

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY PHAY CNC 5 TRỤC

STUDY ON DESIGN AND MANUFACTURE 5 AXIS CNC MILLING MACHINE

Nguyễn Hữu Quang, Nguyễn Anh Tuấn, Trịnh Kiều Tuấn, Nguyễn Văn Khiết

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Hiện nay, việc ứng dụng máy CNC 5 trục trong thực tế sản xuất cơ khí ngày càng phổ biến. Đặc biệt, với các chi tiết có biên dạng phức tạp, việc sản xuất chỉ hiệu quả khi gia công trên máy CNC 5 trục. Tuy nhiên, giá thành nhập ngoại của các loại máy CNC 5 trục thường rất cao 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 với mong muốn làm chủ công nghệ phay CNC 5 trục để phục vụ công tác đào tạo trong trường đại học, nhóm tác giả đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy phay CNC mini 5 trục. Kết quả thử nghiệm cho thấy, máy phay CNC 5 trục nhóm nghiên cứu thiết kế chế tạo hoạt động tốt, có thể gia công các chi tiết trên một số vật liệu như: Gỗ, nhựa, mica ... Các chi tiết gia công đạt độ chính xác 0,01mm. Máy có thể ứng dụng trong đào tạo lập trình, vận hành máy phay CNC.

Từ khóa: CNC; Máy phay CNC 5 trục; Thiết kế.

ABSTRACT

Currently, the application of 5-axis CNC machines in actual mechanical production is increasingly popular. Especially, the fabrication for parts with complex profiles is only effective when machining on 5-axis CNC machines. The 5-axis CNC machines used in production facilities and universities today in Vietnam are mainly imported. However, the imported cost of 5-axis CNC 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 studies, the authors have researched the design and manufacture of 5-axis mini CNC milling machines to serve training in universities and towards mastering the technology of 5 axis CNC milling machine. The test results show that the machine works well on a variety of materials such as wood, plastic, mica, etc. The machined parts achieve an accuracy of 0.01 mm. The machine can be used in training programming and guiding the operation of 5-axis CNC milling machines.

Keywords: CNC; The 5-axis CNC machines; Design.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các máy phay CNC 5 trục đang dần thay thế các máy gia công truyền thống và được ứng dụng rất phổ biến trong ngành Cơ khí chế tạo máy, đặc biệt là các lĩnh vực cần chế tạo các chi tiết có độ phức tạp cao như: Chế tạo khuôn mẫu, 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 phay CNC 5 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 là máy phay CNC 5 trục UMC-760 của hãng Haas, máy phay CNC 5 trục BX-630 CS của hãng TaKang ... 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 phay CNC 5 trục như đề tài “Thiết kế máy phay CNC 5 trục” của nhóm tác giả, do PGS, TS. Hoàng Vĩnh Sinh, Trường Đại học Bách khoa hướng dẫn thực hiện năm 2015, đã xây dựng được cơ sở lý thuyết ban đầu về tính toán thiết kế hệ thống điều khiển của máy phay CNC 5 trục [2]. Gần đây, đề tài “Xây dựng Postprocessor cho máy phay CNC 5 trục DMU-50” [3] cũng đã được thực hiện bởi nhóm tác giả Nguyễn Anh Tuấn, tại Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, dựa trên cơ sở phần mềm SolidCAM... Tuy nhiên, các nghiên cứu về thiết kế, chế tạo máy phay CNC 5 trục ở Việt Nam, đến nay kết quả đạt được còn nhiều hạn chế. Các nghiên cứu về thiết kế chế tạo máy phay CNC 5 trục ở Việt Nam vẫn

chỉ mang tính thử nghiệm là chủ yếu.

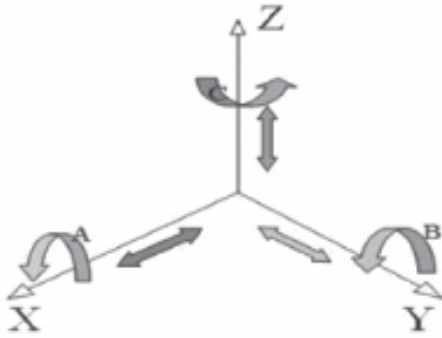
Với người dùng cá nhân hoặc các cơ sở sản xuất gia công nhỏ, đặc biệt các cơ sở đào tạo lập trình và vận hành máy CNC như các trường đại học, cao đẳng, trung học chuyên nghiệp,... thì cần tối ưu chi phí đầu tư máy móc thiết bị mà vẫn đảm bảo được các yêu cầu đặt ra. Vì vậy, việc nghiên cứu thiết kế tạo máy phay CNC 5 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 5 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 phay CNC mini 05 trục ứng dụng trong giảng dạy tại Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp.

2. NỘI DUNG

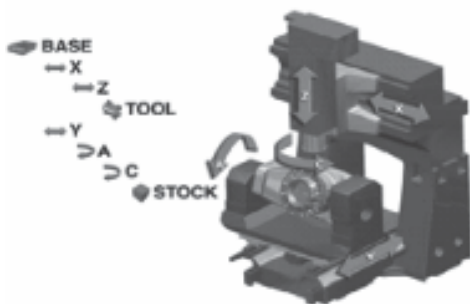
2.1. Đặc điểm kết cấu của máy phay CNC 5 trục

Trong máy CNC có hai dạng chuyển động tạo hình kết hợp với nhau để gia công chi tiết. Đó là chuyển động của nhánh mang phôi và chuyển động của nhánh mang dụng cụ cắt. Trong hệ tọa độ không gian có 6 khả năng chuyển động bao gồm 3 chuyển động tịnh tiến theo 3 phương XYZ và 3 chuyển động quay ABC ứng với 3 phương tịnh tiến như thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Hệ trục tọa độ trên máy phay CNC

Một máy phay CNC 5 trục có thể đưa mũi dụng cụ cắt tới một điểm bất kỳ và chuyển động trên bề mặt phôi, duy trì một góc nghiêng định trước so với bề mặt phôi. Đồng thời, thực hiện chuyển động tương đối giữa dụng cụ và phôi bằng cách phối hợp các trục quay và trục tịnh tiến một cách linh hoạt. 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 CNC 5 trục sẽ được mở rộng thêm 2 trục chuyển động xoay xung quanh trục X, Y hoặc X, Z hoặc Y, Z như thể hiện trên hình 2. Do đó, máy có khả năng gia công các loại chi tiết phức tạp với 1 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 phay CNC 5 trục

2.2. Thiết kế kết cấu máy phay CNC 5 trục

2.2.1. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế

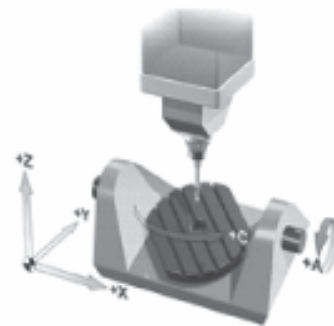
Dựa vào vị trí các trục quay, người ta có thể phân loại cấu hình CNC 5 trục như sau:

+ Máy 5 trục với 2 trục quay được bố trí trên trục chính.

+ Máy 5 trục với 2 trục quay được bố trí trên bàn máy.

+ Máy 5 trục với 1 trục quay trên bàn máy và 1 trục quay trên trục chính.

Trên cơ sở phân tích ưu nhược điểm của các loại cấu hình CNC 5 trục ở trên, nhóm tác giả lựa chọn phương án thiết kế máy 5 trục với 2 trục quay được bố trí trên bàn máy.



Hình 3. Lựa chọn phương án thiết kế

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

Dựa trên mục đích sử dụng mô hình máy phay CNC 5 trục tại Khoa Cơ khí, 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 phay CNC 5 trục như sau:

- Gia công được phôi có kích thước 80x80x120 (mm);



- Đường kính kẹp phôi 45 (mm);
- Gá lắp được các loại dao có đường kính từ $\Phi 1$ đến $\Phi 12$;
- Tốc độ cắt tối đa từ 15.000 đến 20.000 vòng/phút;
- Độ chính xác kích thước cao nhất 0,01 mm;
- Kích thước máy: 600 x 600 x 700 (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 phay CNC 5 trục như sau:

- Động cơ bước điều khiển vít me 3 trục X, Y, Z là động cơ bước 5 pha có Model A50K-M566- G10.

- Động cơ bước điều khiển cụm trục AB là động cơ bước 2 pha có Model SUMTOR 57HS11230A4.

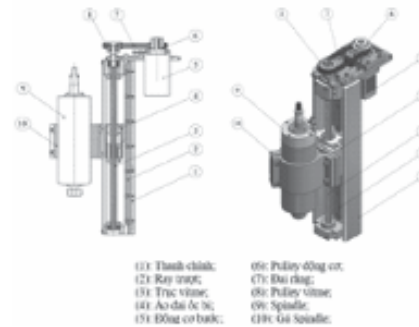
- Động cơ trục chính có Model là GDZ-80- 2.2B.

- Thanh dẫn hướng của 3 trục X, Y, Z có Model là TRH20VN.

- Trục vítme 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 phay CNC 5 trục. Cụ thể như sau:

a. Thiết kế cụm trục Z

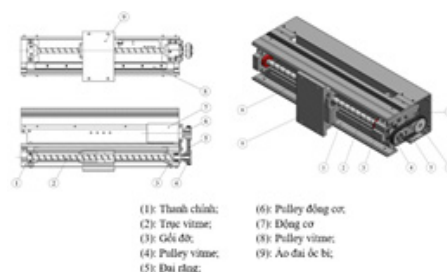


Hình 4. Cụm trục Z

Hình 4, thể hiện kết cấu cụm trục Z của máy phay CNC 5 trục. Khi động cơ (5) 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 áo đai ốc bi (4) chuyển động tịnh tiến tạo ra chuyển động chạy dao dọc của máy phay CNC 5 trục.

b. Thiết kế cụm trục X

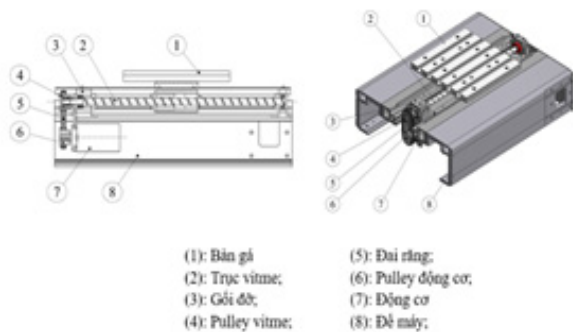
Hình 5, thể hiện kết cấu cụm X của máy phay CNC 5 trục. Khi động cơ (7) quay, thông qua bộ truyền đai răng sẽ truyền chuyển động quay cho trục vít me bi. Khi đó, trục vít me bi ăn khớp với đai ốc bi dẫn đến áo đai ốc bi (9) chuyển động tịnh tiến tạo ra chuyển động chạy dao ngang của máy phay CNC 5 trục.



Hình 5. Cụm trục X

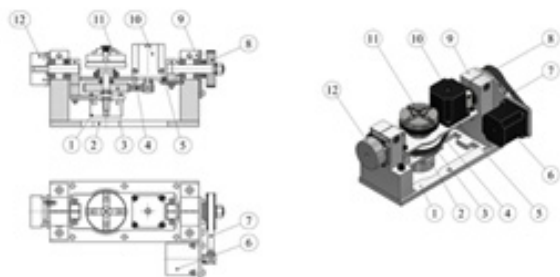
c. Thiết kế cụm trục Y

Hình 6, thể hiện kết cấu cụm trục Y của máy phay CNC 5 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.



Hình 6. Cụm trục Y

d. Thiết kế cụm trục AC

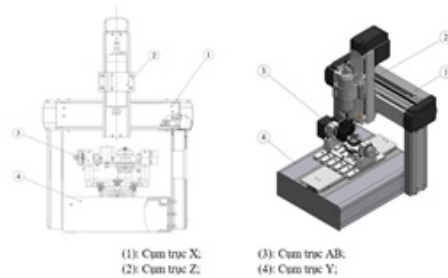


Hình 7. Cụm trục AC

Hình 7, thể hiện kết cấu cụm trục AB của máy phay CNC 5 trục. Khi động cơ trục A (6) quay, momen được truyền qua bộ truyền đai (7), khi đó, cụm trục C chuyển động lắc. Khi động cơ trục C (10) quay, momen được truyền qua bộ truyền đai (4). Khi đó, mâm cặp (11) của cụm trục C chuyển động quay tròn. Ngoài ra, cơ cấu phanh điện từ (2) và (12) dùng để hãm chuyển động các trục A, C sau khi máy dừng (ngắt điện) để tránh mất góc phôi.

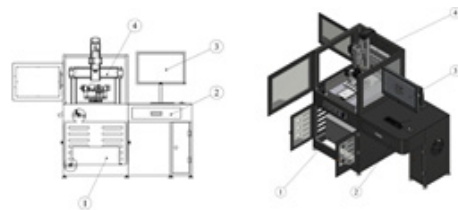
2.2.3. Thiết kế tổng thể hệ thống cơ khí của máy phay CNC 5 trục

Trên cơ sở kết cấu các cụm trục X, Y, Z, AB đã thiết kế ở phần trước. 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 phay CNC 5 trục như thể hiện ở hình 8.



Hình 8. Hệ thống cơ khí của máy phay CNC 5 trục

Ngoài ra, để đảm bảo tính thẩm mỹ, hiệu quả và an toàn khi hoạt động của máy, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thiết kế cụm bàn máy. Từ đó, xây dựng được kết cấu tổng thể hệ thống cơ khí của máy phay CNC 5 trục như thể hiện trên hình 9.



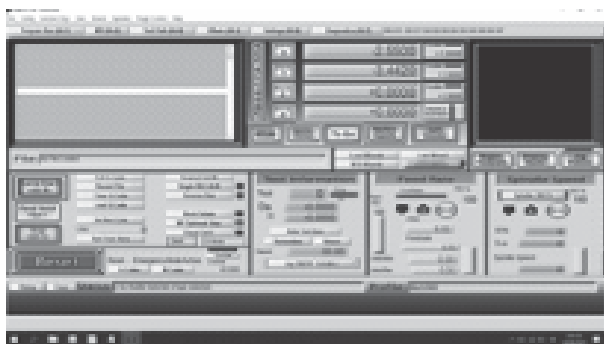
Hình 9. Tổng thể máy phay CNC 5 trục: 1) Kết nước; 2) Tủ điện; 3) Máy tính; 4): Máy phay CNC 5 trục.

2.3. Thiết kế hệ thống điều khiển của máy phay CNC 5 trục

2.3.1. Lựa chọn phần mềm điều khiển của máy phay CNC 5 trục

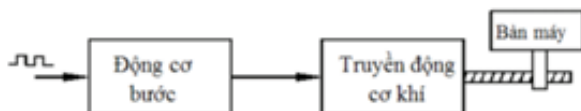
Trong thực tế có rất nhiều phần mềm có

thể điều khiển cho máy phay CNC, như: Phần mềm: Fanuc, NCstudio, Mach3... Tác giả chọn phần mềm điều khiển máy là Mach3 vì chức năng của phần mềm này đa dạng, giao diện đẹp, dễ khai báo các thông số của hệ thống và dễ sử dụng. Lập trình theo hướng mở rộng liên kết với các Script VB. Cho phép trực tiếp nhập khẩu DXF, BMP, JPG và các file HPGL qua LazyCam, Visual Gcode hiển thị; Import trực tiếp các file dxf, bmp và jpg thông qua phần mềm LazyCam theo [4, 5]. Mô phỏng quá trình làm việc rất rõ ràng và tiết kiệm được chi phí đáng kể khi chế tạo máy.



Hình 10. Giao diện phần mềm Mach 3

Theo [4, 5] phần mềm Mach 3 điều khiển theo dạng vòng hở nên khi ứng dụng Mach3 điều khiển cho máy phay CNC mini 5 trục, tác giả phải thiết kế theo dạng vòng hở để thuận lợi khi thiết lập hoạt động của máy.

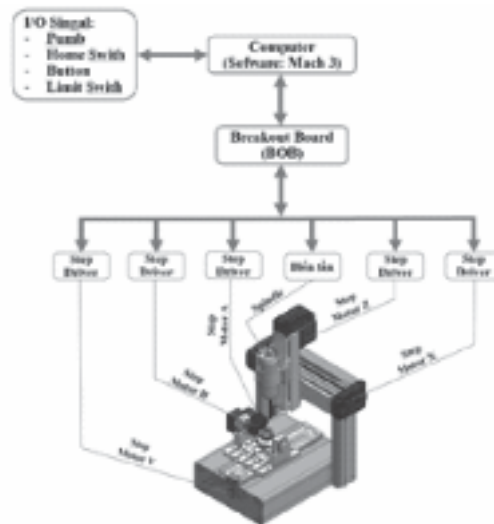


Hình 11. Điều khiển dạng vòng hở

2.3.2. Thiết kế sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy phay CNC 5 trục

Để đảm bảo sự hoạt động ổn định và chính xác của thiết bị đáp ứng đúng các yêu cầu

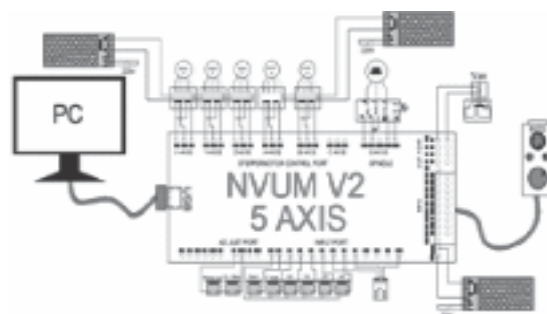
đặt ra, nhóm nghiên cứu thiết kế sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy phay CNC 5 trục như sau:



Hình 12. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy phay CNC 5 trục

2.3.3. Thiết kế hệ thống điều khiển của máy phay CNC 5 trục

Hệ thống điều khiển của thiết bị được thiết lập như hình 13.



Hình 13. Sơ đồ cấu trúc điều khiển của máy

Sơ đồ cấu trúc điều khiển của máy như hình vẽ 13. Trong đó:

- Phần mềm Mach3 và máy tính: Có vai trò như bộ điều khiển CNC, điều khiển toàn hệ thống.

- Mạch NVUM USB MACH3 CARD 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 NVUM USB MACH3 hoạt động.

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

- Công tắc hành trình được sử dụng để giới hạn hành trình cho các bàn máy, 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

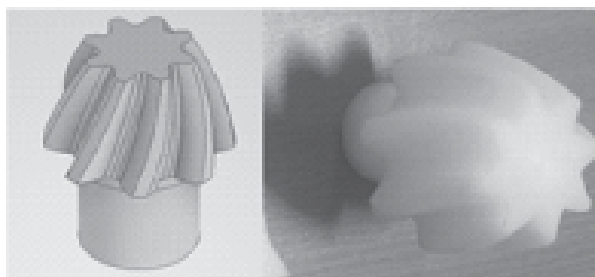
Từ thiết kế chi tiết kết cấu cơ khí và hệ thống điều khiển, nhóm nghiên cứu đã tiến hành gia công chế tạo các chi tiết cơ khí và lựa chọn các thiết bị, linh kiện điện tử đã tính chọn. Sau đó, tiến hành lắp ráp, điều chỉnh và thử nghiệm thành công máy CNC 5 trục với các thông số kỹ thuật đúng theo thiết kế.



Hình 14. Hình ảnh máy phay CNC 5 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 chi tiết bánh răng côn xoắn trên vật liệu nhựa. Kết quả 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 15. Gia công thử nghiệm chi tiết bánh răng côn xoắn

Trên cơ sở này, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm gia công một số chi tiết khác như thể hiện trên hình 16. 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.



Hình 15. Hình ảnh một số sản phẩm gia công trên máy phay CNC 5 trục đã chế tạo

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay CNC mini 5 trục. Máy đã được chế tạo và chạy thử đạt kết quả tốt:

- 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 bánh răng côn xoắn, cánh tuabin... 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 đề ra.

- Có thể ứng dụng trong sản xuất và phục vụ tốt cho việc giảng dạy hướng dẫn lập trình, vận hành máy CNC. ♦

Ngày nhận bài: **06/6/2022**

Ngày phản biện: **16/6/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Hiếu Giang, Nguyễn Trường Thịnh; “*Giáo trình máy điều khiển theo chương trình số*”, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh, 2005.
- [2]. Hoàng Vĩnh Sinh; “*Thiết kế máy phay CNC 5 trục*”, Khóa luận tốt nghiệp, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2015.
- [3]. Nguyễn Anh Tuấn; “*Xây dựng Postprocessor cho máy phay CNC 5 trục DMU-50*”, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, 2016.
- [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).