

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

-----  
TRẦN QUỐC TRÌNH

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ  
CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI GIA CÔNG  
BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN CỰC DÂY

Chuyên ngành: Công nghệ chế tạo máy

Mã số: 62.52.04.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội -2010

**Công trình được hoàn thành tại:** Bộ môn Công nghệ Chế tạo máy  
Khoa Cơ khí  
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

**Người hướng dẫn khoa học:**

**GS.TS Trần Văn Địch**

*Phản biện 1: PGS TS Đào Văn Hiệp-Học viện KTQS.*

*Phản biện 2: TS Hoàng Đức Văn-Tổng công ty Máy và DCCN.*

*Phản biện 3: PGS TS Nguyễn Trọng Bình-ĐHBK Hà Nội.*

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Trường  
học tại: C1-318-Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Vào hồi: 9 giờ, ngày 16 tháng 12 năm 2010.

**Có thể tìm hiểu luận án tại:**

Thư viện Quốc gia

Thư viện Tạ Quang Bửu-Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

## **DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ**

1. Trần Văn Địch-Trần Quốc Trình- *Chế độ cắt phù hợp khi sử dụng máy cắt dây Sodick theo chỉ tiêu bề dày phiôi*-Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Công nghệ quân sự, số 26-2/2009.
2. Trần Văn Địch-Trần Quốc Trình-*Ảnh hưởng của tham số điều khiển đến độ nhám bề mặt khi gia công bằng phương pháp điện cực dây*- Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật-Học viện Kỹ thuật quân sự-3/2009.
3. Trần Công Dũng-Trần Quốc Trình- *Giải bài toán qui hoạch thực nghiệm trong môi trường Mathcad*-Tạp chí Cơ khí số 140 (3/2009).

## A. GIỚI THIỆU LUẬN ÁN

### 1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Nhờ có những lợi thế của phương pháp gia công điện cực dây nên nó đã và đang theo kịp và từng bước thay thế một số quá trình gia công truyền thống trong nhiều ngành công nghiệp như công nghiệp hàng không vũ trụ, công nghiệp quân sự, công nghiệp điện tử...mà đặc biệt là ngành chế tạo khuôn mẫu.

Các máy cắt dây hiện nay hầu hết không có bảng tra chế độ cắt, người dùng thường phải cắt nhiều lần mới đạt độ bóng yêu cầu. Đáp ứng những đòi hỏi trên của thực tế sản xuất, cùng với mục đích nghiên cứu sâu hơn trong lĩnh vực này luận án đã chọn đề tài “*Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến độ nhám bề mặt khi gia công bằng phương pháp điện cực dây*”.

### 2. Mục đích nghiên cứu

Mục tiêu chính của đề tài là nghiên cứu độ nhám bề mặt sau khi gia công cắt dây, mối quan hệ của nó với các thông số công nghệ chủ yếu, đây chính là chỉ tiêu cơ bản của chất lượng chi tiết sau khi gia công cắt dây.

Phương pháp nghiên cứu: nghiên cứu lý thuyết kết hợp với nghiên cứu thực nghiệm.

### 3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Kết quả của đề tài có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho giảng dạy, nghiên cứu khoa học, thực tế sản xuất và mở ra nhiều hướng nghiên cứu tiếp theo về quá trình gia công cắt dây.

### 4. Cấu trúc của luận án gồm 4 chương

*Chương 1: Tổng quan về gia công điện cực dây*

Chương này là góc nhìn tổng quan về gia công tia lửa điện, những thành tựu nghiên cứu đã đạt ở trên thế giới cũng như trong nước. Những tồn tại cần giải quyết, từ đó đưa ra mục tiêu và hướng nghiên cứu tiếp theo.

*Chương 2: Cơ sở công nghệ của phương pháp điện cực dây*

Chương này trình bày các cơ sở khoa học, các giả thiết, các đặc điểm công nghệ của phương pháp điện cực dây.

*Chương 3: Chất lượng bề mặt chi tiết khi gia công bằng phương pháp điện cực dây*

Chương này trình bày các vấn đề về chất lượng bề mặt chi tiết khi gia công cắt dây, các đặc trưng nhám bề mặt, các phương pháp đo độ nhám, lớp biến cứng do nhiệt, ứng suất dư bề mặt. Đưa ra một số thông tin cần thiết giúp người sử dụng máy cắt dây có biện pháp khắc phục ảnh hưởng không tốt của độ nhám bề mặt khi gia công cắt dây.

*Chương 4: Thực nghiệm ảnh hưởng của yếu tố công nghệ đến độ nhám bề mặt khi gia công điện cực dây.*

Dùng các lý thuyết để xây dựng mô hình toán học, từ đó đề xuất biện pháp tăng độ bóng bề mặt khi gia công điện cực dây.

## B. NỘI DUNG CHÍNH CỦA LUẬN ÁN

### *Chương 1: TỔNG QUAN VỀ GIA CÔNG ĐIỆN CỰC DÂY*

#### 1.1. Sự ra đời của gia công điện cực dây

Gia công tia lửa điện EDM được phát hiện nhờ nhà khoa học người Nga tên là Lazarenco, có thể chia ra hai dòng chính là gia công xung định hình và gia công điện cực dây (cắt dây), ngoài ra còn có gia công tiếp xúc điện, gia công bằng cực dương cơ khí cũng dùng năng lượng điện. Tùy theo loại dây, kiểu máy mà dây có thể dùng nhiều lần hay một lần do quán đi quán lại trong khi gia công. Khi gia công cả phôi và dây đều dẫn điện và được nhúng ngập trong chất điện môi hoặc phun dây chất điện môi.

#### 1.2. Sự phát triển của công nghệ gia công điện cực dây trong nước và trên thế giới

Cuối thế kỷ 20 trên thế giới máy cắt dây còn đơn giản và ít được tự động hoá do tiến bộ của công nghệ thông tin còn hạn chế. Sau một thời gian nhờ các ứng dụng của các thuật toán điều khiển các thế hệ máy cắt dây NC, CNC lần lượt ra đời. Tính năng của máy ngày càng cải thiện, bộ điều khiển đi cùng với các chức năng chuyển động hành tinh ngày càng phức tạp. Tuy vậy các máy gia công tia lửa điện vẫn còn đòi hỏi kinh nghiệm và thợ có tay nghề cao mới cho chất lượng gia công tốt, đây là một nhược điểm. Nghiên cứu của tác giả Hoàng Vĩnh Sinh-Trường ĐHBK Hà Nội đã giải quyết tốt vấn đề tối ưu hóa trong thiết kế hệ điều khiển máy EDM, tác giả Đỗ Văn Vũ-Viện IMI đã giải quyết kỹ mối quan hệ của tham số công nghệ với chất lượng gia công, tác giả Mahapatra-Viện Cơ khí Ấn Độ dùng phương pháp Taguchi để tối ưu hóa tham số gia công...vấn đề ảnh hưởng của tham số công nghệ đến độ nhám và việc xây dựng bảng chế độ cắt thì còn để ngỏ.

*Các hướng nghiên cứu về gia công WEDM:*

##### 1.2.1. Nghiên cứu về bộ điều khiển máy

Nhờ tiến bộ của ngành điện tử và tin học mà các bộ điều khiển CNC ngày càng hiện đại. Các bộ điều khiển hiện nay thỏa mãn quỹ đạo lập trình và điều khiển thông số công nghệ linh hoạt, tiện cho người gia công.

##### 1.2.2. Nghiên cứu về chất điện môi

Chất điện môi là nơi hình thành và duy trì quá trình phóng điện ổn định. Tính chất và thành phần của nó có ý nghĩa quan trọng đến chất lượng chi tiết sau gia công. Trong tình trạng thường chất điện môi không dẫn điện,

khi cường độ điện trường đủ lớn thì cho phép dẫn điện. Độ nhớt chất điện môi phải phù hợp, không gây hại cho sức khỏe con người. Các hãng dầu lửa trên thế giới đều bán chất điện môi. Ngoài ra nước khử khoáng cũng được dùng làm chất điện môi trong một số trường hợp.

Hiện tại chất điện môi được pha thêm hạt nano kim loại làm thay đổi hẳn tính chất bề mặt chi tiết sau gia công. Khi có mặt các hạt nano thì ứng suất dư kéo giảm đi đáng kể, chỉ số độ nhám  $R_a$  giảm,  $R_{max}$  giảm. Thông tin về chất điện môi có hạt nano còn ít.

### 1.2.3. Nghiên cứu về vật liệu điện cực

Trong phương pháp gia công tia lửa điện cắt dây, điện cực dây đóng vai trò là dụng cụ cắt và thường là cực âm. Phôi là cực dương đôi khi đầu cực cũng được đầu lại. Vật liệu phôi có mặt của Ti thì việc cắt dây khó khăn hơn.

Dây cắt thường là các cuộn dây có độ dài 1500 mét đến 2500 mét. Đường kính dây thường là 0,07 mm, 0,14 mm, 0,28 mm. Vật liệu dây thường là dây đồng, đồng thau (CuZn), dây hợp kim Molipden, dây Vonfram, các loại dây có lớp phủ bằng gốm.

Hiện nay đã có loại máy cắt dây dùng dây một lần, còn đa số các máy cắt dây dùng rulo quấn dây chạy đi chạy lại. Theo kinh nghiệm thì khi dây mòn khoảng 2 % đường kính dây thì dây đứt. Vì thế ảnh hưởng của mòn dây đến độ chính xác tạo hình là khá nhỏ.

### 1.2.4. Tối ưu hóa các thông số công nghệ

Đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến năng suất và chất lượng sản phẩm khi gia công cắt dây WEDM để từ đó chọn bộ thông số công nghệ tối ưu nhằm thỏa mãn quan hệ năng suất-chất lượng-giá thành.

Vài hướng nghiên cứu có thể kể đến về tối ưu thông số đó là:

- Điều khiển thông số công nghệ U và  $t_0$ : nhằm nâng cao hiệu suất gia công bằng hệ thống điều khiển thích nghi và điều khiển mờ.
- Phát hiện và ngăn chặn hồ quang dựa vào độ trễ xung, để đơn giản người ta cho tăng khoảng cách xung, điều này làm giảm hiệu suất gia công.
- Thành lập các công thức, các hệ số thực nghiệm, thiết lập bảng tra chế độ cắt với một số thông số cho trước có không chế vấn đề nhiệt cắt.
- Mô phỏng ảnh hưởng của yếu tố công nghệ đến độ nhám bề mặt bằng công cụ trí tuệ nhân tạo.

### Kết luận chương 1

Qua phân tích tình hình nghiên cứu về WEDM trong nước và quốc tế cho thấy nghiên cứu về gia công điện cực dây có thể thực hiện thông qua việc tìm hiểu bản chất phương pháp, phân loại các nhóm yếu tố ảnh hưởng, quy hoạch thực nghiệm, thực hiện các thí nghiệm, khảo sát đánh giá kết quả, lập và

đánh giá bài toán tối ưu theo các hàm mục tiêu (độ nhám, năng suất cắt...) lập phần mềm hỗ trợ việc tính toán số liệu, đề xuất một số biện pháp nâng cao độ bóng bề mặt chi tiết.

Trong điều kiện có nhiều hạn chế về thiết bị thí nghiệm, thiết bị đo, cần một nghiên cứu tổng thể về gia công điện cực dây, đề tài tiến hành nghiên cứu theo các mục tiêu sau đây:

\* Đánh giá ảnh hưởng của một số thông số công nghệ chủ yếu (tham số về điện) đến độ nhám bề mặt khi gia công điện cực dây.

- Đánh giá ảnh hưởng của tham số vật liệu, diện tích vùng gia công đến độ nhám bề mặt.
- Đề xuất một số biện pháp nâng cao độ bóng bề mặt khi gia công điện cực dây.

## Chương 2: CƠ SỞ CÔNG NGHỆ CỦA PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐIỆN CỰC DÂY

### 2.1. Cơ sở lý thuyết gia công vật liệu có độ bền cao

Các vật liệu có độ bền cao trong đó có thép hợp kim 12XM là loại vật liệu rất khó gia công đồng thời phải bảo đảm các yêu cầu về độ chính xác gia công, chất lượng sản phẩm, năng suất lao động cũng như hiệu quả kinh tế. Để giải quyết vấn đề này hiện nay có hai giải pháp là:

- Dùng các loại vật liệu mới có đủ điều kiện để làm dụng cụ gia công cắt gọt trong gia công cơ khí và các biện pháp nâng cao tuổi thọ của dụng cụ.
- Dùng các biện pháp gia công đặc biệt có khả năng gia công tốt các loại vật liệu siêu cứng, siêu bền mà các biện pháp gia công cắt gọt khó thực hiện như: gia công tia lửa điện, gia công laze, gia công tia nước có các hạt mài, gia công siêu âm.

#### 2.1.1. Phương pháp gia công cơ khí

Đặc điểm của phương pháp gia công cơ khí là dùng dụng cụ bóc đi một lớp kim loại khỏi bề mặt chi tiết cần gia công để đạt hình dáng, kích thước, các yêu cầu kỹ thuật khác trên các máy công cụ vạn năng hoặc chuyên dùng. Dụng cụ cắt có vai trò quyết định đến năng suất và chất lượng của quá trình gia công.

#### 2.1.2. Phương pháp gia công điện vật lý và điện hoá

Để giải quyết những khó khăn khi gia công vật liệu có độ bền cao bằng cắt gọt, người ta dùng các phương pháp gia công đặc biệt.

Đặc điểm của phương pháp gia công đặc biệt là:

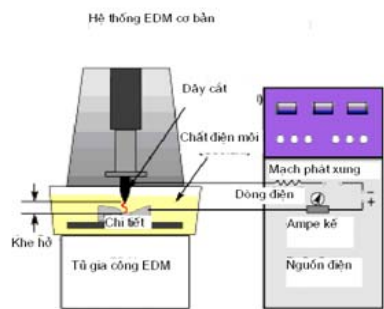
- Chất lượng gia công, tính chất gia công không phụ thuộc vào cơ tính vật liệu mà chỉ phụ thuộc vào tính chất dẫn điện của nó;

- Có thể gia công được các hình thù phức tạp, kích thước nhỏ mà vẫn đạt độ chính xác cao;
- Độ cứng của dao cắt có thể nhỏ hơn độ cứng của vật liệu gia công;
- Công nghệ tương đối đơn giản có thể gia công một bộ phận nhỏ trên một chi tiết lớn mà không cần máy lớn;
- Dễ cơ khí hoá và tự động hoá trong quá trình gia công;
- Tiết kiệm vật liệu, nâng cao hệ số sử dụng vật liệu;
- Đầu tư trang thiết bị tốn kém hơn gia công cắt gọt và chỉ hiệu quả trong một phạm vi giới hạn;
- Cải thiện điều kiện lao động cho công nhân, góp phần bảo vệ môi trường.

Các phương pháp gia công vật lý và điện hoá có thể chia ra các nhóm: nhóm gia công bằng chùm laze, bằng siêu âm, bằng điện hoá, bằng phóng điện ăn mòn hoặc gia công phối hợp.

## 2.2. Bản chất vật lý của gia công tia lửa điện

### 2.2.1 Sơ đồ nguyên lý



Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý gia công tia lửa điện

Trên hình 2.2 là sơ đồ nguyên lý gia công tia lửa điện, khoảng không gian giữa hai điện cực được điền đầy chất điện môi và duy trì giữa hai điện cực một điện áp ban đầu, nhờ vậy khi hai điện cực tiến lại gần nhau đến một khoảng cách nhất định thì có hiện tượng phóng tia lửa điện. Dòng điện xuất hiện một cách tức thời để hớt vật liệu, không để hai điện cực chạm vào nhau gây ngắn mạch, có hại cho quá trình gia công. Các xung điện cứ tuần tự sinh ra và ăn mòn vật liệu tại các đỉnh đối diện gần nhau nhất để đạt được quá trình gia công.

Chất điện môi giúp cho năng lượng tập trung cục bộ và kênh plasma ổn định. Sự va chạm cực mạnh của điện tử lên anốt và ion dương lên catot làm nóng chảy và bốc hơi điện cực.

### 2.2.2 Các thông số đặc trưng của xung điện

Các thông số đặc trưng của xung điện bao gồm: điện áp khởi tạo  $U_i$  (hoặc  $U_z$ ), điện áp phóng tia lửa điện  $U_e$ , thời gian kéo dài xung  $t_i$ , khoảng cách xung  $t_0$ , dòng phóng tia lửa điện  $I_e$ , thời gian trễ đánh lửa  $t_d$ , khe hở phóng điện  $\delta$ .

#### a, Điện áp khởi tạo $U_i$ (v)

$U_i$  ( $U_z$ ) là điện áp khởi tạo;  $U_e$  là điện áp phóng tia lửa điện;  $I_e$  là dòng phóng tia lửa điện.

Đường đặc tính điện áp xung điện có giá trị ban đầu là điện áp khởi tạo  $U_i$  (hoặc  $U_z$ ), với các máy trước đây điện áp khởi tạo thường từ 80 vôn đến 110 vôn, máy thế hệ mới thì giá trị điện áp khởi tạo thường là 150 đến 350 vôn. Khi gia công tinh người ta hay dùng điện áp cao vì nhanh chóng tạo ra một xung điện nhưng điện tích bên dưới đường cong đặc tính nhỏ, công suất xung nhỏ và độ nhấp nhô bề mặt nhỏ.

#### b, Điện áp phóng tia lửa điện $U_e$ (v)

Khi bắt đầu phóng tia lửa điện, điện áp tụt từ  $U_i$  đến  $U_e$  (dòng điện tăng từ 0 đến  $I_e$ ), đây là giá trị trung bình trong suốt thời gian phóng tia lửa điện. Điện áp phóng tia lửa điện là một hằng số vật lý phụ thuộc vào cặp vật liệu phối - dây, giá trị này không điều chỉnh được. Các nghiên cứu trước đây cho thấy giá trị  $U_e$  của cặp vật liệu đồng - thép khoảng 40 vôn.

#### c, Thời gian kéo dài xung $t_i$ ( $\mu s$ )

Đây là khoảng thời gian kéo dài của một xung điện, nó được tính từ khi được cấp điện áp cho đến khi ngắt điện áp, nó bao gồm  $t_d$  (độ trễ phóng điện) và  $t_e$  (thời gian có dòng  $I_e$ ). Thời gian kéo dài xung có ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhám bề mặt và năng suất gia công. Thời gian  $t_i$  càng dài thì năng suất gia công tăng, độ nhám có xu hướng tăng, xu hướng thất thoát nhiệt tăng lên, khả năng đứt dây cũng tăng lên tương ứng.

#### d, Khoảng cách xung $t_0$ ( $\mu s$ )

Đây là khoảng thời gian giữa hai lần đóng ngắt của máy phát xung thuộc hai chu kỳ phóng điện liên tiếp nhau.

Khi khoảng cách xung tăng lên hiệu suất gia công giảm nhưng việc vận chuyển phoi khỏi vùng gia công dễ dàng, việc làm mát vùng gia công được đảm bảo. Khi khoảng cách xung giảm đi thì hiệu suất gia công tăng lên nhưng nếu giảm nhỏ quá thì có thể gây hiện tượng hồ quang điện, làm đứt dây khi cắt dây.

#### e, Thời gian trễ đánh lửa $t_d$ ( $\mu s$ )

Thời gian này là thời gian điện áp giảm từ  $U_i$  xuống  $U_e$ , nó cho ta biết trạng thái gia công, trạng thái gia công hiện nay là hồ quang điện hay tia lửa điện nhờ vào thông số này. Độ trễ đánh lửa là cần thiết đối với một xung điện.

Thời gian trễ  $t_d$  nhỏ hơn 500 ns thì được coi là hồ quang không tốt cho gia công.

#### f, Khe hở phóng điện $\delta$

Khe hở giữa hai điện cực mà tại đó diễn ra sự phóng tia lửa điện gọi là khe hở phóng điện  $\delta$ . Khe hở luôn được phun đầy chất điện môi làm mát và vận chuyển phoi. Khe hở phóng điện luôn có xu hướng tăng lên do kim loại của phôi bị hơi dẫn đi làm cho sự phóng điện mất ổn định. Để phóng điện được ổn định phải duy trì khe hở phóng điện là không đổi trong quá trình gia công. Đây là quá trình điều khiển khe hở phóng điện thông qua tham số phản hồi. Khe hở phóng điện có sự liên hệ chặt chẽ với điện áp khởi tạo  $U_z$ .

### 2.2. Đặc trưng năng lượng của xung điện

Năng lượng bóc tách vật liệu E phụ thuộc vào các yếu tố trong công thức sau:

$$E = U_e \cdot I_e \cdot t_e \quad (2.1)$$

Trong đó:  $U_e$  là điện áp phóng điện (giá trị này không điều chỉnh được);

$I_e$  là cường độ dòng điện (giá trị này điều chỉnh được);

$t_e$  là thời gian tồn tại xung điện (giá trị này điều chỉnh được).

Mức năng lượng mỗi xung điện chỉ khoảng 0,1 đến 50 jun. Hình dạng xung điện phổ biến là các dạng xung hình sin, xung tam giác, xung hình chữ nhật.

### 2.4. Chất điện môi và sự thoát phoi khi cắt dây

Nhiệm vụ quan trọng nhất của chất điện môi là cách điện giữa phôi và dây cắt. Khi khe hở chưa đủ hẹp thì chất điện môi phải duy trì sự cách điện giữa hai điện cực. Chỉ có một khoảng cách nhỏ nhất giữa phôi và dây cắt mới cho phép dòng phóng tia lửa điện đi qua. Chất điện môi có các nhiệm vụ là: cách điện, ion hóa, làm nguội, vận chuyển phoi.

### 2.5. Các sai sót thường gặp khi cắt dây

Khi cắt dây các lực trong khe phóng điện rất nhỏ so với các lực trong cắt gọt truyền thống. Tuy vậy chúng vẫn có ảnh hưởng quan trọng đến độ chính xác, các lực này làm xô dịch dây khỏi vị trí thẳng đứng và gây dao động cho dây. Sự sai lệch chủ yếu diễn ra ở các góc nhọn, hoặc nơi có bán kính dưới 0,1 mm. Nguyên nhân gây ra các lực trên là do lực điện trường, lực từ trường, áp lực trong kênh plasma và sự bốc hơi gây ra.

### 2.6. Sự phối hợp của máy cắt dây trong môi trường CIM

Sau khi cắt xong một lõi hay một vỏ thì tay máy tự động lấy lõi ra thả vào thùng đựng chi tiết, máy chuyển sang lấy lõi khác hay vỏ khác. Máy cắt dây thường được phối hợp trong môi trường CIM nhờ việc:

- Nối mạng giữa các máy gia công ;
- Thay dây tự động ;
- Lấy lõi tự động trong cắt các contua;

- Chương trình đối thoại dễ dàng với người sử dụng;
- Sự phối hợp công nghệ (tự đặt các thông số...).

### 2.7. Dây cắt và vật liệu dây

Dây cắt đóng vai trò là dao cắt, cuộn dây thương mại do các hãng cung cấp trên thị trường thường có độ dài 1500 mét đến 2500 mét. Đường kính dây thường từ 0,07 mm đến 0,28 mm, nhưng thông dụng nhất vẫn là cỡ 0,14 mm. Dây được cuốn trên rulo của máy cắt dây và được có định hai đầu bằng vít hãm, động cơ cuốn dây sẽ cuốn dây chạy với một tốc độ không đổi từ đầu đến cuối rulo. Khi hết một lượt dây cuốn thì đảo cực động cơ và sau đó động cơ chạy theo chiều ngược lại. Người ta có thể điều chỉnh tốc độ của dây cắt, trên thực tế thì ít khi phải làm điều này.

### 2.8. Phôi cho gia công cắt dây

Phôi gia công cho máy cắt dây phải là vật liệu dẫn điện và được chia theo bốn nhóm là:

- Nhóm phôi vật liệu nhôm và các hợp kim của nhôm;
- Nhóm phôi vật liệu đồng và các hợp kim của đồng;
- Nhóm phôi vật liệu thép;
- Nhóm hợp kim thép (chiếm tỷ trọng chủ yếu).

Nhìn chung nhóm vật liệu thép và hợp kim thường có độ cứng rất cao và khả năng chịu nhiệt tốt. Tùy vào loại phôi, yêu cầu kỹ thuật ... mà chọn loại dây phù hợp cho quá trình gia công.

## Kết luận chương 2

\* Khi gia công WEDM các nhân tố về điện có đóng góp vào độ nhám và năng suất gia công theo các mức độ khác nhau. Điện áp khởi tạo thường dùng từ 70-350 vôn, dòng điện 1- 40 A, điện áp đánh lửa từ 10-70 vôn, độ trễ lớn hơn 500 ns, khe hở phóng điện từ 0,11 đến 0,13 mm.

\* Các điều kiện về dao động của máy - dây- đồ gá - chất điện môi- hệ thống điện - điều kiện cài đặt tham số ban đầu cũng là những yếu tố gây ra độ nhám cho chi tiết.

\* Việc phối hợp các thông số công nghệ có thể cho bộ thông số tối ưu khi cắt trong những điều kiện gia công cụ thể.

## Chương 3: CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT KHI GIA CÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN CỰC DÂY

### 3.1. Chất lượng bề mặt chi tiết sau gia công điện cực dây

Chất lượng bề mặt chi tiết sau gia công cắt dây bao gồm các trạng thái và tính chất sau:

- Trạng thái hình học của lớp bề mặt (hình dáng hình học, độ nhấp nhô bề mặt...);
- Trạng thái ứng suất của lớp bề mặt (loại ứng suất, phương ứng suất...);
- Tính chất cơ lý - hóa của lớp bề mặt (độ cứng, sự biến cứng, thành phần hóa học, khuyết tật mạng).

Các yếu tố này có quan hệ và ảnh hưởng lẫn nhau, tuy nhiên việc đánh giá chúng là rất phức tạp và theo nhiều quan điểm khác nhau. **3.1.1. Tính chất cơ lý và cấu trúc tế vi của bề mặt kim loại sau gia công cắt dây**

Đã có nhiều nghiên cứu về cấu trúc tế vi của bề mặt kim loại sau gia công WEDM, nhưng có thể trình bày tóm tắt như sau:

Đi theo phương pháp tuyến với bề mặt gia công, cấu trúc kim loại có thể chia ra bốn lớp đó là lớp trắng 1 (mactenxit), lớp kim loại bị tôi cứng 2, lớp ảnh hưởng nhiệt 3 và lớp kim loại nền 4. Trên hình 3.1 các lớp được phân bố từ ngoài vào trong và ranh giới giữa các lớp không rõ ràng. Độ cứng phân bố theo phương pháp tuyến với bề mặt kim loại có các bước thay đổi như trên hình vẽ.

Với chi tiết cần gia công lại sau gia công WEDM thì tính toán chiều dày lớp ảnh hưởng nhiệt có ý nghĩa cho việc tính lượng dư gia công nguyên công tiếp theo.

Do có sự phân chia thành từng lớp về mặt cấu trúc lên khả năng làm việc cũng như tuổi thọ chi tiết sau gia công là khác nhau với mỗi trường hợp. Để có lớp ảnh hưởng nhiệt nhỏ nhất cần chọn các thông số về điện nhỏ và điều này làm tăng tuổi thọ của chi tiết.

### 3.1.2. Trạng thái ứng suất của lớp bề mặt

Sự làm nguội đột ngột cùng với sự xuất hiện tức thời của tia lửa điện là nguyên nhân chủ yếu gây ra ứng suất trên bề mặt kim loại sau gia công WEDM. Khi bị đốt nóng chảy ở nhiệt độ cao, vật liệu bốc hơi làm xuất hiện ứng suất dư gây xô lệch mạng tinh thể theo các hướng. Các nghiên cứu [54][58] đã chỉ ra rằng ứng suất dư tồn tại trên bề mặt chi tiết sau gia công EDM thường là ứng suất kéo.

### 3.1.3. Trạng thái hình học của lớp bề mặt

Đó chính là sự sai khác của bề mặt thực so với bề mặt lý tưởng, trên sơ đồ hình học của bề mặt chi tiết của một vật rắn, nó bao gồm sóng bề mặt, nhấp nhô bề mặt, sai số hình dạng hình học.

#### 3.1.3.1. Sóng bề mặt

Các nhấp nhô bề mặt mang tính tuần hoàn với bước khá lớn. Sóng bề mặt khi gia công WEDM thường sinh ra do rung động tuần hoàn của máy, của việc đổi chiều cuốn dây trên rulo.

Trạng thái hình học bề mặt bao gồm trạng thái vĩ mô (sai khác trên toàn chi tiết) và trạng thái vi mô (sai khác trên vài milimét). Vấn đề quan tâm chủ yếu trong chất lượng chi tiết sau gia công WEDM là độ nhám bề mặt.

### 3.1.3.2. Nhám bề mặt

Là tập hợp các nhấp nhô của profin bề mặt với các bước tương đối nhỏ, xét trên chiều dài chuẩn  $l_c$ . Chiều dài chuẩn  $l_c$  là chiều dài dùng để xem xét độ nhám dụng theo đường trung bình. Đường trung bình chia profin thực sao cho trên giới hạn chiều dài chuẩn, tổng bình phương khoảng cách  $y_i$  của profin thực đến đường đó là cực tiểu. Đường này cho phép xác định nó bằng cách tổng diện tích được giới hạn bởi nó và các profin về hai phía là bằng nhau.

Các tiêu chí đánh giá độ nhám bề mặt theo TCVN là  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_q$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $T_p$ ,  $n$ .

### 3.2. Các phương pháp đo độ nhám bề mặt

Có thể phân loại các phương pháp đo độ nhám theo những cách sau: đo tiếp xúc (dùng đầu dò tỳ vào bề mặt cần đo) và đo không tiếp xúc (dùng tia sáng chiếu vào bề mặt cần đo), tùy vào loại bề mặt chi tiết mà chọn phương pháp đo phù hợp.

Luận án dùng phương pháp đo điện cảm (đo đầu dò), đây là phương pháp đo có nhiều ưu điểm như: nhanh, chính xác, dễ hiển thị, tiện lưu giữ thông tin...

### Kết luận chương 3

Chương này trình bày về chất lượng bề mặt chi tiết khi gia công điện cực dây, nó bao gồm trạng thái hình học, trạng thái ứng suất dư, tính chất cơ lý của lớp kim loại bề mặt.

Trạng thái ứng suất chủ yếu là ứng suất dư kéo có phương không xác định lớp kim loại tồn tại ứng suất dư thường khoảng 0- 0,035 mm theo phương pháp tuyến với bề mặt và giảm dần theo hàm phi tuyến.

Trạng thái hình học bao gồm sóng bề mặt và nhám bề mặt, độ nhám chủ yếu được đánh giá thông qua chỉ tiêu  $R_a$ . Tùy vật liệu và điều kiện gia công mà  $R_a$  có giá trị khác nhau, nó có thể nhỏ đến 0,6  $\mu m$ .

Tính chất cơ lý của lớp bề mặt được chia ra các lớp có tính chất khác nhau, trong đó đáng chú ý là lớp trắng mactenxit và lớp biến cứng có độ cứng lên đến 1000 Hv.

Có nhiều nguyên lý đo độ nhám nhưng quy về hai phương pháp là đo tiếp xúc và đo không tiếp xúc, thông thường các máy đo hiện nay chọn phương pháp đo tiếp xúc, mũi dò thường là 2 mm, đường kính điểm tiếp xúc là 2  $\mu m$ .

Các phương pháp đo độ nhám thông dụng, ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng của từng phương pháp.

Nắm được cấu tạo của bề mặt chi tiết sau gia công bằng điện cực dây giúp ta sử dụng chi tiết hiệu quả hơn, có biện pháp nâng cao chất lượng chi tiết khi gia công.

**Chương 4: THỰC NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI GIA CÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN CỰC DÂY**

**4.1 Lý thuyết nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm**

**4.1.1 Vai trò của thực nghiệm**

Phương pháp thực nghiệm đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu khoa học. Thực nghiệm được coi như một hệ thống các tác động nhằm thu nhận thông tin chính xác về đối tượng nghiên cứu.

Mục đích của thực nghiệm có thể là nghiên cứu định tính cũng có thể nghiên cứu định lượng

**4.1.2 Một số khái niệm**

Một số khái niệm toán học có liên quan dùng trong quy hoạch thực nghiệm.

**4.1.3 Quy luật phân bố chuẩn-hàm Gauss**

\* Quy luật phân bố chuẩn do nhà bác học Gauss phát minh. Trong kỹ thuật có nhiều đại lượng ngẫu nhiên tuân theo quy luật phân bố chuẩn. Trong cơ khí cũng vậy các đại lượng tuân theo luật phân bố chuẩn có thể kể đến là: sai số kích thước, chiều cao nhấp nhô, độ sóng bề mặt...

Hàm vi phân của đại lượng ngẫu nhiên phân bố theo quy luật chuẩn có dạng :

$$\varphi(x) = \frac{1}{\delta \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\delta^2}} \tag{4.2}$$

Trong đó: x là đại lượng ngẫu nhiên; và  $\varphi(x)$  là hàm mật độ;

$\delta$  sai số bình phương trung bình của đại lượng x từ  $x_0$ ;

e là cơ số logarit, e=2,71828,  $\pi = 3,1416$ .

Dùng hàm Gauss giúp cho ta có thể loại bỏ sai số thô trong thực nghiệm.

**4.1.4 Xử lý số liệu bằng phương pháp bình phương cực tiểu**

Trình bày nội dung phương pháp bình phương cực tiểu.

**4.1.5 Qui hoạch thực nghiệm**

**4.1.5.1 Kiểm tra tính đồng nhất của các thí nghiệm**

Nếu  $G_p < G_l$  thì các thí nghiệm ổn định và ngược lại. Cần dùng thiết bị chính xác hơn kiểm tra, nếu kết quả lặp lại thì không dùng được cho trường hợp này.

**4.1.5.2 Qui hoạch thực nghiệm trực giao**

Qui hoạch thực nghiệm trực giao cho phép xây dựng mô hình toán biểu thị quan hệ phụ thuộc giữa yếu tố đầu ra và yếu tố đầu vào. Mô hình toán được viết ở dạng:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_{(n-1)} X_{n-1} + X_n \tag{4.15}$$

Phương trình hồi qui có nghĩa khi  $F_p < F_l$ , trong đó  $F_p$  là giá trị chỉ tiêu Fisher.

**4.1.5.3 Phương pháp tối ưu hoá**

Các bước tối ưu hoá được tiến hành như sau:

Ban đầu chọn bước thay đổi  $\nabla x_1^*$  để làm thí nghiệm tìm điểm cực trị, nên chọn bước thay đổi nằm trong khoảng giới hạn của yếu tố ảnh hưởng  $\nabla x_1^* < \nabla x_1$  ( $\nabla x_1$  là khoảng biến động của yếu tố  $x_1$ ). Sau đó đi tìm hệ số  $\gamma$ :

$$\gamma = \Delta X_1^* \cdot \frac{1}{b_1 \cdot \Delta X_1} \tag{4.22}$$

Quá trình tìm cực trị được thực hiện bằng cách thêm giá trị  $\nabla x_1^*$  vào giá trị trước đó và làm thí nghiệm lấy kết quả. Quá trình sẽ dừng lại khi:

- Có ít nhất một yếu tố ra ngoài điều kiện biên;
- Đạt được giá trị tối ưu.

Quá trình tối ưu hoá thông số y nếu gặp độ nhám  $R_z$  vượt hơn giá trị cho phép thì phải dừng quá trình lại và lấy giá trị đó làm giá trị tối ưu.

Thực chất quá trình là xây dựng hàm mục tiêu, tìm miền giá trị xác định của các biến, giải và biện luận phương trình.

**4.2. Phương pháp thực nghiệm và các trang thiết bị phục vụ thực nghiệm**

**4.2.1 Sơ đồ thực nghiệm**

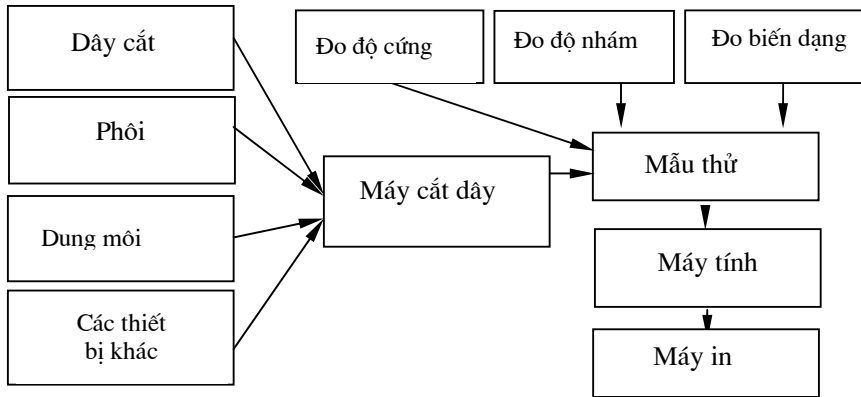
Căn cứ vào mục tiêu thực nghiệm và trang thiết bị kỹ thuật hiện có, ta có thể lập sơ đồ thực nghiệm để thu được kết quả thí nghiệm như sau:

Về hệ thống công nghệ cần chọn các thành phần là: dây cắt, phối, chất điện môi, các đồ gá chuyên dùng, máy cắt dây.

Về hệ thống thiết bị đo: chọn máy đo độ cứng vật liệu, máy đo độ nhám bề mặt, máy đo chiều sâu lớp kim loại bị biến dạng do nhiệt.

Về hệ thống xử lý số liệu cần có máy tính và các thiết bị ngoại vi.



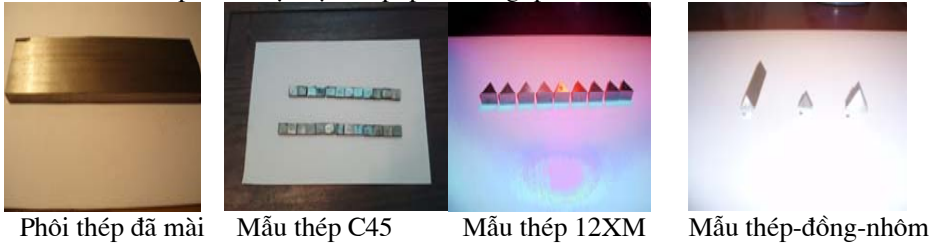


Hình 4.1 Sơ đồ thực nghiệm

### 4.2.2 Trang thiết bị phục vụ thực nghiệm

#### 4.2.2.1 Phôi và mẫu thử

Do đặc điểm sản phẩm của máy cắt dây hầu hết là khuôn mẫu bởi vậy nên chọn phôi thí nghiệm đại diện cho ngành công nghiệp khuôn mẫu thì kết quả thực nghiệm sẽ có tính khái quát cao hơn. Chọn ba loại vật liệu điển hình làm phôi là vật liệu thép, phôi đồng, phôi nhôm cho trên hình 4.2.



Phôi thép đã mài    Mẫu thép C45    Mẫu thép 12XM    Mẫu thép-đồng-nhôm

Hình 4.2 Phôi và các mẫu thử

Hình dạng phôi chọn dạng tấm phẳng, kích thước phôi tương tự nhau trong các thí nghiệm.

Yêu cầu các mẫu phôi phải đồng đều về chất lượng, không rỗ, nứt hay ngậm xỉ... Hình dạng mẫu có thể chọn hình tam giác đều hay hình vuông.

#### 4.2.2.2 Máy cắt dây

Khảo sát các cơ sở sản xuất kinh doanh hay các cơ sở nghiên cứu trong các nhà trường, viện nghiên cứu, nhà máy để tìm máy cắt dây phù hợp với điều kiện và yêu cầu thí nghiệm. Sau khi tiếp cận với các cơ sở như:

Xưởng cơ khí-Trường Đại học Bách khoa Hà nội, Trung tâm công nghệ cao-Học viện kỹ thuật quân sự, Trung tâm đào tạo-Trường Đại học Công nghiệp Hà nội, Công ty cổ phần cơ khí Quang Nam, Công ty cơ khí Sao Mai, Z133, Viện công nghệ — Bộ quốc phòng... thấy rằng máy cắt dây chủ yếu có các nhóm sau: nhóm máy Goldsun hệ GS, nhóm máy Goldsan, máy Sodick, máy Chmer là vài mẫu máy có thể sử dụng cho thí nghiệm. Dùng dây Molipden để cắt các mẫu thử.

#### 4.2.2.3 Các máy đo

Các máy đo gồm máy đo độ cứng của vật liệu, máy đo độ nhám bề mặt, máy đo chiều sâu lớp biến cứng của bề mặt mẫu sau khi gia công trên máy cắt dây. Các máy trên đều được thường xuyên sử dụng và kiểm chuẩn hợp cách.

Độ cứng của của các phôi mẫu được đo đặc và có kết quả như sau:

- Phôi thép hợp kim đã tôi: đạt 75 HRC, hàm lượng các nguyên tố chính: 11,8%Cr, 85,84%Fe, 0,44%Mo;
  - Phôi nhôm: đạt 95 HB (mẫu 11);
  - Phôi đồng: đạt 138 HB (mẫu 12).Hàm lượng các nguyên tố chính: 54,56%Cu, 40,73%Zn, 2,61%Pb1,01%Fe...;
- Phôi thép 45 chưa nhiệt luyện: đạt 155 HB (mẫu 25) hàm lượng các nguyên tố chính: 98.55% Fe, 0,45% C...

### 4.3 Các thí nghiệm

Mục tiêu của thử nghiệm là tìm mức độ ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ chủ yếu đến độ nhám bề mặt khi gia công trên máy cắt dây CNC. Có hai nhóm tham số ảnh hưởng là nhóm tham số công nghệ (điện áp đánh lửa  $U_i$ , dòng điện  $I_e$ , tần số xung điện, độ trễ xung điện) và tham số phi công nghệ (dây, phôi, diện tích vùng gia công).

Thiết kế các thí nghiệm:

Nhóm 1: thí nghiệm về ảnh hưởng của bản chất vật liệu đến độ nhám bề mặt.

- Vật liệu chọn: đồng; nhôm; thép hợp kim.
- Kích thước mẫu: cắt hình tam giác đều, cạnh 15 mm, mẫu dày 10 mm, cùng chế độ cắt max( $U_i$ ,  $I_e$ ). Đo độ nhám trên cả 3 mặt cạnh mẫu.
- Số lượng thí nghiệm: 03. (đánh số 10, 11, 12). Dùng máy Goldsun cắt thử.

Nhóm 2: thí nghiệm về ảnh hưởng của diện tích gia công đến độ nhám bề mặt.

Vật liệu: thép 12XM đã tôi cứng. Dùng máy Goldsun cắt thử.

Số thí nghiệm: 03, bề dày phôi là 4mm, 10 mm, 42 mm (đánh số 9, 13, 14).

Nhóm 3: thí nghiệm về ảnh hưởng của một số thông số công nghệ chủ yếu đến độ nhám bề mặt. Dùng máy Chmer cắt thử.

- Vật liệu: thép 45 chưa tôi.
- Yếu tố công nghệ: 4 yếu tố là U,  $V_c$ ,  $v_d$ ,  $t_c$ ;
- Mẫu: hình vuông, cạnh 15 mm, dày 10 mm;
- Số thí nghiệm: 25 (đánh số 1 đến 25);
- Số thí nghiệm lặp: 01.

#### 4.3.1 Điều kiện tiến hành thực nghiệm

- Nhóm thí nghiệm 1 và 2 được thực hiện trên máy cắt dây CNC Goldsun tại Công ty cơ khí Quang Nam.

- Nhóm thí nghiệm 3 được thực hiện trên máy cắt dây CNC Chmer tại Trung tâm đào tạo kỹ thuật-trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

+Trước khi đưa vào cắt thử nghiệm máy phải được bảo dưỡng kỹ thuật chu đáo bảo đảm chắc chắn rằng không có hư hỏng trong khi gia công loạt mẫu, thay cuộn dây mới, thay chất điện môi, khử độ dư lỏng trên các trục, quy “không” máy.

+Chọn các thông số công nghệ chủ yếu ảnh hưởng nhiều nhất đến chất lượng gia công và có khả năng điều chỉnh được để khảo sát là: điện áp khởi tạo OV, thời gian xung ON, tốc độ chạy dây WF, tốc độ gia công FR. Các bước ở đầu của phạm vi điều chỉnh không nên lấy vì có thể không gia công được, các bước ở cuối phạm vi điều chỉnh có thể gây đứt dây cũng không nên chọn.

+Chuẩn bị phôi

Căn cứ vào tình hình sử dụng phôi thép làm khuôn mẫu, tính phổ biến của các loại phôi trên thị trường Việt Nam hiện tại ta chọn phôi làm bằng vật liệu thép C 45, thép 12XM, phôi đồng tấm, phôi nhôm tấm.

Phôi được chuẩn bị như sau: rèn phôi thành tấm hình chữ nhật có bề dày khoảng 12 mm, bào nhẵn tương đối bề mặt trên máy bào, mài nhẵn bề mặt phôi sao cho bằng mắt thường không nhìn thấy vết đen do tôi sót lại để bảo đảm chất lượng phôi là đồng đều. Bề dày phôi đạt khoảng 10 mm, bề rộng tấm phôi 45 mm, bề dài tấm phôi 150 mm. Tấm phôi tuyệt đối không nứt hay rỗ khí vì có thể gây đứt dây, gây các sai số ngẫu nhiên khác.

Trước khi đi vào cắt chính thức cần cho máy chạy cắt thử ổn định rồi mới đưa vào cắt mẫu thép thí nghiệm.

Cần chỉnh hai mép phôi ở trên và dưới sao cho khe hở là nhỏ nhất có thể để hạn chế tối đa sự rung động của dây cắt.

**Bảng 4.3 Chế độ cắt khi cắt các mẫu thép thí nghiệm 25 thí nghiệm**

Thí nghiệm	OV-Điện áp	Điện áp (v)	WF- $V_{dây}$	$V_{dây}$ mm/phút	ON	ON $\mu s$	FR- $V_{cắt}$	$V_{cắt}$ mm/phút
1	5	95	4	60	2	200	10	100
2	7	105	4	60	2	200	10	100
3	5	95	11	250	2	200	10	100
...	...	...	...	...	...	...	...	...
24	6	100	8	170	7	700	38	380
25	6	100		170	7	700	8	80

- Số lượng thí nghiệm cần làm:

Theo lý thuyết qui hoạch thực nghiệm khi số yếu ảnh hưởng là 4 thì số thí nghiệm cần làm là 25, thí nghiệm lặp tại giá trị trung tâm là 1 (làm thêm 3). Tại mỗi thí nghiệm cần cắt và đo 3 lần, do vậy chọn mẫu thử hình vuông là tốt nhất. Qui hoạch thực nghiệm Box-Wilson xây dựng ma trận theo ba khối (khối cơ sở, khối tâm, khối mở rộng trên trục tọa độ).

#### 4.3.2 Điều kiện đo và kết quả đo độ nhám

Các mẫu thép thí nghiệm 3 được gửi sang đo đạc tại Phòng thí nghiệm đo lường chính xác —Trường Đại học Công nghiệp Hà nội. Phép đo độ nhám được thực hiện trên máy chuyên dùng CNC SJ-400 của hãng MITTUTOYO- Nhật bản (Hình 4.10). Các mẫu thép của thí nghiệm 1 và 2 được đo đạc tại Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường và Chất lượng. Một số giả thiết khi đo:

- Độ chính xác của máy đo thỏa mãn sai số phép đo;
- Kết quả đo được đã loại trừ sai số đo của hệ thống đo;
- Đo các mẫu đúng theo chiều mạch cắt.

Khi tiến hành đo các mẫu thử yêu cầu đo theo đúng chiều cắt, số thứ tự của từng mẫu phải khớp với kết quả đo mẫu, kết quả đo mẫu được lưu thành File hoặc in trực tiếp trên băng giấy của máy, nhiệt độ trong phòng khi đo nhám duy trì ở 25 °C như khi cắt phôi. Khi đo chỉ cần lấy ba thông số điển hình là  $R_a$ ,  $R_z$  và  $R_q$ .



Hình 4.10. Bộ gá mẫu đo và hiệu chỉnh máy đo độ nhám SJ-400 của Nhật Bản

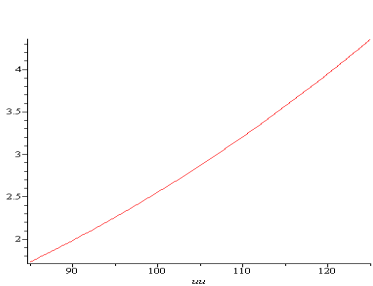
### 4.3.3 Xử lý kết quả thực nghiệm đo độ nhám

Hàm hồi qui thu được như sau:

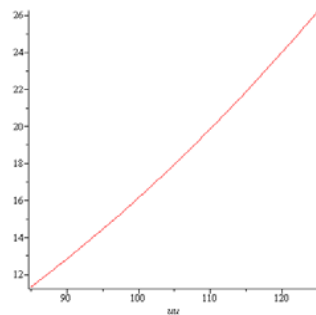
$$R_a = 0.000072.U_i^{2.390}.V_d^{-0.089}.t_e^{-0.154}.V_c^{0.108}$$

$$R_z = 0.000948.U_i^{2.175}.V_d^{-0.024}.t_e^{-0.129}.V_c^{0.071}$$

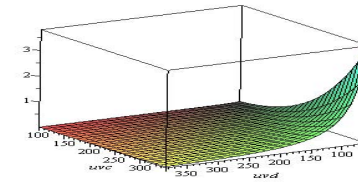
$$R_q = 0.0000.U_i^{0.262}.V_d^{-2.320}.t_e^{-0.0002}.V_c^{3.620}$$



Hình 4.13 Đồ thị hàm độ nhám  $R_a$  theo diện áp khởi tạo.



Hình 4.14 Đồ thị hàm độ nhám  $R_q$  theo diện áp khởi tạo



Hình 4.15. Đồ thị hàm độ nhám  $R_q$  theo vận tốc dây và vận tốc cắt  
Kết quả đo độ nhám thu được từ các mẫu thử của thí nghiệm 1 và 2:

**Bảng 4.7 Kết quả đo độ nhám tính theo  $R_a$  trong thí nghiệm 1 và 2**

Vật liệu	Đồng -(12)	Nhôm -(11)	Thép -(10)
$R_{atb}$ ( $\mu\text{m}$ )	4,804	7,983	5,305
diện tích- $\text{mm}^2$	390 (13)	150 (09)	32 (14)
$R_{atb}$ ( $\mu\text{m}$ )	5,168	5,701	9,980

#### \* Mối quan hệ giữa năng suất và chất lượng

Năng suất cắt được tính theo công thức sau:

$$W = S.V_c \tag{4.34}$$

Trong đó: W là thể tích kim loại bóc đi được trong một đơn vị thời gian,  $V_c$  là vận tốc cắt (tốc độ gia công), S là diện tích vùng gia công, S được tính như sau:

$$S = (d+2\delta).h \tag{4.35}$$

Với d là đường kính dây cắt, h là bề dày phôi,  $\delta$  là khe hở phóng điện. Các giá trị của S cho trong bảng 4.7. Khi cắt các mẫu thử của thí nghiệm 2, giá trị tốc độ gia công lấy không đổi trong khi cắt ba mẫu là 10 mm/phút. Do vậy thể tích kim loại hớt đi được lần lượt là : 3,9 $\text{cm}^3$ , 1,5  $\text{cm}^3$ , 0,32  $\text{cm}^3$ .

Kết quả khảo sát cho thấy: gia công năng suất lớn giá trị độ nhám bề mặt  $R_a$  thấp và năng suất thấp thì giá trị  $R_a$  lại cao, điều này có vẻ như vô lý như có thể giải thích như sau: khi cung cấp cho quá trình gia công mật độ dòng điện là phù hợp thì độ nhám là nhỏ nhất, khi cung cấp mật độ dòng điện quá lớn làm lõi plasma quá lớn để lại bề mặt gồ ghề, cần điều chỉnh lại tham số về điện cho hợp lý là phải giảm điện áp, dòng điện, thời gian kéo dài xung xuống. Qua phân tích như trên ta thấy cần có một bộ tham số gia công tối ưu cho những điều kiện gia công cụ thể.

**4.3.4. Chiều sâu lớp ảnh hưởng nhiệt sau khi gia công cắt dây**

Mẫu thép được chuyển về phòng thí nghiệm của Bộ môn CN Vật liệu-Học viện KTQS để đo chiều sâu lớp kim loại bị ảnh hưởng nhiệt.

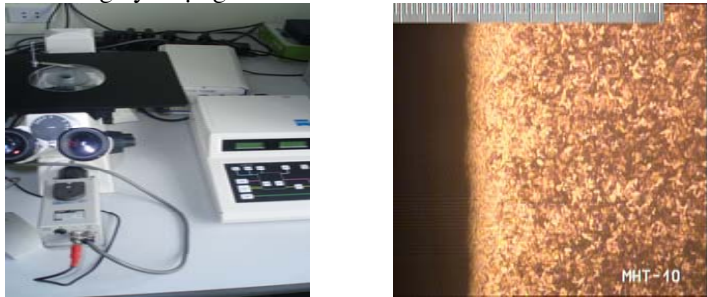
Phương tiện đo: dùng kính hiển vi AXIOVERT 25-CA do Đức chế tạo kết hợp với phần mềm chuyên dùng KS 300 để xác định bề dày lớp kim loại bị ảnh hưởng nhiệt (xem hình 4.21).

\* Chuẩn bị bề mặt mẫu trước khi đo:

Mẫu phải được chuẩn bị đúng theo qui trình mẫu để quan sát tế vi, để tránh ảnh hưởng nhiệt gây nhiễu, mẫu trước khi gia công trên máy cắt dây không được tôi cứng.

Không được dùng số để đóng vì sẽ gây biến dạng mà chỉ được ghi số ngoài bao bì. Phải chỉ rõ mặt cần quan sát của mẫu để các chuyên gia đo mẫu thực hiện đúng yêu cầu.

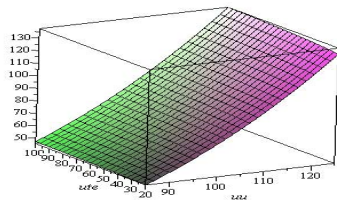
Sau khi đo các mẫu, kết quả đo được lưu và file trong máy tính điện tử và in ra giấy hoặc ghi vào đĩa CD.



Hình 4.21. Bàn đo và hình ảnh lớp kim loại bề mặt sau khi gia công

Với kết quả trên ta tính toán trên phần mềm và thu được phương trình hồi qui sau khi đã kiểm định các kết quả như sau:

$$h_{bd} = 0.000266 \cdot U_i^{2.765} \cdot V_d^{-0.245} \cdot t_c^{0.021} \cdot V_c^{0.190}$$



Hình 4.20 Đồ thị biến dạng nhiệt theo điện áp và vận tốc dây

**4.5 Một số giải pháp nâng cao độ bóng bề mặt**

\* Giải pháp về tham số công nghệ:

Để có độ bóng bề mặt cao cần đưa các giá trị điện áp khởi tạo về mức 85 vôn, vận tốc dây cắt ở 40 mm/phút, thời gian xung đặt là 20, tốc độ cắt đặt là 100 mm/phút.

\* Giải pháp về dây: cần chọn dây có cỡ nhỏ nhất, tốc độ chạy dây cao với máy điều chỉnh được, có lực căng dây lớn.

\* Giải pháp về điều chỉnh máy: để khe hở hai phía là nhỏ nhất có thể được, khe hở mép phôi có thể nhỏ đến 0,1 mm.

\* Giải pháp về phôi: cần chọn phôi có độ cứng cao, cắt nhanh mà dây không bị dính phôi, tránh hiện tượng bết dây.

**4.6 Thành lập bảng tra chế độ cắt cho máy cắt dây**

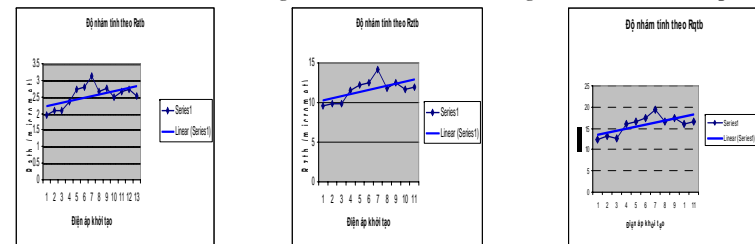
Việc thành lập bảng tra chế độ cắt cho máy cắt dây CNC là vấn đề khá phức tạp, nó phải giải quyết được mối quan hệ giữa năng suất gia công và chất lượng bề mặt chi tiết sau gia công, điều kiện công nghệ, xu hướng công nghệ, mức độ phù hợp giữa điều khiển và công nghệ.

Kết quả thu được độ nhám với các giá trị tương ứng :

**Bảng 4.10 Kết quả đo độ nhám trên thép với các tham số gia công**

STT	OV	ON	OFF	AFF	SV	FR	WF	W T	W L	R <sub>arb</sub> (μm)	R <sub>zrb</sub> (μm)	R <sub>qrb</sub> (μm)
1	0	2	11	2	35	3	3	9	5	1.965	9.55	12.5
.....												
12	6	6	9	2	35	7	7	9	5	2.71	12.2	16.65
13	7	5	9	2	35	6	6	9	5	2.515	13.25	15.5

Hình 4-25 Phân bố các giá trị độ nhám thực nghiệm theo điện áp khởi tạo



Hình 4-26 Tuyến tính hóa các hàm độ nhám thực nghiệm theo điện áp

Bằng phương pháp nội suy ta tính được bộ các giá trị tương ứng rồi điền vào bảng tra chế độ cắt.

Trong cùng điều kiện cắt, ta cắt thử phôi thép và suy ra bảng tra chế độ cắt cùng thông số nhám đi kèm cho đồng và hợp kim nhôm.

Xây dựng giao diện giữa người điều khiển và máy trong đó yếu tố độ nhám trên màn hình sẽ mất đi khi bắt đầu gia công chi tiết.

### Kết luận chương 4

Chương 4 trình bày các cơ sở nghiên cứu thực nghiệm trong gia công cơ khí cũng như gia công đặc biệt.

1. Thực hiện qui hoạch thực nghiệm bốn yếu tố công nghệ chủ yếu là điện áp khởi tạo, thời gian kéo dài xung điện, tốc độ gia công và tốc độ dây.
2. Lượng hóa ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến độ nhám theo các chỉ tiêu  $R_a$ - $R_z$ - $R_q$ .
3. Lượng hóa ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến chiều sâu lớp biến dạng nhiệt của kim loại sau gia công WEDM.
4. Xây dựng bảng tra chế độ cắt có độ nhám đi kèm cho các loại vật liệu đồng - nhôm - thép.
5. Đề xuất một số biện pháp nâng cao độ bóng bề mặt khi gia công cắt dây.
6. Xây dựng giao diện giữa người điều khiển với máy.

### KẾT LUẬN CHUNG

Luận án có một số đóng góp mới như sau:

1.Đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ chủ yếu đến độ nhám bề mặt bằng phương trình hồi qui:

$$R_a = 0.000072.U_i^{2.390}.V_d^{-0.089}.t_e^{-0.154}.V_c^{0.108}$$

$$R_z = 0.000948.U_i^{2.175}.V_d^{-0.024}.t_e^{-0.129}.V_c^{0.071}$$

$$R_q = 0.0000.U_i^{0.262}.V_d^{-2.320}.t_e^{-0.0002}.V_c^{3.620}$$

- Điện áp khởi tạo  $U_i$  là yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt, nó có mặt trong tất cả các phương trình hồi qui thực nghiệm. Muốn có độ bóng cao cần chọn điện áp khởi tạo nhỏ.

- Tốc độ gia công (vận tốc cắt) là yếu tố công nghệ có ảnh hưởng nhiều đến độ nhám đặc biệt là  $R_q$ . Muốn có độ bóng cao cần chọn tốc độ gia công nhỏ đặc biệt khi gia công siêu tinh hoặc siêu thô cần chú ý đến điều chỉnh tốc độ gia công.

- Thời gian kéo dài xung điện có ảnh hưởng khá bé đến độ nhám có thể coi như không đáng kể.

- Tốc độ dây cắt cũng có ảnh hưởng mạnh nhất đến độ nhám theo  $R_q$ , dây càng chạy nhanh thì bề mặt càng nhẵn bóng nhưng tổn dây và không kinh tế.

2.Chiều sâu lớp kim loại bị biến dạng nhiệt phụ thuộc nhiều vào điện áp khởi tạo, các yếu tố khác ảnh hưởng không đáng kể đến chiều sâu lớp kim loại bị biến dạng do nhiệt:

$$h_{bd} = 0.000266.U_i^{2.765}.V_d^{-0.245}.t_e^{0.021}.V_c^{0.190}$$

3.Đề xuất một số biện pháp nâng cao độ bóng bề mặt khi cắt dây.

4.Xây dựng bảng tra chế độ cắt có độ nhám đi kèm giúp người vận hành tiết kiệm được thời gian, nâng cao năng suất lao động, hạ giá thành sản phẩm.

5.Xây dựng giao diện giữa người điều khiển với máy.

*Các hướng nghiên cứu tiếp theo:* Cần làm sáng tỏ mối quan hệ giữa năng suất và chất lượng gia công, lập bảng tra chế độ cắt chi tiết cho nhiều loại dây, nhiều loại phôi.