

## NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ ĐIỀU KHIỂN MÁY IN TAMPON

Nguyễn Thanh Lịch<sup>1\*</sup>, Hà Ngọc Tuấn<sup>1</sup>, Phạm Khải Hoàn<sup>1</sup>, Vương Ngọc Tiến<sup>1</sup>, Đặng Đình Huy<sup>1</sup><sup>1</sup>Trường Đại học Giao thông Vận tải

\*Tác giả liên hệ: lichnt@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày quá trình thiết kế, chế tạo và điều khiển một máy in Tampon nhằm cải thiện chất lượng in trên các bề mặt phức tạp, cong hoặc không đều. Máy in Tampon là một công nghệ in gián tiếp phổ biến trong ngành công nghiệp, đặc biệt là trong in ấn linh kiện điện tử, đồ gia dụng, thiết bị y tế và sản phẩm nhựa. Hệ thống được thiết kế với cơ cấu truyền động tối ưu, sử dụng vật liệu bền vững để đảm bảo độ chính xác và độ bám dính mực in tốt trên bề mặt sản phẩm. Hệ thống điều khiển tự động được tích hợp nhằm tăng cường hiệu suất làm việc, giảm thiểu sai sót và nâng cao độ ổn định trong quá trình vận hành. Máy in cũng được trang bị các cảm biến và thuật toán điều khiển giúp cải thiện độ chính xác của lực ép và vị trí in, từ đó nâng cao chất lượng hình ảnh in ấn. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống có khả năng hoạt động ổn định, đạt độ chính xác cao, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Nghiên cứu này không chỉ đóng góp vào việc nâng cao hiệu suất của công nghệ in Tampon mà còn mở ra hướng phát triển các hệ thống in tự động tiên tiến hơn trong tương lai.

*Từ khóa:* Máy in Tampon, Bản in, Cốc mực, In bề mặt phức tạp.

## RESEARCH ON DESIGN, MANUFACTURING AND CONTROL OF A TAMPON PRINTING MACHINE

## ABSTRACT

This study presents the design, manufacturing, and control of a Tampon printing machine to improve print quality on complex, curved, or irregular surfaces. Tampon printing is an indirect printing technology widely used in industries such as electronics, household appliances, medical devices, and plastic products. The system is designed with an optimized drive mechanism and durable materials to ensure high precision and strong ink adhesion on product surfaces. An automated control system is integrated to enhance operational efficiency, minimize errors, and improve stability during operation. The machine is also equipped with sensors and control algorithms that optimize pressure and positioning accuracy, thereby enhancing print image quality. Experimental results demonstrate that the system operates stably with high precision, meeting the required technical standards. This research not only contributes to improving the efficiency of Tampon printing technology but also paves the way for the development of more advanced automated printing systems in the future.

*Keywords:* Tampon printing machine, Print plate, Ink cup, Complex surface printing.

Ngày nhận bài: 29/03/2025 Ngày nhận bài sửa: 11/04/2025 Ngày duyệt đăng bài: 04/05/2025

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

In Tampon là một công nghệ in chuyên dụng, cho phép chuyển hình ảnh lên bề mặt các vật thể không phẳng như nhựa, kim loại, thủy tinh, vải và cao su. Công nghệ này được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, bao gồm

điện tử, ô tô, thiết bị gia dụng, dụng cụ văn phòng và sản xuất hàng tiêu dùng. Bắt đầu được sử dụng phổ biến từ những năm 1970, in Tampon nhanh chóng trở thành phương pháp in tối ưu đối với những chi tiết nhỏ, phức tạp mà các kỹ thuật in truyền thống không thể đáp

ứng (Sharon, 2008; Proell, 2014; MicroPrint, 2023).

Hiện nay, trên thế giới cũng như tại Việt Nam, nhiều công nghệ in khác nhau đã được nghiên cứu và phát triển. Trong số đó, in offset có ưu điểm về chất lượng in cao, phù hợp với sản xuất số lượng lớn và có khả năng in trên nhiều loại vật liệu (Kerndl & Steffan, 2020). Bên cạnh đó, in lụa nổi bật với khả năng in trên nhiều chất liệu, tạo lớp mực dày, bền màu và có chi phí thấp khi in số lượng nhỏ (Pengfei & cộng sự, 2010). In kỹ thuật số cũng mang lại nhiều lợi thế như không cần chế tạo khuôn in, thời gian in nhanh và khả năng dễ dàng thay đổi nội dung (Shunqi & cộng sự, 2010; Liu, 2022). Tuy nhiên, các công nghệ này gặp hạn chế khi in trên các bề mặt cong, nhỏ hoặc vật liệu có đặc tính khó in như nhựa, kim loại và thủy tinh.

Trong bối cảnh đó, công nghệ in Tampon có lợi thế nổi trội nhờ khả năng in chi tiết nhỏ, trên bề mặt không phẳng và đảm bảo độ bám mực cao (Bhoi, 2018). Tuy nhiên, các hệ thống máy in Tampon hiện nay vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế như độ chính xác chưa cao, hiệu suất chưa tối ưu, khả năng điều khiển chưa đạt mức tự động hóa cao và phụ thuộc vào thao tác thủ công. Những yếu tố này làm ảnh hưởng đến chất lượng in, tăng tỷ lệ sản phẩm lỗi và giảm năng suất sản xuất.

Một vấn đề quan trọng khác là sự phụ thuộc vào công nghệ nhập khẩu. Mặc dù in Tampon đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, các dòng máy in Tampon hiện sử dụng tại Việt Nam chủ yếu là sản phẩm nhập khẩu. Điều này dẫn đến những hạn chế như giá thành cao, chi phí bảo trì lớn, khó khăn trong việc thay thế linh kiện và chưa tối ưu hóa theo nhu cầu in đặc thù của các doanh nghiệp trong nước. Do đó, việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo một hệ thống máy in Tampon hiện đại, tích hợp hệ thống điều khiển tự động, nâng cao độ chính xác và hiệu suất hoạt động là một yêu cầu cấp thiết.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phát triển một hệ thống máy in Tampon với cơ cấu truyền động tối ưu, sử dụng vật liệu bền vững và tích hợp hệ thống điều khiển thông minh. Máy in được thiết kế nhằm giảm thiểu sai số in, tối ưu hóa lực ép và vị trí in, đồng thời tự động hóa quy trình để nâng cao hiệu suất làm việc. Ngoài ra, nghiên cứu tập trung vào việc tích hợp các cảm biến và thuật toán điều khiển để đảm bảo máy in hoạt động ổn định và đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật khắt khe.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm máy in Tampon ứng dụng trong các doanh nghiệp in ấn vừa và nhỏ tại Việt Nam, đồng thời đánh giá hiệu suất hoạt động của hệ thống. Kết quả nghiên cứu không chỉ đóng góp vào sự phát triển của công nghệ in Tampon mà còn mở ra hướng ứng dụng các giải pháp tự động hóa tiên tiến trong ngành công nghiệp in ấn hiện đại.

## **2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Đối tượng nghiên cứu**

Nghiên cứu tập trung vào hệ thống máy in Tampon tự động, bao gồm cơ cấu truyền động, hệ thống điều khiển và quá trình in ấn trên các bề mặt phức tạp. Máy in được thiết kế để đáp ứng các yêu cầu về độ chính xác, ổn định và hiệu suất làm việc cao trong môi trường sản xuất công nghiệp. Trong quá trình nghiên cứu và phát triển các hệ thống máy móc tự động, đặc biệt là máy in Tampon, việc ứng dụng các phần mềm thiết kế và lập trình điều khiển đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quá trình chế tạo, nâng cao độ chính xác và tăng hiệu suất vận hành. Để đạt được mục tiêu này, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm SolidWorks để thiết kế cơ khí, phần mềm EPLAN để thiết kế hệ thống điện. Chương trình điều khiển được xây dựng trên bộ điều khiển logic khả trình PLC-FX3U của Mitsubishi, đảm bảo sự phối hợp đồng bộ giữa các thành phần của máy.

### **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Nghiên cứu được thực hiện theo bốn bước chính: nghiên cứu lý thuyết, thiết kế mô phỏng, chế tạo mô hình và chạy thực nghiệm để đánh giá kết quả. Quá trình thiết kế sử dụng phần mềm SolidWorks để kiểm tra tính khả thi của mô hình trước khi chế tạo như mô hình hóa, phân tích động lực học và kiểm tra độ bền của hệ thống cơ khí. Sau khi hoàn thiện thiết kế, nhóm nghiên cứu tiến hành chế tạo nguyên mẫu máy in Tampon và thử nghiệm thực tế. Các thông số như hiệu suất in ấn, độ chính xác in, mức tiêu hao nguyên liệu và khả năng vận hành liên tục được đo lường, so sánh với tiêu chuẩn công nghiệp để đánh giá mức độ phù hợp của thiết kế.

Cuối cùng, phương pháp đánh giá và tối ưu hóa được thực hiện nhằm cải thiện hiệu suất máy

in Tampon. Dữ liệu thực nghiệm được phân tích, so sánh với các thiết kế hiện có, từ đó đề xuất các cải tiến nhằm nâng cao chất lượng in, tối ưu hóa độ bền và đảm bảo sự ổn định trong vận hành.

### 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Thiết kế chế tạo máy in Tampon cần đảm bảo các yêu cầu sau: in sắc nét, không lem mực; kết cấu cơ khí vững chắc, tối ưu chi phí nhưng vẫn đảm bảo hiệu suất cao; thiết kế thẩm mỹ, hài hòa và chuyên nghiệp. Để đạt được các tiêu chí này, các bộ phận cụ thể của máy in được thiết kế từng bước bao gồm các cụm như sau:

#### 3.1. Cụm pad in



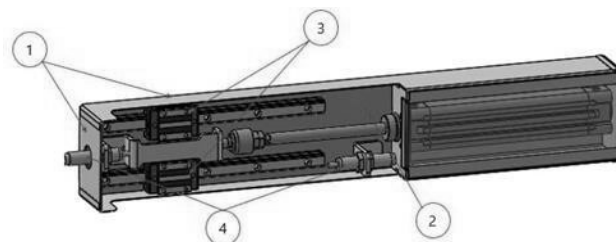
Hình 1. Cụm pad in

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Hình 1 mô tả cụm pad in bao gồm xi lanh dẫn động miếng silicon để lấy mực và in lên bề mặt chi tiết. Floating joint giúp hấp thụ sai lệch góc, giảm nguy cơ kẹt rít trên con trượt, đảm bảo quá trình in diễn ra mượt mà. Cụm đuôi in

hỗ trợ căn chỉnh vị trí miếng silicon để hình in chính xác.

#### 3.2. Cụm chuyển động ngang



Hình 2. Cụm chuyển động ngang

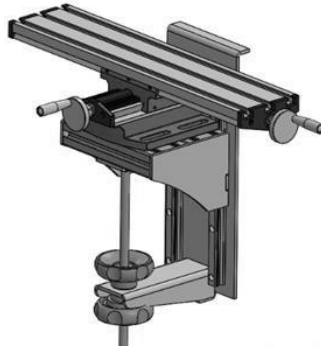
*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Chi tiết cụm chuyển động ngang được trình bày trong Hình 2. Phần vỏ của cụm chuyển động ngang (1) được làm bằng thép

CT3 chấn uốn theo yêu cầu. Tấm giữa (2) là tấm nhôm phay CNC giúp tạo độ cứng vững cho cụm ngang và có bề mặt phẳng giúp ray

trượt (3) lắp đặt trên cụm hoạt động ổn định. Giảm chấn (4) giúp máy hạn chế rung trong quá trình chuyển động.

### 3.3. Cụm căn chỉnh phôi



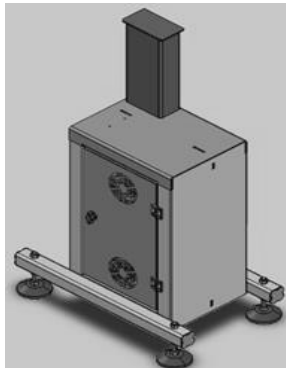
**Hình 3. Cụm căn chỉnh phôi**

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Cụm căn chỉnh phôi được thiết kế như mô tả trong Hình 3. Để đạt độ chính xác cao, nhóm nghiên cứu đã đưa ra ý tưởng là làm mặt bàn Z bằng 3 thanh nhôm định hình kích thước 40x40 mm, và sau đó bắt bu lông để tạo sự chắc chắn.

Bàn XY được mua sẵn, trong khi bàn Z được thiết kế phù hợp để đảm bảo tính hệ thống trong lắp ráp.

### 3.4. Thân máy



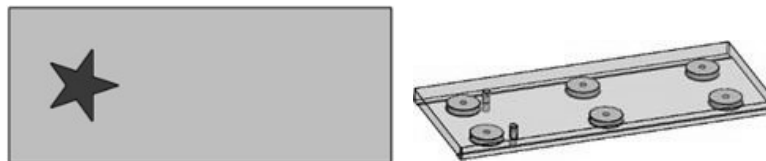
**Hình 4. Thân máy**

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Khung thân máy (Hình 4) đảm bảo độ cứng vững, chịu tải toàn bộ hệ thống và chứa các thiết bị điện gọn gàng. Nhóm nghiên cứu

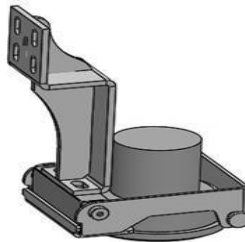
lựa chọn thép tấm cắt laser, chấn uốn thành hộp và hàn cố định để đảm bảo kết cấu chắc chắn.

### 3.5. Cụm bản in và cốc mực



**Hình 5. Cụm bản in**

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*



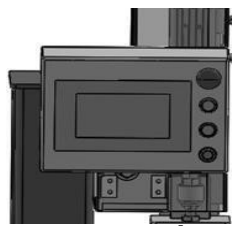
**Hình 6. Cụm cốc mực**

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Chi tiết cụm bản in và cốc mực được thiết kế như trong Hình 5 và Hình 6 tương ứng. Cụm cốc mực có nhiệm vụ trải đều mực lên bản in,

hoạt động đồng bộ với cụm pad in nhằm đảm bảo chất lượng in ổn định.

### 3.6. Bảng điều khiển HMI



**Hình 7. Bảng điều khiển HMI**

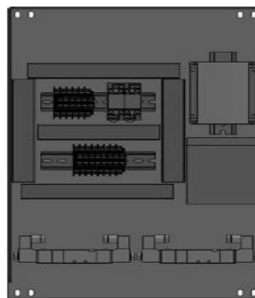
*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Hệ thống HMI, như mô tả trên Hình 7, được thiết kế nhằm hỗ trợ người vận hành thực hiện các thao tác điều khiển một cách trực quan và dễ dàng. Giao diện HMI cho phép khởi động, dừng máy và điều chỉnh các thông số vận hành trong quá trình in ấn. Ngoài ra, hệ thống còn tích hợp chức năng giám sát tình trạng hoạt

động của máy, cảnh báo khi phát sinh lỗi và hỗ trợ xử lý sự cố kịp thời. Điều này giúp tối ưu hóa quá trình vận hành, giảm thời gian dừng máy và nâng cao hiệu suất sản xuất.

## 4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

### 4.1. Trang thiết bị mạch điều khiển



**Hình 8. Hệ thống tủ điện - điều khiển**

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

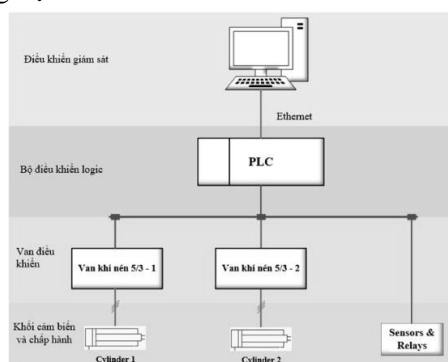
Hệ thống tủ điện - điều khiển (Hình 8) được thiết kế bao gồm nhiều thành phần chính nhằm đảm bảo cung cấp và điều phối năng lượng cũng như tín hiệu điều khiển một cách ổn định và chính xác. Trong đó, bộ nguồn một chiều 24VDC đóng vai trò cung cấp điện áp

cho toàn bộ các thiết bị điều khiển tự động như bộ điều khiển lập trình PLC, các module mở rộng và rơ le trung gian. Các rơ le trung gian không chỉ có chức năng cách ly tín hiệu giữa các thiết bị đầu vào, đầu ra với hệ thống điều khiển trung tâm mà còn đảm nhiệm vai trò

đóng/cắt cho các cơ cấu chấp hành. Van điện từ 5/3 được tích hợp trong hệ thống nhằm thực hiện chức năng điều khiển chính xác hành trình làm việc của các cơ cấu truyền động khí nén, cụ thể là xy lanh, giúp hệ thống vận hành linh

hoạt, đáp ứng các yêu cầu tự động hóa trong mô hình máy in Tampon.

#### 4.2. Nguyên lý làm việc



**Hình 9. Mô hình của hệ thống điều khiển**

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Hình 9 minh họa chi tiết cấu trúc điều khiển của máy in Tampon. Thiết bị giao diện người - máy (Human Machine Interface - HMI) đóng vai trò là cầu nối trung gian quan trọng, đảm bảo quá trình truyền nhận thông tin hai chiều giữa người vận hành và hệ thống điều khiển tự động hóa diễn ra một cách trực quan và hiệu quả. Thông qua giao diện HMI, các tham số vận hành quan trọng như chế độ in, thời gian trễ của chu trình và chế độ điều khiển thủ công hay tự động có thể được thiết lập và điều chỉnh một cách linh hoạt. Hệ thống cho phép trao đổi tín hiệu phản hồi với bộ điều khiển logic khả trình (PLC), giúp người vận hành dễ dàng giám sát tình trạng làm việc tổng thể, bao gồm số lượng sản phẩm đã in và thời gian phản hồi của cảm biến. Đồng thời, người sử dụng có thể thực hiện các thao tác điều chỉnh cần thiết một cách chính xác và hiệu quả, góp phần nâng cao độ tin cậy và tối ưu hóa hiệu suất vận hành của toàn bộ hệ thống. Quá trình điều khiển được thực hiện bởi PLC, dựa trên các lệnh điều khiển từ HMI và các thuật toán điều khiển được lập trình sẵn. Hệ thống này điều khiển hai van khí nén 5/3 nhằm kiểm soát chính xác hành trình và vị trí của hai xy lanh khí nén, đảm bảo tính ổn định, đồng bộ và đáp

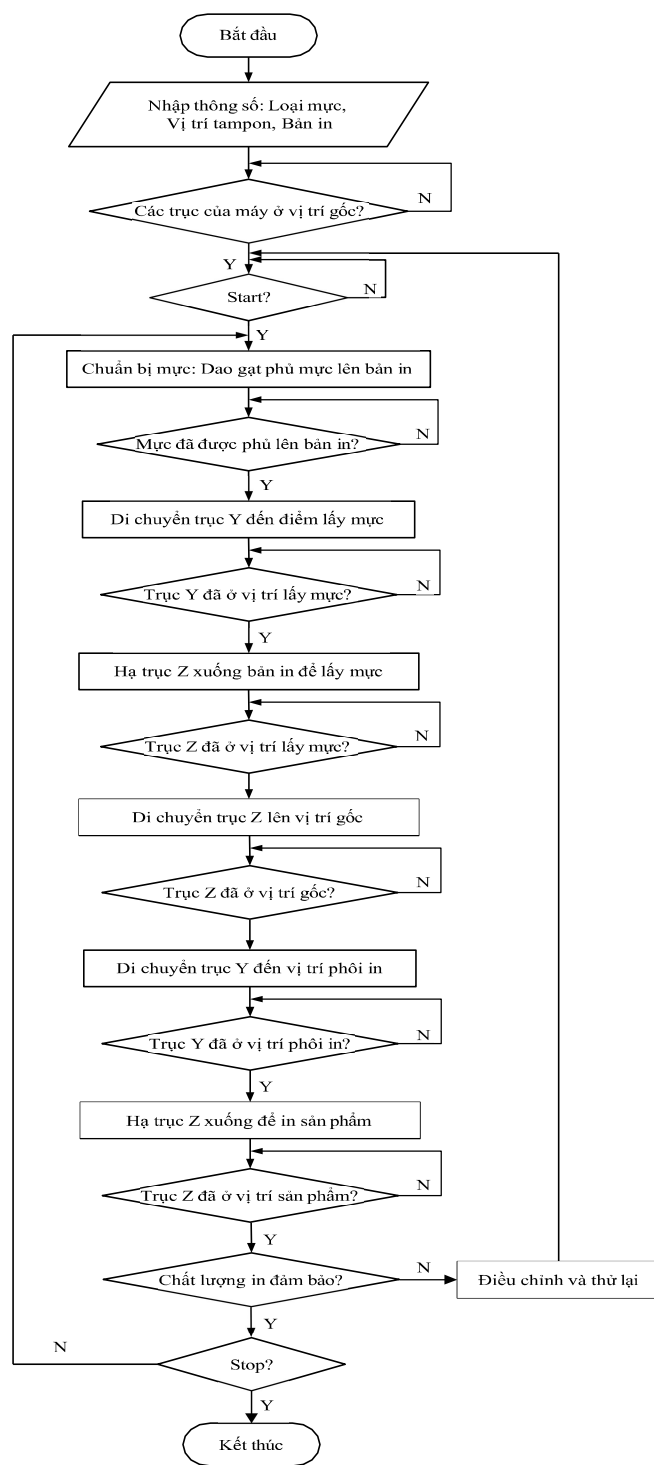
ứng các yêu cầu tự động hóa trong quy trình sản xuất.

#### 4.3. Lưu đồ thuật toán điều khiển

Lưu đồ thuật toán, được minh họa trong Hình 10, mô tả chi tiết quy trình vận hành của hệ thống đầu pad trong máy in Tampon. Quá trình bắt đầu với việc nhập thông số cần thiết như loại mực, vị trí các trục và bàn in. Trước khi tiến hành các bước tiếp theo, hệ thống kiểm tra trạng thái ban đầu của các trục để đảm bảo chúng đang ở vị trí gốc.

Khi quy trình được kích hoạt, dao gạt thực hiện nhiệm vụ phủ mực lên bàn in. Tiếp theo, trục Y di chuyển đến vị trí lấy mực, sau đó trục Z hạ xuống để tiếp nhận mực và trở về vị trí gốc. Sau khi hoàn tất bước này, trục Y tiếp tục di chuyển đến vị trí phôi in, và trục Z hạ xuống để thực hiện quá trình in lên sản phẩm.

Sau khi hoàn tất quá trình in, hệ thống tiến hành kiểm tra chất lượng in. Nếu chất lượng đạt yêu cầu, hệ thống kiểm tra điều kiện dừng để quyết định tiếp tục hay kết thúc quy trình. Nếu chất lượng in không đảm bảo, hệ thống thực hiện điều chỉnh và lặp lại quy trình nhằm tối ưu hóa kết quả. Lưu đồ thuật toán này đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng chương trình điều khiển PLC cho máy in Tampon.



Hình 10. Lưu đồ thuật toán

Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

### 5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Sau quá trình thiết kế và chế tạo, hệ thống máy in Tampon do nhóm nghiên cứu phát triển đã được đưa vào thử nghiệm trên các loại bề

mặt khác nhau (Hình 12). Cụ thể, trên bề mặt cong của cốc nhựa (Hình 12(a)), hình in có màu đỏ và bám dính tốt, cho thấy khả năng in ấn linh hoạt của máy in Tampon đối với vật liệu nhựa. Đối với tờ giấy (Hình 12(b)), hình in

màu đen đạt độ sắc nét cao, không bị nhòe, chứng tỏ mực in có độ bám dính tốt trên bề mặt giấy trắng. Bên cạnh đó, hệ thống cũng cho phép in trên bề mặt vải mềm mà vẫn đảm bảo độ sắc nét của chi tiết in, như minh họa trong Hình 12(c). Ngoài ra, kết quả in trên giấy viết (Hình 12(d)) cho thấy sự đồng đều và sắc nét, khẳng định khả năng ứng dụng của máy in Tampon trong in ấn trên giấy văn phòng và bao bì. Kết quả in cho thấy chất lượng hình ảnh in rõ nét, đồng đều, và có độ bám mực tốt trên nhiều vật liệu như nhựa, giấy, vải, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đặt ra trong thực tiễn sản xuất.

Bảng 1 trình bày các thông số kỹ thuật chính, cho thấy tốc độ in đạt mức 1.5 giây/sản phẩm (tương đương khoảng 2400 sản phẩm/giờ), cao hơn đáng kể so với các máy in Tampon phổ biến trên thị trường trong cùng phân khúc, vốn thường dao động trong khoảng 1200–1800 sản phẩm/giờ (Công ty HDC, 2025; Công ty Minh Nhân, 2025). Độ chính xác vị trí in đạt 0.5 mm – tương đương với thiết bị nhập khẩu với chi phí cao hơn.

So với các máy thương mại hiện nay vốn sử dụng ray tròn cho chuyển động chính (dễ gây sai số do độ rơ lớn), máy in Tampon của

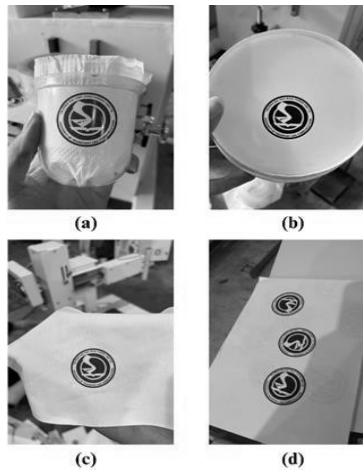
nhóm đã khắc phục điểm yếu này bằng cách sử dụng ray vuông, từ đó tăng độ ổn định và cải thiện độ chính xác của cơ cấu in. Ngoài ra, hệ thống cho phép điều chỉnh độ cao pad in thông qua giao diện HMI thay vì thao tác cơ khí thủ công như ở các máy truyền thống, nhờ đó tăng khả năng vận hành linh hoạt, chính xác và giảm thiểu lỗi người dùng.

Bên cạnh những cải tiến về kỹ thuật, hệ thống máy in Tampon do nhóm nghiên cứu phát triển còn cho thấy hiệu quả kinh tế rõ rệt khi so sánh với các thiết bị thương mại đang lưu hành trên thị trường. Cụ thể, việc lựa chọn vật liệu kết cấu là thép tấm chân thay vì gang đúc hoặc nhôm CNC giúp giảm đáng kể chi phí gia công mà vẫn đảm bảo độ cứng vững và độ bền cơ học cần thiết. Nhờ đó, tổng chi phí chế tạo của hệ thống thấp hơn trung bình khoảng 10 triệu đồng so với các sản phẩm cùng phân khúc nhập khẩu. Như vậy, các cải tiến được đề xuất không chỉ góp phần nâng cao hiệu suất kỹ thuật mà còn tạo ra giá trị gia tăng về mặt kinh tế, đặc biệt phù hợp với các doanh nghiệp vừa và nhỏ trong nước có yêu cầu đầu tư hợp lý nhưng vẫn cần đảm bảo hiệu quả sản xuất và độ linh hoạt trong vận hành.



**Hình 11.** Sản phẩm hoàn thiện của hệ thống máy in Tampon

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*



Hình 12. Kết quả in trên một số bề mặt của (a) Cốc nhựa, (b) Tô giấy, (c) Vải lụa, (d) Giấy viết

Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy in Tampon

Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
Khối lượng tối đa	60	kg
Kích thước tối đa (Dài x Rộng x Cao)	715x382x1178	mm
Kích thước tiêu chuẩn của bản in	250	mm
Kích thước tối đa cho sản phẩm in (Cao x Rộng)	200x125	mm
Khoảng vị chỉnh cơ khí (min, max) cho PAD in	20 ÷ 100	mm
Khoảng vị chỉnh cơ khí (max) cho sản phẩm in (xyz)	200x50x200	mm
Tốc độ in tối đa cho một sản phẩm	1.5	giây
Độ chính xác vị trí in	0.5	mm
Nút bấm thao tác, các chế độ in, chế độ cài đặt	Có	
Màn hình vận hành HMI	Có	

Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm nêu trên, hệ thống vẫn tồn tại một số hạn chế nhất định. Cụ thể, trong quá trình vận hành, hệ thống in Tampon hiện tại vẫn cần sự phối hợp của người vận hành để thực hiện thao tác cấp phôi sản phẩm cho máy. Điều này phần nào làm giảm mức độ tự động hóa của hệ thống và khiến năng suất in ấn chịu ảnh hưởng bởi trình độ tay nghề và tốc độ thao tác của người vận hành. Ngoài ra, do đặc tính thiết kế cho phép in trên các bề mặt phức tạp, tốc độ in của hệ thống có thể chưa đáp ứng được các yêu cầu về sản lượng cao trong các dây chuyền sản xuất công nghiệp quy mô lớn.

## 6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thành công một nguyên mẫu máy in

Tampon với khả năng in trên nhiều dạng bề mặt phức tạp, đồng thời tích hợp hệ thống điều khiển tự động nhằm tối ưu hóa độ chính xác và nâng cao hiệu suất làm việc. So với các sản phẩm tương đương trên thị trường, hệ thống máy in được phát triển không chỉ đạt độ chính xác cao (0.5 mm), tốc độ in vượt trội (1.5 giây/sản phẩm), mà còn có tính linh hoạt cao, dễ vận hành và chi phí sản xuất thấp hơn đáng kể. Đóng góp nổi bật của nghiên cứu là việc nội địa hóa thành công thiết bị công nghiệp thường phải nhập khẩu với chi phí cao, đồng thời tích hợp công nghệ điều khiển hiện đại nhằm nâng cao mức độ tự động hóa. Các cải tiến trong cơ cấu truyền động (ray vuông), giao diện điều khiển HMI, và kết cấu cơ khí (sử dụng thép chấn) góp phần nâng cao tính ổn định, hiệu quả và khả năng ứng dụng thực tiễn.

Hệ thống máy in Tampon này là một bước tiến trong hướng phát triển các thiết bị in công nghiệp phù hợp với điều kiện sản xuất trong nước, đặc biệt cho các doanh nghiệp nhỏ và vừa. Trong tương lai, nhóm nghiên cứu định hướng mở rộng khả năng tự động hóa (đặc biệt là khâu cấp phôi), tăng tốc độ in, và nghiên cứu tích hợp hệ thống kiểm tra chất lượng đầu ra để hoàn thiện chu trình in ấn khép kín và thông minh hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- A. Sharon (2008). *Industrial Pad Printing in the 21st Century*.  
<https://tinyurl.com/4prf38mh>.
- Bhoi, J., Chauhan, V., Limbachiya, C., Parmar, P., Makwana, D., & Pawar, S. (2018). A Review Paper on Development towards Automation- Pneumatic Pad Printing Machine. *International journal of scientific research in science, engineering and technology*, 4(5), 640-645.
- Pengfei, L., Luhua, N., Bo, W., & Jiakun, L. (2010). Research on rotary screen printing machine multi-axis motion control system based on CAN Bus. *2nd International Conference on Advanced Computer Control*.  
<https://doi.org/10.1109/ICACC.2010.5486777>.
- MicroPrint (2023). *The pad printing book, MicroPrint LC GmbH-Switzerland*.  
<https://www.microprint.ch/pdf/The-pad-printing-book.pdf>
- Kerndl, M., & Steffan, P. (2020). Usage of offset printing technology for printed electronics and smart labels. *43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*.  
<https://doi.org/10.1109/TSP49548.2020.9163543>.
- Shunqi, M., Qiao, X., Zhiming, Z., & Hongsong, Y. (2010). The control system and data transferring format of digital printing device. *2nd International Conference on Industrial Mechatronics and Automation*.  
<https://doi.org/10.1109/ICINDMA.2010.5538247>.
- Proell, K. G. (2014). *Pad Printing - Theory and Practice*.  
<https://tinyurl.com/2z9fdx6y>.
- Liu, Y. (2022). Research on Intelligent Digital Printmaking Printing System based on Viterbi Algorithm. *2022 IEEE 2nd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)*.  
<https://doi.org/10.1109/ICETCI55101.2022.9832163>.
- Công ty TNHH 1TV HDC Việt Nam (2025). *Máy in Tampon 1 màu cốc mực*.  
<http://hdevietnam.com.vn/may-1-mau/may-in-tam-pon-in-pad-1-mau-coc-muc.html>.
- Công ty TNHH in Minh Nhân Việt Nam (2025). *Máy in Tampon 1 màu*.  
<https://inminhnhan.com/may-tampon-1-mau>.