

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO**

**MÔ PHÒNG BIẾN DẠNG SẢN PHẨM DẠNG HỘP
TRONG QUÁ TRÌNH HÀN HỒ QUANG BÁN TỰ
ĐỘNG**

**GVHD: ThS. LÊ BÁ TÂN
SVTH: NGUYỄN THÀNH NHÂN
VĂN NGUYỄN THỊNH PHÁT
MSSV: 13143483 - 13143490**



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 02 - 2017

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1. Tổng quan về lĩnh vực nghiên cứu, các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước:

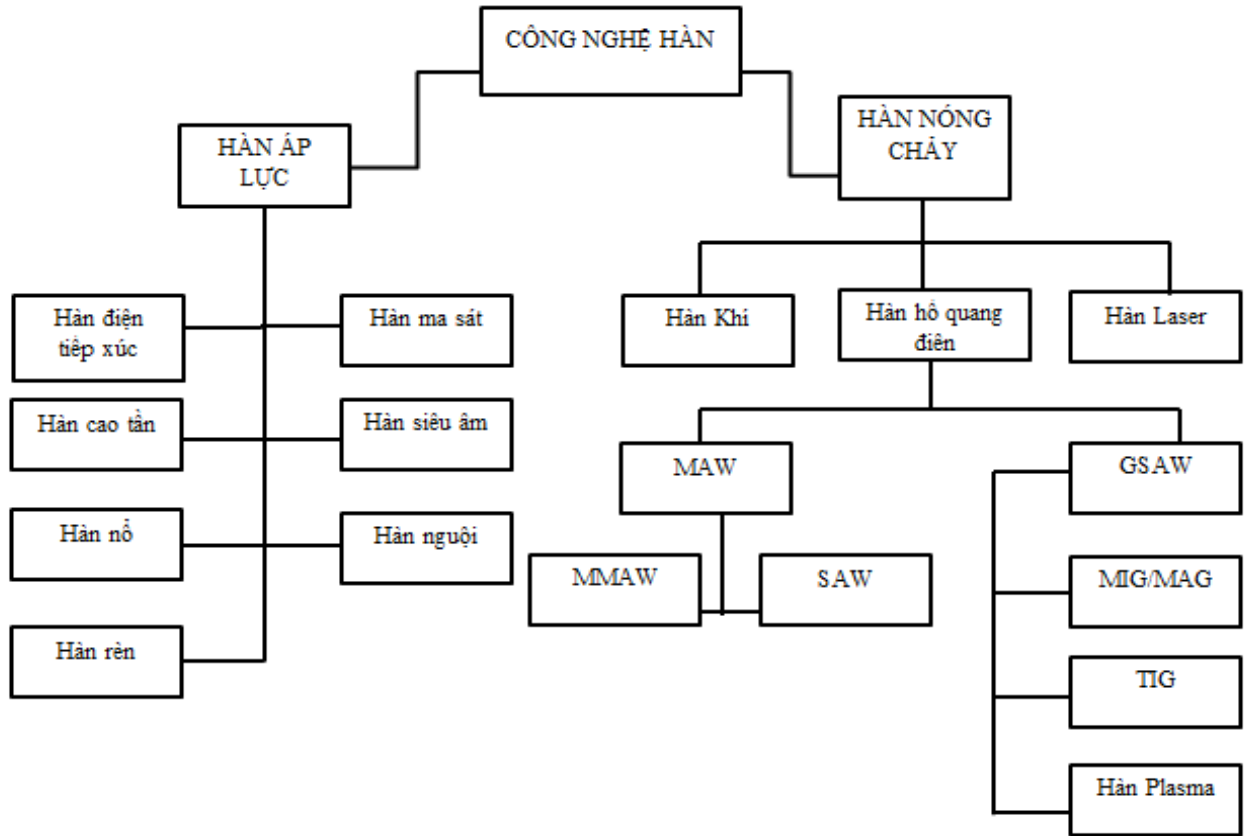
1.1. Tổng quan về lĩnh vực hàn hồ quang điện:

Hàn hồ quang là phương pháp hàn nóng chảy dùng nhiệt của ngọn lửa hồ quang sinh ra giữa các điện cực hàn. Hồ quang hàn là dòng chuyển động của các điện tử và ion về hai điện cực, kèm theo sự phát nhiệt lớn và phát sáng mạnh. Trong các điều kiện bình thường, không khí không dẫn điện, giữa 2 điện cực của các loại máy hàn hồ quang có điện áp không tải nhỏ thua 80 vôn, vì vậy không có sự phóng điện giữa chúng. Để gây hồ quang, người ta gây ra hiện tượng đoản mạch lúc đó mật độ dòng điện tại chỗ tiếp xúc của 2 điện cực rất lớn, theo định luật Jun-lenc thì $Q = 0,24 RI^2t$, nhiệt lượng này được các điện tử tự do ở mặt đầu catốt hấp thụ. Sau khi nhận được năng lượng dưới dạng nhiệt các điện tử này có thể năng lớn và bứt ra khỏi quỹ đạo của mình và phóng về anốt, trên đường đi chúng sẽ bắn phá lên các nguyên và phân tử chất khí bảo vệ để cho hoặc lấy đi của chúng một vài điện tử (tùy theo hoá trị của chúng) và biến chúng thành những ion. Môi trường ion là môi trường dẫn điện rất tốt cho nên quá trình gây hồ quang chỉ xảy ra ở giai đoạn ban đầu.

Hàn hồ quang điện trong môi trường có khí bảo vệ (GSAW: Gas Shielded Arc Welding) là công nghệ hàn được sử dụng rất rộng rãi hiện nay. Trong nền công nghiệp hiện đại hàn hồ quang bằng điện trong môi trường có khí bảo vệ chiếm một vị trí rất quan trọng. Nó không những có thể hàn các loại thép kết cấu thông thường mà còn có thể hàn các loại thép hợp kim cao, kim loại màu và hợp kim của chúng.

Ngoài ra phương pháp hàn này không những có thể thao tác bằng tay mà còn có thể tự động hóa, tạo mối hàn có chất lượng cao đối với hầu hết các kim loại và hợp kim.

Trong những năm gần đây kỹ thuật Hàn đã có những bước phát triển mạnh mẽ, đáp ứng được các yêu cầu ngày cao về công nghệ và vật liệu. Nhiều phương pháp Hàn mới đã xuất hiện, các công nghệ mới đã được áp dụng rộng rãi trong kỹ thuật Hàn, từ chỗ chủ yếu sử dụng công nghệ hàn hồ quang tay, đến nay có khoảng 130 phương pháp hàn khác nhau được sử dụng rộng rãi. Có thể chia công nghệ hàn thành 2 nhóm như sau:



Hình 1.1 Sơ đồ về công nghệ hàn

1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước:

1.2.1 Đề tài “ Nghiên cứu một số thông số cơ bản ảnh hưởng tới quá trình hình thành mối hàn và quá trình luyện kim trong hàn MIG, MAG ” - Trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP HCM. Đề tài được nghiên cứu vào năm 2004 do Th.s Phạm Văn Điều thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Hoàng Văn Châu.

- Nội dung của đề tài là xem xét ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến việc tạo dáng mối hàn và ảnh hưởng tới quá trình hàn. Dựa trên các cơ sở lý thuyết và các kết quả thí nghiệm để đánh giá khi các thông số hàn thay đổi thì thành phần phần trăm các nguyên tố tổ chức kim loại mối hàn thay đổi thế nào, dẫn đến cơ tính của chúng bị tác động ra sao. Từ đó tác giả đưa ra kết luận về việc lựa chọn các thông số cơ

bản của công nghệ hàn MIG, MAG một cách tối ưu, để đảm bảo chất lượng mối hàn tốt nhất áp dụng trong sản xuất.

1.2.2 Đề tài “ Nghiên cứu xác định ứng suất dư cho mối hàn ống chịu áp lực bằng nhiễu xạ X- Quang” - Trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật. Đề tài được nghiên cứu vào năm 2011 do Th.s Nguyễn Văn Tường thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Lê Chí Cương.

- Nội dung nghiên cứu đề tài là nghiên cứu lý thuyết không phá hủy (X – quang), áp dụng vào việc xác định các ứng suất dư các mối hàn ống giáp mối hàn theo phương pháp lót TIG phủ điện và tiến hành đo đạc thực nghiệm để xác định ứng suất dư trên mẫu hàn ống, khảo sát so sánh hàm hấp thụ của mặt mối hàn ống so với mặt phẳng mà thiết bị hiện đang áp dụng. Tiến hành thực nghiệm dưới dạng chọn mẫu và đo nhiễu xạ, xử lý kết quả đạt được và tiến hành tính toán ứng suất dư.
- Kết quả mà luận văn đã đạt được là trình bày 1 cách đầy đủ và cô đọng lý thuyết tương đối mới về xác định ứng suất dư cho vật liệu hàn, kết cấu hàn. Quá trình thực nghiệm đã xác định được ứng suất dư của mối hàn ống chịu áp lực vật liệu A106 – GrB (theo ASTM) kích thước mẫu O.D = 114mm và dày t = 8.56 mm tiến hành hàn theo qui trình LiLAMA 2 – 08, áp dụng tiêu chuẩn ASME – IX. Từ đó chứng minh được phương pháp có thể áp dụng để kiểm tra cho các kết cấu hàn đang được sử dụng tại các nhà máy nhiệt điện phục vụ cho công tác sửa chữa bảo dưỡng hệ thống đường ống chịu áp có chứa mối hàn là nơi có thể bị hư hỏng do ứng suất dư tồn tại.

1.2.3 Đề tài “ Khảo sát tình trạng phân bố ứng suất dư trong mối hàn ma sát hợp kim nhôm 1060 dùng nhiễu xạ X – quang” – Trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật. Đề tài được nghiên cứu vào năm 2011 do Th.s Nguyễn Thị Kim Uyên thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Lê Chí Cương.

- Nội dung đề tài là dùng phương pháp hàn ma sát và nhiễu xạ tia X để khảo sát phân bố ứng suất dư trên hợp kim nhôm. Từ đó cho thấy các ưu điểm vượt trội của phương pháp này, làm cơ sở để nghiên cứu và ứng dụng tại Việt Nam. Máy đo nhiễu xạ là loại máy cố định đặt tại Trung Tâm Hạt Nhân Tp. Hồ Chí Minh, sử dụng phương pháp đo Omega và tính toán ứng suất được dựa trên phương pháp.

- Kết quả thực nghiệm cho thấy trên mối hàn ma sát hợp kim nhôm 1060 ứng suất thay đổi trong khoảng từ $-31 \div 0.99$ MPa và trong giới hạn bền của vật liệu. Sự thay đổi ứng suất trước và sau khi hàn là khoảng 31% và phân bố trong vùng ảnh hưởng nhiệt. Từ đó rút ra được những ưu điểm mà hàn ma sát vượt trội hơn so với các phương pháp hàn khác.

1.3. Tình hình nghiên cứu ngoài nước:

1.3.1 Simulation and experimental study on distortion of butt and T-joints using WELD PLANNER Mohd Shahar Sulaiman, Yupiter HP Manurung, Esa Haruman, Mohammad Ridzwan Abdul Rahim, Mohd Ridhwan Redza, Robert Ngendang Ak. Lidam, Sunhaji Kiyai Abas, Ghalib Tham1 and Chan Yin Chau (June 23, 2011)

- Đề tài này sử dụng phần mềm weld planner để mô phỏng biến dạng của vật hàn và so sánh kết quả với thực nghiệm trong cả hai trường hợp mối hàn giáp mí có kích thước (150x50x4) mm, và mối hàn góc có kích thước (150x50x4)mm.

1.3.2 Multipurpose ANSYS FE procedure for welding processes simulation Andrea Capriccioli, Paolo Frosi (2009)

- Đề tài này sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn đa chức năng của phần mềm ANSYS để mô phỏng nhiệt độ và biến dạng cơ trong hàn TIG và hàn laser.

1.3.3 Modeling, Simulation and Experimental Studies of Distortions, Residual Stresses and Hydrogen Diffusion During Laser Welding of As-Rolled Steels T. Böhme, C. Dornscheidt, T. Pretorius, J. Scharlack and F. Spelleken (2012)

- Bài báo này chủ yếu xây dựng mô hình toán và phương pháp số để giải bài toán nhiệt và mô phỏng quá trình hàn ghép mí trên tấm mỏng có kích thước (75 X 50 X 1.8) mm đồng thời phân tích sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến ứng suất không đi sâu vào độ biến dạng .

Kết Luận: Chưa có đề án nào tập trung mô phỏng về biến dạng của sản phẩm dạng hộp trong quá trình hàn sử dụng phương pháp hàn hồ quang. Vì vậy trong công trình nghiên cứu này sẽ tiến hành mô phỏng sự biến dạng của sản phẩm hộp, ứng suất dư tập trung trên hộp do nhiệt của quá trình hàn hồ quang gây ra để từ đó có thể dự báo trước các biến dạng có hại trong quá trình hàn nhằm giảm thiểu chúng,

góp phần tiết kiệm được chi phí khi hàn. Ngoài ra tác giả sẽ thực hiện các thí nghiệm trên các trường hợp đường hàn khác nhau để so sánh với quá trình mô phỏng, sau đó rút ra kết luận chọn phương án tốt nhất.

2. Mục tiêu của đề án :

Trên cơ sở phân tích các kết quả của các đề tài nghiên cứu đã nêu ở trên thì có thể thấy được vấn đề mô phỏng biến dạng hàn đang được quan tâm và có tầm ảnh hưởng lớn. Vì vậy đề án : “ Mô phỏng biến dạng của hộp trong quá trình hàn hồ quang bán tự động ” được thực hiện với các mục đích sau:

- Hỗ trợ quá trình thiết kế quy trình hàn đạt được kết quả tốt hơn.
- Có thể dự báo trước được các biến dạng không có lợi, từ đó điều chỉnh lại quy trình hàn trong phần thiết kế để giảm thiểu các yếu tố gây hại, ảnh hưởng đến năng suất và giá trị kinh tế.
- Thông qua quá trình thực hiện đề tài, các bước mô phỏng và thí nghiệm sẽ được tiếp tục sử dụng cho các nghiên cứu chuyên sâu về công nghệ hàn.

3. Nhiệm vụ của đề án, phương pháp nghiên cứu và giới hạn của đề án:

3.1. Nhiệm vụ của đề án :

- Nghiên cứu về công nghệ hàn hồ quang điện trong môi trường có khí bảo vệ.
- Lập quy trình mô phỏng biến dạng của các liên kết hàn.
- Tiến hành mô phỏng quá trình hàn hộp của các mối hàn. Từ đó thu nhận kết quả mô phỏng và tiến hành phân tích.
- Tiến hành làm thí nghiệm với các mẫu hàn, so sánh biến dạng của các mẫu hàn với kết quả mô phỏng và rút ra kết luận.

3.2. Phương pháp nghiên cứu:

Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu:

- + Thu thập tài liệu liên quan tới kỹ thuật hàn , các tiêu chuẩn liên quan tới quá trình hàn, từ khâu chuẩn bị mối ghép , vật liệu liệu hàn, chế độ hàn.

Phương pháp phân tích, so sánh:

- + Dựa trên các kết quả của quá trình mô phỏng , kết quả của các thí nghiệm để so sánh, rút ra các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả.

- + So sánh sự tương thích giữa kết quả mô phỏng và thí nghiệm thực tế về sự biến dạng của vật hàn. Từ đó rút ra kết luận mang tính thuyết phục cao, có thể dự báo trước được những biến dạng có hại, ảnh hưởng đến năng suất hàn trong thực tế.

3.3. Giới hạn của đề án :

- Chỉ nghiên cứu trong lĩnh vực hàn hồ quang.
- Phần mềm sử dụng: sử dụng phần mềm ANSYS Workbench 16.0 để mô phỏng sự biến dạng của hộp trong quá trình hàn hồ quang.
- Liên kết hàn: Nghiên cứu liên kết hàn vuông góc.
- Kích thước của vật hàn: Hộp 300x170x100.
- Vật liệu của vật hàn: thép CT3.

4. Giá trị thực tiễn của đề án :

- Kết quả của đề tài có thể hỗ trợ quá trình thiết kế quy trình hàn hiệu quả hơn thông qua việc dự đoán trước biến dạng, ứng suất dư của kết cấu hàn, nhằm làm giảm các yếu tố gây hại trong quá trình hàn, và giảm chi phí kinh tế.
- Có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các sinh viên ngành cơ khí, đặc biệt trong chuyên ngành hàn... các học viên có thể làm tài liệu để làm tham khảo cho các đề tài liên quan.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường có khí bảo vệ

- **Khái niệm**

Hàn hồ quang trong môi trường có khí bảo vệ còn gọi là GSAW (Gas Shielded Arc Welding) xuất hiện do nhu cầu về hàn kim loại màu (nhôm, magiê và hợp kim của chúng) trong ngành chế tạo máy bay và ngành hóa chất từ thập kỷ 40. Công nghệ hàn này được chia ra làm hai loại chính gồm: hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy (GMAW: Gas Metal Arc Welding) và hàn hồ quang bằng điện cực không nóng chảy (GTAW: Gas Tungsten Arc Welding).

- **Đặc điểm chung của các loại hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ**

- + Mức độ tập trung cao của nguồn nhiệt hàn đảm bảo chiều rộng nhỏ của vùng ảnh hưởng nhiệt, và khả năng biến dạng thấp.
- + Năng suất hàn cao, hiệu quả bảo vệ kim loại nóng chảy cao (đặc biệt khi sử dụng khí trơ).
- + Không cần sử dụng thuốc hàn hoặc vỏ bọc như của que hàn.
- + Khả năng cơ giới hóa và tự động hóa cao.
- + Có thể đạt được mối hàn có cùng tính chất hóa lý, luyện kim như kim loại cơ bản.
- + Không cần phải làm sạch mối hàn sau khi hàn (không có kim loại bắn tóe, xỉ hàn).
- + Có thể hàn hầu hết kim loại thông dụng trong công nghiệp. Còn có thể dùng để hàn kim loại không đồng nhất, và hàn đắp.

2.2. Phân loại

2.2.1 Hàn hồ quang bằng điện cực nóng chảy trong môi trường có khí bảo vệ (GMAW: Gas Metal Arc Welding):

- **Các Nguyên lý vận hành:**

Phương pháp hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong khí bảo vệ là quá trình hàn có sự cấp dây tự động là điện cực nóng chảy với vận tốc không đổi ($V_e = \text{Const}$) vào bề hàn.

+ Theo phương pháp cơ khí hóa quá trình hàn gồm: Bán tự động; tự động và robot hàn.

+ Theo phương thức dòng khí bảo vệ gồm: MIG & MAG

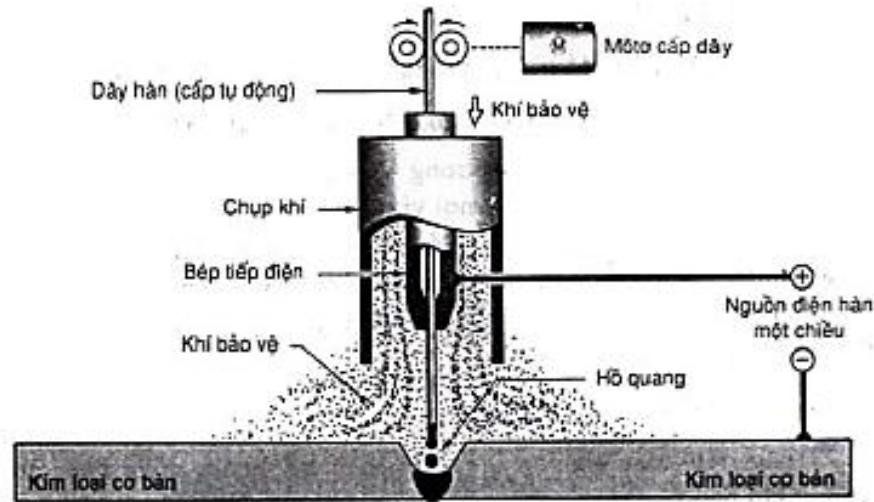
Quá trình liên kết mối hàn được bảo vệ bằng một dòng khí cấp ngoài. Sau khi người thợ vận hành đặt những thông số ban đầu, thiết bị sẽ tự động điều chỉnh tốc độ của hồ quang điện. Do đó, những điều khiển bằng tay của người thợ vận hành trong quá trình hàn bán tự động chỉ là tốc độ di chuyển, hướng di chuyển và vị trí của súng hàn. Trong điều kiện đã đặt đúng những tham số ban đầu, chiều dài của hồ quang và cường độ dòng điện (tốc độ cấp dây) sẽ được duy trì một cách tự động.

Súng hàn dẫn hướng cho điện cực nóng chảy, dẫn dòng điện và khí bảo vệ tới vật hàn, do đó cung cấp năng lượng để tạo nên và duy trì cho hồ quang cháy, và làm nóng chảy điện cực cũng như là đáp ứng sự bảo vệ cần thiết chống lại môi trường không khí xung quanh. Có hai cách kết hợp của bộ phận cấp dây và nguồn điện hàn được sử dụng để đạt được sự điều chỉnh chiều dài hồ quang. Thông thường nhất, sự điều chỉnh này bao gồm một nguồn điện có điện thế (điện áp) không đổi (có đặc điểm là cung cấp một đường đặc tính Volt – Ampe dốc) và bộ phận cấp điện cực sẽ được điều chỉnh theo điện áp hồ quang.

Với sự kết hợp điện áp không đổi tốc độ cấp dây không đổi, những thay đổi về vị trí súng hàn sẽ gây nên những thay đổi về cường độ dòng điện đáp ứng chính xác sự thay đổi về chiều dài thò ra của điện cực (phần điện cực dài ra khỏi miệng súng). Do đó, chiều dài của hồ quang được giữ không đổi. Thí dụ, khi phần điện cực thò ra tăng lên do mỏ hàn được nung lên sẽ làm giảm cường độ dòng điện ở nguồn điện hàn, bằng cách nhiệt lượng tỏa ra ở điện cực sẽ giảm và tốc độ nóng chảy giảm, chiều dài của hồ quang sẽ ngắn lại.

- **Đặc điểm**

Hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong môi trường 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 oxy và nitơ trong môi trường xung quanh bởi một loại khí hay hỗn hợp khí. Khí bảo vệ có thể là khí trơ (Ar; He hoặc hỗn hợp Ar+He) hoặc là các loại khí hoạt tính (CO_2 ; CO_2+O_2 ; $\text{CO}_2+\text{Ar}\dots$).



Hình 2.1 Sơ đồ hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường có khí bảo vệ

Hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ (Ar; He) gọi là phương pháp hàn MIG (Metal Inert Gas). Vì giá thành các loại khí trơ khá cao nên không được ứng dụng rộng rãi.

Hàn hồ quang điện cực nóng chảy trong môi trường khí hoạt tính (CO_2 ; $\text{CO}_2 + \text{O}_2 \dots$) còn gọi là phương pháp hàn MAG (Metal Active Gas). Phương pháp này sử dụng khí CO_2 là loại khí dễ kiếm và rẻ tiền nên được phát triển rộng rãi và có một số các ưu điểm như: năng suất hàn cao; có thể tiến hành ở mọi vị trí không gian khác nhau; chất lượng hàn cao; sản phẩm ít bị cong vênh do có tốc độ hàn cao; điều kiện lao động tốt hơn so với hàn hồ quang tay vì trong quá trình hàn không phát sinh khí độc...

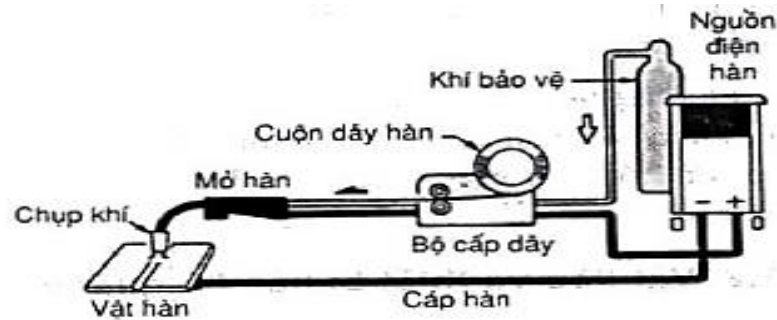
- **Vật liệu hàn:**

- + **Dây hàn:** Khi hàn trong môi trường khí bảo vệ, sự hợp kim hóa kim loại mối hàn cũng như các tính chất yêu cầu của mối hàn được thực hiện chủ yếu thông qua dây hàn. Do vậy những đặc tính của quá trình công nghệ hàn phụ thuộc rất nhiều vào tình trạng và chất lượng dây hàn. Khi hàn MAG, đường kính dây hàn từ 0,8 ÷ 2,4 mm.

- + **Khí bảo vệ:** Khí Ar tinh khiết (gần bằng 100%) thường dùng để hàn các vật liệu thép. Khí He tinh khiết (gần bằng 100%) thường được dùng để hàn các liên kết có kích thước lớn, các vật liệu có tính giãn nở cao như Al, Mg, Cu... Khí CO_2 dùng để hàn phải có độ sạch trên 99,5%, áp suất trong bình khoảng 50 ÷ 60 at.

- **Thiết bị hàn:**

Hệ thống thiết bị hàn hồ quang điện cực nóng chảy dùng cho hàn hồ quang nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ gồm: nguồn điện hàn, cơ cấu cấp dây hàn tự động, mỏ hàn hay súng hàn đi cùng các đường ống dẫn khí, dẫn dây hàn và cáp điện, chai chứa khí bảo vệ kèm theo bộ đồng hồ, lưu lượng kế và van khí. Nguồn điện hàn thông thường là nguồn một chiều DC. Nguồn điện xoay chiều AC không thích hợp do hồ quang bị tắt nửa chu kỳ và sự chỉnh lưu chu kỳ phân cực ngược làm cho hồ quang không ổn định.

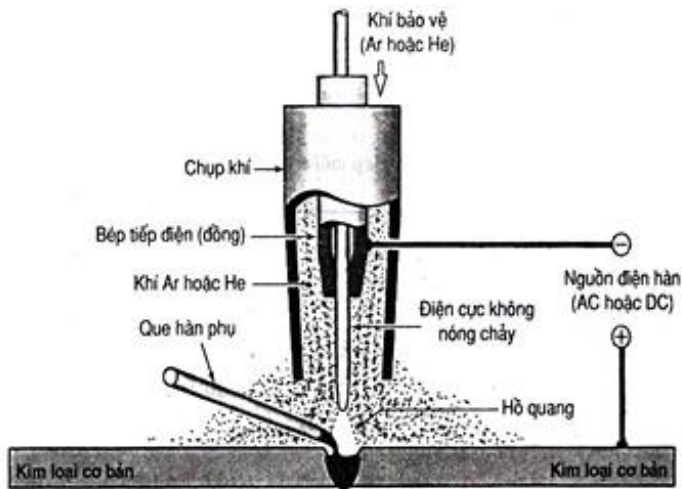


Hình 2.2 Sơ đồ thiết bị hàn hồ quang điện cực nóng chảy

2.2.2 Hàn hồ quang bằng điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ (GTAW: Gas Tungsten Arc Welding):

- **Đặc điểm:**

Hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ là quá trình hàn nóng chảy, trong đó nguồn nhiệt cung cấp bởi hồ quang được tạo thành giữa điện cực không nóng chảy và vũng hàn. Vùng hồ quang được bảo vệ bằng môi trường khí trơ (Ar; He hoặc hỗn hợp Ar+He) để ngăn cản những tác động có hại của oxy và nitơ trong không khí. Điện cực không nóng chảy thường dùng là Vonfram nên phương pháp này còn gọi là hàn TIG.



Hình 2.3 Sơ đồ nguyên lý hàn hồ quang điện cực không nóng chảy

Hồ quang trong hàn TIG có nhiệt độ rất cao có thể đạt tới hơn 6100 °C. Kim loại mối hàn có thể tạo thành chỉ từ kim loại cơ bản khi hàn những chi tiết mỏng với liên kết gấp mép, hoặc bổ sung từ que hàn phụ. Phương pháp này có một số ưu điểm như: tạo mối hàn có chất lượng cao đối với hầu hết kim loại và hợp kim; mối hàn không phải làm sạch sau khi hàn, hồ quang và vũng hàn có thể quan sát được trong khi hàn, không có kim loại bắn tóe...

- **Vật liệu hàn**

Vật liệu sử dụng trong phương pháp hàn TIG bao gồm: khí bảo vệ điện cực Wolfram và que hàn phụ

+ **Khí bảo vệ (Khí tro):** Ar là khí được điều chế từ khí quyển bằng phương pháp hóa lỏng không khí và tinh chế đến độ tinh khiết 99,99%. Khí này được cung cấp trong các bình dưới áp suất cao hoặc ở dạng lỏng với nhiệt độ dưới -184 °C trong các thùng chứa lớn. He có trọng lượng riêng bằng khoảng 1/10 so với Ar được lấy từ khí tự nhiên, thường được chứa trong các bình dưới áp suất cao.

Sau khi ra khỏi chụp khí ở mỏ hàn, Ar tạo thành lớp bảo vệ ở phía trên vùng hàn. Do nhẹ hơn, He có xu hướng dâng lên tạo thành cuộn xoáy xung quanh hồ quang. Để bảo vệ hiệu quả, lưu lượng He phải gấp 2 ÷ 3 lần so với Ar.

+ **Điện cực Wolfram:** Wolfram được dùng làm điện cực do có tính chịu nhiệt cao (nhiệt độ nóng chảy là 3410°C), phát xạ điện tử tương đối tốt, làm ion hóa hồ quang và duy trì tính ổn định hồ quang. Wolfram có

tính chống oxy hóa rất cao.

Tiêu chuẩn AWS	W (min) %	Th %	Zr %	Tổng tạp chất (max) %
EWP	99,5	-	-	0,
EWTh-1	98,5	0,8 ÷ 1,2	-	0,
EWTh-2	97,5	1,7 ÷ 2,2	-	0,
EWTh-3	98,95	0,35 ÷ 0,55	-	0,
EWZr	99,2	-	0,15 ÷ 0,40	0, 5

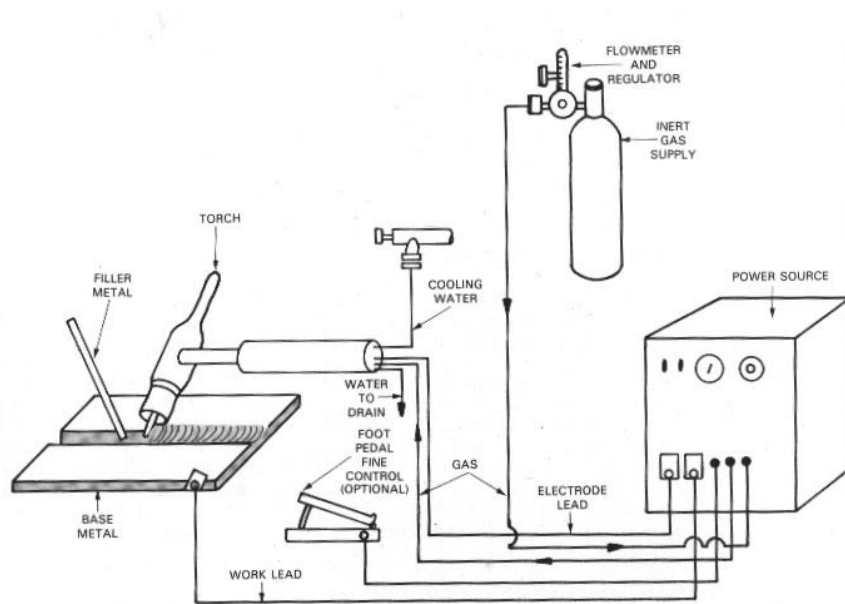
Bảng 2.1 Thành phần hóa học của một số loại điện cực Wolfram theo tiêu chuẩn AWS A5.12 - 80

Các điện cực Wolfram có thêm Thori (Th) có tính phát xạ điện tử, dẫn điện và chống nhiễm bẩn tốt, môi hồ quang tốt hơn và hồ quang ổn định hơn. Các điện cực Wolfram có thêm Zircon (Zr) có các tính chất trung gian giữa điện cực W và điện cực W-Th.

+ **Que hàn phụ:** có kích thước tiêu chuẩn theo ISO/R564 như sau: chiều dài từ 500 ÷ 1000 mm với đường kính 1,2; 1,6; 2; 2,4; 3,2 mm. Các loại que hàn phụ gồm có: đồng và hợp kim đồng, thép không gỉ Cr cao và Cr- Ni, nhôm vào hợp kim nhôm, thép C thấp, thép hợp kim thấp...

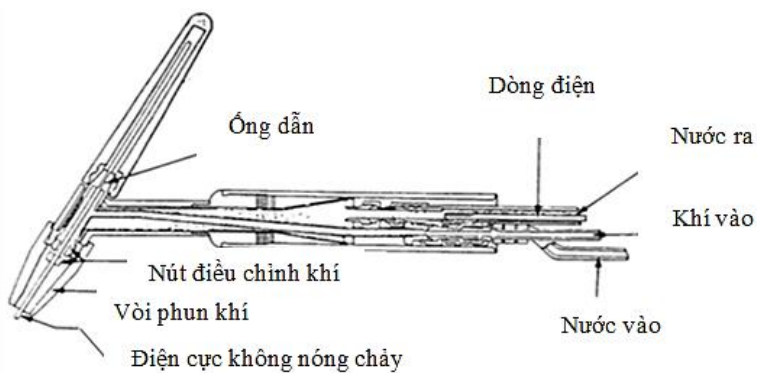
- **Thiết bị hàn**

Thiết bị hàn dùng cho hàn TIG có các bộ phận chính sau: nguồn điện hàn, bao gồm cả hệ thống điều khiển khí bảo vệ, nước làm mát, dòng điện và điện áp hàn; mỏ hàn; chai chứa khí trơ và van điều khiển lưu lượng khí.



Hình 2.4 Thiết bị hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ

+ **Mỏ hàn TIG:** có chức năng dẫn dòng điện và khí trơ vào vùng hàn. Điện cực Wolfram dẫn điện được giữ chắc chắn trong mỏ hàn bằng đai giữ với các vít lắp bên trong thân mỏ hàn. Các đai này có kích thước phù hợp với đường kính điện cực. Khí được cung cấp vào vùng hàn qua chụp khí. Chụp khí có ren được lắp vào đầu mỏ hàn để hướng và phân phối dòng khí bảo vệ. Mỏ hàn có kích thước và hình dáng khác nhau phù hợp với từng công việc cụ thể.



Hình 2.5 Cấu tạo mỏ hàn TIG

+ **Nguồn điện hàn:** cung cấp dòng hàn một chiều hoặc xoay chiều,

hoặc cả hai. Tùy ứng dụng, nó có thể là biến áp, chỉnh lưu, máy phát điện hàn. Để tăng tốc độ ổn định hồ quang, điện áp không tải khoảng $70 \div 80V$. Nguồn điện hàn xoay chiều thích hợp cho hàn nhôm, Magiê và hợp kim của chúng. Nguồn một chiều không gây ra vấn đề lẫn W vào mối hàn hay hiện tượng tự nắn dòng, tuy nhiên cần lưu ý khi sử dụng nó là việc gây ra hồ quang và khả năng cho dòng hàn là tối thiểu. Hầu hết máy một chiều đều sử dụng phương pháp nối thuận.

2.3. Mô hình toán học của bài toán:

- **Phương trình cân bằng nhiệt động lực học.**

Trạng thái nhiệt động lực học của một điểm vật chất tùy ý ở vị trí x tại thời điểm t của một hệ thống (vật thể) được mô tả :

$\rho(\underline{X}, t)$: tỉ khối.

$\underline{u}(\underline{X}, t) = \underline{x}(t) - \underline{X}$: chuyển vị

$e(\underline{X}, t)$ năng lượng khối.

\underline{U} đại diện cho sự di chuyển của các điểm vận liệu $\underline{X} = \underline{x}(t_0)$, với tại thời điểm t_0

Năng lượng bên trong được định nghĩa là sự khác biệt giữa tổng số năng lượng và năng lượng của sự chuyển động (dịch chuyển), cụ thể là $e(\underline{X}, t) = e_{tot}(\underline{X}, t) - \frac{1}{2} \dot{\underline{X}}^2$ Diễn biến thời gian và không gian trong năm lĩnh vực trên được xác định bởi phương trình cân bằng, động lực và năng lượng.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \underline{\nabla} \cdot (\rho \cdot \underline{v}) = 0 \quad (1)$$

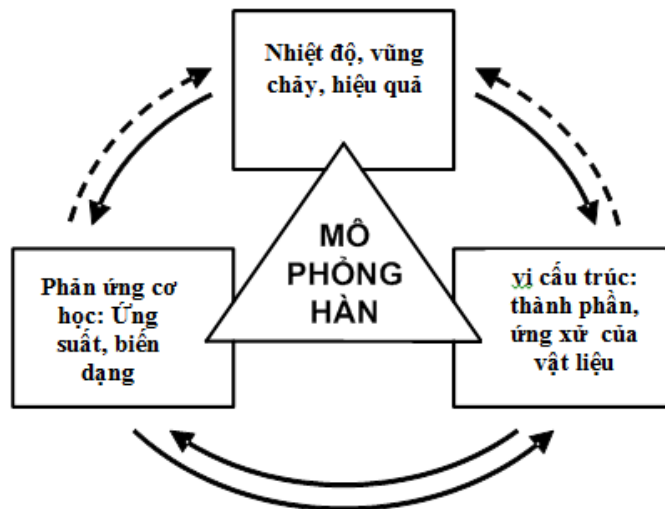
$$\frac{\partial \underline{u}}{\partial t} + \underline{\nabla} \cdot (\rho \cdot \underline{v} \underline{v} - \underline{\underline{\sigma}}^T) = \underline{f} \quad (2)$$

$$\frac{\partial e}{\partial t} + \underline{\nabla} \cdot (\rho e \underline{v} + \underline{q}) = \underline{\underline{\partial}}^T \cdot \underline{\nabla} \underline{v} + r \quad (3)$$

Ghi chú : mối quan hệ giữa \underline{v} vận tốc và thời gian chính là đạo hàm của \underline{u} Hơn nữa các đại lượng \underline{f} $\underline{\sigma}$ \underline{q} , \underline{r} đại diện cho tổng của các lực lượng tác dụng bên ngoài vật thể, các chuyển vị ứng suất căng Cauchy, dòng nhiệt, và các tùy chỉnh năng lượng (vd do nhiệt ẩn trong giai đoạn chuyển tiếp). Phương trình (1-3) là phương trình chuyển động cho các đại lượng chưa biết trong miền ρ , \underline{u} , và e . Chúng là phổ biến và độc lập với vật liệu. Để giải những phương trình này, các đại lượng cấu thành này, dòng nhiệt và

ứng suất căng, phải được thay thế bởi cấu trúc phương trình $\underline{q} = \underline{\tilde{q}}(T, \underline{\nabla}T, \dots)$ và $\underline{\sigma} = \underline{\tilde{\sigma}}(T, \underline{u}, \dots)$ Hơn nữa, cho đến bây giờ không có nhiệt độ T xảy ra trong các phương trình (1-3). Vì lý do này một phương trình trạng thái cân bằng nhiệt. $e = \tilde{e}(T)$ Phải được giới thiệu, cho phép để thay thế năng lượng bên trong e bằng nhiệt độ T . Nếu tất cả các phương trình cấu thành được biết và bao gồm các phương trình cân bằng đại diện cho một hệ kín, chủ yếu là hệ phương trình phi vi phân từng phần (PDE), mà có thể được bằng phương pháp số.

Một quá trình nhiệt động lực học được định nghĩa bởi các giải pháp của hệ thống PDE, nghĩa là, các kiến thức ρ , u , và T cho tất cả các vị trí x và thời gian t . Đặc biệt là các mối liên hệ giữa khối lượng, động lượng và năng lượng – hoặc giữa cấu trúc vật liệu, kết cấu cơ khí và hành vi nhiệt - dẫn đến các ký hiệu của một quá trình đa vật lý cho quá trình hàn.



Hình 2.6 Tương tác giữa các yếu tố vật lý trong quá trình hàn

- **Cấu trúc phương trình cho quá trình mô phỏng.**

Phương trình cấu thành điển hình, được cung cấp bởi các gói chương trình FE thương mại, định luật Fourier cho trường hợp dẫn nhiệt của

$$\underline{q} = -\underline{k} \cdot \underline{\nabla}T \quad (4)$$

Phương trình trạng thái nhiệt :

$$\frac{de}{dt} = C_p \frac{dT}{dt}, (\text{áp suất } p = \text{const}) \quad (5)$$

Định luật Hooke cho chất rắn đẳng hướng.

$$\underline{\underline{\sigma}} = \underline{\underline{\sigma}}^{el} = 2\mu\underline{\underline{\varepsilon}} + \lambda \left(Tr \underline{\underline{\varepsilon}} \right) \underline{\underline{I}} - (3\lambda + 2\mu) \underline{\underline{\varepsilon}}^{th} \quad (6)$$

Đường tuyến tính nhiệt như sau (Cho kích thước một chiều)

$\underline{\underline{\varepsilon}} = \frac{1}{2} \left(\underline{\underline{\nabla}} \underline{\underline{u}} + (\underline{\underline{\nabla}} \underline{\underline{u}})^T \right)$ hoặc $\varepsilon = \frac{(x-X)}{X}$ và $\underline{\underline{\varepsilon}}^{th} = \underline{\underline{\varepsilon}}^{th} \underline{\underline{I}} = \alpha(T - T_0) \underline{\underline{I}}$ Hơn nữa vật liệu phụ thuộc vào $\underline{\underline{k}}, C_p, \lambda, \alpha$ xác định tính dẫn nhiệt, năng lượng nhiệt, các hằng số của LAME, và hệ số giãn nở nhiệt, Phương trình cấu thành có dạng: $\underline{\underline{\sigma}} = \underline{\underline{\sigma}}(u)$ hoặc $\underline{\underline{\sigma}} = \underline{\underline{\sigma}}(\varepsilon)$ Đối với vật liệu có tính dẻo của vật liệu, tương ứng với phương trình (6).

Ứng suất Vonmiss

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{3}{2} dev \underline{\underline{\sigma}} : dev \underline{\underline{\sigma}}} \text{ và } \sigma_v = \sqrt{\frac{3}{2} \underline{\underline{\varepsilon}} : \underline{\underline{\varepsilon}}} \quad (7)$$

Trong đó $\underline{\underline{\sigma}} = \underline{\underline{\sigma}} - p \underline{\underline{I}}$

Gọi Φ là năng suất chức năng, nó có thể quyết định, cho dù ứng suất hiện tại có ảnh hưởng đến năng suất hay không

$$\Phi(\sigma) = \sigma_v^2 - \sigma_y^2 = 0 \quad (8)$$

Trong đó σ_v đặc trưng cho giới hạn chảy

Giới hạn chảy σ_y tăng khi biến dạng dẻo tăng, được gọi là độ cứng của vật liệu,

Gọi độ cứng của vật liệu là k $\sigma_y = \tilde{\sigma}_y(k)$ do đó $\Phi(\underline{\underline{\sigma}}) \rightarrow \Phi(\underline{\underline{\sigma}}, k)$ cho độ cứng đẳng hướng

$\dot{k} = \dot{p} = \underline{\underline{\sigma}} \cdot \underline{\underline{\dot{\varepsilon}}}^{pl}$ Do đó phương trình (8) có thể được sử dụng để lấy một điều kiện nhất quán, nó đóng vai trò quan trọng trong việc xác định biến dạng dẻo.

$$\Phi = \frac{\partial \Phi}{\partial \underline{\underline{\sigma}}} \underline{\underline{\dot{\sigma}}} + \frac{\partial \Phi}{\partial k} \dot{k} = 0 \quad (9)$$

$\underline{\underline{\dot{\sigma}}}, \dot{k}$ có thể được tính toán bằng định luật Hooke kết hợp với $\underline{\underline{\varepsilon}} = \underline{\underline{\varepsilon}}^{el} + \underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}$

$$\underline{\underline{\dot{\sigma}}} = \underline{\underline{C}}_4 \cdot (\underline{\underline{\dot{\varepsilon}}} - \underline{\underline{\dot{\varepsilon}}}^{pl}) \text{ và } \dot{k} = \underline{\underline{C}}_4 \cdot (\underline{\underline{\dot{\varepsilon}}} - \underline{\underline{\dot{\varepsilon}}}^{pl}) \cdot \underline{\underline{\dot{\varepsilon}}}^{pl} \quad (10)$$

$\underline{\underline{C}}_4$: biểu thị ma trận độ cứng bậc 4.

Còn lại một đại lượng vẫn chưa biết $\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}$ bằng việc rời rạc $\underline{\underline{\varepsilon}}$ ta có

$$\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl} = \dot{\Lambda} \frac{\partial \Phi}{\partial (dev \underline{\underline{\sigma}})} \text{ hoặc } d\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl} = d\dot{\Lambda} \frac{\partial \Phi}{\partial (dev \underline{\underline{\sigma}})} \quad (11)$$

Trình tự các bước tính toán như sau :

Biến dạng toàn phần:

$$\underline{\underline{\varepsilon}} = \sum_n \underline{\underline{\varepsilon}}(n)$$

Sử dụng định luật Hooke tính ứng suất ở bước n

$$\underline{\underline{\sigma}}^{tr}(n) = \underline{\underline{C}}_4 \cdot \left[\underline{\underline{\varepsilon}}(n) - \underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}(n-1) \right] \quad (12)$$

Xác định giới hạn chảy σ_y bằng những đại lượng đã biết, đặc tính vật liệu, ứng suất biến dạng, $\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}(n-1)$ nếu $\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}(n-1) = 0$ từ đó σ_y sẽ bằng với R_{p02}

Nếu ứng suất tương đương được tính theo mức thứ 2, là bên ngoài của bề mặt, sau đó biến dạng sẽ xảy ra. Trong suốt quá trình chảy dẻo sẽ làm giảm ứng suất tương ứng, như là biến dạng nhiệt của phương trình (8) được điều khiển cuối cùng. Do đó, σ_{tr} phải được chiếu lên các đường chảy cong, được thực hiện bằng cách điều chỉnh $d\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}$, tức là, bằng cách thay đổi các yếu tố $d\Lambda$ trong điều kiện ổn định của phương trình. (9) và chèn tiếp theo vào phương trình. (11).

Cập nhật biến dạng dẻo và đàn hồi

$$\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}(n) = \underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}(n-1) + d\underline{\underline{\varepsilon}}^{pl} \text{ và } \underline{\underline{\varepsilon}}^{el}(n) = \underline{\underline{\varepsilon}}(n) - \underline{\underline{\varepsilon}}^{pl}(n) \quad (13)$$

Tính toán ứng suất hiện tại bằng cách

$$\underline{\underline{\sigma}}(n) = \underline{\underline{C}}_4 \cdot \underline{\underline{\varepsilon}}^{el}(n) \quad (14)$$

Tiếp tục tính toán từ bước thứ (2) –(6) cho bước nội suy thứ (n+1), (n+2),

...

- **Phương trình truyền nhiệt.**

Phương trình truyền nhiệt có dạng

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} - \underline{\underline{v}} \cdot \underline{\underline{k}} \cdot \underline{\underline{\nabla}} T = r \text{ với } d_t(\cdot) = \partial_t(\cdot) + \underline{\underline{v}} \cdot \underline{\underline{\nabla}}(\cdot) \quad (15)$$

Dạng yếu của phương trình có dạng

$$\int_{\Omega} \rho c_p (d_t T) \eta \, d\mathbf{x} + \int_{\Omega} \underline{\underline{\kappa}} \cdot \nabla T \cdot \nabla \eta \, d\mathbf{x} = \int_{\partial\Omega} \underbrace{(\underline{\underline{\kappa}} \cdot \nabla T)}_{=\underline{q}_n} \eta \cdot \underline{\mathbf{n}} \, dA + \int_{\Omega} r \eta \, d\mathbf{x}. \quad (16)$$

Trong đó \underline{q}_n đại diện cho thông lượng nhiệt truyền qua bề mặt thể tích và thường được thay thế bằng $\underline{q}_n = \alpha(T - T_0) \cdot \underline{\mathbf{n}}$ (α hệ số truyền nhiệt, T_0 nhiệt độ môi trường). Sau khi rời rạc các đại lượng trên ta được.

$$\underline{\underline{M}} \cdot \frac{dT}{dt} + \underline{\underline{K}} \cdot \underline{T} = \underline{Q} + \underline{R} \quad (17)$$

các thành phần sau của ma trận và vector ($i, j = 1, \dots, n$):

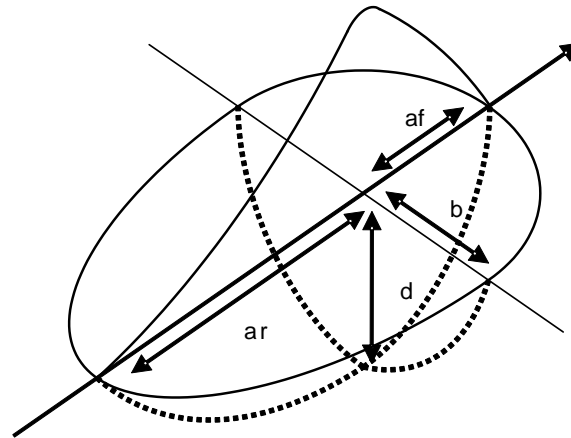
$$M_{ij} = \int_{\Omega} \rho c_p N_i N_j \, d\mathbf{x}, \quad K_{ij} = \int_{\Omega} \underline{\underline{k}} \cdot \underline{\underline{N}}_i \cdot \underline{\underline{N}}_j \, d\mathbf{x} \quad (18)$$

$$Q_i = \int_{\partial\Omega} \alpha N_i (T - T_0) \underline{\mathbf{n}} \cdot \underline{\mathbf{n}} \, dA, \quad R_i = \int_{\Omega} r N_i \, d\mathbf{x} \quad (19)$$

Trong đó $\underline{T} = (T_1, \dots, T_n)$ tượng trưng cho vector bao gồm cả các yếu tố nhiệt độ không rõ.

- **Mô hình nguồn nhiệt**

Sử dụng mô hình nguồn nhiệt Goldak's double ellipsoid đây là mô hình chính dùng để mô phỏng hàn GMA-welding



Hình 2.7 Mô hình nguồn nhiệt

$$Front : q_f(x, y, z) = \frac{6.\sqrt{3}.f_f.Q}{b.d.a_f.\pi.\sqrt{\pi}} e^{\left(\frac{-3x^2}{a_f^2}\right)}. e^{\left(\frac{-3y^2}{b^2}\right)}. e^{\left(\frac{-3z^2}{d^2}\right)} \quad (20)$$

$$Front : q_r(x, y, z) = \frac{6.\sqrt{3}.f_r.Q}{b.d.a_r.\pi.\sqrt{\pi}} e^{\left(\frac{-3x^2}{a_r^2}\right)}. e^{\left(\frac{-3y^2}{b^2}\right)}. e^{\left(\frac{-3z^2}{d^2}\right)} \quad (21)$$

Với:

$$Q = \left(\frac{V.I.60}{S.1000}\right). Efficiency \quad (22)$$

$$f_f = \frac{2}{1 + \left(\frac{a_r}{a_f}\right)} \quad (23)$$

$$f_r = \frac{2}{1 + \left(\frac{a_f}{a_r}\right)} \quad (24)$$

Trong đó :

Q = nhiệt cấp vào ([kJ/mm](#)),

V = voltage ([V](#)),

I = current ([A](#)),

S = tốc độ hàn (mm/min)

Efficiency : hiệu suất phụ thuộc vào loại phương pháp hàn, theo nghiên cứu của [M. Seyyedian Choobi1](#) [7], "[Investigation of the Effect of Clamping on Residual Stresses and Distortions in Butt-Welded Plates](#) , M. Seyyedian Choobi1, M. Haghpanahi and M. Sedighi , (2010)" hiệu suất 60% sẽ đáp ứng được sự phù hợp giữa thực nghiệm và mô phỏng.

f_f : Hệ số nhiệt phía trước.

f_r : Hệ số nhiệt phía sau.

a_f : Giá trị này xác định chiều dài nguồn nhiệt phía trước

a_r : giá trị này xác định chiều dài nguồn nhiệt phía sau. Tổng chiều rộng của nguồn nhiệt được tính bằng $(af + ar)$.

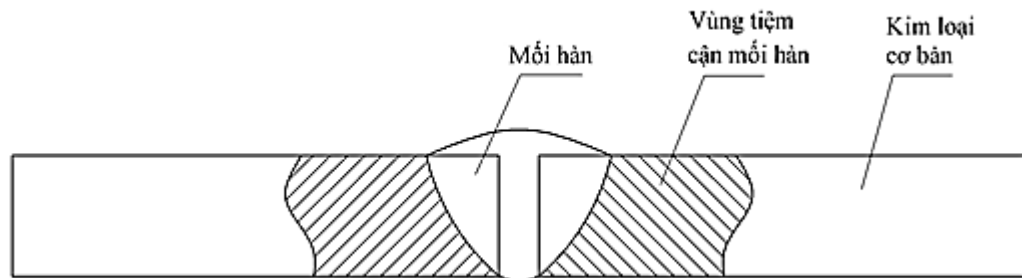
b: Chiều rộng một bên của nguồn nhiệt (tổng chiều rộng là $2b$).

d: Độ sâu của nguồn nhiệt

2.4. Sự hình thành mối hàn

2.4.1. Khái niệm về mối hàn.

Mối nối được thực hiện bằng phương pháp hàn gọi là mối hàn. Mối hàn là mối nối liền không tháo được. Vị trí nối các chi tiết gọi là mối hàn. Trong hàn nóng chảy mối nối hàn gồm:



Hình 2.8 Cấu tạo mối hàn

Mối hàn:

- + Mối hàn gồm: kim loại cơ bản và kim loại điện cực (que hàn) sau khi nóng chảy kết tinh tạo thành

Vùng tiệm cận mối hàn:

- + Vùng kim loại cơ bản được nung nóng từ nhiệt độ 100°C đến nhiệt độ gần nhiệt độ nóng chảy.

Kim loại cơ bản:

- + Vùng kim loại không bị tác dụng của nhiệt trong quá trình hàn

2.4.2. Sự tạo thành bề hàn

Khi hàn nóng chảy, dưới tác dụng của nguồn nhiệt làm cạnh hàn và kim loại phụ nóng chảy tạo nên bề kim loại lỏng. Bề kim loại đó gọi là bề hàn hay vũng hàn.

