

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ GHEP NỐI CÁC TẤM VẬT LIỆU KHÁC NHAU BẰNG ĐINH TÁN RỔNG

RESEARCHING ON JOINING TECHNOLOGY OF DIFERRENT SHEET METALS USING HOLLOW RIVET

Nguyễn Đắc Trung, Nguyễn Trung Kiên
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Để giảm thiểu trọng lượng của máy móc, thiết bị, các nhà kỹ thuật thường sử dụng các chi tiết, kết cấu máy được làm từ các vật liệu nhẹ như hợp kim nhôm, magiê. Các chi tiết này khi lắp ráp với các chi tiết khác làm từ vật liệu thép hoàn toàn không đơn giản bởi các phương pháp ghép nối truyền thống như hàn điểm không thực hiện được hoặc không có hiệu quả cao. Bài báo dưới đây trình bày các kết quả nghiên cứu một công nghệ ghép nối mới có sử dụng đinh tán rỗng. Công nghệ này đặc biệt phù hợp khi ghép nối các chi tiết tấm mỏng từ vật liệu khác nhau dùng trong công nghiệp ô tô, hàng không hay dân dụng. Với việc ứng dụng phương pháp mô phỏng số quá trình ghép nối cho phép phân tích đánh giá quá trình hình thành mối ghép cũng như tối ưu được các thông số công nghệ, hình dạng và kích thước của dụng cụ ghép nối. Độ chính xác của các kết quả mô phỏng số và tính khả dụng của phương pháp ghép nối được chứng minh qua các thực nghiệm khi ghép nối hai loại vật liệu hợp kim nhôm và thép.

ABSTRACT

In order To reduce the weight of machines and equipments, the technicians are often using the parts made of materials like aluminum, magnesium and their alloys. It is not easy to join those parts with another made of steel alloys, because the conventional welding methods are not suitable or restrictively to joint them together. Therefore, this article presents a new joining method using hollow rivet based on deformation of metals. This technology is applied effectively for joining different thin sheets in the light constructions such as in automobile industry, aerospace and house wares. The using numerical simulation of joining process enables to analyse the taking shape of joints as well as to optimize technological parameters, extension of procedural boundaries, form and geometry of riveting tools. The accuracy of simulation results and application of this riveting method could be demonstrated by experiments for joining of two sheet metals form aluminum alloy and steel.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để ghép nối các chi tiết dạng tấm hay vỏ mỏng trong công nghiệp ô tô, chế tạo vỏ hộp thiết bị điện hay đồ gia dụng, từ trước tới nay vẫn hay ứng dụng phương pháp hàn điểm hay ghép bu lông hoặc vít. Trong vòng 5 năm trở lại đây, đa phần các chi tiết dạng tấm trước khi đem ghép nối đã được phủ sơn, nhựa hoặc mạ kẽm để bảo vệ và chống ăn mòn. Việc ghép nối các chi tiết thép tấm có phủ bằng phương pháp hàn điểm không kinh tế, bởi lẽ khi hàn các lớp phủ sẽ bị hỏng do ảnh hưởng của nhiệt độ khi hàn, sau khi hàn phải xử lý lại mối hàn. Hơn nữa, do yêu cầu kết cấu máy phải nhẹ để tiết kiệm nhiên liệu khi vận hành, nên các nhà kỹ thuật đã lựa chọn vật liệu hợp kim nhôm hay magiê để làm các chi tiết khung, vỏ máy. Đối với việc ghép nối chi tiết tấm bằng hợp kim

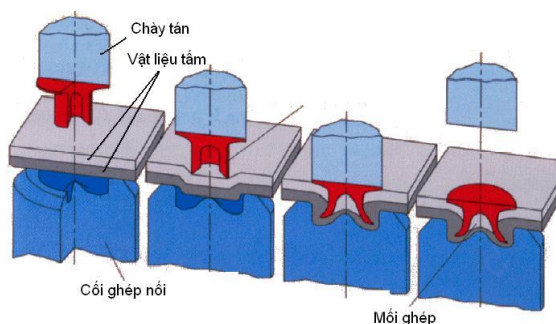
nhôm không thực hiện được bằng hàn điểm. Phương pháp dán các kim loại khác nhau cũng có nhiều nhược điểm mà chủ yếu là độ bền mối ghép không cao cũng như không có khả năng chịu nhiệt [1]. Chính vì vậy, việc nghiên cứu các phương pháp ghép nối mới dựa trên biến dạng dẻo kim loại đang là rất cần thiết để đáp ứng nhu cầu ghép nối các vật liệu có tính chất cơ lý khác nhau.

Theo các tài liệu đã công bố, hiện nay, có nhiều phương pháp ghép nối khác nhau dựa trên biến dạng dẻo kim loại để ghép nối các chi tiết tấm mỏng từ các vật liệu khác nhau như hợp kim nhôm và thép thì phương pháp ghép nối có và không có đinh tán đang được quan tâm nghiên cứu và cũng đã được ứng dụng trong công nghiệp. Phương pháp ghép nối không có đinh tán có nhiều ưu điểm đặc biệt

trong việc ghép nối các tấm cùng vật liệu từ hợp kim nhôm, magiê có chiều dày tấm lớn hơn 1,0 mm. Nhưng đối với việc ghép nối các chi tiết tấm mỏng hơn và từ các vật liệu có đặc tính dẻo khác nhau thì phương pháp này có nhiều hạn chế [2]. Phương pháp ghép nối có đinh tán đặc, thường được sử dụng có khả năng ghép nối các chi tiết tấm mỏng từ vật liệu khác nhau, nhưng lại có nhược điểm là độ bền mối ghép không cao bởi mức độ biến dạng của vật liệu khác nhau ảnh hưởng nhiều đến cơ chế hình thành mối ghép. Để khắc phục các nhược điểm của phương pháp ghép nối hiện hành, trong bài báo này, chúng tôi đề xuất phương pháp ghép nối mới sử dụng đinh tán rỗng để ghép nối các chi tiết tấm từ vật liệu khác nhau.

II. NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ GHEP NỐI BẰNG ĐINH TÁN RỎNG

Sơ đồ các bước thực hiện ghép nối được trình bày trên hình 1.



Hình 1. Phương pháp ghép nối sử dụng đinh tán rỗng

Để thực hiện việc ghép nối cần có đinh tán, dụng cụ ghép nối gồm chày tán và cối ghép nối. Đầu tiên các chi tiết tấm, vỏ mỏng được đặt trên cối ghép đúng vị trí cần ghép nối. Chày tán mang đinh tán rỗng đi vào cối ghép làm biến dạng vật liệu tấm theo biên dạng của lòng cối. Khi chày tán đi hết hành trình làm việc, đinh tán sẽ được găm và nằm lại bên trong vật liệu hai tấm và hình thành mối ghép (hình 1). Điểm đặc biệt trong quá trình ghép nối này là đinh tán dạng rỗng, có độ bền cao sẽ làm biến dạng hai tấm vật liệu, gây phá hủy tấm thứ nhất và tiếp tục chèn ép làm tấm thứ nhất và tấm thứ hai biến dạng ôm chặt lấy đinh tán. Sau khi ghép nối, đinh tán không tháo được ra và hai tấm vật liệu dính chặt với nhau. Phương pháp ghép nối này có những ưu điểm nổi bật sau:

- không phải xử lý vị trí mối ghép trước,
- độ bền mối ghép lớn,
- không có tác dụng của nhiệt độ làm thay đổi thuộc tính cơ học của vật liệu,
- lực ghép nối không cao và có khả năng thích ứng với việc ghép nối các chi tiết vỏ mỏng từ các vật liệu khác nhau.

Tuy nhiên, phương pháp ghép nối cũng có những nhược điểm đó là phải chế tạo đinh tán đặc chuyên có độ bền lớn và có hình dạng khá phức tạp.

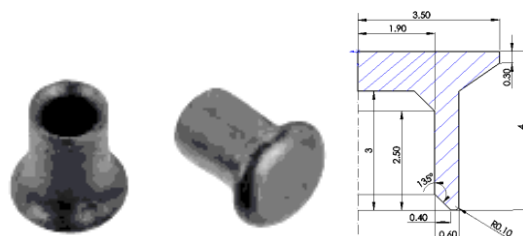
Để khảo sát quá trình ghép nối cũng như đánh giá được chất lượng của mối ghép cần phải tối ưu các thông số công nghệ như lực ghép nối, lực chặn phôi, tốc độ biến dạng, kích thước hình học của đinh tán. Việc tính toán tối ưu công nghệ khó có thể thực hiện bằng phương pháp giải tích, song với việc sử dụng công nghệ tính toán mô phỏng số cho phép nhanh chóng tối ưu công nghệ, khảo sát trực quan quá trình hình thành mối ghép và đánh giá được các thông số ảnh hưởng đến chất lượng, độ bền mối ghép.

III. MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH GHEP NỐI CÓ ĐINH TÁN RỎNG

Để thiết lập được quá trình mô phỏng số cần thiết lập được mô hình bài toán với đầy đủ các điều kiện biên tương ứng.

3.1 Thiết lập mô hình hình học của bài toán

Mô hình hình học bao gồm vật liệu tấm ghép nối, đinh tán và dụng cụ gia công (chày tán, cối ghép nối và tấm chặn). Mô hình đinh tán với các kích thước hình học được thể hiện trên hình 2. Có nhiều dạng đinh tán rỗng đã được ứng dụng trong thực tế. Ở phần mô phỏng này chọn dạng đinh tán chuẩn và kích thước hình học được lấy từ nhà sản xuất [3], [4].



Hình 2. Hình dạng và kích thước đinh tán rỗng

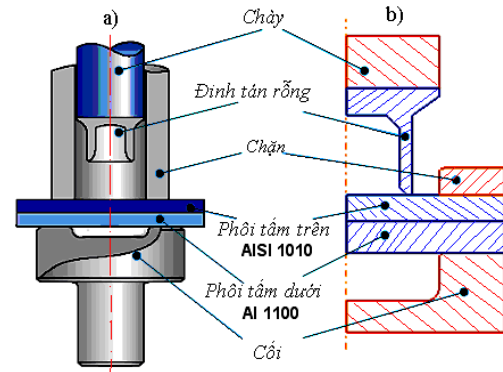
Cối ghép nối có hình dạng tròn xoay, đáy phẳng. Độ sâu cối và các bán kính lượn ảnh hưởng tới quá trình biến dạng của vật liệu phải được thiết kế sao cho phù hợp với đỉnh tán và kích thước, hình dạng của mối ghép. Chày tán đóng vai trò truyền lực từ thiết bị tới đỉnh tán và có hình dạng đơn giản hình trụ, đáy phẳng. Tấm chặn có tác dụng giữ phôi ổn định quá trình kéo phôi trên và cắt phôi trên. Kết cấu hình học của tấm chặn có dạng vành trụ tròn.

Như vậy, mô hình hình học tổng thể của quá trình ghép nối được thể hiện trên hình 3. Mối ghép đỉnh tán rộng có dạng đối xứng trục, vì vậy để đơn giản hoá bài toán ta có thể khảo sát bài toán trong hệ tọa độ đối xứng trục.

3.2 Các thông số vật liệu

Các thông số vật liệu đỉnh tán, tấm ghép nối và dụng cụ được trình bày trong bảng 1. Trong quá trình ghép nối, đỉnh tán bị biến dạng dẻo, vật liệu tấm vừa bị biến dạng dẻo và có thể

bị phá hủy cục bộ. Chính vì vậy, khi tính toán cần thiết phải đưa vào thông số ứng suất chảy và ứng suất bền của vật liệu. Đối với dụng cụ ghép nối (chày tán, cối ghép và chặn) coi như chỉ bị biến dạng đàn hồi trong quá trình ghép nối.



Hình 3. Mô hình hình học bài toán ghép nối bằng đỉnh tán rộng

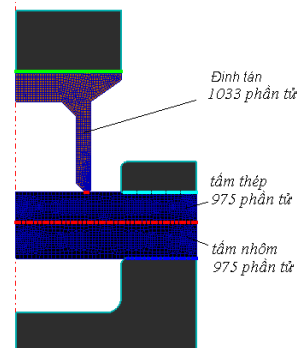
Bảng 1. Các thông số vật liệu của các chi tiết tham gia vào quá trình ghép nối

Chi tiết Thông số	Đỉnh tán	Tấm nhôm (dày 1,2 mm)	Tấm thép (dày 1,0 mm)	Dụng cụ ghép nối
Ký hiệu	AISI 1060	Al 1100	AISI 1010	AISI D2
Mô đun đàn hồi (GPa)	206,754	68,9	199,948	210
Hệ số poisson	0,3	0,33	0,3	0,3
Ứng suất chảy (MPa)	415	183	325	
Ứng suất bền (MPa)	595	274	457	

3.3 Thiết lập mô hình phần tử hữu hạn

Quá trình thiết lập mô hình phần tử hữu hạn được thực hiện với sự trợ giúp của phần mềm DEFORM. Độ chính xác kết quả của việc giải bài toán bằng mô phỏng số phụ thuộc nhiều vào việc chia lưới phần tử cho các chi tiết. Số lượng phần tử càng nhiều, độ chính xác của kết quả càng cao, tuy nhiên thời gian tính toán mô phỏng sẽ càng dài. Đối với việc giải bài toán ghép nối, các thông số quá trình đều là hàm số thay đổi theo thời gian. Chính vì vậy, vừa tiết kiệm thời gian tính toán, vừa nâng cao độ chính xác của kết quả mô phỏng số ta sẽ ứng dụng phương pháp cập nhật lưới biến dạng mới phụ thuộc vào thời gian hoặc mức độ biến dạng. Như vậy, số lượng phần tử của các chi tiết trong quá trình ghép nối có đỉnh tán rộng này có thể lấy ban đầu như sau: phôi tấm thép (tấm trên)

và phôi tấm nhôm (tấm dưới) có 975 phần tử tứ giác 4 nút, đỉnh tán có 1033 phần tử tứ giác 4 nút. Mô hình lưới phần tử được thể hiện trên hình 4. Đối với dụng cụ gia công coi như chỉ biến dạng đàn hồi trong quá trình ghép nối nên không cần phải chia lưới phần tử.



Hình 4. Mô hình lưới phần tử hữu hạn

3.4 Điều kiện biên của bài toán

Các điều kiện biên của quá trình ghép nối bao gồm điều kiện biên tiếp xúc và điều kiện biên động học. Trong quá trình ghép nối, luôn có sự tiếp xúc giữa dụng cụ gia công và phôi cũng như tiếp xúc bản thân giữa 2 phôi tấm. Trong quá trình này, điều kiện tiếp xúc luôn thay đổi phụ thuộc vào điều kiện biến dạng cụ thể của vật liệu. Ở đây có thể áp dụng mô hình ma sát của Coulomb. Lực ma sát trong trường hợp có sự trượt tương đối trên mặt tiếp xúc được tính như sau:

$$F = \mu \cdot f_n \quad (1)$$

Trong đó, μ là hệ số ma sát trong điều kiện biến dạng nguội ($\mu = 0.1$) [3]. Nếu đặt u_j là chuyển vị của các nút lưới phần tử thì lực tiếp xúc trên tại các nút có thể mô tả như sau:

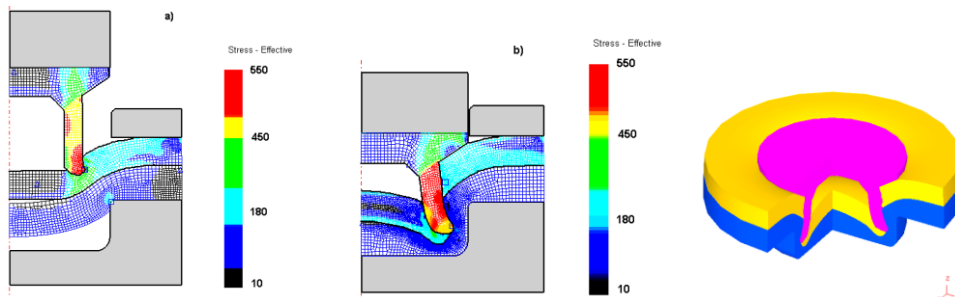
$$\vec{f}_i = G_{ij} \cdot \vec{u}_j \quad (2)$$

với G_{ij} là ma trận ma sát tiếp xúc. Khi tiến hành mô phỏng số và giải bài toán tiếp xúc, cần thiết phải xác định được lực tiếp xúc f_i và lực ma sát F thông qua chuyển vị, tốc độ chuyển vị của các

nút trên mặt tiếp xúc. Như vậy cần phải đưa vào điều kiện biên động học như tốc độ ép của chày tán tính theo tốc độ của đầu trượt máy ép thủy lực có $v=100\text{mm/s}$. Hành trình của chày tán là 4.0 mm.

3.5 Kết quả mô phỏng

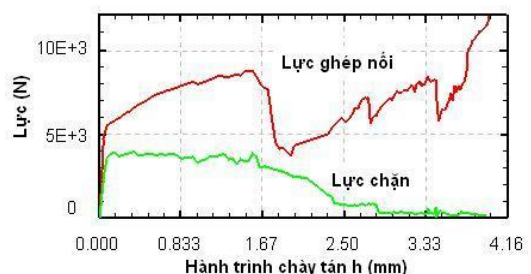
Thời gian tính toán mô phỏng quá trình ghép nối bằng phần mềm DEFORM là 5 giờ. Số lượng phần tử cập nhật khi kết thúc quá trình ghép nối: đỉnh tán 2556 phần tử, phôi tấm nhôm 3140 phần tử và phôi tấm thép 3157 phần tử. Hình 5 biểu diễn phân bố ứng suất tương đương tại thời điểm bắt đầu xuất hiện phá hủy trên phôi tấm thép tại vị trí tiếp xúc với đầu đỉnh tán (ứng suất trên phôi tấm thép 457 MPa đạt giá trị bằng ứng suất bền của vật liệu) và thời điểm kết thúc quá trình ghép nối. Kể từ khi phôi tấm thép bị cắt đứt, đỉnh tán tiếp tục đi vào vật liệu sẽ làm cho vật liệu ở phần bên trong đỉnh tán chịu nén. Vì vậy, mũi đỉnh tán chịu nén sẽ bị loe ra phía ngoài tạo ra sự liên kết hình học trong mỗi ghép và đảm bảo cho các chi tiết tấm cũng như đỉnh tán không bị tách rời khỏi nhau.



Hình 5. Phân bố ứng suất tương đương trên vật liệu tại thời điểm phôi tấm thép bắt đầu bị phá hủy (a) và kết thúc quá trình ghép nối (b)

Hình 6 biểu diễn lực ghép nối thay đổi phụ thuộc vào hành trình chày tán. Ban đầu lực tăng dần và đạt lớn nhất bằng 8.5 kN tại thời điểm khi phôi tấm thép bị cắt đứt. Sau đó lực ghép nối giảm dần do lực chỉ cần thiết để biến dạng phôi tấm nhôm. Đến cuối hành trình chày tán, lực ghép nối đạt cực đại bằng 15 kN khi kim loại bị nén và điền đầy vào lòng cối ghép. Lực chặn thay đổi phụ thuộc vào hành trình chày tán lớn nhất bằng 3.6 kN, đảm bảo cho phôi tấm không bị phồng ngược lên. Khi kim

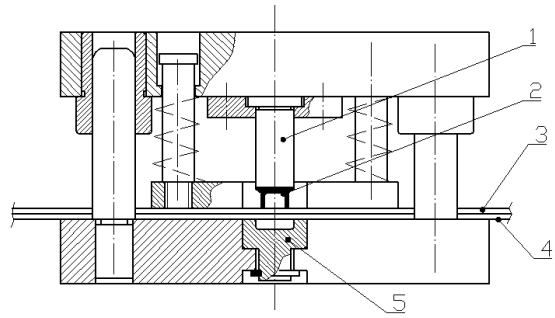
loại tấm đã biến dạng vào lòng cối ghép, lực chặn giảm dần về 0.



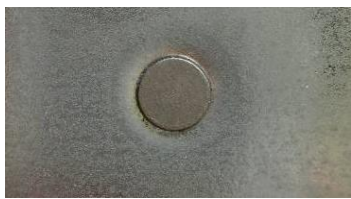
Hình 6. Biểu đồ lực ép và lực chặn thay đổi theo hành trình chày tán

IV. KIỂM NGHIỆM QUÁ TRÌNH GHEP BẰNG ĐÌNH TÁN RỘNG BẰNG THỰC NGHIỆM

Khuôn thực nghiệm để ghép nối bằng đình tán rộng hai tấm vật liệu hợp kim nhôm – thép được thể hiện trên hình 7, trong đó ngoài các chi tiết chính gồm chày tán (1), tấm chặn, đình tán (2), vật liệu ghép nối (3,4), cối ghép (5) còn có các cụm chi tiết khác như dẫn hướng, khối khuôn trên để lắp khuôn trên lên đầu trượt, khối khuôn dưới để lắp nửa khuôn dưới lên bàn máy.



Hình 7. Bản vẽ lắp ghép khuôn ghép nối bằng đình tán rộng



a) Mặt trên



b) Mặt dưới



c) Mặt cắt ngang

Hình 8. Mẫu thực nghiệm ghép nối tấm hợp kim nhôm – thép bằng đình tán rộng

Hình 8 biểu diễn hình ảnh mỗi ghép tấm thép AISI 1010 và tấm hợp kim nhôm Al 1100. Qua phân tích hình dạng bên ngoài của mỗi ghép cũng như mặt cắt ngang của mỗi ghép khẳng định các chi tiết liên kết với nhau thông qua biến dạng dẻo của phôi tấm và đình tán hoàn toàn phù hợp với kết quả mô phỏng.

Bảng 2 trình bày kết quả so sánh hình dạng hình học của mỗi ghép giữa mô phỏng số và thực nghiệm. Đình tán sau khi đâm xuyên qua phôi tấm thép đã ép phôi nhôm sát vào lòng

cối. Do kim loại ở bên trong đình tán bị nén nên chèn ép lên chân đình tán và làm cho đình tán bị loe ra bên ngoài. Cơ chế biến dạng của vật liệu đã tạo ra các thông số hình học của mỗi ghép như trong bảng 2. Qua so sánh các thông số hình học có thể khẳng định được sự tương đồng của kết quả tính toán mô phỏng với thực tế. Điều đó khẳng định rằng mô hình tính toán là chính xác, phương pháp ghép nối là hoàn toàn khả thi trên thực tế.

Bảng 2. So sánh hình dạng hình học của mỗi ghép giữa thực nghiệm và tính toán mô phỏng

Thông số hình học của mỗi ghép		
Độ khóa u (mm)	0.37	0.34
Độ lồi của mũ đình tán K (mm)	0.09	0.04
Độ mỏng của tấm dưới (mm)	0.46	0.42
Độ loe của chân đình tán (mm)	5.5	6.0

V. KẾT LUẬN

Phương pháp ghép nối các chi tiết tấm từ vật liệu, chiều dày khác nhau bằng đinh tán rỗng dựa trên biến dạng dẻo của kim loại là một phương pháp mới, chưa được ứng dụng tại Việt nam. Việc nghiên cứu phương pháp, thiết lập mô hình tính toán và xây dựng mô hình thực nghiệm cho phép nhanh chóng tối ưu các thông

số công nghệ cũng như kích thước hình dạng của khuôn mẫu và qua đó cũng đã chứng tỏ được tính ưu việt của phương pháp. Công nghệ ghép nối này sẽ được triển khai vào thực tế sản xuất tại một số nhà máy lắp ráp ô tô tại Việt Nam để khẳng định thêm tính hiệu quả của phương pháp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *U. Fuessel, J. Kalich*; Verfahrenvorstellung fuer Hybridfuegen, Institut fuer Produktionstechnik; TU-Dresden; 1.2005
2. *Nguyen Trung Kien*; Masterarbeit Untersuchungen zum Einfluss einer steuerbaren Niederhalterkinematik auf Verbindungsausbildung und Festigkeitsverhalten von Halbhohlstanznietverbindung; TU-Dresden; September 2006.
3. DVS®/EFB-Merkblatt 3410 Stanznieten mit Halbhohl- und Vollstanzniet; 11.8.2003
4. *U. Füssel, J. Kalich, F. Liebrecht*; Mechanische und Hybridfügetechnik – Stand von Forschung und Entwicklung, TU Dresden / Institut für Produktionstechnik; 28.9.2005

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Đắc Trung - Tel: (04) 3869.2430, Mobile 0913.059.227
Bộ môn Gia công áp lực, Khoa Cơ khí
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội