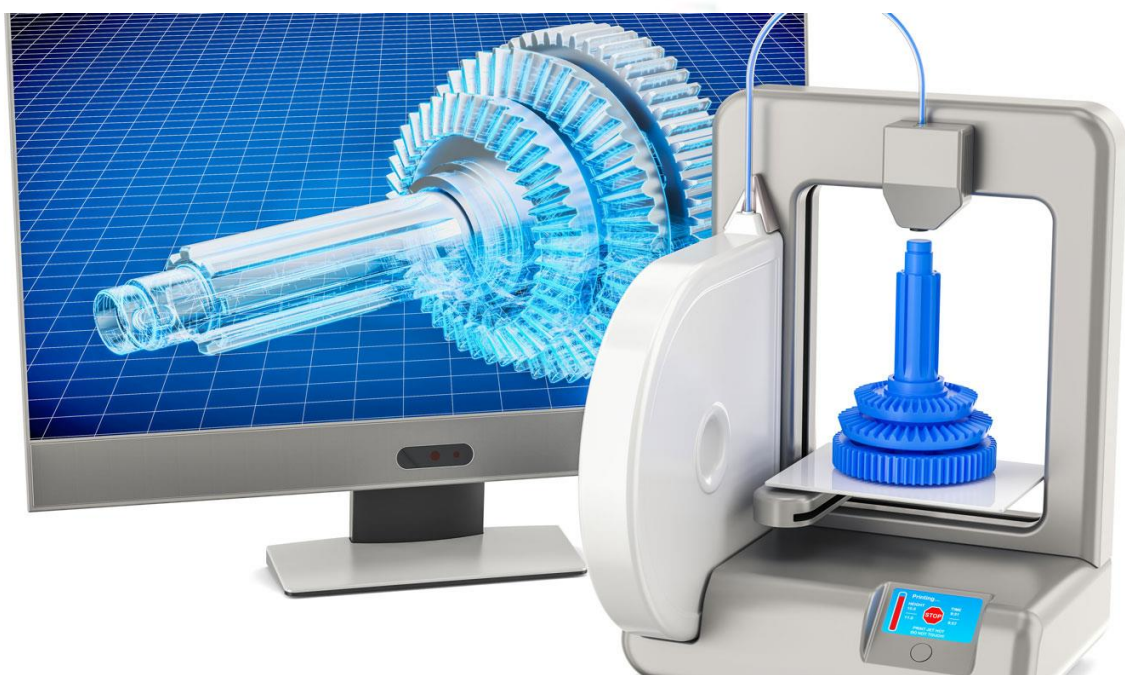


TẬP ĐOÀN DỆT MAY VIỆT NAM
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CÔNG NGHỆ TP. HCM

KHOA CƠ ĐIỆN

Tài liệu giảng dạy
CÔNG NGHỆ IN 3D



TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 09 NĂM 2021

TẬP ĐOÀN DỆT MAY VIỆT NAM
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CÔNG NGHỆ TP. HCM

KHOA CƠ ĐIỆN

Tài liệu giảng dạy

CÔNG NGHỆ IN 3D

TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 09 NĂM 2021

LƯU HÀNH NỘI BỘ

MỤC LỤC	Trang
Mục lục	i
Lời nói đầu	iii
Bài 1. Giới thiệu tổng quan về công nghệ in 3D	
I. Tổng quan về lịch sử hình thành công nghệ in 3D	1
1. Thuật ngữ công nghệ	1
2. Lịch sử hình thành	2
3. Khái niệm	3
4. Các quy trình thiết kế sản phẩm in 3D	4
II. Các công nghệ in 3D và ứng dụng liên quan	4
1. Công nghệ SLS	5
2. Công nghệ SLM	10
3. Công nghệ FDM	20
III. Các bộ phận trong máy in 3D	28
1. Bộ phận cơ khí	29
2. Bộ phận chuyển động	30
3. Bộ phận điện-điện tử	31
Bài 2. Nguyên tắc chung trong thiết kế - chế tạo mẫu 3D	
I. Các nguyên tắc thành lập bản vẽ in 3D	34
1. Nguyên tắc	34
2. Định dạng file dành cho in 3D	35
3. Chuẩn bị mô hình in 3D	36
II. Các yêu cầu trong thiết kế mẫu in 3D	48
1. Sản phẩm đã được lắp ghép sẵn và sản phẩm có hình dáng phức tạp	48
2. Hình dáng hình học sản phẩm	49
3. Lượng vật liệu đỡ thích hợp	51
4. Tổng kết những lưu ý khi thành lập bản vẽ in 3D	56
III. Mô hình lát cắt trong mẫu in 3D	57
1. Cắt mặt phẳng đơn giản trong Meshmixer	59
2. Cắt nâng cao trong Meshmixer	59
Bài 3. Quy trình in 3D	
I. Quá trình liên kết vật liệu trong công nghệ in 3D	63
1. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công FDM	63

2. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công bồi đắp Vat Polymerization (Bồn chứa polime hóa)	64
3. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công bồi đắp PBF – Powder Bed Fusion (thiên kết và hợp nhất bột)	66
4. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công bồi đắp Material Jetting (Phun vật liệu)	68
5. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công bồi đắp Binder Jetting (Phun chất kết dính)	70
6. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công bồi đắp LOM-Laminated Object Manufacturing (gia công tấm mỏng)	72
7. Liên kết vật liệu bằng quy trình gia công bồi đắp DMD-Direct Metal Deposition (bồi đắp kim loại trực tiếp)	73
II. Quá trình hình thành mẫu trong công nghệ in 3D FDM	74
1. Thao tác trên phần mềm	74
2. Nhập file in 3D	75
3. Sử dụng các nút chức năng trên giao diện	76
4. In nhanh mô hình	77
III. Thực hành lấy mẫu và liên kết vật liệu	78
1. Thực hành với mô hình bu lông và đai ốc	78
2. Thực hành với mô hình nẹp cổ tay	87
Bài 4. Công nghệ in 3D và ứng dụng	
I. Các ứng dụng in 3D trong thực tiễn	93
II. Ứng dụng in 3D trong ngành thời trang	94
1. In mẫu giày cao gót	94
2. In mẫu mũ lưỡi trai	96
3. In mẫu vòng đeo tay	97
III. Ứng dụng in 3D trong ngành cơ khí	98
1. Ứng dụng in đồ gá 1	98
2. Ứng dụng in đồ gá 2	99
3. Ứng dụng in đồ gá 3	99
IV. Ứng dụng in 3D trong ngành Robot	100
V. Ứng dụng in 3D trong ngành nghệ thuật	103
Phụ lục	107
Tài liệu tham khảo	111

LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu giảng dạy Công nghệ in 3D được biên soạn cho sinh viên cao đẳng ngành Công nghệ Kỹ thuật Cơ khí và ngành Công nghệ Kỹ thuật Cơ điện tử.

Tài liệu trang bị các kiến thức lý thuyết, thực hành cơ bản để sinh viên thiết kế, thi công một số sản phẩm in 3D trong các lĩnh vực như: Cơ khí, thời trang, nghệ thuật, điện – điện tử, Robot, ...

Tài liệu gồm 4 bài:

Bài 1. Giới thiệu tổng quan về công nghệ in 3D

Bài 2. Nguyên tắc chung trong thiết kế - chế tạo mẫu 3D

Bài 3. Quy trình in 3D

Bài 4. Công nghệ in 3D và ứng dụng

Rất mong được sự phản hồi quý báu từ bạn đọc để tài liệu ngày càng được hoàn thiện hơn.

Bài 1

GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ IN 3D

I. Tổng quan về lịch sử hình thành công nghệ in 3D

1. Thuật ngữ công nghệ

Công nghệ được mô tả trong tài liệu này được gọi là công nghệ bồi đắp vật liệu (Additive Manufacturing – AM) hoặc công nghệ chế tạo mẫu nhanh (Rapid Prototyping – PR) hay còn được gọi với tên phổ biến hiện nay là công nghệ in 3D (3D Printing - 3DP). Công nghệ bồi đắp vật liệu được sử dụng trong các ngành công nghiệp để tạo ra “mẫu” hay “sản phẩm” trước khi đưa vào sản xuất đại trà hoặc tiến hành thương mại hóa. Các nhà quản lý sản xuất, kỹ sư thiết kế sử dụng công nghệ này để phục vụ công việc kết hợp với việc cho phép khách hàng của họ thử nghiệm các ý tưởng và cung cấp thông tin phản hồi trong quá trình phát triển sản phẩm.

Thuật ngữ đầu tiên để chỉ công nghệ này là “công nghệ chế tạo mẫu nhanh”. Tuy nhiên, theo quá trình phát triển công nghệ, người sử dụng nhận ra rằng thuật ngữ này chưa đủ và đặc biệt không hiệu quả khi mô tả các ứng dụng gần đây của nó. Nhờ những cải tiến liên tục trong việc nâng cao chất lượng đầu ra, công nghệ chế tạo mẫu nhanh đã tiến rất gần đến sản phẩm hoàn thiện chứ không còn đơn thuần là mẫu. Nhiều sản phẩm, trong thực tế đang được sản xuất trực tiếp từ công nghệ này, do đó công nghệ này được đổi tên thành “công nghệ in 3D”. Gần đây, Ủy ban Kỹ thuật ASTM Quốc tế đồng ý với đề xuất thuật ngữ công nghệ in 3D.

2. Lịch sử hình thành

Công nghệ in 3D ra đời đã được hơn 30 năm nay, thiết bị và vật liệu sản xuất dần dần đã được phát triển trong những năm 1980. Năm 1981, Hideo Kodama của Viện Nghiên Cứu Công Nghiệp thành phố Nagoya (Nhật Bản) đã sáng tạo ra phương pháp tạo một mô hình bằng nhựa ba chiều với hình ảnh cứng polymer, nơi diện tích tiếp xúc với tia cực tím được kiểm soát bởi một mô hình lớp hay phát quang quét. Sau đó, vào năm 1984, nhà sáng chế người Mỹ Charles Hull của công ty hệ thống 3D (3Dsystem) đã phát triển một hệ thống nguyên mẫu dựa trên quá trình này được gọi là Stereolithography, trong đó các lớp được bổ sung bằng cách chữa giấy nến với ánh sáng cực tím laser. Hull định nghĩa quá trình như một “Hệ thống để tạo ra các đối tượng 3D bằng cách tạo ra một mô hình mặt cắt của các đối tượng được hình thành” nhưng điều này đã được phát minh bởi Kodama. Đóng góp của Hull là việc thiết kế các định dạng tập tin STL (StereoLithography) được ứng dụng rộng rãi trong các phần mềm in 3D.

Năm 1986, Charles Hull đã sáng tạo ra quy trình Stereolithography – sản xuất vật thể từ nhựa lỏng và làm cứng lại nhờ laser. Sau đó ông đăng ký bản quyền cho công nghệ in 3D “Thiên kết laser chọn lọc” (Selective laser sintering – SLS) có sử dụng file định dạng STL (Standard Tessellation Language). Hull cũng thành lập công ty

3Dsystems và đến nay nó là một trong những công ty cung cấp công nghệ lớn nhất hiện nay trong lĩnh vực in 3D.

Nếu lập biểu thời gian thì chúng ta sẽ thấy công nghệ này phát triển theo một biểu đồ logarit. Từ 1986 đến 2007, trong 20 năm đầu tiên, công nghệ này mới chỉ có các bước đi nhỏ, đây được gọi là giai đoạn xâm nhập, bước nền cho công nghệ tạo mẫu nhanh. Tuy nhiên, đến năm 2009 đã có một sự biến động lớn trên thị trường, nhiều bằng sáng chế về công nghệ này đã hết hạn bảo hộ bản quyền, trong đó có bằng sở hữu về công nghệ “Mô hình hóa bằng phương pháp nóng chảy lắng đọng” (FDM). Quy trình FDM tạo hình sản phẩm nhờ nấu chảy vật liệu rồi xếp đặt chồng lớp, vốn được sở hữu bởi hãng Stratasys, một trong những đối thủ cạnh tranh hàng đầu trong lĩnh vực in 3D. Khi bằng sáng chế về FDM hết giá trị, công nghệ này đã thu hút nhiều nhà sản xuất tham gia. Giá thành sản xuất giảm và FDM trở thành một trong những chìa khóa công nghệ cơ bản của các máy sản xuất đắp dần được tiêu thụ trên thị trường hiện nay.

Những mốc quan trọng trong lịch sử công nghệ in 3D:

Năm 1984: Quy trình sản xuất đắp dần được phát triển bởi Charles Hull.

Năm 1986: Charles Hull đăng ký bản quyền chiếc xe máy tạo vật thể 3D bằng công nghệ SLS và từ file định dạng STL. Charles Hull đặt tên cho công nghệ của mình là Stereolithography, thành lập công ty 3Dsystem và phát triển máy in 3D thương mại đầu tiên được gọi là Stereolithography Apparatus (SLA).

Năm 1987: 3Dsystem phát triển dòng sản phẩm SLA-250, đây là phiên bản máy in 3D đầu tiên được giới thiệu ra công chúng.

Năm 1988: Hãng Stratasys và công ty 3Dsystem lần đầu công bố những chiếc máy sản xuất đắp dần.

Năm 1989: Ra đời công nghệ SLS (Selective Laser Sintering), là công nghệ in 3D sử dụng con lăn để dát mỏng nguyên liệu ra thành các lớp, sau đó xếp chồng và dính chặt các lớp lại với nhau bằng cách chiếu tia laser vào.

Năm 1990: Công ty Stratasys thương mại hóa công nghệ “Mô hình hóa bằng phương pháp nóng chảy lắng đọng” (Fused deposition modeling – FDM) được phát triển bởi Scott Crump vào cuối những năm 1980. Stratasys bán chiếc máy FDM đầu tiên: “3D Modeler” năm 1992.

Năm 1991: Ra đời công nghệ LOM (Laminated Object Manufacturing), đây là công nghệ in 3D sử dụng những vật liệu dễ dàng dát mỏng như giấy, gỗ, nhựa...

Năm 1993: công ty Solidcape được thành lập để chế tạo ra dòng máy in 3D dựa trên công nghệ in phun, máy có thể tạo ra những sản phẩm nhỏ với chất lượng bề mặt rất cao. Cũng trong năm này, Viện Công Nghệ Massachusetts Institute of Technology (MIT) đăng ký bảo hộ công nghệ “3 Dimensional Printing Techniques (3DP)”.

Năm 1995: Công ty Z Corporation đã mua lại giấy phép độc quyền từ MIT để sử dụng công nghệ 3DP và bắt đầu sản xuất các máy in 3D.

Năm 1996: Stratasys giới thiệu dòng máy in 3D “Genisys”. Cùng năm này, Z Corporation cũng giới thiệu dòng “Z402”. 3Dsystem cũng giới thiệu dòng máy “Actua 2100”. Tới lúc này thì cụm từ “Máy in 3D” được sử dụng lần đầu tiên để chỉ những chiếc máy tạo mẫu nhanh.

Năm 2005: Z Corporation giới thiệu dòng máy Spectrum Z510. Đây là dòng máy in 3D đầu tiên tạo ra những sản phẩm có nhiều màu sắc chất lượng cao.

Năm 2006: Dự án máy in 3D mã nguồn mở được khởi động – Reprap – mục đích là tạo ra những máy in 3D có thể sao chép chính bản thân nó. Người ta có thể điều chỉnh hay sửa đổi nó tùy ý, nhưng phải tuân theo điều luật GNU (General Public Licence).

Năm 2008: Phiên bản đầu tiên của Reprap được phát hành, nó có thể sản xuất được 50% các bộ phận của chính mình.

Năm 2008: Objet Geometries Ltd đã tạo ra cuộc cách mạng trong ngành tạo mẫu nhanh khi giới thiệu Connex500, đây là chiếc máy đầu tiên trên thế giới có thể tạo ra sản phẩm 3D với nhiều loại vật liệu khác nhau trong cùng một thời điểm.

Năm 2009: Bản quyền về công nghệ “Mô hình hóa bằng phương pháp nóng chảy lắng đọng” (FDM) hết hạn bảo hộ và chiếc máy in 3D mã nguồn mở đầu tiên ra đời.

Năm 2010: Urbee – chiếc xe hơi nguyên mẫu đầu tiên được giới thiệu, đây là chiếc xe đầu tiên trên thế giới mà toàn bộ phần vỏ được in ra từ máy in 3D. Tất cả các bộ phận bên ngoài, kể cả kính chắn gió đều được tạo ra từ máy in 3D Fortus khổ lớn của Stratasys.

Năm 2010: Organovo Inc, một công ty y học học tái tạo nghiên cứu trong lĩnh vực in 3D sinh học đã công bố việc chế tạo ra hoàn chỉnh mạch máu đầu tiên hoàn toàn bằng công nghệ in 3D.

Năm 2012: Thương mại hóa máy in 3D cá nhân đầu tiên.

Năm 2014: Các bằng sáng chế cho công nghệ “Thiêu kết laser chọn lọc” (Selective laser sintering – SLS), cũng bắt đầu hết hạn bảo hộ, tạo cơ hội cho những sáng chế mới phát triển hơn nữa ngành sản xuất đắp dần, mở đường cho một thời kỳ phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp này trong tương lai gần.

3. Khái niệm

Tạp chí The Engineer của Anh định nghĩa: *In 3D là một chuỗi các công đoạn khác nhau được kết hợp để tạo ra một vật thể ba chiều. Trong in ấn 3D, các lớp vật liệu được đắp chồng lên nhau và được định dạng dưới sự kiểm soát của máy tính để tạo ra vật thể. Các đối tượng này có thể có hình dạng bất kỳ, và được sản xuất từ một mô hình 3D hoặc nguồn dữ liệu điện tử khác. Máy in 3D là một loại robot công nghiệp.*

Hiệp hội vật liệu và thử nghiệm Hoa Kỳ (American Society for Testing Materials – ASTM) đã đưa ra một khái niệm rõ ràng về công nghệ sản xuất đắp dần: “Công nghệ

sản xuất đắp dần là một quá trình sử dụng các nguyên liệu để chế tạo nên mô hình 3D, thường là chồng từng lớp nguyên liệu lên nhau, và quá trình này trái ngược với quá trình cắt gọt vẫn thường dùng để chế tạo xưa nay". Có thể thấy đây là một phương pháp sản xuất hoàn toàn trái ngược so với các phương pháp cắt gọt – hay còn gọi là phương pháp gia công, mài giũa vật liệu nguyên khối – bằng cách loại bỏ hoặc cắt gọt đi một phần vật liệu, nhằm có được sản phẩm cuối cùng. Còn với sản xuất đắp dần, ta có thể coi nó là công nghệ tạo hình như đúc hay ép khuôn, nhưng từ những nguyên liệu riêng lẻ để đắp dần thành sản phẩm cuối cùng.

“In 3D” chỉ việc sử dụng “máy in phun” với “đầu mực” di chuyển để chế tạo ra các sản phẩm hoàn thiện. Trên thực tế thì công nghệ sản xuất đắp dần cũng có thể hoạt động tương tự như vậy, nhưng nó còn có những quá trình, kỹ thuật tiến bộ hơn. In 3D trong gốc của thuật ngữ có ý nghĩa liên quan đến quá trình tuần tự các vật liệu tích lũy trong môi trường bột với đầu máy in phun. Hiện nay, ý nghĩa của thuật ngữ này đã được mở rộng để bao gồm đa dạng hơn các kỹ thuật như các quy trình dự trên phun ra và thiêu kết.

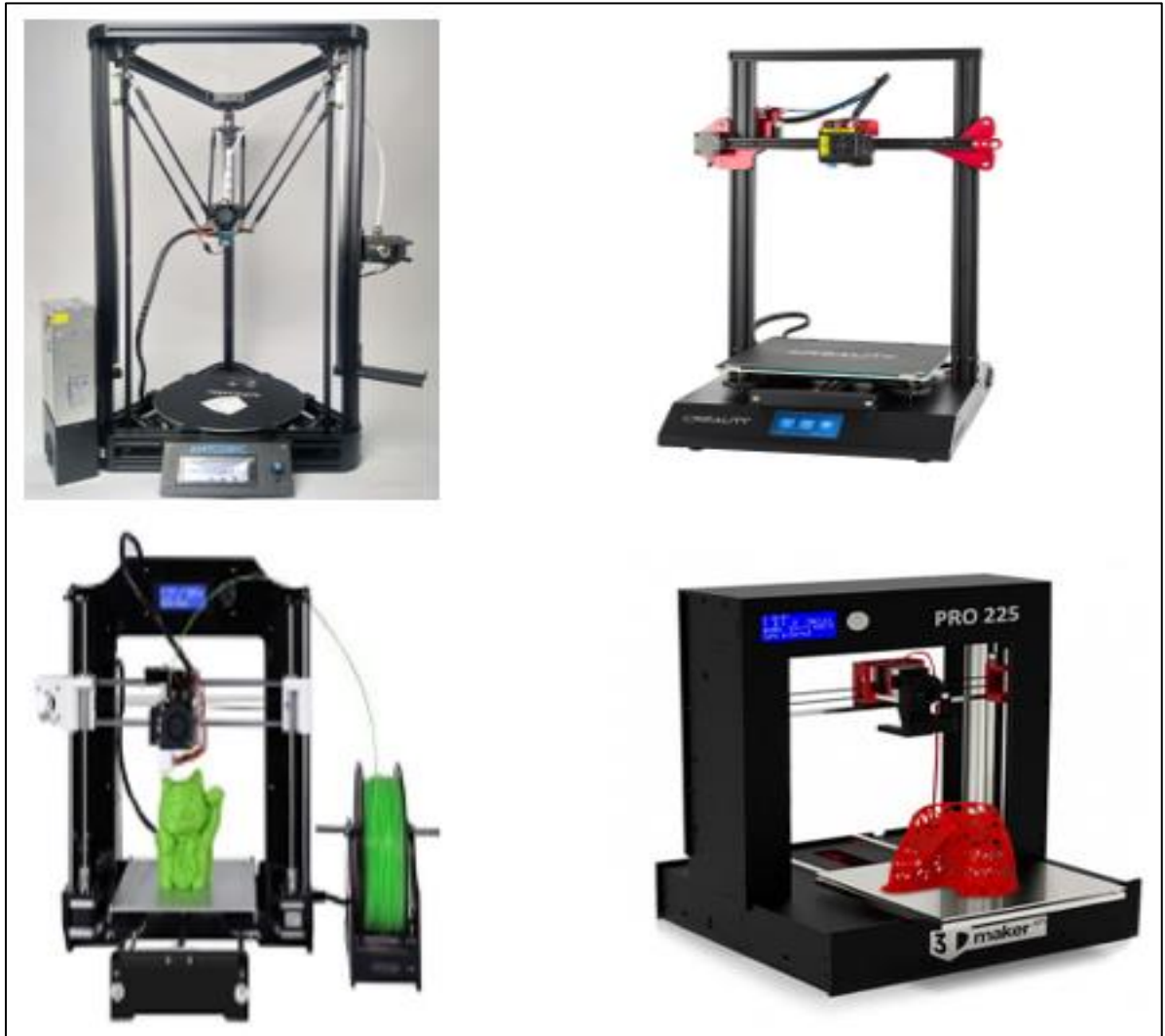
4. Các quy trình thiết kế sản phẩm in 3D

- Quy trình thuận: thiết kế sản phẩm mẫu bằng các phần mềm thiết kế vật thể 3D, sau đó chuyển file này thành file in để nhập vào máy in 3D và máy chạy sản xuất ra các vật thể 3D. Các vật thể 3D trong quy trình thuận là sản phẩm mới hoàn toàn.

- Quy trình ngược: sử dụng máy quét 3D để quét các vật thể thật ngoài thực tế, sau đó file quét 3D được xử lý và chuyển file cung cấp cho máy in 3D, máy in 3D sản xuất ra sản phẩm (vật thể 3D) giống hoàn toàn 100% với vật thể đã quét. Công nghệ này được dùng để tái tạo các vật thể cần được bảo tồn hoặc nhân bản như: tượng, chi tiết nhà cửa, chi tiết công cụ, máy móc, các món đồ quý giá bị sức mẻ một phần,...

II. Các công nghệ in 3D và ứng dụng liên quan

Các công nghệ in 3D chính bao gồm: “Thiêu kết laser chọn lọc” (Selective laser sintering – SLS), “Thiêu kết laser chọn lọc trực tiếp” (Direct metal laser sintering – DMLS), “Mô hình hóa bằng phương pháp nóng chảy lắng đọng” (Fused deposition modeling – FDM), “Tạo hình nhờ tia laser” (Stereolithography – SLA) và “In phun sinh học” (Inkjet bioprinting). Trong mọi trường hợp, các đối tượng được tạo thành từ một lớp tại một thời điểm cho đến khi lớp cuối cùng của đối tượng được hoàn thành. Với một số công nghệ được thực hiện bằng cách nóng chảy vật liệu và lắng đọng vật liệu trong các lớp, trong khi các công nghệ khác kiên cố hóa vật liệu trong mỗi lớp bằng cách sử dụng laser. Trong trường hợp in phun sinh học, một sự kết hợp của vật liệu khung đỡ và các tế bào sống được phun.



Hình 1.1. Máy in 3D Delta, máy in 3D Mini, máy in 3D NANO

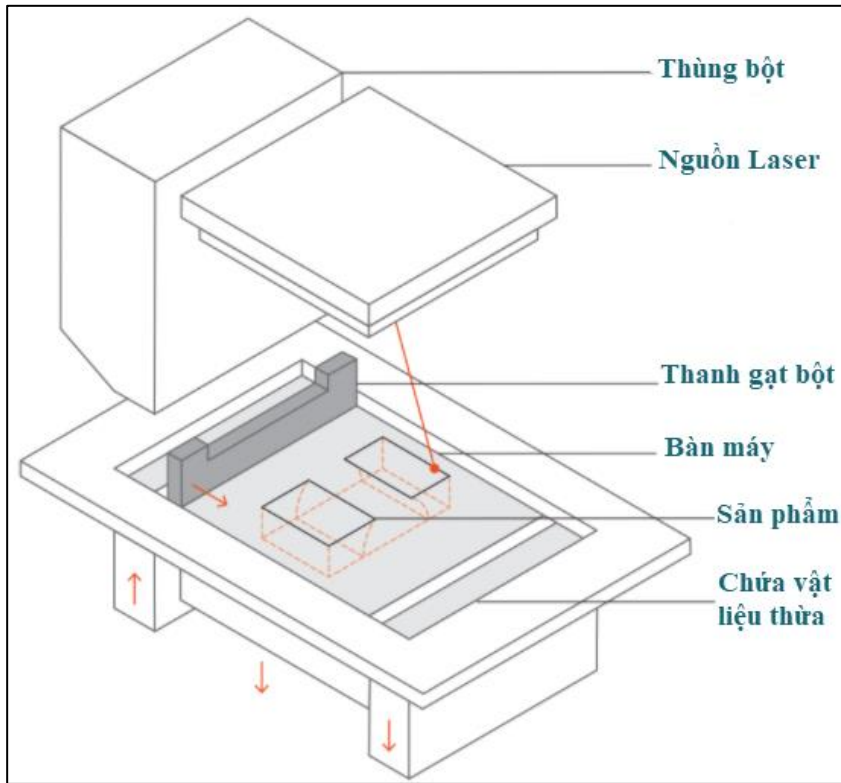
Ngày nay, in 3D có thể tạo ra đồ vật từ nhiều loại vật liệu, bao gồm nhựa, kim loại, gốm sứ, thủy tinh, giấy, và thậm chí cả tế bào sống. Các vật liệu này có thể dưới dạng bột, dây tóc, chất lỏng hoặc tấm. Với một số kỹ thuật, một vật đơn giản có thể được in bằng nhiều vật liệu và màu sắc, và một tác vụ in đơn lẻ thậm chí có thể tạo ra các bộ phận chuyển động kết nối (như bản lề, liên kết chuỗi hoặc lưới).

1. Công nghệ SLS

SLS (Selective Laser Sintering) là công nghệ dùng tia laser công suất cao để nung nóng vật liệu bột (thủy tinh, gốm sứ, thạch cao, kim loại,...) đến dưới nhiệt độ nóng chảy nhằm thiêu kết và hợp nhất các hạt bột vật liệu lại với nhau, tạo thành một khối rắn dạng xốp.

Ngoài ra còn có công nghệ SLM tương tự SLS nhưng sử dụng nguồn laser có cường độ mạnh hơn để làm nóng chảy hoàn toàn bột kim loại và kết dính chúng lại với nhau thành một khối rắn đồng nhất.

1.1. Nguyên lý hoạt động của công nghệ SLS



Hình 1.2. Nguyên lý công nghệ SLS

Công nghệ SLS chế tạo sản phẩm bằng cách thiêu kết làm kết dính các hạt vật liệu dưới tác dụng của tia laser. Đầu tiên, một lớp vật liệu bột mỏng được trải trực tiếp trên bàn máy. Sau đó, năng lượng tia laser sẽ kết dính phần vật liệu nằm trong biên dạng của mặt cắt sản phẩm mà nó tiếp xúc. Quá trình kết dính hoạt động tương tự như quá trình quang hóa trong công nghệ sử dụng vật liệu lỏng. Sau khi xong một lớp, hệ thống cấp liệu được hạ xuống một khoảng bằng độ dày lớp kế tiếp, đưa nguyên liệu bột vào vị trí làm việc và quá trình này sẽ lặp đi lặp lại nhiều lần đến khi hoàn thành sản phẩm.

Trong quá trình làm việc, những vật liệu không thuộc biên dạng mặt cắt sẽ được lấy ra sau khi hoàn thành sản phẩm. Những sản phẩm được chế tạo bằng công nghệ SLS có độ nhám tương đối cao, xuất hiện lỗ hổng trên bề mặt, sau đó sản phẩm được xử lý bằng các phương pháp gia công tinh khác.

1.2. Quy trình chế tạo sản phẩm bằng công nghệ SLS

- Bước 1: Sử dụng các phần mềm chuyên dùng cho công nghệ in 3D để tạo các mô hình 3 chiều ở định dạng STL, chia lưới, cắt lớp, cài đặt các thông số quá trình và tạo ra các mã G-codes tương ứng.

- Bước 2: Chuyển dữ liệu G-codes vào máy in 3D để chế tạo sản phẩm. Máy sẽ tạo một lớp đầu tiên bằng cách trải vật liệu và tiến hành gia nhiệt. Vật liệu bột thừa sau khi tạo lớp sẽ được đưa trở về thùng chứa.

- Bước 3: Tia laser sẽ thiêu kết các vùng vật liệu theo biên dạng mặt cắt của sản phẩm.

- Bước 4: Khi lớp thứ nhất đã hoàn thành thì lớp vật liệu bột thứ hai được cấp vào vị trí làm việc bằng con lăn hoặc dao gạt để chuẩn bị cho quá trình tạo lớp thứ hai.

- Bước 5: Bước 3 và bước 4 được lặp lại cho đến khi sản phẩm được hoàn chỉnh.

Sau khi quá trình kết thúc, sản phẩm được lấy ra khỏi thiết bị và có thể sử dụng phương pháp xử lý như phun cát hoặc đánh bóng tùy từng ứng dụng của sản phẩm.

1.3. Ưu, nhược điểm của công nghệ SLS

Ưu điểm:

- Công nghệ SLS là công nghệ duy nhất trong tất cả các công nghệ in 3D cho phép tạo ra các sản phẩm có tính hóa học và vật lý tương đương vật liệu gốc. Các ứng dụng chịu nhiệt cao và không phản ứng với hóa chất.

- Công nghệ SLS không đòi hỏi cấu trúc vật liệu đỡ như nhiều công nghệ in 3D khác mà sử dụng chính phần bột không thiêu kết để đỡ phụ trong toàn bộ quá trình in giúp tiết kiệm chi phí vật liệu và cho phép in nhanh hơn.

- Tốc độ in nhanh hơn 5 – 10 lần, chi phí in thấp hơn 7 lần so với tất cả các công nghệ khác.

- Công nghệ SLS in được nhiều sản phẩm trong cùng một lần.

- Vật liệu dùng cho công nghệ SLS có cơ tính tốt nhất trong tất cả các loại vật liệu, chịu được nhiệt độ, môi trường, tác động vật lý, tác động hóa học,... rất tốt cho ứng dụng đúc bằng khuôn thạch cao.

- Vật liệu thừa sau in có thể được thu gom trở lại và tái sử dụng cho các lần in tiếp theo.

Nhược điểm:

- Giá thiết bị và vật liệu khá đắt.

- Với các mô hình kín và có phần rỗng bên trong vẫn phải tiêu tốn một lượng vật liệu khá lớn vì không lấy ra được.

- Công nghệ này đòi hỏi cung cấp nguồn năng lượng lớn trong quá trình in vì phải sử dụng laser để thiêu kết vật liệu.

1.4. Vật liệu sử dụng trong công nghệ SLS

Máy in 3D SLS có thể sử dụng nhiều loại vật liệu dạng bột, nhưng hầu hết chúng là các polyamit (điển hình là Nylon PA12) có thể trộn thêm các chất phụ gia để thay đổi các đặc tính sản phẩm như màu sắc, độ bền, tính linh hoạt, độ cứng... Một ví dụ điển hình chính là vật liệu Nylon, một chất liệu nhựa nhiệt dẻo có độ bền và khả năng chống mài mòn cao.

Ngoài ra, công nghệ SLS thường sử dụng những vật liệu ở dạng bột khác như: thủy tinh, nylon, sáp, bột kim loại (copper polyamide, rapid steel), bột gốm (ceramic), glass filled nylon, vật liệu đàn hồi (elastomer), polycarbonate (PC), bột gốm sứ,...

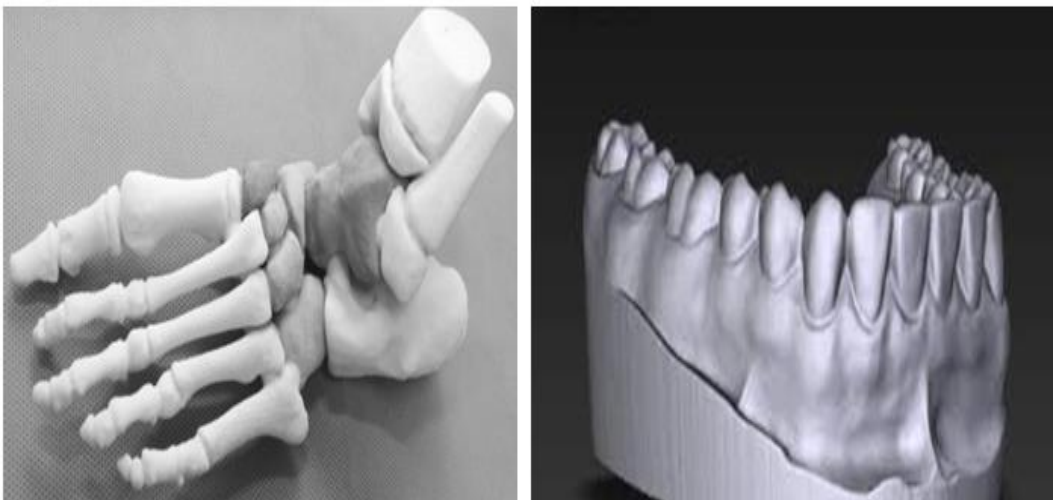
1.5. Ứng dụng tiêu biểu của công nghệ SLS

- Y tế và chăm sóc sức khỏe: in răng sứ (cực chính xác để gắn vừa vặn đẹp mắt hoặc theo nhu cầu khách hàng). Mỗi người sở hữu những chiếc răng chỉ vừa vặn một

cách tự nhiên với khung hàm và nướu của họ, vì thế khi có sự can thiệp của nha khoa người ta mong muốn có những chiếc răng thay mới đẹp như thật. Lúc này, công nghệ in 3D tạo ra những chiếc răng giống 100% với răng cần thay thế, thậm chí nếu cần sau khi quét răng thật, file được xử lý để có những chiếc răng đẹp mắt hơn (theo ý khách hàng) nhưng vẫn gắn vừa khít với khung hàm và nướu của chủ nhân. Công nghệ in 3D chế tạo chân tay giả cho bệnh nhân gần đây cũng là một ứng dụng đáng khen ngợi giành cho các nhà thiết kế 3D.

Ưu điểm của in 3D được thể hiện rất rõ trong lĩnh vực y tế và chăm sóc sức khỏe với vô vàn ứng dụng, công nghệ in 3D rất hữu ích trong sản xuất các mô hình sinh học (các mô hình bộ phận con người như xương, răng...). Trong ứng dụng này, mô hình điện tử của bộ phận cơ thể con người được dựng bởi các hình ảnh 3D hoặc một máy quét 3D. Sau đó, mô hình sinh học được tạo ra từng lớp từng lớp nhờ vào công nghệ in 3D. Trong ngành giải phẫu, mỗi bệnh nhân là một cá thể riêng biệt và duy nhất, mô hình sinh học 3D cho phép bác sĩ thực hiện phẫu thuật thuận lợi hơn do có được sự hiểu biết sâu hơn về cơ thể bệnh nhân và các chẩn đoán được chính xác hơn. Nhờ đó, kế hoạch phẫu thuật được chi tiết hơn, các thử nghiệm, diễn tập phẫu thuật hay hướng dẫn trong ca mổ được đảm bảo về độ chính xác và chất lượng. Công nghệ in 3D còn hỗ trợ các thử nghiệm phương pháp và công nghệ y tế mới, tăng cường nghiên cứu y khoa, giảng dạy và đào tạo đội ngũ y bác sĩ. Chẳng hạn như giúp bác sĩ có thể luyện tập phẫu thuật giả lập bằng các mô nội tạng nhân tạo hoặc chế tạo các dụng cụ trong y học được sử dụng để đưa hoặc gắn vào trong cơ thể.

Công nghệ in 3D giúp các bác sĩ phẫu thuật ghép mắt, phẫu thuật thay xương hàm. Để tăng tỷ lệ thành công, phẫu thuật sử dụng các mô hình phân đầu giống với kích thước thật của bệnh nhân, được tạo ra nhờ ảnh chụp CT và công nghệ in 3D. Mô hình này giúp các bác sĩ nắm rõ cấu trúc giải phẫu phân mặt của bệnh nhân trước khi tiến hành phẫu thuật, rút ngắn thời gian phẫu thuật và có lợi cho bệnh nhân.



Hình 1.3. Xương và hàm răng được tạo từ công nghệ in 3D

Hiện nay, các nhà khoa học đã thành công trong việc sử dụng máy in phun 3D để tái tạo các tế bào mắt, tế bào da người, in cấu trúc mô có cả mạng lưới mạch máu bên trong bằng loại mực in sinh học chứa các thành phần chiết xuất từ mô cơ thể.

Tuy chưa thật sự hoàn hảo, công nghệ in 3D đang có những bước tiến dài trong lĩnh vực phẫu thuật, y học, những ứng dụng tiên tiến trên đây cho thấy công nghệ in 3D đang giúp ích cho các bệnh nhân và mở ra xu hướng y học mới.

- Nghệ thuật: việc tái thiết các công trình, tượng, nhà cửa đang trong quá trình bảo tồn cần dùng đến công nghệ in 3D để tạo ra sản phẩm hoàn chỉnh hoặc chi tiết hư hỏng cần có để thay thế.



Hình 1.4. Bức tượng điêu khắc được nhà điêu khắc Sophie Kahn tạo ra

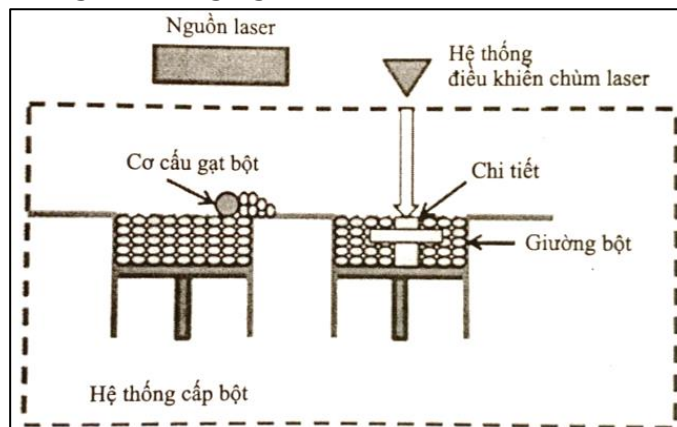
Các nhà bảo tồn nghệ thuật người Ý đã ứng dụng công nghệ in 3D để khôi phục hai bức tượng bán thân ở thành phố cổ Palmyra ở Syria bị các thành viên nhà nước nhóm Nhà nước Hồi giáo phá hủy (hình 1.5). Đây được xem là bước tiến mạnh mẽ của loài người để phục chế những công trình mang tính lịch sử với niên đại lên đến hàng ngàn năm, góp phần bảo tồn các kiến trúc nghệ thuật và khám phá mới về các nền văn minh của nhân loại tưởng chừng bị chôn vùi theo dòng chảy của thời gian.



Hình 1.5. Bức tượng cổ được khôi phục ở thành phố Palmyra, Syria

2. Công nghệ SLM

2.1. Nguyên lý hoạt động của công nghệ SLM



Hình 1.6. Nguyên lý công nghệ SLM

Trong công nghệ SLM (Selective Laser Melting), năng lượng dùng để làm nóng chảy bột kim loại được tạo bởi nguồn laser Yb-fiber có công suất từ 100W đến 400W. Chùm tia laser được điều khiển và hội tụ tại một điểm để làm nóng chảy bột kim loại nhờ hệ thống thấu kính. Quá trình chế tạo bắt đầu bởi một lớp bột mỏng được rải lên bàn chế tạo nhờ cơ cấu gạt bột. Chùm năng lượng laser được hội tụ và nung chảy bột kim loại tại các điểm được xác định bởi dữ liệu số có sẵn. Sau khi lớp bột kim loại được nung chảy trong vùng tiết diện, bàn chế tạo sẽ di chuyển xuống một đoạn bằng chiều dày lớp cắt từ mô hình CAD của chi tiết (thông thường chiều dày mỗi lớp từ 75 μ m đến 150 μ m). Tiếp theo, một lớp bột khác được rải lên nhờ cơ cấu cấp liệu, sau đó được nung chảy để liên kết với lớp trước đó. Quá trình này sẽ được lặp đi lặp lại cho đến khi chi tiết được chế tạo hoàn chỉnh.

Trong quá trình chế tạo, các lớp bột kim loại liên tiếp được nung chảy hoàn toàn, đông đặc và liên kết với lớp trước đó. Quá trình làm nóng chảy kim loại và quá trình đông đặc kim loại được thực hiện trong môi trường khí trơ.

Khi quá trình chế tạo kết thúc, chi tiết được lấy ra khỏi thiết bị. Bột kim loại không nóng chảy hoặc nóng chảy một phần sẽ được gỡ bỏ để sử dụng lại cho những lần tiếp theo. Sản phẩm sẽ được làm sạch và thực hiện gia công tinh ở một số bề mặt.

Quá trình chế tạo sản phẩm bằng công nghệ SLM giống công nghệ SLS, chỉ khác ở một điểm là vật liệu trong công nghệ SLM được làm nóng chảy hoàn toàn.

2.2. So sánh công nghệ SLM và SLS

Công nghệ	SLS	SLM
Nguyên lý	Dùng laser công suất cao làm nóng bột kim loại đến dưới nhiệt độ nóng chảy để thiêu kết (sintering) và hợp nhất các hạt bột vật liệu lại với nhau	Dùng tia laser công suất cao để làm tan chảy hoàn toàn kim loại và kết hợp các hạt bột kim loại lại với nhau thành một khối đồng nhất.

Vật liệu	SLS dùng các loại bột nhựa, chất dẻo, thủy tinh, gốm sứ,...trong đó nylon là vật liệu lý tưởng vì trọng lượng nhẹ, độ bền cao và chịu nhiệt.	SLM dùng các loại bột kim loại tinh khiết như đồng, nhôm, thép không gỉ, thép số, cobalt crom, titanium và vonfram. Vật liệu có đặc tính khi nóng chảy sẽ đồng chất ở dạng nguyên tử.
Độ chính xác	Tùy vào từng dòng máy, trung bình độ chính xác đạt được khoảng dung sai là $\pm 0,05 - 0,25\text{mm}$	Khoảng dung sai $\pm 0,05 - 0,2\text{mm}$
Đặc tính	Sản phẩm có độ xốp, mật độ thấp	Sản phẩm có đặc bề mặt, cơ tính tốt
Các thông số khác	Tùy vào dòng máy sẽ có những thông số kỹ thuật khác: tốc độ in, kích thước, bề dày lớp vật liệu, khí bảo vệ, nguồn,...	Tùy vào dòng máy sẽ có những thông số kỹ thuật khác: tốc độ in, kích thước, bề dày lớp vật liệu, khí bảo vệ, nguồn,...

Các vấn đề của công nghệ SLM:

- Sản phẩm còn ứng suất dư
- Vật liệu kim loại phù hợp cho công nghệ còn hạn chế
- Chi phí đầu tư cho công nghệ SLM còn quá cao so với thực tế
- Sản phẩm chưa đảm bảo cho sản xuất hàng loạt

2.3. Vật liệu sử dụng trong công nghệ SLM

- Bột hợp kim của Titan (Ti -6Al-4V) có các tính năng cơ hóa học đặc biệt, độ bền sản phẩm lớn nhưng tính dẻo thấp. Ngoài ra, sản phẩm được làm Titan có trọng lượng nhẹ, độ bền cao, chống ăn mòn và tính định hình tốt (rất lý tưởng cho lĩnh vực hàng không vũ trụ).

- Bột hợp kim Niken (Rene, Inconel,...) được sử dụng chế tạo sản phẩm cần hiệu suất làm việc cao như động cơ phản lực và tuabin khí để cải thiện sự cân bằng trong khả năng chịu tải, độ bền kéo và ăn mòn, chống oxy hóa.

- Bột hợp kim sắt: SLM ít sử dụng hợp kim này do sản phẩm được tạo ra không thể đạt được một tỷ trọng hoàn toàn. Vậy vậy hợp kim sắt chỉ dùng khi chế tạo các chi tiết đặc hoàn toàn. Cả sắt và Crom rất dễ bị oxy hóa.

- Bột hợp kim nhôm: ít được sử dụng do nhôm đòi hỏi nguồn năng lượng cao để làm nóng chảy do sự dẫn nhiệt của nhôm lớn. Quá trình oxy hóa cũng là một giới hạn của nhôm.

- Bột hợp kim đồng được sử dụng nhiều do khả năng chống ăn mòn cao, đặc biệt khi trộn đồng đỏ với thiếc hoặc trộn đồng thau với kẽm. Đồng mềm và yếu hơn thép nhưng khả năng chống ăn mòn kim loại cao, độ bền mỏi, dẫn nhiệt tốt hơn so với thép.

- Bột Composites kim loại: bao gồm bột kim loại nền pha thêm gốm sứ để tăng độ cứng và độ bền. Ngày nay, vật liệu bột MMC được sử dụng ngày càng nhiều trong công nghệ in 3D.

2.4. Một số thiết bị theo công nghệ SLM/SLS

a. Thiết bị EOS M290 (Đức)



Hình 1.7. Máy in 3D EOS M290 của Đức

EOS 290 là máy in 3D công nghiệp được hãng EOS (Đức) sản xuất. Đây là dòng máy đáp ứng sản xuất hàng loạt. Trọng tâm của máy là khả năng giám sát mới gồm 4 công cụ

+ EOSATE Base: Công cụ theo dõi các thông số trong buồng làm việc của thiết bị bao gồm công suất nguồn laser, vị trí theo trục Z, nhiệt độ, áp suất và độ ẩm trong buồng làm việc. Tất cả các yếu tố trên đều ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

+ EOSATE Powder Bed: Theo dõi sự lắng đọng của lớp vật liệu bột bằng cách chụp ảnh dọc theo mỗi lớp vật liệu được trải ra bằng một máy ảnh đơn giản.

+ EOSATE Laser Monitoring: Hệ thống LaserMonitoring nhằm đảm bảo nguồn laser luôn duy trì được cường độ và bức xạ nhất quán trong suốt quá trình chế tạo sản phẩm. Công cụ này bảo đảm rằng một lớp của sản phẩm luôn phù hợp với các lớp khác và sẽ có cùng một đặc tính.

+ EOS Parameter Editor: Công cụ này cho phép người sử dụng có thể tạo ra các bộ thông số riêng của mình cho các hợp kim khác nhau và cho phép tùy chỉnh. Hiện tại, Parameter Editor cho phép người dùng tùy chỉnh công suất laser, tốc độ phơi sáng và chiến lược chế tạo. Trong tương lai gần, nhà sản xuất cho phép thêm các tùy chọn khác: thay đổi độ dày lớp, hỗn hợp khí trơ, nhiệt độ ban đầu của quá trình chế tạo.

Máy sử dụng nguồn laser 400W, khí bảo vệ Argon hoặc Nitơ.

b. Thiết bị SLM® 125HL



Hình 1.8. Máy in 3D SLM® 125HL

Được biết đến như là dòng máy có tốc độ in tốt nhất với $25\text{cm}^2/\text{h}$, phù hợp để chế tạo các sản phẩm bằng kim loại kích thước nhỏ trong lĩnh vực nghiên cứu và phát triển. Thiết bị cho phép điều chỉnh thông số phù hợp với yêu cầu cụ thể, hệ thống tuần hoàn khí tối ưu theo tầng vật liệu trong chu trình khép kín, làm nóng chảy bằng hệ thống laser nhỏ gọn mang lại sự an toàn và chi phí hiệu quả.

Thông số kỹ thuật của máy SLM® 125HL

Thông số kỹ thuật của máy SLM® 125HL	
Kích thước máy (L x W x H)	1400 x 900 x 2460 mm
Kích thước sản phẩm (L x W x H)	125 x 125 x 125 mm
Cấu trúc hệ thống quang học	Nguồn laser công suất 400W
Tốc độ in	$25\text{ cm}^2/\text{h}$
Độ dày lớp	$20\mu\text{m} - 75\mu\text{m}$, bước tăng $1\mu\text{m}$
Đường kính chùm tia laser	$70\mu\text{m} - 100\mu\text{m}$
Tốc độ quét tối đa	10m/s
Mức tiêu thụ khí trung bình khi làm việc	2lít/phút (khí Argon)
Mức tiêu thụ khí khi tẩy rửa vệ sinh	70lít/phút (khí Argon)
Điện áp đầu vào	400V 3NPE, 32A, 50/60Hz, 3kW
Hệ thống khí nén	ISO 8573-1:2010 [1:4:1], 50lít/phút, 6 bar
Khối lượng máy	750kg

c. Thiết bị Zrapid SLM 150



Hình 1.9. Máy in 3D Zrapid SLM 150

Thiết bị Zrapid SLM 150 lý tưởng cho các sản phẩm cần độ bền và chức năng với nhiều ứng dụng. Các ưu điểm bao gồm:

- Các sản phẩm được chế tạo có thể gia công lại, sơn và có tính kháng hóa chất tốt.
- Chất lượng bề mặt tốt
- Thời gian nhanh
- Vật liệu không được nung chảy có thể dễ dàng lấy ra sau khi chế tạo.

Thông số kỹ thuật

Loại laser: Fiber Laser (IPG), bước sóng 1070nm, công suất laser 200W

Recoating system: quy trình Scraper paving, bề dày lớp 0.04 -0.1mm, độ chính xác 0.02 – 0.04mm.

Hệ thống quang học: đường kính chùm tia 0.05-0.15mm, phương thức tập trung SCANLAB, tốc độ quét khi chế tạo 2m/s, tốc độ di chuyển nhanh 10m/s.

Hệ thống bảo vệ: khí bảo vệ Ar/N₂, kiểm soát lưu lượng (điều chỉnh thông minh 0-3/phút, kiểm soát hút bụi (hệ thống tái chế bảo vệ hiệu quả cao).

Thông số hoạt động: kích thước sản phẩm 150 x 150 x 200mm, phương thức làm nóng điện trở dây.

Phần mềm: hệ điều hành Windows 7, Ethernet, IEEE902.3; phần mềm cắt lớp 3DMAGICS3.0; phần mềm điều khiển máy Zero 4.0; giao diện CAD, phần mềm thiết kế 3D, định dạng STL.

Điều kiện lắp đặt: công suất 200 – 240VAC 50/60Hz, 3 pha, 8Amps; nhiệt độ môi trường 20 – 26°C; tích hợp điều hòa không khí; độ ẩm dưới 40%, không ngưng tụ.

Kích thước máy: 1290 x 1020x 1750mm.

2.5. Ứng dụng tiêu biểu của công nghệ SLM

- Thời trang: các sản phẩm như giày cao gót, mũ lưỡi trai, quần áo,... được tạo mới hoặc tái tạo (sản phẩm của những diễn viên, người mẫu nổi tiếng) để nhân bản, bán lại với ưu điểm “hàng nháy” đang được ứng dụng nhiều hiện nay. Hình 1.10 là bộ trang phục được sản xuất bằng công nghệ in 3D. Shapeway, một công ty chuyên chế tạo, mua bán sản phẩm làm từ máy in 3D đã tạo ra bộ đồ N12. Bộ đồ này được tạo thành bằng những vòng tròn nối với nhau theo dạng hình học: đường cong lớn, vòng tròn nhỏ. Toàn bộ thiết kế được dựa vào hình scan cơ thể, do đó sản phẩm cuối cùng rất vừa vặn với người mặc.



Hình 1.10. Bộ trang phục N12 làm từ máy in 3D

- Công nghiệp sản xuất, chế tạo:

Các ngành công nghiệp sản xuất chế tạo là nơi sản xuất và ứng dụng sản phẩm in 3D nhiều nhất, lý do chính khiến công nghệ sản xuất dần được sử dụng rộng rãi trong môi trường công nghiệp là do nó cho phép sản xuất các bộ phận với số lượng ít. Bộ phận có hình dạng phức tạp, cắt giảm phế liệu, tạo nhanh sản phẩm thử nghiệm, sản xuất theo yêu cầu. Lý do nữa để sử dụng in 3D là giúp giảm độ phức tạp trong quản lý chuỗi cung ứng, cho phép sản xuất các bộ phận tại chỗ thay vì phải sản xuất ở nơi khác mang đến. 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. Nhiều sản phẩm in 3D ra đời là các công cụ, dụng cụ có kích thước từ nhỏ nhất cho tới lớn nhất được chào bán và ứng dụng thiết thực vào cuộc sống, chúng trông rất đẹp mắt và hữu dụng.



Hình 1.11. Đàn Guitar được làm từ máy in 3D