

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

HÀ DUY KHÁNH

ĐẶNG VĂN LONG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

TS. ĐỖ HỮU HẢO (Chủ tịch)
GS,TSKH. BÀNH TIẾN LONG (P. Chủ tịch)
KS. TẠ QUANG MAI (P. Chủ tịch)
TSKH. PHAN XUÂN DŨNG
PGS,TS. HÀ MINH HÙNG
PGS,TS. TRƯƠNG VIỆT ANH
GS,TS. ĐÌNH VĂN CHIẾN
GS,TSKH. PHẠM VĂN LANG
GS,TS. CHU VĂN ĐẠT
PGS,TS. TRẦN VĂN HƯNG
PGS,TS. ĐÀO QUANG KẾ
PGS,TS. NGUYỄN VĂN BẦY
PGS,TS. ĐÀO DUY TRUNG
PGS,TS. LÊ THU QUÝ
PGS,TS. BÙI TRUNG THÀNH
PGS,TS. LÊ VĂN ĐIỂM
GS,TS. LÊ ANH TUẤN
GS,TS. NGUYỄN HỮU LỘC
PGS,TS. DƯƠNG VĂN TÀI
TS. PHAN ĐĂNG PHONG
TS. TẠ NGỌC HẢI
PGS,TS. TRẦN NGỌC HIỀN
PGS,TS. TRƯƠNG HOÀNH SƠN
TS. HỒ TRẦN ANH NGỌC

THIẾT KẾ MỸ THUẬT

NGÂN GIANG

*Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

- In tại Công ty Cổ phần In Khoa học Công nghệ Hà Nội
- Khổ khổ 20,5cm x 28,5cm
- 240 trang
- Xuất bản mỗi tháng một kỳ
- Giá bán 120.000 đồng/quyển Tạp chí

TẠP CHÍ



ISSN 2615 - 9910 (bản in)
ISSN 2615 - 5505 (online)

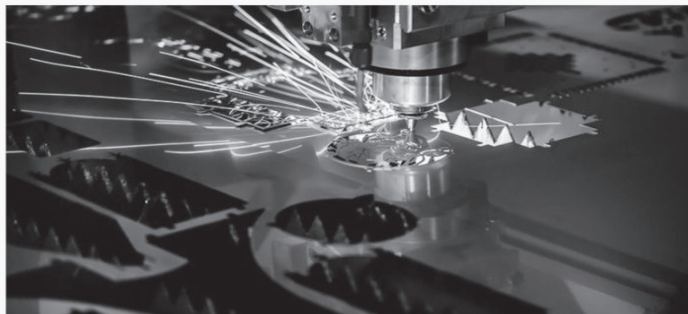
CƠ KHÍ

VIỆT NAM

VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL

CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM

• <http://cokhivietnam.vn> / tapchicokhi.com.vn



- ❖ Ứng dụng phương pháp LMD trong đánh giá tình trạng kỹ thuật hộp số cơ khí
- ❖ Nghiên cứu tiếng ồn khí động bên trong xe ô tô
- ❖ Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục

Số 318, tháng 8 năm 2024

Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 25 tháng 8 năm 2024

TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

Số 4 Phạm Văn Đồng (trong Viện Nghiên cứu Cơ khí), P. Mai Dịch, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: (024) 3792 0650 **Hotline:** 0985 696 263 - 0982 254 465

Email: tckvietnam@gmail.com

Website: cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

* * *

Giấy phép hoạt động Tạp chí in và Tạp chí Điện tử của Bộ Thông tin và Truyền thông
Số 378/GP-BTTTT, ngày 22 tháng 6 năm 2021

Văn bản chấp thuận tăng trang số 1121/CBC-QLBC ngày 21 tháng 8 năm 2024 của Cục Báo chí,
Bộ Thông tin và Truyền thông, để xuất bản số 318 tháng 8 năm 2024

Văn phòng đại diện:

1. Tại TP. Hồ Chí Minh:

- PGS,TS. Bùi Trung Thành
Phòng T4.0, Nhà T, Trường Đại học Công nghiệp
TP. Hồ Chí Minh
Số 12 Nguyễn Văn Bào, phường 4, quận Gò Vấp,
TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 0913 921 407
Email: tck.tp HCM@gmail.com

- GS,TS. Nguyễn Hữu Lộc
Phòng 205, Nhà B11, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh,
số 268 Lý Thường Kiệt, phường 14, Quận 10,
TP. Hồ Chí Minh.
Điện thoại: 0913 603 264
Email: nhloc@hcmut.edu.vn

2. Tại tỉnh Quảng Ninh:

- TS. Hoàng Minh Thuận
Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng,
Liên Phường, Phường Đông, Uông Bí, Quảng Ninh
Điện thoại: 0904 116 189
Email: minhthuan.tckvn@gmail.com

3. Tại Thái Nguyên:

- GS,TS. Vũ Ngọc Pi
Số 234 Phú Xá, TP. Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên
Điện thoại: 0974 905 578
Email: vungocpi@tmut.edu.vn

Phòng viên thường trú:

1. Tại Hải Phòng:

- Lê Thế Hiệp
Điện thoại: 0913 063 747
Email: daidientck@gmail.com

NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (6-234)

1. Trịnh Kiều Tuấn: Giải pháp ứng dụng năng lượng địa nhiệt nhằm giảm tiêu thụ điện năng của hệ thống điều hòa không khí làm mát cho các tòa nhà văn phòng ở Việt Nam.....	6
2. Mạc Văn Giang: Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến độ chính xác kích thước khi gia công thép gió SKH51 trên máy cắt dây VL600Q.....	11
3. Đoàn Thanh Xuân: Bộ đôi số kết hợp AI trong sản xuất sinh dược phẩm.....	19
4. Phạm Văn Liệu, Nguyễn Tường Vi, Đinh Văn Phương: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo mô hình hệ thống phun xăng và đánh lửa của động cơ đốt trong phục vụ đào tạo.....	26
5. Nguyễn Ngọc Sang: Nghiên cứu chế tạo mô hình mô phỏng hệ thống chiếu sáng tự động trên ô tô sử dụng phần mềm Proteus và Arduino.....	31
6. Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Quang Dũng: Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy khắc gỗ CNC 4 trục.....	35
7. Hoàng Thị Kim Dung: Nghiên cứu tiếng ồn khí động bên trong xe ô tô.....	43
8. Hoàng Thị Kim Dung: Nghiên cứu ảnh hưởng của biên dạng đến đặc tính âm khí động cánh.....	47
9. TS. Nguyễn Quang Lượng , TS. Nguyễn Nam Quý , TS. Lê Hữu Ban: Đánh giá khả năng áp dụng tiêu chuẩn STANAG 4367 cho tính toán thuật phóng trong.....	52
10. Trần Xuân Hiệp, Đồng Văn Keo, Bành Quốc Nguyên: Phương pháp xác định bố cục cho khuôn ép nhựa nhiều lòng khuôn.....	57
11. TS. Ngô Văn Tuyên , TS. Trần Thanh Hải , ThS. Vũ Đức Dũng , ThS. Lê Văn Thảo: Xác định hệ số giãn nở nhiệt của thép OXH3MΦA dùng để chế tạo nòng pháo cỡ lớn bằng phương pháp lắp ghép có độ dôi.....	62
12. Lưu Thanh Tùng, Nguyễn Hoàng Long: Nghiên cứu thuật toán Deep Reinforcement Learning điều khiển mobile robot điều hướng tự động.....	66
13. ThS. Phạm Đức Khôi , ThS. Bùi Hoàng Đạt: Các yếu tố về kết cấu ảnh hưởng đến độ chính xác bắn của súng trung liên thế hệ mới.....	72
14. Nguyễn Thanh Tùng, Trần Thế Văn, Vũ Đức Phúc, Đặng Quang Mến: Thiết kế, gia công và đánh giá độ chính xác biên dạng CIC của rotor bơm kiểu roots.....	77
15. Nguyễn Gia Phong: Ứng dụng công nghệ CAD/CAM trong giảng dạy thiết kế thời trang.....	83
16. Nhã Tường Linh: Đánh giá ảnh hưởng của tiết diện đường ống và kích thước xi-lanh chính đến sự chuyển dịch của piston xi-lanh công tác trong hệ thống phanh dẫn động thủy lực trên xe du lịch...	89
17. Nguyễn Văn Khiển, Đặng Văn Hải: Tối ưu hóa cơ cấu ăn dao chính xác 2 bậc tự do sử dụng thuật toán NSGA-II và ANN.....	98
18. ThS. Nguyễn Thị Hiếu Thảo , ThS. Nguyễn Đức Văn: Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo để dự đoán độ nhám bề mặt nhằm tối ưu hóa các tham số quá trình tiện CNC với thép SUM24L...	105
19. Lê Anh Tuấn, Nguyễn Văn Công: Thiết kế, chế tạo cơ cấu gá kẹp bên trong ống liều đạn pháo cỡ 85mm.....	111
20. Đinh Tấn Hưng: Nghiên cứu mô phỏng đặc tính khí động của khí cầu treo dạng Helikite.....	115
21. Trương Văn Thuận: Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu hệ thống treo đến dao động của xe ô tô điện cỡ nhỏ.....	120
22. Vũ Văn Duy, Trần Trọng Thắng: Nghiên cứu thiết kế vị trí các đệm khí của ổ đệm khí chịu lực hướng tâm sử dụng trong thiết bị chuẩn mô men lực.....	128

23. Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Mạnh Hùng, Lê Văn Trung, Lại Việt Anh: Thiết kế bộ điều khiển đánh lỗi điện tử các cảm biến trên động cơ phun xăng trực tiếp (GDI) phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học.....	137
24. Đinh Tấn Hưng: Thiết kế, chế tạo và thử nghiệm mạch điều phối năng lượng ứng dụng cho UAV năng lượng mặt trời.....	142
25. Trần Thị Thanh Hải: Giải pháp tự động quấn vòng đai cố định cho cuộn dây trong loa âm thanh	148
26. Lê Đức Hiếu, Đinh, Quốc Cường: Ứng dụng phương pháp LMD trong đánh giá tình trạng kỹ thuật hộp số cơ khí.....	154
27. Nguyễn Ngọc Thuận, Phạm Anh Tuấn, Vũ Đức Hoàn, Bùi Văn Hiếu, Nguyễn Trọng Hiếu: Thiết kế tấm khuôn dương nhằm chế tạo bằng phương pháp WAAM.....	161
28. Nguyễn Việt Tuấn Anh, Trương Văn Thành, Trần Chí Bảo, Nguyễn Trọng Hiếu: Thực nghiệm đo phân bố nhiệt độ của khuôn dương của khuôn phun ép nhựa.....	165
29. Bùi Văn Hiếu, Cao Phạm Đức Hiếu, Hoàng Văn Hiếu, Võ Văn Lâm, Trần Minh Thế Uyên: Ứng dụng CAD trong thiết kế khuôn phun ép nhựa.....	169
30. Hoàng Thị Kim Dung: Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ số thon đến đặc tính khí động cánh Delta..	173
31. Bảo Điền, Phạm Anh Tuấn, Lê Việt Phi, Vũ Đức Hoàn, Trần Thái Sơn: Nghiên cứu độ bền kéo của sản phẩm dạng trục tạo ra bằng công nghệ WAAM Layer với các khoảng offset khác nhau....	177
32. Lê Đức Hiếu, Phạm Minh Hiếu, Lê Huy: Thiết kế và mô phỏng hệ thống lái trợ lực điện bằng phần mềm Inventor.....	182
33. Nguyễn Võ Thành Công, Trần Đắc Luân, Nguyễn Ngọc Duy, Vũ Đình Thắng, Đỗ Thành Trung: Khảo sát ảnh hưởng tốc độ hàn đến chất lượng sản phẩm in 3D kim loại WAAM.....	192
34. Trần Minh Thế Uyên, Trần Thái Sơn, Phùng Anh Quang, Huỳnh Thị Tuyết Minh, Trần Tường Vi: Nghiên cứu mô phỏng kiểm soát sự thay đổi nhiệt độ trong lòng khuôn hình chữ nhật.....	197
35. Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Đức Nam, Nguyễn Khắc Nhật, Lương Thanh Khánh, Phạm Sơn Minh: Thực nghiệm công nghệ WAAM cho sản phẩm dạng trục với các cường độ dòng điện khác nhau.....	202
36. ThS. Vũ Đình Tráng, ThS. Phùng Công Dũng, ThS. Nguyễn Xuân Hòa, TS. Bùi Văn Trâm: Nghiên cứu thiết kế và chế tạo khung cầu chữ A lắp trên tàu khảo sát môi trường biển.....	207
37. Trương Minh Đức, Nguyễn Tuấn Hưng: Nghiên cứu, đánh giá chất lượng bề mặt chi tiết khi phay có sự hỗ trợ của rung siêu âm.....	213
38. Nguyễn Minh Tân, Ngô Thị Thảo, Nguyễn Văn Nhất, Nguyễn Anh Tuấn: Nghiên cứu chế tạo thiết bị mài mòn ứng dụng kiểm tra độ bền mòn trục hàn đắp phục hồi.....	219
39. Nguyen Nhu Hieu, Pham Ngoc Chung: Static pull-in instability analysis of a microcantilever under uniformly distributed loading and electrostatic interaction force using shooting method.....	227

DOANH NGHIỆP – DOANH NHÂN (235-236)

– LILAMA 10 cùng thành viên của Liên danh Tổng thầu Hyundai E&C lắp đặt thành công bồn chứa (Storage Tank) thuộc tổ máy số 1, tại Dự án Nhiệt điện Quảng Trạch 1.....	235
---	-----

THIẾT KẾ, GIA CÔNG VÀ ĐÁNH GIÁ GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC BIÊN DẠNG CIC CỦA ROTOR BƠM KIỂU ROOTS

DESIGN, PROCESSING AND EVALUATION OF PROFILE ACCURACY OF CIC ROTOR FOR ROOTS PUMP

Nguyễn Thanh Tùng^{1,2*}, Trần Thế Văn², Vũ Đức Phúc², Đặng Quang Mến³

¹Khoa Cơ – Điện, Trường Đại học Mỏ – Địa chất

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

³Khoa Cơ khí, Trường Cao đẳng Kinh tế – Kỹ thuật Tô Hiệu

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm mục đích đưa ra một thiết kế mới cho rotor bơm kiểu roots dựa trên kết hợp ba đường cong là đường tròn, đường thân khai và đường tròn gọi là rotor kiểu roots dạng CIC. Dữ liệu điểm của quá trình thiết kế được sử dụng để gia công rotor trên máy cắt dây. Độ chính xác biên dạng của rotor CIC khi gia công bằng máy cắt dây được đo bằng máy CMM và được đánh giá thông qua các so sánh về sự trùng khớp giữa biên dạng rotor tính theo lý thuyết và biên dạng rotor theo dữ liệu đo. Kết quả so sánh dữ liệu điểm giữa biên dạng rotor CIC theo lý thuyết và biên dạng rotor theo kết quả đo đã chỉ ra rằng sai số giữa chúng rất nhỏ, lớn nhất cũng chỉ là 0,007 (mm). Kết quả này cho thấy sử dụng máy cắt dây để gia công rotor CIC là một phương án khả thi và cho độ chính xác biên dạng cao.

Từ khóa: Rotor CIC; Độ chính xác biên dạng rotor; Gia công rotor CIC.

ABSTRACT

This research aims to present a new design for a roots-type pump rotor based on a combination of three curves: circle, body, and circle called a CIC roots-type rotor. Points data of the design process is used to machine the rotor on the wire discharge machine. Profile accuracy of the CIC rotor after machining was measured by the CMM machine and evaluated through comparisons of the agreement between the theoretically calculated rotor profile and the rotor profile according to measurement data. The results of comparing point data between the theoretical CIC rotor profile and the measured rotor profile have shown that the error between them is tiny, the largest is only 0.007 (mm). This result indicates that using a wire discharge machine to produce CIC rotors is a feasible option and provides high profile accuracy.

Keywords: CIC rotor; Rotor profile accuracy; CIC rotor machining.



1. GIỚI THIỆU

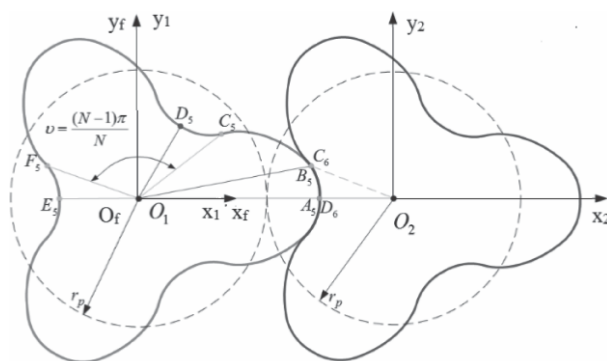
Bơm chân không kiểu roots dùng để vận chuyển dòng chất khí và chất lỏng trong các thiết bị công nghiệp. Nó được sử dụng trong nhiều ngành kỹ thuật như: Cơ khí, xây dựng và y tế.... Bộ phận quan trọng nhất tạo ra ưu điểm về đặc tính kỹ thuật và khả năng làm việc của bơm là rotor bơm vì bộ phận này ảnh hưởng trực tiếp đến lưu lượng, cột áp, tốc độ dòng chảy và đặc tính rung động của bơm. Một số cách hình thành biên dạng rotor bơm kiểu roots đã được một số tác giả đề xuất như hình thành biên dạng rotor từ họ đường cong đơn dạng Cycloid, dạng cung tròn hoặc dạng thân khai [1-3]. Một số nghiên cứu hình thành biên dạng rotor bằng cách tổ hợp nhiều đường cong lại với nhau [4-7]. Do đặc tính phức tạp của rotor nên hướng nghiên cứu về công nghệ tạo hình cho rotor bơm kiểu roots cũng được các nhà nghiên cứu quan tâm [8-11]. Có hai phương pháp chính để gia công rotor dạng roots là phương pháp gia công bằng dao phay định hình [12] và gia công bằng máy cắt dây [13]. Trong đó, phương pháp gia công bằng máy cắt dây có ưu điểm là dễ sử dụng, chi phí thấp và phù hợp với các biên dạng không xoắn. Một trong những chỉ tiêu quan trọng khi gia công rotor là đánh giá độ chính xác biên dạng của nó, bởi vì độ chính xác biên dạng của rotor ảnh hưởng lớn đến đặc tính tiếp xúc và khả năng làm việc của bơm.

Nghiên cứu này tập trung vào việc đề xuất một sự hình thành biên dạng rotor bơm kiểu roots dựa trên sự kết hợp của ba đường cong là đường cung tròn, đường thân khai và đường cung tròn (CIC). Dựa trên biên dạng đề xuất, dữ liệu điểm được sử dụng cho việc gia công rotor bằng máy cắt dây. Sự phù hợp giữa biên dạng thiết kế lý thuyết và thực nghiệm của rotor CIC được đánh giá bằng cách so sánh dữ

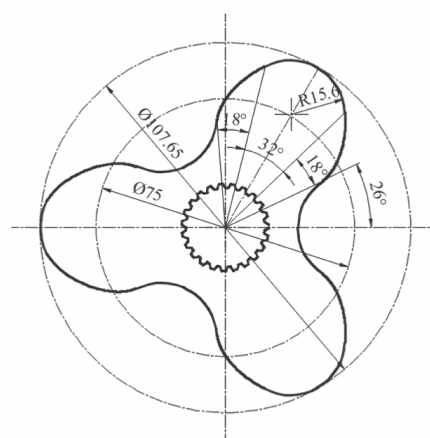
liệu điểm của chúng theo thiết kế và theo kết quả đo thực nghiệm trên máy CMM.

2. THIẾT KẾ BIÊN DẠNG ROTOR KIỂU ROOTS DẠNG CIC

Biên dạng CIC là biên dạng được tổng hợp bởi một cung tròn (phần đỉnh răng – cung A_5B_5), và một cung thân khai (đoạn nằm trên đường chia – cung B_5C_5) và một đường tròn liên hợp (phần chân răng – cung C_5D_5), như biểu diễn trên Hình 1. Trong quá trình làm việc, phần đỉnh của rotor 1 sẽ đối tiếp với phần lõm của rotor 2 và ngược lại. Vì vậy mà bán kính lồi của cung tròn của đỉnh rotor 1 và bán kính lõm của cung tròn chân rotor 2 phải bằng nhau.



Hình 1. Sơ đồ hệ trục tọa độ xác định biên dạng rotor CIC



Hình 2. Biên dạng rotor CIC

- Chọn hệ trục tọa độ $O_1x_1y_1z_1$ gắn trên rotor 1 và chuyển động cùng rotor;

- Hệ trục tọa độ $O_2x_2y_2z_2$ gắn trên và rotor 2 và chuyển động cùng rotor;

- Chọn hệ trục tọa độ cố định $O_fx_fz_f$ có tâm O_f trùng O_1 . Trục z vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Quỹ tích biên dạng rotor của bơm được biểu diễn trong hệ trục tọa độ $O_1x_1y_1z_1$ như sau:

+ Một là biên dạng phần cung tròn A_5B_5 :

$$\mathbf{r}_{III_1}^{(A_5B_5)}(\ell) = \begin{cases} x_{III_1}^{(A_5B_5)}(\ell) = r_a \cos \ell \\ y_{III_1}^{(A_5B_5)}(\ell) = r_a \sin \ell \end{cases} \quad 0 \leq \ell \leq l_1 \quad (1)$$

+ Hai là biên dạng phần đường cong thân khai B_5C_5 :

$$\mathbf{r}_{II_1}^{(B_5C_5)} = \begin{cases} x_{II_1}^{(B_5C_5)}(\ell) = (r_p + \ell \cos \alpha_p) \cos \left(\frac{\pi}{2N} - \frac{\ell}{r_p \sin \alpha_p} \right) - \ell \cos \alpha_p \cot \alpha_p \sin \left(\frac{\pi}{2N} - \frac{\ell}{r_p \sin \alpha_p} \right) \\ y_{II_1}^{(B_5C_5)}(\ell) = \ell \cos \left(\frac{\pi}{2N} - \frac{\ell}{r_p \sin \alpha_p} - \alpha_p \right) \cot \alpha_p + r_p \sin \left(\frac{\pi}{2N} - \frac{\ell}{r_p \sin \alpha_p} \right) \end{cases} \quad (-u \leq \ell \leq u) \quad (2)$$

+ Ba là biên dạng cung tròn C_5D_5 . Phần chân răng biên dạng C_6D_6 là đường cong liên hợp ăn khớp với đường chân răng A_5B_5 (hình 1). Cung tròn chân răng C_6D_6 là giống hệt đường chân răng E_5F_5 và nó được xác định bởi chuyển trục tọa độ đồng nhất đường cong A_5B_5 từ hệ tọa độ O_1 sang hệ tọa độ O_2 . Do đó, đường cong chân răng C_5D_5 có thể thu được bằng cách quay đoạn E_5F_5 đi một góc $\vartheta = (N - 1)\pi/N$ ngược chiều kim đồng hồ quanh trục z :

$$\mathbf{r}_{II_1}^{(C_5D_5)}(\ell) = \begin{cases} x_{II_1}^{(C_5D_5)}(\ell) = 2r_p \cos(\vartheta - \ell) + r_a \cos(\vartheta + 3\ell) \\ y_{II_1}^{(C_5D_5)}(\ell) = 2r_p \sin(\vartheta - \ell) + r_a \sin(\vartheta + 3\ell) \end{cases} \quad (3)$$

Sử dụng phương trình ma trận chuyển trục tọa độ đồng nhất từ hệ tọa độ $O_1x_1y_1z_1$

sang $O_2x_2y_2z_2$. Quỹ tích biên dạng CIC của rotor trong hệ trục tọa độ $O_2x_2y_2z_2$ được cho như ở phương trình (4) và phương trình (5). Phương trình ăn khớp giữa rotor chủ động và rotor bị động được biểu diễn như trong phương trình (6) dưới đây:

$$\mathbf{r}_{I_2}(\tau, \phi) = \mathbf{M}_{21}(\phi) \mathbf{r}_{I_1}(\tau) = \begin{bmatrix} \cos^2 \phi - \sin^2 \phi & -2 \cos \phi \sin \phi & -E_c \cos \phi \\ 2 \cos \phi \sin \phi & \cos^2 \phi - \sin^2 \phi & -E_c \sin \phi \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{I_1}(\tau) \\ y_{I_1}(\tau) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{n}_{I_2}(\tau, \phi) = \mathbf{L}_{21}(\phi) \mathbf{n}_{I_1}(\tau) \quad (5)$$

$$(r_p \cos \phi - x_{I_1}(\tau, \phi))x'_{I_1}(\tau, \phi) + (r_p \sin \phi - y_{I_1}(\tau, \phi))y'_{I_1}(\tau, \phi) = 0 \quad (6)$$

Trong đó: $\mathbf{L}_{21}(\phi)$ là ma trận con trên bên trái cỡ (2x2) của ma trận chuyển trục đồng nhất $\mathbf{M}_{21}(\phi)$ cỡ (3x3).

Sử dụng các phương trình (4), (5) và (6), người ta có thể thiết kế được các biên dạng rotor bơm roots dạng CIC như hình 2.

3. GIA CÔNG ROTOR BẰNG MÁY CẮT DÂY

Do biên dạng rotor bơm kiểu roots không thay đổi trên suốt chiều dài của nó và cánh của rotor CIC không có dạng xoắn nên phương pháp gia công phù hợp là sử dụng máy cắt dây. Nghiên cứu sử dụng máy gia công rotor là máy cắt dây DK7730 với các thông số: Kích thước bàn máy: 360x540 (mm); Hành trình gia công: 300x360 (mm); Chiều cao cắt tối đa: 400 (mm); Tải trọng mặt bàn máy: 200 (kg); Tốc độ gia công tối đa: 120 (mm²/phút); Độ bóng bề mặt tốt nhất: Ra 2,5 (μm); Trọng lượng: 1250 (kg).

Đối với gia công trên máy cắt dây, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng: các thông số công nghệ chính ảnh hưởng tới năng suất và chất lượng gia công gồm: điện áp đánh tia lửa điện

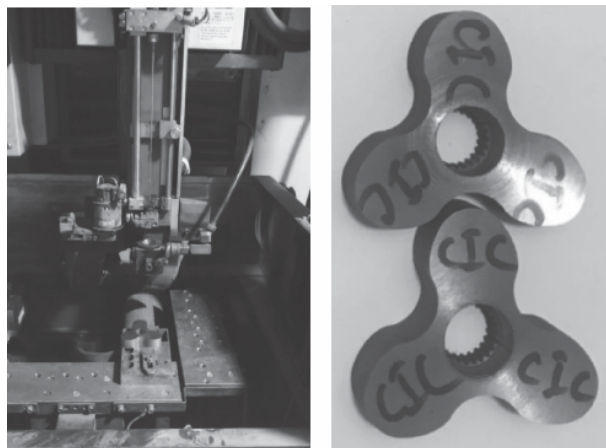
$U_i = 90$ Vôn, độ kéo dài xung $t_i = 0,5s$, khoảng cách xung $t_o = 10s$, tốc độ cắt $v = 110$ mm²/phút và cường độ dòng điện (I) [9-11]. Vật liệu chế tạo rotor là thép không gỉ SUS304. Một số

thành phần hóa học và đặc tính cơ học chính của Inox-SUS304 được cho ở bảng 1:

Bảng 1. Thành phần hóa học của vật liệu SUS 304

Nguyên tố	C	Mn	P	S	Cr	Ni	Si
Tỷ lệ %	0.08	2	0.045	0.03	18	10	1

Hình 3 là hình ảnh cụ thể của máy gia công và mẫu rotor dạng CIC 3 cánh đã gia công.



a) Máy gia công

b) Mẫu rotor

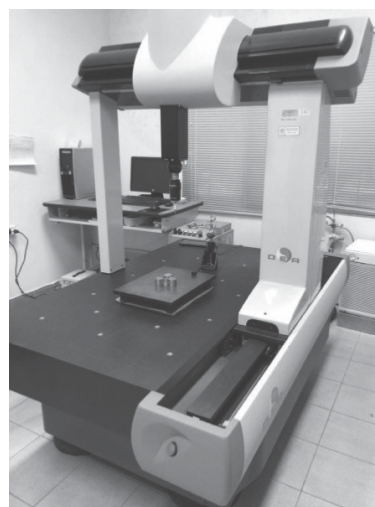
Hình 3. Máy và mẫu sau gia công

4. ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC BIÊN DẠNG ROTOR CIC BẰNG MÁY ĐO CMM

Kết quả đo biên dạng của rotor sẽ được thực hiện trên máy đo tọa độ CMM loại Global 07.10.07 Image clima Technical data. Kết quả đo biên dạng thực nghiệm sẽ được so sánh với kết quả biên dạng thiết kế theo lý thuyết để đánh giá độ chính xác biên dạng của rotor dạng CIC của bơm roots. Mẫu rotor và thiết bị đo CMM được cho trong hình 4.

Quá trình đo được thực hiện như sau:

- Bước 1: Xác lập hệ trục tọa độ cho rotor cần đo;
- Bước 2: Tiến hành đo;
- Bước 3: Xử lý dữ liệu đo và đánh giá sai số.



Hình 4. Mẫu rotor và máy đo CMM

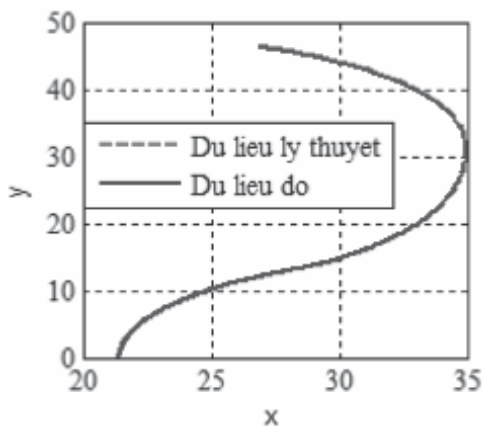
Số liệu sau khi đo được cho dưới dạng tọa độ (véc-tơ định vị r của các điểm đo). Khi đo, tọa độ trong hệ đo của máy không trùng với tọa độ gia công rotor, nên để xử lý số liệu đo, chúng ta cần đưa tọa độ điểm đo về tọa độ gia công. Tọa độ này cũng trùng với tọa độ lý thuyết khi xây dựng phương trình bề mặt. Khi đó, việc xác định sai số sẽ đơn giản hơn.

Theo [13], sau khi xác định được tọa độ điểm M_j của phép đo (các véc-tơ vị trí r_j), ta tiến hành tìm phương trình khoảng cách của các điểm M_j so với đường cong nội suy từ dữ liệu điểm tính từ các phương trình (4), (5) và (6), nó có dạng như sau:

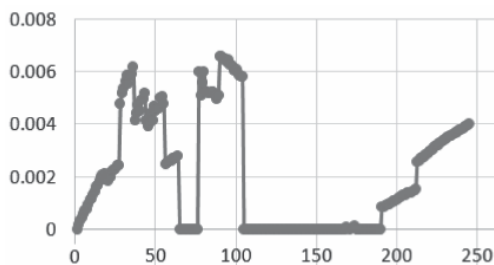
$$\delta_j(u) = |r_j - r_i(u)| \quad (7)$$

Trong đó, $r_j(u)$ véc-tơ vị trí của điểm tương ứng với điểm M_j trên đường nội suy lý thuyết. Giá trị cực tiểu của phương trình (7) chính là sai số giữa biên dạng đo và biên dạng lý thuyết của điểm M_j , nó được xác định từ điều kiện cực trị:

$$\frac{\partial}{\partial u} \delta_j(u) = 0 \quad (8)$$



Hình 5. So sánh biên dạng lý thuyết và biên dạng đo của rotor



Hình 6. Sai số biên dạng lý thuyết và biên dạng đo của rotor

Hình 5 có thể thấy biên dạng rotor lý thuyết và biên dạng rotor đo thực nghiệm sau gia công bằng máy cắt dây ở các điểm khá trùng khớp. Điều này cho thấy gia công rotor dạng CIC bằng máy cắt dây là một phương án phù hợp và cho độ chính xác khá cao. Sai số cụ thể giữa biên dạng lý thuyết và biên dạng ở các điểm được cho trên hình 6. Có thể thấy rằng sai số lớn nhất giữa biên dạng lý thuyết và biên dạng đo của rotor CIC khi gia công bằng máy cắt dây chỉ là 0.007 (mm). Sai số này rất nhỏ, hoàn toàn có thể chấp nhận trong thực tế. Nó còn cho thấy gia công rotor CIC bằng máy cắt dây cho độ chính xác biên dạng cao.

5. KẾT LUẬN

Thiết kế, gia công và đánh giá độ chính xác biên dạng của rotor là những nhiệm vụ cần thiết, mang tính tuần tự và tính phản hồi của quá trình thiết kế và gia công rotor nhằm thỏa mãn mục đích nâng cao khả năng làm việc và hiệu suất của bơm kiểu roots. Nghiên cứu này đã đề xuất một biên dạng mới của rotor bơm kiểu roots trên cơ sở kết hợp các đường cong cung tròn, đường thân khai và cung tròn gọi là rotor dạng CIC. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đề xuất và thử nghiệm gia công rotor CIC bằng máy cắt dây và đánh giá độ chính xác biên dạng của rotor sau khi gia công. Trên cơ sở các kết quả của nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau:

- Kết hợp các đường cong cung tròn, đường thân khai và cung tròn là một phương án khả thi để thiết kế biên dạng rotor mới cho bơm kiểu roots. Biểu thức cho việc xác định dữ liệu điểm của biên dạng rotor được đưa ra rõ ràng ở các biểu thức (4), (5) và (6);

- Sử dụng máy cắt dây là một phương án đơn giản, dễ sử dụng để gia công biên dạng rotor CIC;

- Độ chính xác biên dạng của rotor có thể được đánh giá thông qua so sánh dữ liệu điểm theo lý thuyết và theo kết quả đo thực nghiệm trên máy CMM. Kết quả so sánh cho thấy sự trùng khớp khá cao giữa biên dạng rotor lý thuyết và biên dạng rotor sau gia công (trên 99%). Kết quả này khẳng định gia công rotor CIC trên máy cắt dây là một lựa chọn phù hợp, đảm bảo độ chính xác biên dạng rotor và hoàn toàn khả thi trong sản xuất. ❖

Ngày nhận bài: **12/4/2024**

Ngày phản biện: **28/5/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Faydor L. Litvin and Alfonso Fuentes, 2004. "Gear Geometry and Applied Theory", the second edition, Cambridge University Press.
- [2]. Hwang Y-W, Hsieh C-F, 2006. "Study on high volumetric efficiency of the Roots rotor profile with variable trochoid ratio". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 220(9): 1375-1384. <https://doi.org/10.1243/09544062JMES176>.
- [3]. Chiu-Fan Hsieh, Yii-Wen Hwang, 2008. "Tooth profile of a Roots rotor with a variable trochoid ratio", Mathematical and Computer Modelling, 48 (1,2), 19-33, <https://doi.org/10.1243/09544062JMES176>.
- [4]. Chiu-Fan Hsieh, 2015. "A new curve for application to the rotor profile of rotary profile of rotary lobe pumps", Mechanism and Machine Theory, (87), 70-81, <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2014.12.018>.
- [5]. Kang, YH., Vu, HH, 2014. "A newly developed rotor profile for lobe pumps: Generation and numerical performance assessment". J Mech Sci Technol, 28, 915-926. <https://doi.org/10.1007/s12206-013-1159-7>.
- [6]. Ligang Yao, Zhonghe Ye, Jian S. Dai, Haiyi Cai, 2005. "Geometric analysis and tooth profiling of a three-lobe helical rotor of the Roots blower", Journal of Materials Processing Technology, (170)(1-2): 259-267, <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.05.020>.
- [7]. Mimmi G, Pennacchi P, 1999. "Analytical model of a particular type of positive displacement blower". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science.;213(5):517-526. <https://doi.org/10.1243/0954406991522743>.
- [8]. Lê Đức Tùng, 2022; "Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ tới năng suất và độ nhám bề mặt khi gia công bánh răng không tròn trên máy cắt dây", Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên.
- [9]. Phan Ngọc Tuấn, Dương Quốc Hiếu, Trần Thế Văn, Vũ Đức Phúc, 2023; "Tối ưu hóa độ nhám bề mặt khi gia công rotor của bơm chân không trên máy cắt dây bằng phương pháp Taguchi", Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên.; 37; 117-122.
- [10]. Vũ Quang Hà, 2012; "Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ công nghệ đến năng suất và chất lượng bề mặt khi gia công bằng phương pháp cắt dây tia lửa điện", Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật ngành Công nghệ Chế tạo máy, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [11]. Gadakh, V. S, 2012. "Parametric optimization of wire electrical discharge machining using topsis method", Advances in Production Engineering & Management 7, 3, 157-164. <https://doi.org/10.14743/APEM2012.3.138>.
- [12]. Minh-Thuan Hoang, Yu-Ren Wu, 2021. "Error compensation method for milling single-threaded screw rotors with end mill tool", Mechanism and Machine Theory, 157, 104170, <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.104170>.
- [13]. Hoàng M-T, Wu Y-R, 2021. "Inter-lobe clearance estimation for twin-screw rotor pairs with point-meshing features". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering.;235(2):560-570. <https://doi.org/10.1177/0954408920971399>.