

# Nghiên cứu chế tạo máy in 3D thích hợp cho vật liệu in hệ gốm sứ

Triệu Chí Cân<sup>1</sup>, Nguyễn Minh Thiện<sup>1</sup>, Lê Quan Thiên Toàn<sup>1</sup>, Đàm Mạnh Quyền<sup>1</sup>, Trần Anh Tú<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Trí Huỳnh<sup>1,2</sup>, Nguyễn Khánh Sơn<sup>1,\*</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Máy in 3D có thể xem là một thành tựu kỹ thuật quan trọng có thể làm thay đổi tương lai của ngành sản xuất chế tạo. Có thể thấy tiềm năng và tầm ảnh hưởng trong tương lai gần của phương pháp in 3D đối với ngành vật liệu nói chung, vật liệu silicat nói riêng, đặc biệt ứng dụng trong thi công và tạo hình trong các ngành xây dựng, dân dụng. Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi thiết kế và chế tạo máy in ở quy mô phòng thí nghiệm với đầu phun và hệ thống cấp liệu đùn ép phù hợp cho loại vật liệu dẻo, như gốm sứ. Các chuyển động của hệ thống in được mã hóa và điều khiển thông qua bo mạch chủ, dựa trên phần mềm điều khiển Mach3, và kết hợp cùng các động cơ bước và bộ truyền động trực cho cả 3 chiều in. Hệ thống cấp liệu được thiết kế độc lập dựa trên quá trình đùn ép của cụm thiết bị xy-lanh và pit-tông. Với thiết kế này, kích thước mẫu cho phép đạt được 200x300x300mm. Từ các tính toán thành phần phối liệu, tỷ lệ nguyên liệu dẻo/gốm, các mẫu thành phẩm được tạo hình qua máy in có nhiều hình dạng khác nhau, với mức độ phức tạp trong chi tiết và tốc độ thực hiện cao. Từ các kết quả bước đầu thu được, có thể nâng cao quy mô và phát triển một cách có hiệu quả việc sử dụng công nghệ in 3D với vật liệu mực in gốm sứ ứng dụng vào thực tế với mục đích tạo hình, trang trí mỹ thuật công nghiệp hoặc dân dụng.

**Từ khóa:** máy in 3D, tạo hình vật liệu gốm sứ, vật liệu silicat, mực in 3D, hồ đất sét

## TỔNG QUAN VÀ GIỚI THIỆU KỸ THUẬT IN 3D

Hiện nay, kỹ thuật in 3D hay còn gọi là kỹ thuật AM – Additive Manufacturing đang ngày càng phát triển trên khắp thế giới với nhiều kiểu mô hình và ứng dụng khác nhau<sup>1</sup>. Theo tiêu chuẩn ASTM 52900:2015, kỹ thuật AM được phân thành bảy nhóm khác nhau: (1) phun chất kết dính (binder jetting); (2) hàn đắp bằng năng lượng định hướng (directed energy deposition); (3) đùn ép vật liệu (material extrusion); (4) phun vật liệu (material jetting); (5) buồng nung bột (powder bed fusion); (6) cán cắt tấm (sheet lamination); (7) bể quang hóa polymer (vat photopolymerization). Trong môi trường sản xuất đa dạng ngày nay, kỹ thuật AM trở thành một công cụ mang lại khả năng cạnh tranh mạnh mẽ, kết hợp toàn diện từ thiết kế đến chế tạo theo yêu cầu của khách hàng, mức độ chính xác của sản phẩm cao và tốc độ tạo hình nhanh. Với sự đa dạng về vật liệu có thể sử dụng bao gồm cả polymer, ceramic và kim loại<sup>2</sup>. Trong đó máy in 3D dùng cho nhóm vật liệu ceramic đang dẫn phát triển và nổi lên khắp thế giới, với các mục đích và quy mô ngày một mở rộng, mức độ đa dạng hóa khi sử dụng vật liệu cũng gia tăng, từ các vật liệu composite, gốm truyền thống, bê-tông, vữa xi-măng đến các loại vật liệu geopolymer, gốm y sinh và gốm kỹ thuật,...<sup>3</sup>. Nói

riêng về vật liệu gốm truyền thống, ngoài các kỹ thuật tạo hình truyền thống đã biết như tạo hình bàn xoay thủ công, tạo hình đổ rót, tạo hình ép, kỹ thuật tạo hình in 3D các sản phẩm gốm dần trở nên phổ biến trên thế giới. Các sản phẩm tạo ra từ kỹ thuật này có các hình dạng, kích thước đa dạng và phức tạp cũng như tính thẩm mỹ và nghệ thuật cao<sup>4</sup>. Mức độ hoàn thiện của các sản phẩm gốm từ kỹ thuật tạo hình trên cũng ngày một hoàn thiện, tốc độ thực hiện ngày càng được nâng cao<sup>5</sup>.

Đối với thế giới, việc ứng dụng kỹ thuật in 3D vào tạo hình vật liệu gốm sứ đang trở nên phổ biến và phát triển. Trong đó, ba kiểu mô hình máy in 3D được sử dụng: kiểu tọa độ Decartes (Cartesian), kiểu Delta và kiểu tọa độ cực (Polar). Bên cạnh đó, một kiểu mô hình mới đang trong giai đoạn nghiên cứu và hoàn thiện, mô hình điều khiển cánh tay robot (SCARA – the Selective Compliance Assembly Robotic Arm)<sup>4,6,7</sup>. Hiện nay, kỹ thuật này cũng đã bắt đầu được biết đến và xuất hiện ở Việt Nam. Cụ thể phải kể đến máy in 3D vật liệu gốm sứ được chế tạo thành công bởi nhóm sinh viên trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng, với khung máy được xây dựng theo mô hình Delta và hệ thống cấp liệu sử dụng bộ bom khí nén<sup>8</sup>. Từ những nền tảng trên, trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào việc xây dựng mô hình máy in 3D theo kiểu tọa độ Decartes

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

<sup>2</sup>Đại học Khoa học Tokyo

### Liên hệ

**Nguyễn Khánh Sơn**, Khoa Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM  
Email: ksnguyen@hcmut.edu.vn

### Lịch sử

- Ngày nhận: 01-3-2019
- Ngày chấp nhận: 20-6-2019
- Ngày đăng: 31-12-2019

DOI :10.32508/stdjet.v2iSI2.460



### Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Trích dẫn bài báo này:** Chí Cân T, Minh Thiện N, Thiên Toàn L Q, Mạnh Quyền D, Anh Tú T, Trí Huỳnh N N, Khánh Sơn N. **Nghiên cứu chế tạo máy in 3D thích hợp cho vật liệu in hệ gốm sứ.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(S12):SI1-SI14.

với quy mô phòng thí nghiệm phù hợp cho vật liệu gốm sứ và thiết kế bộ cấp liệu theo cơ chế bộ đùn trực vít. Từ đó, kết hợp với ý tưởng máy in 3D của sinh viên trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng để làm rõ hơn về phương pháp tạo hình phức tạp này.

## PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÁY IN 3D

Dựa trên phân loại nhóm kỹ thuật AM để cập trong phần tổng quan, máy in 3D trong giai đoạn nghiên cứu này sử dụng mực in dạng bùn gốm sứ có thể được xếp vào kiểu phương pháp đùn ép vật liệu (ME – Material Extrusion)<sup>5,9</sup>. Trong kỹ thuật ME, vật liệu được đưa vào máy đùn ép với tốc độ không đổi, sau đó, vật liệu được nén chặt hoàn toàn và đùn ra khỏi đầu vòi in với một áp suất không đổi. Thêm vào đó, nhờ vào quá trình trên các hạt vật liệu sẽ kết chặt lại với nhau vì vậy hình thành nên một khối rắn chắc và giữ được nguyên vẹn hình dạng cấu trúc của nó xuyên suốt quá trình in<sup>9</sup>. Như đã đề cập trước đó, hệ thống máy in 3D được xây dựng gồm các bộ phận chính: bộ truyền động, bộ cấp liệu, các bo mạch điều khiển và bộ điều khiển. Ngoài ra, mặc dù kỹ thuật trên có nhiều loại hình khác nhau, nhưng tổng thể nguyên lý vận hành hầu như giống nhau (**Hình 1**). Bước đầu tiên cũng là bước tiên quyết chính là thiết kế hình dạng mẫu vật bằng các phần mềm trên máy tính, đồng thời chuyển đổi các tập tin trên về dạng tập tin có thể in được (.stl) thông qua các phần mềm CAD/CAM chuyên dụng (cắt mô hình mẫu vật thành một chuỗi các lớp). Sau đó, tập tin đã chuyển đổi được đưa sang hệ thống điều khiển và thông qua bo mạch BOB Mach3 điều khiển đầu mũi in. Bên cạnh, bộ cấp liệu sẽ được truyền động bởi hệ thống trực vít và điều khiển bởi bo mạch MKS Steptest OSC, từ đó, mực in sẽ được nạp từ xy-lanh chứa đến đầu mũi in. Quá trình in sẽ diễn ra trên từng lớp một, tương ứng với các lớp trong tập tin đã chuyển đổi trên. Sau cùng, sản phẩm có thể tiếp tục được xử lý sau khi in như sấy, nung hoặc tráng men.

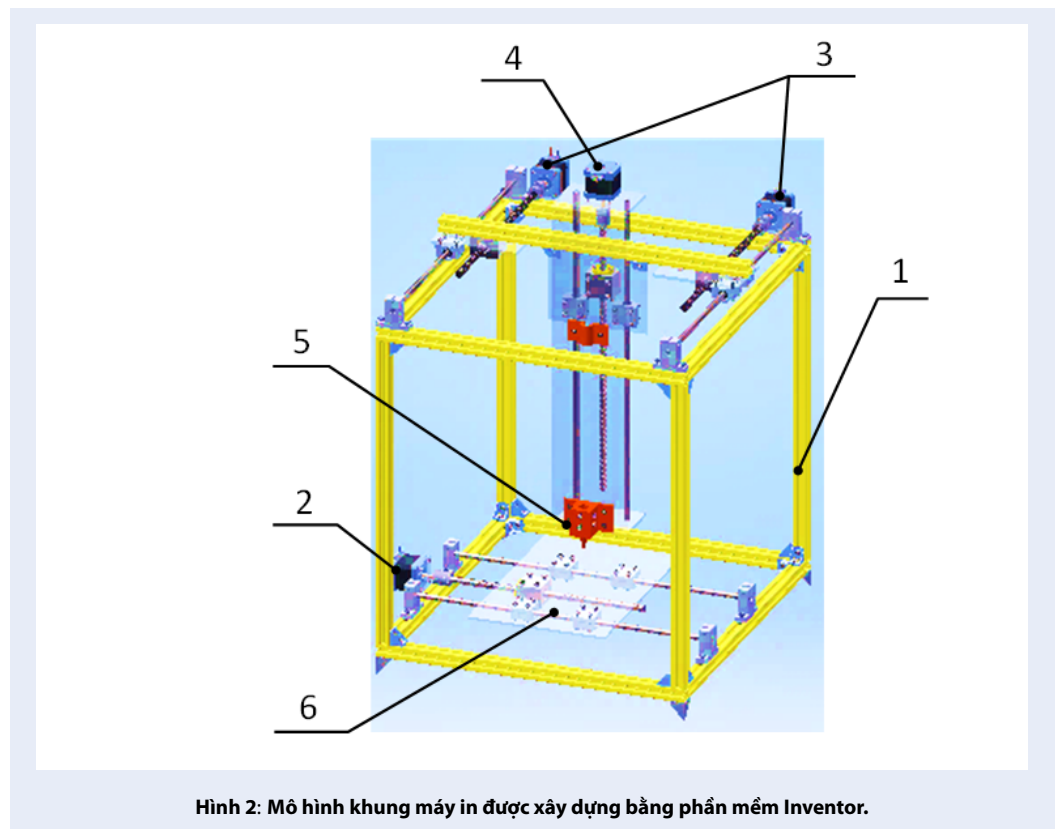
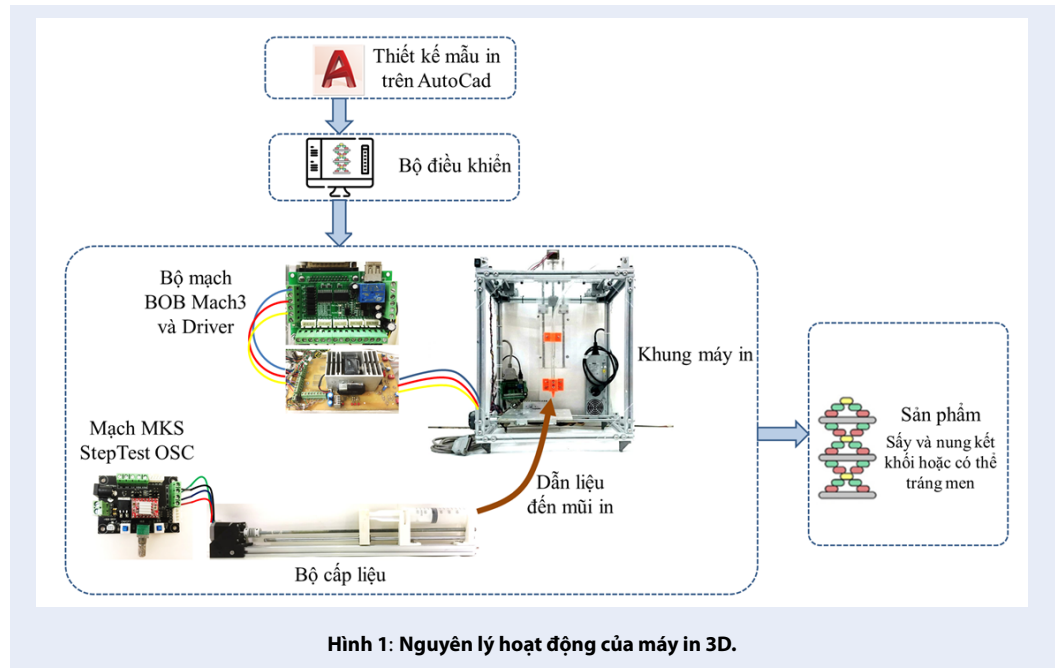
### Bộ truyền động

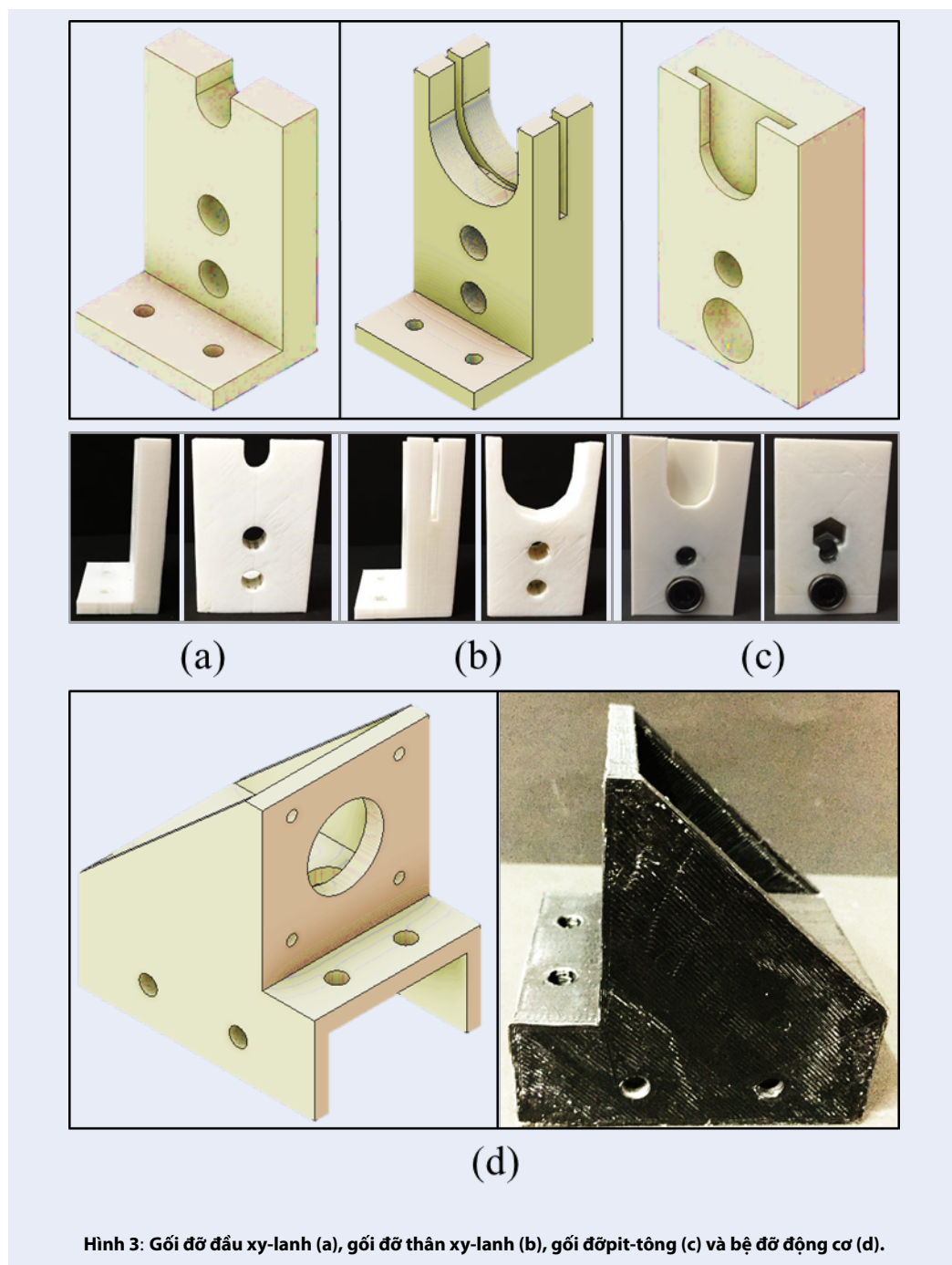
Bộ truyền động đóng vai trò thiết yếu trong việc chuyển động trong không gian ba chiều của máy, giúp đưa mũi in đến các vị trí tọa độ cần in. Trên nền tảng các mô hình máy in có sẵn trên thị trường, khung máy in được xây dựng theo mô hình tọa độ Descartes, với sự chuyển động trên các trục x, y và z thông qua hệ thống truyền trực vítme và động cơ bước NEMA. Thêm vào đó, kết hợp với các thanh nhôm định hình giúp xây dựng nên khung máy – không gian in và đồng thời nâng đỡ các kết cấu máy. Sau bước tính toán, đo đạc các kích thước cho máy, khung máy in

được xây dựng bằng phần mềm 3D Inventor (hình 2). Trong đó, (1) là khung máy in, (2) bộ truyền động trục x, (3) bộ truyền động trục y, (4) bộ truyền động trục z, (5) đầu vòi in, (6) bề mặt in. Với kích thước mẫu in cho phép đạt được 200x300x300mm. Sau đó, lựa chọn các linh kiện và thiết bị có sẵn trên thị trường thuận tiện cho việc lắp ráp máy. Các linh kiện cần thiết cho việc chế tạo máy được liệt kê chi tiết trong **Bảng 1**. Sau cùng, thông qua bo mạch BOB Mach3 truyền tín hiệu điều khiển từ máy tính đến các động cơ bước. Các bước điều khiển động cơ được thực hiện trên phần mềm chuyên dụng Mach3.

### Bộ cấp liệu

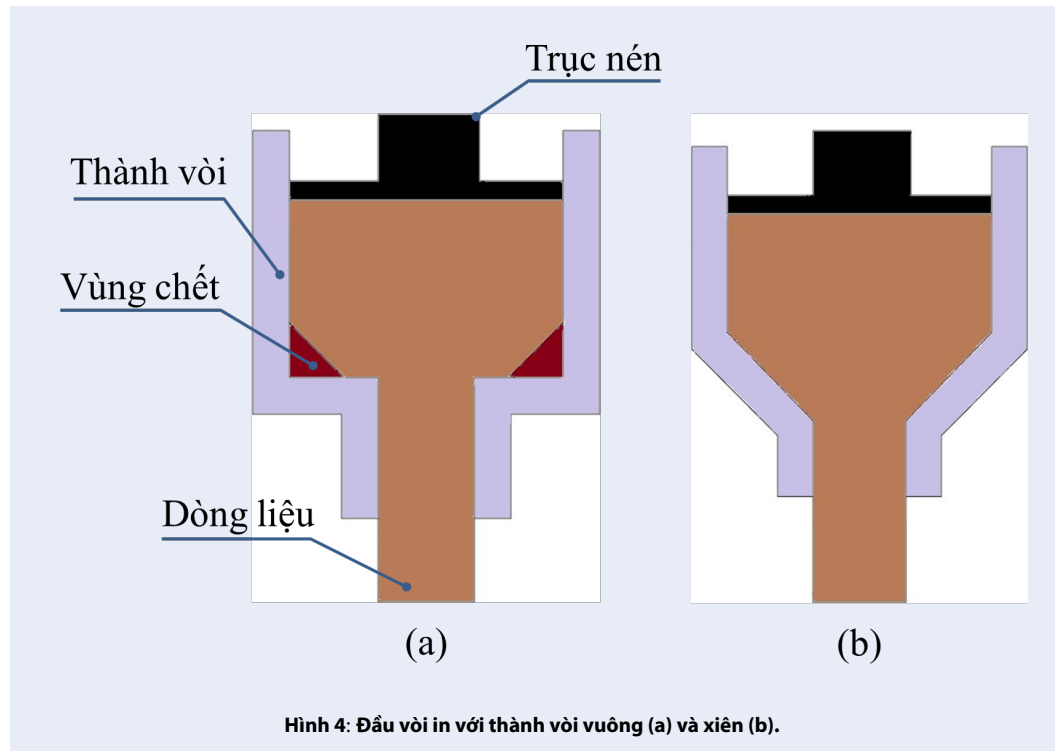
Bộ cấp liệu có thể được xem như một bộ phận hỗ trợ, giúp cung cấp và dẫn động dòng liệu liên tục đến đầu vòi in. Như đã đề cập trước, mực in trong nghiên cứu này là phối liệu bùn gốm sứ, vì vậy để mực in có thể chảy liên tục và các hạt vật liệu nén chặt lại với nhau, mô hình hệ thống bơm cơ học xy-lanh và pit-tông có thể đảm bảo được việc này. Dựa trên ý tưởng mô hình hệ thống bơm hút dùng trong thực phẩm<sup>10</sup>, bộ cấp liệu đã được thiết kế gồm một bộ ống bơm xy-lanh và pit-tông có dung tích 50cc (chứa mực in) và một hệ thống truyền động theo cơ chế truyền động trực vít, biến đổi từ chuyển động quay (cung cấp từ động cơ bước NEMA) sang chuyển động tịnh tiến (tạo lực đẩy pit-tông và ép vật liệu ra ngoài). Trong đó, các gối đỡ xy-lanh, pit-tông và bộ đỡ động cơ có tác dụng hỗ trợ và cố định các chi tiết. Những gối đỡ này cũng được thiết kế trên phần mềm Inventor và sau đó được gia công tạo hình bằng phương pháp in 3D nhựa PLA (độ phân giải 0,2mm, nhiệt độ in 210°C, độ dày thành 0,8mm; độ đặc vật thể 100%; đường kính sợi nhựa nạp vào 1,75mm; đường kính mũi in 0,4mm; tốc độ in 30mm/s) (**Hình 3**). Ngoài ra, các chi tiết máy cần thiết khác cho việc chế tạo lắp ráp được thể hiện trong **Bảng 2**. Thêm vào đó, để kết hợp với bộ cấp liệu cần phải có một đầu vòi in phù hợp, từ nghiên cứu của Gaoyan Zhong<sup>11</sup>, việc thiết kế đầu vòi in cần chú trọng đến vị trí “vùng chết” của đầu vòi (**Hình 4a**), tại khu vực đó dòng vật liệu đứng yên, không thể chuyển động gây nên một phản lực cản trở dòng liệu. Phản lực này khiến cho áp lực nén dòng liệu tăng lên và có thể dẫn đến tắt nghẽn dòng liệu. Để hạn chế “vùng chết” này, Zhong đã đề xuất cải tiến mô hình đầu vòi in như **Hình 4b**. Từ đó, đầu vòi trong nghiên cứu này được thiết kế thông qua phần mềm Inventor dựa trên sự cải tiến của Zhong và cũng được tạo hình in 3D nhựa PLA (**Hình 5**). Đồng thời, ống nhựa PU (đường kính ngoài 12mm và đường kính trong 8mm) kết nối đầu in với xy-lanh giúp dẫn dòng mực từ xy-lanh đến





Hình 3: Gối đỡ đầu xy-lanh (a), gối đỡ thân xy-lanh (b), gối đỡ pit-tông (c) và bộ đỡ động cơ (d).





mũi in. Sau cùng, động cơ bước NEMA được điều khiển bởi mạch MKS StepTest OSC và Driver A4988 với các chế độ hoạt động khác nhau của động cơ bước lưỡng cực như: Full, 1/2, 1/4, 1/8 và 1/16.

### NGUYÊN LIỆU VÀ MỰC IN

Trong việc nghiên cứu chế tạo máy in 3D, hai thông số cơ bản và quyết định trong quá trình in nhằm xác định được loại hình sản phẩm mà máy in có thể tạo ra là máy in và mực in<sup>12</sup>. Phụ thuộc vào các tính chất riêng biệt của những loại mực in khác nhau mà kết cấu của máy in có thể phải thay đổi cho phù hợp với mực in. Ngoài ra, từ thực nghiệm nghiên cứu của Revelo và Colorado<sup>3</sup>, cho thấy sự khả quan của việc sử dụng kỹ thuật in 3D cho vật liệu cao lanh. Đồng thời, sau quá trình thử nghiệm với nhiều loại vật liệu khác nhau, có thể thấy loại vật liệu khả thi phù hợp cho máy in là samot và cao lanh. Các nguyên liệu này không có độ dẻo cao, phù hợp cho việc lưu chuyển trong ống và không quá bám dính vào hệ thống dẫn. Phương pháp in 3D hoạt động theo cơ chế lớp chồng lớp<sup>13</sup>, samot và cao lanh được sử dụng đều đóng vai trò nguyên liệu gây. Từ đó, tăng khả năng gia cường cho các lớp vật liệu, giúp kết cấu vật thể in hạn chế sự đổ sụp và có thể chồng lớp lên nhau. Bên cạnh đó, việc gia tăng thành phần nguyên liệu gây giúp giảm lượng nước sử dụng cho phối liệu và hạn chế hiện tượng nứt vỡ khi sấy và nung, đồng thời giúp quá trình in ổn định

hơn. Ngoài ra, cao lanh có thành phần lẫn một số khoáng dẻo, giúp cho phối liệu có độ dẻo nhất định, đủ khả năng kết dính các hạt liệu rời với nhau. Do đó, mực in trong nghiên cứu này được phối trộn từ hai thành phần chính là samot và cao lanh, với thành phần hóa được phân tích bằng phương pháp huỳnh quang tia X (XRF) và thể hiện trong **Bảng 3**. Trong đó, samot và cao lanh được phối trộn với nhau theo tỷ lệ cấp phối ở **Bảng 4**. Nhằm giúp giảm lượng nước phối trộn và gia tăng độ linh động của phối liệu, phụ gia STPP (Sodium Tripolyphosphate) được thêm vào thành phần của phối liệu.

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bộ truyền động và bộ cấp liệu của máy in 3D được lắp ráp chế tạo hoàn thiện và được thể hiện trong **Hình 6**. Sau nhiều lần thử nghiệm không tải và điều chỉnh các thông số điều khiển, bước đầu cho thấy máy in đã đạt được sự ổn định nhất định. Trong đó, vận tốc di chuyển mũi in cực đại được cố định ở khoảng 8,3mm/s với gia tốc là 500mm/s<sup>2</sup> (vận tốc in biến thiên trong thời gian rất ngắn giữ cho mũi in di chuyển liên tục). Bên cạnh, ứng với mực in M1 tốc độ quay của động cơ trong bộ cấp liệu rơi vào khoảng 13v/p, tương ứng với tốc độ dòng liệu 0,22g/s, cho dòng liệu ổn định liên tục và phù hợp với vận tốc in. Ngoài ra, tùy theo yêu cầu kỹ thuật, vận tốc in có thể tăng lên hoặc giảm xuống và tốc độ dòng liệu khi đó

**Bảng 1: Tóm tắt các linh kiện sử dụng cho chế tạo khung máy in**

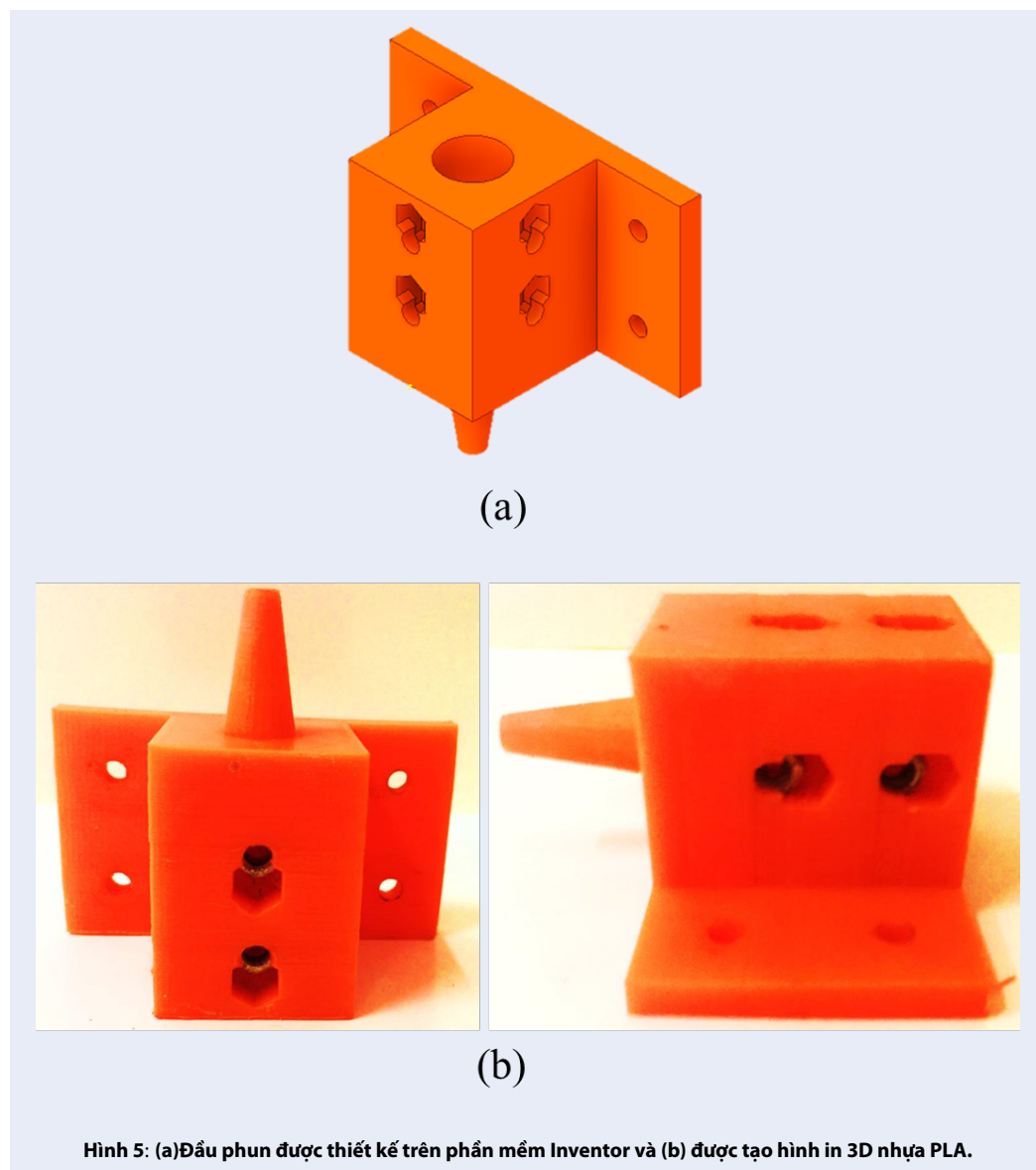
Tên linh kiện	Thông số kỹ thuật	Công dụng
Nhóm định hình 2020EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiết diện: 20x20mm</li> <li>Chiều dài: 400mm</li> </ul>	Tạo khung máy, chịu lực, nâng đỡ và bảo vệ kết cấu máy.
Thanh trượt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 8mm</li> <li>Chiều dài: 400mm</li> </ul>	Định hướng các trục truyền động, giữ các cơ cấu máy không lệch khỏi hướng chuyển động.
Bộ truyền trục vitme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 8mm</li> <li>Chiều dài: 250mm</li> </ul>	Biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Qua đó, dẫn động các kết cấu và mũi in đến vị trí cần in.
Khớp nối đai ốc vitme	Đường kính: 8mm	Bộ phận trung gian giúp liên kết gối đỡ vitme với các kết cấu khác. Đồng thời, có tác dụng nâng đỡ các kết cấu.
Ổ bi trượt	Đường kính: 8mm	Kết hợp với thanh trượt giúp định hướng trục chuyển động và ổn định các trục.
Ke góc	Kích thước: 20x28mm	Liên kết các thanh nhôm định hình.
Gối đỡ	Đường kính 8mm	Cố định hai đầu thanh trượt
Bu-lông lục giác	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 5mm</li> <li>Chiều dài: 8mm</li> </ul>	Kết hợp cùng đai ốc chữ T giữ cố định các chi tiết kết cấu trên thanh nhôm định hình.
Đai ốc chữ T	Đường kính 5mm	Cố định chi tiết kết cấu
Động cơ bước NEMA17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiều dài: 34mm</li> <li>Cường độ dòng điện: 1,2A</li> </ul>	Truyền động cho trục vitme
Khớp nối trục	Đường kính trục: 5mm và 8mm	Liên kết trục động cơ và trục vitme

**Bảng 2: Tóm tắt các linh kiện sử dụng cho chế tạo bộ cấp liệu**

Tên linh kiện	Thông số kỹ thuật	Công dụng
Trục vít	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 8mm</li> <li>Chiều dài: 450mm</li> <li>Bước ren: 1,25mm</li> </ul>	Biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến.
Thanh trượt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 8mm</li> <li>Chiều dài: 420mm</li> </ul>	Định hướng trục truyền động.
Đai ốc lục giác	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 8mm</li> <li>Chiều dày: 6,44mm</li> <li>Bước ren: 1,25mm</li> </ul>	Kết hợp với trục vít truyền động
Ổ bi trượt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính ngoài: 15mm</li> <li>Đường kính trong: 8mm</li> <li>Chiều cao: 24mm</li> </ul>	Kết hợp với thanh trượt tròn giúp định hướng trục chuyển động.
Nhóm định hình	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiết diện: 20x40mm</li> <li>Chiều dài: 500mm</li> </ul>	Sử dụng làm đế cố định các kết cấu, chi tiết.
Động cơ bước NEMA17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiều dài: 48mm</li> <li>Cường độ dòng điện: 1,5A</li> </ul>	Truyền động cho trục vít.
Khớp nối trục	Đường kính trục: 5mm – 8mm	Nối trục động cơ và trục vít.
Bu-lông và đai ốc chữ T	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đường kính: 5mm</li> <li>Chiều dài bu-lông: 8mm</li> </ul>	Cố định các kết cấu, chi tiết trên thanh nhôm định hình.

**Bảng 3: Thành phần hóa của nguyên liệu samot và cao lanh**

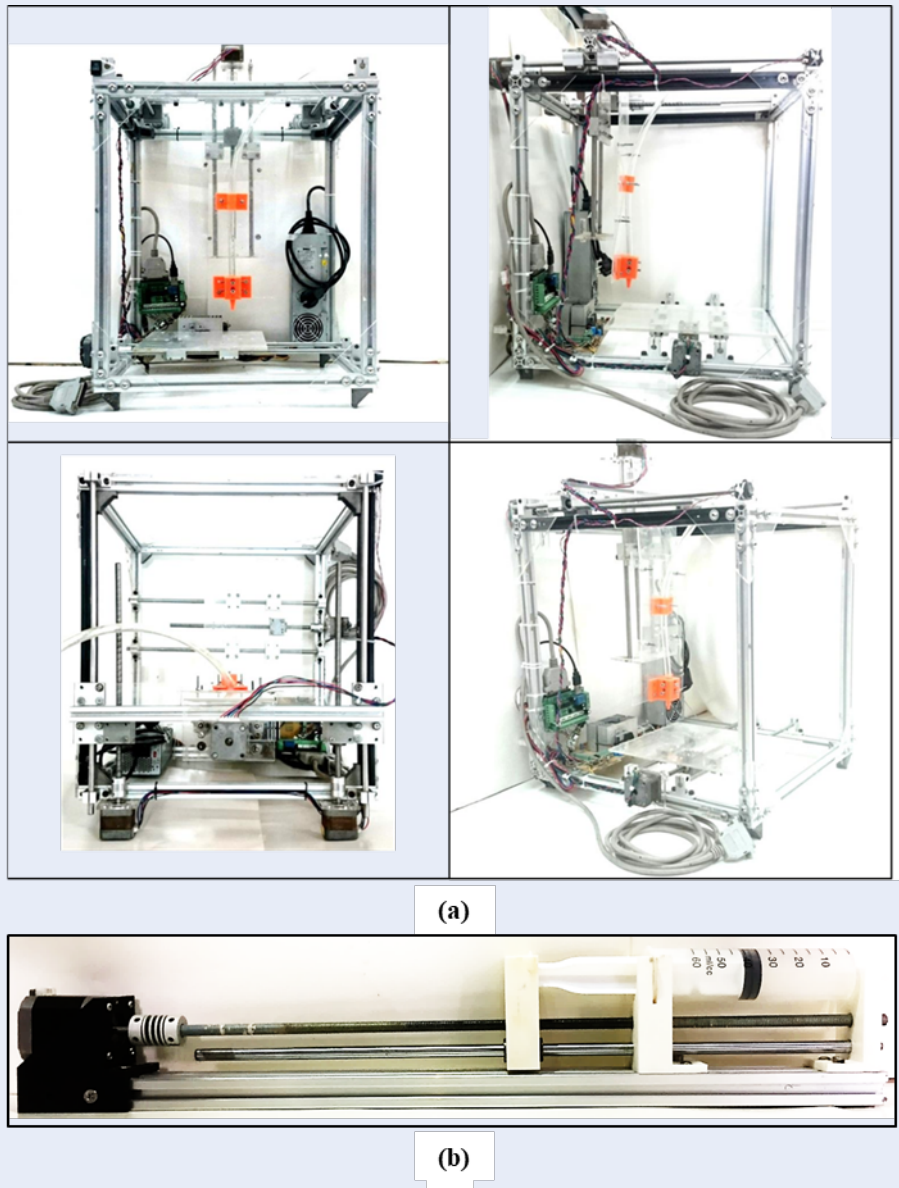
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	CeO <sub>2</sub>	PbO	MgO	Oxit khác	MKN 1000C
Cao lanh	55,52	29,18	2,32	2,14	1,59	0,22	0,12	0,12	0,00	0,25	8,53
Samot	77,50	16,00	1,60	2,96	1,26	0,26	0,00	0,00	0,14	0,28	0,00



**Hình 5: (a)Đầu phun được thiết kế trên phần mềm Inventor và (b) được tạo hình in 3D nhựa PLA.**

**Bảng 4: Bảng cấp phối M1 theo thành phần phần trăm khối lượng**

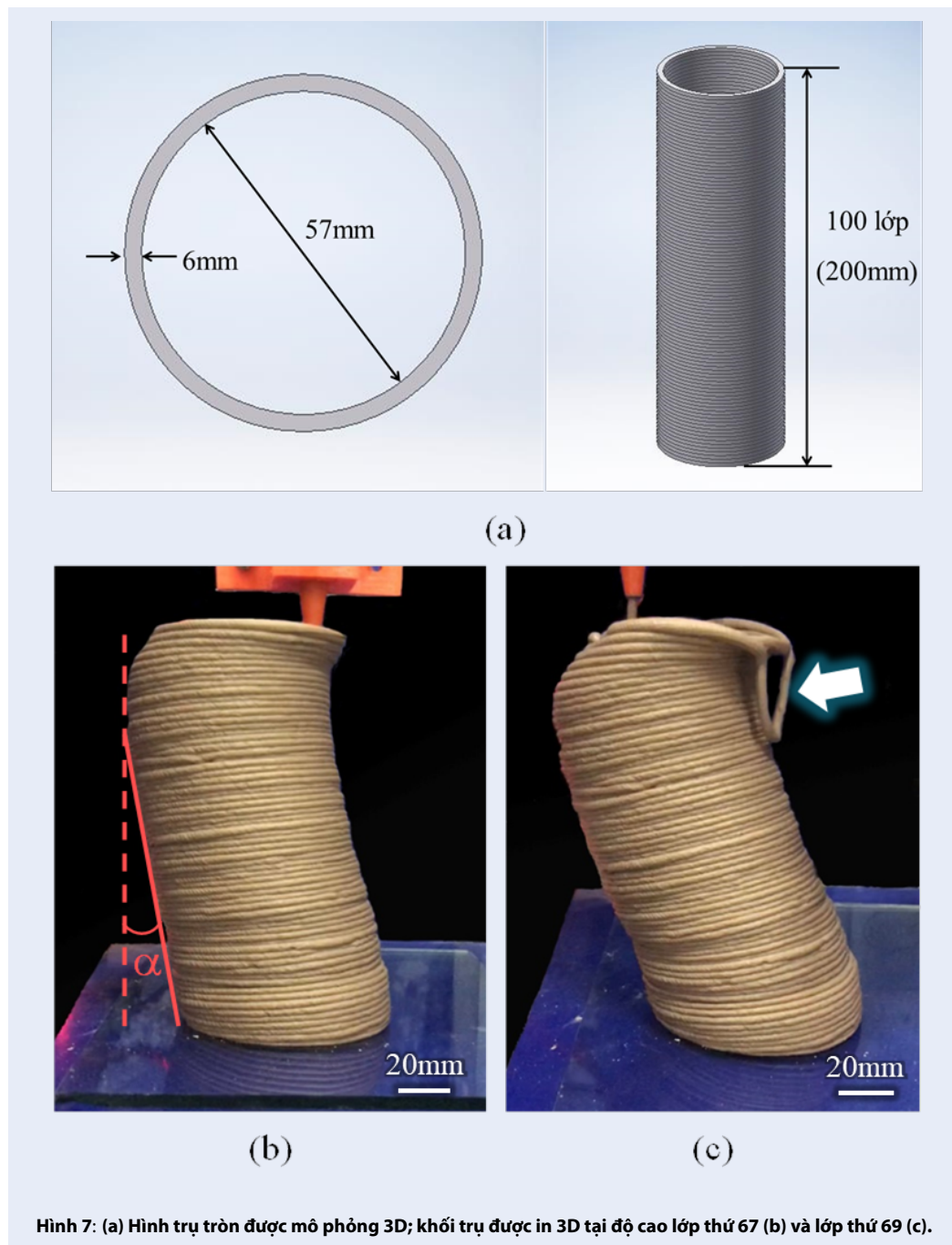
Cao lanh (%)	40
Samot (%)	60
STPP (%)	1,2
Độ ẩm (%)	19,5



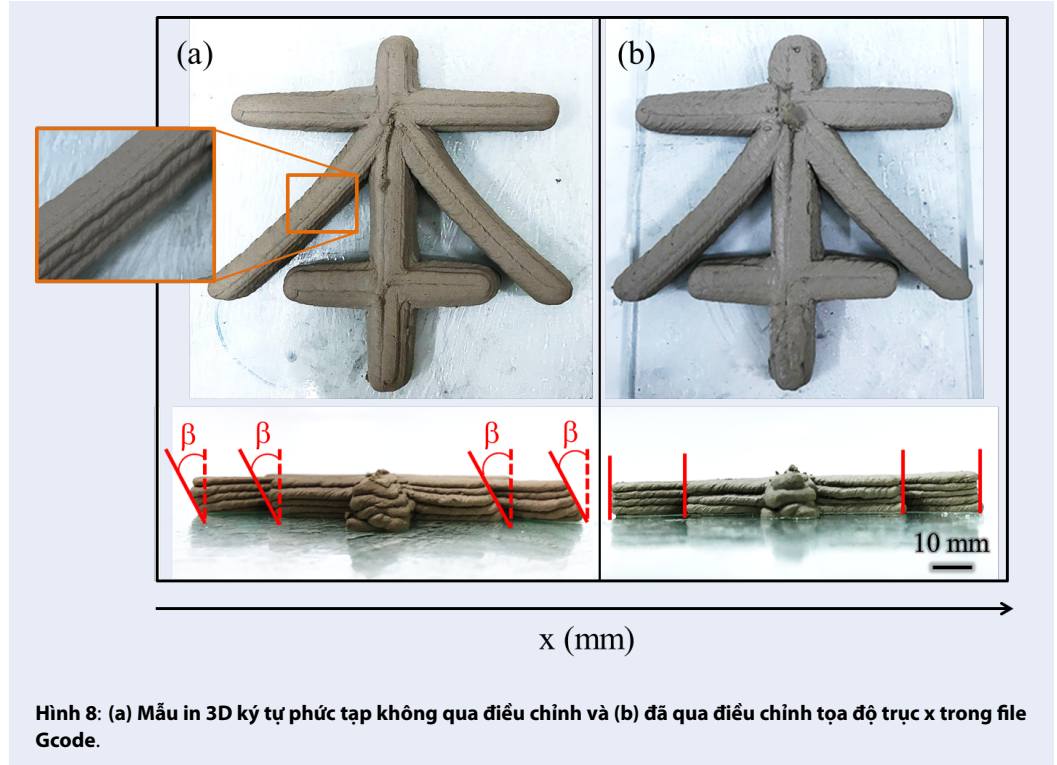
Hình 6: Máy in 3D với các góc chiếu khác nhau (a) và (b) mô hình hệ thống cấp liệu hoàn thiện.

sẽ thay đổi tương ứng. Tuy nhiên, việc tăng lên của vận tốc in không đảm bảo được tính ổn định của máy (máy rung giật), bởi vì để giữ mũi in chuyển động liên tục gia tốc cũng sẽ tăng lên và dẫn đến sự tăng lên của lực quán tính. Hơn nữa, khi tốc độ in quá nhanh, các lớp vật liệu chưa kịp bay hơi ẩm (độ ẩm vẫn còn cao) nên khả năng chịu lực hay khả năng nâng đỡ giữa các lớp vật liệu vẫn còn yếu, mẫu in sẽ dễ biến dạng. Đối với mực in M1, sau khi được ứng dụng vào máy in và thực nghiệm in khối trụ (được thiết kế trên phần mềm Autocad kết hợp sử dụng Gcode lập trình quỹ đạo chuyển động của mũi in trên file text) có đường

kính trung bình 60mm, độ cao 200mm tương đương 100 lớp (Hình 7a), nhận thấy tại độ cao lớp thứ 67, khối trụ bắt đầu mất cân bằng và xuất hiện hiện tượng nghiêng đổ ( $a > 0$ ) về bên trái (Hình 7b). Đến lớp thứ 69 khối trụ lệch khỏi quỹ đạo in và đổ sụp hoàn toàn (Hình 7c). Vì vậy, ứng với mực in M1 và hình dạng khối trụ kích thước như trên, độ cao lớp thứ 67 là độ cao tối hạn của mẫu in trong mô hình thiết kế này. Ngoài ra, trong quá trình in, khi trục x chuyển động trong biên độ lớn ( $> 100\text{mm}$ ), đã phát sinh hiện tượng mẫu vật nghiêng về phía bên trái ( $b > 0$ ), hay mũi in đã di chuyển lệch khỏi quỹ đạo in (1 - 2mm) về chiều







Hình 8: (a) Mẫu in 3D ký tự phức tạp không qua điều chỉnh và (b) đã qua điều chỉnh tọa độ trục x trong file Gcode.

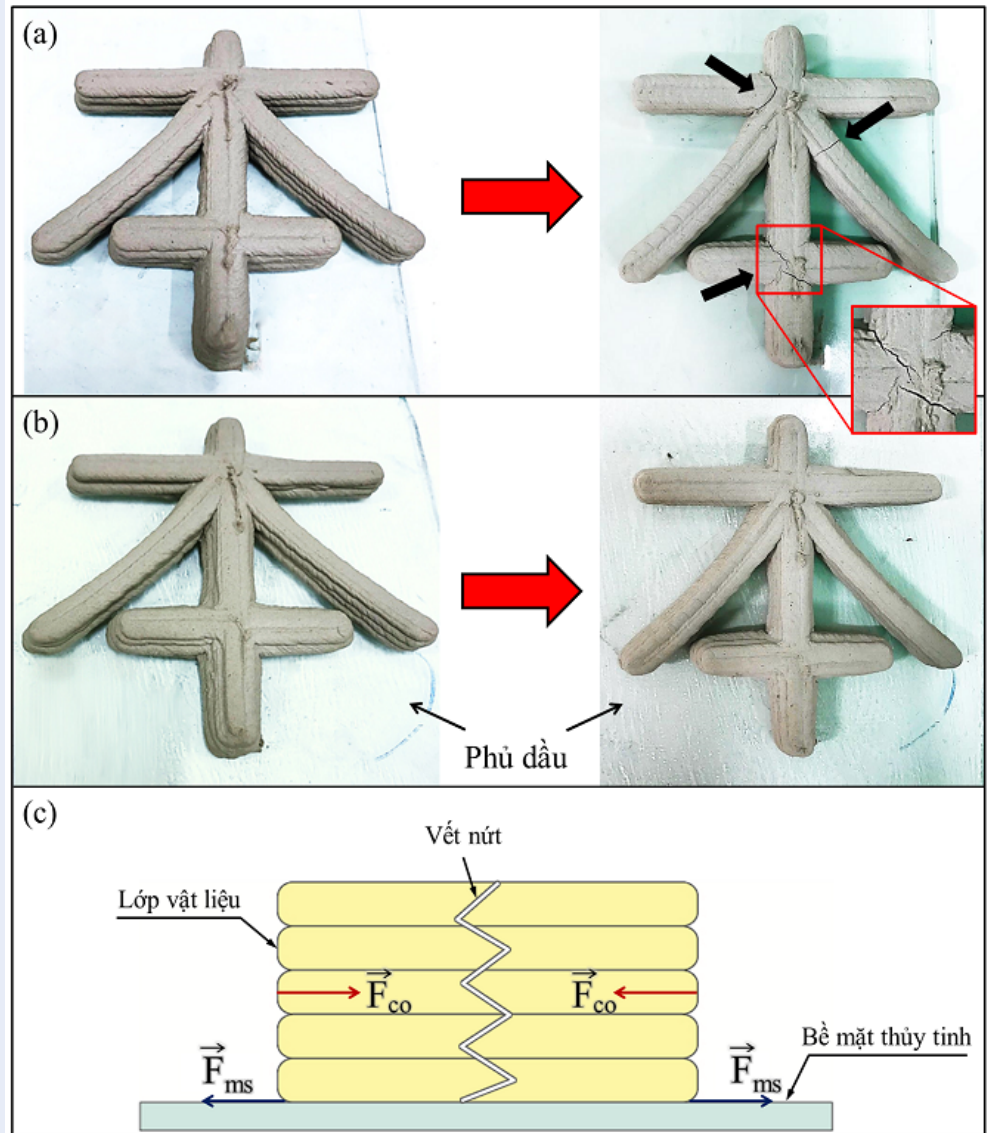
âm của trục x sau mỗi lớp in (Hình 8a). Đây cũng chính là một trong những nguyên nhân dẫn đến sự đổ sập của khối trụ trên. Do đó, muốn đạt được độ chính xác cao trong các bước chuyển động của trục thì yêu cầu chế tạo các trục và đai ốc vitme phải đáp ứng dung sai tối thiểu trong khoảng 50 – 150  $\mu$ m. Bên cạnh, có thể khắc phục vấn đề trên bằng việc điều chỉnh tọa độ trục x của mẫu in (+1 hoặc +2mm) trong file Gcode (Hình 8b). Từ nghiên cứu trước của Revelo về mực in cao lanh cho máy in 3D<sup>3</sup>, cho thấy bề mặt in càng thô ráp hoặc thấm hút thì lớp in đầu tiên càng ổn định và liên tục. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, bề mặt in còn ảnh hưởng đến độ hoàn thiện của mẫu in trong quá trình thoát hơi ẩm. Đối với bề mặt thủy tinh thông thường (Hình 9a), có hiện tượng bám dính tại bề mặt tiếp xúc giữa mực in và thủy tinh, do bề mặt thủy tinh thực tế không trơn nhẵn hoàn toàn. Từ đó, xuất hiện lực ma sát  $F_{ms}$  giữa bề mặt in và mẫu vật có chiều hướng chống lại lực co ngót  $F_{co}$  sinh ra trong quá trình bay hơi ẩm (ở khoảng 30°C – nhiệt độ phòng), gây nên ứng suất nội giữa các lớp vật liệu và khiến cho mẫu in bị nứt vỡ (Hình 9c). Đối với bề mặt thủy tinh được phủ một lớp dầu hoặc lớp chống dính (Hình 9b) để hạn chế sự ma sát tại bề mặt tiếp xúc, do đó ứng suất nội cũng giảm đi đáng kể và quá trình co lại của mẫu in diễn ra đều hơn, hạn chế được hiện tượng nứt rạn.

Sau cùng, tiến hành thực nghiệm in các mẫu in có nhiều hình dạng và kích thước khác nhau (từ đơn giản đến phức tạp), được thể hiện trong hình 10. Các mẫu in đơn giản như các hình trụ, hình hộp chữ nhật, hình lăng trụ tam giác đều, đã được thực hiện trên máy in 3D (hình 10-a). Từ đó, mẫu in được thiết kế nâng cao thành các hình dáng chữ cái la tinh, hán tự (hình 10-b) và thậm chí là các hình dạng phức tạp như bình hoa hay một hình dáng bất kỳ (hình 10-c). Các sản phẩm in sau đó được nung kết khối ở nhiệt độ 1000°C với tốc độ nâng nhiệt 4°C/chút, bước đầu đánh giá cảm quan cho thấy các mẫu sản phẩm đạt được một độ bền cơ lý nhất định. Bên cạnh đó, có thể phối trộn thêm bột màu (5 - 10%) vào thành phần phối liệu mực in, giúp tăng tính thẩm mỹ và nghệ thuật hơn cho sản phẩm sau khi in (hình 10).

## KẾT LUẬN

Hệ thống máy in 3D dựa trên mô hình kiểu tọa độ Decartes được xây dựng với các tính năng phù hợp và hoạt động tương đối ổn định. Trong đó, với vận tốc cực đại của mũi in 8,3mm/s và tốc độ dòng liệu tương ứng 0,22g/s cho phép máy in hoạt động ổn định. Bằng phần mềm điều khiển Mach3, hệ thống có thể thực hiện các thao tác in với các khối hình khác nhau từ đơn giản đến phức tạp. Tuy nhiên, vẫn còn những thiếu sót trong hệ thống nhưng có thể khắc phục.





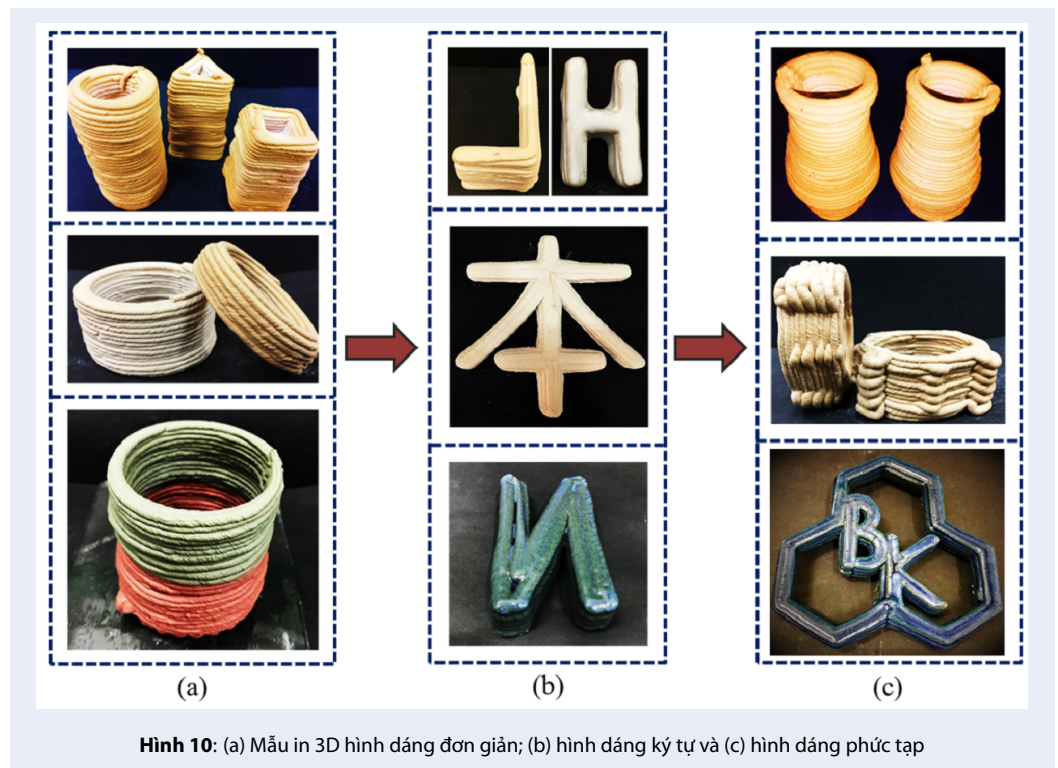
**Hình 9:** Mẫu vật được in trên bề mặt thủy tinh không được phủ dầu (a) và (b) được phủ dầu; (c) Tương tác lực trong quá trình bay hơi ẩm.

Thêm vào đó, với đầu phun mực được thiết kế độc lập với khung máy, cho phép việc tháo lắp dễ dàng, thuận lợi cho việc thay đổi kích thước mũi in và giảm được tải trọng của đầu in lên trục z. Bên cạnh đó, hệ thống cấp liệu cũng có thể dễ dàng thay đổi sao cho phù hợp với các loại mực in khác nhau, vì vậy máy in trở nên linh hoạt hơn và đa dạng hơn về nguồn mực sử dụng. Ngoài ra, từ các thực nghiệm cho thấy mực in M1 hoạt động trên máy in tương đối ổn định và hiệu quả, các mẫu in đạt được độ hoàn thiện tương đối cao. Bước đầu đánh giá cảm quan cho thấy các mẫu sản phẩm đạt được độ bền cơ lý nhất định, mặc dù độ co và độ

sụt vẫn còn cao. Hơn nữa, từ kết quả cho thấy khi thao tác in trên bề mặt chống dính, mẫu vật in sẽ hạn chế được sự nứt vỡ trong quá trình thoát ẩm. Cùng với việc phối trộn thêm bột màu có thể giúp gia tăng tính thẩm mỹ cho sản phẩm. Từ đó, tạo tiền đề cho việc nâng cao quy mô và ứng dụng kỹ thuật in 3D cho vật liệu mực in gốm sứ vào thực tế với mục đích tạo hình, trang trí mỹ thuật công nghiệp hoặc dân dụng.

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

AM: kỹ thuật in 3D – Additive Manufacturing



Hình 10: (a) Mẫu in 3D hình dáng đơn giản; (b) hình dáng ký tự và (c) hình dáng phức tạp

SCARA: mô hình điều khiển cánh tay robot – The Selective Compliance Assembly Robotic Arm

ME: phương pháp đùn ép vật liệu – Material Extrusion

CAD/CAM: thiết kế có sự trợ giúp của máy tính – Computer-aided Design và công nghệ gia công có sự trợ giúp của máy tính – Computer-aided Manufacturing

PLA: nhựa nhiệt dẻo phân hủy sinh học dùng làm mực in cho máy in 3D – Polylactide Acids

XRF: phương pháp phân tích thành phần hóa bằng phương pháp huỳnh quang tia X – X-ray Fluorescence

STPP: phụ gia giảm lượng nước phối trộn và gia tăng độ linh động của phối liệu – Sodium Tripolyphosphate

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

## ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Triệu Chí Cân đóng góp thu thập tài liệu, chuẩn bị nguyên liệu và mực in, vận hành máy in, thu thập số liệu từ kết quả thực nghiệm và viết bản thảo.

Nguyễn Minh Thiện, Lê Quan Thiên Toàn, Đàm Mạnh Quyền đóng góp thiết kế, chế tạo, vận hành máy in.

Trần Anh Tú đóng góp vận hành máy in, kết quả thực nghiệm, thảo luận.

Nguyễn Ngọc Trí Huỳnh đưa ra ý tưởng, chỉnh sửa bản thảo.

Nguyễn Khánh Sơn định hướng chung, kết luận nghiên cứu và kiểm tra bản thảo lần cuối.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bandyopadhyay A, Bose S, Das S. 3D printing of biomaterials. *MRS bulletin*. 2015;40(2):108–115.
2. Hwa LC, Uday MB, Ahmad N, Noor AM, Rajoo S, Zakaria KB. Integration and fabrication of the cheap ceramic membrane through 3D printing technology. *Materials Today Communications*. 2018;15:134–142.
3. Revelo CF, Colorado HA. 3D printing of kaolinite clay ceramics using the Direct Ink Writing (DIW) technique. *Ceramics International*. 2017;.
4. "StoneFlower: Ceramic 3D Printing KIT," Kickstarter. [Online]. [Accessed: 27-May-2018]. Available from: <https://www.kickstarter.com/projects/1771960444/stoneflower-ceramic-3d-printing-kit>.
5. Kruth JP, Leu MC, Nakagawa T. Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. *CIRP Annals*. 1998;47(2):525–540.
6. "Cartesian, Delta, and Polar: The Most Common 3D Printers | Make:" [Online]. [Accessed: 27-May-2018]. Available from: <https://makezine.com/2015/03/10/cartesian-delta-polar-common-3d-printers/>.
7. "3D Printing Ceramics - Olivier van Herpt." [Online]. Available from: <http://oliviervanherpt.com/3d-printing-ceramics/>.
8. Gia Huy, "Độc đáo máy in gốm 3D," BAOMOI.COM, 08-May-2019. [Online]. [Accessed: 01-Jun-2019]. Available from: <https://baomoi.com/s/c/30631368.epi>.

9. Lee JY, An J, Chua CK. Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. *Applied Materials Today*. 2017;7:120–133.
10. "Syringe Pump," Dr. D-Flo. [Online]. [Accessed: 30-May-2018]. Available from: <https://www.drdflo.com/syringe/>.
11. Zhong G, Vaezi M, Liu P, Pan L, Yang S. Characterization approach on the extrusion process of bioceramics for the 3D printing of bone tissue engineering scaffolds. *Ceramics International*. 2017;43(16):13860–13868.
12. Wong KV, Hernandez A. A review of additive manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering*. 2012;2012.
13. ȘOVĂILĂ Florin, ȘOVĂILĂ Claudiu, Nicușor B. DELTA 3D PRINTER. *JIDEG*. 2016;(11):29–34.

# Development of 3d printer for silicate-based materials

Chi-Can Trieu<sup>1</sup>, Minh-Thien Nguyen<sup>1</sup>, Thien-Toan Quan Le<sup>1</sup>, Manh-Quyen Dam<sup>1</sup>, Anh-Tu Tran<sup>1</sup>,  
Tri-Huynh Ngoc Nguyen<sup>1,2</sup>, Khanh-Son Nguyen<sup>1,\*</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

3D printer and 3D printing technology are now considered as one of the key factor in the manufacturing industry. In the near future, we could envisage different application of 3D printing method in the sector of materials processing and production. In the sector of civil engineering, they existed somewhere some construction works developed with 3D printing technology. In this study, we aim to manufacture laboratory-scale printers with nozzles and extrusion feeding systems suitable for paste such as the case of clay-based materials of silicate industry. The movement system was encoded and controlled via the motherboard (Mach 3 controller software). Stepper motors and shaft drives were also implemented in the frame element of such printer. The feeding system was designed based on the extrusion method including cylinder and piston element. Based on that, sample size 200x300x300mm was available for operation testing. Concerning the performance of the instrument, we have obtained printed specimens with different geometric shapes with complexity. From the obtained result, we also discussion on the feasibility up scaling the study and developing a 3D printer for silicate based materials.

**Key words:** 3D printer, silicate processing, printing ink, clay-based paste

<sup>1</sup>Faculty of Materials of Technology, Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

<sup>2</sup>Tokyo University of Science

## Correspondence

**Khanh-Son Nguyen**, Faculty of Materials of Technology, Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

Email: ksnguyen@hcmut.edu.vn

## History

- Received: 1-3-2019
- Accepted: 20-6-2019
- Published: 31-12-2019

DOI : 10.32508/stdjet.v2iS12.460



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Trieu C, Nguyen M, Le T Q, Dam M, Tran A, Nguyen T N, Nguyen K. **Development of 3d printer for silicate-based materials.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2(S12):S11-S114.