

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA CƠ KHÍ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP  
NGÀNH: CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY

THIẾT KẾ MÁY CẮT PLASMA CNC

*Giáo viên hướng dẫn:* ThS. NGUYỄN THANH TÙNG

*Sinh viên thực hiện:* NGUYỄN TIẾN ĐẠT

*Lớp:* 21C1C

Đà Nẵng, 2025

## TÓM TẮT

Tên đề tài: **Thiết kế máy cắt Plasma CNC**

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Tiến Đạt

Số thẻ SV: 101210158      Lớp: 21C1C

Đề tài ban đầu giới thiệu về một số loại máy cắt CNC đang được sử dụng hiện nay. Từ đó phân tích để đưa ra các phương án phù hợp để tiến hành thiết kế để giải quyết vấn đề đặt ra là cắt các loại ống tròn, hộp vuông, chữ nhật theo các biên dạng khác nhau từ bản vẽ.

Thuyết minh trình bày đầy đủ các bước chọn phương án, tính toán, thiết kế và lựa chọn các thành phần có trong hệ thống.

Phạm vi đề tài: Đề tài nghiên cứu, thiết kế sản phẩm thực tế. Hệ thống thực tế hướng tới độ ổn định, chính xác và đáp ứng được yêu cầu bài toán mà các công ty đặt ra.

## LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời đại công nghiệp hóa, hiện đại hóa hiện nay, khoa học kỹ thuật đóng một vai trò vô cùng quan trọng đối với đời sống của con người. Việc sử dụng máy móc trong sản xuất không chỉ giải phóng sức lao động của con người mà còn góp phần tăng năng suất, thúc đẩy nền kinh tế phát triển. Do vậy, công việc thiết kế chế tạo và cải tiến các loại máy móc phục vụ cho nhu cầu sản xuất là điều vô cùng cần thiết, đòi hỏi người kỹ sư phải có kiến thức sâu rộng về cơ khí, điện tử, tự động hóa, ...

Trong các ngành công nghiệp cơ khí chế tạo hiện nay, các loại máy CNC được ứng dụng rất phổ biến. Các chi tiết cơ khí hiện nay đòi hỏi độ chính xác cực kỳ cao khi gia công. Các loại máy cắt CNC, đặc biệt là cắt bằng tia Plasma giúp cho năng suất sản xuất tăng cao, tránh được nhiều rủi ro lao động khi gia công bằng các phương pháp truyền thống.

Từ thực tế đó cùng với yêu cầu đặt ra, tôi đã tiến hành nghiên cứu, thiết kế máy cắt ống bằng tia Plasma giúp cho quá trình sản xuất của công ty được thuận tiện hơn, nâng cao năng suất. Đây là cơ hội cho tôi áp dụng các kiến thức đã được học để giải quyết bài toán đặt ra, là nền tảng giúp ích cho công việc sau khi tốt nghiệp. Tuy nhiên, do năng lực và thời gian nghiên cứu còn hạn chế nên trong quá trình thực hiện không thể tránh khỏi những thiếu sót. Do vậy tôi rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến từ quý Thầy để đồ án của chúng tôi được hoàn thiện hơn. Tôi xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ của các Thầy trong Khoa Cơ khí, sự hướng dẫn tận tình của Thầy ThS. Nguyễn Thanh Tùng đã giúp tôi hoàn thành tốt đồ án này.

Đà Nẵng, ngày 12 tháng 06 năm 2025

Nguyễn Tiến Đạt

## Mục lục

<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Giới thiệu chung về máy CNC .....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Tổng quan về máy CNC .....	3
1.1.2. Khái niệm.....	4
1.1.3. Lịch sử hình thành và phát triển.....	5
<b>1.2. Tìm hiểu về máy cắt CNC sử dụng tia Plasma.....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Tia Plasma .....	7
1.2.2. Khái quát về công nghệ cắt bằng tia Plasma.....	7
1.2.3. Máy cắt CNC bằng tia Plasma .....	8
1.2.4. Ứng dụng của máy cắt CNC bằng tia Plasma.....	8
<b>1.3. Giới thiệu đề tài.....</b>	<b>9</b>
1.3.1. Nghiên cứu, thiết kế cắt ống CNC bằng tia Plasma.....	9
1.3.2. Đặc điểm kỹ thuật, yêu cầu của sản phẩm .....	9
<b>1.4. Tính cấp thiết của đề tài.....</b>	<b>10</b>
<b>CHƯƠNG 2: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Các cơ cấu chính của máy cắt Plasma.....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Cơ cấu của máy.....	11
2.1.2. Phạm vi hoạt động của máy .....	11
<b>2.2. Nguyên lí hoạt động .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế .....</b>	<b>13</b>
2.3.1. Phương án thiết kế mâm cặp trước.....	13
2.3.2. Phương án chọn mâm cặp sau.....	15
2.3.3. Phương án thiết kế hệ truyền động các trục .....	16
2.3.4. Phương án chọn động cơ.....	18
<b>2.4. Thiết kế hệ thống cơ khí .....</b>	<b>20</b>
2.4.1. Thiết kế khung máy .....	20
2.4.2. Thiết kế và tính toán bộ truyền động trục X .....	21

2.4.3. Thiết kế và tính toán bộ truyền động trục Y .....	30
2.4.4. Thiết kế và tính toán bộ truyền động trục Z .....	35
2.4.5. Thiết kế và tính toán mâm cặp trước .....	41
2.4.6. Thiết kế và tính toán mâm cặp sau .....	47
<b>CHƯƠNG 3: GIỚI THIỆU HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1. Giới thiệu hệ thống điều khiển .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2. Các loại bộ điều khiển phổ biến hiện nay .....</b>	<b>57</b>
3.2.1. Bộ điều khiển ĐCS EXPRT .....	57
3.2.2. Bộ điều khiển XC809D .....	57
3.2.3. Bộ điều khiển Mach 3.....	58
<b>3.3. Các thông số của động cơ và bộ điều khiển .....</b>	<b>59</b>
3.3.1. Động cơ bước .....	64
3.3.2. Bộ điều khiển động cơ bước 60.....	65
3.3.3. Bộ điều khiển động cơ Step 86.....	66
<b>CHƯƠNG 4: AN TOÀN TRONG VẬN HÀNH VÀ BẢO DƯỠNG MÁY .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1. An toàn trong vận hành .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2. Hướng phát triển .....</b>	<b>68</b>
<b>4.3. Những hạn chế của máy .....</b>	<b>68</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>69</b>

## Danh mục hình ảnh

Hình 1.1: Máy cắt laser CNC (Nguồn: Internet).....	3
Hình 1.2: Máy khắc gỗ CNC (Nguồn: Internet) .....	4
Hình 1.3: Máy NC đầu tiên (Nguồn: Internet).....	6
Hình 1.4: Tia Plasma (Nguồn: Internet).....	7
Hình 1.5: Gia công bằng tia Plasma (Nguồn: Internet).....	8
Hình 1.6: Các sản phẩm gia công CNC bằng tia Plasma (Nguồn: Internet) .....	8
Hình 1.7: Các sản phẩm gia công CNC bằng tia Plasma (Nguồn: Internet) .....	9
Hình 1.8: Các dạng phôi gia công (Nguồn: Internet).....	9
Hình 1.9: Máy cắt ống CNC Plasma trong công nghiệp (Nguồn: Internet).....	10
Hình 2.1: Sơ đồ tổng quát cơ cấu hệ thống cơ khí.....	11
Hình 2.2: Quá trình gia công sản phẩm.....	12
Hình 2.3: Gá phôi chính xác trên máy (Nguồn: Internet) .....	12
Hình 2.4: Bộ điều khiển CNC 5 trục (Nguồn: Internet).....	13
Hình 2.5: Mâm cặp 4 chấu tự định tâm (Nguồn: Internet).....	13
Hình 2.6: Mâm cặp 4 chấu không tự định tâm (Nguồn: Internet).....	14
Hình 2.7: Mâm cặp 4 chấu định tâm theo trục (Nguồn: Internet).....	14
Hình 2.8: Mâm cặp 4 chấu tự định tâm (Nguồn: Internet).....	15
Hình 2.9: Mâm cặp 3 chấu tự định tâm (Nguồn: Internet).....	16
Hình 2.10: Bộ truyền đai răng (Nguồn: Internet).....	16
Hình 2.11: Bộ truyền bánh răng - thanh răng (Nguồn: Internet).....	17
Hình 2.12: Bộ truyền vítme đai ốc bi (Nguồn: Internet).....	18
Hình 2.13: Động cơ bước 2 pha (Nguồn: Internet).....	18
Hình 2.14: Động cơ servo (Nguồn: Internet) .....	19
Hình 2.15: Hình ảnh 3D của khung máy.....	20
Hình 2.18: Hệ dẫn động trục X.....	22
Hình 2.19: Đồ thị xác định ứng suất lớn nhất $\sigma_{max}$ .....	25
Hình 2.21: Bộ truyền trục Y.....	27
Hình 2.22: Thiết kế mâm cặp trước .....	35
Hình 2.23: Sơ đồ động học mâm cặp trước.....	36
Hình 2.24: Biểu thị lực con lăn .....	36
Hình 2.25: Biểu đồ momen của con lăn .....	37
Hình 2.26: Biểu đồ momen của con lăn.....	37

Hình 2.31: Phân tích lực tác dụng trên hai trục đỡ .....	40
Hình 2.32: Phân tích trên trục đỡ thứ nhất.....	40
Hình 2.33: Biểu đồ momen trên trục theo mặt phẳng Oxy (Đơn vị: Nmm) .....	40
Hình 2.34: Biểu đồ momen trên trục theo mặt phẳng Oxz (Đơn vị: Nmm).....	40
Hình 2.35: Hình vẽ 3D cụm mâm cặp sau .....	41
Hình 2.36: Sơ đồ động học mâm cặp sau.....	42
Hình 2.37: Ổ lăn16024 (Nguồn: Internet).....	42
Hình 2.38: Thiết kế mâm cặp sau.....	43
Hình 2.39: Cụm động cơ.....	44
Hình 2.40: Quá trình quay phôi .....	44
Hình 2.41: Biểu đồ lực cản ổ lăn.....	45
Hình 2.42: Phân bố lực trên các con lăn (Nguồn: Internet) .....	45
Hình 2.43: Mâm cặp trước .....	47
Hình 2.44: Biểu đồ lực của ổ lăn 6020.....	47
Hình 3.2: Bộ điều khiển DDCS EXPERT (Nguồn: Internet) .....	51
Hình 3.3: Bộ điều khiển XC809D (Nguồn: Internet).....	51
Hình 3.4: Bộ điều khiển Mach 3 (Nguồn: Internet) .....	52
Hình 3.5: Bộ điều khiển XC809D (Nguồn: Internet).....	53
Hình 3.6: Động cơ bước 86 (Nguồn: Internet).....	59

## DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

### KÝ HIỆU:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### CHỮ VIẾT TẮT:

.....

.....

.....

.....

### Ghi chú:

- Ký hiệu: mỗi mục ký hiệu gồm ký hiệu và phần tên gọi, diễn giải ký hiệu.
- Cụm từ viết tắt là các chữ cái và các ký hiệu thay chữ được viết liền nhau, để thay cho một cụm từ có nghĩa, thường được lặp nhiều lần trong đồ án.

# Thiết kế máy cắt CNC Plasma

## MỞ ĐẦU

**Mục đích thực hiện đề tài:** Nghiên cứu, thiết kế máy cắt ống CNC bằng tia Plasma.

**Mục tiêu đề tài:** Củng cố lại những kiến thức đã học vào thực tế từ thiết kế chế tạo cơ khí, mạch điện, lập trình, ... Qua đó, hiểu rõ hơn về ngành học cũng như những công việc trong tương lai, để từ đó bổ sung thêm kiến thức và rút kinh nghiệm sau này.

### **Phạm vi và đối tượng nghiên cứu:**

**Phạm vi:** Hệ thống bao gồm những thành phần chính như: Khung, cơ cấu mâm cặp sau tự định tâm, cơ cấu mâm cặp trước, cơ cấu di chuyển đầu cắt, cơ cấu di chuyển cụm mâm cặp sau, hệ thống điều khiển CNC. Mô hình có khả năng áp dụng trong thực tế, công nghiệp.

**Đối tượng:** hệ thống điều khiển CNC, cơ cấu mâm cặp tự định tâm, cơ cấu hoạt động chính các trục máy CNC, các cơ cấu truyền động.

- Phương pháp nghiên cứu: Vận dụng các kiến thức đã học từ các môn liên quan trong suốt quá trình học từ cơ khí, điện tử và lập trình để tiến hành làm mô hình. Đồng thời nghiên cứu, học hỏi từ các nguồn khác nhau (internet, sách, bài chia sẻ, ...).
- Nghiên cứu lý thuyết: Nghiên cứu hệ thống truyền động, lập trình cho PLC, ...
- Nghiên cứu thiết kế: Tính toán và thiết kế các chi tiết cho hệ thống

**Cấu trúc đồ án tốt nghiệp:** Gồm 4 chương:

Chương 1: Tổng quan đề tài

Chương 2: Tính toán thiết kế hệ thống cơ khí

Chương 3: Giới thiệu hệ thống điều khiển

Chương 4: An toàn trong vận hành và bảo dưỡng máy

Tài liệu tham khảo

## CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

### 1.1. Giới thiệu chung về máy CNC

#### 1.1.1. Tổng quan về máy CNC

Tự động hóa quá trình sản xuất là một trong những yêu cầu bức xúc hiện nay đối với các doanh nghiệp sản xuất trong và ngoài nước ở hầu hết các lĩnh vực. Đối với lĩnh vực sản xuất cơ khí thì đây cũng là một trong những yêu cầu cấp thiết nhằm tiến đến “tăng năng suất, nâng cao chất lượng, hạ giá thành sản phẩm”.



Hình 1.1: Máy cắt laser CNC (Nguồn: Internet)

Nhiều doanh nghiệp đã và đang đầu tư để đổi mới công nghệ, ứng dụng công nghệ cao, công nghệ tiên tiến trong sản xuất. Tuy nhiên, do hạn chế về khả năng tự nghiên cứu công nghệ mới, năng lực vốn đầu tư gặp có nhiều khó khăn... dẫn đến chậm đổi mới công nghệ.

Hiện nay nhu cầu về máy CNC phục vụ công nghiệp và các ngành sản xuất khác là rất lớn, doanh nghiệp thiết kế máy trong nước chỉ đáp ứng một phần nhỏ. Chủ yếu là nhập khẩu máy CNC mới từ nước ngoài về hay nhập máy cũ về. Đối với quá trình khắc CNC thì việc tiếp xúc trực tiếp tại chỗ làm việc là cực kỳ tốn thời gian mất an toàn và ảnh hưởng tới sức khỏe: môi trường bị ô nhiễm nặng (bột gỗ, khói...) nguy hiểm cho mắt, da, phổi..., nguy cơ xảy ra tai nạn lao động cao, tốn thời gian rất nhiều để hoàn thành xong một sản phẩm... Nên điều khiển gián tiếp là biện pháp hiệu quả nhất. Máy sẽ được đặt trong môi trường kín sẽ đảm bảo an toàn lao động cho công nhân khi làm việc.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Trong tình hình hội nhập với nền kinh tế thế giới cùng với sự cạnh tranh gắt gao từ các nhà sản xuất nước ngoài. Điều này đòi hỏi các nhà sản xuất trong nước cần phải nâng cao năng lực cạnh tranh của sản phẩm hơn nữa bằng cách cải tiến và đầu tư máy móc, trang thiết bị an toàn, bảo vệ sức khỏe công nhân để phục vụ sản xuất. Đặc biệt là trong tình hình lao động hiện nay, nguồn lao động có tay nghề trong ngành cơ khí đang thiếu hụt trầm trọng. Chính vì điều này mà hiện nay vấn đề đặt ra là: để phát triển ngành sản xuất cơ khí trong nước thì việc trang bị các máy móc tự động phục vụ một phần cho công việc trong quá trình sản xuất là vô cùng quan trọng.

Ngoài các lý do như trên thì việc thiết kế, chế tạo và sử dụng thiết bị CNC còn là tiền đề cho việc phát triển lĩnh vực cơ khí tự động hóa trong sản xuất, hưởng ứng phong trào thiết kế máy CNC phục vụ trong nước của nước ta.

### 1.1.2. Khái niệm

CNC (Computer Numerical Control) xuất hiện vào khoảng đầu thập niên 1970 khi máy tính bắt đầu được dùng ở các hệ điều khiển máy công cụ thay cho NC, Numerical Control (Điều khiển số). CNC đề cập đến việc điều khiển bằng máy tính các máy móc với mục đích sản xuất (có tính lặp lại) các bộ phận kim khí (hay các vật liệu khác) phức tạp, bằng cách sử dụng các chương trình viết bằng ký hiệu chuyên biệt theo tiêu chuẩn EIA-274-D, thường gọi mã G. CNC được phát triển cuối thập niên 1940 đầu thập niên 1950 ở trong phòng thí nghiệm Servomechanism của trường MIT.



Hình 1.2: Máy khắc gỗ CNC (Nguồn: Internet)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Trước khoảng thời gian này, các chương trình NC thường phải được mã hoá và xử lý trên các băng đục lỗ, hệ điều khiển các trục máy chuyên động. Cách này đã cho thấy nhiều bất tiện, chẳng hạn khi sửa chữa, hiệu chỉnh chương trình, băng chóng mòn, khó lưu trữ, truyền tải, dung lượng bé... Hệ điều khiển CNC khắc phục các nhược điểm trên nhờ khả năng điều khiển máy bằng cách đọc hàng loạt ngàn bit thông tin được lưu trữ trong bộ nhớ, cho phép giao tiếp, truyền tải và xử lý, điều khiển các quá trình một cách nhanh chóng, chính xác.

Sự xuất hiện của các máy CNC đã nhanh chóng thay đổi việc sản xuất công nghiệp. Các đường cong được thực hiện dễ dàng như đường thẳng, các cấu trúc phức tạp 3 chiều cũng dễ dàng thực hiện, và một lượng lớn các thao tác do con người thực hiện được giảm thiểu. Việc gia tăng tự động hóa trong quá trình sản xuất với máy CNC tạo nên sự phát triển đáng kể về chính xác và chất lượng. Kỹ thuật tự động của CNC giảm thiểu các sai sót và giúp người thao tác có thời gian cho các công việc khác. Ngoài ra còn cho phép linh hoạt trong thao tác các sản phẩm và thời gian cần thiết cho thay đổi máy móc để sản xuất các linh kiện khác. Trong môi trường sản xuất, với nhiều loại máy CNC được ra đời nhằm đáp ứng nhu cầu của thị trường và trong đó có máy khắc gỗ CNC, nhằm đáp ứng về việc gia công gỗ một cách hiệu quả và chính xác nhất có thể.

### ***1.1.3. Lịch sử hình thành và phát triển***

Trước đây, các chi tiết máy hoặc khuôn mẫu phức tạp thường được chia thành những phần nhỏ, đơn giản. Sau đó, chúng được ghép nối lại với nhau thành chi tiết hoàn chỉnh bằng phương pháp hàn, tán. Việc gia công này không đảm bảo độ chính xác cao, chi phí tốn kém. Vì vậy, việc áp dụng điều khiển số vào máy công cụ là một bước tiến nhảy vọt về công nghệ gia công. Nó đảm bảo độ chính xác cao, có thể gia công được các chi tiết phức tạp.

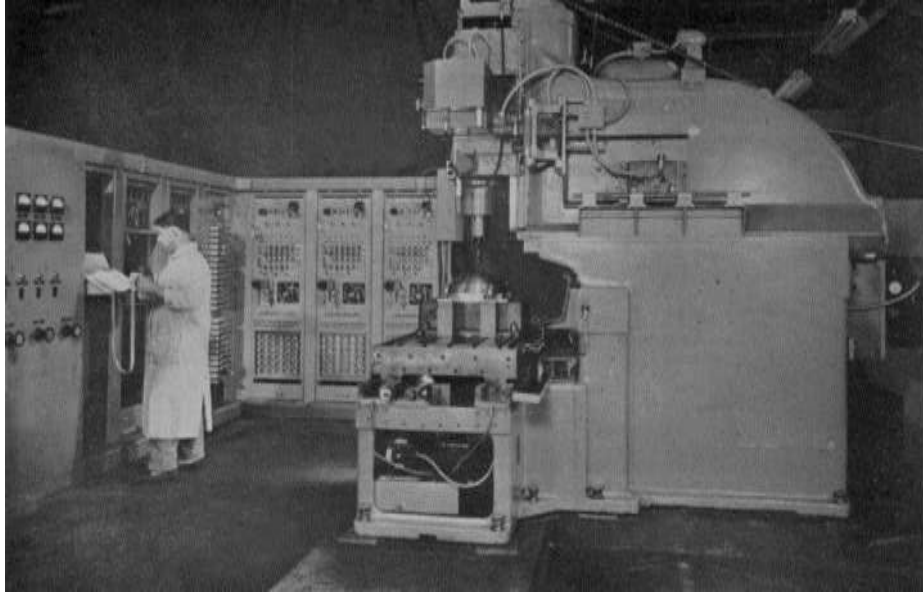
Vào những năm 80 của thế kỉ 19, những tấm thẻ đục lỗ được sử dụng trong khung cử ngành dệt. Trước đó, trong ngành công nghiệp dầu mỏ và hóa chất đã sử dụng khái niệm này để điều khiển quá trình. Những mẫu đàn piano cổ cũng sử dụng nguyên lý điều khiển kiểu NC.

Mẫu đầu tiên của máy công cụ điều khiển số NC – Numerical Control do Viện công nghệ Massachusetts – Mỹ thiết kế và chế tạo năm 1949 theo đặt hàng của Không lực Hoa Kỳ để sản xuất các chi tiết phức tạp và chính xác của máy bay. Năm 1952, chế tạo thành công máy 3 trục và đến năm 1964 có 3500 chương trình NC được sử dụng. Tuy nhiên, các bộ điều khiển số đầu tiên dùng đèn điện tử nên tốc độ xử lý chậm, tiêu

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

tốn nhiều năng lượng, kích thước lớn. Không có màn hình giao diện nên việc điều khiển gặp nhiều khó khăn.

Khi công nghệ bán dẫn phát triển, việc ứng dụng công nghệ bán dẫn làm máy NC gọn hơn, tốc độ xử lý cao hơn... Các băng đục lỗ thay bằng đĩa từ. Nhưng tính năng sử dụng của máy NC vẫn chưa được cải thiện.



Hình 1.3: Máy NC đầu tiên (Nguồn: Internet)

Sự xuất hiện IC (1959), LSI (1965), Vi xử lý (1974) và các tiến bộ kỹ thuật về lưu trữ và xử lý thay đổi to lớn trong sự phát triển của máy công cụ. Các bộ điều khiển trên máy công cụ được tích hợp máy tính. Việc điều khiển thông qua bàn phím và giao diện màn hình máy tính nên dễ dàng hơn.

Chúng ta đã có bước tiến từ ống chân không và máy cơ khí lặp lại tới công nghệ cao dòng điện tích hợp dày đặc. Khả năng của điều khiển tới phát sinh của 3 kích thước tạo hình được mở rộng. Ngày nay, bộ vi xử lý điều khiển (CNC) có khả năng xử lý cao. Nó có thể đưa ra lệnh điều khiển, cất giữ, phân tích chương trình và giao diện với người sử dụng. Đồng thời nó có thể giám sát chất lượng sản phẩm, thay đổi dụng cụ khi cần thiết và truyền thông với các máy tính khác, robot như việc tải và gửi chương trình. Những máy CNC có thể phân tích những vấn đề bên trong và cảnh báo cho người sử dụng biết những vấn đề nguy hiểm. Sự khác nhau lớn nhất giữa máy NC và CNC là khả năng của bộ điều khiển. Máy NC không có khả năng phân tích, giám sát như máy CNC.

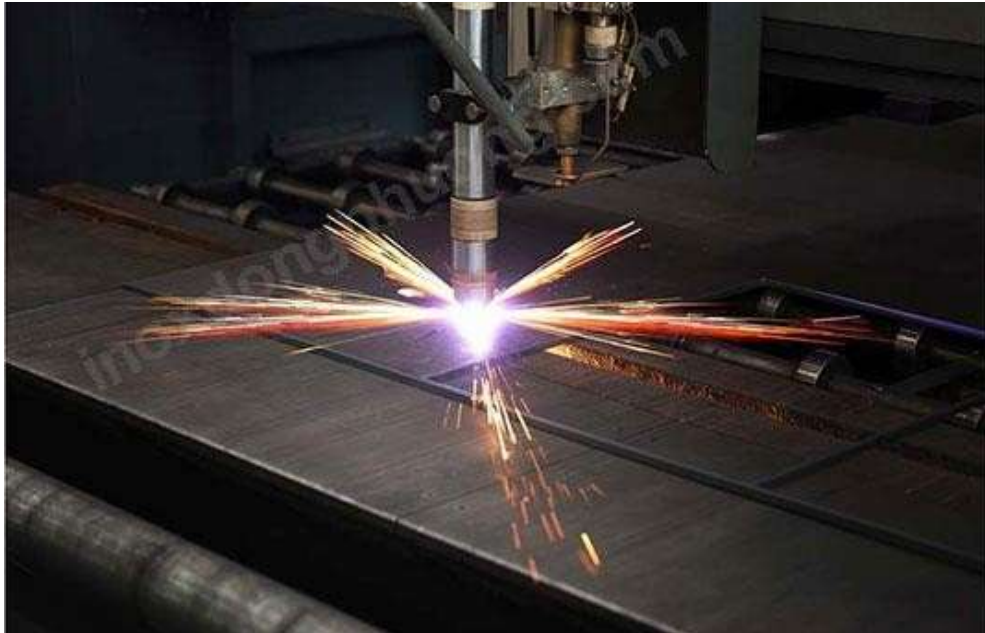
Chính vì những tính năng nổi bật của máy CNC mang lại nên chúng được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới. Ở nước ta, trong nhiều năm qua nhà nước đã đầu tư nhiều nhằm mục tiêu tạo ra thiết bị CNC.

### 1.2. Tìm hiểu về máy cắt CNC sử dụng tia Plasma

#### 1.2.1. Tia Plasma

Plasma là tập hợp các hạt tích điện bao gồm số lượng các ion dương và các điện tử có tính dẫn điện tốt. Plasma được hình thành khi vật chất được ion hóa cực mạnh đến mức các phân tử hay nguyên tử chỉ còn lại hạt nhân và các điện tử chuyển động tự do giữa các hạt nhân đó.

Plasma có khả năng tạo ra một nhiệt lượng vô cùng lớn cỡ khoảng 10.000 – 15.000 °C và khi dòng khí thoát ra khỏi đầu Plasma thì nó có khả năng thổi bay tất cả các kim loại mà nó đi qua. Do đó, nó được sử dụng phổ biến trong công nghệ cắt Plasma CNC.



Hình 1.4: Tia Plasma (Nguồn: Internet)

Ngày nay, hiện có 4 loại khí có thể tạo nên tia Plasma đó là không khí, khí Nito, khí Oxy, khí Argon – Hydro. Với mỗi loại khí khác nhau tương ứng sẽ tạo nên những dòng Plasma khác nhau thích hợp với từng bề mặt cắt kim loại. Trong đó không khí là loại khí được sử dụng phổ biến nhất trong các loại khí kể trên.

#### 1.2.2. Khái quát về công nghệ cắt bằng tia Plasma

Công nghệ cắt Plasma CNC được ra đời cách đây khoảng hơn 50 năm, cho phép chúng ta ứng dụng nguyên lý hoạt động của tia Plasma để thực hiện quá trình cắt kim loại mang lại bề mặt cắt có độ chính xác cao đáp ứng yêu cầu của khách hàng. Hiện nay, trên thị trường có 2 loại thiết bị cắt Plasma tiêu biểu là máy cắt Plasma bằng tay và máy cắt Plasma CNC.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma



Hình 1.5: Gia công bằng tia Plasma (Nguồn: Internet)

Công nghệ Plasma hoạt động theo nguyên lý sử dụng các chất khí không có tính chất dẫn điện ở trạng thái thường nhưng khi cung cấp cho chúng một năng lượng đủ lớn để ion hóa các nguyên tử khí thì chúng trở nên dẫn điện.

Quá trình Oxy hóa xảy ra cực mạnh và các dòng khí được cung cấp năng lượng liên tục sẽ tạo ra dòng Plasma. Tia Plasma lúc này sẽ được dẫn đến đầu mặt cắt và có khả năng đánh thủng kim loại có độ dày khác nhau tùy thuộc vào nguồn cung cấp cũng như cấu tạo máy cắt CNC.

### ***1.2.3. Máy cắt CNC bằng tia Plasma***

CNC là hệ thống lập trình tự động điều khiển bằng máy tính. Máy cắt CNC Plasma là thiết bị hoạt động dựa trên quá trình số hóa, hệ thống điều khiển tự động sẽ di chuyển mỏ cắt Plasma theo bản vẽ mẫu đã được cài đặt sẵn trên máy tính. Nhờ đó, loại máy cắt này có thể giúp quá trình cắt khác kim loại trở nên nhanh chóng hơn nhưng vẫn đảm bảo được độ chính xác của sản phẩm cuối cùng.

### ***1.2.4. Ứng dụng của máy cắt CNC bằng tia Plasma***

Thay vì sử dụng các biện pháp sản xuất thô sơ, có rất nhiều dụng cụ có thể chế tác bằng máy cắt Plasma một cách dễ dàng. Hiện nay những dụng cụ ta thường bắt gặp như bản lề cửa, gàu tát nước, thùng, xô chậu kim loại đều được cắt, chế tác bằng máy Plasma CNC.



Hình 1.6: Các sản phẩm gia công CNC bằng tia Plasma (Nguồn: Internet)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Sản xuất các ngành vật tư quảng cáo: máy cắt CNC Plasma tự động có thể cắt được những chi tiết nhỏ, tinh xảo trên biển quảng cáo. Bên cạnh đó, loại máy cắt này còn có thể cắt chữ kim loại theo bất kỳ hình dáng và kích thước nào, đáp ứng được yêu cầu của doanh nghiệp và khách hàng. Biển quảng cáo được sản xuất từ máy cắt Plasma có tính thẩm mỹ cao, thời gian cắt được rút ngắn đáng kể so với cách chế tạo thủ công.

Gia công đồ mỹ thuật: với khả năng gia công có độ chính xác cao, máy cắt CNC Plasma có thể gia công các đồ mỹ thuật với năng suất cao, tiết kiệm chi phí so với các phương pháp gia công truyền thống.



Hình 1.7: Các sản phẩm gia công CNC bằng tia Plasma (Nguồn: Internet)

### 1.3. Giới thiệu đề tài

#### 1.3.1. Nghiên cứu, thiết kế máy cắt ống CNC bằng tia Plasma

Các chi tiết cần gia công cần được thiết kế trên bản vẽ 3D. Sau đó được đưa vào phần mềm xuất code cần để chạy máy CNC. Từ đó, file code gia công sẽ được đưa vào bộ điều khiển để tiến hành gia công theo yêu cầu.

#### 1.3.2. Đặc điểm kỹ thuật, yêu cầu của sản phẩm

- Ống tròn đường kính dưới 150 mm;
- Hộp vuông có kích thước  $A \times A$  ( $A \leq 100$  mm);
- Thép chữ V có kích thước  $A \times A$  ( $A \leq 100$ mm);
- (Độ dày các sản phẩm  $\leq 8$  mm).



Hình 1.8: Các dạng phôi gia công (Nguồn: Internet)

### 1.4. Tính cấp thiết của đề tài

Máy cắt CNC bằng tia Plasma trong công nghiệp ngày nay đóng góp một phần lớn cho năng suất, sản lượng của các doanh nghiệp. Không chỉ là gia công các chi tiết cơ khí cần thiết mà cần phải đảm bảo tốc độ nhanh, đảm bảo năng suất, phù hợp với các ứng dụng của doanh nghiệp. Độ chính xác cũng là yếu tố rất quan trọng cần được cải thiện để sản phẩm chế tạo đạt hiệu quả nhất.



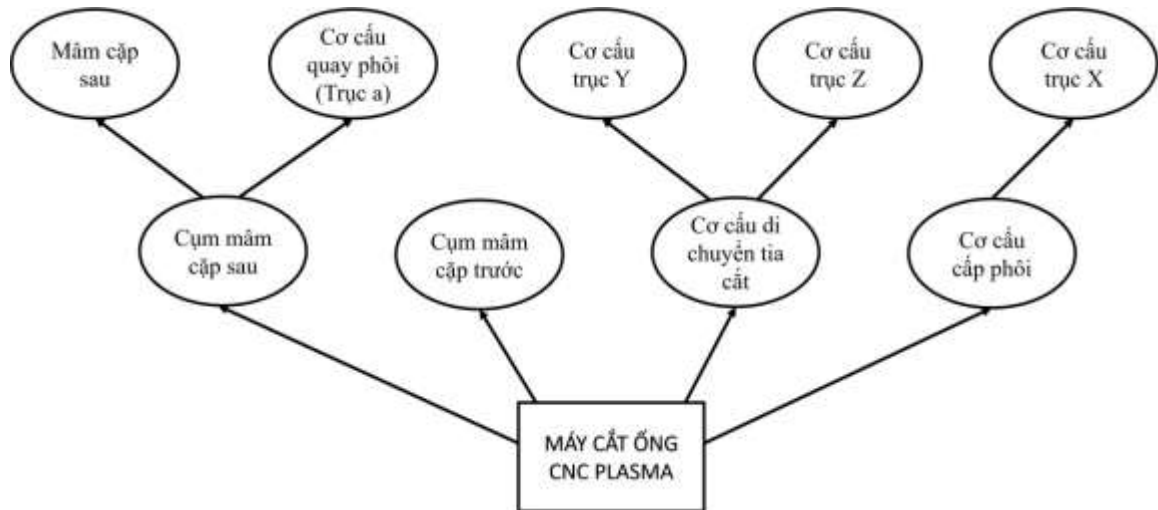
Hình 1.9: Máy cắt ống CNC Plasma trong công nghiệp (Nguồn: Internet)

Hiện nay tại Việt Nam các loại máy cắt ống đã sản xuất với giá thành rất cao, khó có thể tiếp cận được với các doanh nghiệp vừa và nhỏ trong nước. Với mục tiêu làm chủ công nghệ, đưa công nghệ đến gần hơn với người dùng, cụ thể là các doanh nghiệp sản xuất vừa và nhỏ, cùng với yêu cầu đặt ra của thị trường lựa chọn. Tôi đã quyết định lên phương án thiết kế máy cắt ống bằng tia Plasma ứng dụng điều khiển CNC với giá thành tầm trung để có thể giảm giá thành sản xuất nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác sản xuất.

## CHƯƠNG 2: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

### 2.1. Các cơ cấu chính của máy cắt Plasma

#### 2.1.1. Cơ cấu của máy



Hình 2.1: Sơ đồ tổng quát cơ cấu hệ thống cơ khí

- Cụm mâm cặp sau: chức năng chính dùng để kẹp chặt phôi và thông qua phôi sẽ đồng thời truyền chuyển động quay cho mâm cặp trước.
- Cụm mâm cặp trước: chức năng chính của mâm cặp trước là dùng để kẹp định vị phôi theo hướng vuông góc với mâm.
- Cơ cấu di chuyển tia cắt: Trục Y có nhiệm vụ di chuyển đầu cắt Plasma theo phương ngang vuông góc với phôi và trục Z có nhiệm vụ di chuyển đầu cắt theo phương thẳng đứng vuông góc với phôi.
- Cơ cấu di chuyển cấp phôi: Trục X có nhiệm vụ tịnh tiến phôi nhờ vào sự kẹp chặt của mâm cặp sau và kẹp định vị của mâm cặp trước.
- Cơ cấu quay mâm cặp: Trục A giúp quay mâm cặp sau, đồng thời thông qua phôi có thể quay mâm cặp trước.

#### 2.1.2. Phạm vi hoạt động của máy

- Hành trình cấp phôi tối đa: 3m (trục X);
- Hành trình điều khiển đầu cắt Plasma tối đa 150×150mm (trục YZ);
- Cơ cấu quay phôi nằm ở cụm mâm cặp sau bằng cơ cấu bánh răng thẳng, mâm sau quay sẽ dẫn động cho cụm mâm trước quay (trục A).

Máy cắt ống CNC bằng tia Plasma dựa trên các nguyên lý của các máy CNC hiện có trong các ngành công nghiệp. Trong quá trình hoạt động máy cần ít nhất một

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

công nhân để thực hiện các thao tác trên máy và cho máy hoạt động. Công nhân phải được đào tạo kỹ càng về máy để hiểu rõ về các tính năng và các hoạt động của máy.

### 2.2. Nguyên lý hoạt động

Sau khi nhận bản vẽ từ người thiết kế hoặc yêu cầu từ khách hàng, tiếp đến sẽ vẽ 3D chi tiết được yêu cầu trên các phần mềm chuyên dụng để xuất ra file chương trình có thể điều khiển được các máy CNC như file có đuôi là G-code, nc, ...

Chọn phôi có vật liệu và kích thước phù hợp với chi tiết gia công, khả năng của máy CNC và gá phôi vào máy chính xác để lúc vận hành không xảy ra sai sót. Khi đã chuẩn bị xong đầy đủ file gia công CNC và gá phôi lên máy thì tiến hành quá trình gia trên máy cắt Plasma.



Hình 2.3: Gá phôi chính xác trên máy (Nguồn: Internet)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Người dùng nạp file gia công vào các bộ điều khiển CNC chuyên dụng bằng cách cổng được hỗ trợ trên các bộ điều khiển như cổng USB, RS232, RS485, ... Bộ điều khiển sẽ điều khiển các động cơ thực hiện chính xác theo file gia công đã nạp vào, từ đó được chi tiết đúng theo yêu cầu của khách hàng.



Hình 2.4: Bộ điều khiển CNC 5 trục (Nguồn: Internet)

### 2.3. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế

#### 2.3.1. Phương án thiết kế mâm cặp trước

##### a. Phương án 1: Mâm cặp 4 châu tự định tâm



Hình 2.5: Mâm cặp 4 châu tự định tâm (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Khi kẹp phôi cả 4 châu của mâm cặp chuyển động ra hoặc vào cùng nhau, đảm bảo được phôi đồng tâm với trục chính máy tiện;
- Mâm cặp 4 châu tự định tâm giúp chính xác trong quá trình gia công các phôi trụ tròn, hộp vuông.

Nhược điểm:

- Mâm cặp 4 châu tự định tâm gây khó khăn trong việc kẹp phôi có hình dạng khác hình trụ tròn hoặc phôi bị lệch tâm.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

### b. *Phương án 2: Mâm cặp 4 chấu không tự định tâm*



Hình 2.6: Mâm cặp 4 chấu không tự định tâm (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Mâm cặp 4 chấu không tự định tâm kẹp chặt phôi khi gia công các chi tiết lệch tâm nhờ sự dịch chuyển độc lập của các chấu trong rãnh thân của nó;
- Thích hợp để kẹp chặt những phôi có hình dạng không đều, không tròn xoay, hoặc gia công các bậc trục lệch tâm nhau.

Nhược điểm:

- Việc kẹp phôi có hình dạng trụ tròn xoay trùng tâm với trục chính sẽ khó khăn hơn so với việc sử dụng mâm 4 chấu tự định tâm.

### c. *Phương án 3: Mâm cặp 4 chấu định tâm theo trục*



Hình 2.7: Mâm cặp 4 chấu định tâm theo trục (Nguồn: Internet)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Ưu điểm:

- Mâm cặp có thể kẹp phôi có hình dạng trụ tròn xoay đồng tâm với trục chính của máy;
- Các mâm cặp sẽ định tâm theo cặp đối diện nhau (định tâm theo trục) nên có thể kẹp những phôi có hình dạng là hình hộp chữ nhật, hình vuông, ... đồng tâm với trục chính của máy.

Nhược điểm:

- Mâm cặp 4 chấu định tâm theo trục không phổ biến trên thị trường;
  - Có giá thành cao;
  - Lực kẹp không quá lớn.
- ❖ **Kết luận:** Chọn phương án 3 vì:
- Mâm cặp trước không cần lực kẹp quá lớn;
  - Phôi cần di chuyển tịnh tiến nên không thể kẹp cố định.

### 2.3.2. Phương án chọn mâm cặp sau

#### a. Phương án 1: Mâm cặp 4 chấu tự định tâm



Hình 2.8: Mâm cặp 4 chấu tự định tâm (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Gá đặt được các chi tiết dạng ống tròn, ống vuông;
- Gá đặt dễ dàng, tiết kiệm thời gian, có độ chính xác cao;

Nhược điểm:

- Giá thành cao;
- Gá đặt các chi tiết dạng ống chữ nhật hay thép V... cần thêm đồ gá;
- Khối lượng lớn.

**b. Phương án 2: Mâm cặp 3 chấu tự định tâm**



Hình 2.9: Mâm cặp 3 chấu tự định tâm (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Gá đặt được đa dạng các dạng của chi tiết
- Giá thành rẻ hơn loại tự định tâm và khối lượng nhẹ hơn.

Nhược điểm:

- Gá đặt khó khăn, cần nhiều thời gian căn chỉnh
  - Độ chính xác không cao.
- ❖ **Kết luận:** chọn phương án 2 để phù hợp giá thành rẻ hơn so với phương án 1, có thể gia công được các kích thước phôi lớn, dung thêm đồ gá cho từng kích thước phôi để gá phôi một cách chính xác nhất.

**2.3.3. Phương án thiết kế hệ truyền động các trục**

**a. Phương án 1: Bộ truyền đai răng**



Hình 2.10 Bộ truyền đai răng ( Nguồn : Internet )

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Ưu điểm:

- Bộ truyền lực có tính đàn hồi, có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, giá thành không quá cao;
- Bộ truyền làm việc êm, không gây tiếng ồn, chịu sốc, không cần bôi trơn, phí bảo dưỡng ít;

Nhược điểm:

- Bộ truyền đai bị ảnh hưởng bởi sự giãn nở của dây đai nên tỷ số truyền và số vòng quay không ổn định, khả năng tải không cao;
- Kích thước bộ truyền lớn hơn các bộ truyền khác khi làm việc với tải trọng lực kéo như nhau;
- Tuổi thọ tương đối thấp;
- Lực tác dụng lên trục và ổ lớn do lực căng đai cần thiết.

### ***b. Phương án 2: Bộ truyền bánh răng – thanh răng***



Hình 2.11: Bộ truyền bánh răng - thanh răng (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Có kích thước khá nhỏ nhưng khả năng tải lớn;
- Có tỷ số truyền ổn định do không có hiện tượng trượt;
- Hiệu suất làm việc cao (0,97 – 0,99);
- Có thể làm việc với vận tốc lớn, công suất cao;
- Sử dụng lâu bền.

Nhược điểm:

- Chế tạo phức tạp;
- Đòi hỏi độ chính xác cao;
- Ổn khi hoạt động tốc độ cao.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

### c. Phương án 3: Bộ truyền vítme-đai ốc



Hình 2.12: Bộ truyền vítme đai ốc bi (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Sử dụng hệ thống truyền động trực vít me đai ốc bi có ma sát không đáng kể, hiệu suất cao;
- Đảm bảo những chuyển động chính xác, mượt mà, ổn định, bền bỉ và sử dụng lâu dài;
- Trục vít me đai ốc bi có độ cứng vững dọc trục cao;
- Chiều dài tối đa của một vít me khá lớn (khoảng 6000 mm).

Nhược điểm:

- Chi phí khá cao;
- Dễ bị cong võng.
- ❖ **Kết luận:** chọn phương án 3 vì:
  - Chiều dài của khung máy khá lớn (hơn 3000mm);
  - Lắp đặt dễ dàng.

### 2.3.4. Phương án chọn động cơ

#### a. Phương án 1: Động cơ bước



Hình 2.13: Động cơ bước 2 pha (Nguồn: Internet)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Ưu điểm:

- Động cơ bước có khả năng cung cấp momen xoắn lớn ở dải vận tốc trung bình và thấp;
- Có thể điều chỉnh chính xác góc quay;
- Động cơ bước có tuổi thọ lâu dài, hoạt động bền bỉ;
- Động cơ bước dễ dàng lắp đặt, thay thế;
- Động cơ bước có giá thành thấp.

Nhược điểm:

- Động cơ bước khi hoạt động có hiện tượng bị trượt bước - do lực từ trên nam châm vĩnh cửu đã yếu nên cho vị trí không chính xác hoặc nguồn điện cấp vào không đủ;
- Động cơ bước sẽ ồn và nóng dần lên khi hoạt động;
- Động cơ bước gây ra nhiều nhiễu và rung động;
- Động cơ bước không thích hợp cho các ứng dụng cần tốc độ cao.

### ***b. Phương án 2: Động cơ Servo***



Hình 2.14: Động cơ servo (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Điều khiển trơn tru trên toàn bộ vùng tốc độ, hầu như không dao động, hiệu suất cao hơn 90 %;
- Ít nhiệt, điều khiển tốc độ cao, điều khiển vị trí chính xác cao (tùy thuộc vào độ chính xác của bộ mã hóa);
- Momen xoắn, quán tính thấp, tiếng ồn thấp.

Nhược điểm:

- Điều khiển phức tạp hơn;
- Các thông số ổ đĩa cần phải điều chỉnh các thông số PID để xác định nhu cầu kết nối nhiều hơn;
- Giá thành cao.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

❖ **Kết luận:** chọn phương án 1 vì:

- Dễ dàng điều khiển và đảm bảo độ chính xác điều khiển;
- Đảm bảo điều kiện giá thành rẻ.

### 2.4. Thiết kế hệ thống cơ khí

#### 2.4.1. Thiết kế khung máy

Khung máy là bộ phận không thể thiếu trong các hệ thống máy, đặc biệt là máy CNC. Nó là nơi để cố định các trục máy, các bộ truyền động và một số chi tiết quan trọng khác. Vì vậy, việc thiết kế khung máy là điều tất yếu trong đề tài này.



Hình 2.15: Hình ảnh 3D của khung máy

Khung máy gồm 2 bộ phận chính là khung và chân tăng chỉnh. Khung máy giúp cố định các chi tiết. Chân tăng chỉnh giúp thay đổi kích thước chiều cao từng chân. Từ đó giúp các chân có thể đứng vững và tiếp xúc tốt hơn với mặt đất.

Khung máy 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:  $m_s = 75 (Kg)$
- Tải trọng mâm trước:  $m_t = 40 (Kg)$

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 như sau:

Tải trọng tác dụng lên khung máy bao gồm:

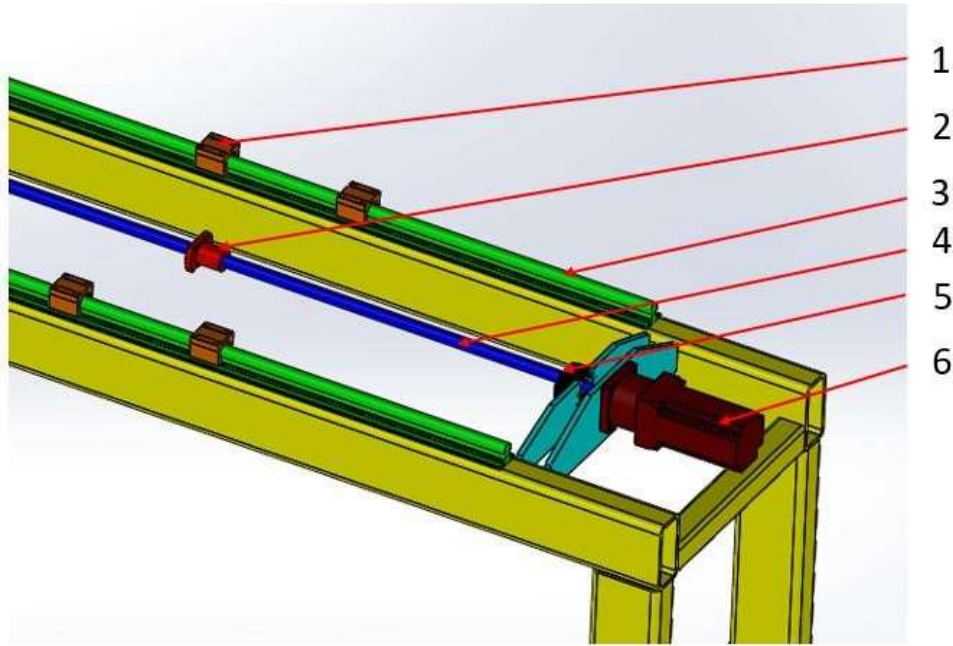
- Tải trọng mâm trước và phôi:  $m_1 = 75 (Kg)$
- Tải trọng mâm sau và phôi:  $m_2 = 110 (Kg)$

Suy ra  $F_1 = 750 (N)$  và  $F_2 = 1100 (N)$

### **2.4.2. Thiết kế và tính toán bộ truyền động trục X**

Cả 3 bộ trục của máy cắt Plasma sẽ được thiết kế dựa trên các yêu cầu sản phẩm đưa ra ban đầu, đòi hỏi sự chính xác tuyệt đối và giá thành sản xuất tối ưu nhất có thể. Các trục sẽ được thiết kế dịch chuyển bằng cơ cấu vitme đai ốc bi, phía đầu của vitme sẽ phải chịu lực dọc trục lớn nhất trong quá trình hoạt động nên được thiết kế đỡ bằng ổ bi đỡ chặn, phía đuôi của vitme được thiết kế đỡ bằng ổ bi đỡ. Mỗi cơ cấu vitme sẽ được dẫn hướng bằng 2 bộ thanh ray kết hợp với con trượt phù hợp, cơ cấu trượt giúp cho các trục dịch chuyển với độ chính xác cao nhất và tăng độ bền, độ cứng vững của máy. Mỗi trục sẽ được thiết kế với mỗi loại động cơ bước phù hợp nhất, dựa vào các thông số tính toán để có thể xác định trục nào cần thêm hộp giảm tốc để tăng momen xoắn và chọn tỉ số hộp giảm tốc phù hợp.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma



Hình 2.18: Hệ dẫn động trục X

Cấu tạo trục X:

- 1: Con trượt;
- 2: Đai ốc vítme bi;
- 3: Thanh trượt;
- 4: Trục vítme;
- 5: Gói đỡ;
- 6: Động cơ Step 86.

### ***Thiết kế bộ truyền Vítme – đai ốc:***

Chỉ tiêu chủ yếu đối với bộ truyền vítme – đai ốc bi là độ bền và ổn định.

Xác định sơ bộ đường kính trong  $d_1$  của ren theo độ bền kéo (nén)

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4.1,3.F_a}{\pi \cdot [\sigma_k]}}$$

Trong đó  $F_a$  - lực dọc N;  $\sigma_k$ : giới hạn chảy của vật liệu vít

Ta chọn vật liệu vít thép 45, vật liệu bi gang xám.

Lực dọc trục của trục X sẽ là trọng lực ma sát lăn của cụm mâm sau lên thanh trượt và lực ma sát lăn của phiê và con lăn mâm trước.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Lực ma sát lăn của cụm mâm sau và thanh trượt:

$$F_{ms1} = \mu_t \times N_1 = 0,57 \times 95 \times 10 = 570 \text{ N}$$

Lực ma sát lăn của phôi và con lăn mâm trước:

$$F_{ms2} = \mu_t \times N_2 = 0,57 \times 40 \times 10 = 228 \text{ N}$$

Tổng lực dọc trục:

$$F_a = F_{ms1} + F_{ms2} = 570 + 228 = 798 \text{ N}$$

Chọn vật liệu có  $\sigma_{ch} = 650 \text{ MPa}$  [bảng 6.1 thiết kế HDĐCK]

$$[\sigma_k] = \frac{\sigma_{ch}}{3} = \frac{650}{3} = 213,3 \text{ Mpa}$$

Khi đó

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \times 1,3 \times 798}{3,14 \times 213,3}} = 2,48 \text{ mm}$$

Chọn  $d_1 = 18 \text{ mm}$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Chọn các thông số của bộ truyền theo tài liệu Thiết kế hệ thống cơ khí tập 1:

a) Đường kính bi

$$d_b = 0,11 \times d_1 = 0,11 \times 18 = 2 \text{ mm}$$

b) Bước vít

$$P = d_b + 3 = 2 + 3 = 5 \text{ mm}$$

c) Khoảng cách từ tâm rãnh lăn đến tâm bi

$$C = \left( r_1 - \frac{d_b}{2} \right) \cos \beta$$

Trong đó:

$\beta$  : góc tiếp xúc,  $\beta = 45^\circ$

$r_1$  : bán kính rãnh lăn, xác định theo công thức

$$r_1 = \frac{r_b}{0,96} = \frac{1}{0,96} = 1,04$$

$$\left( 1,04 - \frac{2}{2} \right) \cos 45^\circ = 0,3$$

d) Đường kính vòng tròn qua các tâm bi

$$D_{tb} = d_1 + 2(r_1 - c) = 18 + 2(1,04 - 0,03) = 20,02 \text{ mm}$$

e) Đường kính trong của đai ốc

$$D_1 = d_{tb} + 2(r_1 - c) = 20,2 + 2(1,04 - 0,03) = 22,08 \text{ mm}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

f) Chiều sau profin ren

$$h_1 = 0,32 \times d_b = 0,32 \times 2 = 0,64$$

g) Đường kính ngoài của vít, đai ốc

$$d = d_1 + 2h_1 = 18 + 2 \times 0,64 = 19,28 \text{ mm}$$

$$D = D - 2h_1 = 18 - 2 \times 0,64 = 16,72 \text{ mm}$$

h) Góc nâng vít

$$\gamma = \arctg\left(\frac{p}{\pi \times D_{tb}}\right) = \arctg\left(\frac{3}{3,14 \times 20,02}\right) = 3,04^\circ$$

i) Số bi trên các vòng ren làm việc

Số vòng ren làm việc theo chiều cao đai ốc không nên quá 2-2,5 vòng, nếu không sẽ làm tăng sự phân bố không đồng đều tải trọng cho các vòng ren.

$$Z_b = \pi \times D_{tb} \times \frac{K}{d_b} - 1$$

Với  $K = 2,3$

$$Z_b = \frac{3,14 \times 20,02 \times 2,3}{2} - 1 = 71,29 \approx 72 \text{ viên}$$

j) Khe hở tổng cộng giữa các viên bi

$$0,8 \times d_b = 0,8 \times 2 = 1,6$$

k) Khe hở hướng tâm

$$\Delta = D_1 - (2 \times D_b + d_1) = 22,08 - (2,2 + 18) = 0,08$$

l) Khe hở tương đối

$$x = \frac{\Delta}{d_1} = \frac{0,08}{18} = 0,0044 \text{ mm}$$

m) Góc ma sát lăn thay thế

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{2 \times f_t}{d_1 \times \sin \beta}\right) = \arctg\left(\frac{2 \times 0,005}{18 \times \sin 45^\circ}\right) = 0,054^\circ$$

Với  $f_t$ : hệ số ma sát lăn thay thế

$$f_t = 0,005$$

n) Hiệu suất suất khi biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến

$$\eta = \frac{tg \gamma}{tg(\gamma + \varphi_1)} = \frac{tg 3,04}{tg(3,04 + 0,054)} = 0,98$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

o) Tính kiểm nghiệm về độ bền

Tải trọng riêng dọc trục

$$q_a = \frac{F_a}{Z_b \times d_b^2 \times \lambda}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Trong đó:

$\lambda = 0,8$ : hệ số phân bố tải trọng không đều cho các viên bi

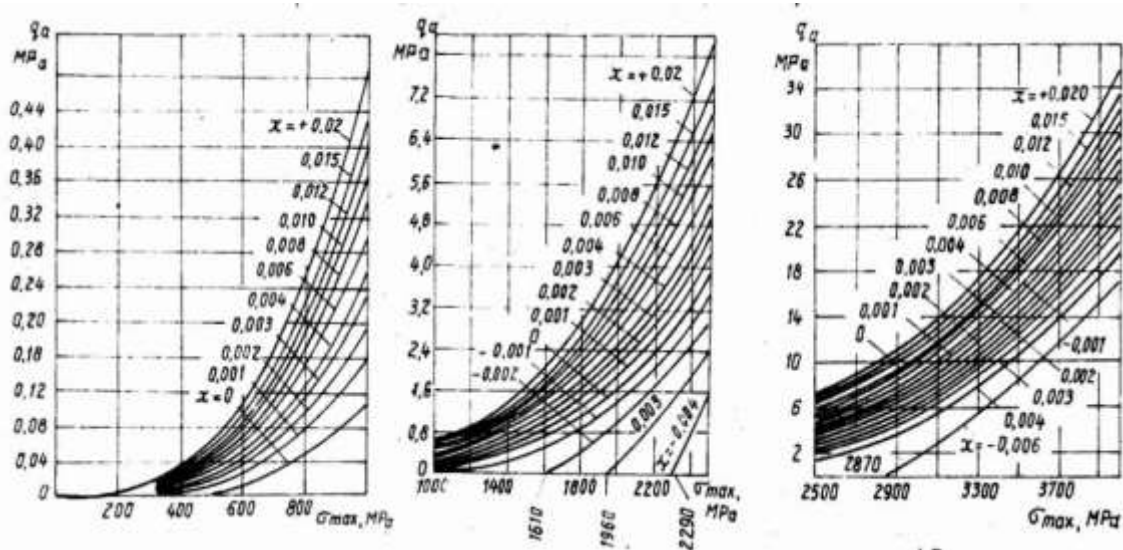
$$\Rightarrow q_a = \frac{742}{72 \times 2^2 \times 0,8} = 3,71$$

Ứng suất lớn nhất: Từ khe hở tương đối đã chọn  $\lambda = 0,0044 \text{ mm}$  và tải trọng riêng dọc trục  $q_a$ , dựa theo đồ thị trên hình 8.10 Trang 170 TK.HDĐCK, ta có:

$$[\sigma_{max}] = 2300 \text{ Mpa}$$

So sánh ứng suất cho phép:

$$[\sigma_{max}] = 2300 \text{ Mpa} < [\sigma_{max}] = 5000 \text{ Mpa}$$



Hình 2.19: Đồ thị xác định ứng suất lớn nhất  $\sigma_{max}$

Yêu cầu:

- Bề mặt làm việc của vitme và đai ốc đạt  $HRC \geq 56$
- Bề mặt làm việc của bi đạt  $HRC \geq 63$

$\Rightarrow$  Với các thông số vừa tính để chế tạo vitme, ta chọn loại vitme bi có sẵn trên thị trường là SFU2005 kèm đai ốc vitme SFU02505, cùng bộ gối đỡ BF15 và BK15.

### Chọn thanh trượt dẫn hướng cho trục X

Tải trọng: 1000 N

- Dẫn hướng vitme bằng 2 thanh song song với nhau;
- Chọn vật liệu chế tạo cho thanh trượt: thép C45, để nhô.

Lực tác dụng lên mỗi thanh:

$$P_{tt} = \frac{950}{2} = 475 \text{ N}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

⇒ Sau khi thực hiện quá trình tính toán ta xác định chọn thanh trượt có để có đường kính là 20 mm làm trục dẫn hướng cho trục X.

### Tính chọn động cơ Trục X

a) Trọng lực của tải bằng với lực dọc trục được tính ở trên

$$F = F_a = 798 \text{ N}$$

b) Vận tốc lớn nhất của vitme

Vận tốc cắt lớn nhất của đầu cắt plasma là 3000 mm/phút, nên ta có vận tốc cần đạt được của các trục cũng sẽ là 3000 mm/phút, với vitme được chọn là bước 5.

Ta có:

$$V_v = \frac{3000}{5} = 600 \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)$$

c) Công suất làm việc của trục vitme

$$P = \frac{F \times V}{1000^2} = \frac{798 \times 600}{1000^2} = 0,48 \text{ Kw}$$

d) Số vòng quay trên động cơ

Chọn tỉ số truyền hộp giảm tốc:  $u = 5$

$$N = V_v \times u = 600 \times 5 = 3000 \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)$$

e) Công suất làm việc của động cơ:  $P_c = \frac{P}{\mu}$

### Thiết kế máy cắt CNC Plasma

$$\mu = \mu_{ol} \times \mu_v \times \mu_n = 0,995 \times 0,995 \times 0,9 \times 1 = 0,89$$

$$P_c = \frac{P}{\mu} = \frac{0,5}{0,89} = 0,6 \text{ Kw}$$

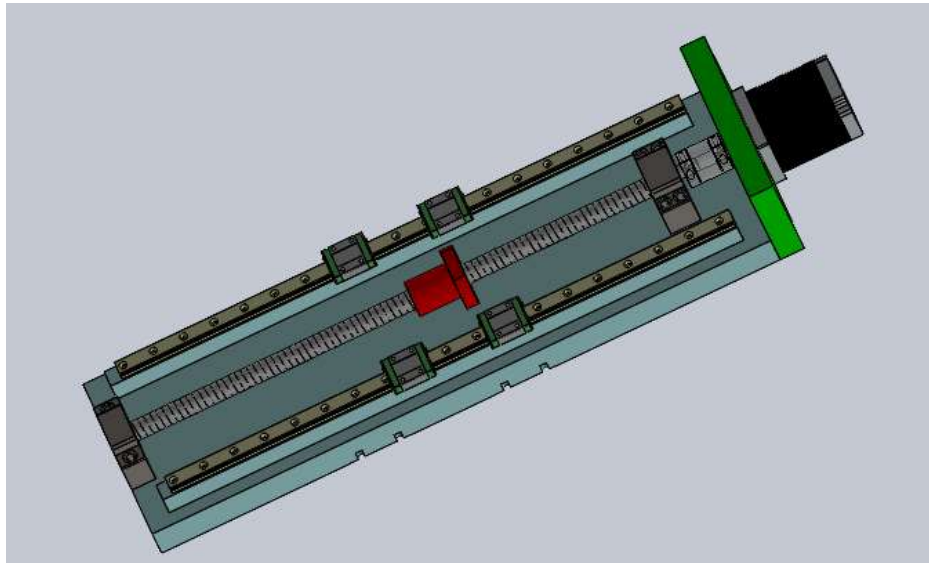
f) Momen xoắn của trục

$$T = \frac{9,55 \times 10^6 \times P_c}{N} = \frac{9,55 \times 10^6 \times 0,6}{3000} = 2,1 \text{ Nm}$$

⇒ Chọn động cơ bước 2 pha 86 có momen xoắn 4,5 Nm.

Đường kính trục động cơ	Góc bước	Dòng điện	Momen xoắn lớn nhất	Nhiệt độ lớn nhất	Số pha	Số dây	Kích thước
14 mm	1.8 độ	2A	8.5 N.m	80°C	2	4	86x86x148 mm

### 2.4.3. Thiết kế và tính toán bộ truyền động trục Y



Hình 2.21: Bộ truyền trục Y

Cấu tạo trục Y:

- 1: Con trượt;
- 2: Đai ốc vítme bi;
- 3: Trục vítme;
- 4: Động cơ Step 60;
- 5: Gối đỡ;
- 6: Thanh trượt.

#### **Thiết kế bộ truyền Vítme – đai ốc**

Chỉ tiêu chủ yếu đối với bộ truyền vítme – đai ốc bi là độ bền và ổn định.

Xác định sơ bộ đường kính trong  $d_1$  của ren theo độ bền kéo (nén)

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4.1,3.F_a}{\pi \cdot [\sigma_k]}}$$

Trong đó  $F_a$  - lực dọc N;  $\sigma_k$ : giới hạn chảy của vật liệu vít

Ta chọn vật liệu vít thép 45, vật liệu bi gang xám.

Trục vít me thép 45 có  $\sigma_k = \sigma_{ch} = 360MPa \Rightarrow [\sigma_k] = \frac{360}{3} = 120MPa$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Ta có:  $F_a = F_{ms3}$

Tải trọng đặt lên vitme là lực ma sát lăn giữa cụm Z và thanh trượt:

Khối lượng của cụm trục Z và đầu cắt là 15 kg:

$$F_{ms3} = \mu_t \times N_3 = 0,57 \times 15 \times 10 = 86 \text{ N}$$

Chọn vật liệu có  $\sigma_{ch} = 650 \text{ MPa}$  [bảng 6.1 thiết kế HDĐCK]

$$[\sigma_k] = \frac{[\sigma_{ch}]}{3} = \frac{650}{3} = 213,3 \text{ Mpa}$$

Khi đó:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \times 1,3 \times 86}{3,14 \times 213,3}} = 0,82 \text{ mm}$$

Chọn  $d_1 = 15 \text{ mm}$

Chọn các thông số của bộ truyền

a) Đường kính bi

$$d_b = 0,11 \times d_1 = 0,13 \times 15 = 2 \text{ mm}$$

b) Bước vít

$$P = d_b + 5 = 2 + 5 = 7 \text{ mm}$$

Chọn bước vít là  $P = 10 \text{ mm}$

c) Khoảng cách từ tâm rãnh lăn đến tâm bi

$$C = \left( r_1 - \frac{d_b}{2} \right) \cos \beta$$

Trong đó:

$\beta$  : góc tiếp xúc,  $\beta = 45^\circ$

$r_1$  : bán kính rãnh lăn, xác định theo công thức

$$r_1 = \frac{r_b}{0,96} = \frac{1}{0,96} = 1,04$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

$$\left(1,04 - \frac{2}{2}\right) \cos 45^\circ = 0,03$$

d) Đường kính vòng tròn qua các tâm bi

$$D_{tb} = d_1 + 2(r_1 - c) = 15 + 2(1,04 - 0,03) = 17,02 \text{ mm}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

e) Đường kính trong của đai ốc

$$D_1 = D_{tb} + 2(r_1 - c) = 17,02 + 2(1,04 - 0,03) = 19,04 \text{ mm}$$

f) Chiều sau profin ren

$$h_1 = 0,32 \times d_b = 0,32 \times 2 = 0,64$$

g) Đường kính ngoài của vít, đai ốc

$$d = d_1 + 2h_1 = 15 + 2 \times 0,64 = 16,28 \text{ mm}$$

$$D = D_1 - 2h_1 = 13 - 2 \times 0,64 = 13,72 \text{ mm}$$

h) Góc nâng vít

i) Số bi trên các vòng ren làm việc

$$\gamma = \arctg\left(\frac{p}{\pi \times D_{tb}}\right) = \arctg\left(\frac{3}{3,14 \times 17,02}\right) = 3,56^\circ$$

Số vòng ren làm việc theo chiều cao đai ốc không nên quá 2-2,5 vòng, nếu không sẽ làm tăng sự phân bố không đồng đều tải trọng cho các vòng ren.

$$Z_b = \pi \times D_{tb} \times \frac{K}{d_b} - 1$$

Với  $K = 2,3$

$$Z_b = \frac{3,14 \times 17,02 \times 2,3}{2} - 1 = 61,45 \approx 61 \text{ viên}$$

j) Khe hở tổng cộng giữa các viên bi

$$0,8 \times d_b = 0,8 \times 2 = 1,6$$

k) Khe hở hướng tâm

$$\Delta = D_1 - (2D_b + d_1) = 19,04 - (2 \times 2 + 15) = 0,04$$

l) Khe hở tương đối

$$x = \frac{\Delta}{d_1} = \frac{0,04}{15} = 0,003 \text{ mm}$$

m) Góc ma sát lăn thay thế

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{2 \times f_t}{d_1 \times \sin \beta}\right) = \arctg\left(\frac{2 \times 0,005}{15 \times \sin 45^\circ}\right) = 0,06^\circ$$

Với  $f_t$ : hệ số ma sát lăn  
thay thế

$$f_t = 0,005$$

n) Hiệu suất suất khi biến  
chuyển động quay  
thành chuyển động

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi_1)} \\ &= \frac{\operatorname{tg} 3,56}{\operatorname{tg}(3,56 + 0,06)} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

o) Tải trọng riêng dọc trục

$$q_a = \frac{F_a}{Z_b \times d_b^2 \times \lambda}$$

Trong đó:  $\lambda = 0,8$ : hệ số phân bố tải trọng không đều cho các viên bi

$$\Rightarrow q_a = \frac{86}{61 \times 2^2 \times 0,8} = 0,44 \text{ Mpa}$$

Ứng suất lớn nhất:

Từ khe hở tương đối đã chọn  $\lambda = 0,003 \text{ mm}$  và tải trọng riêng dọc trục  $q_a$ , dựa theo đồ thị trên hình 8.10 Trang 170 TK.HDĐCK, ta có:

$$[\sigma_{max}] = 1200 \text{ Mpa}, \text{ dựa theo}$$

So sánh ứng suất cho phép:

$$[\sigma_{max}] = 1300 \text{ Mpa} < [\sigma_{max}] = 5000 \text{ Mpa}$$

Yêu cầu:

- Bề mặt làm việc của vitme và đai ốc đạt  $HRC \geq 56$
- Bề mặt làm việc của bi đạt  $HRC \geq 63$

Chọn 2 thanh trượt vuông MG12 kèm con trượt đề dẫn hướng cho vitme trục Y.

### **Tính chọn động cơ**

a) Trọng lượng của tải

$$P_t = F_a = 86 \text{ N}$$

b) Vận tốc lớn nhất của máy

$$v = 3000 \left( \frac{\text{mm}}{\text{phút}} \right)$$

c) Vận tốc lớn nhất của vitme

Vận tốc cắt lớn nhất của đầu cắt plasma là 3000 mm/phút, nên ta có vận tốc cần đạt được của các trục cũng sẽ là 3000 mm/phút, với vitme được chọn là bước 10 ta có:

$$V_v = \frac{3000}{10} = 300 \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)$$

d) Công suất làm việc của trục vitme

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

$$P = \frac{F \times V}{1000} = \frac{86 \times 300}{1000} = 0,03 \text{ Kw}$$

e) Số vòng quay trên động cơ

$$N = V_v = 300 \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)$$

f) Công suất làm việc của động cơ

$$P_c = \frac{P}{\mu}$$

$$\mu = \mu_{ol} \times \mu_v \times \mu_n = 0,995 \times 0,995 \times 0,9 \times 1 = 0,89$$

$$P_c = \frac{P}{\mu} = \frac{0,03}{0,89} = 0,034 \text{ Kw}$$

g) Momen xoắn của trục

$$T = \frac{9,55 \times 10^6 \times P_c}{N} = \frac{9,55 \times 10^6 \times 0,034}{300} = 1,08 \text{ Nm}$$

⇒ Chọn động cơ bước 2 pha 60 có momen xoắn 1,7 Nm.

### 2.4.4. Thiết kế và tính toán bộ truyền động trục Z

Bộ truyền động trục Z cũng được thiết kế với cấu tạo các chi tiết giống với bộ truyền trục Y.

#### **Thiết kế bộ truyền Vít me – đai ốc**

Chỉ tiêu chủ yếu đối với bộ truyền vít me – đai ốc bi là độ bền và ổn định.

Xác định sơ bộ đường kính trong  $d_1$  của ren theo độ bền kéo (nén)

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4.1,3.F_a}{\pi \cdot [\sigma_k]}}$$

Trong đó:

$F_a$ : lực dọc (N)

$[\sigma_k] = [\sigma_n] = \frac{[\sigma_{ch}]}{3}$  với  $[\sigma_{ch}]$ - giới hạn chảy của vật liệu vít

Lực dọc trục của trục Z là trọng lượng của cụm mỏ cắt.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Chọn khối lượng của cụm mỏ cắt là 5 kg

Ta có:  $F_a = Q_m = 50 N$

Chọn vật liệu có  $\sigma_{ch} = 650 \text{ MPa}$  [bảng 6.1 thiết kế HDĐCK]

$$[\sigma_k] = \frac{[\sigma_{ch}]}{3} = \frac{650}{3} = 213,3 \text{ Mpa}$$

Khi đó:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \times 1,3 \times 50}{3,14 \times 213,3}} = 0,9 \text{ mm}$$

Chọn  $d_1 = 15 \text{ mm}$

Chọn các thông số của bộ truyền

a) Đường kính bi

$$d_b = 0,11 \times d_1 = 0,13 \times 15 = 2 \text{ mm}$$

b) Bước vít

$$P = d_b + 5 = 2 + 5 = 7 \text{ mm}$$

Chọn bước vít là  $P = 10 \text{ mm}$

c) Khoảng cách từ tâm rãnh lăn đến tâm bi

$$C = \left( r_1 - \frac{d_b}{2} \right) \cos \beta$$

Trong đó:

$\beta$  : góc tiếp xúc,  $\beta = 45^\circ$

$r_1$  : bán kính rãnh lăn, xác định theo công thức

$$r_1 = \frac{r_b}{0,96} = \frac{1}{0,96} = 1,04$$

$$\left( 1,04 - \frac{2}{2} \right) \cos 45^\circ = 0,03$$

d) Đường kính vòng tròn qua các tâm bi

$$D_{tb} = d_1 + 2(r_1 - c) = 15 + 2(1,04 - 0,03) = 17,02 \text{ mm}$$

e) Đường kính trong của đai ốc

$$D_1 = D_{tb} + 2(r_1 - c) = 17,02 + 2(1,04 - 0,03) = 19,04 \text{ mm}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

f) Chiều sau profin ren

$$h_1 = 0,32 \times d_b = 0,32 \times 2 = 0,64$$

g) Đường kính ngoài của vít, đai ốc

$$d = d_1 + 2h_1 = 15 + 2 \times 0,64 = 16,28 \text{ mm}$$

$$D = D_1 - 2h_1 = 15 + 2 \times 0,64 = 13,72 \text{ mm}$$

h) Góc nâng vít

$$\gamma = \arctg\left(\frac{p}{\pi \times D_{tb}}\right) = \arctg\left(\frac{3}{3.14 \times 17,02}\right) = 3,56^\circ$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

i) Đường kính ngoài của vít, đai ốc

$$d = d_1 + 2h_1 = 15 + 2 \times 0,64 = 16,28 \text{ mm}$$

$$D = D_1 - 2h_1 = 15 + 2 \times 0,64 = 13,72 \text{ mm}$$

j) Số bi trên các vòng ren làm việc

Số vòng ren làm việc theo chiều cao đai ốc không nên quá 2-2,5 vòng, nếu không sẽ làm tăng sự phân bố không đồng đều tải trọng cho các vòng ren.

$$Z_b = \pi \times D_{tb} \times \frac{K}{d_b} - 1$$

Với  $K=2,3$

$$Z_b = \frac{3,14 \times 17,02 \times 2,3}{2} - 1 = 61,45 \approx 61 \text{ viên}$$

a) Khe hở tổng cộng giữa các viên bi

$$0,8 \times d_b = 0,8 \times 2 = 1,6$$

b) Khe hở hướng tâm

$$\Delta = D_1 - (2D_b + d_1) = 19,04 - (2 \times 2 + 15) = 0,04$$

c) Khe hở tương đối

$$x = \frac{\Delta}{d_1} = \frac{0,04}{15} = 0,003 \text{ mm}$$

d) Góc ma sát lăn thay thế

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{2 \times f_t}{d_1 \times \sin \beta}\right) = \arctg\left(\frac{2 \times 0,005}{15 \times \sin 45^\circ}\right) = 0,06^\circ$$

Với  $f_t$ : hệ số ma sát lăn thay thế

$$f_t = 0,005$$

e) Hiệu suất suất khi biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi_1)} = \frac{\operatorname{tg} 3,56}{\operatorname{tg}(3,56 + 0,06)} = 0,98$$

f) Tính kiểm nghiệm về độ bền

Tải trọng riêng dọc trục

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

$$\eta = \frac{tg\gamma}{tg(\gamma + \varphi_1)} = \frac{tg3,56}{tg(3,56 + 0,06)} = 0,98$$

Trong đó:

$\lambda = 0,8$ : hệ số phân bố tải trọng không đều cho các viên bi

$$\Rightarrow q_a = \frac{100}{61 \times 2^2 \times 0,8} = 0,51 \text{ Mpa}$$

Ứng suất lớn nhất: Từ khe hở tương đối đã chọn  $\lambda = 0,003 \text{ mm}$  và tải trọng riêng dọc trục  $q_a$ , dựa theo đồ thị trên hình 8.10 Trang 170 TK.HDĐCK, ta có:

$$[\sigma_{max}] = 1300 \text{ Mpa}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

So sánh ứng suất cho phép:

$$[\sigma_{max}] = 1300 \text{ Mpa} < [\sigma_{max}] = 5000 \text{ Mpa}$$

Yêu cầu:

- Bề mặt làm việc của vitme và đai ốc đạt  $HRC \geq 56$
- Bề mặt làm việc của bi đạt  $HRC \geq 63$

Chọn 2 thanh trượt vuông MG12 kèm con trượt để dẫn hướng cho vitme trục Z.

### Tính chọn động cơ

a) Trọng lượng của tải

$$P_t = F_a = 50 \text{ N}$$

b) Vận tốc lớn nhất của máy

$$v = 3000 \left( \frac{\text{mm}}{\text{phút}} \right)$$

c) Vận tốc lớn nhất của vitme

Vận tốc cắt lớn nhất của đầu cắt plasma là 3000 mm/phút, nên ta có vận tốc cần đạt được của các trục cũng sẽ là 3000 mm/phút, với vitme được chọn là bước 10.

Ta có:

$$V_v = \frac{3000}{10} = 300 \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)$$

d) Công suất làm việc của trục vitme

$$P = \frac{F \times V}{1000} = \frac{86 \times 300}{1000} = 0,03 \text{ Kw}$$

e) Số vòng quay trên động cơ

$$N = V_v = 300 \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right)$$

f) Công suất làm việc của động cơ

$$P_c = \frac{P}{\mu}$$

$$\mu = \mu_{ol} \times \mu_v \times \mu_n = 0,995 \times 0,995 \times 0,9 \times 1 = 0,89$$

$$P_c = \frac{P}{\mu} = \frac{0,03}{0,89} = 0,034 \text{ Kw}$$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

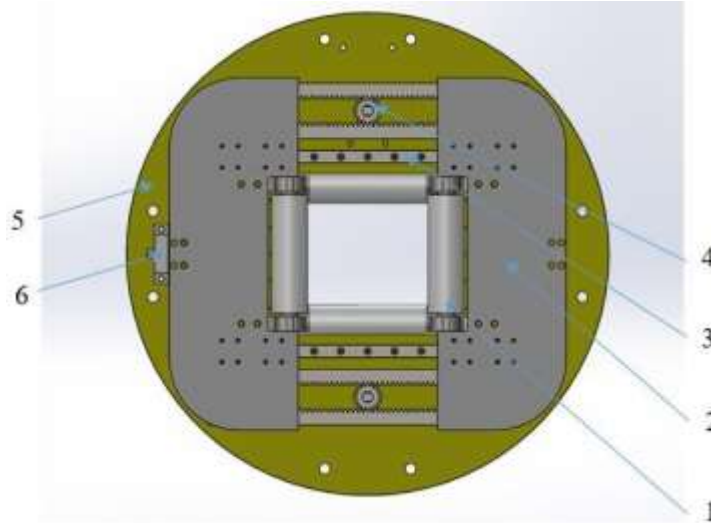
g) Momen xoắn của trục

$$T = \frac{9,55 \times 10^6 \times P_c}{N} = \frac{9,55 \times 10^6 \times 0,034}{300} = 1,08 \text{ Nm}$$

⇒ Chọn động cơ bước 2 pha 60 có momen xoắn 1,7 Nm.

### 2.4.5. Thiết kế và tính toán mâm cặp trước

a) Cấu tạo mâm cặp



Hình 2.22: Thiết kế mâm cặp trước

Hệ thống mâm cặp trước bao gồm các cụm chi tiết chính sau:

- 1: Bộ trục lăn
- 2: Má động
- 3: cụm ray trượt dẫn hướng
- 4: Bộ bánh răng thanh răng
- 5: Mâm chính
- 6: Bộ vít-me gói đỡ

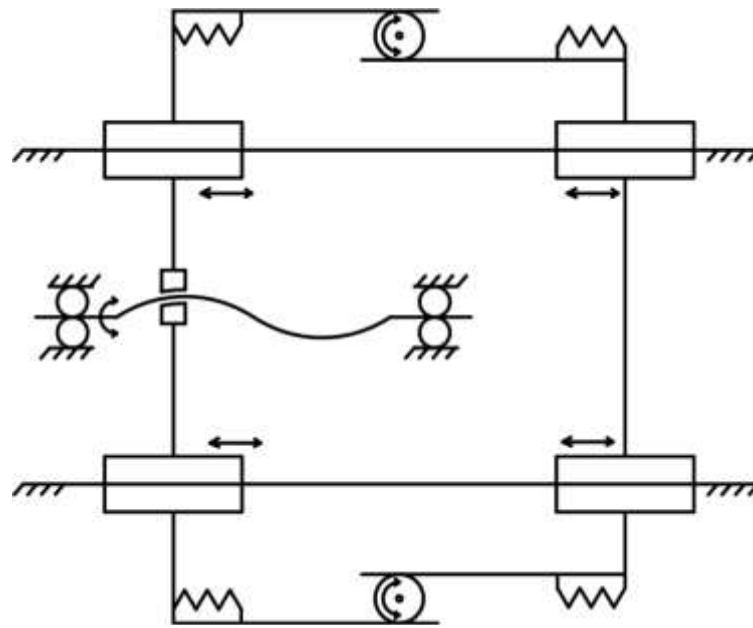
Nguyên lý hoạt động: Khi vặn vít me (6), áo nhôm trên cụm vít me sẽ đẩy má động (2) di chuyển trượt trên cụm ray dẫn hướng. Khi má động di chuyển làm cụm bánh răng thanh răng (4) di chuyển theo. Từ đó, tạo nên nguyên lý cùng đi ra cùng đi vào của 2 má động giúp định tâm tốt hơn.

Mặt còn lại cũng được cấu tạo tương tự và lắp đặt nghiêng 1 góc 90°. Mâm chính (5) lên kết hai cụm mâm cặp trên thành một bộ mâm cặp tự định tâm 2×2.

b) Sơ đồ động học mâm cặp trước

Hình 2.23 là sơ đồ động mô tả hoạt động của mâm cặp trước

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma



Hình 2.23: Sơ đồ động học mâm cặp trực

### c) Tính toán trục lăn

#### ❖ Tính chọn ổ lăn

Vì ổ lăn chỉ chịu tác dụng lực hướng tâm mà không có lực dọc trục. Kèm theo đó lực hướng tâm không quá lớn, do đó chọn loại ổ bi đỡ 1 dãy để sử dụng.

Chọn ổ lăn theo khả năng tải tĩnh nhằm đề phòng biến dạng dư theo điều kiện:

$$Q_t \leq C_0$$

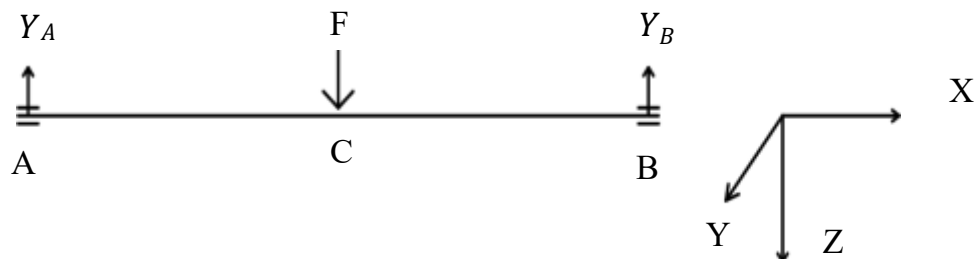
Trong đó:

-  $C_0$ : Khả năng tải tĩnh

-  $Q_t = F_r$

→  $C_0 \geq 350 (N)$ . Vậy chọn ổ bi 6903 để phù hợp với thiết kế và tính toán.

#### ❖ Tính toán lực và xác định độ biến dạng của con lăn



Hình 2.24: Biểu thị lực con lăn

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Xét mặt Oxy:

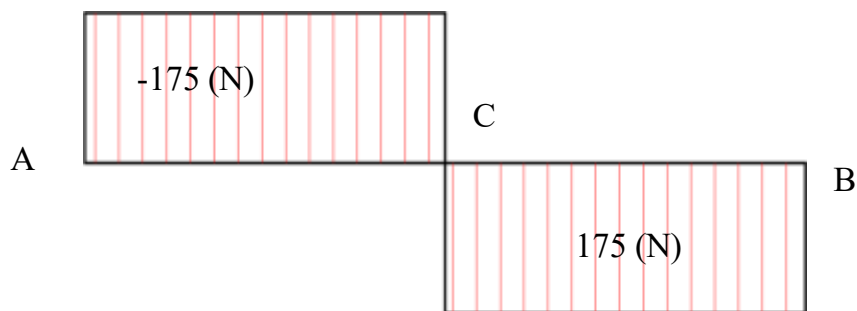
$$\sum M_A = 0$$

$$F \times 48 - Y_B \times 96 = 0$$

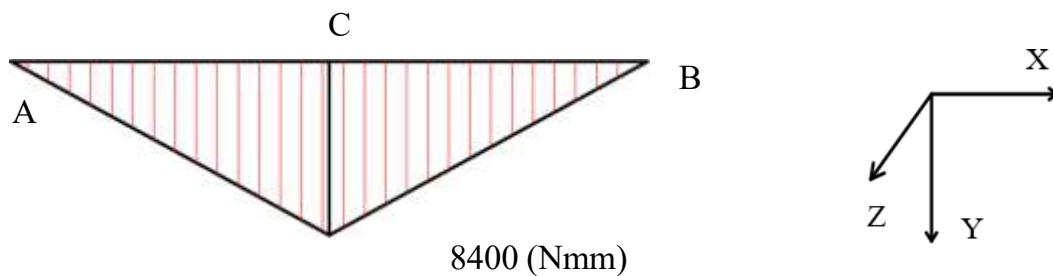
$$Y_B = \frac{F}{2} = \frac{350}{2} = 175(N)$$

Tương tự ta có:

$$Y_A = 175(N)$$



Hình 2.25: Biểu đồ momen của con lăn



Hình 2.26: Biểu đồ momen của con lăn

Từ mô phỏng kiểm nghiệm độ bền trên, có thể xác định được trục và ống đều có thể chịu tải tốt với độ biến dạng rất nhỏ

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

### d) Tính toán cụm vít me trượt

Vì vít me hoạt động ở tần suất thấp và cần chịu tải vừa phải. Do đó, chọn vật liệu thông dụng là thép C45 để làm vít me và đai ốc

Đường kính trung bình của ren:

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

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  $[q]=7$

$$\rightarrow d_2 \geq 4,93 (mm)$$

Chọn hệ số an toàn là 2 vậy  $d_2 = 10 (mm)$

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

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

Góc nghiêng cạnh ren làm việc

$$\rho = \arctg \left[ \frac{f}{\cos \delta} \right] = 8,5^\circ$$

Vì  $\rho > \gamma$  nên trục vít có tính tự hãm

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

### ❖ Tính chọn ổ bi cho cụm vít me

Vì lực tác dụng lên ổ bi đa số là lực dọc trục, tải trọng tĩnh và tần suất hoạt động thấp. Do đó, chọn ổ bi đỡ chặn để phù hợp với yêu cầu.

$$\text{Tải trọng quy ước: } Q = (X \times F_r + Y \times F_a) \times k_t \times k_d \Rightarrow Q = Y \times F_a$$

Trong đó:

- Tải trọng hướng tâm  $F_r \approx 0$  (N)
- Tải trọng dọc trục  $F_a \approx 500$  (N)
- Hệ số ảnh hưởng nhiệt độ  $k_t = 1$
- Hệ số đặc tính tải trọng  $k_d = 1$
- Hệ số tải trọng dọc trục  $Y = 1,81$

$$\rightarrow Q = 905 \text{ (N)}$$

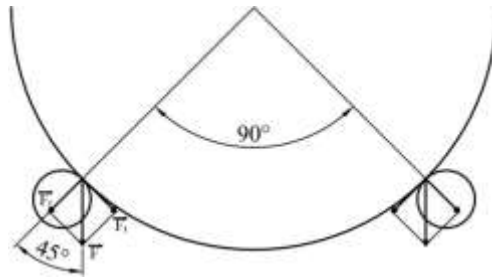
Vì tần suất hoạt động ổ bi rất ít nên coi như  $Q = C_d = 905$  (N)

Vậy chọn ổ bi 6200 để đáp ứng yêu cầu trên.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

e) Tính trục đỡ cụm mâm trước

❖ Tính toán trục



Hình 2.31: Phân tích lực tác dụng trên hai trục đỡ

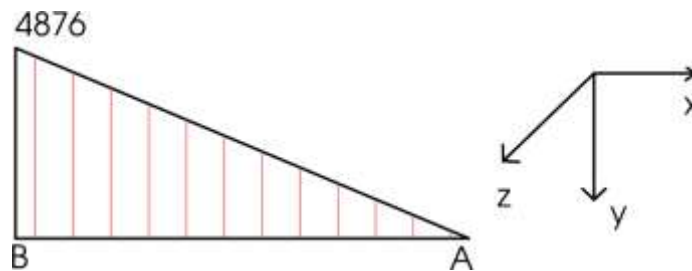
Ta có:  $F = 300 (N)$

$$\rightarrow F_r = F_t = 212 (N)$$



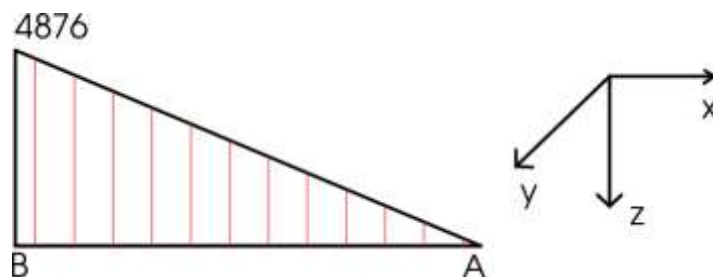
Hình 2.32: Phân tích trên trục đỡ thứ nhất

Xét mặt phẳng Oxy:



Hình 2.33: Biểu đồ momen trên trục theo mặt phẳng Oxy (Đơn vị: Nmm)

Xét mặt phẳng Oxz:



Hình 2.34: Biểu đồ momen trên trục theo mặt phẳng Oxz (Đơn vị: Nmm)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Đường kính trục được xác định gần đúng:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2(\tau)}} = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{2} \times 4876^2}{0,2 \times 15}} = 13,2(\text{mm})$$

Trong đó:

- T: Momen
- $[\tau]=15$  MPa: Ứng suất xoắn cho phép của C45

Vậy chọn trục có  $d=15$  (mm)

❖ Tính chọn ổ lăn:

Ổ lăn ở đỡ mâm trước đa số lực tác động là lực hướng tâm (lực dọc trục hầu như rất nhỏ). Vì vậy, chọn ổ bi đỡ 1 dãy để sử dụng.

Tải trọng:  $Q = 0,3$  (kN)

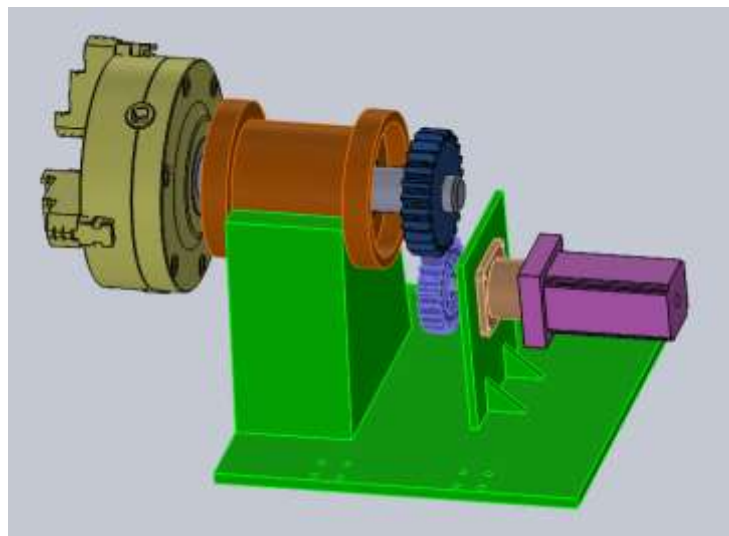
Tuổi thọ:

$$L = \frac{10^6 \times L_h}{60n} = \frac{10^6 \times 8 \times 10^3}{60 \times 100} = 1,33 \times 10^6$$

$$\rightarrow C_d = Q \times \sqrt[m]{L} = 33$$

Vậy chọn ổ bi theo đường kính trong (đường kính trục  $d=15$  mm). Do đó, chọn ổ bi có số hiệu 6202 để đảm bảo yêu cầu.

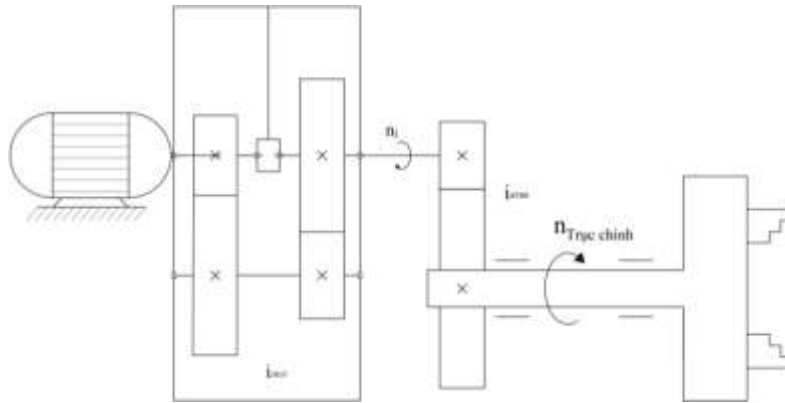
### 2.4.6. Thiết kế và tính toán mâm cặp sau



Hình 2.35: Hình vẽ 3D cụm mâm cặp sau

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

### a) Lập sơ đồ động học



Hình 2.36: Sơ đồ động học mâm cặp sau

### b) Cấu tạo và chức năng một số bộ phận ở cụm mâm cặp sau

Cụm mâm cặp sau có các bộ phận chính như sau:

- Động cơ bước: truyền động quay cho mâm cặp sau thông qua hộp giảm tốc và bộ truyền bánh răng;
- Hộp giảm tốc: Tăng momen quay cho hệ thống;
- Bộ truyền bánh răng: truyền chuyển động quay từ đầu ra hộp giảm tốc sang trục chính của mâm cặp;
- Ổ lăn: hỗ trợ chuyển động quay cho trục chính;
- Mâm cặp sau: kẹp chặt phôi trong quá trình gia công;

### c) Tính toán, thiết kế, lựa chọn một số bộ phận

#### **Chọn ổ lăn:**

Yêu cầu cần đề tài có lỗ cấp phôi cho mâm cặp sau có đường kính 100 mm nên chọn ổ lăn có đường kính vòng trong 60 mm.

Tra bảng thông số ổ lăn chọn ổ lăn có ký hiệu 16024.



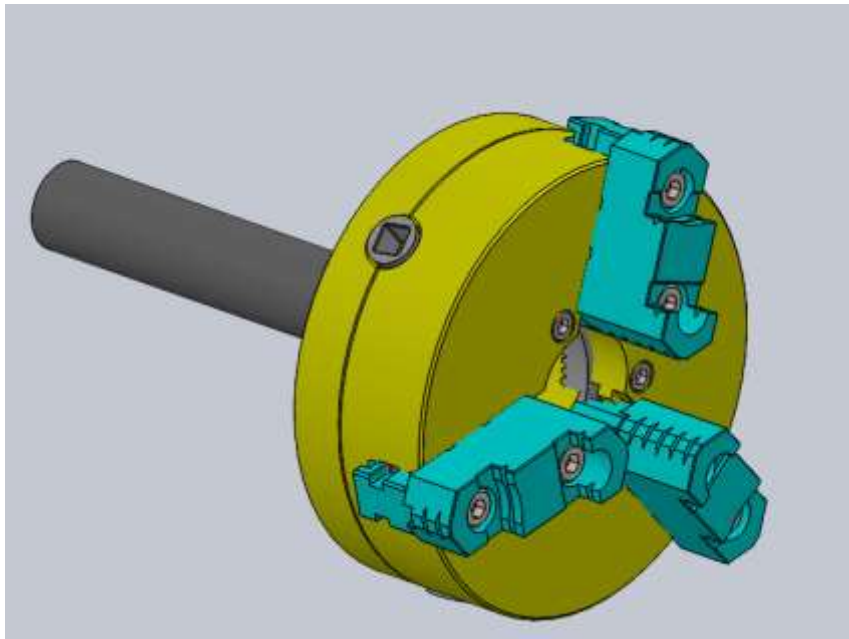
Hình 2.37: Ổ lăn 16024 (Nguồn: Internet)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Thông số của ổ lăn (Nguồn [1]):

- Đường kính vòng ngoài D [mm]: 100
- Đường kính vòng trong d [mm]: 60
- Bề rộng b [mm]: 19
- Tải trọng động C [kN]: 63,7
- Tải trọng tĩnh  $C_0$  [kN]: 64
- Tốc độ quay tối đa [vòng/phút]: 4800
- Khối lượng [kg]: 1,6

**Thiết kế mâm cặp sau:**



Hình 2.38: Thiết kế mâm cặp sau

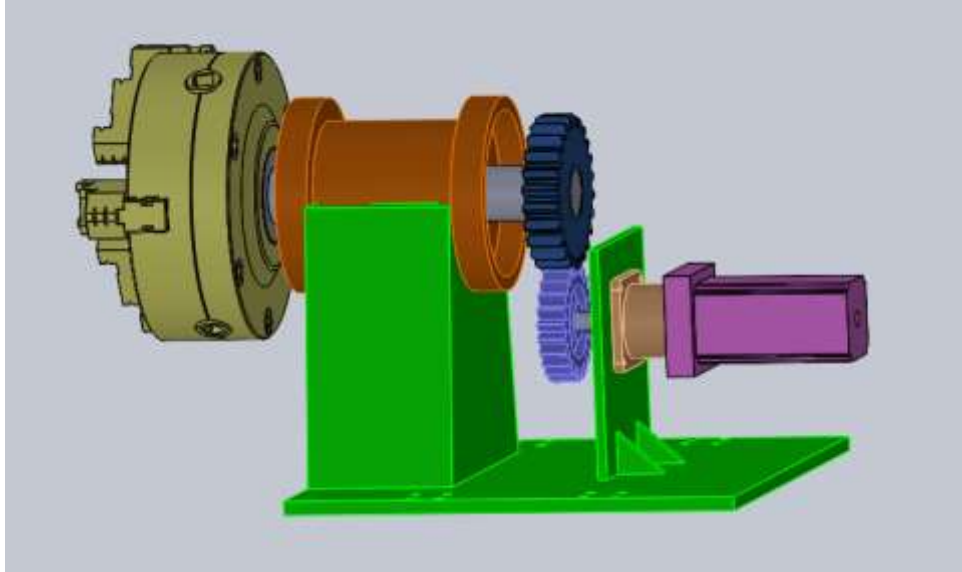
Mâm sau được cấu tạo gồm:

- Hai mặt bích Ø300 bằng thép có bề dày 20 mm và 30 mm
- 3 Châu dùm để kẹp chi tiết
- Ba cụm bulong được đặt đối xứng theo cặp với nhau. Khi gá phôi, dùm cờ lê để xoay lần lượt bốn bulong đi vào để kẹp chặt phôi cho quá trình gia công.

d) Tính chọn động cơ, hộp giảm tốc và bộ truyền bánh răng

Hệ thống dẫn động quay cho trục chính sử dụng động cơ bước kết hợp với hộp giảm tốc để tăng momen cho động cơ và giảm tốc độ quay cho trục chính.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

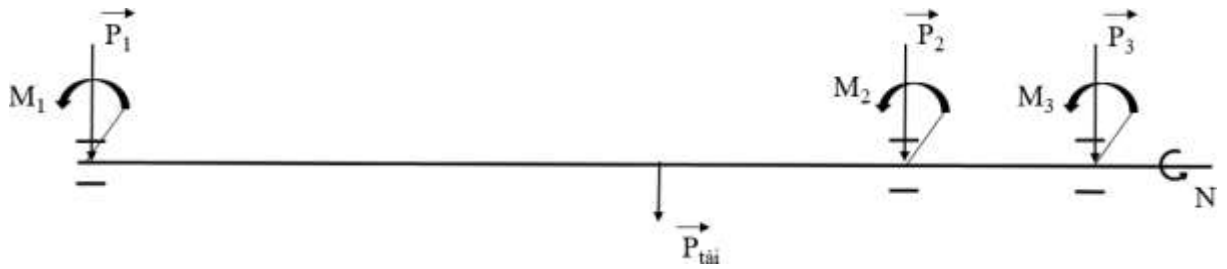


Hình 2.39: Cụm động cơ

Trên thực tế thiết kế, phôi có kích thước lớn nhất là hình hộp vuông có quy cách  $60 \times 60 \times 5$  có khối lượng  $35 \text{ kg} = 350 \text{ N}$ , cụm trục chính có khối lượng  $20 \text{ kg} = 200 \text{ N}$ , cụm xoay mâm cặp trước có khối lượng  $35 \text{ kg} = 350 \text{ N}$ . Hệ thống dẫn động phải quay một cụm có khối lượng  $90 \text{ kg}$ .

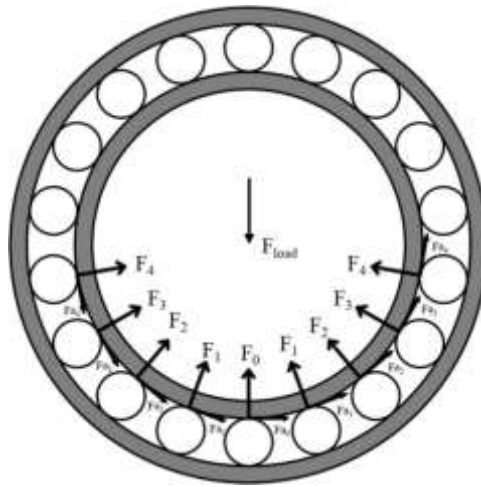
Trọng lực của cụm quay sẽ tác dụng lên các ổ lăn ở mâm sau và mâm trước. Điều này sẽ tạo ra các momen cản ở các ổ lăn. Để quay được phôi trong quá trình gia công, cụm động cơ phải tạo ra được một momen lớn hơn tổng momen cản ở các ổ lăn.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma



Hình 2.41: Biểu đồ lực cân ổ lăn

- Momen cân ở ổ lăn cụm mâm cặp sau (ổ lăn 16024)



Hình 2.42: Phân bố lực trên các con lăn (Nguồn: Internet)

Phương trình cân bằng lực:

$$F_{\text{load}} = F_0 + 2 \times F_1 \times \cos \alpha + 2 \times F_2 \times \cos 2\alpha + \dots + 2 \times F_n \times \cos n\alpha \quad [4.1]$$

$$F_a = F_{a0} + 2 \times F_{a1} \times \cos \alpha + 2 \times F_{a2} \times \cos 2\alpha + \dots + 2 \times F_{an} \times \cos n\alpha \quad [4.2]$$

Trong đó  $n$  là số con lăn trong vùng chịu tải,  $Z$  là số con lăn

$$n \leq \frac{Z}{4}$$

Giả sử vòng trong không bị uốn và ổ không có khe hở hướng tâm. Do tác dụng của lực  $F_{\text{load}}$  vòng ổ bi và con lăn bị biến dạng tại chỗ tiếp xúc, vòng trong ổ bi di chuyển theo phương lực  $F_{\text{load}}$  một lượng  $\delta_0$ . Biến dạng của con lăn chịu lực  $F_0$  là  $\delta_0$  và biến dạng của con lăn chịu lực  $F_n$  (biến dạng theo phương  $F_n$ ) là  $\delta_n$ . Ta có thể viết gần đúng như sau:

$$\delta_n = \delta_0 \times \cos n\alpha \quad \text{với } \alpha = \frac{360}{Z}$$

Hệ thức giữa biên dạng  $\delta$  của con lăn và vòng trong với lực  $F$ :

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

$$\delta = cF^x [4.3] \text{ [ ct trang 95 tài liệu (1)]}$$

Trong đó:

- ❖  $c$ : hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào bán kính cong ở điểm tiếp xúc và module đàn hồi của vật liệu;
- ❖  $x = 2/3$  đối với ổ bi.

Do đó từ công thức [4.3] ta có:

$$F_0 = \left(\frac{\delta}{c}\right)^{1/x} \text{ và } F_i = \left(\frac{\delta n}{c}\right)^{1/x} = F_0 \times (\cos n\alpha)^{1/x}$$

Thay các giá trị  $F_n$  vào hệ thức [4.1] ta có công thức tính trị số  $F_0$ :

$$F_0 = \frac{F_{load}}{1 + 2\cos^{5/2}\alpha + 2\cos^{5/2}2\alpha + \dots + 2\cos^{5/2}n\alpha} [4.4]$$

Đối với ổ bi có số bi  $Z$ , tỉ số:

$$\frac{Z}{1 + 2\cos^{5/2}\alpha + 2\cos^{5/2}2\alpha + \dots + 2\cos^{5/2}n\alpha} = 4,37$$

Do đó có thể viết:

$$F_0 = 4,37 \times \frac{F_{load}}{Z}$$

Khi tính đến khe hở hướng tâm và độ không chính xác của chi tiết trong ổ, ta có thể tính giá trị  $F_0$  như sau:

$$F_0 = \frac{5 \times F_{load}}{Z} \text{ và } F_n = \frac{5}{Z} \times F_{load} \times \cos^{3/2} n\alpha [4.5]$$

Đối với lực ma sát tại các con lăn:  $F_{a_n} = \mu \times F_n$  với  $\mu$  là hệ số ma sát.

Từ công thức [4.2] ta được:

$$F_a = \mu \left( F_0 + \frac{10}{Z} F_{load} \times \cos^{3/2}\alpha + \frac{10}{Z} F_{load} \times \cos^{3/2}2\alpha + \dots + \frac{10}{Z} F_{load} \times \cos^{3/2}n\alpha \right) [4.5]$$

Với  $\mu = 0,006$

Với ổ lăn 16024 ta có  $Z = 18$  suy ra  $\alpha = \frac{360}{Z} = 20$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

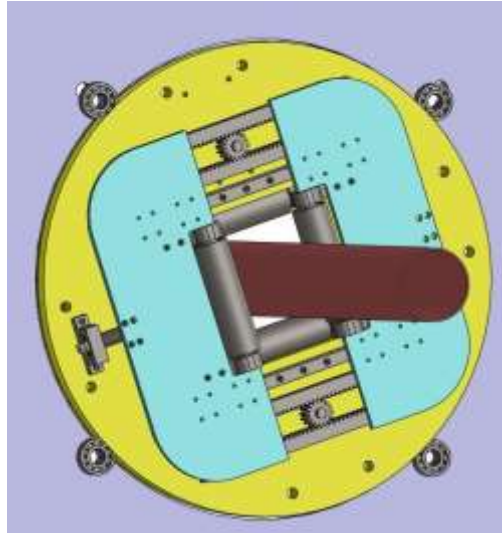
Tải trọng đặt lên ổ lăn:  $F_{\text{load}} = 450 \text{ N}$  suy ra  $F_0 = 125 \text{ N}$

Từ công thức [4.5] ta được:  $F_a = 6,7 \text{ N}$

Momen cản tại ổ lăn 16024:  $M_1 = M_2 = F_a \times d = 0,804 \text{ Nm}$

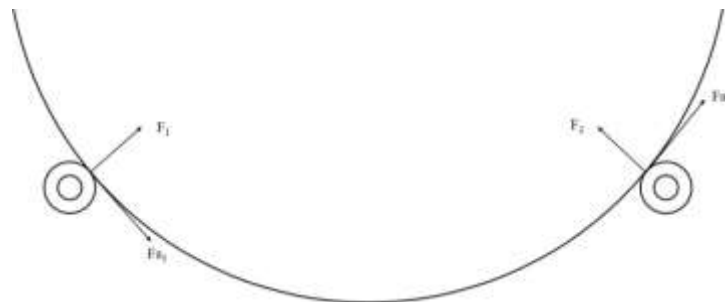
Momen cản ổ lăn ở cụm mâm cặp trước:

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma



Hình 2.43: Mâm cặp trước

Bốn ổ lăn được sử dụng ở mâm cặp trước có ký hiệu 6202



Hình 2.44: Biểu đồ lực của ổ lăn 6202

Ổ lăn 6202 có tổng số con lăn  $Z = 8$ , do đó góc  $\alpha = \frac{360}{Z} = 45$

Xét ổ lăn có phản lực  $F_1$  và lực ma sát  $F_{a1}$

Tải trọng tác dụng lên ổ lăn theo phương  $F_1$

$$F_{\text{load}} = F_1 = P \times \cos\beta = 350 \text{ N}$$

Với  $P$  là trọng lực của mâm trước,  $\beta$  là góc hợp bởi  $F_{\text{load}}$  và  $P$

Từ công thức [4.5] ta có:

$$F_{a1} = F_{a2} = 3,7 \text{ N}$$

Phương trình cân bằng lực:

$$F_a = 2F_{a1} \times \cos\beta = 4,7 \text{ N}$$

Momen cản của ổ lăn ở cụm mâm trước:

$$M_1 = F_a \times d = 1,05 \text{ Nm}$$
 với  $d$  là bán kính của mâm trước

➤ Tổng momen cản của cụm xoay:  $M = M_1 + M_2 + M_3 = 2,7 \text{ Nm}$

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Chọn động cơ bước có ký hiệu 86HS8040A4J có momen tối đa 8,5 Nm và hộp giảm tốc hành tinh 1:10

- Tốc độ quay của phôi trong quá trình gia công.

Trên thiết kế thực tế, phôi nhỏ nhất là ống thép tròn có đường kính 17 mm và dày 1,2 mm, tốc độ cắt khoảng 4000 [mm/phút] ở dòng điện 40 A.

Chu vi ống thép: 53,38 mm

Tốc độ quay của phôi khi cắt: 75 [vòng/phút]

Tốc độ làm việc ổn định của động cơ: dưới 2000 [vòng/phút]

Tỉ số truyền của hộp giảm tốc gắn liền động cơ 1:10

Do đó, tỉ số truyền của bộ truyền bánh răng:  $i \leq 2,6$

Chọn bộ truyền có tỉ số truyền  $i = 2,15$  với:

- Bánh răng lớn có module M3, 53 răng
- Bánh răng nhỏ có module M3, 20 răng

## CHƯƠNG 3: GIỚI THIỆU HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

### 3.1. Giới thiệu hệ thống điều khiển

**Bộ phận điều khiển của máy CNC** đóng vai trò trung tâm trong việc vận hành và điều phối toàn bộ hoạt động của máy. Đây là hệ thống điện tử tích hợp phần cứng và phần mềm, có chức năng tiếp nhận, xử lý và thực thi các chương trình gia công được lập trình sẵn (thường ở dạng mã G-code). Với máy CNC, bộ điều khiển không chỉ quản lý ba trục chính X, Y, Z mà còn thêm một trục quay (thường là trục A), giúp mở rộng khả năng gia công các chi tiết phức tạp, có bề mặt cong hoặc cần gia công nhiều mặt mà không cần thay đổi vị trí phôi. Hệ điều khiển hiện đại còn được trang bị màn hình giao diện trực quan, hỗ trợ chẩn đoán lỗi, hiệu chỉnh tham số và lưu trữ chương trình, giúp người vận hành dễ dàng theo dõi và tối ưu quy trình sản xuất.

#### Ưu điểm:

- 1. Gia công linh hoạt và phức tạp hơn**
  - Có khả năng gia công các chi tiết có hình dạng phức tạp, nhiều mặt, hoặc bề mặt cong mà máy 3 trục không thể thực hiện được.
- 2. Tiết kiệm thời gian gá đặt phôi**
  - Trục thứ 4 (thường là trục A – quay quanh trục X) cho phép xoay phôi, giảm số lần tháo lắp, điều chỉnh vị trí phôi.
- 3. Nâng cao độ chính xác**
  - Việc giảm thao tác thủ công giúp hạn chế sai số và nâng cao độ chính xác tổng thể của sản phẩm.
- 4. Tự động hóa cao, dễ vận hành**
  - Các hệ thống điều khiển hiện đại thường có giao diện trực quan, dễ thao tác, hỗ trợ mô phỏng, lưu trữ và chỉnh sửa chương trình.

#### Nhược điểm:

- 1. Chi phí đầu tư cao**
  - Hệ thống điều khiển thường đắt hơn đáng kể so với 3 trục, cả về phần cứng lẫn phần mềm.
- 2. Phức tạp trong lập trình và vận hành**
  - Việc lập trình G-code đòi hỏi kiến thức chuyên sâu và phần mềm CAM hỗ trợ đa trục (như Fusion 360, Mastercam,...).
- 3. Bảo trì – sửa chữa khó khăn hơn**
  - Hệ thống điều khiển tích hợp nhiều chức năng, linh kiện điện tử phức tạp nên việc sửa chữa hoặc thay thế đòi hỏi kỹ thuật viên có trình độ cao.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

### 3.2. Các loại bộ điều khiển phổ biến hiện nay

#### 3.2.1. Bộ điều khiển DDCS EXPERT



Hình 3.2: Bộ điều khiển DDCS EXPERT (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Điều khiển được 5 trục;
- Màn hình màu 7 inch, độ phân giải 1024×600;
- Hỗ trợ 24 cổng đầu vào và 21 cổng đầu ra;
- Truyền thông: Hỗ trợ truyền file và điều khiển bằng Ethernet;
- Hỗ trợ tốt nhiều phần mềm CAD/CAM nổi tiếng như ArtCam, MasterCam, ...

Nhược điểm:

- Giá thành cao so với các bộ điều khiển khác;
- Khó sử dụng đối với người mới bắt đầu.

#### 3.2.2. Bộ điều khiển XC809D



Hình 3.3: Bộ điều khiển XC809D (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

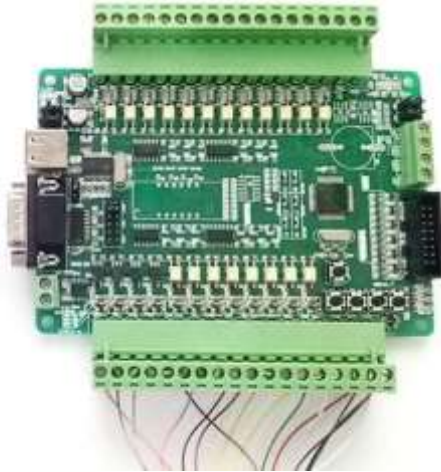
- Hỗ trợ 3/4/5 /6 trục;
- Màn hình màu 7 inch, độ phân giải 800×480;
- Hỗ trợ 24 cổng đầu vào, 24 cổng đầu ra;
- Hỗ trợ UG, MasterCam, PowerMill, FeatureCam,...;
- Giá thành tầm trung, dễ sử dụng cho người bắt đầu.

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Nhược điểm:

- Chỉ truyền thông bằng cổng USB;
- Hỗ trợ ít phần mềm CAD/CAM;
- Phải mua các thành phần khác.

### 3.2.3. Bộ điều khiển Mach 3



Hình 3.4: Bộ điều khiển Mach 3 (Nguồn: Internet)

Ưu điểm:

- Giá rẻ, phù hợp với sinh viên;
- Điều khiển 5 trục;
- Kích thước nhỏ gọn;
- Hỗ trợ 5 cổng đầu vào, 4 cổng đầu ra;
- Hỗ trợ tần số xung 100 kHz.

Nhược điểm

- Bộ điều khiển Mach 3 hỗ trợ ít cổng truyền thông;
  - Ít cổng vào và cổng ra;
  - Ít sử dụng trong công nghiệp.
- ❖ **Kết Luận:** Ta nhận thấy 3 bộ điều khiển đều có những ưu nhược điểm riêng của nó nên tùy vào với yêu cầu đặt ra, ta có thể chọn bộ điều khiển phù hợp với cơ cấu của máy.

### **3.3. Các thông số của bộ điều khiển XC809D**

#### ***3.3.1. Bộ điều khiển XC809D 5 trục***

Bộ điều khiển máy CNC công nghiệp XC809D là hệ thống CNC đa chức năng khắc, phay, khoan và ta rô XC809D là hệ thống CNC thế hệ mới. Hỗ trợ gia công khắc, phay, khoan và khai thác. Nó sử dụng bộ vi xử lý hiệu suất cao 32-bit, sử dụng

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

công nghệ điều khiển đa tác vụ thời gian thực và công nghệ nội suy phần cứng, liên kết đầy đủ, thuật toán chuyên tiếp đoạn đường nhỏ tốc độ cao. Độ chính xác nội suy 0,001 mm, tốc độ tối đa 30 m/phút. Đây là sự lựa chọn tốt nhất cho máy khắc, máy phay CNC và máy khoan CNC.



Hình 3.5: Bộ điều khiển XC809D (Nguồn: Internet)

### 3.3.2. Đặc tính kỹ thuật

- Dựa trên bộ vi xử lý 32-bit, liên kết đầy đủ, độ chính xác nội suy 0,001 mm, tốc độ tối đa 30 m/phút, hỗ trợ bul/dir và điều khiển vi sai;
- Sử dụng màn hình màu rộng 7inch LCD, độ phân giải 800×480, kiểu giao diện Windows. Được trang bị 8 phím chức năng mềm, thao tác đơn giản và dễ học. Cung cấp giao diện hiển thị phong phú như phân loại tham số, nhật ký báo lỗi, chẩn đoán hệ thống, ... tạo điều kiện thuận lợi cho việc gỡ lỗi và bảo trì;
- Lệnh G tiêu chuẩn quốc tế, tương thích với các lệnh hệ thống FANUC.
- 40 loại lệnh G, hỗ trợ chu kỳ khoan và chu kỳ khai thác;
- Chỉnh sửa toàn màn hình các phần chương trình, tích hợp không gian chương trình lớn 512 Mb, có thể lưu trữ nhiều chương trình;
- Với giao diện USB, hỗ trợ đọc và ghi tập tin usb, sao lưu dữ liệu;
- Đầu vào 24 điểm (có thể mở rộng đến 96 điểm), đầu ra 24 điểm (có thể mở rộng đến 96 điểm), linh hoạt và thuận tiện;
- Giao diện hoạt động tiếng Trung và tiếng Anh, thông tin trợ giúp đầy đủ, hoạt động thuận tiện hơn;
- Hệ thống thông qua điều khiển tăng tốc và giảm tốc trước khi nội suy;
- Hỗ trợ bù dao dài và bù dao bán kính;

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

- Hỗ trợ xử lý thủ tay quay, thuận tiện cho việc gỡ lỗi chương trình;
- Hỗ trợ quyền điều hành đa cấp, quản lý thiết bị tiện lợi và có chức năng khóa hệ thống có thời hạn;
- Hỗ trợ UG, Mastercam, PowerMill, FeatureCAM, ArtCAM, JDPaint, Wentai và các tệp mã G phần mềm của bên thứ ba khác;
- Hỗ trợ công cụ tự lập trình, có thể sử dụng linh hoạt.

### 3.3.3. Các chức năng chính

Bảng 3.1: Các chức năng của bộ điều khiển XC809D

Các chức năng	
Số trục hỗ trợ	5 trục
Số trục liên kết	Liên kết toàn bộ
Danh sách dao	Có thể cập nhật
Trục chính	Hỗ trợ 2 trục chính gồm 1 trục điều khiển bằng tín hiệu số và 1 trục điều khiển bằng tín hiệu tương tự
Giám sát trục chính	Có
Độ sai nhỏ nhất	0,001 mm
Giá trị lệnh cao nhất	$\pm 99999999 \times \text{đơn vị}$
Tốc độ tiến dao	30000 mm/min
Các cấp tiến dao	F0, 25%, 50%, 75%, 100%
Chế độ xung	1: Điều khiển hướng và xung 2: Điều khiển xung vuông (nếu được hỗ trợ bởi trình điều khiển, được khuyến nghị, chống nhiễu mạnh hơn)
Tần số tối đa	Có thể thiết lập 100Khz, 200Khz, 500Khz (500KHz chỉ có thể được thực hiện ở chế độ đầu ra trực giao của tất cả các trục)

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Tốc độ ghi dữ liệu	0 ~ 150%
Tỉ số truyền điện tử	1 tới 65535
Tăng tốc và giảm tốc tự động	Có
Thuật toán nhìn trước dòng nhỏ tốc độ cao	Có
Gia công thử bằng tay quay	Có
Định vị	G00 (Có thể cho định vị nội suy tuyến tính)
Đi dao	Đi thẳng (G01), cung tròn (G02, G03, G12), nội suy xoắn ốc
Điểm tham chiếu	Tự động trả về vị trí tham chiếu
LCD	Màn hình LCD TFT 7 inch với độ phân giải 800 × 480
Khóa phần mềm MDI	8 Ge
Bước đơn	x1, x10, x100
Truyền thông	USB
Giao diện bên ngoài	Có
Giao tiếp I/O	24/24 ( có thể mở rộng 96/96)
Dừng	Có
Trạng thái dừng	Có
Kiểm tra hành trình lưu trữ	Có
Hoạt động MDI	Có
Reset	Có
Chế độ hoạt động một trạng thái	Có
Công tắc bảo vệ chương trình	Có
Chức năng tự chẩn đoán	Có
Dừng khẩn cấp	Có

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

Cấp nguồn	AC220V + 10% -15% , 50Hz ± 1Hz
Hệ tọa độ	Hệ tọa độ máy (G53), hệ tọa độ phôi (G92, G54 ~ G59), hệ tọa độ cục bộ (G52), ký hiệu mặt phẳng hệ tọa độ
Cài đặt hệ tọa độ tự động	Có
Đầu vào đầu thập phân	Có
Chức năng phụ trợ	Các bit M2, mã tùy chỉnh M, chế độ thủ công / MDI / tự động điều khiển trục quay tiến, lùi, dừng dừng; kiểm soát, khởi động và dừng của chất lỏng làm mát; kiểm soát bôi trơn bắt đầu và dừng lại
Chức năng trục chính	Trục chính kép
Trục chính kỹ thuật số	Hỗ trợ trục chính 1, chiếm một trục kỹ thuật số (không được hỗ trợ bởi trục Z) và tốc độ ổn định hơn.
Đầu ra tương tự trục chính	Có, trục chính kép
Chức năng công cụ	Hỗ trợ thay đổi công cụ tự động, trung tâm hỗ trợ và thiết lập công cụ trung tâm, thiết lập công cụ căn giữa ba điểm
Bộ nhớ bù công cụ	có thể chứa 99 dao
Bồi thường dụng cụ	Chiều dài dao và bán kính bù dao
Chức năng chỉnh sửa	Tham số, đầu vào bit chẩn đoán, chỉnh sửa chương trình, thực thi đa khối MDI
Lưu trữ	512 Mb
Hiển thị tên chương trình	Tiếng Trung, tiếng Anh, số, kết hợp
Tìm kiếm dòng chương trình	Có
Bỏ qua khối tùy chọn	Có
Chuyển đổi chương trình	Có

### 3.3.1 Động cơ bước

#### a. Động cơ bước 86



Hình 3.6: Động cơ bước 86 (Nguồn: Internet)

Đây là loại động cơ bước có kích thước lớn, momen xoắn lớn. Chuyên được dùng trong công nghiệp trong các máy móc công nghiệp, dây chuyền sản xuất, máy in 3D khổ lớn, máy khắc laser khổ lớn và máy CNC mini. Momen xoắn lên đến 8,5 N.m giúp chịu được các loại tải lớn.

Độ cứng bề mặt step 86 cao giúp giảm hư hỏng nếu có va đập. Đây là loại động cơ bước 2 pha – 4 dây (loại được sử dụng phổ biến nhất), góc bước 1.8 độ, cùng thuộc dòng động cơ 86 nhưng có nhiều loại khác nhau và được phân biệt thông qua chiều dài động cơ (Động cơ càng dài sẽ có momen xoắn càng lớn, bao gồm các loại: 4,5 N.m, 8.5 Nm, 12 Nm). Động cơ có độ bền cao, chạy êm không rầy ra nhiều tiếng ồn.

#### b. Thông số động cơ bước 86

- Đường kính trục: 14 mm (Then trục 5 mm);
- Moment: 8,5 Nm;
- Loại động cơ: 2 pha – 4 dây;

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

- Sai số góc bước: 5 %;
- Chiều dài trục động cơ: 37 mm;
- Nhiệt độ bề mặt cao nhất: 80 °C;
- Nhiệt độ môi trường hoạt động: -40 °C – 50 °C.

### c. Động cơ bước 60



Hình 3.7: Động cơ bước 60 (Nguồn: Internet)

Cũng giống động cơ bước 86 Độ cứng bề mặt step 86 cao giúp giảm hư hỏng nếu có va đập. Đây là loại động cơ bước 2 pha – 4 dây (loại được sử dụng phổ biến nhất), góc bước 1.8 độ, cùng thuộc dòng động cơ 60 nhưng có nhiều loại khác nhau và được phân biệt thông qua chiều dài động cơ. Động cơ có độ bền cao, chạy êm không rầy ra nhiều tiếng ồn.

### d. Thông số động cơ bước 60

- Đường kính trục: 8 mm;
- Moment: 4 Nm;
- Loại động cơ: 2 pha – 4 dây;
- Sai số góc bước: 5 %;
- Nhiệt độ bề mặt cao nhất: 80 °C;
- Nhiệt độ môi trường hoạt động: -40 °C – 50 °C.

## 3.3.2 Bộ điều khiển động cơ bước 60

### a Bộ điều khiển TB6560



Hình 3.8 : Bộ điều khiển động cơ bước TB6560 (Nguồn: Internet)

Bộ truyền động động cơ bước điện áp thấp kỹ thuật số TB6560, sử dụng công nghệ DSP 32-bit mới nhất, với hiệu suất tốc độ thấp tuyệt vời. Bạn có thể đặt bất kỳ sự cố nào và bất kỳ giá trị hiện tại nào trong dòng định mức 256 trong ứng dụng thành đáp ứng nhu cầu của hầu

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

hết các thiết bị nhỏ. Với công nghệ phân đoạn vi mô tích hợp, ngay cả ở điều kiện sự cố thấp, vẫn có thể đạt được hiệu quả phá vỡ cao, vận hành tốc độ thấp rất êm ái, tiếng ồn tối thiểu.

Tính năng chính của sản phẩm

- Phạm vi điện áp đầu vào: 10 ~ 35 VDC;
- Có thể lái một động cơ bước 4 pha, 8 dây;
- Đầu vào tín hiệu: Vi sai / Kết thúc đơn, xung / hướng hoặc xung kép;
- Tần số đáp ứng xung: 200 KHz;
- Các thông số có thể được cấu hình thông qua cổng nối tiếp;
- Chức năng tự động điều chỉnh tham số, đầu vào quang cách ly, chống nhiễu
- Kiểm soát chính xác hiện tại của nhiệt động cơ được giám đáng kể.

### 3.3.3 Bộ điều khiển động cơ bước 86

#### a. Bộ điều khiển MA860



Hình 3.13: Bộ điều khiển MA860 (Nguồn: Internet)

Bộ điều khiển DMA860H, DM860 LEADSHINE đang là sản phẩm được đánh giá tốt với giá cả hợp lý. Sản phẩm hoạt động ổn định, chạy được tất cả với dòng động cơ bước không hồi tiếp size 57HS và 86HS dòng cao trên thị trường. Sản phẩm không chỉ được ứng dụng trong các máy CNC mà còn được ứng dụng rộng rãi trong hệ thống, dây chuyền công nghiệp cũng như trong các yêu cầu dân dụng.

#### b. Tính năng chính của sản phẩm

- Dòng điện dẫn cực đại 7,2 A; nguồn điện hoạt động 80 VAC hoặc +110 VDC;
- Vi bước: 1/2, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256, 1/10, 1/20, 1/40, 1/100, 1/200;
- Tín hiệu điều khiển được cách ly tần số cao, tần số xung dịch bước tới 300kHz;
- Tự động giảm dòng điện khi động cơ giữ bước;
- Tự động chuyển chế độ Decay phù hợp, bảo vệ quá dòng, quá nhiệt độ khi hoạt động.

## CHƯƠNG 4: AN TOÀN TRONG VẬN HÀNH VÀ BẢO DƯỠNG MÁY

Tuổi thọ làm việc của máy và mức độ hiệu quả trong công việc của máy phụ thuộc rất nhiều vào phương pháp vận hành và bảo dưỡng máy. Nếu biết cách sử dụng và tổ chức bảo trì, bảo dưỡng máy đúng cách, có thể nâng tuổi thọ của máy lên rất nhiều so với thiết kế của máy. Nâng cao tuổi thọ máy móc không chỉ có ý nghĩa về mặt kỹ thuật, công việc mà còn có ý nghĩa về mặt kinh tế và giảm thiểu chi phí sửa chữa, thay thế cho xưởng sản xuất. Để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong vận hành và bảo dưỡng, người công nhân vận hành phải:

### 4.1. An toàn trong lúc vận hành.

1. Hiểu rõ nguyên lý hoạt động và nắm chắc các bước thao tác cũng như trình tự vận hành máy để đảm bảo an toàn. Nắm rõ dải chiều dày hoạt động của máy để đưa phôi vào cắt, tránh trường hợp đưa phôi vượt ra khỏi khả năng cắt của máy, khiến mũi cắt plasma có thể bị vỡ, mẻ hoặc làm phôi bị kẹt.
2. Nắm rõ vật liệu của phôi, tránh trường hợp nhầm lẫn cắt phôi có khả năng vỡ méo do quá nhiệt.
3. Trước khi vận hành máy Để đảm bảo an toàn, trước khi vận hành máy, người vận hành cần tiến hành các bước sau:
  - Kiểm tra tổng quát xung quanh máy để phát hiện các bất thường như hở đường dây điện, dầu rò rỉ hoặc các dị vật, vật cản trên cụm cắt plasma,...
  - Kiểm tra bôi trơn các ổ lăn, rãnh trượt, đảm bảo các con lăn đều có thể lăn dễ dàng và không bị cản trở.
  - Vệ sinh xung quanh khu vực làm việc của máy, vệ sinh bề mặt sàn lăn và sàn lăn nghiêng, vị trí tập kết sản phẩm.
  - Xác định chiều dày phôi cắt và điều chỉnh khoảng cách phù hợp giữa mũi cắt và phôi.
  - Khi thực hiện đầy đủ các thao tác trên và đảm bảo các điều kiện an toàn của máy, người công nhân mới được phép vận hành máy.
  - Trong khi vận hành máy Khi vận hành máy, người công nhân phải trang bị đầy đủ quần áo lao động, đội mũ bảo hộ và đi giày bảo hộ lao động đúng quy cách.
  - Kiểm tra vật liệu của phôi trước khi cắt, đảm bảo kích thước của phôi không vượt ra khỏi các thông số phôi theo thiết kế của máy. Đưa phôi vào phải đảm bảo phôi phải nằm ngay ngắn trên sàn lăn và kiểm tra độ tiếp xúc giữa bề mặt phôi và xác định chiều dài. Phải luôn có mặt tại vị trí làm việc khi máy vận hành để kịp thời phát hiện các sự cố có thể xảy ra.
  - Khi phát hiện sự cố, ngay lập tức phải ngắt toàn bộ nguồn điện của máy bằng cầu dao chính và báo ngay cho người có trách nhiệm tại khu vực sản xuất để tìm hướng giải quyết, khắc phục sự cố.
4. Sau khi vận hành máy Sau khi làm việc xong, cần ngắt nguồn điện của máy bằng cầu dao điện an toàn và đưa phôi thừa ra khỏi máy (nếu có). Vệ sinh sạch sẽ khu vực làm việc. Cho dầu bôi trơn vào khu vực rãnh trượt, tránh trường hợp quên cho dầu làm các chi tiết bị mòn và quá nhiệt do chịu ma sát. Kiểm tra và vệ sinh mũi cắt plasma, lau sạch bụi bẩn và dầu mỡ còn sót lại trên lưỡi cắt, kiểm tra, không để các dị vật còn sót lại trên bàn cắt. Thu gọn phôi và sản phẩm vào đúng vị trí đã quy định. Sau một thời gian hoạt động, cần tổ chức các hoạt động kiểm tra, bảo dưỡng máy định kỳ nhằm tăng tuổi thọ hoạt động của

## Thiết kế máy cắt CNC Plasma

máy và kịp thời phát hiện những hao mòn, hư hỏng để khắc phục và thay thế. Tổ chức bảo trì, bảo dưỡng thay thế đúng cách sẽ tiết kiệm được rất nhiều chi phí

### 4.2 Hướng phát triển.

- Cần nghiên cứu làm máy cỡ lớn hơn, có tốc độ cắt cao hơn, chính xác hơn và đường cắt đẹp hơn
- Cần thay thế nguồn cắt thành nguồn lớn hơn để có thể cắt được phôi có chiều dày lớn.
- Cần nghiên cứu để cải tiến thêm bộ cảm biến nâng hạ trục Z theo độ nhấp nhô của phôi cần cắt.
- 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;
- Cải thiện bộ kẹp mâm sau bằng mâm cặp tự định tâm 2×2 để gá phôi một cách chính xác và rút ngắn thời gian gá phôi;
- Nâng cấp đầu cắt của máy thành đầu cắt lazer thay cho đầu cắt plasma, giúp giảm bề rộng đường cắt, giảm bavaria của sản phẩm sau khi cắt. Tăng tính thẩm mỹ và chất lượng của sản phẩm sau gia công;

### 4.3 Những hạn chế của máy

- Còn gặp khó khăn trong việc gá đặt phôi ban đầu, để gá đặt chính xác cần thời gian tương đối lớn;
- Độ chính xác và chất lượng vết cắt của sản phẩm gia công chưa được kiểm thực tế.
- Giá thành máy và hệ thống điều khiển (CNC, step motor) cao hơn nhiều so với các loại máy 1–2 trục.
- Cần đầu tư thêm cho hệ thống hút bụi, làm mát và bảo dưỡng định kỳ.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://vncongnghiep.com/san-pham/may-cat-laser-ong-hop-cm600la>
- [2]. Trịnh Chất – Lê Văn Uyên, Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, Tập 1, Nhà xuất bản Giáo dục, 2006.
- [3]. Lê Cung, Nguyên lý máy, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng, Lưu hành nội bộ, 2006.
- [4]. Nguyễn Trọng Hiệp, Chi tiết máy tập 2, Nhà xuất bản Giáo dục, 2000
- [5]. Nguyễn Văn Yên, Giáo trình truyền động cơ khí. Nhà xuất bản Xây Dựng, 2019.
- [6]. Lưu Đức Bình, Kỹ thuật gia công cơ, Nhà xuất bản Xây Dựng, 2019.
- [7]. Lưu Đức Bình, Kỹ thuật đo cơ khí, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 2015.
- [8]. Trần Văn Địch, Công Nghệ CNC (NXB Khoa Học Kỹ Thuật 2004).
- [9]. <https://giaiphapthienlong.vn/may-cat-plasma-thep-hinh-cnc-hdf-5060-p570.html>