

THỂ 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 chuyển giao 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 Cơ-điện tử, ¹⁸Cơ khí Kỹ thuật hệ thống công nghiệp, ¹⁹Cơ khí đào tạo nguồn nhân lực và nghiên cứu chuyển giao.

3. Thể 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. Trong 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 Thể 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.bbk@gmail.com * **Website:** cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

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

TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 322, tháng 11 năm 2024
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 Hào** (Chủ tịch)
GS,TSKH. **BÀNH TIẾN LONG** (P. Chủ tịch)
TSKH. **PHAN XUÂN DŨNG**
PGS,TS. **HÀ MINH HÙNG**
PGS,TS. **TRƯỜNG VIỆT ANH**
GS,TS. **ĐINH VĂN CHIẾN**
GS,TSKH. **PHẠM VĂN LANG**
GS,TS. **CHU VĂN ĐẠT**
PGS,TS. **TRẦN VĨNH HÙNG**
PGS,TS. **ĐÀO QUANG KẾ**
PGS,TS. **NGUYỄN VĂN BÀ**
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. **TRƯỜNG HOÀNH SƠN**
TS. **HỒ TRẦN ANH NGỌC**

THIẾT KẾ MỸ THUẬT
NGÂN GIANG

*Tạp chí Cơ khí Việt Nam:
- In tại Công ty Cổ phần In Khoa học Công nghệ Hà Nội
- Khẩu khổ 20,5cm x 28,5cm
- 236 trang
- Xuất bản mỗi tháng một kỳ
- Giá bán 120.000 đồng/quyển Tạp chí

TẠP CHÍ



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

CƠ KHÍ
VIỆT NAM
VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL

CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM

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



- ❖ Lực hướng tâm và biện pháp khắc phục trong bơm ly tâm vận tải dòng chất lỏng có hạt rắn
- ❖ Tính toán độ dày vỏ giáp xe thiết giáp chở quân 8x8 sản xuất tại Việt Nam
- ❖ Phun phủ plasma SiC-Cu trong khí bảo vệ

Số 322, tháng 11 năm 2024

Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 25 tháng 11 năm 2024

TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

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

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

Email: tckvietnam@gmail.com

Website: cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

* * *

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

Văn bản chấp thuận tăng trang số 1593/CBC-QLBC ngày 14 tháng 11 năm 2024 của Cục Báo chí,
Bộ Thông tin và Truyền thông, đề xuất bản số 322 tháng 11 năm 2024

Văn phòng đại diện:

1. Tại TP. Hồ Chí Minh:

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

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

2. Tại tỉnh Quảng Ninh:

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

Phòng viên thường trú:

1. Tại Hải Phòng:

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

NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (6 – 229)

1. Trần Bùi Bằng, Đồng Minh Tuấn, Khổng Văn Nguyên, Phạm Thế Duyệt: Ứng dụng Matlab – Simulink mô phỏng bộ điều khiển điện tử hệ thống treo bán tích cực trên ô tô du lịch mô hình toàn xe.....	6
2. ThS. Bùi Minh Hoàng , TS. Phạm Đức Thiên , ThS. Đoàn Kim Bình: Lực hướng tâm và biện pháp khắc phục trong bơm ly tâm vận tải dòng chất lỏng có hạt rắn.....	14
3. Trần Thị Minh, Nguyễn Thị Vân: Nghiên cứu phát triển mẫu váy thời trang, đánh giá độ vừa vặn của sản phẩm ứng dụng phần mềm Clo3D.....	20
4. Hà Anh Tùng: Thiết kế, lắp đặt và đánh giá hiệu quả kinh tế - kỹ thuật việc chuyển đổi xe máy chạy xăng sang xe hybrid vừa xăng và điện.....	26
5. ThS. Trần Văn Thắng: Tối ưu các thông số hiệu điện thế, cường độ dòng điện, thời gian xung đến độ nhám bề mặt và năng suất bóc tách vật liệu trên máy xung định hình khi gia công vật liệu thép SKD11.....	34
6. Nguyễn Văn Long: Thiết kế, chế tạo mô hình thực hành PLC di động giá thành thấp phục vụ đào tạo sinh viên, kỹ thuật viên chuyên ngành tự động hoá và cơ điện tử.....	40
7. Lê Hữu Linh, Nguyễn Xuân Thuận, Đinh Công Trường: Nghiên cứu máy tự động làm sạch dị vật kích thước micro bằng khí thổi siêu âm trong công nghiệp bán dẫn.....	45
8. Phạm Nhất Phương, Đặng Văn Hải, Đinh Lê Cao Kỳ, Võ Tuyền, Trịnh Tiến Thọ: Nghiên cứu ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới tính chất của hồ quang khi hàn liên kết giáp mỗi SUS 304-Ti bằng công nghệ GTAW.....	55
9. Lương Văn Tới, Huỳnh Công Lớn: Nghiên cứu, thiết kế, mô phỏng kết cấu hợp lý của gầu gắp rác thủy lực 0,5m ³ bằng phần mềm Solidworks.....	64
10. ThS. Bùi Quang Toàn: Nghiên cứu ứng dụng công nghệ AI vào mô phỏng gia công trên phần mềm thực tế ảo SSCNC.....	70
11. Đặng Tiến Hiếu: Thiết kế chế tạo hệ thống cắt plasma CNC sử dụng trong đào tạo.....	75
12. Phùng Trí Công, Nguyễn Hoài Nam: Nghiên cứu thiết kế hệ thống gá và xoay phôi tự động cho máy taro ren.....	83
13. Giản Thị Thu Hương: Ảnh hưởng của thông số cấu trúc vải đến độ ổn định kích thước sau khi giặt của vải denim chun và không chun.....	94
14. Nguyễn Thanh Quang, Nguyễn Minh Tân, Cù Xuân Phong: Tính toán độ dày vỏ giáp xe thiết giáp chở quân 8x8 sản xuất tại Việt Nam.....	101
15. Ngô Khắc Yên, Phan Lâm Hải, Kim Ngọc Duy: Tính toán động lực học xe ô tô bị hãm do sự bó cứng của lưới với cầu trục và bánh xe.....	108
16. Vũ Văn Khoa, Ngô Viết Thụ, Trần Văn Tùng, Nguyễn Xuân Huân: Tính toán sàng rung quán tính cho các vật liệu hạt nhỏ.....	116
17. Hồ Triết Hưng, Bành Quốc Nguyên: Nghiên cứu thiết kế tối ưu thông số chi tiết máy lột vỏ và cắt lát quả thanh long.....	124
18. Trần Anh Sơn, Bành Quốc Nguyên: Nghiên cứu tối ưu hóa quỹ đạo dao cắt nhằm nâng cao năng suất gọt vỏ cà rốt.....	131
19. Ngô Xuân Cường, Lê Thu Quý, Nguyễn Tuấn Anh, Trần Văn Dũng: Phun phủ plasma SiC-Cu trong khí bảo vệ.....	139

20. Dur Nguyễn Trường Thịnh, Phạm Anh Tuấn, Vũ Đức Hoàn, Bùi Văn Hiếu, Huỳnh Đỗ Song Toàn: Thiết kế khuôn phun ép nhựa có sử dụng kênh giải nhiệt dạng 3D.....	143
21. Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Ngọc Thuận, Dur Nguyễn Trường Thịnh, Hoàng Văn Hiếu, Đỗ Thành Trung: Thiết kế tấm khuôn âm có đường nước 3D.....	148
22. Ngô Xuân Cường, Đào Quang Kế: Ứng dụng máy hàn điểm vào hàn đa điểm chế tạo cánh bơm hút nước hồ nổi mìn.....	153
23. Nguyễn Sơn Tùng, Trần Đức Huân: Tính toán, thiết kế và tối ưu kết cấu khung máy ép thủy lực 4 trụ, lực ép 20 tấn.....	160
24. Trần Chí Bảo, Nguyễn Việt Tuấn Anh, Trương Văn Thành, Lê Bá Tân: Thực nghiệm đo phân bố nhiệt độ của khuôn âm (dạng lõm).....	166
25. Phùng Anh Quang, Huỳnh Thị Tuyết Minh, Trần Tường Vi, Trần Thái Sơn: Điều khiển nhiệt độ lòng khuôn hình chữ nhật.....	171
26. Ngô Xuân Cường, Đào Quang Kế: Thiết kế chế tạo đồ gá hàn đa điểm cho cánh bơm hút D90.....	175
27. Nguyễn Ngọc Duy, Phạm Thanh Phong, Phạm Ngọc Triễn, Nguyễn Văn Minh: Nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng lớp in đến độ bền sản phẩm WAAM.....	180
28. Lê Minh Tú, Nguyễn Việt Tuấn, Nguyễn Viết Hải Đăng, Nguyễn Hoàng Nghĩa, Lê Bá Tân: Khảo sát độ bền kéo của các mẫu WAAM với các cường độ dòng điện khác nhau...	185
29. Nguyễn Văn Viễn, Trần Chí Bảo, Trương Văn Thành, Nguyễn Thành Nam, Trần Minh Thế Uyên: Thực nghiệm chế tạo sản phẩm dạng trục bằng công nghệ WAAM với các tốc độ dây khác nhau.....	190
30. TS. Hoàng Văn Thành: Giới thiệu một số tính chất cơ lý của sợi tre.....	196
31. Nguyễn Đông, Vũ Hải Đăng, Ngô Xuân Đạt, Phạm Minh Đăng Khoa, Phạm Anh Đức, Trương Văn Thuận: Nghiên cứu giải pháp chống đập nhằm chân ga – chân phanh....	201
32. Lê Thượng Hiền, Tô Ngọc Thiện: Xu thế sử dụng xe ô tô lai và xe dùng pin nhiên liệu	208
33. Trần Quang Phước: Cấu trúc xoắn cho cơ cấu chuyển động micro dựa trên cơ cấu tuần thủ.....	212
34. Tran Quang Phuoc: Study and design the injection mold for synthetic badminton feather ribs.....	217
35. Trong Hieu Bui, My Le Du, Thanh Luan Dinh, Huu Nghi Huynh: Evaluating the influence of technological parameters on the shape accuracy of 3D printed resin liquid crystal display products using resin-wax materials.....	223

DOANH NGHIỆP – DOANH NHÂN (230 – 232)

– LILAMA10 khẳng định năng lực trong lĩnh vực chế tạo kết cấu thép và thiết bị.....	230
---	-----

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 322, THÁNG 11 NĂM 2024

TT	HỌC HÀM, HỌC VỊ; HỌ VÀ TÊN	ĐƠN VỊ CÔNG TÁC
1	PGS,TS. Tạ Duy Hiên	Trường Đại học Giao thông Vận tải
2	PGS,TS. Vũ Huy Lâm	Trường Đại học Công nghệ Đông Á
3	PGS,TS. Hà Minh Hùng	Viện Nghiên cứu Cơ khí
4	TS. Trần Văn Dũng	
5	TS. Vũ Trung Tuyển	
6	TS. Nguyễn Hải Đăng	Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh
7	TS. Võ Ngọc Anh Tuấn	
8	TS. Hồ Triết Hưng	
9	PGS,TS. Lưu Thanh Tùng	
10	TS. Huỳnh Hữu Nghị	
11	TS. Trần Văn Hưng	Trường Đại học Mỏ - Địa chất
13	TS. Trần Đức Huân	
14	TS. Phạm Đức Thiên	Trường Đại học Phenikaa
15	TS. Đinh Thế Hưng	Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội
16	TS. Lý Hoàng Hiệp	Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
17	TS. Vũ Văn Duy	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên
18	TS. Nguyễn Thị Nhung	
19	TS. Trần Văn Thoan	
20	PGS,TS. Đỗ Anh Tuấn	
21	TS. Vũ Xuân Trường	Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh
22	TS. Lê Ngọc Bích	Trường Đại học Trần Đại Nghĩa
23	TS. Lê Thúc Định	Trường Đại học Công Thương TP. Hồ Chí Minh
24	TS. Đào Văn Dưỡng	Trường Vật liệu, Đại học Bách khoa Hà Nội
25	TS. Đào Anh Tuấn	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh
26	TS. Nguyễn Thanh Bình	Viện Công nghệ Năng lượng, Đại học Bách khoa Hà Nội
27	TS. Nguyễn Anh Tuấn	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh
28	TS. Nguyễn Trần Phú	
29	TS. Nguyễn Trọng Hiếu	
30	TS. Nguyễn Văn Thúc	
31	TS. Trần Minh Thế Uyên	
32	TS. Đặng Hùng Sơn	Viện Cơ khí Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự
33	TS. Tô Viết Thành	



ỨNG DỤNG MATLAB – SIMULINK MÔ PHỎNG BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐIỆN TỬ HỆ THỐNG TREO BÁN TÍCH CỰC TRÊN Ô TÔ DU LỊCH MÔ HÌNH TOÀN XE

MATLAB – SIMULINK APPLICATION SIMULATES THE ELECTRONIC
CONTROLLER OF SEMI-ACTIVE SUSPENSION SYSTEM ON TOURIST CARS
FULL-VEHICLE MODELS

Trần Bùi Bông, Đồng Minh Tuấn*, Khổng Văn Nguyên, Phạm Thế Duyệt
Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Hệ thống treo bán tích cực đã và đang được các hãng ô tô nghiên cứu và ứng dụng với mục đích cải thiện tính êm dịu chuyển động và nâng cao tính năng điều khiển theo điều kiện vận hành. Bài báo này trình bày những kết quả chính trong việc nghiên cứu quá trình điều khiển hệ thống treo bán tích cực trên ô tô, đồng thời đề xuất thuật toán và thực hiện mô phỏng bộ điều khiển điện tử hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe bằng phần mềm Matlab - Simulink. Bài báo đã trình bày kết quả mô phỏng để so sánh, đánh giá hệ thống treo bán tích cực với hệ thống treo bị động. Các kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển điện tử được đề xuất kiểm soát hiệu quả hơn hệ thống treo bị động truyền thống trong việc cải thiện tính năng êm dịu chuyển động của ô tô.

Từ khóa: ECU điện tử; Hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe.

ABSTRACT

Semi-active suspension systems have been studied and applied by automobile manufacturers with the aim of improving the smoothness of motion and enhancing the control performance according to operating conditions. This paper presents the main results in the study of the control process of semi-active suspension systems on automobiles, and proposes algorithms and simulates the electronic controller of semi-active suspension systems on full car model using Matlab - Simulink software. The paper presents simulation results to compare and evaluate semi-active suspension systems with passive suspension systems. The simulation results show that the proposed electronic controller is more effective in controlling the smoothness of motion of automobiles than the traditional passive suspension system.

Keywords: Electronic ECU; Semi-active suspension system on full car model.

1. TỔNG QUAN

Hệ thống treo là một bộ phận quan trọng và được trang bị phổ biến trên ô tô. Hiện nay, hệ thống treo tiếp tục được nghiên cứu và hoàn thiện theo hướng điều khiển tự động bằng ECU thông qua các thuật toán mới. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu và hoàn thiện hệ thống treo trên ô tô là mục tiêu hàng đầu của các hãng xe và một trong các mục tiêu chính là sử dụng các hệ thống treo có điều khiển điện tử. Hệ thống treo bán tích cực là hệ thống lai giữa treo tích cực và treo thụ động. So với hệ thống treo tích cực, hệ thống treo bán tích cực tiêu hao ít năng lượng hơn, cấu tạo đơn giản và độ tin cậy cao hơn. Đặc biệt hệ thống treo bán tích cực đã cơ bản được cải tiến và đáp ứng được các tiêu chí quan trọng của hệ thống treo. Trên thế giới, hệ thống treo bán tích cực đã được nghiên cứu, cải tiến và ứng dụng rộng rãi trên ô tô. Tuy nhiên, ở Việt Nam việc nghiên cứu hệ thống treo bán tích cực vẫn còn hạn chế, đặc biệt là thuật toán điều khiển và bộ điều khiển điện tử. Do vậy, việc nghiên cứu, khai thác, từng bước tìm ra những giải pháp công nghệ tác động vào quá trình điều khiển hệ thống treo bán tích cực giúp xe ô tô hoạt động phù hợp với điều kiện giao thông ở Việt Nam là một yêu cầu cấp bách.

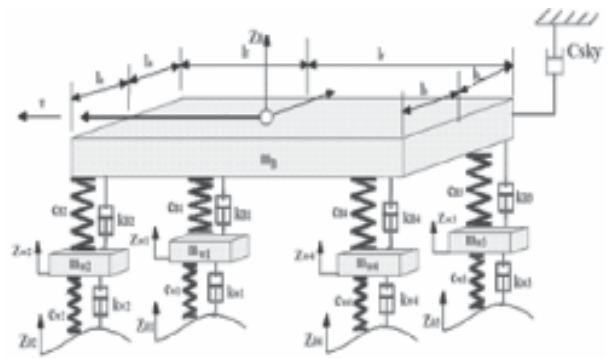
Bài báo nghiên cứu thuật toán điều khiển hệ thống treo bán tích cực trên ô tô du lịch hiện nay. Đồng thời, tiến hành mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng nhằm làm rõ quy luật điều khiển của hệ thống.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Hệ thống treo bán tích cực Skyhook mô hình toàn xe

Điều khiển Skyhook được Karnoppetal đề xuất vào năm 1974 với mục đích là sự tiện

lợi, thoải mái của người ngồi trên xe [1]. Từ ý tưởng sử dụng giảm chấn thụ động có hệ số dập tắt dao động là C_{sky} nối với bầu trời (Sky) ảo như Hình 1. Do đó, dao động phần khối lượng được treo của xe sẽ được giảm một cách đáng kể, tạo sự êm dịu, thoải mái cho người ngồi trên xe.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống treo bán tích cực Skyhook mô hình toàn xe [8]

Hình 1 mô tả sơ đồ hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe theo nguyên lý Skyhook. Trong đó: m_B là khối lượng thân xe m_{w1} , m_{w2} , m_{w3} , m_{w4} lần lượt là khối lượng không được treo của bánh xe trước và sau, độ cứng dọc thân xe trước sau c_{B1} , c_{B2} , c_{B3} , c_{B4} , độ cứng dọc bánh xe trước sau c_{w1} , c_{w2} , c_{w3} , c_{w4} , hệ số dập tắt dao động của thân xe và bánh xe trước và sau lần lượt là k_{B1} , k_{B2} , k_{B3} , k_{B4} , k_{w1} , k_{w2} , k_{w3} , k_{w4} , độ võng thân xe trước sau z_{B1} , z_{B2} , z_{B3} , z_{B4} , độ võng bánh xe trước sau z_{w1} , z_{w2} , z_{w3} , z_{w4} , chiều cao độ nhấp nhô mặt đường trước sau z_{01} , z_{02} , z_{03} , z_{04} , l_p , l_r lần lượt là khoảng cách từ tâm bánh trước, sau đến trọng tâm xe, l_a , l_b lần lượt là khoảng cách từ tâm hệ thống treo trước, sau đến đường tâm dọc thân xe.

2.2. Các phương pháp điều khiển Skyhook hệ thống treo [1], [7]

Do bộ giảm chấn Skyhook lý tưởng không có thực, nên việc áp dụng sơ đồ điều khiển lý tưởng (Hình 1) vào ô tô là không thể

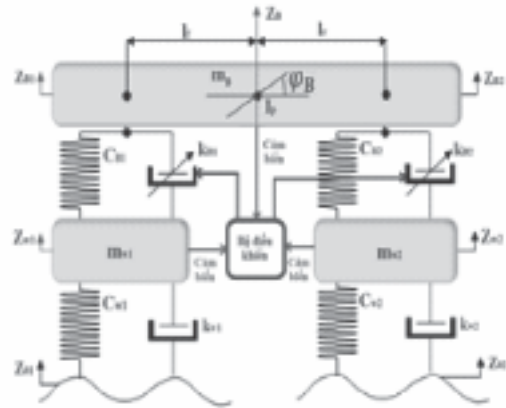
được. Trên thực tế (Hình 2) giảm chấn Skyhook được thay thế bằng một giảm chấn điều khiển được (có thể điều khiển được hệ số cản giảm chấn) để tạo một hiệu quả tương đương với mô hình lý tưởng. Khi đó, giảm chấn của hệ thống treo bán tích cực hoạt động tương tự như một giảm chấn liên kết với một tham chiếu quán tính trên bầu trời. Điều khiển Skyhook được thể hiện qua hai phương pháp chính: điều khiển Skyhook liên tục và điều khiển Skyhook On - Off.

Luật điều khiển liên tục Skyhook: Nguyên lý của luật điều khiển này là thiết lập các giá trị liên tục của hệ số cản giảm chấn C_{sky} (biến thiên liên tục) để lực sinh ra bởi hệ thống treo bán tích cực gần nhất với lực sinh ra bởi mô hình lý tưởng Skyhook.

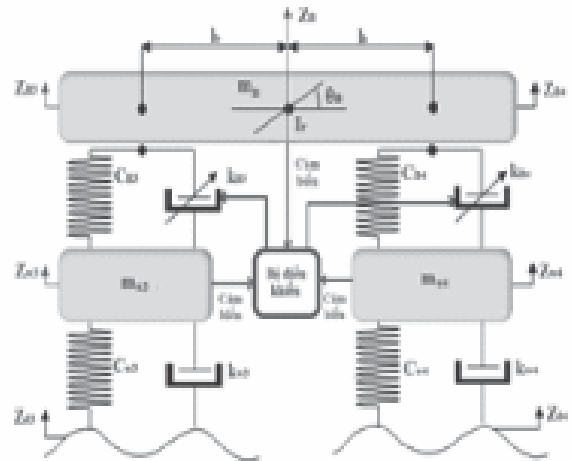
Luật điều khiển “On – Off” Skyhook: Theo luật điều khiển này thì trong quá trình hoạt động của hệ thống treo bán tích cực, hệ số giảm chấn k_B sẽ nhận các giá trị cố định bởi các trạng thái tắt (Off) hoặc trạng thái bật (On) của giảm chấn.

2.3. Xây dựng thuật toán điều khiển hệ thống treo

Trong bài báo này trình bày phương pháp mô phỏng và xây dựng thuật toán điều khiển hệ thống treo bán tích cực “On – Off” Skyhook cho hệ thống treo trước và sau. Sơ đồ nguyên lý điều khiển hệ thống treo đề xuất được thể hiện trong Hình 2. Các phương trình xây dựng thuật điều khiển hệ thống treo bài báo sử dụng các công thức: từ công thức (1) đến công thức (11) trang 429, 430 của bài báo [8].



Hình 2a. Hình chiếu dọc hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe



Hình 2b. Hình chiếu ngang hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe

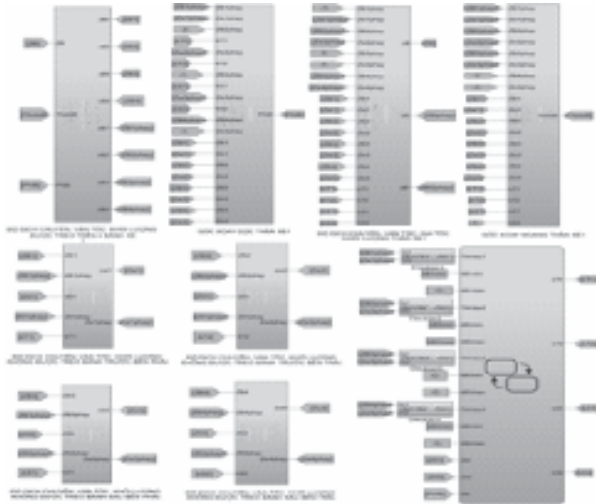
Hình 2. Sơ đồ nguyên lý điều khiển hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe

3. MÔ PHỎNG

3.1. Sơ đồ mô phỏng hệ thống treo bán tích cực

Ứng dụng phần mềm chuyên dụng Matlab – Simulink mô phỏng các khối chức năng trên hệ thống treo bán tích cực điều khiển “On - Off” Skyhook, từ đó liên kết các khối để tạo thành một hệ thống hoàn chỉnh. Thông số kiểm nghiệm được lấy từ hệ thống treo bán tích cực trang bị trên xe ô tô du lịch mô hình toàn

xe. Trong bài báo này, nhóm tác giả tiến hành mô phỏng cả hai hệ thống treo bán tích cực và treo thụ động nhằm đánh giá hiệu quả giữa hai hệ thống [3].



Hình 3. Sơ đồ mô phỏng hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe

3.2. Xây dựng bộ điều khiển điện tử hệ thống treo bán tích cực

3.2.1. Xây dựng bộ điều khiển điện tử hệ thống treo bán tích cực [2], [3], [4]

Hình 4 mô tả mô hình mô phỏng bộ điều khiển điện tử hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe gồm bốn trạng thái điều khiển riêng biệt cho bốn giảm chấn. Giá trị được điều khiển là hệ số giảm chấn của hệ thống treo, tùy theo các điều kiện đầu vào của hệ mà giá trị hệ số giảm chấn được thay đổi cho phù hợp với mục tiêu tăng tính êm dịu và an toàn chuyển động của ô tô.

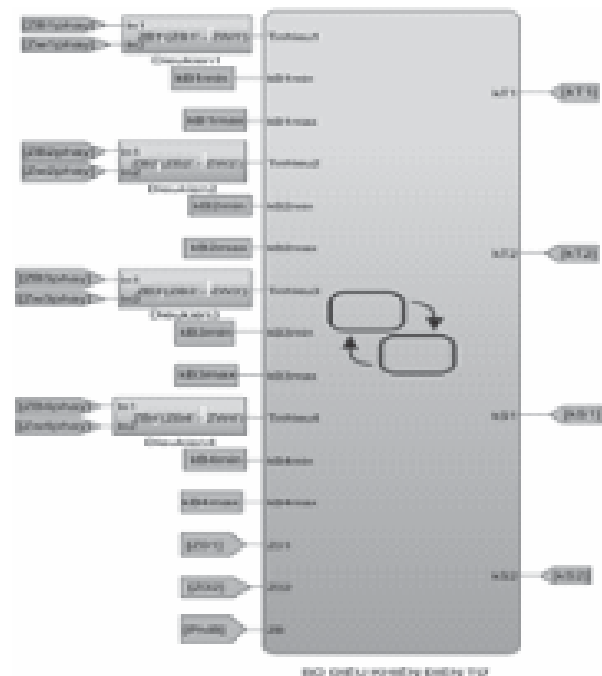
*) Thông số đầu vào của mô hình mô phỏng khối “bộ điều khiển điện tử”

+ $Z'_{B1}, Z'_{B2}, Z'_{B3}, Z'_B$: Vận tốc dao động của phần khối lượng thân xe đặt trên các

bánh xe phía trước bên trái, phía trước bên phải và bánh sau bên trái, bánh sau bên phải.

$Z'_{W1}, Z'_{W2}, Z'_{W3}, Z'_{W4}$: Vận tốc dao động của khối lượng bánh xe phía trước bên trái, phía trước bên phải và bánh sau bên trái, bánh sau bên phải. $k_{B1max}, k_{B2max}, k_{B3max}, k_{B4max}$: Giá trị hệ số cản giảm chấn của hệ thống treo trước và sau khi giảm chấn ở trạng thái bật On. $k_{B1min}, k_{B2min}, k_{B3min}, k_{B4min}$: Giá trị hệ số cản giảm chấn hệ thống treo trước và sau khi giảm chấn ở trạng thái bật Off. Z_{01}, Z_{02} : Giá trị lực kích thích mặt đường tác dụng lên bánh xe phía trước và sau khi ô tô hoạt động trên đường.

+ Điều khiển 1, 2, 3, 4: Lần lượt là điều kiện kích thích thay đổi trạng thái trong mô hình Stateflow treo trước bên trái, trước bên phải, sau bên trái, sau bên phải dựa trên giá trị thay đổi của hàm $Z'_{B1}(Z'_{B1} - Z'_{W1}), Z'_{B2}(Z'_{B2} - Z'_{W2}), Z'_{B3}(Z'_{B3} - Z'_{W3}), Z'_{B4}(Z'_{B4} - Z'_{W4})$.



Hình 4. Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển điện tử hệ thống treo bán tích cực mô hình toàn xe

***) Thông số đầu ra của mô hình mô phỏng khối “bộ điều khiển điện tử”**

- Quá trình điều khiển hệ treo khi giảm chấn OFF

Nếu giá trị $Z_{01}, Z_{02}, Z_{03}, Z_{04}$ bằng 0 (khi xe đi trên đường bằng phẳng hoặc đứng im) thì bộ điều khiển sẽ không được kích hoạt, giá trị hệ số cản giảm chấn $k_{T1}, k_{T2}, k_{S1}, k_{S2}$ đặt bằng 0.

- Quá trình điều khiển hệ treo khi giảm chấn ON

Nếu giá trị $Z_{01}, Z_{02}, Z_{03}, Z_{04}$ khác giá trị 0 (khi xe đi trên đường gồ ghề không bằng phẳng) thì bộ điều khiển sẽ được kích hoạt, giá trị $k_{T1}, k_{T2}, k_{S1}, k_{S2}$ sẽ được kích hoạt. Quá trình này lại chia làm hai quá trình điều khiển riêng biệt:

+ Quá trình điều khiển khi giảm chấn “On” khi bộ điều khiển được kích hoạt:

Bảng 1. Quá trình điều khiển giảm chấn On

Tín hiệu đầu vào	Giá trị	Hệ số giảm chấn	Giá trị định mức
Z'_{B1}, Z'_{W1}	$Z'_{B1}(Z'_{B1} - Z'_{W1}) \geq 0$	k_{T1}	k_{B1max}
Z'_{B2}, Z'_{W2}	$Z'_{B2}(Z'_{B2} - Z'_{W2}) \geq 0$	k_{T2}	k_{B2max}
Z'_{B3}, Z'_{W3}	$Z'_{B3}(Z'_{B3} - Z'_{W3}) \geq 0$	k_{S1}	k_{B3max}
Z'_{B4}, Z'_{W4}	$Z'_{B4}(Z'_{B4} - Z'_{W4}) \geq 0$	k_{S2}	k_{B4max}

+ Quá trình điều khiển khi giảm chấn “Off” khi bộ điều khiển được kích hoạt:

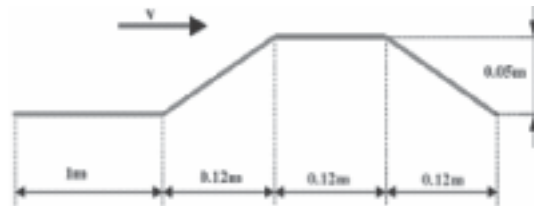
Bảng 2. Quá trình điều khiển giảm chấn Off.

Tín hiệu đầu vào	Giá trị	Hệ số giảm chấn	Giá trị định mức
Z'_{B1}, Z'_{W1}	$Z'_{B1}(Z'_{B1} - Z'_{W1}) < 0$	k_{T1}	k_{B1min}
Z'_{B2}, Z'_{W2}	$Z'_{B2}(Z'_{B2} - Z'_{W2}) < 0$	k_{T2}	k_{B2min}
Z'_{B3}, Z'_{W3}	$Z'_{B3}(Z'_{B3} - Z'_{W3}) < 0$	k_{S1}	k_{B3min}
Z'_{B4}, Z'_{W4}	$Z'_{B4}(Z'_{B4} - Z'_{W4}) < 0$	k_{S2}	k_{B4min}

3.3. Khảo sát và đánh giá kết quả

*) Quá trình tiến hành mô phỏng thực hiện qua phương án khảo sát sau:

Trong mô phỏng trên miền thời gian, ô tô giả sử chạy với vận tốc 40 km/h và chịu lực kích thích mặt đường là khi xe đi qua một gờ giảm tốc, thông số gờ giảm tốc thể hiện trong Hình 6.



Hình 6. Thông số gờ giảm tốc, [5], [7]

Tiến hành mô phỏng hệ thống treo bán bán tích cực với các giá trị thông số của hệ thống được thể hiện trong Bảng 3.

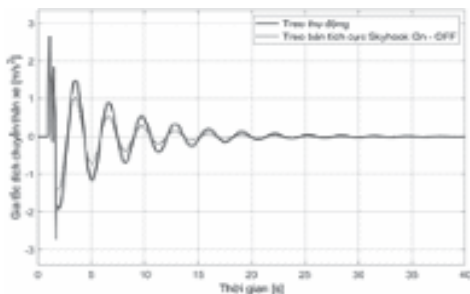
Bảng 3. Giá trị thông số hệ thống treo [6].

TT	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	TT	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	m_B	1812	kg	16	k_{w1}	400	Ns/m
2	c_{B1}	17658	N/m	17	k_{w2}	400	Ns/m
3	c_{B2}	17658	N/m	18	k_{w3}	400	Ns/m
4	c_{B3}	17658	N/m	19	k_{w4}	400	Ns/m
5	c_{B4}	17658	N/m	20	k_{B1min}	258	Ns/m
6	m_{w1}	71	kg	21	k_{B2min}	258	Ns/m
7	m_{w2}	71	kg	22	k_{B3min}	258	Ns/m
8	m_{w3}	71	kg	23	k_{B4min}	258	Ns/m
9	m_{w4}	71	kg	24	k_{B1max}	2838	Ns/m
10	c_{w1}	183887	N/m	25	k_{B2max}	2838	Ns/m
11	c_{w2}	183887	N/m	26	k_{B3max}	2838	Ns/m
12	c_{w3}	183887	N/m	27	k_{B4max}	2838	Ns/m
13	c_{w4}	183887	N/m	28	k_{Btd}	1950	Ns/m
14	l_f	1,3	m	29	l_a	0,8	m
15	l_r	1,3	m	30	l_b	0,8	m

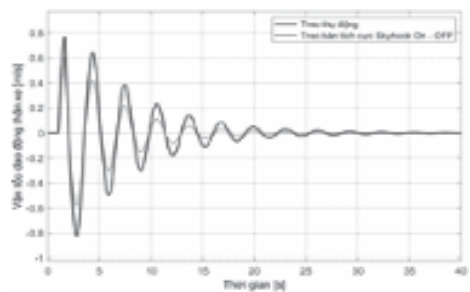


Hình 7, Hình 8 cho thấy đường biểu diễn gia tốc, vận tốc dịch chuyển thân xe của ô tô trang bị treo bán tích cực thấp hơn và thời gian ổn định nhanh hơn nhiều so với ô tô sử dụng treo thụ động.

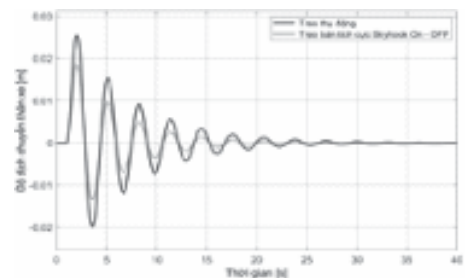
Hình 9, Hình 10 cho thấy độ dịch chuyển thân xe, độ dịch chuyển xoay dọc thân xe của ô tô trang bị hệ thống treo bán tích cực thấp hơn và thời gian dập tắt dao động ngắn hơn nhiều so với ô tô dùng hệ thống treo thụ động thông thường.



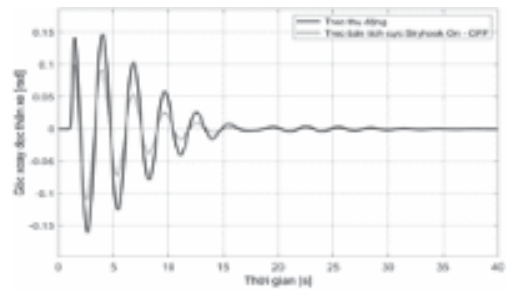
Hình 7. Đường biểu diễn giá trị gia tốc dịch chuyển thân xe



Hình 8. Đường biểu diễn giá trị vận tốc dao động thân xe

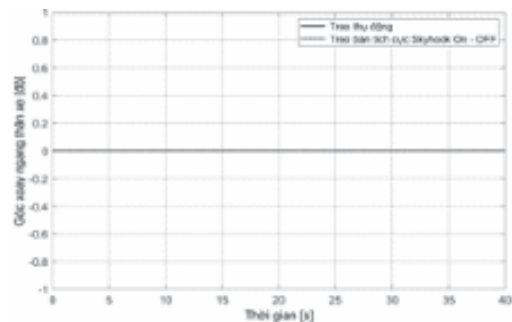


Hình 9. Đường biểu diễn giá trị độ dịch chuyển thân xe



Hình 10. Đường biểu diễn giá trị góc xoay dọc thân xe

Hình 11 cho thấy độ dịch chuyển xoay ngang thân xe của ô tô trang bị hệ thống treo bán tích cực và ô tô trang bị hệ thống treo thụ động đều có giá trị dao động rất nhỏ, xấp xỉ bằng 0 bởi quá trình khảo sát tại một thời điểm thời gian nhất định, coi bánh xe bên trái và bên phải đều chịu một hàm kích động mặt đường giống nhau.



Hình 11. Đường biểu diễn giá trị góc xoay ngang thân xe

Kết quả mô phỏng trên cho thấy gia tốc, vận tốc dao động, độ dịch chuyển thân xe và góc xoay thân xe của hệ thống treo bán tích cực dùng bộ điều khiển đề xuất có đường đặc tính tương đối tương đồng với một số nghiên cứu đã công bố [8]. Kết quả mô phỏng trên cho thấy ô tô trang bị hệ thống treo bán tích cực còn cải thiện đáng kể các yếu tố ảnh hưởng đến tính êm dịu của ô tô như:

- Tần số dao động: Với việc ứng dụng bộ điều khiển trong hệ thống treo cho thấy vận

tốc, gia tốc thân xe ô tô trang bị hệ thống treo bán tích cực giảm nhanh trong thời gian ngắn. Bên cạnh đó, tần số dao động là hàm phụ thuộc vào vận tốc nên tần số dao động thân xe cũng giảm tương ứng.

- Biên độ dao động: Từ kết quả Hình 7-11 thấy rằng biên độ, vận tốc, gia tốc, độ dịch chuyển dọc thân xe, góc xoay thân xe tăng cao khi xe qua điểm mấp mô và giảm nhanh theo quy luật hình sin, sau đó nhanh chóng trở về trạng thái cân bằng ổn định.

- Chỉ tiêu đánh giá độ êm dịu chuyển động là một hàm của nhiều yếu tố khi xe chuyển động trên nhiều địa hình khác nhau, trong đó: gia tốc dao động, tần số dao động và biên độ dao động là chỉ tiêu quan trọng quyết định đến độ êm dịu chuyển động. Từ kết quả mô phỏng trên nhận thấy trên ô tô trang bị hệ thống treo bán tích cực các thông số này giảm nhanh trong khoảng thời gian ngắn, dẫn tới làm giảm mức dao động thân xe làm tăng đáng kể tính năng êm dịu chuyển động của ô tô.

4. KẾT LUẬN

Qua việc khảo sát, mô phỏng hệ thống treo bán tích cực trên ô tô du lịch mô hình toàn xe cho thấy:

- Với cùng điều kiện biên dạng hàm kích thích mặt đường và thông số đầu vào mô phỏng thì gia tốc, vận tốc dao động, độ dịch chuyển thân xe, góc xoay dọc thân xe của hệ thống treo bán tích cực điều khiển On - Off sử dụng bộ điều khiển đề xuất dập tắt nhanh hơn và có độ vọt tại điểm kích thích đột biến nhỏ hơn so với treo thụ động thông thường, như vậy có thể thấy độ êm dịu đã được cải thiện đáng kể. Trong khi độ biến dạng của lốp xe được giữ trong giới hạn cho phép.

- Đã đề xuất thuật toán và xây dựng được mô hình mô phỏng bộ điều khiển điện tử

hệ thống treo bán tích cực trên dòng xe ô tô du lịch mô hình toàn xe bằng công cụ Stateflow trong phần mềm chuyên dụng MATLAB – SIMULINK.

- Đã nghiên cứu, mô phỏng và diễn tả được quá trình làm việc của hệ thống treo bán tích cực trên dòng ô tô du lịch mô hình toàn xe, từ đó phân tích và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tính êm dịu chuyển động và sự cân bằng thân xe theo điều kiện vận hành như: khối lượng thân xe, khối lượng bánh xe, độ võng thân xe, độ võng bánh xe, hệ số dập tắt dao động của giảm chấn, góc xoay thân xe. ❖

Ngày nhận bài: 06/9/2024

Ngày phản biện: 25/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Karnopp, D.C., M.J. Crosby, and R.A. Harwood, "Vibration control using semi-active force generators". ASME Journal of Engineering for Industry, 1974. 96(2): p. 619-626.
- [2]. Không Văn Nguyên, Trần Văn Thoan, Đồng Minh Tuấn, Lê Anh Vũ; "Ứng dụng máy tính trong thiết kế và tính toán ô tô". NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2022.
- [3]. <http://www.mathworks.com/products/stateflow/>; truy cập ngày 10/10/2024.
- [4]. Đồng Minh Tuấn, Không Văn Nguyên, Lê Anh Vũ; "Nghiên cứu và ứng dụng phần mềm Matlab - Stateflow để mô phỏng bộ điều khiển điện tử hệ thống đèn xi nhan và đèn cảnh báo nguy hiểm trên ô tô". Tạp chí Khoa học và Công nghệ, ISSN: 2354-0575, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, số 34, tr.60-66, tháng 6/2022.
- [5]. Jialing Yao, Saied Taheri, Songmei Tian, Zhongnan Zhang, Liabg shen, "A Novel Semi-active Suspension Design based on Decoupling Skyhook Control". Journal of Vibroengineering, 2014. Vol.16, p.1318-1325, ISSN 1392-8716.
- [6]. Đinh Thanh Huyền; "Điều khiển hệ thống treo tích cực Macpherson bằng bộ điều khiển RISE bão hòa". Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, tập 20, số K5-2017.
- [7]. A.A. Basari, N.A.A. Nawir, K.A. Mohamad, X.Y. Ng, and A.M. Khafe, "Fuzzy Logic Controller for Half Car Active Suspension System". Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering, 2018. Vol.10 No.2, p. 125-129, ISSN: 2180 – 1843.
- [8]. Zifan Fang, Wenhui Shu, Daojia Du, Bingfei Xiang, Qingsong He, Kongde He, "Semi-active Suspension of a Full-vehicle Model based on Double-loop Control". College of Mechanical & Material Engineering, China Three Gorges University, Yichang, Hubei Province, China, 2011, Volume 16, p.428-437.

LỰC HƯỚNG TÂM VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC TRONG BƠM LY TÂM VẬN TẢI DÒNG CHẤT LỎNG CÓ HẠT RẮN

RESEARCH ON CENTRIPETAL FORCE IN CENTRIFUGAL PUMPS USED FOR
TRANSPORTING FLUID WITH SOLID

ThS. Bùi Minh Hoàng, TS. Phạm Đức Thiên, ThS. Đoàn Kim Bình

Trường Đại học Mở – Địa chất

TÓM TẮT

Nghiên cứu đã tổng hợp được cơ sở lý thuyết tính toán lực hướng tâm trong máy bơm ly tâm. Trên cơ sở phương pháp tính toán lực hướng tâm trong máy bơm ly tâm, nghiên cứu đã phân tích và lựa chọn được phương pháp tính toán lực hướng tâm cho máy bơm dòng hai pha rắn – lỏng chịu mài mòn nói chung và cho máy bơm thải xỉ nói riêng.

Kết quả tính toán sử dụng để thiết kế máy bơm thải tro xỉ mô hình. Nghiên cứu cũng đề xuất biện pháp giảm lực hướng tâm trong máy bơm ly tâm nói chung và máy bơm thải xỉ nói riêng.

Từ khóa: Bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn – lỏng; Bơm thải xỉ; Bơm hai pha.

ABSTRACT

Research has synthesized the theoretical basis for calculating centripetal force in centrifugal pumps. On the base of the method of calculating centripetal force in centrifugal pumps, research has analyzed and selected the calculation method for centrifugal pumps for transporting solid-liquid mixtures.

Calculation results used to design model centrifugal pumps for transporting coal ash in thermal power factories. The study also proposes measures to reduce centrifugal force in centrifugal pumps in general and coal ash pumps in particular.

Keywords: Two-phase flow pump; Mixed solid – liquid pump.

1. GIỚI THIỆU

Trong máy bơm ly tâm nói chung và máy bơm thái xỉ nói riêng, khi làm việc bánh công tác chịu tác dụng của nhiều lực khác nhau. Trong các bơm lớn, các lực này có thể đạt giá trị rất cao. Để cho bơm làm việc ổn định thì các lực tác dụng lên bánh công tác phải được cân bằng, nghĩa là phải có các biện pháp để cân bằng lực đó. Các lực tác dụng lên bánh công tác của máy bơm ly tâm bao gồm: lực khối (trọng lực, lực quán tính) và lực bề mặt do tác dụng của áp suất chất lỏng (lực hướng trục, lực hướng tâm) [1].

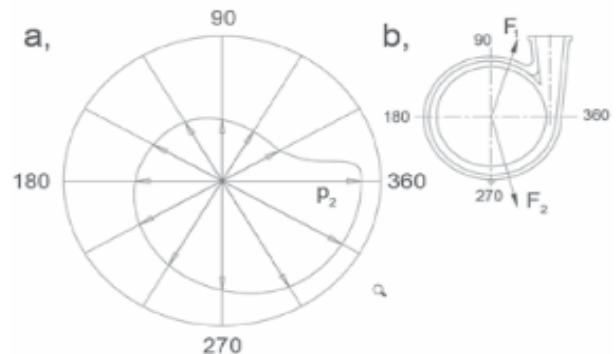
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN LỰC HƯỚNG TÂM TRONG MÁY BƠM THÁI XỈ

2.1. Cơ sở lý thuyết tính toán lực hướng tâm trong máy bơm ly tâm

Lực hướng kính tác dụng lên bánh công tác của bơm ly tâm chỉ xuất hiện ở các chế độ làm việc của bơm khác với chế độ tối ưu, tức là khi không đảm bảo các điều kiện dòng chảy bao ngoài bánh công tác đối xứng qua trục. Khi lưu lượng của máy bơm giảm ($Q < Q_{tr}$), trong máng dẫn xoắn, vận tốc của dòng chất lỏng giảm dần từ tiết diện đầu (mũi xoắn) tới tiết diện cuối (tiếp giáp với ống loe) của nó, còn áp suất thì tăng dần từ tiết diện đầu tới tiết diện cuối của máng dẫn xoắn. Khi lưu lượng của bơm tăng ($Q > Q_{tr}$), trong máng dẫn xoắn, từ tiết diện đầu tới tiết diện cuối của nó, vận tốc và áp suất của dòng chất lỏng sẽ phân bố ngược lại. Trong cả hai trường hợp, dòng chảy bao ngoài bánh công tác phân bố không đối xứng qua trục, vì vậy xuất hiện lực hướng kính (hướng tâm) tác dụng lên bánh công tác của máy bơm.

Hình 1(a) giới thiệu biểu đồ phân bố áp suất điển hình trong tọa độ cực theo vòng

tròn của bánh công tác tính bằng phần trăm so với cột áp toàn phần. Biểu đồ trên được xây dựng đối với bơm ly tâm có máng dẫn xoắn bao ngoài bánh xe công tác, làm việc với lưu lượng bằng 19% lưu lượng trong chế độ làm việc tối ưu, áp suất tăng dần từ tiết diện đầu tới tiết diện cuối của máng dẫn xoắn.



Hình 1. Biểu đồ phân bố áp suất trong tọa độ cực của dòng chảy trong máng dẫn xoắn của bơm ly tâm [1]

Sự phân bố áp suất không đối xứng theo vòng tròn của bánh xe công tác làm xuất hiện lực hướng kính (F_1) tác dụng lên bánh công tác hướng về phía các tiết diện nhỏ của máng dẫn xoắn (hình 1, b).

Khi bơm làm việc quá tải, quy luật phân bố áp suất theo vòng tròn của bánh công tác có đặc tính ngược lại và lực hướng kính (F_2) tác dụng hướng về phía các tiết diện lớn của máng dẫn xoắn (hình 1, b).

Các công trình thực nghiệm cho thấy rằng: lực hướng kính của dòng chất lỏng tác dụng lên bánh công tác của bơm tỷ lệ thuận với cột áp H , với chiều rộng b'_2 (kể cả chiều dày đĩa) và đường kính D_2 của bánh công tác [2].

Trong các bơm cao áp và các bơm có kích thước lớn, lực hướng kính (F_R) có ảnh hưởng đáng kể tới độ võng của trục, gây nên độ

lệch tâm của bánh công tác với các vòng đệm trước, làm hư hỏng đệm lót. Đồng thời, lực ma sát tác dụng lên đệm lót của bánh công tác khi nó lệch tâm với các vòng đệm, gây nên chuyển động không ổn định của rotor. Vì vậy, kết cấu của bơm phải đảm bảo cho nó làm việc ổn định ở mọi chế độ với những giá trị lưu lượng khác nhau từ $0 \div Q_{\max}$.

Độ võng của trục dưới tác dụng của lực hướng kính không được vượt quá trị số của các khe đệm. Trong điều kiện đó, trục bơm không những phải đủ độ bền mà còn phải đủ độ cứng.

2.2. Lý thuyết tính toán lực hướng tâm trong máy bơm thải xỉ

Lực hướng tâm phát sinh do phân bố không đồng đều của áp lực chất lỏng trên lối ra của bánh công tác. Sự thay đổi áp lực dọc dòng chảy trong bánh công tác được xác định theo công thức [1]:

$$p_2 - p_1 = \rho \cdot \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + \rho \cdot \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \quad (1)$$

Vì áp suất p_1 và vận tốc tương đối w_1 của dòng chảy ở lối vào bánh công tác phân bố đồng đều, tổng $\rho \cdot \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + \rho \cdot \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + p_1$ (ký hiệu tổng là p) là đại lượng không đổi, không thay đổi theo chu vi bánh công tác. Sự phân bố áp suất ở lối ra bánh công tác tương ứng với biểu thức ở trên được xác định bằng đẳng thức:

$$p_2 = p - \rho \cdot \frac{w_2^2}{2} \quad (2)$$

Do đó, sự phân bố áp suất theo đường tròn trên lối ra khỏi bánh công tác phụ thuộc vào sự thay đổi cục bộ vận tốc tương đối w_2 .

Để xác định lực hướng tâm không cân bằng tác dụng lên lối ra bánh công tác phụ

thuộc vào sự thay đổi cục bộ vận tốc tương đối w_2 , cần xác định tích phân:

$$\int_0^{2\pi} p_2 \cdot b'_2 \cdot R_2 d\varphi \quad (3)$$

Trong đó: b'_2 là chiều rộng của bánh công tác làm việc trên lối ra có tính đến chiều dày; $d\varphi$ là phần tử góc.

Nếu chọn trục tọa độ x và y đi qua tâm bánh công tác, thì lực hướng tâm không cân bằng theo các thành phần sẽ là:

$$R_x = -\gamma \cdot b'_2 \cdot R_2 \int_0^{2\pi} \frac{w_2^2}{2g} \cos\varphi d\varphi \quad (4)$$

$$R_y = -\gamma \cdot b'_2 \cdot R_2 \int_0^{2\pi} \frac{w_2^2}{2g} \sin\varphi d\varphi \quad (5)$$

Trong đó: $\int_0^{2\pi} p \cos\varphi d\varphi$ và $\int_0^{2\pi} p \sin\varphi d\varphi$ bằng không.

Thông thường, sự phân bố vận tốc, áp lực bơm theo chu vi của bánh công tác không xác định được, do đó, biểu thức (4) và (5) không thể xác định được. Tuy nhiên, biểu thức này có thể biến đổi về dạng có thể sử dụng để tính toán lực hướng tâm.

Xét các chế độ làm việc của hai máy bơm đồng dạng, tương tự nhau về mặt hình học. Vận tốc tại các điểm tương ứng ở lối ra khỏi bánh công tác của các máy bơm bằng tích của số vòng quay với đường kính bánh công tác, còn áp lực vận tốc là áp lực bơm của máy bơm. Do đó, lực hướng tâm tác dụng trong các máy bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn – lỏng tương tự của máy bơm ly tâm nước thông thường. Do đó, lực hướng tâm tác dụng trong các máy bơm tương tự nhau, làm việc trong cùng một chế độ làm việc, tỷ lệ tương ứng với biểu thức (4) và (5) theo tích số $b'_2 \cdot R_2 \cdot H$.

Như vậy, công thức tính toán để xác định lực hướng tâm tác dụng lên bánh công tác có dạng:

$$R = K_0 \cdot b'_2 \cdot R_2 \cdot H \cdot \gamma \quad (6)$$

Trong đó: K_0 là hệ số phụ thuộc chế độ làm việc và cấu tạo máy bơm.

Lực hướng tâm R trong các máy bơm thải tro xỉ có thể xác định theo công thức sau [2]:

$$R = K_R \left[1 - \left(\frac{Q_{\min}}{Q} \right)^2 \right] \cdot b'_2 \cdot D_2 \cdot H \cdot \gamma \quad (7)$$

Trong đó: $K_R = (0,3 \div 0,4)$ là hệ số lực xuyên tâm, nhận trên cơ sở thực nghiệm; $Q_{\min}$ là lưu lượng máy bơm tương ứng với giá trị lực hướng tâm tối thiểu.

Chế độ làm việc tương ứng với giá trị tối thiểu của lực hướng tâm ($R_{\min}$) trong trường hợp chúng không trùng với chế độ làm việc tối ưu, nếu sự không trùng lặp này càng lớn, tốc độ bơm càng nhỏ.

Đối với máy bơm thải xỉ, tất cả các chế độ làm việc của máy bơm đều có sự phân bố vận tốc và áp suất không đồng đều theo chu vi bánh công tác.

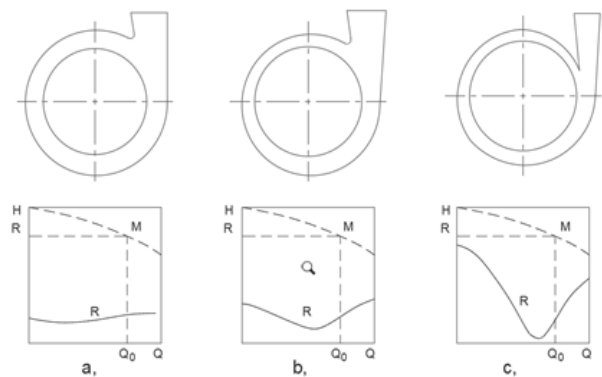
Buồng xoắn của máy bơm thải tro xỉ được đặc trưng bằng tỷ số diện tích tiết diện lưỡi F_L trên diện tích thiết kế của buồng xoắn $F_{p.c}$. Đối với buồng dẫn dạng buồng xoắn $\frac{F_L}{F_{p.c}} \rightarrow 0$, đối với buồng dẫn dạng tròn $\frac{F_L}{F_{p.c}} \rightarrow 1$, với máy bơm thải tro xỉ, tỷ số $\frac{F_L}{F_{p.c}} = (0,5 \div 1)$.

Đối với buồng xoắn, tiết diện thiết kế

phân cách với tiết diện đầu tiên của lưỡi dẫn, vì vậy ở chế độ làm việc đặc trưng do sự phân bố không đồng đều của áp suất không xảy ra sự cân bằng áp suất theo chu vi bánh xe công tác ở lõi ra. Do đó đã xuất hiện lực hướng tâm đáng kể trong những chế độ làm việc khác hoàn toàn những chế độ đặc trưng bằng sự phân bố đồng đều áp suất trên lõi ra của bánh xe công tác. Giá trị cực đại của lực hướng tâm tương ứng với chế độ không tải hay chế độ làm việc quá tải. Giá trị nhỏ nhất của lực hướng tâm gần tới không.

Sự thay đổi lực hướng tâm trong máy bơm thải tro xỉ phụ thuộc vào lưu lượng máy bơm (hình 1.2a). Đối với buồng dẫn gần như là vòng tròn, vùng tiết diện ban đầu và tiết diện thiết kế nối với nhau (vì diện tích tiết diện lưỡi và thiết kế là tương đồng), tạo điều kiện thuận lợi để cân bằng áp suất. Vì vậy, ảnh hưởng của chế độ làm việc máy bơm lên sự phân bố đồng đều áp suất và đại lượng lực hướng tâm giảm đi cùng với sự tăng tỷ lệ $\frac{F_L}{F_{p.c}}$. Ở đây, lưu lượng

tương ứng với giá trị cực tiểu của lực hướng tâm sẽ nhỏ đi. Lực hướng tâm tăng khi tăng lưu lượng. Ở tất cả các chế độ làm việc, giá trị tuyệt đối của lực hướng tâm của buồng dẫn tròn nhỏ hơn nhiều so với giá trị lực hướng tâm trong buồng dẫn kiểu xoắn (hình 1.2b và c).



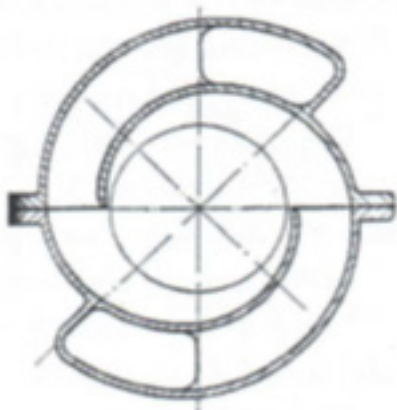
Hình 2. Sự thay đổi lực hướng tâm theo cấu tạo khác nhau của buồng xoắn

3. BIỆN PHÁP GIẢM LỰC HƯỚNG TÂM TRONG MÁY BƠM THẢI XỈ

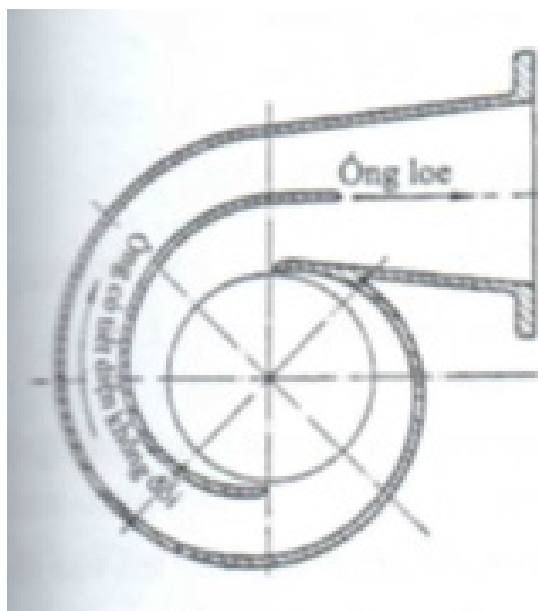
Những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm [2], [3], [4] về dòng hai pha trong máy bơm ly tâm đã cho thấy quỹ đạo chuyển động của hạt rắn và của chất lỏng mang hạt là không trùng nhau. Quỹ đạo của các phần tử chất lỏng ở chế độ làm việc ổn định của bơm thường phù hợp với biên dạng cánh dẫn được thiết kế, còn quỹ đạo chuyển động của các hạt rắn thì lệch khỏi quỹ đạo của dòng chất lỏng. Độ lệch này của quỹ đạo phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như nồng độ hạt, đường kính hạt, khối lượng riêng của hạt, vị trí của hạt khi bắt đầu vào cánh dẫn và sẽ thay đổi ở từng vị trí dọc theo máng cánh dẫn bánh công tác và máng xoắn ốc.

3.1. Giải pháp giảm lực hướng tâm trong bơm ly tâm

Trong nhiều trường hợp, khi truyền lực hướng kính lên ổ đỡ của trục phải kèm theo việc tăng tương ứng độ cứng của trục. Giải pháp này về mặt kỹ thuật không hợp lý, vì vậy người ta sử dụng các biện pháp thủy lực cân bằng lực hướng kính.



Hình 3. Sơ đồ cân bằng lực hướng kính bằng hai máng dẫn xoắn bao bánh công tác



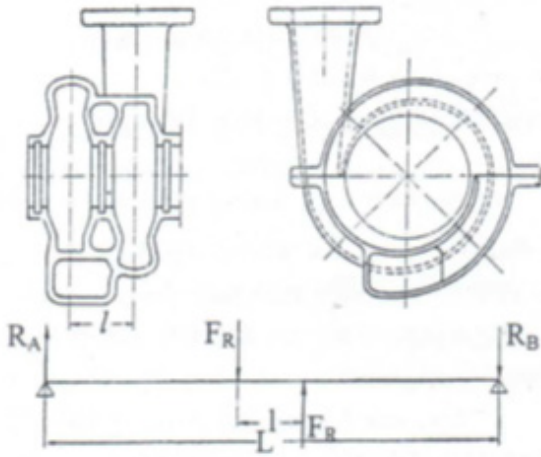
Hình 4. Buồng dẫn ra xoắn có hai máng dẫn

Các biện pháp thủy lực cân bằng lực hướng kính thông dụng là tăng số máng dẫn dòng ra khỏi bánh xe công tác. Khi số máng dẫn dòng là hai (hình 3) thì mỗi một máng dẫn dòng bao bánh công tác một góc 180° . Lực hướng kính xuất hiện về hai phía của bánh công tác trên mỗi cung (180°) có giá trị bằng nhau và hướng ngược chiều nhau, do đó chúng đối xứng và triệt tiêu lẫn nhau.

Tương tự như vậy, khi số máng dẫn dòng ra lớn hơn hai sẽ tạo nên một hệ lực trung tâm có giá trị bằng nhau và có hợp lực bằng không. Trong trường hợp sử dụng buồng dẫn ra kiểu cánh, số máng dẫn luôn luôn lớn hơn hai và lực hướng kính tác dụng lên bánh công tác cân bằng.

Trong các bơm có buồng dẫn ra xoắn, để cân bằng lực hướng kính, người ta chia buồng xoắn ra làm hai máng dẫn xoắn bằng vách ngăn (hình 4). Các máng dẫn xoắn có kết cấu giống nhau và mỗi máng dẫn bao bánh xe công tác một góc bằng 180° .

Máng dẫn xoắn đầu được chuyển tiếp tới máng dẫn có tiết diện không đổi. Hai máng dẫn nối với nhau trong ống đíp-phu-zơ (ống loe). Trong các bơm nhiều cấp, cân bằng lực hướng kính (F_R) có thể thực hiện được bằng cách quay các buồng dẫn ra xoắn một góc 180° đối với nhau (hình 5).



Hình 5. Cân bằng lực hướng kính bằng cách quay buồng dẫn ra xoắn 180°

Lực hướng kính tác dụng lên bánh xe công tác trong các máy bơm như vậy có giá trị bằng nhau và hướng ngược chiều nhau. Các lực này tạo thành ngẫu lực gây nên tải trọng phụ tác dụng lên ổ trục của bơm, còn hợp lực của chúng bằng không.

3.2. Giải pháp giảm lực hướng tâm trong bơm ly tâm vận tải tro xỉ

Đối với máy bơm thải tro xỉ là dạng máy bơm dòng hai pha rắn – lỏng chịu mài mòn, để giảm lực hướng tâm, nên thiết kế buồng dẫn có hình dạng tròn hoặc gần tròn.

Đối với buồng dẫn có dạng tròn, có khả năng chịu mài mòn tốt, làm tăng tuổi thọ của buồng dẫn, giảm được lực hướng tâm. Tuy nhiên, về mặt thủy lực, tổn thất thủy lực trong

buồng dẫn dạng tròn lớn hơn buồng dẫn dạng xoắn.

Khi thiết kế máy bơm thải tro xỉ, cần phải cân nhắc các yếu tố trên một cách hài hòa. Vì vậy, buồng dẫn trong máy bơm thải tro xỉ tốt nhất là thiết kế theo dạng nửa xoắn.

Ngoài ra, điều kiện làm việc của bơm thải xỉ là khắc nghiệt, hay mòn, do vậy ngoài việc tính toán, lựa chọn vật liệu, thì kết cấu bơm xỉ phải đảm bảo bền, cứng vững, chịu được các lực sinh ra do quá trình vận hành bơm.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã hỗ trợ nguồn lực để thực hiện nghiên cứu cơ sở này, mã đề tài T24-06.❖

Ngày nhận bài: 15/9/2024

Ngày phản biện: 20/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Danh Liên; “*Bơm, quạt cánh dẫn*”. NXB. Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2013.
- [2]. Lê Danh Liên, Nguyễn Văn Bày, Đỗ Huy Cương; “*Một số đặc điểm tính toán thiết kế bánh công tác và buồng xoắn bơm ly tâm vận chuyển hỗn hợp nước với hạt rắn kích thước lớn*”. Hội nghị khoa học “Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2003”.
- [3]. Vũ Nam Ngạn; “*Máy và thiết bị thủy khí vận chuyển dòng hỗn hợp rắn – lỏng*”. Trường Đại học Mỏ – Địa chất, 2012.
- [4]. Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald. “*Pump Handbook*”. The McGraw-Hill Companies, 2001.

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN MẪU VÁY THỜI TRANG, ĐÁNH GIÁ ĐỘ VỪA VẶN CỦA SẢN PHẨM ỨNG DỤNG PHẦN MỀM CLO3D

RESEARCH, DEVELOPMENT, AND PRODUCT FIT ASSESSMENT OF FASHION DRESS DESIGNS USING CLO3D SOFTWARE

Trần Thị Minh, Nguyễn Thị Vân

Khoa Công nghệ May và Thời trang, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Phát triển mẫu váy thời trang trên phần mềm 3D là một quá trình thiết kế và phát triển bằng công nghệ số hiện đại, giúp các nhà thiết kế tối ưu hoá thời gian trước khi đưa vào sản xuất. Quá trình kiểm tra độ vừa vặn của váy đầm luôn là một trong các yếu tố quan trọng đáng giá tính thẩm mỹ và chất lượng của sản phẩm. Trong thời đại công nghệ 4.0, việc ứng dụng phần mềm hỗ trợ thiết kế, phát triển mẫu thời trang cũng như kiểm soát độ vừa vặn về phom dáng sản phẩm ngày nay được áp dụng phổ biến hơn. Với mục tiêu của bài báo, ứng dụng phần mềm Clo3D để phát triển váy thời trang và đánh giá độ vừa vặn của sản phẩm là rất cần thiết, từ đó đưa ra phương pháp phát triển, hiệu chỉnh và đánh giá độ vừa vặn nhằm giảm thời gian và chi phí so với phương pháp thủ công. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được quy trình thực hiện phát triển mẫu, đánh giá độ vừa vặn cho sản phẩm đảm bảo tính thẩm mỹ.

Từ khóa: *Phát triển mẫu; Độ vừa vặn; Phần mềm Clo3D.*

ABSTRACT

Developing fashion dress designs using 3D software is a design and development process utilizing modern digital technology, helping designers optimize time and effort before moving to production. The fit assessment of dresses is a crucial factor in evaluating the aesthetics and quality of the product, including adjustments to size and material. In the era of Industry 4.0, the use of software to support the development of fashion designs and to control product fit has become increasingly widespread. The objective of this paper is to apply Clo3D software to develop fashion dresses and assess their fit, providing methods to optimize and adjust the fit, ultimately reducing time and costs compared to traditional methods. The research results establish a process for developing and adjusting fit to ensure aesthetic standards are met.

Keywords: *Fit assessment; Development; Clo3D software; Pattern adjustment.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong ngành công nghiệp thời trang hiện đại, việc phát triển mẫu váy thời trang đòi hỏi sự chính xác, tinh tế và khả năng đáp ứng yêu cầu cao về thẩm mỹ lẫn sự thoải mái cho người mặc. Tuy nhiên, quá trình này thường tiêu tốn nhiều thời gian và chi phí, đặc biệt là khi phải thử nghiệm và chỉnh sửa sản phẩm trực tiếp trên người mẫu. Điều này tạo ra thách thức lớn đối với nhà thiết kế trong việc đảm bảo độ vừa vặn của trang phục mà không làm ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng sản phẩm.

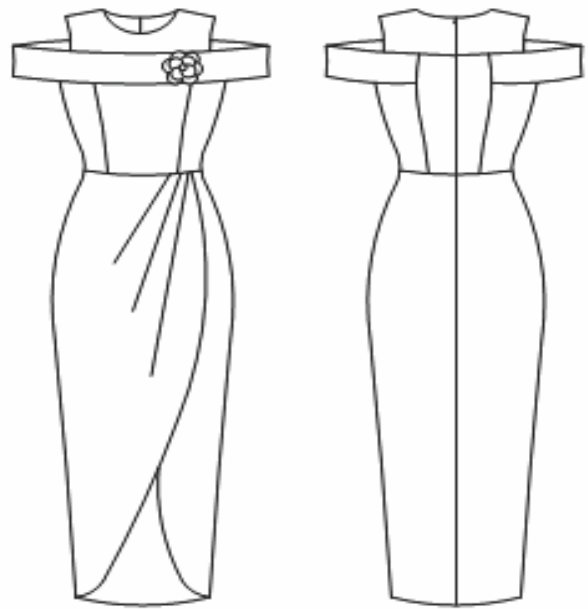
Việc ứng dụng phần mềm thiết kế thời trang Clo3D đã mở ra cơ hội đột phá cho quá trình này. Clo3D cho phép mô phỏng các mẫu váy thời trang trên môi trường ảo, từ đó không chỉ giúp nhà thiết kế trực quan hóa sản phẩm mà còn kiểm tra và điều chỉnh độ vừa vặn một cách chi tiết mà không cần đến mẫu thử vật lý. Nhờ khả năng mô phỏng chất liệu, chuyển động và các thông số cơ thể người mặc, Clo3D giúp tối ưu hóa quy trình thiết kế, giảm thiểu lỗi và rút ngắn thời gian ra mắt sản phẩm.

Nhận thấy nhu cầu này rất cần thiết với ngành công nghiệp dệt may nói riêng và một số ngành công nghiệp khác nói chung đang là vấn đề cấp thiết đặt ra cho ngành cần giải quyết. Phương pháp phát triển mẫu và kiểm tra độ vừa vặn về phom dáng của sản phẩm hiện nay đang sử dụng chủ yếu tại các doanh nghiệp may là bằng phương pháp phát triển mẫu thủ công và may chế thử sản phẩm theo cách truyền thống để đánh giá độ vừa vặn của sản phẩm không cao, hình dáng sản phẩm trong không gian 3 chiều chưa đảm bảo [1, 3]. Đặc biệt, với sản phẩm là váy thời trang thì sự vừa vặn về phom dáng là hết sức cần thiết.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng sử dụng để nghiên cứu là váy thời trang và sử dụng người mẫu có số đo tương đồng giống ma-nơ-canh size M để thực nghiệm, sản phẩm có đặc điểm: cổ tròn, tay bèo ngang ngực. Thân trước có kết cấu gồm 4 chi tiết, thân sau có kết cấu gồm 6 chi tiết. Tùng váy trước gồm hai chi tiết, chi tiết trên xếp ly. Tùng váy sau gồm hai chi tiết được liên kết bởi khoá.



Hình 1. Đặc điểm váy thời trang

Thông số kích thước để thực nghiệm phát triển là số đo trên ma-nơ-canh size M được điều chỉnh sang số đo trên cơ thể người mẫu được thể hiện dưới bảng 1. Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài tập trung phân tích một số thông số chủ đạo liên quan đến phom gốc của đầm cơ bản như: Vòng ngực, vòng eo, vòng hông, rộng vai, vòng cổ, dài váy.

*Bảng 1. Số đo theo ma-nơ-canh size M
(Đơn vị: cm)*

STT	Vị trí đo	Kí hiệu	Thông số
1	Vòng ngực	Vng	86
2	Vòng eo	Ve	62
3	Vòng hông	Vm	88
4	Vòng cổ	Vc	36
5	Dài váy	Dv	90
6	Dài tay	Dt	58
7	Hạ eo	He	36
8	Rộng vai	Rv	36,5

2.2. Nội dung nghiên cứu

• Phát triển mẫu và mô phỏng trên phần mềm CLO3D dựa trên phom gốc đã có sẵn, sau đó thực hiện phát triển theo đối tượng nghiên cứu và được mô phỏng trên phần mềm Clo3D. Dựa trên Avatar ảo đã được hiệu chỉnh theo số đo cơ thể người mẫu.

Bước 1: Phom gốc.



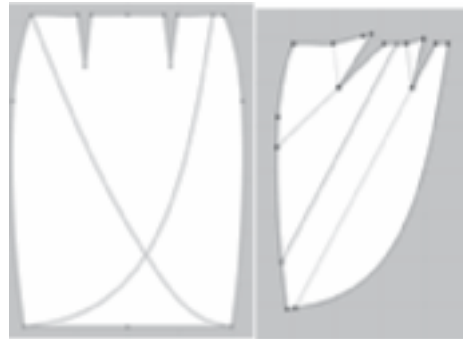
Hình 2. Hình mô phỏng phom gốc trên Clo3D

***Quy trình thực hiện phát triển mẫu trên Clo3D:**

Bước 2: Phát triển thân trên.



Bước 3: Phát triển mẫu váy.



Bước 4: Các đường tạo kiểu.



Bước 5: Hoàn thiện mẫu.



Hình 3. Quy trình thực hiện phát triển trang phục bằng phần mềm Clo3D

• Đánh giá độ vừa vặn, phom dáng của sản phẩm sau khi phát triển mẫu:

Để kiểm chứng sự cân đối và vừa vặn của sản phẩm được đánh giá ở mức độ cân

bằng của các đường ngang cân đối và được sử dụng thang đo màu sắc được thể hiện ở các cấp độ màu khác nhau bằng thang đo xuất ứng và thang đo hợp lý. Thông số biểu hiện độ căng: 0.1 gr/cm - 1000.0 gr/cm.

Phương pháp đánh giá chủ quan: Là cảm nhận độ vừa vặn của sản phẩm với đối tượng mặc thử mẫu.

Qua quá trình quan sát đối tượng mặc, kết quả cho thấy các vị trí mốc đo trên cơ thể đều vừa vặn. Cảm nhận của đối tượng mặc thử mẫu với các vị trí phần vai, ngực, eo, cảm thấy dễ chịu, thể hiện độ vừa vặn, cân đối. Như vậy, kết quả phát triển mẫu từ phom cơ bản sang váy thời trang ứng dụng phần mềm Clo3D đảm bảo yêu cầu, đạt mục tiêu đưa ra.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp khảo cứu tài liệu: Khảo cứu các tài liệu, công trình liên quan đến nội dung nghiên cứu của đề tài.

Phương pháp thử nghiệm:

- Thông số Avatar trên phần mềm Clo3D;
- Phát triển mẫu và mô phỏng mẫu trên phần mềm Clo3D;
- Đánh giá độ vừa vặn của sản phẩm bằng thang đo màu trên phần mềm Clo3D.

Phương pháp đánh giá chủ quan: Đánh giá cảm nhận độ vừa vặn của đối tượng mẫu mặc thử sản phẩm.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

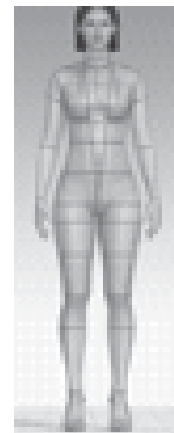
3.1. Kết quả điều chỉnh thông số Avatar trên phần mềm Clo3D

Từ số đo cỡ M chuẩn, tác giả đã thực hiện hiệu chỉnh theo số đo cơ thể người mẫu trên Avatar ảo để kiểm chứng sự vừa vặn được thể hiện kết quả ở bảng 2.

Bảng 2. Thông số kích thước Avatar theo số đo cơ thể người mẫu (Đơn vị: cm)

STT	Vị trí đo	Kí hiệu	Thông số
1	Chiều cao	CC	165
2	Vòng ngực	Vng	87
3	Vòng eo	Ve	64
4	Vòng hông	Vm	90
5	Vòng cổ	Vc	36
6	Dài váy	Dv	92
7	Hạ eo	He	38
8	Rộng vai	Rv	37

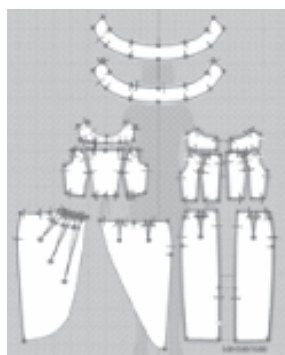
Sau khi xác định thông số Avatar và thực hiện cài đặt thông số được kết quả Avatar được thể hiện dưới hình 4.



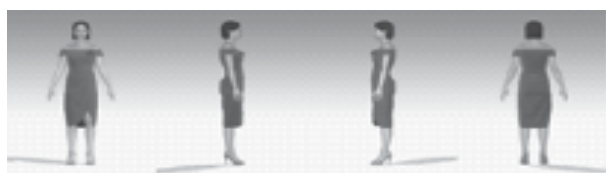
Hình 4. Avatar theo số đo cơ thể người mẫu

3.2. Kết quả phát triển và mô phỏng mẫu trên phần mềm Clo3D

Từ bộ mẫu rập của đầm cỡ M chuẩn được phát triển và thử ảo trên phần mềm Clo3D, kết quả được thể hiện ở hình 5 và hình 6. 



Hình 5. Mẫu rập 2D và quá trình may sản phẩm trên phần mềm CLo3D



Hình 6. Mẫu may hoàn chỉnh được thử ảo trên Avatar

3.3. Kết quả đánh giá độ vừa vặn của sản phẩm bằng thang đo màu trên phần mềm Clo3D

Từ kết quả sau khi phát triển mẫu và đánh giá độ vừa vặn, từ đó tiến hành chế thử sản phẩm và đối tượng mặc mẫu để so sánh sự khác nhau giữa sản phẩm trên Avatar và cơ thể người làm cơ sở phát triển các dòng sản phẩm tiếp theo giảm thiểu quá trình chế thử mẫu theo phương pháp truyền thống giúp tiết kiệm thời gian và chi phí. Hình ảnh người mẫu mặc sản phẩm chế thử được thể hiện dưới hình 7.



Hình 7. Người mẫu mặc sản phẩm chế thử

Thực hiện đánh giá độ vừa vặn dựa trên độ giãn của vải khi bề mặt vải tiếp xúc với cơ thể bằng hai phương pháp, kết quả cụ thể như sau:

*Kết quả đánh giá bằng thang đo màu sắc:

Đánh giá sự cân đối và vừa vặn của sản phẩm được đánh bằng thang đo xuất ứng và thang đo hợp lý, được giá ở mức độ cân bằng của các đường ngang cân đối thể hiện ở các cấp độ màu khác nhau: Màu xanh đậm là màu thể hiện những vùng có lượng cử động lớn, nghĩa là độ tiếp xúc giữa vải và cơ thể ít; màu xanh nhạt thể hiện độ vừa vặn của sản phẩm. Như vậy, kết quả cho thấy độ vừa vặn và chất lượng của sản phẩm váy thời trang trên phần mềm Clo3D về phom dáng đáp ứng độ vừa vặn và thỏa mãn được nhu cầu sử dụng của đối tượng, hầu hết thang đo màu cho kết quả màu xanh nhạt, màu xanh đậm, thể hiện dưới hình 8.



Hình 8. Thang đo màu kiểm tra độ vừa vặn trên Avatar

*Kết quả đánh giá cảm nhận của đối tượng:

Qua quá trình quan sát đối tượng mặc, kết quả cho thấy các vị trí mốc đo trên cơ thể đều vừa vặn. Cảm nhận của đối tượng mặc thử mẫu với các vị trí phần vai, ngực, eo, cảm thấy

dễ chịu, thể hiện độ vừa vặn, cân đối. Như vậy, kết quả phát triển mẫu từ phom cơ bản sang váy thời trang ứng dụng phần mềm Clo3D đảm bảo yêu cầu, đạt mục tiêu đưa ra.

4. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng phần mềm Clo3D để phát triển mẫu váy thời trang theo cỡ M, từ đó đưa ra phương pháp phát triển mẫu và kiểm tra độ vừa vặn trên Avatar ảo nhằm giảm thời gian và chi phí so với phương pháp thủ công. Từ việc lựa chọn đối tượng nghiên cứu là phom đầm gốc, tác giả đã phát triển sang một mẫu đầm thời trang khác, từ đó mô phỏng may áo trên Avatar và may ra sản phẩm thật để so sánh được sự khác nhau giữa sản phẩm trên Avatar và đối tượng thật để làm cơ sở cho việc phát triển

các dòng sản phẩm tiếp theo mà không cần phải hiệu chỉnh bằng phương pháp thủ công. Từ các kết quả đã đạt được, nghiên cứu đã đưa ra được kết quả độ rập trực tiếp trên phần mềm 3D. ❖

Ngày nhận bài: **07/9/2024**

Ngày phản biện: **05/11/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Abrahams, L (1998), “*Pattern cutting: time for a change*”. Apparel May, page 24-25.
- [2]. Armstrong, H.J (1987), “*Patternmaking for fashion design*”. New York Harper & Row.
- [3]. Chin D. Tsai, Carol Cassidy, Tom Cassidy and Jinsong Shen (2002), “*The influence of woven stretch fabric properties on garment design and pattern construction*”. Sage Journal, Vol 24, Issue 1.

THIẾT KẾ, LẮP ĐẶT VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ - KỸ THUẬT VIỆC CHUYỂN ĐỔI XE MÁY CHẠY XĂNG SANG XE HYBRID VỪA XĂNG VÀ ĐIỆN

DESIGN, INSTALLATION AND EVALUATION OF ECONOMIC AND TECHNICAL EFFECTIVENESS OF HYBRID MOTORBIKES USING BOTH GASOLINE AND ELECTRIC

Hà Anh Tùng

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, tốc độ tăng trưởng nhanh của nền kinh tế Việt Nam đã kéo theo nhiều ảnh hưởng xấu đến môi trường mà trong đó có tác động đáng kể từ lượng xe máy đông đảo đang lưu thông trên đường. Nghiên cứu này trình bày các kết quả đạt được khi lắp thêm hệ pin – bộ điều khiển – động cơ điện độc lập lên xe máy xăng truyền thống. Thử nghiệm trong 5 tháng liên tục trên xe Honda AirBlade 125cc cho thấy xe “hybrid” kiểu mới có nhiều tính ưu việt hơn về mặt kỹ thuật như: linh hoạt chuyển đổi giữa hai chế độ chạy xăng hoặc điện, tăng tuổi thọ xe do giảm thời gian hoạt động của bộ truyền động xăng, xe chạy êm ái gần như không có tiếng động, tăng quãng đường di chuyển khi kết hợp cả hai chế độ chạy xăng và điện. Ngoài ra, với thời gian hoàn vốn chỉ hơn 2 năm, việc chuyển đổi sang kiểu xe máy “hybrid” này giúp tiết kiệm đáng kể chi phí cho người sử dụng, đồng thời giúp giảm phát thải khói, bụi, khí nhà kính... và nâng cao sức khỏe người dân.

Từ khoá: Xe AirBlade; Hybrid; Động cơ điện; Giảm phát thải khí nhà kính; Hiệu quả kinh tế - kỹ thuật.

ABSTRACT

In recent years, the rapid growth of the Vietnamese economy has brought about numerous adverse environmental impacts, notably influenced by the extensive circulation of motorbikes on roadways. This study presents findings on the integration of an independent battery-controller-electric motor system into a conventional gasoline motorbike. Testing over five consecutive months on a Honda AirBlade 125cc demonstrated that this new “hybrid” motorbike offers multiple technical advantages, including seamless transitions between gasoline and electric operation modes, enhanced vehicle lifespan through reduced usage of the gasoline transmission system, smooth and quiet operation, and extended travel range by combining both modes. Furthermore, with a payback period of slightly over two years, adopting this “hybrid” model provides substantial cost savings for users while contributing to reductions in emissions of smoke, dust, and greenhouse gases, ultimately promoting public health improvements.

Keywords: AirBlade; Hybrid; Electric motor; Greenhouse gas emission reduction; Economic and technical efficiency.

1. TỔNG QUAN

Việt Nam là một trong những quốc gia có mật độ xe máy lưu thông cao hàng đầu trên thế giới. Trong năm 2022, số lượng xe máy đang lưu thông tại Việt Nam ước tính khoảng 47 triệu chiếc [1], trong khi dân số Việt Nam tại thời điểm tháng 4 năm 2022 là 99.2 triệu người. Khói bụi thải ra từ quá trình đốt cháy nhiên liệu trong động cơ, bao gồm các hạt bụi PM2.5 và PM10, các chất khí như CO, HC, NO_x, SO₂,... là những tác nhân chính gây ra nhiều vấn đề về ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của con người [2-4]. Bên cạnh đó, giá xăng dầu tăng cao cùng với sự cạn kiệt dần của các nguồn nhiên liệu hóa thạch cũng là những yếu tố quan trọng đã tạo nên sự thay đổi về nhận thức và chính sách của nhiều quốc gia trên thế giới, dẫn đến xu hướng phát triển nhanh chóng ngành công nghiệp sản xuất xe điện trong những năm gần đây.

Theo số liệu từ trang web đánh giá về xe máy hàng đầu trên thế giới “Motorcyclesdata.com”, tốc độ tăng trưởng doanh số xe máy điện tại Việt Nam năm 2021 là 10%, tăng mạnh so với mức tăng 2.9% vào năm 2018. Thị trường xe máy điện của Việt Nam hiện khá sôi động với sự tham gia của rất nhiều thương hiệu nổi tiếng trong và ngoài nước như: VinFast, Yadea, Pega, Dibao, Anbico..., với sự gia tăng đáng kể doanh số bán từ 163,428 xe (năm 2019) đến gần 237,000 xe (năm 2020) [5]. Đặc biệt, trong 2 năm trở lại đây, trong khi số lượng xe máy bán ra tại Việt Nam bị suy giảm, lượng xe máy điện bán ra lại gia tăng với tốc độ rất nhanh, điển hình như riêng VinFast đã bán ra tổng cộng 72.469 xe máy điện, tăng 21% so với năm 2022 và chiếm gần 3% tổng doanh số xe máy cả năm tại Việt Nam [6]. Tuy vậy, nếu so với lượng xe máy chạy xăng hiện đang lưu thông trên thị trường, tỉ lệ xe máy điện vẫn còn chiếm

thị phần khá khiêm tốn. Do đó, ý tưởng phát triển dòng xe máy “hybrid” vừa chạy xăng vừa chạy điện là hướng đi đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu cũng như các hãng sản xuất xe máy đẩy mạnh gần đây [7-13]. Điển hình vào năm 2018, hai ông lớn trong ngành chế tạo xe máy là Honda và Yamaha đã lần lượt tung ra thị trường hai dòng xe máy lai là Honda PCX hybrid và Yamaha Grande hybrid. Các mẫu xe hybrid này vẫn tiếp tục được Honda và Yamaha cải tiến và nâng cấp với những phiên bản mới nhất cho năm 2023 và 2024. Tuy nhiên, công nghệ hybrid trên hai dòng xe này về bản chất không tham gia vào quá trình vận hành mà chỉ có vai trò hỗ trợ động cơ đốt trong, giúp tăng moment khởi động, giảm độ trễ khi ngắt động cơ và giảm thiểu lực kéo khi xe xuống dốc. Chính vì thế, các dòng xe hybrid trên vẫn cần tiêu hao liên tục nhiên liệu đốt khi vận hành, còn điện năng từ pin chỉ có tác dụng phụ trợ thêm cho xe ở một số thời điểm nhất định. Số liệu cho thấy mức tiêu hao nhiên liệu của hai dòng xe “hybrid” trên chỉ giảm khoảng 2% so với động cơ xăng thường [13].

Các nghiên cứu trong và ngoài nước gần đây về xe máy hybrid chủ yếu tập trung vào việc tính toán, mô phỏng lý thuyết các phương án hybrid giữa động cơ xăng và động cơ điện (nối tiếp, song song hay phức hợp) nhằm tối ưu hóa việc tiết kiệm nhiên liệu và kết hợp phát điện để sạc vào bộ trữ điện khi phanh, hãm xe [7-8, 12-13]. Một số nghiên cứu cũng đã chế tạo thử nghiệm xe máy hybrid, tuy nhiên lại can thiệp quá nhiều vào kết cấu xe hoặc kết hợp điều khiển đồng thời động cơ xăng và động cơ điện [9, 11], hoặc dùng thêm nguồn nhiên liệu khác như LPG [9]. Với mục tiêu nhằm đơn giản hóa quá trình chuyển đổi từ xe máy chạy xăng sang xe hybrid kết hợp vừa xăng vừa điện, bài báo trình bày quá trình tính toán chọn lựa các phụ tùng hiện đang có sẵn trên thị trường để

có thể dễ dàng lắp đặt nhanh chóng lên xe máy truyền thống mà không thay đổi hình dáng, kết cấu xe. Xe hybrid sau khi chuyển đổi sẽ có thể chạy hai chế độ độc lập hoặc bằng điện hoặc bằng xăng, từ đó giúp cho quá trình điều khiển xe rất tiện lợi, dễ dàng. Quá trình thử nghiệm trực tiếp trên xe trên nhiều loại đường và chế độ vận hành xe khác nhau (trong thành phố với tốc độ thấp, mật độ xe đông và trên xa lộ với tốc độ cao, mật độ xe thấp) cũng được thực hiện trong thời gian dài để từ đó đánh giá được hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của kiểu xe hybrid trên.

2. QUÁ TRÌNH THIẾT KẾ VÀ LẮP ĐẶT ĐỘNG CƠ ĐIỆN LÊN XE AIRBLADE

Trong nghiên cứu này, xe máy xăng hiệu Honda AirBlade phiên bản năm 2017, một trong những mẫu xe rất thông dụng đã được lựa chọn làm đối tượng chuyển đổi sang dạng “hybrid” để thử nghiệm và đánh giá.

Động cơ điện được đặt tại bánh trước của xe với công suất cần thỏa mãn điều kiện là lực kéo sinh ra tại bánh xe chủ động F_k phải lớn hoặc bằng tổng các lực cản theo phương trình sau:

$$F_k \geq F_1 + F_2 \pm F_3 \pm F_4 \quad (1)$$

Trong đó:

- F_1 (N): Lực cản lăn;
- F_2 (N): Lực cản gió;
- F_3 (N): Lực cản leo dốc;
- F_4 (N): Lực cản quán tính.

Với yêu cầu kỹ thuật của xe máy ở chế độ chạy điện: vận tốc không vượt quá 50 km/h và độ dốc không lớn hơn 15%, đồng thời tham khảo các thông số động cơ xe máy điện trên thị trường, động cơ điện lựa chọn cho xe AirBlade có thông số như sau:

Bảng 1. Thông số động cơ điện lắp trên bánh trước xe AirBlade

Nguồn điện	60 – 72V DC
Công suất	1500 W
Kích thước	14 inch
Cỡ trục	16.5 mm – 20 mm
Tốc độ tối đa	50 – 60 km/h

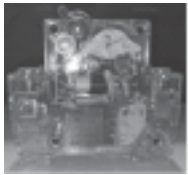
Hình ảnh động cơ điện trước và sau khi lắp thực tế tại bánh trước xe AirBlade được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Hình ảnh động cơ điện gắn trên bánh trước xe Honda AirBlade

Ngoài ra, để điều khiển hoạt động của động cơ điện, các thiết bị, phụ tùng sau cần được lựa chọn với công suất và các thông số vận hành phù hợp như Bảng sau.

Bảng 2. Danh mục các thiết bị, phụ tùng cần thiết cho việc cấp nguồn và điều khiển động cơ điện

STT	Tên thiết bị, phụ tùng	Thông số	Hình ảnh
1	Bộ điều tốc IC	1500 W	
2	Bộ đổi nguồn 60V thành 12V cấp cho ắc-quy chạy đèn, còi	60V – 12V	
3	Pin Li-Ion và mạch điều khiển với tính toán để đi được quãng đường 40 km	60V – 20Ah	
4	Bộ báo dung lượng pin		
5	Aptomat	Tự ngắt khi quá dòng, bảo vệ cho động cơ và mạch điện	
6	Cổng nối dây	6 chân	
7	Tay ga dạng bấm	Lắp ở tay nắm bên trái để không ảnh hưởng đến tay ga bên phải của xe xăng	



Để tăng tính thẩm mỹ, hệ pin và các mạch điều khiển được bố trí trong cốp xe như Hình 2.



Hình 2. Bố trí mạch điều khiển và bộ pin 60V-20Ah trong cốp xe AirBlade.



Hình 3. Xe AirBlade “hybrid” sau khi đã lắp hoàn chỉnh

3. KẾT QUẢ VẬN HÀNH THỰC TẾ XE “HYBRID” VÀ ĐÁNH GIÁ TÍNH KỸ THUẬT

Sau khi lắp đặt hoàn chỉnh, xe AirBlade kiểu hybrid (độc lập giữa xăng và điện) đã được đưa vào sử dụng thực tế. Sau 5 tháng hoạt động liên tục, kết quả cho thấy xe hoạt động ổn định ở cả hai chế độ chạy xăng như bình thường hoặc chạy điện khi chuyển sang chế độ dùng bộ pin – mạch điều khiển – động cơ điện. Một số thông số vận hành thực tế được ghi nhận như sau:

- Tốc độ tối đa: 60km/h (khi chỉ có 1 người trên xe) và 50 km/h (khi có 2 người trên xe);

- Quãng đường trung bình tương ứng với 1 lần sạc đầy pin (60V - 20 Ah): 35 km (Với tốc độ đi trong thành phố, thay đổi trung bình từ 20 - 40 km/h, xe chở 2 người với cân nặng tổng khoảng 110kg. Riêng xe AirBlade nặng tầm 100 kg nên tổng khối lượng cả xe cùng 2 người trong thử nghiệm là 210 kg).

Như vậy, xe hybrid theo thiết kế trên hoàn toàn có thể đáp ứng tốt nhu cầu đi lại bình thường của người dân trong các thành phố lớn. Thiết kế bộ pin lắp rời trong cốp xe cũng giúp cho người sử dụng dễ dàng tháo pin mang lên nhà sạc, thuận lợi hơn rất nhiều các xe đạp điện hay xe máy điện bán trên thị trường hầu hết cần phải đưa xe vào sát điểm sạc. Ngoài ra, trong quá trình vận hành, người lái xe hoàn toàn có thể nhanh chóng chuyển từ chế độ chạy xăng sang chạy điện hay ngược lại khi cần thay đổi tốc độ và công suất (như đi đường trường tốc độ nhanh có thể chạy xăng, đi trong thành phố tốc độ chậm sẽ chạy điện). So sánh với xe máy chỉ chạy xăng, việc chuyển đổi sang “hybrid” đã mang lại nhiều ưu điểm như tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 3. So sánh các tiêu chí kỹ thuật giữa xe máy xăng và xe máy chạy “hybrid” xăng hoặc điện

Tiêu chí kỹ thuật	Xe máy chạy xăng	Xe máy chạy xăng/điện
Độ ồn	Rất ồn	Hầu như không gây ra tiếng động khi chạy điện
Tính linh hoạt	Chỉ có thể dùng nhiên liệu là xăng nên khi hết xăng hoặc nếu hệ thống truyền động của xe trục trặc xe sẽ không di chuyển được	- Có thể linh hoạt dùng xăng hoặc dùng điện tùy theo yêu cầu và hoàn cảnh - Nếu hết xăng hoặc gặp trục trặc bên bộ truyền động của xe, chỉ việc chuyển sang chạy điện và ngược lại
Quãng đường di chuyển	Tối đa theo lượng xăng trữ trong bình, như xe AirBlade thử nghiệm là khoảng 160 km	Tăng lên do có thêm nguồn pin dự trữ, với hệ pin 60V – 20Ah đang lắp sẽ giúp xe hybrid di chuyển được tổng 195 km khi vừa dùng xăng và điện
Chi phí đầu tư thêm	Không cần đầu tư thêm	Tốn thêm chi phí đầu tư ban đầu
Chi phí vận hành và bảo trì, sửa chữa	- Tốn tiền xăng - Tốn tiền thay nhớt, bảo trì xe định kỳ - Tốn phí sửa chữa, thay thế phụ tùng với giá trị lớn sau vài năm vận hành	- Chỉ tốn tiền sạc pin khi vận hành ở chế độ chạy điện - Không tốn tiền thay nhớt, chi phí bảo trì ít hơn - Giảm chi phí sửa chữa, thay thế phụ tùng xe - Tốn chi phí thay pin sau 2-3 năm chạy điện
Ảnh hưởng môi trường và sức khỏe con người	- Gây ra ô nhiễm môi trường: khói, bụi, làm nóng bầu khí quyển do sinh ra nhiều khí nhà kính - Ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người.	- Thân thiện với môi trường, phát thải bằng 0 do không sinh ra bất kỳ khí nhà kính nào ở chế độ chạy điện, không sinh ra khói, bụi - Hoạt động êm ái nên tạo cảm giác thoải mái cho người ngồi trên xe.

4. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ – MÔI TRƯỜNG CỦA XE “HYBRID”

Để phân tích kỹ hơn về hiệu quả kinh tế khi lắp thêm động cơ điện, pin và bộ điều khiển lên xe máy, các chi phí mua sắm thiết bị và công lắp đặt được xem xét cụ thể và kết hợp với chi phí tiết kiệm do chuyển từ xăng sang điện, từ đó xác định thời gian hoàn vốn cũng như hiệu quả đầu tư. Bảng 4 bên dưới trình bày chi tiết các chi phí liên quan trong thời gian vòng đời hoạt động 5 năm điển hình của xe máy với giả thiết:

- Quãng đường di chuyển trung bình mỗi ngày: 30 km;

- Số ngày sử dụng xe trung bình hàng năm: 300 ngày;

- Thời gian thay pin: 2.5 năm/lần;

- Chi phí bộ pin 60V – 20Ah: 4,000,000 VNĐ.



Bảng 4. Phân tích bài toán kinh tế khi chuyển đổi từ xe AirBlade xăng sang xe hybrid

STT	Chi phí	Xe AirBlade xăng (Đơn vị VNĐ)	Xe AirBlade khi chạy điện (Đơn vị VNĐ)
1	Đầu tư ban đầu (Chi phí động cơ, pin, bộ điều khiển, công lắp đặt)		10,000,000
2	Chi phí xăng/điện cho 100 km	56,000 (90,000 VNĐ đổ đầy bình xăng đi được 160 km)	7,000 (Với giả thiết 2000 VNĐ/kWh, pin 60V – 20Ah)
3	Chi phí xăng/điện cho 1 năm	5,040,000	630,000
3	Chi phí thay nhớt hàng năm (trung bình 2 tháng 1 lần, 1 lần thay 140,000 VNĐ)	840,000	
4	Chi phí bảo trì, sửa chữa hàng năm	1,000,000	100,000
5	Chi phí thay pin tính quy đổi hàng năm		1,600,000
	TỔNG CHI PHÍ VẬN HÀNH HÀNG NĂM	6,880,000	2,330,000

Như vậy, có thể thấy nhờ chuyển sang chạy bằng điện, xe máy hybrid đã tiết kiệm được số tiền hàng năm là: $6,880,000 - 2,330,000 = 4,550,000$ VNĐ/năm. Với chi phí đầu tư ban đầu 10,000,000 VNĐ, chỉ hơn 2 năm đầu tư, người chủ xe đã có thể thu hồi lại vốn và nếu xét vòng đời 5 năm sử dụng xe, tổng số tiền có thể tiết kiệm được trong trường hợp xe hoàn toàn vận hành bằng điện là:

$$5 \times 4,550,000 - 10,000,000 = 12,750,000 \text{ (VNĐ)}$$

Bên cạnh đó, việc vận hành xe máy hybrid ở chế độ điện hoàn toàn cũng giúp giảm thiểu đáng kể các tác động xấu đến môi trường và sức khỏe con người. Theo [14], hệ số phát thải trung bình của xe máy tại thành phố lớn của Việt Nam như sau: PM là 0.094 g/km, SOx là 0.006 g/km, CO là 12.630 g/km và NOx là 0.31 g/km. Với giả định:

- Lượng xe máy hiện nay của Việt Nam đang là 47 triệu chiếc [1];

- Quãng đường trung bình mỗi xe di chuyển trong năm là 3000 km.

Suy ra, tổng lượng phát thải hàng năm do xe máy tại Việt Nam đang khoảng: 13,254 tấn PM, 846 tấn SOx, 1,780,830 tấn CO và 43,710 tấn NOx. Chỉ cần một phần trong tổng số xe máy đang lưu thông trên toàn quốc chuyển đổi sang hybrid, Việt Nam sẽ cắt giảm đáng kể lượng phát thải khí nhà kính cũng như khói bụi sinh ra trên đường, từ đó cải thiện chất lượng môi trường, nâng cao sức khỏe cho người dân.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày các kết quả đạt được khi lắp thêm động cơ điện DC 60V-1500W vào bánh trước xe Honda AirBlade 125cc. Việc thiết kế rời hệ truyền động điện với hệ truyền động xăng đang có sẵn trên xe đã giúp tăng tính linh hoạt trong vận hành: người sử dụng hoàn toàn có thể dễ dàng chuyển đổi ngay lập tức chế độ đang chạy bằng động cơ xăng sang động cơ

điện (và ngược lại) mà không ảnh hưởng gì đến chế độ vận hành của xe. Việc cải tiến xe xăng thành xe máy kiểu "hybrid" này dễ dàng được thực hiện, không mất nhiều thời gian với chi phí đầu tư hợp lý. Quá trình thử nghiệm 5 tháng liên tục cho thấy xe máy "hybrid" có nhiều ưu điểm hơn xe xăng thuần túy, giúp tiết kiệm chi phí cho người sử dụng, đồng thời giảm đáng kể lượng phát thải khói, bụi, khí nhà kính,... cải thiện chất lượng môi trường sống và nâng cao sức khỏe người dân.

Lời cảm ơn:

Tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ về thời gian và cơ sở vật chất từ Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUT-VNU) cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 12/9/2024

Ngày phản biện: 30/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bộ Giao thông Vận tải; "Báo cáo cuối kỳ - Tập 2: Chiến lược phát triển an toàn giao thông xe máy đến năm 2025, tầm nhìn 2030", 2019.
- [2]. Phạm V. Đ, Nguyễn T. H và Nguyễn Đ. K; "Đánh giá và đề xuất giải pháp giảm thiểu phát thải của xe máy đang lưu hành tại Việt Nam theo tiêu chuẩn EURO II". Tạp chí Khoa học Công nghệ, Số đặc biệt 2018, pp. 50-52.
- [3]. Juntian, S., "Research on the impact of automobile exhaust on air pollution". Advances in Economics, Business and Management Research, Vol. 217, pp. 497-501.
- [4]. Achmad, R. P., Joni, A. and Melawaty, A., "Analysis of air pollution due to vehicle exhaust emissions on the road networks of Beringin Janggut area". Journal of Physics: Conf. Series 1198, 2019, 14 p.
- [5]. Le, H., Francisco, P. and Zifei Y., "Electric two-wheeler market growth in Vietnam: An overview". International Council on Clean Transportation, 2022.
- [6]. VAMM, "Doanh số bán hàng Quý IV và cả năm 2023 tại Việt Nam". Hiệp hội Các nhà sản xuất Xe máy Việt Nam, 2024.
- [7]. Yap, W. K., Karri, V., "Modeling and simulation of a hybrid scooter". International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, Vol. 2, No. 11, 2008.
- [8]. Ali, M., Kamel, H., Sharaf, A. M., and Hegazy, S. A., "Modelling and simulation of hybrid electric vehicles". AMME Conference, 2014.
- [9]. Ganapathi, B. R., Venkata, G. N. B., Manikanta, P. B. S., Ramakrishna, K., and Naveen, G., "Fabrication of hybrid scooter". International Journal for Modern Trends in Science and Technology, Vol. 7, 2021.
- [10]. Bui, V. G, Nguyen, Q. và Nguyen, H., "Thiết kế xe máy hybrid". Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, Số 4, 2009.
- [11]. Franklin, M. R., and Martin J., "Design and fabrication of hybrid scooter". International Journal for Scientific Research & Development, Vol. 3, Issue 09, 2015.
- [12]. Nguyen, D. T, "Nghiên cứu tối ưu tính năng bộ nguồn pin lithium-ion và chi phí vận hành cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai". Luận văn Thạc sĩ ngành Kỹ thuật Cơ khí động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, 2019.
- [13]. Pham, A. T, Nguyen, V. T, Nguyen, V. T và Le, V. C., "Tích hợp công nghệ hybrid kiểu nối tiếp cho xe máy hai bánh bằng phương pháp mô hình hóa và mô phỏng". Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Bình Dương, Vol. 4, No. 2, 2021.
- [14]. Tran, T. H. H., Nghiê, T. D., Vũ, H. N. K. và Nguyễn, N. T. N., "Phát thải từ hoạt động của xe mô tô, xe gắn máy trong giao thông đường bộ tại Thành phố Hà Nội". Tạp chí Môi trường, Vol. 10, 2023.

TỐI ƯU CÁC THÔNG SỐ HIỆU ĐIỆN THẾ, CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN, THỜI GIAN XUNG ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT VÀ NĂNG SUẤT BÓC TÁCH VẬT LIỆU TRÊN MÁY XUNG ĐỊNH HÌNH KHI GIA CÔNG VẬT LIỆU THÉP SKD11

OPTIMIZATION OF VOLTAGE, CURRENT, AND PULSE ON TIME PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS AND MATERIAL REMOVAL RATE DURING SKD11 MACHINING USING ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

ThS. Trần Văn Thắng

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

TÓM TẮT

Nghiên cứu này thực nghiệm ảnh hưởng của các thông số hiệu điện thế U (voltage), cường độ dòng điện I (Ampere), thời gian phóng xung T_{on} (μs) đến năng suất bóc tách vật liệu MRR (g/min) (Material Removal Rate), độ nhám bề mặt R_z (μm) khi gia công vật liệu thép SKD11 trên máy xung EDM (Electrical Discharge Machining). Nghiên cứu sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm Taguchi với 3 thông số đầu vào (hiệu điện thế U , cường độ dòng điện I , thời gian phóng xung T_{on}), mỗi thông số có 3 mức, được thực hiện qua 9 thí nghiệm để tìm ra bộ thông số tối ưu nhằm đạt năng suất bóc tách vật liệu (MRR) cao nhất và độ nhám bề mặt nhỏ nhất. Kết quả chỉ ra rằng bộ thông số tối ưu là $U = 30V$, $I = 0,5A$, $T_{on} = 20\mu s$. Nghiên cứu này làm tiền đề cho việc tối ưu các thông số cho năng suất bóc tách vật liệu và độ nhám bề mặt khi gia công trên máy EDM.

Từ khóa: EDM; Năng suất bóc tách vật liệu; Độ nhám bề mặt; Thép SKD11.

ABSTRACT

This study investigates the influence of voltage (U), current intensity (I), and pulse on time (T_{on}) on the material removal rate (MRR) and surface roughness during machining of SKD11 steel on Electrical Discharge Machining (EDM) machine. The study employs the Taguchi optimization method with three input parameters (voltage U , current intensity I , and pulse duration T_{on}), each at three levels, conducted through nine experiments to determine the optimal parameter set for achieving the highest MRR and the lowest surface roughness. The results indicate that the optimal parameter set is $U = 30V$, $I = 0.5A$, and $T_{on} = 20\mu s$. This study serves as a foundation for optimizing parameters to enhance material removal rate and surface roughness in EDM machining.

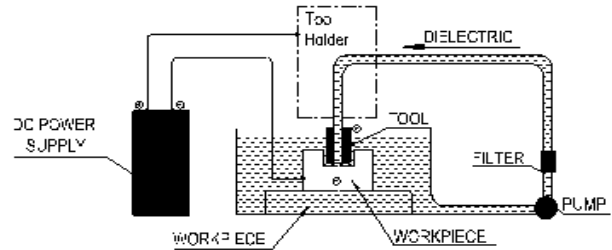
Keywords: EDM; Material removal productivity; Surface roughness; SKD11 steel.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ gia công bằng xung điện (EDM) đã chứng tỏ nhiều ưu điểm vượt trội trong gia công khuôn mẫu, công nghiệp ô tô, hàng không, cũng như trong gia công các vật liệu dẫn điện. Quá trình loại bỏ kim loại trong EDM diễn ra thông qua sự ăn mòn vật liệu bởi xung điện giữa các điện cực công cụ và mẫu trong môi trường chất lỏng cách điện, giúp loại bỏ mảnh vụn trong khe điện cực trong suốt quá trình gia công. Nhiều nghiên cứu đã được công bố liên quan đến phương pháp EDM. Chẳng hạn, Aniza et al. [2] đã nghiên cứu tác động của tốc độ cắt và dòng điện đến độ nhám bề mặt và tốc độ loại bỏ vật liệu khi gia công Ti-6Al-4V bằng phương pháp WEDM. Ashok et al. [3] đã tối ưu hóa tham số tốc độ cắt, trong khi Balasubramanian et al. [4] so sánh độ nhám bề mặt của các vật liệu EN8 và D3 sau khi gia công bằng EDM. Nghiên cứu này cũng xác định các thông số như thời gian xung, dòng điện, điện áp, áp suất và đường kính dụng cụ, cũng như tác động của chúng đến tỷ lệ loại bỏ vật liệu và độ nhám bề mặt. Pragadish et al. [5] đã thực hiện tối ưu hóa trong gia công thép AISI D2 bằng phương pháp EDM, và sử dụng phân tích ANOVA để chỉ ra rằng dòng điện (I) là tham số ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo là áp suất (P). Nghiên cứu của Avdresh Kumar Sharma [6] chỉ ra tác động của các thông số trên máy EDM đến năng suất bóc tách vật liệu (MRR) và tốc độ ăn mòn điện cực (TWR) khi gia công vật liệu titanium (Ti-6Al-4V). Trong nghiên cứu này, phương pháp Taguchi được áp dụng để tối ưu hóa các tham số hiệu điện thế, cường độ dòng điện và thời gian xung trong gia công thép SKD11 trên máy EDM.

2. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

2.1. Sơ đồ nguyên lý bóc tách vật liệu gia công trên máy EDM



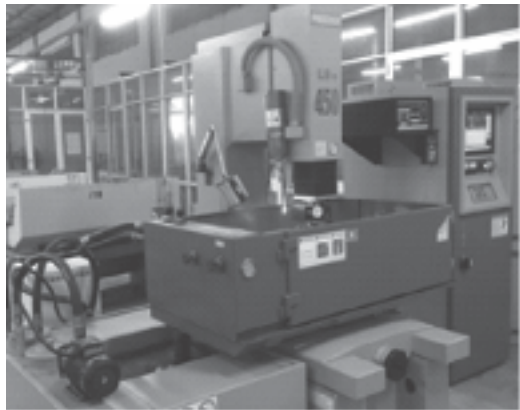
Hình 2.1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy EDM

Sơ đồ nguyên lý bóc tách vật liệu trên máy EDM được thể hiện ở Hình 2.1. Trong quá trình gia công, dụng cụ (catốt) và chi tiết (anốt) đóng vai trò là hai điện cực của nguồn điện một chiều với tần số 50-500 kHz, điện áp 50-300 V và cường độ dòng điện 0,1-500 A. Hai điện cực được đặt trong chất điện môi. Khi điện áp tăng đủ cao, chất điện môi bị ion hóa, tạo ra tia lửa điện giữa hai điện cực. Nhiệt độ ở vùng tia lửa có thể đạt tới 12.000°C, làm nóng chảy và đốt cháy kim loại trên cực dương. Áp lực từ quá trình phóng điện đẩy phoi ra khỏi vùng gia công. Quá trình này diễn ra trong thời gian rất ngắn (10^{-4} đến 10^{-7} giây) và lặp lại khi điện áp đủ lớn. Phoi là các giọt kim loại bị tách ra và đông đặc thành hạt nhỏ. Khi hạt phoi bị đẩy ra, khe hở giữa hai điện cực tăng lên, ngắt quá trình phóng điện. Để duy trì gia công liên tục, điện cực dụng cụ được điều chỉnh sao cho khe hở giữa hai điện cực luôn ổn định.

2.2. Máy thí nghiệm

Máy EDM ZLC – LS 450 Machine được chọn để thực hiện thí nghiệm tại Xưởng cắt gọt Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên (Hình 2.2). Thông số của máy như sau: Dài x Rộng x Cao: 1240 x 710 x 400. Hành trình của trục Z là 200 mm. Kích thước làm việc của bàn máy là 500 x 450. Độ chính xác $\pm 0,005$ mm, điện áp 220V/380V/50Hz, công suất của máy 2,5KW. Trọng lượng máy 1200kg.





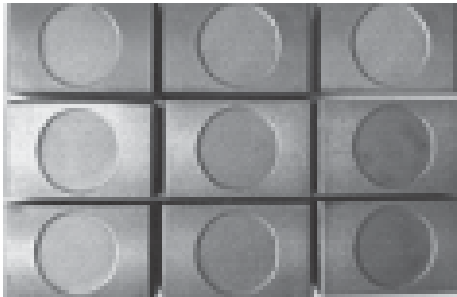
Hình 2.2. Máy EDM ZLC – LS 450

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép SKD11

Mác thép	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%) tối đa	S (%) tối đa	Cr (%)	Molipden (Mo)	Vanadi
SKD11	1,5	0,25	0,45	0,025	0,01	12	1	0,35

2.3. Mẫu và điện cực thí nghiệm

Vật liệu sử dụng cho thí nghiệm trong nghiên cứu này là thép SKD11, có hàm lượng cacbon là 1,5%. Ngoài ra, thép còn chứa các tạp chất khác như: Silic, mangan, photpho, lưu huỳnh và crom, molipden, vanadi. Thép SKD11 có độ cứng, độ dẻo dai trung bình đủ để chịu các tải trọng va đập trong quá trình sử dụng. Thường được sử dụng gia công các chi tiết trong cơ khí và sản xuất khuôn mẫu. Thành phần hóa học và đặc tính của thép SKD11 được hiển thị trong Bảng 1. Kích thước mẫu thí nghiệm là: 40 x 25 x 15, Hình 2.3.



Hình 2.3. Mẫu thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, điện cực được sử dụng là điện cực đồng Cadmium (Cu) để gia công vật liệu trên máy EDM. Đây là loại điện cực được sử dụng phổ biến trong gia công EDM. Điện cực này có dạng thanh tròn, như mô tả trong Hình 2.4, và thông số kỹ thuật được trình bày trong Bảng 2.



Hình 2.4. Điện cực Cu

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của điện cực Cu

Thông số	Giá trị
Khả năng dẫn nhiệt	389W/m ² K
Nhiệt độ nóng chảy	1100°C
Dẫn điện	1,64 ohm - cm
Kích thước mẫu	20 mm (Φ) x 42 mm

2.4. Thiết kế thực nghiệm dựa trên phương pháp Taguchi

Nghiên cứu cho thấy các thông số trên máy EDM ảnh hưởng đến năng suất bóc tách vật liệu MRR, độ nhám bề mặt R_z gồm có: hiệu điện thế U, cường độ dòng điện I, thời gian phóng xung T_{on} , thời gian tắt xung T_{off} [7]. Tuy nhiên, qua khảo sát nhận thấy ba thông số chính ảnh hưởng đến nghiên cứu này là hiệu điện thế U, cường độ dòng điện I, thời gian phóng xung T_{on} có ảnh hưởng nhiều nhất. Ba thông số này được chọn ba mức khác nhau, thí nghiệm dựa trên pháp pháp Taguchi. Khảo sát thực nghiệm trên máy EDM cho biết các mức để thực hiện thí nghiệm là đại diện đặc trưng chất lượng cho sự ảnh hưởng đến năng suất bóc tách vật liệu và độ nhám bề mặt. Bảng 3 trình bày chi tiết các mức giá trị của ba thông số đã được chọn.

Bảng 3. Ba thông số thí nghiệm với ba mức khác nhau

STT	Thông số	Đơn vị	Mức 1	Mức 2	Mức 3
1	Hiệu điện thế U	Voltage (V)	30	40	50
2	Cường độ dòng điện I	Ampere (A)	0,5	1,0	1,5
3	Thời gian xung T_{on}	Micro-seconds	20	50	80

Phương pháp Taguchi giảm thiểu sự đa dạng trong quá trình thực hiện thí nghiệm thông qua cách thức nghiên cứu có hệ thống. Mục tiêu chính của phương pháp này là cung cấp sự lựa chọn dễ dàng cho người thí nghiệm. Các phương pháp phân tích truyền thống thường khó dự đoán và phức tạp trong việc áp dụng. Số lượng thí nghiệm cần thực hiện sẽ tăng lên khi số lượng tham số thí nghiệm tăng. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp Taguchi sử

dụng cấu trúc sắp xếp đặc biệt với các mảng đối xứng, cho phép khảo sát toàn bộ phạm vi tham số chỉ với một số thí nghiệm hạn chế. Sắp xếp mảng trực giao được xây dựng dựa trên phương pháp Taguchi cho các giá trị mức khác nhau như được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Sắp xếp ma trận trực giao

Số thí nghiệm	Voltage (V)	Current (I)	Pulse on time T_{on} (μs)
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Khối lượng của phôi được cân trước và sau mỗi thí nghiệm. Phôi, sau khi được làm sạch để loại bỏ bụi và tạp chất, được kẹp cố định trên máy EDM (Hình 2.2). Quá trình gia công diễn ra khi chi tiết được ngâm trong dung dịch điện môi không dẫn điện, và điện cực được hạ xuống cho đến khi tạo ra tia lửa điện. Trọng lượng của phôi trước và sau khi gia công được cân bằng cân kỹ thuật số có độ chính xác 0,01 g. Độ nhám bề mặt được đo bằng máy Mitutoyo SJ-410 tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên. Dữ liệu thu thập từ 9 thí nghiệm được sắp xếp theo ma trận thí nghiệm L9, với kết quả bóc tách vật liệu (MRR) và độ nhám bề mặt (R_z) được trình bày trong Bảng 5. Dựa trên dữ liệu thu được, MRR được tính theo công thức (1) [8], trong khi độ nhám bề mặt R_z được đo sau mỗi thí nghiệm gia công.

$$MRR = \frac{W_{wa} - W_{wb}}{t} \text{ (g/phút)} \quad (1)$$



Trong đó: W_{wa} – Trọng lượng của phôi trước lúc gia công (g); W_{wb} – Trọng lượng của phôi sau lúc gia công (g); t – Thời gian máy gia công (phút).

Bảng 5. Dữ liệu bóc tách vật liệu của phôi và độ nhám bề mặt

STT	Trọng lượng phôi trước gia công (g)	Trọng lượng của phôi sau gia công (g)	MRR (g/min)	R_z (μm)
1	112.21	111.02	0.052	1.377
2	112.26	110.78	0.061	1.782
3	112.24	110.65	0.069	3.123
4	112.12	110.68	0.062	1.746
5	112.24	110.90	0.058	2.233
6	112.40	110.96	0.063	2.300
7	112.44	110.97	0.064	2.437
8	112.26	110.90	0.059	1.827
9	112.27	110.78	0.065	2.750

2.5. Phân tích ảnh hưởng của các thông số đến năng suất bóc tách vật liệu MRR, độ nhám bề mặt R_z

Đặc trưng chất lượng tỉ số S/N của MRR “lớn hơn thì tốt hơn” được xác định bởi công thức sau (2) [9].

$$S/N = -10 \log \frac{1}{n} \left(\sum_1^n \frac{1}{y^2} \right) \quad (2)$$

Đặc trưng chất lượng tỉ số S/N của R_z “nhỏ hơn thì tốt hơn” được xác định bởi công thức sau (3) [10].

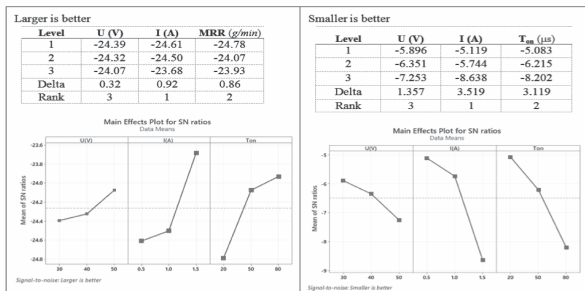
$$S/N = -10 \log \frac{1}{n} \left(\sum_1^n y^2 \right) \quad (3)$$

Để tổng hợp so sánh hai chỉ tiêu MRR và R_z , giá trị S/N được chuẩn hóa theo trọng số 40% cho MRR và 60% cho R_z [11]. Bảng 6 cho biết chỉ số tổng hợp tối ưu S/N là giá trị lớn nhất ứng với các thí nghiệm phân tích bằng phần mềm Minitab.

Bảng 6. Chuẩn hóa giá trị S/N tối ưu ứng với 9 thí nghiệm

1	Current (I)	Pulse on time T_{on} (μs)	Tỉ số S/N (MRR)	Tỉ số S/N (R_z)	Chuẩn hóa giá trị S/N (MRR)	Chuẩn hóa giá trị S/N (R_z)	Chỉ số tổng hợp S/N tối ưu
30	0,5	20	-25.7236	-2.7787	0.000000	0.000000	0
30	1,0	50	-24.244	-5.0182	-0.587842	-0.314853	-0.42405
30	1,5	80	-23.2066	-9.8914	-1.000000	-1.000000	-1
40	0,5	50	-24.2072	-4.8409	-0.602485	-0.289930	-0.41495
40	1,0	80	-24.6925	-6.9778	-0.409676	-0.590361	-0.51809
40	1,5	20	-24.0673	-7.2346	-0.658049	-0.626462	-0.6391
50	0,5	80	-23.8882	-7.7371	-0.729203	-0.697118	-0.70995
50	1,0	20	-24.5638	-5.2348	-0.460802	-0.345308	-0.39151
50	1,5	50	-23.7708	-8.0521	-0.775838	-0.741404	-0.75518

Phân tích tỉ số S/N nhằm mô tả các tác động của các thông số ảnh hưởng đến năng suất bóc tách vật liệu (MRR) và độ nhám bề mặt (R_z). Kết quả cho thấy, ảnh hưởng lớn nhất đến năng suất bóc tách vật liệu (MRR) xảy ra khi $U = 50$ V, $I = 1,5$ A, $T_{on} = 80$ μ s. Đối với độ nhám bề mặt (R_z), ảnh hưởng lớn nhất xảy ra khi $U = 30$ V, $I = 0,5$ A, $T_{on} = 20$ μ s (Hình 2.5).



Hình 2.5. Ảnh hưởng của các thông số đến MRR và độ nhám bề mặt R_z

3. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, ba thông số của máy EDM gồm cường độ dòng điện, hiệu điện thế và thời gian phóng xung có tác động đến năng suất bóc tách vật liệu (MRR) và độ nhám bề mặt (R_z) khi gia công thép SKD11. Kết quả từ Bảng 6 cho thấy giá trị S/N cao nhất là giá trị tối ưu tổng hợp của cả hai thông số MRR và R_z . Trong đó, yếu tố ảnh hưởng lớn nhất là cường độ dòng điện $I = 0.5$ A, với mức ảnh hưởng là 78,62%, tiếp theo là thời gian phóng xung $T_{on} = 20$ μ s với mức ảnh hưởng là 28,35%. Hiệu điện thế $U = 30$ V có mức ảnh hưởng nhỏ nhất là 3,03%.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên trong đề tài mã số: UTEHY.L.2024.36. ❖

Ngày nhận bài: 25/9/2024

Ngày phản biện: 29/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Rupesh and J. Kumar, "Optimization of WEDM process of pure titanium with multiple performance characteristics using Taguchi's DOE approach and utility concept". Front. Mech. Eng., vol. 8, no. 2, pp. 201-214, 2013, doi: 10.1007/s11465-013-0256-8.
- [2]. A. Alias, B. Abdullah, and N. M. Abbas, "Influence of machine feed rate in WEDM of Titanium Ti-6Al-4V with constant current (6A) using brass wire". Procedia Eng., vol. 41, no. Iris, pp. 1806-1811, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.387.
- [3]. S. A. Sonawane and M. L. Kulkarni, "Application of utility concept approach for multi-response optimisation of wire electrical discharge machining during profile cutting of Inconel-625". Int. J. Mach. Mach. Mater., vol. 20, no. 1, pp. 13-47, 2018, doi: 10.1504/IJMMM.2018.089468.
- [4]. R. Mukherjee and S. Chakraborty, "Selection of EDM process parameters using biogeography-based optimization algorithm". Mater. Manuf. Process., vol. 27, no. 9, pp. 954-962, 2012, doi: 10.1080/10426914.2011.610089.
- [5]. N. Pragadish and M. Pradeep Kumar, "Optimization of dry EDM process parameters using grey relational analysis". Arab. J. Sci. Eng., vol. 41, no. 11, pp. 4383-4390, 2016, doi: 10.1007/s13369-016-2130-6.
- [6]. H. Majumder and K. Maity, "Optimization of machining condition in WEDM for titanium grade 6 using MOORA coupled with PCA - A multivariate hybrid approach". J. Adv. Manuf. Syst., vol. 16, no. 2, pp. 81-99, 2017, doi: 10.1142/S0219686717500068.
- [7]. Sharma, A. K. (2021, April). "EDM process parameters impact on MRR and TWR for titanium alloy [Ti-6Al-4V] and their optimization using taguchi and topsis method-an experiential analysis". In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1116, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- [8]. Sharma, Avdhesh Kumar. "EDM process parameters impact on MRR and TWR for titanium alloy [Ti-6Al-4V] and their optimization using Taguchi and TOPSIS method-An experiential analysis". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 1116. No. 1. IOP Publishing, 2021.
- [9]. Phadke, M. S. (1995). "Quality engineering using robust design". Prentice Hall PTR.
- [10]. Antony, J. (2001). "Improving the process design using Taguchi method and response surface methodology". Journal of Operations Management, 19(5), 595-607.
- [11]. Taguchi, G., and Y. Wu. "Introduction to off-line quality control, Central Japan quality control association". Available from American Supplier Institute 32100 (1980).

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH THỰC HÀNH PLC DI ĐỘNG GIÁ THÀNH THẤP PHỤC VỤ ĐÀO TẠO SINH VIÊN, KỸ THUẬT VIÊN CHUYÊN NGÀNH TỰ ĐỘNG HOÁ VÀ CƠ ĐIỆN TỬ

DESIGN AND MANUFACTURE LOW-COST MOBILE PLC PRACTICE MODELS TO TRAIN STUDENTS AND TECHNICIANS SPECIALIZING IN AUTOMATION AND MECHATRONICS

Nguyễn Văn Long

Khoa Cơ khí – Cơ Điện tử, Trường Đại học Phenikaa

TÓM TẮT

Hiện nay, gần 100% các nhà máy có dây chuyền sản xuất trong công nghiệp đều dùng bộ điều khiển PLC (Programmable logic controller) để điều khiển hệ thống do tính ổn định và khả năng chống nhiễu tốt hơn so với vi điều khiển. Các kỹ thuật viên của các nhà máy này cần được đào tạo chuyên sâu về PLC nhưng đôi khi không tiện di chuyển đến các trung tâm đào tạo. Việc thiết kế, chế tạo mô hình PLC di động giúp dễ dàng vận chuyển thiết bị đào tạo đến các nhà máy, xí nghiệp, các cơ sở đào tạo để đào tạo về PLC cho người học. Chi phí bỏ ra để nhập khẩu các mô hình đào tạo của các hãng cao gấp 4-5 lần so với chi phí bỏ ra để tự xây dựng nên một mô hình đào tạo. Một số mô hình khi mua về, sinh viên không can thiệp được vào phần cứng, không hiểu được cách thức đấu nối và truyền thông mà chỉ có thể lập trình và học các kiến thức liên quan đến phần mềm. Bài báo này trình bày quá trình thiết kế, chế tạo mô hình thực hành PLC di động giá thành thấp để đào tạo và có thể nhân rộng để chuyển giao cho các trường học và trung tâm đào tạo về tự động hóa và cơ điện tử. Mô hình đã chế tạo giúp dễ dàng vận chuyển thiết bị đến các địa điểm đào tạo đồng thời người học có thể trực tiếp đấu nối phần cứng, có thể giám sát và điều khiển được qua màn hình HMI (Human-Machine-Interface), lập trình điều khiển được các thiết bị rất phổ biến trong các nhà máy.

Từ khóa: PLC; HMI; Mô hình thực hành di động.

ABSTRACT

Currently, nearly 100% of factories with industrial production lines use PLC controllers (Programmable logic controller) to control the system due to their better stability and anti-interference ability compared to microcontrollers. Technicians of these factories need in-depth training in PLC but sometimes it is inconvenient to travel to training centers. Designing and manufacturing portable PLC models makes it easy to transport training equipment to factories, enterprises, and training facilities to train learners on PLC. The cost of importing training models from companies is 4-5 times higher than the cost of building a training model yourself. Some models, when purchased, students cannot interfere with the hardware, do not understand how to connect and communicate, but can only program and learn knowledge related to software. This paper presents

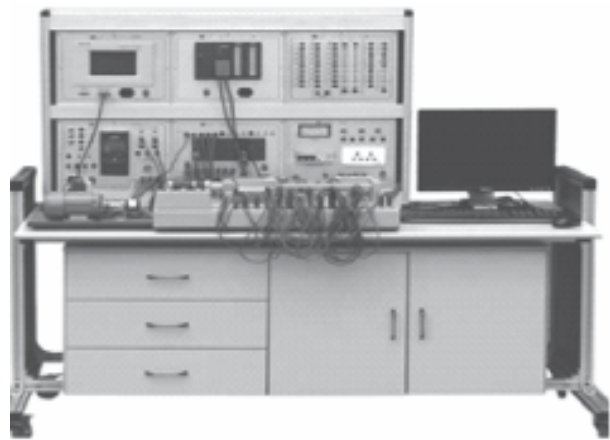
the process of designing and manufacturing a low-cost mobile PLC practice model for training and can be replicated to transfer to schools and training centers on automation and mechatronics. The manufactured model makes it easy to transport the equipment to training locations, while learners can directly connect the hardware, monitor and control it via the HMI (Human-Machine-Interface) screen, and program to control of devices that are very popular in factories.

Keywords: PLC; HMI; Mobile practice model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nhiều nhà máy có nhu cầu đào tạo PLC ngay tại nhà máy cho nhân viên và chi phí để mua các mô hình đào tạo chuyên dùng về PLC thường rất cao. Các mô hình mua về thường có kích thước lớn và rất dễ hư hỏng các thiết bị điện trong quá trình vận chuyển do các thiết bị này không được che chắn, bảo vệ khi ra ngoài trời. Việc thiết kế, chế tạo mô hình PLC di động được đặt trong một hộp kim loại có dạng như vali xách tay giúp dễ dàng vận chuyển thiết bị đào tạo đến các nhà máy, xí nghiệp, các cơ sở đào tạo về PLC cho người học. Mặt khác quá trình tính toán, lựa chọn các thiết bị phù hợp để chế tạo mô hình giúp giảm thiểu chi phí đầu tư ban đầu cho các đơn vị đào tạo.

Tại Việt Nam, một số mô hình khi mua về ngoài việc giá thành cao thì có nhiều mô hình sinh viên không can thiệp được vào phần cứng, không hiểu được cách thức đấu nối và truyền thông mà chỉ có thể lập trình và học các kiến thức liên quan đến phần mềm. Mô hình đã thiết kế, chế tạo giúp người học có thể trực tiếp đấu nối phần cứng, học các kiến thức về phần mềm như điều khiển giám sát qua màn hình HMI (Human-Machine-Interface), lập trình điều khiển được các thiết bị phổ biến trong công nghiệp như đèn, động cơ DC, động cơ bước và xi-lanh khí nén.



Hình 1.1. Mô hình PLC nhập khẩu

2. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH PLC DI ĐỘNG

2.1. Các ưu điểm so với mô hình nhập khẩu

Giá thành chế tạo bằng 1/5 đến 1/6 lần mô hình nhập khẩu.

Mô hình đã thiết kế, chế tạo có thể dễ dàng di chuyển, chống nước khi mưa nhỏ do đặt trong một hộp điện dạng vali và có mép cửa có thể lắp gioăng cao su ngăn thấm nước từ ngoài vào.

Người học có thể lập trình điều khiển giám sát qua màn hình HMI, đồng thời có thể trực tiếp đấu nối dây và lập trình điều khiển hệ thống.



2.2. Giới thiệu bộ điều khiển PLC dùng trong mô hình

PLC là từ viết tắt của Programmable Logic Controller (Tiếng Việt: Bộ điều khiển logic có thể lập trình được). Khác với các bộ điều khiển thông thường chỉ có một thuật toán điều khiển nhất định, PLC có khả năng thay đổi thuật toán điều khiển tùy biến do người sử dụng viết thông qua một ngôn ngữ lập trình. Do vậy, nó cho phép thực hiện linh hoạt tất cả các bài toán điều khiển. Trong một hệ thống điều khiển tự động, PLC là thiết bị điều khiển lập trình cho phép thực hiện linh hoạt các thuật toán điều khiển logic thông qua một ngôn ngữ lập trình có thể là Ladder, FBD hay State Logic. Căn cứ vào số lượng thiết bị vào, ra và phạm vi ứng dụng nên mô hình sử dụng PLC Mitsubishi FX1N-40MT-001 để điều khiển hệ thống. Thông số kỹ thuật PLC Mitsubishi FX1N-40MT-001: Điện áp nguồn cung cấp từ 100 – 230 VAC, Cấu hình: 24 DI / 16 DO, loại ngõ ra: Transistor.



Hình 2.1. Bộ điều khiển PLC Mitsubishi FX1N-40MT-001

2.3. Giới thiệu màn hình HMI dùng trong mô hình

Đề tài sử dụng màn hình HMI TK6070iQ thuộc dòng màn hình cảm ứng HMI giá rẻ của Weinview, cấu hình tương đương với các dòng tầm trung. Nhược điểm của dòng HMI WeinView là phần mềm khá khó cài đặt ban đầu, tuy nhiên sau đó thì nó rất đơn giản. Thông số kỹ thuật HMI

Weinview TK 6070iQ: Điện áp nguồn DC 24V, màn hình 7 inch 800×480 TFT LCD, COM2 and COM3 RS-485 2W hỗ trợ MPI 187.5K, nạp chương trình bằng cáp USB mini.



Hình 2.2. Màn hình điều khiển HMI Weinview

2.4. Giới thiệu một số thiết bị khác dùng trong mô hình

Người học sẽ học cách điều khiển tốc độ, đảo chiều, điều khiển góc quay với mô-đun điều khiển động cơ bước và động cơ DC trong mô hình:



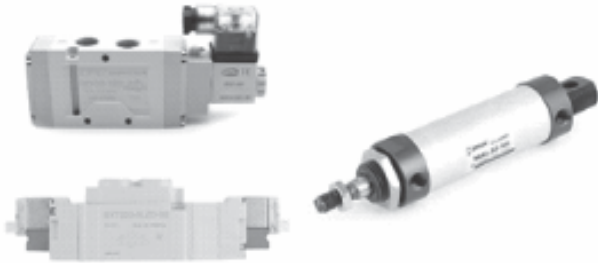
Hình 2.3. Động cơ bước, động cơ DC

Mô hình sử dụng các phần tử an toàn như cầu dao, nút dừng khẩn, rơ-le trung gian và đồng hồ đo áp suất khí. Nút dừng khẩn cấp dùng để ngắt điện trong các tình huống lỗi hoặc có nguy hiểm cho người dùng.



Hình 2.4. Các thiết bị an toàn

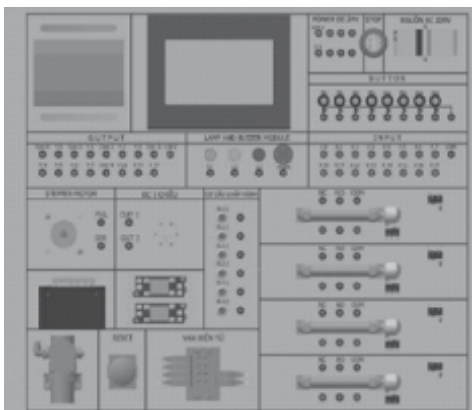
Người học có thể học cách điều khiển hệ thống khí nén thông qua các van và xi-lanh khí nén có trong mô hình:



Hình 2.5. Các van và xi-lanh khí nén

2.5. Sản phẩm đã thiết kế, chế tạo

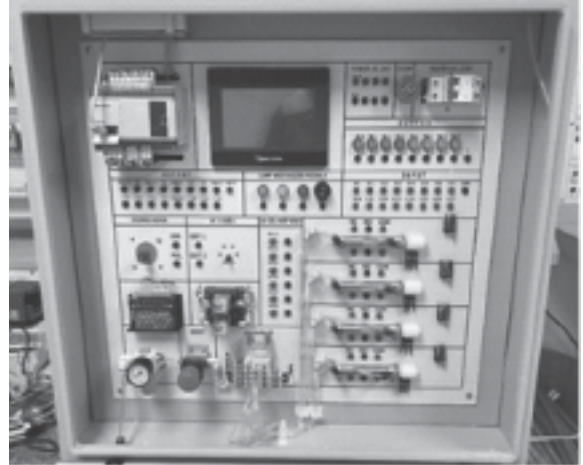
Ngoài hai thiết bị là bộ điều khiển PLC, màn hình điều khiển và giám sát HMI thì trên mô hình còn có các mô-đun điều khiển: đèn, động cơ bước, động cơ DC, các xi-lanh khí nén. Mô hình được thiết kế bằng phần mềm Solidworks trước khi được chế tạo và lắp ráp. Trên mô hình có bảng điều khiển cùng với các cơ cấu chấp hành là mô-đun điều khiển động cơ bước, mô-đun điều khiển động cơ DC và mô-đun điều khiển các xi-lanh khí nén giúp người học có thể trực tiếp đấu nối và lập trình điều khiển hệ thống.



Hình 2.6. Thiết kế mô hình

Ngoài ra, trên bàn thao tác còn có các cổng kết nối tín hiệu input, output để người học

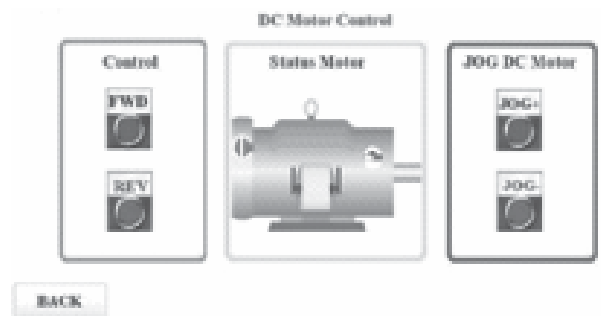
trực tiếp đấu nối dây tín hiệu. Tất cả các thiết bị được đặt gọn trong một hộp điện có dạng gần giống một vali và có nắp đậy lại khi không sử dụng.



Hình 2.7. Hình ảnh thực tế của mô hình

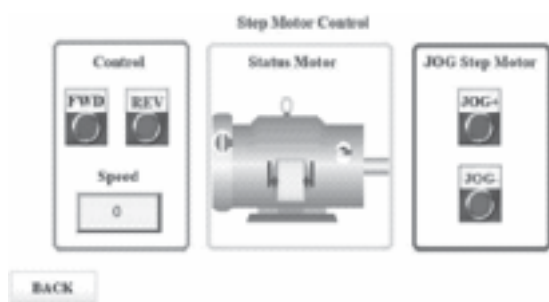
3. CÁC BÀI THỰC HÀNH CÓ THỂ ĐIỀU KHIỂN TRÊN MÔ HÌNH

Người học có thể đấu nối và lập trình điều khiển tốc độ và điều khiển đảo chiều quay động cơ DC qua bảng điều khiển hoặc qua màn hình HMI.



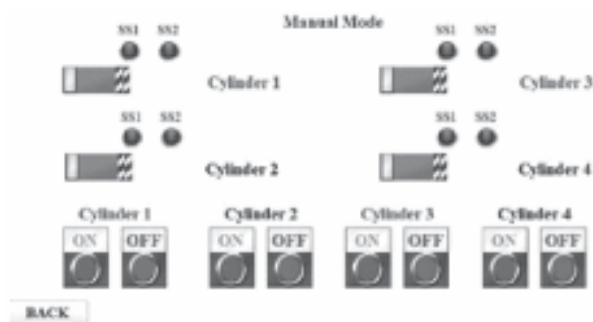
Hình 2.8. Giao diện điều khiển động cơ DC trên HMI

Người học có thể đấu nối và lập trình điều khiển tốc độ và điều khiển đảo chiều quay, điều khiển góc quay của động cơ bước qua bảng điều khiển hoặc qua màn hình HMI.



Hình 2.9. Giao diện điều khiển động cơ bước trên HMI

Người học có thể học cách điều khiển hệ thống khí nén thông qua điều khiển tuần tự các xi-lanh khí nén:



Hình 2.10. Giao diện điều khiển xi-lanh khí nén trên HMI

4. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

4.1. Kết quả đạt được

Hoàn thiện được một hệ thống đào tạo PLC di động sử dụng bộ điều khiển PLC có khả năng điều khiển và giám sát trên màn hình cảm ứng HMI giá thành thấp. Mô hình dễ dàng vận chuyển để mang đến đào tạo trực tiếp tại các nhà máy hoặc trung tâm đào tạo.

Người học có thể trực tiếp đầu nối và lập trình để học các kiến thức về phần cứng và phần mềm nên có thể tiếp cận nhanh chóng và làm việc được trên các hệ thống tự động hóa

trong thực tế. Người học có thể thực hành nhiều bài khác nhau trên mô hình và học cách thức điều khiển các thiết bị rất phổ biến trong công nghiệp như đèn, động cơ và xi-lanh.

Trên mô hình cũng sử dụng các phần tử an toàn như rơ-le trung gian, cầu dao, nút dừng khẩn, đồng hồ đo áp suất để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị khi sử dụng.

4.2. Hướng phát triển đề tài

Phát triển mô hình để có thể điều khiển và giám sát từ xa qua điện thoại. Sử dụng thêm các cảm biến thông minh trên mô hình để điều khiển hệ thống.

Ghép nối nhiều trạm với nhau để người học có thể học thêm kiến thức về truyền thông. ❖

Ngày nhận bài: 05/9/2024

Ngày phản biện: 08/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Khang, “Bộ điều khiển logic khả trình PLC và ứng dụng”. NXB. Bách Khoa, 2019.
- [2]. Phạm Xuân Khánh, “Thiết bị điều khiển khả trình – PLC”. NXB. Giáo dục, 2008.
- [3]. Trần Thế San, Nguyễn Ngọc Phương, “PLC lập trình ứng dụng trong công nghiệp”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2008.

NGHIÊN CỨU MÁY TỰ ĐỘNG LÀM SẠCH DỊ VẬT KÍCH THƯỚC MICRO BẰNG KHÍ THỔI SIÊU ÂM TRONG CÔNG NGHIỆP BÁN DẪN

RESEARCH ON AN AUTOMATED ULTRASONIC AIRJET MACHINE FOR MICRO-SIZED CONTAMINANT (PARTICLE) REMOVAL IN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING

Lê Hữu Linh, Nguyễn Xuân Thuận, Đinh Công Trường
Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về máy tự động làm sạch dị vật kích thước micro trên sản phẩm linh kiện điện tử/bán dẫn sử dụng trong phòng sạch dựa trên tiêu chuẩn class 10 và các tiêu chuẩn sản xuất của công ty Samsung Electro-Mechanics Việt Nam. Dựa vào bài nghiên cứu về dòng khí thổi siêu âm cũng như sản phẩm của nước ngoài, nhóm đã chế tạo, kiểm thử thành công đầu thổi siêu âm thông qua đánh giá sản phẩm thực tế; cũng như dựa vào kinh nghiệm để đề xuất thiết kế phổ quát dạng máy tự động cho các ứng dụng làm sạch dạng sản phẩm phẳng.

Từ khóa: Làm sạch bằng khí thổi; Khí thổi siêu âm; Máy tự động làm sạch; Làm sạch dị vật kích thước micro; Làm sạch trong công nghiệp bán dẫn.

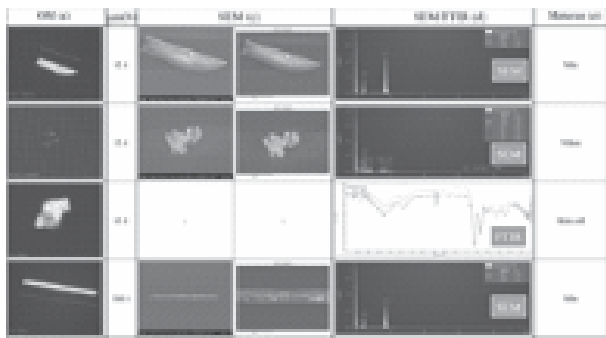
ABSTRACT

This paper presents research findings on an automated machine for removing micro-sized foreign particles from electronic/semiconductor components used in cleanrooms, adhering to Class 10 standards and production specifications of Samsung Electro-Mechanics Vietnam. Based on studies of ultrasonic air jet flow and foreign products, the team successfully fabricated and validated an ultrasonic air nozzle through actual product evaluation. Drawing from experience, we propose a universal design for an automated machine applicable to cleaning flat-surface products.

Keywords: Airjet cleaning; Ultrasonic airjet; Automated cleaning machine; Micro-sized particle removal; Semiconductor industry cleaning. 

1. MỞ ĐẦU

Trong ngành công nghiệp sản xuất và lắp ráp linh kiện điện tử, bán dẫn hiện nay, làm sạch nguyên vật liệu, linh kiện trước khi lắp ráp đóng vai trò quan trọng và không thể thiếu do kích thước các sản phẩm ngày càng thu nhỏ, độ chính xác yêu cầu ngày càng cao nên ảnh hưởng của bụi lên sản phẩm là rất lớn. Mặc dù tiêu chuẩn phòng sạch ngày nay có thể đạt class 1 (1 hạt $\geq 0.5\mu\text{m}$ / 1 ft^3 - tiêu chuẩn Federal Standard 209E năm 1992 [1] – tiêu chuẩn mặc dù bị huỷ vào năm 2001 để thay bằng tiêu chuẩn ISO 14644-1 [2], dù vậy vẫn được các công ty sử dụng đến tận ngày nay) nhưng chỉ đảm bảo được rằng luồng không khí trong xưởng sản xuất đạt chuẩn. Sản phẩm vẫn có thể nhiễm bụi từ các nguồn phát sinh như từ cơ cấu máy, từ nguyên vật liệu, đặc biệt là từ người thao tác. Hình 1 mô tả ảnh dị vật kích thước micro bám lên sản phẩm được phóng to trên kính hiển vi quang học (OM), kính hiển vi điện tử (SEM) và máy phân tích quang phổ (FTIR) để xác định vật liệu được lấy từ báo cáo chất lượng hàng tháng của công ty Samsung Electro-Mechanics Việt Nam.



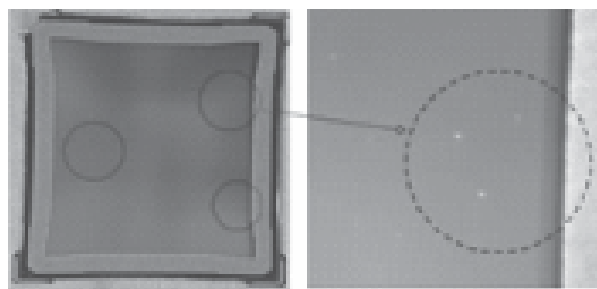
Hình 1. Ảnh dị vật kích thước micro bám lên sản phẩm

Việc làm sạch sản phẩm là yêu cầu bắt buộc với ngành lắp ráp thiết bị điện tử ngày nay để giảm thiểu lỗi tính năng sản phẩm; kết hợp với tự động hóa nhằm giảm thiểu tác động của

con người vào sản phẩm, cũng như cắt giảm nhân lực, qua đó nâng cao năng lực sản xuất thông qua giảm tỷ lệ lỗi do dị vật và cắt giảm chi phí nhân lực.

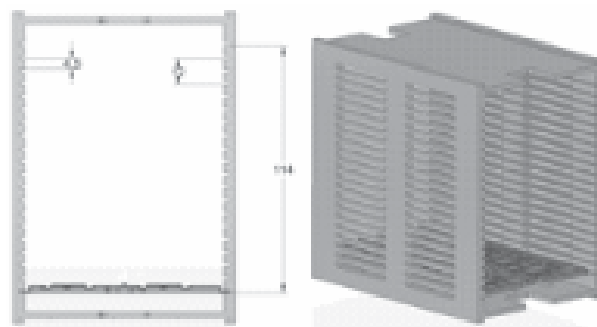
1.1. Đối tượng sản phẩm

Sản phẩm ở đây là các sản phẩm nhỏ phẳng như sensor, kính, bộ lọc. Trong nghiên cứu này, chúng tôi áp dụng với bộ lọc hồng ngoại trong camera của điện thoại hoặc ô tô. Hình 2 mô tả hình ảnh dị vật dính trên bộ lọc hồng ngoại trong camera được lấy từ báo cáo chất lượng hàng tháng của công ty Samsung Electro-Mechanics Việt Nam.



Hình 2. Bộ lọc hồng ngoại trong camera bị dính dị vật

Các sản phẩm được đặt trên khay đựng và đặt trong các hộp chứa có rãnh được gọi là “Giá đựng” để bảo quản, đây là thiết kế giá đựng khay sản phẩm phổ biến ở các công ty bán dẫn (Hình 3).

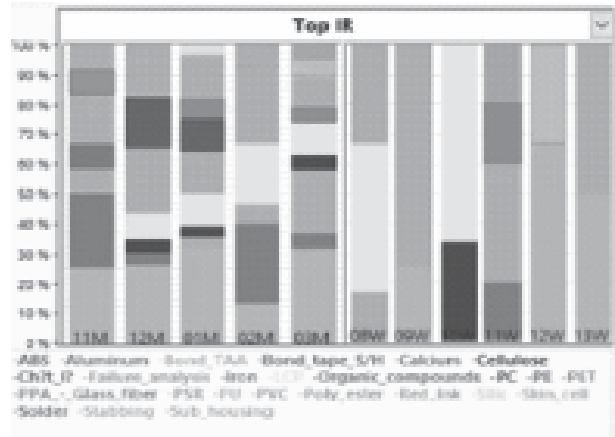


Hình 3. Hình Giá đựng

1.2. Phương pháp giải quyết vấn đề về dị vật kích thước nhỏ

Trong công nghiệp có nhiều phương pháp loại bỏ dị vật kích thước cỡ μm . Phổ biến nhất là bể chất lỏng sử dụng sóng siêu âm, hay dùng phương pháp tuyết CO_2 hay N_2 . Phương pháp bể siêu âm có sử dụng nước DI - Deionized Water (nước loại bỏ hết các khoáng chất và muối ion hóa) khá là rẻ nhưng không phải sản phẩm nào cũng có thể sử dụng nước vì quá trình sau đó là sấy nhiệt với thời gian kéo dài từ 20~40 phút hay có thể lâu hơn tùy vào độ bay hơi của nước và nhiệt độ sấy. Hình 4 mô tả thống kê tỷ lệ các loại dị vật gây lỗi từ tháng 11/2023 ~ 03/2024 trên bộ lọc hồng ngoại được lấy từ báo cáo chất lượng hàng tháng của công ty Samsung Electro-Mechanics Việt Nam. Có một mối quan hệ tỷ lệ thuận giữa nhiệt độ sấy và tốc độ làm bay hơi nước. Vì thế để sấy nhanh thì cần nhiệt độ cao, điều đó ảnh hưởng tới chất lượng sản phẩm, còn nếu nhiệt độ phù hợp thì thời gian sấy kéo dài, làm giảm năng suất và sức cạnh tranh. Phương pháp thổi bằng bong tuyết CO_2 và N_2 rất hiệu quả trong làm sạch hạt micro nhưng quá đắt đỏ, chi phí đầu tư lớn cũng làm giảm sự cạnh tranh. Một phương pháp làm sạch phổ biến, đơn giản và rẻ là dùng khí nén để thổi. Phương pháp này đang được sử dụng ở SEMV nhưng hiệu suất chỉ đạt 40~60%.

Vì thế, yêu cầu đặt ra sử dụng phương pháp làm sạch bụi hiệu quả, phù hợp với sản phẩm, và chế tạo máy tự động để nâng cao năng suất. Nghiên cứu này đưa ra một thiết kế tối ưu cho máy tự động, cũng như kết quả làm sạch của cụm thổi khí siêu âm tự chế tạo.



Hình 4. Thống kê tỷ lệ các loại dị vật gây lỗi trên bộ lọc hồng ngoại

2. CÔNG NGHỆ LÀM SẠCH HẠT BỤI KÍCH THƯỚC μm

Bộ phận quan trọng nhất hay còn gọi là cốt lõi của máy này chính là cơ cấu làm sạch sản phẩm. Đối với các hạt kích thước dưới 100 μm thì lực tác động lớn nhất giữ hạt dính vào bề mặt có thể kể đến là lực Van der Waals (VDW), lực tĩnh điện, lực mao dẫn, lực cản của chất lưu [3]. Áp dụng vào môi trường không khí thì ta chỉ quan tâm tới lực Van der Waals và lực tĩnh điện. Với lực tĩnh điện có thể dùng phương pháp thổi ion để trung hòa bề mặt, qua đó xóa bỏ lực tĩnh điện. Nhưng với lực Val der Waals, ta cần lực thổi của dòng khí đủ mạnh để có thể tách dị vật ra khỏi bề mặt.

Ta có công thức lực Val der Waals [4]:

$$F_{\text{ahd}} = \frac{A \cdot d}{12x^2} \quad (1)$$

Trong đó, A là hằng số Hamaker – phụ thuộc vào vật liệu hạt và bề mặt; d là kích thước hạt (m) và x là khoảng cách hạt tới bề mặt (m). x có khoảng cách tối thiểu là 0.4 nm [5].

Dựa theo tài liệu [5], ta có giá trị hằng

số Hamaker cho một số vật liệu trên bề mặt Silic như trên Bảng 1.

Bảng 1. Giá trị Hamaker trong nước và không khí

Môi trường	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2/\text{SiO}_2$	PSL/SiO_2
Nước	$1.6 \times 10^{-20} \text{ J}$	$6.5 \times 10^{-21} \text{ J}$	$1.0 \times 10^{-20} \text{ J}$
Không khí	$9.6 \times 10^{-20} \text{ J}$	$6.3 \times 10^{-20} \text{ J}$	$7.5 \times 10^{-20} \text{ J}$

Để hạt có thể tách khỏi bề mặt thì lực cản $F_d > F_{\text{ahd}}$.

$$F_d = 0.5\rho V^2 C_d A \quad (2)$$

Trong đó: ρ là mật độ không khí (kg/m^3); V - Vận tốc tương đối (m/s); C_d - Hệ số cản; A - Diện tích mặt cắt ngang của hạt ($\pi D^2/4$ cho hạt hình cầu) (m^2).

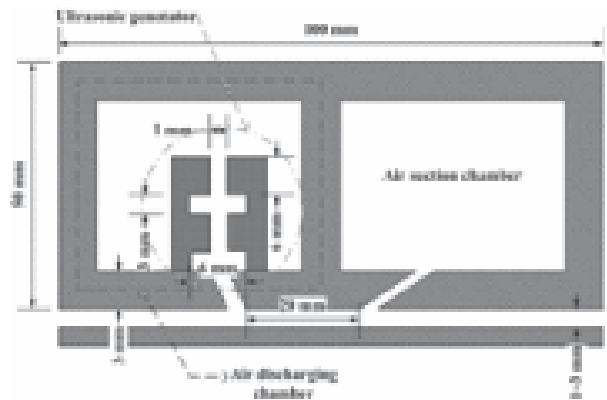
Hệ số cản C_d phụ thuộc vào hệ số R_e , với $0.5 < R_e < 1000$, ta có:

$$C_d = \frac{24}{R_e} * (1 + 0.15R_e^{0.687}) \quad (3)$$

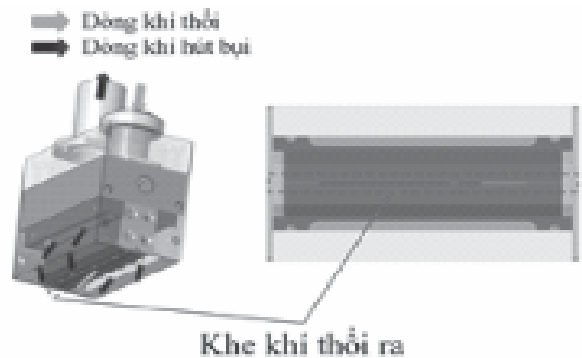
Trong đó:

$$R_e = \rho V D / \mu \quad (4)$$

Bổ sung thêm thông số μ (μ) là độ nhớt động lực học của chất lỏng ($\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$). Theo tài liệu [6], thay vì chỉ sử dụng khí thổi thông thường, ta có thể sử dụng hệ thống khí thổi siêu âm để giúp làm sạch hạt kích thước micro hiệu quả. Hệ thống cung cấp dòng khí nén đã qua các bộ lọc đi qua các rãnh với tốc độ cận âm để tạo ra dòng khí tốc độ cao và sóng siêu âm ở khe đầu ra được biểu diễn như trên Hình 5 và Hình 6. Từ nguyên lý đó, ta có thiết kế đầu thổi thành phẩm như Hình 5, trong đó khe thoát khí kích thước 0.45mm.

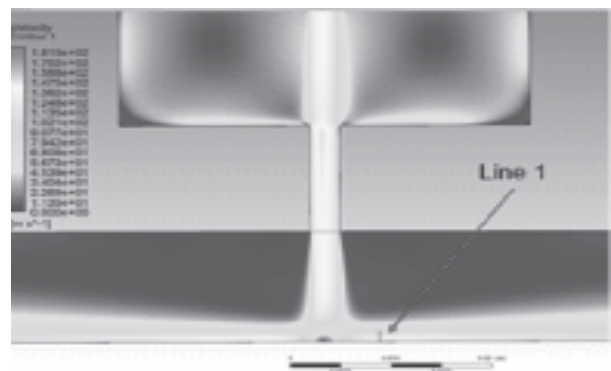


Hình 5. Hình dạng đầu thổi trong nghiên cứu



Hình 6. Hình ảnh thiết kế đầu thổi

Ngoài thổi thì cơ cấu có thêm phần khí hút, đây là bộ phận quan trọng để hạn chế trường hợp tái nhiễm dị vật sau khi thổi. Tiến hành mô phỏng dòng khí thổi đầu ra trên phần mềm Ansys Fluent 2024 R2 [7] để xác định tốc độ khí tác động lên hạt bụi như trên Hình 7.



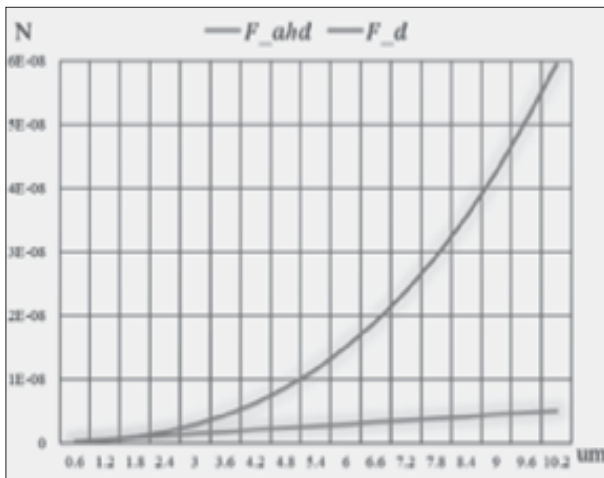
Hình 7. Mô phỏng dòng khí thổi vào bề mặt sản phẩm ở khoảng cách 2mm

Xuất kết quả mô phỏng, ta có mối quan hệ độ cao bề mặt và tốc độ dòng chảy như trên Bảng 2.

Bảng 2. Tốc độ dòng khí sát bề mặt

Y (um)	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.6	4.2	4.8	5.4	10.2
Tốc độ khí (m/s)	0.0	1.9	3.7	5.6	7.4	11.1	13.0	14.8	16.6	30.9

Từ các công thức (1), (2), (3), (4) và Bảng 2, ta tính được lực cản và lực Van Der Waals tác động giá trị gần đúng vào hạt. Trong đó, lực cản xét giá trị gần đúng xem như tốc độ gió giảm đi một nửa nếu thổi vào tâm hạt (Hình 8).



Hình 8. Đồ thị lực cản và lực Van der Waals của hạt

Để hạt tách ra khỏi bề mặt thì lực cản khí thổi của hạt phải lớn hơn lực Van der Waals. Kết quả mô phỏng và tính toán được biểu thị qua hình 8 – sự tương quan của lực cản (F_d) và lực VDW (F_{ahd}) dựa vào tốc độ gió và đường kính hạt. Hình 8 cho thấy từ độ cao 1 μm trở lên thì lực cản (F_d) luôn lớn hơn lực VDW nên đầu thổi có thể loại bỏ được các hạt từ kích thước 1 μm trở đi, thỏa mãn bài toán đề ra.

3. THIẾT KẾ MÁY TỰ ĐỘNG

Thiết kế phải đạt được hai mục tiêu:

- Có thể lấy sản phẩm từ Giá đựng ra và đưa qua đầu thổi siêu âm, sau đó đưa vào Giá đựng đầu ra;

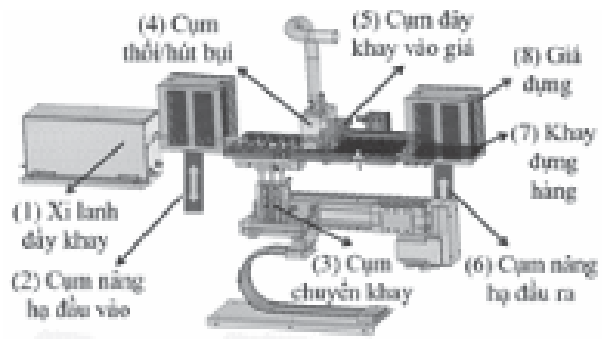
- Tiêu chuẩn máy tự động của công ty Samsung Điện-Cơ là 1 người có thể vận hành được 4 máy;

- Máy có tỷ lệ làm sạch đạt 80%;

- Máy quản lý được sản phẩm trên hệ thống thông qua barcode.

3.1. Thiết kế cụm cơ cấu đẩy tray ra và vào Giá đựng

Một Giá đựng có thể chứa 10 tray sản phẩm được xếp vào vào rãnh ở mặt trong của Giá đựng. Các rãnh này cách đều nhau với khoảng cách 12 mm. Vì thế, phương án là sử dụng hệ trục vít me để nâng/hạ Giá đựng và sử dụng xi lanh để đẩy tray ra ngoài như trên Hình 9.



Hình 9. Cơ cấu đẩy tray, kéo tray qua cụm thổi

3.2. Phân tích hoạt động

Để 1 người có thể vận hành 4 máy thì chúng ta cần phải liệt kê các thao tác của máy, từ đó tính toán cứ bao nhiêu thời gian thì người thao tác phải đưa vào/lấy hàng ra một lần; rồi đưa ra thiết kế phù hợp.

Mô phỏng và tính thời gian thao tác như trong Bảng 3. Thời gian làm sạch với một tray sản phẩm là 18 giây (Gọi là Cycle time – C/T). Tuy nhiên, để tối ưu hoạt động, một số thao tác có thể xảy ra đồng thời để sản phẩm có thể qua cụm thổi liên tục mà không phải chờ khay trước đó đi ra hoàn toàn. Ví dụ: khi khay số 1 chạy qua hết cụm thổi, thì khay số 2 có thể vào băng chuyển luôn thay vì chờ đợi khay số 1 hoàn thành vào giá đựng đầu ra mới vào; do cả hai khay đã ở vị trí an toàn để tránh rủi ro va chạm hai khay. Từ đó, ta có sơ đồ mô phỏng hoạt động bên dưới. Trong đó, ký hiệu mũi tên $\Rightarrow$ thể hiện mối liên hệ với thao tác tuần tự trước đó.

Bảng 3. Liệt kê trình tự thao tác làm sạch khay lấy từ giá đựng

Hoạt động	Thời gian thao tác (giây)
Cụm (2) hạ vị trí khay 1	0.5
Xi lanh (1) đẩy	1
Xi lanh (1) lùi	0.5
Cụm (3) nâng lên đỡ khay	0.5
Cụm (3) bật hút	0.5
Cụm (4) thổi	5.5
Cụm (3) kéo tray qua thổi	5.5
Cụm (3) ngừng hút	0.5
Cụm (3) hạ xuống	0.5
Cụm (3) lùi về	0.5
Cụm (5) hạ xuống	0.5
Cụm (5) gạt khay vào giá	1
Cụm (5) lên	0.5
Cụm (5) lùi về	0.5
Tổng	18



Hình 10. Mô phỏng thao tác tuần tự khi làm sạch khay

Vậy cứ 8 giây thì máy lại hoàn thành làm sạch một khay đưa vào giá đựng (gọi là Tact time – T/T) (Hình 10). Vậy để hoàn thành làm sạch một giá đựng chứa 10 khay thì cần 80 giây (1.33 phút). Gọi mỗi lần thay giá đựng ở đầu vào hoặc đầu ra là một lần thao tác. Vậy, với mỗi lần đưa vào máy một giá sản phẩm thì cứ 10 giây, người đứng máy lại phải thao tác một lần sản phẩm.

Bảng 4. Tính toán thời gian giữa hai thao tác của nhân viên

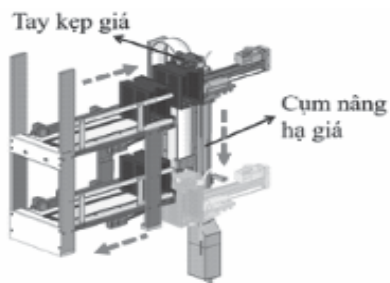
	Thời gian hoàn thành một giá đựng (giây)	Số thao tác (lần)	Chu kỳ thao tác/1 máy (giây)	Chu kỳ thao tác/4 máy (giây)
Máy đưa vào 1 Giá đựng	80	2	40	10

Theo Bảng 4 thì thời gian 10 giây quá ngắn với tiêu chuẩn đề ra là 40 giây. Vì thế, với tiêu chuẩn giữa hai lần thao tác là 40 giây thì số thời gian hoàn thành làm sạch một máy cần là 360 giây, đồng nghĩa với lượng giá đựng cần đưa vào là 4 giá. Ngoài ra, khi chỉ đưa vào một giá sản phẩm thì máy phải dừng hoàn toàn khi nhân viên thao tác để đảm bảo an toàn, điều đó

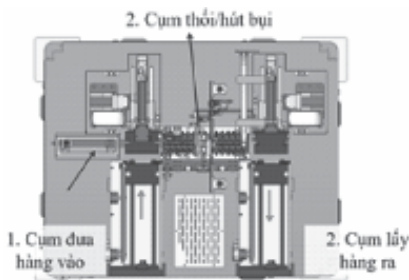
làm giảm sản lượng. Vì thế, ngoài việc tăng số lượng giá đưa vào một lần thì phải làm cho máy có thể chạy không dừng để tăng sản lượng.

3.3. Thiết kế nâng cao số lượng Giá đựng

Cụm đưa hàng vào và lấy hàng ra có chung thiết kế. Giá đựng hàng sẽ được đặt trên băng tải đưa vào, có thể đặt cùng lúc 4 cái. Sau đó, cụm nâng hạ sẽ kẹp lấy Giá và đưa xuống vị trí đẩy tray vào vị trí thổi. Băng tải được truyền động bởi động cơ AC tích hợp hộp số giảm tốc tỷ số truyền 20. Thiết kế tổng thể được mô tả như trên Hình 11.



(a) Mô hình 3D



(b) Mặt cắt 2D

Hình 11. Cụm đưa hàng vào với số lượng 4 Giá đựng cùng lúc

3.4. Cụm ngăn ngừa bụi rơi vào sản phẩm

Để bụi không rơi vào sản phẩm thì máy cần có thêm các phần sau:

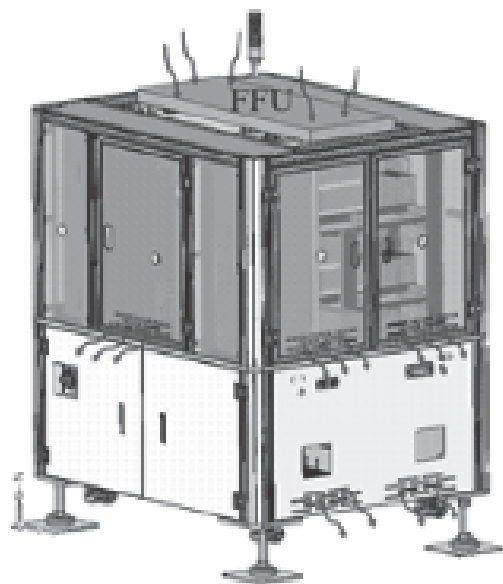
- Tạo buồng áp lực dương: Sử dụng quạt lọc-thổi không khí (FFU-Fan Filter Unit)

từ trần xuống để luôn tạo áp lực trong thiết bị lớn hơn bên ngoài thiết bị, khiến bụi bên ngoài không xâm nhập được. Khí bên trong tràn ra ngoài theo các rãnh trên tấm che xung quanh máy (Hình 12).

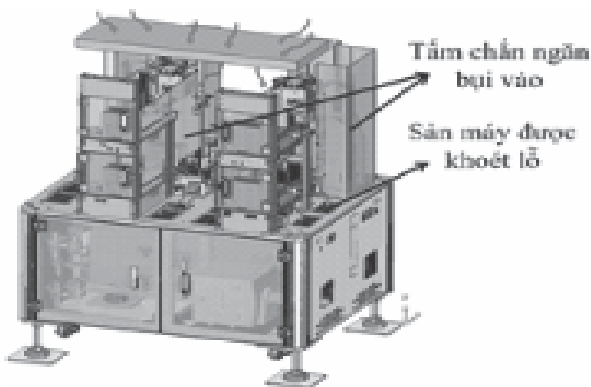
- Sàn máy phải được đục lỗ để không khí lưu thông từ trên xuống (Hình 13).

- Che chắn khu vực làm sạch với các khu vực khác. Do trong máy có nhiều cơ cấu chuyển động nên dễ tạo ra dị vật do mài mòn, cần phải ngăn cách vùng gia công và các vùng khác để tránh bị nhiễm bụi.

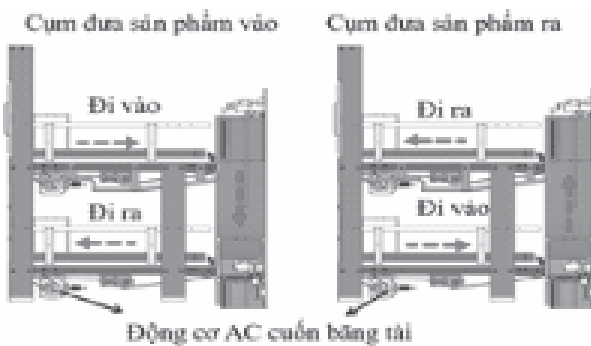
- Hạn chế nhiễm dị vật thông qua điều hướng dòng chảy sản phẩm. Nguyên tắc là các chuyển động phải nằm dưới sản phẩm để tránh bụi rơi vào sản phẩm. Áp dụng nguyên tắc này thì ở đầu vào: các giá đựng khay phải ở hàng trên, sau khi đưa hết khay vào điểm thổi thì giá đựng đi ra bên dưới; còn ở đầu ra thì ngược lại, giá đựng trống để bên dưới, sau khi tiếp nhận hàng đã qua làm sạch thì được đẩy ra lên trên như Hình 14.



Hình 12. Tạo áp lực dương trong máy nhờ FFU



Hình 13. Sàn máy được khoét lỗ và tấm chắn ngăn bụi



Hình 14. Chiều di chuyển của giá đựng khay hàng

Ngoài ra, dựa vào nguyên tắc trên thì ở đầu vào, thứ tự khay được lấy ra sẽ từ dưới lên trên; còn ở đầu ra thì thứ tự xếp tray vào từ trên xuống dưới.

3.5. Hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển của máy thổi được sử dụng là thiết bị PLC dùng Q series (Q03ude) của Mitsubishi để điều khiển. Màn hình hiển thị sử dụng HMI Weitek của hãng Mitsubishi.

4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

4.1. Kiểm chứng môi trường đánh giá

Để có kết quả chính xác, loại bỏ các tác nhân từ môi trường ảnh hưởng tới kết quả thì cần kiểm chứng môi trường đạt chuẩn hay không. Quy trình kiểm chứng được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Tốc độ gió đạt $0.51\text{m/s} > \text{tiêu chuẩn } 0.1\text{m/s} \rightarrow \text{Đạt}$.

Bước 2: Khói đi thẳng vào các vị trí khoét lỗ, không bị quần, rối $\rightarrow \text{Đạt}$.

Bước 3: Dòng khí thổi ra chỉ có 1 hạt $0.3\mu\text{m} < \text{tiêu chuẩn } 10 \text{ hạt } 0.3\mu\text{m} \rightarrow \text{Đạt}$.

Kết luận: Đủ điều kiện tiến hành đánh giá chất lượng (Tiêu chuẩn áp dụng cho tập đoàn Samsung Điện Cơ).

4.2. Phương pháp và kết quả đánh giá

Có hai tiêu chuẩn và phương pháp đánh giá hiệu quả làm sạch:

- Phương pháp đánh giá quá trình tạo mẫu: Tạo mẫu sản phẩm dính dị vật bằng cách rắc hạt silicat, tiếp theo cho sản phẩm qua máy thổi bụi, sau đó tiến hành ngoại quan qua kính hiển vi. Tiêu chuẩn tỉ lệ loại bỏ dị vật là $\geq 80\%$ (Bảng 5).

Bảng 5. Kết quả đánh giá thông qua phương pháp tự tạo mẫu bằng hạt silica

Tiêu chuẩn	Lần	Đưa vào	Số hàng đạt	Tỷ lệ đạt	Spec (%)	Đánh giá
Tỷ lệ loại bỏ dị vật của thiết bị thổi bụi siêu âm	1	12	12	100%	$\geq 80\%$	Đạt
	2	12	11	91.7%		
	SUM	24	23	95.8%		

Thông số kỹ thuật đánh giá dựa trên tiêu chuẩn khuyến nghị của hãng Shinko.

- Áp suất thổi đầu vào 20 kPa;
- Cấp độ hút vào -9 kPa;
- Khoảng cách thổi 2mm.

- Phương pháp đánh giá số lượng lớn trên sản phẩm thực tế. Dựa trên phẩm thực tế để đánh giá sự hiệu quả là phương pháp phản ánh mang tính thực tiễn nhất. Ngoài ra, cũng để

thử nghiệm và tìm thông số thổi phù hợp. Các sản phẩm sẽ được ngoại quan qua kính hiển vi trước để xác định vị trí dị vật. Nếu sau khi thổi mà có dị vật dính ở vị trí khác có nghĩa là bị tái nhiễm.

Khảo sát thông số kỹ thuật: Đánh giá thử nghiệm với sản phẩm model XX tháng 07/2024 ở công ty Samsung Điện được mô tả như trên Bảng 6.

Bảng 6. Tìm bộ thông số kỹ thuật phù hợp cho bộ thổi

Đánh giá USC		25-Thg7		26-Thg7		27-Thg7		28-Thg7		1-Thg8	
		Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2
Input (ea)		2,880	1,080	2,880	2,160	2,160	2,160	2,160	2,520	1,440	1,440
OK (ea)		2,852	1,069	2,874	2,156	2,157	2,158	2,157	2,517	1,439	1,439
Không loại bỏ (ea)		4	1	1	3	21	17	3	2	1	1
Tái nhiễm (ea)		24	10	5	1	2	1	-	1	-	-
PPM		9,722	10,185	2,083	1,852	10,648	8,333	1,389	1,190	694	694
Thông số kỹ thuật	Khoảng cách USC đến bề mặt cần làm sạch (mm)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Tốc độ khay đi qua USC (mm/s)	40	40	30	30	30	30	30	30	30	30
	Mức khí hút USC (1~7)	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
	Áp lực khí thổi USC (Mpa)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2



Từ đánh giá, ta đưa ra được thông số điều kiện sản xuất là áp lực thổi 0.2 Mpa, áp lực hút mức 7 ở bộ hút ~-9 kPa, tốc độ khay đi qua vùng thổi 30mm/s. So sánh với sản phẩm chưa qua máy thổi như trên Bảng 7.

Bảng 7. So sánh chất lượng sản phẩm không thổi siêu âm và có thổi siêu âm

	Normal (chưa qua USC)	Lot test (đã qua USC)	Spec (%)	Đánh giá OK/NG
Ngày lấy kết quả	20→28/07/2024	01/08/2028	>50%	OK
Đưa vào (ea)	164,635	1439		
NG (ea)	1852	1		
Ti lệ (ppm)	11,249	694		
Ti lệ cải tiến được (%)	$= [(11249-694)/2515]*100 = 93.8\%$			

Đánh giá dựa vào lỗi tính năng ở công đoạn sau của sản phẩm. Kết quả đánh giá tỷ lệ cải thiện tới 93.8% so với sản phẩm chưa qua máy thổi bụi.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đưa ra được một thiết kế hiệu quả cho đầu thổi siêu âm cũng như cơ cấu máy tự động làm sạch sản phẩm dạng phẳng, kích thước hợp lý. Nghiên cứu đã được ứng dụng vào sản xuất trong công nghiệp và mang lại hiệu quả cao, giảm chi phí so với mua sản phẩm của nước ngoài.

Hiện nay, khi sản xuất với một số sản phẩm, thì tỷ lệ làm sạch có sự sụt giảm. Hướng đi tiếp theo của đề tài là nghiên cứu sâu với vật liệu bám dính để đưa ra đầu thổi hiệu quả hơn, hoặc tạo bộ thổi có thể thay đổi được tần số liên tục trong quá trình làm sạch để phù hợp với tần số cộng hưởng của dị vật nhỏ.❖

Ngày nhận bài: 06/9/2024
Ngày phản biện: 24/10/2024

Tài liệu tham khảo:

[1]. FEDERAL STANDARD 209E, “Airborne Particulate Cleanliness Classes in Cleanrooms and Clean Zones”. Institute of Environmental Sciences, 940 E. Northwest Highway, Mount Prospect, Illinois 60056, U.S. General Services Administration, 1992.

[2]. INTERNATIONAL STANDARD, “Cleanrooms and associated controlled environments – Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration”. ISO 14644-1, American National Standard, ANSI/IEC/ISO 14644-1:2015.

[3]. Kazemi, M., Treichel, H., and Ligutom, R. (2011), “Substrate cleaning using ultrasonics/megasonics”. In ASMC (Advanced Semiconductor Manufacturing Conference) Proceedings. <https://doi.org/10.1109/ASMC.2011>.

[4]. Kohli, R., and Mittal, K. L. (2012), “Developments in Surface Contamination and Cleaning: Detection, Characterization, and Analysis of Contaminants”. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64375-0>.

[5]. Tardif, F., Danel, A., and Raccurt, O. (2005), “Understanding of wet and alternative particle removal processes in microelectronics: theoretical capabilities and limitations”. Journal of Telecommunications and Information Technology, (1), pp. 11-19. <https://doi.org/10.26636/jtit.2005.1.297>.

[6]. Choi, H., and Kim, T. (2012), “Numerical simulation of ultrasonic generator in dust removing system”. In Advanced Materials Research (Vol. 488-489, pp. 1446-1450). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.488-489.1446>.

[7]. Ansys Fluent 2024 R2, 2024, ANSYS Inc

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC ĐẦU ĐIỆN CỰC TỚI TÍNH CHẤT CỦA HỒ QUANG KHI HÀN LIÊN KẾT GIÁP MỐI SUS 304-Ti BẰNG CÔNG NGHỆ GTAW

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF ELECTRODE TIP ANGLE ON ARC PROPERTIES WHEN WELDING SUS 304-Ti BUTT JOINTS USING GTAW TECHNOLOGY

Phạm Nhất Phương¹, Đặng Văn Hải^{2*}, Đinh Lê Cao Kỳ², Võ Tuyền², Trịnh Tiến Thọ²

¹Công ty TNHH Sản xuất Thương mại và Dịch vụ Việt Phong, TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công Thương TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hàn hồ quang vonfram khí (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW) là một quá trình rất linh hoạt, quá trình này có thể được sử dụng để hàn kim loại và nhiều loại kim loại khác nhau. Đây là một quá trình hàn ở mọi vị trí. Trong bài báo này, các mối hàn giáp mối SUS 304 và titan (Ti) bằng công nghệ hàn GTAW được đề cập. Phương pháp mô phỏng được thực hiện nhằm mục đích xác định sự ảnh hưởng của góc côn đầu điện cực vonfram không tiêu hao tới các tính chất của hồ quang hàn là nhiệt độ cực đại, T_{max} (°C); vận tốc dọc trục cực đại, u_{max} (m/s); chênh lệch điện thế, $\Delta\phi$ (V); và chênh lệch áp suất cực dương, ΔPa (Pa). Kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng: (1) Nhiệt độ hồ quang cao nhất xảy ra đối với các góc đầu điện cực trong khoảng từ 30° đến 60° và đạt giá trị cực đại ở góc 60°; (2) Vận tốc dọc trục lớn nhất khi góc đầu điện cực trong khoảng 20° đến 60°. Khi chiều dài hồ quang tăng, vận tốc dọc trục giảm; (3) Chênh lệch điện thế tăng nhanh khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 60° và đạt cực đại ở góc 60°. Chênh lệch điện thế lớn nhất xảy ra khi chiều dài hồ quang là 10 mm; (4) Chênh lệch áp suất cực dương tăng nhanh khi góc đầu điện cực trong khoảng 9° đến 20° và đạt giá trị cực đại trong khoảng 20° đến 30°. Khi tăng chiều dài hồ quang, chênh lệch áp suất cực dương giảm.

Từ khóa: Mô phỏng; GTAW/TIG; Hàn giáp mối; Chiều dài hồ quang; Dòng điện hàn; Góc đầu điện cực.

ABSTRACT

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) is a very versatile process that can be used to weld metals and many different types of metals. This is an all-position welding process. In this article, butt welds of SUS 304 and titanium (Ti) using GTAW welding technology are mentioned. The simulation method was performed to determine the influence of the non-consumable tungsten electrode tip taper angle on the properties of the welding arc, which is the maximum temperature, T_{max} (°C); maximum axial velocity, u_{max} (m/s); potential difference, $\Delta\phi$ (V) and anode pressure difference, ΔPa (Pa)... Simulation results have shown that: (1) The highest arc temperature occurs for electrode

tip angles in the range from 30° to 60° and reaches the maximum value at the 60° angle; (2) Axial velocity is greatest when the electrode tip angle is between 20° and 60° . As the arc length increases, the axial velocity decreases; (3) The potential difference increases rapidly as the electrode tip angle increases between 9° and 60° and reaches its maximum at the 60° angle. The largest potential difference occurs when the arc length is 10 mm; (4) The anode pressure difference increases rapidly when the electrode tip angle is between 9° and 20° and reaches a maximum value between 20° and 30° . As the arc length increases, the anode pressure difference decreases.

Keywords: *Simulation; GTAW/TIG; Butt welding; Arc length; Welding current; Electrode tip angle.*

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, xu hướng làm giảm trọng lượng của các thiết bị được sử dụng trong các ngành công nghiệp nhưng vẫn đảm bảo độ bền, an toàn và tính thẩm mỹ trở nên rất cấp bách nhằm các mục đích hỗ trợ khả năng vận hành và sử dụng, giảm thiểu chi phí chế tạo và tăng độ bền của thiết bị, v.v. Trong đó, việc nghiên cứu chế tạo khung, vỏ, chi tiết máy, với sự liên kết giữa hai hay nhiều vật liệu khác nhau ngày càng được mở rộng [1]. Đồng hành cùng với những thay đổi về nhu cầu sử dụng, các vật liệu nhẹ như nhôm và magie, công nghệ chế tạo cũng đòi hỏi phải có những nghiên cứu phát triển thỏa đáng để đáp ứng được các yêu cầu mới của quá trình sản xuất. Trong đó, công nghệ hàn cũng phải cần được đầu tư nghiên cứu để có thể chế tạo được các kết cấu nhẹ từ các vật liệu kể trên nhằm đáp ứng nhu cầu của các ngành công nghiệp. Tuy nhiên, việc thay thế kết cấu hoàn toàn bằng vật liệu nhẹ đôi khi lại không đáp ứng các yêu cầu sử dụng do độ bền chịu tải của vật liệu nhẹ thường không cao. Do vậy mà người ta chỉ tập trung thay thế vật liệu nhẹ cho những kết cấu hay bộ phận không chịu lực hoặc chịu lực nhỏ, còn với các kết cấu chịu lực lớn, chịu lực chủ yếu thì vẫn phải sử dụng thép hoặc hợp kim có độ bền cao [1, 2].

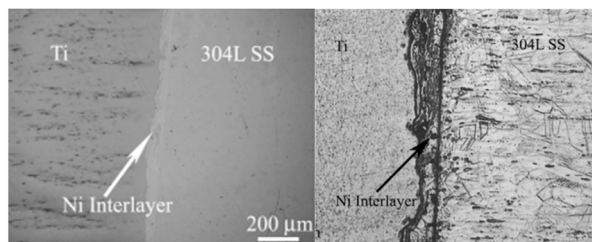
Từ đây, một yêu cầu mới được đặt ra là

phải nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật để có thể hàn hai loại vật liệu khác nhau với nhau. Cụ thể là thay thế mối nối hoàn toàn từ vật liệu titan (Ti) bằng việc hàn liên kết Ti với thép không gỉ 304 (SUS 304) ở dạng mối hàn giáp mối và hàn chữ T bằng công nghệ hàn GTAW là một vấn đề mới được đặt ra, cần được nghiên cứu và giải quyết.

Trong lĩnh vực chế tạo, có những tài liệu đề cập về công nghệ hàn GTAW, trong đó chủ yếu giới thiệu về công nghệ hàn, chế độ hàn, phạm vi ứng dụng và vật liệu liên kết hàn. Tuy nhiên, việc liên kết hàn GTAW hầu như chỉ đề cập ở những vật liệu giống nhau [2, 3]. Việc nghiên cứu phương pháp hàn hai vật liệu khác chủng loại [4] cho thấy, nghiên cứu đã tiến hành hàn nhôm với thép bằng năng lượng nổ ở quy mô phòng thí nghiệm và đã được những tiến bộ về chất lượng mối ghép, phương pháp hàn nổ. Gần đây, hãng Honda (Việt Nam) cũng đã nghiên cứu thành công công nghệ hàn nhôm với thép [5] ứng dụng trong ngành chế tạo xe ô tô bằng một biến thể của hàn ma sát khuấy là một dạng của hàn trạng thái rắn, chứ không phải bằng năng lượng của hồ quang điện.

Vấn đề hàn SUS 304 với Ti, nghiên cứu [6] đã đề xuất dùng lớp niken (Ni) tạo lớp phủ cho SUS 304 (công nghệ mạ kim loại) trong quá trình hàn SUS 304-Ti bằng phương pháp

hàn ma sát và kết quả mối ghép thực hiện thành công với phương pháp này (Hình 1).



Hình 1. Hình ảnh phóng to liên kết hàn SUS304-Ti với lớp phủ niken [6].

Trong nghiên cứu đánh giá về phương pháp hàn thép với titan bằng công nghệ hàn GTAW với vật liệu trung gian là lớp vanadi [7] đã thu được kết quả mong đợi, mối ghép thành công và vượt qua các thử nghiệm cơ học vật liệu. Các mối nối giáp mối Ni-Ti trên các tấm dày 1,5 mm được chế tạo bằng phương pháp hàn GTAW [8], kết quả các mối hàn đã đạt được thành công mà không có khuyết tật vĩ mô, chẳng hạn như lỗ hơi và biến dạng. Để tìm các thông số tối ưu của quá trình hàn GTAW như dòng điện, tốc độ hàn và tốc độ dòng khí để cải thiện chất lượng mối hàn, việc sử dụng phương pháp Taguchi đã được đề cập [9]. Kết quả cho thấy rằng, dòng điện đầu vào và tốc độ hàn là những thông số quan trọng nhất.

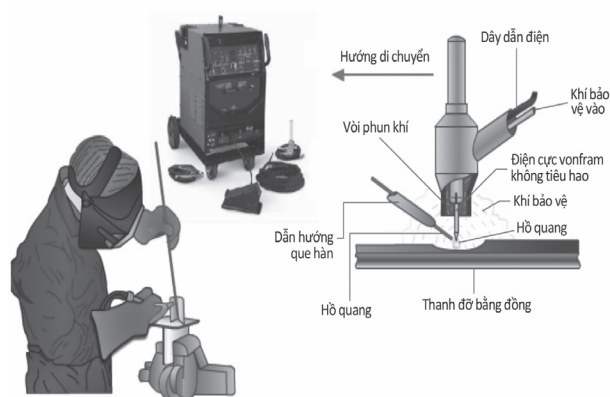
Qua một số nghiên cứu trong thời gian gần đây cho thấy, các tác giả đã nghiên cứu liên kết hai vật liệu khác chủng loại bằng phương pháp hàn nổ, hoặc hàn ma sát, hoặc công nghệ mạ kim loại, hoặc bằng công nghệ hàn GTAW đối với vật liệu trung gian là lớp vanadi (Va). Tuy nhiên, việc liên kết hàn vật liệu thép không gỉ SUS 304 với Ti bằng công nghệ hàn GTAW chưa thấy nghiên cứu nào đề cập. Do đó, nhu cầu về các kỹ thuật hàn để nối các kim loại này mà không ảnh hưởng đến tính chất của chúng trở nên vô cùng quan trọng để mở rộng tính

phức tạp của các ứng dụng. Vì vậy, việc nghiên cứu, thực nghiệm xác định thông số của quá trình hàn liên kết giáp mối và chữ T giữa SUS 304-Ti bằng công nghệ hàn GTAW là một đề tài tương đối rộng. Trong bài báo này, những nghiên cứu ban đầu về mô phỏng ảnh hưởng của góc côn đầu điện cực tới các tính chất của hồ quang khi hàn liên kết giáp mối SUS 304-Ti bằng công nghệ hàn GTAW sẽ được trình bày.

2. MÔ TẢ QUÁ TRÌNH GTAW

2.1. Công nghệ GTAW

Hàn hồ quang vonfram khí (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW) hay hàn khí trơ vonfram (Tungsten Inert Gas – TIG) là một quá trình hàn hồ quang sử dụng điện cực vonfram không tiêu hao và khí trơ để bảo vệ hồ quang [10]. GTAW có thể được thực hiện có hoặc không có kim loại phụ. Hình 2 minh họa trường hợp có kim loại phụ. Khi sử dụng kim loại phụ, kim loại này được thêm vào bể hàn từ một thanh hoặc dây riêng biệt, bị nóng chảy bởi sức nóng của hồ quang chứ không được truyền qua hồ quang như trong quá trình hàn hồ quang điện cực tiêu hao. Vonfram là vật liệu điện cực tốt do có điểm nóng chảy cao 3410°C. Các loại khí bảo vệ điển hình bao gồm argon, heli hoặc hỗn hợp của các nguyên tố khí này [10, 11].



Hình 2. Hàn hồ quang vonfram khí (GTAW) [12].

Quá trình hàn GTAW rất linh hoạt. Quá trình này có thể được sử dụng để hàn kim loại và nhiều loại kim loại khác nhau. Đây là một quá trình hàn ở mọi vị trí. Quá trình này được phát triển cho các kim loại “khó hàn” và có thể được sử dụng để hàn nhiều loại kim loại khác nhau hơn bất kỳ quá trình hàn hồ quang nào khác. Các ứng dụng phổ biến nhất là hàn nhôm và thép không gỉ. Trong các ứng dụng hàn thép, GTAW thường chậm hơn và tốn kém hơn so với quá trình hàn hồ quang dùng điện cực tiêu hao, ngoại trừ khi các tiết diện mỏng và yêu cầu mối hàn chất lượng rất cao. Khi các tấm mỏng được hàn GTAW với dung sai gần, kim loại phụ thường không được thêm vào. Quá trình này có thể được thực hiện thủ công hoặc bằng máy và phương pháp tự động cho tất cả các loại mối nối. Ưu điểm của GTAW trong các ứng dụng mà nó phù hợp bao gồm các mối hàn chất lượng cao, không bắn tóe mối hàn vì không có kim loại phụ được truyền qua hồ quang và ít hoặc không cần làm sạch mối hàn vì không sử dụng chất trợ dung [10, 12].

2.2. Thông số quá trình

Các thông số của quá trình hàn kiểm soát quá trình hàn và chất lượng của mối hàn được tạo ra. Việc lựa chọn các thông số hàn được thực hiện sau khi kim loại cơ bản, kim loại phụ và thiết kế mối nối được chọn. Việc lựa chọn đúng các thông số hàn sẽ giúp cho việc hàn trở nên dễ dàng hơn, tăng cơ hội tạo ra các đặc tính mối hàn cần thiết. Ba loại thông số hàn chính là thông số cố định (được chọn trước), thông số điều chỉnh chính và phụ [12].

- Thông số cố định: Với hàn GTAW, các thông số cố định bao gồm loại, kích thước và độ côn của điện cực cũng như loại dòng điện hàn và khí bảo vệ.

- Thông số chính bao gồm: Dòng điện hàn, tốc độ di chuyển và chiều dài hồ quang (điện áp hàn).

- Thông số phụ gồm: Góc đầu của điện cực và phần nhô ra (mở rộng) của điện cực.

Trong bài báo này sẽ nghiên cứu ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới các tính chất của hồ quang khi hàn liên kết giáp mối SUS 304-Ti.

Trong hàn GTAW, có bốn tính chất của hồ quang là [15]:

- Nhiệt độ cực đại, $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$);
- Vận tốc dọc trục cực đại, $u_{\max}$ (m/s);
- Chênh lệch điện thế, $\Delta\phi$ (V);
- Chênh lệch áp suất cực dương, ΔP_a (Pa).

Trong hàn GTAW, vonfram và các hợp kim khác nhau của nó được sử dụng làm điện cực. Các điện cực vonfram không bị tiêu hao nếu quá trình được sử dụng đúng cách vì chúng không bị nóng chảy hoặc chuyển sang mối hàn. Chức năng của điện cực vonfram đóng vai trò là một trong những cực điện của hồ quang, cung cấp nhiệt cần thiết cho mối hàn. Điểm nóng chảy của nó là 3410°C .

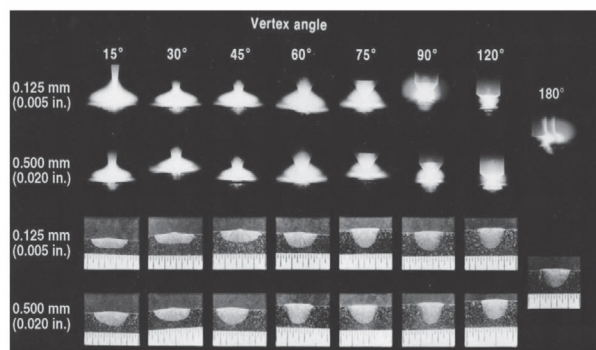
Góc côn điện cực là góc được mài ở đầu điện cực vonfram (Hình 3). Thông số này chỉ áp dụng cho điện cực vonfram thorated. Chúng được mài đầu để thay đổi hồ quang. Có thể mài nhọn các điện cực vonfram thorated vì khả năng mang dòng điện cao hơn của chúng. Mức độ côn cũng ảnh hưởng đến hình dạng đường hàn và độ ngấu. Việc tăng góc côn có xu hướng làm giảm chiều rộng đường hàn và tăng

độ ngấu của mỗi hàn. Do đó, cấu hình đầu điện cực là một thông số cần nghiên cứu trong việc phát triển quá trình hàn.



Hình 3. Góc côn điện cực [12].

Trong sản xuất, các cấu hình đầu điện cực khác nhau được sử dụng để cải thiện hiệu suất hàn. Hình dạng của đầu điện cực có thể ảnh hưởng đáng kể đến hình dạng và kích thước của bề hàn [13] như trên Hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của hình dạng đầu điện cực đến hình dạng và kích thước bề hàn [13].

Ảnh hưởng của hình dạng điện cực đến tính chất hồ quang đã được nghiên cứu [14]. Họ phát hiện ra rằng, điện cực hình nón khi so sánh với điện cực đầu phẳng gây ra vận tốc dọc trục cao hơn ở đường tâm của hồ quang và do đó tạo ra dòng chảy đáng kể gần bề mặt anode và áp suất cao hơn ở bề mặt anode. Họ cũng chỉ ra rằng cấu hình của điện cực đã thay đổi đường đi của electron xung quanh cathode.

2.3. Lựa chọn thông số quá trình

Các thông số của quá trình hàn kiểm soát quá trình hàn và chất lượng của mỗi hàn được tạo ra. Việc lựa chọn các thông số hàn được thực hiện sau khi kim loại cơ bản, kim loại phụ và thiết kế mối nối được chọn. Việc lựa chọn đúng các thông số hàn sẽ giúp cho việc hàn trở nên dễ dàng hơn, tăng cơ hội tạo ra các đặc tính mối hàn cần thiết.

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của thông số góc đầu điện cực tới các tính chất của hồ quang sẽ được trình bày. Từ đó làm cơ sở xác định giá trị tối ưu và để mài đầu điện cực nhằm tạo ra hồ quang tốt hơn và ổn định hơn. Do đó, cấu hình đầu điện cực là một thông số cần nghiên cứu trong quá trình phát triển quy trình hàn GTAW.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

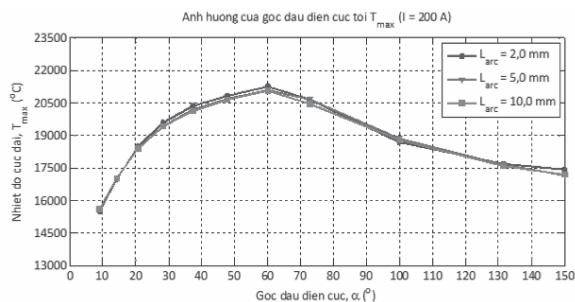
Mô hình GTAW cho argon nguyên chất được mô phỏng cho nhiều góc đầu điện cực. Góc của đầu điện cực thay đổi từ 9° đến 150°. Ngoài ra, các tính toán được thực hiện với chiều dài hồ quang 2,0; 5,0 và 10,0 mm và với dòng điện hàn là 200 A. Kết quả tính toán cho các tính chất của hồ quang đối với các trường hợp khác nhau được đưa ra trong Bảng 1.

Với các giá trị có được từ Bảng 1, có thể mô phỏng về sự thay đổi của góc đầu điện cực với mức dòng điện hàn là 200 A, chiều dài hồ quang tăng dần từ giá trị 2,0 mm đến 10,0 mm. Bảng 1 chỉ ra rằng nhiệt độ cực đại xảy ra ở góc đầu điện cực khoảng 60° đối với các dòng điện hàn và chiều dài hồ quang khác nhau. Điều này được thể hiện trong Hình 5.



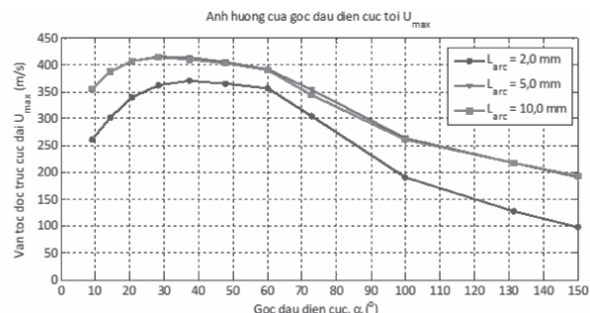
Bảng 1. Nhiệt độ hồ quang T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) của các dòng điện hàn, chiều dài hồ quang và góc đầu điện cực khác nhau [15].

Chiều dài hồ quang (mm)	Thông số hồ quang	Góc đầu điện cực (độ)										
		9,18	14,36	20,74	28,36	37,33	47,78	60,00	72,77	100,06	131,41	150,00
2,0	T_{max}	15490	17000	18480	19580	20360	20820	21240	20640	18680	17670	17410
	u_{max}	261,1	301,7	339,8	362,6	370,5	364,4	356,7	304,1	191,0	127,6	98,05
	$\Delta\phi$	7,063	8,175	9,053	9,666	10,08	10,32	10,59	10,35	9,825	9,747	10,02
	ΔPa	1447	1529	1596	1607	1569	1487	1397	1170	748,4	583,6	515,3
5,0	T_{max}	15610	17040	18400	19430	20180	20680	21070	20640	18840	17660	17150
	u_{max}	354,8	387,3	407,2	415,3	414,2	405,9	391,9	353,3	263,1	216,8	190,9
	$\Delta\phi$	9,072	10,16	11,02	11,64	12,07	12,37	12,68	12,55	12,16	12,12	12,34
	ΔPa	1390	1496	1534	1519	1466	1387	1278	1102	741,8	593,7	514,4
10,0	T_{max}	15590	17020	18390	19410	20110	20640	21060	20450	18780	17580	17170
	u_{max}	354,8	387,0	406,7	413,8	410,1	402,8	389,9	343,4	261,5	216,9	193,6
	$\Delta\phi$	11,52	12,64	13,52	14,15	14,58	14,91	15,25	15,05	14,74	14,73	14,99
	ΔPa	952,2	1039	1079	1078	1035	989,6	902,1	749,8	522,9	427,3	371,5



Hình 5. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới nhiệt độ cực đại T_{max} với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau.

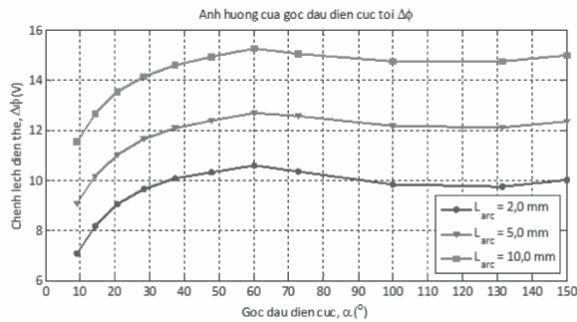
Hình 5 cho thấy, nhiệt độ hồ quang tăng nhanh gần như tuyến tính khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 60° và đạt cực đại ở góc 60° , sau đó khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° , nhiệt độ hồ quang giảm dần cũng gần như tuyến tính. Không có sự khác biệt về nhiệt độ hồ quang khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức 2,0 mm; 5,0 mm và 10 mm.



Hình 6. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới vận tốc đọc trực cực đại U_{max} với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau.

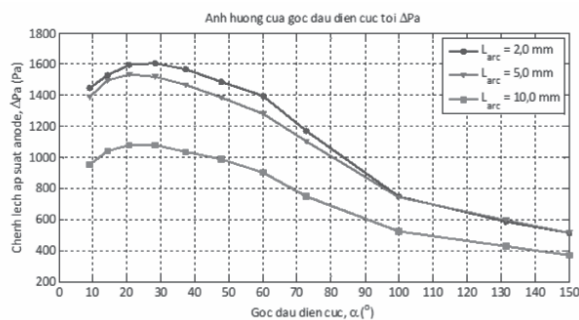
Qua Bảng 1 và Hình 6 cho thấy, vận tốc đọc trực tăng nhanh khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 20° . Với chiều dài hồ quang $L_{arc} = 2$ mm, vận tốc đọc trực đạt giá trị cực đại khi góc đầu điện cực là 28° và với chiều dài hồ quang $L_{arc} = 5$ mm và 10 mm, vận tốc đọc trực đạt giá trị cực đại khi góc đầu điện cực là 37° . Trong khoảng 20° đến 60° , vận tốc đọc trực không có sự biến thiên nhiều. Sau đó, khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° ,

vận tốc dọc trục giảm dần gần như tuyến tính. Khi chiều dài hồ quang tăng từ mức 2,0 mm đến 10 mm, vận tốc dọc trục giảm. Khi chiều dài hồ quang tăng từ 2,0 mm tới 5 mm, vận tốc dọc trục có sự thay đổi tăng rõ ràng; còn khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức 5,0 mm và 10 mm, không có sự khác biệt về vận tốc dọc trục.



Hình 7. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới chênh lệch điện thế $\Delta\phi$ với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau

Hình 7 cho thấy, chênh lệch điện thế tăng nhanh gần như tuyến tính khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9° đến 60° và đạt cực đại ở góc 60° . Sau đó, khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° , chênh lệch điện thế giảm không đáng kể. Khi chiều dài hồ quang tăng từ mức 2,0 mm đến 10 mm, chênh lệch điện thế cũng tăng theo. Đồ thị thể hiện rõ chênh lệch điện thế lớn nhất xảy ra khi chiều dài hồ quang là 10 mm.



Hình 8. Ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới chênh lệch áp suất cực dương ΔPa với các chiều dài hồ quang L_{arc} khác nhau.

Hình 8 thể hiện sự thay đổi chênh lệch áp suất cực dương với các chiều dài hồ quang khác nhau. Trong đồ thị này, sự khác biệt giữa giá trị mô phỏng các chênh lệch áp suất cực dương khác nhau là khá rõ rệt, chênh lệch áp suất cực dương tăng dần cùng với sự tăng của chiều dài hồ quang. Đồ thị cũng cho thấy chênh lệch áp suất cực dương tăng nhanh khi góc đầu điện cực trong khoảng 9° đến 20° và đạt giá trị cực đại trong khoảng 20° đến 30° . Sau đó, khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60° đến 150° , chênh lệch áp suất cực dương giảm gần như tuyến tính. Khi chiều dài hồ quang tăng từ mức 2,0 mm đến 10 mm, chênh lệch áp suất cực dương có sự thay đổi giảm rõ ràng; còn khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức 2,0 mm và 5 mm, không có sự khác biệt về chênh lệch áp suất cực dương.

4. KẾT LUẬN

Hình dạng của đầu điện cực vonfram là một thông số quan trọng trong quá trình hàn GTAW. Điện cực vonfram có thể được sử dụng với nhiều chế phẩm đầu điện cực khác nhau. Việc tăng góc đầu điện cực dẫn đến co lại đường kính hồ quang. Do đó, mật độ dòng điện anode và dòng nhiệt do các electron sinh ra tăng theo góc đầu điện cực. Mặt khác, việc giảm góc đầu điện cực làm tăng vận tốc khí và do đó góp phần đối lưu vào dòng nhiệt anode. Mức độ côn cũng ảnh hưởng đến hình dạng đường hàn và độ ngẫu. Việc tăng góc côn có xu hướng làm giảm chiều rộng đường hàn và tăng độ ngẫu của mối hàn. Qua nghiên cứu mô phỏng ảnh hưởng của góc đầu điện cực tới nhiệt độ cực đại của hồ quang khi hàn liên kết giáp mối SUS 304-Ti bằng công nghệ hàn GTAW có thể rút ra các kết luận như sau:



- Nhiệt độ hồ quang cao nhất xảy ra đối với các góc đầu điện cực trong khoảng từ 30^0 đến 60^0 và đạt giá trị cực đại ở góc 60^0 . Không có sự khác biệt về nhiệt độ hồ quang khi chiều dài hồ quang thay đổi ở các mức $L_{arc} = 2,0 \text{ mm}$; $L_{arc} = 5,0 \text{ mm}$ và $L_{arc} = 10 \text{ mm}$.

- Vận tốc dọc trục lớn nhất khi góc đầu điện cực trong khoảng 20^0 đến 60^0 . Khi chiều dài hồ quang tăng, vận tốc dọc trục giảm. Có sự khác biệt về vận tốc dọc trục khi chiều dài hồ quang tăng 5,0 mm và 10 mm.

- Chênh lệch điện thế tăng nhanh khi góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 9^0 đến 60^0 và đạt cực đại ở góc 60^0 . Với góc đầu điện cực tăng trong khoảng từ 60^0 đến 150^0 , chênh lệch điện thế giảm không đáng kể. Chênh lệch điện thế lớn nhất xảy ra khi chiều dài hồ quang là 10 mm.

- Chênh lệch áp suất cực dương tăng nhanh khi góc đầu điện cực trong khoảng 9^0 đến 20^0 và đạt giá trị cực đại trong khoảng 20^0 đến 30^0 . Khi tăng chiều dài hồ quang, chênh lệch áp suất cực dương giảm. Khi chiều dài hồ quang tăng từ 2,0 mm tới 5 mm, chênh lệch áp suất cực dương có sự thay đổi giảm rõ ràng.

Từ những nhận xét trên cho thấy, góc côn đầu điện cực trong khoảng 20^0 đến 60^0 sẽ cho các giá trị của thông số hồ quang (T_{max} , U_{max} , $\Delta\phi$ và ΔPa) là cao nhất. Đây là cơ sở để lựa chọn giá trị tối ưu của góc đầu điện cực. Trong thực tế, nhược điểm của góc côn nhỏ hơn là chúng có xu hướng mòn nhanh hơn, đặc biệt khi bắt đầu khi đầu điện cực chạm vào vật hàn. Để giảm hiện tượng mòn và số lần cần mài lại điện cực, nên sử dụng góc côn lớn hơn vì nó không bị mòn nhanh. Tuy nhiên, bất kể hình dạng đầu điện cực được chọn là gì, điều quan trọng là hình dạng điện cực vẫn giữ nguyên sau

khi quy trình hàn được thiết lập. Những thay đổi về hình dạng điện cực có thể ảnh hưởng đáng kể đến tính chất hồ quang, độ ngẫu cũng như kích thước và hình dạng của mối hàn; do đó, cấu hình đầu điện cực là một thông số cần được nghiên cứu thêm trong quá trình phát triển quy trình hàn.

Việc xác định giá trị tối ưu của góc đầu điện cực sẽ có được sau khi tìm hiểu thêm về ảnh hưởng của nó tới các tính chất khác của hồ quang với các dòng điện hàn khác nhau. Đó cũng chính là những nội dung sẽ được nghiên cứu tiếp theo. ❖

Ngày nhận bài: **15/6/2024**

Ngày phản biện: **10/7/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ngô Lê Thông, “*Công nghệ hàn điện nóng chảy – tập I*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [2]. Vũ Đình Toại, “*Các quá trình hàn đặc biệt*”. Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, 2010.
- [3]. Nguyễn Văn Thông (2005), “*Công nghệ hàn thép và hợp kim khó hàn*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [4]. Lương Văn Tiến, “*Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu tổ hợp – thép hợp kim dùng trong Công nghiệp đóng tàu thủy*”. Luận án Tiến sĩ Công nghệ tạo hình vật liệu, Viện Nghiên cứu Cơ khí – Bộ Công Thương, Hà Nội, 2012.
- [5]. Ngô Kiên Dương (2012), “*Giáo trình hàn TIG cơ bản*”. Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội, Hà Nội, 2012.
- [6]. CH. Muralimohan, V. Muthupandi, K. Sivaprasad, “*Properties of friction welding titanium – stainless steel joints with a nickel interlayer*”. International Conference on Advances in Manufacturing and Materials Engineering, AMME, 2014.
- [7]. K. Szymlek, “*Review of Titanium and steel welding methods*”. Corrosion and Richard L Little, “*Welding and Welding Technology*”,

- Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2000.
- [8]. David José Pintao dos Santos Fontes Barbosa, “*Gas Tungsten Arc Welding of Ni-Ti shape memory alloy*”, Universidadety de Lisbon, 2014.
- [9]. Shinde Prasanna Tukaram, Patil Digambar Mohan, Padwal Chakradhar Vijay, Padawal Shreyas Shrikant, Bamankar P.B, “*Parametric Study & Optimization of TIG Welding Process on Stainless Steel 304*”. International Engineering Research Journal (IERJ), 2017.
- [10]. Mikell P. Groover, “*Fundamentals of Modern Manufacturing*”. Jonh Wiley and Son, Inc., New York, 2020.
- [11]. Serope Kalpakjian, “*Manufacturing Engineering and Technology*”. Addision-Wesley Publishing Company, 2014.
- [12]. Naval Education and Training Professional Development and Technology Center, Navy Steelworker: Volume 1, NAVEDTRA 14250, 7/ 2013.
- [13]. American Welding Society, Welding handbook Ninth Edition, vol. 2, 550 N.W. LeJeune Road Miami, FL 33126, 2004.
- [14]. M. C. Tsai and S. Kou, “*Heat Transfer and Fluid Flow in Welding Arcs Manufactured by Sharpened and Flat Electrodes*”. Int. J. Heat and Mass Transfer, vol. 33, 1990.
- [15]. Massoud Goodarzi, “*Mathematical Modelling of Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) and Gas Metal Arc Welding (GMAW)*”. University of Toronto, 1997.

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG KẾT CẤU HỢP LÝ CỦA GÀU GẤP RÁC THỦY LỰC 0,5M³ BẰNG PHẦN MỀM SOLIDWORKS

RESEARCH, DESIGN, AND SIMULATE THE REASONABLE STRUCTURE OF 0.5M³ HYDRAULIC GARBAGE BUCKET USING SOLIDWORKS SOFTWARE

Lương Văn Tới, Huỳnh Công Lớn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Một trong các quy trình xử lý rác thải sinh hoạt, sau khi rác thải được băm nhỏ thì sẽ được tập kết lại thành đống và sau đó được đưa đến các thiết bị xử lý ở các công đoạn tiếp theo. Để thực hiện việc này có thể dùng xe xúc lật hoặc dùng gầu gấp rác, trong đó gầu gấp được sử dụng phổ biến hơn vì tiết kiệm được không gian mặt bằng, thuận tiện cho việc đưa rác vào các máy có chiều cao lớn, ... Trên thực tế có nhiều loại gầu gấp khác nhau với kết cấu và nguyên lý làm việc khác nhau. Trong bài báo này sẽ đưa ra phân tích các loại gầu gấp thường dùng để vận chuyển vật liệu, từ đó sẽ đưa ra lựa chọn loại phù hợp để vận chuyển rác sau khi băm nhỏ, đồng thời sẽ phân tích các thành phần lực tác dụng lên gầu trong quá trình gầu làm việc. Dựa vào sự phân tích này, bài báo đưa ra các thông số kết cấu hợp lý của gầu để tiết kiệm vật liệu chế tạo gầu nhưng vẫn đảm bảo gầu làm việc ở trạng thái tốt nhất.

Từ khóa: Gầu gấp rác; Gầu ngoạm; Gầu thủy lực.

ABSTRACT

One of the municipal solid waste treatment process, after the waste is shredded, is to gather it into piles and then convey it to treatment equipment for next steps. This task can be performed using a wheel loader or a grab bucket, with the latter being more commonly used because it saves space and facilitates loading waste into high-rise machines, among other advantages. In practice, there are various types of grab buckets with different structures and operating principles. This paper analyzes common types of grab buckets used for material handling, identifies the most suitable type for transporting shredded waste, and examines the forces acting on the bucket during operation. Based on this analysis, the paper proposes reasonable structural parameters for the bucket to reduce manufacturing material while ensuring optimal performance.

Keywords: Garbage bucket; Grab bucket; Hydraulic bucket.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, mỗi ngày cả nước ta phát sinh khoảng 60.000 tấn chất thải sinh hoạt (thường gọi là rác thải), trong đó chất thải đô thị chiếm khoảng 60%. Theo dự báo, đến năm 2025, tỷ lệ phát sinh chất thải rắn sinh hoạt tăng thêm 10-16%. Với bối cảnh hiện tại, việc xử lý và tái chế rác thải được quan tâm đặc biệt nhằm bảo vệ môi trường và tái sử dụng các thành phần của rác thải để mang lại lợi ích kinh tế. Phương pháp chôn lấp rác đã không còn được ưu tiên trong các phương pháp xử lý rác, mà thay vào đó là các phương pháp xử lý rác tiên tiến như nhiệt phân khí hoá từ rác, đốt rác phát điện, xử lý rác thành phân hữu cơ phục vụ nông nghiệp,... Trong các quy trình xử lý rác tiên tiến thì gầu gắp rác là một bộ phận đóng vai trò quan trọng trong cả dây chuyền xử lý, nó giúp vận chuyển rác từ đồng đã tập kết sang các thiết bị xử lý tiếp theo. Tuy nhiên, việc đảm bảo độ bền, độ ổn định làm việc của gầu gắp rác cũng gặp nhiều thách thức vì môi trường làm việc dễ bị ăn mòn, các thành phần lực sinh ra trong quá trình gầu làm việc cũng tương đối phức tạp. Trong bài báo này, một mô hình gầu gắp rác thủy lực có dung tích gầu 0,5m³ được xây dựng trên phần mềm Solidworks và mô phỏng bằng phần mềm Ansys Workbench nhằm phân tích tác động của các thành phần ngoại lực lên gầu trong quá trình gầu làm việc, từ đó xác định thông số hợp lý của gầu.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG THIẾT BỊ

2.1. Thông số ban đầu

Rác đầu vào là loại rác được băm nhỏ có kích thước từ 5cm – 10cm và được loại bỏ các sợi dây, sợi chỉ dài.

Tỷ trọng của rác là $\gamma = 0,6T/m^3$.

Dung tích gầu của mô hình mô phỏng là 0,5m³.

2.2. Phân tích lựa chọn phương án

Trên thực tế, có nhiều loại gầu dùng để vận chuyển nhiều dạng vật liệu khác nhau: vật liệu dạng bột, dạng viên, dạng thanh,...

Các loại gầu thường dùng được thể hiện trên hình 1:

- Gầu ngoạm 2 cánh đóng/mở bằng dây (hình 1a): Thường được sử dụng với các thiết bị cần trục cảng, máy dỡ hàng, cổng trục dùng để vận chuyển các vật liệu rời ở dạng hạt, bột. Tải trọng của loại gầu này thông thường từ 5 tấn – 64 tấn. Gầu ngoạm 2 cánh được thiết kế với một trục xoay, lực đóng gầu mạnh và khả năng lấp đầy vật liệu cao.

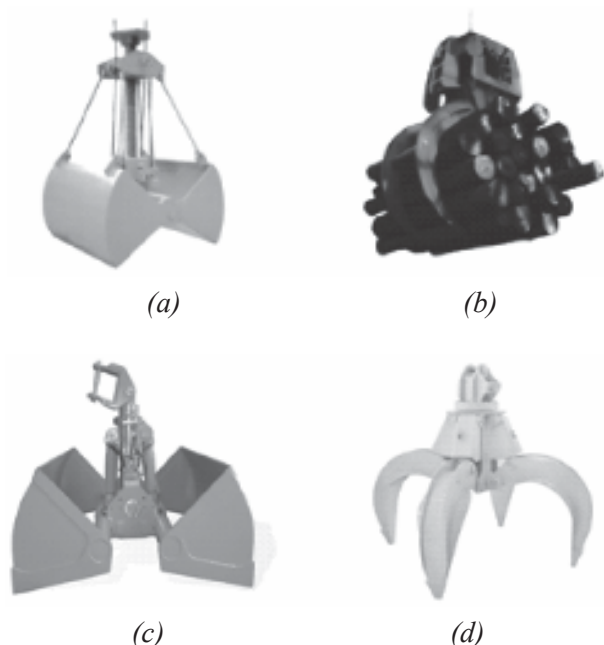
- Gầu ngoạm được thiết kế chuyên biệt để gắp gỗ (hình 1b). Loại gầu này thường được kết hợp với cầu tháp hoặc cầu trục giàn sử dụng trong các bãi gỗ hoặc bốc dỡ tại bến tàu, tải trọng thông thường 5 tấn – 32 tấn.

- Gầu ngoạm 2 má thủy lực (hình 1c) được sử dụng để xử lý các vật liệu rời dạng bột và dạng hạt như phân bón, ngũ cốc, than, than cốc, quặng, cát, vật liệu xây dựng dạng hạt, đá dăm và các vật liệu dạng rời khác. Loại gầu này có thể kết hợp với nhiều loại thiết bị như cần trục tháp, cầu trục cảng và máy dỡ hàng, thích hợp cho việc xử lý hàng rời tại cầu cảng, nhà máy thép, nhà máy đốt chất thải.

- Gầu ngoạm hoa thị thủy lực (hình 1d) thường được sử dụng để xử lý các vật liệu rời dạng khối, dạng hạt và các vật có hình dạng không đều, chẳng hạn như than cốc, gang, thép phế liệu, xỉ, rác và đá,... Gầu ngoạm hoa thị thủy lực có thể được kết nối trực tiếp với móc

cầu. Có hiệu quả gấp cao và hiệu suất làm việc ổn định.

Với đối tượng vật liệu là rác sau khi băm nhỏ có kích thước không đồng nhất, hình dạng không đều thì gầu ngoạm hoa thị thủy lực là lựa chọn phù hợp nhất, nó giúp việc gấp rác được thực hiện dễ dàng, linh động, hiệu quả gấp cao và hiệu suất làm việc ổn định.



Hình 1. Các loại gầu thường dùng để vận chuyển vật liệu

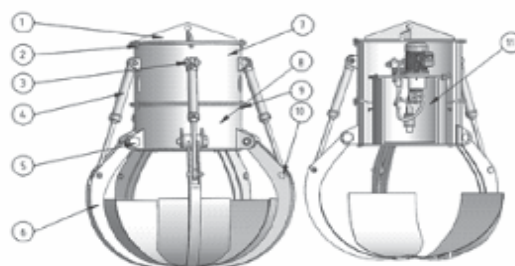
2.3. Cơ sở tính toán

2.3.1. Cấu tạo, nguyên lý làm việc của gầu

Do khối lượng rác mỗi lần gấp không quá lớn, và vật liệu cần gấp là rác đã qua băm nhỏ nên việc lựa chọn gầu 5 cánh sẽ phù hợp và tiết kiệm. Gầu gấp sẽ hoạt động đóng và mở gầu thông qua việc điều khiển sự duỗi ra và thu vào của xylanh trên từng cánh gầu. Hệ thống thủy lực sẽ được đặt bên trong lòng của gầu, việc đặt bên trong lòng của gầu sẽ làm gầu gấp trở nên thẩm mỹ và gọn gàng hơn.

Cấu tạo của gầu (hình 2) bao gồm các bộ phận chính sau: 1 - Nắp gầu; 2 - Bulong liên kết nắp gầu; 3 - Chốt liên kết xylanh và thân gầu; 4 - Xylanh đóng mở gầu; 5 - Chốt liên kết cánh gầu và thân gầu; 6 - Cánh gầu; 7 - Thân trên gầu; 8 - Thân dưới gầu; 9 - Bulong liên kết thân gầu; 10 - Chốt liên kết xylanh và cánh gầu; 11 - Bộ thủy lực.

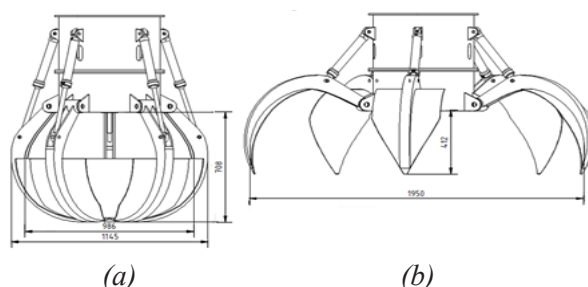
Việc đóng mở gầu được thực hiện bởi các xylanh: khi có tín hiệu đóng gầu (gấp rác) thì các xylanh (4) sẽ duỗi ra và làm cho các cánh gầu xoay quanh chốt 5 và khép lại. Khi có tín hiệu mở gầu (xả rác) thì các xylanh (4) sẽ co lại để các cánh gầu mở ra và rác được giải phóng ra ngoài.



Hình 2. Cấu tạo của gầu gấp rác

2.3.2. Thông số hình học của gầu

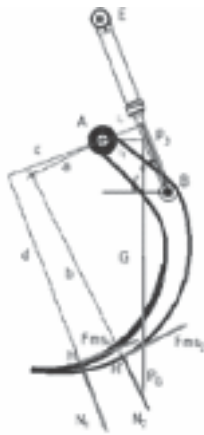
Từ yêu cầu dung tích của gầu là $0,5 \text{ m}^3$ và rác đã được băm sẵn trước thì gầu gấp rác được thiết kế có các kích thước hình học như hình 3. Hình 3a là trạng thái đóng của gầu và hình 3b là trạng thái mở của gầu.



Hình 3. Thông số hình học của gầu

2.3.3. Các thành phần lực tác dụng lên gầu

Trong quá trình gầu làm việc, gầu sẽ nhờ lực đẩy của xylanh nên cánh gầu từ từ đóng lại và rác sẽ được chứa trong cánh gầu và trượt lên mặt trong của gầu, đồng thời mặt ngoài của gầu cũng trượt lên trên khối rác bên ngoài nên sẽ sinh ra các thành phần lực: F_{ms1} là lực ma sát của rác với mặt trong của gầu và F_{ms2} là lực ma sát của rác với mặt ngoài của gầu.



Hình 4. Các thành phần lực tác dụng lên gầu

Trên hình 4, thể hiện các thành phần lực tác dụng lên gầu trong quá trình gầu làm việc.

Trong đó:

- F_{ms1} : Lực ma sát của rác với mặt trong của gầu;
- F_{ms2} : Lực ma sát của rác với mặt ngoài của gầu;
- N_1 : Áp lực của rác tác dụng lên mặt trong của gầu;
- N_2 : Áp lực của rác tác dụng lên mặt ngoài của gầu;
- P_3 : Lực tác dụng của xylanh làm đóng gầu;
- P_G : Trọng lượng của cánh gầu;
- a: Khoảng cách từ tâm quay A đến N_2 ;
- b: Khoảng cách từ tâm quay A đến

F_{ms2} ;

- c: Khoảng cách từ tâm quay A đến N_1 ;
- d: Khoảng cách từ tâm quay A đến F_{ms1} ;
- l_1 : Khoảng cách từ tâm quay A đến P_3 ;
- l_2 : Khoảng cách từ tâm quay A đến P_G .

a) Tính toán phản lực N_1 và lực ma sát của rác với mặt trong của cánh gầu F_{ms1} (hình 5a)

Do gầu mỗi lần gắp sẽ có lượng rác tương đương dung tích của gầu là $0,5 \text{ m}^3$ (tính cho trường hợp đầy tải) và tỉ trọng của rác là $0,6 \text{ tấn/m}^3$ nên khối lượng của rác là: $m_{\text{rác}} = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3 \text{ tấn} = 300 \text{ kg}$.

Vì gầu có 5 cánh nên khối lượng rác tác dụng lên mỗi cánh được chia đều cho 5:

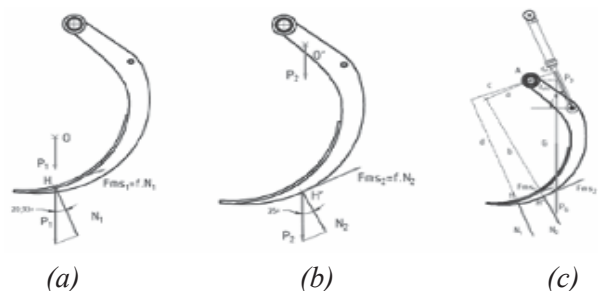
$$P_1 = \frac{m_{\text{rác}} \cdot 9,8}{5} = 588 \text{ N}$$

Để tiện cho việc tính toán các lực, lực tác dụng của rác lên cánh gầu sẽ quy về khối tâm O của 1/5 khối rác, do đó lực tác dụng P_1 sẽ được đặt tại tâm O, điểm H nằm trên cánh gầu sẽ là điểm chịu lực tác dụng của P_1 .

$$N_1 = P_1 \cdot \cos(20,93^\circ) = 588 \cdot \cos(20,93^\circ) = 549,2 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{ms1} = f \cdot N_1 = 549,2 \cdot 0,45 = 247,14 \text{ N}$$

Trong đó, $f = 0,45$ - Hệ số ma sát của rác với cánh gầu [2].



Hình 5. Sơ đồ tính toán các phản lực N và lực ma sát F_{ms}



b) Tính toán phản lực N_2 và lực ma sát của rác với mặt ngoài của cánh gầu F_{ms2} (hình 5b)

$$m_{gầu} = m_1 + m_2 = 437 + 110 = 547 \text{ kg}$$

Với: $m_1 = 437 \text{ kg}$ là khối lượng sơ bộ của bản thân gầu; $m_2 = 110 \text{ kg}$ là khối lượng sơ bộ của bộ nguồn thủy lực; và $m = m_{rác} + m_{gầu} = 300 + 547 = 847 \text{ kg}$ là khối lượng toàn bộ gầu khi thực hiện gắp rác.

Lực tác dụng lên mỗi cánh gầu:

$$P_2 = \frac{m \cdot 9,8}{5} = 1660,12 \text{ N}$$

Các lực được quy về khối tâm để tính nhưng trong trường hợp này lực N_2 và F_{ms2} được sinh ra khi mặt ngoài của gầu tác dụng với rác dưới tác dụng của trọng lượng toàn bộ cánh gầu và khối rác trong gầu. Như vậy, lực P_2 sẽ được đặt tại tâm của 1/5 gầu và khối rác tại điểm O', điểm H' nằm trên mặt ngoài của gầu là điểm chịu lực tác dụng của lực P_2 .

$$N_2 = P_2 \cdot \cos(26^\circ) = 1660,12 \cdot \cos(26^\circ) = 1492,1 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{ms2} = f \cdot N_2 = 1492,1 \cdot 0,45 = 671,45 \text{ N}$$

c) Tính toán lực tác dụng của xylanh P_3 (hình 5c)

Sử dụng phương trình cân bằng mô-men quay quanh tâm A: $\sum M_A = 0$.

Chọn sơ bộ chiều dày cánh gầu là 10 mm (chiều dày cánh gầu sẽ được tính toán tối ưu lại sau khi có thành phần các lực) và khối lượng của cánh gầu là: $m_G = 28,5 \text{ kg} \Rightarrow P_G = 28,5 \times 9,8 = 279,3 \text{ N}$.

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow P_3 \cdot l_1 + P_G \cdot l_2 - F_{ms1} \cdot d -$$

$$F_{ms2} \cdot b - N_1 \cdot c - N_2 \cdot a = 0$$

$$\Rightarrow P_3 = 8943,14 \text{ N}$$

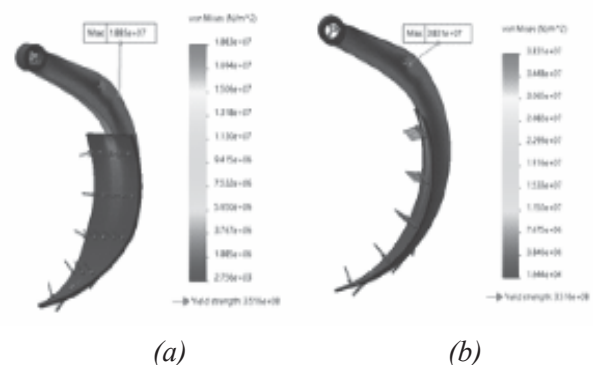
Với: $l_1 = 0,132 \text{ m}$; $l_2 = 0,095 \text{ m}$; $a = 0,3 \text{ m}$; $b = 0,63 \text{ m}$; $c = 0,32 \text{ m}$; $d = 0,65 \text{ m}$.

3. MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ

Từ các kết quả tính toán ở trên, sử dụng phần mềm Solidworks để mô phỏng sức bền của cánh gầu. Ban đầu chọn chiều dày cánh gầu sơ bộ là 10mm, sau đó dựa vào kết quả phân tích ứng suất của mỗi lần mô phỏng mà thay đổi chiều dày của cánh gầu cho hợp lý theo kết quả ứng suất đó.

Trên hình 6a, kết quả ứng suất lớn nhất trên cánh gầu tương ứng với chiều dày chọn sơ bộ ban đầu 10mm là $1.883e^7 \text{ (Pa)}$, kết quả này cho thấy kết cấu còn khá dư bền. Do đó, chiều dày cánh gầu được giảm dần cho mỗi lần tính. Mỗi lần giảm chiều dày cánh gầu thì các thành phần lực liên quan đến khối lượng cánh gầu sẽ được tính lại. Sau nhiều lần lặp lại việc tính toán thì kết quả ứng suất (hình 6b) của cánh gầu là $3.8e^7 \text{ (Pa)}$ tương ứng với chiều dày của cánh gầu là 4mm.

Vật liệu được chọn để chế tạo gầu là thép Hardox400.



Hình 6. Kết quả mô phỏng sức bền của gầu

4. KẾT LUẬN

Thông qua bài nghiên cứu, chúng ta tìm hiểu về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của gầu gắp rác thủy lực, từ đó xác định các thành phần lực tác dụng lên gầu trong quá trình đóng mở gầu để gắp và đổ rác. Dựa trên kết quả tính toán này, mô hình gầu gắp được xây dựng và được mô phỏng để tìm ra được chiều dày cánh gầu tối ưu là 4mm. Tuy nhiên, trong bài nghiên cứu này chỉ xét trường hợp rác đã được băm nhỏ trước khi gắp. Do đó lực cản sinh ra do các sợi dây, sợi chỉ dài trong rác là không có. Trên thực tế, có nhiều quy trình xử lý rác mà không thực hiện việc băm nhỏ rác từ ban đầu, điều này sẽ làm sinh ra lực cản do các sợi dây, sợi chỉ dài có trong rác tác dụng lên gầu. Trong trường hợp này cần tính toán lại sức bền của gầu. Hơn nữa, việc ảnh hưởng của các chất ăn mòn có trong rác cũng không xét đến trong nghiên cứu này. Đây là các vấn đề cần được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo.❖

Ngày nhận bài: **21/9/2024**

Ngày phản biện: **23/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Hoàng Linh, “*Nghiên cứu thiết kế gầu gắp rác thủy lực*”. Luận văn tốt nghiệp, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [2]. Yesueneagbe A.K. Fiagbe, “*Friction coefficient of municipal solid waste component*”. Internet: https://www.granthaalayahpublication.org/journals-html-galley/01_IJETMR20_A06_2118.html.
- [3]. Juan Gabriel Glaría Abril, “*Design, analysis and optimization of an orange peel grapple*”, AGH.
- [4]. Hendrik Otto, Arne Zimmermann, Manfred Kleiber, André Katterfeld, “*Optimization of an orange peel grab for wood chips*”, 2019.

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ AI VÀO MÔ PHỎNG GIA CÔNG TRÊN PHẦN MỀM THỰC TẾ ẢO SSCNC

RESEARCH AND APPLICATION OF AI TECHNOLOGY IN MACHINING
SIMULATION ON SSCNC VIRTUAL REALITY SOFTWARE

ThS. **Bùi Quang Toàn**

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Đông Á

TÓM TẮT

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ AI vào mô phỏng gia công trên phần mềm SSCNC để đánh giá được hiệu quả tối ưu hóa mã G-code, giúp phát hiện lỗi trong quá trình mô phỏng, tối ưu hóa đường chạy dao, giám sát và dự đoán tuổi thọ của dụng cụ... có tiềm năng mang lại nhiều cải tiến, đặc biệt là trong việc tối ưu hóa quá trình học tập và đào tạo, nâng cao hiệu quả mô phỏng và giảm thiểu sai sót trong lập trình gia công CNC.

Từ khóa: SSCNC; AI; Lập trình; Thực tế ảo; Gia công.

ABSTRACT

Research on applying AI technology to machining simulation on SSCNC software to evaluate the effectiveness of G-code optimization, help detect errors during the simulation process, optimize toolpaths, monitor and tool life prediction... has the potential to bring many improvements, especially in optimizing the learning and training process, improving simulation efficiency and minimizing errors in CNC machining programming.

Keywords: SSCNC; AI; Programming; Virtual reality; Outsourcing.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh công nghiệp 4.0, việc tự động hóa và ứng dụng các công nghệ tiên tiến như Trí tuệ Nhân tạo (AI) vào quá trình sản xuất đã trở thành một xu hướng tất yếu. Ngành gia công cơ khí, đặc biệt là gia công CNC, đang ngày càng được đẩy mạnh phát triển với

mục tiêu nâng cao độ chính xác, tối ưu hóa quy trình và giảm thiểu chi phí sản xuất. Để đáp ứng nhu cầu đào tạo và nâng cao kỹ năng cho các kỹ sư và kỹ thuật viên CNC, phần mềm mô phỏng CNC như SSCNC đã trở thành công cụ quan trọng trong việc mô phỏng quy trình gia công, giúp người học nắm vững các thao tác mà không cần tiếp xúc với máy thực tế.

Tuy nhiên, mô phỏng gia công CNC trên SSCNC cũng gặp phải một số hạn chế, như: Khả năng phát hiện lỗi tự động còn hạn chế, thiếu tối ưu hóa quá trình gia công, không có chức năng hỗ trợ cá nhân hóa... Do đó, việc ứng dụng công nghệ AI vào phần mềm SSCNC là một hướng đi tiềm năng, giúp khắc phục các hạn chế nêu trên.

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Nghiên cứu tài liệu

- Thu thập tài liệu hiện có về AI trong mô phỏng gia công CNC: Tìm hiểu các bài nghiên cứu trước đây về việc ứng dụng AI trong gia công CNC và các phần mềm mô phỏng tương tự như SSCNC để nắm bắt xu hướng, phương pháp và kết quả đã đạt được.

- Tổng hợp các phương pháp và kỹ thuật AI phù hợp: Đặc biệt tập trung vào các kỹ thuật AI như học sâu (deep learning), học máy (machine learning), và xử lý ngôn ngữ tự nhiên (natural language processing) để xem xét khả năng tích hợp vào SSCNC.

2.1.2. Phương pháp thực nghiệm

- Xây dựng mô hình AI thử nghiệm: Phát triển các mô hình AI đơn giản để tự động tạo mã G-code, phát hiện lỗi hoặc tối ưu hóa quy trình gia công. Sử dụng các công cụ như Python, TensorFlow hoặc Keras để triển khai mô hình.

- Thử nghiệm mô phỏng gia công trên SSCNC: Chạy các mô phỏng gia công với sự can thiệp của AI, ghi lại dữ liệu và đánh giá các chỉ số quan trọng như độ chính xác, thời gian hoàn thành và hiệu quả sử dụng vật liệu.

2.1.3. Phương pháp phân tích dữ liệu

- Thu thập dữ liệu từ mô phỏng SSCNC: Lưu lại dữ liệu từ quá trình mô phỏng, bao gồm các thông số gia công, lỗi phát sinh và các chỉ số hiệu suất. Điều này giúp có cơ sở để phân tích và đánh giá hiệu quả của AI.

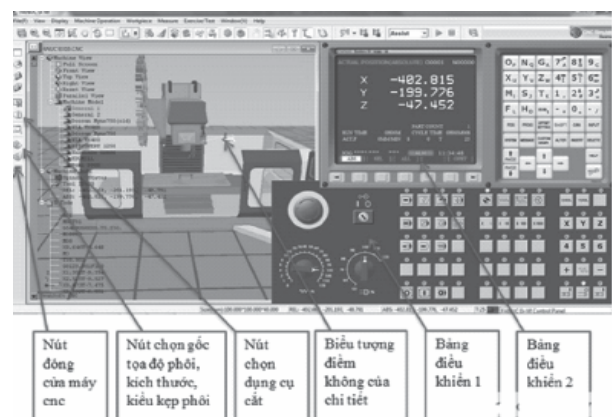
- Sử dụng các phương pháp phân tích dữ liệu: Áp dụng phân tích thống kê hoặc các thuật toán AI như học máy để tìm ra quy luật trong dữ liệu, từ đó tối ưu hóa quá trình mô phỏng.

2.2. Nội dung nghiên cứu

2.2.1. Tối ưu hóa lập trình G-Code tự động

- Tạo mã G-code tự động tối ưu: AI có thể học từ các mẫu G-code và đưa ra các phương án tối ưu cho các loại chi tiết khác nhau. Điều này giúp giảm thời gian lập trình thủ công, đồng thời nâng cao hiệu quả và độ chính xác của các đường chạy dao.

- Điều chỉnh thông số tự động: AI có thể điều chỉnh các thông số gia công, chẳng hạn như tốc độ cắt, độ sâu cắt, để tối ưu hóa thời gian và chất lượng gia công.



Hình 1. Cài đặt thông số và điều khiển chương trình

2.2.2. Giám sát và phát hiện lỗi trong mô phỏng

- Phát hiện lỗi tự động trong quá trình mô phỏng: AI có thể giám sát các thông số và trạng thái của mô phỏng, phát hiện các bất thường và đưa ra cảnh báo khi có lỗi tiềm ẩn, ví dụ như lỗi va chạm dao hoặc quá tải động cơ.

- Phân tích dữ liệu để phát hiện lỗi phổ biến: AI có thể thu thập dữ liệu từ nhiều lần mô phỏng, sau đó phát hiện các lỗi thường gặp và đề xuất biện pháp khắc phục, giúp cải thiện chất lượng đào tạo.

2.2.3. Phân tích và dự báo hiệu suất gia công

- Dự báo tuổi thọ dụng cụ: AI có thể phân tích các yếu tố như độ rung, nhiệt độ và lực cắt để dự báo tuổi thọ của dụng cụ, giúp người dùng điều chỉnh kế hoạch bảo trì và thay thế.

- Phân tích chi phí và tối ưu hóa vật liệu: AI hỗ trợ tính toán chi phí gia công, dự đoán mức tiêu hao vật liệu và dụng cụ để người dùng có thể tối ưu hóa chi phí sản xuất.

TOOL COUNTER Lite 1/3

No.	TOOL	PRES	FORE	LIFE	01 CHECK
01	OD ROUGH	5000	50	5000	02 OD ROUGH
02	FS ROUGH	6500	50	8000	03 OD FIN.
03	OD FIN.	600	50	700	04 ID ROUGH
04	FS FIN.	800	50	1000	05 ID FIN.
05		0	0	0	06 FS ROUGH
06		0	0	0	07 FS FIN.
07		0	0	0	08 CENTER
08		0	0	0	09 DRILL
					10 ENDMILL

Select from the tool name list.
NUM=)

MDI **** * 12:00:00

ADD CANCEL SELECT

Hình 2. Theo dõi và dự báo tuổi thọ dao

2.2.4. Hỗ trợ đào tạo tương tác và cá nhân hóa

- Hướng dẫn tự động và phản hồi tức thì: AI có thể đóng vai trò như một “hướng dẫn viên ảo”, hỗ trợ học viên thông qua các bước trong mô phỏng gia công và cung cấp phản hồi ngay lập tức về các lỗi và sai sót.

- Phân tích tiến trình học tập: AI có thể đánh giá kỹ năng và tiến độ học tập của từng học viên, từ đó đề xuất các bài tập và thử thách phù hợp, giúp tối ưu hóa quá trình đào tạo và nâng cao hiệu quả học tập.



Hình 3. Đề xuất phương án gá kẹp phôi

2.2.5. Tích hợp công nghệ thực tế ảo (VR) và thực tế tăng cường (AR)

- Mô phỏng thực tế trong không gian ảo: Kết hợp AI với công nghệ VR, người học có thể trải nghiệm và thực hành trên các mô hình ảo của máy CNC, từ đó hiểu rõ hơn về quy trình mà không cần sử dụng máy thực tế.

- Giao diện tương tác trực quan: AI có thể hỗ trợ tích hợp VR/AR để cung cấp một giao diện tương tác dễ hiểu, giúp học viên dễ dàng quan sát và điều chỉnh các thông số, đồng thời cải thiện kỹ năng thực hành.

2.2.6. Tối ưu hóa quy trình gia công

- Học từ dữ liệu mô phỏng: AI có thể sử dụng dữ liệu từ các mô phỏng trước đó để tìm ra các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả gia công, từ đó đề xuất các quy trình tối ưu cho từng loại sản phẩm.

- Điều chỉnh các bước gia công: Dựa trên phân tích và tối ưu hóa của AI, phần mềm có thể đưa ra các đề xuất về quy trình và thứ tự các bước gia công nhằm tối đa hóa năng suất và chất lượng.

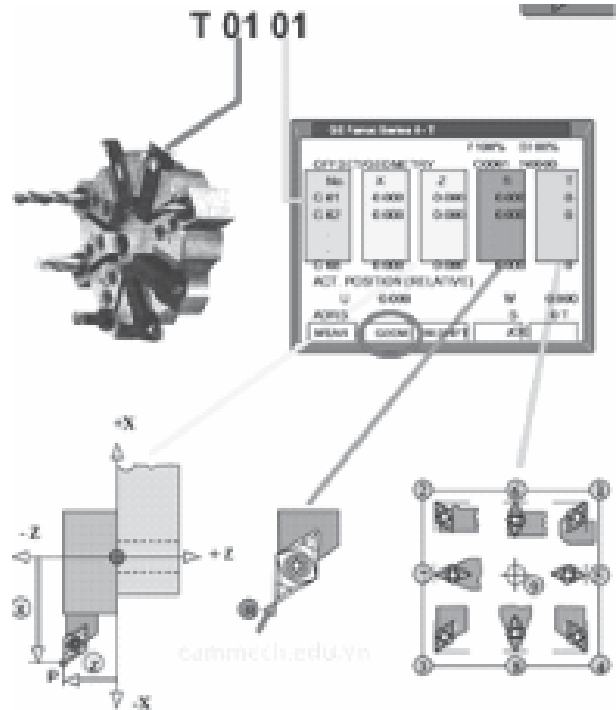


Hình 4. Mô phỏng và hiệu chỉnh thông số trong quá trình gia công

2.2.7. Dự báo bảo trì và quản lý tuổi thọ thiết bị

- Bảo trì dự đoán: AI có thể dự đoán khi nào cần bảo trì hoặc thay thế các bộ phận trong hệ thống CNC, dựa vào phân tích dữ liệu từ quá trình mô phỏng và các thông số hoạt động của máy.

- Quản lý tuổi thọ dụng cụ: AI có thể tính toán tuổi thọ của dụng cụ dựa trên quá trình mô phỏng gia công, giúp tối ưu hóa kế hoạch bảo trì và giảm thiểu chi phí bảo trì.

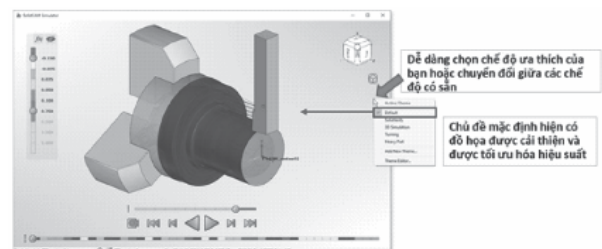


Hình 5. Kho quản lý và dự đoán thông số tuổi bền dao

2.2.8. Phát triển phần mềm điều khiển máy CNC thông minh

- Phát triển giao diện HMI thông minh: AI có thể cải tiến giao diện điều khiển máy CNC, giúp người dùng dễ dàng thao tác và kiểm soát quá trình mô phỏng, tạo sự thân thiện và trực quan cho người dùng.

- Tối ưu hóa đường chạy dao: AI có thể phân tích và tối ưu hóa đường chạy dao, giảm thiểu thời gian di chuyển đầu dao và nâng cao độ chính xác của sản phẩm.



Hình 6. Mô phỏng tối ưu hóa đường chạy dao

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Ứng dụng công nghệ AI vào mô phỏng gia công trên SSCNC không chỉ cải thiện chất lượng đào tạo mà còn giúp nâng cao năng lực phân tích, dự đoán và tối ưu hóa quy trình gia công, mở ra nhiều tiềm năng trong việc nâng cao hiệu quả sản xuất và đào tạo kỹ thuật viên CNC.

- Hạn chế và hướng cải thiện: AI cần thêm thời gian để xử lý và phân tích dữ liệu khi chạy trên các mô hình mô phỏng phức tạp, gây ra một số trễ. Việc tối ưu hóa thuật toán hoặc sử dụng phần cứng mạnh hơn là cần thiết để giảm thiểu thời gian xử lý.

- Đề xuất phát triển thêm: Để tiếp tục nâng cao chất lượng mô phỏng, nên phát triển các tính năng AI mới như tự động sửa lỗi, tối ưu hóa theo yêu cầu cụ thể, và tích hợp công nghệ VR/AR để tạo ra môi trường đào tạo hiện đại và hiệu quả.

4. KẾT LUẬN

- Khả năng ứng dụng AI trong SSCNC là khả thi và hiệu quả: Các kết quả thu được từ nghiên cứu cho thấy AI đã cải thiện rõ rệt hiệu suất mô phỏng và độ chính xác của SSCNC, đáp ứng được nhu cầu thực tiễn trong đào tạo và sản xuất CNC.

- AI hỗ trợ tốt cho quá trình đào tạo và tối ưu hóa: AI đã chứng minh vai trò tích cực trong việc hỗ trợ học viên, giảng viên và kỹ thuật viên CNC, nâng cao hiệu quả học tập và giúp người dùng tránh các lỗi phổ biến.

Nghiên cứu này đặt nền tảng cho những bước phát triển tiếp theo trong việc ứng dụng AI vào phần mềm mô phỏng gia công như SSCNC, mang lại nhiều giá trị cho ngành đào tạo và sản xuất công nghiệp. ♦

Ngày nhận bài: **10/10/2024**

Ngày phản biện: **12/11/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Tường (2017); “*Thực hành ảo và vận hành máy tiện và máy phay CNC*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Trần Văn Địch (2000); “*Công nghệ trên máy CNC*”, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Bùi Thanh Trúc (2010); “*Giáo trình Gia công trên máy CNC*”, NXB. Lao động, Hà Nội.
- [4]. Trần Thế San, Nguyễn Ngọc Phương (2015); “*Sổ tay lập trình CNC*”, NXB. Đà Nẵng.
- [5]. Nguyễn Phương Nga (2021); “*Giáo trình Trí tuệ nhân tạo*”. NXB. Thống kê, Hà Nội.
- [6]. Stephen Leo, Parikshit S. Gautam (2016); “*Machine Learning Applications in Mechanical Engineering and Manufacturing*”.
- [7]. Robin Murphy (2015); “*Introduction to Artificial Intelligence and Robotics*”.
- [8]. <http://www.knuth-machinetools.com/>

THIẾT KẾ CHẾ TẠO HỆ THỐNG CẮT PLASMA CNC SỬ DỤNG TRONG ĐÀO TẠO

DESIGN MANUFACTURE CNC PLASMA CUTTING SYSTEM USED IN TRAINING

Đặng Tiến Hiếu

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Hiện nay, trong lĩnh vực chế tạo kết cấu thép phương pháp cắt plasma CNC (Computer Numeric Control) được sử dụng rộng rãi để gia công các sản phẩm dạng tấm, dạng thanh với độ chính xác cao, thiết bị này không ngừng được cải tiến để phù hợp quy mô, với điều kiện sản xuất của từng doanh nghiệp.

Trong bài báo này, tác giả đã tiến hành khảo sát, thiết kế chế tạo hệ thống cơ khí và tủ điều khiển hệ thống cắt plasma CNC với nguồn cắt A70 – OTC [16] có sẵn. Trên cơ sở máy phù hợp với không gian phòng thí nghiệm, phục vụ tốt quá trình đào tạo, quá trình học tập nghiên cứu của giảng viên, sinh viên tại Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (ĐHCNHN).

Hệ thống plasma CNC có kích thước 1700 x 1400 x 600 (mm) phạm vi gia công 1300 x 1100 (mm), chiều dày cắt tối đa 12 (mm), kết hợp 2 bộ điều khiển F2300B và F1621P khi cắt cho năng suất cao, cắt được nhiều biên dạng, vận hành dễ dàng.

Từ khóa: Máy cắt plasma; Điều khiển CNC; Hệ dẫn hướng.

ABSTRACT

Currently, in the field of steel structure manufacturing, the CNC (Computer Numeric Control) plasma cutting method is widely used to process sheet and bar products with high precision. This equipment is constantly improved to suit the scale and production conditions of each enterprise.

In this article, the author has conducted a survey, designed and manufactured a mechanical system and a control cabinet for a CNC plasma cutting system with an available A70 - OTC cutting source [16]. On the basis of the machine being suitable for the laboratory space, it serves well the training process, the learning and research process of lecturers and students at Hanoi University of Industry (ĐHCNHN).

Plasma CNC system has dimensions of 1700 x 1400 x 600 (mm), processing range of 1300 x 1100 (mm), maximum cutting thickness of 12 (mm), combined with 2 controllers F2300B and F1621P when cutting for high productivity, cutting many profiles, easy operation.

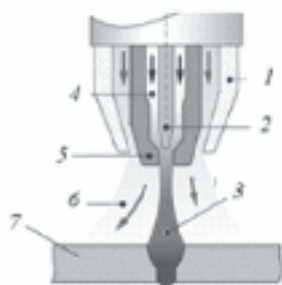
Keywords: Plasma cutting machine; CNC control; Linear motion.



1. GIỚI THIỆU

Plasma là trạng thái thứ 4 của vật chất (3 trạng thái của vật chất là rắn, lỏng, khí). Chất khí được nung nóng đến nhiệt độ bão hòa, khí bị ion hóa. Sự ion hóa chất khí ở trạng thái dẫn điện được gọi là plasma [7]. Cắt plasma dựa vào nguyên lý thắt chặt lại luồng khí ion hóa có nhiệt độ cao tới mức có thể sử dụng để làm nóng chảy kim loại dẫn điện tại điểm tiếp xúc. Kim loại nóng chảy sẽ bị thổi ra tạo nên đường cắt nhờ áp lực của dòng khí như hình 1.

Trên thế giới, việc sử dụng máy cắt Plasma điều khiển CNC rất phổ biến trong hầu hết các ngành công nghiệp chế tạo kết cấu thép, trong đóng tàu, cầu đường... Sử dụng các phần mềm kỹ thuật thiết kế Autocad, Solidworks, Inverter... để thiết kế biên dạng cắt. Máy được cung cấp bởi các hãng nổi tiếng như AMADA SHARP, HITACHI, FANNUC có giá thành rất cao.



Hình 1. Quá trình cắt plasma [7]:
1. Ống phun khí; 2. Điện cực; 3. Hồ quang plasma; 4. Khí plasma; 5. Bếp cắt; 6. Dòng khí bảo vệ; 7. Vật cắt

Ở Việt Nam, trong giai đoạn này cũng như thời gian tới, ngành cơ khí chế tạo có nhu cầu sử dụng cắt bằng tia plasma CNC còn rất lớn. Do đó, các doanh nghiệp sản xuất máy cắt plasma CNC cũng nắm bắt được xu thế, cung cấp thiết bị, đáp ứng được các yêu cầu cho sản xuất [4-12].

Trong lĩnh vực đào tạo công nghệ cắt plasma CNC là một phương pháp gia công chi tiết dạng tấm bằng nhiệt, hiện nay trong Trường ĐHCNHN thiết bị này còn thiếu. Do máy ngoài thị trường giá thành quá cao, kích thước máy lớn chưa phù hợp với không gian trong đào tạo, chưa tận dụng hết công năng của máy sẵn có dẫn tới lãng phí. Vì vậy, để tránh lãng phí và thuận lợi cho quá trình đào tạo, nghiên cứu, học tập của giảng viên, sinh viên trong Trường, tác giả đề xuất phương án nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống cắt plasma CNC với khả năng cắt được nhiều biên dạng khác nhau, cải thiện độ chính xác gia công, giảm được giá thành.

Trong bài báo này, tác giả đã khảo sát thiết kế chế tạo thành công hệ thống cắt plasma CNC với kích thước tổng thể 1700 x 1400 x 600 (mm), phạm vi gia công 1300 x 1100 (mm), chiều dày cắt tối đa 12 (mm) và tủ điều khiển.

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

2.1. Khảo sát thiết kế

Để thiết kế chế tạo được hệ thống cắt plasma CNC đáp ứng được các yêu cầu trên, tác giả đã tiến hành khảo sát, phân tích, đánh giá về chi phí, về hiệu suất máy, về độ cứng vững của hệ thống công nghệ, hệ thống điều khiển... của các máy cắt plasma CNC đã có trên thị trường. Kế thừa các ưu điểm của máy đã khảo sát và dựa vào điều kiện hiện có của Trường ĐHCNHN để thiết kế chế tạo.

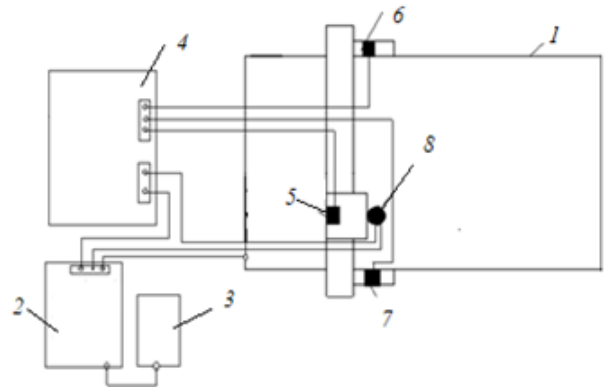
Vận dụng lý thuyết tính toán thiết kế máy [1], lựa chọn các thông số thiết kế [10-15], tính toán thiết kế các chi tiết máy, kiểm nghiệm độ bền của hệ thống sao cho phù hợp với điều kiện sẵn có và đáp ứng yêu cầu đào tạo trong Nhà trường. Lựa chọn thông số thiết kế hệ thống cắt plasma CNC bằng 1.

Bảng 1. Thông số thiết kế hệ thống cắt plasma CNC

TT	Danh mục	Đơn vị	Thông số kỹ thuật
1	Kích thước	mm	1400 x 1700 x 600
2	Kích thước cụm	mm	X 1300; Y 1700; Z 490
3	Hành trình cắt	mm	X 1100; Y 1300
4	Tốc độ chạy nhanh	mm/p	X 6000; Y 6000; Z 6000
5	Tốc độ cắt	mm/p	X: 1÷2000; Y: 1÷2000
6	Sai số mạch cắt	mm	X ± 0,5; Y ± 0,5
7	Độ chính xác dịch chuyển	mm	X ± 0,2; Y ± 0,2; Z: ± 0,2
8	Chiều dày cắt tối đa	mm	12
9	Dạng gia công		Tâm phẳng
10	Trọng lượng	kg	180

2.2. Thiết kế hệ thống cơ khí

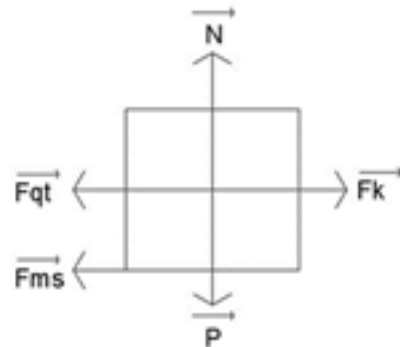
Phân tích về các phương án bố trí động cơ trên các trục X, Y, Z, tác giả lựa chọn sử dụng 2 động cơ song song (6), (7) cho trục Y, với 2 động cơ song song giúp chia đều tải trọng tác dụng lên cụm dầm trục X, do đó cụm dầm trục X di chuyển chính xác và ổn định hơn. Động cơ (5) cho trục X dẫn động cụm trục Z, tịnh tiến theo phương trục X. Động cơ (8) dẫn động mô cắt tịnh tiến theo chiều trục Z. Sơ đồ máy cắt plasma CNC bố trí như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy cắt plasma CNC: 1. Bàn máy; 2. Nguồn plasma A70-OTC; 3. Máy nén khí; 4. Tủ điều khiển; 5. Động cơ trục X; 6. Động cơ 1 trục Y; 7. Động cơ 2 trục Y; 8. Động cơ DC 24V trục Z.

2.2.1. Tính toán lựa chọn động cơ

Sơ đồ lực tác dụng lên cặp bánh răng - thanh răng dầm trục Y như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ phân tích lực bánh răng: F_k (N) - Lực kéo; N (N) - Phản lực; P (N) - Trọng lực; F_{qt} (N) - Lực quán tính; F_{ms} (N) - Lực ma sát

Theo định luật II Newton:

$$\vec{F_k} + \vec{F_{qt}} + \vec{F_{ms}} + \vec{N} + \vec{P} = 0$$

$$F_k = F_{\max} = F_{qt} + F_{ms} = 6,48 + 28,1 = 34,6 \text{ (N)}$$

Momen xoắn trên trục:

$$T = F_{\max} \times d = 34,6 \times 0,05 = 1,73 \text{ (Nm)}$$

Trục Y có 2 động cơ dẫn nên 1 bên cần momen $T_1 = T/2 > 0,865$ (Nm)

Động cơ được sử dụng trong các máy CNC thường là động cơ bước (stepper motor), động cơ servo, động cơ hybrid servo. So sánh đặc điểm của chúng, tác giả lựa chọn loại động cơ hybrid servo 86HSE4.5 Nm và Driver HBS86H cho trục X và trục Y, loại động cơ này kết hợp tốt nhất các ưu điểm của động cơ servo và động cơ bước, mô-men xoắn khởi động cao, tiết kiệm năng lượng, giá thành thấp. Động cơ trục X, trục Y kết hợp hộp giảm tốc giúp tăng mô-men xoắn, tăng tuổi thọ động cơ, truyền chuyển động chính xác và ổn định hơn. Lựa chọn thông số như bảng 2.

Cụm trục Z hay cụm nâng hạ mỏ, qua thiết kế, so sánh về khả năng làm việc, giá thành chế tạo, tác giả đã lựa chọn bộ nâng hạ mỏ cắt tự động JYKB-150-DC24V GH/GD có sẵn trên thị trường. Kích thước cụm 490 x 130 x 80 (mm), trọng lượng 6,5 (kg), trọng lượng nâng < 10 (kg), hành trình làm việc 150 (mm), động cơ 24VDC, hộp giảm tốc [3].

2.2.2. Hệ dẫn hướng

Trong các máy cắt plasma CNC, cơ cấu dẫn hướng đóng vai trò quan trọng để dẫn hướng chính xác và ổn định cho các cơ cấu máy. Cơ cấu dẫn hướng phải đảm bảo chịu tải tốt, phân bố lực đều, chịu mài mòn [1, 15]. Qua khảo sát, phân tích đặc điểm của các cơ cấu dẫn hướng, tác giả lựa chọn cơ cấu sẵn có trên thị trường con trượt vuông bi – thanh trượt cho các trục X và trục Y với thông số như bảng 2.

2.2.3. Hệ dẫn động

Hệ dẫn động đóng vai trò truyền chuyển động cho các cơ cấu chấp hành. Lựa chọn hệ dẫn động phải đảm bảo độ cứng vững, chịu tải tốt, truyền chuyển động êm, hiệu suất cao, độ bền cao, chi phí bảo trì, thay thế thấp [1, 15]. Để đáp ứng yêu cầu thực tế về đặc điểm của hệ dẫn động, tác giả lựa chọn cơ cấu bánh trụ răng nghiêng – thanh răng cho các trục X và trục Y với thông số như bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật các chi tiết

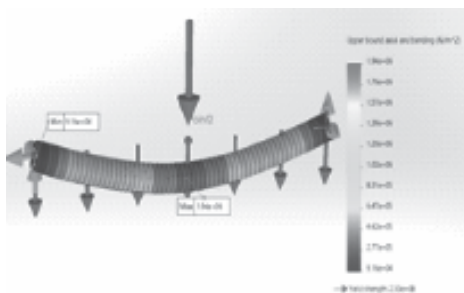
TT	Danh mục	Đơn vị	Số lượng	Kích thước
1	Thanh trượt trục X HGR20	mm	02	20 x 17,5 x 1300
2	Thanh trượt trục Y HGR20	mm	02	20 x 17,5 x 1700
3	Con trượt HGH20CA trục X,Y	cái	06	44 x 25,6 x 65,2
4	Thanh răng trục X	mm	01	1300 x 22 x 25; M1,25
5	Thanh răng trục Y	mm	02	1700 x 22 x 25; M1,25
6	Bánh răng trụ răng nghiêng	cái	03	D32; d16; Z25, M1,25
7	Động cơ Hybrid Servo 86HSE4.5Nm	cái	03	86 x 86 x 109, d16
8	Hộp giảm tốc PX86	cái	03	86 x 86 x 93; d16

2.2.4. Hệ điều khiển

Qua khảo sát, phân tích đặc điểm của các bộ điều khiển, tác giả lựa chọn được bộ điều khiển phù hợp các yêu cầu trên. Bộ điều khiển F2300B [2]-[11] điều khiển servo kết hợp hybrid stepper sử dụng bộ mã hóa quang học phản hồi vị trí tốc độ cao, tự động hiệu chỉnh vị trí. Bộ điều khiển có độ chính xác nội suy 0,001 (mm). Tương thích được các phần mềm CAD, CAM, FastCam, với động cơ và các cảm biến. Dễ vận hành, dễ bảo quản, giá thành thấp, hỗ trợ điều khiển cho bộ F1621P.

Bộ điều khiển F1621P [2]-[11] cho phép kiểm soát ổn định chiều cao từ đầu búp cắt đến bề mặt vật liệu bằng việc điều khiển điện áp hồ quang mà nó nhận được. Việc kiểm soát chiều cao này rất quan trọng đối với chất lượng mạch cắt, tuổi thọ của búp cắt và điện cực cắt.

2.2.5. Kiểm nghiệm độ bền tĩnh trên phần mềm Solidworks 2022/ Simulation như hình 4.



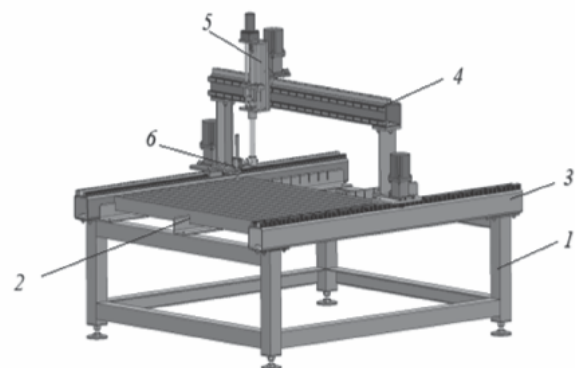
Hình 4. Ứng suất dầm trục X trên Solidworks 2022/ Simulation

Để đảm bảo độ bền, độ cứng vững và hình dáng cân đối của hệ thống cơ khí, qua khảo sát thiết kế, với dầm X thép hộp 100 x 100 x 5 (mm); chiều dài $l = 1300$ (mm); khối lượng $m_2 = 25,6$ (kg), cụm trục Z có khối lượng $m_3 = 14,5$ (kg).

- Ứng suất tại điểm giữa dầm: $\sigma_{\max} = 1,94 \times 10^6$ (N/m²) < $[\sigma] = 2,5 \times 10^8$ (N/m²);

- Chuyển vị theo phương Y: $\Delta Y_c = 2,798 \times 10^{-2}$ (mm). Kết quả kiểm nghiệm như hình 5 đảm bảo điều kiện bền.

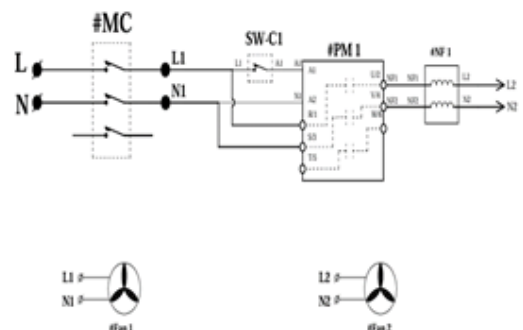
Bản vẽ 3D hệ thống cắt plasma CNC như hình 5.

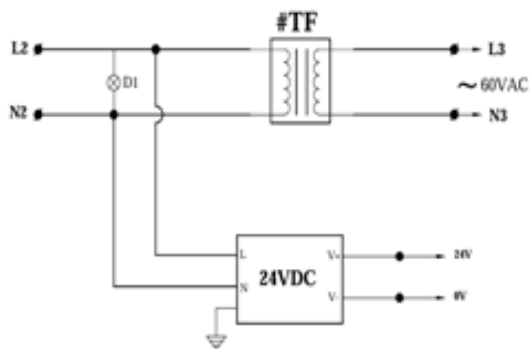


Hình 5. Hệ thống cắt plasma CNC:
1. Cụm bàn máy; 2. Cụm bàn gá phôi; 3. Cụm trục Y; 4. Cụm trục X; 5. Cụm trục Z; 6. Cụm gá kẹp mở cắt.

2.2.6. Mạch tử điện điều khiển

Trong tài liệu [11-14] hướng dẫn xây dựng kết cấu cơ bản của hệ điều khiển plasma CNC. Trên sở tính năng và nhiệm vụ của các bộ phận, tác giả xây dựng sơ đồ nguyên lý tổng thể cho mạch tử điều khiển như hình 6.

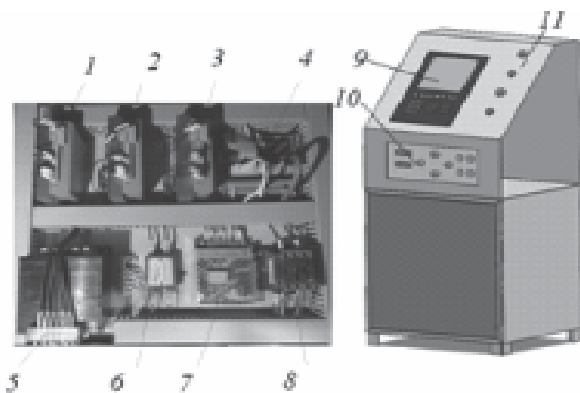




Hình 6. Sơ đồ mạch đấu nối tủ điều khiển [12]

2.2.7. Chế tạo, lắp ráp tủ điều khiển

Vị trí bố trí các khối và đấu nối dây trong tủ điều khiển như hình 6, hình 7.



Hình 7. Ảnh sơ đồ bố trí các khối trong tủ điều khiển:
1, 2. Driver HBS86H trục Y; 3. Driver HBS86H trục X; 4. Mạch Breakout DB15-DB25; 5. Biến áp 2200W; 6. Lọc nhiễu EMI CW4L2-20A-S; 7. Nguồn DC24V LRS-100-24; 8. Attomat CBM; 9. Màn hình bộ điều khiển F2300B; 10. Bộ điều khiển F1621P-THC; 11. Công tắc khởi động/tắt, phím dừng khẩn cấp.

- Kết nối tủ điều khiển với nguồn cắt A70-OTC, với các động cơ trên trục X, Y, Z, sau đó thực hiện hiệu chỉnh các bộ Driver HBS86H để điều khiển động cơ Hybrid Servo 86HSE4.5Nm của trục X và trục Y. Hiệu chỉnh bộ điều khiển F1621P để khiển động cơ 24VDC.

- Trong mạch điện này, do mạch điện bao gồm cả dòng cấp cho bộ điều khiển và dòng cấp cho các động cơ của các trục nên rất dễ gây ra hiện tượng quá tải. Vì vậy, Aptomat CBM có vai trò trong việc bảo vệ mạch khi động cơ bị quá tải. Bên cạnh đó, việc lắp cầu chì trước và sau để việc bảo vệ biến áp và mạch điện. Đối với driver cần chú ý chiều của dòng điện, tránh gây hỏng hóc cho driver.

3. HỆ THỐNG CẮT PLASMA CNC

Sản phẩm hệ thống cắt plasma CNC với kích thước 1400 x 1700 x 600 (mm), khả năng gia công tấm có diện tích 1300 x 1100 (mm), chiều dày tối đa 12 (mm) như hình 8.



Hình 8. Sản phẩm hệ thống cắt plasma CNC

3.1. Cắt thử nghiệm

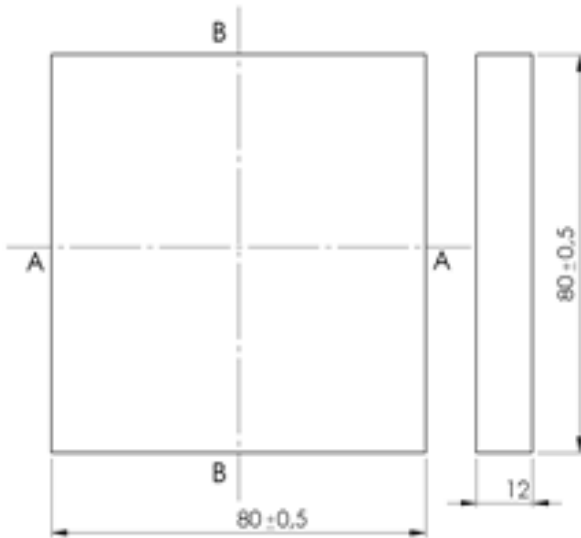
Gia công tấm kích thước như hình 9, vật liệu thép CT3, số lần cắt 5.

- Sử dụng: Bếp H (H669G05); Điện cực H669G11; Dòng cắt 70A; Áp lực khí nén $P = 0,39$ (Mpa); Điện áp hồ quang 110 (V); Tốc độ cắt $V_c = 1000$ (mm/p).

- Sử dụng thước cặp 1/10 đo chiều dài ở mặt cắt A-A, sau đo ở mặt cắt B-B với 5 mẫu.

- Sử dụng thước cặp 1/10 đo khe hở cắt ở vị trí điểm A với 5 mẫu.

- Sử dụng bộ mẫu đo độ nhám R_z so sánh bề mặt cắt với 5 mẫu.



Hình 9. Bản vẽ chi tiết

3.2. Kết quả thử nghiệm

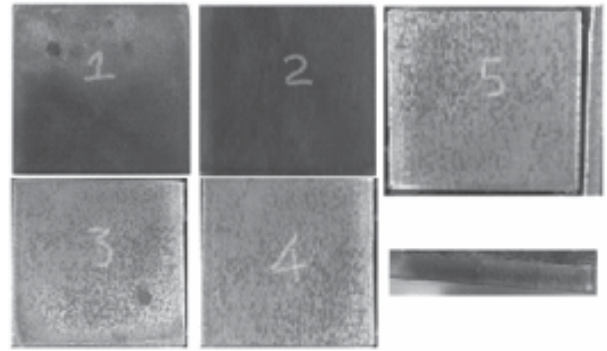
- Khi gia công các liên kết cơ khí (cụm trục XYZ, bàn máy, kẹp mở cắt...) không có dấu hiệu bất thường, hệ thống điều khiển hoạt động hoạt động ổn định.

- Ảnh các mẫu cắt thử nghiệm như hình 10, sai số đo trung bình của các mẫu như bảng 3.

Đo kích thước tại mặt cắt A-A là 80,2 mm; 80,3 mm; 80,1 mm; 80,4 mm; 80,2 mm.

Đo kích thước tại mặt cắt B-B là 80,3 mm; 80,3 mm; 80,3 mm; 80,2 mm; 80,2 mm.

Đo kích thước khe hở cắt tại điểm A là 3,5 mm; 3,5 mm; 3,9 mm; 4,2 mm; 4,3 mm.



Hình 10. Mẫu cắt plasma CNC và bề mặt cắt

Bảng 3. Kết quả đánh giá thử nghiệm

TT	Thông số kiểm tra	Số lần đo	Kết quả đo kiểm trung bình
1	Sai số gia công kích thước tại mặt cắt A-A	5	+ 0,24 mm
2	Sai số gia công kích thước tại mặt cắt B-B	5	+ 0,26 mm
3	Khe hở cắt	5	3,88 mm
4	Chất lượng bề mặt cắt	5	Hướng nhám vuông góc bề mặt cắt; $Rz40$

4. KẾT LUẬN

Tác giả đã nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống cắt plasma CNC dùng trong đào tạo với kết quả sau:

- Tính toán, lựa chọn được động cơ, cơ cấu dẫn hướng, cơ cấu dẫn động phù hợp với kết cấu máy.

- Chế tạo được hệ thống cắt plasma CNC chạy ổn định, đảm bảo độ cứng vững, dễ vận hành, dễ bảo quản, các linh kiện thay thế sẵn có trên thị trường.



- Chất lượng sản phẩm sau khi cắt được đảm bảo các yêu cầu như hình 10, bảng 3. Sau 5 lần cắt, sai số kích thước tại mặt cắt A-A, B-B đều nằm ở giới hạn trên, trong phạm vi cho phép (sai số này điều chỉnh được thông qua lệnh “Kerf Value” trên bộ điều khiển F2300B). Độ lệch kết quả đo trung bình giữa hai mặt cắt A-A và B-B là 0,02 mm, do kích thước B theo phương của trục X, trong khi đó trục X di chuyển trên trục Y nên có thêm thành phần không đảm bảo độ chính xác.

- Hệ thống cắt plasma CNC đáp ứng được nhu cầu nghiên cứu, học tập của giảng viên, sinh viên trong Trường. ❖

Ngày nhận bài: **05/10/2024**

Ngày phản biện: **01/11/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2002), “*Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*” (Tập 1, tập 2). NXB. Giáo dục.
- [2]. Đỗ Xuân Thụ (2003), “*Giáo trình Kỹ thuật điện tử*”. NXB. Giáo dục.
- [3]. Nguyễn Ngọc Đào (2003), “*Giáo trình CAD-CAM-CNC*”. NXB. Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh.
- [4]. Ngô Hoài Nhiệm, Nguyễn Duy Phương, Cao Văn Thi (2021), “*Thiết kế và chế tạo máy cắt CNC bằng tia plasma*”. Tạp chí khoa học Trường Đại học Cửu Long.
- [5]. Ngô Tấn Thống, Hồ Trần Anh Ngọc, Tô Tấn Trung Dũng (2015), “*Thiết kế chế tạo mạch điều khiển CDA điều khiển máy CNC plasma CP2060*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, số 3(88).
- [6]. Phạm Thi Hang, Nguyễn Thị Châu, An Dương Khang, Nguyễn Hoàng Anh, Phạm Hồng Sơn (2020), “*An investigation on the effect of cutting parameters in CNC plasma cutting process for carbon steel*”. Vietnam Journal of Agricultural Sciences.
- [7]. Lukas Kudrna, Jiri Fries, Marek Merta (2019), “*Influences on plasma cutting quality on CNC machine*”. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering, vol.2, pp.108-117.
- [8]. Fred P. Liza, Cameron B. Yao, Joein L. Luces, Vincent Boy E. Manabat, and Renann G. Baldovino, Member, IAENG (2015), “*Development of a Low-Cost controller for the 3-Axis Computer Numerically-Controlled (CNC) plasma cutting machine*”. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science Vol I, WCECS.
- [9]. N. Sanajit and A. Jangwanitlert (2009), “*Improved performance of a plasma cutting machine using a half-bridge DC/DC converter*”. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, , pp. 1601-1606.
- [10]. N. Sanajit and A. Jangwanitlert (2007), “*A three level DC/DC converter for plasma cutting applications*”. Proceedings of the 30 Electrical Engineering Conference, King Mongkut's University of Technology Thonburi, pp. 508-511.
- [11]. <https://cncviethan.com/May-cat-plasma-cnc-mini-gia-bao-nhieu>.
- [12]. <https://machviet.com/linh-kien-co-khi/>
- [13]. JiaXing Leader NC technology Co., LTD. (2014), “*Portable plasma torch height controller manual*”.
- [14]. Shanghai FangLing Computer Software Co., LTD. (2017), “*FangLing shape cutting controller operation and installation manual (Ver.2.6)*”.
- [15]. LM Guide®THK General Catalog.
- [16]. Corporation (2011), “*Plasma cutting power source A-70*”, OTC DAIHEN.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG GÁ VÀ XOAY PHÔI TỰ ĐỘNG CHO MÁY TARO REN

RESEARCH ON DESIGN OF AUTOMATIC FIXTURE AND ROTATION SYSTEM FOR THREAD TAPPING MACHINE

Phùng Trí Công, Nguyễn Hoài Nam

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo tập trung nghiên cứu, thiết kế hệ thống gá và xoay phôi tự động cho máy gia công ren bằng phương pháp taro dạng bàn. Nội dung chính của bài báo bao gồm tính toán thiết kế bộ truyền chuyển động xoay cho phôi, các cơ cấu kẹp, cơ cấu lựa lỗ cho máy tạo ren. Bên cạnh đó, bài báo trình bày cách tính toán lựa chọn các khí cụ điện, các thiết bị điện-khí nén cho hệ thống, và lựa chọn thiết bị điều khiển. Một giao diện điều khiển thiết bị được xây dựng dựa trên một bộ điều khiển khả trình (PLC). Những tính toán trên được kiểm chứng bằng các phần mềm mô phỏng cho thấy hệ thống có thể đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

Từ khóa: Máy taro; Hệ thống xoay phôi; Gá phôi; Bộ điều khiển; Tự động.

ABSTRACT

The article focuses on the research and design of an automatic workpiece clamping and rotating system for a table-type thread tapping machine. The main content of the article includes the calculation and designing of the rotating motion transmission for the workpiece, the clamping mechanisms, and the hole selection mechanism for the tapping machine. In addition, the article presents the calculation and selection of electrical tools, electro-pneumatic devices for the system, and the selection of control devices. A device control interface is built based on a PLC controller. The above calculations are verified by simulation software, showing that the system can meet the requirements.

Keywords: Tapping machine; Workpiece rotation system; Workpiece holder; Controller; Automatic. 

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, tự động hóa trong sản xuất và gia công cơ khí đang được áp dụng ngày một rộng rãi hơn. Tự động hóa thường được áp dụng cho các công đoạn gia công đơn giản lặp lại liên tục. Trong đó, gia công ren là một công đoạn gia công tương đối đơn giản và không cần quá nhiều kỹ năng phức tạp. Chính vì vậy, tự động hóa áp dụng trong gia công ren ngày một nhiều hơn. Tự động hóa trong gia công ren giúp giảm thời gian, chi phí cũng như nhân công để làm ra sản phẩm. Ngoài ra, tự động hóa còn giúp tăng năng suất, tăng độ chính xác hơn so với các phương pháp gia công ren truyền thống.

Taro là quá trình cắt ren trên bề mặt bên trong lỗ đã được khoan bằng dụng cụ cắt gọi là mũi taro. Mũi taro là công cụ cắt, tạo hình có dạng hình trụ và có ren trên bề mặt ngoài của nó. Ren này phù hợp với hình dạng ren mà ta mong muốn tạo ra bên trong lỗ đã khoan. Ren trên mặt ngoài của mũi taro có các cạnh sắc, khi xoay mũi taro vào trong lỗ khoan thì các cạnh sắc này sẽ cắt gọt kim loại và tạo ra hình dạng ren mong muốn [1].

Hiện nay, các máy taro tự động đang ngày càng được sử dụng rộng rãi so với các thiết bị taro thủ công vì có năng suất và độ chính xác cao. Trên thị trường hiện nay, có hai loại máy taro phổ biến là máy taro chuyên dụng dạng cần và máy taro tự động dạng bàn. Đối với máy taro dạng bàn thì lại chia ra hai dòng chính là máy taro tự động kiểu bánh răng và máy taro tự động kiểu vít me. Hình 1 thể hiện một máy taro tự động dạng bàn kiểu bánh răng.



Hình 1. Máy taro tự động Unifast T-6516 M16 [2].

Hiện tại, công việc taro ren được thực hiện chủ yếu theo dạng bán tự động. Người công nhân sẽ đặt phôi cần taro ren lên gá gá, sau đó điều chỉnh phôi đến vị trí cần taro lỗ. Kế tiếp, người công nhân điều khiển máy taro chạy xuống để taro lỗ cần gia công. Sau khi taro xong thì người công nhân điều khiển máy chạy lên và xoay phôi đến vị trí gia công kế tiếp. Công việc cứ thế tiếp tục. Nhằm mục đích tăng năng suất thì việc tự động hóa quá trình taro ren là rất quan trọng. Tùy theo kích thước và độ phức tạp của phôi cần taro mà hệ thống máy taro tự động sẽ được thiết kế khác nhau. Nhưng nhìn chung thì đều cần có các bộ phận là máy taro, cơ cấu gá/kẹp phôi, cơ cấu xoay phôi. Ngoài ra, đối với các loại phôi có kích thước nhỏ và đơn giản thì còn có thêm hệ thống cấp phôi tự động gồm phễu chứa phôi và băng dẫn phôi. Đối với loại phôi có nhiều lỗ cần taro trong cùng một lần thì cần có thêm cơ cấu định vị lỗ taro để đảm bảo taro liên tục và chính xác.

Một số nhóm nghiên cứu đã tìm hiểu và đề xuất các phương án tự động cho quá trình taro ren. Nhóm nghiên cứu của tác giả Istardi đã thiết kế một hệ thống tự động hoàn toàn cho việc taro ren dựa trên một máy taro ren bán tự động của hãng Brother Hitap BT-61 [3]. Hệ thống này có khả năng tự cấp phôi, gá kẹp phôi, thực hiện taro ren và lấy phôi ra. Nhóm nghiên cứu của tác giả Patel đã tiến hành tổng hợp các

kết quả nghiên cứu về các thông số ảnh hưởng đến quá trình taro ren [4]. Trong đó, các hướng nghiên cứu có thể kể đến là giảm lực dọc trục trong quá trình taro, hình dáng của ren được taro, momen cũng như dao động tạo ra trong quá trình taro, vấn đề ma sát trong quá trình taro ren, tổng hợp các sai số trong quá trình taro ren, v.v... Nhóm nghiên cứu của tác giả Mali trình bày kết quả tổng hợp các nghiên cứu về máy taro ren sử dụng nguồn tác động là khí nén [5]. Máy taro ren nguồn khí nén khắc phục được các nhược điểm của máy taro ren truyền thống bằng tay như chất lượng bề mặt ren kém, tốn thời gian gia công, gãy đầu gia công ren, v.v... Nhóm nghiên cứu của tác giả Val trình bày phương pháp sử dụng biểu đồ thống kê đa biến để chẩn đoán chất lượng của ren thông qua giá trị momen đo được từ trục chính của máy [6, 7]. Phương pháp này được sử dụng để phát hiện và tránh khuyết tật của ren khi gia công. Nhóm nghiên cứu của tác giả Lin đề xuất phương pháp kiểm tra trực quan các đặc điểm bên ngoài của mũi taro xem đã đến lúc thay thế hay mài lại hay không [8]. Bằng cách kiểm tra mặt bên của mũi taro, độ mòn của mũi taro có thể được xác định.

Ở trong nước không có nhiều nhóm nghiên cứu về máy taro ren tự động. Nhóm nghiên cứu của tác giả Phạm Văn Toàn đã thiết kế và chế tạo một hệ máy tạo ren chuyên biệt có mức tự động cao trong tất cả các khâu cấp phôi, kẹp phôi, tạo ren và làm sạch, lấy sản phẩm ra [9]. Cơ cấu kẹp mũi taro có khớp nối mềm để tự lựa mũi taro và tự dẫn hướng đồng tâm với tâm lỗ cần gia công ren.

Tuy nhiên, vẫn chưa có nhiều nghiên cứu và sản phẩm phục vụ cho việc tự động hoàn toàn quá trình taro ren. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu tập trung vào việc thiết kế một hệ thống hỗ trợ việc gá và xoay phôi tự

động cho quá trình taro ren các chi tiết tròn có nhiều lỗ, thông số cụ thể của phôi cần gia công được thể hiện trong mục 2. Mục 2 cũng trình bày vật liệu và phương pháp nghiên cứu của bài báo bao gồm các phương án thiết kế cơ khí, phương án thiết kế hệ thống điện và bộ điều khiển của hệ thống gá và xoay phôi tự động. Mục 3 trình bày về kết quả thiết kế tính toán cơ khí, kết quả thiết kế hệ thống điện và điều khiển, và giải thuật điều khiển hệ thống gá và xoay phôi tự động. Mục 4 trình bày kết luận của bài báo.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Yêu cầu thiết kế

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sẽ tính toán và thiết kế hệ thống gá và xoay phôi tự động cho máy taro ren dạng bàn. Máy được lựa chọn là máy taro tự động Jarhon JT6532 của Đài Loan với một số thông số sau: kích thước lỗ có thể taro M10~M32, hành trình trục chính là 65mm, bàn làm việc có kích thước 340x380mm. Đối tượng phôi cần gia công của máy taro là mặt bích sử dụng trong cọc bê tông ly tâm dự ứng lực. Theo TCVN7888:2014, phôi mặt bích có các thông số như sau: đường kính ngoài 300mm, đường kính trong 180mm, gồm 6 lỗ khoan đường kính 24mm, độ dày phôi 12mm, đường kính đường tròn đi qua tâm của 6 lỗ 240mm.

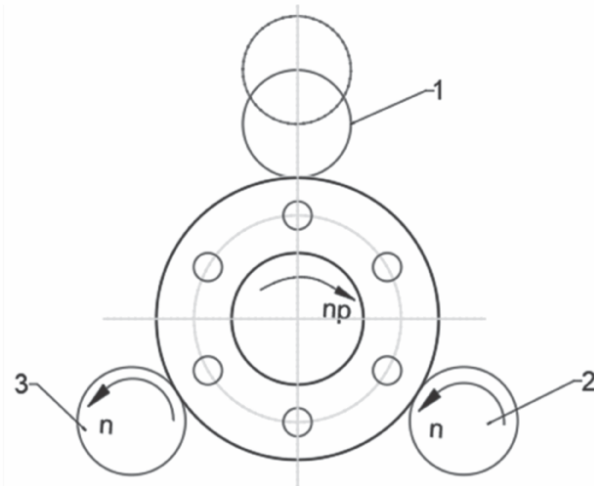
Hệ thống gá và xoay phôi tự động sẽ hỗ trợ máy taro ren trong suốt quá trình taro 6 lỗ của phôi. Đầu tiên, phôi được đặt vào đồ gá, không cần điều chỉnh tâm của các lỗ phôi cho chính xác với vị trí taro. Hệ thống sẽ tự động kẹp để định vị phôi, sau đó xoay phôi và tự động xác định vị trí lỗ cần taro. Kế tiếp, khi đã xác định được lỗ cần taro, hệ thống sẽ tự động

kẹp chặt phôi để giữ phôi không bị xoay trong quá trình taro. Khi đã kẹp xong trục máy taro sẽ tự động đi xuống taro, sau khi đi hết hành trình taro thì tự rút về. Sau khi taro xong hệ thống kẹp nhả ra, phôi tiếp tục được xoay đến vị trí lỗ tiếp theo và tiếp tục quá trình taro như cho lỗ đầu tiên. Đến khi taro đủ 6 lỗ thì hệ thống máy taro dừng lại. Phôi được đưa ra khỏi cơ cấu gá.

2.2. Phương án thiết kế phần cơ khí hệ thống gá và xoay phôi

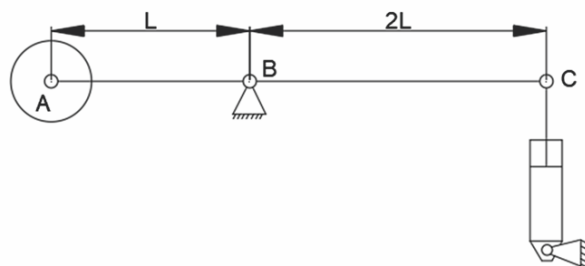
Cơ cấu định vị và xoay phôi đóng vai trò quan trọng trong hệ thống taro ren tự động. Trong mục này sẽ trình bày phương án thiết kế cơ khí hệ thống gá và xoay phôi tự động cho máy taro ren gồm các bộ phận sau: cơ cấu định vị và xoay phôi mặt bích dùng 3 con lăn, cơ cấu kẹp định vị thông qua con lăn, cơ cấu kẹp tại vị trí taro và cơ cấu lựa lỗ taro. Một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến cho các hệ thống gá và xoay phôi tự động là phương án sử dụng bàn xoay chia độ kết hợp với mâm cặp 3 chấu. Tuy nhiên, phương án này cần có người công nhân thực hiện chính xác việc gá phôi lúc ban đầu sao cho lỗ taro ở đúng vị trí cần taro. Vì thế, phương án này khó kết hợp trong một hệ thống tự động. Ngoài ra, việc gá đặt các phôi kích thước lớn cần mâm cặp loại lớn dẫn đến giá thành tăng đáng kể.

Trong nghiên cứu này, phương án được đề xuất là cơ cấu định vị và xoay phôi mặt bích sử dụng 3 con lăn, được thể hiện trong Hình 2. Đối với cơ cấu này thì hai con lăn bên trong (ký hiệu số 2 và 3) cố định và là hai con lăn chủ động truyền chuyển động xoay cho phôi nhờ lực ma sát giữa phôi và con lăn. Con lăn bên ngoài (số 1) là con lăn bị động sẽ được đẩy ra, đẩy vô để kẹp và định vị phôi. Cơ cấu này kết hợp thêm các phiên tỷ ở phía dưới phôi để tạo mặt định vị bên dưới khi kẹp phôi.



Hình 2. Sơ đồ biểu diễn vị trí của 3 con lăn so với phôi.

Cơ cấu kẹp định vị thông qua con lăn dùng để đẩy con lăn số 1 ra hoặc vào tiếp xúc với phôi. Mục đích chính là để định vị phôi còn kẹp chặt chỉ là phụ nên lực kẹp cần thiết sẽ chọn không quá lớn. Nhóm lựa chọn sử dụng cơ cấu kẹp dùng chi tiết càng kết hợp với xi lanh khí nén, thể hiện trong Hình 3. Chi tiết dạng càng hay còn gọi là cần được dùng để biến đổi chuyển động tịnh tiến thành chuyển động xoay hoặc được dùng để nâng tải. Nó được thiết kế để xoay quanh 1 chốt hay trục cố định hai đầu càng có thể thiết kế thêm khớp khuỷu đơn hoặc đôi để kết nối với các chi tiết khác. Chiều dài cánh tay đòn của càng được thiết kế thích hợp để có thể tối ưu được về mặt lực.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý cơ cấu kẹp dùng chi tiết càng kết hợp với xy lanh khí nén.

Cơ cấu kẹp tại vị trí taro được lựa chọn là dạng kẹp tích hợp sẵn trên các xy lanh khí nén. Về đầu cần kẹp, nhóm có thể yêu cầu bên sản xuất tùy chỉnh lại theo yêu cầu sao cho thích hợp với phương án kẹp đã thiết kế. Xy lanh kẹp khí nén có thể tạo ra lực kẹp từ vài kN đến chục nghìn kN tùy vào kích cỡ. Dòng này được sử dụng phổ biến trong các hệ thống tự động, do có thể điều khiển kẹp thông qua một bộ điều khiển khả trình (PLC), với thời gian trễ rất thấp và có thể điều chỉnh được.

Cơ cấu lựa lỗ taro mục đích để đảm bảo xác định được vị trí lỗ cần taro trùng với tâm mũi taro gắn trên máy. Từ đó giảm sai số, giảm được bước gá đặt chính xác ban đầu. Cơ cấu được đề xuất là cơ cấu sử dụng chốt côn tùy động. Đây là cơ cấu thường dùng trong gá định vị phôi. Ở đây, nhóm đề xuất ứng dụng để lựa lỗ cần taro. Giả sử khi phôi chưa ở đúng vị trí taro, người dùng đẩy chốt côn lên ép vào phôi, sau đó xoay phôi cho đầu chốt côn gài vào lỗ cần taro và giữ phôi lại tại vị trí đúng. Chốt côn này cần kết hợp với hệ thống xoay phôi thích hợp để không làm gãy đầu chốt côn. Lực nén của chốt côn hoàn toàn có thể điều chỉnh được bằng cách tăng lực nén ban đầu của lò xo bên trong chốt.

2.3. Phương án thiết kế phần điện khí nén và bộ điều khiển

Trong mục này sẽ trình bày phương án thiết kế phần điện khí nén và điều khiển cho hệ thống gá và xoay phôi tự động, gồm hai phần chính là cảm biến giới hạn hành trình của xy lanh và bộ điều khiển của hệ thống.

Đối với các xy lanh khí nén thường sẽ có tích hợp sẵn các cảm biến tiệm cận để giới hạn hành trình, các cảm biến này còn được gọi là auto-switch. Đối với các xy lanh có tích hợp

sẵn auto-switch thì bên trong piston của xy lanh có gắn một vòng nam châm, do đó các cảm biến tiệm cận từ hay còn gọi là auto-switch sẽ có tín hiệu mỗi khi xy lanh đi hết hành trình. Nhóm đề xuất sử dụng các xy lanh khí nén có tích hợp sẵn cảm biến tiệm cận để giới hạn hành trình.

Về bộ điều khiển, nhóm sử dụng một bộ điều khiển khả trình (PLC) để điều khiển toàn bộ hệ thống. Khác với các bộ điều khiển thông thường chỉ có một thuật toán điều khiển nhất định, PLC có khả năng thay đổi thuật toán điều khiển, tùy biến do người sử dụng viết thông qua một ngôn ngữ lập trình. Do vậy, nó cho phép thực hiện linh hoạt tất cả các bài toán điều khiển. Ngoài ra, mạch điện gọn nhẹ, dễ dàng trong việc bảo quản và sửa chữa. Cấu trúc dạng module, cho phép dễ dàng thay thế, mở rộng đầu vào/ra, mở rộng chức năng khác. Khả năng chống nhiễu tốt, làm việc tin cậy trong môi trường công nghiệp.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong mục này, bài báo trình bày các kết quả sau: Kết quả thiết kế và tính toán phần cơ khí, kết quả thiết kế hệ thống điện khí nén và điều khiển, và giải thuật điều khiển hệ thống gá và xoay phôi tự động cho máy taro.

3.1. Kết quả tính toán và thiết kế phần cơ khí của hệ thống

Trong mục này trình bày các kết quả thiết kế và tính toán cơ khí của hệ thống gá và xoay phôi tự động, bao gồm các kết quả sau: Tính toán lực kẹp trên hệ thống gá, thiết kế chi tiết cang (lever) trong cơ cấu kẹp định vị, tính toán thiết kế bộ truyền chuyển động xoay cho phôi, tính toán thiết kế cơ cấu lựa lỗ taro. Mục tiêu đặt ra là taro cho phôi mặt bích đường

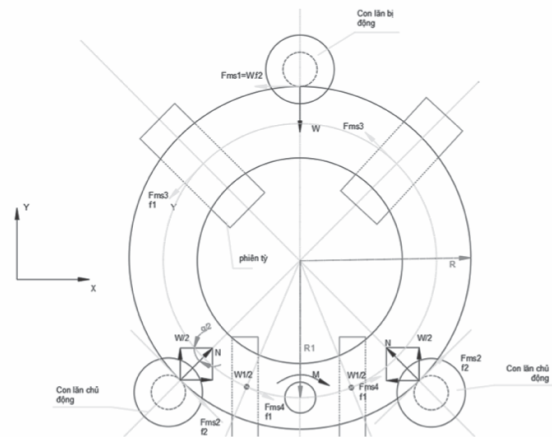
kính Ø300mm, có 6 lỗ khoan Ø24mm. Taro ren M27x3, thời gian taro đặt ra là khoảng 1 phút cho một sản phẩm.

3.1.1. Tính toán lực kẹp trên hệ thống gá

Để tính toán lực kẹp trên hệ thống gá cần xác định vận tốc cắt, lượng ăn dao của máy và moment cắt khi taro lỗ M27. Vận tốc cho phép khi sử dụng mũi taro xoắn, vật liệu phôi là thép SS400 là từ 8-15m/min. Chọn tốc độ trục chính của máy taro là 150 rpm, và từ công thức tính vận tốc trục chính [10, 11], nhóm tính được vận tốc cắt là 13 m/min, từ đó tính được lượng ăn dao của máy là 450mm/min. Momen cắt ước tính khoảng 52 Nm [12]. Có hai vị trí kẹp phôi, gồm vị trí do cơ cấu càng để kẹp phôi và vị trí do cơ cấu con lăn kẹp phôi. Gọi lực kẹp phôi do con lăn là W , lực kẹp phôi do cơ cấu càng là $W1$ thì sơ đồ phân tích lực được biểu diễn trong Hình 4. Từ đó, ta tìm ra mối liên hệ giữa W và $W1$, và nếu chọn $W = 300N$ thì $W1 = 1930N$.

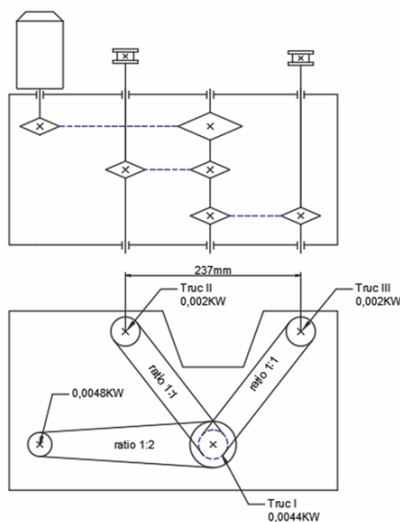
3.1.2. Thiết kế chi tiết càng cho cơ cấu kẹp định vị

Cơ cấu càng có sơ đồ nguyên lý như Hình 5. Theo sơ đồ nguyên lý trên, ta có phản lực R là tổng của lực đẩy của xy lanh P và lực tác động hay lực kẹp của con lăn W . Do đó, R được tính khoảng 450N. Ta sử dụng thêm một ống lót trục có độ dày 3mm bằng đồng phốt pho để ép vào lỗ chốt tại B. Việc này sẽ giúp gia tăng tuổi thọ của chi tiết càng. Khi mài mòn xảy ra, ta chỉ cần tháo ống lót và thay ống lót mới. Đường kính trong của gối tựa (boss at fulcrum) tại chốt B là 16mm. Đường kính ngoài của gối tựa tại chốt tựa B là 32mm. Thiết kế tương tự cho khớp khủy đôi và chốt tại A và C. Độ dày của càng được lựa chọn là 7mm và chiều rộng của càng là 20mm.

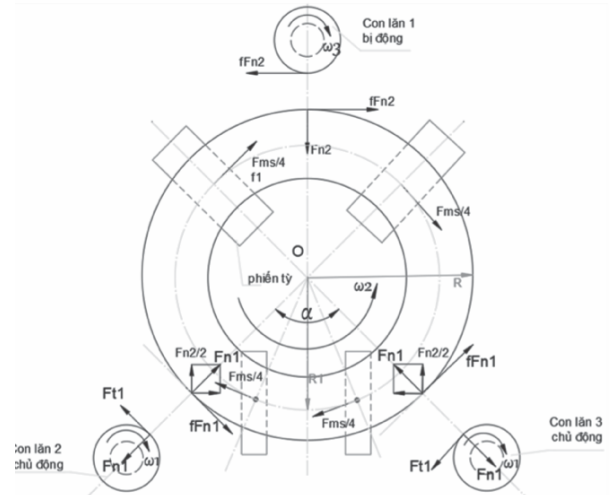


Đầu tiên, nhóm tiến hành xác định vận tốc tại trục con lăn. Ta có năng suất đặt ra ở đầu bài là khoảng 1 sản phẩm trong 1 phút. Thời gian taro cho mỗi lỗ là 7s. Một sản phẩm có 6 lỗ nên tổng thời gian taro là 42s. Taro xong 6 lỗ thì phôi cũng xoay được một vòng nên vận tốc xoay phôi là 3,333 vòng/phút. Vậy thời gian để phôi xoay từ lỗ thứ i đến lỗ thứ $i+1$ là 3 giây. Ta thấy rằng dùng các con lăn để truyền chuyển động xoay cho phôi cũng tương tự với bộ truyền bánh ma sát trụ. Nhưng ở đây ta chỉ sử dụng với mục đích truyền vận tốc là chính còn truyền công suất chỉ là phụ. Ta có đường kính phôi là 300mm và đường kính con lăn chọn sơ bộ là 40mm nên ta có vận tốc tại trục con lăn tính theo công thức của bộ truyền bánh ma sát [13] là 26 vòng/phút.

Kế tiếp, nhóm tiến hành xác định moment tại trục gắn con lăn chủ động. Ta có thể coi việc sử dụng các con lăn để truyền chuyển động xoay cho phôi là tương tự với một bộ truyền bánh ma sát trụ. Từ đó, ta có sơ đồ phân tích lực như trong Hình 7. Từ đó, ta tính được moment xoắn và công suất tại mỗi trục con lăn 2 và 3 lần lượt là 680 Nmm và 0,0022KW, từ đó có thể tính công suất tại trục I là 0,0044KW.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý các bộ truyền xích.



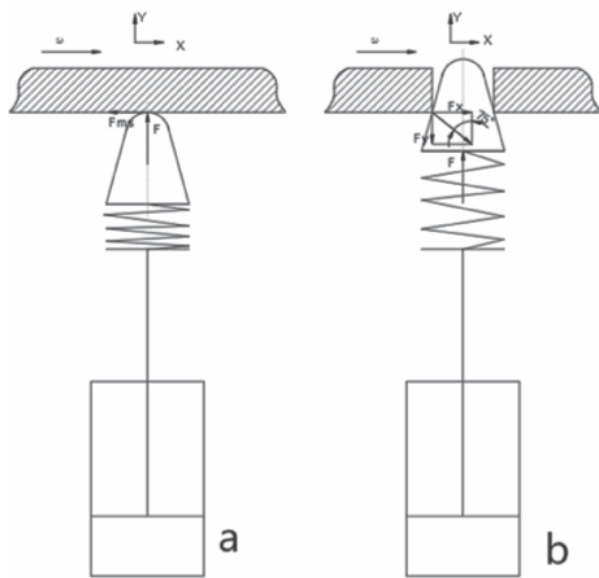
Hình 7. Sơ đồ phân tích lực tác dụng lên phôi khi đang xoay.

3.1.4. Tính toán thiết kế cơ cấu lựa lỗ taro

Cơ cấu lựa lỗ taro dùng chốt côn tùy động hoạt động theo nguyên tắc xy lạnh khí nén đẩy chốt côn lên tiếp xúc với bề mặt phôi như hình a, khi phôi xoay đến vị trí lỗ cần taro thì đầu chốt côn đẩy lên gài vào lỗ như hình b, khi chốt côn gài vào lỗ thì cũng sẽ cản chuyển động xoay của phôi làm cho phôi dừng lại. Hình 8 thể hiện mô hình hoạt động của chốt côn tùy động này.

Ta có moment tạo chuyển động xoay cho phôi là 12720N.mm, moment cản tác dụng lên phôi là 11000N.mm [14], do đó khi chốt côn gài vào lỗ để cho phôi dừng hẳn chuyển động ta cần tạo một lực đẩy đủ lớn cho chốt côn. Tuy nhiên, nếu lực đẩy này quá lớn thì lực ma sát của đầu chốt côn với phôi sẽ cản trở làm cho phôi không thể xoay được, do đó cần phải giới hạn lại lực đẩy. Vậy lực đẩy do lò xo tạo ra để đẩy chốt côn phải nhỏ hơn 71,5N và lớn hơn 4N để có thể làm dừng phôi khi chốt côn đã gài vào lỗ, và khi chưa gài vào lỗ thì không tạo ra lực ma sát quá lớn làm cho phôi dừng lại.

Tuy nhiên, hệ thống khi hoạt động sẽ có sai số do hệ thống đồ gá, bắt nguồn từ việc chế tạo đồ gá không chính xác, do đồ gá bị mòn hoặc do sai số khi thực hiện gá đặt. Sai số gá đặt trong phương án đề xuất là sai số lệch tâm giữa lỗ và trục chính của máy taro. Sai số gá đặt cho phép khoảng 1,1 mm [14].



Hình 8. Mô hình hoạt động của chốt côn tùy động.

3.2. Kết quả thiết kế hệ thống điện, khí nén và điều khiển

Trong mục này trình bày các kết quả tính toán hệ thống điện và điều khiển của hệ thống gá và xoay phôi tự động, bao gồm các kết quả sau: Tính toán lựa chọn xy lanh khí nén, lựa chọn động cơ, lựa chọn khí cụ điện.

3.2.1. Tính toán lựa chọn xy lanh khí nén

Nhóm nghiên cứu chọn tất cả các xy lanh trong hệ thống đều hoạt động ở mức áp suất là 6 bar.

- Xy lanh khí nén trong cơ cấu kẹp

định vị: Ta có lực cần thiết tạo ra bởi xy lanh khí nén như đã tính toán là 150N, với áp suất hoạt động đặt ra chung cho cả hệ thống là 6bar ta tính được đường kính xy lanh là 17,8 mm. Ta chọn lại đường kính xy lanh tiêu chuẩn là 20mm [15].

Tra theo catalogue của hãng SMC, ta chọn loại xy lanh có mã là CDM2C20-25SZ-NV-M9BW với 20 là đường kính xy lanh tương ứng 20mm, 25 là hành trình xy lanh tương ứng 25mm. Với hành trình 25mm đã đủ đáp ứng yêu cầu đặt ra nên ta chọn hành trình bằng 25mm. S là chọn xy lanh một tác động, và NV là tùy chọn loại đầu cần piston và đuôi xy lanh. M9BW là có tích hợp 2 auto switch tương tự như hai công tắc hành trình.

- Xy lanh khí nén dùng để kẹp phôi: Ta có lực kẹp cần thiết như đã tính toán là 1930N, áp suất làm việc 6bar. Tham khảo catalogue của hãng DESTACO, dòng xy lanh kẹp chuyên dụng có hình dạng xy lanh là dạng oval. Ta có dòng xy lanh TCC-2E230050L8 có thể tạo ra lực kẹp 1930N. Theo catalogue, 50 là đường kính xy lanh, L8 là có tích hợp autoswitch.

Ta có biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dài cần kẹp với lực kẹp tạo ra. Dựa vào biểu đồ, ta có thể thấy để tạo ra lực kẹp khoảng 2000N, ta cần sử dụng cần kẹp có độ dài khoảng 100mm. 100mm ở đây là khoảng cách từ điểm đặt lực kẹp đến điểm xoay của xy lanh theo lưu ý của catalogue của hãng. Để có được khoảng cách này, ta chọn cần kẹp dài 150mm của hãng có mã B8JG-3238-1.

- Tính toán lựa chọn xy lanh khí nén cho cơ cấu lựa lỗ dùng chốt côn tùy động: Ta có xy lanh cần nâng được khối lượng của chốt côn khoảng 0,5kg và các chi tiết phụ để gắn chốt côn vào đầu cần xy lanh có khối lượng

khoảng 0,5kg, đồng thời phải chịu được phản lực của lò xo trong chốt côn khi chốt được đẩy ra ép vào bề mặt phôi. Phản lực này như đã tính toán bên trên là nhỏ hơn 71,5N. Vậy tổng lực mà xy lanh cần tạo ra được là 81,3 N. Ta chọn lại đường kính xy lanh theo tiêu chuẩn là 16mm hoặc 20mm. Sau khi tham khảo dòng xy lanh khí nén chuyên dùng cho các loại chốt định vị trong gá phôi, ta chọn được xy lanh có mã 86P30-502L8002.

3.2.2. Lựa chọn động cơ

Với các thông số đã tính toán ở mục 3.1.3, ta có các thông số cơ bản cho động cơ như sau: Vận tốc tại trục động cơ cần thiết là 52v/p, công suất của động cơ là 9,6W. Ngoài ra, động cơ nên có thêm thắng (phanh) để đảm bảo việc dừng chuyển động diễn ra nhanh chóng khi có tín hiệu ngắt.

Từ các thông số cơ bản trên, ta chọn sử dụng động cơ DKM 7BDGE-10G. Động cơ có

tích hợp hộp giảm tốc có tỉ lệ 1:30 nên vận tốc tại trục đầu ra còn 50v/p.

3.2.3. Lựa chọn khí cụ điện

Ta cần tính toán lựa chọn các khí cụ điện như CB (Circuit Breaker), contactor, relay quá nhiệt. Để chọn được loại khí cụ điện phù hợp, ta cần đi tính dòng điện định mức và dòng điện khởi động của 2 động cơ sử dụng trong mạch. Bao gồm động cơ 3 pha của máy taro, động cơ 1 pha của bộ truyền chuyển động cho phôi.

Đối với động cơ 3 pha, động cơ máy taro theo sơ đồ mạch điện ban đầu của nhà sản xuất là mạch khởi động trực tiếp. Do đó, ta chọn dòng khởi động bằng (5-7) dòng điện định mức, khoảng 14A [16]. Đối với động cơ AC 1 pha theo catalogue của hãng DKM motor thì dòng điện định mức của motor là 0,16A. Ta có bảng các khí cụ điện được lựa chọn như trong Bảng 1.

Bảng 1. Các khí cụ điện được lựa chọn cho hệ thống.

STT	Tên khí cụ điện	Thông số
1	CB (Circuit Breaker) 3 pha	MCB Schneider A9F74325 + Số cực: 3P; + Dòng điện định mức: 25A; + Dòng cắt ngắn mạch: 6kA; + Điện áp định mức: 400V.
2	CB 1 pha	MCB Schneider EZ9F34210 + Số cực: 2P; + Dòng điện định mức: 10A; + Dòng cắt ngắn mạch: 4.5kA; + Điện áp định mức: 230V.
3	Contactor cho động cơ 3 pha	Schneider LC1D09BD + Dòng điện điều khiển 24V DC; + Số cực: 3 NO; + Điện áp định mức 400V; + Dòng điện định mức 9A.

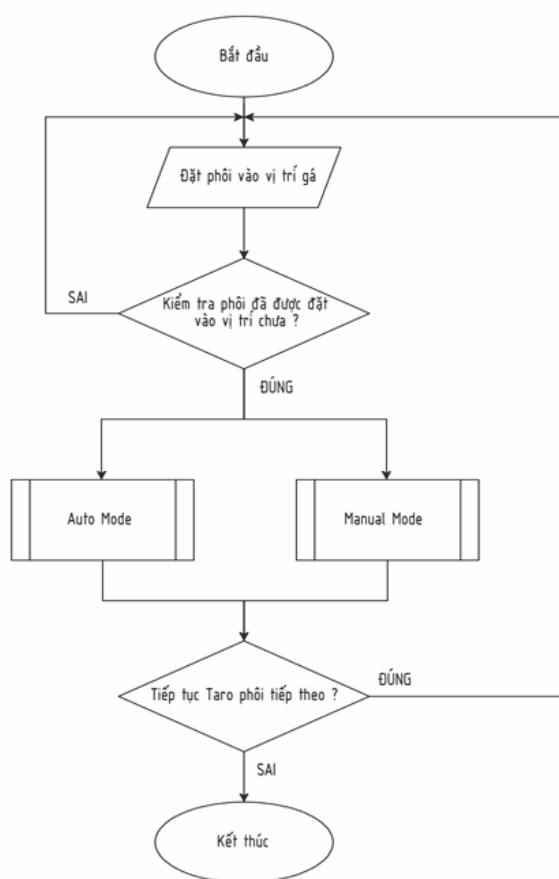


4	Contactơ cho động cơ 1 pha	Schneider A9C20137 + Dòng điện định mức 25A; + Điện áp điều khiển 24V; + Tiếp điểm 4 cực NC.
5	Cầu chì cho động cơ 3 pha	Schneider DF103 + Số cực: 3P; + Cầu chì tương thích: 10x38 mm. Chọn loại cầu chì DF2CA06 6A; + Dòng điện định mức: 32A; + Điện áp: 690V AC.
6	Cầu chì cho động cơ 1 pha	Schneider DF101 + Số cực: 1P; + Cầu chì tương thích: 10x38 mm. Chọn loại cầu chì DF2CA005 0,5A; + Dòng điện định mức: 32A; + Điện áp: 690V AC.

3.3. Giải thuật điều khiển

Hình 9 thể hiện lưu đồ giải thuật chính của hệ thống gá và xoay phôi tự động. Chương trình chính sẽ khái quát các bước cơ bản khi bắt đầu thực hiện taro một phôi. Từ chương trình chính, ta sẽ có hai lựa chọn, chọn chế độ auto hay chế độ manual, tùy vào mục đích mà ta lựa chọn cho phù hợp. Hiện tại, hệ thống chỉ taro tự động cho một phôi nên sau khi hoàn thành thì sẽ phải chọn lại chế độ taro. Đối với chương trình con Auto Mode, khi đã xác nhận phôi được đặt vào đúng vị trí sẽ tiến hành điều khiển tuần tự các bước sau: định vị, xoay phôi, lựa lỗ taro, dừng phôi, kẹp phôi, tiến hành taro, nhả kẹp và tiếp tục lặp lại cho đến khi đủ 6 lỗ thì dừng. Đối với chương trình con Manual Mode sẽ được sử dụng khi lắp đặt đồ gá, kiểm tra lỗi. Chương trình Manual Mode sẽ thực hiện riêng lẻ từng hành động chứ không thực hiện tuần tự như chương trình Auto Mode.

LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT CHƯƠNG TRÌNH CHÍNH



Hình 9. Lưu đồ giải thuật chương trình chính.

Kết quả mô phỏng, kiểm nghiệm code PLC về điều khiển tuần tự các phần tử điện - khí nén được thể hiện trong video gửi kèm theo bài báo. Kết quả cho thấy tính đúng đắn của phương án thiết kế và điều khiển được đề xuất.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một phương án thiết kế hệ thống gá và xoay phôi tự động cho máy taro dạng bàn. Hệ thống được xây dựng dựa trên nguyên lý 3 con lăn giúp định vị và xoay phôi dạng tròn. Phần điện khí nén của hệ thống cũng được xây dựng và kiểm tra hoạt động thông qua phần mềm mô phỏng dựa trên một PLC. Kết quả của bài báo có thể được đưa vào ứng dụng thực tế cho các máy taro ren dạng bàn hiện có trên thị trường. ❖

Ngày nhận bài: 09/9/2024

Ngày phản biện: 04/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “Taro: Khái niệm và phương pháp cắt ren bằng mũi taro”, truy cập ngày 09/08/2024, từ: <https://hutscom.vn/taro-khai-niem-va-phuong-phap-cat-ren-bang-mui-taro.html>
- [2]. “Máy taro tự động bánh răng Unifast T-6516-m16”, truy cập ngày 09/08/2024, từ: <https://www.cokhi24h.vn/products/may-taro-tu-dong-t-6516-m3-m16?srsId=AfmBOoq4E2AJtrMnuNZwFZLKmA4BHPQM2NwAO79V-C21NbAeDZcteBaV>
- [3]. Didi Istardi, Remon Simatupang, “Redesigning effect of auto tapping machine system in small production scale”. Jurnal Teknologi, vol. 77, no. 22, pp. 19-25, 2015.
- [4]. Hardik J. Patel, Bhaveshkumar P. Patel, S. M. Patel, “A review on thread tapping operation and parametric study”. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 2, Issue 3, May-Jun 2012, pp.109-113.
- [5]. Prashant R. Mali, Himanshu A. Patel, Nilesh J. Parekh, “A review on pneumatic tapping machine”. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 2, February – 2014, pp. 1461-1463.
- [6]. Alain Gil Del Val, Fernando Veiga, Mariluz Penalva and Miguel Arizmendi, “Oversizing thread diagnosis in tapping operation”. Metals 2021, 11, 537.
- [7]. Gil Del Val, Fernández J., Arizmendi M., Veiga F., Urizar J. L., Berriozábal A., Axpe A., Diéguez P. M., “On line diagnosis strategy of thread quality in tapping”. The Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC 2013, Procedia Engineering 63 (2013), pp. 208-217.
- [8]. En-Yu Lin, Ju-Chin Chen and Jenn-Jier James Lien, “Intelligent tapping machine: Tap geometry inspection”. Sensors 2023, 23, 8005.
- [9]. Phạm Văn Toàn, Trần Hữu Tuyển, Trương Minh Thắng, “Thiết kế, chế tạo máy gia công ren chuyên biệt”. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số đặc biệt tháng 12 năm 2021, trang 141-148.
- [10]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, “Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí - Tập 1”. NXB. Giáo dục Việt Nam (2010).
- [11]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, “Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí - Tập 2”. NXB. Giáo dục Việt Nam (2010).
- [12]. Nguyễn Hữu Lộc, “Cơ sở thiết kế máy”. NXB. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (2006).
- [13]. Trần Văn Địch, “Thiết kế đồ án công nghệ chế tạo máy”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội (2007).
- [14]. Trần Văn Địch, “Đồ gá”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội (2006).
- [15]. “Tổng hợp công thức tính toán cho hệ thống khí nén”, truy cập ngày 18/09/2024, từ <https://aircompressor-vietnam.com/tong-hop-cong-thuc-tinh-toan-cho-he-thong-khi-nen>
- [16]. Phạm Văn Chối, “Khí cụ điện”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CẤU TRÚC VẢI ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH KÍCH THƯỚC SAU KHI GIẶT CỦA VẢI DENIM CHUN VÀ KHÔNG CHUN

INFLUENCE OF FABRIC STRUCTURAL PARAMETERS ON DIMENSIONAL STABILITY AFTER WASHING OF ELASTIC AND NON-ELASTIC DENIM FABRICS

Giànn Thị Thu Hường
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Để tăng tiện nghi và thời trang cho vải denim, sợi bông đốt tre và sợi bông bọc chun đã được sử dụng trong vải. Tuy nhiên, khi thay đổi các thông số cấu trúc vải như thành phần nguyên liệu sợi dọc hay sợi ngang, mật độ sợi dọc hay mật độ sợi ngang đều có ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của vải. Trong bài báo này đã nghiên cứu ảnh hưởng của thông số cấu trúc vải khi sử dụng sợi 100% bông đốt tre chải thô với sợi bông đệm lõi chun, có các mật độ sợi thay đổi đến độ ổn định kích thước và độ xiên canh sau giặt của vải denim chun và không chun. Kết quả cho thấy, với thành phần nguyên liệu là sợi bông chải thô các mẫu vải đều bị co lại, mẫu vải nào mật độ sợi cao hơn thì độ co sau giặt thấp hơn và vải ổn định kích thước tốt hơn, sợi ngang là sợi bông bọc lõi chun có độ xiên canh của vải sau giặt thấp hơn. Nghiên cứu này là cơ sở khoa học để thiết kế thông số cấu trúc vải phù hợp với công nghệ xử lý hoàn tất và thiết kế sản phẩm may sử dụng vải denim chun và không chun.

Từ khóa: Sợi đốt tre; Sợi bọc chun; Độ co/giãn; Độ xiên canh; Vải bò.

ABSTRACT

To increase the comfort and fashion of denim fabric, slub cotton yarn and cotton core spun yarn have been used in the fabric. However, when changing the fabric structure parameters such as the composition of warp or weft yarn, warp yarn density or weft yarn density, it affects the physical properties of the fabric. In this paper, the influence of fabric structure parameters when using 100% carded slub cotton yarn with core spun yarn, with different yarn densities, on the dimensional stability and the skew after washing of elastic and non-elastic denim fabric was studied. The results showed that with the raw material composition of carded cotton yarn, all fabric samples were shrunk, the fabric sample with higher yarn density had lower shrinkage after washing and better dimensional stability, the weft yarn was cotton core spun yarn had lower skew after washing. This study is the scientific basis for designing fabric structure parameters suitable for finishing technology and designing garment products using elastic and non-elastic denim fabrics.

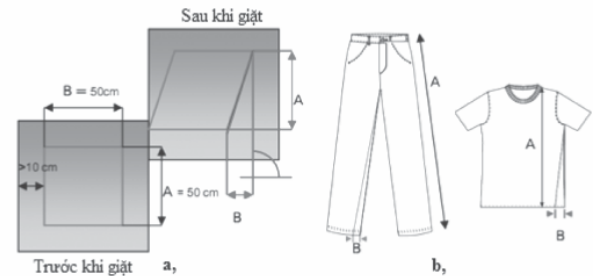
Keywords: Slub yarn; Core-spun yarn; Shrinkage/stretch; Skew; Denim fabric.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vải denim dệt thoi ngày càng phong phú từ chất liệu cho đến kiểu dáng, sợi sử dụng trong dệt vải denim cũng có nhiều kiểu khác nhau. Bên cạnh các sợi thông thường sợi có độ đều cao, thì hiện nay để tạo ra loại vải kiểu trên mặt vải có hiệu ứng sọc mưa, người ta sử dụng sợi kiểu có độ không đều cao hay còn gọi là sợi đốt tre (slub yarn). Sợi đốt tre là dạng sợi kiểu, thân sợi không đều, vải dệt từ sợi đốt tre nhìn thô hơn so với vải dệt từ sợi thông thường. Tùy theo, sợi đốt tre được dùng làm sợi dọc hay sợi ngang mà sọc trên vải theo chiều dọc hay chiều ngang hoặc cả hai chiều. Để tăng tính tiện nghi cho sản phẩm từ vải denim, trong thành phần sợi bông đã kết hợp với sợi chun (spandex) tạo ra sợi bông bọc lõi sợi chun (cotton core spun yarn), vải denim chun có độ đàn hồi và làm tăng tính tiện nghi cho các sản phẩm may. Vải denim chun đã đáp ứng được sự thoải mái cho người mặc, đồng thời đã đảm bảo được phom dáng của sản phẩm đáp ứng về yêu cầu thẩm mỹ. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm, sản phẩm từ vải denim chun còn tồn tại nhược điểm lớn là khó ổn định về kích thước [1].

Trong quá trình tạo ra sản phẩm may mặc có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến phom dáng và chất lượng của sản phẩm như độ nhàu, độ lệch canh vải, độ rũ, độ co, độ rã của vải... Độ ổn định kích thước của vải sau giặt được phản ánh qua nhiều chỉ tiêu, trong đó độ co/giãn và độ xiên canh vải là những chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến tính thẩm mỹ và kích thước của sản phẩm trong cắt may và trong quá trình sử dụng [2]. Độ xiên canh của vải sau giặt (skewed after laundering) là một lỗi xuất hiện trong một tấm vải dệt thoi xảy ra khi một hệ sợi này bị lệch tạo thành một góc khác 90° so với hệ sợi kia của vải, nguyên nhân gây ra do là việc tác động sức căng của các hệ sợi không

đồng đều trong quá trình dệt và quá trình hoàn tất dẫn đến canh sợi ngang không vuông góc với canh sợi dọc. Nếu lỗi này không được giải quyết ngay, nó sẽ là nguyên nhân gây ra hiện tượng vắn ống quần hay thân áo, tay áo... là lỗi đặc biệt nghiêm trọng cho chất lượng sản phẩm may như trên Hình 1a,b [3].



Hình 1. a) Mô phỏng hiện tượng xiên canh dọc của vải sau khi giặt; b) Hình vẽ hiện tượng quần bị vắn ống và áo bị vắn thân theo hướng dọc.

Quá trình giặt mang lại cho vải denim có màu sắc và hình thái phong phú. Đồng thời, trong quá trình sử dụng, sản phẩm từ vải denim như quần, áo cũng sẽ phải qua quá trình giặt nhiều lần. Tuy nhiên, chính các quá trình này cũng đem lại sự thay đổi các đặc tính cơ học của vải, ảnh hưởng đến chất lượng và phom dáng của sản phẩm, đặc biệt là đối với denim co giãn [4]. Có nhiều yếu tố công nghệ dệt ảnh hưởng đến sự ổn định kích thước như độ co/giãn và độ xiên canh của vải denim sau giặt như thành phần nguyên liệu, cấu trúc sợi, mật độ sợi dọc/ngang, hình thức liên kết..., nghiên cứu này là rất cần thiết cho việc xác định các thông số công nghệ sản xuất vải phù hợp cho thiết kế sản phẩm may. Trong phạm vi nghiên cứu đã xác định ảnh hưởng của thông số thành phần nguyên liệu sợi dọc, sợi ngang và mật độ sợi dọc, sợi ngang đến độ co/giãn và độ xiên canh sau giặt của các mẫu vải denim không chun sử dụng sợi đốt tre và mẫu vải denim chun sử dụng sợi ngang là sợi bông bọc lõi chun.



2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Các mẫu vải denim được dệt trên máy dệt Picanol, có các thông số kỹ thuật như trong Bảng 1, được sản xuất tại Công ty Vina Denim, vải có cùng kiểu dệt vân chéo phải 3/1. Vải thí nghiệm là vải thành phẩm sau khi qua đầy đủ các công đoạn của xử lý hoàn tất như đốt lông, làm bóng, sấy văng và phòng co.

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của vải mẫu

Mẫu vải	Sợi dọc	Sợi ngang	Mật độ sợi dọc (sợi/inch)	Mật độ sợi ngang (sợi/inch)	Tỷ lệ đàn hồi của chun (%)	Khối lượng (g/m ²)
M1	SB7	SB7	68	50	3,5	442,8
M2	SB7	SB7	68	47	3,5	436,2
M3	SB7	70D12	65	45	3,5	377,6
M4	SB7	70D12	59	45	3,5	370,8

*Ghi chú: - SB7 là sợi đốt tre (slub yarn) 100% bông chải thô có chỉ số sợi Ne7;
- 70D12 là sợi bông chải thô bọc lõi sợi chun 70D có chỉ số Ne12.

Đặc điểm kỹ thuật của các mẫu vải: Mẫu M1, M2 có cùng mật độ sợi dọc, khác nhau về mật độ sợi ngang, cùng loại sợi và khối lượng g/m² tương đương nhau - xếp vào nhóm mẫu I; Mẫu M3, M4 có cùng mật độ sợi ngang nhưng khác nhau về mật độ sợi dọc, sợi dọc cùng loại với nhóm I, còn sợi ngang là sợi bọc lõi chun, có khối lượng g/m² gần tương đương - xếp vào nhóm mẫu II.

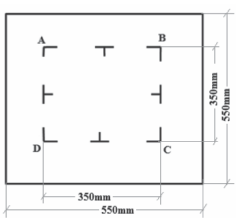
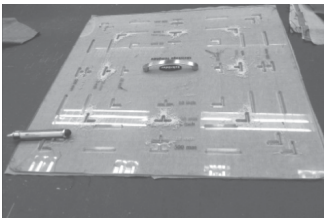
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Chuẩn hóa mẫu trong điều kiện: nhiệt độ $20 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm tương đối $65 \pm 2\%$ theo tiêu chuẩn TCVN 178:2007 [4]. Thực nghiệm được tiến hành tại phòng thí nghiệm của Công ty TCE Vina Denim. Phương pháp xác định độ co, giãn sau giặt của vải theo tiêu chuẩn AATCC 135/150 (US) [5]. Phương pháp xác định độ giãn co, giãn theo chiều dọc và chiều ngang C (%) của mẫu được tính toán theo công thức sau:

$$C = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

Trong đó:

với kích thước quy định được thực hiện bằng dụng cụ (Hình 2), sử dụng máy giặt và máy sấy chuyên dùng. Chế độ giặt thông thường: Nhiệt độ giặt: $27 \pm 2^\circ\text{C}$; Thời gian giặt: 16 phút/1 lần; Nhiệt độ sấy: 90°C ; Thời gian sấy: 20 phút.



Hình 2. Dụng cụ và kích thước mẫu xác định độ co và độ giãn co của vải

Độ co, giãn theo chiều dọc và chiều ngang C (%) của mẫu được tính toán theo công thức sau:

- Lo: Kích thước mẫu trước giặt (350x350mm);

- L: Kích thước AB (xác định độ co ngang vải) hay BC (xác định độ co dọc vải) của mẫu sau khi giặt.

Nếu kích thước vải giảm là vải bị co lại (C có giá trị âm), nếu kích thước vải tăng là vải giãn ra (C có giá trị dương). Đo và xác định các kích thước của mẫu sau 1 lần và 3 lần giặt.

Độ xiên canh X (%) của vải sau khi giặt được xác định theo công thức:

$$X = \frac{2(AC-BD)}{(AC+BD)} \cdot 100 (\%) \quad (2)$$

Trong đó:

- AC, BD là kích thước của hai đường chéo trong hình mẫu ABCD (mm);

- $AC > BD$, X có giá trị dương, canh vải thiên sang trái;

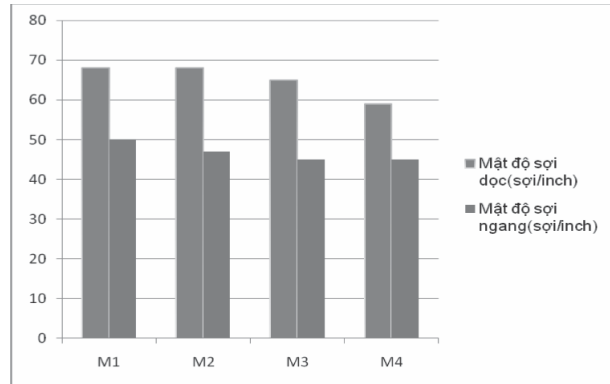
- $AC < BD$, X có giá trị âm, canh vải thiên sang phải.

Với mẫu vải denim đạt yêu cầu khi các chỉ tiêu trên phải nhỏ hơn 3%. Sử dụng phần mềm Excel 2013 để xử lý kết quả thực nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. So sánh và đánh giá các thông số cấu trúc của các mẫu vải denim thực nghiệm

Trên cơ sở thông số cấu trúc vải Bảng 1, lập biểu đồ so sánh mật độ sợi dọc và mật độ sợi ngang của 4 mẫu vải denim thực nghiệm được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Biểu đồ so sánh mật độ sợi dọc và mật độ sợi ngang của các mẫu vải denim

Nhận xét, các mẫu vải có cùng kiểu dệt vân chéo phải 3/1, cùng nguyên liệu sợi dọc 100% bông sợi đốt tre Ne7. Nhóm mẫu M1 và M2 có cùng mật độ sợi dọc, cùng loại sợi ngang nhưng mật độ sợi ngang M1 lớn hơn M2 là 6%. Nhóm mẫu M3 và M4 có mật độ sợi dọc thấp hơn mẫu M1 và M2, đồng thời mẫu M4 có mật độ sợi dọc thấp nhất thấp hơn mẫu M3 là 10%. Nhóm mẫu M3, M4 có cùng mật độ sợi ngang và cùng loại sợi ngang là sợi bông dệt chun, mật độ ngang của hai mẫu này bằng nhau và thấp hơn mẫu M2 là 4,4%. Mật độ sợi và thành phần nguyên liệu là những yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc vải và những đặc tính của vải cũng thay đổi theo.

3.2. Xác định ảnh hưởng của thông số cấu trúc vải đến sự thay đổi kích thước sau giặt của mẫu vải denim

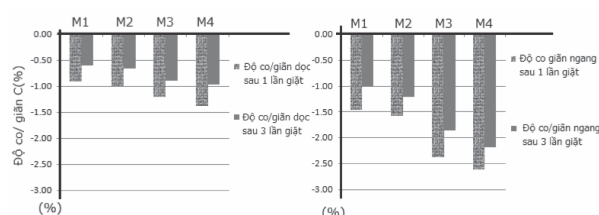
Độ ổn định kích thước của vải được thể hiện qua các giá trị độ co/giãn của vải sau khi giặt. Xác định độ co, giãn sau giặt lần 1 và lần 3 của vải theo tiêu chuẩn AATCC 135/150 (US), tiến hành thí nghiệm với mỗi mẫu (M1; M2; M3; M4) trên ba mẫu vải, tính giá trị trung bình và xác định độ co/giãn theo chiều dọc và chiều ngang của vải theo công thức (1). Kết quả được tính toán và ghi trên Bảng 2.



Bảng 2. Kết quả xác định độ co/giãn của mẫu vải denim sau 1 lần và 3 lần giặt

Mẫu (kích thước trước khi giặt 350 x 350 mm)		Kích thước trung bình sau giặt (mm)		Độ co/giãn của vải C (%)	
		Lần 1	Lần 3	Sau 1 lần giặt	Sau 3 lần giặt
M1	Dọc vải	346,8	347,9	-0,91	-0,60
	Ngang vải	344,9	346,5	-1,46	-1,00
M2	Dọc vải	346,5	347,7	-1,00	-0,66
	Ngang vải	344,5	345,8	-1,57	-1,20
M3	Dọc vải	345,8	346,9	-1,20	-0,89
	Ngang vải	341,7	343,5	-2,37	-1,86
M4	Dọc vải	345,2	346,6	-1,37	-0,97
	Ngang vải	340,9	342,4	-2,60	-2,17

Sử dụng phần mềm Excel 2013, lập biểu đồ so sánh độ co/giãn của 4 mẫu vải, thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Biểu đồ so sánh độ co/giãn theo chiều dọc và chiều ngang của mẫu vải denim sau 1 lần và 3 lần giặt

Nhận xét, các mẫu vải denim đều bị co sau giặt (C có giá trị âm), đây cũng do bản chất của thành phần nguyên liệu chủ yếu là sợi bông. Độ co sau giặt lần 3 thấp hơn sau giặt lần 1 (khoảng 0,3-0,4%) điều đó chứng tỏ sau giặt lần 3 cấu trúc của vải đã được ổn định hơn. Tuy nhiên, do các mẫu có thành phần nguyên liệu khác nhau và mật độ sợi dọc và ngang khác nhau nên phần nào đã ảnh hưởng đến độ co khác nhau của vải. Do mật độ sợi dọc của các mẫu đều cao hơn mật độ sợi ngang, nên độ co dọc thấp hơn độ co ngang (từ 0,40 đến 1,20%),

vải có độ ổn định kích thước theo chiều dọc tốt hơn theo chiều ngang. Theo tiêu chuẩn, các mẫu đều đạt yêu cầu có độ co đều nhỏ hơn 3%.

Nhóm mẫu M1, M2 có cùng thành phần sợi dọc và sợi ngang 100% bông đốt tre Ne7, có cùng mật độ sợi dọc, mẫu M1 có mật độ sợi ngang cao hơn mẫu M2 nên vải có độ ổn định kích thước tốt nhất (dọc: -0,6%; ngang: -1,0%). Tuy cùng mật độ sợi dọc, nhưng khi mật độ sợi ngang thay đổi cùng ảnh hưởng cả độ co dọc và độ co ngang của vải.

Nhóm mẫu M3, M4 có cùng thành phần sợi dọc 100% bông đốt tre Ne7 với nhóm I, chỉ khác sợi ngang là sợi bông chải thô bọc lõi sợi chun 70D có chỉ số Ne12, có cùng mật độ sợi ngang, tuy nhiên mẫu M3 có mật độ sợi dọc cao hơn, nên mẫu M3 có độ co sau giặt thấp hơn mẫu M4. Nhóm mẫu này có mật độ sợi thấp hơn nhóm mẫu M1, M2, do đó độ co sau giặt đều lớn hơn. Nhìn chung, nhóm mẫu II có độ ổn định kích thước thấp hơn nhóm mẫu I, do mật độ sợi thấp hơn và sợi ngang có bọc sợi chun, tỷ lệ đàn hồi của sợi chun phần nào đã ảnh hưởng đến độ co ngang của vải sau giặt.

3.2. Xác định ảnh hưởng của thông số công nghệ dệt đến độ xiên canh của mẫu vải denim

Dựa trên kết quả đo độ co/giãn sau giặt lần 3, ta nhận thấy cấu trúc vải được ổn định hơn so với sau 1 lần giặt, nên đã tiến hành xác định độ xiên canh sau giặt của vải theo tiêu chuẩn

AATCC TM179 (US); tiến hành thí nghiệm với mỗi mẫu (M1; M2; M3; M4): chuẩn bị 3 mẫu vải theo hình 2, đo các kích thước các đường chéo AC và BD của mẫu vải sau 3 lần giặt, xác định độ xiên canh của từng mẫu vải theo công thức (2), tính giá trị trung bình. Kết quả đo và tính toán ghi trên Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo và xác định độ xiên canh của mẫu vải denim sau giặt 3 lần

Mẫu (350 x 350 mm)		Kích thước sau 3 lần giặt (mm)		Độ xiên canh X (%)	
		AC	BD	Giá trị	Trung bình
M1	1	491,50	493,00	-0,41	-0,58
	2	488,00	491,50	-0,71	
	3	489,00	492,00	-0,61	
M2	1	497,00	485,00	-1,24	-1,28
	2	478,50	484,50	-1,35	
	3	480,00	486,00	-1,24	
M3	1	470,50	474,00	-0,74	-0,67
	2	469,50	472,50	-0,64	
	3	469,00	472,00	-0,64	
M4	1	466,50	470,50	-0,85	-0,82
	2	465,00	468,50	-0,75	
	3	466,00	470,00	-0,85	

Từ kết quả xác định ở Bảng 3, lập biểu đồ so sánh độ xiên canh của bốn mẫu vải denim, thể hiện trên Hình 5.



Hình 5. Biểu đồ so sánh độ xiên canh sau giặt 3 lần của các mẫu vải denim

Nhận xét: Độ xiên canh của cả 4 mẫu vải denim đều có giá trị âm, như vậy với cùng kiểu dệt vân chéo phải 3/1(Z) lông chéo chéo sang phải, canh vải có xu hướng xiên sang phải. Tuy nhiên, theo tiêu chuẩn độ xiên canh đều nhỏ hơn 3% nên vải đều đạt yêu cầu.

Nhóm I, mẫu M1, M2 có cùng loại sợi dọc và sợi ngang là sợi 100% bông đốt tre, mẫu M1 có mật độ sợi ngang cao hơn, đồng thời theo kết quả đo thì mẫu M1 cũng có độ co sau giặt thấp hơn so với mẫu M2, do đó độ xiên canh của mẫu M1 là thấp nhất, thấp hơn mẫu M2 là 0,7%. Trong cả 4 mẫu, mẫu M2 có độ xiên canh cao nhất (1,28%).

Nhóm II, mẫu M3, M4 có cùng loại sợi dọc là sợi 100% bông đốt tre và sợi ngang là sợi bông bọc chun, mẫu M3 có mật độ sợi dọc cao hơn, đồng thời theo kết quả đo độ co sau giặt thì mẫu M3 cũng có độ co thấp hơn so với mẫu M4, do đó độ xiên canh của mẫu M3 thấp hơn mẫu M4 là 0,11%. Độ xiên canh của cả hai mẫu M3, M4 là khá thấp so với mẫu M2. Qua đó, phần nào thấy được ảnh hưởng của sợi bọc chun tuy làm độ co tăng lên nhưng độ xiên canh được hạn chế, mặc dù mật độ sợi thấp hơn nhóm mẫu vải không chun nhưng độ xiên canh đã được giảm.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy, thông số cấu trúc vải như thành phần nguyên liệu của sợi dọc, sợi ngang, mật độ sợi dọc và sợi ngang có ảnh hưởng đến sự ổn định kích thước như độ co/giãn và độ xiên canh sau giặt của các mẫu vải denim chun và không chun.

Trong phạm vi nghiên cứu, đã xác định được với vải denim sử dụng sợi 100% bông chải thô đốt tre có mật độ sợi dọc và mật độ sợi ngang cao hơn giúp cho vải có độ ổn định kích thước sau giặt tốt hơn. Sợi ngang có thành phần bông bọc chun tuy có ảnh hưởng đến độ co của vải nhưng lại giúp ổn định canh sợi trong vải và đã phần nào hạn chế hiện tượng xiên canh của vải sau giặt. Kết quả này cũng cần được nghiên cứu tiếp tục khi thay đổi các thông số cấu trúc vải như thành phần nguyên liệu và kiểu dệt của các mẫu vải denim.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học để thiết kế thông số cấu trúc vải denim chun hay không chun phù hợp với quy trình công nghệ xử lý hoàn tất vải và công nghệ thiết kế sản phẩm may. ❖

Ngày nhận bài: **12/9/2024**

Ngày phản biện: **16/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Choudhary AK, Sheena Bansal, “*Influences of elastane content, aesthetic finishes and fabric weight on mechanical and comfort properties of denim fabrics*”. Journal of Textile Engineering & Fashion Technology, Volume 4 Issue 1, 2018.
- [2]. Sashka Golomeova Longurova, “*The effect of fabric structure parameters on dimensional stability after domestic washing*”. Tekstilna Industrija, Vol. 70, No 2, 2022.
- [3]. Huỳnh Văn Trí, “*Vật liệu may*”. NXB. Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, 2016.
- [4]. Vildan Solar, Sibel Kaplan, “*Effects of different finishing processes on some performance characteristics of denim fabrics*”, 2011, vol. 62; 283-288.
- [5]. TCVN 1748:2007 (ISO-139:2005), “*Vật liệu dệt - Môi trường chuẩn để điều hòa và thử mẫu*”.
- [6]. AATCC 135/150 (US); “*Tiêu chuẩn xác định độ co, giãn sau giặt của vải*”.
- [7]. AATCC- TM 179 (US); “*Tiêu chuẩn xác định độ xiên canh sau giặt của vải*”.

TÍNH TOÁN ĐỘ DÀY VỎ GIÁP XE THIẾT GIÁP CHỖ QUÂN 8X8 SẢN XUẤT TẠI VIỆT NAM

CALCULATION OF ARMOR THICKNESS FOR THE 8X8 ARMORED PERSONNEL CARRIER PRODUCED IN VIETNAM

Nguyễn Thanh Quang, Nguyễn Minh Tân, Cù Xuân Phong

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

TÓM TẮT

Dự án nghiên cứu thiết kế, chế tạo các dòng xe thiết giáp mới để thay thế các dòng xe cũ, lạc hậu đã và đang được quan tâm đặc biệt, trong đó có xe thiết giáp chở quân 8x8. Xe thiết giáp chở quân chiến đấu 8x8 có nhiều ưu điểm nổi bật như khả năng bảo vệ, khả năng cơ động trên các địa hình phức tạp, tính năng thông qua cao, tải trọng chuyên chở lớn, có thể thực hiện nhiều nhiệm vụ đặc thù. Một trong những tính năng rất quan trọng của xe thiết giáp chở quân là khả năng bảo vệ cho thành viên kíp xe và bộ binh trong xe, nó được đặc trưng bằng chiều dày, chất lượng và kết cấu của vỏ giáp. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày cơ sở lý thuyết và phương pháp tính toán xác định độ dày vỏ giáp tại tất cả các vị trí trên xe thiết giáp chở quân chiến đấu 8x8 sản xuất tại Việt Nam.

Từ khóa: Xe thiết giáp chở quân; Khả năng bảo vệ; Vỏ giáp.

ABSTRACT

Projects on researching, designing, and manufacturing new armored vehicle models to replace outdated ones have been receiving significant attention, particularly the 8x8 armored personnel carrier. The 8x8 armored personnel carrier has many outstanding features such as protection capability, mobility on complex terrains, high ability to overcome obstacles, large payload capacity, and the ability to perform various specialized tasks. One crucial feature of the armored personnel carrier is the ability to protect members in the vehicle, which is characterized by the thickness, quality and structure of the armor plating. In this article, the authors present the theoretical basis and calculation methods for determining the armor plating thickness at all positions on the 8x8 armored personnel carrier produced in Vietnam.

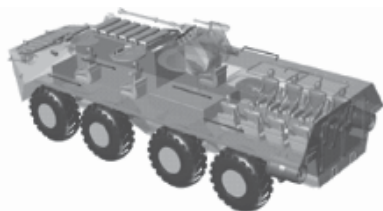
Keywords: Armored personnel carrier; Protection ability; Armor plating.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xe thiết giáp chở quân bánh lốp thực hiện nhiệm vụ chính trong tác chiến là cơ động lực lượng tiếp cận chiến trường, đổ quân và hỗ trợ bộ binh trong tác chiến [1]. Tuy nhiên, hiện nay xu hướng phát triển của dòng xe này trên thế giới là thực hiện đa nhiệm vụ như chỉ huy, chở quân, trinh sát đặc nhiệm, cứu hộ cứu nạn, bảo đảm kỹ thuật cho nhóm tác chiến, tác chiến trực tiếp khi có thể tùy biến theo nhiệm vụ [2]. Xe thiết giáp chở quân của nước ta hiện nay phần lớn là các xe do Nga viện trợ hoặc xe chiến lợi phẩm của Mỹ và đều được sản xuất từ những năm 1960 trở về trước. Trong quá trình khai thác sử dụng với điều kiện thời tiết nhiệt đới gió mùa tại Việt Nam, trang bị đã cũ cộng với công tác đảm bảo kỹ thuật gặp nhiều khó khăn do vật tư phụ tùng khan hiếm, cường độ sử dụng cao dẫn đến tình trạng kỹ thuật của các xe này đã suy giảm đáng kể, rất nhiều cụm hệ thống trên xe hư hỏng không thể phục hồi hoặc đã hết kích thước sửa chữa [2, 3].

Chủ trương của chúng ta hiện nay là từng bước thay thế các loại xe thiết giáp thế hệ cũ bằng các loại xe thiết giáp thế hệ mới, đáp ứng được yêu cầu của huấn luyện, diễn tập và sẵn sàng chiến đấu. Tập trung đầu tư nghiên cứu, thiết kế chế tạo xe thiết giáp bằng nguồn lực trong nước, trong đó có dòng xe thiết giáp chở quân 8x8. Theo chủ trương này, nhóm tác giả đã bước đầu triển khai nội dung nghiên cứu “Thiết kế hệ thống xe thiết giáp chở quân 8x8” (Hình 1) có tính năng tương đương xe thiết giáp chở quân BTR-82A của Nga.



Hình 1. Phương án bố trí xe thiết giáp chở quân 8x8

Trong các nội dung nghiên cứu thiết kế hệ thống thì nội dung thiết kế tuyến hình và xác định chiều dày vỏ giáp cho xe là một nội dung đặc biệt quan trọng, quyết định đến khả năng bảo vệ của xe. Khi tính toán thiết kế vỏ giáp trên xe cần bảo đảm các yêu cầu như: có độ bảo vệ tin cậy chống lại các tác động của vũ khí của địch; có đủ không gian cho hoạt động của các thành viên của kíp xe; sử dụng hết khối lượng cho phép (khối lượng toàn bộ xe và khối lượng phân bố lên các cầu) của xe cơ sở được chọn để thiết kế [4, 5].

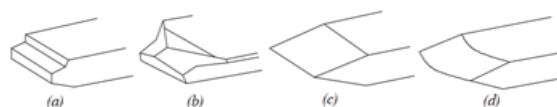
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, trên cơ sở lý thuyết về tính toán vỏ giáp để đưa ra phương án lựa chọn tuyến hình, xác định độ dày vỏ giáp xe thiết giáp chở quân chiến đấu 8x8 nhằm đảm bảo các yêu cầu về độ bền và cứng vững.

2.1. Cơ sở lựa chọn kết cấu, tuyến hình thân xe

Việc tạo dáng thân xe có tác dụng lớn đối với khả năng chống đạn của vỏ giáp. Hình dáng của vỏ giáp phụ thuộc thuộc loại xe cơ sở được lựa chọn thiết kế và các góc nghiêng của các tấm giáp mũi xe và hai bên thân xe. Việc tạo các góc nghiêng làm tăng được góc chạm giữa đầu đạn với vỏ giáp, nhờ đó tăng được độ dày thực tế của vỏ theo đường xuyên của đạn, tăng khả năng thía lia đầu đạn [5].

Hình dáng phần mũi vỏ giáp xe thiết giáp chở quân (phần mũi và đuôi xe) có thể có các tấm vách đứng, có dạng hình nêm, nửa elip hoặc dạng mũi tàu (Hình 2).



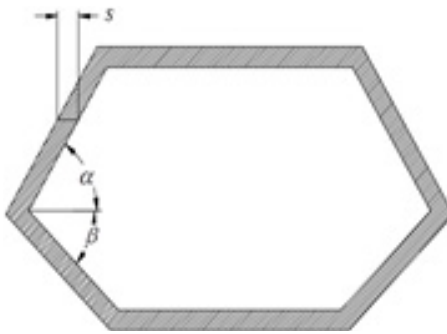
Hình 2. Hình dáng phần mũi xe

- a. Dạng thẳng đứng; b. Dạng “mũi tàu”;
c. Dạng hình nêm; d. Dạng nửa elip

Mỗi loại đều có các ưu, nhược điểm riêng [5], đối với xe thiết giáp chở quân 8x8 lựa chọn kết cấu mũi xe dạng hình nêm.

Theo dạng mặt cắt ngang, đối với xe thiết giáp bánh lốp thường có kết cấu như (Hình 3).

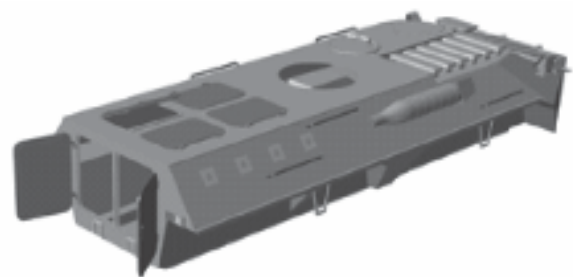
Theo mức độ bọc giáp, thân xe được chia thành các loại chống đạn súng và chống đạn pháo. Đối với xe thiết giáp chở quân 8x8 là vỏ giáp chống đạn súng bảo đảm chống đỡ ở phía chính diện (trong phạm vi góc $\pm 30^\circ$) các loại đạn súng xuyên giáp cỡ lớn 14,5mm, còn ở xung quanh chống đỡ được các loại đạn cỡ 7,62 mm.



Hình 3. Hình dáng mặt cắt ngang vỏ giáp

Tùy theo phương pháp chế tạo, vỏ giáp được chia ra thành các loại đúc liền và hàn từ các chi tiết cán và đúc. Phương pháp đúc bảo đảm độ bền và cứng vững cao trong khi lượng vật liệu nhỏ, nâng cao tính kinh tế sản xuất so với phương pháp hàn liên quan đến việc mất mát khá nhiều kim loại khi cắt, sửa mép, vát cạnh, khi hàn. Tuy vậy, do cấu trúc kim loại, các kết cấu đúc có độ bền chống đạn thấp hơn (5-7%) và yêu cầu các thiết bị nâng vận chuyển công suất lớn, máy móc hiện đại. Điều này gây khó khăn cho việc tổ chức sản xuất xe thiết giáp loạt lớn, đặc biệt là với công nghệ nước ta hiện nay khó thực hiện được. Do vậy, lựa chọn phương án sản xuất vỏ xe thiết giáp theo phương pháp hàn.

Từ những phân tích trên, lựa chọn tuyến hình thân xe thiết giáp chở quân 8x8 là dạng hộp từ những tấm thép cán hàn với nhau gồm có: Mũi xe, thành xe, đuôi xe, nắp và đáy xe (Hình 4). Phần mũi xe có tấm thép dưới, tấm thép trên và các tấm thép nghiêng bên. Trên thành xe, các tấm thép có khoét các lỗ bắn súng máy và súng tiểu liên. Tấm thép đuôi xe có bố trí hai cửa và lỗ cố định đèn kích thước, thùng nhiên liệu phụ.



Hình 4. Vỏ giáp xe thiết giáp quân 8x8 (nhìn từ phía sau)

2.2. Cơ sở lựa chọn vật liệu vỏ giáp xe thiết giáp quân 8x8

Để chống lại sự phá hủy các loại vũ khí hủy diệt xe thiết giáp, vật liệu để chế tạo vỏ giáp 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 đạn hoặc làm cho 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. Muốn vỏ giáp có được các tính chất trên cần phải đưa vào thành phần của thép làm vỏ giáp những nguyên tố hợp kim thích hợp [6].

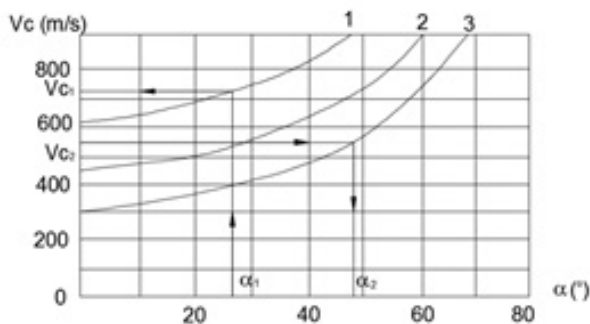
Thông qua việc nghiên cứu khảo sát các loại vật liệu chế tạo thân xe, tháp pháo xe thiết giáp lốp và để phù hợp với khả năng công nghệ chế tạo trong nước, nhóm tác giả lựa chọn loại

vật liệu làm vỏ giáp xe thiết giáp chở quân 8x8 là thép chống mòn Hardox 500 với các thông số: chiều dày $4 \div 32$ mm, độ cứng $470 \div 530$ HBW, giới hạn chảy $\sigma_{ch} = 1400$ Mpa [7].

2.3. Cơ sở xác định chiều dày của vỏ giáp

Khi thiết kế vỏ giáp bảo vệ xe thiết giáp, trước hết ta tính toán khả năng chống đạn của thân xe đối với các loại đạn xuyên giáp động năng phổ biến. Nó được đánh giá theo đồ thị thực nghiệm khả năng chống đạn hay được xác định gần đúng bằng tính toán giải tích [5, 6].

Xác định khả năng chống đạn của vỏ giáp theo đồ thị thực nghiệm là phương pháp tin cậy hơn cả. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa vận tốc chạm an toàn của đầu đạn v_c với góc chạm α và độ dày vỏ giáp b , được xây dựng cho loại vỏ giáp thép cán độ cứng trung bình phổ biến nhất, riêng cho từng kiểu và cỡ đạn (Hình 5).



Hình 5. Đồ thị thực nghiệm khả năng chống đạn của vỏ giáp

1. $b_1 = 150$ mm; 2. $b_2 = 100$ mm; 3. $b_3 = 50$ mm

Khả năng xuyên giáp của đầu đạn được đánh giá qua biểu thức Giacóp-Đơ-Mart với giả thiết động năng đầu đạn dùng hết vào tác dụng xuyên, vận tốc chuyển động của đầu đạn khi xuyên thay đổi từ v_c đến 0 và chiều dày bản thép bị phá hủy từ 0 đến b [6]:

$$v_c = k_{kc} \frac{d_d^{0,75} \cdot b_{bt}^{0,75}}{m_d^{0,5} \cdot \sin \theta_c} \quad (1)$$

Hoặc:

$$v_c = k_{kc} \frac{d_d^{0,75} \cdot b_{bt}^{0,7}}{m_d^{0,5} \cdot \cos \alpha_c} \quad (2)$$

Trong đó: m_d - Khối lượng đầu đạn (kg); v_c - Vận tốc chạm của đầu đạn (m/s); d_d - Đường kính đầu đạn (dm); b_{bt} - Chiều dày bản thép bị phá hủy (dm); θ_c - Góc giữa véc-tơ vận tốc đầu đạn với bề mặt mục tiêu; α_c - Góc chạm của đầu đạn với bản thép (góc giữa véc-tơ vận tốc đầu đạn với pháp tuyến bề mặt mục tiêu) phụ thuộc vào góc nghiêng các tấm thép của vỏ giáp; k_{kc} - Hệ số đặc trưng cho đặc tính phá hủy của đầu đạn, với vỏ thép k_{kc} được lấy theo Bảng 1 [6].

Bảng 1. Hệ số đặc trưng k_{kc} của các kiểu đạn

TT	k_{kc}	Kiểu đạn
1	2000	Đạn có chóp gió và mũ đệm
2	2200	Đạn đầu nhọn
3	2500	Đạn đầu tù
4	$1800 \div 2500$	Đạn bằng gỗ và bản thép dày 1-1,5d

Đối với xe thiết giáp chở quân 8x8, ta chọn $k_{kc} = 2200$ đối với đạn đầu nhọn.

Chiều dày phía dưới đáy xe thường được xác định theo điều kiện chống mìn. Tác dụng hủy diệt của các loại mìn nổ phá được biểu hiện ở sự phá hỏng phần vận hành, hệ thống truyền lực, phần đáy xe và phá hủy các mối liên kết với thân xe.

Khi mìn nổ, áp suất tác dụng lên đáy xe có thể sử dụng công thức gần đúng [5]:

$$\rho = 60\Psi \frac{m_n^{0.87}}{r^{2.6}} (1 + \cos\theta) \quad (3)$$

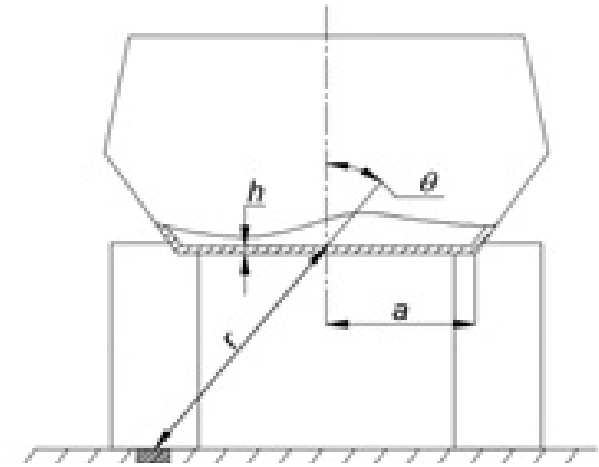
Trong đó: m_n - Khối lượng chất nổ; r - Khoảng cách đến tâm nổ, θ - Góc tới của sóng nổ đối với đáy xe; Ψ - Hệ số tính đến độ sâu mặt nền ($\Psi \approx 0,5$)

Coi đáy xe như một tấm phẳng, ta xác định được ứng suất ở đáy xe:

$$\sigma = 423\sqrt[3]{E\rho^2\left(\frac{a}{h}\right)^2} \leq [\sigma_{ch}] \quad (4)$$

Trong đó: E - Mô-đun đàn hồi loại 1 (đối với thép $E = 2.1011$ Pa); h - Độ dày vỏ giáp đáy xe; a - Bán kính tâm phẳng nằm trong giới hạn thành xe lấy bằng một nửa chiều rộng thân xe.

Ứng suất tính được này không được vượt quá giới hạn chảy của vật liệu thiết kế vỏ giáp. Do đó, từ công thức (4) có thể dễ dàng xác định được độ dày vỏ giáp đáy xe.



Hình 6. Sơ đồ tính toán xác định khả năng chống mìn của đáy xe

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thay các thông số kết cấu của xe thiết giáp chở quân 8x8, thông số vật liệu, các hệ số đã lựa chọn vào các công thức (2, 3, 4) và sự có điều chỉnh theo phân bố xác suất hư hỏng tại các vị trí của vỏ giáp (Bảng 2), chúng ta tính được chiều dày các bản thép đối với các vị trí phần thân xe (Bảng 3), phần tháp pháo (Bảng 4).

Bảng 2. Phân bố xác suất hư hỏng các phần của vỏ giáp

TT	Vị trí	Xác suất	TT	Vị trí	Xác suất
1	Đầu xe	35%	4	Sườn sau phía trên	4%
2	Sườn trước phía trên	23%	5	Sườn sau phía dưới	3%
3	Sườn trước phía dưới	18%	6	Đuôi xe	2%



Bảng 3. Các thông số chiều dày của vỏ giáp đối với phần thân xe

Vị trí	Loại đạn	θ_c	M_d , kg	d_d , dm	V_c , m/s	Chiều dày b, mm
Tấm mũi xe phía trên	14.5mm	64°	0.0634	0.1488	911	9
Tấm mũi xe phía dưới	14.5mm	45°	0.0634	0.1488	911	9
Sườn trước phía trên	14.5mm	30°	0.0634	0.1488	911	9
Sườn trước phía dưới	14.5mm	15°	0.0634	0.1488	911	9
Sườn sau phía trên	7.62 mm	30°	0.0084	0.0785	930	7
Sườn sau phía dưới	7.62 mm	15°	0.0084	0.0785	930	7
Đuôi xe	7.62 mm	0°	0.0084	0.0785	930	7
Đáy xe						7

Bảng 4. Các thông số chiều dày của vỏ giáp đối với phần tháp pháo

Vị trí	Loại đạn	θ_c	M_d , kg	d_d , dm	V_c , m/s	Chiều dày b, mm
Tấm trước	14.5mm	45°	0.0634	0.1488	911	9
Các tấm bên phía trước	14.5mm	45°	0.0634	0.1488	911	9
Các tấm bên phía sau	7.62 mm	30°	0.0084	0.0785	930	7
Tấm sau	7.62 mm	30°	0.0084	0.0785	930	7

Nhận xét: Kết quả tính toán cho thấy các tấm giáp ở những vị trí quan trọng là phần mũi xe, sườn phía trước, tháp pháo phía trước có độ nghiêng lớn hơn ($45^\circ \div 64^\circ$) và độ dày lớn hơn (9 mm) so với các vị trí khác (7 mm) là hoàn toàn hợp lý dựa trên điều kiện về xác suất bị phá hủy, vì đây là các vị trí dễ bị tấn công nhất.

Chiều dày vỏ giáp, góc nghiêng tại các vị trí để chống đạn đạt được theo tiêu chuẩn cấp 4 và cấp 5 STANAG 4569 [8] được đưa đối với thép Hardox 500 là đảm bảo tính năng chiến kỹ thuật đề ra (Bảng 5).

Bảng 5. Khả năng bảo vệ của thép Hardox 500

Tiêu chuẩn thử nghiệm	Cấp độ	Cỡ đạn (mm)	Loại đạn	Chiều dày tối thiểu
Châu Âu	FB3	9x33	Thường	3,5 mm
	FB4	11x33	Thường	4,0 mm
		7,62x39	Thường	5,2 mm
	FB5	5,56x45	Thường	7,0 mm
	FB6	7,62x51	Thường	10,0 mm

4. KẾT LUẬN

Bài toán xác định độ dày vỏ giáp cho xe thiết giáp chở quân 8x8 được nghiên cứu, thiết kế, sản xuất trong nước là một bài toán rất quan trọng, quyết định tới khả năng bảo vệ của xe. Dựa trên cơ sở bố trí chung của xe, các yêu cầu chiến kỹ thuật của vỏ giáp, cơ sở lý thuyết về tính toán vỏ giáp, nhóm tác giả đã phân tích lựa chọn được tuyến hình hợp lý, lựa chọn vật liệu chế tạo và tính toán được chiều dày vỏ giáp tại tất cả các vị trí trên xe. Từ các kết quả tính toán, nhận thấy tại các vị trí có xác suất trúng đạn lớn như phía trước và hai bên sườn trước của xe chiều dày của vỏ giáp lớn là 9 mm, góc nghiêng lớn hơn 30° và có khả năng chống được đạn 14,5 mm. Tại các vị trí khác xác suất trúng đạn thấp hơn thì chiều dày của vỏ giáp mỏng hơn (7 mm), góc nghiêng nhỏ hơn (dưới 15°) và khả năng chống được đạn 7,62 mm. Như vậy, chiều dày, chất lượng và kết cấu của vỏ giáp đáp ứng được theo tiêu chuẩn cấp 4 và cấp 5 về khả năng chống đạn thường. ❖

Ngày nhận bài: 23/9/2024

Ngày phản biện: 25/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Vũ Đức Lập (1999), “Cơ sở kết cấu ô tô quân sự và xe bọc thép bánh hơi”, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [2]. Bùi Văn Tường (2013); “Nghiên cứu, thiết kế xe bọc thép bánh lốp đa năng hạng trung 4x4”, Viện Kỹ thuật Cơ giới Quân sự, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Huy Trường (2009); “Điều tra khảo sát thực trạng kỹ thuật xe BTR-152 phục vụ nâng cấp tính năng chiến kỹ thuật đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ trong tình hình mới”, Đề tài nghiên cứu, Viện Kỹ thuật Cơ giới Quân sự.
- [4]. Lê Trung Dũng, Nguyễn Minh Tân, Cù Xuân Phong (2023); “Lý thuyết xe xích quân sự”, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [5]. Nguyễn Văn Luận (1996); “Kết cấu tính toán xe tăng thiết giáp - Phần I”, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [6]. G.A. Anhilin và các cộng sự (2007) bản dịch; “Cơ sở thiết kế đạn bộ binh”, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [7]. Trần Văn Địch, Ngô Trí Phúc (2006); “Sổ tay thép thế giới”, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [8]. Bernard Kempinski, Christopher Murphy (2012), “Technical challenges of the Army's ground combat vehicle program”. Congressional Budget Office, Washington D.C.

TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC XE Ô TÔ BỊ HÃM DO SỰ BÓ CỨNG CỦA LƯỚI VỚI CẦU TRỤC VÀ BÁNH XE

DYNAMIC CALCULATION A CAR IS BRAKED BY THE RIGGING OF THE NET WITH THE AXLE AND THE WHEELS

Ngô Khắc Yên¹, Phan Lâm Hải¹, Kim Ngọc Duy²

¹Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

²Trường Sĩ quan Kỹ thuật Quân sự, Tổng cục Kỹ thuật

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu xây dựng mô hình, tính toán động lực học cho xe ô tô trong trường hợp đang chuyển động thì bị hãm bởi vật tác động mềm (lưới) bó cứng cầu trục và bánh xe. Thực hiện mô hình hóa và giải bằng phần mềm Matlab - Simulink để khảo sát ảnh hưởng của lực kéo của lưới đối với bánh xe trong các trường hợp khác nhau. Kết quả có ý nghĩa định hướng cho việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị dừng xe khẩn cấp kiểu tác động mềm dạng lưới cuộn.

Từ khóa: Dừng xe khẩn cấp; Kiểu tác động mềm; Lưới cuộn; Cầu trục; Bánh xe.

ABSTRACT

The paper studies the construction of a model and calculates the dynamics of a car in the case of being locked by a soft impact object (mesh) that stiffens the axle and wheels while in motion. Modeling and solving are performed using Matlab – Simulink software to investigate the influence of the traction force of the mesh on the wheels in different cases. The results are meaningful for the research, design and manufacture of a soft impact emergency stopping device in the form of a rolled mesh.

Keywords: Emergency stop; Soft action type; Roll-up grille; Axle; Wheel.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, các thiết bị chuyên dùng để đuổi bắt và chặn bắt các đối tượng tội phạm sử dụng ô tô có nhiều loại, theo nhiều nguyên lý khác nhau, trong đó hiệu quả và đáp ứng các yêu cầu về an toàn cho người, phương tiện và hàng hóa đó là các thiết bị kiểu tác dụng mềm. Xuất phát từ đó, nhóm thực hiện đề tài đã lựa chọn và đề xuất phương án thiết kế thiết bị dừng

xe khẩn cấp kiểu tác động mềm sử dụng lưới cuộn. Tuy nhiên, tài liệu nghiên cứu lý thuyết về vấn đề này còn rất hạn chế, đặc biệt ở trong nước gần như chưa có công bố. Do vậy, nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu, tính toán động lực học khi xe ô tô đang chuyển động bị hãm do sự bó cứng của lưới, cầu trục và bánh xe để từ đó làm cơ sở cho việc thiết kế và chế tạo thiết bị nhằm đáp ứng tốt yêu cầu thực tiễn đặt ra, đồng thời giảm công sức và chi phí thử nghiệm.

2. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

2.1. Các giả thiết

- Dao động của hệ là dao động tuyến tính, nhỏ xung quanh vị trí cân bằng tĩnh. Góc lắc dọc và lắc ngang rất nhỏ và tuyến tính với hàm lượng giác của các góc trên;

- Toàn bộ phần được treo và không được treo là khối cứng tuyệt đối, khối lượng được treo và không được treo được quy dẫn về trọng tâm và biểu thị qua giá trị khối lượng và mô-men quán tính khối lượng;

- Thân xe, cầu xe đối xứng qua mặt phẳng dọc xe với mặt phẳng chuyển động của ô tô; Các liên kết của các vật trong cơ hệ được coi là lý tưởng; Các đặc tính của phần tử đàn hồi và giảm chấn là đặc tính tuyến tính và các bộ phận đàn hồi và giảm chấn chỉ biến dạng theo phương thẳng đứng vuông góc với mặt phẳng chuyển động của xe;

- Bánh xe được coi là không nghiêng so với mặt phẳng chuyển động. Hiện tượng đàn hồi biến dạng của lốp chỉ xét trong phương thẳng đứng; Bỏ qua các nguồn kích thích dao động trên xe. Coi mấp mô mặt đường là nguồn kích thích duy nhất; Bỏ qua ảnh hưởng đàn hồi hệ thống lái; Khung xe ô tô cứng tuyệt đối;

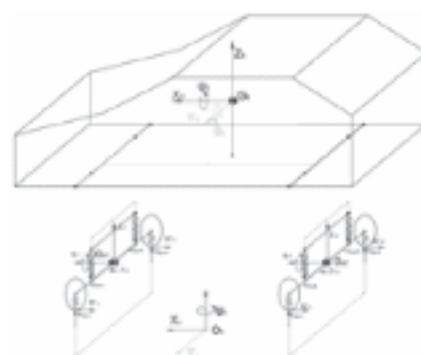
- Chuyển động phương dọc của cầu xe tương đương với chuyển động dọc của khối lượng được treo tương ứng; Cầu xe không lắc dọc tương đối với khối lượng được treo;

- Các góc quay theo trục thẳng đứng của các cầu xe bằng các góc quay trục đứng của khối lượng được treo tương ứng; Các điểm đặt lực từ hệ thống treo lên khối lượng được treo được quy về điểm tương ứng với điểm giữa nhíp;

- Bỏ qua ma sát khớp đòn treo dọc; Bỏ qua ảnh hưởng của vi sai đến phân bố mô-men chủ động; Khi tiến hành phanh xe coi rằng vận tốc ô tô sẽ nhỏ do đó bỏ qua lực cản không khí; Khi phanh xe do lực cản lăn rất nhỏ so với lực phanh nên có thể bỏ qua.

2.2. Thiết lập mô hình

Dựa trên các giả thiết trên, xây dựng mô hình khảo sát như sau (hình 1).



Hình 1. Mô hình khảo sát động lực học quá trình phanh

- Hệ quy chiếu cố định OXYZ; Hệ quy chiếu gắn với quỹ đạo chuyển động của ô tô $O_v X_v Y_v Z_v$, (hình 1) có O_v đặt tại hình chiếu của tọa độ trọng tâm thân xe lên mặt phẳng đường. Trong hệ quy chiếu này, ô tô sẽ có 3 bậc tự do là chuyển động theo phương X_v , Y_v và xoay theo phương Ψ_v ;

- Hệ quy chiếu gắn với khối lượng được treo của ô tô $O_s X_s Y_s Z_s$, (hình 1) có O_s đặt tại tọa độ trọng tâm phần khối lượng được treo. Trong hệ quy chiếu này, khối lượng được treo của ô tô có 3 bậc tự do là chuyển động theo phương Z_s , xoay theo phương φ_s và θ_s ;

- Hệ quy chiếu gắn với khối lượng không được treo cầu trước của ô tô $G_{u1} X_{u1} Y_{u1} Z_{u1}$, (hình 1) có O_u đặt tại tọa độ trọng tâm phần

khối lượng không được treo cầu trước. Trong hệ quy chiếu này, khối lượng được treo của ô tô có 2 bậc tự do là chuyển động theo phương Z_{u1} , xoay theo phương φ_{u1} ;

- Hệ quy chiếu gắn với khối lượng không được treo cầu sau của ô tô $G_{u2}X_{u2}Y_{u2}Z_{u2}$, (hình 1) có O_{u2} đặt tọa độ trọng tâm phân khối lượng không được treo cầu sau. Trong hệ quy chiếu này, khối lượng được treo của ô tô có 2 bậc tự do là chuyển động theo phương Z_{u2} , xoay theo phương φ_{u2} .

3. TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC

3.1. Động học chuyển động của ô tô gắn với hệ quy chiếu O_v

Vận tốc của ô tô trong hệ quy chiếu $O_vX_vY_vZ_v$ và trong hệ quy chiếu cố định:

$$V_{ov} = \begin{bmatrix} V_{xv} & V_{yv} & 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} X' & Y' & 0 \end{bmatrix} = A_{\psi_v} \cdot V_{ov}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & \psi' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \omega_z \end{bmatrix}; \quad (1)$$

Gia tốc của ô tô trong hệ quy chiếu $G_vX_vY_vZ_v$:

$$\begin{bmatrix} X'' & Y'' & 0 \end{bmatrix} = A_{\psi_v} \cdot \left(\begin{bmatrix} X' & Y' & 0 \end{bmatrix} + \varpi_{sz} \cdot V_{ov} \right) \quad (2)$$

Áp dụng định luật II Newton, ta có phương trình vi phân:

$$\begin{bmatrix} m_v \cdot \begin{bmatrix} dV_{xv} & dV_{yv} & 0 \end{bmatrix} \\ J_v \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & d\omega_{zv} \end{bmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{xv} & F_{yv} & 0 \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

Với

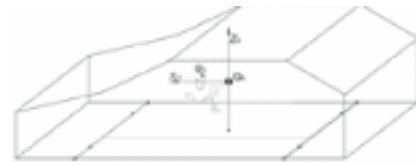
$$\begin{cases} F_{xv} = F_{xqu1L} + F_{xqu1R} + F_{xqu2L} + F_{xqu2R} \\ M_{zv} = F_{xqu1L} \cdot \frac{B}{2} - F_{xqu1R} \cdot \frac{B}{2} + F_{xqu2L} \cdot \frac{B}{2} - F_{xqu2R} \cdot \frac{B}{2} \end{cases} \quad (4)$$

$$F_{xqu1L} = BF1L_{\min}; F_{xqu1R} = BF1R_{\min}; F_{xqu2L} = BF2L_{\min}; F_{xqu2R} = BF2R_{\min}$$

- Là lực phanh ở các bánh xe.

3.2. Động lực học chuyển động khối lượng được treo

Thiết lập mô hình khảo sát động lực học chuyển động của khối lượng được treo trên ô tô (hình 2).



Hình 2. Hệ quy chiếu của khối lượng được treo trên xe ô tô

Vận tốc khối lượng được treo m_s của ô tô trong hệ quy chiếu $G_sX_sY_sZ_s$ và trong hệ quy chiếu cố định:

$$V_{G_s} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & V_{G_s} \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} 0 & 0 & Z' \end{bmatrix} = A_s \cdot V_{G_s} \quad (5)$$

Phương trình động học góc xoay trong hệ quy chiếu cố định:

$$\begin{bmatrix} \varphi' \\ \theta' \\ \psi' \end{bmatrix} = \frac{1}{\cos(\theta_s)} \cdot \begin{bmatrix} 0 & \sin(\psi_s) & \cos(\psi_s) \\ 0 & \cos(\theta_s) \cdot \cos(\psi_s) & -\cos(\theta_s) \cdot \sin(\psi_s) \\ 1 & \sin(\theta_s) \cdot \sin(\psi_s) & \sin(\theta_s) \cdot \cos(\psi_s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad (6)$$

Gia tốc của khối lượng được treo m_s trong hệ quy chiếu $G_sX_sY_sZ_s$ và trong hệ quy chiếu cố định:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & Z'' \end{bmatrix} = A_s \cdot \left(dV_{G_s} + \varpi_{sy} \cdot V_{G_s} \right) \quad (7)$$

Xác định dịch chuyển và vận tốc dịch chuyển tại các điểm treo trong hệ quy chiếu cố định:

- Dịch chuyển của các điểm treo được xác định như sau:

$$\begin{aligned} ROs1L &= RG_s + A_s.Os1L; ROs1R = RG_s + A_s.Os1R; \\ ROs2L &= RG_s + A_s.Os2L; ROs2R = RG_s + A_s.Os2R; \end{aligned} \quad (8)$$

- Vận tốc dịch chuyển được xác định như sau:

$$\begin{aligned} dROs1L &= A_s.VG_s + A_s.\varpi_s.Os1L; dROs1R = A_s.VG_s + A_s.\varpi_s.Os1R; \\ dROs2L &= A_s.VG_s + A_s.\varpi_s.Os2L; dROs2R = A_s.VG_s + A_s.\varpi_s.Os2R; \end{aligned} \quad (9)$$

Phương trình vi phân mô tả dao động của khối lượng được treo trên ô tô như sau:

$$m_s \begin{bmatrix} 0 & 0 & dV_{zs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & Fz_s \end{bmatrix}; J_s \begin{bmatrix} d\omega_{zs} & d\omega_{ys} & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Mx_s & My_s & 0 \end{bmatrix}; \quad (10)$$

Các lực tác dụng lên thân xe như sau:

$$\begin{aligned} Fz_s &= Fz_{u1sL} + Fz_{u1sR} + Fz_{u2sL} + Fz_{u2sR}; \\ Mx_s &= -0,5.B.Fz_{u1sR} - 0,5.B.Fz_{u2sR} \\ &+ 0,5.B.Fz_{u1sL} + 0,5.B.Fz_{u2sL} + h_{G_s}.P_{jy}; \\ My_s &= -a.Fz_{u1sL} - a.Fz_{u1sR} \\ &+ b.Fz_{u2sL} + b.Fz_{u2sR} + h_{G_s}.P_{jx}; \end{aligned} \quad (11)$$

Trong đó: P_{jx} , P_{jy} - Các lực quán tính; a , b , h_{G_s} - Tọa độ trọng tâm thân xe; B - Chiều rộng cơ sở của ô tô; Fz_{u1sL} , Fz_{u1sR} , Fz_{u2sL} , Fz_{u2sR} - Các lực đàn hồi của hệ thống treo tác dụng lên thân xe.

3.3. Động lực học chuyển động khối lượng được treo

Hệ quy chiếu của khối lượng không được treo của ô tô được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Hệ quy chiếu của khối lượng không được treo

Ma trận cosin chỉ hướng của hệ:

$$A_{ui} = A_{\varphi_{ui}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\varphi_{ui}) & -\sin(\varphi_{ui}) \\ 0 & \sin(\varphi_{ui}) & \cos(\varphi_{ui}) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Với $i = 1; 2$, xác định vận tốc của khối lượng không được treo m_{ui} của ô tô trong hệ quy chiếu $G_{ui}X_{ui}Y_{ui}Z_s$ và trong hệ quy chiếu cố định:

$$V_{Gui} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & V_{zui} \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} 0 & 0 & Z'_{ui} \end{bmatrix} = A_{ui}.V_{Gui}; \begin{bmatrix} \varphi'_{ui} & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_{zui} \end{bmatrix}; \quad (13)$$

Gia tốc của khối lượng không được treo m_{ui} của ô tô trong hệ quy chiếu $G_{ui}X_{ui}Y_{ui}Z_s$ và trong hệ quy chiếu cố định:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & Z''_{ui} \end{bmatrix} = A_{ui} \cdot \left(\begin{bmatrix} 0 & 0 & Z'_{ui} \end{bmatrix} + \varpi_{ui}.V_{Gui} \right); \quad (14)$$

Xác định dịch chuyển của các liên kết của cầu xe với hệ thống treo và bánh xe là:

$$ROuiL = RGui + A_{ui}.OuiL; ROuiR = RGui + A_{u2}.OuiR; \quad (15)$$

Xác định vận tốc dịch chuyển của các liên kết của cầu xe với hệ thống treo và bánh xe là:

$$\begin{aligned} dROuiL &= A_{ui}.VRGui + A_{ui}.\varpi_{ui}.OuiL; dROuiR \\ &= A_{u2}.VRGui + A_{u2}.\varpi_{u2}.OuiR; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\text{Với, } OuiL = \begin{bmatrix} 0 & \frac{B}{2} & 0 \end{bmatrix}; OuiR = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{B}{2} & 0 \end{bmatrix}$$

là các véc-tơ xác định vị trí các điểm treo trong hệ quy chiếu O_{ui} .

Phương trình vi phân mô tả dao động khối lượng không được treo như sau:

$$\begin{aligned} m_{ui} \begin{bmatrix} 0 & 0 & dV_{zui} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & Fz_{ui} \end{bmatrix}; \\ J_{ui} \begin{bmatrix} d\omega_{zui} & 0 & 0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} M_{zui} & 0 & 0 \end{bmatrix}; \end{aligned} \quad (17)$$

Các lực tác dụng lên cầu xe:

$$\begin{aligned} Fz_{ui} &= Fz_{quiL} + Fz_{quiR} - Fz_{suiL} - Fz_{suiR}; \\ M_{zui} &= -0,5.B.Fz_{quiL} + 0,5.B.Fz_{quiR} + 0,5.Bkx.Fz_{suiL} - 0,5.Bkx.Fz_{suiR}; \end{aligned} \quad (18)$$

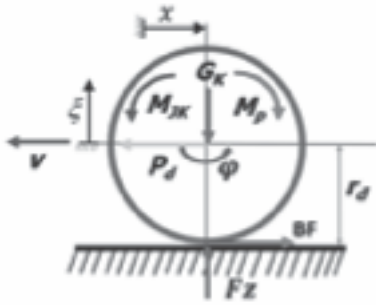
Với các đàn hồi của hệ thống treo tác dụng lên cầu xe ô tô lần lượt là:

$$\{Fz_{su1L} = -Fz_{u1sL}; Fz_{su1R} = -Fz_{u1sR}; Fz_{su2L} = -Fz_{u2sL}; Fz_{su2R} = -Fz_{u2sR};$$

Trong đó: Fz_{qu1L} , Fz_{qu1R} , Fz_{qu2L} , Fz_{qu2R} là các lực đàn hồi của bánh xe tác động lên khối lượng không treo.

3.4. Động lực học bánh xe khi phanh

Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe như hình 4.



Hình 4. Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe khi phanh

Giả thiết để thiết lập mô hình động lực học bánh xe khi phanh như sau:

- Trong quá trình phanh, lực cản lăn rất nhỏ so với lực phanh, vì vậy bỏ qua lực cản lăn của bánh xe.

- Phản lực Fz của đường tác dụng lên lốp được đặt trên trục đối xứng của bánh xe, tại vết tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường.

- Khi phanh chỉ xét trường hợp bánh xe chuyển dịch theo phương dọc và chuyển động quay góc j do mô-men quán tính M_{JK} gây ra. Bỏ qua chuyển động theo phương thẳng đứng x , do

bỏ qua hệ thống treo.

Với giả thiết như trên, phương trình chuyển động quay của bánh xe khi phanh được xác định như sau:

$$J_{bx} \cdot \ddot{\varphi}_b = M_p - BF \cdot r_d \quad (19)$$

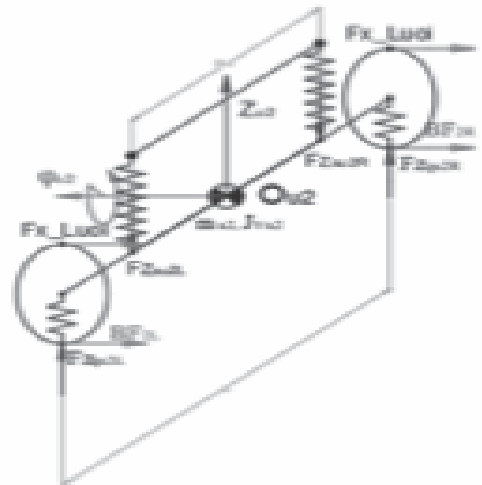
Từ (19) xác định được giá trị của gia tốc góc bánh xe khi phanh:

$$\ddot{\varphi}_b = \frac{M_p - BF \cdot r_d}{J_{bx}} \quad (20)$$

Từ đó, vận tốc góc của bánh xe được xác định theo công thức:

$$\omega_b = \int_0^t \frac{M_p - BF \cdot r_d}{J_{bx}} \cdot dt + \omega_0 \quad (21)$$

Trong đó, ω_0 là vận tốc ban đầu của bánh xe trước khi bị hãm.



Hình 5. Lực của lưới tác dụng lên bánh xe

Mô-men phanh sinh do lực kéo của lưới cuốn vào bánh xe và mắc vào phần gầm xe của ô tô. Mô hình xác định lực kéo của lưới tác dụng lên bánh xe tạo nên mô-men phanh như hình 5.

3.5. Tính toán khả năng chống lệch làn, chống lật của các dòng xe mục tiêu sử dụng dẫn động cầu sau

Tính toán khả năng chống lệch làn, chống lật của xe được thực hiện thông qua khảo sát ảnh hưởng của lực kéo của lưới đối với các bánh xe. Thực hiện mô hình hóa và giải bằng phần mềm Matlab - Simulink với các thông số đầu vào (bảng 1).

Bảng 1. Thông số kết cấu của ô tô khảo sát

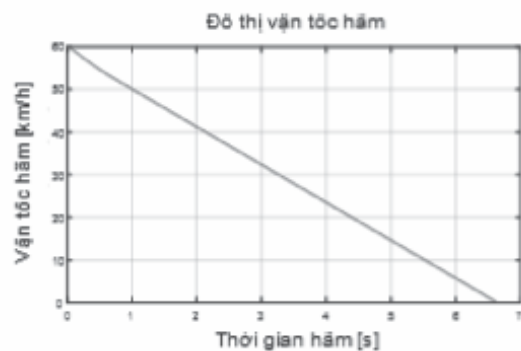
TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng toàn bộ	kg	2150
2	Khoảng cách từ cầu trước đến trọng tâm thân xe	m	1,5
3	Khoảng cách từ cầu sau đến trọng tâm thân xe	m	1,0
4	Chiều cao tọa độ thân xe	m	1,0
5	Bán kính bánh xe	m	0,45
6	Độ cứng của hệ thống treo trước	N/m	46000
7	Hệ số cản giảm chấn của hệ thống treo trước	N/m.s ²	4500
8	Độ cứng của hệ thống treo sau	N/m	48000
9	Hệ số cản giảm chấn của hệ thống treo sau	N/m.s ²	6000
10	Hệ số bám	-	0,8

Bảng 2. Chế độ khảo sát

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Vận tốc khảo sát	km/h	60-120
2	Độ trễ tác dụng lực kéo của lưới tác dụng của bánh xe bên phải so với bánh xe bên trái	s	0,01-0,06

* Trường hợp lực kéo của lưới tác dụng lên các bánh xe như nhau:

Do lực kéo của lưới tác dụng lên các bánh xe như nhau nên trong quá trình bị hãm, xe ô tô không bị lệch làn và tránh cho xe không bị lật. Điều này được thể hiện rất rõ trên hình 6, khi dưới tác dụng của lực kéo của lưới, xe bị hãm từ tốc độ 60km/h thì vận tốc xe giảm gần như tuyến tính theo thời gian cho đến khi dừng hẳn.



Hình 6. Đồ thị vận tốc xe từ khi bị hãm do lực kéo của lưới (từ tốc độ 60km/h) đến khi xe dừng hẳn

Kết quả khảo sát quãng đường, thời gian xe bị hãm do tác động của lưới tương ứng với các vận tốc ban đầu khác nhau (bảng 3).

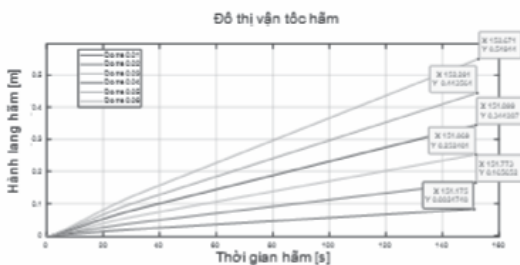
Bảng 3. Kết quả khảo sát quãng đường, thời gian hãm

TT	Vận tốc bắt đầu hãm (km/h)	Quãng đường xe đi được sau khi bị hãm (m)	Thời gian từ khi bị hãm cho đến khi xe dừng hẳn (s)
1	60	54,54	6,61
2	70	74,24	7,72
3	80	96,96	8,82
4	90	122,7	9,93
5	100	150,1	11,05
6	110	177,4	12,15
7	120	204,7	13,26

*** Trường hợp lực kéo của lưới tác dụng lên các bánh xe khác nhau**

Do có độ trễ tác dụng lực kéo của lưới đối với bánh xe bên phải so với bánh xe bên trái nên khi bị hãm, xe sẽ có hiện tượng xe bị lệch làn và có thể dẫn tới lật xe.

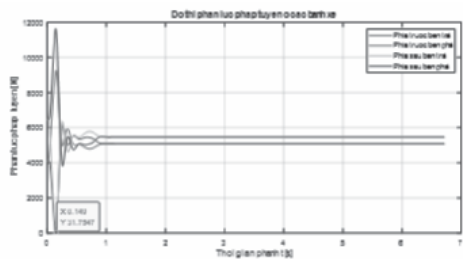
Đồ thị hình 6 và bảng 3 cho thấy khi khảo sát với vận tốc 100km/h với các độ trễ lực kéo của lưới tác dụng lên bánh xe càng lớn thì hành lang phanh xe của càng lớn.



Hình 7. Đồ thị quỹ đạo phanh khi khảo sát với vận tốc 100km/h

Bảng 4. Kết quả khảo sát hành lang phanh của ô tô

TT	Độ trễ (s)	Quãng đường phanh (m)	Hành lang phanh (m)
1	0,01	151,18	0,08
2	0,02	151,77	0,17
3	0,03	151,87	0,25
4	0,04	151,90	0,34
5	0,05	152,30	0,44
6	0,06	152,67	0,55



Hình 8. Đồ thị phản lực pháp tuyến ở các bánh xe

Khi ô tô chuyển động lệch làn sẽ xuất hiện lực quán tính ly tâm làm nghiêng xe, nếu lực quán tính này lớn sẽ làm cho ô tô có thể bị lệch xe. Đồ thị hình 2.9 cho thấy khi ô tô chuyển động với vận tốc 60km/h và khi độ trễ của bánh xe bên phải chậm hơn 0,12s thì phản lực pháp tuyến ở bánh xe phía trước bên trái gần bằng 0 hay trong trường hợp này ô tô chuẩn bị bị lật.

Bảng 5. Kết quả khảo sát thời điểm ô tô mất ổn định

TT	Vận tốc bắt đầu phanh (km/h)	Độ trễ (s)	Thời điểm mất ổn định (s)	Quãng đường phanh (m)
1	60	0,120	0,15	56,2
2	70	0,105	0,13	75,9
3	80	0,095	0,12	98,7
4	90	0,085	0,11	124,4
5	100	0,08	0,10	153,1

Từ kết quả khảo sát mô hình động lực học nói trên, ta thấy: Để tránh bị lệch làn và lật xe thì phải hạn chế độ trễ khi hãm của hai bánh xe. Do vậy, các phương án thiết kế và chế tạo lưới cần đảm bảo lưới phải đảm bảo bó cứng đồng thời cả hai bánh. Điều này dẫn đến phương án hợp lý đó là dùng một tấm lưới quán đồng thời cả hai bánh xe, thời điểm lưới bị kéo căng ra cũng là lúc hai bánh xe đồng thời được khóa cứng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện tính toán động lực học cho trường hợp xe ô tô đang chuyển động và bị bó cứng bởi lưới với cầu trục và bánh xe. Kết quả nghiên cứu giúp định hướng cho việc thiết kế và chế tạo thiết bị dừng xe khẩn cấp theo phương án tác động mềm bằng lưới cuốn, phục vụ cho việc dừng xe khẩn cấp, chặn bắt các loại tội phạm sử dụng xe ô tô, các phương tiện xe ô tô tham gia giao thông vi phạm bỏ chạy để trốn tránh các lực lượng chức năng trong quá trình thực thi công vụ...

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cho nội dung nghiên cứu này thông qua đề tài: “Nghiên cứu, thiết kế chế tạo thiết bị dừng xe ô tô khẩn cấp kiểu tác động mềm phục vụ chặn bắt phương tiện nguy hiểm vượt chót” theo Quyết định số: 146/QĐ-SKHCN ngày 24/02/2023 và Hợp đồng số: 30/2023/HĐ-QKHCN ngày 05/4/2023. ❖

Ngày nhận bài: **25/9/2024**

Ngày phản biện: **21/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Phúc Hiểu, “*Lý thuyết ô tô quân sự*”, NXB. Quân đội Nhân dân, 2000.
- [2]. Vũ Đức Lập, “*Động lực học phanh ô tô*”, NXB. Quân đội Nhân dân, 2011.
- [3]. Vũ Quang Thập, Vũ Trung Thành, Đào Đức Thụ, Trịnh Minh Hoàng, “*Ứng dụng phần mềm Matlab - Simulink giải các bài toán động lực học trên ô tô*”, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2014.

TÍNH TOÁN SÀNG RUNG QUÁN TÍNH CHO CÁC VẬT LIỆU HẠT NHỎ

CALCULATION OF INERTIAL VIBRATION SCREEN FOR SMALL PARTICLE MATERIALS

Vũ Văn Khoa, Ngô Viết Thụ, Trần Văn Tùng, Nguyễn Xuân Huân

Viện Nghiên cứu Cơ khí

TÓM TẮT

Vấn đề nghiên cứu các thiết bị trong dây chuyền thiết bị công nghệ của các nhà máy sản xuất nhằm mục đích nội địa hóa thiết bị được nhà nước quan tâm và nghiên cứu. Nhiều kết quả nghiên cứu, tính toán đã đưa vào thực tế hoặc được dùng để thiết kế chế tạo các thiết bị mang lại lợi ích tích cực đạt hiệu quả cao, phù hợp với các dây chuyền thiết bị công nghệ có sẵn hoặc lắp mới.

Bài báo trình bày kết quả xây dựng công cụ tính toán phân tích sàng rung quán tính cho các vật liệu hạt nhỏ, làm cơ sở tính toán, thiết kế các thiết bị liên quan hoặc tương tự như thiết bị này.

Từ khóa: Sàng rung; Trục lệch tâm; Lò xo.

ABSTRACT

The issue of researching equipment in technological equipment lines of manufacturing plants for the purpose of localizing equipment is of interest and research to the state. Many research and calculation results have been put into practice or used to design and manufacture devices that bring positive benefits and are highly effective, suitable for existing or newly installed technological equipment lines.

This article presents the results of building an inertial vibrating screen analysis calculation tool for small particle materials, as a basis for calculating and designing related or similar devices to this device.

Keywords: Vibrating screen; Eccentric shaft; Spring.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, việc nội địa hóa các thiết bị trong dây chuyền công nghệ ở các nhà máy sản xuất là vấn đề cấp thiết. Do đó, việc nghiên cứu, tính toán nhằm mục đích nội địa hóa các thiết bị này rất có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

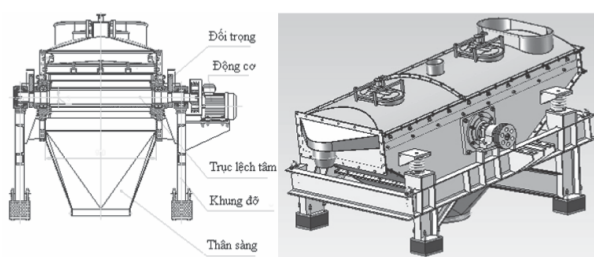
Các thông số chính cần tính toán của máy bao gồm: Số vòng quay của trục lệch tâm, năng suất sàng của máy, động cơ, bộ truyền, lò xo, gối đỡ,... Ở đây, bài báo này trình bày kết quả phân tích và tính toán các thông số chính của sàng rung, làm cơ sở tính toán, thiết kế sàng rung quán tính cho các vật liệu hạt nhỏ ở dây chuyền thiết bị của các nhà máy sản xuất.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Yêu cầu kỹ thuật đầu ra của thiết bị (Theo đặt hàng của người sử dụng)

- Loại sàng: Sàng quán tính;
- Năng suất: 120T/h;
- Vật liệu phân loại: xi măng;
- Cỡ hạt $30 \div 32 \mu\text{m}$;
- Khối lượng riêng: $1,30 \text{ t/m}^3$.

2.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc [5]



Hình 1. Cấu tạo của sàng rung [5]

Yêu cầu kỹ thuật :

- Chiều rộng lưới sàng: $B = 0,97\text{m}$;
- Chiều dài lưới sàng: $L = 2,5\text{m}$;

- Góc nghiêng của sàng: $\alpha = 6^\circ$;
- Độ lệch tâm của trục: $e = 3\text{mm}$.

2.3. Tính các thông số chính của máy

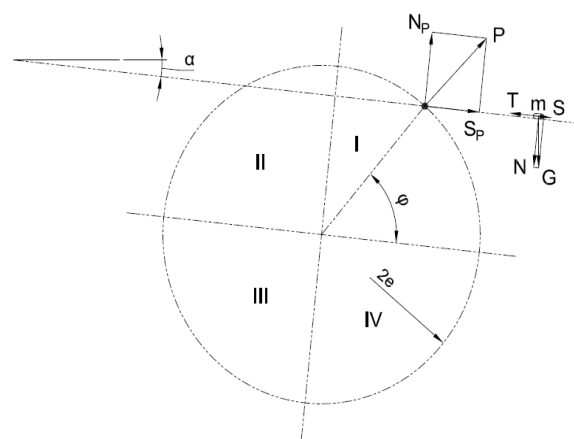
Cơ sở lý thuyết và thực tiễn sử dụng cho các tính toán theo tài liệu tham khảo [5] và [6].

2.3.1. Tính số vòng quay của trục lệch tâm [6]

* Tính theo chuyển động của hạt:

Khi sàng làm việc, mỗi hạt vật liệu trên lưới sàng chuyển động theo quỹ đạo hình tròn có bán kính bằng độ lệch tâm e của trục trên mặt phẳng đứng.

Hạt vật liệu m trên lưới chịu tác dụng của các lực (Hình 2):



Hình 2. Sơ đồ phân tích lực và chuyển động của hạt [5]

Theo hình 2:

- Trọng lực: G ;
- Lực ma sát: T ;
- Lực ly tâm: P .

Phân tích thành các lực thành phần:

Theo phương vuông góc với mặt sàng:
 $N = G \cdot \cos\alpha$; $N_p = P \cdot \sin\phi$.

Theo phương mặt lưới sàng: $S = G \cdot \sin \alpha$;
 $S_p = P \cdot \cos \varphi$.

Lực ma sát: $T = f(N \pm N_p)$.

Lực ly tâm:

$$P = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{e} = \frac{G}{g} \cdot \frac{\pi^2 \cdot e \cdot n^2}{900} \quad (1)$$

Trong đó: α - Góc nghiêng của lưới sàng so với mặt phẳng ngang; φ - Góc quay của trục lệch tâm.

Để cho vật liệu nhảy trên mặt lưới sàng cần phải thỏa mãn điều kiện sau: $N_p > N$.

Thay giá trị vào, ta có:

$$n > 30 \sqrt{\frac{\cos \alpha}{e}} \quad (2)$$

Trong đó, n là tốc độ quay của trục lệch tâm.

* Tính theo năng suất máy:

Năng suất của sàng được xác định theo:

$$Q = 3600 B \cdot h \cdot v_o \cdot \mu \cdot \rho \cdot \alpha \quad (3)$$

Trong đó:

B - Chiều rộng lưới sàng: 0,970m.

h - Chiều cao lớp vật liệu trên mặt sàng, với sàng có kích thước lưới 5x5 thì chiều dày lớp vật liệu $h = (5 \div 10)d$.

Lấy $h = (5 \div 10)d$; chọn $h = 8d$, 0,040m.

ρ - Khối lượng riêng của vật liệu: 1,300t/h.

μ - Hệ số trượt của vật liệu: 0,700.

v_o - Tốc độ trượt của vật liệu theo lưới sàng $v_o = 984,378$ vg/ph.

$$v_o = \frac{e \cdot n}{63.5} \quad (4)$$

α - Hệ số kinh nghiệm, hệ số tự chảy của xi măng trong điều kiện nhận liệu từ si lô, lưới sàng 5x5, tần số quay của trục 1050 vòng/ph, $\alpha \approx 20,3$.

Thay vào biểu thức, ta có:

$$n = \frac{63,5 \cdot Q}{3600 \cdot B \cdot h \cdot e \cdot \mu \cdot \rho \cdot \alpha} \quad (5)$$

Chọn $n = 1000$ vg/ph.

2.3.2. Năng suất của sàng thực tế

Năng suất của sàng được xác định theo:

$$Q = 3600 B \cdot h \cdot v_o \cdot \mu \cdot \rho \cdot \alpha \quad (3)$$

$Q = 128 > 120$ T/h, thỏa mãn yêu cầu bài toán.

2.3.3. Công suất động cơ

Công suất động cơ điện dùng cho máy sàng tính theo công thức [6]:

$$N_{đc} = K \cdot \frac{N_{ms} + N_d}{\eta} = 2,444 \text{ kW} \quad (6)$$

Trong đó: K - Hệ số dự trữ, $K = 1,2$; η - Hiệu suất bộ truyền, $\eta = 0,9$; N_{ms} - Công suất tiêu hao để thắng ma sát ở các ổ đỡ:

$$N_{ms} = \frac{P_{ms} \cdot v_1}{1000} \quad (7)$$

Trong đó:

v_1 - Tốc độ vòng quay trục lệch tâm:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30} \quad (8)$$

r - Bán kính ở cổ trục lệch tâm;

P_{ms} - Lực ma sát ở các ổ đỡ:

$$P_{ms} = f(P + G) \quad (9)$$

Trong đó:

f - Hệ số ma sát ở các ổ đỡ: 0.0018;

G - Trọng lượng của thân sàng và vật liệu: 12000N;

P - Lực ly tâm quán tính của sàng:

$$P = \frac{G}{g} \cdot \frac{\pi^2 \cdot e \cdot n^2}{900} \quad (10)$$

Do đó:

$$P_{ms} = f \left(G + \frac{G}{g} \cdot \frac{\pi^2 \cdot e \cdot n^2}{900} \right) = fG \left(1 + \frac{n^2 \cdot e}{900} \right) \quad (11)$$

Thay vào, ta có công suất tiêu hao để thắng ma sát:

$$N_{ms} = \frac{fG\pi r n}{30 \cdot 1000} \left(1 + \frac{n^2 \cdot e}{900} \right) \quad (12)$$

N_d - Công suất để tạo ra động năng cho sàng:

$$N_d = \frac{A_d}{\tau \cdot 1000} \quad (13)$$

Trong đó, A_d - Động năng sàng nhận được:

$$A_d = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{G \cdot n^2 \cdot e^2}{1800} \quad (14)$$

τ - Thời gian 1 vòng quay, $\tau = 60/n$.

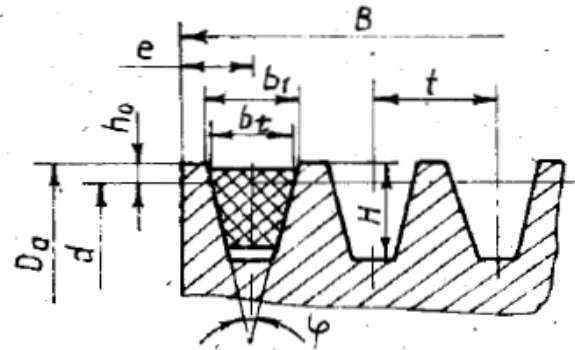
Thay vào biểu thức, ta có:

$$N_d = \frac{G \cdot n^3 \cdot e^2}{1,08 \cdot 10^8} \quad (15)$$

Ta có: $N_{dc} = 2,444kW$.

Chọn động cơ $N_{dc} = 3kW$, $n_{dc} = 1450$ vg/ph.

2.4. Tính bộ truyền đai



Hình 3. Bộ truyền đai [5]

- Tỷ số truyền của bộ truyền: $u = n_{dc}/n$
1,450.

- Chọn đường kính bánh đai nhỏ theo tiêu chuẩn: $d_1 = 140mm$.

- Vận tốc đai tính theo công thức:

$$v = \pi d_1 n_1 / 60000 \quad (16)$$

- Đường kính bánh đai lớn xác định theo công thức:

$$d_2 = d_1 u / (1 - \epsilon) \quad (17)$$

Trong đó, ϵ - Hệ số trượt.

- Chọn sơ bộ khoảng cách trục: $a = 1.3d_2$.

- Chiều dài đai:

$$l = 2a + 0.5\pi(d_1 + d_2) + (d_2 - d_1)^2 / 4a \quad (18)$$

- Chọn chiều dài đai theo tiêu chuẩn, l.

- Số vòng chạy của đai trong 1s, $i = v/l$,

$i < 10/s$.



- Khoảng cách trục a theo chiều dài tiêu chuẩn:

$$\alpha = (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}) / 4 \quad (19)$$

Trong đó:

$$\lambda = 1 - \pi(d_1 + d_2)/2; \Delta = (d_2 - d_1)/2.$$

- Góc ôm α_1 trên bánh đai nhỏ:

$$z = P_1 K_d / ([P_o] C_a C_1 C_u C_z) \quad (20)$$

Trong đó: P_1 - Công suất trên trục bánh đai chủ động; K_d - Hệ số tải trọng động; $[P_o]$ - Công suất cho phép; C_a - Hệ số kể đến ảnh hưởng của góc ôm, $C_a = 1 - 0.0025(180 - \alpha_1)$; C_1 - Hệ số kể đến ảnh hưởng của chiều dài đai; C_u - Hệ số tính đến ảnh hưởng của tỷ số truyền; C_z - Hệ số kể đến ảnh hưởng của sự phân bố không đều tải trọng cho các dây đai.

- Chiều rộng bánh đai:

$$B = (z - 1)t + 2e \quad (21)$$

- Đường kính ngoài của bánh đai:

$$d_a = d + 2h_o \quad (22)$$

- Lực căng trên một đai xác định theo công thức:

$$F_o = 780 P_1 K_d / (v C_a z) + F_v \quad (23)$$

Trong đó, F_v - Lực căng do lực ly tâm gây ra:

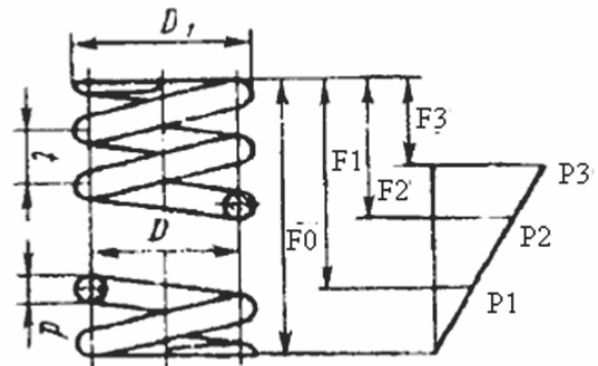
$$F_v = q_m v^2 \quad (24)$$

Trong đó, q_m - Khối lượng 1m chiều dài đai.

- Lực tác dụng lên trục:

$$F_r = 2F_o z \sin(\alpha_1/2) \quad (25)$$

2.5. Tính toán lò xo



Hình 4. Kích thước lò xo và đặt lực [5]

- Lực nén sơ bộ của lò xo:

$$P_1 = G/n_{lx} \quad (26)$$

Trong đó, n_{lx} - Số lượng lò xo.

- Lực tác dụng lên lò xo:

$$P_2 = P/n_{lx} \quad (27)$$

- Lực lò xo khi biến dạng lớn nhất:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta} \quad (28)$$

Trong đó, δ - Khe hở quán tính tương đối của lò xo nén, theo bảng (2.10).

- Tính đường kính dây lò xo:

Đường kính lò xo xác định theo công thức:

$$d \geq 1,6 \sqrt{\frac{k \cdot P_2 \cdot c}{[\tau_x]}} \quad (29)$$

Trong đó, c - Hệ số đường kính lò xo, giả sử chọn đường kính dây lò xo: $d = 18 \text{ mm}$; k - Hệ số kể đến độ cong của dây lò xo:

$$k = \frac{4 \cdot c + 2}{4 \cdot c - 3} \quad (30)$$

- Đường kính trung bình của lò xo:

$$D = c \cdot d \quad (31)$$

- Đường kính trong của lò xo: $D_t = D - d$

- Đường kính ngoài của lò xo: $D_n = D + d$

- Số vòng làm việc của lò xo:

$$n = \frac{G \cdot d \cdot h}{8 \cdot c^3 (P_2 - P_1)} \quad (32)$$

Trong đó, G - Mô-đun trượt của vật liệu.

- Tổng số vòng của lò xo: $n_1 = n + n_2$, với n_2 - Số vòng tựa.

- Độ cứng của một vòng lò xo: $z_1 = n \cdot z$

- Biến dạng sơ bộ: $F_1 = P_1/z$

- Biến dạng làm việc: $F_2 = P_2/z$

- Biến dạng lớn nhất: $F_3 = P_3/z$

- Bước của lò xo: $t = d + 1,1 \cdot F_3/n$

- Kiểm tra ứng suất xoắn của lò xo:

$$\tau_3 = \frac{8 \cdot k \cdot c \cdot P_3}{\pi \cdot d^2} \quad (33)$$

- Chiều cao của lò xo khi biến dạng lớn nhất:

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3)d \quad (34)$$

Trong đó, n_3 - Số vòng được mài phẳng.

- Chiều cao của lò xo ở trạng thái tự do:

$$H_0 = H_3 + F_3 \quad (35)$$

- Chiều cao của lò xo khi biến dạng sơ bộ:

$$H_1 = H_0 - F_1 \quad (36)$$

- Chiều cao của lò xo khi biến dạng làm việc:

$$H_2 = H_0 - F_2 \quad (37)$$

- Góc nâng của lò xo:

$$\tan \alpha = t/\pi D \quad (38)$$

- Chiều dài khai triển của lò xo:

$$L \approx 3,2 D n_1 \quad (39)$$

- Khối lượng của lò xo:

$$Q \approx 19,25 \cdot 10^{-6} D d^2 n_1 \quad (40)$$

Tính toán lò xo bằng phần mềm Inventor 2023, các thông số và kết quả được tính toán xuất ra từ phần mềm như sau:

Project Info

Guide

Spring Type	Variable mounting
Fatigue Loading	Shot-peened spring
Spring Strength Calculation	Spring Check Calculation
Method of Stress Curvature Correction	No Correction

Spring Load

Min. Load	F1	3302.002 N
Max. Load		11078.002 N
Working Load	F	11061.000 N

Spring Dimensions

Loose Spring Length		144.000 mm
Wire Diameter	d	11.000 mm
Pitch of Free Spring	t	40.000 mm
Outside Spring Diameter	Di	110.000 mm
Mean Spring Diameter	D	110.000 mm
Inside Spring Diameter	Di	90.000 mm
Spring Index	c	1.000 ul

Spring Coils

Active Coils	n	3.000 ul
Coil Direction		right
Spring Ends		
Params	Start	End
Closed End Coils	z1	0.785 ul z2 0.550 ul
Transition Coil	z4	0.550 ul z5 0.550 ul
Ground Coils	z6	0.775 ul z7 0.550 ul

Assembly Dimensions

Min. Load Length	L1	110.994 mm
Max. Load Length		198.854 mm
Working Stroke	H	33.114 mm
Working Load Length	Lw	118.008 mm
Installed Length		110.994 mm

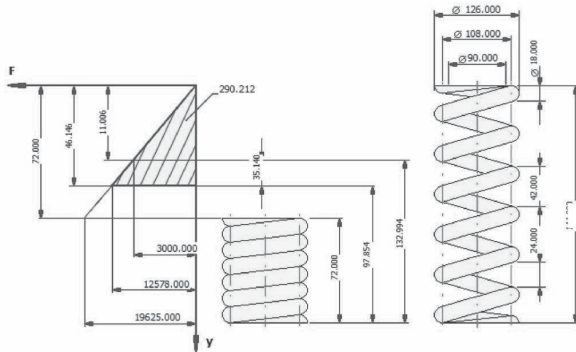


Spring Material

User material		
Ultimate Tensile Stress	σ_{ul}	1568.000 MPa
Allowable Torsional Stress	τ_A	784.000 MPa
Modulus of Elasticity in Shear	G	78560.000 MPa
Density	ρ	7860 kg/m ³
Utilization Factor of Spring Material	us	0.900 ul

Fatigue Loading

Spring Life in Thousands of Deflections	N	560.000 ul
Safety Factor	f	5.200 ul



Hình 5. Mô hình tính toán theo phần mềm

Bảng 1. Kết quả tính toán lò xo bằng phần mềm

Results

Space between Coill of Free Spring	a	20.000 mm
Pitch of Free Spring	t	40.000 mm
Stress Concentration Factor	K_w	1.000 ul
Spring Constant	k	078.569 N/mm
Min. Load Spring Deflection	δ_1	11.008 mm
Total Spring Deflection	δ_s	44.114 mm
Limit Spring Deflection	δ_g	77.000 mm
Working Spring Deflection	δ_{work}	0.320 ul
Max. Allowable Spring Deflection	δ_{max}	0.633 ul
Limit Test Lengtt of Spring	t_{minf}	50.990 mm
Theoretic Limit Lengtt of Spring	L_g	78.000 mm
Spring Limit Force	F_g	11820.000 N
Endurance in Shear	τ_e	712.125 MPa
Min. Load Stress	τ_1	121.471 MPa
Max. Load Stress	τ_8	593.121 MPa
Solid Length Stress	τ_9	925.417 MPa
Critical Speed of Spring	v	3.440 mps
Natural Frequency of Spring Surge	f	125.350 Hz
Deformation Energy	W_8	250.512 J
Wire Lengti	l	1440.500 mm
Spring Mass	m	5.338 kg
Spring Check Result		Positive

2.6. Tính chọn ổ đỡ

Cơ sở cho các tính toán theo tài liệu tham khảo [2] và [6].

2.6.1. Khả năng tải động của ổ được xác định theo công thức:

$$C_d = Q^m \sqrt{L} \quad (41)$$

Trong đó, Q - Tải trọng động quy ước:

$$Q = V \cdot F_r \cdot k_t \cdot k_d \quad (42)$$

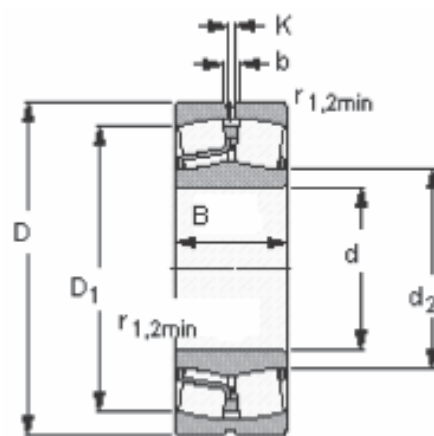
Trong đó:

- F_r - Tải trọng hướng tâm;
- V - Hệ số kể đến khi vòng nào quay;
- k_t - Hệ số kể đến ảnh hưởng của nhiệt độ;
- k_d - Hệ số kể đến đặc tính tải trọng;
- L - Tuổi thọ tính bằng triệu vòng quay:

$$L = \frac{60nL_h}{10^6} \quad (43)$$

Trong đó: L_h - Tuổi thọ của ổ tính bằng giờ; m - Bậc của đường cong mỏi khi thử về ổ lăn.

2.6.2. Chọn ổ



Hình 6. Cấu tạo ổ [5]

2.6.3. Kiểm tra ổ theo khả năng tải tĩnh

$$Q_t = F_r$$

$$Q_t < C_o$$

2.6.4. Khả năng quay nhanh của ổ

Số vòng quay tới hạn của ổ được tính theo công thức:

$$n_{th} = [d_m n] k_1 k_2 k_3 / d_m \quad (44)$$

Trong đó:

$[d_m n]$ - Thông số vận tốc quay quy ước;

d_m - Đường kính vòng tròn qua tâm các con lăn;

k_1 - Hệ số kích thước;

k_2 - Hệ số cỡ ổ;

k_3 - Hệ số tuổi thọ;

$n_{th} < 3800; 5000$, do đó ổ chọn thỏa mãn yêu cầu.

3. KẾT LUẬN

Qua quá trình nghiên cứu và tính toán, sàng rung quán tính đã được chứng minh là một giải pháp hiệu quả trong việc phân loại các vật liệu hạt nhỏ của các dây chuyền thiết bị công nghệ. Việc sử dụng sàng rung quán tính giúp tối ưu hóa quá trình sàng lọc, đảm bảo độ chính xác cao, tiết kiệm năng lượng và tăng năng suất. Các thông số như số vòng quay của trục lệch tâm, năng suất sàng của máy, động cơ, bộ

truyền, lò xo, gối đỡ,... là những tham số chính và quan trọng ảnh hưởng hoạt động của thiết bị. Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở cho việc thiết kế và chế tạo các thiết bị sàng rung phù hợp với từng loại vật liệu hạt nhỏ, đáp ứng yêu cầu công nghệ trong các ngành công nghiệp.

Mô hình bài tính có thể sử dụng để kiểm nghiệm các thiết bị có sẵn, cải tiến hoặc sửa chữa các thiết bị tương đương nhằm nâng cao độ ổn định của máy móc, thiết bị, công trình. ♦

Ngày nhận bài: 04/7/2024

Ngày phản biện: 10/11/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. PGS. Hà Văn Vui, TS. Nguyễn Chí Sáng, ThS. Phan Đăng Phong; “*Sổ tay thiết kế cơ khí*”, tập 1, NXB. Khoa học và Kỹ thuật (2006).
- [2]. PGS. Hà Văn Vui, TS. Nguyễn Chí Sáng; “*Sổ tay thiết kế cơ khí*”, tập 2, NXB. Khoa học và Kỹ thuật (2004).
- [3]. PGS. Hà Văn Vui, TS. Nguyễn Chí Sáng; “*Sổ tay thiết kế cơ khí*”, tập 3, NXB. Khoa học và Kỹ thuật (2006).
- [4]. Suresh C. Arya, Michael W. O'Neill, George Pincus, “*Design of Structures and foundations for Vibrating Machines*”, 1984.
- [5]. Hewitt-Robins, Nord breg, “*VSMA Vibrating Screen Handbook*”, 1996.
- [6]. Larry Olsen, Bob Carnes, “*Screen capacity calculation*”, 2001.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ TỐI ƯU THÔNG SỐ CHI TIẾT MÁY LỘT VỎ VÀ CẮT LÁT QUẢ THANH LONG

RESEARCH ON OPTIMIZING THE DESIGN PARAMETERS FOR A DRAGON
FRUIT PEELING AND SLICING MACHINE

Hồ Triết Hưng*, Bành Quốc Nguyên

Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hiện nay, trên thị trường có nhiều loại máy cắt lát thanh long được phát triển bởi các công ty khác nhau. Tuy nhiên, hầu hết các máy này chỉ tập trung vào quá trình cắt lát sau khi đã lột vỏ quả thanh long, dẫn đến việc chưa tối ưu được thời gian và năng suất vận hành. Đề tài này hướng đến việc nghiên cứu và thiết kế một loại máy công nghiệp tích hợp cả hai chức năng lột vỏ và cắt lát thanh long. Trước khi thiết kế, cần tính toán chính xác các thông số về kích thước, vận tốc và quy trình hoạt động, dựa trên các đặc tính phần cứng như kích thước chi tiết, vật liệu, tính chất vật lý của vật liệu, biên dạng của quả thanh long và khoảng cách kẹp. Từ mô hình toán học với các thông số thiết kế đã xác định, ta tiến hành mô phỏng và thiết kế máy lột vỏ và cắt lát thanh long phù hợp với chu kỳ cung cấp nguyên liệu. Nghiên cứu này đã đặt nền tảng cho việc tính toán tối ưu hóa năng suất của máy.

Từ khóa: *Cụm dao cắt; Máy gọt vỏ và cắt lát quả thanh long; Phương trình xác định vị trí.*

ABSTRACT

Currently, the market offers various types of dragon fruit slicing machines developed by different companies. However, most of these machines focus solely on the slicing process after the dragon fruit has been peeled, which has not yet optimized operational time and productivity. This research aims to design an industrial machine that integrates both peeling and slicing functions for dragon fruit. Prior to the design phase, accurate calculations regarding size, speed, and operational processes must be made, based on hardware characteristics such as component dimensions, material properties, physical characteristics, dragon fruit shape profile, and clamping distance. Using a mathematical model with defined design parameters, we proceed with simulations and the design of a dragon fruit peeling and slicing machine that aligns with the material supply cycle. This study establishes a foundation for optimizing the machine's productivity.

Keywords: *Cutting blade assembly; Dragon fruit peeling and slicing machine; Position determination equation.*

1. GIỚI THIỆU

Cây thanh long (tên tiếng khoa học là Pitahaya), thuộc họ xương rồng, có nguồn gốc ở các vùng sa mạc thuộc Mehico và Colombia, là một loại cây nhiệt đới mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe con người nhờ giá trị dinh dưỡng cao và các hợp chất hoạt tính sinh học, trong đó có chất chống oxy hóa tự nhiên mạnh mẽ. Từ thân, hoa, vỏ, cùi thanh long có nhiều hoạt tính sinh học có lợi chống lại các vi khuẩn gây bệnh bao gồm vi khuẩn, nấm và vi rút cũng như các bệnh như tiểu đường, béo phì, tăng lipid máu và ung thư. Hơn nữa, chiết xuất thanh long có đặc tính bảo vệ tim mạch và gan, cũng như tiềm năng prebiotic [1]. Thanh long được người Pháp đem vào trồng ở Việt Nam trên 100 năm nay, nhưng mới được đưa lên thành hàng hóa từ thập niên 1980 [5]. Việt Nam trở thành nước có diện tích trồng thanh long lớn nhất châu Á và được trồng ở 63/65 thành phố/tỉnh của cả nước và là nước xuất khẩu thanh long chính trên toàn thế giới [1]. Hiện nay, nước ta đã xuất khẩu thanh long qua nhiều nước dưới dạng quả tươi. Nhằm tăng giá trị, thanh long đang được chế biến thành nhiều sản phẩm, tuy nhiên điều này đang bị giới hạn về năng suất do quá trình lột vỏ và cắt lát chưa được tối ưu và mở rộng. Việc sản xuất quy mô lớn như vậy dẫn đến yêu cầu về cải tiến quy trình và các khâu trong quá trình chế biến thanh long, khoảng một phần ba khối lượng ban đầu bị mất đi, chủ yếu ở dạng vỏ sau quá trình lột vỏ thanh long. Theo bài nghiên cứu về hình dạng [6] của các loại thanh long, kích thước đường kính và chiều dài được nghiên cứu để đưa ra một phương thức chung để đánh giá và phân loại. Sự phân loại đó giúp thúc đẩy quá trình cơ giới hóa trong quá trình nghiên cứu. Khi xác định được kích thước cơ bản của quả, từ đó nâng cao năng suất và chất lượng của thành phẩm. Thực tế hiện nay, việc lột vỏ và cắt lát thanh long chỉ là do công nhân

làm, và chỉ có các công cụ hỗ trợ, chưa có máy bán tự động dây chuyền. Thanh long là loại trái cây mà thịt và vỏ của chúng có thể được tách ra dễ dàng mà không ảnh hưởng nhiều đến việc thất thoát cân nặng. Ngoại quan của trái thanh long được đánh giá qua tùy theo tiêu chuẩn được đặt ra [7]. Hiện nay, yêu cầu thực tế kết hợp đồng thời quy trình cắt và lột vỏ thanh long được đề xuất với các ưu điểm: chất lượng lát thanh long ổn định, năng suất lớn và tiết kiệm được thời gian trong quá trình cắt lát. Tại thị trường Việt Nam, thanh long có nhiều loại cũng như các giống khác nhau. Mỗi loại sẽ cho thông số về kích thước quả khác nhau, vì vậy việc tìm hiểu về kích thước là yêu cầu được chú trọng khi thiết kế máy bán tự động bóc tách và cắt lát thanh long. Sản lượng thanh long tại Việt Nam hằng năm khoảng vài triệu tấn, trong đó hầu hết được đóng gói và xuất khẩu tươi ra các nước lân cận và phần còn lại được tiêu thụ trong nước [8]. Sản lượng sản xuất ngày càng gia tăng, điều đó đẩy mạnh ngành công nghiệp phụ trợ nhằm gia tăng tính kinh tế của ngành nông nghiệp nói chung và sản xuất thanh long nói riêng.

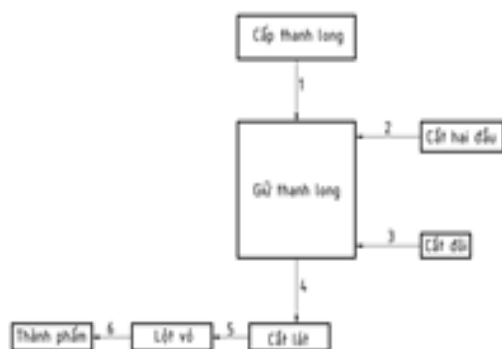
Theo nhu cầu thực tiễn, việc nghiên cứu về thiết kế hệ thống dây chuyền bán tự động cho công đoạn lột vỏ và cắt thanh long được đầu tư và nghiên cứu. Bài báo đề xuất một nguyên lý máy có sẵn, mang tính khả thi đã và đang được nghiên cứu thông qua luận văn tốt nghiệp tại Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh. Nguyên lý này dựa trên phương pháp đồng bộ tốc độ di chuyển giữa các cụm cơ cấu để đảm bảo hiệu quả hoạt động. Mô hình toán học được xây dựng dựa trên các thông số thiết kế ban đầu như năng suất, giới hạn không gian để hỗ trợ việc tính toán các thông số lựa chọn, đĩa xích, khoảng cách cụm kẹp và kích thước băng tải. Để làm được điều đó, việc hiểu rõ và phát triển hệ thống là cần thiết. Bài báo đưa ra



mô hình tính toán các thông số với mục đích tạo ra máy cắt lát và lột vỏ thanh long nhằm nâng cao năng suất trong quá trình cắt lát.

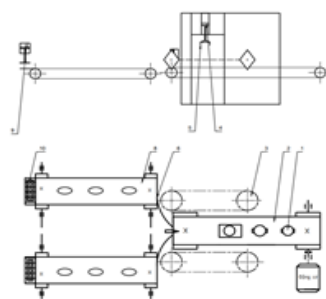
2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH

2.1. Nguyên lý chung hệ thống máy



Hình 1. Sơ đồ quy trình chế biến

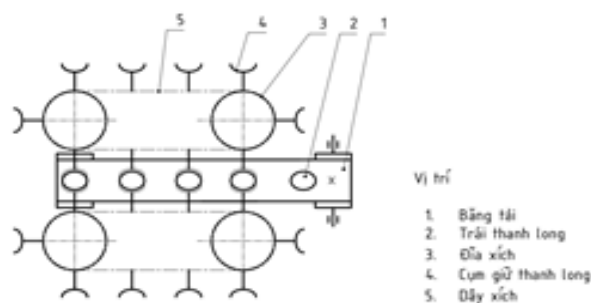
Nguyên lý chung (Hình 1) cho hệ thống cắt và bóc tách thanh long phụ thuộc vào quá trình phân loại trước đó để tính toán được các thông số phù hợp. Do đó, nguyên liệu đầu vào được cung cấp phải đạt các yêu cầu phù hợp với máy về kích thước, độ đồng đều, được xử lý vệ sinh trước tránh bụi bẩn. Việc đáp ứng các yêu cầu đối với nguyên liệu đầu vào giúp đảm bảo chất lượng thành phẩm và có độ hao hụt là thấp nhất. Để có được năng suất mong muốn cần phải chuyển từ khối lượng thanh long về số lượng (kilogram sang số quả) tương ứng và bù trừ 10-20% sản lượng lỗi để đảm bảo lựa chọn phương án phù hợp với khả năng của máy. Với quy trình sản xuất từ, đưa ra được một sơ đồ nguyên lý (Xem hình 2) mang tính phù hợp dành cho việc thiết kế và tính toán sau này.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của máy gọt vỏ và cắt lát thanh long

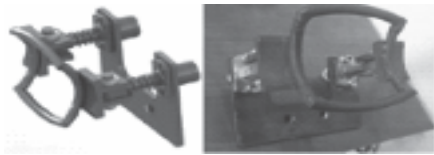
Quả thanh long (1) được công nhân vận hành đặt trên băng tải (2) có gắn các khối V để định vị thanh long. Các cụm giữ thanh long được gắn trên bộ truyền xích (3), hai bộ truyền xích được bố trí đối xứng qua băng tải để đảm bảo việc kẹp được thanh long. Xi-lanh (4) truyền chuyển động cho cụm dao cắt, cắt bỏ hai đầu theo chiều dài quả. Quả thanh long được giữ đi đến dao (5), bị cắt làm đôi và mỗi nửa theo mỗi máng dẫn. Ở cuối máng dẫn sẽ bố trí cơ cấu lật để đảm bảo quả thanh long được lật sao cho mặt bị cắt đôi nằm úp xuống băng tải. Ở cuối băng tải đầu ra (8) có gắn các dao cắt lát (10). Xi-lanh (9) ép từ trên xuống với lực vừa đủ, thanh long nằm trên lưỡi dao được xếp lưới hoặc ô vuông tùy theo nhu cầu cắt lát. Cơ chế lột vỏ là nén để phần thịt thanh long được cắt lát ra và gọt vỏ để thanh long được tách bỏ vỏ với ruột.

2.2. Nguyên lý đồng bộ hệ thống



Hình 3. Nguyên lý đồng bộ

Hệ thống máy được phân thành các cụm theo chức năng sẽ giúp việc tính toán và đồng bộ hệ thống dễ dàng hơn (Xem hình 3). Với hệ thống cắt hai đầu do xi-lanh thực hiện, hành trình và vận tốc của xi-lanh được hệ thống điều khiển đảm nhận. Ở cụm cấp, cơ cấu cụm giữ đặc trưng đồng thời được truyền chuyển động bằng bộ truyền xích, việc điều khiển và tính toán hai bộ truyền xích để mỗi bên giữ được trái thanh long là một vấn đề quan trọng. Nếu lực kẹp không đúng do sai lệch vị trí của cơ cấu hai bên có thể dẫn đến hư hỏng cho trái thanh long. Ngoài ra, cụm cấp bằng băng tải cũng là một vấn đề lớn.



Hình 4. Cụm giữ thanh long

Bài nghiên cứu tập trung việc tính toán số liệu cho quá trình đồng bộ vận tốc của ba cụm bao gồm cụm cấp (2), cụm giữ (3) (Hình 4). Mô hình đã được hoàn thiện và thử nghiệm với các kích thước quả thanh long khác nhau, cho thấy khả năng xác định các thông số hình học phù hợp cho máy bóc tách vỏ thanh long với năng suất mong muốn.

Các cụm giữ thanh long được gắn trên bộ truyền xích. Khi trái thanh long tiếp xúc với cụm giữ sẽ làm lò xo của cụm bị nén lại, đồng thời lò xo cũng sẽ tác động một lực trở lại trái thanh long tạo thành lực kẹp vừa đủ. Để đảm bảo rằng cụm giữ luôn kẹp được quả thanh long thì phải xác định được vị trí của thanh long so với cụm giữ. Vì vậy, khoảng này phải là khoảng cố định. Phương án định vị thanh long trên băng tải đầu vào là: Dùng 2 khối V ngăn gắn trên tâm các tấm của băng tải. Kích thước của thanh long phải nhỏ hơn đường kính của đĩa xích để tránh va chạm giữa các cụm.

3. THIẾT LẬP THÔNG SỐ VÀ MÔ HÌNH ĐỒNG BỘ

3.1. Trình tự tính toán được thực hiện theo các bước

3.1.1. Tính toán trên cụm giữ

Do máy có kích thước hạn chế và ảnh hưởng bởi đường kính của thanh long, nên khi tính toán thiết kế máy ngoài năng suất của máy, cần thu thập kích thước thanh long để lựa chọn khoảng cách thích hợp giữa các cụm làm việc. Vị trí và thông số các đĩa xích đã được thử nghiệm, do đó bước tính toán được thực hiện từ cụm giữ thanh long, việc đồng bộ vận tốc và vị trí tương đối giữa băng tải với cụm giữ ảnh hưởng trực tiếp khả năng giữ trái thanh long.

3.1.2. Tính toán trên cụm cấp nguyên liệu

Năng suất đáp ứng và không gian kích thước máy còn lại sẽ được dùng để tính toán băng tải đầu vào, sẽ dễ dàng đồng bộ vận tốc và vị trí với cụm giữ. Bảng 1 trình bày các thông số đầu vào và các thông số cần tính toán để đồng bộ vận tốc giữa các khâu.

Bảng 1. Các thông số

Thông số	Kí hiệu
Năng suất yêu cầu (quả/giờ)	N
Chiều dài thanh long (mm)	l_{tl}
Bước xích băng tải và đĩa xích (mm)	P_c
Khoảng cách giữa các cụm giữ (mm)	k_c
Số cụm giữ (cụm)	N_c
Số răng bánh xích (răng)	Z
Đường kính vòng chia rulo (mm)	P.D
Đường kính vòng chia đĩa xích (mm)	D_p
Số cụm giữ trên 1 vòng đĩa xích (cụm)	N_c



3.1.3. Tính toán trên đĩa xích

Sau khi lựa chọn đĩa xích phù hợp và quyết định số lượng cụm giữ trên 1 vòng đĩa xích (tùy theo kích thước quả), tính toán khoảng cách phân bố giữa các cụm. Khoảng cách cụm giữ thanh long:

$$K_c = \frac{z}{N_c} \text{ (mm)} \quad (1)$$

Bảng 2 trình bày thông số phù hợp và tối ưu nhất cho máy đối với các kích thước quả khác nhau, tất cả thông số đã được thử nghiệm và tính toán của nhóm nghiên cứu, khuyến nghị nên sử dụng.

Bảng 2. Với khoảng cách cụm giữ và đĩa xích

z (số răng)	D _p (mm)	N _c (số cụm giữ)	Kích thước thanh long l _u (mm)	Khoảng cách cụm giữ k _c
24	291.9	4	<145.95	6p _c
28	340.29	4	<170.14	7p _c
32	388.71	4	<194.35	8p _c
36	437.75	4	<218.57	9p _c
40	485.6	4	<242.28	10p _c
Bước xích p _c = 38.1 (mm)				

Công thức tổng quát và thông số để thiết kế máy phù hợp với nhu cầu. Ở cụm cắt hai đầu, chỉ tính toán số vòng quay của đĩa xích, vì chỉ cần đĩa xích đáp ứng được tốc độ quay như vậy là đảm bảo được khối lượng, có công thức tính toán. Số vòng quay đĩa xích (v/p):

$$n = \frac{N}{60 \times N_c} \quad (2)$$

Chiều dài của dây xích sẽ tùy thuộc vào nhu cầu và khả năng đáp ứng diện tích của máy, tuy nhiên khuyến nghị tính toán chiều dài dây

xích để tối ưu diện tích máy theo công thức sau. Khoảng cách trục (mm):

$$a = 2x \quad (3)$$

Chiều dài dây xích (mm):

$$L \approx 2 \times a + \pi \times D_p; (L: k_c) \quad (4)$$

3.1.4. Tính toán trên băng tải cấp liệu

Ở băng tải cấp liệu, giữ thanh long nằm trên hai khối V gần là 1 cụm giữ, và mỗi khối V sẽ được gắn tại trung điểm của mỗi tấm băng tải và có khoảng cách vừa đủ để phù hợp với kích thước thanh long, khoảng cách giữa hai khối sẽ được tính theo công thức:

Khoảng cách giữa 2 khối V (mm):

$$K_{cv} < \frac{l_{tl}}{p_c} \text{ (mm)} \quad (5)$$

Bố trí khoảng cách giữa 2 cụm giữ để khoảng cách giữa 2 quả thanh long không bị va chạm với nhau, và tối ưu không gian của máy:

Khoảng cách giữa 2 cụm giữ (mm):

$$K_q = 2 \times K_{cv} \quad (6)$$

Sau khi xác định được khoảng cách giữa 2 cụm giữ, vận tốc băng tải được tính theo công thức để đáp ứng năng suất yêu cầu.

Vận tốc băng tải (mm/s):

$$V = \frac{K_q \times N}{3600} \quad (7)$$

Sau khi có được vận tốc băng tải và chọn lựa băng tải cùng đường kính rulo phù hợp, số vòng quay rulo được tính như sau:

Số vòng quay trên rulo (v/p):

$$n_l = \frac{V \times 60}{\pi \times P \times D} \quad (8)$$

3.2. Ứng dụng thực tế

Qua mô hình toán học ở trên, dưới đây nhóm tác giả đã tính toán với phương án đáp ứng cho loại thanh long có kích thước 110-125mm, năng suất 1200 tấn/h tương ứng với khoảng 2400 quả/h.

Số cụm giữ thanh long và đĩa xích được lựa chọn theo bảng 3 với kích thước chiều dài thanh long 145mm < 145.95 mm.

Bảng 3 là thông số đĩa xích được chọn.

Bảng 3. Thông số đĩa xích

Ký hiệu	Thông số
Z	24 răng
D _o	312 mm
D _p	219.9 mm
P _c	38.1 mm

Một vòng đĩa xích được gắn bốn cụm giữ quả thanh long. Như vậy, khoảng cách giữa các cụm giữ:

$$K_c = \frac{Z}{N_c} = \frac{24 \times P_c}{4} = 6 \times 38.1 = 228.6 \text{ (mm)}$$

Số vòng quay của đĩa xích để đạt năng suất 2400 quả/giờ:

$$n = \frac{N}{60 \times N_c} = \frac{2400}{60 \times 4} = 10 \text{ v/p}$$

Thông số băng tải xích tằm: P_c = 38.1 mm.

Khoảng cách giữa 2 khối V:

$$K_{cv} < \frac{l_{tl}}{P_c} = \frac{145}{38.1} = 3.8 \text{ (tằm)}$$

Chọn khoảng cách tương ứng với 3 tằm: 3 × 38.1 = 114.3mm (tính từ trung điểm mỗi tằm).

Khoảng cách cần thiết giữa 2 quả thanh long trên băng tải:

$$K_q = 2 \times K_{cv} = 2 \times 3 \Rightarrow 6 \text{ (tằm)}$$

Vị trí thanh long cách đĩa xích một khoảng để đồng bộ:

$$6 \times P_c = 22.6 \text{ (mm)}$$

Từ năng suất 2400 quả/giờ => Vận tốc băng tải cần thiết:

$$V = \frac{K_q \times N}{3600} = \frac{228.6 \times 2400}{3600} = 152.4 \text{ (mm/s)}$$

Bảng 4 trình bày thông số rulo được chọn.

Bảng 4. Thông số rulo

Ký hiệu	Thông số
P.D	153.2mm
P _c	38.1 mm

Số vòng quay trên rulo:

$$n_l = \frac{V \times 60}{\pi \times P.D} = \frac{152.4 \times 60}{\pi \times 153.2} \approx 18,99 \text{ (v/p)}$$

Trên đây là phần tính toán các thông số cần thiết của máy lột vỏ và cắt lát thanh long để đáp ứng được năng suất 2400 quả/giờ của nhóm tác giả. 

4. KẾT LUẬN

Bài báo đưa ra phương án thiết kế máy lột vỏ và cắt lát thanh long dựa trên năng suất làm việc mong muốn nhằm tính toán các thông số vận tốc băng tải đầu vào, băng tải đầu ra, đĩa xích. Các đại lượng vào thông số tính toán được tùy chỉnh để phù hợp với kích thước quả. Việc thiết kế dựa trên năng suất làm việc của máy giúp linh hoạt trong quá trình sản xuất, phù hợp với quy mô sản xuất. Bài nghiên cứu này bước đầu đã hình thành các công thức cơ bản nhất cho quá trình thiết kế máy lột vỏ và cắt lát thanh long. Qua đây, có thể dựa vào đó để tính toán các thông số khác về máy để đảm bảo đáp ứng các thông số yêu cầu và chi phí sản xuất.

Lời cảm ơn:

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Long An đã hỗ trợ nghiên cứu này thông qua Dự án sản xuất thử nghiệm mã số: KCLA.05.24. ❖

Ngày nhận bài: **25/10/2024**

Ngày phản biện: **17/11/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. T.-T.-H. Luu, T.-L. Le, N. Huynh, and P. Quintela-Alonso, “*Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam*”. Czech Journal of Food Sciences, vol. 39, no. 2, pp. 71-94, Apr. 2021.
- [2]. W. Liaotrakoon, “*Characterization of dragon fruit (Hylocereus spp.) components with valorization potential*”. PhD thesis, Ghent University, Belgium, 2013.
- [3]. Susmita Das and Safina Kosser, “*Dragon fruits as a functional food*”, 2022. [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/363173284_Dragon_Fruits_as_a_Functional_Food
- [4]. Fernanda Robert De Mello, “*Đánh giá các đặc tính hóa học và đặc tính lưu biến của vỏ thanh long (Hylocereus undatus) - Phần 1*”, 2018. [Online]. Available: <https://thongtinkhen.binhthuan.gov.vn/index.php/thu-vi-n-di-n-t/126-danh-gia-cac-d-c-tinh-hoa-h-c-va-d-c-tinh-luu-bi-n-c-a-v-thanh-long-hylocereus-undatus-ph-n-1>.
- [5]. Nguyễn Văn Kê, “*Cây thanh long*”, 2008. [Online]. Available: <https://rttc.hcmuaf.edu.vn/rttc-8137-1/vn/-cay-thanh-long.html>.
- [6]. Nguyen Quoc Duan, “*Dragon fruit grades, sizes, and packaging for exportation*”. Accessed: 2021 [Online]. Available: <https://dragonfruit.net.vn/dragon-fruit/172-dragon-fruit-grandes-size-and-packaing-for-exportation.html>
- [7]. TCVN 7523:2005, “*Tiêu chuẩn của Việt Nam về thanh long / Vietnam Standard for dragon*”. Accessed: Mar. 31, 2006. [Online]. Available: https://agro.gov.vn/vn/tID3579_Tieu-chuan-cua-Viet-Nam-ve-thanh-long-Vietnam-Standard-for-dragon.html
- [8]. Hoàng Hùng, “*Tăng sức cạnh tranh cho quả thanh long xuất khẩu*”. Accessed: Oct.15, 2023 [Online]. Available: <https://nhandan.vn/tang-suc-canhh-tranhcho-qua-thanh-long-xuat-khau-post777165.html>

NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HÓA QUỸ ĐẠO DAO CẮT NHẪM NÂNG CAO NĂNG SUẤT GỌT VỎ CÀ RỐT

RESEARCH ON OPTIMIZING CUTTING BLADE TRAJECTORY TO ENHANCE CARROT PEELING PRODUCTIVITY

Trần Anh Sơn*, Bành Quốc Nguyên

Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hiện nay, nhiều quốc gia trên thế giới đã thiết kế và phát triển các loại máy gọt vỏ cà rốt sử dụng cơ chế nhiều lưỡi cắt bố trí theo cung tròn, với năng suất cao để đáp ứng nhu cầu thị trường. Đề tài này tập trung vào việc phân tích quỹ đạo di chuyển và lực tác dụng của cụm cắt chính trong máy gọt vỏ cà rốt công nghiệp. Trước khi tiến hành đánh giá, quy trình cắt của cụm gọt sẽ được mô phỏng bằng phương trình toán học, dựa trên các thông số phần cứng như kích thước chi tiết, thông số ma sát giữa các khớp nối, vật liệu, tính chất vật lý của vật liệu, biên dạng của củ cà rốt và lực gọt vỏ. Từ đó, các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến năng suất gọt sẽ được xác định và điều chỉnh để phù hợp với quy mô sản xuất tại thị trường Việt Nam.

Từ khóa: *Cụm dao gọt vỏ; Máy gọt vỏ cà rốt; Phương trình dao động tắt dần; Nâng cao năng suất.*

ABSTRACT

Currently, many countries worldwide have designed and developed carrot peeling machines that use a multi-blade mechanism arranged in an arc, providing high productivity to meet market demands. This study focuses on analyzing the motion trajectory and applied forces of the main cutting assembly in industrial carrot peeling machines. Before evaluation, the peeling process of the cutting assembly is simulated using mathematical equations, based on hardware parameters such as component dimensions, friction parameters between joints, material type, physical properties of the material, carrot shape profile, and peeling force. Key factors impacting peeling productivity are then identified and adjusted to suit production scale requirements in the Vietnamese market.

Keywords: *Peeling blade assembly; Carrot peeling machine; Damped oscillation equation; Productivity enhancement.*



1. GIỚI THIỆU

Cà rốt hằng năm được sản xuất hơn 37 triệu tấn, đứng đầu trong các loại rau củ được tiêu thụ nhiều nhất trên thế giới [1]. Máy gọt vỏ cà rốt đã góp phần tăng năng suất trong lĩnh vực sản xuất thực phẩm. Việc nâng cao năng xuất nhằm giải quyết vấn đề về kinh tế luôn được các nhà phát triển đặt lên hàng đầu. Các dòng máy công nghiệp phục vụ cho quy trình chế biến thực phẩm luôn được cải tiến trong thời gian gần đây. Đối với các loại rau củ khác nhau sẽ có các bộ thông số hình học tiêu chuẩn khác nhau, bởi lẽ đó việc xác định đối tượng nghiên cứu sẽ giúp cho việc tính toán được thống nhất và liên mạch, cà rốt là đối tượng tiêu biểu để xem xét và tính toán. Cơ chế gọt vỏ được sử dụng là biện pháp bào vỏ theo biên dạng hình học của cà rốt. Hiện nay, cơ cấu được sử dụng rộng rãi nhất với các ưu điểm: chất lượng gọt vỏ cao, năng suất lớn và không cần cung cấp nước trong quá trình gọt. Các dòng máy sử dụng cơ chế này có công suất từ 3000 củ/giờ, tương ứng với $3 \div 4$ tạ/giờ và phù hợp với mọi loại cà rốt có chiều dài tối thiểu là 160 mm, đường kính $25 \div 65$ mm tỉ lệ 18-20% hao hụt sau khi gọt [2].

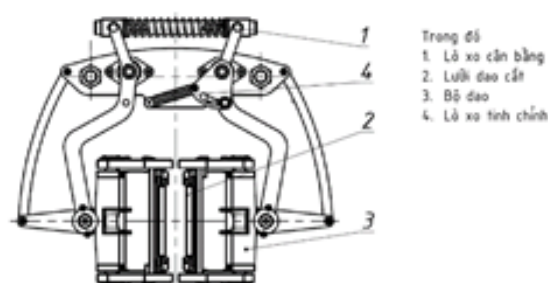
Mức độ hao hụt trong sản xuất chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, trong đó bộ phận cắt gọt đóng vai trò quan trọng trong vấn đề này, từ đó cần xây dựng phương trình toán học để xem xét sự thay đổi trong quá trình chuyển động của cụm chi tiết này đến năng suất sản xuất. Thông qua một bài báo nghiên cứu trước đó [3] gồm một cụm dao gọt vỏ với hai lò xo đã đưa ra một đồ thị của dao động tắt dần, nhận thấy rằng bài toán đưa ra vẫn chưa thỏa mãn yêu cầu thực tế về độ dao động và thời gian tắt dần tới hạn của cụm dao gọt. Vì vậy, với mục tiêu xây dựng bài toán hoàn thiện hơn, bài nghiên cứu sẽ đưa ra bài toán gần sát với thực tế hơn cũng như

giải quyết tương đối các vấn đề còn tồn đọng. Bài toán được xây dựng dựa trên sự tương tác qua lại của hai cụm dao được liên kết thông qua một lò xo chung, thông qua đó xây dựng phương trình dao động tắt dần loại bỏ được phạm vi ảnh hưởng của nguồn năng lượng tích trữ trong quá trình chuyển động để có thể đáp ứng được nhu cầu về thời gian và năng suất mong muốn. Phương trình tập trung trọng tâm vào xác định sự thay đổi về góc theo thời gian di chuyển từ điểm đầu đến điểm cuối của củ cà rốt. Sau khi xây dựng được phương trình toán học có thể tinh chỉnh số liệu thực để tăng năng suất của máy.

Sau khi cà rốt đi qua cụm dao, cụm dao sẽ dao động tắt dần cho đến khi góc quay trở về vị trí cân bằng. Như bài nghiên cứu [3] đã trình bày được quỹ đạo tắt dần của cụm dao theo thời gian nhưng chưa thể hiện được trạng thái dao động chuyển động. Bài báo này đề xuất phương pháp tìm ra phương trình năng lượng dư bằng cách mô phỏng chuyển động của toàn bộ cụm dao.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

2.1. Mô tả chung nguyên lý cắt



Hình 1. Mô hình minh họa cụm dao

Nguyên lý cấp liệu được mô tả như sau: cà rốt sẽ được cấp liệu và đi qua băng tải chữ V đến khâu gọt vỏ, trong khâu gọt vỏ hai bánh

lăn một trên một dưới được bọc một lớp vật liệu mềm và có tính ma sát phù hợp nhằm duy trì lực gọt trong suốt quá trình hoạt động. Tại khâu gọt vỏ cụm dao (xem Hình 1) sẽ thực hiện chức năng của mình khi cà rốt tiếp xúc với cụm dao làm cho con lăn trên cụm cắt bị đẩy lên khi này lưỡi dao sẽ thực hiện tác vụ cắt bỏ lớp vỏ, đồng thời cà rốt cũng làm cho cụm dao mở rộng về hai phía. Mấu chốt quyết định năng suất gọt một củ cà rốt được quyết định dựa trên thời gian ổn định của cụm dao tại vị trí tĩnh, khi này các sự tương tác giữa hai bên cụm dao gần như bằng không để sẵn sàng lăn gọt vỏ tiếp theo.

Khi cà rốt đi ra khỏi cụm dao là lúc nó bắt đầu thực hiện dao động tắt dần, biên độ góc quay của cụm dao sẽ là lớn nhất và nó sẽ dao động đến khi về vị trí cân bằng để thực hiện lần gọt tiếp theo. Xem xét trường hợp toàn bộ cụm dao được đặt vuông góc với mặt đất. Mỗi một bên cụm dao được bố trí theo hình bình hành với ba khớp động và kết nối thông qua lò xo lớn ở chính giữa. Trong quá trình tính toán bỏ qua khối lượng lò xo vì khối lượng tương đối nhỏ, bên cạnh bài toán đề ra với trường hợp lý tưởng các lực cản ở các khâu thành phần sẽ quy về thành lực cản không khí cho toàn hệ và toàn bộ phận dao gọt sẽ là một khối có trọng lượng riêng.

Dựa vào các nghiên cứu từ bài báo [3] kết hợp với quá trình đo kiểm với các giống cà rốt thông dụng [4], góc mở rộng mỗi bên cụm dao không quá 10 độ đi kèm với đó là nhu cầu sản xuất trong nước thuộc lớp vừa và nhỏ trung bình từ 1200-1500 củ/giờ tương đương 2.4-3 giây/củ [4]. Thông qua mục tiêu sản xuất cùng với các yếu tố đầu vào được xác định, phương trình từng bước được xây dựng và tính toán để đảm bảo được quỹ đạo chuyển động của cụm dao theo thời gian mong muốn. Kết hợp với điều kiện thực và phương trình tính toán sẽ góp

phần cải thiện trang thiết bị phù hợp với điều kiện mong muốn và đạt được hiệu suất cao hơn.

2.2. Biểu thức dao động tắt dần

Bảng 1. Giải thích các ký hiệu

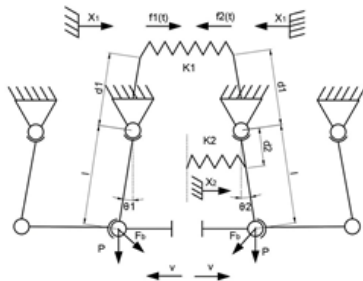
Thông số	Ký hiệu	Đơn vị
Góc cụm dao so với phương thẳng đứng	θ	Độ
Vận tốc góc	$\dot{\theta}$	Rad/s
Gia tốc góc	$\ddot{\theta}$	Rad/s ²
Độ cứng của lò xo 1	K_1	N/m
Độ cứng của lò xo 2	K_2	N/m
Độ dài của thanh 1	l	m
Khoảng cách vị trí lò xo bắt với thanh 1	d	m
Khối lượng bộ phận dao gọt	M	Kg
Gia tốc trọng trường	g	m/s ²
Hệ số lực cản không khí	B	N.m.s/rad
Moment quán tính	I	kg.m ²

Theo mô hình động học (Hình 2), khi cà rốt vừa đi qua toàn bộ cụm dao gọt, cụm dao dao động về vị trí cân bằng với không vận tốc đầu và góc ban đầu đồng thời sản sinh một nguồn năng lượng dư từ lực do cà rốt tác dụng lên hệ từ đó xuất hiện lực biến đổi theo thời gian. Để có mô hình hóa bài toán cơ học này với các phân tích về lực (Hình 2) theo đó hướng giải quyết bài toán sẽ phân tách bài toán thành hai bài toán nhỏ gồm cụm bên trái và cụm bên phải điểm tách sẽ là tại đường tâm lò xo K_1 .

Mục tiêu của mô hình sẽ đảm bảo tại thời gian mong muốn, cụm 1 và cụm 2 đều ở vị trí cân bằng và đồng thời hai lực $f_1(t)$ và $f_2(t)$ sẽ bằng nhau ở tại thời điểm đó thông các đại lượng từ Bảng 1.

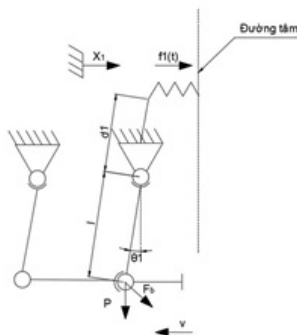


$$\begin{cases} \theta_1(t) = 0 \\ \theta_2(t) = 0 \\ f_1(t) = f_2(t) \end{cases}$$



Hình 2. Sơ đồ phân tích lực

Theo đó, cụm 1 sẽ được mô tả (Hình 3), chiều dương của phương trình và hướng lực và độ lớn của các momen xoắn được xác định trong sơ đồ phân tích lực (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ phân tích lực cụm 1

Áp dụng định luật D' Alembert trong động lực học tổng quát trong [5]:

$$\begin{aligned} I\ddot{\theta} &= \sum \text{Torque} = -\tau_{\text{cụm dao}} - \tau_{\text{lò xo}} - \tau_{\text{cản}} + \tau_{f(t)} \\ \Leftrightarrow M.l^2.\ddot{\theta} &= -M.g.\sin\theta.l - K.d^2.\sin\theta\cos\theta - B.\dot{\theta} + f_1(t) \\ \Leftrightarrow M.l^2.\ddot{\theta} + B.l^2.\dot{\theta} + (M.g.l + K.d^2).\theta &= f_1(t) \end{aligned}$$

Điều kiện góc trong phương trình nhỏ hơn 10 độ nên $\sin\theta \sim \theta$ và $\cos\theta \sim 1$. Áp dụng công thức phương trình vi phân bậc hai cho hàm góc:

$$A\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta = f_1(t) \quad (1)$$

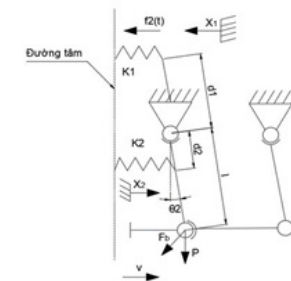
Trong đó:

- $A = M.l^2$
- $B = B$
- $C = M.g.l + K.d^2$

Áp dụng công thức giải phương trình vi phân bậc hai (1) được phương trình $\theta(t)$:

$$\theta(t) = \theta_0 e^{\alpha t} (\cos \beta t - \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta t)$$

Tương tự, cụm 2 sẽ được mô tả (Hình 4), chiều dương của phương trình và hướng lực, năng lượng được xác định trong sơ đồ phân tích lực Hình 4 và Bảng 2.



Hình 4. Sơ đồ phân tích lực cụm 2

Bảng 2. Năng lượng của cụm 2

Năng lượng	Dạng năng lượng	Tính	Đơn vị
Ban đầu	Động năng	$\frac{1}{2}mv^2$	J
Lò xo 1	Thế năng	$\frac{1}{2}K_1x_1^2$	J
Lò xo 2	Thế năng	$\frac{1}{2}K_2x_2^2$	J
Trọng lực hệ	Thế năng	$mg(1-\cos\theta)$	J
Cản	Năng lượng cản	$B\dot{\theta}$	J
Toàn hệ	Năng lượng tích trữ	$f_2(t)$	J

Áp dụng bảo toàn năng lượng cho cụm 2.

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}K_1x_1^2 + \frac{1}{2}K_2x_2^2 + mgl - mgl\cos\theta + bvl\sin\theta + f_2(t)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 - \frac{1}{2}K_1d_1^2(\sin\theta)^2 - \frac{1}{2}K_2d_2^2(\sin\theta)^2 + mgl(\cos\theta - 1) - bl^2\dot{\theta}\sin\theta = f_2(t)$$

Áp dụng Euler-Lagrange [6] có dạng $L = T - V$

$$F = \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = \frac{\partial f}{\partial q}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = ml^2\dot{\theta} \rightarrow \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = ml^2\ddot{\theta}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial L}{\partial q} = -K_1d_1^2\sin\theta\cos\theta - bl^2\dot{\theta}\cos\theta + K_2d_2^2\sin\theta\cos\theta + mgl\sin\theta$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial f}{\partial q} = f_2(t)$$

Điều kiện góc trong phương trình nhỏ hơn 10 độ nên $\sin\theta \sim \theta$ và $\cos\theta \sim 1$.

Từ đó:

$$ml^2\ddot{\theta} + K_1d_1^2\theta + K_2d_2^2\theta + mgl\theta + bl^2\dot{\theta} = f_2(t)$$

Áp dụng công thức phương trình vi phân bậc hai cho hàm góc là:

$$A''\ddot{\theta} + B'\dot{\theta} + C'\theta = f_2(t) \quad (2)$$

Trong đó:

- $A' = M.l^2$
- $B' = B = b.l^2$
- $C' = M.g.l = K_1.d_1^2 + K_2.d_2^2$

Do được thả tự do không vận tốc đầu từ vị trí cao nhất của hệ và xác định mốc thời gian tại vị trí này nên:

$$\begin{cases} \theta(0) = \theta_0 \\ \dot{\theta}(0) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = \theta_0 \\ \alpha C_1 + \beta C_2 = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} C_1 = \theta_0 \\ C_2 = -\frac{\theta_0 \alpha}{\beta} \end{cases}$$

Như vậy, phương trình (2) có nghiệm:

$$\theta_2(t) = \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) \quad (3)$$

Phương trình cụm 1 sẽ là:

$$ml^2\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + (K_1d_1^2 + mgl)\theta = f_1(t)$$

$$\theta_1(t) = \theta_0 e^{\alpha_1 t} (\cos \beta_1 t - \frac{\alpha}{\beta_1} \sin \beta_1 t)$$

Trong đó:

$$\bullet \alpha_1 = -\frac{B}{2.A} = -\frac{b}{2.ml^2}$$

$$\bullet \beta_1 = \sqrt{\frac{C}{A} - \left(\frac{B}{2A}\right)^2} = \sqrt{\frac{(K_1d_1^2 + mgl)}{ml^2} - \left(\frac{b}{2.ml^2}\right)^2}$$

Thay vào phương trình (1) để có được phương trình f_1 theo thời gian. Thực hiện tương tự cụm 1, phương trình cụm 2 là:

$$ml^2\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + (K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)\theta = f_2(t)$$

Trong đó:

$$\theta_2(t) = \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha}{\beta_2} \sin \beta_2 t)$$

$$\dot{\theta}_2(t) = \theta_0 \alpha_2 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) - \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\beta_2 \sin \beta_2 t + \alpha_2 \cos \beta_2 t)$$

$$\ddot{\theta}_2(t) = \theta_0 \alpha_2^2 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) - \theta_0 e \alpha_2^2 (\beta_2 \cos \beta_2 t + \alpha_2 \sin \beta_2 t) - \theta_0 \alpha_2 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) - \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\beta_2^2 \sin \beta_2 t + \alpha_2 \beta_2 \cos \beta_2 t)$$

Với:

$$\bullet \alpha_2 = -\frac{B}{2.A} = -\frac{b}{2.ml^2}$$

$$\bullet \beta_2 = \sqrt{\frac{C}{A} - \left(\frac{B}{2A}\right)^2} = \sqrt{\frac{(K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)}{ml^2} - \left(\frac{b}{2.ml^2}\right)^2}$$

Thay vào phương trình (2) để có được phương trình f_2 theo thời gian. Để thỏa mãn yêu cầu về thời gian hệ sẽ cân bằng thì:

$$f_1(t) = f_2(t)$$

$$\Leftrightarrow f_2(t) - f_1(t) = 0 \quad (4)$$

Với một giá trị K_1 sẽ có nhiều giá trị K_2 thỏa mãn phương trình (3), nhưng khi này sẽ tồn tại một năng lượng dư làm cho hệ vẫn tiếp tục dao động để đảm bảo việc chỉ tồn tại một K_2 thỏa mãn thì cần xét thêm yêu cầu cân bằng theo phương trình (4).

$$\begin{aligned}
 & ml^2\ddot{\theta}_2 + bl^2\dot{\theta}_2 + (K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)\theta_2 \\
 & - (ml^2\ddot{\theta}_1 + bl^2\dot{\theta}_1 + (K_1d_1^2 + mgl)\theta_1) = f_1(t) - f_2(t) \\
 \Leftrightarrow & ml^2\ddot{\theta}_2 + bl^2\dot{\theta}_2 + (K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)\theta_2 \\
 & - (ml^2\ddot{\theta}_1 + bl^2\dot{\theta}_1 + (K_1d_1^2 + mgl)\theta_1) = 0
 \end{aligned}$$

Bảng 3. Các thông số giá trị mẫu

Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
θ_0	8.86	độ
m	1.6	kg
B	4	N.m.s/rad
g	9.81	m/s ²
l	0.1	m
d	0.05	m
K_1	170	N/m
K_2	114.4	N/m

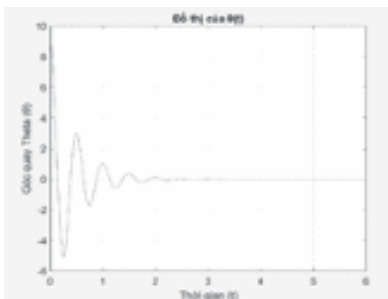
Từ các thông số được đưa ra trong bài báo [3] kết hợp với các công thức nghiên cứu trong nội dung trên đã xây dựng nên các thông số giá trị mẫu theo Bảng 3.

Áp dụng công thức giải phương trình vi phân bậc hai cho cụm 1 được phương trình $\theta_1(t)$:

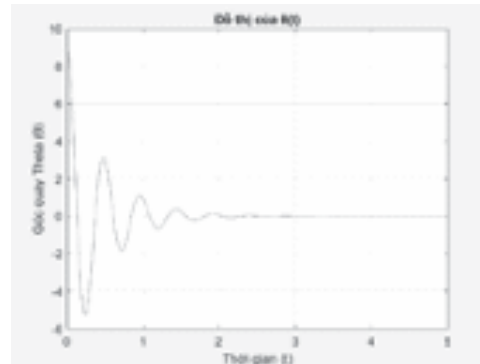
$$\theta_1(t) = 8.86e^{\alpha_1 t}(\cos \beta_1 t - \frac{\alpha_1}{\beta_1} \sin \beta_1 t)$$

Áp dụng công thức giải phương trình vi phân bậc hai cho cụm 2 với thông số từ Bảng 3 sẽ được phương trình $\theta(t)$:

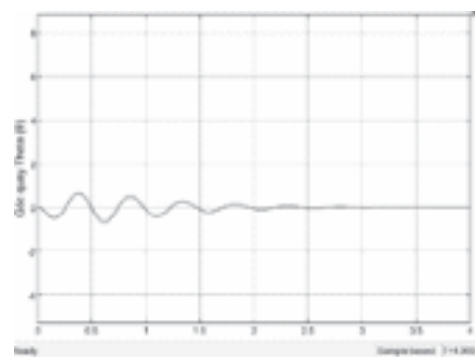
$$\theta_2(t) = 8.86e^{\alpha_2 t}(\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t)$$



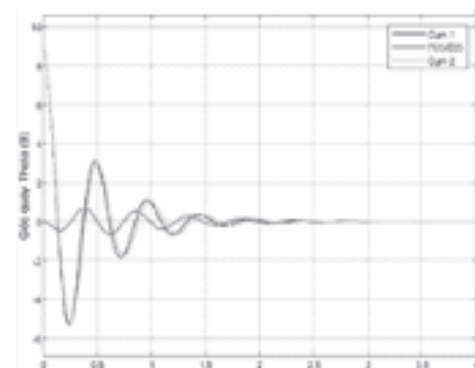
Hình 5. Đồ thị dao động tắt dần cụm 1



Hình 6. Đồ thị dao động tắt dần cụm 2



Hình 7. Đồ thị dao động tắt dần $f(t)$



Hình 8. Đồ thị dao động tắt dần tổng hợp

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Quan sát đồ thị dao động của cụm 1 (Hình 5) so với đồ thị dao động của cụm 2 (Hình 6) có sự khác biệt về tần số dao động, được thể hiện rõ hơn trong (Hình 8). Tại cụm 1 có tần số dao động cao hơn so với cụm 2, sự sai lệch này đến từ lò xo K_2 trong cụm 2.

Từ đồ thị dao động tổng hợp (Hình 8) nhận thấy có sự chênh lệch góc quay giữa phương trình cụm lò xo 1 và 2 tại cùng thời điểm. Sự chênh lệch này được thể hiện bằng đường đồ thị màu đỏ chính là hiệu của hai phương trình (Hình 7). Đường đồ thị này cũng thể hiện năng lượng dư khi tổng hợp hai cụm lò xo. Điểm xuất phát của đường đồ thị đỏ bắt đầu từ vị trí 0 và dao động tắt dần phụ thuộc vào sự chênh lệch của biên độ của cụm 1 và cụm 2. Khi biên độ dao động của đường đồ thị đỏ này được thu hẹp thì quá trình ổn định của toàn hệ sẽ diễn ra nhanh hơn và chính xác hơn.

Xét đến sự thay đổi của cụm 1 và cụm 2 (Hình 8), điểm bắt đầu của đường đồ thị hai cụm dao này ở vị trí 8,86 độ là vị trí mở rộng tối đa của cụm dao, đồng thời cũng chính là vị trí cả rớt có đường kính lớn nhất và đi ra khỏi cụm dao số liệu. Nhận thấy, sau 3 giây đầu thì góc quay cụm lò xo 1, 2 và đường chênh lệch đều tiệm cận 0, điều đó đồng nghĩa với việc cả hai cụm lò xo sẽ nằm ở vị trí cân bằng sau 3 giây đầu dao động.

So sánh chuyển động của cụm dao 1 và 2 (Hình 8), cả hai cụm dao xuất phát cùng biên độ góc ban đầu nhưng các chuyển động theo thời gian lại có sự chênh lệch tương đối, cụm 2 sẽ có xu hướng về nhanh hơn do có nhiều hơn 1 lò xo K_2 . Lò xo này góp phần làm thu hẹp biên độ dao động trên đồ thị cụm 2, đồng thời lực đàn hồi từ lò xo này cũng đã làm cho dao động của cụm 2 về vị trí cân bằng nhanh hơn.

Từ đánh giá trên có thể nâng cao năng suất máy gọt vỏ sau khi biết được thời điểm cả hai cụm tắt dao động bằng cách tính toán, tinh chỉnh hợp lý thời gian giãn cách giữa hai lần cấp củ quả vào máy để tối ưu hóa công suất làm việc của máy.

4. KẾT LUẬN

Bài báo thiết lập và mô phỏng lại góc di chuyển của toàn bộ cụm gọt vỏ theo thời gian, kiểm soát được thời gian dao động của cả cụm dao. Các đại lượng có thể được điều chỉnh sao cho phù hợp với quy mô sản xuất yêu cầu. Hơn thế nữa, bài toán đã kết hợp được hai cụm dao thông qua lực tác động của lò xo K_1 .

Cùng với đó là sự điều chỉnh của lò xo K_2 . Bài nghiên cứu này là một trong những cải tiến trong quá trình tính toán gắn sát với điều kiện thực tế, mô phỏng quỹ đạo di chuyển của cụm dao cắt bằng phần mềm Matlab - Simulink for student [7]. Từ đó hiểu sâu hơn sự ảnh hưởng các thông số đến việc nâng cao hiệu quả trong máy gọt vỏ cà rốt.

Song bài nghiên cứu còn những điểm cần cải tiến về các điều kiện chuẩn so với thực tế, kết quả nhận được hiện tại đều dựa trên các điều kiện lý tưởng với các biên dạng đơn giản hơn so với cụm dao đang được đề cập và xem xét. Ngoài ra, bài nghiên cứu chỉ xoay quanh phương trình toán học chưa có các kiểm nghiệm thực tế và bộ phận cắt gọt hiện đang xem xét là một chất điểm, chưa có các khảo sát đi sâu vào các lực cản và điểm đặt lực cụ thể. Cùng với đó, bài báo đã đưa ra phương án nâng cao hiệu quả của máy gọt vỏ và đồng thời tạo điều kiện cải tiến cho các nghiên cứu sau này.

Lời cảm ơn:

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 26/9/2024

Ngày phản biện: 23/10/2024



Tài liệu tham khảo:

- [1]. “*FAO Statistical Yearbook 2023 - World Food and Agriculture - World | ReliefWeb*”. Accessed: Apr. 11, 2024. [Online]. Available: <https://reliefweb.int/report/world/fao-statistical-yearbook-2023-world-food-and-agriculture>
- [2]. “*HEPRO®UP-8000-Hepro GmbH Maschinen und Spezialgeräte Nahrungsmitteltechnik - PDF Catalogs | Technical Documentation | Brochure*”. Accessed: Apr. 11, 2024. [Online]. Available: <https://pdf.directindustry.com/pdf/hepro-gmbh-maschinen-und-spezialgeraete-nahrungsmitteltechnik/hepro-up-8000/219961-976375.html>
- [3]. Nguyễn Bành Quốc, Hoàn Nguyễn, Sơn Phạm Hoàng, “*Mô hình quỹ đạo di chuyển của cụm cắt trong máy gọt vỏ cà rốt*”. NSCAMVE, 2023.
- [4]. D. R. Snee, “*A useful method for conducting carrot shape studies*”. *Journal of Horticultural Science*, vol. 47, no. 3, pp. 267-277, Jan. 1972, doi: 10.1080/00221589.1972.11514468.
- [5]. Russell C. Hibbeler, “*Engineering Mechanics: Statics & Dynamics*”, 14th edition. Pearson, 2020.
- [6]. P. Hamill, “*A Student's Guide to Lagrangians and Hamiltonians*”. Cambridge University Press, 2013. doi: 10.1017/CBO9781107337572.
- [7]. S. L. Eshkabilov, “*Practical Matlab modeling with Simulink: Programming and simulating ordinary and partial differential equations*”. Apress Media LLC, 2020. doi: 10.1007/978-1-4842-5799-9/COVER.

PHUN PHỦ PLASMA SiC-Cu TRONG KHÍ BẢO VỆ

PLASMA SPRAYING OF SiC-Cu IN PROTECTIVE GAS

Ngô Xuân Cường¹, Lê Thu Quý¹, Nguyễn Tuấn Anh², Trần Văn Dũng³

¹Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Trung tâm Thiết bị công nghiệp, Viện Nghiên cứu Cơ khí

TÓM TẮT

Cacbit silic (SiC) được biết đến như một vật liệu đặc biệt ứng dụng vào lớp phủ cho thiết bị làm việc trong môi trường ăn mòn. Việc tạo lớp phủ này lên bề mặt kim loại để bảo vệ bằng phương pháp plasma vô cùng khó khăn do tính chất bị phân hủy và oxy hóa ở nhiệt độ cao.

Trong báo cáo này, nhóm tác giả giới thiệu về việc cải tiến súng phun plasma truyền thống bằng phun plasma trong khí bảo vệ.

Nội dung của bài báo là thiết kế, chế tạo và thử nghiệm phun tạo lớp phủ plasma SiC- 50C.

Đây là giải pháp nhằm bảo toàn lớp phủ trước sự oxy hóa của môi trường ngoài.

Từ khóa: *Phun phủ nhiệt; Phun phủ plasma; Công nghệ tạo lớp phủ plasma SiC.*

ABSTRACT

Silicon carbide (SiC) is known as a special material used in coatings for equipment working in corrosive environments. Creating this coating on the metal surface for protection using the plasma method is extremely difficult due to its decomposition and oxidation properties at high temperatures.

In this paper, the authors present an improvement of the traditional plasma spray gun by spraying plasma in a protective gas.

The main content of the paper is the design, fabrication and testing of SiC-50C plasma coating.

This is a solution to protect the coating from oxidation in the external environment.

Keywords: *Thermal spray; Plasma spray; SiC plasma coating technology.*



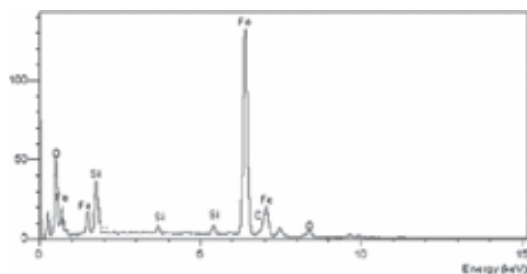
1. GIỚI THIỆU

Có nhiều nghiên cứu nhằm tạo ra lớp phủ plasma SiC, lớp phủ plasma SiC composite nhưng đều vấp phải quá trình phân hủy và oxy hóa SiC ở nhiệt độ cao ở 900°C - 1100°C [5, 6]. Vấn đề này đã được công bố bởi Hahnel và cộng sự [6, 7] đưa ra mô hình 4 giai đoạn hình thành lớp tiếp giáp giữa SiC và oxy như sau:



Thí nghiệm phun thăm dò lớp phủ plasma SiC không có bảo vệ luồng phun tại phòng thí nghiệm, quá trình phân tích lớp phủ này cũng chứng minh sự phân hủy và oxy hóa của SiC (Hình 1, Bảng 1).

Đây chính là thách thức cho lớp phủ plasma SiC.



Hình 1. Phổ tán xạ tia X (EDS) của lớp phủ SiC trên thép nền C45.

Bảng 1. Kết quả phân tích EDS cho mẫu SiC/thép

Nguyên tố	% Khối lượng
C	3.95
O	7.11
Si	6.93
Fe	82.11

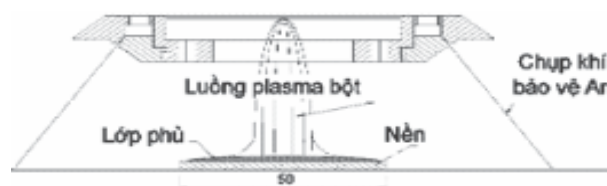
Trong việc nghiên cứu tạo lớp phủ plasma SiC-Cu, nhóm tác giả đã đưa ra giải pháp cải tiến súng phun SG100 để thực hiện phun plasma trong khí bảo vệ argon (Ar).

2. NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO

2.1. Phân tích cải tiến súng phun plasma



Hình 2. Súng SG100



Hình 3. Mô hình khí bảo vệ

Với súng phun SG100 (hình 2), khi thực hiện phun thì luồng bột phun nóng chảy trong không khí tới bề mặt chi tiết tạo thành lớp phủ, vì vậy luồng bột luôn tiếp xúc với không khí và bị oxy hóa.

Việc cải tiến súng phun plasma trong khí bảo vệ Ar nhằm giải quyết vấn đề oxy hóa của luồng bột phun trong không khí. Mô hình nguyên lý bảo vệ luồng bột phun plasma được mô tả như hình 3.

Nguyên lý: Khi làm việc, khí argon 5Psi (0,04 MPa) cấp vào sẽ tạo ra chụp khí hình nón bao lấy luồng plasma và bề mặt nền trong quá trình phun, ngăn cách luồng bột và vật phun với không khí.

Bảng 2. Kết quả phân tích EDS cho mẫu SiC-30Cu/thép phun có khí bảo vệ

Nguyên tố	% Khối lượng	% Nguyên tử
C	32,41	54,38
O	2,32	1,26
Si	33,49	24,03
Cu	31,78	23,29

Phân tích nguyên tố bởi phổ EDS (Hình 7 và Bảng 2) cho thấy C (32,41 %); Si (33,49 %); O (2,32 %); Cu (31,78 %). SiC chiếm tới 66% khối lượng lớp phủ. Hàm lượng oxy cỡ 2,3% phần khối lượng có thể bao gồm từ đóng góp của CuO/Cu₂O. Lúc này, phần bề mặt thép C45 được phủ kín.

Như vậy, khi phun có khí bảo vệ, lớp phủ thu được hàm lượng oxy giảm đi rất nhiều (từ 7,11% xuống 2,32%), tương ứng SiC tăng cao (66%) và vẫn có một tỷ lệ nhất định SiC bị phân hủy thành Si và C trong quá trình phun plasma. Như vậy, nếu hàm lượng oxy trong lớp phủ giảm thì khả năng bảo vệ của chụp khí Ar cao.

4. KẾT LUẬN

1) Đề tài đã thiết kế, chế tạo thành công chụp khí bảo vệ ứng dụng vào phun phủ plasma. Sự thành công của giải pháp này đem đến một giải pháp công nghệ mới cho việc tạo ra lớp phủ plasma nhằm nâng cao chất lượng lớp phủ.

2) Việc phun plasma SiC-Cu trong khí bảo vệ Ar nhằm bảo toàn lớp phủ giảm thiểu sự oxy hóa.

Trong đó: Khoảng cách phun trong phạm vi giới hạn < 65mm (áp dụng cho phun bột gốm, các-bít); đường kính vùng bảo vệ nhỏ nhất với khoảng cách 45mm là 160mm đảm bảo cho các mẫu phun nằm trong vùng khí bảo vệ.

3) Phun plasma trong khí bảo vệ có ý nghĩa trong nghiên cứu khoa học và ứng dụng thực tiễn.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được hỗ trợ của Viện Nghiên cứu Cơ khí, Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt. ❖

Ngày nhận bài: **12/9/2024**

Ngày phản biện: **24/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Văn Tiến, “Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá”, 1999.
- [2]. Trần Văn Địch, “Sổ tay và Atlas đồ gá”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [3]. Trần Văn Địch, Nguyễn Đắc Lộc, “Sổ tay công nghệ chế tạo máy”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [4]. Ninh Đức Tồn, “Dung sai”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [5]. A.A. Istratov, E.R. Weber, “Physics of copper in silicon”. J. Electrochem. Soc. 149 (1), 2001, G21-G30.

THIẾT KẾ KHUÔN PHUN ÉP NHỰA CÓ SỬ DỤNG KÊNH GIẢI NHIỆT DẠNG 3D

DESIGN OF PLASTIC INJECTION MOLD USING 3D HEAT CHANNELS

Dư Nguyễn Trường Thịnh*, Phạm Anh Tuấn, Vũ Đức Hoàn,

Bùi Văn Hiếu, Huỳnh Đỗ Song Toàn

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

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu quy trình thiết kế khuôn ép bằng phương pháp sử dụng công nghệ in 3D kim loại (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing). Quy trình thiết kế khuôn 2 tấm sử dụng kênh giải nhiệt 3D được thiết kế có biên dạng tựa như sản phẩm phun ép, từ đó nâng cao khả năng làm nguội. Cùng với sự kết hợp quá trình chế tạo cắt lớp giúp tiết kiệm được chi phí, cũng như gia tăng năng suất. Kết quả cho thấy công nghệ in 3D kim loại WAAM có thể nâng cao tính chính xác trong việc sản xuất khuôn mẫu trong khoảng thời gian ngắn hơn so với các phương pháp gia công khuôn mẫu khác.

Từ khóa: Thiết kế; Kênh giải nhiệt dạng 3D; Công nghệ in 3D kim loại; WAAM.

ABSTRACT

This article studies the injection mold design process using metal 3D printing technology (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing). The 2-plate mold design process uses a 3D cooling channel designed with the same profile as the injection molding product, thereby improving cooling ability. Combined with the cutting process, it saves costs and increases productivity. The results show that WAAM metal 3D printing technology can improve mold manufacturing accuracy in a shorter time period than other mold processing methods.

Keywords: Design; 3D cooling channel; Metal 3D printing technology; WAAM.



1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Thực tế cho thấy, các phương pháp giải nhiệt cho khuôn phun ép hiện nay chủ yếu có hình trụ thẳng, được gia công chủ yếu bằng phương pháp khoan sâu. Với các kênh giải nhiệt này, đa số các khuôn ở Việt Nam chỉ có thể đáp ứng nhu cầu sản xuất các sản phẩm có chất lượng thông thường. Ngoài ra, kênh giải nhiệt dạng thẳng không thể nào tối ưu hóa quá trình giải nhiệt cho các sản phẩm nhựa. Các lỗi thường gặp ở dạng khuôn này là cong vênh, không điền đầy, chất lượng bề mặt thấp... Ngoài ra, thời gian chu kỳ phun ép cũng là một trong những vấn đề cần được cải tiến cho các loại khuôn truyền thống hiện nay. Và việc thiết kế chế tạo khuôn phun ép nhựa có sử dụng kênh giải nhiệt dạng 3D đã trở nên dễ dàng nhờ công nghệ in 3D kim loại (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing).

Nguyên lý hoạt động của công nghệ WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing): sử dụng nguồn năng lượng hàn để nấu chảy vật liệu kim loại dạng sợi và bồi đắp vật liệu theo lớp có khí bảo hộ nhằm tạo nên sản phẩm. Một hệ thống WAAM bao gồm hệ thống tạo hình (rô bốt hoặc hệ thống máy CNC), nguồn năng lượng hàn (có thể là nguồn hàn MIG/GMAW, nguồn hàn CMT, nguồn hàn TIG/GTAW hay nguồn hàn plasma/PAW).

1.2. Cơ sở lý thuyết

Đề tài này nghiên cứu cách chế tạo lòng khuôn phun ép nhựa trong công nghệ ép phun cho sản phẩm có hình dạng 3D bằng công nghệ WAAM với vật liệu hàn là dây hàn MIG 0.8mm và khí bảo vệ argon (Ar).

WAAM có nhiều ưu điểm như tính linh hoạt và đa dạng trong thiết kế sản phẩm, khả năng tạo ra các sản phẩm lớn với chi phí thấp, tính hiệu quả về thời gian so với các phương pháp truyền thống.

Bảng 1. Cơ tính của thép C45

Mác thép	Tiêu chuẩn	Giới hạn bền sb (MPa)	Giới hạn chảy (N/mm ²)	Độ giãn dài tương đối δ (%)	Độ cứng HRC
C45	TCVN 1765 - 75	610	360	16	23

Máy hàn sử dụng để nghiên cứu đề tài này là loại máy hàn MIG NB270D J346:



Hình 1. Máy hàn được sử dụng để hàn

Bảng 2. Thông số kỹ thuật máy hàn MIG NB270D J346

Mô tả	1 pha 220V
Điện áp vào	AC220V, $\pm 15\%$ 50/60Hz
Hệ số công suất	0.67
Điện áp hồ mạch định mức (V)	70
Đầu ra định mức (A/V)	200/24
Chu kỳ tải định mức (%)	30
Phạm vi điều chỉnh điện áp hàn (V)	13-28
Phạm vi điều chỉnh dòng hàn (A)	40-270
Nguồn sấy nhiệt của đồng hồ (W)	120
Đặc điểm đầu ra	MIG:CV MMA:CC
Cấp bảo vệ	IP21S
Cấp cách điện	Mát khí
Đường kính dây hàn (mm)	0.8-1.0
Kích thước (mm)	620x405x550
Trọng lượng máy (kg)	30.9

2. THIẾT KẾ BỘ KHUÔN, CẮT LỚP TẤM KHUÔN PHUN ÉP NHỰA

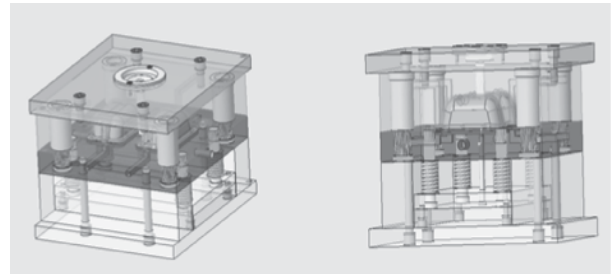
2.1. Thiết kế bộ khuôn

Thiết kế sản phẩm phun ép: kích thước 130x80x22.

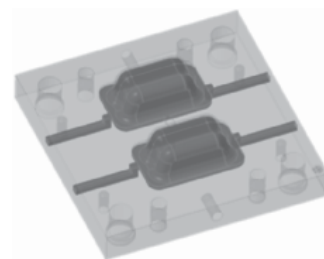


Hình 2. Sản phẩm có biên dạng 3D

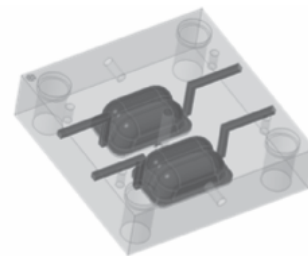
Bộ khuôn hoàn thiện có kích thước: 3350x300x261mm.



Hình 3. Bộ khuôn hoàn thiện



Hình 4. Tấm khuôn dương



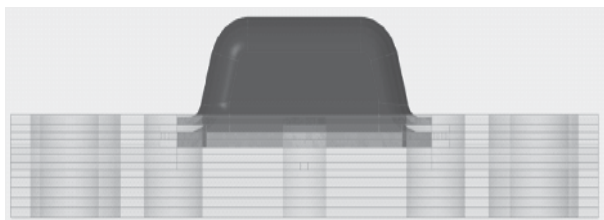
Hình 5. Tấm khuôn âm

2.2. Cắt lớp hai tấm khuôn

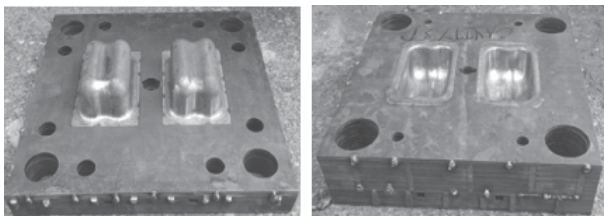
Cắt lớp tấm khuôn có ý nghĩa chứng minh được quá trình áp dụng công nghệ WAAM vào quy trình chế tạo mang lại một hiệu quả đáng kể trong việc chế tạo kênh giải nhiệt dạng 3D.



Hình 6. Tấm khuôn âm được mô phỏng cắt lớp



Hình 7. Tấm khuôn dương được mô phỏng cắt lớp



Hình 8. Hình ảnh thực tế của 2 tấm khuôn sau khi được cắt lớp và hàn ghép lại với nhau

2.3. Đường nước 3D

Việc sử dụng đường nước 3D thay vì đường nước thẳng như thông thường sẽ giúp tăng khả năng làm nguội gần như là tối ưu. Vì việc đường nước được thiết kế 3D ôm theo hình dạng của sản phẩm giúp mọi điểm trên bề mặt của sản phẩm có thể được làm mát cùng tăng khả năng làm mát lên gấp nhiều lần. Để thiết kế được đường nước 3D thì việc cắt lớp bộ khuôn là cần thiết, vì dễ thuận tiện trong việc thiết kế đường nước theo hình dạng tùy thích mà không gặp khó khăn trong gia công, và đồng thời tăng khả năng thoát khí của lòng khuôn do các kẽ hở của các tấm khuôn giúp thoát khí mà không bị xì nhựa và chảy nước làm mát.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 9: Kênh giải nhiệt hình 3D ở tấm khuôn âm



Hình 10: Kênh giải nhiệt hình 3D ở tấm khuôn dương

Quá trình thực nghiệm về việc ứng dụng WAAM vào chế tạo khuôn mẫu có sử dụng kênh giải nhiệt 3D đã đem lại nhiều hiệu quả, đáng chú ý nhất là tốc độ làm nguội được giảm xuống đáng kể đem lại nhiều ưu điểm về mặt kỹ thuật, giảm được thời gian làm nguội sẽ rút ngắn được thời gian chu kỳ của sản phẩm, dẫn đến tiết kiệm được thời gian và năng lượng, hạ giá thành sản phẩm.

Khi sử dụng các kênh giải nhiệt dạng 3D, chất lượng bề mặt (một trong những tiêu chí chất lượng) của sản phẩm được tăng cao so với sản phẩm được làm bằng các kênh giải nhiệt thông thường.

4. KẾT LUẬN

Trong quá trình thực nghiệm hoàn thiện sản phẩm và phân tích các kết quả, việc thay đổi cường độ dòng điện trong quá trình hàn có thể gây ảnh hưởng lớn kết quả của sản phẩm, việc tạo ra một đường hàn đẹp và có thể bồi đắp lên nhiều lớp là kết quả của việc sự phối hợp hài hòa giữa cường độ dòng điện, tốc độ ra dây của cuộn dây và lượng khí bảo vệ cùng nhau tạo ra một đường bồi đắp đẹp và tròn vẹn. Tuy nhiên, cần thực hiện kiểm soát cẩn thận để đảm bảo chất lượng và độ ổn định của sản phẩm. Sự kết hợp giữa công nghệ và kiểm soát chất lượng sẽ mở ra những cơ hội mới cho ngành công nghiệp sản xuất kim loại trong tương lai.

(*) 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: Du Nguyễn Trường Thịnh*, Phạm Anh Tuấn, Vũ Đức Hoàn và Bùi Văn 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 nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-248.❖

Ngày nhận bài: **15/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hong Seok Park, Xuan Phuong Dang (2017). “Development of a smart plastic injection mold with conformal cooling channels”. 45th SME North American Manufacturing Research Conference pp. 48-59.
- [2]. Lê Văn Thảo (2023); “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.
- [3]. Đặng Xuân Phương (2018); “Tối đa hóa hiệu năng của hệ thống làm mát khuôn đúc ép phun nhựa chế tạo bằng công nghệ in 3D kim loại”. pp. 3-9.
- [4]. Park S. J. and T. H. Kwon (1998). “Optimal cooling system design for the injection molding process”. Polymer Engineering & Science, vol. 38, pp. 1450-1462.
- [5]. Rao N. S. and G. Schumacher (2004). “Design formulas for plastics engineers”.
- [6]. Park, H.-S. and X.-P. Dang (2010). “Optimization of conformal cooling channels with array of baffles for plastic injection mold”. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 116: pp. 879-890.
- [7]. Wu T., S. A. Jahan, Y. Zhang, J. Zhang, H. Elmounayri, and A. Tovar (2017). “Design optimization of plastic injection tooling for additive manufacturing”. Procedia Manufacturing, vol. 10, pp. 923-934.
- [8]. Rännar L. E., A. Glad, and C. G. Gustafson (2007). “Efficient cooling with tool inserts manufactured by electron beam melting”. Rapid Prototyping Journal, vol. 13, pp. 128-135.
- [9]. Jahan S. A. and H. El-Mounayri (2016). “Optimal conformal cooling channels in 3D printed dies for plastic injection molding”. Procedia Manufacturing, vol. 5, pp. 888-900.
- [10]. Vojnová E (2016). “The benefits of a conforming cooling systems the molds in injection moulding process”. Procedia Engineering, vol. 149, pp. 535-543.
- [11]. Ahn D.-G., S.-H. Park, and H.-S. Kim (2010). “Manufacture of an injection mould with rapid and uniform cooling characteristics for the fan parts using a DMT process”. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 11, pp. 915-924.
- [12]. Wu T., S. A. Jahan, P. Kumaar, A. Tovar, H. El-Mounayri, Y. Zhang, J. Zhang, D. Acheson, K. Brand, and R. Nalim (2015). “A framework for optimizing the design of injection molds with conformal cooling for additive manufacturing”. Procedia Manufacturing, vol. 1, pp. 404-415.
- [13]. Khan M., S. K. Afaq, N. U. Khan, and S. Ahmad (2014). “Cycle time reduction in injection molding process by selection of robust cooling channel design”. ISRN Mechanical Engineering, vol. 2014, p. 8.

THIẾT KẾ TẤM KHUÔN ÂM CÓ ĐƯỜNG NƯỚC 3D

DESIGN CAVITY MOLD WITH 3D COOLING CHANNEL

**Phạm Anh Tuấn*, Nguyễn Ngọc Thuận, Dư Nguyễn Trường Thịnh,
Hoàng Văn Hiếu, Đỗ Thành Trung**

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

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu quy trình ứng dụng công nghệ WAAM trong chế tạo lòng khuôn âm cho sản phẩm có hình dạng 3D. Thiết kế khuôn 2 tấm, kết hợp với quá trình cắt lớp, giúp giảm chi phí và tăng năng suất. Đường nước 3D, được thiết kế theo hình dạng sản phẩm, cải thiện đáng kể khả năng làm nguội và thoát khí. Kết quả cho thấy WAAM có khả năng sản xuất khuôn mẫu với độ chính xác cao, chi tiết tốt và tốc độ nhanh hơn so với phương pháp truyền thống. Mặc dù chi phí ban đầu cao, WAAM tiết kiệm chi phí trong sản xuất quy mô lớn nhờ tính linh hoạt và chất lượng cao, mở rộng tiềm năng ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp.

Từ khóa: WAAM; Khuôn âm; Đường nước 3D; Khuôn 2 tấm; Cắt lớp.

ABSTRACT

This article studies the process of applying WAAM technology in manufacturing mold cavities for products with 3D shapes. The two-plate mold design, combined with the layer-cutting process, helps reduce costs and increase productivity. The 3D cooling channels, designed according to the product's shape, significantly improve cooling and venting efficiency. The results show that WAAM can produce molds with high precision, good detail, and faster speed compared to traditional methods. Although the initial cost is high, WAAM saves costs in large-scale production due to its flexibility and high quality, expanding its potential applications in many industries.

Keywords: WAAM; Cavity; 3D cooling channel; 2 plate mold; Layer.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Ngày nay, trong sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp kim loại kỹ thuật sản xuất như hàn đắp thu hút sự chú ý đáng kể trong ngành công nghiệp vì khả năng tạo ra các thành phần kim loại lớn với chi phí thấp và thời

gian ngắn, làm cho nó trở nên xuất sắc hơn. Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) là một phương pháp sản xuất tiên tiến trong ngành công nghiệp kim loại. Phương pháp này cho phép chế tạo các bộ phận kim loại có hình dạng phức tạp và kích thước lớn một cách hiệu quả và chính xác. WAAM có ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như hàng không, ô tô, y tế và năng lượng.

1.2. Nguyên lý hoạt động

WAAM là phương pháp sản xuất kim loại 3D bằng cách hàn điện giữa dây kim loại và bề mặt làm việc. Dòng điện tạo ra nhiệt độ cao làm tan chảy vật liệu hàn, tạo thành lớp mối hàn. Quá trình này lặp lại để bồi đắp sản phẩm 3D từ các lớp vật liệu hàn.

1.3. Cơ sở lý thuyết

Đề tài này nghiên cứu cách chế tạo lòng khuôn âm trong công nghệ ép phun cho sản phẩm có hình dạng 3D bằng công nghệ WAAM với vật liệu hàn là dây hàn MIG 0,8mm và khí bảo vệ argon (Ar).

WAAM có nhiều ưu điểm như tính linh hoạt và đa dạng trong thiết kế sản phẩm, khả năng tạo ra các sản phẩm lớn với chi phí thấp, tính hiệu quả về thời gian so với các phương pháp truyền thống.

Bảng 1. Cơ tính của thép C45

Mác thép	Tiêu chuẩn	Giới hạn bền sb (MPa)	Giới hạn chảy (N/mm²)	Độ giãn dài tương đối δ (%)	Độ cứng HRC
C45	TCVN 1765 - 75	610	360	16	23

Máy hàn sử dụng để nghiên cứu đề tài này là loại máy hàn MIG NB270D J346:



Hình 1. Máy hàn được sử dụng để hàn

Bảng 2. Thông số kỹ thuật máy hàn MIG NB270D J346

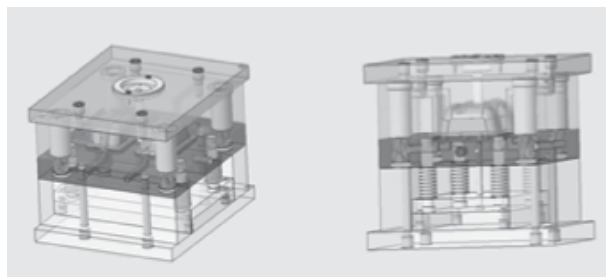
Mô tả	1 pha 220V
Điện áp vào	AC220V, ±15% 50/60Hz
Hệ số công suất	0.67
Điện áp hở mạch định mức (V)	70
Đầu ra định mức (A/V)	200/24
Chu kỳ tải định mức (%)	30
Phạm vi điều chỉnh điện áp hàn (V)	13-28
Phạm vi điều chỉnh dòng hàn (A)	40-270
Nguồn sấy nhiệt của đồng hồ (W)	120
Đặc điểm đầu ra	MIG:CV MMA:CC
Cấp bảo vệ	IP21S
Cấp cách điện	Mát khí
Đường kính dây hàn (mm)	0.8-1.0
Kích thước (mm)	620x405x550
Trọng lượng máy (kg)	30.9



2. THIẾT KẾ BỘ KHUÔN, CẮT LỚP TẤM KHUÔN ÂM VÀ ĐƯỜNG NƯỚC 3D

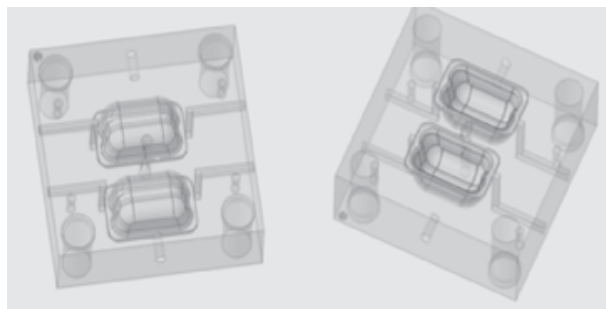
2.1. Thiết kế bộ khuôn

Bộ khuôn có kích thước 350x300x261mm, được thiết kế 2 lòng khuôn sản phẩm có kích thước 130x80x22mm. Lựa chọn việc sử dụng thiết kế chế tạo khuôn 2 tấm thay vì khuôn 3 tấm vì nghiên cứu chỉ cần chứng minh được việc ứng dụng công nghệ WAAM vào khuôn 3D, vì vậy nên việc sử dụng khuôn 2 tấm có thể giúp giá thành rẻ hơn, thời gian thiết kế và gia công nhanh hơn và việc thiết kế trở nên đơn giản hơn nhiều so với khuôn 3 tấm.



Hình 2. Bộ khuôn hoàn thiện

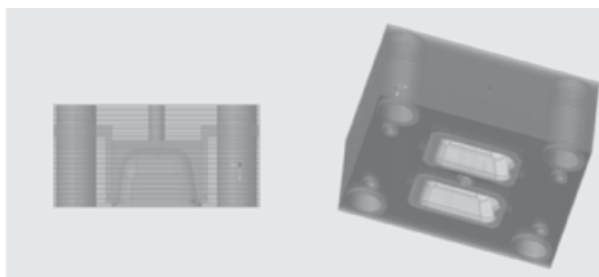
Để có được tấm khuôn âm hoàn chỉnh hình dạng 3D cho nghiên cứu, việc thiết kế bộ khuôn hoàn chỉnh là việc cần thiết. Sau khi hoàn thành việc thiết kế bộ khuôn, tiến hành lấy tấm khuôn âm có kích thước 300x300x80 cùng vật liệu thép S50C với bộ khuôn.



Hình 3. Tấm khuôn âm sản phẩm 3D

2.2. Cắt lớp tấm khuôn âm

Cắt lớp tấm khuôn có ý nghĩa chứng minh được quá trình áp dụng công nghệ WAAM vào nghiên cứu có hiệu quả. Việc chia nhỏ tấm khuôn thành từng lớp với nhau có tác dụng giúp sản phẩm có khả năng giảm nhiệt độ nhanh chóng sau khi nhựa được phun vào bên trong lòng khuôn và điền đầy, giải quyết được bài toán thời gian làm nguội của sản phẩm. Quá trình đó giúp tăng năng suất cho sản phẩm lên nhiều lần.



Hình 4. Tấm khuôn âm sản phẩm 3D cắt lớp



Hình 5. Hình sản phẩm cắt lớp thực tế

2.3. Đường nước 3D

Việc sử dụng đường nước 3D thay vì đường nước thẳng như thông thường sẽ giúp tăng khả năng làm nguội gần như là tối ưu. Vì việc đường nước được thiết kế 3D ôm theo hình dạng của sản phẩm giúp mọi điểm trên bề mặt của sản phẩm có thể được làm mát cùng tăng khả năng làm mát lên gấp nhiều lần. Để thiết kế

được đường nước 3D thì việc cắt lớp bộ khuôn là cần thiết, vì dễ thuận tiện trong việc thiết kế đường nước theo hình dạng tùy thích mà không gặp khó khăn trong gia công, và đồng thời tăng khả năng thoát khí của lòng khuôn do các kẽ hở của các tấm khuôn giúp thoát khí mà không bị xỉ nhựa và chảy nước làm mát.



Hình 6. Hình dạng của đường nước 3D

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Quá trình thực nghiệm về việc ứng dụng WAAM vào chế tạo khuôn mẫu 3D đã đem lại những kết quả đáng chú ý. Đầu tiên, WAAM cho thấy khả năng sản xuất các khuôn mẫu với độ chính xác cao và chi tiết tốt, đồng thời cung cấp tính linh hoạt trong thiết kế với các hình dạng phức tạp.

Tốc độ sản xuất của WAAM cũng được chứng minh là nhanh hơn so với các phương pháp truyền thống, đặc biệt là đối với các sản phẩm có tính phức tạp cao. Mặc dù chi phí ban đầu có thể cao hơn do việc cắt các tấm khuôn thành nhiều lớp nhỏ đã làm đội lên chi phí ban đầu nhiều hơn, nhưng nếu ứng dụng trong quá trình sản xuất lớn, WAAM có thể tiết kiệm chi phí đáng kể do tính chính xác cao, chi tiết tốt và sự linh hoạt trong thiết kế.

Đánh giá về độ bền và độ ổn định của kết cấu WAAM cũng cho thấy khả năng chịu tải và độ bền vật liệu cao. Tuy nhiên, việc kiểm soát quá trình sản xuất và điều chỉnh các tham số (thông số hàn) cần được thực hiện cẩn thận để đảm bảo chất lượng sản phẩm cuối cùng.

➔ Kết quả này làm rõ tiềm năng và ưu điểm của việc sử dụng WAAM trong lĩnh vực chế tạo khuôn mẫu 3D và đề xuất mở rộng ứng dụng của nó trong các ngành công nghiệp khác nhau.

4. KẾT LUẬN

Trong quá trình thực nghiệm hoàn thiện sản phẩm và phân tích các kết quả, việc thay đổi cường độ dòng điện trong quá trình hàn có thể gây ảnh hưởng lớn kết quả của sản phẩm, việc tạo ra một đường hàn đẹp và có thể bồi đắp lên nhiều lớp là kết quả của việc sự phối hợp hài hòa giữa cường độ dòng điện, tốc độ ra dây của cuộn dây và lượng khí bảo vệ cùng nhau tạo ra một đường bồi đắp đẹp và tròn vẹn. Tuy nhiên, cần thực hiện kiểm soát cẩn thận để đảm bảo chất lượng và độ ổn định của sản phẩm. Sự kết hợp giữa công nghệ và kiểm soát chất lượng sẽ mở ra những cơ hội mới cho ngành công nghiệp sản xuất kim loại trong tương lai.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Đỗ Thành Trung;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Ngọc Thuận, Dư Nguyễn Trường Thịnh, Hoàng Văn 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 nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-243.



Ngày nhận bài: **15/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TS. Phạm Sơn Minh, ThS. Trần Minh Thế Uyên (2014); “*Giáo trình Thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa*”, NXB. Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, 286 page.
- [2]. Đặng Văn Nghìn; “*Hiện trạng và chiến lược phát triển công nghệ in 3D của nước ta trong xu thế cuộc cách mạng 4.0*”, Viện Cơ học và Tin học ứng dụng, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2018, trang 23.
- [3]. Kai Treutler, “*The current state of research of Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)*”, Wesling Manuf, (2018), pp.24-27.
- [4]. J.T. Xiong, “*Research status of wire and arc additive manufacture and its application in aeronautical manufacturing*”, Aeron. Manuf. Technol. (2015), pp. 80-85.
- [5]. 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), pp. 310-319.

ỨNG DỤNG MÁY HÀN ĐIỂM VÀO HÀN ĐA ĐIỂM CHẾ TẠO CÁNH BƠM HÚT NƯỚC HỐ NỔ MÌN

APPLICATION OF SPOT WELDING MACHINE IN MULTI-POINT WELDING FOR
MANUFACTURING WATER PUMP IMPELLERS FOR MINE SUMP PUMPING

Ngô Xuân Cường^{1,*}, Đào Quang Kế²

¹Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Trường Đại học Hòa Bình

TÓM TẮT

Trong chế tạo cơ khí phương pháp hàn tổ hợp chi tiết tạo nên các chi tiết có hình dạng phức tạp được áp dụng rộng rãi và mang lại hiệu quả kinh tế.

Trong bài báo này giới thiệu việc nghiên cứu, ứng dụng máy hàn điểm vào hàn đa điểm chế tạo cánh bơm hút nước hố nổ mìn. Trên cơ sở phân tích phương pháp hàn tiếp xúc để xác định chế độ hàn và các thông số ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn, từ đó đưa ra phương pháp hàn phù hợp nhất.

Từ khóa: Máy hàn điểm; Hàn đa điểm; Cánh bơm; Hố nổ mìn.

ABSTRACT

In mechanical production, the method of welding parts to create parts with complex shapes is widely applied and brings economic efficiency.

This paper introduces the research and application of spot welding machine to multi-spot welding to manufacture D90 water pump impeller. Based on the analysis of contact welding method to determine welding mode and parameters affecting weld quality, the most suitable welding method is proposed.

Keywords: Spot welding machines; Multi-point welding; Impeller; Mine sump.



1. GIỚI THIỆU

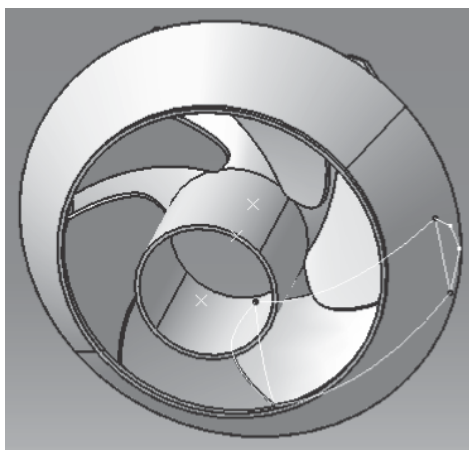
Công nghệ hàn áp lực nhiều điểm là một công nghệ đã được nhiều nước tiên tiến trên thế giới như Mỹ, Anh, Úc, Nhật Bản... áp dụng để hàn các chi tiết có thành vách mỏng và cho hiệu quả cao[6].

Việc ứng dụng công nghệ này vào việc hàn cánh bơm hồ nổ mìn giúp giảm bớt thời gian sản xuất cũng tiết kiệm chi phí, nhất là trong thời điểm nước ta đang tiến hành hội nhập mạnh mẽ như hiện nay. Việc vận dụng máy hàn điểm 2106B80 (ARO) vào hàn đa điểm để chế tạo cánh bơm là một nghiên cứu rất sáng tạo và có ý nghĩa thực tiễn.

Quá trình nghiên cứu bao gồm:

2. TÍNH TOÁN THIẾT LẬP CHẾ ĐỘ HÀN

2.1. Xác định mô hình công nghệ



Hình 1. Cánh bơm hút D90

Trên Hình 1 là hình dạng và cấu trúc cánh bơm D90 được cấu tạo từ những phần tử riêng lẻ, tổ hợp và liên kết với nhau thông qua các điểm hàn. Đây chính là mô hình, là đầu bài cho việc tính toán chế độ hàn tiếp xúc (hàn điểm) phù hợp.

2.2. Tính toán xác định các thông số công nghệ hàn nhiều điểm dưới áp lực

2.2.1. Cơ sở xác định chế độ hàn

Để xác định được chế độ hàn cho chi tiết cánh bơm, cần căn cứ vào đặc tính của hàn tiếp xúc nhiều điểm và tính hàn, kích thước hình dạng vật liệu cơ bản của thép không gỉ SUS 304 [5].

► Đặc tính của hàn tiếp xúc như sau:

- Thành phần hóa học của vùng liên kết không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể;
- Áp lực lớn tác dụng lên chi tiết thực tế loại trừ sự hình thành rỗ;
- Có thể điều khiển trong phạm vi rộng áp lực, cho phép tạo trạng thái ứng suất thuận lợi và loại trừ các vết nứt;
- Mức độ biến dạng cục bộ tại điểm hàn lớn trong khoảng thời gian ngắn cho phép dễ dàng phá hủy và tách các màng oxit;
- Có thể dễ dàng liên kết các kim loại đồng nhất hoặc các hợp kim trên một nền.

► Tính hàn liên quan tới độ dày: Trong quá trình hàn, kim loại chịu tác dụng cơ nhiệt dẫn đến sự thay đổi đáng kể thành phần hóa học, cấu trúc và các tính của kim loại nguyên thủy.

Đối với mỗi kim loại cụ thể xác định được một chế độ tối ưu đảm bảo các liên kết với các kích thước yêu cầu và tính hàn tốt nhất (Bảng 1). Các kích thước định mức của các liên kết xác lập được khi chọn chế độ cần phải lớn hơn các kích thước tối thiểu $15 \div 20\%$. Khi hàn các chi tiết chiều dày khác nhau, sự nóng chảy tối thiểu của chi tiết mỏng phải không nhỏ hơn $20\% \delta$.

Bảng 1. Kích thước các liên kết khi hàn điểm và hàn mối, mm [10]

Độ dày chi tiết	Đường kính điểm hàn	Độ rộng mối hàn	Độ chập tối thiểu khi hàn		Bước điểm công nghệ tối thiểu		
Các giá trị tối thiểu			Hợp kim nhẹ	Thép hợp kim	HK nhẹ	Thép HK thấp	HK chống gỉ, bền nhiệt
0,3	2,5	2,0	8,0	6	8	7	5
0,5	3,0	2,5	10,0	8	11	10	7
1,0	4,0	3,5	12 - 14	12	14	12	10
1,5	6,0	5,5	16 - 18	14	20	14	12
2,0	7,0	6,5	18 - 20	16	25	18	14
3,0	9,0	8,0	24 - 26	20	35	24	18
4,0	11	10,0	28 - 30	26	45	32	24
5,0	13	12,0	34 - 36	34	55	40	30
6,0	15	14,0	38 - 43	44	65	52	40

2.2.2. Xác định các thông số ảnh hưởng tới chất lượng mối hàn

Trong quá trình hàn, có rất nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn, mỗi yếu tố mang một thông số ảnh hưởng. Ta tiến hành phân tích một số thông số chính.

► **Nhiệt lượng:** Sự nung nóng chi tiết hàn trong hàn điện tiếp xúc được thực hiện bởi nguồn nhiệt do dòng điện chạy qua bề mặt tiếp xúc của chi tiết hàn trong một thời gian ngắn. Lượng nhiệt Q sinh ra trên phần kim loại giữa hai điện cực trong thời gian th được xác định theo định luật Jun-Lenxo:

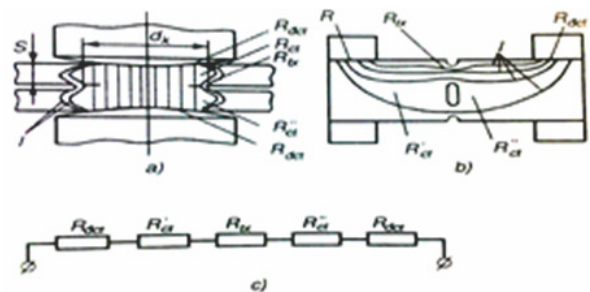
$$Q = \int_0^{t_h} I^2 R dt \quad (1)$$

$$\text{Hay } Q = \int_0^{t_h} IU dt \quad (2)$$

Nhiệt lượng Q có tác dụng, làm chảy kim loại tại điểm tiếp xúc của các vật hàn làm

cho chúng liên kết với nhau hình thành mối hàn điểm.

Từ công thức (1), (2) nhận thấy, Q chịu ảnh hưởng từ ba thông số chính là dòng hàn I , thời gian hàn t và điện trở toàn phần R hoặc điện áp hàn U . Quan hệ R , U , I cho từng dạng mối hàn được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Điện trở tiếp xúc

Trong đó:

Hàn điểm (a); hàn giáp mối (b); lưới điện trở (c);

I – Dòng điện hàn; S – Chiều dày tấm hàn; d_k – Đường kính điện cực [9].

Việc tính toán nhiệt lượng Q phù hợp cho mỗi hàn có thể tính toán thông qua các thông số: R , I và t hoặc I , U và t .

Điện trở toàn phần được xác định theo sơ đồ Hình 2(c): $R = R_{tx} + 2R_{dct} + R'_{ct} + R''_{ct}$.

Trong đó:

- R_{tx} – Điện trở tiếp xúc của chi tiết với chi tiết;
- R_{dct} – Điện trở tiếp xúc giữa điện cực và chi tiết;
- R'_{ct} , R''_{ct} – Điện cực trở riêng của các chi tiết hàn.

Khi hàn các chi tiết dày bằng nhau (hoặc tiết diện bằng nhau) thì: $R'_{ct} = R''_{ct} = R_{ct}$.

Điện trở R_{tx} và R_{dct} phụ thuộc vào điện trở tiếp xúc giữa chúng và số lượng điểm tiếp xúc.

Giá trị Q cũng có thể tính gần đúng theo điều kiện trạng thái nhiệt vật liệu: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ (J), với:

- Q_1 là lượng nhiệt cần thiết để làm kim loại chảy (J);
- Q_2 là nhiệt lượng nung nóng ở vùng ảnh hưởng nhiệt khi hàn (J);
- Q_3 là nhiệt nung nóng điện cực hàn (J).

Trong đó, Q_1 là nhiệt lượng có ích, Q_2 , và Q_3 là nhiệt lượng vô ích, hay nhiệt lượng lãng phí. Giảm được Q_2 và Q_3 sẽ tích kiệm được năng lượng, vì theo biểu thức định luật Jun-Lenso thì nhiệt lượng tổng tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện (dòng hàn).

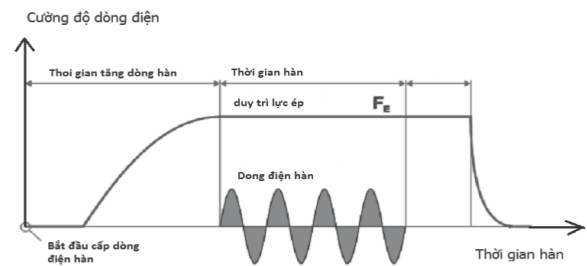
Từ Q , ta có thể xác định được dòng hàn theo công thức:

$$I = \sqrt{\frac{Q}{0,24kR_{ctc}t_h}} \text{ [A]}$$

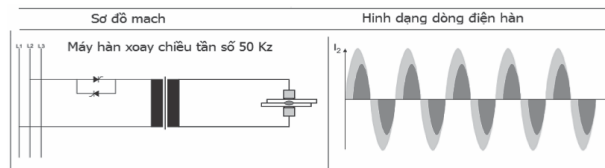
Ở đây: R_{ctc} – Điện trở của chi tiết ở giai đoạn cuối quá trình nung nóng, Ω ; k – Hệ số kể đến sự thay đổi điện trở trong quá trình hàn; t_h – Thời gian hàn (s).

► Dòng hàn: Dòng hàn là thông số chính tạo ra nhiệt lượng cần thiết để hình thành mỗi hàn.

Cường độ dòng điện hàn điện tiếp xúc có thể lên tới 20000 A, tỷ lệ thuận với bề dày của tấm thép cần hàn. Sử dụng 2 thyristor để thay đổi cường độ dòng điện hàn (Hình 3 và Hình 4).



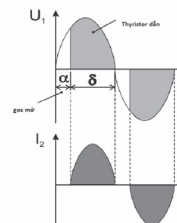
Hình 3. Trình tự của một quá trình hàn điểm



Hình 4. Dạng cường độ dòng điện hàn khi đóng, mở dùng thyristor

► Điện áp hàn: Quan hệ giữa dòng điện

và điện áp hàn: $Q = \int_0^{t_h} IUdt$; Công suất: $P = U.I$.



Hình 5. Dạng dòng điện sau khi qua thyristor

Điện áp hàn quá thấp sẽ tạo ra dòng hàn rất lớn có thể làm chảy thủng mối hàn. Điện áp hàn quá cao, dòng hàn sẽ nhỏ có thể sẽ không đạt được yêu cầu hình thành mối hàn và gây nguy hiểm cho người và thiết bị trong quá trình hàn. Thực tế chọn điện áp hàn điểm từ 4 đến 6 V (Hình 5).

► **Lực ép hàn:** Được thực hiện thông qua các xy-lanh khí nén ép điện cực hàn vào vật hàn và các chi tiết cần hàn với nhau. Lực này cần đủ lớn để tạo ra mối hàn. Lực ép phụ thuộc tính chất cơ lý của vật liệu hàn, kích thước tiết diện mối hàn. Lực ép được tính theo công thức: $F = S \cdot p$ [N]. Trong đó: S – Tiết diện trong xy-lanh; p – Áp suất khí nén.

► **Thời gian hàn:** Là thông số chính tạo ra nhiệt lượng cần thiết để hình thành mối hàn, thời gian ngắn không đủ nhiệt lượng cần thiết cho mối hàn mối hàn không ngấu, thời gian hàn dài, lượng nhiệt cung cấp cao mối hàn bị cháy, đứt các chi tiết cần hàn, gây oxy hóa mối hàn. Khi chiều dày vật hàn $\delta < 5\text{mm}$ có thể hàn với chế độ hàn cứng (t_h nhỏ), T_h cứng = $0,2 \div 1,5$ s. Khi chiều dày vật hàn $\delta \geq 5\text{mm}$ hoặc chế độ hàn mềm (t_h lớn), T_h mềm = $2 \div 3$ s.

► **Thời gian ép:** Là thời gian xy-lanh khí nén ép các chi tiết hàn trước khi phóng điện hàn, nhằm đảm bảo các chi tiết tiếp xúc nhau tránh hiện tượng phóng hồ quang tạo ra các khuyết tật mối hàn như rỗ, cháy đứt các chi tiết hàn.

► **Thời gian giữ nguội:** Là thời gian các xy-lanh khí nén tiếp tục ép khi đã kết thúc giai đoạn phóng dòng hàn để mối hàn ổn định chống lại sự đàn hồi của vật liệu. Thời gian quá ngắn, mối hàn không ngấu, dễ bị bong. Thời gian cho một mối hàn điện tiếp xúc bằng $0,1 \div 0,4$ (s), bao gồm thời gian ép, thời gian hàn, thời gian giữ nhiệt.

2.2.3. Xác định thông số chế độ hàn

Việc xác định các thông số hàn thích hợp cho hàn điểm là một vấn đề rất phức tạp. Một thay đổi nhỏ của một tham số sẽ có ảnh hưởng tới tất cả các thông số khác. Trong quá trình hàn, mặt tiếp xúc điện cực tăng dần, để thiết lập một bảng thông số hàn Bảng 2.

Bảng 2. Tiêu chuẩn các thông số hàn tiếp xúc điểm [9]

Độ dày tấm hàn, t [mm]	Áp lực, P [kN]	Cường độ dòng điện hàn, I [A]	Thời gian hàn [s]	Thời gian giữ [s]	Đường kính điện cực, d [mm]
0.63 + 0.63	2.00	8500	0,12	0,02	6
0.71 + 0.71	2.12	8750	0,14	0,02	6
0.80 + 0.80	2.24	9000	0,16	0,04	6
0.90 + 0.90	2.36	9250	0,18	0,04	6
1.00 + 1.00	2.50	9500	0,2	0,04	6
1.12 + 1.12	2.80	9750	0,22	0,04	6
1.25 + 1.25	3.15	10000	0,26	0,06	6-7
1.40 + 1.40	3.55	10300	0,28	0,06	6-7
1.50 + 1.50	3.65	10450	0,3	0,06	6-7
1.60 + 1.60	4.00	10600	0,32	0,06	6-7



1.80 + 1.80	4.50	10900	0,36	0,06	6-7
2.00 + 2.00	5.00	11200	0,46	0,08	7-8
2.24 + 2.24	5.30	11500	0.52	0,08	7-8
2.50 + 2.50	5.60	11800	0,6	0,1	8
2.80 + 2.80	6.00	12200	0,68	0,12	8
3.00 + 3.00	6.15	12350	0,76	0,12	8
3.15 + 3.15	6.30	12500	0,76	0,12	8

Các thông số về công nghệ hàn có ảnh hưởng rất lớn tới chất lượng mối hàn, để mối hàn đảm bảo chất lượng và năng suất hàn cao, các thông số phải được chọn sao cho phù hợp với kích thước và vật liệu cơ bản hàn (SUS 304).

***Các thông số cánh bơm D90:**

Vật liệu cánh: SUS 304; Độ dày cánh: 0,8 mm; Số lượng cánh: 6.

Số lượng điểm hàn trên mỗi cánh: 6.
Tổng cộng có 36 điểm hàn cùng một lúc.

Tiết diện mỗi điểm hàn là $0,8 \times 2 \text{ mm} = 1,6 \text{ mm}^2$. Tiết diện tổng sẽ là $1,6 \times 36 = 57,6 \text{ mm}^2$.

Quy tiết diện tổng về một tiết diện tròn, ta có đường kính khoảng 8 mm. Căn cứ vào Bảng 2, ta xác định được: Dòng hàn là $I = 12500 \text{ A}$; Lực ép là $P = 6,30 \text{ kN}$; Thời gian hàn và giữ của điểm hàn có độ dày 0,8 là: 0,16 s và 0,04 s.

***Xác định thông số chế độ hàn cánh bơm D90 (Bảng 3).**

Bảng 3. Bảng thông số chế độ hàn cánh bơm

Độ dày tấm hàn, t [mm]	Áp lực, P [kPa]	Cường độ dòng điện hàn, I [A]	Thời gian hàn [s]	Thời gian giữ [s]	Điện áp hàn [V]	Đường kính điện cực, d [mm]
1.20 + 0,80	4 ÷ 6,3	12500 ÷ 16500	0,16	0,04	4 ÷ 6	8

Theo bảng thông số công nghệ chế độ hàn Bảng 3 thì công suất của thiết bị hàn cần đạt: từ 50 ÷ 75 kVA.

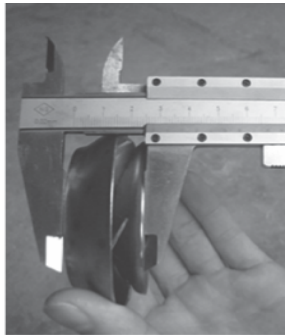
Từ các phân tích về cấu trúc cánh bơm, các đặc tính cơ - lý hàn điểm; căn cứ vào các tài liệu [1] ÷ [4] nhóm đề tài đã thiết kế được bộ đồ gá hàn đa điểm để hàn tổ hợp chế tạo cánh bơm D90 lắp ghép trên máy hàn điểm 2106B80 (ARO).

3. KẾT QUẢ

Trên Hình 6 là kết quả thực nghiệm hàn đa điểm cánh bơm D90 trên máy hàn điểm 2106B80. Thực hiện hàn 100% điểm hàn đồng thời theo tính toán. Sản phẩm cánh bơm D90 nhận được đạt hình dáng hình học và chất lượng yêu cầu.



Lắp đồ gá và thổi hàn trên máy hàn điểm



Kiểm tra chiều cao cánh bơm sau khi hàn



Kiểm tra độ tròn cánh bơm sau khi hàn



Kiểm tra mối hàn đa điểm

Hình 6. Thực hiện hàn đa điểm và kết quả hàn đa điểm chế tạo cánh bơm D90

4. KẾT LUẬN

1) Có thể áp dụng thiết bị hàn điểm 2106B80 (ARO) tại Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí để áp dụng.

2) Đề tài đã tính toán và xây dựng được chế độ hàn và quy trình công nghệ hàn hợp lý để thực hiện hàn 36 điểm, đồng thời chế tạo cánh bơm D90 đạt chất lượng.

3) Đây là thành công của một nghiên cứu ứng dụng công nghệ hàn điểm.

4) Là tài liệu tham khảo bổ ích cho các nhà chuyên môn và học sinh, sinh viên ngành hàn.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được hỗ trợ của Bộ Công Thương, Viện Nghiên cứu Cơ khí, Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt. ❖

Ngày nhận bài: **16/9/2024**

Ngày phản biện: **24/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Đặng Việt Cường, “*Sức bền vật liệu (Toàn tập)*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Trần Văn Địch, “*Sổ tay thép thế giới*”, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [3]. Hoàng Thị Bích Ngọc, “*Máy thủy khí cánh dẫn - Bơm ly tâm và Bơm hướng trục*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2012.
- [4]. Hoàng Tùng, “*Sổ tay hàn*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [5]. Bryan P. Prucher, Patent 4476372, 09/10/1984, “*Spot welding electrode*”.
- [6]. Leslie A. Ford London, Patent 3592994, 01/06/1971, “*Spot-Welding Apparatus*”.

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ VÀ TỐI ƯU KẾT CẤU KHUNG MÁY ÉP THỦY LỰC 4 TRỤ, LỰC ÉP 20 TẤN

DESIGN AND OPTIMIZATION A FOUR PILLARS, 20 TON HYDRAULIC PRESS
MACHINE

Nguyễn Sơn Tùng, Trần Đức Huân

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

TÓM TẮT

Máy ép thủy lực được sử dụng rộng rãi trong gia công áp lực và ứng dụng lắp ráp, sửa chữa kết cấu cơ khí. Hiện nay, cùng với sự phát triển của nền công nghiệp chế tạo, nhu cầu sử dụng máy ép thủy lực tăng cao. Tuy nhiên, qua khảo sát cho thấy năng lực sản xuất, chế tạo máy ép thủy lực trong nước còn hạn chế, nhiều doanh nghiệp lớn và nhỏ vẫn phải nhập khẩu máy ép sản xuất ở nước ngoài hoặc mua máy cũ về sửa chữa lại. Qua nghiên cứu các tài liệu, công trình khoa học được công bố ở trong và ngoài nước, nhóm nghiên cứu thấy rằng có thể khắc phục hạn chế về thiết kế, gia công chế tạo kết cấu khung máy, góp phần nâng cao năng lực tự chủ, nội địa hóa sản xuất máy ép thủy lực trong nước đáp ứng yêu cầu đặt ra hiện nay. Bài báo này trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu, tối ưu hóa kết cấu khung máy ép thủy lực 20 Tấn sử dụng trong gia công chế tạo đế bánh kem. Khung máy ép được tối ưu hoá bằng cách sử dụng công cụ hỗ trợ thiết kế cơ khí - phần mềm Solidworks.

Từ khoá: Tối ưu kết cấu cơ khí; Solidworks; CAE; Máy ép 4 trụ.

ABSTRACT

Hydraulic machine is widely used for metal deformation technology and workshop. Nowadays, the need of using hydraulic press machine increase day by day. In contrast, the result of survey shows that most of hydraulic machines are imported because of the limitation in manufacturing in Vietnam. By researching the materials and science papers, the authors find that using the CAE (Computer-Aided Engineering) to design and optimization the hydraulic machine frame is a solution to deal with this issued limitation. This paper briefly presents the result of design and optimization a four pillars, 20 Ton hydraulic press machine by using CAE technique. The Solidworks is choosed as an approach method of designing and optimizing the structure frame.

Keywords: Optimization; Solidworks; CAE; Hydraulic machine; Four pillars hydraulic machine.

1. MỞ ĐẦU

Máy ép thủy lực là một loại máy được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực gia công áp lực, công nghệ bột, cũng như lắp ráp cơ khí, nén ép vật liệu phi kim, phế liệu... Với ứng dụng gia công biến dạng, tạo hình kim loại, máy ép thủy lực còn mang các tên gọi khác nhau như máy dập vuốt thủy lực, máy rèn thủy lực, máy chặt thủy lực, máy cắt thủy lực, máy đột lỗ thủy lực... [5] và [7]. Một số sản phẩm dạng tấm như vỏ ô tô, máy bay, tấm ốp xe máy, chi tiết dạng vỏ hộp được gia công chế tạo bởi máy ép cho năng suất cao, tiết kiệm kim loại, gần như không phải thêm bước gia công nào sau dập [5]. Tùy theo kết cấu khuôn và cơ chế tác động lực, máy ép thủy lực có thể được sử dụng để thực hiện một trong số các chức năng sau [1], [2], [9] và [10].

Máy ép thủy lực hoạt động theo nguyên lý của định luật Pascal. Áp suất do bơm thủy lực thể tích tạo ra được truyền tới khoang làm việc của xy-lanh. Áp lực tác động lên bề mặt pit-tông do áp suất bên trong khoang làm việc tạo ra. Áp lực do xy-lanh tạo ra được sử dụng để gây biến dạng, tạo hình vật ép (phôi). Độ cứng vững của khung máy đóng vai trò quan trọng quyết định tới độ chính xác của sản phẩm gia công và độ bền của máy ép. Theo lý thuyết biến dạng đàn hồi, dưới tác dụng của ngoại lực, kết cấu khung máy sẽ bị biến dạng và bên trong kết cấu khung máy xuất hiện ứng suất nhằm chống lại sự biến dạng của vật liệu. Ngoại lực càng lớn, biến dạng càng tăng và ứng suất cũng tăng lên cho tới khi đạt tới giá trị cân bằng thì quá trình biến dạng kết thúc. Như vậy, để khống chế biến dạng của kết cấu cần sử dụng vật liệu có độ bền lớn hoặc tăng độ cứng vững của kết cấu bằng cách tăng bề dày của chi tiết, lựa chọn kết cấu hợp lý. Hiện nay, trên đà phát triển của nền công nghiệp Việt Nam, nhu cầu

sử dụng máy ép thủy lực trong gia công chế tạo kết cấu cơ khí, thiết bị áp lực, chi tiết ô tô, xe máy và thiết bị gia dụng... tăng cao. Qua khảo sát, nhóm nghiên cứu thấy rằng chỉ có một số máy ép cỡ nhỏ hoặc lực ép dưới 100 Tấn được gia công chế tạo trong nước, đa phần các máy ép vẫn phải nhập khẩu hoặc sửa chữa lại máy ép đã qua sử dụng ở nước ngoài. Với số máy ép tự chế tạo trong nước, kết cấu khung máy ép thủy lực còn tồn tại nhiều bất cập, khối lượng máy còn quá nặng nề, tiêu hao vật liệu nhiều, chưa khai thác triệt để khả năng làm việc của vật liệu (sức bền của vật liệu). Vì vậy, nghiên cứu tính toán thiết kế và tối ưu hoá kết cấu của khung máy ép, làm chủ công nghệ chế tạo trong nước có ý nghĩa rất quan trọng, đáp ứng yêu cầu cấp thiết hiện nay. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tối ưu kết cấu khung máy ép 4 trụ, lực ép 20 Tấn sử dụng gia công chế tạo để bánh kem sinh nhật. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã phân tích hạn chế của bản thiết kế nguyên mẫu và đưa ra phương án thiết kế thay thế.

2. QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TỐI ƯU HOÁ CẤU TRÚC KHUNG MÁY

Tối ưu hoá kết cấu khung máy nhằm mục đích tiết kiệm vật liệu trong khi vẫn đảm bảo độ cứng vững của kết cấu và tính công nghệ, dễ dàng gia công chế tạo, lắp ráp máy. Việc tối ưu hoá kết cấu máy ép thủy lực đã thu hút sự quan tâm nghiên cứu của các nhà khoa học, các giáo sư và học viên tại trường đại học trên thế giới. Có nhiều công trình nghiên cứu tối ưu kết cấu máy ép được công bố tại Hội nghị khoa học toàn quốc về lĩnh vực Kỹ thuật cơ khí, Khoa học công nghệ được tổ chức tại Ấn Độ qua các năm từ 2014 tới 2021. Các nghiên cứu cho thấy rằng các nhà khoa học vẫn sử dụng phương pháp tính toán truyền thống để xác định kích thước cơ bản của khung máy. Kích

thước của khung máy cần đáp ứng yêu cầu làm việc về kích thước khuôn, gá kẹp khuôn, hành trình làm việc của xy-lanh, không gian thao tác cấp phối và lấy sản phẩm. Sau đó, sử dụng công cụ hỗ trợ thiết kế cơ khí để tiến hành xây dựng mô hình 3D và mô phỏng phân tích ứng suất, biến dạng của kết cấu. Kết quả phân tích, mô phỏng dự đoán ứng suất và biến dạng là cơ sở để điều chỉnh kết cấu nhằm mục đích thu được kết cấu tối ưu nhất đáp ứng yêu cầu đạt độ cứng vững, giới hạn biến dạng chuyển vị, giảm trọng lượng máy, tiết kiệm vật liệu [1], [3], [4] và [9].

Các phần mềm hỗ trợ thiết kế cơ khí hiện nay như Ansys, Creo, Autodesk Inventor và Solidworks... Mỗi phần mềm có những tính năng vượt trội riêng. Tuy nhiên, các phần mềm này đều dựa trên cơ sở lý thuyết phần tử hữu hạn. Phần mềm cung cấp tính năng giải các phương trình, ma trận ứng suất, biến dạng chuyển vị một cách nhanh chóng. Đây là một ưu điểm vượt trội so với phương pháp tính toán giải tích thuần túy. Tính năng hỗ trợ này đã vượt trội hơn nhiều so với các phần mềm như phần mềm SAP 2000 và các phần mềm tương tự.



Hình 1. Lưu trình toán thiết kế, tối ưu khung máy ép thủy lực

3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ KHUNG MÁY ÉP THỦY LỰC 4 TRỤ, LỰC ÉP 20 TẤN

Máy ép thủy lực 4 trụ có ưu điểm kết cấu vững chắc, lực ép chính tâm, đảm bảo độ chính xác cao của sản phẩm gia công. Máy ép thủy lực 4 trụ được sử dụng phổ biến trong công nghệ dập vuốt, gia công chi tiết yêu cầu có tính thẩm mỹ cao. Máy ép thủy lực 4 trụ, lực ép 20 Tấn được sử dụng trong xưởng sản xuất đế bánh kem sinh nhật có kích thước bàn máy: 860 mm x 660 mm, kết cấu nguyên bản sử dụng thép tấm dày 40 mm, 2 gân tăng cứng dày 30 mm và cao 50 mm.

Mô-men tĩnh của tiết diện dầm [6]:

$$\begin{cases} S_x = \int_A y \cdot dA = b \cdot A \\ S_y = \int_A x \cdot dA = a \cdot A \end{cases} \quad (3-1)$$

Trong đó: S_x – Mô-men tĩnh của diện tích tiết diện dầm đối với trục Ox; b – Khoảng rời trục Oy so với hệ tọa độ đi qua trọng tâm tiết diện; S_y – Mô-men tĩnh của diện tích tiết diện dầm đối với trục Oy; a – Khoảng rời trục Ox so với hệ tọa độ đi qua trọng tâm tiết diện; A – Diện tích tiết diện.

Nếu C là trọng tâm của tiết diện và hệ trục tọa độ vuông góc Oxy có gốc O trùng với C thì:

$$\begin{cases} S_x = 0 \\ S_y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \int y \cdot dA = 0 \\ \int x \cdot dA = 0 \end{cases} \quad (3-2)$$

Khi trục Oy được chọn trùng với trục đối xứng của tiết diện thì $\int x \cdot dA = 0$. Điều kiện C là trọng tâm mặt cắt sẽ là: $S_x = 0$.

$$S_x = \int_A y \cdot dA = \sum_{i=1}^n b_i \cdot A_i = 0 \quad (3-3)$$

Mô-men quán tính của tiết diện dầm đối với trục nằm ngang [6]:

$$J_x = \int_A y^2 \cdot dA \quad (3-4)$$

$$J_x = J_{Cx} + b^2 \cdot A$$

Trong đó: J_x – Mô-men quán tính của tiết diện đối với trục nằm ngang; J_{Cx} – Mô-men quán tính của tiết diện đối với trục nằm ngang đi qua trọng tâm tiết diện; b – Khoảng cách rời trục; A – Diện tích của tiết diện.

Chuyển vị (võng) dầm chịu uốn ngang phẳng [6]:

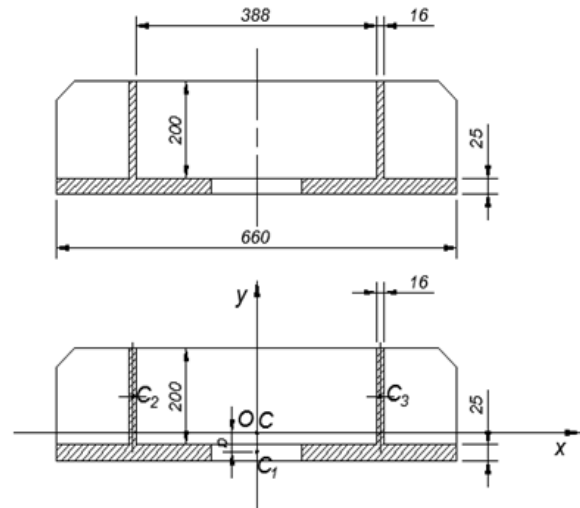
$$y'' = -\frac{M_x}{E \cdot J_x} \quad (3-5)$$

Trong đó: y'' – Đạo hàm bậc 2 của hàm chuyển vị; M_x – Mô-men uốn trên tiết diện dầm; E – Mô-đun đàn hồi của vật liệu; J_x – Mô-men quán tính của tiết diện đối với trục nằm ngang.

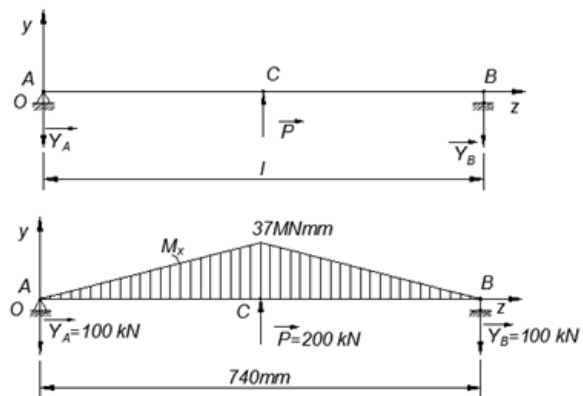
Kết cấu sửa đổi sử dụng gân tăng cứng dạng khung hộp. Kết quả tính toán lý thuyết thu được:

Dầm ngang trên:

- Bề dày tấm thép bản đế: 25 mm;
- Bề dày gân tăng cứng: 16 mm;
- Chiều cao gân tăng cứng: 200 mm;
- Liên kết hàn, đường hàn liền, mỗi hàn hai phía.



Hình 2. Mặt cắt ngang tiết diện dầm ngang trên tại vị trí tiết diện nguy hiểm



Hình 3. Sơ đồ xác định phản lực liên kết và biểu đồ mô-men uốn

Lựa chọn vật liệu thép tấm Q345B (Tiêu chuẩn GB-1591-2008).

Kết quả tính toán lý thuyết dầm ngang trên:

- Khối lượng: 171 kg;
- Mô-men quán tính tiết diện: 35119218,24 mm⁴;
- Ứng suất kéo lớn nhất: 117,59 MPa;
- Hệ số an toàn: 1,94;
- Chuyển vị lớn nhất: 0,1145 mm.



Dầm ngang dưới:

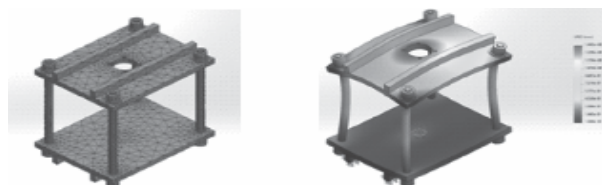
- Bản tấm thép mặt trên dày: 20 mm;
- Bề dày gân tăng cứng: 16 mm;
- Chiều cao gân tăng cứng: 200 mm;
- Bản tấm thép mặt dưới dày: 12 mm;
- Thép tấm Q345B (Tiêu chuẩn GB-1591-2008);
- Khối lượng: 192,5 kg;
- Mô-men quán tính: 209890653,34 mm⁴;
- Ứng suất kéo lớn nhất: 20 MPa;
- Hệ số an toàn: 17,25;
- Chuyển vị: 0,02 mm.

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG KHẢO SÁT ỨNG SUẤT VÀ CHUYỂN VỊ KẾT CẤU

Mô hình 3D của khung máy được xây dựng trong môi trường Solidworks, sau đó tiến hành mô phỏng đặt ngoại lực, gắn điều kiện biên tấm để cố định. Điều này là hợp lý do kết cấu dầm ngang dưới có độ cứng vững lớn hơn nhiều so với dầm ngang trên. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng dự đoán ứng suất và biến dạng của kết cấu máy ép nguyên bản và kết cấu máy ép sau khi được cải tiến với kết quả như sau:

Khung máy ép nguyên bản:

- Vật liệu: Thép AISI 1020;
- Giới hạn chảy: 350 MPa;
- Khối lượng riêng: 7870 kg/m³;
- Khối lượng: 485,65 kg;
- Ứng suất lớn nhất: 497 MPa;
- Chuyển vị lớn nhất: 1,44 mm.

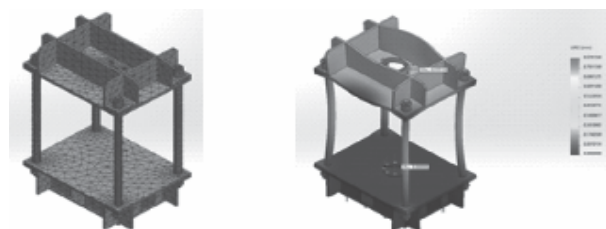


Hình 4. Mô hình 3D và kết quả mô phỏng biến dạng chuyển vị của khung máy ép để bánh kem nguyên bản

Kết cấu dầm ngang trên và dầm ngang dưới của khung máy nguyên bản có dạng tấm dẹt, kích thước bề dày nhỏ hơn nhiều so với kích thước bề rộng, vì vậy mô-men quán tính của mặt cắt có giá trị nhỏ dẫn tới độ cứng vững thấp. Việc bổ sung gân tăng cứng chỉ cải thiện được phần nào hạn chế này. Thêm vào đó, gân tăng cứng chỉ được bố trí theo một phương dẫn tới chuyển vị của kết cấu lớn. Kết quả là giảm chất lượng in hoa văn trang trí trên sản phẩm, đường vân không đủ sắc nét, tỷ lệ sản phẩm lỗi cao.

Khung máy ép thay thế:

- Vật liệu: Thép AISI 1020;
- Giới hạn chảy: 350 MPa;
- Khối lượng riêng: 7870 kg/m³;
- Khối lượng: 437,52 kg;
- Ứng suất lớn nhất: 299 MPa;
- Chuyển vị lớn nhất: 0,873 mm.



Hình 5. Mô hình 3D và kết quả mô phỏng biến dạng chuyển vị của khung máy ép để bánh kem sửa đổi

Ở khung máy ép sửa đổi, gân tăng cứng đã được bố trí theo cả hai phương vuông góc, để giảm khối lượng, chúng tôi đã sử dụng phương án giảm bề dày của gân tăng cứng và tăng chiều cao của gân tăng cứng để đạt được mô-men quán tính của mặt cắt lớn hơn, từ đó đảm bảo được độ cứng vững của kết cấu khung máy. Qua mô phỏng, chúng tôi cũng thấy được kích thước bề dày và chiều cao hợp lý của gân tăng cứng. Kết quả cho thấy biến dạng chuyển

vị của khung máy đã giảm rõ rệt. Chuyển vị lớn nhất chỉ còn 0,873 mm, giảm gần 40% so với kết cấu nguyên bản.

5. KẾT LUẬN

Lựa chọn tiết diện hợp lý là một yếu tố cơ bản đảm bảo sử dụng hiệu quả, tiết kiệm vật liệu, sử dụng triệt để khả năng làm việc của vật liệu. Kết quả mô phỏng khảo sát trường ứng suất, chuyển vị kết cấu và hệ số an toàn là một cơ sở quan trọng để người thiết kế đưa ra phương án điều chỉnh, xác định kích thước tối ưu của kết cấu khung máy.

Với công cụ hỗ trợ thiết kế Solidworks, người thiết kế có thể xây dựng bản thiết kế, mô phỏng kiểm tra khả năng chịu lực một cách nhanh chóng. Kết quả mô phỏng là một cơ sở khoa học để tính toán, xác định các kích thước, tối ưu hoá kết cấu khung máy nhằm tiết kiệm vật liệu, trong khi vẫn đảm bảo khả năng làm việc và thuận lợi trong gia công chế tạo. ❖

Ngày nhận bài: 17/9/2024

Ngày phản biện: 04/10/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Asim M. Kamate, J.S. Bagi (2016), “*Design, development and analysis of a 20 Ton hydraulic press*”. International Journal of Innovative Technology and Research (IJITR), January, 2016, India.
- [2]. B. Ravi (2014), “*Computer aided design and analysis of power press*”. Middle - East Journal of Scientific Research 20th.
- [3]. Ganesh M Mudennavar, Gireesha Chalageri Prashant A Patil (2018), “*Design and analysis of 12 Ton hydraulic press machine*”. International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR), August, 2018, India.
- [4]. Krishna Kr. Verma, M. S. Pardhmi (2018), “*A review on hydraulic press design and its optimization*”. International Journal for Research Publication & Seminar (IJRPS), January - March, 2018, India.
- [5]. Mohamad M. Saleh (1992), “*Design study of a heavy duty hydraulic machine using finite element techniques*”. Doctor of Philosophy Thesis, The School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Damascus University, Syria.
- [6]. Nguyễn Đình Đức, Đào Như Mai (2011), “*Giáo trình sức bền vật liệu và kết cấu*”. NXB. Khoa học Kỹ thuật.
- [7]. Phạm Văn Nghệ, Đỗ Văn Phúc (2001), “*Máy búa và máy ép thủy lực*”. NXB. Giáo dục.
- [8]. Rangraj S. More, Shreenidhi R. Kulkarni (2015), “*Finite element analysis and optimization of C type hydraulic 200 T press*”. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), June, 2015, India.
- [9]. Santoshkumar S. Malipatil, Yogita N. Potdar, A.C. Mattikalli (2014), “*Analysis and structure optimization of 5 Ton H - Frame hydraulic press*”. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology (IJSET), July, 2014, India.
- [10]. V. Tawade, R. J. Patil, S. A. Chaudhari (2021), “*Deflection reduction in C-structure of a 50 Ton hydraulic machine used to press stainless steel plate to get derised shape and dimensions*”. International Research Journal of Engineering and Technology, India.

THỰC NGHIỆM ĐO PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ CỦA KHUÔN ÂM (DẠNG LỖM)

SIMULATION OF TEMPERATURE DISTRIBUTION OF PLASTIC INJECTION MOLD FOR 3D PRODUCTS

Trần Chí Bảo*, Nguyễn Việt Tuấn Anh, Trương Văn Thành, Lê Bá Tân
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Trong ngành công nghiệp chế tạo, quá trình phun ép nhựa đóng vai trò quan trọng trong việc sản xuất hàng loạt các sản phẩm nhựa có độ chính xác cao. Tuy nhiên, một trong những thách thức lớn nhất của quá trình này là việc kiểm soát và tối ưu hóa nhiệt độ trong khuôn, vì nhiệt độ không đồng đều có thể dẫn đến khuyết tật sản phẩm và giảm hiệu suất sản xuất. Bài báo này tập trung vào việc mô phỏng phân bố nhiệt độ trong khuôn phun ép nhựa cho sản phẩm dạng 3D. Các tác giả sử dụng phần mềm Ansys, một công cụ mô phỏng số hàng đầu, để phân tích nhiệt độ tại các điểm khác nhau trong khuôn và xác định các yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố nhiệt. Nghiên cứu tập trung vào sự phân bố nhiệt độ trong khuôn phun ép nhựa dạng 3D vì mô phỏng nhiệt độ dạng 3D phức tạp hơn so với các mô hình sản phẩm 2D và 2.5D trước đây. Trong khi mô hình 2D chỉ xem xét hai chiều và mô hình 2.5D thêm yếu tố độ dày, mô hình 3D cho phép mô phỏng toàn diện tất cả các yếu tố không gian, giúp tái hiện chi tiết hơn về phân bố nhiệt độ trong toàn bộ khuôn phun ép. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ khuôn khoảng 75,4°C đến 79,6°C và việc sử dụng mô hình 3D trong mô phỏng phân bố nhiệt độ không chỉ tăng độ chính xác mà còn giúp tối ưu hóa thiết kế khuôn và quy trình sản xuất.

Từ khóa: Phân bố nhiệt độ; Khuôn phun ép nhựa; 3D.

ABSTRACT

In the manufacturing industry, the plastic injection molding process plays an important role in the mass production of high-precision plastic products. However, one of the biggest challenges of this process is controlling and optimizing temperature in the mold because uneven temperatures can lead to product defects and reduced production efficiency. This article focuses on simulating temperature distribution in plastic injection molds for 3D products. The authors used Ansys software, a leading numerical simulation tool, to analyze temperatures at different points in the mold and identify factors that influence heat distribution. The research focuses on the temperature distribution in 3D plastic injection molds because 3D temperature simulation is more complex than previous 2D and 2.5D product models. While the 2D model only considers two dimensions and the 2.5D model adds the thickness factor, the 3D model allows for comprehensive simulation of all spatial elements, helping to reproduce in more detail the temperature distribution in entire injection mold. Research results show that the mold temperature is about 75.4°C to 79.6°C and the use of 3D models in temperature distribution simulation not only increases accuracy but also helps optimize mold design and production process.

Keywords: Temperature distribution; Plastic injection mold; 3D.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Quy trình phun ép nhựa là một trong những phương pháp sản xuất quan trọng nhất trong ngành công nghiệp nhựa, cho phép tạo ra các sản phẩm có hình dạng phức tạp và độ chính xác cao. Quá trình này bao gồm các bước như nạp nhựa, gia nhiệt, phun vào khuôn, làm nguội và tháo sản phẩm. Sự kiểm soát nhiệt độ trong suốt các giai đoạn này là yếu tố quyết định đến chất lượng và tính đồng nhất của sản phẩm nhựa. Mô phỏng phân bố nhiệt độ khuôn ép nhựa dạng 3D cho phép mô hình hóa chi tiết và toàn diện hơn so với các mô hình 2D và 2.5D. Mô hình 2D chỉ xem xét các yếu tố trên một mặt phẳng, thiếu đi độ sâu và các yếu tố không gian. Mô hình 2.5D có cải tiến bằng cách thêm yếu tố độ dày, nhưng vẫn còn hạn chế trong việc mô tả chi tiết các hiện tượng phức tạp xảy ra trong khuôn. Mô hình 3D khắc phục được những hạn chế này bằng cách tái hiện đầy đủ các yếu tố không gian, giúp hiểu rõ hơn về sự phân bố nhiệt độ trong toàn bộ khuôn. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các khuôn có hình dạng phức tạp, nơi mà các yếu tố như góc cạnh, độ dày và cấu trúc bên trong khuôn có thể ảnh hưởng đáng kể đến quá trình làm nguội và đông kết của nhựa. Nghiên cứu này nhằm mục đích nâng cao hiểu biết về cách nhiệt độ được phân bố trong khuôn phun ép nhựa dạng 3D, cung cấp thông tin chi tiết và chính xác hơn so với các mô hình trước đây.

1.2. Cơ sở lý thuyết

Quá trình phun ép nhựa là một quy trình công nghiệp phổ biến để sản xuất các sản phẩm nhựa có hình dạng và kích thước chính xác. Quy trình này bắt đầu bằng việc nung chảy hạt nhựa trong một phễu chứa nhiệt. Khi nhựa

đạt đến trạng thái lỏng, nó được đưa vào khuôn thông qua một ống phun dưới áp lực cao. Khuôn thường được làm từ kim loại và có thiết kế theo hình dạng mong muốn của sản phẩm. Khi nhựa lỏng được bơm vào khuôn, nó sẽ điền đầy các khoang khuôn và tạo hình sản phẩm. Sau đó, khuôn được làm mát để nhựa đông cứng và duy trì hình dạng. Cuối cùng, khuôn mở ra và sản phẩm nhựa được đẩy ra ngoài, hoàn thành quá trình phun ép nhựa.

Các yếu tố ảnh hưởng đến phân bố nhiệt độ trong khuôn phun ép nhựa bao gồm loại vật liệu của khuôn, thiết kế hệ thống làm mát, và các thông số kỹ thuật của quá trình phun ép. Vật liệu khuôn quyết định khả năng dẫn nhiệt và phân tán nhiệt độ đều khắp khuôn. Thiết kế hệ thống làm mát, bao gồm vị trí và hiệu suất của các kênh làm mát, có vai trò quan trọng trong việc duy trì nhiệt độ ổn định và ngăn chặn hiện tượng nóng cục bộ. Các thông số kỹ thuật như nhiệt độ phun, áp suất phun, và tốc độ phun cũng ảnh hưởng trực tiếp đến cách nhiệt độ được phân bố trong khuôn. Sự điều chỉnh không hợp lý các yếu tố này có thể dẫn đến sự phân bố nhiệt độ không đồng đều, gây ra khuyết tật sản phẩm và giảm chất lượng sản xuất.

So sánh các mô hình mô phỏng nhiệt độ trong khuôn phun ép nhựa cho thấy sự khác biệt rõ rệt về độ phức tạp và độ chính xác. Mô hình 2D chỉ xem xét hai chiều (chiều dài và chiều rộng), không tính đến chiều sâu, do đó đơn giản và nhanh chóng nhưng thiếu độ chính xác trong các hệ thống phức tạp. Mô hình 2.5D bao gồm cả chiều dày, cung cấp cái nhìn chi tiết hơn so với mô hình 2D nhưng vẫn tồn tại những hạn chế nhất định trong việc tái hiện không gian đầy đủ. Mô hình 3D, tái hiện toàn diện các yếu tố không gian (chiều dài, chiều rộng và chiều sâu), mang lại độ chính xác cao hơn trong việc

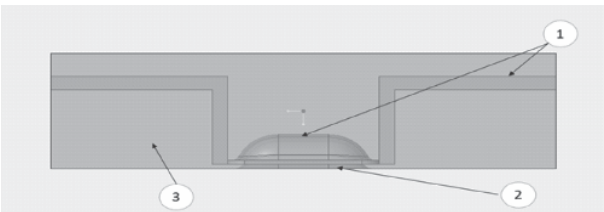


mô phỏng sự phân bố nhiệt độ trong toàn bộ khuôn. Điều này đặc biệt quan trọng trong việc phân tích các khuôn có hình dạng phức tạp và những biến đổi nhiệt độ phức tạp, làm nổi bật ưu điểm vượt trội của mô hình 3D so với các mô hình 2D và 2.5D.

2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG MÔ HÌNH CÁC TẤM KHUÔN SẢN PHẨM DẠNG 3D

2.1. Xây dựng mô hình trên CAD

Mô hình CAD cho bài báo này được xây dựng trên phần mềm Creo Parametric và ANSYS Workbench. Hình học ba chiều 3D bao gồm kênh làm mát, lòng khuôn âm (dương) và vỏ khuôn hình chữ nhật. Việc thiết kế được minh họa trong hình 1.



Hình 1. Mô hình thiết kế tấm khuôn sản phẩm dạng 3D

Bảng 1. Cung cấp các yếu tố cấu thành của hình học của mô hình.

Số thứ tự các thành phần	Mô tả
1	Kênh làm mát
2	Lòng khuôn
3	Khuôn

2.2. Vật liệu

Trong phần mô phỏng, các nhà nghiên cứu sử dụng các vật liệu để làm tham số đầu vào: nước được sử dụng trong kênh làm mát,

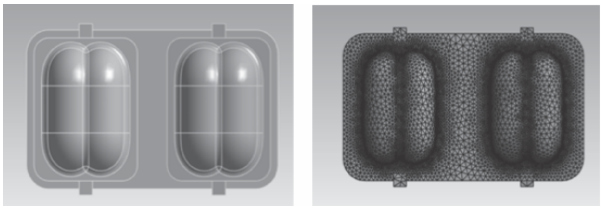
polypropylen (PP) được sử dụng trong phần phun nhựa vào lòng khuôn. Thép C45 được sử dụng để chế tạo khuôn. Trong số các thành phần, nước là chất lỏng, còn PP và thép C20 được coi là vật liệu rắn.

Bảng 2. Trình bày tổng quan về tính chất của các vật liệu.

Vật liệu	Nước	PP	C45
Khối lượng riêng (kg/m ³)	997	850-950	7850
Nhiệt dung riêng (J/kg.K)	4200	~2000	480
Độ dẫn nhiệt (W/m.K)	0.6	0.2	49.8

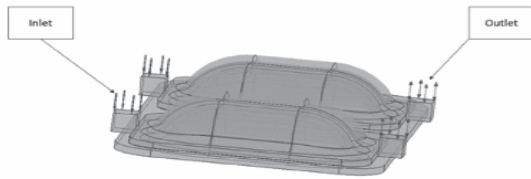
3. PHƯƠNG ÁN VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Phương pháp chia lưới trong nghiên cứu này là Inflation và Face Sizing, hai mô-đun này đều sử dụng các tham số lưới được tạo bởi phần mềm Workbench. Mô hình chưa được tham số hoá (bên trái) và mô hình đã được tham số hoá chia lưới (bên phải) trong hình 2.

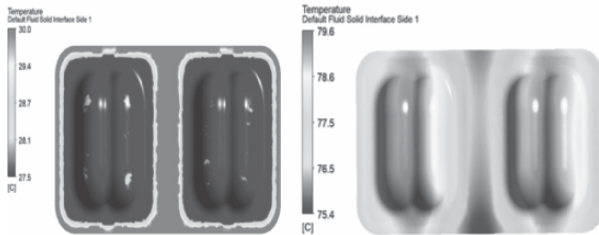


Hình 2. Mô hình chưa tham số (trái) và mô hình đã tham số chia lưới (phải)

Thiết kế hệ thống đường nước vào khuôn như hình 3. Thiết lập khuôn ở 30°C gia nhiệt khuôn bằng nước ở nhiệt độ 80°C trong 70 giây, ta có kết quả mô hình mô phỏng như hình 4.

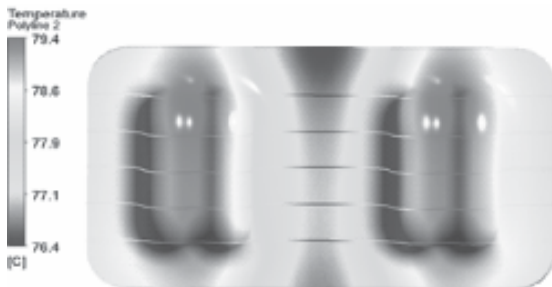


Hình 3. Đường nước vào tấm khuôn

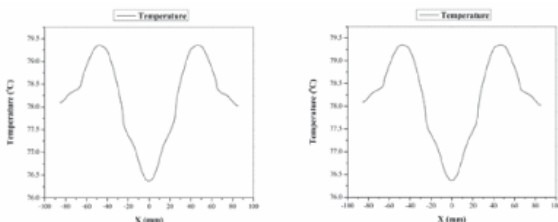


Hình 4. Kết quả mô phỏng khuôn ở 30°C (trái), khuôn gia nhiệt 80°C trong 70 giây

Để xem rõ hơn các nhiệt độ tại các vị trí nhất định, các nhà nghiên cứu dùng phương pháp polyline để xuất ra dữ liệu như hình 5. Để so sánh với thực nghiệm khi đo nhiệt độ phân bố thực tế, các tác giả dùng dữ liệu polyline tạo thành biểu đồ đường viền như hình 6.



Hình 5. Xây dựng kết quả mô phỏng dưới dạng polyline



Hình 6. Kết quả dưới dạng biểu đồ đường viền

4. KẾT LUẬN

Kết quả bài báo cho thấy độ chính xác và độ chất lượng của mô phỏng nhiệt độ trong khuôn phun ép nhựa sản phẩm dạng 3D. Giúp cho việc so sánh giữa dữ liệu mô phỏng và dữ liệu thực nghiệm dễ dàng, đánh giá được độ tin cậy của mô phỏng. Phân tích sự phân bố nhiệt độ trong khuôn phun ép và các vùng khác nhau của sản phẩm dạng 3D. Xác định các điểm nóng hoặc vùng có nhiệt độ không đồng đều gây ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Mối liên hệ giữa phân bố nhiệt độ và các khuyết tật có khả năng xuất hiện trong sản phẩm nhựa như co ngót, cong vênh, hoặc bị bong bóng khí. Đề xuất các phương pháp cải thiện quá trình phun ép nhựa nhằm đạt được phân bố nhiệt độ đồng đều. Gợi ý điều chỉnh các thông số kỹ thuật như áp suất, tốc độ phun, và thời gian làm lạnh để tối ưu hóa quy trình.

Mô phỏng giúp xác định các vùng trong khuôn có nhiệt độ quá cao (điểm nóng), từ đó có thể điều chỉnh thiết kế khuôn hoặc điều chỉnh quy trình làm mát để giảm nguy cơ cong vênh, co ngót hoặc các khuyết tật khác trong sản phẩm. Kết quả mô phỏng cung cấp dữ liệu cụ thể để tối ưu hóa thiết kế khuôn, đảm bảo phân bố nhiệt độ đồng đều hơn trong suốt quá trình phun ép, từ đó cải thiện chất lượng sản phẩm.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Lê Bá Tân;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Trần Chí Bảo*, Nguyễn Việt Tuấn Anh, Trương Văn Thành.



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: SV2024-251. ❖

Ngày nhận bài: **10/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Huỳnh Đỗ Song Toàn, Trần Minh Thế Uyên, Võ Bá Anh Đại, Lê Hiếu Giang; “*Analyze heating and cooling by water in injection molding process for different products*”, Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, 2015.
- [2]. TS. Phạm Sơn Minh, ThS. Trần Minh Thế Uyên (2014); “*Giáo trình Thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa*”, NXB. Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, 286 page.
- [3]. TS. Phạm Sơn Minh, PGS, TS. Đỗ Thành Trung (2017); “*Giáo trình ANSYS – Phân tích cơ cấu động*”, NXB. Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, 252 page.

ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ LÒNG KHUÔN HÌNH CHỮ NHẬT

DYNAMIC TEMPERATURE CONTROL FOR RECTANGULAR MOLD CAVITY

Phùng Anh Quang*, Huỳnh Thị Tuyết Minh, Trần Tường Vi, Trần Thái Sơn
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực ép phun, việc điều khiển nhiệt độ của khuôn hình chữ nhật là cực kỳ quan trọng. Nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm và hiệu suất sản xuất. Duy trì một nhiệt độ ổn định và phân bố đều trên bề mặt khuôn là yếu tố then chốt để sản xuất các sản phẩm nhựa chất lượng cao. Nghiên cứu này tập trung vào việc áp dụng các kỹ thuật điều khiển nhiệt độ tiên tiến để đạt được điều kiện nhiệt tối ưu trong khoang khuôn. Bằng cách phân tích các phương pháp điều khiển khác nhau và tác động của chúng lên phân bố nhiệt độ, nghiên cứu nhằm nâng cao độ đồng nhất của sản phẩm và giảm thiểu khuyết tật, từ đó cải thiện hiệu suất sản xuất tổng thể.

Từ khóa: Ép phun; Làm nóng khuôn; Điều khiển nhiệt độ khuôn; Gia nhiệt bằng khí nóng.

ABSTRACT

In the field of injection molding, controlling the temperature of the rectangular mold is of paramount importance. It directly affects product quality and production efficiency. Maintaining a stable and uniform temperature distribution on the mold surface is a critical factor for producing high-quality plastic products. This study focuses on applying advanced temperature control techniques to achieve optimal thermal conditions within the mold cavity. By analyzing different control methods and their impact on temperature distribution, the research aims to enhance product uniformity, minimize defects, and thereby improve overall production efficiency.

Keywords: Injection molding; Mold heating; Mold temperature control; Air heating.

1. TỔNG QUAN

Ép phun là một quy trình sản xuất nhựa hiệu quả và chi phí thấp, có khả năng tạo ra nhiều hình dạng sản phẩm khác nhau và ngày càng phổ biến. Tối ưu hóa sự thay đổi nhiệt độ trong quá trình làm nóng khuôn bằng khí nóng đặc biệt quan trọng để cải thiện chất lượng sản phẩm và hiệu quả sản xuất. Điều này bao gồm việc đảm bảo phân bố nhiệt độ đồng đều để tránh hiện tượng nóng lạnh không đều, gây ra

các khuyết điểm trên sản phẩm. Sử dụng các cảm biến nhiệt độ chính xác và hệ thống điều khiển phản hồi nhanh để duy trì nhiệt độ mong muốn là rất cần thiết. Đồng thời, tối ưu hóa thiết kế hệ thống dẫn khí để giảm thiểu sự mất mát nhiệt và đảm bảo khí nóng tiếp xúc tốt với bề mặt khuôn. Việc chọn lựa vật liệu khuôn có khả năng chịu nhiệt tốt và truyền nhiệt hiệu quả cũng đóng vai trò quan trọng trong việc tăng cường hiệu quả của quá trình sưởi ấm.

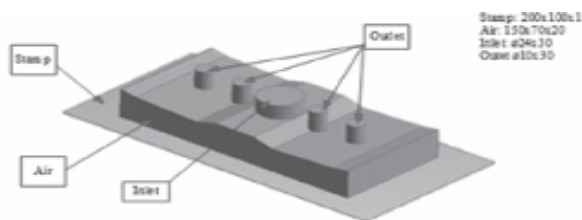


2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Các kỹ thuật ép phun hiện tại cần cải thiện để đáp ứng yêu cầu về hình dạng phức tạp và chất lượng cao. Quản lý nhiệt độ khuôn là một chiến lược hữu ích. Nhiều nghiên cứu đã thực hiện về các kỹ thuật kiểm soát nhiệt độ khuôn nhằm tăng nhiệt độ khoang khuôn nhưng vẫn duy trì thời gian chu kỳ ngắn. Các kỹ thuật như sưởi ấm bằng tia hồng ngoại, lửa, laser, cảm ứng và khí nóng được đề xuất để nâng cao hiệu quả và giảm tiêu thụ năng lượng. Sưởi ấm bằng tia hồng ngoại tăng độ bền sản phẩm, trong khi sưởi ấm bằng laser nhanh chóng nhưng chỉ phù hợp cho các sản phẩm nhỏ. Sưởi ấm cảm ứng nhanh chóng nhưng gặp khó khăn về phân phối nhiệt độ và thiết kế cuộn dây. Nghiên cứu này tập trung tối ưu hóa sự thay đổi nhiệt độ trong quá trình làm nóng khuôn bằng khí nóng, đặc biệt là với hình dạng cạnh đa đường.

3. MÔ PHỎNG

Thiết kế của nắp khí được trình bày trong Hình 1, việc ứng dụng trong quá trình làm nóng được quan sát để đánh giá phân bố nhiệt độ trên tấm chèn như trong Hình 2. Tấm chèn có kích thước 200x100 mm và độ dày 1 mm. Một loạt các loại nắp khí có độ dày tường 1 mm đã được sử dụng trong suốt quá trình làm nóng bằng khí để điều tra tác động của khoảng cách tiêm, thể tích khí, chiều cao và số lượng lỗ ra lên phân bố nhiệt độ của tấm chèn. Thí nghiệm được thực hiện với nhiệt độ đầu vào khí là 400°C và thời gian làm nóng là 20 giây.



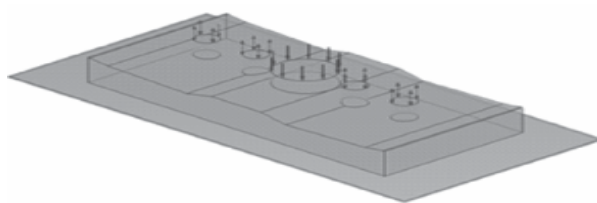
Hình 3.1. Thiết kế nắp chụp khí



Hình 3.2. Thiết kế tấm chèn

4. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

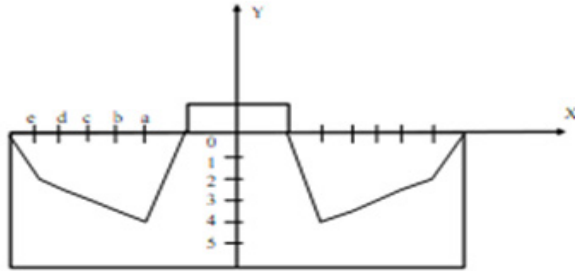
Để nghiên cứu phân bố nhiệt độ trên bề mặt khuôn, một mô hình mô phỏng chi tiết đã được xây dựng. Bằng cách thêm một yếu tố cách nhiệt để bao quanh phần làm nóng, mô hình được đơn giản hóa và tập trung vào hai phần chính: tấm chèn và phần khí nóng. Các Hình 3 trình bày điều kiện biên và mô hình lưới. Phần lưới của tấm chèn được tạo ra bằng kỹ thuật phần tử chủ yếu là hex và 10 lớp của phương pháp lưới nở được áp dụng cho các bề mặt tiếp xúc để cải thiện độ chính xác mô phỏng. Một phần tử tứ diện được sử dụng để đại diện cho thể tích khí. Phần mềm ANSYS được sử dụng để nghiên cứu quá trình làm nóng Ex-GMTC và tái tạo điều kiện biên thí nghiệm. Với nhiệt độ môi trường là 25°C và hệ số truyền nhiệt là 10 W/m²K, tất cả các bề mặt bên ngoài của tấm khuôn được cấu hình cho đối lưu tự do vào không khí như là phương thức truyền nhiệt. Để cải thiện hiệu quả làm nóng, một tấm chèn cũng được tích hợp vào bộ thiết lập thí nghiệm gần trung tâm khoang. Mô phỏng sử dụng khoảng nhiệt độ từ 200°C đến 400°C cho đầu vào khí. Hình 4 là mô hình lưới bằng phần mềm ANSYS.



Hình 4.1. Thiết lập đầu vào và đầu ra cho không khí trong phần mềm ANSYS để mô phỏng



Hình 4.2. Mô hình chia lưới trên phần mềm ANSYS



Hình 4.3. Sự thay đổi các cạnh tương ứng với giá trị a , b và c trên trục tọa độ xOy

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình lưới được sử dụng để đánh giá bước làm nóng với nhiệt độ khí nóng đặt ở 400°C và thời gian làm nóng là 20 giây. Để tìm hình dạng tốt nhất cho quá trình làm nóng, nhiều loại nắp khí khác nhau đã được thử nghiệm. Kết quả cho thấy nhiệt độ tối đa đạt được tại khoảng cách tiêm ngắn hơn, cải thiện khả năng hấp thụ nhiệt của tấm chèn. Mặt khác, các khoảng cách tiêm dài hơn cải thiện phân bố nhiệt độ vì khí nóng tăng tốc độ dòng khí khi nó đi qua nắp trước khi ra ngoài. Những phát hiện này cho thấy khoảng cách tiêm ảnh hưởng đáng kể đến nhiệt độ và phân bố nhiệt trên tấm chèn.

Bảng 1. Bảng thông số kết quả của quá trình mô phỏng

STT	1-E (mm)	2-D (mm)	3-C (mm)	4-B (mm)	5-A (mm)	P14 – Nhiệt độ (min)	P15 – Nhiệt độ (max)	Denta (max-min)
1	4	4	4	4	2	80.064	427.479	74.265
2	4	4	4	4	2.5	91.157	409.284	44.977
3	4	4	4	4	3	91.194	401.716	37.372
4	4	4	4	4	3.5	91.177	401.811	37.484
5	4	4	4	4	4	91.181	407.738	43.407
6	4	4	4	3.5	2	91.161	422.836	58.525
7	4	4	4	3.5	2.5	91.185	414.616	50.281
8	4	4	4	3.5	3	91.162	414.357	50.045
9	4	4	4	3.5	3.5	91.272	402.419	37.997
10	4	4	4	3.5	4	91.145	414.593	50.298
11	4	4	4	3	2	91.157	419.23	54.923
12	4	4	4	3	2.5	91.268	402.516	38.098
13	4	4	4	3	3	91.221	430.138	65.767
14	4	4	4	3	3.5	91.223	421.513	57.14
15	4	4	4	3	4	91.216	425.688	61.322
16	4	4	4	2.5	2	91.208	426.408	62.05
17	4	4	4	2.5	2.5	91.258	426.167	61.759
18	4	4	4	2.5	3	91.291	401.652	37.211
19	4	4	4	2.5	3.5	91.264	401.596	37.182
20	4	4	4	2.5	4	91.259	401.688	37.279
21	4	4	4	2	2	91.258	401.622	37.214



22	4	4	4	2	2.5	91.185	401.685	37.35
23	4	4	4	2	3	91.232	401.626	37.244
24	4	4	4	2	3.5	91.239	401.613	37.224
25	4	4	4	2	4	91.23	402.22	37.84
26	4	4	3.5	4	2	91.274	401.645	37.221
27	4	4	3.5	4	2.5	91.196	426.994	62.648

Từ các trường hợp mô phỏng trình bày ở Bảng 1, rõ ràng trường hợp thứ 90 thể hiện sự thay đổi nhiệt độ ít nhất là 13,495°C trong quá trình gia nhiệt, với các thông số (a, b, c, d, e) = (3, 4, 2, 4, 4). Ngoài ra, khi giá trị của tham số a bắt đầu chuyển dần sang giá trị c, tương ứng với vị trí của ống thoát, thì sẽ đạt được sự phân bố nhiệt độ tối ưu nhất. Điều này chứng tỏ tính hiệu quả của việc điều chỉnh các thông số này trong việc đạt được điều kiện gia nhiệt tối ưu.

6. KẾT LUẬN

Để đánh giá phân bố nhiệt độ đạt được trong quá trình làm nóng bằng việc sử dụng các nắp khí cũng như tiềm năng của nó trong việc cải thiện chiều dài dòng chảy nóng chảy của các sản phẩm từ ép phun, nghiên cứu này đã tiến hành các tính toán và thí nghiệm độc lập. Một loạt các loại nắp khí đã được đánh giá với các kích thước cố định: đường kính lỗ đầu vào là 24 mm, đường kính lỗ ra cố định là 10 mm và có 4 lỗ ra khí. Khoảng cách giữa các lỗ vào và ra cũng được giữ ở mức 25 mm. Kết quả cho thấy giá trị nhiệt độ giảm từ 4 xuống 2 khi vị trí của điểm C đi xuống. Để đạt được nhiệt độ tối ưu nhất, giá trị nhiệt độ tại điểm A dần chuyển về phía giá trị tại vị trí C, cũng là vị trí của ống đầu ra. Những kết quả này cho thấy hiệu quả của thiết kế nắp khí trong việc tối ưu hóa quá trình làm nóng trong ép phun và cải thiện sự phân bố nhiệt độ.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Trần Thái Sơn;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Phùng Anh Quang*, Huỳnh Thị Tuyết Minh, Trần Tường Vi.

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: SV2024-259. ❖

Ngày nhận bài: 05/5/2024

Ngày phản biện: 05/6/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hong, J.; Kim, S.K.; Cho, Y.H.; “Flow and solidification of semi-crystalline polymer during micro-injection molding”. Int J Heat Mass Transf, 2020, 153, 1-18.
- [2]. Surace R.; Sorgato, M.; Bellantone, V.; Modica, F.; Lucchetta, G.; Fassi, I.; “Effect of cavity surface roughness and wettability on the filling flow in micro injection molding”. J Manuf Processes, 2019, Vol. 43, pp. 105-111.
- [3]. Zhao, P.; Zhang, J.; Dong, Z.; Huang, J.; Zhou, H.; Fu, J.; Turm, L.-S. “Intelligent injection molding on sensing, optimization, and control”. Adv Polym Technol, 2020, 2020, pp. 1-22.
- [4]. Spina, R., “Technological characterization of PE/EVA blends for foam injection molding”. Mater. Des., 2015, Vol. 84, pp. 64-71.
- [5]. Yu, M.-C.; Young, W.-B.; Hsu, P.-M.; “Micro-injection molding with the infrared assisted mold heating system”. Mater Sci Eng, 2007, 288-295.
- [6]. Chang, P.-C.; Hwang, S.-J.; “Simulation of infrared rapid surface heating for injection molding”. Int J Heat Mass Transf, 2016, 49, 3846-3854.
- [7]. Macedo, C.; Freitas, C.; Brito, A.M.; Santos, G.; Faria, L.; Laranjeira, J.; Simoes, R.; “Influence of dynamic temperature control on the injection molding process of plastic components”. Procedia Manufacturing, 2019, 38, 1338-1346.

THIẾT KẾ CHẾ TẠO ĐỒ GÁ HÀN ĐA ĐIỂM CHO CÁNH BƠM HÚT D90

DESIGN AND MANUFACTURE OF MULTI-POINT WELDING JIG FOR D90 SUCTION PUMP IMPELLER

Ngô Xuân Cường¹, Đào Quang Kế²

¹Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Trường Đại học Hòa Bình

TÓM TẮT

Trong bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu về thiết kế đồ gá hàn đa điểm để chế tạo cánh bơm hút nước hồ nổ mìn D90 phục vụ cho khai thác mỏ.

Đồ gá có nhiệm vụ:

- Gá đặt, định vị các phần tử hàn của cánh bơm D90.
- Kết nối với máy hàn điểm 2106B80.
- Thực hiện quá trình hàn đa điểm để chế tạo cánh bơm.

Từ khóa: Hàn áp lực; Hàn điểm; Máy hàn điểm; Hàn tiếp xúc; Hàn đa điểm.

ABSTRACT

In this report, the author introduces the design of a multi-point welding fixture to manufacture D90 blast hole water pump impeller for mining.

The fixture has the task of:

- Mounting and positioning the welding details of the D90 pump impeller.
- Connecting to the 2106B80 spot welding machine.
- Performing the multi-point welding process to manufacture the pump impeller.

Keywords: Pressure welding; Spot welding; Spot welding machine; Contact welding; Multi-point welding. 

1. GIỚI THIỆU

Công nghệ hàn áp lực nhiều điểm là một công nghệ đã được nhiều nước tiên tiến trên thế giới như Mỹ, Anh, Úc, Nhật Bản... áp dụng để hàn các chi tiết có thành vách mỏng và cho hiệu quả cao. Hiện tại, Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí được trang bị thiết bị hàn điểm 2106B80 (ARO).

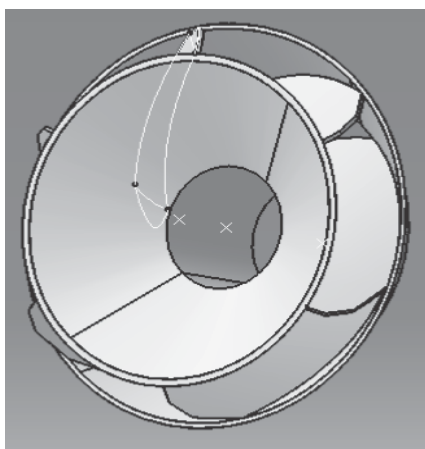
2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

2.1. Phân tích cấu trúc cánh bơm D90

Hình dạng và cấu tạo của cánh bơm được thể hiện trên hình 1.

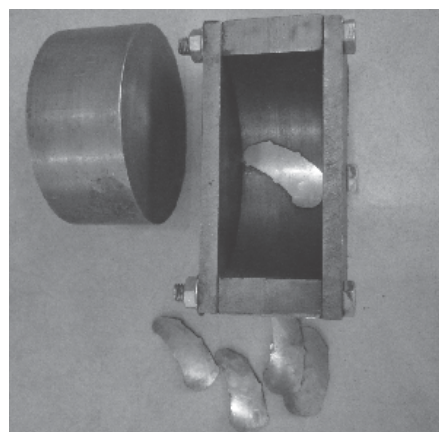
Các thông số chính:

- Đường kính buồng bơm $d = 90 \text{ mm}$;
- Số lượng buồng bơm là 5 buồng;
- Số lượng cánh bơm trong mỗi buồng là $z = 6$ cánh;
- Lưu lượng $Q = 240 \text{ lít/phút} = 4 \text{ l/s}$;
- Góc nghiêng cánh so với trục của bánh công tác $\alpha = 30^\circ$;
- Chiều sâu hút của bơm $h = 28 \text{ m}$;
- Tốc độ quay của trục bơm $n = 3000 \text{ vòng/phút}$;
- Diện tích một cánh bơm $S_{cb} = 5,6 \text{ cm}^2$.



Hình 1. Hình dạng cánh bơm hút D90

Do đặc điểm hình dạng và kích thước cánh bơm là chi tiết được tổ hợp từ nhiều phần tử có nhiều thành vách mỏng trong không gian hẹp: 6 mảnh cánh, côn trên và côn dưới (Hình 2, Hình 3). Yêu cầu các phần tử hàn phải được gá đặt và định vị chính xác để đảm bảo độ cân bằng cho hoạt động của cánh bơm (Hình 1). Theo [1], [2], [3], [4], [5], [6], việc thiết kế và chế tạo đồ gá hàn phải đáp ứng được những yêu cầu về định vị, kẹp chặt và những yêu cầu về công nghệ hàn.



Hình 2. Mảnh cánh bơm qua dập tạo hình



Hình 3. Sản phẩm côn trên và côn dưới

2.2. Thiết kế đồ gá hàn cánh bơm

2.2.1. Yêu cầu thiết kế đồ gá hàn

• Yêu cầu về định vị

Định vị trước khi hàn là sự xác định vị trí chính xác tương đối của chi tiết cánh bơm so với hai đầu điện cực của máy hàn. Khi định

vị chi tiết trên đồ gá, ta dùng các chi tiết hay bộ phận tiếp xúc trực tiếp với bề mặt dùng làm chuẩn của chi tiết cánh bơm, nhằm đảm bảo độ chính xác về vị trí tương quan giữa bề mặt gia công của chi tiết với điện cực máy hàn. Các chi tiết đó gọi là đồ định vị (cơ cấu định vị, chi tiết định vị). Cần đảm bảo những yêu cầu sau:

- Cơ cấu định vị cần phải phù hợp với bề mặt dùng làm chuẩn định vị của chi tiết gia công về mặt hình dáng và kích thước. Ở đây, chuẩn định vị là các mặt côn trên và côn dưới.

- Cơ cấu định vị cần phải đảm bảo độ chính xác lâu dài về kích thước, vị trí tương quan và các yêu cầu về độ chính xác hình học. Đặc biệt, đối với cánh bơm phải đảm bảo độ đồng tâm giữa các chi tiết phối hợp để sản phẩm sau khi hàn đạt được độ cân bằng cần thiết.

- Cơ cấu định vị chi tiết cánh bơm cần có tính chống mài mòn cao, đảm bảo tuổi thọ qua nhiều lần gá đặt.

• Yêu cầu về kẹp chặt

Khi thiết kế đồ gá, sau khi đã chọn được phương án định vị tương đối hợp lý, tiếp theo là ta chọn phương án kẹp chặt cánh bơm trong đồ gá để có thể tiến hành hàn.

Kẹp chặt là tác động lên hệ thống đồ gá, cụ thể là cánh bơm một lực để làm mất khả năng xô dịch hoặc rung động do lực ép khi hàn có thể gây ra. Việc lựa chọn phương án kẹp chặt cũng phải tuân thủ theo những nguyên tắc nhất định:

- Khi kẹp không được phá hỏng vị trí của chi tiết đã được định vị chính xác;
- Trị số lực kẹp vừa đủ để chi tiết cánh bơm không bị chuyển vị dưới tác dụng của áp

lực hàn và các ảnh hưởng khác trong quá trình hàn;

- Không làm hỏng bề mặt do lực ép tác dụng vào nó;
- Thao tác nhanh, thuận tiện an toàn, kết cấu gọn, nhưng đủ độ bền, không bị biến dạng khi chịu lực;
- Kết cấu đơn giản, dễ chế tạo và sửa chữa.

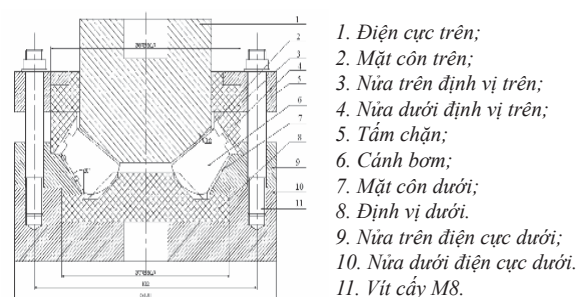
• Đảm bảo điều kiện hàn

- Điều kiện đầu tiên cũng là quan trọng nhất mà đồ gá cần đảm bảo là: các phần ca-tốt và a-nốt phải cách điện với nhau, dòng điện chỉ chạy qua các điểm hàn khi thực hiện hàn. Tổng diện tích điện cực chế tạo phải nhỏ hơn diện tích điện cực máy hàn.

- Đồ gá phải áp dụng được trên thiết bị hàn đã chọn. Các kích thước của đồ gá phải nằm trong không gian làm việc của thiết bị hàn điểm đã chọn, đảm bảo cho việc thực hiện hàn cánh bơm dễ dàng và thuận tiện [7].

2.2.2. Kết cấu đồ gá

Dưới đây là hình vẽ kết cấu tổng thể đồ gá hàn cánh bơm.



Hình 4. Bản vẽ đồ gá hàn cánh bơm

Hình 4, bản vẽ lắp đồ gá hàn cánh bơm gồm các chi tiết định vị và kẹp chặt.



Các chi tiết định vị gồm các chi tiết và cụm chi tiết là: Bộ định vị cánh bơm cách điện gồm định vị trên 3, 4 và định vị dưới 8 vật liệu chế tạo là vật liệu cách điện Bakenit, tấm chặn 5 vật liệu chế tạo thép CT3 và bộ điện cực dưới 9 và 10 vật liệu chế tạo là Cu 99,97. Các chi tiết định vị này có nhiệm vụ định vị cánh bơm theo đúng góc phân độ đã định đồng thời định vị hai mặt côn trên và côn dưới ép sát vào cánh bơm, đúng vị trí đảm bảo cho quá trình hàn. Trong quá trình chế tạo cần đảm bảo độ đồng tâm giữa các mặt định vị của các chi tiết định vị là không vượt quá $\Phi 0,03$. Độ nhám bề mặt ở những mặt định vị và lắp ghép Ra cần đạt là 2,5. Lắp ghép giữa các bề mặt là kiểu lắp lỏng trượt chính xác H8/h7.

Chi tiết kẹp chặt là bốn vít cây 11 (M8), nó vừa đóng vai trò kẹp chặt và dẫn hướng trong quá trình tháo lắp đồ gá. Để đạt được yêu cầu đó thì trong quá trình chế tạo, các lỗ của ba chi tiết 5, 9 và 10 phải đảm bảo độ đồng tâm. Vít cây được chọn theo TCVN.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



a. Định vị các lá cánh



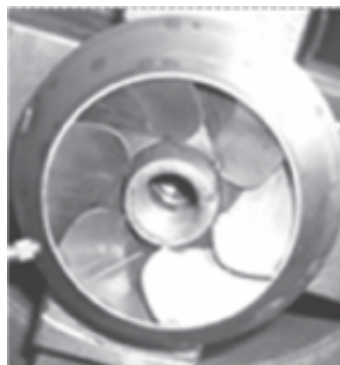
b. Lắp ghép đồ gá



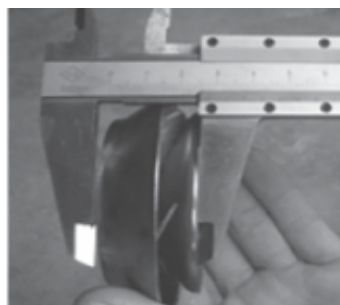
c. Lắp ghép đồ gá lên máy hàn điểm



d. Thực hiện hàn đa điểm



e. Kiểm tra độ tròn, khả năng chịu momen xoắn cánh bơm sau hàn



f. Kiểm tra chiều cao cánh bơm sau hàn

Hình 5. Thực hiện gá, hàn cánh bơm D90 trên máy hàn điểm bằng đồ gá hàn đa điểm

Quá trình hàn thực nghiệm cho thấy:

- Quá trình hàn yêu cầu gá đặt phôi chính xác, tất cả các tiếp điểm hàn phải tiếp xúc với các bề mặt côn.

- Chế độ hàn chuẩn cho các điểm hàn đủ ngẫu là: Áp suất khí cấp cho xy-lanh ép là 4,5 bar, cường độ dòng điện hàn $I_{\text{hàn}} = 16000$ (A), thời gian ép là $t_{\text{ép}} = 0,16$ (s), thời gian hàn là $t_{\text{hàn}} = 0,16$ (s), thời gian giữ là $t_{\text{giữ}} = 0,08$ (s).

- Nếu cường độ dòng trên 22000 (A) sẽ xuất hiện hiện tượng các chân điện cực giả sẽ bị cháy cụt.

- Vị trí tương đối giữa các lá cánh và hai mặt côn được định vị chuẩn trên đồ gá và ổn định trong quá trình hàn. Sau quá trình hàn chỉ tiết đảm bảo hình dạng và kết cấu như thiết kế.

- Với chế độ hàn trên, quan sát bằng kính lúp phóng đại 5 lần thấy 36 điểm hàn ngẫu đều, đạt yêu cầu lắp ráp và mang đi khảo nghiệm.

4. KẾT LUẬN

Bộ đồ gá hàn đáp ứng được yêu cầu thiết kế và thực hiện được các chức năng:

1) Gá đặt, định vị chính xác các phần tử hàn cánh bơm D90.

2) Thực hiện được 100% sood điểm hàn (36 điểm) đạt yêu cầu độ bền mỗi hàn.

3) Đảm bảo yêu cầu về hình dạng, kích thước cánh bơm D90.

4) Lắp ghép đồng bộ trên máy hàn điểm 2106B80 (ARO) tại Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được hỗ trợ của Bộ Công Thương, Viện Nghiên cứu Cơ khí, Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt. ❖

Ngày nhận bài: **15/9/2024**

Ngày phản biện: **26/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Văn Tiến, “Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá”, 1999.
- [2]. Trần Văn Địch, “Sổ tay và Atlas đồ gá”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [3]. Nguyễn Văn Huyền, “Cơ cấu tương tác Cơ - Điện - Thủy khí”. NXB. Xây dựng, 2019.
- [4]. Trần Văn Địch, Nguyễn Đắc Lộc, “Sổ tay công nghệ chế tạo máy”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [5]. Trần Thế San, Nguyễn Ngọc Minh, “Vật liệu cơ khí hiện đại”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [6]. Ninh Đức Tôn, “Dung sai”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [7]. Archard, J. F., Aug. 1953. “Contact and Rubbing of Flat Surfaces”. Journal of Applied Physics 24.

NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG LỚP IN ĐẾN ĐỘ BỀN SẢN PHẨM WAAM

INVESTIGATE THE EFFECT OF PRINTING LAYER ON WAAM PRODUCT DURABILITY

Nguyễn Ngọc Duy*, Phạm Thanh Phong, Phạm Ngọc Triển, Nguyễn Văn Minh

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

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Khảo sát ảnh hưởng lớp in đến độ bền sản phẩm WAAM” được thực hiện nhằm mục tiêu nghiên cứu về các thông số lớp in đến độ bền của sản phẩm. Kết quả của đề tài sẽ góp phần quan trọng trong việc hiểu rõ các cơ chế ảnh hưởng của quá trình in đến cấu trúc vật liệu và độ bền của sản phẩm WAAM. Từ đó, các giải pháp kỹ thuật nhằm tối ưu hóa quá trình sản xuất, cải thiện độ bền cho sản phẩm WAAM sẽ được đề xuất. Đề tài nghiên cứu này có ý nghĩa cấp thiết và thiết thực đối với việc phát triển công nghệ in 3D kim loại tiên tiến WAAM tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần ứng dụng công nghệ 4.0 trong sản xuất công nghiệp, nâng cao năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp trong nước.

Từ khóa: WAAM; In 3D kim loại; Độ bền sản phẩm; Thông số in 3D.

ABSTRACT

The project “Investigating the effect of printing layer on WAAM product durability” was carried out for the purpose of this basic research. The results of the project will make an important contribution to understanding the mechanisms affecting the printing process on the material structure and durability of WAAM products. From there, technical solutions to optimize the production process and improve the durability of WAAM products will be proposed. Thus, this research topic has urgent and practical significance for the development of advanced metal 3D printing technology WAAM in Vietnam. Research results will contribute to the application of 4.0 technology in industrial production, improving the competitiveness of domestic enterprises.

Keywords: WAAM; 3D metal printing; Product strength; 3D printing parameters.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

**Trong nước:*

- Công nghệ in 3D kim loại đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong những năm gần đây. Tại Việt Nam, công nghệ này cũng đang được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng. Các nhóm nghiên cứu tại một số trường đại học, viện nghiên cứu như Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Công nghệ, Viện Kỹ thuật Nhiệt đới... đã và đang thực hiện các đề tài, dự án nghiên cứu về công nghệ in 3D kim loại.

- Một số đề tài nghiên cứu tiêu biểu gần đây có thể kể đến như:

- Nghiên cứu chế tạo kết cấu 3D bằng công nghệ nấu chảy bột kim loại laser trực tiếp (DMLM) sử dụng nguyên liệu là hợp kim nhôm AlSi10Mg, thực hiện bởi nhóm nghiên cứu Đại học Bách khoa Hà Nội.

- Nghiên cứu ứng dụng công nghệ in liên kết lớp mỏng kim loại (WAAM) trong chế tạo các bộ phận cơ khí, thực hiện bởi Viện Cơ khí.

- Nghiên cứu chế tạo các cấu trúc ô vuông bằng kỹ thuật in 3D kim loại, thực hiện bởi nhóm nghiên cứu Đại học Công nghệ.

- Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật in liên kết lớp mỏng kim loại (WAAM) trong sản xuất các bộ phận cơ khí, thực hiện bởi Viện Công nghệ Máy và Tự động hóa.

- Nhìn chung, các nghiên cứu tại Việt Nam đang tập trung vào việc ứng dụng công

nghệ in 3D kim loại, đặc biệt là công nghệ WAAM để chế tạo các bộ phận, cấu kiện cơ khí. Một số vấn đề then chốt đang được quan tâm nghiên cứu gồm tối ưu hóa thông số in, nghiên cứu vật liệu, cải thiện độ chính xác hình dạng và cơ tính của sản phẩm.

**Ngoài nước:*

- Công nghệ WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) hay còn gọi là in liên kết dây kim loại, là một công nghệ in 3D kim loại sử dụng quá trình hàn MIG/MAG để tạo ra các chi tiết kim loại. Công nghệ này có ưu điểm là tốc độ nhanh, chi phí thấp so với các công nghệ in kim loại khác.

- Công nghệ WAAM được phát triển từ những năm 1990s với các công trình nghiên cứu tiên phong của Đại học Cranfield (Anh). Sau đó, công nghệ này được phát triển mạnh mẽ tại các nước châu Âu như Anh, Pháp, Đức; cũng như một số nước châu Á như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc.

- Các vấn đề then chốt trong nghiên cứu WAAM ở nước ngoài tập trung vào:

- Nghiên cứu vật liệu: sử dụng các loại vật liệu khác nhau như thép, hợp kim nhôm, titan... trong WAAM.

- Tối ưu hóa các thông số in như tốc độ, công suất, vật liệu đầu vào... để cải thiện chất lượng sản phẩm.

- Kiểm soát nhiệt và căng gây ra trong quá trình in để giảm biến dạng và ứng suất dư.

- Giảm thiểu các khuyết tật trong sản phẩm WAAM như vết nứt, lỗ khí, kết dính kém... 

- Tăng cường độ chính xác hình dạng và kích thước của sản phẩm.

- Cải thiện cơ tính và độ bền của sản phẩm WAAM như độ bền kéo, độ cứng, độ bền mỏi...

- Các phương pháp nghiên cứu chủ yếu bao gồm: thí nghiệm khảo sát các đặc trưng cơ học, phân tích cấu trúc vật liệu bằng kính hiển vi, nhiễu xạ tia X, mô phỏng lý thuyết quá trình nhiệt và ứng suất trong WAAM.

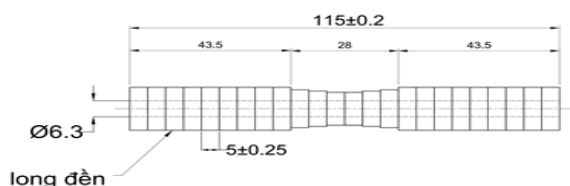
- Một số hướng nghiên cứu tiềm năng trong thời gian tới là tối ưu hoá chi phí sản xuất WAAM, mở rộng ứng dụng cho các ngành công nghiệp hàng không, ô tô, cơ khí chế tạo... Đây vẫn là những thách thức lớn đối với việc ứng dụng rộng rãi công nghệ WAAM trên thế giới.

- Như vậy, nhóm nghiên cứu đã trình bày tóm tắt tình hình nghiên cứu WAAM tại các nước phát triển trên thế giới liên quan đến đề tài.

1.2. Cơ sở lý thuyết

- Đề tài sẽ nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của lớp in đến độ bền cơ học của sản phẩm được chế tạo bằng công nghệ WAAM. Cụ thể:

+ Khảo sát ảnh hưởng của chiều dày lớp, hướng in và hình dạng mép lớp đến độ bền kéo, độ bền uốn và độ bền mỏi của sản phẩm WAAM. Xác định các thông số in tối ưu để đạt độ bền cơ học tốt nhất cho sản phẩm WAAM.



Hình 1a. Hình mẫu thiết kế



Hình 1b. Hình mẫu thực tế

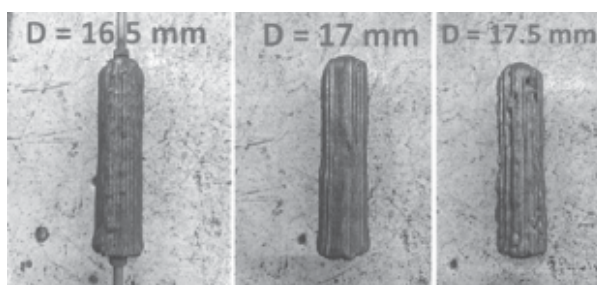
2. MÔ HÌNH THỬ NGHIỆM

2.1. Mẫu chế tạo

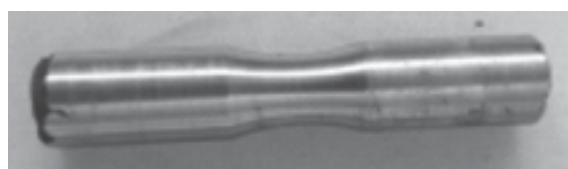
Bảng 1. Các thông số chế tạo mẫu

STT	I (A)	Offset (mm)	a (mm)	V (mm/phút)	D (mm)
1	120	2	Thẳng	425	16.5
2	120	2	Thẳng	425	17
3	120	2	Thẳng	425	17.5

- Đường kính mẫu: Trong khoảng 15 mm đến 20 mm, chọn ba kích thước đường kính nằm trong khoảng để hàn theo Bảng 1.



Hình 2. Hình mẫu sau khi chế tạo



Hình 3. Hình mẫu sau khi chế tạo và gia công tiện

2.2. Mô hình máy hàn MIG WAAM 4 trục

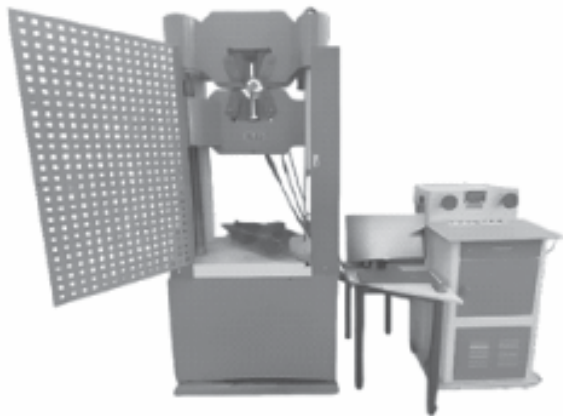


Hình 4. Mô hình máy hàn MIG WAAM 4 trục

(*) 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: $\leq 0.03\text{mm}$.

2.3. Mô hình máy thử kéo



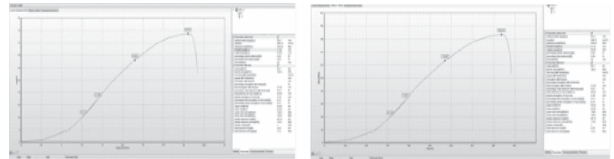
Hình 5. Máy thử kéo Universal Testing machine WE-1000B

Thông số máy:

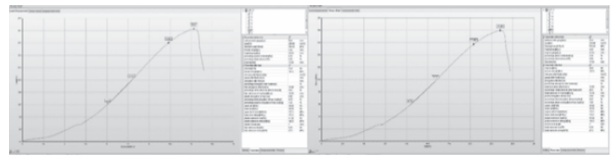
- Model: WE-1000B;
- Số Serial: 72106;
- Lực tối đa: 1000 kN;
- Độ chính xác: $\pm 1\%$;
- Không gian thử kéo: 0-700 mm;
- Không gian thử nén: 0-600 mm;
- Hàm kẹp: Bằng tay/Thủy lực;

- Hàm kẹp cho mẫu tròn: $\Phi 14-45\text{ mm}$;
- Hàm kẹp cho mẫu phẳng: 0-40 mm;
- Trục nén: $\Phi 225\text{ mm}$;
- Hành trình piston: 200 mm;
- Đường kính con lăn uốn: $\Phi 50\text{ mm}$;
- Kích thước máy tính lớn: 900 x 700 x 2250 mm;
- Kích thước tủ điều khiển: 550 x 500 x 1250 mm;
- Công suất máy: 1.1 kW;
- Trọng lượng: 2900 kg.

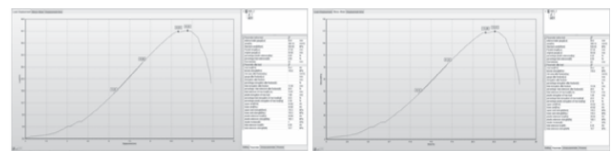
3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 3.1. Biểu đồ giá trị biến $D = 16.5\text{mm}$



Hình 3.2. Biểu đồ giá trị biến $D = 17\text{mm}$



Hình 3.3. Biểu đồ giá trị biến $D = 17.5\text{mm}$

Qua quá trình làm thực nghiệm đo cường độ kéo của ba mẫu hàn như trên thì nhóm nghiên cứu rút ra được bảng thông số và biểu đồ như trên Hình 3.1; 3.2; 3.3 và Bảng 2. Ta thấy rằng ảnh hưởng của lớp in lên độ bền của sản phẩm là có thay đổi khi sản phẩm có thông số hàn nhiều hơn cần ứng suất lớn hơn để bị biến dạng giống với mẫu khác. Hơn nữa, điểm bền kéo của sản phẩm có lớp in lớn hơn thì cần ứng suất và lực kéo đứt lớn hơn.



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

Mẫu	Đường kính (mm/phút)	Tiết diện (mm ²)	Lực kéo chảy (kN)	Giới hạn chảy (Mpa)	Lực kéo đứt (kN)	Giới hạn đứt (Mpa)
1	16.5	226.98	52.82	139.00	69.70	183.40
2	17	230.75	48.46	124.60	49.30	143.40
3	17.5	234.83	43.82	115.30	44.30	116.40

4. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc tăng lớp in làm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng biến dạng, độ cứng và cường độ kéo của mẫu hàn WAAM. Tùy thuộc vào yêu cầu thực tiễn và khả năng ứng dụng của sản phẩm mà sẽ sử dụng mẫu với lớp in khác nhau. Trong các ngành công nghiệp như chế tạo máy, xây dựng, và sản xuất kết cấu thép, việc chọn lớp in hàn phù hợp rất quan trọng. Tuy nhiên, cần cân nhắc thêm về các yếu tố khác như loại vật liệu, hình dạng mối hàn và điều kiện thi công thực tế.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Nguyễn Văn Minh;
- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Ngọc Duy*, Phạm Thanh Phong, Phạm Ngọc Triền.

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: SV2024-255.❖

Ngày nhận bài: **03/5/2024**

Ngày phản biện: **05/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Ngọc Hiền, Bùi Văn Hưng (2016); “*Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, (Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải).
- [2]. Gideon N. Levy, Ralf Schindel, J.P. Kruth (2003), “*Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives*”, CIRPAnnals - Manufacturing Technology, 52(2), pp.589-609.
- [3]. Trần Ngọc Hiền, Trần Ngọc Tú (2012), “*Tích hợp kỹ thuật thiết kế ngược và công nghệ tạo mẫu nhanh trong chế tạo cơ khí*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, 59(10), pp.7-12.
- [4]. Hong Seok Park, Ngọc Hien Tran(2015), “*Computer Aided process planning for 3D printing*”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 24(2), pp.148-154.
- [5]. “*Thiết kế chế tạo máy in chi tiết nhựa 3D*”, Bộ môn Cơ khí chính xác và Quang học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

KHẢO SÁT ĐỘ BỀN KÉO CỦA CÁC MẪU WAAM VỚI CÁC CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN KHÁC NHAU

STUDY ON TENSILE STRENGTH OF WAAM SAMPLES WITH DIFFERENT CURRENT INTENSITIES

Lê Minh Tú*, Nguyễn Việt Tuấn, Nguyễn Việt Hải Đăng, Nguyễn Hoàng Nghĩa, Lê Bá Tân
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu về độ bền kéo của các sản phẩm sử dụng công nghệ WAAM với các thông số: tốc độ hàn, khoảng cách giữa các đường hàn, góc xoắn là giống nhau, chỉ cường độ dòng điện khác nhau lần lượt là 110A, 120A và 130A khi hàn đắp lên các vòng long đền sắt. Kết quả phân tích độ bền kéo cho thấy: Khi hàn với cường độ dòng điện Mid (120A) cho ra sản phẩm có độ bền kéo cao hơn so với các giá trị cường độ dòng điện Min (110A) và Max (130A).

Từ khóa: Độ bền sản phẩm; WAAM; In 3D kim loại; Cường độ dòng điện.

ABSTRACT

This paper investigates the tensile strength of products using WAAM technology with parameters such as welding speed, distance between weld paths, and twist angle kept constant, but with different current intensities of 110A, 120A, and 130A applied while welding on iron washer rings. The tensile strength analysis results indicate that welding with a medium current intensity (120A) produces products with higher tensile strength compared to those welded with the minimum (110A) and maximum (130A) current intensities.

Keywords: Product strength; WAAM; 3D metal printing; Amperage.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

• Trong nước:

Trong những năm gần đây, công nghệ in 3D kim loại đã thu hút sự quan tâm ngày càng tăng, đặc biệt là trong lĩnh vực sản xuất. Một trong những phương pháp in 3D kim loại tiên tiến nhất hiện nay là công nghệ lắng đọng hồ quang kim loại dây (WAAM). Phương pháp

này sử dụng một đầu phun hồ quang điện để nấu chảy dây kim loại và lắng đọng nó theo lớp để tạo ra các chi tiết kim loại phức tạp. Ở Việt Nam, nghiên cứu về công nghệ WAAM vẫn còn khá hạn chế. Một số nhóm nghiên cứu đã bước đầu khảo sát ứng dụng của công nghệ này, tập trung vào việc tối ưu hóa các thông số quá trình để cải thiện chất lượng in 3D. Tuy nhiên, các nghiên cứu về tính chất cơ học của các chi tiết WAAM vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, nghiên cứu về ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến độ bền kéo của các mẫu WAAM còn mới. 

Vì vậy, đề tài "Khảo sát độ bền kéo của các mẫu WAAM với các cường độ dòng điện khác nhau" có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá chi tiết các tính chất cơ học then chốt của các chi tiết WAAM, đồng thời cung cấp dữ liệu thực nghiệm hữu ích cho các nhà nghiên cứu và sản xuất.

• Ngoài nước:

Công nghệ WAAM đang thu hút nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trên thế giới do tiềm năng ứng dụng cao trong lĩnh vực sản xuất. Một số trung tâm nghiên cứu hàng đầu thế giới như Đại học Cranfield (Anh), Viện Công nghệ Liên bang Thụy Sĩ, Đại học Sheffield (Anh) đã và đang tiến hành các nghiên cứu sâu về công nghệ này. Các nghiên cứu gần đây tập trung vào việc cải thiện tính chất cơ học của các chi tiết WAAM thông qua tối ưu hóa các thông số quá trình. Trong đó, ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến độ bền kéo là một trong những vấn đề được quan tâm. Một số kết quả nghiên cứu chính: Nhóm của Tang (Trung Quốc, 2019) [1] khảo sát 6 mức cường độ dòng khác nhau từ 100-160A trên thép không gỉ 316L. Kết quả cho thấy cường độ dòng 130-140A mang lại độ bền kéo cao nhất (550-570 MPa). Williams (Anh, 2020) [2] nghiên cứu ảnh hưởng của dòng 110-150A lên hợp kim nhôm 6061. Cường độ kéo tối ưu đạt ở 130A (330 MPa). Nhóm của Ding (Trung Quốc, 2021) [3] khảo sát cường độ 120-180A trên thép không gỉ 316L. Kết quả cho thấy 160A thích hợp nhất, đạt độ bền 550MPa. Nhìn chung, hầu hết các nghiên cứu đều chỉ ra rằng việc lựa chọn cường độ dòng phù hợp có tác động đáng kể đến độ bền kéo của các mẫu WAAM. Tuy nhiên, cường độ dòng tối ưu phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại kim loại, thông số hàn khác, v.v. Do đó, việc khảo sát cụ thể cho từng loại vật liệu là cần thiết.

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 WAAM. 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. Chuyển động có thể được cung cấp bằng hệ thống cánh tay robot (hình 1A) hoặc hệ thống máy CNC (hình 1B). 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 A



Hình B

Hình 1. Hệ thống cánh tay robot và Hệ thống 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. Tuy nhiên, 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.

So với các công nghệ in 3D kim loại khác (sử dụng vật liệu bột kim loại) thì công nghệ WAAM là phù hợp nhất với điều kiện hiện tại trong nước, không chỉ về chi phí đầu tư mà còn về miền ứng dụng, cũng như nền tảng kiến thức công nghệ hàn đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi tại Việt Nam. Công nghệ WAAM có thể đáp ứng được ngay các nhu cầu trong công nghiệp cơ khí trong nước. Cụ thể, nhiều chi tiết quan trọng trong hệ thống cơ khí, máy móc có thể sửa chữa, phục hồi, hoặc chế tạo mới để thay thế bằng công nghệ WAAM.

2. MỤC TIÊU

Mục tiêu chính của đề tài là khảo sát sự ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến độ bền kéo của các mẫu in 3D bằng công nghệ WAAM. Các mục tiêu cụ thể bao gồm:

- Sử dụng công nghệ WAAM để in các mẫu thử nghiệm với các cường độ dòng điện khác nhau;
- Tiến hành các thí nghiệm kéo để xác định độ bền kéo và độ giãn dài của các mẫu thử với các cường độ dòng điện khác nhau.

3. 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.

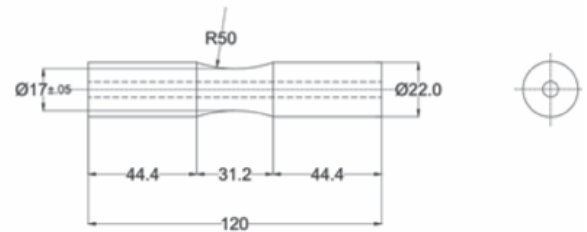
Trong phương pháp hàn bồi đắp, tốc độ ra dây có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và độ bền của sản phẩm. Tốc độ ra dây được kiểm soát trực tiếp trên bảng điều khiển của máy hàn. Khi tốc độ ra dây quá thấp sẽ dẫn đến mối hàn nhô cao, hẹp, đôi khi không có sự hòa quyện

giữa biên mối hàn và vật hàn. Như hình dưới đây:



Hình 2. Đường hàn nhô đủ cao, hẹp

4. THIẾT KẾ MẪU



Hình 3. Mẫu kéo tiêu chuẩn TCVN-5400

5. SẢN XUẤT MẪU THỬ

PARAMETER	SPECIMEN		
	Min	Mid	Max
I (A)	110	120	130
Offset	2	2	2
V (mm/phút)	425	425	425
Góc xoắn (độ)	180	180	180
Đường kính long đền (mm)	17	17	17

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 SolidWorks 2020, sau đó tạo bản vẽ 2D để thuận tiện cho việc chuẩn bị phôi 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.

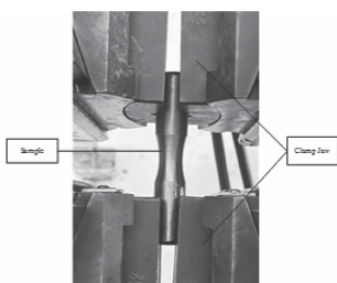
4) Mẫu được lấy ra khỏi máy sau khi thực hiện hoàn tất chương trình gia công và tiến hành loại bỏ các vật liệu còn thừa.



Hình 4. Mẫu kéo trước và sau khi gia công xong

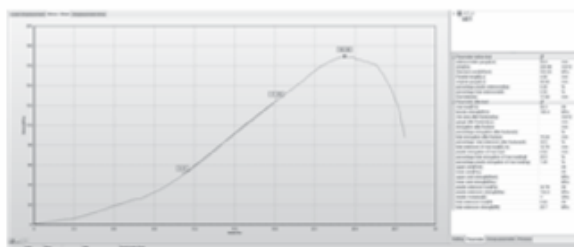
6. KIỂM NGHIỆM VÀ BÁO CÁO

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.

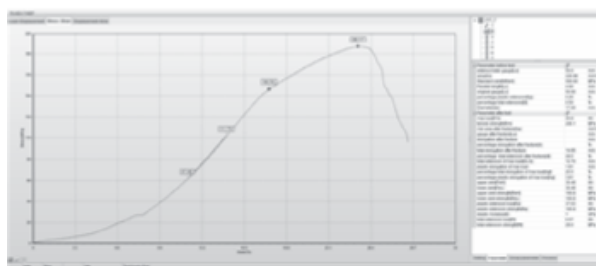


Hình 5. Gá đặt để kiểm tra độ bền kéo của mẫu

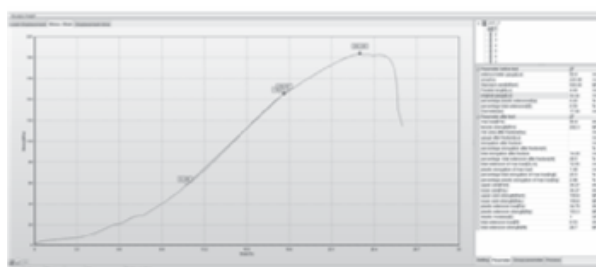
7. XỬ LÝ SỐ LIỆU



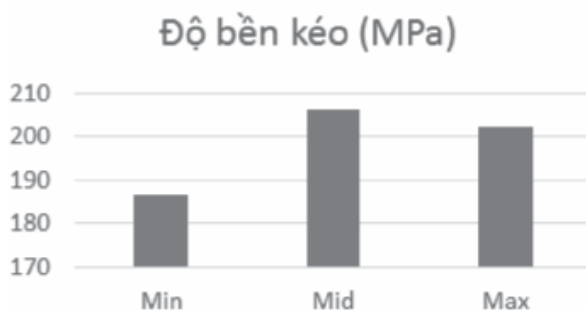
Hình 6. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu cường độ dòng điện 110A



Hình 7. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu cường độ dòng điện 120A



Hình 8. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu cường độ dòng điện 130A



Hình 9. Biểu đồ thể hiện độ bền kéo của mẫu thử

Qua kết quả thí nghiệm, ta có thể thấy cường độ dòng điện có ảnh hưởng đến tính chất cơ học của sản phẩm với các mẫu thử được hàn từ nguồn điện có cường độ dòng điện của ba mẫu Min, Mid, Max thứ tự là 186.398 (A), 206.117 (A), 202.329 (A). Mẫu kéo Mid được hàn từ cường độ dòng điện 120A có độ bền tốt nhất và mẫu kéo Min được hàn từ cường độ dòng điện 110A có độ bền kém nhất trong ba mẫu → Cường độ dòng điện thấp hơn mức trung bình có thể cho ra sản phẩm có độ bền kém hơn. Có thể nói, ảnh hưởng của cường độ

dòng điện khi hàn có ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Đặc biệt, khi giảm cường độ dòng điện, độ ngẫu của mỗi hàn sẽ kém hơn so việc sử dụng cường độ dòng điện cao trong phạm vi khả thi. Tuy nhiên, cường độ dòng điện ở mức trung bình có thể lấy làm tiêu chuẩn khi mang lại sản phẩm có độ bền tốt nhất.

8. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc thay đổi cường độ dòng điện có ảnh hưởng đến chất lượng mỗi hàn, độ ngẫu giữa các mối hàn, cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của sản phẩm dạng trục. Cường độ thích hợp sẽ tạo ra một mối hàn có độ cứng và độ bền cao hơn, trong khi một mối hàn có cường độ dòng điện quá thấp hoặc quá cao sẽ khiến cho mối hàn có chất lượng kém. Việc lựa chọn tốc độ ra dây phù hợp sẽ giúp cho sản phẩm được tạo ra có chất lượng.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Lê Bá Tân;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Lê Minh Tú, Nguyễn Việt Tuấn, Nguyễn Viết Hải Đăng, Nguyễn Hoàng Nghĩa.

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: SV2024-253. ❖

Ngày nhận bài: **02/5/2024**

Ngày phản biện: **07/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ping Yao, Hongyan Lin, Heqing Tang, Wei Wu, “*Influence of duty ratio and current mode on robot 316L stainless steel arc additive manufacturing*”. MDPI, Metals 2021, 11(3), 508. Published 19 March 2021.
- [2]. E. Eimer, S. Williams, J. Ding et al, “*Mechanical performances of the interface between the substrate and deposited material in aluminium wire Direct Energy Deposition*”. Materials & Design Volume 225, January 2023, 111594.
- [3]. Xinfeng Kan, Dengcui Yang, Zhengzhi Zhao, Jiquan Sun, “*316L WAAM and pressure machining influence*”. IOPScience, Express 3 045030, Published 22 November 2021.

THỰC NGHIỆM CHẾ TẠO SẢN PHẨM DẠNG TRỤC BẰNG CÔNG NGHỆ WAAM VỚI CÁC TỐC ĐỘ DÂY KHÁC NHAU

EXPERIMENTAL STUDY ON FABRICATION OF CYLINDRICAL PRODUCTS USING WAAM WITH DIFFERENT WIRE SPEEDS

Nguyễn Văn Viễn*, Trần Chí Bảo, Trương Văn Thành,
Nguyễn Thành Nam, Trần Minh Thế Uyên
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Kỹ thuật sản xuất hàn đắp được quan tâm rất nhiều trong công nghiệp bởi khả năng chế tạo những chi tiết kim loại lớn với chi phí thấp và thời gian ngắn. Đây là công nghệ tương đồng với các công nghệ in 3D kim loại dựa trên bột kim loại, điểm khác biệt ở đây là các công nghệ in khác dùng chùm tia e hoặc laser làm nguồn năng lượng để nóng chảy bột hoặc dây kim loại thì WAAM làm chảy dây kim loại bằng hồ quang điện. Hiện có nhiều công trình nghiên cứu xem xét đánh giá cơ tính của vật liệu sau khi hàn đắp cho thấy hợp kim titan sau gia công có thể so sánh được với vật đúc hoặc rèn. WAAM hai dây có khả năng chế tạo hợp kim intermetallic và cho thấy công nghệ đầy tiềm năng trong tương lai thay thế hoàn toàn cho các phương pháp gia công truyền thống khác. Giống như EBAM và DED, các công nghệ WAAM tạo ra sản phẩm gần với thiết kế nhất, sau đó kết hợp gia công CNC để đạt yêu cầu về chất lượng bề mặt và kích thước hình học (cũng có thể hiểu là phương pháp tạo phôi vạn năng), điều đó cho phép giảm thời gian gia công, tiết kiệm vật liệu và nâng cao năng suất.

Từ khóa: Công nghệ WAAM; In 3D; Tốc độ in 3D; Độ bền.

ABSTRACT

Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM) is a promising additive manufacturing (AM) technique for fabricating large metal parts at low cost and short lead times. It is similar to powder-based metal AM technologies, but instead of using an electron beam or laser as the energy source to melt the powder or metal wire, WAAM uses an electric arc. Several studies have investigated the mechanical properties of WAAM-deposited materials, and have shown that titanium alloys can achieve properties comparable to those of cast or wrought materials. Dual-wire WAAM has the potential to fabricate intermetallic alloys, and has shown promise as a future replacement for traditional machining methods. Like Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM) and Directed Energy Deposition (DED), WAAM produces near-net-shape parts that can then be machined with CNC to achieve the desired surface quality and geometric dimensions (which can also be understood as a universal preform method). This can reduce machining time, save material, and improve productivity.

Keywords: WAAM technology; 3D printing; Printing speed; Product strength.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, công nghệ sản xuất bồi đắp kim loại (WAAM) đã thu hút sự quan tâm đáng kể của các nhà khoa học và kỹ sư tại Việt Nam. WAAM sử dụng năng lượng tập trung như laser hoặc vòi plasma để nấu chảy kim loại dạng dây hay bột và tạo ra các chi tiết kim loại theo lớp. So với các phương pháp sản xuất truyền thống, WAAM có ưu điểm là tốc độ nhanh, chi phí thấp, khả năng tự động hóa cao và ít lãng phí vật liệu.

Một số công trình nghiên cứu tiêu biểu về WAAM: Nhóm nghiên cứu tại Đại học Bách khoa Hà Nội đã phát triển thành công quy trình in 3D bồi đắp kim loại bằng công nghệ WAAM sử dụng vòi plasma và dây nhôm làm nguyên liệu. Các mẫu in đã đạt độ chính xác cao [1]. Đại học Bách khoa Hà Nội đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số quá trình đến chất lượng mối hàn trong WAAM. Kết quả cho thấy tốc độ dây là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến cấu trúc và cơ tính của vật liệu [2]. Nhóm nghiên cứu của Viện Khoa học Vật liệu đã chế tạo thành công các chi tiết kim loại phức tạp bằng thép không gỉ sử dụng công nghệ WAAM. Các thông số quá trình đã được tối ưu hóa để đạt độ chính xác cao. Công nghệ WAAM ra đời từ những năm 1990 và đến nay đã có nhiều tiến bộ đáng kể. Các nhà nghiên cứu hàng đầu trên thế giới đều quan tâm đến việc phát triển công nghệ này. Cranfield University (Anh) là một trong những trung tâm nghiên cứu hàng đầu về WAAM. Nhóm nghiên cứu của GS. Stewart Williams tại đây đã phát triển các quy trình in 3D cho nhiều loại kim loại như thép không gỉ, titan, hợp kim nhôm, niken. Họ cũng nghiên cứu cải tiến các thuộc tính cơ học của vật liệu sau in bằng phương pháp xử lý nhiệt [3].

Tại Đại học Sheffield (Anh), GS.

Moataz Attallah đã tiên phong trong việc sử dụng công nghệ WAAM để sản xuất các chi tiết lớn và phức tạp như cánh tua bin gió, thân máy bay. Ông cũng nghiên cứu cách tối ưu hóa các thông số quá trình để nâng cao năng suất và chất lượng in 3D [4]. Các nhà nghiên cứu Trung Quốc cũng rất chú trọng đến WAAM. Viện Hàn và Gia công Kim loại Trung Quốc đã phát triển thành công quy trình in 3D cho các hợp kim nhôm phức tạp như Al-Cu-Mg, Al-Zn-Mg. Họ cũng tập trung vào ứng dụng công nghệ này trong lĩnh vực hàng không vũ trụ [5]. Nhìn chung, xu hướng nghiên cứu WAAM trên thế giới là mở rộng phạm vi vật liệu có thể sử dụng, nâng cao năng suất và chất lượng in 3D, ứng dụng sản xuất các chi tiết lớn phức tạp cho các ngành công nghiệp. Các thông số quá trình như tốc độ dây, công suất laser vẫn đóng vai trò then chốt và cần được tối ưu hóa.

Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) là một công nghệ in 3D kim loại tiên tiến, kết hợp phương pháp hàn hồ quang và sản xuất bồi đắp để tạo ra các chi tiết kim loại lớn và phức tạp. WAAM được biết đến với khả năng chế tạo nhanh chóng và hiệu quả các sản phẩm có kích thước lớn, giúp tối ưu hóa chi phí và thời gian sản xuất. Các tính chất của các bộ phận do sản xuất bị ảnh hưởng đáng kể bởi các thông số xử lý. Các thông số xử lý này có những ưu điểm mâu thuẫn cần được điều tra. Bài báo này điều tra ảnh hưởng của tốc độ ra dây của máy hàn đến tính chất kéo của các thành phần được sản xuất bằng kỹ thuật WAAM. Nghiên cứu được thực hiện trên thép cacbon, bằng cách sử dụng thiết kế giai thừa đầy đủ của thí nghiệm để phân tích ảnh hưởng của tốc độ ra dây đến tính chất kéo của mô hình. Đối với cuộc điều tra, ba kết quả – độ bền, giới hạn chảy, độ dẻo – được xem xét. Từ cuộc điều tra, người ta quan sát thấy rằng, tốc độ ra dây có ảnh hưởng đến tính chất kéo của mô hình.



2. PHƯƠNG PHÁP

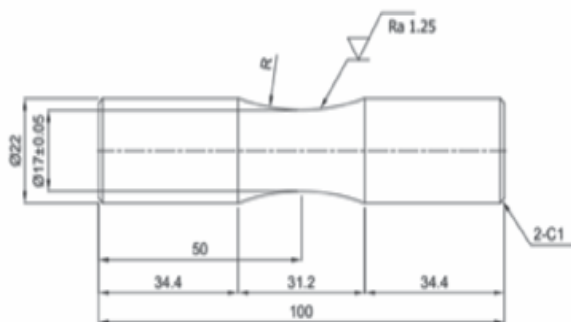
Phần này cung cấp thông tin về tiêu chuẩn TCVN-5400 để xác định độ bền kéo của mẫu WAAM 3D dạng trục. Ngoài ra, cung cấp về quy trình sản xuất mẫu, các thông số thiết kế và máy thử nghiệm.

Trong phương pháp hàn bồi đắp, tốc độ ra dây có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và độ bền của sản phẩm. Tốc độ ra dây được kiểm soát trực tiếp trên bảng điều khiển của máy hàn. Khi tốc độ ra dây quá thấp sẽ dẫn đến mối hàn nhô cao, hẹp, đôi khi không có sự hòa quyện giữa biên mối hàn và vật hàn, như hình dưới đây:



Hình 1. Đường hàn nhô cao, hẹp

3. THIẾT KẾ MẪU



Hình 2. Mẫu kéo tiêu chuẩn TCVN-5400

4. SẢN XUẤT MẪU THỬ

Bảng 1. Thông số của mẫu thử

PARAMETER	SPECMENT		
	A	B	C
I (A)	115	115	115
Offset	2.25	2.25	2.25
V	450	450	450
Góc xoắn (độ)	180	180	180
Tỷ lệ lớp đắp (%)	70	70	70
Tốc độ ra dây	4 (Min)	7 (Mid)	10 (Max)

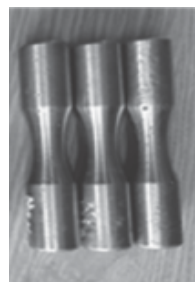
Với các thông số quy trình đã chọn, mẫu thử nghiệm được chuẩn bị thông qua bốn bước được liệt kê dưới đây:

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.

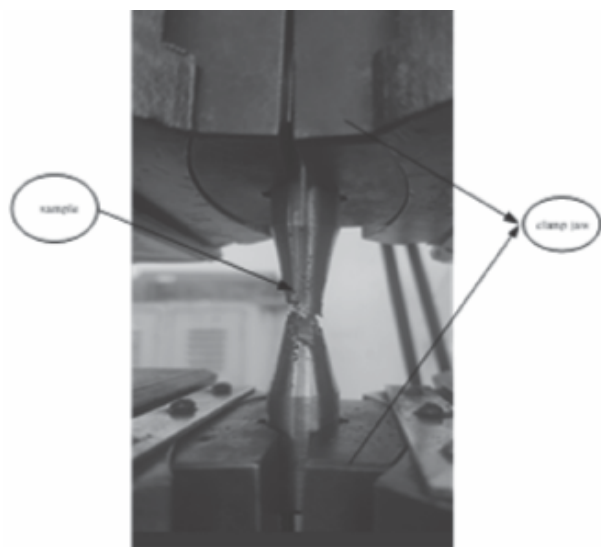
4) Mẫu được lấy ra khỏi máy sau khi thực hiện hoàn tất chương trình gia công và tiến hành loại bỏ các vật liệu còn thừa.



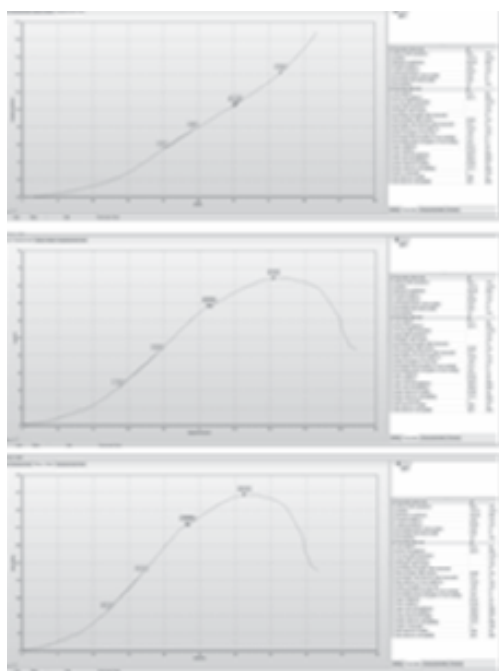
Hình 3. Mẫu kéo sau khi gia công xong

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.

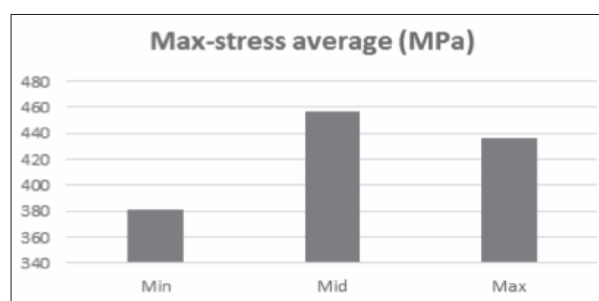


Hình 4. Kiểm tra độ bền kéo của mẫu



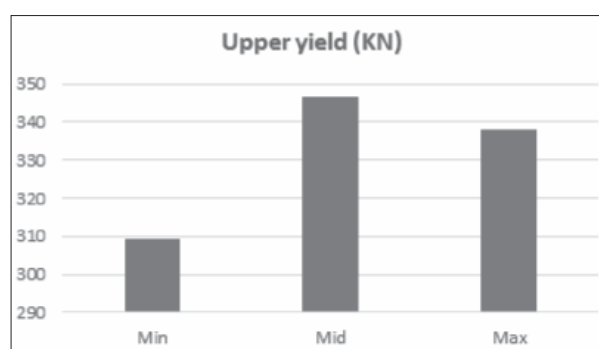
Hình 5. Các kết quả của quá trình thử nghiệm

6. XỬ LÝ SỐ LIỆU



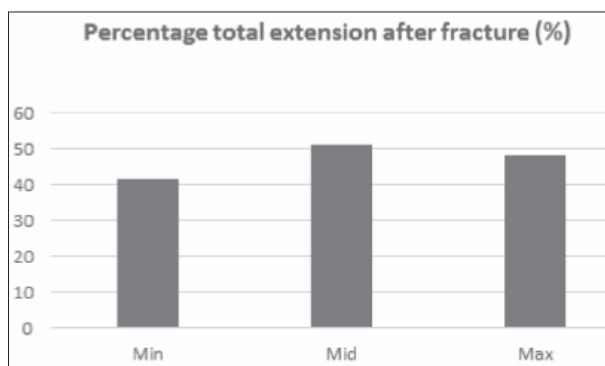
Hình 6. Biểu đồ thể hiện độ bền kéo của mẫu thử

Trong một biểu đồ kéo, độ bền kéo đứt là chỉ số không thể thiếu. Với các mẫu thử có tốc độ ra dây lần lượt là Min, Mid, Max thì có độ bền kéo tương ứng là 381.5 Mpa, 457.1 Mpa, 436.3 Mpa. Đây là chỉ số vô cùng quan trọng, vì nó biểu thị cho cường độ căng tối đa mà vật liệu có thể chịu được trước khi bị đứt gãy. Độ bền kéo đứt phụ thuộc chủ yếu vào thành phần hóa học, quá trình sản xuất và xử lý nhiệt của vật liệu.



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

Ta thấy lần lượt các mẫu thử có tốc độ ra dây lần lượt là Min, Mid, Max, có giới hạn chảy lần lượt ở mức 309.4Mpa, 346.7Mpa, 337.8Mpa. Đây là một chỉ số quan trọng để đánh giá tính chất cơ học của vật liệu, là nơi mà vật liệu bắt đầu chảy và biến dạng vĩnh viễn dưới tác động của tải trọng. Trong thực tế, các nhà thiết kế sử dụng chỉ số này để lựa chọn vật liệu phù hợp với nhu cầu tải trọng cần dùng. 



Hình 8. Biểu đồ thể hiện độ giãn dài của chi tiết

Dãy đàn hồi là chỉ số khá được chú ý, các mẫu thử có tốc độ ra dây lần lượt là Min, Mid, Max tương ứng với dãy đàn hồi 41.5%, 51%, 48%. Đây là phần của biểu đồ kéo bền mà vật liệu vẫn có thể phục hồi về trạng thái ban đầu mà không gây ra biến dạng vĩnh viễn sau khi áp lực bị loại bỏ. Nhìn chung ta có thể thấy, tốc độ ra dây có ảnh hưởng lớn trực tiếp đến tính chất cơ học của sản phẩm.

Tốc độ ra dây cao: Dẫn đến lượng kim loại bỏ sung nhiều hơn, tạo ra bề hàn lớn hơn và mối hàn có thể dày hơn. Tuy nhiên, nếu quá cao, có thể gây ra hiện tượng tích tụ quá nhiều kim loại, dẫn đến các khuyết tật như bọt khí hoặc các vết nứt.

Tốc độ ra dây thấp: Lượng kim loại bỏ sung ít hơn, bề hàn nhỏ hơn và mối hàn có thể mỏng hơn. Nếu quá thấp, có thể dẫn đến mối hàn không đủ kim loại, gây ra các vấn đề về độ bền và kết cấu.

7. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc thay đổi tốc độ ra dây làm ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng mối hàn, khả năng kết dính giữa các lớp phủ, cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của sản phẩm dạng trục. Tốc độ ra dây thích hợp sẽ tạo

ra một mối hàn có độ cứng và độ bền cao hơn, trong khi một mối hàn có tốc độ ra dây quá thấp hoặc quá cao sẽ khiến cho mối hàn có chất lượng kém. Việc lựa chọn tốc độ ra dây phù hợp sẽ giúp cho sản phẩm được tạo ra có chất lượng.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Trần Minh Thế Uyên;
- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Văn Viễn, Trần Chí Bảo, Trương Văn Thành và Nguyễn Thành Nam.

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 – 266.❖

Ngày nhận bài: **05/5/2024**

Ngày phản biện: **09/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “Công nghệ in 3D kim loại sử dụng nguồn năng lượng hồ quang (WAAM)”. Tạp chí Tự động hóa (Số 11-2023).
- [2]. Hoàng Đức Long, Hà Minh Hùng, Lê Đức Bảo; “Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến độ bền kéo và kích thước hình học của mối hàn điện xỉ - áp lực ứng dụng trong kỹ thuật cơ khí xây dựng”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thông tin (Số 07-2018).
- [3]. Plocher, Stewart Williams and A. Panesar, “Review on design and structural optimisation in additive manufacturing: Towards next-generation lightweight structures”, Materials & Design, vol. 183, p. 108164,

2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108164>.
- [4]. Yue, J. Shang, M. Zhang, B. Hur, and X. Ma, “*Additive manufacturing of high porosity magnesium scaffolds with lattice structure and random structure*”, *Materials Science and Engineering: A*, vol. 859, p. 144167, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.144167>.
- [5]. Yu, Z. Wang, W. Fu, Z. Yu, Y. Wang, Y. Zhao, and J. Zhao, “*Compression performances and damage mechanisms of Al_2O_3 ceramic lattices fabricated by additive manufacturing: Imitating metal crystal structures*”, *Ceramics International*, vol. 49, no. 1, pp. 1419-1435, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2023.111955>.
- [6]. R. Baker, “*Method of making decorative articles*”; US patent no. 1 533 300 1925.
- [7]. 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.
- [8]. 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)*”.

GIỚI THIỆU MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA SỢI TRE

A REVIEW ON MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO FIBER

TS. Hoàng Văn Thành

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT

Cây tre khá phổ biến ở Việt Nam và các nước nhiệt đới, nó đã được sử dụng làm vật liệu xây dựng và cơ khí từ lâu đời. Việc nghiên cứu tính chất cơ học của tre rất cần thiết đặc biệt xem xét sự phức hợp của cơ sở polyme với sợi tự nhiên (Tre) thay thế vật liệu tự nhiên dựa trên tiềm năng tính chất làm vật liệu cố định trong vật liệu tổng hợp polyme. Bài báo này giới thiệu tính chất cơ bản của tre trên quan điểm là vật liệu polyme composite. Nó nêu bật công việc trước đây đã được thực hiện trong lĩnh vực sợi tre định nghĩa của cố gắng tổng hợp vật liệu. Việc nghiên cứu tài liệu này sẽ là nguồn tài liệu tốt cho các nhà khoa học, kỹ sư và những người quan tâm nghiên cứu về sử dụng tre trong lĩnh vực kỹ thuật.

Từ khóa: Tre; Vật liệu composite; Tính chất cơ học.

ABSTRACT

Bamboo is quite popular in Vietnam and tropical countries, it has been used as a construction and mechanical material for a long time. The study of the mechanical properties of bamboo is essential, especially considering the complexation of the polymer base with natural fibers (Bamboo) to replace natural materials based on the potential of immobilizing properties in the material polymer synthesis. This article introduces the basic properties of bamboo from the perspective of a polymer composite material. It highlights previous work that has been done in the field of bamboo fiber by attempting to synthesize the material. Studying this document will be a good resource for scientists, engineers and those interested in researching the use of bamboo in the field of engineering.

Keywords: Bamboo; Composite materials; Mechanical properties.

1. GIỚI THIỆU VỀ VẬT LIỆU COMPOSITE

Tre là một dạng vật liệu composite gồm một pha là sợi tre, một pha là chất nền. Hai vật liệu này kết hợp với nhau tạo ra vật liệu composite có tính chất cao hơn hẳn so với bản thân các vật liệu riêng lẻ [1].

Tre là dạng vật liệu tự nhiên có một tác dụng rất lớn là vật liệu thân thiện môi trường. Tre có thể thay thế các vật liệu bằng nhựa, tre không chỉ thay thế nhựa với tính chất cơ, lý gần tương đương và giảm chi phí cho sản phẩm cuối cùng. Vì lý do đó, vật liệu tổng hợp từ sợi tự nhiên như tre được sử dụng làm vật liệu giải pháp thay thế đang được chấp nhận rộng rãi. Điều này là do polyme vật liệu tổng hợp được gia cố bằng sợi tự nhiên mang lại một giải pháp thay thế khả thi mà chúng có thể góp phần vào khả năng tồn tại của các sản phẩm khác nhau.

Vật liệu tổng hợp từ sợi tre có thể bổ sung và cuối cùng sẽ thay thế vật liệu composite gốc dầu mỏ vật liệu trong một số ứng dụng, và do đó cung cấp nông nghiệp, môi trường, sản xuất và lợi ích của người tiêu dùng [1-4]. Nhìn chung, tiềm năng để vật liệu composite tre có tác động tích cực lên vật liệu vì tính chất cơ lý là rất lớn. Trong vấn đề này lý do, vật liệu composite dựa trên các nguồn tài nguyên tái tạo có thể dẫn đến các thành phần chi phí thấp và khả thi lựa chọn thay thế cho vật liệu polymer cho các ứng dụng sản phẩm. Sự sẵn có của các thành phần composite chi phí thấp dựa trên các nguồn tài nguyên tái tạo cũng sẽ đơn giản hơn trong thời gian vòng đời. Ngoài ra, các ứng dụng kỹ thuật cho tre là khu vực có triển vọng phát triển và tiện ích của tre khiến nó trở thành một lựa chọn khả thi để tạo việc làm và phát triển nông thôn.

Bài báo này tổng quan về tính chất

cơ lý của tre trên quan điểm vật liệu polymer composite. Việc xem xét nghiên cứu về sợi tre, ứng xử và tính chất cơ học của chúng sẽ được thảo luận trong các phần dưới đây của bài báo. Để hiểu tốt hơn về cách chất xơ tự nhiên có thể đóng góp vào các dạng sản phẩm composite khác nhau sẽ được tạo ra, nghiên cứu này sử dụng tre trộn với polyme để cải thiện sự liên kết giữa sợi và vật liệu nền.

2. ĐẶC TRƯNG CẤU TẠO CỦA CÂY TRE

Cây tre là loại cỏ không lều, phát triển nhanh, có thân gỗ. Đặc điểm của mỗi loại khác nhau kích thước, thói quen sinh trưởng, khả năng chịu nắng, nhu cầu độ ẩm của đất và khả năng chịu nhiệt độ nóng/lạnh.

Một số nhà khoa học đã nghiên cứu tre như một nguồn sợi libe và một nguồn cellulose từ quá trình nghiền tre [5, 6]. Một trong những lợi ích khi sử dụng sợi tre là tre là nguồn tài nguyên thiên nhiên dồi dào ở châu Á, Trung Mỹ và Nam Mỹ.

Sợi tre tự nhiên có cấu trúc phức tạp là lignocellulose bao gồm các vi sợi cellulose được xoắn ốc trong một ma trận vô định hình gồm lignin và hemiacellulose như mô tả trong tài liệu chuyên khảo của Kelly [7].



Hình 1. Sợi tre



Hiện có một số phương pháp hóa học có thể cải thiện độ bám dính giữa các sợi và nền. Các nghiên cứu biến đổi bề mặt vật lý và hóa học trên nhiều loại sợi tự nhiên đã được dành cho việc tìm hiểu và tăng cường độ bền bề mặt giữa sợi tự nhiên và nền polyme, chẳng hạn như: Sợi xơ dừa được xử lý bằng kiềm (làm bóng) và tẩy trắng [8], chất liên kết γ -aminopropyltrimethoxysilane (γ -APS) [9], axit benzoic và natri hydroxit [10],...

3. MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA SỢI TRE

3.1. Tính đàn hồi

Theo Sameen Ruqia Imadi và cộng sự [1] độ đàn hồi của thân tre được quan sát thấy tăng theo tuổi. Độ đàn hồi của thân tre tỉ lệ thuận với trọng lực riêng. Khi lớp tre bên ngoài bị loại bỏ, trọng lực đặc biệt giảm xuống và do đó độ đàn hồi giảm. Có sự giảm đáng kể mô-đun đàn hồi giữa các đường cong dọc và ngang. Yu và cộng sự [11] đã thực nghiệm đo đặc trị số mô-đun đàn hồi theo hướng dọc là 16,1 GPa và mô-đun đàn hồi theo hướng ngang trong thành tế bào là 5,91 GPa.

3.2. Khả năng chịu uốn

Yao và Li 2003 [12] đã nghiên cứu đặc trưng chịu uốn của tấm sandwich vừa gia cố bằng sợi tre, kết quả cho thấy các tấm được gia cố bằng sợi tre có độ bền uốn lên tới 90 MPa. Độ bền uốn của sợi tre cho thấy sự gia tăng đáng kể khi bổ sung amino propyl trimethoxysilane và tetramethoxy ortho-silicate sau khi xử lý bằng kiềm [13]. Dieu và cộng sự [14] đã nghiên cứu thực nghiệm sợi tre thủy tinh composite trộn theo tỷ lệ tre và thủy tinh là 1:4 cho thấy độ bền uốn là 140 MPa.

3.3. Cường độ của sợi tre

Sợi tre thường được gọi là sợi tự nhiên, sợi thủy tinh do có độ bền cao so với trọng lượng của nó, xuất phát từ các sợi được sắp xếp theo chiều dọc trong thân cây tre [15]. Theo Thwe và cộng sự [16], độ bền kéo của sợi tre tương đối cao và có thể đạt tới 370 MPa. Điều này làm cho tre trở thành một lựa chọn thay thế cho thép trong những cấu kiện chịu kéo. Bảng 1 cho thấy sự so sánh về hàm lượng sợi tự nhiên và các tính chất cơ lý của chúng.

Bảng 1. So sánh tính chất của một số sợi tự nhiên [17]

Sợi tự nhiên	Cellulose (%)	Lignin (%)	Pentosans (%)	Ash (%)	Cường độ (Mpa)	Mật độ (g/cm ³)
Kenaf	44-57	15-19	22-23	2-5	930	1.45
Banana	65	5	-	-	500	1.35
Palm Oil	65	19	-	-	200-250	1.45
Rise husk	35	20	-	17	?	?
Sugarcane	55	15	25	-	290	1.25
Bamboo	26-43	21-31	15-26	1.7-5	140-230	0.6-1.1

Sợi tre được chiết xuất bằng phương pháp nổ hơi có độ bền đặc thù rất cao. Theo Okubo và cộng sự [15], độ bền cụ thể của sợi tre nổ bằng hơi nước tương đương với sợi thủy tinh thông thường. Cường độ riêng của sợi tre cao hơn nhựa, khiến chúng trở thành sự lựa chọn rất tốt để chế biến nhiều chất bao gồm cả đồ nội thất [18]. Cường độ riêng của sợi tre khi so sánh với cường độ riêng của thép nhẹ cao gấp 3-4 lần. Vật liệu composite nhựa gia cố bằng sợi tre có độ bền đặc biệt rất cao [19].

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày tóm tắt về một số tính chất cơ bản sợi tre và tre – một dạng vật liệu composite kết hợp sợi tre và vật liệu nền. Sợi tre là một loại sợi có nhiều tác dụng để sử dụng cho nhiều lĩnh vực. Nó là một vật liệu dẹt có khả năng phân hủy sinh học, không hấp thụ tia cực tím và tia hồng ngoại. Để thương mại hóa tre sản phẩm dựa trên nhiều nghiên cứu và kiến thức là cần thiết để thế giới có thể nhận được, được hưởng lợi từ nguồn chất xơ rẻ tiền. Tre siêu chắc và bền hiện nay đang được sử dụng làm sàn và tấm ốp. Tính ổn định, độ cứng, tính linh hoạt và cường độ của nó là những tính chất nổi bật của nó. Trong tương lai, tre sẽ được sử dụng làm vật liệu thay thế cho gỗ trong sản xuất đồ nội thất và vật liệu xây dựng. Vì tre dễ bị nghiền thành bột nên nó có thể được sử dụng hiệu quả trong sản xuất giấy và may, mang lại lợi ích cho chúng tôi với chi phí thấp hơn và tính sẵn có cao. Ngành công nghiệp sẽ có được lợi thế to lớn từ sợi tre trong tương lai gần, vì tre nhẹ, thân thiện với môi trường. ❖

Ngày nhận bài: 26/6/2024

Ngày phản biện: 22/7/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Imadi Sameen Ruqia, Mahmood Isra, Kazi Alvina Gul. “*Bamboo Fiber Processing, Properties, and Applications*”. In: Hakeem KR, Jawaaid M, Rashid U, editors. “*Biomass and Bioenergy: Processing and Properties*”. Cham: Springer International Publishing; 2014. p. 27-46.
- [2]. Kittinaovarat Siriwan, Suthamnoi Worawat. “*Physical Properties of Polyolefin/Bamboo Charcoal Composites*”. J Met Mater Miner. 2009;19.
- [3]. Vasoya P. J., Mehta N. M., Parsania P. H. “*Mechanical, Electrical and Water Absorption Study of Jute/Glass/Jute-bamboo/Glass-bamboo-bisphenol-C-formaldehyde-acrylate a Value Added Composites*”. Polymer-Plastics Technology and Engineering. 2007;46:621-8.
- [4]. Han G., Lei Y., Wu Q., Kojima Y., Suzuki S. “*Bamboo-Fiber Filled High Density Polyethylene Composites: Effect of Coupling Treatment and Nanoclay*”. Journal of Polymers and the Environment. 2008;16:123-30.
- [5]. Ahmad M., Kamke F. A. “*Analysis of Calcutta bamboo for structural composite materials: physical and mechanical properties*”. Wood Science and Technology. 2005;39:448-59.
- [6]. Rajulu A. Varada, Baksh S. Allah, Reddy G. Ramachandra, Chary K. Narasimha. “*Chemical Resistance and Tensile Properties of Short Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composites*”. 1998;17:1507-11.
- [7]. Kelly A., Cahn R. W., Bever Michael B. “*Concise encyclopedia of composite materials*”. 1st ed ed. Oxford, Cambridge, Mass.: Pergamon Press ; MIT Press, 1989.
- [8]. Rosa Morsyleide F., Chiou Bor-sen, Medeiros Eliton S., Wood Delilah F., Williams Tina G., Mattoso Luiz H. C., et al. “*Effect of fiber treatments on tensile and thermal properties of starch/ethylene vinyl alcohol copolymers/coir biocomposites*”. Bioresource Technology. 2009;100:5196-202.



- [9]. Fazli Ali, Stevanovic Tatjana, Rodrigue Denis. “*Recycled HDPE/Natural Fiber Composites Modified with Waste Tire Rubber: A Comparison between Injection and Compression Molding*”. 2022;14:3197.
- [10]. Wirawan Riza, Sapuan S., Yunus Robiah, Abdan Khalina. “*Properties of sugarcane bagasse/ poly(vinyl chloride) composites after various treatments*”. Journal of Composite Materials - J COMPOS MATER. 2011;45:1667-74.
- [11]. Yu Yan, Fei Benhua, Zhang Bo, Yu Xiang. “*Cell-wall mechanical properties of bamboo investigated by in-situ imaging nanoindentation*”. Wood and Fiber Science. 2007;39:527-35.
- [12]. Yao Wu, Li Zongjin. “*Flexural behavior of bamboo-fiber-reinforced mortar laminates*”. Cement and Concrete Research. 2003;33:15-9.
- [13]. Lee Sun-Young, Chun Sang-Jin, Doh Geum-Hyun, Kang In-Aeh, Lee Soo, Paik Ki-Hyon. “*Influence of Chemical Modification and Filler Loading on Fundamental Properties of Bamboo Fibers Reinforced Polypropylene Composites*”. Journal of Composite Materials. 2009;43:1639-57.
- [14]. Dieu Tran, Liem Nguyen, Mai Tran, Tung Nguyen. “*Study on Fabrication of BMC Laminates Based on Unsaturated Polyester Resin Reinforced by Hybrid Bamboo/Glass Fibers*”. JSME International Journal Series A-solid Mechanics and Material Engineering - JSME INT J A-SOLID MECH MAT E. 2004;47:570-3.
- [15]. Okubo Kazuya, Fujii Toru, Yamamoto Yuzo. “*Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties*”. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2004;35:377-83.
- [16]. Thwe Moe Moe, Liao Kin. “*Durability of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites*”. Composites Science and Technology. 2003;63:375-87.
- [17]. Rassiah Kannan, Ahmad M.M. H Megat. “*A review on mechanical properties of bamboo fiber reinforced polymer composite*”. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2013;7.
- [18]. Lakkad S. C., Patel J. M. “*Mechanical properties of bamboo, a natural composite*”. Fibre Science and Technology. 1981;14:319-22.
- [19]. UC Jindal. “*Tensile strength of bamboo fiber reinforced plastic composites with different stacking sequences*”. Proceedings of International Bamboo Workshop. Cochín19888. p. 231-4.

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CHỐNG ĐẠP NHẦM CHÂN GA – CHÂN PHANH

A STUDY ON SOLUTION OF PREVENTING MISTAKEN PEDAL

Nguyễn Đông, Vũ Hải Đăng, Ngô Xuân Đạt, Phạm Minh Đăng Khoa,
Phạm Anh Đức, Trương Văn Thuận*
Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về giải pháp phòng ngừa tai nạn do lỗi đạp nhầm chân ga-chân phanh. Một cấu hình thiết bị dựa trên nguyên lý thủy lực được đề xuất có xét tới hành vi thông thường của người lái xe. Cụm thiết bị bao gồm xy lanh, van phân phối, van tiết lưu được tích hợp theo sơ đồ và kết cấu hợp lý để có thể dễ dàng bố trí lắp đặt thêm trên các phương tiện hiện hành. Quá trình tính toán, thiết kế, mô phỏng số và thực nghiệm được thực hiện dựa trên nền tảng cơ sở lý thuyết cơ học rắn và lỏng. Các đặc tính động lực như lực, áp suất làm việc, vận tốc, và lưu lượng dầu đã được tính toán nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định trong các điều kiện vận hành khác nhau. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm ban đầu cho thấy, hệ thống này có khả năng đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và an toàn đã đặt ra. Tính ổn định, bền bỉ, và tin cậy của giải pháp này có thể mang lại hiệu quả cao trong việc ngăn chặn hành vi đạp nhầm chân ga-chân phanh. Nghiên cứu này không những đóng góp một mảnh ghép hữu ích trong lĩnh vực công nghệ an toàn trên phương tiện giao thông mà còn là cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về hệ thống hỗ trợ lái xe.

Từ khóa: Đạp nhầm chân ga-chân phanh; Thiết bị thủy lực; Mô phỏng số.

ABSTRACT

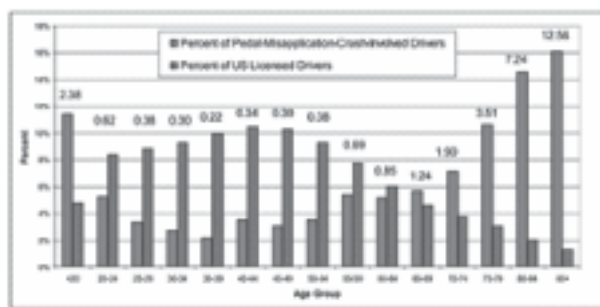
This paper presents the results of a study on preventing accidents caused by mistaken pedal (accelerator and brake). A hydraulic-based device configuration, considering common driver behavior is proposed. The device consisting of a cylinder, distribution valve, and throttle valve, were incorporated into a logical design for convenient installation on existing vehicles. Calculation process, design, numerical simulations and experiment were performed based on the theoretical foundation of solid and fluid mechanics. Dynamic characteristics such as force, working pressure, velocity, and oil flow rate were calculated to ensure the system's stable operation under various operating conditions. Initial simulation and experimental results show that the system can meet the specified technical and safety requirements. The stability, durability, and reliability of this solution can be highly effective in preventing mistaken pedal. This research offers a valuable contribution to the field of vehicle safety technology and serves as a foundation for future research on advanced driver assistance systems.

Keywords: Mistaken pedal; Hydraulic device; Numerical simulation.



1. GIỚI THIỆU

Tai nạn giao thông do đạp nhầm chân ga là một vấn đề đáng báo động và là một lỗi có tính phổ biến trên toàn thế giới, đặc biệt ở các quốc gia có mật độ phương tiện giao thông cao. Hành vi này thường xảy ra đột ngột khiến mất kiểm soát, dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng. Đây là một trong những nguyên nhân hàng đầu gây ra tai nạn giao thông và có thể xảy đến ở mọi đối tượng và lứa tuổi cũng như giới tính người lái xe. Hình 1 dưới đây thể hiện sự liên quan của tuổi tác, bằng lái tới số vụ tai nạn do nhầm bàn đạp tại Mỹ trong các năm từ 2000 đến 2010.



Hình 1. Số liệu thống kê của Cơ quan ATGT Đường cao tốc tại Mỹ [1]

Theo đó, cột màu đỏ là tỷ lệ tai nạn do nhầm bàn đạp gây ra bởi các nhóm tuổi, cột màu xanh là tỷ lệ bằng lái trong các nhóm tuổi khác nhau. Những người có tuổi dưới 20 chỉ chiếm khoảng chưa đến 5% lượng bằng lái được cấp tại Mỹ (gần 200 triệu bằng lái), nhưng gây ra tới gần 12% số vụ tai nạn do nhầm bàn đạp, gấp 2,38 lần tỷ lệ bằng lái. Đặc biệt, người có độ tuổi trên 65 thì tương quan giữa hai tỷ lệ này càng chênh lệch. Ở phía ngược lại, những người nằm trong độ tuổi 35-39 chiếm tới 10% lượng bằng lái ở Mỹ, nhưng chỉ gây ra khoảng 2% số vụ tai nạn do đạp nhầm chân ga và phanh.

Bảng 1, Bảng 2 dưới đây thống kê các

nguyên nhân và số vụ tai nạn gây ra bởi các vấn đề liên quan đến bàn đạp như trượt chân, sai bàn đạp [2].

Bảng 1. Tai nạn ô tô khi dừng đỗ

Nguyên nhân	Số lượng
Trượt chân	126
Sai bàn đạp	153

Bảng 2. Tai nạn ô tô khi đang di chuyển

Nguyên nhân	Số lượng
Trượt chân	2640
Sai bàn đạp	821

Số liệu chỉ ra rằng trong 4240 vụ tai nạn giao thông gây ra khi ô tô đang di chuyển và khi dừng đỗ. Số lượng tai nạn giao thông khi ô tô đang di chuyển có số lượng lớn hơn nhiều so với khi ô tô đang dừng đỗ (3461 so với 279).

Hiện nay đã có những nghiên cứu được đưa ra nhằm giải quyết các vấn đề nhầm lẫn chân ga – chân phanh. Đã có ý tưởng của Rickard Nilsson về việc kết hợp bàn đạp ga và phanh kết hợp với nhau [3], hệ thống các bộ phận cơ khí kết hợp với vi mạch điện tử của Nguyễn Uy Long [4]. Trong một công bố gần đây của nhóm sinh viên đến từ Đại học Bách khoa Hà Nội về giải pháp chống đạp nhầm chân ga – chân phanh sử dụng công nghệ cơ điện tử được đề xuất. Tuy nhiên, hệ thống này cần thu thập và xử lý lượng dữ liệu lớn để có thể hoạt động chính xác [5].

Trước tình hình nghiên cứu khi mà chưa có công nghệ hay giải pháp nào được đưa vào sử dụng rộng rãi, nghiên cứu này xây dựng một cấu hình thiết bị chống đạp nhầm chân ga – chân phanh hoạt động trên cơ sở thuần cơ khí. Giải pháp này có ưu điểm nhỏ gọn, bền bỉ, tin

cây, dễ sử dụng và không làm thay đổi kết cấu ban đầu của xe, hơn nữa gần như không làm thay đổi hành vi của người lái. Chi tiết về quá trình nghiên cứu, tính toán, mô phỏng và thử nghiệm được trình bày ở những phần tiếp theo.

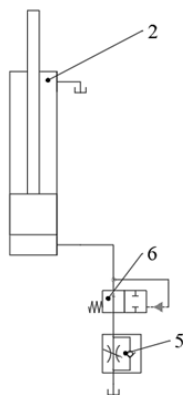
2. CẤU HÌNH HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT

Như đã được đề cập ở trên, tai nạn do lỗi đạp nhầm chân ga – chân phanh có thể xảy ra với mọi đối tượng và quá trình này thường là bị động. Do đó, các thông số động lực đặc tính của quá trình đạp ga đối với hành vi chủ động và bị động là khác biệt. Hai thông số điển hình là thời gian tác động và lực đạp của lái xe trong các trường hợp này được thể hiện ở Bảng 3 dưới đây [6].

Bảng 3. Thời gian và lực đạp

Trường hợp	Thời gian	Lực đạp
Có chủ đích	0.7 s	(20÷50) N
Bình thường	1,2 s	(20÷50) N
Khẩn cấp	1,5 s	(500÷700) N

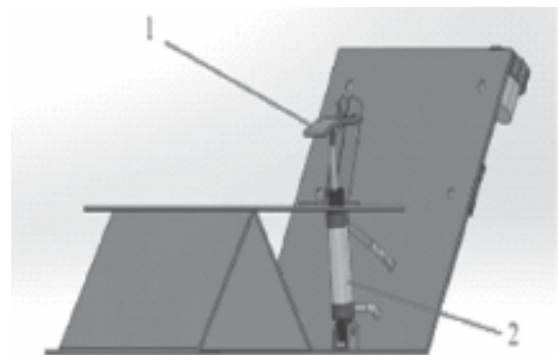
Dữ liệu trên qua phân tích cho thấy có thể xử lý bằng hướng tiếp cận thủy lực. Hình 2, Hình 3 mô tả một cấu hình thiết bị đề xuất bao gồm: bàn đạp ga (1); xy lanh (2); khớp nối (3); bể dầu (4); van tiết lưu (5); van phân phối 2/2 (6).



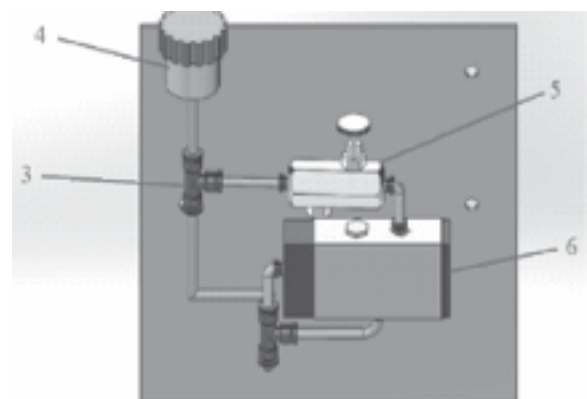
Hình 2. Mạch thủy lực của hệ thống

Hệ thống này hoạt động theo nguyên lý sau: xy lanh (2) được nối với chân ga thông qua khớp. Trong trường hợp đạp có chủ đích, dầu được luân chuyển lần lượt từ khoang không cần qua van phân phối 2/2 (6), qua van tiết lưu (5) về bể dầu (4), lúc này khoang có cần hút dầu từ bể dầu vào trong khoang làm cho cần xy lanh chuyển động nhịp nhàng. Ngược lại, ở trường hợp đạp khẩn cấp, lực đạp đột ngột tạo ra áp suất cao do quá trình đột thu qua van tiết lưu. Van phân phối 2/2 (6) sẽ được kích hoạt làm hệ thống bị khóa cứng. Lúc này, cần xy lanh không thể đi xuống.

Trên cơ sở mạch thủy khí và nguyên lý hoạt động trên, cấu hình 3D của thiết bị được xây dựng. Sơ đồ bố trí mặt trước và sau của thiết bị lần lượt thể hiện ở Hình 3a và Hình 3b.



Hình 3a. Mặt trước của hệ thống



Hình 3b. Mặt sau của hệ thống

Như vậy, với thiết kế này, cụm chống đạp nhằm chân ga – chân phanh có thể tích hợp dễ dàng trên các phương tiện hiện hành mà không làm ảnh hưởng đến kết cấu của xe, cảm giác thoải mái của người lái.

3. ĐỘNG LỰC HỌC VÀ MÔ HÌNH HÓA HỆ THỐNG

Trên cơ sở mạch nguyên lý đã được xây dựng ở phần trước, phần này tiến hành mô phỏng xây dựng các phương trình toán học để mô tả lực đạp và vận tốc đạp. Vận tốc đạp được tính bởi công thức (1):

$$v = \frac{h}{t} \quad (1)$$

Trong đó: v là vận tốc đạp (cm/s); h là hành trình đạp (cm), t là thời gian phản ứng (s).

Phương trình lưu lượng qua van tiết lưu được thể hiện ở phương trình (2).

$$q_{tl} = C_d \cdot S_{tl} \cdot \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (2)$$

Trong đó, q_{tl} là lưu lượng qua van tiết lưu; C_d là trở lực thủy lực; S_{tl} là tiết diện van; p_1 là áp suất đầu vào van; p_2 là áp suất đầu ra van; ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.

Phương trình khoang không cần được thể hiện ở phương trình (3).

$$q_{tl} = S \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{V}{K_f} \cdot \frac{dp_1}{dt} \quad (3)$$

$$V = (h - x)S + V_p$$

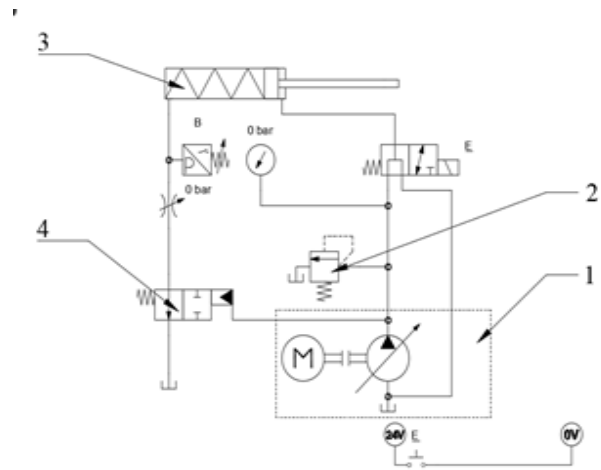
Trong đó, S là diện tích khoang không cần; K_f là hệ số đàn hồi của chất lỏng; h là hành trình xy lanh; V_p là thể tích ống dẫn với khoang không cần.

Phương trình cân bằng lực được thể hiện ở phương trình (4).

$$F_{ga} = K \cdot x + p_a \cdot S \quad (4)$$

Trong đó, K là hệ số đàn hồi của lò xo; F_{ga} là lực đạp ga; x là độ dịch chuyển của cần xy lanh; p_a là áp suất của khoang không cần.

Trên cơ sở các phương trình toán học đã được xây dựng, một mạch thủy lực được thiết kế bằng phần mềm Automation Studio để mô phỏng lực đạp và vận tốc đạp của người lái được thể hiện ở Hình 4.

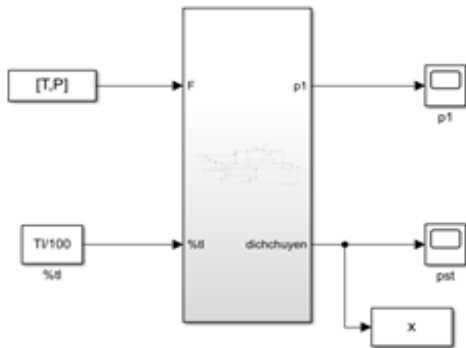


Hình 4. Mạch thủy lực mô phỏng lực và vận tốc đạp

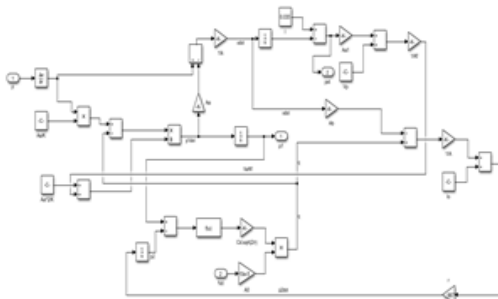
Hệ thống bao gồm: trạm nguồn thủy lực (1) cung cấp lưu lượng và áp suất vào khoang có cần của xy lanh; van an toàn thủy lực (2) dùng để cài đặt lực đạp bằng cách tính toán áp suất mở tương ứng của van an toàn; xy lanh thủy lực (3) hồi về bằng lò xo; van phân phối thủy lực 2/2 (4) dùng để khóa cứng hệ thống khi xảy ra trường hợp đạp khẩn cấp.

Dựa vào các phương trình toán học đã được xây dựng ở trên, một sơ đồ tổng quát mô phỏng độ dịch chuyển của cần xy lanh trong

trường hợp đập khẩn cấp được thực hiện bằng phần mềm Matlab/Simulink như trên Hình 5a. Trong sơ đồ này, khối mô phỏng chi tiết được làm rõ như trên Hình 5b.



Hình 5a. Sơ đồ mô phỏng tổng quát



Hình 5b. Khối mô phỏng chi tiết độ dịch chuyển của cần xy lanh

Với mô hình trình tính toán được xây dựng trong các phần mềm công nghiệp trên, thông số độ dịch chuyển của cần xy lanh, áp suất thủy lực trong hai trường hợp đập khẩn cấp và đập bình thường sẽ được khảo sát bằng tính toán số. Kết quả mô phỏng sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

4. MÔ PHỎNG SỐ VÀ KẾT QUẢ

Trong phần trước, mô hình tính toán đã được phát triển và xây dựng trên phần mềm Automation Studio và Matlab/Simulink. Phần này sẽ đưa ra kết quả mô phỏng số áp suất của

khoang không cần khi đập bình thường và đập khẩn cấp; độ dịch chuyển của cần xy lanh khi đập khẩn cấp với từng độ mở của van tiết lưu. Thông số mô phỏng của hệ thống được chỉ ra tại Bảng 4.

Bảng 4. Thông số của hệ thống

Thông số	Giá trị
Đường kính ngoài	16 (mm)
Đường kính cần	8 (mm)
Hành trình	35 (mm)
Lực đập khẩn cấp	600 (N)
Lực đập bình thường	35 (N)

Giá trị áp suất lớn nhất của khoang không cần khi đập khẩn cấp ứng với từng độ mở của van tiết lưu được thể hiện như Bảng 5.

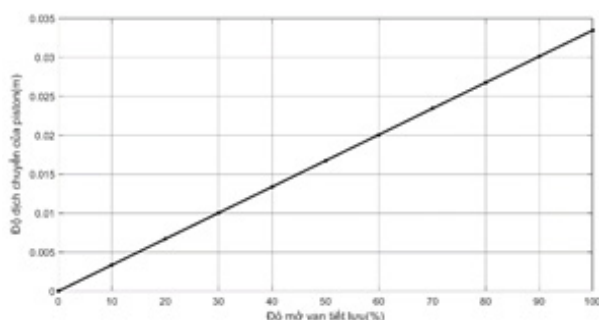
Bảng 5. Áp suất của khoang không cần khi đập khẩn cấp theo độ mở van tiết lưu

Độ mở van tiết lưu (%)	Áp suất lớn nhất (bar)
0	11.7
10	10.8
20	10
30	8.9
40	8.1
50	6.7
60	5.3
70	4.3
80	3.5
90	2.9
100	2.4



Áp suất khoang không cần ứng với giá trị độ mở van tiết lưu từ 50% đến 100% nằm trong dải áp suất hoạt động của van phân phối 2/2 là $1.5 \div 8$ (bar).

Độ dịch chuyển của cần xy lanh khi đập khẩn cấp ứng với từng độ mở van tiết lưu được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Độ dịch chuyển của cần xy lanh

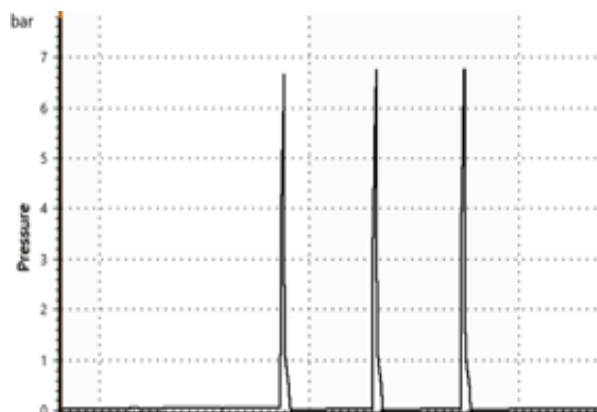
Ứng với từng giá trị độ mở của van tiết lưu từ 0% ÷ 100%, độ dịch chuyển của cần xy lanh tăng dần từ 0 ÷ 0.034 (m). Để đáp ứng yêu cầu của hệ thống là áp suất nằm trong dải áp suất hoạt động của van phân phối 2/2 và độ dịch chuyển của cần xy lanh là tối thiểu nhất. Căn cứ vào số liệu của Bảng 5 và Hình 6, lựa chọn khảo sát hệ thống ở giá trị độ mở của van tiết lưu là 50%.

Hình 7a, Hình 7b lần lượt là áp suất khoang không cần khi đập thường và khi đập khẩn cấp với độ mở tiết lưu là 50%.



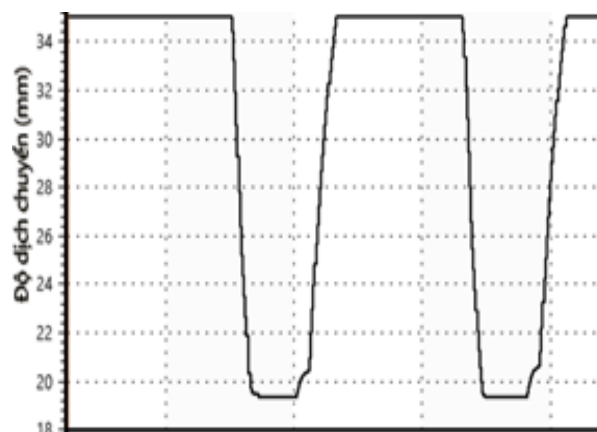
Hình 7a. Áp suất khoang không cần khi đập bình thường

Khi đập với lực đập bình thường, áp suất khoang không cần tăng từ từ đến áp suất ổn định. Khi không tác dụng lực đập, nhờ vào lực đàn hồi của lò xo ở xy lanh và bàn đập ga, sự thay đổi thể tích đồ tạo ra áp suất chân không.



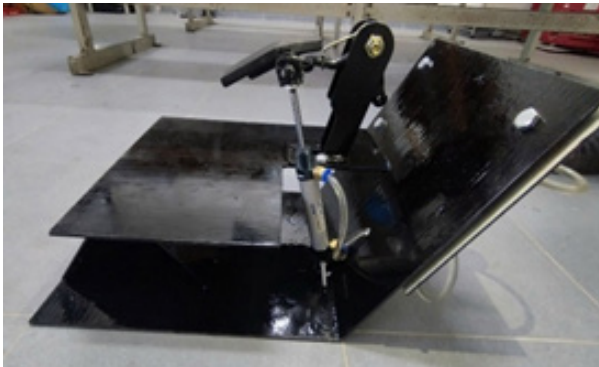
Hình 7b. Áp suất khoang không cần khi đập khẩn cấp

Khi tác dụng lực đập đột ngột, xung áp suất tăng vọt làm kích van phân phối 2/2. Lúc này cần xy lanh bị khóa cứng. Độ dịch chuyển của cần xy lanh được thể hiện ở Hình 8.

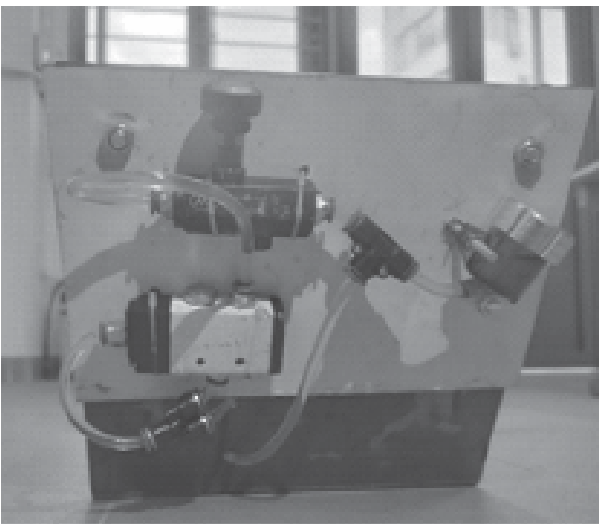


Hình 8. Độ dịch chuyển của cần xy lanh khi đập khẩn cấp

Sau khi tiến hành mô phỏng số, một mô hình thử nghiệm đã được chế tạo để đánh giá hiệu quả và tính khả thi của hệ thống. Hình 9a và Hình 9b dưới đây là hình ảnh mô hình thử nghiệm của hệ thống.



Hình 9a. Mặt bên mô hình thử nghiệm



Hình 9b. Mặt sau mô hình thử nghiệm

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống đã hoạt động đúng nguyên lý mong muốn và kết quả mô phỏng. Hệ thống hoạt động ổn định và tin cậy giúp cho người lái nhận thức được đã đạp nhầm và nhanh chóng chuyển sang bàn phanh.

5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Nghiên cứu đã phát triển thành công một hệ thống chống đạp nhầm chân ga-chân phanh. Cụm thiết bị với kết cấu đơn giản có thể lắp lên mọi loại xe. Giải pháp này sử dụng nguyên lý thuần cơ khí, đảm bảo sự đơn giản và tính bền bỉ trong quá trình sử dụng. Thiết kế

nhỏ gọn giúp giải pháp này dễ dàng được tích hợp vào các phương tiện hiện hành mà không làm thay đổi hành vi của người lái. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho những nghiên cứu và thử nghiệm sâu hơn hướng tới đưa giải pháp vào ứng dụng rộng rãi. ❖

Ngày nhận bài: 26/7/2024

Ngày phản biện: 16/9/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “Tai nạn do đạp nhầm chân ga, ai dễ dính nhất”, 14/2/2015. [Online]. Available: <https://laodong.vn/archived/tai-nan-do-dap-nham-chan-ga-ai-de-dinh-nhat-725785.ldo>.
- [2]. R. A. Schmidt and D. E. Young, “Cars gone wild: the major contributor to unintended”. Frontiers in Psychology, 2010.
- [3]. R. Nilsson, “Evaluation of a combined brake–accelerator pedal”. ScienceDirect, vol. 34, no. 2, pp. 175-183, 2002.
- [4]. N. Phương, “Nguyễn Long Uy Bảo cùng bạn sáng chế bộ chống nhầm chân ga”, 22/4/2018. [Online] Available: <https://vtcnews.vn/nguyen-long-uy-bao-cung-ban-sang-che-bo-chong-nham-chan-ga-ar395531.html>.
- [5]. Sy-Le Ho, Xuan-Giao Nguyen, Van-Hop Pham, Tien-Bang Nguyen, Van-Thuan Truong, “A study on anti-pedal error system in car based on hydraulic approach”. In AUN/SEED-Net Joint Regional Conference in Transportation, Energy and Mechanical Manufacturing Engineering – RCTEMME 2021, 2021.
- [6]. M. Green, “How long does it take to stop?”. Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times, Transportation Human Factors, pp. 195-216, 2000.

XU THẾ SỬ DỤNG XE Ô TÔ LẠI VÀ XE DÙNG PIN NHIÊN LIỆU

TREND OF USING HYBRID VEHICLES AND FUEL CELL VEHICLES

Lê Thượng Hiền, Tô Ngọc Thiện
Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Sử dụng xe ô tô lai (hybrid) và xe dùng pin nhiên liệu (Fuel Cell Vehicle - FCV) đang phát triển nhanh chóng nhờ nhu cầu giảm phát thải khí nhà kính và tìm kiếm các giải pháp thay thế bền vững cho động cơ đốt trong truyền thống.

Xe hybrid sẽ tiếp tục đóng vai trò là giải pháp trung gian, đặc biệt ở những thị trường chưa sẵn sàng chuyển hẳn sang xe điện hoặc FCV. Trong khi đó, xe dùng pin nhiên liệu có tiềm năng trở thành giải pháp dài hạn, đặc biệt là trong các ngành công nghiệp vận tải nặng và những quốc gia có hạ tầng điều chế và phát triển về lĩnh vực khí hydro.

Từ khóa: Xe lai; Pin nhiên liệu.

ABSTRACT

In this paper, the adoption of hybrid cars and Fuel Cell Vehicles (FCVs) is increasing swiftly, driven by the need to lower greenhouse gas emissions and find sustainable alternatives to conventional internal combustion engines. Hybrid vehicles will remain an intermediary solution, especially in markets that are not fully prepared to shift to electric vehicles or FCVs. On the other hand, fuel cell vehicles have the potential to serve as a long-term solution, particularly in heavy transportation sectors and in countries with established hydrogen infrastructure.

Keywords: Hybrid; Fuel cell.

1. MỞ ĐẦU

Xu thế nghiên cứu và sử dụng xe hybrid và xe dùng công nghệ tế bào nhiên liệu (Fuel Cell) đang trở thành trọng tâm trong ngành công nghiệp ô tô nhằm hướng tới mục tiêu giảm phát thải và tăng cường tính bền vững [1].

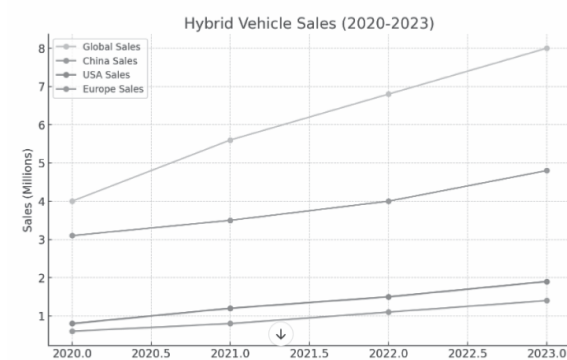
Sự tăng trưởng nhanh chóng của thị trường xe điện (EV), với hơn 10 triệu xe trên đường vào cuối năm 2020. Mặc dù đại dịch,

doanh số EV toàn cầu vẫn tăng 41%. Các chính sách hỗ trợ, chi phí pin giảm và ngày càng có nhiều mẫu xe mới là yếu tố thúc đẩy xu hướng này. Dự báo đến năm 2030, số lượng EV có thể đạt 145 triệu, và lên tới 230 triệu nếu có hành động mạnh mẽ hơn về khí hậu.

Dự báo doanh số xe điện sẽ tăng mạnh nhờ chi phí pin giảm, các quy định về khí thải nghiêm ngặt hơn và nhu cầu tiêu dùng tăng cao. Báo cáo cũng nghiên cứu hạ tầng sạc, tái chế

pin và tác động của xe điện đối với hệ thống năng lượng toàn cầu. Xe điện được dự báo sẽ chiếm lĩnh doanh số xe mới vào giữa thế kỷ, đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phát thải [2].

Doanh số bán xe và dự báo được thể hiện trên hình 1. Biểu đồ thể hiện doanh số bán xe hybrid từ năm 2020 đến 2023 trên toàn cầu, cũng như tại các thị trường lớn như Trung Quốc, Hoa Kỳ, và châu Âu. Biểu đồ cho thấy sự tăng trưởng ổn định trong doanh số bán xe hybrid ở tất cả các khu vực này.



Hình 1. Doanh số tiêu thụ xe hybrid [2]

Doanh số xe ô tô dùng pin nhiên liệu (fuel cell vehicles - FCV) đã có sự tăng trưởng nhưng vẫn thấp hơn so với xe điện thuần. Trong quý 2 năm 2023 tại Hoa Kỳ, đã có 1.076 xe pin nhiên liệu được bán, tăng 34% so với cùng kỳ năm trước. Toyota Mirai chiếm phần lớn doanh số, đặc biệt ở California - thị trường chủ đạo cho loại xe này [3].

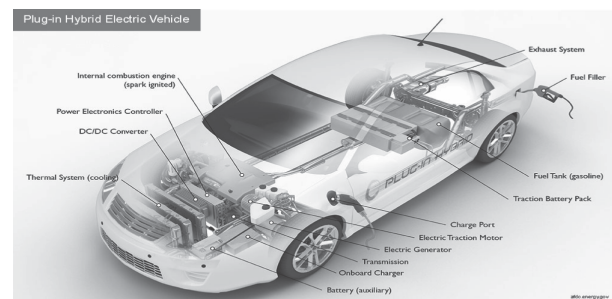
Cả hai loại xe đều đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi sang một ngành công nghiệp ô tô bền vững và thân thiện với môi trường.

2. XU THẾ XE Ô TÔ LAI (HYBRID) VÀ Ô TÔ DÙNG PIN NHIÊN LIỆU (FUEL CELL)

2.1. Ô tô lai (Hybrid)

Xe hybrid sử dụng kết hợp động cơ đốt trong và động cơ điện nhằm giảm thiểu tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải. Xu hướng này đã phát triển mạnh trong hai thập kỷ qua, với các công nghệ được cải tiến liên tục nhằm tăng hiệu suất và giảm giá thành:

Nghiên cứu công nghệ hybrid plug-in (PHEV): Kết hợp động cơ điện có khả năng sạc từ nguồn ngoài, giúp mở rộng phạm vi chạy điện trước khi sử dụng động cơ.



Hình 2. Kết cấu chung xe PHEV [2]

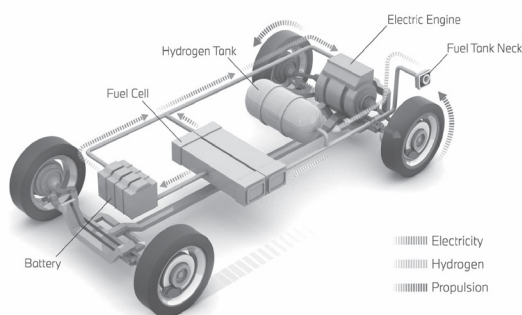
Tối ưu hóa hiệu suất động cơ và pin: Nghiên cứu về pin hiệu suất cao và khả năng tái tạo năng lượng từ phanh đang được triển khai mạnh mẽ. Công nghệ pin lithium-ion tiên tiến hơn và các hệ thống quản lý năng lượng thông minh đã giúp xe hybrid trở nên hiệu quả hơn.

Chiến lược bắc cầu giữa xe động cơ đốt trong và xe điện hoàn toàn: Xe hybrid được coi là giải pháp trung gian hợp lý trước khi chuyển hẳn sang xe điện (EV). Với khả năng giảm tiêu thụ nhiên liệu nhưng không phụ thuộc hoàn toàn vào hạ tầng sạc điện, xe hybrid phù hợp cho các khu vực chưa có hạ tầng EV phát triển.

2.2. Ô tô dùng Pin nhiên liệu (Fuel cell)

Xe FCEV (viết tắt của Fuel Cell Electric )

Vehicle) là xe điện sử dụng tế bào nhiên liệu (fuel cell) hay còn gọi “pin nhiên liệu” để cung cấp năng lượng cho động cơ điện trên xe. Các khối pin nhiên liệu biến đổi năng lượng hóa học của nhiên liệu - chủ yếu là hydro - thành năng lượng điện, vì vậy xe FCEV còn được gọi là ô tô sử dụng nhiên liệu hydro hoặc xe điện hydro (hydrogen car). Không giống như pin (battery) hoặc ắc quy, pin nhiên liệu không bị mất điện và cũng không có khả năng tích điện. Pin nhiên liệu hoạt động liên tục khi nhiên liệu hydro ở dạng nén phản ứng với oxy được đưa từ ngoài vào. Hầu hết các xe sử dụng nguyên hydro là phương tiện không phát thải, chỉ thải ra nước và nhiệt.



Hình 3. Kết cấu chung xe FCEV [3]

Xét về nguyên lý hoạt động, một chiếc xe FCEV thực chất là một loại xe hybrid, là sự kết hợp giữa điện năng sinh ra từ phản ứng nhiệt hydro + oxy để chạy động cơ điện và khi xe chạy thì động cơ điện đồng thời cũng trở thành một máy phát để sạc điện cho ắc-quy của xe, gần tương tự như xe plug-in hybrid.

Xu hướng nghiên cứu và sử dụng xe FCV có những điểm đáng chú ý như:

Tăng cường sản xuất và sử dụng hydrogen xanh: Nghiên cứu tập trung vào cách sản xuất hydrogen từ các nguồn tái tạo thay vì từ khí thiên nhiên nhằm giảm phát thải trong

quá trình sản xuất hydrogen. Điều này giúp làm cho xe trở nên “xanh” thực sự.

Nâng cao hiệu suất tế bào nhiên liệu:

Nhiều công ty đang tập trung vào cải thiện công nghệ tế bào nhiên liệu, tăng cường hiệu suất chuyển đổi năng lượng và giảm chi phí sản xuất. Toyota Mirai và Hyundai Nexo là hai trong số những mẫu xe FCV đang dẫn đầu thị trường.

Phát triển hạ tầng trạm nhiên liệu hydrogen:

Sự phát triển của xe FCV đòi hỏi phải xây dựng hạ tầng trạm nhiên liệu hydrogen. Các quốc gia như Nhật Bản, Hàn Quốc, và Đức đã đầu tư mạnh mẽ vào việc xây dựng mạng lưới trạm hydrogen để hỗ trợ sự phát triển của xe FCV.

Tiềm năng cho các phương tiện hạng nặng:

Xe FCV đang được nghiên cứu mạnh mẽ trong lĩnh vực vận tải hạng nặng như xe tải, xe buýt và tàu thủy, vì chúng có lợi thế về khả năng hoạt động trên quãng đường dài với thời gian tiếp nhiên liệu ngắn hơn so với xe điện.

2.3. So sánh giữa xe hybrid và xe Fuel Cell

Phát thải:

Xe hybrid vẫn phát thải CO₂ do sử dụng một phần động cơ đốt trong, trong khi xe FCV không phát thải khí CO₂, chỉ thải ra nước.

Phạm vi hoạt động:

Xe FCV có lợi thế trong việc di chuyển trên quãng đường dài hơn, trong khi xe hybrid phụ thuộc vào khả năng sạc pin để duy trì hiệu suất.

Hạ tầng hỗ trợ: Xe hybrid hiện có ưu thế vì không yêu cầu hạ tầng đặc biệt như trạm sạc điện hay trạm hydrogen, trong khi xe FCV phụ thuộc vào hạ tầng nhiên liệu hydrogen vẫn đang được phát triển.

Cả hai công nghệ đều đang phát triển song song và có thể tồn tại cùng nhau trong thời gian tới. Xe hybrid đóng vai trò như một giải pháp trung gian cho những khu vực chưa phát triển đầy đủ hạ tầng cho xe điện, trong khi xe FCV có tiềm năng trở thành lựa chọn dài hạn, đặc biệt là trong các lĩnh vực vận tải nặng và các quốc gia đầu tư mạnh vào hạ tầng hydrogen.

3. KẾT LUẬN

Xe hybrid sẽ tiếp tục phát triển và chiếm một phần quan trọng trong thị trường ô tô toàn cầu nhờ khả năng tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải mà không yêu cầu hạ tầng phức tạp. Xe dùng pin nhiên liệu có tiềm năng lớn trong tương lai xa hơn, với triển vọng sử dụng hydrogen làm nguồn năng lượng sạch thay thế cho động cơ xăng truyền thống.

Cả xe hybrid và xe fuel cell đều có tiềm năng lớn trong việc giảm thiểu tác động

đến môi trường và đáp ứng nhu cầu di chuyển bền vững. Tương lai có thể chứng kiến sự kết hợp và đồng hành giữa hai công nghệ này, phụ thuộc vào sự phát triển của hạ tầng, chính sách và thói quen tiêu dùng. ❖

Ngày nhận bài: **07/9/2024**

Ngày phản biện: **15/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>
- [2]. International Council on Clean Transportation (ICCT) (2020), “*Hybrid Electric Vehicle Technology Assessment: A summary of technical reports on the performance, costs, and benefits of HEVs*”.
- [3]. <https://www.hydrogenfuelnews.com/hydrogen-fuel-car-sales-2023/8560033/>
- [4]. United States Department of Energy (DOE) (2022), “*Fuel Cell Technologies Office Multi-Year Research, Development, and Demonstration Plan*”.

CẤU TRÚC XOẮN CHO CƠ CẤU CHUYỂN ĐỘNG MICRO DỰA TRÊN CƠ CẤU TUẦN THỦ

A TWIST STRUCTURE FOR MICRO-ACTUATOR BASED ON FLEXURE MECHANISMS

Trần Quang Phước

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Các cơ cấu chấp hành dịch chuyển micro được tạo ra bằng cách sử dụng tính chất uốn cong của các thành phần để đạt được chuyển động mong muốn. Lợi ích của cơ cấu linh hoạt bao gồm chuyển động chính xác và độ chính xác cao, cấu trúc nhẹ, không ma sát và nhỏ gọn. Nghiên cứu này sử dụng đường cong nội suy spline để cấu hình hình học khớp nối linh hoạt của cấu trúc xoắn, chuyển đổi chuyển động quay thành chuyển động tuyến tính. Mô hình được đề xuất đã được đánh giá và mô phỏng bằng cách sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn. Hơn nữa, phương pháp tiếp cận tối ưu hóa thuật toán lai Taguchi-Grey đã được kết hợp để thu được đầu ra dịch chuyển lớn và phản lực lớn. Ma trận trực giao của Taguchi được sử dụng để thiết kế ma trận thí nghiệm. Phân tích quan hệ xám được phát triển để xác định giá trị phù hợp cho đầu ra dịch chuyển và phản lực. Phương pháp entropy được sử dụng để tính trọng số tương đối của mỗi mục tiêu phản ứng và cải thiện độ chính xác đánh giá. Hơn nữa, phương pháp phân tích hồi quy được sử dụng để thiết lập quan hệ ràng buộc phi tuyến tính của mỗi biến đầu vào với bậc quan hệ xám. Kết quả cho thấy bậc quan hệ xám cao hơn với các mức kết hợp mới. Mô phỏng xác thực và thí nghiệm đã được thực hiện để đánh giá tác động của phương pháp.

Từ khóa: Cơ cấu tuần thủ; Bộ dịch chỉnh micro; Cơ cấu mềm.

ABSTRACT

Compliant micro-positioning actuators are created by utilizing the bending properties of compliant members to achieve desired motions. The advantages of flexure mechanisms include precise motion and high accuracy, lightweight structure, frictionless operation, and compact size. This research utilizes spline interpolation curves to configure the compliant joint geometry of a helical structure, converting rotational motion into linear motion. The proposed design is evaluated and simulated using the finite element method. Moreover, a Taguchi-Grey relational analysis-based optimization approach is incorporated to obtain large displacement output and high reaction force. The Taguchi orthogonal array is used to design the experimental matrix. Grey relational analysis is carried out to determine the suitable values for displacement output and reaction force. The entropy method is employed to calculate the relative weight of each response objective and improve the accuracy of evaluation. Furthermore, regression analysis is utilized to establish the nonlinear relationship of each input variable with the grey relational grade. The results reveal a higher grey relational grade with the new levels of combination. Validation simulations and experiments are conducted to evaluate the effectiveness of the proposed method.

Keywords: Compliant mechanism; Micro-positioning stage; Flexure mechanism.

1. GIỚI THIỆU

Cơ cấu linh hoạt được chế tạo bằng cách sử dụng tính chất uốn cong của vật liệu để tạo ra các chuyển động mong muốn [1]. Để tạo ra chuyển động với nhiều bậc tự do, các cấu trúc đồng phẳng với hai bậc tự do đã được phát triển, thể hiện độ phân giải vài nanomet [2] và hành trình đáng kể [3]. Lý thuyết về bộ khuếch đại đa cấp đã được đề xuất với khớp nối chữ Z, đạt được tỷ lệ khuếch đại gấp 13 lần [4]. Để kiểm soát tốt hơn chất lượng, năng suất và chi phí của quy trình, tối ưu hóa là một cách tiếp cận mạnh mẽ để nâng cao chất lượng sản phẩm với chi phí thấp hơn một cách thỏa đáng. Phân tích quan hệ xám [5] là một trong những phương pháp hiệu quả và hữu ích nhất để giải quyết các bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu.

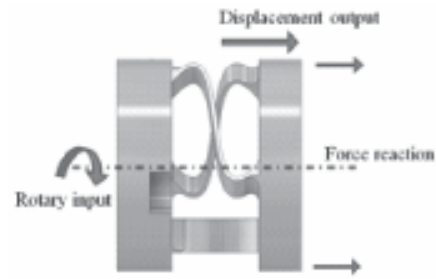
Nghiên cứu đã giới thiệu một khái niệm mới về việc sử dụng các đường cong nội suy spline để thiết kế hình dạng khớp nối linh hoạt của cấu trúc xoắn ốc hình trụ có thể trực tiếp chuyển đổi chuyển động quay thành chuyển động tuyến tính. Mô hình được đề xuất đã được phân tích và mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) và chúng tôi đã sử dụng phương pháp tiếp cận tối ưu hóa lai kết hợp thuật toán Taguchi, xám (TGrey) để đạt được công suất đầu ra dịch chuyển và phản lực tối đa.

2. CƠ CẤU CHẤP HÀNH TUYẾN TÍNH

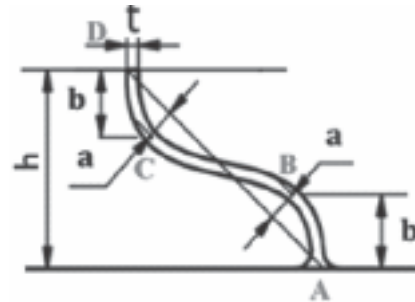
Trong nghiên cứu này, một cơ cấu chấp hành tuyến tính tuân thủ mới đã được phát triển để biến đổi trực tiếp chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến tuyến tính.

Một đường cong nội suy spline, như được hiển thị trong Hình 1b, đã được sử dụng để thiết kế hình dạng của cấu trúc xoắn.

cứu cũng phân tích ảnh hưởng của các thông số hình học của cấu trúc, bao gồm độ dày của đường cong nội suy spline (t), chiều cao của đường cong nội suy spline (h) và vị trí của hai điểm của đường cong nội suy spline (B , C), chẳng hạn như khoảng cách (a) và khoảng cách (b), trên phản lực và dịch chuyển đầu ra.



a) Mô hình và nguyên lý làm việc



b) Thanh xoắn

Hình 1. Cấu trúc cơ cấu

3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

*Phương pháp Taguchi: Là một công cụ mạnh mẽ trong việc thiết kế tham số, đảm bảo cấu trúc thiết kế hợp lý và hiệu quả, tiết kiệm thời gian và chi phí, đồng thời giải quyết vấn đề với số lần thử nghiệm tối thiểu. Tùy thuộc vào mục tiêu của phản hồi hiệu suất, nó được hiển thị như:

Càng thấp càng tốt được chọn khi yêu cầu của đầu ra phản hồi càng thấp càng tốt.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m g_i^2 \right) \quad (1)$$

Càng cao càng tốt được chọn khi yêu cầu của đầu ra phản hồi càng cao càng tốt.

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_i^2}\right) \quad (2)$$

Danh nghĩa là tốt nhất được chọn khi yêu cầu của hệ thống cần giảm biến.

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (g_i - g_0)^2\right) \quad (3)$$

Trong đó, g_i là phản ứng chất lượng, i là số thí nghiệm, m là số thí nghiệm và g_0 là giá trị mục tiêu của phản hồi.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã quan sát thấy rằng tỷ lệ S/N càng cao thì phản hồi chất lượng càng tốt. Mục tiêu của tham số thiết kế là càng cao càng tốt vì độ dịch chuyển lớn và phản lực cao sẽ tăng khả năng của cơ cấu chấp hành tuyến tính tuân thủ. Ứng suất của kết cấu cũng là một yếu tố quan trọng; càng thấp càng tốt là mục tiêu mong muốn của yếu tố ứng suất. Tuy nhiên, để đạt được phạm vi tốt hơn về giá trị dịch chuyển và phản lực, cần giảm thiểu các điều kiện biên đồng thời đảm bảo rằng giá trị ứng suất vẫn nằm trong giới hạn cho phép, điều này có nghĩa là nhỏ hơn ứng suất giới hạn của vật liệu. Ngoài ra, dựa trên phân tích phương sai (ANOVA), tác động của mỗi tham số đến phản hồi đầu ra đã được so sánh và đánh giá. Sau đó, phân tích quan hệ xám được sử dụng để tái tạo các phản hồi từ đầu ra dịch chuyển và phản lực thành một mục tiêu duy nhất bằng cách sử dụng quan hệ xám.

*Phân tích quan hệ xám (GRA): Nghiên cứu hiện tại tập trung vào việc tối ưu hóa các tham số thiết kế hình học của SIC để tối đa hóa hiệu suất phản hồi, bao gồm đầu ra dịch chuyển và phản lực. Các tham số thiết kế được phân tích là độ dày (t), chiều cao (h), khoảng cách (a) và khoảng cách (b). Các bước sau đây đã được thực hiện để đạt được mục tiêu này [5]:

Bước 1: Bước đầu tiên của phương pháp liên quan đến xử lý dữ liệu trước, trong đó các giá trị đầu ra dịch chuyển và phản lực được chuẩn hóa. Nghiên cứu nhằm mục đích tối đa hóa hiệu suất của các giá trị này, với mục tiêu “càng cao càng tốt”.

$$x_i^*(g) = \frac{x_i^0(g) - \min x_i^0(g)}{\max x_i^0(g) - \min x_i^0(g)} \quad (4)$$

Bước 2: Việc tính toán hệ số quan hệ xám (GRC) liên quan đến việc chuẩn hóa dữ liệu đầu ra dịch chuyển và phản lực, được thực hiện trong bước xử lý trước dữ liệu. Trong nghiên cứu này, mục tiêu là đạt được giá trị cao hơn cho cả đầu ra dịch chuyển và phản lực.

$$\zeta(k) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(g) + \xi \Delta_{\max}} \quad (5)$$

Bước 3: Bậc quan hệ xám (GRG) thu được bằng cách lấy trung bình cộng các GRC tương ứng với hai đặc trưng.

$$y_i = \frac{1}{n} \sum_{g=1}^n w_g \zeta_i(g) \quad (6)$$

Trong đó, w_g thể hiện tầm quan trọng tương đối của hệ số g trong kịch bản thực tế. Nó được sử dụng để gán trọng số cho các yếu tố khác nhau dựa trên mức độ quan trọng của chúng.

Tiếp theo, ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến phản hồi đầu ra đã được đánh giá và so sánh bằng ANOVA. Phân tích này cung cấp thông tin về tỷ lệ phần trăm đóng góp của mỗi yếu tố, cũng như thống kê tương ứng (F) và xác suất (P). Để cải thiện độ chính xác và độ tin cậy của kết quả, phân tích trọng số của đầu ra phản hồi đã được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp entropy. Không giống như nhiều

ngiên cứu trước đây, phương pháp này được sử dụng để xác định trọng số của các phản hồi đầu ra.

Bước 4: Trọng số entropy.

Phương pháp entropy là một phương pháp dựa trên lý thuyết xác suất được sử dụng để giải quyết các vấn đề mơ hồ. Nó được biết đến với độ chính xác và độ tin cậy trong việc xác định trọng số cho các phản hồi đầu ra [5]. Giá trị entropy (E_g) được tính bằng công thức sau:

$$E_g = - \frac{\sum_{w=1}^h p_{wg} \ln(p_{wg})}{\ln(h)}, \quad (7)$$

$$w \in \{1, 2, \dots, h\}, g \in \{1, 2, \dots, k\}$$

Mức độ lệch (d_g) của dữ liệu gốc được cho bởi tương quan với xếp hạng gán trên điểm tham chiếu pug có thể được biểu thị là:

$$d_g = 1 - E_g, g \in \{1, 2, \dots, k\} \quad (8)$$

Giá trị của d_g biểu thị cường độ tương phản ban đầu của p_{wg} và trọng số entropy có thể được tính như sau:

$$w_g = \frac{d_g}{\sum_{g=1}^n d_g}, g \in \{1, 2, \dots, k\} \quad (9)$$

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

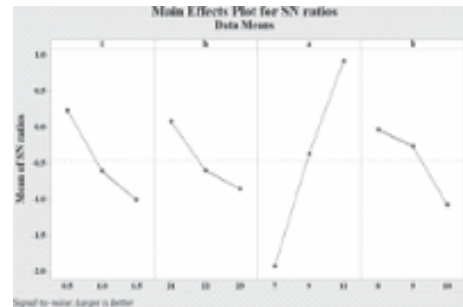
Nghiên cứu sử dụng mảng trực giao L27 để thiết kế ma trận thí nghiệm, bao gồm bốn yếu tố và mỗi yếu tố có ba mức, dựa trên các thông số được liệt kê trong Bảng 1.

Đầu ra dịch chuyển và phản lực được phân tích bằng Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) trong phần mềm ANSYS với đầu vào quay 1 độ.

Trong hình 2, tỷ lệ SN cao nhất của mỗi yếu tố cho đầu ra dịch chuyển được quan sát ở t0.5h21a11b8, và độ lệch cao nhất là 2.846.

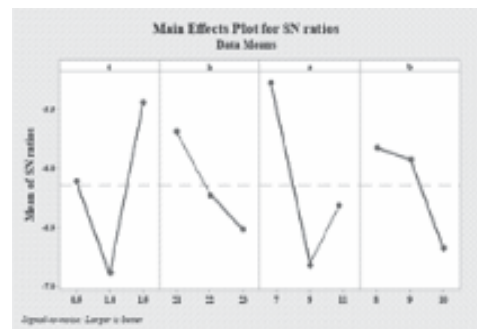
Bảng 1. Các mức giá trị biến đầu vào

Yếu tố	Đơn vị	Mức độ		
		1	2	3
Độ dày (t)	mm	0.5	1	1.5
Chiều cao (h)	mm	21	22	23
Khoảng cách (a)	mm	7	9	11
Khoảng cách (b)	mm	8	9	10



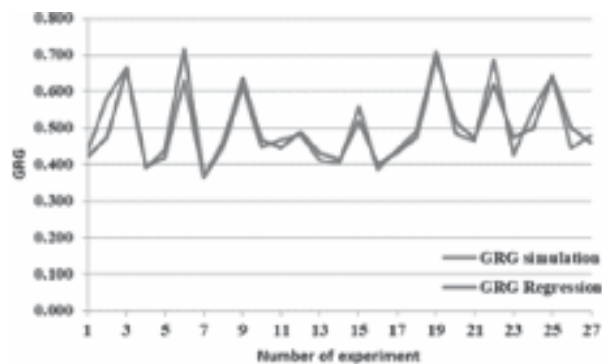
Hình 2. Biểu đồ ảnh hưởng chính của tỷ số SN đối với đầu ra dịch chuyển

Kết quả của GRC và GRG bằng cách sử dụng (4) và (8), giá trị trọng số được tính bằng (12). Kết quả mô phỏng cho trường hợp thứ 19 cho thấy giá trị GRG cao nhất, cho thấy thứ hạng vượt trội của nó. Mức kết hợp tối ưu của mỗi yếu tố được xác định là t1.5h21a7b8 từ hình 3, với độ lệch cao nhất là 1.548.



Hình 3. Biểu đồ ảnh hưởng chính của tỷ số SN đối với GRG

Từ kết quả phân tích ANOVA, hình 4 minh họa mối tương quan giữa kết quả mô phỏng và phương trình hàm hồi quy của GRG.



Hình 4. Mô phỏng và phương trình hồi quy của GRG

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, bằng cách sử dụng đường cong nội suy spline để thiết kế bản lề uốn của cấu trúc xoắn ốc, chuyển động quay được chuyển đổi trực tiếp thành chuyển động tuyến tính, mang lại hiệu quả tích cực.

Kết quả cho thấy, phương pháp cơ cấu uốn dịch chuyển và quay không gian, kết hợp với phương pháp tối ưu hóa lai có thể nâng cao đáng kể quy trình thiết kế cho bộ vi thao tác và các ứng dụng khác. ❖

Ngày nhận bài: **15/9/2024**

Ngày phản biện: **24/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. L. L. Howell, “Compliant mechanisms”. In 21st century kinematics, ed: Springer, 2013, pp. 189-216.
- [2]. Y. Li and Q. Xu, “Optimal design of a novel 2-DOF compliant parallel micromanipulator for nanomanipulation”. In IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, 2005., 2005, pp. 118-123.
- [3]. K. Folkersma, S. Boer, D. Brouwer, J. Herder, and H. Soemers, “A 2-DOF large stroke flexure based positioning mechanism”. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, 2012, pp. 221-228.
- [4]. W. L. Zhu, Z. Zhu, Y. Shi, X. Chen, Y. He, K. F. Ehmann, et al., “A novel piezoelectrically actuated 2-DoF compliant micro/nano-positioning stage with multi-level amplification”. Rev Sci Instrum, vol. 87, p. 105006, Oct 2016.
- [5]. D. Julong, “Introduction to grey system theory”. The Journal of Grey System, vol. 1, pp. 1-24, 1989.

STUDY AND DESIGN THE INJECTION MOLD FOR SYNTHETIC BADMINTON FEATHER RIBS

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ KHUÔN ÉP PHUN CHO SẢN PHẨM SÓNG LÔNG NHÂN TẠO

Tran Quang Phuoc^{1,2}

¹Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology

²Vietnam National University Ho Chi Minh City

ABSTRACT

Nowadays, with the rapid advancement of industrialization, the livestock sector has become increasingly reliant on scientific and technological innovations in engineering practices. In the case of ducks, a reduced growth period may indeed impede feather development, which presents significant challenges for their utilization in technically demanding sectors. Notably, the manufacturing of badminton shuttlecocks, which traditionally relies on high-quality duck feathers, faces a potential material constraint issue. To address this pressing concern, this proposal advocates for the artificialization of the shuttlecock's feathers. This innovative solution aims to circumvent the material constraints posed by the changing livestock industry, while still ensuring the production of high-quality shuttlecocks. The study employed advanced simulation techniques, utilizing Moldflow software integrated with the finite element method and boundary element method, to identify potential defects and optimize the design. Following the simulations, process parameters were meticulously determined for the design and fabrication of the injection mold. The result was an efficient and effective method for producing artificial feather shuttlecocks, which maintains the quality standards of traditional models. This article presents a comprehensive analysis of the plastic injection-molded shuttlecock feather ribs product. It provides a detailed description of the engineering process, the challenges faced, the solutions developed, and the results of the rigorous testing process.

Keywords: Micro Molding; Synthetic Badminton Shuttlecocks; Injection Molding.

TÓM TẮT

Ngày nay, với sự phát triển nhanh chóng của công nghiệp hóa, ngành chăn nuôi ngày càng phụ thuộc vào những đổi mới khoa học và công nghệ trong thực tiễn kỹ thuật. Đối với vịt, thời gian sinh trưởng giảm có thể cản trở sự phát triển lông, điều này đặt ra những thách thức đáng kể cho việc sử dụng chúng trong các lĩnh vực đòi hỏi kỹ thuật cao. Đáng chú ý, việc sản xuất cầu lông, vốn dựa vào lông vịt chất lượng cao, đang phải đối mặt với vấn đề hạn chế về nguyên liệu tiềm ẩn.

Để giải quyết vấn đề cấp bách này, đề xuất này ủng hộ việc nhân tạo hóa lông cầu. Giải pháp sáng tạo này nhằm mục đích khắc phục những hạn chế về nguyên liệu do ngành chăn nuôi thay đổi, đồng thời vẫn đảm bảo sản xuất cầu lông chất lượng cao. Nghiên cứu đã sử dụng các kỹ

thuật mô phỏng tiên tiến, sử dụng phần mềm Moldflow tích hợp với phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp phần tử biên, để xác định các khuyết tật tiềm ẩn và tối ưu hóa thiết kế. Sau khi mô phỏng, các thông số quy trình được xác định tỉ mỉ cho việc thiết kế và chế tạo khuôn ép phun. Kết quả là một phương pháp hiệu quả và hiệu quả để sản xuất cầu lông nhân tạo, duy trì tiêu chuẩn chất lượng của các mô hình truyền thống.

Bài viết trình bày phân tích toàn diện về sản phẩm gân lông cầu được ép phun nhựa. Nó cung cấp mô tả chi tiết về quy trình kỹ thuật, những thách thức phải đối mặt, các giải pháp được phát triển và kết quả của quy trình thử nghiệm nghiêm ngặt.

Từ khóa: Ép phun vi mô; Cầu lông tổng hợp; Ép phun.

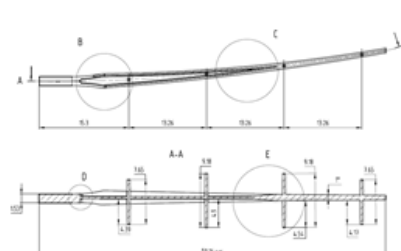
1. INTRODUCTION

Plastic injection molding process is a popular and fast-growing manufacturing method that produces a wide range of products with complex shapes at low cost [1, 2]. The process involves injecting molten plastic into a mold, where it cools and solidifies in three phases: filling, packing, and cooling. The popularity of this process is evident from the numerous products produced using this method [3], which offers advantages such as high production rates, repeatability, and the ability to produce complex shapes with tight tolerances using a variety of plastic materials.

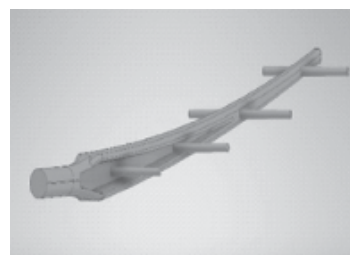
The passage emphasizes the increasing importance of semi-artificializing shuttlecocks for environmental protection. Synthetic shuttlecocks offer better durability than feathered ones, albeit with more complex aerodynamics, resulting in slower movement but better speed retention [4]. Feathered shuttlecocks are made using feathers from the left wings of ducks or geese [5], which raises sustainability concerns. The shift towards semi-artificial shuttlecocks represents a positive step in addressing environmental issues while maintaining the game's essential characteristics. Previously, the production of shuttlecocks

required a large amount of duck feathers and rubber, resulting in unnecessary waste and environmental pollution. Improvements in the artificialization of shuttlecock production have significantly reduced this waste. Manufacturers now use friendly materials to produce shuttlecocks, increasing product sustainability and protecting the environment. Furthermore, this provides athletes with a better playing experience.

2. 3D MODEL FOR FEATHER RIBS OF SHUTTLECOCK



a) 2D drawing



b) 3D model

Fig. 1. Detail drawing of the product

The detailed drawing of the product is shown in Fig.1, and the feather ribs must meet the requirements for strength, weight, and flexibility. Therefore, a technical plastic material with low shrinkage coefficient was chosen. Among the available materials, Polyamide 6 with shrinkage coefficient of 1.0 is a suitable material for making the shuttlecock body. The product specifications are indicated on the drawing.

3. METHODOLOGY

Simulation of processes:

In this study, the finite element method and boundary element method embedded in Moldflow were used to identify potential defects. Then, the process parameters are established to design and manufacture the injection molding. Based on the aforementioned properties, PA resins, specifically PA6, are suitable for the product's operational requirements.

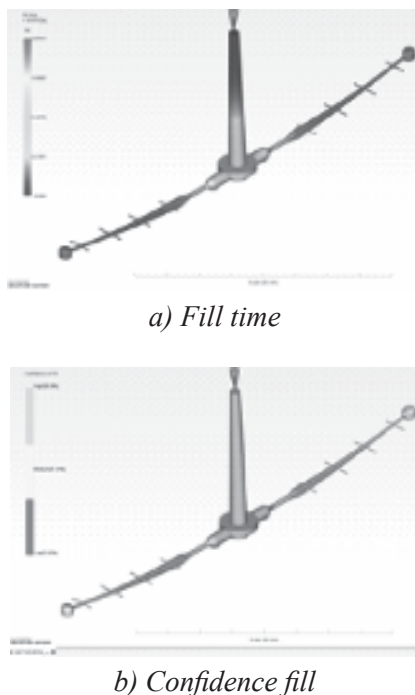


Fig. 2. Fill time and confidence of fill

The filling ability is 100% and there are no defects. Time fill time is approximately 0.87s. The simulation result is shown in Fig. 2.

Fig. 3 illustrated the average temperature and pressure during injection process. The average temperature of the molding process is 298°C. The injection pressure is approximate 159 Mpa.

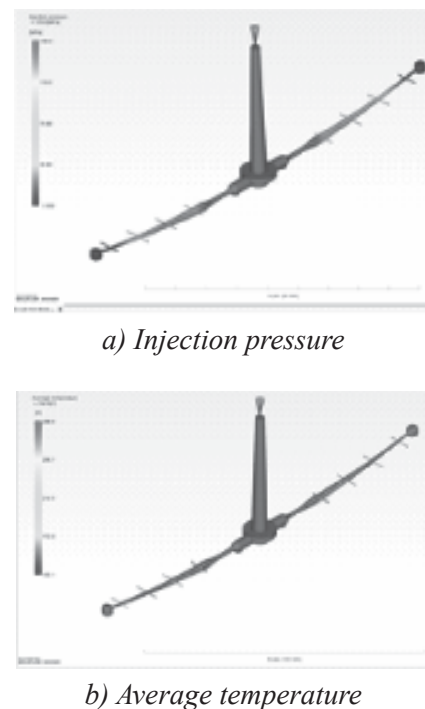
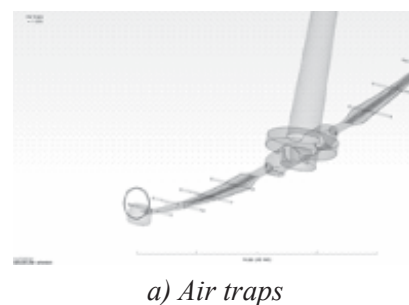
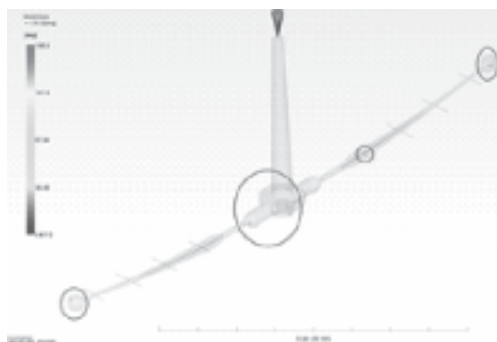


Fig. 3. Injection pressure and average temperature

The locations of the weld line and air traps were determined in Fig.4. It is the basis parameter for mold design and prediction of possible damage during injection molding.





b) Weld line

Fig. 4. Air traps and weld lines

Design of the sliding system:

In this case, core was pulling with angled ejection, and undercut release, a cylindrical cam can be designed to control these actions synchronously.

Calculations for the slider cylindrical cam, where:

Length of the cam's angled section (L_a), length of the cam's straight section. (L_s), sliding movement distance (M), cam's tilt angle (α), gap between the cam and the sliding plate (C), cam's dwell distance (D), blocking distance for movement (d), length of the straight edge of the hole (e).

$$M = L_a \times \tan \alpha - C \quad (1)$$

$$D = (L_s - e) + \frac{C}{\tan \alpha} \quad (2)$$

From equations (1) and (2), it follows that:

$$L_a = \frac{M + C}{\tan \alpha} \quad (3)$$

$$L_s = \frac{D \times \tan \alpha - C}{\tan \alpha} + e \quad (4)$$

Heat Exchanger:

- Mold dimensions: $230 \times 200 \times 163$ mm;
- Mold material: SKD 61 Steel;
- Ambient temperature: 30°C ;
- Mold temperature: 100°C ;
- Time required to reach temperature:

20 minutes.

To calculate the heating power needed for the mold, consider the entire block with the surface areas mentioned. The heat required for the mold includes the heat needed to raise the mold temperature and the heat loss due to thermal exchange with the surrounding environment.

Heat required to raise the mold temperature from 30°C to 100°C :

$$Q_{gn} = G \times c_p \times \Delta t \quad (5)$$

With: $G = 58.48$ kg; $c_p = 0.45$ kJ/Kg $^\circ\text{C}$; $\Delta t = 100 - 30 = 70^\circ\text{C}$.

Thus:

$$Q_{gn} = 58.48 \times 0.45 \times 70 = 1842.12 \text{ kJ}$$

The molding machine operates in a stable temperature environment. The mold temperature is transferred to the outside environment naturally. Therefore, we calculate heat loss to the environment as natural convection.

The heat loss is the total heat transferred through the environment at the 6 faces of the mold.

Heat loss calculation:

$$Q = a \times S \times \Delta t \quad (6)$$

Grashof number (Gr):

$$Gr = \frac{g \times \beta \times t \times L^3}{\nu} \quad (7)$$

Refer to the physical property tables for dry air: $\nu = 16.69 \times 10^{-6}$

With $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

$$\beta = \frac{1}{t + 273}$$

$$\Delta t = 100 - 30 = 70^\circ\text{C}$$

Horizontal surface: $L = 200$ (select smaller dimension):

$$Gr_n = \frac{9.81 \times \frac{1}{338} \times 70 \times 0.2^3}{16.69 \times 10^{-6}} = 973.832$$

Vertical surface: $L = 163$ (select taller dimension):

$$Gr_d = \frac{9.81 \times \frac{1}{338} \times 70 \times 0.163^3}{16.69 \times 10^{-6}} = 527.177$$

Rayleigh number (Ra):

$$Ra = Gr \times Pr \quad (8)$$

Refer to the tables for dry air: $Pr = 0.699$
Thus,

$$Ra_n = 973.832 \times 0.699 = 680.708$$

$$Ra_d = 527.177 \times 0.699 = 368.497$$

Heat transfer coefficient:

$$\alpha = \frac{Nu \times \lambda}{L} \quad (9)$$

Refer to the tables for dry air:

$$\lambda = 2.76 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}} \text{ degree}$$

And the coefficient:

$$Nu = C \times Ra^n \quad (10)$$

Heat Dissipation from the Surfaces:

$$Q_1 = a_{nt} \times S \times \Delta t = 0.8630$$

$$Q_2 = a_{nd} \times S \times \Delta t = 1.5875$$

$$Q_3 = a_d \times S \times \Delta t = 1.2368$$

$$Q_4 = a_d \times S \times \Delta t = 1.4224$$

Total heat loss:

$$Q_{tt} = \sum Q = 0.8630 + 1.5875 + 1.2368 + 1.4224 = 5.1097 \text{ kJ}$$

Total heat required:

$$Q = Q_{gn} + Q_{tt} = 1847.23 \text{ kJ}$$

Select the Heating Time for the Mold:
20 minutes.

Required Heating Power:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{1847.23}{1200} = 1.539 \text{ kW} \quad (11)$$

We select a heating element with a power of 1.6 kW.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The completed 2D drawing and 3D model of the injection molding for feather ribs is shown in Fig. 5.



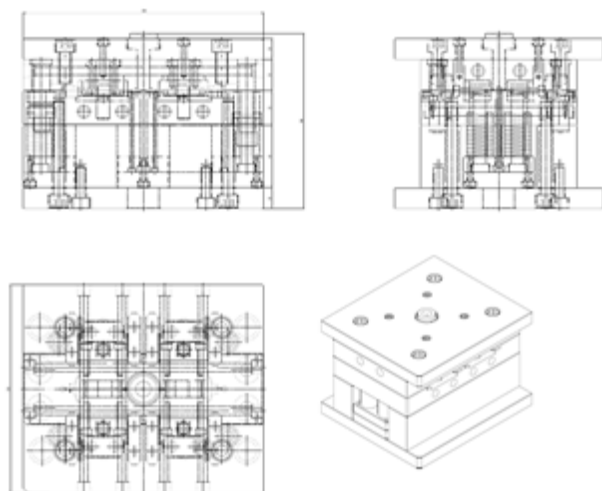


Fig. 5. 2D drawing of the mold

5. CONCLUSION

In this article, a detailed analysis of the plastic injection molded shuttlecock feather ribs product, including both description and results of the testing process is presented. Moreover, some basic characteristics of the injection mold design are introduced to provide a comprehensive overview of the production process for this product. ❖

References:

- [1]. S. C. Chen, H. S. Peng, J. A. Chang and W.R. Jong, “*Rapid Mold Surface Heating/Cooling Using Electromagnetic Induction Technology*”. IEEE International Conference on Mechatronics, 2005, 771-776.
- [2]. H. Y. Lin, W. B. Young, “*Analysis of the filling capability to the microstructures in micro-injection molding*”. Applied Mathematical Modelling, 2009, 33(9), 3746-3755.
- [3]. K. Tsuchiya, I. Ushio, T. Mawatari, “*Directional Solidification in Injection Molding of Micro Shapes for Reduction of Releasing Resistance*”. Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 2016, 82(5), 454-459.
- [4]. H. Y. Lin, C. H. Chang, W. B. Young, “*Experimental and analytical study on filling of nano structures in micro injection molding*”. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2010, 37, 1477-1486.
- [5]. S. Changyu, W. Lixia, L. Qian, “*Numerical simulation of compressible flow with phase change of filling stage in injection molding*”. J Reinf Plast Compos, 2007 26(4):353-372.

EVALUATING THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE SHAPE ACCURACY OF 3D PRINTED RESIN LIQUID CRYSTAL DISPLAY PRODUCTS USING RESIN-WAX MATERIALS

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM IN 3D-LCD BẰNG VẬT LIỆU NHỰA SÁP

Trong Hieu Bui, My Le Du, Thanh Luan Dinh, Huu Nghi Huynh*
Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), VNU, Vietnam

ABSTRACT

Shrinkage is one of the important issues when fabricating casting patterns using 3D printing technology. This article presents the process of studying the influence of five input technological parameters, including layer thickness, exposure time, infill density, shell thickness, and final layer exposure, on the shape accuracy of models for Investment Casting (IC) made with LCD (Liquid Crystal Display) 3D printing technology using Anycubic Dental Castable Resin material. The experimental plan was designed according to Response Surface Methodology (RSM) and data analyzed using Minitab software. The results showed that technological parameters and the interaction between them have a great influence on the set goal, and the optimal set of parameters found includes: layer thickness of 0.0662 mm, exposure time of 20s, infill density is 20%, shell thickness of 1.7121 mm, and final layer exposure of 80s. The success of the research contributes to improving the quality of 3D Resin LCD printing products in the field of prototyping for the IC process towards applications serving the needs of the manufacturing industry in developing countries, including Vietnam.

Keywords: IC; LCD; Technological parameters.

TÓM TẮT

Co ngót là một trong những vấn đề quan trọng khi chế tạo mẫu đúc bằng công nghệ in 3D. Bài báo này trình bày quá trình nghiên cứu ảnh hưởng của năm thông số công nghệ đầu vào, bao gồm độ dày lớp, thời gian phơi sáng, mật độ lấp đầy, độ dày vỏ và phơi sáng lớp cuối cùng, đến độ chính xác hình dạng của các mô hình Đúc mẫu (IC) được tạo ra bằng công nghệ in 3D LCD (Màn hình tinh thể lỏng) sử dụng vật liệu Nhựa đúc nha khoa Anycubic. Kế hoạch thử nghiệm được thiết kế theo Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) và dữ liệu được phân tích bằng phần mềm Minitab. Kết quả cho thấy các thông số công nghệ và sự tương tác giữa chúng có ảnh hưởng lớn đến mục tiêu đặt ra và bộ thông số tối ưu được tìm thấy bao gồm: độ dày lớp là 0,0662 mm, thời gian phơi sáng là 20 giây, mật độ lấp đầy là 20%, độ dày vỏ là 1,7121 mm và phơi sáng lớp cuối cùng là 80 giây. Thành công của nghiên cứu góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm in 3D Resin LCD trong lĩnh vực tạo mẫu cho quá trình IC hướng tới ứng dụng phục vụ nhu cầu của ngành công nghiệp sản xuất tại các nước đang phát triển, trong đó có Việt Nam.

Từ khóa: IC; LCD; Technological parameters.



1. INTRODUCTION

AM (Additive Manufacturing) technology in general and 3D resin printing technology in particular are experiencing strong developments and have been applied in many different fields. Some researchers [1, 3] have focused on understanding and determining the influence of spray process parameters on the dimensional stability of wax samples. Meanwhile, H. N. Huynh et. al. [4] showed that the type of filling and the number of shell layers had the most important influence on the percentage of ash remaining in the mold of an investment casting process.

Regarding research to improve the quality of 3D resin printed products, A. Katheng and colleagues [5] concluded that curing time and temperature parameters affect the dimensional accuracy and degree of curing of products using SLA technology. D. P. Romli, M. Yanis, and D. S. Amrillah [6] studied the effects of layer thickness parameters, exposure time, and final layer exposure time on the surface roughness of test specimens manufactured by DLP technology. S. L. Campanellia and colleagues [7] performed a statistical analysis of the product manufacturing process of 3D resin printing technology using the Viper Si2 device. The results showed that for each different resolution, the values of the parameters would be different. Z. Zhang et al. [8] showed that for DLP technology, the optimal layer thickness was 50 μm , and for SLA technology, the dimensional accuracy increases as the layer thickness decreases. S. L. Sherman and colleagues [9] studied the influence of product location parameters on the machine table, layer thickness, and shell thickness on the shape accuracy of the sample. The results show that the DLP device meets the requirements

when the layer thickness is between 50 and 100 microns. The survey shows that, with the IC, the (dimensional and shape) accuracy of the sample is one of the important criteria to evaluate the quality of casting products. The application of AM technology, especially 3D printing, has many potentials in this field due to the advantages of time, flexibility, and low cost. For a casting pattern made from 3D printing, accuracy is always an important criterion. The devices used in the study are mostly industrial machines. In addition, experimental planning methods and optimized tools are often used to determine the impacts of input parameters on output goals and optimize product quality depending on its features.

2. METHODOLOGIES AND DATA

The purpose of this study is to understand the influence of parameters in the 3D printing process of the liquid material Resin-LCD on the accuracy of the test sample, thereby helping to minimize intermediate errors and increase the final casting product quality. The experimental and analysis processes are conducted according to the following steps:

- Select the input parameters and their value levels.
- Develop an experimental plan according to the RSM method.
- Select and manufacture test samples.
- Collect, analyze, and evaluate data.

Accordingly, input parameters, including two groups: fixed parameter groups and variable parameter groups, are selected based on survey results, statistics of published research projects, and the actual machine operation process. The variable parameters and their values are presented in

Table 1. The experimental plan was designed according to the B-type quadratic symmetric composite planning method (Face-centered Central composite design - FCCCD) with five parameter inputs. Each numerical parameter has three value levels: low (denoted -1), medium (denoted 0), and high (denoted +1). The total number of tests determined by the FCCCD method is 32.

The experimental matrix with parameters in encoded form is shown in Table

2. Regarding test samples, currently, there is no standard test sample specifically for sample products used in the molding process fabricated by using AM technology in general and AM technology using resin in particular. With the goal of investigating the influence of deformation during the manufacturing process on dimensional accuracy for small-sized models, the team proposed a test sample with a hollow cylindrical shape with an outer diameter of 30 mm, a height of 35 mm, and a wall thickness of 5 mm, as shown in Figure 1.

Table 1. Parameters and experimental values

Fixed parameters						
Parameters	Symbol	Encode	Unit	Value		
				Low level (-1)	Medium level (0)	High level (1)
Layer Thickness	A	x1	mm	0.05	0.06	0.07
Exposure Time	B	x2	s	20	22	24
Infill Density	C	x3	%	20	40	60
Shell Thickness	D	x4	mm	1.5	2	2.5
Bottom Exposure Time	E	x5	s	60	70	80

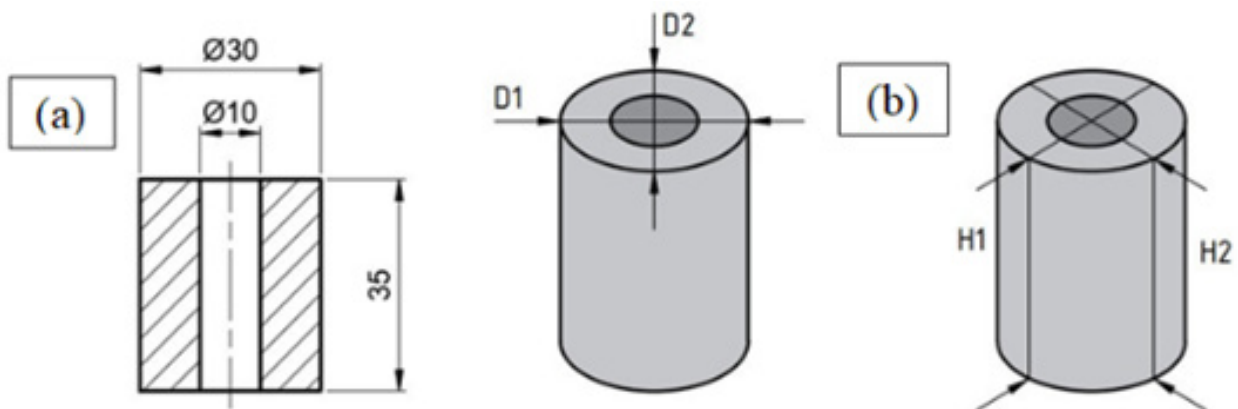


Figure 1. Test sample (a) and measurement location (b) outer diameter (D) and height (H).

Table 2. Experimental matrix and results

No.	Coding factor					D (mm)	H (mm)	No.	Coding factor					D (mm)	H (mm)
	x1	x2	x3	x4	x5				x1	x2	x3	x4	x5		
1	-1	-1	-1	-1	1	29.95	35.48	17	-1	0	0	0	0	29.92	35.31
2	1	-1	-1	-1	-1	29.92	35.29	18	1	0	0	0	0	29.93	35.28
3	-1	1	-1	-1	-1	29.97	35.44	19	0	-1	0	0	0	29.86	35.12
4	1	1	-1	-1	1	29.88	35.39	20	0	1	0	0	0	29.79	35.25
5	-1	-1	1	-1	1	29.96	35.47	21	0	0	-1	0	0	29.89	35.33
6	1	-1	1	-1	-1	29.92	35.44	22	0	0	1	0	0	29.85	35.24
7	-1	1	1	-1	-1	29.95	35.5	23	0	0	0	-1	0	29.82	35.18
8	1	1	1	-1	1	29.95	35.42	24	0	0	0	1	0	29.79	35.2
9	-1	-1	-1	1	1	29.98	35.22	25	0	0	0	0	-1	29.77	35.26
10	1	-1	-1	1	-1	29.83	35.29	26	0	0	0	0	1	29.79	35.25
11	-1	1	-1	1	-1	29.96	35.19	27	0	0	0	0	0	29.82	35.29
12	1	1	-1	1	1	29.91	35.25	28	0	0	0	0	0	29.79	35.3
13	-1	-1	1	1	1	29.97	35.49	29	0	0	0	0	0	29.76	35.31
14	1	-1	1	1	-1	29.80	35.27	30	0	0	0	0	0	29.77	35.26
15	-1	1	1	1	-1	29.98	35.24	31	0	0	0	0	0	29.80	35.1
16	1	1	1	1	1	29.81	35.15	32	0	0	0	0	0	29.81	35.19

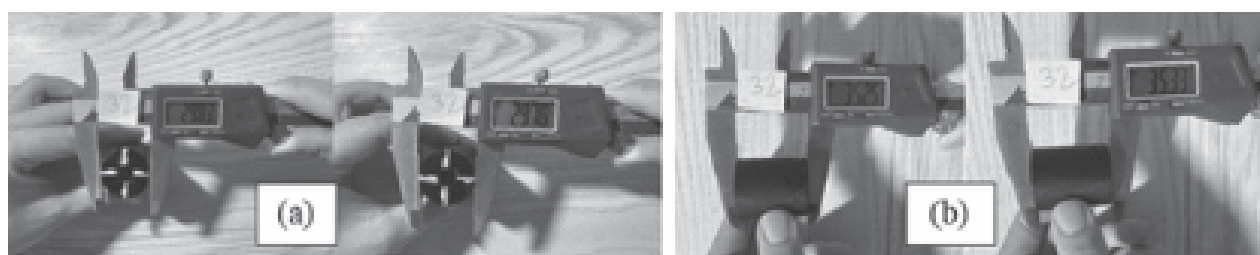


Figure 2. Measure outside diameter D1, D2 (a) and height H1, H2 (b) with sample No. 32

After designing on Solidworks software, setting the parameters, the model is sliced and converted to G-codes for manufacturing on the PhotonS series resin 3D printing device using liquid resin material type Anycubic Dental Castable Resin. This is a material used to make models for the casting process in dentistry. After the fabrication process, the sample is postprocessed and stored at room temperature for 24 to 48 hours. Then, the sample was measured using an electronic caliper from Insize with an accuracy of ± 0.03 mm to collect straight size data in height (H) and diameter (D). The measurement positions are shown in Figure 2. Each dimension is measured at two perpendicular positions, and the average value is taken. Measurement results are presented in Table 2.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Experimental data analysis is performed on Minitab 19 software with a second-order polynomial regression equation with the following general form:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

In which:

y is the output response.

x_i, x_j are factors, respectively i, j.

k is the total number of input factors.

According to the results of variance analysis, the diameter size (D) has a Lack-of-fit value (P-value) less than 0.05. This showed that the regression equation for diameter with the RSM method is not appropriate. Meanwhile, the analysis of variance for the height dimension (H) has a Lack-of-fit value (P-value) greater than 0.05. This shows that the regression equation for the height dimension with the RSM method was appropriate,

meaning that the proposed model matches the data well. The distribution chart shows that most of the data obtained follow a normal distribution with 95% confidence. From there, the encrypted regression equation representing the relationship between height dimension (Y) and input parameters (x_i) is determined as follows:

$$Y = 35.2564 + 0.0994 x_1 + 0.0367 x_4 + 0.0591 x_4^2 \quad (2)$$

Through the Pareto chart, it can be seen that the layer thickness parameter (A, coded as x_1) has the greatest impact, followed by the shell thickness parameter (D, coded as x_4). From there, the research team made some comments as follows:

The layer thickness parameter has a great influence on the dimension in height (z direction), this shows the characteristics of AM technology in general and Resin 3D printing technology in particular, meaning the thickness error of each layer will affect the overall error of the product. The shell thickness parameter also plays an important role because the smaller the thickness, the larger the deformation, affecting dimensional errors. In addition, the values of the layer thickness parameter have a small difference (0.01 mm) plus a large exposure time (greater than 20 s). From there, the exposure time parameter has no effect on the target. The final layer exposure time parameter is a factor that helps details adhere tightly to the print bed surface and ensures the quality of the first printing layers. Experiments show that this parameter has very little impact on the set goal. In terms of directions, for the xy direction, the layer thickness will affect the shrinkage of Resin when curing. Analysis of the measurement results shows that the level

of variation between the measured results and the nominal diameter of the sample is very low (max = 29.98 mm; min = 29.75 mm; avg = 29.86 mm). This is also the reason why the regression equation does not match because there is too little change. With the above viewing angle, the LCD will create details with good XY geometric accuracy. For the z direction, both layer thickness and shell thickness affect the size in this direction. The experimental results are larger than the nominal size as a result of the expansion process during curing. Especially in the final layers, the curing process takes place freely, leading to a rough surface causing geometric errors. The difference between the experimental value and the predicted results is shown in Figure 3. To compare and evaluate the accuracy of the predicted results according to RSM, the authors used the average absolute error value (Mean Absolute Error – MAE) between data sets. MAE value is calculated according to formula (3).

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

In which: y is the actual observed value; y_i is the predicted value; N is the total number of experiments.

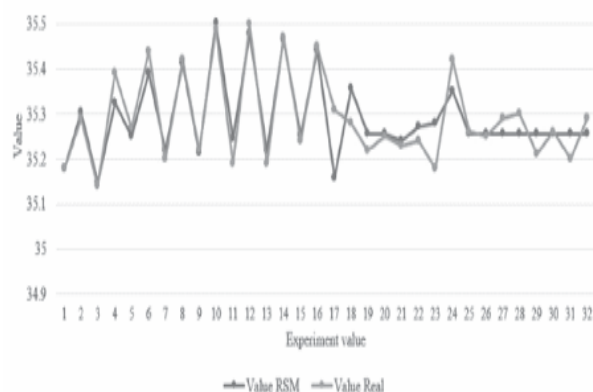


Figure 3. The difference between the experimental value and the predicted value.

Performing optimization using the Response Optimizer tool on Minitab 19, the result is the optimal set of parameters for the height dimension with the following values: Layer thickness (A) of 0.0662mm, exposure time (B) of 20 s, infill density (C) of 20%, shell thickness (D) of 1.7212mm, and bottom exposure time (E) of 80 s. The results show that the MAE index is very small (MAE = 0.032475). This shows that the RSM method predicts results with high accuracy. However, in RSM, there are still R-Large Residual values that create a disproportionate impact on the regression model.

4. CONCLUSIONS

The study presents the experimental process to understand the influence of five input parameters, including layer thickness, exposure time, infill density, shell thickness, and bottom exposure time, on the shape accuracy of the sample used for the process. The IC process is fabricated by using DLP technology and resin-wax material. Data analysis results show that the layer thickness parameter has the greatest influence, followed by the shell thickness parameter. At the same time, the authors also determined the optimal set of parameters for dimensional accuracy in the Z direction. With a MAE value of 0.032475, it shows that RSM has very good prediction ability for the set goal. However, in order to be able to use LCD technology to create samples for the IC process, it is necessary to continue to research the effects of other technological parameters, select more appropriate value levels for the parameters, and continue. Continue to build prediction models for other important quality criteria, such as surface quality and the amount of ash remaining after burning the sample. ❖

Acknowledgments:

We acknowledge Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), VNU-HCM for supporting this study.

References:

- [1]. Donghong Wang, Bo He, Fei Li & Baode Sun, "Cavity pressure and dimensional accuracy analysis of wax patterns for investment casting". *Materials and Manufacturing Processes* 28 (2013) 637-642.
- [2]. P. Yarlagadda, T. Hock, "Statistical analysis on accuracy of wax patterns used in investment casting process". *J. Mater. Process. Technol* 138 (2003) 75-81.
- [3]. S. Rahmati, J. Akbari, E. Barati, "Dimensional accuracy analysis of wax patterns created by RTV silicone rubber molding using the Taguchi approach". *Rapid Prototyp. J* 13 (2007) 115-122.
- [4]. N. H. Huu, D. T. C. Toan, T. N. Huu, H. T. T. Thu, "Effects of Infill, Infill patterns and number of perimeter shells on casting patterns fabricated using FDM method". 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD), (2018) 207-212.
- [5]. A. Katheng, M. Kanazawa, M. Iwaki, S. Minakuchi, "Evaluation of dimensional accuracy and degree of polymerization of stereolithography photopolymer resin under different postpolymerization conditions: An in vitro study". *J. Prosthet. Dent* 125 (2021) 695-702.
- [6]. D. Putra, R., M. Yanis, D. Sepianto, A. Nugrasyah, "Optimization of production process parameters of DLP type 3D printer design for product roughness value" (2021).
- [7]. S. L. Campanelli, G. Cardano, R. Giannoccaro, A. D. Ludovico, and E. L. J. Bohez, "Statistical analysis of the stereolithographic process to improve the accuracy". *Comput -Aided Des* 39 (2007) 80-86.
- [8]. Z.-C. Zhang, P.-L. Li, F.-T. Chu, and G. Shen, "Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy" (2019), 194-204.
- [9]. S. L. Sherman, O. Kadioglu, G. F. Currier, J. P. Kierl, and J. Li, "Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models". *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop* 157 (2020) 422-428.

LILAMA10 khẳng định năng lực trong lĩnh vực chế tạo kết cấu thép và thiết bị

Công ty Cổ phần LILAMA10 không chỉ là đơn vị có nhiều năm kinh nghiệm trong công tác lắp đặt thiết bị công nghệ, cung cấp các dịch vụ kỹ thuật cho các công trình, dự án mà còn đi đầu trong lĩnh vực chế tạo kết cấu thép và thiết bị.

Từ nhiều năm trước, LILAMA10 đã là nhà cung cấp chuyên nghiệp các sản phẩm nhà thép tiền chế, kết cấu thép cho công trình điện, xi măng, lọc dầu, năng lượng, các cột điện thép 500 KV và chế tạo các loại bồn bể chứa xăng dầu, hóa chất, thực phẩm có dung tích lớn đến 60.000m³ chịu áp lực cao, các thiết bị công nghiệp: cầu trục, cổng trục nâng hạ, hệ thống thông gió, cấp nhiệt, lọc bụi, cột vi ba... hàng đầu tại Việt Nam. Công ty cung cấp các dịch vụ đồng bộ hoặc từng phần theo yêu cầu trong lĩnh vực thiết kế - chế tạo - lắp đặt hoặc hướng dẫn chuyển giao công nghệ.... Chất lượng thiết bị và kết cấu thép do LILAMA10 chế tạo đáp ứng được mọi yêu cầu khắt khe nhất về mặt kỹ thuật và mỹ thuật, được đối tác, khách hàng tin tưởng, đánh giá cao.



Cán bộ kỹ sư LILAMA 10 chế tạo 02 mô-đun thiết bị điện phân thuộc dự án nhà máy sản xuất hydrogen xanh tại West Coast (Mỹ).



Các sản phẩm được gia công chế tạo tại nhà máy của LILAMA10.

Chủ tịch Hội đồng quản trị LILAMA10, ông Đặng Văn Long cho biết, Công ty hiện có 02 nhà máy chế tạo thiết bị kết cấu thép:

- Nhà máy chế tạo thiết bị và kết cấu thép Hải Dương: Km số 64, Quốc lộ 5, xã Cộng Hòa, huyện Kim Thành, tỉnh Hải Dương, được xây dựng trên tổng diện tích 57.900 m², trong đó bao gồm 15.000m² nhà xưởng, 8.000m² bãi chế tạo, 1.500m² nhà làm việc và hệ thống phụ trợ. Công suất 10.000 tấn/năm;

- Nhà máy chế tạo thiết bị và kết cấu thép Phủ Lý: Quốc lộ 21A, xã Thanh Châu, thị xã Phủ Lý, tỉnh Hà Nam, được xây dựng trên tổng diện tích 25.000m², bao gồm 7.500m² nhà xưởng, 17.500m² bãi chế tạo. Công suất 7.000 tấn/năm.

Các nhà máy được trang bị dây chuyền sản xuất kết cấu thép tiên tiến, đồng bộ đứng hàng đầu về gia công kết cấu thép. Các kỹ thuật tiên tiến, máy móc hiện đại của thế giới luôn được Công ty đầu tư, cập nhật. Các công nghệ hàn cắt, chống biến dạng, làm sạch, sơn được tối ưu hóa đảm bảo khả năng hoàn thiện sản phẩm tốt nhất với giá thành cạnh tranh nhất. Với công suất 17.000 tấn/năm sản phẩm kết cấu thép, LILAMA10 sẵn sàng thoả mãn nhanh nhất các yêu cầu của khách hàng với phương châm: "Chất lượng - Tiến độ - Đồng bộ và Dịch vụ tốt nhất".

Bên cạnh đó, LILAMA10 còn sở hữu đội ngũ gần 2.200 cán bộ công nhân viên, trong đó có 350 kỹ sư kỹ thuật, nhân viên nghiệp vụ và hơn 1.800 công nhân kỹ thuật có chuyên môn, tay nghề cao, giàu kinh nghiệm. Nhân sự LILAMA10 được trang bị đầy đủ phương tiện thiết kế, chế tạo, thi công tiên tiến, hiện đại.



Theo Chủ tịch Hội đồng quản trị LILAMA10, để đảm bảo nguồn nhân lực tay nghề cao đáp ứng yêu cầu của các dự án, hàng năm Công ty tổ chức các khóa đào tạo thợ hàn nâng cao tay nghề; tổ chức cho các cán bộ kỹ thuật có tay nghề cao đi học nâng cao ngoại ngữ và chuyên môn nghiệp vụ tại nước ngoài. Hệ thống cán bộ nguồn được lựa chọn kỹ từ những gương sáng trong lao động; các giải pháp sáng tạo, cải tiến kỹ thuật được khuyến khích với cơ chế phù hợp; chính sách, chế độ đối với người lao động được đảm bảo kịp thời nhất.

Đến nay, sản phẩm của LILAMA10 đã có mặt trên khắp đất nước Việt Nam. Đặc biệt, LILAMA10 còn là doanh nghiệp Việt Nam đầu tiên chế tạo thành công thiết bị mô-đun điện phân cho nhà máy sản xuất hydrogen xanh, qua việc hợp tác với Tập đoàn Thyssenkrupp Nucera – Cộng hòa Liên bang Đức thực hiện chế tạo và tổ hợp 02 mô-đun điện phân cho Nhà máy hydrogen xanh West Coast tại bang Arizona của Mỹ; gia công chế tạo và tổ hợp 110 mô-đun thiết bị điện phân cho dự án hydrogen xanh Neom tại Ả Rập Xê-út. Từ đó, mở ra một hướng đi mới cho doanh nghiệp trong hành trình vươn ra thế giới theo xu thế chuyển dịch năng lượng toàn cầu, hướng đến các nguồn năng lượng xanh và bền vững.

Trong thời gian tới, cùng với việc phát huy các lĩnh vực kinh doanh như thủy điện, nhiệt điện và điện khí, Công ty sẽ tiếp tục tham gia toàn bộ chuỗi giá trị cả về thi công xây lắp và gia công chế tạo, chú trọng phát triển các dịch vụ tư vấn thiết kế, gia công chế tạo thiết bị kết cấu thép cho các nhà máy, phát triển năng lực gia công chế tạo cho từng hạng mục công nghệ phụ trợ trong nhà máy điện than, điện khí, điện đốt rác; mở rộng phát triển thị trường thủy điện tại Lào, tiếp cận các thị trường mới; tham gia tư vấn, đại tu, sửa chữa, cải tạo cho các nhà máy thủy điện đang vận hành.

Công ty tiếp tục đẩy mạnh công tác tiếp thị tìm kiếm việc làm trong nước và nước ngoài để đảm bảo đủ việc làm, ổn định cho người lao động và triển khai thực hiện hàng loạt các biện pháp nâng cao chất lượng sản phẩm, từng bước nâng cao năng lực cạnh tranh của sản phẩm, dịch vụ của Công ty. Đặc biệt, Công ty tiếp tục xây dựng đội ngũ người lao động có tay nghề cao, tác phong chuyên nghiệp và xây dựng văn hóa doanh nghiệp chuyên nghiệp, thân thiện. Đó là cách khơi dậy, phát huy tối đa các nguồn lực hướng tới mục tiêu tăng trưởng ở mức cao nhất của LILAMA10.❖

PV