

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐA NHIỆM H7K-A VÀO MÁY ROUTER ĐIỀU KHIỂN SỐ PHỤC VỤ GIẢNG DẠY VÀ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC TẠI ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

APPLYING THE H7K-A MULTITASKING CONTROLLER TO A ROUTER MACHINE FOR TEACHING AND SCIENTIFIC RESEARCH AT THE UNIVERSITY OF DANANG

Bùi Thị Minh Tú¹, Phạm Quốc Thái¹, Ngô Tấn Thống^{2*}, Nguyễn Lê Châu Thành², Trương Minh Trường¹

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: ntthong@ute.udn.vn

(Nhận bài / Received: 23/4/2024; Sửa bài / Revised: 10/6/2024; Chấp nhận đăng / Accepted: 11/6/2024)

Tóm tắt - Máy CNC router là máy được thiết kế sử dụng cho gia công tốc độ cao tạo hình các sản phẩm trên vật liệu như thép, kim loại màu, gỗ, mica, nhựa, da... các bộ phận trong đó hoạt động theo chuỗi sự kiện để tạo ra các sản phẩm có hình dạng và kích thước theo yêu cầu dưới sự trợ giúp của máy tính. Sản phẩm mang tính ứng dụng cao trong công nghiệp sản xuất, đặc biệt là mỹ nghệ... nhằm giảm lao động thủ công và tăng năng suất lao động. Bài báo trình bày việc nghiên cứu, chế tạo máy router CNC 3 trục dạng nhỏ ứng dụng bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A. Máy router CNC 3 trục được nghiên cứu có thể thực hiện được đa dạng các loại sản phẩm, kết hợp các công đoạn khác để tạo nên một dây chuyền sản xuất khép kín và tự động. Kết quả của nghiên cứu này có ý nghĩa thiết thực trong đào tạo, nghiên cứu khoa học làm chủ công nghệ chế tạo, số hóa quá trình sản xuất trong thời kì của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0.

Từ khóa - Máy khắc router; điều khiển số; tự động hóa; điều khiển trung tâm; máy phay CNC.

1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam cũng như trên thế giới, máy khắc CNC tốc độ cao ngày càng phát triển và hiện đại hóa. Kéo theo đó nhu cầu sử dụng, học tập nghiên cứu và giá thành của máy CNC hiện đại cũng tăng cao [1]. Các máy router hiện nay được sử dụng chủ yếu được nhập về Việt Nam từ nước ngoài với kinh phí khá cao cho máy có độ chính xác và tốc độ cao. Vì vậy để người dạy và học có thể tiếp cận với máy CNC có độ chính xác cao đòi hỏi Nhà trường cần phải đầu tư trang thiết bị với giá thành rất cao. Nhóm nghiên cứu tiến hành xây dựng một sản phẩm máy khắc tốc độ cao điều khiển số phục vụ công tác giảng dạy, học tập và nghiên cứu khoa học (NCKH) của sinh viên. Nhưng vẫn có độ chính xác cao với giá thành thấp hơn so với các sản phẩm cùng loại trên thị trường. Sau quá trình nghiên cứu nhóm tác giả đã thống nhất và quyết định thực hiện nghiên cứu “Nghiên cứu áp dụng bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A vào máy khắc router điều khiển số, phục vụ giảng dạy và nghiên cứu khoa học tại các trường kỹ thuật Đại học Đà Nẵng”.

Trong ngành công nghiệp gia công, máy CNC (Computer Numerical Control) là một công cụ quan trọng trong quá trình sản xuất hiện nay [1], [2]. Việc lập trình và

Abstract - CNC router is a machine designed for high-speed processing and shaping products on materials such as steel, non-ferrous metals, wood, mica, plastic, leather... the parts of which operate in a series of events to create products of required shapes and sizes with the help of computers. The product has high applicability in the manufacturing industry, especially fine arts... to reduce manual labor and increase labor productivity. This article presents the research and manufacture of a small 3-axis CNC router using the H7K-A multitasking controller. The researched 3-axis CNC router machine can produce a variety of products, combining other steps to create a closed and automatic production line. The results of this study have practical significance in training and scientific research to master manufacturing technology and digitize the production process in the period of the 4.0 industrial revolution.

Key words - Router engraving machine; numerical control; automation; central control; CNC milling machine.

điều khiển máy CNC là một công việc đòi hỏi sự tập trung cao độ và khả năng xử lý nhiều thông tin cùng một lúc. Ngoài ra, trong quá trình gia công, các yếu tố như áp lực, tốc độ, độ chính xác, độ ổn định cũng cần được điều khiển và giám sát để đảm bảo chất lượng sản phẩm khi router ở tốc độ cao [3].

Tuy nhiên, hiện nay các máy CNC router thường chỉ được điều khiển bằng một bộ điều khiển đơn nhiệm, gây ra nhiều khó khăn trong quá trình vận hành và kiểm soát. Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu áp dụng bộ điều khiển đa nhiệm cho máy CNC router được đưa ra nhằm tối ưu hóa quá trình sản xuất và đặc biệt đảm bảo chất lượng sản phẩm gia công có độ chính xác cao.

Chủ đề nghiên cứu là áp dụng bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A cho máy CNC router, nhằm nâng cao hiệu suất và độ chính xác của quá trình sản xuất. Việc áp dụng bộ điều khiển đa nhiệm cho máy CNC được xem là một giải pháp tiên tiến, giúp tối ưu hóa quá trình sản xuất và tăng cường chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, để đạt được kết quả cao nhất, cần phải đưa ra các phương án nghiên cứu và thực nghiệm thích hợp, đồng thời đảm bảo các yêu cầu về nhân lực, tài chính và nguyên vật liệu khi tạo sản phẩm công nghệ.

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Vietnam (Thi Minh Tu Bui, Quoc Thai Pham, Minh Truong Truong)

² The University of Danang - University of Technology and Education, Vietnam (Tan Thong Ngo, Le Chau Thanh Nguyen)

2. Nội dung chính

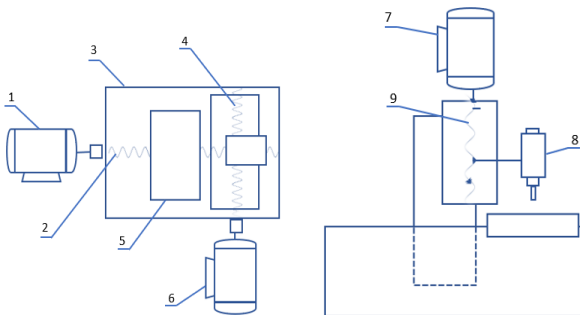
“Nghiên cứu áp dụng bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A vào máy router điều khiển số phục vụ giảng dạy và nghiên cứu khoa học” là một nghiên cứu mang tính ứng dụng cao. Với mục đích là thiết kế và chế tạo một máy khắc 3 trục để phục vụ cho các nhu cầu học tập và nghiên cứu khoa học phục vụ cho sinh viên và giảng viên.

Máy khắc 3 trục có thể được sử dụng để gia công các chi tiết từ vật liệu gỗ, nhựa, nhôm, đồng... Máy được trang bị bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A cho phép vận hành linh hoạt và dễ dàng.

2.1. Thiết kế máy khắc CNC router 3 trục

2.1.1. Yêu cầu kỹ thuật

Mục đích của nghiên cứu này là tạo ra một máy khắc tốc độ cao 3 trục có khả năng gia công trên các vật liệu khác nhau với độ chính xác cao và độ tinh xảo đáp ứng được các yêu cầu của sản phẩm công nghệ. Máy sẽ được lập trình và điều khiển bởi bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A, đảm bảo tính linh hoạt và hiệu quả trong quá trình gia công. Mục tiêu của nghiên cứu là tạo ra một sản phẩm chất lượng cao và đáp ứng nhu cầu học tập và nghiên cứu của sinh viên.



Hình 1. Sơ đồ động của máy

1. Động cơ 1; 2. Vít me dẫn động trục X; 3. Khung máy;
4. Vít me dẫn động trục Y; 5. Bàn làm việc; 6. Động cơ 2;
7. Động cơ 3; 8. Cụm đầu trục chính; 9. Vít me dẫn động trục Z

Với nhu cầu là phục vụ học tập và nghiên cứu vậy nên máy sẽ có những yêu cầu kỹ thuật như sau:

- Máy có hành trình làm việc tối đa: 200 x 200 x 100 mm;
- Độ cứng vững của máy phải đảm bảo cho việc gia công các vật liệu: gỗ, nhựa, nhôm, đồng, mica...

Với bộ điều khiển trung tâm là bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A cùng với Driver servo sẽ điều khiển 3 trục X, Y, Z kết hợp với mô tơ công suất 400W sẽ đáp ứng đủ nhu cầu mà mục tiêu đề ra.



Hình 2. Dạng sản phẩm mục tiêu

2.1.2. Thiết kế kết cấu các cụm trục chuyển động

Yêu cầu của máy CNC là các cụm trục chuyển động X, Y, Z phải có độ cứng vững để đảm bảo an toàn trong việc di chuyển cũng như chống lại tác dụng của lực cắt được tạo ra ở dụng cụ. Trên cơ sở đó, vật liệu các cụm trục là các thanh thép được nhóm tác giả sử dụng. Các chi tiết được đo đạc với sự trợ giúp của thiết bị điện tử và tính toán kỹ lưỡng để đảm bảo tính chính xác cao.

2.1.3. Tính chọn động cơ truyền động

Động cơ mô tơ điện và thiết bị truyền động điện là các thành phần có thể tạo ra lực quay, điều khiển tốc độ và mô men hông qua các bộ phận truyền động để nâng tải, di chuyển vật thể và nhiều hoạt động cơ khí khác. Servo motor mang cho người dùng rất nhiều lợi ích khi sử dụng như: Điều khiển tốc độ, vị trí và mô-men vô cùng chính xác. Mô-men sẽ không đổi trong khoảng tốc độ từ 0 cho tới mức tốc độ định mức. Cho nên các servo thường dùng trong những ứng dụng mô-men cao ở tốc độ thấp. Để điều khiển các trục chuyển động trong máy khắc có tốc độ cao, nhóm tác giả sử dụng các động cơ Servo. Dựa vào kích thước và điều kiện làm việc của máy nhóm tác giả đã chọn được các động cơ có thông số được thể hiện ở Bảng 1, và hình ảnh động cơ được sử dụng thể hiện ở Hình 3. Loại động cơ HF-KN13 là loại động cơ khá phổ biến hiện nay và còn tương thích với Driver MR-JN-10A, đáp ứng các yêu cầu về khả năng truyền tải và điều khiển cho mô hình máy CNC Router mà nhóm tác giả thực hiện.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ Servo

Loại động cơ	Kích thước	Mô men xoắn	Cường độ dòng điện	Hiệu điện thế	Tốc độ quay
HF-KN13	77 x 60 x 112	0,95 Nm	0,8A	200VAC	3.000 vòng/phút



Hình 3. Động cơ Servo HF-KN13 và AC servo driver MR-JN-10A

2.1.4. Thiết kế phương án truyền động cho 3 cụm trục di chuyển

Trong quá trình làm việc, máy kết hợp chuyển động của 3 trục X, Y, Z để tạo chuyển động cắt nên đòi hỏi tính ổn định và độ chính xác cao, do đó bộ truyền vít me-đai ốc bi là bộ truyền chuyển động cho cả 3 trục X, Y, Z được lựa chọn trong nghiên cứu này. Việc tính chọn bộ truyền vít me-đai ốc bi dựa vào nhiều yếu tố khác nhau: giá thành trên thị trường, thông số của động cơ, chế độ cắt khi gia công trên các vật liệu khác nhau... Thông số chế độ cắt khi gia công các loại gỗ thông thường được thể hiện qua Bảng 2 [4].

Bảng 2. Thông số chế độ cắt

Chiều sâu cắt t(mm)	Vận tốc cắt V (m/ph)	Vận tốc chạy dao F (mm/phút)
0,5	18	≤ 330
1,0	18	≤ 315
1,5	18	≤ 275
0,5	22	≤ 340
1,0	22	≤ 330
1,5	22	≤ 310
0,5	26	≤ 350
1,0	26	≤ 340
1,5	26	≤ 335

Dựa vào những số liệu ở bảng trên, kết hợp với thực tế thị trường thì có 2 loại bộ truyền vít me đáp ứng được yêu cầu đề ra đó là bộ truyền vít me T8 (bước 8mm) và T2 (bước 2mm), để tiết kiệm chi phí và đảm bảo khả năng hoạt động của máy nhóm nghiên cứu đã chọn bộ truyền vít me T2. Ngoài bộ truyền vít me- đai ốc bi T2, ta cần có các trụ dẫn hướng để đảm bảo độ chính xác, độ cứng vững khi di chuyển với tốc độ di chuyển cao.

2.1.5. Tính chọn động cơ trục chính

- Số vòng quay trục chính động cơ:

$$n_{\max} = 12.000 \text{ vòng/phút}$$

- Tốc độ chạy không tải:

$$V_{0\max} = 2.000 \text{ mm/phút}$$

- Tốc độ cắt lớn nhất:

$$V_{\max} = 1.000 \text{ mm/phút}$$

- Đường kính dao phay lớn nhất

$$D_{\max} = 5 \text{ mm} = B \text{ (bề rộng cắt)}$$

- Chiều sâu cắt lớn nhất: $t = 5 \text{ mm}$.

- Hệ số an toàn: 2.

Lực cắt được xác định theo công thức [5]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp} (N)$$

Trong đó:

- P_z : Lực cắt;

- Z : Số răng dao phay;

- n : số vòng quay của dao, vòng/phút.

$$- S_z = \frac{V_{\max}}{Z \cdot n} = \frac{1000}{4.9000} = 0,021, S_z \text{ gọi là lượng chạy dao}$$

- C_p và các số mũ – tra trong Bảng 5-41 [5], dựa vào vật liệu gia công và vật liệu dao cắt, chọn: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$.

- k_{mp} là hệ số điều chỉnh cho chênh lệch vật liệu gia công. Đối với nhôm $k_{mp} = 1$.

Thay vào ta có:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,021^{0,72} \cdot 5^{1,4}}{5^{0,86} \cdot 12000^0} \cdot 0,25 (N) = 211,079 (N)$$

Vận tốc cắt được xác định theo công thức [5]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot k^v$$

Theo Bảng 5.39, 5.40 [5], chọn:

- $C_v = 133,5$; $m = 0,33$; $x = 0,3$; $y = 0,4$; $u = 0,1$; $q = 0,45$; $p = 0,1$;

- T – chu kỳ bền của dao, $T = 20$;

- k_v - hệ số điều chỉnh chung cho tốc độ cắt;

- $k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,432$ (Bảng 5.4, 5.5, 5.6 [5]);

Thay vào ta có:

$$V = \frac{133,5 \cdot 6^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,021^{0,4} \cdot 6^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,432 = 47,54 (m/p)$$

Công suất cắt gọt:

$$N_{tc} = \frac{P_z \cdot V}{1020,60} = \frac{211,079 \cdot 47,54}{1020,60} = 0,1639 \text{ kW}$$

Công suất động cơ trục chính: $N = 2$. $N_{tc} = 0,327 \text{ kW}$.

Trên cơ sở lý thuyết, để đảm bảo và tiết kiệm chi phí ta chọn động cơ có công suất 400W.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp làm việc 12VDC – 48VDC.

- Công suất: 400W.

- Cường độ dòng điện tối đa 8A.

- Tốc độ quay lên tới 12.000 vòng/phút.

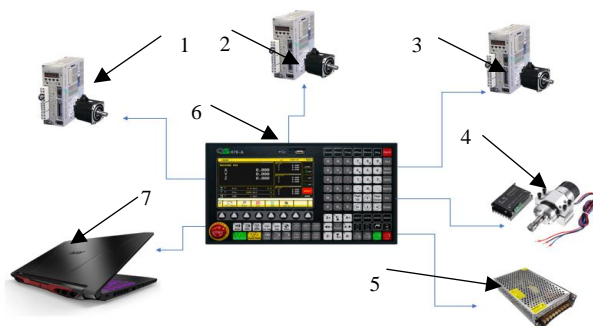
- Momen xoắn: 0,5Nm.

**Hình 4.** Động cơ trục chính 400W

2.2. Thiết kế hệ thống điều khiển

2.2.1. Hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển là một trong những thành phần chính của máy CNC router và đóng vai trò quan trọng trong quá trình gia công các chi tiết. Hệ thống này chịu trách nhiệm điều khiển tất cả các hoạt động của máy, từ việc định vị đến di chuyển và thao tác cắt.

**Hình 5.** Hệ thống điều khiển máy CNC router

1. Driver trục X; 2. Driver trục Y; 3. Driver trục Z;

4. Mô tơ trục chính; 5. Bộ nguồn; 6. Controller; 7. Máy tính

Nhờ vào hệ thống điều khiển càng hiện đại, các hoạt động gia công trở nên chính xác hơn và hiệu quả hơn. Hệ thống này cho phép máy khắc thực hiện các thao tác cắt trên nhiều loại vật liệu với độ chính xác cao, giúp đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy trong quá trình sản xuất.

2.2.2. Bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A

Bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A có nhiều ưu điểm nổi bật như [6], [7]:

- Tốc độ cao và độ chính xác cao.
- Hỗ trợ đến 4 trục để đáp ứng nhu cầu gia công đa chương trình.
- Có tính năng Macro Form Tool Probe và Nano Interpolation.
- Hỗ trợ các loại máy khác nhau như máy tiện, máy phay, máy khắc, máy tiện-phay.
- Có tính năng Direct Numerical Control (DNC) cho phép điều khiển trực tiếp từ USB mà không cần chuyển file từ USB vào bộ nhớ trong của bộ điều khiển.
- Có tính năng Permission Management cho phép người xây dựng CNC kiểm soát các thiết lập của người dùng cuối.
- Có tính năng Macro Program Develop Feature giúp phát triển chương trình Macro dễ dàng hơn.
- Thiết kế gọn nhẹ và có khả năng chống lại dầu mỡ và bụi bẩn trong quá trình vận hành với tỷ lệ hỏng thấp.
- Môi trường giao tiếp thân thiện, bố trí các phím chức năng tiện dụng rất dễ thao tác.



Hình 6. Bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A

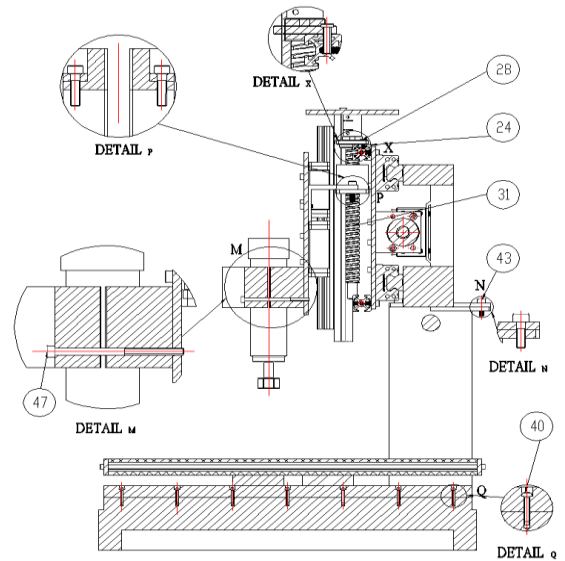
3. Kết quả thực hiện và bàn luận

3.1. Kết quả thực hiện

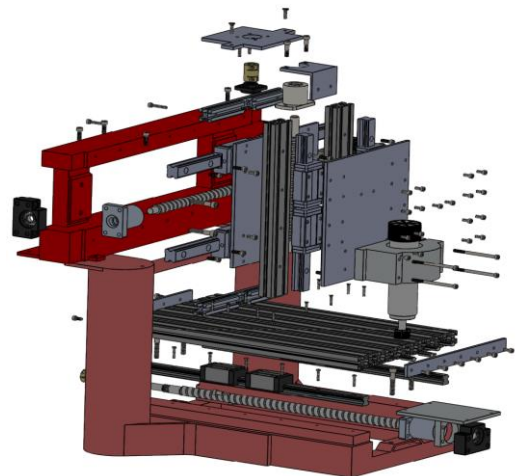
Sau tính toán dựa trên các điều kiện chính vật liệu, đặc thù sản phẩm cần mong muốn cho gia công CNC tốc độ cao. Nhóm nghiên cứu đã thực hiện được các nội dung sau.

Các thông số ban đầu:

- Kích thước bàn máy: 405mm x 240mm x 200 mm
- Kích thước phôi gia công lớn nhất: 240mm x 200mm x 100mm.
- Tính toán sơ bộ ta chọn kích thước khung đế, dài 600mm(dài) x 400mm(rộng) x 230mm(cao).



Hình 7. Thiết kế máy mô phỏng CNC Router
28. Vít cố định; 24. Khớp nối trục; 31. Trục vít me; 31. Bulong liên kết; 47. Bulong khóa mô tơ trục chính



Hình 8. Thiết kế 3D CNC Router

3.2. Gia công lắp ráp máy CNC Router

Dựa vào kích thước bàn máy dự tính ban đầu, tính toán thiết kế khung bàn máy bằng phương pháp lắp ghép. Vật liệu làm khung là thép hộp chữ nhật có độ dày 1,4mm, sử dụng thép hộp để đảm bảo tính cứng vững và trọng lượng toàn bàn máy không quá lớn. Kết nối điều khiển, giao tiếp trên bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A [7].



Hình 9. Kết nối H7K-A vào CNC Router



Hình 10. Lập trình chạy mẫu trên CNC Router



Hình 11. Sản phẩm chạy trên CNC Router chế tạo

Sau khi tiến hành gia công các linh kiện cơ khí, tiến hành công tác lắp đặt kết nối các bộ phận lại với nhau ở Hình 9, thiết lập tham số cho bộ điều khiển H7K-A. Sử dụng phần mềm Cad/Cam thiết kế mẫu và xuất code gia công nạp vào bộ điều khiển và tiến hành gia công sản phẩm mẫu hình hình 10, thiết lập điểm gốc chạy chương trình gia công, kết quả sản phẩm sau khi gia công được thể hiện trên Hình 11.

Ở Bảng 3, các tiêu chí được đề ra bao gồm tốc độ quay của trục chính n (vòng/phút) và bước tiến dao F (mm/phút) được xác lập và đáp ứng tương đối tốt với sai số thấp, cho thấy cơ cấu điều tốc và hệ thống phản hồi của bộ điều khiển làm việc khá tin cậy, sai số tốc độ không vượt quá 150 vòng/phút khi thực hiện ở tốc độ cao trên 10.000 vòng/phút đi kèm sai số bước tiến dao không đáng kể. Các giá trị thể hiện tính tương đồng giữa mẫu gia công được tạo ra cho kết quả tốt, sai số hình dáng và chất lượng bề mặt đảm bảo cho sản phẩm mỹ nghệ dùng ở vật liệu phi kim loại.

Bảng 3. Bảng kiểm tra sản phẩm mẫu gia công

STT	Tiêu chí	Lý thuyết	Đáp ứng	Sai số
1	Tốc độ: n, F	$n: 12.000$ vòng/phút $F: 600$ mm/phút	$n: 11.850$ vòng/phút $F: 599$ mm/phút	Sai số tốc độ dao động 150 vòng/phút; bước tiến 1mm/phút
2	Hình dáng	Độ tròn hoặc độ phẳng	Đáp ứng tốt	Không quá 0.01mm
3	Chất lượng bề mặt	Độ nhám bề mặt gia công	Đảm bảo	Không đáng kể cho sản phẩm mỹ nghệ.

4. Kết luận

Nhóm tác giả đã hoàn thành nghiên cứu áp dụng bộ điều khiển đa nhiệm H7K-A vào máy khắc CNC Router điều khiển số phục vụ giảng dạy và nghiên cứu khoa học tại các trường kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng. Mô hình máy CNC Router sử dụng bộ điều khiển H7K-A, và động cơ Servo HF-KN13 kết hợp Driver MR-JN-10A hoạt động tốt và ổn định. Sau quá trình chạy thử, sản phẩm mà máy tạo ra có độ chính xác cao đạt đúng yêu cầu đề ra của dự án. Với việc tổng hợp kiến thức từ nhiều nguồn tài liệu tham khảo cũng như sự hỗ trợ từ đồng nghiệp, nhóm tác giả đã hoàn thành mục tiêu của nghiên cứu. Dự án có ý nghĩa thiết thực nhằm phục vụ học tập và nghiên cứu tại Trường là cơ sở lý thuyết để áp dụng vào thực tiễn cho máy CNC Router có kích thước bản lớn hỗ trợ gia công các chi tiết có độ chính xác cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. D. Loc, *Machine manufacturing technology handbook*, volume 2 – Science and Technology Publishing House, 2005.
- [2] B. T. Vy, *Lecture on CNC machining technology*, Faculty of Mechanical Engineering, Polytechnic University, University of Da Nang, 2013.
- [3] L. D. Binh and D. L. H. Toan, *Machining technology on CNC machines*, Scientific and Technical Publishing House, 2022
- [4] T. V. Dich, *CNC Technology Textbook*, Science and Technology Publishing House, 2004.
- [5] N. D. Luc, *Machine manufacturing technology 2*, Polytechnic University, University of Danang, 2005.
- [6] QS Technology, "Upgrade CNC machines", *QS Technology*, [Online]. Available: <https://qstcnc.com/service/cnc-upgrading-service/> [Accessed January 25, 2024].
- [7] QS Technology, "CNC controller", *QS Technology*, [Online]. Available: <https://qstcnc.com/service/cnc-upgrading-service/> [Accessed January 25, 2024]