

NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA CÁC MẪU ĐẶC TRONG 3D-PRINTING VỚI KÍCH THƯỚC TỪ 10 ĐẾN 100 MM

TS Nguyễn Công Nguyên

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi, email: ngcnghuyen@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG:

Công nghệ in 3D phát triển rất nhanh trong những năm gần đây. Wohlers Report 2019 dự báo năm 2020 đạt 15,8 tỷ đô la cho tất cả các sản phẩm và dịch vụ in 3D trên toàn thế giới. Tăng hơn 200% so với 2017 (đạt 7 tỉ đô la).

In 3D có rất nhiều ưu điểm, nhưng có hạn chế về độ chính xác [1]. Đặc biệt là phương pháp in 3D dùng vật liệu bột và chất kết dính có độ chính xác không cao cả về kích thước lẫn chất lượng bề mặt của mẫu.

Các bài trước là nâng cao độ chính xác kích thước cho mẫu từ 1 đến 10 mm. Với kích thước nhỏ, sự xuất hiện chi tiết rỗng rất ít nên bỏ qua. Đối với kích thước từ 10 đến 100 mm, mẫu được xem xét ở 2 dạng, dạng rỗng (có lỗ hoặc hốc bên trong) và dạng đặc. Bài báo này nghiên cứu nâng cao độ chính xác kích thước của các mẫu “đặc” được tạo ra bằng phương pháp in 3D với kích thước từ 10 đến 100 mm.

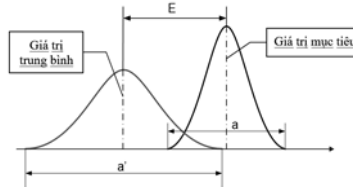
Mục đích là lập được phương trình sai số. Từ đó xác định được sai số cho kích thước cụ thể để hiệu chỉnh trong bản vẽ thiết kế và đạt được kích thước có độ chính xác dung sai $a \pm 0.1$ mm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đề tài được thực hiện trên máy in ZPrinter 310 Plus. Vật liệu in là bột High Performance Composite ZP150 và chất kết dính ZB60. Hạt bột có kích thước đường kính trung bình 100 μ m [5]. Bề dày lớp in là 0.1016 mm.

Trong lĩnh vực công nghệ chế tạo máy, sau khi một loạt chi tiết được gia công, sai số thường xảy ra hai dạng:

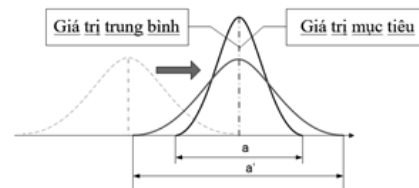
- 1) Kích thước khác với kích thước danh nghĩa
- 2) dung sai lớn hơn dung sai yêu cầu hình 1.



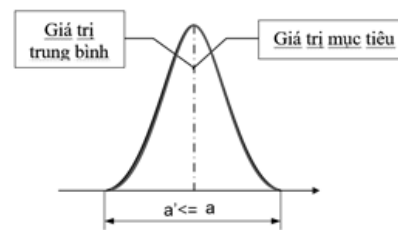
Hình 1. Sai số kích thước và dung sai

E - Sai số; a - miền phân bố kích thước yêu cầu (dung sai); a' - miền phân bố kích thước thực. Mục đích của thí nghiệm là:

- 1) dịch chuyển đường giá trị trung bình của kích thước thực về trùng với giá trị mục tiêu để sai số $E = 0$ hình 2;
- 2) giảm miền phân bố thực a' về nhỏ hơn hoặc bằng miền phân bố thực a hình 3.



Hình 2. Dịch chuyển sai số



Hình 3. Giảm miền phân bố thực

Phương pháp in 3D dùng vật liệu bột là phương pháp cho sai số lớn nhất trong các phương pháp in 3D. Cụ thể:

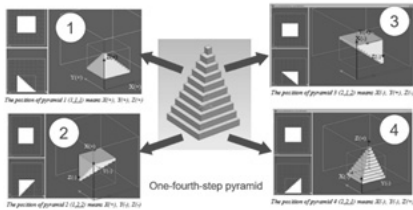
- Stereolithography systems: $\pm 100\mu\text{m}$ [p48, 1].
- Fused Deposition Modelling Systems: ($\pm 0.127 \div \pm 0.356$ mm) [Stratasys, 2000].
- ZPrinter system (Powder): ± 0.5 mm.

Để khảo sát kích thước mẫu in có kích thước từ 10 đến 100 mm cho cả 3 phương X, Y, Z, tác giả dùng mẫu thí nghiệm là một phần tư hình tháp bậc, mỗi bậc 10 mm. Mỗi mẫu được in ở bề dày lớp in là 0.1016 mm.



Hình 4. Mẫu in một phần tư tháp bậc

Để giảm số lượng thí nghiệm, tác giả đã áp dụng mảng trực giao (orthogonal array) của phương pháp Taguchi. Kết quả là mẫu được in ở 4 vị trí như hình 5.



Hình 5. Sơ đồ bố trí mẫu trong khoang in

Sau khi in, xử lý mẫu và đo. Các mẫu được đo bằng máy FARO ARM, với độ chính xác ± 0.013 mm. Kết quả cho thấy mẫu in ở vị trí số 1 có độ chính xác cao nhất. Từ đây rút ra kết luận, các mẫu in được in như vị trí số 1.

Các bước thí nghiệm: 1) in mẫu. 2) xử lý mẫu và đo. 3) thu thập dữ liệu, tính toán sai số. Nếu sai số đạt ± 0.1 mm thì dừng thí nghiệm, nếu chưa đạt thì lập mối quan hệ giữa sai số và kích thước danh nghĩa. Phương trình sai số được lập. 4) Tính toán kích thước hiệu chỉnh trong thiết kế CAD dựa vào phương trình sai số ở bước 3. 5) In mẫu với kích thước tính toán ở bước 4. 6) quay trở lại bước 2.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Mẫu đặc với bề dày lớp in 0.1016 mm

Máy in Zprinter 310 Plus có 2 chế độ chọn bề dày lớp in là 0.1016 và 0.0889 mm. Với khuôn khô của báo cáo tác giả trình bày với bề dày lớp in 0.1016 mm.

Sau khi tiến hành thí nghiệm qua 5 bước như trên, tác giả đã lập được phương trình sai số cho mẫu một phần tư hình tháp bậc đặc như sau:

$$\begin{cases} \Delta X = 0.0027 * X_0 + 0.1779 & (1.1) \\ \Delta Y = 0.0038 * Y_0 + 0.1295 & (1.2) \\ \Delta Z = 0.0025 * Z_0 - 0.0108 & (1.3) \end{cases}$$

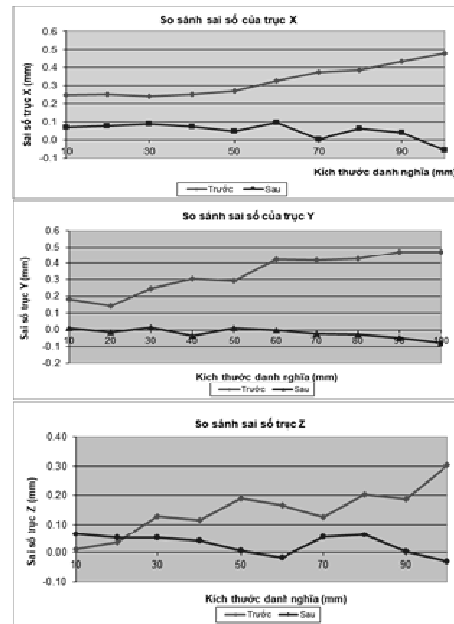
$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ - Sai số của trục X, Y, Z (mm).

X_0, Y_0, Z_0 - Kích thước danh nghĩa (mm).

Với hệ phương trình sai số (1.1-1.3) đã thỏa mãn được sai số của mẫu in đặt ra là ± 0.1 mm.

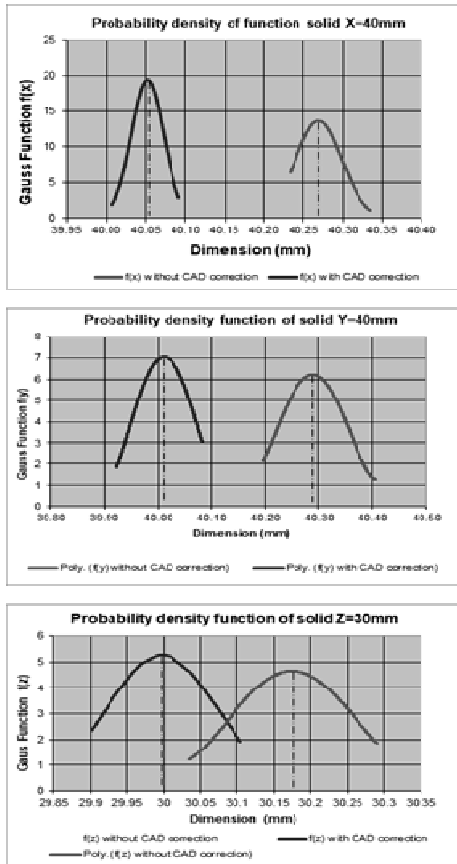
3.2. Thẩm định kết quả

Để thẩm định kết quả, mẫu được in lại với kích thước thiết kế hiệu chỉnh theo phương trình sai số. Kết quả như hình 5.



Hình 5. So sánh sai số trước và sau hiệu chỉnh trong CAD

Để thẩm định phương trình sai số trên đã đáp ứng yêu cầu của mẫu in đạt độ chính xác kích thước $a \pm 0.1$ mm, tác giả đã tiến hành in mẫu hình hộp đặc có cạnh $40 \times 40 \times 30$ mm. Sử dụng hàm tiêu chuẩn Gauss để vẽ đường phân bố kích thước cho cả 3 trục X, Y, Z. Kết quả cho như hình 6.



Hình 6. So sánh sự phân bố kích thước trước và sau hiệu chỉnh trong CAD

4. KẾT LUẬN

Sau khi hiệu chỉnh tối ưu hóa các thông số của máy in, độ chính xác kích thước của mẫu in vẫn chưa đạt được mong muốn. Các sai nguyên nhân gây ra sai số có thể là do kết cấu truyền động cơ khí không chính xác, do rung động khi máy làm việc, do chất kết dính lan ra bên ngoài biến dạng

cần in, do bề dày lớp in, do tốc độ in,... Để khắc phục các nguyên nhân này, tác giả đưa ra phương pháp điều chỉnh trong khâu thiết kế tạo hình 3D. Để tính được sai số cho mọi kích thước danh nghĩa trong khoảng từ 10 đến 100 mm cho mẫu đặc, tác giả đã lập được phương trình sai số.

Kết quả ở hình 5 cho thấy sau khi áp dụng hệ phương trình sai số (1.1-1.3) thì sai số của cả 3 trục X, Y, Z đều đạt, đều nằm trong khoảng sai số cho phép ± 0.1 mm (đường dưới). Ở hình 6 cho thấy đường giá trị trung bình của phân bố kích thước đã tiến về sát đường giá trị mục tiêu (kích thước danh nghĩa). Như vậy mục đích của thí nghiệm đã đạt và thỏa mãn độ chính xác đã đặt ra.

Người sử dụng máy Zprinter 310 Plus có thể sử dụng các phương trình này để tính sai số cho kích thước mẫu đặc với kích thước trong khoảng 10 đến 100 mm, sau đó điều chỉnh trong thiết kế CAD để khi in có được mẫu đạt độ chính xác kích thước đặt ra ban đầu là ± 0.1 mm. Đối với các chi tiết có kích thước từ 1 đến 10 mm đã được đề cập trong các báo cáo trước. Với kích thước mẫu lớn hơn 100 mm, sẽ được tiếp tục nghiên cứu trong các báo cáo tiếp theo.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. K. Chua, et al. (2010), *Rapid Prototyping - Principles and Applications*, ISBN-13 978-981-277-897-0. World Scientific Publishing Co.
- [2] D.T. Pham & S.S. Dimov, *Rapid Prototyping - A time compression tool*. Technology and Innovation, p.43-48.
- [3] D.T. Pham and S.S. Dimov (2001), *Rapid Manufacturing: The Technologies and Applications of Rapid Prototyping and Rapid Tooling*, ISBN-13: 978-1-4471-1182-5. Springer.
- [4] John A. Slotwinski, *Materials Standards for Additive Manufacturing*, PDES, Inc. Workshop March 14, 2013.
- [5] Wohlers Report 2019.