



# NHỮNG TIẾN BỘ MỚI NHẤT VỀ CÔNG NGHỆ IN 3D

**Đỗ Hoàng Nam**

*Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành*

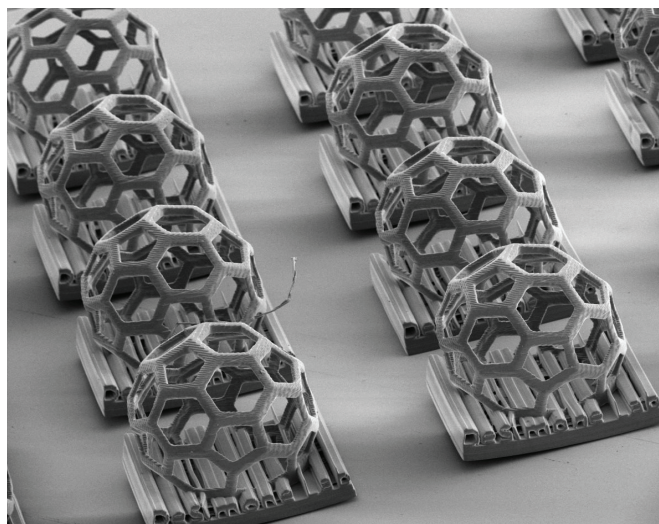


Nghiên cứu về công nghệ in 3D đã được tiến hành từ những năm 1970 để sử dụng cho việc sản xuất các bộ phận được chế tạo theo yêu cầu riêng. Tuy vậy, thuật ngữ in 3D chỉ thực sự ra đời vào năm 1995 bởi GS Ely Sachs tại Viện Công nghệ Massachusetts (Mỹ) - người đã nghiên cứu sửa đổi máy in phun thành máy đùn ra loại dung dịch liên kết và hóa rắn. Hiện nay, có hơn 18 phương pháp in 3D, mỗi phương pháp có nhiều sửa đổi, cho phép sản xuất các sản phẩm tùy chỉnh bằng nhiều loại vật liệu. Dưới đây là một số tiến bộ mới nhất về công nghệ in 3D.



## Sản xuất hàng triệu cấu trúc 3D vi mô

Các nhà nghiên cứu tại Đại học Stanford (Mỹ) vừa giới thiệu một kỹ thuật xử lý in 3D hiệu quả hơn, có thể in hàng triệu sản phẩm vi mô, với độ chi tiết cao và có thể tùy chỉnh. Các hạt siêu nhỏ này có hình dạng phong phú, có thể phục vụ hầu hết các nhu cầu trong y học, sản xuất, nghiên cứu... Nhóm nghiên cứu đã sử dụng công nghệ sản xuất liên tục trên bề mặt lỏng (Continuous Liquid Interface Production). Kỹ thuật này là sự kết hợp các xung ánh sáng chiếu vào bề mặt vật liệu nhựa lỏng để hóa rắn và tạo hình sản phẩm theo yêu cầu, sản phẩm được kéo từ từ ra khỏi bề mặt vật liệu nhựa lỏng và có hình dạng theo mẫu thiết kế từ xung ánh sáng. Bề mặt bề mặt vật liệu tiếp xúc với xung ánh sáng gọi là cửa sổ có khả năng thấm oxy để ức chế khả năng hóa rắn của vật liệu và dính vào bề mặt cửa sổ. Sử dụng ánh sáng để chế tạo các vật thể không cần khuôn mẫu sẽ mở ra một chân trời hoàn toàn mới trong sáng tạo vật thể, mang lại cơ hội để thúc đẩy các ngành công nghiệp trong tương lai. Dựa trên công nghệ này, nhóm nghiên cứu đã phát triển một quy trình để in 3D ra hàng loạt hạt siêu nhỏ có hình dạng riêng biệt, kích thước bé hơn chiều rộng của một sợi tóc người. Các nhà nghiên cứu sử dụng một cuộn phim được căng cẩn thận, sau đó đưa vào máy in 3D. Tại đây, hàng trăm hình dạng sản phẩm khác nhau được in cùng lúc lên tám phim, sau đó được di chuyển để rửa, xử lý tạo



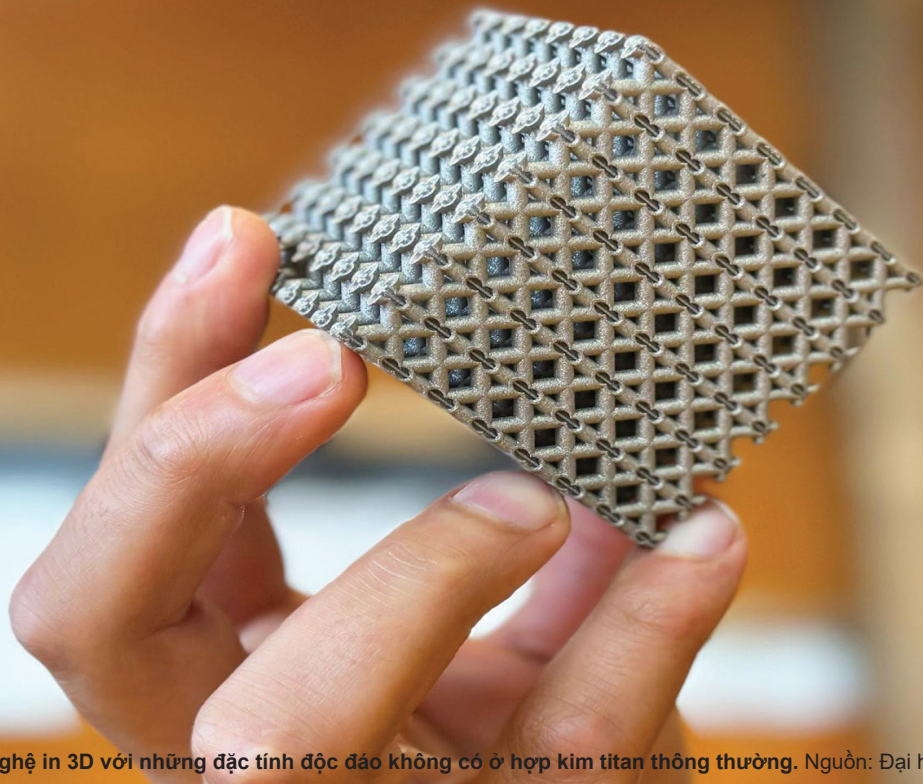
Hình ảnh các sản phẩm in 3D số lượng lớn, có kích thước nhỏ hơn 1 mm. Nguồn: DeSimone Research Group.

độ cứng và đưa sản phẩm ra ngoài. Tất cả các bước đều có thể được tùy chỉnh dựa trên hình dạng và vật liệu liên quan. Quy trình này cho phép tăng tốc độ chế tạo lên mức chưa từng có trước đây, khi việc in 3D phải thực hiện theo từng mẻ riêng biệt trong một quy trình chậm và tốn nhiều công sức.

## Cấu trúc in 3D mới cho ra đời hợp kim siêu mạnh

Trong thiên nhiên có các cấu trúc dạng lưới với nhiều thanh liên kết rỗng, như ở những loài thực vật có thân rỗng khỏe mạnh như hoa súng hay san hô ống. Điều đó gợi ý cho các nhà nghiên cứu suy nghĩ về việc kết hợp giữa cấu trúc nhẹ và sự mạnh mẽ. Tuy nhiên, sau hàng thập kỷ cố gắng tái tạo các cấu trúc rỗng này bằng kim loại, các nhà nghiên cứu đã thất bại do các vấn đề về chế tạo và ứng suất tải trọng tập trung vào khu vực bên trong của các thanh chống rỗng, dẫn đến hư hỏng sớm. Lý tưởng nhất là sức căng trong tất cả các thành phần vật liệu phức tạp này phải được trải đều.

Nhóm nghiên cứu tại Đại học RMIT (Úc) đã tối ưu hóa một loại cấu trúc mạng mới để phân bổ ứng suất đồng đều hơn, nâng cao độ bền và hiệu quả cấu trúc vật liệu. Họ đã thiết kế một cấu trúc mạng hình ống rỗng, có một dải mỏng chạy bên trong. Hai yếu tố này cùng nhau thể hiện sức mạnh và sự gọn nhẹ chưa từng có trong tự nhiên, bằng



Mẫu vật liệu mới từ công nghệ in 3D với những đặc tính độc đáo không có ở hợp kim titan thông thường. Nguồn: Đại học RMIT (Úc).

cách kết hợp hiệu quả hai cấu trúc mạng bổ sung để phân bố ứng suất đồng đều, giúp tránh được những điểm yếu nơi ứng suất thường tập trung.

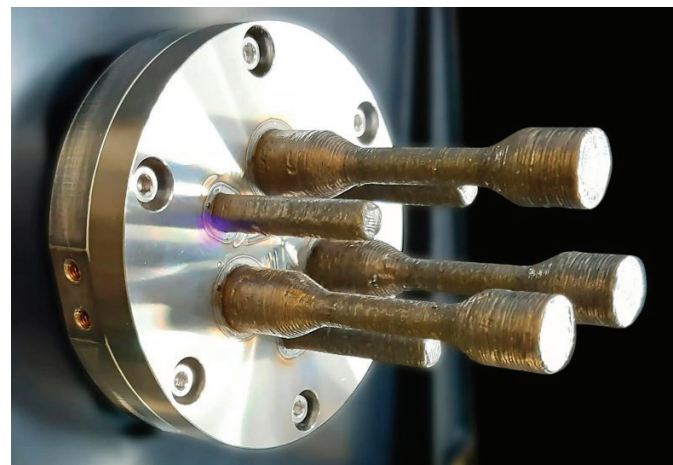
Sử dụng quy trình chế tạo, trong đó các lớp bột kim loại được nấu chảy vào đúng vị trí đã định bằng chùm tia laser công suất cao, tạo thành một khối titan có cấu trúc dạng lưới rỗng bên trong như thiết kế. Kết quả là qua thử nghiệm cho thấy nó mạnh hơn 50% so với hợp kim đúc magiê - hợp kim mạnh nhất có mật độ tương tự được sử dụng trong các ứng dụng hàng không vũ trụ. Cấu trúc mới đã giảm một nửa lực căng tập trung vào các điểm yếu của mạng lưới một cách hiệu quả.

Hiện nay, có thể sản xuất ra các vật liệu có cấu trúc này ở quy mô vài mm hoặc vài m bằng cách sử dụng các loại máy in 3D khác nhau, với kích thước đa dạng, độ bền, khả năng tương thích sinh học, kháng ăn mòn và chịu nhiệt khiến loại vật liệu này trở thành ứng viên đầy hứa hẹn cho nhiều ứng dụng từ thiết bị y tế (như cấy ghép xương) cho đến các bộ phận máy bay hoặc tên lửa.

### Lần đầu tiên in 3D kim loại trong không gian

In 3D kim loại sẽ sớm diễn ra trong không gian. Đầu năm nay, một máy in 3D kim loại do Cơ quan Vũ trụ châu Âu kết hợp với hãng Airbus sản xuất đã tới Trạm vũ trụ Quốc tế (ISS) trong sứ mệnh tiếp tế Cygnus NG-20. Hiện nay máy in 3D dựa trên polymer đã được đưa vào sử dụng trên trạm ISS. Tuy nhiên, do vật liệu nhựa có nhiều hạn chế, các nhà nghiên cứu vẫn không ngừng tìm cách sử dụng nguyên liệu kim loại. Việc in 3D kim loại đặt ra nhiều thách thức kỹ thuật hơn in nhựa, như nhiệt độ kim loại bị nung chảy cao hơn nhựa nhiều và phải sử dụng tia laser công suất cao hơn, trong khi điều kiện sản xuất và bảo trì rất hạn chế. Việc này cũng liên quan đến sự an toàn của phi hành đoàn và cả trạm

không gian. Tuy nhiên, nếu thành công, độ bền, độ dẫn điện và độ cứng của kim loại sẽ đưa tiềm năng in 3D trong không gian lên một tầm cao mới.



Hình ảnh mẫu vật sẽ được in trong không gian. Nguồn: Cơ quan Vũ trụ châu Âu.

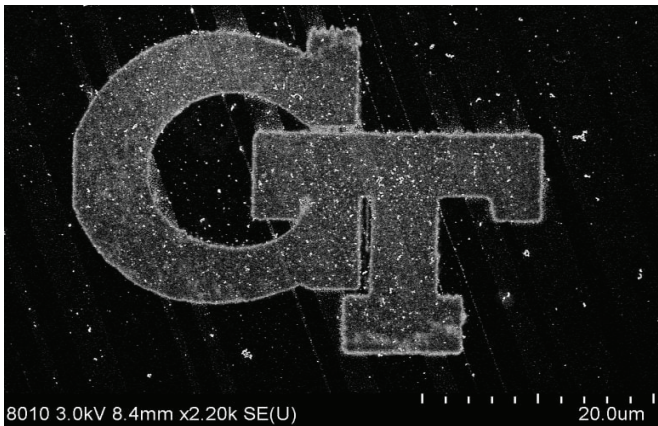
Tàu vũ trụ Cygnus NG-20 đã mang theo máy in 3D kim loại nặng khoảng 180 kg tới Trạm ISS. Sau khi cài đặt, máy in sẽ được điều khiển và giám sát từ Trái đất nên việc in ấn có thể diễn ra mà không cần sự giám sát của phi hành đoàn. Máy in sẽ sử dụng loại thép không gỉ thường được sử dụng trong cấy ghép y tế và xử lý nước do có khả năng chống ăn mòn tốt. Dây thép không gỉ được đưa vào khu vực in và được làm nóng bằng tia laser công suất cao. Vùng tan chảy của quy trình in rất nhỏ, do đó sức căng bề mặt của kim loại lỏng sẽ tăng lên, giữ nó an toàn tại chỗ trong tình trạng không trọng lượng. Mặc dù vậy, điểm nóng chảy của thép không gỉ là khoảng 1.400°C nên máy in hoạt động trong một hộp kín hoàn toàn, ngăn nhiệt hoặc khói dư thừa lan đến phi hành



đoàn của Trạm vũ trụ. Trước khi quá trình in bắt đầu, bầu không khí có oxy bên trong máy in phải được hút ra ngoài không gian và được thay thế bằng nitơ. Sau khi in xong các mẫu vật theo hình dạng thiết kế, chúng sẽ được đóng gói và chuyển về Trái đất để xử lý và phân tích, nhằm hiểu rõ sự khác biệt về chất lượng in ấn và hiệu suất trong môi trường không gian so với những sản phẩm được in trên Trái đất.

Kết quả thu được sẽ mở đường cho những nỗ lực trong tương lai là sản xuất các cơ sở hạ tầng vượt ra ngoài giới hạn của Trái đất. Đây cũng là bước nhảy vọt mở đường cho việc chế tạo những cấu trúc kim loại phức tạp hơn trong không gian, để phục vụ mục tiêu khám phá Mặt trăng và Sao Hỏa.

### In 3D kim loại kích thước nano



Hình ảnh kính hiển vi điện tử quét mẫu in 3D kích thước nano.  
Nguồn: Viện Công nghệ Georgia.

Những tiến bộ công nghệ trong nhiều lĩnh vực đang dựa vào khả năng in các cấu trúc kim loại có kích thước nano, quy mô nhỏ hơn hàng trăm lần so với chiều rộng của một sợi tóc người và đầu tư rất tốn kém. Các nhà nghiên cứu thuộc Viện Công nghệ Georgia đã phát triển một phương tiện in các cấu trúc kim loại có kích thước nano dựa trên ánh sáng, nhanh hơn và rẻ hơn đáng kể so với bất kỳ công nghệ nào hiện có. Giải pháp này có thể giúp đổi mới, mở rộng một lĩnh vực khoa học đang bị phụ thuộc lâu dài vào các công nghệ cực kỳ tốn kém và chậm chạp. Bước đột phá này có tiềm năng đưa các công nghệ mới ra khỏi phòng thí nghiệm và ứng dụng rộng rãi ra thế giới. Nghiên cứu mới được công bố trên Tạp chí *Advanced Materials*.

In kim loại ở cấp độ nano cho phép tạo ra các cấu trúc độc đáo với các chức năng thú vị. Nó rất quan trọng cho sự phát triển của nhiều ngành công nghệ, bao gồm các thiết bị điện tử, chuyển đổi năng lượng mặt trời, cảm biến và các hệ thống khác. Để làm được điều này, hiện nay người ta đang phải sử dụng công nghệ cần có nguồn ánh sáng cường độ cao để in ở kích thước nano. Loại công cụ này được gọi là laser hồng ngoại - Laser Femtosecond (FS), bước sóng 1053 nm, có giá trị lên tới nửa triệu USD (quá đắt đối với hầu hết các phòng thí nghiệm và doanh nghiệp nhỏ).

Nhóm nghiên cứu thuộc Viện Công nghệ Georgia đã tạo ra một công nghệ in kiểu chiếu độc đáo, thiết kế một hệ thống chuyển đổi hình ảnh kỹ thuật số thành hình ảnh quang học và hiển thị chúng trên bề mặt kính. Hệ thống này hoạt động giống như máy chiếu kỹ thuật số nhưng tạo ra hình ảnh sắc nét hơn. Họ tận dụng những đặc tính độc đáo của ánh sáng siêu phát quang để tạo ra những hình ảnh tập trung sắc nét với sai sót tối thiểu. Sau đó, họ phát triển một dung dịch mực trong suốt làm từ muối kim loại và thêm các hóa chất khác để đảm bảo chất lỏng có thể hấp thụ ánh sáng. Khi ánh sáng từ hệ thống chiếu của họ chiếu vào dung dịch, nó sẽ gây ra phản ứng hóa học biến dung dịch muối thành kim loại. Các hạt nano kim loại dính vào bề mặt kính và sự kết tụ của các hạt kim loại tạo ra cấu trúc nano. Bởi vì đây là kiểu in chiếu nên nó có thể in toàn bộ cấu trúc trong một lần, thay vì in từng điểm làm năng suất in tăng đáng kể. Sau khi thử nghiệm kỹ thuật này, họ phát hiện ra rằng có thể in ở kích thước nano theo kiểu chiếu ngay cả với ánh sáng cường độ thấp khi hình ảnh được lấy nét rõ. Họ chỉ cần sử dụng một loại ánh sáng có cường độ thấp, có thể tập trung năng lượng theo cách tương tự như sử dụng Laser Femtosecond (loại thiết bị ánh sáng có các điốt siêu phát quang). Các điốt này phát ra ánh sáng có cường độ yếu hơn nhiều lần so với tia từ Laser Femtosecond. Điều quan trọng là chi phí của thiết bị chiếu laser cường độ thấp này có giá chỉ vài nghìn USD và dễ dàng mua được trên thị trường.

Tiến bộ kỹ thuật này sẽ mở ra cơ hội cho các nhà nghiên cứu tiếp cận nhiều hơn với công nghệ in 3D ở quy mô nano, do có chi phí thấp. Điều này sẽ đặc biệt hữu ích cho những người làm việc trong lĩnh vực điện tử, quang học và nanoplasmonics, hay những lĩnh vực đòi hỏi nhiều cấu trúc nano kim loại phức tạp.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. M.K. Jason, L. Rother, A.S. Max, et al. (2024), "Roll-to-roll, high-resolution 3D printing of shape-specific particles", *Nature*, **627**, pp.306-312, DOI: 10.1038/s41586-024-07061-4.
2. RMIT University (2024), "Supernatural strength: 3D printed titanium structure is 50% stronger than aerospace alloy", <https://scitechdaily.com/supernatural-strength-3d-printed-titanium-structure-is-50-stronger-than-aerospace-alloy/>, truy cập 10/3/2024.
3. Georgia Institute of Technology (2024), "Light-speed leap in nano printing: Faster, cheaper metal structures", <https://scitechdaily.com/light-speed-leap-in-nano-printing-faster-cheaper-metal-structures/>, truy cập 10/3/2024.