

# CHẾ TẠO THIẾT BỊ CHO CÔNG NGHỆ MẠ XOA SỬ DỤNG ĐỂ PHỤC HỒI CHI TIẾT MÁY BỊ MÀI MÒN

ĐÀO KHÁNH DUY

## 1. MỞ ĐẦU

Bề mặt của chi tiết máy làm việc động thường xuyên sẽ bị mài mòn và đến giới hạn phải thay thế hoặc phục hồi để đảm bảo chất lượng hoạt động của thiết bị cũng như chất lượng của sản phẩm do thiết bị tạo ra. Việc phục hồi các chi tiết máy bị mài mòn sẽ có ý nghĩa kỹ thuật và kinh tế rất cao do không phải thay mới toàn bộ thiết bị nên đã được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng từ rất lâu. Bên cạnh các kỹ thuật phục hồi bằng công nghệ phun, đắp cơ và nhiệt [1] công nghệ mạ điện hóa tỏ ra có nhiều lợi thế về đầu tư và chất lượng lớp kim loại phục hồi [2]. Tuy nhiên công nghệ mạ điện hóa truyền thống phải cần hệ thống bể mạ và đưa chi tiết máy cần mạ vào bể nên gặp nhiều khó khăn, nhất là các chi tiết có kích thước cũng như trọng lượng lớn và cấu hình phức tạp, nhiều mặt che khuất. Những thập niên gần đây công nghệ mạ không sử dụng bể mạ (KSDBM) [3], còn được gọi là mạ xoa [4], mạ chải (brush plating) [5], mạ chọn lọc (selective plating) [6] đang được nghiên cứu và ứng dụng mạnh trong nhiều lĩnh vực như: công nghiệp trang trí, chống ăn mòn kim loại [7], công nghiệp điện tử [8] và đặc biệt là mạ phục hồi của ngành cơ khí [9]. Những đặc điểm cơ bản của công nghệ mạ KSDBM so với kỹ thuật mạ thông thường không những ở thành phần dung dịch mạ mà còn ở các thiết bị như anốt và bộ nguồn, nhất là khi mạ với công suất lớn. Nhằm thử nghiệm khả năng nghiên cứu và ứng dụng công nghệ MKSDBM để phục hồi chi tiết máy bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tạo các thiết bị đặc thù là điện cực và thiết bị tạo và kiểm soát dòng mạ.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đặc thù của kỹ thuật mạ không sử dụng bể mạ là anốt cầm tay di chuyển trực tiếp trên bề mặt catốt với khoảng cách giữa hai điện cực rất ngắn nên bộ nguồn được thiết kế và chế tạo tại trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng phải đáp ứng các điều kiện:

- Thay đổi điện áp chính xác theo yêu cầu của từng kim loại và hợp kim cần mạ.
- Giữ ổn định điện áp khi thay đổi trong khoảng rộng mật độ dòng điện mạ.
- Có mạch bảo vệ chập mạch AC và DC, chống quá dòng, quá nhiệt để bảo vệ người sử dụng, chi tiết máy cần phục hồi và thiết bị mạ.
- Có khả năng đảo cực với đèn hiệu mạ thuận và nghịch tương ứng để phục vụ các quá trình mạ catốt, tẩy lớp mạ anốt cũng như hoạt hóa bề mặt của vật mạ.
- Hiện thị điện áp cũng như dòng mạ rõ ràng và chính xác.

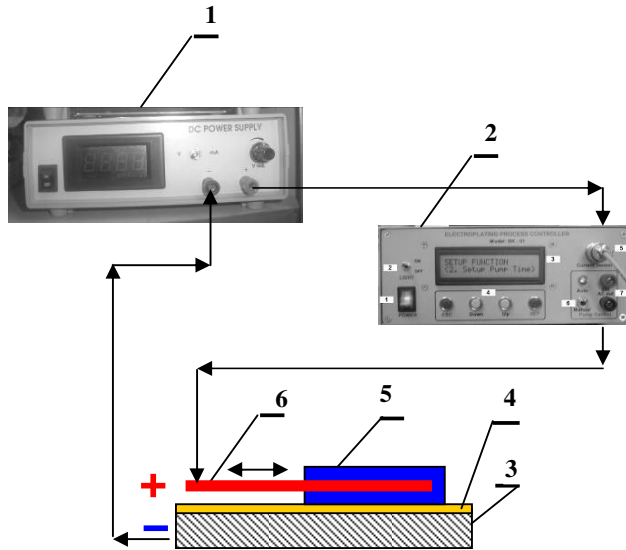
Do kỹ thuật mạ KSDBM luôn thay đổi dòng mạ nên cần có thiết bị đo điện lượng mạ nhằm kiểm soát lượng kim loại và chất lượng lớp mạ. Điều đó được thực hiện nhờ kỹ thuật điện tử tích

hợp để xác định tích phân của dòng theo thời gian mạ:  $Q = \int_{t_1}^{t_2} Idt$ .

Anốt của công nghệ KSDBM không thể sử dụng kim loại tan như công nghệ mạ truyền thống mà thường phải sử dụng vật liệu trơ cũng như bên điện hóa và hóa học như titan phủ rutini ôxit [10].

### 3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Sơ đồ nguyên lý hệ thống các thiết bị được chế tạo sử dụng cho công nghệ mạ KSDBM trình bày tại hình 1.



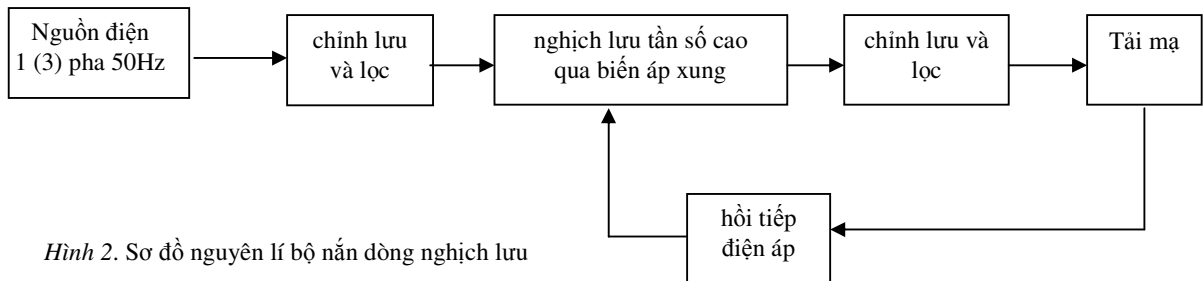
Hình 1. Sơ đồ hệ thống sử dụng các thiết bị mạ không sử dụng bể mạ

1. Bộ nguồn DC.
2. Thiết bị đo Ah.
3. Mẫu mạ.
4. Lớp mạ.
5. Lớp bọc anốt.
6. Anốt Ti/RuO<sub>2</sub>.

Từ hình 1 ta thấy cực dương (anốt) của bộ nguồn một chiều (1) được nối với thiết bị đo điện lượng (2) và nối với anốt trơ Ti/RuO<sub>2</sub> (6) áp sát với bề mặt mẫu cần mạ (3). Anốt cầm tay được nối với cực âm (catốt) của thiết bị đo điện lượng và di chuyển liên tục trên bề mặt vật cần mạ để tạo lớp mạ kim loại hoặc hợp kim (4). Khoảng cách giữa anốt và catốt rất nhỏ chỉ bằng chiều dày của vật liệu mang dung dịch điện ly bọc quanh anốt (5). Dung dịch điện ly được thấm vào lớp bọc anốt hoặc được bổ sung tự động vào lớp bọc anốt.

Thiết bị nguồn mạ có các công suất khác nhau nhưng phải đảm bảo gọn, nhẹ và dễ di chuyển nên có thể thiết kế mạch theo các nguyên lý: nghịch lưu; chỉnh lưu 1 hoặc 3 pha hoặc kết hợp.

Sơ đồ nguyên lý nắn dòng nghịch lưu được trình bày tại hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý bộ nắn dòng nghịch lưu

Nguyên tắc hoạt động của bộ nắn dòng nghịch lưu như sau:

- Nguồn điện xoay chiều 1 pha hoặc 3 pha, 50Hz được chỉnh lưu không đều khiến thành điện áp DC.

- Tụ lọc được mắc vào sau chỉnh lưu để san bằng dạng sóng chỉnh lưu.

- Điện áp DC được đưa vào bộ nghịch lưu là các linh kiện điện tử công suất đóng ngắt tần số cao như FET, IGBT, transistor, biến điện áp DC thành AC có tần số cao khoảng vài kHz đến vài chục kHz.

- Điện áp DC được đưa qua máy biến áp xung để tạo một điện áp xoay chiều thấp và cách li bên phía sơ cấp.

- Chỉnh lưu và lọc phẳng điện áp xoay chiều thấp thành điện áp DC cung cấp cho tải mạ.

Ưu điểm của bộ nguồn theo nguyên lí nắn dòng nghịch lưu là:

- Do biến áp chỉnh lưu làm việc ở tần số cao nên kích thước MBA giảm đáng kể, nên khối lượng giảm, rất thuận tiện cho việc di chuyển và lắp ráp.

- Dải điện áp đầu ra ổn định, ít dao động.

- Khả năng điều chỉnh vô cấp điện áp tốt.

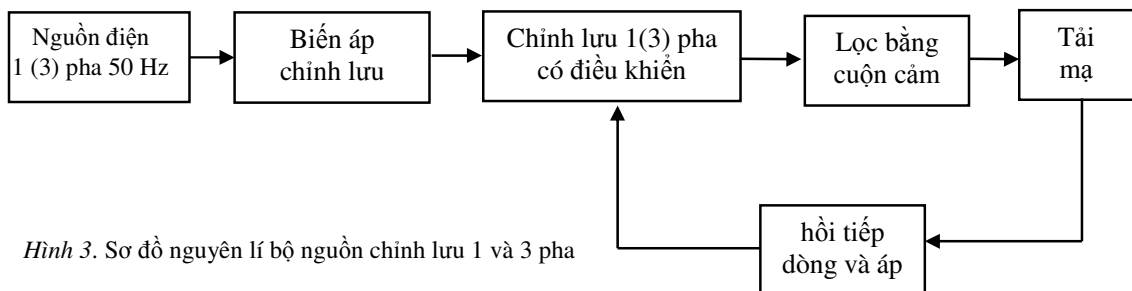
Tuy nhiên nhược điểm của dạng thiết bị này là:

- Hệ số phức tạp trong thiết kế và vận hành hơn so với khi không có bộ nghịch lưu.

- Do các linh kiện điện tử làm việc ở điện áp và dòng điện cao đòi hỏi phải có các linh kiện thích hợp là các transistor hoặc FET hoặc IGBT và điốt có dòng và áp định mức cao nên việc bảo vệ các linh kiện trở nên quan trọng và yêu cầu an toàn cao.

- Giá thành sản xuất cao nên chỉ thích hợp với thiết bị có công suất mạ nhỏ như hình 1.

Sơ đồ nguyên lí nắn dòng chỉnh lưu có điều khiển 1 và 3 pha được trình bày tại hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lí bộ nguồn chỉnh lưu 1 và 3 pha

Nguyên lí hoạt động của bộ nắn dòng chỉnh lưu 1 và 3 pha như sau:

- Nguồn điện: khi công suất không lớn lắm chỉ cần sử dụng nguồn 1 pha 220V / 50Hz để cung cấp năng lượng cho máy biến áp chỉnh lưu. Khi công suất lớn cần phải sử dụng nguồn 3 pha để cung cấp cho máy biến áp chỉnh lưu 3 pha.

- Chỉnh lưu có điều khiển: biến đổi điện áp bên cuộn thứ cấp của máy biến áp chỉnh lưu thành nguồn DC có thể điều chỉnh được điện áp đầu ra. Sơ đồ động lực khi 1 pha có thể dùng chỉnh lưu nửa bán kì, hai nửa bán kì biến áp có điểm giữa, hai nửa bán kì - chỉnh lưu cầu (đối xứng hoặc không đối xứng). Khi 3 pha có thể dùng chỉnh lưu tia 3 pha, chỉnh lưu cầu 3 pha (đối xứng hoặc không đối xứng).

- Cuộn cảm L (hình 4, 5) dùng lọc điện áp đầu ra phẳng để chất lượng mạ tốt hơn.

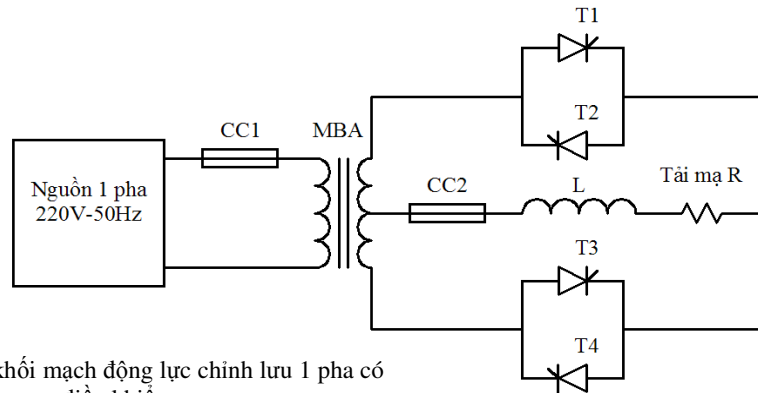
Ưu điểm:

- Phù hợp với việc mạ các chi tiết nhỏ khi dùng 1 pha và công suất lớn khi dùng 3 pha.
- Khả năng điều chỉnh vô cấp điện áp tốt.
- Đảm bảo sự thay đổi điện áp mạ nhỏ.
- Triệt tiêu được sự mất cân bằng giữa các pha.
- Dễ thiết kế và chế tạo thiết bị.
- Thuận tiện cho việc ghép nối với các thiết bị khác cũng như tự động hoá.

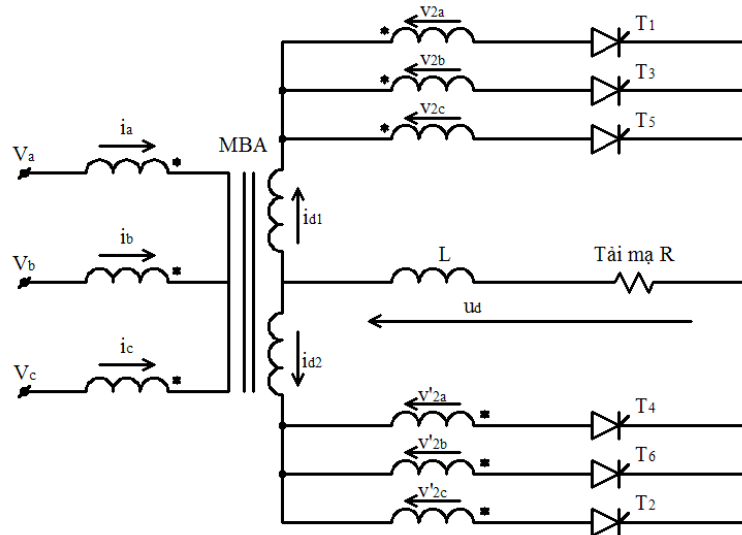
Nhược điểm:

- Nguồn sơ cấp 1 pha 220 V nên có sự dao động của điện áp mạ khi thay đổi tải mạ.
- Nguồn 1 pha không phù hợp để sử dụng với các dạng điện cực lớn yêu cầu mật độ dòng và dòng mạ lớn, nguồn 3 pha hoạt động không ổn định khi mạ với mật độ dòng nhỏ.

Sơ đồ mạch chỉnh lưu có điều khiển 1 pha và 3 pha được trình bày tại hình 4 và 5.



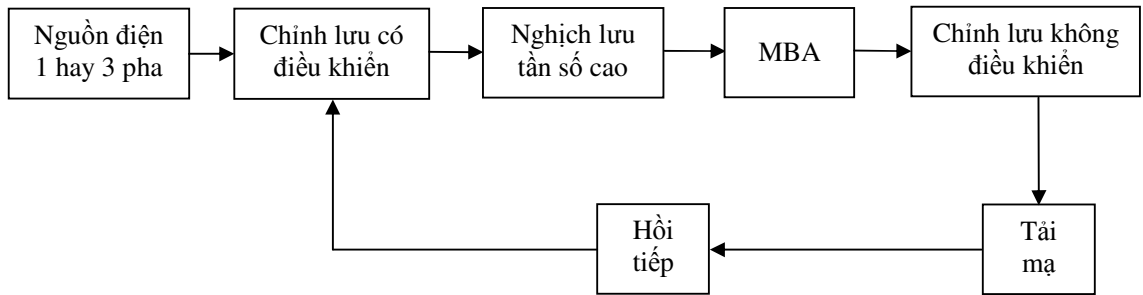
Hình 4. Sơ đồ khối mạch động lực chỉnh lưu 1 pha có điều khiển



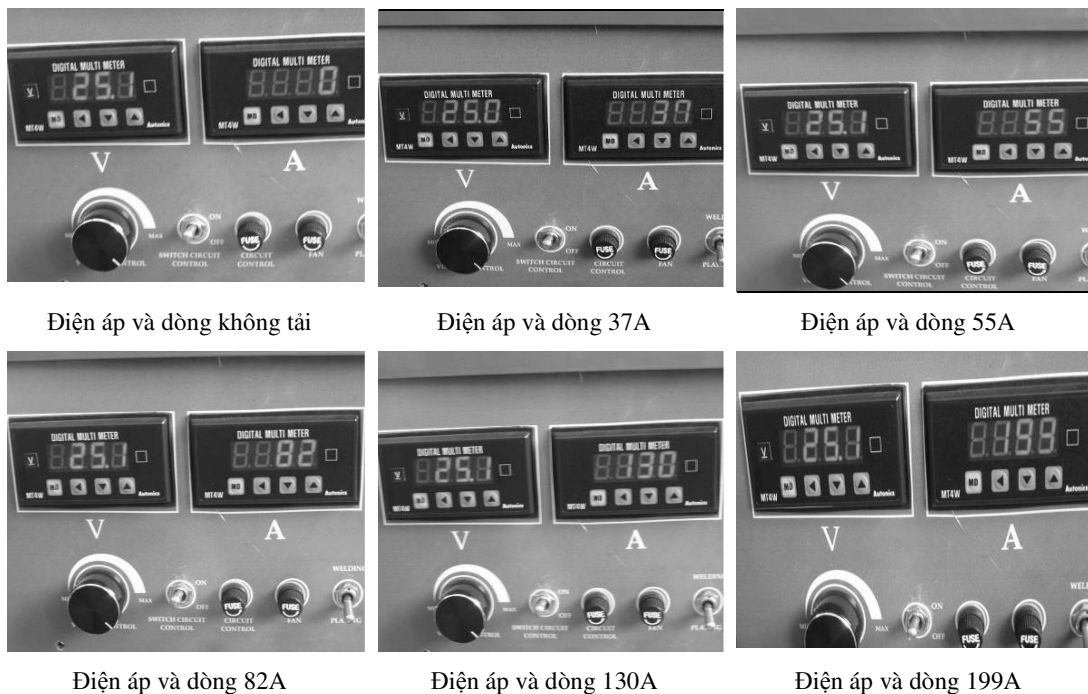
Hình 5. Sơ đồ khối chỉnh lưu 3 pha 6 tia có điều khiển

Nguyên lí kết hợp nghịch lưu và chỉnh lưu được trình bày tại hình 6 với các đặc điểm:

- Nguồn điện sơ cấp xoay chiều 1 pha 220 V, tần số công nghiệp 50 Hz được đưa vào bộ chỉnh lưu có điều khiển để tạo ra nguồn điện một chiều thay đổi được từ 0 – 200 V.
- Nguồn điện một chiều sau bộ chỉnh lưu có điều khiển được đưa vào bộ nghịch lưu để tạo ra điện áp xoay chiều hình chữ nhật có tần số 1000 Hz và điện áp ra  $U = 0 - 220$  V nhờ thay đổi điện áp bộ chỉnh lưu phía trước.
- Điện áp từ bộ nghịch lưu được đưa vào đầu của cuộn sơ cấp máy biến áp của bộ chỉnh lưu không điều khiển có điện áp một chiều  $U = 0 - 25$  V đưa vào tải mạ.
- Tín hiệu phản hồi được lấy từ tải và được đưa vào bộ điều khiển để điều khiển bộ chỉnh lưu có điều khiển.



Hình 6. Sơ đồ khối nguồn mạ kết hợp chỉnh lưu và nghịch lưu



Hình 7. Hiện thị các chế độ tải khi mạ phục hồi chi tiết máy bằng công nghệ KSDBM

Các thiết bị nguồn mạ cho công nghệ KSDBM công suất 100A và 200 A đã chế tạo theo nguyên lí nêu trên có giao diện tại các tải mạ khác nhau được trình bày tại hình 7.

Kết quả thử nghiệm của nguồn 100 A và 200 A tại các điện áp khác nhau với các dòng mạ khác nhau trên bảng 1 và 2 cho thấy sai lệch điện áp điều khiển rất nhỏ. Với nguồn 100 A sai lệch cao nhất là + 0,5 V khi tải lớn, còn nguồn 200 A sai lệch cao nhất chỉ + 0,3 V khi tải lớn.

*Bảng 1.* Kiểm tra điện áp đo được với các dòng tải khác nhau thay đổi từ 0 đến 100 A

U đặt	Tải 1	Tải 2	Tải 3	Tải 4	Tải 5
5 V	5,2 V / 6,2 A	5,1 V / 9,2 A	5,1 V / 14,5 A	5,3 V / 26,7 A	5,2 V / 40,1 A
10 V	10,2 V / 14,3 A	10,2 V / 22,3 A	10,1 V / 33,1 A	10,5 V / 55,6 A	10,5 V / 83,1 A
12,5 V	12,4 V / 17,9 A	12,6 V / 27,7 A	12,6 V / 41,1 A	12,7 V / 63,1 A	12,7 V / 99,5 A

*Bảng 2.* Kiểm tra điện áp đo được với các dòng tải khác nhau thay đổi từ 0 đến 200A

U đặt	Tải 1	Tải 2	Tải 3	Tải 4	Tải 5
5 V	5,1 V / 6 A	5 V / 9 A	5 V / 15 A	5 V / 26 A	5 V / 39,5 A
10 V	10 V / 14 A	10,1 V / 22 A	10 V / 33 A	10,8 V / 55 A	10,5 V / 83,3 A
12,5 V	12,5 V / 18 A	12,5 V / 27 A	12,6 V / 41 A	12,6 V / 63 A	12,6 V / 99,1 A
20 V	20,1 V / 23,7 A	20,1 V / 44 A	20,2 V / 65,3 A	20,2 V / 108 A	20,3 V / 161 A
25 V	25,1 V / 35 A	25,1 V / 55 A	25,1 V / 82 A	25,1 V / 136 A	25,1 V / 199 A

#### 4. KẾT LUẬN

Các dạng bộ nguồn dùng trong công nghệ mạ KSDBM: nghịch lưu, chỉnh lưu cũng như kết hợp chỉnh lưu và nghịch lưu được tính toán thiết kế và chế tạo cho công suất lớn có điều khiển loại 1 pha: 100 A và loại 3 pha 6 tia: 200 A.

Bộ nguồn 100 A đảm bảo điện áp đầu ra của thiết bị vẫn giữ ổn định cho dù tải biến đổi từ 0 đến 100 A với thời gian lâu nhưng nhiệt độ thiết bị tăng trong khoảng cho phép < 80°C. Cuộn lọc đầu ra mắc nối tiếp với tải đã có tác dụng làm cho dòng điện qua tải bằng phẳng đảm bảo công nghệ mạ phục hồi chi tiết máy bị mài mòn đạt chất lượng tốt.

Bộ nguồn 200 A đảm bảo điều khiển ổn định với các điện áp 5 V, 10 V, 15 V, 20 V, 25 V khi tải thay đổi khác nhau từ 0 đến 200 A với thời gian hoạt động dài mà nhiệt độ thiết bị vẫn trong khoảng cho phép < 80°C. Dạng sóng điện áp đầu ra của thiết bị thay đổi liên tục chứng tỏ bộ điều khiển PI làm việc tốt để giá trị điện áp trung bình luôn giữ ở 1 giá trị đặt không đổi đảm bảo cho quá trình mạ phục hồi chi tiết máy đạt chất lượng cao.

*Lời cảm ơn.* Tác giả xin cảm ơn Bộ Công Thương đã giao đề tài tạo điều kiện thực hiện nội dung trên và GS.TSKH Nguyễn Đức Hùng về những đóng góp chuyên môn quý báu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Tùng - Công nghệ phun phủ và ứng dụng, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.

2. Nguyễn Đức Hùng - Sổ tay mạ, nhúng, phun, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1993 (tái bản 2002).
3. Nguyễn Đức Hùng, Nguyễn Duy Kết - Công nghệ mạ điện hóa không sử dụng bể mạ, Tạp chí Khoa học và Công nghệ **44** (2) (2006) 70-75.
4. Đào Khánh Dur - Nâng cao tính năng mạ của lớp mạ xoa đồng và niken, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2007.
5. Derek Vanek - An update on brush plating, Sifco selective plating, Cleveland, Metal finishing, July, 2002.
6. Tamarkin, Vladimir K., Campisi, Frank J. - Process of plating selective area on a printed circuit board, Patent USA, 6022466 A 8 Feb. 2000.
7. Nguyễn Đức Hùng, Nguyễn Duy Kết - Công nghệ mạ vàng không sử dụng bể mạ: Cơ sở lý thuyết và ứng dụng thực tiễn, Hội nghị Toàn quốc các đề tài NCCB hóa lí và Hóa lí thuyết, Hà Nội, Tuyển tập toàn văn, 2005, tr. 53-62.
8. Bill Watcher - Overview of brush plating, W. R. Associates Inc. Cleveland, 2001.
9. Nguyễn Anh Tuấn, Đào Khánh Dur, Nguyễn Anh Quang - Phục hồi chi tiết ô tô bằng công nghệ mạ xoa, Tuyển tập các báo cáo khoa học, Hội nghị khoa học lần thứ 20, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2006.
10. Nguyễn Đức Hùng, Trần Thị Thanh Hương, Nguyễn Duy Kết, Nguyễn Thanh Hải - Điện cực RuO<sub>2</sub> tái chế ứng dụng chế tạo dung dịch hoạt hóa điện hóa xử lý môi trường, Tạp chí Hóa học **47** (5A) (2009) 186-192.

## SUMMARY

### MANUFACTURING EQUIPMENT FOR BRUSH PLATING TECHNOLOGY USING FOR THE RESTORATION OF ABRADED PARTS OF MACHINES

Since brush plating technology does not use a plating bath and it uses an anode moving directly on the surface of the plating parts, this technology can be used to restore surfaces of machine parts at defective areas due to either abrasion caused by operation or deficient dimensions caused by incorrect machining. As a result, this plating method can bring considerable economic and technological effects. Specification of brush plating technology also requires the most compatible equipment, particularly the plating current source. Producing the current source according to the principles of phase opposition, phase rectification, and the combination of both will allow the equipment to have a strong plating load up to 100 A and 200 A with a voltage that can be stably controlled to ensure that the brush plating process obtains high quality.

*Địa chỉ:*

*Nhận bài ngày 17 tháng 6 năm 2009*

Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng.