

## HYDRÔ

CHẤT CHUYỂN TÀI NĂNG LƯỢNG  
CỦA HIỆN TẠI VÀ TƯƠNG LAI

VÔ THÁI TRƯỜNG

**Đặt vấn đề**

Ngày nay, ít ai nghĩ đến một lúc nào đó “chết gí một chỗ” vì không còn nhiên liệu và năng lượng!

Thế giới chúng ta đang bị phụ thuộc nặng nề vào một nền kinh tế nhiên liệu hóa thạch. Nhiên liệu của đa số các phương tiện giao thông hiện tại: xe hơi, xe lửa, máy bay... là xăng dầu. Hơn nữa, một tỉ lệ khá cao các nhà máy điện là nhiệt điện dùng dầu hỏa, khí thiên nhiên hay than đá. Nếu không có nhiên liệu hóa thạch, nền kinh tế cùng với các phương tiện giao thông liên lạc, vận tải, sẽ rơi vào khủng hoảng, ngưng trệ. Gần như toàn bộ nền kinh tế, chính xác hơn là toàn bộ xã hội hiện đại đã phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch.

Trong khi nhiên liệu hóa thạch đóng một vai trò quan trọng trong việc đưa xã hội đến mức phát triển như ngày nay thì nó cũng tồn tại những vấn đề phát sinh như ô nhiễm không khí, các vấn đề môi trường như tràn dầu, nguy hiểm và nóng bỏng hơn cả là vấn đề biến đổi khí hậu toàn cầu cùng với sự nóng lên của trái đất. Ngoài ra, nhiên liệu hóa thạch chỉ là nguồn tài nguyên hữu hạn không thể được tái tạo và nền kinh tế dựa trên nhiên liệu hóa thạch còn làm cho một số nước không có nhiều tài nguyên sẽ bị phụ thuộc vào những nước vốn có nguồn dầu mỏ và than đá dồi dào.

Giữa bối cảnh đó, khái niệm về một nền kinh tế hydrô dựa trên nguồn năng lượng sạch, dồi dào phục vụ mục tiêu phát triển bền vững của nhân loại xuất hiện như một giải pháp đầy tiềm năng. “Nền kinh tế hydrô” là một hệ thống lưu trữ, phân phối và sử dụng năng lượng dựa trên

nhiên liệu chính hydrô. Nền kinh tế hydrô hứa hẹn đẩy lùi tất cả những vấn đề do nền kinh tế dựa trên nhiên liệu hóa thạch đã gây ra.

**1- Tại sao lại là hydrô**

Trong lĩnh vực năng lượng hydrô thể hiện chất mang năng lượng gần như hoàn hảo. Hydrô khi cháy trong không khí ở nồng độ trong giới hạn 4-75% thể tích. Nhiệt độ cháy của hydrô cao nhất đạt được  $2.318^{\circ}\text{C}$  ở nồng độ 29% thể tích, nếu cháy trong oxy - nhiệt độ có thể lên đến  $3.000^{\circ}\text{C}$ , cao nhất so với tất cả các loại khí khác như khí methane ( $\text{CH}_4$ ) chỉ đạt  $2.148^{\circ}\text{C}$ , propane ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) -  $2.385^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ tự bốc cháy của hydrô là  $585^{\circ}\text{C}$  còn methane  $540^{\circ}\text{C}$ , propane  $487^{\circ}\text{C}$ . Mặt khác trong phân tử không chứa cacbon nên sản phẩm cháy hoàn toàn là nước, không phát thải các chất độc hại rất sạch và thân thiện với môi trường.

Hydrô không có sẵn trong thiên nhiên nhưng được xem là một dạng năng lượng tái tạo như những dạng năng lượng tái tạo khác. Nguyên nhân vì hydrô được tách ra từ nước nhờ vào các nguồn năng lượng: Năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng sinh khối, năng lượng địa nhiệt, năng lượng nước... Vì vậy hydrô cũng mang đầy đủ những đặc tính của một dạng năng lượng tái tạo, nghĩa là có thể tái tạo vô hạn cho con người sử dụng.

Hydrô còn có thể thu được từ năng lượng sinh khối trực tiếp bằng con đường cải tạo hơi nước khí methane ( $\text{CH}_4$ ) hoặc bằng con đường khí hoá trong điều kiện có mặt hơi nước các vật liệu phế thải chứa cacbon dạng cellulose như củi, gỗ, rơm, bã mía...

Quá trình sản xuất hydrô từ năng lượng sinh khối nói trên hoàn toàn giống như quá trình sản

xuất hydro trong công nghiệp hoá học hiện nay.

Tuy nhiên, một điểm khác biệt quan trọng so với các dạng năng lượng tái tạo khác là chúng không thể chứa và trữ lại để sử dụng mọi lúc mọi nơi. Còn chất mang năng lượng hydro thì có thể lưu giữ, tồn trữ, vận chuyển, phân phối như tính chất của các dạng năng lượng hoá thạch, để con người sử dụng khi cần đến hay nói cách khác nó là chất chuyển tải năng lượng.

**So sánh đặc tính năng lượng của hydro:**

Hydro ở áp suất bình thường là chất khí không màu, không mùi, tỷ trọng 0,0899 g/lít.

Hydro sôi ở nhiệt độ - 252,77°C, hydro lỏng có tỷ trọng 70,99 g/lít. Với những đặc tính này, hydro có năng lượng tính theo đơn vị khối lượng là cao nhất.

**2- Các phương pháp cơ bản sản xuất hydro**

Có ba phương pháp cơ bản tạo ra hydro, gồm:  
+ Phương pháp chuyển hóa hydrocarbon (nhiên liệu hóa thạch, sinh khối) bằng nhiệt (Reforming)

+ Phương pháp điện phân nước (Electrolysis)

+ Phương pháp sinh học (Biological method)

**2.1- Hóa nhiệt nhiên liệu hydrocarbon**

**2.1.1- Hóa nhiệt khí thiên nhiên với hơi nước (Natural gas steam reforming)**

Quá trình này gồm hai bước chính.

Trước hết, khí thiên nhiên (với thành phần chủ yếu là methane) được tách carbon và chuyển hóa thành hydro nhờ hơi nước dạng siêu nhiệt dưới áp suất cao, xúc tác thích hợp ở nhiệt độ khoảng 900°C.



Carbon mono-oxide sinh ra lại tiếp tục được

Bảng 1: So sánh đặc tính năng lượng của chất mang năng lượng khi cháy

	Đơn vị	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Nhiệt trị thấp	<i>kJ/kg</i>	119,972	50,020	46,350
	<i>kWh/kg</i>	33,33	13,90	12,88
	<i>MJ/Nm<sup>3</sup></i>	10,783	35,882	93,215
	<i>kWh/Nm<sup>3</sup></i>	2,995	9,968	25,893
Nhiệt trị cao	<i>kJ/kg</i>	141,890	55,530	50,410
	<i>kWh/kg</i>	39,41	15,42	14,00
	<i>MJ/Nm<sup>3</sup></i>	12,745	39,819	101,242
	<i>kWh/Nm<sup>3</sup></i>	3,509	11,061	28,123
Tỷ trọng	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>	0,08988	0,7175	2,011

Bảng 2: So sánh mật độ năng lượng của chất mang năng lượng

Chất mang năng lượng	Dạng tích trữ	Mật độ năng lượng theo trọng lượng <i>kWh/kg</i>	Mật độ năng lượng theo thể tích <i>kWh/lít</i>
Hydro	<i>Khí ( 20 Mpa )</i>	33,3	0,53
	<i>Khí ( 24,8 Mpa )</i>	33,3	0,64
	<i>Khí ( 30 Mpa )</i>	33,3	0,75
	<i>Lỏng ( -253°C )</i>	33,3	2,36
	<i>Hydride kim loại</i>	0,58	3,18
Khí thiên nhiên	<i>Khí ( 20 Mpa )</i>	13,9	2,58
	<i>Khí ( 24,8 Mpa )</i>	13,9	3,01
	<i>Khí ( 30 Mpa )</i>	13,9	3,38
	<i>Lỏng ( -162°C )</i>	13,9	5,8
LPG ( Propane )	<i>Lỏng</i>	12,9	7,5
Xăng	<i>Lỏng</i>	12,7	8,67

phản ứng với hơi nước và xúc tác chuyển hóa thành khí carbonic và tạo ra thêm khí hydrô.



Đây là phương pháp công nghiệp phổ biến hiện nay để sản xuất hydrô. Tuy nhiên phương pháp này không được áp dụng để tạo một nguồn năng lượng mà chỉ để cung cấp nguyên liệu cho các ngành hóa chất, phân bón, tinh lọc dầu mỏ...

### 2.1.2- Khí hóa hydrocarbon nặng (Gasification heavy hydrocarbon)

Thuật ngữ hydrocarbon nặng là để nói đến dầu mỏ và than đá. Than đá trước khi khí hóa phải được nghiền thành dạng bột rồi hòa trộn với nước. Thông thường, nhiên liệu được hóa nhiệt ở khoảng 1.400°C với oxy hay không khí (oxy hóa không hoàn toàn), tạo ra hỗn hợp gồm hydrô, carbon mono oxide (CO) và vài sản phẩm phụ. CO sinh ra lại tiếp tục được phản ứng với hơi nước và xúc tác chuyển hóa thành khí carbonic và tạo ra thêm khí hydrô, tương tự như bước thứ hai của quá trình hóa nhiệt khí thiên nhiên.

Rõ ràng đây không phải là phương pháp tối ưu. Bất lợi lớn nhất của nó là sử dụng nhiên liệu hóa thạch làm nguyên liệu và đồng thời cũng làm nhiên liệu cung cấp nhiệt lượng cho quá trình. Nhiên liệu hóa thạch là nguồn tài nguyên hữu hạn, thêm vào đó, việc đốt chúng tạo ra khí carbonic gây hiệu ứng nhà kính. Do đó phương pháp này xét về lâu dài không bền vững.

Tuy vậy, phương pháp sản xuất khí hydrô từ nhiên liệu hóa thạch đã và sẽ còn chiếm ưu thế trong tương lai gần. Lý do chính yếu là do trữ lượng nhiên liệu hóa thạch còn tương đối dồi dào, nhất là đối với khí thiên nhiên. Hơn nữa, những công nghệ này (phương pháp sản xuất hydrô công nghiệp từ khí thiên nhiên nói riêng và nhiên liệu hóa thạch nói chung) đã khá quen thuộc trong công nghiệp hóa chất, trong khi cơ sở hạ tầng cho việc phát triển sản xuất hydrô từ các nguồn khác còn thiếu thốn. Vì vậy, một khi nhiên liệu hóa thạch vẫn còn rẻ thì phương pháp này vẫn có chi phí thấp nhất. Thêm vào đó, để hạn chế mặt tiêu cực này của nhiên liệu hóa thạch, ta có thể dùng công nghệ tách khí carbonic rồi thu hồi và chôn lấp chúng.

### 2.1.3- Quy trình hiện đại tạo ra hydrô từ khí thiên nhiên mà không thải ra CO<sub>2</sub>

Từ những năm 1980, Kvaerner - một tập đoàn dầu khí của Na Uy đã phát triển công nghệ mang tên "Kvaerner Carbon Black and Hydrogen Process" (KCB&H). Nhà máy đầu tiên dựa trên quy trình Kvaerner hiện đại này đặt ở Canada và bắt đầu sản xuất vào tháng 6 năm 1999. Quy trình cung plasma - Kvaerner ở nhiệt độ cao (1.600°C) tách hydrô và than hoạt tính từ hợp chất hydrocarbon như dầu mỏ hay khí thiên nhiên mà không thải ra CO<sub>2</sub>.

Than đen tinh khiết này được dùng trong sản xuất vỏ xe hơi và dùng như chất khử trong công nghiệp luyện kim. Nhờ một số tính chất đặc biệt mà chúng còn có thể dùng để lưu trữ hydrô (ống carbon nano).

### 2.1.4- Khí hóa sinh khối và nhiệt phân (biomass gasification and pyrolysis)

Sinh khối có thể được sử dụng để sản xuất hydrô. Đầu tiên, sinh khối được chuyển thành dạng khí qua quá trình khí hóa ở nhiệt độ cao có tạo ra hơi nước. Hơi nước chứa hydrô được ngưng tụ trong các dầu nhiệt phân và sau đó có thể được hóa nhiệt để sinh ra hydrô. Quá trình này thường tạo ra sản lượng hydrô khoảng từ 12-17% trọng lượng hydrô của sinh khối. Nguyên liệu cho phương pháp này có thể gồm các loại mảnh gỗ bào vụn, sinh khối thực vật, rác thải nông nghiệp và đô thị... Do các chất thải sinh học được sử dụng làm nguyên liệu như vậy, phương pháp sản xuất hydrô này hoàn toàn tái tạo được (renewable) và bền vững.

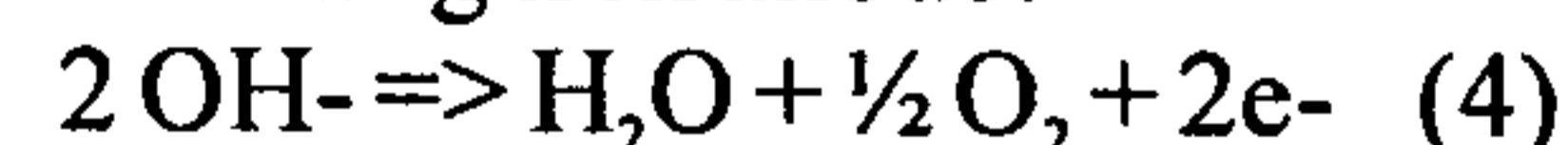
### 2.2- Điện phân nước

Phương pháp này dùng dòng điện để tách nước thành khí hydrô và oxy. Quá trình gồm hai phản ứng xảy ra ở hai điện cực. Hydrô sinh ra ở điện cực âm và oxy ở điện cực dương:

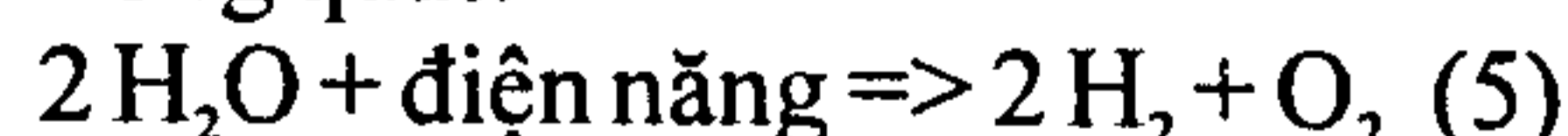
Phản ứng trên cathode:



Phản ứng trên anode:



Tổng quát:



Sau đây là một số các dạng điện phân phổ biến:

#### 2.2.1- Điện phân thông thường

Quá trình tiến hành với chất điện phân là nước hay dung dịch kiềm. Hai phần anode và cathode

được tách riêng bởi màng ngăn ion (microporous) để tránh hòa lẫn hai khí sinh ra.

### 2.2.2- Điện phân nước áp suất cao

Điện phân nước áp suất cao có thể sinh ra hydrogen ở áp suất đến 5 MPa. Quá trình vẫn đang trong giai đoạn nghiên cứu và hoàn thiện dần.

### 2.2.3- Điện phân nước ở nhiệt độ cao

Ưu điểm của phương pháp này là đưa một phần năng lượng cần thiết cho quá trình điện phân ở dạng nhiệt năng, nhiệt độ 800-1.000°C vào quá trình, do đó có thể hạn chế bớt lượng điện năng tiêu thụ. Nhiều nghiên cứu đã hướng đến việc thu nhiệt từ các chảo parabol tập trung năng lượng mặt trời hay tận dụng nhiệt thừa từ các trạm năng lượng.

### 2.2.3- Quang điện phân (photoelectrolysis)

Các panel mặt trời, chất bán dẫn (ứng dụng hiện tượng quang điện), chuyển hóa trực tiếp ánh sáng mặt trời thành điện năng. Khí hydro được sinh ra khi dòng quang điện này chạy qua thiết bị điện phân đặt trong nước. Sử dụng năng lượng mặt trời để tạo ra điện dùng trong điện phân nước, tương tự chúng ta cũng có thể sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo khác như năng lượng gió, thủy điện để điện phân nước tạo ra hydro. Như thế, việc sản xuất hydro sẽ là một quá trình sạch (không khí thải), tái sinh và bền vững.

### 2.3- Phương pháp sinh học

Một số tảo và vi khuẩn chuyên biệt có thể sản sinh ra hydro như là sản phẩm phụ trong quá trình trao đổi chất của chúng. Các sinh vật này thường sống trong nước, phân tách nước thành khí hydro và oxy. Hiện tại, phương pháp này vẫn đang trong giai đoạn nghiên cứu.

### 3- Lưu chứa hydro

Với vai trò "Chuyên tải" năng lượng (energy carrier) hơn là một nguồn năng lượng cơ bản, giống như điện năng, hydro giúp cho việc phân phối, sử dụng năng lượng được thuận tiện. Thêm vào đó, khác với điện năng, hydro còn có thể lưu trữ được lâu dài. Về cơ bản, có ba phương thức lưu trữ hydro như sau:

+ Lưu chứa hydro trong các bình khí nén áp suất cao.

+ Lưu chứa hydro dưới dạng khí hóa lỏng.

+ Lưu chứa hydro trong hợp chất khác (hấp

thụ hóa học, hấp phụ trong hợp chất khác như với các hydroa kim loại hay ống carbon nano rỗng).

+ Lưu chứa hydro trong các vi cầu thủy tinh (glass microsphere).

### 4- Sử dụng nhiên liệu hydro

#### 4.1- Hydro sử dụng làm nhiên liệu động cơ

Khi dùng làm nhiên liệu, hydro có thể được đốt trực tiếp trong các động cơ đốt trong, tương tự như trong các loại phương tiện giao thông chạy bằng xăng dầu phổ biến hiện nay. Hydro cũng có thể thay thế khí thiên nhiên để cung cấp năng lượng cho các nhu cầu dân dụng hàng ngày như đun nấu, sưởi ấm, chiếu sáng...

#### 4.2- Hydro sử dụng trong pin nhiên liệu

Hydro còn có thể được sử dụng làm nguồn năng lượng cung cấp cho hệ thống pin nhiên liệu, nhờ quá trình điện hóa để tạo ra điện năng. Bên cạnh những ưu điểm của hydro như đã nêu trên



Xe chạy bằng Hydro - Ảnh minh họa

(sạch, tái sinh...), pin nhiên liệu còn chạy rất êm, không gây ra tiếng động, chấn động như động cơ đốt trong. Do dựa trên cơ chế của quá trình điện hóa tạo ra điện năng chứ không phải quá trình đốt như ở động cơ đốt trong, pin nhiên liệu còn đạt hiệu suất sử dụng cao hơn nhiều so với động cơ đốt trong, vì thế mà tiết kiệm năng lượng hơn. Với những ưu thế vượt trội đó, pin nhiên liệu đang ngày càng được quan tâm và dự đoán sẽ trở nên nguồn nhiên liệu đầy triển vọng, một thành phần chủ chốt của nền kinh tế hydro trong viễn cảnh tương lai.

Hai nhiên liệu cơ bản cần thiết cho pin nhiên liệu vận hành chỉ đơn giản là hydro và oxy. Lợi

Bảng đặc tính các loại pin nhiên liệu

Loại Pin nhiên liệu	PEMFC	DMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC
Chất điện phân	Màng polyme axit	Màng polyme axit	KOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Trong mạng SiC	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> trong Li <sub>2</sub> AlO <sub>3</sub>	Yttria Hoặc Yttria trong Zircon
Điện tích di chuyển	H <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	H <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	O <sup>2-</sup>
Nhiệt độ hoạt động	20-90°C	20-90°C	60-250°C	150-250°C	600-700°C	600-1.000°C
Nhiên liệu	H <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> OH	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO
Chất ôxi hoá	O <sub>2</sub> / không khí	O <sub>2</sub> / không khí	O <sub>2</sub> / không khí	O <sub>2</sub> / không khí	O <sub>2</sub> / không khí	O <sub>2</sub> / không khí
Kết cấu Anốt-xúc tác	Platin/ Cácbon	Platin/ Cácbon	Platin/ Cácbon	Platin/ Cácbon	Niken	Niken Hoặc Yttria trong Zircon
Kết cấu Catốt-xúc tác	Platin/ Cácbon	Platin/ Cácbon	Platin/ Cácbon hoặc biến Thể	Platin/ Cácbon	Li nhỏ giọt trên NiO	Sr nhỏ Giọt trên LaMnO <sub>4</sub>
Hiệu suất điện	45-55%	45-55%	45-55%	40-50%	45-47%	35-43%
Giới hạn công suất	< 1KW - 250 KW	< 1KW - 250 KW	10-100 KW	50KW- 1MW	< 1KW- 1MW	< 1KW- 3MW
Ứng dụng	Thiết bị phân phối điện	Thiết bị cầm tay	Thiết bị quân sự hoặc vũ trụ	Thiết bị phân phối điện	Thiết bị phân phối Điện công suất lớn	Thiết bị phân phối điện công suất lớn



thể hấp dẫn của pin nhiên liệu là ở chỗ nó tạo ra dòng điện sạch, rất ít ô nhiễm, do sản phẩm phụ của quá trình phát điện cuối cùng chỉ là nước, không hề độc hại.

**Các loại pin nhiên liệu:**

- Pin nhiên liệu màng trao đổi Proton (PEMFC).
- Pin nhiên liệu Methanol trực tiếp (DMFC).
- Pin nhiên liệu Kiềm (AFC).
- Pin nhiên liệu Axít phosphoric (PAFC).
- Pin nhiên liệu Muối Cacbonat nóng chảy (MCFC).
- Pin nhiên liệu Ôxít rắn của kim loại (SOFC).

**5 - Hiệu suất chuyển hoá năng lượng của hydrô**

Hiệu suất năng lượng của các quá trình chuyển đổi:

- Năng lượng cung cấp cho quá trình điện phân nước tách ra hydrô và oxy: với 1kg hydrô được điện phân từ nước tiêu tốn một lượng điện

năng là: 53,4-70,1kWh/kg H<sub>2</sub> - hiệu suất chuyển hoá: 56-73%.

- Lượng điện năng sản xuất được từ pin nhiên liệu là: 14-21,7 kWh/kg H<sub>2</sub> - hiệu suất chuyển hoá: 35-55%.

Như vậy hiệu suất chuyển đổi năng lượng theo chu trình: Điện năng => Điện phân-Sản xuất hydrô => Điện năng: Thì hiệu suất của chuỗi chu trình này là: 20-41%.

**Kết luận**

Có thể nói, việc sử dụng hydrô làm chất mang và chuyển hoá để sản xuất nguồn năng lượng phục vụ sự phát triển kinh tế - xã hội đã đưa lại những lợi ích vô cùng to lớn nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đáp ứng an ninh năng lượng... Nền kinh tế hydrô sẽ là xu thế tất yếu của xã hội hiện tại và tương lai của thế giới.

V.T.T

**Tài liệu tham khảo:**

1- **Năng lượng cho Thế kỷ 21 - Những thách thức và triển vọng:** Hồ Sĩ Thoảng - Trần Mạnh Trí - NXB Khoa học Kỹ thuật 2009.

2- **Cơ sở lý thuyết Hóa học: Phần II (Dùng cho các trường Đại học Kỹ thuật)** - Nguyễn Hạnh - NXB Giáo dục - 2007 (Tái bản lần thứ 14).

3- **Phản ứng điện hóa và ứng dụng:** Trần Hiệp Hải - NXB Giáo dục - 2007.

4- **Fuel Cell Systems Explained.** James Larminie - Oxford Brooke University - UK - 2003. Andrew Dicks - University of Queensland, Australia (Former Principal Scientist, BG Technology, UK)

5- **Fuel Cell Handbook (Fifth Edition)** - October 2000.

By EG&G Services Parsons, Inc.

Science Applications International Corporation

Under Contract No. DE-AM26-99FT40575

U.S. Department of Energy - Office of Fossil Energy

National Energy Technology Laboratory

P.O. Box 880- Morgantown, West Virginia 26507-0880

6- **Electrolysis : Information and Opportunities for Electric Power Utilities**  
*Technical Report - NREL/TP-581-40605- September 2006*

B. Kroposki, J. Levene, and K. Harrison - National Renewable Energy Laboratory - Golden, Colorado

P.K. Sen - Colorado School of Mines - Golden, Colorado

F. Novacheck - Xcel Energy - Denver, Colorado

7- **Polyme chức năng và vật liệu lai cấu trúc nano:** Nguyễn Đức Nghĩa - NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ - Hà Nội - 2009.