

THẺ LỆ

VỀ CÔNG BỐ CÔNG TRÌNH KHOA HỌC VÀ ĐĂNG BÀI BÁO KHOA HỌC TRÊN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

1. Khái quát về Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

Tạp chí Cơ khí Việt Nam là cơ quan báo chí thực hiện ngôn luận - lý luận của Tổng hội Cơ khí Việt Nam, đồng thời là tiếng nói, kênh thông tin chính thống của ngành Cơ khí Việt Nam. Tạp chí cũng còn là diễn đàn nghiên cứu khoa học của các nhà quản lý-khoa học-chuyên gia-nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trên cả nước, do đó đã được *Bộ Khoa học và Công nghệ cấp ISSN 2615 - 9910 (mã số chuẩn quốc tế đối với xuất bản phẩm nhiều kỳ)* và *Hội đồng Chức danh Giáo sư Nhà nước công nhận tính điểm công trình khoa học-bài báo khoa học*.

Tạp chí Cơ khí Việt Nam có nhiệm vụ tuyên truyền, phổ biến chủ trương chính sách của Đảng, pháp luật của Nhà nước và định hướng phát triển, hoạt động của ngành Cơ khí Việt Nam; công bố công trình khoa học, kết quả nghiên cứu và chuyên gia công nghệ, chuyên đề khoa học và công nghệ có hàm lượng khoa học và giá trị thực tiễn cao của nhà quản lý-khoa học-chuyên gia, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí. Ngoài ra, Tạp chí cũng còn là nơi công bố những phát minh, sáng chế, kết quả, thành tích, điển hình tiên tiến trong hoạt động nghiên cứu khoa học, quản lý, đào tạo và sản xuất, kinh doanh lĩnh vực Cơ khí ở trong và ngoài nước tới đồng bào bạn đọc.

2. Việc công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

Tạp chí Cơ khí Việt Nam nhận công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí của nhà quản lý-khoa học-chuyên gia-nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam (bản in giấy), gồm: ¹Cơ khí Chế tạo máy, ²Cơ khí Quốc phòng, ³Cơ khí Giao thông, ⁴Cơ khí Nông-lâm nghiệp, ⁵Cơ khí Xây dựng, ⁶Cơ khí Thủy sản, ⁷Cơ khí Địa chất, ⁸Cơ khí Hóa chất, ⁹Cơ khí Bảo quản chế biến nông lâm thủy sản, ¹⁰Cơ khí Động cơ đốt trong, ¹¹Cơ khí Ô tô - Máy kéo, ¹²Cơ khí Máy thủy khí, ¹³Cơ khí Công nghệ nhiệt lạnh, ¹⁴Cơ khí máy năng lượng, ¹⁵Cơ khí Công nghệ dệt, ¹⁶Cơ khí Công nghệ cắt may, ¹⁷Cơ khí Co-điện tử, ¹⁸Cơ khí Kỹ thuật hệ thống công nghiệp, ¹⁹Cơ khí đào tạo nguồn nhân lực và nghiên cứu chuyên gia.

3. Thẻ lệ về công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam. Do đó, công trình khoa học/ bài báo khoa học khi được đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam phải đảm bảo các yêu cầu, như sau:

3.1. Yêu cầu chung: Công trình khoa học/ bài báo khoa học đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam phải là kết quả nghiên cứu gốc; bài báo tổng quan hoặc bài viết thông tin khoa học (*short communications*).

3.2. Bản thảo: Bài báo đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam, gồm có các phần:

1. Tên bài báo (bằng tiếng Việt và bằng tiếng Anh).

2. Tên tác giả, đồng tác giả (kèm theo ghi chú về chức danh khoa học, học hàm, học vị, tên cơ quan công tác, email).

3. Tóm tắt bài báo bằng tiếng Việt và tiếng Anh không quá 350 từ (bao gồm có từ khóa tiếng Việt và tiếng Anh, đối với cụm từ khóa có khoảng 5 - 15 từ khóa).

4. Đặt vấn đề.

5. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu.

6. Kết quả và thảo luận (có thể tách thành 2 phần riêng biệt: Kết quả, Thảo luận).

7. Kết luận.

8. Tài liệu tham khảo (trích dẫn theo đúng quy định bài báo quốc tế).

Bản thảo được soạn trên máy vi tính, sử dụng Unicode, kiểu chữ Time New Roman, cỡ chữ 14, trên giấy A4 - một mặt, chế độ dẫn dòng: "1.5 lines spacing", căn lề trái phải mỗi bên: 3 cm, căn lề trên dưới: 2,5 cm, chế độ lề: "justified". Dung lượng mỗi bài báo khoảng 1.600-2.500 từ. Các đồ thị, hình và ảnh cần trình bày rõ ràng.

Các thuật ngữ khoa học nếu chưa được Việt hóa thì ưu tiên dùng nguyên bản tiếng Anh. Các ký hiệu viết tắt cần phải giải thích khi xuất hiện lần đầu.

Thứ tự bảng và hình được đánh số theo trình tự trong bài, không đánh theo thứ tự đề mục. Không được viết tắt các tiêu mục, tên bảng, hình vẽ. Tên bảng được ghi bên trên bảng, tên hình vẽ được ghi bên dưới hình. Chú thích in nghiêng.

Chỉ có những tài liệu được trích dẫn thực sự trong nội dung bài viết mới đưa vào phần tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự trích dẫn (tài liệu tiếng nước ngoài được sắp xếp theo họ của tác giả, tài liệu tiếng Việt sắp xếp theo tên tác giả) và theo trình tự: tên tác giả, năm xuất bản trong ngoặc đơn (...), tên sách, tên nhà xuất bản, nơi xuất bản (đối với sách), hoặc tên bài báo, tên tạp chí, tập, số (đối với bài báo), trang đầu và trang cuối của tài liệu. Đối với những tài liệu không có tác giả thì xếp theo chữ cái của từ đầu tiên của cơ quan ban hành tài liệu. Trọng bản thảo, ở những nội dung tác giả đã tham khảo hoặc sử dụng kết quả nghiên cứu từ các tài liệu khoa học khác, cần đánh dấu bằng số (đặt trong dấu [...]) - là số thứ tự của tài liệu xếp trong danh mục các tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo cần ghi theo ngôn ngữ gốc, không phiên âm, không dịch.

3.3. Gửi hoặc nộp bài: Bản thảo gồm 2 bản in và 1 bản điện tử. Khi đăng ký nộp bài, các tác giả có thể đề xuất 2 phản biện. Việc chọn các phản biện chuyên môn phù hợp thuộc quyền của Hội đồng Biên tập Tạp chí Cơ khí Việt Nam.

3.4. Phản biện: Sau khi nhận bài viết gửi đăng đúng với Thẻ thức quy định của Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Hội đồng Biên tập sẽ gửi bài viết cho các phản biện.

Những bài viết được chấp nhận đăng, các tác giả sẽ nhận được thư phản hồi của Hội đồng Biên tập với thời gian sửa chữa được yêu cầu tùy theo chất lượng của bài viết. Bản sửa chữa lần cuối của tác giả sẽ được coi là bản gốc.

Bản thảo có thể nộp trực tiếp hoặc gửi qua E-mail của Tạp chí.

Quý tác giả muốn biết thêm thông tin, xin vui lòng liên hệ với **TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM**

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

Điện thoại: (024) 37 920 650 - 0985 696 263 / 0982 254 465

Email: Tockvn.bbkh@gmail.com * **Website:** cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)

TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 324+325, tháng 1+2 năm 2025
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

TỔNG BIÊN TẬP
HÀ DUY KHÁNH

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
ĐẶNG VĂN LONG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP


TS. **ĐỖ HỮU HẢO** (Chủ tịch)
GS,TSKH. **BÀNH TIẾN LONG** (P. Chủ tịch)
TSKH. **PHAN XUÂN DŨNG**
PGS,TS. **HÀ MINH HÙNG**
PGS,TS. **TRƯƠNG VIỆT ANH**
GS,TS. **ĐINH 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**
TS. **NGÔ TRỌNG BÌNH**

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
- Khuôn khổ 20,5cm x 28,5cm
- 156 trang
- Xuất bản mỗi tháng một kỳ
- Giá bán 120.000 đồng/quyển Tạp chí

TẠP CHÍ
CƠ KHÍ
VIỆT NAM
VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL
CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM • <http://cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn>

CHÚC MỪNG NĂM MỚI
TẾT ẤT TỴ



❖ Nghiên cứu tuabin thủy triều dạng trục dọc bằng phương pháp mô phỏng CFD
❖ Thiết kế tấm khuôn âm cho sản phẩm dạng 2D
❖ Nghiên cứu thiết kế bố trí chung xe thiết giáp bánh xích

Số 324+325, tháng 01+02 năm 2025
Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 20 tháng 01 năm 2025

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 56/CBC-QLBC ngày 13 tháng 01 năm 2025 của Cục Báo chí,
Bộ Thông tin và Truyền thông, đề xuất bản số 324+325, tháng 01+02 năm 2025

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.tpchem@gmail.com

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@tnut.edu.vn

- 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

Phòng viên thường trú:

1. Tại Hải Phòng:

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

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)

TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 324+325, tháng 1+2 năm 2025

cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (5 – 152)

1. Phạm Minh Ngọc, Trần Đình Du: Nghiên cứu tuabin thủy triều dạng trục dọc bằng phương pháp mô phỏng CFD.....	5
2. Lê Thị Tuyết Nhung: Phân tích kiểm bền càng mũi máy bay Grob G115A.....	12
3. Vũ Đình Thắng, Nguyễn Võ Thành Công, Lê Anh Vũ, Cao Phạm Đức Hiếu, Huỳnh Đỗ Song Toàn: Khảo sát ảnh hưởng cường độ dòng điện đến độ bền uốn sản phẩm WAAM.....	16
4. Trần Triệu Vĩ, Phùng Long Quốc Sơn, Dương Thành Nhân, Nguyễn Bá Khiêm, Huỳnh Đỗ Song Toàn: Nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ quay sản phẩm đến độ bền kéo trong quy trình in 3D WAAM.....	22
5. Lê Thượng Hiền, Ngô Sỹ Đông, Nguyễn Thanh Thủy: Đánh giá ảnh hưởng của vật liệu với tính năng băng tải sử dụng trục vít.....	29
6. Lê Thị Tuyết Nhung: Khảo sát ảnh hưởng vị trí lỗ trên trục ống nhôm đến khả năng hấp thụ năng lượng va chạm.....	34
7. Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Khắc Nhật, Lương Thanh Khánh, Phạm Xuân Phú, Nguyễn Trọng Hiếu: Thực nghiệm in 3D dạng trục với các tốc độ xoay sản phẩm khác nhau.....	39
8. Nguyễn Thế Hoàng, Trần Viết Linh, Đặng Vũ Đình: Ứng dụng phương pháp số tính toán lựa chọn tỷ số truyền cho ô tô điện.....	44
9. Vũ Đức Hoàn, Võ Văn Lâm, Lê Viết Phi, Phạm Anh Tuấn, Phạm Quân Anh: Thiết kế tấm khuôn âm cho sản phẩm dạng 2D.....	50
10. Lê Thượng Hiền, Tô Ngọc Thiện, Hoàng Văn Lực: Tối ưu hóa hệ thống treo xe hybrid dùng trí tuệ nhân tạo.....	54
11. Cao Văn Bính, Trần Văn Thắng, Vũ Đức Anh: Nghiên cứu giải pháp cải thiện hiệu quả cho thiết bị xử lý NOx kiểu xúc tác chọn lọc trang bị trên động cơ chính tàu thủy khi khai thác ở tải thấp.....	59
12. Nguyễn Minh Triều, Vũ Tường Quyên, Trịnh Thùy Anh, Nguyễn Trường Thịnh: Nghiên cứu thiết kế và chế tạo bản cát vẽ tranh nghệ thuật.....	66
13. Đỗ Trí Cường, Đặng Trí Dũng: Phát triển hệ thống thu hồi năng lượng gió thông qua bộ chuyển đổi thủy lực.....	72
14. Nguyễn Viết Cường, Vũ Văn Mừng, Tô Trọng Hiền: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy nghiền trộn rom rạ thành nguyên liệu làm đồ gia dụng thân thiện với môi trường thay thế sản phẩm nhựa khó phân hủy.....	78
15. Đỗ Hồng Quân, Nguyễn Văn Vinh, Vũ Văn Tấn, Đỗ Trọng Tú, Phạm Tất Thắng, Đào Huy Hải: Nghiên cứu khảo sát sai lệch gia tốc ngang của ô tô con thông qua mô hình phi tuyến.....	84
16. TS. Trần Lê Thái, TS. Vũ Văn Quang, ThS. Nguyễn Hữu Bình: Xây dựng giải thuật phát hiện sự di chuyển của xe quân sự sử dụng cảm biến từ trường.....	91
17. ThS. Nguyễn Văn Trúc, ThS. Nguyễn Tiến Dũng: Ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến lực cắt khi gia công thép SUS316L trên máy tiện CNC.....	96
18. Tô Viết Thành: Nghiên cứu thiết kế bố trí chung xe thiết giáp bánh xích.....	100
19. Phạm Văn Viều, Đào Thị Thủy, Nguyễn Thị Bích Hậu, Trần Văn Hòa: Nghiên cứu thiết kế hệ thống làm mát bằng chất lỏng cho biến tần phòng nổ sử dụng trong mỏ hầm lò.....	107
20. PGS, TS. Lê Trung Kiên, ThS. Bùi Trung Hiếu: Nghiên cứu đổi mới công nghệ chế tạo dây chuyền sản xuất tấm PU cách nhiệt chống cháy đáp ứng nhu cầu trong nước, tham gia thị trường quốc tế.....	111
21. Hung Quach: Digital image correlation and its application to measurement of the material mechanical properties.....	116
22. Huỳnh Công Lớn, Lương Văn Tới: Tối ưu hóa thiết kế trục lõi cho khuôn cán trong dây chuyền cán nguội Pilger Mill bằng phần mềm ANSYS R15.0.....	122
23. Lê Thanh Quang, Trương Quang Linh, Lý Vĩnh Đạt, Lê Thanh Phúc, Nguyễn Kim Bảo Hiếu: Nghiên cứu đánh giá hiệu suất truyền động của ô tô điện khi sử dụng hộp số một cấp và số truyền CVT.....	128
24. Ngọc Thai Huynh, Hoang Vinh Nguyen, Nguyen Tan Ken: Application of finite element method to analyze deformation and stress of the friction clutch structure.....	134
25. Nguyễn Văn Du: Ứng dụng phần mềm AVL – Boost trong mô phỏng động cơ diesel truyền thống sử dụng diesel sinh học.....	140
26. ThS. Bùi Hà Phan: Nghiên cứu mô phỏng ảnh hưởng của hỗn hợp xăng pha cồn tới công suất của động cơ ô tô.....	146

DANH SÁCH
NHÀ KHOA HỌC THAM GIA PHẦN BIỆN KHOA HỌC CÁC BÀI BÁO
KHOA HỌC ĐĂNG TẢI TRÊN CHUYÊN MỤC NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, SỐ 324+325, THÁNG 1+2 NĂM 2025

TT	HỌC HÀM, HỌC VỊ; HỌ VÀ TÊN	ĐƠN VỊ CÔNG TÁC
1	TS. Đàm Văn Tùng	Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
2	TS. Lưu Quang Hiệu	
3	PGS,TS. Trương Văn Đạo	
4	PGS,TS. Hoàng Thị Kim Dung	Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội
5	TS. Nguyễn Tấn Nó	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long
6	TS. Trịnh Hoài Ân	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
7	TS. Trần Minh Thế Uyên	
8	TS. Nguyễn Trọng Hiếu	
9	TS. Đặng Hùng Sơn	
10	PGS,TS. Nguyễn Văn Xô	Trường Đại học Mỏ – Địa chất
11	PGS,TS. Đỗ Như Ý	
12	TS. Đỗ Đức Thành	
13	TS. Kiều Đức Thịnh	Trường Đại học Thủy lợi
14	TS. Cù Xuân Phong	Viện Cơ khí Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự
15	TS. Trần Văn Như	Trường Đại học Giao thông Vận tải
16	TS. Đào Văn Ba	Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc Phòng
17	TS. Trương Minh Đức	Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp
18	TS. Phạm Văn Liệu	
19	TS. Nguyễn Tường Vi	
20	PGS,TS. Bùi Tuấn Anh	Đại học Bách Khoa Hà Nội
21	PGS,TS. Lê Thanh Danh	Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh
22	TS. Trương Văn Mến	Trường Đại học Trà Vinh
23	TS. Hồ Minh Tuấn	Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh
24	TS. Mai Thành Đám	Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh
25	TS. Ngô Văn Thanh	Trường Đại học Điện lực

NGHIÊN CỨU TUABIN THỦY TRIỀU DẠNG TRỤC DỌC BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG CFD

STUDY ON VERTICAL AXIS TIDAL TURBINE USING CFD SIMULATION METHOD

Phạm Minh Ngọc¹, Trần Đình Du²

¹Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Đoàn 871, Tổng cục Chính trị Quân đội Nhân dân Việt Nam

Email: ngocpm.mtb@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, tác giả tập trung vào thiết kế tuabin thủy triều dạng trục dọc ở Việt Nam. Bằng cách sử dụng phương pháp CFD, nghiên cứu đã thiết kế một tuabin thủy triều có công suất 10 kW, với tốc độ dòng chảy định mức là 1,5 m/s. Tuabin này được thiết kế để phù hợp với độ sâu vùng nước từ 20 - 30m, và có đặc điểm là có đường kính 4 m. Mô phỏng số được thực hiện để đánh giá hiệu suất và xác định các thông số kỹ thuật cần thiết, bao gồm tốc độ quay và hệ số công suất của tuabin. Kết quả cho thấy rằng, với các thiết lập nhất định, tuabin có thể đạt hiệu suất tối ưu với ít ảnh hưởng đến môi trường xung quanh.

Từ khóa: Tuabin trục dọc; Năng lượng; Thủy triều; CFD.

ABSTRACT

This study focuses on the design of a vertical axis tidal turbine in Vietnam. Using Computational Fluid Dynamics (CFD), the research outlines the design of a 10 kW tidal turbine with a rated flow velocity of 1.5 m/s. The turbine is designed to be suitable for water depths ranging from 20 to 30 meters and has a diameter of 4 meters. Numerical simulations were conducted to evaluate the performance and determine the necessary technical specifications, including the rotational speed and power coefficient of the turbine. The results indicate that, with specific settings, the turbine can achieve optimal performance with minimal environmental impact.

Keywords: Vertical-axis turbine; Energy; Tidal; CFD.



1. TỔNG QUAN

Năng lượng tái tạo đang là xu hướng toàn cầu nhờ tính bền vững, thân thiện với môi trường và trữ lượng vô tận. Nhiều loại năng lượng tái tạo đã được ứng dụng, bao gồm năng lượng mặt trời, gió, thủy triều, thủy điện và sinh khối. Việc chế tạo tuabin thủy triều trực dọc đòi hỏi quy trình thiết kế tối ưu để khai thác năng lượng hiệu quả và bảo vệ hệ sinh thái biển.

Ở Việt Nam, nguồn năng lượng thủy triều hiện nay vẫn chưa được đưa vào khai thác do thiếu các nghiên cứu và công nghệ phù hợp. Ngày nay, với sự phát triển của khoa học máy tính và việc xuất hiện các công cụ mô phỏng đã tạo điều kiện cho việc giải quyết bài thiết kế tuabin trở nên tiết kiệm và hiệu quả hơn [1, 2]. Trong nghiên cứu này, dựa trên phương pháp tính toán thiết kế và thể tích hữu hạn, tác giả đề xuất việc thực hiện nghiên cứu thiết kế tuabin thủy triều dạng trục dọc phù hợp cho việc tận dụng năng lượng dòng thủy triều tại Việt Nam.

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng số CFD để thiết kế, tính toán, đánh giá hiệu suất của tuabin thủy triều dạng trục dọc [3, 4]. Bên cạnh đó, căn cứ trên khảo sát dòng chảy thủy triều ở Việt Nam, thiết kế tuabin có công suất 10 kW với tốc độ thủy triều định mức là khoảng 1,5 m/s.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT THIẾT KẾ TUABIN THỦY TRIỀU DẠNG TRỤC DỌC SAVONIUS

Tuabin thủy triều trục dọc, điển hình là loại Savonius, khác với tuabin trục ngang ở chỗ dòng chảy vuông góc với trục quay. Tuabin Savonius hoạt động dựa trên lực cản, được phát minh bởi Sigurd Johannes Savonius và hiện nay được ứng dụng rộng rãi trong cả thiết kế tuabin gió và thủy triều. Bài báo này tập trung

nghiên cứu thiết kế tuabin thủy triều trục dọc Savonius. Tuabin thủy triều dạng trục dọc Savonius có thiết kế hiệu suất thấp hơn so với các loại tuabin khác. Tuy nhiên, do có thiết kế đơn giản và dễ chế tạo, vì vậy loại tuabin vẫn đang được áp dụng khá phổ biến. Tuabin thủy triều Savonius bao gồm các cánh bán nguyệt được gắn vào trục chính, dòng chảy thủy triều tới và tạo ra mô men xoắn cơ học, từ đó dẫn động máy phát điện tạo ra điện.

Công suất từ nguồn năng lượng dòng chảy thủy triều có thể chuyển đổi thành điện năng được tính theo công thức sau:

$$P = \frac{1}{2} V^2 \rho A V \quad (1)$$

Công thức tính công suất từ năng lượng thủy triều chỉ mang tính lý thuyết. Trên thực tế, hiệu suất tối đa của tuabin thủy triều (và tuabin gió) chỉ đạt 59,3% theo giới hạn Betz. Giới hạn này, dựa trên định luật Betz, được tính toán từ nguyên lý bảo toàn năng lượng, động lượng và khối lượng, với giả định dòng chảy đồng đều và số lượng cánh tuabin vô hạn [6, 7].

3. THIẾT KẾ VÀ THIẾT LẬP MÔ PHỎNG CFD

3.1. Thiết kế hình dạng tuabin thủy triều trục dọc

Để thiết kế một tuabin thủy triều, ta cần tính toán được vận tốc và độ sâu của vùng nước khảo sát để đặt tuabin bằng thiết bị chuyên dụng là Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Tuy nhiên, việc khảo sát và tính toán vận tốc dòng nước không nằm trong phạm vi của nghiên cứu [8, 9]. Vì vậy, đề tài lấy một vận tốc nước lý tưởng là 1,5 m/s để tính toán, thiết kế cũng như mô phỏng sau này.

Giả thiết rằng khi công suất định mức của tuabin là 10kW, hệ số công suất ước tính (C_p) là 30%, hiệu suất cơ học (η) là 90%, mật độ nước (ρ) là 1024 kg/m³, tốc độ dòng nước (V) là 1,5 m/s, do đó đường kính thiết kế tuabin sẽ là 4 m tính theo phương trình:

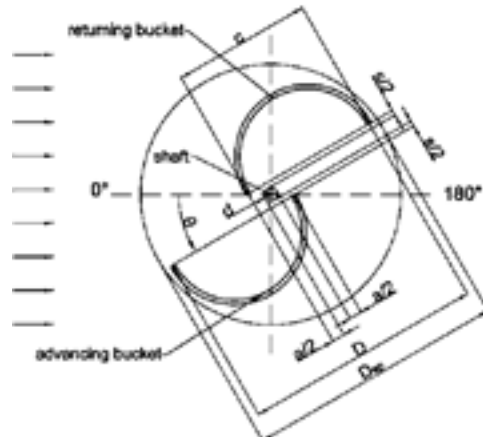
$$D = \sqrt{\frac{8P_{rated}}{\eta C_p \rho \pi V^3}} \quad (2)$$

Tuabin được thiết kế phù hợp với vùng nước có độ sâu 20 - 30m. Bảng 1 tóm tắt các thông số thiết kế tuabin sử dụng trong nghiên cứu này:

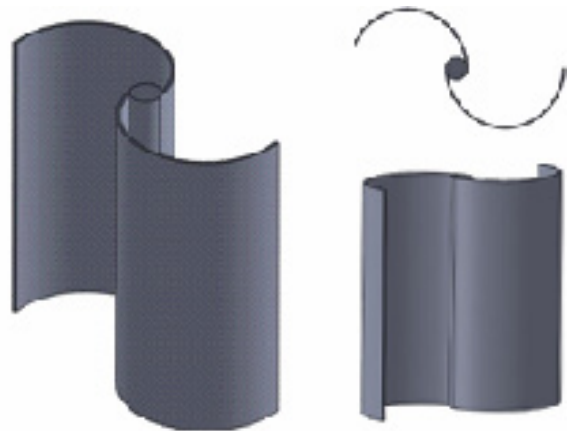
Bảng 1. Các thông số thiết kế tuabin

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Công suất định mức	P	8,5	[kW]
Hệ số công suất ước tính	C_p	30	[%]
Tốc độ thủy triều định mức	V	1,5	m/s
Mật độ nước	ρ	1024	kg/m ³
Đường kính của tuabin	D	4	m
Đường kính trụ giữa	d	0.4	m
Số cánh của tuabin	B	2	
Phạm vi tốc độ thủy triều	V	1.3-4	m/s

Tuabin Savonius là loại tuabin thủy triều đơn giản, hoạt động dựa trên lực kéo của nước. Cấu tạo gồm hai cánh hình bán nguyệt tạo mô men quay khi nước chảy qua. Ưu điểm là kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, chi phí thấp, hoạt động được ở tốc độ dòng chảy thấp. Nhược điểm là hiệu suất năng lượng thấp và dễ bị ảnh hưởng bởi dòng chảy mạnh. Tuabin Savonius phù hợp với các ứng dụng quy mô nhỏ và vừa, đặc biệt ở vùng có dòng chảy nước không ổn định. Trong nghiên cứu này, tác giả lựa chọn thiết kế cánh của tuabin dạng hình bán nguyệt như thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ biểu diễn các thông số của tuabin thủy triều Savonius



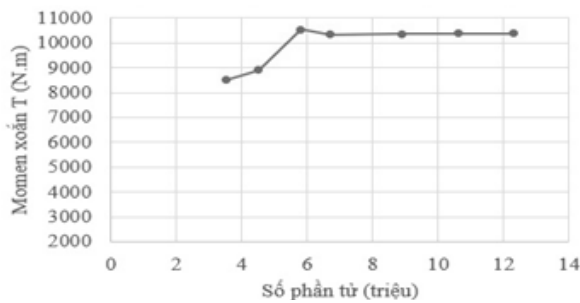
Hình 2. Mô hình 3D của tuabin 2 cánh

Trước khi tiến hành mô phỏng CFD cho tuabin thủy triều dạng trục dọc Savonius cần thực hiện dựng mô hình ba chiều cho tuabin. Bằng cách sử dụng Solidworks để thiết kế, mô hình hóa ba chiều của tuabin thủy triều Savonius được thể hiện trong Hình 2.

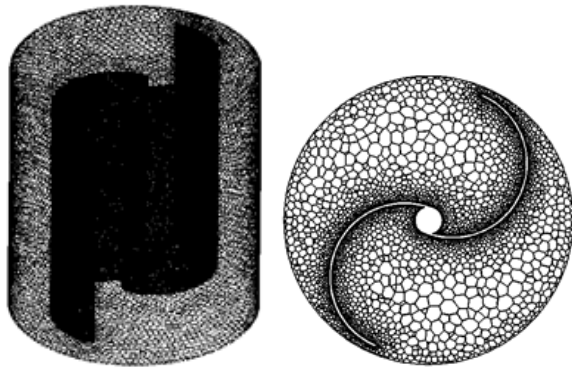
3.2. Mô phỏng CFD

Độ chính xác của mô phỏng CFD phụ thuộc vào loại lưới và số lượng phần tử lưới. Trong nghiên cứu này, các lớp lưới hình lăng trụ được tạo ra xung quanh cánh tuabin, và lưới

hình lăng trụ lục giác cho phần còn lại. Hình 3 cho thấy mô men xoắn tăng dần khi số phần tử lưới tăng từ 4,5 triệu lên 8,9 triệu, sau đó ít thay đổi khi tăng lên 12,3 triệu. Do đó, lưới 6,7 triệu phần tử được chọn để đảm bảo độ chính xác và tiết kiệm tài nguyên tính toán. Hình 4 minh họa mức độ phân giải lưới cho miền quay và các lớp lưới lăng trụ sát bề mặt cánh tuabin.

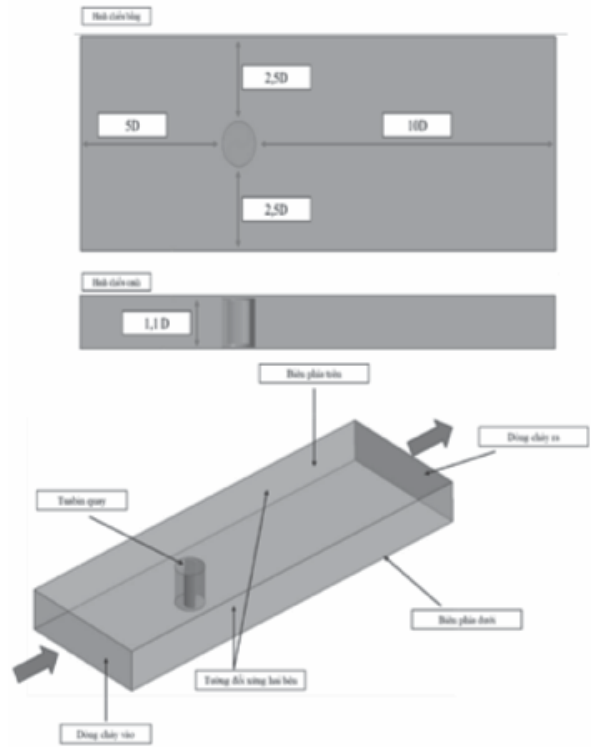


Hình 3. Đồ thị nghiên cứu sự hội tụ lưới



Hình 4. Độ phân giải của lưới Hình học

Hình 5 mô tả miền chất lỏng được chia thành hai phần: miền bên trong (hình trụ chứa cánh tuabin) và miền bên ngoài (hình hộp chữ nhật bao quanh). Kích thước miền ngoài được xác định dựa trên đường kính tuabin (D): chiều dài $15D$, chiều rộng $6D$, và chiều cao $1,1D$. Thiết kế này đảm bảo dòng chảy xung quanh tuabin phát triển đầy đủ và không bị ảnh hưởng bởi điều kiện biên.



Hình 5. Kích thước miền khảo sát

Việc xác định kích thước miền tính toán rất quan trọng trong mô phỏng CFD. Miền quá nhỏ sẽ cho kết quả không chính xác, miền quá lớn sẽ tốn thời gian và tài nguyên. Kích thước miền bên ngoài thường dựa trên kinh nghiệm, thông thường chiều dài gấp 5-10 lần, chiều rộng gấp 2-3 lần, và chiều cao gấp 1-2 lần đường kính tuabin. Trong trường hợp này, miền tính toán $15D \times 6D \times 1,1D$ đủ lớn để mô phỏng chính xác dòng chảy xung quanh tuabin Savonius.

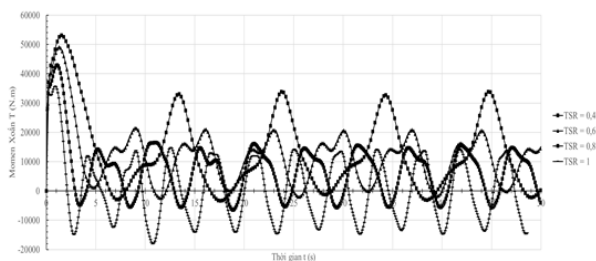
Tại điều kiện biên dòng chảy vào thiết lập trong mô phỏng CFD là dòng chảy vào (Velocity Inlet) với vận tốc $V = 1,5 \text{ m/s}$. Điều kiện này mô phỏng dòng thủy triều chảy vào tuabin với vận tốc xác định. Vận tốc $1,5 \text{ m/s}$ được lựa chọn dựa trên tốc độ dòng chảy thủy triều trung bình tại vị trí lắp đặt tuabin dự kiến hoặc dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm

trước đó. Hai tường đối xứng hai bên và biên phía dưới được thiết lập trong mô phỏng CFD là tường không trượt (non-slip wall). Điều kiện này mô phỏng bề mặt rắn, nơi vận tốc chất lỏng bằng không tại bề mặt tiếp xúc. Nó thể hiện sự ma sát giữa nước biển và các bề mặt này, ngăn không cho nước “trượt” qua. Phần biên phía trên được thiết lập trong mô phỏng CFD là miền mở (Opening). Điều kiện này cho phép chất lỏng chảy tự do vào hoặc ra khỏi miền tính toán tại biên này. Biên này sẽ mô phỏng bề mặt nước biển, nơi áp suất được coi là áp suất khí quyển. Tại vị trí dòng đầu ra, điều kiện biên được lựa chọn là đầu ra áp suất (Pressure Outlet).

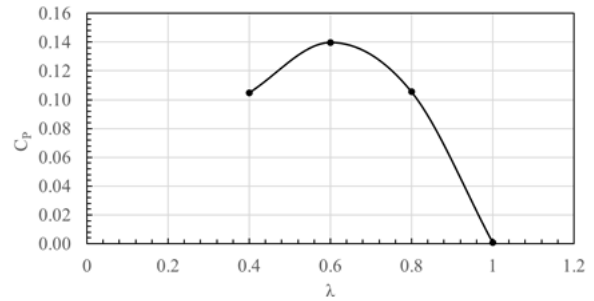
Chất lỏng được sử dụng trong mô phỏng này là nước biển ở 25°C. Mô hình dòng rối được sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình SST k- ω với mức độ nhiễu loạn là 10%. Mô hình SST k- ω kết hợp ưu điểm của hai mô hình k- ϵ và k- ω , mang lại độ chính xác cao trong cả vùng gần thành và vùng xa thành.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong nghiên cứu sẽ tập trung khảo sát các giá trị TSR trong khoảng từ 0,4 đến 1. Đây là khoảng giá trị thường được xem xét đối với tuabin Savonius vì nó bao gồm các chế độ hoạt động từ khởi động đến vận hành ở tốc độ dòng chảy trung bình.



Hình 6. Đồ thị mô men xoắn tương ứng với các giá trị tốc độ đầu cánh khác nhau

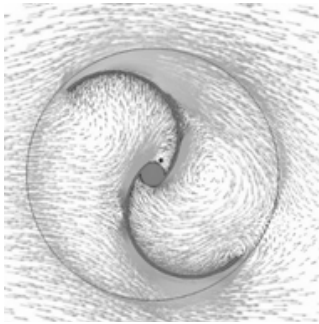


Hình 7. Đồ thị hệ số công suất tại các giá trị TSR khác nhau

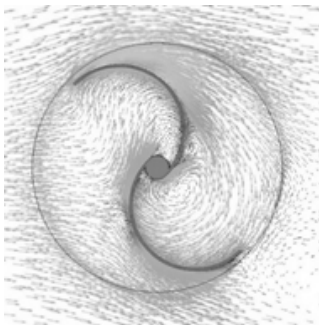
Hình 6 thể hiện dao động của mô men xoắn theo thời gian đối với các trường hợp tốc độ đầu cánh TSR khác nhau. Dựa trên đồ thị dao động mô men xoắn theo thời gian, có thể thấy biên độ dao động lớn nhất ở TSR = 0,4 và giảm dần khi TSR tăng, cho thấy sự ổn định tăng lên khi tốc độ quay lớn hơn. Mô men xoắn trung bình có xu hướng tăng khi TSR tăng từ 0,4 đến khoảng 0,8, sau đó giảm nhẹ khi TSR = 1, do đó giá trị TSR tối ưu trong khoảng 0,6 đến 0,8. Tuy nhiên, cần tính toán hệ số công suất để xác định chính xác TSR tối ưu. Dao động bất thường ở TSR thấp (0,4) cho thấy sự không ổn định của dòng chảy, trong khi dao động đều đặn hơn ở TSR cao (0,6 - 1) thể hiện sự ổn định tốt hơn.

Kết quả mô phỏng CFD cho thấy hiệu suất của tuabin Savonius phụ thuộc mạnh mẽ vào tốc độ đầu cánh (TSR). Phân tích dao động mô men xoắn theo thời gian cho thấy biên độ dao động lớn nhất khi TSR = 0,4 và giảm dần khi TSR tăng, thể hiện sự ổn định của tuabin tăng lên khi tốc độ quay lớn hơn. Tuy nhiên, mô men xoắn trung bình lại có xu hướng tăng khi TSR tăng từ 0,4 đến khoảng 0,8, sau đó giảm nhẹ khi TSR = 1. Điều này gợi ý về sự tồn tại của một giá trị TSR tối ưu, nơi mà tuabin đạt được hiệu suất cao nhất.

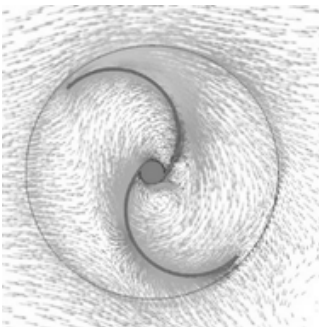




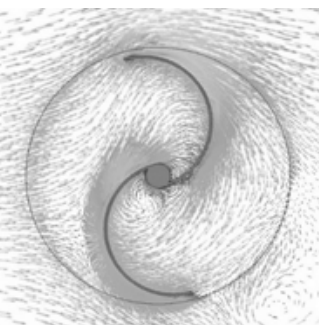
(a) $TSR = 0,4$



(b) $TSR = 0,6$



(c) $TSR = 0,8$



(d) $TSR = 1$

Hình 8. Phân bố trường véc-tơ vận tốc tại các giá trị TSR khác nhau

Kết quả mô phỏng CFD cho thấy hệ số công suất (CP) đạt giá trị cực đại khoảng 0,15 tại $TSR = 0,6$ (Hình 7), xác nhận đây là giá trị TSR tối ưu. TSR thấp hơn khiến tuabin quay chậm, không khai thác hết năng lượng, trong khi TSR cao hơn làm tăng lực cản và giảm hiệu suất. TSR tối ưu (0,6) không chỉ cho phép tuabin đạt hiệu suất cao nhất mà còn đảm bảo sự ổn định, giảm thiểu dao động.

Hình 8 mô tả sự phân bố véc-tơ vận tốc xung quanh tuabin ở các giá trị TSR khác nhau. Tại TSR thấp (0,4), dòng chảy nhiều loạn mạnh, tạo xoáy lớn phía sau, gây mất năng lượng. Khi TSR tăng (0,6 - 0,8), dòng chảy ổn định hơn, véc-tơ vận tốc đi theo hình vòng cung, vùng xoáy nhỏ dần, lực cản giảm. Tại TSR cao (1), dòng chảy trơn tru, ít nhiễu loạn, nhưng xuất hiện xoáy nhỏ ở đầu tuabin, có thể do dòng chảy bị tách khỏi cánh do tốc độ quay cao.

Tóm lại, hình 8 minh họa rõ ràng ảnh hưởng của TSR đến dòng chảy và hiệu suất tuabin. TSR tối ưu (0,6 - 0,8) giúp dòng chảy ổn định, giảm thiểu lực cản và tăng hiệu suất. Nhìn chung, sự phân bố véc-tơ vận tốc cho thấy TSR ảnh hưởng trực tiếp đến đặc tính dòng chảy xung quanh tuabin Savonius. TSR thấp tạo ra nhiễu loạn lớn và lực cản cao, trong khi TSR cao có thể dẫn đến hiện tượng dòng chảy bị tách khỏi tuabin. TSR tối ưu sẽ tạo ra dòng chảy ổn định, giảm thiểu lực cản và tối đa hóa lực đẩy lên tuabin. Dựa trên hình ảnh, TSR trong khoảng 0,6 - 0,8 có vẻ là vùng hoạt động hiệu quả, tạo ra sự tương tác tốt nhất giữa dòng chảy và tuabin.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thiết kế và mô phỏng thành công tuabin thủy triều trục dọc, cho thấy khả năng thích ứng tốt với điều kiện dòng chảy

ở Việt Nam. Kết quả mô phỏng CFD cho thấy $TSR = 0,6$ là giá trị tối ưu, giúp tuabin đạt hiệu suất cao nhất (C_p cực đại) và vận hành ổn định, khai thác năng lượng hiệu quả với biên độ dao động mô men xoắn nhỏ, trường dòng chảy ổn định, lực cản thấp và lực đẩy cao. ❖

Ngày nhận bài: **09/10/2024**

Ngày phản biện: **28/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Charlier, R. H. (2003), “A ‘sleeper’ awakes: tidal current power”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7(6), 515-529.
- [2]. Abuan, B.E., Howell, R.J., 2019, “The performance and hydrodynamics in unsteady flow of a horizontal axis tidal turbine”. *Renew. Energy* (August), 1338-1351. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.09.045>.
- [3]. Bahaj, A.S., Batten, W.M.J., Mc Cann, G. (2007), “Experimental verifications of numerical predictions for the hydrodynamic performance of horizontal axis marine current turbines”. *Renewable Energy* 32 (15), 2479-2490.
- [4]. Wang, D., Atlar, M., Sampson, R. (2007), “An experimental investigation on cavitation, noise, and slipstream characteristics of ocean stream turbines”. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy* 221 (2), 219-231.
- [5]. Bahaj, A.S., Batten, W.M.J., McCann, G. (2007), “Experimental verifications of numerical predictions for the Hydrodynamic performance of horizontal axis marine current turbines”. *Renew. Energy* 32, 2479-2490.
- [6]. Tedds, S.C., Poole, R.J., Owen, I., Najafian, G., Bode, S.P., Mason-Jones, A., Morris, C., O’Doherty, T., O’Doherty, D.M. (2011), “Experimental Investigation of Horizontal Axis Tidal Stream Turbines”.
- [7]. Gruber, T., Murray, M.M., Fredriksson, D.W. (2011), “Effect of humpback whale inspired tubercles on marine tidal turbine blades”. *ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. American Society of Mechanical Engineers, pp. 851-857.
- [8]. Goundar, J., Ahmed, M.R. (2014), “Design and optimization of a horizontal axis marine current turbine”. In: *Proceedings of Grand Renewable Energy 2014 International Conference and Exhibition*. July 27-August 1, Tokyo, Japan.

PHÂN TÍCH KIỂM BỀN CÀNG MŨI MÁY BAY GROB G115A

STRENGTH ANALYSIS OF THE NOSE LANDING GEAR OF THE GROB G115A AIRCRAFT

Lê Thị Tuyết Nhung
Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: nhung.lethituyet@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Càng máy bay là một bộ phận rất quan trọng trên một chiếc máy bay trong việc cất cánh, hạ cánh an toàn, chịu tải trọng lớn của cả chiếc máy bay trong các trường hợp tải khác nhau. Thống kê cho thấy 55% các vụ tai nạn xảy ra vào giai đoạn cất cánh và 45% ở giai đoạn hạ cánh. Kết cấu càng là bộ phận chịu tải trọng lớn nhất khi máy bay ở chế độ hạ cánh, trong đó chi tiết vấu nối trong càng là bộ phận dễ bị hư hại do chịu tải lớn và tải mỏi. Nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân tích lý thuyết để tính toán tải tác dụng lên cụm càng mũi của máy bay Grob G115A, sau đó dùng phương pháp mô phỏng phần tử hữu hạn để kiểm bền và phân tích tuổi thọ mỏi của chi tiết.

Từ khóa: Càng máy bay; Tuổi thọ mỏi; Kiểm bền.

ABSTRACT

The landing gear is a crucial component of an aircraft, playing a vital role in ensuring safe takeoffs and landings, while bearing the heavy load of the entire aircraft under various loading conditions. Statistics show that 55% of accidents occur during takeoff and 45% during landing. The landing gear structure endures the highest loads during landing, with the connecting lugs within the gear being the most prone to damage due to high loads and fatigue stress. This study applies theoretical analysis methods to calculate the loads acting on the nose gear assembly of the Grob G115A aircraft, followed by finite element simulation methods to verify its strength and analyze the fatigue life of the component.

Keywords: Axial crushing; Ductile damage; Crash test.

1. TỔNG QUAN

Càng máy bay là một bộ phận rất quan trọng trên một chiếc máy bay trong việc cất cánh, hạ cánh an toàn, chịu tải trọng lớn của cả chiếc máy bay trong các trường hợp tải khác nhau. Thống kê cho thấy 55% các vụ tai nạn

xảy ra vào giai đoạn cất cánh và 45% ở giai đoạn hạ cánh (theo các báo cáo của FAA). Vì thế nên các nhà sản xuất và các nhà nghiên cứu đã tập trung nghiên cứu về bộ phận này, cụ thể hơn là nghiên cứu về độ bền mỏi của càng máy bay. Mohanraj và cộng sự đã nghiên cứu về độ bền mỏi trên trục bánh của càng máy bay sử dụng

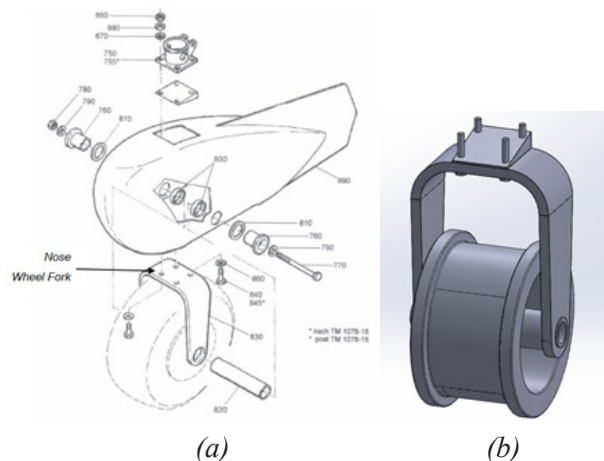
phần mềm CATIA [1]. Infante và cộng sự nghiên cứu về việc phát triển vết nứt sử dụng kính hiển vi và mô phỏng phần tử hữu hạn [2]. Aftab và cộng sự nghiên cứu ứng suất tác động, biến dạng và độ bền mỏi càng mũi của một chiếc Boeing 737 sử dụng phần mềm mô phỏng số [3]. Kumar và cộng sự sử dụng phần mềm MSC PATRAN mô phỏng phần tử hữu hạn tìm ra ứng suất và từ đó phân tích độ bền mỏi của cấu trúc vấu nối càng với thân máy bay [4]. Freitas và cộng sự nghiên cứu trực càng mũi bị phá hủy mỏi trên một chiếc máy bay chở khách thương mại bằng phương pháp nghiên cứu vết nứt dưới kính hiển vi và mô phỏng FEA trên phần mềm ABAQUS tính toán ứng suất trên càng mũi và đưa ra kết luận hỏng hóc của trục nối trên [5]. Gerhardinger và cộng sự thì tập trung nghiên cứu về độ bền mỏi trên càng của một chiếc máy bay luyện tập cỡ nhỏ, sử dụng ma trận Covariance, hệ số hiệu chỉnh Pearson và Spearman [6].

Trong khuôn khổ nghiên cứu này, việc tính toán độ bền mỏi trên máy bay cỡ nhỏ (2 chỗ ngồi) Grob G115 trên các trường hợp tải nguy hiểm nhất là chế độ hạ cánh được tiến hành. Đầu tiên, tải trọng tác dụng lên càng mũi của máy bay G115 ở chế độ hạ cánh được tính toán lý thuyết, sau đó sử dụng phương pháp Phần tử hữu hạn phân tích ứng suất trên càng mũi, từ kết quả đó tính toán phân tích mỏi trên càng dựa trên nguồn cơ sở lý thuyết các nghiên cứu khoa học nói trên.

2. MÔ HÌNH CÀNG MŨI MÁY BAY GROB G115A

Để thực hiện các mô phỏng, trước tiên ta cần xây dựng mô hình CAD của càng mũi Grob G115A. Từ bản vẽ sơ đồ cấu trúc càng mũi [7, 8], mô hình càng được xây dựng lại bao gồm các kết nối giữa các bộ phận. Các kết

cấu chính được xây dựng mô hình sẽ bao gồm tang trống bánh xe của càng, trục bánh xe, vấu nối và cổ định trục (Fork), chân đế giúp kết nối Fork và các ốc (Connector) và cuối cùng là bốn ốc M8 cố định cụm cấu trúc với thân máy bay (Hình 1a). Các kết cấu này đóng vai trò chính trong quá trình chịu lực tác dụng lên càng mũi, trong đó bộ phận ngàm nối trục (Fork) đóng vai trò chính nên sẽ được tập trung mô phỏng.

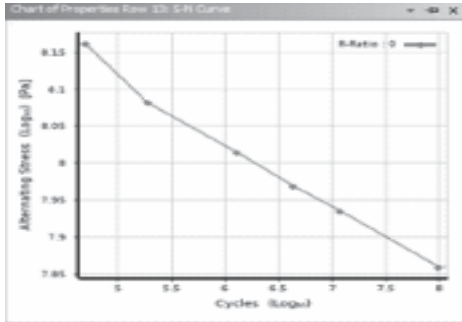


Hình 1. a) Sơ đồ cấu trúc càng mũi, b) Mô hình 3D đơn giản của càng mũi

2.1. Mô hình hóa chi tiết vấu nối và cổ định trục (Fork) và vật liệu

Mô hình cụm bánh và vấu nối được xây dựng như hình 1b. Bánh xe được sử dụng cho chiếc Grob G115A là loại bánh xe sản xuất bởi hãng Goodyear có kích thước 380x150/15x6, thông số chiều rộng hai bên vành bánh là 3.75 inch (95.25 mm). Bán kính mặt trong vành bánh được tính bằng bán kính lớp xẹp trừ đi chiều cao vành cho ta kết quả 3.59 inch (91.2 mm). Với bộ phận vấu kết nối trục bánh (Fork), ta có vật liệu được sử dụng là Hợp kim Aluminum 5182 với thông số vật liệu là: mô-đun đàn hồi $E = 69,6 \text{ GPa}$, hệ số Poisson $\nu = 0.33$, ứng suất chảy dẻo $\sigma_y = 350 \text{ MPa}$, ứng suất bền kéo $\sigma_u = 420 \text{ MPa}$. Các bộ phận còn lại dùng vật liệu thép công nghiệp AISI 1020 với mô-đun đàn

hồi $E = 200.1 \text{ GPa}$, hệ số Poisson $\nu = 0.25$, ứng suất chảy dẻo $\sigma_y = 130 \text{ MPa}$, ứng suất bền kéo $\sigma_u = 275 \text{ MPa}$.



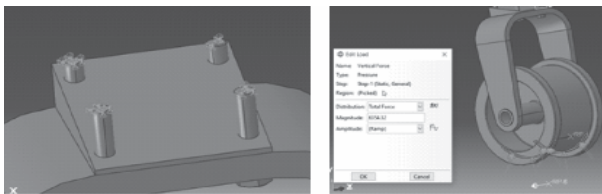
Hình 2. Đường cong S-N của vật liệu Aluminum Alloy 5182

2.2. Tải và điều kiện biên

Để tính toán tải tác dụng ở chế độ hoạt động nguy hiểm nhất, ta có phương trình tính lực dọc tác động lên càng mũi trong trường hợp hạ cánh 3 điểm (3 càng tiếp xúc mặt đất cùng lúc).

$$V_f = (n - L) \cdot W \cdot \left(\frac{b'}{d'}\right) \quad (1)$$

$$D_f = k \cdot n \cdot W \cdot \left(\frac{b'}{d'}\right) \quad \left(\frac{b'}{d'}\right) \quad (2)$$



Hình 3. a) Điều kiện biên và b) Điều kiện tải

Hệ số tải lực dọc n được lựa chọn theo quy định từ FARs Part 23, §23.473(d), (f) và (g) [9] và có giá trị 2.67. Tương tự, hệ số lực nâng cánh so với trọng lượng máy bay L được quy định tại §23.473(e) [9] cho giá trị 0.67. Trọng lượng máy bay tối đa là 850 kg, các giá trị $b' = 595\text{mm}$ và $d' = 1560 \text{ mm}$ được tính toán từ đo đạc, thay số vào E.q (1) ta được $V_f = 6354.32\text{N}$.

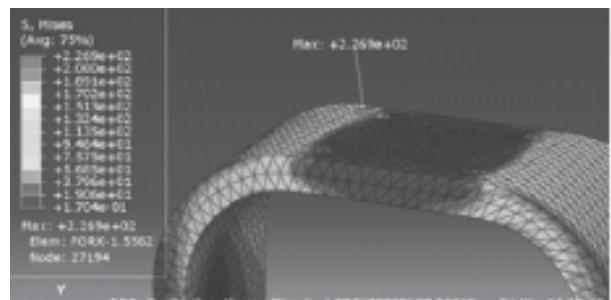
Tương tự, ta có công thức tính lực ngang tại càng, trong đó hệ số k được lấy bằng 0,25 với loại máy bay khối lượng nhỏ hơn 1361 kg, thay số vào E.q (2) ta được $D_f = 2120.72\text{N}$.

Mô hình được tiến hành chia lưới để tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Với cỡ lưới 5 mm, sai số nằm trong khoảng cho phép và lưới đã hội tụ. Số phần tử của chi tiết vấu nối là 35145 phần tử, của bánh xe là 133285 phần tử, của ốc vít và mối nối là 10960 phần tử. Thời gian tính toán 106s thuận tiện và tối ưu cho các bài tính toán sau. Điều kiện biên nằm ở bốn vị trí ốc vít như trong hình 3a và tải được đặt như trong hình 3b.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích phân bố ứng suất

Ứng suất lớn nhất thu được là 226.9 MPa ở vị trí phía trên của chi tiết vấu nối. Hợp kim nhôm được sử dụng có giới hạn chảy là 350 MPa. Ứng suất cho phép phụ thuộc vào hệ số an toàn, đối với máy bay, hệ số này dao động từ 1.2 đến 3, tùy thuộc vào ứng dụng và vật liệu. Đối với các kết cấu càng chính, hệ số an toàn thường là 1.25 [9]. Ứng suất cho phép được sử dụng để kiểm bền là $\sigma_{adm} = \sigma / 1.25 = 280\text{MPa}$. Như vậy, đối với chi tiết vấu nối của càng mũi ở chế độ hạ cánh, ứng suất lớn nhất thỏa mãn điều kiện an toàn với hệ số an toàn 1.25.



Hình 4. Trường ứng suất trên chi tiết vấu nối (Fork)

3.2. Đánh giá mỏi trên chi tiết theo chu kỳ bay (Flight Cycle)

Từ các ứng suất đã tính được, ta tiến hành tính toán độ bền mỏi trên chi tiết Fork theo lý thuyết. Ta có bảng thống kê kết quả ứng suất, biên độ ứng suất và tuổi mỏi tương ứng trong từng trường hợp tải (biên độ ứng suất được tính từ ứng suất lớn nhất theo E.q.(3)):

$$\sigma_a = \frac{1}{2}(\sigma_{max} - \sigma_{min}) = \frac{1}{2}\Delta\sigma \quad (3)$$

Với: σ_a - Biên độ ứng suất; σ_{max} - Ứng suất lớn nhất; σ_{min} - Ứng suất nhỏ nhất; $\Delta\sigma$ - Chu trình ứng suất.

Trong trường hợp hạ cánh, ứng suất lớn nhất là 226.9 MPa, ứng suất nhỏ nhất là 0 MPa ứng với trường hợp hệ số tải $R = 0$, do đó với biên độ ứng suất 113.45 MPa, tra tuổi thọ mỏi trên đường S-N của vật liệu cho ta thấy tuổi thọ lý tưởng của chi tiết này là 105.6 chu kỳ bay. Như vậy, độ bền mỏi của chi tiết trong trường hợp hạ cánh sẽ bằng độ bền mỏi trong trường hợp hạ cánh là 398107 chu kỳ bay (Flight Cycle) trong điều kiện làm việc bình thường, không xuất hiện hạ cánh cứng hay hạ cánh bằng càng mũi trong quá trình làm việc.

4. KẾT LUẬN

Sau khi tính toán và phân tích mỏi, kết quả thu được là trường ứng suất trên càng mũi máy bay GROB G115A, kết quả cho thấy: kết cấu càng làm việc an toàn trong điều kiện hoạt động bình thường qua các chu kỳ bay của trường hợp hạ cánh, trong điều kiện máy bay không trải qua hạ cánh cứng hay hạ cánh bằng càng mũi trong quá trình hoạt động. Vùng tập trung ứng suất nằm ở vị trí lắp vít của vấu nối với đế kết nối, và thực tế cũng có thực nghiệm quan sát về trường hợp hư hỏng mỏi tại vị trí

này đã được nghiên cứu [2]. Với tuổi thọ mỏi hay số chu kỳ bay hoạt động mà càng chịu được, ta có thể kết luận càng làm việc bình thường trong giới hạn hoạt động đã tính toán. Thông số này cũng có thể được tham khảo để đưa ra các chương trình bảo dưỡng, thay thế chi tiết trên máy bay GROB G115A, tránh các trường hợp nguy hiểm an toàn bay. ❖

Ngày nhận bài: 12/10/2024

Ngày phản biện: 16/11/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. P. Mohanraj, S. Balaji và S. Senthilkumar, "Fatigue analysis in aircraft landing gear axle shaft to develop the life cycles". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 2, 6, 2013.
- [2]. V. Infante và L. Fernandes, "Failure analysis of a nose landing gear fork". Engineering Failure Analysis, tập 82, pp. 554-565, 2017.
- [3]. S. Aftab và Sirajuddin, "Finite element analysis of a passenger aircraft landing gear for structural and fatigue safety". Materials Today: Proceedings, pp. 152-158, 2022.
- [4]. R. R. Kumar, P. K. Dash và R. Basavaraddi, "Design and analysis of main landing gear structure of a transport aircraft and fatigue life estimation for the critical lug". International Journal of Mechanical and Production Engineering, tập 1, số 4, 2013.
- [5]. M. Freitas, V. Infante và R. Baptista, "Failure analysis of the nose landing gear axle of an aircraft". Engineering Failure Analysis, pp. 113-120, 2019.
- [6]. David Gerhardinger, Borna Abaramovic, Tomislav Fratrovic, Anita Domitrovic, "Landing gear leg fatigue life analysis for light aircraft". International Scientific Conference "The Science and Development of Transport", 2022.
- [7]. L. D. D. Fernandes, "Failure analysis of a nose landing gear fork of a GROB G115 Aircraft", 2015.
- [8]. Airplane Flight Manual GROB G 155, 1989.
- [9]. FAR Part 23, CFR Part 23 - Airworthiness Standards: Normal Category Airplanes.

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN ĐẾN ĐỘ BỀN UỐN SẢN PHẨM WAAM

SURVEY OF THE INFLUENCE OF ELECTRICAL CURRENT INTENSITY ON BENDING DURABILITY OF WAAM PRODUCTS

Vũ Đình Thắng*, Nguyễn Võ Thành Công, Lê Anh Vũ,
Cao Phạm Đức Hiếu, Huỳnh Đỗ Song Toàn

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

*Email: tanlb@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Đề tài “Khảo sát ảnh hưởng cường độ dòng điện đến độ bền uốn sản phẩm WAAM” có tính thiết thực và ứng dụng cao trong công nghệ chế tạo phôi mẫu in 3D WAAM. Cường độ dòng điện có tác động rất lớn đến quá trình ảnh hưởng đến hình dạng của mối hàn. Với cường độ cao, mối hàn có xu hướng rộng và sâu hơn, trong khi với cường độ thấp, mối hàn có thể hẹp và nông hơn. Thí nghiệm cho thấy đối với vật liệu sắt, cường độ quá cao hoặc quá thấp đều có thể dẫn đến các khuyết tật như rỗ, nứt và trong quá trình hàn WAAM ảnh hưởng lớn đến cấu trúc vật liệu và tính chất cơ học. Do vậy, cần khảo sát rõ ảnh hưởng này để lựa chọn thông số hàn phù hợp. Qua đó, đề tài này sử dụng máy CNC 4 trục dùng để chế tạo mẫu khối trụ lõi rỗng hàn theo lớp layer theo quá trình hình thành in 3D kim loại với các thông số cường độ dòng điện khảo sát. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần hoàn thiện quy trình công nghệ in 3D WAAM, tối ưu hóa các thông số quá trình để sản xuất trong lĩnh vực chế tạo nhanh, giúp tạo hình nhanh các chi tiết kim loại có kích thước lớn mà các phương pháp truyền thống khó có thể thực hiện được.

Từ khóa: WAAM (Sản xuất bồi đắp bằng dây cung); Cường độ dòng điện; In 3D kim loại; Cấu trúc vật liệu; Khuyết tật.

ABSTRACT

The topic “Research on the influence of electric current on the bending strength of WAAM products” is practical and highly applicable in WAAM 3D printing prototype manufacturing technology. The intensity of the current has a great impact on the process affecting the shape of the weld. With high intensity, the weld tends to be wider and deeper, while with low intensity, the weld can be narrow and shallow than. Experiments show that for iron materials, intensity that is too high or too low can lead to defects such as pitting and cracking, which in the WAAM welding process greatly affects the material structure and mechanical properties. Therefore, it is necessary to clearly study this influence to choose appropriate welding parameters. Thereby, this project uses a 4-axis CNC machine to manufacture hollow core cylindrical samples that are welded in layers according to the metal 3D printing process with the investigated current intensity parameters. The research results will contribute to perfecting the WAAM 3D printing technology process, optimizing

process parameters for production in the field of rapid manufacturing, helping to quickly shape large metal parts that require advanced methods, traditional methods are difficult to implement.

Keywords: *WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing); Electric Current Intensity; 3D Metal Printing; Material Structure; Defect Analysis.*

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghệ in 3D kim loại mới sử dụng hàn hồ quang và dây kim loại để tạo ra các cấu trúc kim loại lớp theo lớp. Việc nghiên cứu và phát triển công nghệ này có thể tạo ra các bộ phận kim loại lớn, phức tạp với chi phí thấp hơn và thời gian sản xuất nhanh hơn so với các phương pháp truyền thống. Hiểu rõ về các thông số về cường độ dòng điện tác động ảnh hưởng đến cơ lý tính vật liệu có thể giúp tối ưu hóa thông số, từ đó tăng cường độ bền, độ cứng và hiệu suất chung của cơ cấu. Các kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực cơ khí, ô tô, hàng không,...

Trong nước: Đề tài “Khảo sát ảnh hưởng cường độ dòng điện đến độ bền uốn sản phẩm WAAM” tại Việt Nam còn khá mới mẻ. Tuy nhiên, công nghệ WAAM đã được nghiên cứu trên thế giới trong thời gian gần đây. Tại Việt Nam, mới chỉ có một số công trình nghiên cứu sơ bộ về công nghệ WAAM như:

► Nghiên cứu chế tạo phôi thép không gỉ 316L bằng công nghệ WAAM tại Đại học Bách khoa Hà Nội [1].

- Các hướng nghiên cứu chính:

► Tối ưu hóa các thông số quá trình (cường độ dòng, tốc độ hàn,...) để cải thiện tính chất cơ học.

► Khảo sát ảnh hưởng của quá trình hậu xử lý nhiệt đến cấu trúc và tính chất của vật liệu. Phát triển phần mềm mô phỏng và kiểm soát quá trình WAAM.

► Ứng dụng WAAM để chế tạo các chi tiết ô tô, hàng không, y sinh.

- Một số nghiên cứu liên quan mật thiết đến đề tài:

► Khảo sát ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến cơ tính của thép 304L, cho thấy độ bền uốn tăng khi tăng dòng điện [2].

► Nghiên cứu tương tự trên thép 316L, xác định cường độ dòng tối ưu là 200A [3].

► Phân tích mối liên hệ giữa cấu trúc vi mô và độ bền uốn của các mẫu 316L chế tạo bằng WAAM [4].

1.2. Cơ sở lý thuyết

Thiết kế và tiến hành các thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thông số cường độ dòng điện đến độ bền uốn sản phẩm WAAM. Thử nghiệm với các thông số trên máy CNC 4 trục được điều chỉnh theo các số liệu nằm trong bảng thông số đã được xem xét và vận hành để kiểm tra tính ổn định hồ quang và sự thay đổi cường độ dòng điện làm ảnh hưởng tới quá trình hàn tạo mẫu.

- Đối tượng: Sản phẩm sắt chế tạo bằng công nghệ WAAM theo kết cấu tiêu chuẩn kiểm nghiệm;

- Thông số thay đổi: Cường độ dòng điện hàn;

- Nhận thấy trong quá trình hàn cần phải kiểm tra chụp khí do xỉ hàn bắn làm cho khí ra không đều ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn, kiểm tra đầu kẹp dây nguội để đảm bảo điện cực tiếp xúc luôn ổn định trong quá trình hàn.

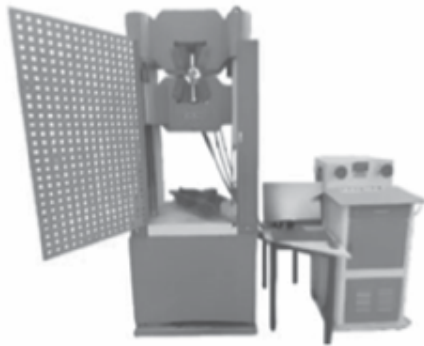
- Mẫu sau khi hàn cần phải xử lý bề mặt đạt theo yêu cầu bản vẽ chế tạo qua quy trình gia công máy tiện, máy phay CNC.

2. MÔ HÌNH THỬ NGHIỆM

2.1. Mô hình máy hàn



Hình 5. Máy hàn MIG 4 trực



Hình 6. Universal Testing machine WE-1000B

• Thông số máy:

- Hành trình trục: 300 x 260 x 250 (mm);
- Công suất tiêu thụ tối đa: 1.5 kW;
- Tốc độ tối đa các trục: Max 2500 mm/phút;
- Độ chính xác lặp lại: $\leq 0.03\text{mm}$.

2.2. Mô hình máy thử kéo

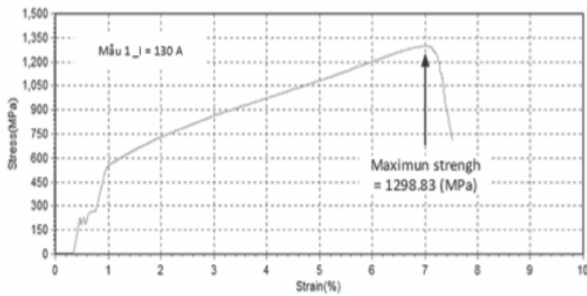
- Model: WE-1000B;
- Serial number: 72106;
- Max force: 1000 kN;
- Accuracy: $\pm 1 \%$;
- Tensile test space: 0-700 mm;
- Compression test space: 0-600 mm;
- Clamping jaw: Manual/Hydraulic;
- Clamping jaw for round specimens: $\Phi 14-45$ mm;
- Clamping jaw for flat specimens: 0-40 mm;
- Compression platen: $\Phi 225$ mm;
- Piston stroke: 200 mm;
- Diameter of bending roller: $\Phi 50$ mm;
- Mainframe dimensions: 900 x 700 x 2250 mm;
- Control cabinet size: 550 x 500 x 1250 mm;
- Machine power: 1.1 kW;
- Weight: 2900 kg.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Bảng 2. Kết quả đạt được sau khi thí nghiệm uốn

Mẫu	Cường độ dòng điện (Am-pe)	Tiết diện (mm ²)	Tải trọng (kN)	Ứng suất lớn nhất (Mpa)
1	130	23.86	30.99	1298.83
2	120	23.86	24.46	1025.15
3	110	23.86	23.57	987.85





Hình 7. Biểu đồ Ứng suất – biến dạng sau khi thực nghiệm uốn với mẫu I = 130 (Am-pe)

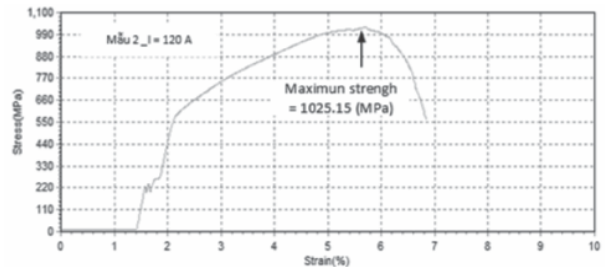
► Tăng cường độ dòng cải thiện độ bền uốn: Khi tăng cường độ dòng từ 110 Am-pe đến 130 Am-pe, ứng suất tăng từ 1189.26 kN lên 1481.27 kN. Điều này cho thấy thay đổi cường độ dòng điện giúp cho quá trình mỗi hàn có độ ngẫu và dòng chảy kim loại nhiều hơn giúp cải thiện khả năng chịu lực uốn của mỗi hàn.

► Thông số tối ưu: Thêm vào đó, ở mức cường độ dòng là 130 am-pe cho thấy tải trọng ban đầu tác động lên mẫu là như nhau nhưng vẫn đạt được ứng suất lớn nhất so với hai trường hợp có cường độ dòng thấp hơn. Qua đó, thông số cường độ dòng có ảnh hưởng tới độ bền mẫu, giúp xác định được giá trị đầu vào phù hợp trong quá trình ứng dụng vào thực tế.

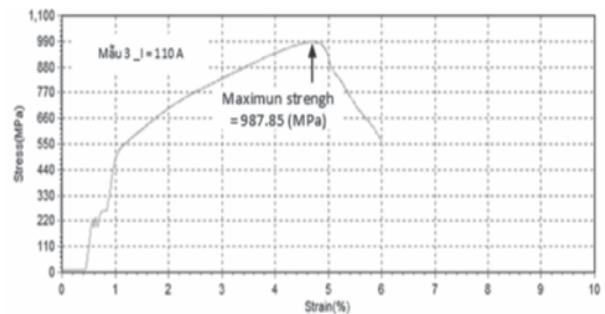
► Ứng dụng trong quy trình hàn: Để đạt được mỗi hàn có tính chất cơ học tốt nhất và xác định mức độ phù hợp với thông số cường độ dòng trong phạm vi nghiên cứu trên. Cường độ dòng quá thấp có thể dẫn đến mỗi hàn có độ ngẫu ít hơn, trong khi cường độ dòng cao có thể dẫn đến các vấn đề khác như quá nhiệt, hiện tượng văng bắn xỉ và hồ quang không ổn định gây biến dạng không mong muốn.

► Sau khi thực nghiệm đo kiểm nghiệm độ bền uốn của ba mẫu hàn như trên thì ta rút ra được bảng thông số và biểu đồ như trên Hình 7, 8, 9 và Bảng 2. Ta thấy rằng ảnh hưởng cường độ dòng điện lên độ bền của sản phẩm là có thay đổi khi sản phẩm có thông số cường độ dòng

càng lớn cần tải trọng lớn tạo ra ứng suất lớn hơn làm biến dạng mẫu uốn.



Hình 8. Biểu đồ Ứng suất – biến dạng sau khi thực nghiệm uốn với mẫu I = 120 (Am-pe)



Hình 9. Biểu đồ Ứng suất – biến dạng sau khi thực nghiệm uốn với mẫu I = 110 (Am-pe)

4. KẾT LUẬN

Trong quá trình khảo sát và nghiên cứu thì độ biến dạng, độ cứng và ứng suất của mẫu hàn WAAM bị ảnh hưởng tương đối bởi việc tăng cường độ dòng với phạm vi thí nghiệm và đi thử bền uốn cho ra giá trị có độ chính xác và có thể ứng dụng trong thực tế làm thông số cơ bản cho các vấn đề về đo độ bền mẫu hàn. Vì vậy, các lĩnh vực như xây dựng, chế tạo máy và sản xuất kết cấu thép, việc lựa chọn tốc độ hàn phù hợp là điều cần thiết. Tuy nhiên, với thông số cường độ dòng 130 am-pe có thể bị ảnh hưởng và tác động từ môi trường làm việc và điều kiện hàn trong phòng thí nghiệm sẽ có những sai số cho những ứng dụng yêu cầu mỗi hàn có sức bền cao, vì vậy cần xem xét thêm các yếu tố khác.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Huỳnh Đỗ Song Toàn;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Vũ Đình Thắng, Nguyễn Võ Thành Công, Lê Anh Vũ, Cao Phạm Đức Hiếu.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-249. ❖

Ngày nhận bài: **04/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Hồng Thanh, Hoàng Trọng Ánh, Nguyễn Tiến Dương, Hà Xuân Hùng; “Dự đoán sự phân bố ứng suất dư và biến dạng khi hàn thép không gỉ 316L bằng công nghệ WAAM”.
- [2]. Changmeng Liu, Chenchen Jing, Jiping Lu, “Microstructure and mechanical properties of 304L steel fabricated by arc additive manufacturing”.
- [3]. Y Li, S Geng, G Mi, P Jiang, “Microstructure distribution and mechanical properties of Ultra-High power laser-Mig hybrid weld of 316L stainless steel thick plate”.
- [4]. Gowthaman Palra et al., “Effect of heat input on microstructure and mechanical properties of 316L stainless steel fabricated by Wire Arc Additive Manufacturing”.

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ QUAY SẢN PHẨM ĐẾN ĐỘ BỀN KÉO TRONG QUY TRÌNH IN 3D WAAM

STUDY ON THE EFFECT OF PRODUCT ROTATION SPEED ON TENSILE STRENGTH IN THE WAAM 3D PRINTING PROCESS

Trần Triệu Vĩ*, Phùng Long Quốc Sơn, Dương Thành Nhân,
Nguyễn Bá Khiêm, Huỳnh Đỗ Song Toàn

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

*Email: trieuvi159@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu về sự ảnh hưởng của tốc độ quay sản phẩm đến độ bền kéo trong quy trình in 3D WAAM. WAAM là quy trình tạo ra những chi tiết có biên dạng gần giống với chi tiết trên bản vẽ bằng cách đắp từng lớp kim loại chồng lên nhau. Thí nghiệm được tiến hành in các mẫu WAAM theo phương pháp xếp lớp (layer) với các tốc độ dịch chuyển của mỏ hàn khác nhau theo thông số 300, 425, 550 (mm/p) bằng công nghệ WAAM và thí nghiệm đo độ bền kéo (Tensile strength) khả năng chịu lực của mẫu kéo. Đề tài sẽ góp phần làm sáng tỏ cơ chế ảnh hưởng của tốc độ dịch chuyển mỏ hàn tới tính chất cơ học của sản phẩm WAAM. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng với việc mở rộng kiến thức về quá trình hình thành cấu trúc vật liệu trong công nghệ in 3D kim loại, giúp đưa ra các khuyến nghị quan trọng trong việc vận hành thiết bị WAAM trong thực tế và góp phần nâng cao chất lượng và hiệu quả sản xuất của công nghệ.

Từ khóa: WAAM; Tốc độ dịch chuyển của mỏ hàn; Độ bền kéo.

ABSTRACT

This paper investigates the effect of product rotation speed on tensile strength in the WAAM 3D printing process. WAAM is a process that creates parts with shapes closely resembling those in the design drawings by layering metal successively. The experiment involves printing WAAM samples using the layering method with different welding torch travel speeds set at 300, 425, and 550 (mm/min). Tensile strength tests were conducted to measure the force-bearing capacity of the samples. The study aims to clarify the mechanism by which welding torch travel speed affects the mechanical properties of WAAM products. The research results are significant for expanding the understanding of material structure formation in metal 3D printing technology. They provide crucial recommendations for the practical operation of WAAM equipment, contributing to the improvement of production quality and efficiency in this technology.

Keywords: WAAM; Welding torch travel speed; Tensile strength.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Hiện nay, công nghệ WAAM vẫn còn khá mới mẻ, mang lại rất nhiều khả năng thú vị cho các kỹ sư thiết kế, đồng thời cũng được nhận sự quan tâm rất nhiều trong ngành công nghiệp, lĩnh vực, trong đó lĩnh vực công nghiệp hàng không vũ trụ chiếm một tỉ trọng lớn trong số các ứng dụng của WAAM. Phương pháp này cho phép tạo ra các chi tiết kim loại lớn, phức tạp, sản phẩm gần với thiết kế nhất, giảm và giá thành đầu tư hệ thống WAAM thấp hơn so với các công nghệ in 3D kim loại khác sử dụng bột kim loại và nguồn laser. Kết hợp sử dụng công nghệ CNC để tạo ra chất lượng bề mặt và kích thước của sản phẩm đạt yêu cầu.

Trong những năm gần đây, công nghệ WAAM cũng nhận được sự quan tâm trong nước sâu sắc. Tại Việt Nam, công nghệ vẫn còn khá mới mẻ và chưa được nghiên cứu sâu rộng. Một số công trình nghiên cứu tiêu biểu gần đây như:

+ Năm 2018, nhóm nghiên cứu từ Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh đã có bài báo giới thiệu về công nghệ WAAM và triển khai thí điểm in một số mẫu đơn giản bằng thép.

+ Năm 2019, Đại học Duy Tân công bố nghiên cứu về ảnh hưởng của tốc độ dây đến hình dạng hàn cho công nghệ WAAM.

+ Năm 2020, nhóm nghiên cứu Đại học Bách khoa Hà Nội đã in thành công một số chi tiết tiêu biểu bằng hợp kim nhôm bằng công nghệ WAAM và nghiên cứu tối ưu hóa một số thông số công nghệ.

Nhìn chung, các công trình nghiên cứu tại Việt Nam về WAAM chưa nhiều và mới chỉ tập trung vào khảo sát công nghệ, chế tạo các mẫu thử nghiệm đơn giản. Nghiên cứu chi tiết về các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng cơ học của các chi tiết WAAM vẫn còn hạn chế, trong đó có vấn đề ảnh hưởng của tốc độ quay sản phẩm. Do đó, đề tài này có ý nghĩa quan trọng để lấp đầy khoảng trống nghiên cứu về công nghệ WAAM tại Việt Nam.

Đối với ngoài nước, tình hình nghiên cứu ở nước ngoài về ảnh hưởng của tốc độ quay sản phẩm đến độ bền kéo trong quy trình in 3D WAAM như sau:

+ Tại Anh, Đại học Cranfield là một trung tâm nghiên cứu hàng đầu về công nghệ WAAM. Họ đã có nhiều công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến cơ tính của sản phẩm WAAM. Trong đó, nhóm của Giáo sư Stewart Williams đã nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ quay trong khoảng 60-100 rpm đối với hợp kim nhôm 6061.

+ Tại Đức, Viện Fraunhofer cũng là một trung tâm nghiên cứu tiên phong về WAAM. Họ đã có công bố về việc tối ưu hóa các thông số công nghệ nhằm cải thiện tính chất cơ học của các chi tiết. Tốc độ quay là một trong những yếu tố then chốt được nghiên cứu.

+ Các nhóm nghiên cứu khác tại Mỹ, Trung Quốc, Nga cũng đều quan tâm tới vấn đề tối ưu hóa quy trình WAAM, trong đó có nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ quay tới các tính chất cơ học của sản phẩm.

Nhìn chung, các nghiên cứu đều cho thấy tốc độ quay có tác động đáng kể tới cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của các chi tiết WAAM. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng còn

phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác. Do đó, việc nghiên cứu chi tiết với từng loại vật liệu là cần thiết.

1.2. Cơ sở lý thuyết

Đề tài nghiên cứu về sự ảnh hưởng của tốc độ quay (tốc độ dịch chuyển của mỏ hàn) đến độ bền kéo của sản phẩm dạng xếp lớp layer các vòng tròn kim loại với nhau, cụ thể là thép carbon. Sử dụng nguồn năng lượng hàn hồ quang nung chảy vật liệu kim loại dạng sợi và bồi đắp vật liệu theo lớp (hình 1.1), có khí CO₂ bảo vệ để tạo thành sản phẩm, và hệ thống máy CNC hàn tự động (hình 1.3). Sau đó sử dụng công nghệ gia công CNC để có được chất lượng bề mặt tốt và thí nghiệm độ bền kéo trên máy kéo vạn năng WE-1000B (hình 1.4a và 1.4b).

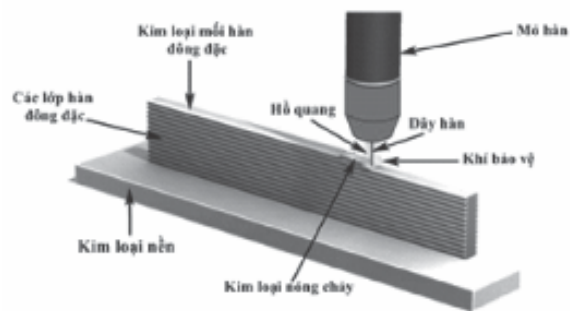
WAAM là viết tắt của “Wire Arc Additive Manufacturing”, là một phương pháp sản xuất bằng cách sử dụng quá trình hàn cung cấp dây để tạo ra các bộ phận kim loại, bằng cách nối các lớp kim loại liền mạch, chồng lên nhau để tạo ra hình dạng cuối cùng theo yêu cầu.

Ưu điểm của phương pháp này là tốc độ sản xuất cao, tiết kiệm vật liệu, khả năng sản xuất các bộ phận phức tạp và đồng thời có tính linh hoạt cao, ứng dụng được cho từ sản xuất đơn chiếc đến hàng loạt.

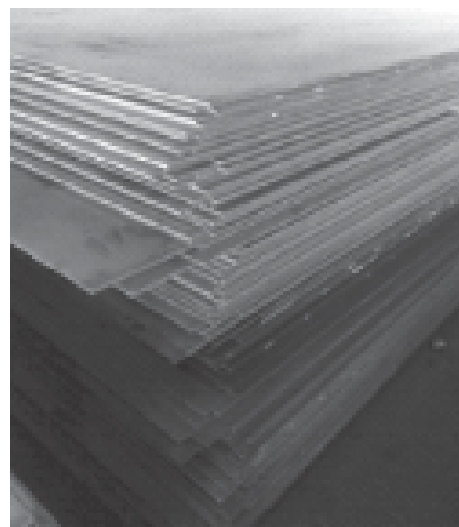
Nhược điểm của phương pháp này là về chất lượng bề mặt thường không được hoàn hảo như các phương pháp khác; cần thêm quá trình gia công hoặc mài để đạt được chất lượng bề mặt mong muốn, sự biến dạng do quá trình nhiệt và làm lạnh nhanh có thể dẫn đến biến dạng của bộ phận trong quá trình sản xuất; đặc biệt là đối với các bộ phận lớn hoặc có hình

dạng phức tạp, yêu cầu kỹ thuật cao và chi phí đầu tư ban đầu cao.

Thử kéo là phương pháp kiểm tra độ bền của vật liệu, là một phương pháp thử nghiệm được sử dụng để đo lường và đánh giá khả năng chịu tải của vật liệu khi tác động lực kéo theo thời gian. Mục đích chính của thử nghiệm kéo là xác định các thông số quan trọng như độ bền kéo, độ dẻo dai, độ cứng của vật liệu. Thông qua việc áp dụng lực kéo đều dần lên mẫu vật liệu, ta có thể quan sát và ghi lại các biến đổi trong cấu trúc và tính chất của vật liệu khi nó chịu lực kéo.



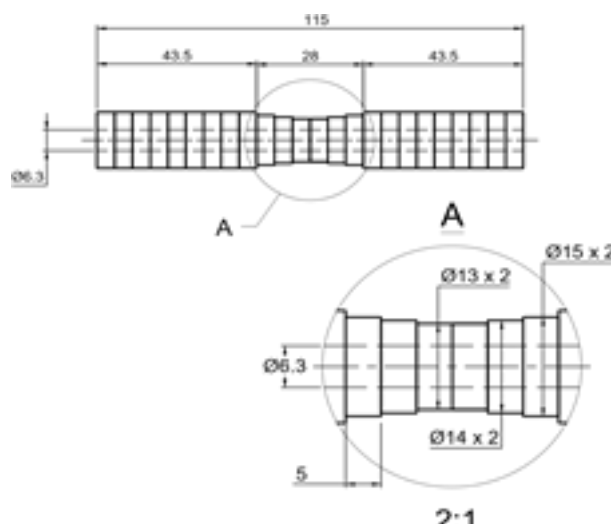
Hình 1. Hàn theo phương pháp WAAM bồi đắp vật liệu theo lớp.



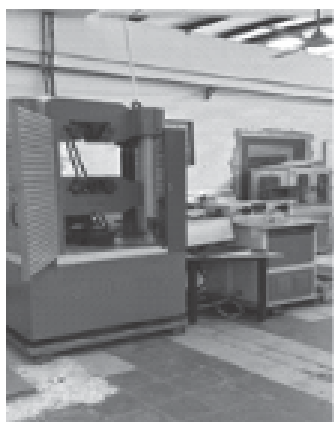
Hình 2. Thép carbon tấm 5mm.



Hình 3. Máy WAAM.



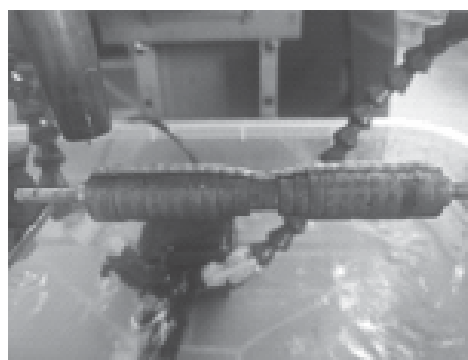
Hình 5. Mẫu phôi layer.



Hình 4a. Máy kéo vạn năng WE-1000B.



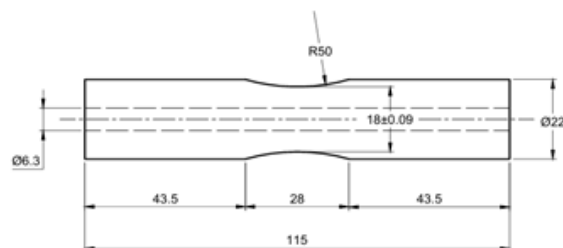
Hình 4b. Bảng điều khiển máy kéo vạn năng WE-1000B.



Hình 6. Đường hàn nhô vừa đủ, đẹp, liền mạch.

2. QUY TRÌNH CHẾ TẠO MẪU

Mẫu được thiết kế sử dụng các vòng tròn kim loại được gia công cắt laser ghép lại với nhau, mô hình phôi có kích thước như hình sau:



Hình 7. Mẫu thử kéo.

Thông số hàn của mẫu thử được chế tạo như bảng sau:

Bảng 2.1. Thông số hàn của mẫu thử kéo.

Thông số	Mẫu		
	A	B	C
I	120	120	120
Offset	2	2	2
V	300	425	550
Góc xoắn (độ)	180	180	180
Tỷ lệ lớp đắp (%)	17	17	17

Trong đó:

+ I: Cường độ dòng điện (A).

+ Offset: Khoảng cách giữa hai đường hàn (mm).

+ V: Tốc độ dịch chuyển mỏ hàn (mm/phút).

Với các thông số hàn đã chọn ở trên, mẫu thử được chế tạo thông qua các bước như sau:

- Bước 1: Chuẩn bị mô hình 3D của mẫu thử bằng phần mềm vẽ 3D (SolidWorks, Inventor,...) nhằm xác định phương pháp in phù hợp.

- Bước 2: Viết chương trình G-code và tiến hành nhập vào máy WAAM, nhằm thiết lập hình dạng đường hàn cần thiết.

- Bước 3: Mẫu được tạo ra sau khi điều chỉnh thiết lập máy WAAM.

- Bước 4: Mẫu được lấy ra khỏi máy và thông qua gia công CNC để đạt được hình dạng của mẫu thử tiêu chuẩn và chất lượng bề mặt tốt.



Hình 8a. Hình dạng mẫu kéo sau khi chế tạo bằng công nghệ WAAM.



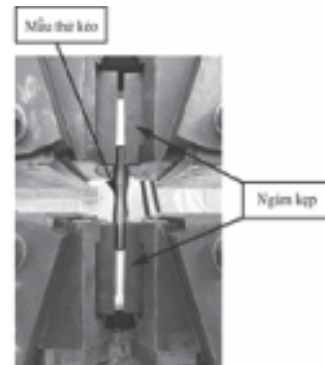
Hình 8b. Hình dạng mẫu kéo sau khi gia công CNC.

3. THỬ KÉO VÀ BÁO CÁO

Sau khi hoàn tất ba mẫu thử với ba tốc độ dịch chuyển mỏ hàn khác nhau, thí nghiệm thử kéo được tiến hành để tìm độ bền kéo của mẫu. Máy kéo vạn năng WE-1000B (hình 9) được sử dụng cho quá trình thí nghiệm.

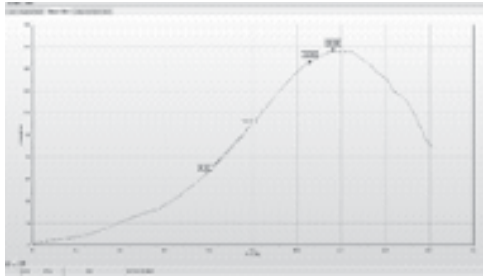


Hình 9. Máy kéo vạn năng WE-1000B.

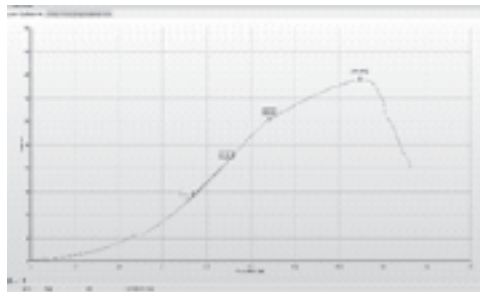


Hình 10. Gá kẹp mẫu thử lên máy kéo.

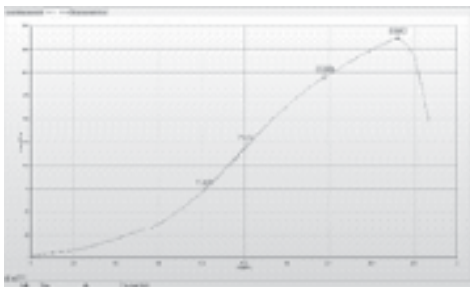
Sau khi gá kẹp lên máy, ta tiến hành kéo và được kết quả như sau:



Hình 11. Kết quả thử kéo mẫu A với tốc độ dịch chuyển mỏ hàn $V = 300$ (mm/phút).



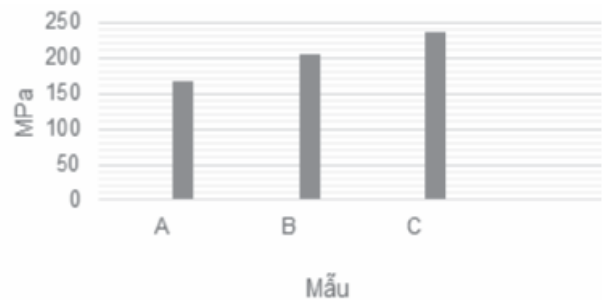
Hình 12. Kết quả thử kéo mẫu B với tốc độ dịch chuyển mỏ hàn $V = 425$ (mm/phút).



Hình 13. Kết quả thử kéo mẫu C với tốc độ dịch chuyển mỏ hàn $V = 550$ (mm/phút).

Qua thí nghiệm kéo và kết quả thực nghiệm thu được từ biểu đồ và bảng thông số, ta có thể thấy tốc độ dịch chuyển mỏ hàn có ảnh hưởng đến tính chất cơ học của sản phẩm, với ba mẫu thử kéo được hàn với ba tốc độ dịch chuyển mỏ hàn khác nhau. Độ bền kéo của ba mẫu A, B, C lần lượt là 168,028 (MPa); 206,117 (MPa); 236,296 (MPa), tăng dần từ mẫu A \rightarrow B \rightarrow C.

Nhìn chung, qua các biểu đồ, ta có thể thấy rằng tốc độ dịch chuyển mỏ hàn càng chậm thì mối hàn sẽ càng to, tạo ra lượng kim loại đắp lớn hơn, số lượng các mối hàn không dày đặc, nhưng tốc độ chế tạo nhanh hơn và đồng thời thời độ bền kéo sẽ giảm. Tốc độ dịch chuyển mỏ hàn nhanh sẽ tạo mối hàn mỏng, lượng kim loại đắp ít hơn, số lượng các mối hàn trên mẫu kéo sẽ dày đặc hơn do nhiều mối hàn mới hoàn thành, tốc độ chế tạo lâu hơn và đồng thời độ bền kéo sẽ tăng.



Hình 14. Biểu đồ cột so sánh độ bền kéo giữa ba mẫu A, B, C.

4. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm, phân tích kết quả thực nghiệm, việc tăng hay giảm tốc độ dịch chuyển của mỏ hàn sẽ làm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chịu bền kéo của sản phẩm. Từ đó, ta có thể xem xét các yêu cầu khả năng ứng dụng của sản phẩm mà sẽ sử dụng thông số phù hợp. Nếu cần khả năng chịu kéo tốt hơn, không xét đến tốc độ chế tạo nhanh thì ta tăng tốc độ dịch chuyển mỏ hàn, lớp đắp sẽ dày đặc liền kề nhau hơn. Nếu không cần khả năng chịu kéo cao, gia tăng tốc độ chế tạo thì ta có thể giảm tốc độ dịch chuyển mỏ hàn, lớp đắp sẽ ít dày đặc liền kề nhau hơn. Qua đó, ta có thể xem xét để rút ra vấn đề về chất lượng sản phẩm, tiết kiệm vật liệu, tăng năng suất, hiệu quả kinh tế.



(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Huỳnh Đỗ Song Toàn;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Trần Triệu Vĩ, Phùng Long Quốc Sơn, Dương Thành Nhân và Nguyễn Bá Khiêm.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-250. ❖

Ngày nhận bài: **10/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Van-Thuc Nguyen, Pham Son Minh, Tran Minh The Uyen, Thanh Trung Do, Han Vuong Thi Ngoc, Minh Tai Le and Van Thanh Tien Nguyen (2023, April 30). “*WAAM technique: Process parameters affecting the mechanical properties and microstructures of low-carbon steel*”, <https://www.mdpi.com/>.
- [2]. Thành phố Hồ Chí Minh, Đại học Công nghiệp (Năm 2018). “*Công nghệ WAAM và triển khai thí điểm in một số mẫu đơn giản bằng thép*”.
- [3]. Đại học Duy Tân (Năm 2019). “*Ảnh hưởng của tốc độ dây đến hình dạng hàn cho công nghệ WAAM*”.
- [4]. Stewart W. Williams, Jiang Long Gu, Jia Luo Ding, Bao Qiang Cong, Jing Bai, Hui Min Gu, Yu Chun Zhai (2014, December). “*The Influence of Wire Properties on the Quality and Performance of Wire Arc Additive Manufactured Aluminium Parts*”, <https://www.scientific.net>.
- [5]. Fraunhofer Institute for Production Technology IPT. “*Wire arc additive manufacturing*”, <https://www.ipt.fraunhofer.de>.

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU VỚI TÍNH NĂNG BĂNG TẢI SỬ DỤNG TRỤC VÍT

INVESTIGATION FOR THE INFLUENCE OF MATERIALS ON SCREW CONVEYOR FEATURES

Lê Thượng Hiền*, Ngô Sỹ Đồng, Nguyễn Thanh Thủy

Trường Đại học Điện lực

*Email: hienlt@epu.edu.vn

TÓM TẮT

Việc khảo sát và đánh giá ảnh hưởng của các vật liệu khác nhau với trục vít dùng cho băng tải, cho thấy khi dùng trục vít dạng in 3D cho phép tăng mô-men xoắn 10-50% so với sử dụng trục vít bằng thép, cũng như đặc tính làm việc phụ thuộc vào loại vít và vật liệu giá đỡ được sử dụng. Với loại trục vít nhựa in 3D hay loại bằng thép tiện CNC kết hợp với giá đỡ nhựa dạng in 3D có thể là giải pháp thay thế hợp lý trong thực tiễn.

Giải pháp kỹ thuật cho các băng tải dạng mới có thể thay thế cho băng tải truyền thống ở mức tải thấp trong các ứng dụng khác nhau.

Từ khóa: Băng tải; Trục vít.

ABSTRACT

In this paper, the surveying and evaluating the effects of different materials on screws used for conveyors, it has been shown that using 3D printed screws allows for a 10-50% increase in torque compared to using steel screws and depends on the screw type and mounting material used. 3D printed plastic screws or CNC turned steel screws combined with 3D printed plastic brackets can be a reasonable alternative in practice.

Technical solutions for new conveyor belts that can replace traditional conveyors at low loads in various applications.

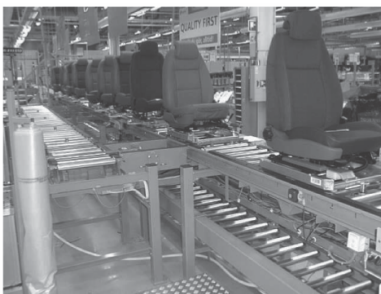
Keywords: Conveyor; Screw shaft.



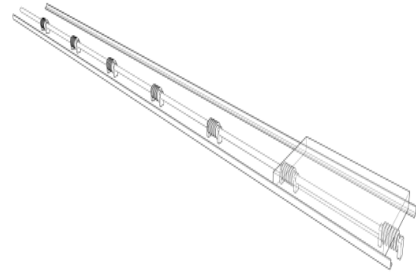
1. MỞ ĐẦU

Vận chuyển vật liệu sử dụng trong các dây chuyền sản xuất hoặc lắp ráp thường cần phải được di chuyển nội bộ trong nhà máy và giữa các trạm làm việc khác nhau nơi diễn ra các quy trình khác nhau. Băng tải vật liệu điển hình cho chuyển động ngang vật liệu rắn bao gồm băng tải đai, xích và con lăn. Để vận chuyển vật liệu lỏng hoặc bột, chẳng hạn như nước hoặc xi măng, băng tải sử dụng nguyên lý Vít Archimedes thường được sử dụng. Thông thường, khi vận chuyển các vật đơn giản có thể dùng băng tải như trong hình 1.

Băng tải sử dụng dây đai, con lăn hoặc dây xích đều có ưu và nhược điểm. Nhược điểm chính là giá thành cao. Ví dụ, một con lăn trong một con lăn băng tải thường bao gồm một bánh xích và ít nhất hai vòng bi. Hơn nữa, các con lăn cần được đặt gần nhau và do đó cần rất nhiều con lăn để tạo thành một băng chuyền trực lăn. Hệ thống dẫn động trực vít và thanh răng được ứng dụng nhiều trong hình 2. Với một động cơ dẫn động một trục dài với nhiều động cơ vít gắn vào nó. Miễn là các vít được đặt cách nhau không quá chiều dài của thiết bị vận chuyển và hướng quay của chúng là chính xác so với từng thiết bị mặt khác, không cần phải có ren trên toàn bộ chiều dài của trục. Một thiết bị dành cho cần gắn giá đỡ của thiết bị vận chuyển vào vít khi bắt đầu băng tải.



Hình 1. Ghế ngồi ô tô, vận chuyển trên băng tải con lăn [2]

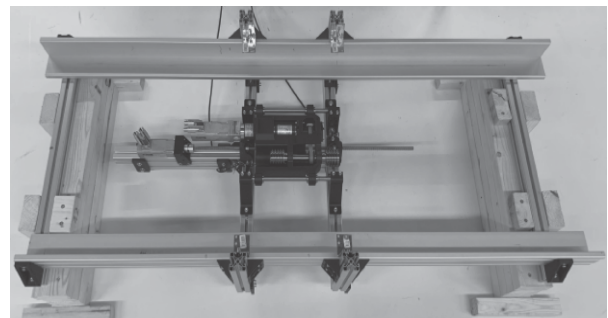


Hình 2. Băng tải trực vít [1]

Việc sử dụng băng tải dạng này trong thực tế nhiều và rộng rãi. Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu còn hạn chế.

2. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU

Phần này thực hiện việc xác định vị trí, vận tốc và dòng Iq của động cơ. Từ đó xác định mô-men xoắn sau động cơ hoặc nếu hộp số được gắn phía sau nó. Tải trọng cho tất cả các thí nghiệm là 32kg, tải trọng này đã được chọn vì có sẵn hai quả nặng 15 kg là tải trọng thích hợp cho kết cấu cơ khí.



Hình 3. Kết cấu tổng thể thí nghiệm

Trong quá trình thực hiện, các trọng lượng được phân bố đều nhất có thể và vị trí của chúng được đánh dấu và lắp đặt ở cùng một vị trí (hình 3).

Các phương pháp chế tạo cùng vật liệu dạng trục vít như mô tả trên bảng 3.

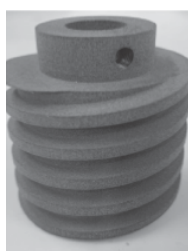
Bảng 1. Các loại vít thí nghiệm thể hiện trong bảng 1.

Vật liệu	Kỹ thuật	In 3D	Chiều cao	Khối lượng
Thép C45	Tiện CNC	-	-	498 g
Nylon-12	SLS in 3D	Tạo mẫu nung	0.11 mm	68 g
Iglidur I 180	FDM in 3D	Ultimaker S5	0,06 mm	58 g
Tough 2000 (SLA)	SLA in 3D	Tạo mẫu 3D	0,05 mm	81 g

Các dạng trục vít như hình 4.



Hình 4a. Tiện CNC trên thép 45



Hình 4b. In SLS trên Nylon-12

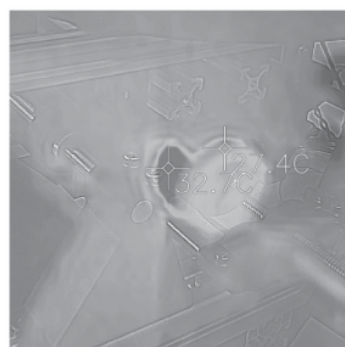


Hình 4c. Iglidur I 180

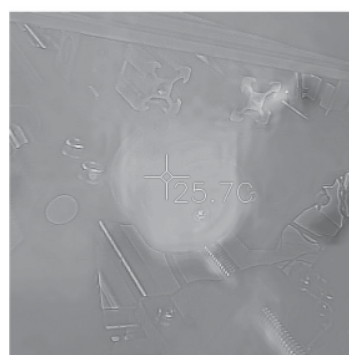


Hình 4d. Tough 2000

Kết quả thể hiện trên Hình 5a. Đo nhiệt độ dùng máy ảnh được hướng vào vít và có thể quan sát được nhiệt độ từ từ chìm. Thời gian giữa lần chạy vừa mới thực hiện và cho đến khi nhiệt độ giảm không còn quan sát được nữa được đo trong khoảng hai phút. Hình 5b thể hiện vít một khi đã làm nguội. Để giải thích các đặc tính vật liệu khác nhau và để có giới hạn an toàn, thời gian ngừng hoạt động giữa các lần chạy là 3 phút.



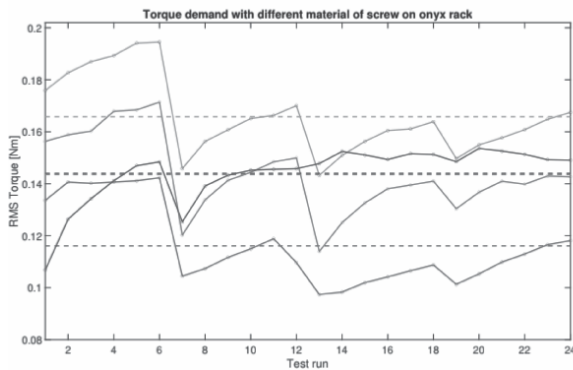
a. Sau 1 lần chạy



b. Sau khi làm lạnh 2 phút

Hình 5. Hình ảnh chênh lệch nhiệt độ sau 2 phút hạ nhiệt.

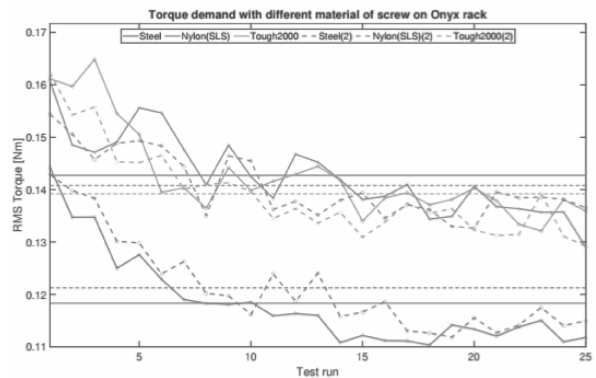
Thí nghiệm sau đó được tiến hành bằng cách chạy một chuỗi thử nghiệm đã được lập trình kéo dài 6 các phép đo lặp lại với thời gian trễ là 3 phút giữa các lần đo. Sau đó, vít được thay đổi và vít tiếp theo được chạy 6 lần, v.v. Sau đó, tất cả các vít đã được chạy 6 lần mỗi vít, quy trình được lặp lại 4 lần, tổng cộng là 24 lần chạy mỗi vít. Kết quả của thí nghiệm này được thể hiện trên Hình 6.



Hình 6. Mô-men xoắn RMS trong một lần chạy với các vật liệu khác nhau

Mối quan hệ tuyến tính giữa lần chạy thử và mô-men xoắn RMS cho mỗi vít vật liệu, được đánh giá bằng cách kiểm tra trực quan biểu đồ phân tán. Có sự đồng nhất của độ dốc hồi quy vì số hạng tương tác không có ý nghĩa thống kê, $F(2, 144) = 1,637, p = 0,198$. Dự lượng tiêu chuẩn hóa cho vật liệu vít và cho tổng thể mô hình có phân phối chuẩn, được đánh giá bằng thử nghiệm với $p > 0,05$. Tính đồng nhất và tính đồng nhất của các phương sai, được đánh giá bằng kiểm tra trực quan của biểu đồ phân tán và phép thử Levene về tính đồng nhất của phương sai ($p = 0,329$), tương ứng. Không có trường hợp nào có số dư chuẩn hóa lớn hơn ± 3 độ lệch chuẩn. Sau khi điều chỉnh số lần chạy thử, đã có một sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mô-men xoắn RMS giữa các vật liệu trực vít, $F(2, 146) = 320,934, p < 0,0005$, riêng phần $\eta^2 = 0,815$. Phân tích sau được thực hiện với điều chỉnh Bonferroni. Mô-men xoắn

RMS là thấp hơn đáng kể về mặt thống kê khi sử dụng vít thép so với khi sử dụng nylon hoặc vít Tough 2000 (chênh lệch trung bình 0,022 [95% CI, 0,024 đến 0,020] Nm, $p < 0,0005$) nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa nylon và Mặc dù 2000 vít. Mô-men xoắn RMS cho các vật liệu vít khác nhau khi sử dụng mã nào giá đỡ được thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Mô-men xoắn khi thay đổi vật liệu vít trên giá nhựa Onyx. Đường liền các đường mô tả mẫu vít đầu tiên và mẫu chấm thứ hai.

Giá trị trung bình ước tính cho tất cả các tổ hợp vít và giá đỡ, như trên bảng 2.

Bảng 2. Các giá trị trung bình ước tính

Vật liệu	Giá trị cận biên RMS mô-men xoắn
Thép/ Iglidur	0.101 ± 0.01
Nylon/ Iglidur	0.117 ± 0.01
Tough 2000/ Iglidur	0.126 ± 0.01

Kết quả thí nghiệm 1 cho thấy việc sử dụng vít in 3D yêu cầu tăng mô-men xoắn 10-50% so với sử dụng vít thép, tùy thuộc vào loại vít và vật liệu giá đỡ được sử dụng. Là ốc vít nhựa in 3D hay ốc vít thép tiện CNC kết hợp với giá nhựa in 3D là một giải pháp thay thế hợp lệ trong ứng dụng này và cách họ có so sánh với nhau không.

3. KẾT LUẬN

Hệ thống băng tải trục vít dùng các vật liệu phù hợp nhằm giảm giá thành và cải thiện tính năng. Nó được làm trong dây chuyền tự động được sử dụng trong các nhà máy lắp ráp, các công ty sản xuất, doanh nghiệp chế biến thủy hải sản,... để tự động hóa các quy trình sản xuất.

Với cách sử dụng trục vít có giá thành phù hợp với loại vật liệu lựa chọn. Với nghiên cứu về vật liệu cũng phục vụ tốt cho cơ sở dữ liệu cho các môn học và đồ án dùng trong các trường đại học và cao đẳng. ❖

Ngày nhận bài: **28/11/2024**

Ngày phản biện: **15/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh chất, “*Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*”. NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2012.
- [2]. VECTO AB. URL: <https://vecto.com/> Series. II, Mar.2020, PP 28-34.
- [3]. <https://www.scribd.com/document/90233240/Screw-Conveyor-Engineering-Guide>
- [4]. Lipsett, Robert, “*Why lead screws are the best fit for many linear motion applications and How to rightly apply them*”. Tech. rep. 2016, p. 8.

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG VỊ TRÍ LỖ TRÊN TRỤC ỐNG NHÔM ĐẾN KHẢ NĂNG HẤP THỤ NĂNG LƯỢNG VA CHẠM

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE HOLE POSITION ON THE ALUMINUM
TUBE SHAFT ON THE IMPACT ENERGY ABSORPTION CAPACITY

Lê Thị Tuyết Nhung

Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: nhung.lethituyet@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Thí nghiệm va chạm dọc trục và các phương pháp tăng khả năng hấp thụ va chạm trong mô phỏng kết cấu của Ba-đờ-sóc trong ô tô vẫn là hướng nghiên cứu được các nhà sản xuất ô tô khai thác trong những năm gần đây. Các nghiên cứu về thiết kế của ống nhôm rỗng gắn vào mặt sau của Ba-đờ-sóc sao cho lực nén va chạm giảm đi là mục đích của nghiên cứu này. Thiết kế đục các lỗ tròn trên trục ống nhôm rỗng này là một trong các ý tưởng được các nhà nghiên cứu quan tâm. Trong nghiên cứu này, vị trí đặt lỗ sẽ được khảo sát, các lỗ sẽ nằm ở thân của mô hình cách độ cao H dọc theo chiều dài của biên dạng L , kích thước của lỗ sẽ được xác định từ chiều rộng hiệu dụng của thành mỏng dựa trên nguyên tắc của Von Karman. Ba vị trí đặt lỗ khác nhau được phân tích, từ đó có thể đánh giá được ảnh hưởng của vị trí của lỗ trên sự hấp thụ năng lượng cùng một kết cấu.

Từ khóa: *Nghiên cứu dọc trục; Hư hại dẻo; Thử nghiệm va chạm.*

ABSTRACT

The axial impact experiment and methods to enhance impact absorption in the structural simulation of car bumpers have remained a focus of research by automotive manufacturers in recent years. This study aims to investigate the design of hollow aluminum tubes attached to the rear of bumpers to reduce the compressive impact force. One of the ideas attracting researchers' attention is the design of circular holes on the axis of these hollow aluminum tubes. In this study, the placement of the holes will be examined. The holes will be located on the body of the model at a height H along the length L of the profile. The hole diameter is determined based on the effective width of the thin wall according to Von Karman's principle. Three different hole placement positions will be analyzed to evaluate the influence of hole positions on energy absorption within the same structure.

Keywords: *Axial crushing; Ductile damage; Crash test.*

1. TỔNG QUAN

Các vật liệu mới như hợp kim nhôm, hợp kim magiê và thép có độ bền cao đang được sử dụng càng ngày càng nhiều trong các linh kiện ô tô, máy bay để giảm trọng lượng và để tăng hiệu suất tổng thể của các phương tiện. Những vật liệu này thường có độ dẻo thấp khi bị phá hủy so với vật liệu truyền thống và có thể bị hư hại, phá hủy trong điều kiện tải và va chạm. Thông thường sự lựa chọn này đặt ra giới hạn để đơn giản hóa mô hình phá hủy dựa trên tiêu chuẩn biến dạng tối đa (biến dạng phá hủy không thay đổi cho tất cả trạng thái ứng suất). Với các mô hình này là chúng không phụ thuộc vào biến dạng phá hủy hoàn toàn trong trạng thái ứng suất của một thành phần.

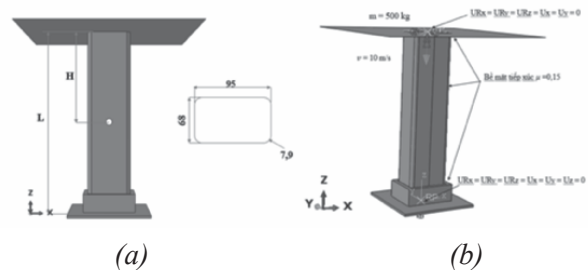
Elyasi và cộng sự đã nghiên cứu phương pháp sản xuất hợp kim nhôm ảnh hưởng tới khả năng hấp thụ năng lượng khi va chạm [1]. Nghiên cứu của Nikkha và cộng sự [2] khảo sát các phản ứng nghiền nát của các ống có hình dạng lỗ khoét khác nhau cũng như ống đơn giản được nghiên cứu trong điều kiện tải dọc trục và xiên. Nghiên cứu của Taghipoor và cộng sự [3] trình bày một khảo sát thực nghiệm về ảnh hưởng của lỗ đối với lực nghiền của các ống mỏng với tiết diện vuông dưới tác động dọc trục với tốc độ biến dạng cao. Trong đó, 24 mẫu hấp thụ sốc đã được nghiên cứu và tính chất nghiền (crushing) của chúng đã được chỉ ra và so sánh với một mô hình hấp thụ đơn giản. Ảnh hưởng của các thông số khác nhau, bao gồm đường kính lỗ, chiều dài mẫu, kích thước mặt cắt mẫu và tốc độ va đập cũng được đánh giá. Ứng xử va đập của kim loại ngày càng được nghiên cứu nhiều hơn trong những năm gần đây bằng các phương pháp thực nghiệm và mô phỏng số như các phương trình hư hại dẻo đều dựa theo công trình nghiên cứu của Hooputra [4]. Tiếp nối kết quả nghiên cứu về mô hình hư

hại của vật liệu dẻo được ứng dụng trong mô phỏng phần tử hữu hạn của mẫu ống nhôm có vách ngăn nhằm nghiên cứu ứng xử của ống khi chịu tải va đập 10m/s [5], nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của vị trí các lỗ tròn được khoét trên thành ống nhôm tới lực nén và khả năng hấp thụ năng lượng va chạm của kết cấu.

2. MÔ HÌNH VÀ LUẬT ỨNG XỬ HƯ HẠI CỦA VẬT LIỆU

2.1. Hình học và vật liệu

Hình học đầu tiên được sử dụng mô phỏng số trong đề án này là hình học đã xây dựng bởi Hooputra [4]. Mô hình dùng vật liệu hợp kim nhôm EN AW7108T6 va chạm với khối lượng 500 kg và vận tốc ban đầu là 10m/s, thời gian sử dụng để xác định hiệu quả của vị trí lỗ là 0.03s. Mô hình được coi là kết cấu thành mỏng hình lăng trụ được làm từ hợp kim nhôm EN AW-7108 T6 với chiều dài L là 400 mm, chiều rộng W = 95mm, chiều cao B = 68 mm và độ dày t = 2.5 mm. Vị trí các lỗ cách mặt phẳng va chạm một khoảng là H (Hình 1a).



Hình 1. a) Mô hình và va chạm trong ABAQUS; b) Điều kiện biên và điều kiện tải

Để nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí đục lỗ tới khả năng hấp thụ năng lượng va chạm của ống nhôm, bốn mô hình ống T0, T50, T125 và T200 tương ứng với khoảng cách H lần lượt là không đục lỗ, H = 50mm, H = 125mm và H = 200mm được tiến hành mô phỏng. Khối lượng

của mô hình không đục lỗ là 0.843kg trong khi khối lượng của ba mô hình có lỗ là 0.841 kg.

2.2. Vật liệu và thông số mô phỏng

Mô phỏng số được sử dụng các thông số vật liệu của hợp kim nhôm có các thông số khối lượng riêng 2700 kg/m², Mô-đun đàn hồi 70 GPa, hệ số Poisson 0.33. Ứng suất chảy dẻo là 311 MPa, ứng suất đứt là 697 MPa tại biến dạng dẻo là 2.1. Đối với tiêu chuẩn phá hủy, mô hình kết hợp với các tiêu chuẩn phá hủy như phá hủy do ứng suất kéo, phá hủy do ứng suất cắt và tiêu chuẩn Műschenborn-Sonne cho sự mất ổn định của hiện tượng thắt cổ chai. Các thông số này sẽ lấy từ dữ liệu thực nghiệm tham khảo từ tài liệu [4] là:

$\epsilon_T^+ = 0.44$, $\epsilon_T^- = 1.494$, $k_0 = 8.63$. Thông số phá hủy do ứng suất cắt: $\epsilon_S^+ = 0.35$, $\epsilon_S^- = 1.2$, $f = 2.05$, $k_s = 8.63$.

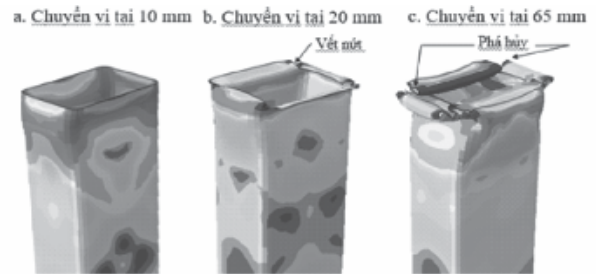
Đối với mô hình thành mỏng hình lăng trụ, kích thước tiết diện của phần tử là 5 mm. Mô hình không lỗ được tạo ra với 6162 phần tử S4R (phần tử vỏ 4 nút hoặc lưới vuông). Lưới của trường hợp ống nhôm có đục lỗ gồm 5088 phần tử (S4R). Điều kiện tải và điều kiện biên được biểu thị trên hình 1b.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

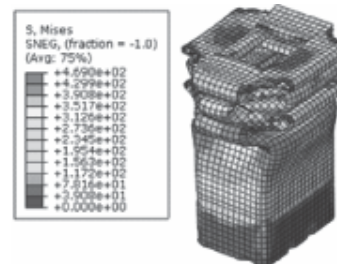
3.1. Kết quả mô phỏng ống nhôm không lỗ chịu va chạm

Mô hình được mô phỏng đầu tiên được tiến hành cho mô hình T0 với vận tốc va chạm 10 m/s. Ứng xử của vật liệu được sử dụng để mô phỏng kết cấu ống nhôm: vật liệu dẻo có sử dụng luật hư hại. Kết quả trên hình 4 cho thấy hình dạng phá hủy của mẫu ống nhôm khi sử dụng luật hư hại của vật liệu dẻo mô

tả đúng trạng thái khi bị tải nghiêng va đập của ống. Hình dạng và kích thước phần bị nghiền tương thích cao so với kết quả thực nghiệm của Hoopoutra [4]. Đối với phân tích chuyển vị tại các vị trí khác nhau, Hình 2 cho thấy, đầu tiên kết cấu sẽ hình thành và lan truyền các vết nứt tại vùng lân cận góc dẫn đến phá hủy.



Hình 2. Ứng xử và va chạm của mô hình T0 ở chuyển vị 10 mm, 20mm và 65 mm

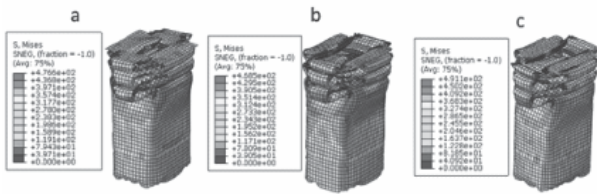


Hình 3. Ứng xử mô phỏng của ống nhôm chịu va đập với vận tốc 10 m/s với luật hư hại

Đối với phân tích trạng thái ứng suất trong ống nhôm, kết quả ở hình 3 cho thấy ứng xử của ống bị chèn là hình thành nếp gấp, ứng suất lớn nhất đạt 469 MPa. Kết quả cho thấy độ tin cậy của mô hình mô phỏng cũng như các thông số vật liệu thực nghiệm dự đoán chính xác ứng xử của kết cấu ống.

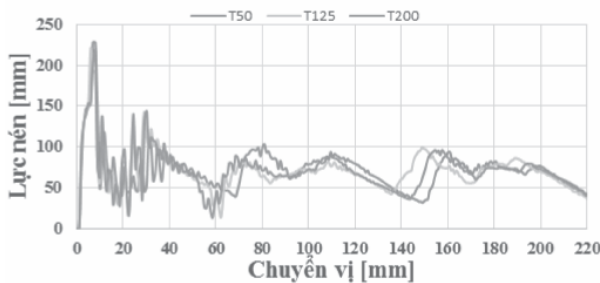
3.2. Phân tích ảnh hưởng vị trí đục lỗ trên thành ống

Kết quả mô phỏng về ứng suất của ba mô hình T50, T125, T200 được trình bày trong hình số 5.



Hình 4. Hình kết quả mô phỏng của các trường hợp có lỗ: a) Mô hình T50, b) Mô hình T125, c) Mô hình T200

Các đường đồ thị của lực nén với chuyển vị của kết cấu khi có lỗ tròn từ mô phỏng số được thể hiện trong Hình 5. Ban đầu chuyển vị của các mô hình tương đồng nhau, sau đó độ chuyển vị của kết cấu sẽ khác nhau hoàn toàn do sự phá hủy ở vị trí khác nhau. Kết quả cho thấy rằng khi làm lỗ cho kết cấu sẽ giảm được lực nén lớn nhất P_m .



Hình 5. Đồ thị của lực nén – chuyển vị của ba mô hình T50, T125 và T200

Bảng 1. Bảng tổng hợp kết quả mô phỏng lực nén

Mô hình	Lực nén lớn nhất P_{max} (kN)	Lực nén danh nghĩa P_m (kN)	Năng lượng hấp thụ E_a (kJ)	Hấp thụ năng lượng riêng (J/gr)
T0	250,90	73,86	16,25	19,28
T50	227,92	74.82	16,46	19,57
T125	220,68	75.18	16,54	19,68
T200	217.40	73.95	16,27	19,35

Để hiểu được ứng xử va đập của các mô hình, kết quả mô phỏng đã thu được trong Bảng 1. Lực nén lớn nhất P_m của mô hình có lỗ có thể giảm từ 9.16 – 13.23%. Tương tự, sự gia tăng hấp thụ năng lượng E_a có thể tăng từ 0.12 – 1.79%. Vị trí được đặt lỗ tròn tốt nhất là vị trí của mô hình T125, kết quả cho thấy giá trị hấp thụ năng lượng riêng và hiệu suất lực nén cao hơn các mô hình còn lại.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, phương pháp sử dụng tiêu chuẩn hư hại thông qua biến dạng dẻo đã được ứng dụng trong dự đoán ứng xử chịu tải va đập của ống nhôm với vận tốc 10 m/s. Nghiên cứu so sánh khả năng hấp thụ năng lượng của vị trí đặt các lỗ tròn trên trục cho thấy hấp thụ năng lượng tăng lên khi đặt lỗ. Ảnh hưởng của lỗ tròn trong kết cấu ống nhôm tuần tự: lực nén lớn nhất giảm từ 9.16 – 13.23%, năng lượng hấp thụ tăng 0.12 – 1.79% và vị trí đặt lỗ tròn của mô hình T125 là vị trí tối ưu nhất. Từ đó, mô hình tính toán này với các thông số cơ học của vật liệu nhôm đã thí nghiệm có thể được dùng để đánh giá lực va chạm trong các thí nghiệm crash test ảo với mô hình ba-đờ-sốc có gắn ống nhôm để có được các kết quả đánh giá về ảnh hưởng của vận tốc hay các tham số khác.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách Khoa Hà Nội trong đề tài mã số T2023-PC-017. Tác giả xin chân thành cảm ơn. ❖

Ngày nhận bài: 08/11/2024

Ngày phản biện: 05/12/2024



Tài liệu tham khảo:

- [1]. Elyasi M., Hossein T.G., Khatir F.A., Modanloo V., “*Numerical and experimental study of energy absorption in multilayer tubes manufactured through spinning forming process under quasi-static axial loading*”. Alexandria Engineering Journal, Vol. 106, p571-581, 2024.
- [2]. Nikkiah H., Guo F., Chew Y., Bai J., Song J., Wang P., “*The effect of different shapes of holes on the crushing characteristics of aluminum square windowed tubes under dynamic axial loading*”. Thin-Walled Structures, Volume 119, 2017.
- [3]. Taghipoor H., Ghiaskar A., Shavalipour A., “*Crashworthiness performance of thin-walled, square tubes with circular hole discontinuities under high-speed impact loading*”. International Journal of Crashworthiness, Volume 27, 2022.
- [4]. Hooputra H., Gese H., Werner H., Dell H., “*A Compressive failure model for crashworthiness simulation of aluminium extrusions*”. International Journal of Crashworthiness, p 449-464, 2010.
- [5]. Lê Thị Tuyết Nhung, “*Phân tích hư hại của ống nhôm chịu va chạm dọc trục bằng luật hư hại theo cơ chế dẻo của vật liệu*”. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 316, 2024.

THỰC NGHIỆM IN 3D DẠNG TRỤC VỚI CÁC TỐC ĐỘ XOAY SẴN PHẪM KHÁC NHAU

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF 3D PRINTING CYLINDRICAL SHAPES AT VARIOUS PRODUCT ROTATION SPEEDS

Nguyễn Thành Nam*, Nguyễn Khắc Nhật, Lương Thanh Khánh,
Phạm Xuân Phú, Nguyễn Trọng Hiếu

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

Email: thanhnam012822@gmail.com

TÓM TẮT

Công nghệ WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) sử dụng nguồn năng lượng hàn hồ quang nung chảy vật liệu kim loại dạng sợi và bồi đắp vật liệu theo lớp có khí bảo vệ để tạo thành sản phẩm. Quá trình này cho phép tạo ra các sản phẩm kim loại phức tạp và tùy chỉnh một cách hiệu quả. Trong lĩnh vực WAAM, để hiểu sự ảnh hưởng của tốc độ hàn đến các đặc trưng trong quá trình thực hiện như: tốc độ lắng đọng, khả năng kết dính giữa các lớp phủ, cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của sản phẩm dạng trục là lớn như thế nào? Mục tiêu của bài báo này là giải quyết vấn đề này, thông qua các thí nghiệm về công nghệ WAAM cho sản phẩm dạng trục được thực hiện trên hệ thống máy CNC với nguồn năng lượng hàn MIG/GMAW cho thấy: Tốc độ hàn có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ lắng đọng, khả năng kết dính giữa các lớp phủ và tính chất cơ học của sản phẩm.

Từ khóa: Công nghệ WAAM; Hàn MIG/GMAW; Sản xuất phụ gia; Kim loại; Tính chất cơ học.

ABSTRACT

WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) technology uses arc welding energy to fuse fibrous metal materials and accrete materials in layers with protective gas to form products. This process allows for the creation of complex and customized metal products efficiently. In the field of WAAM, to understand the influence of welding speed on performance characteristics such as deposition rate, adhesive ability between coatings, microstructure and mechanical properties of axial products? The objective of this paper is to solve this problem, through experiments on WAAM technology for axial products performed on CNC machine systems with MIG/GMAW welding power source showing: Welding speed has a great influence on the deposition rate, adhesive ability between coatings and mechanical properties of products.

Keywords: WAAM technology; MIG/GMAW welding; Additive manufacturing; Metals; Mechanical properties. 

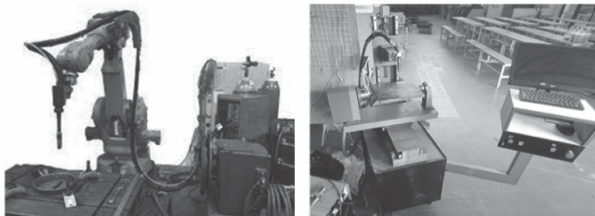
1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

In 3D kim loại đã được nghiên cứu và phát triển mạnh mẽ trên thế giới trong những năm gần đây. So với các công nghệ in 3D kim loại khác sử dụng bột kim loại và nguồn laser, WAAM có tốc độ chế tạo cao hơn nhiều lần so với các công nghệ in 3D kim loại khác sử dụng vật liệu đầu vào dạng bột kim loại, giá thành đầu tư hệ thống WAAM thấp hơn nhiều. Việc nghiên cứu tốc độ hàn phù hợp có thể tiết kiệm vật liệu và thời gian chế tạo ra sản phẩm mà vẫn đảm bảo cơ tính và độ bền của sản phẩm. Các kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực cơ khí, y tế,...

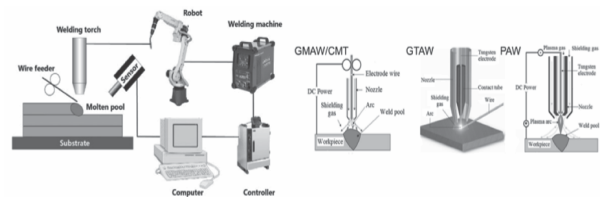
1.2. Cơ sở lý thuyết

Đề tài nghiên cứu về sự ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến chất lượng sản phẩm dạng trục, khi sử dụng phương pháp in 3D bằng dây kim loại. Sử dụng nguyên lý của quá trình hàn hồ quang, trong đó một dòng điện được sử dụng để tạo ra cảm biến hàn giữa dây hàn và bề mặt làm việc kim loại. WAAM sử dụng thiết bị hàn tiêu chuẩn sẵn có: nguồn điện hàn, mỏ hàn và hệ thống cấp dây [2]. Chuyển động có thể được cung cấp bằng hệ thống robot hoặc hệ thống máy CNC. WAAM loại bỏ các bước chế tạo truyền thống bằng cách xây dựng sản phẩm từ dữ liệu kỹ thuật số, giúp tạo ra sản phẩm có hình dạng phức tạp mà không cần khuôn mẫu hay công cụ đặc biệt.



Hình 1. Hệ thống Robot và hệ thống máy CNC

Ưu điểm của phương pháp gia công này là: sản xuất với tốc độ nhanh vì tỷ lệ lắng đọng WAAM dựa trên GMAW cao hơn 2-3 lần so với các kỹ thuật dựa trên GTAW hoặc PAW, tính tùy chỉnh cao, tiết kiệm nguyên vật liệu, tiết kiệm chi phí, đặc biệt là có thể tạo ra các sản phẩm có kích thước lớn với hình dạng phức tạp [3]. Tuy nhiên, mặt khác, WAAM dựa trên GMAW kém ổn định hơn và tạo ra nhiều tia lửa hàn và khói hàn hơn do dòng điện được cấp trực tiếp vào nguyên liệu thô.



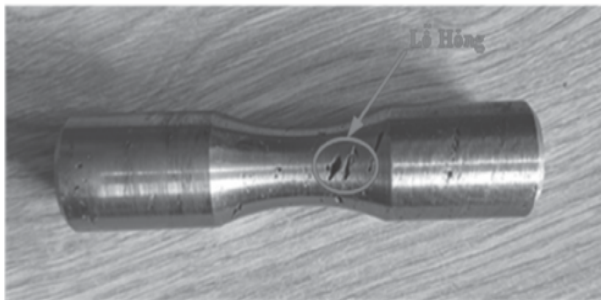
Hình 2. Hệ thống WAAM và các nguồn năng lượng hồ quang khác nhau có thể được sử dụng.

Hiện nay, công nghệ WAAM đang được nghiên cứu mạnh trên thế giới, đặc biệt trong khoảng 15 năm trở lại đây. Trong đó, Đại học Cranfield, Vương quốc Anh là đơn vị dẫn đầu nghiên cứu và phát triển công nghệ này. Tính đến thời điểm hiện tại, mới có duy nhất Đại học Cranfield và công ty WAAM 3D đã nghiên cứu và hoàn thiện hệ thống công nghệ WAAM, bao gồm hệ thống phần cứng và phần mềm đi kèm và bắt đầu thương mại hóa hệ thống WAAM trên thị trường trong năm 2022. Bên cạnh đó, Mỹ, Pháp, Trung Quốc, Hàn Quốc, Úc,... cũng là những nước đầu tư, nghiên cứu và phát triển mạnh về công nghệ này [4].

2. PHƯƠNG PHÁP

Phần này cung cấp thông tin về tiêu chuẩn TCVN-5400 để xác định độ bền kéo của mẫu WAAM 3D dạng trục. Ngoài ra, cung cấp về quy trình sản xuất mẫu, các thông số thiết kế và máy thử nghiệm.

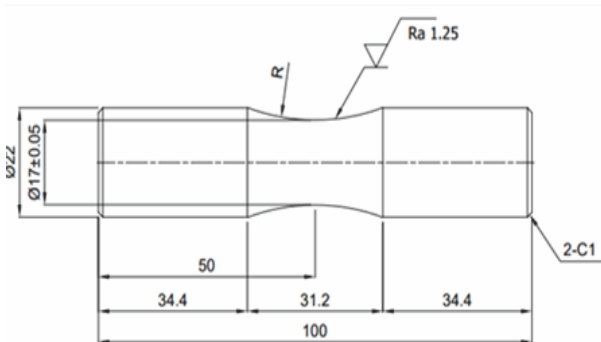
Trong phương pháp hàn bồi đắp, tốc độ hàn có ảnh hưởng lớn đến tính đồng đều, sự kết nối của các lớp hàn, tính đồng nhất của cấu trúc trúc kim loại và độ bền của sản phẩm. Tốc độ hàn quyết định thời gian mà nhiệt độ được duy trì trong vùng hàn. Nếu tốc độ hàn quá nhanh, có thể dẫn đến nhiệt độ không đủ để đảm bảo sự kết tụ hoàn chỉnh của vật liệu, dẫn đến các lỗ hổng hoặc khuyết tật trong sản phẩm. Ngược lại, tốc độ hàn quá chậm có thể gây ra hiện tượng nhiễu loạn nhiệt độ và làm biến dạng sản phẩm.



Hình 3. Mẫu thử chế tạo theo phương pháp WAAM bằng máy CNC xuất hiện lỗ hổng

3. THIẾT KẾ MẪU THỬ

Bước đầu tiên trong nghiên cứu là thiết kế mẫu thử để xác định độ bền kéo theo tiêu chuẩn TCVN 5400 và mô hình 3D được tạo trên phần mềm Inventor 2025 dựa theo hình dạng và kích thước của tiêu chuẩn.



Hình 4. Mẫu kéo TCVN-5400

4. CHẾ TẠO MẪU

Bảng 4.1. Thông số của mẫu thử

PARAMETER	SPECMENT		
	A	B	C
Vận tốc hàn (mm/phút)	400	450	500
Offset (mm)	3	3	3
Cường độ dòng điện I (A)	110	110	110
Góc xoắn (độ)	38	38	38
Tỷ lệ lớp đắp (%)	77	77	77

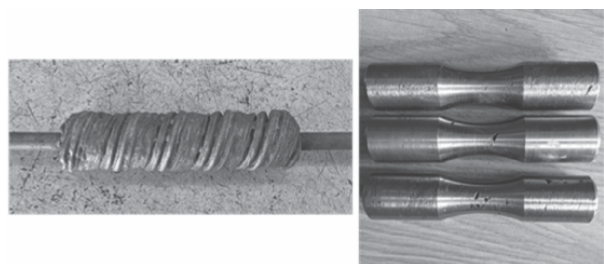
Với các thông số quy trình đã chọn, mẫu thử nghiệm được chuẩn bị thông qua bốn bước được liệt kê dưới đây:

1) Mô hình ba chiều (3D) của mẫu thử được chuẩn bị thông qua phần mềm thiết kế Inventor 2025, nhằm xác định phương pháp in phù hợp.

2) Tạo chương trình G-code và tiến hành nhập vào máy CNC, nhằm thiết lập hình dạng chi tiết cần sản xuất vào máy.

3) Mẫu được tạo ra sau khi điều chỉnh thiết lập máy.

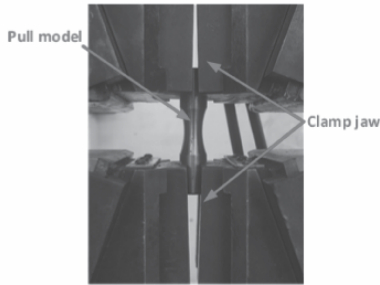
4) Mẫu được lấy ra khỏi máy sau khi thực hiện hoàn tất chương trình gia công và tiến hành loại bỏ các vật liệu còn thừa.



Hình 5. Mẫu sau khi in 3D và gia công xong

5. KIỂM NGHIỆM VÀ BÁO CÁO

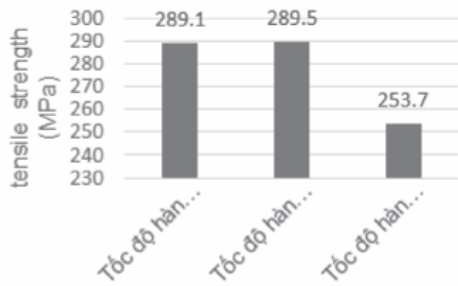
Sau khi quá trình sản xuất mẫu hoàn tất, thử nghiệm độ bền kéo được thực hiện để tìm độ bền kéo và độ biến dạng của mẫu. Máy kéo vạn năng WA-1000B được sử dụng để thử nghiệm.



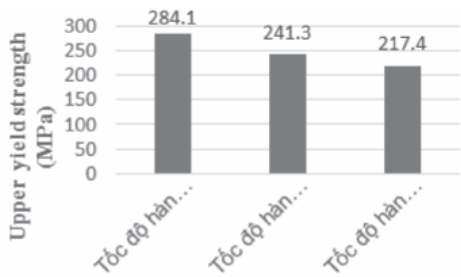
Hình 6. Kéo mẫu

6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Kết quả thử nghiệm các mẫu vật được mô tả trong kế hoạch thử nghiệm có kết quả kéo như biểu đồ dưới đây:



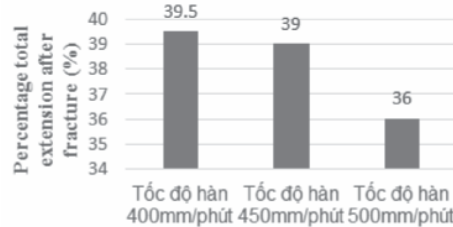
Hình 7. Biểu đồ thể hiện độ bền kéo của mẫu thử



Hình 8. Biểu đồ thể hiện giới hạn chảy của mẫu thử

Độ bền kéo là một thuộc tính cơ học của vật liệu, đo lường khả năng của vật liệu đó chịu được lực căng mà không bị vỡ hoặc biến dạng vĩnh viễn. Đây là một trong những chỉ số quan trọng nhất để đánh giá tính chất cơ học của vật liệu. So sánh các mẫu vật với tốc độ hàn 400mm/phút và 450mm/phút, độ bền kéo tăng nhưng không đáng kể. Trái ngược, với hai mẫu vật có tốc độ hàn 450mm/phút và 500mm/phút, độ bền kéo giảm đi rõ rệt cụ thể là 12,4%. Từ đó cho thấy tốc độ hàn cao dẫn đến các khuyết tật cho sản phẩm làm độ bền của sản phẩm giảm đi.

Giới hạn chảy là thuật ngữ chỉ đến sự biến dạng của một vật liệu khi nó bắt đầu chuyển từ trạng thái đàn hồi sang trạng thái biến dạng vĩnh viễn. Các mẫu vật với tốc độ hàn 400mm/phút, 450mm/phút, 500mm/phút ứng với các giới hạn chảy 284.1Mpa, 241.3Mpa, 217.4Mpa. Ta thấy tốc độ hàn tăng lên thì giới hạn chảy của sản phẩm sẽ giảm đi, từ đó tùy thuộc vào nhu cầu hay điều kiện vận hành của sản phẩm, yêu cầu độ đàn hồi hay cứng mà ta điều chỉnh tốc độ hàn cho phù hợp.



Hình 9. Biểu đồ thể hiện độ giãn dài của mẫu thử

Độ giãn dài chỉ đến tỉ lệ phần trăm của sự mở rộng tổng cộng của mẫu vật liệu sau khi xảy ra vỡ hoặc gãy so với chiều dài ban đầu của nó. Qua biểu đồ trên cho thấy tốc độ hàn cũng ảnh hưởng đến độ giãn dài của sản phẩm: tốc độ hàn càng tăng, độ giãn dài càng giảm. Đây là một chỉ số quan trọng để đánh giá độ bền và tính đàn hồi của vật liệu, và cung cấp thông tin

quan trọng cho việc thiết kế và lựa chọn vật liệu trong các ứng dụng khác nhau.

7. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, cho thấy tốc độ hàn ảnh hưởng lớn đến cấu trúc và tính chất cơ học của sản phẩm sau khi hàn. Tốc độ hàn cao sẽ làm mất đi độ cứng và độ đàn hồi của sản phẩm. Điều chỉnh và kiểm soát tốc độ hàn là rất quan trọng để đảm bảo chất lượng và tính đồng nhất của sản phẩm trong quy trình hàn. Tùy thuộc vào mục đích sử dụng sản phẩm mà ta điều chỉnh tốc độ hàn cho phù hợp.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Nguyễn Trọng Hiếu;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Khắc Nhật, Lương Thanh Khánh và Phạm Xuân Phú.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-264. ❖

Ngày nhận bài: **06/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R. Acheson, "Automatic welding apparatus for weld build-up and method of achieving weld build-up". US patent no. 4 952 769 1990.
- [2]. R. Baker, "Method of making decorative articles". US patent no.1 533 300 1925.
- [3]. Wu, B., Pan, Z., Ding, D., Cuiuri, D., Li, H., Xu, J., & Norrish, J. (2018), "A review of the wire arc additive manufacturing of metals: properties, defects and quality improvement". *Journal of Manufacturing Processes*, 35, 127-139.
- [4]. Lei Huang, Xizhang, Chen, Sergey Konovalov, Chuanchu Su, Pengfei Fan, Yanhu Wang, Pan Xiaoming, Irina Panchenko (2020), "A review of challenges for Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM)".

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP SỐ TÍNH TOÁN LỰA CHỌN TỶ SỐ TRUYỀN CHO Ô TÔ ĐIỆN

USING NUMERICAL METHODS FOR GEAR RATIO SELECTION IN ELECTRIC VEHICLES

Nguyễn Thế Hoàng*, Trần Việt Linh, Đặng Vũ Đình

Khoa Cơ – Điện, Trường Đại học Mở – Địa chất

*Email: nguyenthehoang@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Để nâng cao hiệu suất hệ thống truyền lực từ đó kéo dài quãng đường di chuyển của ô tô điện trong một lần sạc, các nhà thiết kế thường lựa chọn hệ thống truyền lực có 1 hoặc 2 tỷ số truyền. Tuy nhiên, ô tô hoạt động trong dải vận tốc rộng, tải trọng làm việc thay đổi nên việc lựa chọn tỷ số truyền sao cho giúp ô tô tăng tốc nhanh, đạt vận tốc lớn nhất có thể đồng thời động cơ điện vận hành với hiệu suất cao là vấn đề cần được quan tâm. Bài báo trình bày phương pháp ứng dụng phần mềm Matlab - Simulink trong tính chọn hợp lý tỷ số truyền ô tô điện. Phương pháp tiếp cận mới cho phép lựa chọn tỷ số truyền theo nhiều tiêu chí.

Từ khóa: Ô tô điện; Hệ thống truyền lực; Tỷ số truyền; Mô phỏng Matlab/ Simulink.

ABSTRACT

To enhance the efficiency of the powertrain system and thereby extend the driving range of electric vehicles on a single charge, designers often choose powertrain systems with one or two gear ratios. However, since electric vehicles operate across a wide speed range and under varying load conditions, selecting an appropriate gear ratio to enable quick acceleration, achieve the highest possible speed, and ensure the electric motor operates at high efficiency is a key consideration. This paper presents a method for applying Matlab - Simulink software to reasonably determine the gear ratios for electric vehicles. The new approach allows for selecting gear ratios based on multiple criteria.

Keywords: Electric vehicle; Drivetrain system; Gear ratio; Matlab/Simulink simulation.

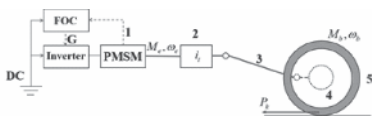
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xu hướng giao thông đang chuyển dịch mạnh mẽ sang ô tô điện, loại phương tiện ít phát thải khói bụi hơn xe truyền thống. Phạm vi hoạt động của ô tô điện phụ thuộc chủ yếu vào pin và hệ thống truyền lực. Trong các thiết kế ô tô du lịch, hệ thống truyền lực thường có từ 1 đến 2 tỷ số truyền nhằm khai thác hiệu quả khả năng làm việc của động cơ điện, đồng thời làm tăng hiệu suất truyền động.

Trên thế giới, các nghiên cứu về hệ thống truyền lực trên ô tô điện tập trung vào tối ưu hiệu suất truyền năng lượng, cải thiện khả năng vận hành và kéo dài quãng đường di chuyển cho một lần sạc. Nghiên cứu [1], [2] xây dựng mô hình điều khiển động cơ điện hướng đến nâng cao hiệu suất vận hành động cơ, tối ưu mô-men xoắn. Các thuật toán quản lý và điều khiển pin xe điện [3] cũng đang được phát triển. Các nghiên cứu về ô tô điện tại Việt Nam cũng đang tập trung vào vấn đề điều khiển động cơ điện [4], [5] và quản lý pin [6], [7], [8]. Phần lớn các nghiên cứu này được thực hiện bằng phương pháp mô phỏng với các thông số về hệ thống truyền lực cho trước. Đối với các mô hình nghiên cứu về hệ thống truyền lực, việc thay đổi tỷ số truyền lực có thể dẫn đến thay đổi các kết quả nghiên cứu, do đó việc nghiên cứu lựa chọn tỷ số truyền một cách hợp lý cần phải được xem xét trước.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

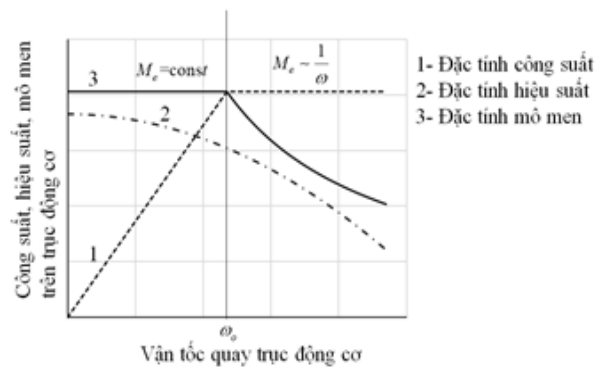
2.1. Mô hình hệ thống truyền lực ô tô điện



Hình 1. Mô hình hệ thống truyền lực:
(1) Động cơ điện PMSM; (2) Hộp số; (3) Các đấng; (4) Vi sai; (5) Bánh xe.

Hình 1 mô tả sơ đồ hệ thống truyền lực ô tô điện trang bị động cơ điện đồng bộ 3 pha có rô-to là nam châm vĩnh cửu (PMSM). Động cơ điện (1) được điều khiển bằng biến tần (Inverter) theo phương pháp véc-tơ (Field Oriented Control – FOC). Hộp số (2) có một tỷ số truyền i_t sẽ biến đổi mô-men của động cơ trước khi truyền đến vi sai (4) rồi đến bánh xe (5).

Đồ thị (Hình 2) biểu diễn các đường đặc tính của động cơ điện đồng bộ 3 pha sử dụng nam châm vĩnh cửu (PMSM). Các đường đặc tính của động cơ PMSM có thể được phân thành hai vùng làm việc.



Hình 2. Đồ thị đặc tính làm việc của động cơ PMSM

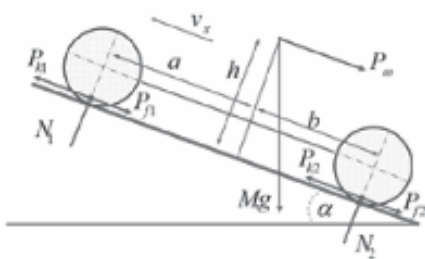
Vùng tốc độ thấp ($\omega_e \leq \omega_0$), điện áp và dòng điện cung cấp đủ để mô-men đạt giá trị định mức ($M_e = \text{const}$), công suất tăng theo tốc độ, hiệu suất làm việc của động cơ ở mức cao.

Khi tốc độ động cơ vượt giá trị định mức ($\omega_e > \omega_0$), động cơ làm việc ở chế độ từ thông yếu. Do khả năng làm việc của biến tần, điều kiện vận hành và nguồn cung cấp bị giới hạn, điện áp và dòng điện cấp cho động cơ bị hạn chế nên công suất coi như không đổi, mô-men xoắn tỷ lệ nghịch với tốc độ, hiệu suất động cơ giảm nhanh.



2.2. Mô hình động lực học thân xe

Hình 3 mô tả mô hình động lực học thân xe. Ô tô có khối lượng toàn tải M đang di chuyển với vận tốc v_x lên dốc. Trọng tâm xe cách các trục trước, sau lần lượt là a, b và cách mặt dốc khoảng h . Sức cản không khí P_ω tác dụng lên xe được xác định theo CT (2). Phản lực từ mặt đường tác dụng lên các bánh lần lượt là N_1, N_2 theo CT (3), (4), (5), lực cản lăn P_{f1}, P_{f2} được xác định theo CT(6), (7).



Hình 3. Mô hình thân xe

$$M \cdot \dot{v}_x = P_{k1} + P_{k2} - P_\omega - M \cdot g \cdot \sin \beta \quad (1)$$

$$P_\omega = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho_{kk} \cdot A \cdot v_x^2 \quad (2)$$

$$N_1 + N_2 = M \cdot g \cdot \cos \beta \quad (3)$$

$$N_1 = \frac{-h(P_\omega + M \cdot g \cdot \sin \beta + M \cdot \dot{v}_x) + b \cdot M \cdot g \cdot \cos \beta}{a + b} \quad (4)$$

$$N_2 = \frac{+h(P_\omega + M \cdot g \cdot \sin \beta + M \cdot \dot{v}_x) + a \cdot M \cdot g \cdot \cos \beta}{a + b} \quad (5)$$

$$P_{f1} + P_{f2} = P_f = G \cdot f \quad (6)$$

$$f = f_o \left(1 + \frac{v^2}{1500}\right) \quad (7)$$

2.3. Điều kiện chuyển động của ô tô

Hệ thống truyền lực tạo lực kéo P_k được xác định theo CT (8). Lực kéo tại các bánh xe chủ động phụ thuộc vào mô-men xoắn M_e của

động cơ, hiệu suất của hệ thống truyền lực η_p , tỷ số truyền của hệ thống truyền lực i_t và bán kính làm việc trung bình của bánh xe r_b .

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_t \cdot i_t}{r_b} \quad (8)$$

Lực kéo lớn cho phép xe vượt dốc cao, tăng tốc nhanh. Trong mọi tình huống, lực kéo của các bánh xe chủ động luôn phải lớn hơn sức cản mặt đường. Tuy nhiên, quá lớn có thể khiến bánh xe bị trượt quay khi di chuyển. Theo [9], lực kéo bị giới hạn bởi điều kiện chuyển động như CT (9).

$$\frac{G(f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot r_b}{M_e \cdot \eta_t} \leq i_t \leq \frac{G_\phi \cdot \phi_x \cdot r_b}{M_e \cdot \eta_t} \quad (9)$$

Với các yêu cầu thiết kế về tải trọng, kích thước bánh, hiệu suất sơ bộ của hệ thống truyền lực và mô-men mà động cơ điện tạo ra, CT (9) sẽ khoanh vùng được giá trị tỷ số truyền của hệ thống truyền lực.

2.4. Các tiêu chí đánh giá tỷ số truyền của hệ thống truyền lực trên ô tô điện

2.4.1. Vận hành tiết kiệm

Hiệu suất động cơ điện và hiệu suất của hệ thống truyền lực ảnh hưởng đến khả năng tiết kiệm năng lượng khi xe vận hành. Quãng đường di chuyển của xe tăng lên khi tăng hiệu suất hệ thống truyền lực và hiệu suất của động cơ điện.

Hiệu suất của hệ thống truyền lực phụ thuộc vào kết cấu cơ khí và chế độ vận hành. Tỷ số truyền cao cần sử dụng nhiều cặp bánh răng hơn dẫn đến hiệu suất giảm. Bánh răng quay nhanh, sức cản chuyển động của dầu bôi trơn tăng, tải trọng va đập tăng cũng góp phần

làm giảm hiệu suất của hệ thống truyền lực. Việc xác định hiệu suất của hệ thống truyền lực có thể được xác định thông qua thực nghiệm. Trong nghiên cứu này, giả thiết hiệu suất của các bộ truyền $\eta_i = 0.95$.

Hiệu suất làm việc của động cơ PMSM phụ thuộc vào tải trọng, tốc độ làm việc. Tải trọng tăng làm tăng dòng điện trong dây dẫn, tổn thất nhiệt tăng, hiệu suất giảm. Hiệu suất làm việc của động cơ thường đạt cao nhất khi động cơ làm việc ở chế độ định mức. CT (10) giúp xác định hiệu suất của động cơ PMSM theo tốc độ làm việc.

$$\eta_m = 0,9991 - 0,15 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_o}\right)^2 \quad (10)$$

Để tăng hiệu quả sử dụng điện năng, động cơ điện cần đạt hiệu suất cao khi ô tô hoạt động trong vận tốc vận thường xuyên từ 40 – 60 km/h. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện đánh giá các phương án lựa chọn tỷ số của hệ thống truyền lực bằng cách so sánh hiệu suất làm việc của động cơ PMSM ở tốc độ 50 km/h.

2.4.2. Tăng tốc nhanh

Khả năng tăng tốc của xe có thể được đánh giá thông thời gian tăng tốc (t_{100}) từ 0 đến 100 km/h được tính theo CT (11). Thời gian tăng tốc xe phụ thuộc vào gia tốc dọc \dot{v}_x .

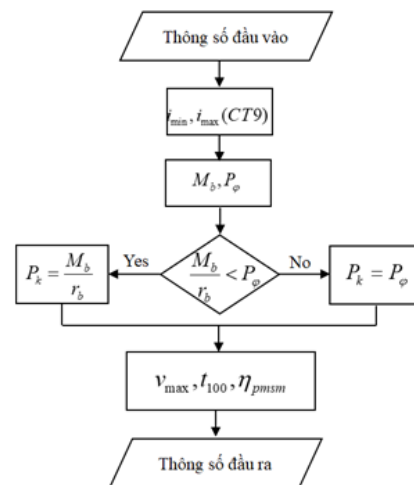
$$t_{100} = \int_0^{100} \frac{dv_x}{\dot{v}_x} \quad (11)$$

2.5. Ứng dụng phần mềm Matlab – Simulink trong lựa chọn tỷ số truyền hệ thống truyền lực ô tô điện

2.5.1. Thông số đầu vào mô phỏng

1	Động cơ		3	Khối lượng	
	Công suất động cơ (kW)	100		Khối lượng toàn tải (kg)	
	Mô men lớn nhất (N.m)	203		Phân bố tải trọng	
	Tốc độ định mức (vg/ph)	4700	4	Lớp	
	Điện áp định mức (V)	360	5	Hệ số cản lăn ở vận tốc thấp f_o	0.015
2	Kích thước xe		6	Bán kính làm việc trung bình r_b (m)	0.340
	Diện tích cản chính diện (m)	2.5694		Hệ số bám dọc $\varphi_x = 0.8$	
	Chiều dài cơ sở (m)	2.6		Hiệu suất hệ thống truyền lực	0,95
				Góc dốc leo được ($^\circ$)	10

2.5.2. Quy trình tính toán



Hình 4. Lưu đồ tính chọn tỷ số truyền lực chính

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



(a)



(b)



(c)

Hình 5. Kết quả tính toán tỷ số truyền hệ thống truyền lực xe ô tô điện

Kết quả tính vận tốc lớn nhất, thời gian tăng tốc đến 100 km/h, hiệu suất làm việc của động cơ ở tốc độ 50 km/h khi thay đổi tỷ số truyền từ 7 đến 15 được mô tả như trong Hình 5.

Sự thay đổi của vận tốc lớn nhất theo tỷ số truyền được thể hiện trong Hình 5(a). Khi tỷ số truyền của hệ thống truyền lực tăng thì vận tốc lớn nhất mà xe đạt được giảm. Với tỷ số truyền là 7, vận tốc lớn nhất của xe đạt được khoảng 148 km/h, nhưng vận tốc lớn của xe không đến 100 km/h với tỷ số truyền trên 14. Điều này cho thấy, công suất của động cơ đã không được khai thác tốt ở dải vận tốc cao khi tỷ số truyền lớn.

Từ đồ thị Hình 5(b) cho thấy khi tỷ số truyền xe tăng thì thời gian tăng tốc để xe đạt 100 km/h bị kéo dài hơn. Dải tỷ số truyền từ 8 đến 10, thời gian tăng tốc không có biến động nhiều nhưng khi ở mức 12 thì thời gian tăng lên đáng kể. Tỷ số truyền của hệ thống truyền lực là 9,6 thì thời gian tăng tốc của xe lên 100 km/h là nhỏ nhất ở mức 16,91 s. Tỷ số truyền tăng sẽ làm tăng lực kéo nhưng lại không làm tăng gia tốc của xe, bởi khi đó bánh xe bị trượt qua trên mặt đường, lực kéo bằng lực bám.

Hiệu suất làm việc của động cơ ở tốc độ 50 km/h giảm khi tăng tỷ số truyền lực, như trên Hình 5(c). Điều này cho thấy, tỷ số truyền cho không có lợi về mặt hiệu suất khi vận hành xe ở dải tốc độ thường xuyên từ 40 đến 60 km/h.

Mặc dù phương pháp số trong nghiên cứu trên đã giúp tính toán và lựa chọn tỷ số truyền cho ô tô điện một cách hợp lý, nhưng nó vẫn tồn tại một số hạn chế cần khắc phục. Nghiên cứu giả định hiệu suất của hệ thống truyền lực không đổi, hàm mô tả hiệu suất của động cơ PMSM đang được lý tưởng hóa.

Trong tương lai, nghiên cứu có thể được phát triển theo hướng đánh giá khả năng vận hành của ô tô điện trong các điều kiện vận hành khác nhau hoặc tích hợp hộp số vô cấp (CVT) để cải thiện khả năng tăng tốc và tiết kiệm nhiên liệu.

4. KẾT LUẬN

Ứng dụng phương pháp số trong tính chọn tỷ số truyền của hệ thống truyền lực ô tô điện cho phép tính toán nhanh và chính xác. Nó giúp nhà nghiên cứu quan sát sự biến động của nhiều yếu tố khi tỷ số truyền thay đổi từ đó chọn ra phương án hợp lý. Nguyên cứu trong trường hợp cụ thể cho thấy, với tỷ số truyền thấp ô tô điện đạt được khả năng động lực học tốt hơn, tiết kiệm nhiên liệu hơn. Đây là cơ sở để thực hiện các nghiên cứu sâu hơn về tối ưu hệ thống truyền lực trên ô tô điện, tối ưu quá trình điều kiện động cơ.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu cấp Trường Đại học Mở – Địa chất, trong khuôn khổ đề tài cấp cơ sở mã số T24-07. Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Mở – Địa chất đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 15/11/2024

Ngày phản biện: 10/12/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Grzegorz Sieklucki, and Dawid Kara, “*Design and modelling of energy conversion with the Two-Region torque control of a PMSM in an EV Powertrain*”. Energies, 2022.
- [2]. G. Sieklucki, “*Optimization of Powertrain in EV*”. Energies, 2021.
- [3]. T.A.T. Mohd, M.K. Hassan, Ishak Aris, Azura C.S. and B.S.K.K Ibrahim, “*Application of fuzzy logic in Multi-Mode driving for a battery*”. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, tập 7, số 2088-5334, pp. 284-290, 2017.
- [4]. Phạm Quốc Thái, Huỳnh Đức Trí, “*Mô hình hóa và mô phỏng hệ thống truyền động ô tô điện*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ – Đại học Đà Nẵng, pp. 47-52, 2021.
- [5]. Nguyễn Sĩ Đình, Trần Thanh Lam, Lã Quốc Tiệp, “*Nghiên cứu tối ưu hóa chiến lược điều khiển hệ thống truyền lực song song ô tô hybrid*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 1859-316X, pp. 195-201, 2021.
- [6]. Thâm Bội Châu, Nguyễn Văn Hải, “*Nghiên cứu mô hình nhiệt động học của pin Lithium-ion 1865 bằng phương pháp số*”. Khoa học Công nghệ, tập 74, số 1859-316X, pp. 36-40, 2023.
- [7]. Trần Phước Dinh, Phạm Minh Mận, Nguyễn Lê Châu Thành, Bùi Văn Hùng, Tống Duy Quốc, “*Mô phỏng quá trình làm mát khối pin Lithium trong xe điện ứng dụng phần mềm Ansys Fluent*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng, tập 21, số 1859-1531, pp. 71-76, 2023.
- [8]. N. V. Bình, “*Mô phỏng và phân tích hệ thống quản lý pin Lithium-ion trong xe điện*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, p. 71, 2023.
- [9]. Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng, “*Lý thuyết ô tô máy kéo*”. NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.

THIẾT KẾ TẤM KHUÔN ÂM CHO SẢN PHẨM DẠNG 2D

DESIGN OF CAVITY PLATE FOR 2D PRODUCTS

Vũ Đức Hoàn*, Võ Văn Lâm, Lê Viết Phi, Phạm Anh Tuấn, Phạm Quân Anh
Khoa Cơ khí Chế tạo máy, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: vuduchoan231@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu về thiết kế tấm khuôn âm cho sản phẩm dạng 2D. Công nghệ phun ép nhựa là công nghệ sản xuất các sản phẩm nhựa phổ biến được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp. Tuy nhiên, việc sản xuất khuôn mẫu cho quá trình phun ép còn gặp nhiều hạn chế. Công nghệ in 3D kim loại WAAM là một công nghệ tiên tiến, cho phép chế tạo trực tiếp khuôn mẫu mà không cần gia công cơ khí phức tạp. Tại Việt Nam, công nghệ này đang được một số đơn vị nghiên cứu triển khai. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào khảo sát các thông số in, cấu trúc và tính chất cơ học của vật liệu sau in. Việc ứng dụng thực tế trong sản xuất còn hạn chế. Các nghiên cứu về ứng dụng công nghệ WAAM để chế tạo lòng khuôn cho quá trình phun ép nhựa còn rất mới mẻ, chưa có nhiều công trình điển hình. Do đó, nghiên cứu ứng dụng công nghệ WAAM để chế tạo lòng khuôn và thực nghiệm quá trình phun ép nhựa với lòng khuôn này là hướng nghiên cứu mới, có ý nghĩa thực tiễn cao đối với Việt Nam.

Từ khóa: WAAM; Phun ép nhựa; Tấm khuôn âm; Khuôn 2D; Vật liệu nhựa ABS, PP, PA6, HDPE.

ABSTRACT

This article studies the design of negative mold plates for 2D products. The design was carried out by students under the direction of Master Pham Quan Anh. Plastic injection molding technology is a popular technology for producing plastic products that is widely used in industry. However, the production of molds for the injection molding process still faces many limitations. WAAM metal 3D printing technology is an advanced technology that allows direct manufacturing of molds without the need for complicated mechanical processing. In Vietnam, this technology is being deployed by a number of research units. Research mainly focuses on investigating printing parameters, structure and mechanical properties of printed materials. Practical application in production is still limited. Research on applying WAAM technology to manufacture mold cavities for plastic injection molding is still very new, there are not many typical projects. Therefore, researching and applying WAAM technology to manufacture mold cavities and experimenting with the plastic injection molding process with this mold cavity is a new research direction with high practical significance for Vietnam.

Keywords: WAAM; Plastic injection molding; Negative mold plate; 2D mold; ABS, PP, PA6, HDPE plastic materials.

1. GIỚI THIỆU

1.2. Tổng quan

Công nghệ in 3D kim loại WAAM đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi ở nhiều nước phát triển trên thế giới trong thập kỷ gần đây. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào tối ưu hóa các thông số in, nâng cao chất lượng bề mặt và kích thước chi tiết, mở rộng vật liệu có thể in được. Một số sản phẩm điển hình đã được chế tạo thành công bằng WAAM như các chi tiết khối lớn trong ngành hàng không vũ trụ, khuôn mẫu, cầu thang... Công nghệ WAAM đã được ứng dụng thành công để chế tạo các loại lòng khuôn cho quá trình phun ép nhựa với ưu điểm là tiết kiệm thời gian, chi phí, có thể chế tạo các hình dạng phức tạp. Các nghiên cứu cho thấy sản phẩm phun ép nhựa với lòng khuôn được chế tạo bằng WAAM có chất lượng tốt, đáp ứng được yêu cầu thiết kế. Đây được xem là hướng nghiên cứu và ứng dụng triển vọng của công nghệ WAAM trong tương lai. Như vậy, công nghệ WAAM đã được ứng dụng thành công trong lĩnh vực chế tạo lòng khuôn cho phun ép nhựa ở nhiều nước phát triển.

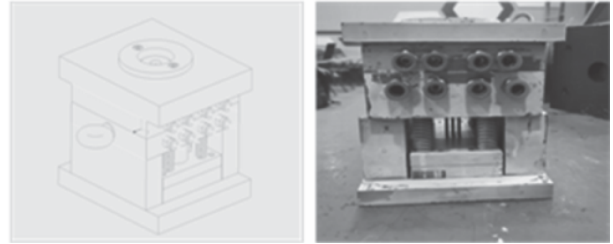
1.2. Cơ sở lý thuyết

Đề tài sẽ nghiên cứu về thiết kế tấm khuôn âm cho việc phun ép nhựa dạng sản phẩm 2D. Được cắt laser thành từng tấm với loại vật liệu là thép C45, sau đó sử dụng phương pháp hàn MIG để liên kết thành một bộ khuôn hoàn chỉnh.

Những ưu điểm của thiết kế này là giải nhiệt nhanh, chịu nhiệt tốt và có độ ổn định về kích thước.

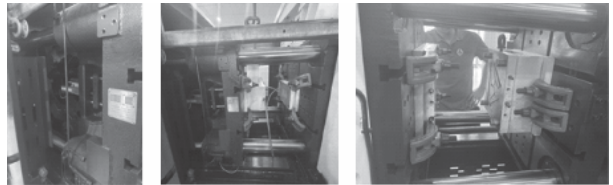
Thiết kế được dựa trên các mẫu khuôn ép nhựa được thiết kế bởi các anh chị sinh viên

khóa trước.



Hình 1. Bộ khuôn được sử dụng làm mẫu thiết kế.

Và sẽ được ép thử trên máy:



Hình 2. Máy phun ép nhựa.

Vì là khuôn không phải là nguyên khối, nên nhóm cần phải có các tính toán kỹ càng hơn đối với bản thiết kế này, chia bộ khuôn thành các tấm có độ dày, mỏng thích hợp cho việc cắt laser cũng như khi hàn để các tấm được liên lại với nhau.

2. THIẾT KẾ RA TẤM KHUÔN HOÀN CHỈNH

2.1. Sản phẩm 2D

Sau quá trình đưa ra ý tưởng sản phẩm, thảo luận và đóng góp ý kiến và được duyệt thông qua ThS. Phạm Quân Anh, nhóm đã chốt được sản phẩm 2D cần ép ra.





Hình 3. Sản phẩm 2D ép thử.

2.2. Tấm Core

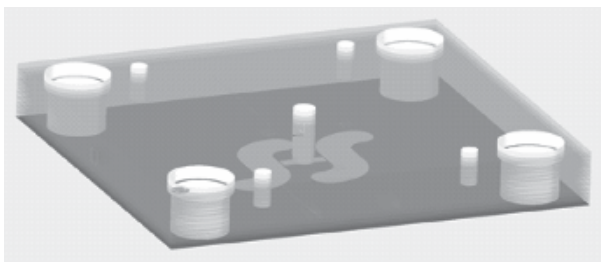
Dựa vào hình dáng sản phẩm 2D cần ép ra, nhóm có được tấm Core có kích thước 320x300x40 mm.



Hình 4. Tấm Core cho sản phẩm dạng 2D.

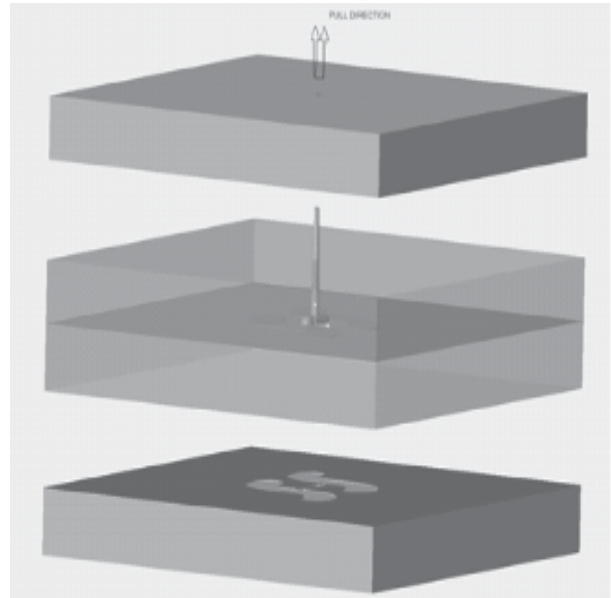
2.3. Tấm Cavity

Thiết kế sẽ được nhóm tiến hành thực hiện trên phần mềm Creo Parametric 8.0 với kích thước tấm khuôn âm là 320x300x40 mm với các chi tiết cần có trong tấm Cavity cần có.



Hình 5. Mẫu thiết kế tấm khuôn âm được nhóm hoàn thành.

Tách khuôn ra để nhìn thấy rõ được phần bên trong sẽ gồm có tấm khuôn âm, tấm khuôn dương và sản phẩm ép thử.



Hình 6. Khuôn được tách ra để nhìn rõ bên trong.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Qua quá trình làm việc cùng nhau, dưới sự hướng dẫn của ThS. Phạm Quân Anh, nhóm đã hoàn thành được việc thiết kế tấm khuôn âm cho sản phẩm dạng 2D.

Từ các chi tiết lớn, nhỏ như sản phẩm, bạc công phun, đường nước hay chốt dẫn hướng đều được nhóm dựa theo các tài liệu để có thông số chuẩn và tiến hành làm.

Quá trình thiết kế cũng không gặp nhiều khó khăn, vì là mỗi người một ý kiến khác nhau nên nhóm mất thời gian để đưa ra phương án thiết kế cuối cùng. Và cùng với đó, vì là dùng phương pháp WAAM có thể hoàn tất bộ khuôn, nên ở khâu thiết kế cần có những quyết định chắc chắn và đảm bảo sau khi đưa ra gia công sẽ hạn chế gặp các vấn đề ảnh hưởng đến quá trình gia công cũng như ép thử.

4. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thiết kế và làm việc nhóm, việc thiết kế đặc biệt đối với phương pháp WAAM (phương pháp còn khá mới đối với thị trường Việt Nam) là bước đầu để có thể làm ra được một bộ khuôn hoàn chỉnh với tỉ lệ yêu cầu 1:1, đảm bảo làm ra ép thử phải đạt, không cho phép sai vì khi sai sẽ phải tốn rất nhiều công sức cũng như chi phí để làm lại.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Phạm Quân Anh;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Vũ Đức Hoàn, Võ Văn Lâm, Lê Viết Phi, Phạm Anh Tuấn.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-257. ❖

Ngày nhận bài: **05/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “Tìm hiểu về công nghệ ép phun nhựa và ứng dụng trong sản xuất”, <https://vietchuan.vn/tim-hieu-ve-cong-nghe-ep-phun-nhua-va-ung-dung-trong-san-xuat/>
- [2]. Lê Văn Thảo; “*Công nghệ in 3D kim loại sử dụng nguồn năng lượng hồ quang (WAAM): Triển vọng phát triển và áp dụng trong công nghiệp tại Việt Nam*”, Trung tâm Công nghệ,

- Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2023, trang 7-10.
- [3]. Đ.T.V (NASATI); “*Báo cáo kết quả nghiên cứu (mã số 16487/2019) tại Cục Thông tin KH&CN Quốc gia*”, trang 23-26.
- [4]. Bùi Vũ; “*Thiết kế, chế tạo khuôn ép phun nhựa bằng công nghệ CAD/CAM/CNC*”, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, trang 3-6.
- [5]. Lê Văn Thảo; “*Công nghệ in 3D kim loại sử dụng nguồn năng lượng hồ quang (WAAM): Triển vọng phát triển và áp dụng trong công nghiệp tại Việt Nam*”, Trung tâm Công nghệ, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2023, trang 6-8.
- [6]. Hoàng Xuân Tùng; “*Công nghệ in 3D – Hướng ứng dụng trong tương lai*”, Trung tâm Thông tin và Thống kê Khoa học và Công nghệ, 2018, trang 21.
- [7]. Yon Li, “*Comprehensive review of wire arc additive manufacturing: Hardware system, physical process, monitoring, property characterization, application and future prospect*”, Beijing Key Laboratory of Process Fluid Filtration and Separation, China University of Petroleum-Beijing, Beijing, 102249, China, 2019.
- [8]. Kai Treutler, “*The current state of research of Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)*”, Wesling Manuf, (2018), pp. 28-32.
- [9]. C. Cunningham, “*Invited review article: Strategies and processes for high quality wire arc additive manufacturing*”, Addit. Manuf., (2018), pp. 662-686.

TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG TREO XE HYBRID DÙNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

OPTIMIZATION OF HYBRID VEHICLE SUSPENSION SYSTEM USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Lê Thượng Hiền*, Tô Ngọc Thiện, Hoàng Văn Lực

Trường Đại học Điện lực

*Email: hienlt@epu.edu.vn

TÓM TẮT

Các phương tiện giao thông ngày càng trở nên phức tạp với sự tích hợp của nhiều công nghệ mới, việc ứng dụng các thuật toán học máy (ML) và trí tuệ nhân tạo (AI) trong tối ưu hóa hệ thống treo ô tô hybrid đang mở ra những triển vọng đáng kể. Hệ thống treo đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo sự ổn định, an toàn và cảm giác lái, đặc biệt là đối với các phương tiện hybrid, nơi sự kết hợp giữa động cơ đốt trong và động cơ điện đòi hỏi một hệ thống treo linh hoạt và hiệu quả hơn. Bài báo trình bày ứng dụng AI và ML có thể giúp tối ưu hóa các tham số của hệ thống treo, cải thiện hiệu suất vận hành và giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng.

Từ khóa: Xe hybrid; Hệ thống treo.

ABSTRACT

As vehicles become increasingly complex with the integration of new technologies, the application of machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) algorithms in optimizing hybrid vehicle suspension systems is opening up significant opportunities. The suspension system plays a crucial role in ensuring stability, safety, and driving comfort, particularly in hybrid vehicles, where the combination of internal combustion engines and electric motors requires a more flexible and efficient suspension system. This paper presents how the application of AI and ML can optimize suspension parameters, improve operational performance, and reduce energy consumption.

Keywords: Hybrid; Suspension system.

1. MỞ ĐẦU

Nhu cầu ngày càng tăng về phương tiện giao thông hiện đại, tiết kiệm nhiên liệu và thân thiện với môi trường đã dẫn đến sự phát triển nhanh chóng của xe hybrid. Xe hybrid là sự kết hợp giữa động cơ đốt trong và động cơ điện, mang lại sự cân bằng giữa hiệu suất vận hành và tiết kiệm nhiên liệu. Tuy nhiên, các hệ thống treo thông thường khó có thể đáp ứng được yêu cầu của xe hybrid do sự phức tạp về cấu trúc và sự thay đổi liên tục của tải trọng và điều kiện lái. Chính vì vậy, việc ứng dụng AI trong tối ưu hóa hệ thống treo của xe hybrid là một hướng đi đầy triển vọng [1, 2].

Ô tô hybrid có các đặc tính đặc biệt như trọng lượng thay đổi theo mức độ sạc của pin, và sự phân bố lực kéo khác nhau giữa động cơ điện và động cơ đốt trong. Các yếu tố này yêu cầu hệ thống treo phải có khả năng điều chỉnh linh hoạt để duy trì sự ổn định và thoải mái cho người lái trong mọi tình huống. Vì thế, hệ thống treo không chỉ cần tối ưu hóa để đảm bảo hiệu suất trong các điều kiện lái khác nhau mà còn phải kết hợp với các hệ thống khác của ô tô hybrid như hệ thống phanh tái tạo và hệ thống điều khiển động cơ. Sự phức tạp này yêu cầu các công cụ mạnh mẽ như AI và ML để xử lý và đưa ra các quyết định tối ưu trong thời gian thực [3, 4]. Các thuật toán học máy và trí tuệ nhân tạo có khả năng tự động học từ dữ liệu, nhận diện mẫu và điều chỉnh hệ thống theo thời gian. Điều này đặc biệt hữu ích trong việc tối ưu hóa hệ thống treo, vì các hệ thống treo phải phản ứng nhanh chóng và chính xác với nhiều yếu tố như tốc độ, địa hình, trọng lượng xe và lực kéo từ động cơ [4].

2. MÔ HÌNH ỨNG DỤNG

Hệ thống treo của ô tô hybrid có thể

được trang bị các cảm biến để thu thập dữ liệu về các yếu tố như tốc độ, góc nghiêng của xe, tình trạng mặt đường và mức độ nén của lò xo. Những dữ liệu này sẽ được sử dụng để huấn luyện các mô hình học máy nhằm tối ưu hóa các tham số của hệ thống treo (chẳng hạn như độ cứng của lò xo và độ giảm chấn). Các thuật toán học máy như học sâu (Deep Learning) hoặc học tăng cường (Reinforcement Learning) có thể được sử dụng để phân tích dữ liệu từ các cảm biến và đưa ra quyết định về việc điều chỉnh các tham số trong hệ thống treo. Ví dụ, nếu xe di chuyển trên một con đường gồ ghề, hệ thống treo có thể tự động điều chỉnh độ mềm của lò xo để giảm thiểu va chạm và rung lắc, trong khi khi di chuyển trên mặt đường bằng phẳng, độ cứng có thể được tăng lên để cải thiện sự ổn định [1, 2].



Hình 1. Hệ thống treo xe hybrid

Mô hình ô tô hybrid với hệ thống treo có thể điều chỉnh độ cứng của lò xo và độ giảm chấn dựa trên các yếu tố như tốc độ, góc nghiêng của xe, và tình trạng mặt đường. Mục tiêu là sử dụng dữ liệu từ các cảm biến của xe để tối ưu hóa các tham số này để mang lại sự ổn định tối đa và tiết kiệm năng lượng khi lái [4, 5].

Các yếu tố mà chúng ta có thể tối ưu hóa bao gồm:

Tốc độ của xe: Tốc độ cao hơn có thể yêu cầu độ cứng lớn hơn của hệ thống treo để giữ cho xe ổn định.

Góc nghiêng của xe: Khi xe vào cua hoặc gặp con đường gồ ghề, hệ thống treo cần điều chỉnh để giảm thiểu rung lắc.

Điều kiện mặt đường: Đối với đường gồ ghề hoặc không bằng phẳng, hệ thống treo cần mềm hơn để giảm va chạm.

Chúng ta sẽ sử dụng một mô hình học máy, cụ thể là thuật toán hồi quy (regression), để dự đoán độ cứng tối ưu và độ giảm chấn dựa trên các thông số đầu vào.

Lập trình bằng Python:

```
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense
# 1. Tạo dữ liệu giả lập cho bài toán tối ưu hệ thống treo
# Giả sử chúng ta có các đặc trưng sau:
# - Độ gồ ghề của đường (road_roughness)
# - Trọng tải (load)
# - Tốc độ xe (speed)
# - Trạng thái động cơ (engine_state): 0 là động cơ đốt trong, 1 là động cơ điện
# Dữ liệu đầu vào (input_features) và tham số đầu ra (output_parameters)
data_size = 1000
np.random.seed(42)
```

```
road_roughness = np.random.rand(data_size) * 10 # Giả sử độ gồ ghề từ 0-10
load = np.random.rand(data_size) * 1000 # Trọng tải từ 0-1000 kg
speed = np.random.rand(data_size) * 120 # Tốc độ từ 0-120 km/h
engine_state = np.random.randint(0, 2, data_size) # 0 là động cơ đốt trong, 1 là động cơ điện
# Tham số tối ưu của hệ thống treo: Độ cứng và lực giảm chấn
spring_stiffness = road_roughness * 0.5 + load * 0.1 + speed * 0.05 + engine_state * 5
damping_force = road_roughness * 0.3 + load * 0.2 + speed * 0.1 + engine_state * 3
# Tạo DataFrame
data = pd.DataFrame({
    'road_roughness': road_roughness,
    'load': load,
    'speed': speed,
    'engine_state': engine_state,
    'spring_stiffness': spring_stiffness,
    'damping_force': damping_force
})
# 2. Chuẩn bị dữ liệu cho mô hình AI
X = data[['road_roughness', 'load', 'speed', 'engine_state']].values
y = data[['spring_stiffness', 'damping_force']].values
# Chia dữ liệu thành tập huấn luyện và tập kiểm tra
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
# Chuẩn hóa dữ liệu để cải thiện hiệu suất của mạng nơ-ron
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
# 3. Xây dựng mô hình mạng nơ-ron
model = Sequential()
model.add(Dense(64, input_dim=4, activation='relu'))
model.add(Dense(32, activation='relu'))
```



```

model.add(Dense(2, activation='linear')) # 2
đầu ra: spring_stiffness và damping_force
# Compile mô hình
model.compile(optimizer='adam', loss='mse',
metrics=['mae'])
# 4. Huấn luyện mô hình
model.fit(X_train, y_train, epochs=100, batch_
size=32, validation_split=0.1, verbose=1)
# 5. Đánh giá mô hình
loss, mae = model.evaluate(X_test, y_test)
print(f"Mean Absolute Error on test data:
{mae}")
# 6. Dự đoán trên tập kiểm tra
y_pred = model.predict(X_test)
# 7. Hiển thị kết quả
import matplotlib.pyplot as plt
# Đồ thị so sánh giữa giá trị thực và giá trị dự
đoán
plt.figure(figsize=(14, 6))
# Đồ thị độ cứng của lò xo
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.scatter(y_test[:, 0], y_pred[:, 0],
color='blue', alpha=0.5)
plt.plot([min(y_test[:, 0]), max(y_test[:,
0])], [min(y_test[:, 0]), max(y_test[:, 0])],
color='red')
plt.xlabel('Actual Spring Stiffness')
plt.ylabel('Predicted Spring Stiffness')
plt.title('Spring Stiffness Prediction')
# Đồ thị lực giảm chấn
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.scatter(y_test[:, 1], y_pred[:, 1],
color='green', alpha=0.5)
plt.plot([min(y_test[:, 1]), max(y_test[:,
1])], [min(y_test[:, 1]), max(y_test[:, 1])],
color='red')
plt.xlabel('Actual Damping Force')
plt.ylabel('Predicted Damping Force')
plt.title('Damping Force Prediction')
plt.show()

```

Giải thích các bước của chương trình:

Tạo dữ liệu giả lập: Dữ liệu đầu vào bao gồm độ gồ ghề của đường, trọng tải, tốc độ xe và trạng thái động cơ. Đầu ra là các tham số tối ưu của hệ thống treo (độ cứng của lò xo và lực giảm chấn).

Chuẩn bị dữ liệu: Dữ liệu được chuẩn hóa để cải thiện hiệu suất của mô hình.

Xây dựng mô hình mạng nơ-ron: Mô hình ANN được xây dựng với các lớp ẩn có kích thước 64 và 32, với lớp đầu ra dự đoán hai giá trị.

Huấn luyện mô hình: Mô hình được huấn luyện với dữ liệu huấn luyện.

Đánh giá mô hình: Hiệu quả của mô hình được đánh giá dựa trên độ lỗi tuyệt đối trung bình (MAE) trên dữ liệu kiểm tra.

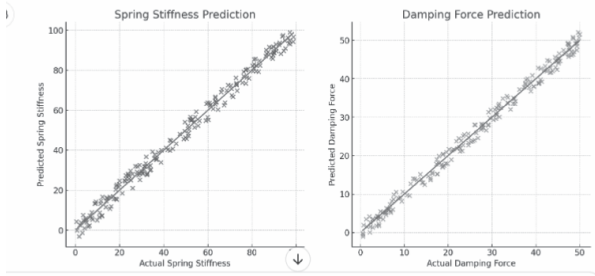
Dự đoán và hiển thị kết quả: Dự đoán của mô hình được hiển thị dưới dạng đồ thị phân tán, so sánh giữa giá trị thực và giá trị dự đoán của độ cứng lò xo và lực giảm chấn.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ BÀN LUẬN

Đồ thị trên thể hiện mối quan hệ giữa giá trị thực và giá trị dự đoán của các tham số hệ thống treo xe hybrid. Đồ thị bên trái là độ cứng lò xo và đồ thị bên phải là lực giảm chấn: + Đồ thị độ cứng của lò xo (Spring Stiffness): Các điểm phân tán xung quanh đường màu đỏ biểu thị sự khác biệt nhỏ giữa giá trị thực và giá trị dự đoán. Đường màu đỏ biểu diễn đường lý tưởng nơi giá trị thực bằng giá trị dự đoán. Điểm càng nằm gần đường này thì độ chính xác của mô hình càng cao. Dù mô hình không hoàn toàn chính xác, chúng ta vẫn thấy rằng mô hình dự đoán với độ chệch lớn. Các điểm dữ liệu phân tán xa đường chéo chứng tỏ mô hình chưa



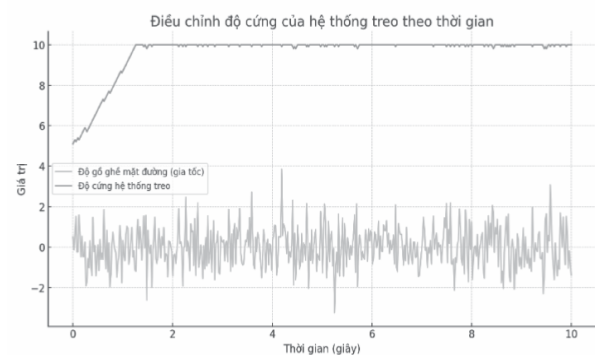
thể nắm bắt hết các yếu tố ảnh hưởng tới độ cứng của lò xo.



Hình 2. Kết quả mô phỏng

+ Đồ thị lực giảm chấn (Damping Force): Tương tự, các điểm phân tán xung quanh đường màu đỏ biểu thị mối tương quan giữa giá trị thực và giá trị dự đoán của lực giảm chấn. Đối với độ giảm chấn, mô hình có vẻ dự đoán chính xác hơn. Các điểm dữ liệu phân bố gần đường chéo hơn, chỉ ra rằng mô hình có thể học được mối quan hệ dễ dàng hơn giữa các yếu tố đầu vào và độ giảm chấn.

Hình 3, là kết quả đồ thị mô phỏng sự thay đổi của độ cứng hệ thống treo theo thời gian, dựa trên độ gồ ghề của mặt đường (gia tốc). Khi mặt đường trở nên gồ ghề hơn (dao động gia tốc tăng), hệ thống treo tự động điều chỉnh để trở nên mềm hơn nhằm hấp thụ chấn động. Ngược lại, khi đường phẳng, độ cứng của hệ thống treo tăng lên để duy trì sự ổn định.



Hình 3. Điều chỉnh độ cứng theo thời gian

Kết quả sẽ là các đồ thị phân tán cho độ cứng của lò xo và lực giảm chấn, cho thấy hiệu quả của mô hình AI trong việc dự đoán các tham số tối ưu của hệ thống treo xe hybrid.

4. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong tối ưu hóa hệ thống treo xe hybrid là một hướng nghiên cứu đầy hứa hẹn. Các thuật toán học máy và AI không chỉ giúp mô hình hóa và dự đoán các tham số của hệ thống treo mà còn tối ưu hóa chúng trong thời gian thực, cải thiện hiệu suất vận hành, tiết kiệm năng lượng và tăng tính ổn định cho xe hybrid. Trong tương lai, các nghiên cứu sẽ tiếp tục phát triển các thuật toán học sâu, tích hợp dữ liệu lớn và hệ thống điều khiển tự động, từ đó mang lại thể hệ phương tiện giao thông thông minh và thân thiện với môi trường. ❖

Ngày nhận bài: 28/11/2024

Ngày phản biện: 15/12/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Mohammad Reza Hesamzadeh et al., "Optimal design of vehicle suspension systems using machine learning algorithms". DAAAM International Scientific Book 2014 (pp.87-108), 2020.
- [2]. Ding, J., Zhu, K., & Li, L. (2020), "Research on Suspension System Optimization Design of Electric Vehicle Considering the Road Excitation". Advances in Mechanical Engineering, 12(3), 1-12, 2020.
- [3]. Zheng Wu et al., "Dynamic Modeling, Simulation, and Optimization of Vehicle Electronic Stability Program Algorithm Based on Back Propagation Neural Network and PID Algorithm". Actutos, Vol. 13, Issue 3, 2024.
- [4]. Doustmohammadi, A., & Ebrahimi, B., "Optimal Design of Vehicle Suspension System by Using Genetic Algorithm". Journal of Mechanical Science and Technology, 30(2), 691-702, 2016.
- [5]. Min Yu et al., "Advances in Active Suspension Systems for Road Vehicles". Engineering Volume 33, Pages 160-177, 2024.

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CẢI THIỆN HIỆU QUẢ CHO THIẾT BỊ XỬ LÝ NO_x KIỂU XÚC TÁC CHỌN LỌC TRANG BỊ TRÊN ĐỘNG CƠ CHÍNH TÀU THỦY KHI KHAI THÁC Ở TẢI THẤP

RESEARCH ON SOLUTIONS TO IMPROVE THE NO_x TREATMENT USING THE SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION METHOD IN THE MARINE MAIN ENGINE AT LOW LOAD OPERATION

Cao Văn Bình*, Trần Văn Thắng, Vũ Đức Anh
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: caovanbinh@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Giảm phát thải oxit nitơ từ tàu là quy định bắt buộc với các tàu đóng mới khi hoạt động trong các vùng đặc biệt theo MARPOL phụ lục VI. Tuy nhiên, có những lo ngại cho thấy động cơ chính tàu thủy sử dụng phương pháp khử NO_x kiểu xúc tác chọn lọc không đảm bảo ngưỡng yêu cầu khi tàu hoạt động gần bờ với tải thấp. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu hiệu quả giảm NO_x trong khí xả động cơ chính tàu thủy của thiết bị xử lý kiểu xúc tác chọn lọc (SCR) ở các chế độ tải, phân tích cơ chế hoạt động và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của thiết bị, nghiên cứu các giải pháp vật liệu, kỹ thuật và khai thác để đề xuất các giải pháp cải thiện.

Từ khóa: Xúc tác chọn lọc; Khử NO_x; Tải thấp; Khu vực kiểm soát ô nhiễm về NO_x.

ABSTRACT

Reducing nitrogen oxide emissions from ships is mandatory regulation for newly-built ships when operating in special areas according to MARPOL Annex VI. However, there are concerns that de-NO_x method using selective catalytic reduction ((SCR) for the ship's main engine exhaust gas treatment does not meet the required threshold when the engine operates at low loads. This paper presents the results of the research on the efficiency of NO_x reduction using selective catalytic type in the ship's main engine exhaust treatment in different load, analyzes the operating mechanism and factors affecting the efficiency of the equipment, research on materials, technical and operating solutions to propose improvement solutions.

Keywords: Selective Catalytic Reduction; NO_x reduction; Low load; NO_x emission control areas.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phát thải oxit nitơ (NO_x) từ tàu là một mối quan tâm đáng kể đối với môi trường, bên cạnh phát thải về oxit lưu huỳnh (SO_x). NO_x góp phần gây ô nhiễm không khí, dẫn đến các vấn đề như mưa axit, khói bụi và các vấn đề về hô hấp ở người.

Vận tải biển là một nguồn phát thải oxit nitơ (NO_x) đáng kể với lượng tiêu thụ khoảng 65.5 triệu tấn nhiên liệu năm 2020 [1]. Trên toàn cầu, ngành hàng hải chịu trách nhiệm cho khoảng 15% lượng khí thải NO_x của thế giới [2]. Những khí thải NO_x này phát sinh từ quá trình đốt cháy nhiên liệu trên động cơ diesel hàng hải ở điều kiện cháy nhiệt độ và áp suất cao, dẫn đến sự hình thành NO_x.

Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã thiết lập các quy định để kiểm soát phát thải NO_x từ tàu. Các quy định này được phân loại thành các cấp khác nhau dựa trên ngày đóng tàu và tốc độ định mức của động cơ.

Cấp I: Áp dụng cho tàu đóng vào hoặc sau ngày 01/01/2000. Giới hạn phát thải NO_x là 17.0 g/kWh đối với động cơ có tốc độ định mức (RPM) dưới 130 vòng/phút (dãi tốc độ thiết kế đối với các động cơ chính lai chân vịt trực tiếp) [3].

Cấp II: Áp dụng cho tàu được đóng vào hoặc sau ngày 01/01/2011. Giới hạn phát thải NO_x là 14.4 g/kWh đối với động cơ có tốc độ định mức dưới 130 vòng/phút [3].

Cấp III: Áp dụng cho các tàu được đóng vào hoặc sau ngày 01/01/2016, hoạt động trong Khu vực Kiểm soát phát thải (ECA) được chỉ định. Giới hạn phát thải NO_x là 3.4 g/kWh đối với động cơ có tốc độ định mức dưới 130 vòng/phút [3].

Khu vực Kiểm soát khí thải (ECA): Các tiêu chuẩn Cấp III được thực thi trong các ECA cụ thể, bao gồm vùng biển Bắc Mỹ, Biển Caribe của Hoa Kỳ, Biển Baltic và Biển Bắc [3]. Cụ thể:

Áp dụng cho tàu đóng mới từ 01/01/2016 hoạt động tại ECA Bắc Mỹ và ECA Biển Caribe của Hoa Kỳ; hoặc:

Tàu đóng mới từ 01/01/2021 và hoạt động tại ECA Biển Baltic hoặc ECA Biển Bắc. Chứng nhận: Động cơ diesel tàu thủy phải có Giấy chứng nhận Phòng ngừa ô nhiễm không khí quốc tế cho động cơ (EIAPP) để chứng minh sự tuân thủ các giới hạn phát thải NO_x [3].

Đối với mỗi động cơ diesel được chứng nhận NO_x, phải có một hồ sơ kỹ thuật được phê duyệt [4].

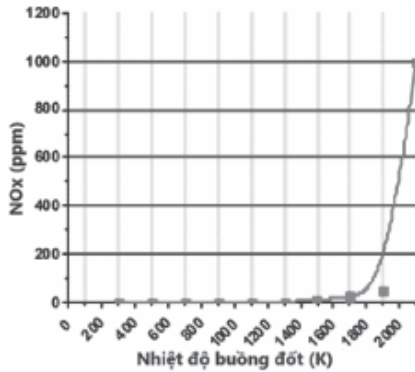
2. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢM NO_x TỪ KHÍ XẢ

Nitơ là một khí trơ trong tự nhiên, tuy nhiên ở nhiệt độ khoảng 1800 K trở lên, phân tử Nitơ (N₂) bị tách thành nguyên tử (N), và có thể phản ứng với ôxy để tạo ra các oxit như N₂O, NO, N₂O₂, N₂O₃, NO₂, N₂O₅ và N₂O₄ [5], gọi chung là NO_x.

Động cơ diesel có đặc điểm hoạt động trong điều kiện đốt cháy nhiên liệu với không khí nạp luôn dư thừa, điều này thúc đẩy nhiệt độ buồng đốt cao hơn và do đó khả năng hình thành nhiều NO_x hơn [5].

Bên cạnh đó, áp suất phun cao và thời gian phun nhiên liệu chính xác trong động cơ diesel cũng góp phần gia tăng hình thành NO_x: do quá trình cháy diễn ra nhanh chóng của hỗn

hợp nhiên liệu-không khí dẫn đến các vùng nhiệt độ cao cục bộ, nơi tạo điều kiện thuận lợi để hình thành NOx [5].



Hình 1. Quan hệ giữa sự hình thành NOx và nhiệt độ cháy [5]

Thời gian tồn tại của vùng nhiệt độ cao càng dài thì lượng NOx tạo ra càng lớn, từ đó sẽ dễ nhận thấy động cơ diesel thấp tốc (các động cơ diesel chính tàu thủy) phát thải nhiều NOx hơn so với các động cơ cao tốc, do thời gian khí cháy tồn tại lâu hơn dưới điều kiện áp suất và nhiệt độ cao.

Mức phát thải NOx cấp III yêu cầu mức giảm tới 80% so với cấp I nên phương pháp cải thiện thiết kế không thể mang lại mức giảm đáng kể (từ 17,7 g/kWh xuống 3.4 g/kWh).

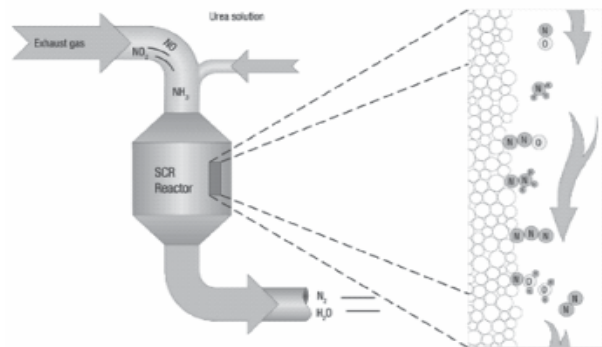
Các phương pháp sau đây hiện đang được sử dụng trên các động cơ chính tàu thủy để đạt được phát thải NOx ở cấp III, mức nghiêm ngặt nhất:

- Giảm xúc tác chọn lọc (SCR): Đây là một trong những phương pháp hiệu quả nhất, có khả năng giảm lượng khí thải NOx lên đến 90% [6]. SCR hoạt động trên nguyên lý phun dung dịch urê vào dòng khí xả từ động cơ, phân rã thành amoniac ở nhiệt độ cao, phản ứng với NOx trên bề mặt xúc tác để tạo thành nitơ và nước. SCR (Hình 2) có thể được sử dụng cho cả

động cơ chính lai chân vịt và các động cơ diesel lai máy phát điện.

- Tuần hoàn khí thải (EGR): Phương pháp này tuần hoàn một phần khí xả trở lại hòa trộn với khí nạp của động cơ, làm giảm nồng độ oxy và giảm nhiệt độ cháy, từ đó làm giảm sự hình thành NOx. Phương pháp tuần hoàn khí xả có ưu điểm về hiệu quả giảm NOx tốt khi nhiệt độ buồng đốt thấp, tuy nhiên, cũng có nhiều nhược điểm, ví dụ tăng lượng phát thải muối và bụi mịn, giảm công suất động cơ do nhiên liệu cháy thiếu không khí, đặc biệt phải trang bị thêm nhiều thiết bị đi kèm.

- Chuyển đổi nhiên liệu: Sử dụng nhiên liệu sạch hơn, ví dụ khí tự nhiên hóa lỏng (LNG), kết hợp thay đổi cơ chế cấp nhiên liệu (theo chu trình Otto) giúp giảm lượng khí thải NOx đạt ngưỡng cấp III.



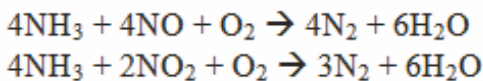
Hình 2. Nguyên lý làm việc của bộ khử NOx kiểu SCR [6]

3. HOẠT ĐỘNG CỦA SCR VÀ YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

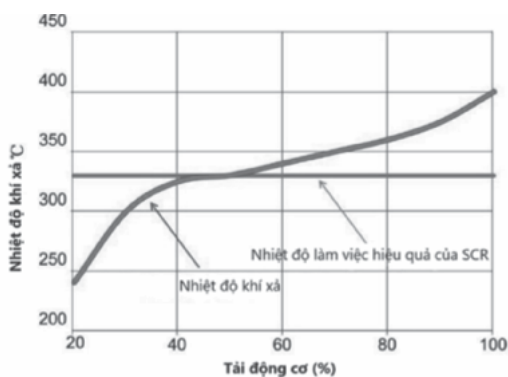
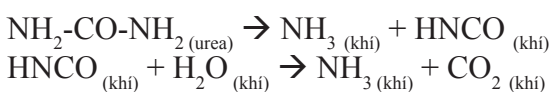
Theo hướng dẫn tại MARPOL Phụ lục VI, Quy định 13, các loại phát thải NOx được tính toán chủ yếu là oxit nitric (NO) và nitơ đi-oxit (NO₂) [3]. Những khí thải này được đo để làm căn cứ đảm bảo tuân thủ các giới hạn phát thải NOx được đặt ra cho động cơ diesel hàng hải.

Đối với các động cơ diesel tàu thủy hiện nay, hai phương pháp được sử dụng phổ biến là SCR (HP-SCR hoặc LP-SCR) hoặc EGR.

Công nghệ khử NOx dùng xúc tác chọn lọc (SCR) dựa trên phản ứng chọn lọc giữa amoniac (NH₃) và NOx trong khí xả trên chất xúc tác kim loại đặt tại bầu phản ứng trên đường khí xả thoát ra ngoài môi trường, trong đó NOx được khử thành nguyên tố nitơ theo phản ứng:



Tuy nhiên, dưới áp suất và nhiệt độ bình thường, amoniac là một chất dễ bay hơi, rất khó để sử dụng trực tiếp và lưu trữ trong thời gian dài trên tàu ở điều kiện bình thường, bên cạnh đó còn có vấn đề an toàn với con người. Do đó, dung dịch urê (40%), lưu trữ ở nhiệt độ thường, không độc hại, được sử dụng làm chất trung gian và phun vào dòng khí xả, sau đó được phân hủy bởi nhiệt độ cao tại các tấm kim loại xúc tác (tại bầu phản ứng) chuyển hóa thành amoniac và phản ứng với NOx tại các bề mặt của các tấm xúc tác này.



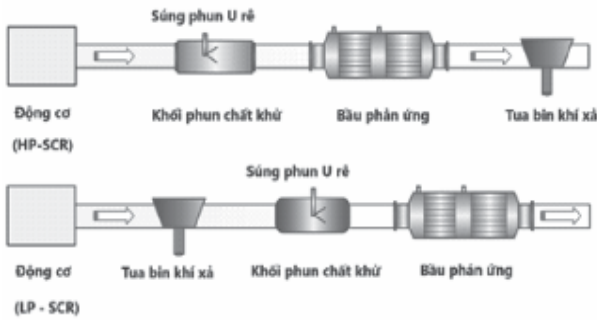
Hình 3. Nhiệt độ khí xả thực tế và yêu cầu đảm bảo hiệu quả của SCR [6]

Các tấm xúc tác ở bầu phản ứng là các tấm kim loại, làm bằng oxit vanadi (V₂O₅), oxit vonfram (WO₃), hoặc oxit molybden (MoO₃), hoặc oxit titan (TiO₂). Chúng có độ bền và hiệu suất cao, hoạt động khử NOx hiệu quả ở vùng nhiệt độ 260-450°C [7]. Do đó, khi động cơ làm việc ở tải thấp (dưới 25% tải), đặc biệt với động cơ chính tàu thủy khi tàu hoạt động gần bờ và ở giai đoạn ra, vào cảng, hiệu quả giảm NOx của phương pháp SCR giảm và có khả năng không đảm bảo ngưỡng yêu cầu Cấp III.

Đối với động cơ chính tàu thủy, SCR được sử dụng ở vị trí đặt trước tua-bin khí xả (HP-SCR), ở vùng có nhiệt độ cao, nhằm nâng cao hiệu quả giảm NOx của SCR. LP-SCR có thiết kế nhỏ gọn và đơn giản hơn, tuy nhiên không phù hợp đối với động cơ chính do hạn chế về nhiệt độ để đảm bảo hiệu quả của xúc tác kim loại tại bầu phản ứng.

Hiện nay, IMO đưa ra hướng dẫn kiểm tra phát thải NOx đối với các động cơ chính, bao gồm chu kỳ kiểm tra E2 – áp dụng cho động cơ lai chân vịt biến bước hoặc hệ động lực diesel – điện có tốc độ động cơ không đổi; chu kỳ kiểm tra E3 – áp dụng cho các động cơ có tốc độ thay đổi. Trong cả hai trường hợp, các mức tải cần được kiểm tra chỉ bao gồm 25%, 50%, 75% và 100% [4]. Mức độ phát thải NOx khi động cơ làm việc dưới 25% tải không được đề cập đến.

Nhiệt độ khí xả của động cơ là yếu tố quyết định đến hiệu quả của phản ứng khử NOx trên các bề mặt xúc tác, từ đó quyết định đến hiệu quả giảm NOx của thiết bị SCR. Nhiệt độ này có liên quan và phụ thuộc nhiều vào tải hoạt động của động cơ. Thực tế thấy rằng rất khó để duy trì nhiệt độ khí xả cao phù hợp cho hoạt động hiệu quả của SCR khi động cơ hoạt động ở tải thấp (dưới 25%) trong thời gian dài [9].



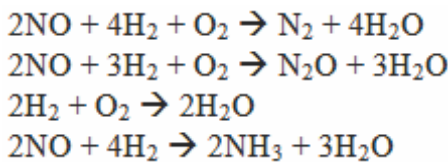
Hình 4. Hai kiểu bố trí SCR trước (HP-SCR) hoặc sau tua-bin khí xả (LP-SCR) [8]

4. GIẢI PHÁP CẢI THIỆN

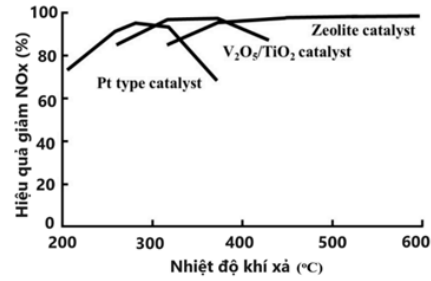
Sử dụng xúc tác gốc Platinum và chất khử H₂ có khả năng làm việc hiệu quả với nhiệt độ khí xả thấp (H₂-SCR):

Sử dụng SCR có xúc tác gốc Platinum (Pt) mang lại hiệu quả khử NOx tốt ở nhiệt độ khí xả thấp từ 100-200 °C [10].

Với chất khử H₂, phản ứng khử NOx trên chất xúc tác kim loại gốc Platinum xảy ra theo phản ứng [10]:



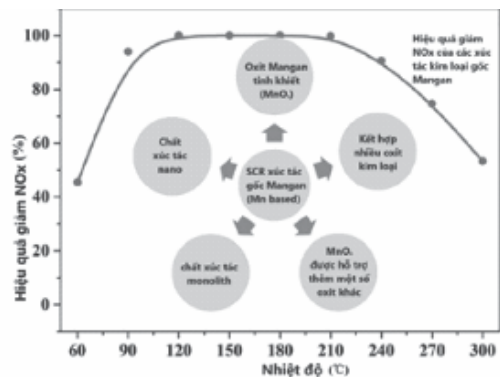
Sản phẩm của phản ứng trên H₂-SCR chủ yếu là N₂ và nước, tuy nhiên, phản ứng phụ có thể xảy ra tạo ra sản phẩm là N₂O, một chất có mức độ gây hiệu ứng nhà kính gấp 300 lần so với CO₂. Bên cạnh đó, amoniac cũng là một sản phẩm phụ sinh ra, tuy nhiên, ở nhiệt độ cao hơn 100-200 °C, amoniac này sẽ có tác dụng khử NOx [10].



Hình 5. Hiệu quả khử NOx trên SCR với các xúc tác kim loại khác nhau [11]

Sử dụng xúc tác gốc Mangan (Mn):

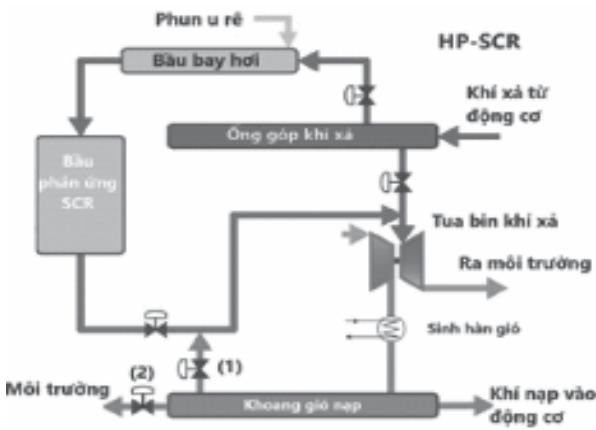
Chất xúc tác dựa trên gốc Mangan được nghiên cứu rộng rãi về hiệu quả của chúng trong việc khử NOx, đặc biệt là ở nhiệt độ thấp. Hợp chất MnOx tinh khiết (có thể là MnO₂, Mn₂O₃, Mn₃O₄ và MnO) trong điều kiện [NO] = [NH₃] = 500 ppm, [O₂] = 3 vol%, có hiệu quả khử NOx ở khoảng nhiệt độ 120-250 °C là 100% đối với MnO₂ tinh khiết và với Mn₂O₃ tinh khiết đạt tối đa 92% ở 160 °C [12].



Hình 6. Hiệu quả khử NOx ở nhiệt độ thấp trên SCR dùng vật liệu gốc Mangan [13]

Kết quả trên cho thấy ưu điểm chính về chất xúc tác tại bàu phản ứng SCR dựa trên gốc Mangan là hoạt động hiệu quả cao ở nhiệt độ thấp, làm cho chúng phù hợp với các ứng dụng có nhiệt độ hoạt động thấp hơn, ví dụ khí xả động cơ trong trường hợp động cơ chính tàu thủy hoạt động ở gần bờ với tải thấp.

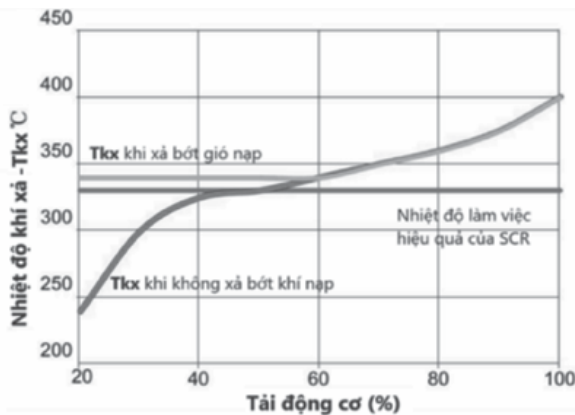
Trong số các chất xúc tác oxit kim loại chuyển tiếp, chất xúc tác dựa trên gốc oxit mangan, chẳng hạn như nano-MnO_x tinh khiết, hay hỗn hợp oxit kim loại dựa trên gốc Mn, bao gồm liên kết đơn MnO_xCeO₂, liên kết đơn MnO_xFeO_x và MnO_x được sản xuất có bổ sung thêm trên các oxit kim loại khác nhau, bao gồm Al₂O₃, TiO₂ đã cho thấy hoạt động SCR khử NO_x ở nhiệt độ thấp vượt trội [13].



Hình 7. Hệ thống trao đổi khí với giải pháp xả bột khí nạp

Sử dụng phương pháp xả bột khí nạp:

- Xả bột sang phía khí xả (1), như Hình 7.
- Xả bột ra ngoài môi trường (2).



Hình 8. Hiệu quả khử NO_x khi sử dụng phương pháp xả bột khí nạp ở tải thấp [6]

HP-SCR đặt bầu phản ứng SCR trước tua-bin, tuy nhiên, trong điều kiện tải động cơ thấp, nhiệt độ khí xả chưa đủ cao để diễn ra phản ứng xúc tác tại SCR. Để tăng nhiệt độ khí xả, van xả khí nạp (1) nối thông khoang gió nạp với đường ống khí xả hoặc xả bột ra ngoài môi trường (2) như Hình 8, kết quả làm giảm lượng khí nạp vào xy-lanh động cơ, từ đó làm tăng nhiệt độ khí xả. Về mặt kỹ thuật, phương pháp này cải thiện hiệu quả xúc tác tại SCR và từ đó tăng hiệu suất khử NO_x, tuy nhiên do thiếu khí nạp, suất tiêu hao nhiên liệu sẽ tăng [6].

Giải pháp trong khai thác:

- Sấy bộ xúc tác (bầu phản ứng) SCR bằng nguồn nhiệt ngoài (sấy điện hoặc sấy hơi) khi hoạt động ở tải thấp hoặc khi chuẩn bị hoạt động nhằm tăng nhiệt độ tại các tấm kim loại xúc tác.

Chỉ sử dụng SCR khi động cơ sử dụng nhiên liệu có thành phần lưu huỳnh dưới 0.1% (LSMGO), để đảm bảo bảo vệ.

5. KẾT LUẬN

HP-SCR là một giải pháp khử NO_x phổ biến cho động cơ chính tàu thủy, nhưng bị hạn chế khi làm việc ở nhiệt độ thấp diễn ra trong quá trình tàu hoạt động trong các vùng kiểm soát về NO_x ở mức Cấp III. Nhiều nghiên cứu và công bố báo cáo thấy rằng động cơ không đảm bảo ngưỡng NO_x khi hoạt động dưới 25% tải.

Bài báo đã nghiên cứu, phân tích và đề xuất các giải pháp về vật liệu, kỹ thuật và các giải pháp trong khai thác, để nâng cao hiệu quả khử NO_x đối với động cơ chính tàu thủy, góp phần thỏa mãn ngưỡng phát thải yêu cầu theo MARPOL, phụ lục VI, quy định 13.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số DT24-25.24.❖

Ngày nhận bài: **20/12/2024**

Ngày phản biện: **06/01/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. <https://www.statista.com/statistics/1266963/amount-of-fuel-consumed-by-ships-worldwide-by-fuel-type/>.
- [2]. <https://maritime-professionals.com/what-is-the-impact-on-climate-change/>.
- [3]. IMO, *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*, Consolidated Edition, 2022.
- [4]. IMO, *Technical Code on Control of Emission of Nitrous Oxides from Marine Diesel Engines*, 2008.
- [5]. HEBBAR, Gurumoorthy S., “*NOx from diesel engine emission and control strategies-a review*”. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2014, 3.4: 471.
- [6]. MAN Energy Solutions, SCR Introduction, Description.
- [7]. ÖSTERMAN, Cecilia; MAGNUSSON, Mathias, “*A systemic review of shipboard SCR installations in practice*”, *WMU Journal of Maritime Affairs*, 2013, 12: 63-85.
- [8]. ZHU, Yuanqing, Weihao Zhou, Chong Xia, and Qichen Hou, “*Application and development of selective catalytic reduction technology for marine low-speed diesel engine: trade-off among high sulfur fuel, high thermal efficiency, and low pollution emission*”, *Atmosphere*, 2022, 13.5: 731.
- [9]. International Association for Catalytic Control of Ship Emissions to Air, 29-10-2013, *The Technical and Operational Capabilities of Marine Selective Catalytic Reduction*.
- [10]. JABŁOŃSKA, Magdalena; OSORIO HERNÁNDEZ, Adrián, “*Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides with Hydrogen (H_2 SCR De NOx) over Platinum Based Catalysts*”. *ChemCatChem*, 2024, e202400977.
- [11]. Bora Ye, Bora Jeong, Myeung jin Lee, Tae Hyeong Kim, Sam Sik Park, Jaeil Jung, Seunghyun Lee and Hong Dae Kim, “*Recent trends in vanadium-based SCR catalysts for NOx reduction in industrial applications: Stationary sources*”. *Nano Convergence*, 2022, 9.1: 51.
- [12]. Jiadong Zhang, ab Zengyi Ma, Ang Cao, Jianhua Yan, Yuelan Wang, Miao Yu, Linlin Hu and Shaojing Pand, “*Research progress of Mn based low temperature SCR denitrification catalysts*”. *RSC Advances*, 2024, 14.44: 32583-32601.
- [13]. Liu, Chang, Jian-Wen Shi, Chen Gao, Chunming Niu, “*Manganese oxide-based catalysts for low-temperature selective catalytic reduction of NOx with NH₃: A review*”. *Applied Catalysis A: General*, 2016, 522: 54-69.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BÀN CÁT VẼ TRANH NGHỆ THUẬT

RESEARCH ON THE DESIGN AND MANUFACTURING OF AN ARTISTIC SAND
DRAWING TABLE

Nguyễn Minh Triều¹, Vũ Tường Quyên², Trịnh Thùy Anh², Nguyễn Trường Thịnh^{1*}

¹Viện Công nghệ Thông minh và Tương tác, Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Thiết kế Truyền thông, Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nhu cầu trang trí nội thất ngày càng tăng cao trong thời đại ngày nay, đặc biệt là đối với những người có niềm đam mê nghệ thuật, không chỉ đơn thuần tìm kiếm những sản phẩm nội thất thông thường mà còn muốn sở hữu những món đồ độc đáo, hiện đại và mang tính thẩm mỹ cao. Tuy nhiên, thị trường hiện tại vẫn còn thiếu hụt những sản phẩm mang tính đột phá, kết hợp nhuần nhuyễn giữa các lĩnh vực khác nhau. Ngày nay, sự phát triển mạnh mẽ của cơ khí hóa và tự động hóa trong nhiều lĩnh vực, bao gồm cả trang trí nội thất. Nghiên cứu này tập trung vào nghiên cứu thiết kế và chế tạo bàn cát vẽ tranh nghệ thuật nhằm kết hợp giữa tính nghệ thuật trong thiết kế nội thất với công nghệ cơ khí tự động hóa. Nghiên cứu này tập trung vào cả phần cứng và phần mềm, trong đó bàn cát động lực sẽ tạo ra các hoa văn nghệ thuật dựa trên mã G-code do người dùng cung cấp. Phần mềm đóng vai trò là giao diện người dùng, cung cấp các lệnh cần thiết để điều khiển bàn một cách hiệu quả. Một bàn cát nghệ thuật có thể vẽ tranh cát tự động được đề xuất trong nghiên cứu này.

Từ khóa: Bàn cát nghệ thuật; ArtTech; Sand table; Công nghệ nghệ thuật; Robot.

ABSTRACT

The demand for interior decoration is increasingly rising in today's era, especially among those passionate about art. They are not merely looking for ordinary furniture products but also seeking unique, modern, and aesthetically pleasing items. However, the market still lacks innovative products that combine different fields seamlessly. There is a significant development in mechanization and automation across various sectors, including interior decoration. This research focuses on designing and developing an artistic sand drawing table to blend artistic elements in interior design with automated mechanical technology. The study addresses both hardware and software aspects, wherein the kinetic sand table creates artistic patterns based on user-provided G-code. The software serves as the user interface, providing the commands to efficiently control the table. An artistic sand table capable of automatic drawing is proposed in this study.

Keywords: Art technology; ArtTech; Sand table; Artistic sand table; Robot.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, xu hướng thiết kế nội thất kết hợp với cơ khí tự động hóa đang ngày càng phát triển, tạo ra những sản phẩm vừa thông minh vừa mang tính thẩm mỹ cao. Đồ nội thất thông minh được tích hợp công nghệ điều khiển tự động và cảm biến, cho phép người dùng điều chỉnh nhiều chức năng tiện ích. Bên cạnh đó, xu hướng kết hợp giữa nghệ thuật và kỹ thuật trong nội thất cũng đang được ưa chuộng, điển hình là các món đồ nội thất có khả năng tự thay đổi hình dáng, tạo ra hoa văn phức tạp trên nền cát. Sự ra đời của bàn vẽ tranh cát tự động “Sisyphus 1.0” vào năm 2015 của nghệ sĩ Bruce Shapiro là một ví dụ tiêu biểu, mang lại trải nghiệm độc đáo cho người dùng [1]. Sau khi ra mắt bàn vẽ tranh cát tự động đầu tiên, Bruce Shapiro đã thu hút sự quan tâm lớn từ người tiêu dùng. Chiếc bàn được giới thiệu vào năm 2017 đã nhận được sự đón nhận nồng nhiệt, với các đơn đặt hàng kín trước gần 1 năm. Thành công của phiên bản đầu tiên đã thúc đẩy Bruce Shapiro tiếp tục ra mắt các phiên bản nâng cấp với nhiều cải tiến về mẫu mã và tính năng. Hiện nay, bàn vẽ tranh cát tự động đã trở thành sản phẩm phổ biến trong lĩnh vực nghệ thuật, trang trí nội thất và giải trí, mang đến trải nghiệm thú vị và sáng tạo cho người dùng.

Hiện nay, khi nhắc đến bàn cát động lực nghệ thuật, người ta thường nghĩ ngay đến sản phẩm bàn vẽ tranh cát tự động Sisyphus của Bruce Shapiro. Đây là một sáng tạo kết hợp giữa công nghệ điều khiển tự động và nghệ thuật, mang đến trải nghiệm độc đáo cho người dùng. Bàn Sisyphus sử dụng cơ cấu nam châm để vẽ các hoa văn phức tạp trên bề mặt cát, tạo nên những tác phẩm nghệ thuật sống động và có thể xóa đi để tạo lại liên tục. Không chỉ là một bàn cát thông thường, Sisyphus còn là một sản phẩm mang tính thẩm mỹ cao, tích hợp

công nghệ hiện đại như điều khiển Raspberry Pi, đèn LED, và cơ chế điều khiển thông qua ứng dụng trên điện thoại. Mặc dù hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về loại bàn cát tự động này, nhưng sự kết hợp hài hòa giữa nghệ thuật và công nghệ đã khơi nguồn cảm hứng mạnh mẽ cho người yêu thích lĩnh vực này. Sản phẩm Sisyphus không chỉ đóng góp vào việc phát triển nghệ thuật số mà còn mở ra hướng đi mới trong việc kết hợp giữa nghệ thuật và công nghệ, mang đến các sản phẩm độc đáo và hấp dẫn. Hay trong nghiên cứu của Chen và cộng sự [2] đã giới thiệu một sự tương tác của bàn cát sử dụng camera có chiều sâu để tương tác. Ngoài ra ngày nay, công nghệ còn được ứng dụng nhiều trong các sản phẩm nghệ thuật [3-4].

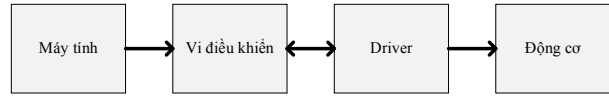
Trong nghiên cứu này, một bàn cát vẽ tranh nghệ thuật được đề xuất thiết kế. Các cơ sở lý thuyết được sử dụng cho thiết kế được giới thiệu trong phần 2. Phần 3 trình bày các thiết kế cơ khí và các thuật toán điều khiển của bàn cát. Các thực nghiệm và đánh giá cho bàn cát vẽ tranh tự động được trình bày trong phần cuối.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Bàn cát động lực nghệ thuật có thể có nhiều kiểu dáng và kết cấu khác nhau, nhưng thường bao gồm các thành phần chính như bề mặt vẽ, hệ thống điều khiển, hệ thống khung và động cơ. Bề mặt vẽ là tấm phẳng phủ cát động lực, nơi các hình vẽ được tạo ra thông qua sự di chuyển của viên bi. Hệ thống điều khiển chuyên dụng sẽ điều chỉnh chuyển động của viên bi trên bề mặt, tạo nên các hình vẽ độc đáo. Hệ thống khung, thường được tạo thành từ các thanh nhôm định hình liên kết chắc chắn bằng các ke góc vuông, giúp cấu trúc bàn cát vững chãi và dễ dàng tháo lắp. Động cơ được

sử dụng để tạo chuyển động cho viên bi trên bề mặt vẽ và có thể là động cơ bước, động cơ servo hoặc các loại động cơ khác, tùy vào thiết kế và yêu cầu của bàn vẽ. Tóm lại, dù có nhiều cách cấu tạo khác nhau, các bàn cắt động lực nghệ thuật đều cần những thành phần cơ bản này hoạt động cùng nhau để tạo ra các tác phẩm nghệ thuật độc đáo trên cát.

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo bàn cắt vẽ tranh nghệ thuật mang lại nhiều ưu điểm vượt trội trong cả lĩnh vực nghệ thuật và kỹ thuật. Đầu tiên, hệ thống được thiết kế với độ chính xác cao nhờ vào việc sử dụng cơ cấu chuyển động hiện đại như CoreXY, đảm bảo các nét vẽ được thực hiện mượt mà và chính xác trên bề mặt cát [5-6]. Thứ hai, tốc độ và tính ổn định của hệ thống giúp rút ngắn thời gian tạo ra các tác phẩm nghệ thuật, đồng thời giảm thiểu lỗi trong quá trình vận hành. Ngoài ra, khả năng chịu tải cao và kích thước nhỏ gọn của hệ thống cho phép linh hoạt triển khai ở nhiều không gian khác nhau, từ triển lãm nghệ thuật đến không gian giáo dục. Cuối cùng, hệ thống điều khiển thân thiện, sử dụng các thiết bị phổ biến như Arduino hoặc bộ điều khiển CNC [7], giúp người dùng dễ dàng lập trình và tùy chỉnh theo nhu cầu sáng tạo riêng biệt. Đây là một bước tiến lớn trong việc kết hợp công nghệ vào nghệ thuật, tạo điều kiện cho sự sáng tạo và khám phá không ngừng. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bàn cắt được thể hiện như hình 1, quá trình vận hành bắt đầu từ máy tính, nơi phát tín hiệu điều khiển và gửi dữ liệu đến vi điều khiển. Vi điều khiển thực hiện xử lý tín hiệu và chuyển tiếp lệnh đến driver. Driver đóng vai trò như bộ khuếch đại tín hiệu và cấp nguồn cần thiết để điều khiển động cơ, từ đó động cơ nhận tín hiệu và thực hiện chuyển động theo yêu cầu. Sơ đồ này thể hiện mối liên kết chặt chẽ giữa các thành phần, đảm bảo sự chính xác và ổn định trong hoạt động của hệ thống.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của bàn cắt.

3. TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Trong thiết kế bàn cắt vẽ tranh nghệ thuật, yếu tố thẩm mỹ và khả năng thu hút người xem được đặt lên hàng đầu. Không chỉ đơn thuần là một hệ thống cơ khí, bàn cắt còn được xem như một tác phẩm nghệ thuật với nhiệm vụ truyền tải vẻ đẹp của từng đường nét và sự hài hòa trong thiết kế tổng thể. Việc tính toán và thiết kế cơ khí không chỉ đảm bảo độ chính xác và bền vững, mà còn phải hòa quyện với các yếu tố mỹ thuật như đường nét mềm mại, cấu trúc tinh tế và sự phối hợp hài hòa giữa các vật liệu. Bề mặt bàn cắt được thiết kế với kích thước phù hợp, đảm bảo mọi người có thể quan sát rõ ràng từng chuyển động của các nét vẽ. Đồng thời, màu sắc, ánh sáng và các chi tiết trang trí xung quanh cũng được chú trọng để làm nổi bật tính nghệ thuật và tạo không gian truyền cảm hứng. Thiết kế này không chỉ nhằm tạo ra một sản phẩm cơ khí, mà còn mang đến trải nghiệm thẩm mỹ độc đáo cho người xem. Các động cơ cần được tính toán nhằm lựa chọn các thiết bị có thông số phù hợp với không gian hoạt động và tải trọng của hệ thống, tổng số bước quay của động cơ trong quá trình hoạt động được tính toán như (1). Thời gian tăng tốc được tính $t = t_0 \times 0.25 = 0.6s$ và tần số hoạt động của động cơ được tính toán như (2).

$$\frac{\times 360}{\times} \quad (1)$$

$$f_{2,xy} = \frac{A^T}{t_0 - t_1} \quad (2)$$

Với θ_s là góc bước của động cơ, D là đường kính của pully truyền đai. Vận tốc của động cơ được tính như công thức (3).

$$V_M = f_{2xy} \times \frac{\theta_s}{6} \quad (3)$$

Lực gây ra bởi đầu công tác của bàn cát vẽ tranh được định nghĩa như sau (4).

$$F_{xy} = F_A + mg(\sin \theta + \mu \cos \theta) \quad (4)$$

Với F_A là ngoại lực tác dụng lên đầu công tác, m là khối lượng của tải và đai. Tổng mô-men quán tính được tính theo công thức (5).

$$M_x = m_y \times \left(\frac{\pi D}{2}\right)^2 + 2 \times \left(\frac{1}{8} m_\rho D^2\right) \quad (5)$$

$$M_y = m_T \times \left(\frac{\pi D}{2}\right)^2 + 2 \times \left(\frac{1}{8} m_\rho D^2\right)$$

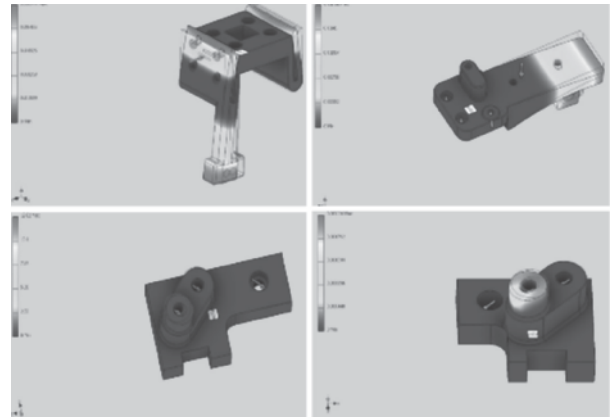
Mô-men cần thiết khi động cơ hoạt động được tính toán nhằm lựa chọn động cơ phù hợp với các thông số được yêu cầu, nó được tính toán như (6). Bên cạnh đó, việc tính toán lựa chọn và kiểm tra độ bền của dây đai truyền động được tính và phân tích theo tải trọng riêng của dây đai được tính như công thức (7).

$$T_{Mx} = (M_x + T_{ax}) S_f \quad (6)$$

$$T_{My} = (M_y + T_{ay}) S_f$$

$$W_t = \frac{F_t}{b} + \frac{cv^2}{10} \quad (7)$$


Với T_{ax} là mô-men gia tốc theo trục x , T_{ay} là mô-men gia tốc theo trục y , S_f là hệ số an toàn, F_t là lực vòng, v là vận tốc của đai, c là khối lượng 1m dây đai.



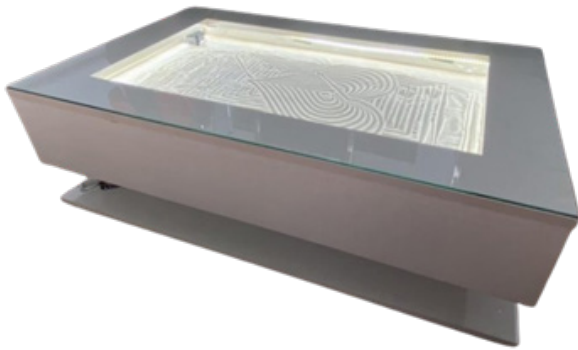
Hình 2. Mô phỏng chuyển vị của các gá chi tiết bằng vật liệu nhựa ABS.

Để kiểm tra lại độ bền của các chi tiết gá, các chi tiết được tính toán và mô phỏng để kiểm tra độ chuyển vị cũng như độ bền của chi tiết, chúng được trình bày ở hình 2. Dựa trên kết quả phân tích ứng suất hiển thị trong hình, thiết kế sử dụng vật liệu nhựa ABS cho các bộ phận đã chứng minh được khả năng chịu được ứng suất cần thiết. Các vùng có ứng suất cao vẫn nằm trong giới hạn bền của nhựa ABS, đảm bảo rằng cấu trúc không bị biến dạng hoặc hư hỏng dưới tải trọng làm việc thông thường. Ngoài ra, sự phân bố ứng suất đồng đều trên các bề mặt quan trọng giúp tăng độ bền và độ ổn định của thiết kế. Điều này cho thấy nhựa ABS là vật liệu phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu nhẹ, bền và có khả năng chịu lực tốt.

4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Robot vẽ tranh cát được thiết kế và đề xuất phục vụ cho các ứng dụng về trang trí nội thất, các thiết bị mang tính nghệ thuật cao, tạo ra các giá trị tinh thần cho người sử dụng. Bàn cát động lực nghệ thuật có thể tái hiện chính xác các họa tiết mà người dùng mong muốn thông qua việc đọc và phân tích dữ liệu từ file G-code do người dùng nhập vào phần mềm điều khiển. 

Khi vận hành, động cơ của hệ chuyển động hoạt động êm ái, không tạo ra tiếng ồn lớn, mang lại trải nghiệm dễ chịu cho người sử dụng. Với tính ứng dụng cao, bàn cát động lực không chỉ là một sản phẩm công năng mà còn có giá trị nghệ thuật cao, có thể tái hiện các họa tiết phức tạp một cách linh hoạt, hình ảnh thực tế của bàn cát vẽ tranh nghệ thuật tự động được trình bày như hình 3 với thông số như bảng 1.



Hình 3. Bàn cát vẽ tranh tự động được chế tạo thực tế

Bảng 1. Thông số của bàn cát vẽ tranh tự động thực tế

Kích thước tổng thể	600 x 1000 x 340 (mm)
Không gian hoạt động	410 x 770 (mm)
Tốc độ đầu bi vẽ	220 (mm/s)

Kết quả nghiên cứu đã thành công trong việc đạt được sự cân bằng hoàn hảo giữa yêu cầu kỹ thuật và yếu tố thẩm mỹ, mang đến một thiết kế bàn cát vẽ tranh nghệ thuật không chỉ hoạt động chính xác mà còn có sức hút mạnh mẽ đối với người xem. Hệ thống vận hành cơ khí được tối ưu hóa dựa trên việc áp dụng cơ cấu chuyển động CoreXY hiện đại, giúp đảm bảo độ chính xác cao trong từng nét vẽ và độ bền vượt trội trong quá trình sử dụng. Bên cạnh đó, sự kết hợp thông minh giữa vật liệu nhựa ABS nhẹ, bền, và có khả năng chịu lực tốt đã góp phần nâng cao hiệu suất và tính linh hoạt của thiết

kế, cho phép hệ thống hoạt động ổn định trong nhiều điều kiện khác nhau. Các thông số quan trọng như vận tốc, tần số hoạt động và khả năng chịu tải đều được tính toán và kiểm chứng kỹ lưỡng để đáp ứng tối ưu các yêu cầu vận hành thực tế. Sự phân bố đồng đều ứng suất trên các chi tiết cũng đảm bảo độ an toàn và tuổi thọ cao cho hệ thống, giúp giảm thiểu rủi ro hư hỏng trong quá trình sử dụng. Hơn nữa, yếu tố thẩm mỹ được chú trọng thông qua việc tạo ra thiết kế tinh tế, trực quan, giúp người xem không chỉ cảm nhận được giá trị nghệ thuật trong từng đường nét mà còn dễ dàng tương tác với hệ thống. Nghiên cứu này không chỉ mở ra một hướng đi mới trong lĩnh vực ứng dụng nghệ thuật cơ khí mà còn góp phần thúc đẩy sự sáng tạo và sự giao thoa hiệu quả giữa công nghệ và nghệ thuật. Đây là tiền đề để phát triển thêm nhiều sản phẩm sáng tạo, thông minh, đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của xã hội, đồng thời khẳng định vai trò của công nghệ trong việc nâng tầm giá trị nghệ thuật truyền thống.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo bàn cát động lực nghệ thuật đã đạt được những kết quả nổi bật về cả kỹ thuật và thẩm mỹ. Hệ thống có khả năng vẽ chính xác các hình ảnh phức tạp theo yêu cầu của người dùng thông qua việc phân tích và thực thi dữ liệu từ file G-code. Với thiết kế vận hành êm ái, hệ chuyển động đảm bảo giảm thiểu tiếng ồn, mang lại trải nghiệm dễ chịu trong quá trình sử dụng. Bàn cát không chỉ mang tính ứng dụng thực tế cao, phù hợp với nhiều lĩnh vực như nghệ thuật, giáo dục và giải trí, mà còn vượt xa chiếc bàn thông thường khi kết hợp yếu tố nghệ thuật sáng tạo. Giao diện thân thiện góp phần nâng cao trải nghiệm của người dùng, đồng thời cung cấp đầy đủ các thông tin để tối ưu hóa thao tác và vận hành. Tổng thể, sản phẩm không chỉ là một bước tiến

trong việc kết hợp công nghệ và nghệ thuật, mà còn mở ra tiềm năng phát triển những giải pháp sáng tạo mới trong tương lai.

Lời cảm ơn:

Bài báo này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp trường có mã số CTD-2024- 09 được tài trợ bởi Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh. ❖

Ngày nhận bài: **21/11/2024**

Ngày phản biện: **18/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ersoy, A., & Bozkurt, M. (2015), “*Understanding an elementary school teachers' journey of using technology in the classroom from sand table to interactive whiteboard*”. International Electronic Journal of Elementary Education, 8(1), 1-20.
- [2]. Chen, K. M., & Wong, S. K. (2014, August), “*Interactive sand art drawing using kinect*”. In Proceedings of the 7th International Symposium on Visual Information communication and Interaction (pp. 78-87).
- [3]. Chun, D. (2023, August), “*When the NFT Hype Settles, What Is Left beyond Profile Pictures? A Critical Review on the Impact of Blockchain Technologies in the Art Market*”. In Arts (Vol. 12, No. 5, p. 181). MDPI.
- [4]. Pawelzik, L., & Thies, F. (2022), “*Selling Digital Art for Millions-a Qualitative Analysis of NFT Art Marketplaces*”. In ECIS.
- [5]. Amri, A. A. N., & Sumbodo, W. (2018), “*Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015*”. Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, 3(2), 110-115.
- [6]. Aycardi Salgado, L. C., & Tuirán Moreno, H. J. (2018), “*Diseño y construcción de una impresora 3d de gran formato con tecnología de fabricación con filamento fundido (FFF) tipo Core-XY basada en Arduino*”.
- [7]. Quatrano, A., De Simone, M. C., Rivera, Z. B., & Guida, D. (2017), “*Development and Implementation of a Control System for a Retrofitted CNC Machine by Using Arduino*”. FME Transactions, 45(4).

PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG THU HỒI NĂNG LƯỢNG GIÓ THÔNG QUA BỘ CHUYỂN ĐỔI THỦY LỰC

DEVELOPMENT OF WIND ENERGY HARVESTING SYSTEM THROUGH HYDRAULIC CONVERTER

Đỗ Trí Cường, Đặng Trí Dũng*

Viện Công nghệ Thông minh và Tương tác, Trường Công nghệ và Thiết kế, Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày về việc phát triển một hệ thống thu hồi năng lượng gió sử dụng bộ chuyển đổi thủy lực, với mục tiêu chuyển đổi động năng của gió thành điện năng. Cụ thể, động năng từ gió được truyền qua trục quay đến bộ chuyển đổi năng lượng. Trong hệ thống thủy lực, bơm thủy lực có vai trò chuyển đổi năng lượng cơ học từ trục quay thành năng lượng thủy lực. Nguồn năng lượng thủy lực này sau đó được tích trữ trong các bình tích năng, giúp duy trì mức năng lượng ổn định ngay cả khi tốc độ gió thay đổi. Tiếp theo, năng lượng từ hệ thống thủy lực được truyền tới động cơ thủy lực, nơi năng lượng thủy lực được chuyển đổi thành năng lượng cơ học để truyền động cho máy phát điện. Máy phát điện tiếp tục biến đổi năng lượng cơ học này thành điện năng, có thể được sử dụng để sạc pin hoặc cung cấp trực tiếp cho lưới điện. Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống có khả năng thu hồi năng lượng hiệu quả, với hiệu suất đạt khoảng 60%, khẳng định tiềm năng ứng dụng lớn trong các hệ thống năng lượng tái tạo.

Từ khóa: Turbin gió; Bộ chuyển đổi thủy lực.

ABSTRACT

This paper presents the development of a wind energy harvesting system using a hydraulic converter, aimed at converting wind kinetic energy into electrical energy. Specifically, the kinetic energy from the wind is transmitted through a rotating shaft to the energy conversion unit. In the hydraulic system, the hydraulic pump plays a role in converting mechanical energy from the rotating shaft into hydraulic energy. This hydraulic energy is then stored in accumulators, ensuring a stable energy level even when wind speed fluctuates. Subsequently, the energy from the hydraulic system is transmitted to a hydraulic motor, where hydraulic energy is converted into mechanical energy to drive the generator. The generator then converts this mechanical energy into electrical energy, which can either charge batteries or be supplied directly to the power grid. Simulation results show that the system is capable of recovering energy efficiently, with a recovery efficiency of approximately 60%, highlighting its significant potential for application in renewable energy systems.

Keywords: Wind turbine; Hydraulic energy converter.

1. TỔNG QUAN

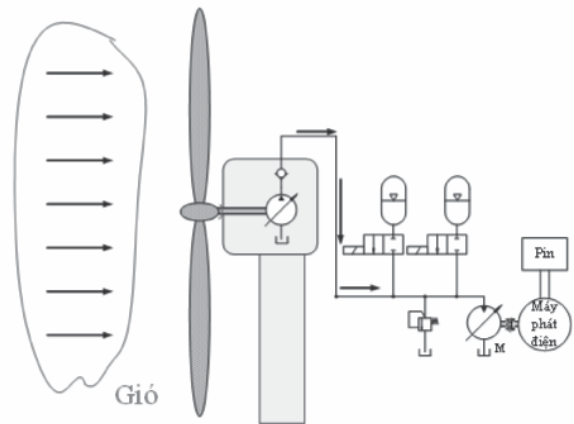
Năng lượng gió đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và giảm khí thải nhà kính. Đến năm 2020, công suất lắp đặt năng lượng gió toàn cầu đã vượt 700 GW và dự kiến tiếp tục tăng [1]. Mặc dù tua-bin gió đã cải thiện về hiệu suất và độ tin cậy, việc chuyển đổi năng lượng gió thành điện năng hiệu quả vẫn gặp nhiều thách thức, đặc biệt trong việc nâng cao hiệu suất làm việc của hệ thống thu hồi năng lượng và giảm tổn thất [2]. Biến đổi tốc độ và hướng gió gây ra sự không ổn định trong chuyển đổi năng lượng. Các hệ thống truyền động cơ khí truyền thống như hộp số và trục truyền động hạn chế về độ bền và hiệu suất trong điều kiện biến đổi liên tục, ảnh hưởng đến hiệu suất tổng thể và tăng chi phí bảo trì. Do đó, cần tìm giải pháp truyền động hiệu quả và linh hoạt [3].

Bộ chuyển đổi thủy lực nổi lên như giải pháp tiềm năng, có khả năng hấp thụ và truyền tải năng lượng từ tua-bin gió hiệu quả, thích nghi với biến đổi tốc độ và tải trọng [4-5]. Hệ thống thủy lực còn có ưu điểm truyền tải năng lượng qua khoảng cách lớn mà không tổn thất đáng kể, giúp giảm tổn thất năng lượng và tăng tuổi thọ hệ thống. Nhiều nghiên cứu đã tích hợp công nghệ thủy lực vào tua-bin gió [6-7]. Sử dụng hệ thống thủy lực cũng mở ra khả năng tích hợp với công nghệ lưu trữ năng lượng, như tích trữ thủy lực, giúp cân bằng tải và cải thiện ổn định lưới điện. Công nghệ thủy lực trong tua-bin gió ngoài khơi có thể giảm chi phí lắp đặt và bảo trì.

Bài báo này giới thiệu một hệ thống thu hồi năng lượng gió sử dụng bộ chuyển đổi thủy lực, chuyển đổi động năng của gió thành điện năng. Hệ thống hoạt động bằng cách truyền động năng từ gió qua trục quay tới bơm thủy

lực, chuyển đổi thành năng lượng thủy lực và tích trữ trong bình tích năng để duy trì mức năng lượng ổn định. Năng lượng thủy lực sau đó được chuyển đổi thành năng lượng cơ học bởi động cơ thủy lực, truyền động cho máy phát điện để tạo ra điện năng cung cấp cho pin hoặc lưới điện.

2. THIẾT KẾ BỘ CHUYỂN ĐỔI THỦY LỰC



Hình 1. Hệ thống được đề xuất.

2.1. Nguyên lý làm việc

Hệ thống thu hồi năng lượng gió thông qua bộ chuyển đổi thủy lực hoạt động theo nguyên lý chuyển đổi năng lượng động của gió thành năng lượng điện một cách hiệu quả và ổn định. Khi gió thổi, các cánh quạt gió sẽ quay, chuyển đổi năng lượng động của gió thành năng lượng cơ học. Chuyển động quay này được truyền qua trục quay đến bộ chuyển đổi năng lượng. Trong hệ thống thủy lực, bơm thủy lực chuyển đổi năng lượng cơ học từ trục quay thành năng lượng thủy lực. Năng lượng thủy lực này được tích trữ trong các bình tích năng, giúp duy trì mức năng lượng ổn định dù tốc độ gió có thay đổi. Nhờ cơ chế này, hệ thống có khả năng giảm thiểu dao động năng lượng do sự biến đổi của tốc độ gió. Tiếp theo, năng lượng từ hệ thống thủy lực được dẫn tới động

cơ thủy lực. Động cơ này chuyển đổi năng lượng thủy lực trở lại thành năng lượng cơ học, truyền động cho máy phát điện. Máy phát điện sau đó biến đổi năng lượng cơ học này thành năng lượng điện, có thể sạc vào pin hoặc cung cấp trực tiếp cho lưới điện như thể hiện ở Hình 1.

2.2. Mô hình toán hệ thống thu hồi năng lượng gió

a) Mô hình tua-bin

Công suất mà tua-bin có thể tạo ra được tính bằng công thức:

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A V_w^3 C_p(\beta, \lambda) \quad (1)$$

Trong đó, ρ là khối lượng riêng của không khí. A là diện tích quét của cánh quạt. V_w là vận tốc gió. C_p là hệ số công suất, phụ thuộc vào góc nghiêng β và tỉ số tốc độ đầu cánh λ . Tỉ số tốc độ đầu cánh λ được định nghĩa là tỉ lệ giữa tốc độ tuyến tính của đầu cánh quạt và tốc độ gió:

$$\lambda = \frac{\omega_t \times R}{V_w} \quad (2)$$

Trong đó, R là chiều dài cánh quạt; ω_t là tốc độ quay của cánh quạt. Hệ số công suất C_p là thước đo hiệu suất chuyển đổi năng lượng gió thành năng lượng cơ học, được xác định bởi công thức:

$$C_p(\beta, \lambda) = c_1(c_2 - c_3\beta - c_4\beta^x - c_5)e^{-c_6} \quad (3)$$

Trong đó, β là góc nghiêng cánh quạt; c_1 đến c_6 là các hệ số đặc trưng cho tua-bin. Giá trị điều chỉnh của λ được tính như sau:

$$\lambda_t = \left(\frac{1}{\lambda + 0.08\beta - 0.035\beta^3 + 1} \right)^{-1} \quad (4)$$

Mô-men xoắn T_t được tạo bởi tua-bin được tính như sau:

$$T_t = \frac{P_t}{\omega_t} \quad (5)$$

Theo định luật II Newton, chuyển động quay của tua-bin được mô tả bằng phương trình:

$$\dot{\omega}_t = \frac{T_t - C_t \omega_t - T_p}{J_t} \quad (6)$$

Trong đó, T_p là mô-men tải do bơm thủy lực tạo ra; J_t là mô-men quán tính của hệ thống; C_t là hệ số cản.

b) Mô hình bơm thủy lực

Bơm thủy lực đóng vai trò chuyển đổi năng lượng cơ học từ tua-bin thành năng lượng thủy lực. Lưu lượng của bơm thủy lực được tính bởi:

$$Q_{Pi} = \alpha_p \omega_p D_{Pmax} \quad (7)$$

Trong đó, α_p là góc nghiêng của bơm; ω_p là tốc độ quay; D_{Pmax} là lưu lượng riêng tối đa của bơm. Hiệu suất thể tích và cơ học của bơm được biểu diễn bởi:

$$\eta_{vP} = \frac{Q_{Pi} - Q_l}{Q_{Pi}} \quad (8)$$

$$\eta_{tP} = \frac{\alpha_p D_{Pmax} \Delta p}{\alpha_p D_{Pmax} \Delta p + T_t} \quad (9)$$

c) Mô hình động cơ thủy lực

Động cơ thủy lực chuyển đổi năng lượng thủy lực thành năng lượng cơ học. Hiệu suất thể tích và cơ học của động cơ được tính bằng:

$$\eta_{vM} = \frac{\alpha_M D_{M_{max}} \omega_M}{\alpha_M D_{M_{max}} \omega + Q_{loss}} \quad (10)$$

$$\eta_{tM} = \frac{\alpha_M D_{M_{max}} \Delta p - T_{loss}}{\alpha_M D_{M_{max}} \Delta p} \quad (11)$$

Lưu lượng thực tế và mô-men xoắn đầu ra của động cơ được tính như sau:

$$Q_M = \frac{Q_i}{\eta_{vM}} \quad (12)$$

$$T_M = \alpha_M \Delta p D_{M_{max}} \eta_{tM} \quad (13)$$

d) Mô hình tính toán bình tích năng thủy lực

Áp suất trong bình tích năng thủy lực được giả định tuân theo quá trình đoạn nhiệt, với phương trình:

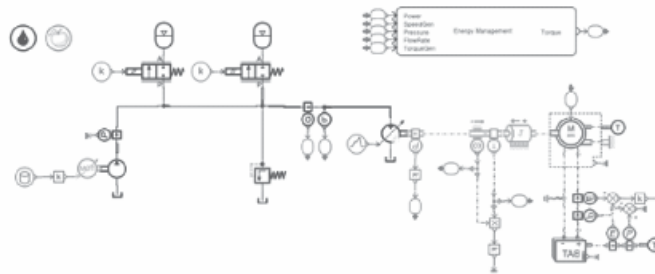
$$pV^n = p_0V_0^n = p_{max}V_{min}^n \quad (14)$$

Thể tích dầu thủy lực trong bình tích năng được tính bởi:

$$V_f = V_0 \left(1 - \left(\frac{p_0}{p_i} \right)^{\frac{1}{n}} \right), \text{ nếu } p_i > p_0 \quad (15)$$

3. MÔ PHỎNG

3.1. Xây dựng mô hình mô phỏng



Hình 2. Mô hình mô phỏng hệ thống thu hồi năng lượng bằng phần mềm AMESim.

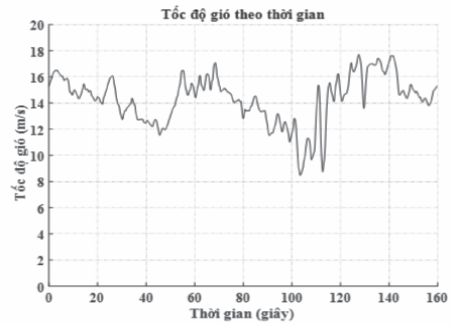
Bảng 1. Thông số của hệ thống

Thiết bị	Thông số kỹ thuật	Giá trị	Thiết bị	Thông số kỹ thuật	Giá trị
Bơm thủy lực	Lưu lượng riêng	50 cm ³ /vòng	Tua-bin	Bán kính	50 m
Động cơ thủy lực	Lưu lượng riêng	28 cm ³ /vòng		Vận tốc gió	10m/s
Bình tích áp 1	Thể tích	90 bar		Hệ số công suất	0,4
	Áp suất ban đầu	20 lít		Khối lượng riêng của không khí	1,225kg/m ³
Bình tích áp 2	Thể tích	70 bar	Máy phát điện	Công suất	10 kW
	Áp suất ban đầu	20 lít			

Hệ thống mô phỏng thu hồi năng lượng gió qua bộ chuyển đổi thủy lực được xây dựng bằng cách kết hợp AMESim và MATLAB/Simulink, tạo nên một phương pháp tích hợp đa miền để tối ưu hóa và phân tích hiệu suất hệ thống trong điều kiện thực tế như thể hiện ở Hình 2. Mô hình bao gồm hệ thống thủy lực, hệ thống điện và hệ thống điều khiển với các thông số mô phỏng được liệt kê trong Bảng 1. Trong đó, MATLAB/Simulink chịu trách nhiệm cho hệ thống điều khiển, quản lý các thông số quan trọng như công suất, tốc độ, áp suất, lưu lượng và mô-men xoắn. Bộ quản lý năng lượng trong MATLAB thu thập dữ liệu từ AMESim để tính toán, tối ưu hóa và điều chỉnh các tín hiệu điều khiển nhằm cải thiện hiệu suất tổng thể. AMESim mô phỏng chính xác các hiện tượng vật lý trong hệ thống thủy lực, như rò rỉ, mất mát áp suất và động lực học chất lỏng; dữ liệu đầu ra được chuyển sang MATLAB để xử lý và phân hồi.

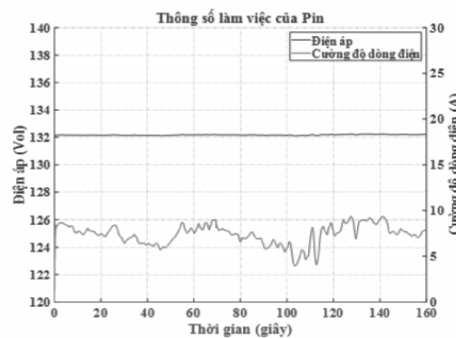
3.2. Phân tích kết quả mô phỏng

Dữ liệu gió được trình bày trong Hình 3 minh họa cho thấy sự biến động của vận tốc gió theo thời gian trong khoảng 160 giây, dao động từ 8 m/s đến 18 m/s [8]. Đặc điểm nổi bật của dữ liệu này là tính không ổn định, thể hiện qua các biến đổi lớn tại một số thời điểm. Đặc biệt, từ giây thứ 100 đến giây thứ 130, vận tốc gió giảm mạnh và sau đó tăng trở lại nhanh chóng. Những biến đổi này phản ánh điều kiện gió thực tế, đặc biệt ở những khu vực có địa hình phức tạp hoặc thời tiết thay đổi liên tục. Dữ liệu này rất hữu ích trong việc phân tích hiệu suất của hệ thống tua-bin gió và kiểm tra khả năng thích ứng của hệ thống thủy lực.



Hình 3. Dữ liệu gió.

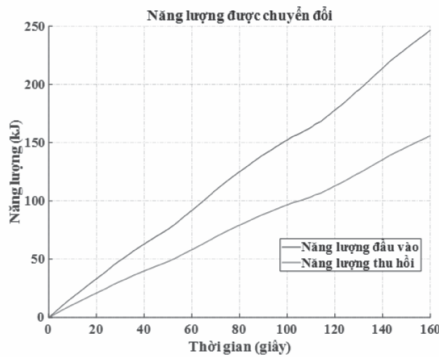
Hình 4 thể hiện sự biến đổi của điện áp và cường độ dòng điện nạp vào pin sau khi động năng được chuyển đổi thành điện năng thông qua hệ thống thu hồi năng lượng trong 160 giây. Điện áp duy trì ổn định, dao động rất nhỏ quanh giá trị trung bình cố định. Cường độ dòng điện biến động đáng kể, phản ánh sự thay đổi của gió trong quá trình thu hồi năng lượng. Kết quả này cho thấy hệ thống có khả năng duy trì khả năng ổn định trong quá trình thu hồi năng lượng góp phần nâng cao hiệu suất và độ tin cậy trong vận hành.



Hình 4. Điện áp và cường độ dòng điện của pin.

Hình 5 thể hiện sự biến đổi của năng lượng đầu vào và năng lượng thu hồi bởi hệ thống được đề xuất theo thời gian. Tại thời điểm cuối cùng, tức 160 giây, năng lượng đầu vào đạt khoảng 250 kJ, trong khi năng lượng thu hồi được là khoảng 150 kJ. Điều này có nghĩa là hệ thống thu hồi được 60% năng lượng

từ tổng năng lượng đầu vào. Phần năng lượng còn lại (40%) bị mất mát, có thể do các nguyên nhân như tổn thất trong chuyển đổi thủy lực, tổn thất ma sát. Kết quả này cho thấy hiệu suất của hệ thống là tương đối tốt, nhưng vẫn có tiềm năng cải thiện để tối đa hóa lượng năng lượng thu hồi.



Hình 5. Năng lượng gió được chuyển đổi sang năng lượng điện.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống thu hồi năng lượng gió thông qua bộ chuyển đổi thủy lực đã được phát triển nhằm cải thiện hiệu suất và độ ổn định trong việc chuyển đổi năng lượng gió thành điện năng. Kết quả mô phỏng và thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động hiệu quả trong điều kiện gió không ổn định: áp suất và lưu lượng thủy lực duy trì ổn định, điện áp hệ thống giữ vững mặc dù cường độ dòng điện biến đổi, và trạng thái sạc pin tăng đều đặn. Hiệu suất thu hồi năng lượng đạt khoảng 60%, khẳng định tính khả thi và tiềm năng ứng dụng thực tế của hệ thống. Điều này mở ra hướng phát triển mới cho các giải pháp năng lượng tái tạo bền vững và hiệu quả.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh (UEH).

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ về tài chính của Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh – UEH. Bài báo này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp trường có mã số CTD-2024-01 được tài trợ bởi Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh. ❖

Ngày nhận bài: 05/11/2024

Ngày phản biện: 9/12/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Sơn, N. T., Danh, T. H., Trung, Đ. M., & Thịnh, Q. N. (2020), “Nghiên cứu giải pháp kết hợp hiệu quả các tua bin gió PMSG”. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, 56(5), 1-9. doi: 10.22144/ctu.jvn.2020.106.
- [2]. Nhi, N. T. X., Nguyen, C. N., Tiên, N. N., & Luân, T. T. (2022), “Ứng dụng mạng nơ-ron mờ hồi quy trong điều khiển góc cánh tuabin gió”. Journal of Military Science and Technology, (80), 3-12. doi: : https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.80.2022.3-1.
- [3]. Truitt, A., & Mahmoodi, S. N. (2013), “A review on active wind energy harvesting designs”. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 14, 1667-1675. doi: https://doi.org/10.1007/s12541-013-0226-4.
- [4]. Do, H. T., Dang, T. D., Truong, H. V. A., & Ahn, K. K. (2017), “Maximum power point tracking and output power control on pressure coupling wind energy conversion system”. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 65(2), 1316-1324. doi: 10.1109/TIE.2017.2733424.
- [5]. Ai, C., Zhang, L., Gao, W., Yang, G., Wu, D., Chen, L., ... & Plummer, A. (2022), “A review of energy storage technologies in hydraulic wind turbines”. Energy Conversion and Management, 264, 115584. doi: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115584.
- [6]. Fan, Y., Mu, A., & Ma, T. (2016), “Design and control of a point absorber wave energy converter with an open loop hydraulic transmission”. Energy Conversion and Management, 121, 13-21. doi: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.107.
- [7]. Ha, K., Truong, H. V. A., Dang, T. D., & Ahn, K. K. (2021), “Recent control technologies for floating offshore wind energy system: A review”. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 8, 281-301. doi: https://doi.org/10.1007/s40684-020-00269-5.
- [8]. Sun, W., & Gao, Q. (2019), “Short-term wind speed prediction based on variational mode decomposition and linear-nonlinear combination optimization model”. Energies, 12(12), 2322.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY NGHIÊN TRỘN RƠM RẠ THÀNH NGUYÊN LIỆU LÀM ĐỒ GIA DỤNG THÂN THIỆN VỚI MÔI TRƯỜNG THAY THẾ SẢN PHẨM NHỰA KHÓ PHÂN HỦY

RESEARCH DESIGN, MANUFACTURE A MACHINE TO GRIND AND MIX STRAW INTO RAW MATERIALS TO MAKE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY HOUSEHOLD ITEMS TO REPLACE HARD-TO-DECOMPOSE PLASTIC PRODUCTS

Nguyễn Viết Cường^{1*}, Vũ Văn Mừng², Tô Trọng Hiền²

¹Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Bắc Bộ

²Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: vietcuong.tunb@gmail.com

TÓM TẮT

Rác thải nhựa khó phân hủy đang là mối đe dọa nghiêm trọng đối với môi trường và sức khỏe con người. Rơm rạ, một phụ phẩm nông nghiệp phổ biến, có thể được sử dụng như một giải pháp thay thế nhựa tiềm năng nhờ vào tính sẵn có, giá thành thấp và khả năng phân hủy sinh học. Bài báo này trình bày quá trình nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy nghiền trộn rơm rạ để chuyển đổi thành nguyên liệu sản xuất đồ gia dụng thân thiện với môi trường. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng mô hình 3D, thiết kế máy, thử nghiệm và đánh giá chất lượng sản phẩm đầu ra, góp phần giảm thiểu rác thải nhựa và tăng giá trị kinh tế cho phụ phẩm nông nghiệp.

Từ khoá: Tái chế rơm rạ; Máy nghiền trộn; Đồ gia dụng bền vững; Phụ phẩm nông nghiệp.

ABSTRACT

Non-degradable plastic waste is a serious threat to the environment and human health. Straw, a common agricultural by-product, can be used as a potential plastic alternative due to its availability, low cost and biodegradability. This paper presents the process of researching, designing and manufacturing a straw mixer to convert it into raw materials for producing environmentally friendly household items. The research results have built a 3D model, designed the machine, tested and evaluated the quality of the output product, contributing to reducing plastic waste and increasing the economic value of agricultural by-products.

Keywords: Straw recycling; Mixer; Sustainable household items; Agricultural by-products.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rác thải nhựa khó phân hủy đang trở thành một trong những thách thức lớn nhất đối với môi trường toàn cầu [1, 2]. Với thời gian phân hủy kéo dài hàng trăm năm, nhựa không chỉ làm ô nhiễm đất, nước mà còn ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái và sức khỏe con người. Việc tìm kiếm các giải pháp thay thế nhựa bằng các nguyên liệu thân thiện với môi trường là yêu cầu cấp thiết nhằm giảm thiểu tác động xấu đến môi trường sống.

Rơm rạ, một phụ phẩm nông nghiệp phổ biến tại các quốc gia nông nghiệp như Việt Nam, thường bị bỏ phí hoặc xử lý không hiệu quả như đốt cháy trực tiếp, gây ô nhiễm không khí. Thành phần của rơm rạ bao gồm Cellulose (30-50%), Hemicellulose (20-30%), Lignin (10-20%) và khoáng chất [3, 4]. Cellulose là thành phần chính, tạo cấu trúc cứng cáp, Hemicellulose hỗ trợ cấu trúc và tính linh hoạt và Lignin tạo độ bền và khả năng chống phân hủy sinh học. Rơm rạ, được thu trực tiếp từ đồng ruộng, có thể có mật độ từ 13 đến 18 kg/m³ chất khô (dm) [5]. Rơm rạ cắt nhỏ, có chiều dài từ 2 đến 10 mm [6], có thể có mật độ từ 50 đến 120 kg/m³ [7], tùy thuộc vào thiết bị được sử dụng.

Rơm rạ có tiềm năng lớn để trở thành nguyên liệu sản xuất các sản phẩm thân thiện với môi trường nhờ tính sẵn có, giá thành thấp và khả năng tái chế [8]. Tuy nhiên, việc chuyển đổi rơm rạ từ trạng thái thô thành nguyên liệu có thể ứng dụng trong sản xuất đồ gia dụng đòi hỏi các giải pháp công nghệ tối ưu, đặc biệt là công nghệ nghiền và trộn kết hợp với các phụ gia để tạo ra vật liệu có tính chất cơ lý phù hợp.

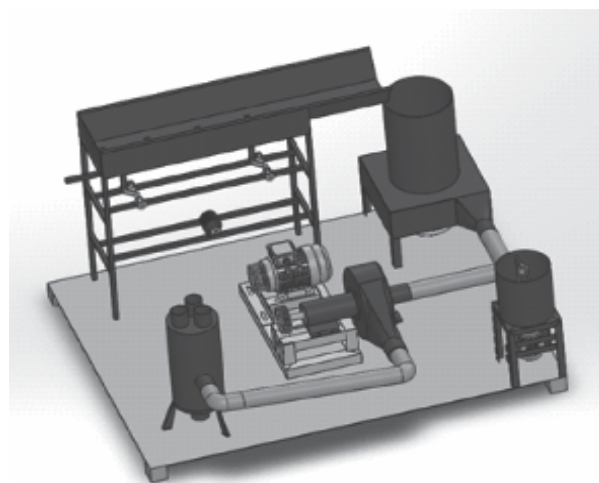
Hiện nay, mặc dù đã có một số nghiên cứu và ứng dụng liên quan đến việc tái chế rơm

rạ, nhưng phần lớn vẫn ở quy mô nhỏ, chưa đồng bộ và chưa được phát triển thành các giải pháp kỹ thuật hoàn chỉnh để sản xuất trên quy mô công nghiệp [9]. Do đó, việc nghiên cứu và thiết kế chế tạo một thiết bị nghiền trộn rơm rạ có khả năng chuyển đổi rơm rạ thành nguyên liệu thân thiện với môi trường thay thế nhựa là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn cao.

Bài báo này tập trung vào nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy nghiền trộn rơm rạ kết hợp với các chất phụ gia, nhằm tạo ra nguyên liệu có tiềm năng ứng dụng trong sản xuất đồ gia dụng thân thiện với môi trường. Kết quả của nghiên cứu không chỉ góp phần giảm thiểu ô nhiễm nhựa mà còn nâng cao giá trị kinh tế cho phụ phẩm nông nghiệp, đóng góp vào xu hướng phát triển bền vững.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH 3D VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG MÁY NGHIÊN TRỘN RƠM RẠ

2.1. Xây dựng mô hình 3D



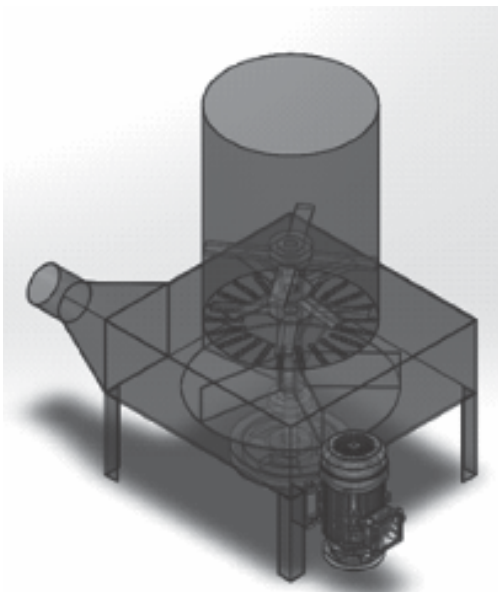
Hình 1. Mô hình 3D hệ thống máy nghiền trộn rơm rạ

Hiện nay, trên thị trường đã bán một số loại máy băm rơm rạ. Tuy nhiên, những thiết bị

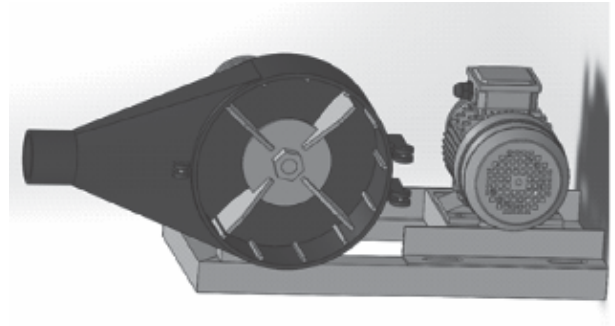
này được chế tạo nhằm phục vụ các mục đích như băm rơm rạ để trồng nấm hoặc làm thức ăn cho gia súc nên thường không tạo ra bột rơm rạ có kích thước nhỏ dưới 1 mm. Căn cứ vào đặc tính của rơm rạ, với mục đích nghiền rơm rạ thành bột để trộn với chất phụ gia làm thành nguyên liệu làm đồ gia dụng thân thiện với môi trường thay thế sản phẩm nhựa khó phân hủy chúng tôi đã xây dựng mô hình 3D hệ thống nghiền trộn rơm rạ như Hình 1.

Hệ thống máy chế biến rơm rạ thành nguyên liệu làm đồ gia dụng thân thiện với môi trường thay thế sản phẩm nhựa khó phân hủy bao gồm: Máy băm, máy nghiền, thiết bị lọc tách bột rơm rạ và máy trộn bột rơm rạ với chất phụ gia. Ngoài ra, để hệ thống sử dụng một băng tải để cung cấp rơm khô vào máy băm.

Máy băm rơm rạ dùng dao kép kết hợp với quạt thổi để đẩy rơm rạ sau khi băm sang máy nghiền thông qua một đường ống dẫn (Hình 2). Máy nghiền có cấu tạo dĩa búa kết hợp với mặt sàng để cho ra bột rơm rạ có kích thước 0.1-0.3mm (Hình 3).

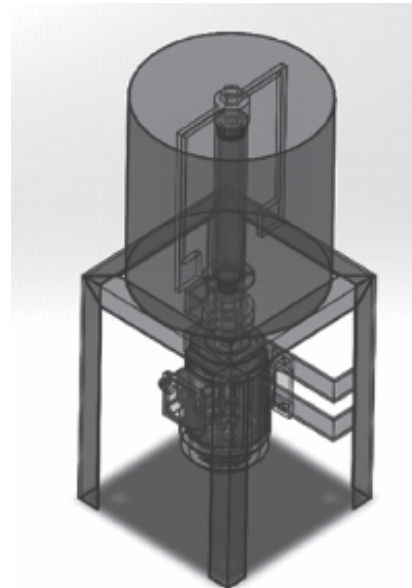


Hình 2. Mô hình 3D máy băm rơm rạ



Hình 3. Cấu tạo máy nghiền

Rơm rạ sau khi được nghiền thành bột tại máy nghiền sẽ được thổi qua thiết bị lọc và tách bột rơm. Bột rơm rạ sau đó được đưa sang máy trộn để trộn với chất phụ gia theo một tỉ lệ nhất định (Hình 4). Hỗn hợp bột rơm rạ và chất phụ gia sẽ được đi ép thành những sản phẩm đồ gia dụng thân thiện với môi trường thay thế sản phẩm nhựa khó phân hủy hiện nay.



Hình 4. Máy trộn bột rơm rạ với chất phụ gia

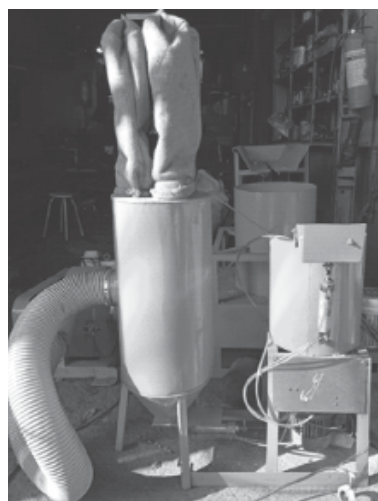
Sau khi hoàn thiện xây dựng mô hình 3D, chúng tôi đã tiến hành chế tạo, cải tiến và vận hành hệ thống. Kết quả hình ảnh sản phẩm sau khi chế tạo và sản phẩm bột rơm rạ sau khi nghiền được trình bày dưới đây.

2.2. Chế tạo và vận hành hệ thống máy nghiền trộn rơm rạ

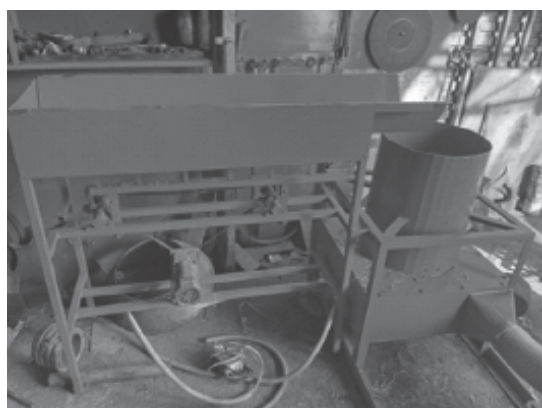
Trên Hình 5 đến Hình 8 trình bày hình ảnh các thiết bị sau khi được chế tạo.



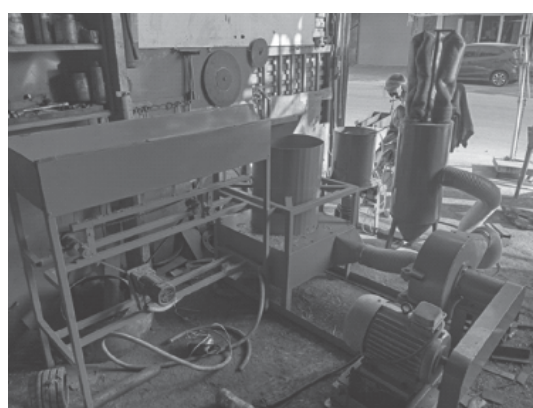
Hình 5. Hình ảnh máy nghiền sau khi chế tạo



Hình 7. Hình ảnh thiết bị lọc tách bột rơm rạ và máy trộn rơm rạ sau khi chế tạo



Hình 6. Hình ảnh băng tải và máy băm sau khi chế tạo



Hình 8. Hình ảnh hệ thống máy nghiền trộn rơm rạ sau khi chế tạo

Trên Bảng 1 trình bày các thông số cơ bản của các thiết bị trong hệ thống.

Thông số	Kích thước	Thông số	Kích thước
Máy băm		Máy trộn	
Chiều cao	1036 mm	Chiều cao	780 mm
Chiều rộng	600 mm	Chiều rộng	320 mm
Chiều dài	600 mm	Chiều dài	320 mm
Loại động cơ điện	3 pha	Loại động cơ điện	3 pha
Công suất động cơ điện	7,5 kW	Công suất động cơ điện	1 kW
Số vòng quay động cơ điện	1450 v/p	Số vòng quay động cơ điện	90 v/p

Máy nghiền		Thiết bị tách lọc bột rơm rạ	
Đường kính ngoài	450 mm	Chiều cao toàn bộ	897 mm
Chiều rộng	170 mm	Chiều cao thân	600 mm
Chiều dài	805 mm	Chiều cao ống thoát khí	100 mm
Loại động cơ điện	3 pha	Đường kính ngoài	300 mm
Công suất động cơ điện	2 kW		
Số vòng quay động cơ điện	1450 v/p		

3. ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM THU ĐƯỢC

3.1. Đánh giá quá trình vận hành của hệ thống

Qua quá trình vận hành hệ thống máy nghiền rơm rạ, chúng tôi thấy rằng hệ thống làm việc ổn định trong suốt thời gian vận hành, không bị dừng đột ngột. Công suất nghiền của hệ thống là 50kg/h. Không phát hiện thấy sự rung động quá mức ở các bộ phận. Nhiệt độ tại các ổ đỡ nằm trong giới hạn cho phép. Không phát sinh bụi trong quá trình vận hành do hệ thống có trang bị thiết bị lọc tách bột rơm rạ. Tiếng ồn phát sinh trong quá trình vận hành hệ thống nằm trong giới hạn cho phép. Trong quá trình vận hành không yêu cầu cần nhiều công nhân vận hành.

3.2. Đánh giá bột rơm rạ thu được

Trên Hình 8 trình bày hình ảnh bột rơm rạ thu được sau khi vận hành hệ thống.



Hình 8. Hình ảnh bột rơm rạ thu được

Kết quả thu được cho thấy bột rơm thu được nhỏ mịn, có thước 0,1 – 0,3 mm, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật. Sau khi trộn với chất phụ gia với tỷ lệ nhất định có thể làm nguyên liệu để làm đồ gia dụng thân thiện với môi trường thay thế sản phẩm nhựa khó phân hủy. Bột rơm rạ và chất phụ gia sau khi trộn bằng máy trộn có độ đồng đều cao, không bị vón cục.

4. KẾT LUẬN

Qua quá trình vận hành, hệ thống máy nghiền rơm rạ cho thấy hiệu quả và độ ổn định cao. Hệ thống hoạt động liên tục với công suất 50kg/h mà không gặp hiện tượng dừng đột ngột, rung động quá mức hay tăng nhiệt bất thường tại các ổ đỡ. Nhờ được trang bị thiết bị lọc tách bột rơm rạ, hệ thống không phát sinh bụi, đảm bảo môi trường làm việc sạch sẽ. Tiếng ồn trong giới hạn cho phép và yêu cầu ít nhân công vận hành, góp phần tiết kiệm chi phí lao động.

Bột rơm rạ thu được có kích thước đồng đều, đạt yêu cầu kỹ thuật và phù hợp để sử dụng làm nguyên liệu chế biến đồ gia dụng thân thiện với môi trường, thay thế các sản phẩm nhựa khó phân hủy. Những kết quả này khẳng định hệ thống là giải pháp hiệu quả, bền vững cho việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp.

Trong thời gian tới, chúng tôi sẽ nghiên cứu tích hợp hệ thống tự động để điều khiển quá trình cấp nguyên liệu và trộn để tăng hiệu

suất vận hành nâng cao chất lượng sản phẩm thu được. ❖

Ngày nhận bài: **16/10/2024**

Ngày phản biện: **02/11/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Minh Kỳ, “Ô nhiễm rác thải nhựa – một vấn đề nan giải”, 2023.
- [2]. Le Thi Anh Dao, et al., “Developing a University - Level Module on Marine Plastic Pollution in Vietnam: Perspective and Concrete Suggestions”. 2022. 15(6): p. 389-401.
- [3]. Inesa Barmina, et al., “Effects of biomass composition variations on gasification and combustion characteristics”. Engineering for Rural Development, 2013. 5: p. 23-24.
- [4]. BM Jenkins, “Physical properties of biomass”. Biomass handbook, 1989: p. 860-891.
- [5]. MVP Migo, “Optimization and life cycle assessment of the direct combustion of rice straw using a small scale, stationary grate furnace for heat generation”. Unpublished Masters thesis. University of the Philippines Los Baños, 2019.
- [6]. Chuen-Shii Chou, Sheau-Horng Lin, and Wen-Chung Lu, “Preparation and characterization of solid biomass fuel made from rice straw and rice bran”. Fuel processing technology, 2009. 90(7-8): p. 980-987.
- [7]. Zhiqiang Liu, Aixiang Xu, and Bin Long, “Energy from combustion of rice straw: status and challenges to China”. Energy and Power Engineering, 2011. 3(03): p. 325.
- [8]. Hoàng Thị Mỹ Hằng và các cộng sự, “Đánh giá thành phần dinh dưỡng của sản phẩm ủ hiếu khí bùn cống thải và rơm rạ”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 2019. 19.
- [9]. Cao Văn Thi, “Thiết kế và chế tạo máy băm rơm phục vụ trồng nấm”.

NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT SAI LỆCH GIA TỐC NGANG CỦA Ô TÔ CON THÔNG QUA MÔ HÌNH PHI TUYẾN

RESEARCH ON SURVEYING THE LATERAL ACCELERATION ERROR OF CARS
THROUGH NONLINEAR MODEL

Đỗ Hồng Quân¹, Nguyễn Văn Vinh¹, Vũ Văn Tấn^{1*}, Đỗ Trọng Tú²,
Phạm Tất Thắng¹, Đào Huy Hải¹

¹Bộ môn Cơ khí ô tô, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

²Khoa Cơ khí - Ô tô và Xây dựng, Trường Đại học Điện lực

*Email: vvtan@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo tập trung nghiên cứu khảo sát gia tốc ngang tại các vị trí khác nhau ở trên ô tô con để tìm vị trí lắp đặt cảm biến gia tốc ngang tối ưu với sai số nhỏ nhất so với tại vị trí tọa độ trọng tâm lý tưởng. Nghiên cứu tiến hành khảo sát ô tô phi tuyến từ phần mềm chuyên dụng CarSim. Mô hình ô tô phi tuyến này cho phép sử dụng cảm biến ảo có thể đặt được ở các vị trí khác nhau trên xe đồng thời xuất ra giá trị gia tốc ngang của cảm biến đó theo thời gian thực. Đặc tính của ô tô được tiến hành khảo sát cho hai kịch bản là chuyển làn kép và quay vòng đều. Các giá trị gia tốc ngang được xác định theo thời gian và sai lệch bình phương trung bình để đánh giá và so sánh. Kết quả khảo sát cho thấy, không nên đặt cảm biến tại vùng gần nóc ô tô vì khi đó sai số gia tốc ngang là lớn nhất. Hơn nữa sai số gia tốc ngang ở phần đuôi ô tô thường lớn hơn sai số gia tốc ngang ở phần đầu ô tô. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu này, các tác giả đề xuất vị trí đặt cảm biến nên nằm ở gần sàn xe và lệch về phía trước của ô tô con.

Từ khóa: Gia tốc ngang; Quay vòng đều; Chuyển làn kép; Ổn định ngang; CarSim; Matlab/Simulink.

ABSTRACT

The article focuses on the study of lateral acceleration at different locations on a car to find the optimal location for installing a lateral acceleration sensor with the smallest error compared to the ideal center of gravity coordinate position. The study conducts a survey of nonlinear cars by using specialized software CarSim. This nonlinear car model allows the use of virtual sensors that can be placed at different locations on the car and simultaneously outputs the lateral acceleration value of that sensor in real time. The characteristics of the car are surveyed for two scenarios: double lane change and steady cornering. The lateral acceleration values are determined in the time domain and the root means square for evaluation and comparison. The survey results show that the sensor should not be placed near the roof of the car, because then the lateral acceleration error is the largest. Moreover, the lateral acceleration error at the rear of the car is often larger than the lateral acceleration error at the front of the car. Based on the results of this study, the authors propose that the sensor location for the lateral acceleration should be near the floor and offset towards the front of the car.

Keywords: Lateral acceleration; Steady cornering; Double lane change; Lateral stability; CarSim; Matlab/Simulink.

1. GIỚI THIỆU

Theo Tổng cục Thống kê, 10 tháng đầu năm 2024, trên địa bàn cả nước đã xảy ra 19.513 vụ tai nạn giao thông, làm chết 8.990 người, bị thương 14.505 người. Số vụ tai nạn giao thông tăng so với cùng kỳ năm trước. Trong tháng 10, từ 26/9 đến 25/10/2024, cả nước đã xảy ra 1.850 vụ tai nạn giao thông, làm chết 896 người và bị thương 1.347 người. So với cùng kỳ năm trước, số vụ tai nạn giao thông tăng 5,7%; số người chết giảm 8,4%; số người bị thương tăng 13,9%. Bình quân một ngày trong 10 tháng năm 2024, trên địa bàn cả nước xảy ra 64 vụ tai nạn giao thông, làm chết 30 người, bị thương 48 người [1].

Có thể thấy tình trạng tai nạn giao thông tại Việt Nam vẫn còn nhiều, gây thiệt hại nghiêm trọng đến con người, tài sản và cơ sở hạ tầng giao thông. Trong số những vụ tai nạn đó, tai nạn do hiện tượng lật ngang của xe khi quay vòng, khi chuyển làn chiếm tỉ trọng không nhỏ. Không chỉ ở Việt Nam, mà tại Mỹ, theo Cục Quản lý An toàn Giao thông Đường bộ Quốc gia (NHTSA) của nước này, khoảng 2% trong số tất cả các vụ tai nạn xe cơ giới liên quan đến lật xe [2].

Vì vậy mà nhu cầu xây dựng và thiết kế các hệ thống ổn định ngang trên ô tô hiện nay là rất cần thiết. Để xây dựng được những hệ thống đó, các dữ liệu và thông số về đặc tính lật ngang của ô tô là rất quan trọng. Đặc trưng nhất là thông số gia tốc ngang của ô tô con, ký hiệu là a_y . Gia tốc ngang là cơ sở để đánh giá quá trình lật và ngưỡng lật của ô tô. Cảm biến gia tốc ngang là cảm biến quan trọng trên các hệ thống có điều khiển ở trên ô tô, vì thế mà việc lắp đặt cảm biến này cũng cần được chú trọng. Dù đặt cảm biến tại trọng tâm của ô tô nhưng sai lệch của cảm biến đó vẫn có do trọng tâm thực tế

của ô tô thay đổi liên tục khi chuyển động và trong các điều kiện khai thác khác nhau. Đồng thời, việc đặt chính xác cảm biến ngay vào trọng tâm của ô tô cũng khó khăn, bởi chỉ cần thay đổi số lượng người ngồi trong xe hay thay đổi khối lượng hành lý thì trọng tâm của ô tô cũng sẽ thay đổi theo.

Trên thực tế, để đo được gia tốc ngang có thể sử dụng phương pháp thực nghiệm nhưng nhược điểm của phương pháp này là chi phí lớn, tốn thời gian do phải sử dụng xe thực tế. Ngoài ra còn có phương pháp mô phỏng, phương pháp này cần phải xây mô hình ô tô bằng phần mềm chuyên dụng nhưng vì mô hình xây được thường là mô hình tuyến tính nên khó cung cấp đủ các yếu tố phi tuyến của ô tô thực tế. Vậy nên phương pháp có thể khắc phục hai nhược điểm trên là mô phỏng trên mô hình phi tuyến ảo. Trong bài báo này, tác giả xây dựng phương pháp khảo sát gia tốc ngang bằng phần mềm CarSim - phần mềm có khả năng mô phỏng trạng thái chuyển động phi tuyến của ô tô trên thực tế.

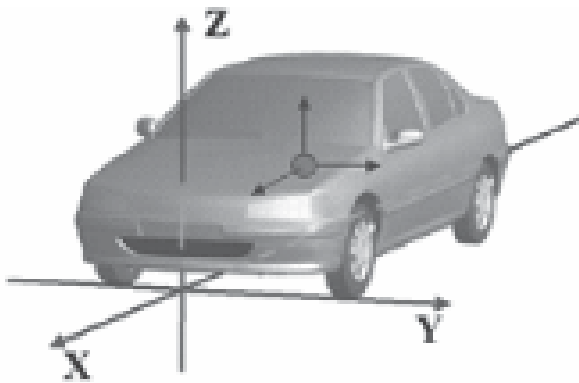
Mục tiêu của nghiên cứu này là các tác giả khảo sát sai lệch giá trị gia tốc ngang thực của ô tô so với giá trị gia tốc ngang của cảm biến đo được tại vị trí trọng tâm ô tô. Từ đó, tác giả đề xuất vùng lắp đặt cảm biến gia tốc ngang sao cho phù hợp nhất.

2. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT

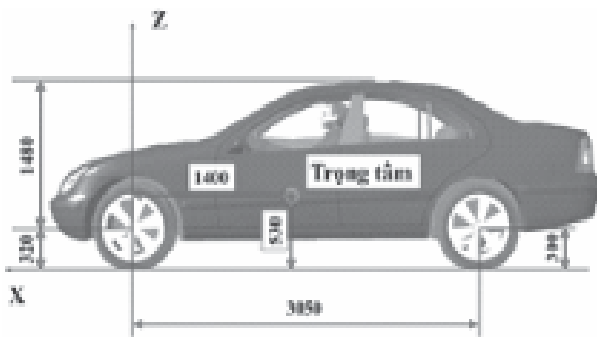
2.1. Mô hình khảo sát

Mô hình xe được chọn để khảo sát trên phần CarSim là: “Sedan E-class” [3] bởi đây là mẫu xe phổ biến trên thị trường. Dưới đây là thông số kích thước cơ bản của loại xe này:





Hình 1. Không gian 3D của ô tô Sedan E-class



Hình 2. Các kích thước của ô tô theo phương dọc

Theo hình 1, gốc tọa độ của hệ này sẽ là điểm giao nhau giữa trục X, trục Y và trục Z. Trục X nằm trên mặt đường, chiều sẽ hướng theo chiều chuyển động của ô tô, trục X sẽ đi qua trung điểm của hai bánh xe phía trước và trung điểm của hai bánh xe phía sau; trục Y nằm trên mặt đường, là đường thẳng đi qua điểm tiếp xúc của hai bánh xe phía trước với mặt đường; trục Z sẽ có hướng vuông góc với mặt đường.

Theo hình 2, đơn vị của hệ là mm. Tọa độ trọng tâm của ô tô sẽ là $X = -1400\text{mm}$, $Y = 0$, $Z = 530\text{mm}$ so với gốc tọa độ của hệ. Các thông số cơ bản của ô tô Sedan E-class được xác định trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số kích thước của ô tô Sedan E-class

Thông số	Kích thước	Đơn vị
Bán kính bánh xe cầu trước	320	mm
Bán kính bánh xe cầu sau	300	mm
Khoảng cách giữa sàn xe và nóc xe	1480	mm
Chiều dài cơ sở của xe	3050	mm

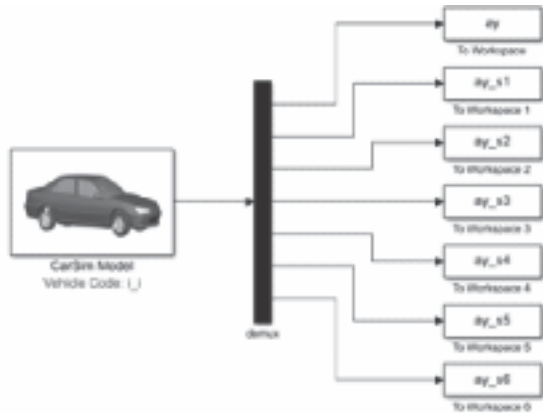
Cần lưu ý rằng khoảng cách từ mặt đường đến sàn xe sẽ bằng bán kính bánh xe cầu sau. Độ dày của sàn xe là tương đối nhỏ nên khi khảo sát sẽ tạm bỏ qua độ dày này.

2.2. Các bước tiến hành khảo sát

- Trên phần mềm CarSim: thiết lập loại xe và chế độ chuyển động, thiết lập các thông số đầu ra của CarSim, thiết lập vị trí đặt cảm biến gia tốc ngang theo trục X, Y, Z như hình 1. Ô tô di chuyển với vận tốc 60 km/h, thời gian chạy mô phỏng trong CarSim là 15 giây. Tọa độ X của cảm biến sẽ thay đổi từ 0mm đến -3050mm, tức thay đổi trong khoảng chiều dài cơ sở của ô tô. Tọa độ Y của cảm biến sẽ luôn bằng 0mm. Tọa độ Z của cảm biến sẽ thay đổi từ 300mm đến 1780mm, tức thay đổi trong khoảng cách giữa sàn xe và nóc xe. Cài đặt kịch bản chuyển động cho ô tô: đối với chuyển làn kép “Double Lane Change”, các tác giả chọn quy trình mặc định trong CarSim là “DLC @ 120 km/h (Quick Start)” [3]; đối với quay vòng đều, vì trong CarSim không có trường hợp này nên các tác giả phải xây dựng một quy trình mới dựa trên quy trình của phần mềm TruckSim là “180 deg. Step Steer 40 km/h” với góc đánh lái là 40 độ [4].

- Trên phần mềm Matlab: Xây dựng mô hình phân tích dữ liệu đầu ra của CarSim trên

Simulink, xây dựng câu lệnh xuất đồ thị gia tốc ngang của ô tô và gia tốc ngang của cảm biến, xây dựng câu lệnh gửi dữ liệu từ Matlab về phần mềm Excel được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Mô hình Simulink

- Trên phần mềm Excel: Dựng bảng “khảo sát sai lệch gia tốc ngang của ô tô con” theo từng vị trí tọa độ khác nhau.

2.3. Chỉ tiêu đánh giá

- Đánh giá theo phương pháp “Giá trị lớn nhất”, tức là lấy giá trị lớn nhất trong cả quá trình hoạt động của hệ thống, thậm chí là cả giá trị âm. Công thức tính giá trị theo phương pháp “Giá trị lớn nhất” sẽ như sau [6]:

$$\varepsilon = \max(|y|) \quad (1)$$

Trong đó: ε - Giá trị lớn nhất; y - Ma trận chứa tất cả giá trị của đặc tính cần xác định của hệ thống theo thời gian. Cụ thể trong trường hợp này, đặc tính đó là a_y .

- Đánh giá theo phương pháp đo độ lệch chuẩn - Standard Deviation, tức là lấy giá trị trung bình trong cả quá trình hoạt động của hệ thống. Công thức tính giá trị theo phương pháp “Standard Deviation” [5] được xác định như sau:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

Trong đó: σ - Độ lệch chuẩn; x_i - Giá trị của quan sát thứ i ; \bar{x} - Giá trị trung bình của tập dữ liệu; n - Số quan sát trong tập dữ liệu.

- Công thức tính sai số gia tốc ngang được xác định như sau:

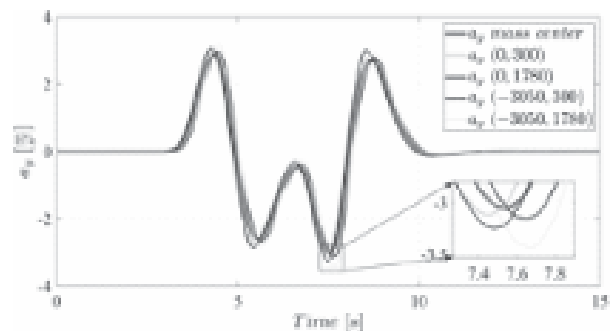
$$\%a_y = \frac{|a_y - a_{yCG}|}{a_{yCG}} \times 100 \quad (3)$$

Trong đó: $\%a_y$ - Sai số gia tốc ngang của ô tô tính theo phần trăm; a_y - Gia tốc ngang của cảm biến xác định trên ô tô, được tính theo công thức (1) hoặc (2); a_{yCG} - Gia tốc ngang tại trọng tâm của ô tô.

Tiền hành khảo sát ô tô theo các chế độ và quy trình đã được thiết lập ở trên, các kết quả nghiên cứu khảo sát được thể hiện trong phần 3.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Kết quả mô phỏng trong trường hợp chuyển làn kép



Hình 4. Gia tốc ngang tại trọng tâm ô tô và của các cảm biến

Ở hình 4, “ a_y mass center” là gia tốc ngang tại trọng tâm ô tô, “ $a_y (0,300)$ ” là gia tốc ngang của cảm biến đặt tại tọa độ $X = 0\text{mm}$, $Z = 300\text{mm}$ trên ô tô. Tương tự, các gia tốc ngang còn lại là vị trí của cảm biến theo X, Z . Khi ô tô chuyển động với kích bản chuyển làn kép, nhìn chung tại các vị trí khác nhau trên xe thì giá trị gia tốc ngang đo được từ cảm biến cũng khác nhau. Vùng phóng to là vùng có gia tốc ngang lớn nhất, có thể thấy sai lệch trong trường hợp chuyển động này là từ -3 đến -3.5 m/s^2 .

Bảng 2. Sai số gia tốc ngang tại một số vị trí trên ô tô theo “Giá trị lớn nhất”

6.44	5.50	5.64	6.50	12.38	1780
5.41	4.30	4.19	4.89	10.46	1471
3.84	2.44	1.95	2.36	7.38	970
2.56	0.90	0.06	0.26	4.81	530
1.93	0.14	0.91	0.78	3.47	300
0	-540	-1400	-1800	-3050	

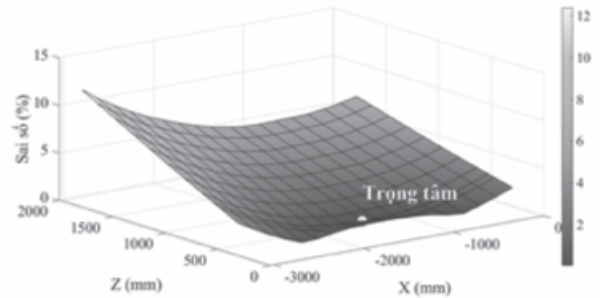
Bảng 3. Sai số gia tốc ngang tại một số vị trí trên ô tô theo “Độ lệch chuẩn”

5.83	5.06	4.75	4.98	7.25	1780
4.77	3.96	3.57	3.78	5.98	1471
3.09	2.19	1.68	1.84	3.93	970
1.64	0.67	0.06	0.17	2.15	530
0.90	0.11	0.78	0.69	1.23	300
0	-540	-1400	-1800	-3050	

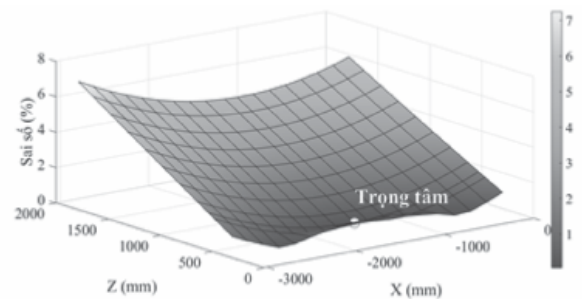
Tại bảng 2 và 3, đơn vị của bảng là %, cột ngoài cùng bên phải biểu thị cho tọa độ Z của ô tô đơn vị theo mm, hàng dưới cùng biểu thị cho tọa độ X của ô tô đơn vị theo mm. Vùng được tô màu vàng là cảm biến được đặt ở trọng tâm của ô tô. Có thể thấy rằng dù cảm biến được đặt tại trọng tâm của ô tô nhưng khi di chuyển thì trọng tâm thực của xe sẽ bị lệch so với cảm biến, vì thế đã tạo ra sai số 0.06%.

Nhìn chung, sai số lớn nhất đối với “Giá trị lớn nhất” là 12.38%, đối với “Độ lệch

chuẩn” là 7.25%. Vùng sai số lớn nhất chủ yếu phân bố tại phần nóc xe phía sau của ô tô.



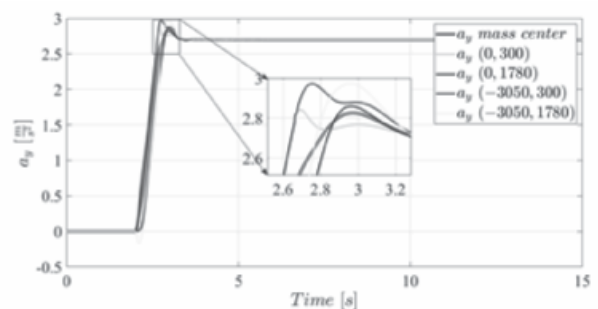
Hình 5. Miền sai số gia tốc ngang trên ô tô theo “Giá trị lớn nhất”



Hình 6. Miền sai số gia tốc ngang trên ô tô theo “Độ lệch chuẩn”

Tại hình 5 và 6, sai số gia tốc ngang tại sàn xe là tương đối nhỏ, chỉ khoảng từ 1 tới 2%. Nhưng càng đặt cảm biến lên cao thì sai số gia tốc ngang càng tăng và cao nhất tại nóc xe.

3.2. Kết quả mô phỏng trong trường hợp quay vòng đều



Hình 7. Gia tốc ngang tại trọng tâm ô tô và của các cảm biến

Tại hình 7, các ký hiệu a_y trên hình 7 giống với hình 4. Khi ô tô chuyển động với kích bản quay vòng đều, thấy được rằng tại các vị trí khác nhau trên xe thì giá trị gia tốc ngang đo được từ cảm biến cũng khác nhau. Vùng phóng to là vùng có gia tốc ngang lớn nhất, sai lệch trong trường hợp chuyển động này là từ 2.8 đến 3 m/s².

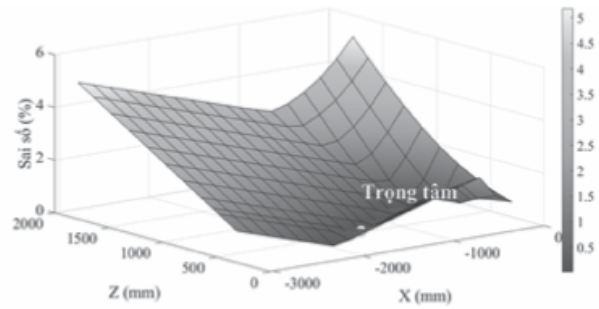
Bảng 4. Sai số gia tốc ngang tại một số vị trí trên ô tô theo “Giá trị lớn nhất”

5.17	3.39	3.37	3.81	5.18	1780
3.79	1.88	2.54	2.98	4.35	1471
1.91	0.28	1.20	1.64	3.00	970
0.89	0.90	0.02	0.45	1.82	530
0.56	1.51	0.60	0.16	1.20	300
0	-540	-1400	-1800	-3050	

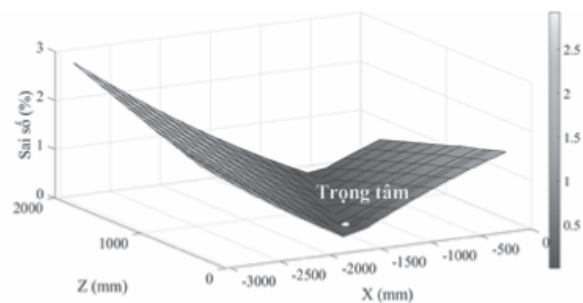
Bảng 5. Sai số gia tốc ngang tại một số vị trí trên ô tô theo “Độ lệch chuẩn”

0.55	0.11	0.75	1.22	2.92	1780
0.73	0.29	0.55	1.01	2.70	1471
1.01	0.59	0.24	0.68	2.35	970
1.25	0.84	0.03	0.41	2.05	530
1.37	0.97	0.17	0.27	1.89	300
0	-540	-1400	-1800	-3050	

Bố cục của hai bảng 4 và 5 được thiết lập giống bảng 2 và 3 ở trên. Trong trường hợp ô tô chuyển động quay vòng đều, sai số gia tốc ngang tại các vị trí trên ô tô đều tương đối nhỏ, không vượt quá 6%. Sai số gia tốc ngang theo “Độ lệch chuẩn” nhỏ hơn so với “Giá trị lớn nhất”. Khi ô tô quay vòng đều thì giá trị gia tốc ngang của cảm biến ít bị thay đổi đột ngột so với chế độ chuyển làn kép, vì thế mà sai số cảm biến gửi về không quá lớn.



Hình 8. Miền sai số gia tốc ngang trên ô tô theo “Giá trị lớn nhất”



Hình 9. Miền sai số gia tốc ngang trên ô tô theo “Độ lệch chuẩn”

Hình 8 và 9 thể hiện sai số gia tốc ngang tại sàn xe là tương đối nhỏ. Tuy vậy, trong trường hợp khảo sát với “Giá trị lớn nhất” thì sai số gia tốc ngang tại nóc xe vẫn là tương đối lớn. Còn đối với trường hợp khảo sát với “Độ lệch chuẩn” thì sai số gia tốc ngang tại vùng phía sau của ô tô lớn hơn 2% so với vùng phía trước của ô tô.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, các tác giả đã khảo sát được sai số gia tốc ngang của cảm biến tại các vị trí khác nhau ở trên ô tô. Kết quả mô phỏng cho thấy, sai số gia tốc trong trường hợp ô tô di chuyển với kích bản chuyển làn kép lớn hơn trường hợp quay vòng đều. Sai số gia tốc ngang của nóc xe phía trước của ô tô luôn nhỏ hơn sai số gia tốc ngang nóc xe phía sau, vì vậy mà cảm biến gia tốc ngang nên tránh đặt

ở vùng đuôi xe. Hơn nữa, từ kết quả khảo sát, các tác giả đề xuất vùng đặt cảm biến gia tốc ngang tối ưu sẽ là: $X = [-1800, -500]$ mm và $Z = [300, 1471]$ mm. Trong vùng này, sai số của gia tốc ngang của cảm biến sẽ không vượt quá 5%.

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu này, hướng nghiên cứu tiếp theo được xác định là khảo sát và so sánh trên các loại ô tô khác và ô tô thực tế.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông Vận tải (ĐH GTVT) trong đề tài mã số B2025-... ❖

Ngày nhận bài: **05/12/2024**

Ngày phản biện: **21/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ủy ban An toàn giao thông Quốc gia, “Số vụ tai nạn 10 tháng năm 2024”. [Online]. Truy cập: <https://tuyengiao.vn/10-thang-nam-2024-co-gan-9-000-nguoi-tu-vong-vi-tai-nan-giao-thong-157550>
- [2]. J. Rosenfeld, “Rollover Accident Statistics” [Online]. Truy cập: <https://www.rosenfeldinjurylaw.com/car-accident-lawyer/chicago-il/rollover/statistics/>
- [3]. O. Time and M. Extensions, “Run Control Screen (Home)”. No. December, pp. 1-17, 2012 [Online]. Truy cập: www.carsim.com
- [4]. A. V. Products, “Procedures and Events”. No. December, pp. 1-13, 2012 [Online]. Truy cập: www.carsim.com
- [5]. “Độ lệch chuẩn” [Online]. Truy cập: https://vi.wikipedia.org/wiki/Độ_lệch_chuẩn
- [6]. Cao Trọng Hiền, Đào Mạnh Hùng, “Lý thuyết ô tô”. NXB. Giao thông Vận tải, 2010.

XÂY DỰNG GIẢI THUẬT PHÁT HIỆN SỰ DI CHUYỂN CỦA XE QUÂN SỰ SỬ DỤNG CẢM BIẾN TỪ TRƯỜNG

DEVELOPING AN ALGORITHM FOR DETECTING THE MOVEMENT OF
MILITARY VEHICLE USING MAGNETIC FIELD SENSORS

TS. Trần Lê Thái¹, TS. Vũ Văn Quang^{2*}, ThS. Nguyễn Hữu Bình¹

¹Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc Phòng

²Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

*Email: quang.vuvan1@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp phát hiện và phân biệt sự di chuyển của xe quân sự sử dụng cảm biến từ trường ba trục và Mạng Nơ-ron. Nghiên cứu trích xuất các đặc trưng thống kê của tín hiệu từ trường để nhận diện sự biến thiên do phương tiện gây ra. Thuật toán được thiết kế cho hệ thống nhúng hiệu suất thấp, đảm bảo độ chính xác cao trong môi trường nhiễu. Kết quả thực nghiệm đạt độ chính xác 94,8% khi phân loại xe quân sự và xe dân sự, khẳng định tiềm năng ứng dụng trong giám sát an ninh quốc phòng.

Từ khóa: Phát hiện phương tiện quân sự; Cảm biến từ trường; Mạng Nơ-ron; Phân loại tín hiệu; Đặc trưng thống kê.

ABSTRACT

This paper presents a method for detecting and distinguishing the movement of military vehicles using triaxial magnetic field sensors and Neural Networks. The study extracts statistical features from magnetic field signals to identify variations caused by vehicle movement. The algorithm is designed for low-performance embedded systems, ensuring high accuracy in noisy environments. Experimental results achieve a classification accuracy of 94.8% in distinguishing military vehicles from civilian vehicles, highlighting the potential applications in national security surveillance.

Keywords: Military vehicle detection; Magnetic field sensor; Neural Network; Signal classification; Statistical features.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm qua, việc phát hiện sự di chuyển của các loại xe quân sự đã được nghiên cứu và phát triển trong nhiều hệ thống giám sát và cảnh báo an ninh quốc phòng. Các cảm biến từ trường đã được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống này để ghi nhận sự biến thiên từ trường do sự xuất hiện của các phương tiện kim loại [1]. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng cảm biến từ trường là công cụ hữu ích trong việc phát hiện các vật thể kim loại lớn, như xe quân sự, nhờ vào khả năng nhạy cảm với sự thay đổi từ trường của các đối tượng này [2, 3].

Mặc dù các phương pháp phân loại truyền thống dựa trên ngưỡng vẫn được sử dụng nhờ tính đơn giản và dễ dàng triển khai, chúng thường không hiệu quả trong các môi trường có nhiều yếu tố gây nhiễu hoặc khi có sự di chuyển của nhiều đối tượng cùng lúc [4]. Vì lý do này, nhiều nghiên cứu đã chuyển sang sử dụng các thuật toán học máy để giải quyết vấn đề này, đặc biệt là với các mô hình phân loại có khả năng học và tổng quát tốt trong môi trường phức tạp [5].

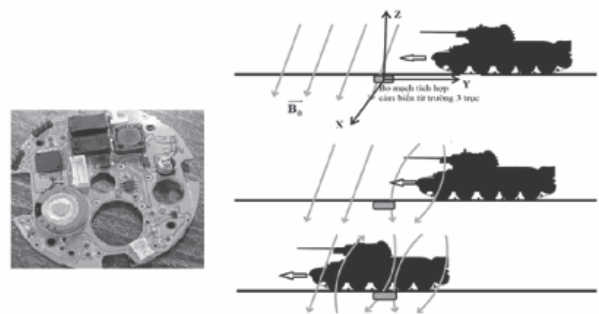
Trong số các phương pháp học máy được sử dụng, Mạng Nơ-ron (Neural Networks) đã được chứng minh là công cụ mạnh mẽ và hiệu quả trong việc phân loại và phân tích các dữ liệu phức tạp, đặc biệt là khi dữ liệu có sự thay đổi theo thời gian hoặc các yếu tố nhiễu từ môi trường [6, 7].

Mục tiêu của nghiên cứu này là phát triển một giải thuật phân loại sử dụng Mạng Nơ-ron có khả năng phân biệt sự di chuyển của xe quân sự so với xe dân sự, cụ thể ở đây là xe tăng T54 và xe hơi dân sự. Đặc trưng tín hiệu xây dựng trên các đặc trưng thống kê trong cửa

số khảo sát – được không chế bởi kỹ thuật cài đặt ngưỡng. Việc sử dụng Mạng Nơ-ron trên đặc trưng tín hiệu với số chiều hạn chế đảm bảo khả năng triển khai trên các hệ thống nhúng với khả năng tính toán hạn chế.

2. THU THẬP DỮ LIỆU VÀ TRÍCH XUẤT ĐẶC TRƯNG

2.1. Xây dựng thí nghiệm thu thập dữ liệu



Hình 1. Bo mạch phát triển tích hợp cảm biến từ trường 3 trục (trái) và sơ đồ bố trí thí nghiệm thu thập tín hiệu của mục tiêu (phải).

Trong nghiên cứu này, một bo mạch phát triển tích hợp cảm biến từ trường 3 trục loại bán dẫn LIS3MDL được phát triển và trong thí nghiệm được cố định trên mặt đất – trên đường di chuyển của đối tượng mục tiêu, với tần số lấy mẫu là 80 Hz. Khi bo mạch thu nhận tín hiệu được bố trí cố định, và không có sự di chuyển của các phương tiện cũng như những nguồn phát từ lớn, giá trị từ trường đo được bởi cảm biến là từ trường trái đất tại vị trí quan sát. Khi phương tiện cơ giới đi qua vị trí quan sát, nó làm thay đổi từ trường xung quanh cảm biến do các phương tiện này được cấu tạo bởi một lượng lớn các thành phần mang từ trường như khung thép, động cơ, v.v... Quá trình thay đổi từ trường này được mô tả như trong hình 1. Thực nghiệm được diễn ra tại Vĩnh Yên với các xe tăng T54 và các xe hơi dân sự.

2.2. Biến đổi và trích xuất đặc trưng tín hiệu

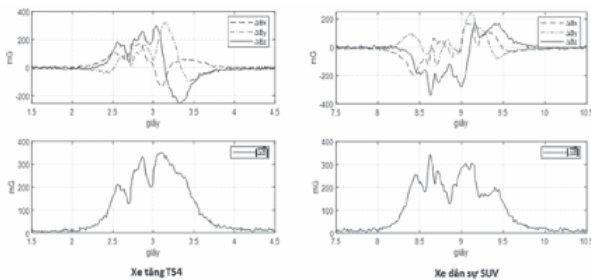
Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng các thuật chính: Ngưỡng và Chuẩn hóa cho biến thiên từ trường kết hợp với các đặc tính thống kê.

Theo đó, tại từng thời điểm đo, hệ thống xác định vector biến thiên từ trường:

$$\overline{\Delta B} = (\Delta B_x, \Delta B_y, \Delta B_z) = \overline{B} - \overline{B}_0 = (B_x - B_{xe}, B_y - B_{ye}, B_z - B_{ze}) \quad (1)$$

Ở đây, $\overline{B}_0 = (B_{xe}, B_{ye}, B_{ze})$ là vector từ trường trái đất tại vị trí quan sát; $\overline{B} = (B_x, B_y, B_z)$ là kết quả đo vector từ trường tức thời tại vị trí quan sát.

Hình 2 mô tả một số ví dụ dữ liệu biến thiên từ trường đo được trong các trường hợp sử dụng phương tiện quân sự T54 và xe hơi dân sự SUV.



Hình 2. Dữ liệu thay đổi từ trường theo 3 trục và biên độ thay đổi từ trường dưới tác động của xe tăng T54 và xe hơi dân sự SUV.

Có thể nhận thấy rằng, mức biên độ từ trường gây ra bởi xe tăng T54 và xe hơi dân sự SUV là tương đối giống nhau (vào khoảng 400 mG), mặc dù trọng lượng của xe tăng T54 là lớn hơn đáng kể so với xe hơi dân sự. Điều này có thể giải thích bởi, gầm của xe hơi dân sự thấp hơn so với gầm của xe tăng T54, dẫn tới một số nguồn từ trường của xe hơi được bố trí sát mặt đất hơn nhiều so với T54, theo đó tác động lên độ lớn của biên độ biến thiên từ

trường. Do đó, để có thể xây dựng thuật toán phân biệt sự di chuyển của hai đối tượng này qua cảm biến từ trường, cần trích xuất những đặc trưng cần thiết. Mặt khác, cần chú ý rằng, vận tốc di chuyển của các đối tượng mục tiêu khác nhau nên các đặc trưng trích xuất cũng không bị hạn chế bởi số lượng mẫu cũng như tốc độ lấy mẫu.

Kỹ thuật ngưỡng: Kỹ thuật Ngưỡng được sử dụng để phát hiện sự thay đổi đột ngột của tín hiệu từ trường, cho thấy sự hiện diện của một vật thể kim loại lớn. Ngưỡng T [mG] được xác định từ các thử nghiệm thực nghiệm, theo đó T = 50 mG. Theo đó, cửa sổ khảo sát được giới hạn bởi bất đẳng thức:

$$|\overline{\Delta B}| \geq T \quad (2)$$

Từ đó, với mỗi dữ liệu thực nghiệm, ta xác định được cửa sổ khảo sát với các mẫu đo (hình 3):

$$(\Delta B_{x1}, \Delta B_{y1}, \Delta B_{z1}), (\Delta B_{x2}, \Delta B_{y2}, \Delta B_{z2}), \dots, (\Delta B_{xN}, \Delta B_{yN}, \Delta B_{zN})$$

Chuẩn hóa tín hiệu: Vì các đối tượng mục tiêu xe quân sự khác nhau đáng kể cả về khối lượng lẫn cấu trúc xe, nên các dữ liệu biên độ từ trường theo 3 trục cần được chuẩn hóa. Mặt khác, liên quan đến việc bố trí cảm biến nên vị trí các trục x, y có thể bị thay đổi một cách ngẫu nhiên. Để chuẩn hóa và cân bằng dữ liệu, chúng tôi áp dụng kỹ thuật Chuẩn hóa cho sự biến thiên của tỷ lệ từ trường trên trục z so với các trục x, y.

$$m_i = \frac{\Delta B_{zi}}{\sqrt{(\Delta B_{xi}^2 + \Delta B_{yi}^2 + \Delta B_{zi}^2)}}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Xây dựng đặc trưng tín hiệu: Trong nghiên cứu của chúng tôi, để giảm ảnh hưởng

của các yếu tố môi trường, vị trí cài đặt cũng như sự khác biệt về vận tốc di chuyển của các đối tượng mục tiêu. Các đặc trưng thống kê sau đây được sử dụng [8].

- Giá trị trung bình:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i \quad (4)$$

- Độ lệch chuẩn:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (m_i - \mu)^2} \quad (5)$$

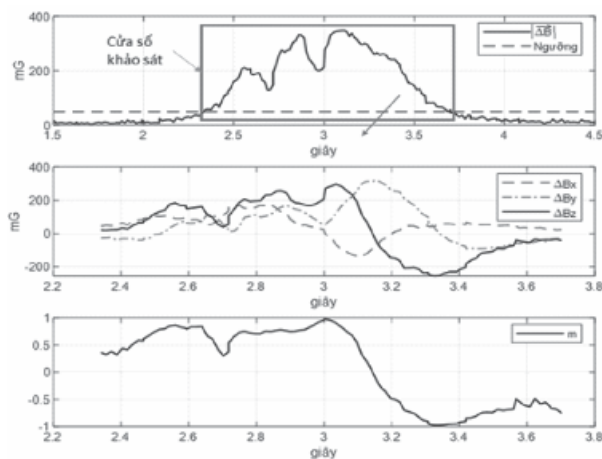
- Hệ số bất đối xứng (Skewness):

$$s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{m_i - \mu}{\sigma} \right)^3 \quad (6)$$

- Độ nhọn (Kurtosis):

$$\kappa = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{m_i - \mu}{\sigma} \right)^4 \quad (7)$$

Theo đó, một tập hợp dữ liệu thu được với vector đặc trưng $X = (\mu, \sigma, s, \kappa)$ được gán nhãn $Y = 1$ nếu đó là đặc trưng của xe quân sự T54, và gán nhãn $Y = -1$ nếu đó là đặc trưng của xe hơi dân sự.

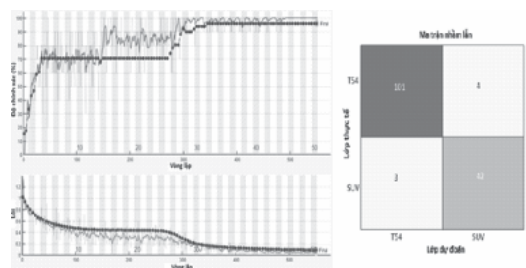


Hình 3. Cài đặt ngưỡng và chuẩn hóa dữ liệu cho cửa sổ khảo sát

3. ĐÀO TẠO VÀ KẾT QUẢ PHÂN LOẠI DỮ LIỆU

Mạng Nơ-ron trong nghiên cứu có cấu trúc bao gồm 4 đầu vào, tương ứng với số chiều của đặc trưng $X = (\mu, \sigma, s, \kappa)$; 03 nơ-ron ở lớp ẩn, và 02 đầu ra. Mạng nơ-ron thực hiện chuẩn hóa Z-score cho dữ liệu đầu vào, giúp đưa các đặc trưng về cùng một quy mô, tránh tình trạng đặc trưng nào đó có giá trị quá lớn ảnh hưởng đến quá trình huấn luyện. Tập dữ liệu gồm 500 kết quả đo lường, trong đó có 350 mẫu thuộc về T54 và 150 mẫu thuộc về xe hơi dân sự SUV. Tập dữ liệu này được chia thành hai phần ngẫu nhiên theo tỉ lệ: 70% cho việc huấn luyện mạng Nơ-ron và 30% còn lại cho việc kiểm tra. Việc huấn luyện dữ liệu được thực hiện với sự giúp đỡ của phần mềm MATLAB. Hình 4 mô tả Biểu đồ lỗi theo từng vòng lặp trong quá trình đào tạo dữ liệu và Ma trận nhầm lẫn – đánh giá kết quả hoạt động của mô hình phân lớp.

Kết quả đánh giá cho thấy, độ chính xác của mô hình phân lớp đạt tới 94,8 %. Cần nhấn mạnh rằng, độ chính xác này đạt được là do sự hạn chế của số dữ liệu đo. Kết quả đánh giá này cũng chỉ ra sự hữu dụng trong việc sử dụng các đặc tính thống kê của tín hiệu và mô hình phân loại trên Mạng Nơ-ron trong áp dụng thực tế, để phân biệt sự di chuyển của phương tiện quân sự là xe tăng so với các phương tiện xe hơi dân sự.



Hình 4. Biểu đồ lỗi trong quá trình Huấn luyện mạng Nơ-ron (trái) và Ma trận nhầm lẫn của Mạng Nơ-ron sau khi được huấn luyện (phải)

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã xây dựng và thử nghiệm một giải thuật mới dựa trên Mạng Nơ-ron để phân loại tín hiệu từ trường nhằm phát hiện và phân biệt các phương tiện quân sự, đặc biệt là xe tăng, thông qua cảm biến từ trường ba trục. Bằng cách sử dụng các đặc trưng thống kê từ tín hiệu từ trường, mô hình đã đạt được độ chính xác 94,8 % trong phân loại xe quân sự và xe dân sự, ngay cả khi hoạt động trong các môi trường có nhiễu nhiều.

Kết quả của phương pháp này chứng tỏ tiềm năng trong việc ứng dụng cho các hệ thống giám sát an ninh quốc phòng, nơi các yêu cầu về tiết kiệm năng lượng và hiệu quả triển khai là rất quan trọng. Kết quả nghiên cứu cũng gợi mở hướng phát triển thuật toán trong các tình huống thực tế phức tạp hơn, chẳng hạn như phân loại nhiều loại phương tiện quân sự với các đặc trưng di chuyển khác nhau. ❖

Ngày nhận bài: **12/11/2024**

Ngày phản biện: **09/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Marcin Bugdol, Zuzanna Segiet, Michał Kręćchwost, “*Vehicle detection system using magnetic sensors*”. *Transport Problems* 9(1):49-60, 2014.

[2]. Vytautas Markevicius et. al., “*Dynamic Vehicle Detection via the Use of Magnetic Field Sensors*”. *Sensors* 16(1), 2016.

[3]. Kritika Malhotra, Yankit Kumar, “*Challenges to implement Machine Learning in Embedded Systems*”. Conference: 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN), 2020.

[4]. Lindsey A. Bowman et. al., “*Vehicle Detection and Attribution from a Multi-Sensor Dataset Using a Rule-Based Approach Combined with Data Fusion*”. *Sensors*, 23(21), 8811, 2023.

[5]. Tatsuya Kaneko et. al., “*A study on a low power optimization algorithm for an edge-AI device*”. *Nonlinear Theory and Its Applications IEICE*, 10(4):373-389, 2019.

[6]. Qin Qiu, “*The application of neural network algorithm and embedded system in computer distance teach system*”. *Journal of Intelligent Systems*, 31(1):148-158, 2022.

[7]. Bahareh Khabbazan, Sattar Mirzakuchaki, “*Design and Implementation of a Low-Power, Embedded CNN Accelerator on a Low-end FPGA*”. 22nd Euromicro Conference on Digital System Design (DSD), 2019.

[8]. Jain, A.K., Duin, R.P., & Mao, “*Statistical Pattern Recognition: A Review*”. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(1), 4-37, 2000.

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN LỰC CẮT KHI GIA CÔNG THÉP SUS316L TRÊN MÁY TIỆN CNC

EFFECT OF TECHNOLOGY PARAMETERS ON CUTTING FORCE DURING PROCESSING SUS316L STEEL ON CNC LATHE

ThS. Nguyễn Văn Trúc, ThS. Nguyễn Tiến Dũng
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

Email: nvtruc@uneti.edu.vn / dungnt@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của chế độ cắt đến lực cắt khi gia công thép SUS316L trên máy tiện ROTURN 400 C với dao hợp kim cứng. Tác giả đã sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm để xây dựng mô hình toán học mô tả ảnh hưởng của thông số vận tốc cắt và lượng chạy dao đến lực cắt trong quá trình gia công. Kết quả nghiên cứu có thể được áp dụng trong sản xuất và là cơ sở để ứng dụng cho các vật liệu tương tự.

Từ khóa: Thông số công nghệ; Lực cắt; Thép SUS316L.

ABSTRACT

This article presents the experimental research results on the influence of cutting parameters on cutting forces during the machining of SUS316L steel on a ROTURN 400 C lathe using a carbide cutting tool. The author employed an experimental planning method to develop a mathematical model describing the effects of cutting speed and feed rate parameters on cutting forces during the machining process. The research results can be applied in production and serve as a basis for application to similar materials.

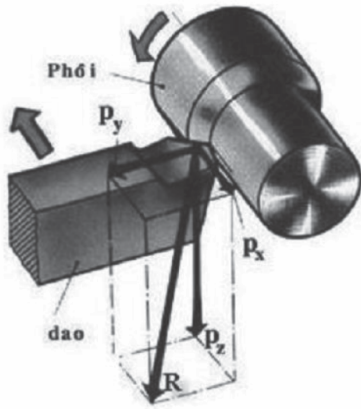
Keywords: Technological parameters; Cutting force; SUS316L steel.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo [1], trong quá trình cắt kim loại, để tách phoi và thắng được ma sát cần có lực. Lực sinh ra trong quá trình cắt gọi là lực cắt, là động lực cần thiết nhằm thực hiện quá trình biến dạng nhằm phá hủy liên kết trong nội bộ kim loại và thắng lực ma sát. Việc nghiên cứu lực cắt trong quá trình gia công vật liệu có ý nghĩa cả về lý thuyết và thực tiễn. Trong thực

tế, những nhận thức về lực cắt rất quan trọng để thiết kế dụng cụ cắt, thiết kế đồ gá, tính toán và thiết kế máy móc, thiết bị...

Do ảnh hưởng của các hiện tượng vật lý xảy ra trong quá trình cắt nên trị số và phương của hợp lực P luôn luôn thay đổi. Để tiện cho việc nghiên cứu, người ta thường phân tích hợp lực P thành 03 thành phần: P_z , P_x , P_y theo hệ tọa độ Đề-các như Hình 1 [1].



Hình 1. Các thành phần lực

Trong nghiên cứu này làm rõ ảnh hưởng của hai thông số công nghệ cơ bản là vận tốc cắt v và lượng chạy dao s đến lực cắt chính F_z khi gia công thép SUS316L trên máy tiện ROTURN 400 C.

2. TRANG THIẾT BỊ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

Các thí nghiệm được tiến hành trên máy tiện ROTURN 400 C có: tốc độ trục chính $50\div 3000$ (v/ph), hành trình trục x là 200mm, hành

2.1. Mẫu thí nghiệm

Bảng 2. Thành phần hóa học mác vật liệu SUS316L

Mác vật liệu	Thành phần hóa học trung bình các nguyên tố (%)							
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
SUS316L	0.03	2	0.045	0.03	1	16÷18	10÷14	2÷3

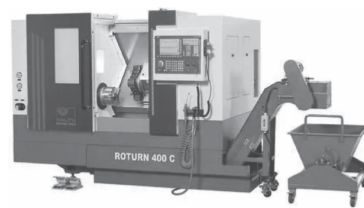
Vật liệu thí nghiệm là thép SUS316L có tính chống chịu ăn mòn cao và khả năng chịu nhiệt tốt. Kết quả phân tích thành phần hóa học của mẫu thép SUS316L như bảng 2.

Thép SUS316L được sử dụng làm thiết

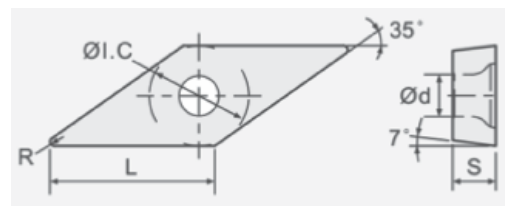
trình trục z là 450mm, công suất động cơ 7,5 kW. Dụng cụ cắt là mảnh hợp kim của hãng Chain.

Bảng 1. Thông số mảnh dao

Thông số	Kích thước (mm)
L	16,5
S	4,67
IC	9,525
d	4,4



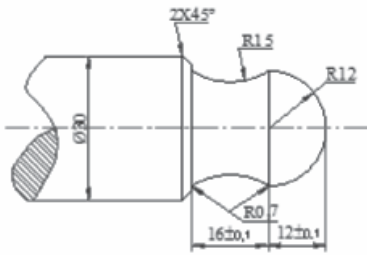
Hình 2. Máy tiện ROTURN 400 C



Hình 3. Mảnh dao VCMT160400

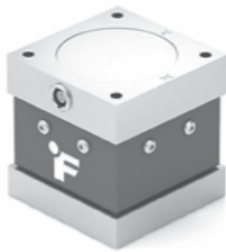
bị y tế, trong các môi trường yêu cầu độ sạch nghiêm ngặt của sản phẩm hoặc trong ngành thực phẩm và đặc biệt trong các môi trường chứa nhiều Clorua. Mẫu thực nghiệm đáp ứng điều kiện thí nghiệm.





Hình 4. Chi tiết gia công

2.2. Thiết bị đo



Hình 5. Cảm biến lực 3 trục MTA400 Futek

Bảng 3. Thông số kỹ thuật máy đo lực 3 trục MTA400 Futek

Thông số	Giá trị
Khoảng đo (F_x, F_y)	250lb/1134N
Khoảng đo (F_z)	500lb/2268N
Quá tải an toàn	150%
Độ cân bằng	±3%

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thí nghiệm

Với hai thông số đầu vào sẽ thay đổi của quá trình thí nghiệm (v và s) sẽ có $2^k = 2^2 = 4$ điểm thí nghiệm gốc (ở mức mã hóa -1 và +1); và nên lựa chọn ít nhất 3 điểm trung tâm (ở mức mã hóa 0) [2]. Như vậy, kế hoạch thí nghiệm sẽ bao gồm 7 điểm và được sắp xếp như trong bảng 4.

Giá trị các thông số v, s trong quá trình thí nghiệm được chọn theo kinh nghiệm thực tế trong sản xuất và phù hợp với loại máy đang sử dụng thí nghiệm. Tiến hành thí nghiệm theo trình tự đã thiết kế với giá trị của các biến tại các mức như trong bảng 3, chiều sâu cắt đặt cố định $t = 0,4$ mm; mỗi thí nghiệm tiến hành 3 lần, sau đó lấy giá trị trung bình [3].

Bảng 4. Số liệu thực nghiệm

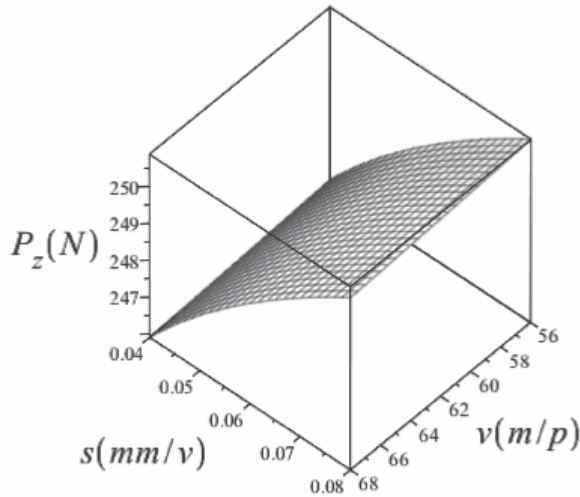
TT TN	Biến mã hóa		Biến thực nghiệm		Lực cắt P_z (N)
	x_1	x_2	v (m/p)	s (mm/v)	
1	-1	-1	56	0,04	250,5
2	0	0	62	0,06	252,5
3	0	0	62	0,06	252,7
4	-1	+1	56	0,08	254,3
5	+1	-1	68	0,04	250,2
6	0	0	62	0,06	252,6
7	+1	+1	68	0,08	254

3.2. Kết quả

Sau khi xử lý số liệu, kiểm tra khả năng làm việc của mô hình và loại bỏ các hệ số không đủ mức ý nghĩa, ta thu được mô hình lực cắt như sau:

$$P_z = 275,365 \cdot v^{-0,00609} \cdot s^{0,02177}$$

Quan hệ giữa lực cắt và chế độ gia công là hàm mũ, lượng chạy dao ảnh hưởng đến lực cắt nhiều hơn phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết trước đó [4].



Hình 6. Ảnh hưởng của chế độ gia công đến lực cắt

4. KẾT LUẬN

Từ một số kết quả đã thực hiện trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu rút ra một số kết luận khi gia công thép SUS316L trên máy tiện ROTURN 400 C bằng dao đầu hợp kim cứng như sau:

Cả v , s đều có ảnh hưởng đáng kể đến P_z . Lượng chạy dao s ảnh hưởng lớn đến lực cắt chính, lượng chạy dao càng lớn thì lực cắt càng lớn. Vận tốc cắt v ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt và vận tốc càng lớn thì lực càng nhỏ và ngược lại.

Có thể ứng dụng kết quả trên vào trong thực tế sản xuất. Từ kết quả thí nghiệm trong bảng 3, trong nghiên cứu tiếp theo chúng tôi sẽ tiến hành nghiên cứu bổ sung yếu tố ảnh hưởng là chiều sâu cắt t và sử dụng thuật giải tối ưu để tìm giá trị tối ưu của bộ thông số v , s và t nhằm nâng cao được năng suất và độ bóng bề mặt gia công. ❖

Ngày nhận bài: 28/11/2024

Ngày phản biện: 25/12/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bành Tiên Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy, “Nguyên lý gia công vật liệu”. NXB. Khoa học Kỹ thuật (2013).
- [2]. Trần Văn Địch, “Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2003.
- [3]. Nguyễn Tiên Thọ, “Kỹ thuật đo lường và kiểm tra trong chế tạo máy”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [4]. Harish Kumar, Mohd. Abbas, Dr. Aas Mohammad, Hasan Zakir Jafri (2013), “Optimization of cutting parameters in CNC Turning”. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), ISSN: 2248-9622, Vol. 3, Issue 3, May-Jun 2013, pp.331-334, www.ijera.com.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ BỐ TRÍ CHUNG XE THIẾT GIÁP BÁNH XÍCH

STUDY ON DESIGN OF GENERAL LAYOUT OF TRACKED ARMoured VEHICLE

Tô Viết Thành

Viện Cơ khí Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: tovietthanh179@gmail.com

TÓM TẮT

Hiện nay, quân đội ta được trang bị một số loại xe thiết giáp bánh xích như BMP-1, BMP-2, M-113... Tuy nhiên các loại xe này có số lượng ít và hầu hết đã xuống cấp, lạc hậu. Việc thiết kế, chế tạo xe thiết giáp bánh xích là nhiệm vụ cấp thiết, nâng cao năng lực thiết kế, chế tạo của ngành công nghiệp quốc phòng góp phần hiện đại hóa vũ khí trang bị. Trong đó, thiết kế bố trí chung mang tính quyết định, ảnh hưởng trực tiếp đến toàn bộ quá trình thiết kế xe. Bài báo phân tích, đánh giá, lựa chọn phương án bố trí chung xe thiết giáp bánh xích và trình bày các kết quả tính toán thiết kế bố trí chung: xác định tọa độ trọng tâm, đánh giá chất lượng động lực học của xe theo phương án bố trí chung đã chọn.

Từ khoá: Xe thiết giáp; Bố trí chung; Chất lượng động lực học.

ABSTRACT

Currently, our army is equipped with a number of tracked armoured vehicles such as BMP-1, BMP-2, M-113... However, these vehicles are few in number and most of them are degraded and outdated. The design and manufacture of tracked armoured vehicles is an urgent task, improving the design and manufacturing capacity of the defense industry, contributing to the modernization of weapons and equipment. In which the general layout design is decisive, directly affecting the entire vehicle design process. The article analyzes, evaluates, selects the general layout of tracked armoured vehicles and present the results of calculation of the general layout: determining the centre coordinates, evaluating the dynamics quality of the vehicle according to the selected general layout plan.

Keywords: Armoured vehicle; General layout; Dynamics quality.

1. MỞ ĐẦU

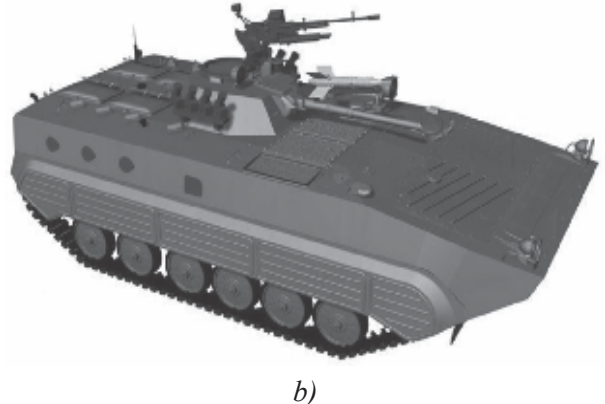
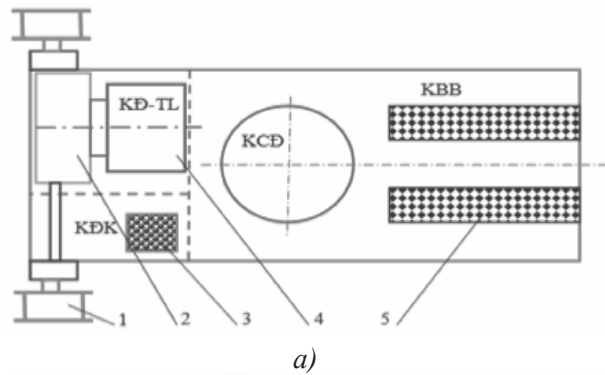
Xe thiết giáp bánh xích sản xuất tại Việt Nam được thiết kế dựa trên mẫu xe chiến đấu bộ binh BMP-1, trong đó cũng có một số thay đổi so với xe mẫu như về mẫu mã công nghiệp, các hệ thống vũ khí, khí tài, trang thiết bị hỗ trợ khác để nâng cao sức mạnh hỏa lực, khả năng tự bảo vệ của xe. Bố trí chung xe thiết giáp bánh xích là việc sắp xếp vị trí các thành viên, vũ khí, các cụm hệ thống trên xe đảm bảo các chỉ tiêu tính năng chiến kỹ thuật cao nhất của xe. Bố trí chung xe phải đáp ứng các yêu cầu cơ bản: Sức mạnh hỏa lực; Khả năng cơ động; Khả năng bảo vệ; Thuận tiện cho hoạt động của kíp xe; Thuận tiện trong bảo dưỡng sửa chữa. Cơ sở để tính toán thiết kế bố trí chung là các tính năng chiến kỹ thuật của xe, dự kiến đối với xe thiết kế như trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính năng chiến kỹ thuật của xe

Thông số	Tính năng	Thông số	Tính năng
Trọng lượng chiến đấu (tấn)	13.5	Vượt dốc lớn nhất (độ)	35
Thành viên kíp xe	11	Vượt hào rộng (m)	2.5
Công suất riêng (KW/tấn)	16	Vượt tường (m)	0.7
Kích thước (DxRxC, m)	6.7 x 2.9 x 2.1	Khoảng sáng gầm xe (m)	0.37
Tốc độ trung bình (km/h)	40	Tốc độ bơi lớn nhất (km/h)	7
Tốc độ lớn nhất (km/h)	65		

2. PHÂN TÍCH, LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ CHUNG

Qua khảo sát phương án bố trí chung trên các xe chiến đấu bộ binh thông dụng của các nước hiện nay và căn cứ tính năng chiến kỹ thuật của xe thiết kế đã được xây dựng, tác giả đề xuất sử dụng phương án bố trí chung như trên Hình 1, xe được chia thành các khoang: Khoang Động truyền lực; Khoang điều khiển; Khoang chiến đấu; Khoang bộ binh. Phương án này đảm bảo khả năng cơ động, đặc biệt khả năng bơi nước, khả năng bảo vệ cho kíp xe, khả năng tác chiến của bộ binh.



Hình 1. a) Sơ đồ bố trí chung xe thiết kế; b) Cấu hình tổng thể xe thiết kế.
 1. Bánh sao chủ động; 2. Hộp số;
 3. Khoang điều khiển; 4. Khoang Động truyền lực;
 5. Khoang bộ binh.

Cấu hình cơ bản được lựa chọn cho xe thiết kế thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Cấu hình cơ bản của xe thiết kế

TT	Cụm, hệ thống chính	Đặc điểm
1	Thiết bị động lực: Động cơ Doosan DL-08	+ Công suất lớn nhất: 250 Kw + Mô men lớn nhất: 1323 N.m
2	Hệ thống truyền lực	Cơ khí
	- Ly hợp chính - Hộp số: Cơ khí, 5 số tiến, 1 số lùi, trục chủ động vuông góc với các trục còn lại - Cơ cấu quay vòng: Kiểu hành tinh 2 bậc - Truyền lực cạnh	- Ma sát khô - Tỷ số truyền $i_I = 4.393$, $i_{II} = 2.429$, $i_{III} = 1.673$, $i_{IV} = 1.078$, $i_V = 0.73$, $i_{VI} = 4.393$ - Tỷ số truyền chậm 1.44 - Kiểu hành tinh, tỉ số truyền 5.5
3	Phần vận hành	Dẫn tiến xích + hệ thống treo độc lập
4	Phần vũ khí: Pháo chính 73mm, súng máy 7.3mm	Tích hợp súng máy PK 12.7mm, 2 giàn phóng đạn khói, lưới B40 chống đạn
5	Cơ cấu bơi	Bơi bằng dải xích

3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BỐ TRÍ CHUNG

*Thiết kế vỏ giáp thân xe

Vỏ giáp thân xe có công dụng bảo vệ người và trang bị được an toàn trước các loại vũ khí sát thương, đồng thời để lắp đặt các cụm hệ thống và tháp pháo của xe. Kết cấu vỏ giáp thân xe cần phải có độ cứng lớn, độ bền tốt. Độ cứng tạo ra sức cản lớn đối với sự xuyên của viên đạn vào vỏ giáp, sức cản đó có thể gây ra sự phá hủy của viên đạn hoặc làm cho viên đạn bị trượt đi (hiện tượng thía lia của viên đạn). Độ bền bảo đảm vỏ giáp chịu được tải trọng va đập lớn, không bị phá hủy, rạn nứt từ bên trong các tấm thép của vỏ giáp. Ba yếu tố quyết định đến vấn đề này là vật liệu làm vỏ giáp, chiều dày chống đạn và kết cấu của vỏ giáp.

- Lựa chọn vật liệu vỏ giáp: Qua khảo sát kết quả nghiên cứu và thử nghiệm về khả năng chống đạn của vỏ thép chế tạo xe thiết giáp theo tiêu chuẩn STANAG 4569 của NATO đối với thép ARMSTAL của nhà sản xuất HSJ SA – Ba Lan, thép XAR 500 PREMIUM, thép PERFORM của nhà sản xuất ThyssenKrupp – Cộng hòa Liên bang Đức được thực hiện bởi Viện Kỹ thuật Thiết giáp và ô tô quân sự Ba Lan và Trung tâm thử nghiệm H.P. WHITE của Mỹ, tác giả lựa chọn vật liệu chế tạo vỏ giáp xe thiết giáp bánh xích là thép XAR 500 PREMIUM có thành phần hóa học và cơ tính như trên Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hóa học và cơ tính của thép XAR 500 PREMIUM

Thành phần hóa học chủ yếu (%)								Cơ tính		
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Giới hạn chảy (N/mm ²)	Độ bền kéo (N/mm ²)	Độ giãn dài (%)
<0.28	<0.8	<1.5	<0.025	<0.01	<1.0	<0.5	<1.5	1250	1650	9

- Xác định chiều dày chống đạn: Độ dày của vỏ giáp thiết kế phụ thuộc vào vật liệu và yêu cầu cấp độ khả năng bảo vệ, việc lựa chọn độ dày các khu vực của vỏ giáp dựa trên khả năng xác suất khu vực bị phá hủy của vỏ giáp như trên Bảng 4.

Riêng phần đáy xe lựa chọn theo yêu cầu chống các loại mìn chống tăng phổ biến. Từ đó, tác giả xác định độ dày vỏ giáp ở các vị trí trên thân xe như trong Bảng 5.

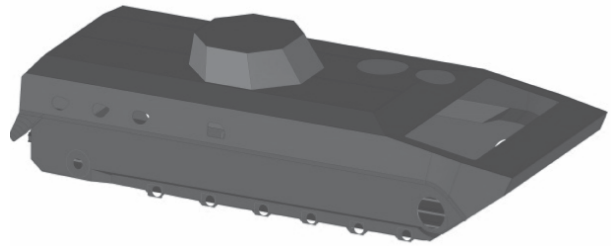
Bảng 4. Phân bố xác suất phá hủy của vỏ giáp

TT	Vị trí	Tỷ lệ
1	Mũi xe	35%
2	Hai bên sườn xe	23%
3	Đuôi xe	2%

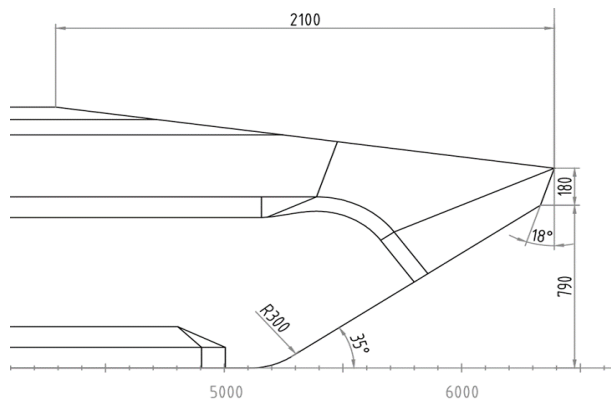
Bảng 5. Độ dày của vỏ giáp xe thiết kế

TT	Vị trí vỏ giáp	Chiều dày (mm)
1	Mũi xe cả nửa trên và nửa dưới	16
2	Hai bên sườn xe: thân trên và thân dưới	16
3	Mặt trên thân xe	5
4	Đáy xe	5

- Hình dáng vỏ giáp thân xe: Qua các phân tích ở trên, tác giả thiết kế kết cấu vỏ giáp hoàn thiện như trên Hình 2, 3. Trong đó, kết cấu thân xe tháp pháo được chế tạo bằng phương pháp hàn các tấm thép với nhau. Kết cấu vỏ giáp thiết kế ngoài việc đảm bảo các yêu cầu đã nêu còn nâng cao tính năng thông qua của xe, đặc biệt khi xe thực hiện chuyển động bơi nước như tăng khả năng cơ động lên bờ xuống bến, tăng khả năng nổi của xe.



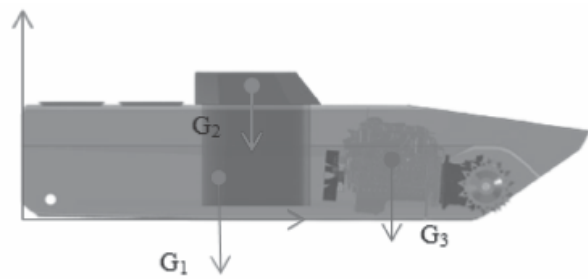
Hình 2. Kết cấu 3D thân xe, tháp pháo



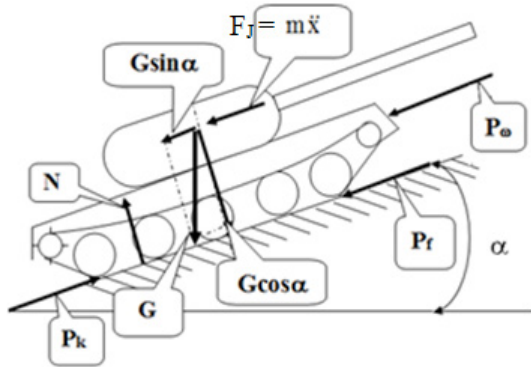
Hình 3. Hình chiếu 2D phần mũi xe (trên mặt phẳng dọc xe)

***Xác định khối lượng và tọa độ trọng tâm xe**

Trên cơ sở bố trí chung và cấu hình xe, tiến hành xây dựng mô hình 3D của các cụm hệ thống chính của xe gồm: Thân xe, tháp pháo, hệ thống động truyền lực, phần vận hành, làm cơ sở xác định khối lượng xe và tọa độ trọng tâm xe bằng phần mềm Autodesk Inventor. Sơ đồ xác định và tọa độ trọng tâm xe thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Mô hình 3D xác định tọa độ trọng tâm



Hình 5. Mô hình khảo sát động lực học chuyển động thẳng xe thiết kế

Trong đó: G_1 – Trọng lượng thân xe tính cả phần vận hành và các cụm hệ thống hỗ trợ khác, G_2 – Trọng lượng phần tháp pháo, G_3 – Trọng lượng hệ thống động truyền lực.

Bảng 6. Các thông số thiết kế bố trí chung

TT	Thông số	Giá trị
1	Khối lượng tổng cộng (kg)	13.500
2	Tọa độ trọng tâm theo phương x (m)	2,978
3	Tọa độ trọng tâm theo phương z (m)	1,012

***Khảo sát động lực học chuyển động thẳng**

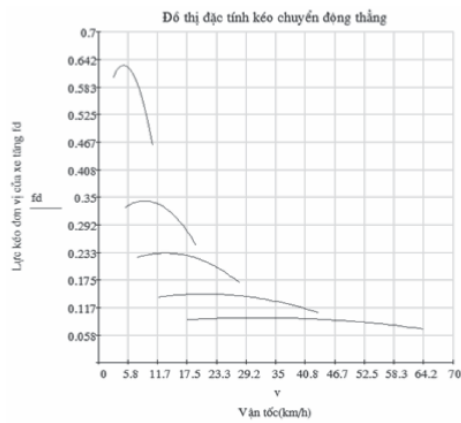
Mô hình khảo sát động lực học chuyển động thẳng của xe thể hiện trên Hình 5.

Trong đó: G – Trọng lượng xe; N – Phản lực pháp tuyến; P_k – Lực kéo; P_0 – Lực cản không khí; P_f – Lực cản chuyển động; F_j – Lực quán tính; α – Góc dốc. Chấp nhận một số giả thiết như: bài toán được giải ở dạng mô hình phẳng, khảo sát chuyển động của thân xe như một chất điểm có khối lượng đặt tại trọng tâm thân xe; bỏ qua ảnh hưởng của lực cản không khí. Ta có:

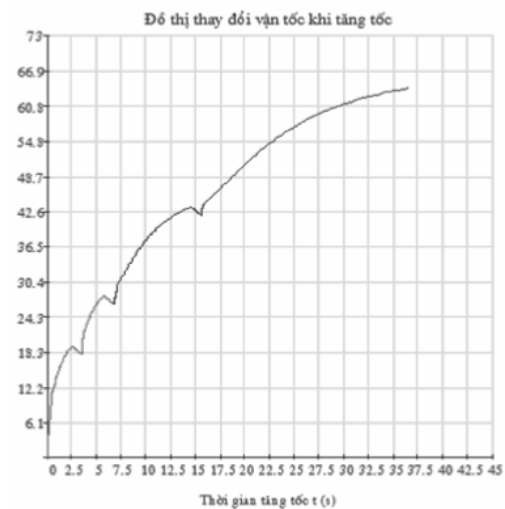
$$P_k = P_f + G \cdot \sin \alpha + m\ddot{x} \quad (1)$$

Để giải phương trình (1) sử dụng định lý về biến đổi động năng của hệ thống dưới dạng vi phân trình bày trong tài liệu [1], lập trình tính toán thu được các kết quả trên Hình 6, 7.

Kết quả tính toán thu được chỉ ra rằng xe thiết kế đảm bảo chất lượng động lực học chuyển động như yêu cầu về tính năng chiến kỹ thuật của xe.



Hình 6. Đặc tính kéo chuyển động thẳng xe thiết kế

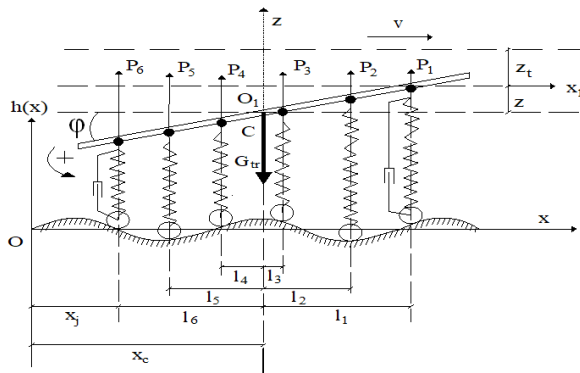


Hình 7. Đặc tính tăng tốc xe thiết kế

***Khảo sát độ êm dịu chuyển động**

Khảo sát độ êm dịu chuyển động của xe thiết kế nhằm đánh giá ảnh hưởng của dao động thẳng đứng đến các thành viên kíp xe và trang thiết bị lắp trên xe.

Mô hình khảo sát dao động thẳng đứng của xe thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Mô hình khảo sát dao động thẳng đứng của xe thiết kế

Hệ phương trình vi phân mô tả dao động gồm 3 phương trình (2), (3), (4):

$$x = v.t \tag{2}$$

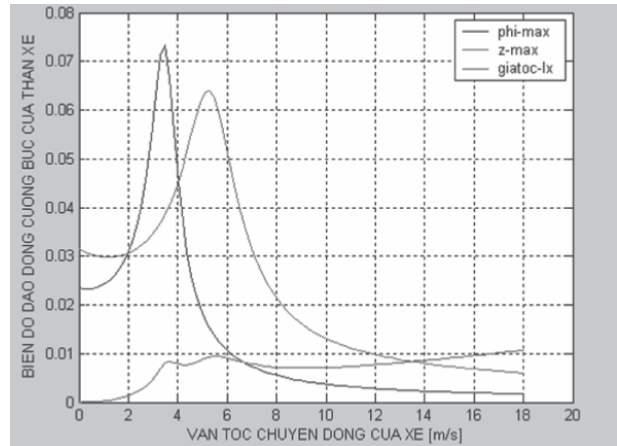
$$m_{tr} \cdot \ddot{z} = \sum_{j=1}^{2n} P_j (f_j, \dot{f}_j) G_{tr} \tag{3}$$

$$I_{tr} \cdot \ddot{\varphi} = \sum_{j=1}^{2n} P_j (f_j, \dot{f}_j) I_j \tag{4}$$

Trong đó: m_{tr} – Khối lượng phần treo;

\ddot{z} - Gia tốc thẳng đứng phần treo; I_{tr} - Mô men quán tính khối lượng phần treo trong mặt phẳng dọc đi qua trục ngang thân xe; $\ddot{\varphi}$ - Gia tốc góc dọc của thân xe; P_j – Hợp lực tác dụng từ phần tử đàn hồi và giảm chấn của bánh tì thứ j lên thân xe.

Giải hệ phương trình vi phân, ta thu được các thông số như gia tốc, vận tốc và chuyển dịch của thân xe, xây dựng được đặt tính tần số biên độ.



Hình 9. Đặc tính tần số biên độ dao động tại trọng tâm thân xe

Biên độ lớn nhất $Z_{max} = 0.063m$ tại tốc độ $V = 16.2 \text{ km/h}$. Kết quả khảo sát nằm trong giá trị cho phép về biên độ dao động thẳng đứng lớn nhất của xe [1], trong quá trình khai thác xe cần lưu ý tránh vùng tốc độ chuyển động của xe gần với vùng cộng hưởng trên đồ thị đặc tính tần số biên độ.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng tính năng chiến kỹ thuật của xe thiết kế, phân tích lựa chọn phương án bố trí chung, lựa chọn cấu hình xe, thiết kế 3D các cụm hệ thống chính của xe. Tính toán thiết kế vỏ giáp và các tính toán kiểm nghiệm chất lượng động lực học của xe theo phương án thiết kế. Kết quả tính toán khẳng định bản thiết kế bố trí chung đáp ứng được các tính năng chiến kỹ thuật đặt ra. Hướng phát triển tiếp theo là tiếp tục tính toán thiết kế từng cụm hệ thống cơ bản của xe, thực nghiệm kiểm chứng các nội dung thiết kế, tính toán khả năng bơi nước của xe.

Ngày nhận bài: **09/11/2024**

Ngày phản biện: **10/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Luận, Nguyễn Văn Tàn, Lê Trung Dũng, “*Lý thuyết xe tăng*”. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 1990.
- [2]. Lê Kỳ Nam, Nguyễn Văn Luận, “*Kết cấu và tính toán xe tăng*”. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 1997.
- [3]. Vũ Quốc Bảo, “*Cấu tạo xe tăng – Tập 4*”. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2003.
- [4]. Lê Thanh Tuấn, “*Nghiên cứu thiết kế bố trí chung xe thiết giáp chở quân trên cơ sở ô tô quân sự*”, Luận án tiến sĩ. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2020.
- [5]. Nguyễn Anh Vượng, Tô Viết Thành, “*Xây dựng bộ hồ sơ thiết kế, chế tạo xe thiết giáp bánh xích*”. Đề tài cấp Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, 2021.
- [6]. Đặng Xuân Lâm, “*Cải tiến xe thiết giáp V-100*”. Nhiệm vụ kỹ thuật cấp Bộ Quốc phòng, Viện Kỹ thuật cơ giới Quân sự, Hà Nội, 2013.
- [7]. Bùi Văn Tường, “*Nghiên cứu, thiết kế xe bọc thép bánh lốp đa năng hạng trung 4x4*”. Viện Kỹ thuật cơ giới Quân sự, Hà Nội, 2013.
- [8]. Dương Tiến Minh, “*Nghiên cứu, tính toán, thiết kế xe chiến đấu lục quân hạng nhẹ ICV-44*”. Viện Kỹ thuật cơ giới Quân sự, Hà Nội, 2009.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG LÀM MÁT BẰNG CHẤT LỎNG CHO BIẾN TẦN PHÒNG NỔ SỬ DỤNG TRONG MỎ HÀM LÒ

DESIGN OF LIQUID COOLING SYSTEM FOR EXPLOSION PROOF INVERTER IN UNDERGROUND MINES

Phạm Văn Viều¹, Đào Thị Thủy², Nguyễn Thị Bích Hậu², Trần Văn Hòa³

¹Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất

³Viện Tiêu chuẩn chất lượng Việt Nam

TÓM TẮT

Biến tần phòng nổ nhất là những loại công suất lớn sử dụng trong mỏ hầm lò thì vấn đề tản nhiệt là vấn đề rất quan trọng. Để giải quyết vấn đề này thì hiện nay đã sử dụng giải pháp sử dụng chất lỏng để tản nhiệt và được gọi là biến tần làm mát bằng chất lỏng. Bài báo đi nghiên cứu thiết kế hệ thống làm mát bằng chất lỏng sử dụng cho biến tần phòng nổ điện áp 660V. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng để chế tạo biến tần làm mát bằng chất lỏng để phục vụ khai thác mỏ ở Việt Nam.

Từ khóa: *Biến tần; Làm mát; Chất lỏng.*

ABSTRACT

Explosion-proof inverters used in underground mines, the problem of heat dissipation is very important. To solve this problem, the solution of using liquid to dissipate heat is now used and is called liquid-cooled inverter. This article studies the design of a liquid cooling system for 660V explosion-proof inverters. The research results can be used to manufacture liquid-cooled inverters for mining in Vietnam.

Keywords: *Inverter; Cooling; Liquid.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng hiện tại, hầu hết các mỏ than hầm lò đã sử dụng biến tần để khởi động cho các động cơ bơm nước, quạt gió và băng tải [1]. Biến tần phòng nổ có vỏ phòng nổ bằng thép dày, kích thước nhỏ và làm việc trong môi trường hầm lò

không gian và thông gió bị hạn chế, độ ẩm rất cao dễ bị đọng sương. Do vậy, đối với biến tần phòng nổ công suất lớn dùng trong mỏ hầm lò, vấn đề tản nhiệt là vấn đề rất quan trọng [2].

Hiện tại, có 3 loại nguyên lý tản nhiệt chính cho biến tần là sử dụng hệ thống làm mát bằng cánh tản nhiệt. Hệ thống làm mát bằng

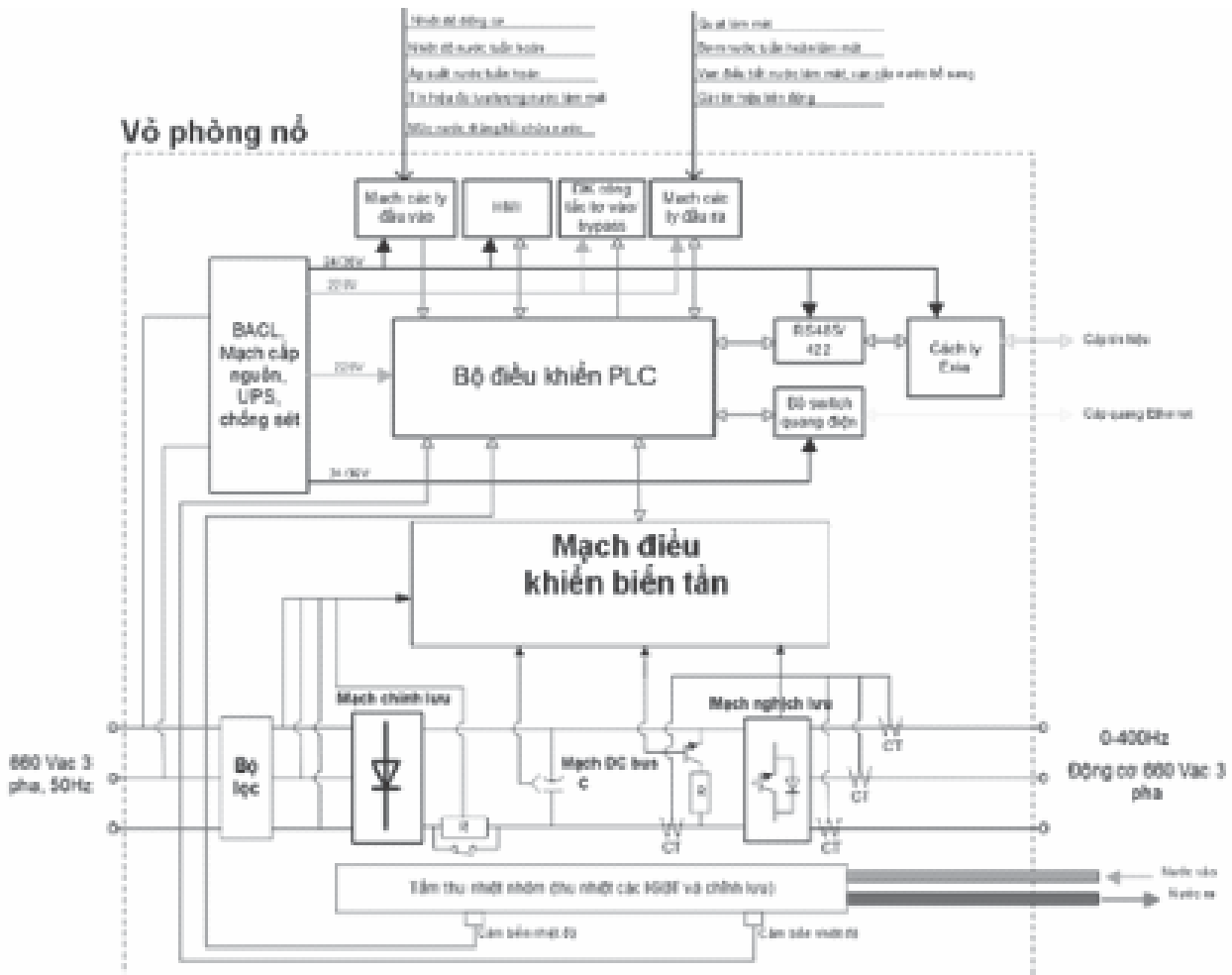
khí, nguyên lý làm việc dựa trên hệ thống trao đổi nhiệt tự động bằng khí nén áp suất cao. Làm mát bằng chất lỏng về cơ bản giống như biến tần làm mát bằng khí nén, chỉ thay đổi giải pháp làm mát từ khí sang chất lỏng [3].

Biến tần làm mát bằng chất lỏng về cơ bản giống như biến tần làm mát bằng khí nén. Ưu điểm lớn nhất của nguyên lý này là hiệu suất làm mát cao, kích thước nhỏ gọn, có thể dùng cho loại biến tần công suất lớn đến trên 3000kW phù hợp với các phụ tải sử dụng trong mỏ hầm lò [2]. Bài báo đi nghiên cứu thiết kế biến tần làm mát bằng chất lỏng có điện áp

660V được sử dụng trong khai thác mỏ hầm lò, kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng để chế tạo biến tần làm mát bằng chất lỏng để phục vụ khai thác mỏ ở Việt Nam.

2. BIẾN TẦN LÀM MÁT BẰNG CHẤT LỎNG

Biến tần là thiết bị làm thay đổi tần số dòng điện đặt lên cuộn dây bên trong động cơ và thông qua đó có thể điều khiển tốc độ động cơ một cách vô cấp, không cần dùng đến các hộp số cơ khí. Kết cấu của biến tần làm mát bằng chất lỏng sử dụng trong mỏ hầm lò có kết cấu như hình 1 [4], [5].

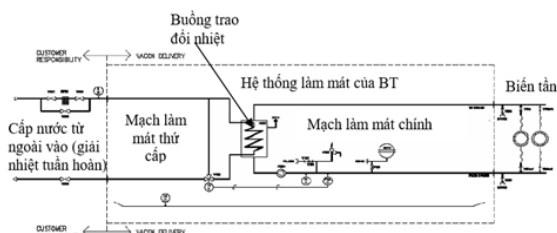


Hình 1. Biến tần làm mát bằng chất lỏng

Kết cấu của biến tần làm mát bằng chất lỏng sử dụng trong mô hình lò bao gồm hai bộ phận cơ bản, bao gồm: mạch biến tần có chức năng và nhiệm vụ như một biến tần thông thường sử dụng trong mô hình lò và bộ phận sử dụng chất lỏng để làm mát cho biến tần. Như vậy, đối với biến tần làm mát bằng chất lỏng thì việc tính toán thiết kế bộ phận làm mát cho biến tần là khâu quan trọng để biến tần làm việc ổn định và tin cậy.

3. THIẾT KẾ BỘ PHẬN LÀM MÁT BẰNG CHẤT LỎNG CHO BIẾN TẦN

Trong hệ thống làm mát bằng nước cho biến tần phòng nổ được chia ra ba kiểu như: Làm mát bằng nước kiểu bốc hơi, kiểu đối lưu tự nhiên, kiểu cưỡng bức. Kết cấu tổng quát của hệ thống làm mát bằng chất lỏng như trên hình 2.



Hình 2. Cấu trúc hệ thống làm mát bằng chất lỏng

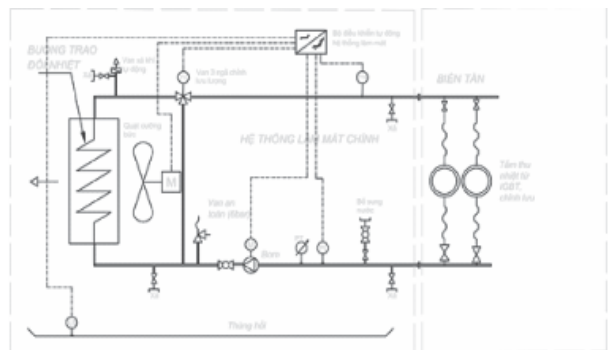
Sau đây, nhóm đề tài sẽ phân tích một số dạng kết cấu làm mát bằng nước để từ đó lựa chọn kết cấu làm mát cho biến tần [2]:

1) Hệ thống làm mát kiểu bốc hơi: Đây là loại hệ thống làm mát sử dụng nước và quá trình bay hơi để tạo ra sự làm mát. Ưu điểm của hệ thống làm mát kiểu bốc hơi: Kết cấu đơn giản, do đặc tính lưu động đối lưu. Tuy nhiên, nhược điểm của hệ thống này là do kiểu làm mát bốc hơi tự nhiên nên nguồn nước trong thùng giảm nhanh làm cho tiêu hao nước nhiều và hao mòn chi tiết.

2) Hệ thống làm mát bằng nước kiểu đối lưu tự nhiên: Đây là loại hệ thống làm mát sử dụng nước làm chất làm mát và tuần hoàn nước qua thiết bị hoặc quá trình cần làm mát. Quá trình tuần hoàn này giúp duy trì nhiệt độ ổn định và làm mát hiệu quả. Tuy nhiên, cấu tạo của hệ thống khá phức tạp, đòi hỏi nhiều bộ phận và đường ống dẫn, làm như vậy khiến cho kết cấu cồng kềnh.

3) Hệ thống làm mát bằng nước tuần hoàn cưỡng bức: Do tốc độ lưu động của nước trong hệ thống tuần hoàn đối lưu tự nhiên nhỏ, vì vậy để tăng tốc độ lưu động của nước, người ta dùng hệ thống tuần hoàn cưỡng bức. Ưu điểm của hệ thống làm mát cưỡng bức là nước sau khi qua két làm mát lại trở về động cơ, do đó ít phải bổ sung nước, tận dụng được trở lại nguồn nước làm mát tiếp động cơ.

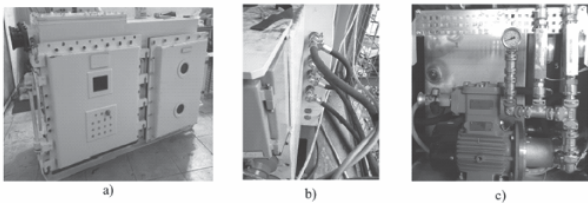
Từ các cơ sở lý thuyết trên, nhóm đề tài đã tính toán và lựa chọn bộ phận tản nhiệt cho biến tần gồm hai chu trình: Chu trình 1 là làm mát cho các IGBT bằng phương pháp làm mát cưỡng bức sử dụng dòng chất lỏng (nước sạch) đối lưu và chu trình 2 là làm mát dòng nước tuần hoàn bằng phương pháp cưỡng bức sử dụng dòng chất khí được sinh ra từ quạt. Kết quả nghiên cứu đưa ra cấu trúc hệ thống làm mát bằng chất lỏng cho biến tần phòng nổ như hình 3.



Hình 3. Kết cấu hệ thống làm mát bằng chất lỏng

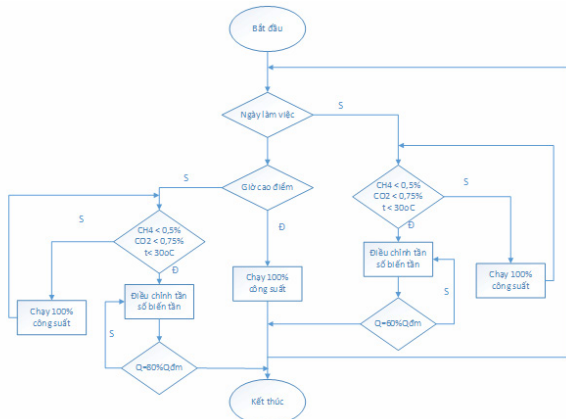
4. THỬ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ LÀM MÁT BẰNG CHẤT LỎNG

Giải pháp làm mát bằng chất lỏng cho biến tần phòng nổ được tính toán áp dụng cho biến tần phòng nổ loại 660V sử dụng cho động 160kW trong mỏ hầm lò. Quá trình chế tạo, thử nghiệm hệ thống biến tần làm mát bằng chất lỏng như hình 4.



Hình 4. Hệ thống thử nghiệm biến tần làm mát bằng chất lỏng:
a) Biến tần; b) Đầu vào chất lỏng; c) Hệ thống cung cấp chất lỏng

Sử dụng lưu đồ điều khiển biến tần như hình 5 để thử nghiệm biến tần làm mát bằng chất lỏng tại hiện trường:



Hình 5. Sơ đồ thuật toán chương trình điều khiển

Kết quả thử nghiệm với chu trình làm việc như lưu đồ thuật toán ở hình 5 nhận thấy rằng, khi biến tần làm việc với 100% công suất định mức thì nhiệt độ của biến tần đều trong giới hạn 55°C, đảm bảo điều kiện vận hành

nặng nhọc trong khai thác mỏ hầm lò.

5. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo đã nghiên cứu thiết kế được hệ thống làm mát bằng chất lỏng sử dụng cho biến tần phòng nổ điện áp 660V sử dụng trong mỏ hầm lò. Kết quả nghiên cứu đã được thử nghiệm tại hiện trường cho thấy rằng, khi biến tần làm việc với 100% công suất định mức thì nhiệt độ của biến tần đều trong giới hạn 55°C, đảm bảo điều kiện vận hành nặng nhọc trong khai thác mỏ hầm lò. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng để chất tạo thử nghiệm biến tần làm mát bằng chất lỏng, từ đó nâng cao nội lực thiết kế và làm chủ công nghệ chế tạo ra các thiết bị mỏ trong khai thác mỏ ở Việt Nam.

Lời cảm ơn:

Nội dung nghiên cứu của bài báo được hỗ trợ từ kết quả của đề tài cấp nhà nước mã số: 009.2022.CNKK.QG/HĐKHCN. ❖

Ngày nhận bài: 10/12/2024

Ngày phản biện: 02/01/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Anh Nghĩa (2007), “*Giáo trình Điện khí hoá mỏ*”. NXB. Giao thông Vận tải.
- [2]. Báo cáo đề tài (2008), “*Nghiên cứu thiết kế chế tạo trạm biến tần phòng nổ 55kW - 380(660) V sử dụng trong các mỏ khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh*”. Công ty Cổ phần Thiết bị điện – TKV.
- [3]. PGS. Hoàng Đình Tín (2001), “*Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*”. NXB. Khoa học Kỹ thuật.
- [4]. Đỗ Như Ý (2022), “*Thiết kế mạch bảo vệ liên động rô điện trong khởi động từ phòng nổ*”. Hội nghị Quốc Gia lần thứ 7, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh.
- [5]. Lê Văn Doanh (chủ biên), Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh (2004), “*Điện tử công suất – Lý thuyết - thiết kế mô phỏng - ứng dụng*”. NXB. Khoa học Kỹ thuật.

NGHIÊN CỨU ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT TẤM PU CÁCH NHIỆT CHỐNG CHÁY ĐÁP ỨNG NHU CẦU TRONG NƯỚC, THAM GIA THỊ TRƯỜNG QUỐC TẾ

RESEARCH ON TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE MANUFACTURING OF FIRE-RESISTANT PU INSULATION PANEL PRODUCTION LINES TO MEET DOMESTIC DEMAND AND ENTER THE INTERNATIONAL MARKET

PGS, TS. **Lê Trung Kiên**¹, ThS. **Bùi Trung Hiếu**²

¹Đại học Bách khoa Hà Nội

²Công ty TNHH Công nghệ công nghiệp Phú Sơn

TÓM TẮT

Nhu cầu xây dựng kho lạnh của doanh nghiệp đang tăng đột biến vì sức tiêu thụ các loại hàng thực phẩm như thịt, trái cây cũng như yêu cầu cần bảo quản ngày càng lớn. Vật liệu xây dựng kho lạnh gồm các tấm Panel có khả năng chống cháy và Việt Nam đang nhập khẩu khoảng 6,3 triệu m² mỗi năm với giá thành rất đắt và không chủ động trong cung ứng. Một số doanh nghiệp trong nước đã nhập khẩu 100% dây chuyền từ nước ngoài nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng các tấm Panel này. Các dạng tấm Panel sản xuất trong nước hiện nay không đáp ứng được yêu cầu về kỹ thuật và khả năng chống cháy thấp. Việc chế tạo một dây chuyền đồng bộ cung cấp các dạng sản phẩm vách ngăn với khả năng chống cháy đảm bảo tính năng kỹ thuật thực sự cần thiết và cấp bách. Báo cáo trình bày việc nghiên cứu và đổi mới công nghệ chế tạo dây chuyền sản xuất tấm PU cách nhiệt chống cháy đáp ứng nhu cầu trong nước, tham gia thị trường quốc tế trong khuôn khổ dự án Dự án sản xuất thử nghiệm cấp Quốc gia của công ty Phú Sơn.

Từ khóa: Tấm PU chống cháy; Công nghệ uốn lóc.

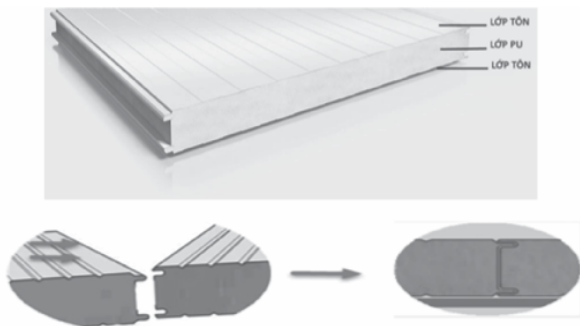
ABSTRACT

The demand for constructing cold storage facilities is experiencing a surge due to the rising consumption of food products such as meat and fruit, as well as the growing need for preservation. Cold storage facilities are built using materials that include fire-resistant panel sheets. Approximately 6.3 million square meters of panels are imported into Vietnam each year at very high costs, and the supply of these materials is not self-sufficient. Some domestic enterprises have imported 100% of their production lines from abroad to meet the demand for these panels. However, the types of panels currently manufactured in Vietnam do not meet technical standards and have low fire resistance. Developing a fully integrated production line to supply partition products with fire-resistant and technically compliant features is highly necessary and urgent. This report presents research and technological innovations for developing a production line to manufacture fire-resistant and insulated PU panels that meet domestic demand and gradually enter the international market. The report is part of a National Experimental Production project led by Phu Son Company.

Keywords: PU panels with fire-resistant; Roll forming.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấu tạo của tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy được chỉ ra trong hình 1. Với hai lớp tôn phủ bề mặt và lớp PU ở giữa. Lớp mặt được làm từ tôn mạ màu có khả năng chống oxy hóa, kháng khuẩn và chống ăn mòn có độ dày từ (0.4 ÷ 0.6) mm. Độ dày của tôn phụ thuộc vào công năng của công trình để có thể lựa chọn chủng loại cho phù hợp.



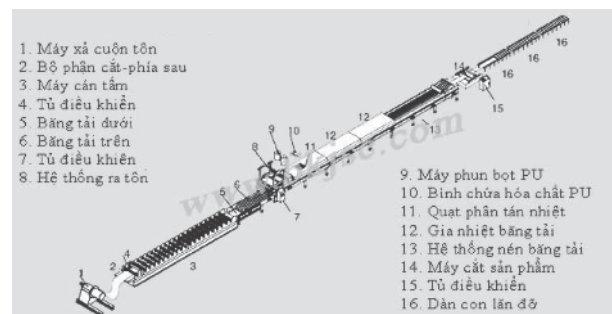
Hình 1. Cấu tạo tấm cách nhiệt PU xây dựng kho lạnh công nghiệp

Các kho lạnh công nghiệp hiện nay được thi công bằng các tấm EPS, PU dùng chung loại với tôn lợp mái nhà xưởng, sử dụng sợi thủy tinh... hoặc các tấm Panel được sản xuất thủ công bằng phương pháp phun bọt EPS và PU thủ công vào khe các tấm tôn định sẵn với kích thước hạn chế theo khuôn định hình.



Hình 2. Tấm PU, EPS được sản xuất thủ công bằng khuôn kích thước giới hạn

Với các dây chuyền sản xuất tấm PU tự động vẫn nhập cả dây chuyền này với chi phí lớn, lãng phí do không sử dụng hết hệ số sử dụng vật liệu. Chính vì vậy, mục tiêu nghiên cứu cấp bách hiện nay là làm chủ thiết kế, chế tạo dây chuyền sản xuất liên tục tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy ở quy mô công nghiệp và xây dựng được dây chuyền tự động điều khiển, sản xuất liên tục tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy nhằm ứng dụng sản xuất ra sản phẩm chất lượng tương đương nhập ngoại ứng với sơ đồ công nghệ chế tạo tấm PU cách nhiệt chống cháy sản xuất liên tục (hình 3).



Hình 3. Sơ đồ dây chuyền chế tạo tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy

2. QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO CÁC SẢN PHẨM TÔN TẮM LỢP PU

Tôn cuộn được đưa lên Máy xả cuộn tôn để nhả tôn vào trong dây chuyền với một tốc độ phù hợp với các thiết bị trong hệ thống => Tôn được đưa vào Bộ phận cắt phía sau – Phần này để cắt tôn phẳng xác định chiều dài kích thước tấm cuối cùng trong lô sản xuất => Máy cán tấm profil có nhiệm vụ tạo hình tấm trên và tấm dưới của tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy như khả năng về độ bền, độ cứng, khả năng chống cháy... => Tôn sau khi qua máy cán tôn sẽ vào băng tải thép để gá đưa hai tấm tôn mặt song song và định lại khoảng cách => Hệ thống ra tôn => Máy

phun bọt xốp sẽ làm nhiệm vụ phun PU gồm hai thành phần vào giữa hai lớp tôn – tôn => Bình chứa hóa chất xốp sẽ cung cấp hai loại hóa chất để phun vào trong vùng tạo xốp => Quạt phân tán nhiệt có tác dụng đưa nhiệt độ vào từ hệ thống Gia nhiệt băng tải vào trong vùng tạo hình xốp để nhiệt độ đồng đều trong toàn vùng tạo hình => Hệ thống nén băng tải thép giúp cho việc tạo hình xốp giữa hai lớp của tấm cách nhiệt được đồng đều tránh phồng, biến dạng tấm => Sau khi tấm vách PU chống cháy được tạo hình với các biên dạng của tấm đã hoàn thành, việc định chiều dài tấm có độ bài bất kỳ theo ý muốn được thực hiện trên Máy cắt sản phẩm với biên dạng dao cắt phù hợp với biên dạng của tấm cách nhiệt chống cháy => Sản phẩm hoàn thiện sẽ được đẩy ra dàn con lăn đỡ và chuyển ra máy đóng gói.

3. THIẾT KẾ CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO TẤM PU CÁCH NHIỆT CHỐNG CHÁY VÀ NHỮNG VẤN ĐỀ DỰ ÁN CẦN GIẢI QUYẾT

Trên cơ sở các thiết bị trong dây chuyền sản xuất tấm lợp thông thường hiện nay sản xuất trong nước chưa có sự đồng bộ, các công đoạn chuyển phối giữa các bước vẫn được thực hiện thủ công giữa các máy. Dây chuyền sản xuất tấm Panel cách nhiệt chống cháy tập trung vào giải quyết các vấn đề như sau:

- Máy nhả tôn chưa tự động hóa phần tự động điều khiển tốc độ nhả theo máy uốn lóc profil. Hiện nay, máy nhả tôn vẫn là sự chuyển động tự do của các trục trên các máy và vận hành theo sự kéo căng phối của máy uốn lóc profil. Máy nhả tôn sử dụng trong dây chuyền được thiết kế và chế tạo có thể sử dụng nhả hai tấm tôn vào máy lóc tôn 2 tầng nhằm tiết kiệm khung thân máy và không gian đặt máy trong dây chuyền.


- Máy uốn lóc profil cần được thiết kế biên dạng của các quả con lăn uốn lóc đồng thời tính toán mô phỏng số các bước uốn lóc trong quá trình tạo hình tấm vỏ tôn. Máy có khả năng chế tạo hai mặt tôn để đảm bảo độ bền cơ tính và tính năng của tấm PU cách nhiệt chống cháy.

- Máy gia nhiệt tôn: Hiện nay chưa điều khiển các thông số nhiệt độ khi thay đổi tốc độ vào tôn, chiều dày tấm panel do các dây chuyền sản xuất hiện nay là tấm lợp PU với chiều dày cố định 50 mm và tốc độ chạy tôn không đổi. Khi chuyển sang dây chuyền tấm cách nhiệt PU có chiều dày, tốc độ của các tấm khác nhau cần thiết phải điều khiển được các thông số này.

- Hệ thống máy phun PU: Hệ thống máy phun PU hiện nay không điều khiển các thông số: Áp suất phun, tỷ lệ phun các thành phần hóa chất, tốc độ phun, tốc độ dải hóa chất trên mặt tôn... do các sản phẩm hiện nay là tấm lợp PU có chiều dày cố định 50mm và tốc độ không đổi.

Sau khi đổi mới thiết kế, nhóm nghiên cứu đã cải tiến bao gồm:

Hệ thống tự động hóa đồng bộ trên toàn dây chuyền cần thiết kế hoàn thiện: Các máy trong dây chuyền cần thiết phải tự động hóa để có thể điều khiển các thông số thông qua các phần mềm điều khiển trên từng máy. Việc sử dụng điều khiển PLC kết hợp màn hình công nghiệp HMI giúp cho kết nối giữa người dùng và toàn bộ dây chuyền thông qua các cài đặt thông số công nghệ từ người dùng.

Hệ thống phun các thành phần hóa chất như polyol, isocyanate, chất tạo bọt, chất xúc tác hòa trộn và định lượng nguyên liệu. Hệ thống cần làm chủ điều khiển các thông số công nghệ như: áp suất phun; tỷ lệ phối trộn; 

tốc độ phun; khẩu độ phun... ứng kích thước và chiều dày của tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy đến 200mm nhằm tạo tấm Panel PU đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

Hệ thống định hình sản phẩm sau khi phun hóa chất tạo PU với chiều dày lớp PU đến 200mm đảm bảo ngoại quan bề mặt tấm cũng như các yêu cầu kỹ thuật của tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy. Độ chính xác sản phẩm được quyết định bằng hệ thống băng tải thép.

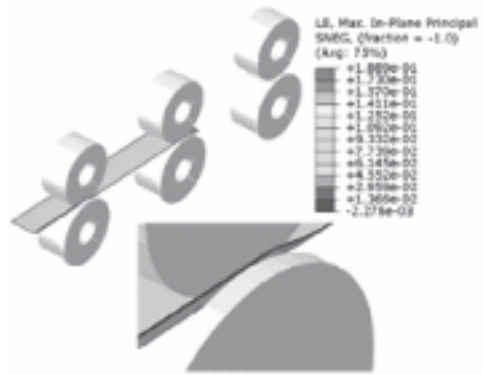
Hoàn thiện công nghệ với quy mô công nghiệp để đồng bộ toàn bộ dây chuyền chế tạo nhằm nâng năng suất toàn dây chuyền, đảm bảo các thông số kỹ thuật của tấm tôn PU cách nhiệt, chống cháy tương đương với các sản phẩm cùng loại nhập ngoại.

3.1. Kết quả mô phỏng số tạo hình vỏ tấm PU cách nhiệt chống cháy

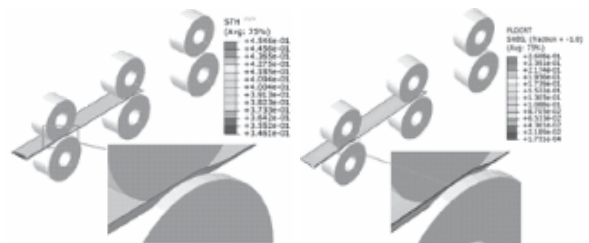
Bề mặt ngoài của tấm PU cách nhiệt chống cháy được phủ bởi hai mặt tôn, để tạo hình được các bề mặt tôn chính xác và đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật, nhóm nghiên cứu đã tính toán ứng suất và mô phỏng số quá trình tạo hình vỏ tấm PU cách nhiệt chống cháy, từ đó thiết kế các bước uốn lóc tấm và thiết kế các con lăn uốn cho phù hợp. Mô phỏng tạo hình vỏ tấm là cơ sở cho việc thiết kế biên dạng con lăn uốn tấm vỏ tấm PU cách nhiệt chống cháy.



Hình 4. Mô hình hình học mô phỏng vỏ tấm PU cách nhiệt chống cháy

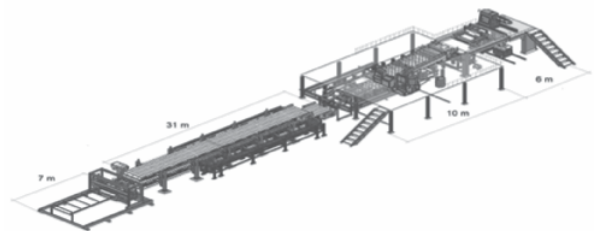


Hình 5. Biến dạng qua các góc uốn



Hình 6. Mô phỏng phân bố chiều dày và xu hướng bị rách của góc uốn

Trên cơ sở mô phỏng số, nhóm nghiên cứu đã tính toán thiết kế và chế tạo toàn bộ dây chuyền thiết bị.



Hình 7. Mô hình 3D dây chuyền thiết bị sau khi đã tối ưu công nghệ

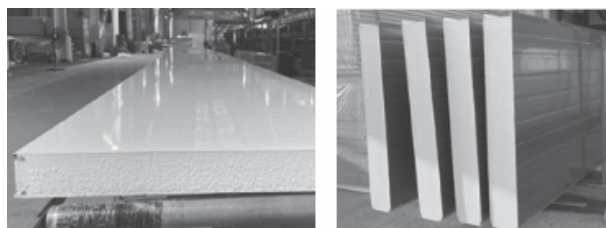
3.2. Chế tạo dây chuyền và thử nghiệm sản xuất sản phẩm tấm PU cách nhiệt

Dựa trên dữ liệu thiết kế, mô phỏng và tính toán dây chuyền thiết bị, nhóm tác giả đã chế tạo dây chuyền bao gồm: Máy nhả tôn cuộn, máy uốn lóc tấm vỏ (hình 8a); hệ thống phun cao áp hỗn hợp ISO-POLY, băng tải thép

định hình (hình 8b), hệ thống máy cắt sản phẩm, giàn đỡ sản phẩm sau chế tạo. Sản phẩm được chế tạo do dây chuyền có chiều dày từ 50mm đến 200mm (hình 9).



Hình 8. Thiết bị trong dây chuyền sản xuất tấm PU cách nhiệt chống cháy



Hình 9. Sản phẩm tấm PU cách nhiệt chống cháy sản xuất sau hoàn thiện công nghệ

4. KẾT LUẬN

Nhóm nghiên cứu đã hoàn thành các mục tiêu đề ra. Đổi mới công nghệ và hoàn thiện dây chuyền công nghệ sản xuất tấm PU cách nhiệt chống cháy với quy mô công nghiệp với mục tiêu nâng cao chất lượng sản phẩm, chủ động trong lĩnh vực sản xuất dẫn đến giảm giá thành sản phẩm, tăng khả năng cạnh tranh trên thị trường quốc tế.

Lời cảm ơn:

Công bố là kết quả nghiên cứu từ Dự án sản xuất thử nghiệm cấp Quốc gia mã số 06/22-DAĐL.CN-CNN do Công ty TNHH Công nghệ công nghiệp Phú Sơn chủ trì. ❖

Ngày nhận bài: 05/12/2024

Ngày phản biện: 31/12/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Anuwat Saetung, “Preparation of polyurethane foams from hydroxytelechelic oligoisoprenes obtained by controlled degradation of natural rubber: Study of their physico-mechanical, thermal, and acoustic properties”. Graduate School Price of Songkla University Pattani, Thailand. P.12-40 (2008).
- [2]. Szycher M. Szycher’s, “Handbook of polyurethanes”. CRC Press, New York (1999).
- [3]. Nguyễn Thị Bích Thủy, “Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng chất tạo xốp, chất xúc tác và phụ gia đến khả năng cách âm và chống cháy của xốp PU”. Tạp chí Hóa học, tập 48(2), tr.250-254 (2010).
- [4]. Yale L. Meltzer, “Urethane foams: technology and applications”. Noyes Data corporation, U.S.A. (1971).

DIGITAL IMAGE CORRELATION AND ITS APPLICATION TO MEASUREMENT OF THE MATERIAL MECHANICAL PROPERTIES

ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG PHÁP TƯƠNG QUAN HÌNH ẢNH SỐ TRONG VIỆC XÁC ĐỊNH CƠ TÍNH CỦA VẬT LIỆU

Hung Quach

Mechanical-Automotive and Civil Engineering Faculty, Electric Power University

ABSTRACT

Digital image correlation (DIC) is an optical method to measure displacement and strain fields of an in-plane surface (2D-DIC) or out-of-plane surface (3D-DIC) by comparing the random pattern or grey levels of the sample surface during deformation with an initial reference image taken prior to loading. A wide range of mechanical properties such as force displacement curve, stress-strain curve, Young's modulus can be measured by using DIC method. In this work, methodologies and DIC techniques for displacement field measurement and strain field estimation are reviewed and discussed.

Keywords: *Digital Image Correlation; Mechanical properties; Measurement.*

TÓM TẮT

Tương quan hình ảnh kỹ thuật số (DIC) là một phương pháp quang học không tiếp xúc để đo trường dịch chuyển và biến dạng của bề mặt trong mặt phẳng (2D-DIC) hoặc bề mặt ngoài mặt phẳng (3D-DIC) bằng cách so sánh mẫu ngẫu nhiên hoặc mức xám của bề mặt mẫu trong quá trình biến dạng với hình ảnh tham chiếu ban đầu được chụp trước khi tải. Một loạt các tính chất cơ học như đường mô tả đặc tính lực – chuyển vị, đường ứng suất – biến dạng, mô-đun đàn hồi Young modulus có thể được đo bằng phương pháp DIC. Trong bài viết này, các phương pháp luận và kỹ thuật DIC để đo trường dịch chuyển và ước tính trường biến dạng được xem xét và thảo luận.

Từ khóa: *Đặc trưng cơ tính; Đo lường không tiếp xúc; Ứng suất; Biến dạng.*

1. INTRODUCTION

Varieties of non-contact optical methods have been proposed for surface deformation measurements of objects. These methods include interferometric techniques, such as interferometric strain/displacement gage (ISDG), electronic speckle pattern interferometry (ESPI), moire interferometry (MI) and laser speckle correlation technique (LSC), and non-interferometric techniques, such as video extensometer and digital image correlation (DIC). Bing Pan et al [1] reported that compared with other optical techniques for surface strain deformation measurement, the DIC technique is more appealing with the following distinct advantages: (a) simple experimental setup and easy specimen preparation (compared with ISDG, ESP, MI and LSC), (b) full-field measurement with adjustable spatial resolution (compared with ISDG, video extensometer and LSC), (c) suitable for both laboratory and field measurements (compared with ISDG, MI, ESPI and LSC) since neither coherent laser source nor vibration-isolation platform.

Digital image correlation is a non-contacting image-based optical method to measure displacement, strain and deformation fields of an in plane surface (2D-DIC) or out of plane surface (3D-DIC). DIC techniques acquire digital images of an object at different loadings states using a digital imaging system, and then perform image analysis with correlation-based matching algorithms and numerical differentiation approaches to quantitatively extract full-field displacement and strain responses of the object.

There are two main typical DIC systems as shown in Figure 1. In the 2D-DIC

techniques, a single camera is used to capture the surface of specimens. It is limited to in-plane (2D) deformation measurements. And, a stereo-DIC system (as known as 3D-DIC) uses two synchronized cameras in capturing the testing procedure. Based on the principle of binocular stereo vision, 3D-DIC system can accurately measure full-field 3D shape and deformation of both in-plane and out-plane surfaces, and is thus more useful and practical in real applications.

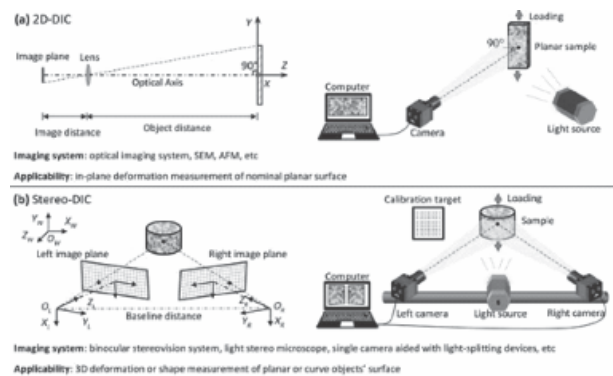


Figure 1. Two typical DIC techniques and their imaging models and system [2]

The principle method is based on comparing the random pattern or grey levels of the sample surface during deformation with an initial reference image taken prior to loading. Besides, an image-matching algorithm based on cross-correlation method is used to obtain displacement quantities to compare a pair of digital images captured before and after a small deformation. After recording the images of the specimen surface at initial and final state, the DIC software computes the motion of each image point by comparing the images of the test object surface in different states. The basic calculations and correlation criteria involved in DIC are introduced in Pan's works [2, 4]. Figure 2(a) shows images of the specimen's surface before and after stretching deformation. The DIC system captured the tensile test

procedure, then a reference square subset before deformation and a target (or deformed) subset after deformation.

Hence, as schematically shown in Figure 2(b), a square reference subset of $2n \times 2n$ pixels, the coordinates of point $Q(x_i, y_j)$ around the subset center $P(x_0, y_0)$ in the reference subset can be mapped to point $Q(x'_i, y'_j)$ in the deformed subset following the so-called displacement mapping function expressed by Eq. (1).

$$\begin{aligned} x'_i &= x_i + \xi(x_i, y_j) \\ y'_j &= y_j + \eta(x_i, y_j) \end{aligned} \quad (1)$$

In the Eq. (1) the shape functions ξ and η are frequently determined by using Eq. (2) as below:

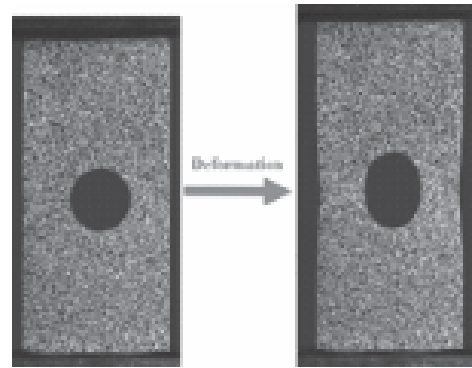
$$\begin{aligned} \xi(x_i, y_j) &= u + \frac{\partial u}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial u}{\partial y} \Delta y \\ \eta(x_i, y_j) &= v + \frac{\partial v}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial v}{\partial y} \Delta y \end{aligned} \quad (2)$$

Where $\Delta x = x_i - x_0$; $\Delta y = y_j - y_0$; u, v are the x and y displacement components of the reference subset centre.

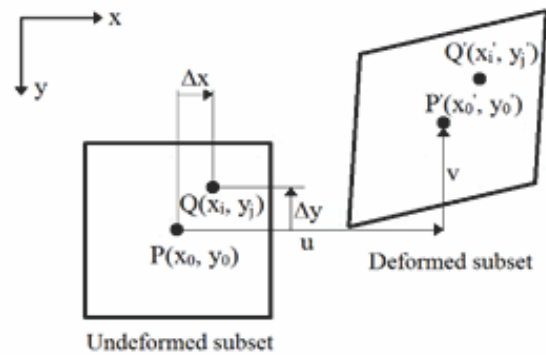
Before the correlation analysis process, a correlation criterion is selected to assess the similarity degree between the reference and deformed subsets. Moreover, the DIC algorithms find the extremum of a correlation cost function to find the deformation of the subset. Hence, the zero-normalized sum of squared differences (ZNSSD) [3] is one of these functions at the integer location, which can be written as follows:

$$C_{ZNSSD} = \sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M \left[\frac{f(x_i, y_j) - f_m}{\Delta f} - \frac{g(x'_i, y'_j) - g_m}{\Delta g} \right]^2 \quad (3)$$

Where f and g are the functions of the reference and the current image grayscale intensity at a point location (x, y) , respectively.



(a) Shape of specimen after deformation



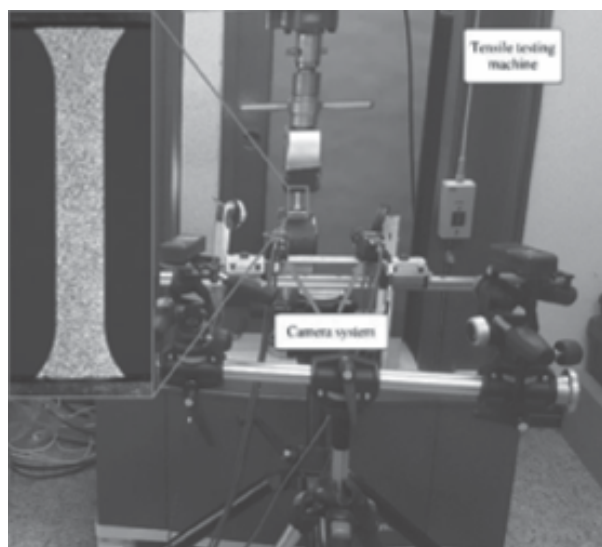
(b) A square subset after deformation

Figure 2. Comparing the specimen images before loading and after loading.

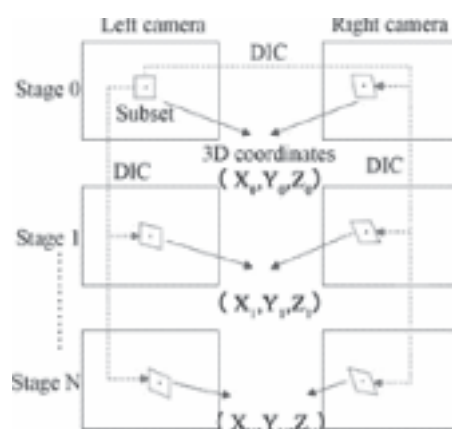
2. DIGITAL IMAGE CORRELATION SYSTEM

Figure 3(a) shows the schematic illustration of a typical DIC experimental setup for identifying material mechanical properties. The basic DIC system has one or two cameras that can be coupled with a mechanical test machine, such as tensile test or bi-axial tensile test machine, to synchronize the experimental force data with the images together. The specimen's surface is printed and has a random gray intensity distribution

(as known as random speckle pattern). Under testing procedure, the speckle pattern deforms together with the specimen surface as a transmitter of deformation information. In detail, to capture the plastic deformation and fracture process, two industrial cameras, Blue Fox 3.0, with high resolution (2464x2056 pixels) are placed in front of the specimen surface with the 50mm focal lens system. The industrial camera is made carefully to work under some hard conditions for a long working time. Because of the structure of the 50mm focal lens, even though the working distance is quite large, the region of interest (ROI) is still good to capture the surface of the specimen. The experiment system includes a universal tensile testing machine, two cameras with 5MP resolution. Note that the 3D DIC system needs a calibration process before testing. The image of the left camera is set as a reference image and other images were all deformed images. During the calculation process, the search area was updated and according to the calibration, the 3D coordinates were obtained. Figure 3(b) introduces the procedure of the stereo-based DIC method.



(a) Tensile test under recording of the DIC system



(b) Process of 3D-DIC method [3]

Figure 3. Tensile testing process under capturing of 3D-DIC system

3. APPLICATION OF DIC TO IDENTIFY MECHANICAL PROPERTIES

In this study, to measure the mechanical properties of Aluminum Alloy 6016, standard dog-bone shaped specimens were used. The experimental setup was arranged as shown in Figure 3, the tensile speed was 3mm/min, and the camera speed was 10 images per second. A 50mm virtual extensometer was created to measure the displacement on the surface of the dog bone specimen.

Generally, mechanical response of general metal is conventionally represented using engineering stresses and strains. The engineering stress-strain is usually calculated using axial load and elongation measurements during a tension coupon test. Engineering stress, σ_{eng} , is computed as the applied tension load on the coupon divided by the original cross sectional area. Engineering strain, ϵ_{eng} , is computed as the increase in length of the original gage length divided by the original gage length. Since the cross sectional area of the coupon varies throughout the test, the mechanical response of steel is more accurately

represented using true stresses and strains, as opposed to engineering stresses and strains. A well-established concept covered in many standard texts on mechanical behavior of materials, true stress, σ_{true} , is defined as the applied tension load on the coupon divided by the actual cross-sectional area. True strain, ϵ_{true} , is defined as the sum of incremental strains, where each increment of strain is defined by the increment of deformation divided by the instantaneous gauge length. Prior to necking, a true stress-strain curve can be derived from a measured engineering stress-strain curve by:

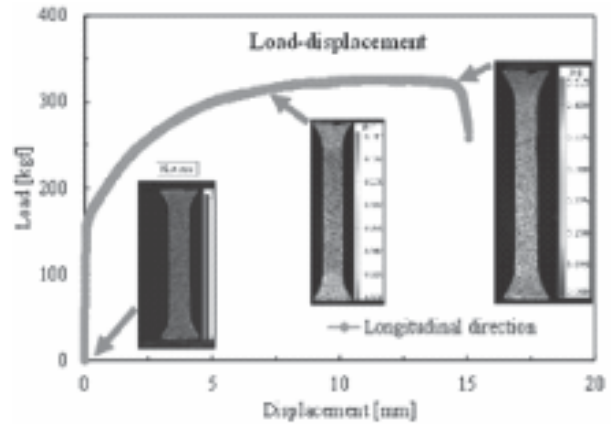
$$\sigma_{eng} = \frac{P}{A_0} \quad (4)$$

$$\epsilon_{eng} = \frac{\delta}{L_0} \quad (5)$$

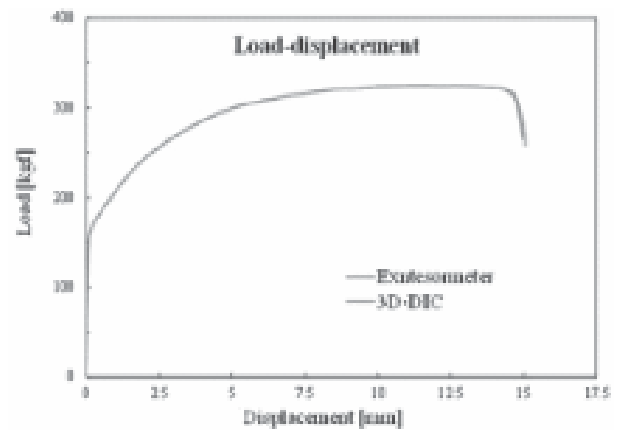
$$\epsilon_{true} = \ln(1 + \epsilon_{eng}) \quad (6)$$

$$\sigma_{true} = (1 + \epsilon_{eng}) \quad (7)$$

Figure 4(a) shows tensile experiment results extracted from the tensile testing machine and the fitting result to identify the Young modulus of AA6016. A conventional measuring device, elongation measuring Electric Extensometer, also was used to compare the experiment data for tensile test. Figure 4(b) introduced the comparison result of both traditional measuring method and DIC method. It is illustrated that the results calculated by DIC totally fitted with common method.



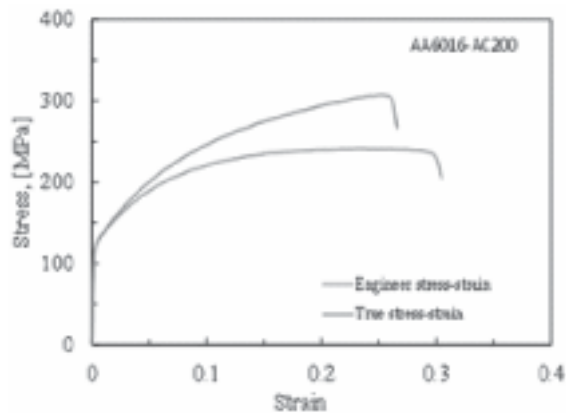
(a) Tensile force-displacement for AA6016



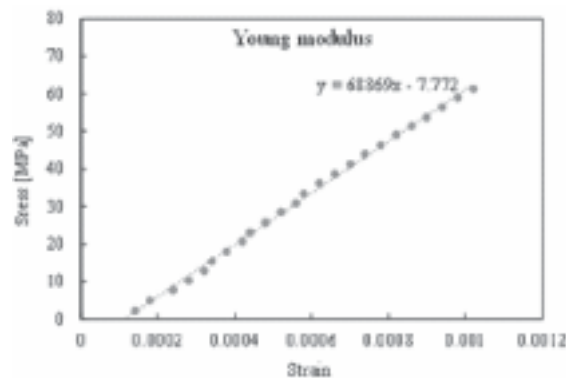
(b) Comparison results of force-displacement data of 2 measurement method for AA6016

Figure 4. Experiment results measured by using 3D-DIC method

Then, the mechanical properties of AA6016 were calculated by using Eq. 4-Eq. 7 to identify engineering stress-strain curve, true stress-strain curve, and the Young modulus as shown in Figure 5. These results are essential data for beyond applications such as identify yield locus, fracture locus, simulation process [5, 6].



(a) Stress-strain curve data for AA6016



(b) Young modulus for AA6016

Figure 5. Mechanical properties of aluminum alloy calculated by using 3D-DIC

4. CONCLUSIONS

In this research, the non-contact measurement method by using images was introduced. The detail of the algorithm method, and setting up the optical system was explained. The comparison results showed that the data captured by the DIC system are similar with the data measured by conventional methods. Besides, the mechanical properties of AA6016 were measured by the DIC system, the force-displacement, stress-strain curve and Young modulus were calculated from the experiment results. ❖

References:

- [1]. Pan, B., Qian, K., Xie, H., & Asundi, A., 2009, "Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: A review". *Measurement Science and Technology*, 20(6), 062001.
- [2]. Pan, B., 2018, "Digital image correlation for surface deformation measurement: Historical developments, recent advances and future goals". *Measurement Science and Technology*, 29(8), 082001.
- [3]. Xue, Y., Cheng, T., Xu, X., Gao, Z., Li, Q., Liu, X., Zhang, Q., 2017, "High-accuracy and real-time 3D positioning, tracking system for medical imaging applications based on 3D digital image correlation". *Optics and Lasers in Engineering*, 88, 82-90.
- [4]. B. Pan, K. Li, W. Tong. 2013, "Fast, robust and accurate digital image correlation calculation without redundant computations". *Experimental Mechanics* 53, 1277-1289.
- [5]. Quach, H., Kim, Y. S., 2021, "Effect of non-associated flow rule on fracture prediction of metal sheets using a novel anisotropic ductile fracture criterion". *International Journal of Mechanical Sciences* 195, 106224.
- [6]. Hung, Q., Kim, J.-J., Nguyen, D. T., Kim, Y.-S., 2020, "Uncoupled ductile fracture criterion considering secondary void band behaviors for failure prediction in sheet metal forming". *International Journal of Mechanical Sciences* 169, 105297.

TỐI ƯU HÓA THIẾT KẾ TRỤC LỖI CHO KHUÔN CÁN TRONG DÂY CHUYỀN CÁN NGUỘI PILGER MILL BẰNG PHẦN MỀM ANSYS R15.0

OPTIMIZATION DESIGN MANDREL FOR ROLLING DIE IN PILGER MILL COLD ROLLING LINE USING ANSYS R15.0

Huỳnh Công Lớn, Lương Văn Tới

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

Email: huynhconglon@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Thiết kế tối ưu biên dạng của lõi khuôn (mandrel) cho quy trình máy cán Pilger Mill được thực hiện bằng cách sử dụng phân tích phần tử hữu hạn có tính đến các yếu tố xử lý khác nhau. Các thông số thiết kế quan trọng của máy cán Pilger Mill là tốc độ cấp liệu, tốc độ cán, số bước cán trên một chu kỳ cán, tỷ số cán và biên dạng rãnh của khuôn cán. Quy trình thiết kế tối ưu được tiến hành để nghiên cứu các tác động đến tải trọng tạo hình và hình dạng biến dạng của vật liệu tùy thuộc vào các biên dạng của lõi khuôn. Ứng dụng phần mềm ANSYS 15.0 để phân tích lực chọn biên dạng tối ưu của mandrel. Đồng thời cũng dựa vào kết quả phân tích này để lựa chọn loại vật liệu phù hợp được dùng để chế tạo mandrel nhằm nâng cao tuổi thọ của nó.

Từ khóa: *Pilger Mill; Tối ưu hóa thiết kế; FEM; ANSYS; Trục lõi.*

ABSTRACT

The optimal design of the mandrel profile for the Pilger Mill process is carried out using finite element analysis taking into account various processing factors. The important design parameters of the Pilger Mill are feed rate, rolling speed, number of rolling steps per rolling cycle, rolling ratio and groove profile of the rolling die. The optimal design process is carried out to study the effects on the forming load and deformation shape of the material depending on the mandrel profiles. ANSYS 15.0 software is applied to analyze the force to select the optimal mandrel profile. At the same time, based on the analysis results, the appropriate material type is selected to manufacture the mandrel.

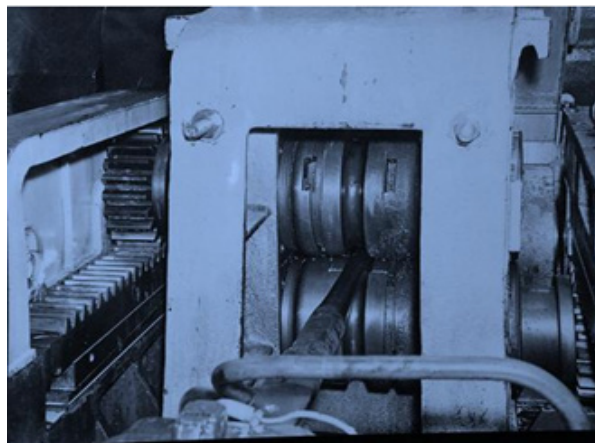
Keywords: *Pilger mill; Optimum Design; Finite Element Method; ANSYS; Mandrel.*

1. GIỚI THIỆU

Các loại ống thép hàn thường có nhược điểm là khả năng chịu được tải áp suất trong lòng ống rất là thấp, thường dưới 15bar. Trong khi đó, thực tế sử dụng cần những loại ống chịu được áp suất lên đến 250 bar, chỉ có ống đúc cán nóng thì mới đáp ứng được yêu cầu chịu tải áp suất lớn như vậy. Để nâng cao khả năng chịu được áp suất cao của ống, chúng ta có thể tiến hành gia công cán ống trên máy cán Pilger Mill, quy trình cán này sẽ làm vùng cán tăng nhiệt cục bộ lên rất cao làm cho vật liệu ở vùng đó nóng chảy. Máy cán máy cán Pilger có một bộ khuôn cán đôi có rãnh hình bầu dục dọc theo bề mặt khuôn và trục lõi (mandrel) đặt trong lòng ống, nó được xem như là đường dùng để xác định đường kính trong của ống thành phẩm [1-3]. Cán nguội trên máy cán Pilger Mill được coi là một trong những quy trình sản xuất hiệu quả nhất dùng để sản xuất ống. Trong công nghiệp, công nghệ này được áp dụng cho cả vật liệu sắt và không chứa sắt ngay cả khi chúng khó biến dạng. Nguyên liệu đầu vào của máy cán có thể bị biến dạng tới 95% chỉ trong một lần vận hành, giúp giảm đáng kể số lượng các hoạt động sản xuất cần thiết và cuối cùng dẫn đến giảm chi phí sản xuất. Đồng thời, chất lượng cao của bề mặt ngoài và trong của ống và các đặc tính vật lý và cơ học rất cao thu được. Trong bài báo này, hình dạng tối ưu của trục lõi khuôn trong dây chuyền cán Pilger Mill được thiết kế để áp dụng cho việc tạo hình ống từ đường kính 49mm và chiều dày thành ống 5mm xuống ống có đường kính 25.4mm và dày thành 3mm. Để tìm ra biên dạng tối ưu của trục lõi, ANSYS 15.0 đã được sử dụng cho các phân tích các mô hình 3D của lõi nhằm đạt các mục tiêu: kéo dài tuổi thọ của lõi, lựa chọn vật liệu phù hợp cắt giảm chi phí và giá thành sản xuất.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Quy trình cán nguội trên máy Pilger Mill



Hình 1. Cụm cán của máy cán nguội Pilger Mill

Ngược lại với các quy trình sản xuất ống khác, cán ống nguội được thực hiện trên máy cán Pilger Mill có tính chất tuần hoàn. Trong quy trình này [1], giá cán có khả năng thực hiện chuyển động theo chiều dọc. Các con lăn được gắn vào giá cán di chuyển và chúng quay theo các hướng ngược nhau như thể hiện trong Hình 1. Các con lăn có rãnh tròn và bán kính thay đổi được sử dụng trong quy trình này. Mặt cắt ngang rãnh tại mặt phẳng vào bằng với mặt cắt ngang của ống ban đầu trong khi tại mặt phẳng ra bằng với mặt cắt ngang của sản phẩm cuối cùng. Đường kính của rãnh cũng được lựa chọn chính xác. Ở cả hai vị trí quan trọng của giá (phía sau - lõi vào của vật liệu ban đầu và phía trước - lõi ra của sản phẩm cuối cùng), không có tiếp xúc giữa các con lăn và vật liệu. Sau đó, vật liệu được cán dọc theo thanh trục hình nón. Chu kỳ cán bắt đầu khi giá được đặt tại vị trí chết phía sau. Sau đó, ống ban đầu được dịch chuyển một khoảng cách tiến nhỏ và đồng thời xoay $60^{\circ} - 90^{\circ}$ quanh trục của nó. Kết quả là một phần vật liệu khác (tiến trình giảm thể tích) đi vào vùng biến dạng và được cán trong khi giá đỡ di chuyển đến vị trí chết trước. Trong vị

NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI

trí chết trước, ống lại được xoay một góc $60^\circ - 90^\circ$ quanh trục của nó và quá trình cán lại tiếp tục diễn ra.

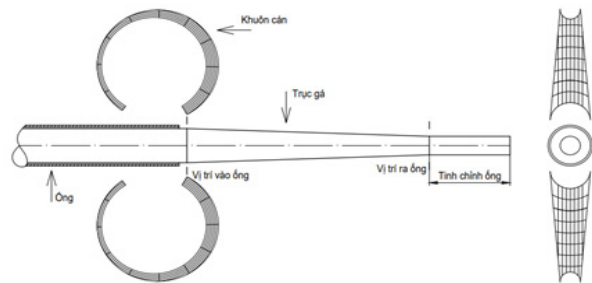
2.2. Ứng suất và biên dạng của trục lõi (mandrel)

Các thông số kỹ thuật và thông số làm việc của quy trình cán như sau: đường kính ống vào $d_{in} = 49\text{mm}$, chiều dày thành ống $h_1 = 5\text{mm}$, khoảng tịnh tiến mỗi chu kỳ cán 5mm , góc xoay 75° , đường kính ống ngõ ra $d_{out} = 25.4\text{mm}$, chiều dày thành ống $h_2 = 3\text{mm}$.

$$\sigma_d = \sigma_0 \frac{1+\beta}{\beta} \left[1 - \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^\beta \right] + \sigma_b \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^\beta + \sigma_b \quad (1)$$

Trong đó: σ_d - Ứng suất tác dụng lên mandrel trong hình trình tiến; σ_b - Ứng suất tác dụng lên mandrel trong hình trình lùi; μ_1 - Hệ số ma sát giữa khuôn và ống thép; μ_2 - Hệ

số ma sát giữa ống và mandrel; $\beta = \frac{\mu_1 + \mu_2}{\tan \alpha}$; $\sigma_b = \frac{1.5 * \sigma_0}{2\sqrt{3}}$; $\sigma_0 = 210 \text{ N/mm}^2$ đối với vật liệu cán là thép.



Hình 2. Quy trình cán ống trên máy cán nguội Pilger Mill

Thế các thông số kết cấu và thông số làm việc của cụm cán tương ứng với từng tiết diện cụ thể, ta tìm được đường kính của mandrel ở từng vị trí như trong bảng 1.

Bảng 1. Đường kính ở từng vị trí mặt cắt của mandrel, mm

Vị trí tiết diện	Đường kính mandrel	Vị trí tiết diện	Đường kính mandrel	Vị trí tiết diện	Đường kính mandrel	Vị trí tiết diện	Đường kính mandrel	Vị trí tiết diện	Đường kính mandrel
1	19.050	10	20.966	19	23.577	28	27.917	37	36.720
2	19.255	11	21.209	20	23.958	29	28.563	38	38.002
3	19.459	12	21.464	21	24.352	30	29.261	39	39.313
4	19.664	13	21.719	22	24.771	31	30.064	40	40.654
5	19.868	14	21.986	23	25.228	32	30.968	41	42.025
6	20.085	15	22.279	24	25.698	33	31.954		
7	20.302	16	22.572	25	26.205	34	33.057		
8	20.520	17	22.890	26	26.738	35	34.248		
9	20.737	18	23.221	27	27.308	36	35.469		

2.3. Lựa chọn vật liệu

Thép hợp kim AISI M4 là loại thép dùng để chế tạo dụng cụ làm việc ở tốc độ cao được sử dụng rộng trong nghiên cứu thiết kế mandrel thông số kỹ thuật của thép thể hiện trong Bảng 2.

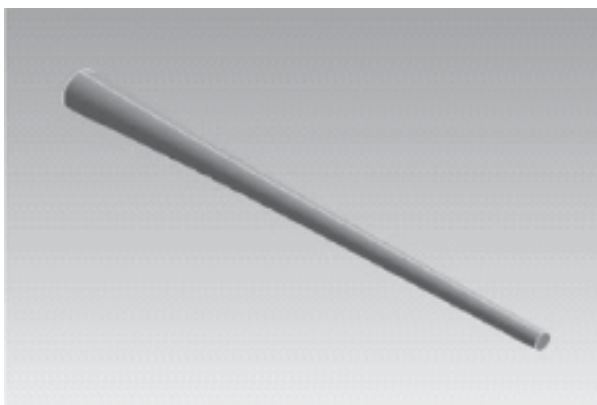
Bảng 2. Đặc tính vật liệu của hợp kim AISI M4

Đặc tính vật liệu	Hợp kim AISI M4
Giới hạn chảy	4000E+6 N/m ²
Độ bền kéo	5129E+6 N/m ²
Mô đun đàn hồi	2.15e+011 N/m ²
Hệ số Poisson	0.27
Khối lượng riêng	8166 kg/m ³
Mô đun cắt	126E+09 N/m ²
Hệ số giãn nở nhiệt	1.1e-005 /Kelvin

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Thiết kế mô hình mandrel

Dựa vào kết quả tính toán ở (2.2), mô hình hình học của mandrel được xây dựng là mô hình tuyến tính kích thước như hình 3:



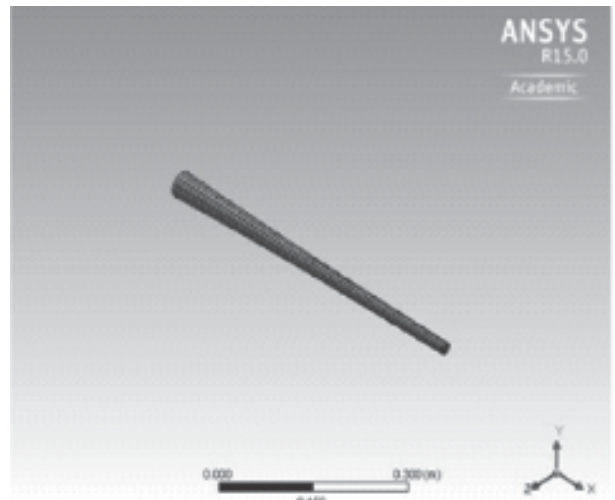
Hình 3. Mô hình hóa hình học 3D của mandrel

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của mandrel

Hình dạng	Chiều dài trục x, mm	Chiều dài trục y-z, mm	Thể tích, mm ³	Khối lượng, kg
Tuyến tính	590	42.025	3.52E+05	2.88

3.2. Chia lưới cho mô hình mandrel

Sử dụng phần mềm ANSYS R15.0 để chia lưới cho mô hình phân tích bao bao gồm 8364 nút và 1748 phần tử như trong bảng 04.



Hình 4. Mô hình chia lưới cho mandrel

Bảng 4. Mô hình chia lưới cho mandrel

Loại lưới	Lưới thể tích
Loại phần tử lưới	Tứ diện
Jacobian điểm	4
Số nút	8364
Số phần tử	1748



4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Các thông số đầu vào cho mô phỏng trên phần mềm ANSYS R15.0

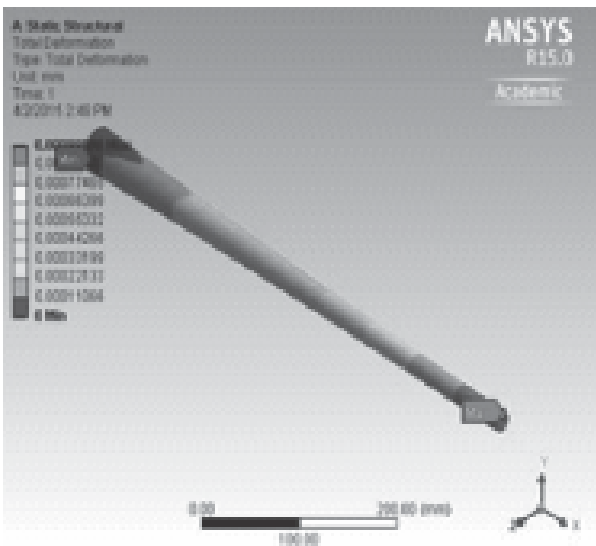
Nghiên cứu này sử dụng các thông số đầu vào như sau: khối lượng mandrel là 2.88 kg, vật liệu sử dụng là AISI M4, tải nén lớn nhất là 38.8KN, tỷ số nén là 57%, mô hình hình học của mandrel là côn trụ tuyến tính độ dốc 1.5 radian. Kết quả mô phỏng được thể hiện trong các bảng 5 và các hình 5, 6.

4.2. Kết quả mô phỏng

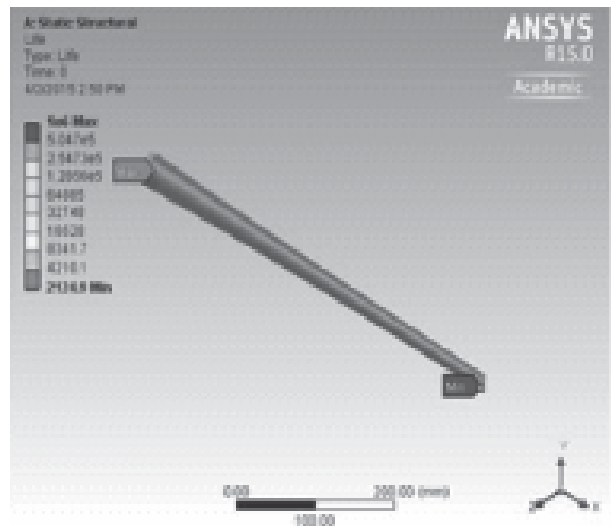
Bảng kết quả mô phỏng bằng ANSYS R15.0 được cho trong Bảng 5.

Bảng 5. Kết quả mô phỏng

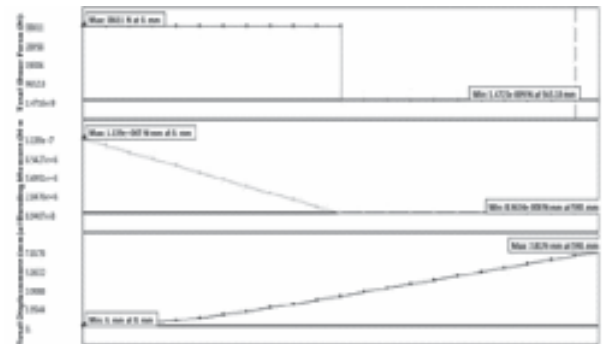
Vật liệu AISI M4	Max	Min
Tuổi thọ, giờ	5.047E+0 5	2124.9
Ứng suất tương đương, N/mm ²	4.3244	0.19543
Biến dạng, mm	0.000995	0



Hình 5. Biến dạng của mandrel



Hình 6. Tuổi thọ của mandrel



Hình 7. Biểu đồ ứng suất – chuyển vị của mandrel

Dựa vào biểu đồ ứng suất biến dạng ở hình 7, ta thấy rằng mandrel bị chuyển vị lớn nhất 7.8176mm tại vị trí 590mm và momen uốn lớn nhất là 1.139e+07 tại vị trí tiết diện lớn nhất của mandrel.

5. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán thiết kế tối ưu biên dạng kết cấu của mandrel là đáng tin cậy vì các giá trị tối thiểu và tối đa của ứng suất tương đương rất nhỏ so với giới hạn chảy của thép hợp kim AISI M4. Đồng thời, tuổi thọ của mandrel cũng được nâng lên đáng kể, giúp giảm chi phí sản xuất, giảm giá thành nâng cao khả năng cạnh tranh của sản phẩm. ❖

Ngày nhận bài: 18/11/2024
 Ngày phản biện: 26/12/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. S. Muot, a. Hacquin, p. Montmitonnerin, “3D finite element simulation of cold pilgering”. Journal of Material Processing Technology 60(1996) 505-512.
- [2]. Carscallen, W.E., Jeswiet, J., Oosthuizen, P.H., “Optimization of a Cooling System: the Cooling of Pilgered Seamless Tubes”. CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol. 43, (1994).
- [3]. V.M. Prajapati, B.D. Patel, “Fatigue analysis of mandrel use in tube drawing process”. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 1 Issue 10, December-2012.
- [4]. V.M. Prajapati, Design, “Optimization and Analysis of Cold Pilger Mill Mandrel for Tube Drawing Using Cad Software”. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).
- [5]. S. Nantha Gopan, M. Gowtham, J. Kirubakaran Vivek, R. Rajesh, S. Ramakrishnan, “Design and Analysis of Adjustable Inside Diameter Mandrel for Induction Pipe Bender”. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 10, Number 1 - Apr 2014.
- [6]. S.Z. Qamar, “Effect of heat treatment on mechanical properties of h11 tool steel”. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 35/2 (2009) 115-120.
- [7]. J. Osika, “Walcowanie rur na zimno w walcarkach pielgrzymowych”. Uzelniarne Wydawnictwa Naukowo – Dydaktyczne AGH, (2004).
- [8]. Metal Forming Handbook /Schuler (c) Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998.
- [9]. Metal Forming Processes. Zainul Huda, Springer Nature Switzerland AG 2024.
- [10]. Argha Dutta, Apu Sarkar, N. Gayathri, Sandip Bysakh, Arpan Arora, Santu Dey, S. Srivastava, Suhrit Mula & P. Mukherjee, “Effects of Cold Rolling-Induced Defects on Proton Irradiation Response in Nb-1Zr-0.1C Alloy”. Nuclear Science and Engineering, 2024.
- [11]. Abe H. and Furugen M., “Method of Evaluating Workability in Cold Pilgering of Zirconium Alloy Tube”. Materials Transaction, Vol 51, (2010).
- [12]. Abe H. and Furugen M., “Method of Evaluating Workability in Cold Pilgering”. Journal of Materials Processing Technology, Vol. 212, (2012).

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT TRUYỀN ĐỘNG CỦA Ô TÔ ĐIỆN KHÍ SỬ DỤNG HỘP SỐ MỘT CẤP VÀ SỐ TRUYỀN CVT

STUDY ON THE PERFORMANCE EVALUATION OF ELECTRIC VEHICLE DRIVETRAINS USING A SINGLE-SPEED GEARBOX AND CVT TRANSMISSION

Lê Thanh Quang*, Trương Quang Linh, Lý Vĩnh Đạt, Lê Thanh Phúc, Nguyễn Kim Bảo Hiều
Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Thủ Đức – Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: quanglt@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM) được xem là lựa chọn tối ưu trong phát triển ô tô điện (EV) nhờ hiệu suất cao và khả năng vận hành ổn định. Một trong những hạn chế lớn nhất của ô tô điện hiện nay là quãng đường di chuyển hạn chế sau mỗi lần sạc. Để có thể nâng cao hiệu suất vận hành động cơ thì một giải pháp khả thi là sử dụng hộp số được tối ưu hóa phù hợp cho ô tô điện. Hộp số vô cấp (CVT) là một lựa chọn phù hợp ở thời điểm hiện tại nhờ khả năng duy trì hiệu suất vận hành cao trong nhiều điều kiện tốc độ và môi trường khác nhau, đặc biệt gần với vùng làm việc tối ưu của động cơ. Bài viết tập trung mô phỏng và phân tích hiệu suất truyền động của ô tô điện sử dụng hộp số một cấp và hộp số CVT thông qua chu trình lái tiêu chuẩn FTP-75. Nghiên cứu sử dụng MATLAB/Simulink để mô phỏng và so sánh hiệu suất hệ truyền động qua các yếu tố như trạng thái pin, năng lượng, vận tốc, quãng đường, mô-men xoắn và tổn thất trong các điều kiện vận hành khác nhau.

Từ khóa: Hệ thống truyền động; Xe điện; Hộp số vô cấp CVT; FTP-75; MATLAB/Simulink.

ABSTRACT

The Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) is considered an optimal choice for the development of electric vehicles (EVs) due to its high efficiency and stable operation. One of the major limitations of EVs today is their restricted driving range after each charge. To improve motor performance, a feasible solution is to employ a gearbox optimized specifically for EVs. The continuously variable transmission (CVT) is a suitable option as it maintains high operational efficiency under various speed and environmental conditions, especially near the motor's optimal working range. This study focuses on simulating and analyzing the drivetrain performance of EVs equipped with single-speed transmission (SST) and CVT using the standard FTP-75 driving cycle. MATLAB/Simulink is employed to model and compare drivetrain performance in terms of battery state, energy efficiency, velocity, driving range, torque, and energy losses under different operating conditions.

Keywords: Transmission system; Electric vehicle; CVT transmission; FTP-75; MATLAB/Simulink.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặc dù hệ truyền động trực tiếp với hộp số một cấp (SST) [1] trên xe điện có cấu tạo đơn giản và hiệu quả trong một số dải tốc độ, nhưng vẫn gặp hạn chế trong việc tối ưu hóa mô-men xoắn và hiệu suất thực tế, đặc biệt khó cân bằng giữa khả năng tăng tốc mạnh ở tốc độ thấp và tiết kiệm năng lượng ở tốc độ cao, gây ảnh hưởng đến hiệu suất và trải nghiệm lái. Hộp số vô cấp (CVT) [2] được xem là giải pháp tối ưu nhờ khả năng thay đổi tỷ số truyền liên tục, giúp động cơ điện hoạt động trong dải hiệu suất cao nhất. Điều này cải thiện khả năng tăng tốc, tiết kiệm năng lượng, kéo dài quãng đường di chuyển và mang lại cảm giác vận hành mượt mà, linh hoạt trong nhiều điều kiện, từ giao thông đô thị đến các cung đường tốc độ cao. Việc ứng dụng CVT không chỉ khắc phục các hạn chế của hệ truyền động thông thường mà còn mở ra tiềm năng phát triển các mẫu xe điện tối ưu hơn, đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của người dùng, đồng thời thúc đẩy sự phổ biến hóa xe điện tại Việt Nam và trên thế giới.

Nghiên cứu đã đề xuất phương pháp mô phỏng và đánh giá hiệu suất của hộp số một cấp và hộp số CVT trên xe điện bằng chu trình FTP-75 thông qua nền tảng MATLAB Simulink. Trong quá trình nghiên cứu, tác giả đã thực hiện mô phỏng đồng thời hai hệ dẫn động chạy theo chu trình FTP-75 trong cùng một khoảng thời gian, nhằm so sánh và phân tích sự khác biệt về các yếu tố quan trọng như quãng đường di chuyển, vận tốc, trạng thái sạc - xả (SOC) và các thông số hiệu suất khác.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khái quát về chu trình FTP-75

Chu trình FTP-75 (Federal Test

Procedure 75) [3] là một tiêu chuẩn kiểm tra khí thải và tiêu thụ nhiên liệu dành cho xe ô tô, được thiết kế để mô phỏng các điều kiện lái thực tế trong đô thị. Chu trình bao gồm ba giai đoạn chính: khởi động nguội (Cold Start), vận hành ổn định (Stabilized Phase), và khởi động nóng (Hot Start), với tổng thời gian 1.877 giây, quãng đường 17,77 km, tốc độ trung bình 34,1 km/h và tốc độ tối đa 91,2 km/h. Trong MATLAB/Simulink, chu trình này được mở rộng lên 2.474 giây để tích hợp thêm các giai đoạn bổ sung, như thời gian làm nóng động cơ hoặc thời gian nghỉ giữa các pha, nhằm phục vụ các mục tiêu nghiên cứu hoặc yêu cầu mô phỏng cụ thể. Đây là công cụ quan trọng để đánh giá hiệu suất khí thải và mức tiêu thụ nhiên liệu của xe dưới điều kiện giả lập trong phòng thí nghiệm.

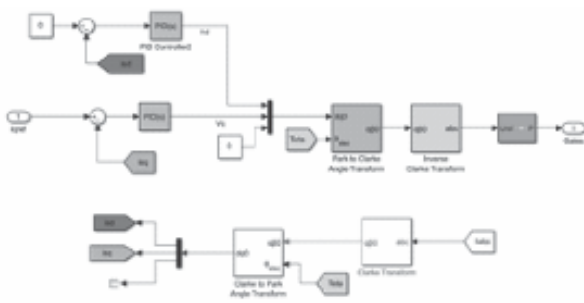
2.2. Phương pháp điều khiển FOC

Nguyên lý cơ bản của điều khiển FOC (Field-Oriented Control) [4] là tách biệt và điều khiển độc lập từ thông (flux) và mô-men xoắn (torque) trong hệ tọa độ quay (d-q). Dòng điện ba pha được chuyển đổi sang hệ tọa độ hai pha (α , β) bằng phép biến đổi Clarke [4], sau đó sang hệ tọa độ (d-q) bằng phép biến đổi Park [4] dựa trên góc rotor. Trong hệ (d-q), thành phần id điều khiển từ thông và iq điều khiển mô-men xoắn. Sau khi xử lý, tín hiệu được chuyển ngược về hệ tọa độ ba pha để điều khiển động cơ thông qua biến tần, giúp đạt hiệu suất cao và điều khiển chính xác tương tự động cơ DC.

2.3. Mô phỏng phương pháp điều khiển FOC trên MATLAB/Simulink

Dựa trên các bài báo tham khảo, phương pháp điều khiển FOC được mô phỏng trên Simulink.

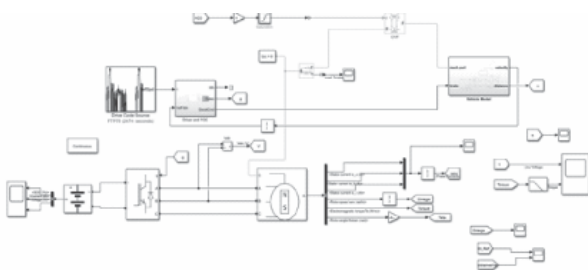




Hình 1. Mô phỏng phương pháp điều khiển FOC

Sơ đồ mô phỏng phương pháp điều khiển FOC (Field-Oriented Control) [5] trên Simulink bao gồm các khối điều khiển dòng i_d và i_q , sử dụng các bộ PID để giảm sai lệch giữa giá trị tham chiếu và giá trị thực tế. Tín hiệu điều khiển V_d và V_q được chuyển đổi từ hệ tọa độ quay (d-q) sang hệ tọa độ tĩnh (α - β), sau đó sang hệ ba pha (abc) để điều khiển động cơ qua biến tần. Dòng điện thực tế i_{abc} của động cơ được đo và chuyển ngược từ hệ ba pha về hệ tọa độ d-q để so sánh với giá trị tham chiếu, đảm bảo điều khiển chính xác từ thông và mô-men xoắn.

2.4. Mô hình hóa động cơ PMS tích hợp hộp số CVT trên xe điện bằng MATLAB Simulink [6]



Hình 2. Mô hình hóa động cơ PMS và hộp số CVT chạy trong chu trình FTP-75

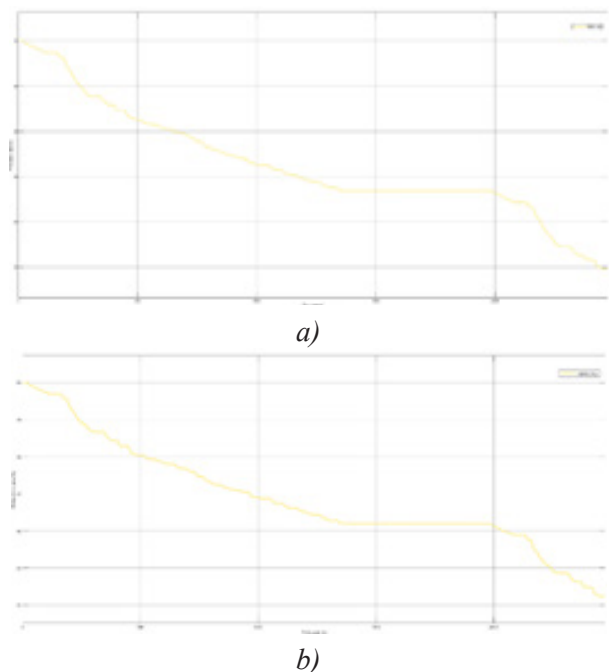
Mô hình mô phỏng trong Simulink thể hiện hệ thống truyền động xe điện tích hợp động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM) và hộp số vô cấp (CVT) hoạt động theo chu trình FTP-75. Nguồn tín hiệu từ chu trình FTP-

75 cung cấp vận tốc tham chiếu (V_{ref}), được xử lý qua bộ điều khiển (Driver and FOC) để tạo ra lệnh mô-men xoắn (T_{cmd}) cho động cơ PMSM. Bộ biến tần (Inverter) chuyển đổi tín hiệu điện áp điều khiển V_{abc} thành tín hiệu ba pha cấp cho động cơ.

Động cơ PMSM, với đầu ra là mô-men xoắn T_e và tốc độ rotor ω_m , kết nối với hộp số CVT, nơi tỷ số truyền được điều chỉnh liên tục dựa trên tín hiệu từ lệnh ga (ACC). Hộp số CVT truyền tải mô-men đến hệ thống xe (Vehicle Model), nơi các lực cản và gia tốc được tính toán, đồng thời phản hồi vận tốc thực tế (VelFdbk) về khối điều khiển. Ngoài ra, hệ thống pin cung cấp năng lượng cho động cơ và giám sát trạng thái sạc (SOC), dòng điện, và điện áp.

3. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. Tình trạng năng lượng pin (SOC)



Hình 3. Trạng thái sạc - xả (SOC) dùng hộp số CVT (a), hộp cố STT (b)

Trong 500s đầu tiên, SOC của hộp số một cấp giảm 3,6% (từ 50% xuống 46,4%) trong khi đó hộp số CVT chỉ giảm 1,9% (từ 50% xuống 48,1%). Từ 500s – 1372s, hộp số SST tiếp tục giảm hơn 3% cao hơn mức giảm 1,7% của hộp số CVT, khẳng định mức tiêu hao năng lượng ít hơn của hộp số CVT. Trong giai đoạn 1372s – 1877s, cả hai loại hộp số không tiêu hao năng lượng, cho thấy xe ở trạng thái nghỉ. Từ 1877s – 2474s, hộp số vô cấp có mức tiêu hao năng lượng khoảng 2% (từ 46,4% xuống 44,4%) và hộp số một cấp tiêu thụ khoảng 4,4% (từ 43,4% xuống 39%). Xét thấy hộp số SST tiêu tốn năng lượng gấp đôi so với hộp số CVT khi chạy hết chu trình (11% so với 5,6%).

3.2. Vận tốc

Dưới cùng điều kiện đầu vào và vận hành trên chu trình lái FTP-75, các đồ thị vận tốc trong hai trường hợp cho thấy sự tương đồng đáng kể. Cả vận tốc thực tế và vận tốc lý thuyết đều dao động trong một phạm vi nhất định (0-100 km/h), với các pha tăng tốc và giảm tốc rõ ràng, phù hợp với đặc điểm của chu trình FTP-75.



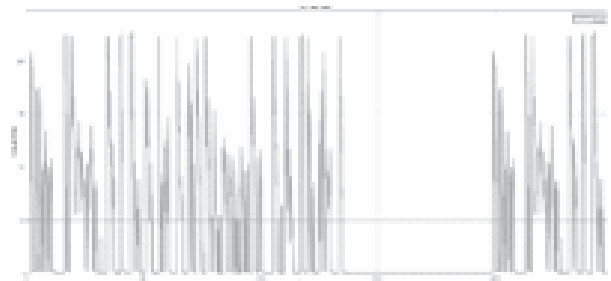
Hình 5. Vận tốc khi chạy hết chu trình FTP-75

Tuy nhiên, vận tốc thực tế thường có độ trễ nhỏ so với vận tốc lý thuyết tại một số thời điểm tăng tốc và giảm tốc. Sự khác biệt này đôi khi trở nên rõ rệt, đặc biệt trong các giai đoạn thay đổi vận tốc đột ngột. Trong khi vận tốc

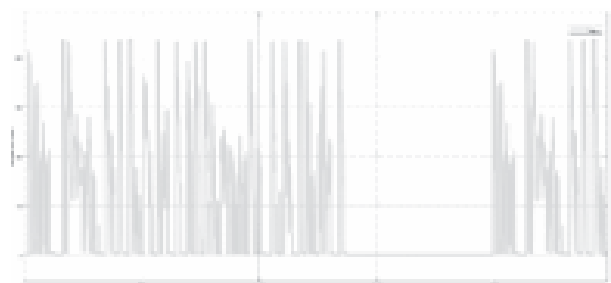
lý thuyết thể hiện sự ổn định và mượt mà, vận tốc thực tế xuất hiện nhiều và dao động nhẹ, có thể do các yếu tố thực tế như ma sát, thay đổi tải trọng, hoặc đặc tính động lực học của hệ truyền động. Cả hai trường hợp đều đạt tốc độ tối đa khoảng 100 km/h, nhưng vận tốc thực tế thường chậm hơn một chút so với vận tốc lý thuyết tại các điểm đỉnh.

3.3. Mô-men xoắn

Hộp số CVT không chỉ tối ưu hóa hiệu suất động cơ mà còn cải thiện đáng kể khả năng thích nghi với các điều kiện vận hành khắc nghiệt, vượt trội so với hệ dẫn động điện truyền thống vốn chỉ phù hợp với các điều kiện tải ổn định.



a)



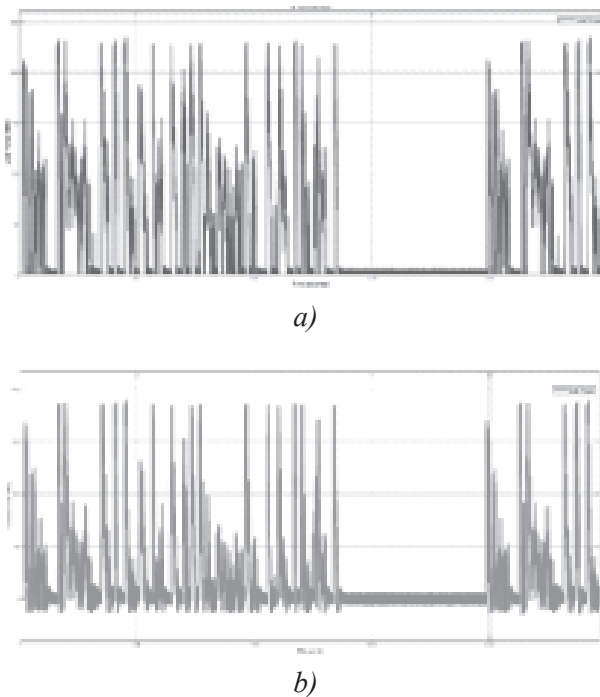
b)

Hình 6. Mô-men xoắn hộp số CVT (a) và hộp số SST (b)

Đồ thị mô-men xoắn cho thấy hộp số CVT vượt trội về khả năng phản hồi và tối ưu hóa lực kéo so với hệ dẫn động điện truyền thống trong chu trình FTP-75. Mô-men xoắn

của hệ thống CVT dao động nhanh và mạnh mẽ, đạt giá trị tối đa xấp xỉ 230 Nm trong các pha tăng tốc, cho thấy khả năng điều chỉnh tỷ số truyền liên tục giúp động cơ hoạt động hiệu quả hơn, đặc biệt trong các điều kiện thay đổi tải liên tục. Ngược lại, hệ dẫn động điện truyền thống thể hiện sự kém linh hoạt hơn, với các dao động mô-men xoắn nhỏ và phản ứng chậm hơn, đặc biệt ở các giai đoạn tăng tốc hoặc giảm tốc đột ngột. Đồ thị cũng chỉ ra rằng hệ thống này thiếu khả năng duy trì lực kéo hiệu quả khi đối mặt với các yêu cầu vận hành thay đổi nhanh chóng.

3.4. Tải mô-men xoắn



Hình 7. Tải mô-men xoắn hộp số CVT (a), hộp số SST

Hộp số CVT vượt trội với biên độ dao động tải mô-men xoắn cao (tối đa 250 Nm) và tần suất dao động nhanh, thể hiện khả năng đáp ứng linh hoạt và hiệu quả với các thay đổi lực kéo, đặc biệt trong các pha tăng tốc nhanh. Ngược lại, hộp số một cấp ổn định hơn với biên

độ dao động thấp (khoảng gần 200 Nm), nhưng phản ứng chậm với tải đột ngột, hạn chế hiệu suất trong điều kiện vận hành phức tạp. Điều này khẳng định CVT là giải pháp tối ưu cho các ứng dụng yêu cầu hiệu suất cao và linh hoạt.

4. KẾT LUẬN

Trong cùng chu trình FTP-75, hộp số CVT tiêu hao năng lượng ít hơn đáng kể, với mức tiêu hao giảm một nửa so với hộp số một cấp (5,6% so với 11%), nhờ khả năng duy trì động cơ trong dải hiệu suất cao. Khả năng tăng tốc của CVT cũng vượt trội hơn nhờ tỷ số truyền thay đổi liên tục, giúp duy trì lực kéo ổn định ngay cả trong điều kiện vận hành khắc nghiệt, trong khi hộp số một cấp gặp khó khăn trong việc duy trì lực kéo tối ưu. Độ mượt mà khi vận hành của CVT cũng được đánh giá cao hơn, với khả năng điều chỉnh liên tục giúp giảm nhiễu và dao động trong quá trình chuyển tiếp giữa các pha tăng tốc và giảm tốc. Kết quả nghiên cứu khẳng định hộp số CVT cải thiện hiệu suất động cơ, mở rộng phạm vi hoạt động nhờ tiết kiệm năng lượng và đáp ứng tốt hơn nhu cầu vận hành linh hoạt, vượt trội so với hộp số một cấp vốn chỉ phù hợp với điều kiện tải ổn định. ❖

Ngày nhận bài: 20/12/2024

Ngày phản biện: 09/01/2025

Tài liệu tham khảo:

[1]. Wuling EV Vietnam, “What is an Electric Vehicle Gearbox? Why Does The Gearbox Only Have One P Gear? Single Speed Transmission”. Wuling EV Vietnam Website, May 1, 2024. Available: <https://wuling-ev.vn/en/electric-vehicle-gearbox>.

[2]. Advanced Transmission Center, “What is an CVT? Understanding Continuously Variable Transmissions”. Advanced Transmission

- Center Website. Available: <https://advancedtransmission.com/what-is-a-cvt/>.
- [3]. DieselNet, “FTP-75: Emission Test Cycles”. Accessed December 13, 2024. Available: <https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>.
- [4]. Ali Abdul Razzaq Altahir, “Park and Clark Transformations: A short review”. Electrical and Electronic Engineering Dept., University of Kerbala, Karbala, 56001, Iraq, Presentation April, 2020.
- [5]. F. Amin, E. B. Sulaiman, W. M. Utomo, H. A. Soomro, M. Jenal, and R. Kumar, “Modelling and Simulation of Field Oriented Control based Permanent Magnet Synchronous Motor Drive System”. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 6, no. 2, pp. 387-395, May 2017.
- [6]. Ashwini Kumar, Aparna Chandeka, P.W. Deshmukh, R.T. Ugale, “Development of electric vehicle with permanent magnet synchronous motor and its analysis with drive cycles in MATLAB/Simulink”. Science Direct, vol 72 part 3, pp 643-651, January 2023.

APPLICATION OF FINITE ELEMENT METHOD TO ANALYZE DEFORMATION AND STRESS OF THE FRICTION CLUTCH STRUCTURE

ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH PHẦN TỬ HỮU HẠN ĐỂ PHÂN TÍCH BIẾN DẠNG VÀ ỨNG SUẤT CỦA LY HỢP MA SÁT

Ngoc Thai Huynh, Hoang Vinh Nguyen, Nguyen Tan Ken*

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade, Ho Chi Minh City, Vietnam

Corresponding Author email: kennt@huit.edu.vn

ABSTRACT

The car gearbox is driven by the friction clutch. The flywheel acts on the friction clutch plate. Therefore, in order for the friction clutch to work stably, the material used to manufacture the friction clutch must be selected appropriately. The friction clutch model is designed using Solidworks software. The deformation (De) and stress (St) of the friction clutch discs are determined by the finite element analysis method in ANSYS. The simulation results indicated that when increases pressor from 0.15 MPa to 0.25 MPa, the De and St increases from 0.06 mm to 0.1 mm and 38.82 MPa and 66.365 MPa, respectively. The deformation has significantly changed while the stress remains almost unchanged when change materials copper, cast iron and stainless steel SS 304, respectively.

Keywords: *The friction clutch; Deformation of friction clutch; Stress of friction clutch; Finite element analysis.*

TÓM TẮT

Hộp số ô tô được dẫn động bởi bộ ly hợp ma sát. Bánh đà tác động lên đĩa ly hợp ma sát. Do đó, để bộ ly hợp ma sát hoạt động ổn định, vật liệu dùng để chế tạo bộ ly hợp ma sát phải được lựa chọn phù hợp. Mô hình ly hợp ma sát được thiết kế bằng phần mềm Solidworks. Biến dạng (De) và ứng suất (St) của đĩa ly hợp ma sát được xác định bằng phương pháp phân tích phần tử hữu hạn trong ANSYS. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng khi tăng áp suất từ 0,15 MPa đến 0,25 MPa, De và St tăng từ 0,06 mm đến 0,1 mm và 38,82 MPa và 66,365 MPa. Biến dạng đã thay đổi đáng kể trong khi ứng suất hầu như không đổi khi thay đổi vật liệu lần lượt là đồng, gang và thép không gỉ SS 304.

Từ khóa: *Ly hợp ma sát; Biến dạng của ly hợp ma sát; Ứng suất của ly hợp ma sát; Phân tích phần tử hữu hạn.*

1. INTRODUCTION

High durability is required when working of the friction clutch disc, because the disc is always subjected to centrifugal force, compressive load with high pressure. The friction clutch disc is always worn and damaged because the friction clutch disc always works in a high pressure and temperature environment. To meet those requirements, the manufacturing of friction clutch discs requires the selection of suitable materials. This problem is a challenge for researchers. Kevlar 49 material was confirmed to perform better than gray cast iron by finite element analysis [1]. The static analysis in ANSYS was utilized to determine the De and St of the single-disc clutch model [2]. A theoretical calculation method and 2D drawings [3] were applied to design a single clutch disc. The friction clutch discs are analyzed and compared with different materials as Cast iron, alloy steel, and copper by Solidworks software. In addition, ceramic materials are also used to manufacture the friction clutch discs. The influence of the dimension of the clutch on the stress and deformation were determined by finite element in ANSYS [4]. The En – Gjs-400 -15steel was selected to supplant the gray cast iron [5]. The steel materials (En – Gjs-400 -15steel) was used to make friction clutch discs which are more durable than gray cast iron material. Because the finite element analysis results obtained lower stresses. The suggested 3D model of the friction clutch discs is created to reduce weight 205 g to 225.1 g [6] and 204.8 g to 312.9 g obtained lower stress when the model was analyzed by the finite element analysis in ANSYS. The different radiator groove shapes were designed for the friction clutch discs to analyze heat. The Hino MB clutch disc models [7] was designed by Solidworks to analyze the stress and

deformation by finite element analysis. The results of the finite element analysis indicated that the stress of the proposed model with a groove length of 35 mm obtained 12.1 MPa.

In this investigation, the De and the St of the studying model were analyzed by finite element model in ANSYS with the materials as structural steel, copper, cast iron and inox SS304 and input pressure is equal to 0.15 MPa, 0.2 MPa and 0.25 MPa. The remainder of this work consists of methodology for designing the clutch model as presented in section 2. Section 3 is the model of finite elements in ANSYS, section 4 is the results and discussions, and the final section is referenced.

2. THE FRICTION CLUTCH

The 3D model is built based on the friction clutch of the FORD passenger car and the article with the following parameters:

Torque (T) = 330 N.m at 4100 rpm;
 Number of contact surfaces (n) = 2; The outside diameter and the inside diameter of the clutch $D_o = 260$ mm and $D_i = 150$ mm, respectively. The pressor [8] impact on the clutch disc is equal to 0.15 MPa to 0.25 MPa.

Table 1. Material parameters

Materials	Coefficient of Friction	Density [kg/m ³]	Poisson's Ratio	Young's modulus [GPa]	Tensile Yield Strength [MPa]
Copper [9]	0.28	8300	0.35	135	510
Cast Iron 4.5% C, ASTM A-48	0.21	7200	0.29	180	190
Inox SS 304	0.3	7900	0.3	200	520



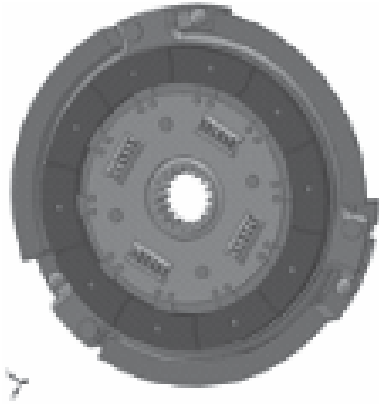


Figure 1. The disassemble model of the friction clutch

The friction clutch disc model was designed in Solidworks as presented as shown in assembly drawing Figure 1 and unassembled drawing Figure 2.

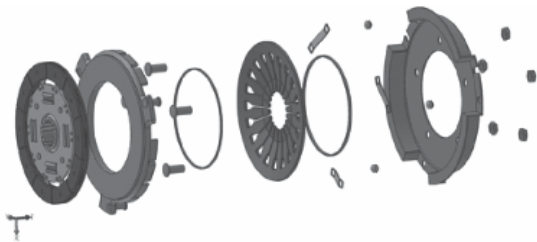
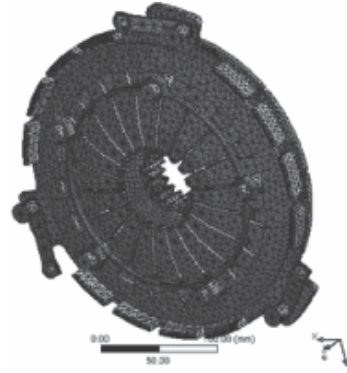


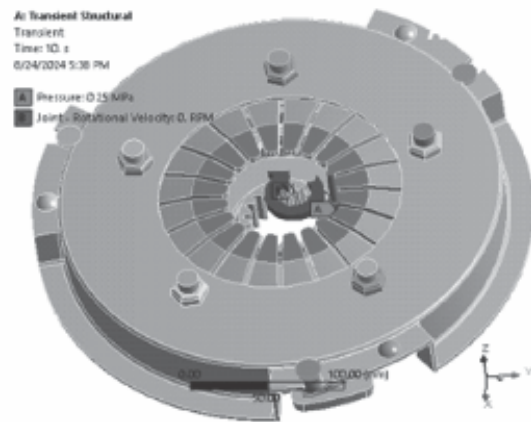
Figure 2. The disassemble model of the friction clutch

3. FINITE ELEMENT ANALYSIS IN ANSYS

The analysis static model in ANSYS was carried out as following: the first the material was selected for all part of the friction clutch by using structural steel, inox SS304, cast iron and copper. The parameters of the material were presented in Table 1. The friction clutch model was meshed by automation with 87415 triangle elements and 206878 nodes as depicted in Figure 3a. The revolute joint was set up with rotation velocity is equal to 0 rpm and pressor is equal to 0.15 MPa, 0.25 MPa and 0.25 MPa as presented in Figure 3b, respectively.



a)

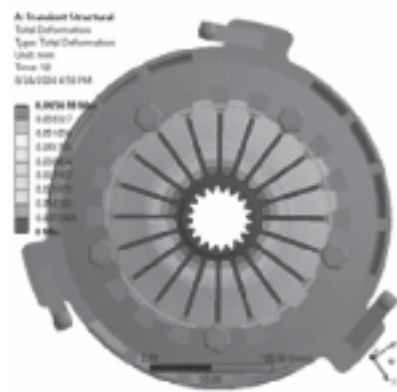


b)

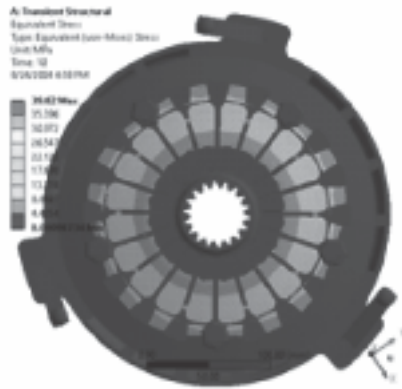
Figure 3. a) Divide mesh for the model, b) Set up condition for the model

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1. The analysis results with changed pressor

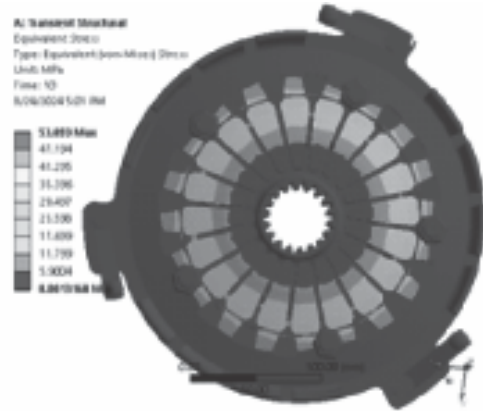


a) Deformation



b) Stress

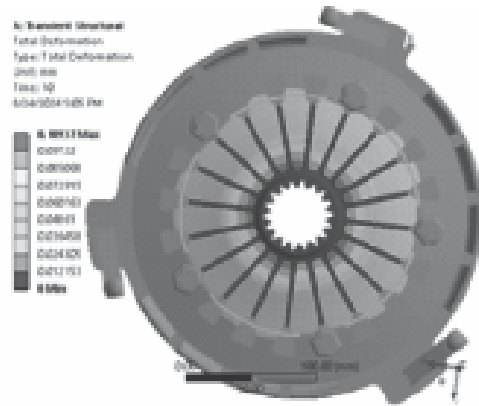
Figure 4. The FEA results with the input pressure is equal to 0.15 MPa



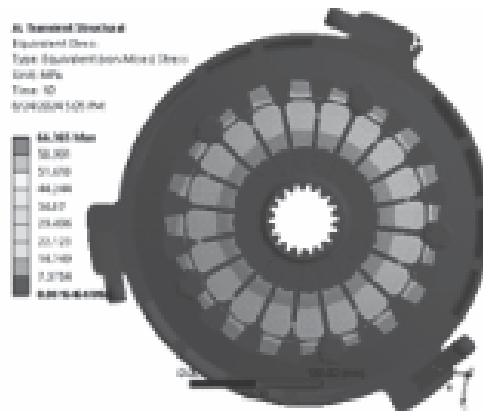
b) Stress

Figure 5. The FEA results with the input pressure is equal to 0.2 MPa

As presented in Figure 4, the deformation and stress obtained 0.0656 mm and 39.82 MPa when input pressure is equal to 0.15 MPa. As presented in Figure 5, the deformation and stress obtained 0.0874 mm and 53.093 MPa when input pressure is equal to 0.2 MPa. As presented in Figure 6, the deformation and stress obtained 0.10937 mm and 66.365 MPa when input pressure is equal to 0.25 MPa. These results indicated that when pressure increased from 0.15 MPa to 0.25 MPa the deformation and stress increased from 0.0656 mm to 0.10937 mm and 39.82 MPa to 66.365 MPa, respectively. These the obtained results are less than the obtained results in reference [2, 3, 7, 10].

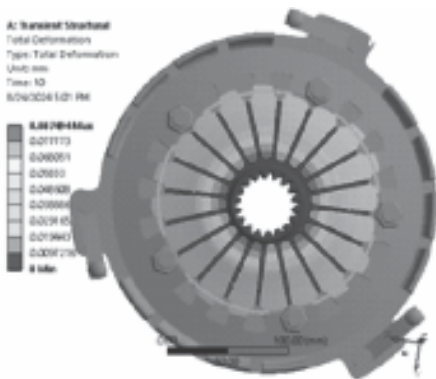


a) Deformation



b) Stress

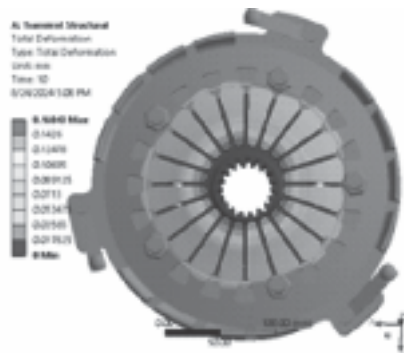
Figure 6. The FEA results with the input pressure is equal to 0.25 MPa



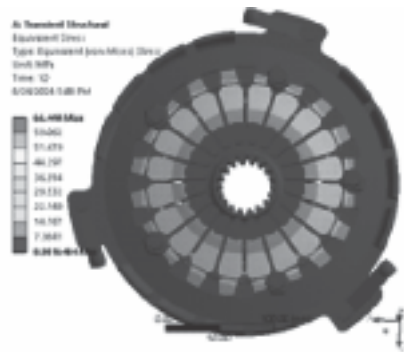
a) Deformation



4.2. The analysis results with different materials



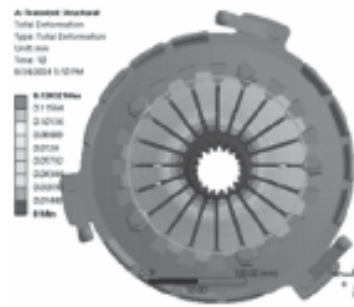
a) Deformation



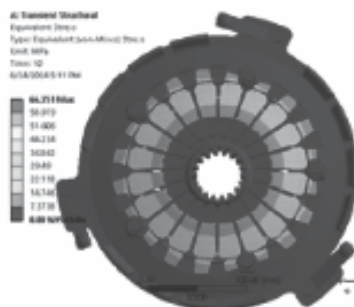
b) Stress

Figure 7. The FEA results with the material of the clutch is copper

As presented in Figure 7, the deformation and stress obtained 0.16043 mm and 66.444 MPa when input pressure is equal to 0.25 MPa. As presented in Figure 8, the deformation and stress obtained 0.13032 mm and 66.351 MPa when input pressure is equal to 0.25 MPa. As presented in Figure 6, the deformation and stress obtained 0.10416 mm and 66.365 MPa when input pressure is equal to 0.25 MPa. These results indicated that when changed the different materials as Copper, cast iron and inox SS304 the deformation decreases from 0.16043 mm to 0.10937 mm while the stress is almost constant. These the obtained results are less than the obtained results in reference [2, 3, 7, 10].

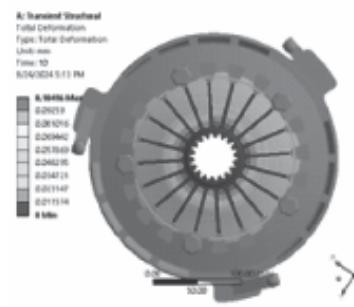


a) Deformation

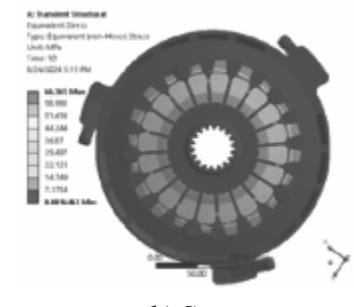


b) Stress

Figure 8. The FEA results with the material of the clutch is Cast iron



a) Deformation



b) Stress

Figure 9. The FEA results with the material of the clutch is SS 304

5. CONCLUSIONS

In this investigation, the friction clutch was designed by Solidworks. The deformation and stress of the studying model obtained by the finite element analysis in ANSYS. These results indicated that when pressor increased from 0.15 MPa to 0.25 MPa the deformation and stress increased from 0.0656 mm to 0.10937 mm and 39.82 MPa to 66.365 MPa, respectively. When changed the different materials as Copper, cast iron and inox SS304 the deformation decreases from 0.16043 mm to 0.10937 mm while the stress is almost constant. In this research, the structure of the friction clutch model has not been optimized yet and the experimental model has not been carried out yet. The theoretical finite element model has not been carried out yet. These issues will be carried out in the future. ❖

References:

- [1]. S. Gouse S. B. and A. Balaraju (2015), “*Design and analysis of friction clutch plate using ansys*”. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 2(5), pp. 1-5.
- [2]. B.Sreevani and M. M. Mohan (2015), “*Static and dynamic analysis of single plate clutch*”. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4(9), pp. 7408-7418.
- [3]. Mr. Vishal J. Deshbhratar and M. N. U. Kakde (2013), “*Design and structural analysis of single plate friction clutch*”. International Journal of Engineering Research & Technology, 2(10), pp. 3726-3732.
- [4]. Syambabu Nutalapati, Dr. D. Azad, and D. G. S. Naidu (2017), “*Structural analysis of friction clutch plate by changing fillet radius*”. International Journal of Engineering Research-Online, 5(1), pp. 79-86.
- [5]. B. Nivas. M.E, M. Nithiyanandam. M.E , S. Tharaknath. M Tech, and A. A. M. Tech (2014), “*Design and Analysis of Clutch Plate Using Steel Material [En – Gjs-400 -15steel]*”. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS), vol. 13(5), pp. 76-78.
- [6]. Oday I. Abdullah, Josef Schlattmann, and E. Pireci (2013), “*Optimization of shape and design parameters of the rigid clutch disc using FEM*”. FME Transactions, 41(4), pp. 317-324.
- [7]. N. Jonoadji, Sutrisno, I. H. Siahaan, M. E. Simanjuntak, M. B. Hamonangan Sitorus, and M. Suryajaya (2021), “*Dimensional optimization of clutch disc with simulation of stress analysis (Study cases: clutch disc Hino FM 260Ti)*”. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1034(1), pp.
- [8]. S. Narayan, I. Grujić, N. Stojanović, K. Muhammad Usman, A. Shitu, and F. Mahroogi (2018), “*Design and Analysis of an Automotive Single Plate Clutch*”. Mobility and Vehicle Mechanics, 44(1), pp. 13-28.
- [9]. Anil J., Gauri S., Santosh U., and P. Baskar (2013), “*Static structural analysis of multiplate clutch with different friction materials*”. International Journal of Engineering Research & Technology, 2(11), pp. 3173-3178.
- [10]. Anil J., Gauri S., Santosh U., and P. Baskar (2013), “*Static Structural Analysis of Multiplate Clutch with Different Friction Materials*”. International Journal of Engineering Research & Technology, 2(11), pp. 3173-3178.

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM AVL – BOOST TRONG MÔ PHÒNG ĐỘNG CƠ DIESEL TRUYỀN THỐNG SỬ DỤNG DIESEL SINH HỌC

APPLICATION OF AVL – BOOST SOFTWARE IN SIMULATION OF TRADITIONAL DIESEL ENGINE USING BIO-DIESEL

Nguyễn Văn Du

Khoa Kỹ thuật Ô tô và Năng lượng, Trường Đại học Phenikaa

Email: du.nguyenvan1@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng bằng phần mềm AVL - BOOST đánh giá tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ D4BB khi sử dụng nhiên liệu diesel sinh học (biodiesel). Quá trình nghiên cứu được tiến hành đặc tính tốc độ ngoài (100% tải) với động cơ thuần nhiên liệu diesel và động cơ làm việc với tỉ lệ pha trộn 5% biodiesel (B5). Kết quả cho thấy động cơ sử dụng nhiên liệu B5 cho công suất giảm 0,91%; tiêu thụ nhiên liệu tăng 0,92%, phát thải CO, Soot giảm lần lượt là 7,57% và 17,43%, NO_x lại tăng 9,65%. Nghiên cứu này góp phần làm tài liệu tham khảo cho những nghiên cứu tiếp theo về sử dụng biodiesel trên động cơ đốt trong.

Từ khóa: *Nhiên liệu kép Biodiesel; Phát thải; AVL - Boost.*

ABSTRACT

The article presents the results of a simulation study using AVL – BOOST software to evaluate the economic, technical and emission characteristics of the D4BB engine when fueling biodiesel. The research process was conducted to characterize the external speed (100% load) with a pure diesel engine and an engine operating with a 5% biodiesel blend (B5). The results showed that the engine using B5 fuel reduced its capacity by 0.91%; fuel consumption increased by 0.92%, CO and Soot emissions decreased by 7.57% and 17.43%, respectively, while NO_x increased by 9.65%. This study contributes as a reference for further studies on the use of biodiesel in internal combustion engines.

Keywords: *Dual-fuel Biodiesel; Emissions; AVL - Boost.*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nguồn gốc sinh học như các loại nhiên liệu được chiết suất từ dầu hoặc tinh bột của các loại cây (cọ, dừa, hướng dương, jatropha, táo, mía, sắn, ngô...), mỡ động vật hay khí biogas sản xuất từ phế thải (rác thải, chất thải từ động vật,...). Trong các dạng nhiên liệu thay thế đó, biodiesel dùng để thay thế cho diesel, còn bioethanol, biomethanol dùng để thay thế cho nhiên liệu xăng. Thông thường, nhiên liệu thay thế nói chung có thể sử dụng trên động cơ ở dạng nguyên chất (100% nhiên liệu thay thế), hoặc ở dạng phối hợp, tức là một phần nhiên liệu thay thế kết hợp với nhiên liệu truyền thống. Ví dụ như hỗn hợp nhiên liệu B5 (5% bio-diesel, 95% diesel truyền thống), hỗn hợp nhiên liệu E5 (5% ethanol, 95% xăng),...

Sử dụng nhiên liệu diesel sinh học (Biodiesel hay biodiesel fuel) trên động cơ diesel được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [1]. Biodiesel là loại nhiên liệu ít gây ô nhiễm, đã được nghiên cứu và sử dụng nhiều trên động cơ đốt trong ở các nước trên thế giới cũng như ở Việt Nam.

Sử dụng nhiên liệu thay thế, ngoài việc giải quyết vấn đề cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch, tận dụng triệt để các nguồn năng lượng sẵn có trong thiên nhiên, nó còn tạo công ăn việc làm cho người dân, giải quyết phần nào vấn đề ô nhiễm môi trường. Ngoài ra, nếu có sự quy hoạch tốt về sử dụng đất thì việc sử dụng nhiên liệu thay thế, đặc biệt là nhiên liệu sinh học còn tạo động lực cho sự phát triển, giảm triệt để phát thải gây hiệu ứng nhà kính nhờ vòng khép kín CO₂ (cây hấp thụ khí CO₂ từ động cơ - trồng cây để sản xuất nhiên liệu sinh học cho động cơ) [2].

Bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên

cứ sử dụng nhiên liệu sinh học bio-diesel B5 trên động cơ diesel được thực hiện bằng mô phỏng thông qua phần mềm chuyên dụng AVL – BOOST trên động cơ D4BB sử dụng phổ biến tại Việt Nam nhằm khảo sát khả năng sử dụng biodiesel trên động cơ này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU


AVL – Boost là một công cụ mô phỏng các quá trình công tác và quá trình trao đổi khí của động cơ. AVL – Boost cho phép xây dựng mô hình đầy đủ của toàn bộ động cơ bằng cách lựa chọn các phần tử có trong hộp công cụ và nối chúng lại bằng các phần tử. Xác định các thông số trong quá trình nhiệt động học, dòng chảy trong quá trình trao đổi khí quá trình phun nhiên liệu, quá trình cháy. Mô phỏng các quá trình công tác của động cơ với độ chính xác cao, tạo thuận lợi trong mục tiêu thiết kế động cơ hoặc phân tích các quá trình nhiệt động học.

Vi vậy, nghiên cứu lựa chọn phần mềm AVL – BOOST mô phỏng động cơ diesel D4BB có hệ thống nhiên liệu bơm cao áp phân phối, điều khiển cơ khí. Quá trình nghiên cứu được tiến hành đặc tính tốc độ ngoài (100% tải) với động cơ thuần nhiên liệu diesel và động cơ làm việc với tỉ lệ pha trộn 5% biodiesel (B5).

Tác giả đi so sánh kết quả công suất, tiêu thụ nhiên liệu, phát thải của động cơ sử dụng nhiên liệu B5 và động cơ thuần diesel để phân tích, khuyến nghị cho những nghiên cứu tiếp theo về nhiên liệu biodiesel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Các thông số kỹ thuật của động cơ D4BB

Động cơ D4BB là loại động cơ diesel phổ biến tại Việt Nam trên các xe tải hạng trung 

và máy bơm nước, chữa cháy. Động cơ D4BB được sản xuất tại Hàn Quốc. Thông số kỹ thuật của động cơ này được trình bày trong bảng 1.

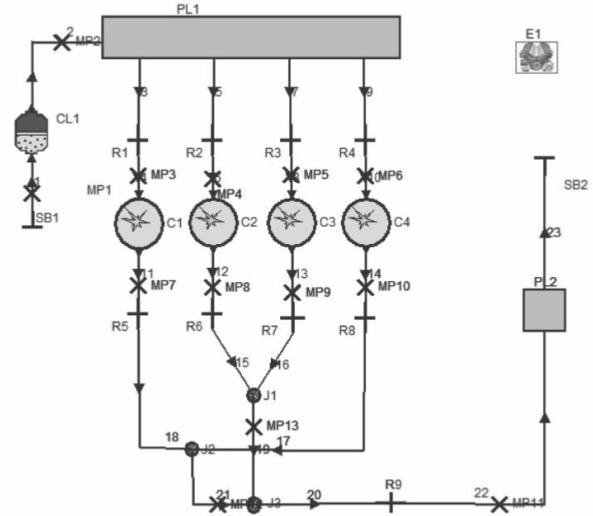
Bảng 1. Thông số cơ bản của động cơ D4BB

TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Dung tích xylanh	2,607	dm ³
2	Đường kính xylanh	91,1	mm
3	Hành trình piston	100	mm
4	Tỷ số nén	22	
5	Số xylanh	4	
6	Thứ tự làm việc	1-3-4-2	
8	Công suất lớn nhất	59/4000	kW/rpm
9	Momen xoắn lớn nhất	170/2200	N.m/rpm
10	Tốc độ tối đa	4000	v/ph
11	Hệ thống nhiên liệu	Bơm phân phối VE	

3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

3.2.1. Mô hình động cơ [4]

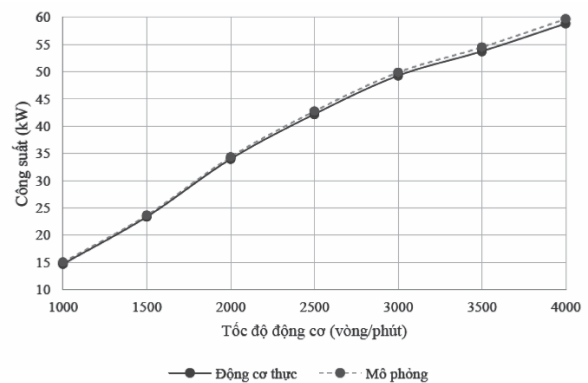
Dựa vào kết cấu của động cơ D4BB thực tế, những phần tử đã được định nghĩa trong AVL – Boost và các thông số kỹ thuật của động cơ, tiến hành lựa chọn các phần tử cho mô hình và được trình bày như trên hình 1.



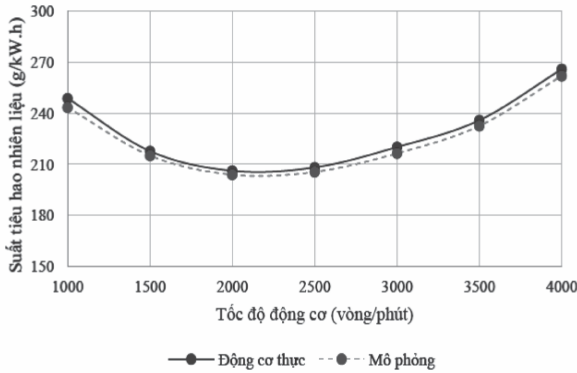
Hình 1. Mô hình mô phỏng động cơ D4BB

3.2.2. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

Trước khi được sử dụng để tính toán các trường hợp khác thì mô hình tính cần được hiệu chỉnh để đảm bảo độ tin cậy. Độ tin cậy của mô hình được đánh giá thông qua việc so sánh một số kết quả như công suất, suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng với đường đặc tính ngoài thực tế của động cơ thực theo catalog. Đặc tính ngoài thực tế được đo trên băng thử tại Đại học Bách khoa Hà Nội để hiệu chỉnh đảm bảo độ tin cậy của mô hình mô phỏng [3].



Hình 2. Biểu đồ so sánh công suất giữa động cơ thực và mô phỏng



Hình 3. Biểu đồ so sánh suất tiêu hao nhiên liệu giữa động cơ thực và mô phỏng

Kết quả cho thấy, khi so sánh công suất giữa mô phỏng và động cơ thực với 100% tải tại 7 chế độ tốc độ khác nhau từ 1000 – 4000 v/ph, kết quả cho thấy sai lệch lớn nhất tại tốc độ 1000 vòng/phút là 2,18%, sai lệch nhỏ nhất tại tốc độ 2000 vòng/phút là 0,12%. Sai lệch về suất tiêu hao nhiên liệu trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 1,41% (Hình 2).

Kết quả so sánh suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và động cơ thực với 100% tải cũng tại 7 chế độ tốc độ khác nhau. Kết quả cho thấy sai lệch lớn nhất tại tốc độ 1000 vòng/phút là 2,13%, sai lệch nhỏ nhất tại tốc độ 2000 vòng/phút là 1,1%. Sai lệch về suất tiêu hao nhiên liệu trung bình là 1,45% (Hình 3).

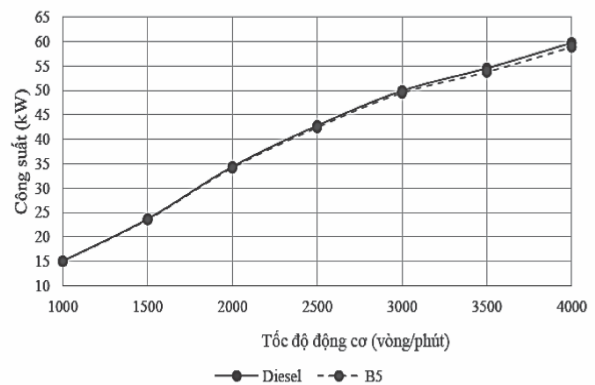
3.3. Kết quả tính toán mô phỏng

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiên liệu tới đường đặc tính công suất và suất tiêu hao nhiên liệu

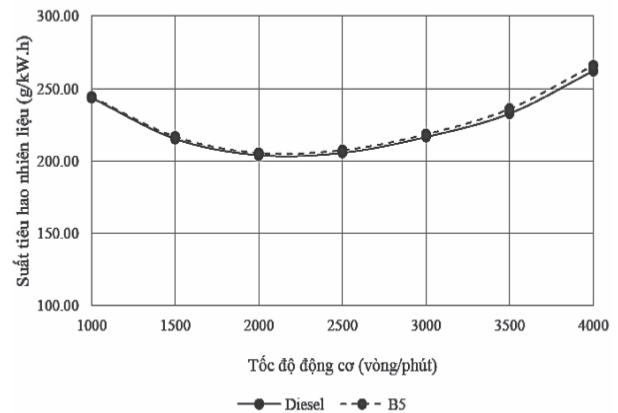
Giá trị công suất động cơ ở chế độ 100% tải với nhiên liệu diesel và B5 tại các tốc độ khác nhau theo đường đặc tính ngoài được thể hiện trên hình 4. Kết quả mô phỏng cho thấy công suất của động cơ khi sử dụng nhiên liệu B5 thấp hơn so với động cơ sử dụng nhiên liệu diesel. Sự giảm công suất là tương đối nhỏ,

trong đó giảm lớn nhất tại tốc độ 4000 vòng/phút tương ứng với 1,44%. Tính trên toàn dải tốc độ, công suất của động cơ giảm trung bình là 0,91%. Sự giảm công suất này được giải thích vì nhiên liệu B5 có nhiệt trị nhỏ hơn so với diesel.

Hình 5 thể hiện giá trị suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi mô phỏng với nhiên liệu diesel và B5. Kết quả cho thấy khi sử dụng nhiên liệu B5, công suất giảm so với động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel. Sự giảm công suất là tương đối nhỏ, trong đó giảm lớn nhất tại tốc độ 4000 vòng/phút tương ứng với 1,46%.



Hình 4. Biểu đồ thể hiện công suất khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5



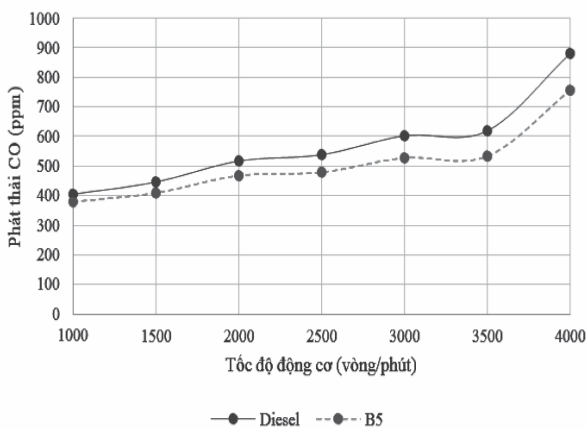
Hình 5. Biểu đồ thể hiện tiêu hao nhiên liệu khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5

3.3.2. Ảnh hưởng của nhiên liệu tới phát thải của động cơ

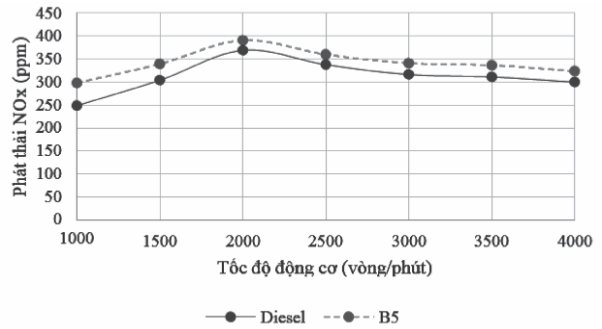
Hình 6 thể hiện lượng phát thải CO của động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5. Kết quả cho thấy khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 cho phát thải CO thấp hơn so với khi sử dụng diesel. Mức giảm lớn nhất khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 so với nhiên liệu diesel là 14,12 % tại tốc độ 4000 vòng/phút. Mức giảm trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 7,57 %.

Hình 7 thể hiện lượng phát thải NO_x của động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5. Kết quả cho thấy khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 cho phát thải NO_x cao hơn so với khi sử dụng diesel. Mức tăng lớn nhất khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 so với nhiên liệu diesel là 19,77 % tại tốc độ 1000 vòng/phút. Mức tăng trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 9,65 %.

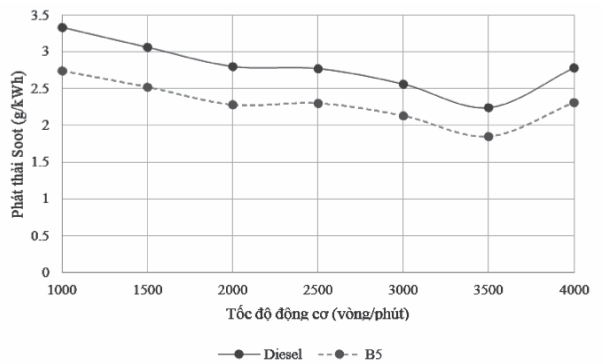
Lượng phát thải Soot trong xylanh của động cơ sử dụng nhiên liệu diesel và B5 được thể hiện trên Hình 8. Từ kết quả, ta nhận thấy động cơ sử dụng nhiên liệu B5 có phát thải Soot giảm so với nhiên liệu diesel. Hàm lượng muội than (Soot) giảm khi sử dụng nhiên liệu B5 trung bình trên toàn dải tốc độ theo đường đặc tính ngoài với mức giảm tương ứng là 17,43 %.



Hình 6. Phát thải CO



Hình 7. Phát thải NO_x



Hình 8. Phát thải Soot

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu trên đã lựa chọn được các mô hình hình thành hỗn hợp và cháy trong động cơ LPG/Diesel phù hợp.

Kết quả nghiên cứu có thể định hướng cho việc nghiên cứu thực nghiệm sử dụng nhiên liệu LPG trên các động cơ diesel khác nhau để đưa ra các điều kiện cụ thể khi chuyển đổi động cơ diesel cụ thể sang sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel.

Đã xây dựng được mô hình mô phỏng của động cơ D4BB bằng phần mềm khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5. Kết quả tính toán công suất, suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và động cơ thực có sai lệch nhỏ, do đó mô hình mô phỏng đảm bảo độ tin cậy để thực hiện các nghiên cứu khác.

Kết quả mô phỏng cho thấy công suất động cơ có xu hướng giảm trong khi suất tiêu hao nhiên liệu lại tăng khi sử dụng nhiên liệu B5. Tính trung bình trên toàn dải tốc độ, công suất giảm 0,91%, suất tiêu hao nhiên liệu tăng 0,92%.

Các phát thải CO, Soot giảm trong khi NO_x lại tăng khi sử dụng nhiên liệu B5. Tính trung bình trên toàn dải tốc độ, độ giảm của CO, Soot lần lượt là 7,57%, 17,43%, NO_x tăng 9,65%. ❖

Ngày nhận bài: **18/11/2024**

Ngày phản biện: **17/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Minh Tuấn (2008), “*Khi thải động cơ và ô nhiễm môi trường*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Trần Thanh Hải Tùng, “*Nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế trên động cơ diesel*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 21, 2010.
- [3]. Nguyễn Hữu Tuấn, “*Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia vi nhũ thể hệ mới chế tạo tại Việt Nam tới tính năng kinh tế, kỹ thuật, phát thải và tương thích vật liệu động cơ diesel*”. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [4]. AVL-BOOST, “*Theory AVL-BOOST*”. AVL-BOOST, 2011.

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP XĂNG PHA CÒN TỚI CÔNG SUẤT CỦA ĐỘNG CƠ Ô TÔ

A CASE STUDY ON IMPACT OF ETHANOL-MIXED GASOLINE ON POWER OF
AUTOMOBILE ENGINES

ThS. **Bùi Hà Phan**

Bộ môn Công nghệ Kỹ thuật ô tô, Viện Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Vinh

Email: phanbh@vinhuni.edu.vn

TÓM TẮT

Với tốc độ tăng trung bình khoảng 16% số lượng xe ô tô như hiện nay chính là nguyên nhân gây cạn kiệt nguồn nhiên liệu từ dầu mỏ, ô nhiễm môi trường. Theo báo cáo môi trường quốc gia, hoạt động giao thông đóng góp gần 85% lượng khí CO, 95% lượng VOCs trên toàn quốc và chiếm khoảng 70% nguồn gây ô nhiễm không khí ở các khu đô thị lớn. Với mức sử dụng dầu mỏ như hiện nay, số lượng dầu mỏ này chỉ còn đủ dùng trong khoảng 50-60 năm nữa nếu không phát hiện thêm những nguồn dầu mỏ mới. Bài báo này sử dụng phần mềm AVL Boost để tính toán và mô phỏng xăng RON 92 kết hợp với cồn ở các tỷ lệ khác nhau. Kết quả cho thấy, tỷ lệ Ethanol tăng dần lần lượt là E5, E10, E20, E85 làm cho hỗn hợp nhiên liệu – không khí càng nhạt, công suất động cơ giảm 1,75%, 4,06%, 9,13%, 38,71% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 1,79%, 4,24%, 10,1%, 63,5%, tỷ lệ Ethanol nhỏ hơn 20% thì diễn biến về khí thải theo chiều hướng có lợi. CO và HC giảm xuống, NOx tăng lên.

Từ khóa: Động cơ; Công suất; Cồn; Mô phỏng.

ABSTRACT

The current average growth rate of about 16% in the number of cars in use is the main cause to environmental pollution as well as rising fuel consumption. According to the national environmental report, traffic activities produce nearly 85% of CO emissions, 95% of VOCs nationwide and account for around 70% of air pollution sources in large urban areas. Based on the current level of oil use, this amount of mineral oil will only be enough for another 50-60 years if no new oil fields are discovered. This article uses AVL Boost software to calculate and simulate RON 92 gasoline combined with alcohol at different ratios. The results show that gradually increasing Ethanol ratio to E5, E10, E20, E85 makes the fuel-air mixture lighter, engine power decreases by 1.75%, 4.06%, 9.13%, 38.71% and fuel consumption increased by 1.79%, 4.24%, 10.1%, 63.5%, Ethanol ratio is less than 20% then the evolution of emissions will be in a favorable direction. CO and HC decrease, NOx increases.

Keywords: Engine; Power; Ethanol; Simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, nhu cầu sử dụng nhiên liệu và sản phẩm dầu mỏ phát triển mạnh mẽ dẫn đến phát sinh nhiều vấn đề cần được giải quyết như: Nhiên liệu ngày càng cạn kiệt, nạn ô nhiễm môi trường do khí thải động cơ, các lò đốt công nghiệp, sự nóng lên toàn cầu [3], các cơ sở sản xuất và tồn chứa sản phẩm dầu, sự tổn hao công suất, tuổi thọ động cơ. Mặt khác, như chúng ta đã biết, an ninh quốc gia, an ninh kinh tế luôn gắn liền với an ninh năng lượng. Vì thế, an ninh năng lượng luôn được đặt lên hàng đầu trong chiến lược phát triển của mỗi quốc gia. Với mức sử dụng dầu mỏ như hiện nay, số lượng dầu mỏ này chỉ còn đủ dùng trong khoảng 40-45 năm, khí thiên nhiên khoảng 60 năm, than đá khoảng 111 năm nữa nếu không phát hiện thêm những nguồn dầu mỏ mới. Chính vì thế, để giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đảm bảo an ninh năng lượng lâu dài và phát triển bền vững, nhiều quốc gia trong vòng vài thập kỷ qua đã tập trung nghiên cứu sử dụng nhiên liệu sinh học nhằm thay thế một phần dầu khoáng, tiến tới xây dựng ngành nhiên liệu sạch ở quốc gia mình. Vì thế cần có những nghiên cứu tỷ lệ xăng pha cồn đến công suất của động cơ ô tô, từ đó khuyến khích người dùng sử dụng sản phẩm nhiên liệu sinh học để giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tăng công suất của động cơ.

2. NHIÊN LIỆU SINH HỌC DÙNG TRONG ĐỘNG CƠ XĂNG

2.1. Giới thiệu về nhiên liệu cồn Ethanol

Ethanol còn được gọi là rượu etylic, rượu ngũ cốc hay cồn, là một hợp chất hữu cơ nằm trong dãy đồng đẳng của rượu etylic, dễ cháy, không màu, là một trong các thành phần của đồ uống chứa cồn. Trong đời sống, nó thường được gọi tắt là rượu. Công thức hóa học

C_2H_5OH , viết tắt là C_2H_6O [9].

Nguyên liệu sản xuất Ethanol thích hợp nhất là đường (mía, tinh dầu cọ), ri đường và cây lúa miến ngọt, tinh bột (khoai tây, các loại hạt lúa, lúa mì, ngô, đại mạch). Năng suất Ethanol trung bình dao động từ 2.100 đến 5.600 lít/ha đất trồng trọt tùy thuộc vào từng loại cây trồng. Đối với các loại hạt, năng suất Ethanol thu được vào khoảng 2.800 lít/ha, tức là khoảng 3 tấn nhiên liệu hạt sẽ thu được 1 tấn Ethanol [8].

2.2. Chỉ tiêu chất lượng của xăng pha cồn và việc sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng pha cồn ở động cơ đốt trong

Để dùng làm nhiên liệu pha vào xăng, Ethanol cần đạt được các chỉ tiêu nhất định. Các chỉ tiêu Ethanol biến tính được xác định theo phương pháp ASTM 1613, ASTM D5510, ASTM E1064 [8], hoặc một loạt các TCVN.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

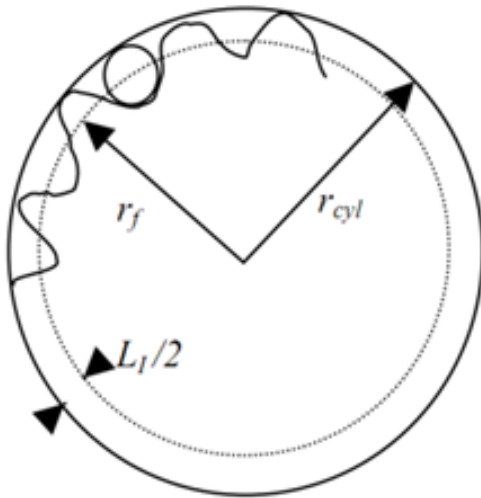
3.1. Quá trình cháy

Mô hình cháy Fractal dùng cho động cơ đánh lửa cưỡng bức, được đề cập trong AVL Boost [2], dự đoán tốc độ giải phóng nhiệt trong động cơ khí nạp đồng nhất. Do đó, ta phải xét đến ảnh hưởng của các thông số quan trọng sau:

- Hình dạng buồng cháy;
- Vị trí và thời gian đánh lửa;
- Thành phần của khí nạp (khí sót, khí xả luân hồi, bốc hơi khí và nhiên liệu);
- Chuyển động nạp và mức độ xoáy lốc.

Ảnh hưởng của quá trình cháy đến công suất, cụ thể như: kiểu buồng cháy, tốc độ cháy, sự lan truyền màng lửa [1], được xác định qua các giai đoạn cháy như sau:





Hình 1. Màng lửa lan truyền tới thành xylanh, bắt đầu của hiện tượng cháy sát vách

Tốc độ cháy của khối lượng nhiên liệu:

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u \cdot A_T \cdot S_L = \rho_u \left\{ \frac{A_T}{S_L} \right\} \cdot A_T S_L \quad (1-1)$$

Quá trình cháy xoáy lốc:

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u \cdot A_T \cdot S_L = \rho_u \left\{ \frac{A_T}{A_L} \right\} \cdot A_L S_L \quad (1-2)$$

$$\frac{S_T}{S_L} = \frac{A_T}{A_L} \quad (1-3)$$

Tốc độ cháy sát vách có thể được miêu tả đơn giản bằng sự suy giảm theo hàm mũ.

$$\left\{ \frac{dm_m}{dt} \right\}_{wall-combustion} = \frac{m - m_b}{\tau} \quad (1-4)$$

Tốc độ cháy tổng thể có thể rút ra như một giá trị trung bình của hai tốc độ cháy.

$$\left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{overall} = (1 - w_2) \left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{flame} + w_2 \left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{wall-combustion} \quad (1-5)$$

Sự chuyển tiếp giữa 3 mô hình cháy dần dần bắt đầu khi trải qua khoảng thời gian chuyển tiếp t_{tr} , xác định tia lửa đầu tiên tới thành xylanh:

$$r_f = \frac{(m - m_b)_v}{(\rho_u A_T S_L)_v} \quad (1-6)$$

3.2. Quá trình truyền nhiệt

Quá trình áp suất cao:

Định luật nhiệt động học 1 cho hệ thống kín như sau (giả định mô hình 1 chiều đơn giản hóa), thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên của nội năng (hay enthalpy) với sự biến thiên của nhiệt và công [1].

$$\frac{d(m_{cyl} \cdot u)}{d\alpha} = -p_{cyl} \cdot \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - h_{BB} \cdot \frac{dm_{BB}}{d\alpha} \quad (1-7)$$

Đối với quá trình trao đổi khí:

Quá trình này phải đưa vào lưu lượng khối lượng khí, ra trong phương trình định luật nhiệt động học [1].

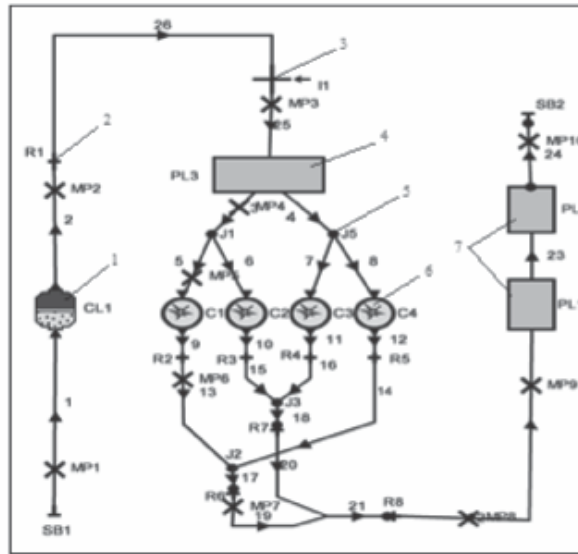
$$\frac{d(m_{cyl} \cdot u)}{d\alpha} = -p_{cyl} \cdot \frac{dV}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - \sum \frac{dm_{in}}{d\alpha} h_m - \sum \frac{dm_{out}}{d\alpha} h_{out} \quad (1-8)$$

4. QUY TRÌNH VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

4.1. Quy trình mô phỏng động cơ sử dụng hỗn hợp xăng pha cồn

4.1.1. Quy trình mô phỏng

Dựa trên động cơ thực tế, từ những phần tử có sẵn trong AVL Boost, các thông số kỹ thuật được xây dựng cho động cơ Toyota – 5A:



Hình 2. Mô hình mô phỏng
 1. Lọc khí; 2. Phần tử cản dòng; 3. Bộ chế hoà khí; 4. Bình ổn áp;
 5. Phần tử nối; 6. Xilanh; 7. Bình tiêu âm

4.1.2. Chạy mô hình

Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm của động cơ. Chạy mô phỏng mô hình đưa ra kết quả so sánh về công suất động cơ khi thay đổi tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu [4].

Bảng 1. Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm, thay đổi tỷ lệ ethanol

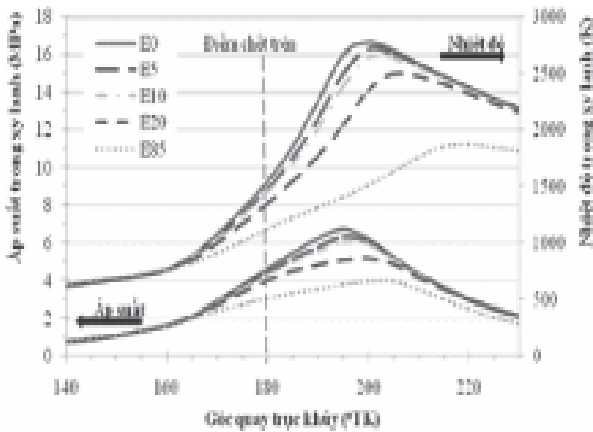
STT	Tốc độ (v/p)	Nhiên liệu (g/s)	Góc đánh lửa sớm (°TK)	Loại nhiên liệu
1	1500	1,34	-14	E0, E5, E10, E20, E85
2	2000	1,76	-17	E0, E5, E10, E20, E85
3	2500	2,26	-21	E0, E5, E10, E20, E85
4	3000	2,6	-25	E0, E5, E10, E20, E85
5	3500	3,12	-26	E0, E5, E10, E20, E85
6	4000	3,58	-29	E0, E5, E10, E20, E85
7	4500	3,9	-33	E0, E5, E10, E20, E85
8	4800	4,05	-34	E0, E5, E10, E20, E85



4.2. Kết quả mô phỏng

4.2.1. Đặc tính của quá trình cháy

Hình 3 so sánh diễn biến của áp suất và nhiệt độ trong xylanh động cơ khi sử dụng 5 loại nhiên liệu ở 7500 v/p từ 40° trước điểm chết trên (ĐCT) đến 50° sau ĐCT.

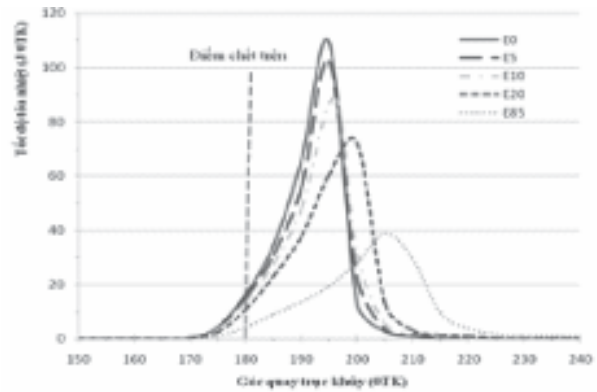


Hình 3. Diễn biến áp suất, nhiệt độ trong xylanh của động cơ tại 4800 v/p, 100% tải

Từ đồ thị, thời gian cháy trễ giảm, tăng tỷ lệ Ethanol trong khi thời gian cháy nhanh lại có chiều hướng tăng lên. Bởi vì trong Ethanol có 1 nguyên tử oxy nên thuận tiện hơn cho quá trình cháy chậm ở nhiệt độ cao và dịch chuyển màng lửa, tốc độ cháy của hỗn hợp Ethanol – không khí cao hơn của hỗn hợp xăng – không khí, dẫn đến quá trình cháy trễ diễn ra nhanh hơn. Do λ tăng lên khi giữ nguyên lượng nhiên liệu, thì ta có với những giá trị $\lambda > 0,9$ thì tốc độ lan tràn màng lửa giảm đi khi tăng λ . Vì vậy, thời gian cháy nhanh kéo dài hơn, nên khi động cơ sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn, ta sẽ thấy xe chạy êm hơn do tốc độ tăng áp suất nhỏ nên khả năng chống kích nổ cũng được cải thiện.

Trong hình 3, ta cũng thấy rằng, giá trị của nhiệt độ trong xylanh theo góc quay trục khuỷu đạt cực đại sau thời điểm kết thúc quá

trình cháy nhanh (áp suất đạt cực đại) vì do còn có hiện tượng cháy rớt trong quá trình giãn nở, mặc dù không đủ khả năng sinh công thấp do piston đã qua điểm chết trên nhưng lại gia nhiệt cho các vùng đã cháy khác nên sau đó nhiệt độ mới đạt cực đại.



Hình 4. Tốc độ tỏa nhiệt của động cơ sử dụng các loại nhiên liệu ở 4800 v/p, 100% tải

Lượng nhiên liệu cấp cho 1 chu trình không đổi, nhiệt trị thấp và tốc độ cháy của hỗn hợp xăng – Ethanol thấp hơn so với xăng, vì thế tốc độ tỏa nhiệt của động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng pha cồn là nhỏ hơn so với động cơ sử dụng xăng. Và khi càng tăng tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu thì tốc độ tỏa nhiệt càng giảm.

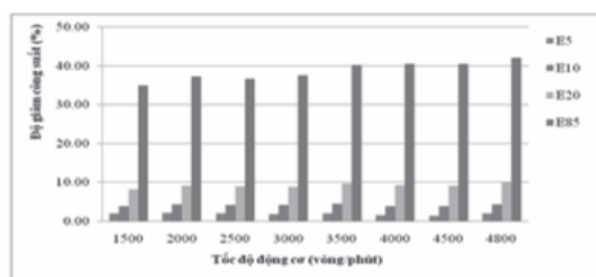
4.2.2. Đặc tính công suất động cơ

Khi giữ nguyên nhiên liệu, do nhiệt trị của Ethanol thấp hơn xăng nên công suất động cơ sẽ giảm. Với một tốc độ không đổi, lượng nhiên liệu cung cấp không đổi thì lượng không khí đi vào xylanh cũng không thay đổi. Trong khi đó, lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu của Ethanol ít hơn xăng [2], vì vậy hỗn hợp nhiên liệu càng nhạt đi khi tăng tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu. Điều này cũng khiến cho công suất của động cơ giảm đi. Ngoài ra, do thời gian cháy trễ giảm khi tăng tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu, dẫn đến có hiện

tượng vừa cháy vừa nén, nên sẽ tốn nhiều công hơn, vì vậy cũng làm giảm đi công suất của động cơ. Bảng 2 thể hiện giá trị công suất của động cơ khi giữ nguyên lượng nhiên liệu khi chạy các loại nhiên liệu ở dải tốc độ tính toán.

Bảng 2. Công suất động cơ khi chạy các loại nhiên liệu khác nhau (kW)

Tốc độ	Nhiên liệu	E0	E5	E10	E20	E85
	1500		19,67	19,31	18,91	18,06
2000		26,38	25,85	25,25	23,99	16,56
2500		34,36	33,70	32,94	31,32	21,74
3000		39,00	38,34	37,43	35,37	24,36
3500		46,65	45,73	44,61	42,15	27,92
4000		52,52	51,78	50,50	47,65	31,27
4500		56,59	55,88	54,48	51,42	33,67
4800		58,20	57,10	55,73	52,31	33,72




Hình 5. Thay đổi công suất động cơ ở 100% tải khi sử dụng xăng pha cồn so với xăng RON92 (E0)

Hình 5 đã cho thấy được độ giảm công suất tương đối của động cơ khi chạy nhiên liệu xăng pha cồn với các tỷ lệ khác nhau ở dải tốc độ tính toán so với khi chạy xăng E0. Khi sử dụng nhiên liệu E5, E10, E20, E85 thì công suất giảm lần lượt là 1,75%, 4,06%, 9,13% và 38,71%. Khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn ở tỷ lệ 10-20% thì không cần thiết phải chỉnh

sửa kết cấu động cơ [5], công suất chỉ giảm đi có 9,13% khi toàn tải. CO và HC giảm xuống, NOx tăng lên [7].

5. KẾT LUẬN

Cùng một lượng nhiên liệu cung cấp thì khi ta sử dụng hỗn hợp xăng pha cồn có tỷ lệ Ethanol tăng dần lần lượt là E5, E10, E20, E85 làm cho hỗn hợp nhiên liệu – không khí càng nhạt, công suất động cơ giảm 1,75%, 4,06%, 9,13%, 38,71% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 1,79%, 4,24%, 10,1%, 63,5%. Vì vậy, khi sử dụng các loại nhiên liệu có tỷ lệ Ethanol nhỏ hơn 20% thể tích thì không cần thiết phải chỉnh sửa động cơ mà vẫn đảm bảo được khả năng vận hành của động cơ [6], đồng thời động cơ làm việc êm hơn do tốc độ tăng áp suất giảm. 

Trong khi đó, cũng với hỗn hợp nhiên liệu có tỷ lệ Ethanol nhỏ hơn 20% thì diễn biến về khí thải theo chiều hướng có lợi. CO và HC giảm xuống, NOx tăng lên.

Kết quả nghiên cứu là tiền đề cho cho việc sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn với các tỷ lệ Ethanol cao hơn cho động cơ xăng đời cũ (sử dụng bộ chế hoà khí). ❖

Ngày nhận bài: **18/11/2024**

Ngày phản biện: **17/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Minh Tuấn, “*Lý thuyết động cơ đốt trong*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
- [2]. AVL-List GmbH, “*BOOST v.2009 Theory*”. Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz, Austria, 2020.
- [3]. Kesse DG., “*Global warming-facts, assessment, counter-measures*”. J Pet Sci Eng 2000; 26:157-68.
- [4]. Le Anh Tuan. et.al. (2011), “*Investigation of motorcycle engine’s characteristics fueled with ethanol-gasoline blends*”. 4th AUN/SEED-Net Regional Conference on New/Renewable Energy, HCM city, Vietnam.
- [5]. The Royal Society, “*Sustainable biofuels: Prospects and challenges*”, UK, 2008.
- [6]. Chinda Charoenphonphanich, “*E20 fuel impacts on existing vehicles in Thailand*”. APAC 15, Vietnam, 2009.
- [7]. Lavoie G, Blumberg P.N., “*A fundamental Model for Predicting Consumption, NOx, and HC Emissions of the Conventional Spark-Ignition Engines*”. Combustion Science and Technology, Vol. 21, pp 225-258, 1980.
- [8]. <http://www.tradingeconomics.com/commodity/ethanol>
- [9]. <http://www.americanprocess.com/Vision.aspx>