

Nghiên cứu tổ chức tế vi của mối hàn điện xỉ - áp lực dùng để hàn nối cốt thép trong kỹ thuật xây dựng

Research the Microstructure of electrosag pressure weld joints used for reinforced steel in construction engineering

Hoàng Đức Long¹, Hà Minh Hùng^{1,2}, Nguyễn Văn Đức³

¹*Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương*

²*Viện Phát triển Kỹ thuật, Công nghệ tiên tiến (IDAT)*

³*Trường Đại học Bách khoa Hà Nội*

Email: haminhhunggs@gmail.com; h.longnarime@gmail.com

Tóm tắt

Từ khóa:

Hàn điện xỉ - áp lực; Quy hoạch thực nghiệm trực giao; Tổ chức mối hàn, Vùng ảnh hưởng nhiệt.

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu khảo sát tổ chức tế vi vật liệu trên biên giới liên kết hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận phụ thuộc vào một số thông số công nghệ hàn điện xỉ - áp lực chính nhằm mục đích đối chiếu với kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định độ bền kéo mối hàn nối đầu cốt thép xây dựng theo quy hoạch trực giao kiểu 3 mức 3 yếu tố (N27). Các kết quả thu được góp phần đưa ra các khuyến cáo về phạm vi lựa chọn chế độ hàn thích hợp trong điều kiện trang thiết bị hiện có trong phòng thí nghiệm, đảm bảo tính năng làm việc theo yêu cầu kết cấu chịu lực trong công trình xây dựng ở Việt Nam.

Abstract

Keywords:

Electrosag pressure welding; Experimental orthogonal planning; Microstructure of weld joints; Heat affected zone.

The paper presents the research on microstructure analysis at the heat affected zone and at the weld interface regions of electrosag pressure weld joints in dependence of some welding technological parameters with reference to the tensile strength results obtained in accordance with the three-factor 3-element (N27) orthogonal planning. The results were served for determining the suitable control domain of welding mode to ensure the required performance of load bearing construction structures in Vietnam.

Ngày nhận bài: 09/07/2018

Ngày nhận bài sửa: 12/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bài báo về tự động hóa quá trình hàn điện xỉ - áp lực [1] đã đề cập đến giải pháp cải tiến mô đun điều khiển nhằm nâng cao độ chính xác điều khiển một số thông số công nghệ chính đã đáp ứng được yêu cầu tiến hành các thí nghiệm kiểm chứng của nhóm nghiên cứu với kết quả khá tốt. Trong công trình [2] nhóm nghiên cứu đã giới thiệu về kết quả thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian hàn (T_h), áp lực hàn (p_h) và đường kính danh nghĩa cốt thép hàn ($d_{d,n}$) ở một số mức cường độ dòng điện hàn (I_h) cho trước đến độ bền kéo và tổ chức thô đại hình thành của mối hàn. Các bài báo [3], [4] đã giới thiệu kết quả thực nghiệm khảo sát đánh giá chất lượng

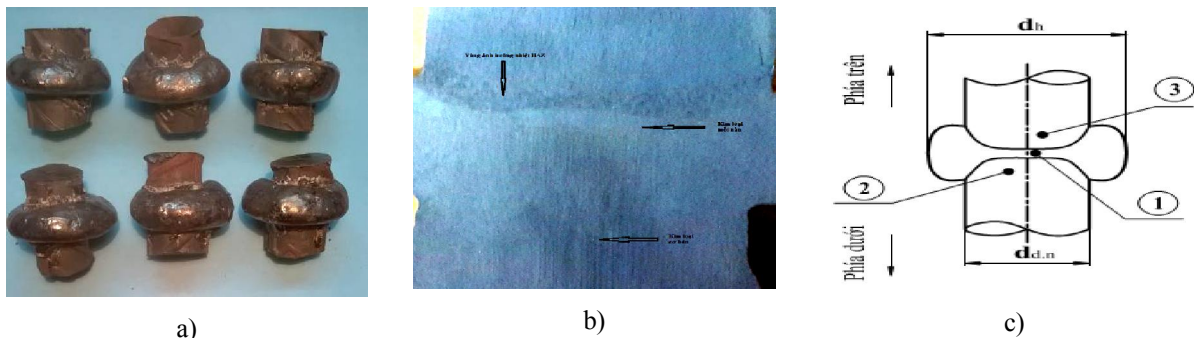
mỗi hàn điện xỉ - áp lực nhận được theo quy hoạch thực nghiệm đầy đủ kiểu N27 phụ thuộc vào 27 bộ thông số chế độ hàn khác nhau với các hàm mục tiêu đầu ra biểu diễn đặc tính bền của nó (độ bền kéo cơ học, độ cứng tế vi, tổ chức thô đại, tổ chức tế vi mỗi hàn).

Bài báo này của nhóm nghiên cứu là một công bố tiếp theo giới thiệu về kết quả nghiên cứu khảo sát tổ chức tế vi vật liệu trên biên giới liên kết hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận phụ thuộc vào một số thông số công nghệ hàn điện xỉ - áp lực chính đã chọn. Để đối chiếu với kết quả thực nghiệm xác định độ bền kéo mỗi hàn, cần có nghiên cứu sâu hơn về tổ chức vật liệu do quá trình và hình thành dạng nở phình đặc thù theo hướng kính và dọc trục cốt thép hàn. Kết quả thí nghiệm là cơ sở khoa học tin cậy để đưa ra bộ tiêu chí tổng hợp đánh giá về đặc tính của mỗi hàn điện xỉ - áp lực và khuyến cáo phạm vi lựa chọn chế độ hàn thích hợp trong điều kiện trang thiết bị thí nghiệm hiện có ở Việt Nam hiện nay, đảm bảo tốt tính năng làm việc theo yêu cầu kết cấu chịu lực trong các công trình xây dựng cơ bản khác nhau.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp xác định độ bền kéo mỗi hàn được tiến hành ở nghiên cứu này đã giới thiệu trong các bài báo [3], [4]. Để tiến hành các nghiên cứu khảo sát tổ chức tế vi mỗi hàn, cũng như các vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận, từ một số mẫu có hình dạng bề mặt mỗi hàn tương đối đều, không khuyết tật bề mặt tương ứng với mã số quy hoạch thực nghiệm (hình 1, a) được chọn ra và gia công phay bỏ bớt một nửa để nhận được bề mặt khảo sát theo dọc trục cốt thép hàn (hình 1, b).

Bề mặt khảo sát của các mẫu vật liệu mỗi hàn sau khi gia công phay, mài phẳng và đánh bóng đạt yêu cầu, cần phải được tẩy thực và tiến hành nghiên cứu chụp ảnh tổ chức tế vi tại một số vùng cấu trúc vật liệu cơ bản theo sơ đồ cho trên hình 1, c. Quy trình thí nghiệm được thực hiện theo quy định hiện hành áp dụng tại Phòng thí nghiệm Kim tương học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội trên kính hiển vi quang học, đảm bảo độ tin cậy cao.

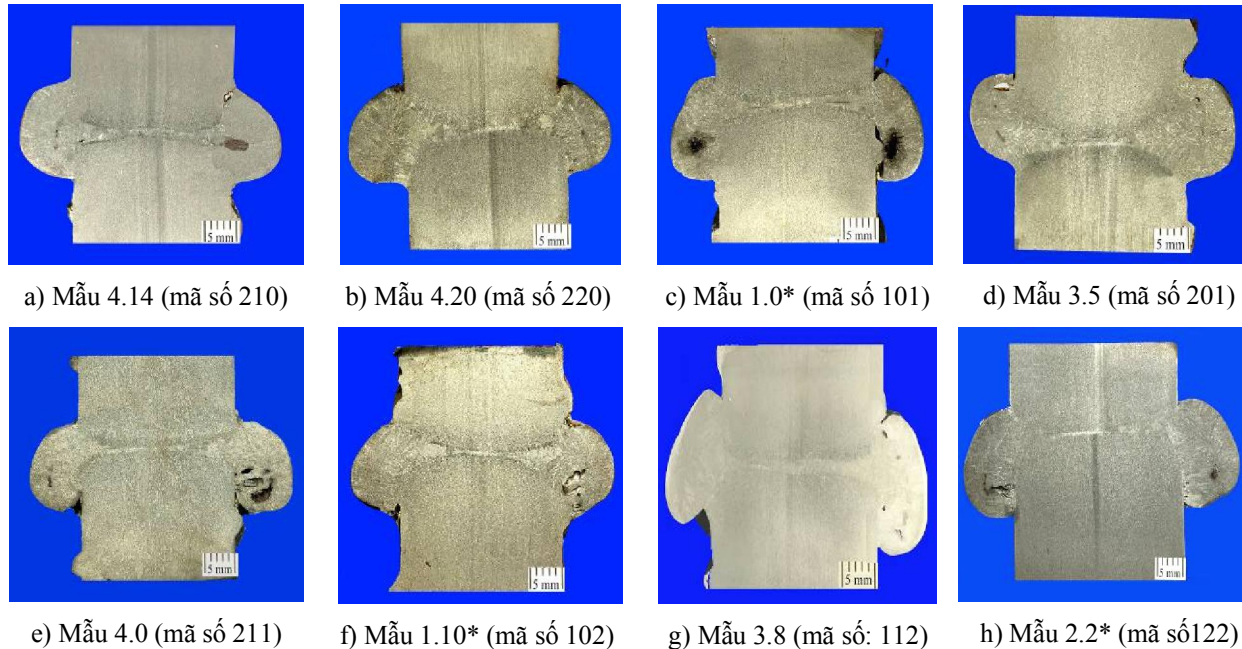


Hình 1. Mẫu sau khi hàn điện xỉ - áp lực (a), mẫu sau gia công và tẩy thực để khảo sát tổ chức tế vi (b) và sơ đồ các vị trí đặc trưng chụp ảnh tổ chức vật liệu mỗi hàn (c) 1- Mỗi hàn; 2,3- Vùng ảnh hưởng nhiệt; d_{dn} : Đường kính danh nghĩa cốt thép hàn; d_h : Đường kính mỗi hàn

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Chọn một số mẫu điển hình để nghiên cứu khảo sát tổ chức tế vi vật liệu mỗi hàn trên biên giới liên kết hai mặt đầu cốt thép và vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận 3 nhóm mẫu khảo sát sau: Nhóm 1: gồm các mẫu có ký hiệu 4.14 và 4.20; Nhóm 2: gồm các mẫu có ký hiệu 3.5; 4.0 và 3.10; Nhóm 3: gồm các mẫu có ký hiệu 1.10* và 3.8. Tổ chức thô đại của mỗi hàn của các mẫu thí nghiệm nhóm 1 cho trên hình 1, a÷b, còn nhóm 2 là hình 1, c÷e và nhóm 3 là hình 1 f÷h.

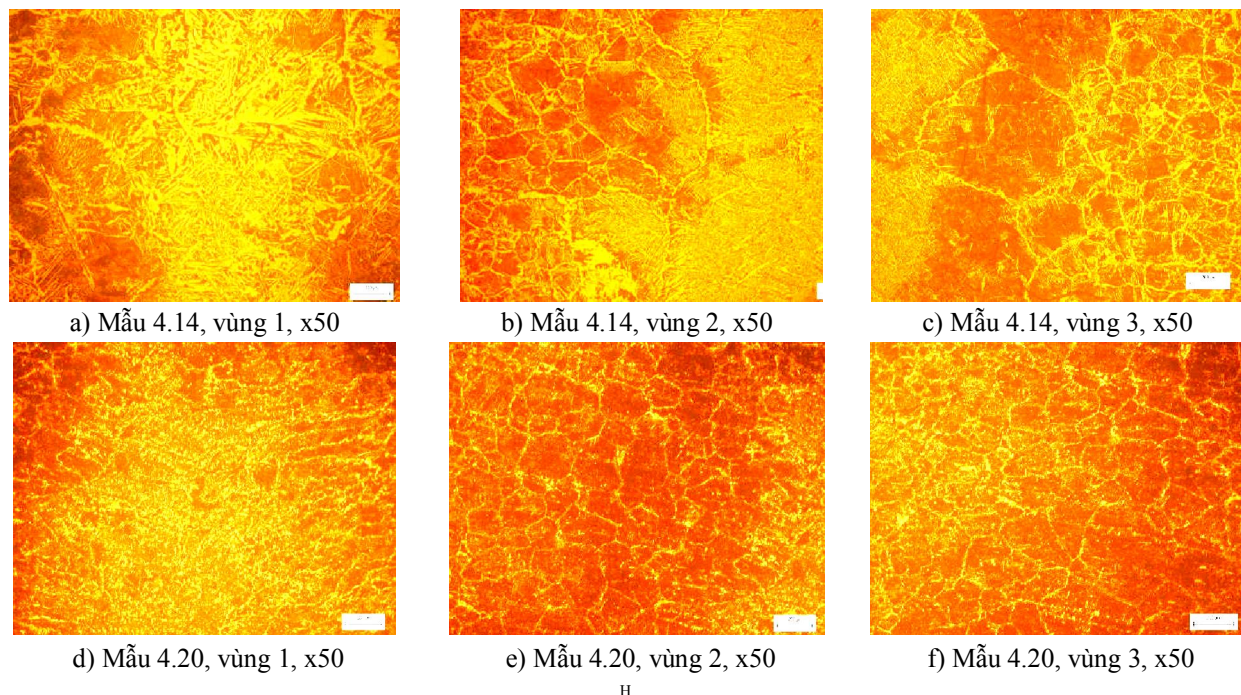
Kết quả thí nghiệm khảo sát và chụp ảnh tổ chức tế vi vật liệu mối hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt cho trên các hình 2 ÷ 4, với quy ước các tiểu vùng vật liệu đặc trưng là: (1) - liên kết hàn kim loại hai mặt đầu cốt thép tại trung tâm mối hàn; (2) - tiểu vùng cấu trúc vật liệu phía dưới mối hàn và (3) - tiểu vùng cấu trúc vật liệu có ảnh hưởng nhiệt ở phía trên mối hàn.



Hình 2. Ảnh tổ chức thô đại mối hàn điện xi- áp lực với tương tác đồng thời của 3 thông số công nghệ hàn $f(I_h, T_h, p_h)$

Phân tích các ảnh tổ chức tế vi ở hình 1, a,b và hình 2 cho thấy:

- Mẫu thí nghiệm số 8 (mã số: 210) có ký hiệu 4.14, nhận được ở chế độ hàn với $I_h = 600A$; $T_h = 30s$ và $p_h = 2,5MPa$ có đặc tính tổ chức vật liệu dễ nhận thấy là dọc theo biên giới liên kết mối hàn có màu sáng hơn so với các vùng ảnh hưởng nhiệt (2) và (3). Vật liệu tại trung tâm mối hàn có kích thước hạt không lớn ($\approx 50 \div 80 \mu m$), một vài tiểu vùng cục bộ có tổ chức hình nhánh cây và tổng chiều dày liên kết hàn khoảng $\approx 600 \div 700 \mu m$ (hình 2, a). Ở các vùng ảnh hưởng nhiệt vật liệu có cấu trúc với kích thước hạt trong khoảng $\approx 200 \div 400 \mu m$ (hình 2, b,c), kích thước các hạt này hơn so với tại trung tâm mối hàn. Điều đó được giải thích bởi do chế độ hàn được chọn với cường độ dòng lớn nhất, còn thời gian hàn chọn ở mức trung bình và áp lực hàn chọn ở mức thấp nhất, nên mặc dù quá trình điện xỉ tạo liên kết kim loại giữa hai mặt đầu cốt thép hàn tốt, nhưng vẫn chưa đủ điều kiện đảm bảo cho quá trình biến dạng dẻo của vật liệu trong mối hàn đang hình thành xảy ra với cường độ cao. Kết quả là kích thước chiều dày của liên kết hàn có màu sáng tại tâm mối hàn khá lớn. Đối chiếu với đặc tính hình dạng (hình 1, a) và độ bền kéo mối hàn [3], [4] còn cho thấy: tổ chức thô đại mối hàn trên mẫu khảo sát này có đặc tính cấu trúc khá tốt: các vùng vật liệu nở phình đã đi ra phía ngoài đường kính danh nghĩa cốt thép hàn, tổ chức vật liệu trong trung tâm mối hàn đều là liên kết kim loại không có khuyết tật, còn độ bền kéo mối hàn tăng lên rất rõ rệt và đạt giá trị $\sigma_{K8} = 527,16 MPa$, điều đó đảm bảo chất lượng mối hàn khá tốt.



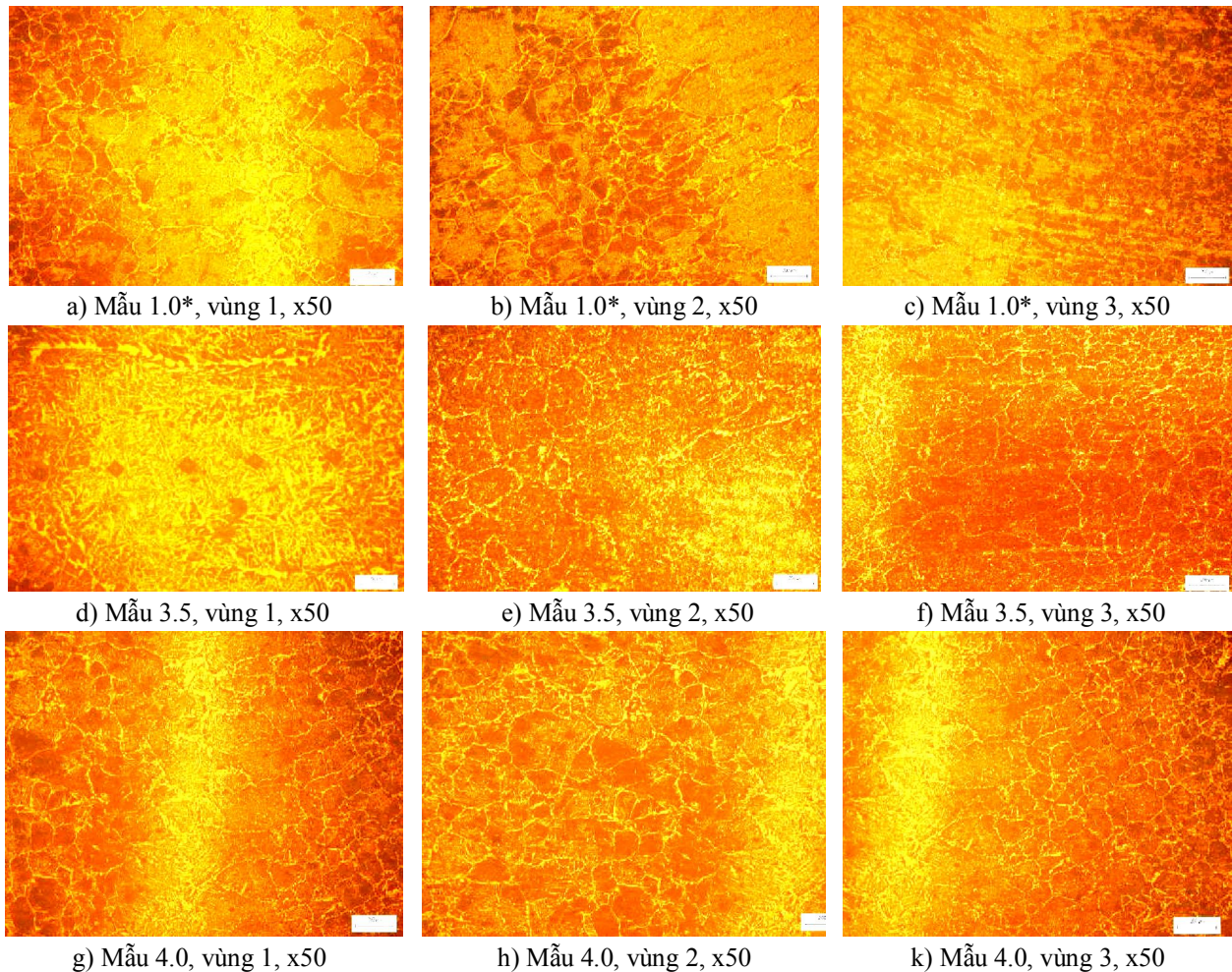
Hình 3. Ảnh tổ chức tế vi vật liệu mối hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt trên nhóm mẫu số 1 ($I_h = 600$ A; $T_h = 25 \div 35$ s; $p_h = 2,5$ MPa)

- Mẫu thí nghiệm số 9 (mã số: 220) có ký hiệu 4.20, nhận được ở chế độ hàn với $I_h = 600$ A; $T_h = 35$ s và $p_h = 2,5$ MPa: tổ chức vật liệu tại trung tâm mối hàn (hình 3, d) cũng có màu sáng hơn so với các vùng ảnh hưởng nhiệt (2) và (3) với đặc tính tương tự như mẫu 4.14 đã xét ở trên. Vật liệu ở các vùng 1 khảo sát trong mối hàn có kích thước hạt không lớn ($\approx 50 \div 70$ μ m) và tổng chiều dày liên kết hàn khoảng $\approx 650 \div 850$ μ m. Các vùng ảnh hưởng nhiệt (hình 3, e, f) có kích thước hạt trong khoảng $\approx 200 \div 300$ μ m, lớn hơn đáng kể so với ở tâm mối hàn. Trong thí nghiệm này thời gian hàn chọn ở mức cao nhất ($T_h = 35$ s) có thể đã tạo điều kiện thuận lợi cho tổ chức tại các vùng ảnh hưởng nhiệt có kích thước hạt lớn lên giống như mẫu số 4.14 đã xét ở trên. Mặt khác, vì áp lực hàn chọn ở mức cận dưới ($p_h = 2,5$ MPa), nên chưa đảm bảo đủ điều kiện cần thiết cho biến dạng dẻo kim loại xảy ra bên trong mối hàn để hình thành liên kết hàn có chiều dày nhỏ. Đối chiếu với đặc tính hình dạng (hình 1, b) và độ bền kéo mối hàn [3], [4] cũng cho thấy tổ chức thô đại mối hàn trên mẫu 4.20 có đặc tính cấu trúc khá tốt: các vùng vật liệu nở phình đã đi ra phía ngoài đường kính danh nghĩa cốt thép hàn, tổ chức vật liệu trong trung tâm mối hàn đều là liên kết kim loại không có khuyết tật, còn độ bền kéo mối hàn tăng lên rất rõ rệt và đạt giá trị $\sigma_{K9} = 513,66$ MPa, đảm bảo chất lượng mối hàn theo tiêu chí tổng hợp của nó ở mức tốt.

Phân tích các ảnh tổ chức tế vi trên hình 1, c, d, e và hình 4 cho thấy:

- Mẫu thí nghiệm số 13 (mã số: 101) được khảo sát có ký hiệu 1.0*, nhận được ở chế độ hàn với $I_h = 450$ A, $T_h = 25$ s, $p_h = 4,5$ MPa: tổ chức vật liệu mối hàn cũng có màu sáng hơn so với các vùng ảnh hưởng nhiệt (2) và (3) tương tự như các mẫu 4.20 trên đây. Vật liệu mối hàn ở vùng 1 (hình 4, a) có kích thước hạt khoảng $\approx 50 \div 70$ μ m và tổng chiều dày liên kết hàn trên mẫu số 1.0* có giá trị trong khoảng $\approx 100 \div 150$ μ m. Vật liệu ở các vùng ảnh hưởng nhiệt (hình 3, b, c) có kích thước hạt khá lớn (khoảng $\approx 250 \div 300$ μ m), lớn hơn đáng kể so với ở vùng 1 tại liên kết kim loại giữa hai mặt đầu cốt thép hàn. Điều đó được giải thích vì trong thí nghiệm này,

áp lực hàn chọn ở mức ($p_h = 4,5$ MPa) cao hơn so với mẫu 4.20 ($p_h = 2,5$ MPa), nên đảm bảo điều kiện tốt hơn cho quá trình biến dạng dẻo vật liệu trong mỗi hàn xảy ra với cường độ lớn hơn và kết quả là chiều dày của mẫu 1.0* giảm mạnh. Hình dạng, tổ chức thô đại mỗi hàn trên mẫu 1.0* (hình 1, c) cho thấy các vùng vật liệu nở phình đã đi ra phía ngoài đường kính danh nghĩa cốt thép hàn, tại tâm mỗi hàn là liên kết kim loại không có khuyết tật, điều đó đảm bảo cho độ bền kéo mỗi hàn tăng lên rất rõ rệt và đạt giá trị $\sigma_{K13} = 554,16$ MPa, dẫn đến chất lượng mỗi hàn đạt mức khá tốt.

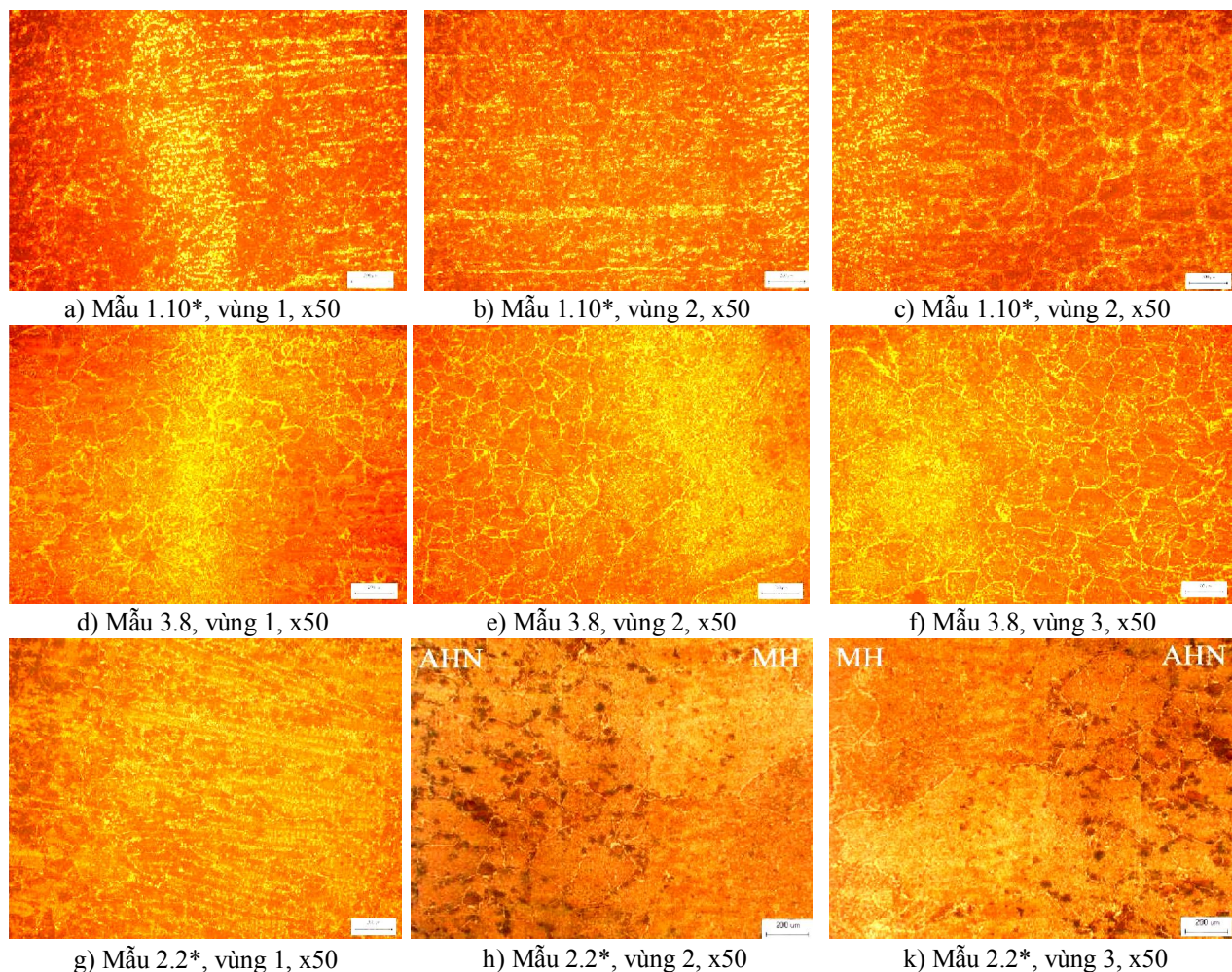


Hình 4. Ảnh tổ chức tế vi vật liệu mỗi hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt trên nhóm mẫu số 2 ($I_h = 450 \div 600$ A; $T_h = 25 \div 35$; $s_{p_h} = 4,5$ MPa)

- Đối với mẫu thí nghiệm số 16 (mã số: 201) 3.5, nhận có ký hiệu được ở chế độ hàn với $I_h = 600$ A, $T_h = 25$ s, $p_h = 4,5$ MPa: tổ chức vật liệu tại biên giới liên kết hai mặt đầu cốt thép trong mỗi hàn (hình 4, d) có màu sáng hơn so với các vùng ảnh hưởng nhiệt (2) và (3) (hình 4, e, f). Vật liệu ở trung tâm mỗi hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt có kích thước hạt, cũng như tổng chiều dày liên kết hàn gần giống như mẫu 4.20 đã xét (hình 1, d). Điều đó được giải thích bởi do cường độ dòng điện hàn chọn ở mức cận trên theo quy hoạch thực nghiệm, dẫn đến đảm bảo đủ điều kiện tốt cho quá trình điện xỉ để hình thành liên kết kim loại giữa hai đầu cốt thép hàn có chất lượng tốt. Hình dạng và tổ chức thô đại mỗi hàn trên mẫu 3.5 (hình 1, d) cho thấy các vùng vật liệu nở phình đã đi ra phía ngoài đường kính danh nghĩa cốt thép hàn, tại tâm mỗi hàn là liên

kết kim loại không có khuyết tật, đảm bảo cho độ bền kéo mỗi hàn tăng lên rất rõ rệt và đạt giá trị $\sigma_{K13} = 554,16 \text{ MPa}$, dẫn đến chất lượng mỗi hàn đạt mức khá tốt.

- Mẫu thí nghiệm số 16 (mã số: 211) có ký hiệu 4.0, nhận được khi cho chế độ hàn ở mức $I_h = 600 \text{ A}$, $T_h = 30 \text{ s}$ và $p_h = 4,5 \text{ MPa}$ có đặc điểm: tổ chức vật liệu tại trung tâm mỗi hàn (hình 4, g) có màu sáng hơn so với các vùng ảnh hưởng nhiệt (2) và (3) như trên hình 4, h,k. Vật liệu mỗi hàn tại trung tâm mỗi hàn, các vùng ảnh hưởng nhiệt cũng có kích thước hạt và tổng chiều dày liên kết hàn gần giống như mẫu 1.0* đã xét (hình 4, g). Thời gian hàn ở thí nghiệm này tăng cao hơn so với mẫu 3.5 trên đây, điều đó dẫn đến tổ chức vật liệu ở các vùng ảnh hưởng nhiệt (hình 4, h,k) đều có cỡ hạt lớn hơn so với mẫu 3.5 (hình 4, e,f). Tổ chức thô đại của mẫu 4.0 (hình 1, e) cho thấy liên kết kim loại giữa hai mặt đầu cốt thép hàn có chiều dày giảm mạnh so với các mẫu đã xét ở trên. Hiện tượng này được giải thích là do chọn mức áp lực $p_h = 4,5 \text{ MPa}$ trong thí nghiệm này đã đảm bảo đủ điều kiện cho quá trình biến dạng dẻo vật liệu trong mỗi hàn đang hình thành sau khi điện xỉ được xảy ra với cường độ cao trong thời gian tương đối lớn. Điều đó dẫn đến các vùng vật liệu nở phình bị đẩy ra phía ngoài đường kính danh nghĩa cốt thép hàn, tại tâm mỗi hàn là liên kết kim loại không có khuyết tật, đảm bảo cho độ bền kéo mỗi hàn tăng lên rất rõ rệt và đạt giá trị $\sigma_{K16} = 587,66 \text{ MPa}$, làm cho chất lượng mỗi hàn đạt mức rất tốt.



Hình 5. Ảnh tổ chức tế vi vật liệu mỗi hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt trên nhóm mẫu số 3 ($I_h = 450 \text{ A}$; $T_h = 25 \div 35 \text{ s}$; $p_h = 6,5 \text{ MPa}$)

Phân tích các ảnh tổ chức tế vi trên hình 1, f,g,h và hình 5 cho thấy:

- Mẫu thí nghiệm số 22 có ký hiệu 1.10* (mã số: 102), nhận được ở chế độ hàn với: $I_h = 450A$, $T_h = 25s$, $p_h = 6,5MPa$: tổ chức vật liệu mỗi hàn (hình 5, a) cũng có màu sáng hơn so với các vùng ảnh hưởng nhiệt (hình 5, b,c) tương tự như các mẫu 4.0 đã xét ở trên. Vật liệu mỗi hàn ở trung tâm mỗi hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt đều có kích thước hạt và tổng chiều dày liên kết hàn gần giống như mẫu 4.0 (hình 4, g,h,k). Điều đó được giải thích vì trong thí nghiệm này, áp lực hàn chọn ở mức cao nhất trong quy hoạch thực nghiệm (mức cận trên: $p_h = 6,5 MPa$), nên đảm bảo điều kiện tốt nhất cho quá trình biến dạng dẻo vật liệu trong mỗi hàn xảy ra với cường độ cao nhất và kết quả làm cho chiều dày của mẫu 1.10* nó giảm mạnh. Chất lượng mỗi hàn được đánh giá theo tiêu chí tổng hợp các tính chất cơ học và đặc tính vật liệu trong thí nghiệm này sẽ đạt yêu cầu kỹ thuật trong vùng điều chỉnh tốt nhất của các thông số công nghệ hàn chính đã khảo sát. Tổ chức thô đại mỗi hàn của mẫu 2.2* (hình 1, f) cho thấy đặc tính của nó rất tốt: các vùng vật liệu nở phình hoàn toàn đi ra ngoài đường kính hàn danh nghĩa, liên kết trong mỗi hàn là liên kết kim loại không có khuyết tật với chiều dày của nó khá nhỏ. Giải thích điều này là do chế độ hàn được chọn với mức áp lực hàn cao nhất ($p_h = 6,5 MPa$), nên ngay khi chọn I_h chỉ ở mức trung bình, còn T_h chọn ở mức thấp nhất mà vẫn đảm bảo được điều kiện tốt nhất cho quá trình biến dạng dẻo để hình thành mỗi hàn có chất lượng cao. Độ bền kéo mỗi hàn trong thí nghiệm này có giá trị bằng $\sigma_{K22} = 612,06 MPa$.

- Mẫu thí nghiệm số 23 (mã số: 112) có ký hiệu 3.8, nhận được ở chế độ hàn với: $I_h = 450A$, $T_h = 30s$, $p_h = 6,5MPa$: tổ chức vật liệu tại trung mỗi hàn (hình 5, d) và các vùng ảnh hưởng nhiệt (2) và (3) như trên hình 5, e, f đều có đặc tính giống như mẫu 4.0 (hình 4, g,h,k) tương ứng. Trong thí nghiệm này, áp lực hàn chọn ở mức cao nhất ($p_h = 6,5 MPa$), còn thời gian hàn ở thí nghiệm này chọn ở mức cao hơn so với mẫu 1.10* đã xét, điều đó dẫn đến tổ chức vật liệu ở các vùng trung tâm mỗi hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt đều có kích thước hạt lớn hơn một ít so với mẫu 1.10* (hình 5, a,b,c). Giải thích hiện tượng này là do cường độ biến dạng dẻo vật liệu mỗi hàn ở điều kiện áp lực hàn cao xảy ra mãnh liệt và làm cho cấu trúc pha của vật liệu tại trung tâm mỗi hàn nhỏ mịn, còn ở các vùng ảnh hưởng nhiệt đều có kích thước hạt không lớn. Điều đó đảm bảo độ bền cơ học của mỗi hàn cao. Tổ chức thô đại mỗi hàn của mẫu 3.8 (hình 1, g) cũng cho thấy đặc tính của nó rất tốt: các vùng vật liệu nở phình hoàn toàn đi ra ngoài đường kính hàn danh nghĩa, liên kết trong mỗi hàn là liên kết kim loại không có khuyết tật với chiều dày của nó khá nhỏ. Điều đó đảm bảo được điều kiện tốt nhất cho quá trình biến dạng dẻo để hình thành mỗi hàn có chất lượng cao. Độ bền kéo mỗi hàn trong thí nghiệm này có giá trị bằng $\sigma_{K23} = 642,83 MPa$.

- Mẫu thí nghiệm số 24 (mã số: 122) có ký hiệu 2.2*, nhận được ở chế độ hàn với: $I_h = 450A$, $T_h = 35s$, $p_h = 6,5MPa$: tổ chức tế vi vật liệu tại trung tâm mỗi hàn (hình 5, g) hầu như không phân biệt được một cách rõ nét ranh giới giữa hai mặt đầu cốt thép hàn, còn ở các vùng ảnh hưởng nhiệt (hình 5, h,k) có kích thước hạt nhỏ mịn hơn so với các mẫu 1.0* (hình 5, a,b,c) và mẫu 3.8 (hình 5, d,e,f) đã xét trên đây. Đặc tính vật liệu ở thí nghiệm này đạt chuẩn tốt nhất theo tiêu chí đánh giá tổng hợp chất lượng mỗi hàn và thuộc miền điều chỉnh tốt nhất của các thông số công nghệ hàn chính đã chọn. Tổ chức thô đại của mẫu 2.2* (hình 1, h) cũng cho thấy đặc tính của nó rất tốt: các vùng vật liệu nở phình hoàn toàn đi ra ngoài đường kính hàn danh nghĩa, liên kết trong mỗi hàn là liên kết kim loại không có khuyết tật với chiều dày của nó hầu như không phân biệt rõ được biên giới liên kết hàn. Độ bền kéo mỗi hàn trong thí nghiệm này có giá trị bằng $\sigma_{K24} = 632,16 MPa$.

4. KẾT LUẬN

1) Bằng phương pháp phân tích kim tương học một số mẫu thí nghiệm điển hình nhận được bằng công nghệ điện xỉ - áp lực theo quy hoạch thực nghiệm trực giao N27, đã phân tích đặc tính cấu trúc vật liệu hình thành trong trung tâm mỗi hàn (trên biên giới liên kết kim loại giữa hai mặt đầu cốt thép hàn) và các vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận, đồng thời đưa ra so sánh đối chiếu với tổ chức thô đại của nó và độ bền kéo dọc trục mỗi hàn. Từ đó rút ra quy luật ảnh hưởng của chế độ hàn đến chất lượng mối hàn đánh giá theo tiêu chí tổng hợp nhìn chung là:

- Đặc tính bền cơ học (σ_K) có giá trị tăng tỷ lệ thuận theo chiều tăng của 3 thông số công nghệ đầu vào khảo sát I_h , T_h và p_h , trong đó p_h có ảnh hưởng mạnh nhất, tiếp theo đó là T_h và cuối cùng là I_h . Trong 8 mẫu thí nghiệm điển hình đã khảo sát, độ bền kéo mối hàn đạt giá trị trong khoảng $\sigma_K = 513,66 \div 642,83$ MPa, đảm bảo yêu cầu chịu lực cao của kết cấu cốt thép đối với các công trình nhà cao tầng;

- Các đặc tính cấu trúc vật liệu khảo sát tại 3 tiểu vùng đặc trưng trong mỗi hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận có xu hướng cải thiện rõ rệt: chiều dày lớp vật liệu trên biên giới liên kết hàn giảm tỷ lệ thuận theo chiều tăng của thông số p_h và T_h . Các vùng vật liệu nở phình của mỗi hàn được đẩy ra ngoài phạm vi kích thước đường kính danh nghĩa cốt thép hàn, làm cho trong mỗi hàn không còn tồn tại khuyết tật nào đáng kể và nhờ đó σ_K tăng;

- Nếu cường độ dòng điện hàn tăng đến mức cao nhất ($I_h = 600$ A) dẫn đến tổ chức vật liệu ở các vùng ảnh hưởng nhiệt có kích thước hạt lớn hơn so với các mẫu hàn với $T_h = 450$ A và $p_h = 2,5 \div 4,5$ MPa.

2) Việc khảo sát đánh giá tổ chức vật liệu kim loại trên biên giới mỗi hàn và các vùng ảnh hưởng nhiệt lân cận trên một số mẫu thí nghiệm điển hình nhận được theo quy hoạch thực nghiệm N27 và đối chiếu với kết quả chụp ảnh tổ chức thô đại của chúng, cũng như kết quả xác định độ bền kéo mối hàn tương ứng với mỗi chế độ hàn điện xỉ - áp lực cho ta đánh giá một cách tổng hợp các tiêu chí chất lượng mối hàn. Nhờ đó có thể tùy chọn chế độ hàn thích hợp, đảm bảo đúng yêu cầu kỹ thuật cần thiết theo điều kiện chịu tải khi làm việc của hệ cốt thép trên công trường xây dựng.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Viện Nghiên cứu Cơ khí, Viện Khoa học vật liệu thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Viện IDAT, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội trong nghiên cứu và Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội trong công bố tại Diễn đàn Hội nghị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Đức Long, Nguyễn Chí Sáng, Lê Vinh Quang, Bùi Văn Hạnh (2016): Tự động hóa quá trình hàn điện xỉ áp lực, Kỷ yếu Hội nghị KH & CN toàn quốc về Cơ khí - Động lực, Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, T10/2016;

[2]. Hoàng Đức Long, Hà Minh Hùng (2018): Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn điện xỉ - áp lực đến tính chất cơ học và tổ chức thô đại mối hàn, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 5, T5/2018;

[3]. Hoàng Đức Long, Hà Minh Hùng, Lê Đức Bảo, Nguyễn Văn Đức (2018): Thực nghiệm xác định ảnh hưởng của chế độ hàn điện xỉ - áp lực đến đặc tính mối hàn cốt thép xây dựng, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 6, T6/2018;

[4]. Hoàng Đức Long, Hà Minh Hùng, Lê Đức Bảo (2018): Mô hình hóa đặc tính bền của mối hàn điện xỉ - áp lực ứng dụng trong kỹ thuật cơ khí xây dựng, Báo cáo khoa học tại Hội nghị khoa học toàn quốc về Cơ khí chế tạo lần thứ V, Hà Nội, T10/2018.