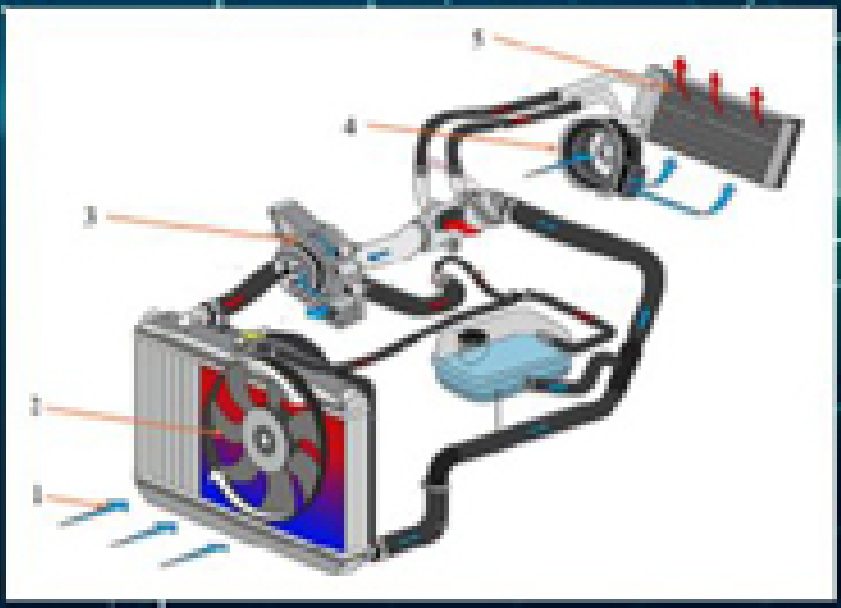
TẠP CHÍ
ISSN 3030-4172

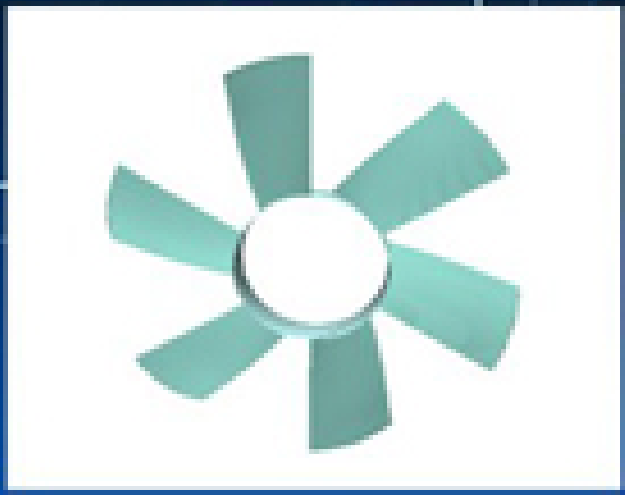
# CÔNG NGHIỆP MỎ

## MINING INDUSTRY JOURNAL

https://tapchi.hoimovietnam.vn

NĂM THỨ XXXIV SỐ 2-2025





HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM
VIET NAM MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY ASSOCIATION

# CẢI TIẾN PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO CÁNH QUẠT LÀM MÁT Ô TÔ BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÚC LY TÂM

Đặng Vũ Đinh[1,*], Đặng Thị Liên[2]

[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam
[2]Trường Đại học Thái Bình, Tp. Thái Bình, Thái Bình, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO
CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học
Ngày nhận bài: 18/01/2025
Ngày nhận bài sửa: 26/02/2025
Ngày chấp nhận đăng: 05/03/2025
Tác giả liên hệ:
Email: dangvudinh@humg.edu.vn

**TÓM TẮT**

*Quạt hướng trục đề cập trong nghiên cứu này được ứng dụng trong các hệ thống làm mát ô tô. Đây là một thị trường công nghiệp tương đối sôi động hiện nay. Do đó, cần có nhiều nghiên cứu và áp dụng các giải pháp để cải tiến sản phẩm. Trước đây, quạt này thường được sản xuất bằng phương pháp ép phun, gia công cơ học hoặc ép nhiệt. Tuy nhiên, hiện nay thị trường vật liệu tương đối phát triển, giá thành tương đối rẻ do vậy việc xem xét, cải tiến phương pháp chế tạo các chi tiết, bộ phận là cần thiết. Công nghệ đúc ly tâm được phát triển vào những năm đầu của thế kỷ 20. Đây là phương pháp đúc hoàn toàn khác so với các phương pháp truyền thống. Đặc điểm của phương pháp này là tạo ra sản phẩm đúc rỗng do tác động của lực ly tâm. Nghiên cứu đã trình bày phương pháp xây dựng biên dạng cánh quạt hướng trục trên phần mềm tính toán MFT và phần mềm thiết kế 3D (NX). Dựa trên một số nghiên cứu, sửa đổi cấu trúc cánh quạt những phiên bản cánh quạt có chiều dày 4 mm, 10 mm và khuôn đúc được thiết kế. Các cánh quạt được thử nghiệm khí động học trên băng ghế thử nghiệm tiêu chuẩn ISO 5801 gồm: quạt chế tạo bằng nhôm có chiều dày cánh 4 mm, 10 mm (quạt tham chiếu) và quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm. Kết quả nghiên cứu cho thấy xu hướng đường cong thu được của cánh quạt đúc ly tâm gần như tương tự cánh quạt tham chiếu. Tại điểm thiết kế cánh quạt hướng trục, hiệu suất lớn nhất tương ứng với tốc độ quay n = 2000 r/min lần lượt là: 45,2% (cánh quạt đúc ly tâm), 42,3% (cánh quạt 10 mm), và 46,9 % (cánh quạt 4 mm). Kết quả cho thấy khả năng thích ứng của quá trình đúc ly tâm chế tạo cánh quạt hướng trục. Tuy nhiên, để nâng cao hiệu quả sử dụng loại cánh quạt này cần có nhiều nghiên cứu chuyên sâu để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất cũng như những hiệu quả khác mà phương pháp chế tạo này mang lại.*

**Từ khóa:** *quạt làm mát, quạt hướng trục, ô tô, đúc ly tâm.*

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, thị trường ô tô đang rất phát triển với nhiều hãng khác nhau, cùng với đó là xu hướng dịch chuyển về nguồn năng lượng dẫn động. Do đó, ngày càng nhiều các nghiên cứu ứng dụng liên quan đến lĩnh vực ô tô liên quan đến vấn đề về năng suất, hiệu quả sử dụng, giá thành và áp dụng các phương pháp sản xuất mới. Trong đó, cánh quạt hướng trục sử dụng trong hệ thống làm mát hiện nay đang được mở rộng nghiên cứu. Trước đây cánh quạt hướng trục sử dụng trong hệ thống này chủ yếu được chế tạo theo phương pháp ép phun, gia công cơ học hoặc ép nhiệt. Tuy nhiên, hiện nay thị trường nhựa tương đối phát triển, có nhiều nhà cung cấp điều này mang lại lợi thế giá thành rẻ, phổ biến và dễ dàng tiếp cận. Từ đó việc nghiên cứu, cải tiến phương pháp chế tạo các chi tiết, bộ phận đang được chú trọng. Một giải pháp mới thay thế phương pháp chế tạo quạt hướng trục trước đây là phương pháp đúc ly tâm. Phương pháp này đã có khoảng thời gian ít được quan tâm do khả năng cung cấp vật liệu đúc bị hạn chế. Tuy nhiên, hiện nay công nghệ đúc ly tâm đang là lĩnh vực phát triển nhanh nhất trong ngành nhựa với tốc độ tăng trưởng hàng năm 10-20% [1], [2]. Bài

báo trình bày kết quả nghiên cứu đúc ly tâm cánh quạt làm mát ô tô.

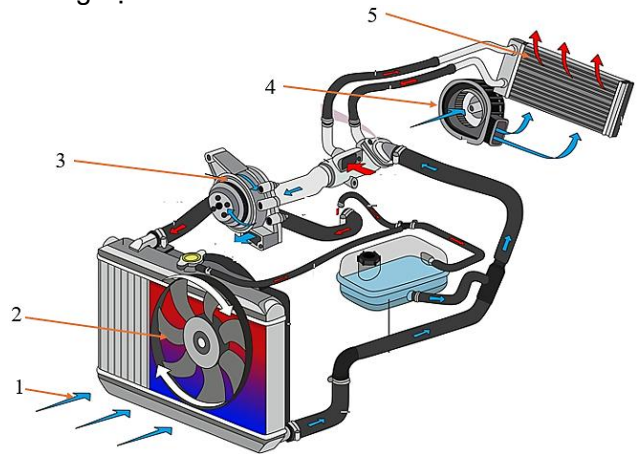
## 2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Về phương pháp đúc ly tâm

Phương pháp đúc ly tâm là phương pháp gia công nhựa để sản xuất các bộ phận rỗng có kích thước và hình dạng đơn giản hoặc phức tạp [3], [4]. Thông thường, quạt hướng trục sử dụng trong hệ thống làm mát ô tô cho phép dùng các cánh quạt mỏng, chiều dày cánh khoảng 4 mm. Nhưng để có thể chế tạo quạt bằng phương pháp đúc ly tâm, độ dày của cánh quạt phải tương đối lớn, chiều dày cánh khoảng 10 mm.

Với cách tiếp cận này, ý tưởng thiết kế chế tạo cánh quạt hướng trục bằng phương pháp đúc ly tâm được hình thành. Đầu tiên là thiết kế hình dạng hình học cánh quạt hướng trục, cánh quạt này tương đương với cánh quạt đang sử dụng trong hệ thống làm mát ô tô hiện nay. Trong nghiên cứu này sử dụng phần mềm thiết kế 3D MFT, đây là phần mềm được thiết kế tại phòng thí nghiệm LIFSE, Pháp. Trên cơ sở profile của cánh quạt thu được từ phần mềm MFT, đã tiến hành một số sửa đổi trên biên dạng cánh quạt trên phần mềm Ansys và Excel để đạt được hình dáng động học tốt nhất của quạt. Từ đó cánh quạt hoàn thiện được xây dựng trên phần mềm thiết kế 3D NX12. Hai mẫu quạt được thiết kế có chiều dày cánh lần lượt là 4 mm và 10 mm. Như đã phân tích ở trên, chiều dày nhỏ nhất để thiết kế khuôn được sử dụng là 10 mm.

Trong bài báo này, ba cánh quạt được chế tạo để nghiên cứu và chúng chỉ khác nhau ở quy trình sản xuất. Hai quạt nhôm có chiều dày cánh 4 mm và 10 mm được thiết kế trên phần mềm MFT và có một số sửa đổi được đề cập dưới đây. Đây được coi là các quạt tham chiếu và một quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm. Cánh quạt chế tạo có các thông số kỹ thuật: $\Delta p$ = 270 Pa, lưu lượng $Q_v$ = 0,8 $m^3/s$, n = 2500 r/min. Thông số động lực học của ba cánh quạt được đo trên bệ thử nghiệm tiêu chuẩn ISO 5801.




**Hình 1. Cánh quạt hướng trục trong hệ thống làm mát trên ô tô**

1-không khí, 2-cánh quạt hướng trục,
3-bơm nước, 4-quạt giàn nóng, 5-giàn nóng

### 2.2. Thiết kế cánh quạt và khuôn đúc

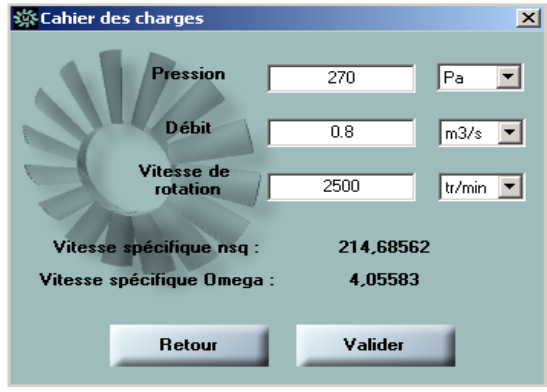
#### 2.2.1. *Thiết kế cánh quạt hướng trục*

Trước khi thiết kế khuôn, cần phải xác định hình dáng, kích thước của quạt chế tạo. Thiết kế quạt dựa trên phần mềm MFT (Mixed-Flow Turbomachinery 3D), được phát triển tại phòng thí nghiệm LIFSE. Phần mềm được thiết kế dựa trên luận án của Robert Rey [5] và sau đó là nghiên cứu chuyên sâu của Farid Bakir [6], trên cơ sở đó phương pháp thiết kế máy tuốc bin hướng trục đã được thực hiện và tích hợp vào MFT. Phương pháp này là kết quả của một loạt các nghiên cứu thống kê và đo lường trên các biên dạng NACA [7], [8]. Cánh quạt trong nghiên cứu này được thiết kế theo NACA 65(xx)yy: xx - độ cong tương đối và độ dày tương đối yy (Bảng 1). Tỷ lệ giữa bán kính trục trung tâm và bán kính đầu cánh quạt $R_{min}$ /$R_{max}$ = 0,365, độ dày cánh quạt là 10 mm.

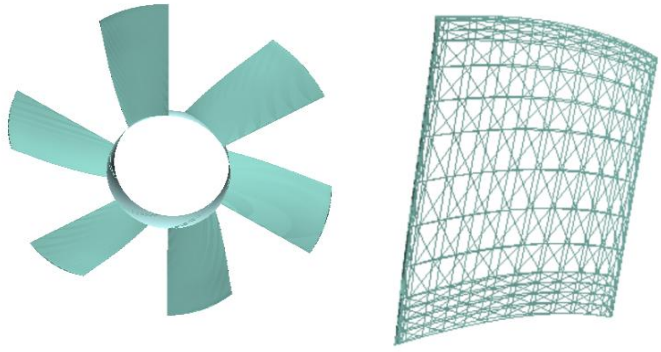
**Bảng 1. Đặc tính của cánh quạt được thiết kế trên phần mềm MFT**

| Lớp | Bán kính (mm) | Chiều dài cánh (mm) | Góc tấn (độ) | Biên dạng cánh NACA 65 |
|---|---|---|---|---|
| Chân cánh | 65,4 | 66,6 | 53 | NA CA 65 (07)15 |
| Giữa cánh | 122,2 | 74.0 | 66 | NA CA 65 (10)13.5 |
| Đỉnh cánh | 179,0 | 81.3 | 70 | NA CA 65 (11)12 |

Thông số kỹ thuật quạt được thiết kế trên phần mềm với thông số kỹ thuật $\Delta p$ = 270 Pa, lưu lượng $Q_v$ = 0,8 $m^3/s$, n = 2500 r/min, Hình 2.

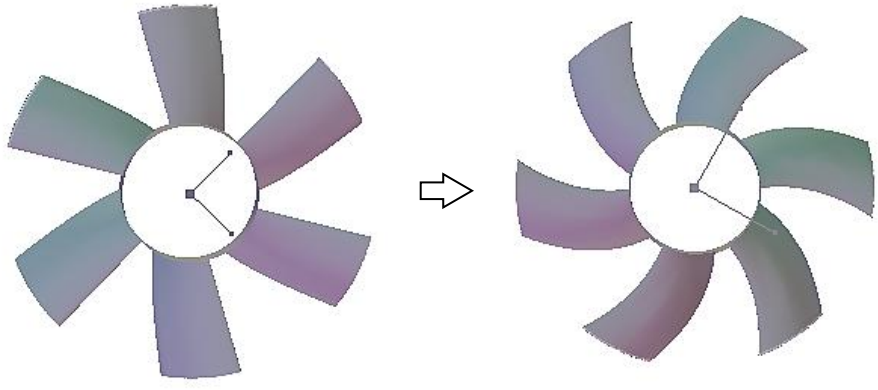



**Hình 2. Thông số kỹ thuật của quạt thiết kế trên phần mềm MFT**



**Hình 3. Hình dạng 3D cánh quạt**

Một đặc điểm lưu ý trong thiết kế biên dạng cánh quạt trên phần mềm MFT là góc tấn cánh quạt theo phương hứng kính (Hình 3). Tuy nhiên, trong nghiên cứu về tuốc bin hướng trục và đặc biệt là đối với quạt dùng trong hệ thống làm mát ô tô, ngoài việc cải thiện hiệu suất khí động học thì việc cải thiện hiệu suất âm thanh (giảm độ ồn) là yếu tố được xem xét. Vì vậy, việc sửa đổi cấu trúc bánh xe được thiết kế bằng phần mềm MFT là cần thiết để đáp ứng yêu cầu này. Để cải thiện hiệu suất âm thanh của quạt, Hurault [9] và Kergourlay [10] đã nghiên cứu hướng cong của góc tấn cánh quạt với 3 cấu hình được đề xuất (cánh cong trước, cánh cong sau, và cánh hướng kính). Kết quả nghiên cứu cho thấy với cấu hình cánh cong sau độ ồn được cải thiện đáng kể. Tuy nhiên, hiệu suất của cấu hình này có sự giảm nhẹ so với cấu hình lưỡi hướng tâm. Do đó, sau khi thu được biên dạng của cánh quạt trên phần mềm MFT, cấu hình cánh quạt sẽ được thiết kế lại theo cấu hình mong muốn (Hình 4).



(a) (b)

**Hình 4. Thay đổi độ cong của lưỡi cánh, a - cánh hướng kính, b - cánh cong sau**

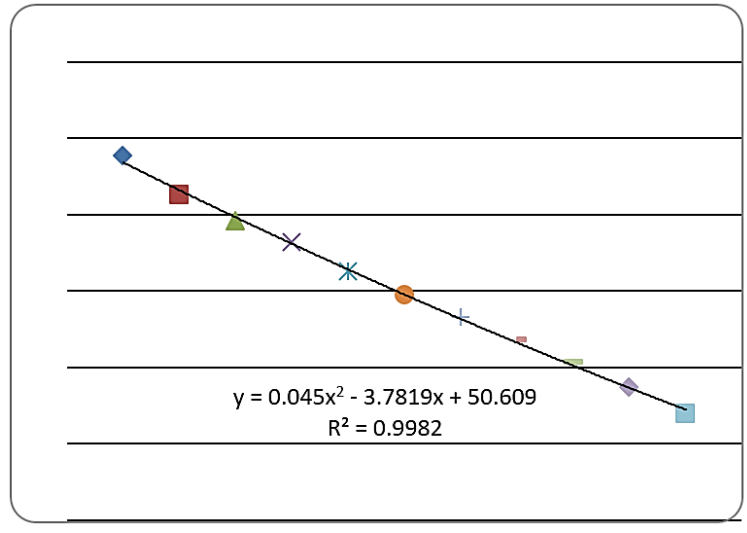
Để đạt được hình dạng này, phải xử lý đường cong tương ứng với góc θ (θ-góc hạ cánh). Độ cong có được bằng cách di chuyển đường cong θ cho từng phần. Đầu tiên, chuyển đổi những đường cong này thành các đường Splines 11 điểm. Sau đó, di chuyển tất cả các đường cong để thu được một cánh cong tương đối. Để cải thiện độ cong này, lấy giá trị của các điểm tương ứng với cạnh cuối và biểu diễn chúng trong biểu đồ Excel. Sau đó, vẽ đường xu hướng tại tập hợp các điểm này, thu được phương trình của đường cong xu hướng này và từ đó tính toán giá trị định vị của các điểm khác nhau của cạnh sau để thu được độ cong đều đặn của các cánh quạt (Hình 5).

Sau khi có được hình dạng chính xác của cánh quạt, tiến hành thay đổi các đường cong tương ứng với độ dày (thay đổi Bladegen trong phần mềm Ansys) để thiết kế các cánh quạt sử dụng cho mục đích nghiên cứu. Cánh quạt được chế tạo cho hai mô hình:

- MÔ HÌNH 1: quạt chế tạo có độ dày cánh 4 mm, được gia công từ nhôm.
- MÔ HÌNH 2: quạt chế tạo có độ dày cánh 10 mm, được gia công từ nhôm.

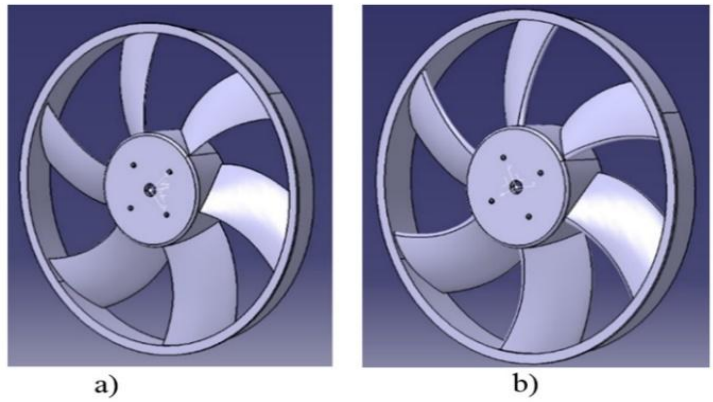
Mục đích chế tạo này có thể được giải thích dựa trên cơ sở của quá trình chế tạo quạt bằng phương pháp đúc quay. Với mô hình 1 thì cánh quạt có độ dày cánh tương tự như với những cánh quạt đang dùng trên hệ thống làm mát ô tô hiện nay. Với mô hình 2, nếu chiều dày nhỏ hơn 10 mm có thể không đảm bảo được chiều dày của sản phẩm sau khi được chế tạo, dẫn đến không đảm bảo độ cứng vững cũng như độ bền.

| Điểm | Góc hạ cánh (θ) | |
|---|---|---|
| | Mép sau cánh với phần mềm MFT | Mép sau cánh được điều chỉnh |
| 1 | 47,653 | 46,864 |
| 2 | 42,628 | 43,218 |
| 3 | 39,143 | 39,662 |
| 4 | 36,407 | 36,196 |
| 5 | 32,518 | 32,82 |
| 6 | 29,407 | 29,534 |
| 7 | 26,533 | 26,338 |
| 8 | 23,548 | 23,232 |
| 9 | 20,69 | 20,216 |
| 10 | 17,401 | 17,29 |
| 11 | 13,913 | 14,454 |



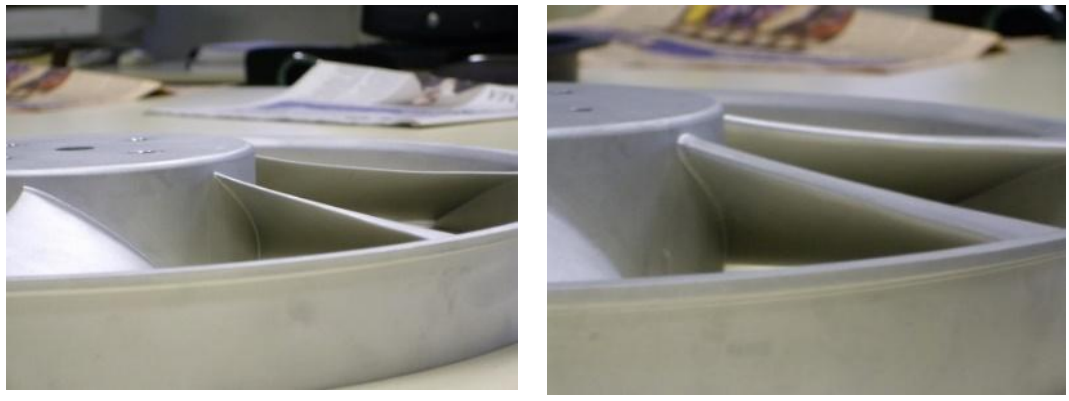

**Hình 5. Thay đổi độ cong của cánh quạt (cánh cong sau)**

Trên cơ sở đó quạt được thiết kế dựa trên phần mềm NX và được gia công chế tạo, Hình 6, Hình 7.



a) b)

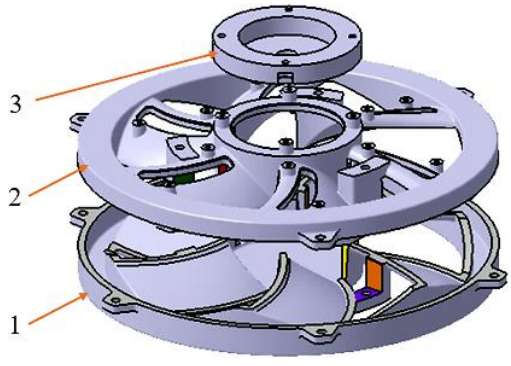
**Hình 6. Quạt được thiết kế trên phần mềm NX, a - cánh quạt dày 4mm, b - cánh quạt dày 10 mm**



**Hình 7. Quạt tham chiếu chế tạo bằng nhôm có chiều dày cánh 4mm và 10 mm**

***2.2.2. Thiết kế khuôn đúc***

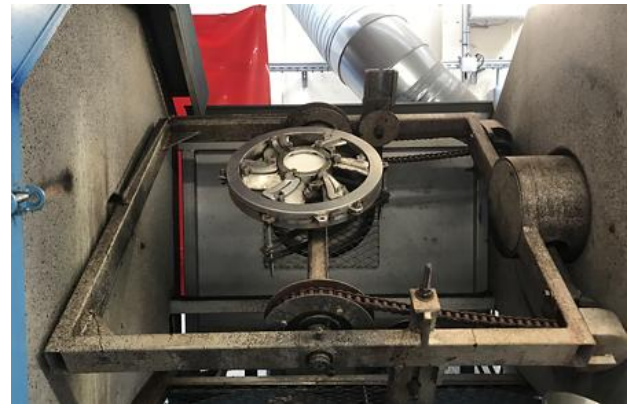
Khuôn đúc được thiết kế dựa trên biên dạng cánh hoàn chỉnh thu được sau khi đã có những thay đổi theo biên dạng cánh cong sau. Khuôn đúc được thiết kế dựa trên mô hình cánh quạt có chiều dày 10 mm, đây cũng là chiều dày tối thiểu được sử dụng thiết kế khuôn đúc. Nếu chiều dày quá nhỏ sẽ ảnh hưởng đến khả năng lưu thông (di chuyển) của dòng vật liệu lỏng trong khuôn đúc. Khuôn đúc được thiết kế trên phần mềm NX, cơ bản khuôn gồm có các phần chính: 1-nửa khuôn dưới, 2-nửa khuôn trên, 3-nắp đậy khuôn đúc. Vật liệu chủ yếu được đổ vào ở giữa khuôn. Để giảm sự tập trung quá nhiều vật liệu ở giữa thì trong quá trình thiết kế khuôn có bố trí thêm các rãnh trên vị trí các cánh quạt (bột có thể được đổ ở các vị trí này).




**Hình 8. Khuôn đúc cánh quạt hướng trục**

***2.2.3. Chế tạo cánh quạt bằng phương pháp đúc ly tâm***

Quy trình sản xuất quạt được thực hiện trong phòng thí nghiệm PIMM (Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux). Đây là máy đúc ly tâm LAB 40 loại Suttle của STP. Máy được trang bị màn hình máy tính cho phép cài đặt các thông số vận hành của quá trình đúc (Hình 9). Các thông số điều chỉnh trong quá trình đúc cánh quạt bao gồm: nhiệt độ, thời gian trong lò, tốc độ quay của hai trục, thời gian làm mát khuôn, vật liệu chế tạo,…Quá trình đúc ly tâm bao gồm bốn giai đoạn: giai đoạn đổ bột vào khuôn, giai đoạn khuôn quay trong lò gia nhiệt, giai đoạn làm mát và giai đoạn tháo sản phẩm khỏi khuôn đúc. Bột sử dụng để chế tạo cánh quạt là Polyethylen (PE). Loại bột này có khối lượng nóng chảy theo thời gian 3,3 g/10 min, khối lượng riêng 938 kg/m$^3$ và kích thước hạt khoảng 125÷250 µm.

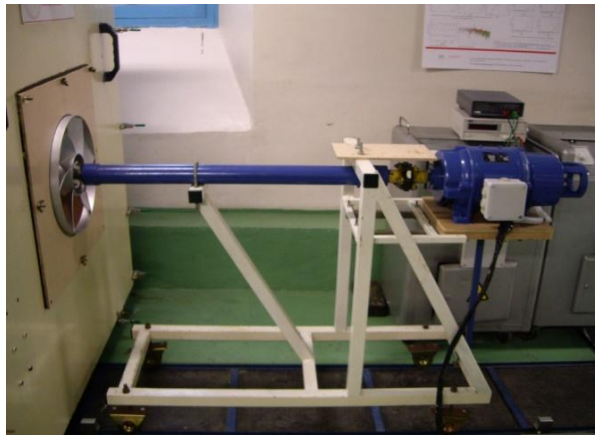


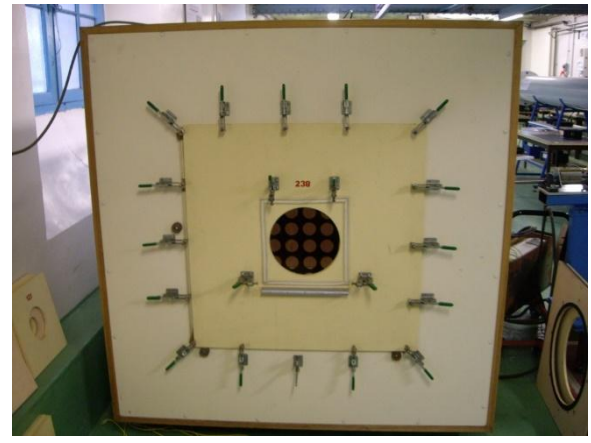
**Hình 9. Máy đúc ly tâm**

**2.2.4. Thử nghiệm trên băng thử và kết quả nghiên cứu**

***2.2.4.1. Giới thiệu bệ thử nghiệm***

Đặc tính của quạt được thực hiện trên băng thử, thiết kế theo tiêu chuẩn ISO 5801 [11]. Băng thử có kích thước 1,3 m x 1,3 m x 1,8 m như thể hiện trong Hình 10. Đường đặc tính của quạt được xác định bằng cách thay đổi đường kính cửa hút vào hộp (Hình 11). Trong nghiên cứu này có 11 đường kính tại cửa hút được sử dụng (Bảng 2).





**Hình 10. Lắp đặt quạt trên bệ thử nghiệm** **Hình 11. Mặt sau của bệ thử nghiệm**

**Bảng 2. Đường kính cửa hút**

| d (mm) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 169 | 190 | 220 | 238 | 267 | 300 | 336 | 375 | 420 | 475 | 543 |

Các giá trị được thu thập dựa trên phần mềm Labview và được tính xử lý tính toán trên phần mềm Excel. Các biểu thức được sử dụng để tính toán tuân theo tiêu chuẩn ISO 5801.

Lưu lượng :

$$Q_v = \alpha * A * \sqrt{\left(\frac{2 * \Delta p}{\rho_{kk}}\right)} = 0{,}6 * \left(\frac{\pi * D^2}{4}\right) * \sqrt{\left(\frac{2 * \Delta p}{1{,}21}\right)} \quad (1)$$

- $\alpha$ - hệ số lưu lượng
- A - tiết diện mặt cắt ngang cửa hút, $m^2$
- $\Delta p$ - áp suất tĩnh, Pa
- $\rho_{kk}$ - khối lượng riêng của không khí, $kg/m^3$

Công suất động học $P_{đh}(kW)$:

$$P_{đh} = \Delta p * Q_v \quad (2)$$

Công suất cơ khí $P_{ck}(kW)$:

$$P_{ck} = (U * I) - (r * I^2) - (U_0 * I_0 - r * I_0^2) \quad (3)$$

- $U_0$ - điện áp khi rotor không tải ở tốc độ quay thử nghiệm, V
- $I_0$ - dòng điện khi rotor không tải ở tốc độ quay thử nghiệm, A
- $r$ - điện trở trong rotor, $\Omega$

Công suất cơ học bao gồm ba yếu tố:

- $(U * I)$ - công suất điện
- $(r * I^2)$ - tổn thất bởi hiệu ứng Joule
- $(U_0 * I_0 - r * I_0^2)$ - tổn thất rotor chạy không tải

Hiệu suất động học $\eta(\%)$:

$$\eta = \frac{P_{đh}}{P_{ck}} = \frac{\Delta p * Q}{(U * I) - (r * I^2) - (U_0 * I_0 - r * I_0^2)} \quad (4)$$

Trên Hình 12 là cánh quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm. Thông số chế tạo cánh quạt trong Bảng 3. Kết quả cho thấy khả năng thích ứng của vật liệu trong khuôn tương đối tốt.

**Hình 12. Cánh quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm (cánh quạt rỗng ở giữa)**

**Bảng 3 - Thông số chế tạo cánh quạt**

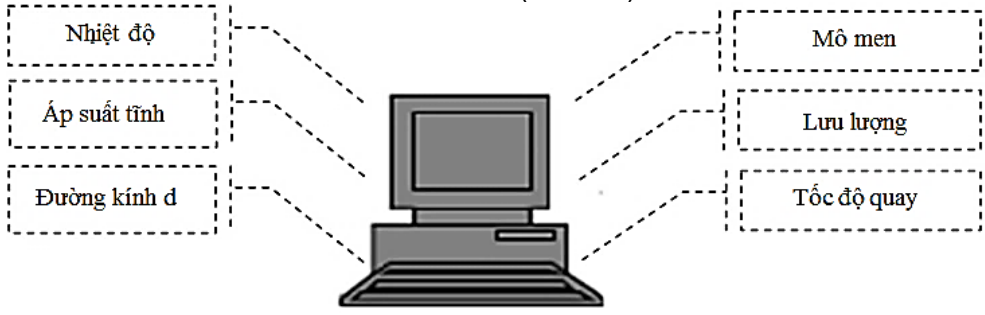
| Vật liệu (PE) | Khối lượng (g) | Nhiệt độ gia nhiệt °C | Thời gian làm mát (min) | Tốc độ quay trục chính, trục phụ (r/min) |
|---|---|---|---|---|
| Polyethylen | 500 | 250 | 20 | 7,5 |

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Kết quả thử nghiệm

***3.1.1. Đánh giá các giá trị thu được của cánh quạt trên băng ghế thử nghiệm***

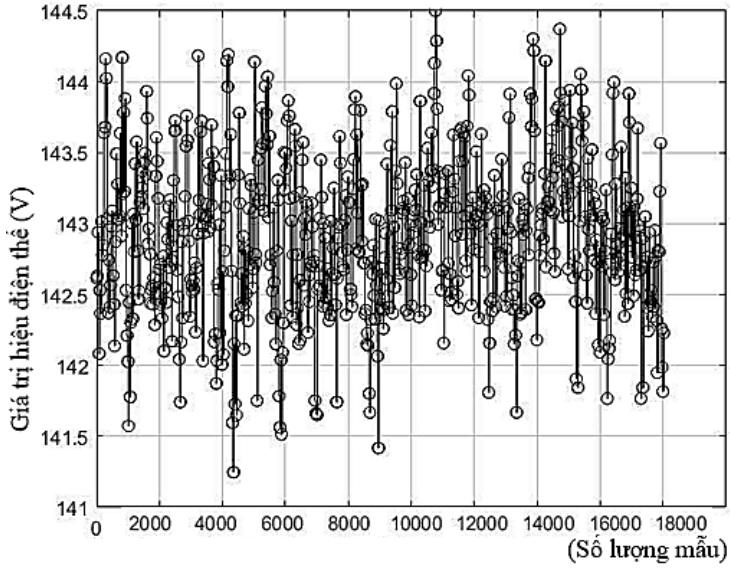
Các giá trị mô men, áp suất tĩnh trong hộp, nhiệt độ - áp suất môi trường tiến hành thí nghiệm được thu thập bởi các cảm biến và hiển thị kết quả trên máy tính thông qua phần mềm LabView (Hình 13).



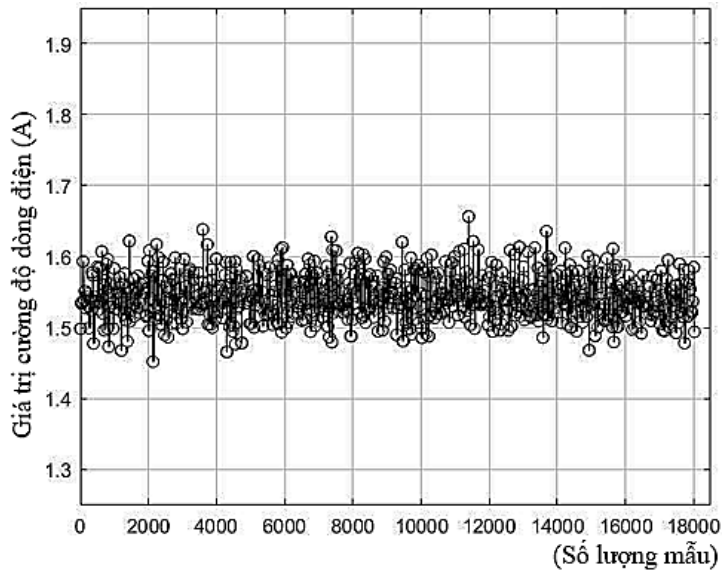

**Hình 13. Thu thập và hiển thị tín hiệu đo**

Đối với mỗi điểm đo, mẫu được ghi lại trong thời gian 180 giây, tần số lấy mẫu là 1000Hz, số lượng mẫu thu được với mỗi điểm đo là 18000 điểm. Trên Hình 14 và Hình 15, thể hiện giá trị áp suất tĩnh trong hộp và giá trị mômen của trục quay động cơ ở tốc độ quay n = 2000 r/min. Các gì trị này được thu thập bởi các cảm biến như cảm biến áp suất FCO318 và cảm biến mômen HBM T20WN (dải đo 5 N.m, độ chính xác ±0,2%). Giá trị thu được từ cảm biến áp suất và cảm biến mômen được hiển thị dưới dạng hiệu điện thế (V) và cường độ dòng điện (A), các tín hiệu này sẽ thông qua Card Ni kết nối với máy tính thông qua phần mềm Labview để chuyển tử tín hiệu điện sang tín hiệu số.

Kết quả nhận được cho thấy các giá trị này tương đối ổn định. Các giá trị mẫu đo được phân bố tương đối đối xứng xung quanh giá trị trung bình (Hình 14, Hình 15). Điều này cho thấy các giá trị thu được có thể đảm bảo được độ tin cậy, tuy nhiên để khẳng định tính chắc chắn hơn nữa thì cần phải xem xét tính lặp lại của các giá trị đo.



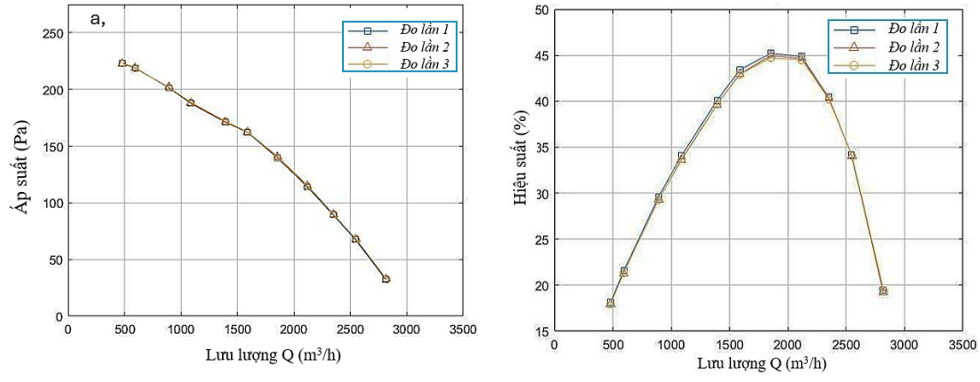

**Hình 14. Giá trị áp suất được lấy trong thời gian 180 s**




**Hình 15. Giá trị mô men được lấy trong thời gian 180 s**

***3.1.2. Kiểm tra tính lặp lại của quá trình đo trên băng ghế thử nghiệm***

Để đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy của kết quả đo. Một nghiên cứu lặp lại phép đo các thông số động học của quạt trên băng thử đã được thực hiện. Điều này sẽ xác minh rằng các thử nghiệm cho kết quả có tính lặp lại. Về cơ bản có thể chọn ngẫu nhiên một trong số ba quạt đề cập trong nghiên cứu này để tiến hành đo, tuy nhiên cánh quạt được chế tạo bởi phương pháp ly tâm được chọn để thực hiện. Quá trình kiểm tra được thực hiện ít nhất ba lần và quá trình đo phải được đảm bảo: giữa mỗi lần đo quạt được tháo ra, lắp lại và được đo vào những ngày khác nhau. Hình 16 (a), (b) cho thấy kết quả thử nghiệm ở tốc độ quay của quạt n = 2000 r/min, gần như giống hệt nhau giữa các lần đo, các đường cong về giá trị áp suất và hiệu suất so với giá trị lưu lượng được thiết lập lại một cách hoàn hảo, có tính quy luật. Có một chút khác biệt nhỏ trong gia trị hiệu suất, tuy nhiên các giá trị này nằm trong khoảng giá trị sai số đo ±5%, xem Bảng 4.




**Hình 16. a - Mối quan hệ giữa áp suất và lưu lượng, b - Mối quan hệ giữa hiệu suất và lưu lượng ở tốc quay n = 2000 r/min**

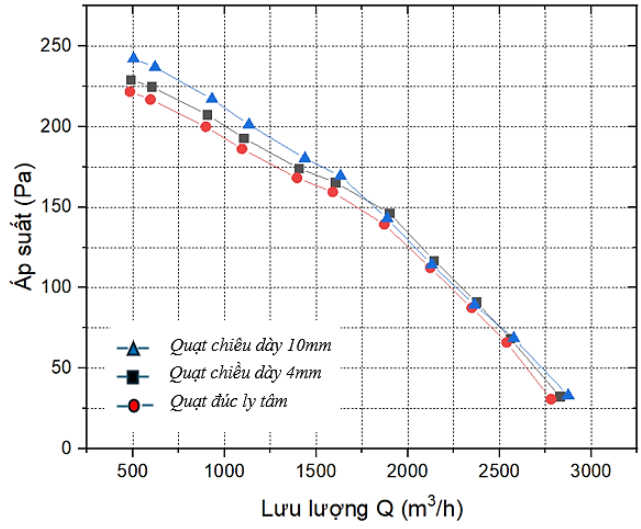
**Bảng 4 - Kết quả kiểm tra tính lặp lại quá trình đo cánh quạt trên bệ thử**

| Số lần đo | Áp suất (Pa) | Lưu lượng ($m^3/s$) | Hiệu suất (%) |
|---|---|---|---|
| Đo lần 1 | 115,26 | 0,5895 | 45,23 ± 0,5 |
| Đo lần 2 | 115,72 | 0,5920 | 44,94 ± 0,5 |
| Đo lần 3 | 115,92 | 0,5902 | 44,71 ± 0,5 |

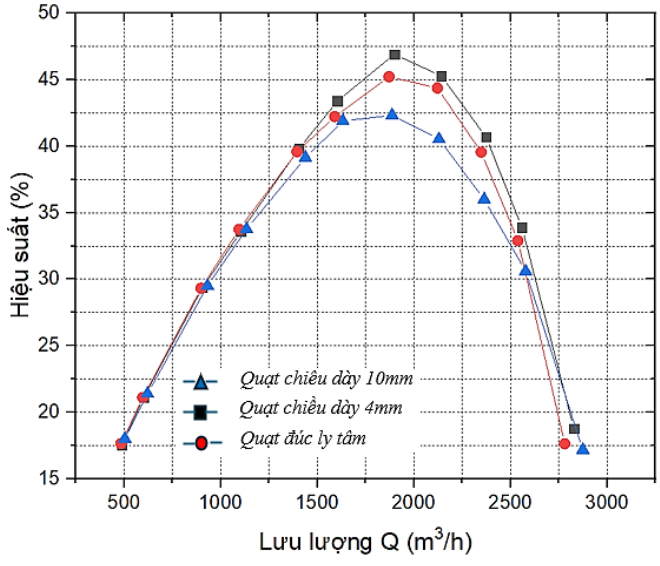
***3.1.3. Kết quả đo của cánh quạt trong nghiên cứu***

Trên bệ thử các cánh quạt có chiều dày 4 mm, 10 mm và cánh quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc quay lần lượt được thử nghiệm. Do cánh quạt đúc quay được chế tạo bằng PE nên để tránh hiện tượng biến dạng của cánh quạt khi quay thì các giải tốc độ khác nhau đã được thử nghiệm: 1000 r/min, 1500 r/min, 2000 r/min. Tuy nhiên, trong bài báo này chỉ đề cập đến kết quả thu được ở tốc độ quan trọng là 2000 r/min.

Ở tốc quay n = 2000 r/min trên Hình 17 và Hình 18, kết quả thu được cho thấy đường cong áp suất, hiệu suất so với giá trị lưu lượng gần như tương đồng nhau. Giá trị hiệu suất lần lượt thu được 46,9%; 45,2%; 42,3% (tương ứng với cánh quạt 4 mm, quạt đúc ly tâm và quạt 10mm). Kết quả này cho thấy khả năng thích ứng của cánh quạt đúc ly tâm với khuôn đúc là khả quan. Do vậy, cách tiếp cận của phương pháp chế tạo cánh quạt này sử dụng trong hệ thống làm mát ô tô là khả thi. Ở khía cạnh hiệu suất quạt chúng ta thấy có khoảng cách đáng kể về chênh lệch hiệu suất khoảng 3% giữa quạt đúc ly tâm so với cánh quạt dày 10mm và hiệu suất này vẫn nhỏ hơn cánh quạt dày 4mm. Tuy nhiên, đây mới chỉ là những giai đoạn nghiên cứu, cũng như là những phiên bản quạt thử nghiệm đầu tiên được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm. Do đó, để tối ưu phương pháp chế tạo những nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo hoàn toàn có khả năng nâng cao được chất lượng cũng như giá trị hiệu suất của loại cánh quạt này. Bên cạnh đó, tính chất rỗng của cánh quạt thu được cũng là một lợi thế đặc biệt là khả năng hấp thụ âm thanh.




**Hình 17. Mối quan hệ giữa áp suất và lưu lượng ở tốc độ quay n = 2000 r/min**




**Hình 18. Mối quan hệ giữa hiệu suất và lưu lượng ở tốc độ quay n = 2000 r/min**

## 4. KẾT LUẬN

➢ Đã đề xuất được phương pháp mới trong lĩnh vực chế tạo cánh quạt hướng trục bằng phương pháp đúc ly tâm. Biên dạng cánh quạt được xây dựng trên phần mềm MFT, trên cơ sở profile biên dạng cánh quạt thu được đã có những sửa đổi để nâng cao hiệu quả sử dụng và phù hợp với hệ thống làm mát ô tô. Khuôn đúc sử dụng để chế tạo cánh quạt dựa trên biên dạng cánh có chiều dày 10 mm, đây là chiều dày nhỏ nhất để đảm bảo chất lượng của cánh quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm.

➢ Kết quả chế tạo và quá trình thử nghiệm trên bệ thử nghiệm động học của loại cánh quạt này so với các cánh quạt tham chiếu bằng nhôm có chiều dày cánh 4 mm và 10 mm rất khả quan. Các đường đặc tính của cánh quạt đúc ly tâm thu được gần như giống hệt nhau ở các tốc độ quay n = 2000 r/min. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị hiệu suất của cánh quạt đúc ly tâm nhỏ hơn cánh quạt tham chiếu chiều dày 4 mm, điều này có thể được lý giải như sau: Các thông số đúc (bao gồm: khối lượng bột, thời gian gia nhiệt và nhiệt độ trong lò, thời gian làm mát, tốc độ quay của trục,…) chưa được tối ưu; ảnh hưởng của độ co ngót của cánh quạt sau khi chế tạo, sự thay đổi này ảnh hưởng trực tiếp đến bản chất của dòng chảy qua các cánh và dòng chảy trên bề mặt cánh quạt. Điều này có thể làm thay đổi các đặc tính động của quạt.

➢ Để đánh giá tổng quát hiệu quả của cánh quạt được chế tạo bởi phương pháp đúc ly tâm cần có những nghiên cứu chuyên sâu các các vấn đề: xác định kích thước hình học của quạt (độ co ngót của vật liệu), kiểm tra dao động của cánh quạt ở giải tốc độ quay lớn 2000÷2500 rpm, xác định độ biến dạng của cánh quạt bằng camera đo ở tốc độ cao,…❒

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


[1]. Mark Kearns and RJ Crawford (2003). *Practical guide to rotational moulding*.

[2]. Nugent, P. (2006). *Rotational molding*. Handbook of Plastic Processes, 387-453.

[3]. Crawford, R. J. (2012). *Practical guide to rotational moulding.* Smithers Rapra.1683-1693.

[4]. RJ Crawford and Susan Gibson (2006). *Rotational molding: the basics for designers*. Rotoworld, March-April.

[5]. Rey Robert (1981). *Méthode générale de détermination d'un étage de turbomachine axiale de compression (fluide incompressible).*

[6]. Farid Bakir (1992). *Méthode de dimensionnement et d'analyse des machines de compression hélico-centrifuges en régime incompressible*. PhD thesis, Paris, ENSAM.

[7]. Eastman Nixon Jacobs, Kenneth Edwards Ward, and Robert McLean Pinkerton (1993). *The Characteristics of 78 related airfoil section from tests in the Variable-Density Wind Tunne*l. Number 460. US Government Printing Office.

[8]. R Noguera, R Rey, F Massouh, and F Bakir (1993). Design and analysis of axial flow pumps. ASME-*PUBLICATIONS-FED*, 154:95–95.

[9]. Three-dimensional flow downstream of axial flow fans. *Flow measurement and instrumentation, 21(2)*:155–165, 2010.

[10]. Gerald Kergourlay, Smaïne Kouidri, Gary W Rankin, and Robert Rey (2006). Experi mental investigation of the 3d unsteady flow field downstream of axial fans. *Flow Measurement and Instrumentation, 17(5):303-314*.

[11]. ISO, "Norme internationale ISO 5801. (2007), Ventilateurs industriels - Essais aérauliques sur circuits normalisés.", fr, p. 248.

[12]. Sarraf C et al. (2011). Experimental study of blade thickness effects on the overall and local performances of a controlled vortex designed axial-flow fan. *Experimental Thermal and Fluid Science, 35* 684–693.

# IMPROVED METHOD OF MANUFACTURING AUTOMOTIVE COOLING FAN BLADES BY CENTRIFUGAL CASTING METHOD

Dinh Vu Dang[1,*], Lien Thi Dang[2]

[1]Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Ha Noi, Vietnam
[2]Thai Binh University, Thai Binh City, Thai Binh, Vietnam
ARTICLE INFOR
TYPE: Research Article
Received: 18/01/2025
Revised: 26/02/2025
Accepted: 05/03/2025
[1,*] Corresponding author:
Email: dangvudinh@humg.edu.vn

---

**ABSTRACT**

*The axial fans mentioned in this study are used in automobile cooling systems. This is a relatively vibrant industrial market today. Therefore, there is a need for more research and application of solutions to improve the product. Previously, these fans were often manufactured by injection molding, mechanical processing or heat pressing. However, the material market is currently relatively developed, the cost is relatively cheap, so it is necessary to consider and improve the manufacturing method of parts and components. Centrifugal casting technology was developed in the early years of the 20th century. This is a completely different casting method compared to traditional methods. The characteristic of this method is to create hollow casting products due to the impact of centrifugal force. The study presented the method of constructing axial fan blade profiles on MFT calculation software and 3D design software (NX). Based on some studies, the modified structure of the fan blade, the blade versions with thickness of 4 mm, 10 mm and the mold were designed. The fan blades were aerodynamically tested on the ISO 5801 standard test bench including: aluminum fan with blade thickness of 4 mm, 10 mm (reference fan) and fan manufactured by centrifugal casting method. The research results show that the curve trend obtained by centrifugal casting fan blade is almost similar to the reference fan blade. At the design point of axial fan blade, the maximum efficiency corresponding to the rotation speed n = 2000 r/min is: 45.2% (centrifugal casting fan blade), 42,3% (10 mm fan blade), and 46.9% (4 mm fan blade), respectively. The results show the adaptability of centrifugal casting process to manufacture axial fan blade. However, to improve the efficiency of this type of fan blade, more in-depth research is needed to evaluate the factors affecting the performance as well as other benefits that this manufacturing method brings.*

**Keywords:** *cooling fan, axial fan, automobile, centrifugal casting.*

---

@ Vietnam Mining Science and Technology Association