

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY KHẮC GỖ CNC 4 TRỤC

STUDY ON DESIGN AND MANUFACTURE 4-AXIS CNC WOOD ENGRAVING MACHINE

Nguyễn Anh Tuấn¹, Nguyễn Quang Dũng²¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp²Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Hiện nay, việc ứng dụng máy khắc CNC 4 trục trong lĩnh vực điêu khắc đang ngày càng phổ biến, đặc biệt với các chi tiết điêu khắc có biên dạng phức tạp. Các máy khắc gỗ CNC 4 trục hiện nay trong các cơ sở sản xuất và các trường đại học chủ yếu là nhập khẩu. Tuy nhiên, giá thành nhập ngoại của các máy khắc CNC 4 trục thường lớn và trong quá trình sử dụng, khi có sự cố thì việc thay thế, hiệu chỉnh máy khá phức tạp, tốn kém. Vì vậy, trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trước đây, nhóm tác giả đã nghiên cứu thiết kế chế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục, với mong muốn làm chủ công nghệ của máy khắc gỗ CNC 4 trục để phục vụ công tác đào tạo. Kết quả thử nghiệm cho thấy máy khắc gỗ CNC 4 trục đã thiết kế chế tạo hoạt động tốt, có thể gia công được các chi tiết trên một số vật liệu như gỗ, mica, nhựa, ... nhằm giảm lao động thủ công và tăng năng suất lao động. Đồng thời, kết quả của nghiên cứu này cũng có ý nghĩa thiết thực trong đào tạo, lập trình, vận hành máy CNC.

Từ khóa: CNC; Máy khắc gỗ CNC 4 trục.

ABSTRACT

Currently, the application of 4-axis CNC engraving machines in the field of sculpture is increasingly popular. Especially, the fabrication for parts with complex profiles is only effective when machining on 4-axis CNC machines. However, the imported cost of 4-axis CNC engraving machines is often very high, and during use, when there is a problem, the replacement and adjustment of the machine is quite complicated and expensive. Therefore, on the basis of inheriting previous research, the authors have researched, designed and manufactured a 4-axis CNC wood engraving machine, with the desire to master the technology of a 4-axis CNC wood engraving machine to serve training in universities and towards mastering the technology of 4 axis CNC wood engraving machine. Test results show that the machine works well on a number of materials such as wood, mica, plastic, etc. to reduce manual labor and increase labor productivity. At the same time, the results of this study also have practical significance in training, programming, and operating CNC machines.

Keywords: CNC; The 4-axis CNC wood engraving machines.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các máy khắc gỗ CNC 04 trục đang dần thay thế các máy gia công truyền thống và được ứng dụng rất phổ biến trong lĩnh vực gia công gỗ, đặc biệt là các lĩnh vực cần chế tạo các chi tiết có độ phức tạp cao như điêu khắc tranh ảnh, khắc họa tiết hoa văn trên các sản phẩm quà tặng... [1]. Do đó, việc tính toán thiết kế chế tạo máy khắc gỗ CNC 04 trục đã được nhiều tác giả ở các nước phát triển trên thế giới thực hiện nghiên cứu từ trước đến nay để không ngừng cải tiến về năng suất và độ chính xác gia công, tuổi thọ và độ ổn định của máy,... Một số công trình nghiên cứu đã được các hãng chế tạo máy trên thế giới ứng dụng để chế tạo thành các sản phẩm thương mại... Tuy nhiên, các công bố của các hãng thường mang tính chất giới thiệu, không có tài liệu thiết kế và công nghệ cụ thể nên khó áp dụng.

Tại Việt Nam, một số ít những đề tài nghiên cứu đã được thực hiện trước đây về thiết kế chế tạo máy khắc gỗ CNC như đề tài “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy khắc đá CNC 3 trục”, thực hiện năm 2020 của nhóm tác giả Bùi Thanh Luân và Nguyễn Đoàn Hải đã thiết kế và chế tạo được một máy khắc đá CNC 3 trục [2]. Gần đây, đề tài “Thiết kế, chế tạo máy khắc gỗ CNC 3 trục dạng nhỏ” của nhóm tác giả Tào Quang Bảng, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng thực hiện năm 2022 đã tính toán thiết kế chế tạo được một máy khắc CNC 3 trục dạng nhỏ [3]... Tuy nhiên, các nghiên cứu về thiết kế chế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục ở Việt Nam đến nay kết quả đạt được còn nhiều hạn chế. Các nghiên cứu về thiết kế chế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục ở Việt Nam vẫn chỉ mang tính thử nghiệm là chủ yếu.

Với người dùng cá nhân hoặc các cơ sở sản xuất gia công nhỏ, đặc biệt các cơ sở đào tạo

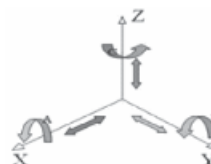
lập trình và vận hành máy CNC như các trường đại học, cao đẳng, trung học chuyên nghiệp,... thì cần tối ưu chi phí đầu tư máy móc thiết bị mà vẫn đảm bảo được các yêu cầu đặt ra. Vì vậy, việc nghiên cứu thiết kế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục có kích thước phù hợp, hoạt động hiệu quả, giá thành thấp có thể phục vụ những yêu cầu nêu trên là rất cần thiết, giúp tối ưu chi phí, chủ động hơn trong việc chế tạo, sử dụng máy. Đặc biệt, đối với Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp, điều này là rất cần thiết để giúp sinh viên có thể được thực tập vận hành trên các máy CNC 4 trục, hướng đến làm chủ được các máy móc thiết bị hiện đại, tiếp cận được với thực tế sản xuất.

Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy khắc gỗ CNC 04 trục ứng dụng trong giảng dạy tại Khoa Cơ khí và Câu lạc bộ STEM, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp.

2. NỘI DUNG

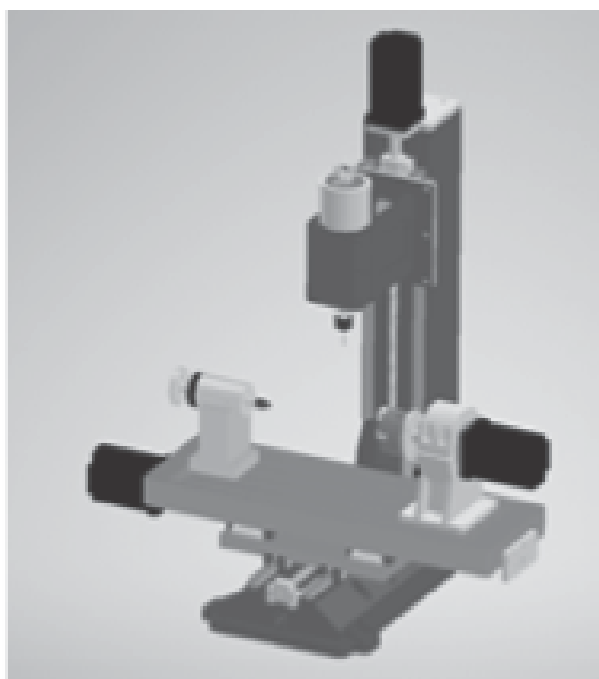
2.1. Đặc điểm kết cấu của máy khắc gỗ CNC 4 trục

Máy khắc gỗ CNC 4 trục sẽ có khả năng di chuyển theo bốn hướng khác nhau, thường là ba chuyển động tịnh tiến theo ba hướng (x, y, z) và một chuyển động quay (thường trục A). Điều này cho phép máy khắc gỗ CNC 4 trục thực hiện gia công được các bề mặt phức tạp hơn so với các máy phay gỗ CNC 3 trục, vì điều này cho phép thực hiện các thao tác phay hoặc khắc ở các góc độ khác nhau.



Hình 1. Hệ trục tọa độ trên máy CNC [1-3]

Về cơ bản, máy có cấu tạo gồm một trục chính với tốc độ quay cao được gắn dụng cụ cắt. Khi làm việc, trục chính sẽ tịnh tiến theo trục Z, phôi được gá cố định trên bàn máy và tịnh tiến theo trục X, Y kết hợp với trục Z để tạo hình sản phẩm. Ngoài ra, trên các máy khắc gỗ CNC 4 trục sẽ được mở rộng thêm một trục chuyển động xoay xung quanh trục X hoặc Y hoặc Z như thể hiện trên hình 2. Do đó, máy có khả năng gia công các loại chi tiết phức tạp với 01 lần gá đặt, sẽ giúp gia công được các chi tiết có bề mặt phức tạp, tốc độ cắt vật liệu cao, giảm thời gian gia công, giảm thời gian gá đặt phôi, nâng cao chất lượng bề mặt và độ chính xác của chi tiết gia công.



Hình 2. Cấu tạo của máy khắc gỗ CNC 4 trục

2.2. Thiết kế kết cấu máy khắc gỗ CNC 4 trục

2.2.1. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế

Dựa vào vị trí các trục quay, máy khắc gỗ CNC 4 trục được phân loại thành 03 dạng chính như sau:

+ Trường hợp 1: Bàn máy di chuyển theo trục X, Y. Phôi được cố định trên bàn máy, bàn máy dịch chuyển theo hướng X và Y, trục chính chuyển động theo hướng Z, trục A nằm trên bàn máy tâm quay quanh trục X.

+ Trường hợp 2: Bàn máy di chuyển theo trục Y. Phôi được cố định trên bàn máy, bàn máy dịch chuyển theo hướng Y, trục chính chuyển động theo hướng X và Z, trục A nằm trên bàn máy tâm quay quanh trục X.

+ Trường hợp 3: Bàn máy cố định. Phôi cố định trên bàn máy, bàn máy không dịch chuyển, trục chính chuyển động trên cả ba trục X, Y, Z, trục A nằm trên bàn máy tâm quay quanh trục X.

Trên cơ sở phân tích ưu, nhược điểm của các loại cấu hình máy khắc gỗ CNC 4 trục ở trên, nhóm tác giả lựa chọn phương án thiết kế máy 4 trục với kết cấu bàn máy di chuyển theo trục X, Y (trường hợp 1). Với phương án này, máy sẽ có kết cấu chắc chắn, các bộ máy trục X và Y phải được thiết kế, tính toán chính xác đảm bảo việc nâng đỡ các bộ phận khác. Bên cạnh đó, đầu của động cơ trục chính phải nằm giữa không gian hoạt động của bàn máy để tận dụng tối đa vùng gia công.

2.2.2. Thiết kế cụm trục X, Y, Z và cụm A

Dựa trên mục đích sử dụng mô hình máy khắc gỗ CNC 4 trục tại Khoa Cơ khí và Câu lạc bộ STEM, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp, nhóm nghiên cứu đặt ra những yêu cầu các thông số đầu vào cần thiết kế của máy khắc gỗ CNC 4 trục như sau:

- Gia công được phôi có kích thước 500x250x150 mm;



- Gá lắp được các loại dao có đường kính từ $\Phi 1$ đến $\Phi 12$;

- Tốc độ cắt tối đa 24.000 vòng/phút;
- Độ chính xác kích thước cao nhất 0,01 mm;
- Kích thước máy: 750 x 680 x 800 (mm).

Trên cơ sở những yêu cầu về các thông số đầu vào như trên, nhóm nghiên cứu đã thực hiện tính toán thiết kế hệ thống cơ khí và hệ thống điều khiển của máy. Trước tiên, thực hiện tính toán thiết kế đối với các chi tiết tiêu chuẩn. Việc tính toán thiết kế các chi tiết tiêu chuẩn dựa trên nguyên tắc tính chọn. Căn cứ vào catalog các chi tiết tiêu chuẩn của các hãng sản xuất, nhóm nghiên cứu đã thực hiện tính toán và lựa chọn được các chi tiết và thiết bị cơ bản của hệ thống máy khắc gỗ CNC 4 trục như sau:

- Động cơ bước điều khiển vít-me 3 trục X, Y, Z là động cơ servo có Model 86 HBM80-01-1000;

- Động cơ điều khiển trục A là động cơ servo có Model 86 HBM80-01-1000;

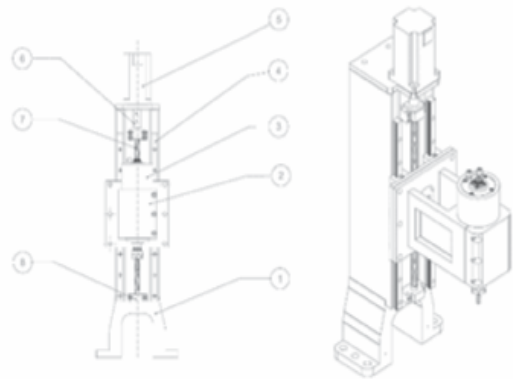
- Động cơ trục chính có Model là GDZ-80- 2.2B;

- Thanh dẫn hướng của 3 trục X, Y, Z có Model là HGW20CA;

- Trục vít-me của 3 trục X, Y, Z lần lượt có Model là SFS01620-1.8, SFS01605-3.8, SFS01620-1.8 của hãng TBI MOTION.

Đây là cơ sở để thực hiện thiết kế các cụm chi tiết chính của máy khắc gỗ CNC 4 trục. Cụ thể như sau:

a. Thiết kế cụm trục Z



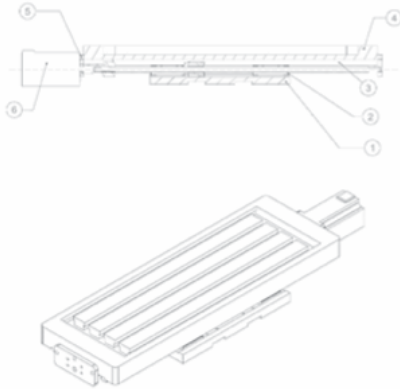
(1): Khung trục Z; (2): Gối gá spindle; (3): Spindle; (4): Ray trượt;
(5): Động cơ trục Z; (6): Khớp nối; (7): Bộ truyền vít-me đai ốc bi; (8): Gối đỡ vít-me.

Hình 3. Kết cấu cụm trục Z

Hình 3 thể hiện kết cấu cụm trục Z của máy khắc gỗ CNC 4 trục. Khi động cơ (5) quay, thông qua khớp nối (6) sẽ truyền chuyển động quay cho trục vít-me bi (7). Khi đó, trục vít-me bi ăn khớp với đai ốc bi dẫn đến áo đai ốc bi (4) gắn với bàn máy chuyển động tịnh tiến tạo ra chuyển động chạy dao đứng của máy khắc gỗ CNC 4 trục.

b. Thiết kế cụm trục X

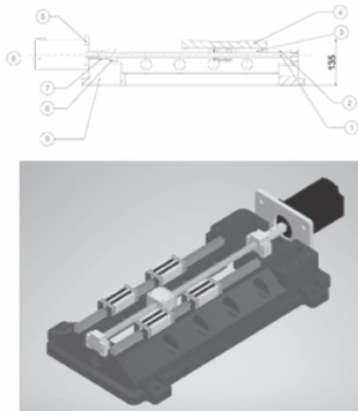
Hình 4 thể hiện kết cấu cụm X của máy khắc gỗ CNC 4 trục. Khi động cơ (6) quay, thông qua khớp nối sẽ truyền chuyển động quay cho trục vít-me bi. Khi đó, trục vít-me bi ăn khớp với đai ốc bi dẫn đến đai ốc bi chuyển động tịnh tiến tạo ra chuyển động chạy dao ngang của bàn máy khắc gỗ CNC 4 trục.



(1): Tấm đỡ; (2): Bộ truyền vít-me đai ốc bi; (3): Ray trượt; (4): Bàn máy;
(5): Bích gá động cơ; (6): Động cơ
Hình 4. Kết cấu cụm trục X

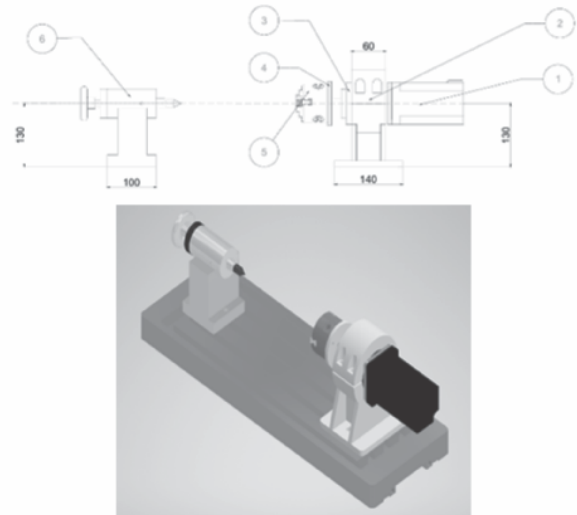
c. Thiết kế cụm trục Y

Hình 5 thể hiện kết cấu cụm trục Y của máy khắc gỗ CNC 4 trục. Khi động cơ (7) quay, thông qua bộ truyền đai răng sẽ truyền chuyển động quay cho trục vít-me bi. Khi đó, trục vít-me bi ăn khớp với đai ốc bi dẫn đến bàn máy chuyển động tịnh tiến tạo ra chuyển động chạy dao ngang của máy phay CNC 5 trục.



(1): Trục vít-me bi; (2): Ray trượt; (3): Con trượt;
(4): Tấm đỡ;
(5): Bích gá động cơ; (6): Động cơ; (7): Khớp nối;
(8): Gối đỡ vít-me; (9): Khung trục Y
Hình 5. Kết cấu cụm trục Y

d. Thiết kế cụm trục A



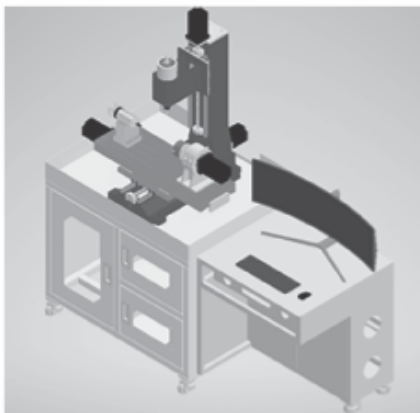
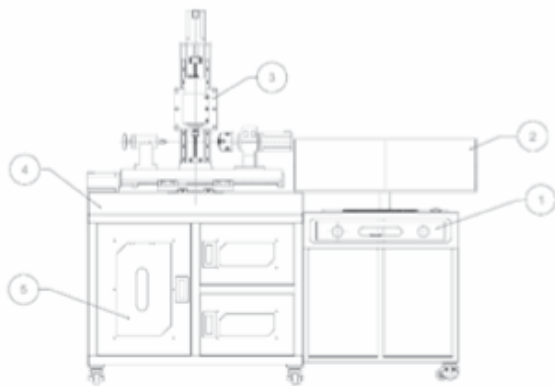
(1): Động cơ; (2): Gối đỡ trục A;
(3): Hộp giảm tốc;
(4): Bích gá mâm cặp; (5): Mâm cặp; (6): Ụ chống tâm
Hình 6. Kết cấu cụm trục A

Hình 6 thể hiện kết cấu cụm trục A của máy khắc gỗ CNC 4 trục. Khi động cơ trục A (1) quay, mô-men được truyền qua khớp nối làm trục đầu vào của hộp giảm tốc (3) sẽ quay. Khi đó, mô-men được truyền qua các cặp bánh răng của hộp giảm tốc theo tỉ số truyền 1/10, làm cho trục đầu ra của hộp giảm tốc sẽ quay, dẫn tới bích gá mâm cặp (4), mâm cặp (5) và chi tiết được gá trên mâm cặp sẽ quay theo tạo ra chuyển động quay của trục A.

2.2.3. Thiết kế tổng thể hệ thống cơ khí của máy khắc gỗ CNC 4 trục

Trên cơ sở kết cấu các cụm trục X, Y, Z, A đã thiết kế ở phần trước, nhóm tác giả thực hiện lắp ráp các cụm chi tiết trên môi trường Assembly của phần mềm Inventor sẽ xây dựng

được kết cấu chung của máy khắc gỗ CNC 4 trục. Từ đó, nhóm thực hiện thiết kế cụm bàn máy sẽ xây dựng được kết cấu tổng thể hệ thống cơ khí của máy khắc gỗ CNC 4 trục như thể hiện trên hình 7.



(1): Cụm tủ điện; (2): Cụm máy tính; (3): Máy khắc gỗ CNC 4 trục;

(4): Cụm bàn máy; (5): Kết nước

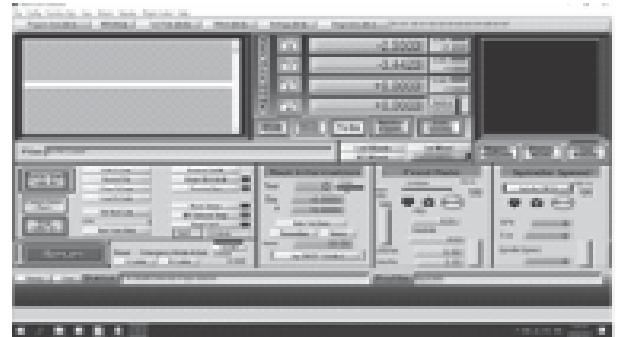
Hình 7. Kết cấu hệ thống cơ khí của máy khắc gỗ CNC 4 trục

2.3. Thiết kế hệ thống điều khiển của máy khắc gỗ CNC 4 trục

2.3.1. Lựa chọn phần mềm điều khiển của máy khắc gỗ CNC 4 trục

Trong thực tế, có rất nhiều phần mềm có thể điều khiển cho máy khắc gỗ CNC như

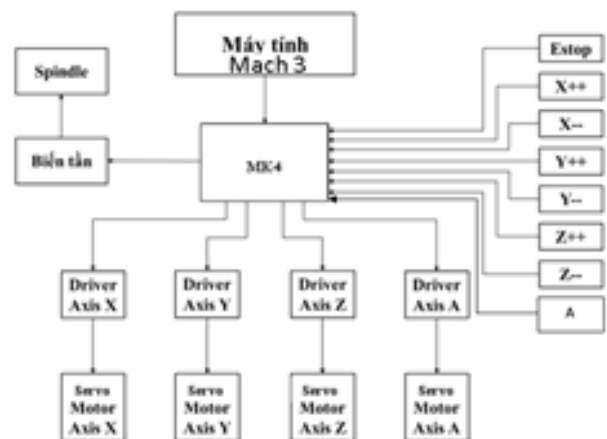
phần mềm: Fanuc, NCstudio, Mach3,... Trong nghiên cứu này sẽ lựa chọn phần mềm Mach 3 là phần mềm điều khiển máy vì chức năng của phần mềm này đa dạng, giao diện tương thích với người dùng, dễ khai báo các thông số của hệ thống và tiết kiệm được chi phí đáng kể khi chế tạo máy [4, 5].



Hình 8. Giao diện phần mềm Mach 3 [4-5]

2.3.2. Thiết kế sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy khắc gỗ CNC 4 trục

Để đảm bảo sự hoạt động ổn định và chính xác của thiết bị đáp ứng đúng các yêu cầu đặt ra, nhóm nghiên cứu thiết kế sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy khắc gỗ CNC 4 trục như sau:



Hình 9. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy khắc gỗ CNC 4 trục

Trong đó:

- Phần mềm Mach3 và máy tính: Có vai trò như bộ điều khiển CNC, điều khiển toàn bộ hoạt động của máy.

- Biến tần: Có tác dụng điều chỉnh tốc độ, chiều quay của trục chính.

- Mạch MK4 được kết nối với máy tính qua cổng kết nối USB, cổng kết nối này vừa có tác dụng truyền tín hiệu từ máy tính đến mạch Mach3 vừa có tác dụng cung cấp nguồn điện 5V từ máy tính cho mạch đệm MK4 hoạt động.

- Động cơ và driver động cơ servor được sử dụng để dẫn động bàn máy để hình thành quỹ đạo chuyển động của đầu gia công.

- Công tắc hành trình được sử dụng để giới hạn hành trình di chuyển các trục nhằm ngăn ngừa bàn máy va chạm với các gối đỡ.

2.4. Chế tạo, thử nghiệm gia công và đánh giá hiệu quả hoạt động

Từ thiết kế kết cấu cơ khí và hệ thống điều khiển, nhóm nghiên cứu đã tiến hành gia công chế tạo các chi tiết cơ khí và lựa chọn các thiết bị, linh kiện điện tử đã tính chọn. Sau đó, nhóm tiến hành lắp ráp, điều chỉnh và thử nghiệm thành công máy khắc gỗ CNC 4 trục với các thông số kỹ thuật đúng theo thiết kế.



Hình 10. Hình ảnh máy khắc gỗ CNC 4 trục sau khi thiết kế chế tạo

Để đánh giá kiểm nghiệm khả năng hoạt động của máy, nhóm nghiên cứu đã tiến hành gia công thử nghiệm một số chi tiết điển hình. Kết quả cho thấy máy phay CNC 5 trục mà nhóm thiết kế chế tạo hoạt động ổn định, đảm bảo các thông số kỹ thuật yêu cầu đã đưa ra, sản phẩm gia công có độ chính xác kích thước và hình học đạt yêu cầu kỹ thuật đặt ra với độ chính xác kích thước 0,01 mm và độ nhám bề mặt đạt $Ra = 2,5$.



Hình 11. Hình ảnh một số sản phẩm được thực nghiệm gia công trên máy

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục. Sau khi tiến hành thực nghiệm gia công nhận thấy:

- Máy vận hành dễ dàng, thuận lợi trong di chuyển, dễ bảo trì và bảo dưỡng;

- Gia công được các chi tiết có biên dạng phức tạp như ông tượng, con rồng, con đại bàng... trên các vật liệu như gỗ, nhựa, mica... Sản phẩm thử nghiệm gia công trên máy có độ chính xác hình học và kích thước đạt yêu cầu đặt ra. ❖

Ngày nhận bài: 12/5/2024

Ngày phản biện: 26/6/2024



Tài liệu tham khảo:

- [1]. Đặng Minh Phụng, Lê Hiếu Giang, Lê Sĩ Đàng, Hồ Gia Nghiêm; “*Phát triển thiết kế và chế tạo máy khắc CNC Laser CO₂ 4 trục ứng dụng khắc bề mặt gỗ, mica, nhựa và các chi tiết có bề mặt tròn xoay*”, Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh, Số 66, trang 27-36, 2021.
- [2]. Bùi Thanh Luân, Nguyễn Đoàn Hải; “*Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy khắc đá CNC 3 trục*”, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí – Lần thứ IV, 2020.
- [3]. Tào Quang Bảng, Nguyễn Hùng Dĩ Khang, Hoàng Văn Thạnh, Lê Văn Dương; “*Thiết kế chế tạo máy khắc gỗ CNC 3 trục dạng nhỏ*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ – Đại học Đà Nẵng, Vol. 20, NO. 2, 2022.
- [4]. Đặng Minh Phụng, Lê Hiếu Giang, Nguyễn Văn Lâm, Nguyễn Trường Hải, Lê Tấn Cường; “*Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay CNC 4 trục sử dụng chương trình Mach3 ứng dụng trong gia công nhôm và kim loại màu*”, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí – Lần thứ IV, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, trang 112-120, 2015.
- [5]. Website: <http://www.machsupport.com/> (Thông tin Mach3).