

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH THƯỚC KÊNH DẪN KHÍ ĐẾN ĐẶC TÍNH VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA PIN NHIÊN LIỆU KIỂU MÀNG TRAO ĐỔI

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF AIR CHANNELS SIZE ON CHARACTERISTICS AND OPERATION OF PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL

Đỗ Văn Trấn¹, Bùi Ánh Hưng²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của kích thước kênh dẫn khí đến các đặc tính và hoạt động của pin nhiên liệu kiểu màng trao đổi (PEMFC). Kết quả tính toán chỉ ra rằng, khi tăng kích thước kênh dẫn khí có thể làm gia tăng thông lượng mật độ dòng và tăng mật độ công suất của pin. Ngoài ra, kích thước kênh dẫn khí có ảnh hưởng đến phần trăm khối lượng H_2 trên màng và quá thế trên lớp xúc tác. Khi tăng kích thước kênh dẫn khí, phần trăm khối lượng H_2 trên màng có xu hướng tăng. Tuy nhiên, quá thế trên lớp xúc tác có xu hướng giảm khi tăng kích thước kênh dẫn khí.

Từ khóa: PEMFC; Kích thước kênh dẫn khí; Mô hình pin nhiên liệu.

ABSTRACT

This paper presents the results of evaluating the influence of air channel size on the characteristics and operation of the Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). The calculation results show that increasing the size of the air channel can increase the current flux density and power density of the PEMFC. In addition, the size of the gas channel affects the mass percent of H_2 on the membrane and overvoltage on the catalyst layer. When the gas channel's size increases, the percentage of H_2 mass on the membrane increases. However, the overvoltage on the catalyst layer tends to decrease when the air channel is increased.

Keywords: PEMFC; Gas channel dimension; Fuel cell model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

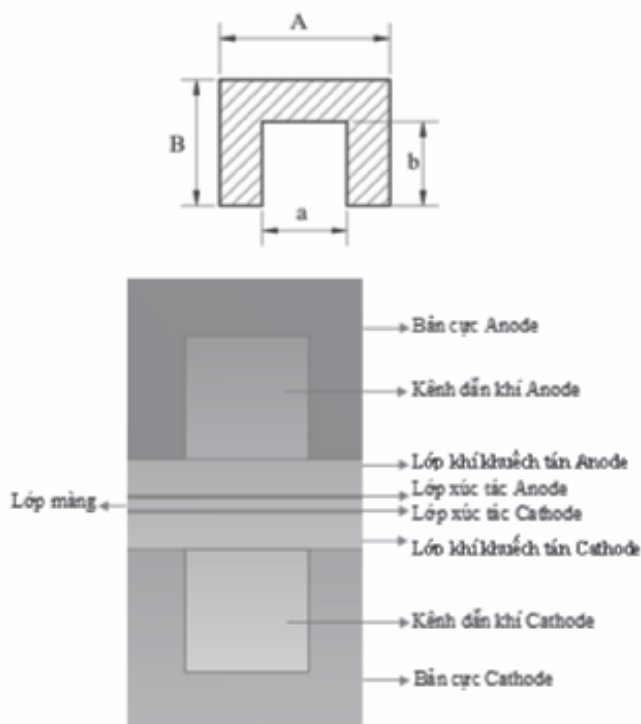
Ngành công nghiệp ô tô đã trải qua áp lực rất lớn để giảm lượng khí thải ra môi trường [1]. Ô tô đã tiêu thụ tới 40% tổng số nhiên liệu hóa thạch được sử dụng trong ngành công nghiệp vận chuyển [2] và chúng thải ra môi trường rất nhiều khí thải gây ô nhiễm môi trường. Với yêu cầu ngày càng khắt khe về phát thải, nhiên liệu hóa thạch đang dần được thay thế bằng nguồn năng lượng sạch và có thể tái tạo. Trong đó, H_2 là nguồn năng lượng trong tương lai có thể thay thế cho nhiên liệu hóa thạch [3]. Ngành công nghiệp ô tô của hầu hết các quốc gia đang dần sử dụng năng lượng tái tạo thay vì nhiên liệu hóa thạch để chuyển sang các phương tiện thân thiện với môi trường, dẫn đến sự gia tăng mạnh mẽ các kỹ thuật mới để sử dụng năng lượng tái tạo. Phương tiện giao thông sử dụng PEMFC đang được quan tâm nhiều của nhà khoa học. Lý do chính mà PEMFC được quan tâm nhiều là chúng có nhiều ưu điểm như hiệu suất năng lượng cao, không phát thải và tiếng ồn thấp. Trong tương lai, PEMFC trở thành nguồn năng lượng đầy hứa hẹn để ứng dụng trên ô tô trong những thế hệ tiếp theo [4]. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng PEMFC trên phương tiện là rất cần thiết để có thể cạnh tranh cùng với phương tiện sử dụng động cơ đốt trong. Trong nghiên cứu này, tác giả đi xây dựng mô hình tính toán cho PEMFC với mục tiêu đánh giá được ảnh hưởng kích thước kênh dẫn khí đến đặc tính và hiệu quả hoạt động của chúng.

2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH TÍNH

Bảng 1. Thông số của PEMFC.

Tham số	Giá trị
Chiều sâu kênh dẫn khí	15 mm
Nhiệt độ hoạt động pin	353K
Mật độ dòng tham chiếu anode	5000 A/m ²
Mật độ dòng tham chiếu cathode	20 A/m ²
Điện áp mở mạch	0,96 V
Lượng H_2 cấp tại anode	0,1125 mg/s
Không khí cấp tại cathode	0,75 mg/s

Mô hình tính toán được thiết lập dựa trên các thông số cơ bản của pin nhiên liệu được cho ở Bảng 1. Trong nghiên cứu này, kết cấu bản cực anode và cathode là giống nhau và có kết cấu được chỉ ra ở Hình 1.



Hình 1. Mô hình và kích thước bản cực của PEMFC.

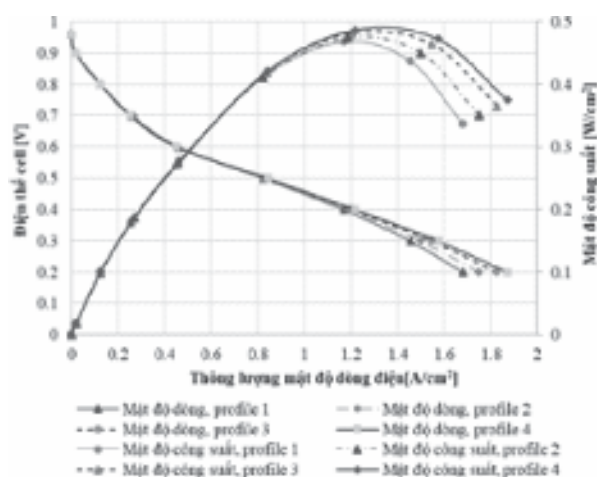
Bảng 2. Kích thước kênh dẫn khí [mm]

	A	a	b	B
Profile 1	2	0,5	0,5	1,5
Profile 2	2	0,75	0,75	1,5
Profile 3	2	1	1	1,5
Profile 4	2	1,25	1,25	1,5

Các chế độ tính toán: Mô hình tính toán được tính ở 4 profile khác nhau với kích thước được cho như Bảng 2. Các thông số chính của pin được khảo sát gồm: Dự đoán sự thay đổi đường cong phân cực, mật độ công suất của PEMFC, quá thế trên lớp xúc tác và hàm lượng H_2 phân bố trên màng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đường cong phân cực và mật độ công suất của PEMFC

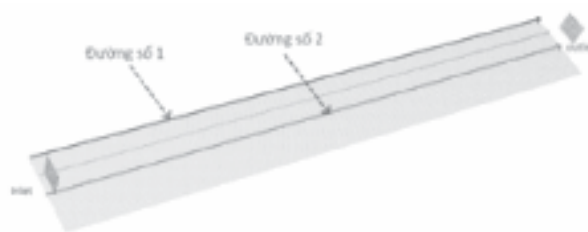


Hình 2. Đường cong phân cực và mật độ công suất của PEMFC.

Hình 2 thể hiện kết quả tính toán đường cong phân cực và mật độ công suất của PEMFC khi thay đổi kích thước kênh dẫn khí. Với cùng một lượng H_2 và O_2 cấp cho bản cực anode và cathode, khi tăng kích thước kênh dẫn thì thông lượng mật độ dòng tăng (đường cong phân cực có xu hướng nâng lên được thể hiện trong Hình 2). Tại mức điện áp $E_{cell} > 0,5V$ thì sự gia tăng này là không đáng kể. Tuy nhiên, khi PEMFC làm việc ở mức điện áp $E_{cell} < 0,5V$ thì thông lượng mật độ dòng có sự khác biệt lớn tại 4 giá trị khảo sát.

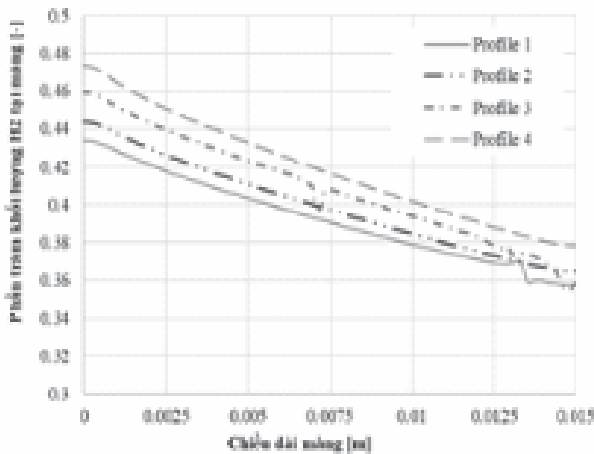
Thêm nữa, kết quả tính toán trên Hình 2 chỉ ra rằng khi tăng kích thước kênh dẫn khí, mật độ công suất của PEMFC tăng. Mật độ công suất phụ thuộc nhiều vào thông lượng mật độ dòng và mức điện áp hoạt động. Trên Hình 2 chỉ ra được tại giá trị thông lượng mật độ dòng từ 1,2-1,6A/cm² thì phát huy mật độ công suất lớn nhất. Tại vùng có thông lượng mật độ dòng nhỏ hơn 0,8A/cm², mật độ công suất ít thay đổi khi thay đổi kích thước kênh dẫn khí.

3.2. Sự phân bố nồng độ H_2 trên màng trao đổi

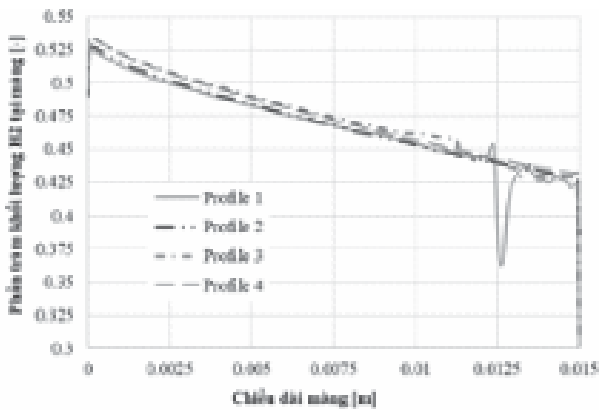


Hình 3. Vị trí khảo sát sự thay đổi hydro và quá thế.

Lượng H_2 suy giảm nhanh, hoặc thiếu cục bộ tại một vị trí bất kỳ có thể gây ra suy giảm hiệu suất phản ứng của PEMFC. Vì vậy, việc khảo sát sự thay đổi lượng H_2 trên màng là cần thiết.



Hình 4. Sự phân bố H_2 màng tại vị trí xét đường số 1.

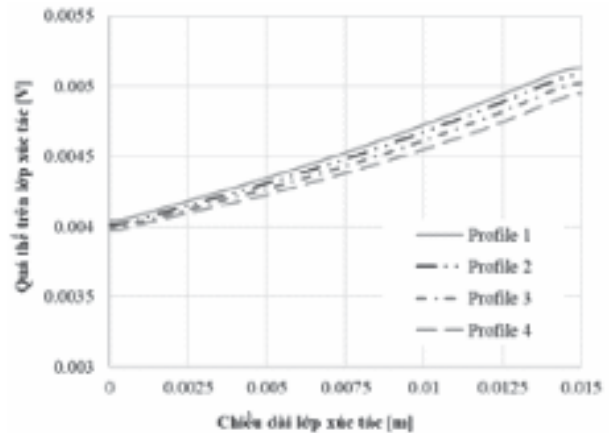


Hình 5. Sự phân bố H_2 màng tại vị trí xét đường số 2.

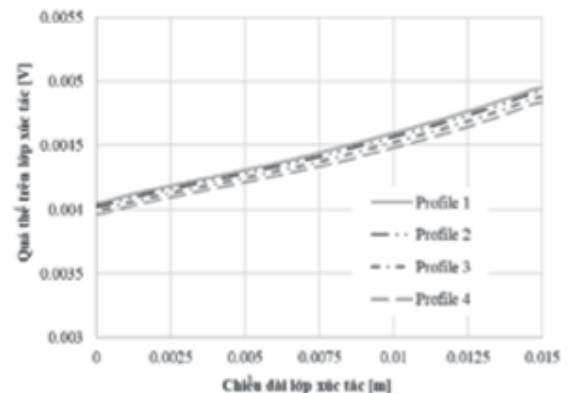
Kết quả tính toán trên Hình 4 và 5 chỉ ra được phần trăm khối lượng H_2 trên màng có xu hướng giảm từ đầu vào cho đến đầu ra của kênh dẫn khí, điều này đúng với cả 4 trường hợp kích thước kênh dẫn khí. Thêm nữa, phần trăm khối lượng H_2 trên màng có xu hướng tăng khi tăng dần kích thước kênh dẫn từ profile 1 đến profile 4, tại vị trí xét là đường số 2 thì sự thay đổi này nhỏ hơn so với vị trí xét là đường số 1. Tại profile 1 có xuất hiện vị trí mà tại đó lượng H_2 suy giảm nhanh. Tại điểm này, lượng H_2 suy giảm nhiều nhất tại vị trí xét là đường số 2. Tại hai vị trí xét là đường 1 và 2 đã chỉ ra được lượng H_2 tập trung ở đường số 2 chiếm tỷ

lệ lớn và có xu hướng giảm dần tại các vị trí xét là đường số 1.

3.3. Sự thay đổi quá thế trên lớp xúc tác



Hình 6. Quá thế trên lớp xúc tác tại vị trí xét đường số 1.



Hình 7. Quá thế trên lớp xúc tác tại vị trí xét đường số 2.

Quá thế gây nên các tổn thất năng lượng cho PEMFC, do đó cần phải xem xét sự thay đổi quá thế khi PEMFC hoạt động. Kết quả tính toán trên Hình 6 và 7 chỉ ra được quá thế trên lớp xúc tác có xu hướng tăng từ đầu vào đến đầu ra khỏi kênh dẫn khí. Khi tăng kích thước kênh dẫn khí, quá thế trên lớp xúc tác có xu hướng giảm. Tuy nhiên, tại vị trí đầu vào kênh dẫn khí thì quá thế có giảm ít khi tăng dần kích

thước kênh dẫn khí, và quá thể có xu hướng giảm nhiều tại vị trí đầu ra kênh dẫn khí. Thêm nữa, tại vị trí xét đường 2, quá thể có giá trị nhỏ hơn so với vị trí xét là đường số 1.

4. KẾT LUẬN

Khi tăng kích thước kênh dẫn khí làm gia tăng thông lượng mật độ dòng và mật độ công suất của pin. Tại vùng làm việc $E_{\text{cell}} > 0,5\text{V}$, kích thước kênh dẫn khí ít ảnh hưởng tới thông lượng mật độ dòng. Tuy nhiên, tại $E_{\text{cell}} < 0,5\text{V}$, kích thước kênh dẫn khí ảnh hưởng đáng kể đến thông lượng mật độ dòng.

Phần trăm khối lượng H_2 trên màng tăng khi tăng kích thước kênh dẫn khí. Tại kích thước kênh dẫn khí nhỏ nhất xuất hiện những điểm mà tại đó phần trăm khối lượng H_2 suy giảm nhanh, và gây ra thiếu H_2 cục bộ. Ngoài ra, tăng kích thước kênh dẫn khí, quá thể trên lớp xúc tác giảm. Quá thể lớp xúc tác tại đường số 2 nhỏ nhất và tăng dần ra vị trí mép kênh dẫn. ❖

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông Vận tải trong đề tài mã số T2023-CK-004. Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Giao thông Vận tải đã tài trợ kinh phí nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **10/8/2023**

Ngày phản biện: **04/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Berggren C, Magnusson T. *Reducing automotive emissions-The potentials of combustion engine technologies and the power of policy*. Energy Pol Feb. 2012;41:636e43.
- [2]. Sulaiman N, Hannan MA, Mohamed A, Majlan EH, Wan Daud WR. *A review on energy management system for fuel cell hybrid electric vehicle: issues and challenges*. Renew Sustain Energy Rev 2015;52:802e14.
- [3]. Durbin DJ, Malardier-Jugroot C. *Review of hydrogen storage techniques for on board vehicle applications*. Int J Hydrogen Energy 2013;38(34):14595e617.
- [4]. D. Wu, C. Peng, C. Yin, H. Tang, *Review of system integration and control of proton exchange membrane fuel cells*, Electrochem Energy Rev, 3 (2020), pp. 466-505.
- [5]. Chen E, *Thermodynamics and Electrochemical Kinetics*, In: Hoogers G, editor, Fuel Cell Technology Handbook, Boca Raton, FL: CRC Press, 2003.