

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY IN 3D KHỔ RỘNG

DESIGNING AND MANUFACTURING LARGE SCALE 3D PRINTER

Trần Viết Thắng¹, Phạm Quốc Phương², Nguyễn Ngọc Lâm¹

¹Phân viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa tại TP. Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Công nghệ TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ máy in 3D khổ rộng. Hệ thống bao gồm cơ cấu cơ khí dạng 3 trục tịnh tiến, bộ điều nhiệt đầu đùn và bộ điều khiển tự động. Một số giải pháp đề xuất nhằm tăng độ đồng đều, độ chính xác cao cho một thể tích in lớn như thiết kế drivers và giải thuật điều khiển phù hợp, gia tăng độ cứng vững được áp dụng.

Máy có các tính năng kỹ thuật như sau: Công nghệ in: FDM; Vật liệu nhựa: PLA, ABS; Kích thước in 1200(X) x 610 (Y) x 1200 (Z) mm; Độ phân giải trục: X, Y, Z: 5, 10, 1 μ m tương ứng; Tốc độ in: 150 mm/s; Chiều cao lớp in: 50-800 μ m; File in: Gcode, STL file; Bộ đầu in: 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 mm; Kết nối máy in 3D và dữ liệu: SD, USB, Wifi, Internet; Firmware: Marlin.

Từ khoá: Máy in 3D FDM; Máy in 3D khổ rộng; Điều khiển máy in 3D.

ABSTRACT

The paper presents the results of research on designing and manufacturing large scale 3D printer. The system consists of a 3-axis cartesian mechanism, an extrusion head with temperature control and an automatic control controller. Some solutions such as design drivers and control algorithms appropriately, increase rigidity are applied to increase uniformity, high accuracy for a large print volume.

The machine has the following technical features: Print technology: FDM; Plastic material: PLA, ABS; Print size 1200 (X) x 610 (Y) x 1200 (Z) mm); Axis resolution: X, Y, Z: 5, 10, 1 μ m respectively; Print speed: 150 mm / s; Printing layer height: 50-800 μ m; Print file: Gcode, STL file; Printhead set: 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 mm; 3D printer connection and data: SD, USB, Wifi, Internet; Firmware: Marlin.

Keywords: FDM 3D printer; Large scale 3D printer; 3D printer control.

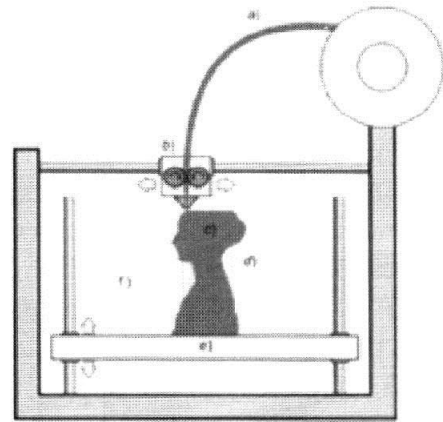
1. GIỚI THIỆU

Công nghệ in 3D (3D Printer) là một thành tố cơ bản trong công nghệ 4.0, cho phép tạo một sản phẩm bằng cách tự động bồi đắp dần các lớp vật liệu (giấy, nhựa, kim loại,...) theo một bản vẽ hay một mô hình 3D thiết kế trước trong máy tính, thay vì phải cắt gọt phôi như gia công sản phẩm truyền thống. Do đó, công nghệ in 3D cho phép tạo sản phẩm nhanh, dễ dàng, tùy biến và tiết kiệm, góp phần đáp ứng nhu cầu cấp bách của doanh nghiệp trong thời kỳ cạnh tranh toàn cầu hiện nay. Máy in 3D không chỉ tạo mẫu nhanh (prototype) để kiểm tra, kiểm định, mà còn cho phép sản xuất loạt nhỏ, giá thành thấp mà không phải chế tạo khuôn mẫu tốn thời gian và chi phí.

Các công nghệ và thiết bị in 3D tạo mẫu nhanh chủ yếu bao gồm: Công nghệ SLA (Stereolithography Apparatus) sử dụng tia laser hoá rắn polymer nhạy sáng lỏng); Công nghệ SLS (Selective Laser Sintering): sử dụng tia laser để thiêu kết vật liệu bột (nhựa, kim loại, thạch cao); Công nghệ 3DP kết hợp tạo lớp SLS với công nghệ in phun 2D để liên kết các lớp; Công nghệ LOM (Laminated Object Manufacturing) sử dụng tia laser để cắt vật liệu (giấy) dạng tấm và kết dính các lớp với nhau; Công nghệ FDM (Fused Deposition Manufacturing) sử dụng vật liệu nóng chảy đùn qua đầu phun tạo hình, sau đó đông cứng. Hai loại máy in 3D kiểu FDM phổ biến là cơ cấu 3 trục tịnh tiến và robot song song loại Delta. Robot 3D kiểu tịnh tiến có ưu thế là sử dụng vật liệu nhựa và ép đùn nên có tính linh động cao và cho phép sản xuất sản phẩm kích thước lớn – là đối tượng lựa chọn của nghiên cứu này.

Công nghệ in 3D FDM kiểu 3 trục tịnh tiến gồm các thành phần: Máy tính kết nối chứa phần mềm thiết kế sản phẩm 3D; Thiết bị in

3D (Hình 1) gồm: Đầu đùn (b) được gắn với hệ thống dịch chuyển X-Y và tấm sàn (e) gắn với trục Z nâng/hạ. Vật liệu (a) được nung chảy ở đầu đùn và được rải thành lớp bên trên sàn (e) trong giới hạn tạo hình định trước.



Hình 1: Máy in 3D FDM [1]

Phần mềm thiết kế mô hình CAD 3 chiều dựa trên các chương trình cơ sở như: Solidworks, ProE,... Hoặc có thể sử dụng một tập tin CAD có từ trước, hoặc tạo mới bằng thiết bị Scanner 3D. Phần mềm chuyển đổi mô hình CAD sang định dạng STL (stereolithography - là quỹ tích của các mặt tam giác phẳng lắp ráp liên tục với nhau thể hiện bề mặt của vật thể trong không gian ba chiều). Phần mềm cắt file STL: thực hiện tiền xử lý file STL, cắt file STL thành những tiết diện theo thứ tự trên trục Z, cho phép người dùng điều chỉnh kích thước, vị trí và hướng đặt, để mô hình. Sau đó, mô hình một lớp mới được xây dựng trên đỉnh của lớp trước đó.

Máy in 3D đã được phát triển rất mạnh trong những năm gần đây với giá thành từ vài trăm USD (máy FDM với vật liệu nhựa) tới hàng triệu USD (máy in 3D vật liệu kim loại). Một số nhà sản xuất máy in 3D tiêu biểu như dòng máy in 3D của Systems ProX DMP 350 [2] hay Makerbot [3]. Máy in 3D khổ rộng BigRep

One v3 [4], MacroMakerIT (Mỹ) [5] cho phép tạo sản phẩm tới 600 mm x 1200 mm với giá \$8.000.

Vấn đề phát triển, làm chủ công nghệ máy in 3D đã được giới chuyên môn trong nước quan tâm, đặc biệt là các sản phẩm sử dụng công nghệ FDM đùn ép vật liệu nhựa. Một số sản phẩm nghiên cứu của Phòng Thí nghiệm Trọng điểm (DCSELAB) của Đại học Quốc gia TP.HCM [6 - 9] đã thiết kế chế tạo máy in 3D, cho phép tạo sản phẩm công nghệ đùn sợi nhựa với bàn máy 3D cho sản phẩm kích thước nhỏ 270 x 250 x 250 mm, độ chính xác đạt $\pm 0,25$ mm. Trên thị trường hiện có nhiều mẫu máy in 3D nội địa. CGen [10] đã tích hợp một các chi tiết để tạo máy có độ cứng vững cao, cho độ nét cao, độ dày mỗi lớp in từ 0.1mm đến 0.3mm. Giá bán: 4.990.000 VND.

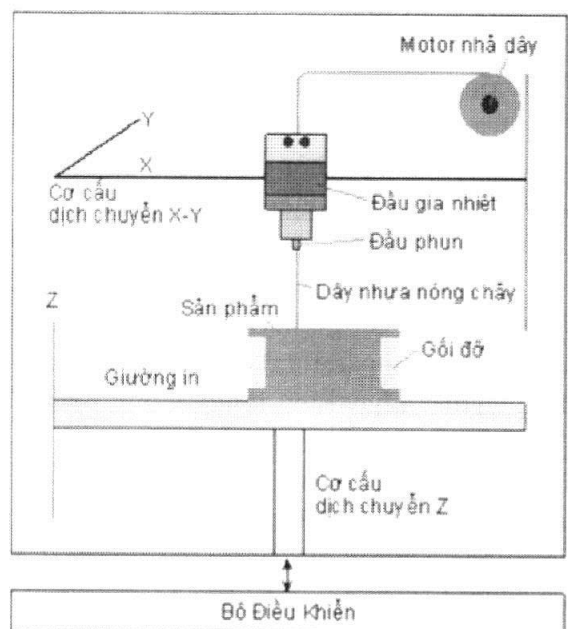
Hiện nay, nhu cầu tạo ra các sản phẩm in 3D kích thước lớn là vấn đề được đặt ra. Thế hệ máy in 3D khổ lớn sẽ hỗ trợ đắc lực cho thiết kế kiến trúc, xây dựng, cơ khí, mỹ thuật và in ấn quảng cáo, studio,... giúp các doanh nghiệp tạo ra sản phẩm mẫu một cách nhanh chóng và tối ưu để kiểm tra, thử nghiệm và điều chỉnh thực tế trước khi tiến hành sản xuất hàng loạt. Do đó, doanh nghiệp tiết kiệm thời gian và chi phí chế tạo mẫu. Máy in 3D khổ lớn là sản phẩm công nghệ có nhu cầu lớn trong thực tế sản xuất trong nước. Việc nghiên cứu, phát triển sản phẩm thuộc công nghệ 4.0 là có tính cấp thiết.

2. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY IN 3D KHỔ LỚN

2.1. Lựa chọn cấu hình máy in 3D khổ rộng kiểu FDM

Cấu hình máy in 3D khổ rộng được

thiết kế theo cấu hình 3 trục tịnh tiến (Hình 2), gồm các thành phần: Hệ thống 3 trục điều khiển đầu phun di chuyển theo tọa độ X-Y và sàn giường in theo trục Z; Bộ gia nhiệt làm chảy dây nhựa gắn với đầu phun; Cơ cấu đỡ và hãm nhả cuộn dây nhựa, sử dụng motor nhả dây; Cơ cấu dẫn dây và bánh xe quay kéo dây nhựa; Quạt làm mát sản phẩm; Gối đỡ tạo khoảng trống bên trong sản phẩm; giường in, sàn máy; Khung máy và bộ điều khiển.



Hình 2: Cấu hình máy in 3D khổ rộng 3 trục tịnh tiến

2.2. Các vấn đề về động học máy in 3D khổ rộng

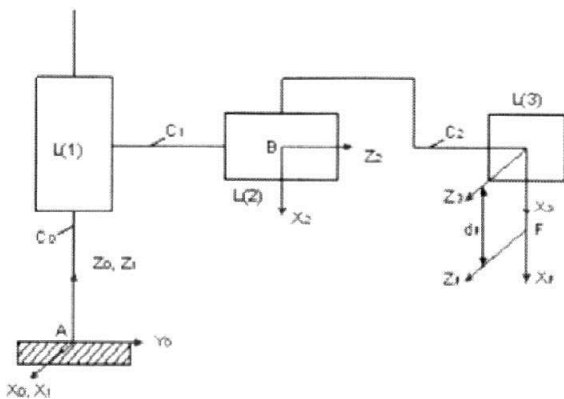
Máy in 3D 3 trục tịnh tiến thuộc về cấu hình robot tuyến tính Descartes, gồm 3 trục chuyển động theo các đường thẳng (tuyến tính) vuông góc với nhau X - Y - Z, mà trục của chúng trùng với hệ trục tọa độ Descartes. Bài toán phân tích vị trí (xác lập vị trí của đầu tác động cuối so với tâm đế) nhằm phục vụ cho lập trình điều khiển định vị chính xác. Do đó, bài toán giải tích vị trí gồm vị trí thuận (động học

thuận) và vị trí đảo (động học ngược) cần được giải quyết. Đối với động học thuận, các biến khớp nối được biết trước, bài toán cần tìm vị trí của đầu tác động. Đối với động học ngược, vị trí của đầu tác động được biết, bài toán cần tìm các biến khớp cần để đưa đầu tác động đến vị trí mong muốn.

Việc xây dựng bài toán động học cho máy in 3D có thể áp dụng phương pháp Denavit-Hartenberg (D - H) dành cho robot tọa độ tuyến tính.

Phương pháp thông số Denavit-Hartenberg (Quy ước thông số D-H) được Jacques Denavit và Richard Hartenberg đề xuất là một trong các phương pháp được ứng dụng rộng rãi để giải các bài toán động học cho robot [11, 12]. Bộ thông số D-H giúp ta xác định vị trí và hướng của một khâu so với khâu trước nó và so với hệ tọa độ gốc.

Việc chọn hệ tọa độ cơ sở và gắn các hệ tọa độ cơ sở lên các khâu theo phương pháp D-H thực hiện như trên Hình 3.



Hình 3: Chọn hệ tọa độ cơ sở và gắn các hệ tọa độ cơ sở lên các khâu robot Descarter [13]

Từ hệ tọa độ được gắn, lập bảng thông số D - H cho robot tọa độ Descarter như sau:

Bảng 1: Bảng thông số D-H cho máy in 3D khổ rộng

Khớp i	σ_i	α_i	d_i	θ_i	r_i
1	1	0	0	0	r_1
2	1	-90°	0	90°	r_2
3	1	90°	0	θ_3	r_3
F	-	0	d_F	0	0

σ_i : Biểu thị loại khớp: $\alpha_i = 0$ khi là khớp xoay, và $\alpha_i = 1$ khi là khớp trượt; α_i : Là góc giữa các trục Z_{i-1} và Z_i tương ứng với sự quay quanh X_{i-1} ; d_i : Là khoảng cách giữa Z_{i-1} và Z_i dọc theo X_{i-1} ; θ_i : Là góc giữa các trục X_{i-1} và X_i tương ứng với sự quay quanh Z_i ; r_i : Là khoảng cách góc giữa X_{i-1} và X_i dọc theo Z_i .

Căn cứ vào Bảng thông số D - H (Bảng 1) và ma trận D - H, ta xác định được ma trận tọa độ của một khâu, từ đó có thể thiết lập ma trận biến đổi 4x4 liên hệ với hai tọa độ liên tiếp. Ma trận biến đổi kết quả là [13]:

$${}^0T_F = {}^0T_1 {}^1T_2 {}^2T_3 {}^3T_F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & r_3 \\ 0 & 1 & 0 & r_2 \\ -1 & 0 & 0 & r_1 - d_F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Mô hình động học robot biểu thị các quan hệ tính toán tọa độ hoạt động, đưa ra vị trí của khâu cuối F theo các tọa độ khớp [149]: $X = F(q)$, trong đó vectơ của tọa độ khớp cơ giới là: $q = (r_1 \ r_2 \ r_3)^T$ và vị trí của khâu cuối là: $X = (x_F \ y_F \ z_F)^T$.

Mô hình động học cho vận tốc của khâu cuối $\dot{X} = (\dot{x}_F \ \dot{y}_F \ \dot{z}_F)^T$ theo tốc độ khớp $\dot{q} = (\dot{r}_1 \ \dot{r}_2 \ \dot{r}_3)^T$, sử dụng ma trận Jacobi $J(q)$, ta có:

$$\dot{X} = J(q)\dot{q} \Rightarrow \dot{q} = J^{-1}(q)\dot{X}, J_{ij} = \frac{\partial F_i(q)}{\partial q_j} \quad (2)$$

Mô hình động học thuận nhận được từ mô hình hình học thuận:

$$\dot{x}_F = \dot{r}_3; \dot{y}_F = \dot{r}_2; \dot{z}_F = \dot{r}_1 \quad (3)$$

Mô hình động học ngược nhận được từ mô hình hình học ngược:

$$\dot{r}_3 = \dot{x}_F; \dot{r}_2 = \dot{y}_F; \dot{r}_1 = \dot{z}_F + \dot{d}_F \quad (4)$$

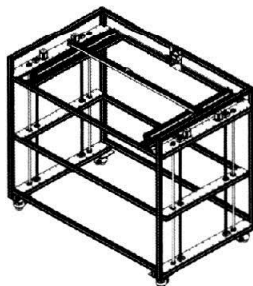
Từ các biểu thức động học thuận (3), ta có ma trận Jacobi:

$$J = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Các cấu hình này cho nghiệm $\det(J) = 0$. Ta có: $\det(J) = -1 \neq 0$, do đó robot tọa độ Descarter không có cấu hình dị thường.

2.3. Nghiên cứu các giải pháp nâng cao chất lượng sản phẩm trong máy in 3D khổ rộng theo công nghệ FDM

Các thành phần chính quyết định đến chất lượng sản phẩm in 3D bao gồm: 1) Cơ hệ dịch chuyển tuyến tính 3D; 2) Bộ điều khiển in 3D (phần cứng + phần mềm); 3) Cụm đèn phun nhựa tạo hình. Cấu hình cơ khí cho máy in 3D được đề xuất thiết kế như trên Hình 4.



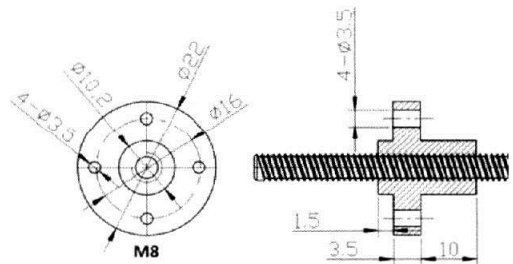
Hình 4: Bản thiết kế khung chính máy in 3D

2.3.1. Thiết kế cơ khí cứng vững và cân bằng

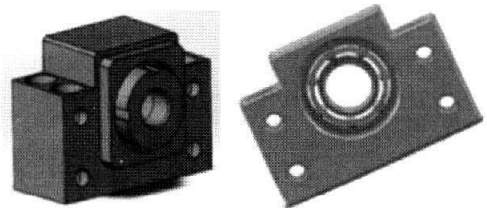
Máy in 3D thực hiện vận hành đầu phun chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang

X và Y và giường in chuyển động theo trục Z thẳng đứng để tạo sản phẩm in 3D. Với điều kiện vật liệu hiện nay có thể chọn giường in vừa nhẹ, vừa phẳng và có độ cứng tốt. Khi phần cơ khí không cứng vững, đầu đèn bị rung và có thể tạo ra sợi lỗi xuất hiện gần giống như chuyển động mờ xung quanh các cạnh hoặc các chi tiết đặc biệt, làm giảm chất lượng bản in. Khung sườn máy in 3D cần được thiết kế có độ cứng vững cao để tránh máy bị rung lắc khi vận hành in 3D. Khung máy có thể tạo từ các thanh thép hàn hoặc inox 302. Các khớp nối phải có độ cứng vững và chịu rung động va đập tốt để giảm thiểu tối đa khả năng gây ra sai số khi gia công.

Bộ truyền động vít-me - đai ốc (vít-me bi) khi được dẫn động bằng motor sẽ dịch chuyển các con lăn làm bằng thép, có độ chính xác cao (Hình 5). Khớp đỡ trục chuyển động là thành phần cố định và chịu lực cho trục Z được thiết kế chính xác (hình 6), có độ đồng tâm cao để khi lắp ráp các thành phần không bị sai số. Đặc biệt là phải đảm bảo độ đứng thẳng để giường in và mặt phẳng X-Y song song nhau.



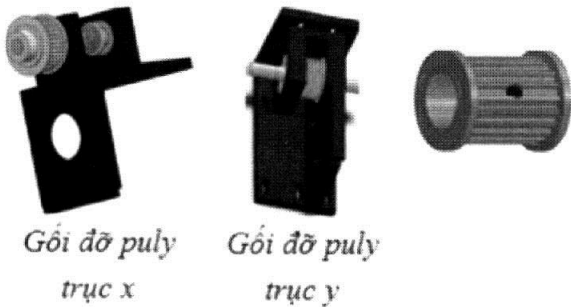
Hình 5: Bộ truyền động vít-me - đai ốc



Hình 6: Khớp đỡ vít-me và mặt bích gắn ổ bi trục Z

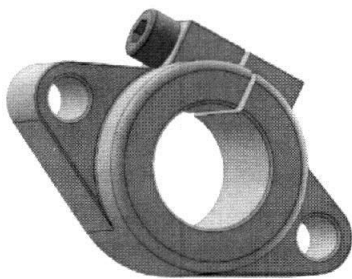
Cần điều chỉnh chính xác cân bằng và khoảng cách đầu đùn được đặt đúng. Khe hở ban đầu giữa đầu đùn và giường in phải bằng chiều cao lớp in được thiết kế.

Trên Hình 7 là các bản vẽ các chi tiết của bộ dẫn động trục X-Y.



Hình 7: Puly và bộ gá motor trục X - Y

Đối với máy in 3D khổ rộng, việc sử dụng trục vít dài có thể dẫn tới sự rung đầu phun nhựa khi chuyển động ở tốc độ cao. Chính vì vậy, việc chọn bán kính trục vít và tốc độ dịch chuyển phù hợp là quan trọng để đảm bảo độ chính xác đặt ra. Trong công trình này, chúng tôi chọn trục vít-me 20 mm và tốc độ in là 150 mm/s. Thực nghiệm cho thấy đầu in chuyển động êm và không bị rung lắc. Trong cấu hình thiết kế, 4 động cơ được đặt 4 góc, sẽ tạo lực tác động đều về đồng bộ lên giường in. Ngoài ra, máy còn được bổ sung 4 cơ cấu dẫn hướng cho trục Z (Hình 4), với ổ trục dẫn hướng được thiết kế như trên Hình 8.



Hình 8: Ổ trục thanh dẫn hướng trục Z


2.3.2. Giải pháp hạn chế sai số định vị đầu đùn máy in 3D khổ rộng

Việc sử dụng encoder – thước quang để thu nhận dữ liệu định vị gửi về bộ điều khiển cho phép đạt độ chính xác định vị cao. Tuy nhiên, giải pháp này đắt tiền. Trong hầu hết các máy in 3D đều sử dụng động cơ bước, là dạng động cơ số, cho phép điều khiển chính xác vị trí đầu in. Chính vì vậy, công trình chọn động cơ trục Z là động cơ bước. Các động cơ dẫn động trục X-Y là động cơ AC servo, cần lựa chọn các bộ truyền động chất lượng cao, ví dụ như Mitsubishi HC-KFS23 AC Servo Motor và MR-J2S-20A Driver.

2.3.3. Giải pháp điều nhiệt tự động đầu đùn

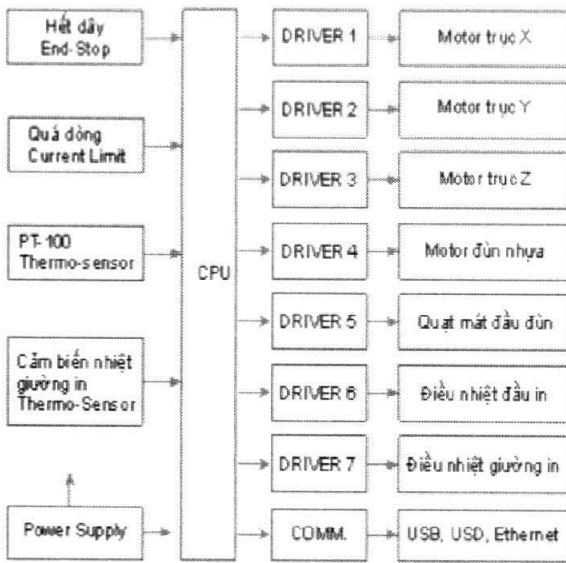
Vấn đề điều nhiệt và giải nhiệt cho đầu đùn không là vấn đề khó. Các bộ điều nhiệt sử dụng cảm biến nhiệt cho phép điều nhiệt thông dụng cho độ chính xác $\pm 0,5\%$, đảm bảo cho máy in 3D hoạt động tốt. Các sản phẩm công vênh thường có liên quan đến hiệu ứng nhiệt độ, thường là kết quả của sự khác biệt nhiệt độ đột ngột giữa nhiệt độ nóng chảy của vật liệu của vòi đùn và nhiệt độ môi trường xung quanh. Các giải pháp khắc phục bao gồm: Duy trì nhiệt độ môi trường nơi đặt máy in 3D. Nếu vật liệu là nhựa ABS, máy cần có vỏ che; Giữ bề mặt giường in không dính chất nhầy/mỡ và cần phải lau sạch bề mặt giường in bằng dung dịch theo chỉ dẫn tương ứng với vật liệu sử dụng.

2.3.4. Lựa chọn tốc độ đùn

Tốc độ đùn nhựa ở đầu đùn được điều khiển bám theo tốc độ dịch chuyển của đầu in. Việc đồng bộ 2 chuyển động này đảm bảo các lớp được trải đều trên bề mặt. Việc lựa chọn tốc độ in tùy thuộc vào cấu trúc sản phẩm in. Đối với những sản phẩm tinh xảo, tốc độ chậm sẽ tránh xuất hiện các khe, lỗ xuất hiện trên sản phẩm. 

2.3.5. Bộ điều khiển máy in 3D

Bộ điều khiển máy in 3D thực hiện đồng bộ nhiều tác vụ như điều khiển đồng bộ tốc độ nhà dây, gia nhiệt đùn nhựa và tốc độ đầu phun theo trục X-Y, giải mã G-code, xác định và điều khiển định vị đầu in, làm mát hệ thống. Công trình này được thực hiện trên thiết bị nhúng, sử dụng vi điều khiển 32 bit tính năng mạnh. Trên Hình 9 trình bày sơ đồ khối bộ điều khiển máy in 3D khổng lồ tương ứng với các thành phần ngõ ra của máy như các bộ dẫn động X-Y-Z, đùn nhựa, quạt mát, gia nhiệt đầu in, gia nhiệt giường in, các thiết bị ngõ vào như cảm biến, truyền thông,...



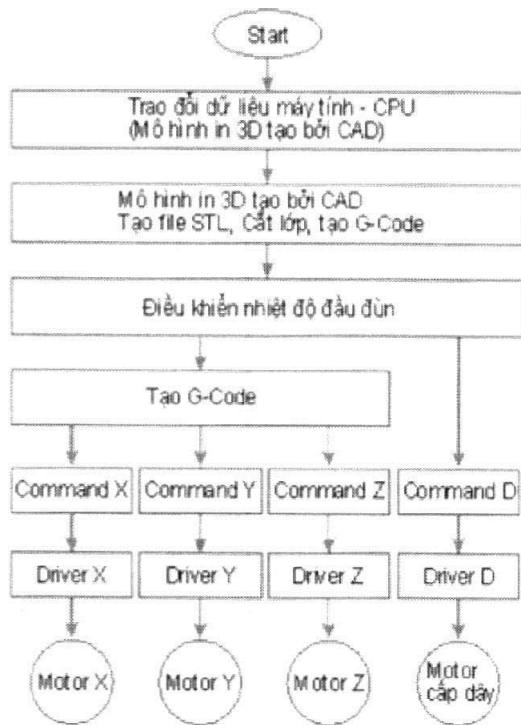
Hình 9: Sơ đồ khối bộ điều khiển máy in 3D khổng lồ được thiết kế

Bộ điều khiển được thiết kế với lõi là vi điều khiển kết hợp với các ngoại vi là driver công nghiệp điều khiển AC servo motor. Để tài chọn vi điều khiển ATSAM4E8E làm lõi cho CPU. Đây là dòng vi điều khiển Atmel® xây dựng trên bộ xử lý 32-bit ARM® Cortex®-M4 RISC hiệu suất cao và có đơn vị dấu chấm động FPU. SAM4E hoạt

động ở tốc độ tối đa 120 MHz và có tối đa 1024 Kbyte Flash, 2 Kbyte bộ nhớ đệm và lên đến 128 Kbyte SRAM. SAM4E cung cấp hàng loạt thiết bị ngoại vi kết nối tiên tiến bao gồm Ethernet MAC 10/100 Mbps hỗ trợ IEEE 1588 và CAN kép. Với một FPU chính xác duy nhất, các tính năng analog tiên tiến và đầy đủ các chức năng điều khiển và timer, SAM4E là giải pháp lý tưởng cho tự động hóa công nghiệp, điều khiển các hệ thống thông minh như IoT, công nghệ 4.0. Các ngoại vi bao gồm cổng USB tốc độ đầy đủ với bộ thu phát nhúng, Ethernet MAC 10/100 Mbps hỗ trợ IEEE 1588, MCI tốc độ cao cho SDIO/ SD/ MMC, giao diện bus ngoại vi có bộ điều khiển bộ nhớ tĩnh cung cấp kết nối SRAM, PSRAM, NOR Flash, Mô-đun LCD và NAND Flash, chế độ chụp I/O song song cho giao diện camera, tăng tốc phần cứng cho AES256, 2 USART, 2 UART, 2 TWI, 3 SPI, 4 kênh PWM, 3 bộ định thời 32 bit ba kênh mục đích tổng quát (với động cơ bước và hỗ trợ logic bộ giải mã quadrature), RTC công suất thấp, RTT năng lượng thấp, Thanh ghi dự phòng mục đích chung 256 bit, 2 giao diện Analog Front End (16-bit ADC, DAC, MUX và PGA), một DAC 12 bit (2 kênh) và bộ so sánh tương tự.

2.3.6. Giải pháp thiết kế phần mềm phân lớp phù hợp, lựa chọn tối ưu thông số đường đùn

Phần mềm in 3D có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng sản phẩm in 3D. Phần mềm máy in 3D gắn liền với quá trình thiết kế và quá trình tạo sản phẩm trên máy in 3D. Đầu tiên, mô hình 3D được tạo trên máy tính. Sau đó, phần mềm cắt lớp thực hiện tạo file G-code cho máy in và cuối cùng, máy in nhận file G-code thực hiện in sản phẩm (Hình 10).



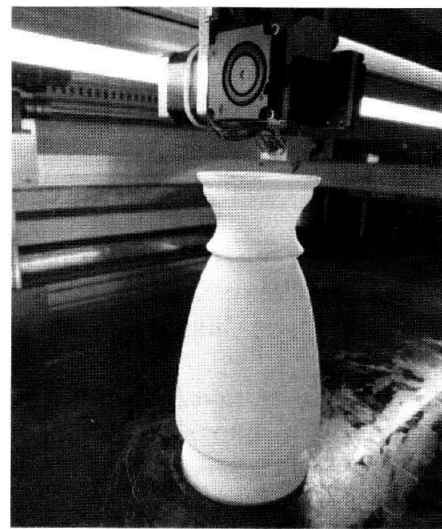
Hình 10: Chương trình điều khiển máy in 3D khổ rộng

Như đã biết, trong máy in 3D công nghệ FDM, do định dạng STL sử dụng các yếu tố mặt phẳng nên nó không thể hiện bề mặt cong một cách chính xác. Tăng số lượng mặt tam giác có thể làm tăng độ mịn của bề mặt cong, nhưng đồng thời làm tăng dung lượng file. Các chi tiết lớn, phức tạp (khổ rộng) sẽ tốn nhiều thời gian cho khâu tiền xử lý và xây dựng định dạng STL. Do đó, ta sẽ phải lựa chọn tối ưu giữa yếu tố thời gian, dung lượng file và độ chính xác để có được một file STL hữu ích. Do tính chất của mẫu tạo thành sẽ thay đổi tương đồng với phương hướng đặt. Ví dụ: Mẫu sẽ kém hơn và ít chính xác hơn theo phương Z so với phương X-Y. Ngoài ra, hướng đặt mô hình quyết định thời gian xây dựng mô hình. Do đó, việc chọn hướng tạo vật thể cũng quan trọng nhằm giảm số lượng các lớp, do đó rút ngắn thời gian xây dựng mô hình.

Bộ điều khiển nhận G-Code và tạo lệnh cho các động cơ X-Y-Z vận hành đầu phun. Đồng thời, các vòng điều khiển liên quan như điều nhiệt đầu đùn, motor cấp dây nhựa, quạt giải nhiệt cũng được điều khiển đồng bộ. Với việc ứng dụng vi điều khiển tiên tiến, các kết nối file từ nhiều nguồn khác nhau, như: CAD máy tính, qua USB, Internet,... cũng được thực hiện dễ dàng.

3. KẾT QUẢ VÀ ỨNG DỤNG

Máy in 3D khổ rộng đã được chế tạo như trên Hình 11, cho phép chế tạo sản phẩm in 3D kích thước lớn.



Hình 11: Sản phẩm máy in 3D kích thước lớn

Máy có các tính năng kỹ thuật như sau:
 Công nghệ in: FDM; Vật liệu nhựa: PLA, ABS;
 Kích thước in 1200(X) x 610 (Y) x 1200 (Z) mm;
 Độ phân giải trục: X, Y, Z : 5, 10, 1 μ m tương ứng;
 Tốc độ in: 150 mm/s; Chiều cao lớp in: 50-800 μ m;
 File in: G-code, STL file; Bộ đầu in: 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 mm;
 Kết nối máy in 3D và dữ liệu: SD, USB, Wifi, Internet; Firmware: Marlin.



4. KẾT LUẬN

Mục tiêu thiết kế, chế tạo máy in 3D khổ rộng để kết nối trực tiếp với máy quét laser sản phẩm kích thước lớn nhằm tạo ra một hệ thiết kế ngược.

Các tác giả trân trọng cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ TP. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ để hoàn thành công trình này (Hợp đồng số 107/2019/HĐ-QPTKHCN, ngày 24/12/2019).❖

Ngày nhận bài: 23/02/2021

Ngày phản biện: 15/3/2021

Tài liệu tham khảo:

- [1]. 3D Mateker; So sánh máy in 3D FlashForge và 3DMaker Printers công nghệ FDM/FFF. <http://www.3dmaker.vn/2015/07/sanh-may-3d-flashforge-va-3dmaker-printers-cong-nghe-fdm-fff/>.
- [2]. DMP Flex 350 , <https://br.3dsystems.com/3d-printers/dmp-flex-350>, 2019.
- [3]. <https://www.mayin3d.info/may-in-3d-makerbot-replicator-2x.html>.
- [4]. BigRep, Products, <https://bigrep.com/bigrep-one/>
- [5]. Macromakeit: Affordable Large Scale 3D Printer, <https://www.kickstarter.com/projects/1329226361/macromakeit-affordable-large-scale-3d-printer>.
- [6]. Báo cáo tổng kết Đề tài Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh năm 2015; *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị tạo mẫu nhanh theo phương pháp FDM*, Chủ nhiệm: PGS, TS. Thái Thị Thu Hà, Đơn vị chủ trì: Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Điều khiển số và Kỹ thuật Hệ thống Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [7]. Báo cáo tổng kết Đề tài Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh năm 2015; *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị tạo mẫu nhanh LOM*, Chủ nhiệm: ThS. Trần Đại Nguyên, Đơn vị chủ trì: Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Điều khiển số và Kỹ thuật Hệ thống Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [8]. Báo cáo tổng kết Đề tài Sở Khoa học và Công nghệ TP. Hồ Chí Minh năm 2015; *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo robot camera tạo hình tương tác đa chiều*, Chủ nhiệm: PGS, TS. Nguyễn Ngọc Phương, Đơn vị chủ trì: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.
- [9]. Báo cáo tổng kết Đề tài Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh năm 2015; *Thiết kế và chế tạo máy quét 3D*, Chủ nhiệm: ThS. Phan Huỳnh Lâm, Đơn vị chủ trì: Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Điều khiển số và Kỹ thuật Hệ thống Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [10]. Cgen, Máy in 3D FDM, <https://c-gen.vn/may-in/may-in-3d.aspx>
- [11]. Denavit, Jacques; Hartenberg, Richard Scheunemann (1955). "A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices". *Trans ASME J. Appl. Mech* 23: 215–221.
- [12]. Hartenberg, Richard Scheunemann; Denavit, Jacques (1965). *Kinematic synthesis of linkages*. McGraw-Hill series in mechanical engineering. New York: McGraw-Hill. p. 435.
- [13]. Georges Al Hanoon, Mahmoud Bani Al Margeh, Alaa Al Deen Naser, *Geometric, Kinematic and Dynamic Modeling of Cartesian Robot*, ISSN 1813-7903 VECTNIK IzGTU, 2014.
- [14]. Dombre Etienne, Khalil Wisam. *Robot Manipulators*. – ISTE, 2007.