

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**



ISO 9001:2015

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ MÁY IN 3D CHẤT
LIỆU NHỰA**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**



ISO 9001:2015

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ MÁY IN 3D CHẤT
LIỆU NHỰA**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Nguyễn Hùng Sơn

Người hướng dẫn: Th.S Đinh Thế Nam

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Hùng Sơn – MSV : 1412102055

Lớp : ĐC1802- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : Nghiên cứu, thiết kế máy in 3D chất liệu nhựa.

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.....:

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Đinh Thế Nam
Học hàm, học vị : Thạc sĩ
Cơ quan công tác : Trường Đại học dân lập Hải Phòng
Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên :
Học hàm, học vị :
Cơ quan công tác :
Nội dung hướng dẫn :

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày tháng năm 2019.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng.....năm 2019

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N

Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Nguyễn Hùng Sơn

Th.S Đinh Thế Nam

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2019

HIỆU TRƯỞNG

GS.TS.NGŨT TRẦN HỮU NGHỊ

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác:

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:

Nội dung hướng dẫn:

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng của đồ án/khóa luận (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T. T.N trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm

Giảng viên hướng dẫn

(Ký và ghi rõ họ tên)

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác:

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

.....

.....

1. Phần nhận xét của giáo viên chấm phản biện

.....

.....

.....

.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm

Giảng viên chấm phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Khi hoàn thành đồ án tốt nghiệp này cũng là em kết thúc thời gian học tập tại trường Đại học Dân lập Hải Phòng. Khoảng thời gian học tập và nghiên cứu tại trường đã giúp em hiểu và yêu quý nơi đây nhiều hơn. Nhà trường và Thầy Cô không những truyền đạt cho em những kiến thức chuyên môn mà còn giáo dục cho em về lý tưởng, đạo đức trong cuộc sống. Đây là những hành trang không thể thiếu cho cuộc sống và sự nghiệp của em sau này. Em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến tất cả các Quý Thầy Cô đã tận tình chỉ bảo, dẫn dắt em đến ngày hôm nay để có thể vững bước trên con đường học tập và làm việc sau này.

Đồ án tốt nghiệp đã đánh dấu việc hoàn thành những năm tháng miệt mài học tập của em. Và đồ án này cũng đánh dấu sự trưởng thành trên con đường học tập của em. Qua đây em xin gửi lời cảm ơn đến gia đình và bạn bè đã luôn động viên và tạo mọi điều kiện để nhóm hoàn thành khóa học.

Cuối cùng, em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất đến Thầy Đinh Thế Nam với sự nhiệt tình giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi và sự định hướng đúng đắn và kịp thời của Thầy đã giúp em rất nhiều trong quá trình thực hiện đồ án.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Hùng Sơn

TÓM TẮT ĐỀ ÁN

THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY IN 3D CHẤT LIỆU NHỰA

Trong những năm trở lại đây, công nghệ in FDM (Fused Deposition Molding) được phát triển rất nhanh với những ưu điểm như vật liệu dễ kiếm, không gây độc hại, kết cấu máy đơn giản, chi phí thấp, Đề tài được xây dựng trên cơ sở những ưu điểm của công nghệ in 3D, phát huy những ưu điểm và hạn chế một số nhược điểm của máy in 3D. Nội dung của đề tài là nghiên cứu thiết kế truyền động cho máy in 3D, tối ưu hóa đường di chuyển đầu phun, để có thể tối ưu hóa giữa chất lượng mẫu in và thời gian in.

MỤC LỤC

| | |
|--|----|
| CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TẠO MẪU NHANH | 1 |
| 1.1. Giới thiệu về công nghệ tạo mẫu nhanh..... | 1 |
| 1.2. Các bước của quá trình tạo mẫu nhanh..... | 1 |
| 1.3. Một số công nghệ tạo mẫu nhanh..... | 2 |
| 1.3.1. Công nghệ SLA..... | 2 |
| 1.3.2. Công nghệ in 3DP..... | 3 |
| 1.3.3. Công nghệ FDM..... | 3 |
| 1.4. Giới thiệu một số mẫu máy in 3D..... | 4 |
| 1.4.1. Máy Prusa i3..... | 4 |
| 1.4.2. Máy Delta Kossel..... | 5 |
| 1.4.3. Máy Ember..... | 6 |
| 1.5. Kết luận..... | 6 |
| CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT | 7 |
| 2.1. Khái quát chung về máy in 3D..... | 7 |
| 2.2. Động cơ bước..... | 10 |
| 2.2.1. Động cơ bước nam châm vĩnh cửu..... | 11 |
| 2.2.2. Động cơ bước biến từ trở..... | 12 |
| 2.2.3. Động cơ bước hỗn hợp..... | 13 |
| 2.2.4. Động cơ bước 2 pha..... | 14 |
| 2.2.5. Các phương pháp điều khiển động cơ bước..... | 14 |
| 2.3. Truyền động vít me – đai ốc..... | 15 |
| 2.3.1. Cơ cấu vít me – đai ốc trượt..... | 16 |
| 2.3.2. Cơ cấu vít me đai ốc bi..... | 17 |
| 2.4. Sóng trượt dẫn hướng..... | 18 |
| 2.5. Truyền động đai..... | 19 |
| 2.6. Kết luận..... | 20 |
| CHƯƠNG 3: PHƯƠNG HƯỚNG VÀ CÁC GIẢI PHÁP THIẾT KẾ | 21 |
| 3.1. Thông số máy..... | 21 |
| 3.2. Các phương án thiết kế kết cấu máy..... | 21 |
| 3.2.1. Phương án 1..... | 21 |
| 3.2.2. Phương án 2..... | 21 |
| 3.2.3. Phương án 3..... | 21 |
| 3.3. Lựa chọn phương án..... | 22 |
| 3.4. Trình tự thực hiện..... | 22 |
| CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ CƠ KHÍ | 23 |
| 4.1. Thiết kế khung máy..... | 23 |
| 4.2. Thiết kế cụm cơ khí trục Z..... | 24 |
| 4.2.1. Tính toán truyền động vít me – đai ốc bi trục Z..... | 24 |
| 4.2.2. Tính toán chọn động cơ trục Z..... | 29 |
| 4.2.3. Trục dẫn hướng và bạc dẫn hướng..... | 32 |
| 4.2.4. Khớp nối..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.5. Thiết kế bàn nâng trục Z | 34 |
| 4.3. Thiết kế cơ khí cụm trục XY Thông số cụm trục XY: | 35 |
| 4.3.1. Kết cấu truyền động trục XY | 35 |
| 4.3.2. Lựa chọn bộ truyền | 36 |
| 4.3.3. Thiết kế sơ bộ cụm trục XY | 38 |
| 4.3.4. Tính toán lựa chọn động cơ cụm trục XY | 47 |
| 4.4. Thiết kế và gia công các chi tiết..... | 49 |
| 4.5. Bộ phận đèn nhựa | 51 |
| 4.5.1. Cụm đèn nhựa..... | 51 |
| 4.5.2. Đầu phun gia nhiệt | 51 |
| 4.5.3. Sợi nhựa. | 52 |
| 4.6. Tính toán thiết kế phần điện..... | 53 |
| 4.6.1. Khối nguồn..... | 53 |
| 4.6.2. Phần điều khiển..... | 54 |
| 4.8. Phần mềm điều khiển..... | 68 |
| KẾT LUẬN | 75 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO Tiếng việt | 76 |

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

| | |
|------------|--|
| CAD | <u>C</u>omputer <u>A</u>ided <u>D</u>esign |
| CAM | <u>C</u>omputerized <u>A</u>ided <u>M</u>anufacturing |
| FDM | <u>F</u>used <u>D</u>eposition <u>M</u>odeling |
| SLA | <u>S</u>tereo <u>L</u>ithography <u>A</u>pparatus |
| 3DP | <u>T</u>hree <u>D</u>imensional <u>P</u>rinting |

CHƯƠNG 1:

GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TẠO MẪU NHANH

1.1. Giới thiệu về công nghệ tạo mẫu nhanh

Công nghệ tạo mẫu nhanh ra đời từ những thập niên 80 với sự xuất hiện đầu tiên của công nghệ tạo mẫu lập thể SLA được phát minh ở Mỹ vào những năm 1983 bởi Charles Hull. Từ đó đến nay công nghệ tạo mẫu nhanh khá phát triển với nhiều công nghệ với được phát minh.

Công nghệ tạo mẫu nhanh hỗ trợ rất nhiều cho người thiết kế và những nhà sản xuất có thể kiểm tra các chi tiết hay hệ thống được thiết kế trước khi được cấp vốn để sản xuất hàng loạt. Các công nghệ tạo mẫu nhanh đã giúp các nhà sản xuất đẩy mạnh việc thiết kế sản phẩm, hạn chế các sai sót không đáng có trong quá trình thiết kế và sản xuất.

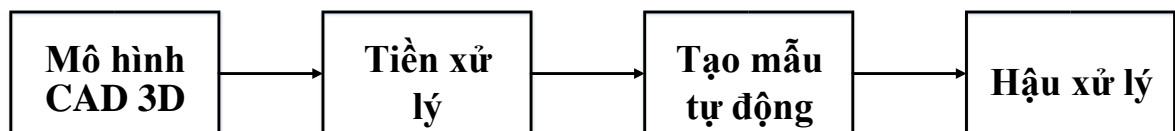
Về cơ bản công nghệ tạo mẫu nhanh là quá trình tạo mẫu sản phẩm giúp người sản xuất quan sát nhanh sản phẩm cuối cùng. Quá trình tạo mẫu được hỗ trợ bởi các phần mềm CAD giúp thiết kế nhanh sản phẩm, các phần mềm cắt lớp. Tạo đường chuyển động.

Đặc điểm của công nghệ tạo mẫu nhanh là:

- Thực hiện tạo mẫu trong thời gian ngắn, đây chính là điểm mạnh của phương pháp này.
- Sản phẩm của quá trình tạo mẫu nhanh có thể dùng để kiểm tra các mẫu được sản xuất bằng các phương pháp khác.
- Mẫu tạo ra có thể dùng hỗ trợ cho quá trình sản xuất.

1.2. Các bước của quá trình tạo mẫu nhanh.

Quá trình tạo mẫu nhanh được thể hiện qua sơ đồ khối sau:



Hình 1.1: Sơ đồ quá trình tạo mẫu

Bước 1: Tạo mô hình 3D dạng mặt hay khối.

Bước 2: Tiền xử lý

- Chuyển đổi định dạng file CAD 3D sang định dạng file .stl xấp xỉ bề mặt dưới dạng tam giác.
- Sử dụng các phần mềm thiết kế các kết cấu hỗ trợ (support), kiểm tra file stl và chỉnh sửa, cắt lớp chi tiết.
- Xuất file Gcode tạo đường chuyển động

Bước 3: Tạo mẫu tự động.

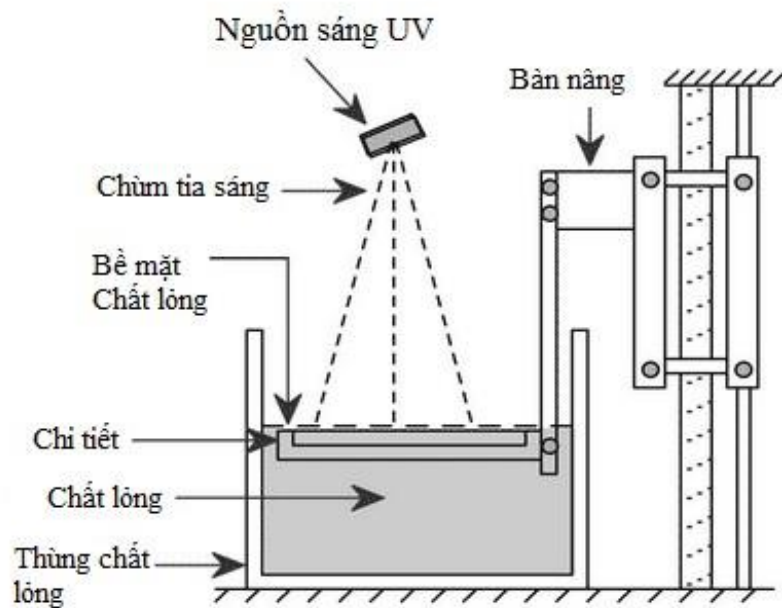
Bước 4: Hậu xử lý

Tháo các bộ phận support, xử lý bề mặt, ...

1.3. Một số công nghệ tạo mẫu nhanh

1.3.1. Công nghệ SLA

Công nghệ SLA được phát minh ở Mỹ vào năm 1984. Phương pháp tạo mẫu lập thể SLA dựa vào nguyên tắc đông cứng vật liệu lỏng photopolymer thành hình dạng rõ ràng khi nó được chiếu bởi một chùm tia laser cường độ cao. Có thể sử dụng Laser He-Cd với bước sóng $325nm$ hoặc Laser dạng rắn Nd:YVO₄ với bước sóng $354,7nm$.



Hình 1.2: Sơ đồ nguyên lý tạo mẫu SLA

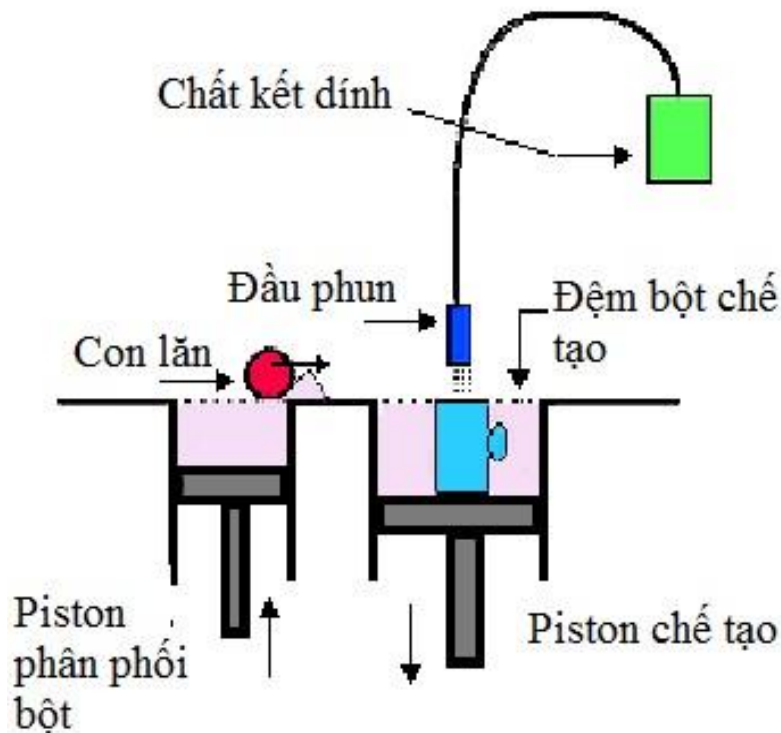
Tại vị trí bề dờ cao nhất thì trên tấm là một lớp chất lỏng cạn. Máy phát laser phát ra chùm tia cực tím tập trung trên một diện tích của lớp chất lỏng và di chuyển theo hướng X – Y.

Chùm tia cực tím chiếu sáng làm đông đặc lớp dung dịch tạo nên một khối đặc, bề dờ được hạ xuống một khoảng bằng chiều dày 1 lớp và quá trình được lặp lại.

Quá trình được tiếp diễn cho đến khi đạt được kích thước của chi tiết. Phần dung dịch xung quanh không bị đông kết và có thể được sử dụng cho lần kế tiếp.

1.3.2. Công nghệ in 3DP

Công nghệ in chiều được phát triển ở khoa kỹ thuật cơ khí viện công nghệ MIT.

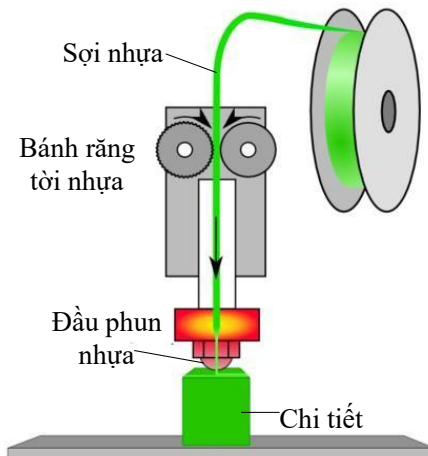


Hình 1.3: Sơ đồ nguyên lý tạo mẫu 3DP

Đầu phun sẽ phun dung dịch keo kết dính trên bề mặt lớp nền bột vật liệu chế tạo. Bột sẽ kết dính với nhau ở những vị trí có keo dính. Sau khi lớp đầu tiên hoàn thành piston chế tạo sẽ đi xuống một khoảng bằng bề dày một lớp. Piston phân phối bột đi lên, con lăn chạy qua đây bột cung cấp tiếp tục cho quá trình. Quá trình được lặp lại cho đến khi toàn bộ vật thể được chế tạo xong trong nền bột.

1.3.3. Công nghệ FDM

Công nghệ in FDM được sử dụng khá nhiều trong các loại máy in hiện nay với kết cấu đơn giản, vật liệu dễ tìm.



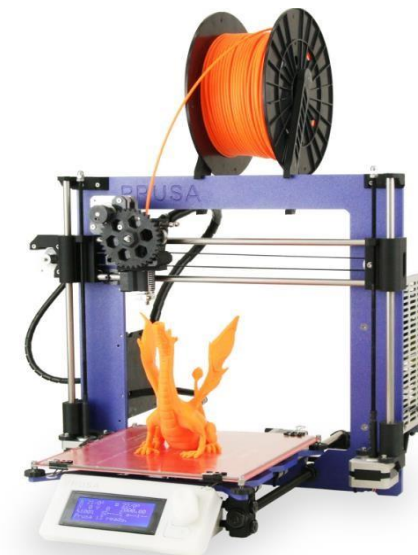
Hình 1.4: Sơ đồ nguyên lý tạo mẫu FDM

Nguyên lý hoạt động:

Ở vị trí ban đầu bàn in cách đầu phun nhiệt một khoảng bằng chiều dày lớp in. Sợi nhựa được đưa vào kim phun nhờ hệ thống tời nhựa bằng cặp bánh răng một cách liên tục. Tại đầu phun nhựa, nhựa được nung nóng tới khoảng nhiệt độ thích hợp bởi bộ phận gia nhiệt. Nhựa nóng chảy được đùn ra theo biên dạng dịch chuyển của đầu phun. Sau khi lớp thứ nhất hoàn thành bàn máy dịch xuống một khoảng bằng chiều dày một lớp. Quá trình tiếp tục cho đến khi hoàn thành chi tiết.

1.4. Giới thiệu một số mẫu máy in 3D

1.4.1. Máy Prusa i3



Hình 1.5: Máy in 3D prusa I3

Được phát triển từ những năm 2010 bởi Josef Prusa. Đây là một trong những mẫu máy in 3D công nghệ FDM khá phổ biến trên thị trường hiện nay. Mức giá của loại máy này giao động từ 4 triệu đến 6 triệu. Ưu điểm của loại máy này là kết cấu đơn giản, dễ lắp ráp, tuy nhiên nhược điểm là độ chính xác không cao, độ bóng bề mặt thấp.

1.4.2. Máy Delta Kossel

Được phát triển bởi Johann tại Seattle, Mỹ vào năm 2012. Dòng máy này sử dụng cơ cấu delta, công nghệ in FDM, loại nhựa thường được sử dụng là nhựa ABS, PLA.



Hình 1.6: Máy in 3D Delta Kossel

| | |
|-------------------------|--|
| Loại máy | Delta |
| Tốc độ in | 320 mm/s |
| Độ phân giải động cơ | 100 step/mm |
| Không gian in | Đường kính in 170 mm, chiều cao 240 mm |
| Độ phân giải mỗi lớp in | 0.2 mm |
| Giá | 600USD |

Bảng 1.1: Thông số máy in 3D Delta Kossel

Ưu điểm của mẫu máy này là máy hoạt động êm, ít rung, tốc độ và độ chính xác cao có thể in được vật thể có chiều cao lớn, cơ cấu có độ cứng vững cao.

Bên cạnh những ưu điểm đó là những nhược điểm như khổ máy lớn, cồng kềnh, kết cấu phức tạp, khó căn chỉnh, giá thành đắt hơn so với dòng máy prusa.

1.4.3. Máy Ember

Máy ember được phát triển bởi công ty Autodesk năm 2015. Đây là dòng máy in sử dụng công nghệ SLA, sử dụng vật liệu là loại nhựa lỏng.



Hình 1.7: Máy in 3D Ember

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Độ phân giải trục XY | 50micron |
| Độ phân giải trục Z | 10 – 100 micron. |
| Không gian in | 64x40x134 mm. |
| Tốc độ in | 18 mm/h. |
| Loại nhựa | Acrylate photosensitive resin. |
| Kích thước máy | 325 x 340 x 434 mm. |
| Giá thành | 7495USD bao gồm nhựa lỏng. |

Bảng 1.2: Thông số máy in 3D Ember.

Ưu điểm của dòng máy là độ phân giải của máy cao, độ chính xác cao, kích thước máy nhỏ gọn, chi tiết sau khi in có độ cứng cao, độ bóng bề mặt cao

Nhược điểm của máy là giá thành cao, tốc độ in thấp.

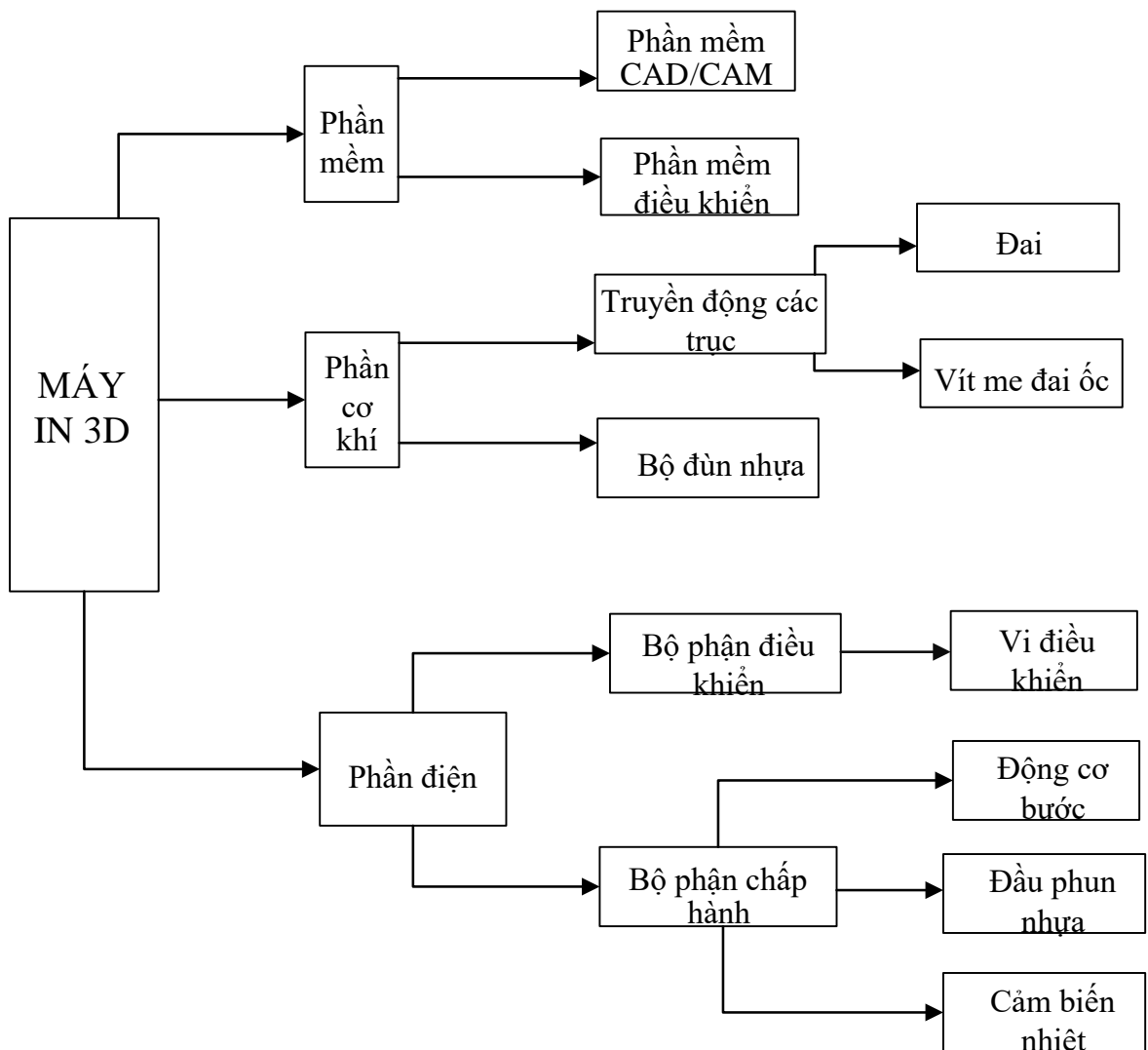
1.5. Kết luận

Chương này đã giới thiệu một số công nghệ in 3D và một số mẫu máy in 3D điển hình và được sử dụng khá phổ biến trên thị trường hiện nay từ đó làm tiền đề cho việc lựa chọn kế cấu và công nghệ in sử dụng trong đồ án.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khái quát chung về máy in 3D

Máy in 3d đầu tiên ra đời vào những năm 80 là những dòng máy in 3D SLA đầu tiên trên thế giới. Về cơ bản mọi máy in 3D đều có kết cấu cơ khí gần giống nhau, chỉ khác nhau về bộ phận tạo mẫu. Xét về tổng quan các máy in 3D FDM có kết cấu gồm 3 phần chính: phần mềm điều khiển, phần điện, phần cơ khí, bộ đùn nhựa.



Hình 2.1: Cấu trúc máy in 3D

Cấu trúc cơ khí của một máy in 3D gần giống với các loại máy CNC với truyền động của các trục. Bộ truyền có thể là bộ truyền vít me – đai ốc hoặc bộ truyền đai.

Đặc điểm của truyền động cơ khí trong máy in 3D là tải trọng tác dụng lên không đáng kể do đó việc thiết kế tương đối đơn giản, kết cấu các trục tương đối gọn

nhẹ, các chi tiết lắp ráp không đòi hỏi về khả năng chịu lực không cao do đó có thể sử dụng các chi tiết in được bằng các máy khác để lắp ráp. Đó cũng là một ưu điểm của các máy in 3D. Một số dòng máy in 3D có khoảng 80% các chi tiết lắp ráp là được in bằng các máy in 3D sẵn có.

Phần điện của máy in 3D có thể chia thành 2 khối: khối điều khiển và khối chấp hành. Khối điều khiển gồm các thành phần như: Vi điều khiển, Board kết nối, Driver.

Khối chấp hành gồm các thành phần như: động cơ bước, các cảm biến nhiệt, động cơ servo (nếu có), tản nhiệt,

Bộ đèn nhựa là một trong những phần quan trọng nhất trong máy. Bộ phận này thực hiện 2 chức năng trong máy: bộ đèn nhựa cung cấp nhựa chạy liên tục, đầu phun nhựa thực hiện chức năng nung chảy nhựa và đèn nhựa tạo nên mẫu.

Phần mềm được chia làm 2 thành phần: phần mềm CAD/CAM, phần mềm điều khiển. Phần mềm CAD là các phần mềm có chức năng tạo mẫu 3D, đây là các mô hình sẽ được in trên máy in 3D. Các phần mềm CAD được sử dụng có thể là Solidwork, Creo, Sketchup, Các mô hình 3D sau khi được tạo ra phải được chuyển đổi sang định dạng STL từ đó có thể đưa sang các phần mềm CAM để xử lý tiếp theo. Các phần mềm CAM là các phần mềm thực hiện các chức năng cắt lớp vật thể do công nghệ in 3D là in theo từng lớp, lớp cắt càng có kích thước nhỏ thì chất lượng mẫu in càng tốt tuy nhiên thời gian in sẽ tăng lên và ngược lại, lớp in càng lớn thì chất lượng giảm và tốc độ in tăng lên. Để tối ưu hóa giữa chất lượng in và tốc độ in thì phải có cài đặt các thông số in hợp lý. Sau khi cắt lớp phần mềm sẽ tạo chuyển động khi in và xuất file Gcode. Các mã lệnh Gcode hầu hết giống với gcode trên máy CNC tuy nhiên có một số mã lệnh riêng đối với máy in 3D.

Dưới đây là một số tập lệnh thường dùng với máy in 3D:

| Mã lệnh | Cấu trúc | Chức năng |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| G0 | G0 Xnnn Ynnn Znnn Ennn | Di chuyển nhanh |
| G1 | G1 Xnnn Ynnn Znnn Ennn Fnnn | Di chuyển theo đường thẳng |
| G2/G3 | G2/G3 Xnnn Ynnn Znnn Ennn Fnnn | Di chuyển theo cung tròn, đường tròn |
| G17, G18, G19 | | Lựa chọn mặt phẳng in |
| G21 | | Đặt đơn vị theo hệ mét |

| | | |
|------|--------------------------|---|
| G20 | | Đặt đơn vị theo hệ Inch |
| G28 | G28 X Y Z | Về home |
| G90 | | Sử dụng tọa độ tuyệt đối |
| G91 | | Sử dụng tọa độ tương đối |
| M18 | M18 X Y Z E0 | Vô hiệu các trục |
| M21 | | Cài đặt thẻ nhớ |
| M24 | | Bắt đầu/ tiếp tục in từ thẻ nhớ |
| M104 | M104 Ennn | Cài đặt nhiệt độ đầu phun |
| M106 | | Bật quạt tản nhiệt |
| M107 | | Bật quạt tản nhiệt |
| M114 | | Lấy tọa độ vị trí hiện tại |
| M119 | | Trả về trạng thái endstop |
| M120 | | Bật endstop |
| M121 | | Tắt endstop |
| M140 | M140 Snn | Set nhiệt độ bàn nhiệt |
| M150 | M150 Rnnn Unnn Bnnn | Thiết lập màu hiển thị |
| M190 | M190 Snn | Đợi đến khi bàn nhiệt đạt đến nhiệt độ được set (dùng khi gia nhiệt nhựa) |
| M200 | M200 Dxx | Cài đặt đường kính sợi nhựa |
| M201 | M201 Xnnn Ynnn Znnn Ennn | Cài đặt gia tốc in tối đa |
| M203 | M203 Xnnn Ynnn Znnn Ennn | Cài đặt tốc độ in tối đa |

Bảng 2.1: Một số Gcode thường dùng

Các phần mềm CAM được sử dụng phổ biến cho máy in 3d là Cura, Slic3r, Simplify, Một số phần mềm sẽ tích hợp các module CAM và module điều khiển trong một, giúp công việc xử lý mẫu in nhanh hơn và đạt hiệu quả hơn như

phần mềm Repetier host. Phần mềm này tích hợp các công cụ CAM là Slic3r, Cura, Skeinforge, có thể lựa chọn sử dụng một trong ba module để so sánh từ đó lựa chọn module tốt hơn cho từng kiểu mẫu in khác nhau.

Để máy hoạt động ta phải nạp Gcode cho máy. Có thể nạp Gcode thông qua phần mềm điều khiển hoặc nạp qua thẻ nhớ trên màn hình LCD điều khiển. Phần mềm giao diện điều khiển được sử dụng có thể là Repetier host hoặc Pronterface.

2.2. Động cơ bước

Động cơ bước (*stepper motor*), thực chất là một động cơ đồng bộ dùng để biến đổi các tín hiệu điều khiển dưới dạng các xung điện rời rạc kế tiếp nhau thành các chuyển động góc quay.



Hình 3.2: Động cơ bước

Về cấu tạo động cơ bước gồm có các bộ phận là stato, roto là nam châm vĩnh cửu hoặc trong trường hợp của động cơ biến từ trở là những khối răng làm bằng vật liệu nhẹ có từ tính. Động cơ bước được điều khiển bởi bộ điều khiển bên ngoài. Động cơ bước và bộ điều khiển được thiết kế sao cho động cơ có thể giữ nguyên bất kỳ vị trí cố định nào cũng như quay đến một vị trí bất kỳ nào.

Động cơ bước có thể sử dụng trong hệ thống điều khiển vòng hở đơn giản, hoặc vòng kín, tuy nhiên khi sử dụng động cơ bước trong hệ điều khiển vòng hở khi quá tải, tất cả các giá trị của động cơ đều bị mất và hệ thống cần nhận diện lại.

Một số đặc điểm của động cơ bước:

Động cơ bước hoạt động dưới tác dụng của các xung rời rạc và kế tiếp nhau. Khi có dòng điện hay điện áp đặt vào cuộn dây phần ứng của động cơ bước làm cho roto của động cơ quay một góc nhất định gọi là bước của động cơ.

Góc bước là góc quay của trục động cơ tương ứng với một xung điều khiển. Góc bước được xác định dựa vào cấu trúc của động cơ bước và phương pháp điều khiển động cơ bước.

Tính năng mở máy của động cơ được đặc trưng bởi tần số xung cực đại có thể mở máy mà không làm cho roto mất đồng bộ.

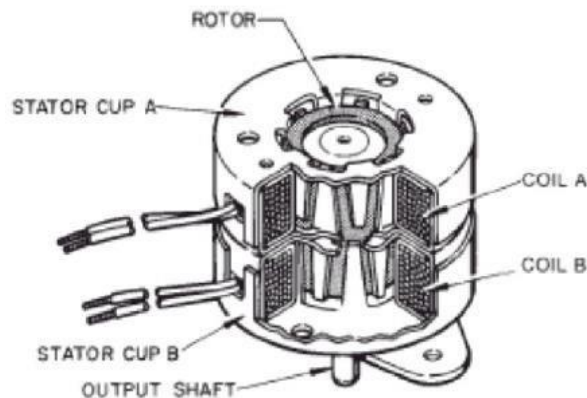
Chiều quay động cơ bước không phụ thuộc vào chiều dòng điện mà phụ thuộc vào thứ tự cấp xung cho các cuộn dây.

Động cơ bước được chia thành 3 loại chính là:

- Động cơ bước biến từ trở.
- Động cơ bước nam châm vĩnh cửu.
- Động cơ bước hỗn hợp/lai.

2.2.1. Động cơ bước nam châm vĩnh cửu

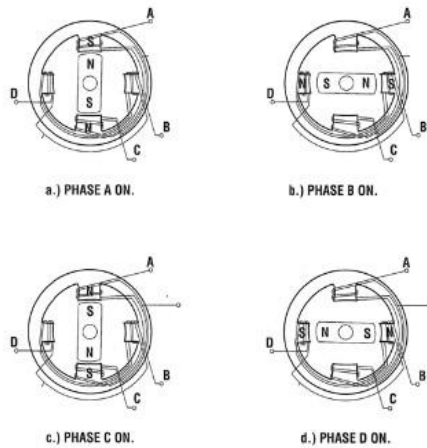
Động cơ bước nam châm vĩnh cửu có roto là nam châm vĩnh cửu, stato có nhiều răng trên mỗi răng có quấn các vòng dây. Các cuộn dây pha có cực tính khác nhau.



Hình 2.3: Cấu tạo động cơ bước nam châm vĩnh cửu

Nguyên lý hoạt động của động cơ bước nam châm vĩnh cửu có 2 cặp cuộn pha được trình bày ở hình:

Ban đầu vị trí của stato và roto đang ở pha A. Khi cấp điện cho 2 cuộn dây pha B và D trong 2 cuộn sẽ xuất hiện cực tính. Do cực tính của cuộn dây pha và roto ngược nhau dẫn đến roto chuyển động đến vị trí như hình phase B on. Khi cuộn dây pha B và D ngắt điện cuộn dây A và B được cấp điện thì roto lại chuyển động đến vị trí như hình pha C on.



Hình 2.4: Nguyên lý hoạt động động cơ bước nam châm vĩnh cửu

Gọi số răng trên stato là Z_s , góc bước của động cơ là S_{dc} , góc bước của động cơ này được tính theo công thức sau:

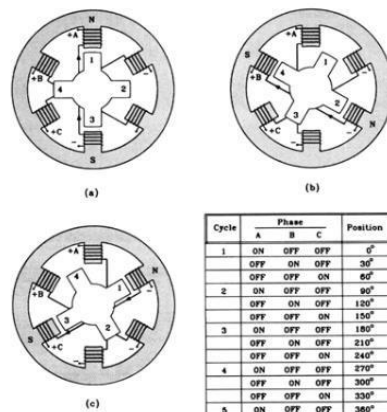
$$S_{dc} = \frac{360}{Z_s}$$

2.2.2. Động cơ bước biến từ trở

Động cơ bước biến từ trở có cấu tạo giống với động cơ bước nam châm vĩnh cửu. Cấu tạo của stato cũng có các cuộn pha đối xứng nhau, nhưng các cuộn pha đối xứng có cùng cực tính khác với động cơ bước nam châm vĩnh cửu. Góc bước của stato là S_s .

Roto của động cơ bước biến từ trở được cấu tạo từ thép non có khả năng dẫn từ cao, do đó khi động cơ mất điện roto vẫn tiếp tục quay tự do rồi mới dừng hẳn.

Nguyên lý hoạt động của động cơ bước biến từ trở được thể hiện như hình:



Hình 2.5: Nguyên lý hoạt động động cơ bước biến từ trở

Khi cấp điện cho pha A (hình a), từng cặp cuộn dây A bố trí đối xứng nhau có cùng cực tính là nam (S) và bắc (N). Lúc này các cuộn dây hình thành các vòng từ đối xứng.

Khi cấp điện cho pha B (hình b). Lúc này từ trở trong động cơ lớn, momen từ tác động lên trục roto làm cho roto quay theo chiều giảm từ trở. Roto quay cho tới khi từ trở nhỏ nhất và khi momen bằng không thì trục động cơ dừng, roto đạt đến vị trí cân bằng mới.

Tương tự như vật khi cấp điện cho pha C, động cơ hoạt động theo nguyên tắc trên và roto ở vị trí như hình c. Quá trình trên lặp lại và động cơ quay liên tục theo thứ tự pha A → B → C. Để động cơ quay ngược chiều chỉ cần cấp điện cho các pha theo thứ tự ngược lại.

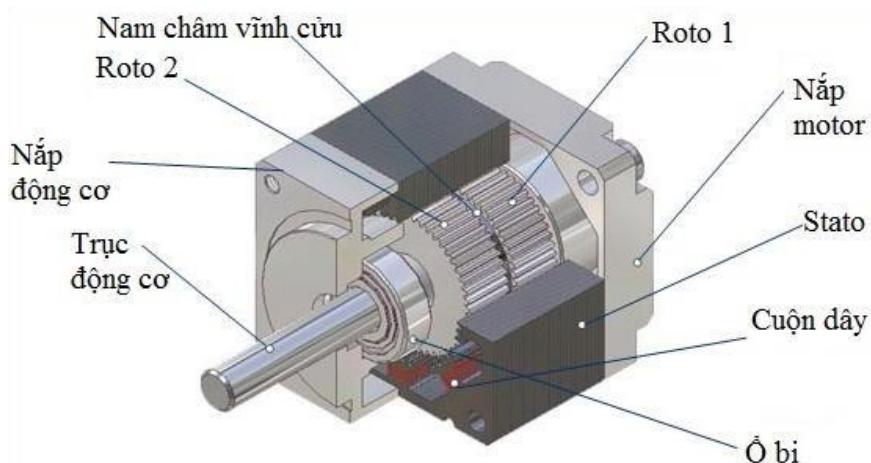
Gọi số pha của động cơ là N_p , ổ răng trên roto là Z_r , góc bước của động cơ bước biến từ trở là S ta tính được công thức sau:

$$S = \frac{360}{N_p \cdot Z_r}$$

2.2.3. Động cơ bước hỗn hợp

Động cơ bước hỗn hợp (còn gọi là động cơ bước lai) có đặc trưng cấu trúc của động cơ bước nam châm vĩnh cửu và động cơ bước biến từ. Stator và roto có cấu tạo tương tự động cơ bước biến từ trở nhưng số răng của stator và roto không bằng nhau.

Roto của động cơ bước thường có 2 phần: phần trong là nam châm vĩnh cửu được gắn chặt lên trục động cơ, phần ngoài là 2 đoạn roto được chế tạo từ lá thép non và răng của 2 đoạn roto được đặt lệch nhau.



Hình 2.6: Cấu tạo động cơ bước hỗn hợp

Góc bước của động cơ bước hỗn hợp được tính theo công thức:

$$S = \frac{S_r}{Z_s}$$

Trong đó: S là góc bước của động cơ, S_r là góc giữa 2 răng kề nhau, Z_s là số cặp cực trên stato.

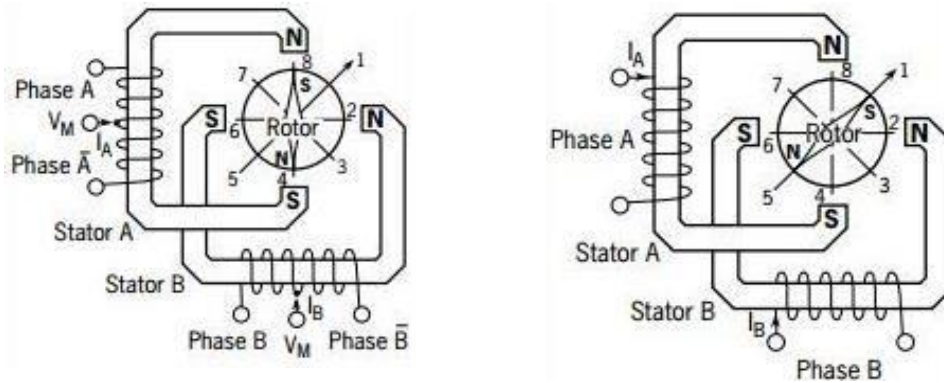
Động cơ bước hỗn hợp được sử dụng rộng rãi vì kết hợp các ưu điểm của 2 loại động cơ trên là động cơ bước nam châm vĩnh cửu và động cơ bước biến từ trở.

2.2.4. Động cơ bước 2 pha

Hiện nay các động cơ bước 2 pha được sử dụng rất thông dụng, có kết cấu như động cơ bước hỗn hợp và động cơ bước nam châm vĩnh cửu. Tuy nhiên động cơ bước 2 pha còn được phân loại dựa vào cách đấu dây các cặp cực.

Động cơ bước đơn cực: cuộn dây pha có ba dây đầu ra. Điểm trung tâm của cuộn dây được đấu ra ngoài. Khi cấp điện, dây trung tâm được nối với đầu dương của nguồn điện, hai đầu dây còn lại được nối với đầu âm.

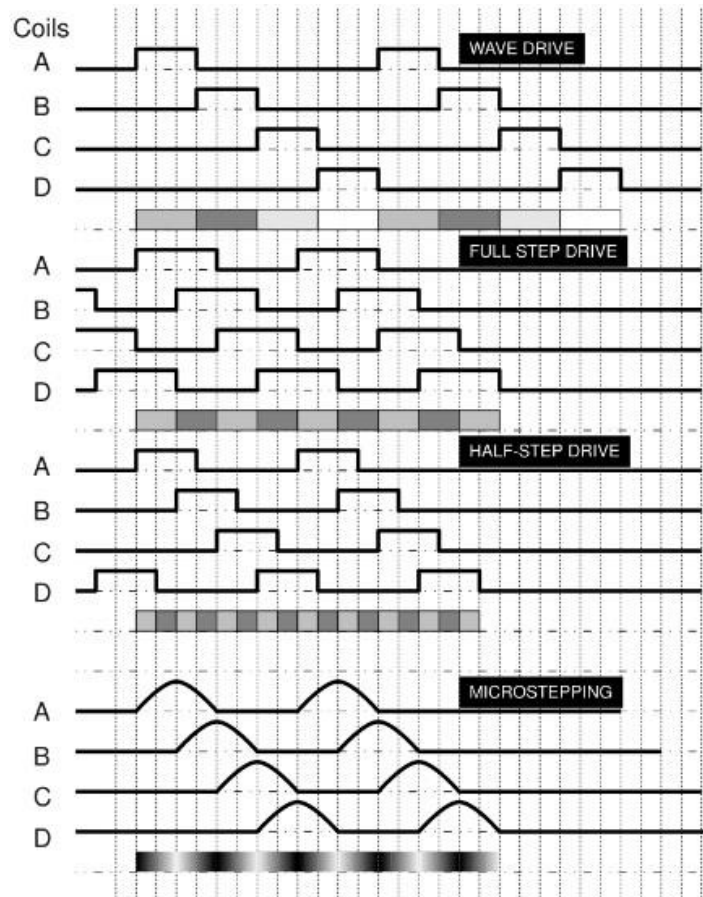
Động cơ bước lưỡng cực: cuộn dây pha của loại động cơ này chỉ có 2 đầu ra. Một đầu dây được nối với nguồn dương và đầu còn lại được nối với đầu âm của nguồn điện. Động cơ bước lưỡng cực có kết cấu đơn giản nhưng điều khiển phức tạp hơn động cơ bước đơn cực.



Hình 2.7: Động cơ bước 2 pha lưỡng cực và đơn cực

2.2.5. Các phương pháp điều khiển động cơ bước

Hiện nay có 4 phương pháp điều khiển động cơ bước.



Hình 2.8: Phương pháp điều khiển động cơ bước

Điều khiển dạng sóng (Wave): là phương pháp điều khiển cấp xung điều khiển lần lượt theo thứ tự chọn từng cuộn dây pha.

Điều khiển bước đủ (Full step): là phương pháp điều khiển cấp xung đồng thời cho 2 cuộn dây pha kế tiếp nhau.

Điều khiển nửa bước (Half step): là phương pháp điều khiển kết hợp cả 2 phương pháp điều khiển dạng sóng và điều khiển bước đủ. Khi điều khiển theo phương pháp này thì giá trị góc bước nhỏ hơn hai lần và số bước của động cơ bước tăng lên

2 lần so với phương pháp điều khiển bước đủ tuy nhiên phương pháp này có bộ phát xung điều khiển phức tạp.

Điều khiển vi bước (Microstep): là phương pháp mới được áp dụng trong việc điều khiển động cơ bước cho phép động cơ bước dừng và định vị tại vị trí nửa bước giữa 2 bước đủ. Ưu điểm của phương pháp này là động cơ có thể hoạt động với góc bước nhỏ, độ chính xác cao. Do xung cấp có dạng sóng nên động cơ hoạt động êm hơn, hạn chế được vấn đề cộng hưởng khi động cơ hoạt động.

2.3. Truyền động vít me – đai ốc.

Vít me – đai ốc là cơ cấu truyền động biến truyền động quay thành chuyển động tịnh tiến. Truyền động vít me – đai ốc có 2 loại là vít me - đai ốc trượt và vít me đai ốc bi.

2.3.1. Cơ cấu vít me – đai ốc trượt



Hình 2.9: Vít me đai ốc

Cơ cấu vít me – đai ốc trượt có những đặc điểm:

- Độ chính xác truyền động cao, tỷ số truyền lớn.
- Truyền động êm, có khả năng tự hãm, lực truyền lớn.
- Có thể truyền động nhanh với vít me có bước ren hoặc số vòng quay lớn.
- Hiệu suất truyền động thấp nên ít dùng để thực hiện những chuyển động chính.

Kết cấu vít me – đai ốc trượt:

Dạng ren: Vít me thường có 2 dạng ren chủ yếu là

Ren có dạng hình thang với góc 30^0 có ưu điểm: gia công đơn giản, có thể phay hoặc mài. Nếu dùng với đai ốc bổ đôi thì có thể đóng mở lên ren dễ dàng.

Ren có hình dạng vuông chỉ dùng ở những máy cắt ren chính xác và máy tiện hót lưng.

Về mặt kết cấu nên chế tạo vít me với 2 cổ trục giống như nhau để sau một thời gian sử dụng, có thể lắp đảo ngược vít me lại nhằm làm cho bề mặt làm việc của vít me được mòn đều ở 2 bên

Ổ đỡ vít me: ổ đỡ vít me có tác dụng đảm bảo cho trục chuyển động với độ đảo hướng trục và độ hướng kính nhỏ.

Đai ốc vít me:

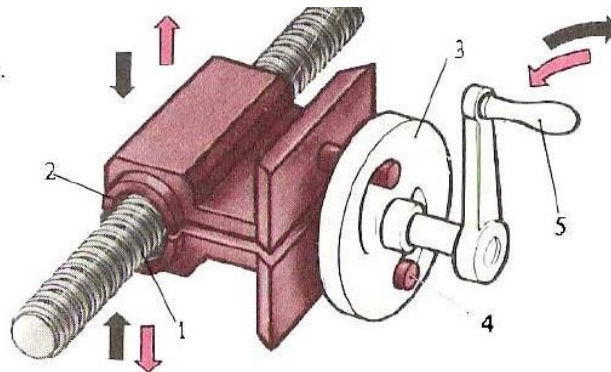
Đai ốc liền: dùng trong cơ cấu vít me – đai ốc có chế độ làm việc ít, không yêu cầu độ chính xác cao, giữa các ren có thể có độ hở nhất định.

Ưu điểm của đai ốc liền là đơn giản, giá thành thấp, có thể tự hãm ở mức độ nhất định.

Đai ốc 2 nửa: sử dụng để đóng, tách đai ốc khỏi vít me khi tiện vít me trên máy tiện vạn năng.

Hình 6-7: Đai ốc hai nửa.

- 1 – Vít me
- 2 – Đai ốc hai nửa
- 3 – Đĩa có rãnh cong
- 4 – Chốt
- 5 – Tay quay



Hình 2.10: Kết cấu đai ốc 2 nửa

Để giảm độ biến dạng của vít me có thể dùng những phương pháp sau:

- Nâng cao cứng vững của gối đỡ bằng cách dùng bạc với tỷ lệ l/d lớn (với l là chiều dài và d là đường kính trong của gối đỡ).
- Không bố trí vít me ở ngoài thân máy mà bố trí phía trong máy nhằm giảm momen lật của bàn máy.
- Dùng gối đỡ treo phụ cho những vít me quá dài và nặng.

2.3.2. Cơ cấu vít me đai ốc bi



Hình 2.11: Vít me đai ốc bi

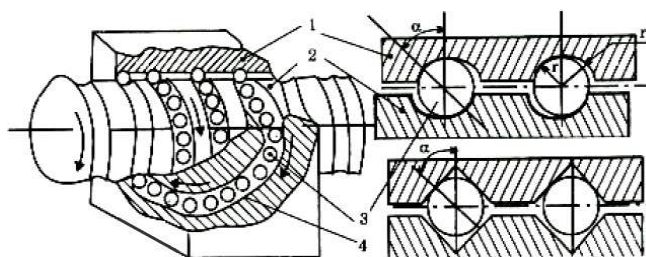
Cơ cấu vít me đai ốc bi có những đặc điểm sau :

- Tổn thất ma sát ít nên có hiệu suất cao, có thể đạt từ 90 – 95 %.
- Lực ma sát gần như không phụ thuộc vào tốc độ chuyển động nên đảm bảo chuyển động ở những vận tốc nhỏ.

- Hầu như không có khe hở trong mỗi ghép và có thể tạo ra lực căng ban đầu, đảm bảo độ cứng vững hướng trục cao.

Vì những ưu điểm đó vít me đai ốc bi thường được sử dụng cho những máy cần có truyền động thẳng chính xác như máy khoan, doa tọa độ, các máy điều khiển chương trình số.

Kết cấu vít me đai ốc bi

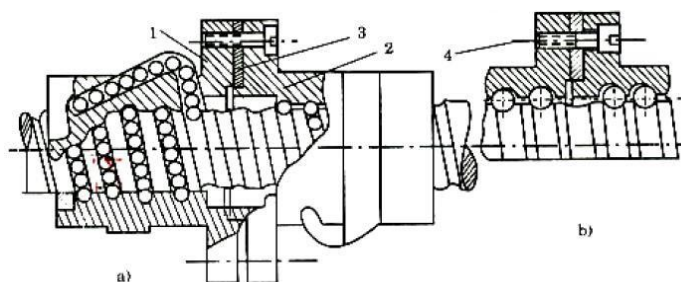


Hình 2.12: Kết cấu vít me đai ốc bi

Giữa các rãnh của đai ốc 1 và vít me 2, người ta đặt những viên bi 3, vì vậy biến ma sát trượt trở thành ma sát lăn của những viên bi chuyển động một cách liên tục. Nhờ máng nghiêng 4 mà bi được dẫn từ rãnh cuối về rãnh đầu.

Rãnh của vít me – đai ốc bi được chế tạo dạng cung nửa vòng tròn hoặc rãnh vòm.

Để điều chỉnh khe hở vít me – đai ốc bi, đai ốc kép được sử dụng. Giữa các đai ốc 1 và 2, đặt vòng căng 3. Khi xiết chặt vít 4, các rãnh của 2 đai ốc sẽ tì sát vào bề mặt bi, khử được khe hở giữa vít me và đai ốc đồng thời tạo được lực căng ban đầu.



Hình 2.13: Cơ cấu điều chỉnh khe hở vít me – đai ốc bi

2.4. Sóng trượt dẫn hướng

Sóng trượt dẫn hướng có 2 chức năng cơ bản:

- Dùng để dẫn hướng cho các bộ phận máy như bàn máy, các cụm trục, ... theo một quỹ đạo hình học cho trước.
- Định vị đúng các bộ phận tĩnh

Do vậy, sồng trượt cần có các yêu cầu sau :

- Đảm bảo độ chính xác tĩnh và độ chính xác di chuyển cho các bộ phận lắp trên đó. Yêu cầu này chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác gia công sồng trượt, cách bố trí sồng trượt phù hợp bề mặt chịu lực. Bố trí sao cho lực tác dụng lên sồng trượt là nhỏ nhất và biến dạng sồng trượt là ít nhất.
- Bề mặt làm việc phải có khả năng chịu mòn cao để đảm bảo độ chính xác lâu dài. Yêu cầu này phụ thuộc vào độ cứng bề mặt của sồng trượt, độ bóng bề mặt của sồng trượt, chế độ bôi trơn và bảo quản sồng trượt.
- Kết cấu sồng trượt đơn giản, có tính công nghệ cao.
- Có khả năng điều chỉnh khe hở khi mòn, tránh được phoi và bụi.



Hình 2.14: Sồng trượt dẫn hướng

Bảo vệ và bôi trơn sồng trượt :

Bảo vệ sồng trượt khỏi bụi bẩn, phoi, ... cũng như bôi trơn hợp lý bề mặt sồng trượt có tác dụng làm giảm độ mòn đáng kể của sồng trượt và giữ được độ chính xác ban đầu của sồng trượt.

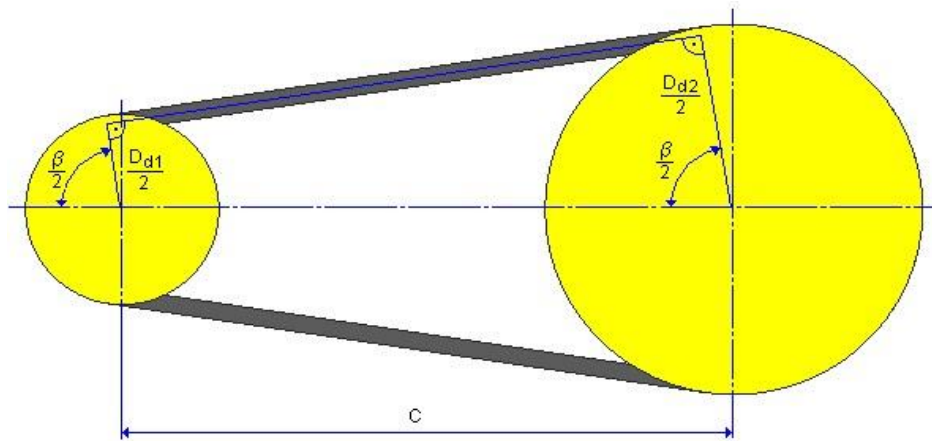
Các phương pháp bảo vệ sồng trượt thường dùng như :

- Lắp lá chắn bụi.
- Dùng các chổi quét, lau di động cùng bàn máy. - Các biện pháp che đậy sồng trượt.

Đồng thời với các biện pháp chống bụi là việc bôi trơn sồng trượt hợp lý, thông thường đối với sồng trượt tuyến tính hiện nay các nhà chế tạo đều có hướng dẫn bôi trơn cho từng dòng sồng trượt để đảm bảo hiệu quả tốt nhất

2.5. Truyền động đai

Bộ truyền đai là bộ truyền cơ khí được sử dụng sớm nhất và hiện nay vẫn được sử dụng rộng rãi, có nhiều loại đai như đai thang, đai dẹt, đai răng,....



Hình 2.15: Truyền động đai

So với các bộ truyền khác bộ truyền đai có những ưu điểm như:

- Truyền động giữa các trục xa nhau.
- Làm việc êm và không ồn do độ bền và dẻo của đai do đó có thể truyền động với vận tốc cao.
- Tránh cho cơ cấu không có sự dao động nhờ vào sự trượt trơn của đai khi quá tải.
- Kết cấu và vận hành đơn giản.

Tuy nhiên nó cũng tồn tại những nhược điểm như:

- Hiệu suất bộ truyền thấp.
- Tỷ số truyền thay đổi do sự trượt đàn hồi giữa bánh đai và đai.
- Tuổi thọ đai thấp.
- Kích thước bộ truyền lớn.
- Tải trọng tác dụng lên trục lớn do phải căng đai ban đầu.

2.6. Kết luận

Trong chương này đã trình bày những vấn đề lý thuyết cơ bản về những thành phần sử dụng trong kết cấu máy của đồ án từ đó làm tiền đề cho việc lựa chọn và thiết kế máy sau này.

CHƯƠNG 3:

PHƯƠNG HƯỚNG VÀ CÁC GIẢI PHÁP THIẾT KẾ

3.1. Thông số máy

- Không gian in tối đa: 200x200x200 mm
- Độ phân giải của một lớp in: từ 0.1 ~ 0.4 mm - Dung sai cho phép ± 0.1 mm.
- Tốc độ khi in 90 ~ 130 mm/s.
- Tốc độ tối đa 300 mm/s.

3.2. Các phương án thiết kế kết cấu máy

3.2.1. Phương án 1

Truyền động Cartesian – XZ

Trong kết cấu này bàn in sẽ dịch chuyển theo phương Y, đầu phun sẽ dịch chuyển theo phương XZ.

2 trục XY sử dụng bộ truyền đai, trục Z sử dụng bộ truyền vít me – đai ốc.

Ưu điểm của kết cấu này là:

- Kết cấu đơn giản, dễ thi công
- Chi phí rẻ, độ cứng vững tương đối cao

Nhược điểm của nó là:

- Độ chính xác của mẫu in không cao
- Do bàn in di chuyển nên dễ làm cho những lớp in đầu tiên dễ bị dịch chuyển làm sai lệch mẫu in
- Do khối lượng các cơ cấu di động lớn nên quán tính lớn, dễ rung động

3.2.2. Phương án 2

Sử dụng kết cấu robot delta, dùng truyền động đai.

Kết cấu này có ưu điểm là:

- Các kết cấu di động nhỏ nên quán tính máy nhỏ, di chuyển êm
- Độ cứng vững khá cao, có thể in được vật có chiều cao lớn
- Độ chính xác và thời gian in nhanh hơn kết cấu Cartesian – XZ Tuy nhiên nhược điểm của loại máy này là:

- Khối máy lớn, gây khó khăn cho quá trình di chuyển
- Khó căn chỉnh bàn máy
- Giá thành cao hơn mẫu máy sử dụng kết cấu Cartesian – XZ

3.2.3. Phương án 3

Truyền động Cartesian – XY

Trong kết cấu này bàn in sẽ dịch chuyển theo phương Z, đầu phun nhựa dịch chuyển theo phương XY.

2 trục XY sử dụng bộ truyền đai theo cơ cấu CoreXY, trục Z sử dụng bộ truyền vít me đai ốc.

Ưu điểm của kết cấu này:

- Kết cấu đơn giản, dễ lắp đặt.
- Có thể in với tốc độ cao hơn so với kết cấu Cartesian – XZ và tương đương với kết cấu delta.
- Các kết cấu di động nhỏ nên quán tính nhỏ, máy hoạt động êm hơn. - Độ chính xác tương đương hoặc cao hơn máy delta.

Nhược điểm của kết cấu này:

- Khó căn chỉnh bàn in.
- Kích thước máy có thể hơi lớn và cồng kềnh.

3.3. Lựa chọn phương án

Dựa vào những ưu điểm cũng như khuyết điểm của từng kết cấu như trên nhóm đã quyết định sử dụng phương án 3 – Cartesian XY cho máy.

3.4. Trình tự thực hiện

- Tính toán thiết kế truyền động đai cho trục XY.
- Tính toán thiết kế truyền động vít me – đai ốc cho trục Z.
- Thiết kế, gia công các chi tiết máy.
- Lựa chọn, tính toán phần điện.

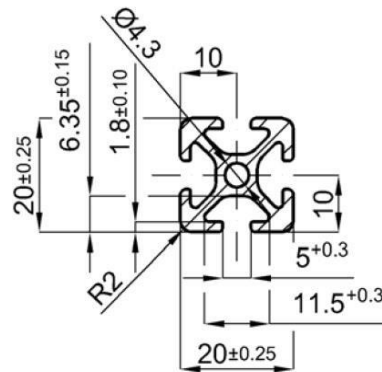
CHƯƠNG 4:

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ CƠ KHÍ

4.1. Thiết kế khung máy

Đối với kết cấu khung máy dành cho máy in 3D, do không chịu tải trọng lớn nên em quyết định thiết kế khung máy bằng nhôm định hình nhằm tiết kiệm về giá cả, dễ tháo lắp và sửa chữa trong quá trình lắp máy.

Kích thước nhôm định hình sử dụng là 20x20 để khung máy nhỏ gọn.



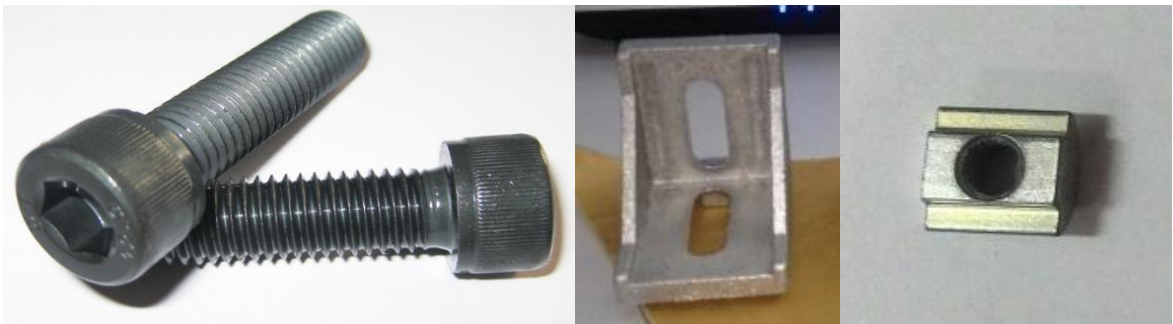
Hình 4.1: Kích thước nhôm định hình

Khung máy là bộ phận quan trọng, chịu lực lớn nhất và đảm bảo độ chính xác của máy nên yêu cầu độ chính xác khi gia công cao.

Yêu cầu phải đảm bảo về kích thước của các thanh nhôm, độ vuông góc khi lắp ghép.

Các thanh nhôm định hình được cắt bằng máy cưa tay với dung sai 2 – 3mm, sau đó được đưa lên máy phay CNC để phay phẳng 2 đầu nhằm đảm bảo kích thước và độ phẳng.

Các thanh nhôm được nối với nhau bằng bát ke góc nhôm và bu lông lục giác



Hình 4.3: Bu lông, ke góc, con trượt

Chân máy được lắp thêm 4 chân đế cao su nhằm làm giảm rung động khi máy hoạt động.



Hình 4.4: Chân đế cao su

4.2. Thiết kế cụm cơ khí trục Z

Trục Z là trục ít di chuyển nhất trong quá trình làm việc, tuy nhiên nó có yếu tố quyết định đến chất lượng sản phẩm rất lớn vì nó 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.

Thông thường đối với trục Z ta có thể sử dụng truyền động vít me – đai ốc, vít me – đai ốc bi, truyền động đai.

Truyền động đai có ưu điểm là kết cấu nhỏ gọn, hoạt động êm, dễ thiết kế nhưng trục Z chuyển động lên xuống sẽ dễ gây trượt đai. Truyền động vít me – đai ốc bi được sử dụng trên trục Z do truyền động có hiệu suất cao, ít gây ra hiện tượng trượt, vận hành êm.

4.2.1. Tính toán truyền động vít me – đai ốc bi trục Z

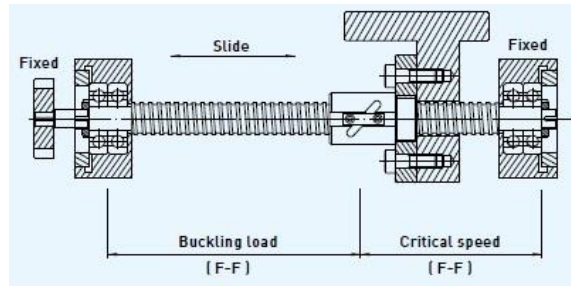
Thông số trục Z:

- Khối lượng bàn in: $m = 1 \text{ kg}$.
- Vận tốc di chuyển tối đa: $V_1 = 20 \text{ mm/s}$.
- Vận tốc di chuyển khi in: $V_2 = 5 \text{ mm/s}$.
- Gia tốc hoạt động lớn nhất của hệ thống: $a = 2 \text{ mm/s}^2$.
- Tốc độ vòng quay của động cơ: $N = 1000 \text{ vòng/phút}$.
- Thời gian làm việc: $T_1 = 21900 \text{ h}$ (5 năm, 12h mỗi ngày).

Lựa chọn kiểu lắp trục vít:

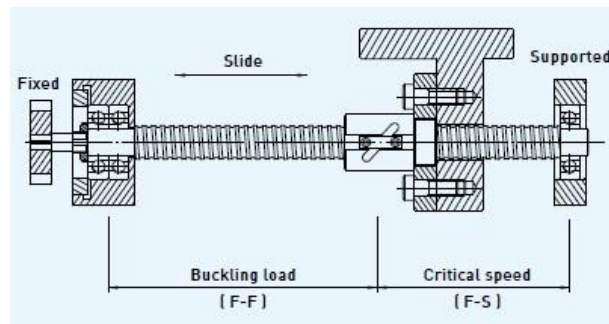
Có 3 kiểu lắp trục vít thường được sử dụng là kiểu fixed – fixed, fixed – support, fixed – free.

Kiểu fixed – fixed hai đầu vítme được cố định, với kiểu lắp này đạt độ cứng vững cao, chịu được tải trọng cao giảm sự rung động của trục Z, tuy nhiên kết cấu phức tạp, khó lắp đặt.



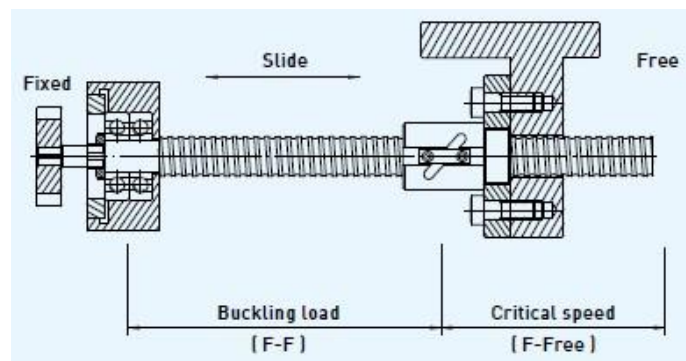
Hình 4.5: Kiểu lắp vít me fixed – fixed.

Kiểu fixed – support một đầu vít me được gắn ổ bi, kiểu lắp này có độ cứng vững thấp hơn so với kiểu fixed – fixed, khả năng chịu tải trung bình.



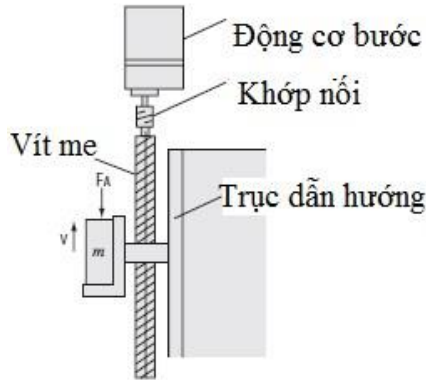
Hình 4.6: Kiểu lắp vít me fixed – support.

Kiểu fixed – free một đầu vítme để tự do, kiểu lắp này có kết cấu đơn giản nhất, dễ lắp đặt, chịu tải trọng thấp tương đương với kiểu fixed – support, độ cứng vững thấp hơn kiểu fixed – fixed.



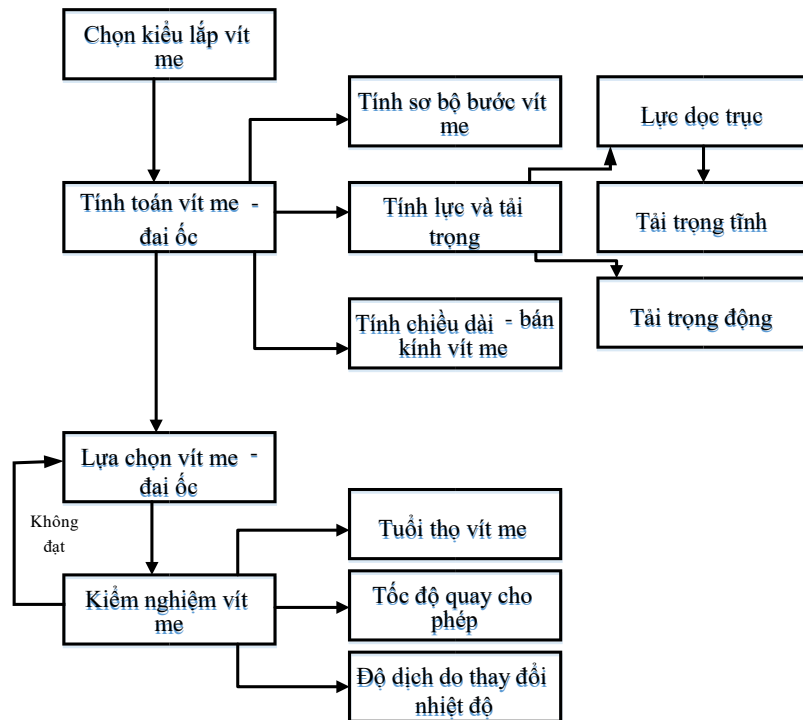
Hình 4.7: Kiểu lắp vít me fixed - free

Đối với kết cấu bàn in của máy đo khoảng dịch chuyển nhỏ, tải trọng đặt trên bàn máy nhỏ nên ta lựa chọn kiểu fixed – free để dễ lắp đặt.



Hình 4.8: Sơ đồ khối trục Z

Quy trình tính toán lựa chọn vít me có thể thể hiện qua sơ đồ sau:



Hình 4.9: Quy trình lựa chọn vít me

Khi tính toán và lựa chọn trục vít me thì yếu tố độ chính xác của vít me khá quan trọng vì nó ảnh hưởng đến chất lượng làm việc của trục vít. Để lựa chọn cấp độ chính xác ta có thể tra trong catalogue của hãng. Đối với mô hình này nhóm sử dụng vít me bi của hãng PMI. Với yêu cầu độ chính xác $\pm 0,1/300\text{mm}$ ta có thể chọn cấp chính xác là C7 là đáp ứng được yêu cầu.

Tính toán bước vít dựa vào công thức:

$$l \geq \frac{V_{max}}{N_{max}}$$

Trong đó V_{max} là vận tốc lớn nhất (mm/s).

N_{max} là tốc độ vòng quay lớn nhất (vòng/s).

Từ đó tính được:

$$l \geq \frac{V_{max}}{N_{max}} = \frac{V_1}{N_{max}} = \frac{20}{16,67} = 1,2$$

Ta chọn bước ren 2.5mm.

Điều kiện làm việc và các thông số được tính chọn.

Lực chống trượt:

$$F_a = \mu \cdot W_y = 0,1 \cdot 10 \cdot 1 = 1N$$

Tính toán lực dọc trục:

$$\text{Tăng tốc } F_{a1} = mg + ma = 1 \cdot 10 + 1 \cdot 2 = 12N$$

$$\text{Chạy đều } F_{a2} = mg = 1 \cdot 10 = 10N$$

$$\text{Giảm tốc } F_{a3} = mg - ma = 1 \cdot 10 - 1 \cdot 2 = 8N$$

Lực dọc trục trung bình $F_{max} = F_{a1} = 12N$ Tính

toán tải trọng.

Tải trọng tĩnh:

$$C_0 = f_s \cdot F_{max}$$

Trong đó:

C_0 là tải trọng tĩnh.

f_s là hệ số bền tĩnh, đối với máy thông thường $f_s = 1,2 \sim 2$ chọn $f_s = 2$.

F_{max} lực lớn nhất tác dụng lên vít me.

Do đó $C_0 = f_s \cdot F_{max} = 2 \cdot 12 = 24$.

Tải trọng động:

Với bước ren $l=2.5\text{mm}$, số vòng quay danh nghĩa là $N_m=V/l=333/2,5=133,2$ (vòng/phút).

f_w là hệ số tải, trục z di chuyển với tốc độ $v < 15$ (m/phút) nên lấy $f_w = 1,2$.

Tải trọng động tính được:

$$C_a = (60 \cdot N_m \cdot L_t)^{1/3} \cdot F_{ma} \cdot f_w \cdot 10^{-2} = (60 \cdot 133,2 \cdot 21900)^{1/3} \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 161,1 \text{ kgf}$$

Chọn bán kính trục vít

Tổng chiều dài trục vít = khoảng dịch chuyển + chiều dài đai ốc + khoảng thoát = $200 + 30 + 30 = 260 \text{ mm}$.

Kiểu lắp là fixed – free $f = 3,4$.

Bán kính trục vít:

$$d_r = \frac{n \cdot L^2}{f} \cdot 10^{-7} = \frac{1000 \cdot 270^2}{3,4} \cdot 10^{-7} = 2,1 \text{ mm}$$

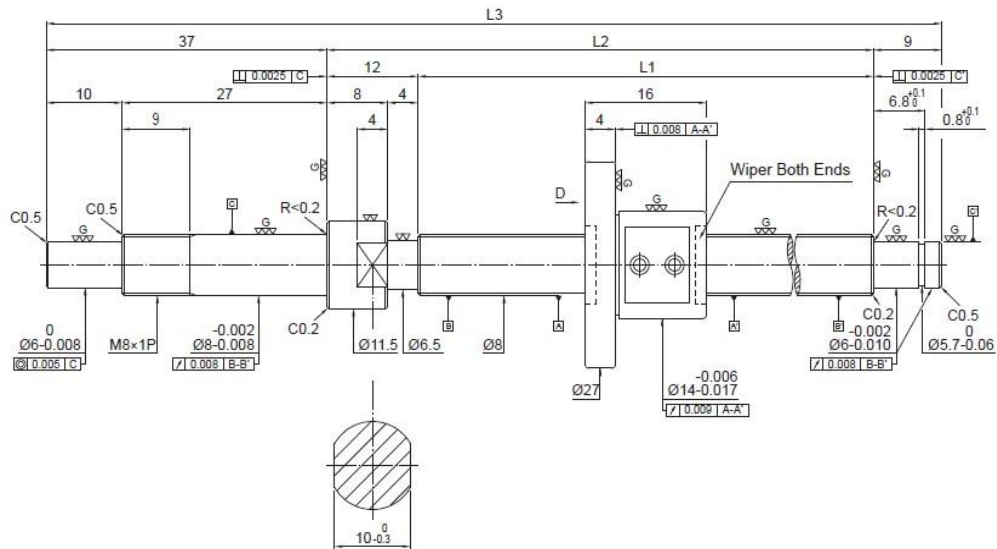
Chọn vít me có bán kính 4mm.

Dựa trên catalog của hãng PMI ta chọn loại vít me: FSM0801 – C3 – 1R – 0248.

| Specification of ball screw | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--------------|-----------------|--|--|--|--|
| Production Specification | | With Preload | Without Preload | | | | |
| Number of Thread / Thread Direction | | 1/Right | | | | | |
| BCD | | 8.1 | | | | | |
| Lead | | 1 | | | | | |
| Ball Dia. | | 0.8 | | | | | |
| Effective Turns (Circuit × Row) | | 2.5 × 1 | | | | | |
| Lead Angle | | 2.25 | | | | | |
| Dynamic Rate Load C_a (kgf) | | 66 | | | | | |
| Static Rate Load C_o (kgf) | | 140 | | | | | |
| Axial Play | | 0 | 0.005 or less | | | | |
| Preloading Torque (kgf-cm) | | 0.01~0.2 | 0.05 or less | | | | |

| Model No. | Screw Spindle (Shaft) Length | | | Accuracy Grade | Lead Accuracy | | |
|--------------------|------------------------------|-----|-----|----------------|----------------------|--|--|
| | L1 | L2 | L3 | | Specified Travel (T) | Accumulated reference lead deviation E | Lead Deriation in random 300mm E_{300} |
| FSM0801-C3-1R-0138 | 80 | 92 | 138 | 3 | 0 | 0.012 | 0.008 |
| FSM0801-C3-1R-0168 | 110 | 122 | 168 | 3 | 0 | 0.012 | 0.008 |
| FSM0801-C3-1R-0198 | 140 | 152 | 198 | 3 | 0 | 0.012 | 0.008 |
| FSM0801-C3-1R-0248 | 190 | 202 | 248 | 3 | 0 | 0.012 | 0.008 |

Hình 4.10: Thông số vít me – đai ốc bi



Hình 4.11: Bản vẽ vít me – đai ốc bi.

Kiểm tra sơ bộ

Tuổi thọ làm việc:

$$L_t = \left(\frac{Ca}{F_{mz} \cdot f_w} \right)^3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{60 \cdot N} = \left(\frac{161.1}{12.1,2} \right)^3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{60 \cdot 1000} = 23337,15h$$

Tốc độ quay cho phép:

$$n = f \cdot \frac{d_r}{L^2} \cdot 10^7 = 3,4 \cdot \frac{4}{270^2} \cdot 10^7 = 1865,57 \text{ (vòng/phút)}$$

Độ dịch do thay đổi nhiệt độ.

$$\Delta L_0 = \rho \cdot \theta \cdot L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 3.270 = 0,00972mm.$$

Trong đó:

ρ là hệ số giãn nở khi thay đổi nhiệt độ ($12\mu m/m^\circ C$).

θ là nhiệt độ thay đổi của trục vít.

L là chiều dài trục vít.

Như vậy thời gian hoạt động và số vòng quay đều đạt yêu cầu.

4.2.2. Tính toán chọn động cơ trục Z

Để lựa chọn động cơ bước phù hợp là cần căn cứ vào: momen tải quy đổi, momen quán tính, số vòng quay tối đa.

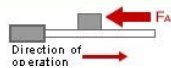
Để đơn giản trong quá trình tính toán ta sử dụng công cụ tính toán động cơ bước có sẵn trên trang orientalmotor.com:

Unit
 Select the unit Imperial Metric

Load and linear guide
 Total mass of loads and table $m = 1$ kg
 Friction coefficient of the guide $\mu = 0.05$

Ball/Lead screw specifications
 Diameter $D_B = 8$ mm
 Total length $L_B = 270$ mm
 Lead (pitch) $P_B = 2.5$ mm/rev (Distance the screw moves in one rotation)
 Efficiency $\eta = 95$ % ref: ballscrew 80 ~ 95%, leadscrew 30 ~ 70%
 Material $\rho = \text{Stainless-steel 304}$
 Breakaway torque of the screw $T_B = 0.036$ N.m

External force
 $F_A = 0$ N (1kgf = 9.8N)




Stopping accuracy
 Stopping accuracy ± 0.1 mm

Safety factor
 Safety factor 2

Hình 4.12: Thông số tính toán động cơ

Mechanism Placement
 Mechanism angle $\alpha = 90$ °

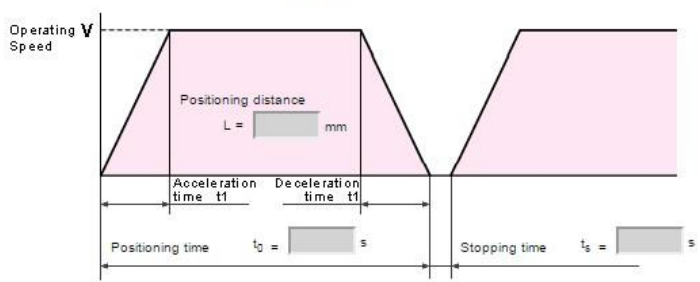


Other requirement(s)
 It is necessary to hold the load even after the power supply is turned off. → You need an electromagnetic brake.
 It is necessary to hold the load after the motor is stopped, but not necessary to hold after the power supply is turned off.

Operating conditions
 Fixed speed operation Operating speed $V_1 =$ mm/s
 Variable speed operation Operating speed $V_1 = 5$ mm/s $\sim V_2 = 20$ mm/s
 Positioning operation (Fill in the fields, if any)

Rotor inertia $J_O =$ kg.m²
Gear ratio $i =$

If the rotor inertia and the gear ratio are unknown, the acceleration torque will be calculated with an inertia ratio of 5:1 (see the motor selection tips that will appear on the result window for the detail).



Operating V Speed

Positioning distance $L =$ mm

Acceleration time t_1 Deceleration time t_1

Positioning time $t_0 =$ s Stopping time $t_s =$ s

If a specific acceleration / deceleration time is required $t_1 =$ s
If a specific operating speed is required $V =$ mm/s

Hình 4.13: Thông số tính toán động cơ

Trong đó :

Total mass of load and table: khối lượng của bàn máy và phi, $m = 1$ kg.

Friction coefficient of guide: hệ số ma sát của thiết bị dẫn hướng.
Diameter: đường kính của trục vít $D = 8\text{mm}$.

Total length: tổng chiều dài của trục vít, $L = 270\text{mm}$.

Lead: bước vít, $p = 2,5\text{mm}$.

Efficient: hiệu suất, đối với vít me bi có hiệu suất là 95%.

Material : vật liệu là thép không gỉ.

Safety factor: hệ số an toàn.

Mechanism angle: góc nghiêng của cơ cấu.

| Sizing Results | |
|----------------------------|---|
| Load Inertia | $J_L = 1.027\text{e-6} \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ |
| Required Speed | $V_1 = 120.0 \text{ [r/min]}$ |
| | $V_2 = 480.0 \text{ [r/min]}$ |
| Required Torque | $T = 8.482\text{e-2} \text{ [N}\cdot\text{m]}$ |
| RMS Torque | $T_{rms} = \text{N/A} \text{ [N}\cdot\text{m]}$ |
| Acceleration Torque | $T_a = 0.000 \text{ [N}\cdot\text{m]}$ |
| Load Torque | $T_l = 4.241\text{e-2} \text{ [N}\cdot\text{m]}$ |
| Required Stopping Accuracy | $\theta = 14.40 \text{ [deg]}$ |
| Other Requirement(s) | Magnetic Brake, Holding Torque |

Hình 4.14: Kết quả tính toán động cơ

Như vậy ta có các thông số cần thiết:

Momen quán tính: $J_1 = 1,0.27.10^{-6} \text{ (kg}\cdot\text{cm}^2)$.

Momen tải quy đổi: $T = 8,48.10^{-2} \text{ (N}\cdot\text{m)}$.

Số vòng quay tối đa: $V = 480 \text{ (vòng/phút)}$.

Với tiêu chí

$N_{rate} > N_{max}$: tốc độ định mức của động cơ lớn hơn tốc độ yêu cầu của vítme.

$T_{rate} > T$: momen định mức động cơ lớn hơn momen cần thiết.

$0,5 > \frac{J_l}{J_m} \geq 2$: trong đó J_m là momen quán tính định mức của động cơ.

Dựa vào các tiêu chí thêm vào đó là vấn đề về giá cả các loại motor và độ chính xác motor nên ta lựa chọn động cơ bước mã 42H47HM - 0504A - 18. Một số thông số của động cơ :

Góc bước nhỏ nhất : $0,9^{\circ}$.

Momen xoắn: $T_{rate} = 0,45$ (N.m).

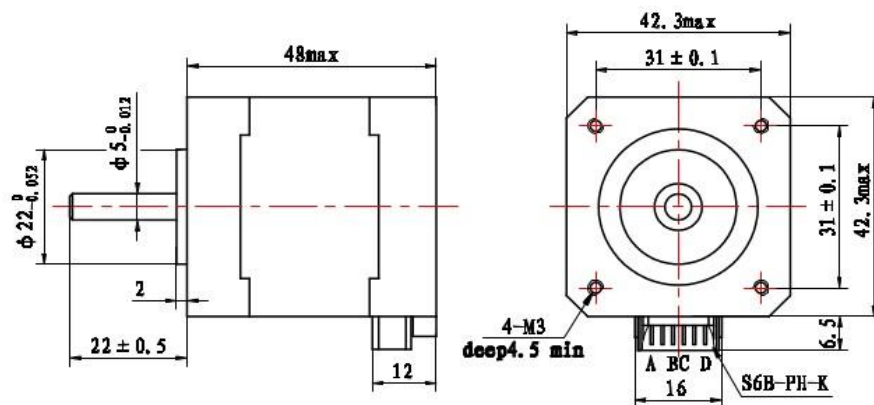
Momen quán tính: $J_m = 72.10^{-4}$ (g.cm²).

Khối lượng motor: $m = 367$ (g).

Dòng định mức: $I = 1,7$ (A).

Momen hãm: $T = 37.10^{-4}$ (N.m).

Thông số kích thước của motor :



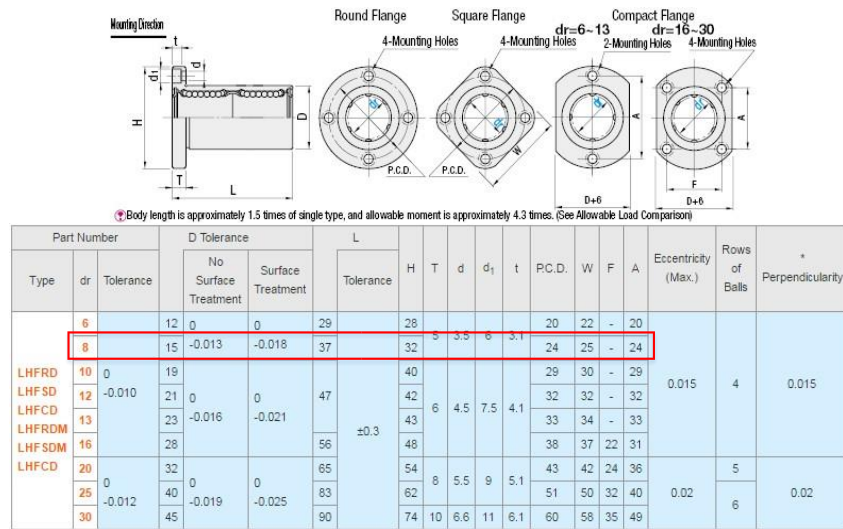
Hình 5.15: Bản vẽ động cơ bước.

4.2.3. Trục dẫn hướng và bạc dẫn hướng

Lựa chọn bạc dẫn hướng LHFRDM8, do chiều dài của bạc độ tuyến tính cao hơn, giảm độ rung lắc khi di chuyển.



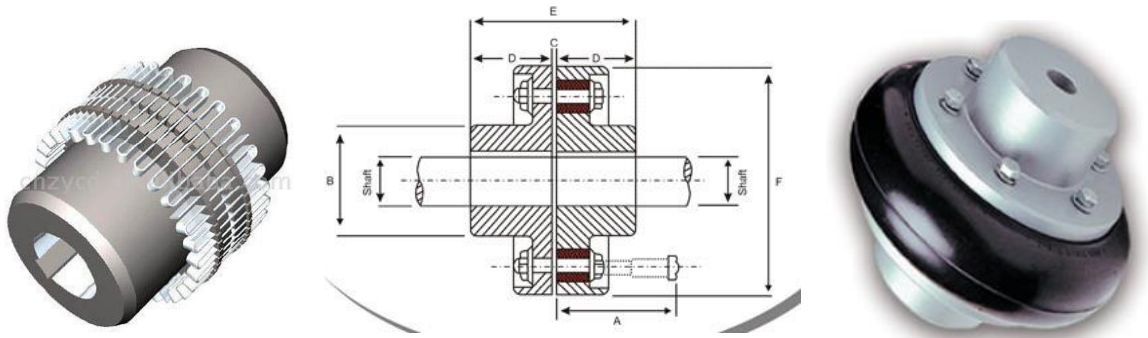
Hình 4.16: Bạc dẫn hướng LHFRDM8.



Hình 4.17: Thông số kích thước bạc dẫn hướng.

4.2.4. Khớp nối

Khớp nối là chi tiết máy có nhiệm vụ truyền chuyển động, truyền momen giữa 2 trục với nhau



Hình 4.18: Một số loại khớp nối

Khớp nối gồm: nối trục, ly hợp và ly hợp tự động. Khớp nối là chi tiết tiêu chuẩn vì vậy trong thiết kế thường dựa vào momen xoắn tính toán T_t , được xác định theo công thức :

$$T_t = k \cdot T \leq [T]$$

Trong đó :

T là momen xoắn danh nghĩa.
k là hệ số chế độ làm việc.

| Loại máy công tác | k |
|---|-----------|
| - Băng tải, quạt gió, máy cắt kim loại có chuyển động liên tục. | 1,2 ÷ 1,5 |
| - Xích tải, vít tải, bơm ly tâm. | 1,5 ÷ 2 |
| - Máy cắt kim loại có chuyển động tịnh tiến đảo chiều. | 1,5 ÷ 2,5 |
| - Máy nghiền, máy búa, máy cắt ly tâm, máy cán. | 2 ÷ 3 |
| - Giồng tải, máy trục, thang máy. | 3 ÷ 4 |

Bảng 4.1: Hệ số làm việc của một số

máy

Momen xoắn theo tính toán là $T = 0,08$

(N.m), Hệ số làm việc $k = 4$.

Vậy momen xoắn tính toán được là :

$$T_t = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ (Nm)}$$

Thông thường đối với các dòng máy in 3D ta thường dùng loại khớp nối đàn hồi bằng hợp kim nhôm do kích thước khớp nối nhỏ gọn, khả năng truyền momen xoắn cao.

Ta lựa chọn khớp nối loại PC1, do đường kính motor là 5mm, chọn loại có kích thước 2 đầu trục là 5 – 8.

Dimension

| Series | ΦD mm | Φd1, Φd2 mm | L mm | L1 mm | L2 mm | Clamp Screw M | Rated Torque (N.m) |
|--------|----------|----------------|---------|----------|----------|------------------|-----------------------|
| PC1 | 16 | 3-8 | 23 | 7.5 | 3.5 | 2.5 | 1.5 |
| | 20 | 4-8 | 25 | 8.5 | 4 | 2.5 | 1.5 |
| | 25 | 5-10 | 31 | 10 | 5 | 3 | 2.0 |
| | 32 | 6-12 | 41 | 12 | 6 | 4 | 3.0 |
| | 40 | 8-18 | 56 | 14 | 7 | 5 | 4.0 |

Specification

| Series | ΦD (mm) | Rated Torque (N.m) | Angular Misalignment | Parallel Misalignment (mm) | Static Torsional Stiffness | Max. Speed (r/min) | Moment Inertia (Kg.m ²) | Axial Motion (mm) |
|--------|------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|--|----------------------|
| PC1 | 16 | 1.0 | | | 110 N.m/rad | 7600 | 2.5×10^{-6} | ±0.3 |
| | 20 | 2.0 | | | 170 N.m/rad | 6100 | 7.1×10^{-6} | ±0.4 |
| | 25 | 4.0 | 1.5° | 0.1 | 280 N.m/rad | 5000 | 2.8×10^{-6} | ±0.4 |
| | 32 | 8.0 | | | 500 N.m/rad | 4800 | 2.7×10^{-6} | ±0.5 |
| | 40 | 15.0 | | | 980 N.m/rad | 4500 | 8.8×10^{-6} | ±0.5 |

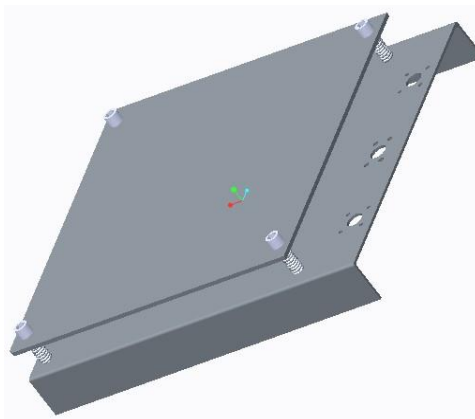
Hình 4.19: Thông số kích thước khớp nối

4.2.5. Thiết kế bàn nâng trục Z

Nhóm lựa chọn bàn nâng trục Z làm bằng vật liệu mica do có khối lượng nhẹ sẽ hạn chế hiện tượng bàn máy bị công xôn, đồng thời giá thành không quá cao.

Sử dụng lò xo và đai ốc để cân bằng bàn máy.

Phía trên cùng sử dụng một tấm kính dày khoảng 3 – 5mm để in trực tiếp trên tấm kính.



Hình 4.20: Thiết kế bàn in.

4.3. Thiết kế cơ khí cụm trục XY

Thông số cụm trục XY:

- Khối lượng trục Y: $m = 5 \text{ kg}$.
- Khối lượng trục X: $m = 1 \text{ kg}$.
- Chiều dài làm việc: $S_x = 200 \text{ mm}$; $S_y = 200 \text{ mm}$.
- Vận tốc tối đa: $V_{\max} = 150 \text{ mm/s}$. - Vận tốc khi in: $V_1 = 100 \text{ mm/s}$.
- Thời gian hoạt động: $T_1 = 21900 \text{ h}$ (5 năm, 12h mỗi ngày). - Tốc độ động cơ: $N = 1500$ (vòng/phút).

4.3.1. Kết cấu truyền động trục XY

Kết cấu truyền động cho 2 trục XY mà nhóm lựa chọn cho đồ án là truyền động CoreXY. Kết cấu truyền động này thực chất là một biến thể của truyền động theo tọa độ Dercasrte, tuy nhiên sẽ phối hợp đồng thời chuyển động theo 2 phương để xác định vị trí của điểm trong tọa độ. Đây là một ưu điểm cũng là một nhược điểm của cơ cấu này.

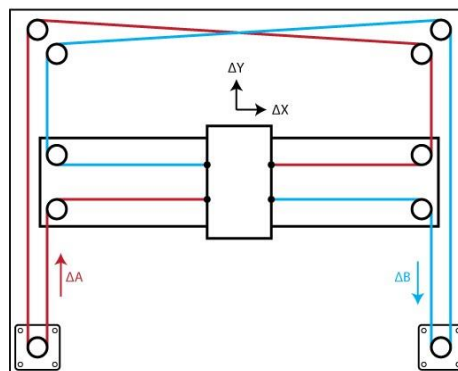
Ưu điểm đó chính là do có 2 động cơ cùng phối hợp chuyển động do đó cung cấp một momen lớn hơn, như vậy có thể hỗ trợ cho cụm trục có khối lượng lớn hoặc cũng có thể sử dụng đồng thời 2 động cơ có momen nhỏ hơn vẫn truyền động được cho cụm trục này.

Tuy nhiên một nhược điểm có thể gây ra đó chính là khả năng gây ra sai số, và hiện tượng nhiễu khi cấp xung cho động cơ. Do cùng một lúc 2 động cơ cùng hoạt động nên sẽ dễ gây ra hiện tượng sai số tích lũy của 2 động cơ, có thể ảnh hưởng đến quá trình vận hành thiết bị.

Đối với dạng truyền động này ưu điểm lớn nhất chính là tốc độ. Thường đối với một số dòng máy in 3D như Prusa, Mendel động cơ là bộ phận cung cấp năng lượng truyền chuyển động thường đặt trên bộ phận di chuyển làm cho khối lượng của các bộ phận di chuyển tăng lên khiến cho quán tính lớn nên tốc độ in giảm đi. Ở kết cấu này, các bộ phận di động có kết cấu nhỏ, nhẹ nên giảm được lực quán tính nên có thể in với tốc độ cao hơn.

Một ưu điểm nữa của cơ cấu CoreXY là sự đơn giản trong thiết kế cơ cấu. Cơ cấu này có thể lắp đặt khá đơn giản với chỉ các tấm đỡ và các cụm bạc đạn dùng để dẫn hướng cho đai. Chi phí lắp đặt thấp, vật liệu sử dụng để gia công các chi tiết khá linh hoạt, có thể sử dụng nhiều loại vật liệu khác nhau.

Đối với cơ cấu này khi 2 động cơ quay cùng chiều với nhau sẽ tạo thành chuyển động theo trục X, khi 2 động cơ quay ngược chiều nhau sẽ tạo thành chuyển động theo trục Y.



Hình 4.21: Sơ đồ nguyên lý truyền động CoreXY.

Phương trình truyền động của cơ cấu:

$$\Delta X = \frac{1}{2}(\Delta A + \Delta B), \Delta Y = \frac{1}{2}(\Delta A - \Delta B)$$

$$\Delta A = \Delta X + \Delta Y, \Delta B = \Delta X - \Delta Y$$

4.3.2. Lựa chọn bộ truyền

Đối với truyền động trục XY ta lựa chọn bộ truyền đai răng do kết cấu bộ truyền đơn giản, hoạt động êm, có tính giảm chấn, dễ thay thế.

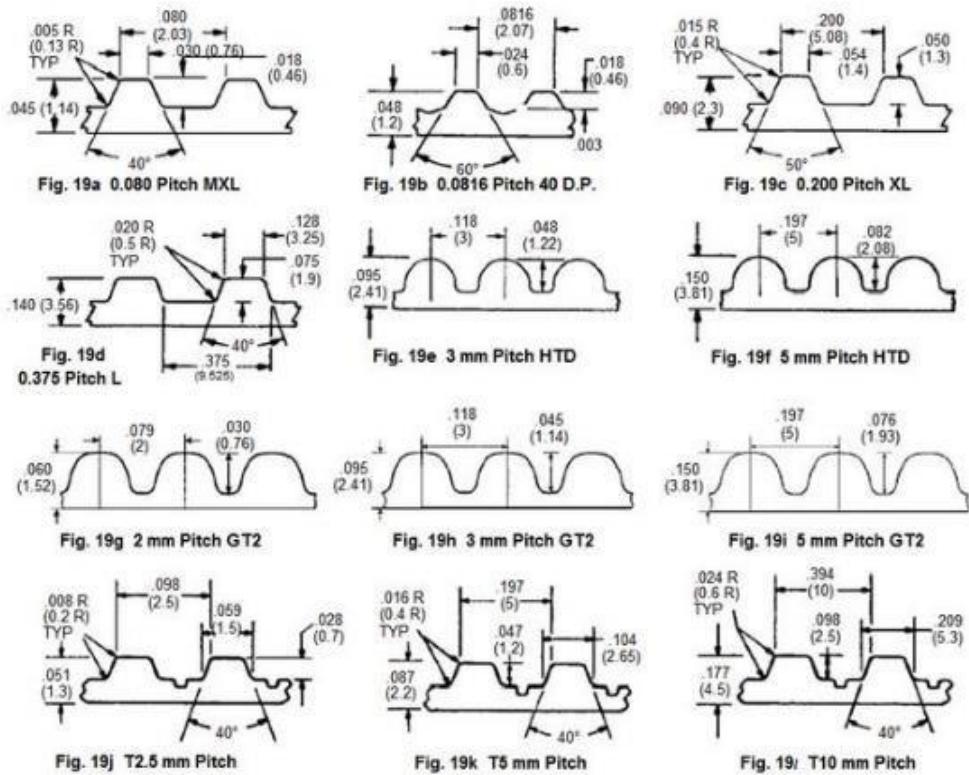
Một số kiểu đai thường được sử dụng trong máy in 3D như đai T2,5 ; T5 ; MXL,

....

| Đai gờ hình thang | | Đai gờ hình tròn | |
|-------------------|----------------|------------------|----------------|
| Ký hiệu | Bước đai p, mm | Ký hiệu | Bước đai p, mm |
| MXL | 2,032 | T2,5 | 2,5 |
| XL | 5,080 | T5 | 5 |
| L | 9,525 | T10 | 10 |
| H | 12,7 | T20 | 20 |
| HTD5 | 5,0 | AT5 | 5,0 |
| HT8 | 8,0 | AT10 | 10,0 |
| HTD14 | 14,0 | AT20 | 20,0 |
| STD5 | 5,0 | | |
| STD8 | 8,0 | | |
| STD14 | 14,0 | | |

Bảng 4.2: Một số loại đai

Tuy nhiên đối với những loại đai này, tùy theo khả năng điều chỉnh căng đai mà chất lượng in cũng thay đổi theo. Mặt khác những loại đai trên đều là những loại đai được thiết kế để truyền chuyển động quay không phải thiết kế tối ưu cho dạng truyền động tuyến tính cho máy in 3D, do đó nó sẽ không tính toán đến hiện tượng backlash khi đảo chiều chuyển động của động cơ.



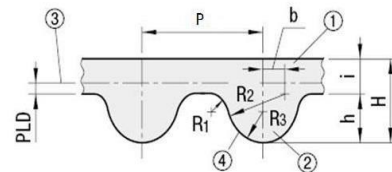
Hình 4.22: Biên dạng đai răng

Để khắc phục ta sẽ lựa chọn loại đai được thiết kế riêng cho truyền động tuyến tính là đai GT2. Đai GT2 và bánh đai được thiết kế và chế tạo đồng bộ dành riêng cho truyền động tuyến tính do đó hạn chế được hiện tượng backlash, đảm bảo chất lượng truyền động. Ngoài đai GT2 có thể sử dụng đai GT3 tuy nhiên loại đai này khó tìm trên thị trường Việt Nam.



Hình 4.23: Đai GT2 và pulley

| TYPE | P | R ₁ | R ₂ | R ₃ | b | H | h | i | PLD |
|------|---|----------------|----------------|----------------|------|------|------|------|-------|
| 2GT | 2 | 0.15 | 1.00 | 0.555 | 0.40 | 1.38 | 0.75 | 0.63 | 0.254 |
| 3GT | 3 | 0.25 | 1.52 | 0.85 | 0.61 | 2.40 | 1.14 | 1.26 | 0.381 |



Hình 4.24: Thông số đai GT2

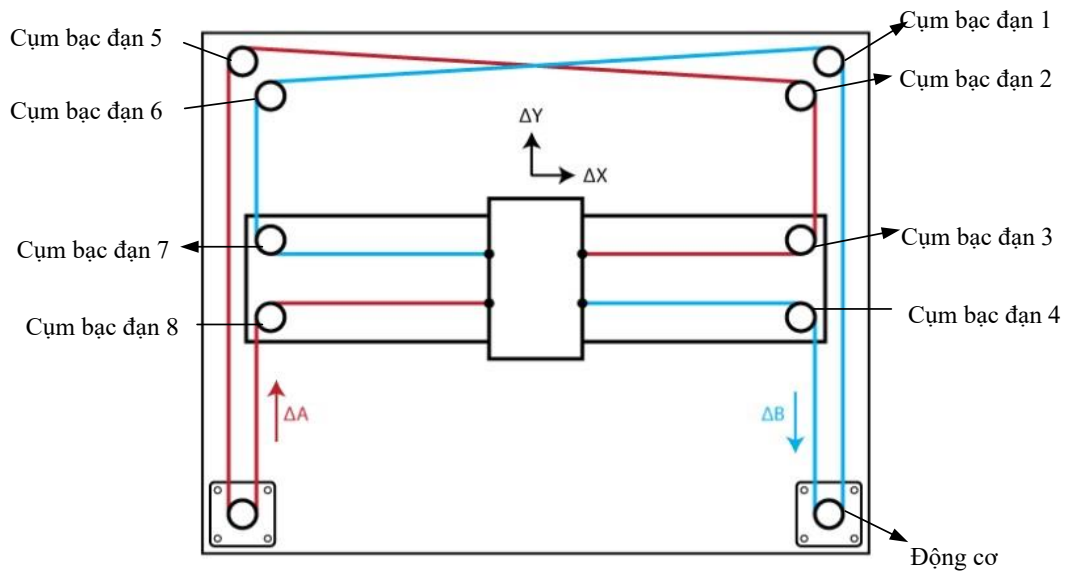
Lựa chọn bánh đai GT2 – 20 răng để tăng độ phân giải cho 2 trục.

4.3.3. Thiết kế sơ bộ cụm trục XY

Cụm trục XY đảm nhiệm hầu hết chuyển động khi in nên yêu cầu đối với cụm trục này là:

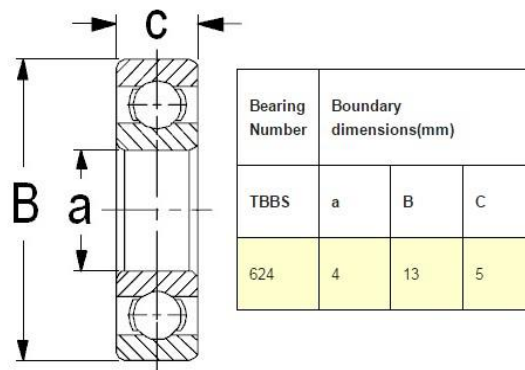
- Đảm bảo độ vuông góc giữa 2 trục X và Y.

- Các chi tiết đỡ đảm bảo độ phẳng.
- 2 thanh trượt đảm bảo lắp song song với nhau.



Hình 4.25: Sơ đồ tính toán trục XY

Cơ cấu động học CoreXY sử dụng 8 cụm bạc đạn có tác dụng dẫn hướng cho đai, giúp cho đai dịch chuyển đúng hướng trong không gian làm việc. Ở đây ta dùng bạc đạn ký hiệu 624zz, do bạc đạn có đường kính ngoài 13mm, bằng với đường kính ngoài pulley do đó cho phép thiết kế động bộ và dễ tính toán hơn.



Hình 4.26: Thông số bạc đạn 624zz.

Chiều dài cụm trục X:

$$L_X = S_x + 2 \cdot \text{Chiều dày đồ gá} + \text{khoảng an toàn} = 200 + 2 \cdot 40 + 50 = 330 \text{ (mm)}.$$

Chiều dài cụm trục Y:

$$L_Y = S_y + \text{Khoảng cách cụm bạc đạn 1 và 2} + \text{khoảng an toàn} + \text{chiều dày cụm trục X} = 200 + 25 + 50 + 35 = 310 \text{ (mm)}.$$

Chiều dài đai :

$$L_d = 2*L_y + 2*L_x = 2*310 + 2*330 = 1280 \text{ (mm)}.$$

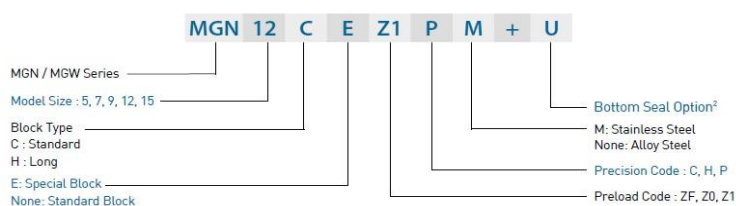
Tính toán thiết kế sống trượt dẫn hướng

Cụm trục XY đảm nhiệm phần lớn chuyển động trong quá trình in, do đó để tăng độ chính xác, tăng thời gian làm việc, quyết định sử dụng sống trượt dẫn hướng cho cụm trục XY.

Việc lựa chọn sống trượt dẫn hướng phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như độ chính xác của máy, độ cứng vững, thời gian làm việc và yêu cầu về tính kinh tế. Để có được một sống trượt phù hợp thì 2 yếu tố là khả năng chịu tải và tuổi thọ là 2 yếu tố được ưu tiên nhất. Kết hợp giữa các yếu tố này để lựa chọn được sống trượt dẫn hướng có thể đảm bảo được khả năng chịu tải cần thiết và đạt được giá trị kinh tế phù hợp nhất.

Việc lắp đặt các sống trượt cũng phải đảm bảo về trình tự đúng quy trình nếu không sau một thời gian hoạt động sẽ là hư bi trong con lăn, giảm độ chính xác sống trượt,

Thường đối với mỗi nhà sản xuất đều có quy định về ký hiệu thanh trượt để dễ dàng cho người sử dụng tính toán và lựa chọn, mỗi serie của từng loại sống trượt sẽ cho biết được loại sống trượt, kích thước sống trượt, kiểu sống trượt

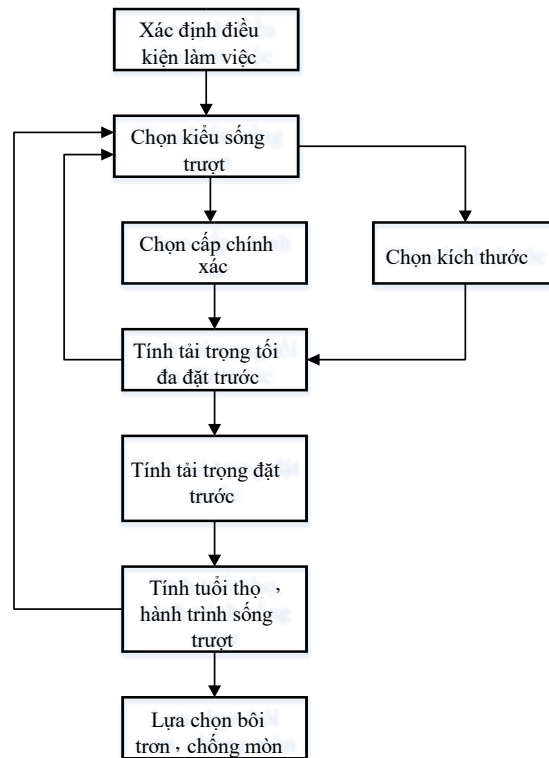


Hình 4.27: Ký hiệu series sống trượt

Dựa theo số series của sống trượt ta có thể nhận biết các thông số quan trọng như:

- Kiểu sống trượt dựa vào 3 chữ cái đầu tiên.
- Số tiếp theo chỉ kích thước chiều ngang của ray trượt.
- Chữ cái tiếp theo chỉ kiểu con trượt.
- Tải trọng đặt trước ZF, Z0, Z1. - Vật liệu của sống trượt.

Trình tự tính toán sống trượt dẫn hướng dựa theo catalouge của hãng HIWIN .



Hình 4.28: Quy trình tính toán sống trượt dẫn hướng.

Đối với máy nhóm quyết định sử dụng thanh trượt dẫn hướng của hãng HIWIN là hãng chuyên sản xuất các thiết bị liên quan đến lĩnh vực truyền động như vít me, thanh trượt, Do sống trượt của hãng bán khá nhiều trên thị trường Việt Nam hiện nay với giá thành không quá cao.

Theo hướng dẫn trên catalogue của hãng để lựa chọn được sống trượt hợp lý ta phải dựa vào điều kiện hoạt động của máy để lựa chọn sơ bộ được series sống trượt phù hợp.

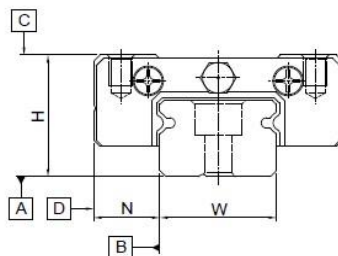
Lựa chọn kiểu sống trượt : - Đối với các loại máy nghiền, máy phay, máy khoan ... dùng dòng HG.

- Đối với các loại máy cắt gỗ, máy vận chuyển tốc độ cao, máy đo ... dùng dòng EG.
- Đối với các loại máy vận chuyển, robot, máy bán dẫn, máy tự động dùng dòng WE/QE.
- Đối với các loại máy tải nhẹ, máy dùng trong y tế có thể dùng các dòng MGN/MGW.

Đối với máy in 3D do yêu cầu tải nhẹ nên ta lựa chọn dòng sống trượt MGN.

Sau khi lựa chọn được series thích hợp công đoạn tiếp theo là lựa chọn cấp chính xác tùy thuộc vào điều kiện làm việc.

Các dòng MGN sổng trượt của HIWIN chia làm ba loại chính xác normal (C), hight (H), Precision (P). Do yêu cầu độ chính xác không quá cao nên ta chỉ cần lựa chọn độ chính xác normal cho sổng trượt.



| Accuracy Classes | Normal (C) | High (H) | Precision (P) |
|---|------------|----------|---------------|
| Dimensional tolerance of height H | ± 0.04 | ± 0.02 | ± 0.01 |
| Dimensional tolerance of width N | ± 0.04 | ± 0.025 | ± 0.015 |
| Pair Variation of height H | 0.03 | 0.015 | 0.007 |
| Pair Variation of width N (Master Rail) | 0.03 | 0.02 | 0.01 |

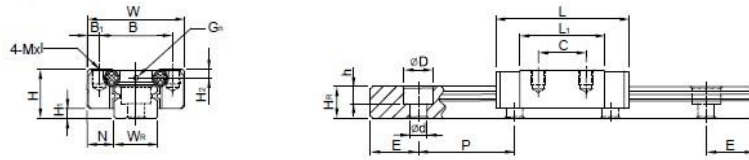
Hình 4.29: Các cấp độ chính xác của sổng trượt.

| Rail Length (mm) | Accuracy (µm) | | | Rail Length (mm) | Accuracy (µm) | | |
|------------------|---------------|-----|-----|------------------|---------------|-----|-----|
| | (C) | (H) | (P) | | (C) | (H) | (P) |
| ~ 50 | 12 | 6 | 2 | 1,000 ~ 1,200 | 25 | 18 | 11 |
| 50 ~ 80 | 13 | 7 | 3 | 1,200 ~ 1,300 | 25 | 18 | 11 |
| 80 ~ 125 | 14 | 8 | 3.5 | 1,300 ~ 1,400 | 26 | 19 | 12 |
| 125 ~ 200 | 15 | 9 | 4 | 1,400 ~ 1,500 | 27 | 19 | 12 |
| 200 ~ 250 | 16 | 10 | 5 | 1,500 ~ 1,600 | 28 | 20 | 13 |
| 250 ~ 315 | 17 | 11 | 5 | 1,600 ~ 1,700 | 29 | 20 | 14 |
| 315 ~ 400 | 18 | 11 | 6 | 1,700 ~ 1,800 | 30 | 21 | 14 |
| 400 ~ 500 | 19 | 12 | 6 | 1,800 ~ 1,900 | 30 | 21 | 15 |
| 500 ~ 630 | 20 | 13 | 7 | 1,900 ~ 2,000 | 31 | 22 | 15 |
| 630 ~ 800 | 22 | 14 | 8 | 2,000 ~ | 31 | 22 | 16 |
| 800 ~ 1,000 | 23 | 16 | 9 | | | | |

Hình 4.30: Dung sai kích thước của các cấp chính xác

Lựa chọn sơ bộ kích thước cho sổng trượt.

Chọn sơ bộ sổng trượt mã MGN9C.

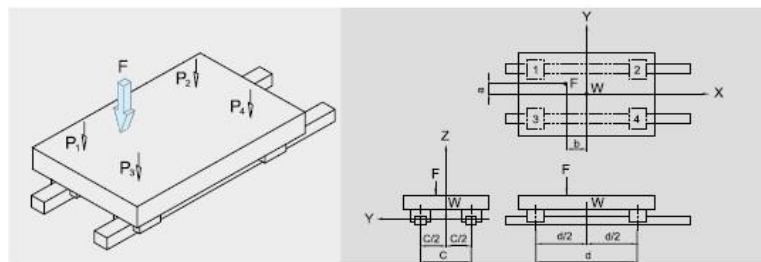


| Model No. | Dimensions of Assembly (mm) | | Dimensions of Block (mm) | | | | | | | | | | Dimensions of Rail (mm) | | | | | Mounting Bolt for Rail (mm) | Basic Dynamic Load Rating C (kN) | Basic Static Load Rating C ₀ (kN) | Static Rated Moment | | | Weight | | | | |
|-----------|-----------------------------|----------------|--------------------------|----|----|----------------|----|----------------|------|-----|----------------|--------|-------------------------|----------------|----------------|-----|-----|-----------------------------|----------------------------------|--|---------------------|------|------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|-------------|
| | H | H ₁ | N | W | B | B ₁ | C | L ₁ | L | G | G ₁ | Mxl | H ₂ | W ₁ | H ₂ | D | h | | | | d | P | E | M _x (N-m) | M _y (N-m) | M _z (N-m) | Block (kg) | Rail (kg/m) |
| MGN5C | 6 | 1.5 | 3.5 | 12 | 8 | 2 | - | 9.6 | 16 | - | Ø0.8 | M2x1.5 | 1 | 5 | 3.6 | 3.6 | 0.8 | 2.4 | 15 | 5 | M2x6 | 0.54 | 0.84 | 2 | 1.3 | 1.3 | 0.008 | 0.15 |
| MGN7C | 8 | 1.5 | 5 | 17 | 12 | 2.5 | 8 | 13.5 | 22.5 | - | Ø1.2 | M2x2.5 | 1.5 | 7 | 4.8 | 4.2 | 2.3 | 2.4 | 15 | 5 | M2x6 | 0.98 | 1.24 | 4.70 | 2.84 | 2.84 | 0.010 | 0.22 |
| MGN7H | | | | | | | 13 | 21.8 | 30.8 | | | | | | | | | | | | | 1.37 | 1.96 | 7.64 | 4.80 | 4.80 | 0.015 | |
| MGN9C | 10 | 2 | 5.5 | 20 | 15 | 2.5 | 10 | 18.9 | 28.9 | - | Ø1.4 | M3x3 | 1.8 | 9 | 6.5 | 6 | 3.5 | 3.5 | 20 | 7.5 | M3x8 | 1.86 | 2.55 | 11.76 | 7.35 | 7.35 | 0.016 | 0.38 |
| MGN9H | | | | | | | 16 | 29.9 | 39.9 | | | | | | | | | | | | | 2.55 | 4.02 | 19.60 | 18.62 | 18.62 | 0.026 | |
| MGN12C | 13 | 3 | 7.5 | 27 | 20 | 3.5 | 15 | 21.7 | 34.7 | - | Ø2 | M3x3.5 | 2.5 | 12 | 8 | 6 | 4.5 | 3.5 | 25 | 10 | M3x8 | 2.84 | 3.92 | 25.48 | 13.72 | 13.72 | 0.034 | 0.65 |
| MGN12H | | | | | | | 20 | 32.4 | 45.4 | | | | | | | | | | | | | 3.72 | 5.88 | 38.22 | 36.26 | 36.26 | 0.054 | |
| MGN15C | 16 | 4 | 8.5 | 32 | 25 | 3.5 | 20 | 26.7 | 42.1 | 4.5 | M3 | M3x4 | 3 | 15 | 10 | 6 | 4.5 | 3.5 | 40 | 15 | M3x10 | 4.61 | 5.59 | 45.08 | 21.56 | 21.56 | 0.059 | 1.06 |
| MGN15H | | | | | | | 25 | 43.4 | 58.8 | | | | | | | | | | | | | 6.37 | 9.11 | 73.50 | 57.82 | 57.82 | 0.092 | |

Note : 1 kgf = 9.81 N

Hình 4.31: Thông số kích thước sống trượt dẫn hướng

Tính toán tải trọng tối đa đặt lên sống trượt.



Hình 4.32: Sơ đồ tính toán sống trượt dẫn hướng.

Trong đó:

Khoảng cách giữa 2 con trượt khác ray: $c = 340$ (mm)

Khoảng cách giữa 2 con trượt cùng ray: $d = 0$ (mm)

Lực tác dụng lên trục: $F = 0$ (N).

Khoảng cách từ lực đến trọng tâm trục theo phương Y: $a = 0$ (mm)

Khoảng cách từ lực đến trọng tâm trục theo phương X: $b = 0$ (mm)

Công thức tính lực tối đa đặt lên sống trượt.

$$P_1 = \frac{w}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot a}{2 \cdot c} + \frac{F \cdot b}{2 \cdot d}$$

$$P_2 = \frac{w}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot a}{2 \cdot c} - \frac{F \cdot b}{2 \cdot d}$$

$$P_3 = \frac{w}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot a}{2 \cdot c} + \frac{F \cdot b}{2 \cdot d}$$

$$P_4 = \frac{w}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot a}{2 \cdot c} - \frac{F \cdot b}{2 \cdot d}$$

Do không có ngoại lực tác dụng vào hệ thống trượt trục Y nên công thức có thể thu

gọn thành $P_1 \sim P_4 = \frac{W}{4}$

Với $W = m \cdot g = 5 \cdot 10 = 50 \text{ N}$.

m là khối trượt đặt trên 2 trục dẫn hướng.

Ta chỉ sử dụng 2 con trượt nên $P_1 = P_2 = \frac{W}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ N}$

Lựa chọn lực căng ban đầu.

Một thông số quan trọng khi tính toán sống trượt là lực căng ban đầu – *preload*.

Lực căng ban đầu đặt lên sống trượt có tác dụng khử khe hở và tăng độ cứng vững cho sống trượt. Sống trượt có preload càng cao thì hoạt động càng êm, độ chính xác càng cao, độ cứng vững cao.

Đối với sống trượt của HIWIN ta có thể lựa chọn được sức căng ban đầu theo catalogue dựa vào yêu cầu về độ cứng vững và độ chính xác khi lắp ghép giữa các bề mặt của sống trượt.

Do tải trọng đặt lên sống trượt là không lớn và không yêu cầu độ chính xác lớn nên dựa trên catalogue đối với dòng series MGN ta lựa chọn sức căng ban đầu kiểu Z0.

| Class | Code | Preload | Accuracy |
|--------------------|------|------------------|----------|
| Light Clearance | ZF | Clearance 4-10µm | C |
| Very Light Preload | Z0 | 0 | C-P |
| Light Preload | Z1 | 0.02C | C-P |

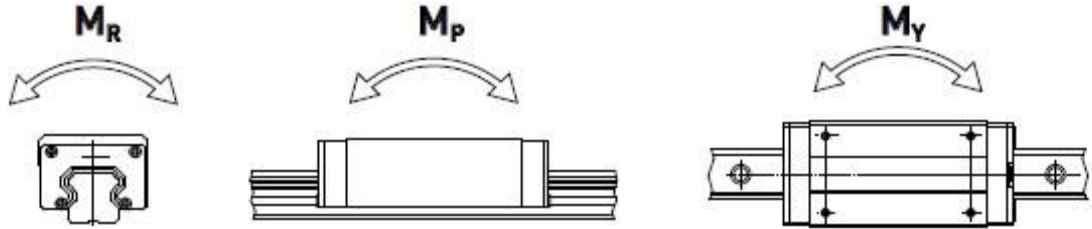
Hình 4.33: Lựa chọn sức căng ban đầu.

Hệ số tải tĩnh C_0 : Tải trọng tĩnh định mức C0 được đặt theo giới hạn tải trọng tĩnh cho phép.

Sự biến dạng tập trung không đối xứng giữa kênh dẫn và bi lăn khi ray dẫn hướng nhận tải trọng thừa hay chịu va đập diện rộng. Nếu độ lớn của biến dạng vượt quá giới hạn cho phép, nó sẽ cản trở sự di trượt của sống trượt dẫn hướng.

Momen tĩnh cho phép M_0 : Mômen tĩnh cho phép M_0 được đặt theo giới hạn của mômen tĩnh.

Khi 1 mômen tác dụng vào ray dẫn hướng, các vị trí bi lăn cuối cùng sẽ chịu áp lực lớn nhất giữa các áp lực phân bố trên toàn bộ bi lăn của hệ thống. Momen tĩnh cho phép của sống trượt dẫn hướng được chia ra theo 3 momen: M_p, M_R, M_y .



Hình 4.34: Các thành phần momen tĩnh cho phép

Hệ số an toàn tĩnh phụ thuộc vào điều kiện làm việc và điều kiện vận hành. Hệ số an toàn lớn thì đảm bảo hệ thống được vận hành an toàn, hạn chế va đập.

Hệ số an toàn tĩnh :

$$f_{st} = \frac{C_0}{P}$$

Trong đó :

C_0 là hệ số tải tĩnh 2,55kN.

P là lực tối đa đặt lên sống trượt, $P = 25N$.

Do đó :

$$f_{st} = \frac{C_0}{P} = \frac{2,55.1000}{25} = 102$$

Ta có một số hệ số an toàn tĩnh

| Load Condition | f_{SL}, f_{SM} (Min.) |
|-------------------------|-------------------------|
| Normal Load | 1.0-3.0 |
| With impacts/vibrations | 3.0-5.0 |

Hình 4.35: Hệ số an toàn tĩnh

Như vậy hệ số an toàn tĩnh đạt yêu cầu.

Tuổi thọ có thể thu được bằng cách tính toán trên cơ sở lý thuyết bằng công thức thực nghiệm dựa trên việc đánh giá thông qua tải trọng động danh nghĩa.

Tuổi bền danh nghĩa của ray dẫn hướng chịu ảnh hưởng của tải trọng làm việc thực tế. Tuổi bền danh nghĩa có thể được tính toán dựa trên tải trọng động định mức và tải trọng làm việc thực tế.

Tuổi bền của hệ thống ray chịu ảnh hưởng lớn của hệ số môi trường như độ cứng vững của ray trượt, nhiệt độ môi trường, điều kiện chuyển động. Tính tuổi thọ danh nghĩa:

$$L = \left(\frac{f_h \cdot f_t \cdot C}{f_w \cdot P} \right)^3 \cdot 50 (km)$$

Trong đó:

f_h là hệ số độ cứng, sòng trượt có độ cứng 60HRC nên $f_h = 1$.

f_t là hệ số nhiệt độ, nhiệt độ làm việc của máy trong khoảng từ 100 – 150 độ ta lấy $f_t = 0,9$.

C là hệ số tải động của sòng trượt, $C = 1,86$ (kN).

f_w hệ số tải, hệ số tải được cho trong bảng:

| Loading Condition | Service Speed | f_w |
|--------------------------|---------------------------------|-----------|
| No impacts & vibration | $V \leq 15$ m/min | 1 - 1.2 |
| Small impacts | 15 m/min < $V \leq 60$ m/min | 1.2 - 1.5 |
| Normal load | 60 m/min < $V \leq 120$ m/min | 1.5 - 2.0 |
| With impacts & vibration | $V > 120$ m/min | 2.0 - 3.5 |

Hình 4.36: Hệ số tải

Máy hoạt động có rung động và vận tốc $V \leq 150$ (mm/min) ta lấy hệ số tải là 1,2.

$P = 25$ N.

Do đó tuổi thọ danh nghĩa của sòng trượt:

$$L = \left(\frac{f_h \cdot f_t \cdot C}{f_w \cdot P} \right)^3 \cdot 50 (km) = \left(\frac{1,0,9,1,86,1000}{1,2,25} \right)^3 \cdot 50 = 350116 (km)$$

Thời gian hoạt động của sòng trượt:

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{V_e \cdot 60} = \frac{\left(\frac{C}{P} \right) \cdot 50 \cdot 10^3}{V_e \cdot 60}$$

V_e là vận tốc hoạt động, $V_{\max} = 150$ (mm/s) = 9 (m/min).

Do đó :

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{V_e \cdot 60} = \frac{\left(\frac{C}{P}\right) \cdot 50 \cdot 10^3}{V_e \cdot 60} = \frac{\left(\frac{1,86 \cdot 1000}{25}\right) \cdot 50 \cdot 10^3}{9 \cdot 60} = 172222,2h$$

Thời gian hoạt động đạt yêu cầu cho trước.

Trục X mang tải trọng nhỏ nên để đồng bộ và dễ thiết kế ta sử dụng sống trượt cho trục X tương tự trục Y.

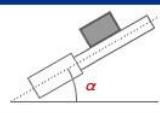
4.3.4. Tính toán lựa chọn động cơ cụm trục XY

Sử dụng công cụ tính toán đối với truyền động đai. Các thông số như hình dưới.

Hình 4.37: Sơ đồ và thông số tính toán động cơ.

Mechanism Placement

Mechanism angle $\alpha = 0^\circ$



Other requirement(s)

It is necessary to hold the load even after the power supply is turned off.
→ You need an electromagnetic brake.

It is necessary to hold the load after the motor is stopped, but not necessary to hold after the power supply is turned off.

Operating conditions

Fixed speed operation Operating speed $V_1 =$ mm/s

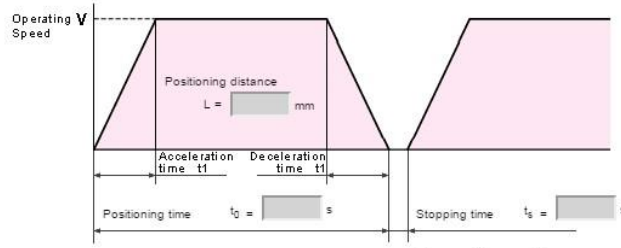
Variable speed operation Operating speed $V_1 = 90$ mm/s $\sim V_2 = 150$ mm/s

Positioning operation (Fill in the fields, if any)

Rotor inertia $J_0 =$ kg m²

Gear ratio $i =$

If the rotor inertia and the gear ratio are unknown, the acceleration torque will be calculated with an inertia ratio of 5:1 (see the motor selection tips that will appear on the result window for the detail).



Operating Speed

Positioning distance $L =$ mm

Acceleration time $t_1 =$ s

Deceleration time $t_1 =$ s

Positioning time $t_0 =$ s

Stopping time $t_s =$ s

If a specific acceleration / deceleration time is required $t_1 =$ s

If a specific operating speed is required $V =$ mm/s

Stopping accuracy

Stopping accuracy ± 0.1 mm

Safety factor

Safety factor 2

Hình 4.38: Thông số tính toán động cơ

Ta được kết quả tính toán:

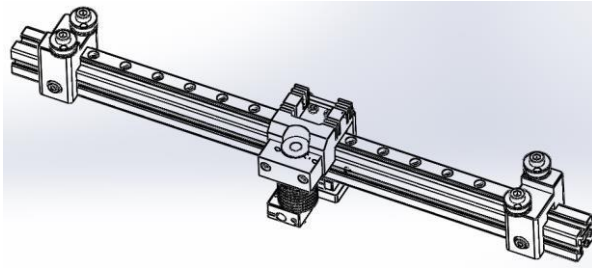
| Sizing Results | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Load Inertia | $J_L = 1.980e-4$ [kg·m ²] |
| Required Speed | $V_1 = 143.3$ [r/min] |
| | $V_2 = 238.9$ [r/min] |
| Required Torque | $T = 3.675e-2$ [N·m] |
| RMS Torque | $T_{rms} =$ N/A [N·m] |
| Acceleration Torque | $T_a = 0.000$ [N·m] |
| Load Torque | $T_l = 1.837e-2$ [N·m] |
| Required Stopping Accuracy | $\theta = 9.554e-1$ [deg] |
| Other Requirement(s) | Magnetic Brake, Holding Torque |

Hình 4.39: Kết quả tính toán động cơ bước

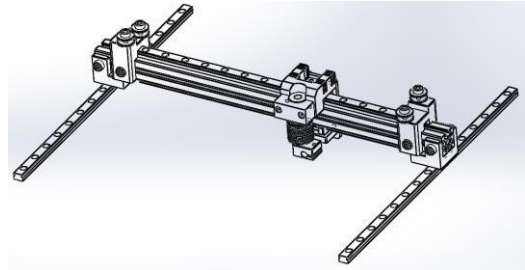
Ta tính được momen xoắn cần thiết là: $T = 0,036$ N.m.

Momen quán tính là: $J_1 = 1,98 \cdot 10^{-4}$ (kg.m²).

Dựa vào các thông số ta lựa chọn động cơ bước 2 pha tương tự như động cơ bước dùng trong trục Z là thỏa mãn yêu cầu.



Hình 4.40: Cụm trục X

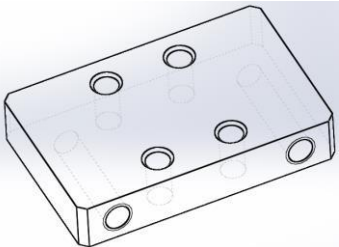
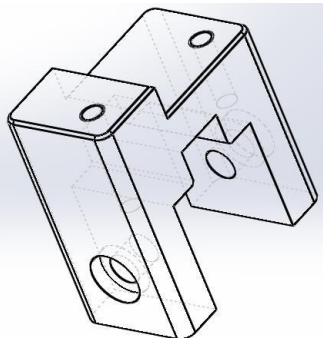


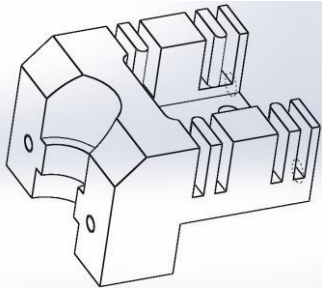
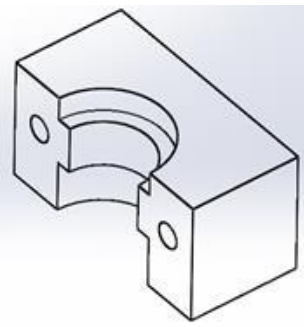
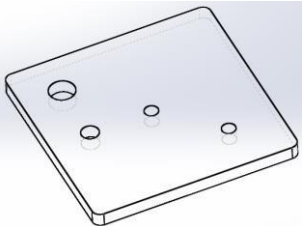
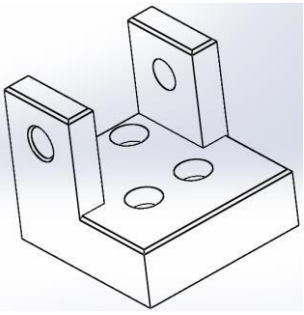
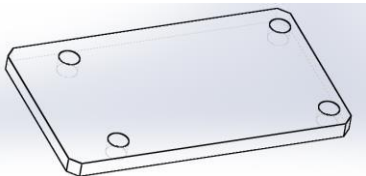
Hình 4.41: Cụm trục X và Y

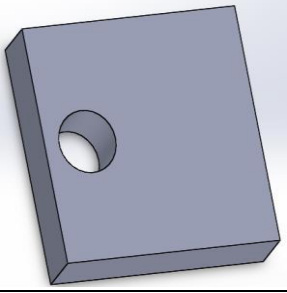

4.4. Thiết kế và gia công các chi tiết

Do các kết cấu, chi tiết trên máy không chịu lực lớn, không yêu cầu dung sai quá cao nên để tiết kiệm về chi phí cũng như dễ mua vật tư, vật liệu được sử dụng cho các chi tiết máy là nhựa POM, phương pháp gia công chủ yếu là phay.

Danh sách các chi tiết gia công :

| Tên chi tiết | Số lượng | Vật liệu | Phương pháp gia công | Ghi chú |
|--|----------|----------|----------------------|--|
|  <p>Tấm gá trục X</p> | 1 | POM | Phay CNC | Gia công chính xác vị trí các lỗ bắt con trượt. |
|  <p>Đồ gá bạc đạn</p> | 2 | POM | Phay CNC | <ul style="list-style-type: none"> - Gia công chính xác vị trí 2 lỗ ren trên mặt đầu. - Gia công chính xác kích thước bậc. |

| | | | | |
|---|---|------|-----------|---|
| <p>Gá đầu phun 1</p>  | 1 | POM | Phay CNC | <ul style="list-style-type: none"> - Gia công chính xác vị trí các gờ phía trong. - Đảm bảo độ vuông góc. |
| <p>Gá đầu phun 2</p>  | 1 | POM | Phay CNC | <ul style="list-style-type: none"> - Gia công chính xác kích thước, khoảng cách 2 lỗ. |
| <p>Tấm gá bạc đạn 2</p>  | 2 | Mica | Cắt laser | |
| <p>Khối đỡ trục X</p>  | 2 | POM | Phay CNC | <ul style="list-style-type: none"> - Gia công chính xác kích thước lỗ. - Đảm bảo độ phẳng của mặt trên. |
| <p>Tấm nối con trượt trục X</p> | 1 | Mica | Cắt laser | |
|  | | | | |

| | | | | |
|---|---|------|----------|--|
| Gá công tắc hành trình trục XY  | 2 | Mica | Cắt lase | |
| Gá công tắc hành trình trục Z  | 1 | PLA | In 3d | |

Bảng 4.3: Các chi tiết gia công

4.5. Bộ phận đùn nhựa

4.5.1. Cụm tời nhựa

Để nhựa được cung cấp liên tục cần phải có 1 cơ cấu để kéo sợi nhựa một cách liên tục. Bộ tời nhựa được điều khiển bởi một động cơ bước. Động cơ bước quay làm quay bánh răng gắn trên động cơ sẽ đẩy sợi nhựa xuống bộ phận gia nhiệt.

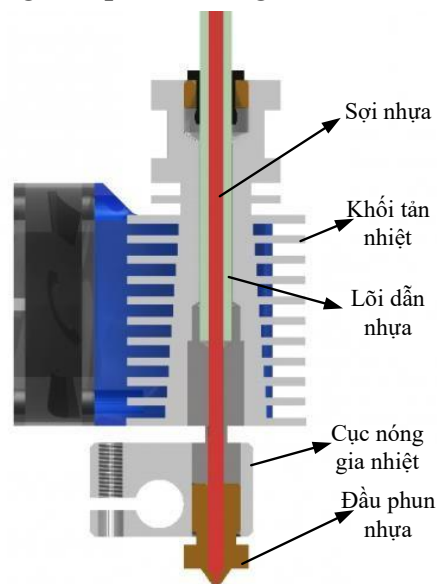


Hình 5.42: Bộ tời nhựa

4.5.2. Đầu phun gia nhiệt

Đầu phun là nơi nung nóng sợi nhựa và đùn nhựa ra tạo mẫu in. Hầu hết các bộ phận ở đầu phun đều được chế tạo bằng hợp kim nhôm để đảm bảo tính tản nhiệt tốt. Đầu phun gồm có các bộ phận :

- Khối tản nhiệt nhằm nhiệm vụ giảm nhiệt độ ở vùng phía trên đầu phun nhằm hạn chế nhựa bị chảy lỏng trước khi được phun ra làm tắc đầu phun nhựa, tràn nhựa làm ảnh hưởng đến chất lượng đầu phun nhựa.
- Lõi dẫn nhựa nhằm nhiệm vụ định hướng đường đi của sợi nhựa vào đúng đầu phun. Lõi dẫn nhựa thường được chế tạo bằng nhôm bên trong có lót ống làm bằng nhựa teflon dùng để dẫn hướng và cách nhiệt cho sợi nhựa.
- Cục nóng bao gồm điện trở gồm có tác dụng gia nhiệt, cảm biến nhiệt độ để điều khiển nhiệt độ nóng chảy của nhựa. Đây là bộ phận nóng nhất trên đầu phun do đó cần cần có biện pháp an toàn, tránh tiếp xúc trực tiếp với bộ phận này. Thường cục nóng được bọc với lớp băng keo cách nhiệt để tránh thoát nhiệt ra ngoài, tăng hiệu quả quá trình nung chảy nhựa.
- Đầu phun là nơi định hình kích thước của nhựa lỏng khi được phun ra thường có các kích thước đầu phun từ 0,1 mm đến 0,5 mm. Tùy theo kích thước đầu phun thì có giới hạn về kích thước một lớp in khác nhau. Đầu phun đường kính nhỏ thì bề dày một lớp in càng nhỏ tuy nhiên sẽ dễ xảy ra hiện tượng tắc nhựa, tràn nhựa nếu chất lượng đầu phun không tốt.



Hình 4.43: Kết cấu đầu phun nhựa

4.5.3. Sợi nhựa.

Vật liệu được sử dụng trong máy in 3D là nhựa dạng sợi. Sợi nhựa sử dụng trong máy in 3D phải là sợi nhựa nguyên chất, không pha tạp, không nên dùng sợi nhựa tái chế thường bị lẫn cát, sạn, bụi bẩn, ... khi sử dụng dễ làm tắc đầu phun nhựa ảnh hưởng đến chất lượng mẫu in,

Đường kính sợi nhựa được chế tạo tiêu chuẩn có 2 loại đường kính là 1,75 mm và 3 mm. Dung sai sợi nhựa thường là $\pm 0,05$ mm. Đường kính sợi nhựa phải được chế tạo đồng đều vì nếu đường kính sợi nhựa không đồng đều, ở chỗ sợi nhựa bị thu hẹp đường kính bất thường thì đầu phun không đủ lực để kéo sợi nhựa vào, ngược lại, đường kính sợi nhựa có chỗ lớn bất thường sẽ làm tắc đầu phun.

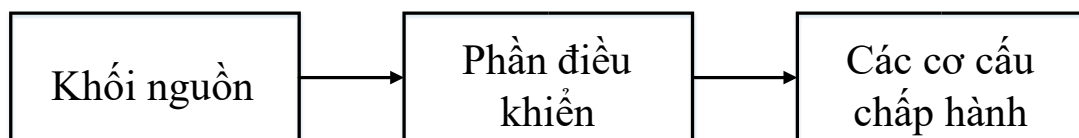
Có 2 loại vật liệu thường được sử dụng trong các máy in 3D FDM hiện nay là nhựa ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) và nhựa PLA (Polylactic Acid).

Nhựa ABS là nhựa nhiệt dẻo. Nhựa ABS có cơ tính tốt, nhiệt độ in cao (nhiệt độ in tùy theo nhà sản xuất nhưng thường lớn hơn 230°C), do in với nhiệt độ cao như vậy nên trong quá trình in sản phẩm có thể bị cong vênh, gãy do đó nên thiết kế thêm các hệ thống support để hạn chế hiện tượng này. Mặt khác các lớp đầu tiên của mẫu in thường không kết dính với bàn in do bị nguội quá nhanh cũng là một khuyết điểm khi in nhựa ABS. Sản phẩm từ nhựa PLA có thể làm mịn bằng Acetol (xăng thơm).

Nhựa PLA là nhựa nhiệt dẻo thường có nguồn gốc tự nhiên, do đó khá thân thiện và không gây độc hại khi sử dụng. Nhựa PLA tương đối giòn, dễ bị gãy trong quá trình in là tắc đầu phun nhựa. Nhiệt độ in của nhựa PLA thấp chỉ từ 190° đến 210°C nên quá trình in dễ dàng hơn so với nhựa ABS. Giá thành của nhựa PLA cũng thường thấp hơn nhựa ABS từ khoảng 100.000 VNĐ đến 200.000 VNĐ.

4.6. Tính toán thiết kế phần điện

Để hệ thống hoạt động được luôn cần phần điện. Hệ thống điện chịu trách nhiệm cung cấp nguồn điện, điều khiển các thiết bị trong kết cấu máy như động cơ bước, cụm tời nhựa, đầu phun nhựa.

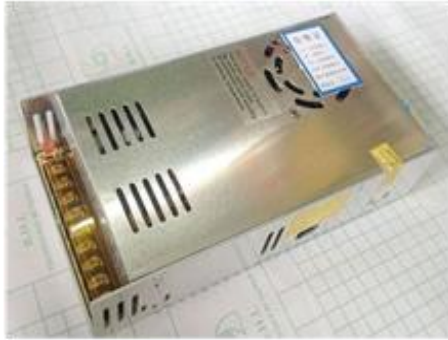


Hình 5.44: Sơ đồ khối hệ thống điện.

4.6.1. Khối nguồn.

Khối nguồn là bộ phận cung cấp năng lượng cho toàn bộ hệ thống điện trong máy. Đối với máy in 3D cần cần phải hoạt động ổn định nên nguồn cấp phải đảm bảo về điện áp và dòng điện luôn ổn định.

Ta có 2 lựa chọn cho bộ nguồn của máy in 3D, sử dụng nguồn tổ ong hoặc nguồn LITEON.



Hình 4.45: Nguồn tổ ong



Hình 5.46: Nguồn LITEON

Để lựa chọn bộ nguồn phù hợp, phải chú ý đến các thiết bị sử dụng trong mạch điện. Dựa vào thông số về điện áp và dòng điện yêu cầu trên các linh kiện điện để có thể lựa chọn nguồn nuôi thích hợp. Dưới đây là một số linh kiện điện tử và điện áp yêu cầu của các linh kiện đó:

| Linh kiện | Số lượng | Thông số |
|-------------------------|----------|-----------------|
| Board Arduino mega 2560 | 1 | 6 – 24 V; 50 mA |
| Driver A4988 | 4 | 5 V; 0,5A |
| Động cơ bước | 4 | 12 V; 1,2 A |
| Board RAMPS | 1 | 12 V; 5A |
| Quạt tản nhiệt | 3 | 12 V; 50 mA |
| LCD | 1 | 5 V; 0,4A |

Bảng 4.4: Một số linh kiện điện

Các thiết bị điện trong máy có dải điện áp hoạt động từ 6 V – 24 V nên ta chọn bộ nguồn từ 12 V – 5 A để đảm bảo cung cấp đủ điện áp và dòng cho động cơ và các thiết bị khác.

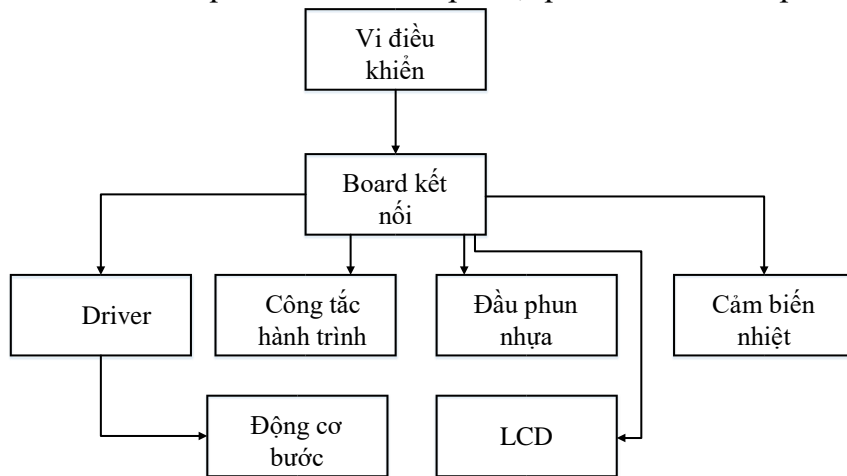
Xét về điện áp và cường độ dòng điện cung cấp nguồn tổ ong cung cấp điện áp 12 V và cường độ dòng điện 30 A còn nguồn LITEON là 12 V – 7,5 A. Xét về giá thành bộ nguồn tổ ong cao hơn giá của của bộ nguồn LITEON. Tuy nhiên để thuận lợi cho việc nâng cấp hệ thống điện sau này và đảm bảo hệ thống điện hoạt động tốt nhất ta lựa chọn nguồn tổ ong 12V - 30A.

4.6.2. Phần điều khiển.

Phần điều khiển có những nhiệm vụ là :

- Cấp xung, điều khiển chuyển động của động cơ bước các trục chuyển động.
- Điều khiển nhiệt độ đầu phun nhựa.

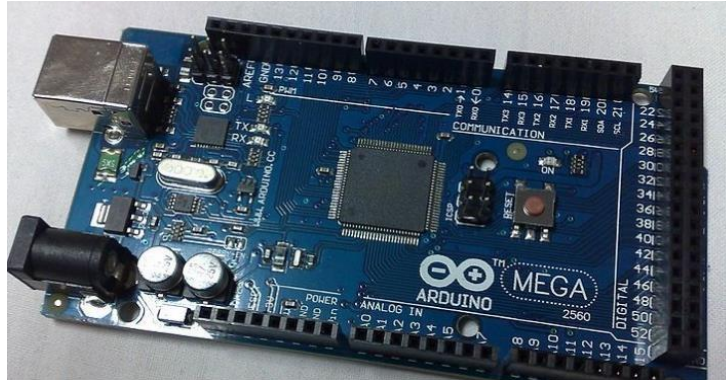
- Điều khiển bộ tời nhựa.
- Điều khiển quạt làm mát đầu phun, quạt làm mát sản phẩm.



Hình 4.47: Sơ đồ khối các linh kiện điện tử.

Vi điều khiển

Board điều khiển trong đồ án này nhóm quyết định sử dụng board Arduino Mega 2560 do board mạch dễ sử dụng ngay cả với những người không chuyên, sự phổ biến dễ tìm kiếm, ngôn ngữ lập trình dễ hiểu, phần cứng được kết nối dễ dàng.



Hình 4.48: Board Arduino Mega 2560.

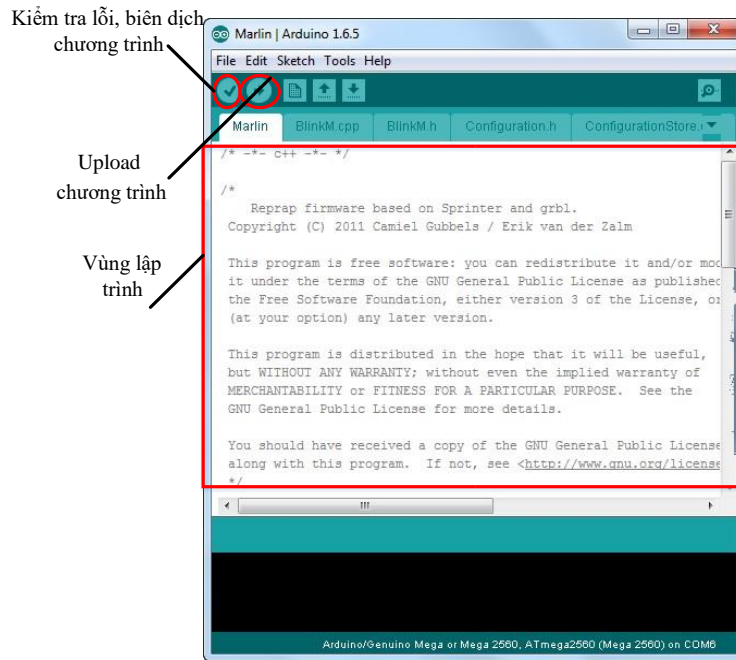
Board mạch Arduino mega 2560 là board mạch vi xử lý được thiết kế nhằm xây dựng các ứng dụng tương tác với nhau hoặc với môi trường được thuận lợi hơn. Board mạch được xây dựng trên nền tảng vi xử lý ATmega 2560 8bit. Board mạch có 54 chân digital I/O, 16 chân analog input, sử dụng bộ tạo dao động 16Mhz. Có thể sử dụng nguồn thông qua cổng USB hoặc nguồn DC từ 6 đến 20V.

| | |
|-------------------|-------------|
| Vi xử lý | Atmega 2560 |
| Điện áp hoạt động | 5 V |

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Điện áp vào (khuyến dùng) | 7 – 12 V |
| Điện áp vào (tối đa) | 6 – 20 V |
| Digital I/O Port | 54 (15 chân PWM) |
| Analog Port | 16 |
| Dòng điện trên các chân I/O | 20 mA |
| Dòng điện vào | 50 mA |
| Bộ nhớ Flash | 256 KB (8 KB cho bootloader) |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Bộ dao động | 16 MHz |
| Chiều dài board | 101,52 mm |
| Chiều rộng board | 53,3 mm |
| Khối lượng board | 37 g |

Bảng 4.5: Thông số board Arduino Mega 2560

Vi điều khiển có thể lập trình và flash code dễ dàng bằng phần mềm Arduino IDE. Có thể sử dụng ngôn ngữ lập trình C/C++ để lập trình. Nhìn chung ngôn ngữ lập trình của nó tương đối đơn giản và dễ hiểu ngay cả với người không chuyên về vi điều khiển. Phần mềm được dùng để flash code cho board Arduino Mega 2560 là phần mềm Arduino IDE. Phần mềm có giao diện trực quan, dễ sử dụng. Hệ thống thư viện và mã nguồn dành cho arduino mega khá lớn do đó thuận tiện cho quá trình sử dụng.

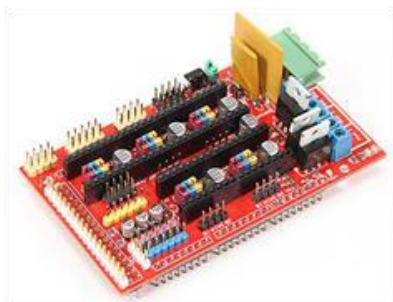


Hình 4.49: Giao diện phần mềm Arduino IDE.

Board kết nối

Để kết nối các thiết bị ngoại vi như driver, công tắc hành trình ta có thể nối dây trực tiếp vào board vi điều khiển, tuy nhiên với số lượng driver nhiều số lượng dây nhiều sẽ dễ kết nối sai dây dẫn đến mạch điện ko điều khiển được và nặng hơn có thể dẫn đến cháy board arduino. Một điều nữa là khi số lượng dây nối quá lớn thì tính thẩm mỹ không cao.

Một giải pháp để giải quyết vấn đề này là sử dụng một board giao tiếp trung gian để kết nối giữa board vi điều khiển vào các thiết bị khác. Có nhiều board trung gian được phát triển hiện nay như RAMPS, Melzi, Generation



Hình 4.50: Board RAMPS



Hình 4.51: Board MKS

Mỗi loại board mạch đều có ưu điểm riêng, để lựa chọn một board mạch phù hợp cho công việc cần phải tính đến các yếu tố như giá thành, khả năng hỗ trợ của board mạch, khả năng mở rộng, sự tiện lợi đơn giản khi lắp đặt, sự phổ biến của board mạch. Kết hợp các yếu tố trên để có thể lựa chọn board mạch cần

cho máy. So sánh giữa các board kết nối thường dùng thì board RAMPS là board mạch có thể đáp ứng những yêu cầu trên

RAMPS là board mạch được thiết kế để kết nối các thiết bị điện cần thiết cho một máy in 3D với kích thước nhỏ gọn và giá thành rẻ. Board được thiết kế với các plug in có thể sử dụng với các driver cho động cơ bước và dễ dàng mở rộng. Các linh kiện trong board mạch có thể thay thế dễ dàng khi có hư hỏng. Board RAMS được thiết kế để giao tiếp với board Arduino Mega 2560 với nền tảng mạnh mẽ và hỗ trợ mở rộng board mạch khá tốt. Board mạch được thiết kế để dễ dàng kết nối và lắp đặt với các thiết bị khác.

Một số đặc tính của board RAMPS :

Dòng điện cung cấp từ 12V – 24V.

Điện áp 5A – 30A.

Tương thích với máy in 3D theo tọa độ Dercartes, robot delta.

Có khả năng mở rộng để với các thiết bị ngoại vi khác.

3 mosfet cho quạt tản nhiệt và bộ gia nhiệt, 3 mạch điều khiển nhiệt độ.

Cầu chì 5A bảo vệ.

Cấp dòng cho bàn nhiệt lên tới 11A.

Cung cấp 5 khe cắm driver.

Hỗ trợ điều khiển 2 tối đa 2 trục Z đối với các máy Prusa.

Hỗ trợ LCD SD Card.

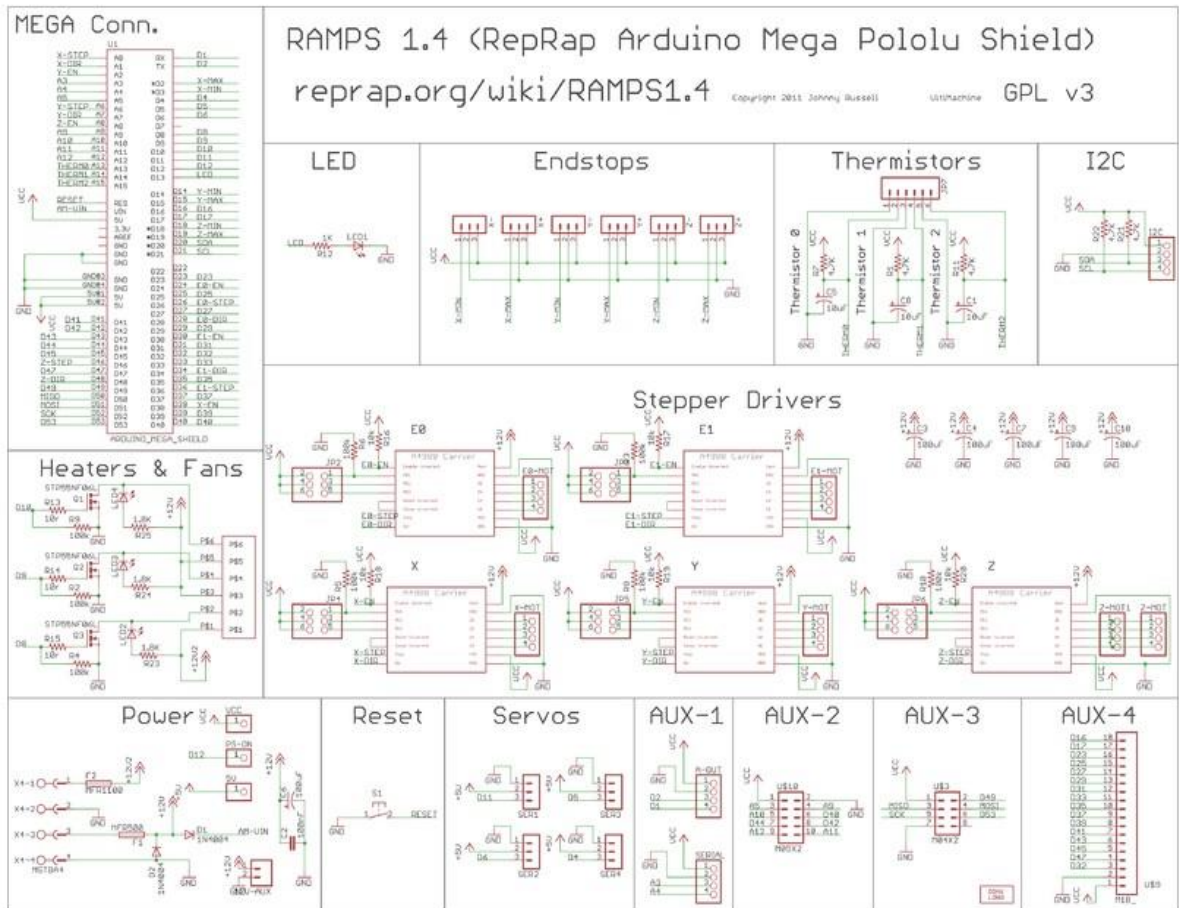
Báo tín hiệu bằng LED khi gia nhiệt.

Có thể hỗ trợ kết nối servo.

Các chân I2C và SPI để thuận lợi cho việc mở rộng board mạch.

Tất cả các chân mosfet đều được kết nối vào chân PWM.

Hỗ trợ kết nối USB chuẩn B.



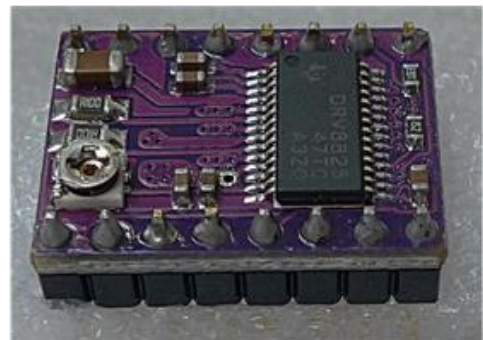
Hình 4.52: Sơ đồ nguyên lý board RAMPS.

Driver stepper motor

Một bộ phận không thể thiếu điều khiển động cơ bước đó là driver. Driver như là một mạch phân phối xung cho động cơ, làm nhiệm vụ cấp điện cho động cơ bước hoạt động. Có 2 loại driver được sử dụng khá nhiều trong các máy in 3D hiện nay là driver A4988 và DRV8825.



Hình 4.53: Driver A4988.



Hình 4.54: Driver DRV8825.

So sánh giữa A4988 và DRV8825.

| | A4988 | DRV8825 |
|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Sự phổ biến | Phổ biến rộng | Phổ biến |
| Giá thành | 6,8 USD/5PCS | 10 USD/5PCS |
| Dòng điện | 2 A | 2,5 A |
| Vi bước lớn nhất | 16 | 32 |
| Màu PCB | Đỏ/xanh | Tím |
| Biến trở | Gắn chân Dir | Gắn chân En |
| Giá trị trở Rs | 0.05 Ohm 0.1 Ohm 0.2 Ohm | 0,1 Ohm |
| Vref | $I_{TripMax} = Vref / (8 * R_s)$ | $I_{TripMax} = Vref / (5 * R_s)$ |
| Số lớp mạch in | 2 | 4 |
| Bảo vệ quá nhiệt | Có | Có |
| Kích thước | 5x5 mm | 9,7x6,4 mm |

Bảng 4.6: So sánh driver A4988 và Drv8825.

Ở đồ án này, quyết định sử dụng driver A4988 do driver này phổ biến và giá thành rẻ hơn.

Driver A4988 có dải điện áp hoạt động từ 8 V – 35 V.

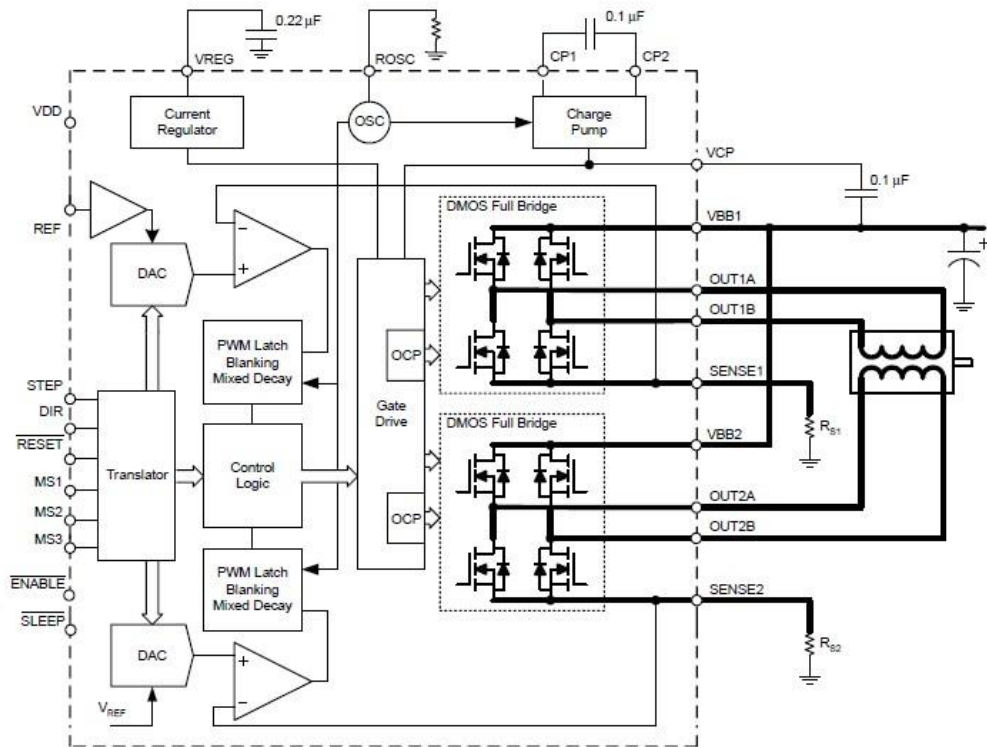
Nhiệt độ tối đa 150⁰C.

Điện thế điều khiển 3,3 V - 5 V.

Dòng trung bình (RMS): 1 A, dòng đỉnh: 2 A.

5 Độ phân giải khác nhau: đủ bước, nửa bước, 1/4, 1/8, 1/16.

Sơ đồ khối



Hình 4.55: Sơ đồ khối A4988.

Driver A4988 có chế độ lựa chọn vi bước khác nhau tùy vào 3 chân MS1, MS2, MS3. Tùy vào kiểu số chân MS nối với VCC khác nhau ta có thể điều khiển với các vi bước khác nhau.

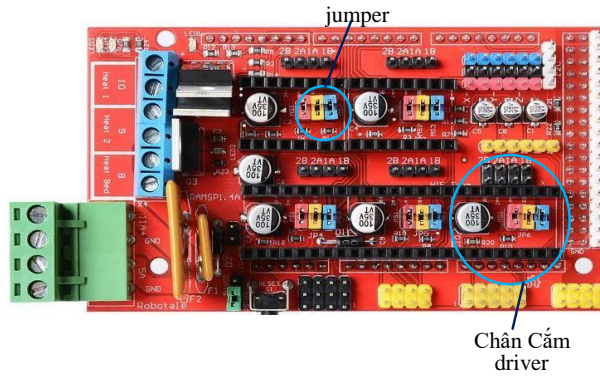
| MS1 | MS2 | MS3 | Vi bước |
|-----------|-----------|-----------|----------|
| Không nối | Không nối | Không nối | Đủ bước |
| VCC | Không nối | Không nối | Nửa bước |
| Không nối | VCC | Không nối | 1/4 |
| VCC | VCC | Không nối | 1/8 |
| VCC | VCC | VCC | 1/16 |

Bảng 4.7: Thiết lập các chế độ điều khiển

Để nối các chân MS với VCC ta có thể cắm các jumper trên board RAMPS như hình vẽ.

Để sử dụng chế độ vi bước lớn nhất 1/16 ta kết nối 3 jumper vào board mạch.

Chân Cắm



Hình 4.56: Vị trí kết nối driver.

Công tắc hành trình

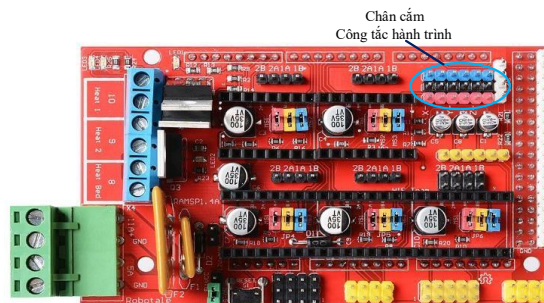
Công tắc hành trình là thiết bị phản hồi nhằm giới hạn hành trình chuyển động của máy. Board RAMPS hỗ trợ tối đa 6 chân cắm công tắc hành trình, một vị trí min và một vị trí max cho mỗi trục.

Đặc điểm của công tắc hành trình là nó là các tiếp điểm của nó có thể đóng hay mở khi các bộ phận di động của máy thực hiện một hành trình di động nhất định. Nếu công tắc hành trình dùng để chuyển đổi mạch ở cuối hành trình thì ta gọi là công tắc cuối hành trình. Tùy theo kết cấu công tắc hành trình có thể chia thành các loại: kiểu nhấn, kiểu đòn, kiểu quay, Trong đồ án này, sử dụng công tắc hành trình kiểu nhấn.

Công tắc hành trình luôn có 3 chân COM, chân NC, chân NO. Do đó cũng tương tự có 2 kiểu đấu dây công tắc hành trình là đấu kiểu NO và đấu kiểu NC.

Đối với kiểu NC: nối chân S trên board RAMPS với chân NC, nối chân (-) trên board mạch với chân C.

Đối với kiểu NO: nối chân S trên board RAMPS với chân NO, nối chân (-) trên board mạch với chân C.



Hình 4.57: Vị trí kết nối công tắc hành trình.

Màn hình LCD

Màn hình LCD có chức năng hiển thị tọa độ, các thông số và trực tiếp in ấn mà không cần phải thông qua kết nối với máy tính. Ở đây ta dùng module LCD 2004.



Hình 4.58: Module LCD 2004



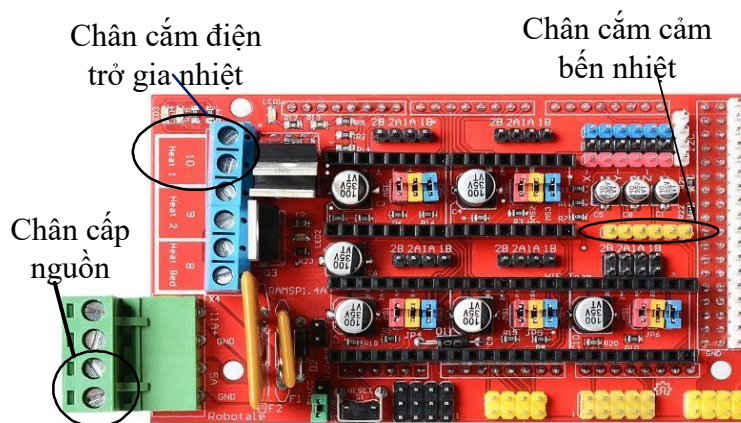
Hình 4.59: Vị trí kết nối LCD

Cảm biến nhiệt

Cảm biến nhiệt cho phép ta biết được giá trị nhiệt độ của đầu phun nhựa, bàn nhiệt (nếu có), từ đó quản lý và điều khiển được giá trị nhiệt độ này trước cũng như trong quá trình in. Board RAMPS hỗ trợ cho ta 3 khe cắm cảm biến nhiệt cho đầu phun nhựa và bàn nhiệt. Sử dụng 2 dây nối cho cảm biến nhiệt, kết nối vào bo mạch tại các vị trí T0, T1, T2 cho đầu phun 1, bàn nhiệt (nếu có), đầu phun 2 (nếu có).

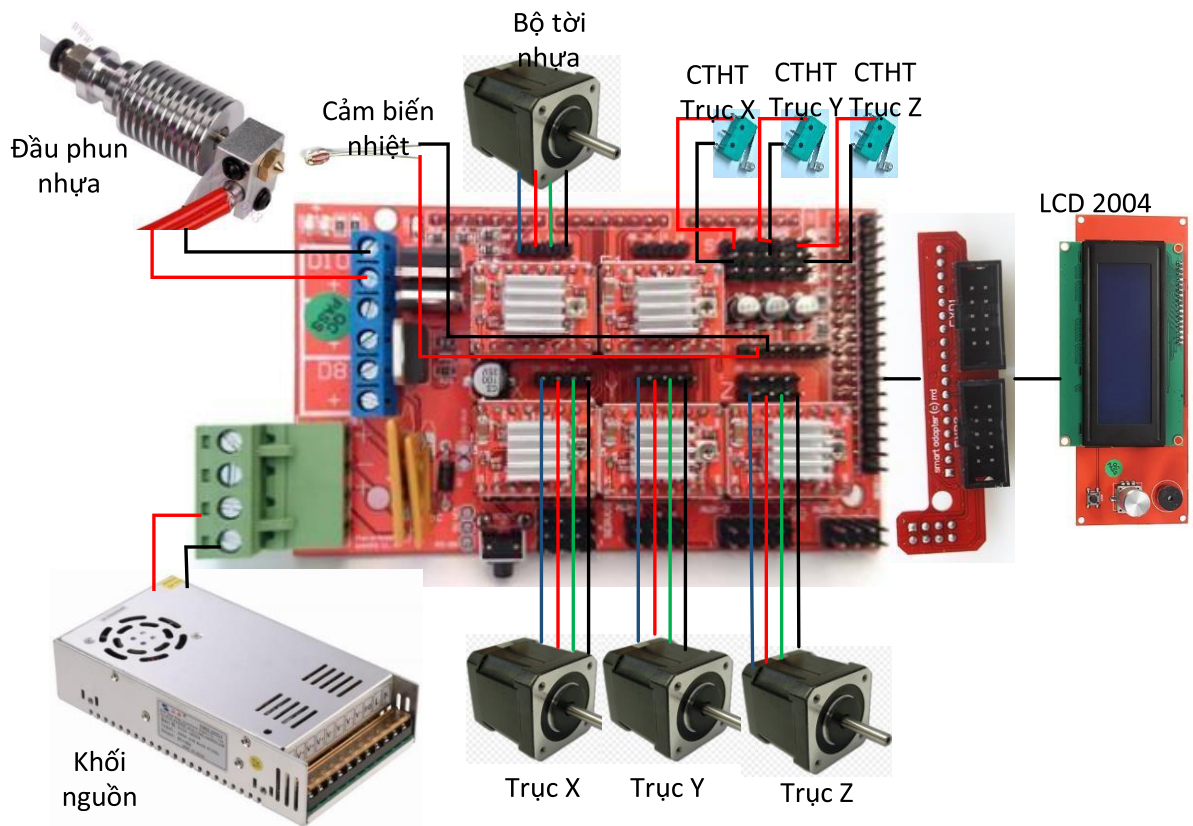
Điện trở gia nhiệt

Điện trở gia nhiệt có tác dụng đốt nóng gia nhiệt cho cục nóng giúp cho nhựa nóng chảy. Điện trở gia nhiệt được kết nối vào cổng D10 trên board mạch RAMPS.



Hình 4.60: Vị trí kết nối cảm biến nhiệt và điện trở gia nhiệt.

Sơ đồ kết nối tổng quát:



Hình 4.61: Sơ đồ kết nối tổng quát.

4.7. Thiết lập thông số phần cứng của máy.

Để máy hoạt động cần phải có vi điều khiển để điều khiển hoạt động của máy, để vi điều khiển có thể điều khiển chính xác các thiết bị phần cứng trong máy cần phải có firmware phù hợp với các thông số phù hợp tương thích với 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,

Thiết lập thông số Baudrate: Để việc truyền và nhận giữ liệu được đồng bộ thì giữa vi điều khiển và phần mềm giao tiếp phải cùng một thông số baudrate. Baudrate là thông số chỉ số bit truyền trong 1s. Để thiết lập thông số baudrate, thay đổi chỉ số của dòng lệnh thành thông số baudrate cần thiết lập. Một số thông số có thể sử dụng như 9600, 11250, 25000, ...

```
#define BAUDRATE 250000.
```

Thiết lập thông số về board mạch: Có nhiều board mạch có thể sử dụng để điều khiển máy in 3D như RAMPS, MELZI, ... mỗi board mạch sẽ có thông số

thiết lập khác nhau để tương thích với firmware. Thiết lập thông số board mạch trong dòng lệnh dưới :

```
#ifndef MOTHERBOARD
    #define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_13_EFB
#endif.
```

Thiết lập số lượng đầu phun: Thay đổi số lượng đầu phun trong dòng lệnh sau:

```
#define EXTRUDERS 1
```

Thiết lập giá trị cảm biến nhiệt: tương tự như thiết lập thông số board mạch thì mỗi loại cảm biến nhiệt có 1 giá trị khác nhau, firmware marlin hỗ trợ tối đa 3 cảm biến nhiệt cho đầu phun nhựa và 1 cảm biến nhiệt cho bàn nhiệt.

```
#define TEMP_SENSOR_0 6
#define TEMP_SENSOR_1 0
#define TEMP_SENSOR_2 0
#define TEMP_SENSOR_BED 0
```

Thiết lập tọa độ di chuyển cho máy: để máy motor quay đúng chiều theo hệ tọa độ thì ta cần phải thiết lập thông số trong firmware. Dùng phương pháp thử sai để thiết lập các thông số này. Cho các trục tọa độ di chuyển theo một phương nhất định, nếu trục tọa độ di chuyển ngược hướng thì thay đổi câu lệnh từ True thành False hoặc ngược lại. Thiết lập tọa độ máy trong các câu lệnh ở dưới:

```
#define INVERT_X_DIR true
#define INVERT_Y_DIR true
#define INVERT_Z_DIR true
#define INVERT_E0_DIR false
#define INVERT_E1_DIR false
#define INVERT_E2_DIR false
```

Thay đổi hướng về home của 3 trục tọa độ: Trước khi máy bắt đầu in thì các trục tọa độ phải về gốc tọa độ để gia nhiệt cho đầu phun, bàn nhiệt, ... Để các trục di chuyển về gốc tọa độ phù hợp ta cần thiết lập hướng di chuyển cho các trục. Phương pháp thiết lập tương tự như thiết lập tọa độ di chuyển cho máy, nếu hướng về home không mong muốn thì đổi giá trị từ -1 thành 1 hoặc ngược lại. Các thông số được thiết lập trong các câu lệnh sau:

```
#define X_HOME_DIR -1
#define Y_HOME_DIR -1
#define Z_HOME_DIR -1
```

Thiết lập không gian làm việc cho máy: Cần phải giới hạn không gian làm việc của máy theo như phần cứng đã thiết kế là lắp đặt. Các thiết lập về không gian làm việc của máy được thay đổi ở những câu lệnh dưới đây:

```
#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
```

Thiết lập số trục tọa độ: Firmware hỗ trợ điều khiển tối đa 5 trục tương ứng với 3 trục X, Y, Z và 2 trục tọa độ tương ứng với 2 đầu phun nhựa. Thay đổi các thông số trong câu lệnh sau:

```
#define NUM_AXIS 4
```

Thiết lập tốc độ về home: Thông số thiết lập tốc độ khi đưa các trục về góc tọa độ, thay đổi các thông số trong câu lệnh:

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

Thiết lập các thông số về tốc độ tối đa và gia tốc tối đa của các trục trong các câu lệnh sau:

```
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE {500, 500, 5, 25} // (mm/sec)
#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {9000,9000,100,10000}
```

Thiết lập module LCD: Nếu sử dụng LCD để giao tiếp điều khiển máy in ta thay đổi thiết lập trong firmware bằng cách thêm dòng lệnh sau trong firmware:

```
#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.

Bước 2: Tinh chỉnh lại các thông số.

Tính toán sơ bộ các giá trị: tùy thuộc vào bộ truyền và cách điều khiển động cơ mà các thông số này khác nhau

Đối với bộ truyền đai:

$$S = \frac{360 \cdot B}{C \cdot D \cdot A}$$

Trong đó:

A là góc bước nhỏ nhất của động cơ, ở đây $A = 0,9^0$

B là vi bước của driver, ở đây ta điều khiển động cơ bước với chế độ điều khiển vi bước, $B = 1/16$

C là bước đai, $C = 2,5\text{mm}$

D là số răng của pulley, $D = 20$

$$\text{Do đó: } S = \frac{360.B}{C.D.A} = \frac{360.16}{2,5.20.0,9} = 128$$

Đối với bộ truyền vít me – đai ốc :

$$S = \frac{360.B}{A.E}$$

Trong đó:

E là bước vít me, ở đây sử dụng vít me bước 2,5mm do đó $E = 2,5\text{mm}$

$$\text{Do đó } S = \frac{360.B}{A.E} = \frac{360.16}{0,9.2,5} = 2560$$

Đối với bộ tời nhựa.

$$S = \frac{360.E.B}{\pi.A.G}$$

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

$$\text{Do đó } S = \frac{360.E}{\pi.A.G} = \frac{360.1.16}{\pi.0,9.12} = 169,7$$

Để tinh chỉnh lại các thông số trên ta thực hiện như sau:

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

H là khoảng di chuyển thủ công, ($H = 50\text{mm}$) I là khoảng dịch chuyển thực tế.

Đối với các trục X, Y, Z ta in thử mẫu in dạng hộp có kích thước 50x50x50 mm, sau đó đo lại các kích thước và thực hiện tính toán lại các thông số như công thức ở trên.

Lập lại các bước canh chỉnh trên nhiều lần để có thể đạt giá trị chính xác nhất. Sau khi có các giá trị cần thiết, thiết lập lại các thông số trong các dòng lệnh sau:

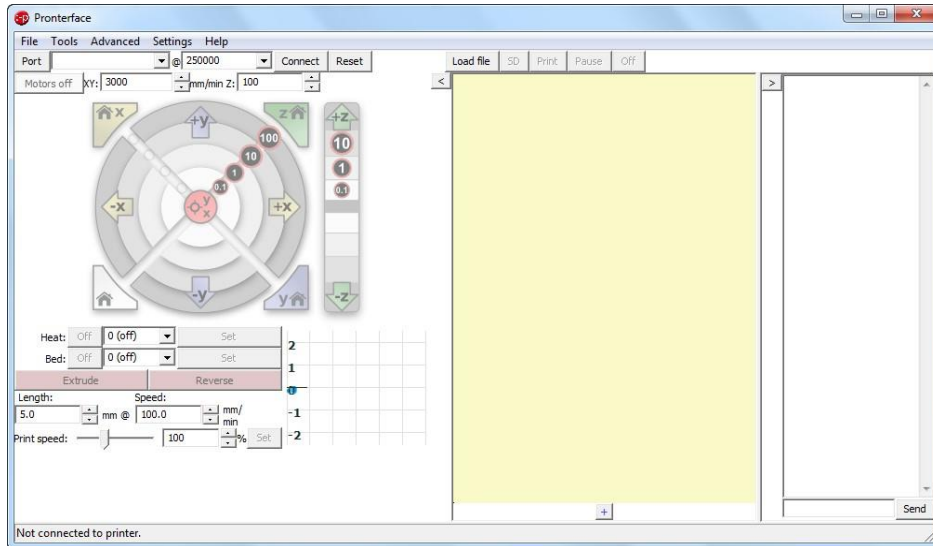
```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {160,160,320,185}
```

4.8. Phần mềm điều khiển.

Phần mềm điều khiển máy in giúp ta có thể vận hành máy trong trường hợp không có LCD và thuận tiện trong các thao tác vận hành máy thủ công.

Phần mềm điều khiển có thể giúp ta thực hiện các thao tác vận hành máy bằng tay đơn giản và dễ dàng hơn so với LCD, khi LCD chỉ có thể thực hiện các thao tác về di chuyển các trục, gia nhiệt, thì phần mềm điều khiển có thể thực hiện được các thao tác đó đồng thời có thể nhập thủ công các lệnh Gcode cho các quá trình test máy, căn chỉnh bàn in,

Có nhiều phần mềm điều khiển máy in 3D như repertier host, pronterface Trong đó, sử dụng phần mềm pronterface. Phần mềm pronterface là phần mềm miễn phí có ưu điểm là dung lượng phần mềm nhỏ, giao diện trực quan, dễ sử dụng.

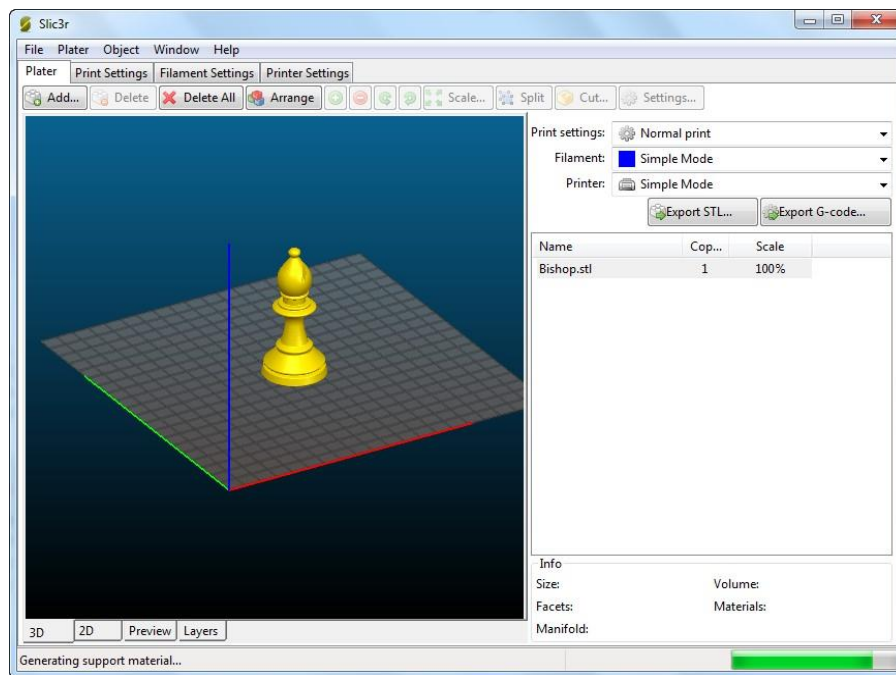


Hình 4.62: Giao diện phần mềm Pronterface

Phần mềm CAM

Phần mềm CAM là phần mềm có nhiệm vụ cắt lớp mẫu 3D sau đó tạo đường chạy nhựa sau đó xuất ra dưới dạng file Gcode. Có nhiều phần mềm CAM được sử dụng với máy in 3D, trong đề tài nhóm sử dụng phần mềm Slic3r là phần mềm

được sử dụng tương đối nhiều. Slic3r có khá nhiều thông số thiết lập cùng với nhiều đường chạy nhựa từ đó có thể tối ưu được chất lượng mẫu in.



Hình 4.63: Giao diện phần mềm slic3r.

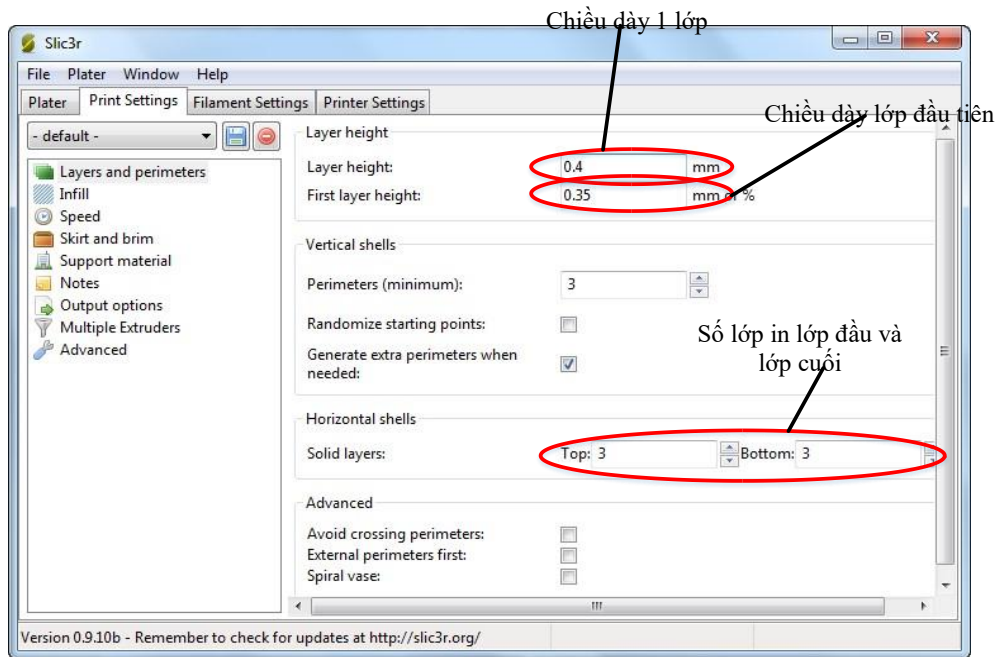
Các thông số cơ bản khi thiết lập chế độ in bao gồm:

Print setting: Tốc độ, chiều dày 1 lớp in, chiều dày lớp in, độ đặc của chi tiết, các thông số của support như chiều dày, độ đặc, ...

Filament setting: Đường kính sợi nhựa, nhiệt độ các lớp in.

Printer setting: Kích thước bàn máy, định dạng Gcode, cấu trúc Gcode.

Để đạt chất lượng in tốt nhất cần thiết lập các thông số in phù hợp tương thích với phần cứng của máy. Các thông số có ảnh hưởng lớn đến chất lượng mẫu in như tốc độ in bao gồm tốc độ in lớp thành, tốc độ in lớp phía trong, tốc độ chạy không, chiều dày của một lớp in, nhiệt độ gia nhiệt sợi nhựa, nhiệt độ in, Thiết lập càng nhiều thông số thì giúp cho quá trình in được kiểm soát một cách tối đa và thuận lợi cho quá trình in hơn và có thể tạo điều kiện giúp cải thiện chất lượng mẫu in tốt hơn.



Hình 4.64: Thiết lập Layers and perimeters.

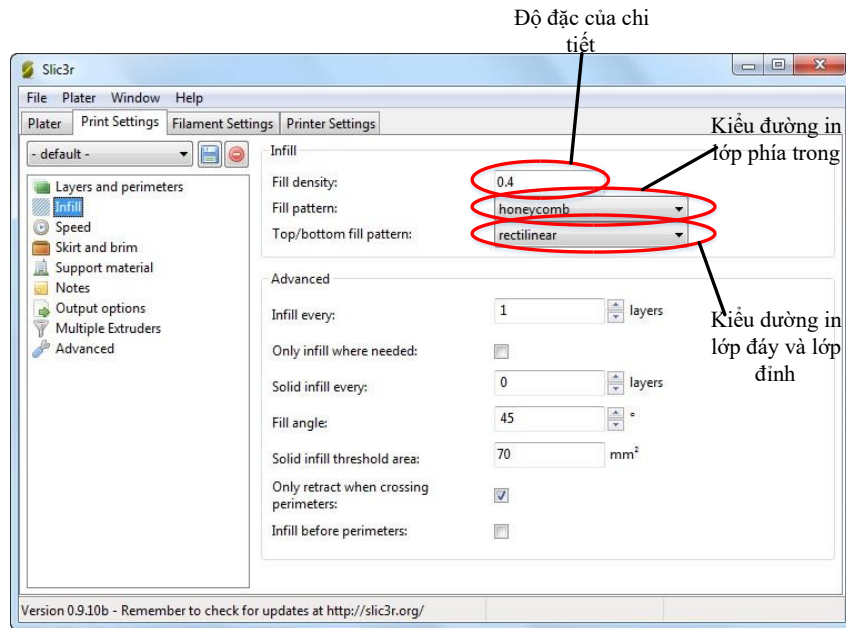
Layer height là chiều dày 1 lớp, chiều dày một lớp càng nhỏ thì chi tiết in càng mịn tuy nhiên thời gian in chậm. Lớp in càng mỏng thì càng hạn chế được khác khuyết tật của mẫu in như những vết nhựa dư, chảy nhựa, Ngược lại lớp in càng dày thì thời gian in càng nhanh tuy nhiên có thể có một số nhược điểm như sai lệch kích thước sẽ lớn hơn, độ bóng bề mặt thấp, chất lượng mẫu in không cao. Chiều dày một lớp in tối đa không quá đường kính của đầu phun nhựa.

First layer height là chiều dày lớp in đầu tiên, chiều dày lớp in đầu tiên lớn đảm bảo vật in bám chắc trên bàn in. tuy nhiên chiều dày lớp đầu quá lớn thì tổn hao vật liệu, do đó cần lựa chọn phù hợp. Để có thông số phù hợp thì phải phụ thuộc vào hình dáng kích thước của mẫu in, cũng như kinh nghiệm in từng loại chi tiết và vật liệu khác nhau

Solid layers là số lớp in cần để in lớp đáy và lớp đỉnh. Thông số này tương đối quan trọng nhất là đối với lớp đỉnh.

Perimeters là thông số xác định số lớp thành sản phẩm, số lớp thành sản phẩm càng nhiều thì chi tiết càng bền.

Solid layers là số lớp in để in phần đáy và phần đỉnh của chi tiết. Đối với những chi tiết có độ rỗng cao thì cần phải cân nhắc giữa 2 phương án in lớp đỉnh đó là tăng số lớp in hoặc tăng chiều dày một lớp, vì độ rỗng của chi tiết càng cao thì các lớp in phía đỉnh sẽ dễ bị chảy nhựa ở những khoảng hở, khoảng hở càng lớn thì càng dễ chảy nhựa hơn, dễ làm bề mặt phía trên chi tiết bị hở.

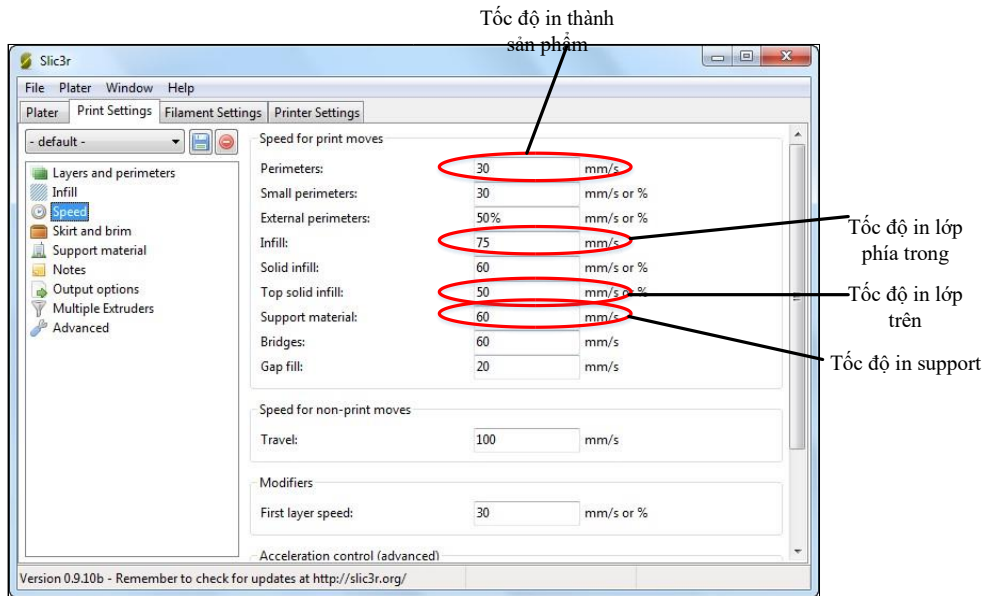


Hình 4.65: Thiết lập infill.

Fill density là độ đặc của chi tiết, độ đặc càng lớn thì chi tiết có độ cứng càng cao tuy nhiên thời gian in lâu và tốn nhiều nhựa hơn.

Fill pattern dạng chạy nhựa lớp trong.

Top/bottom fill pattern dạng chạy nhựa lớp đáy và lớp đỉnh.



Hình 4.66: Thiết lập speed.

Perimeters: tốc độ in thành sản phẩm.

Small perimeters: tốc độ in thành sản phẩm đối với những chi tiết nhỏ, đối với những chi tiết nhỏ có thể sử dụng tốc độ thấp nhằm đảm bảo vật liệu hóa rắn kịp thời và giảm quán tính tác dụng lên bàn máy.

Infill: tốc độ khi in lớp phía trong sản phẩm, đối với phía trong sản phẩm có thể in với tốc độ cao hơn các vị trí khác của sản phẩm.

Top solid in fill: tốc độ in phía trên vật thể, nên in với tốc độ chậm nếu bề độ đặc của chi tiết thấp.

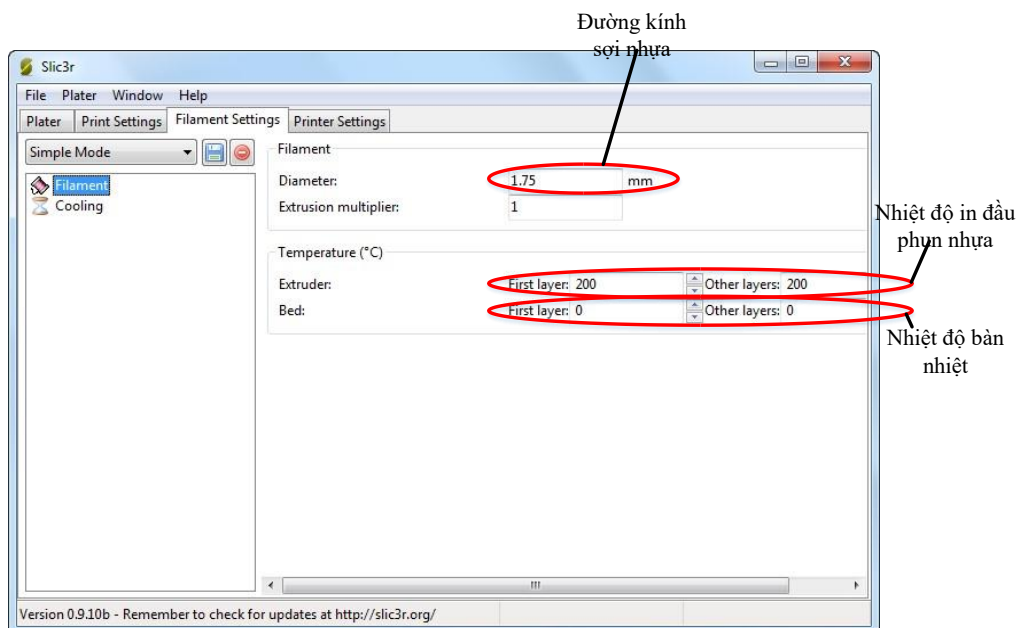
Support material: tốc độ in lớp support.

Brigdes: tốc độ in khi đi qua những khe hở. Đối với các chi tiết có độ đặc thấp thì độ hở càng cao cần đi với tốc độ hợp lý để tránh bị chảy nhựa làm rỗ bề mặt chi tiết.

Gap fill: tốc độ in trong những khe hẹp.

Travel: tốc độ chạy không in

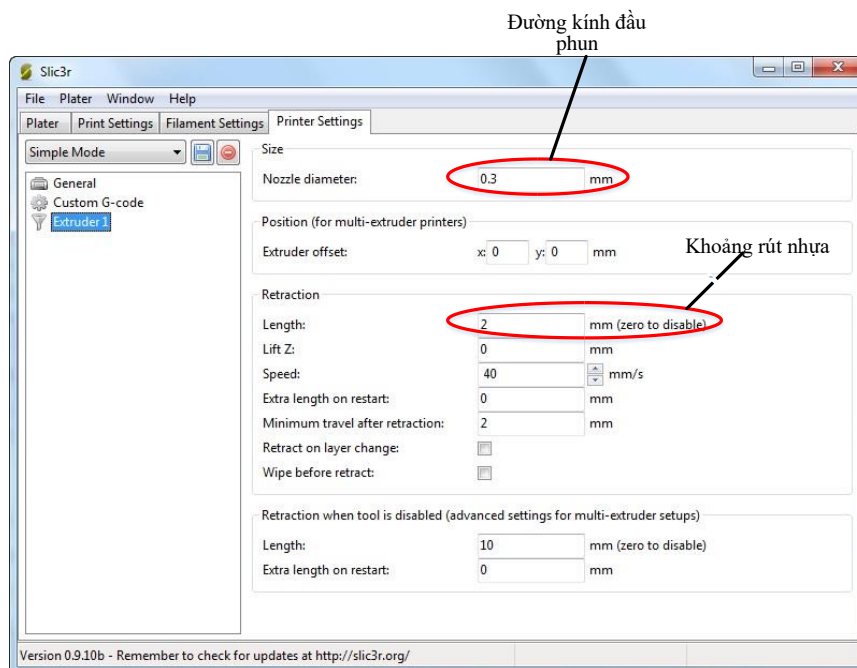
First layer speed: tốc độ in lớp đầu tiên, tốc độ lớp đầu tiên không nên thiết lập quá cao vì lớp đầu tiên được coi là lớp đáy để đỡ chi tiết nên in chậm để vật liệu hoá rắn kịp và bám dính vào bàn in



Hình 4.67: Thiết lập sợi nhựa.

Filament Diameter: đường kính sợi nhựa, phổ biến hiện nay là nhựa có đường kính 1,75mm; 3mm.

Extruder temperature: nhiệt độ in, tùy theo từng loại nhựa khác nhau mà thiết đặt nhiệt độ in khác nhau.



Hình 4.68: Thiết lập đầu phun nhựa

Nozzle diameter: Đường kính đầu phun nhựa. Đường kính đầu phun nhựa là một yếu tố khá quan trọng vì nó ảnh hưởng tới đường kính của sợi nhựa được phun ra. Cần phải thiết lập đúng với đường kính đầu phun hiện có.

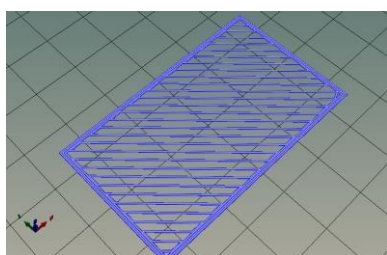
Retraction length: Chiều dài đoạn nhựa in sẽ bị rút ngược lại trước khi máy in di chuyển qua vùng không đùn nhựa để tránh nhựa bị chảy rớt.

Retraction lift Z: Chiều cao đầu đùn sẽ được nâng lên trước khi rút ngược nhựa in và di chuyển sang vị trí khác.

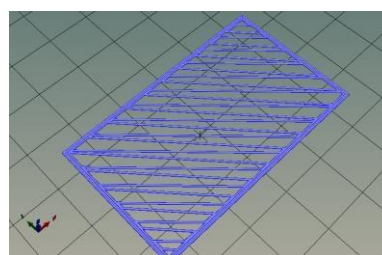
4.9. Các kiểu chạy nhựa.

Slic3r cung cấp khá nhiều đường chạy nhựa khác nhau để có thể lựa chọn đường chạy nhựa tối ưu cho từng loại mẫu in khác nhau.

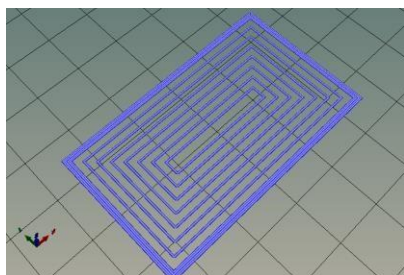
Một số kiểu đường chạy đầu phun nhựa:



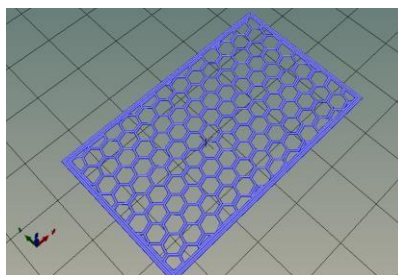
Hình 4.69: Kiểu rectilinear.



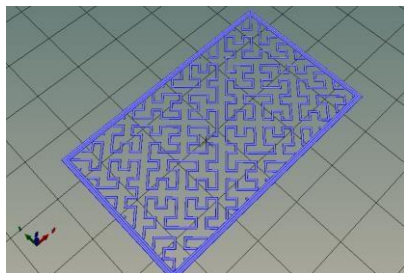
Hình 4.70: Kiểu line



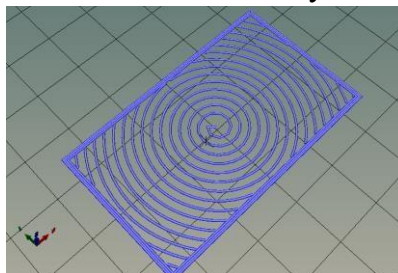
Hình 4.71: Kiểu concentric



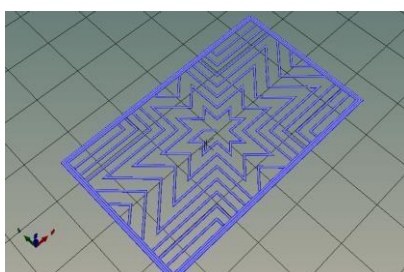
Hình 4.72: Kiểu honeycomb



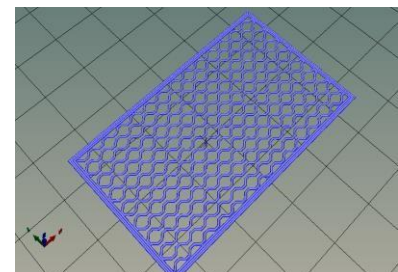
Hình 4.73: Kiểu hibertcurve



Hình 4.74: Kiểu archimedean chords



Hình 4.75: Kiểu octagramspirals



Hình 4.76: Kiểu 3 dhoneycomb

Mỗi kiểu chạy nhựa đều có ưu điểm và nhược điểm riêng.

Kiểu rectilinear và kiểu line về cơ bản là giống nhau về kiểu chạy tuy nhiên kiểu line giữa các đường chạy nhựa có liên kết với nhau do đó có giảm thời gian các đường chạy không khác với kiểu rectilinear không có sự liên kết với nhau do đó tốn thêm thời gian cho khoảng chạy không in.

Kiểu hilibertcure các đường chạy nhựa có nhiều đường gấp khúc do đó không nên chạy với tốc độ cao do quán tính và gia tốc tại những vị trí này là khá lớn sẽ là ảnh hưởng đến máy và chất lượng mẫu in.

Kiểu honeycomb, archimedean chords, 3dhoneycomb là các kiểu chạy nhựa tương đối phù hợp với lớp ở phía trong khi với những kiểu chạy nhựa này có thể in với tốc độ cao hơn.

Kiểu rectilinear, linear, concentric thường dùng cho những lớp đáy và lớp phía trên của mẫu in do đạt được thẩm mỹ cao hơn mặt khác những lớp này không yêu cầu chạy tốc độ cao nên có thể sử dụng được những kiểu này.

KẾT LUẬN

Sau quá trình nghiên cứu, tính toán và thiết kế, em đã chế tạo thành công mô hình máy in 3D, với dung sai chi tiết hiện tại dao động từ 0,1 ~ 0,2 mm. Vật liệu được sử dụng trong quá trình in là nhựa ABS và nhựa PLA.

Trước khi vận hành máy nên bôi một lớp keo dán lên bề mặt bàn in để có thể tăng độ kết dính các lớp in đầu tiên. Trước khi bắt đầu in cần di chuyển đầu phun ra vị trí an toàn sau đó dùng các lệnh thủ công cho đầu sợi nhựa ra khoảng 10mm sau đó lau sạch vết nhựa để đảm bảo đầu phun không bị tắc nhựa

Nhược điểm:

Hiện tại máy còn 1 số nhược điểm như:

- Độ ổn định của hệ thống chưa tốt
- Dung sai sản phẩm chưa ổn định, đối với chiều dày một lớp in càng nhỏ thì dung sai càng thấp

Một số hình ảnh sản phẩm từ máy:



Hình 6.6: Một số sản phẩm từ máy.

Hướng phát triển:

- Khắc phục các lỗi trên máy.
- Xây dựng máy in có thể in được nhiều màu sắc.
- Cải thiện tốc độ in cao hơn.
- Nghiên cứu vật liệu in khác có chất lượng cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO Tiếng việt

- [1] *Trịnh Chát – Lê Văn Uyển, Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1, tập 2, NXB giáo dục Việt Nam, 2010.*
- [2] *Trần Quốc Hùng, Thiết kế máy cắt kim loại, đại học sư phạm kỹ thuật tp. Hồ Chí Minh.*
- [3] *Trần Quốc Hùng, giáo trình dung sai kỹ thuật đo, NXB đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2013*
- [4] *PGS. TS. Đặng Thiện Ngôn, Giáo trình trang bị - điện điện tử trong máy công nghiệp, NXB đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2013.*

Nguồn khác

- [5] *Ball screw catalouge, PMI, link www.pmi-amt.com/en/support*
- [6] *HIWIN Linear guideway catalouge, link www.hiwin.com/downloads.html*
- [7] www.us.misumi-ec.com/
- [8] www.reprap.org
- [9] www.orientalmotor.com