

Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ thiết kế ngược để xây dựng mô hình CAD 3D của cặp rôto trục vít trong máy nén khí

Researching and applying reverse engineering technology to build CAD 3D model of screw rotors in air compressor s

Trần Thế Văn *, Đỗ Anh Tuấn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

*Email: vanct4.hut@gmail.com

Tel: +84-221.3.713.519; Mobile: 0904162701

Tóm tắt

Từ khóa:

Máy nén trục vít; Rôto trục vít;
Sai số; Thiết kế ngược.

Máy nén khí trục vít phun dầu thường được sử dụng để nén không khí hoặc làm lạnh và được bôi trơn bằng dầu. Cặp rôto trục vít trong máy nén khí là chi tiết quan trọng nhất quyết định đến hiệu quả làm việc của máy. Việc xây dựng mô hình CAD 3D của cặp rôto trục vít từ phương trình toán thường khó khăn và mất nhiều thời gian. Vì vậy bài báo này đề xuất một phương pháp cho phép xây dựng mô hình CAD 3D của rôto trục vít dựa trên công nghệ thiết kế ngược. Sai số của mô hình 3D của rôto trục vít xây dựng được kiểm tra và đánh giá với dữ liệu điểm quét. Mô hình 3D của rôto trục vít được in ra trên máy in để chứng minh mô hình rôto trục vít xây dựng là chính xác.

Abstract

Keywords:

Twin screw compressor; Screw rotor; Tolerance; Reverse engineering.

The oil-injected twin screw compressors are usually used to compress air or refrigerant, and lubricated by oil. The screw rotors are the most important element in compressor, determining the efficiency of the compressor. Establishing a 3D CAD model of screw rotor from a mathematical equation is often difficult and time-consuming. Therefore, this paper proposes a method to construct 3D CAD model of screw rotors based on the reverse engineering technology. The tolerance of constructed 3D model is tested and evaluated with the scan point data. 3D model of rotors are printed on 3D printer to verify the authenticity of built 3D rotor models.

Ngày nhận bài: 14/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 07/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Kỹ thuật ngược thường được sử dụng trong Thế chiến thứ hai và Chiến tranh Lạnh. Nó thường được sử dụng bởi quân đội để sao chép các công nghệ, thiết bị hoặc thông tin của một quốc gia khác, hoặc một phần của nó, được thu thập bởi quân đội thường xuyên trong các lĩnh vực hoặc bởi các hoạt động tình báo. Trong vài năm gần đây, công suất tính toán, bộ nhớ máy tính và các thiết bị quét không tiếp xúc được cải tiến đáng kể, các dữ liệu hình học không liên tục

đã trở nên quan trọng hơn trong việc thiết kế, sản xuất và bảo đảm chất lượng. Trong những năm vừa qua, tác động của kỹ thuật ngược trong ngành sản xuất ngày càng tăng và đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy phát triển công nghiệp bằng cách giới thiệu các sản phẩm có giá trị và kích thích cạnh tranh.

Kỹ thuật ngược là quá trình xây dựng mô hình hình học CAD từ các dữ liệu đo được thực hiện bởi kỹ thuật quét tiếp xúc hoặc không tiếp xúc trên một mô hình vật lý hiện có (Liang & Grier, 2000). Kỹ thuật ngược ban đầu xuất hiện để đáp ứng yêu cầu cung cấp phụ tùng thay thế cho các bộ phận bị hỏng hoặc mòn mà không có dữ liệu kỹ thuật. Điều này có thể xảy ra nếu phụ tùng không có bản vẽ hoặc bản vẽ bị thất lạc hoặc bị mất. Tái cấu trúc lại các bộ phận bằng kỹ thuật ngược như vậy có thể là một lựa chọn ít tốn kém so với việc tái nhập khẩu, không chỉ để thay thế ngay mà còn tạo thêm phụ tùng và duy trì sản phẩm trong thời gian dài. Dữ liệu mô hình bề mặt là không thể thiếu trong nhiều lĩnh vực khoa học và kỹ thuật. Ví dụ, việc thiết kế và sản xuất các loại xe, chẳng hạn như xe hơi và máy bay, sẽ không thể thực hiện được nếu không có công cụ CAD và các mô phỏng dự đoán đặc trưng của sản phẩm. Việc xây dựng lại dữ liệu đám mây điểm thường được thực hiện bởi các thiết bị quét như máy quét laser. Sau khi quét các điểm lấy mẫu được kết hợp thành một đám mây điểm. Từ đó thu được dữ liệu điểm bề mặt cần xây dựng (Pal và cộng sự, 2005).

Gần đây, một số phương pháp mới được trình bày để cải thiện việc tạo hình biên dạng của các rotor. Cụ thể, Zaytsev và Infante Ferreira [6] đã đề xuất một phương pháp tạo hình biên dạng của rotor từ đường ăn khớp gồm đường thẳng và cung tròn. Wu và Fong [7] đã xây dựng mô hình toán học của hình biên dạng rotor dựa trên đường làm việc cubic-spline được điều khiển bởi sự dịch chuyển của các đoạn sử dụng phương trình bậc hai để cải thiện hiệu suất máy nén khí. Trước đó, Chen [3] đã sáng chế ra máy nén trục vít với rotor có biên dạng giúp tăng hiệu suất của máy nén và giảm tổn thất trong quá trình làm việc và ăn khớp của các rotor. Stosic và cộng sự [8] trình bày thiết kế cho máy nén khí có hiệu suất cao với biên dạng rotor mới. Gần đây, Wu và cộng sự [9] trình bày phương pháp phân tử hữu hạn 3D cho phép tính toán tải trọng của máy nén bằng cách tích hợp lực và mô men tại mỗi nút trong các phân tử của rotor.

Việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo các cặp trục vít trong máy nén khí đòi hỏi phải được nghiên cứu tỉ mỉ, chính xác nhằm đáp ứng được độ chính xác trong gia công và hiệu suất làm việc của máy nén khí. Với phương pháp tính toán truyền thống rất khó khăn và nhiều khi không thể thực hiện được. Ứng dụng kỹ thuật ngược trong thiết kế là một giải pháp kỹ thuật hữu hiệu giúp cho các nhà thiết kế, sản xuất nhanh chóng tạo ra được các thiết kế có độ chính xác cao, là sự lựa chọn phù hợp với những nước chậm phát triển, nền khoa học, kỹ thuật còn nhiều hạn chế, yếu kém. Chính vì vậy việc nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật ngược trong thiết kế là cần thiết bởi hiệu quả mang lại rất to lớn từ công nghệ này.

2. MÔ HÌNH HÓA CẶP ROTOR TRỤC VÍT THEO CÔNG NGHỆ THIẾT KẾ NGƯỢC

2.1. Số hóa cặp rotor

Đầu tiên là chọn chiến lược quét, chọn kỹ thuật quét chính xác, chuẩn bị phần quét và thực hiện quét thực tế để nắm bắt thông tin mô tả tất cả các đặc tính hình học của đối tượng quét như bước, khe, túi và lỗ. Máy quét ba chiều được sử dụng để quét hình học một phần, tạo ra các đám mây các điểm xác định hình học bề mặt. Các thiết bị quét này có sẵn dưới dạng các công cụ chuyên dụng hoặc như là các tiện ích bổ sung cho các máy công cụ điều khiển số (CNC) máy tính hiện có. Có hai loại máy quét khác nhau, tiếp xúc và không tiếp xúc. Trong bài báo này phương pháp đo không tiếp xúc là được sử dụng. Nó là phương pháp dùng tia lazer hoặc các tia

quang học khác để đo hoặc chụp ảnh bề mặt vật cần đo (quét) sau đó dữ liệu được xử lý, hoàn thiện nhờ các phần mềm xử lý ảnh chuyên nghiệp. Thiết bị số hóa đó chính là các loại máy quét laser và máy quét ánh sáng trắng hoặc ánh sáng xanh. Máy quét 3D có thể đo các vật từ gần tới xa đến 35m đối với máy quét Lazer nhờ cánh tay rô bốt.



(a) Trục chủ động



(b) Trục bị động

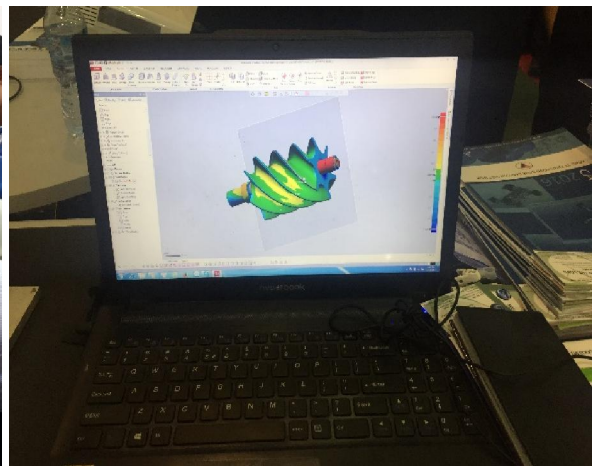
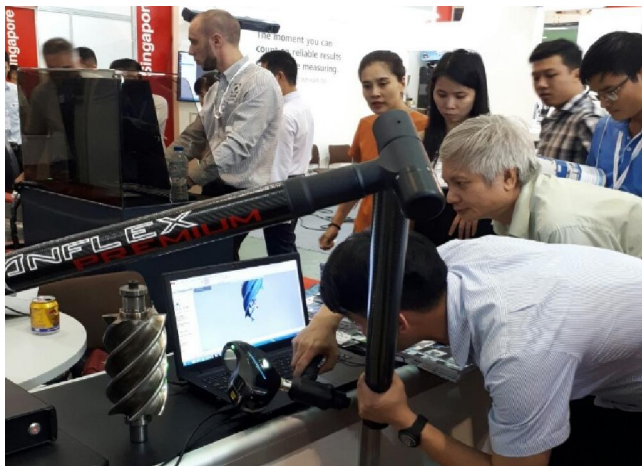
Hình 1. Scan 3D mẫu trục vít trên máy quét 3D ScanFlex Premium

2.2. Xử lý số liệu số hóa của cặp rotor

Quy trình số hóa dữ liệu của cặp rotor trục vít trong máy nén khí được thực hiện theo các bước sau đây:

Bước 1. Nhập dữ liệu quét vào phần mềm xử lý

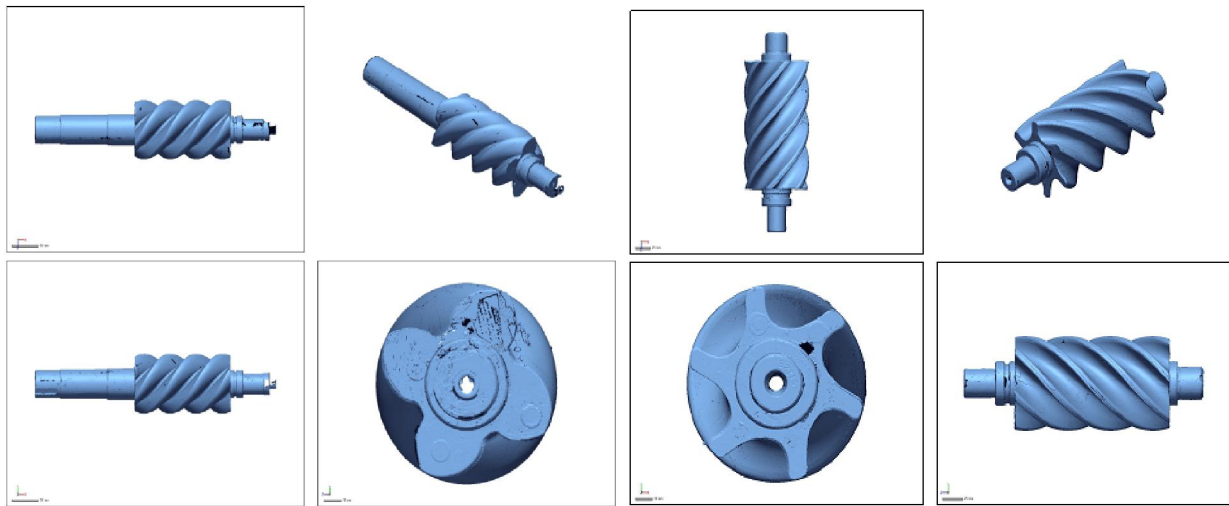
Trong nghiên cứu này phần mềm Geomagic Design X được chọn để phân tích là thiết kế lại mẫu, mô hình vật lý cho trước thông qua số hóa bề mặt mẫu bằng thiết bị Scan 3D, và xây dựng mô hình dữ liệu số hóa 3D. Phần mềm còn cho phép thiết kế nhanh và chính xác mẫu thiết kế có độ phức tạp hình học cao, hoặc mẫu dạng bề mặt tự do (không xác định được quy luật tạo hình). Nhập một lưới được quét như một mô hình dữ liệu mục tiêu vào phần mềm ứng dụng.



Hình 2. Nhập dữ liệu quét 3D vào phần mềm xử lý

Bước 2. Phân vùng và căn chỉnh dữ liệu quét

Bước này thực hiện phân đoạn các vùng đặc tính của dữ liệu quét và dễ dàng sắp xếp dữ liệu quét vào một hệ tọa độ thiết kế bằng cách sử dụng thông tin về đặc tính dữ liệu quét của đối tượng.



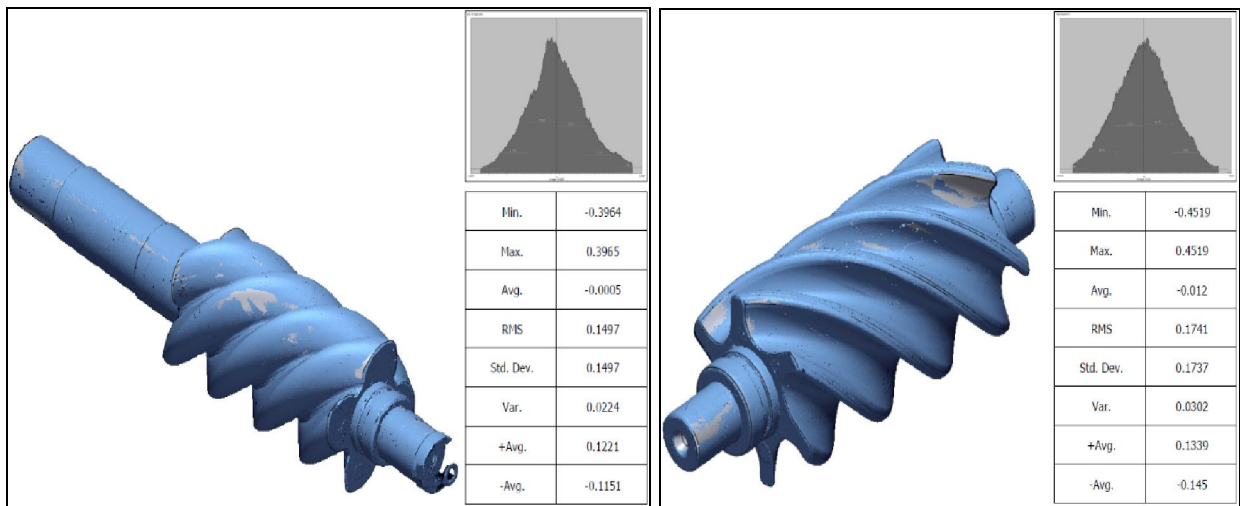
(a) Trục chủ động

(b) Trục bị động

Hình 3. Căn chỉnh dữ liệu quét

Bước 3. Chỉnh sửa dữ liệu đám mây điểm:

Trong quá trình quét sẽ xảy ra sai số quét do thiết bị và nhiễu. Do đó trước khi xây dựng mô hình dữ liệu đám mây điểm cần được điều chỉnh và sửa lưới để lọc và loại bỏ các điểm nhiễu và tạo ra các bề mặt tự do.



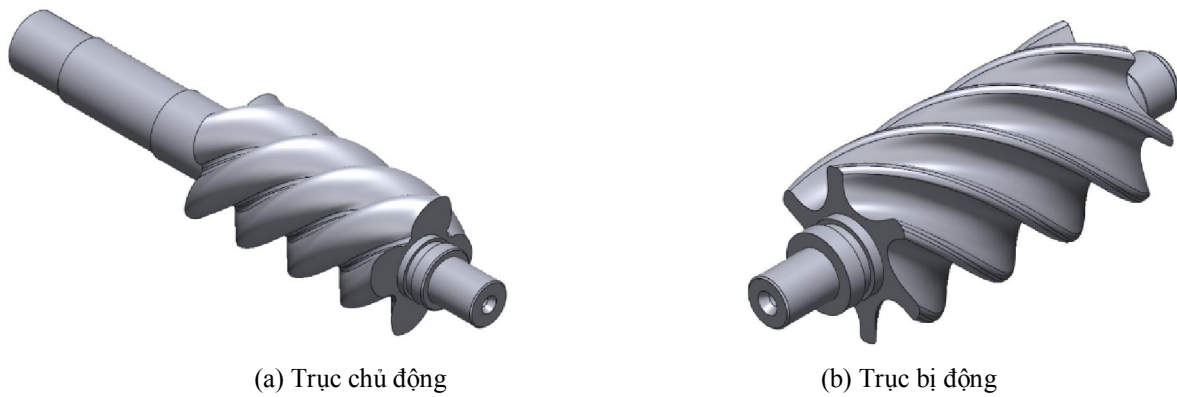
(a) Trục chủ động

(b) Trục bị động

Hình 4. Căn chỉnh dữ liệu lưới.

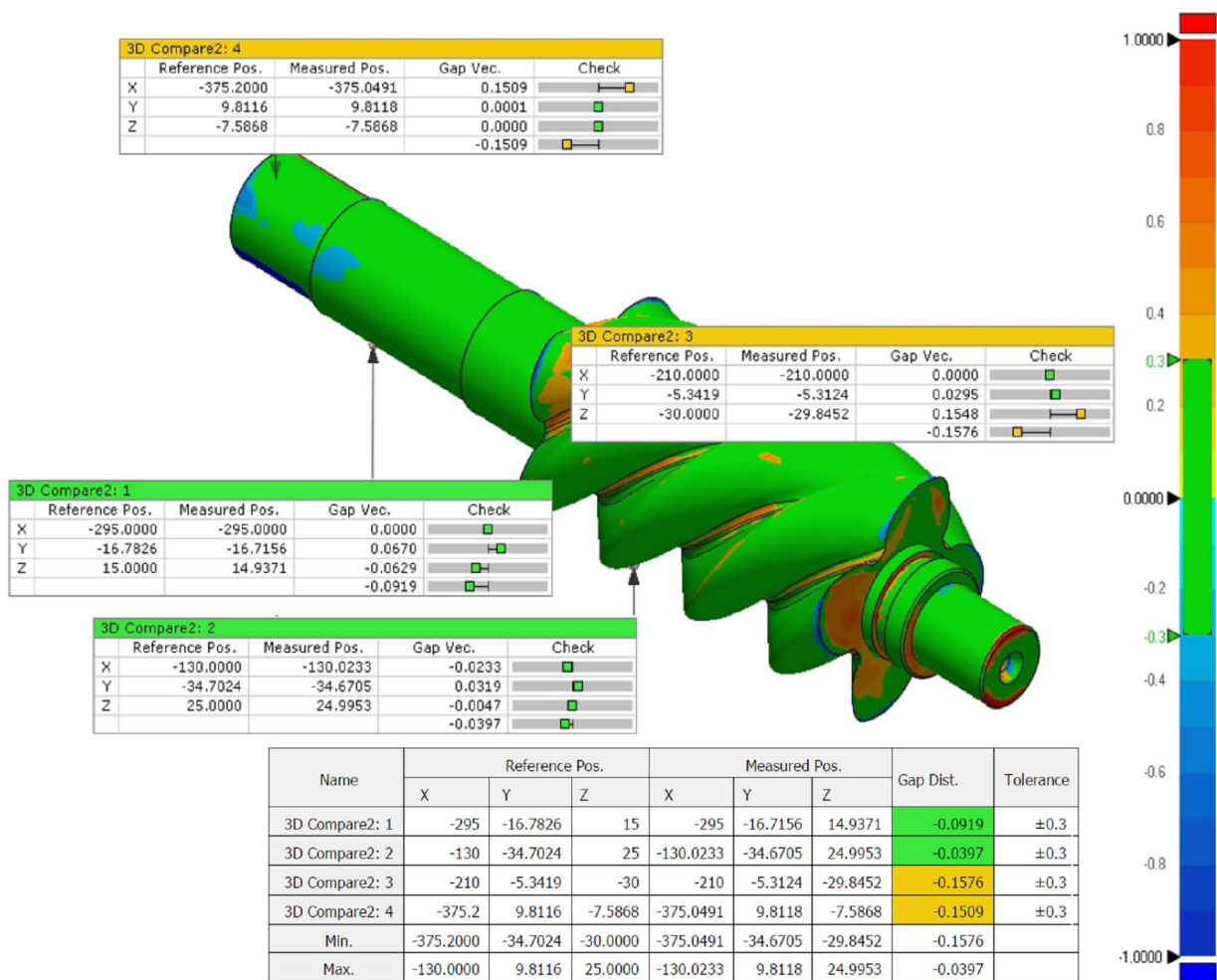
Bước 4. Tạo đối tượng CAD 3D của cặp rotor:

Từ dữ liệu đã được hiệu chỉnh của đám mây điểm sau khi quét, mô hình CAD 3D của cặp rotor là được xây dựng bằng cách sử dụng các công cụ trên phần mềm Geomagic Design X.

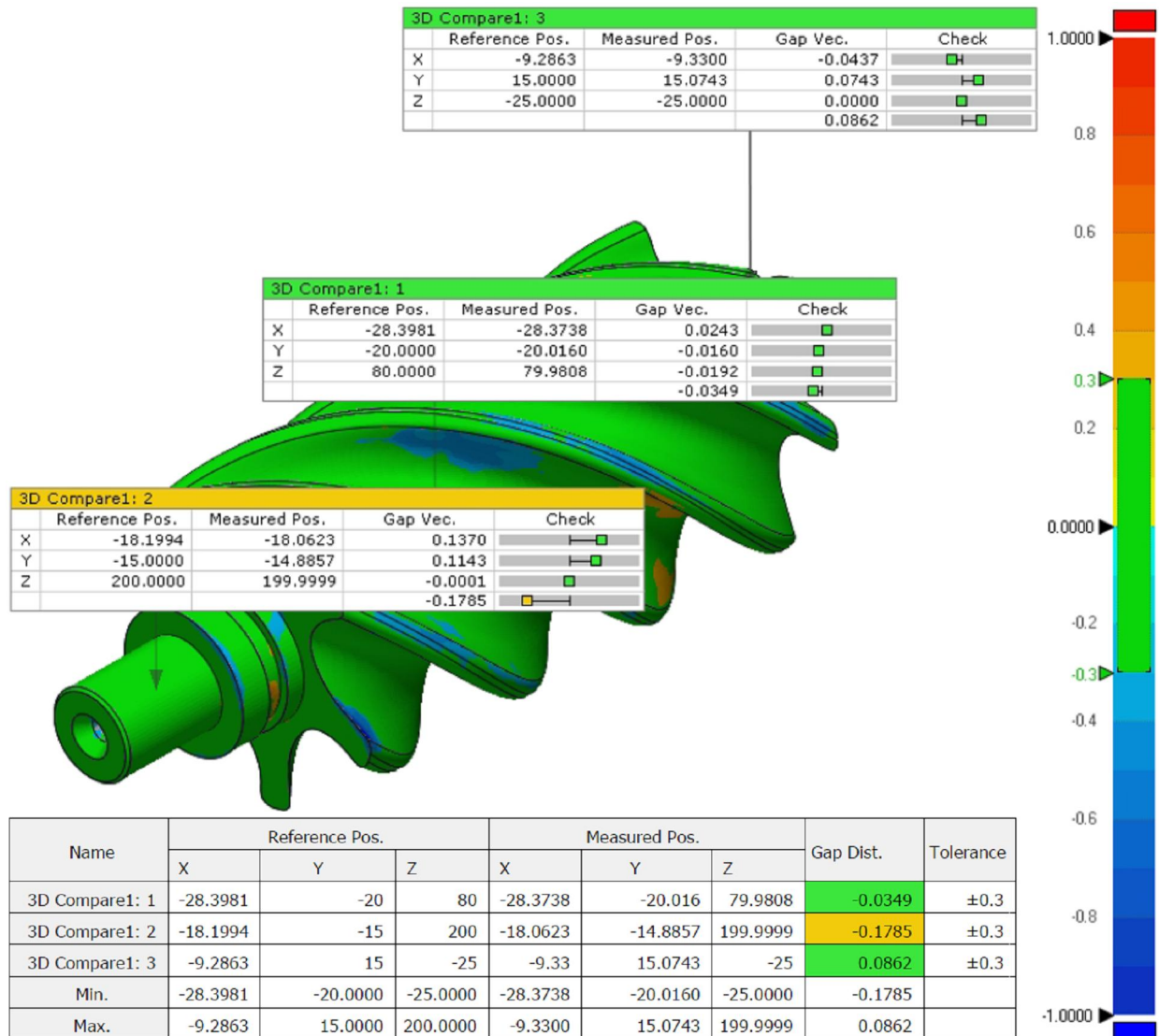


Hình 5. Mô hình CAD 3D của cặp rotor trục vít

Bước 5. Kiểm tra kết quả mô hình hóa: Mô hình CAD 3D được so sánh với dữ liệu đám mây điểm. Kết quả sai số giữa hai mô hình là trong giới hạn cho phép của yêu cầu thiết kế trục rotor.



(a) Trục chủ động



(b) Trực bị động

Hình 6. Kiểm tra đánh giá kết quả

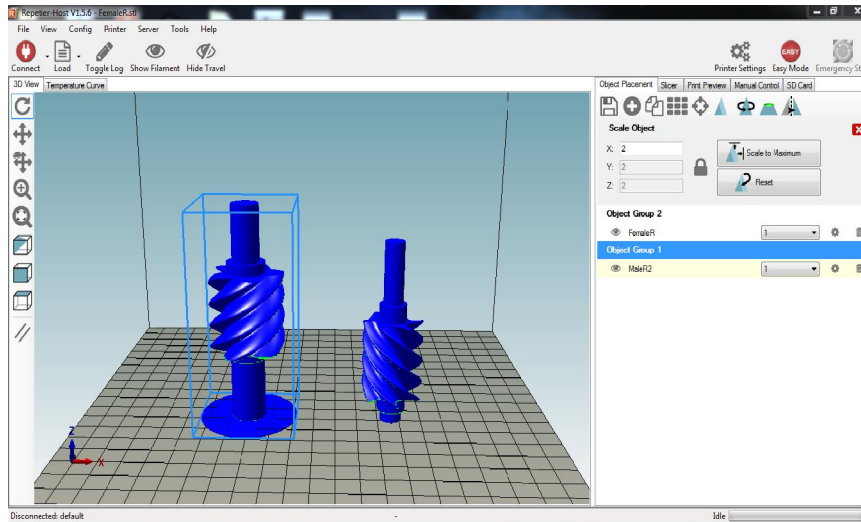
3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TẠO MẪU NHANH ĐỂ IN 3D CHO CẶP ROTOR

3.1. Vật liệu in cặp rotor

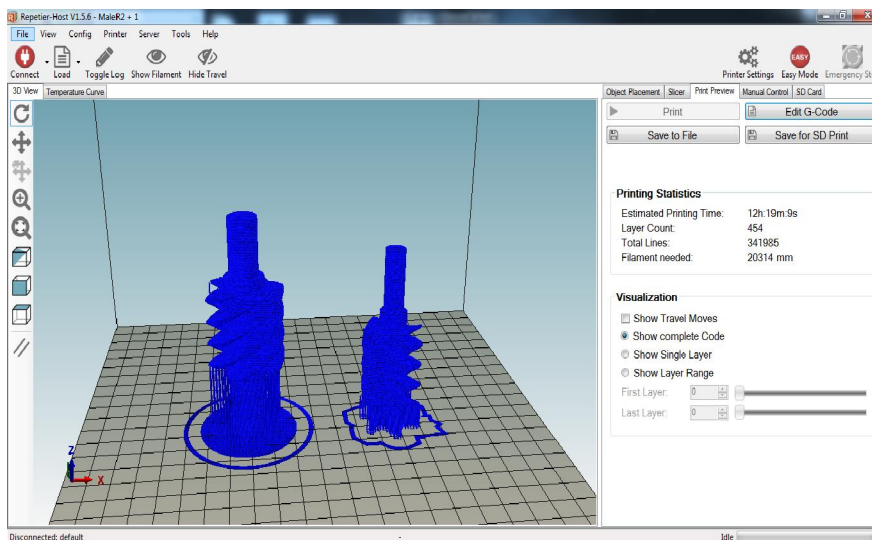
Trong nghiên cứu này sợi nhựa PLA (Polylactic Acid) là được chọn để in cặp rotor. Loại nhựa này được sử dụng nhiều trong máy in 3D vì chi phí thấp, dễ mua trên thị trường và có thể sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Nhựa PLA nóng chảy ở khoảng nhiệt độ 180°C đến 220°C. Vì kích thước sản phẩm tương đối lớn (đường kính rotor chủ động 90mm, rotor bị động 70mm) nên để tiết kiệm vật liệu, sản phẩm được thu nhỏ theo tỷ lệ 1:5 (đường kính rotor chủ động in 18mm, rotor bị động in 14mm). Do sau khi in sản phẩm sẽ bị co ngót nên để đạt được kích thước mong muốn cần dựa trên độ co ngót của PLA xác định kích thước rotor in theo công thức:

$$D_{in} = D_{sp}(1 + s_r) \quad (1)$$

Trong đó, D_{in} là kích thước chi tiết trước khi in, D_{sp} là kích thước chi tiết sau khi in co rút, s_r là hệ số co rút (%), với nhựa PLA ta có hệ số co rút $s_r = 0,3\% - 0,7\%$. Chọn hệ số co rút $s_r = 0,5\%$. Ta có kích thước chi tiết trước khi in của rotor chủ động $D_{in1} = 18(1 + 0,005) = 18,09\text{mm}$, rotor bị động $D_{in2} = 14(1 + 0,005) = 14,07\text{mm}$.



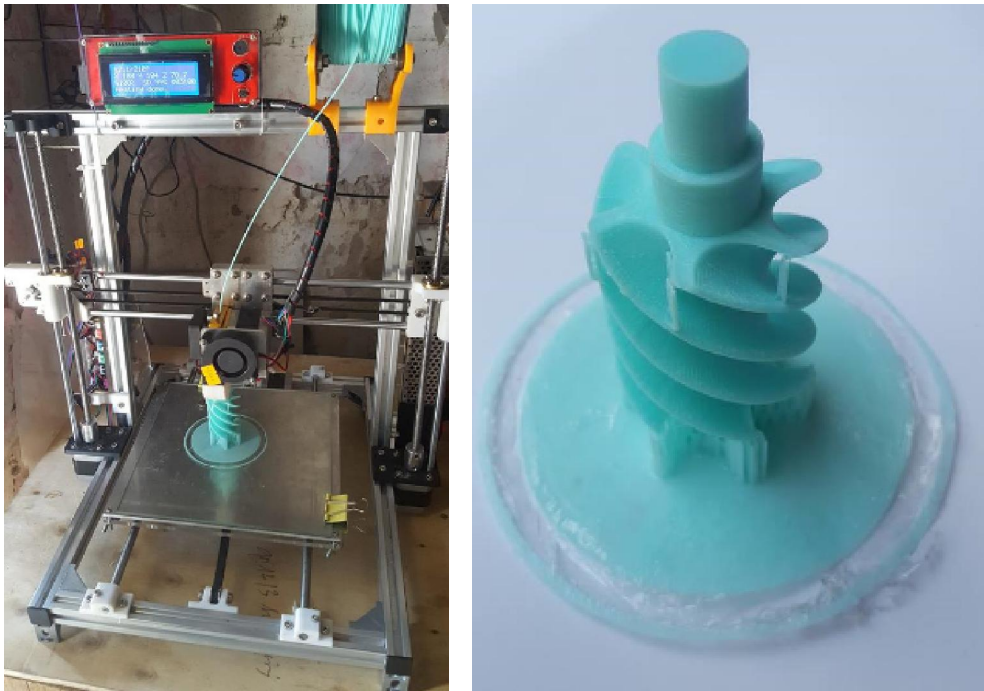
Hình 7. Đặt các thông số in



Hình 8. Tạo mã G-Code cho máy in 3D

3.2. In sản phẩm trên máy In ba trục

Do phần bắt đầu trục rotor xoắn không có điểm tựa nên cần có vật liệu chống đỡ mới có thể in được. Diện tích tiếp xúc của trục với bàn in bé nên khi in dễ bị văng ra khỏi bàn in nên cần có vật liệu chống đỡ.



Hình 9. In chi tiết trên máy in 3D 3 trục



Hình 10. Cặp rotor trục vít trong máy nén sau khi in

Mô hình sau khi in được kiểm tra bằng thước cặp kích thước đường kính rotor chủ động đo được $D_{d01}=18,02\text{mm}$, rotor bị động đo được $D_{d02}=14,01\text{mm}$. Nên kích thước cặp rotor sau khi in là xấp xỉ kích thước yêu cầu ban đầu.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra một phương pháp đơn giản và hiệu quả cho việc xây dựng mô hình CAD 3D cặp rotor trục vít trong máy nén khí thay thế cho mô hình tạo bởi phương trình toán học phức tạp. Mô hình 3D cặp rotor trục vít được kiểm tra và đánh giá sai số với dữ liệu đám mây điểm từ máy quét đáp ứng yêu cầu sai số chế tạo của cặp rotor. Ngoài ra mô hình hình CAD 3D cặp rotor trục vít được in trên máy in 3D ba trục và đánh giá sai số sau khi in. Từ đó cho thấy khả năng ứng dụng kỹ thuật ngược trong thiết kế là một giải pháp kỹ thuật hữu hiệu giúp cho các nhà thiết kế, sản xuất nhanh chóng tạo ra được các thiết kế có độ chính xác cao, là sự lựa chọn phù hợp với những nước có nền khoa học, kỹ thuật còn nhiều hạn chế như nước ta.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên, đề tài mã số UTEHY.T018.P1718.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Liang, C. C., Grier, Lin, C.I., 2000. Reverse engineering in the design of turbine blades a case study - a case study in applying the MAMDP. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 16, 161-167.
- [2]. Pal, D. K., Ravi, B. L., Bhargava, S., Chandrasekhar, U., 2005. *Computer-Aided Reverse Engineering for Rapid Replacement Parts: A Case Study Defence Science Journal*, DESSIDOC, DRDO, New Delhi, 1-14.
- [3]. Kumar, A., Jain, P. K. and Pathak, P. M., 2012. Industrial Application of Point Cloud / Stl Data for Reverse Engineering. *DAAAM International Scientific Book 2012*, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, Vienna, Austria, 445-462.
- [4]. Kumar, A., Jain, P. K. and Pathak, P. M., 2013. Reverse Engineering in Product Manufacturing: An Overview, *Daaam International Scientific Book 2013*, 665-678.
- [5]. Xia, Z., 2014. Application of Reverse Engineering based on Computer in Product Design. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(5), 343-354.
- [6]. Zaytsev, D., Infante Ferreira, C.A., 2005. Profile Generation Method for Twin Screw Compressor Rotors Based on the Meshing Line. *International Journal of Refrigeration*, 28, 744-755.
- [7]. Wu, Y. R., Fong, Z. H., 2008. Rotor Profile Design for the Twin-Screw Compressor Based on the Normal-Rack Generation Method. *Journal of Mechanical Design*, 130, No. 042601 (8 pages).
- [8]. Stosic, N., Smith, I. K., Kovacevic, A., Aldis, C. A., 1997. The Design of a Twin-screw Compressor Based on a New Rotor Profile. *Journal of Engineering Design*, 8(4), 389-399.
- [9]. Wu, H.G., Ma, Y., Xing, Z.W., 2004. Theoretical and Experimental Investigation of Compression Loads in Twin Screw Compressor. *International Compressor Engineering Conference at Purdue*, No. 1701 (6 pages).