

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ CÔNG THƯƠNG

VIỆN NGHIÊN CỨU CƠ KHÍ

NGUYỄN MINH TÂN

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ HÀN LẤN TIẾP XÚC PHỤC HỒI
CHI TIẾT MÁY DẠNG TRỤC**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ

MÃ SỐ: 9520103

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ

Hà Nội – 2019

Công trình được hoàn thành tại Viện nghiên cứu Cơ khí - Bộ Công thương

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. TS. Hoàng Văn Châu**
- 2. PGS.TS. Đào Quang Kế**

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận án cấp viện

Họp tại: Viện nghiên cứu Cơ khí – Bộ Công thương

Tòa nhà trụ sở chính, số 4 Đường Phạm Văn Đồng

Quận Cầu giấy – Thành phố Hà Nội

Vào hồi ... giờ ..., ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu Luận án tại các thư viện:

Thư viện Quốc gia;

Thư viện Viện nghiên cứu Cơ khí;

Thư viện Trường Đại học SPKT Hưng Yên

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong quá trình thực hiện công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, đi đôi với việc hội nhập tiếp thu các tiến bộ khoa học công nghệ trong việc đầu tư các trang thiết bị hiện đại từ các nước tiên tiến, thì việc sáng tạo phát huy nội lực trong nghiên cứu ứng dụng khai thác và làm chủ công nghệ là một động lực rất quan trọng. Việc áp dụng những thành tựu nghiên cứu của tiến bộ khoa học kỹ thuật để tạo ra các sản phẩm đạt được chất lượng yêu cầu tương đương nhập ngoại, song giá thành lại phù hợp với khả năng của các cơ sở sản xuất trong nước là cấp thiết.

Trong lĩnh vực công nghệ hàn, ngoài việc phát huy áp dụng các công nghệ hàn tiên tiến vào sản xuất nhằm nâng cao chất lượng và hạ giá thành sản phẩm thì việc ứng dụng công nghệ hàn vào việc phục hồi và nâng cao chất lượng các chi tiết máy cũng là một vấn đề đang rất được quan tâm và đã được thực hiện một cách có hiệu quả.

Nhiều năm qua, Việt Nam phát triển nền công nghiệp thông qua việc nhập thiết bị tổng thành và thiết bị lẻ của rất nhiều quốc gia trên thế giới. Để đảm bảo và duy trì việc vận hành hiệu quả và lâu dài, công nghệ phục hồi phụ tùng cũ là đặc biệt quan trọng. Giá thành phục hồi chi tiết bị hỏng thường không vượt quá 30÷50% so với giá chi tiết máy mua mới cùng loại, có nhiều chi tiết phức tạp về chế tạo nhưng với công nghệ phục hồi chỉ cần 15-20% giá thành đã có thể sử dụng trở lại với đầy đủ tính năng và chất lượng không thua kém sản phẩm mới.

Để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của khoa học kỹ thuật, đề tài **“Nghiên cứu công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết máy dạng trục”** tập trung giải quyết vấn đề thực hiện công nghệ, xây dựng phương trình toán học phản ánh mối quan hệ chất lượng lớp hàn đắp với các thông số chế độ của quá trình hàn. Việc làm chủ thiết kế và xây dựng hoàn chỉnh quy trình công nghệ hàn này có ý nghĩa thực tiễn không chỉ về mặt kinh tế mà còn có giá trị đặc biệt về mặt khoa học và công nghệ. Nó góp phần mở ra một hướng nghiên cứu mới cho công nghệ hàn phục hồi các chi tiết dạng trục đem lại những hiệu quả nhất định về năng suất, chất lượng, kinh tế đồng thời góp một phần đáng kể cho công cuộc bảo vệ tài nguyên thiên nhiên và môi trường ở nước ta.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

+ Hệ thống cơ sở khoa học, từ đó tiến hành thực nghiệm và ứng dụng công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết máy dạng trục với vật liệu phụ dẫy thép trên thiết bị thí nghiệm hiện có ở Việt Nam.

+ Nâng cao hiệu quả và chất lượng phục hồi chi tiết máy bị hư hỏng trên nền tảng cải tiến quy trình kỹ thuật hàn điện tiếp xúc đường thành hàn lăn tiếp xúc vật liệu phụ dẫy thép.

+ Xây dựng hàm toán học biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số công nghệ gồm: cường độ dòng điện hàn I_h (kA), lực ép điện cực F (kN), tốc độ hàn V_h (cm/s) tới chỉ tiêu chất lượng lớp hàn đắp.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

+ *Đối tượng nghiên cứu:*

- Công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết dạng trục với kim loại phụ dẫy thép.

- Nghiên cứu chất lượng lớp hàn đắp phục hồi chi tiết dạng trục thép cacbon C45 với kim loại phụ dẫy thép C70 bằng công nghệ hàn lăn tiếp xúc.

+ *Phạm vi nghiên cứu:*

- Chất lượng lớp hàn đắp phục hồi bề mặt trục thép làm từ vật liệu C45 có đường kính 50÷150mm bằng công nghệ hàn lăn tiếp xúc với kim loại phụ dẫy thép C70. Đánh giá chất lượng mẫu hàn về độ bền liên kết giữa lớp kim loại đắp với kim loại nền trục, độ cứng và độ bền mòn, tổ chức thô đại, tổ chức tế vi và thành phần hóa học lớp kim loại đắp. Từ kết quả thu được tiến hành phân tích, đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ như: dòng điện hàn I_h , lực ép điện cực F, tốc độ hàn V_h , tới chất lượng lớp hàn đắp phục hồi.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu kết hợp lý thuyết với thực nghiệm

+ *Nghiên cứu lý thuyết:*

- Nghiên cứu các cơ chế làm việc, các dạng hỏng của trục đặc biệt là quá trình hỏng do mài mòn.

- Phân tích và tổng hợp cơ sở lý thuyết của công nghệ hàn phục hồi chi tiết máy dạng trục bằng hàn lăn tiếp xúc kim loại phụ dây thép, kết hợp tham khảo các nghiên cứu liên quan.

+ *Nghiên cứu thực nghiệm:*

- Nghiên cứu chuyên đổi chức năng làm việc máy hàn điện tiếp xúc đường, kết hợp đồ gá để thực hiện công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết máy dạng trục.

- Xây dựng mô hình thực nghiệm trên cơ sở phân tích các yếu tố đầu vào và mục tiêu đầu ra của quá trình hàn; Tính toán xác định mức các thông số và tổ hợp các phương án thực nghiệm theo phương pháp Taguchi.

- Dựa trên kết quả kiểm tra cơ tính lớp hàn đắp, sử dụng phân tích phương sai ANOVA và hồi quy nhiều biến để đánh giá kết quả nghiên cứu theo mục tiêu đặt ra.

- Độ tin cậy và hiệu quả của phương pháp được kiểm nghiệm thông qua thí nghiệm kiểm chứng để làm cơ sở ứng dụng của kết quả nghiên cứu.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

5.1. Ý nghĩa khoa học

- Bằng thực nghiệm đưa ra được mối quan hệ giữa 3 thông số hàn lăn tiếp xúc I_h , F , V_h với chỉ tiêu cơ tính và tổ chức tế vi vùng hàn, qua đó có thể đánh giá cơ chế hình thành môi hàn và tổ chức vật liệu lân cận vùng hàn.

- Đề xuất bộ thông số hàn lăn tiếp xúc, cặp vật liệu thép C45 hoặc 40Cr với lớp phủ bằng dây thép C70 trên thiết bị thí nghiệm hiện có ở Việt Nam đảm bảo chất lượng phục hồi chi tiết máy dạng trục.

- Xác định sự kết hợp giữa 3 thông số I_h , F , V_h , nhằm đạt các chỉ tiêu cơ tính cao nhất trong miền khảo sát và định lượng tỷ lệ ảnh hưởng của các thông số này tới các chỉ tiêu cơ tính của lớp hàn đắp.

5.2. Ý nghĩa thực tiễn

- Kết quả của luận án có thể làm tài liệu tham khảo trong lĩnh vực công nghệ hàn phục vụ cho nghiên cứu ứng dụng và chế tạo.

- Hoàn thiện một công nghệ phục hồi chi tiết dạng trục đem lại những hiệu quả nhất định về năng suất, chất lượng, kinh tế đồng thời góp một phần đáng kể cho công cuộc bảo vệ tài nguyên thiên nhiên và môi trường ở nước ta.

- Xây dựng được phương pháp nghiên cứu đánh giá phù hợp cho lớp hàn đắp bằng công nghệ hàn lăn tiếp xúc cho các chi tiết dạng trục có độ mài mòn nhỏ.

6. Các điểm mới của luận án

- Mở rộng phạm vi ứng dụng của công nghệ hàn điện tiếp xúc trong lĩnh vực sửa chữa phục hồi các chi tiết dạng trục cho năng suất, chất lượng khá tốt, chi phí phục hồi thấp và an toàn với môi trường ở nước ta.

- Xác định được quy luật ảnh hưởng của một số thông số công nghệ (I_h , F , V_h) đến chất lượng lớp hàn đắp phục hồi, làm cơ sở khoa học cho các công trình nghiên cứu tương tự.

- Xây dựng hàm hồi quy thể hiện mối quan hệ ảnh hưởng đồng thời của các thông số I_h , F , V_h đến hàm mục tiêu là các chỉ tiêu cơ tính của lớp hàn đắp khi hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục.

- Phân tích quan hệ Grey (GRA) kết hợp Taguchi và thuật toán chia đôi để tìm kiếm giá trị tối ưu, phân trăm ảnh hưởng của các thông số công nghệ đáp ứng đồng thời nhiều mục tiêu về cơ tính của liên kết hàn.

7. Kết cấu của luận án

Ngoài phần mở đầu và các mục theo quy định, nội dung nghiên cứu của luận án được trình bày trong 04 chương và kết luận chung của luận án.

- Chương 1. Tổng quan về công nghệ hàn phục hồi chi tiết máy dạng trục.

- Chương 2. Cơ sở lý thuyết về công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết dạng trục.

- Chương 3. Vật liệu, thiết bị, phương pháp thực nghiệm và kiểm tra đánh giá.

- Chương 4. Kết quả thực nghiệm và thảo luận

- Kết luận chung của luận án

- Danh mục tài liệu tham khảo, các công trình đã công bố của luận án, phụ lục luận án.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ HÀN PHỤC HỒI CHI TIẾT MÁY DẠNG TRỤC

1.1. Đặc điểm và các phương pháp phục hồi chi tiết máy dạng trục

1.1.1. Vật liệu chế tạo trục: Thường là các loại thép kết cấu C40, C45 hoặc thép hợp kim 40Cr. Trường hợp chịu tải lớn dùng trong các máy móc quan trọng có thể dùng vật liệu thép crôm - mangan như 35CrMnV, 40CrMnTiBo và thép crôm - niken 40CrNi; 45CrNi, 30CrNi3A... được tôi cải thiện và tôi bằng dòng điện tần số cao tại các bề mặt cổ trục và các bề mặt làm việc chịu mài mòn.

1.1.2. Điều kiện làm việc của trục: Tuyền mô men xoắn dọc theo đường trục từ các chi tiết lắp trên nó đến các chi tiết khác, hoặc làm cả hai nhiệm vụ trên.

1.1.3. Các dạng hỏng cơ bản của trục

- Hỏng do mỏi: Do trục chịu lực tác dụng lớn, với chu kỳ nhất định và lâu dài sinh ra. Các cổ trục trong quá trình làm việc gây ra hiện tượng mỏi nên sinh ra các vết nứt, tróc rỗ bề mặt....

- Hỏng do mòn: Do bề mặt của cổ trục và ổ trượt có sự chuyển động tương đối làm cho các cổ trục bị mài mòn dẫn đến sự thay đổi về hình dáng, kích thước và chất lượng bề mặt.

1.1.4. Tính chất hoạt động của các chi tiết máy được phục hồi

Yêu cầu chung đối với các chi tiết máy phục hồi phải phù hợp với các chỉ số chất lượng của các chi tiết mới. Thực tế việc sử dụng các chi tiết máy được phục hồi bằng những phương pháp khác nhau cho thấy chúng thường không đảm bảo chất lượng như:

+ Không đủ độ bền, gây ra hỏng hóc khi làm việc dưới tải trọng lớn; Mài mòn, gây thay đổi hình dáng hình học của các chi tiết máy và độ chính xác về vị trí tương đối của chúng; Biến dạng kim loại làm phá hủy lớp bề mặt ngoài và xuất hiện các vết nứt, vỡ...;

Từ đó cho thấy khả năng hoạt động cũng như tuổi thọ của các chi tiết máy phục hồi dạng trục được xác định bởi 3 tiêu chí chính là độ bền liên kết giữa bề mặt đắp và bề mặt trục cơ bản, độ bền mòn và độ bền mỏi.

1.1.5. Các phương pháp phục hồi chi tiết máy dạng trục

Có nhiều phương pháp để phục hồi chi tiết, song mỗi phương pháp phục hồi có những đặc trưng riêng về hiệu quả cũng như chất lượng phục hồi.

a) Phục hồi trục bị mòn bằng công nghệ hàn

Là một công nghệ được ứng dụng rộng rãi để khôi phục các chi tiết máy bị mòn, hỏng. Phương pháp này có thể khôi phục lại hình dáng, kích thước của các chi tiết máy. Thực tế ở nhiều nước trên thế giới, chi tiết hỏng được khôi phục bằng phương pháp hàn chiếm khoảng 60% - 70%. Ở nước ta công nghệ hàn cũng được ứng dụng rộng rãi, đạt chất lượng khá tốt và đem lại hiệu quả kinh tế cao.

Đặc điểm phục hồi chi tiết bằng hàn có thể khôi phục được nhiều loại mòn, hỏng (nứt, gãy, vỡ, mòn kích thước lớn). Thiết bị hàn đơn giản, có khả năng vận chuyển khá dễ dàng. Độ bền liên của lớp hàn đắp với nền tốt.

b) Phục hồi trục bị mòn bằng công nghệ phun phủ nhiệt

Đặc điểm phục hồi bề mặt trục bằng phun phủ nhiệt là trục được phủ một lớp kim loại có chiều dày từ 0,2÷6mm. Các bề mặt trục không bị nung nóng quá, tránh được những thay đổi về tổ chức kim tương, biến dạng, có thể phun kim loại lên các bề mặt trục có vật liệu và đường kính bất kỳ. Nhược điểm phương pháp đòi hỏi kỹ thuật tiên tiến, thiết bị phức tạp, đắt tiền. Lượng kim loại khi phun hao tổn lớn, kim loại đắp thường có nhiều lỗ rỗ và chứa một lượng lớn các oxit, độ bền mòn của kim loại đắp rất kém trong điều kiện làm việc ma sát khô, môi trường làm việc độc hại.

c) Phục hồi trục bị mòn bằng công nghệ mạ

Đặc điểm phục hồi chi tiết bằng mạ được sử dụng rộng rãi để khôi phục các bề mặt trục có lượng mòn nhỏ. Trong quá trình mạ, bề mặt trục không bị đốt nóng nhiều, không làm thay đổi cấu trúc và tính chất của kim loại trục, lượng dư cho gia công rất nhỏ so với phương pháp hàn. Độ cứng của lớp mạ phụ thuộc vào chế độ và kim loại mạ. Phương pháp này có một nhược điểm khá lớn đó là năng suất quá trình quá thấp, hạn chế kích thước chi tiết phục hồi, điều kiện và môi trường làm việc không được đảm bảo.

1.2. Tình hình nghiên cứu và sử dụng hàn phục hồi chi tiết trục trên thế giới và ở Việt Nam

Hiện nay có nhiều phương pháp phục hồi các chi tiết máy bị mài mòn được nghiên cứu và áp dụng. Những nghiên cứu chính dựa trên cơ sở lý luận và quy trình kỹ thuật tiên tiến để phục hồi các chi tiết máy bị mài mòn như: phương pháp hàn điện cực rung, hàn cảm ứng, hàn dưới lớp trợ dung, hàn khí, hàn plasma và hàn nỏ, phục hồi bằng hàn khuếch tán, Bên cạnh một loạt ưu điểm thì những phương pháp này cũng tồn tại một số điểm hạn chế như: khi sử dụng để khôi phục bề mặt hình trụ của trục với độ mài mòn nhỏ, cho thấy những phương pháp này không hẳn lúc nào cũng đảm bảo được chất lượng phục hồi các chi tiết máy như yêu cầu đặt ra. Với công nghệ đang được sử dụng khá nhiều là phun phủ nhiệt có nhiều ưu điểm nổi bật tuy nhiên công nghệ này cũng tồn tại những nhược điểm là cho độ bền liên kết của lớp phủ với lớp nền cơ bản thấp. Lượng kim loại khi phun phủ hao tổn lớn, độ xốp cao, tạo ra ô xít kim loại nhiều, môi trường làm việc chưa tốt.

Phương pháp tiên tiến đang được tiếp tục hoàn thiện để phục hồi các chi tiết dạng trục là hàn điện tiếp xúc trên cơ sở sử dụng năng lượng nhiệt được sản sinh khi hình thành mối hàn giữa vật liệu phụ và chi tiết cơ bản khi được truyền qua bề mặt tiếp xúc bởi một xung điện (định luật Joule) kết hợp cùng với lực tác động của con lăn điện cực. Những phương pháp này có nhiều ưu điểm so với phương pháp phục hồi dựa trên sự nóng chảy vật liệu phụ bởi năng lượng hồ quang điện. Những điểm quan trọng nhất trong phương pháp này là:

- + Nhiệt nung nóng chi tiết nhỏ;
- + Khả năng hàn của những vật liệu phụ khác nhau;
- + Lớp bề mặt được tôi và rèn trực tiếp trong quá trình hàn nhằm làm tăng độ bền cho chi tiết do đó chi tiết sau khi hàn chỉ cần gia công đạt kích thước và độ nhám bề mặt làm việc mà không cần xử lý nhiệt sau hàn vì vậy sẽ tránh được các hiện tượng như: bong tróc và biến dạng...;
- + Tăng hiệu suất lên 2-3 lần;
- + Giảm hao phí vật liệu 3÷4 lần so với những phương pháp hàn khác;
- + Không làm cháy hỏng các chất hợp kim và nâng cao điều kiện lao động.

Kết luận chương 1

Qua việc tìm hiểu các công trình nghiên cứu trong nước và trên thế giới về công nghệ hàn đắp phục hồi và công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi các chi tiết máy dạng trục bị mài mòn, một số kết luận sau được đưa ra:

1. Nhiều công nghệ hàn đã được nghiên cứu tương đối đầy đủ và được ứng dụng vào thực tế để phục hồi các chi tiết bị mài mòn. Trong đó công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết máy dạng trục đã được nghiên cứu từ những năm 70 và ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực phục hồi các chi tiết máy cho ngành cơ khí nông nghiệp ở Liên bang Nga. Tuy nhiên ở nước ta công nghệ hàn đắp phục hồi này chưa có nghiên cứu và ứng dụng đáng kể nào, mặc dù theo các nghiên cứu đã chỉ ra rất nhiều ưu điểm của phương pháp này như: năng suất quá trình hàn cao, môi trường làm việc được đảm bảo, lớp đắp có độ bền mòn tốt, độ bền liên kết cao, có thể hàn được nhiều loại vật liệu khác nhau. Trong đó dây thép được coi là loại vật liệu phụ phổ biến và có giá thành thấp hơn rất nhiều so với bột kim loại. Vì vậy việc nghiên cứu hoàn thiện công nghệ này ở nước ta là rất cần thiết cho lĩnh vực sản xuất và sửa chữa phục hồi.

2. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, độ bền liên kết của lớp kim loại đắp với kim loại cơ bản, độ bền mòn và độ cứng của lớp đắp là ba đặc tính quan trọng ảnh hưởng tới khả năng làm việc của chi tiết máy phục hồi. Đặc biệt đối với hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết máy thì yếu tố độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền được coi là quan trọng nhất vì liên kết hàn chỉ xảy ra ở trạng thái chảy dẻo của kim loại hàn và kim loại nền cơ bản. Do đó nghiên cứu các thông số công nghệ nhằm nâng cao chỉ tiêu này là một trong những nhiệm vụ quan trọng.

3. Đã xác định được mục tiêu và phạm vi nghiên cứu của luận án, trong đó trọng tâm là nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến đồng thời nhiều chỉ tiêu chất lượng liên kết hàn trong công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết máy dạng trục với vật liệu phụ là dây thép.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ CÔNG NGHỆ HÀN LẤN TIẾP XÚC PHỤC HỒI CHI TIẾT DẠNG TRỤC

2.1. Cơ sở lý thuyết hàn điện tiếp xúc đường

2.1.1. Khái niệm, đặc điểm và ứng dụng của hàn điện tiếp xúc

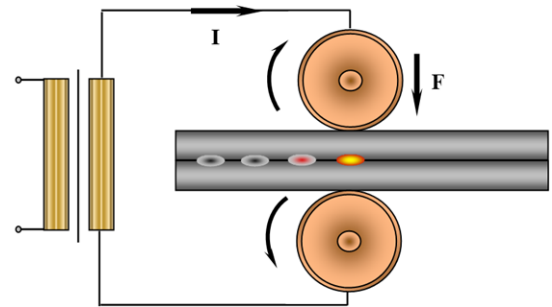
Khái niệm: Hàn điện tiếp xúc là quá trình hàn áp lực, sử dụng nhiệt điện trở của dòng điện chạy qua bề mặt tiếp xúc của hai chi tiết hàn để nung kim loại vật hàn đến trạng thái hàn (chảy dẻo), và sử dụng lực để ép hai chi tiết hàn lại với nhau. Kim loại bề mặt hàn sẽ khuếch tán và thẩm thấu sang nhau tạo thành liên kết hàn.

+ Đặc điểm của hàn điện tiếp xúc:

Dòng điện có cường độ rất lớn; Thời gian tác dụng ngắn; Không cần dùng thuốc hàn hay khí bảo vệ; Chất lượng mối hàn cao, mối hàn không có xỉ; Năng suất quá trình hàn cao, chi tiết hàn biến dạng ít; Dễ cơ khí hóa và tự động hóa quá trình hàn.

2.1.2. Hàn điện tiếp xúc đường

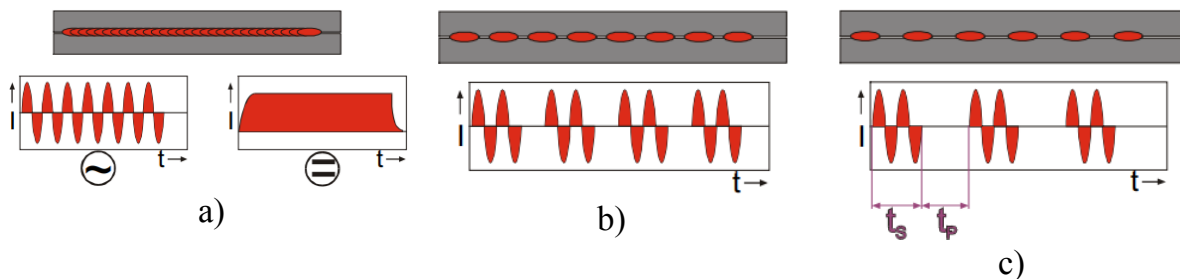
a) Nguyên lý chung: Hàn đường hay hàn lăn là một dạng hàn tiếp xúc trong đó mỗi hàn là tập hợp các điểm hàn liên tục. Điện cực hàn có dạng bánh xe (chủ động hoặc bị động, nhưng tối thiểu phải có một bánh xe chủ động), khi bánh xe quay, vật hàn nằm giữa hai bánh xe, nên mỗi hàn là một đường rất kín không cho các chất lỏng và chất khí lọt qua được (hình 2.1).



Hình 2.1. Nguyên lý hàn tiếp xúc đường

b) Các phương pháp hàn tiếp xúc đường: Hàn tiếp xúc đường có ba phương pháp:

- Hàn đường liên tục (hình 2.2-a).
- Hàn đường gián đoạn (hình 2.2-b).
- Hàn bước (hình 2.2-c).



Hình 2.2. Các phương pháp hàn tiếp xúc đường

2.2. Các phương pháp hàn điện tiếp xúc phục hồi chi tiết trục

Dựa theo loại vật liệu phụ được sử dụng thì phương pháp hàn điện tiếp xúc phục hồi chi tiết máy dạng trục được chia thành các dạng sau:

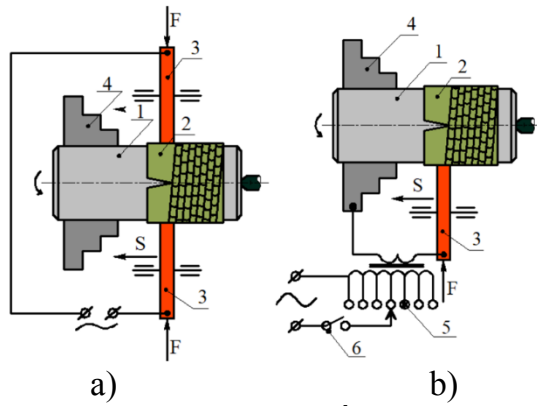
2.2.1. Hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dải thép

Sơ đồ phục hồi trục bằng phương pháp hàn lăn tiếp xúc dải thép được trình bày qua hình 2.3.

Phương pháp này không chỉ phục hồi được bề mặt trụ bên ngoài mà còn có thể phục hồi các rãnh và bề mặt trụ bên trong. Việc phục hồi các trục có rãnh then, các chi tiết có thành mỏng bằng hàn tiếp xúc với vật liệu phụ là dải thép có tính kinh tế cao và thường thì không thể thực hiện bằng những phương pháp khác. Để đảm bảo chất lượng của vật liệu hàn cần sử dụng dải thép có độ dày $0,25 \div 0,8\text{mm}$ từ thép cacbon, thép hợp kim và thép kết cấu, con lăn có độ rộng bằng với độ rộng của dải thép, độ bền mối hàn thu được ở mức thấp nhỏ hơn hoặc bằng 50MPa .

Phương pháp hàn lăn tiếp xúc phục hồi trục với vật liệu phụ dải thép kim loại cũng tồn tại một số hạn chế.

+ Việc cắt dải thép, xẻ rãnh bề mặt và gắn lên bề mặt phục hồi làm phức tạp hóa quy trình kỹ thuật và hạn chế số lượng các loại chi tiết phục hồi.



- 1- chi tiết máy phục hồi;
- 2- dải thép phụ;
- 3- con lăn điện;
- 4- mâm cặp;
- 5- biến áp hàn;
- 6- cầu dao

a) sơ đồ hàn 2 con lăn; b) sơ đồ hàn 1 con lăn

Hình 2.3. Sơ đồ hàn *lăn* tiếp xúc phục hồi trực vật liệu phụ dải thép

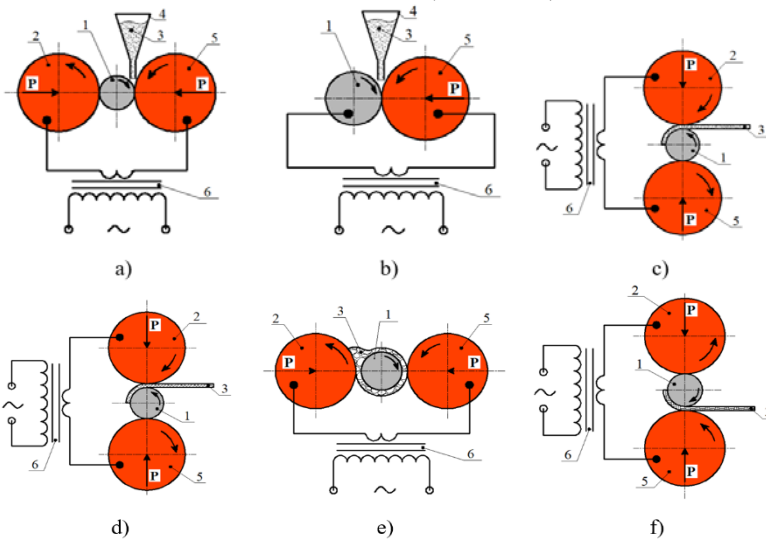
+ Khi hàn trong điều kiện tối ưu nhất thì việc loại bỏ những khuyết tật trong quá trình hàn như rỗ khí, nứt, tróc vỡ lớp bề mặt hàn đắp vẫn khó có thể thực hiện.

+ Tại vùng tiếp xúc của dải thép với chi tiết máy không có biến dạng dẻo của kim loại hàn - yếu tố được xem là điều kiện cần để có liên kết vững chắc.

Với những nhược điểm kể trên thì việc áp dụng phương pháp hàn tiếp xúc này còn bị hạn chế.

2.2.2. Hàn *lăn* tiếp xúc phục hồi chi tiết trực vật liệu phụ bột kim loại

Có rất nhiều hình thức sử dụng bột kim loại để hình thành mối hàn khi sử dụng phương pháp hàn *lăn* tiếp xúc bột kim loại đã được đưa ra (hình 2.4).



- 1- chi tiết máy phục hồi;
- 2,5- con lăn điện;
- 3- bột hàn;
- 4- phễu;
- 6- biến thế hàn
- a- truyền bột bằng trọng lực qua phễu khi hàn với hai con lăn điện;
- b- truyền bột bằng trọng lực qua phễu khi hàn với một con lăn điện;
- c- sử dụng thuốc hàn thiêu kết;
- d- sử dụng sợi hàn polyme;
- e- hàn với bột nhão;
- f- bột được gắn vào bề mặt.

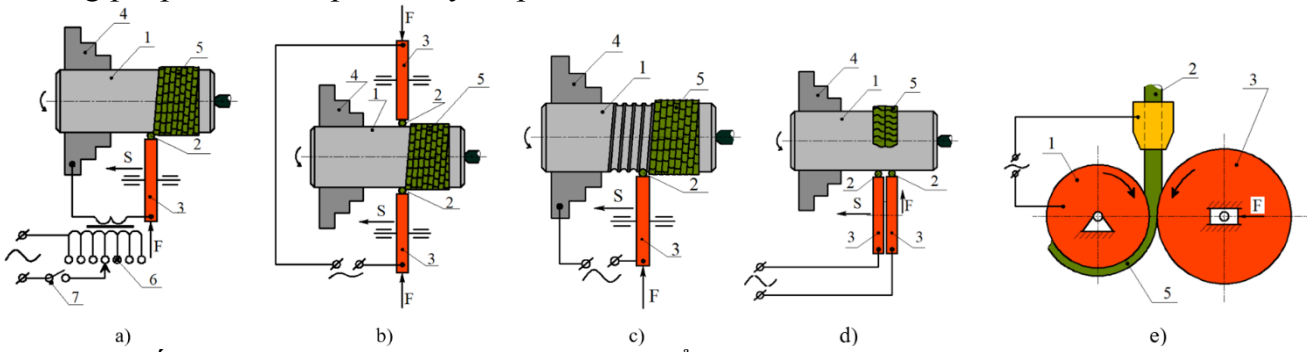
Hình 2.4. Sơ đồ hàn *lăn* tiếp xúc phục hồi trực bột kim loại

Với phương pháp hàn tiếp xúc bột kim loại, có nhiều lựa chọn dạng bột hàn (cacbon và hợp kim), cũng như các cách khác nhau để kết hợp chúng. Có thể tạo ra lớp phủ đa dạng về thành phần. Chế độ tối ưu trong hàn bột kim loại, đảm bảo độ bền của liên kết khoảng 120÷150 MPa, yếu tố ảnh hưởng lớn đến chất lượng lớp hàn là độ liên kết của nó với kim loại cơ bản, ảnh hưởng đến tốc độ hàn, là nguyên nhân tác động đến điều kiện nhiệt độ khi hàn lớp bề mặt phủ. Độ xốp ở lớp phủ làm tăng cường độ bền mòn. Độ bền mỏi của trục máy được phục hồi bằng phương pháp hàn *lăn* tiếp xúc bột kim loại thấp hơn không đáng kể so với sử dụng phương pháp hàn dải thép kim loại.

Bên cạnh những ưu điểm thì phương pháp này cũng có một loạt các nhược điểm như: Con lăn điện cực có kích thước lớn, độ rộng bề mặt làm việc của nó phải bằng (hoặc là bội số) độ rộng của cổ (ngõng) trục phục hồi. Khi hàn con lăn có độ rộng hẹp hơn cổ trục phục hồi thì cấu trúc bề mặt kim loại phủ sẽ không đồng nhất là do quá trình hàn bột kim loại rất nhạy cảm với sự thay đổi nhiệt độ. Việc sử dụng bột sắt giá rẻ không hẳn lúc nào cũng đảm bảo chất lượng phục hồi yêu cầu đặt ra. Thành phần cấu tạo của vật liệu hàn làm phức tạp quy trình kỹ thuật, còn bột hợp kim chất lượng cao thì rất hiếm và có giá thành cao. Hàn *lăn* tiếp xúc vật liệu phụ bột kim loại không hoàn toàn giải quyết được vấn đề đảm bảo độ liên kết cao của lớp hàn đắp với kim loại cơ bản của trục. Những bước gia công cơ khí tiếp theo của lớp phủ theo phương pháp hàn *lăn* tiếp xúc bột kim loại sẽ gặp khó khăn.

2.2.3. Hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dây thép

Phương pháp hàn lăn tiếp xúc dây thép kim loại được mô tả như hình 2.5.



- 1 - chi tiết máy; 2- dây hàn; 3- điện cực hàn kiểu con lăn; 4- mâm cặp; 5-lớp phủ kim loại;
a- sơ đồ cơ bản; b- sơ đồ hai con lăn; c- có tạo rãnh trên bề mặt hàn trước khi hàn;
d- hai con lăn cạnh nhau; e- sử dụng con lăn trung gian.

Hình 2.5. Sơ đồ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dây thép

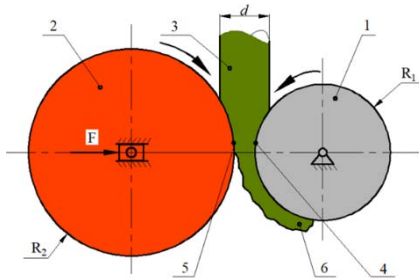
Ngoài những sơ đồ kể trên, còn rất nhiều sơ đồ hàn lăn tiếp xúc dây kim loại nhưng đôi khi chúng khá phức tạp và khó có thể thực hiện được. Trong các tài liệu kỹ thuật tác giả chỉ tìm thấy những thông tin về việc áp dụng trong sản xuất sơ đồ hàn lăn tiếp xúc cơ bản để phục hồi các trục bị mài mòn.

Ở nghiên cứu này tác giả sử dụng sơ đồ cơ bản nhưng có sự thay đổi đó là: con lăn điện cực ép dây và dịch chuyển thì bộ phận tiếp xúc điện vào trục hàn cũng dịch chuyển theo, do đó khoảng dẫn điện trong khu vực hàn là giống nhau khi đó dòng điện cung cấp tại đầu và cuối đoạn hàn là không thay đổi.

2.3. Cơ sở lý thuyết quá trình hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dây thép

2.3.1. Nguyên lý hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dây thép

Nguyên lý của quá trình hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dây thép được thể hiện trên sơ đồ hình 2.6.



- 1 - trục hàn;
2 - con lăn điện;
3 - dây kim loại phụ;
4 - bề mặt tiếp xúc giữa dây thép với bề mặt trục hàn;
5 - bề mặt tiếp xúc giữa dây kim loại với con lăn điện;
6 - kim loại lớp hàn đắp.

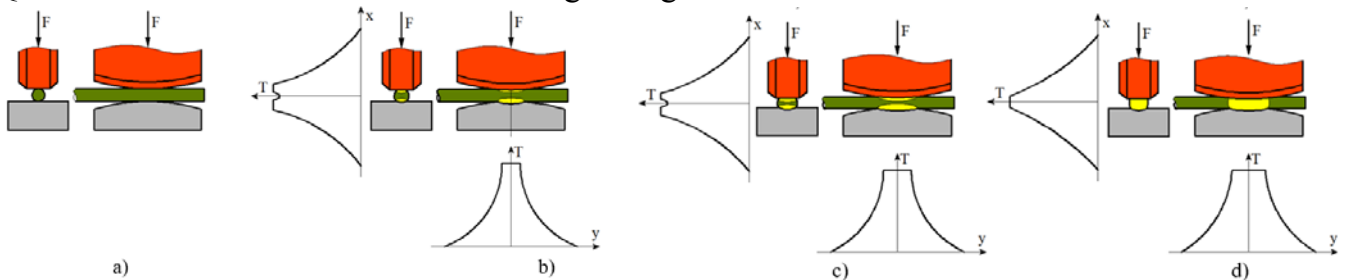
Hình 2.6. Sơ đồ nguyên lý hàn lăn tiếp xúc phục hồi trục vật liệu phụ dây thép

2.3.2. Bản chất vật lý của quá trình liên kết kim loại

Việc hình thành liên kết hàn trong hàn lăn tiếp xúc xảy ra mà không có sự nóng chảy của kim loại cơ bản và kim loại phụ. Tại chỗ nối kim loại cơ bản và kim loại phụ không hình thành bề hàn. Quá trình hàn lăn tiếp xúc được xem như một biến thể của hàn kim loại ở trạng thái rắn.

Độ rộng của khu vực hình thành liên kết giữa dây hàn với bề mặt trục trước khi tác động xung điện, sẽ phụ thuộc vào độ kháng biến dạng của dây kim loại, lực tác dụng của con lăn điện, đường kính trục hàn và dây hàn phụ, cũng như tình trạng bề mặt hàn.

Quá trình hình thành liên kết hàn diễn ra gồm 4 giai đoạn như hình 2.7.



a,b,c,d - các giai đoạn của quá trình nung nóng và biến dạng dẻo của dây hàn phụ
Hình 2.7. Quá trình biến dạng dẻo của dây hàn phụ và trường nhiệt độ khu vực hàn

2.3.3. Quá trình cân bằng nhiệt khi hình thành vùng hàn

Phương trình cân bằng nhiệt khi hình thành một điểm hàn khi hàn lăn tiếp xúc phức hồi trực kim loại phụ dây thép có thể được viết như sau:

$$Q = Q_{CT} + Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (J) \quad (2.1)$$

Với Q_{CT} - lượng nhiệt cần thiết để nung nóng một phần kim loại giữa chi tiết trực và con lăn điện đến trạng thái dẻo. Q_1, Q_2, Q_3 - là nhiệt lượng của vùng hàn truyền vào chi tiết trực hàn, điện cực con lăn và dây hàn phụ sau thời gian của một xung điện.

Trong bốn thành phần của sự cân bằng nhiệt trong công thức (2.1), có 2 thành phần Q_1 và Q_2 di chuyển tới chi tiết trực hàn và con lăn điện, nói cách khác là hai thành phần này không tham gia vào quá trình hình thành mối hàn nên nó được coi là các thành phần nhiệt hao tổn trong quá trình hàn. Do đó chỉ số hiệu suất năng lượng của quá trình hình thành bề mặt phủ kim loại khi hàn lăn tiếp xúc bằng:

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q} \quad (\%) \quad (2.2)$$

2.3.4. Mối liên hệ giữa khả năng biến dạng dẻo của dây phụ đến độ bền liên kết hàn

Mối quan hệ giữa độ bền không thứ nguyên của liên kết hàn và biến dạng tương đối của dây hàn dựa trên thành phần biến dạng dọc trục của dây hàn phụ:

$$\bar{\sigma} = \sigma / \sigma_{\max} = k \cdot \varepsilon_y^m + C \quad (MPa) \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_y = \frac{L_{dd} - L_{bd}}{L_{bd}} \quad (\%) \quad (2.4)$$

Với σ - là độ bền mối hàn của bề mặt phủ với bề mặt kim loại cơ bản, MPa; σ_{\max} - là độ bền giới hạn của mối hàn MPa; ε_y - là độ biến dạng tương đối của dây hàn phụ theo hướng dọc trục (L_{dd} - độ dẫn dài của dây hàn phụ đo được sau quá trình hàn; L_{bd} - chiều dài dây hàn phụ đo được trước khi hàn); k và m - là hệ số thực nghiệm không thứ nguyên; C - tích phân không thứ nguyên cố định.

2.3.5. Động học hình thành liên kết hàn

Việc lan rộng diện tích của vùng hình thành liên kết này được hoàn thành sau 0,020...0,025 giây. Thời gian để gia nhiệt làm biến dạng dẻo dây hàn phụ từ 0,02÷0,06s. Nhưng thời gian $t_i = 0,04s$ là khoảng thời gian mối hàn bị chồn lún hoàn toàn và tạo được độ bền liên kết cao nhất

2.4. Ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng lớp hàn đắp

2.4.1. Ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn (I_h)

Ảnh hưởng đến năng lượng nhiệt đầu vào của quá trình hàn, năng suất hàn cũng như độ bền liên kết của lớp hàn đắp với trực hàn cơ bản, ngoài ra I_h còn ảnh hưởng đến các thông số khác của quá trình hàn như thời gian xung điện, lực ép điện cực...

2.4.2. Thời gian xung điện (t_i, t_n)

Nếu thời gian xung điện quá nhỏ sẽ không đảm bảo cho quá trình chồn lún của dây hàn phụ được hoàn thành, xung điện lọt qua khu vực tiếp xúc không bao trùm trên toàn bộ bề mặt khi đó quá trình liên kết xảy ra không hoàn toàn và là nguyên nhân làm giảm độ bền của liên kết hàn.

2.4.3. Ảnh hưởng của lực ép điện cực con lăn (F)

Lực ép điện cực con lăn tạo nên tiếp xúc vật lý ban đầu. Khi có xung điện chạy qua vị trí tiếp xúc, dây kim loại phụ bị nung nóng, nhanh chóng đạt đến trạng thái dẻo. Tại thời điểm này lực ép duy trì tạo lên sự chồn lún của dây phụ và khi đó liên kết hàn được hình thành. Lực ép làm thay đổi điện trở tiếp xúc và thay đổi nhiệt trong quá trình hàn.

2.4.4. Ảnh hưởng của tốc độ hàn (V_h)

Tốc độ hàn làm thay đổi thời gian nung nóng bề mặt tiếp xúc dưới lực ép của điện cực con lăn. Tốc độ hàn lớn quá trình nung nóng không đủ sẽ gây ảnh hưởng cho quá trình nở lỏng ứng suất khối ở khu vực nung nóng của biến dạng. Nếu tốc độ hàn quá chậm, dưới tốc độ phù hợp thì độ bền liên kết cũng thấp hơn độ bền tối đa có thể vì trường hợp này bề mặt lớp hàn dọc theo chiều dài của trực với độ che phủ lớn sẽ làm giảm điện trở tiếp xúc trung gian, sự phân luồng dòng điện (dòng mạch rẽ).

2.4.5. Ảnh hưởng của bước tiến hàn (S_t)

Nếu tăng tốc độ bước tiến theo đường xoắn ốc quá phạm vi phù hợp, kết quả thu được các đường hàn đắp không có sự phủ chờm lên nhau. Nếu bước tiến hàn theo đường xoắn ốc quá thấp sẽ ảnh hưởng

mạnh đến cấu trúc của lớp phủ kim loại. Đồng thời làm tăng chiều dày lớp phủ của đường hàn liền kề, tăng chiều rộng vùng ram. Do đó làm giảm độ cứng, giảm độ bền mòn của lớp phủ bề mặt.

2.4.6. Ảnh hưởng của lưu lượng nước làm mát (Q_n)

Với việc tăng lượng chất lỏng làm mát và bố trí khối chất lỏng gần vùng hàn hơn, rõ ràng sẽ làm giảm hiệu quả của quá trình hàn điện tiếp xúc. Tuy nhiên việc sử dụng nước làm mát lại làm tăng độ cứng lớp kim loại hàn đắp.

Trên các phân tích sự ảnh hưởng của I_h , F , V_h , t_i , t_n , S_t , Q_n , cho thấy thông số lưu lượng nước làm mát Q_n là thông số phụ với mục đích làm tăng độ cứng bề mặt hàn đắp. Thông số xung điện hàn t_i , t_n đã được một số nghiên cứu chỉ ra mức tối ưu cho dây hàn 1,8mm là $t_i = 0,04s$; $t_n = 0,08s$. Thông số S_t chủ yếu để đảm bảo khu vực che phủ và hạn chế vùng ram. Các thông số còn lại I_h , F , V_h là các tham số trực tiếp làm thay đổi năng lượng nhiệt, cơ chế hình thành mối hàn nên được nghiên cứu lựa chọn làm tham số điều khiển trong quá trình thực nghiệm.

Kết luận chương 2

1. Năng suất quá trình hàn cao, chi tiết hàn ít biến dạng do sử dụng dòng điện có cường độ rất lớn tác dụng trong thời gian ngắn. Trong quá trình hàn không cần dùng thuốc hàn hay khí bảo vệ, mối hàn không có xỉ nên điều kiện làm việc và môi trường được đảm bảo, ngoài ra phương pháp còn cho chất lượng mối hàn cao, dễ tự động hóa quá trình hàn.

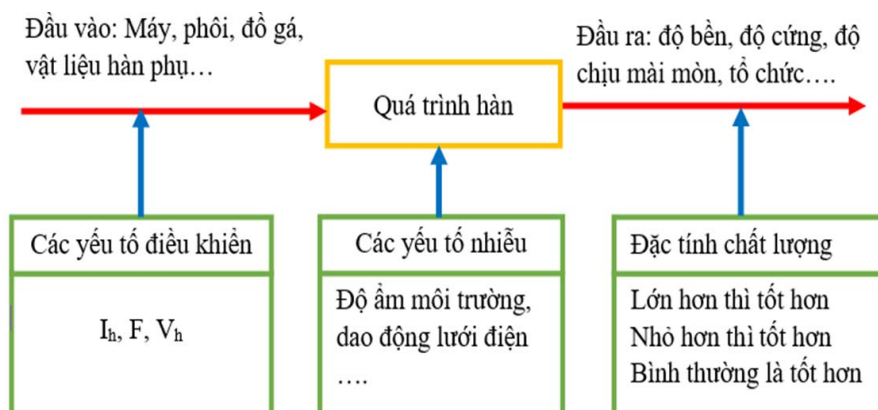
2. Từ tính chất vật lý của quá trình hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết dạng trục cho thấy phương pháp này cũng là một dạng của hàn tiếp xúc áp lực, mối hàn hình thành ở nhiệt độ chảy dẻo nói cách khác là không có sự nóng chảy của kim loại hàn và kim loại nền. Động lực học sự phát triển liên kết của kim loại hàn với kim loại nền được xác định bởi động lực học của sự biến dạng dẻo của chúng. Vì vậy liên kết hàn đắp không bị cháy hay bay hơi các thành phần nguyên tố hợp kim, sự ảnh hưởng về sự thay đổi thành phần hóa học của kim loại đắp và kim loại cơ bản không đáng kể. Như vậy sẽ khiến cho chi tiết trục phục hồi có thể tạo ra lớp bề mặt có độ cứng và độ bền mòn tốt nhưng vẫn đảm bảo độ bền dẻo của bản thân trục. Quá trình hình thành liên kết hàn phần lớn chỉ xảy ra ở bề mặt tiếp xúc như vậy độ hòa tan của kim loại cơ bản vào kim loại đắp đạt được ở mức thấp nên lớp đắp sẽ có độ tinh khiết tốt làm cho lớp đắp có độ cứng trung bình cao và đồng đều.

3. Nghiên cứu đã chỉ ra quá trình hình thành mối hàn trong pha rắn, mối liên hệ giữa độ bền liên kết của kim loại hàn với kim loại trục cơ bản thông qua sự biến dạng của dây kim loại khi hàn. Phân tích đánh giá sự ảnh hưởng của các thông số hàn cơ bản của quá trình tới chất lượng liên kết hàn. Hệ thống các công trình nghiên cứu tương tự, phân tích, thử nghiệm thăm dò tìm được khoảng giá trị các thông số công nghệ cho sự hình thành liên kết khi hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục vật liệu phụ dây thép. Làm cơ sở nhằm thu hẹp và lựa chọn các thông số công nghệ cho quá trình thực nghiệm.

CHƯƠNG 3. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ, PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM VÀ KIỂM TRA ĐÁNH GIÁ

3.1. Mô hình thí nghiệm.

Mô hình thí nghiệm được xây dựng trên cơ sở các yếu tố đầu vào của quá trình và các mục tiêu đầu ra sau khi hàn phục hồi, mô hình này được mô tả trên hình 3.1.

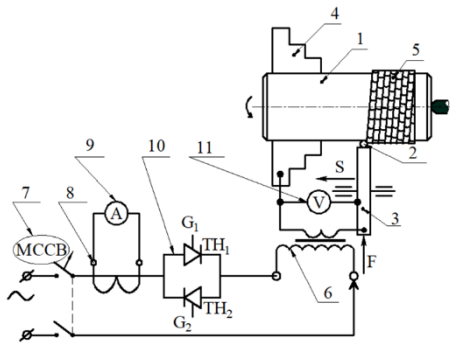


Hình 3.1. Mô hình thực nghiệm

3.2. Thiết bị, vật liệu thực nghiệm

3.2.1. Thiết bị thực nghiệm

Thực nghiệm công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục với kim loại phụ dây thép, tác giả sử dụng máy hàn đường ARO 72500 sản xuất theo tiêu chuẩn NF A 82-020 của Pháp kết hợp với đồ gá chế tạo có sơ đồ như hình 3.2 và hình ảnh như hình 3.3.



- 1- trục hàn phục hồi; 2 - dây kim loại phụ; 3 - điện cực con lăn; 4 - mâm cặp; 5- lớp hàn đắp; 6- máy biến áp; 7- Aptomat; 8- bộ biến dòng; 9 - ampe kế; 10- Thyristor lắp song song ngược, 11- vôn kế.

Hình 3.2. Sơ đồ mạch và thiết bị đo kiểm điện



Hình 3.3. Hệ thống thiết bị hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục

3.2.2. Vật liệu thực nghiệm

3.2.2.1. Chọn vật liệu và gia công mẫu thực nghiệm

+ Mẫu trục hàn thực nghiệm được làm từ vật liệu thép cacbon chất lượng tốt C45. Trục có đường kính danh nghĩa 100mm đã bị mòn 1mm theo đường kính, tức trục hàn thực nghiệm có kích thước 99mm. Sau hàn phục hồi với hai lớp hàn đắp bằng công nghệ hàn lăn tiếp xúc, gia công cơ khí thì trục trở lại kích thước ban đầu là 100mm. Thành phần hóa học và cơ tính vật liệu trục thực nghiệm được kiểm tra tại Phòng thí nghiệm vật liệu tính năng kỹ thuật cao - Viện Cơ Khí Năng Lượng và Mỏ - VINACOMIN như bảng 3.1 và 3.2.

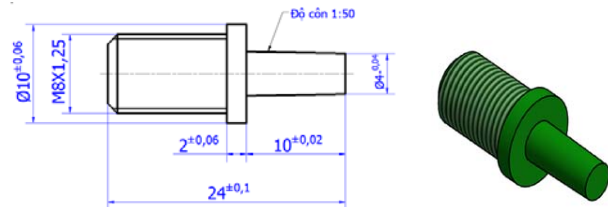
Bảng 3.1. Thành phần hóa học mẫu thực nghiệm (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Fe
0,4708	0,2630	0,6570	0,0271	0,0078	0,0743	0,0396	0,0178	0,0041	98,3808

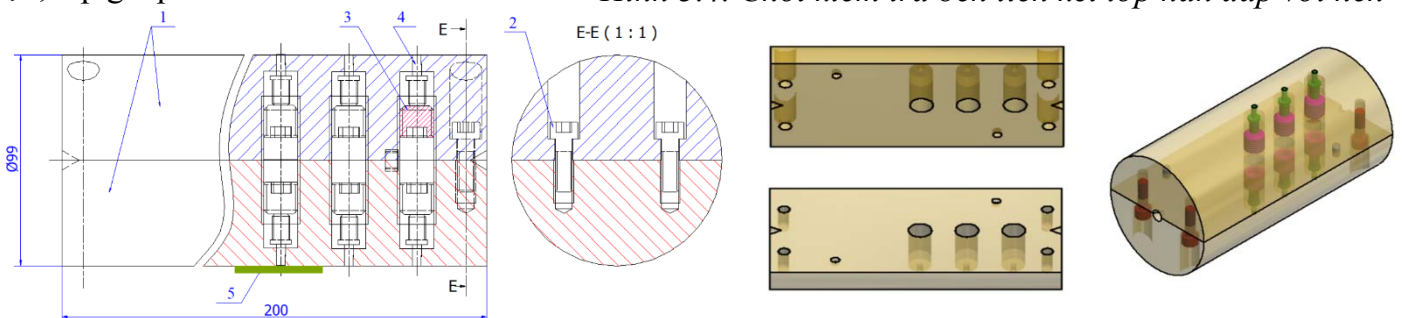
Bảng 3.2. Kết quả thử kéo vật liệu chế tạo mẫu trục hàn và chốt kéo

Chỉ tiêu thử nghiệm	Đơn vị	Kết quả			
		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Trung bình
Giới hạn bền	N/mm ²	495	485	484	488

+ Để đánh giá độ bền liên kết của lớp hàn đắp với trục cơ bản nghiên cứu sử dụng việc tách các chốt hình côn có đường kính Ø4 ra khỏi lớp hàn đắp. Mẫu trục hàn và chốt kéo được thiết kế, chế tạo, lắp ghép như hình vẽ 3.4. và 3.5



Hình 3.4. Chốt kiểm tra độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền



- 1 - hai nửa mẫu hàn; 2 - đinh vít; 3 - nút chặn; 4 - chốt hình côn; 5 - lớp hàn

Hình 3.5. Mô hình lắp ghép mẫu thực nghiệm

3.2.2.2. Chọn vật liệu dây hàn

Lựa chọn vật liệu dây thép C70 có đường kính 1,8mm làm vật liệu dây hàn cho quá trình thực nghiệm công nghệ hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết dạng trục. Vật liệu dây hàn được kiểm tra thành phần hóa học tại Viện Cơ Khí Năng Lượng và Mỏ - VINACOMIN như bảng 3.3.

Bảng 3.3. Thành phần hóa học của dây hàn phụ (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Fe
0,6720	0,1760	0,5270	0,0057	0,0063	0,0435	0,0275	0,0485	0,0033	98,4720

3.3. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm

3.3.1. Phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi

Sự kết hợp của các yếu tố ảnh hưởng tới hàm mục tiêu được thực hiện thông qua các mảng trực giao L9. Các kết quả thử nghiệm được phân tích bằng phương pháp thống kê thông qua tỷ số tín hiệu/ nhiễu (S/N).

3.3.2. Phân tích phương sai ANOVA

Định lượng ảnh hưởng tương đối của các yếu tố và tầm quan trọng của các tham số thực nghiệm tới hàm mục tiêu.

3.3.3. Tối ưu đa mục tiêu dựa trên sự kết hợp phân tích quan hệ Grey và Taguchi

Trong luận án này sử dụng phân tích quan hệ (GRA) để xác định các giá trị tối ưu của các thông số công nghệ hàn I_h , F , V_h , tới độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền, độ cứng và độ bền mòn của lớp hàn đắp gồm các bước sau:

Bước 1: Thiết kế thực nghiệm

Bước 2: Phân tích quan hệ Grey gồm: Chuẩn hoá số liệu thí nghiệm; Tính toán hệ số quan hệ Grey; Tính mức độ quan hệ Grey; Phân tích quan hệ Grey và Taguchi

Mức tối ưu của các thông số quá trình là mức có giá trị quan hệ Grey cao nhất.

3.4. Phương pháp kiểm tra đánh giá chất lượng hàn

3.4.1. Nghiên cứu thành phần cấu trúc lớp hàn

Đánh giá ngoại dạng bên ngoài lớp hàn đắp - bằng kính lúp, thước cặp.

Đánh giá tổ chức liên kết hàn đắp gồm: tổ chức thô đại liên kết hàn; tổ chức tế vi lớp đắp, vùng tiếp giáp kim loại hàn đắp với nền, vùng ảnh hưởng nhiệt - trên thiết bị kính hiển vi quang học Axiovert 40 MAT.

Đánh giá thành phần hóa học mỗi hàn - bằng thiết bị tia phổ phát xạ Metal Lab 75/80J MVU-GNR

3.4.2. Phương pháp kiểm tra cơ tính lớp hàn đắp

Đánh giá độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền trực cơ bản bằng việc tách chốt hình côn ra khỏi lớp hàn đắp - trên máy thử kéo WEW 1000B

Đánh giá độ cứng lớp hàn đắp trên máy đo độ cứng thô đại HPO-250

Đánh giá độ cứng mặt cắt ngang liên kết hàn trên máy đo độ cứng tế vi 401-MVD-Wilson Wolpert

Đánh giá độ mài mòn kim loại lớp hàn đắp trên thiết bị đo cường độ mòn TE97- Friction

Đánh giá khả năng bền mòn của trục hàn phục hồi với trục thép C45 mới tôi cao tần cùng độ cứng thông qua thiết bị đo cường độ mài mòn và tổ chức chụp SEM vết mài mòn.

3.5. Quá trình thực nghiệm thăm dò

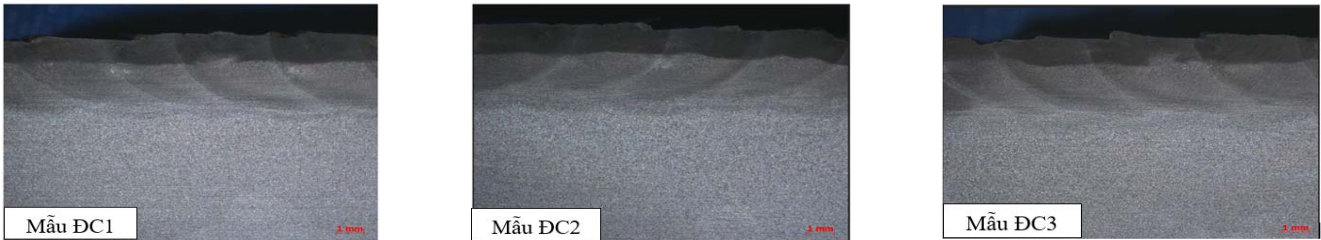
3.5.1. Lựa chọn thông số chế độ công nghệ

Trên cơ sở lý thuyết trình bày trong chương 2 và các thí nghiệm thăm dò ban đầu với mục đích thử nghiệm thiết bị và thực hiện công nghệ cho thấy mỗi hàn được hình thành trong khoảng giá trị thông số công nghệ: $I_h = 5,5 \div 9 \text{kA}$; $F = 1,5 \div 2,5 \text{kN}$; $t_i = 0,02 \div 0,06 \text{s}$; $t_n = 0,06 \div 0,08 \text{s}$; $V_h = 1,5 \div 2 \text{cm/s}$; $S_t = 1,5 \div 2,5 \text{mm/vòng}$.

3.5.2. Một số kết quả thí nghiệm thăm dò

a) Kết quả tổ chức thô đại

Tiến hành hàn 3 mẫu ĐC1: $I_h = 8,5 \text{kA}$; $F = 2,3 \text{kN}$; $t_i = 0,04 \text{s}$; $t_n = 0,08 \text{s}$; $V_h = 2 \text{cm/s}$; $S_t = 2,5 \text{mm/vòng}$; ĐC2: $I_h = 7,5 \text{kA}$; $F = 2 \text{kN}$; $t_i = 0,04 \text{s}$; $t_n = 0,08 \text{s}$; $V_h = 1,75 \text{cm/s}$; $S_t = 2 \text{mm/vòng}$; ĐC3: $I_h = 6,5 \text{kA}$; $F = 1,7 \text{kN}$; $t_i = 0,04 \text{s}$; $t_n = 0,08 \text{s}$; $V_h = 1,5 \text{cm/s}$; $S_t = 1,5 \text{mm/vòng}$; Lưu lượng nước làm mát của cả 3 mẫu là $Q_n = 1 \text{lít/phút}$ cho kết quả như hình 3.6.



Hình 3.6. Tổ chức thô đại mẫu hàn thăm dò (16x)

Kết quả chụp tổ chức thô đại mỗi hàn cho thấy sự liên kết rất tốt của kim loại mỗi hàn với kim loại cơ bản, lớp hàn thứ 1 với lớp hàn thứ 2, liên kết kim loại sau mỗi xung điện.

b) Kết quả độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền

Quá trình kiểm tra độ bền liên kết lớp kim loại đắp với kim loại trực cơ bản các mẫu với chế độ hàn như mục (a) có kết quả cho trong bảng 3.4.

Bảng 3.4. Kết quả thăm dò giới hạn bền kéo lớp hàn đắp với nền

Chỉ tiêu thử nghiệm	Đơn vị	Kết quả		
		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
Giới hạn bền	N/mm ²	398	406	390

c) Kết quả độ cứng bề mặt lớp đắp

Kết quả kiểm tra độ cứng của 03 mẫu có kết quả kiểm tra cho trong bảng 3.5 là kết quả trung bình của 5 điểm đo.

Bảng 3.5. Kết quả kiểm tra độ cứng mẫu thăm dò

Mẫu kiểm tra	Mẫu DC1	Mẫu DC2	Mẫu DC3
Giá trị đo TB (HRC)	51	47	45

Như trình bày trên mục 3.5.1 khi hàn với thông số chế độ công nghệ: $I_h = 5,5 \div 9 \text{kA}$; $F = 1,5 \div 2,5 \text{kN}$; $t_i = 0,02 \div 0,06 \text{s}$; $t_n = 0,06 \div 0,08 \text{s}$; $V_h = 1,5 \div 2 \text{cm/s}$; $S_t = 1,5 \div 2,5 \text{mm/vòng}$ thì mỗi hàn được hình thành. Tuy nhiên qua một số các thí nghiệm thăm dò cho thấy chất lượng bề mặt mỗi hàn được hình thành ổn định với các khoảng thông số chế độ: $I_h = 6,5 \div 8,5 \text{kA}$; $F = 1,7 \div 2,3 \text{kN}$; $t_i = 0,04 \text{s}$; $t_n = 0,08 \text{s}$; $V_h = 1,5 \div 2 \text{cm/s}$; $S_t = 2,5 \text{mm/vòng}$.

Trên cơ sở phân tích lý thuyết và kết quả các thí nghiệm thăm dò tác giả lựa chọn bộ thông số công nghệ hàn thực nghiệm với các mức khác nhau, nhằm khảo sát miền thông số cho ra được chỉ tiêu chất lượng đạt yêu cầu, được trình bày trong bảng 3.6.

Bảng 3.6. Thông số công nghệ hàn thực nghiệm

Thông số công nghệ	Ký hiệu	Đơn vị	Mức 1	Mức 2	Mức 3
Đường kính trục hàn	D_t	mm	99	99	99
Đường kính dây hàn	d_d	mm	1,8	1,8	1,8
Dòng điện hàn	I_h	kA	6,5	7,5	8,5
Đường kính điện cực	D	mm	220	220	220
Lực ép điện cực	F	kN	1,7	2,0	2,3
Thời gian xung điện	t_i	s (giây)	0,04	0,04	0,04
Thời gian dừng xung điện	t_n	s (giây)	0,08	0,08	0,08
Vận tốc hàn	V_h	cm/s	1,5	1,75	2
Bước tiến theo vòng xoắn ốc	S_t	mm/vòng	2,5	2,5	2,5
Lưu lượng nước làm mát	Q_n	Lít/phút	1,0	1,0	1,0

Kết luận chương 3

1. Hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục được dựa trên nguyên lý của phương pháp hàn điện tiếp xúc đường gián đoạn. Dựa trên nhận biết này đã xây dựng được mô hình thực nghiệm. Thực hiện nghiên cứu phương pháp đã chế tạo được đồ gá công nghệ phù hợp với yêu cầu nghiên cứu, chuyển đổi chức năng của máy hàn điện tiếp xúc đường, kết nối hệ thống đồ gá với máy hàn ở mức độ cơ khí hóa và tự động hóa ở mức cao. Lựa chọn được vật liệu và phương pháp chế tạo mẫu làm thí nghiệm phù hợp, vật liệu hàn tạo ra lớp hàn đáp ứng mục tiêu đặt ra của đề tài nghiên cứu.

2. Lĩnh vực nghiên cứu là có tính mới trong công nghệ hàn đắp phục hồi ở nước ta. Do đó đã tiến hành nghiên cứu các thí nghiệm thăm dò ban đầu để tìm ra các bước thực hiện và giải quyết vấn đề công nghệ. Tìm ra được khoảng chế độ mà thiết bị, công nghệ hình thành được mối hàn. Trên cơ sở đó tiếp tục các nghiên cứu thăm dò để thu hẹp khoảng thông số công nghệ đầu vào nhằm thu được những mối hàn có chất lượng ổn định. Xác định được giá trị các mức của các thông số công nghệ: I_h (6,5; 7,5; 8,5 kA); F (1,7; 2,0; 2,3 kN) và V_h (1,5; 1,75; 2,0 cm/s) để tiến hành thí nghiệm.

3. Lựa chọn được các thiết bị đo kiểm thông số đầu vào; thiết bị, phương pháp nghiên cứu đánh giá các đặc trưng chất lượng lớp hàn đắp đạt độ tin cậy.

4. Thực hiện thành công công nghệ phục hồi chi tiết máy dạng trục bằng hàn lăn tiếp xúc với vật liệu phụ dây thép trong phòng thí nghiệm và có thể áp dụng công nghệ này vào sản xuất phục hồi, chế tạo mới các chi tiết máy dạng trục.

5. Lựa chọn phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi với mảng trực giao phù hợp (mảng L9) cho việc xác định các phương án tiến hành thực nghiệm, đồng thời áp dụng phân tích phương sai ANOVA để xác định mức hợp lý và giá trị ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chỉ tiêu cơ tính yêu cầu.

6. Xây dựng phương pháp đánh giá ảnh hưởng, xác định mức phù hợp của các thông số công nghệ nhằm đảm bảo đồng thời các chỉ tiêu cơ tính của lớp hàn đắp thông qua việc phân tích quan hệ Grey và Taguchi truyền thống.

CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả nghiên cứu cấu trúc lớp hàn

4.1.1. Tổ chức thô đại mối hàn

a) *Hình dạng bề mặt mối hàn:* Bề mặt các mối hàn được quan sát bằng mắt thường, kính lúp cho thấy lớp hàn đắp được thực hiện bởi phương pháp đề xuất đều được hình thành khá ổn định. Các vảy hàn xếp đều và có độ kết dính tốt, khu vực hàn phục hồi đảm bảo được độ che phủ yêu cầu (hình 4.1).

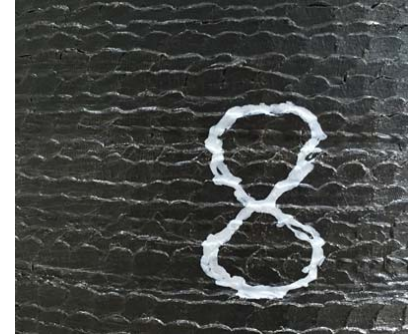


Hình 4.1. Mẫu hàn và bề mặt mẫu hàn thực nghiệm

+ Khi hàn mẫu M3 với chế độ hàn $I_h = 6,5kA$; $F = 2,3kN$; $V_h = 2,0cm/s$. Mẫu thực nghiệm này được hàn với dòng điện ở mức thấp, lực ép và tốc độ hàn ở mức cao. Nói cách khác là mẫu hàn có mức tác động nhiệt thấp (I_h nhỏ), thời gian tác dụng ngắn, khả năng biến dạng dẻo của dây hàn phụ kém cho dù lực ép cao. Cho thấy bề mặt mối hàn biến dạng nhiệt ở mức độ thấp hơn, các đường hàn theo vòng xoắn ốc có sự chôn lún không hoàn toàn, có sự tách biệt hình 4.2.



Hình 4.2. Bề mặt mối hàn M3:
 $I_h=6,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=2,0cm/s$



Hình 4.3. Bề mặt mối hàn M8:
 $I_h=8,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,5cm/s$

+ Khi hàn mẫu M8 với chế độ hàn $I_h=8,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,5cm/s$. Tức mẫu được hàn với mức nhiệt cao trong thời gian dài và lực ép trung bình. Quan sát bề mặt mối hàn cho thấy các vảy hàn xếp đều, do biến dạng nhiệt lớn các vảy hàn này có hướng dòn ngược so với hướng của bước tiến trục hàn. Mối hàn có độ bám cao song bề mặt có các vảy sò hình 4.3.

b) Tổ chức thô đại mối hàn

Tổ chức thô đại của liên kết hàn được kiểm tra và cho kết quả hình ảnh trên hình 4.4.



M1: $I_h=6,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=1,5cm/s$



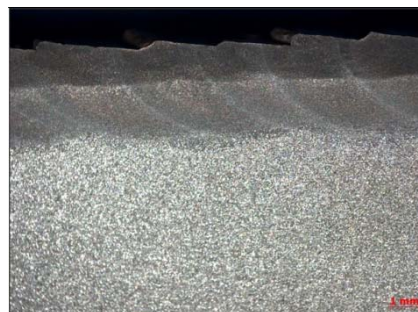
M2: $I_h=6,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,75cm/s$



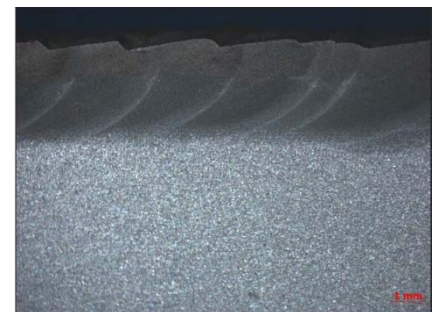
M3: $I_h=6,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=2,0cm/s$



M4: $I_h=7,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=1,75cm/s$



M5: $I_h=7,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=2,0cm/s$



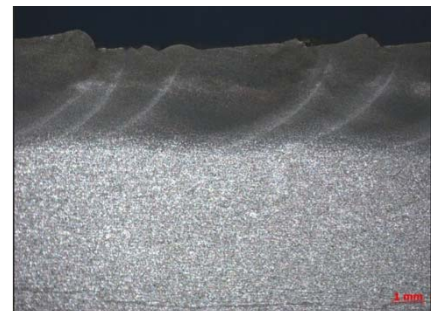
M6: $I_h=7,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,5cm/s$



M7: $I_h=8,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=2,0cm/s$



M8: $I_h=8,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,5cm/s$



M9: $I_h=8,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,75cm/s$

Hình 4.4. Tổ chức thô đại mối hàn các mẫu thực nghiệm 16x

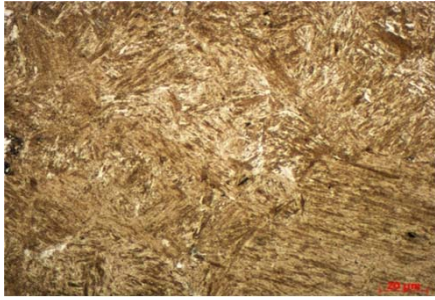
+ Dựa trên kết quả hình ảnh chụp tổ chức thô đại mối hàn cho thấy sự liên kết khá ổn định giữa kim loại hai lớp hàn, giữa kim loại hàn với kim loại nền, giữa các lớp hàn sau mỗi xung điện hàn.

+ Các vùng liên kết có sự phân biệt khá rõ ràng, vùng liên kết tiếp giáp, vùng ảnh hưởng nhiệt hẹp.

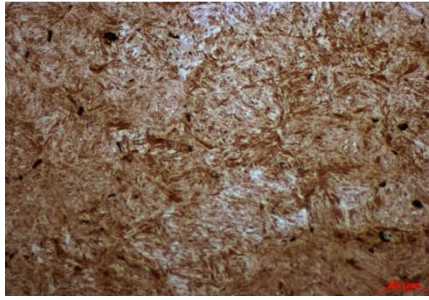
4.1.2. Tổ chức tế vi liên kết hàn

a) Tổ chức tế vi kim loại mối hàn: Được trình bày trên hình 4.5.

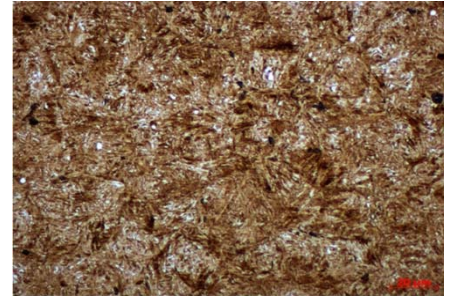
+ Khi hàn với sự thay đổi các thông số công nghệ hàn theo thiết kế thực nghiệm Taguchi mảng L9 cho thấy tổ chức tế vi của các mối hàn khá giống nhau. Hình ảnh cho thấy tổ chức chủ yếu gồm hai pha chính là mactenxit hình kim (màu thẫm) và austenite dư (màu sáng).



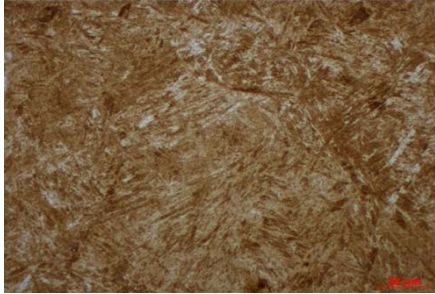
M1: $I_h=6,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=1,5cm/s$



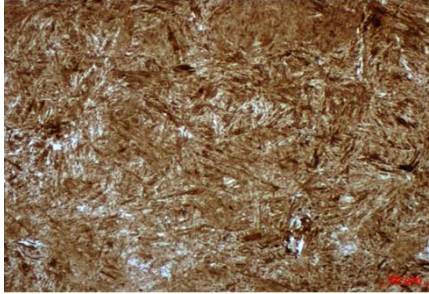
M2: $I_h=6,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,75cm/s$



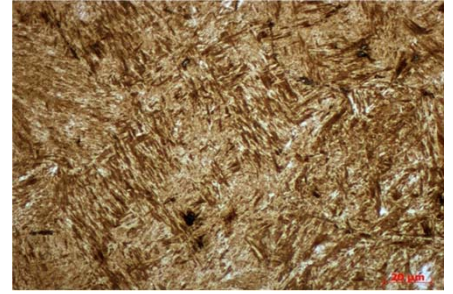
M3: $I_h=6,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=2,0cm/s$



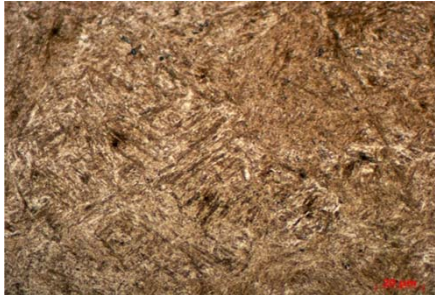
M4: $I_h=7,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=1,75cm/s$



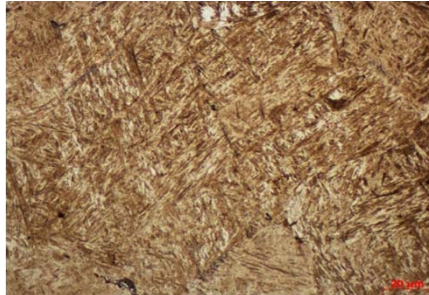
M5: $I_h=7,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=2,0cm/s$



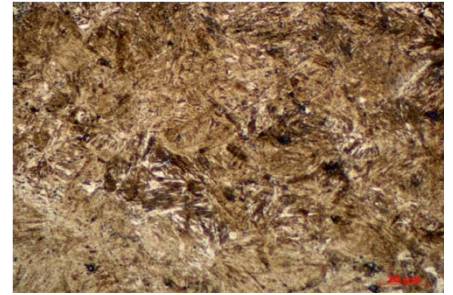
M6: $I_h=7,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,5cm/s$



M7: $I_h=8,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=2,0cm/s$



M8: $I_h=8,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,5cm/s$



M9: $I_h=8,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,75cm/s$

Hình 4.5. Tổ chức tế vi mối hàn 500x

Tổ chức vật liệu ban đầu gồm hai thành phần pha là ferit sáng và peclit tối, còn tổ chức sau khi hàn lại là tổ chức mactenxit hình kim (màu tối) và austenite (màu sáng), bởi tác động nhiệt trong quá trình hàn đã làm các pha ferit và peclit chuyển biến thành các pha austenite. Ngay sau đó mối hàn được làm nguội nhanh bởi dòng nước làm mát, khi đó tốc độ nguội vượt tốc độ tối tới hạn. Do đó phần lớn các pha austenite không kịp chuyển biến thành hỗn hợp ferit-xementit, mà chỉ có chuyển biến thù hình từ tổ chức austenite (tâm mặt) chuyển thành mactenxit (chính phương tâm khối). Quá trình chuyển biến và làm nguội không liên tục và hoàn toàn, nên trong tổ chức mối hàn còn tồn tại tổ chức austenite dư (màu sáng). Tổ chức mactenxit là tổ chức không ổn định xuất hiện trong mối hàn làm cho độ cứng và độ bền mòn của nó tăng nên đáng kể.

Tổ chức mactenxit có mật độ dày đặc hơn ở các mẫu hàn có dòng hàn lớn, tốc độ hàn chậm như mẫu M7, M8 và ngược lại như mẫu M2, M3.

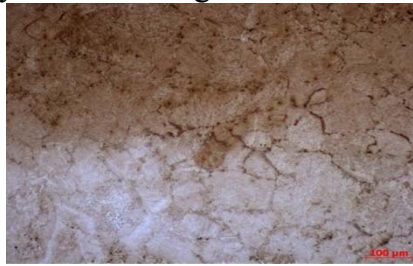
4.1.2.2. Tổ chức tế vi vùng tiếp giáp kim loại hàn với kim loại nền

Thông qua ảnh chụp tổ chức tế vi trên hình 4.6 cho thấy:

+ Vùng tiếp giáp kim loại lớp hàn đắp với kim loại nền trực cho thấy các mẫu hàn đều có sự liên kết là tương đối tốt, vùng hàn và vùng kim loại nền được phân biệt khá rõ ràng.

+ Các mẫu hàn thực nghiệm thể hiện sự chuyển tiếp kim loại giữa hai vùng tiếp giáp tốt hơn đối với các mẫu hàn có dòng cao, lực ép nhỏ và tốc độ thấp. Tuy nhiên độ ổn định của liên kết cho thấy ở các mẫu thực nghiệm khi hàn với dòng điện hàn ở mức trung bình (M4, M5, và M6). Các mẫu hàn với dòng điện ở mức thấp và tốc độ hàn lớn cho thấy khả năng liên kết là chưa tốt, vùng tiếp giáp vẫn còn xuất hiện đường phân ranh giới rõ rệt như mẫu M2, M3. Các mẫu hàn với dòng điện ở mức cao như mẫu M7, M8, M9 cho thấy sự liên kết giữa vùng kim loại hàn với vùng kim loại nền cũng khá tốt. Tuy nhiên các

mẫu này có xuất hiện vết màu đen nhiều hơn, đặc biệt ở mẫu M8. Hiện tượng này có thể được giải thích bởi nguyên nhân khi hàn dòng cao, tốc độ thấp tức nhiệt cung cấp dư thừa với một lực ép lớn sẽ tạo ra hiện tượng kim loại chảy tràn sang các vùng chưa hàn nhiều hơn, bắn tóe kim loại nhiều và đó là một nguyên nhân làm giảm chất lượng của liên kết hàn.



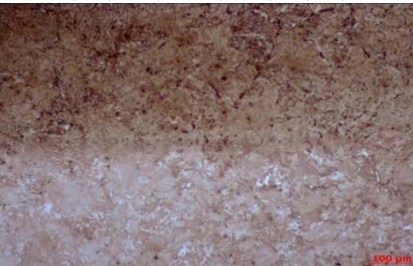
M1: $I_h=6,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=1,5cm/s$



M2: $I_h=6,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,75cm/s$



M3: $I_h=6,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=2,0cm/s$



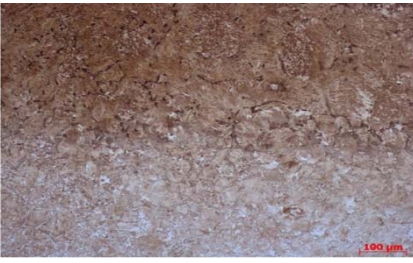
M4: $I_h=7,5kA$; $F=1,kN$; $V_h=1,75cm/s$



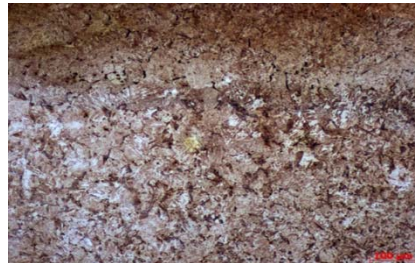
M5: $I_h=7,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=2,0cm/s$



M6: $I_h=7,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,5cm/s$



M7: $I_h=8,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=2,0cm/s$



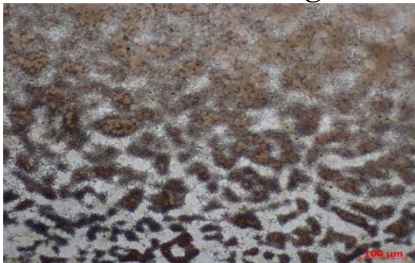
M8: $I_h=8,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,5cm/s$



M9: $I_h=8,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,75cm/s$

Hình 4.6. Tổ chức tế vi vùng tiếp giáp lớp hàn với nền 100x

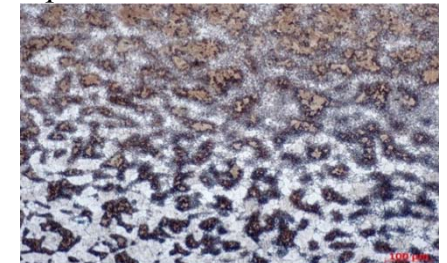
4.1.2.3. Tổ chức tế vi vùng kim loại cơ bản tiếp giáp với kim loại hàn đắp



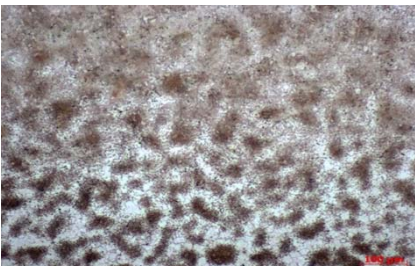
M1: $I_h=6,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=1,5cm/s$



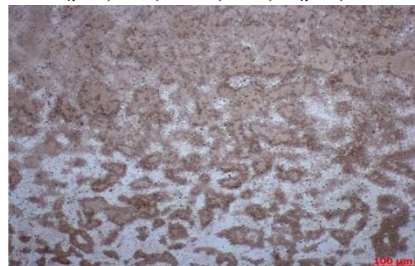
M2: $I_h=6,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,75cm/s$



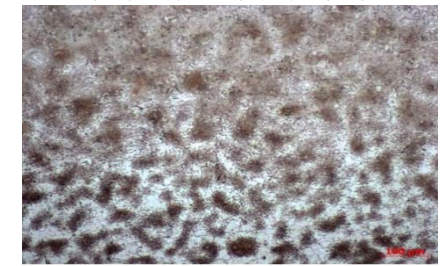
M3: $I_h=6,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=2,0cm/s$



M4: $I_h=7,5kA$; $F=1,kN$; $V_h=1,75cm/s$



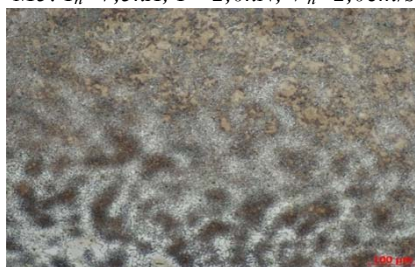
M5: $I_h=7,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=2,0cm/s$



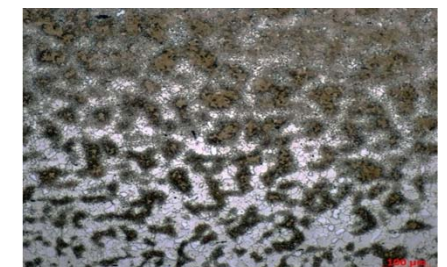
M6: $I_h=7,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,5cm/s$



M7: $I_h=8,5kA$; $F=1,7kN$; $V_h=2,0cm/s$



M8: $I_h=8,5kA$; $F=2,0kN$; $V_h=1,5cm/s$



M9: $I_h=8,5kA$; $F=2,3kN$; $V_h=1,75cm/s$

Hình 4.7. Tổ chức tế vi vùng ảnh hưởng nhiệt

Qua hình ảnh hình 4.7 cho thấy sự thay đổi về tổ chức của kim loại cơ bản có liên quan đến chế độ cung cấp nhiệt lượng. Cụ thể các mẫu hàn với dòng thấp, tốc độ cao như mẫu M2, M3 thì sự thay đổi của tổ chức bề mặt kim loại cơ bản có độ sâu nhỏ còn khi hàn với dòng cao, tốc độ chậm thì sự thay đổi tổ chức của bề mặt kim loại cơ bản có độ sâu lớn hơn (mẫu M7, M8).

4.1.3. Phân tích thành phần hóa học mỗi hàn

Thành phần hóa học của mỗi hàn được phân tích và cho kết quả trong bảng 4.1.

Bảng 4.1. Thành phần hóa học cơ bản của mỗi hàn các mẫu sau khi kiểm tra

Mẫu số	Thành phần nguyên tố (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
M3	0,5926	0,1550	0,4433	0,0097	0,0074	0,0503	0,0359	0,0053	0,0340	98,6369
M4	0,5871	0,1425	0,4364	0,0087	0,0069	0,0487	0,0345	0,0057	0,0353	98,6619
M8	0,5724	0,1405	0,4343	0,0081	0,0061	0,0484	0,0345	0,0057	0,0333	98,6859

Kết quả phân tích thành phần hóa học trong bảng 4.1 cho thấy các thành phần chính như cacbon, magan, silic, thấp hơn so với thành phần kim loại dây hàn (bảng 3.3). Điều này có thể kết luận là trong quá trình hàn xảy ra hiện tượng khuếch tán, ôxi hóa các nguyên tố, mức độ ôxi hóa tăng khi hàn với dòng điện lớn và tốc độ chậm, tức kim loại bị tác động ở nhiệt độ cao trong thời gian dài.

Sự ôxi hóa các nguyên tố có lợi cho cơ tính lớp hàn đắp như cacbon, mangan, silic của phương pháp hàn điện tiếp xúc xảy ra ở mức thấp. Và đó cũng cho thấy ưu điểm nổi bật của phương pháp hàn phục hồi này so với các phương pháp hàn phục hồi bằng công nghệ nóng chảy.

4.2. Kết quả nghiên cứu cơ tính mỗi hàn

4.2.1. Độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền trực cơ bản

Kết quả kiểm tra độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền là giá trị trung bình của ba lần tách chốt hình côn ra khỏi lớp hàn đắp trên 3 vị trí khác nhau của mẫu trực hàn thực nghiệm.

Độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền mẫu trực thực nghiệm khi hàn lần tiếp xúc cho kết quả cao và khá đồng đều, các kết quả được đánh giá thông qua hình chụp bề mặt chốt hình côn sau khi được tách khỏi lớp hàn (hình 4.8) và kết quả kiểm tra được cho trong bảng 4.2.



Hình 4.8. Bề mặt tách của chốt hình côn ra khỏi mỗi hàn

Bảng 4.2. Giới hạn bền kéo lớp hàn đắp với nền trực cơ bản

STT	Tên mẫu	Chế độ hàn			Giới hạn bền kéo			
		I _h (kA)	F (kN)	V _h (cm/s)	Lần 1 (N/mm ²)	Lần 2 (N/mm ²)	Lần 3 (N/mm ²)	Trung bình (N/mm ²)
1	Mẫu 1	6,5	1,7	1,5	422	446	454	440
2	Mẫu 2	6,5	2,0	1,75	422	414	438	424
3	Mẫu 3	6,5	2,3	2,0	390	374	414	393
4	Mẫu 4	7,5	1,7	1,75	470	470	462	467
5	Mẫu 5	7,5	2,0	2,0	438	446	454	446
6	Mẫu 6	7,5	2,3	1,5	430	446	454	443
7	Mẫu 7	8,5	1,7	2,0	430	438	446	438
8	Mẫu 8	8,5	2,0	1,5	446	454	454	451
9	Mẫu 9	8,5	2,3	1,75	422	430	438	430

+ Bề mặt các chốt côn hình 4.8 thể hiện khả năng liên kết rất cao của lớp kim loại hàn đắp với kim loại nền. Các bề mặt này không xuất hiện một lớp tách bề mặt mà là vết kéo đứt với độ nhấp nhô lớn bao gồm cả kim loại cơ bản lẫn kim loại mỗi hàn.

+ Khi thay đổi các giá trị của thông số công nghệ hàn I_h , F , V_h khác nhau cho thấy độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền đạt được các giá trị khác nhau. Khi tăng dòng điện hàn, giảm lực ép và giảm tốc độ hàn độ bền có xu hướng tăng lên. Các mẫu có dòng hàn ở mức thấp, lực ép và tốc độ hàn ở mức trung bình và cao thì độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền đạt kết quả thấp hơn tương đối nhiều (M2, M3) so với các mẫu hàn khác. Khi hàn với dòng hàn ở mức trung bình, lực ép ở mức thấp và trung bình có kết quả liên kết lớp hàn đắp với nền là cao nhất (M4, M5).

+ Các kết quả độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền cũng được phản ánh sự phù hợp thông qua các ảnh chụp tổ chức thô đại đã trình bày ở hình 4.4. Các mẫu hàn M4, M5, M6 có vùng chuyển tiếp giữa lớp đắp với kim loại nền có sự ổn định tốt, còn các mẫu M2, M3 có phần kém ổn định hơn.

+ Căn cứ vào giá trị độ bền kéo của kim loại cơ bản chế tạo chốt hình côn ở bảng 3.2 (có giá trị trung bình là 488N/mm²), so với kết quả kiểm tra độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền khi tách các chốt hình côn ở bảng 4.2 cho thấy: Mẫu có độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền thấp nhất M3 393N/mm² đạt 80,5%, mẫu có độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền cao nhất M4 là 95,7%. Tỷ lệ này cho thấy ưu điểm khá tốt của công nghệ hàn phục hồi bằng điện tiếp xúc.

4.2.2. Độ cứng kim loại mối hàn

4.2.2.1. Độ cứng thô đại bề mặt kim loại mối hàn đắp

Kết quả đo độ cứng được thực hiện trên 05 vị trí đo khác nhau trên bề mặt của mẫu hàn thực nghiệm, giá trị độ cứng chung của mẫu thực nghiệm là giá trị trung bình sau 05 lần đo như bảng 4.3.

Bảng 4.3. Độ cứng thô đại bề mặt lớp hàn đắp

STT	Tên Mẫu	I_h (kA)	F (kN)	V_h (cm/s)	Vị trí đo					Trung bình
					1	2	3	4	5	
1	Mẫu 01	6,5	1,7	1,5	51	54	53	52	53	53
2	Mẫu 02	6,5	2,0	1,75	48	47	50	51	49	49
3	Mẫu 03	6,5	2,3	2,0	45	47	48	48	49	47
4	Mẫu 04	7,5	1,7	1,75	49	53	53	50	51	51
5	Mẫu 05	7,5	2,0	2,0	50	48	49	51	54	50
6	Mẫu 06	7,5	2,3	1,5	53	49	54	52	53	52
7	Mẫu 07	8,5	1,7	2,0	54	51	55	54	55	54
8	Mẫu 08	8,5	2,0	1,5	55	56	53	54	57	55
9	Mẫu 09	8,5	2,3	1,75	52	49	53	49	54	51

+ Khi hàn với dòng điện ở mức cao, tốc độ hàn chậm tức mối hàn bị tác động nhiệt cao và được giữ trong thời gian dài thì độ cứng bề mặt tăng lên mẫu M1, M7, M8. Ngược lại khi hàn với dòng nhỏ tốc độ hàn nhanh, mức tác động nhiệt nhỏ thì độ cứng mối hàn thấp hơn như mẫu M2, M3 mặc dù thành phần C, Mn, Si của mẫu M3 cao hơn M8 (bảng 4.1). Điều này cho thấy yếu tố của tôi bề mặt đắp trong quá trình hàn có ảnh hưởng mạnh hơn so với yếu tố hao hụt một lượng nhỏ thành phần C, Mn, Si do bị ôxi hóa trong khi hàn.

Với việc lựa chọn vật liệu dây hàn, thông số công nghệ của quá trình thực nghiệm cho thấy các mẫu thực nghiệm đều đạt độ cứng khá cao, cơ bản đảm bảo được yêu cầu độ cứng chung đặt ra cho các chi tiết phục hồi là 45÷55HRC. Dựa trên kết quả độ cứng đạt được thì chi tiết trục phục hồi phần lớn không cần phải gia công nhiệt luyện sau hàn, đó là ưu điểm rất lớn mà công nghệ mang lại, nó sẽ tránh được các hiện tượng biến dạng nhiệt, bong tróc lớp đắp do quá trình nhiệt luyện sau hàn có thể xảy ra.

4.2.2.2. Độ cứng mặt cắt ngang kim loại mối hàn

Kết quả độ cứng mặt cắt ngang mối hàn được đánh giá thông qua giá trị đo cho trong bảng 4.4, và hình ảnh chụp vết đâm ở hình 4.9.

+ Thông qua giá trị đo và ảnh chụp vết đâm độ cứng tế vi mặt cắt ngang mối hàn cho thấy vùng kim loại đắp có giá trị cao nhất (vết đâm nhỏ), tương ứng với bản chất của dây kim loại C70, sau đó là vùng ảnh hưởng nhiệt (vết đâm trung bình), thấp nhất là vùng kim loại nền (vết đâm lớn).

Bảng 4.4. Độ cứng mặt cắt ngang kim loại mối hàn

Đo độ cứng (HV1)										
Stt	Tên mẫu	Vùng hàn			Vùng ảnh hưởng nhiệt			Vùng kim loại cơ bản		
		Vị trí đo			Vị trí đo			Vị trí đo		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Mẫu 3	461	452	395	325	257	225	214	195	191
2	Mẫu 4	481	466	378	307	296	261	214	196	193
3	Mẫu 8	496	482	405	327	249	216	213	191	185



Hình 4.9. Ảnh chụp vết đâm độ cứng mặt cắt ngang mối hàn

4.2.3. Độ bền mòn kim loại mối hàn

Lượng mòn và cường độ mài mòn của mẫu thử hàn được kiểm tra và cho giá trị trong bảng 4.5:

Bảng 4.5. Kết quả kiểm tra lượng mòn trung bình các mẫu hàn thực nghiệm

TT	Tên mẫu	I _h (kA)	F (kN)	V _h (cm/s)	ΔP (g)	n (vòng)	S (mm)	N (N)	I _m (g/N.mm)
1	M1	6,5	1,7	1,5	0.0144	6160	580272	20	1.24080.10 ⁻⁰⁹
2	M2	6,5	2,0	1,75	0.0164				1.41313.10 ⁻⁰⁹
3	M3	6,5	2,3	2,0	0.0163				1.40451.10 ⁻⁰⁹
4	M4	7,5	1,7	1,75	0.0150				1.29250.10 ⁻⁰⁹
5	M5	7,5	2,0	2,0	0.0154				1.32696.10 ⁻⁰⁹
6	M6	7,5	2,3	1,5	0.0148				1.27526.10 ⁻⁰⁹
7	M7	8,5	1,7	2,0	0.0140				1.20633.10 ⁻⁰⁹
8	M8	8,5	2,0	1,5	0.0143				1.23218.10 ⁻⁰⁹
9	M9	8,5	2,3	1,75	0.0151				1.30111.10 ⁻⁰⁹

Kết quả đánh giá độ mài mòn mẫu thử ở bảng 4.5 cho thấy độ bền mòn của các mẫu hàn có sự tương quan với độ cứng lớp hàn đắp. Các mẫu có độ cứng cao như M1, M6, M7, M8 có độ bền mòn tương đương cũng cao, các mẫu có độ cứng thấp tương quan về độ bền mòn cũng thấp. Nhìn vào bảng 4.5 thấy các mẫu thử có độ cứng cao nhất (M8) lại không phải là mẫu có độ bền mòn cao nhất, còn mẫu số M7 có độ bền mòn lớn nhất nhưng có độ cứng không phải cao nhất, mẫu số M3 có độ cứng thấp nhất nhưng có độ bền mòn cao hơn mẫu M2. Các nguyên nhân này được giải thích bởi tổ chức lớp hàn không thể có sự đồng đều như các tổ chức đúc, ngoài ra trong quá trình hàn có xảy ra các vùng ram kim loại sau mỗi vòng xoắn trục.

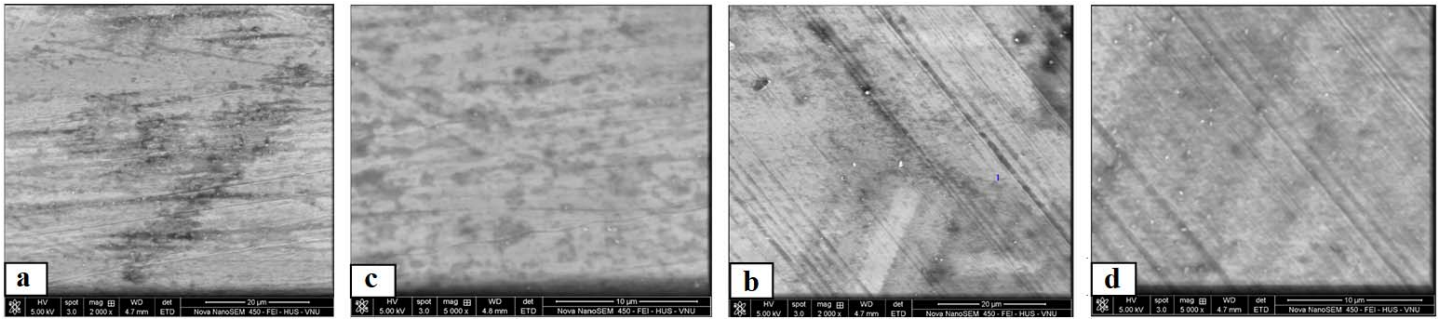
4.3. Đánh giá độ bền mòn trục hàn phục hồi với trục chế tạo mới làm từ thép C45 tôi cải thiện

Để đánh giá độ bền mòn của trục hàn phục hồi bằng hàn lăn tiếp xúc dây thép phụ C70, bằng việc so sánh độ mòn của mẫu thử tách ra từ mẫu hàn với mẫu thử tách ra từ mẫu thép C45 tôi cao tần cùng độ cứng. Kết quả kiểm tra thử mòn của mẫu thử từ thép C45 tôi cao tần đưa ở bảng 4.6:

Bảng 4.6. Kết quả kiểm tra lượng mòn trung bình các mẫu thép C45 tôi cao tần

TT	Tên mẫu	ΔP (g)	n (vòng)	S (mm)	N (N)	I _m (g/N.mm)
1	M1c	0.0205	6160	580272	20	1.76413.10 ⁻⁰⁹
2	M2c	0.0199				1.71471.10 ⁻⁰⁹
Trung bình		0,0202				1.74056.10 ⁻⁰⁹

Từ bảng kết quả 4.5 và 4.6 chỉ ra lượng mòn của mẫu thử lấy từ mẫu hàn M7 có độ cứng 54HRC có lượng mòn là 0.0140 (g), nhỏ hơn 1,44 lần so với lượng mòn trung bình mẫu thử mòn từ mẫu C45 tôi cao tần có cùng độ cứng với mẫu M7. Mẫu hàn có độ cứng thấp nhất M3 lượng mòn là 0,0163 (g), cũng nhỏ hơn 1,24 lần so với mẫu thử mòn từ thép C45. Tức độ bền mòn của mẫu M7 gấp khoảng 1,44 lần còn M3 gấp khoảng 1,24 lần so với mẫu thép C45 tôi cao tần. Độ bền mòn của kim loại lớp hàn đạt mức cao, trong khi độ bền liên kết lớp hàn với nền vẫn đạt ở mức khoảng 80÷95% độ bền của kim loại cơ bản. Kết quả đánh giá độ mòn của mẫu hàn và mẫu thép C45 tôi cao tần còn được thể hiện thông qua hình ảnh chụp SEM trên hình 4.10. Trên hình ảnh chụp SEM bề mặt mẫu thử mòn cho thấy mẫu thử được lấy ra từ mẫu thép C45 tôi cao tần có vết mài mòn về độ rộng và sâu lớn hơn rất nhiều so với mẫu thử mòn lấy ra từ mẫu hàn M7.



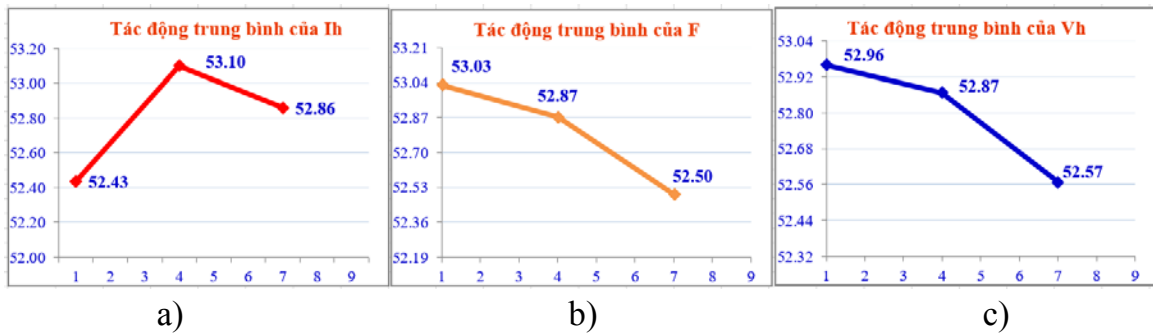
a,c- mẫu hàn M7 với độ phóng đại 2000x và 5000x; b,d- mẫu M1c với độ phóng đại 2000x và 5000x

Hình 4.10. Ảnh chụp SEM bề mặt mẫu thử sau kiểm tra mài mòn

4.4.1. Ảnh hưởng và mức phù hợp của các thông số công nghệ (I_h , F , V_h) tới độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền

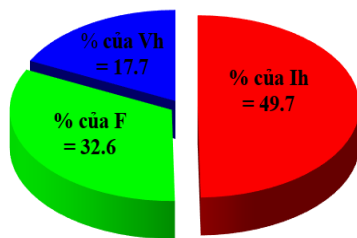
4.4.1.1. Xác định tỷ lệ ảnh hưởng và mức phù hợp của các thông số công nghệ (I_h , F , V_h) tới độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền

Từ kết quả đo độ bền liên kết, thực hiện các bước của phương pháp Taguchi và phân tích ANOVA, xác định được mức phù hợp và phần trăm ảnh hưởng của I_h , F , V_h tới độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền được thể hiện trên hình 4.11 và 4.12.



a) Phân mức I_h ; b) phân mức F ; c) phân mức V_h

Hình 4.11. Biểu đồ phân mức của các yếu tố cho độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền



Hình 4.12. Biểu đồ mức độ ảnh hưởng của các yếu tố I_h , F , V_h tới độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền

Dựa trên biểu đồ phân mức của các yếu tố (hình 4.11) cho thấy rằng: với yêu cầu của đặc trưng chất lượng lớn hơn thì tốt hơn thì mức phù hợp của các yếu tố để nhằm đạt độ bền liên kết lớn nhất khi $I_h = 7,5(\text{kA})$; $F_1 = 1,7(\text{kN})$; $V_{h1} = 1,5(\text{cm/s})$. Khi kết hợp các yếu tố ở mức (I_{h2} , F_1 , V_{h1}) trong quá trình làm thí nghiệm cho được giá trị dự đoán của độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền như sau:

$$Y_{opt} = T + (I_{h2} - T) + (F_1 - T) + (V_{h1} - T) = 471,22 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Từ đồ thị phân bố ảnh hưởng của các thông số công nghệ I_h , F , V_h đến độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền (hình 4.12) chỉ ra mức độ ảnh hưởng của dòng điện hàn là lớn nhất 49,7%; tiếp đến là lực ép điện cực con lãn 32,6% và tốc độ hàn 17,7%.

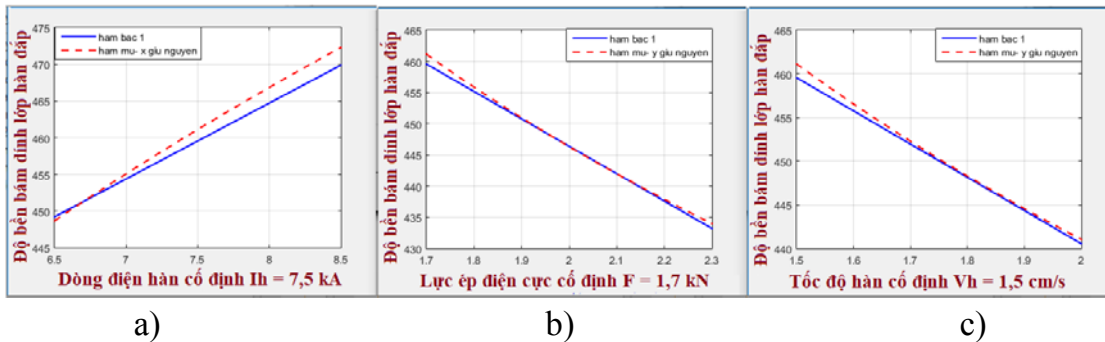
4.4.1.2. Xây dựng quan hệ toán học giữa các thông số I_h , F , V_h , tới độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền

Sử dụng phần mềm thống kê ứng dụng Minitab hồi quy bộ số liệu thực nghiệm giữa độ bền liên kết hàn đắp với nền cơ bản với các tham số I_h , F , V_h dưới dạng tuyến tính và lũy thừa như sau:

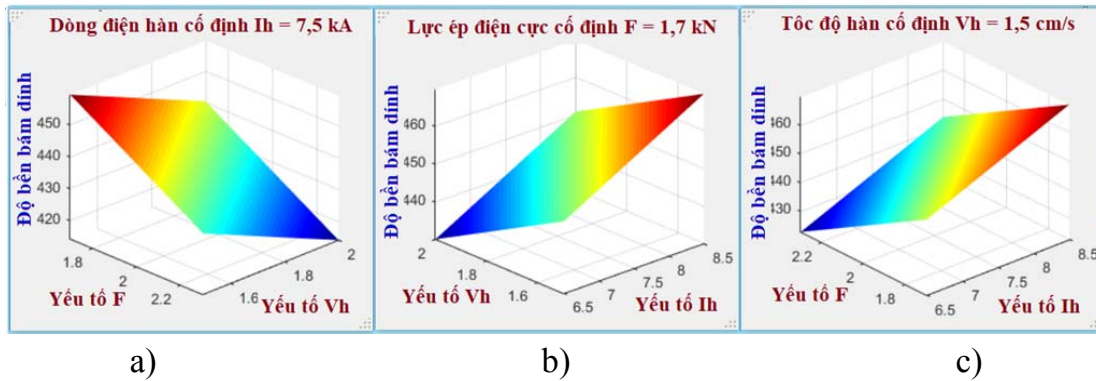
+ Dạng hàm tuyến tính:
$$\bar{\sigma}_b = 513,7 + 10,33I_h - 43,9F - 38,0V_h \quad (4.1)$$

+ Dạng hàm lũy thừa:
$$\bar{\sigma}_b = 375,316I_h^{0,183495} F^{-0,196231} V_h^{-0,14984} \quad (4.2)$$

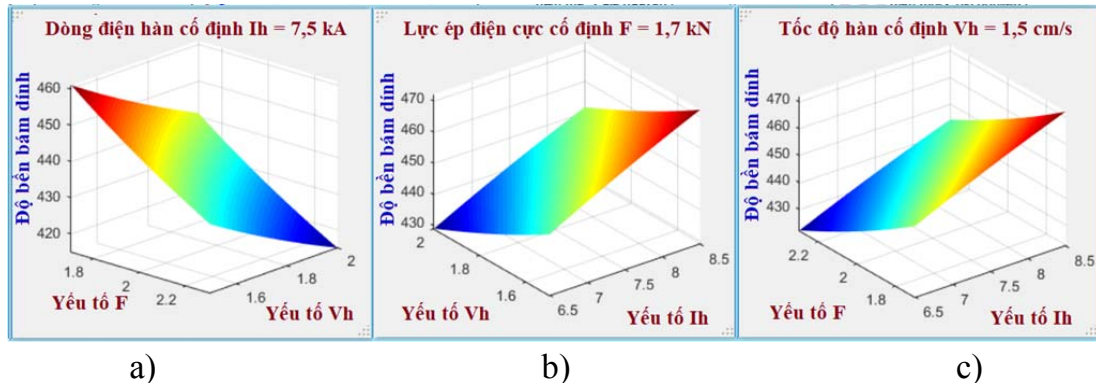
Trên cơ sở hàm hồi quy tuyến tính (4.1) và hàm lũy thừa (4.2) đã lập, tiến hành vẽ đồ thị thể hiện mối quan hệ của độ bền liên kết kim loại lớp hàn đắp với các thông số công nghệ I_h , F , V_h , như hình 4.13; 4.14; 4.15:



Hình 4.13. Sự phụ thuộc của độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp dưới dạng 2D



Hình 4.14. Sự phụ thuộc của độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp hàm tuyến tính dưới dạng 3D



Hình 4.15. Sự phụ thuộc của độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp hàm lũy thừa dưới dạng 3D

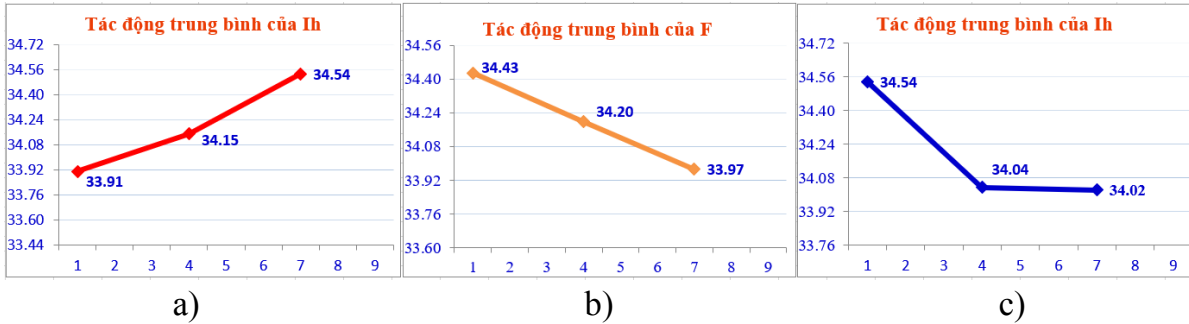
Từ đồ thị chỉ ra rằng độ bền liên kết của lớp hàn đắp với nền trực tỷ lệ thuận với dòng điện hàn còn tỉ lệ nghịch với lực ép điện cực và tốc độ hàn. Điều này tương đương với việc tăng cường độ dòng, giảm lực ép và tốc độ hàn thì độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền sẽ tăng. Giải thích này phù hợp khi tăng tốc

độ hàn sẽ làm giảm tác động nhiệt và giảm độ bền liên kết lớp hàn đắp. Mặt khác khi tăng lực ép có thể xảy ra biến dạng nhiệt quá mức gây bắn tóe, chảy tràn kim loại làm cản trở quá trình hàn và làm giảm độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền.

4.4.2. Ảnh hưởng và mức phù hợp của các thông số công nghệ (I_h , F , V_h) tới độ cứng kim loại mỗi hàn

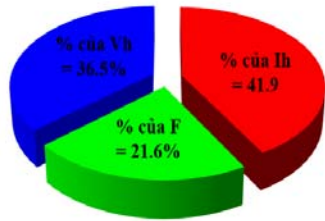
4.4.2.1. Xác định tỷ lệ ảnh hưởng và mức phù hợp của các thông số công nghệ (I_h , F , V_h) tới độ cứng kim loại mỗi hàn

Tương tự làm với độ bền liên kết, xác định được mức phù hợp và phần trăm ảnh hưởng của I_h , F , V_h tới độ cứng lớp hàn đắp như trên hình 4.16 và 4.17.



a) Phân mức của I_h ; b) Phân mức của F ; c) Phân mức của V_h

Hình 4.16. Biểu đồ phân mức của các yếu tố cho độ cứng kim loại mỗi hàn



Hình 4.17. Biểu đồ mức độ ảnh hưởng của các yếu tố I_h , F , V_h tới độ cứng kim loại lớp đắp

Trên kết quả của biểu đồ phân mức các yếu tố hình 4.16 cho thấy mức phù hợp của các yếu tố để có độ cứng tốt nhất I_{h3} , F_1 , V_{h1} . Giá trị độ cứng dự đoán khi sự kết hợp các yếu tố ở mức phù hợp cho độ cứng lớp hàn đắp đã cao nhất:

$$Y_{opt} = T + (I_{h3} - T) + (F_1 - T) + (V_{h1} - T) = 56,67 \text{ (HRC)}$$

Hình 4.17 cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố tới độ cứng lớp hàn đắp mạnh nhất là yếu tố dòng điện hàn 41,9%, tiếp đến là tốc độ hàn 36,5%, nhỏ nhất là yếu tố lực ép điện cực 21,6%.

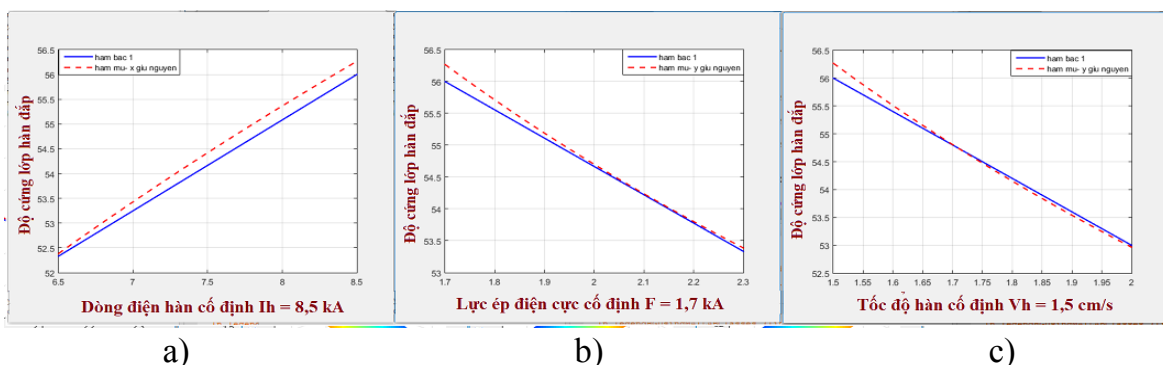
4.4.2.2. Xây dựng quan hệ toán học giữa các thông số I_h , F , V_h tới độ cứng kim loại lớp hàn đắp

Thực hiện tương tự như với chỉ tiêu độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền trực cơ bản, cho được hàm hồi quy dưới dạng hàm tuyến tính và hàm lũy thừa như sau:

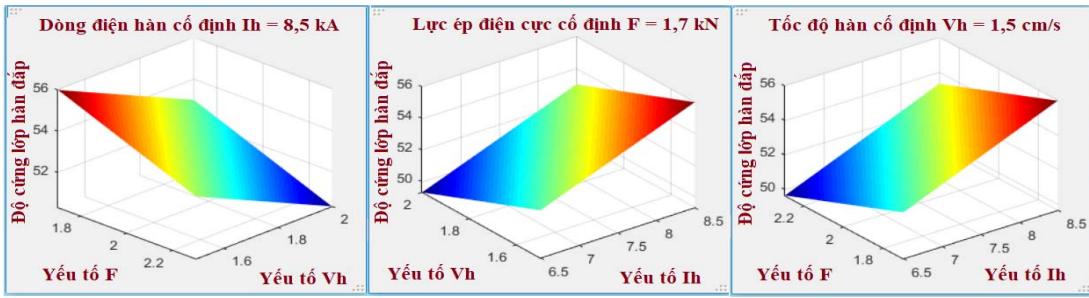
+ Dạng hàm hồi quy tuyến tính: $R_w = 56,97 + 1,833I_h - 4,44F - 6,00V_h$ (4.3)

+ Dạng hàm hồi quy lũy thừa: $R_w = 37,9002I_h^{0,268638} F^{-0,175556} V_h^{-0,211501}$ (4.4)

Từ các biểu thức hồi quy 4.3 và 4.4 thiết lập các biểu đồ 2D và 3D thể hiện quan hệ giữa các thông số đầu vào I_h , F , V_h , tới độ cứng kim loại mỗi hàn đắp của hai dạng hàm nội suy như các hình dưới đây:

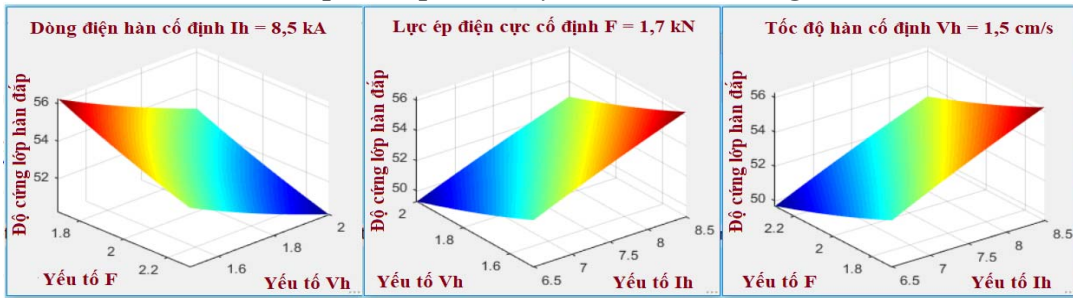


Hình 4.18. Sự phụ thuộc của độ cứng lớp hàn đắp vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp dạng 2D



a) b) c)

Hình 4.19. Sự phụ thuộc của độ cứng lớp hàn đắp vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp hàm tuyến tính dưới dạng 3D



a) b) c)

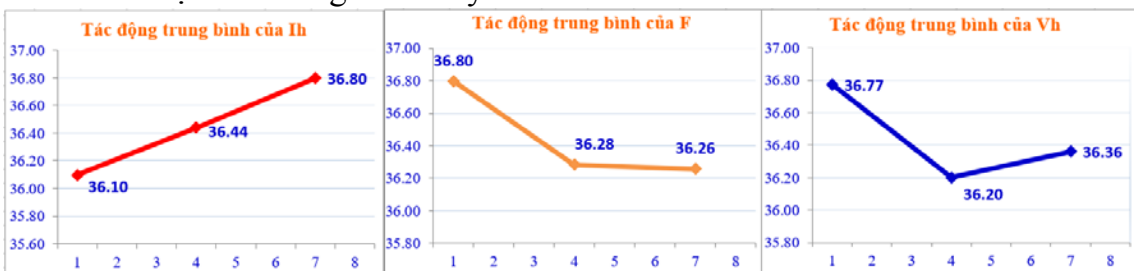
Hình 4.20. Sự phụ thuộc của độ cứng lớp hàn đắp vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp hàm lũy thừa dưới dạng 3D

Từ đồ thị cho thấy độ cứng lớp hàn đắp tỷ lệ thuận với dòng điện hàn còn tỉ lệ nghịch với lực ép điện cực và tốc độ hàn. Mặt khác hai yếu tố I_h và V_h có mức ảnh hưởng lớn, điều này tương ứng với việc tăng dòng điện và giảm tốc độ hàn dẫn đến kim loại bị nung đến nhiệt độ cao và làm nguội nhanh hơn, xảy ra hiện tượng tôi thép và làm cho kim loại mối hàn gia tăng độ cứng. Khi mật độ tác động nhiệt lớn mà tăng lực ép ngoài ảnh hưởng xấu đến độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền thì còn gây hòa trộn kim loại cơ bản vào kim loại hàn đắp nhiều hơn, tức làm giảm độ tinh khiết của kim loại đắp mối hàn và làm giảm độ cứng lớp đắp.

4.4.3. Ảnh hưởng và mức phù hợp của các thông số công nghệ (I_h , F , V_h) tới độ mài mòn kim loại mối hàn

4.4.3.1. Xác định tỷ lệ ảnh hưởng và mức phù hợp của các thông số công nghệ (I_h , F , V_h) tới độ mài mòn kim loại mối hàn

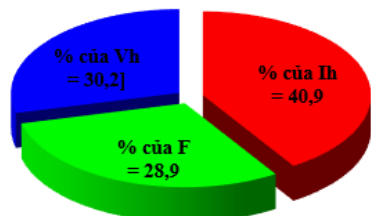
Dựa vào phân mức và tỷ lệ ảnh hưởng của các yếu tố tới độ mài mòn của lớp hàn đắp, vẽ được biểu đồ phân mức và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố như hình 4.21 và 4.22:



a) b) c)

a) phân mức của I_h ; b) phân mức của F ; c) phân mức của V_h

Hình 4.21. Biểu đồ phân mức của các yếu tố cho độ mài mòn của mối hàn vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp dưới dạng 2D



Hình 4.22. Biểu đồ tỷ lệ phần trăm ảnh hưởng của các yếu tố I_h , F , V_h tới độ mài mòn của mối hàn

Biểu đồ phân mức hình 4.21 cho thấy đặc trưng chất lượng nhỏ hơn thì tốt hơn cho các mức phù hợp của các yếu tố để có lượng mòn nhỏ nhất, tức là độ bền mòn lớn nhất với các mức I_{h3} , F_1 , V_{h1} . Độ mòn của mẫu thử có giá trị nhỏ nhất được dự đoán ở mức phù hợp là:

$$Y_{opt} = T + (I_{h3} - T) + (F_1 - T) + (V_{h1} - T) = 0,01328(g)$$

Biểu đồ phân bố ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ tới độ mòn mẫu thử cho thấy thông số dòng điện hàn vẫn là yếu tố mạnh hơn cả, hai thông số còn lại có trọng số ảnh hưởng tương đương nhau. Với yếu tố chất lượng cho độ mài mòn cho thấy sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ có sự thay đổi khác biệt so với độ cứng môi hàn. Cụ thể ở yếu tố chất lượng độ cứng thì lực ép điện cực F có sự ảnh hưởng thấp nhất, còn ở yếu tố chất lượng mài mòn này lại có sự ảnh hưởng lớn hơn V_h , điều này được giải thích bởi quá trình hàn lực ép điện cực có tác dụng lấn ép kim loại chảy dẻo nhiều hơn (hiện tượng rền môi hàn) làm cho tổ chức hạt kim loại nhỏ hơn, mật độ hạt xít chặt hơn, do đó sẽ tạo sự ảnh hưởng cho độ bền mòn của kim loại hàn được tốt hơn.

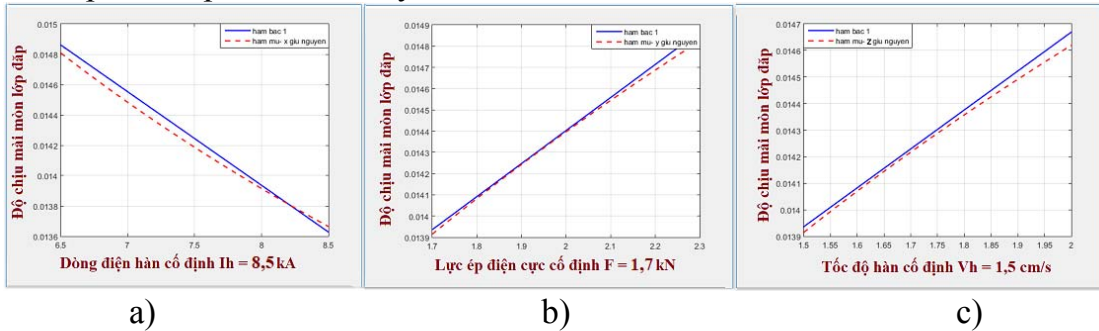
4.4.3.2. Xây dựng quan hệ toán học giữa các thông số I_h , F , V_h tới độ mài mòn kim loại môi hàn

Hàm hồi quy biểu diễn mối quan hệ của các thông số công nghệ tới độ mài mòn của môi hàn:

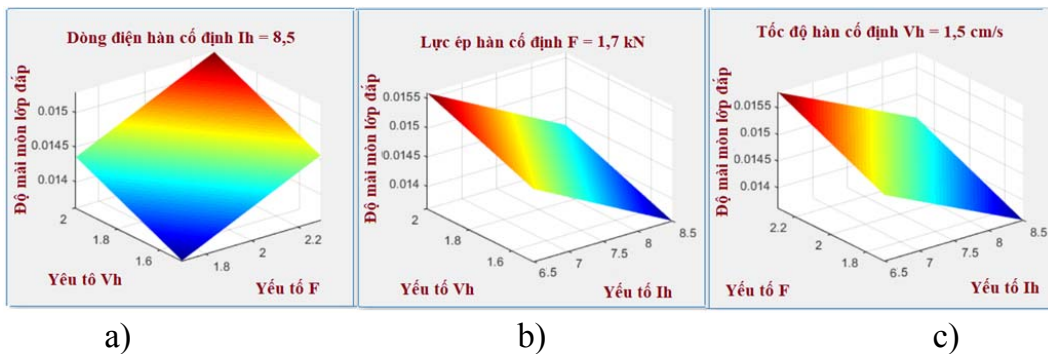
Dạng hàm hồi quy tuyến tính: $\Delta P = 0,01403 - 0,000617 I_h + 0,001556 F + 0,001467 V_h$ (4.5)

Dạng hồi quy phi tuyến: $\Delta P = 0,021857 I_h^{-0,301792} F^{0,203271} V_h^{0,171057}$ (4.6)

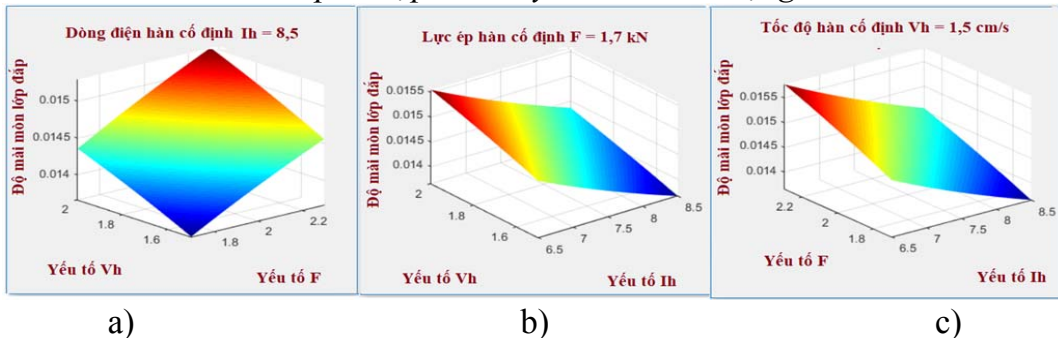
Trên cơ sở hàm hồi quy toán học tiến hành vẽ đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ tới độ mài mòn lớp hàn đắp như dưới đây:



Hình 4.23. Sự phụ thuộc của độ mài mòn môi hàn vào từng thông số hàn ở mức phù hợp dưới dạng tuyến tính và lũy thừa 2D



Hình 4.24. Sự phụ thuộc của độ mài mòn lớp hàn đắp vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp hàm tuyến tính dưới dạng 3D



Hình 4.25. Sự phụ thuộc của độ mài mòn lớp hàn đắp vào các thông số I_h , F , V_h ở mức phù hợp hàm lũy thừa dưới dạng 3D

Từ đồ thị cho thấy độ mòn kim loại lớp hàn đắp tỉ lệ nghịch với cường độ dòng điện hàn, tức độ mòn lớn khi dòng điện giảm xuống, nói ngược lại là độ bền mòn của kim loại lớp hàn đắp tỷ lệ thuận với dòng điện hàn, tỷ lệ nghịch với lực ép và tốc độ hàn, điều này được giải thích bởi các mẫu có độ cứng cao, được lăn ép ở nhiệt độ chảy dẻo phù hợp tương ứng cho độ bền mòn tương đối sẽ cao.

4.5. Đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ I_h, F, V_h theo bài toán tối ưu đa mục tiêu

Quá trình phân tích các kết quả độ cứng và độ bền mòn của lớp hàn đắp cho thấy độ bền mòn lớp hàn đắp có đặc trưng chất lượng tương đương với độ cứng lớp đắp bởi các mẫu có độ cứng cao tương đối cho độ bền mòn tốt. Kết quả cho bộ thông số công nghệ phù hợp với chỉ tiêu chất lượng là độ cứng, độ bền mòn cao hơn thì tốt hơn có sự phân mức giống nhau (I_{h3}, F_1, V_{h1}). Trên phân tích ý nghĩa này nghiên cứu lựa chọn đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ I_h, F, V_h theo bài toán tối ưu đa mục tiêu cho hai mục tiêu cụ thể là độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng lớp hàn, bằng phương pháp Grey kết hợp Taguchi.

Thực hiện các bước: Thiết kế thực nghiệm, chuẩn hóa số liệu, phân tích quan hệ Grey, tính hệ số Grey cho kết quả như bảng 4.7.

Bảng 4.7. Kết quả phân tích quan hệ Grey

TT	1	2	3	4	5	6	7	8
	Dữ liệu chuẩn hóa số liệu đo		Độ lệch chuẩn $\Delta_{oi}(k)$		Hệ số Grey $\xi_i(k)$		Mức độ Grey γ_i	Tỷ số S/N
	σ_b	R_w	σ_b	R_w	σ_b	R_w		
1	0.6351	0.7500	0.3649	0.2500	0.5781	0.6667	0.604688	-4.3694
2	0.4189	0.2500	0.5811	0.7500	0.4625	0.4000	0.443750	-7.0572
3	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.3333	0.3333	0.333333	-9.5424
4	1.0000	0.5000	0.0000	0.5000	1.0000	0.5000	0.850000	-1.4116
5	0.7162	0.3750	0.2838	0.6250	0.6379	0.4444	0.579885	-4.7332
6	0.6757	0.6250	0.3243	0.3750	0.6066	0.5714	0.596019	-4.4948
7	0.6081	0.8750	0.3919	0.1250	0.5606	0.8000	0.632424	-3.9798
8	0.7838	1.0000	0.2162	0.0000	0.6981	1.0000	0.788679	-2.0620
9	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.500000	-6.0206
	max(Δ)		1.0000	1.0000				
	min(Δ)		0.0000	0.0000				

Việc đánh giá độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng mỗi hàn đắp được căn cứ vào mức độ Grey γ_i . Mỗi quan hệ Grey có thể được coi là đánh giá tổng thể của dữ liệu thực nghiệm cho độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền σ_b và độ cứng R_w . Hệ số phân cấp mỗi quan hệ tương quan Grey được thể hiện trên hình 4.26.

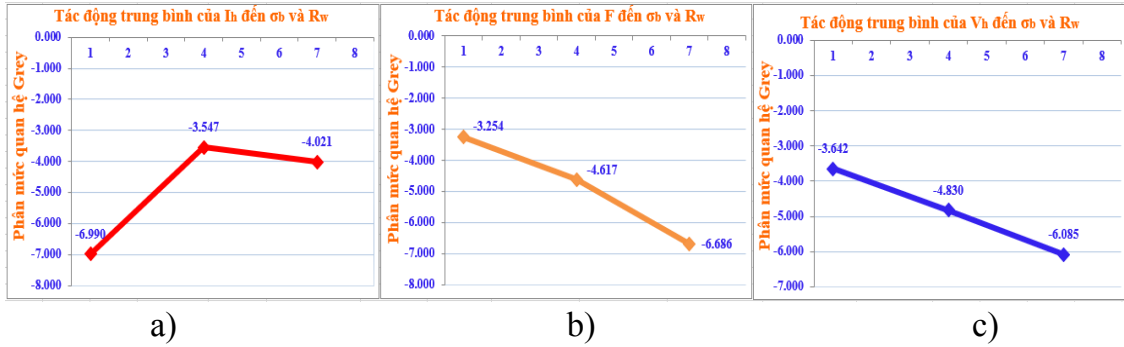
Yếu tố chất lượng tốt hơn khi hệ số tương quan Grey lớn hơn, theo đồ thị hình 4.26 thì trong 9 thí nghiệm có 4 thí nghiệm cho kết quả tốt hơn là thí nghiệm M4; M8; M7; và M1. Trong đó trị số phân hạng quan hệ Grey lớn nhất ở thí nghiệm số 4 là 0,85. Cấp độ cao nhất của mức độ quan hệ Grey được coi là tối ưu hóa cho các thông số công nghệ.



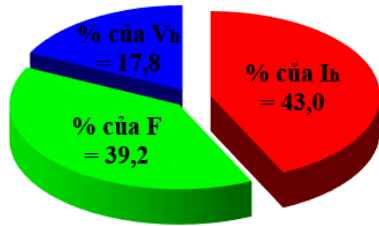
Hình 4.26. Mối quan hệ tương quan Grey

Kết hợp mỗi quan hệ Grey với Taguchi xác định được thứ tự phân mức của các thông số công nghệ đến các thông số đầu ra là độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng mỗi hàn là cường độ dòng

điện hàn $I_{h2} = 7,5\text{kA}$, lực ép con lăn điện cực $F_1 = 1,7\text{kN}$; tốc độ hàn $V_{h1} = 1,5\text{cm/s}$, và ảnh hưởng lớn nhất là cường độ dòng điện hàn với phần trăm ảnh hưởng là 43,0%, tiếp đến là lực ép điện cực 39,2% cuối cùng là tốc độ hàn 17,8% được thể hiện trên hình 4.27 và hình 4.28.



Hình 4.27. Đồ thị phân mức ảnh hưởng của I_h , F , V_h đến đồng thời chỉ tiêu độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng mỗi hàn



Hình 4.28. Đồ thị phần trăm ảnh hưởng của I_h , F , V_h đến đồng thời chỉ tiêu độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng mỗi hàn

+ Từ kết quả tính mức độ Grey trên bảng 4.7 sử dụng phần mềm thống kê ứng dụng Minitab xây dựng được hàm hồi quy thể hiện mối quan hệ toán học của các tham số công nghệ với đồng thời hai yếu tố là độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng lớp hàn thông qua mức độ Grey như sau:

$$Y_{dmt} = 0,194076 \cdot I_h^{1,25048} \cdot F^{-1,27631} \cdot V_h^{-0,992392}$$

Giá trị tối ưu đa mục tiêu dựa trên mức độ Grey khi thay vào hàm của Y_{dmt} ta được:

$$\gamma_{i(opt)} = 0,819112$$

➤ Theo đồ thị hình 4.27 có mức tối ưu là I_{h2} , F_1 , V_{h1} , trong đó có hai tham số là lực ép và tốc độ hàn ở mức 1. Giá trị này nằm ở biên vùng khảo sát, vì vậy để xem xét mức độ phù hợp của các giá trị tối ưu vùng biên ta tiến hành tìm kiếm giá trị lân cận của các mức này ta dựa trên thuật toán tìm kiếm theo phương pháp chia đôi như sau:

Mức tìm kiếm mở rộng của các yếu tố tối ưu vùng lân cận cho trong bảng 4.8

Bảng 4.8. Các tham số ảnh hưởng đến đồng thời độ bền liên kết và độ cứng mỗi hàn ở mức mới

Mức	Các tham số ảnh hưởng		
	I_h (kA)	F (kN)	V_h (cm/s)
1	7.0	1.55	1.375
2	7.5	1.7	1.5
3	8.0	1.85	1.625

Sau 17 lần lặp lại của quy luật tìm kiếm theo thuật toán chia đôi được bộ tham số tối ưu ở vùng lân cận với giá trị tối ưu mong muốn của mức độ Grey $\gamma_{i(opt)} = 0,819112$ là: $I_h = 7,81$ (kA), $F = 1,79$ (kN), $V_h = 1,47$ (cm/s). Kết quả mức tối ưu khi tìm kiếm vùng lân cận có sự sai lệch khá nhỏ so với giá trị tối ưu ban đầu tìm được bằng phương pháp Taguchi. Giá trị của I_h và F nằm trong vùng khảo sát, chỉ có tham số V_h vượt ra ngoài vùng khảo sát nhưng có giá trị sai khác khoảng 3% so với mức tối ưu ban đầu mà phương pháp Taguchi dự đoán.

Kết quả dự đoán cho độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền, độ cứng lớp hàn, độ mòn lớp hàn khi xét ảnh hưởng của đồng thời của ba tham số công nghệ là: $\sigma_b = 460,8$ (N/mm²); $R_w = 54,7$ (HRC); $\Delta P = 0,0144$.

Để đánh giá độ tin cậy của các mức tối ưu khi xét ảnh hưởng đồng thời của ba tham số đến các mục tiêu chất lượng được đánh giá thông qua kết quả kiểm chứng cho trong bảng 4.9, 4.10, 4.11, 4.12.

Bảng 4.9. Kết quả kiểm tra độ bền tách chốt mẫu hàn kiểm chứng

STT	Tên mẫu	Chế độ hàn			Thử kéo tách chốt			Trung Bình (N/mm ²)
		I _{h2} (kA)	F ₁ (kN)	V _{h1} (cm/s)	Lần đo (N/mm ²)			
					1	2	3	
1	Mẫu KC1	7,5	1,7	1,5	477	462	470	470

Bảng 4.10. Kết quả kiểm tra độ cứng mẫu hàn kiểm chứng

Đo độ cứng Rockwell (HRC)										
STT	Tên Mẫu	I _{h3} (kA)	F ₁ (kN)	V _{h1} (cm/s)	Vị trí đo					Trung bình
					1	2	3	4	5	
1	Mẫu KC1	8,5	1,7	1,5	56	55	55	57	56	56

Bảng 4.11. Kết quả kiểm tra mài mòn mẫu hàn kiểm chứng

TT	Tên mẫu	I _{h3} (kA)	F ₁ (kN)	V _{h1} (cm/s)	ΔP (g)	R (mm)	S (mm)	N (N)	Im (g/N.mm)
1	KC3	8,5	1,7	1,5	0.0134	15	580272	20	1.15463E ⁻⁰⁹

Bảng 4.12. Kết quả kiểm chứng cho ảnh hưởng đồng thời của các thông số công nghệ

Tên mẫu	Chỉ tiêu đơn lẻ	Tham số công nghệ	Kết quả dự đoán theo Grey	Kết quả kiểm tra	% sai lệch
KC4	Giới hạn bền kéo lớp hàn đắp với nền.	I _h = 7,8 (kA)	460,7 (N/mm ²)	459 (N/mm ²)	0,37%
	Độ cứng lớp hàn	F = 1,8 (kN)	54,7 (HRC)	54 (HRC)	1.28%
	Độ mài mòn	V _h = 1,5 (cm/s)	0,0144 (g)	0,0140 (g)	2.8%

Kết luận chương 4

1. Thông qua nghiên cứu tổ chức thô đại mỗi hàn, tổ chức tế vi vùng tiếp giáp kim loại mỗi hàn với kim loại nền có sự liên kết tốt, luôn đảm bảo độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền cao của chi tiết hàn đắp phục hồi (có thể đạt 81÷95% độ bền của kim loại cơ bản). Vùng ảnh hưởng nhiệt rất hẹp. Mỗi hàn có độ cứng bề mặt đắp tương đối cao khoảng (47÷55HRC), đáp ứng được yêu cầu bề mặt làm việc trong phần lớn các trục máy. Các mẫu hàn phục hồi được đánh giá độ bền mòn thông qua việc so sánh mẫu thử mòn của trục bằng hàn lăn tiếp xúc phục hồi dây thép C70 với mẫu thử mòn của chi tiết trục thép C45 tôi cao tần cùng độ cứng cho thấy các mẫu thử mòn của mẫu hàn có độ bền mòn gấp khoảng 1.44 lần so với mẫu thử mòn của trục mới nhiệt luyện.

2. Chi tiết phục hồi sau hàn chỉ cần gia công cơ khí đạt kích thước mà không cần nhiệt luyện hay xử lý gì thêm nên chi tiết không bị biến dạng hay bong tróc lớp đắp. Chi tiết trục có độ cứng và độ bền mòn cao và luôn đảm bảo được độ bền liên kết của lớp hàn đắp, bản thân chi tiết phục hồi vẫn giữ được tính bền dẻo bên trong do ảnh hưởng nhiệt ở mức thấp.

3. Sử dụng phương pháp thiết kế thực nghiệm của Taguchi và phân tích phương sai ANOVA đã xác định được:

- Các mức phù hợp của các thông số công nghệ cho hàm mục tiêu về độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền cao nhất ở mức: I_{h2} = 7,5(kA), F₁ = 1,7(kN), V_{h1} = 1,5(cm/s), độ cứng bề mặt và độ bền mòn trung bình của kim loại đắp mỗi hàn cao nhất ở mức: I_{h3} = 8,5(kA), F₁ = 1,7(kN), V_{h1} = 1,5(cm/s). Đồng thời tỷ lệ ảnh hưởng của các thông số trên tới từng chỉ tiêu về cơ tính mỗi hàn cũng được tính toán cụ thể.

- Xây dựng được mô hình toán học thể hiện quan hệ giữa các chỉ tiêu cơ tính với các thông số công nghệ bằng các hàm hồi quy tuyến tính và lũy thừa, từ đó đánh giá xu hướng ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến các chỉ tiêu cơ tính lớp hàn đắp thông qua các đồ thị nội suy cho hai dạng hàm kể trên.

4. Kết hợp phân tích mối quan hệ tương quan Grey với thiết kế thực nghiệm Taguchi và thuật toán chia đôi đã tìm được mức các thông số công nghệ tối ưu cho đồng thời 2 chỉ tiêu của cơ tính mỗi hàn là độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng lớp hàn ở mức: I_h = 7,81(kA), F = 1,79(kN), V_h = 1,47(cm/s). Đồng thời xác định được phần trăm ảnh hưởng của của các thông số công nghệ hàn nhiều nhất là I_h 43,0(%), tiếp đến F 39,2(%), thấp nhất V_h 17,8(%), tới hai chỉ tiêu cơ tính trên.

KẾT LUẬN CHUNG CỦA LUẬN ÁN

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm của đề tài luận án rút ra một số kết luận chính như sau:

1. Khả năng làm việc của chi tiết máy dạng trục phục hồi được xác định bởi ba đặc tính sử dụng quan trọng: độ bền liên kết của lớp kim loại đắp với kim loại nền, độ bền mòn và độ cứng của lớp hàn đắp. Đặc tính đầu tiên trong số ba đặc tính trên rất quan trọng đối với chi tiết được phục hồi.

2. Mỗi hàn hình thành ở nhiệt độ chảy dẻo, quá trình hình thành liên kết hàn chỉ xảy ra ở bề mặt tiếp xúc, như vậy độ hòa tan của kim loại cơ bản vào kim loại đắp ở mức thấp, lớp đắp sẽ có độ tinh khiết tốt nên có độ cứng trung bình cao và đồng đều, năng suất quá trình hàn cao, chi tiết hàn ít biến dạng, dễ tự động hóa quá trình hàn. Quá trình hình thành mối hàn trong pha rắn, mối liên hệ giữa độ bền liên kết của kim loại đắp với kim loại nền phụ thuộc khả năng biến dạng của dây kim loại.

3. Lớp kim loại hàn đắp từ vật liệu C70 trên nền thép C45 đạt độ bền liên kết giữa lớp hàn đắp với nền cao có thể đạt 95% độ bền kéo của vật liệu của mẫu trục hàn phục hồi C45. Vùng ảnh hưởng nhiệt rất hẹp, mối hàn có độ cứng bề mặt đắp tương đối cao đạt 55HRC. Các mẫu hàn phục hồi được đánh giá độ bền mòn thông qua việc so sánh mẫu thử mòn của trục hàn phục hồi bằng hàn lăn tiếp xúc dây thép C70 với mẫu thử mòn của chi tiết trục thép C45 tối cao tần cùng độ cứng cho thấy các mẫu thử mòn của mẫu hàn có độ bền mòn gấp khoảng 1.44 lần so với mẫu thử mòn của trục mới tối cao tần, kết quả này có được bởi độ bền mòn của vật liệu đắp cũng như mối hàn đắp được rèn dập trong quá trình hàn làm mật độ hạt xít chặt hơn và chịu mài mòn tốt hơn.

4. Xác định được các mức phù hợp, phần trăm ảnh hưởng, dạng hàm hồi quy của các thông số công nghệ cho hàm mục tiêu về độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền, độ cứng bề mặt và độ bền mòn của kim loại đắp mỗi hàn cao nhất lần lượt là: $I_{h2}, F_1, V_{h1}; I_{h3}, F_1, V_{h1}; I_{h3}, F_1, V_{h1}$, thông qua thiết kế thực nghiệm Taguchi, phân tích phương sai ANOVA, phần mềm thống kê ứng dụng Minitab, phần mềm tính toán số và lập trình Matlab.

5. Phân tích mối quan hệ tương quan Grey-Thiết kế thực nghiệm Taguchi kết hợp với thuật toán chia đôi tìm nghiệm vùng lân cận, đã tìm được các mức thông số công nghệ tối ưu cho đồng thời 2 chỉ tiêu của cơ tính mối hàn là độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng lớp hàn ở mức: $I_h = 7,8(kA)$, $F = 1,8(kN)$, $V_h = 1,5(cm/s)$. Đồng thời xác định được mức độ ảnh hưởng của từng thông số công nghệ hàn tới hai chỉ tiêu độ bền liên kết lớp hàn đắp với nền và độ cứng mối hàn đắp nhiều nhất là cường độ dòng điện hàn $I_h 43,0(\%)$, tiếp đến là lực ép điện cực $F 39,2(\%)$, thấp nhất là tốc độ hàn $V_h 17,8(\%)$.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Nguyễn Minh Tân, Lê Văn Thoài, Hoàng Văn Châu, Đào Quang Kế, Lê Thu Quý (2015), *Nghiên cứu công nghệ hàn đắp phục hồi chi tiết tròn xoay bằng hàn lăn tự động với băng thép hợp kim*. Hội nghị KH&CN toàn quốc về cơ khí lần thứ IV, Phân ban 1 - Cơ khí Chế tạo Máy, tr 36-43, TP.HCM, 06/11/2015.
2. Lê Văn Thoài, Nguyễn Minh Tân, Hoàng Văn Châu, Đào Quang Kế (2015), *Nâng cao năng suất chất lượng kết cấu hàn bằng công nghệ hàn tự động với bột kim loại bổ sung*, Hội nghị KH&CN toàn quốc về cơ khí lần thứ IV, Phân ban 1 - Cơ khí Chế tạo Máy, tr 118-195, TP.HCM, 06/11/2015.
3. Nguyễn Minh Tân, Lê Văn Thoài, Hoàng Văn Châu, Đào Quang Kế (2016), *Nghiên cứu công nghệ hàn đắp phục hồi bề mặt trục thép C45 bằng hàn lăn tự động với dây thép hợp kim 65G*. Hội nghị KH&CN toàn quốc về Cơ khí - Động lực. Đại học Bách khoa Hà Nội, Tập 1, tr.363-368, 13/10/2016.
4. Lê Văn Thoài, Nguyễn Minh Tân, Hoàng Văn Châu (2016), *Độ dai va đập kim loại mối hàn trong công nghệ hàn tự động với bột kim loại bổ sung*. Hội nghị KH&CN toàn quốc về Cơ khí - Động lực. Đại học Bách khoa Hà Nội, Tập 1, tr.327-331, 13/10/2016.
5. Ngo Thi Thao, Le Van Thoai, Nguyen Minh Tan, Bui Van Khoan (2016), *Using inverse method for predicting heat generated in friction welding*, Hội nghị KH&CN toàn quốc về Cơ khí - Động lực. Đại học Bách khoa Hà Nội, Tập 1, tr.288-293, 13/10/2016.
6. Nguyễn Minh Tân, Lê Văn Thoài, Ngô Thị Thảo, Hoàng Văn Châu, Đào Quang Kế (2016), *Công nghệ hàn đắp phục hồi kích thước trục thép C45 bằng hàn lăn tự động với dây thép hợp kim*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Mã số 33 - 44 Tập 54 - số 5A.
7. Nguyễn Minh Tân, Lê Văn Thoài, Hoàng Văn Châu, Đào Quang Kế (2018), *Tối ưu hóa thông số công nghệ hàn điện tiếp xúc cho độ bền bám dính lớp đắp chi tiết trục*, Tạp chí Cơ Khí Việt Nam, số 10, trang 31-39, ISSN 0866-7056.
8. Nguyễn Minh Tân, Lê Văn Thoài, Ngô Thị Thảo (2018), *“Nghiên cứu tổ chức và cơ tính lớp kim loại đắp trong hàn lăn tiếp xúc phục hồi chi tiết trục”*, Tạp chí khoa học và công nghệ - Trường Đại học SPKT Hưng Yên, Số 20, Tháng 12 năm 2018: ISSN 2354-0575.
9. Minh Tan Nguyen, Van Nhat Nguyen, Van Chau Hoang, Shyh-Chour Huang (2019), *"Optimizing resistance welding parameters on Ashesion strength of c45 steel shaft by using taguchi method"*, Journal of Physics: Conference Series, IOP publishing, MEIE28142.