NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY IN 3D THEO CÔNG NGHỆ FDM

Nguyễn Việt Phương*, Sái Mạnh Thắng, Lê Thanh Long, Lê Văn Hoàng

Tóm tắt: *Hiện nay, máy in 3D với công nghệ FDM (Fused Deposition Molding) được nghiên cứu và phát triển rất nhanh bởi những ưu điểm so với các phương pháp gia công truyền thống như độ chính xác, tốc độ cao, chi phí thấp và tiết kiệm thời gian sản xuất. So với các công nghệ in 3D khác đòi hỏi cao về mặt công nghệ, phức tạp trong khâu chế tạo, vận hành thiết bị, chi phí chế tạo cao thì công nghệ in FDM tương đối phù hợp cho việc nghiên cứu về công nghệ in 3D và ứng dụng trong tạo mẫu nhanh sản phẩm. Trên cơ sở đó, chúng tôi chọn công nghệ in 3D FDM trên vật liệu nhựa PLA đáp ứng tốt nhu cầu chế tạo mẫu thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để thiết kế chế tạo máy in 3D. Việc nghiên cứu công nghệ in 3D là cần thiết nhằm giúp các cán bộ trẻ được tiếp cận với một công nghệ mới trong gia công chế tạo sản phẩm, đồng thời cũng là cơ hội để đội ngũ cán bộ nghiên cứu khoa học có thể tiếp cận, nâng cao trình độ trong một lĩnh vực khá mới mẻ như công nghệ in 3D.*

Từ khóa: Cách mạng công nghiệp 4.0; Máy in 3D.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

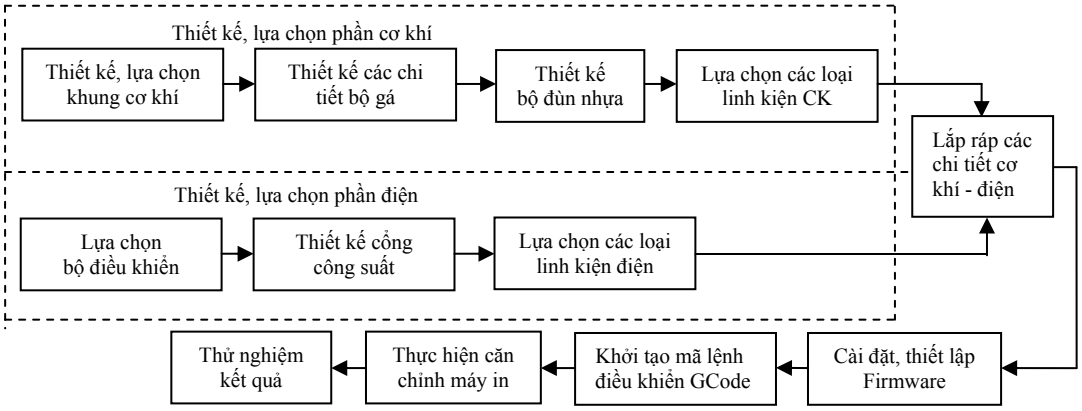
Máy In 3D là một loại robot công nghiệp. In 3D có thể tạo ra các kết cấu đặc biệt mà các phương pháp gia công biến dạng, cắt gọt, thậm chí đúc thông thường không làm được. Công nghệ in 3D FDM phát triển gần 30 năm trở lại đây và là công nghệ in 3D phát triển nhất hiện nay. Công nghệ in 3D FDM sử dụng vật liệu đầu vào phổ biến là dạng sợi nhựa.

Một trong những ứng dụng hiệu quả nhất của máy in 3D là tạo mẫu nhanh. Công nghệ FDM với những ưu điểm như đơn giản, dễ thiết kế, vật liệu dễ tìm, không gây độc hại. Bên cạnh những ưu điểm đó thì nhược điểm là độ bóng bề mặt thấp và tốc độ in chưa cao [1].

Ở Việt Nam máy in 3D theo công nghệ FDM cũng đang nghiên cứu ứng dụng. Việc tính toán thiết kế máy in 3D, tối ưu hóa để có thể đạt chất lượng mẫu in tốt nhất và thời gian in ngắn nhất là cơ sở cho việc chủ động về công nghệ chế tạo máy in 3D công nghệ FDM phù hợp với xu hướng phát triển trong các ngành công nghiệp hiện đại, thay thế cho các phương pháp gia công truyền thống bởi độ chính xác, tốc độ cao, chi phí thấp và tiết kiệm thời gian sản xuất. Đặc biệt là rút ngắn thời gian khi nghiên cứu thiết kế.

2. THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY IN 3D

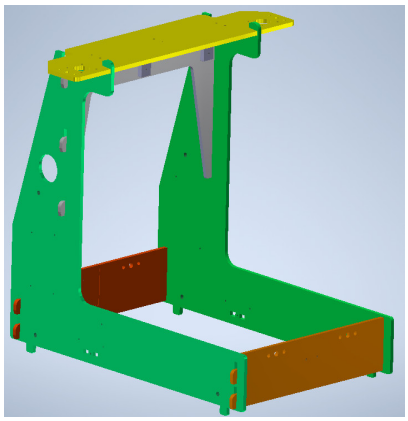
Máy in 3D theo công nghệ FDM được thực hiện theo sơ đồ thiết kế theo hình 1.



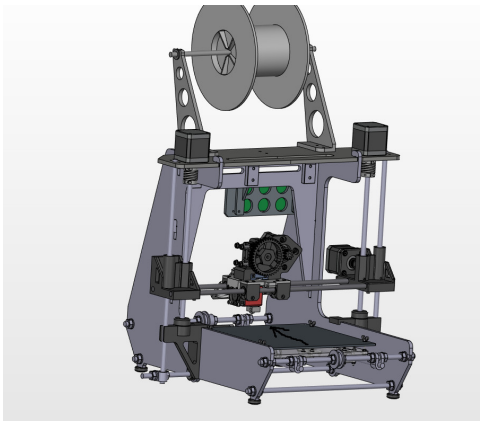
Hình 1. *Qui trình chế tạo máy in 3D theo công nghệ FDM.*

2.1. Thiết kế khung máy [2-4]

Chức năng của khung máy là nâng đỡ hệ thống gồm cụm truyền động trên mặt phẳng Oxy, cụm truyền động theo phương z và cụm đầu đùn; đảm bảo độ cứng vững cần thiết cho máy hoạt động ổn định (hình 2, 3). Khung máy được thiết kế bằng nhôm khối 6080 đảm bảo kết cấu vững chắc và chịu rung lắc tốt.



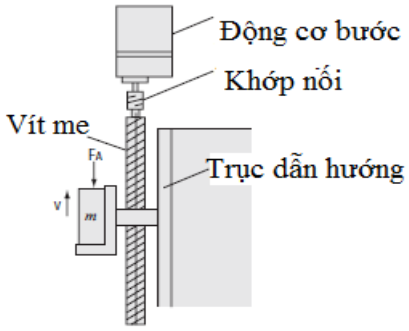
Hình 2. *Khung máy.*



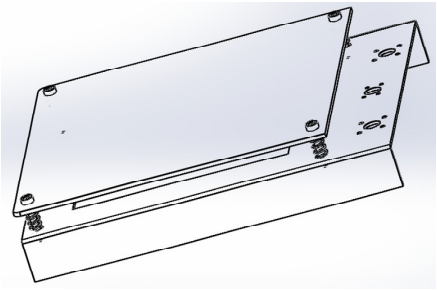
Hình 3. *Kết cấu máy in 3D FDM.*

2.2. Thiết kế cụm trục Z

Trục Z là trục ít di chuyển nhất trong quá trình làm việc. Tuy nhiên, trục Z ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm rất lớn vì liên quan đến thông số chiều dày một lớp in, thông số này ảnh hưởng đến độ bóng cũng như dung sai kích thước về chiều cao của chi tiết.



Hình 4. *Sơ đồ truyền động trục Z.*



Hình 5. *Bàn in.*

Truyền động Vitme - đai ốc bi được nhóm quyết định sử dụng trên trục Z do truyền động có hiệu suất cao, ít gây ra hiện tượng trượt, vận hành êm. Đồng thời, hệ thống dẫn hướng đối với trục Z sử dụng bạc dẫn hướng và ti trượt (hình 4). Thông số trục Z được thiết kế theo bảng 1.

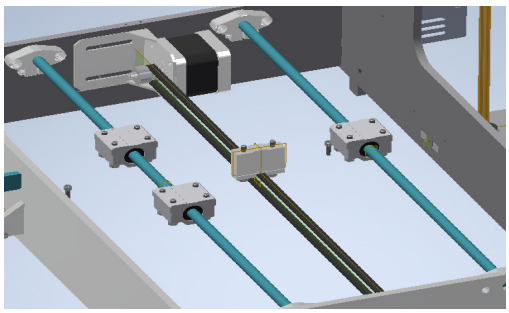
2.3. Thiết kế cụm trục X và Y

Trục X và Y là trục đảm nhiệm hầu hết quá trình chuyển động trong quá trình in, quyết định độ chính xác và chất lượng mẫu in. Kết cấu truyền động cho 2 trục X và Y được lựa chọn là truyền động Prusa. Truyền động sử dụng trong trục X và Y là truyền động đai, do ưu điểm của truyền động đai là kết cấu bộ truyền đơn giản, hoạt động êm, có tính giảm chấn, dễ thay thế.

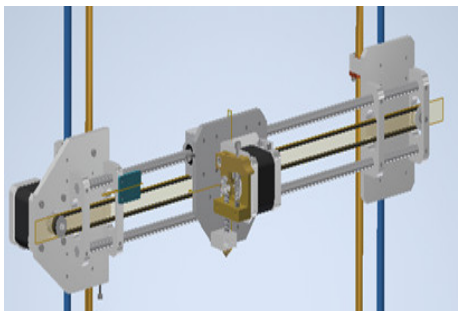
Cơ cấu dẫn hướng cho trục X và Y sử dụng trục dẫn hướng (hình 6 và 7). Thông số làm việc của cụm trục X và Y được thiết kế theo bảng 1.

Bảng 1. *Các thông số làm việc của trục X, Y, Z.*

Thông số các trục X, Y, Z				
Thông số	Đơn vị	Trục Z	Trục X	Trục Y
Khối lượng bàn in	Kg	1	1	5
Vận tốc di chuyển tối đa	mm/s	10	150	150
Vận tốc di chuyển khi in	mm/s	5	80	80
Gia tốc lớn nhất của máy	Mm/s^2	2	2	2
Tốc độ vòng quay của động cơ	Vòng/phút	1000	1500	1500
Thời gian làm việc	Giờ	21.900	21.900	21.900



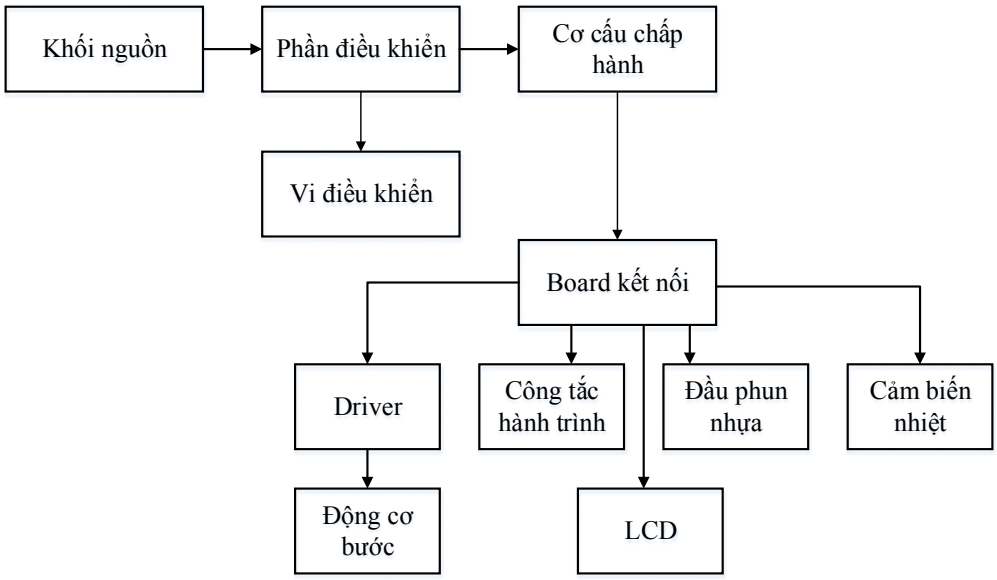
Hình 6. *Cụm trục Y.*



Hình 7. *Cụm trục X.*

2.4. Thiết kế hệ thống điện [5]

Sơ đồ khối hệ thống điện như hình 8.

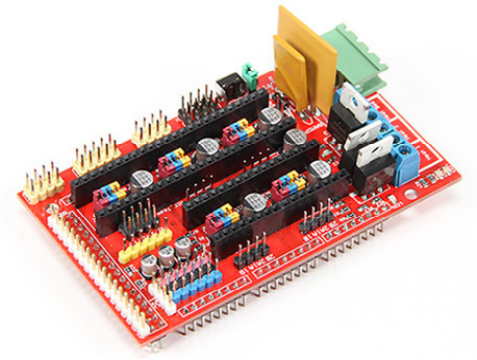


Hình 8. *Sơ đồ khối hệ thống điện.*

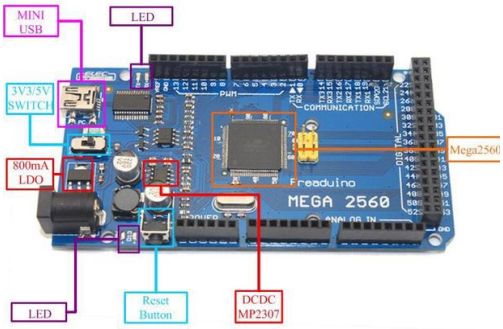
Trên sơ đồ hình 8. Theo tính toán cho máy hoạt động ổn định, đảm bảo công suất làm việc, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn nguồn 12V-30A. Mạch xử lý trung tâm sử dụng board Mega 2560 (hình 10): Borard tích hợp 16 cổng vào analog là độ phân giải 10 bít, 54 cổng đầu ra digital, số lượng chân PMW là 14 với độ phân giải 8 bít. Hỗ trợ chuẩn giao tiếp

USB, SPI, TWI (I2C). Sử dụng driver điều khiển động cơ A4988 do máy thiết kế có công suất nhỏ. Các công tắc hành trình có vai trò là thiết bị phản hồi nhằm giới hạn hành trình chuyển động của máy.

Các cảm biến nhiệt cho phép biết được giá trị nhiệt độ của đầu phun nhựa, bàn nhiệt, giúp quản lý, điều khiển được giá trị nhiệt độ trước và trong quá trình in. Điện trở gia nhiệt có tác dụng đốt nóng gia nhiệt cho cục nóng giúp cho nhựa nóng chảy.



Hình 9. *Board mạch RAMPS.*



Hình 10. *Board mạch Mega 2560.*

2.5. Thiết lập thông số phần cứng của máy

Đối với mô hình máy in 3D, sử dụng firmware Marlin là firmware phổ biến nhất dễ dàng tùy biến các thông số để phù hợp với các cấu hình phần cứng của các loại máy in 3D khác nhau. Các thông số cần thiết lập cho firmware bao gồm: thiết lập thông số board mạch, cảm biến nhiệt, các thông số cho động cơ bước, bộ đùn nhựa, đầu dò (nếu có), thông số bộ PID điều khiển tốc độ động cơ, ... Trong bài báo sẽ giới thiệu cấu hình một số tham số quan trọng cho máy in 3D.

Lệnh thiết lập thông số Baudrate:

#define BAUDRATE 250000.

Lệnh thiết lập thông số về board mạch:

#ifndef MOTHERBOARD

#define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_13_EFB

#endif.

Lệnh thiết lập số lượng đầu phun:

#define EXTRUDERS 1

Lệnh Thiết lập giá trị cảm biến nhiệt:

#define TEMP_SENSOR_0 6

#define TEMP_SENSOR_1 0

#define TEMP_SENSOR_2 0

#define TEMP_SENSOR_BED 0

Lệnh Thiết lập không gian làm việc cho máy theo kích thước thiết kế (200x200x200):

#define X_MAX_POS 200

#define X_MIN_POS 0

#define Y_MAX_POS 200

#define Y_MIN_POS 0

#define Z_MAX_POS 200

#define Z_MIN_POS 0

Lệnh thiết lập số trục tọa độ:

#define NUM_AXIS 4

Lệnh thiết lập tốc độ về home:

#define HOMING_FEEDRATE {50*60, 50*60, 4*60, 0}

Lệnh thiết lập các thông số về tốc độ tối đa và gia tốc tối đa của các trục:

#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE {500, 500, 5, 25} // (mm/sec)

#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {9000,9000,100,10000}

Lệnh thiết lập module LCD:

#define REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER

Thiết lập thông số step/mm: Đây là thông số quan trọng nhất khi điều khiển, nó xác định giá trị số vòng quay cần thiết của động cơ để vít me hoặc đai dịch chuyển được 1mm. Để thiết lập các thông số này cần thực hiện qua 2 bước:

Bước 1: Tính toán sơ bộ giá trị step/mm. Tùy thuộc vào bộ truyền và cách điều khiển động cơ mà các thông số này khác nhau

Đối với bộ truyền đai: $$S = \frac{360B}{CDA}$$

Trong đó: A là góc bước nhỏ nhất của động cơ, ở đây, A = $0{,}9^0$; B là vi bước của driver, ở dây ta điều khiển động cơ bước với chế độ điều khiển vi bước, B = 1/16; C là bước đai, C = 2,5mm ; D là số răng của pulley, D = 20

Do đó: $$S = \frac{360B}{CDA} = \frac{360.16}{2,5.20.0,9} = 128$$

Đối với bộ truyền vít me - đai ốc : $$S = \frac{360B}{AE}$$

Trong đó: E là bước vít me, ở đây sử dụng vít me bước 2,5mm do đó E = 2,5mm. Do đó:

$$S = \frac{360B}{AE} = \frac{360.16}{0,9.2,5} = 2560$$

Đối với bộ tời nhựa: $$S = \frac{360EB}{\pi AG}$$

Trong đó: E là tỷ số đường kính của cặp bánh răng dẫn động, ở đây không dùng cặp bánh răng dẫn động nên E = 1; G là đường kính pulley tời nhựa; Do đó:

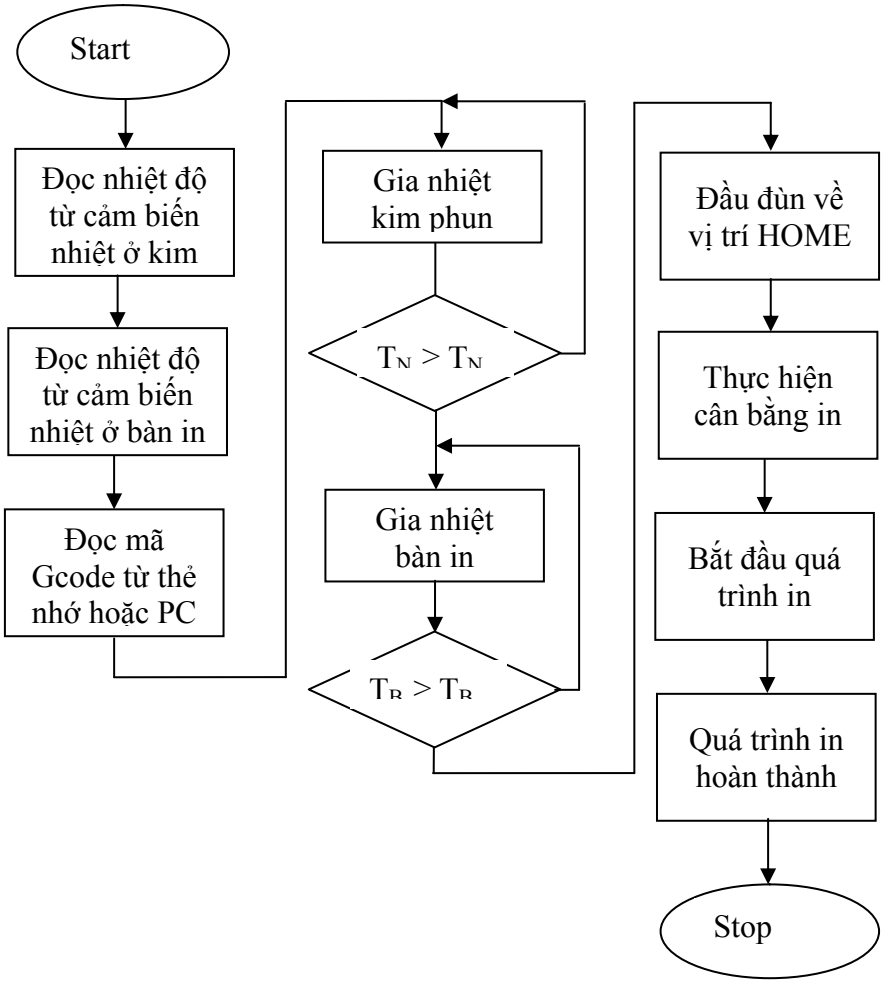
$$S = \frac{360EB}{\pi AG} = \frac{360.1.16}{\pi.0,9.12} = 169,7$$

Bước 2: Tinh chỉnh lại các thông số: Đối với bộ tời nhựa, ta cho bộ tời nhựa di chuyển thủ công một đoạn 50mm, sau đó, dùng thước kẹp đo lại khoảng dịch chuyển thực tế của sợi nhựa, giá trị thực của thông số step/mm được tính như sau

$$S_{tt} = \frac{S_{lt}H}{I}$$

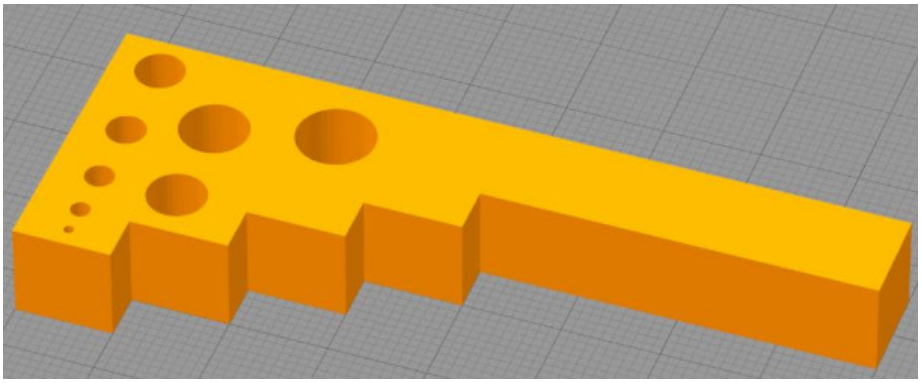
Trong đó: S_{tt} là giá trị step/mm thực tế; S_{lt} là giá trị step/mm trên tính toán; G là khoảng di chuyển thủ công, (H = 50mm); I là khoảng dịch chuyển thực tê.

2.6. Lưu đồ thuật toán máy in 3D



Hình 11. *Lưu đồ thuật toán máy in 3D.*

2.7. Đánh giá kết quả

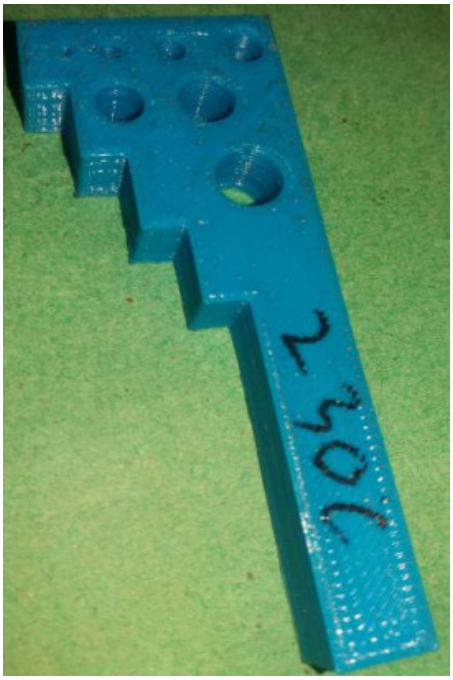


Hình 12. *Mẫu sản phẩm in kiểm tra.*

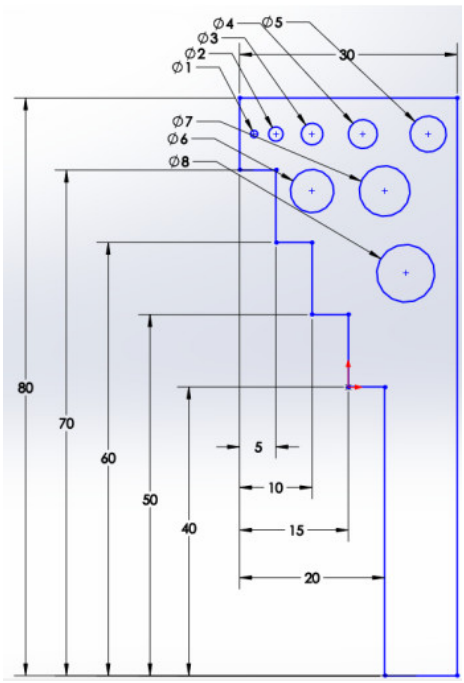
Quá trình kiểm nghiệm về kích thước sẽ gồm 2 quá trình:

- Kiểm nghiệm kích thước lỗ
- Kiểm nghiệm kích thước dài

Đối với mỗi quá trình kiểm nghiệm, nhóm đề tài đã thiết kế một file mẫu vật để thực hiện kiểm tra (hình 12, 13, 14).



Hình 13. *Sản phẩm sau khi in.*



Hình 14. *Các kích thước để kiểm tra.*

Kiểm nghiệm kích thước lỗ (PLA ở 205^0 C).

Bảng 2. *Kết quả kiểm nghiệm kích thước lỗ của PLA in ở 205^0 C.*

Kích thước lỗ kiểm tra (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8
Kích thước thực tế (mm)	0	1.17	2.26	3.34	4.45	5.57	6.58	7.57

Kiểm nghiệm độ dài (PLA ở 205^0 C).

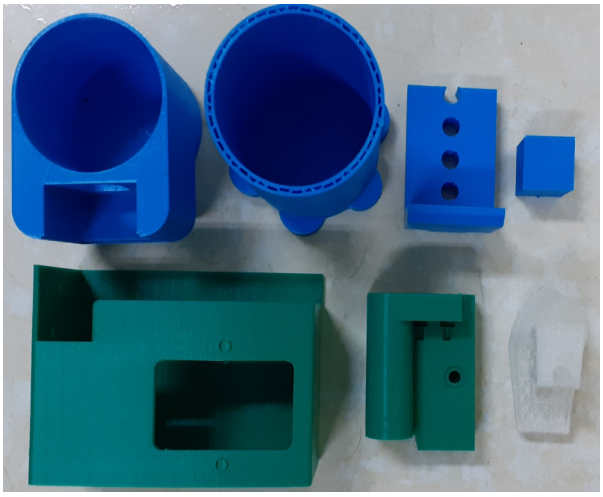
Bảng 3. *Kết quả kiểm nghiệm độ dài của PLA in ở 205^0 C.*

Kích thước kiểm tra (mm)	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
Kích thước thực tế (mm)	4.49	10.32	15.23	20.09	30.14	39.22	49.95	59.23	69.75	80.05

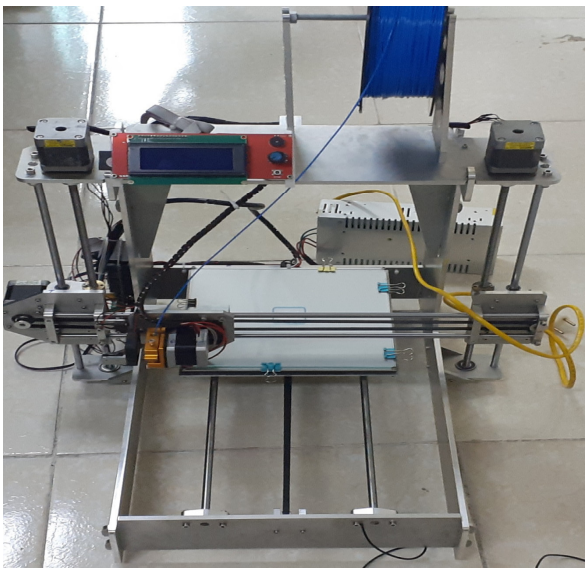
Từ kết quả kiểm nghiệm cho thấy máy in 3D theo công nghệ FDM chưa đạt được độ chính xác cao về mặt kích thước, đặc biệt đối với những kích thước nhỏ.

Dựa trên các tính toán đã thiết kế và chế tạo máy in 3D FDM (hình 15). Và sản phẩm thử nghiệm khác nhau trên vật liệu nhựa với máy in 3D thiết kế (hình 16). Sản phẩm được in ra đạt được độ cứng cao, chất lượng đạt yêu cầu, vẫn cần phải thực hiện căn chỉnh và

thử nghiệm để có thể đạt được kết quả cao nhất. Vật liệu nhựa có đặc tính co giãn phụ thuộc rất nhiều vào yếu tố nhiệt độ môi trường xung quanh. Dẫn đến độ kém chính xác của vật liệu in. Hướng phát khắc phục là thiết kế buồng nhiệt để giữ nhiệt độ in, làm giảm sai số do độ co giãn nhiệt của sản phẩm, giúp sản phẩm có độ chính xác cao hơn.



Hình 15. *Một số sản phẩm in 3D.*



Hình 16. *Mô hình máy in 3D FDM*

3. KẾT LUẬN

Với nhiệm vụ thiết kế máy in 3D theo công nghệ FDM đặt ra:

- Đã tính toán thiết kế và chế tạo thành công máy in 3D FDM có hành trình dịch chuyển theo trục X và Y là 200 mm (hình 15).

- Đã ứng dụng thử nghiệm in 3D với một số sản phẩm khác nhau hình 16 từ vật liệu nhựa.

- Sản phẩm được in ra đạt được độ cứng cao, chất lượng đạt yêu cầu có thể làm sản phẩm cuối cùng hoặc sử dụng để tạo mẫu nhỏ phục vụ trong thiết kế.

- Máy cần căn chỉnh và thử nghiệm, hoàn thiện thiết kế để có thể đạt được độ chính xác cao hơn về kích thước sản phẩm in.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. http://www.stratasys.com/3d-printers.

[2]. Trịnh Chất - Lê Văn Uyển, *"Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1, tập 2"*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2010.

[3]. Trần Quốc Hùng, *"Thiết kế máy cắt kim loại"*, Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh, 2007.

[4]. Trần Quốc Hùng, *"Giáo trình dung sai kỹ thuật đo"*, NXB Đại học quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, 2013.

[5]. Đặng Thiện Ngôn, *"Giáo trình trang bị - điện điện tử trong máy công nghiệp"*, NXB Đại học quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, 2013.

[6]. Ball screw catalouge, PMI, link www.pmi-amt.com/en/support

[7]. HIWIN Linear guideway catalouge, link www.hiwin.com/downloads.html

ABSTRACT

DESIGNING AND MANUFACTURING THE 3D PRINTER MACHINE WITH FDM TECHNIQUE

Nowadays, 3D printer with FMD technology has been engineered and developed strongly due to its advanced features such as accuracy, and productivity time, Compared to other 3D printing technologies. FDM is reasonably compatible for researching in the 3D printing and faster in creating products. Base on those facts, we choose 3D printing FDM with PLA to test. The result will be able to produce 3D printers. The research in 3D printing is required for young and new workers to experience new method, at the same time it is an opportunity for researchers to touch a high level of new technology such as 3 D printing

Keywords: Industrial revolution 4.0; 3D printer.

Nhận bài ngày 24 tháng 10 năm 2019
Hoàn thiện ngày 26 tháng 12 năm 2019
Chấp nhận đăng ngày 12 tháng 6 năm 2020

Địa chỉ: Viện Tên Lửa / Viện KHCNQS.
*Email : vphuongvtl@gmail.com.