

# Nghiên cứu sự hao mòn của điện cực khi gia công bằng micro EDM

■ TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG  
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**TÓM TẮT:** Bài báo nghiên cứu sự hao mòn của điện cực khi gia công bằng micro EDM, thiết lập mô hình đường bao của bề mặt đáy bằng cách gia công rãnh hẹp trên mặt phẳng. Hao mòn điện cực xảy ra rất mãnh liệt trong micro EDM, nếu không được bù đắp điện cực, bề mặt dưới cùng của phôi sẽ nghiêng từ điểm bắt đầu đến điểm kết thúc gia công. Thực nghiệm cho thấy rằng không có bù trừ cho điện cực, khi chiều dài gia công tăng lên, chiều sâu gia công giảm dần cho đến khi nó có xu hướng về 0.

**TỪ KHÓA:** Micro EDM, hao mòn điện cực, vi lỗ, vi gia công.

**ABSTRACT:** The paper studied the wear of electrodes when machining with micro EDM, modeling the contour of the bottom surface by machining a narrow groove on a plane. The electrode wear occurs so intensely in micro EDM, if no compensation for the electrode, the bottom surface of the workpiece will be inclined from the starting point to the endpoint of the machining. Experiments show that there is no compensation for the electrode, as the machining length increases, the machining depth decreases until it tends to zero.

**KEYWORDS:** Micro EDM, the electrode wear, micro-hole, micromachining.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gia công phóng điện vi mô (micro EDM) đã được sử dụng để gia công các lỗ siêu nhỏ và tạo ra các tính năng vi mô cho các ứng dụng trong ngành công nghiệp ô tô, hàng không vũ trụ, y sinh... Tỷ lệ mài mòn điện cực dụng cụ trong micro EDM thường lớn hơn trong gia công EDM thông thường. Khe hở phóng điện hẹp của nó là nguyên nhân dẫn đến việc phóng điện bất thường thường xuyên xảy ra.

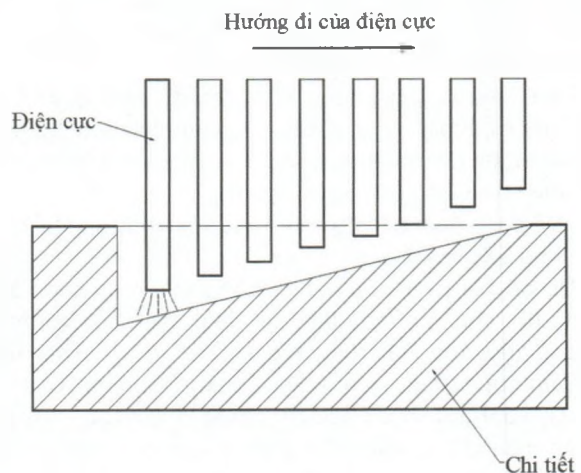
Hao mòn điện cực trong micro EDM luôn là một trong những trọng tâm nghiên cứu của công nghệ này, nhiều học nhà nghiên cứu [1-3] cũng đã dày công nghiên cứu về vấn đề hao mòn điện cực, từ đó đưa ra các cách bù tổn thất điện cực. Một số nghiên cứu đã sử dụng phương pháp tiếp cận mô hình hóa micro EDM để giảm thiểu mài mòn điện cực dụng cụ [4-6]. Họ chủ yếu bắt đầu từ công nghệ gia công để giảm tổn thất điện cực, hoặc thiết kế một hệ thống để phát hiện tổn thất điện cực trong khi gia công và sau đó bù đắp.

Bắt đầu từ mô hình lý thuyết, bài báo phân tích nguyên nhân và quá trình hao mòn của điện cực khi gia công bằng micro EDM, tiến hành thực nghiệm để kiểm chứng kết quả.

## 2. QUÁ TRÌNH HAO MÒN ĐIỆN CỰC VÀ THỰC NGHIỆM

Nghiên cứu bắt đầu với việc cắt rãnh với một chiều dài nhất định và sử dụng điện cực hình trụ với đường kính rất nhỏ. Khi gia công, ban đầu điện cực hướng xuống dưới theo chiều dọc và khi khoảng cách giữa mặt đầu điện cực và phôi đạt đến khe hở phóng điện, quá trình phóng điện xảy ra và bắt đầu quá trình gia công. Sau khi điện cực được đưa xuống một độ sâu nhất định, nó được điều khiển chạy theo phương ngang theo một đường thẳng để tạo rãnh cắt. Tuy nhiên, sự hao mòn của điện cực xảy ra mãnh liệt trong quá trình gia công, khi tổn hao lớn hơn khe hở phóng điện thì không còn hiện tượng phóng điện. Sự hao mòn của điện cực là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ chính xác của gia công. Trong quá trình gia công, có thể đạt được độ chính xác gia công cực cao thông qua chuyển động bù dọc trục của điện cực.

Hình 2.1 cho thấy tổn thất của đầu điện cực khi gia công giữa điện cực và phôi mà không có bù cho điện cực. Vì vậy, để mặt đáy sau khi gia công được chính xác, cần cấp bù theo hướng dọc trục của điện cực một lượng nhất định.



Hình 2.1: Tổn thất của đầu điện cực khi chuyển động theo phương ngang

Tỷ lệ hao hụt điện cực thường được sử dụng trong micro EDM bao gồm tỷ lệ giảm thể tích, tỷ lệ giảm trọng lượng, tỷ lệ giảm khối lượng... Trong thí nghiệm này, để thuận tiện cho việc nghiên cứu lý thuyết đã lựa chọn tỷ lệ hao hụt thể tích để tính toán và đo đạc, cụ thể là:

$$W = V_e / V_n \quad (1)$$

Tỷ lệ tổn thất thể tích điện cực là một thông số rất quan trọng trong mô hình lý thuyết của bù chiều dài điện cực trong EDM và các nghiên cứu thực nghiệm tiếp theo. Việc giá trị của nó có thể được xác định chính xác hay không, liên quan đến phương pháp bù độ dài điện cực có thể đáp ứng các yêu cầu hay không. Khi chiều sâu gia công tăng, độ mòn của điện cực ngày càng tăng, do đó khó có thể xác định được giá trị tốc độ mòn chính xác. Trong quá trình gia công thực tế, tốc độ mòn điện cực được sử dụng thường là giá trị trung bình thu được từ một số lượng lớn các thí nghiệm. Trong thí nghiệm này, phương pháp đo tỷ lệ hao hụt thể tích điện cực bằng cách đục một số lỗ nhỏ để lấy giá trị trung bình xấp xỉ với quá trình xử lý thực tế.

Tất cả các thí nghiệm gia công micro EDM trong bài báo này đều được gia công với thông số giống điện nhau: khoảng cách phóng điện 6 μm, điện áp gia công 200 V, độ rộng xung 0,2 μm, dòng điện 0,5 A.

Thiết bị thí nghiệm: Máy công cụ EDM ROBFORM 35 liên kết 4 trục Charmilles, thiết bị đo kỹ thuật số ba chiều KEYENCE VH-8000 và máy quét siêu âm thu nhỏ CT-400D.

Vật liệu phôi: Trong thí nghiệm này, vật liệu phôi là thép không gỉ Austenit 1Cr18Ni9Ti. Thép không gỉ là thép hợp kim có khả năng chống ăn mòn trong khí quyển. Hàm lượng hợp kim của thép không gỉ rất cao, hàm lượng hợp kim của nó lớn hơn 20% và thành phần chính là Cr, Ni, Mo, Ti... Thép không gỉ Austenit là hợp kim chống ăn mòn cao được làm bằng Cr và Ni là các nguyên tố hợp kim chính và lượng Mo, W, Ti hoặc Nb thích hợp, chẳng hạn như 1Cr18Ni9Ti. Trong đó, nguyên tố hợp kim Cr chủ yếu đóng vai trò chống gỉ, tăng cường độ bền và chống mài mòn. Do Ni có hệ số giãn nở nhiệt nhỏ nên Ni chủ yếu đóng vai trò cản nhiệt. Mo có thể khử tính giòn nóng của thép, có thể có được cấu trúc dày đặc và độ bền cao. Ti có độ dẫn nhiệt thấp, ổn định nhiệt tốt và độ bền nhiệt độ cao.

Lựa chọn vật liệu điện cực: Các điều kiện cơ bản của vật liệu điện cực dụng cụ phải đáp ứng:

- Với hiệu suất gia công EDM cao thì phải duy trì ổn định quá trình gia công. Vì vậy, yêu cầu điện cực dụng cụ phải dẫn điện tốt, nhiệt độ nóng chảy cao, nhiệt độ sôi cao, dẫn nhiệt tốt và độ bền cơ học cao;
- Dễ dàng đảm bảo độ chính xác và chất lượng bề mặt;
- Khó ăn mòn điện.

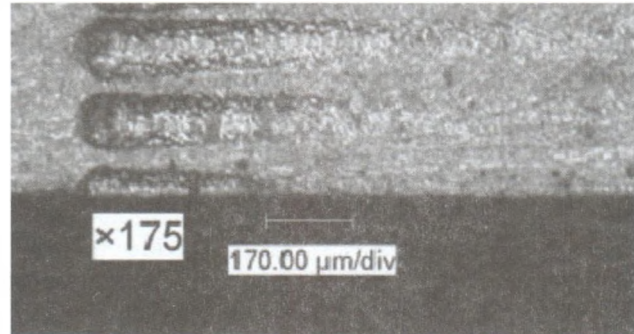
Do độ bền cao, khả năng chống mài mòn cao và tỷ lệ hao hụt của vonfram kim loại thấp, điện cực vonfram được sử dụng rộng rãi trong micro EDM. Trong bài báo này, vonfram được sử dụng làm điện cực thí nghiệm. Có nhiều loại dây vonfram khác nhau có đường kính từ 80 - 500 μm và các điện cực vonfram có đường kính  $d = 100 \mu\text{m}$  đã được sử dụng trong thí nghiệm.

Quy trình thực nghiệm: Trong thí nghiệm, một điện cực vonfram có đường kính  $\Phi 100 \mu\text{m}$  được sử dụng để gia công một đường thẳng trên thép không gỉ. Về lý thuyết, với sự hao mòn của điện cực trong quá trình gia công thì chiều sâu gia công có xu hướng bằng 0 sau khoảng chiều dài gia công nhất định. Trong thí nghiệm, chiều dài gia công được đặt trước là 40.000 μm, chiều dày gia công phần

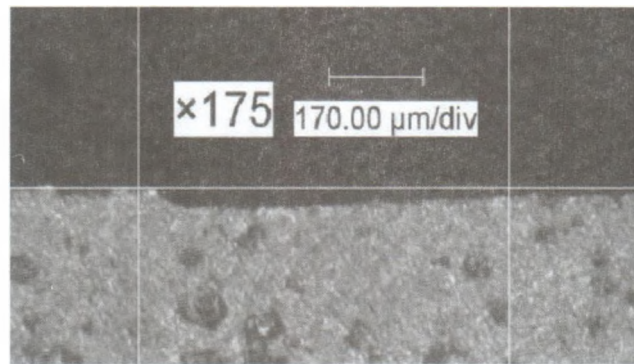
lớp là 20 μm. Thời gian cần thiết để gia công thử nghiệm một lần không bù là 30 phút.

Để tránh những trường hợp đặc biệt, chúng tôi đã tiến hành gia công nhiều lần, tức là gia công nhiều rãnh hẹp cạnh nhau, thuận tiện cho việc quan sát và nghiên cứu, so sánh.

Sau khi gia công, phôi được cắt dọc theo tâm của rãnh và ảnh dưới thiết bị đo kỹ thuật số ba chiều KEYENCE VH-8000 được thể hiện trong Hình 2.2.



a)



b)

Hình 2.2: Hình chiếu đứng và chiếu cạnh sau khi gia công một lớp

### 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

Từ hình ảnh chụp vết gia công có thể thấy:

- Trong quá trình gia công một lớp, điện cực được di chuyển theo phương ngang theo một đường thẳng. Khi chiều dài gia công của điện cực tăng dần, hao mòn điện cực tăng và độ sâu gia công dần trở nên nông hơn. Khi lượng hao mòn lớn đến giới hạn nhất định, mặt đầu điện cực sẽ không phóng điện nữa.

Như có thể thấy trong Hình 2.2b, khi chiều dài gia công điện cực vượt quá 400 μm, mòn điện cực xảy ra khá nghiêm trọng, bề mặt gia công không còn được loại bỏ kim loại, khi gia công đến 2.000 μm thì không còn hiện tượng phóng điện.

Điều này cho thấy rằng, khi chiều dài gia công tăng lên, chiều sâu gia công giảm dần cho đến khi nó có xu hướng 0.

Qua thực tế, nhận thấy việc xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng tương đối vẫn còn sai số nhất định, lý do như sau:

1) Trong quá trình tính toán thường cho rằng lỗ được gia công là hình trụ tuyệt đối, nhưng vì cũng có tổn thất phóng điện ở mặt bên của điện cực trong quá trình gia công, nên lỗ được gia công không phải là hình trụ.

2) Trên thiết bị đo kỹ thuật số ba chiều KEYENCE VH-

8000, sử dụng phương pháp vòng tròn ba điểm để xác định đường kính của lỗ nhỏ cần đo. Tuy nhiên, thực tế đó không phải là một lỗ lý tưởng và chỉ có thể sử dụng phương pháp gần đúng để xác định đường kính của chúng. Đối với các lỗ đã qua gia công, bằng cách đo bán kính nhiều lần và lấy giá trị trung bình, có thể thu được kết quả gần với giá trị thực.

#### 4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã phân tích nguyên nhân và quá trình hao mòn của điện cực khi gia công bằng micro EDM. Sử dụng các thiết bị thí nghiệm, dụng cụ và thiết bị cần thiết để hoàn thành thí nghiệm... Theo tình hình thực tế của thí nghiệm đã lựa chọn các thông số điện của gia công thí nghiệm và các thông số kỹ thuật của vật liệu phôi và vật liệu điện cực. Kết quả thí nghiệm đã cho thấy, khi chiều dài gia công đến 2.000  $\mu\text{m}$  thì không còn hiện tượng phóng điện do điện cực đã bị hao mòn theo chiều dài, dẫn đến chiều sâu của rãnh gia công tiến tới 0.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.31.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Hu Wang, Yuan Gang Wang, Meng Hua Wu, Xiao Peng Li, Yu Liu (2012), *A Simulation Study on Rod Electrode Wear in Micro-EDM*, *Advanced Materials Research*, vol.472-475, 2426-2429.
- [2]. D T Pham, A Ivanov, *A study of micro-electro discharge machining electrode wear*, *The Journal of Mechanical Engineering Science advances*, Volume: 221 issue: 5, pp.605-612.
- [3]. Shuliang Dong (2017), *Research on micro-EDM with an auxiliary electrode to suppress stray-current corrosion on C17200 beryllium copper alloy in deionized water*, *J Adv Manuf Technol*, 93:857-86.
- [4]. G. Puthumana (2017), *Micro-EDM process modeling and machining approaches for minimum tool electrode wear for fabrication of biocompatible micro-components*, *Journal of Machine Engineering*, vol.17, Issue 3, pp.97-111.
- [5]. Izidor Sabotin (2020), *Technical Model of Micro Electrical Discharge Machining (EDM) Milling Suitable for Bottom Grooved Micromixer Design Optimization*, *Micromachines*, 11, 594.
- [6]. Harshit K. Dave, Keyur P. Desai and Harit K. Raval, *Modeling and Analysis of Material Removal Rate During Electro Discharge Machining of Inconel 718 under Orbital Tool Movement*, *International Journal of Manufacturing Systems*, 2: 12-20.

**Ngày nhận bài: 27/4/2022**

**Ngày chấp nhận đăng: 24/5/2022**

**Người phản biện: PGS. TS. Đào Ngọc Biên  
ThS. Lê Đình Nghiêm**