

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ MÁY IN 3D SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP CẮT LỚP KHÔNG ĐỒNG PHẪNG

3D PRINTING SYSTEM USING NONPLANAR SLICING TECHNIQUE

ThS. Nguyễn Thành Luân, TS. Nguyễn Thanh Hải, Nguyễn Lê Hải Nguyên,
TS. Phạm Phương Tùng, PGS, TS. Nguyễn Quốc Chí
Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu thiết kế hệ thống in 3D không đồng phẳng, sử dụng cánh tay robot. Hệ thống sử dụng phương pháp cắt lớp không đồng phẳng, cho phép loại bỏ hiệu ứng bậc thang gây ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt mẫu in. Bên cạnh đó, khả năng chịu lực của mẫu in cũng được nâng cao thông qua việc cắt lớp sử dụng cấu trúc Bouligand.

Từ khóa: In 3D; Cắt lớp đồng phẳng; Cánh tay robot; Cấu trúc Bouligand.

ABSTRACT

This paper proposed a nonplanar 3D printing system using the robotic arm. The nonplanar slicing technique can completely remove the staircase effect that reduces the quality of the surface of the printed part. Additionally, the strength and toughness of the printed part are also enhanced via the Bouligand structure-inspired parallel-scan path.

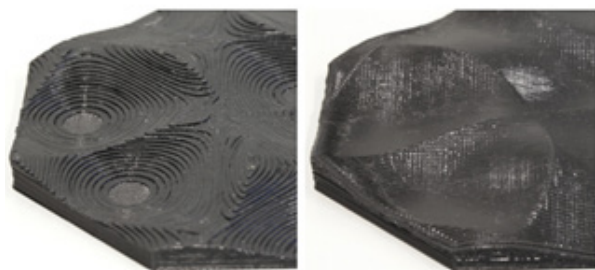
Keywords: 3D printing; Nonplanar slicing; Robotic arm; Bouligand structure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, các kỹ thuật tạo mẫu nhanh, sử dụng nhằm mục đích chế tạo ra các mô hình vật lý, được phát triển mạnh mẽ và đang cách mạng hóa quy trình thiết kế và sản xuất các sản phẩm mới [1]. Công nghệ in 3D sử dụng mô hình lắng đọng nóng chảy (FDM) là một trong những kỹ thuật tạo mẫu nhanh được sử dụng phổ biến nhất hiện nay [2-3].

Phương pháp in 3D FDM tạo mẫu bằng cách đùn các sợi nhựa nhiệt dẻo qua đầu gia nhiệt và trải lên các lớp theo biên dạng mặt cắt của mẫu, các lớp này được xếp chồng lên nhau để tạo thành mẫu in. Trong phương pháp in 3D FDM truyền thống, sợi nhựa được trải lên các lớp mặt phẳng. Việc trải lên các lớp phẳng là giải pháp đơn giản, có thể được sử dụng trong các máy in 3D có ba trục [4]. Tuy nhiên, phương pháp này sẽ dẫn đến việc bề mặt nghiêng hoặc cong trên cùng chi tiết sẽ có dạng bậc thang (staircase effect) (Hình 1.a).





(a) (b)
Hình 1. Hiệu ứng bậc thang: a) In 3D đồng phẳng;
b) In 3D không đồng phẳng [5].

Hiện nay, phương pháp in 3D FDM không đồng phẳng đang được nghiên cứu sử dụng [6-7]. Đây là một trong những kỹ thuật được dùng để giảm thiểu hoặc xóa bỏ hoàn toàn hiệu ứng bậc thang. Phương pháp này cho phép trải các sợi nhựa lên các mặt cong, thay vì chỉ trải lên các mặt phẳng như phương pháp truyền thống, nhờ đó, nâng cao chất lượng các bề mặt cong của chi tiết (Hình 1.b). Trong quá trình in 3D FDM không đồng phẳng, đầu đùn nhựa phải di chuyển với quỹ đạo phức tạp. Do vậy, phương pháp này yêu cầu một hệ thống in 3D với ít nhất 6 bậc tự do.

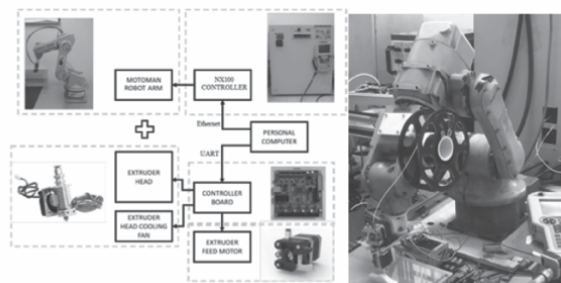
Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày một thiết kế của hệ thống in 3D không đồng phẳng sử dụng cánh tay robot. Bên cạnh đó, cấu trúc Bouligand cũng được sử dụng với mục đích nâng cao khả năng chịu lực của mẫu in.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Hệ thống in 3D sử dụng cánh tay robot

Hình 2, minh họa hệ thống in 3D sử dụng robot Motoman HP3 với 6 bậc tự do, được điều khiển bằng máy tính thông qua tủ điều khiển NX100. Cánh tay robot được lắp đặt hệ thống đùn nhựa sử dụng đầu in E3D V6 với

kim phun 0.4mm. Cơ cấu đùn nhựa được điều khiển thông qua board RAMPS 1.5 và vi điều khiển Arduino Mega 2560.

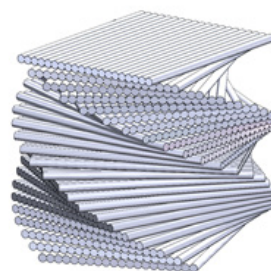


Hình 2. Hệ thống in 3D sử dụng cánh tay robot.

2.2. Giải thuật in 3D FDM không đồng phẳng

2.2.1. Cấu trúc Bouligand

Cấu trúc Bouligand là một cấu trúc vật liệu xuất hiện nhiều trong tự nhiên [8], cấu tạo từ những sợi được xếp thành từng lớp, các lớp này được xếp chồng và lệch nhau một góc α ($10.2^\circ \leq \alpha \leq 16.4^\circ$). Hình 3, mô tả một cấu trúc Bouligand. Cấu trúc Bouligand được xem là một trong những cấu trúc tự nhiên, có khả năng chịu lực rất tốt. Do đó, các nghiên cứu gần đây trong lĩnh vực in 3D thường xem xét việc sử dụng cấu trúc này để tăng cường khả năng chịu lực của các chi tiết [9-10].



Hình 3. Cấu trúc Bouligand

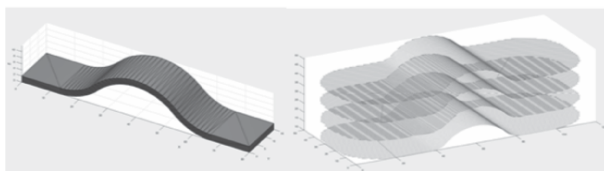
Trong hệ thống được thiết kế trong bài báo này, giải thuật hoạch định quỹ đạo sẽ được xây dựng để mẫu được in có cấu trúc Bouligand.

2.2.2. Giải thuật cắt lớp không đồng phẳng

Giải thuật cắt lớp trong in 3D là sử dụng các thông tin của bề mặt vật thể có được từ tập tin STL. Sau đó sẽ tạo ra một ma trận các điểm trên bề mặt này. Đối với in 3D đồng phẳng truyền thống, chúng ta chỉ cần 3 thông số về vị trí của điểm để định vị đầu đùn nhựa. Tuy nhiên, phương pháp in 3D không đồng phẳng yêu cầu 6 thông số của điểm để xác định vị trí và cả các góc xoay của đầu đùn nhựa. Các điểm này sẽ được nối lại với nhau, tạo thành các đường thẳng song song và liên tục. Sau khi hoàn thành mỗi lớp thì sẽ nâng tọa độ Z lên một đoạn bằng với chiều dày của lớp nhựa được khai báo ban đầu. Để xây dựng cấu trúc Bouligand cho mẫu in, các đường thẳng song song ở lớp sau sẽ lệch một góc α so với lớp trước đó.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Thông qua giải thuật cắt lớp không đồng phẳng, mô hình 3D của vật mẫu (hình 4.a) được phân tách thành các lớp như minh họa trên hình 4.b. Dựa trên dữ liệu của các lớp, quỹ đạo di chuyển của robot được hoạch định. Kết quả cho thấy, hệ thống được thiết kế đã hoạt động tốt. Có thể quan sát trên hình 5, bề mặt cong của chi tiết được in bám đúng biên dạng của vật mẫu. Bên cạnh đó, hiệu ứng bậc thang đã được loại bỏ hoàn toàn.



Hình 4. a) Mô hình 3D của vật mẫu; b) Kết quả cắt lớp không đồng phẳng.



Hình 5. Mẫu được in không đồng phẳng với chiều dày 2 lớp.

4. KẾT LUẬN

Máy in 3D sử dụng phương pháp cắt lớp không đồng phẳng là có thể vượt qua những nhược điểm liên quan đến hiệu ứng bậc thang của máy in 3D FDM truyền thống. Thông qua kết quả thực nghiệm, hệ thống được thiết kế đã cho thấy hiệu quả của mình trong việc xử lý các chi tiết có bề mặt cong. ❖

Ngày nhận bài: 03/4/2022

Ngày phản biện: 16/4/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Chua C. K., Leong K. F. & Lim C.-S. (2003). *Rapid Prototyping: Principles and Applications*. World Scientific Publishing Co. Singapore.
- [2]. Dudek, P. F. D. M. (2013). *FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements*. Archives of metallurgy and materials, 58(4), 1415-1418.
- [3]. Kun, K. (2016). *Reconstruction and development of a 3D printer using FDM technology*. Procedia Engineering, 149, 203-211.
- [4]. Noorani, R. (2017). *3D printing: technology, applications, and selection*. CRC Press. Boca Raton.
- [5]. Ahlers, D., Wasserfall, F., Hendrich, N., & Zhang, J. (2019). *3D printing of nonplanar layers for smooth surface generation*. In 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering.
- [6]. Nisja, G. A., Cao, A., & Gao, C. (2021). *Short review of nonplanar fused deposition modeling printing*. Material Design & Processing Communications, 3(4), e221.
- [7]. Nayyeri, P., Zareinia, K., & Bougherara, H. (2022). *Planar and nonplanar slicing algorithms for fused deposition modeling technology: a critical review*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1-26.
- [8]. Natarajan, B., & Gilman, J. W. (2018). *Bioinspired Bouligand cellulose nanocrystal composites: a review of mechanical properties*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 376(2112), 20170050.
- [9]. Liu, J., Li, S., Fox, K., & Tran, P. (2022). *3D concrete printing of bioinspired Bouligand structure: A study on impact resistance*. Additive Manufacturing, 50, 102544.
- [10]. Sun, Y., Tian, W., Zhang, T., Chen, P., & Li, M. (2020). *Strength and toughness enhancement in 3d printing via bioinspired tool path*. Materials & Design, 185, 108239.