

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MÁY IN 3D KIM LOẠI 5 TRỤC

DESIGN CALCULATION RESEARCH 5 AXIS METAL 3D PRINTER

ThS. Bùi Quang Toàn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Đông Á

TÓM TẮT

Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu, tính toán, thiết kế và xây dựng mô hình máy in 3D. Sử dụng phần mềm điều khiển Mach3 để gia công in được các chi tiết có vật liệu bằng kim loại dạng dây như nhôm, đồng, thiếc... Với kích thước tối đa có thể gia công là 150 mm x 150 mm x 100 mm. Máy có thể dịch chuyển theo 5 trục X, Y, Z, B, C nên có thể gia công được những chi tiết có hình dáng phức tạp mà các máy gia công truyền thống không thực hiện được. Nội dung chính bao gồm tính toán thiết kế phần cơ khí, lựa chọn bộ điều khiển, phần mềm điều khiển, xây dựng mô hình máy hoàn chỉnh.

Từ khoá: Đầu phun; Điều khiển; Động cơ; Máy in 3D; Kết cấu.

ABSTRACT

The article presents the process of researching, calculating, designing and building a 3D printer model. Use Mach3 control software to process and print parts made of wire metal materials such as aluminum, copper, tin... with the maximum size that can be processed is 150 mm x 150 mm x 100 mm. The machine can move along 5 axes X, Y, Z, B, C so it can process parts with complex shapes that traditional machining machines cannot. The main content includes mechanical design calculations, controller selection, control software, and building a complete machine model.

Keywords: Nozzles; Controls; Motors; 3D printers; Structures.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ở Việt Nam, việc áp dụng những công nghệ hiện đại, tiên tiến vào sản xuất đang phát triển rất mạnh mẽ. Sự cạnh tranh về mẫu mã, chất lượng và giá thành sản phẩm, đòi hỏi các nhà sản xuất cần phải tối ưu hoá quá trình sản xuất, trong đó, việc chuyển nhanh ý tưởng từ thiết kế ra sản phẩm thực tế là rất quan trọng. Hiện tại, có rất nhiều công nghệ tạo mẫu nhanh khác nhau, mỗi công nghệ đều có ưu, nhược điểm riêng, máy in 3D là một trong

những phương pháp tạo mẫu nhanh có thể tạo ra được những sản phẩm phức tạp và tinh xảo nên đang được một số tổ chức, doanh nghiệp đưa vào sử dụng. Tuy nhiên, hiện nay, các loại máy in 3D về cơ bản đều được nhập khẩu từ nước ngoài về nên giá thành rất cao. Nhận thấy, đây là nhu cầu tất yếu của ngành công nghiệp sản xuất trong tương lai, tác giả đã mạnh dạn nghiên cứu, tính toán, thiết kế máy in 3D kim loại để phục vụ công tác nghiên cứu, đào tạo cũng như chế tạo thử nghiệm để đưa vào sản xuất thực tế. 

1. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

1.1. Phương pháp nghiên cứu

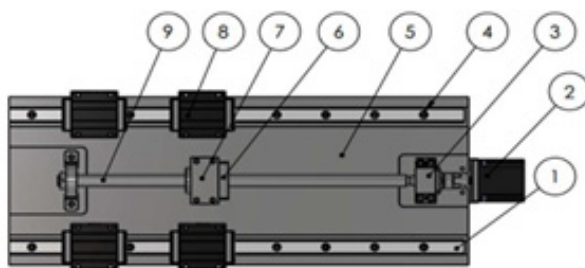
Dựa vào nghiên cứu lý thuyết, thực tiễn từ các máy có sẵn trên thị trường và dựa dữ liệu các thông số đầu vào như chế độ cắt, vật liệu gia công, kích thước máy, nguyên lý hoạt động, giá cả và chất lượng... Qua phân tích, tác giả đã tiến hành thiết kế và xây dựng được máy in 3D kim loại hoàn chỉnh trên 5 trục gia công là X, Y, Z, B, C. Máy in dựa theo nguyên lý Laser Metal Deposition (LMD), đầu phun được thiết kế dựa trên đầu phun laser của hãng Hybrid. Nguồn phóng laser là ống phóng laser CO₂.

2. QUY TRÌNH THIẾT KẾ

2.1. Thiết kế hệ thống cơ khí

Kết cấu máy [1, 6, 7], được chia làm 5 cụm trục chính: X, Y, Z, B, C.

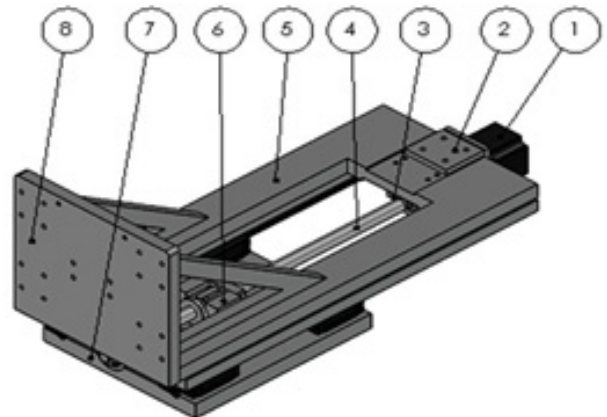
2.1.1. Kết cấu cụm trục X:



Hình 1. Kết cấu cụm trục X:

Ký hiệu (số lượng): 1. Thanh trượt (02); 2. Động cơ bước (01); 3. Gối đỡ (01); 4. Vít M5x20 (18); 5. Bàn trục X (01); 6. Đai ốc bi (01); 7. Giá đỡ đai ốc bi (01); 8. Con trượt (04); 9. Vít me bi (01).

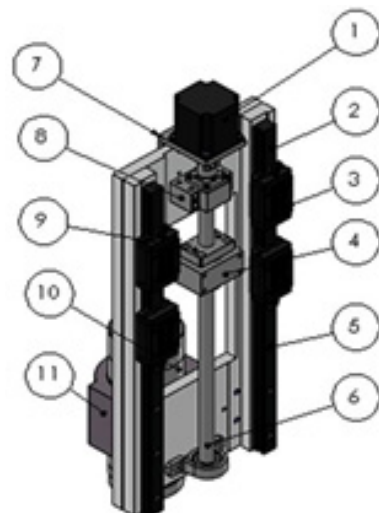
2.1.2. Kết cấu cụm trục Y:



Hình 2. Kết cấu cụm trục Y

Ký hiệu (số lượng): 1. Động cơ trục Y (01); 2. Gá động cơ (01); 3. Gối đỡ trục vít me (02); 4. Trục vít me bi (01); 5. Bàn trục Y (01); 6. Đai ốc bi (01); 7. Tâm gá trục Y (01); 8. Tâm gá trục Z (01).

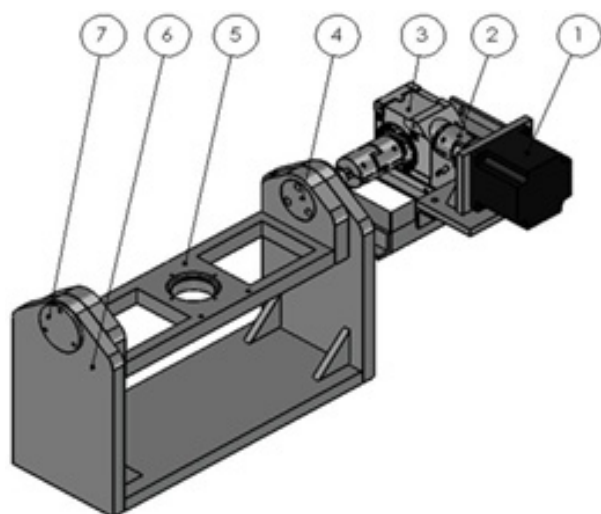
2.1.3. Kết cấu cụm trục Z:



Hình 3. Kết cấu cụm trục Z:

Ký hiệu (số lượng): 1. Động cơ trục Z (01); 2. Thanh trượt (02); 3. Con trượt (04); 4. Bracket (01); 5. Vít M5x20 (16); 6. Trục vít me (01); 7. Gá động cơ (01); 8. Gối đỡ trục vít me (01); 9. Đai ốc bi (02); Spindle (01); Gá spindle (01).

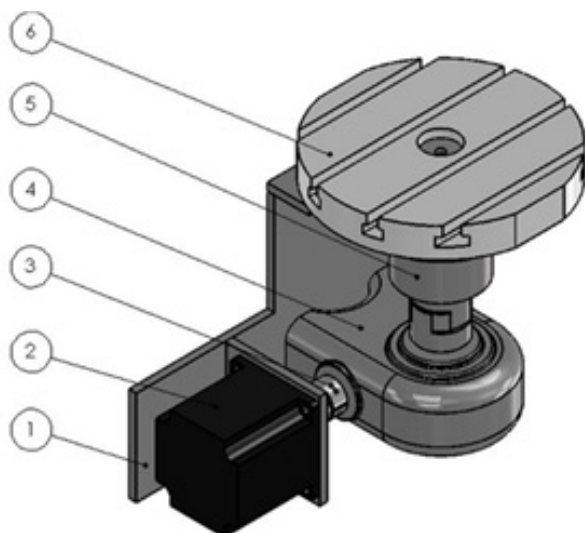
2.1.4. Kết cấu cụm trục B:



Hình 4. Kết cấu cụm trục B

Ký hiệu (số lượng): 1. Động cơ (01); 2. Khớp nối (01); 3. Hộp giảm tốc tỉ số truyền 1 - 60 (01); 4. Trục (01); 5. Bàn máy trục B (01); 6. Thân đỡ trục B (01); 7. Vỏ nắp (01).

2.1.5. Kết cấu cụm trục C:

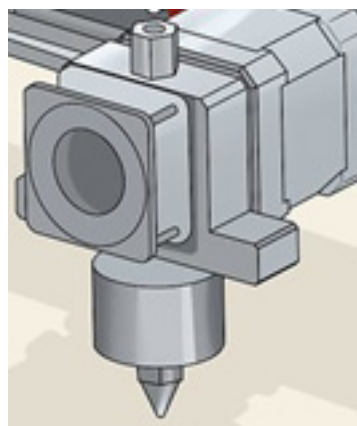


Hình 5. Kết cấu cụm trục C:

Ký hiệu (số lượng): 1. Tâm gá động cơ (01); 2. Động cơ (01); 3. Khớp nối (01); 4. Hộp

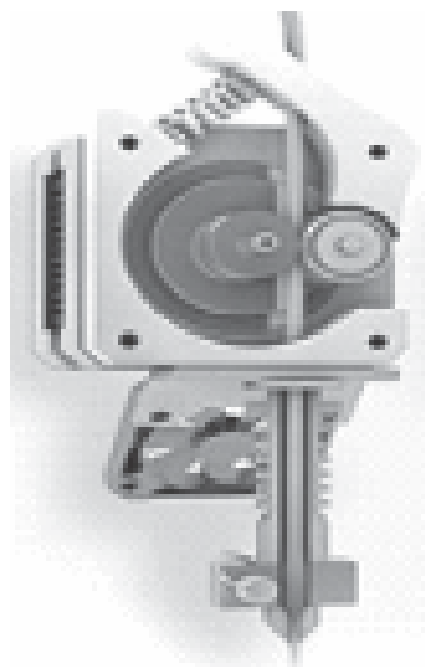
giảm tốc, tỉ số truyền 1 - 25 (01); 5. Vỏ lắp ổ lăn (01); 6. Bàn máy trục C (01).

2.1.6. Kết cấu đầu in



Hình 6. Kết cấu đầu in

2.1.7. Kết cấu bộ cấp dây



Hình 7. Kết cấu bộ cấp dây

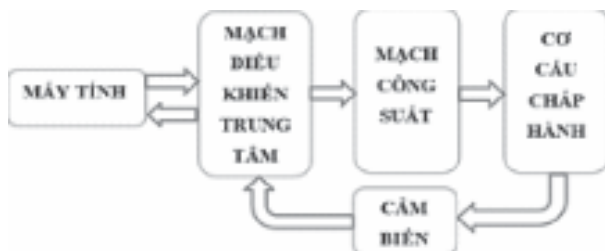
Thông số động cơ [3]: Điện áp định mức 24V; tốc độ cấp dây 40 - 200 mm/phút; đường kính bánh răng 10 mm.

2.2. Tính toán thiết kế bộ điều khiển

2.2.1. Phần điều khiển máy

Hệ thống điều khiển trên máy in 3D [2, 4] quyết định toàn bộ quá trình hoạt động của máy. Board mạch như là đầu não của máy [5], làm nhiệm vụ điều khiển các linh kiện: Cảm biến, động cơ bước, điện trở gia nhiệt cho cụm đầu in và bàn in và các thiết bị khác đi kèm. Máy in 3D nhận dữ liệu ở dạng G-code NC được tạo ra từ các phần mềm hỗ trợ quá trình in 3D, hệ thống điện làm nhiệm vụ điều khiển bộ kết cấu cơ khí theo các dòng lệnh trong toàn bộ chương trình được nạp vào trong máy.

Trên cơ sở phân tích yêu cầu đối với máy in, phân tích các ưu điểm và nhược điểm của các bo mạch và thiết bị có sẵn, các phần mềm hỗ trợ in 3D. Hệ thống điều khiển máy in 3D được tác giả xây dựng như hình 8.



Hình 8. Sơ đồ hệ thống điều khiển máy in 3D.

- Máy tính: Được cài đặt phần mềm để mô hình hoá vật in, tạo chương trình NC, phần mềm nội suy, điều khiển máy in.

- Mạch điều khiển trung tâm: Sử dụng bo mạch Arduino Mega 2560 để đọc chương trình NC từ máy tính hoặc thẻ SD, thu thập dữ liệu từ cảm biến và công tắc hành trình để đưa ra tín hiệu điều khiển động cơ và đầu nung, đồng thời truyền dữ liệu trạng thái hoạt động của máy về máy tính.

- Mạch công suất: Sử dụng bo mạch RAMPS 1.4 và A4899 dùng để điều khiển động cơ và đầu nung.

- Cơ cấu chấp hành: Bao gồm các động cơ dẫn động sử dụng động cơ bước Nema17 220 Nm và đầu nung chuyên dụng công suất 40 W.

- Cảm biến: Cảm biến nhiệt độ NTC 100 K Thermistor để đo nhiệt độ đầu nung và bàn nhiệt. Các công tắc hành trình được gắn ở đầu trên của ray trượt để giới hạn hành trình của cơ cấu.

- Mạch điều khiển Mach3 5 trục hỗ trợ giao tiếp với máy tính qua cổng LPT, hoàn toàn tương thích với phần mềm Mach3.

- Cấp nguồn qua cổng USB và các thiết bị ngoại vi độc lập nhằm tránh sốc điện cho máy tính khi vận hành.

- Điện áp nguồn ngoài có thể thay đổi trong khoảng từ 12V đến 24V.

- Tất cả các tín hiệu vào đều được bảo vệ bằng cách ly quang để bảo vệ mạch.

- Sử dụng 1 role, có thể dùng để điều khiển spindle.

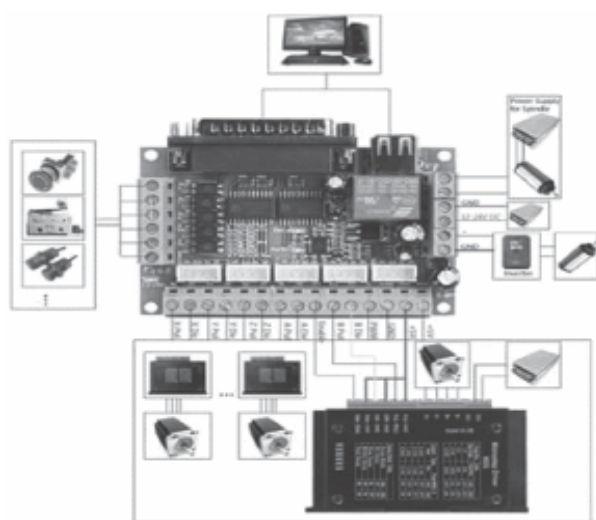
- Có đầu ra analog (0 - 10V) để nối với bộ biến tần khi cần điều khiển tốc độ spindle.

- Có thể điều khiển cùng lúc tới 5 động cơ bước (5 trục).

- Có thể kết nối với driver động cơ bước theo anốt chung hoặc catốt chung.

2.2.2. Linh kiện điện, điện tử điều khiển máy

* Linh kiện điện, điện tử:



Hình 9. Sơ đồ linh kiện điện, điện tử điều khiển máy

Linh kiện điện, điện tử điều khiển máy gồm các chi tiết chính sau:

1. Vi điều khiển bo mạch Mach3; 2. Nguồn bật tắt trục chính; 3. Nguồn điện; 4. Đầu ra biến tần và trục chính; 5. Động cơ bước 5 trục X, Y, Z, B, C; 6. Driver điều khiển động cơ; 7. Nút dừng khẩn cấp; 8. Công tắc giới hạn các trục; 9. Sensor giới hạn hành trình dịch chuyển; 10. Máy tính.

* Phần mềm điều khiển máy:

Để tương thích với Bob Mach3 ở trên, thì ta chọn phần mềm Mach3, Mach3 là phần mềm của hãng ArtSoft, ban đầu được thiết kế dành cho những người chế tạo máy CNC tại nhà theo sở thích nhưng đã nhanh chóng trở thành phần mềm điều khiển linh hoạt trong công nghiệp.

- Biến một máy tính cá nhân PC thành một bộ điều khiển máy CNC 5 trục với đầy đủ các tính năng.

- Cho phép import trực tiếp các file dxf, bmp, jpg và hppl thông qua phần mềm LazyCam.

- Hiện thị G-code trực quan. Tạo ra G-code thông qua LazyCam hoặc Wizards.

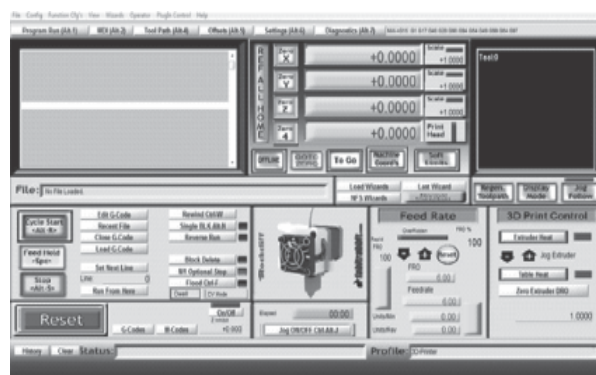
- Giao diện có thể tùy biến hoàn toàn theo ý thích người sử dụng. Tùy biến M-code và Macro bằng cách sử dụng Vbscrip.

- Điều khiển được tốc độ trục chính (Spindle). Điều khiển được nhiều role đóng cắt.

- Có khả năng tạo ra xung điều khiển tốc độ động cơ bằng tay. Hiện thị video khi máy chạy.

- Có khả năng dùng được với màn hình cảm ứng.

- Giao diện phần mềm có khả năng hiển thị ra toàn màn hình bất kỳ đang sử dụng.



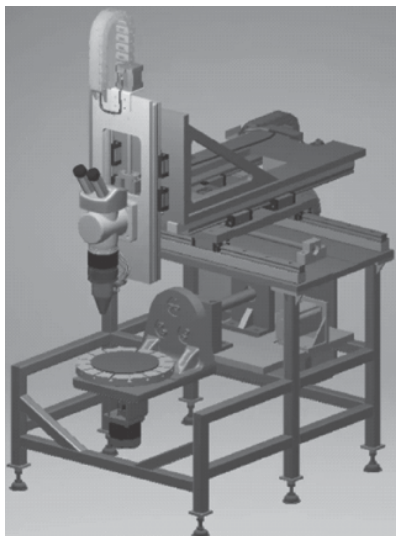
Hình 10. Giao diện phần mềm Mach3 điều khiển máy

3. KẾT CẤU MÁY

Sau khi phân tích kết cấu máy, tác giả đã ứng dụng phần mềm Unigraphics NX để thiết kế mô hình máy và mô hình phân rã của các cụm chi tiết như hình 11.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật máy:

Tên máy	Máy in 3D kim loại
Kích thước gia công	150 mm x 150 mm x 100 mm
Công suất laser	40W
Vật liệu in	Nhôm, Đồng, Thiếc ...
Kết nối với máy tính	Có
Màn hình LCD	Có
Cảm biến an toàn	Có
Điện áp	220V



Hình 11. Mô hình máy hoàn chỉnh

Các chi tiết có trên máy đều được tính toán, thiết kế theo tiêu chuẩn để thuận tiện cho việc chế tạo cũng như sửa chữa và thay thế sau này.

- Trục X, Y, Z được dẫn động bằng bộ truyền vít me đai ốc bi để đạt được độ chính xác nhất trong quá trình máy hoạt động.

- Các trục B, C được tăng cường momen xoắn nhờ 2 hộp giảm tốc độ ở 2 trục.

- Sử dụng động cơ bước để truyền động cho tất cả các trục.

- Sử dụng cảm biến hành trình để giới hạn hành trình cho các trục X, Y, Z.

- Sử dụng các mối ghép bulong, mối ghép hàn và mối ghép then để bắt ghép các chi tiết để tạo thành máy.

3. TRAO ĐỔI VÀ KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một cách tổng quát hệ thống quá trình tính toán, thiết kế máy in 3D kim loại 5 trục CNC. Quá trình thiết kế, lựa chọn kết cấu đã được tiến hành dựa vào các yêu cầu đặt ra. Mô hình 3D của máy in được xây dựng hoàn chỉnh cho phép mô phỏng động học, động lực học, tính toán kiểm bền và tối ưu thiết kế để điều chỉnh và hoàn thiện trước khi chế tạo. Hệ thống điều khiển được xây dựng trên cơ sở các phần mềm, bo mạch và thiết bị có sẵn, đảm bảo tính kinh tế và tính ổn định. Trên cơ sở đó, để chế tạo máy in đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật nhằm phục vụ sản xuất thực tế cũng như giảng dạy và nghiên cứu. ❖

Ngày nhận bài: 02/3/2024

Ngày phản biện: 15/4/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2006); *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, tập 1, 2*, NXB. Giáo dục, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Trọng Bản (2006); *Giáo trình tự động hoá quá trình sản xuất*, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [3]. Nguyễn Quang Hùng, Trần Ngọc Bình (2006); *Động cơ bước – kỹ thuật điều khiển và ứng dụng*, NXB. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. Bùi Quý Lực (2006); *Hệ thống điều khiển số trong công nghiệp*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5]. Tống Văn On, Hoàng Đức Hải (2005); *Hệ vi điều khiển 8051*, NXB. Lao động Xã hội, Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Thiện Phúc (2006); *Robot công nghiệp*, NXB. Lao động Xã hội, Hà Nội.
- [7]. Hà Văn Vui, Nguyễn Chi Sáng, Phan Đăng Phong (2006); *Sổ tay thiết kế cơ khí, tập 1, 2*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.