

CÔNG NGHỆ PIN NHIÊN LIỆU TỪ ĐƯỜNG

Trần Duy Tập

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Việc ăn đường làm cho chúng ta cảm thấy khỏe hơn khi mệt mỏi, bởi vì các tế bào của chúng ta sử dụng đường để tạo ra năng lượng. Song có lẽ ít ai biết rằng, đường cũng có thể được sử dụng để tạo ra năng lượng trong pin nhiên liệu sinh học nhân tạo hoạt động trong môi trường sống.

Kỹ thuật chế tạo pin nhiên liệu đã được cải thiện đáng kể trong 30 năm qua, dẫn đến sự phát triển của ô tô điện với lượng khí thải bằng 0 và hiệu suất cũng như độ bền được cải thiện như mong muốn [1, 2]. Pin nhiên liệu tạo năng lượng điện bằng cách chuyển đổi năng lượng phản ứng hóa học giữa nhiên liệu và oxy thành điện, thường là thông qua một bộ phân tách hoặc màng điện phân. Hầu hết các pin nhiên liệu hoạt động bằng cách sử dụng màng điện phân polyme để tách nhiên liệu (thường là hydro nguyên chất) ở nhiệt độ khoảng 100°C. Ngoài ra, các chất xúc tác kim loại quý như bạch kim (Pt) phủ lên carbon, được sử dụng để tăng tốc độ các phản ứng tại cực dương và cực âm để tạo ra dòng điện [3, 4].

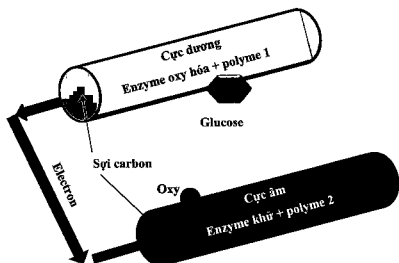
Các pin nhiên liệu hoạt động dùng nhiên liệu sinh học vẫn còn trong giai đoạn nghiên cứu. Nhưng như là một sự thay thế cho nhiên liệu hydro, methanol cũng có thể được sử dụng làm nhiên liệu và đã được sử dụng trong các ứng dụng di động như máy tính xách tay và điện thoại di động [3]. Tuy nhiên, vật liệu làm xúc

tác cực dương cần được bảo vệ khỏi sự ăn mòn bởi các sản phẩm thứ cấp sau phản ứng và màng điện phân cần hạn chế hoặc ngăn chặn sự rò rỉ nhiên liệu qua màng. Trong một bài báo được đăng tải trên tạp chí của Hiệp hội Hóa học Hoa Kỳ (Journal of the American Chemical Society), Mano và các cộng sự đã chứng minh rằng glucose, một phân tử phức tạp hơn nhiều so với hydro hoặc methanol, có thể được sử dụng để dẫn electrons trong 1 pin nhiên liệu thu nhỏ [5]. Đáng chú ý, pin nhiên liệu này được vận hành mà không cần màng điện phân để tách oxy ra khỏi nhiên liệu (pin nhiên liệu thông thường không thể hoạt động trong các điều kiện này).

Các pin nhiên liệu thu nhỏ không phải là mới và đã được sử dụng trong các hệ thống phát hiện nồng độ rượu trong hơi thở hay cảm biến oxy cho xe ô tô. Ví dụ, một chấm bạch kim rộng khoảng 1 mm² trên một màng zirconia đã được sử dụng như một cảm biến oxy [6]. Thậm chí các cảm biến tốt hơn có thể được thực hiện bằng cách làm cho chấm bạch kim có diện tích nhỏ hơn. Giới hạn dưới về kích thước

của pin nhiên liệu là chưa thể biết, nhưng không khó để tạo ra một chấm bạch kim có diện tích 0,01 mm², tức là thấp hơn 40 lần so với kích thước được công bố bởi Mano và các cộng sự. Vì vậy, kích thước nhỏ của tế bào pin nhiên liệu không phải là đặc biệt nổi bật. Điều đáng ngạc nhiên ở đây là pin nhiên liệu của Mano và cộng sự đã sử dụng glucose làm nhiên liệu và hình dạng tế bào pin đơn giản (hình 1). Cả hai điều này đòi hỏi phải có những tiến bộ đáng kể trong các vật liệu xúc tác được sử dụng ở cực dương và cực âm. Glucose lần đầu tiên được sử dụng trong một pin nhiên liệu điện cực enzyme vào năm 1964 bởi Yahiro, Lee và Kimble [7], sau đó được cải tiến bởi Persson và Gorton, trong đó glucose được oxy hóa trên một cực dương carbon bằng cách sử dụng enzyme glucose hydroase [8].

Mano và các cộng sự đã sử dụng một enzyme khác - glucose oxidase, thu được từ vi khuẩn *Aspergillus niger* - cố định trên bề mặt sợi carbon (hoạt động như anode). Để vận chuyển các electron từ vị trí phản ứng glucose đến sợi carbon, một polyme oxy



Hình 1. Cấu hình của các bộ phận trong pin nhiên liệu glucose được phát triển bởi Mano và các cộng sự [5]. Các điện cực là các sợi carbon được phủ màng hydrogel khâu mạch, mỗi loại chứa một enzyme khác nhau và polyme oxy hóa khử. Thiết kế của tế bào pin nhiên liệu đơn giản này dựa trên thực tế là các enzyme là chất xúc tác rất đặc biệt. Do không có màng để tách nhiên liệu (glucose) khỏi chất oxy hóa (oxy), các enzyme khác nhau trên cực dương và cực âm chỉ phản ứng với glucose và oxy tương ứng.

hóa được trộn lẫn với enzyme và khâu mạch vào sợi carbon dưới dạng một hydrogel. Enzyme được sử dụng để xúc tác oxy, bilirubin oxidase từ vi khuẩn *Trachyderma tsunodae* được trộn lẫn với một polyme oxy hóa thứ hai để tạo thành một màng hydrogel xung quanh cathode - tức là sợi carbon thứ hai - để chuyển các electron từ carbon sang oxy. Những hỗn hợp enzyme-polyme này ổn định trong khoảng một tuần và cho phép tạo ra năng lượng từ các phản ứng điện cực glucose-oxy. Khoảng 1 mW đã thu được trên mỗi cm² của pin, tức là ít hơn 1.000 lần mật độ năng lượng cần thiết để cung cấp cho một ô tô hoạt động. Tuy nhiên, glucose trong trường hợp này đã bị pha loãng rất nhiều, chỉ có 15 mM, và hoạt động ở nhiệt độ khoảng 37°C trong chất lỏng sinh lý. Lưu ý rằng đây là điều kiện không có lợi cho pin nhiên liệu thông thường

hoạt động. Mặc dù một lượng công suất nhỏ như vậy không đủ để điều khiển động cơ xe ô tô nhưng nó có thể hữu ích để vận hành các cảm biến sinh học và có thể được cấy ghép trong một sinh vật sống.

Điểm đặc biệt của những thí nghiệm này là chúng được thực hiện trong một ngăn đơn. Nói cách khác, không có màng để tách điện cực nhiên liệu khỏi điện cực oxy. Điều này có nghĩa là nhiên liệu và oxy được trộn lẫn trong pin và không có gradient hóa học để tạo ra điện áp pin nhiên liệu. Do đó, ở trạng thái cân bằng, không có điện áp hoặc dòng điện từ pin. Vì vậy, tế bào pin sinh ra năng lượng là do các chất xúc tác cực dương và cực âm có thể phân biệt chất phản ứng với nhiên liệu và chất oxy hóa.

Sự kết hợp giữa các enzyme và polyme trên sợi carbon có thể

hoạt động được trong một pin nhiên liệu đơn ngăn được thiết kế bởi Mano và các cộng sự nhưng rõ ràng chúng ta không thực sự hiểu rõ vì sao hệ thống này lại hoạt động được. Việc tạo ra năng lượng thành công từ các phân tử phức tạp trong môi trường sinh lý là một thành tựu đáng kể nhưng đưa đến một thách thức mới, đó là làm thế nào để hiểu một cách chính xác về sự tương tác của enzyme và polyme. Một sự hiểu biết tốt hơn về các cơ chế phản ứng liên quan sẽ giúp các nhà nghiên cứu tối ưu hóa pin nhiên liệu này để chế tạo các thiết bị chức năng có thể tích hợp được vào các hệ thống sinh học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.M. Nasef (2014), *Chem. Rev.*, **114**, pp.12278-12329.
- [2] T.T. Duy, S. Sawada, S. Hasegawa, Y. Katsumura, Y. Maekawa (2013), *J. Membr. Sci.*, **447**, pp.19-25.
- [3] L. Gubler (2014), *L. Adv. Ener. Mater.*, **4**, 1300827.
- [4] T.D. Tap, D.D. Khiem, L.L. Nguyen, N.Q. Hien, L.Q. Luan, P.B. Thang, S. Sawada, S. Hasegawa, Y. Maekawa (2018), *Radiat. Phys. Chem.*, **151**, pp.186-191.
- [5] N. Mano, F. Mao & A. Heller (2002), *J. Am. Chem. Soc.*, **124**, pp.12962-12963.
- [6] R.C. Copcutt, A.C. King & K. Kendall (1996), *Proc. R. Soc. Lond. A*, **452**, pp.2639-2653.
- [7] A.T. Yahiro, C.W. Lee, D.O. Kimble (1964), *Biochim. Biophys. Acta.*, **88**, pp.375-383.
- [8] B. Persson & L. Gorton (1985), *Enzyme Microb. Technol.*, **7**, pp.549-552.