فصلنامه تحقیقات مکانیک کاربردی
جلد ۴، شماره ۳، ص‌ص ۳۳ الی ۳۶، زمستان ۱۳۹۱
تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۲

بررسی تجربی تاثیر دما در فشار ثابت بر کارکرد پیل سوختی پلیمری

فروزان مستوفی- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل
کمال عباسپورثانی- استادیار گروه تبدیل انرژی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
علی شامل- استادیار گروه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل
E-mail: mostofi@ardabilcity.ir

چکیده: پیل سوختی پلیمری از نوع پیل‌های سوختی دما پایین شناخته می‌شوند. که در مقایسه با انواع دیگر پیل‌سوختی، برای یک حجم و وزن معین توان بیشتری تولید می‌کند. علاوه براین پیل‌سوختی پلیمری بعلت دمای کارکرد پائین به زمان کمتری برای راه‌اندازی نیاز دارند که همین ویژگی آن را گزینه مناسبی در کاربردهای حمل و نقل بعنوان جایگزین برای موتور احتراق دیزلی و بنزینی معرفی می‌نماید. بررسی تاثیر عوامل مختلف و در نتیجه تعیین مقادیر بهینه پارامترها جهت رسیدن به حداکثر توان خروجی در پیل‌های سوختی پلیمری (PEM) امری ضروری می‌باشد.
در این مطالعه به روش تجربی تاثیر دما بر عملکرد یک پیل سوختی با استفاده از غشاء نافیون ۲۱۲ در سه حالت فشار کارکرد psi ۲۵، ۱۵ و ۵ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که در قبال جریان هیدروژن به اندازه cc/min ۳۰۰ و فشار psi ۱۵ وجریان یک ولت یک چگالی جریان ثابت A/cm2 ۸۷۰ در درجه حرارت C ° ۸۰ تولید میشود.اما این مقدار در در C ° ۶۰ فقط A/cm2 ۶۰۰ می باشد.

واژه های کلیدی: پیل سوختی پلیمری، نفیون، MEA، دما و فشار.

Experimental investigation of the temperature effect on a PEMFC Performance under constant pressure Conditions

F. Mostofi, Ms. Student, Dept. of Chemistry, Ardabil Branch, Islamic Azad University
K. abbaspoursani. Ass. Prof., Dept. of Energy Conversion, Mech. Eng., TIAU
A. Shamel, Ass. Prof., Dept. of Chemistry, Ardabil Branch, Islamic Azad University

Abstract: PEM fuel cells are known as low-temperature fuel cells. In comparison with other types, for a certain weight and volume, pem fuel cells are more efficient and can produce high power energy. In addition, because of low operating temperature the start-up time for these fuel cells are very short. This characteristic is very important, especially for transport applications which provide an appropriate option in substitution the internal combustion engines with fuel cells. The effect of operating factors and as a result their optimum values are essential in the performance of PEM fuel cells. In this study, data are reported for a $1cm^2$ laboratory-scale PEM fuel cell. The membrane electrode assembly, (MEA) exposed to relatively low concentrations hydrogen at 5, 15, and 25 psi and at 60, 70 and 80°C. The steady-state and transient measurements obtained in this study at low reactant stoichiometry for atmospheric conditions to show the effect of pressure and temperature. The results show that for a 300cc/min of Hydrogen flow the performance at 15 psi and and 1V provides a steady-state current density of 870 A/cm^2 at 80 °C but only 600 A/cm2 at 60 °C.

Keywords: PEM fuel cell, Naphion, MEA, Teperature and Pressure.

۱- مقدمه

پیل‌های سوختی غشاء پروتون (پلیمری) اولین بار در دهه ۱۹۶۰ برای برنامه Gemini ناسا استفاده شد. این نوع پیل‌سوختی از نقطه نظر طراحی و کارکرد یکی از جذابترین انواع پیل‌سوختی است [۱]. در شکل (۱) طرحواره یک پیل‌سوختی پلیمری که دارای الکترولیت پلیمری می‌باشد و بین دو الکترود متخلخل قرار می‌گیرد، نشان‌داده شده است. جهت کارایی مطلوب لازم است الکترولیت ، از آب اشباع باشد. نفیون یکی از بهترین الکترولیت‌های مورد استفاده در این نوع پیل‌سوختی است.

در این پیل، سوخت مورداستفاده هیدروژن می‌باشد. واکنش‌ها در الکترودها به شرح ذیل می باشند:

آند: $2H_2 => 4H+ + 4e-$

کاتد: $O_2 + 4H+ + 4e- => 2\ H_2O$

واکنش کلی: $2H_2 + O_2 => 2\ H_2O$

الکترولیت، در این پیل، نفیون است که خصوصیات آن به شدت وابسته به چگونگی چیدمان مولکول‌ها دارد و ساخت آن مستلزم دسترسی به دانش فنی بالا است. برای این که کاتالیزور وظیفه خود را به خوبی انجام دهد، میزان تماس آن با غشاء باید بسیار زیاد باشد و روی آن به خوبی بنشیند و الکترودها باید کاملاً در تماس با غشاء باشند. این مجموعه ظریف برای کارکرد، نیاز به تبادل ماده و جریان الکتریکی با محیط اطراف خود دارد. این مجموعه غشاء (همراه با کاتالیست‌ها) و الکترودها، به شکل یکپارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد که به MEA (Membrane Electrode Assembly) موسوم است و بطور کلی فرآیند الکتروشیمیایی پیل در آن انجام می‌شود. جهت تماس مناسب بین واکنش‌گرها، MEA و نیز هدایت الکترون‌ها به مدار خارجی از صفحات جمع‌کننده استفاده می‌گردد. مجموعه صفحات هدایتگر (صفحات گرافیتی) و MEA باید به نحوی باهم مونتاژ می‌شوند که از محیط خارج کاملاً جدا شده باشد. این مجموعه را در یک پیل سوختی سلول می‌نامند.

خروجی اصلی پیل، رفتار الکتریکی آن است که عموما به صورت منحنی ولت- آمپر قطبیت که بر واحد سطح یک سلول نمایش داده‌می‌شود. این منحنی شدیدا به پارامترهای نوع MEA، تعادل شیمیایی، الگوی جریان آندی و کاتدی، شرایط فیزیکی از قبیل دما، فشار و نوع و غلظت واکنش‌گرها وابسته است. چون در اغلب موارد، یک سلول فاقد خصوصیات الکتریکی (جریان و ولتاژ کافی) مورد نظر است، گروهی از آنها را با هم ترکیب (معمولا سری) کرده و یک مجموعه سل (stack) را می‌سازند.

۲- غشاء MEA:

در این مطالعه ازغشاء MEA با نفیون ۲۱۲ و با سطح موثر به ابعاد cm ۱ × ۱ به صورت ۵ لایه و با بارگذاری $Pt\ ۴/۰mg/cm^2$ در آند و $Pt\text{-}Ru\ ۴/۰mg/cm^2$ استفاده شده است. شکل (۲) نمای این MEA را نشان می‌دهد.

۳- دستگاه تجربی

دستگاه آزمایش پیل سوختی برای اندازه‌گیری توان پیل سوختی به کار می‌رود. دستگاه بکار رفته برای آزمایش ساخت شرکت Sribner مدل 850e می‌باشد که فرآیند آزمایش را در زمان تقریبی نیم ساعت به پایان می رساند.

۴- روش آزمایش

جهت تست الکتریکی پیل و سنجش مشخصات پیل تحت

بار الکتریکی قرار داده شده و مشخصات آن توسط مدار کنترلی ثبت شده است. با کنترل اجزای کنترل پذیر (مانند پمپ، هیترها و یا شیرهای برقی)، اندازه‌گیری پارامترها (مانند دما، ولتاژ و جریان)، می رسد. جهت ثبت اطلاعات، دیتای موجود در حافظه دستگاه به صورت فایلی با فرمت Excel ثبت می‌شود. این دیتاها خام بوده و می‌تواند توسط کاربر ویرایش شده و به فرم دلخواه تبدیل شود.

۵- نتایج آزمایش

تجربه نشان می‌دهد که کارآیی یک پیل سوختی به ترکیب و روش ساخت و شرایط عملیاتی سلول بستگی دارد. مستندات زیادی در گزارش‌های تحقیقاتی وجود دارد مبتنی بر این که عملکرد سلول در دمای بالاتر از ۶۰oC به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. به‌طوری که در دمای بالاتر از ۶۰oC، دانسیته توان به ۲۰۰ mW/cm2 می‌رسد. در این آزمایش از یک نوع مجموعه غشاء- الکترود (MEA) استفاده شده که ترکیب آن در جدول (۱) درج شده است.

۶- اثر دما بر روی عملکرد سلول

شکل ۴ نمودارهای تغییرات ولتاژ و توان خروجی سلول را در دماهای مختلف نشان می‌دهد. آزمایش در درجه‌حرارت‌های بین ۶۰oC تا ۸۰oC انجام گرفته است. با بررسی شکل مشاهده می‌شود عملکرد سلول در دماهای بالاتر بهبود یافته است به طوری که حداکثر دانسیته توان آن ۸۷۰mW/cm2 می‌باشد.

۷- نتیجه گیری

در این تحقیق تجربی یک سلول پیل سوختی مورد آزمایش قرار گرفت، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که عملکرد پیل سوختی به نوع MEA به کار رفته وابسته است. با افزایش دما عملکرد پیل به دلیل افزایش سرعت واکنش‌های الکترو شیمیائی افزایش می‌یابد اما با توجه محودیت دمائی که به واسطه استفاده از غشاء نافیون وجود دارد، عملا استفاده از درجه حرارت‌های بالاتر از ۷۵ ^{o}C امکان پذیر نمی‌باشد. حصول دانسیته توان ۸۷۰ mW/cm^2 یک نتیجه قابل قبول می باشد که این امر زمینه را برای طراحی یک مجموعه سل(stack) و نیز بزرگ‌نمائی مقیاس برای ساخت سل‌های بزرگ‌تر هموار می‌سازد.

۸- مراجع

[۱] ایمن، س. ج.، قریشی، ع. ا.، رستمی رخت اعلاء ، س. م.، فلاح، م. و حسین کریم نیا، ح.، "طراحی و ساخت سیستم کنترلی و تک‌سل پیل سوختی متانول برای کاربرد قابل‌حمل " ،مجله مهندسی انرژی و محیط زیست

[2] Hikita, S., Yamane, K., and Nakajima, Y., "Measurement of Methanol Crossover in Direct Methanol Fuel Cell, JSAE review 22, pp. 151-156 (2001).

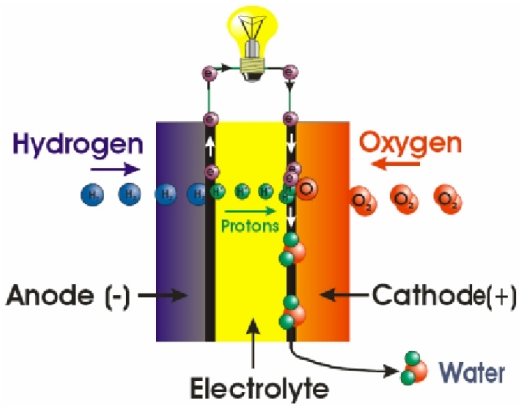
[3] Ren, X., Springer, T.E., Zawodzinski, T.A., and Gottesfeld, S., "Methanol Transport Through Nation Membranes. Electro-osmotic Drag Effects on Potential Step Measurements", J. of The Electrochemical Society, Vol. 147, (2000) 466-474

[4] Andrew W., James, L, (2003). Fuel Cell Systems Explained, John Wiley and Sons, Ltd., ISBN No. 0-471-49026-I.

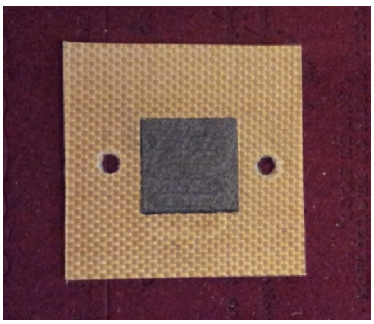
[5] Apple A.J. and Foulkes, F.R., (1989). Fuel Cell Handbook, Van Norstand Reinhold, New York, USA.A.V. Luikov, Y.A. Mikhailov, Theory of Energy and Mass Transfer. Oxford: Pergamum Press, 1965.

جدول (۱): مشخصات مورد آزمایش **MEA**

MEA	
آند	4.0 mg/cm^2 Pt-Ru
کاتد	4.0 mg/cm^2 Pt
سازنده	شرکت دانش نوین هیدروژن آسیا
نوع غشاء	212نفیون

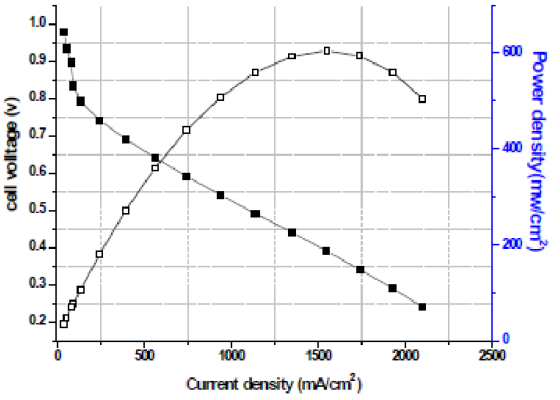


شکل (۱): طرحواره یک سلول پیل سوختی

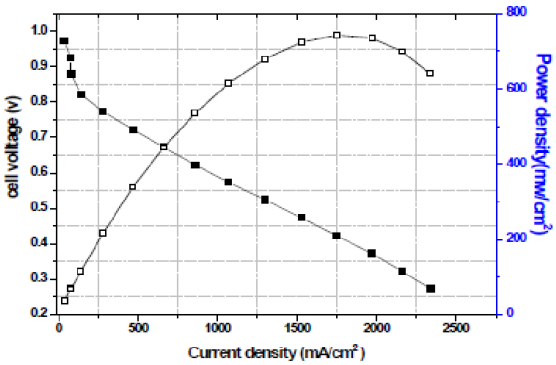


شکل (۲): **MEA** آماده شده برای آزمایش

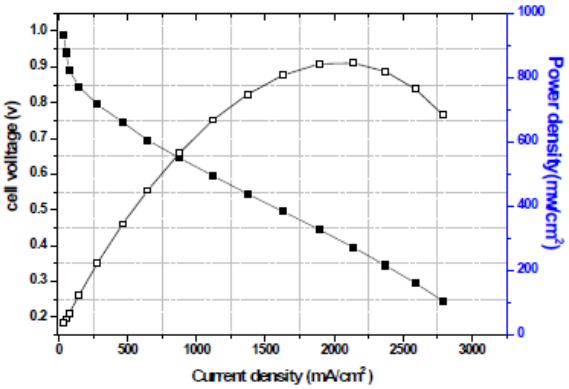
شکل (۳): دستگاه تست پیل سوختی



الف) دمای سل: ۶۰ °C



ب) دمای سل: ۷۰ °C



ج) دمای سل: ۸۰ °C

شکل (۴): نمودارهای تغییرات ولتاژ و توان خروجی سل مورد آزمایش در فشار کارکرد ۱۵ psi ، رطوبت نسبی کاتد ۴۰٪ و رطوبت نسبی آند ۱۰۰٪