

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY PHAY CNC CHI PHÍ THẤP SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐA NHIỆM QS-H7KA

DESIGN AND MANUFACTURING OF A LOW COST CNC MILLING MACHINE
USING MULTI-PURPOSE CONTROLLER QS-H7KA

Hoàng Trọng Hiếu, Nguyễn Trần Hoài Bảo, Bùi Minh Dũng, Trần Minh Hiếu, Nguyễn Phạm
Hùng Vĩ, Nguyễn Phú Sinh

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Máy CNC (Computer Numerical Control) đóng vai trò quan trọng trong sản xuất hiện đại. So với các phương pháp gia công truyền thống, máy CNC có thể gia công hoàn thiện bề mặt chi tiết tốt hơn với độ chính xác cao hơn. Tuy nhiên, quy trình chế tạo máy CNC hiện nay vẫn còn khá phức tạp, giá thành sản phẩm khá cao. Chính vì vậy, chỉ có rất ít doanh nghiệp có thể đầu tư để làm chủ công nghệ này và việc trang bị thiết bị này phục vụ trong đào tạo càng khó khăn cho các trường Đại học và Cao đẳng. Để giải quyết vấn đề này, bài báo sẽ trình bày phương pháp gia công chế tạo một máy phay CNC mini sử dụng bộ điều khiển công nghiệp QS-H7KA với giá thành thấp. Máy CNC sau khi chế tạo đã được đánh giá thử nghiệm bằng cách gia công một số sản phẩm gỗ. Kết quả cho thấy chất lượng sản phẩm gia công có thể chấp nhận được trong ứng dụng thực tế.

Từ khóa: Máy CNC; Máy CNC mini; Máy phay CNC; Gia công cắt gọt; Bộ điều khiển công nghiệp.

ABSTRACT

CNC (Computer Numerical Control) machines plays an important role in modern manufacturing. These machines provide better quality of surface finish and higher accuracy in comparison with the traditional machining methods. However, the manufacturing process of these types of machinery are still complex with high cost. Consequently, only few companies are able to invest in their own machines and it is more difficult for universities or colleges to equip these machines for educational training. In order to solve these matters, this paper presents a method of manufacturing a CNC milling machine using an industrial controller QS-H7KA with low budget. The machines are then evaluated by machining several solid wood products. The results shows that acceptable quality in applications.

Keywords: CNC machine; Mini CNC machine; CNC milling machine; Machining; Industrial controller.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trước đây, các chi tiết máy có hình dạng phức tạp thường được chia thành những phần nhỏ, đơn giản để gia công thủ công. Sau đó, chúng được ghép nối lại với nhau thành chi tiết hoàn chỉnh bằng các mối ghép cơ khí. Việc gia công này không đảm bảo độ chính xác cao, chi phí tốn kém cao. Sau này, công nghệ chép hình có thể gia công được những chi tiết phức tạp hơn. Tuy nhiên, việc gia công này vẫn còn nhiều nhược điểm như năng suất thấp và khó đảm bảo độ chính xác cao. Vì vậy, việc áp dụng điều khiển số vào máy công cụ là một bước tiến nhảy vọt về công nghệ gia công. Điều này đảm bảo độ chính xác cao, có thể gia công được các chi tiết phức tạp. Máy gia công được điều khiển tự động bằng máy tính hay thường được gọi tắt là máy CNC (Computer Numerical Control) có khả năng điều khiển chính xác vị trí và chuyển động của các công cụ cắt hoặc gia công, dựa trên các lệnh được lập trình trước. Hiện nay, máy CNC hiện nay vẫn có giá thành khá cao do quy trình sản xuất máy CNC còn khá phức tạp. Chính vì vậy, việc trang bị máy hiện đại này vẫn là bài toán khó khăn đối với doanh nghiệp nhỏ và vừa. Như chúng ta đã biết, để đáp ứng nhu cầu nhân lực xã hội, nhiều trường Đại học và Cao Đẳng đã tiến hành đào tạo kỹ sư, cử nhân cơ khí có khả năng vận hành máy CNC, nhưng theo thực tế thì nhiều trường vẫn chưa trang bị đủ số lượng máy cho sinh viên thực hành do chi phí trang bị một máy CNC khá cao và chi phí bảo trì, bảo dưỡng hàng năm khá tốn kém. Vì hiểu được các vấn đề khó khăn đó, nên nhóm tác giả đã nghiên cứu và chế tạo mô hình máy CNC mini có thể phục vụ gia công các chi tiết nhỏ và hỗ trợ cho các trường học trang bị máy CNC phục vụ đào tạo kỹ năng vận hành. Hiện nay, nhóm tác giả thấy rằng một số đề tài máy CNC đã được trình bày như nhóm tác giả Khoa Cơ điện, Học viện Nông nghiệp Việt

Nam đã chế tạo máy CNC 3 trục sử dụng bộ điều khiển Mach3 [1], hay nhóm nghiên cứu Trường Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh đã chế tạo máy CNC đa năng [2], hay nhóm tác giả ThS. Nguyễn Hoàng Linh và KS. Nguyễn Phước, giảng viên Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Phạm Văn Đồng đã nghiên cứu và chế tạo máy CNC mini có thể gia công tạo mẫu đồ thủ công mỹ nghệ và điều khiển mức độ đơn giản 2D, 3D, 4D [3]. Qua đó, chúng ta thấy máy CNC luôn được các trường Đại học, Cao đẳng nghiên cứu chế tạo nhằm tạo ra các mô hình máy có giá thành rẻ, chi phí bảo trì bảo dưỡng thấp nhằm phục vụ tốt nhất cho đào tạo. Chính vì các lý do trên, nhóm tác giả đã nghiên cứu và chế tạo mô hình máy CNC sử dụng bộ điều khiển công nghiệp QS-H7KA với tính ổn định cao nhằm hỗ trợ gia công trong các xưởng cơ khí nhỏ hoặc hỗ trợ đào tạo.

2. THIẾT KẾ MÔ HÌNH CƠ KHÍ

Sản phẩm của nhóm được làm ở mức độ mô hình mini với kích thước tổng thể của phần khung máy là 500×400×400mm và các thông số kỹ thuật được nhóm đưa ra như bảng 1. Dựa vào các thông số sản phẩm đã được nhóm đưa ra nên các cụm trục sẽ được nhóm tính toán như sau:

2.1. Lựa chọn trục chính

Ta lựa chọn tính toán với kiểu dao phay ngón và loại vật liệu gia công là nhôm, ta tính được tốc độ cắt V:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times t^x \times S^y \times B^u \times Z^p} \times K_V = 45,52 \frac{m}{phút} \quad (1)$$

Trong đó: $C_V = 185,5$; $q = 0,45$; $x = 0,3$; $y = 0,2$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$, $K_V = 0,36$.

Lực cắt chính của máy:



$$P_Z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_Z^y \times B^u \times Z}{D^q \times n^w} \times K_{MV} \times k = 64,95 \text{ N} \quad (2)$$

Trong đó: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,786$; $w = 0$; $B = D/2 = 3\text{mm}$; $S_Z = 0,8 \text{ mm/vòng}$; $t = 1\text{mm}$; $k = 0,25$ (hệ số được nhân thêm khi vật liệu gia công là nhôm).

Momen xoắn trên trục chính:

$$M_x = \frac{P_Z \times D}{2 \times 100} = \frac{64,95 \times 6}{2 \times 100} = 1,95 \text{ N.m} \quad (3)$$

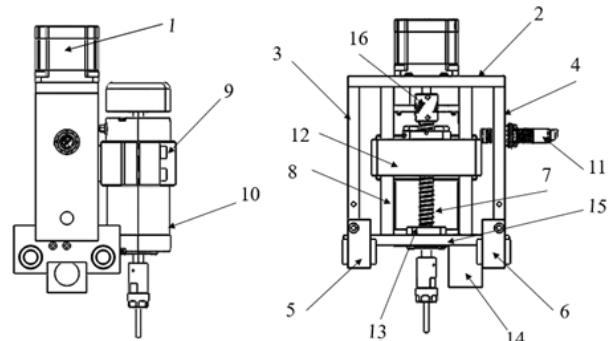
Công suất động cơ trục chính:

$$N_e = \frac{P_Z \times V}{1020 \times 60} = \frac{64,95 \times 45,52}{1020 \times 60} = 0,048 \text{ kW} \quad (4)$$

Qua công thức tính toán, công suất cắt của động cơ trục chính là $0,048 \text{ kW} = 48\text{W}$ thì ta nên lựa chọn công suất động cơ trục chính lớn hơn công suất tính toán.

2.2. Thiết kế cụm trục Z

Trục Z chịu toàn bộ khối lượng của động cơ trục chính trong lúc hoạt động gia công, cũng như mang toàn bộ các bộ phận dẫn động, dẫn hướng của trục Z nên phải đảm bảo yêu cầu cứng vững trong thời gian hoạt động, không bị rung, xô lệch trong quá trình cắt vật liệu của động cơ trục chính. Kết cấu cụm trục Z, có chức năng đưa dụng cụ cắt tịnh tiến theo trục Z trong quá trình gia công. Hành trình trục Z được thiết kế có thể di chuyển là 50mm . Chi tiết cụm trục chính như hình 1.



Hình 1. Kết cấu cụm trục Z
1 – Động cơ, 2 – Tấm trên, 3 – Tấm phải, 4 – Tấm trái, 5 – Gối trái định hướng, 6 – Gối phải định hướng, 7 – Trục vít me, 8 – Trục dẫn hướng, 9 – Gá spindle, 10 – Spindle, 11 – Cảm biến, 12 – Gối dẫn hướng, 13 – Gối đỡ, 14 – Gối đỡ vít me, 15 – Tấm dưới, 16 – Khớp nối

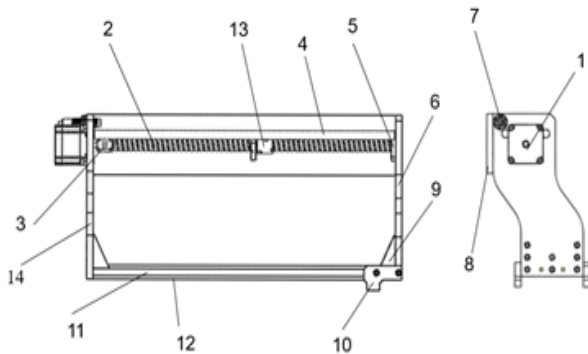
Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy

Thông số kỹ thuật	
Kích thước tổng thể khung máy	500×400×400 mm
Hành trình khả dụng trục X	300 mm
Hành trình khả dụng trục Y	240 mm
Hành trình khả dụng trục Z	50 mm
Mức độ sai số cho phép	0,05 mm
Lệnh NC	G-code
Tốc độ trục chính	2000-10000 vòng/phút
Đường kính dao cắt	φ1-φ6 mm
Tốc độ di chuyển tối đa	3000 mm/phút
Tốc độ cắt tối đa	2000 mm/phút

2.3. Thiết kế cụm trục X

Trục X chịu toàn bộ khối lượng của cụm trục Z trong lúc hoạt động gia công nên phải đảm bảo yêu cầu cứng vững trong thời gian hoạt động, không bị rung, xô lệch trong quá trình cắt vật liệu của động cơ trục chính, chuyển động của trục Z.

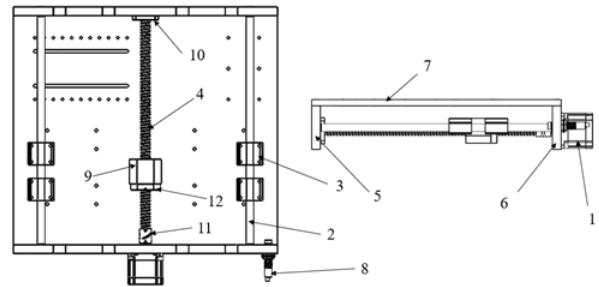
Kết cấu cụm trục X có chức năng điều khiển bàn máy tịnh tiến theo trục X. Hành trình trục X thiết kế có thể di chuyển là 300mm.



Hình 2. Kết cấu thiết kế cụm trục X
1 – Động cơ, 2 – Vít me, 3 – Khớp nối,
4 – Trục dẫn hướng, 5 – Gối đỡ, 6 – Tấm phủ,
7 – Cảm biến, 8 – Tấm cố định trên,
9 – Tấm gá cường lực, 10 – Gá cảm biến,
11 – Tấm cố định dưới, 12 – Thanh ngang,
13 – Đai ốc vít me, 14 – Tấm trái

2.4. Thiết kế cụm trục Y

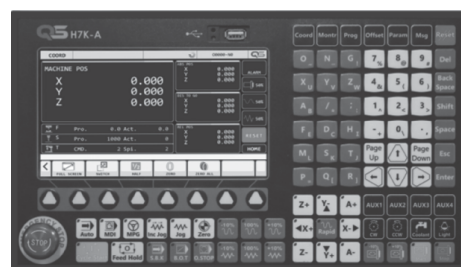
Trục Y chịu toàn bộ khối lượng của trục X, Z trong lúc hoạt động gia công, cũng như mang toàn bộ các bộ phận dẫn động, dẫn hướng của trục Y nên phải đảm bảo yêu cầu cứng vững trong thời gian hoạt động, không bị rung động, lệch trong quá trình cắt vật liệu của động cơ trục chính, chuyển động của trục X, Z. Hành trình trục Y thiết kế có thể di chuyển là 240mm.



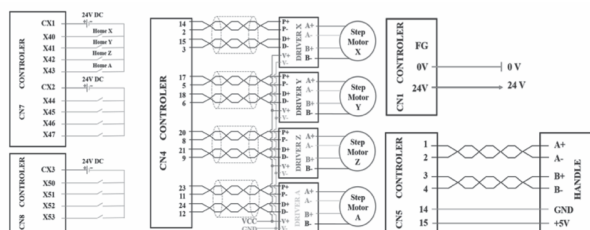
Hình 3. Kết cấu thiết kế cụm trục Y
1 – Động cơ, 2 – Thanh trượt, 3 – Con trượt, 4 – Trục vít me, 5 – Mặt bích trước, 6 – Mặt bích sau, 7 – Bàn máy, 8 – Cảm biến, 9 – Gối đỡ vít me, 10 – Gối đỡ FF12, 11 – Khớp nối trục, 12 – Đai ốc

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

Bộ điều khiển đa nhiệm QS-H7KA được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bởi Công ty QS Technology, được mang thương hiệu “Made in Viet Nam” (Hình 4). Đây là bộ điều khiển chuyên dùng cho máy phay CNC, hỗ trợ điều khiển máy phay lên đến 4 trục. Mang giá thành hợp lý, dễ dàng thiết lập, cài đặt và sử dụng nên nó phù hợp cho việc chế tạo máy phay CNC hay thay mới bộ điều khiển cho các máy phay CNC cũ. Với giao diện, các phím chức năng tương tự như các bộ điều khiển đang sử dụng trên máy phay CNC thì nó rất dễ dàng cho việc thao tác và vận hành. Bộ điều khiển được hỗ trợ ngôn ngữ tiếng Việt, đây là điểm khác biệt cho thấy tính ưu việt của sản phẩm đối với người dùng Việt Nam. Đối với máy CNC được chế tạo, nhóm đã thực hiện đấu nối và cấu hình bộ điều khiển như sơ đồ đấu nối hình 4.



Hình 4. Bộ điều khiển đa nhiệm QS H7K-A



Hình 5. Sơ đồ đấu nối bộ điều khiển đa nhiệm QS H7K-A

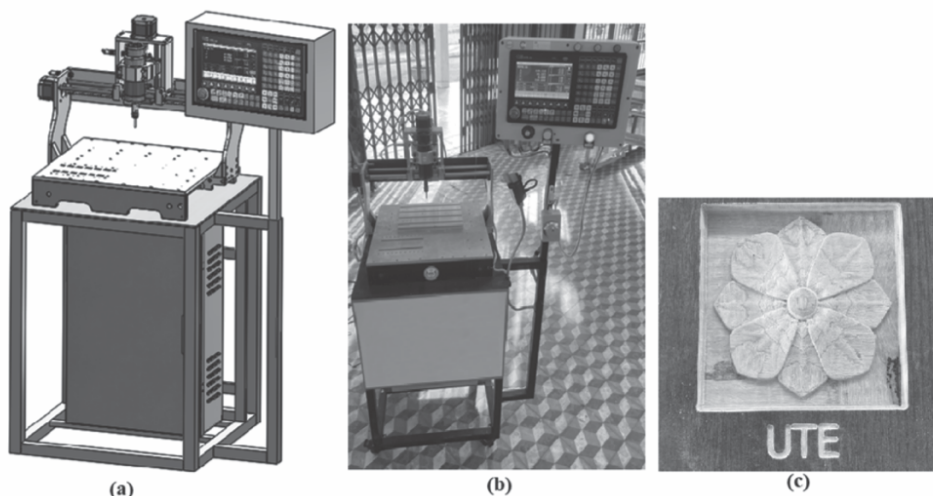
4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Nhóm tác giả đã tiến hành thiết kế mô hình máy trên phần mềm Creo và tiến hành chế tạo mô hình máy như hình 6. Qua quá trình thiết kế, lắp ráp, vận hành sản phẩm máy CNC

để gia công thử nghiệm khắc gỗ (hình 6-c), nhóm nghiên cứu đánh giá rằng máy hoạt động ổn định, hiệu quả, đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Tuy nhiên, độ chính xác và độ nhám bề mặt chưa thực sự cao do hai nguyên nhân chính là vật liệu gia công và sai số máy khi chế tạo. Trong tương lai, nhóm sẽ hoàn thiện và cải tiến máy bằng cách thay đổi động cơ dẫn động của các trục bằng các động cơ servo có độ chính xác cao hơn. Theo tính toán của nhóm, chi phí gia công và chế tạo mô hình máy CNC này khoảng 50.000.000 Việt Nam đồng (Bảng 2). Đây là chi phí hợp lý để cho các cơ sở sản xuất nhỏ hay các trường học có thể trang bị được.

Bảng 2. Tổng hợp chi phí thi công chế tạo (Đơn giá được làm tròn)

STT	Nội dung	Số lượng	Đơn vị	Đơn giá	Thành tiền
1	Vật tư cơ khí	1	Bộ	24.500.000	23.500.000
2	Chi phí gia công cắt gọt	1	Bộ	6.500.000	6.500.000
3	Vật tư điện – điều khiển	1	Bộ	18.000.000	18.000.000
4	Chi phí kiểm nghiệm, đánh giá	1	Bộ	2.000.000	2.000.000
Tổng					50.000.000



Hình 6. Mô hình máy CNC và sản phẩm gia công

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu và chế tạo mô hình máy CNC mini sử dụng bộ điều khiển công nghiệp QS H7K-A với giá thành thấp. Mô hình đã được thiết kế, mô phỏng và chế tạo thực nghiệm. Sản phẩm được thử nghiệm bằng cách gia công chi tiết hoa văn trên vật liệu gỗ. Kết quả cho thấy sản phẩm đáp ứng được nhu cầu thực tế. Trong tương lai, nhóm tiếp tục hoàn thiện mô hình và nâng cấp số trục của máy CNC lên thành 4 trục.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng trong đề tài có Mã số T2022-06-17. ❖

Ngày nhận bài: **03/7/2023**

Ngày phản biện: **26/7/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Thị Thu Trang, Phạm Thanh Cường, Tống Ngọc Tuấn, Ngô Đăng Huỳnh, Nguyễn Hữu Hưởng (2011); *Thiết kế và chế tạo mô hình máy phay CNC 3 trục*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 2018, 16(11): 1005-1016.
- [2]. Phạm Minh Châu, Lưu Thiện Quang; *Thiết kế máy CNC đa năng*, Tạp chí Khoa học Quốc tế AGU, Vol. 24 (1), 96 – 107, 2020.
- [3]. <https://baoquangngai.vn/channel/2031/202109/nhieu-sang-kien-gop-phan-nang-cao-chat-luong-giang-day-3076863/>