

TỔNG QUAN MỘT SỐ NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH VỀ BƠM LY TÂM

A REVIEW OF CENTRIFUGAL PUMP RESEARCH

Nguyễn Quốc Mạnh¹, Phạm Văn Được², Trần Thế Văn¹, Vũ Xuân Trường¹¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên²Khoa Cơ khí, Trường Cao đẳng nghề Kỹ thuật Công nghệ, Hà Nội

TÓM TẮT

Trong hệ thống các thiết bị được sử dụng trong sản xuất công nghiệp, bơm ly tâm là một trong những thiết bị được sử dụng với hiệu suất rất cao. Việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo, cải tiến bơm ly tâm luôn được các nhà nghiên cứu và các hãng sản xuất đặc biệt quan tâm. Do nhu cầu sử dụng bơm ly tâm ngày càng cao của các ngành công nghiệp, việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo được bơm ly tâm có khả năng đáp ứng đầy đủ nhất những yêu cầu khắt khe của hầu hết các ngành công nghiệp đang là một thách thức. Bài báo này trình bày một đánh giá tổng quan về bơm ly tâm, những vấn đề hiện tại, những yếu tố cải thiện chất lượng và cơ hội phát triển về lĩnh vực sản xuất bơm ly tâm. Bài báo này cũng thảo luận về những phương pháp tối ưu trong thiết kế và chế tạo bơm ly tâm.

Từ khóa: Bơm ly tâm; Thiết kế bơm ly tâm; Tối ưu hóa; Tối ưu hóa bơm ly tâm; Sản xuất bơm ly tâm.

ABSTRACT

The centrifugal pump is one of the equipment used the most in industrial production. The investigation, design, manufacture, and improvement of centrifugal pumps are of special interest. Due to the ever-increasing demand for centrifugal pumps in the industries, the research, design, and manufacture of centrifugal pumps to satisfy the strict requirements of most industries is a challenge. This paper presents an overview of centrifugal pumps, the current problems, the quality improvement factors, and development opportunities in manufacturing centrifugal pumps. This article also discusses the optimization method on designing and manufacturing them.

Keywords: Centrifugal-pump; Centrifugal-pump design; Centrifugal-pump Optimization; Centrifugal-pump manufacturing.

1. LỜI GIỚI THIỆU

Bơm ly tâm là một thiết bị bơm được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp dưới dạng thủy lực cánh dẫn. Quá trình hoạt động của bơm dựa trên nguyên tắc của lực ly

tâm. Trong quá trình hoạt động, nguyên liệu được đẩy đến khu vực cần thiết thông qua việc đẩy nhiên liệu vào tâm quay của các cánh bơm bằng lực ly tâm, sau đó, thủy động của dòng chảy nhiên liệu sẽ được đẩy qua mép các cánh máy bơm và được đưa đến vị trí công tác bằng

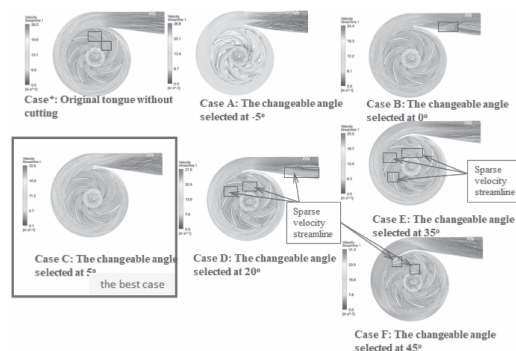
lực ly tâm. Bơm ly tâm được ứng dụng nhiều nhất trong những dự án cấp thoát nước, khu công nghiệp xây dựng, cơ sở hạ tầng, phòng cháy chữa cháy,... ngoài ra còn được sử dụng trong các hộ gia đình cung cấp nước sinh hoạt dân dụng. Bơm ly tâm là một thiết bị đặc biệt quan trọng của hệ thống cấp nước, các máy bơm ly tâm nhiều tầng đã và đang tạo ra mức tiêu thụ năng lượng cao mỗi năm. Vì vậy, trong bối cảnh nhiệt độ toàn cầu đang có xu hướng nóng lên, việc cải thiện hiệu quả và giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng của các máy bơm ly tâm đa tầng là điều khẩn cấp và cần được nghiên cứu. Mặc dù thiết bị này được ứng dụng từ lâu, tuy nhiên, quá trình phát triển hiện nay đã có rất nhiều cải tiến nhằm tối ưu hóa quá trình sử dụng, giảm chi phí chế tạo và nâng cao tuổi thọ cho thiết bị [1-4].

Bài báo này tổng hợp một số nghiên cứu điển hình về tối ưu hóa bơm ly tâm trong những năm gần đây.

2. TỔNG QUAN MỘT SỐ NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH VỀ BƠM LY TÂM NHỮNG NĂM GẦN ĐÂY

Trong nghiên cứu của mình, tác giả Wang Chia-Nan cùng các cộng sự ứng dụng phương pháp phân tử hữu hạn để nghiên cứu, thiết kế tối ưu hóa đa mục tiêu bơm ly tâm bằng thuật toán thông minh nhân tạo đối với bơm ly tâm cỡ nhỏ. Trong nghiên cứu của mình, nhóm tác giả đã đề xuất phương pháp TLBO trong việc tối ưu hóa thiết kế vỏ bơm. Một mô hình số được nhóm tác giả thiết kế dùng cho việc mô phỏng thông qua công cụ CFD của phần mềm ANSYS. Các kết quả trong nghiên cứu cũng đã chỉ ra tính khả thi trong việc sử dụng phương pháp TLBO trong việc tối ưu hóa và giúp cải thiện chất lượng, hiệu suất và giảm sự tổn thất năng lượng trong quá trình vận hành bơm ly tâm. Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng chỉ ra rằng, sử dụng phương pháp này cho độ

chính xác và các kết quả tốt hơn so với những phương pháp nghiên cứu trước đó. Hình 1 mô tả kết quả mô phỏng tối ưu dòng chảy ở vận tốc dòng chảy khác nhau trong nghiên cứu [5].

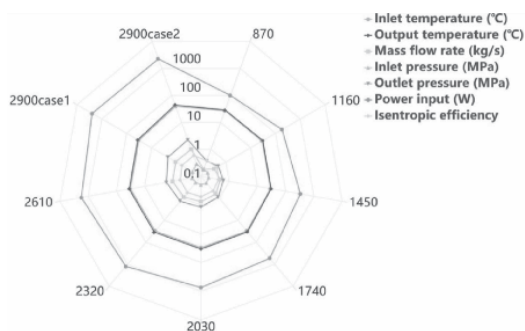


Hình 1. So sánh vận tốc các dòng chảy ở các góc khác nhau trong nghiên cứu [5]

Yuliang Zhang và Wenguang Li [6] thực hiện các thí nghiệm nhằm đánh giá sự phân phối tốc độ đặc biệt thấp của bơm ly tâm tới bánh công tác mở không điển hình. Các kết quả trong nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khi sử dụng tốc độ dòng chảy khác nhau, áp suất tĩnh tức thời tác dụng lên thành vỏ của đầu lưỡi thanh đẩy và khu vực xoắn ốc có sự thay đổi về điều kiện làm việc, biên độ và xung áp suất nghiêm trọng trên thành vỏ khi so sánh với tường của khu vực ống xoắn. Bên cạnh đó, các tác giả cũng chỉ ra rằng, các xung áp lực luôn là yếu tố chiếm nhiều ưu thế nhất trong các điều kiện ngoại biên tác dụng lên điều kiện ổn định của dòng chảy trong quá trình vận hành bơm ly tâm. Các kết quả trong nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, những giá trị áp suất tĩnh đo được đều đạt giá trị cực đại một cách tức thời và là những dao động mạnh. Điều này cũng cho thấy, trong quá trình hoạt động, áp suất tác động một cách không ổn định tại hầu hết các điểm được giám sát của roto và cánh quạt quay.

Trong nghiên cứu [7], tác giả Ping Xu và các cộng sự giới thiệu máy học và thuật toán lai cho quá trình dự đoán tối ưu hóa bơm ly

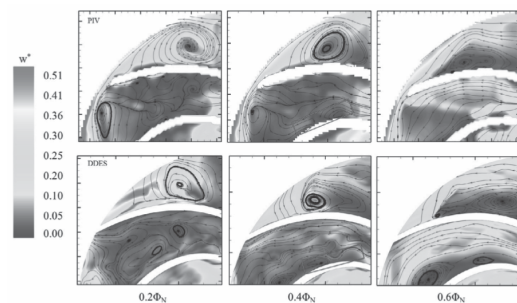
tâm đa tầng trong hệ thống ORC. Trong nghiên cứu của mình, nhóm tác giả đã chỉ ra rằng, dựa vào máy học, các tác giả có thể đề xuất một mô hình dự đoán từ những cơ sở dữ liệu thử nghiệm giữa một mô hình được tối ưu hóa với mô hình không được tối ưu hóa, tác giả phân tích những thông số có khả năng tác động đến hiệu quả đẳng hướng bằng cách kết hợp sử dụng thuật toán di truyền (GA) và thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) để tạo thành một thuật toán mới, lai ghép giữa hai thuật toán trên để tạo thành thuật toán GS-PSO. Các kết quả nhận được thuật toán GA-PSO được tích hợp vào mô hình học máy nhằm dự đoán và tối ưu hóa kết quả nghiên cứu hiệu suất đẳng hướng của bơm ly tâm. Các kết quả trong nghiên cứu của nhóm tác giả đã cho thấy, sự phân phối kết quả dự đoán và tối ưu hóa kết hợp giữa mô hình dự đoán với thuật toán mới mang lại hiệu quả dự đoán có độ chính xác cao như mô tả trong hình 2. Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng chỉ ra rằng, khi sử dụng các điều kiện vận hành hợp lý, nhiệt độ, áp suất đầu vào, áp suất đầu ra của bơm sẽ ít ảnh hưởng đến hiệu suất đẳng hướng so với áp suất đầu ra của bơm và công suất đầu vào sẽ có sự ảnh hưởng nhiều hơn so với tốc độ dòng chảy trong quá trình vận hành.



Hình 2. Kết quả dự đoán và tối ưu hóa theo các điều kiện biên trong nghiên cứu [7]

Phân tích về sự không ổn định của dòng chảy và xung áp lực bên ngoài bơm ly tâm trong quá trình thiết kế được tác giả Ning Zhang và các cộng sự tiến hành [8]. Trong nghiên cứu

của mình, nhóm tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng sự cản trở của dòng xoáy tách biệt (DDES) đến sự không ổn định của cấu trúc dòng chảy và xung áp lực trên bơm ly tâm sử dụng tốc độ đặc biệt thấp. Các kết quả trong nghiên cứu cho thấy sự giảm nhanh của vận tốc trong khu vực lực hút phía lưỡi của máy bơm và hầu như không bị thay đổi tại các vị trí khi thay đổi tốc độ dòng chảy. Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng chỉ ra rằng, sự phân phối dòng cũng không đồng đều với đặc trưng nhiều xoáy được tìm thấy tại các vị trí của điểm uốn. Điều đó cho thấy, khu vực xoắn ốc có ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi cấu trúc của vách ngăn, nó có thể tạo ra dạng dòng chảy hỗn loạn thông qua cấu trúc xoáy như mô tả trong hình 3.

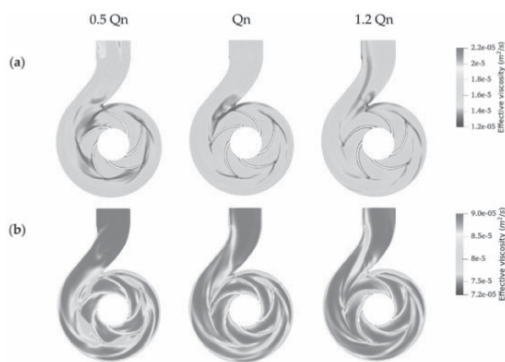


Hình 3. So sánh sự phân phối tốc độ tương đối bằng phương pháp DDES và PIV [8]

Tác giả Delin Li cùng các cộng sự sử dụng phương pháp mô phỏng DDES để nghiên cứu cấu trúc xoáy không ổn định và xung áp của bơm ly tâm với bộ khuếch tán VANED [9]. Các kết quả trong nghiên cứu đã cho thấy sự khác biệt lớn của các xung áp suất từ các điểm được đánh giá, nó thay đổi từ phía hút sang phía lưỡi của bơm và hiện tượng này là do sự tương tác của dòng xoáy với lưỡi tại các khu vực tương ứng. Bên cạnh đó, các tác giả cũng chỉ ra rằng, các xung áp suất chủ yếu được tạo ra từ cạnh dẫn đến cạnh chéo của lưỡi, các dòng xoáy được hình thành xung quanh các bánh công tác và bộ phận khuếch tán của bơm. Thông qua bộ khuếch tán VANED và các kết quả của nghiên cứu

cứu này, người đọc có thể hiểu rõ hơn về dòng chảy không ổn định và các xung áp suất trong quá trình vận hành bơm ly tâm.

Lila Achour và các cộng sự nghiên cứu về hành vi thích ứng thủy động lực học một máy bơm ly tâm với 5 cánh quạt cong ngược với tốc độ cố định trong quá trình vận hành [11]. Các kết quả trong nghiên cứu đã chỉ ra rằng, độ thích ứng của đầu lưỡi bơm với độ nhớt có ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc liên kết của dòng chảy. Sự thất thoát về độ nhớt cũng ảnh hưởng khá nhiều đến hiệu suất của máy bơm trong quá trình làm việc như mô tả trong hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của độ nhớt đến hiệu suất của bơm ly [1]

3. KẾT LUẬN

Qua việc tổng quan các công trình nghiên cứu về bơm ly tâm trong những năm gần đây, có thể nhận thấy, việc tối ưu hóa thiết kế và chế tạo bơm ly tâm đang được các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp đặc biệt quan tâm, các kết quả từ những nghiên cứu sẽ giúp tiết kiệm vật liệu và năng lượng hơn trong quá trình vận hành chúng. Quá trình phân tích và đánh giá các công trình cũng giúp người đọc có cái nhìn chính xác hơn về lĩnh vực này, từ đó, có thể tìm thấy những ý tưởng mới cho các nghiên cứu và những ứng dụng về bơm ly tâm trong tương lai tại các doanh nghiệp và các cơ sở nghiên cứu.

Lời cảm ơn:

Bài báo được tài trợ bởi đề tài UTEHY.L.2021.03, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ, hỗ trợ của Nhà trường. ❖

Ngày nhận bài: 25/3/2023

Ngày phản biện: 02/4/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. El-Emam, Mahmoud A., et al; "Computational methods of erosion wear in centrifugal pump: A state-of-the-art review". Archives of Computational Methods in Engineering 29.6 (2022): 3789-3814.
- [2]. Zhao, Jiantao, et al; "Energy-saving oriented optimization design of the impeller and volute of a multi-stage double-suction centrifugal pump using artificial neural network". Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics 16.1 (2022): 1974-2001.
- [3]. VO, Thi Minh Nhut; "Centrifugal pump design: An optimization". The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics 17 (2022): 136-151.
- [4]. Wu, Tianxin, et al; "Multi-objective optimization on diffuser of multistage centrifugal pump base on ANN-GA". Structural and Multidisciplinary Optimization 65.6 (2022): 182.
- [5]. Wang, Chia-Nan, et al; "CFD analysis and optimum design for a centrifugal pump using an effectively artificial intelligent algorithm". Micromachines 13.8 (2022): 1208.
- [6]. Zhang, Yuliang, Zuchao Zhu, and Wenguang Li; "Experiments on pressure distribution of a low specific-speed centrifugal pump with atypical open impeller". Journal of Chemical Engineering of Japan 53.6 (2020): 237-245.
- [7]. Ping, Xu, et al; "Introducing machine learning and hybrid algorithm for prediction and optimization of multistage centrifugal pump in an ORC system". Energy 222 (2021): 120007.
- [8]. Zhang, Ning, et al; "DDES analysis of unsteady flow evolution and pressure pulsation at off-design condition of a centrifugal pump". Renewable Energy 153 (2020): 193-204.
- [9]. Li, Delin, et al; "Numerical investigation on the unsteady vortical structure and pressure pulsations of a centrifugal pump with the vaned diffuser". International Journal of Heat and Fluid Flow 98 (2022): 109050.
- [10]. Xin, Tang, et al; "Analysis of hydraulic loss of the centrifugal pump as turbine based on internal flow feature and entropy generation theory". Sustainable Energy Technologies and Assessments 52 (2022): 102070.
- [11]. Achour, Lila, et al; "Numerical Assessment of the Hydrodynamic Behavior of a Volute Centrifugal Pump Handling Emulsion". Entropy 24.2 (2022): 221.