

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM

Trần Ngọc Hiền*, Bùi Văn Hưng

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 28/10/2016, ngày chuyển phản biện 1/11/2016, ngày nhận phản biện 26/11/2016, ngày chấp nhận đăng 30/11/2016

Các máy in 3D đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong việc tạo sản phẩm phục vụ đời sống, xã hội. Công nghệ in 3D là một công nghệ tạo mẫu tiên tiến, cùng với các nghiên cứu về vật liệu mới, công nghệ in mới, các sản phẩm của máy in 3D ngày càng được ứng dụng rộng rãi. Trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu đã có và với mong muốn làm chủ công nghệ, phục vụ công tác đào tạo trong trường đại học, các tác giả đề xuất thiết kế, chế tạo máy in 3D theo công nghệ FDM (Fused Deposition Modelling). Bài báo trình bày các kết quả tính toán thiết kế, chế tạo máy in 3D. Các kết quả in thử nghiệm đã chứng minh được các tính năng của máy được thiết kế.

Từ khóa: FDM, máy in 3D, nhựa ABS.

Chỉ số phân loại 2.3

Study on the design and manufacture of 3D-FDM printer

Summary

3D printers have been applied in manufacturing from daily products to industrial products. 3D printing technology is an advanced prototyping technology, along with researches on new materials, new printing technologies, 3D printers are more widely applied. On the basis of inheriting the available researches and getting “know-how” of the technology, as well as for training in universities, the authors propose the design and manufacture of 3D printers using FDM printing method. This paper presents the results of designing and fabricating the 3D-FDM printer. The printing test results have demonstrated the functionalities of the designed machine.

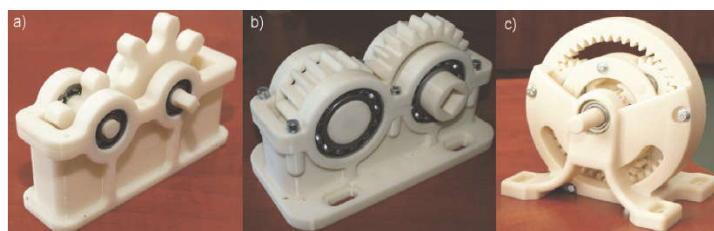
Keywords: ABS plastic, FDM, 3D printers.

Classification number 2.3

Đặt vấn đề

Công nghệ in 3D đang là một trong những xu hướng phát triển mới của khoa học và kỹ thuật hiện đại. Hiện nay trên thế giới, công nghệ in 3D đã được ứng dụng trong việc tạo sản phẩm phục vụ đời sống - xã hội. Một số sản phẩm được tạo bằng công nghệ in 3D trong một số lĩnh vực như thiết kế thời trang, linh kiện thay thế, thực phẩm, công nghiệp, xây dựng và y học [1-3].

Trong các ứng dụng đó thì việc tạo mô hình 3D trực quan để phục vụ đào tạo, tạo mẫu thiết kế được chú trọng, một số mô hình 3D được tạo bằng máy in 3D dùng để phục vụ đào tạo được thể hiện như in các chi tiết hộp giảm tốc (hình 1).



Hình 1: Hộp giảm tốc với các chi tiết được tạo bằng công nghệ in 3D

Công nghệ in 3D là một công nghệ tạo mẫu tiên tiến. Các sản phẩm máy in thương mại được sản xuất không những bởi các công ty, tập đoàn như 3D system, Stratasys, Z Corporation [4-6] mà còn bởi các trường đại học như Đại học Cardiff ở nước Anh. Tại Phòng thí nghiệm sản xuất phụ trợ, Đại học Cardiff, các nghiên cứu về máy in cho các sản phẩm bằng nhựa và kim loại đã được nghiên cứu từ những năm 90 của thế kỷ XX [7, 8].

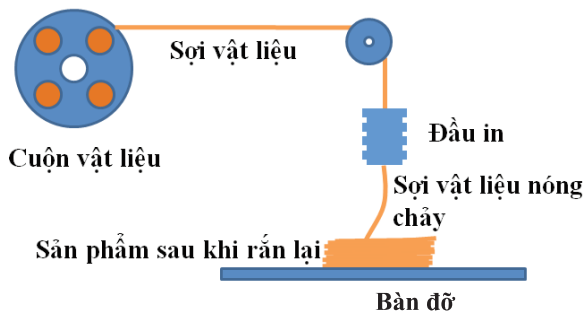
*Tác giả liên hệ: Email: tranhientkm@utc.edu.vn

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về tạo mẫu để ứng dụng trong công nghiệp đã được chú trọng, nhiều tác giả, cơ sở sản xuất đã đề xuất nghiên cứu chế tạo máy in 3D như nhóm nghiên cứu thuộc Bộ môn Cơ khí chính xác và quang học (Trường Đại học Bách khoa Hà Nội) đã thiết kế chế tạo thử nghiệm thành công máy in chi tiết nhựa 3D [9]. Máy in 3D 3DMaker® GEM do Công ty cổ phần 3DMaker (TP Hồ Chí Minh) thiết kế và chế tạo dựa theo công nghệ in 3D-DLP [10].

Các kết quả về nghiên cứu thiết kế chế tạo máy in 3D được đề cập ở trên đã đạt được các kết quả bước đầu về giải pháp công nghệ như ứng dụng công nghệ in FDM, DLP. Kế thừa các kết quả nghiên cứu của các nhóm nghiên cứu được trình bày ở trên, các tác giả đề xuất thiết kế và chế tạo máy in 3D chú trọng tới vấn đề chất lượng sản phẩm in, trong đó giải quyết được các vấn đề tồn tại có ảnh hưởng đến chất lượng in như sự tối ưu về chế độ in. Bài báo trình bày phương pháp thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM. Các kết quả thử nghiệm quá trình in trên máy 3D-FDM với vật liệu ABS đạt được các chỉ tiêu về độ chính xác hình học của sản phẩm.

Nội dung nghiên cứu

Quá trình in FDM



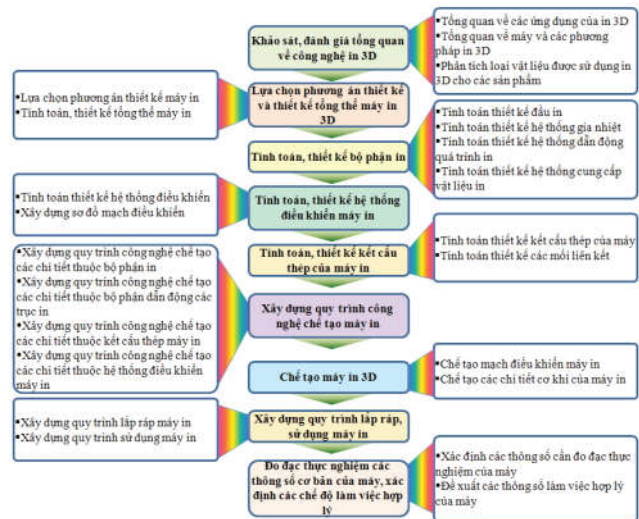
Hình 2: phương pháp in FDM (Fused Deposition Modelling)

Hình 2 thể hiện nguyên lý của quá trình in FDM. Sử dụng phương pháp đùn các vật liệu nhựa nhiệt dẻo dựa trên nguyên tắc làm nóng chảy sợi nhựa được lắng lại thông qua một đầu phun nhiệt trên một bề mặt. Cử động của đầu phun được điều khiển dựa trên số liệu 3D được cung cấp đến máy in. Mỗi lớp sau khi lắng lại sẽ rắn hóa và liên kết với lớp được in trước đó.

Quy trình các bước thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM

Quy trình thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM được

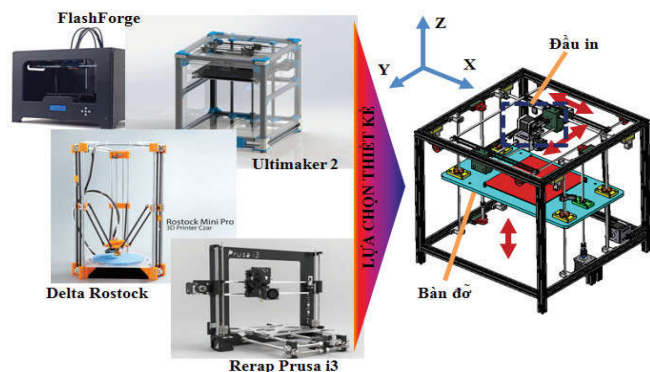
thể hiện ở hình 3. Từ khảo sát, đánh giá tổng quan về công nghệ in 3D, các tác giả lựa chọn được phương án thiết kế và thiết kế tổng thể máy in 3D. Các bộ phận của máy in như bộ phận in, hệ thống điều khiển, kết cấu thép được tính toán thiết kế. Trên cơ sở đó, lập quy trình công nghệ gia công, chế tạo các chi tiết và lắp ráp thành máy. Tiến hành in thử nghiệm để đánh giá tính năng của máy được thiết kế.



Hình 3: quy trình thiết kế, chế tạo máy in 3D-FDM

Lựa chọn phương án thiết kế:

Trên cơ sở phân tích các thiết kế hiện có như máy FlashForge, Ultimaker, DeltaRostock và RerapPrusa, phương án thiết kế được lựa chọn thể hiện trên hình 4.



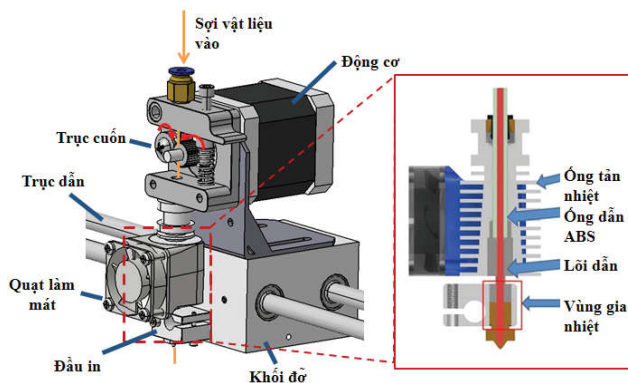
Hình 4: lựa chọn phương án thiết kế

Máy được thiết kế 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. Để tính toán các bộ phận tiếp theo của máy in, các thông số đầu vào cho quá

trình thiết kế bao gồm: vật liệu in ABS, kích thước in lớn nhất 200x200x200 mm, chiều dày lớp in trong khoảng từ 0,2 đến 0,5 mm.

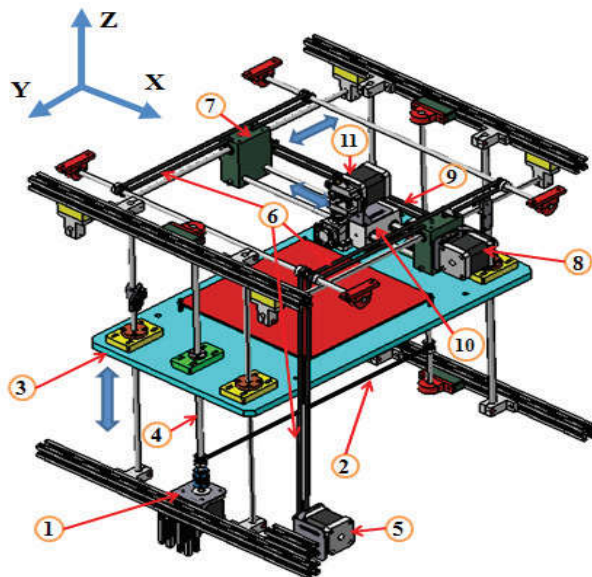
Bộ phận in:

Hình 5 thể hiện cấu tạo bộ phận in bao gồm động cơ dẫn động trục cuộn dây ABS, đầu in, gia nhiệt vật liệu in và bộ phận làm mát để đảm bảo nhiệt độ đầu in. Bộ phận in được gắn trên giá đỡ và trượt trên trục dẫn để thực hiện chuyển động theo trục Y khi in. Động cơ NEMA 17 42H47HM-0504A-18 được sử dụng để dẫn động trục cuộn dây.



Hình 5: cấu tạo bộ phận in

Hệ thống dẫn động quá trình in:



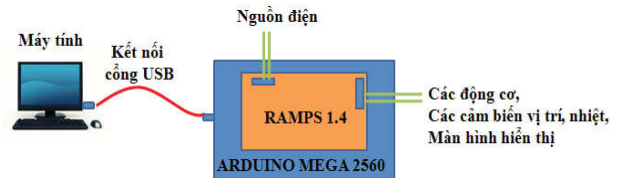
Hình 6: hệ thống dẫn động quá trình in

Hình 6 thể hiện hệ thống dẫn động quá trình in. 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

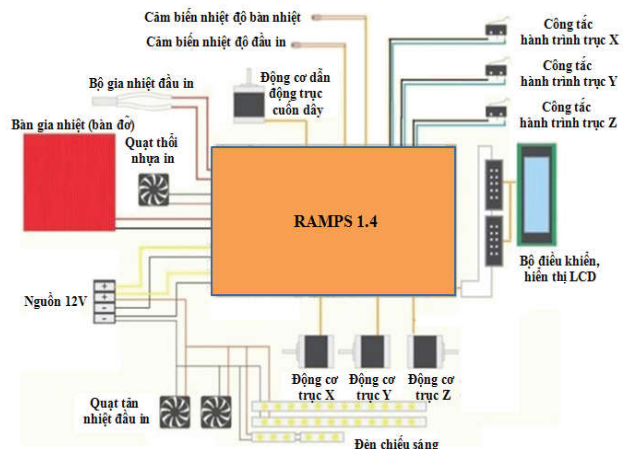
in 10 cùng giá đỡ 7 được dẫn động tịnh tiến theo trục Y bởi động cơ 5 thông qua các bộ truyền đai 6. Bộ phận in 10 chuyển động tịnh tiến theo trục X dọc trục dẫn của giá đỡ 7 bởi động cơ 8 thông qua bộ truyền đai 9. Các động cơ 1, 5, 8 và 11 là các động cơ NEMA 17 42H47HM-0504A-18. Động cơ 11 được sử dụng để dẫn động trục cuộn dây vật liệu nhựa ABS cho đầu in.

Hệ thống điều khiển máy in:

Hình 7 thể hiện hệ thống điều khiển máy in. Chương trình điều khiển từ máy tính được chuyển tới vi điều khiển Arduino Mega2560 thông qua cổng USB. Mạch điều khiển RAMPS 1.4 được kết nối với vi điều khiển Arduino Mega2560. Các động cơ dẫn động các trục X,Y,Z, các cảm biến vị trí, nhiệt độ, màn hình hiển thị được kết nối với mạch điều khiển RAMPS 1.4 như thể hiện trên hình 8.



Hình 7: hệ thống điều khiển máy in



Hình 8: kết nối RAMPS 1.4 tới các thiết bị điều khiển

Kết quả

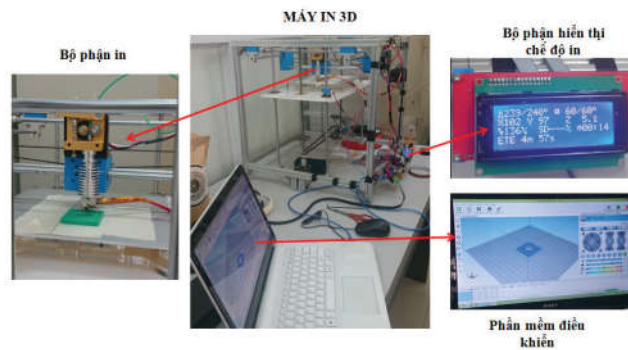
Mô hình máy được thiết kế và chế tạo

Hình 9 thể hiện kết cấu máy in 3D-FDM được thiết kế và chế tạo. Marlin được sử dụng để thiết kế máy in 3D. Marlin là một chương trình được viết trên nền Arduino cho các mạch điều khiển máy in 3D sử dụng vi điều khiển họ AVR của hãng Atmel. Các thiết lập bao gồm: thiết lập thông tin mạch điều khiển; tên máy in; số đầu đùn nhựa; loại nguồn sử dụng; cảm biến

hiệt độ; thiết lập kiểm tra ổn định nhiệt độ đầu đùn; nhiệt độ tối thiểu cho phép; nhiệt độ tối đa cho phép; dòng điện cấp cho bàn nhiệt; thiết lập ngăn chặn sự cố nhiệt độ cho máy in; thiết lập kích thước vùng in; và thiết lập bộ điều khiển LCD. Phần mềm Repetier-Host V1.6.2 được sử dụng để thiết lập thông số in và tạo chương trình G-code cho máy in 3D.

Các thông số kỹ thuật của máy in 3D-FDM như sau:

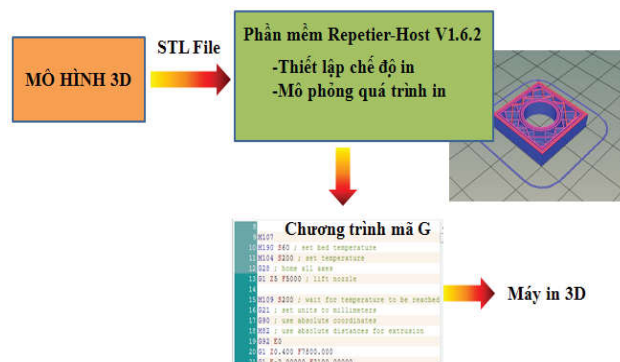
- Máy in 3D theo công nghệ in FDM;
- Vật liệu in: nhựa ABS, PLA;
- Kích thước sản phẩm lớn nhất 200x200x200 mm;
- Chiều dày lớp in: 0,2÷0,5 mm.



Hình 9: máy in 3D-FDM được thiết kế, chế tạo

Thử nghiệm máy

Để đánh giá các tính năng của máy, quá trình in thử nghiệm đã được tiến hành với vật liệu in ABS. Quy trình các bước của một lần in thử nghiệm được thể hiện ở hình 10 [11]. Bảng 1 thể hiện các thông số của chế độ in ứng với 5 lần in khác nhau. Kích thước của mẫu in là 50x50x30 mm. Các kết quả in của 5 lần in thể hiện ở hình 11. Các mẫu in đảm bảo về độ chính xác hình học, độ mịn bề mặt in, không bị cong vênh.



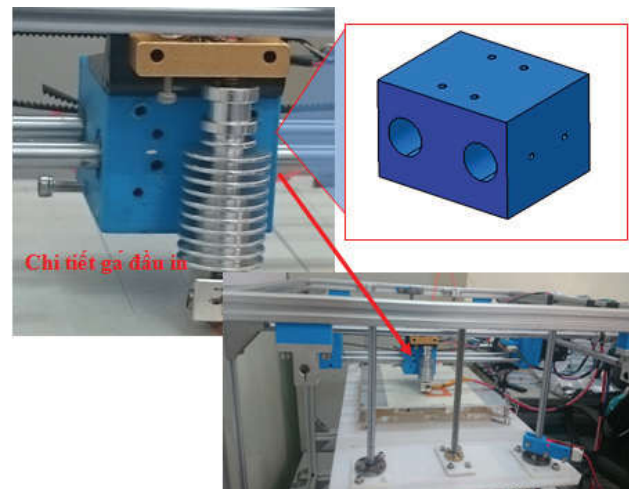
Hình 10: các bước của quá trình in trên máy in 3D-FDM

Bảng 1: thông số chế độ in của 5 mẫu

Thông số	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
- Chiều dày lớp in đầu tiên (mm)	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
- Chiều dày các lớp in sau đó (mm)	0,3	0,3	0,3	0,15	0,2
- Số nét in ở thành vật in	3	3	6	3	4
- Số nét in ở lớp trên cùng	3	3	10	8	10
- Số nét in ở lớp dưới cùng	3	3	10	8	10
- Phần trăm diện tích vật liệu trong lòng vật in (%)	20	40	5	10	10
- Dạng di chuyển	Zigzag	Zigzag	Zigzag	Zigzag	Zigzag
- Dạng di chuyển kín mặt trên/dưới cùng	Zigzag	Zigzag	Zigzag	Zigzag	Zigzag
- Tốc độ in thành/vách phía trong/ngoài của vật thể (mm/s)	60	60	60	60	30
- Tốc độ in thành/vách khi vật in có kích thước nhỏ (mm/s)	15	15	15	15	15
- Tốc độ di chuyển khi di chuyển vật liệu trong vật in (mm/s)	80	80	80	80	40
- Tốc độ di chuyển khu vực vật in cần làm đặc (mm/s)	20	20	20	20	20
- Tốc độ di chuyển kín mặt trên vật thể (mm/s)	15	15	15	15	15
- Tốc độ in lớp nâng/dỡ (mm/s)	60	60	60	60	60
- Tốc độ khi in qua khe hở (không có lớp đỡ ở dưới) (mm/s)	60	40	40	40	20
- Tốc độ khi di chuyển vật liệu trong những khe hẹp (mm/s)	20	20	20	20	20
- Tốc độ di chuyển đầu đùn khi không đùn vật liệu (mm/s)	130	130	130	130	130
- Đường kính sợi nhựa in (mm)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
- Hệ số đùn nhựa	1	1	1	1	1
- Nhiệt độ đầu đùn/bàn nhiệt ở lớp đầu (°C)	200/60	200/60	200/60	200/60	200/60
- Nhiệt độ đầu đùn/bàn nhiệt ở lớp sau (°C)	195/60	195/60	195/60	195/60	195/60

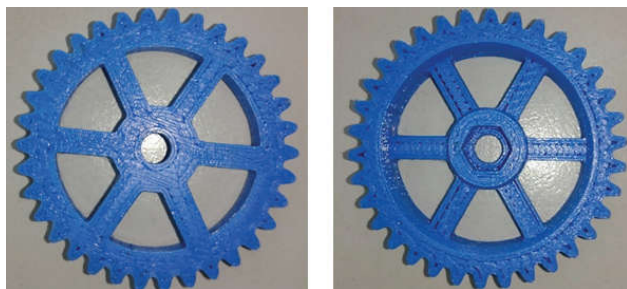


Hình 11: các mẫu in thử nghiệm



Hình 12: chi tiết gá đầu in được in bởi máy in 3D-FDM

Máy in 3D-FDM hoạt động tốt trên cơ sở các kết quả in thử nghiệm ở trên. Sản phẩm in đảm bảo các yêu cầu về độ chính xác hình học cũng như độ mịn bề mặt. Với kết quả đó, một số chi tiết ứng dụng đã được in bởi máy in 3D-FDM. Hình 12 thể hiện chi tiết gá đầu in được in bởi máy in 3D-FDM với vật liệu ABS thay thế cho chi tiết kim loại. Hình 13 thể hiện chi tiết bánh răng bằng vật liệu ABS được in bởi máy in 3D-FDM.



Hình 13: chi tiết bánh răng được in bởi máy in 3D-FDM

Kết luận

Mô hình máy 3D-FDM đã được thiết kế và chế tạo. Quá trình in thử nghiệm với vật liệu nhựa ABS cho sản phẩm in chính xác về mặt kích thước hình học, như vậy máy đảm bảo được tính năng kỹ thuật yêu cầu.

Một số chi tiết bằng nhựa ABS lắp ráp trên máy in 3D-FDM đã được in thay thế cho một số chi tiết kim loại.

Bài báo trình bày các kết quả về thiết kế và chế tạo máy in 3D theo phương pháp in FDM thuộc đề tài cấp bộ mã số B2016-GHA-06 đạt được các tính năng kỹ thuật yêu cầu.

Việc tối ưu chế độ in để đảm bảo chất lượng sản

phẩm cho các loại nhựa khác nhau sẽ được thực hiện nghiên cứu tiếp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài mã số B2016-GHA-06, nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ali Kamrani, Emad Abouel Nar (2006), *Rapid prototyping: Theory and practice*, Springer.
- [2] Gideon N. Levy, Ralf Schindel, J.P. Kruth (2003), "Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives", *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, **52(2)**, pp.589-609.
- [3] Trần Ngọc Hiền, Trần Ngọc Tú (2012), "Tích hợp kỹ thuật thiết kế ngược và công nghệ tạo mẫu nhanh trong chế tạo cơ khí", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, **59(10)**, pp.7-12.
- [4] <http://web.stratasys.com>
- [5] <http://www.3dsystems.com/>
- [6] <http://www.zcorp.com>
- [7] <http://www.materialstoday.com>
- [8] <http://www.cardiff.ac.uk>
- [9] Thiết kế chế tạo máy in chi tiết nhựa 3D, Bộ môn Cơ khí chính xác và Quang học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [10] <http://www.3dmaker.vn/>
- [11] Hong Seok Park, Ngoc Hien Tran (2015), "Computer aided process planning for 3D printing", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, **24 (2)**, pp.148-154.