

# THIẾT KẾ CHẾ TẠO HỆ THỐNG CẮT PLASMA CNC SỬ DỤNG TRONG ĐÀO TẠO

DESIGN MANUFACTURE CNC PLASMA CUTTING SYSTEM USED IN TRAINING

**Đặng Tiến Hiếu**

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

## TÓM TẮT

*Hiện nay, trong lĩnh vực chế tạo kết cấu thép phương pháp cắt plasma CNC (Computer Numeric Control) được sử dụng rộng rãi để gia công các sản phẩm dạng tấm, dạng thanh với độ chính xác cao, thiết bị này không ngừng được cải tiến để phù hợp quy mô, với điều kiện sản xuất của từng doanh nghiệp.*

*Trong bài báo này, tác giả đã tiến hành khảo sát, thiết kế chế tạo hệ thống cơ khí và tủ điều khiển hệ thống cắt plasma CNC với nguồn cắt A70 – OTC [16] có sẵn. Trên cơ sở máy phù hợp với không gian phòng thí nghiệm, phục vụ tốt quá trình đào tạo, quá trình học tập nghiên cứu của giảng viên, sinh viên tại Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (ĐHCNHN).*

*Hệ thống plasma CNC có kích thước 1700 x 1400 x 600 (mm) phạm vi gia công 1300 x 1100 (mm), chiều dày cắt tối đa 12 (mm), kết hợp 2 bộ điều khiển F2300B và F1621P khi cắt cho năng suất cao, cắt được nhiều biên dạng, vận hành dễ dàng.*

**Từ khóa:** Máy cắt plasma; Điều khiển CNC; Hệ dẫn hướng.

## ABSTRACT

*Currently, in the field of steel structure manufacturing, the CNC (Computer Numeric Control) plasma cutting method is widely used to process sheet and bar products with high precision. This equipment is constantly improved to suit the scale and production conditions of each enterprise.*

*In this article, the author has conducted a survey, designed and manufactured a mechanical system and a control cabinet for a CNC plasma cutting system with an available A70 - OTC cutting source [16]. On the basis of the machine being suitable for the laboratory space, it serves well the training process, the learning and research process of lecturers and students at Hanoi University of Industry (ĐHCNHN).*

*Plasma CNC system has dimensions of 1700 x 1400 x 600 (mm), processing range of 1300 x 1100 (mm), maximum cutting thickness of 12 (mm), combined with 2 controllers F2300B and F1621P when cutting for high productivity, cutting many profiles, easy operation.*

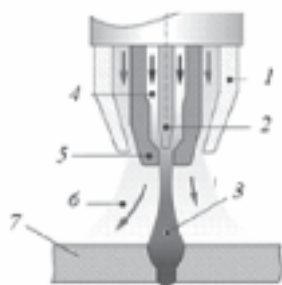
**Keywords:** Plasma cutting machine; CNC control; Linear motion.



## 1. GIỚI THIỆU

Plasma là trạng thái thứ 4 của vật chất (3 trạng thái của vật chất là rắn, lỏng, khí). Chất khí được nung nóng đến nhiệt độ bão hòa, khí bị ion hóa. Sự ion hóa chất khí ở trạng thái dẫn điện được gọi là plasma [7]. Cắt plasma dựa vào nguyên lý thắt chặt lại luồng khí ion hóa có nhiệt độ cao tới mức có thể sử dụng để làm nóng chảy kim loại dẫn điện tại điểm tiếp xúc. Kim loại nóng chảy sẽ bị thổi ra tạo nên đường cắt nhờ áp lực của dòng khí như hình 1.

Trên thế giới, việc sử dụng máy cắt Plasma điều khiển CNC rất phổ biến trong hầu hết các ngành công nghiệp chế tạo kết cấu thép, trong đóng tàu, cầu đường... Sử dụng các phần mềm kỹ thuật thiết kế Autocad, Solidworks, Inverter... để thiết kế biên dạng cắt. Máy được cung cấp bởi các hãng nổi tiếng như AMADA SHARP, HITACHI, FANNUC có giá thành rất cao.



Hình 1. Quá trình cắt plasma [7]:  
1. Ống phun khí; 2. Điện cực; 3. Hồ quang plasma; 4. Khí plasma; 5. Bếp cắt; 6. Dòng khí bảo vệ; 7. Vật cắt

Ở Việt Nam, trong giai đoạn này cũng như thời gian tới, ngành cơ khí chế tạo có nhu cầu sử dụng cắt bằng tia plasma CNC còn rất lớn. Do đó, các doanh nghiệp sản xuất máy cắt plasma CNC cũng nắm bắt được xu thế, cung cấp thiết bị, đáp ứng được các yêu cầu cho sản xuất [4-12].

Trong lĩnh vực đào tạo công nghệ cắt plasma CNC là một phương pháp gia công chi tiết dạng tấm bằng nhiệt, hiện nay trong Trường ĐHCNHN thiết bị này còn thiếu. Do máy ngoài thị trường giá thành quá cao, kích thước máy lớn chưa phù hợp với không gian trong đào tạo, chưa tận dụng hết công năng của máy sẵn có dẫn tới lãng phí. Vì vậy, để tránh lãng phí và thuận lợi cho quá trình đào tạo, nghiên cứu, học tập của giảng viên, sinh viên trong Trường, tác giả đề xuất phương án nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống cắt plasma CNC với khả năng cắt được nhiều biên dạng khác nhau, cải thiện độ chính xác gia công, giảm được giá thành.

Trong bài báo này, tác giả đã khảo sát thiết kế chế tạo thành công hệ thống cắt plasma CNC với kích thước tổng thể 1700 x 1400 x 600 (mm), phạm vi gia công 1300 x 1100 (mm), chiều dày cắt tối đa 12 (mm) và tủ điều khiển.

## 2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

### 2.1. Khảo sát thiết kế

Để thiết kế chế tạo được hệ thống cắt plasma CNC đáp ứng được các yêu cầu trên, tác giả đã tiến hành khảo sát, phân tích, đánh giá về chi phí, về hiệu suất máy, về độ cứng vững của hệ thống công nghệ, hệ thống điều khiển... của các máy cắt plasma CNC đã có trên thị trường. Kế thừa các ưu điểm của máy đã khảo sát và dựa vào điều kiện hiện có của Trường ĐHCNHN để thiết kế chế tạo.

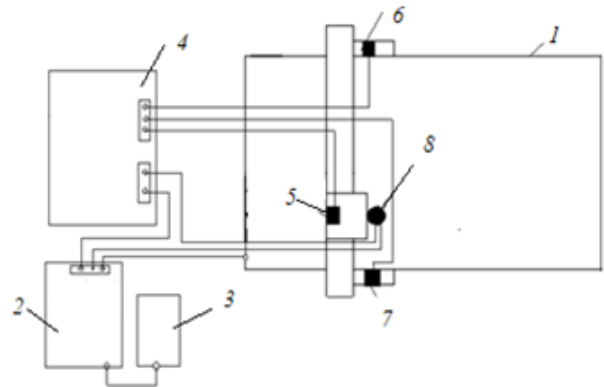
Vận dụng lý thuyết tính toán thiết kế máy [1], lựa chọn các thông số thiết kế [10-15], tính toán thiết kế các chi tiết máy, kiểm nghiệm độ bền của hệ thống sao cho phù hợp với điều kiện sẵn có và đáp ứng yêu cầu đào tạo trong Nhà trường. Lựa chọn thông số thiết kế hệ thống cắt plasma CNC bằng 1.

Bảng 1. Thông số thiết kế hệ thống cắt plasma CNC

| TT | Danh mục                 | Đơn vị | Thông số kỹ thuật          |
|----|--------------------------|--------|----------------------------|
| 1  | Kích thước               | mm     | 1400 x 1700 x 600          |
| 2  | Kích thước cụm           | mm     | X 1300; Y 1700; Z 490      |
| 3  | Hành trình cắt           | mm     | X 1100; Y 1300             |
| 4  | Tốc độ chạy nhanh        | mm/p   | X 6000; Y 6000; Z 6000     |
| 5  | Tốc độ cắt               | mm/p   | X: 1÷2000; Y: 1÷2000       |
| 6  | Sai số mạch cắt          | mm     | X ± 0,5; Y ± 0,5           |
| 7  | Độ chính xác dịch chuyển | mm     | X ± 0,2; Y ± 0,2; Z: ± 0,2 |
| 8  | Chiều dày cắt tối đa     | mm     | 12                         |
| 9  | Dạng gia công            |        | Tâm phẳng                  |
| 10 | Trọng lượng              | kg     | 180                        |

## 2.2. Thiết kế hệ thống cơ khí

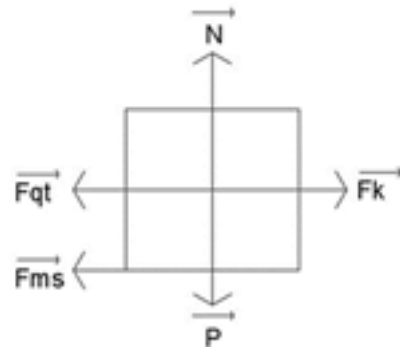
Phân tích về các phương án bố trí động cơ trên các trục X, Y, Z, tác giả lựa chọn sử dụng 2 động cơ song song (6), (7) cho trục Y, với 2 động cơ song song giúp chia đều tải trọng tác dụng lên cụm dầm trục X, do đó cụm dầm trục X di chuyển chính xác và ổn định hơn. Động cơ (5) cho trục X dẫn động cụm trục Z, tịnh tiến theo phương trục X. Động cơ (8) dẫn động mô cắt tịnh tiến theo chiều trục Z. Sơ đồ máy cắt plasma CNC bố trí như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy cắt plasma CNC: 1. Bàn máy; 2. Nguồn plasma A70-OTC; 3. Máy nén khí; 4. Tủ điều khiển; 5. Động cơ trục X; 6. Động cơ 1 trục Y; 7. Động cơ 2 trục Y; 8. Động cơ DC 24V trục Z.

### 2.2.1. Tính toán lựa chọn động cơ

Sơ đồ lực tác dụng lên cặp bánh răng - thanh răng dầm trục Y như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ phân tích lực bánh răng:  $F_k$  (N) - Lực kéo; N (N) - Phản lực; P (N) - Trọng lực;  $F_{qt}$  (N) - Lực quán tính;  $F_{ms}$  (N) - Lực ma sát

Theo định luật II Newton:

$$\vec{F_k} + \vec{F_{qt}} + \vec{F_{ms}} + \vec{N} + \vec{P} = 0$$

$$F_k = F_{\max} = F_{qt} + F_{ms} = 6,48 + 28,1 = 34,6 \text{ (N)}$$

Momen xoắn trên trục:

$$T = F_{\max} \times d = 34,6 \times 0,05 = 1,73 \text{ (Nm)}$$

Trục Y có 2 động cơ dẫn nên 1 bên cần momen  $T_1 = T/2 > 0,865$  (Nm)

Động cơ được sử dụng trong các máy CNC thường là động cơ bước (stepper motor), động cơ servo, động cơ hybrid servo. So sánh đặc điểm của chúng, tác giả lựa chọn loại động cơ hybrid servo 86HSE4.5 Nm và Driver HBS86H cho trục X và trục Y, loại động cơ này kết hợp tốt nhất các ưu điểm của động cơ servo và động cơ bước, mô-men xoắn khởi động cao, tiết kiệm năng lượng, giá thành thấp. Động cơ trục X, trục Y kết hợp hộp giảm tốc giúp tăng mô-men xoắn, tăng tuổi thọ động cơ, truyền chuyển động chính xác và ổn định hơn. Lựa chọn thông số như bảng 2.

Cụm trục Z hay cụm nâng hạ mỏ, qua thiết kế, so sánh về khả năng làm việc, giá thành chế tạo, tác giả đã lựa chọn bộ nâng hạ mỏ cắt tự động JYKB-150-DC24V GH/GD có sẵn trên thị trường. Kích thước cụm 490 x 130 x 80 (mm), trọng lượng 6,5 (kg), trọng lượng nâng < 10 (kg), hành trình làm việc 150 (mm), động cơ 24VDC, hộp giảm tốc [3].

## 2.2.2. Hệ dẫn hướng

Trong các máy cắt plasma CNC, cơ cấu dẫn hướng đóng vai trò quan trọng để dẫn hướng chính xác và ổn định cho các cơ cấu máy. Cơ cấu dẫn hướng phải đảm bảo chịu tải tốt, phân bố lực đều, chịu mài mòn [1, 15]. Qua khảo sát, phân tích đặc điểm của các cơ cấu dẫn hướng, tác giả lựa chọn cơ cấu sẵn có trên thị trường con trượt vuông bi – thanh trượt cho các trục X và trục Y với thông số như bảng 2.

## 2.2.3. Hệ dẫn động

Hệ dẫn động đóng vai trò truyền chuyển động cho các cơ cấu chấp hành. Lựa chọn hệ dẫn động phải đảm bảo độ cứng vững, chịu tải tốt, truyền chuyển động êm, hiệu suất cao, độ bền cao, chi phí bảo trì, thay thế thấp [1, 15]. Để đáp ứng yêu cầu thực tế về đặc điểm của hệ dẫn động, tác giả lựa chọn cơ cấu bánh trụ răng nghiêng – thanh răng cho các trục X và trục Y với thông số như bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật các chi tiết

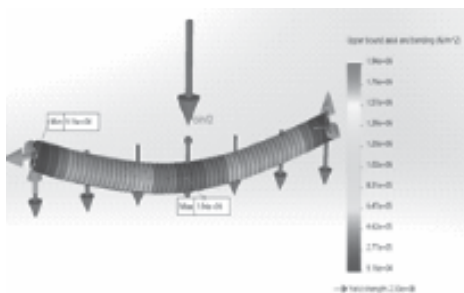
| TT | Danh mục                        | Đơn vị | Số lượng | Kích thước            |
|----|---------------------------------|--------|----------|-----------------------|
| 1  | Thanh trượt trục X HGR20        | mm     | 02       | 20 x 17,5 x 1300      |
| 2  | Thanh trượt trục Y HGR20        | mm     | 02       | 20 x 17,5 x 1700      |
| 3  | Con trượt HGH20CA trục X,Y      | cái    | 06       | 44 x 25,6 x 65,2      |
| 4  | Thanh răng trục X               | mm     | 01       | 1300 x 22 x 25; M1,25 |
| 5  | Thanh răng trục Y               | mm     | 02       | 1700 x 22 x 25; M1,25 |
| 6  | Bánh răng trụ răng nghiêng      | cái    | 03       | D32; d16; Z25, M1,25  |
| 7  | Động cơ Hybrid Servo 86HSE4.5Nm | cái    | 03       | 86 x 86 x 109, d16    |
| 8  | Hộp giảm tốc PX86               | cái    | 03       | 86 x 86 x 93; d16     |

#### 2.2.4. Hệ điều khiển

Qua khảo sát, phân tích đặc điểm của các bộ điều khiển, tác giả lựa chọn được bộ điều khiển phù hợp các yêu cầu trên. Bộ điều khiển F2300B [2]-[11] điều khiển servo kết hợp hybrid stepper sử dụng bộ mã hóa quang học phản hồi vị trí tốc độ cao, tự động hiệu chỉnh vị trí. Bộ điều khiển có độ chính xác nội suy 0,001 (mm). Tương thích được các phần mềm CAD, CAM, FastCam, với động cơ và các cảm biến. Dễ vận hành, dễ bảo quản, giá thành thấp, hỗ trợ điều khiển cho bộ F1621P.

Bộ điều khiển F1621P [2]-[11] cho phép kiểm soát ổn định chiều cao từ đầu búp cắt đến bề mặt vật liệu bằng việc điều khiển điện áp hồ quang mà nó nhận được. Việc kiểm soát chiều cao này rất quan trọng đối với chất lượng mạch cắt, tuổi thọ của búp cắt và điện cực cắt.

#### 2.2.5. Kiểm nghiệm độ bền tĩnh trên phần mềm Solidworks 2022/ Simulation như hình 4.



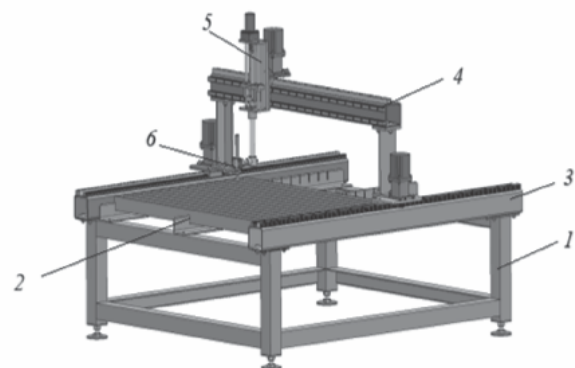
Hình 4. Ứng suất dầm trục X trên Solidworks 2022/ Simulation

Để đảm bảo độ bền, độ cứng vững và hình dáng cân đối của hệ thống cơ khí, qua khảo sát thiết kế, với dầm X thép hộp 100 x 100 x 5 (mm); chiều dài  $l = 1300$  (mm); khối lượng  $m_2 = 25,6$  (kg), cụm trục Z có khối lượng  $m_3 = 14,5$  (kg).

- Ứng suất tại điểm giữa dầm:  $\sigma_{\max} = 1,94 \times 10^6$  (N/m<sup>2</sup>) <  $[\sigma] = 2,5 \times 10^8$  (N/m<sup>2</sup>);

- Chuyển vị theo phương Y:  $\Delta Y_c = 2,798 \times 10^{-2}$  (mm). Kết quả kiểm nghiệm như hình 5 đảm bảo điều kiện bền.

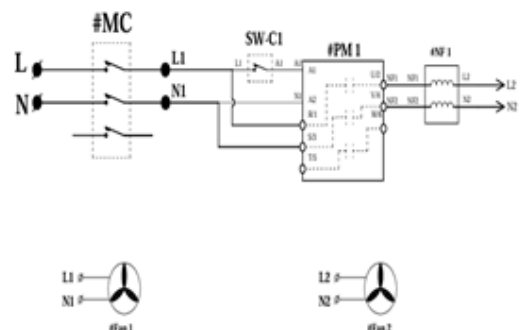
Bản vẽ 3D hệ thống cắt plasma CNC như hình 5.



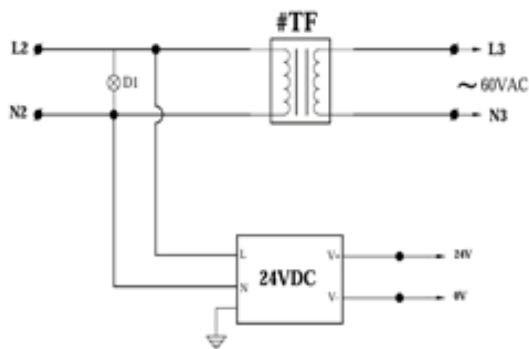
Hình 5. Hệ thống cắt plasma CNC:  
1. Cụm bàn máy; 2. Cụm bàn gá phôi; 3. Cụm trục Y; 4. Cụm trục X; 5. Cụm trục Z; 6. Cụm gá kẹp mỏ cắt.

#### 2.2.6. Mạch tử điện điều khiển

Trong tài liệu [11-14] hướng dẫn xây dựng kết cấu cơ bản của hệ điều khiển plasma CNC. Trên sở tính năng và nhiệm vụ của các bộ phận, tác giả xây dựng sơ đồ nguyên lý tổng thể cho mạch tử điều khiển như hình 6.



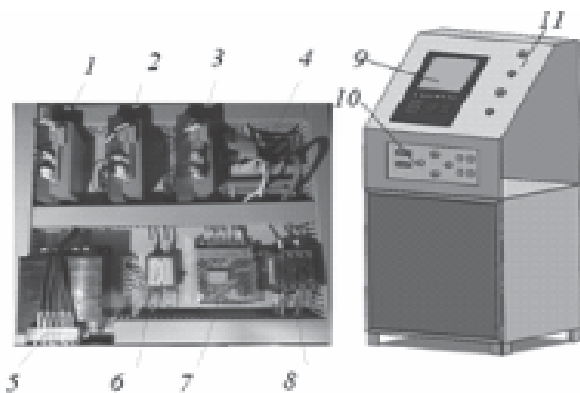




Hình 6. Sơ đồ mạch đấu nối tủ điều khiển [12]

## 2.2.7. Chế tạo, lắp ráp tủ điều khiển

Vị trí bố trí các khối và đấu nối dây trong tủ điều khiển như hình 6, hình 7.



Hình 7. Ảnh sơ đồ bố trí các khối trong tủ điều khiển:  
1, 2. Driver HBS86H trục Y; 3. Driver HBS86H trục X; 4. Mạch Breakout DB15-DB25; 5. Biến áp 2200W; 6. Lọc nhiễu EMI CW4L2-20A-S; 7. Nguồn DC24V LRS-100-24; 8. Attomat CBM; 9. Màn hình bộ điều khiển F2300B; 10. Bộ điều khiển F1621P-THC; 11. Công tắc khởi động/tắt, phím dừng khẩn cấp.

- Kết nối tủ điều khiển với nguồn cắt A70-OTC, với các động cơ trên trục X, Y, Z, sau đó thực hiện hiệu chỉnh các bộ Driver HBS86H để điều khiển động cơ Hybrid Servo 86HSE4.5Nm của trục X và trục Y. Hiệu chỉnh bộ điều khiển F1621P để khiển động cơ 24VDC.

- Trong mạch điện này, do mạch điện bao gồm cả dòng cấp cho bộ điều khiển và dòng cấp cho các động cơ của các trục nên rất dễ gây ra hiện tượng quá tải. Vì vậy, Aptomat CBM có vai trò trong việc bảo vệ mạch khi động cơ bị quá tải. Bên cạnh đó, việc lắp cầu chì trước và sau để việc bảo vệ biến áp và mạch điện. Đối với driver cần chú ý chiều của dòng điện, tránh gây hỏng hóc cho driver.

## 3. HỆ THỐNG CẮT PLASMA CNC

Sản phẩm hệ thống cắt plasma CNC với kích thước 1400 x 1700 x 600 (mm), khả năng gia công tấm có diện tích 1300 x 1100 (mm), chiều dày tối đa 12 (mm) như hình 8.



Hình 8. Sản phẩm hệ thống cắt plasma CNC

### 3.1. Cắt thử nghiệm

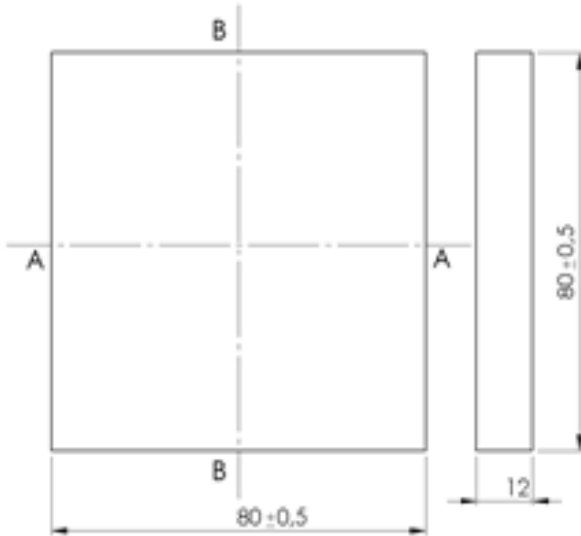
Gia công tấm kích thước như hình 9, vật liệu thép CT3, số lần cắt 5.

- Sử dụng: Bếp H (H669G05); Điện cực H669G11; Dòng cắt 70A; Áp lực khí nén  $P = 0,39$  (Mpa); Điện áp hồ quang 110 (V); Tốc độ cắt  $V_c = 1000$  (mm/p).

- Sử dụng thước cặp 1/10 đo chiều dài ở mặt cắt A-A, sau đo ở mặt cắt B-B với 5 mẫu.

- Sử dụng thước cặp 1/10 đo khe hở cắt ở vị trí điểm A với 5 mẫu.

- Sử dụng bộ mẫu đo độ nhám  $R_z$  so sánh bề mặt cắt với 5 mẫu.



Hình 9. Bản vẽ chi tiết

### 3.2. Kết quả thử nghiệm

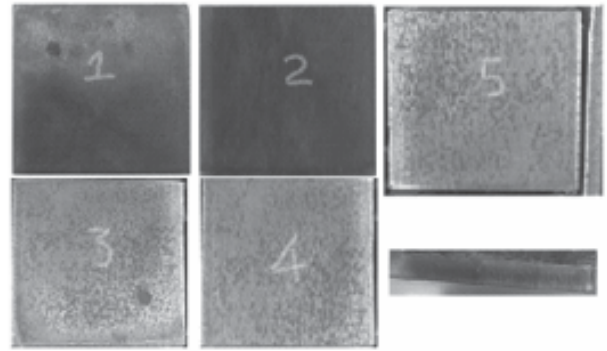
- Khi gia công các liên kết cơ khí (cụm trục XYZ, bàn máy, kẹp mở cắt...) không có dấu hiệu bất thường, hệ thống điều khiển hoạt động hoạt động ổn định.

- Ảnh các mẫu cắt thử nghiệm như hình 10, sai số đo trung bình của các mẫu như bảng 3.

Đo kích thước tại mặt cắt A-A là 80,2 mm; 80,3 mm; 80,1 mm; 80,4 mm; 80,2 mm.

Đo kích thước tại mặt cắt B-B là 80,3 mm; 80,3 mm; 80,3 mm; 80,2 mm; 80,2 mm.

Đo kích thước khe hở cắt tại điểm A là 3,5 mm; 3,5 mm; 3,9 mm; 4,2 mm; 4,3 mm.



Hình 10. Mẫu cắt plasma CNC và bề mặt cắt

Bảng 3. Kết quả đánh giá thử nghiệm

| TT | Thông số kiểm tra                          | Số lần đo | Kết quả đo kiểm trung bình              |
|----|--------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------|
| 1  | Sai số gia công kích thước tại mặt cắt A-A | 5         | + 0,24 mm                               |
| 2  | Sai số gia công kích thước tại mặt cắt B-B | 5         | + 0,26 mm                               |
| 3  | Khe hở cắt                                 | 5         | 3,88 mm                                 |
| 4  | Chất lượng bề mặt cắt                      | 5         | Hướng nhám vuông góc bề mặt cắt; $Rz40$ |

### 4. KẾT LUẬN

Tác giả đã nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống cắt plasma CNC dùng trong đào tạo với kết quả sau:

- Tính toán, lựa chọn được động cơ, cơ cấu dẫn hướng, cơ cấu dẫn động phù hợp với kết cấu máy.

- Chế tạo được hệ thống cắt plasma CNC chạy ổn định, đảm bảo độ cứng vững, dễ vận hành, dễ bảo quản, các linh kiện thay thế sẵn có trên thị trường.



- Chất lượng sản phẩm sau khi cắt được đảm bảo các yêu cầu như hình 10, bảng 3. Sau 5 lần cắt, sai số kích thước tại mặt cắt A-A, B-B đều nằm ở giới hạn trên, trong phạm vi cho phép (sai số này điều chỉnh được thông qua lệnh “Kerf Value” trên bộ điều khiển F2300B). Độ lệch kết quả đo trung bình giữa hai mặt cắt A-A và B-B là 0,02 mm, do kích thước B theo phương của trục X, trong khi đó trục X di chuyển trên trục Y nên có thêm thành phần không đảm bảo độ chính xác.

- Hệ thống cắt plasma CNC đáp ứng được nhu cầu nghiên cứu, học tập của giảng viên, sinh viên trong Trường. ❖

Ngày nhận bài: **05/10/2024**

Ngày phản biện: **01/11/2024**

## Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2002), “*Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*” (Tập 1, tập 2). NXB. Giáo dục.
- [2]. Đỗ Xuân Thụ (2003), “*Giáo trình Kỹ thuật điện tử*”. NXB. Giáo dục.
- [3]. Nguyễn Ngọc Đào (2003), “*Giáo trình CAD-CAM-CNC*”. NXB. Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh.
- [4]. Ngô Hoài Nhiệm, Nguyễn Duy Phương, Cao Văn Thi (2021), “*Thiết kế và chế tạo máy cắt CNC bằng tia plasma*”. Tạp chí khoa học Trường Đại học Cửu Long.
- [5]. Ngô Tấn Thống, Hồ Trần Anh Ngọc, Tô Tấn Trung Dũng (2015), “*Thiết kế chế tạo mạch điều khiển CDA điều khiển máy CNC plasma CP2060*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, số 3(88).
- [6]. Phạm Thi Hang, Nguyễn Thị Châu, An Dương Khang, Nguyễn Hoàng Anh, Phạm Hồng Sơn (2020), “*An investigation on the effect of cutting parameters in CNC plasma cutting process for carbon steel*”. Vietnam Journal of Agricultural Sciences.
- [7]. Lukas Kudrna, Jiri Fries, Marek Merta (2019), “*Influences on plasma cutting quality on CNC machine*”. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering, vol.2, pp.108-117.
- [8]. Fred P. Liza, Cameron B. Yao, Joein L. Luces, Vincent Boy E. Manabat, and Renann G. Baldovino, Member, IAENG (2015), “*Development of a Low-Cost controller for the 3-Axis Computer Numerically-Controlled (CNC) plasma cutting machine*”. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science Vol I, WCECS.
- [9]. N. Sanajit and A. Jangwanitlert (2009), “*Improved performance of a plasma cutting machine using a half-bridge DC/DC converter*”. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, , pp. 1601-1606.
- [10]. N. Sanajit and A. Jangwanitlert (2007), “*A three level DC/DC converter for plasma cutting applications*”. Proceedings of the 30 Electrical Engineering Conference, King Mongkut's University of Technology Thonburi, pp. 508-511.
- [11]. <https://cncviethan.com/May-cat-plasma-cnc-mini-gia-bao-nhieu>.
- [12]. <https://machviet.com/linh-kien-co-khi/>
- [13]. JiaXing Leader NC technology Co., LTD. (2014), “*Portable plasma torch height controller manual*”.
- [14]. Shanghai FangLing Computer Software Co., LTD. (2017), “*FangLing shape cutting controller operation and installation manual (Ver.2.6)*”.
- [15]. LM Guide®THK General Catalog.
- [16]. Corporation (2011), “*Plasma cutting power source A-70*”, OTC DAIHEN.