

MỞ RỘNG KHẢ NĂNG TẠO MẪU NHANH TRÊN MÁY PHAY CNC BA TRỤC

EXPANDING THE CAPABILITY OF THE 3-AXIS CNC MILLING MACHINE FOR RAPID PROTOTYPING

Bùi Minh Hiền¹, Phạm Văn Hiền²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; bui.mhien@gmail.com

²Học viên cao học K26, ngành Công nghệ chế tạo máy, Đại học Đà Nẵng; phamvanhientbqn@gmail.com

Tóm tắt - Tạo mẫu bằng phương pháp gia công đắp lớp vật liệu, đã, đang được phát triển và ứng dụng rộng rãi nhờ vào ưu điểm về giá thành hợp lý. Tuy nhiên, với các thiết bị có giá thành thấp thì độ chính xác của sản phẩm chưa cao, kích thước sản phẩm gia công còn hạn chế. Hiện nay các máy phay CNC ba trục được trang bị rộng rãi nhờ vào khả năng gia công với độ chính xác cao. Bài báo này khái quát công nghệ tạo mẫu dựa trên nguyên lý đắp lớp vật liệu của các máy hiện có trên thị trường. Từ nguyên lý đắp lớp vật liệu, tác giả đã thiết kế, chế tạo trang bị công nghệ sử dụng các chuyển động của máy phay CNC ba trục để tạo các chi tiết. Các phân tích về sự tương đồng của chương trình gia công đắp lớp vật liệu và gia công truyền thống cũng được giới thiệu trong bài báo.

Từ khóa - tạo mẫu nhanh; RepRap; máy phay CNC; đắp lớp vật liệu; mở rộng khả năng công nghệ.

1. Tổng quan

Hiện nay ở các nước tiên tiến trên thế giới, công nghệ tạo mẫu nhanh đã và đang được ưu tiên nghiên cứu và phát triển với nhiều phương pháp khác nhau [1]. Trong số đó, phải nói đến công nghệ tạo mẫu nhanh theo nguyên lý đắp lớp, cụ thể là máy in ba chiều bằng sợi nhựa. Trong đó có thể kể đến dự án RepRap [2], [4], là dự án nhằm đưa máy in ba chiều đến với công chúng nhờ vào sự đơn giản trong kết cấu máy và phần mềm mã nguồn mở.

Tại nước ta, hầu hết các máy tạo mẫu nhanh, máy in ba chiều được mua hoặc được lắp ráp từ những linh kiện được nhập từ nước ngoài. Hơn nữa, với một máy in có giá thành rẻ chỉ có thể dùng để tạo ra các sản phẩm có độ chính xác không yêu cầu cao và kích thước nhỏ. Do đó, để tạo được sản phẩm có độ chính xác cao và kích thước lớn thì máy cần có độ cứng vững cao, kích thước lớn nên giá thành cũng cao hơn. Xét về đặc điểm cấu tạo của các máy in ba chiều hiện có trên thị trường: chuyển động 2 trục X, Y được điều khiển bằng động cơ bước thông qua bộ truyền đai răng, trục Z được điều khiển thông qua bộ truyền vít me-đai ốc thường, và bộ phận dẫn động bộ đùn vật liệu được điều khiển bằng động cơ bước thông qua bộ truyền bánh răng. Do đó, chất lượng sản phẩm in phụ thuộc rất nhiều vào các kết cấu cơ khí nói trên. Trong khi đó, các máy phay CNC ba trục hiện được trang bị rộng rãi có điểm tương đồng về các chuyển động so với máy in ba chiều. Hơn nữa, máy phay ba trục còn có ưu điểm về độ chính xác gia công cao và có thể gia công được các chi tiết có kích thước lớn. Với các phân tích trên, máy phay Baz15 CNC hiện được trang bị tại trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng được đề xuất sử dụng trong nghiên cứu này nhằm mở rộng khả năng gia công chi tiết dựa trên công nghệ đắp lớp sợi nhựa. Sau đây là tóm tắt thông số kỹ thuật của máy phay Baz15 CNC: Độ chính xác trong chuyển động của 3

Abstract - Rapid prototyping (RP) based on additive manufacturing technology has developed and gained applications worldwide because the equipment has reasonable prices. However, cheap commercial devices often have low quality and the dimensions of products are limited. In recent years, 3-axis CNC milling machines have been widely used because they can develop products with large dimensions and high precision. This article presents an overview of rapid prototyping based on the additive manufacturing principle of recent commercial machines. From this principle, the author has designed and made a device using movements of 3-axis milling machine to produce parts. The similarities of the control program between the additive manufacturing and the traditional manufacturing are also analyzed in this article.

Key words - rapid prototyping; RepRap; CNC milling machine; additive manufacturing; capability expansion.

trục X, Y, Z: 0,015mm, kích thước chi tiết có thể gia công được: 600x400x600mm. Và ở Bảng 1 là các thông số kỹ thuật của một số máy in ba chiều có trên thị trường:

Bảng 1. Thông số kỹ thuật một số máy in ba chiều [3]

Loại máy in	Kích thước vật in (mm)	Độ chính xác (mm)
RepRap Mendel	200 x 200 x 110	0,1
RepRap Huxley	140 x 140 x 110	0,1
MakerBot Replicator	225 x 145 x 140	0,2
MakerGear Mosaic	127 x 127 x 127	0,15
Ultimaker	210 x 210 x 220	0,04
WhileAnt CNC	160 x 190 x 125	0,25
Aleph Object AO-100	200 x 190 x 100	0,1
Printbot	150 x 150 x 150	0,3

2. Nội dung nghiên cứu

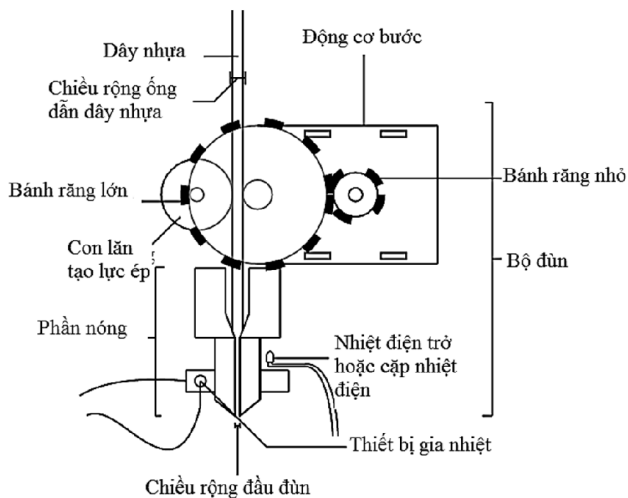
2.1. Cơ sở nghiên cứu

Một thiết bị tạo mẫu nhanh điển hình gồm có 3 chuyển động tạo hình theo phương X, Y, Z và một chuyển động để đùn vật liệu nhựa ra khỏi đầu đùn. Tất cả các chuyển động này được điều khiển bằng chương trình ngôn ngữ G-Code. Tương tự như một thiết bị tạo mẫu nhanh, máy CNC ba trục thông thường cũng có 3 chuyển động theo phương X, Y, Z và chuyển động quay của trục chính. Với từng hãng sản xuất máy CNC, hệ điều khiển có thể khác nhau. Máy phay CNC Baz15 của hãng AIZMETALL sử dụng hệ điều khiển Heidehain phiên bản TNC 426/430M. Máy có 2 lựa chọn chạy được cả G-code và H-code.

Do đó, để có thể tạo mẫu bằng phương pháp đắp lớp trên máy phay này, ngoài chương trình điều khiển G-code được tùy chỉnh cho máy CNC và mạch điều khiển nhiệt độ của đầu đùn, cần phải có bộ đùn nhựa để gắn lên trục chính của máy phay, lấy chuyển động quay của trục chính làm

chuyển động đùn vật liệu.

Cấu tạo và nguyên lý làm việc của một bộ đùn vật liệu sử dụng trên máy in ba chiều thông dụng có thể được biểu diễn như Hình 1.



Hình 1. Cấu tạo bộ đùn trên máy in ba chiều [5]

Bộ đùn là một trong những bộ phận quan trọng và có ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm của máy in ba chiều. Thông qua chuyển động của 3 trục, sợi nhựa được bộ đùn đùn ra và tạo nên hình dạng chi tiết. Thông thường cấu tạo của bộ đùn gồm hai phần chính: Phần dẫn động sợi nhựa được điều khiển bởi động cơ bước, thông qua bộ truyền bánh răng, dưới lực ép của con lăn, sợi nhựa có đường kính 1,75 mm hoặc 3 mm được đẩy xuống phần nóng. Phần nóng được làm nóng bằng điện trở nhiệt, tại đây sợi nhựa bị nóng chảy và chảy ra khỏi đầu đùn dưới dạng sợi. Nhiệt độ tại phần nóng luôn được kiểm soát bởi cảm biến nhiệt gắn trên đó. Đường kính đầu đùn dao động từ 0,1-1 mm.

2.2. Phương án thiết kế bộ đùn nhựa

So sánh hướng chuyển động trục chính trong bộ phận đùn vật liệu và hướng chuyển động trục chính trên máy phay Baz15 CNC, ta cần sử dụng một bộ truyền trục vít-bánh vít hay bánh răng côn để đổi hướng chuyển động cho bộ đùn vật liệu lắp trên trục chính của máy phay Baz15 CNC. Để có thể chọn tỉ số truyền của bộ truyền sử dụng trong bộ đùn vật liệu, chúng ta cần phân tích số vòng quay của trục dẫn động trong bộ đùn.

Chọn đường kính sợi nhựa vào bộ đùn vật liệu là 3mm, đường kính sợi nhựa ra khỏi đầu đùn là 0,4mm, thì tỷ lệ chiều dài của sợi nhựa vào và sợi nhựa ra khỏi đầu đùn được tính như sau:

$$\frac{S}{s} = \frac{\pi R^2}{\pi r^2} = \frac{1,5^2}{0,2^2} = \frac{2,25}{0,04} = 56,25 \quad (2.1)$$

Trong đó: S, s lần lượt là diện tích mặt cắt ngang của sợi nhựa 3mm và 0,4mm.

Chọn đường kính của trục dẫn động sợi nhựa $d=10\text{mm}$, tốc độ sợi nhựa ra khỏi đầu đùn thấp nhất $F_{\min} = 15\text{mm/s}$, thì tốc độ tối thiểu của trục dẫn động cho những lớp in đầu tiên là:

$$n = \frac{F_{\min}}{d \cdot \pi \cdot 56,25} = \frac{15}{10,3 \cdot 14,56,25} = 0,00848 \text{ (vòng/giây)} \quad (2.2)$$

Mặt khác, tốc độ trục chính trên máy phay CNC Baz15 CNC là $n_{\min} = 10 \text{ vòng/phút} \approx 0,167 \text{ vòng/giây}$.

Do tốc độ trục chính của máy phay CNC chưa đạt yêu cầu về tốc độ in thấp nhất nên ta cần sử dụng bộ truyền giảm tốc có tỉ số truyền tối thiểu:

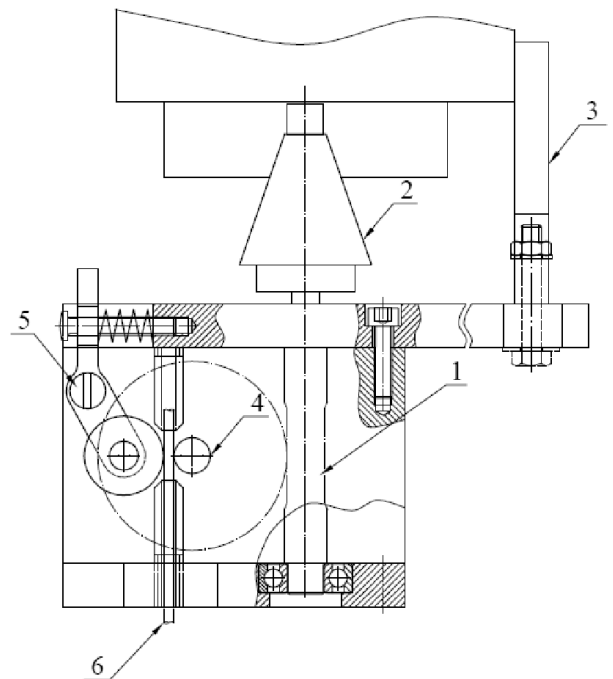
$$i = \frac{0,167}{0,00848} = 19,6 \quad (2.3)$$

Với yêu cầu về tỉ số truyền như trên, ta sử dụng bộ truyền trục vít-bánh vít trong bộ đùn vật liệu.

2.3. Thiết kế và chế tạo

Để sử dụng chuyển động của trục chính máy phay làm phân truyền động trong bộ đùn vật liệu, trục vít được gắn trên trục chính thông qua đầu gá dao. Khi trục vít quay sẽ làm trục dẫn động sợi nhựa gắn trên bánh vít quay theo. Giá của bộ đùn vật liệu được liên kết với thân máy nhằm chống xoay theo chuyển động của trục vít.

Kích thước của bộ đùn vật liệu được thiết kế và chế tạo dựa trên các kích thước ở phần trục chính máy phay Baz15 CNC, các chi tiết máy: ổ lăn, đường kính trục của bánh vít, trục vít. Vật liệu được sử dụng chế tạo bộ đùn vật liệu là hợp kim nhôm. Cấu tạo bộ đùn nhựa gồm hai phần chính: phần đùn nhựa có cấu tạo như Hình 2, phần gá đầu đùn có cấu tạo như Hình 3.

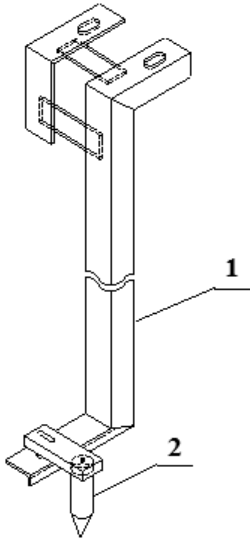


Hình 2. Cấu tạo bộ đùn sợi nhựa lắp trên máy phay CNC Baz15

Nguyên lý hoạt động: Bộ truyền trục vít-bánh vít (1) nhận chuyển động quay từ trục chính của máy CNC thông qua đầu gá dao (2), nhờ thanh chống xoay (3) mà giá bộ đùn được giữ đứng yên so với trục chính của máy CNC. Bánh vít chuyển động làm trục chủ động (4) quay, sợi nhựa được ép chặt và đẩy xuống đầu đùn nhờ cơ cấu tạo lực ép (5). Tốc độ trục chính của máy CNC được tính toán phù hợp với vận tốc di chuyển của các trục X, Y, Z.

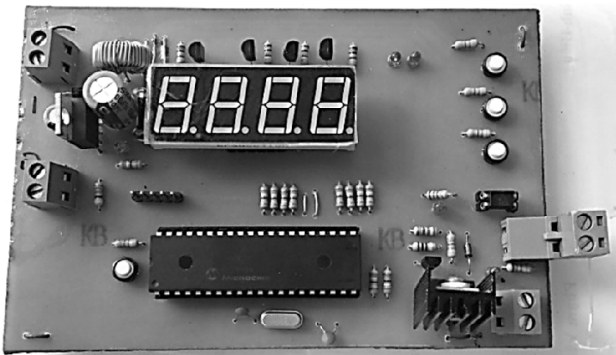
Nhằm giảm thiểu các rung động từ bộ phận dẫn động Hình 2, phần gá đầu đùn được gắn cố định trên thân máy

chứa trục Z, đầu đùn được lắp với phần gá đầu đùn như Hình 3.



Hình 3. Phân gá đầu đùn

Bên cạnh thiết kế cơ khí các cơ cấu chấp hành, phần điều khiển nhiệt độ của bộ đùn vật liệu cũng đóng vai trò quan trọng trong suốt quá trình gia công. Trong phạm vi nghiên cứu, tác giả đã chọn loại nhựa PLA để gia công chi tiết từ sợi nhựa. Mạch điều khiển đảm nhiệm cung cấp nguồn cho nhiệt điện trở để gia nhiệt cho đầu đùn (2) trên Hình 3, và nhận tín hiệu từ cảm biến nhiệt gắn trên đầu đùn nhằm duy trì nhiệt độ được thiết lập ban đầu trên mạch điều khiển (Hình 4).



Hình 4. Mạch điện điều khiển nhiệt độ đầu đùn

Sau khi thiết lập kết nối giữa mạch điều khiển và bộ đùn vật liệu, chúng tôi tiến hành các thực nghiệm.

3. Thực nghiệm và kết quả

3.1. Chương trình gia công

Từ mô hình ba chiều được thiết kế và lưu dưới định dạng *.STL, sử dụng phần mềm mã nguồn mở nhằm cắt lớp mô hình theo phương ngang và xuất chương trình gia công dạng G-code. Có nhiều phần mềm mã nguồn mở dùng để cắt lớp và xuất chương trình gia công khác nhau, ở đây tác giả đã chọn phần mềm cắt lớp Slic3r [6]. So sánh giữa G-code xuất từ phần mềm sử dụng cho máy in ba chiều [7] và G-code sử dụng cho máy phay Baz15 CNC, ta nhận thấy có sự khác biệt. Vì vậy, chương trình G-code nhận được từ phần mềm Slic3r cần có một số hiệu chỉnh. Bên dưới là một ví dụ về sự khác biệt giữa G-code xuất ra từ phần mềm

Slic3r và G-code trên máy phay ba trục:

Xét hai dòng lệnh xuất từ Slic3r như sau:

M104 S205

Thiết lập nhiệt độ đầu đùn ở 205°C

G1 X80 Y100 E23.5 F1200

Nội suy theo đường thẳng từ tọa độ hiện tại đến tọa độ (X80, Y100). Chiều dài sợi nhựa được cung cấp vào từ giá trị hiện tại đến 23.5 mm. Tốc độ di chuyển của 2 trục X, Y là 1200 mm/phút.

Trong khi đó, trong chương trình G-code trên máy phay CNC không có lệnh thiết lập nhiệt độ và chiều dài sợi nhựa cấp vào bộ đùn. Đối với việc điều khiển nhiệt độ thì đã có mạch điều khiển đảm nhiệm, còn đối với chiều dài sợi nhựa cấp bộ đùn ta cần tính toán tốc độ trục chính cho phù hợp với tốc độ di chuyển của 2 trục X, Y.

Tốc độ trục chính S được xác định dựa vào tính toán như sau:

- Số mỗi ren trên trục vít: $z_1 = 1$;

- Số răng trên bánh vít: $z_2 = 64$.

=> Tỷ số truyền cặp trục vít-bánh vít: $i = 64$.

- Đường kính của trục chủ động gắn trên bánh vít để đẩy sợi nhựa: $d = 10$ mm;

- Tốc độ in F (mm/ph).

Với 1mm sợi nhựa ra khỏi đầu đùn, số vòng quay của trục chính trên máy CNC được tính như sau:

$$n = \frac{1}{i} \frac{1}{d \cdot \pi \cdot 56,25} = \frac{64}{10 \cdot 3,14 \cdot 56,25} = 0,0362 \text{ (vòng)} \quad (3.1)$$

Quan hệ giữa tốc độ trục chính và tốc độ in được xác định theo công thức sau:

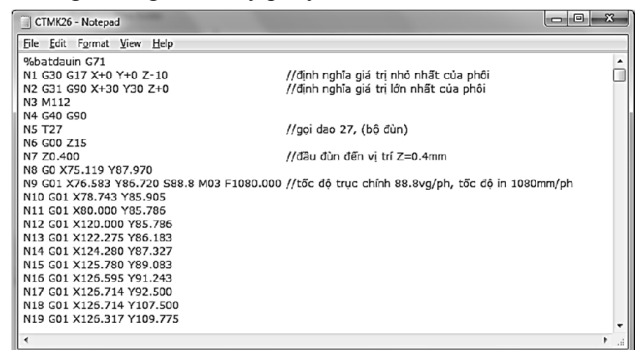
$$S = 0,0362 \cdot I \cdot F \text{ (vòng/phút)} \quad (3.2)$$

Trong đó:

- I: tỉ lệ giữa tốc độ đùn nhựa với tốc độ di chuyển 2 trục X, Y. Theo phân tích thực nghiệm trên các máy in nhựa, thì $I = 2,2$ cho những lớp in đầu tiên và $I = 1$ cho các lớp in tiếp theo.

- F: tốc độ di chuyển trục X, Y (mm/phút)

Từ mối quan hệ giữa tốc độ di chuyển của các trục và tốc độ trục chính ta có thể hiệu chỉnh chương trình để tiến hành gia công trên máy phay CNC.



Hình 5. Một phần chương trình gia công sau khi đã được hiệu chỉnh để chạy trên máy phay Baz15 CNC

3.2. Thực nghiệm và các kết quả

Các bước chuẩn bị gia công trên máy phay Baz15 CNC

có thể được tiến hành như sau:

- Thiết lập dao và đặt tên riêng cho dao, dao này được gọi trước để có thể lắp bộ đèn vật liệu thông qua đầu gá dao;

- Cấp sợi nhựa vào bộ đèn vật liệu;

- Thiết lập nhiệt độ cho đầu đèn tương ứng với loại nhựa sử dụng. Sau khi mạch điều khiển báo đạt nhiệt độ thiết lập, ta có thể tiến hành đèn nhựa thử để kiểm tra;

- Thiết lập gốc tọa độ của chương trình gia công ($X = 0, Y = 0, Z = 0$);

- Chuyển chương trình gia công từ máy tính sang máy phay thông qua chương trình kết nối và tiến hành gia công.

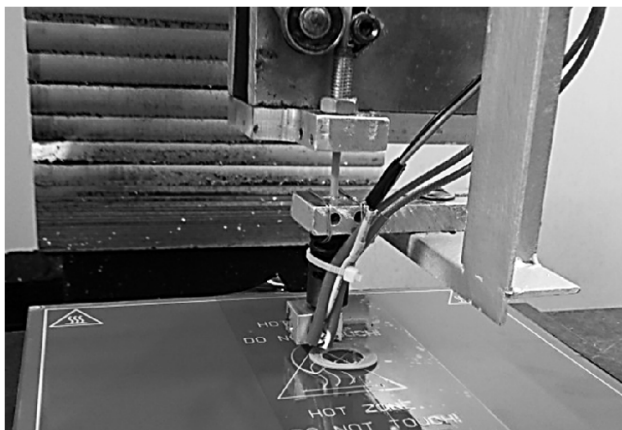
Một số kết quả nhận được trong bước đầu thực nghiệm:

- Nhựa được đèn ra khỏi đầu đèn đều;

- Tốc độ đèn nhựa phù hợp với tốc độ di chuyển các trục X, Y, và Z;

- Di chuyển các trục X, Y, và Z hoàn toàn theo chuyển động tạo hình của mô hình cần gia công.

Tuy nhiên, chương trình gia công còn hạn chế vì việc hiệu chỉnh từ chương trình G-code xuất từ phần mềm Slc3r được thực hiện thủ công nên chưa thực hiện được những chi tiết phức tạp. Hình 6 biểu diễn quá trình gia công chi tiết hình vành khăn, Hình 7 là kết quả thực nghiệm hai chi tiết đơn giản. Bước đầu cho thấy bộ đèn vật liệu sợi nhựa được thiết kế, chế tạo và lắp trên trục chính máy phay Baz15 CNC hoàn toàn có thể sử dụng để mở rộng khả năng gia công chi tiết bằng công nghệ đắp lớp sợi nhựa.



Hình 6. Quá trình gia công chi tiết hình vành khăn



Hình 7. Hai chi tiết đơn giản trong bước đầu gia công

4. Kết luận

Bài báo giới thiệu về thiết kế và chế tạo trang thiết bị nhằm mở rộng khả năng gia công chi tiết bằng công nghệ đắp lớp sợi nhựa trên máy phay CNC.

Nhóm tác giả đã chế tạo hoàn thiện phần cơ khí và mạch điện điều khiển nhiệt độ cho bộ đèn sợi nhựa, đưa ra các phân tích về sự khác biệt trong chương trình gia công để xây dựng mối quan hệ trong việc hiệu chỉnh. Đây cũng là cơ sở để tiến hành viết phần mềm biên dịch chương trình G-code sử dụng cho máy phay Baz15 CNC trong việc gia công chi tiết với công nghệ đắp lớp vật liệu.

Sản phẩm gia công ban đầu tuy còn đơn giản, nhưng ta có thể thấy được rằng đề xuất mở rộng khả năng gia công chi tiết bằng công nghệ đắp lớp trên máy phay CNC là hoàn toàn khả thi. Bằng cách mở rộng khả năng công nghệ này, chúng ta có thể sử dụng máy phay CNC hiện có để tạo ra những sản phẩm có độ chính xác cao hơn và kích thước lớn hơn. Từ đó, nhóm tác giả sẽ tiếp tục phát triển phần cơ khí, mạch điều khiển để đạt được độ chính xác cao hơn và có tính thẩm mỹ hơn; xây dựng phần mềm biên dịch để có thể tạo ra chương trình gia công của các chi tiết có kích thước lớn hơn, phức tạp hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Văn Nghinh, “Công nghệ tạo mẫu nhanh – Thành tựu và phát triển”, Viện Cơ học và Tin học Ứng dụng.
- [2] Brian Evans, *Pactical 3D Printers, The Science and Art of 3D Printing*.
- [3] Chua C. K – LEONG K.F – LIM C.S, *Rapid Prototyping: Principles and Applications (Second Edition)*, Word Scientific.
- [4] <http://reprap.org> [23-08-2014]
- [5] <http://start3dprinting.com/> [23-08-2014]
- [6] <http://manual.slic3r.org/> [23-08-2014]
- [7] <http://reprap.org/wiki/G-code> [23-08-2014]

(BBT nhận bài: 28/11/2014, phản biện xong: 12/12/2014)