

Trường nhiệt độ khi hàn hồ quang tự động dưới lớp trợ dung gốm

Temperature field when automatic arc welding under ceramic flux

Tăng Bá Đại¹, Nguyễn Văn Hưng², Đào Quang Kế²

¹Trường ĐH Công nghiệp Việt - Hung, NCS. Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương

²Khoa Cơ Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: dqke@vnua.edu.vn; tbdainh@gmail.com

Tel: 0904365844; 01669995888

Tóm tắt

Từ khóa:

Mô phỏng số; quá trình hàn hồ quang; SYSWELD; trợ dung gốm.

Báo cáo trình bày một số kết quả về mô phỏng số trường nhiệt độ khi hàn hồ quang tự động dưới lớp trợ dung gốm bằng phần mềm SYSWELD. Kết quả cho thấy quá trình hàn được mô phỏng cũng như trường nhiệt độ hàn hình thành dưới tác động của hồ quang đảm bảo được sự chính xác khi so sánh với những kết quả nghiên cứu lí thuyết và thực nghiệm đã được công bố. Với kết quả mô phỏng, bức tranh toàn cảnh về trường nhiệt độ tại các mặt cắt và theo 3D đã được chỉ rõ. Từ đó đặt ra tiền đề ứng dụng phần mềm SYSWELD cho việc nghiên cứu các bài toán khác nhau về công nghệ hàn, tiết kiệm thời gian, giảm chi phí, phù hợp với điều kiện nghiên cứu hiện nay ở Việt Nam.

Abstract

Keywords:

Numerical simulation; arc welding process; SYSWELD; ceramic flux.

The report presents some results on the simulation of the temperature field during automatic arc welding under ceramic flux (submerged arc weelding) by SYSWELD software. The results show that the welding process is simulated as well as the welding temperature field formed under the effect of arc to ensure accuracy when compared with published theoretical and empirical results. With simulation results, a panoramic view of the temperature field at the cross sections and in 3D has been identified. It then sets the premise of applying SYSWELD software for the study of various welding techniques, time cumulation, cost reduction, and matching the current research conditions in Vietnam.

Ngày nhận bài: 26/7/2018

Ngày nhận sửa bài: 14/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ hàn là một công nghệ rất hiệu quả và quan trọng trong tạo phôi và chế tạo máy đặc biệt đối với chi tiết thép bởi vì nó cho phép tạo phôi chính xác và tiết kiệm nguyên vật liệu rất nhiều so với phương pháp tạo phôi bằng công nghệ đúc. Ở các nước công nghiệp tiên tiến, hầu như tất cả các cấu kiện thân máy như các máy xúc, máy ủi, các xe vận tải lớn nhỏ, các máy gia công áp lực v.v. đều được thực hiện bằng công nghệ cắt và hàn tự động có điều khiển theo chương trình. Sau khi cắt tạo phôi, gia công cơ khí những bộ phận cần thiết, thực hiện công nghệ

hàn, xử lý nhiệt giảm ứng suất và ổn định tổ chức tế vi là đã có thể xuất xưởng các bộ phận máy móc với độ chính xác cao, với mức độ tiêu hao vật tư thấp hơn nhiều so với đúc toàn khối [1, 2].

Trong nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, những năm gần đây các nhà khoa học và công nghệ ở trong nước và trên thế giới đã chú trọng ứng dụng mô phỏng số vào lĩnh vực công nghệ hàn. Việc áp dụng những thành tựu toán học cũng như lý thuyết chuyên ngành như phương pháp phần tử hữu hạn vào mô phỏng số đã trợ giúp hữu hiệu cho các nhà khoa học, các kỹ thuật viên thực hiện nghiên cứu đề tài, rút ngắn được nhiều thời gian thực hiện đề tài nhưng vẫn đảm bảo được chính xác dự báo kết quả cũng như sự chính xác cần thiết của kết quả nghiên cứu [1, 3]. Từ các kết quả của quá trình mô phỏng có thể giúp người nghiên cứu kiểm soát trường nhiệt độ, sự phân bố ứng suất dư hay biến dạng hàn, vốn là những vấn đề phức tạp, khó kiểm soát và trong nghiên cứu thực nghiệm thường rất tốn kém cả về tài chính và thời gian. Thông qua mô phỏng, người nghiên cứu có thể chọn được các thông số công nghệ hàn hợp lý [2, 4].

Trong những năm qua, một số đề tài nghiên cứu khoa học đã ứng dụng mô phỏng số trong công nghệ hàn với sự trợ giúp của những phần mềm chuyên dụng như SYSWELD,... và đã thu được những kết quả đáng kể. Ở các trường đại học cũng có những ứng dụng về mô phỏng số trong công nghệ hàn (Bách khoa Hà Nội, Sư phạm kỹ thuật Nam Định, Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên,...) [5]. Tuy nhiên, trong hàn hồ quang tự động dưới lớp trợ dung gồm đối với thép hợp kim thấp Q460D dùng trong kỹ thuật cơ khí thì đến nay rất ít công trình được công bố [1].

2. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Quá trình hàn hồ quang tự động dưới lớp trợ dung gồm và trường nhiệt độ khi hàn được mô phỏng số bằng phần mềm SYSWELD.

2.2. Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

- *Kim loại cơ bản*: Thép hợp kim thấp Q460D (theo GB/T1591-2008) với kích thước L x B x H = 300 x 150 x 20 mm. Thép có thành phần hóa học và tính chất cơ học được giới thiệu trong bảng 1.

Thành phần hóa học thép Q460D: 0,2%C, 1,7%Mn, 0,55%Si, 0,033%P, 0,03%S, 0,17%Cu, 0,7%Cr, 0,015%Al, 0,015%N.

Bảng 1. Đặc tính thép hợp kim thấp Q460D

Mác thép	Phẩm cấp	Giới hạn chảy (MPa) ≥ Chiều dày hoặc đường kính (mm)				Độ bền kéo σ_b (MPa)	Độ giãn dài δ (%)	Độ dai va đập		Uốn cong 180°	
		≤16	>16 ~35	35~50	50~100			⁰ C	KV ₂ (J)	≤ 16	>16 ~100
Q460	D										
		460	440	420	400	520~720	17	-20	34	d = 2a	d = 3a

- *Dây hàn*: Dây hàn hợp kim thấp W49-VD, đường kính 2 mm
- *Thuốc hàn*: AR-HUA-01 (Sản phẩm của nhóm đề tài)
- *Thiết bị hàn*: Model Autotractor-630-1, nguồn hàn Armada-630.
- *Chế độ hàn*: $I_h = 350$ (A), $U_h = 31$ (V), $v_h = 23$ (m/h).

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm SYSWELD [7, 8] mô phỏng quá trình hàn hồ quang tự động dưới lớp trợ dung gốm.

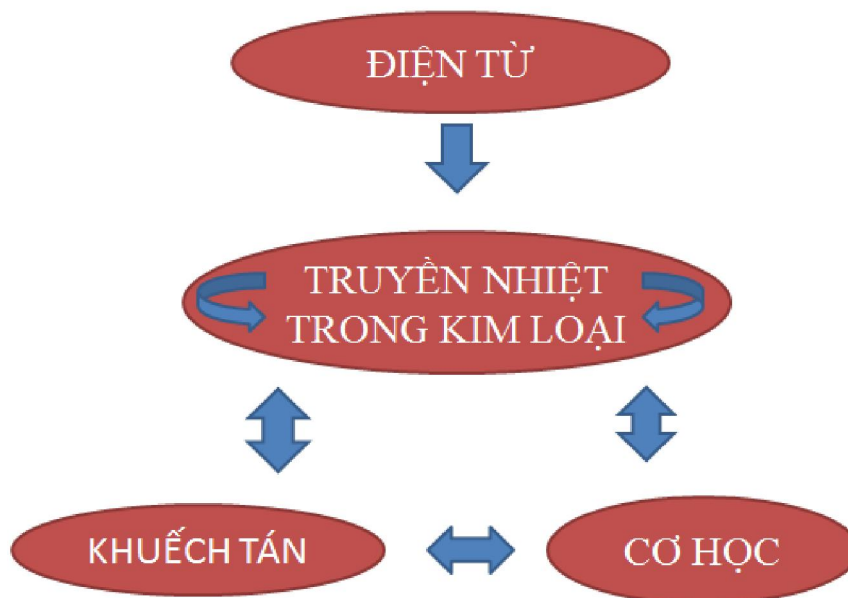
Giải bài toán trường nhiệt độ ảnh hưởng đến mối hàn bằng phần mềm SYSWELD.

Để đơn giản hóa giao diện nhằm giúp người dùng dễ dàng sử dụng cũng như thao tác trên phần mềm, ESI Group (Pháp) đã phát triển một bộ công cụ Visual - Weld trong nhóm Visual-Environment. Lúc này, SYSWELD đóng vai trò như một bộ giải (solver) trong bài toán hàn. Quá trình mô phỏng một bài toán hàn được thực hiện theo trình tự xác định. Theo đó, người dùng có thể xây dựng mô hình bài toán trực tiếp trên phần mềm Visual-Mesh hoặc đưa các mô hình đã xây dựng sẵn từ các phần mềm vẽ cơ bản như Solidworks, Inventor,... và sau đó sử dụng phần mềm Visual-Mesh để chia lưới cho mô hình. Sau khi đã xây dựng xong mô hình chia lưới, mô hình được chuyển sang phần mềm Visual-Weld để thiết lập các thông số của quá trình hàn và bài toán được giải nhờ bộ Sysweld solver. Kết quả xuất ra sẽ được quan sát và đánh giá trên phần mềm Visual-Viewer [7, 8].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Phần mềm SYSWELD là một trong những phần mềm tính toán dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, do ESI Group (Pháp) xây dựng và phát triển, chuyên dùng để mô phỏng các quá trình hàn, xử lý nhiệt và lắp ráp kết cấu hàn [7, 8].

SYSWELD mô phỏng sự tương tác giữa hầu hết các hiện tượng vật lý liên quan đến quá trình hàn (hình 1):



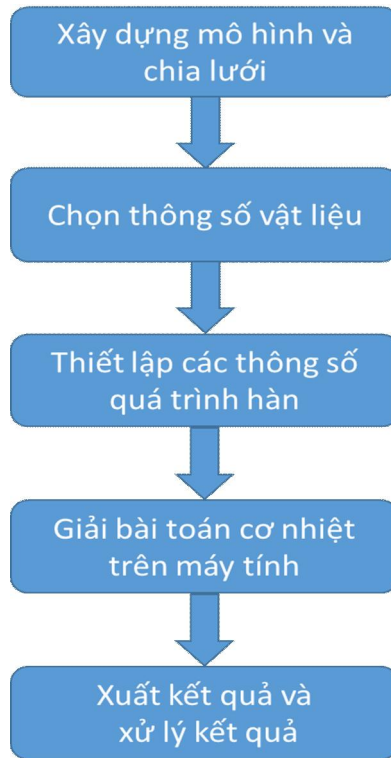
Hình 1. Các hiện tượng vật lý được mô phỏng trong SYSWELD

SYSWELD giải quyết các bài toán mang tính chất phi tuyến: Các thuộc tính của vật liệu phụ thuộc nhiệt độ, sự chuyển biến pha, thành phần hóa học,...

Các kết quả được SYSWELD tính toán gồm: Sự phân bố nhiệt độ, phân bố năng lượng nhiệt; Tổ chức kim loại; Độ hạt tinh thể; Độ cứng; Phân bố ứng suất và biến dạng.

3.1. Kết quả mô phỏng

Mô phỏng số quá trình hàn được thực hiện theo các bước sau (hình 2):



Hình 2. Sơ đồ quá trình mô phỏng số

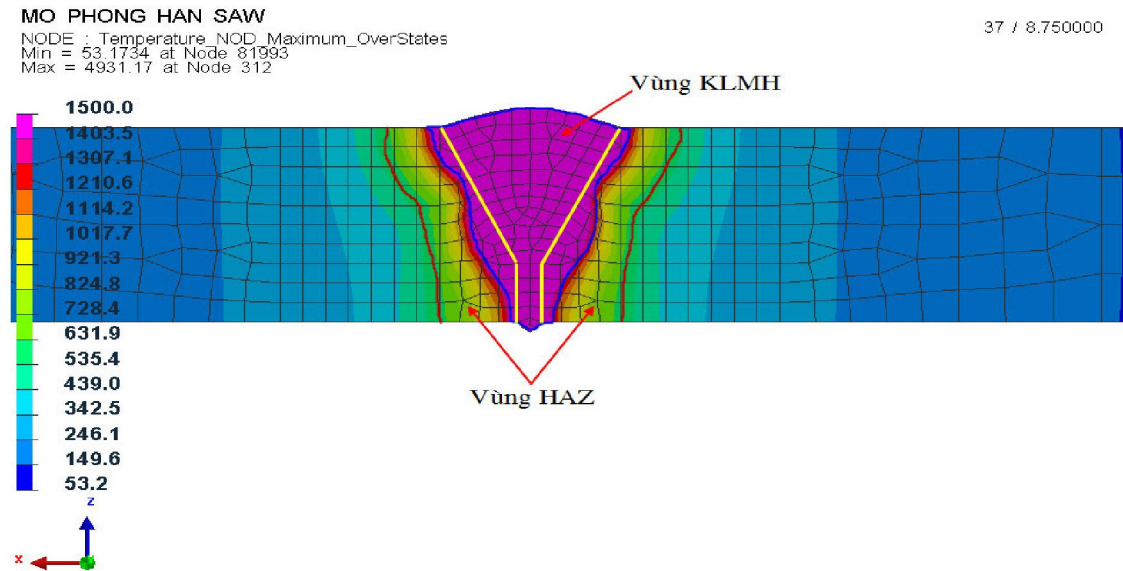
Sau khi giải bài toán cơ nhiệt bằng công cụ Visual Weld, các kết quả được quan sát trên công cụ Visual Viewer (hình 3).

Nhiệt độ nhỏ nhất trong liên kết $Min = 53,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ tại node 81993 là vùng ngoài nguồn nhiệt. Nhiệt độ lớn nhất trong liên kết $Max = 4931,17^{\circ}\text{C}$ tại node 312 chính là tâm nguồn nhiệt.

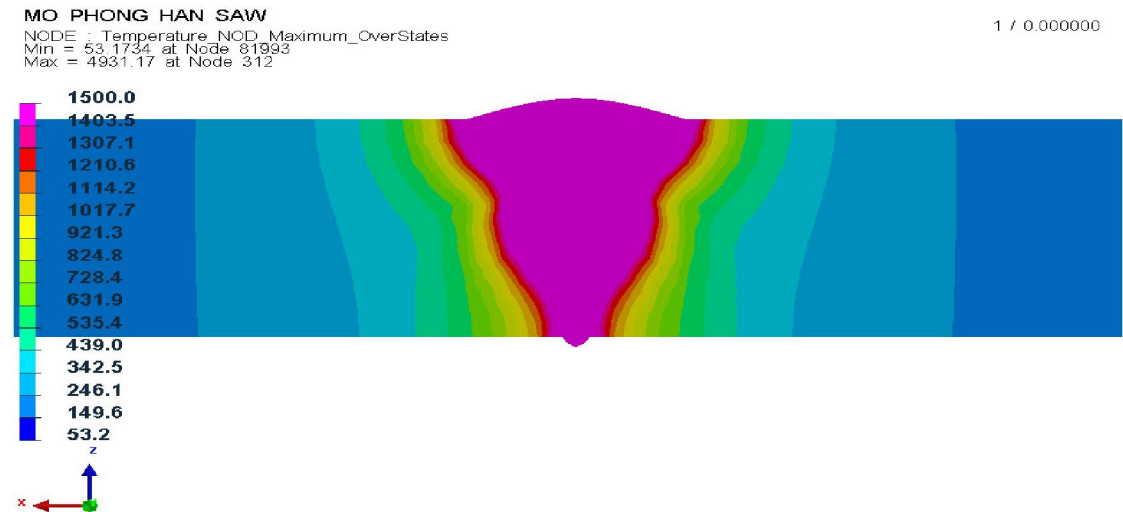
Khi nguồn nhiệt hồ quang di chuyển dọc theo đường hàn thì trong liên kết hàn tồn tại một trường phân bố nhiệt độ tức thời. Sử dụng thang đo các đường đẳng nhiệt có chứa mốc $1550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ứng với nhiệt độ nóng chảy của vật liệu cơ bản có thể biết được kích thước của vũng hàn.

Từ phần mềm SYSWELD trong bộ giải VISUAL VIEW có thể xuất ra được mặt cắt ngang của vũng hàn (hình 4):

- + Vùng màu tím (vũng hàn) là vùng nóng chảy.
- + Vùng màu đỏ (liền kề vũng hàn) biểu thị vùng viền chảy. Các vùng màu tiếp theo biểu thị vùng ảnh hưởng nhiệt của mỗi hàn. Nhiệt độ giảm dần theo từng vùng xuống đến nhiệt độ môi trường.



Hình 3. Phân bố trường nhiệt độ môi hàn



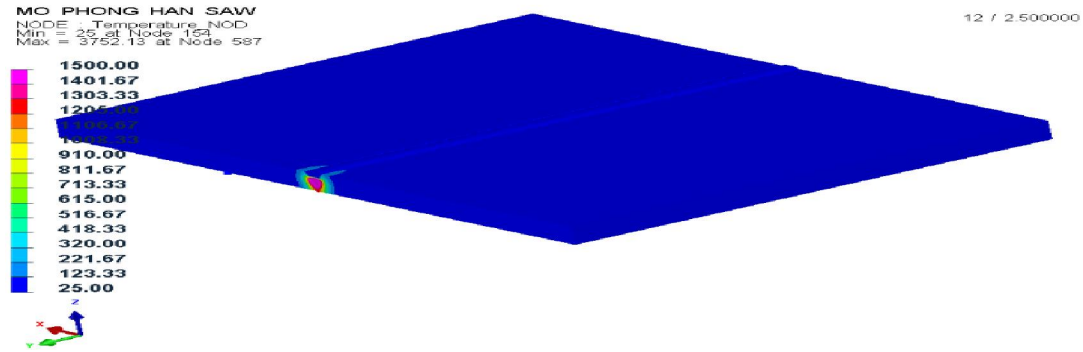
Hình 4. Mặt cắt ngang môi hàn

Để tạo thành mối hàn, cần thiết là phải hàn một số lớp với chế độ xác định. Khi hàn lớp thứ nhất, trường nhiệt độ được mô tả qua hình 5. Dễ dàng nhận thấy, ở đầu quá trình hàn lớp thứ nhất nhiệt ảnh hưởng đến kết cấu hàn chưa nhiều.

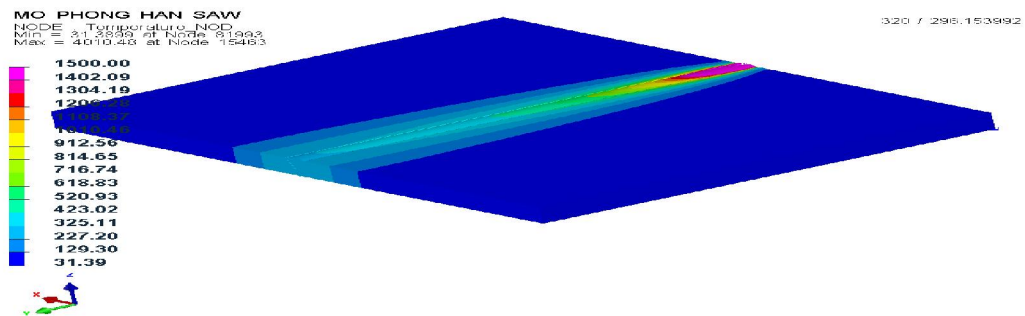
Tại lớp thứ nhất, ở thời điểm nhiệt làm kim loại nóng chảy tạo thành mối hàn cũng là lúc xác định được nhiệt độ của vùng ảnh hưởng nhiệt. Trên hình 5 nhiệt giảm dần từ vùng kim loại mối hàn (màu hồng) đến vùng ảnh hưởng nhiệt (màu xanh) như sau:

Min = 25⁰C tại node 154; Max = 3752⁰C tại node 587.

Dựa vào kết quả mô phỏng cho thấy, từ lớp thứ hai trở đi, ảnh hưởng của nhiệt được thể hiện rất rõ (hình 6): Min = 31,39⁰C tại node 81993; Max = 4010⁰C tại node 15463.



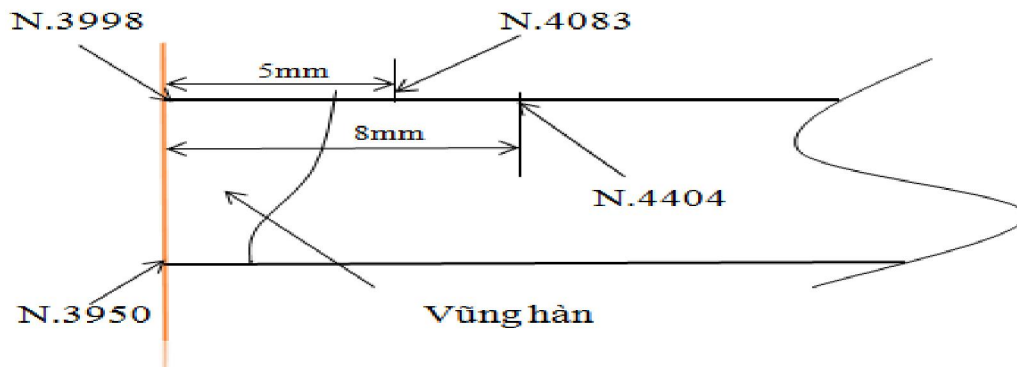
Hình 5. Phân bố trường nhiệt mỗi hàn lớp thứ nhất



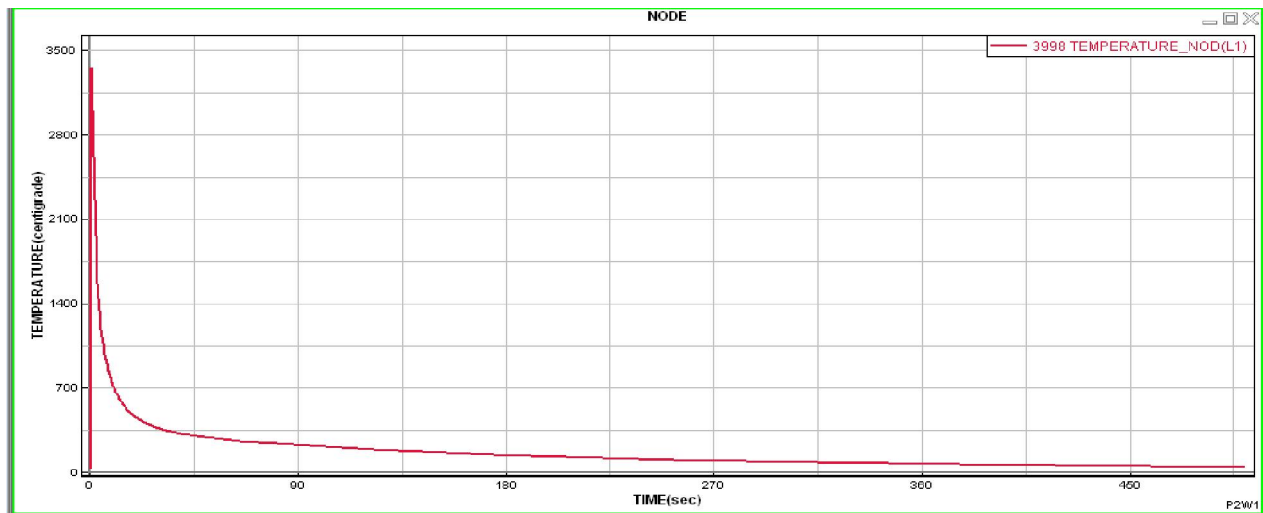
Hình 6. Phân bố trường nhiệt mỗi hàn lớp thứ hai

3.2. Chu trình nhiệt tại một số vị trí quan trọng

Các kết quả như đã trình bày ở trên vẫn mang tính chất định tính nhằm đánh giá sơ bộ quá trình hàn. Để biết được chính xác chu trình nhiệt hàn tại các vị trí quan trọng, qua đó có thể đánh giá được quá trình hình thành mỗi hàn cần thiết là phải biết được sự biến thiên của nhiệt độ theo thời gian (với các giá trị cụ thể) tại những vị trí quan trọng cần khảo sát. Do tính chất đối xứng nên chỉ cần xét trên một nửa mô hình. Các vị trí quan trọng cần khảo sát được trình bày trên hình 7. Để thấy rõ sự biến thiên của trường nhiệt độ cần thiết là xem xét sự thay đổi nhiệt độ bằng đồ thị tại các node phần tử (hình 8).



Hình 7. Chu trình nhiệt tại một số điểm vị trí khảo sát



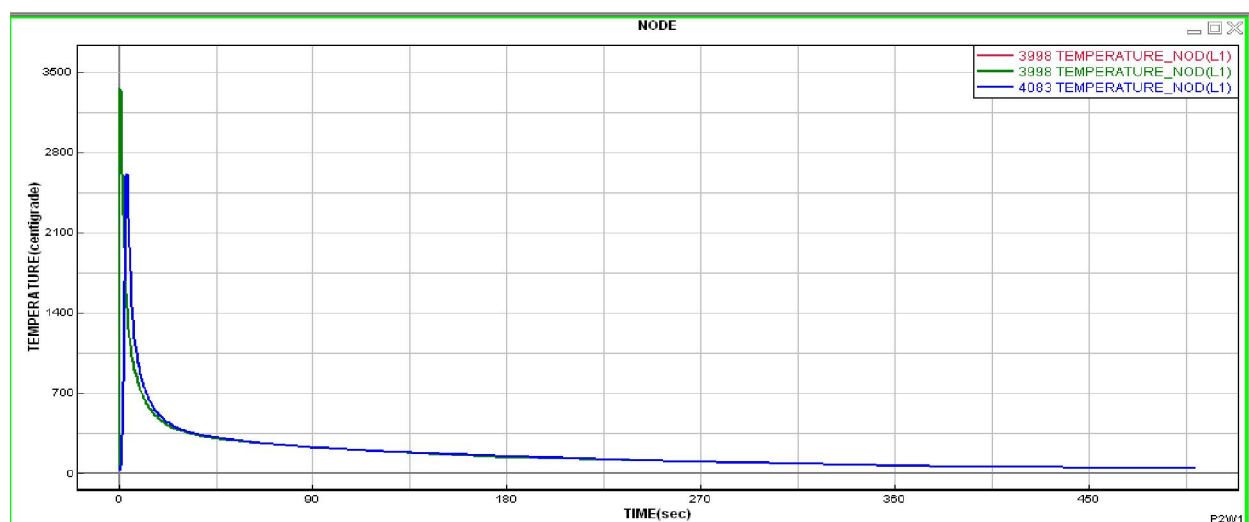
Hình 8. Đồ thị biểu diễn trường nhiệt độ tại node 3998

Tại node phần tử số 3998 thuộc vùng nóng chảy có nhiệt độ cao nhất (hình 8).

Theo như đồ thị vùng nhiệt MAX tại node 3998 đạt xấp xỉ 3400°C , sau đó giảm dần theo thời gian.

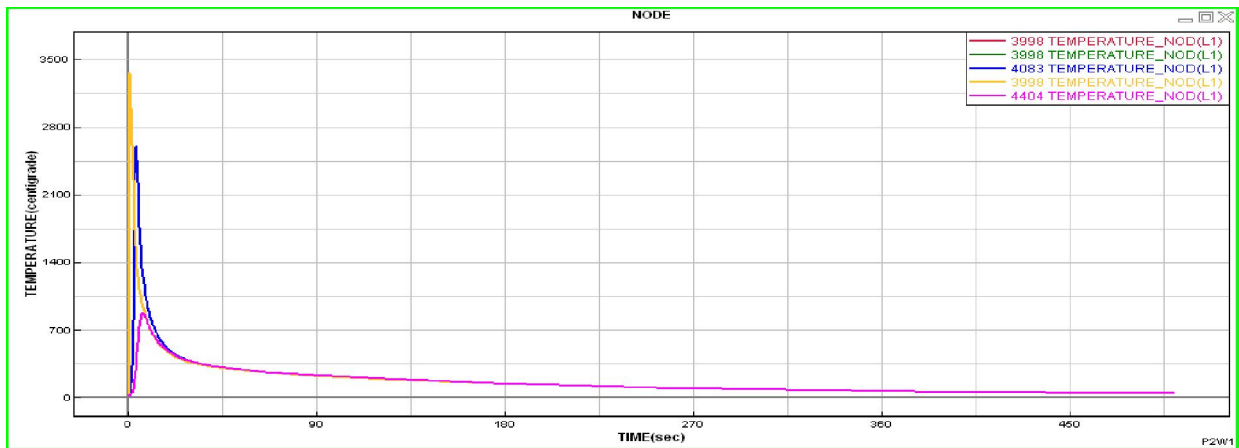
Tại node phần tử số 4083 thuộc vùng ảnh hưởng nhiệt trên đồ thị biểu diễn bằng màu xanh dương. Theo như đồ thị vùng nhiệt MAX tại node 4083 đạt xấp xỉ 2600°C , sau đó giảm dần theo thời gian (hình 9).

Cũng trên hình 9, đồ thị biểu diễn sự biến thiên nhiệt độ tại một số điểm khảo sát nhận thấy, node 3998 nằm tại tâm mỗi hàn ở bề mặt trên nhiệt độ cao nhất đạt khoảng 3400°C . Nhiệt độ cao nhất tại node 4083 cách tâm mỗi hàn 5 mm đạt giá trị cao nhất là 2600°C , Nhiệt độ cao nhất tại node 4404 cách tâm mỗi hàn 8 mm đạt giá trị cao nhất là 850°C . Như vậy có thể thấy nguồn nhiệt hàn hồ quang cho năng lượng rất tập trung nên mỗi hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt có kích thước nhỏ.



Hình 9. Đồ thị biểu diễn trường nhiệt độ tại node 3998 và node 4083

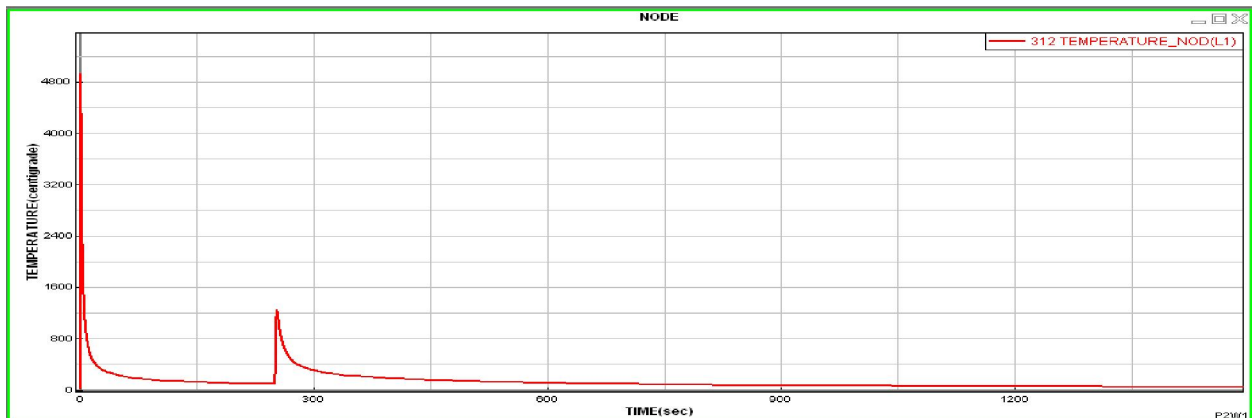
Tại node phần tử số 4404 vẫn thuộc vùng ảnh hưởng nhiệt, trên đồ thị biểu diễn bằng màu hồng. Theo như đồ thị vùng nhiệt MAX tại node 4404 đạt xấp xỉ 850°C , sau đó giảm dần theo thời gian (hình 10).



Hình 10. Đồ thị biểu diễn trường nhiệt tại các node 3998, 4083 và 4404

Ngoài các chu trình điểm quan trọng đã xét ở trên có thể xét thêm 2 điểm tại node 312 và node 81993 chu trình nhiệt biểu thị sự biến thiên của trường nhiệt độ mỗi hàn theo thời gian nhằm so sánh với kết quả trên thang đo các đường đẳng nhiệt (biểu thị trên hình 3).

Tại node phần tử số 312 nhiệt độ lớn nhất trong liên kết $\text{Max}=4931,17^{\circ}\text{C}$. Tại node 312 chính là tâm nguồn nhiệt (biểu diễn bằng màu đỏ trên đồ thị), sau đó nhiệt độ giảm dần theo thời gian (hình 11).

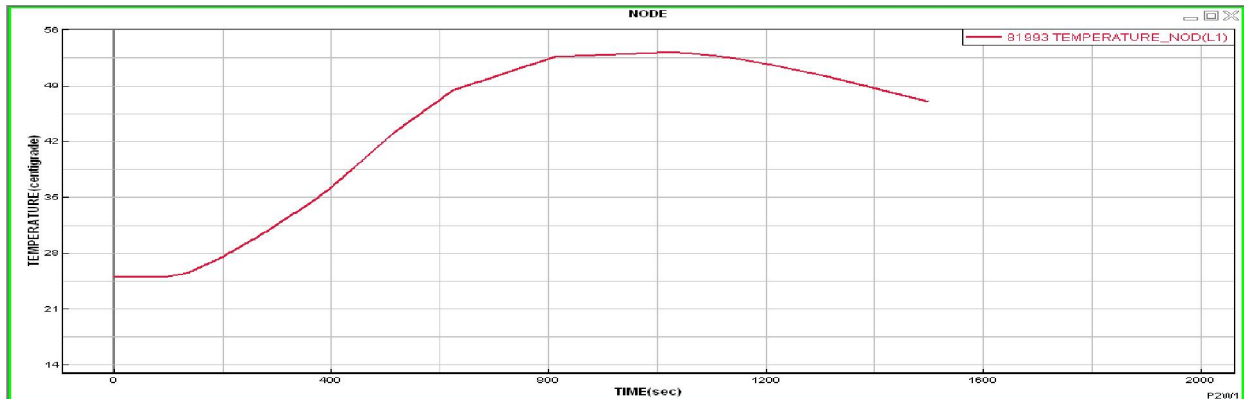


Hình 11. Đồ thị chu trình nhiệt tại node 312 $\text{Max} = 4931,17^{\circ}\text{C}$

Tại node phần tử số 81993 nhiệt độ lớn nhất trong liên kết $\text{Min} = 53,2^{\circ}\text{C}$. Tại node 81993 là vùng ngoài nguồn nhiệt (được biểu diễn bằng màu đỏ trên đồ thị), sau đó nhiệt độ giảm dần theo thời gian (hình 12).

Thông qua các đồ thị biểu diễn sự biến thiên nhiệt độ tại một số node khảo sát, trong đó node phần tử số 312 nhiệt độ lớn nhất trong liên kết $\text{Max} = 4931,17^{\circ}\text{C}$ chính là tâm nguồn nhiệt.

Node 3998 nằm tại tâm mỗi hàn ở bề mặt trên, nhiệt độ cao nhất đạt khoảng 3400°C . Node 4083 cách tâm mỗi hàn 5mm đạt giá trị cao nhất là 2600°C , node 4404 cách tâm mỗi hàn 8mm đạt giá trị cao nhất là 850°C , node phần tử số 81993 nhiệt độ lớn nhất trong liên kết Min, = $53,2^{\circ}\text{C}$ là vùng ngoài nguồn nhiệt. Như vậy có thể thấy nguồn nhiệt hàn hồ quang cho năng lượng rất tập trung nên mỗi hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt có kích thước nhỏ.



Hình 12. Đồ thị chu trình nhiệt tại node 81993 Min = $53,2^{\circ}\text{C}$

4. KẾT LUẬN

Mô hình nguồn nhiệt thích hợp đối với quá trình hàn hồ quang tự động dưới lớp trợ dung là dạng nguồn nhiệt ellipsoid kép với mật độ năng lượng tập trung lớn ở phía bề mặt và giảm dần theo chiều dày của vật hàn.

Bằng việc sử dụng mô hình nguồn nhiệt ellipsoid kép và bộ công cụ phần mềm VISUAL WELD để mô phỏng lại quá trình hàn có thể dự đoán được trường nhiệt độ, kích thước và hình dạng mỗi hàn.

Thông qua mô phỏng quá trình hàn có thể thấy được độ ngẫu của mỗi hàn từ hình ảnh mô phỏng, từ đó có thể điều chỉnh vận tốc, thời gian hàn với mục đích đạt độ ngẫu cao nhất cũng như hạn chế các khuyết tật mỗi hàn làm ảnh hưởng tới chất lượng kết cấu hàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đào Quang Kê, Lục Vân Thương, Hoàng Văn Châu, “Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá tính công nghệ hàn của thuốc hàn gồm trong hàn tự động kết cấu thép”, Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị Khoa học toàn quốc về Cơ khí, Nxb Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội-2013.
- [2]. Output of welding flux in 2005.
- [3]. The Japan welding news for the Word. Autumn issue, 2011.
- [4]. Worldwide weld metal consumption by Region 2010.
- [5]. Trịnh Quang Ngọc (2017). Nghiên cứu công nghệ hàn plasma trên thép không gỉ Austenit. Luận văn cao học. Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [6]. Võ Văn Phong (2007). SYSWELD - Presentation at DWE-HUST, Hà Nội.
- [7]. ESI Group (2014). Panel - Bartutorial visual weld 9.5.
- [8]. ESI group (2010). Sysweld 2010 reference manual.