

Nghiên cứu, thiết kế dụng cụ hàn ma sát khuấy để hàn giáp mối hợp kim nhôm

Phạm Minh Tâm*, Nguyễn Anh Tuấn **

* Khoa Cơ khí động lực, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Vinh

** Bộ phận Quan hệ doanh nghiệp - Việc làm sinh viên, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Received: 28/3/2024; Accepted: 8/4/2024; Published: 18/4/2024

Abstract: Friction tight welding (FSW - Friction Stir Welding) is a new welding technology, does not use filler metal to fill the weld, has almost no deformation and no crystallization cracks, environmentally friendly. There is no hot process, no toxic gas is created when welding, no arc rays or energy radiation, high efficiency of energy and material use.

This article researches and designs friction welding tools for butt welding of parts made from aluminum alloys, experimentally evaluates the quality of welding tools and the quality of friction welds when welding aluminum alloys.

Keywords: Friction welding, Aluminum alloy welding, Friction welding tools, ...

1. Đặt vấn đề

Ngày càng có nhiều phương pháp hàn khác nhau ra đời để giải quyết vấn đề tối ưu hóa sử dụng nguyên vật liệu, năng lượng, bảo vệ môi trường, ... Các công nghệ hàn nóng chảy như TIG, MIG/MAG, hàn tự động dưới lớp thuốc, ... dần bộc lộ những nhược điểm và ít ứng dụng để hàn vật liệu hợp kim nhôm. Hàn ma sát khuấy (FSW) là một công nghệ hàn mới, không sử dụng kim loại phụ để điền đầy mối hàn, hầu như không biến dạng và không có vết nứt kết tinh, thân thiện với môi trường do không có quá trình nóng chảy, không tạo khí độc khi hàn, không phát tia hồ quang và năng lượng bức xạ, hiệu quả sử dụng năng lượng và vật liệu cao.

Nhôm và hợp kim nhôm ngày càng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp do những ưu điểm như: khối lượng riêng thấp, giá thành thấp, có hệ số dẫn điện, dẫn nhiệt cao, dễ công tạo hình, ... Đây là nhóm vật liệu khó hàn khi áp dụng công nghệ hàn nóng chảy, tuy nhiên rất phù hợp khi hàn ma sát khuấy (FSW).

Phân tích, nghiên cứu và hệ thống hóa các kiến thức công nghệ hàn FSW và thiết kế, thực nghiệm dụng cụ hàn FSW ứng dụng trong hàn hợp kim nhôm là nội dung chính của nghiên cứu này.

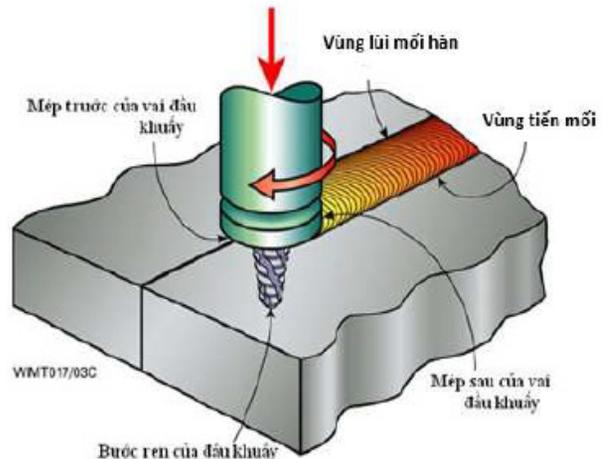
2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Khái niệm công nghệ hàn ma sát khuấy (FSW)

Hàn ma sát khuấy là quá trình sử dụng đầu khuấy (công cụ khuấy) quay ở tốc độ nhất định, tạo ra nhiệt nhờ ma sát trong phôi. Bằng cách tác động của đầu

khuấy trên một đường định trước trên phôi hàn, kim loại cơ bản nóng lên làm chúng chảy dẻo, khuếch tán vào nhau và tạo ra đường hàn sau khi đầu khuấy đi qua [1].

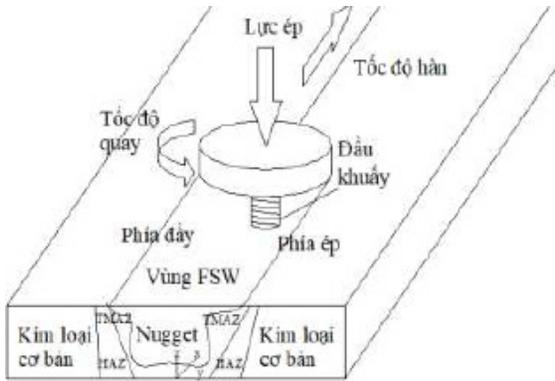
Hệ thống hàn ma sát khuấy hoạt động theo nguyên lý như biểu diễn trên hình 1 [1]:



Hình 2.1. Nguyên lý hàn ma sát khuấy

Bằng cách giữ cho đầu khuấy xoay và di chuyển dọc theo đường hàn để thực hiện quá trình hàn, vật liệu mềm ra và khuấy trộn với nhau tạo thành một mối hàn mà không nóng chảy. Những mối hàn này yêu cầu năng lượng đầu vào thấp, không cần sử dụng vật liệu phụ và hầu như không biến dạng.

Mối hàn ma sát khuấy thường bao gồm 4 vùng (Hình 2.2):



Hình 2.2. Các vùng vật liệu trong mối hàn ma sát khuấy

- a) Kim loại cơ bản: không bị ảnh hưởng nhiệt
- b) Vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ)
- c) Vùng ảnh hưởng cơ nhiệt (TMAZ)
- d) Vùng khuấy bằng ma sát (FSP).

Sự hình thành các vùng này bị ảnh hưởng bởi sự chuyển động của dòng chảy vật liệu dưới tác dụng của công cụ không tiêu hao. Các chuyển động dòng chảy chịu ảnh hưởng lớn bởi các thông số hình học của công cụ và các thông số quá trình hàn [2,3].

2.2. Ưu nhược điểm của công nghệ hàn ma sát khuấy hợp kim nhôm

2.2.1. Ưu điểm:

- Là quá trình hàn ở trạng thái rắn nên nó được áp dụng cho tất cả các hợp kim nhôm mà không xảy ra nứt nóng, rỗ khí, mất mát phân tử,... đây là những vấn đề phổ biến khi hàn nhiệt hợp kim nhôm.

- Quá trình hàn như một quá trình cơ học, ít có sự can thiệp thủ công nên nó ít phụ thuộc và tay nghề thợ hàn.

- Không cần sử dụng khí bảo vệ và kim loại phụ.

- Giảm thiểu cơ ngót kim loại so với hàn nóng chảy, do đó giảm đáng kể biến dạng khi hàn.

- Linh hoạt trong việc có thể hàn nối cùng lúc với một, hai hay nhiều chi tiết và có thể hàn ở mọi vị trí khác nhau.

- Đặc tính cơ học cao hơn so với các phương pháp hàn khác.

- Thân thiện môi trường: không có tia UV hoặc các mối nguy hại về bức xạ điện từ vì không có hồ quang.

- Năng lượng yêu cầu tại mỗi hàn ở mức thấp so với các phương pháp hàn khác.

- Tốc độ hàn cao hơn các phương pháp hàn khác.

2.2.2. Nhược điểm:

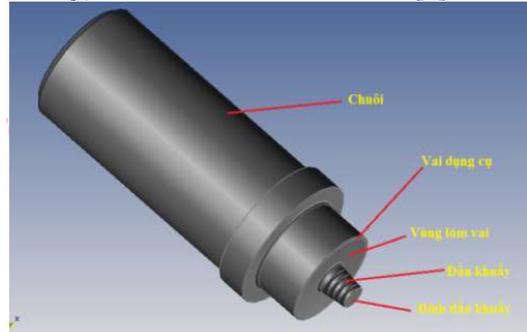
- Do sử dụng máy hàn chuyên dụng nên hạn chế trong việc hàn các mối hàn nhỏ lẻ, đơn chiếc.

- Tồn tại vết lõm cuối đường hàn.

- Khó ngăn một phần vật liệu theo dòng xoáy thoát lên trên bề mặt.

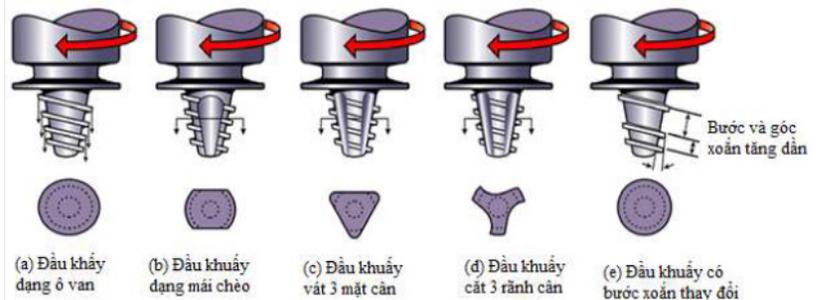
2.3. Thiết bị và công cụ hàn ma sát khuấy.

Hiện nay, chưa có thiết bị chuyên dụng cho hàn ma sát khuấy mà chủ yếu thực hiện trên máy phay đứng. Máy phay đứng truyền thống hoặc máy phay CNC đều có các thông số kỹ thuật đảm bảo cho việc thực hiện nguyên công hàn ma sát khuấy. Việc thiết kế công cụ hàn (đầu khuấy) là nội dung quan trọng được tập trung nghiên cứu, phát triển. Tối ưu thông số hình học của công cụ để nâng cao hiệu quả và chất lượng mối hàn. Dụng cụ hàn ma sát khuấy có cấu tạo bao gồm 4 phần chính (chuôi, vai, đầu khuấy và đỉnh đầu khuấy) như biểu diễn trên Hình 2.3 [4]:



Hình 2.3. Cấu tạo chung của dụng cụ hàn ma sát khuấy

Thiết kế vai và đầu khuấy có vai trò hết sức quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng mối hàn. Một số thiết kế điển hình được biểu diễn trên hình 2.4.



Hình 2.4. Các dạng thiết kế cơ bản của đầu khuấy

2.4. Thiết kế dụng cụ hàn ma sát khuấy hợp kim nhôm

2.4.1. Lựa chọn vật liệu chế tạo đầu hàn ma sát khuấy

Hợp kim nhôm được lựa chọn là tấm 5052 chiều dày 5mm với các tính chất cơ lý hóa như Bảng 1.

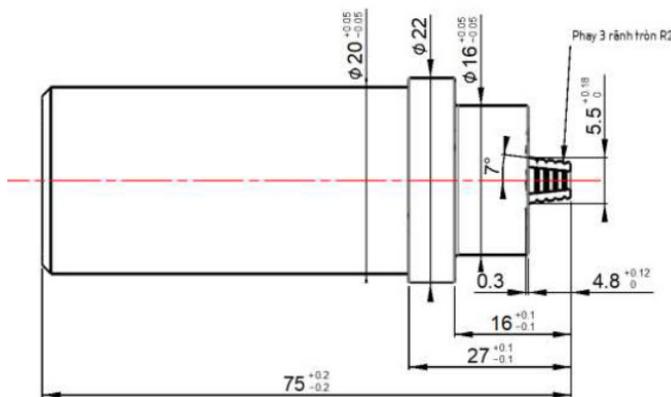
Bảng 2.1. Tính chất cơ lý của hợp kim nhôm A5052

Tính chất	Số liệu
Khối lượng riêng	2,713 g/cm ³
Nhiệt độ nóng chảy	643-657 °C
Hệ số dẫn nở nhiệt	23,6.10 ⁻⁶ /°C
Modul đàn hồi	70-80 Gpa
Hệ số dẫn nhiệt	218 W/mK
Độ bền	166 Mpa
Độ bền kéo	152 Mpa
Độ giãn dài	5 %
Độ cứng	28 HB

Căn cứ vào tính chất của hợp kim nhôm A5052, vật liệu dùng để chế tạo đầu hàn phải đảm bảo tính bền nhiệt, khả năng chống mài mòn, không tương tác với vật liệu phi hàn, hệ số giãn nở nhiệt thấp, độ dai va đập tốt, ... Từ đó, trong phạm vi nghiên cứu này sử dụng thép SKD61 làm vật liệu chế tạo đầu hàn, đây là thép hợp kim crôm có độ cứng cao và khả năng chống mài mòn tốt sau nhiệt luyện (độ cứng có thể đạt 53HRC sau nhiệt luyện).

2.4.2. Chế tạo dụng cụ hàn ma sát khuấy

Căn cứ vào các nghiên cứu về các loại đầu khuấy và vật liệu kim loại hàn, thiết kế được dụng cụ khuấy như hình 2.5.



Hình 2.5. Bản vẽ thiết kế và dụng cụ khuấy

2.4.3. Thực nghiệm hàn ma sát khuấy và xây dựng quy trình hàn.

Thực nghiệm dụng cụ hàn đã chế tạo với tốc độ đầu khuấy n=630 vòng/phút và bước tiến f=25mm/phút. Hình 2.6 biểu diễn sản phẩm của mỗi hàn.



Hình 2.6. Mỗi hàn ma sát khuấy thực nghiệm

Kết quả cho thấy chất lượng mỗi hàn tốt, bề mặt mỗi hàn có tính thẩm mỹ cao nhưng dụng cụ hàn (đầu hàn) có hiện tượng mỏi do làm việc với điều kiện mô men xoắn khá lớn.

3. Kết luận

Hàn ma sát khuấy áp dụng phù hợp với vật liệu hợp kim nhôm, cho phép tự động hóa và nâng cao chất lượng mỗi hàn.

Chất lượng mỗi hàn phụ thuộc vào kết cấu đầu khuấy và các thông số công nghệ khi hàn. Trong đó ảnh hưởng lớn nhất là tốc độ vòng quay và bước tiến ngang của đầu khuấy.

Dụng cụ hàn được chế tạo thành công, kết quả thực nghiệm cho chất lượng mỗi hàn tốt, có tính thẩm mỹ cao.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Eur. Ing. C.E.D. Rowe,(2020), "Advances in tooling materials for friction stir welding", TWI anh Cedar metals Ltd.
- [2]. Thân Trọng Khánh Đạt, (2014), "Nghiên cứu sự ảnh hưởng của góc nghiêng đầu dụng cụ đến chất lượng mỗi hàn ma sát khuấy trên tấm nhôm phẳng", Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh.
- [3]. P L Threadgill, ...(2009), "Friction stir welding of aluminium alloys", UK 2BP International, university of Manchester.
- [4]. Đỗ Thanh Tùng, Nguyễn Thúc Hà, Lê Đăng Thắng, Trần Văn Châu (2016), "Nghiên cứu chế tạo đầu hàn ma sát ngoáy đối với hợp kim nhôm", Đại học Bách Khoa Hà Nội.