

THIẾT KẾ MODULE HÀN THÉP

DESIGN OF STEEL WELDING MODULE

Nguyễn Hữu Phước, Trương Minh Trí, Nguyễn Lê Tường, Nguyễn Hải Hoàn*

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

Email: 22143149@student.hcmute.edu.vn;

tritm@hcmute.edu.vn;

tuongnl@hcmute.edu.vn;

*hoannh@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Bài nghiên cứu tập trung vào việc thiết kế và tối ưu hóa một module hàn thép tấm, nhằm nâng cao hiệu quả hàn cũng như đảm bảo độ ổn định và chất lượng của mối hàn trong môi trường công nghiệp. Các yếu tố kỹ thuật như dạng mối hàn, phân bố nhiệt độ, kết cấu kẹp giữ, và điều khiển vị trí được khảo sát và mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng. Bằng cách phân tích nhiều cấu hình và tham số thiết kế, nghiên cứu đề xuất một mô hình module hàn có hiệu suất cao, thích hợp ứng dụng trong sản xuất tự động.

Từ khóa: Hàn thép tấm; Module hàn; Mô phỏng nhiệt; Tự động hóa; Tối ưu thiết kế.

ABSTRACT

The research focuses on the design and optimization of a sheet steel welding module, aiming to improve welding efficiency as well as ensure the stability and quality of welds in industrial environments. Technical factors such as weld joint type, temperature distribution, clamping structure, and positional control are analyzed and simulated using specialized software. By evaluating various configurations and design parameters, the study proposes a high-performance welding module model suitable for application in automated manufacturing systems.

Keywords: Sheet steel welding; Welding module; Thermal simulation; Automation; Design optimization. 

1. TỔNG QUAN

Hàn là một trong những quy trình cốt lõi trong sản xuất cơ khí, đặc biệt trong chế tạo kết cấu kim loại như thép tấm, đóng vai trò quan trọng trong nhiều ngành công nghiệp từ xây dựng, ô tô đến hàng không vũ trụ [1]. Với yêu cầu ngày càng cao về độ chính xác, năng suất và tính tự động hóa, việc thiết kế một module hàn chuyên dụng cho thép tấm trở nên cần thiết để đáp ứng các hệ thống sản xuất hiện đại [2]. Các module hàn truyền thống thường gặp phải những hạn chế như phân bố nhiệt không đồng đều, độ ổn định vị trí thấp và khó khăn trong việc tích hợp vào dây chuyền tự động [3]. Những vấn đề này không chỉ làm giảm chất lượng mối hàn mà còn ảnh hưởng đến hiệu quả sản xuất quy mô lớn, dẫn đến tăng chi phí và thời gian chế tạo [4]. Do đó, việc phát triển một module hàn hiện đại với cơ chế điều khiển linh hoạt, khả năng quản lý nhiệt tối ưu và tính tương thích cao với các hệ thống tự động hóa là một hướng đi quan trọng nhằm đáp ứng xu hướng công nghiệp 4.0 [5].

Nghiên cứu này tập trung vào thiết kế một module hàn thép cải tiến, nhằm khắc phục các hạn chế của các hệ thống hàn thông thường và nâng cao hiệu quả sản xuất [1]. Module được thiết kế với ba tính năng chính để giải quyết các vấn đề hiện tại. Đầu tiên, module đảm bảo phân bố nhiệt đồng đều trong suốt quá trình hàn, giảm thiểu các khuyết tật phổ biến trên thép tấm như cong vênh, biến dạng nhiệt hoặc nứt gãy [2]. Điều này được thực hiện thông qua việc kiểm soát chính xác các thông số hàn, bao gồm cường độ dòng điện, điện áp và tốc độ hàn, được điều chỉnh phù hợp với đặc tính vật liệu thép [3]. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng sự không đồng đều trong phân bố nhiệt là nguyên nhân chính dẫn đến ứng suất dư trong mối hàn, làm giảm độ bền và tuổi thọ của kết

cấu thép [4]. Do đó, module hàn này tích hợp các cảm biến nhiệt độ và hệ thống điều khiển thời gian thực để duy trì nhiệt độ ổn định trong vùng hàn [5].

Thứ hai, module tăng cường độ ổn định vị trí thông qua hệ thống kẹp chắc chắn và cơ chế giám sát thời gian thực [6]. Độ ổn định vị trí là yếu tố quan trọng để đảm bảo căn chỉnh chính xác giữa các tấm thép trong suốt quá trình hàn, đặc biệt khi thực hiện các mối hàn dài hoặc phức tạp [7]. Hệ thống kẹp được thiết kế với lực giữ đồng đều, kết hợp với các cảm biến vị trí để phát hiện và điều chỉnh kịp thời các sai lệch nhỏ trong quá trình hàn [8]. Điều này không chỉ cải thiện độ chính xác của mối hàn mà còn giảm nguy cơ khuyết tật do dịch chuyển vật liệu, từ đó nâng cao chất lượng tổng thể của sản phẩm [6]. Ngoài ra, hệ thống giám sát thời gian thực cung cấp dữ liệu liên tục về vị trí và trạng thái mối hàn, cho phép điều chỉnh nhanh chóng để duy trì hiệu suất tối ưu [7].

Thứ ba, module hàn được thiết kế với tính tương thích cao, cho phép tích hợp dễ dàng vào các dây chuyền sản xuất tự động hiện có [8]. Tính năng này được đảm bảo thông qua các giao diện module hóa, hỗ trợ kết nối với cánh tay robot, cảm biến và phần mềm điều khiển [1]. Trong bối cảnh các nhà máy sản xuất ngày càng chuyển đổi sang mô hình tự động hóa, khả năng tích hợp của module hàn là một yếu tố quan trọng để đảm bảo tính linh hoạt và hiệu quả trong sản xuất [2]. Ví dụ, module có thể được lập trình để phối hợp với các hệ thống robot hàn, cho phép thực hiện các mối hàn phức tạp với độ chính xác cao và tốc độ nhanh hơn so với hàn thủ công [3]. Ngoài ra, phần mềm điều khiển tích hợp cho phép người vận hành theo dõi và điều chỉnh các thông số hàn từ xa, giảm thiểu thời gian ngừng máy và tăng năng suất tổng thể [4].

Bằng cách khắc phục các hạn chế của hệ thống hàn truyền thống, module hàn thép được đề xuất trong nghiên cứu này mang lại nhiều lợi ích đáng kể. Trước hết, module nâng cao chất lượng mối hàn thông qua việc giảm thiểu khuyết tật và đảm bảo độ đồng đều, từ đó tăng độ bền và độ tin cậy của các kết cấu thép [5]. Thứ hai, module giảm thời gian sản xuất nhờ khả năng tự động hóa và kiểm soát chính xác, giúp các doanh nghiệp tối ưu hóa quy trình sản xuất và đáp ứng nhanh chóng nhu cầu thị trường [6]. Cuối cùng, module cải thiện hiệu quả kinh tế bằng cách giảm chi phí liên quan đến sửa chữa khuyết tật và tiêu hao vật liệu, đồng thời hỗ trợ sản xuất bền vững thông qua việc tối ưu hóa sử dụng năng lượng và vật liệu [7].

Về mặt ứng dụng, module hàn thép này có tiềm năng lớn trong nhiều ngành công nghiệp, từ chế tạo kết cấu thép cho xây dựng, sản xuất khung xe trong ngành ô tô, đến chế tạo các bộ phận máy móc trong ngành cơ khí [8]. Việc áp dụng công nghệ này không chỉ đáp ứng các yêu cầu khắt khe của sản xuất hiện đại mà còn góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh của các doanh nghiệp Việt Nam trên thị trường quốc tế [1]. Trong tương lai, nghiên cứu có thể mở rộng sang việc tích hợp các công nghệ tiên tiến hơn, chẳng hạn như trí tuệ nhân tạo để dự đoán và điều chỉnh thông số hàn, hoặc thử nghiệm với các loại vật liệu thép mới để đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật đặc thù [2]. Những nỗ lực này không chỉ mang ý nghĩa kỹ thuật mà còn đóng góp vào sự phát triển lâu dài của ngành công nghiệp cơ khí trong nước, hỗ trợ hội nhập sâu hơn vào chuỗi giá trị toàn cầu [3].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Hàn điện hồ quang là phương pháp sử dụng điện cực nóng chảy để tạo ra nhiệt độ

cao, làm nung chảy thép tấm và hình thành mối hàn. Quá trình này đòi hỏi kiểm soát chặt chẽ các thông số để đảm bảo chất lượng mối hàn. Nhiệt độ đóng vai trò quan trọng, nhưng nếu phân bố nhiệt không đồng đều, mối hàn có thể xuất hiện các khuyết tật như nứt, cong vênh hoặc suy giảm độ bền kết cấu. Do đó, việc thiết kế module hàn cần tập trung vào quản lý nhiệt hiệu quả để giảm thiểu các vấn đề này.

Module kẹp giữ là một thành phần quan trọng trong hệ thống hàn, đảm bảo thép tấm được cố định chắc chắn trong suốt quá trình. Module này cần có khả năng chống biến dạng do nhiệt, đồng thời hỗ trợ truyền nhiệt hợp lý để tránh tích tụ nhiệt cục bộ. Ngoài ra, nó phải duy trì vị trí ổn định của thép tấm, ngăn chặn dịch chuyển do giãn nở nhiệt hoặc rung động, từ đó đảm bảo độ chính xác của mối hàn.

Để tối ưu hóa thiết kế, việc ứng dụng phần mềm mô phỏng như ANSYS hoặc Solidworks Simulation là cần thiết. Các phần mềm này cho phép mô phỏng phân bố nhiệt độ, ứng suất và biến dạng trong quá trình hàn, giúp dự đoán các vấn đề tiềm ẩn và điều chỉnh thiết kế trước khi chế tạo. Nhờ đó, module hàn có thể được tinh chỉnh để đạt hiệu suất tối ưu, giảm thiểu khuyết tật và nâng cao độ bền của kết cấu thép.

Việc kết hợp nguyên lý hàn điện hồ quang, quản lý nhiệt, thiết kế module kẹp giữ và công cụ mô phỏng tạo nền tảng lý thuyết vững chắc cho việc phát triển một module hàn thép hiệu quả, đáp ứng yêu cầu của sản xuất hiện đại.

3. MÔ PHỎNG

Module hàn thép tấm là một tổ hợp hệ thống cơ điện tử tự động, được thiết kế chuyên 

biệt để phục vụ cho các dây chuyền sản xuất công nghiệp gia công kim loại tấm, đặc biệt là trong các công đoạn hàn liên kết các chi tiết bằng thép cacbon hoặc thép hợp kim. Hệ thống này không chỉ giúp nâng cao năng suất, đảm bảo độ chính xác và tính lặp lại của quá trình hàn, mà còn cho phép kiểm soát chất lượng mỗi hàn một cách toàn diện, phù hợp với các tiêu chuẩn công nghiệp hiện đại.

*Cấu trúc tổng thể của module hàn:

Cấu trúc chính của module bao gồm các thành phần sau:

- Khung đỡ chính: Là phần kết cấu chịu lực chính, thường được chế tạo bằng thép tổ hợp hoặc nhôm định hình nhằm đảm bảo độ cứng vững, giảm rung động trong quá trình vận hành.

- Bàn gá định vị thép tấm: Có nhiệm vụ cố định các tấm thép trước khi hàn, đảm bảo vị trí chính xác, hạn chế biến dạng do nhiệt khi hàn.

- Cơ cấu dẫn động mở hàn theo trục XY: Mở hàn được gắn trên một cơ cấu chuyển động hai trục (X-Y) sử dụng thanh trượt tuyến tính và trục vít me để tạo chuyển động chính xác, đảm bảo đường hàn đều đặn, đúng theo thiết kế.

- Hệ thống điều khiển lập trình PLC: Đây là bộ não của toàn bộ module, lập trình linh hoạt để điều khiển các chuyển động, thiết lập thông số hàn như dòng điện (I), điện áp (U), tốc độ hàn (v), thời gian hàn và thời gian ngắt, giúp tối ưu quá trình.

- Mở hàn MIG (Metal Inert Gas): Sử dụng phổ biến trong hàn thép, đặc biệt phù hợp

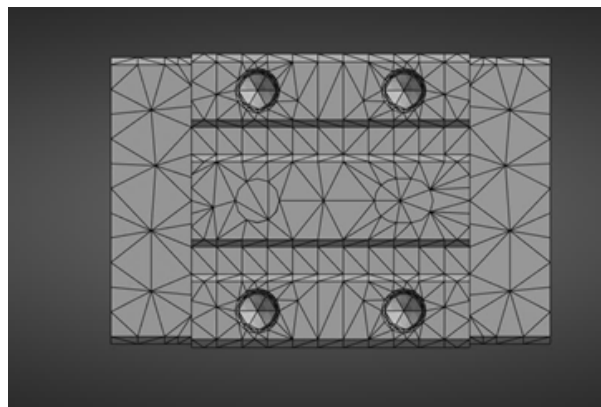
với các ứng dụng tự động hóa nhờ hồ quang ổn định, khả năng hàn nhanh, mối hàn đẹp và dễ kiểm soát.

- Cảm biến và hệ thống theo dõi mối hàn: Cảm biến quang hoặc cảm biến tiếp xúc được bố trí để xác định chính xác vị trí đầu mối hàn, mép tấm, đồng thời thu thập dữ liệu thực trong suốt quá trình hàn.

Toàn bộ module có thể được tích hợp linh hoạt trong các dây chuyền sản xuất lớn hoặc được vận hành như một thiết bị độc lập trong các xưởng cơ khí chuyên dụng.

(*) Phân tích mô phỏng các chi tiết cấu kiện trong module

Nhằm đánh giá độ bền và độ cứng vững của các chi tiết cơ khí trong module, nhóm nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng số bằng phần mềm ANSYS Mechanical, sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) để tính toán ứng suất, biến dạng, đồng thời xác định những vùng có nguy cơ phá hủy cao khi làm việc dưới tải trọng.



Hình 3.1. Miếng đỡ thanh trượt

Hình 3.1 thể hiện mô hình mô phỏng miếng đỡ thanh trượt, một chi tiết quan trọng có nhiệm vụ đỡ và dẫn hướng chuyển động của

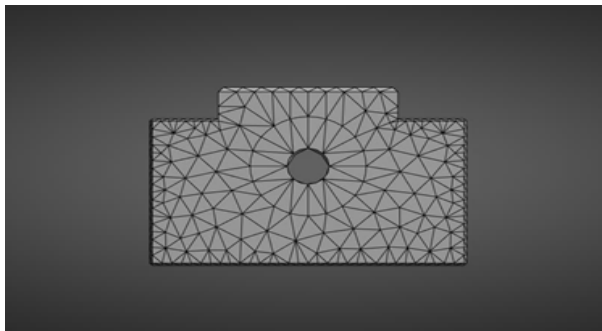
mở hàn dọc theo trục. Chi tiết này được mô phỏng với vật liệu là thép C45, mô đun đàn hồi $E = 210 \text{ GPa}$, hệ số Poisson $\nu = 0.3$.

Điều kiện biên áp dụng:

- Liên kết cố định (Fixed Support): Tại các lỗ bắt bu lông liên kết với khung chính;

- Tải trọng phân bố (Surface Pressure): Mô phỏng lực tiếp xúc giữa thanh trượt và mở hàn, với giá trị khoảng 150 N theo phương vuông góc với bề mặt đỡ.

Kết quả mô phỏng cho thấy ứng suất lớn nhất tập trung tại các góc liên kết, với giá trị nhỏ hơn giới hạn chảy của vật liệu, đảm bảo an toàn làm việc.



Hình 3.2. Gối đỡ trục vít me

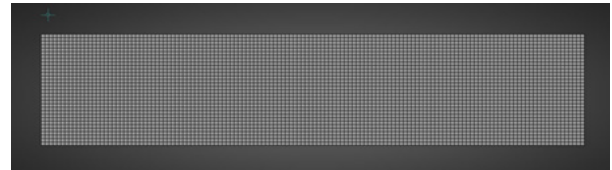
Hình 3.2. trình bày kết quả mô phỏng gối đỡ trục vít me, là chi tiết truyền tải lực từ động cơ đến cơ cấu dẫn động XY.

Điều kiện biên:

- Ràng buộc cứng (Fixed): Ở chân đế, nơi gối đỡ được bắt chặt với khung;

- Lực tập trung (Force): Áp dụng tải trọng trục dọc theo chiều vít me, giá trị khoảng 500 N, mô phỏng lực tác dụng từ momen xoắn của động cơ.

Mô hình cho thấy biến dạng tập trung chủ yếu tại vùng tiếp giáp giữa ổ lăn và trục, tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Mức ứng suất chính Von-Mises thấp hơn giới hạn chảy của thép chế tạo ($\sim 250 \text{ MPa}$), đảm bảo khả năng chịu tải lâu dài.



Hình 3.3. Mô phỏng ba tấm phôi thép

Hình 3.3 mô tả mô hình mô phỏng ba tấm phôi thép được kẹp chặt và chuẩn bị hàn. Việc mô phỏng này nhằm đánh giá ứng suất dư và biến dạng nhiệt trong quá trình hàn MIG.

Thông số vật liệu mô phỏng:

- Vật liệu: Thép hợp kim thấp (Low alloy steel);
- Mô đun đàn hồi: $E = 210 \text{ GPa}$;
- Hệ số dẫn nở nhiệt: $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$;
- Nhiệt dung riêng: $c = 470 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$;
- Truyền nhiệt: Mô hình dẫn nhiệt Fourier 3D.

Điều kiện biên:

- Ràng buộc dịch chuyển (Displacement Constraint): Tại các cạnh dưới mô phỏng bàn gá cố định tấm thép.

- Tải nhiệt (Thermal Load): Áp dụng nhiệt độ hồ quang hàn tại mép nối, nhiệt độ cực đại khoảng 1200°C , phân bố theo dạng Gauss.

- Tản nhiệt (Convection + Radiation): Tản nhiệt qua không khí với hệ số đối lưu $h = 15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ và bức xạ $\varepsilon = 0.85$.

Mô phỏng cho thấy sự xuất hiện vùng biến dạng dẻo cục bộ gần mép hàn, đồng thời

ứng suất dư sau khi nguội có xu hướng tập trung tại rìa mối hàn. Các kết quả này có thể được dùng để cải tiến quy trình hàn, giảm nguy cơ nứt hoặc cong vênh sau khi hàn.

4. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

Trong mô phỏng module hàn thép tấm, hệ thống dẫn hướng chuyển động được thiết kế dựa trên sự kết hợp giữa trục vít me thường và thanh nhôm định hình nhằm đảm bảo độ chính xác và tính linh hoạt trong lắp ráp. Trục vít me đảm nhận vai trò truyền động tuyến tính cho cụm mô hàn theo các trục X và Y, sử dụng động cơ bước để điều khiển đai ốc me trượt dọc theo trục khi quay. Thanh nhôm định hình loại 30x30, được sử dụng làm khung đỡ chính, tạo nên hệ kết cấu nhẹ, chắc chắn và dễ dàng tùy biến. Các khớp nối, bạc trượt và gối đỡ được gắn trực tiếp vào rãnh trượt của nhôm định hình bằng các bu lông chuyên dụng, tạo nên một hệ chuyển động ổn định và dễ bảo trì. Trong quá trình mô phỏng bằng phần mềm ANSYS, toàn bộ kết cấu này được kiểm tra chuyển động tuyến tính, vùng làm việc, cũng như độ chính xác vị trí mô hàn, giúp đánh giá và tối ưu hóa thiết kế trước khi đưa vào chế tạo thực tế.



Hình 4.1. Khung nhôm được mô phỏng trên phần mềm ANSYS



Hình 4.2. Mô phỏng độ cong của trục vítme khi bị trọng lượng đè xuống trên phần mềm ANSYS

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong quá trình thiết kế và phát triển module hàn tự động, việc tối ưu hóa các thành phần cấu trúc và cơ khí đóng vai trò quan trọng

nhằm đảm bảo hiệu suất, độ chính xác và an toàn của hệ thống. Một trong những yếu tố thiết yếu của thiết bị là việc sử dụng đệm gỗ để cách điện giữa phôi kim loại và các bộ phận dẫn điện như khung gá hoặc các chi tiết truyền dẫn dòng điện. Đệm gỗ không chỉ đảm bảo an toàn cho hệ thống và người vận hành mà còn được thiết kế với bề mặt tăng cường ma sát, giúp cố định phôi chắc chắn, ngăn ngừa hiện tượng trượt trong quá trình hàn. Nhờ đặc tính này, phôi kim loại được giữ ổn định, giảm thiểu sai lệch vị trí, từ đó nâng cao chất lượng mối hàn. Hình 5.1, mô hình 3D của thiết bị, thể hiện rõ vị trí và vai trò của đệm gỗ trong cấu trúc tổng thể, minh họa cách nó được tích hợp để hỗ trợ quá trình hàn hiệu quả.

Khung nhôm 30x30 là một thành phần quan trọng khác trong thiết kế của module hàn. Sau khi thực hiện các thay đổi thiết kế, khung nhôm được cải tiến với việc bổ sung các gân tăng cứng, giúp tăng khả năng chịu tải và độ bền cơ học. Chiều dài của khung được điều chỉnh phù hợp với không gian làm việc, đảm bảo không gian vận hành tối ưu mà vẫn duy trì tính linh hoạt trong lắp ráp. Hệ thống rãnh tiêu chuẩn trên khung nhôm cho phép dễ dàng định vị và kết nối với các bộ phận khác trong cấu trúc tổng thể, giảm thời gian lắp đặt và tăng tính chính xác. Hình 5.1 cũng minh họa rõ ràng cách khung nhôm 30x30 được tích hợp vào mô hình 3D, thể hiện sự chắc chắn và tính thẩm mỹ của thiết kế.

Bàn gá, một thành phần không thể thiếu của module hàn, đã được cải tiến đáng kể trong phiên bản mới. Thiết kế bàn gá hiện nay được bổ sung các rãnh lắp đặt kẹp, giúp cố định vật hàn một cách chắc chắn và linh hoạt hơn. Khoảng cách giữa các gờ kẹp được điều chỉnh để phù hợp với kích thước của các tấm thép tiêu chuẩn, từ đó hỗ trợ quá trình gá đặt

nhANH chóng và chính xác. Nhờ những cải tiến này, bàn gá không chỉ tăng độ ổn định của phôi trong quá trình hàn mà còn giảm thiểu thời gian chuẩn bị, nâng cao hiệu suất sản xuất. Hình 5.2, kiểm tra băng trượt, gián tiếp cho thấy sự liên kết giữa bàn gá và các bộ phận khác, đảm bảo rằng các kẹp cố định hoạt động hiệu quả trong việc giữ phôi tại vị trí mong muốn.

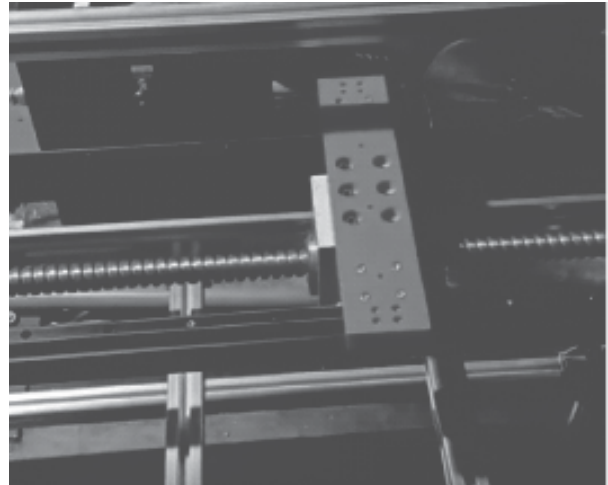
Trục vítme cũng là một bộ phận được tối ưu hóa để đáp ứng các yêu cầu khắt khe của module hàn. Kết quả mô phỏng cho thấy trục vítme sau khi cải tiến có độ dài phù hợp với hành trình yêu cầu, kết hợp tốt với đai ốc chống rơ để đảm bảo chuyển động tuyến tính mượt mà. Đặc biệt, thiết kế mới loại bỏ hiện tượng lệch trục khi kết nối với động cơ, từ đó tăng độ chính xác và độ bền của hệ thống. Hình 5.1, với góc nhìn chi tiết của mô hình 3D, minh họa rõ ràng cách trục vítme được tích hợp vào cấu trúc tổng thể, đảm bảo sự đồng bộ trong chuyển động của các bộ phận liên quan.



Hình 5.1. Mô hình 3D của thiết bị

Khung bàn gá mới được thiết kế với kết cấu chắc chắn hơn, hỗ trợ việc điều chỉnh vị trí của đầu hàn theo nhiều hướng khác nhau. Kết quả mô phỏng tải trọng cho thấy khung bàn gá có khả năng chịu lực tốt, hạn chế rung lắc trong quá trình vận hành. Cấu trúc lắp ráp hợp

lý của khung bàn gá không chỉ mang lại sự tiện lợi trong việc bảo trì mà còn đảm bảo tính linh hoạt khi cần thay đổi vị trí hàn. Hình 5.3, cơ cấu súng hàn, cung cấp cái nhìn chi tiết về cách khung bàn gá hỗ trợ đầu hàn, đảm bảo sự ổn định và chính xác trong quá trình thực hiện mỗi hàn.



Hình 5.2. Kiểm tra băng trượt

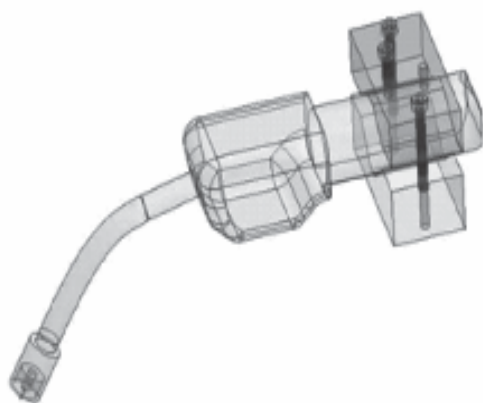
Thanh trượt là một cải tiến đáng chú ý khác trong thiết kế module hàn. Phiên bản mới của thanh trượt được tích hợp ray dẫn hướng và con trượt bi, giúp giảm ma sát và đảm bảo chuyển động mượt mà. Nhờ đó, độ chính xác trong định vị đầu hàn được cải thiện đáng kể, đồng thời giảm sai lệch trong quá trình vận hành. Hình 5.2, kiểm tra băng trượt, minh họa rõ ràng hiệu quả của thanh trượt mới, với các con trượt bi hoạt động trơn tru trên ray dẫn hướng, đảm bảo sự ổn định và chính xác của hệ thống.

Cơ cấu dao động của súng hàn, được thể hiện chi tiết trong Hình 5.4, đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng mỗi hàn. Cơ cấu này cho phép súng hàn di chuyển theo các quỹ đạo được lập trình, đảm bảo sự phân bố nhiệt độ đồng đều và hình dạng mỗi hàn tối ưu. Kết quả mô phỏng 3D cho thấy rằng



sau các thay đổi thiết kế, module hàn không chỉ cải thiện về tính cơ học và độ ổn định mà còn nâng cao khả năng tương thích với hệ thống điều khiển tự động. Các kết cấu được tối ưu hóa giúp hệ thống vận hành hiệu quả hơn và dễ dàng bảo trì trong điều kiện thực tế.

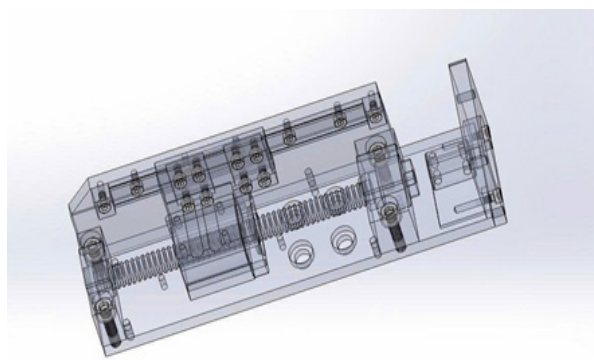
Thông qua việc khảo sát nhiều biến thể thiết kế của module hàn, nghiên cứu đã chỉ ra rằng hình dạng mối hàn, lực ép và sự phân bố nhiệt độ đồng đều là những yếu tố then chốt quyết định chất lượng sản phẩm. Module hàn được trang bị cơ cấu kẹp linh hoạt, tích hợp cảm biến nhiệt độ và hệ thống điều khiển hành trình tự động đã thể hiện hiệu suất vượt trội trong các thử nghiệm thực tế. Việc mô phỏng các kịch bản hoạt động cho phép nhóm nghiên cứu dự đoán trước các điểm yếu tiềm năng, từ đó điều chỉnh thiết kế kịp thời để giảm thiểu sai số. Những cải tiến này không chỉ rút ngắn thời gian thiết kế mà còn tăng hiệu quả triển khai trong môi trường sản xuất thực tế. Các hình ảnh minh họa, từ Hình 5.1 đến Hình 5.4, cung cấp cái nhìn trực quan về sự tiến bộ trong thiết kế, giúp làm rõ cách các bộ phận được tối ưu hóa để đạt được hiệu suất cao nhất.



Hình 5.3. Cơ cấu súng hàn

Tóm lại, module hàn sau khi được cải tiến đã đạt được những bước tiến đáng kể về độ

bền, độ chính xác và tính linh hoạt. Các thành phần như đệm gỗ, khung nhôm, bàn gá, trục vítme, thanh trượt và cơ cấu súng hàn đều được thiết kế và tích hợp một cách đồng bộ, đảm bảo hiệu quả vận hành tối ưu. Những kết quả này không chỉ khẳng định tiềm năng của module hàn trong các ứng dụng công nghiệp mà còn đặt nền tảng cho các nghiên cứu và phát triển tiếp theo trong lĩnh vực tự động hóa sản xuất.



Hình 5.4. Cơ cấu dao động súng hàn

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất một hướng tiếp cận toàn diện trong thiết kế module hàn thép tấm, với trọng tâm là tối ưu hóa phân bố nhiệt, cấu trúc kẹp giữ và hệ thống điều khiển tự động. Kết quả cho thấy module được thiết kế phù hợp có thể nâng cao hiệu quả hàn, giảm tỷ lệ lỗi và tăng năng suất trong môi trường sản xuất công nghiệp hiện đại.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Phan Thị Đăng Thư;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Hữu Phước, Trương Minh Trí, Nguyễn Lê Tường, Nguyễn Hải Hoàn.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2025-341. ❖

Ngày nhận bài: **05/5/2025**

Ngày phản biện: **19/5/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Huo, D., & Cheng, K. (2008), “*A dynamics-driven approach to the design of precision machine tools for micro-manufacturing and its implementation perspectives*”. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 222(1), 1–13.
- [2]. Altintas, A. (2000), “*Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations and CNC Design*”. Cambridge University Press.
- [3]. Liu, X., DeVor, R. E., Kapoor, S. G., & Ehmann, K. F. (2004), “*The mechanics of machining at the microscale: Assessment of the current state of the science*”. Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME, 126(4), 666–678.
- [4]. Erdel, B. P. (2003), “*High Speed Machining*”. Society of Manufacturing Engineers.
- [5]. Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2006), “*Metal Cutting Theory and Practice*” (2nd ed.). Taylor & Francis.
- [6]. Ehmann, K. F., Bourell, D., Culpepper, M. L., Hodgson, T. J., Kurfess, T. R., Madou, M., Rajurkar, K., & De Vor, R. E. (2005), “*International assessment of research and development in micromanufacturing*”. World Technology Evaluation Center.
- [7]. Luo, X., Cheng, K., Webb, D., & Wardle, F. (2005), “*Design of ultraprecision machine tools with applications to manufacture of miniature and micro components*”. Journal of Materials Processing Technology, 167(2-3), 515–528.
- [8]. Zaeh, M., & Siedl, D. (2007), “*A new method for simulation of machining performance by integrating finite element and multi-body simulation for machine tools*”. Annals of the CIRP, 56(1), 383–386.