

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT**

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CỦA SINH VIÊN

**THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH
MÁY CNC BA TRỤC**

Thuộc nhóm ngành khoa học: Khoa học tự nhiên

Đà Lạt, 05/2022

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT**

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CỦA SINH VIÊN

**THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH
MÁY CNC BA TRỤC**

Thuộc nhóm ngành khoa học: Khoa học tự nhiên

Sinh viên thực hiện: Phạm Hải Đăng

Nam, Nữ: Nam

Dân tộc: Kinh

Lớp, khoa: VTK 43 – Khoa Vật lý & KTHN

Năm thứ: 3/Số năm đào tạo: 4

Ngành học: CNKT Điện tử - Viễn thông

Người hướng dẫn: TS. Phan Văn Chuân

Đà Lạt, 05/202

MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG	4
DANH MỤC HÌNH ẢNH	5
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	6
MỞ ĐẦU.....	7
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MÁY CNC	8
1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ MÁY CNC BA TRỤC.....	8
2. CẤU TẠO CHUNG CỦA MÁY CNC BA TRỤC	9
2.1. Phần cơ khí.....	9
2.1.1. Đế máy.....	9
2.1.2. Trục chính.....	9
2.1.3. Khung máy	9
2.1.4. Vít me bi và đai ốc.....	10
2.1.5. Dao cắt.....	11
2.2. Phần điều khiển	11
2.2.1. Động cơ bước – Step Motor	11
2.2.2. Hệ thống điều khiển.....	11
3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CHUNG CỦA MÁY CNC	12
4. ỨNG DỤNG CỦA MÁY CNC	13
5. CÁC LOẠI MÁY CNC HIỆN NAY	13
5.1. Máy tiện CNC	13
5.2. Máy phay CNC	13
5.3. Máy mài CNC	13
5.4. Máy khoan CNC	14
5.5. Máy cắt CNC.....	14
CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY CNC BA TRỤC	15
1. THIẾT KẾ MÔ HÌNH MÁY CNC BA TRỤC	15
1.1. Các thông số cho mô hình máy CNC ba trục.....	15
1.2. Bản vẽ thiết kế mô hình.....	15
2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÁY CNC BA TRỤC.....	16
2.1. Các thành phần cơ khí chính.....	16
2.1.1. Trục vít me.....	16
2.1.2. Đế máy.....	17
2.1.3. Khung máy - Nhôm định hình.....	17
2.1.4. Thanh trượt vuông	18
2.2. Mô hình thực tế.....	19
3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN	20
3.1. Động cơ bước – Step Motor	20
3.2. Mạch điều khiển CNC BOB MACH3 V2.....	22
3.3. Phần mềm điều khiển Mach3	24
3.4. Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển	28

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ	30
1. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC	30
2. CÁC THỬ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH.....	32
2.1. Thử nghiệm 1	32
2.2. Thử nghiệm 2	32
2.3. Thử nghiệm 3	35
KẾT LUẬN	36

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. Thông số các loại vít me bi được sử dụng	17
Bảng 2. Thông số kỹ thuật động cơ bước 57	21
Bảng 3. Thông số đặc tính của mô hình máy CNC ba trục được thực hiện.....	31
Bảng 4. Phím cứng điều khiển các trục X-Y-Z	32
Bảng 5. Kết quả thử nghiệm 2	34
Bảng 6. Kết quả thử nghiệm 3	35

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. Mô hình các trục của máy CNC ba trục	8
Hình 2. Cấu tạo bên trong vít me bi	10
Hình 3. Bản thiết kế 3D của mô hình máy CNC ba trục	16
Hình 4. Bản thiết kế đế máy	17
Hình 5. Nhôm định hình 4080	18
Hình 6. Thanh trượt vuông	19
Hình 7. Mô hình máy CNC ba trục thực tế	20
Hình 8. Động cơ bước 57	21
Hình 9. Mạch điều khiển động cơ bước TB6600	22
Hình 10. Mạch điều khiển CNC BOB MACH3 V2	23
Hình 11. Giao diện chính của phần mềm Mach3	24
Hình 12. Trang MDI	25
Hình 13. Trang ToolPath	25
Hình 14. Trang Offsets	26
Hình 15. Trang Setting	27
Hình 16. Trang Diagnostics	27
Hình 17. Sơ đồ nguyên lý hệ thống điều khiển	28
Hình 18. Sơ đồ nối dây mạch điều khiển động cơ bước	29
Hình 19. Mô hình máy CNC ba trục hoàn thành	30
Hình 20. Chọn vị trí bắt đầu	32
Hình 21. Thiết lập điểm bắt đầu (Zero point)	33
Hình 22. Cho mũi cắt di chuyển trở lại vị trí bắt đầu	33

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

STT	Ký hiệu chữ viết tắt	Chữ viết đầy đủ
1	CNC	Computer Numerical Control
2	CNKT	Công nghệ kỹ thuật

MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển của nền khoa học kỹ thuật, máy móc có độ chính xác cao đang dần được đưa vào thay thế con người trong những công việc đòi hỏi sự chính xác như gia công vật liệu, chế tạo chi tiết máy,... Trên tiến trình phát triển và nâng cao công nghệ sản xuất, máy CNC ra đời để đáp ứng nhu cầu tự động hóa các công việc sản xuất (có tính lặp lại) các sản phẩm kim khí có độ chính xác cao. Ưu điểm của máy CNC là việc chạy tự động liên tục trong thời gian dài mà vẫn sản xuất ra các sản phẩm có độ chính xác cao. Quá trình tự động hóa trong sản xuất với máy CNC tạo nên sự phát triển đáng kể về độ chính xác và chất lượng của sản phẩm. Từ khi máy CNC ra đời đã giúp giải phóng nhân lực, giảm thiểu các sai sót và giúp người thao tác có thời gian cho các công việc khác.

Chính vì những lợi ích mà máy CNC đem lại, việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy CNC đã được nhiều trường kỹ thuật trong nước và ngoài nước thực hiện. Chế tạo máy CNC là một đề tài phổ biến đối với sinh viên chuyên ngành điều khiển và tự động hóa. Các đề tài nghiên cứu máy CNC ngày càng có tính sáng tạo, tính phức tạp trong các bước chế tạo phần cứng và hệ thống điều khiển. Tại Trường Đại học Đà Lạt, cùng với việc mở thêm ngành CNKT Điều khiển và tự động hóa thì việc nghiên cứu chế tạo máy CNC là một hướng mới trong lĩnh vực nghiên cứu khoa học. Chính vì lý do trên nên nhóm đã quyết định thực hiện đề tài này.

Mục tiêu của nhóm khi thực hiện đề tài này đi theo ba mức độ từ cơ bản đến phức tạp. Thứ nhất, nhóm muốn hiểu được những cơ sở lý thuyết về mô hình máy CNC, cấu tạo và hoạt động của máy CNC. Thứ hai, nhóm sẽ đi đến thiết kế và chế tạo thành công một mô hình máy CNC ba trục. Và cuối cùng, nhóm muốn ứng dụng mô hình đạt được để tạo ra một số sản phẩm cụ thể. Ngoài ra, sau khi hoàn thành, mô hình máy CNC ba trục sẽ được đưa vào việc học tập cho sinh viên các khóa sau, từ đó các bạn sinh viên tiếp tục nâng cấp, cải tiến mô hình trở nên tốt hơn.

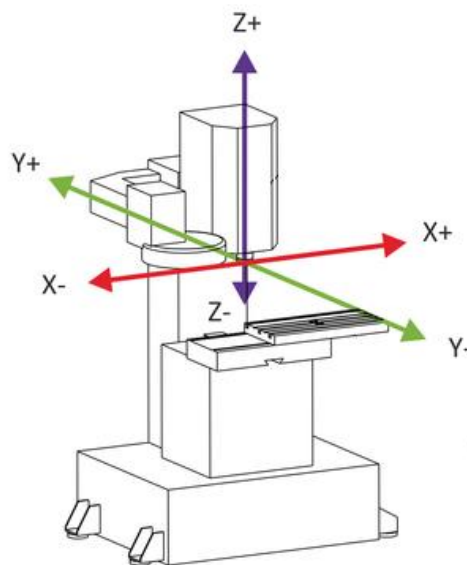
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MÁY CNC

1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ MÁY CNC BA TRỤC

Máy CNC (viết tắt của Computer Numerical Control) là một dạng máy được điều khiển tự động bằng máy tính. Các thành phần của máy được lập trình để hoạt động nối tiếp nhau nhằm tạo ra sản phẩm có hình dạng, kích thước cho trước.

Số lượng trục trên máy CNC chính là thông số xác định các hoạt động phay, cắt mà máy có thể làm, mức độ phức tạp của tối đa của các chi tiết mà máy có thể phay, cắt cũng như vị trí của phôi mà dụng cụ cắt có thể thao tác.

Máy CNC ba trục tức là dụng cụ cắt của máy sẽ chuyển động theo ba trục X-Y-Z của hệ tọa độ Descartes. Trong đó, trục X là trục dọc, trục Y là trục ngang và trục Z là độ sâu. Hình 1 mô tả một mô hình máy CNC ba trục, dụng cụ cắt của mô hình CNC di chuyển theo ba trục: di chuyển hướng trái (X-), phải (X+) theo trục X; di chuyển hướng trước (Y-), sau (Y+) theo trục Y; di chuyển hướng lên (Z+), xuống (Z-) theo trục Z. Vì dụng cụ cắt di chuyển theo ba trục nên máy CNC ba trục có thể tạo ra các sản phẩm 2D, 3D theo hoạt động của trục Z.



Hình 1. Mô hình các trục của máy CNC ba trục

2. CẤU TẠO CHUNG CỦA MÁY CNC BA TRỤC

Máy CNC ba trục gồm 2 phần chính là phần cơ khí và phần điều khiển.

2.1. Phần cơ khí

2.1.1. Đế máy

Trong cấu tạo của máy CNC thì đế máy rất quan trọng, có công dụng như một bộ giáp để bảo vệ máy. Đế máy là nền tảng trung tâm của máy vì vậy cần có độ nặng, kết cấu tốt và cực kì chắc chắn. Đế máy chịu toàn bộ khối lượng của máy, đồng thời là mặt phẳng ngang giúp các trục máy hoạt động thẳng. Khi hoạt động, tùy theo công suất của máy CNC mà chuyển động của các trục sẽ làm rung lắc thân máy, vì vậy, một đế máy có kết cấu chắc chắn sẽ giúp giảm đi độ rung của máy CNC khi hoạt động. Thông thường, các máy CNC sẽ có đế máy là khối kim loại chắc chắn.

2.1.2. Trục chính

Trục chính hay còn gọi là trục Spindle là thành phần có tính quyết định nhất trong máy CNC. Một trục ổn định sẽ hợp nhất với sự điều khiển của động cơ cùng với hệ thống bôi trơn và nguồn điện cung cấp. Đảm bảo độ chính xác và có thể đoán trước được năng suất của máy. Trục chính là nơi để gắn dụng cụ phay, cắt,... tùy theo từng loại vật liệu mà trục chính sẽ mang các dụng cụ cắt khác nhau, có tốc độ phay, cắt khác nhau. Vì vậy mà trục chính sẽ quyết định sản phẩm mà máy CNC có thể thực hiện được, chất lượng sản phẩm và vật liệu sản phẩm máy có thể phay, cắt.

2.1.3. Khung máy

Khung máy là bộ phận cơ sở để lắp tất cả các thiết bị và bộ phận khác như bàn máy, trục chính,... lên nó tạo thành máy hoàn chỉnh. Khung máy cần có độ chính xác cao trong quá trình chế tạo. Máy CNC chỉ có thể hoạt động chính xác và an toàn khi có một bộ khung chắc chắn và chính xác. Các trục của máy CNC ba trục chuyển động theo phương thẳng và vuông góc nhau nên khung máy cũng cần phải chính xác để các trục chuyển động chính xác.

Khung máy cùng với đế máy phải chịu tất cả các tải trọng tĩnh cũng như động do tác động của lực cắt do rung động trong quá trình cắt và do khối lượng của các chi

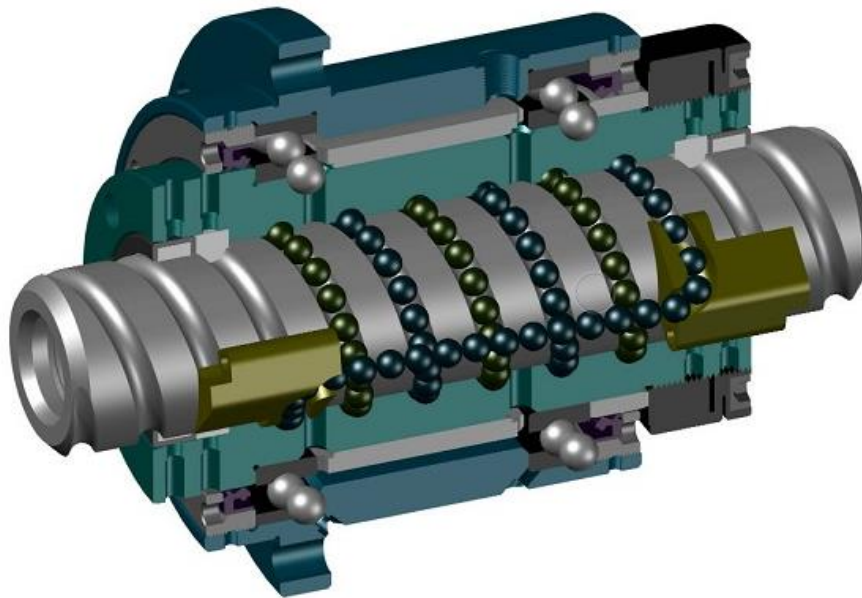
tiết và bộ phận lắp lên nó cũng như trọng lượng bản thân của nó. Chính vì vậy mà vật liệu tạo nên khung máy phải có độ cứng cao, chịu được khối lượng lớn, chống rung, lắc. Các khung máy của máy CNC hiện nay thông thường sử dụng các loại hợp kim nhôm hoặc thép đúc có độ bền cao, độ cứng tốt, và chịu được rung lắc.

Do vậy, đối với khung máy cần phải thỏa mãn hai yêu cầu chính sau.

- Phải đảm bảo đủ độ cứng, có khả năng chống và hấp thụ rung động.
- Phải là các mặt phẳng, để các trục máy chuyển động.

Kích thước khung máy chính là kích thước máy và là phạm vi hoạt động dụng cụ cắt của máy CNC.

2.1.4. Vít me bi và đai ốc



Hình 2. Cấu tạo bên trong vít me bi

Vít me bi (ballscrews) là một bộ truyền động tuyến tính cơ học, biến đổi chuyển động quay sang chuyển động tịnh tiến với ma sát nhỏ. Một trục vít me cấu tạo gồm rãnh xoắn ốc cho các viên bi trong ổ bi, vòng bi chạy bên trong. Ổ bi hoạt động bằng cách chuyển động tịnh tiến qua lại một cách chính xác. Hình 2 cho thấy cấu tạo bên trong một vít me bi.

Vít me bi và đai ốc có một đường được lắp đầy bởi những viên bi thép. Khi trục vít me xoay, những viên bi được cuộn tròn trong mỗi ren của trục vít và đai ốc, làm đai ốc di chuyển.

Vít me bi và đai ốc là bộ phận truyền động trong máy CNC, có tác dụng kéo trục chính di chuyển theo hướng máy hoạt động.

2.1.5. Dao cắt

Dao là dụng cụ cắt được dùng để gia công bề mặt của máy CNC. Khi sử dụng dao cho máy CNC, cần sử dụng các loại dao chất lượng cao nhằm giảm rung động và đảm bảo độ chính xác cho chi tiết gia công. Tùy theo từng loại vật liệu sẽ có các loại dao cắt khác nhau phù hợp. Lựa chọn sai dao sẽ làm hư hỏng sản phẩm và máy CNC.

2.2. Phần điều khiển

2.2.1. Động cơ bước – Step Motor

Động cơ bước cung cấp điều khiển số không phản hồi về vị trí của bàn máy khi gia công trên máy CNC 3 trục. Bộ điều khiển nhận tín hiệu về chiều quay và tính hiệu xung điện để điều khiển góc quay của động cơ.

Ứng với mỗi tính hiệu xung điện, bộ điều khiển sẽ đưa ra tính hiệu cường độ hoặc hiệu điện thế. Để làm cho động cơ quay một góc nhất định nào đó (one step – một bước của động cơ). Trục vít me đai ốc bi sẽ biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến của các trục.

Về cơ bản động cơ bước được chia làm 3 loại sau: động cơ bước từ trở thay đổi (Variable Reluctance), động cơ bước nam châm vĩnh cửu (Permanent-magnet) và động cơ bước kết hợp (hybrid stepper motor).

2.2.2. Hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển CNC bao gồm mạch điều khiển tốc độ (velocity loop) ở trong hệ thống động cơ truyền động. Và mạch điều khiển vị trí (position loop control) ở bên ngoài hệ thống động cơ truyền động.

Hệ thống điều khiển CNC có thể là hệ thống điều khiển hở (open loop) hoặc hệ thống điều khiển kín (closed loop). Sự khác nhau cơ bản là hệ thống điều khiển kín có phản hồi nhằm đảm bảo độ chính xác yêu cầu.

- Hệ thống điều khiển hở

Hệ thống điều khiển hở không có mạch phản hồi, bộ điều khiển máy xem như sự di chuyển bàn máy đúng như mong muốn. Hệ điều khiển hở rất nhạy cảm với sự thay đổi của tải trọng. Các sai số vị trí và tốc độ có thể xảy ra khi cắt với lực cắt lớn. Tuy nhiên hệ điều khiển hở có ưu điểm là đơn giản, giá thành hợp lý. Do vậy, hệ điều khiển hở chỉ nên dùng trong di chuyển Điểm-> Điểm (PTP) hoặc trong các máy công suất cắt nhỏ.

- Hệ thống điều khiển kín

Với hệ điều khiển kín, mạch phản hồi được sử dụng để theo dõi đáp ứng thực của đại lượng điều khiển. Và đưa ra tín hiệu sửa đổi khi có sự sai lệch giữa giá trị mong muốn và giá trị thực. Hệ thống phản hồi có thể là hệ tương tự (analog) hoặc số (digital)

3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CHUNG CỦA MÁY CNC

Vì máy CNC có khá là nhiều loại khác nhau, mỗi loại sẽ có một kiểu hoạt động của riêng mình. Nhưng về hoạt động của chúng sẽ tương tự như sau:

- Khi máy CNC hoạt động, trục chính di chuyển trên 3 trục X, Y, Z theo tọa độ.
- Khi máy CNC được khởi động và thực hiện các lệnh cắt, trục Z sẽ di chuyển lên xuống theo khoảng cách được cài đặt. Đầu cắt (trục Z) sẽ nhận nguồn năng lượng từ bộ nguồn để xuyên thủng vật liệu.
- Lúc này bàn máy sẽ giữ chặt sản phẩm để máy di chuyển trên các thanh ray theo trục X và Y để tạo ra các đường cắt trên vật liệu.

Tùy theo từng loại máy CNC mà hoạt động của máy sẽ thay đổi. Thông thường các máy CNC sẽ điều khiển dụng cụ cắt chạy trên bề mặt vật liệu, tuy nhiên một số

máy CNC có thể giữ nguyên dụng cụ cắt (dụng cụ cắt chỉ thay đổi độ cao) và cho vật liệu được gắn trên bàn máy di chuyển để dụng cụ cắt cắt vật liệu.

4. ỨNG DỤNG CỦA MÁY CNC

Máy CNC ba trục dùng để chế tạo ra các máy móc, thiết bị và dây chuyền sản xuất phục vụ cho nhiều ngành công nghiệp. Một số ngành ứng dụng máy CNC nổi bật:

- Ngành gia công chế tạo khuôn mẫu.
- Chế tạo linh kiện
- Ngành công nghiệp ô tô
- Ngành điêu khắc trang trí và nội thất.
- Ngành điện tử

Ngoài ra, máy CNC ứng dụng rất nhiều trong đời sống hằng ngày, từ vẽ hình đơn giản cho đến khắc lên các vật liệu như gỗ, sắt, thép,... Sự phát triển của kỹ thuật đã giúp cho máy CNC là một công cụ không thể thiếu trong mọi công việc kỹ thuật.

5. CÁC LOẠI MÁY CNC HIỆN NAY

5.1. Máy tiện CNC

Máy tiện được sử dụng chủ yếu trong các ngành về gỗ tại Việt Nam hay các công trình gia công tạo hình các chi tiết tròn xoay. Máy gồm có hai loại là tiện 2 trục và tiện 4 trục, loại máy 4 trục có thể vừa thực hiện trục năng tiện và chức năng phay, gia công được những hình dạng chi tiết phức tạp.

5.2. Máy phay CNC

Máy phay là phương pháp gia công cắt gọt kim loại dựa vào dụng cụ xoay được gọi là dao phay. Với độ chính xác và năng suất cao nên máy phay được sử dụng nhiều trong ngành kim khí.

5.3. Máy mài CNC

Máy mài là một loại máy cực kỳ linh hoạt được dùng để thực hiện các hoạt động mài như bề mặt, hình trụ, hình dạng phức tạp. Máy có độ tự động hóa cao, được thông dụng để mài dao phay và các dụng cụ cắt khác.

5.4. Máy khoan CNC

Thông thường sẽ có hai loại là máy khoan bàn và máy khoan cần. Máy khoan bàn để khoan lỗ thông qua các chi tiết thô như gỗ, nhựa, kim loại. Máy khoan cần có kích thước lớn hơn dùng để khoan các khối vật liệu lớn và tạo ra các lỗ lớn hơn.

5.5. Máy cắt CNC

Loại máy này sử dụng công nghệ CNC kết hợp với các phương pháp để thực hiện cắt vật liệu theo hình dạng được lập trình trước đó. Máy cắt được sử dụng rộng rãi trong các ngành gia công kim khí tại Việt Nam.

CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY CNC BA TRỤC

1. THIẾT KẾ MÔ HÌNH MÁY CNC BA TRỤC

1.1. Các thông số cho mô hình máy CNC ba trục

Sau khi tham khảo các nguồn tài liệu về máy CNC, nhóm đã đưa ra các yêu cầu về mặt cơ khí của mô hình máy CNC ba trục.

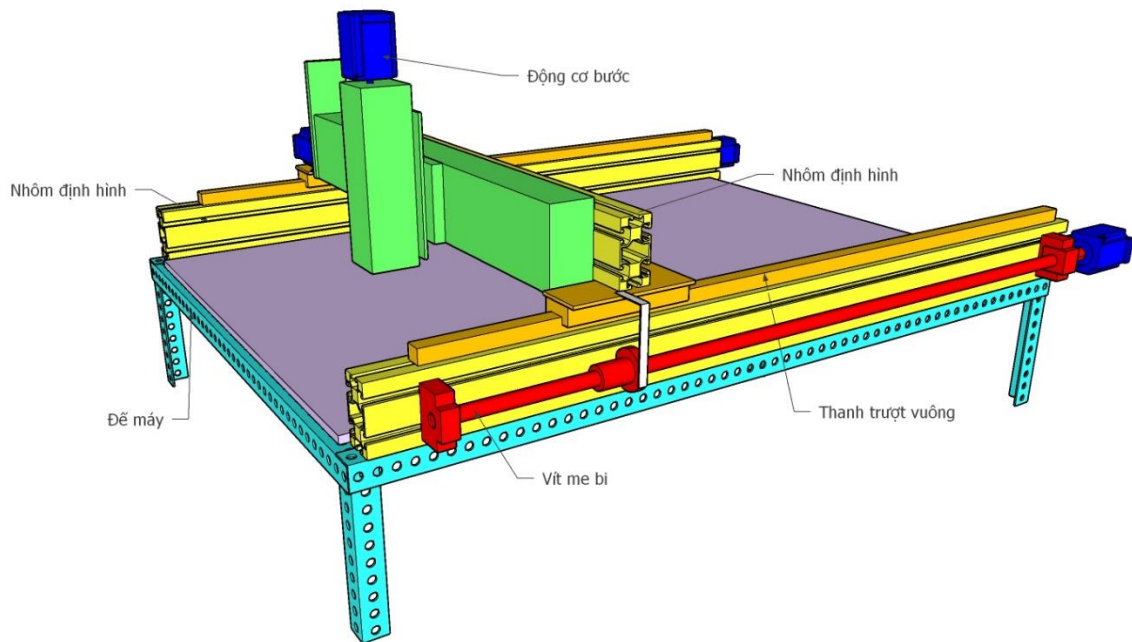
- Mô hình sẽ có đế máy được làm bằng sắt.
- Thân máy sẽ sử dụng nhôm định hình để chế tạo.
- Sử dụng vít me bi để truyền động cho các trục X-Y-Z.
- Thanh trượt vuông được dùng để nâng các bộ phận của dụng cụ cắt để giảm tải trọng lượng và ma sát cho vít me bi.

Vì là mô hình nên kích thước của máy không lớn, nhóm lựa chọn kích thước cho mô hình là 1000 x 800 x 300 mm.

1.2. Bản vẽ thiết kế mô hình

Từ các thông số trên, nhóm đã xây dựng bản vẽ 3D của mô hình thông qua phần mềm Sketchup.

Hình 3 thể hiện thiết kế 3D của mô hình máy CNC ba trục. Bản thiết kế này sử dụng hai thanh vít me để điều khiển trục dọc, trục ngang sẽ được đặt trên hai thanh trượt vuông để chịu tải. Trục ngang sẽ di chuyển trên hai thanh trượt và được gắn thêm trục độ sâu. Thân máy cấu tạo từ các thanh nhôm định hình, các thanh nhôm này có nhiệm vụ cố định các bộ phận như vít me bi, thanh trượt,... Tất cả các bộ phận thân máy của mô hình được cố định trên đế máy.



Hình 3. Bản thiết kế 3D của mô hình máy CNC ba trục

Đây là một thiết kế cơ bản của một mô hình máy CNC ba trục. Dụng cụ cắt sẽ di chuyển trên bề mặt vật liệu, vật liệu gia công sẽ được cố định trên bàn máy.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÁY CNC BA TRỤC

Sau khi có bản vẽ thiết kế, nhóm tiến hành xây dựng phần cơ khí cho mô hình máy CNC ba trục.

2.1. Các thành phần cơ khí chính

2.1.1. Trục vít me

Trục vít me là cơ cấu trục vít gắn liền với đai ốc dùng để truyền động cho cơ cấu trượt dọc theo trục vít me. Trục vít me thường rất dài so với đường kính của nó, có ren hình thang để chịu lực cao. Khi truyền động, thường thì trục vít me quay làm cho đai ốc (cùng cơ cấu trên nó) chuyển động tịnh tiến. Đôi khi cũng có trường hợp cơ cấu quay làm cho trục vít me chuyển động tịnh tiến.

Kích thước của mô hình máy CNC thể hiện độ dài các trục X-Y-Z. Mà các trục này chuyển động theo các cây vít me bi nên nhóm tìm hiểu và quyết định sử dụng ba loại vít me bi làm ba trục của máy. Bảng 1 thể hiện các thông số các loại vít me bi

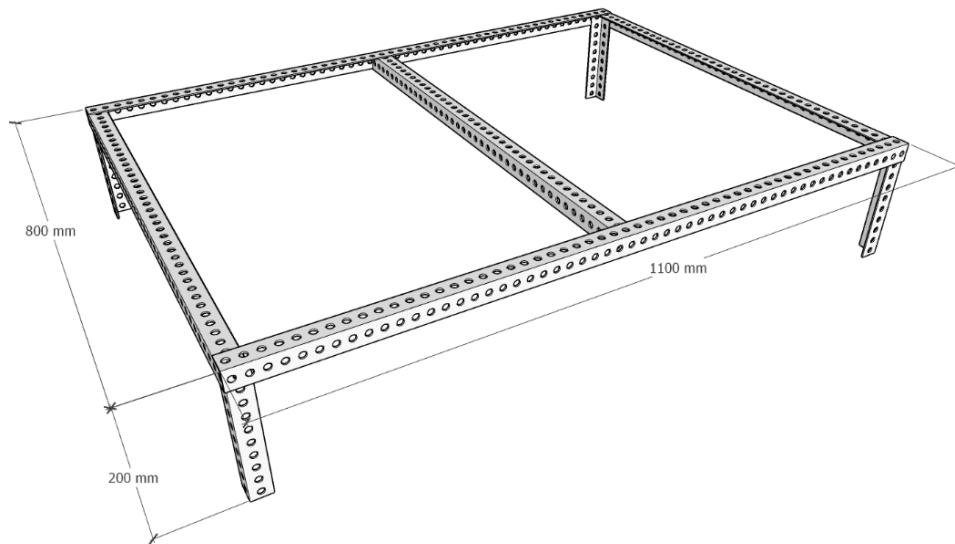
nhóm đã sử dụng. Chiều dài của từng thanh vít me sẽ quyết định đến các bộ phận cơ khí như đế máy, thân máy,... của mô hình máy CNC.

Bảng 1. Thông số các loại vít me bi được sử dụng

Trục	Loại vít me bi	Đường kính trục (mm)	Bước ren (mm/vòng)	Chiều dài (mm)
Trục dọc (X)	Vít me bi SFU1605	16	5	1000
Trục ngang (Y)	Vít me bi 1520	15	20	600
Trục đứng (Z)	Vít me bi SFU1204	12	4	200

2.1.2. Đế máy

Đế máy là bộ phận để cố định thân máy và giúp thân máy cao hơn mặt bàn cắt. Đế máy cần phải chịu được khối lượng của thân máy cùng với việc khi các động cơ bước hoạt động. Thông thường đế máy thường sử dụng các vật liệu cứng như thép, nhôm định hình để chế tạo.



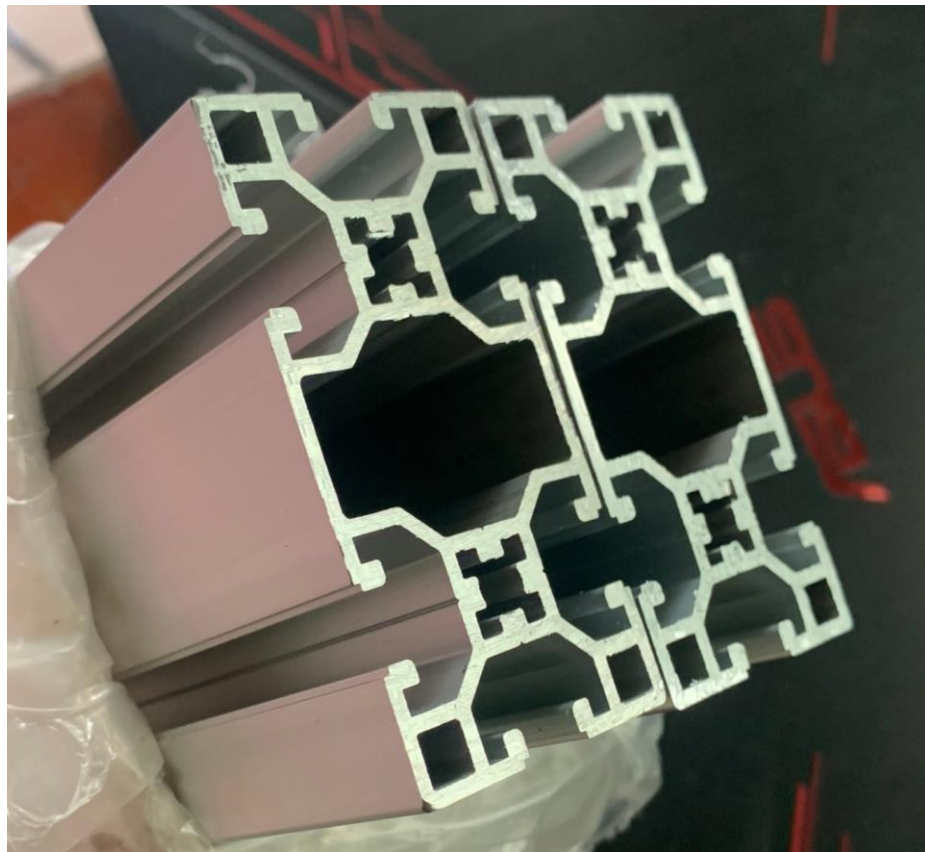
Hình 4. Bản thiết kế đế máy

Hình 4 là đế máy được thiết kế trên phần mềm Sketchup, vật liệu sử dụng cho đế máy là thép V thanh có lỗ, độ rộng mỗi mặt là 30 mm, độ dày là 2 mm. Nhóm sau khi xem xét kích thước trục vít me bi đã quyết định sử dụng thép V lỗ để làm đế máy, kích thước 1100x800x200mm.

2.1.3. Khung máy - Nhôm định hình

Nhôm định hình là những loại nhôm đã qua quá trình xử lý kim loại nhằm phát huy tối đa các đặc tính của nhôm, phù hợp cho các nhà thiết kế, kỹ sư và nhà sản xuất. Nhôm định hình được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp. Loại nhôm này dễ lắp ghép thành nhiều hình dạng, ứng dụng rất nhiều trong các sản phẩm, thiết bị tự động hóa. Với độ cứng cao, ít bị uốn cong nên nhôm định hình thường được sử dụng làm khung máy CNC.

Nhóm quyết định chọn nhôm định hình 4080 để làm thân máy. Nhôm định hình 4080 có dạng thanh thẳng, chiều dài tiêu chuẩn của một thanh nhôm định hình là 6030 mm, chiều cao là 80 mm, chiều rộng là 40 mm. Hình dạng và kích thước nhôm định hình thực tế được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Nhôm định hình 4080

2.1.4. Thanh trượt vuông



Hình 6. Thanh trượt vuông

Thanh ray trượt vuông là một thiết bị có khả năng dẫn hướng tuyến tính cơ học giúp cơ cấu của máy chuyển động tới hoặc lui một cách tự động, chính xác. So với các loại thanh ray trượt dẫn khác chẳng hạn như thanh trượt tròn thì loại thanh ray này sẽ đáp ứng được độ chính xác, cứng vững và chịu được trọng tải nặng gấp 1,5 lần.

Thanh ray trượt vuông gồm 2 bộ phận chính là thanh ray trượt và con trượt. Tùy theo kích thước ngang mà thanh ray trượt sẽ được chia thành các loại 15, 20 và 25 mm.

Thanh ray trượt vuông thường được ứng dụng trong chế tạo mô hình máy CNC, giúp di chuyển mũi cắt theo trục X.

2.2. Mô hình thực tế

Sau khi thực hiện bản thiết kế, tính toán các kích thước, vật liệu thì nhóm bắt đầu vào xây dựng mô hình máy CNC ba trục. Hình 7 thể hiện mô hình thực tế nhóm đã thực hiện. Các bộ phận cơ khí của mô hình đúng theo thiết kế đề ra. Sử dụng ốc, vít để lắp ráp các thành phần.



Hình 7. Mô hình máy CNC ba trục thực tế

3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

3.1. Động cơ bước – Step Motor



Hình 8. Động cơ bước 57

Động cơ bước là một loại động cơ đồng bộ, có khả năng biến đổi các tín hiệu điều khiển của máy móc dưới dạng các xung điện rời rạc được phát ra kế tiếp nhau, tạo thành các chuyển động góc quay. Về cơ bản, động cơ bước (motor bước) là một loại động cơ mà chúng ta có thể quy định tần số góc quay của nó. Nếu góc bước của nó càng nhỏ thì số bước trên mỗi vòng quay của động cơ càng lớn và độ chính xác của vị trí chúng ta thu được càng lớn. Các góc bước của động cơ có thể đạt cực đại là 90 độ và cực tiểu đến 0,72 độ. Tuy nhiên góc bước của động cơ thường sử dụng phổ biến nhất là góc 1,8 độ, góc 2,5 độ, góc 7,5 độ và góc 15 độ.

Sau khi xem xét các loại động cơ bước khác nhau, nhóm quyết định sử dụng động cơ bước mặt bích 57. Bảng 2 trình bày các thông số của loại động cơ bước 57. Hình 3 là một động cơ bước thực tế.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật động cơ bước 57

Đường kính trục động cơ	6,35 mm
Góc bước động cơ	1,8 độ
Số pha	2 pha
Số dây	6 dây
Dòng điện	3A
Điện áp động cơ	24V – 50V
Momen xoắn lớn nhất	1,8Nm
Khối lượng động cơ	0,95 kg
Nhiệt độ động cơ lớn nhất	80 ⁰ C
Driver cấp xung phù hợp	TB6600, DM542,...
Kích thước	57 x 57 x 76mm

Loại động cơ bước 57 có nhiều loại khác nhau, được phân loại theo chiều dài của động cơ (động cơ càng dài sẽ càng mạnh). Loại nhóm sử dụng dài 76 mm và cũng là loại phổ biến nhất. Điểm mạnh của động cơ này là momen xoắn lớn, chạy êm, động cơ tùy chỉnh được, tương thích với nhiều loại driver điều khiển.

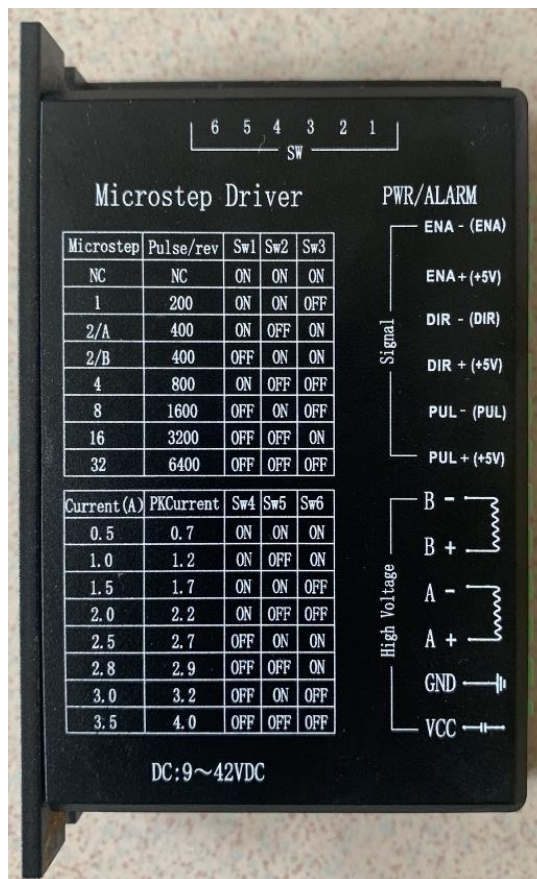
- Lựa chọn mạch điều khiển cho động cơ bước

Mạch điều khiển động cơ bước TB6600 sử dụng IC TB6600HQ/HG, dùng cho các loại động cơ bước 42/57/86, 2 pha, 4 dây hoặc 6 dây có dòng tải là 4A/42VDC. Mạch TB6600 tương thích với động cơ 57 được nhóm lựa chọn. Mạch TB6600 rất phổ

biến, dễ sử dụng, thường được dùng rất nhiều trong điều khiển động cơ bước. Hình 4 là hình ảnh thực tế của mạch điều khiển động cơ bước TB6600.

Thông số kỹ thuật của mạch TB6600

- Nguồn đầu vào là 9V – 42V.
- Dòng cấp tối đa là 4A.
- Ngõ vào có cách ly quang, tốc độ cao.
- Có tích hợp đo dòng quá áp.
- Cân nặng là 200 gram.
- Kích thước là 96 x 71 x 37 mm.



Hình 9. Mạch điều khiển động cơ bước TB6600

3.2. Mạch điều khiển CNC BOB MACH3 V2

Mạch CNC BOB MACH3 USB V2 sử dụng được với phần mềm Mach3 trên máy tính thông qua giao tiếp USB.

Mạch CNC BOB MACH3 V2 có khả năng điều khiển 5 động cơ bước cùng lúc qua các ngõ cấp xung-chiều X, Y, Z, A, B, mạch còn có khả năng nhận các ngõ tín

hiệu IN1, IN2, IN3, IN4, IN5 và xuất tín hiệu qua các ngõ ra OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, các ngõ tín hiệu vào ra này đều được cách ly qua Opto và IC đếm nên rất an toàn cho mạch, ngoài ra mạch còn có ngõ ra xuất xung PWM để điều khiển tốc độ quay.

Mạch CNC BOB MACH3 V2 có giao tiếp USB, không cần cài driver, thiết lập đơn giản, dễ sử dụng. Hình 5 là hình ảnh thực tế của mạch CNC BOB MACH3 V2.



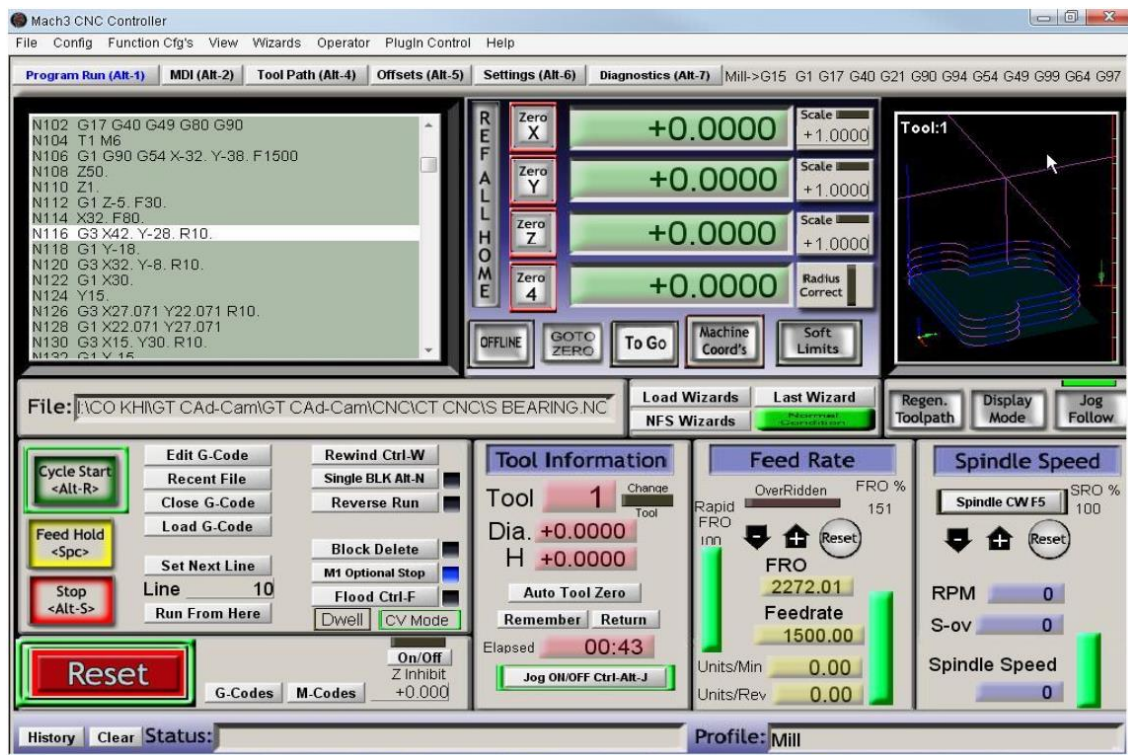
Hình 10. Mạch điều khiển CNC BOB MACH3 V2

Thông số kỹ thuật của mạch CNC BOB MACH3 V2

- Giao tiếp với máy tính qua cổng USB.
- Nguồn sử dụng: 5VDC USB.
- Tần số xung tối đa: 100KHz.
- Điều khiển 5 động cơ bước qua các trục X, Y, X, A, B.
- Số ngõ vào: 5 ngõ vào IN1, IN2, IN3, IN4, IN5 cách ly Opto.
- Số ngõ ra: 4 ngõ ra OUT1, OUT2, OUT3, OUT4 cách ly IC đếm.
- Có ngõ ra xuất xung PWM điều khiển tốc độ Spindle.
- Kích thước 90x60mm.

3.3. Phần mềm điều khiển Mach3

Mach3 là phần mềm được đóng gói để chạy trên máy tính cá nhân, nó rất hữu ích và thuận tiện để thay thế các bộ điều khiển máy. Để chạy phần mềm Mach3 cần có máy tính sử dụng hệ điều hành Window XP hoặc Window 2000 trở lên. Driver điều khiển mỗi trục của máy phải chấp nhận một tín hiệu xung (pulse) và hướng (direction). Hầu như mỗi driver động cơ bước đều được làm giống vậy.



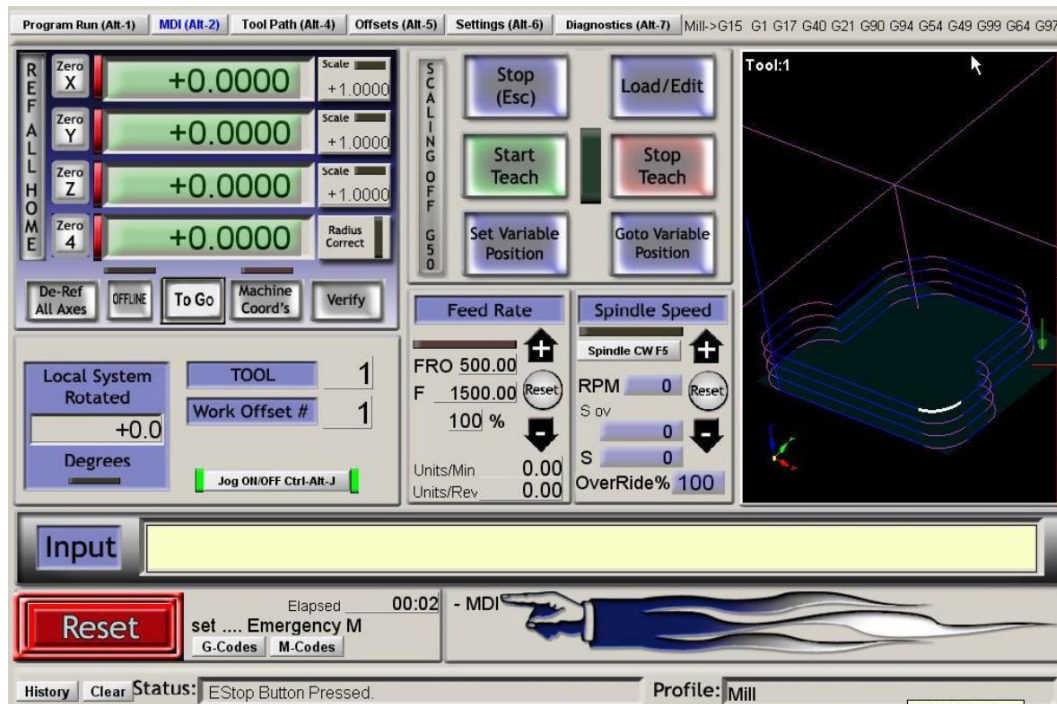
Hình 11. Giao diện chính của phần mềm Mach3

- Giao diện và của Mach3

Khi chạy chương trình Mach3, màn hình sẽ hiển thị giao diện như bên dưới. Màn hình điều khiển Mach3 khi khởi động máy gồm 6 trang màn hình.

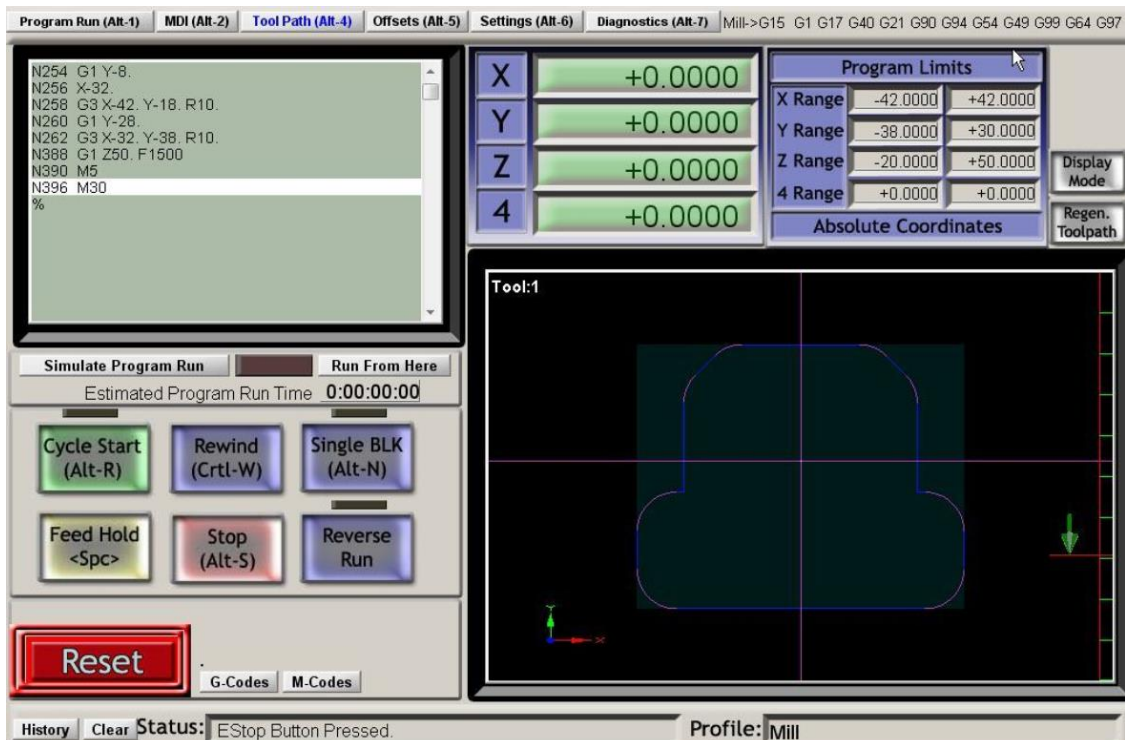
- Program Run (Alt-1): Hình 11 là trang màn hình chính khi khởi động Mach3.
- MDI (Alt-2): là chế độ điều khiển máy CNC bằng các lệnh NC trong chế độ MDI, chương trình được thực hiện cũng cùng vùng định dạng ở vùng G-Code

nhưng được nhập vào từng lệnh trong vùng Input. Hình 12 thể hiện các thành phần của trang MDI.



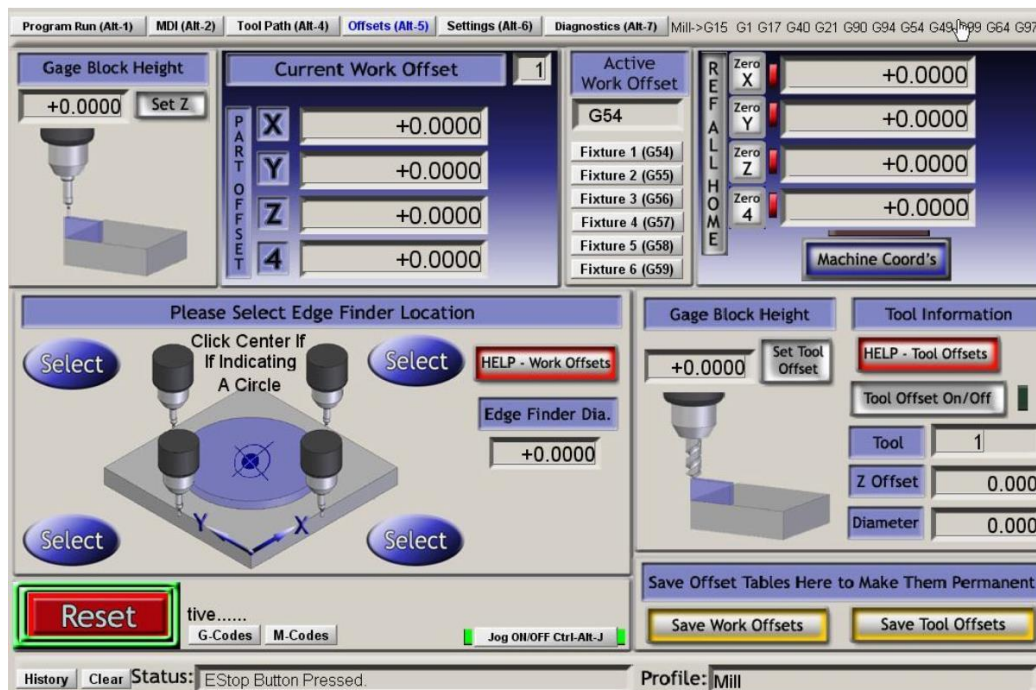
Hình 12. Trang MDI

- ToolPath (Alt-4): điều khiển đường chạy công cụ cắt. (Hình 13)



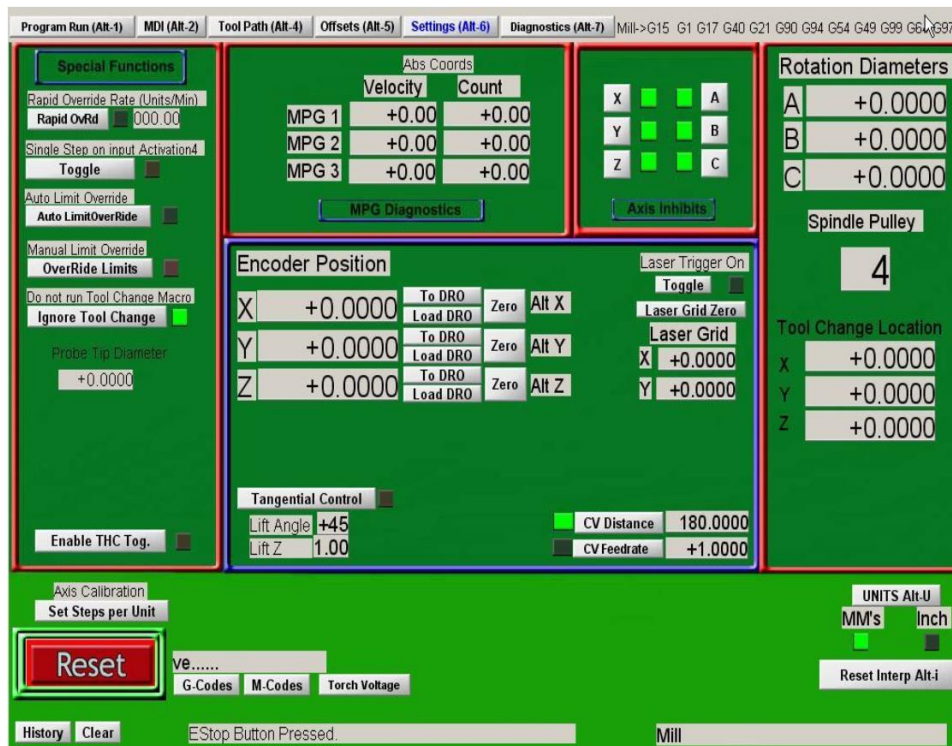
Hình 13. Trang ToolPath

- Offsets (Alt-5): Cài đặt tọa độ cắt: hệ tọa độ cắt (work coordinate system) là hệ tọa độ gắn liền với chi tiếp cần phay, hệ tọa độ này thường được sử dụng khi lập trình phay nên gọi là hệ tọa độ phay. (Hình 14)



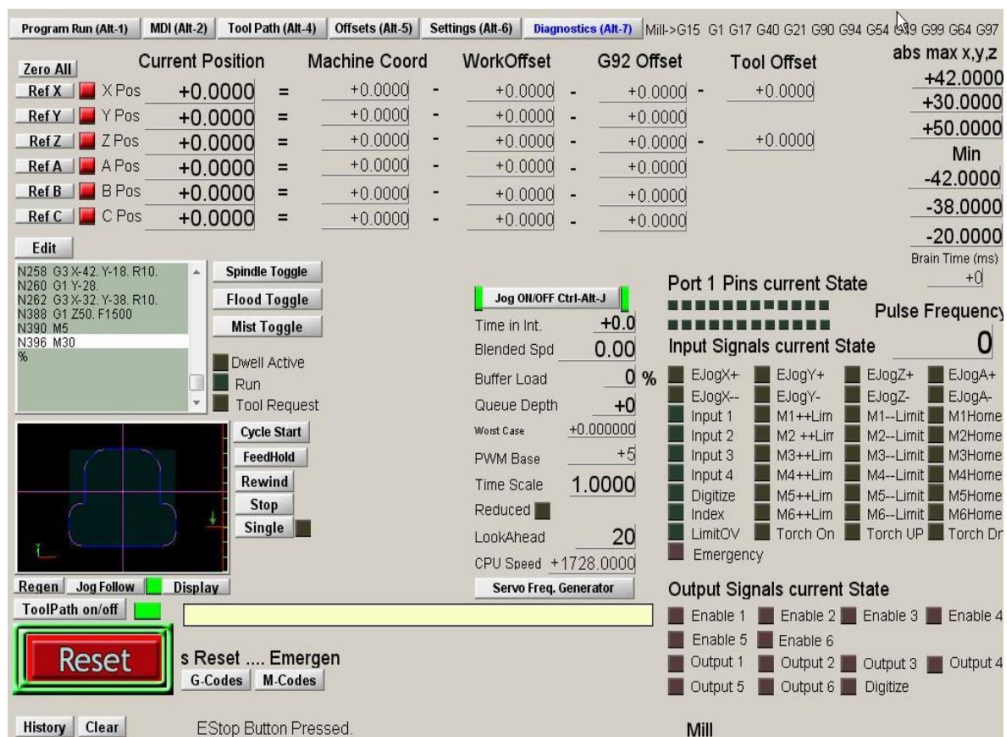
Hình 14. Trang Offsets

- Setting (Alt-6): Trang cho phép ta cài đặt tham số cho máy, phần cài này do nhà sản xuất cài đặt. (Hình 15)



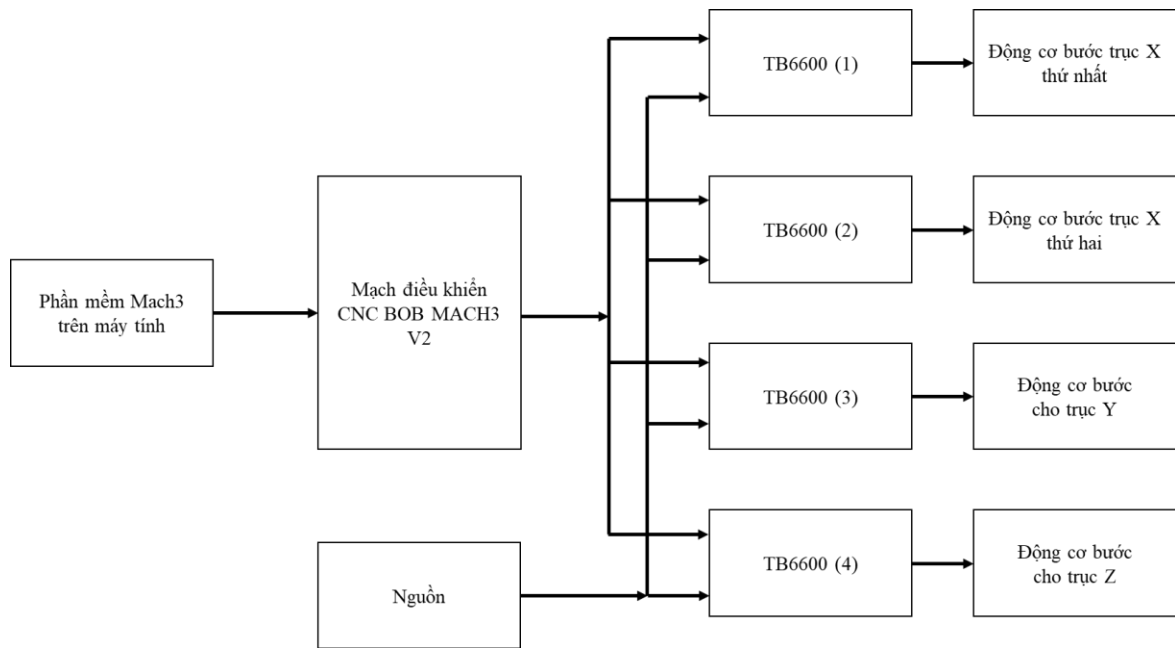
Hình 15. Trang Setting

- Diagnostics (Alt-7): Trang này cho phép ta chuẩn đoán các lỗi ra của máy. (Hình 16).



Hình 16. Trang Diagnostics

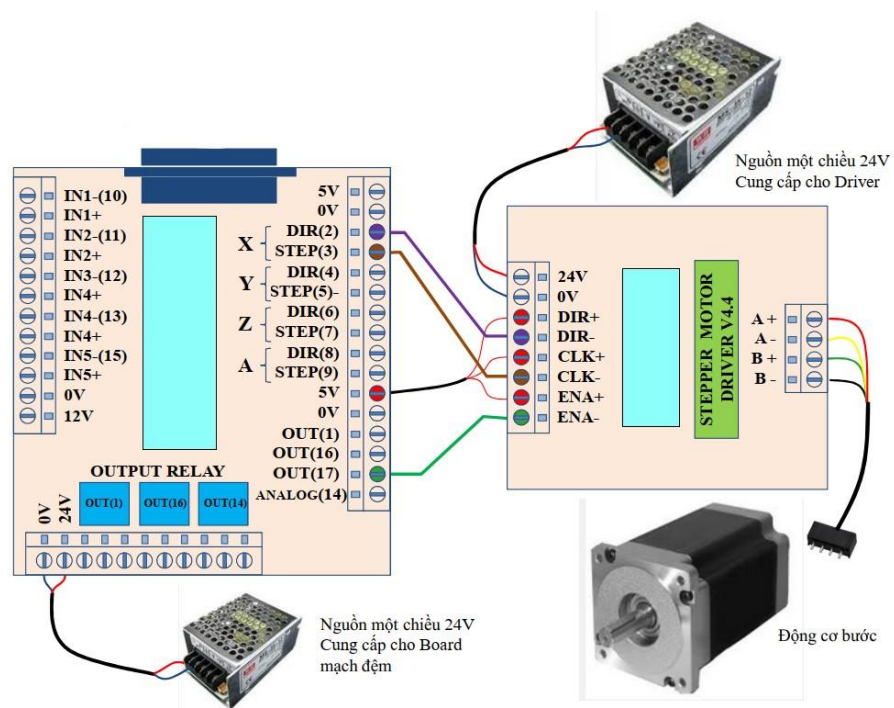
3.4. Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển



Hình 17. Sơ đồ nguyên lý hệ thống điều khiển

Hình 17 thể hiện sơ đồ nguyên lý kết nối từ mạch CNC BOB MACH3 V2 tới các động cơ bước điều khiển các trục của mô hình. Phần mềm Mach3 sẽ điều khiển mạch CNC BOB MACH3 V2 thông qua cổng USB. Mạch Mach3 sẽ thông qua các driver điều khiển TB6600 để điều khiển tốc độ và hướng của các động cơ bước. Các động cơ bước này được nối vào các trục vít me để chuyển chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Các động cơ sẽ được cấp nguồn riêng thông qua driver TB6600, tốc độ và bước của động cơ bước sẽ được điều khiển qua driver TB6600.

Hình 18 thể hiện sơ đồ nối dây từ mạch điều khiển đến một động cơ bước, các động cơ bước còn lại sẽ được nối tương tự.

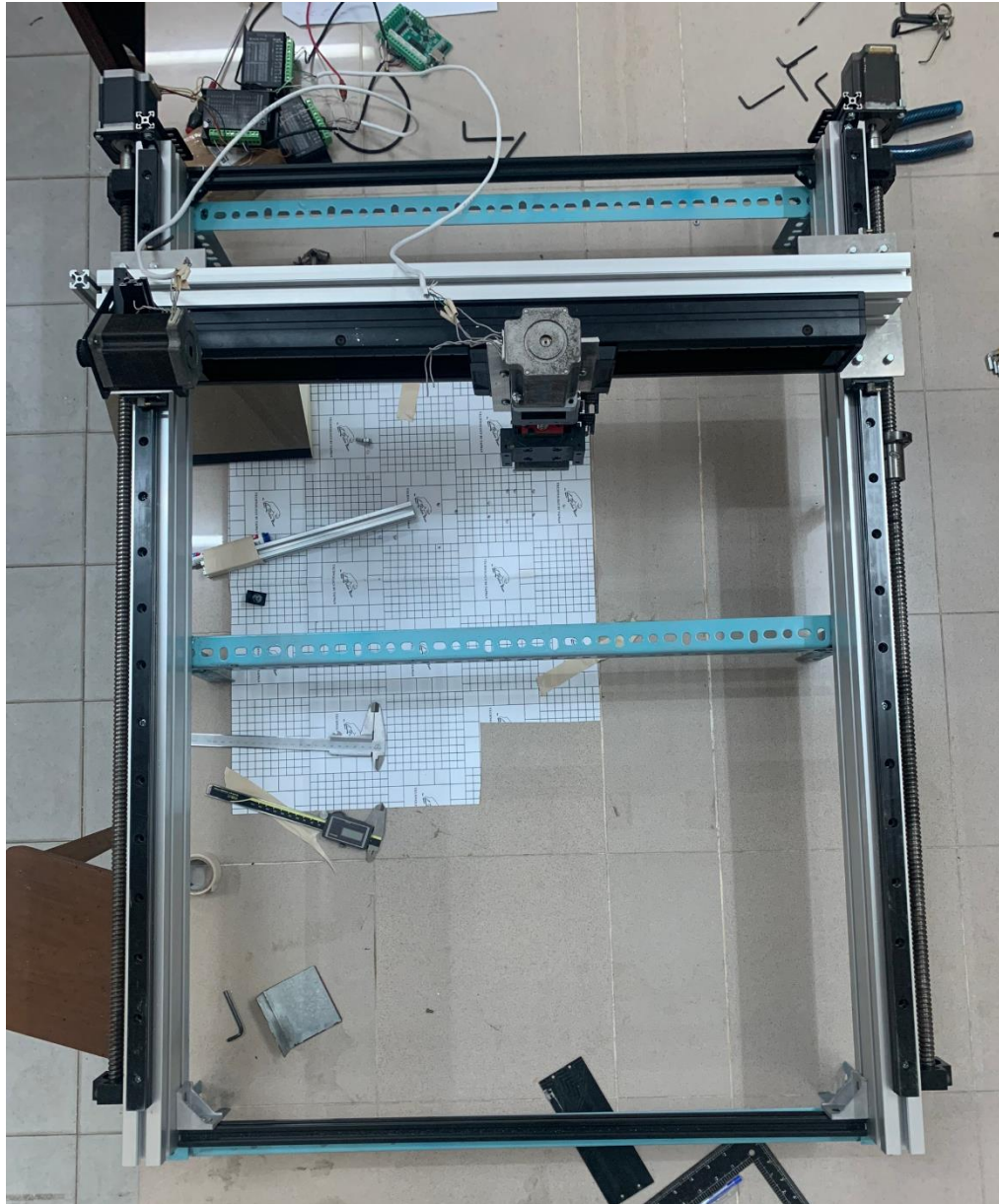


Hình 18. Sơ đồ nối dây mạch điều khiển động cơ bước

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ

1. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

Nhóm đã xây dựng thành công mô hình máy CNC ba trục được thể hiện ở hình 4. Mô hình này giống như thiết kế ban đầu đã đặt ra.



Hình 19. Mô hình máy CNC ba trục hoàn thành

Mô hình có các đặc tính kỹ thuật được mô tả ở Bảng 3. Các thông số và đặc tính kỹ thuật này được đo trực tiếp trên mô hình.

Bảng 3. Thông số đặc tính của mô hình máy CNC ba trục được thực hiện

STT	Thông số - Đặc tính	Mô tả
1	Kích thước	Mô hình có chiều dài tổng cộng 1200 mm, chiều rộng khoảng 900 mm, chiều cao khoảng 350 mm. Trọng lượng mô hình là 30 kg.
2	Các trục X-Y-Z	Các trục X-Y-Z của mô hình sử dụng vít me bi. Trục X sử dụng hai động cơ bước với hai thanh vít me bi SFU1605 để kéo hai trục còn lại và dụng cụ cắt của mô hình. Trục Y sử dụng một thanh vít me bi, đặt trên hai thanh trượt vuông gắn với hai thanh vít me của trục X, sử dụng vòng đai GT2 để động cơ bước kéo trục. Trục Z sử dụng một thanh vít me bi, được cố định lên trục Y.
3	Hành trình hoạt động	Hành trình hoạt động của mỗi trục: Trục X: 840 mm Trục Y: 460 mm Trục Z: 100 mm Diện tích hoạt động của mũi cắt là 386400 mm^2 (hay 0.3864 m^2)
4	Tốc độ chuyển động của từng trục	Tốc độ chuyển động của trục X là 46,7 mm/s. Tốc độ chuyển động của trục Y là 9,2 mm/s. Tốc độ chuyển động của trục Z là 3,3 mm/s.

2. CÁC THỬ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH

2.1. Thử nghiệm 1

Cho mô hình chạy thử theo từng trục, sử dụng hệ thống điều khiển bằng tay của phần mềm Mach3 cho di chuyển độc lập từng trục X-Y-Z. Bảng 4 thể hiện các nút nhấn để điều khiển từng trục trong phần mềm Mach3

Bảng 4. Phím cứng điều khiển các trục X-Y-Z

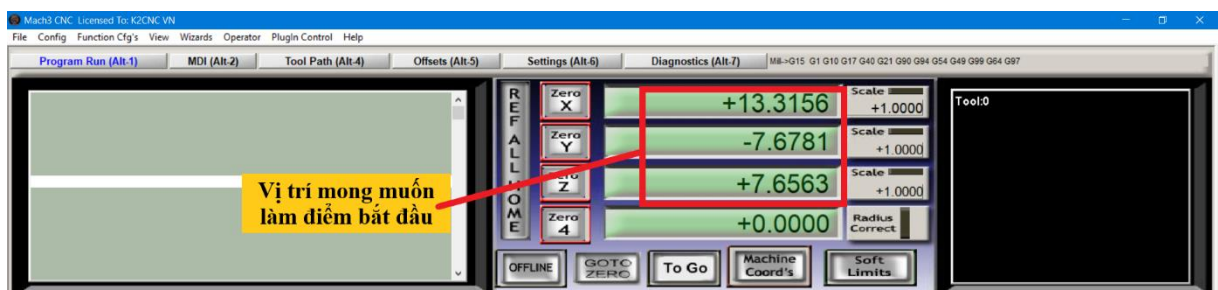
Điều khiển trục X	Sử dụng hai nút phím tên phải trái trên bàn phím máy tính.
Điều khiển trục Y	Sử dụng hai phím mũi tên lên xuống trên bàn phím máy tính.
Điều khiển trục Z	Sử dụng hai phím PageUp và PageDown trên bàn phím máy tính.

Sau khi chạy thử, từng trục hoạt động bình thường, di chuyển hết hành trình hoạt động mà không gặp sự cố nào. Phần mềm điều khiển có độ nhạy tốt, khi sử dụng phím nhấn để điều khiển thì các trục hoạt động ngay lập tức với độ trễ thấp (chưa đến 1 giây).

2.2. Thử nghiệm 2

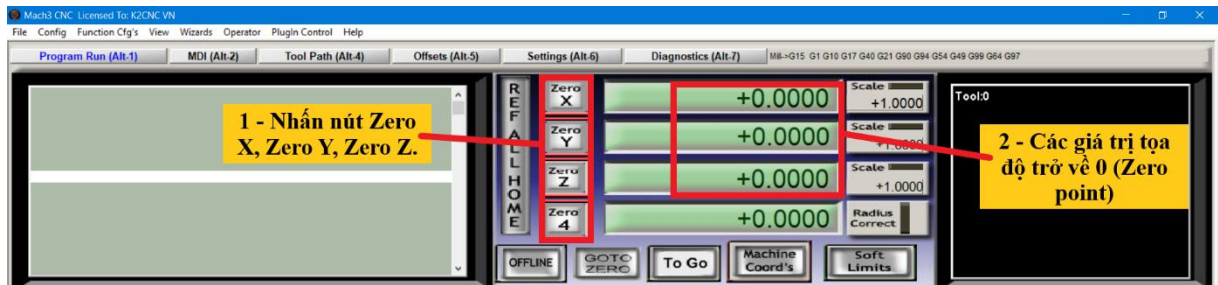
Các bước thực hiện cài đặt điểm bắt đầu (zero point) cho việc thực nghiệm:

Bước 1: Tại trang Program Run, sử dụng các phím điều khiển, cho mũi cắt tại vị trí mong muốn là vị trí bắt đầu (Hình 20)



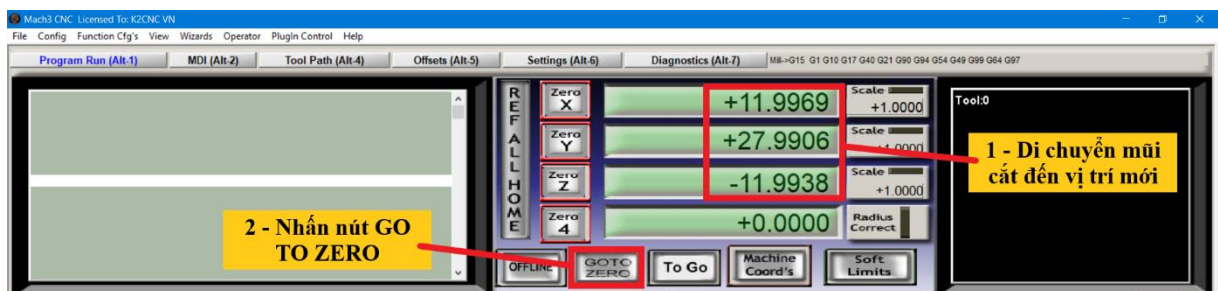
Hình 20. Chọn vị trí bắt đầu

Bước 2: Chọn các nút Zero X, Zero Y, Zero Z để thiết lập điểm bắt đầu. Các tọa độ sẽ trở về giá trị 0, tức là thiết lập đây là điểm bắt đầu (Hình 21).



Hình 21. Thiết lập điểm bắt đầu (Zero point)

Bước 3: Sử dụng các phím di chuyển mũi cắt đến vị trí bất kỳ. Sau đó nhấn nút GO TO ZERO, phần mềm sẽ tự động di chuyển mũi cắt trở lại điểm bắt đầu đã thiết lập trước đó (Hình 22).



Hình 22. Cho mũi cắt di chuyển trở lại vị trí bắt đầu

Cho dụng cụ cắt đặt trên trục Z của mô hình chạy lên xuống để xem xét độ lệch của dụng cụ cắt mỗi lần di chuyển xuống mặt bàn. Cài đặt điểm bắt đầu (zero point) của mũi cắt là trên mặt bàn, sau đó cho mũi cắt di chuyển lên trên và tự động hạ xuống điểm bắt đầu. Đo độ lệch của vị trí mũi cắt so với vị trí ban đầu để đánh giá độ chính xác của mũi cắt. Kết quả 30 lần đo được trình bày ở Bảng 5. Tính toán độ lệch trung bình của mũi cắt khi chuyển động theo trục Z.

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm 2

Lần đo	Độ lệch so với điểm bắt đầu (zero point) (mm)	Lần đo	Độ lệch so với điểm bắt đầu (zero point) (mm)
1	0	16	0
2	0,5	17	0
3	0	18	0
4	0	19	0
5	0	20	0,5
6	0	21	0,8
7	0	22	0
8	0,7	23	0
9	0	24	0
10	0	25	1
11	0	26	0
12	0	27	0
13	0,5	28	0
14	0	29	0
15	1	30	0

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

Công thức (1) dùng để tính giá trị trung bình của một mẫu dữ liệu. Trong đó, $\bar{x}$ là giá trị trung bình của mẫu dữ liệu, N là số lần thực hiện lấy mẫu, x_i là giá trị lấy được lần thứ i ($i = \overline{1, N}$). Sử dụng công thức (1), tính được độ lệch trung bình của mũi cắt so với điểm bắt đầu khi chuyển động theo trục Z là 0,167 mm.

2.3. Thử nghiệm 3

Cài đặt điểm bắt đầu (zero point) cho dụng cụ cắt của mô hình tương tự như ở thử nghiệm 2. Sử dụng hệ thống điều khiển bằng tay để di chuyển dụng cụ cắt đến vị trí mới một cách ngẫu nhiên, sau đó sử dụng nút tự động trở về vị trí ban đầu (GO TO ZERO) trên phần mềm Mach3 để đưa mũi cắt trở về điểm bắt đầu đã thiết lập trước đó. Do độ lệch của mũi cắt so với vị trí ban đầu. Kết quả 30 lần đo được trình bày ở Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả thử nghiệm 3

Lần đo	Độ lệch so với điểm bắt đầu (zero point) (mm)	Lần đo	Độ lệch so với điểm bắt đầu (zero point) (mm)
1	1	16	0
2	1	17	1
3	0	18	1
4	1	19	0
5	1	20	1
6	0,5	21	1
7	0	22	0
8	1	23	0
9	0	24	0
10	0	25	0.5
11	0,5	26	0
12	0	27	0
13	0	28	1
14	0	29	1
15	1	30	1

Tương tự, sử dụng công thức 1, tính được độ lệch trung bình của mũi cắt so với điểm bắt đầu khi chuyển động trên cả ba trục là 0,483 mm.

KẾT LUẬN

Nhóm đã chế tạo thành công mô hình máy CNC ba trục. Thiết lập hệ thống điều khiển mô hình thông qua mạch CNC BOB MACH3 V2 và phần mềm điều khiển Mach3. Mô hình đã hoạt động theo từng trục độc lập và có thể tự động trở về điểm bắt đầu (zero point) đã thiết lập trước. Độ lệch của mũi cắt khi mô hình hoạt động được xem xét, tính toán. Mô hình máy CNC ba trục nhóm thực hiện tuy nhiên vẫn còn một số hạn chế.

Trong quá trình thực nghiệm để kiểm tra độ chính xác của mô hình máy CNC ba trục, độ lệch trung bình của mũi cắt so với điểm bắt đầu là 0,167 mm khi chuyển động trên trục Z và 0,483 mm khi chuyển động cả ba trục.

Từ mô hình máy CNC ba trục nhóm đã hoàn thành có thể nâng cấp, cải thiện bằng nhiều cách. Có thể thay đổi mũi cắt bằng các phương pháp khác nhau như cắt, phay, khắc laser,... để tạo ra các sản phẩm khác nhau. Gia công phần cứng để có thêm độ chính xác cao, hướng tới các sản phẩm chính xác cao như mạch in PCB, hình ảnh,... Thêm các chức năng tự động như tự động thay mũi dao, tự động điều chỉnh vị trí của mũi cắt nếu bị lệch so với vị trí ban đầu,... Các nâng cấp, cải thiện trên giúp nâng cao năng suất hoạt động của mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần, V. D. (2007). *Công nghệ CNC*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
2. Nguyễn, T. T. T. (2019). *Thiết kế và chế tạo mô hình máy phay CNC 3 trục*.
Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.