

MỤC LỤC

| | |
|--|-----------|
| I. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IN 3D TRÊN THẾ GIỚI VÀ TẠI VIỆT NAM..... | 1 |
| 1. Tổng quan công nghệ in 3D..... | 1 |
| 2. Phân loại các thiết bị công nghệ in 3D tại Việt Nam và trên thế giới | 4 |
| 3. Thống kê tình hình chế tạo máy in 3D tại Việt Nam và trên thế giới | 9 |
| 4. Giới thiệu vật liệu ứng dụng trong công nghệ in 3D..... | 11 |
| II. PHÂN TÍCH XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ IN 3D TRÊN CƠ SỞ SỐ LIỆU SÁNG CHẾ QUỐC TẾ | 13 |
| 1. Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo thời gian..... | 14 |
| 2. Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D tại các quốc gia..... | 16 |
| 3. Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo các hướng nghiên cứu | 18 |
| 4. Các đơn vị dẫn đầu sở hữu số lượng sáng chế công bố về công nghệ in 3D.. | 19 |
| 5. Một số sáng chế tiêu biểu | 20 |
| III. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ IN 3D TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HỒ CHÍ MINH | 22 |
| 1. Nghiên cứu công nghệ in 3D tại trường Đại học Bách Khoa TP.HCM ... | 22 |
| 2. Sản xuất Thông minh và 3D-Printing tại Siemens | 56 |

CÔNG NGHỆ IN 3D – HƯỚNG ỨNG DỤNG TRONG TƯƠNG LAI

I. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IN 3D TRÊN THẾ GIỚI VÀ TẠI VIỆT NAM

1. Tổng quan công nghệ in 3D

Theo Hiệp hội vật liệu và thử nghiệm Mỹ (American Society for Testing Materials – ASTM), Công nghệ in 3D là một quá trình sử dụng các nguyên liệu để chế tạo nên mô hình 3D bằng phương pháp chồng từng lớp nguyên liệu lên nhau. Và quá trình này trái ngược với công nghệ cắt gọt truyền thống dùng trong quá trình chế tạo trước đây.

Công nghệ in 3D áp dụng nguyên lý đắp chồng lớp để tạo sản phẩm. Nó cho phép các nhà thiết kế có thể tạo ra các mẫu thí nghiệm vật lý chính xác từ mô hình 3D CAD chỉ trong vài giờ đồng hồ. Bên cạnh đó, Công nghệ in 3D cho phép các nhà thiết kế tự do sáng tạo các chi tiết có độ phức tạp cao với chi phí thấp hơn nhiều so với các phương pháp khác.

Theo ATKearney, Công nghệ in 3D có những ưu điểm vượt trội so với công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống như sau:

| Cách sản xuất | Số lượng | Chi phí/sản phẩm | Chi phí cho sản phẩm phức tạp | Thời gian ra thị trường |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------|
| In 3D | Nhỏ, thay đổi linh hoạt | Không cố định, thay đổi linh hoạt | Không cao hơn so với sản phẩm đơn giản | Rất nhanh (\leq 1 ngày) |
| Truyền thống | Lớn, khó thay đổi | Cố định, khó thay đổi | Cao hơn nhiều so với sản phẩm đơn giản | Chậm |

Theo ATKearney, 3D Printing: A Manufacturing Revolution

Bảng 1: So sánh giữa công nghệ in 3D và truyền thống

Hiện nay, các ứng dụng của công nghệ in 3D đang ngày càng phát triển rộng rãi, nó thâm nhập sâu từ các lĩnh vực công nghiệp vĩ mô như hàng không, vũ trụ đến các ngành cơ bản như y tế, giáo dục, xây dựng, kiến trúc và thậm chí là cả ẩm thực, nghệ thuật và thời trang,... Cụ thể:

- **Trong ngành công nghiệp điện tử:**

Máy in 3D đã được sử dụng để chế tạo các bộ phận phức tạp đặc biệt từ các chất liệu khác nhau và đã mở ra một trào lưu mới của ngành công nghiệp này.

- **Trong công nghiệp thời trang:**

Đã có những show diễn mà ở đó người mẫu trình diễn các trang phục được sản xuất 100% bằng công nghệ in 3D. Trang sức và trang phục thiết kế theo yêu cầu cá nhân được sản xuất bằng công nghệ in 3D hiện nay đã trở nên khá phổ biến trên thế giới.

- **Trong công nghiệp sản xuất:**

Đây là ngành sử dụng máy in 3D nhiều nhất. Lý do chính khiến công nghệ này được sử dụng rộng rãi trong môi trường công nghiệp là do nó cho phép sản xuất các mô hình có hình dạng phức tạp, cắt giảm phế liệu, tạo nhanh sản phẩm thử nghiệm theo yêu cầu. Vì vậy, in 3D mở ra tiềm năng về lợi thế chi phí sản xuất, cải tiến quy trình và cả sản phẩm cho các nhà cung cấp trong một số trường hợp cụ thể.

- **Trong công nghiệp ô tô:**

Công nghệ in 3D được sử dụng để sản xuất thử nghiệm các thiết kế, tạo mẫu và sản xuất một số bộ phận, công cụ lắp ráp đặc biệt. Ngoài ra, người ta cũng đã dùng công nghệ in 3D để sản xuất ra những chiếc xe hoàn chỉnh.

- **Trong ngành hàng không vũ trụ:**

Đã có công ty ứng dụng công nghệ in 3D trong việc sản xuất ra các bộ phận máy bay, đặc biệt là các bộ phận có hình dạng phức tạp. Quan trọng hơn, người ta đang kỳ vọng rằng bằng cách đưa các máy in 3D ra ngoài không gian, các nhà du hành vũ trụ có thể tự sản xuất các bộ phận thay thế ngay khi cần thiết. Chỉ cần có máy in và vật liệu in ấn được dự trữ sẵn, khi có bất kỳ hỏng hóc

gì trong các chuyến du hành vũ trụ, nhà du hành có thể nhận file thiết kế từ trái đất chuyển lên và trực tiếp in ra các bộ phận thay thế ở ngoài không gian.

- **Trong công nghiệp quốc phòng:**

Ngành công nghiệp quốc phòng sử dụng in 3D cho các mục đích sản xuất đặc biệt và tiết kiệm chi phí. Hiện nay, các máy in 3D kim loại dùng để sản xuất súng đã ra đời.

- **Trong công nghiệp thực phẩm:**

Đã có nhiều công ty chuyên về ứng dụng công nghệ in 3D trong thực phẩm được thành lập. Người ta có thể thiết kế các món ăn như socola hay bánh kẹo thành những hình dạng đẹp mắt và cầu kỳ, sau đó sử dụng các nguyên liệu thực phẩm ở dạng lỏng hoặc dạng bột để in thành món ăn theo những hình dạng đã được thiết kế.

- **Trong y tế:**

Công nghệ in 3D đã được ứng dụng để sản xuất các mô sinh học, mô hình giải phẫu bộ phận cơ thể con người (xương, răng, tai giả,...). Công nghệ này cũng được sử dụng để hỗ trợ các thử nghiệm về phương pháp và công nghệ y tế mới, tăng cường nghiên cứu y khoa, giảng dạy và đào tạo đội ngũ y bác sĩ. Đặc biệt, với Bioprinting (in 3D các mô sinh học), người ta còn kỳ vọng là có thể sản xuất ra các bộ phận cơ thể người phục vụ cho việc thay thế và cấy ghép các cơ quan bị hỏng (như ghép da, ghép thận, ghép tim,...).

- **Trong giáo dục:**

In 3D cũng có những ứng dụng rất thiết thực, đặc biệt liên quan đến các môn học khoa học, công nghệ, kỹ thuật và kỹ năng toán học. Sinh viên có thể thiết kế và sản xuất các sản phẩm trong lớp học và có cơ hội thử nghiệm các ý tưởng, vừa học vừa làm với máy in 3D. Cách làm này làm tăng hứng khởi học tập, làm việc theo nhóm, tương tác trong lớp học cũng như hỗ trợ khả năng sáng tạo, kỹ năng máy tính, và khả năng tư duy ba chiều của sinh viên.

- **Trong kiến trúc và xây dựng:**

Kiến trúc và xây dựng dù mới chỉ ở giai đoạn đầu tiên nhưng đã có rất nhiều nỗ lực được thực hiện thành công trong việc xây dựng các tòa nhà bằng các máy in 3D không lồ. Vật liệu phổ biến nhất cho in xây dựng là nhựa, bê tông và cát. Phương pháp in 3D trong xây dựng có thể mang lại những cải tiến đáng kể về chất lượng, tốc độ, chi phí, đặc biệt là trong chi phí lao động, cải thiện tính linh hoạt, đảm bảo an toàn xây dựng và giảm các tác động môi trường. Ngoài ra, người ta cũng dùng công nghệ in 3D để in ra các mô hình kiến trúc, các thiết kế căn hộ để phục vụ cho việc trưng bày hoặc kiểm tra lại thiết kế.

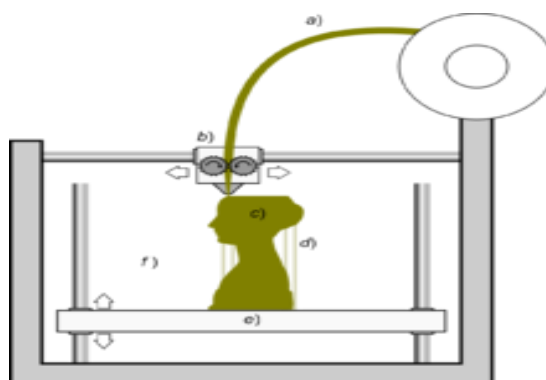
- **Trong gia đình:**

Máy in 3D để bàn cho phép bạn sản xuất bất cứ thứ gì bạn muốn ngay trong căn nhà riêng của mình, tất nhiên là với kích thước phù hợp với máy in và các nguyên liệu có thể có. Các vật dụng yêu thích như đồ chơi, đồ dùng và đồ vật trang trí là những ứng dụng phổ biến nhất. Nhờ máy in 3D để bàn, mỗi người có thể tự thiết kế và sản xuất vật dụng theo yêu cầu riêng biệt, làm nên cá tính của bản thân.

Có thể nói công nghệ in 3D giúp con người vượt qua được mọi giới hạn trong sản xuất. Đây được xem là công nghệ có thể thay đổi cách thức mà thế giới này vận hành.

2. Phân loại các thiết bị công nghệ in 3D tại Việt Nam và trên thế giới

2.1 Fused Deposition Modeling (FDM):



Hình 1: Máy in 3D Fused Deposition Modeling (FDM)

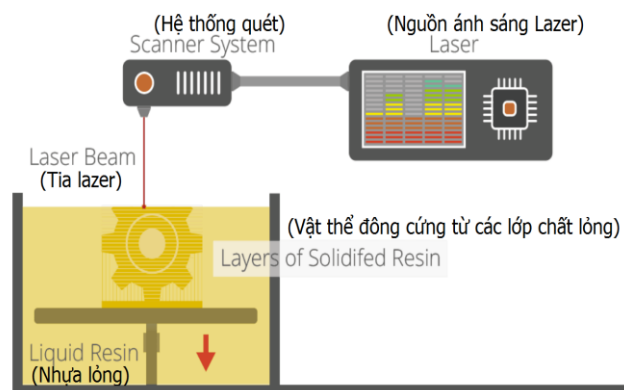
FDM là quá trình bồi đắp vật liệu bằng cách nung nhựa sợi nóng chảy dẻo rồi tạo từng lớp theo mặt cắt 2D sau mỗi lớp trục z sẽ nâng lên độ cao bằng độ cao của 1 lớp in để dần tạo nên cấu trúc chi tiết. Vật liệu in là sợi nhựa dẻo (PLA, ABS...) được dẫn từ một cuộn tới đầu chuyên động điều khiển bằng động cơ và hệ thống cuộn. Khi sợi nhựa tới đầu đùn nó được nung chảy bởi nhiệt độ sau đó được đùn theo vòi đầu đùn và in biến dạng theo mặt cắt của chi tiết.

Vật liệu in: Sợi nhựa PLA, ABS...

Ưu điểm: Là công nghệ in 3D giá rẻ, chi phí cho thiết bị và vật liệu thấp. Thường sử dụng trong các sản phẩm cần chịu lực, sản phẩm có độ cứng cao. Tốc độ tạo hình 3D nhanh.

Nhược điểm: Ít khi dùng trong lắp ghép vì độ chính xác không cao, nguyên nhân sai số từ đường kính sợi nhựa. Khả năng chịu lực không đồng nhất.

2.2 Stereolithography (SLA):



Hình 2: Máy in 3D Stereolithography (SLA)

SLA là kỹ thuật dùng tia laser làm đông cứng nguyên liệu lỏng để tạo các lớp mặt cắt cho đến khi sản phẩm hoàn tất. Có thể hình dung kỹ thuật này như sau: đặt một bộ đỡ trong thùng chứa nguyên liệu lỏng, chùm tia laser di chuyển lên mặt trên cùng của nguyên liệu lỏng theo hình mặt cắt ngang của sản phẩm làm lớp nguyên liệu này cứng lại. Bộ đỡ chứa lớp nguyên liệu đã cứng được hạ xuống để tạo một lớp mới, các lớp tiếp theo được thực hiện tiếp tục đến khi sản phẩm hoàn tất.

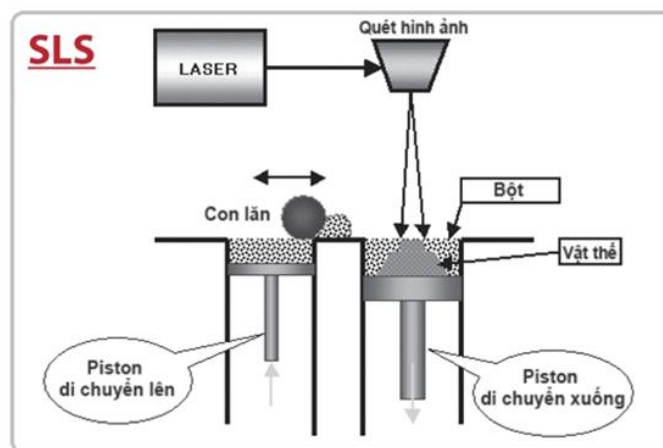
Vật liệu: Nhựa lỏng Resin.

Về độ phân giải nhỏ nhất của 2 phương pháp này cũng có sự khác nhau rõ rệt vì đối với SLA chùm tia sáng có hình tròn và Công nghệ DLP thì chùm ánh sáng lại được số hoá theo Pixel tức là một đơn vị ánh sáng nhỏ nhất là hình vuông. Vậy thì cơ bản ở cấp độ vi mô, chúng ta sẽ thấy biên dạng mà 2 phương pháp này in ra sẽ rất khác nhau và sẽ chiếm lấy ưu thế cho riêng nó.

Về thời gian in: công nghệ DLP có thời gian in ngắn hơn nhiều so với SLA, vì chúng có khả năng kết tinh đồng loạt 1 lớp resin.

Về chất lượng sản phẩm: công nghệ SLA có sự ổn định cao hơn DLP, hãy tưởng tượng màn hình chiếu ánh sáng của DLP có hàng ngàn, hàng vạn pixel và không phải pixel nào cũng hoạt động tương tự lẫn nhau về cường độ ánh sáng, về góc chiếu sáng, về khoảng cách chiếu sáng của pixel đó đến lớp resin mà nó cần đồng đặc.

2.4 Selective Laser Sintering (SLS):



Hình 4: Máy in 3D Selective Laser Sintering (SLS)

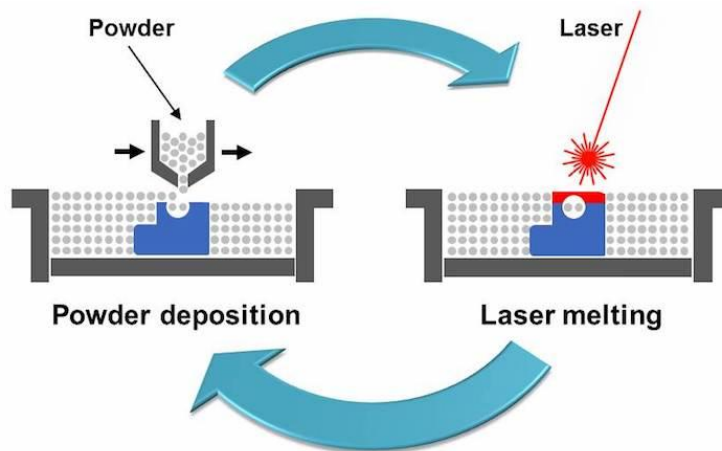
Selective Laser Sintering (SLS) sử dụng năng lượng tia laser để thiêu kết vật liệu in theo lớp mặt cắt, (không thực sự làm chảy chất bột), làm cho chúng dính chặt ở những chỗ có bề mặt tiếp xúc.

Vật liệu: kim loại bột, hợp kim dạng bột.

Ưu điểm: Có thể in được các mô hình có thành mỏng, các chi tiết độ dẻo, vật liệu kim loại, hợp kim, hay mô hình lớn và có phần rỗng phía dưới đáy, không cần hệ thống support.

Nhược điểm: Chi phí đầu tư cho thiết bị và vật liệu khá cao, lượng vật liệu tiêu tốn lớn.

2.5 Selective laser melting (SLM):



Hình 5: Máy in 3D Selective laser melting (SLM)

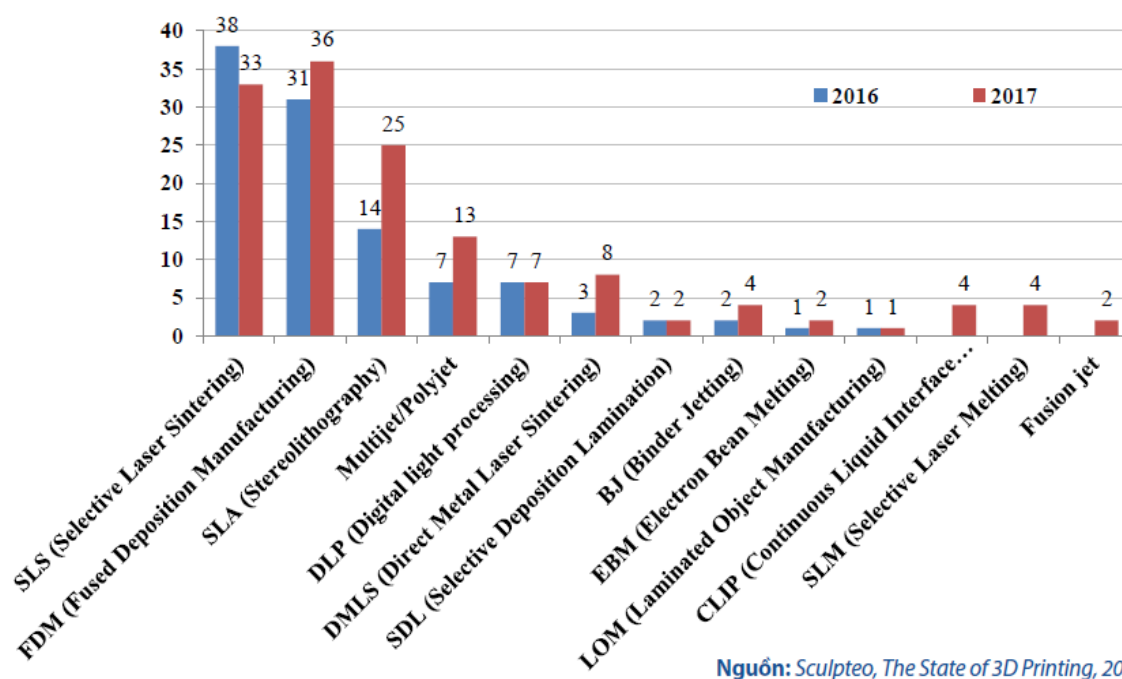
SLM cơ bản cũng có nguyên lí hoạt động tương tự như SLS, nhưng công suất laser ở mức cao hơn, có khả năng làm tan chảy các bột kim loại và kết hợp các hạt bột kim loại lại với nhau thành một khối đồng chất. Ở nhiều nguồn khác nhau, SLM chỉ là một bộ phận của công nghệ in SLS.

Phương pháp in này được ứng dụng rộng rãi với các bộ phận hình học phức tạp và các cấu trúc mỏng hoặc khoảng trống nằm ẩn bên trong. Nhiều dự án tiên phong sử dụng công nghệ SLM được dành riêng cho các lĩnh vực trong ứng dụng hàng không vũ trụ để tạo ra các bộ phận có trọng lượng (nhẹ) khác nhau. Công nghệ này không được dùng cho nhu cầu gia đình, hầu hết là cho chế tạo thiết bị chính hình y tế và hàng không vũ trụ.

Ngoài ra còn một số công nghệ khác như: Polyjet (Ink Jetting), Công nghệ in EBM (Electronic Beam Melting), Công nghệ in LOM.

Theo kết quả khảo sát của Công ty Sculpteo (Pháp) từ gần 1.000 đơn vị có sử dụng công nghệ in 3D. Trong đó, có ba công nghệ in 3D hiện được sử dụng nhiều nhất là SLS, FDM và SLA (biểu đồ 1). Mỗi công nghệ đều có những ưu, nhược điểm riêng. Lựa chọn công nghệ tùy theo mục đích và điều kiện tài chính.

Yếu tố chính cần cân nhắc khi chọn lựa công nghệ in 3D là cần in sản phẩm gì, tốc độ, độ chính xác và chi phí.



Biểu đồ 1: Công nghệ in 3D được sử dụng

3. Thống kê tình hình chế tạo máy in 3D tại Việt Nam và trên thế giới

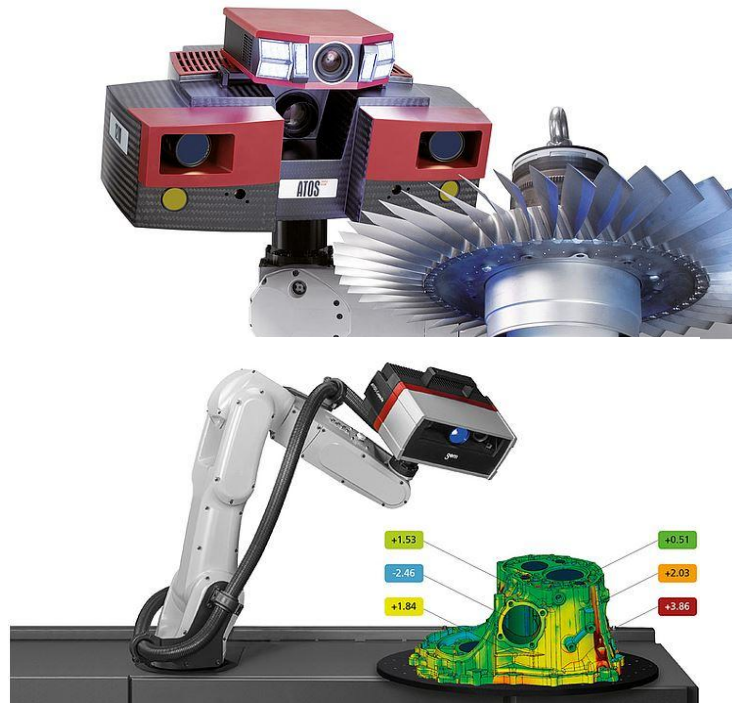
| STT | Các Lĩnh Vực Khảo Sát | Số Lượng | Tỷ Lệ (%) |
|-----|---------------------------|----------|-----------|
| 1 | Đại diện hãng | 3 | 6% |
| 2 | Cung cấp máy in 3D | 20 | 40% |
| 3 | Cung cấp máy Scan 3D | 13 | 26% |
| 4 | Cung cấp linh kiện | 6 | 12% |
| 5 | Cung cấp vật liệu in | 16 | 32% |
| 6 | Cung cấp dịch vụ in | 21 | 42% |
| 7 | Cung cấp dịch vụ Scan | 14 | 28% |
| 8 | Cung cấp thư viện | 5 | 10% |
| 9 | Cung cấp dịch vụ thiết kế | 10 | 20% |

| | | | |
|----|---------------------------|---|-----|
| 10 | Cung cấp dịch vụ mô phỏng | 3 | 6% |
| 11 | Sản xuất máy | 5 | 10% |
| 12 | Đào tạo | 4 | 8% |

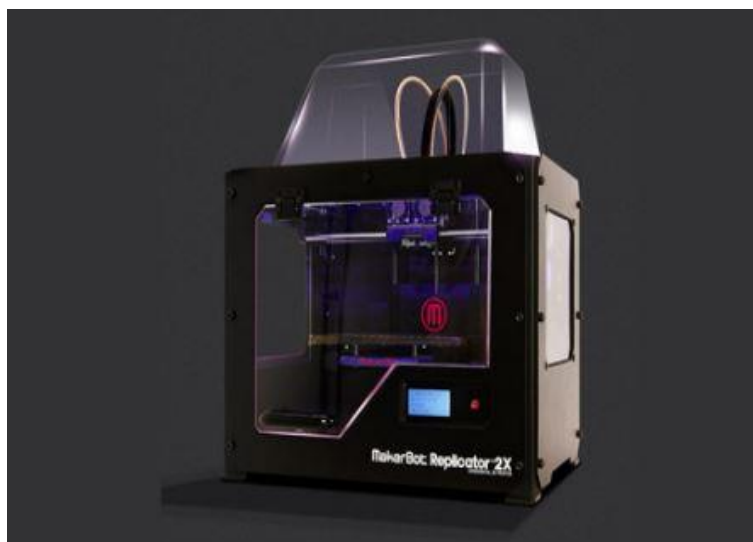
Ngoài ra, còn có các dòng máy nhập khẩu trên thị trường Việt Nam



Hình 6: Dòng máy in 3D của Systems ProX DMP 320



Hình 7: Các dòng máy Scan ATOS của GOM



Hình 8: Dòng máy MakerBot



Hình 9: Dòng máy Creatbot

4. Giới thiệu vật liệu ứng dụng trong công nghệ in 3D

Vật liệu dùng trong in 3D có thể chia thành 3 nhóm chính: vật liệu polymer; kim loại và các loại vật liệu khác.

4.1 Polymer:

Có thể kể đến như nhựa ABS, nhựa PLA, Resin v.v... mỗi loại vật liệu này cũng đều có những đặc tính riêng. Ví dụ như:

a. Sợi nhựa ABS:

Là vật liệu tổng hợp có nguồn gốc từ dầu mỏ và được sử dụng nhiều nhất cho máy in 3D FDM sơ cấp. Đặc tính của nhựa ABS là có độ bền cao, chịu lực tốt, chịu được nhiệt độ cao, linh hoạt. Các sản phẩm tạo ra từ vật liệu in 3D là

nhựa ABS được ứng dụng trong công nghiệp: sản xuất ống công, ống chất thải, linh kiện ô tô, dụng cụ nhà bếp....

b. Nhựa PLA:

Là nhựa nhiệt dẻo phân huỷ sinh học. Nhựa có nguồn gốc từ các nguồn tái tạo như bột ngô, mía, củ sắn. Bản chất ban đầu của PLA có màu trong suốt nên nó có thể dễ dàng nhuộm thành bất cứ màu gì hay bất cứ sắc độ đậm nhạt nào cũng được và có khả năng phát sáng trong buổi tối. Khi chọn vật liệu in 3D là nhựa PLA thì sẽ không bền và dẻo như nhựa ABS nhưng nhựa PLA cứng và khỏe hơn ABS nên đôi khi khó chế tác gia công đối với những chi tiết ở những bộ phận phải lồng ghép vào nhau như khớp nối chẳng hạn.

c. Nhựa Resin:

Là một loại nhựa tổng hợp thường được dùng trong công nghệ in SLA nhiều hơn thay vì ABS và PLA vốn hay dùng với công nghệ FDM. Resin có rất nhiều loại, chủ yếu sử dụng được là những loại có thể ngưng kết dưới tác động của tia UV, tức là bao gồm những chất như acrylics, epoxies, urethanes, polyesters, silicones....

4.2 Kim loại:

Đặc điểm của nhóm vật liệu này là thường được xử lý ở dạng bột, khi in ra thành phẩm có độ cứng và độ bền cao, có thể sử dụng trực tiếp. Một số vật liệu in 3D kim loại phổ biến có thể kể đến như: nhôm (aluminium), dẫn xuất cacbon, thép không gỉ, vàng, bạc (là vật liệu in 3D được sử dụng trong máy in 3D nữ trang), titanium...

4.3 Các loại vật liệu khác:

Các loại vật liệu khác cũng được sử dụng trong công nghệ in 3D có thể kể đến như: socola, đường kính (được dùng trong thực phẩm); đất sét (dùng trong sản xuất các sản phẩm thủ công mỹ nghệ) hoặc mô, tế bào (dùng trong 3D printing).

Các vật liệu in 3D hiện nay dù vẫn còn đang là 1 hạn chế cho việc ứng dụng công nghệ này trong đời sống, song nó đang được thế giới tiếp tục nghiên

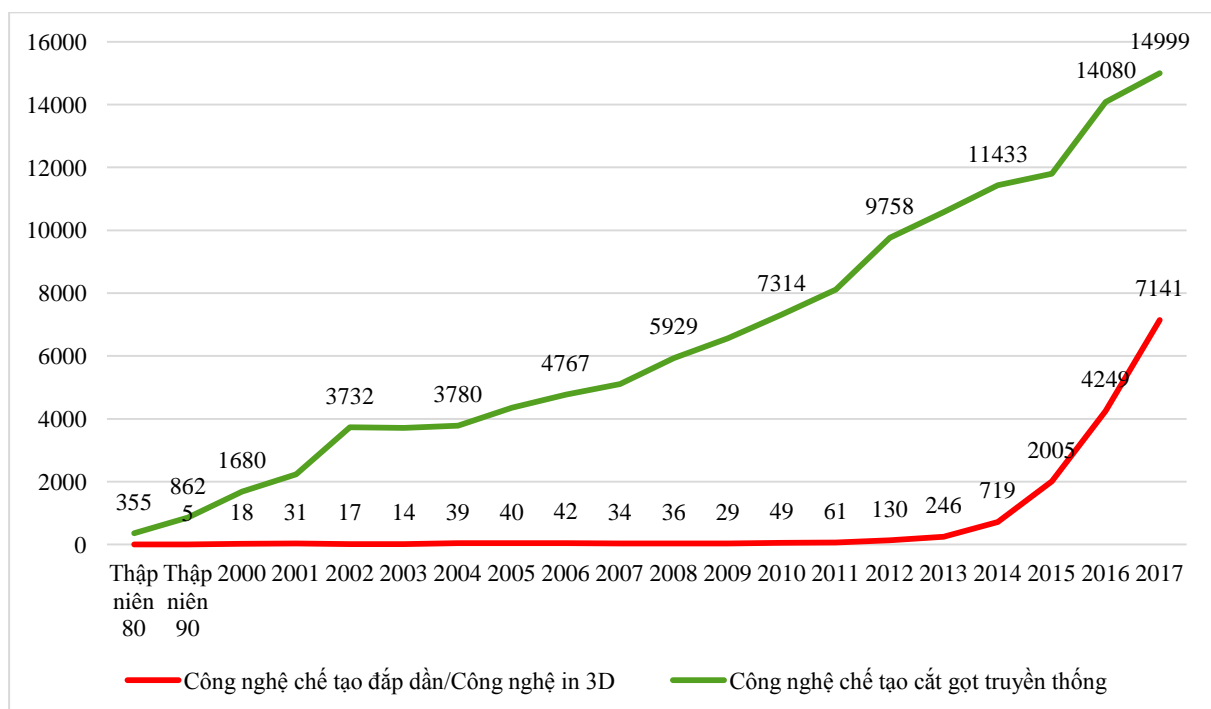
cứu và phát triển, trong tương lai không xa, các loại vật liệu này sẽ ngày càng đa dạng hơn, đáp ứng được nhiều mục đích sử dụng khác nhau của con người.

II. PHÂN TÍCH XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ IN 3D TRÊN CƠ SỞ SỐ LIỆU SÁNG CHẾ QUỐC TẾ

Theo “Đánh giá công nghệ chế tạo cộng và trừ trước viễn cảnh an ninh” của Liên đoàn Quốc tế về xử lý thông tin (IFIPI) (2017), công nghệ chế tạo mẫu có 02 công nghệ cơ bản: công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống (công nghệ trừ) và công nghệ in 3D (công nghệ đắp dần, công nghệ cộng, công nghệ chế tạo mẫu nhanh).

Trên cơ sở phân tích sáng chế cho thấy, nhóm công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống chiếm 138.953 sáng chế, nhóm công nghệ in 3D chiếm 19.190 sáng chế.

- Tình hình công bố sáng chế theo thời gian của 2 nhóm công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống và công nghệ in 3D, có thể chia thành 2 giai đoạn:



Biểu đồ 2: Tình hình công bố sáng chế về công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống và công nghệ in 3D theo thời gian

❖ Giai đoạn 1: Từ năm 2011 trở về trước

- Nhóm công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống được nghiên cứu và ứng dụng từ lâu đời và có sáng chế đầu tiên vào năm 1896, tại Anh. Số lượng sáng chế tăng đều, liên tục trong giai đoạn này. Đạt 59.624 sáng chế.

- Nhóm công nghệ in 3D được nghiên cứu sau này. Sáng chế được công bố đầu tiên vào năm 1967 tại Canada. Giai đoạn đầu từ năm 1980 đến 2011 số lượng sáng chế công bố không đáng kể, chỉ đạt khoảng 461 sáng chế, đây được xem là giai đoạn tiền đề về nghiên cứu công nghệ này.

❖ **Giai đoạn 2: từ năm 2012 đến hiện tại**

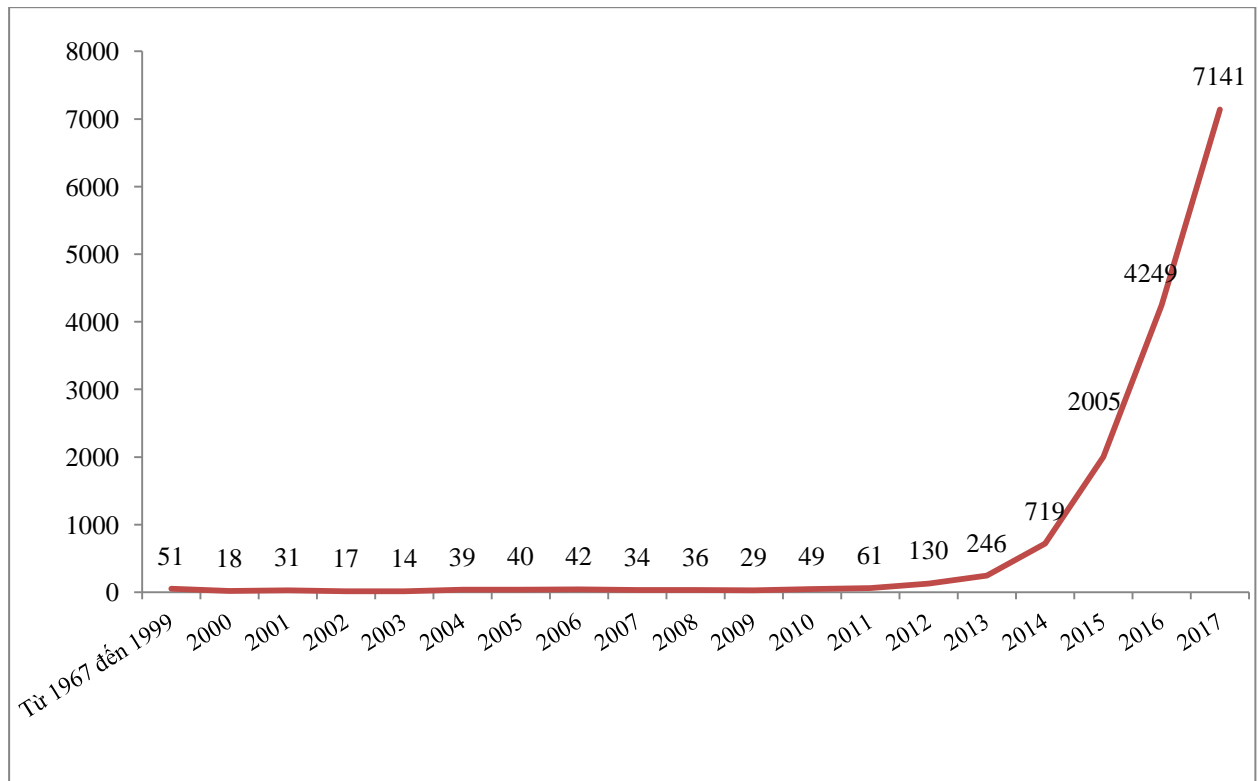
- Nhóm công nghệ chế tạo cắt gọt truyền thống: số lượng sáng chế vẫn tăng đều và ổn định, số lượng đạt 80.456 sáng chế, tăng gấp 1,3 lần so với giai đoạn đầu. Nghiên cứu và ứng dụng của công nghệ này vẫn được quan tâm, nhưng với tốc độ phát triển trong lĩnh vực chế tạo mẫu hiện nay, công nghệ truyền thống vẫn chưa đáp ứng được hết nhu cầu nghiên cứu và ứng dụng của con người.

- Nhóm công nghệ in 3D: giai đoạn này có sự phát triển mạnh về số lượng sáng chế, số lượng đạt 18.729 sáng chế, tăng gấp 40 lần so với giai đoạn đầu, chiếm gần 97% tổng số lượng sáng chế của công nghệ chế tạo này. Đặc biệt, số lượng sáng chế các năm 2015 đến năm 2017 tăng rất cao, số lượng sáng chế cao nhất là năm 2017 với 7.141 sáng chế cao gần gấp đôi so với năm 2016 và gấp 03 lần so với năm 2015. Qua đó, chứng tỏ công nghệ in 3D đang là hướng nghiên cứu đang được quan tâm trong giai đoạn hiện nay.

1. Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo thời gian

Theo CSDL sáng chế quốc tế Derwent Innovation, từ năm 1967 đến hiện nay, có 19.190 sáng chế về nghiên cứu công nghệ in 3D. Hai sáng chế đầu tiên đều được công bố tại Canada vào năm 1967, cụ thể:

- Sáng chế liên quan đến chương trình CAD in 3D của công ty Stephen Laskoski Visual Comm.
- Sáng chế liên quan đến vật liệu in 3D của nhà sáng chế Hugh J. Hagemeyer Jr., Raymond I. Etter Jr thuộc công ty Eastman Kodak.

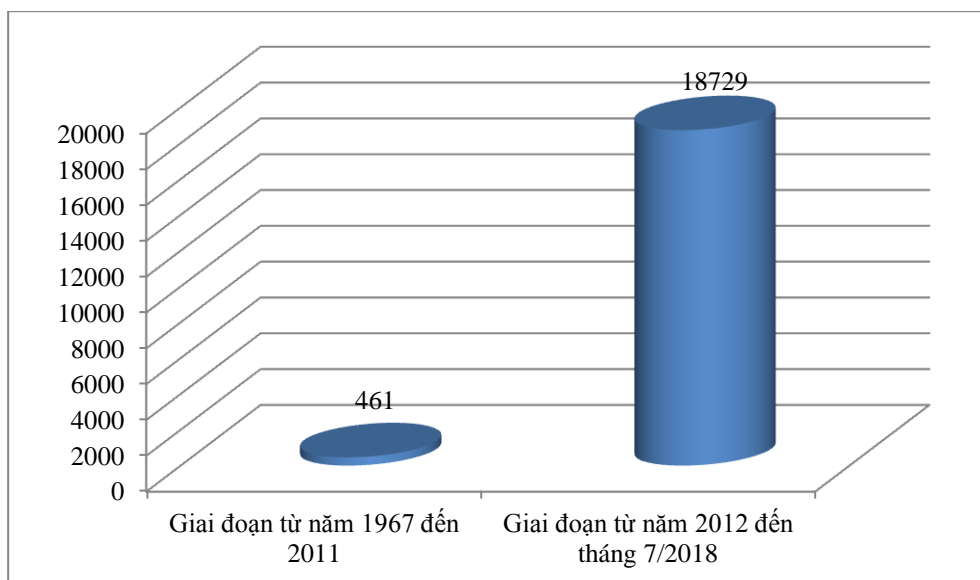


Biểu đồ 3: Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo thời gian

Tình hình công bố sáng chế về nghiên cứu công nghệ in 3D được chia làm 02 giai đoạn:

- Từ năm 1967 đến 2011: Số lượng sáng chế ít, khoảng 461 sáng chế, tập trung nhiều tại các quốc gia: Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Đức, Trung Quốc, Canada. Trong đó, Mỹ và Nhật là hai quốc gia dẫn đầu về số lượng công bố sáng chế. Trong giai đoạn này, do các khó khăn về chi phí đầu tư và sự bảo hộ về bản quyền, nền tảng công nghệ in 3D mới chỉ có các bước đi nhỏ và chậm, đây được gọi là giai đoạn xâm nhập, bước nền cho công nghệ tạo mẫu nhanh sau này.

- Từ năm 2012 đến hiện nay: số lượng sáng chế bắt đầu tăng nhanh, đạt 18.729 sáng chế, tăng hơn 40 lần so với giai đoạn từ năm 1967 đến 2011 và chiếm 97% trên tổng số lượng sáng chế công bố về công nghệ in 3D.



Biểu đồ 4: Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo giai đoạn

Trong giai đoạn này, tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D tại Trung Quốc phát triển khá mạnh mẽ, chiếm khoảng 51% tổng số lượng công bố sáng chế của thế giới và vươn lên dẫn đầu thế giới về số lượng sáng chế công nghệ này, tiếp theo là Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản, Đức, Canada....

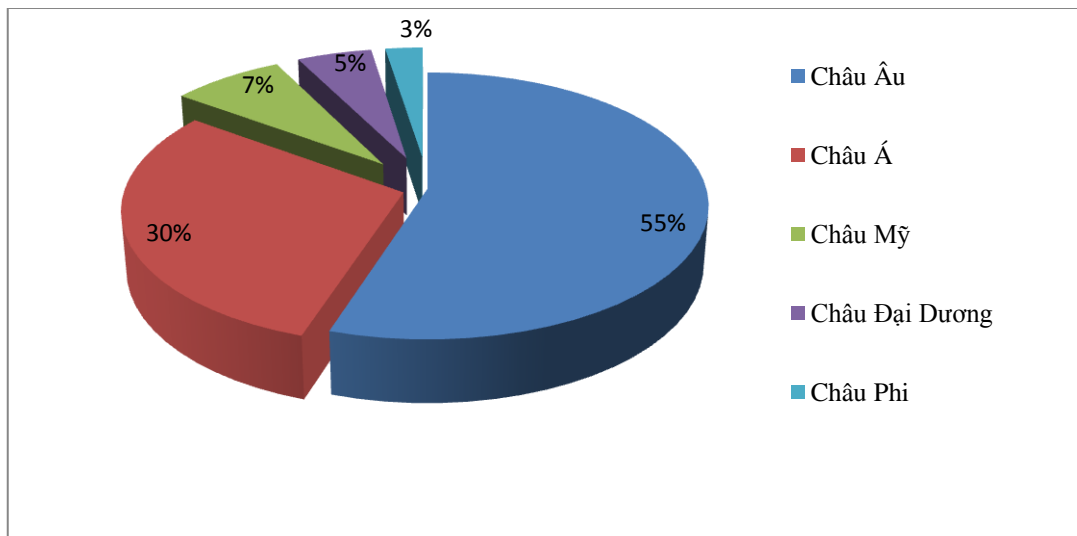
Có thể nói, đây là giai đoạn phát triển mạnh về số lượng công bố sáng chế của công nghệ in 3D, nó đã đánh dấu và mở lối đi mới cho trong lĩnh vực chế tạo mẫu và sẽ tiếp tục là hướng phát triển trong tương lai.

2. Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D tại các quốc gia

Các sáng chế về nghiên cứu công nghệ in 3D được công bố tại 40 quốc gia và 2 tổ chức WO, EP và được phân bố tại 05 châu lục:

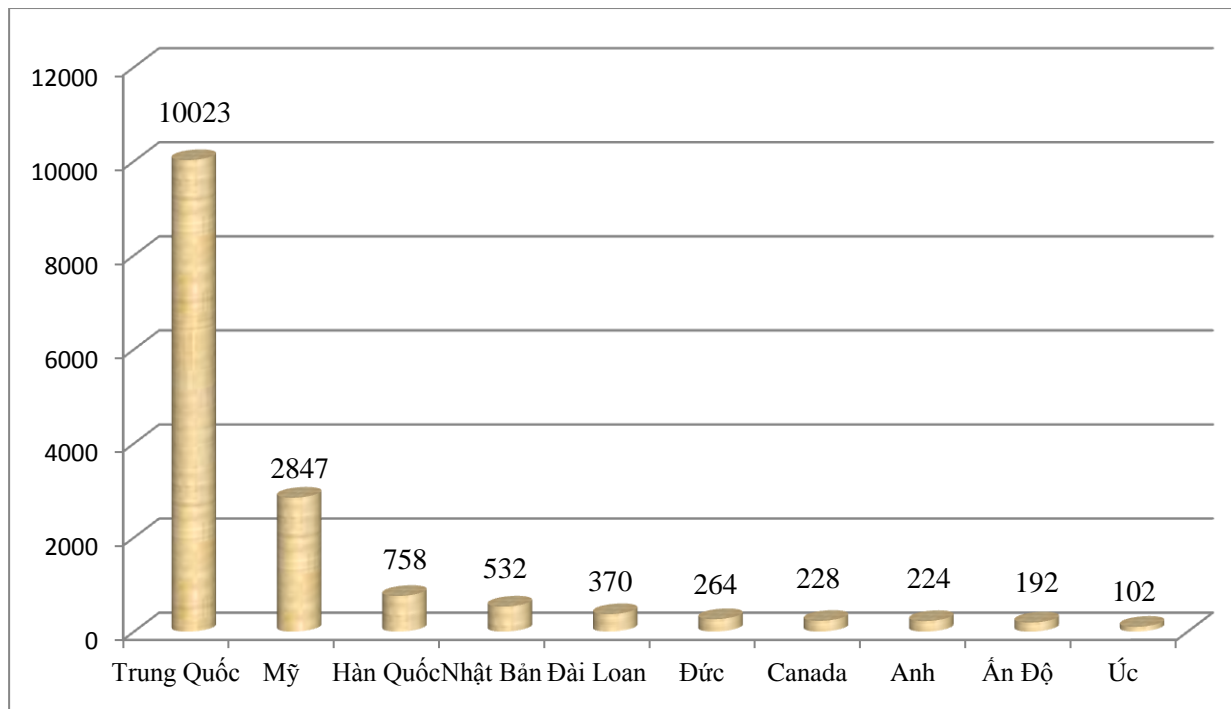
- Châu Âu: 22 quốc gia có sáng chế công bố, chiếm 55% tổng số lượng quốc gia.
- Châu Á: 12 quốc gia có sáng chế công bố, chiếm 30% tổng số lượng quốc gia.
- Châu Mỹ: 03 quốc gia có sáng chế công bố, chiếm 7% tổng số lượng quốc gia.
- Châu Đại Dương: 02 quốc gia có sáng chế công bố, chiếm 5% tổng số lượng quốc gia.

- Châu Phi: 01 quốc gia có sáng chế công bố, chiếm 3% tổng số lượng quốc gia.



Biểu đồ 5: Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo châu lục

Trong 40 quốc gia có sáng chế công bố, thì Trung Quốc, Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản, Đài Loan, Đức, Canada, Anh, Ấn Độ, Úc là 10 quốc gia dẫn đầu về số lượng sáng chế công bố. Trong đó, Anh có 224 sáng chế, Canada có 228 sáng chế, Đức có 264 sáng chế, Đài Loan có 370 sáng chế, Nhật Bản có 532 sáng chế, Hàn Quốc có 758 sáng chế, Mỹ có 2.847 sáng chế và cao nhất là Trung Quốc có 10.023 sáng chế.



Biểu đồ 6: 10 quốc gia dẫn đầu về số lượng công bố sáng chế công nghệ in 3D

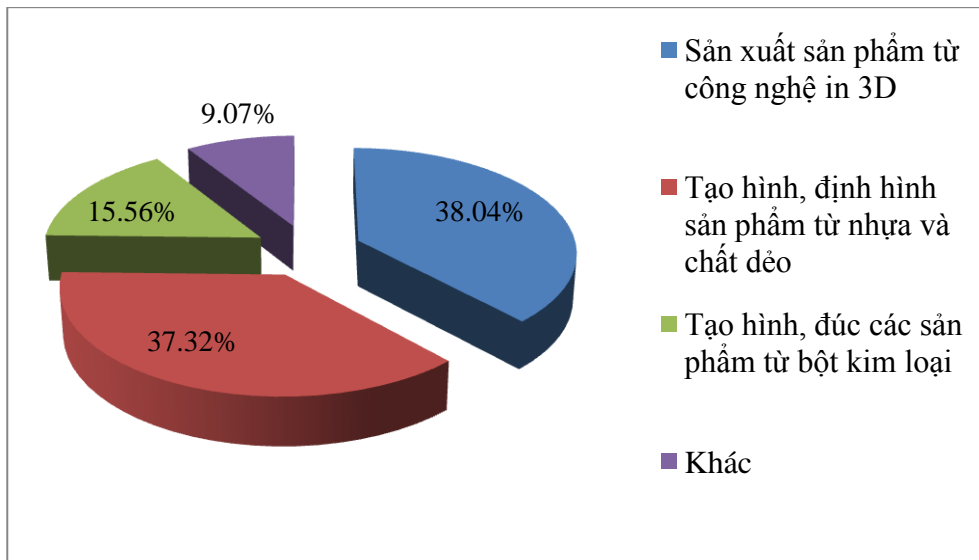
➤ **Một số quốc gia tiêu biểu:**

- Trung Quốc mới bắt đầu có sáng chế đầu tiên vào năm 1989, thời gian bắt đầu nghiên cứu về công nghệ này chậm hơn so với các quốc gia Mỹ, Canada, Nhật, Đức. Nhưng Trung Quốc đã từng bước vươn lên phát triển mạnh mẽ và quốc gia có số lượng công bố sáng chế cao nhất thế giới hiện nay. Đặc biệt là giai đoạn từ 2012 đến nay, số lượng sáng chế đạt 9.991 sáng chế tăng gấp 312 lần so với giai đoạn đầu. Điều đó chứng tỏ, việc nghiên cứu công nghệ in 3D đang rất được quan tâm tại Trung Quốc trong giai đoạn này.

- Mỹ là quốc gia đứng thứ 02 sau Trung Quốc về số lượng sáng chế công bố và là nước một trong 02 quốc gia đầu tiên sáng chế công bố đầu tiên về công nghệ in 3D. Trong giai đoạn đầu từ năm 1968 đến 2009, Mỹ thường xuyên dẫn đầu về số lượng công bố sáng chế trên thế giới, qua giai đoạn 2010 đến nay, Mỹ đã xếp thứ 02 với tổng số lượng 2.847 sáng chế.

3. Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo các hướng nghiên cứu

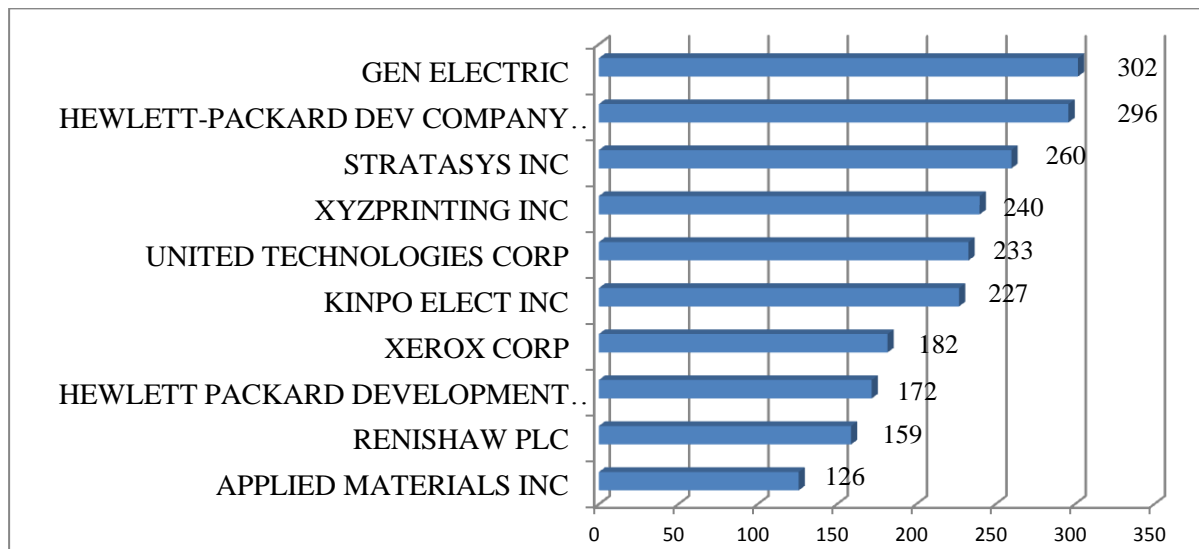
Trên cơ sở dữ liệu sáng chế công bố, nhận thấy nghiên cứu và ứng dụng công nghệ in 3D hiện nay có 3 hướng chính, đó là sản xuất sản phẩm từ công nghệ in 3D; tạo hình, định hình sản phẩm từ nhựa, chất dẻo và tạo hình, đúc các sản phẩm từ bột kim loại. Trong đó, hướng nghiên cứu sản xuất sản phẩm từ công nghệ in 3D chiếm tỷ lệ cao nhất, cho thấy đây là hướng nghiên cứu rất được các nhà sáng chế quan tâm.



Biểu đồ 7: Tình hình công bố sáng chế về công nghệ in 3D theo các hướng nghiên cứu

4. Các đơn vị dẫn đầu sở hữu số lượng sáng chế công bố về công nghệ in 3D

Theo CSDL sáng chế quốc tế Derwent Innovation, đây là 10 đơn dẫn đầu sở hữu sáng chế về nghiên cứu công nghệ in 3D.



Biểu đồ 8: 10 đơn vị dẫn đầu về sở hữu số lượng sáng chế công bố

Trong các đơn vị dẫn đầu sở hữu sáng chế về nghiên cứu in 3D, có xuất hiện các tên tuổi các đơn vị lớn chuyên cung cấp công nghệ/ thiết bị in 3D trên thế giới như Gen Electric, Stratasys, Xerox,... Trong đó, Gen Electric là đơn vị có số lượng sáng chế được công bố nhiều nhất với 302 sáng chế. Các sáng chế công bố đa phần tập trung tại Mỹ, Trung Quốc, Đức, Hàn Quốc.

5. Một số sáng chế tiêu biểu

a. Phương pháp điều khiển công nghệ in 3D trong việc tạo khuôn mẫu cho hỗn hợp khoai tây nghiền

Tác giả: ZHANG MIN, LIU ZHENBIN, YANG CHAOHUI

Đơn vị: Jiangnan University

Năm công bố: 2018

Số công bố: US15871952A

Quốc gia công bố: Mỹ

Sáng chế liên quan đến việc ứng dụng công nghệ in 3D trong công nghiệp thực phẩm. Trước tiên, khoai tây được làm sạch, bóc vỏ, thái lát và đem hấp. Sau đó, các lát khoai tây hấp được nghiền thành bột cho đến mịn và sáng bóng. Sau đó cho một chất keo vào bột khoai tây và trộn đều. Hỗn hợp này được hấp để nấu chín khoai tây và chất keo hòa tan. Sau đó, hỗn hợp được làm lạnh đến nhiệt độ phòng và cho thêm bột sô cô la trắng vào hỗn hợp. Tiến hành in 3D để tạo ra sản phẩm từ hỗn hợp trên. Phương pháp đưa ra các thông số nhiệt độ in, tốc độ di chuyển của vòi phun, tốc độ xả chính xác để đảm bảo chất lượng sản phẩm. Độ chính xác của vật thể in có thể đạt hơn 95% và không bị sập trong vòng 40 phút đến 60 phút sau khi in.

b. Hệ thống công nghệ In 3D kết hợp hệ thống xử lý bột

Tác giả: Beauchamp Robert, Carlsbad

Đơn vị: 3D SYSTEMS INC.

Năm công bố: 2018

Số công bố: US20180185915A1

Quốc gia công bố: Mỹ

Sáng chế liên quan đến hệ thống in ba chiều (3D) bao gồm một thiết bị in, và 02 mô-đun xử lý bột, 01 rây, và 01 bộ điều khiển. Bộ điều khiển vận hành động cơ in để chế tạo ra các sản phẩm 3D. Bộ điều khiển vận hành mô-đun xử lý bột thứ nhất sẽ chuyển bột dư thừa từ động cơ in sang mô-đun thứ 2 và nhận bột mới. Các mô-đun xử lý bột đầu tiên có nhiệm vụ phân phối và sàng bột. Bộ điều

khuyến sẽ vận hành mô-đun xử lý thứ hai để chuyển bột từ rây sang mô-đun xử lý bột thứ nhất. Mô-đun xử lý bột thứ hai có nhiệm vụ cung cấp bột cho động cơ in.

c. Máy in 3D

Tác giả: Mark Gregory Thomas, Ozdz Antoni S.

Đơn vị: MARKFORGED INC.

Năm công bố: 2018

Số công bố: US10016942B2

Quốc gia công bố: Mỹ

Sáng chế liên quan đến sợi filament và việc gia cố sợi này trong máy in 3D. Sợi filament sẽ được gia cố và đưa vào ống dẫn của máy. Sợi filament có cung cấp liên tục hoặc bán liên tục trong quá trình hoạt động của máy in. Sợi filament được nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu sợi và ít hơn nhiệt độ nóng chảy của lõi.

Kết luận

Công nghệ in 3D đã tạo ra những bước đột phá trong chế tạo mẫu. Công nghệ này có tiềm năng thay đổi cách thức sản xuất của con người. Phạm vi ứng dụng rộng rãi cộng với công nghệ phát triển đa dạng và chi phí ngày càng giảm sẽ giúp in 3D được quan tâm và ứng dụng phổ biến hơn trong hiện tại và tương lai.

- Đến tháng 07/2018, có 19.190 công bố sáng chế về nghiên cứu và ứng dụng công nghệ in 3D tại 40 quốc gia và 2 tổ chức thế giới (WO và EP).
- Trung Quốc, Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản, Đài Loan, Đức, Canada, Úc là quốc gia dẫn đầu số lượng công bố sáng chế về nghiên cứu và ứng dụng công nghệ in 3D.
- Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ in 3D tập trung vào 03 hướng chính, đó là hướng ứng dụng sản xuất các sản phẩm in 3D; tạo hình, định hình vật liệu nhựa, vật liệu trạng thái dẻo; tạo hình, đúc các sản phẩm từ bột kim loại. Trong đó, hướng ứng dụng sản xuất các sản phẩm in 3D là hướng nghiên cứu và ứng dụng nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà sáng chế.

III. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ IN 3D TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HỒ CHÍ MINH

1. Nghiên cứu công nghệ in 3D tại trường Đại học Bách Khoa TP.HCM

1.1 Ứng dụng công nghệ in 3D

Công nghệ in 3D là công nghệ có khả năng đưa các mô hình 3 chiều (hình ảnh 3D) được thiết kế trên máy tính bằng các phần mềm kỹ thuật ra ngoài đời thực nhờ vào một loại thiết bị có tên là thiết bị in 3D. So với phương pháp in thông thường chỉ cho ra sản phẩm 2 chiều trên giấy, Công nghệ in 3D cho ra sản phẩm thực tế 3 chiều ta có thể cầm nắm và cảm nhận được.

Công nghệ in 3D được vận hành dựa trên nguyên lý bồi đắp vật liệu có nghĩa là các sản phẩm được tạo lên theo từng lớp, các lớp này được xếp chồng liên tiếp lên nhau và mực in cũng chính là vật liệu muốn sử dụng cho sản phẩm như: nhựa, kim loại,... Các vật liệu được sử dụng trong Công nghệ in 3D sẽ có đặc tính tự động kết dính với nhau tạo sự liên kết bền vững.

Trong nhiều ứng dụng, quá trình thiết kế và sản xuất truyền thống mang rất nhiều hạn chế phải cần nhiều dụng cụ đắt tiền và đôi khi việc phải lắp ghép với các chi tiết phức tạp dẫn đến sai số. Thêm vào đó, khi gia công cắt gọt có thể gây ra hao phí lên đến hơn 90% so với khối lượng vật liệu gốc. Ngược lại, công nghệ in 3D khả năng có thể tạo ra được các hình dạng phức tạp và nó hoàn toàn sử dụng máy móc tự động con người không cần phải can thiệp quá sâu vào quá trình sản xuất, nên có thể ứng dụng được vào tất cả các ngành nghề, lĩnh vực trong đời sống.

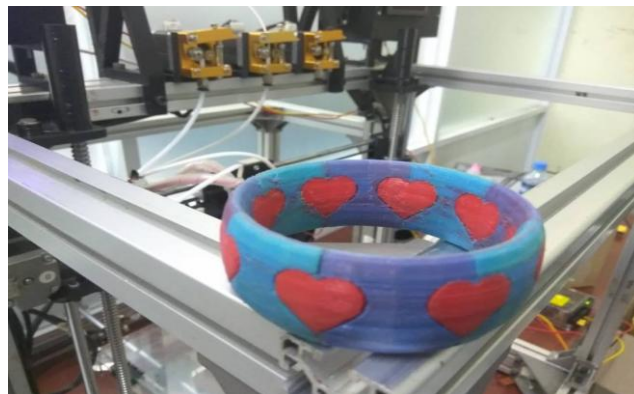
1.1.1 Công nghệ in 3D trong chế tạo mỹ thuật và cuộc sống

Các sản phẩm in mỹ thuật hiện tại chủ yếu là từ nhựa PLA, bởi màu sắc nhựa đa dạng, các thông số nhiệt độ dễ hiệu chỉnh, giá thành phù hợp với việc nghiên cứu của sinh viên....

Hiện tại nhóm đang nghiên cứu các thông số để có thể in loại nhựa có pha kim loại, vì việc nghiên cứu và ứng dụng một công nghệ mới là cả một quá trình dài nên không thể áp dụng các thông số của nhựa PLA hoặc ABS vào ngay được.

Khi thành công ta có thể áp dụng để làm ra các tượng giả đồng, các bức phù điêu khổ vừa với giá thành rẻ hơn rất nhiều lần so với sản phẩm bằng đồng kim loại.

Ngoài ra, việc in một sản phẩm có nhiều màu sắc cũng là một nhu cầu lớn đang được nhiều người chú ý. Nhóm đã và đang được nghiên cứu phát triển kỹ thuật in phối nhiều màu sắc và chế tạo dòng máy in nhiều màu. Sản phẩm máy 3D Multicolor Printer với ba màu cơ bản có thể phối thành 16 màu khác nhau.



Hình 10: Máy in 3 màu cùng sản phẩm.

– Mô hình đồ chơi hoạt hình:



Hình 11: Đồ chơi in 3D.

– Dụng cụ học tập cho trẻ em:



Hình 12: Dụng cụ học tập 3D.

– Các tác phẩm Mỹ thuật trưng bày:



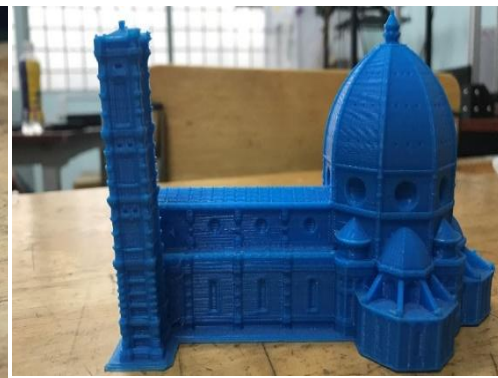
Hình 13: Các sản phẩm mỹ thuật 3D.

– Dụng cụ Văn phòng:



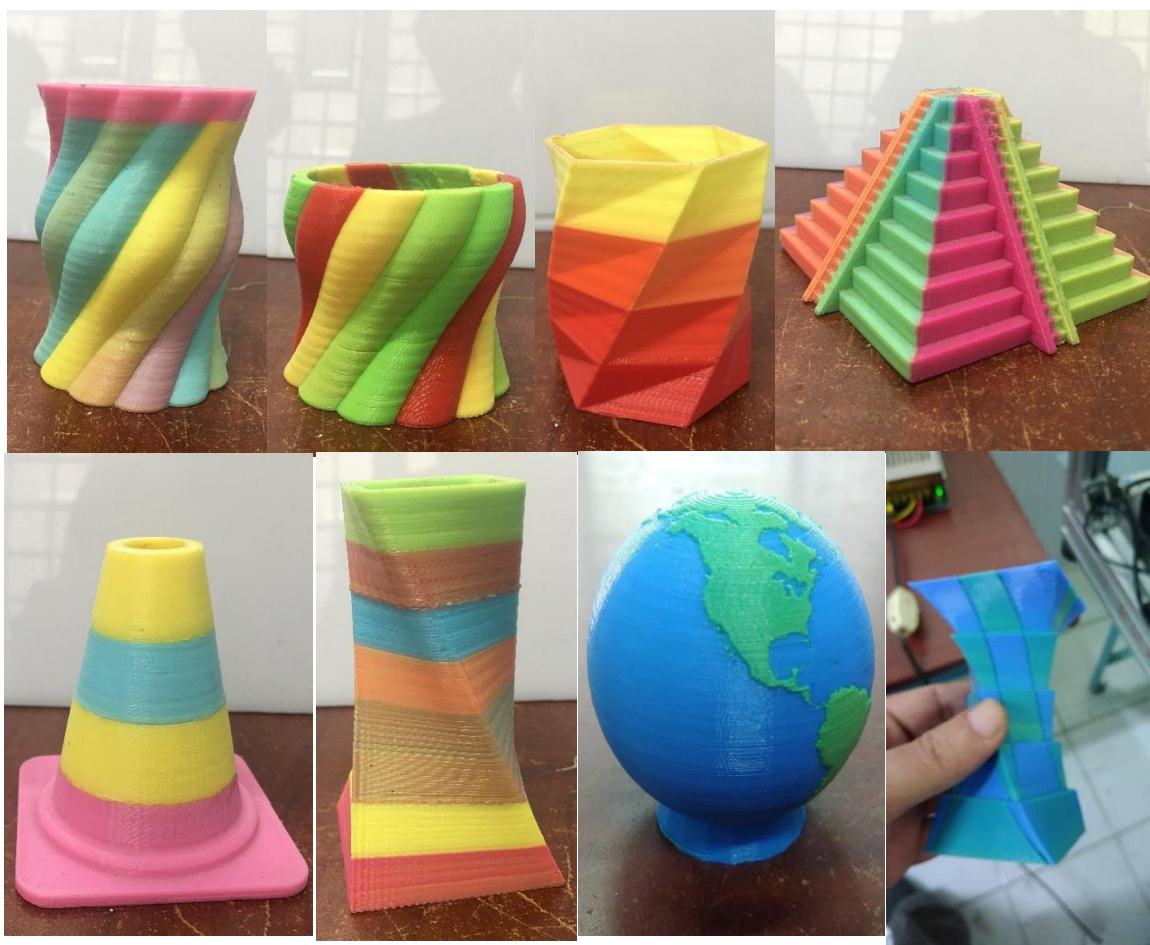
Hình 14: Các sản phẩm dụng cụ văn phòng 3D.

– Mô phỏng kiến trúc nổi tiếng:



Hình 15: Các mô hình kiến trúc 3D.

– Thử nghiệm phối màu sản phẩm:



Hình 16: Các sản phẩm được phối màu từ công nghệ in 3D.

➤ Đánh giá chung về yêu cầu của chi tiết:

- Về độ chính xác kích thước:

Các chi tiết mỹ thuật thường không yêu cầu cao về độ chính xác kích thước vì đa số không dùng lắp ghép hoặc có chuyển động tương đối với chi tiết khác, chủ yếu các sản phẩm sau khi in sẽ được xử lý bề mặt và trưng bày ngay. Nếu có lắp ghép, đa số mặt ghép là mặt phẳng được thiết kế từ trước. Vì vậy, nếu kết hợp với các biện pháp xử lý khác thì giới hạn sai số cho phép của sản phẩm mỹ thuật in 3D có thể lên đến 1 milimet. Trong nhiều trường hợp người lập trình in 3D còn có thể thu nhỏ hoặc phóng lớn chi tiết để phù hợp với nhu cầu hoặc phù hợp kích thước máy in.

– **Về chất lượng bề mặt:**

Thay vì yêu cầu về kích thước không quá cao, sản phẩm in 3D mỹ thuật yêu cầu có bề mặt đẹp, mịn và có nhiều màu sắc. Nhiều chi tiết đòi hỏi bề rộng sợi nhựa chỉ 0.3 mm mới có thể cho chi tiết đạt yêu cầu.

– **Về độ bền cơ học:**

Tùy thuộc vào mục đích sử dụng, chúng ta có thể thay đổi độ đàn dẻo bên trong chi tiết để thay đổi độ cứng, khối lượng hoặc một số thông số cơ học khác chứ không phụ thuộc vào một thông số cứng nào cho trước.

1.1.2 Trong sản xuất công nghiệp

Một hướng đi khác của công nghệ in 3D là ứng dụng sản phẩm vào sản xuất công nghiệp, đây là hướng đi mới giúp khai thác hết tiềm năng của công nghệ in 3D. Trên thế giới hiện nay, công nghệ in 3D được áp dụng sản xuất trong các lĩnh vực Y học, Hàng không vũ trụ, sản xuất ô tô,....

Tại phòng thí nghiệm bộ môn chế tạo máy Khoa cơ khí Đại học Bách khoa TP.HCM nhóm đang nghiên cứu ứng dụng công nghệ in 3D để phục vụ trong ngành đúc, tạo khuôn mẫu và ứng dụng chế tạo chi tiết máy đơn, Một ứng dụng quan trọng nữa là sản xuất theo chu trình thiết kế ngược.

– **Làm khuôn, mẫu thử:**

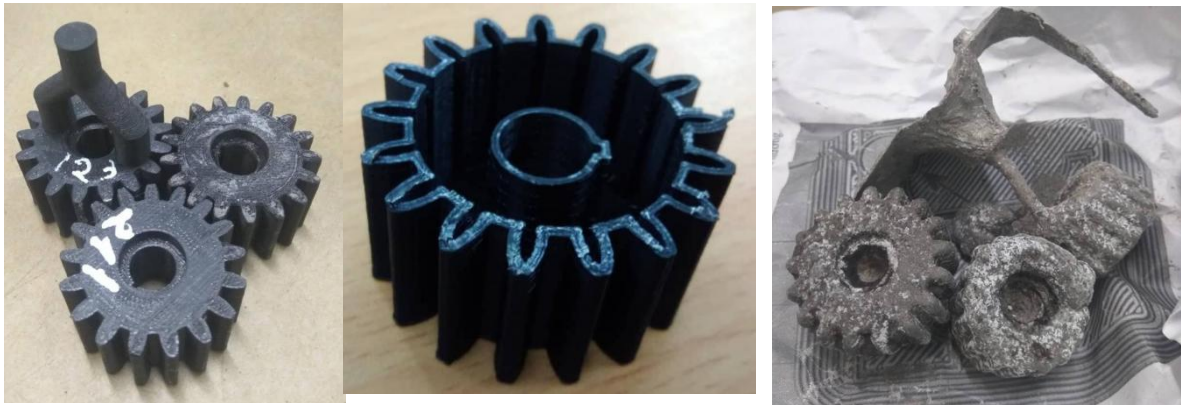
Công nghệ In 3D phát triển đã đóng góp một phần không nhỏ giúp khuôn mẫu được chế tạo chính xác và cung cấp các ứng dụng thực tế hơn. Ngày nay, chỉ với một tấm bản vẽ kỹ thuật 3 chiều, công nghệ in 3D sẽ tạo ra các sản phẩm chi tiết mang đầy đủ yêu cầu hình dáng bạn mong muốn, không cần gia công phức tạp trên loại máy CNC, hay còn gọi là công cụ điều khiển số trước kia. Trong lĩnh vực sản xuất phụ kiện và khuôn mẫu, in 3D thường được dùng để in đồ gá lắp, công cụ, máy đo, mô hình, khuôn mẫu,.... Rõ ràng, với công nghệ mới này, chúng ta có cơ hội tạo ra các khuôn mẫu và tùy chỉnh công cụ đem lại sự linh hoạt, tiết kiệm thời gian cũng như giảm chi phí và rủi ro thường gặp trong sản xuất truyền thống. Thay vì dành thời gian và tiền bạc để mua máy rồi chế tạo khuôn và các công cụ, chúng ta có thể dễ dàng in chúng bằng cách sử dụng nhiều loại vật liệu hiệu suất cao.

– Kiểm tra thiết kế:



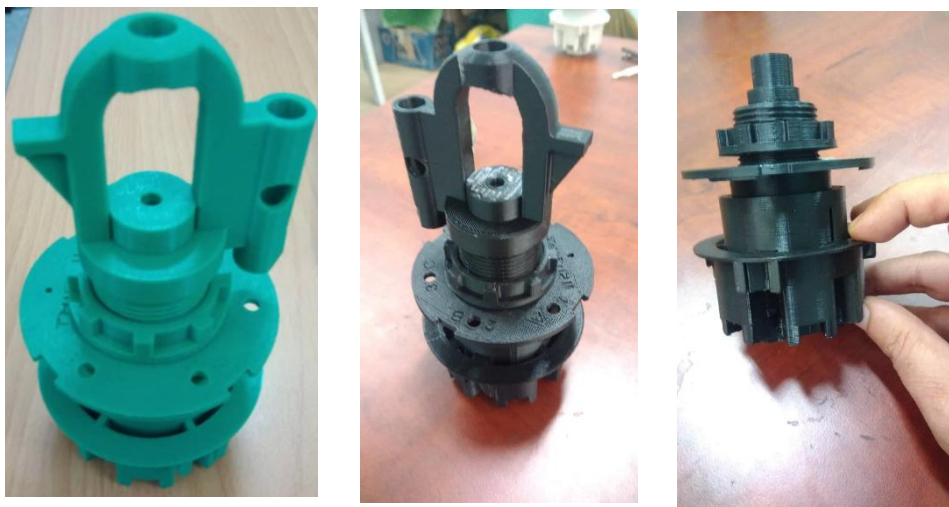
Hình 17: Ổ khóa được sản xuất từ công nghệ in 3D.

– Nghiên cứu chế tạo mẫu dùng trong kỹ thuật đúc mẫu chảy



Hình 18: Khuôn đúc.

– Chế tạo và lắp ghép thử nghiệm các chi tiết trong máy biến thế:





Hình 19: Chi tiết máy biến thế.

– Dụng cụ hỗ trợ trong y học:





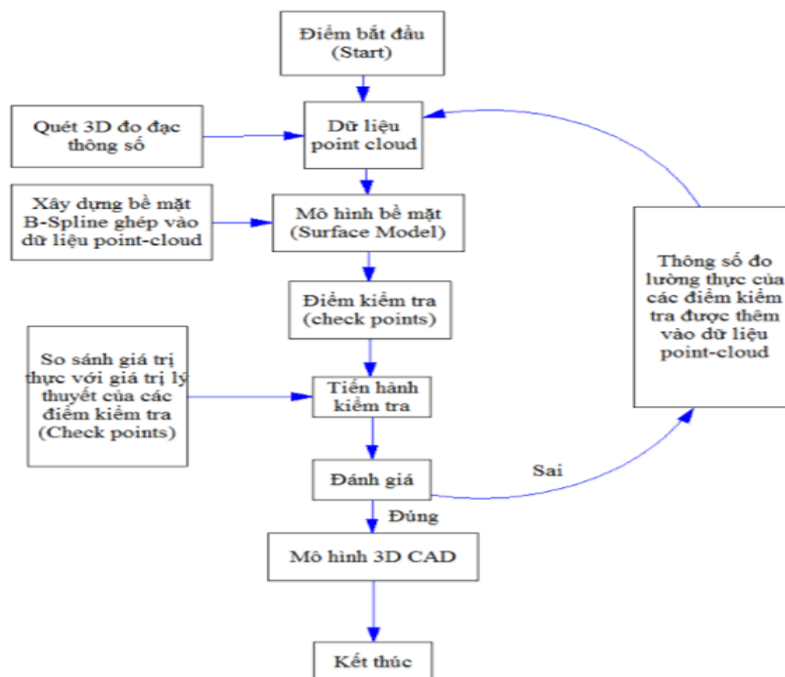
Hình 20: Dụng cụ hỗ trợ y học.

1.2 Nghiên cứu về scan 3D và quy trình thiết kế ngược

Thiết kế ngược là qui trình thiết kế lại mẫu - mô hình vật lý cho trước thông qua số hóa bề mặt mẫu bằng thiết bị đo tọa độ và xây dựng mô hình thiết kế từ dữ liệu số hóa. Ưu điểm của phương pháp thiết kế ngược là cho phép thiết kế nhanh và chính xác mẫu thiết kế có độ phức tạp hình học cao, hoặc mẫu dạng bề mặt tự do (không xác định được quy luật tạo hình).

Về bản chất thiết kế ngược là quá trình sao chép một sản phẩm đã được sản xuất (nhờ khả năng sao chép hình ảnh của một vật thể thành dữ liệu CAD 3D) và liên quan đến việc quét hình (scanning), số hóa (digitizing) vật thể thành dạng điểm đường và bề mặt 3D.

1.2.1 Qui trình thiết kế ngược



1.2.2 Ứng dụng của qui trình thiết kế ngược

Có vai trò rất lớn trong cải tiến mẫu mã sản phẩm. Yêu cầu về thời gian không cho phép chúng ta khi chế tạo một mẫu mã mới có thể bắt đầu chu trình sản xuất từ khâu phác thảo thiết kế tới tính toán, tối ưu, chế tạo thử kiểm tra kiểm nghiệm mới đưa vào sản xuất vì quá trình trên tốn rất nhiều thời gian, công sức. Do vậy mà chúng ta phải biết kế thừa các mẫu sản phẩm đã được tối ưu, đạt các tiêu chuẩn kiểm tra trên cơ sở đó ta thiết kế lại phù hợp với yêu cầu mới để có một mẫu mã mới. Như vậy sẽ giảm được thời gian thiết, rút ngắn được thời gian đưa sản phẩm vào thị trường tức là giảm thời gian chu trình sản xuất.

Với nhu cầu của thị trường thay đổi liên tục từng ngày như hiện nay công ty nào đưa ra mẫu mã mới sẽ chiếm được thị phần và giành được lợi nhuận cao nhất. Còn công ty nào đưa sản phẩm mới chậm hơn sẽ mất cơ hội thu được lợi nhuận cao.

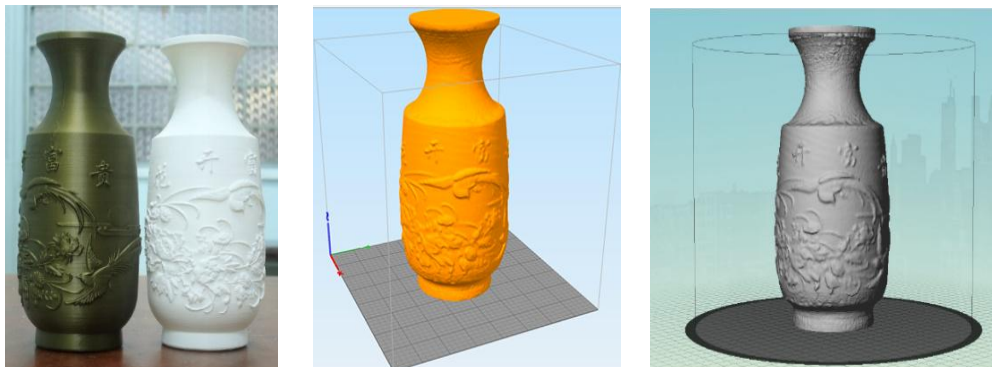
Hiện nay tình trạng một chi tiết, bộ phận máy, thiết bị khi muốn thay thế thì nhà sản xuất không còn cung cấp nữa là một vấn đề phổ biến. Chúng ta phải chế tạo lại mà không hề có bản vẽ thiết kế, đó là một vấn đề lớn nhưng khi công nghệ thiết kế ngược ra đời thì quá trình đó sẽ trở nên đơn giản hơn rất nhiều. Chỉ cần sử dụng chi tiết cần thay thế qua qui trình thiết kế ngược, hiệu chỉnh ta sẽ được một chi tiết như mong muốn mà không phải qua nhiều giai đoạn thiết kế, chế tạo, kiểm tra khá phức tạp.

Trong nghiên cứu khảo cổ học, công nghệ RE cho phép khôi phục lại hình dạng của các sinh vật thời tiền sử dựa trên các hóa thạch cổ thu được mà không làm tổn hại đến các mẫu cổ đó. Nó còn cho phép ta dựng lại các mẫu tượng cổ, khôi phục lại các công trình kiến trúc, nghệ thuật cổ đã bị tàn phá trong lịch sử.

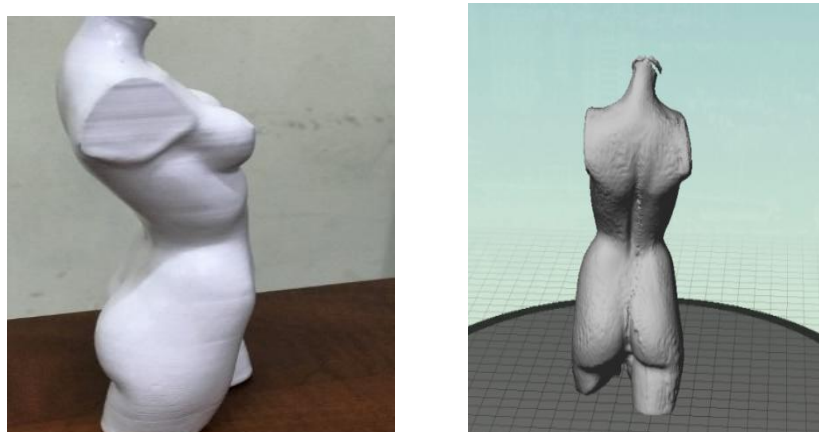
Trong y học công nghệ thiết kế ngược cho phép chúng ta có thể tạo ra các bộ phận cơ thể phù hợp cho từng bệnh nhân trong thời gian ngắn để thay thế các khuyết tật, các bộ phận hỏng, bị tổn thương, bị hư hại do tai nạn hoặc do bẩm sinh như xương, khớp, răng hàm, mảnh sọ não,....

Công nghệ thiết kế ngược còn được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giải trí, mô phỏng thiết kế các nhân vật trong game 3D, tạo các môi trường gian diện ảo trong game phục vụ giải trí, làm phim ảnh,....

Mẫu vật trước và sau khi Scan:



Hình 21: Bình hoa



Hình 22: Tượng mẫu



Hình 23: Chai nước giải khát

1.3 Nghiên cứu chế tạo thiết bị in 3D

1.3.1 Các dòng máy phổ thông

Hiện nay trên thị trường có rất nhiều dòng máy in 3D, những dòng máy này đa phần dành cho các doanh nghiệp sản xuất lớn và giá bán rất cao, nhưng tại Việt Nam các doanh nghiệp vừa và nhỏ chiếm tỉ lệ cao hơn rất nhiều và nhu cầu về in 3D là rất lớn. Bên cạnh đó, sự ảnh hưởng của Công nghệ in 3D không chỉ dừng lại ở mức độ sản xuất, Công nghệ in 3D đã được phổ biến trong các trường THCS và THPT. Nắm bắt tình hình thị trường đầy tiềm năng này nhóm nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo thử nghiệm các dòng máy in 3D đáp ứng đủ yêu cầu của từng mức độ khác nhau.

– Model REPBOX – 1E:

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
Khoa Cơ Khí, Bộ Môn Chế Tạo Máy
NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

3D PRINTER
CK-BK

**MÁY IN 3D
DÙNG TRONG HỌC TẬP**
Model REPBOX - 1E

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước bao: 440x470x700
- Kích thước làm việc: 220x220x300
- Vật liệu: ABS, PLA, PVA
- Số đầu đùn: 1
- Tốc độ lớn nhất: 120 mm/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Bề lớp in nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- In mẫu nhỏ, tốc độ in nhanh
- Làm việc tự động.
- In mẫu kỹ thuật, độ chính xác cao.
- Giao tiếp thông qua cổng USB hoặc thẻ SD.

top front right

www.in3Dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
www.facebook.com/in3d.tpcm

– MarBox Model REPBOX – 1E:

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
 Khoa Cơ Khí _Bộ Môn Chế Tạo Máy

NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

3D PRINTER
CK-BK

MÁY MARBOX

Model REPBOX - 1E

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước làm việc: 300x300x350
- Vật liệu: ABS, PLA, PVA
- Số đầu đùn: 1
- Tốc độ lớn nhất: 150 m/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Độ chính xác: 0.1 mm
- Bề lớp in nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- Không gian làm việc lớn, ứng dụng chế tạo khuôn, mẫu lớn.
- Làm việc tự động.
- In mẫu kỹ thuật, độ chính xác cao.
- Giao tiếp thông qua cổng USB hoặc thẻ SD.

MỘT SỐ SẢN PHẨM:





nguyên lý hoạt động

www.in3dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
 www.facebook.com/in3d.tphcm

– Delta Printer Model DEM:

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
 Khoa Cơ Khí _Bộ Môn Chế Tạo Máy

NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

3D PRINTER
CK-BK

DELTA PRINTER

MODEL DEM

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước làm việc: 110x110x270
- Tốc độ tối đa: 120 mm/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Số lượng đầu đùn: 1
- Vật liệu in: ABS, PLA
- Số lượng màu: 16
- Độ chính xác: 0.2 mm
- Bề dày lớp nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220 V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- Làm việc tự động.
- Thích hợp cho các chi tiết có chiều cao và dạng trụ tròn.
- In mẫu mỹ thuật kết hợp nhiều màu sắc.
- Hạn chế sự rung lắc khi hoạt động.
- Giao tiếp thông qua cổng USB hoặc thẻ SD.

MỘT SỐ SẢN PHẨM:




www.in3dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
 www.facebook.com/in3d.tphcm

– Delta Printer Model DES:

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
 Khoa Cơ Khí _Bộ Môn Chế Tạo Máy
 NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

BK
FME

3D PRINTER CK-BK

DELTA PRINTER

MODEL DES

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước làm việc: 110x110x340
- Tốc độ tối đa: 150 mm/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Số lượng đầu đùn: 1
- Vật liệu in: ABS, PLA
- Độ chính xác: 0.2 mm
- Bề dày lớp nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220 V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- Làm việc tự động.
- Thích hợp cho các chi tiết có chiều cao lớn và dạng trụ.
- In chi tiết kỹ thuật có độ chính xác cao.
- Hạn chế sự rung lắc khi hoạt động.

MỘT SỐ SẢN PHẨM:




www.in3dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
 www.facebook.com/in3d.tphcm

– Prusa Printer Model PRUM – 2E:

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
 Khoa Cơ Khí _Bộ Môn Chế Tạo Máy
 NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

BK
FME

3D PRINTER CK-BK

PRUSA PRINTER

Model PRUM - 2E

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước làm việc: 250x250x250
- Vật liệu: ABS, PLA, PVA
- Số đầu đùn: 3
- Tốc độ lớn nhất: 120 m/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Độ chính xác: 0.1 mm
- Bề lớp in nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- Có thể tháo lắp 2 cụm đầu đùn, cụm 2 đầu đùn và cụm trộn màu.
- Tích hợp hai đầu đùn: 1 in vật liệu chính, 1 in vật liệu support.
- Thay đổi chức năng trộn màu bằng đầu Diamond
- Làm việc tự động.
- In mẫu kỹ thuật, độ chính xác cao.
- In mẫu mỹ thuật, phối trộn 16 màu.
- Giao tiếp thông qua cổng USB hoặc thẻ SD.

MỘT SỐ SẢN PHẨM:




www.in3dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
 www.facebook.com/in3d.tphcm

– **REPMARBOX Model REPBOX – 2E:**

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
 Khoa Cơ Khí _Bộ Môn Chế Tạo Máy

NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

3D PRINTER CK-BK

REPMARBOX

Model REPBOX - 2E

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước làm việc: 280x280x280
- Vật liệu: ABS, PLA, PVA
- Số đầu đùn: 2
- Tốc độ lớn nhất: 120 m/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Độ chính xác: 0.1 mm
- Bề lớp in nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- Tích hợp hai đầu đùn: 1 in vật liệu chính, 1 in vật liệu support.
- Làm việc tự động.
- In mẫu kỹ thuật, độ chính xác cao.
- Giao tiếp thông qua cổng USB hoặc thẻ SD.

MỘT SỐ SẢN PHẨM:

nguyên lý hoạt động





www.in3Dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
 www.facebook.com/in3d.tphcm

– **Prusa Printer Model PR – 1E:**

Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh
 Khoa Cơ Khí _Bộ Môn Chế Tạo Máy

NHÓM NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ 3D

3D PRINTER CK-BK

PRUSA PRINTER

Model PR - 1E

THÔNG SỐ KỸ THUẬT:

- Kích thước làm việc: 280x220x280
- Vật liệu: ABS, PLA, PVA
- Số đầu đùn: 1
- Tốc độ lớn nhất: 120 m/s
- Nhiệt độ tối đa: 260 °C
- Độ chính xác: 0.1 mm
- Bề lớp in nhỏ nhất: 0.1 mm
- Nguồn điện: 220V

KHẢ NĂNG LÀM VIỆC:

- Hành trình chạy đầu đùn lớn, chi tiết in lớn.
- Làm việc tự động.
- In mẫu kỹ thuật, độ chính xác cao.
- Giao tiếp thông qua cổng USB hoặc thẻ SD.




www.in3Dvinhthinh.com - ☎:0918277963 - ✉:in3dtpcmvinhthinh@gmail.com
 www.facebook.com/in3d.tphcm

1.3.2 Máy sử dụng trong công nghiệp:

Một số mẫu, khuôn đòi hỏi đúng kích thước thiết kế, nhưng đa số các máy hiện tại mà nhóm đang có kích thước làm việc chỉ trong khoảng 240 x 240 mm. Vì vậy việc nghiên cứu chế tạo các dòng máy có kích thước làm việc lớn là điều cần thiết.

Năm 2017, nhóm đã nghiên cứu chế tạo thành công máy có kích thước làm việc là 350(W) x 350(L) x 400(H) phục vụ sản xuất chi tiết lớn.



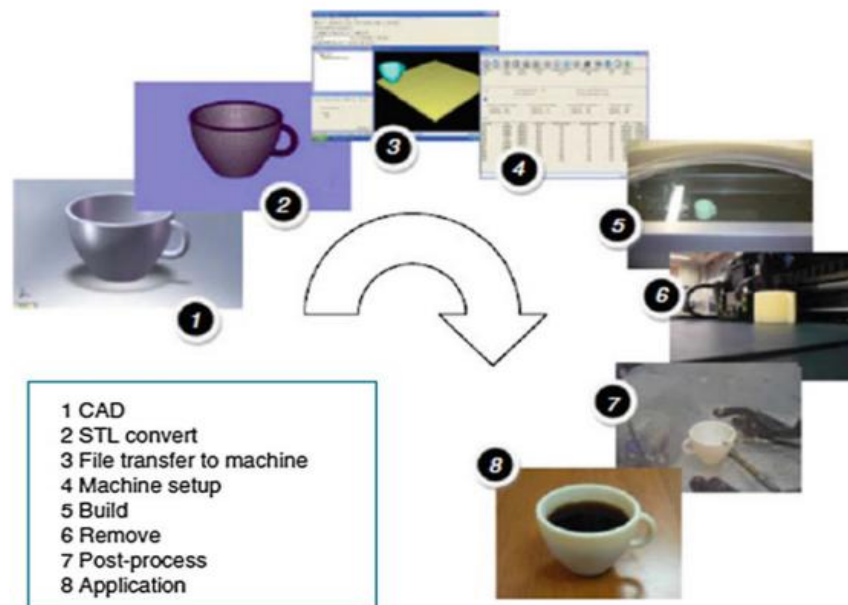
Hình 24: Máy phục vụ cho công nghiệp.

Trong tương lai, định hướng sản xuất dòng máy cỡ lớn với vật liệu khung máy là nhôm định hình để giảm khối lượng máy, giúp giảm đi các bước định vị vị trí và độ chính xác, tăng tính thẩm mỹ....

1.4 Xây dựng quy trình chế tạo và tối ưu hóa quá trình vận hành

1.4.1 Xây dựng quy trình chế tạo sản phẩm

Tùy vào từng công ty – cơ sở sản xuất, họ đều có một quy trình chế tạo riêng, sau khi nghiên cứu nhóm đã xây dựng một quy trình chế tạo sản phẩm của Công nghệ in 3D một cách cơ bản và dễ hiểu nhất như hình ảnh dưới đây. Quy trình bao gồm 8 bước cơ bản từ khi lên ý tưởng thiết kế cho đến gian đoạn hoàn thành đưa vào sử dụng trong đời sống.



Hình 25: Quy in hình chế tạo sản phẩm của Công nghệ in 3D.

- **Bước 1: Thiết kế mô hình 3D trên máy tính.**

Các sản phẩm được thiết kế trên máy tính bằng bất kỳ phần mềm nào. Có thể sử dụng phương pháp thiết kế ngược để tạo ra mô hình 3D. Tất cả dữ liệu 3D đều được tạo ra ở dạng mô hình khối rắn (Solids).

- **Bước 2: Chuyển dữ liệu sang định dạng STL**

Mô hình 3D dạng khối rắn được chuyển sang định dạng STL. Đây là định dạng dùng chung cho tất cả các hệ thống thuộc Công nghệ in 3D hiện nay. Mô đun chuyển đổi dữ liệu này đang được tích hợp sẵn trong tất cả các phần mềm CAD có trên thị trường.

- **Bước 3: Chuyển sang phần mềm dành cho thiết bị in 3D**

Dữ liệu STL được chuyển sang phần mềm sử dụng cho thiết bị in 3D. Trên phần mềm này, sẽ được điều chỉnh kích thước, lựa chọn vị trí và hướng chế tạo, tạo hệ thống đỡ.

- **Bước 4: Thiết lập các thông số quá trình**

Cài đặt các thông số liên quan đến quá trình chế tạo sản phẩm trên thiết bị in 3D như: nhiệt độ, bề dày lớp, kiểu điền đầy.... và tiến hành cắt lớp.

- **Bước 5: Chế tạo sản phẩm**

Quá trình chế tạo được diễn ra hoàn toàn tự động mà không cần có quá trình giám sát.

- **Bước 6: Lấy sản phẩm ra sau khi hoàn thành**

Tháo sản phẩm ra sau khi quá trình chế tạo hoàn tất. Cần lưu ý các điều kiện an toàn như nhiệt độ...

- **Bước 7: Hậu xử lý**

Trong hầu hết các Công nghệ in 3D, sản phẩm sau khi chế tạo đều trải qua quá trình hậu xử lý như: tháo dỡ hệ thống đỡ, lưu hoá, xử lý bề mặt...bước này đòi hỏi thời gian, tính cẩn thận và kỹ năng.

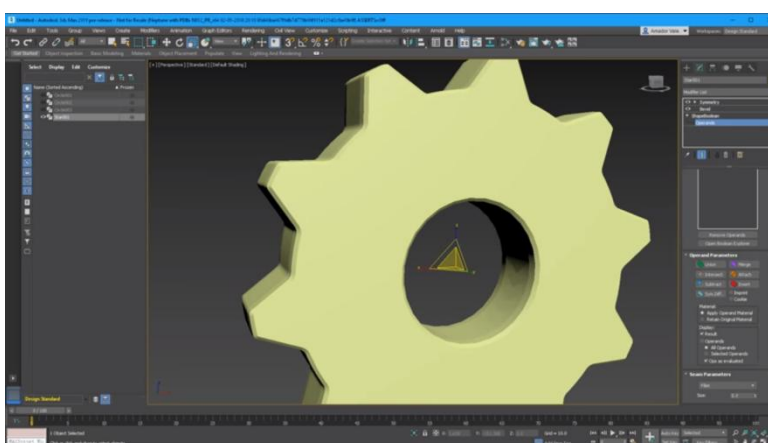
- **Bước 8: Sử dụng**

Sản phẩm được sử dụng theo các tính năng yêu cầu khi thiết kế.

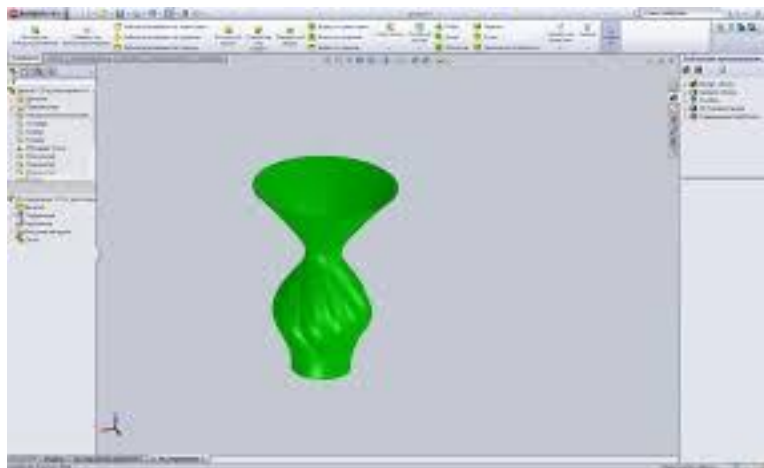
Trong quá trình nghiên cứu và thực nghiệm, nhóm nghiên cứu đã cho sản xuất rất nhiều mẫu vật (mỹ thuật), để cho ra sản phẩm hoàn chỉnh cần qua các bước sau:

- **Thiết kế - dựng hình ảnh 3D:**

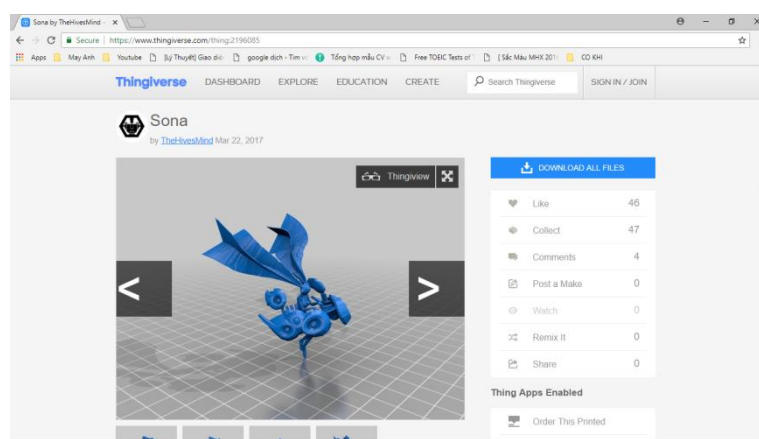
Các sản phẩm được thiết kế trên máy tính bằng bất kỳ phần mềm nào. Có thể sử dụng phương pháp thiết kế ngược để tạo ra mô hình 3D. Tất cả dữ liệu 3D đều được tạo ra ở dạng mô hình khối rắn (Solids). Mô hình 3D dạng khối rắn được chuyển sang định dạng STL. Đây là định dạng dùng chung cho tất cả các hệ thống AM hiện nay. Mô đun chuyển đổi dữ liệu này đang được tích hợp sẵn trong tất cả các phần mềm CAD có trên thị trường.



Hình 26: Tạo file mô hình 3D bằng phần mềm 3Ds max



Hình 27: Vẽ khối 3D bằng phần mềm solidworks



Hình 28: Sử dụng file trên trang web Thingiverse.com

– Xử lý file 3D thông qua phần mềm cắt lớp:

Hiện nay, có rất nhiều phần mềm cho phép ta mở file STL, cắt lớp và xuất file Gcode để nạp vào máy in 3D. Một số phần mềm có thể kể đến như: Repetier Host, Slic3R, Cura, Simplify3D, Nhóm nghiên cứu đang sử dụng phần mềm Simplify3D để xuất file Gcode và Repetier Host để điều khiển máy. Trong Simplify3D, Sau khi import file STL vào ta nhấp đúp vào vật thể và chú ý các hiệu chỉnh ban đầu:

- + Xoay vật thể quanh các trục X, Y, Z: Cần chú ý hướng đứng của vật thể sao cho khi in thì hạn chế thấp nhất support, gây ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt.
- + Scale: Tùy vào yêu cầu của sản phẩm và khổ in của máy, ta chọn tỉ lệ scale sao cho phù hợp nhất.
- + Đọc các số đo kích thước bao của vật thể để chọn máy hợp lý.

Việc hiệu chỉnh các thông số trong phần mềm là một bước quan trọng quyết định đến chất lượng của sản phẩm, nếu biết và có kinh nghiệm xử lý ta sẽ thu được kết quả mong đợi, ngược lại thì coi như bỏ sản phẩm hoặc phải trải qua nhiều bước xử lý bề mặt sau mới hoàn chỉnh được. Một số ví dụ về sản phẩm không đạt chất lượng:



Thông số retraction và nhiệt độ không hợp lý nên nhiều tơ và khó gỡ support.



Kẹt nhựa do chọn Retraction Distance lớn.

– Vận hành máy in 3D:

Sau khi đã có file Gcode, ta có 2 cách để vận hành máy in 3D:

- + Xuất file sang thẻ nhớ SD và nạp vào máy.
- + Kết nối với máy in 3D thông qua cổng USB và cấp tín hiệu.

Trong quá trình vận hành cần phải có sự quan sát các chuyển động của máy, và có thể can thiệp nhanh nếu có lỗi. Một số lỗi thường gặp như kẹt nhựa, chi tiết không dính bàn in, bị cong do giãn nở nhiệt,....

1.4.2 Tối ưu hóa quá trình vận hành

Để quá trình vận hành máy diễn ra thuận lợi và cho ra được sản phẩm như ý, giảm thiểu những sai sót về sau trong quá trình sử dụng phần mềm trung gian để chuyển sang file định dạng cho thiết bị in 3D ta cần thiết lập và chỉnh sửa các thông số hợp lý. Dưới đây nhóm sẽ giới thiệu về các thông số phần mềm Simplify3D mà nhóm đã sử dụng trong quá trình chế tạo các mẫu vật.

Phần mềm Simplify3D: là phần mềm trung gian cho phép khách hàng chuyển đổi file.STL sang file của máy in 3D file.GCODE đồng thời có thể điều chỉnh thay đổi các thông số và tối ưu hóa các cài đặt được sử dụng trong quá trình in 3D. Phiên bản mới nhất của Simplify3D là 4.0 có những cải tiến chức năng và nâng cao chất lượng in 3D. Chúng ta biết rằng in các vùng nhỏ, chi tiết li ti hoặc thu hẹp trên một mẫu vật có thể khó do kích thước vòi phun cố định. Với chức năng trong phần mềm có thể tự động điều chỉnh lượng nhựa được đùn từ vòi phun để tạo ra các ép đùn nhỏ hoặc lớn hơn tùy vào hình dạng bạn in. Điều này cho phép máy in của bạn tạo ra hình dạng nhỏ hơn và chính xác hơn trước đây.

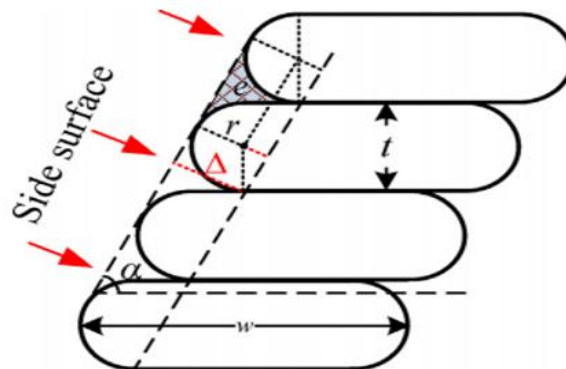
Đối với các mô hình phức tạp hơn, in 3D thường bị ảnh hưởng bởi các yếu tố cơ bản để ổn định mẫu vật trong suốt quá trình in, chẳng hạn như support, bè, hoặc dốc. Một số tính năng mới cải thiện khả năng của các cấu trúc hỗ trợ để bám vào mẫu vật, cho phép thậm chí các mô hình cao nhất được hỗ trợ support đầy đủ. Các tính năng mới khác sẽ cho phép khách hàng thay đổi mật độ hoặc vật liệu được sử dụng cho các lớp trên cùng của support, gần bề mặt của bộ phận. Điều này tạo ra một số khả năng thay thế vật liệu của support tiếp xúc với bề mặt mẫu vật, chẳng hạn như chuyển sang một vật liệu hỗ trợ hòa tan gần bề mặt một phần để dễ dàng loại bỏ và ít ảnh hưởng tới chất lượng bề mặt của mẫu vật.

1.4.3 Một số yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng bề mặt sản phẩm

– Hướng tạo hình:

Hướng tạo hình là một yếu tố có thể tác động đáng kể trên bề mặt của chi tiết. Bằng phương pháp khác nhau được phát triển bởi các nhà nghiên cứu để tìm ra định hướng tối ưu để chế tạo các chi tiết trên máy tạo mẫu nhanh.

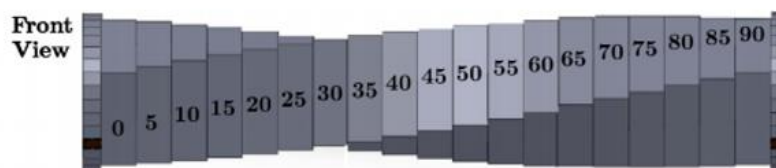
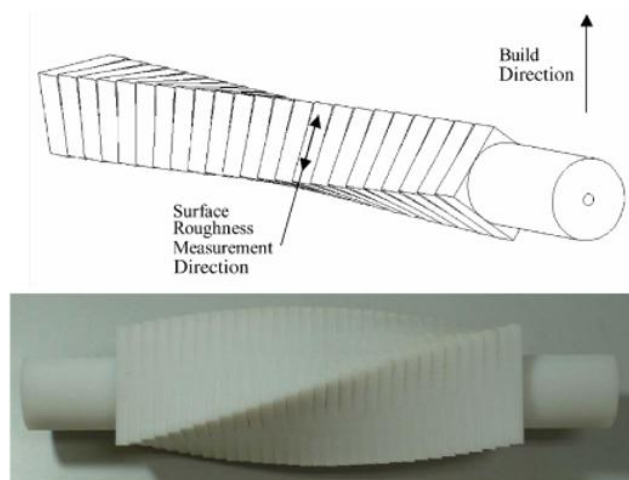
Các thí nghiệm được tiến hành người ta đi đến kết luận rằng khi ở góc hợp với phương z có giá trị 200 và 450 thì giá trị độ nhám là tỷ lệ thuận với độ dày lớp nhưng đối với góc 700 giá trị độ nhám lại giảm khi tăng độ dày lớp.

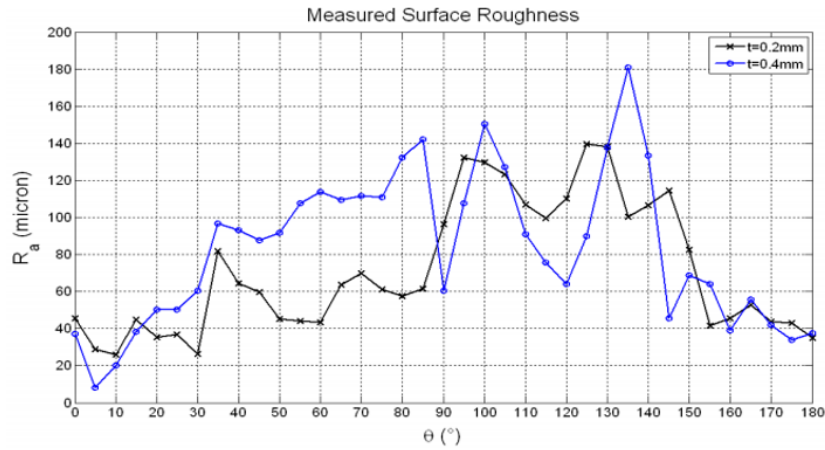


Hình 29: Ảnh hưởng hướng tạo hình lên bề mặt.

Khi góc α càng giảm thì hiệu ứng bậc thang càng thấy rõ làm cho độ nhám bề mặt ảnh hưởng do xuất hiện nhấp nhô ở vài chỗ.

Ví dụ: Người ta tạo chi tiết có các góc biến đổi từ 0 tới 180 để xem độ nhám của nó.





Biểu đồ 8: Mối liên hệ độ nhám R_a , góc θ và chiều dày.

Mối liên hệ độ nhám R_a và góc θ , với chiều dày lớp $t_1=0.2$ (mm) và $t_2=0.4$ (mm).

– Bề dày lớp:

Chiều dày lớp in càng nhỏ tạo chất lượng bề mặt tốt hơn, nhưng điều đó có nghĩa là thời gian in sẽ lâu hơn.

Vasudevarao et al. đã nghiên cứu ảnh hưởng của thông số như xây dựng định hướng, độ dày lớp, chiều rộng đường, khoảng cách không khí và nhiệt độ mô hình trên bề mặt và đưa ra kết luận rằng bề dày lớp và định hướng là yếu tố quan trọng quyết định chất lượng bề mặt của chi tiết. Các bề mặt tốt nhất khi in ở giá trị bề dày lớp là 0,007 và phân định hướng của 70 degree.

Đo độ nhám ở cả 2 hướng vuông góc với mặt phẳng tạo mẫu. Đưa ra kết luận rằng thiết lập độ dày lớp thấp hơn làm cho chất lượng bề mặt tốt. Hơn nữa bề mặt phần đó tiếp giáp với các lớp trên cùng của sự hỗ trợ có cấu trúc mượt mà so với bề mặt.

Bakar et al. đã phân tích tác động của ba thông số quá trình như độ dày lớp, chiều rộng đường viền và góc raster. Các điều kiện còn lại giả thiết là tối ưu cho quá trình FDM. Các thí nghiệm được tiến hành trên mô hình thử nghiệm có nhiều các hình dạng hình học và kích cỡ như khe, hình trụ, hình khối và nhẫn... Đưa ra kết luận rằng kích thước tốt nhất để được xây dựng với FDM trong x, hướng y là 2 mm trở lên. Việc áp dụng làm cho bề mặt lớp mỏng và mịn trong khi in các chi tiết kích thước nhỏ. Nghiên cứu cho thấy rằng cả hai tham số có thể hỗ trợ liên kết giữa các lớp và dẫn đến bề mặt tốt hơn.

– **Tốc độ:**

Các bề mặt cũng phụ thuộc vào một số thông số quá trình của máy FDM. Với điều chỉnh phù hợp của các thông số xây dựng, chất lượng có thể được cải thiện đáng kể mà không phát sinh thêm chi phí. Trong một nghiên cứu, Zhou et al. chỉ ra rằng tốc độ khi chế tạo và độ chính xác là 2 yêu cầu cơ bản đối với thiết bị RP.

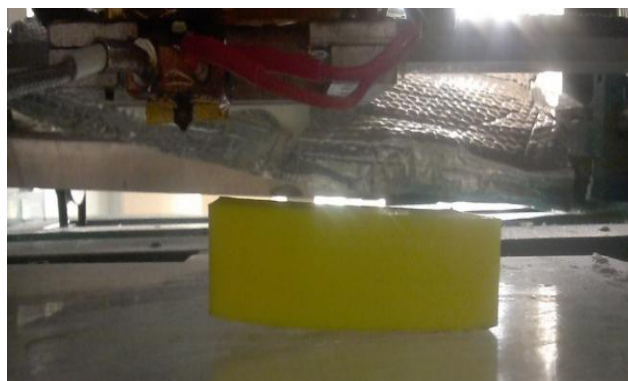
Theo tác giả tốc độ quét là quan trọng nhất yếu tố ảnh hưởng đến sự méo của chi tiết. Phân tích khi in ở tốc độ cao dòng nhựa cung cấp không đủ, dẫn đến tại một vài chỗ có hiện tượng thiếu hụt nhựa, dễ quan sát nhất là các lỗ rỗ trên bề mặt.

Khi in tốc độ chậm dòng nhựa chảy ra nhiều hơn điều này có thể dẫn tới dư nhựa hiện tượng dễ quan sát nhất là trên bề mặt nổi cục.

1.4.4 Các lỗi thường gặp trong quá trình vận hành thử nghiệm

– **Sản phẩm bị cong vênh:**

Lỗi này thường xảy ra với những sản phẩm có bề mặt tiếp xúc với bàn thiết bị lớn, tại những lớp nhựa đầu tiên của sản phẩm, một hoặc nhiều góc của sản phẩm sẽ bị vênh lên cao hơn so với những góc khác. Lớp đầu tiên của sản phẩm không tiếp xúc với mặt bàn vì khoảng cách so với mũi đầu đùn của những góc này nhỏ hơn so với những góc khác nên sẽ có hiện tượng nhựa lớp sau chồng lên lớp trước làm cho bề mặt bị biến dạng, sần sùi. Khi lớp trước đã đông cứng, đầu đùn tiếp tục tạo lớp tiếp theo sẽ có hiện tượng đầu đùn bị va chạm với các mấp mô gây cong vênh đầu đùn, ảnh hưởng đến độ bền của thiết bị. Việc sản phẩm bị cong vênh cũng gây nên hiện tượng nứt ngang ở phần thân của sản phẩm.



Hình 30: Mẫu sản phẩm bị cong vênh

*** Nguyên nhân:**

Khi nhiệt độ của những lớp nhựa đầu tiên giảm dần nó sẽ gây ra hiện tượng co rút vật liệu. Hệ số co rút khác nhau đối với từng loại nhựa khác nhau, hiện tượng này làm cho các cạnh của sản phẩm bị uốn cong lên.

Độ bám dính của sản phẩm với bàn thiết bị thấp, sản phẩm dễ dàng bị tách ra khỏi bàn thiết bị khi có lực tác động vào. Một khi đã bị tách ra khỏi bàn thiết bị sản phẩm sẽ rất dễ bị cong vênh do sự co rút vật liệu khi nhiệt độ giảm.

*** Cách khắc phục:**

Để khắc phục hiện tượng này có một số biện pháp sau đây:

- + Sử dụng bàn thiết bị có khả năng gia nhiệt để giữ nhiệt độ duy trì từ 70 – 80 độ C, nhiệt độ này sẽ được duy trì suốt trong quá trình in, giúp sản phẩm không bị co rút do nhiệt độ giảm.
- + Tăng độ bám dính của sản phẩm với bàn thiết bị bằng cách bôi thêm một lớp keo có độ bám dính tốt lên bàn thiết bị trước khi chế tạo.
- + Cân chỉnh lại bàn thiết bị, đảm bảo bàn thiết bị vuông góc với đầu đùn và khoảng cách của bàn thiết bị so với đầu đùn đồng đều tại mọi chỗ trên bàn thiết bị.
- + Có thể giảm thiểu hiện tượng cong vênh bằng cách thêm phần Raft trước khi chế tạo một sản phẩm. Điều này có thể thực hiện trong quá trình cắt lớp ở thẻ Support material trong phần mềm Simplifile.
- + Tăng mật độ điền đầy của lớp đầu tiên để tăng lượng nhựa được bám dính với bàn thiết bị, điều này có thể thực hiện trong thẻ Advance.

– Lỗi nhựa không đều:

Khi nhựa đùn ra không đủ và ít hơn mong muốn, các đường nhựa sẽ hở ra thay vì dính lại làm cho vật thể trở nên dễ bóc tách và kém mịn.



Hình 31: Mẫu sản phẩm bị lỗi nhựa không đều

*** Nguyên nhân:**

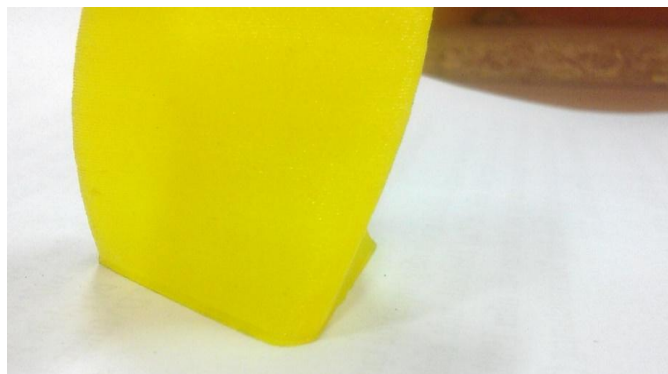
- + Do lượng nhựa phun bị thiếu.
- + Do đường kính sợi nhựa nhỏ hơn đường kính sợi nhựa trong quá trình cài đặt.
- + Do mật độ lớp quá thưa

*** Cách khắc phục:**

- + Mua nhựa ở những nơi có uy tín, có sai số đường kính nhựa trong khoản cho phép.
- + Tăng số lớp ở lớp trên sản phẩm.

– Lỗi biến dạng bị phình to “chân voi”:

Gọi là hiện tượng chân voi vì những lớp nhựa đầu tiên của sản phẩm bị phình ra, lớn hơn so với kích thước thiết kế, hình dạng giống với chân voi. Hiện tượng này gây sai số về kích thước cho sản phẩm, làm cho sản phẩm bị xấu, mất thẩm mỹ.



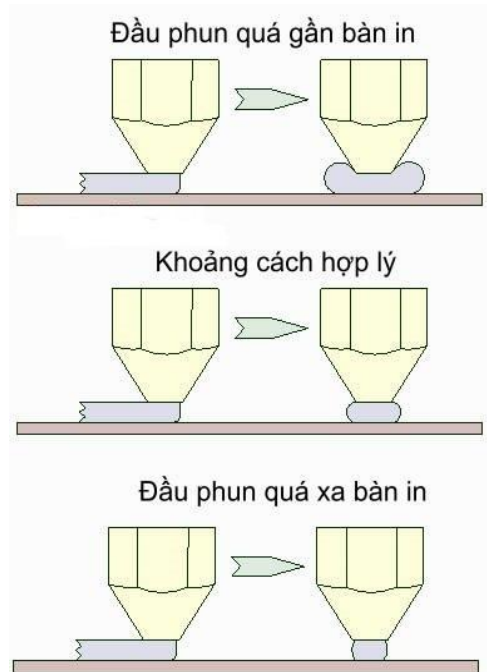
Hình 32: Mẫu sản phẩm bị lỗi biến dạng

*** Nguyên nhân:**

- + Để tránh hiện tượng cong vênh ta thường có xu hướng tăng mật độ điền đầy của lớp nhựa đầu tiên. Việc này làm tăng lượng nhựa được đùn ra do đó gây thừa nhựa và sản phẩm bị phình ra ở những lớp nhựa đầu tiên.
- + Trọng lượng của sản phẩm tác động lên các lớp nhựa đầu tiên khi các lớp này chưa kịp đông cứng Đặc biệt là khi sử dụng bàn thiết bị có khả năng gia nhiệt, làm cho thời gian đông cứng của các lớp đầu tiên lâu hơn.
- + Khoảng cách giữa bàn thiết bị và mũi đầu đùn quá gần, khoảng cách này nhỏ hơn kích thước đường kính của sợi nhựa được đùn ra, vì vậy sợi nhựa bị ép quá mức gây ra hiện tượng phình.

*** Cách khắc phục:**

- + Tìm ra một thông số mật độ điền đầy lớp đầu tiên thích hợp để vừa tránh hiện tượng cong vênh vừa không gây ra hiện tượng “chân voi”.
- + Di chuyển mũi đầu đùn ra xa thêm so với bàn thiết bị, nhưng không quá xa vì nếu quá xa khi chế tạo sợi nhựa sẽ không bám dính được với bàn thiết bị.
- + Cân chỉnh lại bàn thiết bị, đảm bảo bàn thiết bị vuông góc với đầu đùn và khoảng cách của bàn thiết bị so với đầu đùn đồng đều tại mọi chỗ trên bàn thiết bị.
- + Hạ thấp nhiệt độ của bàn thiết bị nếu thấy xảy ra hiện tượng này.

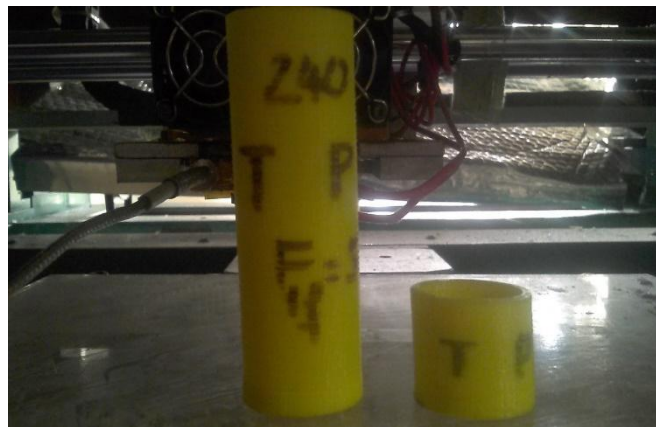


Hình 33: Khoảng cách đặt đầu phun và bản in

Trong quá trình thiết kế mô hình CAD nên tạo một đường chamfer ở viền dưới của sản phẩm để tránh hiện tượng cong vênh.

– Sản phẩm bị lệch xiên:

Biểu hiện thấy rõ nhất của những sản phẩm bị lỗi này là các lớp nhựa phía trên bị lệch, dẫn đến sản phẩm bị xiên và lệch đi trông thấy.



Hình 34: Mẫu sản phẩm bị lệch xiên

*** Nguyên nhân:**

Nguyên nhân gây ra lỗi này chủ yếu do các vấn đề sai hỏng ở thiết bị.

- + Gia tốc làm việc nhỏ.
- + Đầu đùn bị kẹt, di chuyển khó khăn theo chiều trục x hoặc y.

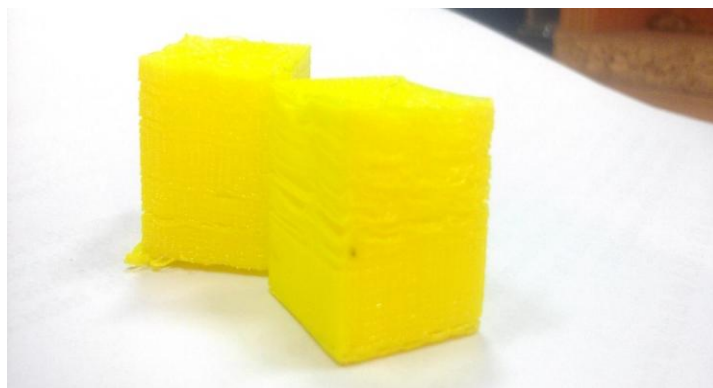
- + Các thanh dẫn hướng của cụm trục x hoặc y không thẳng hàng và thanh dẫn hướng của hai cụm trục không vuông góc với nhau một cách chính xác.
- + Puly của động cơ không được gắn cố định vào trục động cơ.
- + Dây đai răng quá lỏng và bị trượt khi động cơ quay.

*** Cách khắc phục:**

- + Kiểm tra lại đầu đùn của thiết bị có thể di chuyển dễ dàng hay không khi di chuyển bằng tay, nếu đầu đùn di chuyển khó khăn theo hướng nào đó có thể là do ma sát giữa ray trượt và con trượt quá lớn, ta nên tra thêm dầu bôi trơn vào vị trí tiếp xúc của ray trượt và con trượt.
- + Kiểm tra các ray trượt của cụm trục x và y xem các thanh này có thẳng hàng hay không và khoảng cách giữa hai thanh trượt có bằng nhau tại mọi điểm hay không.
- + Kiểm tra lại dây đai răng và puly, nếu dây đai quá lỏng ta nên siết căng lại dây đai hoặc gắn thêm bộ phận căng đai.
- + Tăng giá trị gia tốc trong phần mềm.

– Sản phẩm bị thiếu lớp:

Biểu hiện của lỗi này là bề mặt của sản phẩm theo chiều trục Z có những khoảng hở do thiếu lớp hoặc lớp không được điền đầy. Hiện tượng này làm cho độ bền của sản phẩm giảm, sản phẩm dễ bị nứt nên độ liên kết giữa các lớp nhựa là rất thấp. Hiện tượng này còn làm giảm tính thẩm mỹ của sản phẩm.



Hình 35: Mẫu sản phẩm bị thiếu lớp

*** Nguyên nhân:**

- + Sai lệch của vis me – đai ốc hoặc cơ cấu truyền động cho cụm trục Z.
- + Cụm cấp nhựa không cấp đủ lượng nhựa cần thiết cho việc điền đầy lớp nhựa đó dẫn đến lượng nhựa đùn ra bị thiếu hụt.
- + Sợi nhựa bị lỗi, đường kính sợi nhựa quá nhỏ, sợi nhựa bị rỗng.
- + Mũi đùn của cụm đầu đùn bị tắc hoặc bị kẹt do phần nhựa còn sót lại từ đợt chế tạo trước và gây kẹt nhựa.
- + Vấn đề với các ty trượt trục z, ty trượt bị kẹt do ma sát quá lớn gây quá tải cho động cơ truyền động, sai lệch về kích thước đường kính của ti trượt, ti trượt không thẳng 100%.

*** Cách khắc phục:**

- + Kiểm tra lại độ chính xác của cơ cấu truyền động trục z.
- + Chính sửa lại thông số về kích thước của bánh răng đùn nhựa trong firmware hoặc kích thước của sợi nhựa trong phần mềm cắt lớp.
- + Thường xuyên làm sạch đầu đùn bằng nhựa chuyên dụng để tránh hiện tượng kẹt nhựa.
- + Kiểm tra lại độ chính xác của các ty trượt cụm trục Z. Nếu sai lệch quá lớn cần thay thế ngay để đảm bảo độ chính xác của sản phẩm.

– Sản phẩm bị chảy xệ:

Hiện tượng này thường hay xảy ra với những sản phẩm có kích thước nhỏ. Hiện tượng này làm cho độ nhám bề mặt của sản phẩm theo chiều trục Z thấp, các lớp nhựa bị thừa nhựa. do đó làm cho bề mặt sản phẩm có những đường vân mập mờ làm giảm độ chính xác về kích thước và hình dáng hình học của sản phẩm, giảm tính thẩm mỹ.



Hình 36: Mẫu sản phẩm bị chảy xệ

*** Nguyên nhân:**

- + Khi chế tạo, những sản phẩm có kích thước nhỏ thì có thời gian di chuyển giữa các lớp nhựa là rất nhỏ nên nhựa ở lớp nhựa trước chưa kịp đông cứng thì lớp nhựa sau đã tiếp tục đùn lên. Nhiệt độ giảm chậm nên các lớp nhựa bị chảy xệ do trọng lượng của các lớp nhựa sau tác dụng lên.
- + Nhiệt độ của bàn thiết bị có khả năng gia nhiệt quá cao làm cho sản phẩm dễ bị chảy xệ.
- + Cụm cấp nhựa cấp một lượng nhựa quá lớn không cần thiết cho việc điền đầy lớp nhựa đó dẫn đến lượng nhựa đùn ra quá nhiều (OverExtrusion).
- + Sợi nhựa bị lỗi, đường kính sợi nhựa quá lớn, kích thước không đồng đều.

*** Cách khắc phục:**

- + Lắp thêm quạt tản nhiệt vào vị trí đầu phun để làm cho nhựa nguội nhanh hơn
- + Đối với những sản phẩm có kích thước nhỏ ta có thể in cùng lúc một hay nhiều sản phẩm khác để tăng thời gian giữa các lớp nhựa.
- + Giảm nhiệt độ của bàn thiết bị.

- + Điều chỉnh lại thông số của bánh răng đùn nhựa cho chính xác trong phần cài đặt firmware hoặc tăng thông số kích thước của sợi nhựa khi thiết lập trong phần mềm cắt lớp.

– **Lỗi sản phẩm có bề mặt sần sùi:**

Sản phẩm bị lỗi này có lớp bề mặt trên cùng bị thiếu hụt xuất hiện nhiều lỗ thủng làm cho bề mặt của sản phẩm bị hở hoặc có nhiều vết sần sùi trên bề mặt, lỗi này làm cho độ bền của sản phẩm giảm, đồng thời giảm tính thẩm mỹ.

*** Nguyên nhân:**

- + Mặt trên không được làm nguội đúng cách.
- + Lớp nhựa phía trên không đủ dày để che lấp hết các lỗ hổng do quá trình điền đầy để lại.
- + Cụm cấp nhựa không cấp đủ lượng nhựa cần thiết cho việc lấp đầy bề mặt. Dẫn đến sản phẩm xuất hiện các lỗ hổng do thiếu hụt lượng nhựa cần thiết (UnderExtrusion).
- + Cụm cấp nhựa cấp quá nhiều nhựa dẫn đến thừa nhựa làm cho bề mặt sản phẩm bị sần sùi (OverExtrusion).

*** Cách khắc phục:**

- + Sử dụng quạt tản nhiệt cho các bề mặt có diện tích lớn để tránh hiện tượng trên.
- + Tăng số lượng lớp nhựa trên cùng được điền đầy trong phần cài đặt layers and perimeters của phần mềm cắt lớp.
- + Thay đổi thông số đường kính của bánh răng đùn nhựa cho hợp lý để lượng nhựa được đùn ra một cách chính xác.

– **Lỗi sản phẩm bị tróc và rộp ở những lớp đầu tiên:**

Sản phẩm bị lỗi này thường có hiện tượng ngay khi mới chế tạo được 1-2 lớp đầu tiên. Lớp nhựa thứ hai không bám dính được với lớp nhựa đầu tiên làm cho lớp thứ hai bị tróc, rộp lên tạo ra những vết lồi lõm trên bề mặt lớp nhựa thứ hai. Những vết lồi lõm này làm cho quá trình di chuyển của đầu đùn gặp rất

nhiều khó khăn. Hiện tượng này làm cho độ bền của sản phẩm giảm, chất lượng bề mặt kém, làm giảm độ bền của thiết bị.

*** Nguyên nhân:**

- + Nhiệt độ chế tạo quá thấp dẫn đến sợi nhựa chưa ở trạng thái lỏng hoàn toàn.
- + Mũi đầu đùn và bàn thiết bị không vuông góc với nhau, thường mũi đầu đùn có một bề mặt nhỏ ở phía cuối mũi đùn. Khi chế tạo, bề mặt này sẽ tiếp xúc trực tiếp với bề mặt của lớp nhựa, khi mũi đầu đùn và bàn thiết bị không vuông góc với nhau, bề mặt này sẽ không tiếp xúc hết và gây ra hiện tượng tróc, rộp. Việc mũi đầu đùn không vuông góc với bàn thiết bị là do kết cấu thiết bị bị cong vênh sau một thời gian sử dụng.
- + Lượng nhựa ở lớp thứ hai đùn ra quá ít dẫn đến không đủ nhựa để bám dính với lớp thứ nhất.
- + Khoảng cách giữa đầu đùn và bàn thiết bị quá lớn dẫn đến việc sợi nhựa được đùn ra không tiếp xúc được với bề mặt của lớp nhựa đầu tiên dẫn tới hiện tượng bị rộp.

*** Cách khắc phục:**

- + Tăng nhiệt độ đầu đùn.
- + Tăng % mật độ điền đầy lớp thứ hai sẽ tăng lượng nhựa được đùn ra do đó tăng độ bám dính giữa lớp thứ hai và lớp thứ nhất. Điều này có thể thực hiện trong phần cài đặt Advance.
- + Cân chỉnh lại kết cấu của khung thiết bị sao cho mũi đầu đùn hoàn toàn vuông góc với bàn thiết bị.
- + Giảm khoảng cách giữa mũi đầu đùn và bàn thiết bị sao cho thích hợp.

– Hình dạng sản phẩm bị thay đổi:

*** Nguyên nhân:**

- + Do hai đầu đùn ko đồng phẳng, dẫn đến khi làm việc đầu thấp hơn sẽ va vào lớp nhựa của đầu kia, làm cho sản phẩm bị thay đổi biên dạng.
- + Do bàn thiết bị không phẳng.
- + Trong quá trình làm việc, do trọng lực lượng nhựa đang chảy dẻo ở trong đầu không làm việc chảy ra và vào thành sản phẩm.

*** Cách khắc phục:**

- + Cân lại bàn thiết bị.
- + Cân chỉnh lại đầu đùn.
- + Thay đổi lại lượng rút nhựa trong phần mềm cắt lớp.

Kết luận

Sau thời gian nghiên cứu và triển khai hoạt động, dự án nghiên cứu đã thu được những kết quả như sau:

- Hiểu rõ Công nghệ in 3D là xu hướng công nghệ sẽ phát triển mạnh trong tương lai và tầm quan trọng của công nghệ này trong đời sống và sản xuất.
- Nghiên cứu và chế tạo thành công các dòng máy in 3D tầm trung và giá rẻ, phù hợp với nhu cầu của các doanh nghiệp và cá nhân trong nước.
- Thử nghiệm in thành công cho hai dòng vật liệu chính PLA, ABS.
- Phát hiện và khắc phục một số lỗi thường gặp trong quá trình in.
- Xây dựng quy trình chế tạo sản phẩm theo Công nghệ FDM đơn giản nhằm mục đích phổ biến Công nghệ in 3D vào đời sống.

Bên cạnh những kết quả đạt được, để đảm bảo sự nghiên cứu và phát triển bền vững chúng tôi còn đặt ra các mục tiêu hoạt động sắp tới như sau:

- Chế tạo thành công máy in 3D phục vụ cho Công nghiệp
- Nghiên cứu cơ – hóa tính của sản phẩm sau khi in.
- Nghiên cứu và phát triển các dòng máy in hiện nay.

- Xây dựng chương trình đào tạo về Công nghệ in 3D cho từng đối tượng khách hàng.
- Nghiên cứu các loại vật liệu khác cho máy in 3D: PC, Nylon, PETS, Nhựa – Glass, PVA....
- Nghiên cứu và chế tạo các dòng máy in theo Công nghệ: SLS, SLA, LOM....

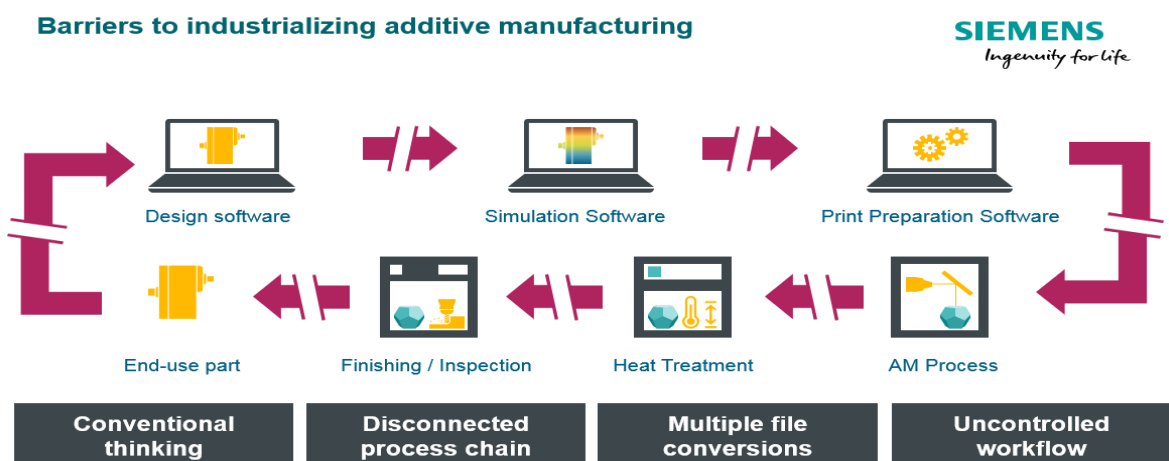
2. Sản xuất Thông minh và 3D-Printing tại Siemens

Các doanh nghiệp có thể kết hợp AM vào phát triển sản phẩm và các hoạt động sản xuất để đạt được những thành quả tốt hơn. Để thực hiện điều này, Siemens đang làm việc với các đối tác để đột phá tư duy thông thường và các rào cản kỹ thuật để các doanh nghiệp có thể mở rộng quy mô AM thành các hoạt động chính thống của họ. Và kết hợp với sức mạnh của số hóa và AM để thực hiện các ý tưởng sáng tạo thành công.

Siemens cũng thấy rằng có những rào cản đáng kể trong việc công nghiệp hóa AM:

- Trong phát triển sản phẩm và kỹ thuật sản xuất - các công ty thường sử dụng nhiều ứng dụng phần mềm khác nhau, không có kết nối với nhau dẫn đến phải chuyển đổi data và thiếu kiểm soát.

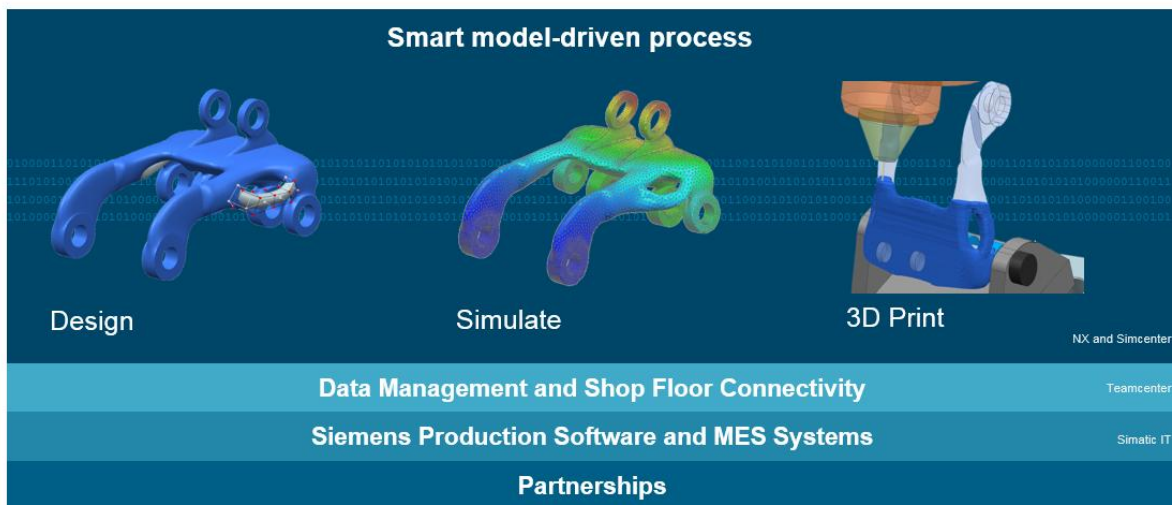
- Trong xưởng sản xuất - máy in 3D thường được sử dụng riêng biệt khiến việc sử dụng AM cho sản xuất trở nên khó khăn.



Để vượt qua các rào cản đó, tầm nhìn của Siemens là tạo ra một hệ thống hoàn chỉnh đầu cuối tích hợp cho AM công nghiệp,...

**Vision: One integrated end-to-end system
for industrializing additive**

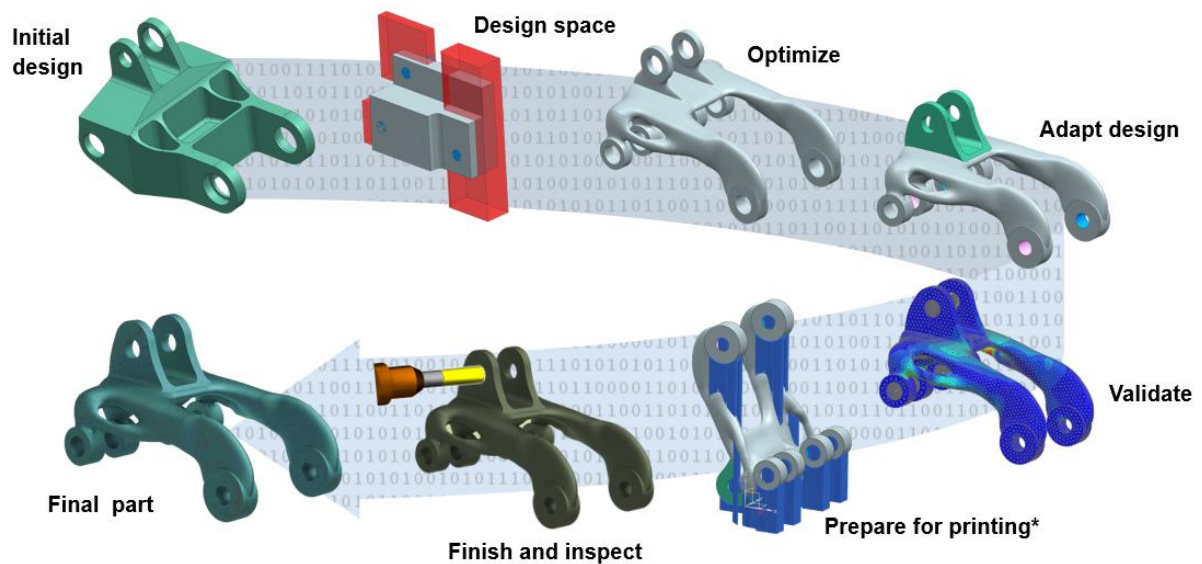
SIEMENS
Ingenuity for life



Giải pháp tích hợp đầy đủ của Siemens cho sản xuất AM với NX, Simcenter và Teamcenter có thể cho phép hỗ trợ toàn bộ quá trình AM, sử dụng một mô hình chi tiết cho CAD / CAE / AM / CAM bằng cách sử dụng một công nghệ phần mềm, dễ dàng thay đổi thiết kế và tích hợp quản lý vòng đời sản phẩm PLM đầy đủ.

Digitized Additive Manufacturing Process

SIEMENS
Ingenuity for life



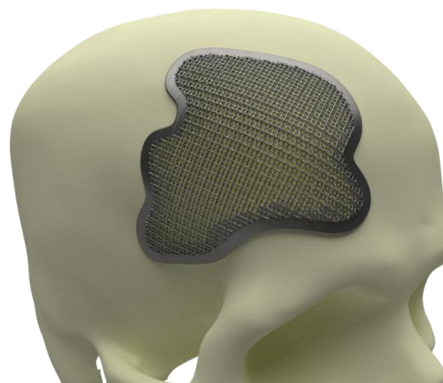
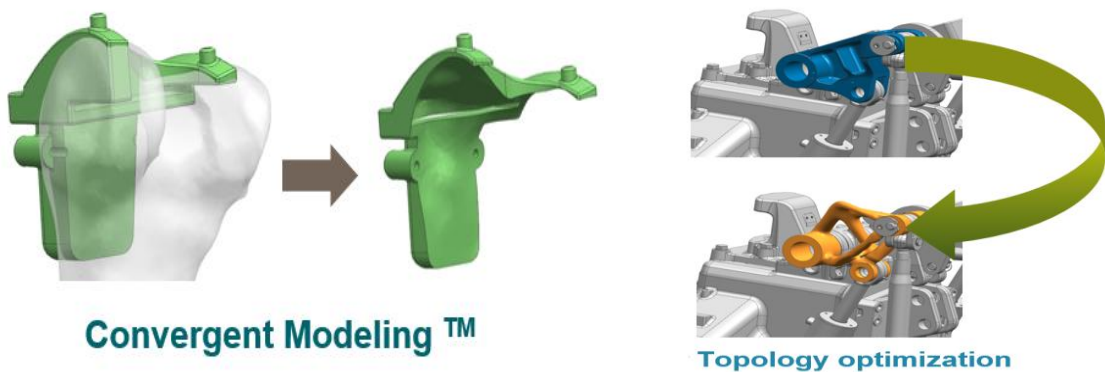
Design for additive manufacturing

Với NX, tên trước đây là NX Unigraphics hay thường được viết tắt là U-G, là một gói phần mềm CAD/CAM/CAE được phát triển đầu tiên bởi Unigraphics, nhưng từ năm 2007 do Siemens PLM Software phát triển, Siemens đang cung cấp các công cụ mới để thiết kế thể hệ sản phẩm tiếp theo cho sản xuất AM.

Người dùng có thể tận dụng mô hình hội tụ “convergent” để quét các mô hình vật lý và sau đó sửa đổi các thiết kế sẵn sàng cho in 3D mà không cần trải qua quy trình tái tạo ngược “reverse engineering”.

Người dùng có thể tận dụng lợi thế của thiết kế generative sử dụng phương pháp “topology optimization”, nơi mà máy tính hỗ trợ bằng cách lặp lại tính toán để tạo ra các hình dạng phức tạp và được tối ưu hóa nhằm đạt được các mục tiêu hiệu năng đầu vào như sức bền và trọng lượng.

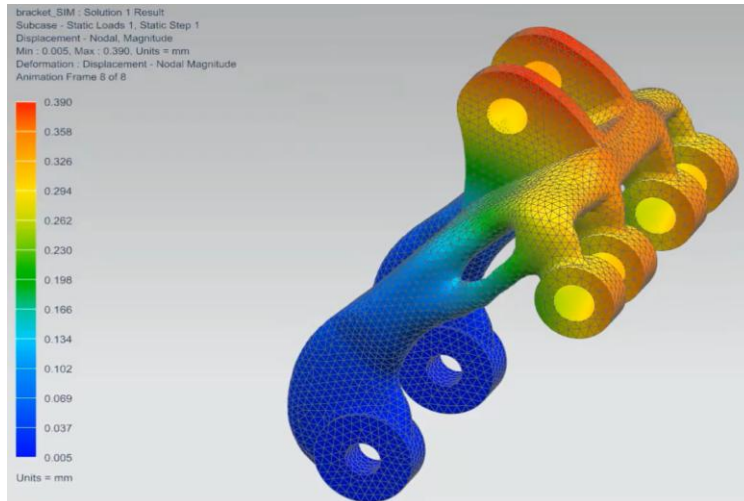
Người dùng có thể thay thế một phần của chi tiết với cấu trúc dạng lưới mắt cáo làm giảm trọng lượng chi tiết trong khi vẫn duy trì hoặc thậm chí cải thiện hiệu suất sản phẩm.



Hình 37: Lattice Structure

Simulate for additive manufacturing

Simcenter 3D cung cấp khả năng tiên tiến cho mô phỏng để đảm bảo rằng các kết quả thiết kế đáp ứng tất cả các tiêu chí hiệu năng cần thiết. Simcenter 3D có thể được tích hợp hoàn toàn trong môi trường NX hoặc có sẵn dưới dạng một sản phẩm độc lập hoạt động với bất kỳ hệ thống CAD nào. Simcenter 3D cho phép các đội kỹ thuật giải quyết một loạt các yêu cầu về hiệu suất cho sức bền, độ rung, âm thanh, chuyển động, dòng chảy và truyền nhiệt.

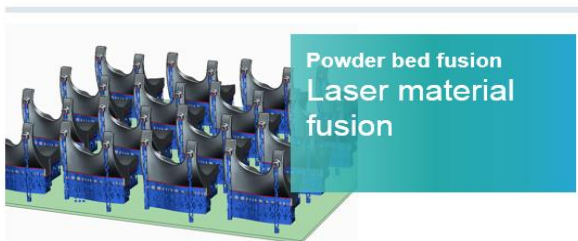
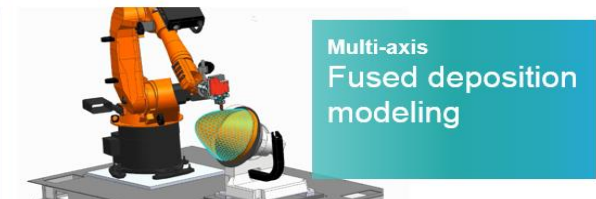
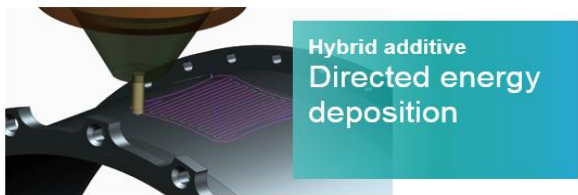


Siemens không chỉ hỗ trợ phạm vi rộng nhất của công nghệ in 3D mà Siemens và các đối tác đang tiên phong xây dựng và áp dụng các ứng dụng mới trong AM

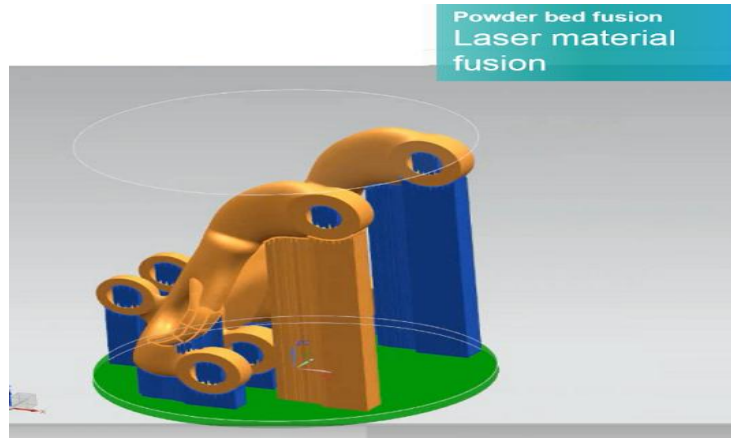
3D print

Revolutionary technologies supported by NX

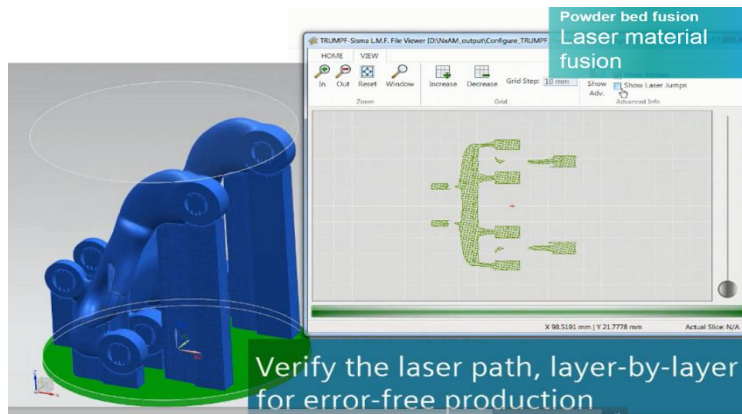
SIEMENS
Ingenuity for life



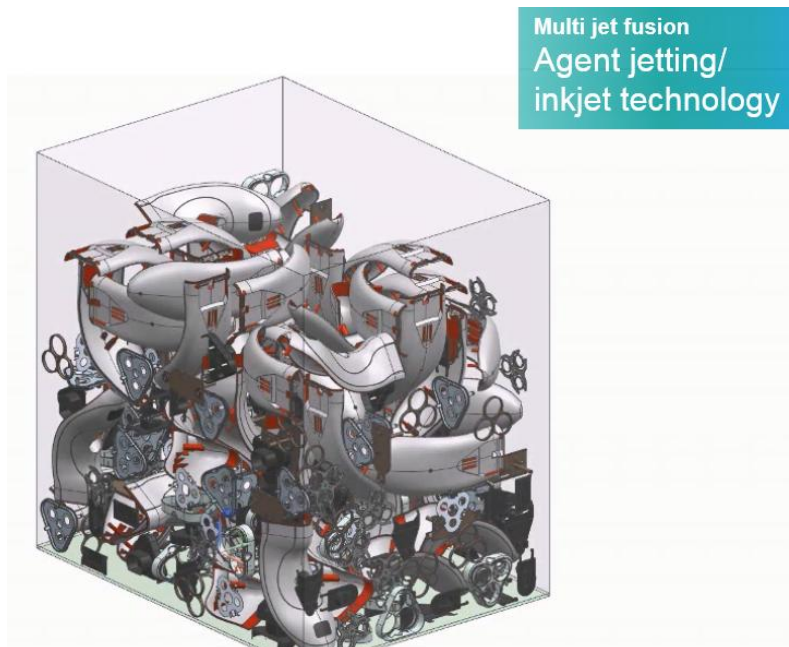
NX cho phép thiết lập và điều khiển nhiều dòng máy in 3D.



Hình 38: Tạo cấu trúc support như ý muốn



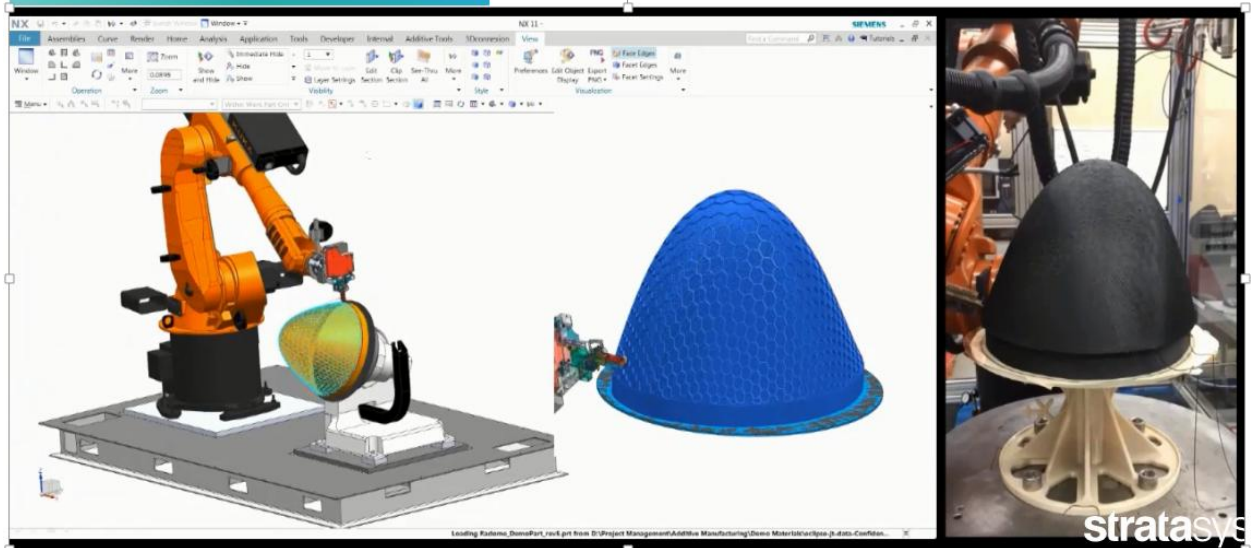
Hình 39: Kiểm tra các lớp vật liệu sẽ được in



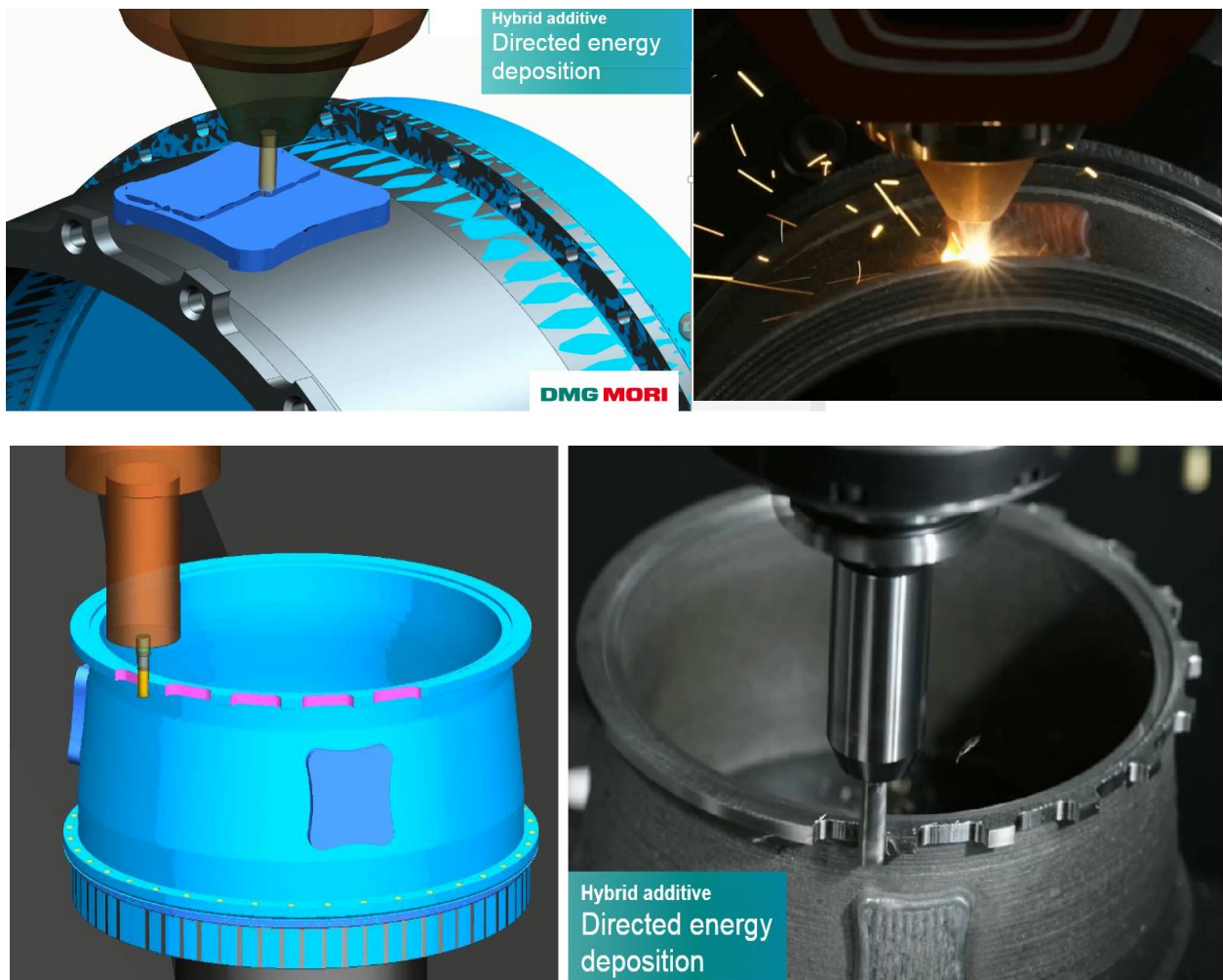
Hình 40: Điều khiển máy in 3D mới nhất của HP với phần mềm NX

Multi-axis Fused deposition modeling

SIEMENS
Ingenuity for life




































Hình 41: điều khiển in 3D đa trục kết hợp với công nghệ của Stratasys bằng phần mềm NX



Ngay tại Siemens, các chuyên gia kỹ thuật cũng đang thay đổi tư duy và công nghiệp hóa AM trên các bộ phận và trong công việc.

| | | |
|--|--|---|
| <p>“Functional prototyping” of gas turbine blades PG, UK, Lincoln</p> | <p>“Designed-in functionality” for gas turbine burner tips PS, Sweden, Finspång</p> | <p>“Spare parts on demand” for train components MO Germany, Erlangen</p> |
|  |  |  |
| <p>Improved internal cooling for greater overall turbine efficiency</p> | <p>Reduced repair times by 90% (months to weeks)</p> | <p>Reduced supply chain dependency, enabled mass customization</p> |

Siemens cũng đồng thời hợp tác với các công ty hàng đầu thế giới về thiết bị và công nghệ AM để tối đa hóa lợi ích cho người dùng.

| | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|---|--|
| <p>3D printer / Additive Manufacturing equipment</p> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="193 1097 414 1198"> <p>Exclusive solution provider and reseller</p>  </td> <td data-bbox="414 1097 630 1198"> <p>Development partner and reseller</p>  </td> <td data-bbox="630 1097 909 1198"> <p>Solution development partner</p>  <p>And more</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="193 1198 414 1317"> <p>Certified solution provider</p>  </td> <td data-bbox="414 1198 630 1317"> <p>Foundation / technology partner</p>  </td> <td data-bbox="630 1198 909 1317"> <p>Foundation/ Technology partner</p>  </td> </tr> </table> | <p>Exclusive solution provider and reseller</p>  | <p>Development partner and reseller</p>  | <p>Solution development partner</p>  <p>And more</p> | <p>Certified solution provider</p>  | <p>Foundation / technology partner</p>  | <p>Foundation/ Technology partner</p>  | <p>Maximizing the value of best-in-class AM production technology</p> |
| <p>Exclusive solution provider and reseller</p>  | <p>Development partner and reseller</p>  | <p>Solution development partner</p>  <p>And more</p> | | | | | |
| <p>Certified solution provider</p>  | <p>Foundation / technology partner</p>  | <p>Foundation/ Technology partner</p>  | | | | | |
| <p>Additive Manufacturing software technology</p> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="193 1355 414 1451"> <p>AM Technology partner</p>  </td> <td data-bbox="414 1355 630 1451"> <p>Topology optimization</p>  </td> <td data-bbox="630 1355 909 1451"> <p>Security technology</p>  </td> </tr> </table> | <p>AM Technology partner</p>  | <p>Topology optimization</p>  | <p>Security technology</p>  | <p>Streamlining the digital value chain</p> | | | |
| <p>AM Technology partner</p>  | <p>Topology optimization</p>  | <p>Security technology</p>  | | | | | |
| <p>Consulting services</p> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="193 1489 558 1588"> <p>AM Enterprise consulting services</p>  </td> <td data-bbox="558 1489 909 1588"> <p>Engineering consulting services</p>  <p>A Siemens Business</p> </td> </tr> </table> | <p>AM Enterprise consulting services</p>  | <p>Engineering consulting services</p>  <p>A Siemens Business</p> | <p>Accelerating AM business transformation</p> | | | | |
| <p>AM Enterprise consulting services</p>  | <p>Engineering consulting services</p>  <p>A Siemens Business</p> | | | | | | |

Hiện nay, Siemens là người dẫn đầu trong công nghiệp hóa AM cho sản xuất. Siemens cung cấp hệ thống phần mềm tích hợp toàn diện nhất để phát triển sản phẩm và sản xuất với các công nghệ mới để công nghiệp hóa AM. Siemens thúc đẩy phạm vi rộng nhất của công nghệ in 3D sản xuất tất cả trong một hệ thống và đang xây dựng một hệ sinh thái với các đối tác hàng đầu thế giới và cùng nhau cách mạng hóa công nghệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TS. Hoàng Xuân Tùng, *Báo cáo 3D Printing technology and Applications*, 2018.
2. Lương Minh, *Báo cáo Công nghiệp hóa gia công đắp dần – AM*, 2018
3. ThS. Huỳnh Hữu Nghị, *Báo cáo Giới thiệu tình hình chế tạo máy in 3D tại Việt Nam và nghiên cứu công nghệ in 3D trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh*, 2018.
4. TS. Lâm Lê, *Bài 1: Công nghệ in 3D – Lịch sử và Ứng dụng*, *Tạp chí Tia Sáng*, 2015.
5. TS. Lâm Lê, *Bài 2: Công nghệ in 3D - Tác động và thách thức*, *Tạp chí Tia Sáng*, 2015.
6. Anh Tùng, *In 3D – Công nghệ thay đổi cách thức sản xuất*, *Food and Agriculture Organization, STinfo SỐ 11 & 12 - 2017*.
7. PGS.TS Phạm Xuân Mai, *Công nghệ tạo mẫu nhanh và ứng dụng trong công nghiệp ô tô ở Thaco*, *tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, số 6 -2017, trang 22 - 24
8. Mark Yampolskiy, Wayne King, Gregory Pope, Sofia Belikovetsky and Yuval Elovici, *EVALUATION OF ADDITIVE AND SUBTRACTIVE MANUFACTURING FROM THE SECURITY PERSPECTIVE*, *IFIP International Federation for Information Processing 2017*, M.Rice and S. Sheno (Eds.): *Critical Infrastructure ProtectionXI, IFIPAICT512*, pp. 23–44, 2017.
9. *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, *OECD Publishing, Paris*,
10. Nannan GUO, Ming C. LEU, *Frontiers of Mechanical Engineering*, 2013, Volume 8, Issue 3, pp 215–243