

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY PHAY - ĐÁNH NHẪN CHÉP HÌNH PHÔI GỖ MẶT CẮT NGANG

DESIGN AND MANUFACTURING OF A COPY MILLING-GRINDING MACHINE FOR CUTTING WOOD WORKPIECES ACROSS THE GRAIN

Trần Công Chi*, Tạ Thị Phương Hoa, Vũ Huy Đại

Trường Đại học Lâm nghiệp, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: trancongchi_bk@yahoo.com

(Nhận bài / Received: 12/3/2024; Sửa bài / Revised: 25/4/2024; Chấp nhận đăng / Accepted: 26/4/2024)

Tóm tắt - Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay- đánh nhẵn chép hình ứng dụng trong điều kiện sản xuất phôi gỗ mặt cắt ngang tại Việt Nam. Máy đã được tính toán thiết kế, xây dựng mô hình, kiểm nghiệm bằng phần mềm trước khi đưa vào chế tạo, lắp ráp và chạy khảo nghiệm để đánh giá độ ổn định thông qua chất lượng sản phẩm sau gia công theo một số chế độ khác nhau. Kết quả khảo nghiệm cho thấy máy hoạt động chính xác theo đúng chương trình đã cài đặt. Sai số trung bình của kích thước chiều dài cạnh lục giác của 30 mẫu được gia công với 3 chế độ khác nhau (8; 12; 16 vòng/phút) nằm trong phạm vi yêu cầu $\pm 1\text{mm}$. Do đó, máy phay- đánh nhẵn chép hình này có thể được sử dụng để gia công tạo ra các phôi gỗ mặt cắt ngang có hình dạng lục giác, đồng thời có thể sử dụng gia công các hình dạng đặc thù khác có tính thẩm mỹ cao trong sản xuất đồ gỗ.

Từ khóa - Thiết kế; chế tạo; máy phay - đánh nhẵn; gia công gỗ

1. Đặt vấn đề

Trong ngành công nghiệp chế biến gỗ, quy trình sản xuất các sản phẩm thường đòi hỏi sự chính xác và đồng đều, đặc biệt là trong việc gia công và chế tạo các chi tiết phức tạp. Nhiều nhà nghiên cứu đã nỗ lực để phát triển các loại máy và thiết bị hiện đại, có thể xử lý các nhiệm vụ phức tạp, góp phần vào sự tiến bộ của lĩnh vực này [1-4].

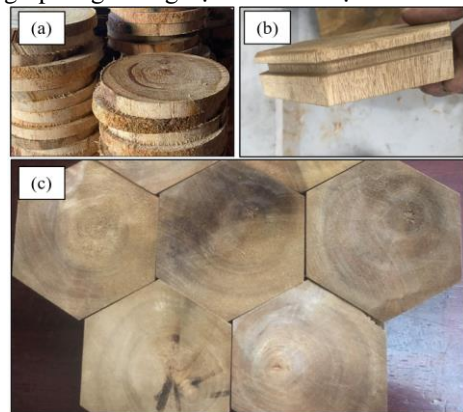
Tại Việt Nam, nhiều công trình nghiên cứu, thiết kế chế tạo các loại máy ứng dụng trong gia công gỗ cũng đã được công bố, đặc biệt là các thiết bị ứng dụng điều khiển số. Nghiên cứu [5] đã thiết kế, chế tạo máy khắc gỗ CNC 3 trục dạng nhỏ, có thể thực hiện được đa dạng các loại sản phẩm và kết hợp các công đoạn khác để tạo nên một dây chuyền sản xuất khép kín và hoàn toàn tự động. Nghiên cứu [6] đã thiết kế, chế tạo, lắp đặt và thử nghiệm hệ thống cắt cạnh tự động cho ván gỗ xẻ bằng các phương pháp tính toán logic, đồng dạng mô phỏng và thử nghiệm. Kết quả thực nghiệm cho thấy, độ chính xác và tin cậy của hệ thống, có thể áp dụng cho thực tế sản xuất và tích hợp để đồng bộ dây chuyền xẻ gỗ tự động. Tương tự, một số công trình khác ứng dụng trong gia công các sản phẩm đồ gỗ đã được công bố [7-9].

Hiện nay, các sản phẩm đồ gỗ được sản xuất theo công nghệ truyền thống là sử dụng nguyên liệu gỗ được xẻ theo chiều dọc thớ gỗ, sau đó thông qua các quá trình gia công chế biến tạo nên sản phẩm gỗ có vân thớ mặt cắt dọc của gỗ. Tuy nhiên, một trong những xu thế hiện nay trong trang trí nội thất là phát triển những sản phẩm mới có vẻ đẹp thẩm mỹ thể hiện tính chất tự nhiên của gỗ và có sự khác

Abstract - This article introduces the research results of designing and fabricating a wood copy milling-grinding machine to process cross-cut wood products in Vietnam. The machine was designed, modeled, and tested using software before manufacturing, assembly, and experimental runs to evaluate its stability based on the quality of the processed products under different operating modes. The experimental results demonstrated that the machine operated accurately according to the programmed settings. The average deviation of the hexagonal side length dimensions of 30 processed samples using three modes (8, 12, and 16 rpm) fell within the required range of $\pm 1\text{mm}$. Therefore, this copy milling-grinding machine can be used to process wood products with hexagonal shapes and other specific shapes with high aesthetics in wooden furniture production.

Key words - Designing; manufacturing; milling-grinding machine; wood processing

biệt so với cách trang trí và sử dụng truyền thống. Trong số đó, ván gỗ mặt cắt ngang được sản xuất từ các lát gỗ (thớt gỗ) mặt cắt ngang (Hình 1a). Các lát gỗ thể hiện rõ hình dạng tự nhiên các vòng năm, điều này tạo ra vẻ đẹp thẩm mỹ và độ dẻo của gỗ. Sau khi gia công tạo thành các phôi gỗ với nhiều hình dạng khác nhau như hình lục giác (Hình 1b), hình vuông, hình chữ nhật, ... chúng được ghép lại với nhau tạo thành ván mặt cắt ngang (Hình 1c). Những loại ván này ngoài tính thẩm mỹ và độ dẻo, chúng còn có khả năng chịu lực cao hơn so với một số loại ván truyền thống khác như ván ghép thanh, ván nhân tạo ... Điều này là do ván gỗ từ phôi mặt cắt ngang giữ được cấu trúc tự nhiên của gỗ giúp tăng cường độ bền và ổn định.



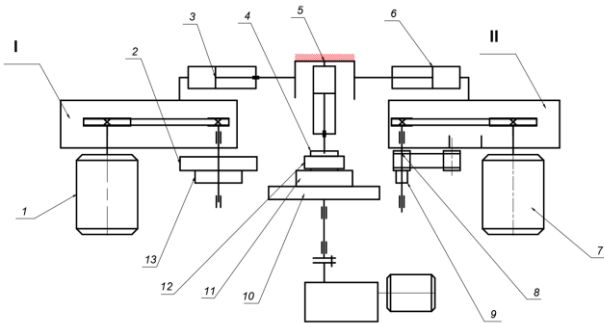
Hình 1. Lát gỗ (thớt gỗ) mặt cắt ngang (a), phôi gỗ mặt cắt ngang hình lục giác (b) và ván sàn mặt cắt ngang

¹ Vietnam National University of Forestry, Vietnam (Tran Cong Chi, Ta Thi Phuong Hoa, Vu Huy Dai)

Việc sử dụng các thiết bị truyền thống để gia công phôi gỗ mặt cắt ngang có hình dạng lục giác đều từ các lát gỗ hình tròn không phù hợp, đặc biệt đối với khâu cấp liệu tự động. Mặc dù, trên thị trường có một số thiết bị phay chép hình tự động, tuy nhiên giá thành cao, chưa phù hợp với một số đối tượng gia công và điều kiện sản xuất tại Việt Nam. Do đó, bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy phay- đánh nhẵn chép hình phôi gỗ mặt cắt ngang. Máy được thiết kế vận hành tự động, hệ thống cấp liệu lát gỗ có thể điều chỉnh được kích thước; kết cấu nhỏ gọn, phù hợp với quy mô sản xuất vừa và nhỏ.

2. Lựa chọn phương án thiết kế

Trên cơ sở phân tích công nghệ, điều kiện thực tiễn của các cơ sở sản xuất ở Việt Nam, nghiên cứu đề xuất nguyên lý hoạt động của máy phay- đánh nhẵn chép hình phôi gỗ mặt cắt ngang như Hình 2.



Hình 2. Nguyên lý hoạt động máy phay- đánh nhẵn chép hình

Máy hoạt động dựa trên nguyên lý tiếp xúc liên tục giữa con lăn chép hình (13) của trục dao và dưỡng mẫu (11). Lát gỗ mặt cắt ngang (12) sau khi được định vị trên bàn xoay sẽ được cố định bằng pistong giữ phôi (5) với lực ép theo phương thẳng đứng giữ chặt phôi trên bàn xoay (10). Khi lát gỗ đã được cố định chắc, xi lanh khí nén (3) sẽ di chuyển cụm tay dao phay (I) di chuyển theo phương chiều định trước tiến sát vào vị trí gia công. Dao phay được sử dụng là dao phay mỏng âm chuyên dùng để gia công mỏng trong lắp ghép đồ gỗ. Bàn xoay được giữ chuyển động tròn đều với tốc độ cố định thông qua động cơ giảm tốc và biến tần, khi con lăn chép hình vừa chạm đến dưỡng mẫu thì lực ép của tay điều khiển cánh máy sẽ giảm và giữ một lực cố định phù hợp với tốc độ quay của bàn xoay đảm bảo con lăn luôn được giữ áp sát vào dưỡng mẫu trong suốt quá trình gia công.

Kết thúc quá trình gia công (được lập trình sẵn theo thời gian) cánh tay dao phay (I) sẽ được thu về vị trí an toàn, pistong giữ phôi trên bàn xoay sẽ được nâng lên, lát gỗ mới được đẩy vào đồng thời đẩy phôi sau khi đã gia công xuống bằng tải thu hồi. Quá trình gia công được lặp lại liên tục theo chương trình đã lập trình từ trước. Tay máy mang băng nhám (II) có nguyên lý hoạt động tương tự tay dao phay khi cần sử dụng cả nguyên công đánh nhẵn trong quá trình gia công.

3. Tính toán thiết kế

3.1. Yêu cầu kỹ thuật chính

Đặc điểm của thiết bị cần đảm bảo chế tạo đơn giản; dễ vận hành; tiếng ồn thấp không phát thải bụi trong quá trình

gia công. Chất lượng chi tiết gỗ sau gia công đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật chính:

- Phay lát gỗ hình dạng tròn thành chi tiết có hình dạng lục giác đều;
- Đường kính lát gỗ: 12-24 cm; chiều dày lát gỗ: 15-50 mm;
- Gỗ Keo, khối lượng riêng khoảng 550-620 kg/m³, các loại gỗ khác, khối lượng riêng có thể đến 800-950 kg/m³;
- Năng suất: 4 m²/giờ;
- Áp suất khí nén 0,6-0,8 Mpa;
- Dao phay mỏng âm, đường kính dao phay D=110mm, số răng Z=4;
- Sai số kích thước chiều dài cạnh lục giác: ±1 mm;
- Điều khiển tự động.

3.2. Hệ thống cơ khí

3.2.1. Tốc độ cắt khi phay và tốc độ bàn máy

Tốc độ cắt khi phay gỗ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kết cấu máy, dụng cụ phay, đường kính dụng cụ, loại vật liệu gia công, yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm, ... Đối với máy phay CNC gia công gỗ, số vòng quay trục chính có thể lên đến 25000 vòng/phút trong khi với các máy phay truyền thống thường nhỏ hơn 10000 vòng/phút. Trong nghiên cứu này, số vòng quay của trục chính được chọn sơ bộ $n = 5800$ vòng/phút theo thực tế gia công và tham khảo một số mẫu máy trên thị trường. Khi đó, tốc độ cắt khi phay của máy được xác định:

$$V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000} = 33,39 (m/s) \quad (1)$$

Trong nghiên cứu này, số vòng quay của bàn máy được tính toán theo yêu cầu năng suất tối thiểu 4 m²/h đối với sản phẩm gia công là phôi gỗ mặt cắt ngang hình lục giác. Xét trường hợp phay phôi từ tròn đường kính 300mm, dày 50mm thành lục giác (nội tiếp) thì tổng diện tích 6 mặt lục giác xác định được là 45000 mm². Với yêu cầu năng suất 4m²/h, tổng số chi tiết cần gia công tương ứng trong 1h là 90 chi tiết. Do đó, một chi tiết cần gia công trong thời gian 0,67ph ≈ 40s. Tương ứng số vòng quay của bàn xoay cần thiết là 0,67 vòng/phút. Giá trị này tương đối thấp nên trong thực tế số vòng quay của bàn máy thường sử dụng cao hơn 1,5-10 vòng/phút. Do đó để tính toán, nghiên cứu chọn sơ bộ số vòng quay bàn xoay 5 vòng/phút là đảm bảo năng suất theo yêu cầu.

3.2.2. Tính toán công suất và lựa chọn động cơ dẫn động dao phay

Theo tài liệu [10], tỷ suất lực cắt và công suất cắt trong trường hợp này có thể xác định bằng công thức thực nghiệm:

$$K = K_{\varphi} \cdot a_s \cdot a_w \cdot a_{\sigma} \cdot a_v \cdot a_n \cdot a_f \cdot a_t \quad (N/mm^2) \quad (2)$$

Trong đó:

K_{φ} - lực cắt gọt đơn vị khi cắt gọt gỗ thông phoi khô với góc cắt $\delta = 45^\circ$, độ dày cắt gọt $h = 1$ mm, góc hợp bởi lưỡi cắt và thớ gỗ là φ . Trường hợp phay chép hình, tra bảng chọn $K_{\varphi} = 1,1$;

a_s - Hệ số hiệu chỉnh loại gỗ, chọn $a_s = 0,85$;

a_w - Hệ số hiệu chỉnh độ ẩm gỗ, chọn $a_w = 1,0$ đối với

phôi khô phổ biến có độ ẩm 10~15 %;

a_σ - Hệ số ảnh hưởng bởi góc cắt δ . Với góc cắt $\delta = 45^\circ$ thì $a_\sigma = 0,9$;

a_v - Hệ số hiệu chỉnh vận tốc cắt. Tra bảng ta chọn $a_v = 1,04$;

a_h - Hệ số ảnh hưởng bởi chiều dày phôi trung bình h_{tb} (mm);

Ta có, với số vòng quay của bàn xoay $n_1 = 5$ vòng/phút, tốc độ đẩy gỗ tương ứng với một răng:

$$U_z = \frac{U_{1000}}{nZ} = 0,214(\text{mm}) \quad (3)$$

Chiều dày phôi trung bình $h_{tb} \approx U_z/2 = 0,107\text{mm}$. Tra bảng chọn $a_h = 2$;

a_f - Hệ số điều chỉnh ma sát khi gia công phay. Với trường hợp phay từ phôi tròn đường kính 300mm thành lục giác (nội tiếp) thì chiều dày cắt gọt lớn nhất là 20mm. Tra bảng chọn $a_f = 2,5$;

a_t - Hệ số hiệu chỉnh độ cùn công cụ cắt, giả thiết thời gian làm việc là 1h, tra bảng chọn $a_t = 1,2$.

Do đó tỉ suất lực cắt K:

$$K = 1,1 * 0,85 * 1,0 * 0,9 * 1,04 * 2,0 * 2,5 * 1,2 = 5,25 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Công suất cắt:

$$N = \frac{KBHU}{60.102} = \frac{5,25 * 50 * 20 * 5}{60 * 102} = 4,29 \text{ kW} \quad (4)$$

Với công suất cắt 4,29 kW để đảm bảo an toàn, chọn động cơ điện TMX- Malaysia có công suất 5,5 kW; điện áp 3 pha 380V, số vòng quay 2900 vòng/phút. Để đảm bảo tốc độ gia công theo yêu cầu kỹ thuật sẽ sử dụng thêm bộ truyền đai.

3.2.3. Tính toán công suất và lựa chọn động cơ dẫn động băng nhám

Thiết bị sử dụng dạng gia công đánh nhẵn do băng nhám liên kết với hai bánh đà kiểu băng hẹp, sử dụng phương pháp tiếp xúc trực tiếp. Lực cắt khi đánh nhẵn không lớn. Do đó, trong thiết bị này, nghiên cứu chọn loại động cơ có công suất khoảng 50% động cơ dao phay. Cụ thể, chọn động cơ TMX- Malaysia có công suất: 2,2 kW, 3 pha 380V, số vòng quay 2900 vòng/phút. Để đảm bảo tốc độ gia công theo yêu cầu kỹ thuật sẽ sử dụng thêm bộ truyền đai.

3.2.4. Xác định công suất truyền động của động cơ đẩy gỗ

Công suất động cơ thực hiện chuyển động đẩy phôi có thể được tính gần đúng theo công thức:

$$N_d = k.N \quad (5)$$

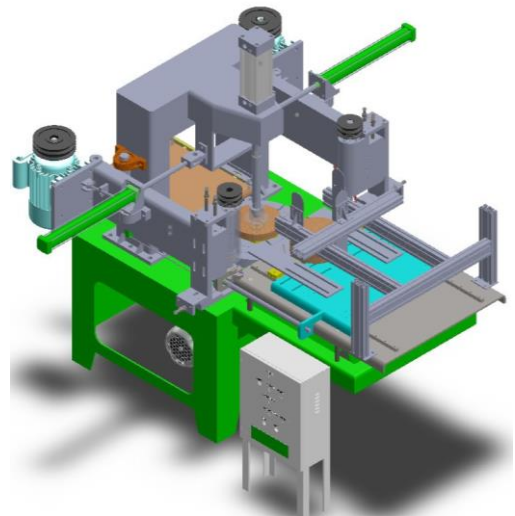
Với, k: Hệ số đối với máy phay có thể chọn 0,15-0,3.

Vậy công suất động cơ : $N_d = 0,25 * 5,5 = 1,38 \text{ kW}$.

Chọn động cơ điện có công suất: 1,5 kW, 3 pha 380 V, số vòng quay 1450 vòng/phút.

3.2.5. Thiết kế mô hình

Để thiết kế mô hình máy phay - đánh nhẵn chép hình phôi gỗ mặt cắt ngang, nghiên cứu sử dụng phần mềm SolidWorks để thiết kế cũng như xây dựng các bản vẽ chế tạo [11]. Hình 3 giới thiệu mô hình 3D của máy đã được thiết kế.



Hình 3. Mô hình 3D tổng thể máy

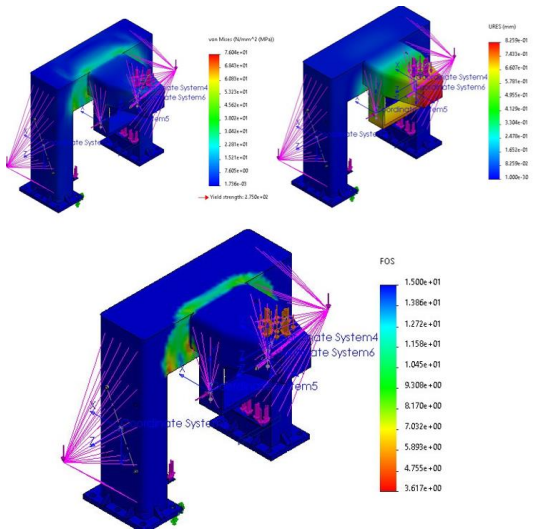
3.2.6. Kiểm tra điều kiện bền của các chi tiết chính

Nghiên cứu này không xem xét ảnh hưởng của một số đối tượng chẳng hạn như bu lông, đai ốc, giá đỡ, xi lanh thủy lực, giá đỡ xi lanh thủy lực và các thành phần khác mà chỉ tập trung vào một số kết cấu chính. Mô đun Solidworks simulation được sử dụng để thiết lập các điều kiện làm việc, ràng buộc và tải trọng.

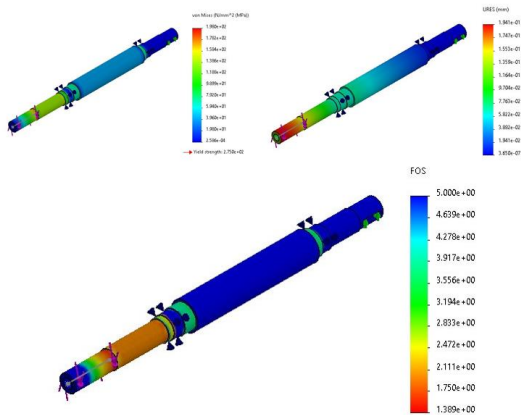
Đối với kết cấu khung và trục dao, loại lưới tam giác được sử dụng để chia lưới với kích thước lưới được thiết lập là 8mm, dung sai 0,4mm; 16 điểm Jacobian. Các tải trọng được thiết lập gồm các tải trọng tĩnh từ các chi tiết được tính toán khối lượng dựa trên mô hình; các tải trọng động như lực kẹp, lực cắt; các vị trí đặt lực, điều kiện ràng buộc được thiết lập như trên Hình 4 [12]. Kết quả sau khi phân tích mô hình thu được chuyển vị và ứng suất của khung cho thấy, trong điều kiện phân tích biến dạng đạt giá trị lớn nhất khoảng 0,8 mm tại đầu ngoài của dầm lắp xi lanh kẹp phôi. Ứng suất tương đương theo Von Mises lớn nhất thu được từ kết quả phân tích tập trung chủ yếu ở vị trí liên kết của khung chính và dầm công xôn với kết cấu hàn có giá trị lớn nhất khoảng 76,4 Mpa.

Kết quả phân tích hệ số an toàn (Factor of Safety - FOS) tối thiểu cho thấy, giá trị thu được FOS nhỏ nhất là 3,62. Điều này có nghĩa là mô hình thiết kế có khả năng chịu tải trọng vượt quá yêu cầu tối thiểu, có tính an toàn đối với các tải trọng áp dụng và đáp ứng yêu cầu về độ an toàn. Do đó, xét tổng thể trong quá trình làm việc với tải trọng theo yêu cầu, chuyển vị thay đổi không đáng kể và ứng suất khi tính toán vẫn nằm trong giới hạn cho phép nên kết cấu khung trên đảm bảo độ bền khi làm việc.

Tương tự, kết quả sau khi phân tích mô hình có được chuyển vị và ứng suất tương đương của trục dao phay trong quá trình làm việc, biến dạng có giá trị lớn nhất khoảng 0,19 mm tại đầu ngoài trục lắp dao phay (Hình 5). Ứng suất tương đương theo Von Mises lớn nhất thu được từ kết quả phân tích tập trung chủ yếu ở mặt cắt chuyển tiếp đoạn trục lắp dao phay có giá trị lớn nhất khoảng 198 Mpa. Đồng thời hệ số an toàn tối thiểu cho thấy giá trị thu được FOS nhỏ nhất là 1,39.



Hình 4. Kết quả phân tích kết cấu khung trên

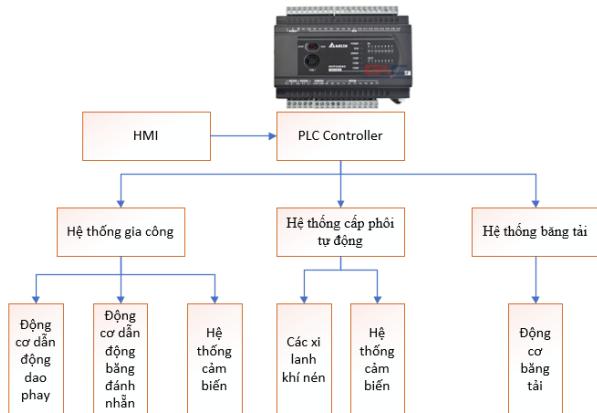


Hình 5. Kết quả phân tích kết cấu trục dao phay

3.3. Hệ thống điện điều khiển

3.3.1. Yêu cầu và chế độ điều khiển

Từ nguyên lý làm việc của thiết bị được thiết kế, các đối tượng cần được điều khiển được mô tả như sơ đồ Hình 6.



Hình 6. Cấu trúc tổng quát hệ thống điều khiển

Chế độ hoạt động bằng tay được xác lập khi được chọn thông qua màn hình HMI (Human-Machine-Interface). Khi đó, tín hiệu chế độ bằng tay được đưa vào đầu vào của PLC (Programmable Logic Controller). Tại chế độ này, các thiết bị thường hoạt động hoàn toàn thông qua việc lựa chọn trên màn hình điều khiển. Khi nhấn nút Start thì hệ thống hoạt

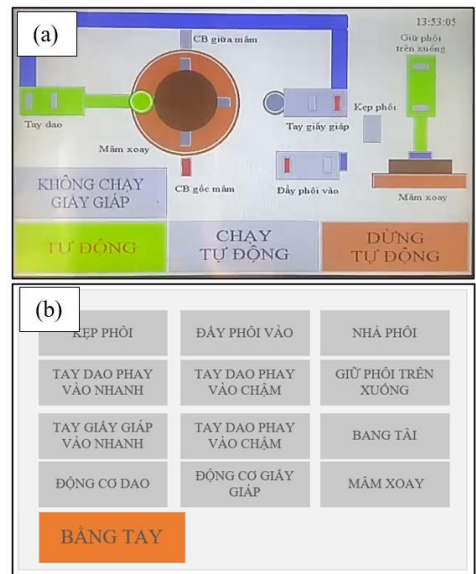
động và ngược lại khi ấn nút Stop và dừng khẩn cấp thì hệ thống và các tín hiệu điều khiển ngừng hoạt động. Tương tự hoạt động của các cặp xi lanh khí nén (xi lanh theo phương thẳng đứng, xi lanh theo phương ngang, xi lanh kẹp phôi,...) đều phải điều khiển bằng tay thông qua màn hình HMI.

Chế độ hoạt động tự động được xác lập khi chế độ tự động được chọn trên màn hình HMI. Khi đó, tín hiệu chế độ tự động được đưa vào đầu vào của PLC. Khi đó các bước thực hiện của thiết bị phay - đánh nhẵn chép hình sẽ hoạt động theo thứ tự logic sau:

- Bước 1. Đầu tiên xi lanh cấp lát gỗ sẽ thực hiện hành trình đẩy từ hệ thống cấp liệu tự động vào vị trí gia công.
- Bước 2. Tiếp theo PLC sẽ điều khiển xi lanh kẹp thẳng đứng đi xuống ép chặt lát gỗ vào bàn xoay.
- Bước 3. Tiếp theo PLC sẽ điều khiển xi lanh kéo tay dao phay, tay băng đánh nhẵn di chuyển vào vị trí gia công.
- Bước 4. Kết thúc quá trình gia công, PLC sẽ điều khiển xi lanh di chuyển tay dao phay, tay băng đánh nhẵn di chuyển quay ra kết thúc quá trình gia công.
- Bước 5. PLC sẽ điều khiển xi lanh kẹp nhấc lên, xi lanh cấp lát gỗ sẽ thực hiện hành trình đẩy lát gỗ mới vào vị trí gia công, đồng thời đẩy sản phẩm sang băng tải.

3.3.2. Giao diện điều khiển

Trên giao diện giám sát điều khiển tự động (Hình 7-a) thể hiện quá trình gia công bao gồm chế độ tự động và dừng tự động chuyển sang chế độ thủ công (Hình 7-b). Ngoài ra, còn có các lựa chọn khác như chế độ không chạy tay băng đánh nhẵn khi chi tiết gia công không cần có độ nhẵn bề mặt cao.



Hình 7. Giao diện điều khiển tự động (a) và thủ công (b)

4. Chế tạo, lắp ráp và khảo nghiệm

4.1. Chế tạo và lắp ráp

Dựa trên quy trình chế tạo, thiết bị được chế tạo và lắp ráp tại nhà máy sản xuất cơ khí (Hình 8).

4.2. Khảo nghiệm không tải

Để khảo nghiệm thiết bị sau khi chế tạo và lắp ráp, nghiên cứu tiến hành cho thiết bị chạy ở chế độ không tải. Trước khi vận hành đã tiến hành kiểm tra các mối lắp ghép

như bulong, bộ truyền đai, nguồn điện, ... Trong quá trình chạy thử, nếu phát hiện ra sự cố như: có tiếng kêu, rung lắc, ... thì dừng máy, tìm kiếm và khắc phục sự cố.



Hình 8. Thiết bị sau khi được chế tạo, lắp ráp

Thời gian chạy thử không tải thiết bị phay – đánh nhẵn chép hình tự động là 6 giờ liên tục không dừng máy. Kết quả khảo nghiệm không tải cho thấy:

- Hệ thống cấp phôi ổn định và không có dấu hiệu rung lắc hoặc tiếng động lạ;
- Hệ kẹp giữ hoạt động ổn định, lưỡi cắt hoạt động ổn định và không phát sinh sự cố;
- Các cảm biến xác nhận tín hiệu hoạt động ổn định, chính xác;
- Nhiệt độ của các động cơ trong phạm vi an toàn, không gây nguy hiểm;
- Hệ thống an toàn (dùng khăn cấp) đều hoạt động ổn định;
- Quá trình chạy tự động liên động chính xác, các cơ cấu dừng và hoạt động chính xác theo đúng chương trình đã cài đặt.

4.3. Khảo nghiệm có tải

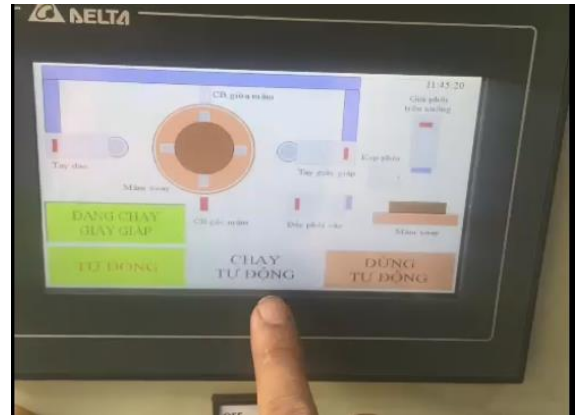
Để khảo nghiệm thông số kỹ thuật công nghệ trên thiết bị phay – đánh nhẵn chép hình tự động, nghiên cứu tiến hành gia công ở chế độ tự động một số mẫu với các thông số gia công khác nhau. Cụ thể:

- Tốc độ cắt khi gia công: $V=33,39$ m/s;
- Số vòng quay của bàn xoay: 8; 12; 16 vòng/phút, được điều chỉnh thông qua biến tần;
- Phôi gia công là lát gỗ keo, đường kính 160mm, chiều dày phôi 20mm;
- Mỗi một chế độ gia công là 10 mẫu;
- Yêu tố đầu ra: Sản phẩm có hình dạng lục giác, sai số kích thước chiều dài cạnh lục giác chép hình;
- Thiết bị gia công là máy phay- đánh nhẵn chép hình đã được chế tạo.

Máy được cài đặt chế độ tự động với các thông số theo từng chế độ khảo nghiệm khác nhau (Hình 9). Quá trình gia công và sản phẩm giới thiệu trong Hình 10 và Hình 11.

Trong khảo nghiệm này, 30 mẫu được gia công với 3 chế độ khác nhau. Kết quả khảo nghiệm trong Bảng 1 cho thấy sai số trung bình của kích thước chiều dài cạnh lục giác của các mẫu đều nằm trong phạm vi yêu cầu ± 1 mm. Tuy nhiên, khi xem xét cụ thể các kích thước cạnh lục giác

trong các mẫu cắt thử có 5 mẫu (chiếm 16,7%) phát sinh cạnh lục giác có kích thước nằm ngoài phạm vi dung sai cho phép, tập trung tại chế độ gia công với số vòng quay của bàn xoay $n_1=16$ vòng/phút. Lý do có thể là do khi gia công với tốc độ nhanh làm tăng lực cắt gây ra rung động và không ổn định của thiết bị. Ngoài ra, lực cắt tăng có thể làm cho vị trí của lát gỗ trên bàn máy không được ổn định từ đó gây sai số kích thước cạnh lục giác.



Hình 9. Cài đặt chế độ tự động



Hình 10. Quá trình phay chép hình



Hình 11. Sản phẩm sau khi gia công

Bảng 1. Kết quả khảo nghiệm gia công trên máy

Mẫu	$n_1=8$ v/ph		$n_1=12$ v/ph		$n_1=16$ v/ph	
	Trung Bình	Sai lệch	Trung Bình	Sai lệch	Trung Bình	Sai lệch
1	79,7	0,4	79,9	0,1	80,1	0,1
2	79,7	0,3	79,9	0,1	80,1	0,1
3	79,7	0,4	79,7	0,3	79,4	0,6
4	79,6	0,4	79,8	0,2	79,9	0,2
5	79,8	0,2	79,8	0,2	80,0	0,0
6	79,5	0,5	79,7	0,3	79,8	0,2
7	80,0	0,0	79,8	0,2	80,0	0,0
8	79,7	0,3	80,2	0,2	80,2	0,2
9	80,0	0,0	79,8	0,2	79,9	0,1
10	79,7	0,3	80,5	0,5	80,7	0,7

Kết quả khảo nghiệm này được tiến hành để đánh giá sơ bộ mức độ ổn định của thiết bị thông qua chất lượng sản phẩm sau gia công theo các chế độ khác nhau. Mặc dù, tỉ lệ phế phẩm còn cao nhưng cơ bản đã đáp ứng được yêu cầu thiết kế. Để có thể đưa vào sản xuất cần có những nghiên cứu về ảnh hưởng của chế độ gia công đến chất lượng sản phẩm cũng như các nghiên cứu tối ưu hóa đa yếu tố cho từng đối tượng sản phẩm có yêu cầu kỹ thuật khác nhau.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã tính toán, thiết kế chế tạo và khảo nghiệm máy phay - đánh nhẵn chép hình ứng dụng trong điều kiện sản xuất phiôi gỗ mặt cắt ngang. Máy được thiết kế có yêu cầu kỹ thuật phù hợp với quy mô sản xuất vừa và nhỏ. Kết quả khảo nghiệm cho thấy, máy hoạt động tương đối chính xác theo đúng chương trình đã cài đặt, sản phẩm mặc dù tỉ lệ phế phẩm còn cao nhưng cơ bản đã đáp ứng được yêu cầu thiết kế. Do đó, sản phẩm của nghiên cứu này có thể được ứng dụng trong sản xuất, phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này là kết quả nghiên cứu thuộc đề tài nghiên cứu khoa học cấp Thành phố Hà Nội: “Nghiên cứu công nghệ và thiết bị sản xuất ván gỗ mặt cắt ngang sử dụng trong xây dựng nội thất”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B. Camburn, Y. He, S. Raviselvam, J. Luo, and K. Wood, “Machine learning-based design concept evaluation”, *Journal of Mechanical Design*, vol. 142, no. 3, p. 031113, 2020.
- [2] E. Csanády, Z. Kovács, E. Magoss, and J. Ratnasingam, *Optimum design and manufacture of wood products*. Springer, 2019.
- [3] V. Dhokpande, S. Takkamare, P. Ghode, A. Wanjari, and P. Kamble, “Design and Fabrication of Multipurpose Wood Cutting Machine”, *International Journal for Research and Development in Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 386-389, 2017.
- [4] A. Cakmak, A. Malkocoglu, and S. Ozsahin, “Optimization of wood machining parameters using artificial neural network in CNC router”, *Materials Science and Technology*, vol. 39, no. 14, pp. 1728-1744, 2023.
- [5] Q. B. Tao, H. D. K. Nguyen, V. T. Hoang, and V. D. Le, “Design and manufacture a miniature 3-axis cnc wood engraving machine”, *The University of Danang - University of Science and Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 97-101, 2022.
- [6] S. Hoang, N. Dong Van, X. N. Nguyen, and L. H. T. Bui, “Study on automatic line-edge cutting systems for automatic wood band-saw lines”, *Journal of Forestry Science and Technology*, vol. 5, pp. 118-225, 2020.
- [7] A. T. Nguyen, V. T. Nguyen, and H. T. Pham, “Numerical control carving machine for wood production”, *Journal of Technical Education Science*, vol. 14, no. 1, pp. 39-43, 2019.
- [8] K. S. Duong, M. V. Huynh, and H. B. Dang, “The design and fabrication of 3-axis CNC milling machine”, *Hong Bang Internationaol University Journal of Science*, vol. 26, pp. 163-170, 2023.
- [9] T. T. V. Nguyen, “Applying UCCNC and vectrics aspire 8.5 in manufacturing on CNC wood engraving machine”, *HUAF Journal of Agricultural Science & Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 1185-1194, 2019.
- [10] T. D. Hoang, *Principles of cutting wood materials*. Agricultural publisher, 2016.
- [11] R. E. Barr, D. Juricic, T. Krueger, and A. Reyes, *Design Workbook Using SOLIDWORKS 2020*. SDC Publications, 2020.
- [12] R. Shih, *Introduction to Finite Element Analysis Using SOLIDWORKS Simulation 2024*. SDC publications, 2024.