

TẠP CHÍ



ISSN 2615 - 9910 (bản in)
ISSN 2815 - 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

Chào mừng 100 năm
Ngày Báo chí Cách mạng Việt Nam
(21/6/1925 - 21/6/2025)



- ❖ Xây dựng mô hình mô phỏng lá nhíp ô tô bằng phương pháp phần tử hữu hạn
- ❖ Thực nghiệm đo phân bố nhiệt độ của lòng khuôn phun ép nhựa
- ❖ Nghiên cứu mô hình thử nghiệm kiểm tra hệ thống phanh khẩn cấp thang máy gia đình

Số 329, tháng 6 năm 2025

Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 25 tháng 6 năm 2025



NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (10– 614)

1. PGS,TS. Phan Văn Hiếu : Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ tới độ nhám bề mặt khi gia công tia lửa điện bằng phương pháp xung định hình.....	10
2. Phạm Trọng Nhân, Phùng Trí Công, Văn Ngọc Hiệp, Đỗ Huỳnh Nhật : Thiết kế chế tạo bộ cấp phối và đập cánh quạt ly tâm bán tự động dùng trong hệ thống hút bụi và sợi thuốc lá.....	16
3. Trương Chí Công, Trần Quang Giang, Chu Văn Hiếu, Vũ Trọng Nam, Nguyễn Việt Anh : Nghiên cứu mô phỏng dòng chảy nhựa bằng phần mềm NX: so sánh cổng Pin Point và Side Gate.....	23
4. Phạm Thị Minh Huệ, Đặng Văn Đông, Trần Đăng Đức, Nguyễn Đức Dương, Nguyễn Thế Bảo, Nguyễn Chí Dũng, Nguyễn Huy Hoàng, Nguyễn Đức Long, Nguyễn Đức Thật : Thiết kế chế tạo bộ phận vận chuyển cây giống trong máy trồng chuối nuôi cấy mô.....	29
5. Đặng Quốc Vương, Lê Đức Huy, Ngô Lê Hoàng Long, Bùi Quốc Thắng, Lương Thanh Nhật : Thiết bị đo điện tim cầm tay hỗ trợ chẩn đoán bệnh từ xa.....	34
6. TS. Lê Thanh Tuấn , PGS,TS. Vũ Ngọc Tuấn , ThS. Đỗ Nhật Trường : Khảo sát ảnh hưởng của chu trình hoạt động đến tiêu hao năng lượng trên ô tô.....	40
7. Triệu Quý Huy : Tối ưu hóa thiết kế và phân tích động học cơ cấu ba bánh leo cầu thang cho xe kéo nhỏ gọn vận chuyển hàng hóa.....	46
8. Trương Minh Đức, Hoàng Đức Cường, Vũ Toàn Thắng : Nâng cao độ chính xác của hệ thống đo độ phẳng không tiếp xúc bằng công nghệ đệm khí.....	50
9. Lưu Thế Duyệt, Đồng Minh Tuấn, Khổng Văn Nguyên, Trần Bùi Bông : Ứng dụng Matlab – Simulink mô phỏng hệ thống truyền lực xe hybrid sử dụng hộp số kiểu hai chế độ	56
10. Lương Văn Tới, Huỳnh Công Lớn : Nghiên cứu sự ảnh hưởng của vị trí đầm dùi và tỉ số nén của khuôn đến chất lượng bó vỉa bê tông trong máy đúc bó vỉa hệ sử dụng đầm dùi để tạo rung động.....	64
11. Nguyễn Hoàng Long, Huỳnh Hồ Trung Tịnh, Nguyễn Duy Ánh : Điều khiển robot đa hướng ba bánh bằng phương pháp dự báo mô hình.....	73
12. TS. Ngô Gia Việt : Xây dựng mô hình toán nhằm đánh giá ảnh hưởng của quá trình uốn tới độ chính xác gia công ống thép tàu thủy.....	82
13. ThS. Nguyễn Đức Bình , ThS. Nguyễn Mạnh Chiêu : Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày lớp cấu cặn đến hiệu suất nhiệt của bộ trao đổi nhiệt kiểu ống vỏ.....	88
14. Nguyễn Thanh Tuấn, Khổng Văn Nguyên : Ứng dụng Matlab – Simulink mô phỏng quá trình cháy của động cơ trang bị hệ thống phun nhiên liệu Commonrail.....	93
15. ThS. Vũ Huy Khôi , ThS. Mai Văn An , ThS. Tạ Bá Dũng : Nghiên cứu ảnh hưởng của lỗ trích khí đến hoạt động của máy tự động trên súng trường STR406.....	99
16. KS. Đỗ Văn Tinh , ThS. Nguyễn Tuấn Hưng : Tối ưu hóa cấu trúc của cánh tay robot năm bậc tự do bằng phương pháp mô phỏng phân tích.....	103
17. ThS. Lê Huỳnh Đức , ThS. Vũ Văn Thi , ThS. Nguyễn Tuấn Hưng : Xây dựng mô hình mô phỏng lá nhíp ô tô bằng phương pháp phần tử hữu hạn.....	107
18. TS. Phạm Thị Thủy , ThS. Nguyễn Sơn Tùng : Lựa chọn vật liệu chế tạo răng cắt phá hủy đất đá sử dụng tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh.....	111

19. Nguyễn Thành Trung: Phân tích các tình huống đâm va trong hàng hải và các bài học kinh nghiệm dựa trên quy tắc COLREGs 72.....	116
20. Nguyễn Thế Lương: Nghiên cứu ảnh hưởng của tuổi đời xe và chế độ bảo dưỡng đến chất lượng phát thải của xe máy phun xăng điện tử đang lưu hành.....	122
21. Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Hồng Lĩnh: Thiết kế bộ điều khiển PD cho hệ phi tuyến và nhiều biến ứng dụng cho robot công nghiệp.....	130
22. Phạm Đức Thiên, Nguyễn Thanh Tùng: Xây dựng mô hình toán để tạo hình biên dạng rotor CIC bơm roots.....	135
23. Nguyễn Quốc Toàn, Bùi Thanh Hương: Nghiên cứu xây dựng mô hình ma-nơ-canh ảo từ dữ liệu quét 3D ứng dụng trong thiết kế và thử sửa mẫu ảo.....	140
24. Tăng Bá Đại, Nguyễn Thị An Khang, Ngô Phi Hùng, Lê Thế Quốc Hưng: Ảnh hưởng tốc độ vòng quay động cơ diesel HINO XZU650 đến nồng độ phát thải khí xả.....	147
25. Lê Trạch Trường, Vũ Trần Hoàng, Nguyễn Văn Minh, Phí Hoàng Trình: Nghiên cứu mô phỏng quá trình phanh tái sinh trên xe VF3.....	152
26. Trần Văn Mạnh: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến khả năng gia công vật liệu da bằng phương pháp dây nóng.....	158
27. Nguyễn Tiến Dũng: Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình gia công vi-EDM vật liệu Ti6Al4V bằng điện cực WC sử dụng phương pháp Taguchi – TOPSIS.....	162
28. Nguyễn Văn Mùi: Tự động hóa quá trình thiết kế thiết bị cấp phôi tự động theo nguyên lý rung động.....	165
29. Trần Văn Mạnh: Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình gia công da bằng dây nóng sử dụng phương pháp Taguchi – DEAR.....	172
30. Vũ Tiến Đại, Hoàng Trần Đăng, Đỗ Hoàng Lâm, Đỗ Tuấn Anh, Trần Đức Nghĩa: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số vận hành đến đặc tính hoạt động của hệ thống truyền lực trên ô tô điện.....	176
31. Nguyễn Thành Đông: Sai số phi tuyến chu kỳ trong giao thoa kế heterodyne sửa đổi trong phép đo dịch chuyển nhỏ.....	183
32. Nguyễn Thành Đông: Hiệu chỉnh phép đo pha và dịch chuyển trong giao thoa kế homodyne điều biến tần số.....	188
33. Nguyễn Tiến Huy, Vũ Minh Hùng, Đỗ Thế Vinh: Nghiên cứu cấu trúc tế vi liên kết hàn giáp mối thép A572-GRADE 50 cho trụ điện gió tại Việt Nam bằng quá trình hàn GMAW.....	194
34. Luyện Văn Hiếu, Trần Mạnh Duy, Nguyễn Đình Hạnh: Mô phỏng hệ thống truyền lực thu hồi năng lượng trên xe lu bánh lốp.....	200
35. Đinh Mai Hương, Lê Thị Lành: Ảnh hưởng của thông số công nghệ may đến độ bền và độ giãn đứt đường may 514 trên vải dệt kim single.....	208
36. PGS, TS. Đinh Văn Thắng: Ứng dụng thuật toán logic trong xác định pha chạm đất cho lưới điện trung áp mở.....	216
37. Nguyễn Thị Ngọc Huyền: Mô phỏng điều khiển hệ thống phun PU trong sản xuất tôn 5 sóng với TIA Portal.....	221
38. Võ Ngọc Anh Tuấn, Vũ Hoàng Thái Duy, Lê Trung Hòa: Thiết kế và chế tạo máy in 3D – FDM tốc độ cao.....	226
39. Nguyễn Thành Trung: Đánh giá độ chính xác của panme đầu đo chữ V thông qua so sánh với máy đo tọa độ.....	232
40. Bùi Trọng Hiếu, Trần Thị Kiều My, Huỳnh Hữu Nghị: Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số công nghệ đến độ chính xác của sản phẩm Green Part trong công nghệ in 3D kim loại theo phương pháp Extrusion-based Additive.....	238

41. Nguyễn Thị Ngọc Huyền, Lê Đức Bảo: Nghiên cứu mô hình thử nghiệm kiểm tra hệ thống phanh khẩn cấp thang máy gia đình.....	248
42. Hoàng Trọng Trần Huy: Điều độ động tàu vào bến cảng container bằng giải thuật Local Search.....	254
43. Lê Hoàng Bảo, Trần Nguyên Duy Phương, Nguyễn Văn Thành, Trương Quốc Thanh, Đinh Trường Hoàng Vinh: Thiết kế thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng chi trên và chi dưới cho bệnh nhân sau đột quỵ não.....	262
44. Lê Bảo Việt, Nguyễn Tiến Dũng, Vũ Đình Hoan, Nguyễn Đình Dương, Trương Văn Thuận: Nghiên cứu ứng dụng bộ điều khiển PID vào hệ thống treo bán tích cực nhằm nâng cao độ êm dịu của ô tô.....	268
45. Nguyễn Văn Quang, Phạm Sơn Minh, Quách Văn Thiêm, Nguyễn Văn Mang: Nghiên cứu quá trình biến dạng tạo lỗ trên thân ống hình trụ phục vụ liên kết hàn ống rẽ nhánh.....	274
46. Trần Nhật Quang, Hồ Xuân Thành, Nguyễn Hà, Lê Thanh Tùng: Thực nghiệm chế tạo mẫu liên kết hai lớp vật liệu bằng phương pháp ép ở nhiệt độ cao.....	282
47. Vy Lăng Thiên Phước, Nguyễn Tiến Dũng, Trần Thanh Thuởng, Nguyễn Trà Kim Quyên: Nghiên cứu chế tạo mô hình giải nhiệt dạng lớp cho lòng khuôn với sản phẩm dạng lõm.....	290
48. Nguyễn Tấn Đạt, Trần Thanh Lam, Huỳnh Nguyễn Hoàng, Lê Thanh Tùng: Thực nghiệm đo nhiệt độ lòng khuôn dạng phẳng.....	298
49. Nguyễn Sỹ Huy, Nguyễn Phan Anh, Huỳnh Quang Duy, Phan Thanh Nhân: Ảnh hưởng của các thông số đến kích thước đường hàn.....	305
50. Nguyễn Hoàng Vũ, Nguyễn Phan Anh, Phan Thanh Nhân, Vũ Quang Huy: Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chần đến bán kính cong của ống.....	313
51. Trần Quang Vinh, Nguyễn Hà, Lê Thanh Tùng, Phan Thanh Nhân: Chế tạo các mẫu thử độ bền uốn bằng phương pháp hàn TIG.....	321
52. Nguyễn Thuỳ Diễm Quyên, Trần Thanh Thuởng, Vũ Quang Huy, Đỗ Văn Đại: Chế tạo tấm khuôn bằng phương pháp tạo hình theo lớp.....	328
53. Nguyễn Văn Hoàng Long, Nguyễn Khắc Nhân, Đỗ Văn Hiến, Âu Thị Kim Loan: Thử nghiệm module giữ và chần ống kim loại.....	335
54. Phạm Đức Toản, Nguyễn Hà, Huỳnh Quang Duy, Nguyễn Văn Sơn: Nghiên cứu dự đoán ứng suất kéo của kết cấu dạng lattice.....	341
55. Lê Vũ Quang Huy, Hồ Sỹ Hùng, Nguyễn Trọng Hiếu, Nguyễn Hải Hoàn: Nghiên cứu thực nghiệm hàn thép tấm ở vị trí đầu mí.....	349
56. Nguyễn Quốc Đoàn, Nguyễn Lê Tường, Đỗ Văn Hiến, Phan Thanh Nhân: Thực nghiệm chế tạo chi tiết dạng tấm bằng phương pháp chần.....	357
57. Võ Nguyễn Anh Tú, Nguyễn Văn Sơn, Hoàng Trọng Nghĩa, Tạ Nguyễn Minh Đức: Dự đoán đường cong ứng suất uốn.....	366
58. Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Trà Kim Quyên, Trần Thanh Lam, Nguyễn Văn Sơn: Nghiên cứu thực nghiệm độ bền uốn của liên kết hàn thép tấm dạng đầu mí.....	373
59. Luu Anh Tung, Hoang Van Got, Do The Vinh, Vu Ngoc Pi, Hoang Anh Toan: MRR optimization in Nano-MQL milling of hardened 90CrSi tool steel using CUO nanoparticles.....	380
60. Phạm Sĩ Hưng, Nguyễn Lê Tường, Huỳnh Quang Duy, Vũ Quang Huy: Quy trình tạo mẫu và thử nghiệm độ bền cho mẫu hàn liên kết dạng đầu mí.....	388
61. Nguyễn Dương Quang Huy, Tạ Nguyễn Minh Đức, Huỳnh Quang Duy, Nguyễn Văn Sơn: Nghiên cứu ứng dụng phương pháp in 3D từ vật liệu lỏng trong chế tạo chi tiết có kết cấu dạng lattice.....	394
62. Nguyễn Hữu Phước, Trương Minh Trí, Nguyễn Lê Tường, Nguyễn Hải Hoàn: Thiết kế module hàn thép.....	403

63. Trần Xuân Hoàng, Nguyễn Văn Tú, Nguyễn Quang Sáng, Tạ Nguyễn Minh Đức: Nghiên cứu chế tạo chi tiết chịu uốn có dùng kết cấu lattice.....	412
64. Hồ Minh Trí, Dương Văn Linh, Nguyễn Văn Tú, Trần Thanh Lam: Thực nghiệm nhiệt độ của lòng khuôn âm với các thông số gia nhiệt khác nhau.....	419
65. Lê Đức Thắng, Trần Thanh Thuởng, Trần Thanh Lam, Nguyễn Quang Sáng: Thực nghiệm đo phân bố nhiệt độ của lòng khuôn phun ép nhựa.....	426
66. Huỳnh Văn An, Trần Thế San, Đỗ Văn Hiến, Nguyễn Trà Kim Quyên: Phân bố nhiệt độ của lòng khuôn dương với các thông số gia nhiệt khác nhau.....	434
67. Nguyễn Thị Thúy Ngọc, Đinh Thị Xuân, Ngô Chí Trung: Đặc trưng xoắn và kéo đứt của một số mẫu chỉ may thông dụng trên thị trường Việt Nam.....	440
68. TS. Phạm Thanh Nhựt: Thực nghiệm khảo sát ảnh hưởng của kết cấu vách đến tổn thất nhiệt của hầm bảo quản lạnh trên tàu cá vỏ gỗ.....	445
69. Nguyễn Thị Bích Hậu, Đỗ Đức Thành: Nghiên cứu sử dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng đề điều chỉnh dung lượng bù phân tán lưới trung áp 35kV nhằm giảm tổn thất điện năng.....	452
70. Đỗ Thị Kim Liên, Nguyễn Duy Chiến: Tích hợp phương pháp Entropy và phương pháp RAM (phương pháp đánh giá gốc) để tối ưu đa mục tiêu quá trình mài thép SKD11....	458
71. Trần Đức Toàn: Nghiên cứu xây dựng phương pháp bổ sung lượng bù do biến dạng đàn hồi cho thuật toán xác định lượng bù sai số vị trí của vít me – đai ốc bi.....	470
72. Trần Lâm: Nghiên cứu công nghệ sửa chữa đầu chốt nối cánh tuabin hơi nước thép không gỉ AISI 422SS bằng công nghệ in 3D laser bột.....	470
73. Nguyễn Anh Tuấn: Mô phỏng khe hở đầu cánh tuabin sử dụng khoang lõm kết hợp gân.....	478
74. PGS, TS. Phan Văn Hiếu: Thiết kế, chế tạo mô hình máy ép bánh trung thu sử dụng vi điều khiển Arduino Nano.....	488
75. Trần Trọng Tuấn, Nguyễn Hoàng Vũ, Vũ Ngọc Khiêm: Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ tuần hoàn khí thải (%EGR) đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ diesel Hyundai D4CB 2.5 TCI-A.....	495
76. Nguyễn Vũ Cường, Phạm Minh Hiếu, Đỗ Đức Thành, Phạm Thị Tuyết Thanh, Đặng Quốc Vương: Tính toán, mô phỏng biến dạng và lực tác động lên vỏ máy biến áp công suất lớn bằng phương pháp phần tử hữu hạn.....	502
77. PGS, TS. Phan Văn Hiếu: Nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp đánh lửa (U) đến độ nhám bề mặt khi xung thép C45 bằng điện cực Graphit trên máy xung định hình CNC (P26+E30) – MAXSEE.....	507
78. Trần Minh Thúy: Mô hình hóa động học robot tác hợp gia công cơ khí.....	514
79. Nguyễn Văn Thanh, Nguyễn Hữu Lộc: Ứng dụng phân tích phần tử hữu hạn để trực quan hóa trường ứng suất-biến dạng nhằm tìm biện pháp nâng cao độ bền mỏi của chi tiết máy.....	521
80. Võ Thanh Hòa, Nguyễn Phan Thanh Hào, Nguyễn Hữu Lộc: Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến độ bền tiếp xúc bánh răng nhựa sử dụng phương pháp Taguchi.....	528
81. Trần Văn Lợi, Nguyễn Hùng Mạnh, Trần Xuân Nhã: Nghiên cứu ứng dụng MPC-LTI cho điều khiển chuyển làn xe tự hành.....	536
82. Nguyễn Hùng Mạnh: So sánh các cấu hình truyền lực Ô tô Hybrid (HEV).....	542
83. ThS. Đỗ Hữu Tuấn, ThS. Phùng Công Dũng: Ứng dụng phần mềm WorkingModel phân tích động lực học của cầu trục một dầm.....	549
84. Hoàng Minh Tuấn: Ổn định của vòng đàn hồi chịu tải trọng thủy tĩnh.....	554
85. Trương Việt Anh, Lê Thị Thái: Khảo sát ảnh hưởng của xâm thực trong khai thác vận hành chân vịt seri B bằng phương pháp quan sát vết sơn.....	559

86. Bui Van Binh: Numerical buckling analysis of laminated composite wing-shaped plates with box-type stiffeners under uniform compression.....	565
87. Bui Van Binh, Pham Hai Trinh: Free vibrational and buckling analysis of C-section laminated composite beam.....	572
88. Le Xuan Thuy: Dynamic analysis of stiffened shallow shell on nonlinear elastic supports subjected to blast loading.....	579
89. Van-Thanh Ngo: Vibration analysis of a rotor system supported by nonlinear hydrodynamic bearings.....	584
90. Tran Quoc Hung, Hoang Van Got, Do The Vinh, Vu Ngoc Pi, Hoang Anh Toan: Surface roughness modeling and parameter influence in Nano-MQL milling process.....	590
91. Truong Thi Thu Huong, Vu Trung Tuyen, Nguyen Thi Quoc Dung, Le Thi Phuong Thao: Surface roughness optimization in EDM considering graphite electrode type using Gaussian process regression.....	598
92. Hung Quach, Nguyen Hong Linh, Le Ha An: Strain localization and fracture strain path in a high-strength 7075 aluminum alloy.....	605
93. Vo Ngoc Anh Tuan, Nguyen Duc Nhan, Phan Xuan Vu Kha: Fabricate a soft robotic actuator using FDM 3D printing.....	609

DOANH NGHIỆP – DOANH NHÂN (615 – 616)

LILAMA 10 – Ghi dấu ấn quan trọng tại dự án Thủy điện Hòa Bình mở rộng.....	615
---	-----

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN ĐỂ TẠO HÌNH BIÊN DẠNG ROTOR CIC BƠM ROOTS

DEVELOPING A MATHEMATICAL MODEL FOR GENERATING THE CIC ROTOR PROFILE OF A ROOTS PUMP

Phạm Đức Thiên*, Nguyễn Thanh Tùng

Trường Đại học Mỏ – Địa Chất

*Email: phamducthien@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo tập trung vào xây dựng mô hình toán cho biên dạng rotor CIC (Circle – Involute – Circle) bơm Roots bằng cách tổ hợp các cung cong bao gồm cung tròn ở đỉnh rotor, cung thân khai ở sườn bên rotor và cung tròn ở đáy rotor. Dựa trên các phép biến đổi toán học và các ma trận chuyển đổi, phương trình toán học đoạn cung tròn đỉnh, đoạn cung thân khai cạnh và cung tròn đáy được hình thành. Bên cạnh đó, nội dung bài báo còn giải quyết các vấn đề về điều kiện liên tục các cung cong tại các điểm chuyển tiếp. Bằng sự hỗ trợ của ứng dụng Matlab, mô hình Rotor CIC kiểu 2, 3 và 4 cánh được hình thành. Kết quả của bài báo thể hiện tính đúng của mô hình toán và các điều kiện hình thành.

Từ khóa: Bơm Roots; Thân khai; Cung tròn.

ABSTRACT

This paper focus on developing a mathematical model for the rotor profile of a CIC (Circle – Involute – Circle) of Roots pump by combining a circular arc, an involute curve, and another circular arc. Based on mathematical transformations and transformation matrices, the governing equations for the circular arc and involute segments are formulated. In addition, the paper addresses continuity conditions at the transition points between the connected curves to ensure smoothness of the rotor profile. By using Matlab software, CIC rotor profiles with 2-lobe, 3-lobe, and 4-lobe configurations are successfully generated. The results confirm the correctness of the mathematical model and the validity of the geometric constraints applied.

Keywords: Roots pump; Involute rotor; Circle rotor.

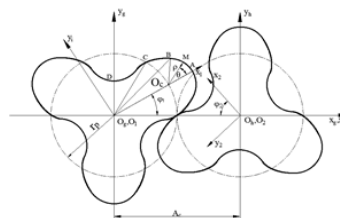


Bơm Roots (thuộc dòng bơm thể tích) thường được sử dụng để tạo môi trường chân không trong các ngành thực phẩm, đồ uống, hóa chất,... nhờ các ưu điểm như kết cấu đơn giản, lưu lượng lớn, dễ lắp ráp và chi phí bảo trì thấp [1]. Biên dạng cánh rotor là ảnh hưởng đến hiệu suất làm việc của bơm, do trạng thái chân không được hình thành bởi quá trình ăn khớp giữa cặp cánh rotor. Hiện nay, hướng nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung vào thiết kế biên dạng cánh rotor của bơm Roots để cải thiện hiệu suất bơm, đồng thời đảm bảo tính phù hợp với các công nghệ gia công hiện đại. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng các đường cong hình học cơ bản cùng với các điều kiện ràng buộc hình học để thiết kế biên dạng rotor Roots. Wang và cộng sự [2] sử dụng năm cung tròn để thiết kế biên dạng rotor và phân tích ảnh hưởng của các tham số thiết kế đến hiệu suất bơm. Nhóm tác giả Niimura và cộng sự [3] đề xuất biên dạng rotor gồm cung tròn và đường thân khai nhằm nâng cao hiệu suất bơm. Hsieh và Hwang [4, 5] sử dụng đường trochoid và hàm đa thức, hàm tỉ lệ trochoid biến thiên để thiết kế phần đỉnh rotor, đường cycloid mở rộng kết hợp đường trochoid biến thiên để tạo hình biên dạng cánh [6]. Ngoài ra, Hsieh [7] còn sử dụng đường elip để tạo hình biên dạng cánh rotor bơm có tính đến điều kiện cắt chân răng. Kang và Vu [8] đề xuất hai biên dạng rotor cho bơm Roots, gồm biên dạng ECE (epicycloidal-circular-epicycloidal) và CEC (circular-epicycloidal-circular). Gần đây, nhóm tác giả Wu và Tran [9] đề xuất biên dạng rotor mới gồm năm đoạn cong, bao gồm một đường involute, một cung tròn và đường đồng dạng của nó, một đường epicycloid và đường đồng dạng của nó. Các nghiên cứu trên đã đề cập việc thiết kế hình dạng rotor bơm Roots, tuy nhiên mỗi biên dạng đề xuất đều có những hạn

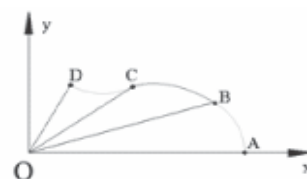
ché nhất định. Nghiên cứu này đề xuất một mô hình toán học cho biên dạng rotor CIC mới. Biên dạng rotor mới gồm ba đoạn cong: cung tròn (Circle) - đường thân khai (Involute) - cung tròn (Circle). Từ cơ sở mô hình toán rotor CIC để thực hiện các nghiên chuyên sâu về loại rotor mới này.

2. XÂY DỰNG BIÊN DẠNG ROTOR CIC BƠM ROOTS

Như biểu diễn ở Hình 1, biên dạng CIC của rotor là được kết hợp bởi ba họ đường cong. Biên dạng rotor là đối xứng trục nên chỉ cần xác định cho một nửa biên dạng. Đoạn đường cong phần đỉnh rotor AB là một cung tròn có bán kính ρ được sử dụng để đảm bảo điều kiện khép kín với phần vỏ của bơm. Khe hở giữa phần đỉnh rotor và thành trong của vỏ bơm sẽ trở lên dài và hẹp hơn, việc này sẽ cho đường làm việc tốt hơn và cửa vào rộng hơn. Đoạn BC là một đường thân khai được sử dụng để ngăn chặn mòn bề mặt răng trên đường làm việc dọc theo đường tròn làm việc. Và cuối cùng là đoạn CD là một đường cung tròn đầy đối tiếp với cung tròn đỉnh của rotor đối tiếp.



(a) *Biên dạng rotor CIC*



(b) Đoạn biên dạng rotor CIC

Hình 1. Hệ tọa độ xây dựng mô hình toán rotor biên dạng CIC

Để thiết lập phương trình toán cho mô hình biên dạng rotor mới CIC, ta chọn hệ trục tọa độ $S_1 (O_1-x_1y_1)$ gắn trên rotor 1; hệ trục tọa độ $S_2 (O_2-x_2y_2)$ gắn trên rotor 2; hệ trục tọa độ $S_g (O_g-x_gy_g)$ and $S_h (O_h-x_hy_h)$ là hệ trục tọa độ chuyển động. Rotor và cánh rotor có tính đối xứng nên việc xây dựng biên dạng rotor được thực hiện trên đoạn cung cong CIC cơ sở (hình 1b), từ đó dựa trên các phép đối xứng, phép quay để thiết lập toàn bộ biên dạng rotor.

*Với đoạn cung tròn AB: Cung tròn AB có tâm O_c nằm trên đường tròn chia bán kính r_p , bán kính cong ρ , một điểm M trên tròn AB được xác định thông qua phương trình (1):

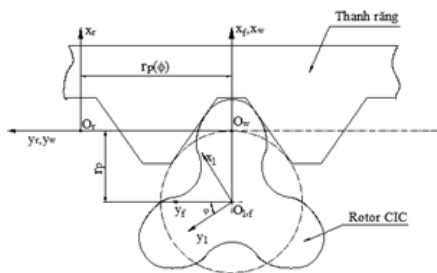
$$\mathbf{r}_{1,AB}(\theta) = \left[(R-r_p)\cos\theta + r_p, (R-r_p)\sin\theta, 1 \right]^T \quad (1)$$

Véc tơ pháp tuyến đơn vị của cung AB được xác định theo phương trình (2):

$$\mathbf{n}_{1,AB}(\theta) = \left(\frac{\partial \mathbf{r}_{1,AB}(\theta)}{\partial \theta} \times \mathbf{k} \right)^T \quad (2)$$

Trong đó, R và ρ là bán kính đường tròn qua đỉnh rotor và bán kính cung tròn AB, θ là góc tham số của cung tròn, giá trị $\theta_{\min} \leq \theta \leq \theta_{\max}$, $\mathbf{k}$ là véc tơ pháp tuyến đơn vị theo trục Z , T là ký hiệu ma trận chuyển vị. Cung tròn đỉnh AB này sẽ đối tiếp với cung tròn đáy của rotor đối tiếp.

*Với đoạn thân khai BC: Việc tạo hình biên dạng thân khai BC được xác định theo sơ đồ tạo hình đường thân khai như Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tạo hình cho đường cong thân khai

Gọi hệ trục tọa độ $S_r (O_r-x_r y_r)$, $S_1 (O_1-x_1 y_1)$ là hệ trục tọa độ cố định gắn với thanh răng và tâm bánh răng. Hệ trục tọa độ $S_w (O_w-x_w y_w)$, $S_f (O_f-x_f y_f)$ là hệ trục tọa độ chuyển động gắn tại tâm ăn khớp và tâm bánh răng. Quỹ tích các điểm trên biên dạng cung thân khai được xác định theo phương trình (3) và véc tơ pháp tuyến tại điểm đó được xác định bởi phương trình (4).

$$\mathbf{r}_{1,BC}(u, \alpha) = \left[(r_p + u \cos \alpha) \cos \lambda - u \cos \alpha \cot \alpha \sin \lambda, u \cos(\lambda - \alpha) \cot \alpha + r_p \sin \lambda, 1 \right]^T \quad (3)$$

$$\mathbf{t}_{1,BC}(u, \alpha) = \left[\frac{\partial x_{1,BC}}{\partial u}, \frac{\partial y_{1,BC}}{\partial u} \right]^T \quad (4)$$

Trong đó: Tham số u của thanh răng được xác định bởi $-u_{bc} \leq u \leq u_{bc}$; α là góc áp lực; ϕ là tham số góc quay của bánh răng; W_p là

bên dày thanh răng và được xác định $W_p = \frac{\pi r_p}{Z}$, Z là số răng; λ là góc phụ và được xác định

$$\text{bằng công thức: } \lambda = \frac{\pi}{2Z} - \frac{u \cos \alpha}{r_p}.$$

Giữa cung tròn AB và cung thân khai BC nối với nhau tại điểm B. Để đảm bảo quá trình nối tiếp liên tục, chúng thỏa mãn ba điều kiện sau:

(1) Điều kiện liên tục về vị trí tại điểm B thể hiện qua phương trình (5):

$$f_{1,B} = (x_{AB}^2 + y_{AB}^2) - (x_{BC}^2 + y_{BC}^2) = 0$$

$$f_{1,B} = \left[(R-r_p)\cos\theta + r_p \right]^2 + \left[(R-r_p)\sin\theta \right]^2 - \left[(r_p + u \cos \alpha) \cos \lambda - u \cos \alpha \cot \alpha \sin \lambda \right]^2 - \left[u \cos(\lambda - \alpha) \cot \alpha + r_p \sin \lambda \right]^2 = 0 \quad (5)$$

(2) Điều kiện liên tục về tiếp tuyến tại điểm B thể hiện qua phương trình (6):

$$f_{2,B} = \mathbf{n}_{1,AB} \cdot \mathbf{t}_{1,BC} = \left[\frac{\partial x_{1,BC}}{\partial u}, \frac{\partial y_{1,BC}}{\partial u} \right]^T \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{r}_{1,AB}(\theta)}{\partial \theta} \times \mathbf{k} \right)^T = 0 \quad (6)$$

(3) Điều kiện liên tục về độ cong của hai cung cong tại điểm B thể hiện qua phương trình (7):

$$f_{3,B} = \frac{\partial^2 \mathbf{r}_{1,AB}(\theta)}{\partial \theta^2} - \frac{\partial^2 \mathbf{r}_{1,BC}(u)}{\partial u^2} = 0 \quad (7)$$

*Với đoạn cung tròn CD: Cung tròn đáy CD của rotor thứ nhất sẽ nối tiếp với cung tròn đỉnh của rotor thứ hai. Điểm $M_2(x_2, y_2)$ trên cung lõm S_2 được xác định thông qua ma trận chuyển đổi M_{21} , ta có:

$$M_2 = M_{21} \cdot M_1 = M_{2f} \cdot M_{f1} \cdot M_1$$

Trong đó: M_{f1} là ma trận chuyển đổi từ hệ tọa độ S_1 sang hệ tọa độ S_g ; M_{2f} là ma trận chuyển đổi từ hệ tọa độ S_2 sang hệ tọa độ S_h .

$$M_{2f} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi & -2r_p \cos \phi \\ -\sin \phi & \cos \phi & 2r_p \sin \phi \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ và}$$

$$M_{f1} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow M_{21} = M_{2f} \cdot M_{f1} = \begin{bmatrix} \cos 2\phi & \sin 2\phi & -2r_p \cos \phi \\ -\sin 2\phi & \cos 2\phi & 2r_p \sin \phi \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Tọa độ điểm M trên cung tròn CD xác định theo phương trình:

$$\mathbf{r}_{1,CD} = M_{21} \mathbf{r}_{1,AB} = \begin{bmatrix} \rho \cos(\theta - 2\phi) + a \cos 2\phi - 2r_p \cos \phi \\ \rho \sin(\theta - 2\phi) - a \sin 2\phi + 2r_p \sin \phi \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} (R - r_p) \cos \theta + r \\ (R - r_p) \sin \theta \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Véc tơ pháp tuyến của cung tròn CD trên rotor 2 được xác định như phương trình (10):

$$\mathbf{n}_{2,CD} = M_{21} \mathbf{n}_{1,AB} = \begin{bmatrix} \cos 2\phi & \sin 2\phi & -2r_p \cos \phi \\ -\sin 2\phi & \cos 2\phi & 2r_p \sin \phi \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{r}_{1,AB}(\theta)}{\partial \theta} \times \mathbf{k} \right)^T \quad (10)$$

Để cung tròn đáy và cung tròn đỉnh của hai rotor nối tiếp thỏa mãn điều kiện ăn khớp với nhau, nó được xác định qua phương trình (11):

$$f_4 = \frac{\partial \mathbf{r}_{2,CD}}{\partial \phi} \cdot \mathbf{n}_{2,CD} = \sin(\phi - \theta) + \sin \theta = 0 \quad (11)$$

Đoạn CD và BC nối tiếp với nhau tại điểm C, nên tại C hai đường cong phải thỏa điều kiện tiếp xúc và trơn biên dạng tương tự điểm B. Các điều kiện được thể hiện như phương trình:

(1) Điều kiện liên tục về vị trí tại điểm C thể hiện qua phương trình (12):

$$f_{1,C} = (x_{CD}^2 + y_{CD}^2) - (x_{BC}^2 + y_{BC}^2) = 0 \quad (12)$$

(2) Điều kiện liên tục về tiếp tuyến thể hiện qua phương trình (13):

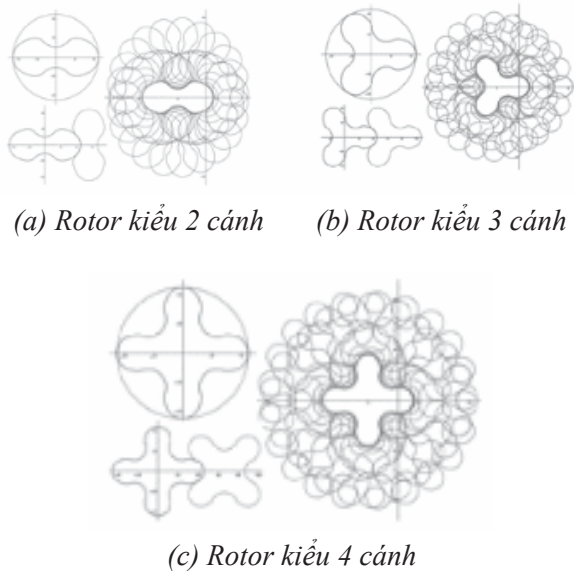
$$f_{2,C} = \mathbf{n}_{1,CD} \cdot \mathbf{t}_{1,BC} = \left[\frac{\partial x_{1,BC}}{\partial u}, \frac{\partial y_{1,BC}}{\partial u} \right]^T \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{r}_{1,CD}(\theta)}{\partial \theta} \times \mathbf{k} \right)^T = 0 \quad (13)$$

(3) Điều kiện liên tục về độ cong của hai cung cong tại điểm B:

$$f_{3,C} = \frac{\partial^2 \mathbf{r}_{1,CD}(\theta)}{\partial \theta^2} - \frac{\partial^2 \mathbf{r}_{1,BC}(u)}{\partial u^2} = 0 \quad (14)$$

Các phương trình (1), (3) và (10) thể hiện phương trình biên dạng CIC mới. Bằng việc giải các phương trình điều kiện ở phương

trình (5, 6, 7, 11, 12, 13, 14) cho chúng ta giá trị các tham số thiết kế. Bằng sự hỗ trợ của công cụ Matlab và Autocad thì biên dạng rotor CIC kiểu 2, 3, 4 cánh được hình thành như hình 3.



Hình 3. Rotor CIC bơm Roots

3. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, Mô hình rotor CIC bơm roots được hình thành dựa trên ba đường cong cung tròn, thân khai và cung tròn. Dựa trên các phép biến đổi toán học, các phương trình toán học các cung cong tròn, cung thân khai được thiết lập. Cùng với nó là điều kiện ăn khớp đối tiếp, điều kiện liên tục được thành lập để tạo hình biên dạng rotor. Biên dạng rotor CIC với ba kiểu cánh khác nhau 2, 3, 4 cánh được tạo ra từ các mô hình toán đã minh chứng được tính đúng của mô hình toán. Từ mô hình toán này, nghiên cứu mở ra các hướng nghiên cứu tiếp theo để hoàn thiện quá trình thiết kế, chế tạo loại rotor CIC mới cho bơm Roots này. ❖

Ngày nhận bài: 03/5/2025

Ngày phản biện: 20/5/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Y.H. Kang, H.H. Vu, C.H. Hsu, “Factors impacting on performance of lobe pumps: a numerical evaluation”. Journal of Mechanics 28 (2012), 229-238.
- [2]. P.Y. Wang, Z.H. Fong, H.S. Fang, “Design constraints of five-arc Roots vacuum pumps”. Proc Inst Mech Eng C J Mech Eng Sci 216 (2002), 225-234.
- [3]. Y. Niimura, R. Kikuta, K. Usui, “Two-Shaft type rotary machine having a tip circle diameter to shaft diameter within a certain range” (1990).
- [4]. C.F. Hsieh, Y.W. Hwang, “Study on the high-sealing of roots rotor with variable trochoid ratio”. Journal of Mechanical Design 129 (2007), 1278-1284. <https://doi.org/10.1115/1.2779897>.
- [5]. Y.W. Hwang, C.F. Hsieh, “Study on high volumetric efficiency of the Roots rotor profile with variable trochoid ratio”. Proc Inst Mech Eng C J Mech Eng Sci 220 (2006), 1375-1384. <https://doi.org/10.1243/09544062JMES176>.
- [6]. C.F. Hsieh, Y.W. Hwang, “Tooth profile of a Roots rotor with a variable trochoid ratio”. Math Comput Model 48 (2008), 19-33.
- [7]. C.F. Hsieh, “A new curve for application to the rotor profile of rotary lobe pumps”. Mech Mach Theory 87 (2015), 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2014.12.018>.
- [8]. Y.H. Kang, H.H. Vu, “A newly developed rotor profile for lobe pumps: Generation and numerical performance assessment”. Journal of Mechanical Science and Technology 28 (2014), 915-926.
- [9]. Y.R. Wu, V.T. Tran, “Generation method for a novel Roots rotor profile to improve performance of dry multi-stage vacuum pumps”. Mech Mach Theory 128 (2018), 475-491.