quá trình hàn MIG dễ dàng thực hiện (vận hành).
- Không cần sử dụng thuốc hàn, sản phẩm hàn MIG mịn, đẹp, gọn gàng, sạch, ít bắn tóe nên giảm được thời gian làm sạch bề mặt sau hàn. Điều này giúp cho làm giảm tổng chi phí hàn.

- Có thể hàn với tốc độ cao, vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ, làm giảm nguy cơ biến dạng khi hàn.

\* Nhược điểm: Đi cùng với các ưu điểm trên, phương pháp MIG cũng có một số nhược điểm sau:

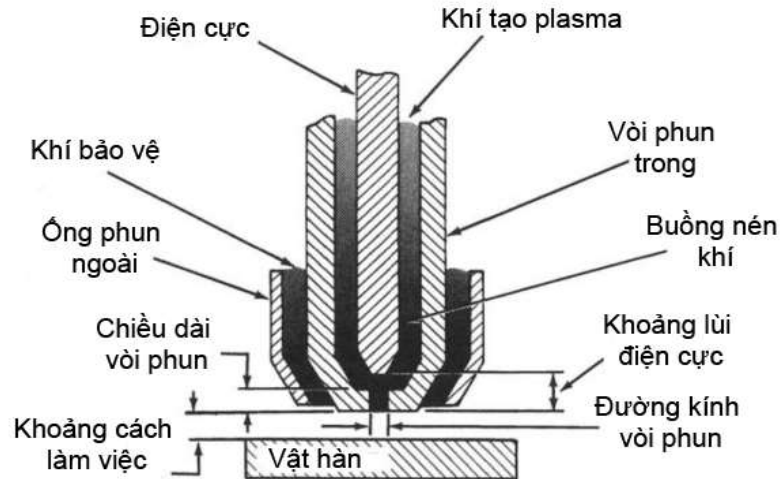
Các thông số ( $U_h$ ,  $I_h$ ,  $V_h$ , ...) này đều yêu cầu được kiểm soát, lựa chọn đúng và kỹ càng để có thể đưa ra được một mối hàn có kết quả tốt.

- Thiết bị hàn khá là phức tạp, đắt tiền, tính linh hoạt thấp.
- Khí bảo vệ có thể dễ dàng phát tán nếu điều kiện che chắn không được tốt, do đó hàn MIG sẽ gặp rất nhiều khó khăn trong điều kiện hàn ở ngoài trời nếu không được che chắn tốt.
- Tốc độ nguội của kim loại hàn cao hơn nên khả năng khí thoát không kịp vì thế trong mối hàn dễ bị rỗ khí, vùng HAZ dễ bị hydro xâm nhập dẫn đến hiện tượng nứt nguội với thép không gỉ. [4]

#### 1.2.2.5. Hàn Plasma (PAW).

Hàn hồ quang Plasma (PAW) là một quá trình hàn nóng chảy, trong đó nhiệt làm nóng chảy kim loại được tạo thành từ một hồ quang nén hình thành giữa một điện cực không nóng chảy và vật hàn (chế độ hồ quang trực tiếp) hoặc giữa điện cực và vòi phun (chế độ hồ quang gián tiếp). Áp lực không được sử dụng, có thể có

hoặc không có vật liệu bù trong quá trình hàn. Hồ quang tập trung trong cột plasma đã bị ion hóa được phóng ra từ mỏ hàn. Quá trình hàn thường sử dụng hai dòng khí riêng biệt là khí tạo hồ quang plasma và khí bảo vệ. Khí bảo vệ thường là các khí trơ hoặc hỗn hợp khí trơ.



Hình 1.6. Sơ đồ mô phỏng hàn hồ quang plasma

Các đặc điểm của phương pháp hàn hồ quang plasma

Hàn hồ quang plasma có những ưu điểm sau:

- Mức độ tập trung năng lượng cao hơn.
- Độ ổn định hồ quang cao hơn, đặc biệt ở chế độ cường độ dòng điện hàn thấp.
- Dòng khí plasma có tốc độ cao hơn.
- Các thông số của vũng hàn ít phụ thuộc vào sự thay đổi khoảng cách làm việc.
- Không xảy ra hiện tượng nhiễm vật liệu điện cực vonfram vào vật hàn.
- Yêu cầu đối với kỹ năng thợ hàn thấp hơn khi hàn tay.

Những nhược điểm của hàn hồ quang plasma là:

- Thiết bị đắt tiền hơn.
- Vòi phun có tuổi thọ thấp.
- Thợ hàn phải có hiểu biết sâu về quá trình hàn này.
- Mức độ tiêu thụ khí bảo vệ cao.

Các ứng dụng của hàn hồ quang plasma

Thiết bị và kỹ thuật hàn hồ quang plasma hiện nay, đặc biệt là các hệ thống hàn plasma chính xác cho phép hàn những kết cấu mà trước kia chỉ có thể hàn bằng

những quá trình đắt tiền như hàn laser, hàn tia điện tử. Điều này cho phép giảm chi phí mua sắm và vận hành thiết bị cũng như chi phí dịch vụ kèm theo.

Hàn plasma cho phép hàn tay lẫn hàn cơ giới, hàn tự động và có thể hàn liên tục lẫn hàn gián đoạn. Hàn plasma đã được ứng dụng trong các trường hợp đòi hỏi chất lượng cao như hàn một lượt bình nhiên liệu tàu con thoi, vỏ tàu cánh ngầm và tàu ngầm, bể chứa hóa chất, thiết bị hóa thực phẩm, thiết bị điều chế dược phẩm, dây chuyền hàn ống v.v. Việc ứng dụng hàn plasma vào dây chuyền hàn ống cho phép tăng tốc độ hàn 100%, đặc biệt khi hàn các ống có thành dày  $6\div 12$  mm, khi mà hàn hồ quang bằng điện cực không nóng chảy không hiệu quả.

### ***1.2.3. Công nghệ hàn thùng chứa hóa chất***

- Đặc điểm của bồn chứa làm bằng thép không gỉ sus 316

Trước đây thép không gỉ sus 316 không phải là lựa chọn hàng đầu trong lĩnh vực sản xuất bồn chứa hoặc thùng chứa đựng hóa chất vì giá thành của chúng tương đối cao so với các loại vật liệu khác và các công nghệ hàn tiên tiến chưa phát triển nên việc thực hiện hàn giáp mối các mối ghép trong thùng chứa gặp khó khăn, chất lượng mối hàn không đảm bảo. Tuy nhiên trong các lĩnh vực quan trọng như hóa chất thì vật liệu sus 316 là sự lựa chọn rất phù hợp để đảm bảo về tính chống ăn mòn khi sử dụng. Bồn chứa công nghiệp thường được thiết kế dưới 2 dạng chính là dạng thẳng đứng và dạng nằm ngang. Mỗi bồn có dung tích từ 20-15000l và được cấu tạo gồm 4 bộ phận chính...

Việc lựa chọn vật liệu sản xuất bồn chứa công nghiệp có vai trò rất quan trọng, không chỉ phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật mà còn phải an toàn cho sức khỏe, không gây phản ứng hóa học với các chất chứa trong bồn. Đây cũng chính là lý do mà thép không gỉ sus 316 là vật liệu được lựa chọn hàng đầu để sản xuất bồn chứa công nghiệp sử dụng trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là lĩnh vực hóa chất.



Hình 1.7. Bồn chứa hóa chất, xăng dầu... được làm từ thép sus 316

Các loại bồn chứa làm từ thép không gỉ sus 316 có độ bền cao lên tới vài chục năm tùy theo cách bảo quản và cấu tạo chất chứa trong bồn. Với tính năng chống gỉ sét, chống ăn mòn và chống oxy hóa, bồn chứa làm từ thép không gỉ sus 316 đáp ứng đầy đủ các tiêu chí an toàn để sử dụng chứa các loại thực phẩm, nước uống mà không làm ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Tuy nhiên, vì có chất lượng tốt nên các bồn chứa inox 316 thường có giá thành cao hơn so với bồn làm từ vật liệu khác.

Thép không gỉ sus 316 là lớp thép không gỉ đặc biệt hiệu quả trong môi trường axit. Lớp bề mặt đặc biệt có hiệu quả trong việc bảo vệ chống lại sự ăn mòn do sulfuric hydrochloric, acetic, axit formic và tartaric, cũng như sunfat axit và kiềm clorua. Công dụng: Sử dụng phổ biến cho thép không gỉ loại sus 316 bao gồm xây dựng các ống xả, các bộ phận lò, bộ trao đổi nhiệt, bộ phận động cơ máy bay phản lực, dược phẩm và thiết bị chụp ảnh, van và bơm phụ tùng, thiết bị xử lý hóa chất, xe tăng, thiết bị bay hơi, cũng như bột giấy, giấy và thiết bị chế biến dệt may và bất kỳ bộ phận tiếp xúc với môi trường biển.

Thực tế trên bồn chứa hóa chất có rất nhiều vị trí hàn với nhiều kiểu liên kết khác nhau như: hàn giáp mối thùng chứa theo đường sinh, hàn giáp mối thùng chứa theo đường sinh... Trong khuôn khổ giới hạn của đề tài này để kết quả nghiên cứu có độ chính xác cao tác giả lựa chọn vị trí hàn giáp mối theo đường sinh để nghiên cứu

Bảng 1.3. Thành phần hóa học của các loại thép không gỉ sử dụng làm thùng chứa hóa chất

| Cấp                      |      | C%        | Mn% | Si%  | P%    | S%   | Cr%       | Ni%       | Mo%     | N%   |
|--------------------------|------|-----------|-----|------|-------|------|-----------|-----------|---------|------|
| UNS<br>31600             | 316  | 0.08      | 2.0 | 0,5  | 0,05  | 0.3  | 16-18     | 10-14     | 2-3     | 0.10 |
| <i>các lớp liên quan</i> |      |           |     |      |       |      |           |           |         |      |
| UNS<br>S31603            | 316L | 0.03      | 2.0 | 0,75 | 0,045 | 0.03 | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 2,0-3,0 | 0.10 |
| UNS<br>S31609            | 316H | 0,04-0,10 | 2.0 | 0,75 | 0,045 | 0.03 | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 2,0-3,0 | —    |

Trên cơ sở phân tích ở trên ta có thể thấy cả 3 mác thép được sử dụng cho sản xuất hàn các thùng, bồn chứa đựng hóa chất đều có những ưu điểm, nhược điểm nhất định, tuy nhiên ta nhận thấy mác thép sus 316L và mác thép sus 316H có giá tương đối cao dẫn đến tăng chi phí.

#### 1.2.4. Lựa chọn công nghệ, thiết bị hàn, vật liệu hàn

Tác giả quyết định chọn nghiên cứu ứng dụng công nghệ hàn MIG thép không gỉ với các ưu điểm như: năng suất cao, dễ thao tác, dễ tự động hóa, ít biến dạng.

Thiết bị hàn:

Phương pháp hàn MIG có hàn bán tự động hoặc tự động, thiết bị gồm các bộ phận chính sau:

- Mỏ hàn

Máy hàn MIG sử dụng mỏ hàn thay vì mỏ đốt giống hàn hơi và kim hàn trong hàn SMAW. Mỏ hàn có dáng vẻ tương tự khẩu súng ngắn, hướng điện cực và khí bảo vệ vào vũng hàn. Các đường dẫn tới mỏ hàn gồm dây điện hàn, dây điện điều khiển, ống dẫn khí bảo vệ. Ngoài ra bộ phận không thể thiếu của mỏ hàn là công tắc cấp điện và khí bảo vệ.

- Nguồn hàn



Nguồn điện hàn cung cấp dòng hàn một chiều hoặc xoay chiều, hoặc có thể là cả hai. Tùy ứng dụng hàn, có thể biến áp, chỉnh lưu hoặc máy phát điện hàn. Nguồn điện hàn cần có đường đặc tính ngoài dốc (giống như khi hàn hồ quang tay).

Để tăng độ ổn định hồ quang, điện áp lúc không tải được hiệu chỉnh ở mức 70 đến 80V. Thông thường, bộ phận điều khiển được bố trí chung với nguồn điện hàn và bao gồm bộ contactor đóng ngắt dòng hàn, bộ gây hồ quang có tần số cao, bộ điều khiển tuần hoàn nước làm mát (nếu có) với hệ thống cánh tản nhiệt và quạt làm mát, bộ khống chế thành phần dòng một chiều (đối với máy hàn xoay chiều, một chiều).

Nguồn điện hàn xoay chiều: Thích hợp áp dụng cho hàn thép không gỉ, magiê và hợp kim của chúng. Khi hàn, nửa chu kỳ dương (của điện cực) có tác dụng phá vỡ lớp màng oxit trên bề mặt và làm sạch bề mặt đó. Nửa chu kỳ âm sẽ nung kim loại cơ bản.

Nguồn điện hàn một chiều: Thông thường, máy một chiều đều sử dụng phương pháp nối thuận (nên 2/3 nhiệt lượng của hồ quang sẽ đi vào vật hàn).

- Đồng hồ, van áp suất khí

Đồng hồ và van áp suất khí là bộ phận đo khá quan trọng trong khi hàn. Thiết bị hàn cần cung cấp khí bảo vệ với lưu lượng và áp suất không đổi. Van chỉnh áp đảm nhiệm vai trò đó. Có các loại van chỉnh áp một cấp hoặc hai cấp cho áp suất và lưu lượng khí cung cấp đều hơn một cấp. Trong khi hàn tùy từng điều kiện điều chỉnh lưu lượng khí phù hợp.

- Que hàn phụ:

Kí hiệu: ER316, theo AWS A5.9

Đường kính dây:  $\Phi = 0,8 \div 1,6$  (mm)

Giới hạn chảy: 420 N/mm<sup>2</sup>

Độ bền kéo: 570 N/mm<sup>2</sup>

Độ giãn dài: 40%

Độ bền va đập: 140J (0°C); 50J (-196°C)

Cực hàn: DC<sup>-</sup>

Hãng sản xuất: Kiswel

Xuất xứ: Hàn Quốc



Bảng 1.4. Thành phần hóa học dây hàn ER316 theo AWS A5.9

| Thành phần hóa học (%) |     |      |       |       |        |      |        |
|------------------------|-----|------|-------|-------|--------|------|--------|
| C                      | Mn  | Si   | Cr    | Ni    | Zn     | Mo   | Remarx |
| ≤0,04                  | 1,6 | 0,44 | 12,17 | 19,22 | ≤18,75 | 2,26 | -      |

- Khí bảo vệ : Ar (Argon) 99,98%

Khí Argon là một khí trơ không màu, không mùi và không độc. Nó không hình thành hợp chất hóa học với bất kỳ vật chất nào khác ở mọi nhiệt độ và áp suất.

Khí Ar được tích trữ từ khí quyển nhờ phương pháp hóa lỏng không khí và được tinh chế đến độ tinh khiết 99.9% có tỷ trọng 1.33 so với không khí. Khí Ar được cung cấp trong những bình áp suất cao hoặc ở dạng khí hóa lỏng tại nhiệt độ  $-184^{\circ}\text{C}$  trong bồn chứa.

Heli là một loại khí trơ không màu, không mùi. Tỷ trọng của nó so với không khí là 0.13, được khai thác từ thiên nhiên, khí này có nhiệt độ hóa lỏng rất thấp ( $-272^{\circ}\text{C}$ ) và thường được chứa trong những bình có áp suất cao.

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

### **Kết luận chương 1**

Do các ưu điểm thép không gỉ sus 316 nên chúng được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp hóa chất, xây dựng và hàng không.

Tác giả quyết định chọn nghiên cứu ứng dụng công nghệ hàn MIG thép không gỉ sus 316 vì đây là phương pháp mới với các ưu điểm vượt trội so với các phương pháp hàn truyền thống như: hệ số đắp lớn, năng suất cao, dễ thao tác, dễ tự động hóa, vật hàn ít biến dạng, giảm ứng dư tồn tại trong mối hàn.

## CHƯƠNG 2: CÔNG NGHỆ HÀN MIG

### 2.1. Nguyên lý

Phương pháp hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ đã được giới thiệu từ năm 1920, nhưng đến tận năm 1948 nó mới được ứng dụng rộng rãi trên thị trường. Hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong khí bảo vệ là quá trình hàn nóng chảy trong đó nguồn nhiệt hàn được cung cấp bởi hồ quang tạo ra giữa điện cực nóng chảy (dây hàn) và vật hàn. Hồ quang và kim loại nóng chảy được bảo vệ khỏi tác dụng của Oxi và Nitơ trong môi trường xung quanh bởi một loại khí hoặc 1 hỗn hợp khí. Khí bảo vệ có thể là khí trơ không tác dụng với kim loại lỏng khi hàn hoặc là các loại khí hoạt tính có tác dụng chiếm chỗ đẩy không khí ra ngoài vùng và hạn chế tác dụng xấu của nó. Phương pháp hàn này gọi là GMAW (Gas Metal Arc Welding).

Hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí hoạt tính ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2 + \text{O}_2, \dots$ ) gọi là phương pháp hàn MAG (Metal Active Gas), thường được sử dụng rộng rãi để hàn kim loại thép carbon và thép hợp kim thấp trong công nghiệp.

Hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ (Ar, He, ...) gọi là phương pháp hàn MIG (Metal Inert Gas), thường được sử dụng để hàn kim loại màu và hợp kim màu.

Phương pháp hàn MIG thép không gỉ có thể áp dụng theo kiểu bán tự động hoặc tự động. Tất cả các loại thép không gỉ có thể hàn ở mọi tư thế bằng phương pháp này, chỉ cần lựa chọn được vật liệu hàn và các thông số hàn thích hợp.

### 2.2. Đặc điểm

Được ứng dụng trong chế tạo các kết cấu thép không gỉ quan trọng. Khí bảo vệ thường được dùng là He (99,985%), Ar (99,98%).

Hiệu quả khi hàn tấm có chiều dày  $\geq 4\text{mm}$

So với hàn TIG, cơ tính mối hàn thấp hơn do điện cực bị nung nóng quá mức. Tuy nhiên có ưu điểm là khử tạp chất tốt và có năng suất cao.

Đường kính dây hàn  $d = 0,8 \div 1,6 \text{ mm}$ . Với các dây lớn hơn quá trình hàn chỉ ổn định khi dòng điện có cường độ cao hơn  $130\text{A} \div 140 \text{ A}$ , cho phép hàn một lượt

các tấm có chiều dày  $4 \div 6$  mm. Khi hàn ở các tư thế hàn ngang hàn trần cần giảm cường độ dòng điện hàn  $10 \div 15$  %

Khoảng cách từ đầu chụp khí đến bề mặt vật hàn là từ  $5 \div 15$ mm.

Chế độ hàn tiêu biểu: hầu hết hợp kim thép không gỉ được hàn bằng chế độ dịch chuyển tia có dòng bằng hoặc xung.

Mật độ dòng điện hàn  $80 \div 480$  A/mm<sup>2</sup>

Các ưu điểm của dịch chuyển tia là ngấu tốt, hồ quang cứng, hẹp và ổn định dễ hàn ở các tư thế khác nhau, có thể hàn mối hàn góc nhỏ trên chiều dài lớn.

## 2.3. Các thông số công nghệ

### 2.3.1. Cường độ dòng điện hàn

Dòng điện hàn được chọn phụ thuộc vào kích thước điện cực dây hàn, dạng truyền kim loại lỏng vào bể hàn và chiều dày liên kết hàn. Khi dòng điện quá thấp sẽ không đảm bảo ngấu hết chiều dày liên kết, giảm độ bền của mối hàn. Khi dòng điện quá cao sẽ dẫn tới tăng khả năng bắn tóe kim loại, gây rỗ, biến dạng mối hàn không ổn định.

- Thực nghiệm cho thấy cường độ hàn tốt nhất là 1A cho 0,0001 in bề dày (khoảng 40A/mm) ứng với tốc độ hàn 250mm/phút. Thường khi hàn thủ công rất khó đạt được tốc độ hàn như thế và khi giảm tốc độ hàn thì ta phải giảm dòng điện tương ứng. Ví dụ: để hàn với tốc độ 100mm/phút thì nên chọn cường độ  $I_h = (40 \times 100) / 250 = 16$  A/mm bề dày.

- Nói chung, nếu dòng hàn nhỏ trong khi điện cực lớn sẽ làm điện cực "quá nguội" độ bức xạ electron kém làm hồ quang khó ổn định, mặt khác kích cỡ vũng chảy (phụ thuộc vào đường kính điện cực và chiều dài hồ quang) tăng lên làm giảm mật độ nhiệt khiến cho độ ngấu giảm tốc độ nguội của vũng chảy tăng cao gây ra các chuyển biến bất lợi.

- Đường kính dây hàn phụ cũng vậy, dây hàn có đường kính quá nhỏ làm tăng tốc độ cấp dây dễ gây ra hiện tượng cấp dây hàn thiếu làm mối hàn lõm, thiếu kích thước và "quá nóng"; trong khi dây hàn có đường kính quá lớn khiến cho việc cấp dây khó khăn và làm cho mối hàn "quá nguội".

Tốc độ cấp dây phải tương ứng với tốc độ nóng chảy của điện cực (dây hàn). Tức là phụ thuộc vào cường độ dòng điện hàn và đường kính dây hàn. Tốc độ cấp dây thường được căn chỉnh theo qui định của nhà sản xuất. Tuy nhiên, trước khi tiến hành hàn ta nên hàn thử và điều chỉnh tốc độ theo yêu cầu cụ thể.

*Bảng 2.1. Các thông số tham khảo khi hàn trên thép carbon*

|                                     |        |        |         |         |         |
|-------------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Bề dày (mm)                         | 1,6    | 2,4    | 3,2     | 4,8     | 6,0     |
| Đường kính dây hàn (mm)             | 0,8    | 0,9    | 1,0     | 1,2     | 1,6     |
| Dòng điện hàn (A)                   | 80÷120 | 90÷130 | 100÷140 | 110÷200 | 180÷320 |
| Điện áp hàn (V)                     | 20÷21  | 20÷22  | 22÷24   | 23÷25   | 25÷28   |
| Tốc độ hàn min (mm/phút)            | 250    | 250    | 250     | 200     | 200     |
| Đường kính mỏ phun (mm)             | 9,5    | 9,5    | 9,5     | 9,5     | 12,5    |
| Lưu lượng khí bảo vệ min (lít/phút) | 8÷9    | 9÷10   | 10÷11   | 12÷13   | 16÷18   |

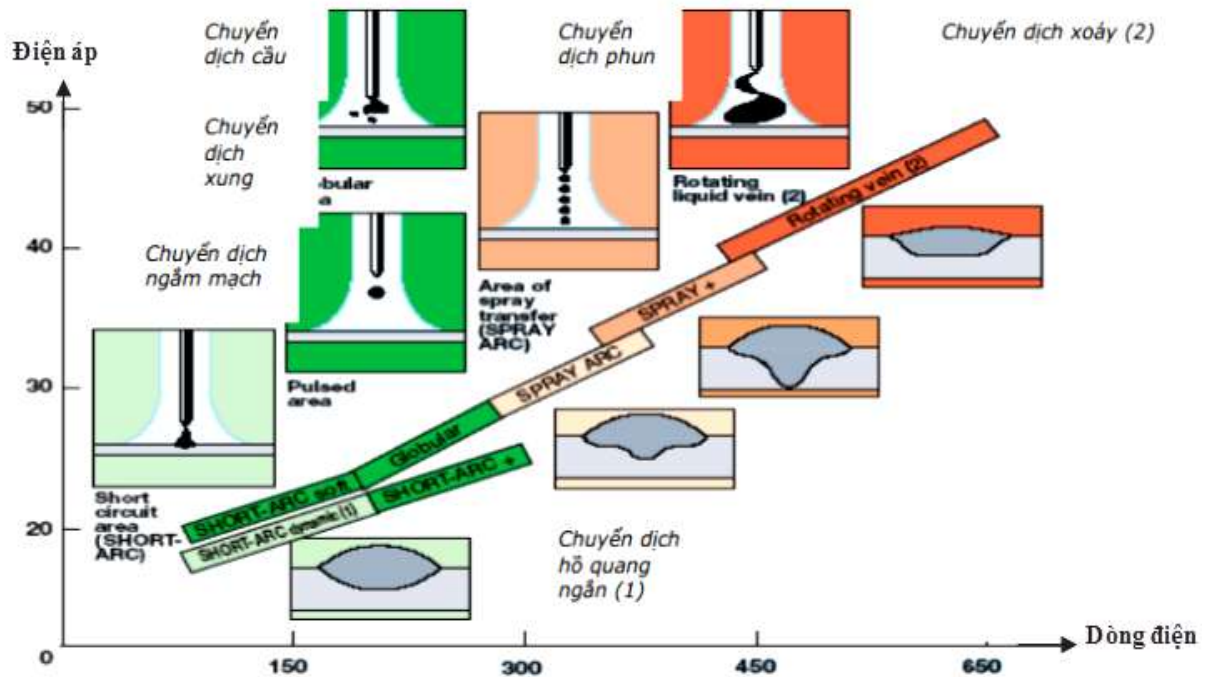
*Bảng 3.2. Các thông số hàn trên Inox ( hợp kim thấp)*

|                                |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bề dày (mm)                    | 1,6     | 2,4     | 3,2     | 4,8     | 6,0     |
| Đường kính dây hàn (mm)        | 0,8     | 0,9     | 1,0     | 1,2     | 1,6     |
| Dòng điện hàn (A)              | 100÷130 | 120÷135 | 135÷145 | 140÷155 | 330÷375 |
| Điện áp hàn (V)                | 20÷24   | 20÷24   | 22÷26   | 22÷26   | 25÷28   |
| Tốc độ hàn min (mm)            | 250     | 250     | 250     | 200     | 200     |
| Đường kính mỏ phun (mm)        | 9,5     | 9,5     | 9,5     | 9,5     | 12,5    |
| Lưu lượng khí bảo vệ min (lít) | 8÷13    | 9÷13    | 10÷14   | 12÷16   | 16÷20   |

### **2.3.2. Điện áp hàn**

Điện áp hàn là một thông số quan trọng trong hàn MIG, quyết định dạng truyền kim loại lỏng. Điện áp sử dụng phụ thuộc vào chiều dày chi tiết hàn, kiểu liên kết, kích thước điện cực dây hàn, thành phần khí bảo vệ, dây hàn... Để có giá trị điện áp hàn hợp lý, ta phải tiến hành hàn thử với các giá trị điện áp tra bảng hoặc tính toán, sau đó ta quan sát đường hàn để chọn giá trị thích hợp.

Mối quan hệ giữa điện áp hàn và cường độ dòng điện hàn quyết định đến hình thức dịch chuyển kim loại lỏng vào bể hàn từ đó ảnh hưởng đến hình dáng, kích thước và chiều sâu ngấu của mối hàn, [6].



Hình 2.1. Các dạng dịch chuyển kim loại vào bể hàn, [15]

### 2.3.3. Lưu lượng khí bảo vệ

Sự tiêu hao của khí bảo vệ phụ thuộc vào cường độ dòng điện hàn và đường kính dây hàn, đường kính miệng phun. Lưu lượng khí bảo vệ ít dẫn đến mối hàn bị xốp, lượng kim loại lỏng bắn tóe càng nhiều và có thể không hình thành được mối hàn với hàn thép không gỉ và hợp kim thép không gỉ. Tuy nhiên khi lưu lượng khí bảo vệ dư thừa, miệng phun nhỏ có thể sẽ tạo thành dòng khí xoáy và hút không khí từ môi trường vào bể hàn; khí bảo vệ dư thừa sẽ gây ra lãng phí không cần thiết.

Không có một quy tắc nào khống chế sự lựa chọn khí bảo vệ đối với một công việc cụ thể. Ar, He hoặc hỗn hợp của chúng đều có thể sử dụng thành công đối với đa số công việc hàn, với sự ngoại lệ là khi hàn trên những vật cực mỏng thì phải sử dụng khí Ar, Ar thường cho hồ quang cháy êm hơn là khí He, chi phí đơn vị thấp nên Ar được ưa chuộng hơn từ quan điểm kinh tế. Khi hàn thép không gỉ bằng hàn MIG, do trạng thái động của điểm catot làm nhiều chuyển dịch giọt, nên cần cho thêm 2% oxy vào Ar.

#### **2.3.4. Đường kính dây hàn**

Thông thường đường kính dây hàn tăng khi tăng chiều dày chi tiết hàn. Tuy nhiên sự lựa chọn đường kính dây hàn lại ảnh hưởng lớn tới kiểu dịch chuyển kim loại lỏng vào bể hàn. Đối với dòng điện hàn cho trước, khi giảm đường kính dây hàn sẽ làm tăng tốc độ dịch chuyển kim loại lỏng và tốc độ nóng chảy của điện cực (dây hàn) sẽ cao hơn do mật độ dòng điện tăng lên.

#### **2.3.5. Vận tốc hàn**

Tốc độ hàn quyết định tới chiều sâu ngấu của mối hàn. Nếu tốc độ hàn thấp, kích thước vũng hàn sẽ lớn và ngấu sâu. Khi tăng tốc độ hàn, tốc độ cấp nhiệt của hồ quang vào mối hàn sẽ giảm, làm giảm độ ngấu và thu hẹp mối hàn.

#### **2.3.6. Tầm với điện cực (độ nhú của điện cực)**

Khi tăng chiều dài phần nhô, nhiệt nung nóng đoạn dây hàn này sẽ tăng, làm giảm cường độ dòng điện hàn cần thiết để nóng chảy điện cực theo tốc độ cấp dây nhất định. Khoảng cách này là rất quan trọng khi hàn, chỉ cần một sự biến thiên nhỏ cũng làm tăng biến thiên dòng điện một cách rõ rệt.

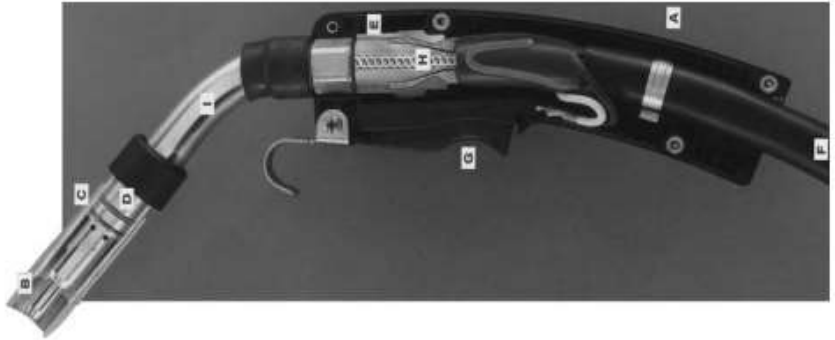
Chiều dài phần nhô quá lớn sẽ làm dư kim loại nóng chảy ở mối hàn, giảm độ ngấu dẫn tới lãng phí kim loại hàn. Ngoài ra tính ổn định của hồ quang cũng bị ảnh hưởng. Nếu chiều dài phần nhô ra quá nhỏ sẽ gây ra sự bắn tóe, kim loại bắn tóe sẽ dính vào mỏ hàn ống chụp khí làm cản trở khí bảo vệ mối hàn, gây ra rỗ xốp trong mối hàn.

### **2.4. Thiết bị hàn MIG thép không gỉ**

Phương pháp hàn MIG có hàn bán tự động hoặc tự động, thiết bị gồm các bộ phận chính sau:

- Súng hàn

a) Súng hàn dùng cho máy có bộ đẩy dây hàn ở trong máy.



b) Súng hàn có bộ đẩy dây trên thân súng, dùng cuộn dây nhỏ mắc ngay phía sau súng.



Hình 2.2. Súng hàn MIG thép không gỉ

Máy hàn MIG sử dụng súng hàn thay vì mỏ đốt giống hàn hơi và mỏ hàn trong hàn TIG. Súng hàn có dáng vẻ tương tự khẩu súng ngắn, hướng dây hàn và khí bảo vệ vào vùng hàn. Các đường dẫn tới súng hàn gồm dây điện hàn, dây điện điều khiển, ống dẫn điện cực và ống dẫn khí bảo vệ. Dây hàn được cấp ra ngoài thông qua tiếp điểm trượt và ống dẫn hướng đặt trong lòng súng. Ngoài ra bộ phận không thể thiếu của súng hàn là công tắc cấp dây và khí bảo vệ.

- Nguồn hàn

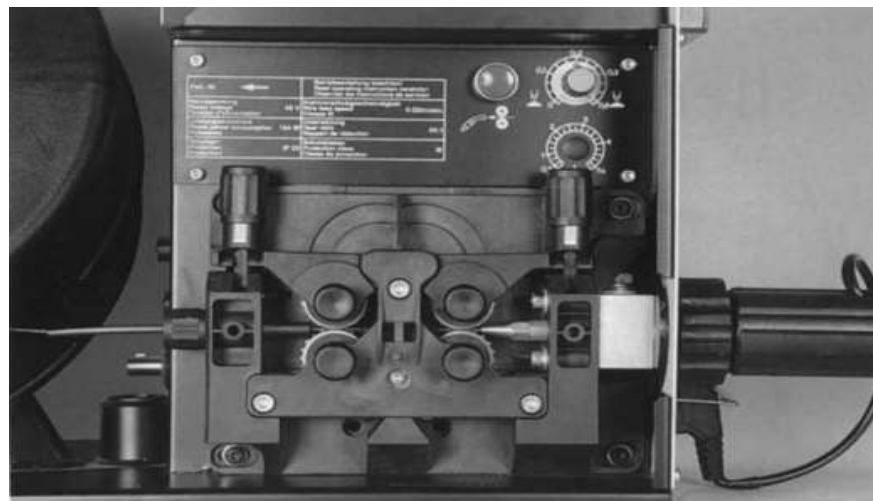




Hình 2.3 Máy hàn MIG thép không gỉ

Hầu như mọi máy hàn MIG đều được dùng điện DC. Tùy theo máy, cường độ dòng điện trong khoảng vài trăm tới khoảng 1200A, điện áp đầu vào 110÷220V hoặc 380V. Chu kỳ tải 40%, 60% hoặc 100%.

- Cơ cấu truyền động dây hàn và bộ điều khiển



Hình 2.1 Bộ đẩy dây hàn

Hai cơ cấu này thường được liên kết khối với nhau, nó có chức năng điều khiển tốc độ cấp dây. Tốc độ motor được xác lập theo khoảng giá trị dòng hàn. Bộ điều khiển sẽ hiệu chỉnh khởi động và dừng cấp dây.

- Đồng hồ, van áp suất khí

Đồng hồ và van áp suất khí là bộ phận đo khá quan trọng trong khi hàn. Thiết bị hàn cần cung cấp khí bảo vệ với lưu lượng và áp suất không đổi. Van chỉnh áp đảm nhiệm vai trò đó. Có các loại van chỉnh áp một cấp hoặc hai cấp cho áp suất và lưu lượng khí cung cấp đều hơn một cấp. Trong khi hàn tùy từng điều kiện điều chỉnh lưu lượng khí phù hợp.

- Bình chứa khí

Thông thường khí được chứa trong các bình chứa chuyên dụng và được nén với áp suất cao. Các bình này được nạp khí từ các trạm bơm khí sau đó được vận chuyển tới các nhà máy xí nghiệp sử dụng.



Hình 2.6. Bình chứa khí Ar

- Đồng hồ, van áp suất khí



Hình 2.7. Đồng hồ giảm áp Ar

Đồng hồ và van áp suất khí là bộ phận đo khá quan trọng trong khi hàn. Thiết bị hàn cần cung cấp khí bảo vệ với lưu lượng và áp suất không đổi. Van chỉnh áp đảm nhiệm vai trò đó. Có các loại van chỉnh áp một cấp hoặc hai cấp cho áp suất và lưu lượng khí cung cấp đều hơn một cấp. Trong khi hàn tùy từng điều kiện điều chỉnh lưu lượng khí phù hợp.

## 2.5. Vật liệu hàn

### 2.5.1. Khí bảo vệ

Khí bảo vệ dùng trong hàn MIG thép không gỉ là Ar, He với độ tinh khiết 99,98% hoặc hỗn hợp Ar + 2% O<sub>2</sub>.

Khí Argon là khí được điều chế từ khí quyển bằng phương pháp hóa lỏng không khí và tinh chế độ tinh khiết 99,98%. Khí này được chứa trong các chai khí với áp suất cao hoặc ở dạng lỏng với nhiệt độ -185,5°C.

Khí bảo vệ Argon, Heli dùng trong hàn MIG ngoài tác dụng bảo vệ vùng hàn, bảo vệ điện cực còn làm nhiệm vụ làm mát điện cực và súng hàn. Khí Argon, Heli là khí trơ (không tác dụng hóa học với các nguyên tố khác), khí Argon không màu, không độc và nặng khoảng 1,5 lần so với không khí (tỷ trọng 1,783g/l) Argon không hòa tan trong kim loại ở trạng thái lỏng hay rắn. Heli có tỷ trọng 0,187g/l có nghĩa là khí Argon nặng gấp 10 lần so với Heli. Trong thực tế khí Argon được sử dụng rộng rãi hơn khí Heli vì Argon có những lí do sau:

+) Nó tạo ra hồ quang cháy êm hơn, tạo ra điện áp hồ quang thấp hơn với cùng một dòng hàn khi dùng các khí khác. Có tác dụng làm sạch bề mặt vật liệu khi hàn Thép không gỉ, bảo vệ vững hàn tốt hơn với lưu lượng thấp hơn vì nó nặng hơn khí Heli. Dễ gây hồ quang hơn (do điện áp hồ quang thấp hơn khi hàn với các khí khác).

+) Khí Heli là loại khí phong phú thứ hai sau khí Argon so với các khí trơ còn lại. với cùng dòng hàn, khí Heli tạo ra điện áp hồ quang gấp 1,7 lần so với khí Argon, đồng thời nguồn nhiệt hồ quang khí Heli cũng lớn gấp 1,7 lần khi hàn so với khí Argon.

+) Trong công nghiệp khí Argon được điều chế từ không khí bằng cách hạ nhiệt độ của không khí, biến nó thành thể lỏng cho bay hơi tách Argon ra khỏi hỗn hợp (dựa vào nhiệt độ sôi của các chất thành phần không khí).

### 2.5.2. Dây hàn phụ

Theo tiêu chuẩn AWS A5.9 – 2012:

- E: Điện cực hàn.
- R: dây hàn
- L: (Low) thấp

Bảng 2.4.. Các que hàn phụ dùng trong hàn thép không gỉ

| Kí hiệu | Thành phần (%)                                                                |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ER308L  | 19,8% Cr+10,1%Ni                                                              |
| ER309L  | Cr = 23,0 - 25,0+ Ni = 12,0 - 14,0                                            |
| ER316   | 0,06%C, Si: 0.4%; Mn: 1.73%; P: - %; S: - %; Cr: 11.17%; Ni: 18.15%; Mo:2.22% |

Chọn vật liệu hàn cho hàn thép không gỉ là bước rất quan trọng, nếu chọn vật liệu không thích hợp có thể gây nứt tại kim loại mối hàn do kim loại mối hàn hoặc vùng ảnh hưởng có tính dẻo và độ bền thấp khi nhiệt độ tăng.

Để giảm xu hướng nứt giữa các tinh thể trong vùng ảnh hưởng nhiệt, nên dùng vật liệu hàn có nhiệt độ nóng chảy bằng hoặc thấp hơn kim loại cơ bản, tức là có hàm lượng các nguyên tố hợp kim cao hơn.

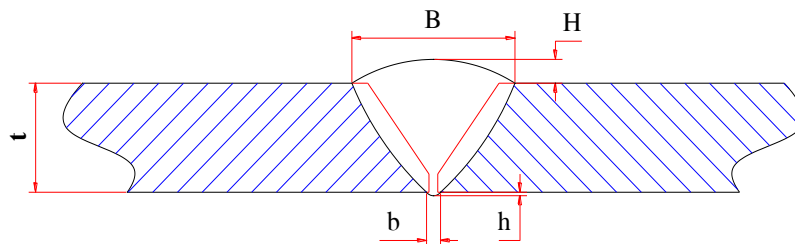
Trên cơ sở các nguyên tắc trên ta lựa chọn vật liệu là que hàn ER 316 để hàn cho vật liệu cơ bản sus 316 và khí bảo vệ là  $\text{Ar} + 2\% \text{O}_2$

## 2.6. Ảnh hưởng của chế độ hàn MIG tới quá trình hình thành mối hàn khi hàn giáp mối một phía thép không gỉ

Khi soạn thảo quy trình công nghệ hàn, trước hết người ta xuất phát từ kim loại cơ bản sau đó chọn phương pháp hàn, thiết bị hàn, vật liệu hàn, liên kết hàn. Bước tiếp theo là chọn chế độ hàn, các biện pháp khống chế ứng suất và biến dạng hàn, và các biện pháp kiểm tra chất lượng mối hàn.

Tổ hợp các thông số cơ bản của quá trình hàn bảo đảm nhận được mối hàn có hình dạng, kích thước và chất lượng yêu cầu được gọi là chế độ hàn. Các thông số cơ bản của chế độ hàn là: Cường độ dòng điện hàn, điện áp hàn, đường dây hàn, tốc độ hàn, góc nghiêng mỏ hàn, lưu lượng khí bảo vệ.

Việc xác định các kích thước cơ bản và hình dạng mối hàn có ý nghĩa quan trọng trong lựa chọn chế độ hàn, và do đó cả chất lượng mối hàn. Hình dạng mối hàn do yếu tố chiều rộng B, b và chiều cao H, h của mối hàn tạo nên trong đó chiều sâu ngấu ảnh hưởng lớn tới chất lượng mối hàn. Với liên kết hàn giáp mối chịu tải, đặc biệt là tải trọng biến đổi thì chiều cao H, h của mối hàn mong muốn tiến tới 0 để tránh sự tập trung ứng suất hoặc khi hàn xong tiến hành mài phẳng bề mặt mối hàn.

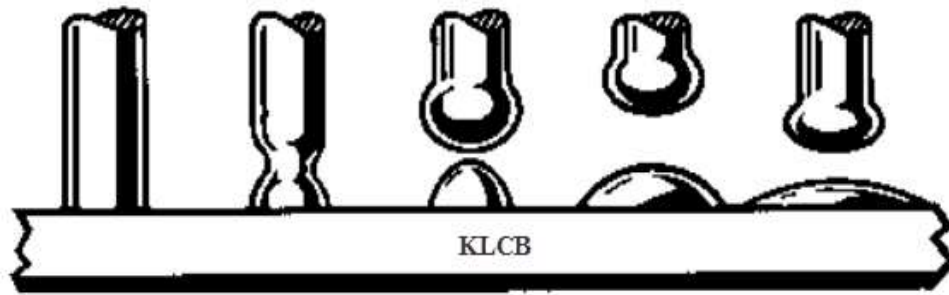


Hình 2.8. Các kích thước đặc trưng của mối hàn

### 2.6.1. Các dạng dịch chuyển kim loại lỏng vào bề hàn [4]

#### 2.6.1.1. Dịch chuyển dạng cầu

Giọt kim loại hình thành chậm trên điện cực và lưu lại ở đây lâu. Nếu kích thước giọt đủ lớn nó sẽ chuyển vào bề hàn theo các hướng khác nhau (đồng trục hoặc lệch trục dây hàn) do trọng lực hoặc do sự đoạn mạch.



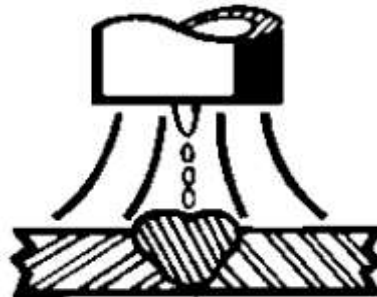
Hình 2.9. Quá trình dịch chuyển dạng cầu

Kích thước giọt kim loại lỏng dạng cầu phụ thuộc vào loại khí bảo vệ, vào vật liệu, kích thước điện cực, điện áp hồ quang, cường độ dòng điện và cực tính. Khi điện áp hồ quang và đường kính điện cực tăng thì kích thước giọt tăng còn khi cường độ dòng điện tăng sẽ làm giảm kích thước giọt.

Quá trình hàn với sự truyền kim loại dạng cầu được ứng dụng chủ yếu với các liên kết hàn ở vị trí hàn bằng.

#### 2.6.1.2. Dịch chuyển dạng phun

Ở dạng này kim loại đi qua hồ quang với kích thước giọt rất nhỏ được định hướng đồng trục. Đường kính giọt kim loại bằng hoặc nhỏ hơn đường kính điện cực.

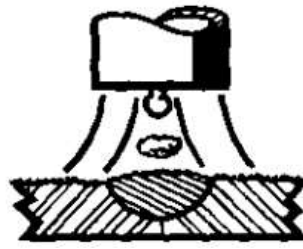


Hình 2.10. Dịch chuyển dạng phun

Hàn hồ quang kiểu phun rất thích hợp hàn các chi tiết có chiều dày lớn, cường độ dòng điện hàn lớn và hàn đứng theo chiều từ trên xuống.

#### 2.6.1.3. Dịch chuyển dạng ngắn mạch hoặc nhỏ giọt

Khi hàn áp dụng dạng dịch chuyển dạng ngắn mạch hoặc nhỏ giọt để hàn các chi tiết mỏng ở các vị trí hàn khác nhau.

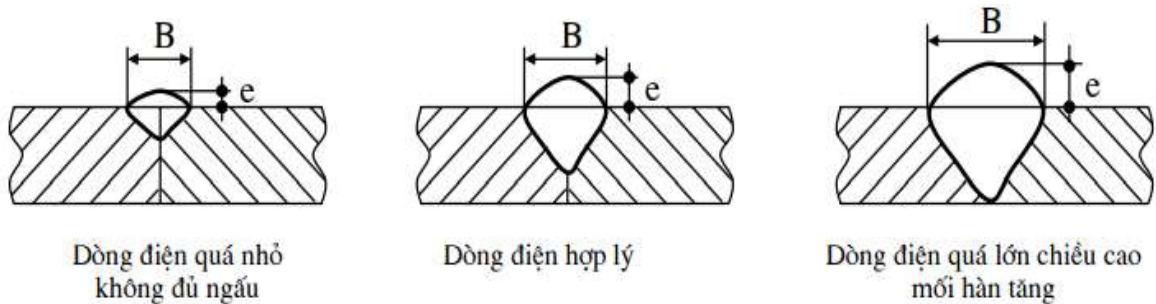


Hình 2.11. Dịch chuyển dạng nhỏ giọt

Thông thường sử dụng dây hàn có đường kính từ  $0,8 \div 1,6$  mm với điện áp từ  $16 \div 22$  V; cường độ dòng điện từ  $60 \div 180$  A.

### 2.6.2. Ảnh hưởng của dòng điện hàn

Với nguồn điện hàn có đặc tuyến cứng, cường độ dòng điện hàn tỉ lệ thuận với tốc độ cấp điện cực (dây hàn) với điều kiện là đường kính, thành phần và tầm với điện cực không đổi. Khi các thông số khác của chế độ hàn không đổi, việc tăng cường độ dòng điện hàn sẽ làm tăng tốc độ đắp và chiều sâu ngấu. Cường độ dòng điện hàn thấp tạo thành dạng dịch chuyển kim loại điện cực dưới dạng giọt lớn và bắn tóe nhiều khi hàn bằng dây tự bảo vệ và có thể làm tăng lượng nitơ và rỗ khí trong kim loại mối hàn. Cường độ dòng điện hàn cao quá mức làm cho bề mặt mối hàn lồi nhiều và hình dạng mối hàn kém.



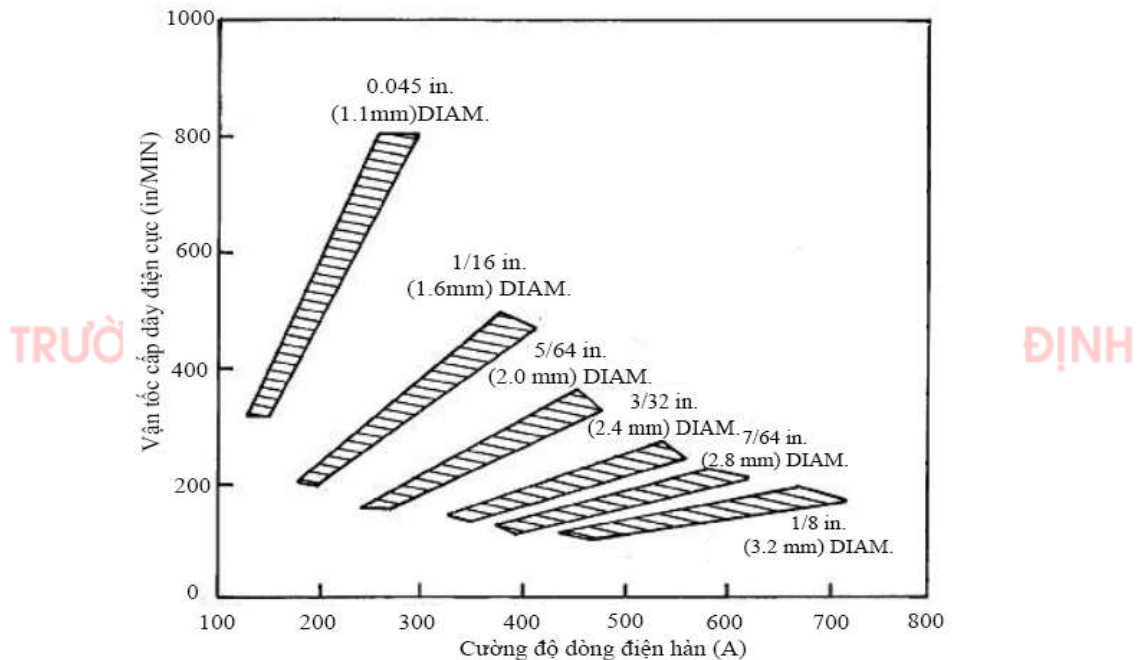
Hình 2.12. Hình dạng mối hàn và ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn

Khi thay đổi cường độ dòng điện hàn, điện áp đầu ra của nguồn điện hàn phải có khả năng điều chỉnh thích hợp nhằm duy trì mối tương quan tối ưu giữa cường độ dòng điện hàn và điện áp hàn. Khi tốc độ cấp dây hàn không đổi, sự gia tăng tầm với điện cực sẽ làm giảm cường độ dòng điện hàn và ngược lại.

Đồ thị Hình 2.13 cho ta thấy mối quan hệ giữa cường độ dòng điện hàn với vận tốc cấp dây điện cực và đường kính dây điện cực. Cường độ dòng điện hàn



biến thiên trong khoảng nhỏ ảnh hưởng rất lớn tới tốc độ cấp dây điện cực nếu như đường kính điện cực nhỏ. Đường kính điện cực càng lớn khi thay đổi của cường độ dòng điện hàn thì vận tốc cấp dây điện cực biến thiên ít hơn. Ví dụ: đối với dây hàn đường kính 0.045in (1.1mm) khi cường độ dòng điện hàn là 150A thì tốc độ cấp dây hàn là 300 in/Min (12,7 cm/s) nhưng nếu cường độ dòng điện hàn tăng đến 250 thì tốc độ cấp dây hàn phải là 400 in/Min (17cm/s); đối với dây hàn đường kính (1/8in) 3.2mm khi cường độ dòng điện hàn là 500A thì tốc độ cấp dây hàn là 97 in/Min (4cm/s) khi cường độ dòng điện hàn tăng đến 600A thì tốc độ cấp dây chỉ phải tăng đến 170 in/Min (7cm/s).



Hình 2.13. Đồ thị quan hệ giữa cường độ dòng điện hàn với vận tốc cấp dây điện cực và đường kính dây điện cực. [17]

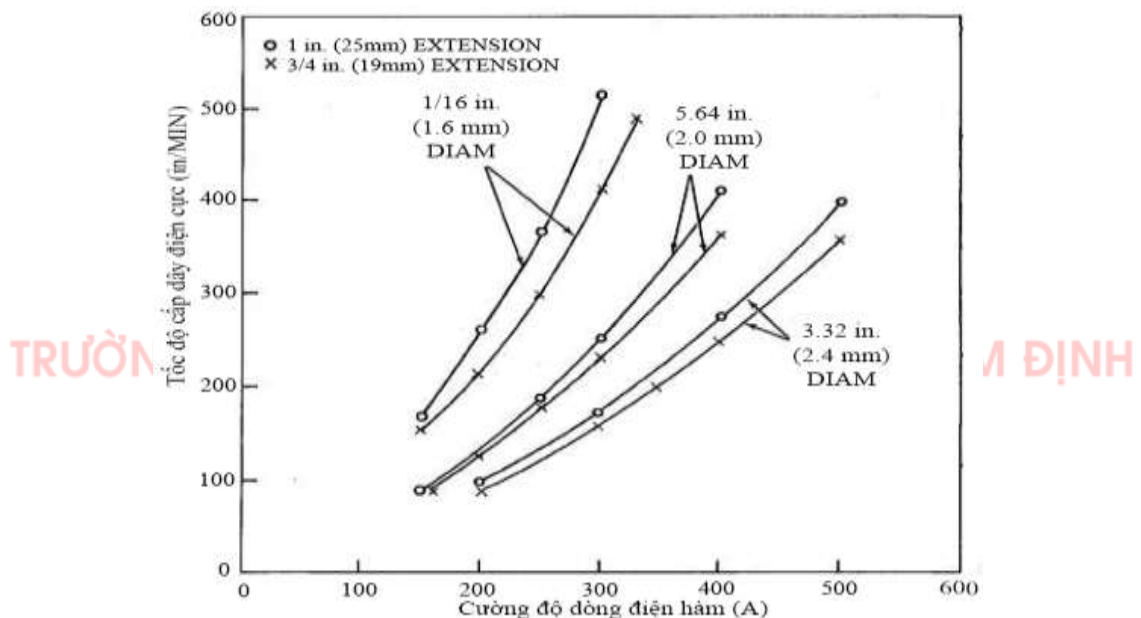
### 2.6.3. Ảnh hưởng của điện áp hồ quang

Điện áp hồ quang và chiều dài hồ quang tỷ lệ thuận với nhau. Chiều dài hồ quang lớn có thể làm điện áp hồ quang quá cao, dẫn đến bắn tóe, chiều rộng mối hàn lớn và hình dạng bề mặt mối hàn không đồng đều. Điện áp hồ quang quá thấp sẽ làm mối hàn lồi và hẹp, bắn tóe và chiều sâu ngấu nhỏ.



#### 2.6.4. Ảnh hưởng của tầm với điện cực

Khi hàn trong môi trường khí bảo vệ bằng điện cực nóng chảy dạng dây đặc thông số này có ý nghĩa hết sức quan trọng. Khi các thông số khác không đổi tầm với điện cực quá lớn sẽ làm cho hồ quang không ổn định và bắn tóe nhiều. Tầm với điện cực quá nhỏ sẽ làm cho hồ quang quá dài so với giá trị đặt trước của điện áp hàn, và trong trường hợp có sử dụng khí bảo vệ, sẽ làm cho các giọt kim loại bắn tóe và tích tụ quá mức tại miệng chụp khí của súng hàn, gây cản trở lưu thông dòng khí bảo vệ và làm rối cũng như ôxy hóa mối hàn. Tầm với điện cực thông thường với hàn có khí bảo vệ là  $12 \div 18 \text{ mm}$ .



Hình 2.14. Đồ thị quan hệ giữa tầm với điện cực với cường độ dòng điện hàn, vận tốc cấp dây và đường kính dây điện cực [18]

Như trên đồ thị ta thấy đường kính điện cực giống nhau nhưng hai loại dây hàn khác nhau thì cường độ dòng điện hàn khác nhau và tốc độ cấp dây điện cực, tầm với điện cực là khác nhau.

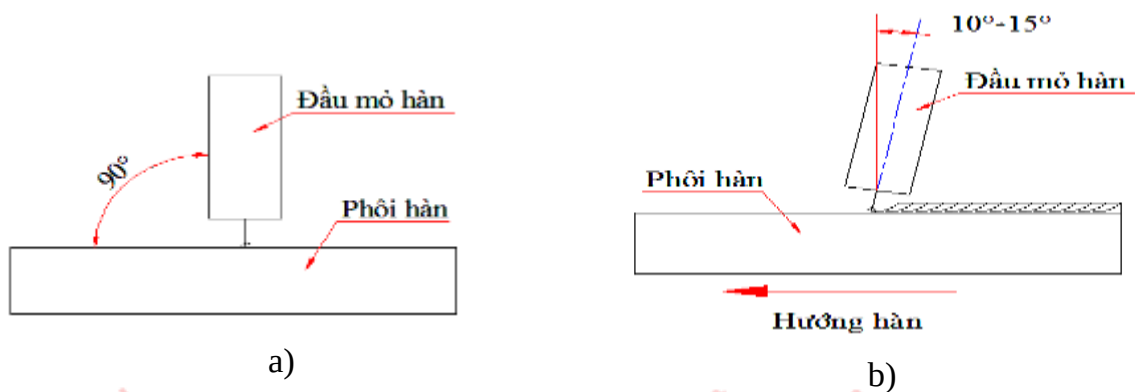
#### 2.6.5. Ảnh hưởng của tốc độ hàn

Tốc độ hàn (tốc độ di chuyển của hồ quang dọc mối hàn) tăng sẽ làm giảm tiết diện mối hàn và chiều sâu ngấu. Tốc độ hàn quá thấp sẽ làm tăng mức độ nung nóng kim loại cơ bản và gây cháy thủng các tấm mỏng. Nó cũng gây nên hiện tượng

mối hàn có bề mặt thô. Tốc độ hàn quá cao làm cho hình dạng mối hàn không tốt, có thể gây nứt mối hàn.

#### 2.6.6. Ảnh hưởng của góc nghiêng điện cực

Khi hàn mối hàn giáp mối ở tư thế hàn sấp và hàn ngang, cần giữ súng hàn nghiêng một góc thích hợp, sao cho lực của hồ quang giúp tạo dáng mối hàn một cách thích hợp và ngăn kim loại lỏng chảy về phía trước, tránh bị phân lớp kim loại trong mối hàn. Khi hàn trong môi trường khí bảo vệ, góc nghiêng này nên có giá trị trong khoảng  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  (hình 2.15).



TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

Hình 2.15. Góc nghiêng mỏ hàn khi hàn giáp mối

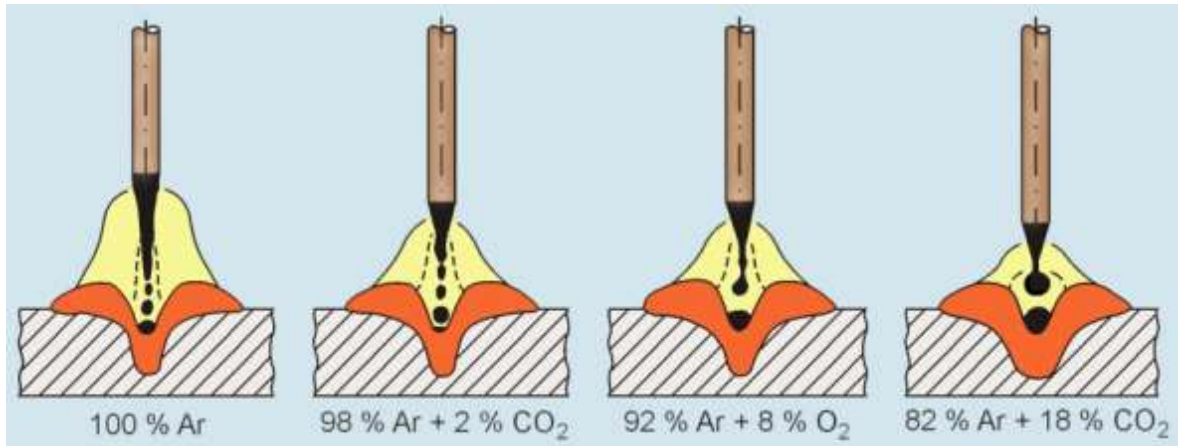
a) Góc làm việc      b) Góc di chuyển

#### 2.6.7. Ảnh hưởng của khí bảo vệ. [13]

Đối với khí bảo vệ thông thường, lưu lượng khí phải được đặt ở mức thích hợp. Lưu lượng thấp sẽ làm mối hàn bị rỉ khí và ôxy hóa. Lưu lượng quá cao sẽ gây chảy rối, tạo điều kiện cho không khí thâm nhập vùng hồ quang. Lưu lượng khí bảo vệ được đặt tùy thuộc vào loại và kích thước chụp khí, khoảng cách từ miệng chụp khí đến bề mặt vật hàn và điều kiện hút gió khi hàn.

Khi hàn trong điều kiện bình thường, lưu lượng khí bảo vệ  $14 \div 19$  (l/phút), nhưng khi có gió lùa và tấm điện cực lớn hơn bình thường, lưu lượng có thể lên đến 26 (l/phút). Mỗi khi kết thúc hồ quang cần kiểm tra, vệ sinh sạch kim loại bắn tóe ở miệng chụp khí.

Ngoài lưu lượng ra thì loại khí bảo vệ cũng ảnh hưởng đáng kể đến độ ngấu, bề rộng của mối hàn thép không gỉ. Khi dùng khí bảo vệ Helium thì bề rộng mối hàn tăng đáng kể so với dùng khí bảo vệ Argon.



Hình 2.16. Ảnh hưởng của khí bảo vệ đến hình dáng, kích thước mối hàn

#### 2.6.8. Ảnh hưởng của kỹ thuật hàn

Trước khi hàn cần kiểm tra máy hàn, hệ thống cấp khí và các thiết bị liên quan, vệ sinh súng hàn sau đó dùng kim cắt đầu dây hàn cho nhọn để dễ mồi hồ quang.

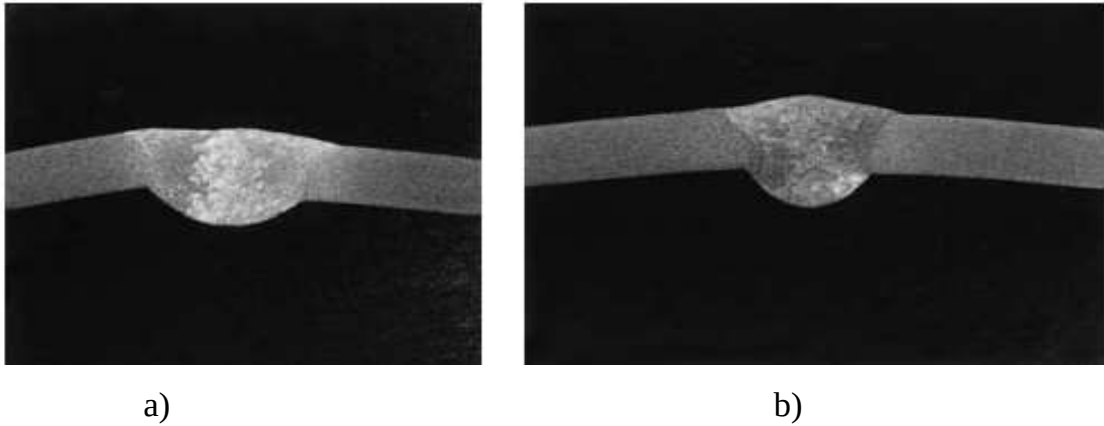
Khi hàn giáp mối điện cực nghiêng tối đa  $15^\circ$  so với trục thẳng đứng. Khi hàn các kết cấu quan trọng, đặc biệt là các liên kết hàn giáp mối có chiều dày tấm lớn, cần kết thúc hàn tại các tấm công nghệ (được hàn dính vào cuối đường hàn, tương tự như hàn dưới lớp thuốc) để tránh hiện tượng nứt miệng hàn lúc kết thúc hồ quang.

Dao động ngang của điện cực có thể đi thẳng hoặc thực hiện theo kiểu bán nguyệt, răng cưa, đường thẳng đi lại đối với hàn một lớp. Khi hàn nhiều lớp, lớp thứ nhất có thể đi thẳng hoặc đường thẳng đi lại; Các lớp tiếp theo thực hiện dao động theo kiểu bán nguyệt, răng cưa hoặc đường thẳng đi lại bằng cách bố trí nhiều đường hàn trong 1 lớp hàn. Khi hàn nhiều lớp, phải làm sạch bề mặt của lớp trước rồi mới hàn lớp tiếp theo. Không cho phép khởi đầu và kết thúc hồ quang tại cùng một vị trí hàn khi hàn nhiều lớp.

#### 2.6.9. Ảnh hưởng của dòng xung

Khi hàn MIG thép không gỉ ta sử dụng dòng xung do sự cộng hưởng của áp lực hồ quang nên độ ngấu tăng lên đáng kể. Với liên kết hàn góc thì dùng dòng

xung có khả năng ngấu sâu vào góc tốt hơn khi sử dụng dòng bằng. Với liên kết hàn giáp mối thì dòng xung cho bề rộng mối hàn nhỏ hơn, độ ngấu cao hơn.



Hình 2.17. Ảnh hưởng của dòng hàn đến chiều sâu ngấu

a) không xung; b) có xung

#### 2.6.10. Một số yếu tố khác ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn

Khi trời mưa không được phép hàn ở ngoài trời. Khi hàn dưới trời mưa là không thể tránh khỏi thì phải dùng dụng cụ che mưa và phải giữ gìn đặc biệt để khô ráo cho rãnh hàn không để mưa hoặc nước mưa vào rãnh mối hàn đang thực hiện.

Chuẩn bị mép hàn, rãnh hàn phải đúng như quy định

Biện pháp gia cường: sử dụng các biện pháp gia cường chống biến dạng cũng như các hiện tượng nứt nóng hoặc kênh mép của mối hàn.

Thực hiện hàn đính để gá lắp đảm bảo khe hở chân đường hàn, hai tấm phải được gia công góc độ chống biến dạng khi hàn..

Làm sạch xung quanh (cách chân đường hàn 20mm) đường hàn như phá lớp màng ô xit ban đầu, hơi ẩm, dầu mỡ, gỉ, sơn, thật sạch trước khi hàn. Dầu mỡ có được tẩy bằng axêton hoặc chất dung môi, lớp oxit bên dưới lớp dầu mỡ được tẩy bằng bằng phương pháp cơ học (giấy ráp, bàn chải thép không gỉ có đường kính sợi nhỏ hơn 0,15 mm). Cũng có thể dùng hóa chất làm sạch thép không gỉ bằng cách tẩy thực (0,5÷1 phút) trong dung dịch 1 lít nước, 50g NaOH, 45g NaF.

## Kết luận chương 2

Đã nghiên cứu cơ sở lý thuyết về công nghệ, thiết bị, vật liệu hàn MIG thép không gỉ để làm cơ sở lý luận cho vấn đề nghiên cứu chính của đề tài.

Hình dạng và kích thước của đường hàn là thông số quan trọng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng hàn. Trong quá trình hàn để tạo thành mối hàn với hình dạng, kích thước tiêu chuẩn và theo thiết kế là rất quan trọng.

Đã phân tích được sự ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến chất lượng của mối hàn MIG thép không gỉ như: cường độ dòng điện hàn  $I_h$ , điện áp hồ quang  $U_h$ , vận tốc hàn  $V_h$ , loại và lưu lượng khí bảo vệ, góc độ mở hàn, đường kính điện cực, tính chất lý nhiệt của vật liệu...

Trên cơ sở đó đã rút ra được các thông số chế độ hàn có ảnh hưởng chính, trực tiếp đến hình dạng, kích thước và chất lượng của mối hàn đó là: Cường độ dòng điện hàn ( $I_h$ ), điện áp hàn ( $U_h$ ) vận tốc hàn ( $V_h$ ).

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

## **CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN CHẤT LƯỢNG LIÊN KẾT HÀN GIÁP MỐI 1 PHÍA THÉP KHÔNG GỈ SUS 316**

### **3.1. Mục đích nghiên cứu thực nghiệm**

Nghiên cứu thực nghiệm là phân tích, lựa chọn và khảo sát các thông số công nghệ hàn MIG thép không gỉ SUS 316. Trong thực tế rất nhiều các thông số công nghệ có ảnh hưởng đến cơ tính và tổ chức tế vi của kim loại mối hàn. Tuy nhiên, cần thiết lựa chọn các thông số chính ảnh hưởng đến kết quả khảo sát, các thông số công nghệ khác được coi là không đổi.

Nghiên cứu thực nghiệm nhằm khảo sát, đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến chất lượng liên kết hàn một phía thép không gỉ SUS 316. Từ đó so sánh kết quả thực nghiệm với tính toán lý thuyết nhằm tối ưu hóa một vài thông số công nghệ khi hàn.

Dựa vào kết quả nghiên cứu lý thuyết, sự tiên nghiệm từ thực tế và thực nghiệm sơ bộ xác định được các thông số chế độ hàn ảnh hưởng chính đến chất lượng mối hàn gồm các thông số như: Dòng điện hàn ( $I_h$ ), điện áp hàn ( $U_h$ ) và vận tốc hàn ( $V_h$ ).

### **3.2. Phương pháp thực nghiệm**

Sử dụng phương pháp mô phỏng số bằng phần mềm Sysweld kết hợp với thực nghiệm

#### **3.2.1. Quy hoạch thực nghiệm**

Quy hoạch thực nghiệm là cơ sở phương pháp luận nghiên cứu thực nghiệm hiện đại, trong đó công cụ toán học giữ vai trò tích cực.

Quy hoạch thực nghiệm là tập hợp các tác động nhằm đưa ra chiến lược làm thực nghiệm từ giai đoạn đầu đến giai đoạn kết thúc của quá trình nghiên cứu đối tượng một cách chủ động và tích cực.

#### **3.2.2. Đối tượng nghiên cứu**

Do đối tượng nghiên cứu của quy hoạch thực nghiệm thường là những hệ phức tạp và người nghiên cứu chưa hiểu biết đầy đủ nhờ các mô hình lý thuyết, nên

có thể hình dung chúng như một “hộp đen” trong hệ thống điều khiển gồm các tín hiệu đầu vào và đầu ra.

- Các biến đầu vào được chia thành các nhóm:
- + Các biến kiểm tra được và điều khiển được, biểu diễn bằng vector:

$$Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_k]$$

- Các biến (chỉ tiêu) đầu ra dùng để đánh giá đối tượng được biểu diễn bằng vector:

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_q]$$

Các chỉ tiêu này thường được gọi là các hàm mục tiêu, biểu diễn hình học của các hàm mục tiêu được gọi là các mặt đáp trị (bề mặt biểu diễn).

Đối tượng nghiên cứu chính của lý thuyết quy hoạch thực nghiệm là các thực nghiệm tích cực. Đó là các thực nghiệm chỉ bao gồm các yếu tố thuộc nhóm các biến kiểm tra được và điều khiển được  $Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_k]$ , người nghiên cứu chủ động thay đổi chúng theo kế hoạch thực nghiệm đã đặt trước.

### **3.3. Xây dựng mô hình bài toán ảnh hưởng của chế độ hàn đến chất lượng mối hàn giáp mối thép không gỉ SUS 316**

Các thông số đầu vào và thông số đầu ra của bài toán quy hoạch thực nghiệm ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn MIG đến chất lượng mối hàn là:

#### **3.3.1. Xác định các thông số đầu vào**

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

#### **3.3.2. Thông số đầu ra**

Thông số đầu ra  $y_1, y_2$  đặc trưng cho tính chất cơ tính và độ ngấu của mối hàn giáp mối một phía.

#### **3.3.3. Mối quan hệ toán học giữa thông số đầu vào với thông số đầu ra**

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

\* Thông số đầu ra  $y_1, y_2$  đặc trưng cho cơ tính và độ ngấu của mối hàn giáp mối một phía.

Dựa trên cơ sở lý thuyết công nghệ hàn MIG, xác định sơ bộ giá trị của các thông số chế độ hàn để tiến hành mô phỏng, xác định cơ tính và độ sâu ngấu của

mỗi hàn giáp mỗi một phía. Làm thực nghiệm, đánh giá các kết quả thực nghiệm, so sánh với kết quả mô phỏng theo tiêu chuẩn chấp nhận mức khuyết tật hàn để xác định khoảng biến thiên của các thông số hàn rồi ứng dụng phương pháp Taguchi để xác định bộ thông số chế độ hàn hợp lý nhất.

Khoanh vùng bộ giá trị các thông số chế độ hàn.

- Dòng điện hàn:  $130 \div 140$  (A)
- Điện áp hàn:  $24 \div 26$  (V)
- Vận tốc hàn:  $V_h = 26 \div 30$  (cm/phút)

Trong quá trình thực nghiệm, các thông số công nghệ hàn cơ bản được cố định khi hàn mỗi hàn giáp mỗi một phía như sau:

- Thép không gỉ SUS316; kích thước 250x100x6
- Chiều dày  $T = 6$  mm;
- Kiểu liên kết hàn: Giáp mỗi
- Kiểu vát mép: chữ V
- Góc vát:  $30^\circ \pm 5^\circ$
- Khe hở lắp ghép:  $R = (3,2 \div 4,0)$  (mm)
- Mặt đáy liên kết:  $f = 1,0 \div 1,5$  (mm)

- Góc độ mở hàn (được xác định bằng thực nghiệm sơ bộ): góc làm việc  $90^\circ$  và góc di chuyển là  $75 - 80^\circ$  (góc hợp bởi giữa trục mở hàn với trục đường hàn về phía sau hướng hàn).

*\* Lựa chọn bảng trực giao, thiết kế ma trận thí nghiệm*

Với ba yếu tố điều khiển, mỗi yếu tố có 3 mức giá trị, ta chọn bảng trực giao sử dụng 9 lần thí nghiệm  $L_9(3^3)$ .

Bảng 3.1. Bảng trực giao  $L_9$

| Thí nghiệm số | Chế độ hàn |           |               |
|---------------|------------|-----------|---------------|
|               | $I_h$ (A)  | $U_h$ (V) | $V_h$ (Cm/ph) |
| 1             | 130        | 24        | 26            |
| 2             | 130        | 25        | 28            |



|   |     |    |    |
|---|-----|----|----|
| 3 | 130 | 26 | 30 |
| 4 | 135 | 24 | 28 |
| 5 | 135 | 25 | 30 |
| 6 | 135 | 26 | 26 |
| 7 | 140 | 24 | 30 |
| 8 | 140 | 25 | 26 |
| 9 | 140 | 26 | 28 |

Bảng 3.2. Giá trị thông số công nghệ trong thực nghiệm

| Thông số công nghệ         | Thông số thiết kế | Mức độ thông số công nghệ |            |     |
|----------------------------|-------------------|---------------------------|------------|-----|
|                            |                   | Thấp                      | Trung bình | Cao |
| <b>Dòng điện hàn (A)</b>   | P1                | 130                       | 135        | 140 |
| <b>Điện áp hàn (V)</b>     | P2                | 24                        | 25         | 26  |
| <b>Vận tốc hàn (cm/ph)</b> | P3                | 26                        | 28         | 30  |

Tiến hành mô phỏng và thực nghiệm để xác định cơ tính và tổ chức của mối hàn giáp mỗi một phía

### 3.4. Xây dựng quy trình hàn sơ bộ cho thép không gỉ SUS 316

#### 3.4.1. Kim loại cơ bản

Là loại thép không gỉ có hàm lượng Carbon cao hơn so với thép SUS 316L và SUS 316H. Loại thép này được dùng để tránh sự xói mòn ở những mối hàn quan trọng. Thép 316 tồn tại ở dạng tấm và ống.

Thép không gỉ SUS 316 là lớp thép chứa molybden tiêu chuẩn, nó phổ biến thứ hai trong các loại thép không gỉ, sau SUS 304 trong số các loại thép không gỉ dòng Austenitic. Molybden làm cho 316 chống ăn mòn tổng thể tốt hơn, khả năng chịu mòn tốt hơn 304, đặc biệt là đề kháng cao hơn với các vết rỉ và kẽ hở ăn mòn trong môi trường clorua.

Thành phần hóa học của Thép không gỉ SUS 316

$C \leq 0.08\%$  C, Cr=16-18%, Ni=10-14%, Mo=2-3%, Mn $\leq 2\%$ , Si $\leq 1\%$ , P<0,045%, S <0,03%.

Khả năng hàn của thép không gỉ SUS 316 là tuyệt vời. Nó là dễ dàng gia công để tạo thành một loạt các bộ phận cho các ứng dụng trong các lĩnh vực kiến trúc, giao thông vận tải và công nghiệp. Vì vậy, nó được sử dụng rộng rãi trong các chi tiết, thành phần nặng (thường là trên 6mm).

Thép không gỉ SUS 316 với cơ tính và thành phần hóa học như sau:

Bảng 3.3. Cơ tính thép không gỉ SUS 316

| Vật liệu | Cơ tính (MPa)                      |                                       |
|----------|------------------------------------|---------------------------------------|
|          | Giới hạn chảy (N/mm <sup>2</sup> ) | Giới hạn bền kéo (N/mm <sup>2</sup> ) |
| SUS 316  | ≥ 205                              | ≥ 515                                 |

Bảng 3.4. Thành phần hóa học thép không gỉ SUS 316

| Thành phần hóa học (%) |      |      |        |           |       |       |     |      |
|------------------------|------|------|--------|-----------|-------|-------|-----|------|
| C                      | Mn   | Si   | P      | Cr        | S     | Ni    | Mo  | N    |
| ≤0,08                  | ≤2,0 | ≤1,0 | ≤0,045 | 16,0÷18,0 | ≤0,03 | 10÷14 | 2÷3 | ≤0,1 |

### 3.4.2. Vật liệu hàn

\*. Que hàn phụ:

Kí hiệu: ER316, theo AWS A5.9

Đường kính dây:  $\Phi = 1,0$  mm

Giới hạn chảy: 430N/mm<sup>2</sup>

Độ bền kéo: 560 N/mm<sup>2</sup>

Độ dẫn dài: 40%

Cực hàn: DC<sup>-</sup>

Hãng sản xuất: Kiswel (Hàn quốc)

Bảng 3.5. Thành phần hóa học dây hàn ER316 theo AWS A5.9

| Thành phần hóa học (%) |     |      |       |       |        |      |        |
|------------------------|-----|------|-------|-------|--------|------|--------|
| C                      | Mn  | Si   | Cr    | Ni    | Zn     | Mo   | Remark |
| ≤0,04                  | 1,6 | 0,44 | 12,17 | 19,22 | ≤18,75 | 2,26 | -      |

\*. Khí bảo vệ: Ar (argon)99,98%+2%O<sub>2</sub>

### 3.4.3. Thiết bị hàn



Hình 3.1. Máy hàn Mig thép không gỉ

Nguồn DIGITECH 400 PULSED được ứng dụng công nghệ inverter có điều khiển số, dựa trên công nghệ IGBT hiện đại nhất, cho chất lượng hàn cao cả ở hàn MIG/MAG và hàn MIG xung trên mọi vật liệu và đặc biệt là thép không gỉ, nhôm và thép mạ kẽm bằng cách tối ưu hóa công việc sau hàn do không bị bắn tóe khi hàn.

Nhờ công nghệ tiên tiến kết cấu vững chắc dễ sử dụng, DIGITECH 400 PULSED là một giải pháp cho mọi ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao và khả năng lắp lại. Tính linh hoạt của DIGITECH 400 PULSED được thể hiện ở khả năng tối ưu hóa trong cả hai chế độ hàn TIG và hàn hồ quang tay

Bảng 3.6. Thông số kỹ thuật của máy DIGITECH 400 PULSED và bộ cấp dây TA4

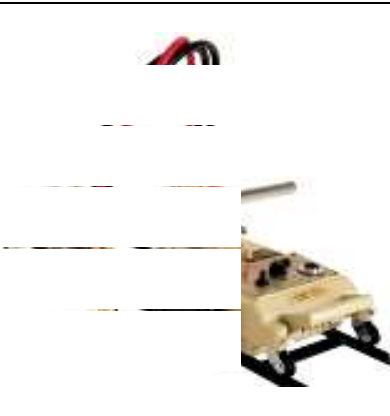
| Kiểu máy                         | DIGITECH 400 PULSED |
|----------------------------------|---------------------|
| Điện áp nguồn 3 pha, 56/60Hz (V) | 400                 |
| Phạm vi điều chỉnh               |                     |
| MIG/MAG                          | 10-400A/14,5-34V    |
| TIG                              | 10-400A/10,5-26V    |
| Que                              | 10-400A/20,5-36V    |

|                                   |                                                                                                         |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Công suất max (kVA)               | 25,5                                                                                                    |
| Điện áp không tải thứ cấp (V)     | 63                                                                                                      |
| Dòng hữu ích ở 100% (A)           | 270                                                                                                     |
| Dòng hữu ích ở 60% (A)            | 350                                                                                                     |
| Dòng hữu ích ở 50% (A)            | 400                                                                                                     |
| Lớp cách điện                     | F                                                                                                       |
| Cấp bảo vệ                        | IP23                                                                                                    |
| Kích thước của máy (mm)           | 660-290-515                                                                                             |
| Trọng lượng máy (kg)              | 40                                                                                                      |
| Công suất của động cơ cấp dây (W) | 100                                                                                                     |
| Số con lăn cấp dây                | 4                                                                                                       |
| Đường kính dây (mm)               | 0.8-2,4                                                                                                 |
| Cấp độ cấp dây định mức m/phút    | 0,5-22                                                                                                  |
| Các kiểu dây thích hợp            | Thép các bon<br>Nhôm manhê<br>Nhôm silic<br>Dây lõi thuốc hệ Rutin và hệ bazơ                           |
| Tang dây                          |                                                                                                         |
| Đường kính (Ømm)                  | 300                                                                                                     |
| Trọng lượng (kg)                  | 20(max)                                                                                                 |
| Khí bảo vệ                        | CO <sub>2</sub><br>Ar tinh khiết<br>Ar-CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub><br>Hỗn hợp CO <sub>2</sub> và Ar |

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Làm mát                    | Nước cất    |
| Áp suất max (Bar)          | 3,5         |
| Dòng hữu ích ở 60% (A)     | 600         |
| Dòng hữu ích ở 100% (A)    | 460         |
| Lớp cách điện              | F           |
| Cấp bảo vệ điện và động cơ | IP23        |
| Kích thước (mm)            | 570-400-275 |
| Trọng lượng (kg)           | 17          |

- Đồ gá tự hành

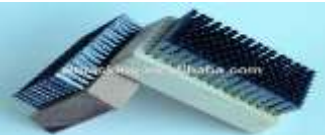
Tác giả sử dụng rùa cắt hơi chạy tự động để mang súng hàn với các thông số của rùa cắt như:

|                      |             |                                                                                       |
|----------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Hãng sản xuất        | Huawie      |  |
| Loại máy             | Tự động     |                                                                                       |
| Nguồn cấp            | 220V, 50Hz  |                                                                                       |
| Số mô cắt            | Một mô      |                                                                                       |
| Tốc độ cắt (mm/phút) | 750         |                                                                                       |
| Kích thước máy (mm)  | 470x230x240 |                                                                                       |
| Trọng lượng (kg)     | 16          |                                                                                       |

- Trang thiết bị phụ trợ bảo hộ lao động cần thiết

Bảng 3.7. Trang thiết bị phụ trợ và bảo hộ lao động

| STT | Tên trang thiết bị phụ trợ                                                                                | Mục đích sử dụng                                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Mũ hàn tự động tối<br> | Kính có chế độ tự động chuyển tối phù hợp với ánh sáng khi hàn.<br>Bảo vệ mắt và phần đầu của người thợ hàn. |
| 2   | Găng tay hàn                                                                                              | Tránh sự ảnh hưởng của nguồn nhiệt                                                                           |

|   |                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                       |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                            | hàn đến phần tay của người thợ hàn.                                                                                                                                                   |
| 3 | <p>Quần áo chịu nhiệt/ yếm chịu nhiệt</p>  | <p>Quần áo chịu nhiệt/ yếm chịu nhiệt cần được làm từ những vật liệu khó cháy, ít hấp thu nguồn nhiệt.</p> <p>Tránh sự ảnh hưởng của nguồn nhiệt đến phần thân của người thợ hàn.</p> |
| 4 | <p>Giày bảo hộ khi hàn</p>                | <p>Tránh sự ảnh hưởng của nguồn nhiệt đến phần chân của người thợ hàn.</p> <p>Giày có khả năng chống tĩnh điện, chống giập, an toàn cho thợ hàn.</p>                                  |
| 5 | <p>Máy mài mini cầm tay</p>              | Dùng để mài mép các mẫu (nếu cần)                                                                                                                                                     |
| 6 | <p>Bàn chải thép không gỉ</p>            | Dùng để loại bỏ lớp oxit trên vị trí hàn xuất hiện trong quá trình chuẩn bị mẫu trước đó.                                                                                             |
| 7 | <p>Máy nén khí</p>                       | Dùng để thổi sạch các hạt mạt sắt ra khỏi bề mặt ghép giáp mối xuất hiện do các quá trình chuẩn bị mẫu trước đó.                                                                      |

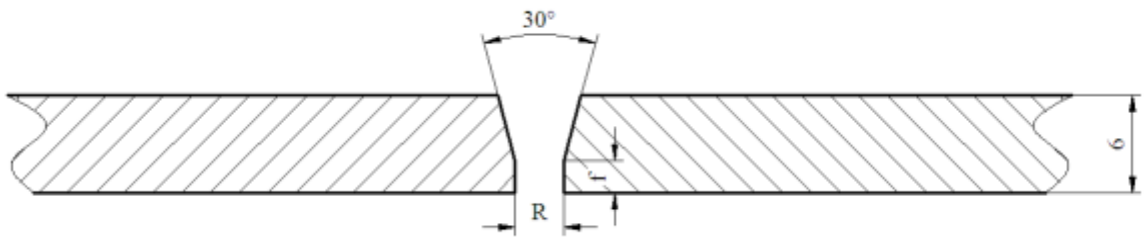
#### 3.4.4. Thiết kế mối ghép hàn

- Mối ghép hàn

Mối ghép hàn thép không gỉ được thiết kế dựa theo tiêu chuẩn: AWS D1.6

với

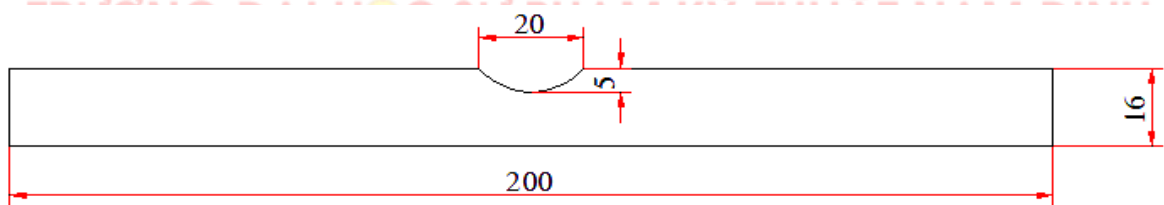
- $T = 6 \text{ mm}$ ;
- Kiểu liên kết hàn: Giáp mối, hàn 1 phía (1 lớp)
- Kiểu vát mép: chữ V
- Góc vát:  $30^\circ \pm 5^\circ$
- Khe hở lắp ghép:  $R \leq 4,0(\text{mm})$
- Mặt đáy liên kết:  $f = 1,0 \div 1,5 (\text{mm})$



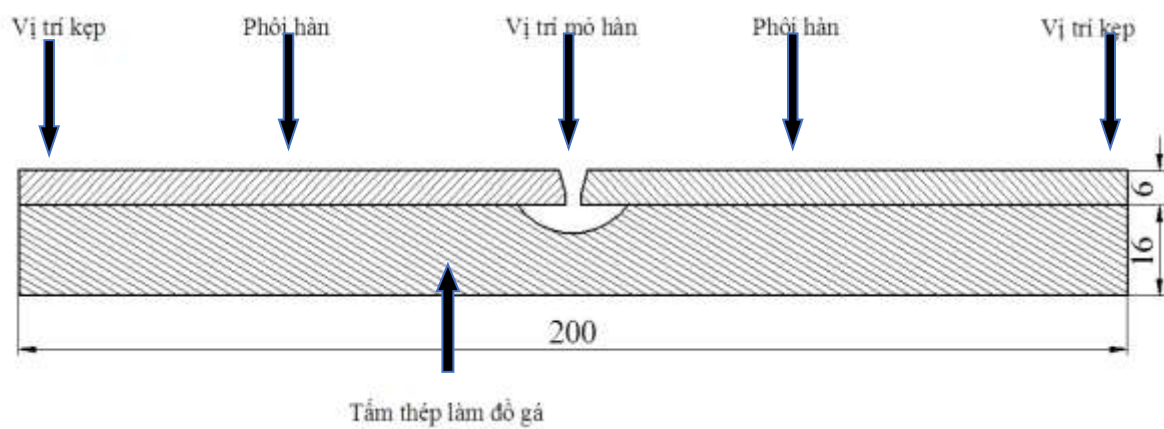
Hình 3.2. Mối ghép hàn thép không gỉ

- Đệm lót đáy

Chọn tấm thép 250x200x6 phay rãnh tròn rộng 20 mm, sâu 5 mm làm đồ gá kẹp phôi hàn tạo mối ghép và chống biến dạng trong quá trình hàn



Hình 3.3. Đồ gá kẹp phôi tạo mối ghép hàn



Hình 3.4. Sơ đồ kẹp phôi hàn và vị trí mở hàn

### **3.4.5. Chế độ hàn MIG**

Trong quá trình hàn hồ quang điện cực nóng chảy, có nhiều yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến độ ngấu và chất lượng của mối hàn; nhưng một trong các thông số có ảnh hưởng chính đến độ ngấu của mối hàn đó là cường độ dòng điện hàn  $I_h$  (A), điện áp hàn  $U_h$  (V) và vận tốc hàn  $V_h$  (cm/phút).

Bằng nghiên cứu lý thuyết, kinh nghiệm và quá trình làm thực nghiệm sơ bộ, nhận thấy  $I_h$ ,  $U_h$  và  $V_h$  quan hệ trực tiếp tới độ ngấu và hình dáng của mối hàn, vì thế hàm mục tiêu được chọn là hàm độ ngấu của mối hàn ( $\psi$ ); các nhân tố có ảnh hưởng chính đến độ ngấu của mối hàn là cường độ dòng điện hàn  $I_h$  (A),  $U_h$  (V) và vận tốc hàn  $V_h$  (cm/phút).

## **3.5. Quy hoạch thực nghiệm xác định ảnh hưởng của chế độ hàn MIG đến chất lượng liên kết hàn giáp mối một phía thép không gỉ SUS316**

### **3.5.1. Đặt vấn đề**

Việc tính toán chu trình nhiệt và chu trình ứng suất - biến dạng đàn dẻo là rất khó khăn do phức tạp về hình học, các điều kiện biên và các tính chất vật liệu phi tuyến trong hàn. Mặc dù khả năng thực hiện phân tích là quan trọng, thực tế đã chứng minh, khi mô phỏng trên máy tính ứng dụng cơ học tính toán trong hàn mang lại hiệu quả kinh tế cao, kết quả tính toán nhanh và chính xác hơn so với thực nghiệm. Tuy nhiên, việc ứng dụng cơ học tính toán trong hàn sẽ không thể thay thế hoàn toàn các thực nghiệm trong hàn. Thay vào đó, cơ học tính toán trong hàn đóng vai trò làm tăng nhu cầu đối với các dữ liệu thiết yếu, đặc biệt là ở nhiệt độ cao và bao gồm ảnh hưởng của sự thay đổi cấu trúc tế vi. Nó cho phép giảm một cách đáng kể số lượng cũng như chi phí thực nghiệm và làm tăng rất nhiều độ chính xác và ý nghĩa của các dữ liệu đạt được cho mỗi thí nghiệm.

### **3.5.2. Tính toán, mô phỏng trường ứng suất trong liên kết hàn bằng phương pháp phần tử hữu hạn**

Phương pháp phần tử hữu hạn được biết như là một công cụ hữu hiệu hỗ trợ kỹ thuật nghiên cứu, thử nghiệm để xác định hành vi và tương tác giữa các hiện tượng vật lý phức tạp trong quá trình hàn.



### 3.5.2.1. Mô hình toán học của nguồn nhiệt hàn

Năng lượng nhiệt có thể truyền từ một hệ thống này tới một hệ thống khác giống như là kết quả của sự chênh lệch nhiệt độ khác nhau. Tổng nhiệt độ cấp vào ( $Q$ ,  $W/m^3$ ) trong hàn hồ quang thì sản phẩm là năng lượng hồ quang ( $W$ ) và hiệu suất quá trình hàn ( $\eta$ ).

$$Q = \eta \cdot VI \quad (3.1)$$

Đối với quá trình hàn MIG, phạm vi hiệu suất của nguồn nhiệt  $\eta = 0,65 \div 0,85$ . Nhiệt cấp vào từ nguồn hàn (nguồn nhiệt) vào vùng hàn truyền vào kim loại cơ bản bởi tính chất dẫn nhiệt ra bề mặt xung quanh bằng sự đối lưu và bức xạ (Parmar 2005).

Khuyếch tán nhiệt do sự dẫn nhiệt được dựa trên định luật Fourier, đó là nguồn nhiệt ( $q$  trong  $W/m^2$ ) truyền từ vùng nóng sang vùng nguội hơn và phụ thuộc tuyến tính trên gradient nhiệt độ, trong đó  $k$  là hệ số dẫn nhiệt (trong  $W/mK$ ). Đó là khả năng của một vật liệu dẫn nhiệt và có thể phụ thuộc vào nhiệt độ hoặc đại diện cho một tensor trong các trường hợp dị hướng.

$$q = -k(\text{grad}T) \quad (3.2)$$

Đối với một đơn vị diện tích bề mặt ứng với một vector đơn vị  $n$ , giá trị nhiệt được truyền qua mỗi đơn vị diện tích bề mặt theo hướng  $n$  được xác định theo công thức sau (Lewis et al. 2004):

$$q = -k(\text{grad}T) \cdot n = -k \frac{\partial T}{\partial n} \quad (3.3)$$

Khi sự truyền nhiệt được xét theo công thức enthalpy cơ bản để giải vấn đề thuộc lĩnh vực lỏng và rắn, và nếu  $k$  là hệ số được cài vào phương trình bảo toàn năng lượng, phương trình truyền nhiệt trong trường hợp tốc độ nhanh có thể được viết như sau:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\text{grad}T) + Q \quad (3.4)$$

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q \quad (3.5)$$

Trong công thức này  $\rho$ ,  $c_p$  và  $Q$  lần lượt là: Mối tương quan giữa trọng lượng và khối lượng ( $kg/m^3$ ), nhiệt dung riêng ( $J/kg \cdot K$ ), và nguồn nhiệt bên trong ( $W/m^3$ ).

Tích số của  $\rho.c_p$  tương ứng với khả năng tích trữ năng lượng của vật liệu. Tốc độ truyền nhiệt bằng sự đối lưu được tuân theo tỷ lệ tương ứng với nhiệt độ khác nhau và được cho bởi định luật Newton ở chỗ nguội  $q_{conv}$  là dòng nhiệt đối lưu ( $W/m^2K$ ),  $h_{conv}$  là hệ số truyền nhiệt đối lưu và  $(T_s - T_\infty)$ :

$$q_{conv} = h_{conv}(T_s - T_\infty) \quad (3.6)$$

Nhiệt lượng tỏa ra của sự truyền nhiệt được cho bởi định luật Stefan-Boltzmann ở đó  $\sigma$ ,  $\epsilon$  và  $h_{rad}$  lần lượt là hằng số Stefan Boltzmann, nhiệt tỏa ra và hệ số bức xạ truyền nhiệt:

$$\begin{aligned} q_{rad} &= \epsilon\sigma(T_s^4 - T_\infty^4) = \epsilon\sigma(T_s^2 - T_\infty^2)(T_s + T_\infty) \\ (T_s - T_\infty) &= h_{rad}(T_s - T_\infty) \end{aligned} \quad (3.7)$$

Các điều kiện của đường bao nhiệt được kết luận như sau, ở đó  $n$  đại diện cho pháp tuyến mặt ngoài với cạnh của thành (vách):

(a) mật độ dòng nhiệt  $q$ , lợi dụng vào cạnh thành:

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial n} \quad (3.8)$$

(b) Lợi dụng vào hệ số của sự thay đổi nhiệt:

Đường bao các điều kiện cho hệ số truyền nhiệt được chia thành sự đối lưu và sự phát xạ. Điều kiện của đường bao đối lưu là dựa trên sự cân bằng của năng lượng bề mặt như diễn đạt dưới đây:

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = h_{conv}(T_s - T_\infty) \quad (3.9)$$

Tương tự như vậy, sử dụng năng lượng cân bằng, điều kiện đường bao bức xạ trên bề mặt được diễn đạt như sau:

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = \epsilon\sigma(T_s - T_\infty) \quad (3.10)$$

Hoặc

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = h_{conv}(T_s - T_\infty) \quad (3.11)$$

Bao gồm tất cả các điều kiện đường bao nhiệt có thể được xác định như sau:

$$Q - k \frac{\partial T}{\partial n} = h_{conv}(T_s - T_\infty) + \epsilon\sigma(T_s - T_\infty) = 0 \quad (3.12)$$

Đối với nhiều mối hàn hồ quang, thu được giá trị xấp xỉ của nhiệt cấp vào (Q) bằng cách sử dụng hai hình elip như đề xuất bởi Goldak và Akhlaghi (2005) bằng cách sử dụng công thức sau đây:

$$q_{f,r}(x, y, z, t) = \frac{6\sqrt{3}}{abc} \frac{f_f, r Q}{\pi\sqrt{\pi}} e^{-\frac{3x^2}{a^2}} e^{-\frac{3y^2}{b^2}} e^{-\frac{3[z+v(\tau-t)]^2}{c^2}} \quad (3.13)$$

Trong mô hình này,  $f_f$  và  $f_r$  lần lượt là phân số của nhiệt lưu ở góc phần tư phía trước và phía sau, ở đó  $f_f + f_r = 2$ , và  $a, b, c$  là thông số kích thước của nguồn nhiệt,  $v$  là vận tốc hàn,  $t$  là thời gian,  $\tau$  là hệ số trễ của nhiệt lưu ban đầu ở  $t=0$ .

### 3.5.2.2. Tính toán ứng suất – biến dạng trong liên kết hàn

Việc tính toán nhiệt dựa trên sự giải các phương trình nhiệt, có tính đến nhiệt ẩn của sự nóng chảy và sự đông đặc và nhiệt chuyển pha trong trạng thái đặc. Việc tính toán quá trình luyện kim và nhiệt là một cặp đầy đủ ở mỗi nhiệt độ. Có 3 loại của sự tương tác với nhau giữa sự phân tích nhiệt và luyện kim, sự biến đổi trong luyện kim phụ thuộc trực tiếp vào lịch sử nhiệt của phần tử, sự biến đổi trong luyện kim được tác động thêm bởi sự ảnh hưởng nhiệt ẩn được sửa đổi phân bố nhiệt độ, và pha phụ thuộc vào tính chất lý nhiệt. Ảnh hưởng nhiệt ẩn do sự biến đổi luyện kim được cho bởi phương trình (3.17) trong đó  $H$  là giá số enthalpy,  $P_1$  là pha ban đầu,  $P_2$  là pha cuối cùng và  $T$  là nhiệt độ:

$$H(P_1, P_2, T) = P_1 H_1(T) + P_2 H_2(T) \quad (3.14)$$

Trong khi nhiệt dung riêng ở áp suất không đổi bằng một sự thay đổi enthalpy trong một phạm vi nhiệt độ, xử lý sự khuếch tán nhiệt với một công thức enthalpy cơ sở để giải quyết các vấn đề trong phạm vi lỏng và rắn cung cấp cho các phương trình sau đây:

$$\rho c_p \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k(T)}{\rho c_p} \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{k(T)}{\rho c_p} \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{k(T)}{\rho c_p} \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q \quad (3.15)$$

Trong đó:

$$H_1 - H_2 = \int_{T_1}^{T_2} \rho c_p dT \quad (3.16)$$

Việc tính toán nhiệt luyện kim được cung cấp bởi chu kỳ nhiệt, tỷ số nhiệt, dòng nhiệt và sự thay đổi trong tỷ lệ pha và kích thước hạt austenitic từ các tính chất nhiệt của vật liệu (hệ số dẫn nhiệt  $k$ , nhiệt dung khối  $c_p$  hoặc

enthalpy H), các thông số quá trình hàn và đồ thị biến đổi luyện kim, đều được hợp thức hóa toán học.

Trong thực tế, một số các mô hình chuyển đổi có thể được mô tả trong vật liệu. Nó có thể đặc trưng bởi tỷ lệ các giai đoạn thành lập các pha khác nhau của nó. Trong trường hợp của thép, thường được đưa ra một sự phân biệt giữa kiểu pha khuếch tán và loại biến đổi Mactenxit.

Loại biến đổi khuếch tán được miêu tả bởi Johnson-Mehl-Avrami theo điều kiện đẳng nhiệt được đưa ra như sau, ở đó tỷ lệ pha thu được xuất hiện trước và sau một thời gian vô hạn ở nhiệt độ T,  $\tau_R$  là thời gian trễ, và n là một số mũ được kết hợp với tốc độ phản ứng:

$$P(T, t) = \bar{P}(T) \left( 1 - \exp \left( - \left( \frac{t}{\tau_R(T)} \right)^{n(T)} \right) \right) \quad (3.17)$$

Đối với các điều kiện nhiệt không đẳng hướng, động lực học biến đổi được đề xuất bởi LEBLOND, do nó đơn giản và có thể được sử dụng để đại diện cho bất kỳ loại hình biến đổi nào bằng cách nung nóng hoặc làm nguội. Phương trình cơ bản được diễn đạt như sau:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\bar{P} - P}{\tau} \quad (3.18)$$

Trong đó: P tỷ lệ pha kết tinh,  $\bar{P}$  là tỷ lệ pha ở trạng thái cân bằng và  $\tau$  là thời gian chờ. Ở mô hình trên không thể tái sinh chính xác loại động lực học Johnson-Mehl-Avrami; do sự phổ biến của mô hình Leblond (Johnson-Mehl-Avrami) cho sự biến đổi giữa hai pha (1→2) được hình thành bởi phương trình sau:

$$P_2 = n_{1 \rightarrow 2}(T) \frac{\bar{P}_2(T) - P_2}{\tau_{1 \rightarrow 2}(T)} \left\{ \ln \left( \frac{\bar{P}_2(T)}{\bar{P}_2(T) - P_2} \right)^{\frac{n_{1 \rightarrow 2}(T) - 1}{n_{1 \rightarrow 2}(T)}} \right\} \quad (3.19)$$

Đối với định luật biến đổi này, thu được các thông số yêu cầu từ sơ đồ làm mát liên tục.

Chuyển biến mactensit là loại chuyển biến khác chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và được biểu diễn bằng định luật Koistinen-Marburger như sau:

$$P(T) = \bar{P} \cdot (1 - \exp(-b \cdot (M_s - T))) \text{ với } T \leq M_s \quad (3.20)$$

Trong trường hợp này,  $\bar{P}$  đặc trưng cho tỷ lệ thu được ở một nhiệt độ vô cùng thấp, nó thường đồng hóa tiến tới 1.  $M_s$  và  $b$  lần lượt đặc trưng cho nhiệt độ chuyển biến ban đầu và sự tiến triển của quá trình chuyển biến theo nhiệt độ.

Các tính toán dựa trên cơ sở quá trình của nhiệt và luyện kim. Các kết quả ảnh hưởng của quá trình nhiệt vào quá trình cơ học đồng thời do bởi sự biến thiên của các tính chất cơ học (module đàn hồi, ứng suất kéo) liên quan đến nhiệt độ và do bởi sự giãn nở hoặc sự co ngót do nhiệt. Việc phân tích cơ học trong quá trình luyện kim là rất phức tạp, chủ yếu thông qua sự thay đổi thể tích được tạo ra bởi sự thay đổi cấu trúc tinh thể của vật liệu chuyển biến trong quá trình luyện kim. Các thay đổi này được đưa vào thành các quy ước ứng suất nhiệt và được mô hình hóa bởi biến dạng nhiệt luyện kim.

$$\varepsilon^{th} = \sum_{phase} P_i \varepsilon_i^{th} \quad (3.21)$$

Trong phương trình này  $\varepsilon_i^{th}$  đặc trưng cho mối quan hệ giữa nhiệt độ với biến dạng nhiệt của sự kết tinh pha thứ  $i$ . Biến dạng nhiệt của mỗi pha không chỉ khác nhau trong các giai đoạn gradient của nó đặc trưng cho hệ số giãn nở, nhưng cũng có thể do nguồn gốc của tung độ phản ánh sự thay đổi của thể tích trong quá trình chuyển biến, là sự góp phần chính gây ra ứng suất dư và biến dạng.

Ngoài ra, sự luyện kim cũng trở thành một sự xem xét trong sự phân tích cơ học thông qua hành vi liên kết đặc biệt nhiều pha của vật liệu. Định luật vật liệu cho việc tính toán ứng xử cơ học, phụ thuộc vào nhiệt độ, có sự kết hợp của các giai đoạn cần xem xét và cũng bao gồm cả hiện tượng biến dạng dẻo. Sự ứng xử của vật liệu trong sự chuyển biến của các giai đoạn đó chính là đàn hồi – dẻo. Trong mô hình hóa vật liệu này, biến dạng tổng được chia thành biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và ứng suất nhiệt viết dưới dạng biểu thức sau:

$$\Delta \varepsilon_{ij} = \Delta \varepsilon_{ij}^e + \Delta \varepsilon_{ij}^p + \Delta \varepsilon_{ij}^{th} \quad (3.22)$$

Giá trị biến dạng tổng ( $\Delta \varepsilon_y^p$ ) được diễn đạt như là tổng của khoảng biến thiên ứng suất ( $\Delta \sigma$ ), khoảng biến thiên nhiệt độ ( $\Delta T$ ) và tỷ lệ biến đổi pha ( $\Delta p$ ). Hai thuật ngữ đầu tiên đại diện cho giá trị biến dạng dẻo quy ước trong khi thuật ngữ thứ ba đại

diện cho sự gây ra biến dạng dẻo. Trong một lớp rộng của hành vi ứng xử của vật liệu, giá trị biến dạng dẻo có thể mô hình hóa bằng cách sử dụng khả năng dẻo được viết như sau:

$$\Delta \varepsilon_{ij}^P = \Delta \lambda \frac{\partial g}{\partial \sigma_{ij}} \quad (3.23)$$

Trong đó:  $g$  là hàm vi phân vô hướng đối với biến dạng đàn hồi dẻo, trong đó  $\sigma_{ij}$  đặc trưng cho sự đàn hồi dẻo,  $\Delta \lambda$  là tham số không đổi đặc trưng cho biến dạng đàn hồi dẻo. Khi tốc độ biến dạng dẻo bằng hàm đàn hồi hoặc tiêu chuẩn dẻo ( $F$ ), công thức 3.20 trở thành công thức 3.24:

$$\Delta \varepsilon_{ij}^P = \Delta \lambda \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}} \quad (3.24)$$

Mẫu tổng quát của phương trình 3.24 cũng được biết là sự liên kết theo quy luật do sự liên kết của nó với tiêu chuẩn bền riêng. Sự lựa chọn tiêu chuẩn tính dẻo được dựa vào tiêu chuẩn Von Mises, tiêu chuẩn này thường được sử dụng, đặc biệt vì nó rất phù hợp trong sự phân tích ứng xử của kim loại. Phân tích cơ học được thực hiện bằng phương pháp nhiệt - đàn hồi - dẻo, sự thiết lập công thức vật liệu bằng tiêu chuẩn Von Mises yield như dưới đây: Trong đó  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  và  $\sigma_3$  là các ứng suất chính kết hợp với quy tắc biến dạng cứng.

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (3.25)$$

Trong nghiên cứu mô phỏng này, trạng thái đông đặc (hardening) đẳng hướng được lựa chọn do tải biến đổi không theo chu kỳ, trong khi đó động học trạng thái đông đặc (hardening) được giới thiệu cho sự biến đổi theo chu kỳ. Hai loại mô hình đông đặc này được cung cấp bởi SYSWELD trong dạng của sự biến đổi luyện kim. Đối với vật liệu đông đặc đẳng hướng, việc tính toán cơ học dựa trên lịch sử (quá trình) luyện kim chủ yếu theo phương trình được xây dựng bởi Leblond, nhờ đó mà trạng thái biến dạng dẻo  $\Delta \varepsilon_{ij}^{tp}$  miêu tả sự biến dạng dẻo diễn ra trong sự chuyển pha và được tính toán từ định luật tiến hóa.

$$\Delta \varepsilon_{ij}^{tp} = -\frac{3}{2} K (\ln p_\alpha) h \left( \frac{\sigma_{eq}}{\sigma_y} \right) \dot{p}_\alpha s_{ij} \quad (3.26)$$

Trong đó:  $K$  là hệ số biến dạng dẻo,  $\lambda$  tỷ lệ ferrite (số lượng ferrite),  $\sigma_{eq}$  ứng suất tương đương Von Mises,  $s_{ij}$  ứng suất lệch thành phần và  $h$  là chức năng hiệu chỉnh. Ứng suất đàn hồi ( $\sigma^y$ ) được tính bằng định luật không tuyến tính cho sự pha trộn austenitic – ferritic sử dụng theo phương trình: Ở đó  $\sigma_y^y$  là ứng suất kéo của austenite và  $\sigma_\alpha^y$  là ứng suất kéo của pha trộn ferritic.

$$\sigma^y(T) = (1 - f(p_\alpha)) \cdot \sigma_y^y(T) + f(p_\alpha) \cdot \sigma_\alpha^y(T) \quad (3.27)$$

Vì vậy, giá trị biến dạng tổng ( $\Delta \varepsilon_{ij}^{total}$ ) có thể xác định bằng tổng của giá trị biến dạng đàn hồi ( $\Delta \varepsilon_{ij}^e$ ), giá trị biến dạng chảy dẻo ( $\Delta \varepsilon_{ij}^p$ ), giá trị biến dạng dẻo ( $\Delta \varepsilon_{ij}^{tp}$ ) và biến dạng nhiệt kết tinh ( $\Delta \varepsilon_{ij}^{th}$ ):

$$\Delta \varepsilon_{ij}^{total} = \Delta \varepsilon_{ij}^e + \Delta \varepsilon_{ij}^p + \Delta \varepsilon_{ij}^{tp} + \Delta \varepsilon_{ij}^{th} \quad (3.28)$$

### 3.5.3. Mô hình hóa và mô phỏng số liên kết hàn giáp mỗi một phía thép không gỉ SUS 316

Nhìn chung, quá trình mô phỏng bằng phương pháp PTHH bao gồm ba giai đoạn chính:

- Giai đoạn 1: Xây dựng mô hình nghiên cứu;
- Giai đoạn 2: Mô hình hóa PTHH và thiết lập các điều kiện tính toán;
- Giai đoạn 3: Phân tích, xử lý số liệu và giải bài toán cơ nhiệt;
- Giai đoạn 4: Hiện thị và phân tích kết quả tính toán.

Giai đoạn một gồm các thông số vật liệu, mô hình hình học liên kết hàn và mô hình nguồn nhiệt cấp vào. Giai đoạn hai phân tích sự truyền nhiệt để giải quyết các vấn đề về nhiệt để thu được lịch sử quá trình nhiệt; và sau đó giải quyết các vấn đề cơ học. Giai đoạn cuối cùng là hiện thị các kết quả thu được từ sự phân tích.

### 3.5.4. Mô phỏng quá trình hàn trên phần mềm Sysweld

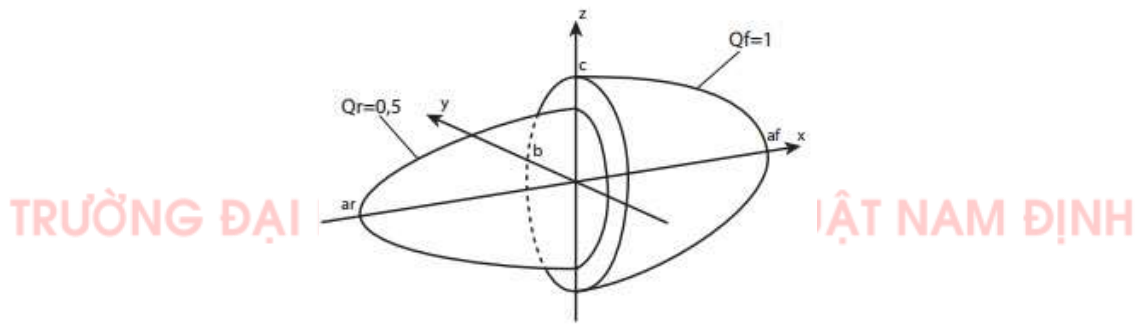
Ngày nay việc kiểm soát trường nhiệt độ, sự phân bố ứng suất dư, ứng suất tập trung cục bộ và biến dạng hàn không còn là vấn đề phức tạp như trước đây nhờ sự phát triển vượt bậc cả ngành kỹ thuật máy tính. Dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn bằng các phần mềm như SYSWELD, ANSYS, ABAQUS, COSMOS,



*NASTRAN*... ta có thể dễ dàng dự đoán được ảnh hưởng của các thông số công nghệ hàn đến sự phân bố ứng suất dư và biến dạng. Đồng thời ta cũng có thể kiểm soát được lượng nhiệt cấp vào bề hàn với mục đích làm giảm sự ảnh hưởng cả nhiệt độ tính chất cơ nhiệt của KLCB đặc biệt là vùng HAZ.

Với nguồn nhiệt hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ điện cực không nóng chảy, tổng công suất hiệu dụng  $P = \eta \cdot U_h \cdot I_h$  (W),  $I_h$  là cường độ dòng điện hàn (A) và  $\eta$  là hiệu suất hồ quang hàn 85%.

Goldak và cộng sự đã đưa ra mô hình nguồn nhiệt có mật độ phân bố ellipsoid kép được xác định bằng cách phối hợp hai khối bán ellipsoid khác nhau để tạo thành một nguồn nhiệt. Mật độ nhiệt bên trong từng khối bán ellipsoid được mô tả bằng 2 phương trình riêng như sau:



Hình 3.5. Mô hình nguồn nhiệt hàn MIG

Với một điểm bất kỳ  $(x, y, z)$  bên trong khối bán ellipsoid đầu tiên (phía trước hồ quang hàn), mật độ nguồn nhiệt được biểu diễn bởi phương trình 1.

$$Q_R(x, y, z, t) = Q_f \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{a_f^2} - \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2}\right) \quad (1)$$

Với một điểm bất kỳ  $(x, y, z)$  bên trong khối bán ellipsoid thứ hai (phía sau hồ quang hàn), mật độ nguồn nhiệt được biểu diễn bởi phương trình 2.

$$Q_R(x, y, z, t) = Q_r \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{a_r^2} - \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2}\right) \quad (2)$$

Trong hai công thức trên  $a_f$ ,  $a_r$ ,  $b$  và  $c$  là các thông số hình học của nguồn nhiệt khối ellipsoid kép, hình 3. 5;  $Q_R$  là hàm mật độ nguồn nhiệt.



Như vậy có thể thấy rằng nguồn nhiệt khối ellipsoid kép phân bố Gauxơ có thể được biểu diễn bằng 5 thông số. Đó là: hiệu suất hồ quang  $\eta$  và 4 thông số hình học của nguồn nhiệt  $a_f$ ,  $a_r$ ,  $b$  và  $c$  trên bảng 3.8.

Bảng.3.8. Mô hình nguồn nhiệt theo Goldak

| Đường hàn | b (mm) | c (mm) | $a_f$ (mm) | $a_r$ (mm) |
|-----------|--------|--------|------------|------------|
| 1         | 5      | 4      | 4          | 7          |

#### 3.5.4.1. Thông số quá trình hàn và mô phỏng

Thông số, chế độ hàn thực nghiệm bằng phương pháp hàn MIG được mô tả trong bảng 3.9. Thông số mô phỏng được cho trong bảng 3.10.

Bảng 3.9. Chế độ hàn

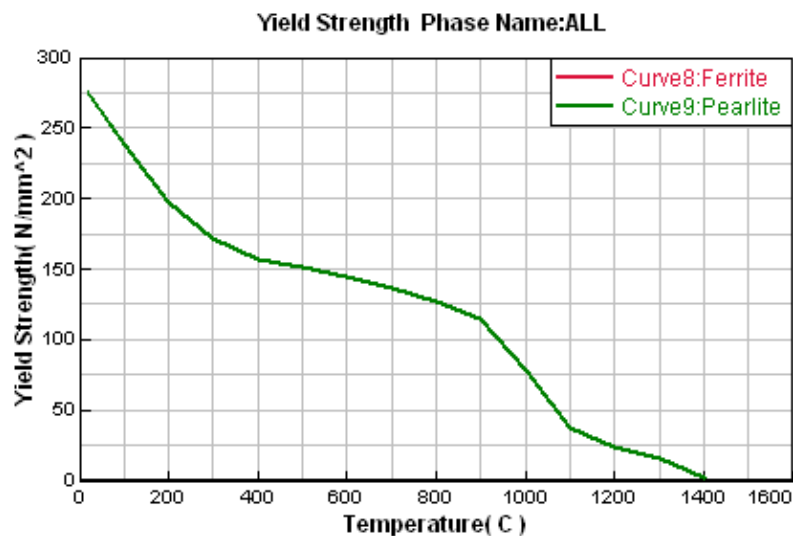
| Đường hàn | $I_h$ (A) | $U_h$ (V) | $V_h$ (cm/ph) | $D_d$ (mm) |
|-----------|-----------|-----------|---------------|------------|
| 1         | 135       | 26        | 26            | 1,0        |

Trong đó:  $V_h$ : Vận tốc hàn (cm/ph);  $D_d$ : Đường kính dây hàn (mm).

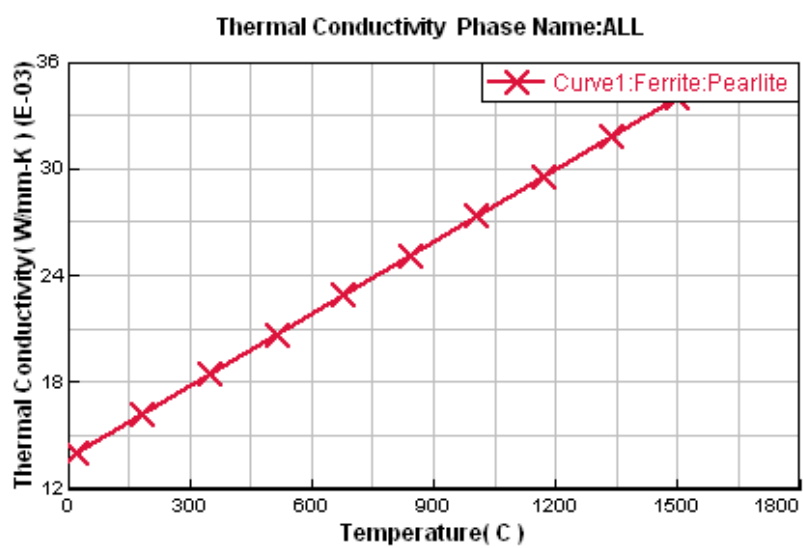
Bảng 3.10. Thông số mô phỏng

| Đường hàn | Năng lượng đường (J/mm) | Vận tốc hàn (cm/ph) |
|-----------|-------------------------|---------------------|
| 1         | 702                     | 26                  |

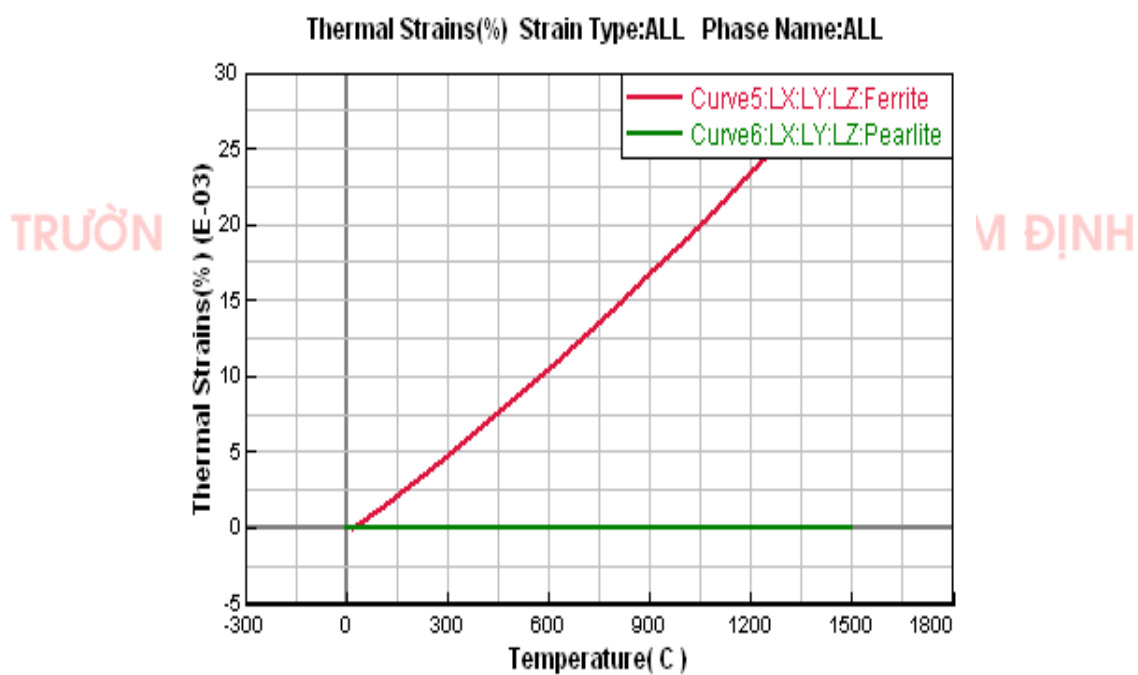
#### 3.5.4.2. Tính chất cơ lý tính của thép không gỉ SUS 316



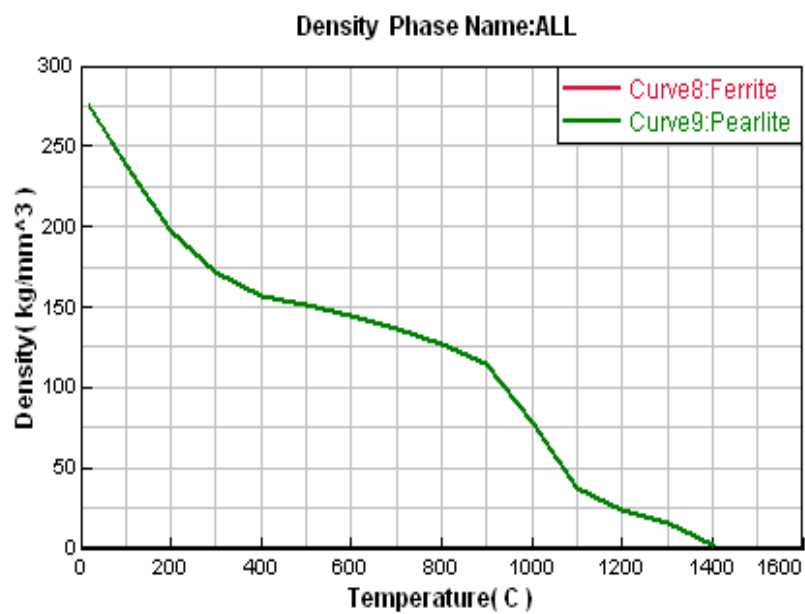
Hình 3.6. Giới hạn chảy của không gỉ SUS 316



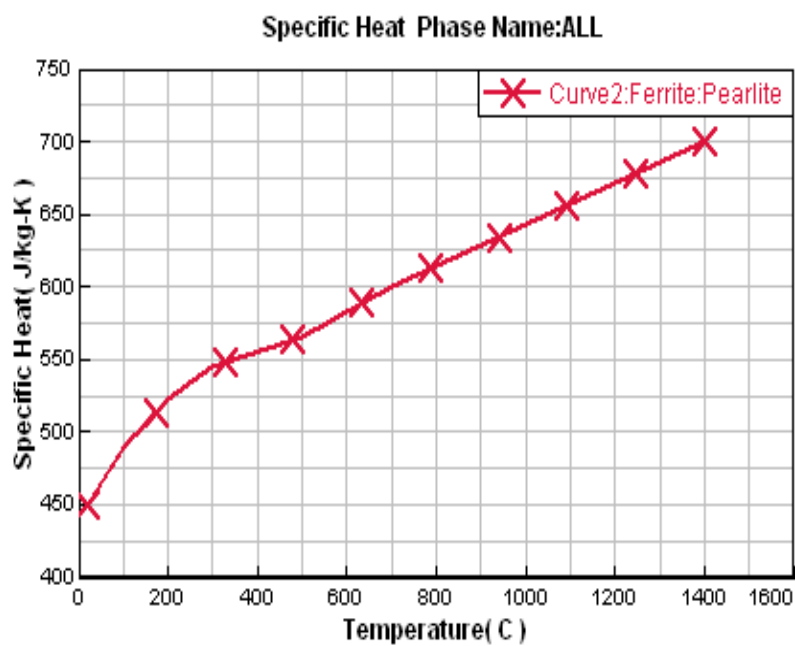
Hình 3.7. Hệ số dẫn nhiệt của không gỉ SUS 316



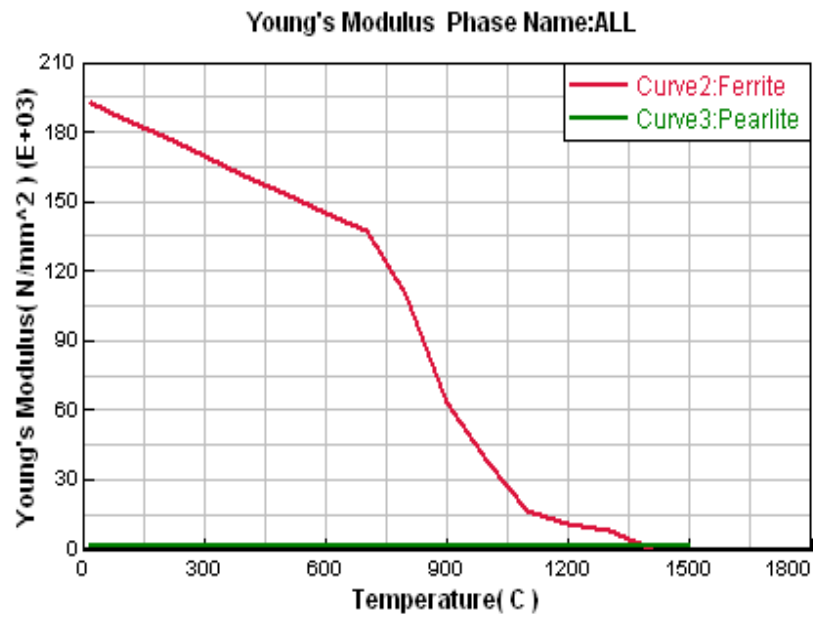
Hình 3.8. Hệ số giãn nở nhiệt của không gỉ SUS 316



Hình 3.9. Khối lượng riêng của không gỉ SUS 316



Hình 3.10. Nhiệt dung riêng của không gỉ SUS 316



Hình 3.11. Mô đun Young của thép không gỉ SUS 316

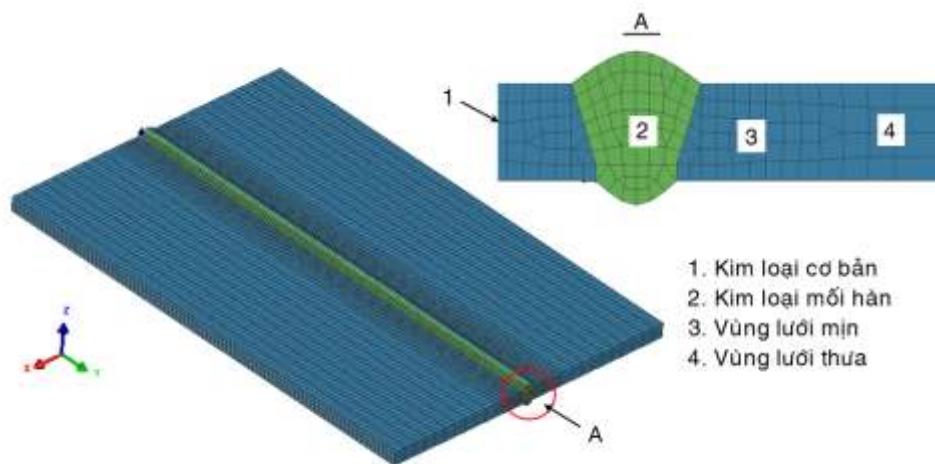
### 3.6. Mô phỏng số quá trình hàn MIG thép không gỉ SUS 316

#### 3.6.1. Mô hình hóa

Thiết kế liên kết hàn giáp mối từ thép không gỉ SUS 316 theo tiêu chuẩn AWS 1.6 – 2017, xem hình 2.8. Tác giả sử dụng phần mềm VisualMesh để thiết kế mối ghép hàn có kích thước như đã chọn ở trên.

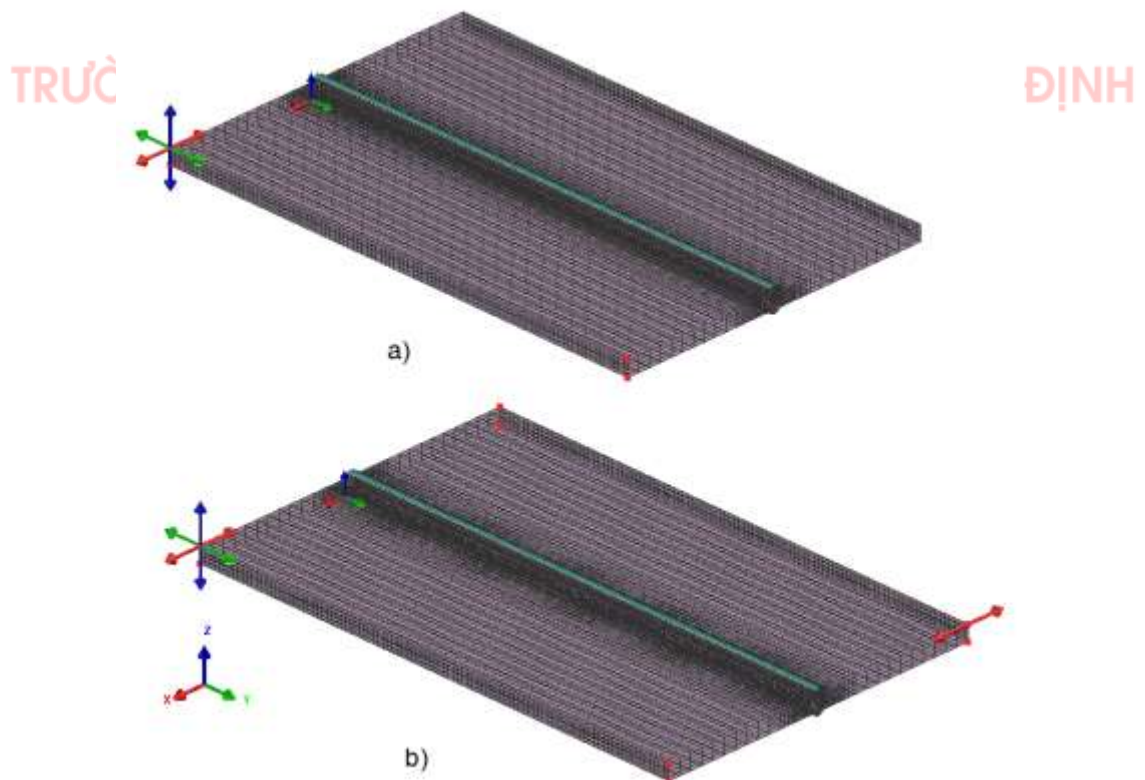
Sau đó mô hình liên kết hàn được mô hình hóa với 31512 node và 41030 phần tử (elements). Trong đó, phần tử khối (HEXA, PENTA, TETRA) là 26600 phần tử.

Để kết quả mô phỏng tính toán được chính xác cũng như thời gian giải bài toán mô phỏng nhanh tác giả chọn mô hình chia lưới như hình 3.12, kích thước lưới vùng mối hàn (vùng 2) và vùng ảnh hưởng nhiệt (vùng 3) nằm trong khoảng từ 1÷2 mm, kích thước lưới vùng xa mối hàn (vùng 4) lớn hơn khoảng 5mm:



Hình 3.12. Vùng chia lưới và kiểu lưới

Điều kiện gá kẹp được thực hiện như hình 3.12. Trường hợp a) mô hình kẹp một tấm theo cả 3 phương (X, Y, Z) tấm còn lại để tự do. Trường hợp b) tấm thứ nhất kẹp chặt theo 3 phương (X, Y, Z) tấm còn lại giới hạn theo phương X, còn phương Z, Y để tự do.



Hình 3.13. Vị trí gá kẹp khi mô phỏng

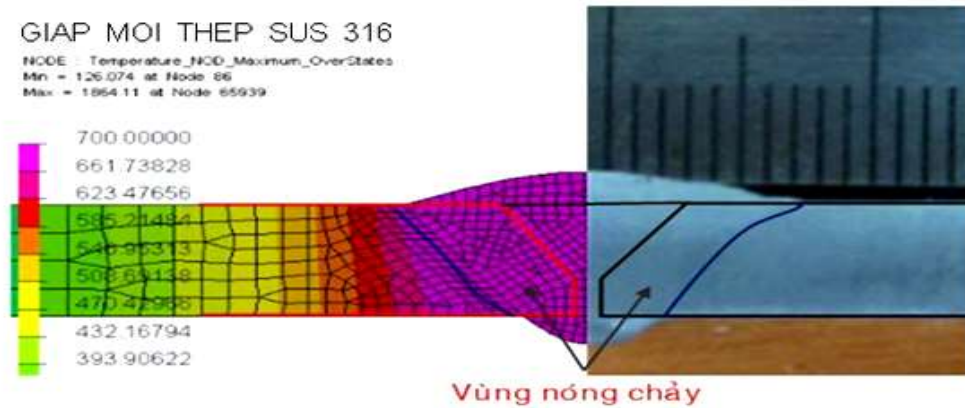
### 3.6.2. Mô phỏng số

Giải bài toán cơ nhiệt bằng phần mềm SysWeld. Với thông số chế độ như bảng  
Trong đó nhiệt độ ban đầu: 25 °C

Thời gian mô phỏng và làm nguội mô hình xuống nhiệt độ môi trường là 1000 s

### 3.6.3. Kết quả mô phỏng

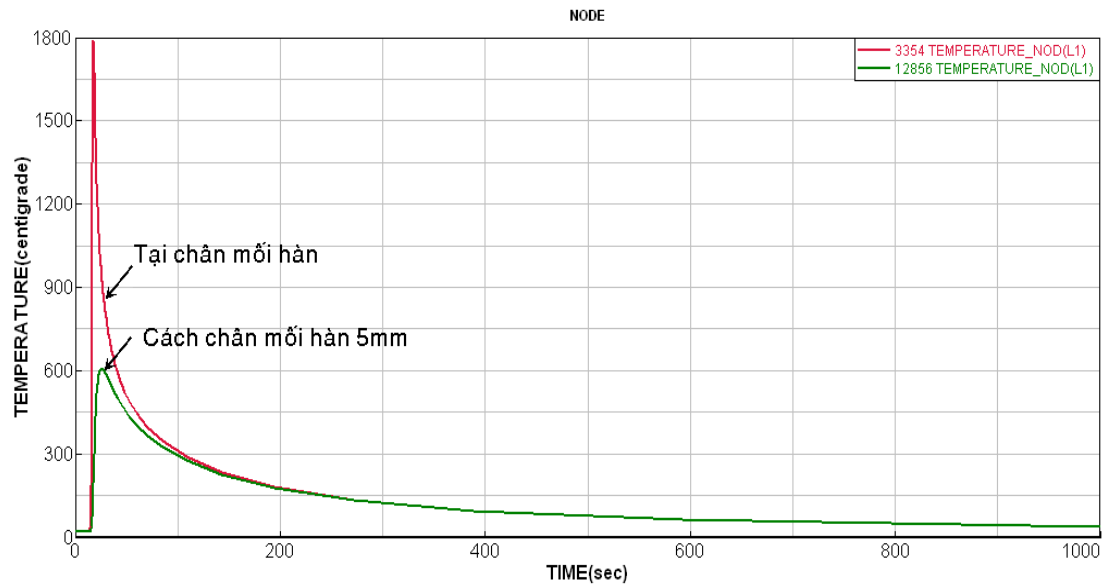
#### 1. Vùng nóng chảy



Hình 3.14. So sánh vùng nóng chảy giữa mô phỏng và thực nghiệm

Trên hình 3.14 so sánh vùng nóng chảy giữa mô phỏng và thực nghiệm cho thấy cùng với thông số chế độ hàn như đã trình bày ở trên kết quả của vùng này có kích thước gần nhau. Như vậy, ta có thể hoàn toàn tin tưởng vào các kết quả thu được khi thay đổi thông số hàn bằng công cụ mô phỏng số mà không cần phải làm thực nghiệm trên mẫu thật.

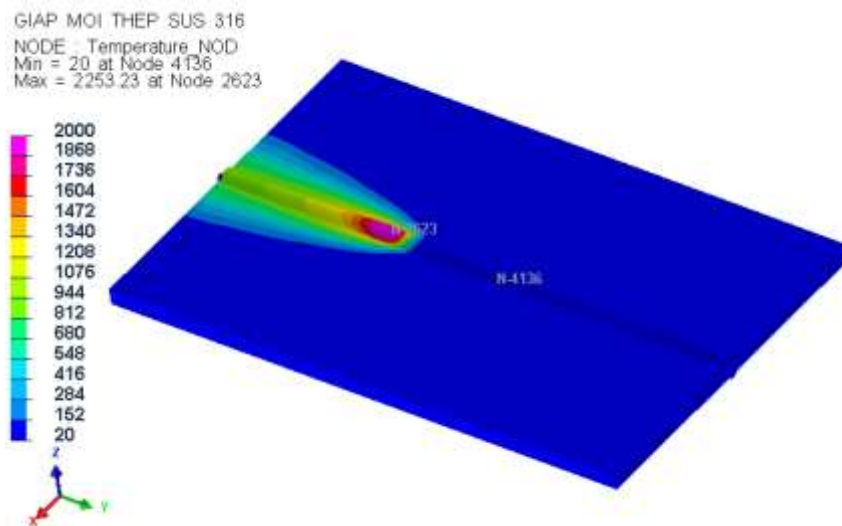
#### 2. Phân bố nhiệt độ



Hình 3.15. Sự biến thiên nhiệt độ tại các node trên bề mặt

Trên hình 3.15 là sự biến thiên nhiệt độ tại các node 3354 chân mối hàn và nút 12856 tại vùng HAZ trên bề mặt vật hàn. Ta thấy với phương pháp hàn MIG tốc độ hàn cao hơn so với hàn SMAW cho nên vùng HAZ tương đối nhỏ. Tại chân mối hàn nhiệt độ rất cao ( $1800^{\circ}\text{C}$ ) nhưng cách chân mối hàn 5mm nhiệt độ chỉ vào khoảng ( $600^{\circ}\text{C}$ ).

### 3. Trường nhiệt độ

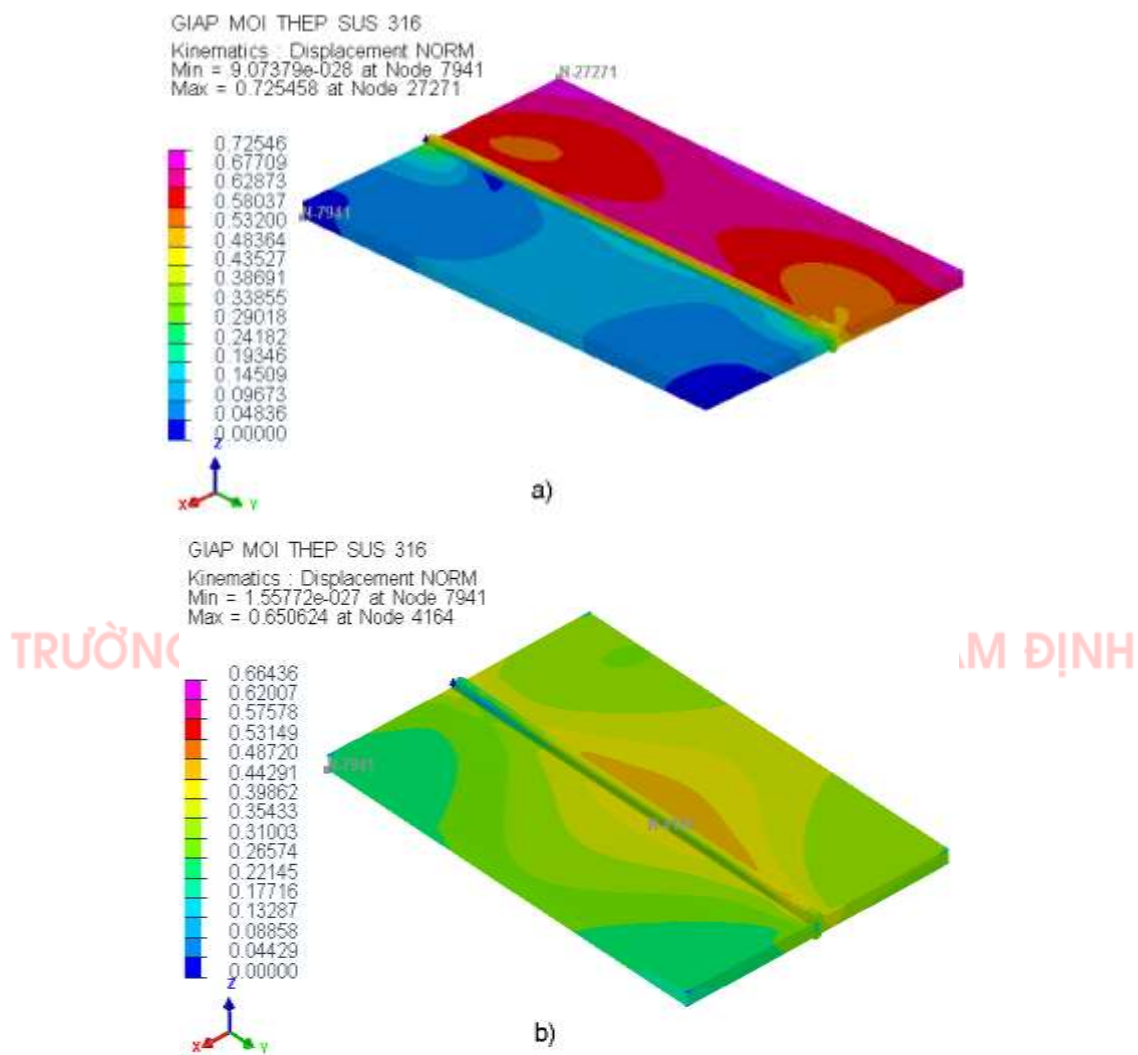


Hình 3.16. Hình dạng vũng hàn

Hình 3.16. mô tả trường nhiệt độ vũng hàn và các đường đẳng nhiệt khi hàn thép không gỉ SUS 316 bằng phương pháp hàn MIG.

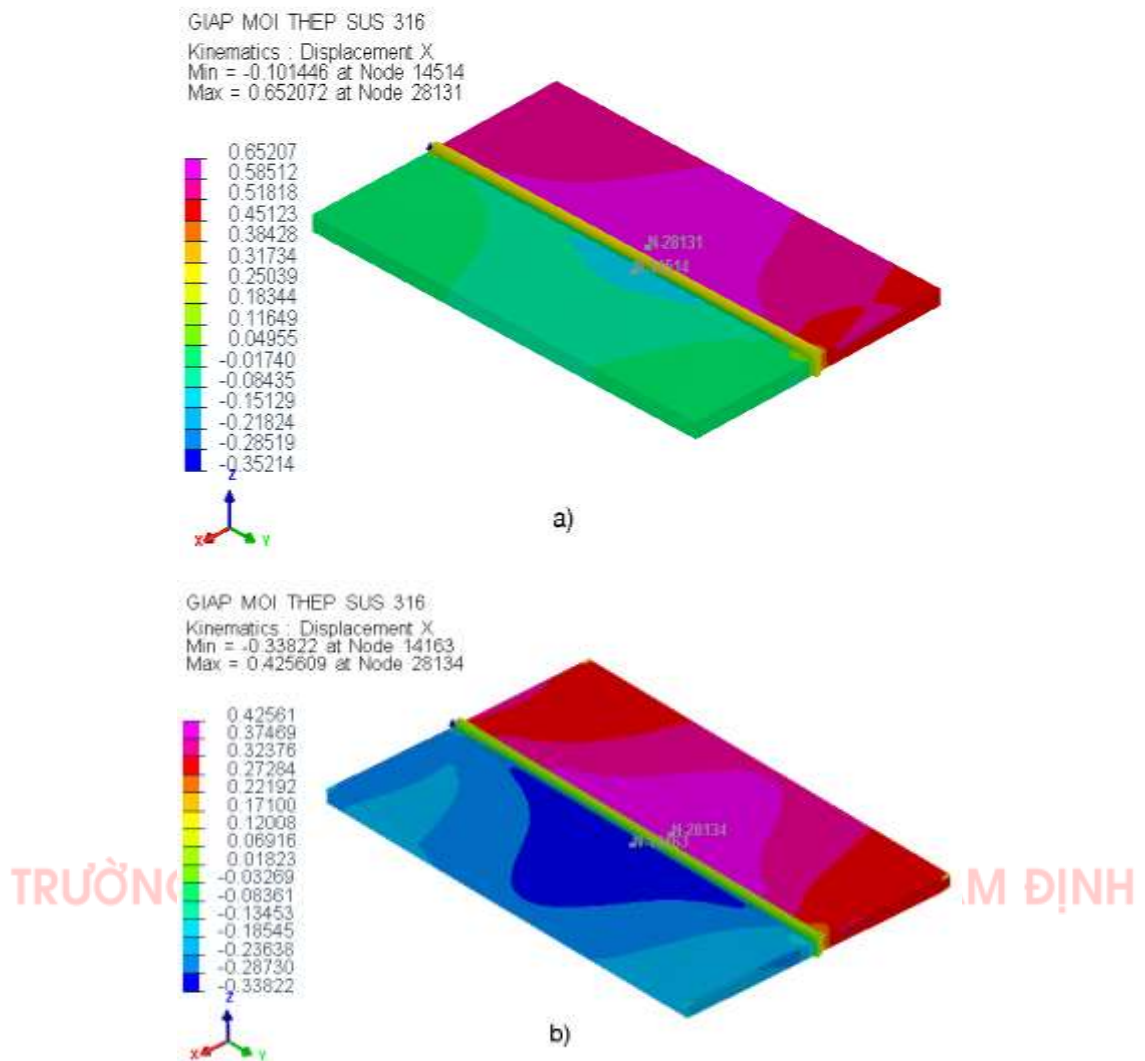
#### 4. Biến dạng hàn

Hình 3.17 mô tả biến dạng tổng ứng với 2 trường hợp gá kẹp như đã mô tả ở trên. Dựa vào giá trị biến dạng tổng của 2 trường hợp ta thấy có sự khác biệt không nhiều.



Hình 3.17. Biến dạng tổng





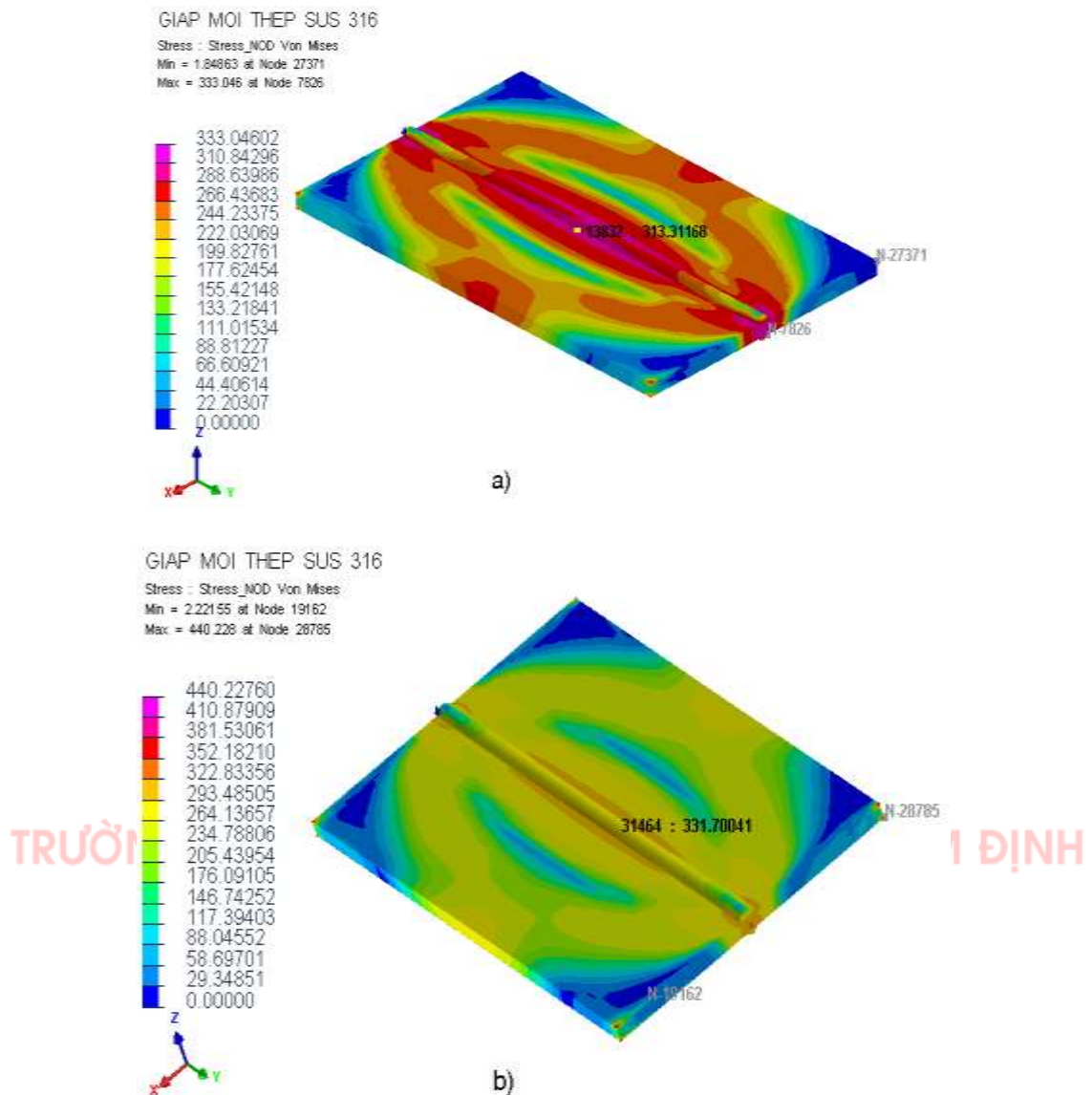
Hình 3.18. Biến dạng theo phương X

Hình 3.18 thể hiện sự phân bố biến dạng đối với 2 trường hợp gá kẹp như đã mô tả ở trên. Thấy rằng trường hợp (b) khi hạn chế theo phương X (co ngang) ở 2 đầu thì biến dạng nhỏ hơn so với để tự do, trường hợp (a)

Như vậy với năng lượng đường nhỏ thì biến dạng nhỏ.

##### 5. Sự phân bố ứng suất dư

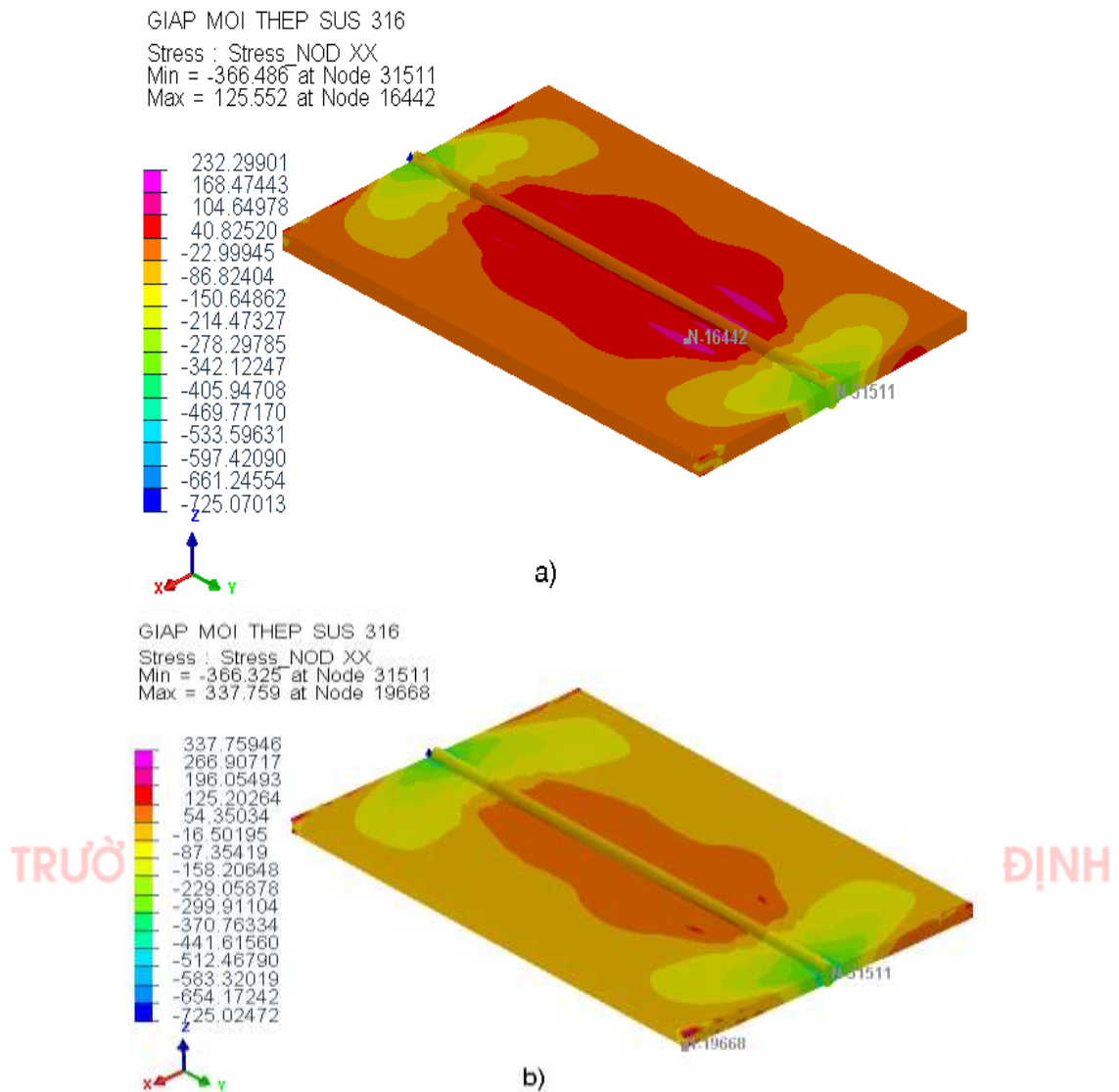
- Ứng suất Von mises (Ứng suất tương đương)



Hình 3.19. Phân bố ứng suất dư Von mises

Hình 3.19 mô tả sự phân bố ứng suất dư Von mises stress. Dựa vào hình ảnh ta nhận thấy khi kẹp ở trường hợp (b) thì ứng suất cao nhất tại nút 28785 (vị trí ngàm) đạt giá trị 440,228MPa. Trường hợp (a) giá trị ứng suất dư lại tập trung ở vị trí mối hàn. Theo quan sát và hiển thị kết quả ứng suất dư Von mises tại nút nằm trong khu vực vùng HAZ thì trường hợp (b) có giá trị cao hơn trường hợp (a) khoảng 18MPa.

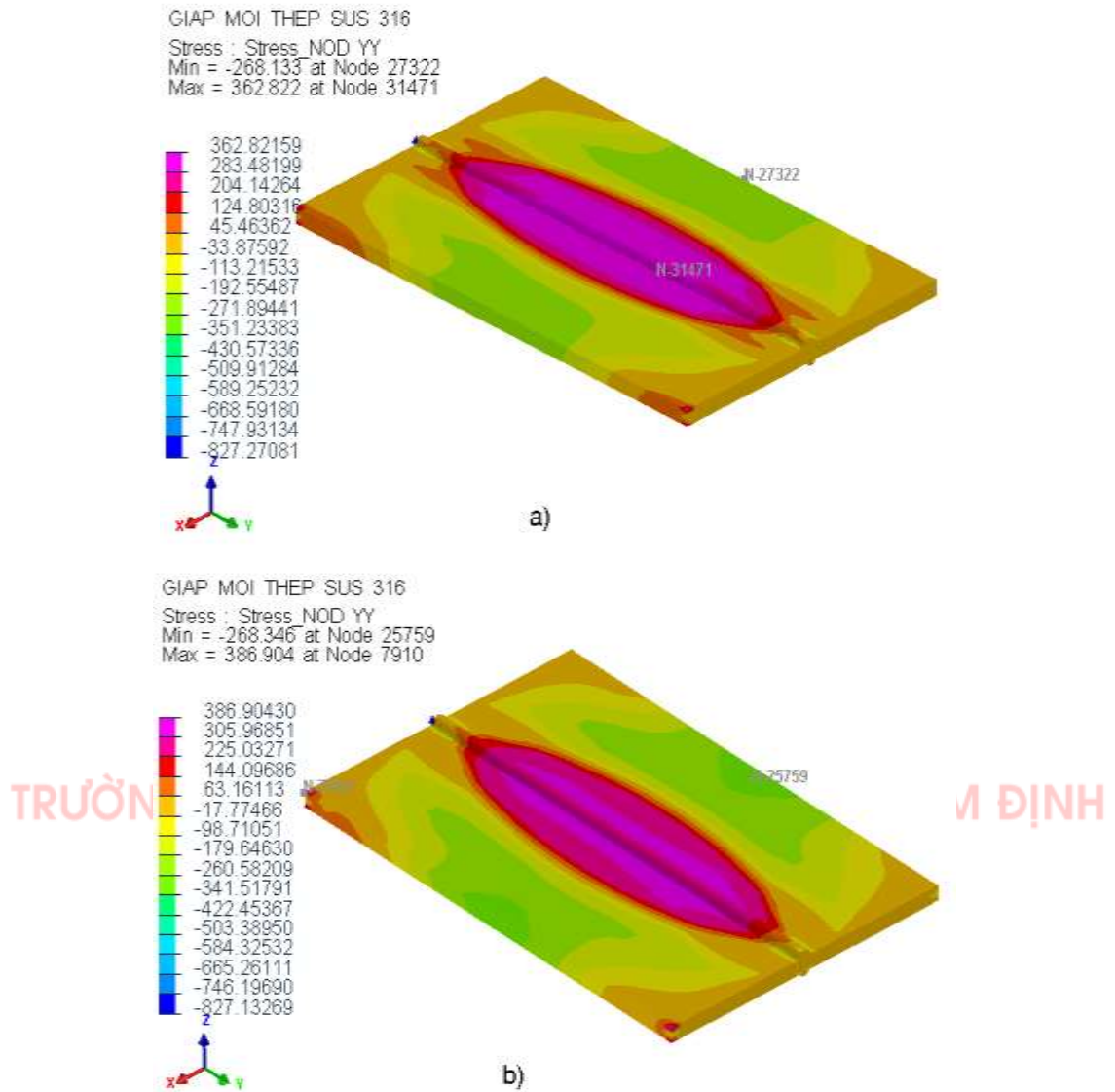
- Ứng suất pháp theo phương X



Hình 3.20. Phân bố ứng suất dư theo phương X

Trên hình 3.20 mô tả sự phân bố ứng suất dư theo phương X khi hàn giáp mối 2 tấm thép không gỉ SUS 316 bằng phương pháp hàn MIG. Nhìn vào phổ màu thấy rằng sự phân bố ứng trong 2 trường hợp chênh lệch nhau không nhiều. Ứng suất dư nén cả 2 trường hợp gần giống nhau ( $\approx 725\text{MPa}$ ) và tập trung chủ yếu vào đầu và cuối đường hàn. Khu vực giữa tập trung ứng suất dư kéo.

- Ứng suất pháp theo phương Y

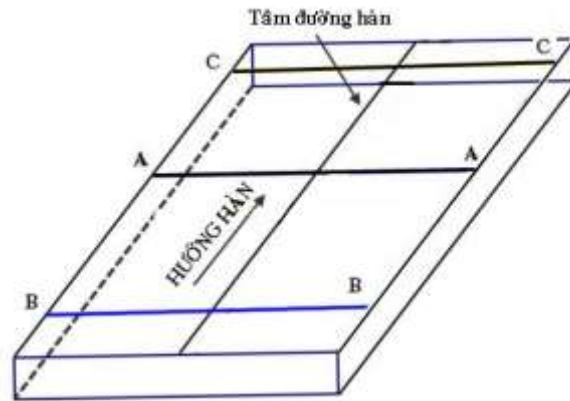


Hình 3.21. Phân bố ứng suất dư theo phương Y

Tương tự như phân bố ứng suất theo phương X, ứng suất dư kéo theo phương Y cũng tập trung ở khu vực giữa mô hình (vật hàn), giá trị chênh lệch giữa 2 trường hợp khoảng 20 MPa. Ứng suất dư nén phân bố đều ở 2 cạnh tấm.

Dựa vào phương pháp phần tử hữu hạn trên cơ sở phần mềm SYSWELD mà ta có thể dự đoán được sự phân bố nhiệt độ, ứng suất dư, ứng suất tập trung cục bộ và biến dạng khi hàn giáp mối thép không gỉ SUS 316. Trên cơ sở kết quả thu được từ quá trình mô phỏng ta có thể điều chỉnh lại thiết kế, thông số chế độ hàn và điều kiện gá kẹp để làm tăng tuổi thọ làm việc của kết cấu hàn.

## 6. Vị trí lấy kết quả ứng suất dư



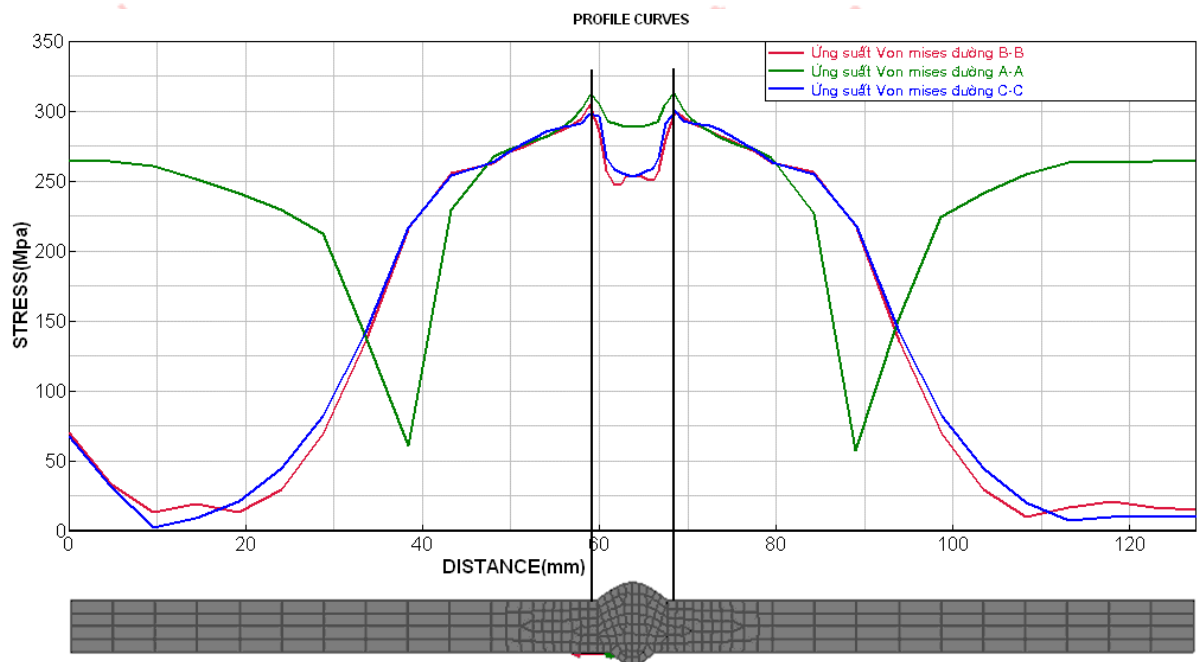
Hình 3.22. Vị trí các đường lấy kết quả ứng suất dư

A-A Cách đầu đường hàn 100 mm

B-B Cách đầu đường hàn 10 mm

C-C Cách cuối đường hàn 10 mm

Hình 3.22 thể hiện vị trí các đường lấy kết quả ứng suất dư với mục đích để so sánh, đánh giá sự phân bố ứng suất dư trong liên kết hàn trường hợp (a).

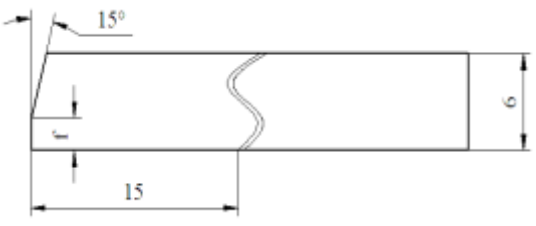
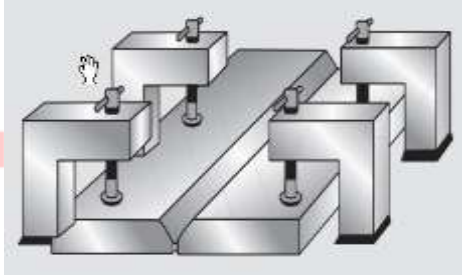
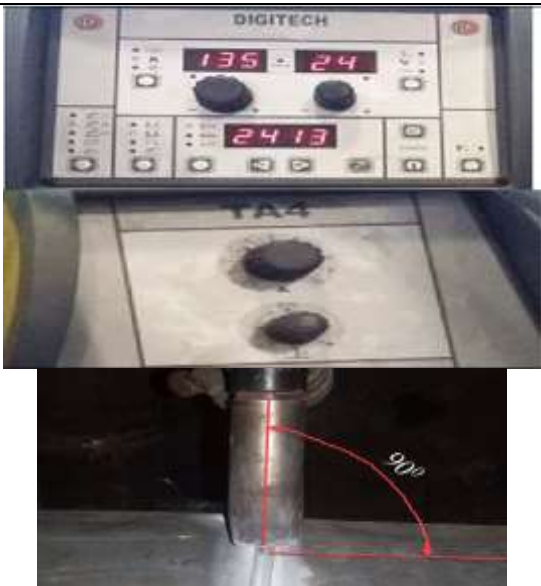


Hình 3.23. Ứng suất dư Von mises lấy theo 3 vị trí

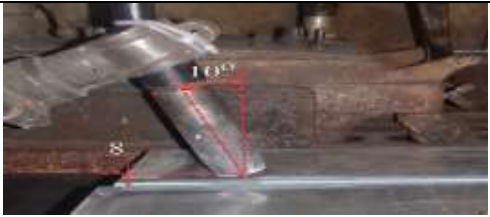
Dựa vào đồ thị ta thấy rằng ứng suất dư Von mises tại vùng HAZ có giá trị cao hơn vùng kim loại mối hàn và vùng kim loại cơ bản ít chịu ảnh hưởng bởi nhiệt

độ cao. Ở giữa mẫu hàn, đường A-A giá trị ứng suất dư Von mises cao hơn vùng đầu và cuối, giá trị đỉnh vào khoảng 315 MPa. Tại vùng này ứng suất dư có xu hướng giảm, ở cách chân mỗi hàn khoảng 20mm giá trị ứng suất dư vào khoảng 60 MPa. Sau đó ứng suất dư lại tăng lên đạt giá trị khoảng 260MPa. Ứng suất dư Von mises, lấy theo đường B-B và C-C có giá trị gần như nhau và có xu hướng giảm dần về cạnh tấm.

### 3.7. Hàn thực nghiệm hàn MIG thép không gỉ SUS 316

| Các bước | Trình tự thực hiện                                                                                                                                                                                                                        | Hình ảnh minh họa                                                                    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <i>Chuẩn bị phôi hàn</i>                                                                                                                                                                                                                  |    |
| 2        | <i>Chuẩn bị mối ghép hàn: Gá kẹp tạo phôi hàn</i>                                                                                                                                                                                         |   |
| 3        | <i>Vị trí hàn: 1G</i>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| 4        | <i>Chuẩn bị bộ thiết bị hàn.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Điều chỉnh dòng điện, điện áp</li> <li>- Điều chỉnh góc độ mở hàn</li> <li>- Điều chỉnh tốc độ xe tự hành</li> <li>- Điều chỉnh lưu lượng khí bảo vệ</li> </ul> |  |



|   |                                    |                                                                                                                                                                       |
|---|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                    |   |
| 5 | Thực hiện hàn                      |                                                                                                                                                                       |
| 6 | Làm sạch, kiểm tra bằng mắt thường |                                                                                    |

### 3.7.1. Kết quả thực nghiệm

\*. Chế độ hàn và hình ảnh các mẫu thí nghiệm

Bảng 3.11. Chế độ hàn thực nghiệm và hình ảnh mối hàn đạt được

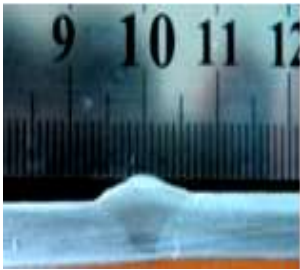
| TT      | $I_h$ | $U_h$ | $V_h$ | Hình dáng mối hàn đạt được                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|-------|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TN<br>1 | 130   | 24    | 26    |  A photograph of a welded joint for TN 1. It shows two metal plates joined by a weld bead. A ruler is placed above the joint for scale. The number 1 is circled in the bottom left corner of the image.   |
| TN<br>2 | 130   | 25    | 28    |  A photograph of a welded joint for TN 2. It shows two metal plates joined by a weld bead. A ruler is placed above the joint for scale. The number 2 is circled in the bottom left corner of the image.   |
| TN<br>3 | 130   | 26    | 30    |  A photograph of a welded joint for TN 3. It shows two metal plates joined by a weld bead. A ruler is placed above the joint for scale. The number 3 is circled in the bottom left corner of the image.  |
| TN<br>4 | 135   | 24    | 28    |  A photograph of a welded joint for TN 4. It shows two metal plates joined by a weld bead. A ruler is placed above the joint for scale. The number 4 is circled in the bottom left corner of the image. |
| TN<br>5 | 135   | 25    | 30    |  A photograph of a welded joint for TN 5. It shows two metal plates joined by a weld bead. A ruler is placed above the joint for scale. The number 5 is circled in the bottom left corner of the image. |

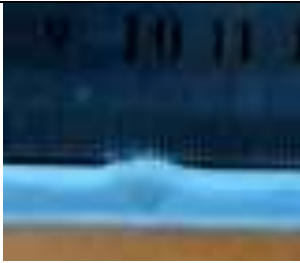


| TT      | $I_h$ | $U_h$ | $V_h$ | Hình dáng mối hàn đạt được                                                           |
|---------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| TN<br>6 | 135   | 26    | 26    |    |
| TN<br>7 | 140   | 24    | 30    |   |
| TN<br>8 | 140   | 25    | 26    |  |
| TN<br>9 | 140   | 26    | 28    |  |

\*Đánh giá về hình dạng, hệ số ngấu và kích thước của các mẫu hàn theo chế độ hàn khác nhau

Bảng 3.12. Hệ số ngấu và kích thước, hình dạng của các mẫu hàn theo chế độ khác nhau

| TT   | Hình ảnh kiểm tra macro                                                             | Hệ số ngấu ( $\psi$ ) | Ngoại dạng và macro mối hàn                                                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TN 1 |    | 2,78                  | Mối hàn chưa ngấu hết, phần chưa ngấu là 0,6 mm.<br>Mối hàn có bề rộng $B = 12$ mm, chiều cao $H = 2,2$ mm                                             |
| TN 2 |   | 2,89                  | Mối hàn ngấu hết chiều dày vật liệu, mặt trên có bề rộng $B = 12$ mm, chiều cao $H = 1,2$ mm<br>Mặt ngấu có bề rộng $b = 3$ mm, chiều cao $h = 1,2$ mm |
| TN 3 |  | 2,9                   | Mối hàn ngấu hoàn toàn, mặt trên có bề rộng $B = 13$ mm, chiều cao $H = 1,6$ mm<br>Mặt ngấu có bề rộng $b = 2,5$ mm, chiều cao $h = 1,3$ mm            |
| TN 4 |  | 2,87                  | Mối hàn ngấu hoàn toàn, mặt trên có bề rộng $B = 11$ mm, chiều cao $H = 0,5$ mm<br>Mặt ngấu có bề rộng $b = 3$ mm, chiều cao $h = 0,5$ mm              |

| TT   | Hình ảnh kiểm tra macro                                                             | Hệ số ngấu ( $\psi$ ) | Ngoại dạng và macro mối hàn                                                                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TN 5 |    | 2,78                  | Mối hàn chưa ngấu hết, phần chưa ngấu là 1,8 mm.<br>Mối hàn có bề rộng $B = 12$ mm, chiều cao $H = 1,4$ mm.                                 |
| TN 6 |    | 3,0                   | Mối hàn ngấu hoàn toàn, mặt trên có bề rộng $B = 13$ mm, chiều cao $h = 1,2$ mm<br>Mặt ngấu có bề rộng $b = 2,2$ mm, chiều cao $h = 1,5$ mm |
| TN 7 |  | 2,66                  | Mối hàn chưa ngấu hết, phần chưa ngấu là 1,5 mm.<br>Mối hàn có bề rộng $B = 13$ mm, chiều cao $H = 1,2$ mm.                                 |
| TN 8 |  | 2,68                  | Mối hàn bị lõm mặt, mặt trên có bề rộng $B = 13$ mm<br>Mặt ngấu có bề rộng $b = 2,4$ mm, chiều cao $h = 1,6$ mm                             |
| TN 9 |  | 2,79                  | Mối hàn chưa ngấu hết, phần chưa ngấu là 0,6 mm<br>Mặt trên có bề rộng $B = 13$ mm, chiều cao $H = 1,2$ mm                                  |

\*Đánh giá về hình dạng, hệ số ngấu và kích thước của các mẫu hàn theo chế độ hàn khác nhau

\*Phân tích dữ liệu xác định bộ thông số hàn hợp lý

Bảng 3.13. Bảng kết quả tính toán dữ liệu

| TT                 | I<br>(A) | U<br>(V) | V<br>(cm/ph) | Hệ số ngẫu<br>$\psi$ (mm) | Bình<br>phương TB<br>(MSD) | $\eta$  |
|--------------------|----------|----------|--------------|---------------------------|----------------------------|---------|
| 1                  | 1        | 1        | 1            | 2,78                      | 7,7284                     | -8,8809 |
| 2                  | 1        | 2        | 2            | 2,89                      | 8,3521                     | -9,218  |
| 3                  | 1        | 3        | 3            | 2,9                       | 8,41                       | -9,248  |
| 4                  | 2        | 1        | 2            | 2,87                      | 8,2369                     | -9,1576 |
| 5                  | 2        | 2        | 3            | 2,78                      | 7,7284                     | -8,8809 |
| 6                  | 2        | 3        | 1            | 3,0                       | 9,0                        | -9,5424 |
| 7                  | 3        | 1        | 3            | 2,66                      | 7,0756                     | -8,4976 |
| 8                  | 3        | 2        | 1            | 2,68                      | 7,1824                     | -8,5627 |
| 9                  | 3        | 3        | 2            | 2,79                      | 7,7841                     | -8,9121 |
| Trung<br>bình cộng |          |          |              |                           | 7,944211                   | -8,9889 |

Từ bảng 3.13 đã được thiết lập ở trên ta xác định được các kết quả hệ số ngẫu của sản phẩm.

Theo đó, tính giá trị trong cột  $\eta$  (S/N): Yêu cầu đặt ra là sản phẩm sau quá trình hàn có hệ số ngẫu là xung quanh giá trị danh nghĩa  $Y_0 = 2,79$  mm. Do vậy công thức tính S/N được chọn:

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

Do kết quả đầu ra xung quanh giá trị danh nghĩa  $Y_0 = 2,79$  mm

$$MSD = \frac{(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + \dots + (Y_n - Y_0)^2}{N}$$

Trong đó:  $Y_i$ : Kết quả đầu ra

$Y_0$ : Giá trị danh nghĩa

Phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để miêu tả quan hệ giữa các thông số chế độ hàn và hệ số ngẫu của sản phẩm. Bảng 3.13 tổng hợp các kết quả tính toán với công thức tính tổng bình phương như sau:

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

Trong đó:  $m = (1/9) \sum_{i=1}^9 \eta_i = -1,40$  và  $m_{ji} = (1/3) \sum_{i=1}^3 (\eta_j)_i$

Bảng 3.14. Ảnh hưởng của các thông số đến hệ số ngẫu của sản phẩm theo ANOVA

| Thông số  | Giá trị trung bình $\eta$ của từng cấp độ |          |          | Tổng bình phương | Phân bố |
|-----------|-------------------------------------------|----------|----------|------------------|---------|
|           | 1                                         | 2        | 3        |                  |         |
| Ih(A)     | - 9,116                                   | - 8,6575 | - 9,1937 | 0,5472           | 55,78%  |
| U(V)      | - 9,2342                                  | - 8,8872 | - 8,8454 | 0.3170           | 32,32%  |
| Vh(cm/ph) | - 8,8755                                  | - 8,9953 | - 9,0959 | 0.1168           | 11,9%   |
| Tất cả    |                                           |          |          | 1,2062           | 100,00% |

Kết quả của các phân tích (ANOVA) cho các giá trị thông số trong bảng 3.14 chứng tỏ dòng điện hàn có ảnh hưởng lớn nhất đến sản phẩm là 55,78% tiếp đến là điện áp hàn chiếm 32,32% và vận tốc hàn là 11,9% .Do vậy dòng điện và điện áp hàn là thông số ảnh hưởng lớn nhất đến hệ số ngẫu của sản phẩm trong quá trình hàn.

Giá trị  $\eta$  của các cấp độ cho từng thông số được chỉ rõ trong bảng 3.14. Theo như Taguchi giá trị lớn nhất của  $\eta$  sẽ cho hệ số ngẫu tốt nhất, do đó các hệ số nên được lựa chọn với cấp độ nhỏ nhất của  $\eta$ .

Vậy để hệ số ngẫu tốt nhất thì ta chọn dòng điện hàn ở cấp độ trung bình, vận tốc hàn ở cấp độ trung bình và điện áp hàn ở cấp độ cao. Hay bộ chế độ hàn hợp lý là  $I_h = 135A$ ;  $V_h = 26 \text{ cm/ph}$ ;  $U_h = 26V$

\*. *Đánh giá kết quả*

-. Ảnh hưởng của  $I_h$ ,  $U_h$ ,  $V_h$  đến hệ số ngẫu của mỗi hàn

Từ các kết quả thu được ở trên, tuân theo các tiêu chuẩn/quy phạm về chất lượng mỗi hàn để đánh giá ngoại dạng, kích thước, hệ số ngẫu của các mẫu hàn.

Mẫu thực nghiệm đạt tiêu chuẩn là mẫu 2, 3, 4, 6; Các mẫu thực nghiệm 1, 5, 7, 8, 9 chưa ngẫu hết chiều dày vật liệu.

Kết quả của các phân tích (ANOVA) cho các giá trị thông số trong bảng 3.14 chứng tỏ dòng điện hàn có ảnh hưởng lớn nhất đến sản phẩm là 55,78% tiếp đến là điện áp hàn 32,32% và vận tốc hàn là 11,9%. Do vậy dòng điện hàn là thông số ảnh hưởng lớn nhất đến hệ số ngẫu của sản phẩm trong quá trình hàn.

Giá trị  $\eta$  của các cấp độ cho từng thông số được chỉ rõ trong bảng 3.14. Theo như Taguchi giá trị nhỏ nhất của  $\eta$  sẽ cho hệ số ngẫu tốt nhất, do đó các hệ số nên được lựa chọn với cấp độ nhỏ nhất của  $\eta$ .

*Vậy để hệ số ngẫu tốt nhất thì ta chọn dòng điện hàn ở cấp độ trung bình, vận tốc hàn ở cấp độ thấp và điện áp hàn ở cấp độ cao .Hay bộ chế độ hàn hợp lý là  $I_h = 135A$ ;  $V_h = 26 \text{ cm/ph}$ ;  $U_h = 26V$*

Từ ứng dụng phương pháp Taguchi nhận được, nhận thấy rằng cường độ dòng điện hàn ( $I_h$ ) và điện áp hàn ( $V_h$ ) có ảnh hưởng lớn đến hệ số ngẫu của mối hàn ( $\psi$ ) theo kết quả của các phân tích (ANOVA) trong khoảng biến thiên của dòng điện hàn từ  $130 \div 140 \text{ (A)}$  và điện áp hàn từ  $24 \div 26 \text{ (V)}$ ; trong đó điện áp hàn tăng ( $U_h$ ) có ảnh hưởng theo chiều làm tăng độ ngẫu của mối hàn; nhưng cường độ dòng điện tăng ( $I_h$ ) có ảnh hưởng theo chiều giảm hệ số ngẫu của mối hàn; sự ảnh hưởng này cũng phản ánh đúng với cơ sở lý thuyết về công nghệ hàn MIG đã đề cập đến trong chương 2.

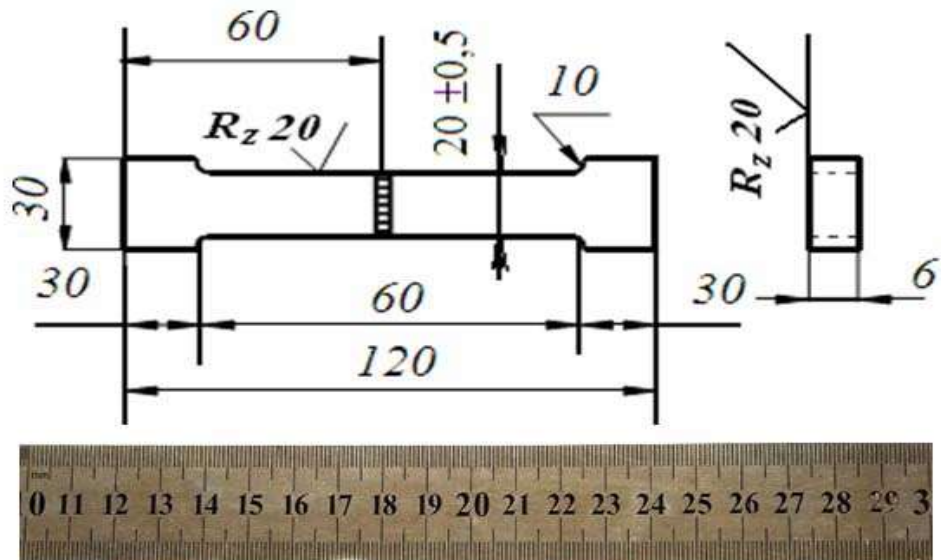
- Ảnh hưởng của lưu lượng khí bảo vệ

Qua quá trình thực nghiệm với lưu lượng khí bảo vệ từ 16 đến 20 lít/phút thì kiểm tra ngoại dạng bằng mắt thường không thấy hiện tượng rỗ khí. Khi mài bóng với giấy nháp #1500 để kiểm tra macro thì thấy lưu lượng khí  $\leq 16 \text{ lít/phút}$  và  $\geq 19 \text{ lít/phút}$  có hiện tượng rỗ khí nhỏ phần trên mặt mối hàn. Trường hợp không xông khí bảo vệ vào mặt sau thì sau khi mài bóng với giấy nháp #1500 cũng thấy xuất hiện rỗ khí nhỏ ở phần dưới mặt lồi của mối hàn. Với lưu lượng khí từ 17 đến 18 lít/phút, có xông khí bảo vệ mặt sau thì không thấy hiện tượng rỗ khí xảy ra.

### 3.7.2. Kiểm tra cơ tính

\**Chuẩn bị mẫu thử:* Từ kết quả phân tích ở trên ta lấy các mẫu là: 1,2,3,4,5,6,7,8,9 tiến hành thử cơ tính.

Kích thước mẫu thử theo AWS D1.6



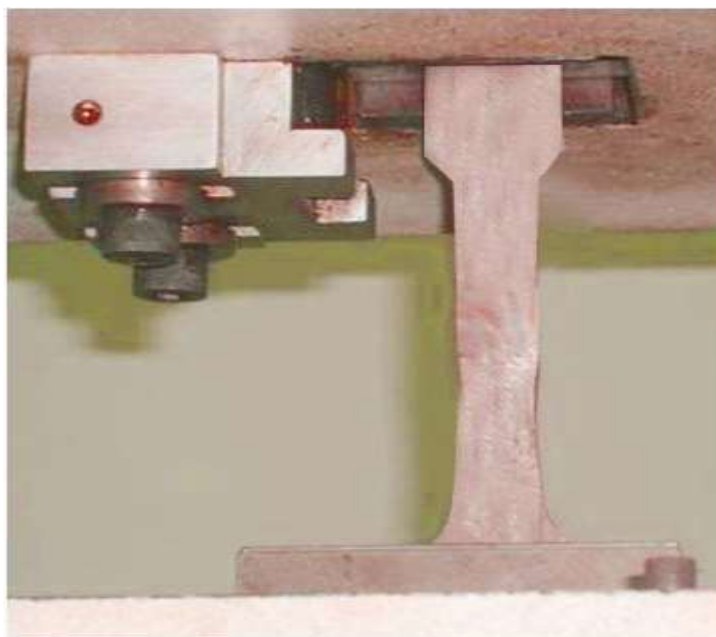
Hình 3.17. Mẫu thử kéo theo AWS D1.6[17].

\* *Chuẩn bị máy thử kéo*



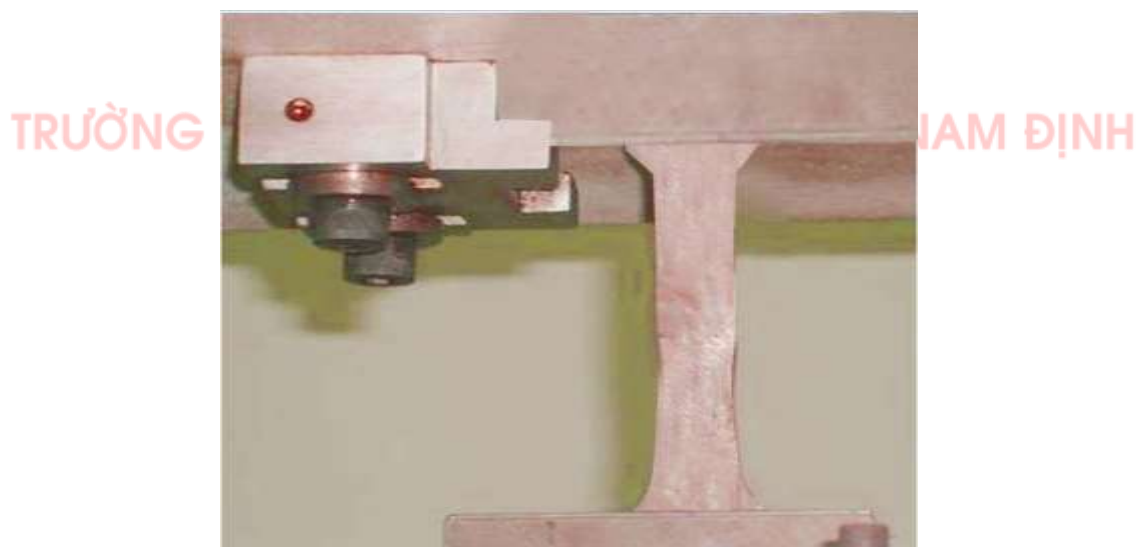
Hình 3.18. Máy thử kéo nén vạn năng





Hình 3.19. Kẹp mẫu

\*Quá trình thử kéo



Hình 3.20. Tiến hành kiểm tra kéo

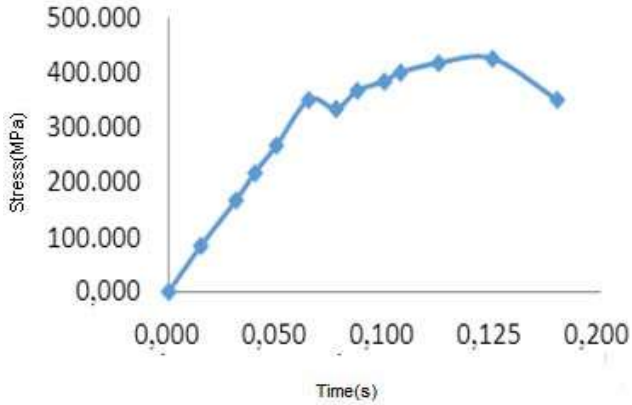
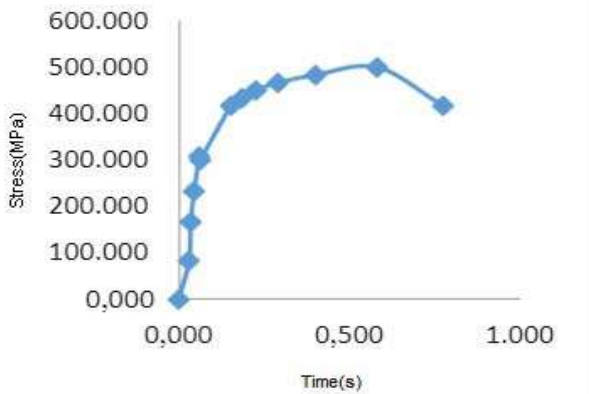
Bảng 3.15. Cơ tính hợp kim thép không gỉ Sus 316

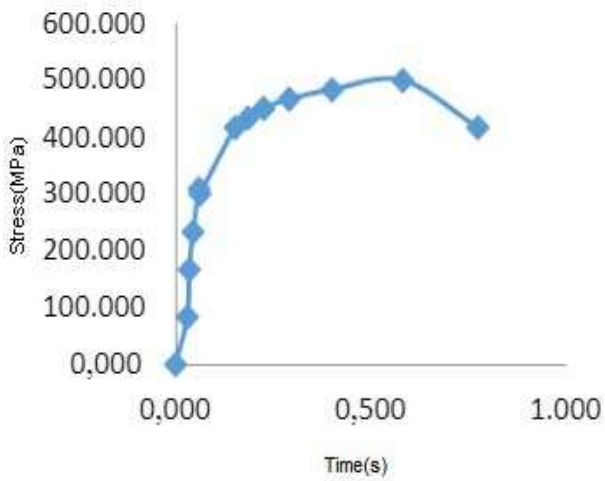
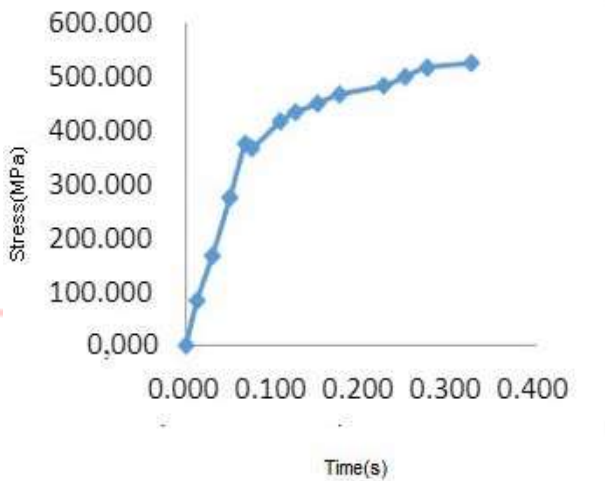
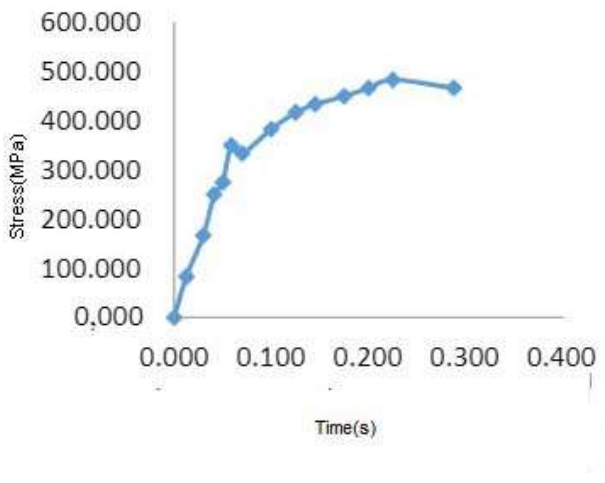
| Vật liệu | Cơ tính (MPa)                      |                                       |
|----------|------------------------------------|---------------------------------------|
|          | Giới hạn chảy (N/mm <sup>2</sup> ) | Giới hạn bền kéo (N/mm <sup>2</sup> ) |
| SUS 316  | $\geq 205$                         | $\geq 515$                            |

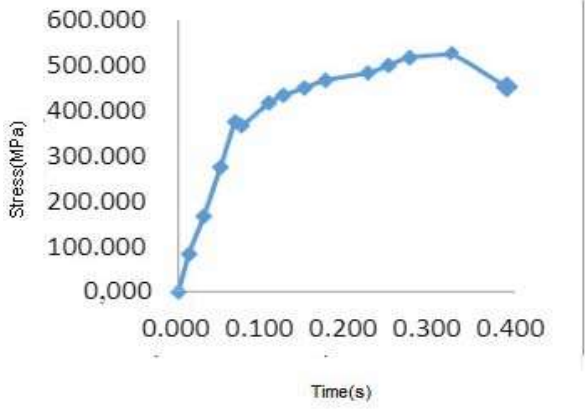
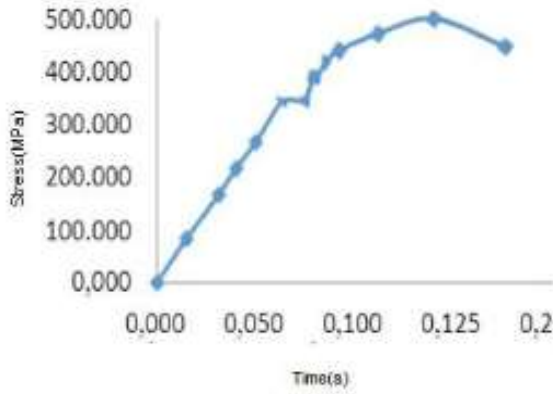
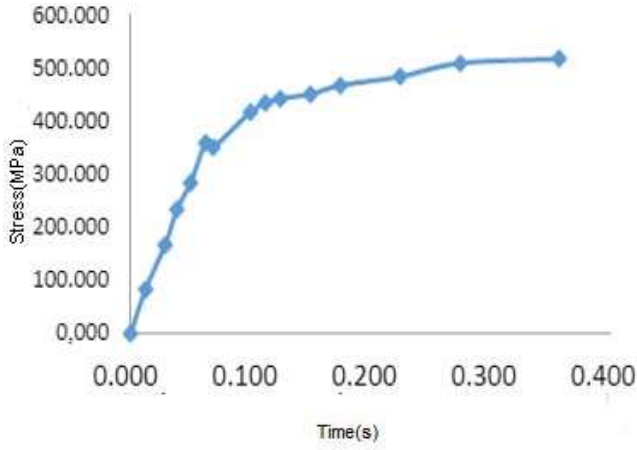
Ghi chú: Kết quả trên là lấy giá trị trung bình của 3 lần thử kéo

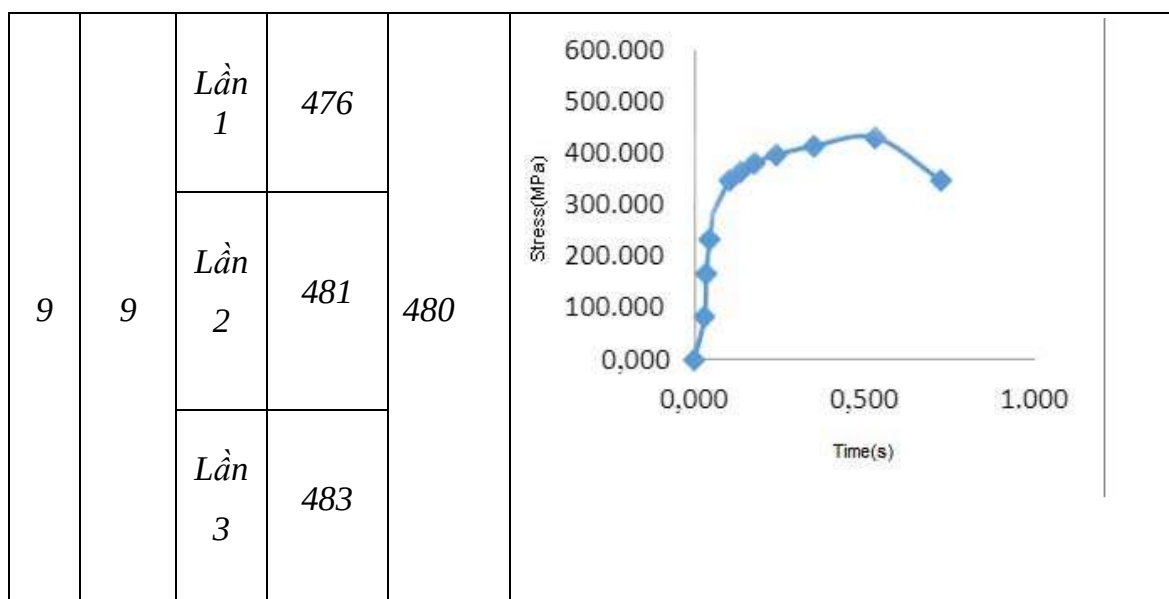


Bảng 3.16. Kết quả thử kéo các mẫu hàn

| TT | Mẫu hàn số | Thử kéo | Giới hạn bền kéo [MPa] | Giới hạn bền kéo trung bình [MPa] | Biểu đồ thử kéo                                                                      |
|----|------------|---------|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 1          | Lần 1   | 465                    | 470                               |   |
|    |            | Lần 2   | 471                    |                                   |                                                                                      |
|    |            | Lần 3   | 474                    |                                   |                                                                                      |
| 2  | 2          | Lần 1   | 505                    | 506                               |  |
|    |            | Lần 2   | 506                    |                                   |                                                                                      |
|    |            | Lần 3   | 507                    |                                   |                                                                                      |

|   |   |       |     |     |                                                                                      |
|---|---|-------|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | 3 | Lần 1 | 502 | 505 |    |
|   |   | Lần 2 | 508 |     |                                                                                      |
|   |   | Lần 3 | 505 |     |                                                                                      |
| 4 | 4 | Lần 1 | 505 | 506 |   |
|   |   | Lần 2 | 507 |     |                                                                                      |
|   |   | Lần 3 | 506 |     |                                                                                      |
| 5 | 5 | Lần 1 | 502 | 505 |  |
|   |   | Lần 2 | 505 |     |                                                                                      |
|   |   | Lần 3 | 508 |     |                                                                                      |

|   |   |       |     |     |                                                                                      |
|---|---|-------|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | 6 | Lần 1 | 506 | 507 |    |
|   |   | Lần 2 | 510 |     |                                                                                      |
|   |   | Lần 3 | 505 |     |                                                                                      |
| 7 | 7 | Lần 1 | 500 | 503 |   |
|   |   | Lần 2 | 505 |     |                                                                                      |
|   |   | Lần 3 | 504 |     |                                                                                      |
| 8 | 8 | Lần 1 | 503 | 504 |  |
|   |   | Lần 2 | 509 |     |                                                                                      |
|   |   | Lần 3 | 500 |     |                                                                                      |



\*Phân tích dữ liệu xác định bộ thông số hàn hợp lý

Bảng 3.17. Bảng kết quả tính toán dữ liệu

| TT                 | I<br>(A) | U<br>(V) | Cơ tính mỗi<br>hàn (MPa) | Bình phương<br>TB<br>(MSD) | $\eta$          |
|--------------------|----------|----------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1                  | 1        | 1        | 470                      | 2.2E+05                    | -53.4420        |
| 2                  | 1        | 2        | 506                      | 2.6E+05                    | -54.0830        |
| 3                  | 1        | 3        | 505                      | 2.6E+05                    | -54.0658        |
| 4                  | 2        | 2        | 506                      | 2.6E+05                    | -54.0830        |
| 5                  | 2        | 3        | 505                      | 2.6E+05                    | -54.0658        |
| 6                  | 2        | 1        | 507                      | 2.6E+05                    | -54.1002        |
| 7                  | 3        | 3        | 500                      | 2.5E+05                    | -53.9794        |
| 8                  | 3        | 1        | 504                      | 2.5E+05                    | -54.0486        |
| 9                  | 3        | 2        | 480                      | 2.3E+05                    | -53.6248        |
| Trung<br>bình cộng |          |          |                          | <b>2.5E+05</b>             | <b>-53.9436</b> |

Từ bảng 3.17 đã được thiết lập ở trên ta xác định được các kết quả cơ tính của sản phẩm.

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

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

Do kết quả đầu ra càng lớn càng tốt nên công thức tính MSD được áp dụng:

$$MSD = \frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \dots + \frac{1}{y_n^2}$$

Phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để miêu tả quan hệ giữa các thông số chế độ hàn và độ sâu ngấu của sản phẩm. Bảng 3.17 tổng hợp các kết quả tính toán với công thức tính tổng bình phương như sau:

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

Trong đó:  $m = (1/9) \sum_{i=1}^9 \eta_i = 43,99$  và  $m_{ji} = (1/3) \sum_{i=1}^3 (\eta_j)_i$

Bảng 3.18. Ảnh hưởng của các thông số đến cơ tính của sản phẩm theo ANOVA

| Thông số  | Giá trị trung bình $\eta$ của từng cấp độ |          |          | Tổng bình phương | Phân bố |
|-----------|-------------------------------------------|----------|----------|------------------|---------|
|           | 1                                         | 2        | 3        |                  |         |
| Ih(A)     | -54.0830                                  | -53.864  | -53.8843 | 0,0881           | 40,99%  |
| U(V)      | -53.9303                                  | -54.0658 | -53.8348 | 0.0809           | 37,64%  |
| Vh(cm/ph) | -53.8636                                  | -53.9303 | -54.0370 | 0.0459           | 21,38%  |
| Tất cả    |                                           |          |          | 0.2148           | 100,00% |

Kết quả của các phân tích (ANOVA) cho các giá trị thông số trong bảng 3.18 chứng tỏ dòng điện hàn ảnh hưởng lớn nhất là 40,99% và điện áp hàn là 37,64%. Do vậy dòng điện hàn là thông số ảnh hưởng lớn nhất đến cơ tính của sản phẩm trong quá trình hàn.

Giá trị  $\eta$  của các cấp độ cho từng thông số được chỉ rõ trong bảng 3.18. Theo như Taguchi giá trị lớn nhất của  $\eta$  sẽ cho cơ tính tốt nhất, do đó các hệ số nên được lựa chọn với cấp độ lớn nhất của  $\eta$ .

Vậy để cơ tính tốt nhất thì ta chọn dòng điện hàn ở cấp độ trung bình, vận tốc hàn ở cấp độ thấp và điện áp hàn ở cấp độ cao. Hay thông số chế độ hàn hợp lý là:

$I_h = 135A$ ;  $V_h = 26cm/ph$ ;  $U_h = 26V$

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH

### Kết luận chương 3

Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm đã xây dựng được mô hình thực nghiệm và mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn ảnh hưởng chính đến chất lượng của mối hàn;

Đã áp dụng phương pháp mô phỏng số để mô phỏng quá trình hàn MIG thép không gỉ sus 316 nhằm xác định trước sự phân bố trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của liên kết hàn;

Cường độ dòng điện hàn ( $I_h$ ), vận tốc hàn ( $V_h$ ) có ảnh hưởng lớn đến hệ số ngấu của mối hàn ( $\psi$ ) theo mối quan hệ toán học phương pháp Taguchi trong khoảng biến thiên của dòng điện hàn từ  $130 \div 140$  (A), điện áp hàn từ  $24 \div 26$  (V), vận tốc hàn  $26 \div 30$  (cm/phút); trong đó  $V_h$  có ảnh hưởng theo chiều làm giảm hệ số ngấu của mối hàn nhưng  $I_h$ ,  $U_h$  có ảnh hưởng theo chiều tăng hệ số ngấu của mối hàn; sự ảnh hưởng này cũng phản ánh đúng với cơ sở lý thuyết về công nghệ hàn MIG.

Khi chế độ hàn lớn (năng lượng đường lớn) cho mối hàn ngấu sâu, bề mặt mối hàn có những chỗ bị lõm hơn so với bề mặt KLCB. Từ kết quả thử kéo (xem bảng 3.15 và bảng 3.16) cho thấy vùng bị phá hủy ở ngay chân mối hàn là vùng HAZ. Giới hạn bền của liên kết hàn (vùng HAZ) chỉ đạt ngay trên giới hạn chảy của KLCB.

Khi chế độ hàn nhỏ (năng lượng đường thấp) cho bề mặt gồ cao, bề rộng nhỏ và không ngấu hết chiều dày KLCB. Từ kết quả thử kéo (bảng 3.15 và bảng 3.16) cho thấy vị trí phá hủy từ phần chưa ngấu hết đến phần chân của bề mặt mối hàn. Vị trí bị phá hủy do thiết diện làm việc nhỏ và vùng HAZ có cơ tính thấp. Giới hạn bền của liên kết hàn chỉ đạt ngay trên giới hạn chảy của KLCB.

Khi chế độ hàn phù hợp với  $I_h = 135$  A;  $U_h = 26$  V;  $V_h = 26$  cm/phút (năng lượng đường vừa đủ) cho mối hàn đủ ngấu, bề mặt mối hàn đẹp, sáng, vảy hàn xếp đều. Từ kết quả thử kéo (bảng 3.15 và bảng 3.16) cho thấy vùng bị phá hủy ở ngay chân mối hàn là vùng HAZ. Giới hạn bền của liên kết hàn (vùng HAZ) xấp xỉ bằng 98,4 % giới hạn bền của KLCB.

Kết quả thực nghiệm và kết quả mô phỏng trên phần mềm Sysweld có kết quả gần tương đồng với nhau.

## **ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN**

### **1. Các kết quả thu được**

Đề tài: “*Nghiên cứu công nghệ hàn giáp mối một phía thép không gỉ sus 316 ứng dụng trong chế tạo thùng chứa hóa chất*” tác giả đã:

- Xây dựng quy trình hàn MIG từ thép không gỉ sus 316;
- Xây dựng được mô hình thực nghiệm theo phương pháp Taguchi nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn ( $I_h$ ), điện áp hàn ( $U_h$ ); vận tốc hàn ( $V_h$ ) đến hệ số ngẫu của mối hàn giáp mối một phía thép không gỉ sus 316;
- Mô phỏng hình dạng hệ số ngẫu mối hàn và so sánh với kết quả thực nghiệm;
- Lựa chọn bộ thông số chế độ hàn MIG phù hợp khi hàn vật liệu hợp kim thép không gỉ có chiều dày 6 mm. Khi chế độ hàn phù hợp với  $I_h = 135 \text{ A}$ ;  $U_h = 26 \text{ V}$ ;  $V_h = 26 \text{ cm/phút}$  (năng lượng đường vừa đủ) cho mối hàn đủ ngẫu, bề mặt mối hàn đẹp, sáng, vảy hàn xếp đều.
- Thử kéo cơ tính liên kết hàn thép không gỉ đạt kết quả khả quan ( $\approx 98,4\%$  giới hạn bền kéo của KLCB).

### **2. Kết luận và kiến nghị**

#### **\* Kết luận**

- Đã nghiên cứu, phân tích và hệ thống hóa được đầy đủ cơ sở lý luận của đề tài về công nghệ, thiết bị, vật liệu và các thông số công nghệ hàn MIG thép không gỉ;
- Đã phân tích được sự ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến chất lượng của mối hàn MIG thép không gỉ và đã rút ra được các thông số công nghệ có ảnh hưởng chính đến chất lượng của mối hàn;
- Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm đã xây dựng được mô hình thực nghiệm và mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn ảnh hưởng chính đến chất lượng của mối hàn;
- Đã áp dụng phương pháp mô phỏng số để mô phỏng quá trình hàn MIG thép không gỉ sus 316 để xác định trước sự phân bố trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của liên kết hàn;



- Đã áp dụng phương pháp quy hoạch Taguchi để phân tích và đánh giá kết quả ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn MIG đến chất lượng của mối hàn.

***\*Kiến nghị***

Trên đây là nghiên cứu của tác giả về hàn thép không gỉ sus 316 có chiều dày 6 mm bằng phương pháp hàn MIG. Để ứng dụng rộng rãi công nghệ hàn MIG thép không gỉ trong chế tạo thùng chứa hóa chất ở Việt Nam tác giả đề nghị các cơ quan, tổ chức cần nghiên cứu, phát triển đối với thép không gỉ sus 316 có chiều dày lớn hơn và các mác thép khác đang có trên thị trường.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

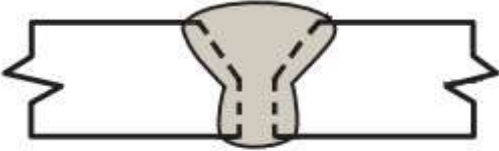
- [1].Th.s Vũ Văn Ba, PGS.TS Nguyễn Thúc Hà, PGS.TS Bùi Văn Hạnh (2013), “*Ảnh hưởng của vị trí hàn đến hình dạng và kích thước của mối hàn tổng đoạn trong chế tạo vỏ tàu*”, Tạp chí cơ khí Việt Nam, (7).
- [2]. Ngô Lê Thông (2009), *Công nghệ hàn điện nóng chảy, tập 1: Cơ sở lý thuyết*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Ngô Lê Thông (2009), *Công nghệ hàn điện nóng chảy, tập 2: Ứng dụng*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [4].Nguyễn Văn Thông(1998), *Vật liệu và Công nghệ hàn*; Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Minh Tuyển (2005), *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [6]. Vũ Huy Lâm, Bùi Văn Hạnh (2010), *Giáo trình Vật liệu hàn*. NXB Bách Khoa - Hà Nội.
- [7]. Vũ Huy Lâm (2008), *Bài giảng vật liệu hàn tiên tiến*, Hà Nội.
- [8]. AWS D1.1/D1.1M (2006), *Structural Welding Code – Steel*.
- [9]. AWS D1.6/D1.6M (2017), *Structural Welding Code – Stainless steel*.
- [10]. AWS *Welding Handbook*, 9th Edition, 2001.
- [11]. Naidu D.S, Moore K.L., Yender R., Tyler J., 1997. *Gas metal arc welding control: Part 1- modeling and analysis*. Nonlinear Analysis, Methods and Applications.
- [12]. Lincoln Electric. 1994. *The Procedure Handbook of Arc Welding*. Cleveland: Lincoln Electric.
- [13].M.St. Weglowski, Y. Huang, Y.M. Zhang, *Effect of welding current on metal transfer in GMAW*, Archives of Materials Science and Engineering, 2008,
- [14]. Klas Weman, *Welding Processes handbook*, Woodhead Publishing limited, 2003.
- [15].*Kobelco Welding Handbook* – Kobe Steel LTD., Japan 2009.
- [16].R.L.O’Brien, *Welding Handbook, Volume 2 welding Processes*, American Welding Society, 1998.

- [17]. *Lincoln Welding Handbook*, Lincoln Welding Co., LTD., USA 2005.
- [18]. Ed, C.. (1991). “*Gas Metal Arc & Flux Cored Welding Parameters*”. [M], Chicago: Weldtrain.
- [19] Prakash Mohan, Master of Technology, *Study the effects of welding parameter on TIG welding of Aluminum plate*.
- [20]. J. Goldak, M. Bibby, J. Moore and B. Patel, (1996) *Computer Modling of Heat Flow in Welds*.
- [21]. Zienkiewicz, O. C (1977), *The Finite Element Method*, McGraw-Hill Company, London.
- [22]. ESI Group, 99 Rue Des, *Solets Silic 112 94513 Rungis Cedex France*.

## PHỤ LỤC

## Bảng quy trình hàn– Welding Procedure Specification (WPS)

|                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                    | LUANVAN2020                                                                                                                                                                                                                                                         | Quy trình hàn số: 01                                                                                                            |
|                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                     | LOẠI:     Bán tự động <input type="checkbox"/><br>Bằng tay <input type="checkbox"/> Tự động <input checked="" type="checkbox"/> |
| Kiểu liên kết hàn: Giáp mối<br>Đệm phía sau: Có<br>Khe hở lắp ghép: ≤ 5,0 mm<br>Góc vát: 25° (+5°; - 5°)<br>Bán kính (U-J): N/A<br>Khoét đáy: không | <b>PHƯƠNG PHÁP HÀN</b><br><br>TIG <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/><br>MIG <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                  | <b>VỊ TRÍ HÀN</b><br><br>Vị trí hàn: 1G                                                                                         |
| <b>VẬT LIỆU CƠ BẢN</b><br>Vật liệu theo tiêu chuẩn: JIS<br>Loại: 316<br>Chiều dày: 6 mm                                                             | <b>ĐẶC TÍNH DÒNG ĐIỆN:</b><br>Dòng điện: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/><br>Xung      Có <input type="checkbox"/> Không <input checked="" type="checkbox"/>                                                                    |                                                                                                                                 |
| <b>KIM LOẠI BỔ SUNG</b><br>Tiêu chuẩn: AWS A5.9<br>Ký hiệu: ER-316<br>Đường kính: Ø 1.0 mm                                                          | <b>THAO TÁC KỸ THUẬT</b><br>Góc độ mở hàn: α = 80° β = 90°<br>Kiểu dao động đầu hàn:<br>Răng cưa <input type="checkbox"/> Bán nguyệt <input checked="" type="checkbox"/> Đi thẳng <input type="checkbox"/>                                                          |                                                                                                                                 |
| <b>KHÍ BẢO VỆ</b><br>Tiêu chuẩn:<br>Ký hiệu: Ar (99,98%)<br>Lưu lượng: 15 ÷ 20 lít/phút                                                             | Hàn: 1 lượt <input checked="" type="checkbox"/> nhiều lượt <input type="checkbox"/><br>1 phía <input checked="" type="checkbox"/> 2 phía <input type="checkbox"/><br>Tầm với điện cực:<br>Làm sạch đường hàn: Bàn chải inox<br>Trang thiết bị khác: Máy mài cầm tay |                                                                                                                                 |
| <b>NUNG NÓNG SƠ BỘ</b><br>Nhiệt độ nung nóng, m/min: N/A<br>Nhiệt độ giữa các đường hàn min/max:                                                    | <b>NHIỆT LUYỆN SAU HÀN</b><br>Nhiệt độ: N/A<br>Thời gian: N/A                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |

|                                                                                           |                     |                  |                    |                                                                                                        |                 |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| N/A                                                                                       |                     |                  |                    |                                                                                                        |                 |                         |
| KIỂM TRA SAU HÀN:<br>Kiểm tra không phá hủy: bằng mắt thường<br>Kiểm tra phá hủy: thử kéo |                     |                  |                    | VẼ PHÁC LIÊN KẾT<br> |                 |                         |
| Đườn<br>g hàn                                                                             | Quá<br>trình<br>hàn | Kim loại bổ sung |                    | Chế độ hàn                                                                                             |                 |                         |
|                                                                                           |                     | Kí hiệu          | Đường<br>kính (mm) | Loại dòng<br>điện                                                                                      | Dòng<br>hàn (A) | Tốc độ hàn<br>(cm/phút) |
| 1                                                                                         | MIG                 | ER-316           | Ø 1,0              | DC                                                                                                     | 130÷140         | 26 ÷ 30                 |

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT NAM ĐỊNH