Nghiên cứu các hình thái khuyết tật trong mối hàn ma sát chữ T tấm hợp kim nhôm 5083

Research of defect morphologies in friction stir welded AA5083 T-joints

Trần Minh Khang¹, Trần Hưng Trà², Phan Thanh Nhàn³

¹ Học viên cao học, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
 ² Khoa xây dựng, Trường ĐH Nha Trang
 ³ Khoa cơ khí chế tạo máy, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, mối hàn ma sát khuấy chữ T hợp kim nhôm 5083 được chế tạo thành công với các thông số hàn khác nhau. Hình thái khuyết tật trong mối hàn chữ T đã được quan sát và phân tích thực nghiệm bằng kính hiển vi với độ phóng đại cao. Vai trò của cấu trúc tế vi và ảnh hưởng của các hình thái khuyết tật đến tính chất cơ học của mối hàn chữ T đã được nghiên cứu. Ngoài ra, các vị trí đứt gãy và bề mặt đứt gãy của các mẫu phá hủy cũng đã được quan sát và thảo luận. Sự đứt gãy của các mối hàn dọc theo gân là do các bonding defects, kissing bond defects và tunnel defects. Kết quả cho thấy mối hàn không có tunnel defects chỉ có thể đạt được với tốc độ di chuyển 100 mm / phút trong thí nghiệm này, các thông số hàn ảnh hưởng đến các tính năng và kích cỡ của bonding line defects.

Từ khóa: Hàn ma sát khuấy (FSW); hình thái khuyết tật; mối hàn chữ T; cấu trúc tế vi.

ABSTRACT

In this study, 5083 T-lap-joints were successfully fabricated by friction stir welding with various welding regimes . The defects morphologies in the T-joints was experimentally observed and analyzed by a high magnification microscope. The roles of the grain microstructure and the effects of defect morphologies on the mechanical behavior of the T-joint were investigated. In addition, the fracture locations and the fracture surface of the failure samples were observed and discussed as well. The fracture of T-joints along the stringer is attributed to the bonding line defects, kissing bond defects and the tunnel defects. The result shows that the T-joints without tunnel defects can only be obtained with the translation speed of 100 mm/min in this experiment, and the welding parameters influence the features and sizes of bonding line defects.

Keywords: friction stir welding, defect morphologies, T-joint, microstructures.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hợp kim nhôm là một trong những kim loai phổ biến và được sử dung rông rãi trong tất cả các ngành công nghiệp. Vì hợp kim nhôm được xếp vào nhóm những vật liêu khó hàn hoặc hàn được với đô bền khá thấp bằng phương pháp truyền thống nên đây là một trong những khó khăn lớn trong chế tao các kết cấu hợp kim nhôm. Chính vì thế vào năm 1991, hàn ma sát khuấy (FSW) được phát minh bởi học Viện hàn của Vương Quốc Anh (TWI), là kỹ thuật hàn được liên kết ở trang thái rắn (không nóng chảy) ban đầu được áp dung cho hàn hợp kim nhôm. Các kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng mối hàn ma sát khuấy vươt trôi về đô bền, hiệu quả kinh tế và thân thiện với môi trường so với các phương pháp hàn truyền thống như TIG, MIG, TAA...

Ở Việt Nam, hàn ma sát khuấy là một phương pháp hàn mới, có nhiều ưu điểm nhưng chưa được áp dụng nhiều, chỉ có một vài nơi đang trong quá trình nghiên cứu và thử nghiệm.

Nghiên cứu này không chỉ dừng lại ở việc tính toán một cách thuần túy lý thuyết mà còn chế tạo, phân tích các hình thái khuyết tật trong mối hàn ma sát khuấy. Nghiên cứu các hình thái khuyết tật và ảnh hưởng của nó đến chất lượng mối hàn ma sát là vấn đề được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm. Cùng trong xu hướng đó, bài báo này tập trung phân tích, làm rõ các hình thái khuyết tật phát sinh trong mối hàn ma sát chữ

T tấm hợp kim nhôm 5083, để từ đó đưa ra thông số hàn, công cụ hàn thích hợp giúp loại bỏ các khuyết tật, cải thiện chất lượng mối hàn.



Hình 1 : Quá trình hàn ma sát khuấy [1]

2. VẬT LIỆU -QUÁ TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1 Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu được sử dụng để thí nghiệm là tấm hợp kim nhôm A5083 với kích thước của cánh 250x160x3 (mm) và gân 250x50x3 (mm). Thành phần hóa học và đặc tính cơ học của A5083 được cho ở bảng 1 và 2. [2]



Hình 2 : Mối hàn theo kiểu T-lap

Nguyên tố	Al	Mg	Mn	Cu	Si	Zn	Mn	Ti	Cr
Thành	92.4÷95.6	4.0÷4.9	0.4÷1.0	Max	Max	Max	Max	Max	0.05÷0.25
phần (%)				0.1	0.4	0.25	0.3	0.15	

Bảng 1. Thành phần hóa học của hợp kim nhôm AA5083.

Bảng 2. Đặc tính cơ học của hợp kim nhôm AA5083.

Đặc tính	Giới l	hạn	Độ bền kéo	Độ	giãn	Độ cứng	Modul	đàn	Hệ	số
cơ học	chảy (MP	Pa)	(MPa)	dài ((%)	(HRB)	hồi (GP	'a)	poiss	on
Giá trị	190		300	16		50	70.3		0.33	

2.2 Quá trình thí nghiệm

Mối hàn chữ T của hai tấm hợp kim nhôm A5083 dày 3mm được chế tạo từ máy hàn ma sát khuấy. Sau khi thiết kế và chế tạo chốt hàn, tiến hành tôi ở nhiệt độ 1030° và ram ở 600° . Độ cứng của chốt hàn sau khi nhiệt luyện đạt được 47 HRC. Hai tấm nhôm A5083 được kẹp chặt trên bàn gá nhờ các dụng cụ hỗ trợ nhằm hạn chế lực dọc và lực ngang do quá trình hàn tạo ra (Hình 3). Quá trình chốt hàn được đặt ở vị trí nghiêng 2° trong mặt phẳng chứa trục chốt và tâm đường hàn.

Sau khi thực hiện xong đường hàn, tiến hành quan sát cấu trúc tế vi của mối hàn sau khi tẩm thực bằng dung dịch 150 ml H₂0, 3ml HNO₃, 6 ml HF và 6 ml HCL [3]. Cơ tính chịu kéo của mối hàn được thực hiện trên máy Instron 3366 với tốc độ 5 mm/phút. Mẫu thử được chế tạo theo tiêu chuẩn ASTM E08 [4]. Độ cứng mối hàn được đo trên máy Rockwell với thang đo HRB sử dụng mũi bi cầu với tải 100kg.

Bảng 3. Thông số quá trình hàn và kích thước dụng cụ. [5]

Quá trình hàn	Giá trị					
Tốc độ quay (vòng/phút)	600					
Tốc độ tịnh tiến	100 ÷ 450					
(mm/phút)						
Chiều cao chốt hàn (m)	5					
Đường kính gờ vai (mm)	16					
Đường kính chốt hàn	5					
(mm)						
Hình dạng chốt	Hình nón					
Vật liệu	H13					



Hình 3 : Gá đặt phôi hàn





Hình 4 : Kích thước, hình dạng mẫu kéo cánh

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Quan sát cấu trúc tế vi của mối hàn

Quan sát bề mặt cắt ngang



Hình 5 : Mặt cắt ngang ở các chế độ hàn
Dễ dàng nhìn thấy mẫu ở chế độ hàn
600/100 (vòng/mm), bề mặt cắt ngang của
mối hàn rất tốt, không có lỗ hổng.

Quan sát cấu trúc hạt của mối hàn



c) TMAZ d) SZ Hình 6: Cấu trúc ở chế độ 600/100 (vòng/mm)

Quan sát cấu trúc tế vi ở vùng khuấy (SZ) ta thấy kích thước hạt khoảng từ $4\div 8 \ \mu m$ và đều hơn rất nhiều so với vật liệu nền. Vùng ảnh cơ hưởng nhiệt (TMAZ) có kích thước hạt trung bình khoảng $15\div 20 \ \mu m$. Vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) có kích thước hạt lớn hơn vật liệu nền, kích thước hạt khoảng từ $15\div 45$ μm . Vật liệu nền (BM) có kích thước hạt không đều khoảng từ $10\div 35 \ \mu m$.

3.2 Khảo sát các loại khuyết tật





Hình 7 : Các hình thái khuyết tật của mối hàn

Tunnel defects luôn xuất hiện ở góc AS của mối hàn, làm giảm đáng kể diện tích bề mặt cắt ngang của mối hàn.

Bonding line có xu hướng trôi về vùng SZ, thể hiện bằng đường cong nối liền những oxit nhôm tồn tại bên trong mối hàn.

Kết quả cho thấy không có kissing bond defects nào tồn tại ở 2 bên phần cánh mà hình thành ở góc AS của mối hàn chữ T. .

Chế độ hàn 600/150 (vòng/mm) bề mặt xuất hiện quá nhiều flash. Đó là ribbon flash defects sẽ làm giảm lượng vật liệu trong vùng hàn.

Chế độ hàn 600/400 (vòng/mm) xuất hiện vết nứt trên bề mặt của mối hàn. Đây là surface lack of fill defects.

3.3 Khảo sát ảnh hưởng của chế độ hàn đến sự hình thành các loại khuyết tật



Hình 8 : Ảnh hưởng của tốc độ tịnh tiến vđến diện tích của tunnel defects



Hình 9 : Ảnh hưởng của tốc độ tịnh tiến v đến chiều dài bonding line

Từ 2 hình trên, ta thấy rằng khi tốc độ tịnh tiến v tăng lên thì diện tích tunnel defects và chiều dài bonding line tăng lên đáng kể.

3.4 Khảo sát mối tương quan giữa các loại khuyết tật với độ bền kéo



Hình 10 : Tỷ lệ phần trăm ứng suất của mối hàn so với vật liệu nền

Với 3 tốc độ tịnh tiến v = 125, 175, 200 (mm/phút) đều đạt 86% so với ứng suất kéo của vật liệu nền.





Chiều dài bonding line tỉ lệ nghịch với ứng suất kéo gân. Chính vì điều đó, muốn tăng cơ tính của độ bền kéo gân cần loại bỏ bonding line defects bằng cách giảm tốc độ tịnh tiến.

3.5 Vị trí phá hủy

Thí nghiệm kéo cánh :

Các mẫu đều bị phá hủy tại vùng HAZ. Chế độ hàn 600/150 (vòng/mm) bị phá hủy tại vùng TMAZ. Nó chỉ ra rằng ribbon flash defects làm cho mối hàn giòn đi, dễ kéo đứt.

Kết quả cho thấy các đặc tính kéo cánh không bị ảnh hưởng bởi bonding line defects, kissing bond defects và tunnel defects.

Thí nghiệm kéo gân :

Ta thấy rằng các vị trí nứt đều dọc theo sự hình thành của bonding line defect. Cho nên bonding line defects đóng vai trò là nguồn nứt trong quá trình thử độ bền kéo gân.

Mẫu hàn ở chế độ hàn 600/100 (vòng/mm), phần cánh bị biến dạng khá nhiều và bề mặt phá hủy nằm xiên so với phương đứng. (bảng 4)



Hình 12: Ảnh SEM bề mặt đứt gãy phần cánh ở các chế độ hàn khác nhau

Các lúm đồng tiền (dimples) to và sâu (hình 12), cho thấy rằng sự tạo mầm và sự kết tinh không có sự khác biệt. Điều này chỉ ra rằng yếu tố chính ảnh hưởng đến các cơ tính kéo cánh không phải do tunnel defects và bonding line defects mà do kích thước hạt ở vùng HAZ thô và to hơn các vùng khác.

Phân tích mẫu kéo gân



Hình 13 : Ảnh SEM của bề mặt phá hủy ở chế độ hàn 600/125 (vòng/mm)

Trong AS nó chứa lúm đồng tiền (dimples) nhỏ và cạn, chứng tỏ ở vị trí này dòng vật liệu không được trộn đều vào nhau vì xuất hiện kissing bond defects.

Quan sát khu vực trung tâm ta thấy lúm đồng tiền (dimples) to và sâu, thể hiện đặc tính biến dạng dẻo khá rõ ở vùng này.

Trong RS do đã xảy ra quá trình sự liên kết kim loại mạnh mẽ, nhưng bị trộn lẫn các oxit nhôm và nhiệt độ chưa đủ để làm dẻo kim loại nên bề mặt bị sần sùi trầy xước nên vật liệu ở đây khá giòn.

3.6 Độ cứng tế vi của mối hàn

Ở tất cả 5 chế độ hàn, kết quả cho thấy rằng, vị trí có độ cứng nhỏ nhất chính là vùng HAZ (cách tâm mối hàn khoảng từ 5÷15 mm). (hình 14)

Từ vị trí 0 - 2mm, giá trị độ cứng tăng đáng kể. Kết quả cho thấy giá trị độ cứng thấp nhất được tìm thấy trong HAZ cách bề mặt của cánh khoảng 3.9mm (hình 15)

	Chế độ (vòng/mm)	Thí nghiệm kéo	cánh	Thí ngiệm k	éo gân
	600/100	RS	AS	RS	AS
	600/125	RS	AS	RS	AS
	600/150	RS	AS	RS	AS
	600/175	RS	AS	RS	AS
	600/200	RS	AS	RS	AS
50 RS 40 	Dướng kinh vại BM Dướng kinh chết HAZ -10 -5 0 5 10 15 Khoảng cách tính từ tận đướng hận (um)	S → 600/100 (vòng/mm) → 600/125 (vòng/mm) → 600/150 (vòng/mm) → 600/175 (vòng/mm) → 600/200 (vòng/mm) 20	50 45 40 35 40 30 20 15 10 0 1 2	HAZ TMAZ 3 4 5 6 7 8 9	← 600/100 (vòng/mm ← 600/125 (vòng/mm ← 600/150 (vòng/mm ← 600/175 (vòng/mm ← 600/200 (vòng/mm ← 600/200 (vòng/mm

Bảng 4 : So sánh các vị trí đứt gãy của cánh và gân khi thí nghiệm kéo



40

Hình 15: Sự phân bố độ cứng của các chế độ hàn khi đo ở gân

Khoảng cách tính từ điểm kiểm tra đầu tiên (mm)

4. KÉT LUÂN

Trong nghiên cứu này, mối hàn ma sát khuấy chữ T tấm hợp kim A5083 được chế tạo thành công. Kissing bond defects, tunnel defects và bonding line defects là các nhân tố chính ảnh hưởng đến các đặc tính kéo gân của mối hàn. Sự đứt gãy xiên theo phương đứng của mẫu khi kéo cánh là do sự hình thành cấu trúc hạt, biên giới hạt trong quá trình kết tinh lại. Kết quả của nghiên cứu chỉ ra rằng để loại bỏ bonding line defects và tunnel defects cần giảm tốc độ tịnh tiến để cung cấp đủ nhiệt độ và lưu lượng dòng chảy. Mối hàn không xuất hiện tunnel defects ở chế độ hàn 600/100 (vòng/mm), đạt độ bền kéo cánh 82%, độ bền kéo gân 83% so với vật liệu nền.

Trong các thí nghiệm thực hiện, vùng HAZ có độ cứng thấp nhất khi đo dọc theo đường tâm phần cánh.

Cần tập trung nghiên cứu và khảo sát vết nứt, dự báo tuổi thọ cho mối hàn. Từ đó chế tạo mối hàn có thể loại bỏ vết nứt ở 2 bên góc chữ T, điển hình là bonding line defects và kissing bond defects. Đồng thời chế tạo nhiều kiểu mối hàn khác nhau, hai vật liệu hàn khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lei Cui, Xinqi Yang, Guang Zhou, Xiaodong Xu, Zhikang Shen. Characteristics of defects and tensile behaviors on friction stir welded AA6061-T4 T-joints. *Materials Science and Engineering A 543*, pp.58–68, 14 February 2012.

[2] ASM Handbook, Volume 2: "Properties and Selection: Nonferrous Alloys and SpecialPurpose Materials", *ASM International Handbook Committee*, 1992.

[3] M.T.S.M. Said, D.A. Hamid, A. Ismail, S.N.N. Zainal, M. Awang, M.A. Rojan, I.M. Ikram and M.F. Makhtar. Experimental study on effect of welding parameters of friction stir welding (FSW) on aluminium AA5083 T-joint. *Inform. Technol.J*, pp.99-107, September 15, 2016.

[4] Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials, E8/E8M- 2013.

[5] Justin Michael Evans. Friction stir welding of 5083-H131 aluminum alloy using A2 and H13 tool steels or 420 stainless steel tooling, *Auburn University*, December 13, 2014.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên : Trần Minh Khang GVHD : TS. Phan Thanh Nhàn – TS. Trần Hưng Trà Điện thoại : 01642132466 Email : khang.tranminh1994@gmail.com

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.