

ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN DẠNG ĐÉO ĐẾN TÍNH CHẤT VẬT LIỆU BIMETAL THÉP CÁC BON - THÉP HỢP KIM HÀN NỔ VÀ KHÍ ÉP CHẢY NÓNG

PHẠM VĂN QUẾ, HÀ MINH HÙNG

Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công thương

Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của mức độ biến dạng dẻo bằng phương pháp ép chảy ở trạng thái nóng đối với phôi vật liệu bimetal thép C45 và thép $\Sigma X15$ dạng hình trụ đến tính chất của nó thông qua việc khảo sát tổ chức tế vi tại biên giới hai lớp. Hình dạng hình học, cấu trúc vật liệu trên biên giới liên kết 2 lớp ống thép hợp kim bề mặt ($\Sigma X15$) và lõi thép các bon (C45) của phôi bimetal hàn nổ nhận được sau ép chảy nóng có đặc điểm bị nén theo hướng kính và co lại, làm giảm biên độ sóng một cách đáng kể. Nếu xét một phần tử được cắt ngang hướng nổ và ép chảy có kích thước chiều rộng đủ nhỏ sao cho có thể chấp nhận một cách gần đúng giả thiết bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng theo hướng chu vi phôi bimetal trong hệ tọa độ cực thì biên độ sóng liên kết 2 lớp vật liệu ở trạng thái sau ép chảy có xu hướng giảm tỷ lệ thuận theo mức độ biến dạng dẻo so với kích thước ban đầu nhận được sau hàn nổ. Điều đó có thể dẫn tới giảm độ bền bám dính 2 lớp bimetal.

Từ khóa: bimetal, hàn nổ, ép chảy nóng.

Đặt vấn đề

Biên giới liên kết kim loại giữa lớp vỏ ống thép hợp kim ($\Sigma X15$) được hàn ép với lõi thép các bon bên trong (C45) trên phôi vật liệu bimetal nhận được ở một số chế độ quy hoạch thực nghiệm đa số có dạng sóng với biên độ và bước sóng khác nhau tùy theo bộ thông số công nghệ gồm 3 thông số chính lựa chọn là: r , h và C . Ở đây: r là thông số đặc trưng cho khối lượng thuốc nổ cần thiết phải sử dụng để tạo ra áp lực va đập và năng lượng va đập khi hàn nổ; h là thông số biểu diễn tỷ lệ giữa khe hở hàn giữa ống thép hợp kim và lõi thép các bon; C là thông số đặc trưng cho thuốc nổ hỗn hợp amônít $AD1 + NH_4NO_3$, quy định tốc độ nổ D_n của thuốc nổ. Qua thực nghiệm hàn nổ đã được đề cập trong các công trình cho thấy: khi các thông số công nghệ r và C càng tăng trong phạm vi miền khảo sát của chúng thì biên độ sóng liên kết càng tăng, còn khi h càng tăng thì ngược lại, biên độ sóng liên kết càng giảm. Bài báo giới thiệu kết quả thực nghiệm ép chảy nóng phôi bimetal hàn nổ dạng hình trụ về ứng xử của

hình dạng mối hàn giữa 2 lớp vật liệu bimetal có quy luật bị biến dạng co lại theo hướng kính (tức hướng vuông góc với hướng ép chảy quy ước trong hệ tọa độ cực), điều đó làm cho biên độ sóng liên kết giữa chúng giảm theo. Kết quả của quá trình biến dạng dẻo khi ép chảy nóng dẫn tới bề mặt tiếp xúc thực tế tính trên một đơn vị diện tích mối hàn trên mẫu thử phá hủy kéo trượt sẽ giảm và đó là một trong những nguyên nhân chính làm cho độ bền bám dính 2 lớp vật liệu bimetal ở trạng thái sau ép chảy giảm so với sau khi hàn nổ. Vì vậy, để chỉnh hình phôi vật liệu bimetal sau khi hàn nổ cần xác định mức độ biến dạng dẻo tới hạn phù hợp nhằm đảm bảo chất lượng tổng hợp của mối hàn đạt yêu cầu tính năng sử dụng.

Phương pháp thí nghiệm

Vật liệu sử dụng cho thí nghiệm

- Thành phần hóa học các mác thép sử dụng làm mẫu thí nghiệm hàn nổ là thép C45 làm lõi trong và ống thép $\Sigma X15$ làm vỏ bọc theo mặt trụ bên ngoài đã được giới thiệu trong công trình [1]. Lõi thép C45 có

RESEARCHING THE INFLUENCE OF PLASTIC DEFORMATION ON PROPERTIES OF BIMETAL MATERIAL OF ALLOY STEEL AND CARBON STEEL MADE BY EXPLOSIVE WELDING AND HOT PRESSING METHOD

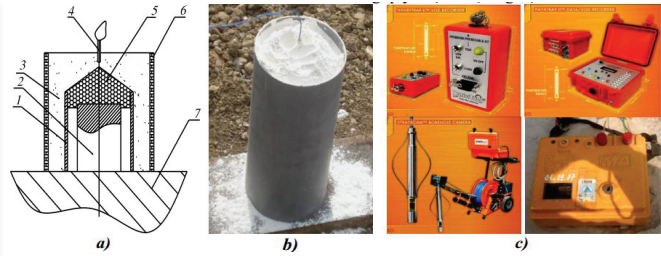
Summary

This article present some reseach results of the influence of plastic deformation degree of C45 and Σ X15 bimetal material cylindrical part made by explosive welding and hot pressing method on its properties by means of researching microstructure characheristics at the border zone between Σ X15 alloy steel coating layer and C45 carbon steel base layer. Geometric shape, microstructure at border zone between Σ X15 alloy steel coating layer and C45 carbon steel base layer received by hot pressing have the specific characheristic of being pressed in radical direction and being shrunk, resulting in reducing significaltly wave amplitude. If an element which is cut perpendicularly to direction of press force and its dimention small enough so that the deformation influence in perimeter direction of bimetal material in polar coordinate system could be elimated is considered, the two layer attaching wave amplitude by hot pressing tends to decrease in proportion to plastic deformation degree in comparison with original dimension received after explosive welding.

Keywords: bimetal, explosive welding, hot pressing.

đường kính $d = (52; 53; 54) \pm 0,05$ mm, chiều dài $L = 200$ mm. Chiều dày ống thép hợp kim được chọn là $\delta_1 = 5,0 \pm 0,025$ mm, đường kính trong $d = 55 \pm 0,05$ mm và đường kính ngoài $D = 65 \pm 0,05$ mm [2]. Phôi bimetal thép C45 và thép Σ X15 được hàn nổ theo mô hình nổ (hình 1a,b) đã giới thiệu trong công trình [3].

- Thuốc nổ sử dụng là amônit (AD1) và hỗn hợp AD1 + NH_4NO_3 với tỷ lệ thành phần amônit khác nhau. Ngay trước khi nổ, đặt trực tiếp thuốc nổ trong một ống nhựa PVC thành mỏng bao quanh mặt trụ ngoài của ống thép Σ X15 sao cho thật đồng tâm với tâm trục lõi thép bên trong (hình 1b). Điều đó đảm bảo được hình thành mặt phân cách nổ đồng đều theo chu vi đường tròn ngoài và chạy dọc theo đường sinh phôi nổ. Lượng thuốc nổ phụ trợ tính từ phần trụ mẫu thép đến đỉnh đặt kíp nổ (4) cũng được rải với mật độ như thuốc nổ chính, đủ điền đầy cả phần trên. Việc kiểm tra tốc độ nổ thực tế của thuốc nổ hỗn hợp AD1 + NH_4NO_3 sử dụng thiết bị đo tốc độ nổ kỹ thuật số (hình 1c).



Hình 1: sơ đồ hàn nổ bimetal dạng hình trụ (a): 1 - ống thép Σ X15, 2 - lõi thép C45, 3 - thuốc nổ, 4 - kíp nổ điện, 5 - chóp gỗ, 6 - ống nhựa PVC bọc thuốc nổ, 7 - đế nổ; paket nổ (b); thiết bị đo tốc độ nổ kỹ thuật số (c)

Phương pháp điều chỉnh tốc độ nổ của hỗn hợp thuốc nổ sử dụng

- Tốc độ nổ (D_k) của thuốc nổ hỗn hợp ($\text{AD1} + \text{NH}_4\text{NO}_3$) sử dụng trong mỗi thí nghiệm được điều chỉnh bởi tỷ lệ AD1 và NH_4NO_3 và mật độ rải (ρ_0), đạt trong khoảng $D_k = 2.900 \div 3.900$ m/s, với sai số lớn nhất trong khoảng $0,18 \div 0,2\%$. Khi đó, tốc độ di chuyển của điểm tiếp xúc và đập (v_k) như sau:

$$v_k = D_k < C_0^{Fe} \quad (1)$$

$$C_0^{Fe} = 5.850 \text{ m/s}$$

Trong đó: C_0^{Fe} là tốc độ truyền sóng âm trong vật liệu thép C45 và thép Σ X15.

- Áp suất và năng lượng va đập xác định theo công thức:

$$p_k = \rho_1 \cdot v_k^2 \cdot \gamma^2 \approx \rho_1 \cdot v_p^2; W = 0,5 \cdot \rho_1 \cdot \delta_1 \cdot v_p^2 \quad (2)$$

Trong đó: v_k là tốc độ di chuyển của điểm tiếp xúc va đập, m/s; ρ_1 là mật độ vật liệu ống thép Σ X15 ($\rho_1 = 7,85 \text{ g/cm}^3$); δ_1 là chiều dày lớp thép Σ X15 ($\delta_1 = 4,0$ mm); γ là góc va đập.

Phương pháp thí nghiệm ép chảy phôi bimetal ở trạng thái nóng

Phôi để ép chảy nóng được chọn trong các mẫu thí nghiệm với chế độ hàn nổ, đảm bảo có chất lượng bám dính tốt như sau: 1) $r = 1,6; h = 0,3; C = 1,0$; 2) $r = 1,6; h = 0,2; C = 1,0$; 3) $r = 1,7; h = 0,2; C = 1,0$; 4) $r = 1,7; h = 0,1; C = 1,0$ (tốc độ nổ đo được: $D \approx 3.840$ m/s tương ứng với thuốc nổ có $C = 1,0$, tức là 100% AD1; mật độ rải trung bình: $0,9 \text{ g/cm}^3$). Tổng lượng biến dạng dẻo tương đối thay đổi trong khoảng $\varepsilon_s = 7,5 \div 22,5\%$ với bước nhảy quy định cho mỗi lượt ép $\Delta\varepsilon_i = 7,5\%$. Hình 2a là ảnh chụp một số mẫu bimetal thép C45 và thép Σ X15 sau hàn nổ và được cắt làm 3 phần vùng 1, 2 và 3 dọc theo hướng nổ để ép chảy nóng. Biến dạng

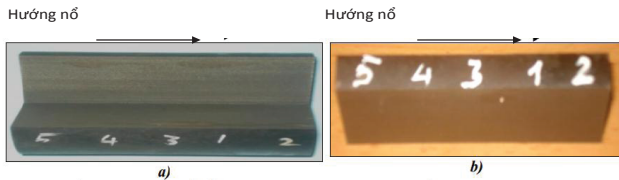
dẻo phiôi bimetal thép C45 và thép WX15 sau hàn nổ được thực hiện bằng phương pháp ép chảy ở trạng thái nóng trên máy ép thủy lực công nghiệp 400 tấn (hình 2b) hiện có tại một vài cơ sở sản xuất cơ khí nước ta.



Hình 2: chuẩn bị phiôi biến dạng dẻo từ vật liệu bimetal thép C45 và thép WX15 hàn nổ dạng hình trụ (a) và thí nghiệm ép chảy ở trạng thái nóng (b)

Cách lấy mẫu khảo sát tổ chức tế vi và xác định độ bền bám dính hai lớp bimetal

Tổ chức tế vi tại biên giới liên kết 2 lớp bimetal thép C45 và thép WX15 hàn nổ và sau ép chảy nóng, cũng như độ bền bám dính giữa chúng được khảo sát trên các mẫu thử có kích thước tính toán phù hợp với vật liệu lớp kim loại hàn và kim loại nền. Sơ đồ lấy phiôi gia công các mẫu thử nghiệm kéo trượt để xác định độ bền bám dính 2 lớp bimetal cho trên hình 3a,b. Mẫu ép chảy nóng có chiều rộng theo đường kính ngoài là 10 mm và chiều dài 100 mm. Các rãnh cắt từ 2 phía thép C45 và thép WX15 để tạo diện tích phá hủy phải đảm bảo kích thước tính toán diện tích tiếp xúc thực tế giữa 2 lớp cần thiết và được cho vào đồ gá thử kéo theo nguyên lý thử đã cho ở công trình [2].



Hình 3: sơ đồ quy ước vị trí cắt lấy mẫu thử phá hủy xác định độ bền bám dính 2 lớp bimetal thép C45 và thép WX15 hàn nổ dạng hình trụ và sau ép chảy nóng

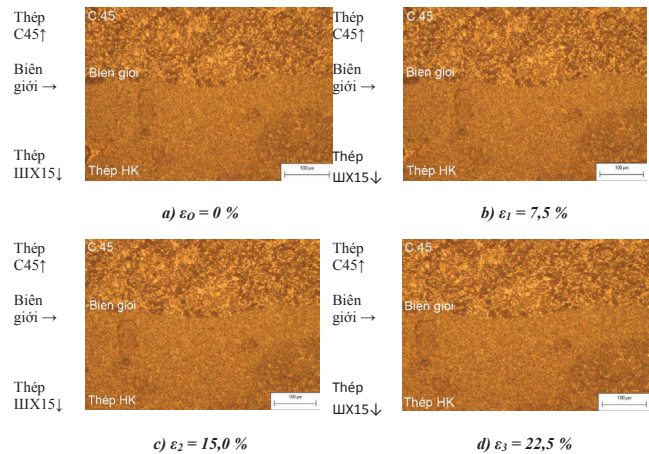
Kết quả thí nghiệm và bàn luận

Với cách đặt vấn đề như đã trình bày ở phần trên, đã tiến hành khảo sát và chụp ảnh tổ chức tế vi trên một số mẫu vật liệu bimetal thép C45 và thép WX15 điển hình, kết quả thí nghiệm cho trên các hình từ 4÷7.

Phân tích các kết quả cho trên các hình 4÷7 cho thấy:

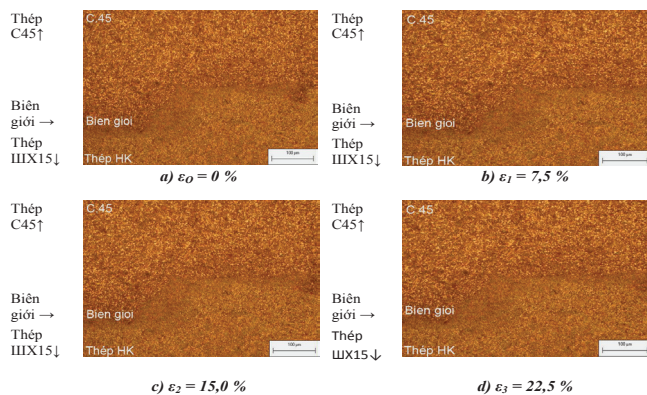
- 1) Đối với mẫu vật liệu bimetal thép C45 và thép

WX15 có dạng hình trụ nhận được sau hàn nổ ở chế độ $r = 1,6; h = 0,3; C = 1,0$ (hình 4) cho thấy: biên giới 2 lớp không phát hiện thấy lớp cấu trúc màng mỏng hoặc liên kim loại cục bộ trên toàn bộ chiều dài mẫu khảo sát. Mỗi hàn chưa có dạng sóng liên kết rõ nét, biên độ sóng lớn nhất khoảng $15\div 20 \mu m$ (hình 4a), điều này được giải thích bởi do chế độ hàn nổ sau khi đã điều chỉnh miền khảo sát của các thông số công nghệ: r và h chọn ở mức trung bình, còn C chọn ở mức cao nhất trong quy hoạch thực nghiệm. Với bộ thông số nổ đã chọn trong trường hợp này cho phép tạo ra áp suất va đập (p_k) và năng lượng va đập (W_k) cần thiết tại điểm di chuyển của vùng tiếp xúc có tia kim loại cục bộ đủ lớn để làm biến dạng tóp ống thép hợp kim theo hướng kính và hình thành bề hàn với kim loại lõi thép C45. Chất lượng bimetal ở chế độ hàn nổ này có thể cho là đạt yêu cầu ở mức khá tốt. Theo định luật thể tích không đổi trong gia công kim loại đặc xít bằng áp lực, qua các lần biến dạng dẻo bằng phương pháp ép chảy nóng, kim loại hai lớp bề mặt thép hợp kim và lõi thép các bon trên mẫu bimetal đều bị biến dạng dẻo làm giảm đường kính và tăng chiều dài phiôi ép chảy. Kết quả của quá trình biến dạng đó làm cho biên giới 2 lớp vật liệu sau hàn nổ và qua biến dạng dẻo đồng thời bị nén ép theo hướng kính và kéo dài theo hướng ép, tùy thuộc vào các mức độ biến dạng tương đối đã chọn như: $\epsilon_1 = 7,5\%$ (hình 4b); $\epsilon_2 = 15\%$ (hình 4c); $\epsilon_3 = 22,5\%$ (hình 4d). Ảnh chụp tổ chức tế vi biên giới 2 lớp bimetal ở đây cho thấy biên độ sóng liên kết giữa chúng có xu hướng giảm tỷ lệ thuận theo chiều tăng của (ϵ). Các hạt tổ chức lớp thép C45 (có độ bền không cao) bị biến dạng rõ nét hơn so với tổ chức lớp thép WX15 (có độ bền lớn hơn thép C45), nhưng chưa rõ nét vì lượng biến dạng dẻo tương đối chọn ở mức khá thấp.



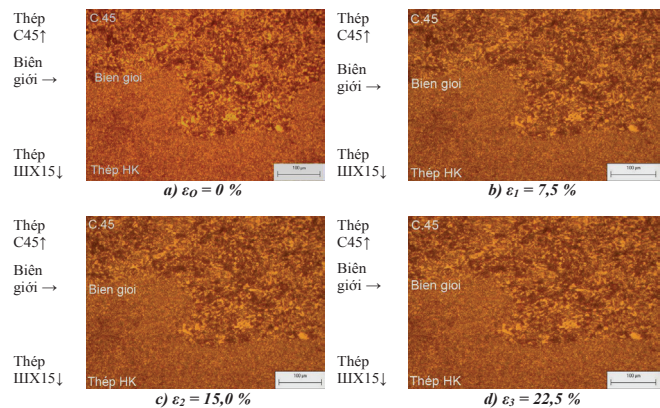
Hình 4: ảnh chụp cấu trúc biên giới 2 lớp mẫu hàn nổ ở chế độ: $r = 1,6; h = 0,3; C = 1,0$: a) chưa qua biến dạng dẻo; b) ép chảy nóng với mức độ biến dạng dẻo lần 1; c) lần 2; d) lần 3

2) Từ ảnh chụp cấu trúc tế vi biên giới liên kết 2 lớp mẫu vật liệu bimetal thép C45 và thép Σ X15 ở trạng thái ngay sau khi hàn nổ với chế độ: $r = 1,6$; $h = 0,2$; $C = 1,0$ (hình 5) cho thấy: mỗi hàn có đặc điểm đã hình thành dạng sóng liên kết 2 lớp rõ rệt với biên độ sóng lớn hơn nhiều so với mẫu đã xét trên hình 4 và có giá trị đến $120 \div 150 \mu\text{m}$. Điều này được giải thích bởi chế độ hàn nổ với các thông số h và r chọn ở mức trung bình, còn thông số C chọn ở mức cao đã tạo ra áp suất va đập và năng lượng va đập cao, nhưng phần năng lượng tiêu hao để thắng trở kháng chống biến dạng theo chiều chu vi lớp ống thép hợp kim trong trường hợp này nhỏ hơn so với trường hợp $h = 0,3$ đối với mẫu đã xét trên hình 4. Từ đó dẫn đến phần năng lượng va đập còn lại sẽ lớn hơn và tạo ra tia kim loại cục bộ di chuyển trong vùng tiếp xúc 2 lớp kim loại hàn nổ mạnh hơn. Kết quả là biên dạng sóng liên kết giữa chúng được hình thành có biên độ lớn hơn. Với đặc điểm tổ chức tế vi mỗi hàn trong trường hợp này, chất lượng bimetal thép C45 và thép Σ X15 đảm bảo có độ bền bám dính cao hơn mẫu đã xét trước đó và đáp ứng yêu cầu sử dụng ở mức cao hơn. Kết quả của quá trình biến dạng dẻo khi ép chảy ở trạng thái nóng ứng với các mức độ khác nhau: $\varepsilon_1 = 7,5\%$ (hình 5b); $\varepsilon_2 = 15\%$ (hình 5c) và $\varepsilon_3 = 22,5\%$ (hình 5d) đã làm cho biên giới 2 lớp vật liệu hình thành sau hàn nổ bị nén ép theo hướng kính và kéo dài theo hướng ép, tùy thuộc vào các mức độ biến dạng tương đối đã chọn. Ảnh chụp tổ chức tế vi biên giới 2 lớp bimetal ở đây cũng cho thấy biên độ sóng liên kết giữa chúng giảm tỷ lệ thuận theo chiều tăng của (ε) từ giá trị ban đầu khoảng $120 \div 150 \mu\text{m}$ (hình 5a) xuống còn trong khoảng $100 \div 130 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 1; $90 \div 120 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 2 và $80 \div 100 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 3. Các hạt tổ chức lớp thép C45 cũng bị biến dạng rõ nét hơn so với tổ chức lớp thép Σ X15. Chất lượng vật liệu bimetal trong trường hợp này rất tốt, đảm bảo sử dụng bền lâu trong điều kiện tải trọng cao.



Hình 5: ảnh chụp cấu trúc biên giới 2 lớp mẫu hàn nổ ở chế độ: $r = 1,6$; $h = 0,2$; $C = 1,0$: a) chưa qua biến dạng dẻo; b) ép chảy nóng với mức độ biến dạng dẻo lần 1; c) lần 2; d) lần 3

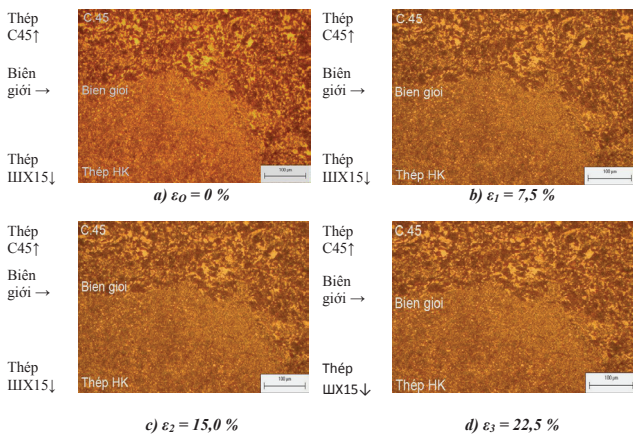
3) Từ ảnh chụp cấu trúc tế vi biên giới liên kết 2 lớp mẫu vật liệu bimetal thép C45 và thép Σ X15 ở trạng thái ngay sau khi hàn nổ với chế độ $r = 1,7$; $h = 0,2$; $C = 1,0$ (hình 6) cho thấy: mỗi hàn không có lớp màng mỏng cấu trúc hoặc liên kim loại cục bộ trên toàn bộ chiều dài khảo sát. Biên giới liên kết 2 lớp kim loại hàn nổ có dạng sóng với biên độ tăng cao hơn rất nhiều so với mẫu đã xét trên hình 5. Điều đó được giải thích bởi cơ chế hình thành các sóng liên kết tương tự như hai mẫu ở trên, ngoài ra do tăng thông số r lên giá trị cực đại trong miền quy hoạch thực nghiệm ($r = 1,7$) đã tạo điều kiện va đập với năng lượng và áp suất cao hơn. Kết quả là bộ thông số nổ này đã tạo điều kiện thuận lợi hơn để hình thành sóng liên kết có biên độ sóng lớn giữa 2 lớp vật liệu hàn nổ thép Σ X15 và lõi thép C45. Quy luật thay đổi hình dạng mỗi hàn thông qua tiêu chí biên độ sóng liên kết 2 lớp phụ thuộc vào mức độ biến dạng dẻo khi ép chảy nóng cũng tương tự như các mẫu đã xét trên đây: giảm từ giá trị ban đầu khoảng $190 \div 210 \mu\text{m}$ (hình 6a) xuống còn trong khoảng $170 \div 190 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 1; $150 \div 170 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 2 và $130 \div 150 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 3. Các hạt tổ chức lớp thép C45 cũng bị biến dạng rõ nét hơn so với tổ chức lớp thép Σ X15. Chất lượng bimetal ở chế độ hàn nổ này đạt yêu cầu sử dụng.



Hình 6: ảnh chụp cấu trúc biên giới 2 lớp mẫu hàn nổ ở chế độ: $r = 1,7$; $h = 0,2$; $C = 1,0$: a) chưa qua biến dạng dẻo; b) ép chảy nóng với mức độ biến dạng dẻo lần 1; c) lần 2; d) lần 3

4) Từ ảnh chụp cấu trúc tế vi biên giới liên kết 2 lớp vật liệu bimetal thép C45 và thép Σ X15 ở trạng thái ngay sau khi hàn nổ với chế độ: $r = 1,7$; $h = 0,1$; $C = 1,0$ (hình 7) cho thấy: mỗi hàn không có lớp màng mỏng cấu trúc hoặc liên kim loại cục bộ trên toàn bộ chiều dài khảo sát như đối với các mẫu đã xét ở trên. Biên giới liên kết 2 lớp kim loại hàn nổ có dạng sóng với biên độ tăng cao hơn rất nhiều so với mẫu đã xét trên hình 6 trên đây. Điều đó được giải thích bởi cơ chế

hình thành các sóng liên kết tương tự như các mẫu cho trên hình 5 và 6. Việc chọn các thông số r và C ở mức giá trị cận trên trong miền quy hoạch quy hoạch thực nghiệm ($r = 1,7$; $C = 1,0$), còn khe hở hàn nhỏ nhất ($h = 0,1$) đã tạo điều kiện va đập với năng lượng và áp suất cao nhất. Kết quả là bộ thông số nổ này đã tạo điều kiện thuận lợi hơn nữa để hình thành sóng liên kết có biên độ sóng lớn giữa 2 lớp vật liệu hàn nổ thép MnX15 và lõi thép C45 lớn nhất. Phần năng lượng va đập tiêu tốn để thắng trở kháng chống biến dạng của lớp thép MnX15 trong trường hợp này là nhỏ nhất, nên phần năng lượng còn lại để tạo điều kiện hình thành sóng liên kết 2 lớp kim loại hàn nổ sẽ lớn nhất. Quy luật thay đổi hình dạng mối hàn thông qua tiêu chí biên độ sóng liên kết 2 lớp phụ thuộc vào mức độ biến dạng dẻo khi ép chảy nóng cũng tương tự như các mẫu đã xét trên đây: giảm từ giá trị ban đầu khoảng: $230 \div 250 \mu\text{m}$ (hình 7a) xuống còn khoảng $210 \div 220 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 1; $190 \div 210 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 2 và $180 \div 200 \mu\text{m}$ sau ép chảy lần 3. Các hạt tổ chức lớp thép C45 cũng bị biến dạng rõ nét hơn so với tổ chức lớp thép MnX15 . Chất lượng vật liệu bimetal trong trường hợp này rất tốt, đảm bảo sử dụng bền lâu trong điều kiện tải trọng cao.



Hình 7: ảnh chụp cấu trúc biên giới 2 lớp mẫu hàn nổ ở chế độ: $r = 1,7$; $h = 0,1$; $C = 1,0$: a) chưa qua biến dạng dẻo; b) ép chảy nóng với mức độ biến dạng dẻo lần 1; c) lần 2; d) lần 3

Kết luận

Qua nghiên cứu ứng xử của hình dạng và tổ chức tế vi tại biên giới liên kết 2 lớp thép C45 và thép MnX15 ở trạng thái sau hàn nổ và sau biến dạng dẻo bằng phương pháp ép chảy nóng với mức độ biến dạng tương đối cho trước có thể rút ra kết luận sau:

1) Hình dạng và biên độ sóng liên kết giữa 2 lớp kim loại ở trạng thái sau hàn nổ phụ thuộc vào chế độ nổ gồm bộ 3 thông số chính là r , h và C lựa chọn trong miền quy hoạch thực nghiệm đã chọn đối với cặp vật liệu thép C45 và thép MnX15 . Khi tăng r và C , đồng thời giảm h thì hình dạng sóng hình thành trong mối hàn càng rõ nét và có biên độ sóng liên kết giữa 2 lớp vật liệu bimetal nhận được tăng lên rất rõ rệt, từ giá trị nhỏ nhất khoảng $15 \div 20 \mu\text{m}$ đến giá trị lớn nhất $230 \div 250 \mu\text{m}$ trong tổng số 4 mẫu điển hình lựa chọn để tiếp tục biến dạng dẻo bằng phương pháp ép chảy nóng.

2) Trong quá trình biến dạng dẻo phi kim loại bimetal thép C45 và thép MnX15 , biên độ sóng liên kết giữa 2 lớp giảm dần theo chiều tăng của mức độ biến dạng tương đối do phi kim bị ép co theo hướng kính và chảy dài dọc theo hướng ép. Điều đó là một trong các nguyên nhân chính dẫn tới làm giảm bề mặt tiếp xúc thực tế trên một đơn vị diện tích tính toán cho mẫu thử phá hủy xác định độ bền bám dính giữa chúng. Vì thế, đối với các chi tiết máy làm bằng vật liệu bimetal dạng hình trụ làm việc ở chế độ tải trọng không cao, thì nên cho phép biến dạng phi kim bimetal sau hàn nổ chỉ với mức độ nhỏ nhất, nhằm đảm bảo chính hình về kích thước hình học có lượng dư gia công yêu cầu. Đối với các chi tiết máy làm việc ở điều kiện tải trọng nặng có thể cho phép ép chảy nóng hoặc dập nóng với mức độ biến dạng tương đối tới hạn ở mức $\epsilon = 7,5 \div 15,0\%$ là đủ. Khi đó, tính chất mối hàn và độ bền bám dính 2 lớp vật liệu bimetal qua ép chảy nóng để chỉnh hình phi kim hàn nổ sử dụng cho việc chế tạo chi tiết máy sẽ ở mức tốt nhất.

Tài liệu tham khảo

- [1] Phạm Văn Quế (2006): Kết quả thực nghiệm hàn nổ tạo phi kim bimetal thép cacbon và thép hợp kim dạng hình trụ, Báo cáo Chuyên đề Tiến sỹ, Viện Nghiên cứu Cơ khí, Hà Nội, 85 trang.
- [2] Phạm Văn Quế, Hà Minh Hùng (2012): Nghiên cứu đặc tính tổ chức tế vi vật liệu bimetal thép C45 và thép MnX15 dạng hình trụ sau hàn nổ, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số tháng 4.2014, trang 45-53.
- [3] Hà Minh Hùng, Phạm Văn Quế (2008): Tạo lớp phủ bề mặt chi tiết dạng trụ bằng công nghệ hàn nổ, Báo cáo khoa học tại Hội thảo toàn quốc "Công nghệ vật liệu và bề mặt", Thái Nguyên 2008, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 4(48), tập 2, trang 45-56.