

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÁY IN 3D - FDM VÀ ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ HOẠT ĐỘNG MÁY ĐẾN SẢN PHẨM

RESEARCH ON MANUFACTURING 3D-FDM PRINTING MACHINE AND THE INFLUENCE OF THE OPERATING PARAMETERS ON SAMPLES

TS. Nguyễn Văn Cường, TS. Nguyễn Văn Tài
Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

TÓM TẮT

Máy in 3D theo nguyên lý FDM một đầu phun đã được nghiên cứu thiết kế chế tạo, máy có kích thước là 500 x 500 x 500 mm, có thể chế tạo được chi tiết với kích thước lớn nhất 280 x 280 x 180 mm. Vật liệu chế tạo là nhựa dạng sợi PLA, ABS. Tốc độ đầu phun có thể điều chỉnh từ 50 mm/s đến 300 mm/s, đường kính đầu phun là 0,4 mm, bề dày lớp in từ 0,2 mm đến 0,4 mm. Kết quả nghiên cứu cho thấy máy có khả năng hoạt động tốt, có độ ổn định, độ chính xác khá cao. Khi tăng tốc độ đầu phun từ 100 mm/s đến 250 mm/s thì thời gian chế tạo giảm 53%; bề dày lớp chế tạo tăng từ 0,2 mm đến 0,35 mm thì thời gian chế tạo giảm 45%; độ sai lệch kích thước trong cả hai trường hợp không lớn hơn 1%. Tuy nhiên, khi tăng tốc độ đầu phun, cũng như tăng bề dày một lớp in thì chất lượng độ bóng bề mặt giảm, đặc biệt với những mặt hình học dạng cong.

Từ khóa: Chế tạo chi tiết từng lớp; In 3D; FDM; Tạo mẫu nhanh.

ABSTRACT

3D printer based to the principle of FDM one nozzle has been researched, designed and manufactured. The machine has a size of 500 x 500 x 500 mm, can manufacture samples with the largest size of 280 x 280 x 180 mm. Sample materials are PLA, ABS filament plastic. The nozzle speed can be adjusted from 50 mm/s to 300 mm/s. The printing layer thickness is from 0.2 mm to 0.4 mm. Research results show that the machine has good performance, stability and accuracy. When increasing the nozzle speed from 100 mm/s to 250 mm/s, the fabrication time is reduced by 53%. Also, the thickness of one fabricated layer increases from 0.2 mm to 0.35 mm, the manufacturing time is reduced by 45%. The size deviation in both cases is not more than 1%. However, as the nozzle speed increases, as well as increases the layer thickness, the surface gloss quality decreases, especially with curved geometries.

Keywords: Additive manufacturing; FDM; 3D printing; Rapid prototyping.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ tạo mẫu nhanh còn gọi là in 3D đã và đang trở thành một trong những xu hướng phát triển khoa học công nghệ mới, hiện đại trên thế giới. Hiện nay, công nghệ in 3D đã được ứng dụng trong việc tạo sản phẩm nhanh, phục vụ đời sống xã hội và đặc biệt trong một số lĩnh vực như thiết kế phát triển sản phẩm, y học và các ngành công nghiệp; hoặc làm mô hình để đánh giá và phân tích sản phẩm, phục vụ trong đào tạo, nghiên cứu ở các trường, viện. Công nghệ in 3D là kỹ thuật được sử dụng để chế tạo mô hình vật thể một cách tự động, từ nguồn dữ liệu thiết kế 3D trên máy tính, bằng phương pháp đắp dần vật liệu từng lớp, với tốc độ nhanh hơn rất nhiều lần so với các phương pháp gia công truyền thống. Sự phát triển của máy in 3D còn chịu tác động từ rất nhiều công nghệ khác như: kỹ thuật hệ thống, khoa học vật liệu, công nghệ laser, kỹ thuật chế tạo, công nghệ y sinh, kỹ thuật điều khiển tự động. Các sản phẩm máy in thương mại được sản xuất không những bởi các công ty như 3D System, Stratasys, Z-Corporation, mà còn được nghiên cứu chế tạo bởi nhiều trường đại học trên thế giới như Đại học Cardiff (Anh) [2].

Ở Việt Nam, đã có khá nhiều nghiên cứu về tạo mẫu nhanh, áp dụng trong một số lĩnh vực công nghiệp như: thiết kế chế tạo máy in chi tiết nhựa 3D ứng dụng trong y tế và giáo dục của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội [3], máy in 3D Marker GEM dựa trên công nghệ in 3D - DLP của Công ty Cổ phần 3D-Maker đã được thương mại hóa trên thị trường [<http://www.3dmaker.vn/>]; nghiên cứu ứng dụng in 3D trong thực phẩm chocolate phục vụ lĩnh vực ăn uống và trang trí, dựa trên nền tảng vật liệu PLA và ABS, cũng đã được nghiên cứu bởi nhóm tác giả của Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh [5]. Máy in 3D FDM cũng đã được nghiên cứu bởi nhóm tác giả

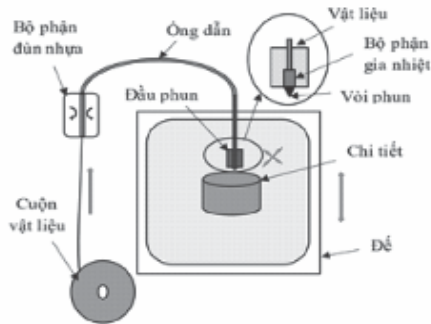
Trường Đại học Giao thông Vận tải [4]. Ngoài ra, in 3D cũng đã được nghiên cứu áp dụng trong vật liệu in hệ gốm sứ, do nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh [1]. Trong các công nghệ in 3D như SLA, SLS, LOM, FDM, 3DP, thì công nghệ FDM là giải pháp công nghệ được ứng dụng nhiều ở Việt Nam dựa trên những ưu điểm nhất định về chi phí rẻ, chất lượng và độ chính xác hình học đạt yêu cầu. Các nghiên cứu được đề cập đã có những thành công nhất định để ứng dụng in 3D trong một số lĩnh vực; kế thừa những kết quả nghiên cứu trước đây, nhóm nghiên cứu đã thực hiện chế tạo máy in 3D FDM có quy mô kích thước nhỏ, phục vụ cho công tác đào tạo và nghiên cứu. Bài báo này trình bày kết quả thiết kế chế tạo máy in 3D-FDM; ảnh hưởng của các yếu tố bề dày lớp, tốc độ di chuyển đầu phun đến chất lượng chi tiết và thời gian chế tạo sản phẩm, nhằm đánh giá khả năng hoạt động của máy in 3D ở các chế độ hoạt động khác nhau.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dựa trên cơ sở phân tích, kế thừa từ kết quả các công trình đã công bố; nguyên lý máy in 3D-FDM (Fused Deposition Modeling) được nghiên cứu thiết kế và chế tạo. Vật liệu chế tạo máy in 3D là thép không rỉ, kết hợp với các vật liệu nhựa ABS đảm bảo độ bền, độ chính xác. Phần mềm thiết kế CAD 3D được sử dụng để thiết kế máy và thiết kế mô hình chi tiết nhựa trước khi chế tạo. Vật liệu nhựa PLA dạng sợi được sử dụng để chế tạo chi tiết mẫu trong quá trình thí nghiệm, để đánh giá về chất lượng bề mặt, độ chính xác, thời gian chế tạo mẫu ứng với từng thí nghiệm.

2.1. Nguyên lý của máy in 3D – FDM

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy in 3D-FDM như Hình 1.



Hình 1. Nguyên lý làm việc của máy in 3D-FDM.

Vật liệu nhựa dạng sợi được cung cấp đến đầu phun nhờ bộ phận đùn nhựa; tiếp đến nhựa sẽ được nóng chảy và được ép ra khỏi đầu phun, lắng đọng lại sau khi thoát ra khỏi đầu phun. Chuyển động của đầu phun được điều khiển theo phương XZ, dựa theo tiết diện của chi tiết được thiết lập theo dữ liệu thiết kế 3D đã được cung cấp đến máy in. Đế (bàn) máy được di chuyển theo phương Y trong quá trình chế tạo. Giống như các phương pháp in 3D khác, thiết bị FDM có nguyên lý tạo hình chi tiết là đắp dần từng lớp vật liệu; lớp vật liệu sau khi qua đầu phun sẽ lắng lại, hóa rắn và liên kết với lớp in trước đó.

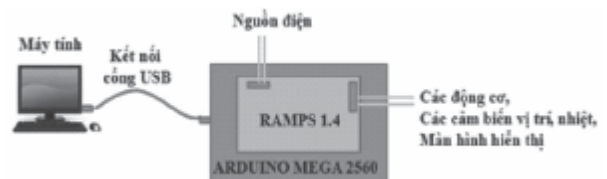


Hình 2. Quy trình thiết kế chế tạo máy in 3D-FDM.

Quy trình thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM được thể hiện qua Hình 2. Sau khi phân tích lựa chọn phương án thiết kế máy FDM, các bộ phận kết cấu máy, truyền động, nạp liệu, đầu phun, bộ điều khiển, và các bộ phận phụ khác được thiết kế, gia công chế tạo. Sau khi được chế tạo và lắp ráp hoàn chỉnh, máy được khảo nghiệm với các mẫu thử khác nhau để đánh giá khả năng hoạt động của máy, các yếu tố ảnh hưởng đến hoạt động của máy và chất lượng bề mặt của sản phẩm.

2.2. Phương án thiết kế máy in 3D-FDM

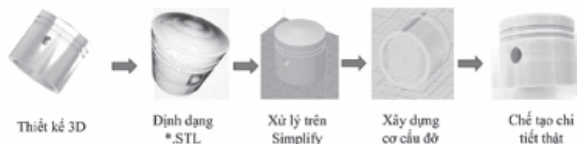
Trên cơ sở phân tích các thiết kế hiện có như máy FlashForge, Ultimaker, DeltaRostock, RerapPrusa, Castesien XY, Castesien XZ, phương án thiết kế được lựa chọn cho mô hình máy FDM là phương án Castesien XZ. Trong đó, bộ chứa chi tiết (đế/bàn in) được dịch chuyển theo phương Y, đầu phun nhựa sẽ được dịch chuyển theo phương XZ. Quá trình chuyển động của các trục được điều khiển bằng các động cơ bước, chuyển động bộ chứa mẫu chi tiết, điều khiển nhiệt độ đầu phun, và các hệ thống khác được tích hợp trong mạch điều khiển Arduino, với phần mềm có giao diện trực quan dễ sử dụng. Chương trình điều khiển từ máy tính được chuyển đến bộ vi điều khiển Arduino Mega2560 thông qua cổng USB. Sơ đồ điều khiển được thể hiện qua Hình 3.



Hình 3. Bộ điều khiển máy in qua mạch vi xử lý Arduino Mega2560.

2.3. Quá trình tạo mẫu chi tiết bằng máy in 3D-FDM





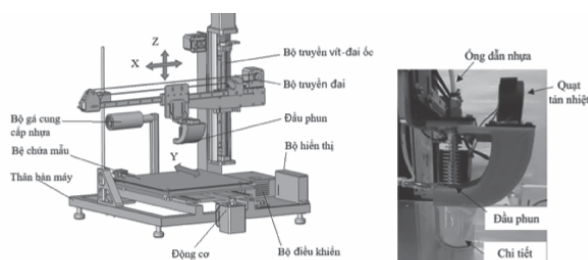
Hình 4. Quá trình chế tạo mẫu bằng in 3D-FDM.

Quá trình chế tạo mẫu chi tiết bằng thiết bị in 3D-FDM được thể hiện trên Hình 4. Trước tiên, mô hình 3D của chi tiết được thiết kế trên phần mềm CAD, sau đó được chuyển sang dạng dữ liệu *.STL, phần mềm Simplify sẽ phân tích, tạo lớp và bộ phận đỡ chi tiết trong quá trình chế tạo, kế tiếp chi tiết sẽ được chế tạo từng lớp để có sản phẩm vật lý thật sau cùng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thiết kế chế tạo máy in 3D-FDM

Kết cấu của mô hình máy in 3D-FDM sau khi được thiết kế, chế tạo lắp ráp hoàn chỉnh và bộ phận đầu phun (in phun) nhựa được thể hiện trong Hình 5. Phần mềm Simplify3D dùng trong nghiên cứu và học tập được sử dụng để kiểm tra, phân tích, thử nghiệm cho thiết bị này. Kết quả khảo nghiệm cho thấy máy in đã đạt được sự ổn định khá tốt. Trong đó, vận tốc di chuyển của đầu phun được xác định thích hợp trong khoảng từ 50 mm/s đến 300 mm/s; bề dày lớp in có thể chế tạo từ 0,2 mm đến 0,4 mm; đầu phun có đường kính là 0,4 mm. Các thông số kỹ thuật của thiết bị in 3D-FDM được trình bày trong Bảng 1.



Hình 5. Kết cấu máy in 3D - FDM (trái) và đầu phun nhựa (phải).

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy in 3D - FDM

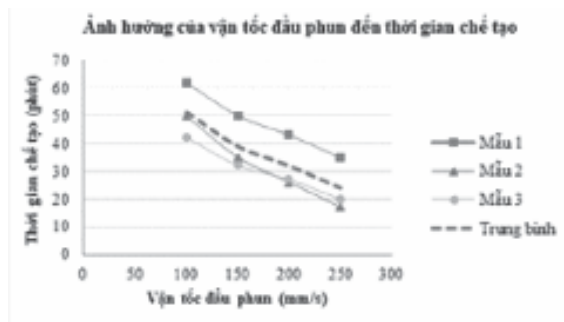
Thông số kỹ thuật	Giá trị
Kích thước máy: Dài x Rộng x Cao	500 x 500 x 500 mm
Kích thước buồng chế tạo: Dài x Rộng x Cao	300 x 300 x 200 mm
Không gian chế tạo chi tiết: Dài x Rộng x Cao	280 x 280 x 180 mm
Vận tốc đầu in thích hợp	50 ÷ 300 mm/s
Đường kính đầu in phun	0,4 mm
Số đầu in	1 đầu phun
Vật liệu nhựa chế tạo mẫu	Nhựa sợi PLA
Nhiệt độ đầu phun thích hợp đối với nhựa PLA	190 ÷ 230 °C
Bề dày lớp in phù hợp với nhựa PLA	0,2 ÷ 0,4 mm

Kết quả khảo nghiệm máy với vật liệu nhựa PLA, đường kính 1,75 mm cho thấy máy in 3D-FDM được chế tạo có độ cứng vững và độ ổn định tốt, độ rung động không đáng kể, không ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm. Độ chính xác của chi tiết so với thiết kế ban đầu cao, chất lượng bề mặt chi tiết được chế tạo theo đánh giá cảm quan là đạt yêu cầu. Máy in có thể chế tạo được các chi tiết nhựa có độ phức tạp về hình dạng khá cao, kích thước chi tiết tối đa có thể chế tạo được là 280 x 280 x 180 mm. Chất lượng về độ nhẵn bóng bề mặt chi tiết phụ thuộc vào chế độ và các thông số hoạt động của máy.

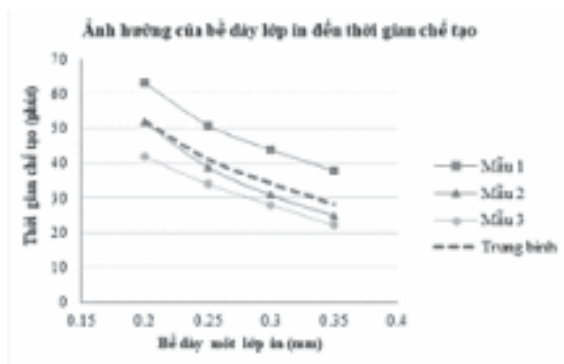
3.2. Ảnh hưởng của tốc độ đầu phun đến thời gian chế tạo và chất lượng bề mặt

Thời gian chế tạo và chất lượng bề mặt chi tiết đã được nghiên cứu với sự thay đổi vận tốc di chuyển đầu phun, vật liệu chế tạo là sợi nhựa PLA, nhiệt độ đầu phun nhựa là 210 °C. Ba mẫu sản phẩm thiết kế khác nhau về hình dạng được chế tạo với bề dày của một lớp in là

$e = 0,2$ mm. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tốc độ di chuyển đầu phun tăng thì thời gian chế tạo chi tiết giảm đáng kể. Cụ thể, khi tốc độ đầu phun ở 100 mm/s, thời gian chế tạo mẫu trung bình là 51 phút. Khi tăng tốc độ đầu phun đến 150 mm/s, 200 mm/s và 250 mm/s, thì thời gian chế tạo mẫu trung bình tương ứng là 39 phút, 32 phút và 24 phút (giảm tương ứng là 24%, 37%, 53% so với ban đầu) như đồ thị ở Hình 6. Trong khi đó, sự sai lệch về kích thước chiều cao của chi tiết so với thiết kế không đáng kể (0,7%). Chất lượng bề mặt của sản phẩm được đánh giá cảm quan cho thấy khi tăng tốc độ di chuyển đầu phun, độ nhám bề mặt tăng, đặc biệt với các chi tiết có hình dạng hình học phức tạp, mặt nghiêng và mặt cong. Với ba mẫu sản phẩm được nghiên cứu, tốc độ di chuyển đầu phun thích hợp để có chất lượng bề mặt tốt là 100 mm/s và 150 mm/s.



Hình 6. Ảnh hưởng của vận tốc đầu phun đến thời gian chế tạo chi tiết.



Hình 7. Ảnh hưởng của bề dày một lớp in đến thời gian chế tạo chi tiết.

3.3. Ảnh hưởng của bề dày lớp in đến thời gian chế tạo và chất lượng bề mặt

Ảnh hưởng của bề dày lớp in khi chế tạo đã được nghiên cứu ứng với ba mẫu chi tiết khác nhau, vận tốc đầu in là 100 mm/s, nhiệt độ đầu phun là 210 °C, vật liệu chế tạo mẫu là nhựa PLA. Khi bề dày lớp in chi tiết 0,20 mm thì thời gian chế tạo chi tiết trung bình là 52 phút. Khi thay đổi bề dày lớp in tăng đến 0,25 mm; 0,30 mm và 0,35 mm thì thời gian chế tạo chi tiết trung bình tương ứng 41 phút, 34 phút và 28 phút (giảm tương ứng 21%, 34% và 45%) như Hình 7. Độ sai lệch kích thước chi tiết so với thiết kế từ 0,8% đến 1,0%. Độ bóng bề mặt chi tiết, qua đánh giá cảm quan cho thấy, khi tăng bề dày lớp chế tạo thì độ nhẵn bóng bề mặt giảm, đặc biệt với chi tiết có dạng côn, hoặc biên dạng đường cong. Độ bóng tốt nhất trong các thí nghiệm khi bề dày lớp chế tạo là 0,2 mm.

	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
	Đường kính nhỏ: $d = 15$ mm Đường kính lớn: $D = 30$ mm Chiều cao: $H = 30$ mm Bề dày: 2 mm	Đường kính nhỏ nhất: $d = 7,5$ mm Đường kính lớn nhất: $D = 30$ mm Chiều cao: $H = 45$ mm Bề dày: 2 mm	Đường kính trong: $d = 16$ mm Đường kính ngoài: $D = 30$ mm Chiều cao: $H = 30$ mm Bề dày: 2 mm
Mô hình thiết kế trên máy tính			
Chi tiết được chế tạo bằng in 3D-FDM			

Hình 8. Các mô hình thiết kế và chi tiết được chế tạo trên máy in 3D-FDM.

4. KẾT LUẬN

Thiết bị in 3D-FDM đã được chế tạo, hoạt động có độ ổn định cao, có độ chính xác chi tiết khá tốt, có thể chế tạo được các chi tiết mẫu bằng nhựa PLA có độ phức tạp khá cao với kích thước tối đa là 280 x 280 x 180 mm. Độ sai

lệch kích thước của chi tiết so với thiết kế chưa vượt quá 1% trong tất cả các thí nghiệm đã thực hiện. Tương ứng với vật liệu nhựa PLA, đường kính 1,75 mm thì nhiệt độ đầu phun phù hợp từ 190 °C đến 230 °C tùy theo điều kiện hoạt động. Khi hoạt động, cần phải cài đặt các thông số nhiệt độ đầu phun, tốc độ đầu phun, bề dày lớp in với một giá trị thích hợp, ứng với từng loại nhựa. Tốc độ đầu phun tăng, bề dày một lớp in tăng, thì thời gian chế tạo chi tiết sẽ giảm, chất lượng về độ bóng bề mặt giảm. Kết quả khảo nghiệm sơ bộ cho thấy, với nhựa PLA ở nhiệt độ đầu phun là 210 °C, bề dày một lớp chi tiết được chế tạo thích hợp là 0,2 mm; tốc độ đầu phun từ 100 mm/s đến 150 mm/s sẽ phù hợp và đảm bảo được độ nhẵn bóng của chi tiết tốt. Với các điều kiện hoạt động và các kết quả khảo nghiệm cho thấy, thiết bị in 3D-FDM có khả năng hoạt động ổn định, có độ chính xác khá tốt, có thể được sử dụng trong công tác đào tạo, nghiên cứu chế tạo các chi tiết nhựa phục vụ trong nghiên cứu ứng dụng. ❖

Ngày nhận bài: **25/8/2022**

Ngày phản biện: **07/9/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Triệu Chí Cân, Nguyễn Minh Thiện, Lê Quan Thiên Toàn, Đàm Mạnh Quyền, Trần Anh Tú, Nguyễn Ngọc Trí Huỳnh, Nguyễn Khánh Sơn (2019); *Nghiên cứu chế tạo máy in 3D thích hợp cho vật liệu in hệ gốm sứ*, Hội nghị Khoa học & Công nghệ trẻ Bách khoa 2019, 1-8.
- [2]. Nguyễn Văn Cương, Đặng Văn Nghinh (2018); *Giáo trình tạo mẫu nhanh*. NXB. Đại học Cần Thơ, Trường Đại học Cần Thơ.
- [3]. Tạ Việt Dũng, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Khánh Tùng (2022); *Công nghệ in 3D và định hướng lộ trình phát triển tại Việt Nam*. Cục Ứng dụng và Phát triển Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ. Website: <https://congnghecongnghecao.com.vn/tin-tuc/t24617/cong-nghe-in-3d-va-dinh-huong-lo-trinh-phat-trien-tai-viet-nam.html>.
- [4]. Trần Ngọc Hiền, Bùi Văn Hưng (2017); *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 12(1), 32-36.
- [5]. Nguyễn Trần Phong, Võ Phúc Việt, Lê Duy Trọng, Nguyễn Huy Hoàng, Phạm Văn Toàn, Nguyễn Hữu Thọ (2021); *Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy in 3D chocolate*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thực phẩm, 21(1), 86-97.