

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ LẮP RÁP MÁY IN 3D KIỂU FDM PHỤC VỤ CÔNG TÁC ĐÀO TẠO TẠI TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT QUÂN SỰ 1

RESEARCH ON MANUFACTURE AND ASSEMBLY OF FDM TYPE 3D PRINTERS
TO SERVING TRAINING AT MILITARY TECHNICAL COLLEGE 1

Phạm Ngọc Tuấn^{1,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.373>

TÓM TẮT

Công nghệ in 3D đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong việc tạo ra các sản phẩm phục vụ đời sống, xã hội. Đây là một công nghệ chế tạo mẫu nhanh tiên tiến, cùng với sự phát triển của ngành công nghệ vật liệu, các loại vật liệu mới ra đời, các sản phẩm của in 3D đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Trên cơ sở kế thừa và phát triển các nghiên cứu trước, với mong muốn làm chủ công nghệ chế tạo, lắp ráp và khai thác máy in 3D phục vụ công tác đào tạo tại Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1, tác giả đã đề xuất nghiên cứu chế tạo, lắp ráp và khai thác máy in 3D theo công nghệ FDM. Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu phục vụ cho nghiên cứu, bồi dưỡng đội ngũ nhà giáo trong việc tiếp cận công nghệ in 3D và giúp chế tạo các mô hình, học cụ, đặc biệt là các chi tiết máy quân sự phục vụ quá trình đào tạo nhân viên kỹ thuật trong Quân đội.

Từ khóa: Máy in 3D Cartesian-XY; máy in 3D FDM

ABSTRACT

3D printing technology has been widely applied in manufacturing from daily products to industrial products. This is an advanced rapid prototyping technology. Along with the development of materials technology, new materials found, 3D printing products are being widely applied. On the basis of inheriting and developing previous research, with the desire to master the technology of manufacture, assembling and exploiting the use of 3D printers to serve training at the Military Technical College 1, the author proposed to research on manufacture, assemble and exploit 3D printers using FDM technology. The research results are a source of documents for research and training of teachers in accessing 3D printing technology and helping to manufacture models and learning tools, especially military machine parts for service. The process of training technical staff in the Vietnam People's Army.

Keywords: Cartesian-XY 3D printer; FDM 3D printer

¹Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1

*Email: phamtuan.mtc1@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/8/2024

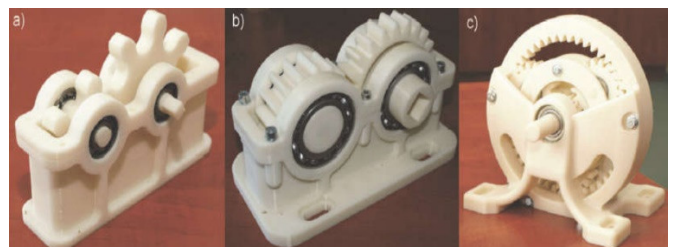
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2024

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, sự bùng nổ của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đã tác động mạnh mẽ đến sự phát triển của tự động hóa sản xuất. Vai trò của công nghệ tự động trong chiến lược công nghiệp hóa, hiện đại hóa nền kinh tế nói chung và lĩnh vực quân sự nói riêng có ý nghĩa vô cùng quan trọng. Công nghệ in 3D đang là một trong những xu hướng phát triển mới của khoa học và kỹ thuật hiện đại. Đây là công nghệ chế tạo mẫu nhanh bằng phương pháp đắp lớp, chi phí vật liệu và sản xuất thấp, có thể chế tạo các vật có hình dáng phức tạp. Hiện nay, tại Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1 chưa có nghiên cứu nào về công nghệ in 3D.

In 3D là một dạng công nghệ được gọi là sản xuất đắp dần (Additive Manufacturing). Quá trình đắp dần tạo ra các đối tượng theo từng lớp, khác với các kỹ thuật đúc hoặc gia công cắt gọt. Có nhiều thuật ngữ khác nhau được dùng để chỉ công nghệ in 3D như: công nghệ tạo mẫu nhanh, công nghệ chế tạo nhanh và công nghệ chế tạo trực tiếp. Các thuật ngữ trên đều ra đời dựa trên cơ chế hay tính chất của công nghệ [1, 2, 4, 7].



Hình 1. Một số mô hình được chế tạo bởi công nghệ in 3D

Một số sản phẩm được chế tạo bằng công nghệ in 3D trong các lĩnh vực dân dụng như: sản xuất, y tế, công nghiệp may mặc, thực phẩm, xây dựng, kiến trúc,... [4].

Trong giáo dục đào tạo, công nghệ in 3D đã được ứng dụng để chế tạo các mô hình học cụ phục vụ giảng dạy.

Trong tình hình hiện nay, khi các loại vũ khí, trang bị kỹ thuật mới được đầu tư mua sắm nhiều nhưng còn thiếu mô hình trong giảng dạy, nghiên cứu. Vì vậy, tác giả đã đề xuất nghiên cứu ứng dụng công nghệ in 3D vào việc chế tạo các mô hình học cụ phục vụ giảng dạy tại Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1 với mục tiêu nâng cao chất lượng đào tạo đội ngũ nhân viên kỹ thuật mà vẫn đảm bảo yếu tố bí mật quân sự.

Công nghệ in 3D là một công nghệ chế tạo mẫu tiên tiến. các sản phẩm máy in thương mại được sản xuất bởi các tập đoàn, công ty như: 3D System, Stratasys, Z Corporation,... [1, 2, 7]. Tại Việt Nam, đã có nhiều nghiên cứu về tạo mẫu để ứng dụng trong sản xuất công nghiệp, nhiều tác giả và cơ sở sản xuất đã nghiên cứu, chế tạo máy in 3D.

Bảng 1. So sánh ưu, nhược điểm của các dạng công nghệ in 3D hiện nay

Các dạng công nghệ	Ưu điểm	Nhược điểm
Tạo hình bằng tia laser	Sản phẩm có độ chính xác cao, độ bóng bề mặt và tính thẩm mỹ cao.	- Tốc độ in chậm; - Giá thành cao; - Sản phẩm giảm độ bền khi tiếp xúc với ánh sáng mặt trời.
Thieu kết laser chọn lọc	- Tốc độ in nhanh; - Không đòi hỏi cấu trúc hỗ trợ; - Vật liệu tạo thanh có chất lượng tốt.	- Chi phí đầu tư, vận hành cao; - Tiêu tốn vật liệu đối với mô hình kín và có phần rỗng bên trong.
Mô hình hóa bằng phương pháp nóng chảy lắng đọng	- Giá thành rẻ; - Dễ dàng sửa chữa, thay thế chi tiết, bộ phận của máy; - Sản phẩm có tính chịu lực cao; - Tốc độ tạo hình nhanh; - Vật liệu in thân thiện với môi trường.	- Độ chính xác không cao; - Chất lượng bề mặt sản phẩm phụ thuộc vào nhiều yếu tố liên quan đến vật liệu và thông số quá trình in.
In phun kết dính	- Tạo được sản phẩm có kích thước lớn;	- Giá thành cao; - Quy trình in phức tạp;

Qua phân tích, so sánh ưu, nhược điểm của các dạng công nghệ in 3D hiện nay (bảng 1), bám sát nhu cầu sử dụng của Nhà trường, kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây, tác giả đề xuất thực hiện nhiệm vụ chế tạo, lắp ráp và khai thác máy in 3D chú trọng tới vấn đề chất lượng sản phẩm in sau lắp ráp hoàn thiện và khai thác máy in 3D kiểu FDM. Đối với công nghệ in 3D kiểu FDM, độ chính xác của sản phẩm phụ thuộc vào kích thước đầu in, độ

chính xác và tốc độ in. Chất lượng bề mặt của sản phẩm phụ thuộc vào độ kết dính giữa hai lớp layer, khối lượng của lớp trên đè xuống lớp dưới và nhiều yếu tố khác như: độ co ngót, cong vênh, sai lệch khi in.

Bài báo trình bày phương pháp phân tích, lựa chọn, đầu nối các chi tiết, bộ phận của máy in 3D kiểu FDM và khai thác dòng máy in này trong việc chế tạo mô hình phục vụ công tác đào tạo tại Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1.

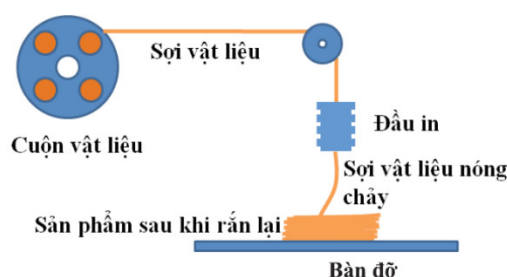
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên lý quá trình in kiểu FDM

Công nghệ in FDM được nghiên cứu và phát triển vào cuối những năm 1980 nhờ S. Scott Crump. Vào năm 1992, chiếc máy in ứng dụng công nghệ FDM đã được hãng Stratasys cho ra mắt với tên gọi 3D Modeler. Đây là công nghệ in 3D được sử dụng rất phổ biến cho các máy in 3D (in nhựa) hiện nay tại Việt Nam. Những loại máy thường thấy: Prusa, Delta, Cube,... đều dùng công nghệ này. Các loại máy in 3D dùng công nghệ này khá đơn giản và dễ sử dụng.

Công nghệ FDM hoạt động dựa trên nguyên tắc làm nóng chảy sợi nhựa và thông qua đầu phun nhiệt trên bề mặt để làm lắng lại. Dựa trên dữ liệu 3D người dùng cung cấp cho máy in, cử động của đầu phun sẽ được điều khiển tương ứng. Vật liệu phổ biến nhất sử dụng cho máy in 3D công nghệ FDM là nhựa ABS và PLA.

Mô hình sản phẩm được tạo ra từ file JGES hoặc file STL nhờ sử dụng phần mềm CAD. Các file dữ liệu này sẽ được cắt thành nhiều lớp và xử lý thông qua phần mềm Quickslide và Supportwork.



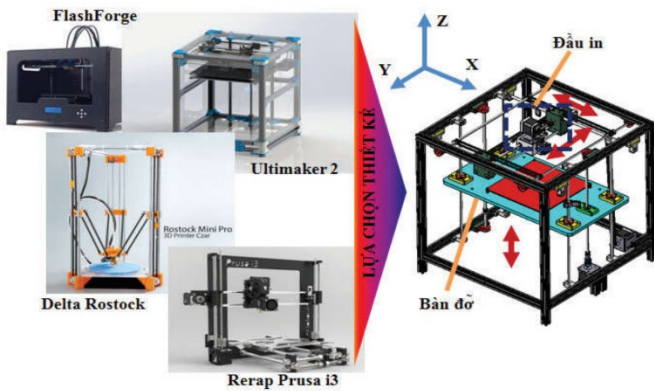
Hình 2. Mô hình công nghệ in 3D FDM

Nếu cần thiết sử dụng, cấu trúc đỡ chi tiết sẽ được tự động tạo ra. Vật liệu sau khi qua đầu phun được gia nhiệt sẽ bị nóng chảy và đùn ra tằm để theo đường dẫn, lúc này, lớp đầu tiên đã được hoàn thành. Đặc biệt, người dùng có thể điều chỉnh độ rộng của vật liệu thoát ra trong khoảng từ 0,254mm đến 2,54mm.

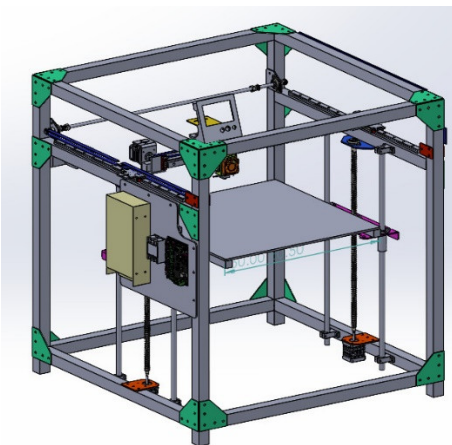
Khi lớp vật liệu đầu tiên đã được tạo ra, đầu phun của máy FDM di chuyển theo chiều hướng Z và tạo ra lớp tiếp

theo. Lớp vật liệu vừa được đùn sẽ liên kết với vật liệu từ trước đó. Quá trình này lặp đi lặp lại nhiều lần cho đến khi mẫu vật được tạo thành hoàn chỉnh [3, 5].

2.2. Lựa chọn chủng loại máy in 3D kiểu FDM



Hình 3. Phương án máy in 3D được lựa chọn



Hình 4. Bản vẽ máy in được lựa chọn

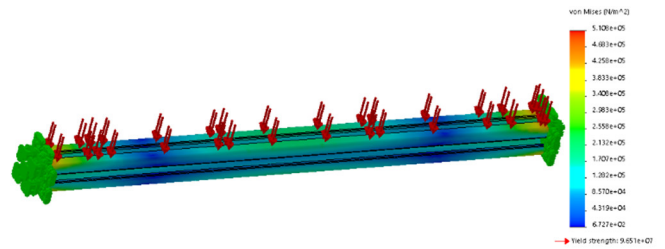
Trên cơ sở phân tích các thiết kế máy như: FlashForge, Ultimaker, DeltaRostock và RerapPrusa, nhóm tác giả lựa chọn phương án máy in 3D như trên hình 3 và 4.

Máy được lắp ráp có đầu in chuyển động tịnh tiến theo các trục X, Y. Bàn đỡ có gắn bàn gia nhiệt chuyển động lên xuống theo trục Z [2, 4].

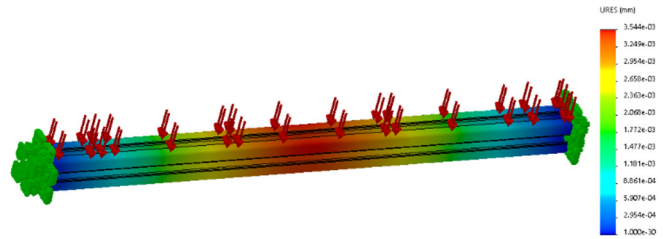
Các thông số đầu vào:

- Vật liệu in nhựa PLA;
- Kích thước khổ in lớn nhất 300x300x300mm;
- Kích thước đầu in từ 0,4 đến 0,8mm;
- Tốc độ in từ 50 đến 100mm/s.

Tác giả sử dụng phần mềm SolidWorks 2018 tiến hành mô phỏng kiểm bền đối với nhôm định hình có kích thước 30x30mm, kết quả thu được ứng suất lớn nhất của khung nhôm khi chịu lực uốn bởi trọng lượng 10kg tương ứng với 100N là $5,108.10^5 \text{N/m}^2$ nhỏ hơn ứng suất cho phép của vật liệu là $9,651.10^7 \text{N/m}^2$ (hình 5).



Hình 5. Mô hình tính toán ứng suất tác dụng lên khung nhôm khi chịu uốn



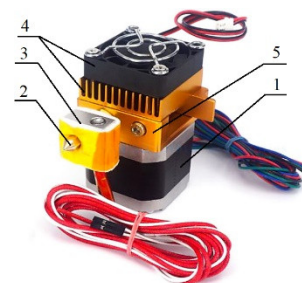
Hình 6. Mô hình tính toán chuyển vị tác dụng lên khung nhôm khi chịu uốn

Chuyển vị của khung nhôm khi chịu lực uốn lớn nhất là $3,544.10^{-3} \text{mm}$ nằm trong mức giới hạn cho phép (hình 6).

Khi mô phỏng kiểm nghiệm khả năng chịu nén dọc trục do trọng lượng của các cơ cấu máy, với trọng lượng giả thiết là 10kg tương ứng với 100N, kết quả thu được ứng suất lớn nhất của khung nhôm khi chịu lực nén là $5,137.10^5 \text{N/m}^2$ nhỏ hơn ứng suất cho phép của vật liệu là $9,651.10^7 \text{N/m}^2$. Chuyển vị của khung nhôm khi chịu lực nén lớn nhất là $3,046.10^{-3} \text{mm}$ nằm trong mức giới hạn cho phép.

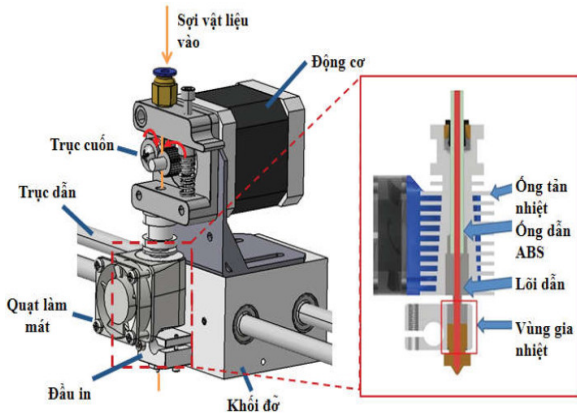
2.3. Bộ phận in

FDM là phương pháp tạo hình dựa trên nguyên lý dùng nhiệt nung chảy sợi nhựa thành dạng lỏng ở nhiệt độ $170 \div 220^\circ\text{C}$ tùy theo loại nhựa và phun qua một lỗ nhỏ khoảng 0,5 mm (tùy thuộc vào đầu phun) thành từng lớp, mỗi lớp dày khoảng 0,2mm liên tiếp lớp sau chồng lên lớp trước, trong nhiệt độ môi trường nhựa sẽ đông cứng và liên kết với nhau tạo thành hình dáng yêu cầu.



Hình 7. Cấu tạo bên ngoài bộ phận in

1. Động cơ dẫn động trục cuốn dây ABS; 2. Đầu phun; 3. Bộ phận gia nhiệt vật liệu in; 4. Bộ phận làm mát đảm bảo nhiệt độ đầu phun; 5. Bộ phận gá kẹp sợi nhựa dẫn hướng qua bánh răng của động cơ



Hình 8. Hình vẽ cấu tạo bộ phận in

Cấu tạo bộ phận in bao gồm: động cơ dẫn động trực tiếp cuộn dây, đầu phun, bộ phận gia nhiệt vật liệu in, bộ phận làm mát để đảm bảo nhiệt độ đầu phun và bộ phận gá kẹp sợi nhựa dẫn hướng qua bánh răng của động cơ. Bộ phận in được gắn trên giá đỡ và trượt trên trục dẫn để thực hiện chuyển động theo trục Y khi in [5].

Động cơ bước, hai pha, size 42 được sử dụng để dẫn động trực tiếp cuộn dây.

1. Động cơ dẫn động trực tiếp cuộn dây ABS: Kiểm soát sợi nhựa hay tốc độ phun của đầu phun. Khi động cơ quay nhanh thì sợi nhựa được đẩy xuống buồng nung nhanh và tạo áp lực đẩy nhựa lỏng phun ra nhanh hơn ở đầu phun.

2. Đầu phun: Tại đây nhựa lỏng sẽ được đùn ra ngoài qua một lỗ phun đường kính từ 0,1 đến 1,0mm.

3. Bộ phận gia nhiệt vật liệu in: Buồng nung chảy sợi nhựa bao gồm một trở kháng nhiệt và cảm biến báo nhiệt độ buồng nung về bo mạch xử lý.

4. Bộ phận làm mát đảm bảo nhiệt độ đầu phun: Quạt và để tản nhiệt ngoài chức năng tản nhiệt cho động cơ, còn tránh để nhiệt lan trên buồng nung sợi nhựa gây chảy sợi nhựa khi chưa vào buồng nung.

5. Phần gá kẹp sợi nhựa dẫn hướng qua bánh răng của động cơ để động cơ có thể cuốn được sợi nhựa.

2.4. Hệ thống dẫn động quá trình in

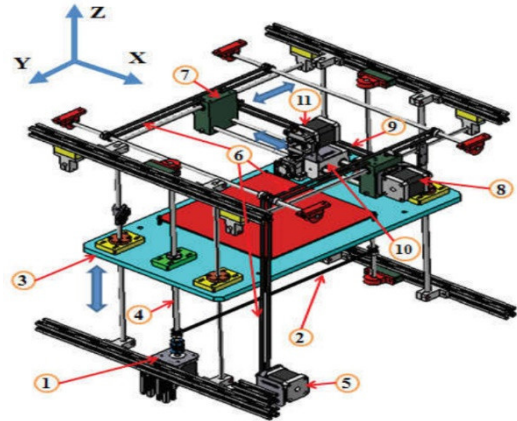
Sau khi tính toán, thiết kế các bộ phận dẫn động, tiến hành lắp ghép và mô phỏng kết cấu của máy in 3D được lắp ráp. Nguyên lý hoạt động của máy in như sau:

Động cơ 1 dẫn động bàn đỡ 3 tịnh tiến lên xuống theo trục Z thông qua bộ truyền đai 2 và trục dẫn 4. Bộ phận in 10 cùng giá đỡ 7 được dẫn động tịnh tiến theo trục Y bởi động cơ 5 thông qua các bộ truyền đai 6.

Bộ phận in 10 chuyển động tịnh tiến theo trục X dọc trục dẫn của giá đỡ 7 bởi động cơ 8 thông qua bộ truyền

đai 9. Động cơ 11 được sử dụng để dẫn động trực tiếp cuộn dây vật liệu nhựa ABS cho đầu phun [2, 3].

Các động cơ 1, 5, 8 và 11 là động cơ bước, hai pha, size 42 [9, 11].

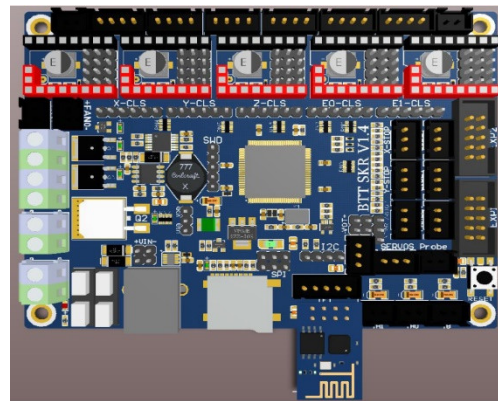


Hình 9. Hệ thống dẫn động quá trình in

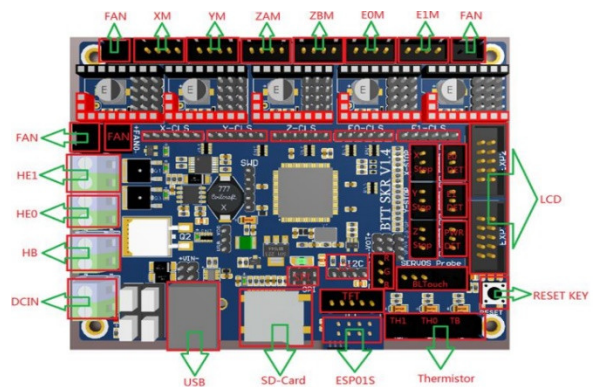
1, 5, 8, 11. Động cơ bước; 2, 6, 9. Bộ truyền đai răng; 3. Bàn đỡ; 4. Dẫn hướng block trượt tròn; 7. Giá đỡ; 10. Bộ phận in

2.5. Hệ thống điều khiển máy in

Board điều khiển được sử dụng để điều khiển máy in 3D kiểu FDM là board SKR V1.4 có tên đầy đủ là BigTreeTech SKR mini V1.4 (có thể viết tắt là BTT SKR MINI V1.4) [10].

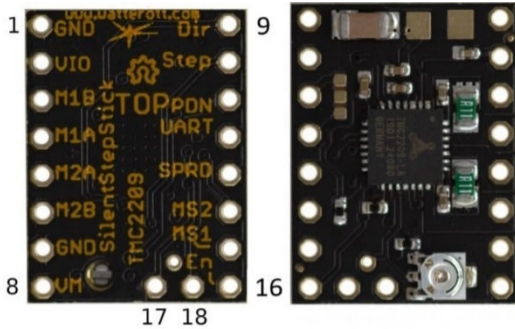


Hình 10. Board BTT SKR MINI V1.4

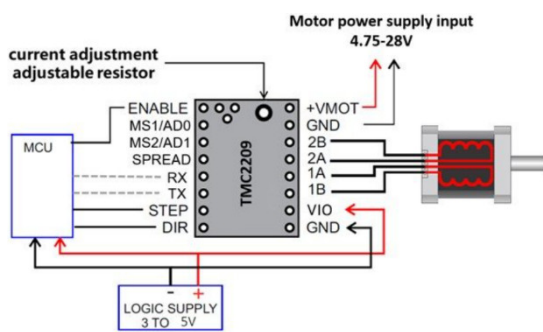


Hình 11. Sơ đồ đầu dây BTT SKR MINI V1.4

TMC2209 là một module điều khiển động cơ bước được giới thiệu bởi TRIAMINIC. Module TMC2209 được thiết kế với công nghệ TRIAMINIC độc quyền giúp module điều khiển không ồn và có độ chính xác cao [10].



Hình 12. Sơ đồ chân TMC 2209



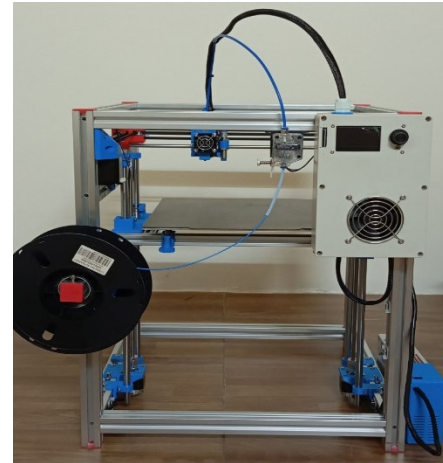
Hình 13. Giao tiếp giữa TMC 2209 và vi điều khiển

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Sau khi tiến hành gia công, lắp ráp, đấu nối các hệ thống, lập trình điều khiển trên firmware Marlin 2.0 trên máy tính, kết nối với board BTT SKR MINI V1.4 qua cổng USB thu được sản phẩm là máy in 3D kiểu FDM. Sản phẩm được nghiên cứu chế tạo, lắp ráp là máy in 3D kiểu FDM với kích thước bao ngoài 550x500x700mm, kích thước khổ in 300x300x300mm, kích thước đầu in từ 0,4 đến 0,8mm, tốc độ in từ 50 đến 100mm/s, độ chính xác của vật in đạt được từ 0,4 đến 0,01mm tùy theo kích thước sản phẩm, vật liệu in nhựa PLA.



Hình 14. Các linh kiện được chuẩn bị trước khi lắp ráp, đấu nối



Hình 15. Máy in 3D kiểu FDM được chế tạo hoàn chỉnh

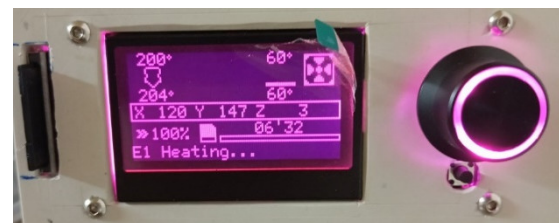
Sau khi copy file gcode vào thẻ nhớ, kết nối với máy in, tiến hành một số thao tác để máy thực hiện quá trình in. Giao diện màn hình LCD khi điều khiển máy in (hình 16).



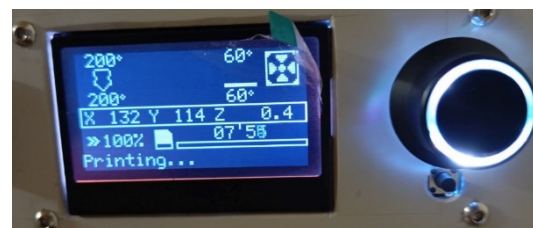
a) Thẻ nhớ đã được kết nối



b) Máy in đang cân bàn tự động



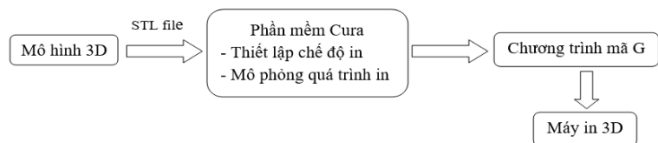
c) Máy in đang gia nhiệt cho bàn in



d) Máy in đang bắt đầu quá trình in

Hình 16. Giao diện khi điều khiển máy in

Để đánh giá các tính năng của máy được chế tạo, lắp ráp, thực hiện vận hành thử nghiệm đối với vật liệu nhựa PLA. Các bước thực hiện quá trình in được thể hiện ở sơ đồ (hình 17).



Hình 17. Sơ đồ các bước thực hiện quá trình in



Hình 18. Hình ảnh mẫu in kiểm nghiệm trên máy in 3D được chế tạo

Bảng 2. Kết quả in thử nghiệm trên máy in 3D kiểu FDM

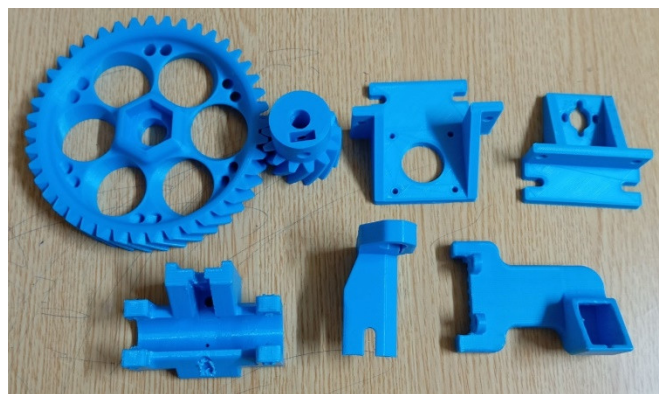
Thông số	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
Chiều dày lớp in đầu tiên, (mm)	0,4	0,2	0,2
Chiều dày các lớp in sau, (mm)	0,3	0,3	0,2
Số nét in ở thành vật in	100	201	200
Số nét in ở lớp trên cùng	40	79	150
Số nét in ở lớp dưới cùng	40	80	150
Phần trăm điển đầy vật liệu trong lòng vật in, (%)	20	40	10
Dạng điển đầy	Zigzag	Zigzag	Zigzag
Dạng điển kín mặt trên/dưới cùng	Zigzag	Zigzag	Zigzag
Tốc độ thành in/vách phía trong/ngoài của mẫu in, (mm/s)	60	60	90
Tốc độ di chuyển khi điển đầy vật liệu trong mẫu, (mm/s)	80	80	90
Tốc độ in lớp nâng đỡ, (mm/s)	60	60	60
Đường kính sợi nhựa in, (mm)	1,75	1,75	1,75
Nhiệt độ đầu in/bàn nhiệt ở lớp đầu, (°C)	200/200	200/200	200/200
Nhiệt độ đầu in/bàn nhiệt ở lớp sau, (°C)	200/200	200/200	200/200
Kích thước chiều dài trung bình, (mm)	20,2	20,1	20,01
Kích thước chiều rộng trung bình, (mm)	20,2	20,1	20,01
Kích thước chiều cao trung bình, (mm)	19,8	19,9	20,01

Bảng 2 thể hiện các thông số của chế độ in tương ứng 03 lần in khác nhau. Kết quả từ bảng 2 và hình 18 cho thấy, các mẫu in đảm bảo độ chính xác hình học, chất lượng bề mặt tốt, không bị tách lớp, độ kết dính giữa hai lớp layer tốt, không bị cong vênh, biến dạng, sai lệch khi in. Chất lượng sản phẩm in trên máy in 3D kiểu FDM được

chế tạo, lắp ráp tương đương hoặc cao hơn so với một số máy in 3D thương mại trên thế giới có cùng khổ in.

Chất lượng sản phẩm chứng minh cho máy in 3D kiểu FDM được chế tạo, lắp ráp hoạt động ổn định, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Máy in được chế tạo, lắp ráp có kích thước gọn hơn, tính thẩm mỹ cao hơn, hoạt động ổn định, độ chính xác và chất lượng sản phẩm tốt hơn so sánh với các máy in 3D khác được chế tạo, nghiên cứu trước đây.

Với kết quả trên, tác giả đã tiến hành in thử nghiệm một số mô hình học cụ phục vụ quá trình đào tạo tại Nhà trường (hình 19).



Hình 19. Một số sản phẩm được chế tạo từ máy in 3D kiểu FDM

4. KẾT LUẬN

Mô hình máy in 3D kiểu FDM đã được xác định với các bộ phận cấu thành như bộ phận in, hệ thống dẫn động quá trình in, hệ thống điều khiển máy in. Các bộ phận trên đã được tính toán, lựa chọn chủng loại phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của máy. Sơ đồ lắp ráp, đấu nối các chi tiết cấu thành nên từng bộ phận đã được xác định.

Một số chi tiết lắp ráp trên máy in 3D kiểu FDM đã được in bằng nhựa PLA thay thế cho vật liệu kim loại.

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu chế tạo, lắp ráp, khai thác máy in 3D kiểu FDM thuộc đề tài cấp cơ sở của Nhà trường đảm bảo mục tiêu đề ra. Hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài là tối ưu chế độ in để đảm bảo chất lượng sản phẩm đối với các vật liệu nhựa khác nhau, hướng tới nghiên cứu chế tạo, lắp ráp máy in 3D kiểu FDM in được vật liệu kim loại.

Các kết quả trên đáp ứng mục tiêu chế tạo, lắp ráp, lập trình điều khiển máy in 3D kiểu FDM hoàn chỉnh với các yêu cầu kỹ thuật đã đặt ra, với mục đích chế tạo các mô hình nhằm nâng cao chất lượng đào tạo đội ngũ nhân viên kỹ thuật tại Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1, kịp thời nắm bắt tận dụng được những cơ hội từ Cách mạng công nghiệp lần thứ tư mang lại, xây dựng

đội ngũ cán bộ, nhân viên kỹ thuật đáp ứng mọi nhiệm vụ của quân đội.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Cao đẳng Kỹ thuật quân sự 1, Tổng cục Kỹ thuật đã hỗ trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen Quoc Viet Cuong, Huynh Huu Nghi, Nguyen Vu Anh Duy, Nguyen van Nam, Nguyen Huu Tho, "Projects and cased based active learning through engineering projects of design, manufacture, and evaluation of processing parameters for FDM- based 3D printers," *Vietnam Mechanical Engineering Journal*, 1+2, 2022. (in Vietnamese)
- [2]. Tran Viet Thang, Pham Quoc Phuong, Nguyen Ngoc Lam, "Designing and manufacturing large scale 3D printer," *Vietnam Mechanical Engineering Journal*, 2021. (in Vietnamese)
- [3]. Tran Ngoc Hien, Tran Ngoc Tu, "Integrating of reverse engineering and rapid prototyping technology in mechanical manufacturing," *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, 2012. (in Vietnamese)
- [4]. Tran Ngoc Hien, Bui Van Hung, "Study on the design and manufacture of 3D-FDM printer," *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*, 12(1), 2017. (in Vietnamese)
- [5]. Hong Seok Park, Ngoc Hien Tran, "Computer aided process planning for 3D printing," *Journal the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 2015.
- [6]. School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, *Design and manufacture of 3D plastic part printers*. Hanoi. (in Vietnamese)
- [7]. Ali Kamarani, Emad Abouel Nar, *Rapid prototyping: Theory and practice*. Springer, 2006.
- [8]. Shenzhen Big Tree Technology Co. Ltd., *Big tree tech*. Bigtreotech SKR V1.4 IntructionManual.
- [9]. <http://orientalmotor.com>
- [10]. <https://github.com/bigtreotech/BIGTREETECH-SKR-V1.3>
- [11]. <https://TimingBeltsStepsInstructables.html>

AUTHOR INFORMATION

Pham Ngoc Tuan

Military Technical College 1, Vietnam