

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY CẮT ỐNG PLASMA CNC 4 TRỤC

DESIGN AND MANUFACTURING OF A 4-AXIS CNC PLASMA TUBE CUTTING MACHINE

Ngô Thanh Nghị*, Đặng Phước Vinh, Trần Văn Tiến,
Lưu Công Chung, Lê Viết Cường, Lê Xuân Hoàng, Phan Quốc Kha

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng¹

*Tác giả liên hệ: ntnghi@dut.udn.vn

(Nhận bài: 05/12/2022; Chấp nhận đăng: 16/02/2023)

Tóm tắt - Máy cắt ống Plasma được xem là một sản phẩm khá hoàn hảo trong lĩnh vực cắt thép hình với tốc độ cắt cao, cắt được nhiều loại mẫu, quy cách khác nhau, hiệu quả chuyển đổi năng lượng cao hơn hẳn so với khi cắt oxy-gas truyền thống. Phần mềm điều khiển đi kèm các tính năng về gia công được tích hợp sẵn trên máy giúp người vận hành dễ dàng sử dụng và chi phí bảo trì rất thấp. Trong bài báo này, tác giả đề xuất một phương án thiết kế và chế tạo máy cắt ống Plasma CNC 4 trục với khả năng cắt các loại ống hình tròn, vuông, chữ nhật và oval. Máy có kích thước tổng thể là 3500×520×1600 mm có khả năng cắt phôi với đường kính lên đến 100 mm, chiều dài tối đa 3 m và chiều dày tối đa 5 mm. Động cơ bước được sử dụng để làm động cơ dẫn động cho cả 4 trục. Nguồn cắt sử dụng là HYLONG CUT-40H với dòng điện tùy chỉnh trong khoảng 20 - 40A để phù hợp với chiều dày vật liệu cắt.

Từ khóa – Máy cắt ống Plasma; CNC 4 trục; cắt thép hình.

1. Đặt vấn đề

Các máy CNC hiện nay được ứng dụng rộng rãi trên thế giới [1]-[3] để gia công các chi tiết phức tạp, tạo nên hiệu quả cao trong công việc và nâng cao tính thẩm mỹ của sản phẩm. Tuy vậy, ứng dụng công nghệ CNC vào để cắt các ống thép dài chưa phổ biến ở các doanh nghiệp vừa và nhỏ. Việc sở hữu một máy cắt ống Plasma ở Việt Nam hiện nay cũng khó khăn do nguồn cung cấp hạn chế và giá thành một máy rất cao so với mức đầu tư của các phân xưởng cơ khí nhỏ lẻ.

Đã có nhiều nghiên cứu để chế tạo và sản xuất thành công các máy cắt ống Plasma và thương mại hóa rộng rãi như máy cắt Plasma thép hình CNC HDF-5060 [4] (xem Hình 1) có kích thước khung máy 6500×1200×800 mm nặng 1,5 tấn giá thành tại Việt Nam khoảng 300 triệu đồng hay máy cắt laser ống hộp CM600LA [5] có trọng lượng 1,5 tấn với loại nguồn cắt 1000 W thì giá thành tại Việt Nam khoảng 250 triệu đồng. Tất cả các máy được nêu trên đều là các dạng máy cỡ lớn, các doanh nghiệp vừa và nhỏ khó tiếp cận được.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất một phương án thiết kế và chế tạo máy cắt ống Plasma cỡ trung với khả năng cắt được nhiều biên dạng ống khác nhau sử dụng công nghệ CNC. Việc ứng dụng máy cắt ống Plasma vào thực tiễn giúp các xưởng cơ khí tiết kiệm được thời gian, chi phí nhân công lao động và nhất là cải thiện độ chính xác và thẩm mỹ cho sản phẩm. Mặc dù, không được

Abstract - Plasma pipe cutting machine is considered a perfect product in the field of cutting section steel with high cutting speed, cutting many types of samples and different specifications, energy conversion efficiency is higher than when cutting oxygen - Traditional gas. The control software comes with built-in machining features on the machine, making it easy for operators to use with very low maintenance costs. In this paper, the author proposes an option to design and manufacture a 4-axis CNC plasma tube cutting machine with the ability to cut round, square, rectangular and oval pipes. The machine has an overall size of 3500×520×1600 mm and is capable of cutting workpieces with a diameter of up to 100 mm, a maximum length of 3 m and a maximum thickness of 5 mm. Stepper motors are used to drive all 4 axes. The cutting source used is HYLONG CUT-40H with adjustable current in the range of 20 - 40A to match the thickness of the cutting material.

Key words - Plasma pipe cutting machine; CNC 4-axis; cutting steel sections.

tự động hoàn toàn, nhưng sản phẩm mang lại một khả năng vận hành dễ dàng và giá thành thấp hơn (khoảng 60 triệu đồng) các máy đang có trên thị trường, giúp nhiều công ty, phân xưởng dễ dàng tiếp cận. Tuy sở hữu bộ phận giá đắt và kẹp chặt thủ công, nhưng nó mang lại độ chính xác cao trong giá đặt giúp cải thiện độ chính xác.



Hình 1. Máy cắt ống Plasma 3 trục [4]

Bên cạnh đó, máy còn trang bị bộ điều khiển riêng biệt, có màn hình hiển thị và có thể hoạt động độc lập mà không cần kết nối với máy vi tính. Đây là một sự thay thế hoàn hảo cho các bộ điều khiển trước đây khi mà máy hoạt động cần kết nối liên tục với máy vi tính, làm tăng giá thành khi cần máy tính cấu hình cao đi kèm, khó khăn trong việc bảo trì máy trong phân xưởng.

¹ The University of Danang - University of Science and Technology (Ngô Thanh Nghị, Đặng Phước Vinh, Trần Văn Tiến, Lưu Công Chung, Lê Viết Cường, Lê Xuân Hoàng, Phan Quốc Kha)

Ở nghiên cứu này, nhóm tác giả thiết kế máy để có thể cắt được ống có kích thước đối với ống tròn với đường kính từ 20 mm đến 100 mm và các ống vuông, ống chữ nhật nội tiếp đường tròn từ 20 mm đến 100 mm và tất cả phôi dài lên đến 3m và dày từ 1,5 mm đến 10 mm. Máy có kích thước tổng thể 3500×1600×520 mm với 4 trục được điều khiển bằng động cơ truyền động bước. Nguồn cắt sử dụng là Hylong CUT-40H với dòng điện tùy chỉnh trong khoảng 20 - 40A, điện áp từ 78 – 96V để phù hợp với chiều dày vật liệu cắt. Công nghệ cắt 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 bay tạo nên đường cắt nhờ áp lực lớn của dòng khí.

Từ các yêu cầu sản phẩm đặt ra ban đầu, máy cắt ống Plasma sau khi thiết kế và chế tạo phải đủ các tiêu chí sau để có thể đáp ứng được yêu cầu:

- Trục X sẽ có hành trình khả dụng là 3000 mm;
- Trục Y và trục Z có hành trình khả dụng là 150 mm;
- Trục A sẽ phải quay đủ hành trình 360°;
- Động cơ cần điều khiển chính xác;
- Bộ điều khiển tối thiểu 4 trục để vận hành máy.

2. Quy trình thiết kế

2.1. Nguồn cắt Plasma

Các yêu cầu để lựa chọn nguồn cắt:

- Vật liệu cắt: thép, inox;
- Chiều dày vật cắt: < 5 mm.

Với các yêu cầu trên, tác giả chọn nguồn cắt cho máy Plasma là nguồn Hylong CUT-40H như Hình 2. Các thông số kỹ thuật của nguồn cắt này được liệt kê ở Bảng 1.



Hình 2. Nguồn Plasma Hylong CUT-40H (Nguồn: Internet)

Bảng 1. Thông số cắt của nguồn Plasma Hylong CUT-40H

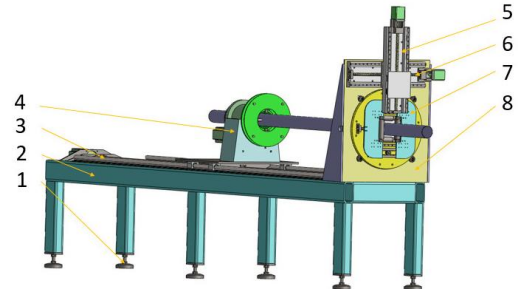
Điện thế vào	1 pha; 220 VAC ± 15%
Công suất cắt	4,8 KVA
Chu kỳ làm việc	60%
Vật liệu cắt	Tất cả kim loại
Độ dày tối đa vật cắt	12 mm
Chỉnh dòng	20-40 A
Áp suất khí cung cấp	4,5 MPa

2.2. Cơ cấu tổng thể

Hình 3 là mô hình 3D của máy cắt ống Plasma 4 trục được thiết kế bằng phần mềm Solidworks. Hình 4 là hình ảnh thực tế của máy sau khi được gia công lắp ráp. Với các yêu cầu về biên dạng của chi tiết cần gia công, phôi ống

tròn sẽ cần tối thiểu là 3 trục, các biên dạng phôi khác sẽ cần phải gia công với 4 trục nên tác giả đã thiết kế máy với 3 trục tịnh tiến (XYZ) và 1 trục xoay (A).

Cụm trục X chịu trách nhiệm di chuyển tịnh tiến cụm mâm cặp sau và đồng thời di chuyển tịnh tiến phôi. Cụm mâm cặp sau giúp kẹp chặt phôi và kết hợp với cụm mâm cặp trước quay phôi (trục a). Cụm trục Y chịu trách nhiệm tịnh tiến cả cụm trục Z và mỏ cắt Plasma theo chiều song song với bàn máy. Cuối cùng là cụm trục Z, nhiệm vụ chính của cụm này là tịnh tiến mỏ cắt theo chiều vuông góc với bàn máy.



Hình 3. Bản vẽ 3D máy cắt ống Plasma

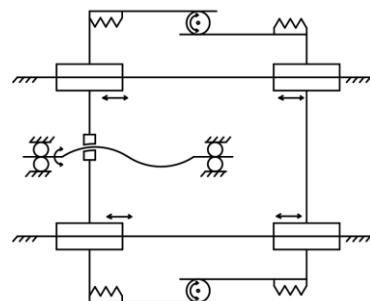
1: Chân tăng chỉnh chiều cao chân máy; 2: Khung máy; 3: Ray dẫn hướng cho trục X; 4: Cụm mâm sau và cụm trục A; 5: Cụm trục Z; 6: Cụm trục Y; 7: Cụm mâm cặp trước; 8: Khung giá mâm trước và cụm YZ



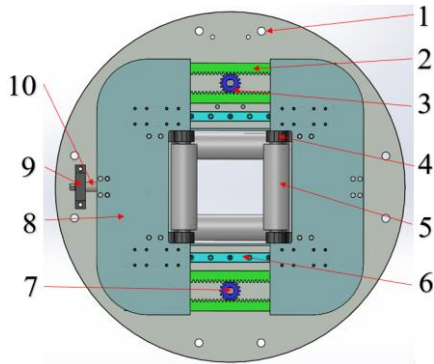
Hình 4. Hình ảnh thực tế của máy cắt ống Plasma

2.2.1. Thiết kế mâm cặp trước

Hình 55 và Hình 6 thể hiện sơ đồ động học và kết cấu của mặt mâm trước. Ở Hình 55, khi vít me quay làm cho cụm thanh răng con trượt (bên trái) chuyển động tịnh tiến. Khi thanh răng tịnh tiến làm hai bánh răng trung tâm tự quay quanh trục cố định. Thông qua chuyển động quay đó tạo nên chuyển động tịnh tiến cho thanh răng bên phải nhưng có chiều ngược lại với thanh răng bên trái.



Hình 5. Sơ đồ động học của mặt mâm trước



Hình 6. Kết cấu mâm trước

1: Mâm chính; 2: Thanh răng; 3: Bánh răng; 4: Gối đỡ con lăn; 5: Con lăn; 6: Thanh trượt; 7: Trục đỡ bánh răng; 8: Má động; 9: Vít me trượt; 10: Gối đỡ vít me trượt

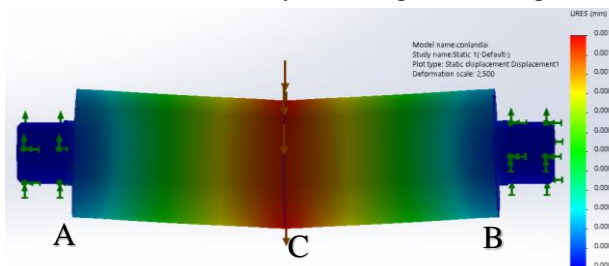
Cụm mâm trước có đường kính và độ dày là 450 mm và 88 mm, từ đó cho thấy mâm cấp tự thiết kế có kích thước tối giản hơn. Từ sơ đồ động ở Hình 5, tác giả tiến hành thiết kế các chi tiết để đưa ra kết cấu hoàn chỉnh ở Hình 6. Thêm vào đó, bản thiết kế còn được tinh chỉnh một số chi tiết để phù hợp với mục đích sử dụng như dùng con lăn để chuyển ma sát trượt thành ma sát lăn.

a. Tính toán con lăn

Tải trọng tối đa của phôi là $m_p = 35$ kg nên ta suy ra lực đặt lên con lăn là $N_l = \frac{m_p}{2} \times g = 175$ (N). Khi cắt cho phôi dạng hình chữ nhật loại lớn nhất (40×80 mm), con lăn cần có chiều dài lớn hơn chiều dài mặt phôi. Vậy chọn con lăn có chiều dài 96 mm để thuận tiện trong việc thiết kế và nâng cấp về sau.

Khi gá phôi dạng trụ tròn, phôi tiếp xúc với con lăn tại một điểm. Do đó, thực hiện mô phỏng trên con lăn với lực tập trung $N_l = 175$ (N) tại trung điểm con lăn.

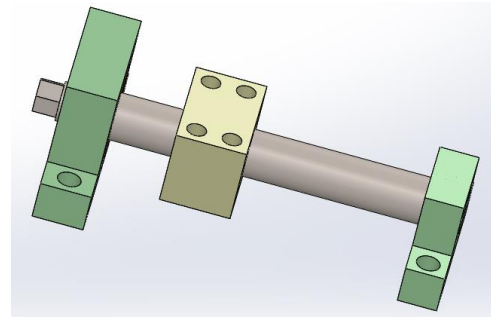
Hình 77 thể hiện kết quả mô phỏng biến dạng của con lăn khi hoạt động (được mô phỏng trên công cụ Simulation của phần mềm SolidWorks với tiêu chuẩn ISO cho đầu ra và được áp dụng cho toàn bộ mô phỏng trong nghiên cứu này). Kết quả cho thấy, lực sẽ đạt cực đại tại vị trí C với độ biến dạng lớn nhất là 1,2 μ m. Độ biến dạng này là chấp nhận được để đảm bảo máy hoạt động bình thường.



Hình 7. Kết quả mô phỏng biến dạng của con lăn

b. Tính toán cụm vít me trượt

Bản vẽ 3D của cụm vít me trượt và gối đỡ được thể hiện ở Hình 8. Hai gối đỡ cụm vít me (màu xanh) được kết nối với mâm chính (màu vàng). Thông qua chuyển động quay của vít me làm cho đai ốc trên vít me di chuyển, kéo theo má động di chuyển tạo chuyển động tịnh tiến cho mâm cấp.



Hình 8. Cụm vít me trượt và gối đỡ

Đường kính trung bình của vít me [6]:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F_a}{\pi \Psi_H \Psi_h [q]}}$$

Trong đó:

- Lực dọc trục $F_a = 500$ (N);
- Hệ số chiều cao đai ốc $\Psi_H = 1,25$;
- Hệ số chiều cao ren $\Psi_h = 0,75$;
- Áp suất cho phép $[q] = 7$.

Suy ra: $d_2 \geq 4,93$ (mm).

Với hệ số an toàn là 2, ta chọn $d_2 = 10$ (mm).

Chọn $p = 1,75$ để phù hợp với đường kính vít me.

Đề trục vít có tính tự hãm, chọn số mối ren: $z_h = 1$.

Góc vít: $\gamma = \arctg \left[z_h \cdot \frac{p}{\pi d_2} \right] = 3,19^\circ$.

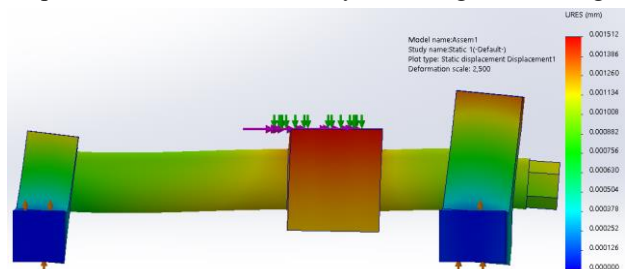
Góc ma sát tương đương: $\rho = \arctg \left(\frac{f}{\cos \delta} \right) = 8,5^\circ$.

Với vật liệu làm đai ốc – vít me là thép – thép nên chọn $f = 0,15$ và ren dạng răng cưa nên $\delta = 3^\circ$.

Vì $\rho > \gamma$ nên trục vít đai ốc có tính tự hãm với lực tác dụng lên đai ốc.

Tải trọng tác động lên trục vít bao gồm tải trọng má động và tải trọng phôi: $\sum m = 28$ (Kg).

Hình 9 thể hiện rõ kết quả mô phỏng biến dạng của vít me trượt. Có thể thấy rằng, khi đặt lực lớn nhất $N_{vmax} = 280$ (N) lên đai ốc thì tại đai ốc sẽ có độ biến dạng lớn nhất với độ lớn là 1,5 μ m. Độ biến dạng này là chấp nhận được để đảm bảo máy hoạt động bình thường.



Hình 9. Kết quả mô phỏng biến dạng của vít me trượt

2.2.2. Tính toán độ bền của khung máy

Khung máy được làm bằng thép hộp có kích thước tổng thể là 3500×520×520 mm. Giả sử tải trọng tác dụng lên máy bao gồm:

- Tải trọng lớn nhất phôi cắt: $m_p = 35$ (kg);
- Tải trọng mâm sau: $m_s = 70$ (kg);

- Tải trọng mâm trước: $m_t = 39$ (kg).

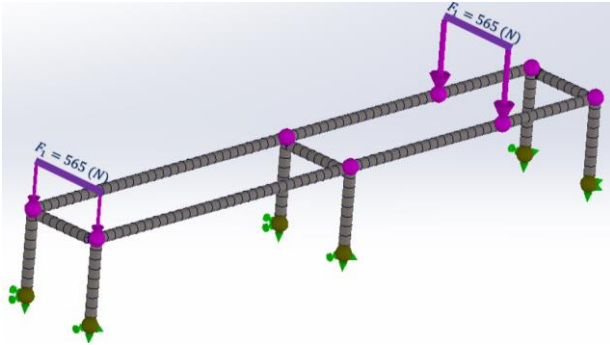
Đối với các kết cấu dạng hộp, ta có thể sử dụng cách chia từng lát để dễ dàng tính toán. Kết quả chia lưới và các điều kiện biên được áp dụng để tính toán độ biến dạng của khung máy được thể hiện ở Hình 10.

Tải trọng tác dụng lên khung máy bao gồm:

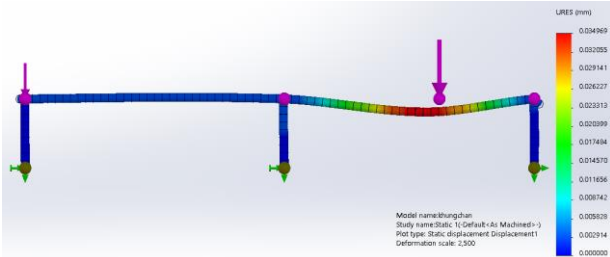
- Tải trọng mâm trước và phôi: $m_1 = 565$ (kg);

- Tải trọng mâm sau và phôi: $m_2 = 875$ (kg).

Suy ra $F_1 = 565$ (N) và $F_2 = 875$ (N)



Hình 10. Chia lưới và đặt điều kiện biên cho khung máy



Hình 11. Kết quả mô phỏng biến dạng của khung máy

Hình 11 thể hiện kết quả mô phỏng tính toán độ biến dạng của khung máy. Dễ dàng thấy, điểm chịu lực lớn nhất là tại vị trí mâm cặp sau với độ biến dạng lớn nhất trên khung xấp xỉ 35 μ m. Giá trị biến dạng này nằm trong khoảng cho phép biến dạng của kết cấu máy.

2.2.3. Thiết kế tính toán bộ truyền động trục X

Hình 12 thể hiện kết cấu 3D của bộ truyền trục X. Với nguồn cắt được sử dụng trong nghiên cứu có tốc độ cắt tối đa là 3000 mm/phút với phôi thép dày 2 mm. Do vậy, lấy tốc độ tối đa cho trục X là: $V_x = 3000$ (mm/phút).

$$F_{ms1} = \mu_t \times N_1 = 0,57 \times 95 \times 10 = 542 \text{ (N)}$$

$$F_{ms2} = \mu_t \times N_2 = 0,57 \times 35 \times 10 = 200 \text{ (N)}$$

Trong đó: μ_t là hệ số ma sát lăn.

Trọng lượng của tải:

$$F = F_a = F_{ms1} + F_{ms2} = 742 \text{ (N)}$$

Trong đó:

Lực dọc trục: F_a .

Công suất làm việc của vít me:

$$P = \frac{F \times V_x}{1000^2 \times p_x} = \frac{742 \times 3000}{1000^2 \times 5} = 0,45 \text{ (kW)}$$

Trong đó:

- $p_x = 5$ là bước của vít me;

- $V_x = 3000$ (v/p) vòng quay tối đa của động cơ.

$$\text{Công suất của động cơ: } P_c = \frac{P}{\mu} = \frac{0,45}{0,89} \approx 0,5 \text{ (KW)}$$

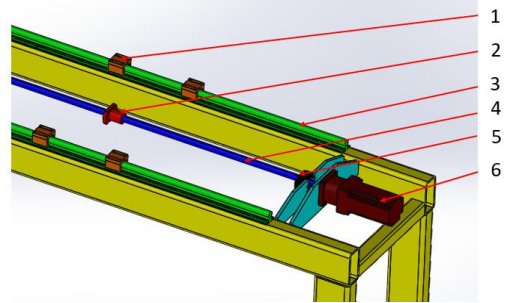
Với $\mu = 0,89$ là tổng hiệu suất của cơ cấu.

Momen xoắn của động cơ:

$$T = \frac{9,55 \times 10^6 \times P_c}{V_v} = \frac{9,55 \times 10^6 \times 0,5}{600} \approx 7958 \text{ (Nmm)}$$

Trong đó: V_v là vận tốc tối đa của vít me.

Chọn động cơ điện cho bộ truyền trục X này là động cơ hai pha loại 86HS8040A4J với momen xoắn là 8,5 (Nm).



Hình 12. Kết cấu bộ truyền trục X

1: Con trượt; 2: Đai ốc vít me bi; 3: Ray trượt; 4: Vít me bi; 5: Gối đỡ vít me bi; 6: Động cơ bước

2.2.4. Thiết kế cụm YZ

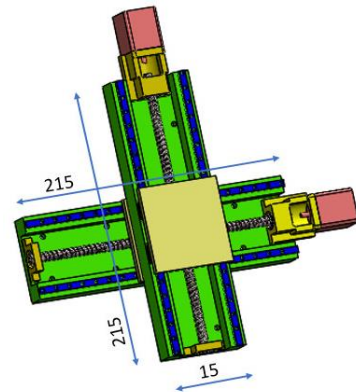
Hình 13 thể hiện kết cấu của cụm YZ. Cụm này được thiết kế dựa trên hai cụm tịnh tiến riêng lẻ được kết nối vuông góc với nhau. Mỗi cụm bao gồm một động cơ bước truyền động cho vít me bi, nhờ hai thanh ray dẫn hướng mà cụm tịnh tiến một cách chính xác.

Phương pháp tính toán của trục YZ cũng giống với phương pháp tính toán của trục X (tại Mục 2.2.3.).

Từ các công thức tính toán ta chọn được vít me dùng cho 2 bộ trục này là vít me bước 10. Momen xoắn của động cơ trục Y và trục Z là:

$$T_Y \approx T_Z \approx 1,08 \text{ (Nm)}$$

Chọn động cơ điện cho bộ truyền trục X và trục Y là động cơ bước 2 pha với momen xoắn là 1,8 (Nm).



Hình 13. Kết cấu cụm YZ

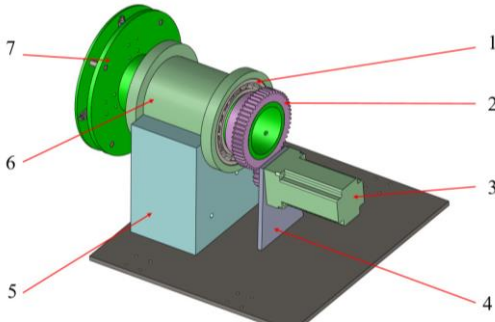
2.2.5. Bộ mâm cặp sau

Hình 14 thể hiện kết cấu 3D của cụm mâm cặp. Nguyên lý hoạt động: Khi phôi được gá trên mâm cặp (7), dưới chuyển động quay của động cơ bước (3) thông qua bộ truyền bánh răng (2) làm quay phôi và mâm cặp (7) trong quá trình gia công.

Để tính chọn ổ lăn cho mâm cặp sau, thì ta có hai cách:

- Chọn kích thước của ổ lăn thông qua khả năng chịu tải trọng tĩnh.
- Chọn ổ lăn thông qua tuổi thọ khi sử dụng ổ lăn.

Trong nghiên cứu này, ổ lăn quay rất chậm khi chịu tải ($n < 10 (v/p)$) và chịu tải liên tục hoặc xung tải gián đoạn nên việc tính toán ổ lăn dựa vào tải trọng tĩnh của nó. Ngoài ra, khi tính toán ổ lăn nhóm tác giả còn quan tâm đến tỷ số giữa số tải trọng tĩnh cơ bản danh định và tải trọng tĩnh tương đương, tạo ra độ an toàn khi xuất hiện biến dạng dư không thể chấp nhận được trên các con lăn và các vòng bi. Từ các yêu cầu về kỹ thuật về việc chọn kích thước ổ lăn, nhóm tác giả đã chọn ổ bi có ký hiệu 16024 của hãng SKF.

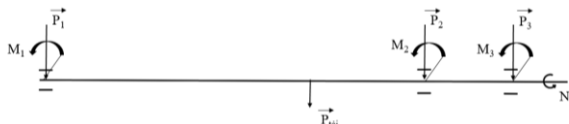


Hình 14. Kết cấu cụm mâm sau

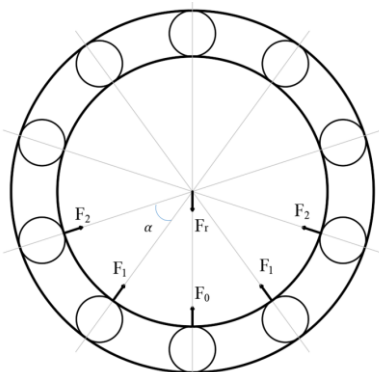
- 1: Ổ lăn; 2: Bộ truyền bánh răng; 3: Động cơ; 4: Giá động cơ;
5: Ổ trục; 6: Giá ổ trục; 7: Trục và mâm trước

2.2.6. Tính chọn động cơ mâm sau

Do trọng lượng của tải $P_{tải}$, trọng lượng của mâm sau, trọng lượng của mâm trước nên trong quá trình hoạt động thì các momen cản sẽ được tạo ra tại vị trí ổ lăn như được thể hiện ở Hình 15. Do đó, động cơ khi thông qua bộ truyền bánh răng phải tạo ra một momen lớn hơn tổng các momen cản để giúp phối chuyển động.



Hình 15. Momen cản trên trục quay mâm sau



Hình 16. Phân bố lực trong ổ lăn

Phương trình cân bằng lực:

$$F_r = F_0 + 2F_1 \cos\alpha + 2F_2 \cos(2\alpha) \dots + 2F_n \cos(n\alpha)$$

Trong đó:

Z: Tổng số con lăn của ổ lăn, ổ lăn 16024 có $Z = 20$;

$$n \leq \frac{Z}{4} - \text{một nửa số con lăn nằm trong vùng chịu tải,}$$

$$n = 5;$$

F_n : Phản lực tại con lăn;

F_z : Tổng phản lực của ổ lăn.

Momen cản của ổ lăn 16024:

$$M_1 = M_2 = F_a \cdot d = F_r \cdot \mu \cdot d = 0,844 (N \cdot m)$$

Với: F_a : lực ma sát của ổ lăn;

d : khoảng cách nhỏ nhất từ con lăn đến tâm,
 $d = 126 \text{ mm}$;

μ : hệ số ma sát, $\mu = 0,006$.

Tương tự cho momen cản tại ổ lăn mâm cặp trước:

$$M_3 = 1,05 (N \cdot m)$$

Tổng momen cản của trục quay:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 = 2,74 (N \cdot m)$$

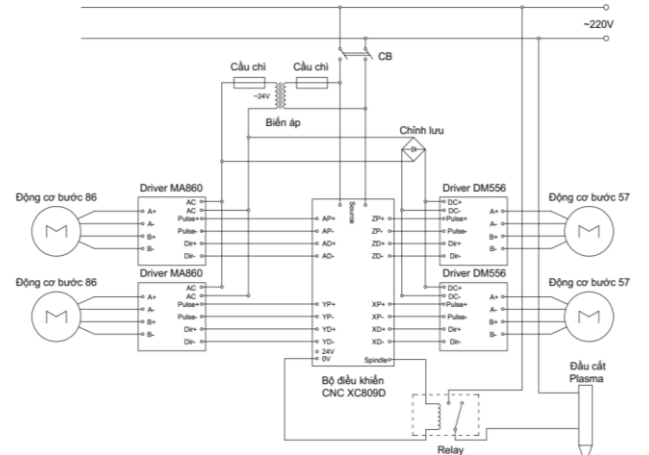
Chọn động cơ bước hai pha 86HS8040A4J với momen xoắn 8,5 (Nm) để đồng bộ với động cơ trục X.

3. Thiết kế hệ thống điều khiển

3.1. Sơ đồ mạch điện

Sơ đồ đấu dây để điều khiển các khối động lực của máy cắt ống Plasma được thể hiện ở Hình 1717. Sau khi đấu dây xong, ta cần phải thực hiện điều chỉnh các bộ driver để có thể điều khiển được các động cơ bước. Đối với driver DM556, cần điều chỉnh dòng điều khiển là 3,3A và đối với driver MA860 là 5,4A thông qua các nút nhấn trên bộ điều khiển.

Trong mạch điện này, do mạch điện bao gồm cả dòng cấp cho bộ điều khiển và dòng cấp cho các động cơ bước của các trục nên rất dễ gây ra hiện tượng quá dòng khi động cơ bị quá tải. Vì vậy, Aptomat (MCB) có vai trò rất quan trọng trong việc bảo vệ mạch. Bên cạnh đó, việc lắp cầu chì trước và sau cũng quan trọng không kém trong việc bảo vệ biến áp và mạch điện. Đối với driver cho động cơ bước 57 dùng dòng một chiều nên khi đấu dây phải chú ý chiều dòng điện, tránh gây hỏng hóc cho driver.



Hình 17. Sơ đồ đấu dây điều khiển các khối động lực của máy

3.2. Hệ thống điều khiển CNC

Bộ điều khiển CNC XC809D (Hình18) được sử dụng trong nghiên cứu này giúp điều khiển các cơ cấu một cách dễ dàng hơn. Bộ điều khiển này có thể điều khiển động cơ

bước và động cơ servo thông qua các driver thông dụng tương ứng như MA860, MA860h, DM556, ... Nó sử dụng bộ vi xử lý hiệu suất cao 32 bit, sử dụng công nghệ điều khiển đa tác vụ thời gian thực và công nghệ nội suy phân cứng, liên kết đầy đủ, thuật toán chuyên tiếp dòng nhỏ tốc độ cao. Độ chính xác nội suy lên đến 0,001mm, tốc độ cao nhất là 30 m/phút. Ngoài ra, người dùng có thể đọc và lưu dữ liệu thông qua qua cổng USB.

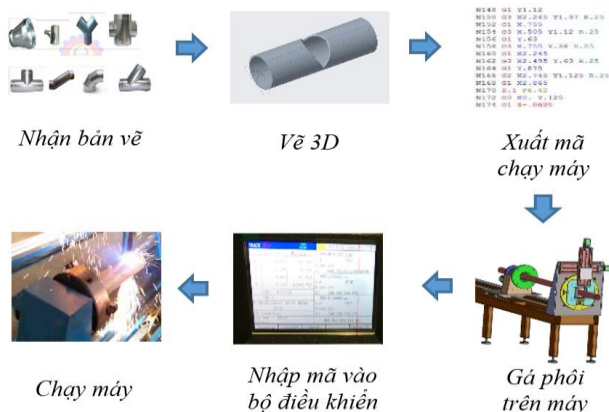
Để có thể tạo G-code cho máy cắt Plasma CNC 4 trục, người dùng có thể dùng các phần mềm cắt ống chuyên dụng như SheetCam, FlashCut, TubeCut hoặc các phần mềm quen thuộc như Creo Parametric hay MasterCam. Trong đề tài này, tác giả sử dụng phần mềm Creo Parametric để có thể tạo mã điều khiển cho 4 trục.



Hình 18. Bộ điều khiển CNC XC809D

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng tổng cộng 4 động cơ bao gồm 2 động cơ bước 86HS8040A4J và 2 động cơ bước 57HS7630. Bộ điều khiển XC809D sẽ điều khiển các động cơ bước thông qua các driver chuyên dụng, đó là: Driver DM556 để điều khiển động cơ 57HS7630 và driver MA860 để điều khiển động cơ 86HS8040A4J. Các driver có thể điều khiển các động cơ bước theo chế độ vi bước gồm 1/2, 1/4, 1/8, ... Để tăng độ chính xác cũng như tránh chọn vi bước quá lớn gây ra việc trượt bước, tác giả chọn vi bước 1/16 có nghĩa là cần 3200 xung để quay một vòng động cơ bước đối với động cơ hai pha 200 bước.

3.3. Vận hành



Hình 19. Quá trình thực hiện cắt ống

Hình 119 và Hình 20 thể hiện quy trình thực hiện cắt ống trên máy cắt ống Plasma CNC 4 trục và hình ảnh thực

tế của sản phẩm được gia công. Sau khi nhận bản vẽ hoặc yêu cầu của khách hàng, chúng ta bắt đầu phát họa chi tiết trên các phần mềm 3D như SolidWorks, Creo... Tiếp đến chuyển qua các phần mềm CAD/CAM để bắt đầu mô phỏng và tạo mã vận hành máy như các file có đuôi NC, Gcode, ... Sau khi có được mã chạy máy, chúng ta bắt đầu gá phôi với toạ độ và các trục phù hợp như trên các phần mềm CAD/CAM đã mô phỏng từ trước. Cuối cùng chúng ta nhập mã vào bộ điều khiển bằng cổng USB hoặc các cổng khác có trên bộ điều khiển và bắt đầu chạy máy.



Hình 20. Hình ảnh thực tế của sản phẩm

4. Bàn luận

4.1. Ưu điểm

Khi mức giá của các máy CNC hoạt động trong công nghiệp trên thị trường hiện nay có thể lên đến hàng trăm triệu, thì với chiếc máy chi phí chỉ chưa tới 60 triệu của tác giả có thể đáp ứng được các yêu cầu hiện nay, không chỉ các doanh nghiệp mà các doanh nghiệp vừa và nhỏ đều có thể tiếp cận sở hữu chiếc máy này. Sản phẩm hoàn toàn đáp ứng được các nhu cầu tự động hoá, tối ưu nhân công làm việc và đem lại hiệu quả cao trong công nghệ sản xuất chế tạo hiện nay. Máy có thể gá nhiều loại phôi từ phôi tròn đến phôi hộp nhờ cụm mâm cặp được thiết kế đặc biệt so với các máy có trên thị trường. Việc ứng dụng bộ điều khiển CNC 4 trục giúp cho người điều khiển máy dễ dàng thao tác và dễ dàng nâng cấp cho các ứng dụng sau này.

4.2. Nhược điểm

Bộ điều khiển của máy là bộ điều khiển 5 trục nhưng hiện tại, máy chỉ đang được thiết kế hoạt động với 4 trục, vì vậy vết cắt chưa được đẹp. Trong quá trình hoạt động, máy còn gặp phải một số vấn đề về độ chính xác khi quay phôi và vấn đề về vết cắt chưa tối ưu. Việc cải tiến sản phẩm để đưa ra thị trường thương mại cần thêm một khoảng thời gian sản phẩm được hoàn thiện nhất.

4.3. Hướng nghiên cứu trong tương lai

- Cải thiện bộ kẹp mâm cặp sau bằng mâm cặp tự định tâm 2x2 để gá phôi một cách chính xác.

- Phát triển cơ cấu máy lên 5 trục để có cắt mép với một góc nghiêng nhất định theo đúng yêu cầu, giúp việc lắp ghép các chi tiết chính xác hơn.

- Ngoài ra, có thể nâng cấp thêm cơ cấu cấp phôi tự động và sử dụng hệ thống kẹp phôi bằng khí nén, nâng cao sự tự động hóa trong sản xuất.

- Đánh giá các thông số kỹ thuật quan trọng của máy như tần số riêng [8], [9], [13], mất cân bằng động [14]-[15].

5. Kết luận

Nhóm tác giả đã thiết kế và chế tạo thành công máy cắt ống Plasma CNC 4 trục. Có thể cắt các biên dạng từ đơn giản đến phức tạp với độ sai số thấp. Máy chạy ổn định và có thể đưa vào sản xuất hàng loạt. Máy cắt ống Plasma CNC 4 trục không những giúp cho doanh nghiệp tiết kiệm rất nhiều thời gian trong quá trình thi công các công trình sử dụng ống thép mà còn đem lại độ thâm mỹ cao hơn và nâng cao chất lượng lắp đặt thi công của phân xưởng. Không chỉ để cho một doanh nghiệp nào đó sử dụng, mà máy cắt ống Plasma còn có thể mang lại nhiều giá trị cho hầu hết các công ty, phân xưởng sử dụng thép ống, một loại thép không thể thiếu hiện nay. Với việc phát triển máy cắt Plasma, nhóm tác giả tin rằng nó giúp nâng cao chất lượng và sự phát triển cho ngành cơ khí của đất nước.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Công ty TNHH SX-TM Cơ khí Bách khoa, Đà Nẵng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kudrna, Lukas, Fries, Jiri and Merta, Marek. "Influences on plasma cutting quality on CNC machine" *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, vol.2, no.1, 2019, pp.108-117.
- [2] N. Sanajit and A. Jangwanitlert, "Improved performance of a plasma cutting machine using a half-bridge dc/dc converter", *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, 2009, pp. 1601-1606.
- [3] N. Sanajit and A. Jangwanitlert "A Three Level dc/dc converter for plasma cutting applications", *Proceedings of the 30 Electrical Engineering Conference*, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2007, pp. 508-511.
- [4] Công ty TNHH Giải pháp Thiên Long, "Máy cắt plasma Thép Hình CNC HDF-5060", Solution, 2022, [Online] Available: <https://giaiphapthienlong.vn/may-cat-plasma-thep-hinh-cnc-hdf-5060-p570.html>, 2/12/2022.
- [5] Công ty TNHH Thương Mại Ngọc Phương Nguyên, "Máy cắt Laser ống hộp CM600LA", NPN, 2022, [Online] Available: <https://vncongnghe.com/san-pham/may-cat-laser-ong-hop-cm600la>, 2/12/2022.
- [6] Trịnh Chất – Lê Văn Uyển, *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, Tập 1*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2006.
- [7] Nguyễn Trọng Hiệp, *Chi tiết máy tập 2*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2000.
- [8] Le, Hoai Nam, Phuoc Vinh Dang, Anh-Duc Pham, and Nhu Thanh Vo. "System identifications of a 2DOF pendulum controlled by QUBE-servo and its unwanted oscillation factors", *Archive of Mechanical Engineering*, Vol. 67, 2020, pp. 435-450.
- [9] Dang, P.V., Vo, N.T., Le, H.N., Pham, A.D., Ngo, T.N., Doan, L.A. "On the Impact Test Methodology for the Quick Estimation of Natural Frequency of the Mechanical Systems". *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Singapore, 2021, https://doi.org/10.1007/978-981-15-9505-9_19, pp. 191-201.
- [10] Nguyễn Văn Yên, *Giáo trình truyền động cơ khí*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2019.
- [11] Lưu Đức Bình, *Kỹ thuật gia công cơ*, Nhà xuất bản Xây dựng, 2019.
- [12] Lưu Đức Bình, *Kỹ thuật đo cơ khí*, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- [13] Đặng Phước Vinh, Trần Phước Thanh, "Bản thí nghiệm cỡ nhỏ để xác định các thông số động học của máy quay", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 7(128).2018, 2018, trang 71-74.
- [14] Đặng Phước Vinh, Lê Hoài Nam, "Mô phỏng số một hệ thống máy có các chi tiết quay đơn giản bằng phương pháp phần tử hữu hạn", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 17 (7), 2019, trang 5-9.
- [15] Đặng Phước Vinh, Phạm Anh Đức, Võ Như Thành, "Xác định sự mất cân bằng động trong hệ thống trục quay - ô bi bằng thực nghiệm", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 18(7), 2020, trang 101-105.