

Nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ ủ đến tính chất cơ lý liên kết hàn trong vật liệu composite dạng lớp hợp kim nhôm + nhôm + thép chế tạo bằng hàn nổ

Influences of annealing temperature on the mechanical properties of the welded joints in a aluminum alloy + aluminum + steel layered composite after explosive welding

Nguyễn Ngọc Hưng*, Nguyễn Tuấn Hiếu, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Hoàng Tùng

Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

**Email: bambitvol@gmail.com*

Mobile: 0985358464

	Tóm tắt
<i>Từ khóa:</i> Composite dạng lớp; Hàn nổ; Liên kết hàn nổ; Nhiệt độ ủ.	Trong bài báo này đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ ủ đến tính chất cơ học của liên kết nhôm với thép và nhôm với hợp kim nhôm trong vật liệu composite dạng lớp hợp kim nhôm + nhôm + thép sau hàn nổ. Đã xác định được nhiệt độ ủ đảm bảo tính chất cơ học tổng hợp cao của các liên kết hàn trong vật liệu composite dạng lớp. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng công nghệ hàn nổ cho phép thu được liên kết giữa nhôm với thép với các tính chất cơ học theo yêu cầu.
	Abstract
<i>Keywords:</i> Layered composite; Explosive welding; Explosive-welded joint; Annealing temperature.	In this article are investigated the influences of annealing temperature on the mechanical properties of aluminum alloy-steel joint and aluminum-aluminum alloy joint in a aluminum alloy + aluminum + steel layered composite after explosive welding. The annealing temperature are determined to ensure the high mechanical properties of the welded joints in the layered composite material. The research results are showed that the explosive welding allows for obtaining the good bonding between aluminum and steel with the required mechanical properties.
Ngày nhận bài: 12/06/2018 Ngày nhận bài sửa: 14/9/2018 Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018	

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các loại vật liệu bimetal và composite kim loại đa lớp có thể được ứng dụng để chế tạo các sản phẩm cho nhiều ngành kinh tế như chế tạo máy, đóng tàu, năng lượng điện, khai thác và chế biến dầu khí, công nghiệp khai thác mỏ và luyện kim, công nghiệp hoá chất... làm việc trong điều kiện ăn mòn hoá học cao, trong đó có cả sản phẩm quốc phòng. Công nghệ hàn nổ cho phép chế tạo các loại vật liệu này mà ít đòi hỏi đầu tư lớn, lại có hiệu quả cao, có thể chế tạo được những tấm bimetal và composite có kích thước lớn tới 30 - 40m².

Nhôm và thép thuộc loại cặp vật liệu khó hàn nhất, thậm chí bằng công nghệ hàn nỏ. Việc tạo liên kết bền đối với cặp vật liệu này khó là do giữa nhôm và sắt hình các liên kim loại giòn làm giảm độ bền liên kết hàn [1-4]. Ngoài ra, nhôm và thép có các tính chất cơ học và tính chất nhiệt rất khác nhau nên khi hàn nỏ cần vận tốc va đập và tiếp xúc lớn, nhưng mặt khác các giá trị vận tốc này lớn, đặc biệt vận tốc tiếp xúc, sẽ dẫn đến khả năng hình thành số lượng lớn các liên kim loại giòn tại biên giới liên kết [1-3].

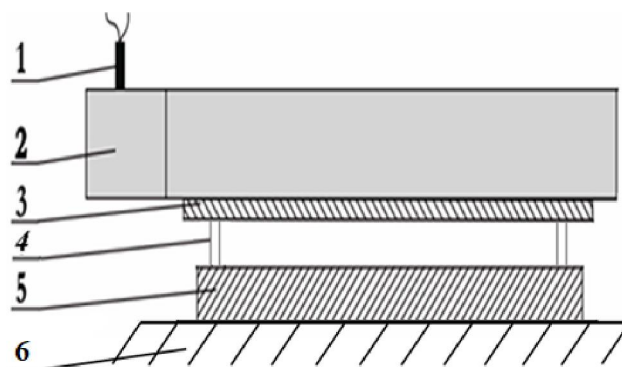
Trong bài báo này đưa ra một số kết quả nghiên cứu về vật liệu composite dạng lớp hợp kim nhôm - nhôm - thép ứng dụng cho đóng tàu được chế tạo bằng phương pháp hàn nỏ.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này sử dụng thép đóng tàu mác 09Г2С dày 20mm, nhôm dẻo AA1050 dày 5mm và hợp kim nhôm-magiê AA5083 dày 8mm để chế tạo vật liệu composite ba lớp hợp kim nhôm + nhôm + thép bằng hàn nỏ. Sử dụng sơ đồ hàn nỏ song song (Hình 1). Tấm kim loại cố định được đặt trên đế nỏ bằng cát ẩm, được đâm chặt. Sử dụng sơ đồ hàn nỏ đồng thời các lớp với nhau chỉ trong các trường hợp khi mà các tính chất của các lớp vật liệu không khác nhau nhiều và giữa chúng có vùng hàn nỏ rộng để đạt độ bền liên kết cao. Hàn nỏ để chế tạo tấm composite ba lớp hợp kim nhôm+nhôm+thép với chiều dày lớp nhôm (hợp kim nhôm) lớn (>10mm) sẽ được tiến hành theo hai lần nỏ. Đầu tiên tiến hành hàn nỏ giữa lớp nhôm với thép, sau đó tiến hành hàn nỏ lớp hợp kim nhôm lên tấm nhôm (ở đây là tấm composite hai lớp nhôm+thép sau lần nỏ thứ nhất). Hàn nỏ từng lớp một cho phép tính toán chính xác giá trị năng lượng biến dạng dẻo cần thiết để hình thành liên kết hàn độ bền cao giữa các lớp bởi vì các kim loại dị thể với các tính chất cơ-lý rất khác nhau (nhôm và thép) có vùng hàn rất hẹp [1].

Tại lần nỏ thứ nhất, tấm thép được gia công trên máy phay đạt độ bóng $R_z = 5 - 6\mu\text{m}$, còn tấm nhôm được gia công bằng máy mài cầm tay sử dụng giấy ráp đạt độ bóng $R_z = 50 - 60\mu\text{m}$. Tại lần nỏ thứ hai bề mặt nhôm (tấm composite hai lớp nhôm+thép sau hàn nỏ) được gia công trên máy phay đạt độ bóng $R_z = 5 - 6\mu\text{m}$, còn tấm hợp kim nhôm được mài bóng bằng máy cầm tay đạt $R_z = 70 - 75\mu\text{m}$. Trong cả hai lần nỏ đều sử dụng hỗn hợp thuốc nỏ amôni nitrat NH_4NO_3 +TNT với hàm lượng 6% TNT về khối lượng. Thử nỏ tại trường thử nỏ Nhà máy Z115/TCCNQP.

Tính toán chế độ hàn nỏ giữa nhôm với thép và hợp kim nhôm với nhôm (composite hai lớp nhôm + thép) được tiến hành bằng chương trình tính toán hàn nỏ chuyên dụng. Kết quả tính toán được đưa ra trong Bảng 1.



1 – kẹp nỏ điện; 2 – khối thuốc nỏ; 3 – tấm kim loại bay; 4 – miếng kim loại cố định khe hàn giữa hai tấm kim loại; 5 – tấm kim loại cố định; 6 – các đế nỏ.

Hình 1. Sơ đồ hàn nỏ song song hai lớp

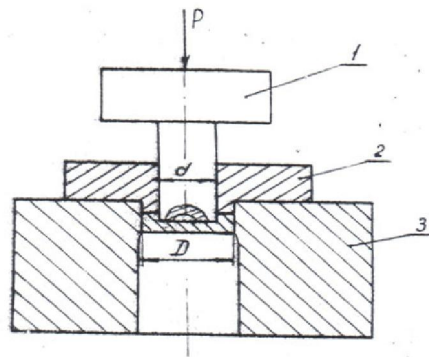
Bảng 1. Các tham số công nghệ hàn nỏ được tính toán

Cặp vật liệu	Chiều cao khối thuốc nỏ H, mm	Tốc độ nỏ D, m/s	Khe hàn h, mm
Nhôm AA1050+ Thép 09Γ2C	20	1900-1950	3
Nhôm AA 5083+ (Nhôm AA1050+ Thép 09Γ2C)	30	2050-2100	5

Tấm vật liệu composite sau hàn nỏ được nhiệt luyện (ủ) trên thiết bị Nabertherm B150 với thời gian giữ nhiệt 60 phút, sau đó được để nguội cùng lò. Sau khi ủ, tiến hành cắt mẫu để thử nghiệm cơ tính. Kích thước mẫu và đồ gá thử kéo đứt lớp như trên Hình 2. Kiểm tra độ bền kéo đứt lớp được tiến hành trên thiết bị thử kéo TORONTEK (TT-HW-1000). Độ bền liên kết lớp được tính bằng công thức:

$$R_m = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \quad (1)$$

Trong đó: P - lực tác dụng, N; d - đường kính trong của mẫu thử, mm; D - đường kính ngoài của mẫu thử, mm.

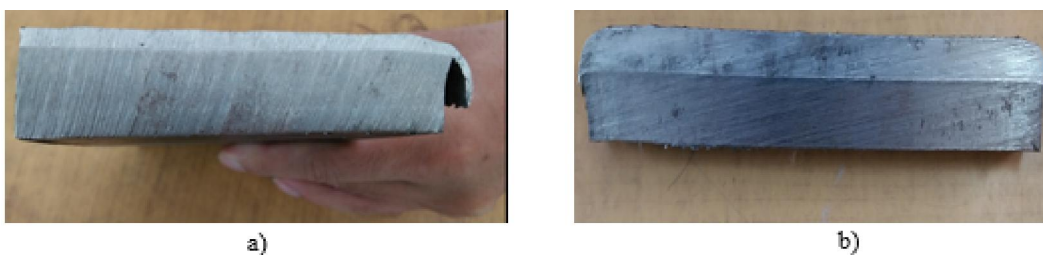


1 – Chày; 2 – Mẫu thử; 3 – Đồ gá

Hình 2. Kiểm tra độ bền kéo đứt lớp mẫu vật liệu composite kim loại đa lớp

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trên Hình 3 đưa ra mặt cắt tấm vật liệu composite hai lớp nhôm+thép và composite ba lớp hợp kim nhôm + nhôm + thép (b) sau hàn nỏ, không nhận thấy sự tách lớp vật liệu.



Hình 3. Vật liệu composite hai lớp nhôm + thép (a) và ba lớp hợp kim nhôm + nhôm + thép (b) sau hàn nỏ

Các kim loại dưới sự tác động của sóng xung kích sẽ bị hóa bền (hóa bền nổ). Sau hàn nổ tấm kim loại cần được ủ để tăng tính dẻo liên kết hàn. Vật liệu composite dạng lớp nhôm-thép thuộc nhóm liên kết hình thành liên kim loại do kim loại sắt (Fe) và nhôm (Al) tham gia vào phản ứng hóa học và hình thành lên các liên kim loại [3]. Khi ủ vật liệu này sẽ xuất hiện các quá trình khuếch tán, ảnh hưởng của các ứng suất dạng I và II do sự khác nhau của hệ số dẫn nở nhiệt của các kim loại và hiệu ứng khối khi hình thành các liên kim loại. Chính vì vậy, chế độ ủ vật liệu composite dạng lớp nhôm-thép được lựa chọn dựa trên chế độ ủ nhôm và hợp kim nhôm. Nhiệt độ kết tinh lại của nhôm phụ thuộc vào độ sạch tạp chất và dao động từ 100 - 350°C [5]. Đối với hợp kim nhôm- magiê hệ 5xxx như 5083, AMr6 (AMr5) nhiệt độ ủ ổn định hóa là 310 - 350°C, thời gian giữ đẳng nhiệt từ 1 - 3 giờ trong môi trường không khí. Khi nhiệt độ ủ cao hơn sẽ làm giảm tính ăn mòn của hợp kim và khả năng hình thành các pha liên kim loại tại biên giới giữa nhôm và thép làm giảm độ bền liên kết hàn [3,5].

Bảng 2. Ảnh hưởng nhiệt độ ủ đến độ bền liên kết hàn giữa nhôm và thép

Nhiệt độ ủ, °C	Thời gian ủ, phút	Độ bền kéo đứt lớp, MPa	Độ giãn dài, %	Đặc điểm phá hủy liên kết hàn
-	-	105	3,70	Xảy ra tại đường liên kết hàn
100	60	85	3,55	Xảy ra tại đường liên kết hàn
200	60	86	2,20	Xảy ra tại đường liên kết hàn
320	60	103	3,65	Xảy ra đồng thời tại liên kết hàn và lớp nhôm.

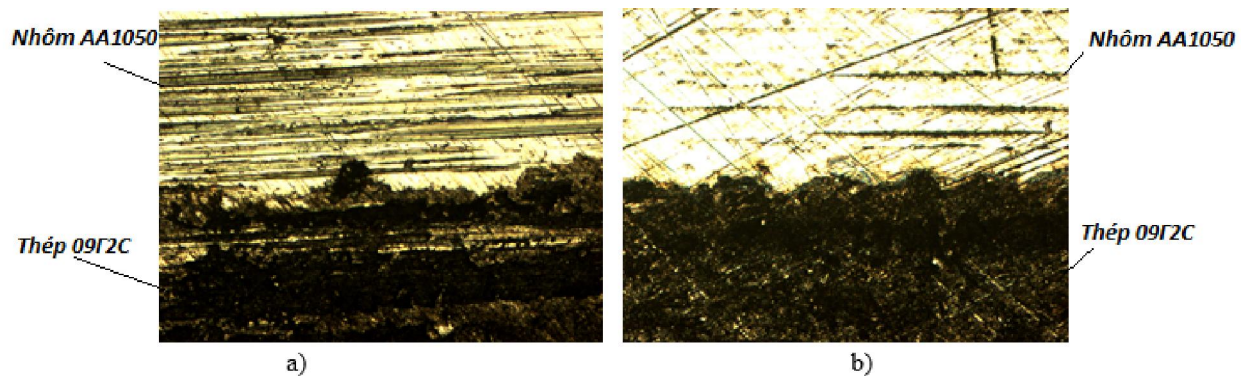
Bảng 3. Ảnh hưởng nhiệt độ ủ đến độ bền liên kết hàn giữa hợp kim nhôm và nhôm

Nhiệt độ ủ, °C	Thời gian ủ, phút	Độ bền kéo đứt lớp, MPa	Độ giãn dài, %	Đặc điểm phá hủy liên kết hàn
-	-	120	3,55	Xảy ra tại lớp nhôm
100	60	118	3,10	Xảy ra tại lớp nhôm
320	60	103	3,75	Xảy ra tại lớp nhôm

Kết quả nghiên cứu độ bền liên kết giữa nhôm - thép chỉ ra rằng tăng nhiệt độ thì độ bền liên kết giảm do sự thải bền lớp vật liệu nhôm. Khi ủ ở nhiệt độ 100 - 200°C cũng làm giảm độ giãn dài của liên kết hàn nổ, khi tăng nhiệt độ lên 320°C lại làm tăng tính dẻo và độ bền của liên kết hàn tương tự như liên kết hàn chưa ủ (sau khi hàn nổ) 103 MPa, gần bằng độ bền của lớp nhôm (Bảng 2). Tuy nhiên, nghiên cứu đặc điểm phá hủy liên kết hàn thấy rằng khi vật liệu chưa ủ thì sự phá hủy (đứt lớp) chỉ xảy ra tại đường liên kết hàn nhôm + thép còn vật liệu sau khi ủ ở 320°C thì sự phá hủy xảy ra đồng thời tại liên kết hàn nổ và lớp nhôm.

Khi nghiên cứu độ bền liên kết hàn giữa nhôm và hợp kim nhôm cũng thấy rằng sự phá hủy chỉ xảy ra tại lớp nhôm đối với tất cả khoảng nhiệt độ ủ và cả đối với vật liệu sau khi hàn nổ, nghĩa là độ bền liên kết hàn nổ giữa nhôm và hợp kim nhôm lớn hơn so với độ bền kim loại thấp nhất, ở đây là lớp nhôm. Còn độ bền thử nghiệm giảm xuống do sự thải bền lớp vật liệu nhôm sau khi ủ (Bảng 3).

Kết quả chụp ảnh cấu trúc kim tương đường liên kết hàn nổ giữa nhôm và thép chưa ủ (sau hàn nổ) và sau khi ủ 320°C trong thời gian 60 phút thấy rằng sau khi ủ không nhận thấy sự có mặt của pha liên kim loại tại đường liên kết hàn giữa nhôm và thép (Hình 4).



Hình 4. Hình ảnh cấu trúc kim tương đường liên kết hàn nổ giữa nhôm và thép: a - chưa ủ ; b- sau ủ 320 °C, 60 phút.

Tăng nhiệt độ ủ lớn hơn sẽ tăng khả năng hình thành lớp liên kim loại giòn tại biên giới giữa nhôm và thép làm giảm độ bền liên kết hàn [3]. Như vậy, ủ kết tinh lại vật liệu composite ba lớp ở nhiệt độ 320°C trong thời gian 60 phút đã loại bỏ sự hóa bền nổ vật liệu nhôm dẻo AA1050, tăng tính dẻo cho liên kết hàn.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến các tính chất cơ học của vật liệu composite dạng lớp hợp kim nhôm + nhôm + thép. Trên cơ sở đó đã lựa chọn được chế độ ủ hợp lý làm tăng độ bền và tính dẻo của liên kết hàn nổ trong vật liệu composite.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Лысак В.И. *Сварка взрывом* - М.: Изд. "Машиностроение-1", 2005, 500 с.
- [2]. Crossland B. *Explosive welding of metals and its application*, Claredonpress, Oxford, 1982. 215 p.
- [3]. Трыков Ю.П. *Диффузия в слоистых композитах*/ Трыков Ю.П., Гуревич Л.М., Арисова В.Н. - 2006; 402 с.
- [4]. Nguyễn Ngọc Hưng, (2012), “*Nghiên cứu công nghệ chế tạo các loại vật liệu bimetal và composit kim loại đa lớp bằng phương pháp hàn nổ*”, Báo cáo tổng kết nhiệm vụ cấp Bộ Quốc phòng/ Viện Công nghệ-2012.
- [5]. Колачев, Б. А. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебник для вузов* / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А.Ливанов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : МИСИС, 2005. - 428 с.