

# NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN ROBOT HÀN TỰ ĐỘNG NHẬN ĐIỆN MỐI HÀN

## DEVELOPING AUTOMATED TRACKING WELDING ROBOT

Lê Chí Cương, Đặng Thiện Ngôn  
ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

### TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu và đề xuất phương pháp nhận diện mối hàn để điều khiển đầu hàn đi theo đường hàn đã được nhận diện cho mối hàn phẳng ghép mí. Kết cấu cơ khí và phương án chuyển động công nghệ của đầu hàn cũng được đề cập đến. Kết quả của đề xuất sẽ làm cơ sở cho việc thiết kế robot hàn thông minh, có khả năng nhận diện mối hàn bằng phương pháp không tiếp xúc.

**Từ khoá:** robot hàn, hàn tự động, nhận diện

### ABSTRACT

This paper presents a new method to accurately determine the welding orbit to control welding head for plane welding, together with the basic mechanical structure and the technical movement of welding head. This result will be developed in the next stage to create an intelligent welding robot that can nondestructively identify the weld.

**Keywords:** welding robot, automated welding, tracking

## 1. GIỚI THIỆU

Hàn điểm và hàn đường theo vị trí hoặc quỹ đạo cho trước là công việc hàn rất thường hay được triển khai trong thực tế. Khi đã có được vị trí hoặc quỹ đạo hàn, quá trình hàn sẽ được tiến hành một cách tự động để gia công hàng loạt sản phẩm. Tuy nhiên, trước khi tiến hành quá trình hàn cần lưu ý việc định vị, lắp khí cụ tiết cũng như kẹp chặt để hạn chế sai số do bị cong vênh hoặc sai lệch kích thước do nhiệt sinh ra trong quá trình hàn gây nên trên sản phẩm dạng tấm mỏng. Ngoài ra, hàn là một công đoạn nặng nhọc, ô nhiễm cho người hàn và chất lượng mối hàn phụ thuộc rất nhiều vào tay nghề của người hàn.



Hình 1: Robot hàn điểm trong sản xuất xe hơi

Nhiều năm qua, nhiều nghiên cứu cố gắng chế tạo ra những robot hàn tự động, thông minh có thể thay thế con người trong công đoạn này. Năm 1990 Y.Kanayama và các đồng sự [1] đã đề xuất một qui luật điều khiển ổn định dùng hàm Lyapunov và đã thí nghiệm trên robot tự hành Yamabico - 11. Hosstmans. Dubosky đã phát triển một phương pháp điều khiển chuyển đổi Jacobian mở để bù trừ động lực học tương tác giữa bệ di động và tay máy, năm 1991 [2]. Seraji đã phát triển phương pháp điều khiển tọa độ trực tuyến cho các robot di động, năm 1993 [3]. J. M. Yang và J. H. Kim đề xuất phương pháp điều khiển mô hình trượt cho robot di động, 1993 [4]. Năm 2000, Fukao cùng đồng sự đề xuất bộ điều khiển kết hợp điều khiển động học của robot di động khi không biết trước các thông số về bánh xe [5]. Năm 2001 V.S. Yoo và các đồng sự phát triển giải thuật điều khiển cho tay máy di động dựa trên phương trình chuyển động của Lagrange [6]. Năm 2003 Chung Tấn Lâm và các đồng sự tại đại học Pukyong, Pusan, Korea đã phát triển giải thuật backstepping cho mô hình robot di

động bám theo đường sử dụng camera USB [7]. Năm 2003 Trần Thiện Phúc và các đồng sự tại đại học quốc gia Pukyong, Busan, Korea, đề xuất bộ điều khiển thích nghi với phương pháp điều khiển backstepping cho tay máy hàn di động trên bánh xe bám theo đường hàn song song với mặt đất trong mặt phẳng vuông góc với mặt đất [8]. Ngô Mạnh Dũng và các đồng sự tại đại học quốc gia Pukyong, Pusan, Korea đề xuất giải pháp điều khiển backstepping cho robot hàn di động bám theo đường hàn có dạng cong liên tục nằm trong mặt phẳng nằm ngang [9].

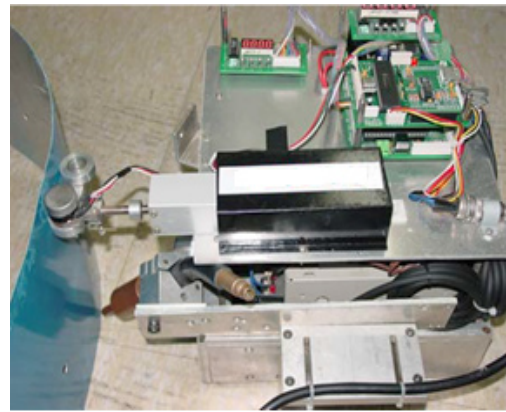
Gần đây các nghiên cứu tập trung vào một vấn đề khó khăn khi hàn bằng robot hàn là việc xác định chính xác quỹ đạo đường hàn với mục đích giảm bớt yêu cầu định vị chính xác, và qua đó cho phép giảm chi phí hàn, nâng cao chất lượng mối hàn, giảm thiểu sự phụ thuộc vào tay nghề người hàn. Bài báo này đề xuất một phương pháp nhận diện môi hàn bằng cảm biến quang và sau đó điều khiển đầu hàn chuyển động theo đường hàn đã được nhận diện.

## 2. PHÂN TÍCH CÁC PHƯƠNG PHÁP NHẬN BIẾT ĐƯỜNG HÀN CHO ĐẾN NAY

### 2.1 Về nguyên lý toán học và phương pháp hàn

#### a) Nhận biết môi hàn góc:

Một số nghiên cứu đã sử dụng cảm biến góc quay để nhận diện tọa độ của môi hàn góc (hình 3) [10,11,12]. Trong các nghiên cứu này, hai con lăn được liên kết cứng bởi một tay đòn sẽ di chuyển trên mặt phẳng đứng, đóng vai trò như một biên dạng mẫu của môi hàn góc và quỹ đạo của môi hàn được nội suy từ góc quay của tay đòn và khoảng dịch chuyển của robot này. Tuy nhiên phương pháp này có một số nhược điểm như sau:

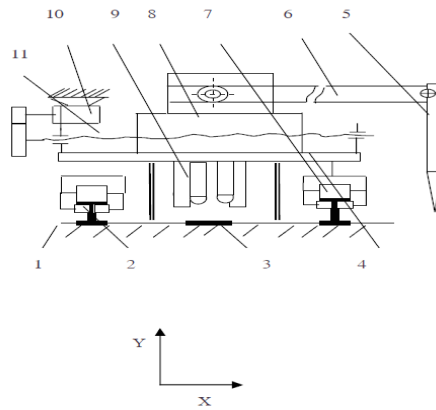


- Chỉ có thể áp dụng cho môi hàn góc trên mặt phẳng, tại đó bề mặt đứng được tận dụng làm cữ (chuẩn) để xác định vị trí đường hàn. Thực tế, môi hàn góc có phạm vi sử dụng ít hơn môi hàn phẳng trong khi việc xác định quỹ đạo môi hàn phẳng lại phức tạp hơn môi hàn góc, do không có bề mặt tỷ như môi hàn góc.
- Tọa độ quỹ đạo đường hàn được xác định một cách gián tiếp thông qua tính toán góc quay của hai con lăn (là một hàm số của góc quay), dẫn đến sai số về mặt nguyên lý của hệ thống.

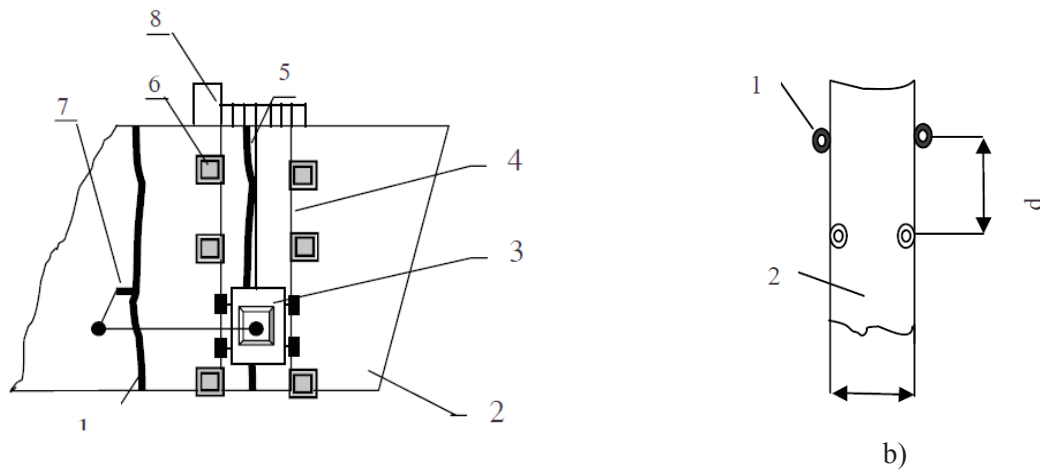
#### b) Xác định quỹ đạo môi hàn phẳng bằng cách tạo vết dẫn đường:

Một nghiên cứu của Ngạc Bảo Long đã đưa ra giải pháp là tạo một đường dẫn 3 có hình dạng và kích thước giống với đường hàn, đường dẫn, cụ thể trong đề tài là dán một dải băng dính có màu sắc khác biệt, bề rộng  $b$  lên đường hàn, và robot hàn sẽ sử dụng cảm biến quang 9 để nhận biết đường hàn [13]. Robot di động chạy trên đường ray 2, và đầu hàn 5 sẽ đi theo đường hàn để thực hiện môi hàn. Toàn bộ ray được cố định bằng các nam châm vĩnh cửu vào mạn tàu.

Tuy nhiên, phương pháp này có năng suất rất thấp, chỉ có thể áp dụng cho trường hợp sản xuất đơn chiếc do phải chuẩn bị đường dẫn bằng băng dính hoặc sơn; độ chính xác phụ thuộc rất nhiều vào miếng dán và hệ thống truyền động. Do đó phương án này có tính khả thi thấp trong thực tiễn sản xuất.



Hình 3: Robot hàn dùng dò theo vết



a) Sơ đồ bố trí robot hàn trên thân tàu;

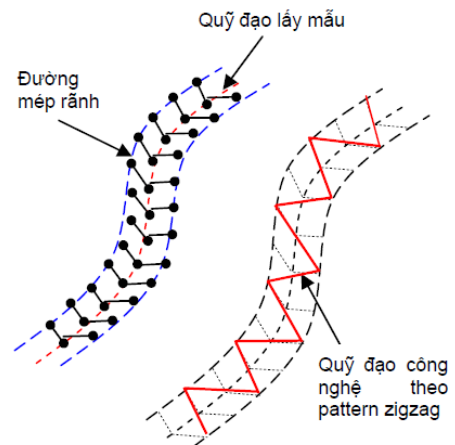
b) Sơ đồ bố trí cảm biến 1 và dải băng dính 2 song song với vết hàn

- 1 - Đường hàn; 2. Thân tàu; 3. Robot hàn; 4. Đường ray; 5. Đường dẫn song song với đường hàn;  
6. Nam châm vĩnh cửu; 7. Đầu hàn; 8. Tời; 9. Cảm biến quang; 10. Động cơ; 11. Vitme

Hình 4: Nguyên lý của robot nhận diện theo vết

c) Lấy mẫu điểm trên đường hàn với công cụ lập trình Teach Pendant:

Teach Pendant là một dạng thiết bị hàn theo chế độ lập trình huấn luyện. Trong đó, một mũi dò cơ khí được gắn vào tay người thao tác hàn lành nghề và cho di chuyển bằng tay dặt đầu hàn (lead-by-nose hoặc dùng keyboard) dọc theo mỗi hàn, và các tọa độ của mỗi hàn được ghi nhận thông qua các cảm biến [14]. Hình 5 trình bày các nguyên lý lập trình huấn luyện của thiết bị. Quá trình hàn sẽ được tiến hành sau khi quá trình lập trình huấn luyện kết thúc. Tuy nhiên, phương pháp này vẫn phụ thuộc rất nhiều vào tay nghề của người huấn luyện, và quá trình lập trình huấn luyện không thể tiến hành ở những nơi con người không thể thao tác được (như khuất tầm mắt,



Hình 5: Mối tương quan giữa quỹ đạo lấy mẫu và quỹ đạo công nghệ

hoặc bị giới hạn không gian, ...).

d) *Nhận biết các điểm mép của đường hàn phẳng dùng cảm biến quang:*

Nghiên cứu của Huỳnh Lê Minh và Lê Công Danh có đề cập đến việc nhận diện môi hàn phẳng ghép mí [15,16]. Tuy nhiên đề tài chỉ mới tiến hành dò tìm vị trí đường hàn cho môi hàn thẳng, mà không áp dụng cho môi hàn có quỹ đạo cong bất kỳ. Kết quả hàn thực nghiệm cũng chỉ đạt được với môi hàn theo đường thẳng.

Ở 2 luận văn trên có đề xuất phương pháp nhận biết các điểm mép của đường hàn bằng một cảm biến quang quét qua lại theo phương vuông góc với đường hàn, sau đó dùng các dữ liệu thu được này để điều khiển đầu hàn để hàn các đường cong phẳng. Về lý thuyết đề tài có đề cập tới các phương pháp nhận biết đường hàn, tuy nhiên, thực tế phần kết cấu phần cứng của robot cũng không thể hàn theo các đường cong. Điều này thể hiện ở kết quả hàn thử nghiệm của đề tài chỉ thấy đường hàn thẳng, nên 2 luận văn này chỉ mới đưa ra ở mức ý tưởng mà chưa tiến hành chế tạo thử nghiệm thực tế.

Tóm lại, các nghiên cứu trên đề cập nhiều đến các phương án nhận diện cho môi hàn góc và môi hàn phẳng, đồng thời có thiết kế - chế tạo thử nghiệm, nhưng đều có những nhược điểm và tính khả thi khi áp dụng vào thực tiễn thấp. Do đó nghiên cứu này nhằm mục đích từng bước phát triển robot hàn thông minh linh hoạt đáp ứng nhiều mô hình sản xuất, đơn giản, có khả năng học và giá thành thấp.

## 2.2 Về phương thức cảm biến

Các phương thức để nhận biết môi hàn hiện đang được sử dụng rộng rãi có các ưu nhược điểm như sau:

- *Chụp ảnh* quỹ đạo hàn (dùng CCD camera): có độ chính xác thấp do tốc độ xử lý chậm do hình ảnh thu được bị ảnh hưởng rất mạnh bởi hồ quang hàn và ảnh này không cho vị trí thật của quỹ đạo mà phải được tính thông qua giải thuật xử lý ảnh.
- *Hồng ngoại*: là phương pháp cảm biến rẻ tiền có khả năng đo khoảng cách nhưng có



Hình 6: Robot hàn đường thẳng

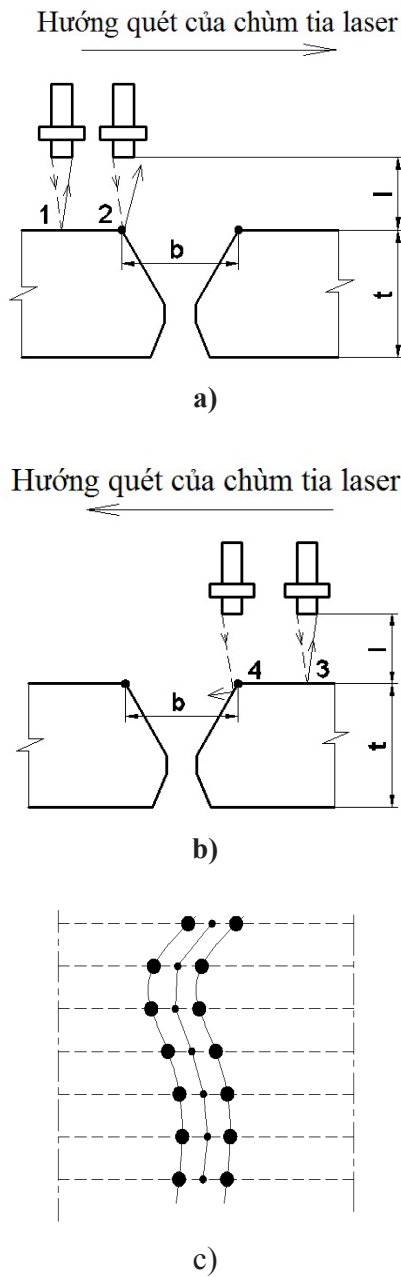
độ chính xác thấp và bị ảnh hưởng mạnh bởi nhiệt độ cao của môi hàn.

- *Đầu dò cơ khí*: Việc xác định quỹ đạo hàn dùng mũi dò cơ khí là một hình thức chép hình cổ điển, có độ chính xác thấp, đầu dò dễ bị hư hỏng và quỹ đạo hàn bị ảnh hưởng mạnh bởi độ nhám của phôi hàn.
- *Cảm biến quang và laser*: độ chính xác cao và có khả năng đo khoảng cách nên có thể áp dụng cho cả bề mặt cong ba chiều, tuy nhiên bị ảnh hưởng mạnh bởi hồ quang hàn. Hai loại cảm biến này nguyên lý ứng dụng giống nhau, tuy nhiên cảm biến quang có giá thành hạ, độ tin cậy thấp, trong khi cảm biến laser thì ngược lại.

Từ đó, trong nghiên cứu này cảm biến quang hoặc cảm biến laser được chọn để nhận diện quỹ đạo hàn. Việc giảm thiểu ảnh hưởng của hồ quang đến khả năng nhận diện được tiến bằng một số phương pháp như sử dụng hàn hồ quang chìm (SAW) và môi hàn được che chắn hồ quang.

## 3. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP NHẬN BIẾT ĐƯỜNG HÀN

Để xác định quỹ đạo toàn bộ đường hàn, robot thực hiện hai chuyển động: chuyển động dọc theo đường hàn và chuyển động quét tốc độ cao của chùm tia laser theo phương ngang. Đầu dò gắn cảm biến laser quét ngang qua đường hàn để xác định vị trí mép của đường hàn (điểm 2 và 4) theo như hình 7a và 7b. Tâm của đường hàn chính là trung điểm của đoạn 2-4 (hình 7c).



Hình 7: Di chuyển của chùm tia laser để nhận diện mép hàn 2 và 4

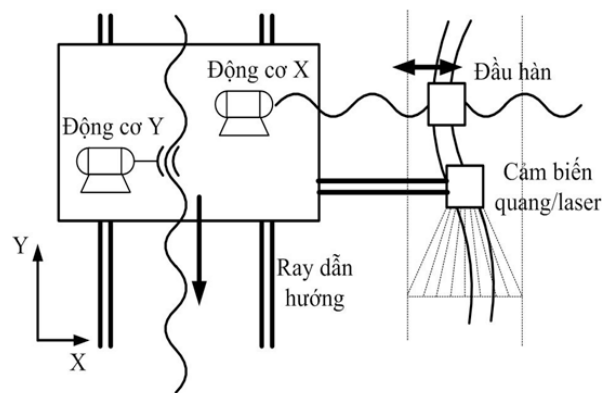
Phương án quét này cho phép tiến hành quá trình hàn theo hai chế độ:

- Chế độ lấy mẫu (sampling): đó là quá trình quét xác định quỹ đạo hàn xong rồi tiến hành hàn, được áp dụng cho sản xuất loạt lớn các sản phẩm giống nhau.
- Chế độ quét trực tiếp (online scanning): là quá trình quét và hàn được tiến hành đồng thời, được áp dụng cho sản xuất đơn chiếc, nhỏ lẻ, quỹ đạo hàn thay đổi liên tục, hoặc ở những

nơi khuất, tay người không thao tác được.

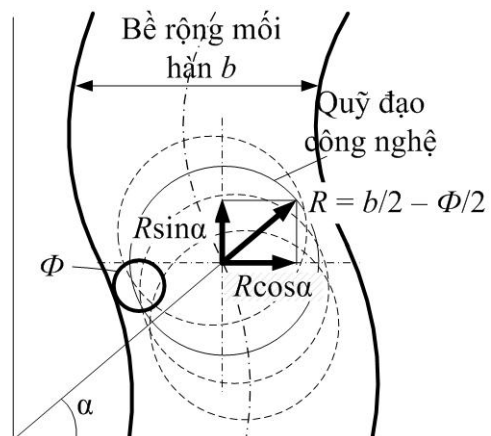
#### 4. KẾT CẤU CƠ BẢN CỦA ROBOT HÀN

Hình 8 là cấu trúc cơ bản của robot hàn, trong đó hai chuyển động theo hai phương X và Y sử dụng động cơ bước và vít me đai ốc bi. Cảm biến laser gắn trên đầu dò sẽ liên tục quét để xác định vị trí đường hàn và đầu hàn sẽ di chuyển để tiến hành quá trình hàn. Trong giai đoạn nghiên cứu tiếp theo, kết cấu chi tiết của robot và hệ thống điều khiển sẽ được thiết kế và lập trình chương trình điều khiển.



Hình 8: Kết cấu cơ bản của robot hàn dùng cảm biến quang hoặc laser

#### 5. QUỸ ĐẠO CÔNG NGHỆ



Hình 9: Chuyển động tròn của đầu hàn tạo ra quỹ đạo công nghệ

Trong quá trình hàn, đầu hàn có chuyển động lắc để tạo thành mối hàn, đặc biệt là đối với mối hàn có bề rộng lớn. Chuyển động này có thể theo

hình sin, zig zag, răng cưa, bậc thang, tròn, ... Đề tài chọn chuyển động tròn bằng cách kết hợp chuyển động của hai động cơ bước với sự bù trừ theo hai phương tọa độ lần lượt là  $R\cos\alpha$  và  $R\sin\alpha$ , theo như hình 9, trong đó  $\Phi$  là đường kính của dây hàn hoặc que hàn.

## 6. KẾT LUẬN

Đề tài đã hoàn thành được các nội dung sau:

- Phân tích các phương thức nhận diện môi hàn cho đến nay cùng với các nhược điểm về mặt nguyên lý toán học và mặt công nghệ.

- Đề xuất phương thức và nguyên lý nhận diện môi hàn là dùng cảm biến laser theo hai chế độ: chế độ lấy mẫu và chế độ hàn đồng thời, cùng với kết cấu cơ khí cơ bản của đầu hàn.

Trong giai đoạn tiếp theo của nghiên cứu, tác giả đề xuất nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống điều khiển cho robot, đồng thời hàn thử nghiệm và đánh giá kết quả thực nghiệm để có thể ứng dụng vào thực tế sản xuất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Kamayana, Y. Kymura, F. Miyazaki, T. Noguchi, *Bản lưu Hội nghị quốc tế về robot và tự động hóa của IEEE*, (1990) trang 384-389.
- [2] Hostmans và Duboskyi, *Bản lưu Hội nghị quốc tế về robot và tự động hóa của IEEE*, Sacramento (1991), trang 2336-2341.
- [3] H.Seraji, *Bản lưu Hội nghị Quốc tế về Robot và Tự động hóa của IEEE*, (1993), trang 28-35.
- [4] J.M.Yang và J.H.Kim, *Kỹ yếu Hội nghị Robot và Tự động hóa*, (1999), trang 578-587.
- [5] T.Fukao, H. Nkagawa và N.Adachi, *Kỹ yếu hội nghị robot và tự động hóa*, (2000), trang 609-615.
- [6] V.S.Yoo, J.D. Kim và S.J.Na, (2001), *Kỹ yếu hội nghị robot và tự động hóa*, trang 853-868.
- [7] Phan Tấn Tùng, Nguyễn Tấn Tiến, Trần Thiện Phúc, Sang Bong Kim. “Điều khiển thích nghi cho tay máy di động với các thông số không biết trước”. *Kỹ yếu hội nghị quốc tế về tiến bộ kỹ thuật*. 2003, trang 206-210.
- [8] Ngô Mạnh Dũng, Young Gyu Ki, Chung Tấn Lâm và Sang Bong Kim, “Điều khiển cuộn chiều cho robot hàn di động bám theo đường hàn là đường cong tròn”, *Kỹ yếu Hội nghị Quốc tế về Tiến bộ Kỹ thuật*, ĐH Bách khoa Tp.HCM, 2003, trang 245-250.
- [9] Trần Thiện Phúc, Tấn Tùng Phan, Chung Tấn Lâm và Sang Bong Kim, “Điều khiển thích nghi cho tay máy hàn di động”. *Kỹ yếu Hội nghị Quốc tế về tiến bộ kỹ thuật*. 2003, trang 240-244.
- [10] Ngô Mạnh Dũng, Võ Hoàng Duy, Nguyễn Thanh Phương, Sang Bong Kim, Myung Suck Oh, “Two-Wheeled Welding Mobile Robot for Tracking a Smooth Curved Welding Path Using Adaptive Sliding-Mode Control Technique”, *Tạp chí quốc tế về Hệ thống Điều khiển Tự động*, Tập 5, Số 3, trang 283-294, 6/2007.
- [11] Bùi Trọng Hiếu, Nguyễn Tấn Tiến, Chung Tấn Lâm, Sang Bong Kim, “A Simple Nonlinear Control of a Two-Wheeled Welding Mobile Robot”, *Tạp chí quốc tế về Hệ thống Điều khiển Tự động*, tập 1, số 1, 3/2003.
- [12] Yang Bae Jeon, Sang Bong Kim, Soon Sil Park, “Modeling and Motion Control of Mobile for Lattice Type Welding”, *KSME*, Tập 16, Số 1, trang 83-93, 2002.
- [13] Ngạc Bảo Long, Lê Hoài Quốc, “Một giải pháp Nâng cao Năng suất và Chất lượng của Công đoạn Hàn Vò tàu với Robot Tự hành trên Đường ray”, *Bài báo khoa học*, 2004.
- [14] Trần Đình Trọng, Lê Hoài Quốc, *Nghiên cứu xây dựng quỹ đạo công nghệ cho robot hàn*, Sở Khoa học và Công nghệ Tp.HCM, 2005.
- [15] Huỳnh Lê Minh, “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mô hình robot hàn tự hành chuyên dùng hàn các đường cong phẳng trong mặt phẳng ngang”, *Luận văn Cao học*, Đại Học Bách Khoa TP. HCM, 2004.
- [16] Lê Công Danh, “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mô hình robot hàn tự vận hành chuyên dùng hàn ghép mí các đường cong phẳng trong mặt phẳng đứng”, *Luận văn cao học*, Đại Học Bách Khoa TP. HCM, 2008.