الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقراطيـــة الشعبيـــة
جامعـــة قاصــــدي مربـــــــاح – ورقـــة -
كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة
قسـم الفيزيـــــــــــاء
ماستر فيزياء طاقويـــة

LANEREZA

الطلبة: - عاشــــــوري انتصــــار
- مخلـــــــوفي نعيمـــة

الأستاذ المحاضر: الدكتور. محسن حسين
الأستاذ المساعد : تليلي صالح
mohcene2014@gmail.com

المحاكاة العددية لاستهلاك و إنتاج الغازات المختلفة في خلية وقود الأكسيد الصلب الأنبوبية SOFC

ملخــــــــــص:

تعتبر خلايا الوقود من بين مصادر الطاقة التي يهتم بدراستها في أيامنا هذه، نظرا للايجابيات الكثيرة التي تميزها عن بقية المصادر. من بين أنواعها خلايا وقود الأكسيد الصلب SOFC، حيث يلاحظ انتشار دراسات كثيرة تناولت الشكل المستوي منها و من جوانب عدة. فيهدف المساهمة في تطوير و تحسين أداء هذه الخلايا، قمنا في عملنا بالتطرق لاستهلاك و إنتاج مختلف الغازات فيها و لكن في شكلها الأنبوبي أو الاسطواني. حتى الآن استوجب علينا معرفة تكوين و تركيب الخلايا لتمييز جميع الأوساط المستمرة و المسامية، فهم مبدأ تشغيلها لتحديد جميع الظواهر الموجودة هنا و المعاملات المؤثرة و المتأثرة. و من ثم تم اقتراح نموذج بتعيين كل المعادلات المتحكمة في هذه الظواهر بعد افتراض عدة فرضيات لتبسيطها و الشروط الحدودية الضابطة. في الأخير اقترحت الطريقة العددية الحجوم المنتهية لحل هذه المعادلات و باستخدام بيئة التطوير ماتلاب و وضع البرنامج لتسهيل الحساب، الذي يعطي منحنيات التغير و ذلك بتغير كل المعاملات المؤثرة.

مقدمــــــــــــة:

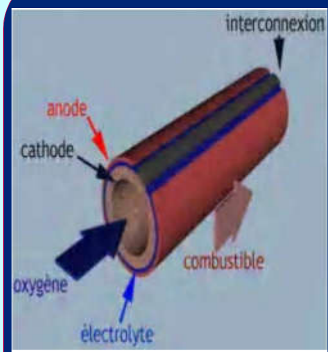
بسبب الاستهلاك المتزايد للطاقة و نظرا لعدم تجدد مصادرها الكلاسيكية كان لابد من البحث عن مصادر بديلة و متجددة تسد حاجيات المستهلك عامة و تحافظ على البيئة خاصة من بينها خلايا الوقود التي يمكننا مجازا القول أنها تتشابه مع البطارية و آلات الاحتراق في توليد طاقة كهربائية من تفاعلات كيميائية. و لكن تختلف مع الأولى كون عمرها لا نهائي حيث انه طالما يدخلها وقود يخرج تيار كهربائي، بينما تختلف مع الثانية كونها تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في الوقود إلى طاقة كهربائية مباشرة عن طريق التفاعلات الكيميائية و بدون أي عمليات احتراق للوقود لذلك تتميز خلايا الوقود بأنها لا ينتج عنها أي تلوث بيئي.

خلايا الوقود تتضمن عدة أنواع ندرس منها خلايا وقود الأكسيد الصلب SOFC و التي تتميز بـ 4 أشكال هندسية نختص في دراستنا هذه بالشكل الأنبوبي أو الاسطواني، حيث نعمل على نمذجة ظاهرة انتشار الغازات في هذه الخلايا. و حتى نتمكن من ذلك يجب إتباع الخطوات الأساسية و التي نود سردها في هذه الملصقة، دون التعرض لنتائج الدراسة المقيدة بإعداد البرنامج الخاص بذلك.

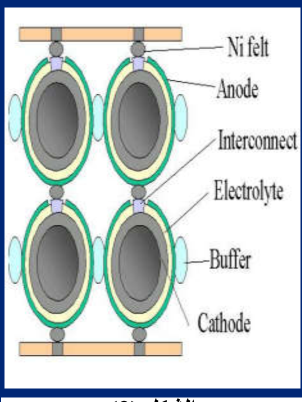
1- تركيب خلايا SOFC أنبوبية الشكل

يمثل تركيب الشكل الاسطواني لـ SOFC في الشكل(1)، اما الجدول أدناه فيقدم أهم المعلومات الخاصة بمكونات الخلية من جوانب عدة. للملاحظة فقط حتى يمكن الحصول على القدرة المرغوبة يتم تجميع هذه الخلايا على التسلسل أو التوازي أو المختلط و ذلك موضح في الشكل (2):

المكونات	نوع الوسط	الوظيفة	درجة حرارة التنشيط	المواد المؤثرة عليه (الحساسة)	مادة الصنع
الانود **Anode**	مسامي	حاملة للايونات + مقر أكسدة الهيدروجين	عالية لتسهيل التبادلات	**co**،الكبريت	
Cathodeالكاثود	مسامي	حاملة للايونات + مقر إرجاع الأوكسجين	عالية لتسهيل التبادلات		
الالكتروليت **élecrolyte**	صلب (مستمر)	* ناقل للايونات و غير ناقل للـ è * غير نفوذ للغازات	عالية		الأكاسيد الصلبة
الدعامات (طبقة الانتشار المحيطة بالأقطاب الكهربائية). **interconnexion**	صلب	تسريع التفاعل			الحديد و النيكل بالنسبة للانود / النيكل الملبدة و الاكاسيد بالنسبة للكاثود
لوحات ثنائية القطب		*موصلة للتيار * إدارة تدفقات المياه *نقل الغازات القادمة من الخارج.			الجرافيت



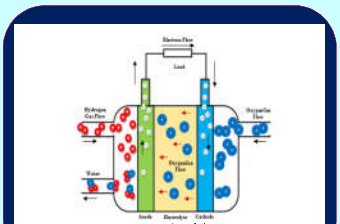
الشكل (1)



الشكل (2)

2- مبدأ عمل الخلية

كغيرها من خلايا الوقود تنتج هذه الخلايا الكهرباء، الحرارة بالإضافة للماء، هذا بعد ان يتفاعل غازي الهيدروجين و الأكسيجين، الذين تحدث لهما تغيرات الأكسدة و الإرجاع في كل قسم حسب ما تقدم عند التطرق المكونات و بالدقة كما هو موضح في الجدول. و لكن تختلف عن غيرها كون الخلل يسمح بمرور شوارد الأكسيجين كما هو مبين في الشكل (3).


الشكل (3)

2- طريقة الدراسة

تعتمد طريقة الدراسة على تحديد الخصائص الفيزيائية لهذه الخلايا،كانتقال المادة التي سنتطرق لها في هذا العمل، لذلك نعتمد الخطوات التالية:

1- اقتراح الفرضيات لتبسيط المشكل و هي:

أ- التدفق دائم.

ب- يتم استيعاب غازات و منتجات التفاعل كغازات مثالية.

ج- التدفق في الوسط المسامي (الأقطاب الكهربائية) هو طبقة صفائحية طبقية في 2D.

د- الخلية معزولة (لا إشعاع من الخارج والداخل بين الغازات والمكونات).

هـ- الوسط المسامي هو متجانس المناح.

2- المعادلات المنظمة للظاهرة:

تحدد من خلال تركيب الخلية و ما يحدث في كل مكون منها و هي المعادلات التالية و التي تكون مكتوبة في الإحداثيات الاسطوانية لجسم متناظر اسطوانيا:

أ- انحفاظ الأنواع: و هي O_2، H_2 و H_2O

$$\frac{\partial}{\partial r}\left((\rho u).X_M\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left((\rho v).X_M\right)=\frac{\partial}{\partial r}\left(D_{eff,M}\cdot\frac{\partial X_M}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(D_{eff,M}\cdot\frac{\partial X_M}{\partial z}\right)+S_{M,C}$$

ب- انحفاظ الحركة

$$\rho_k u_k\cdot\frac{\partial u_{i,k}}{\partial x_i}+\rho_k v_k\cdot\frac{\partial u_{i,k}}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\mu_k\cdot\frac{\partial u_{i,k}}{\partial x_i}\right)+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu_k\cdot\frac{\partial u_{i,k}}{\partial x_j}\right)+S_{i,k}$$

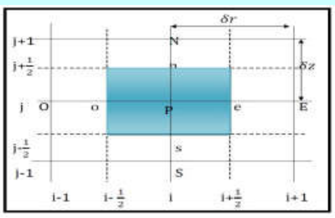
ج- انحفاظ الكتلة (الاستمرارية)

$$\frac{\partial(\rho_k u_k)}{\partial r}+\frac{\partial(\rho_k v_k)}{\partial z}=0$$

3- النموذج العددي:

من اجل حل المعادلات التفاضلية السابقة اختير الأسلوب الرقمي و المتمثل في طريقة الحجوم المنتهية، هذه الطريقة تمر بمرحلتين و هما:

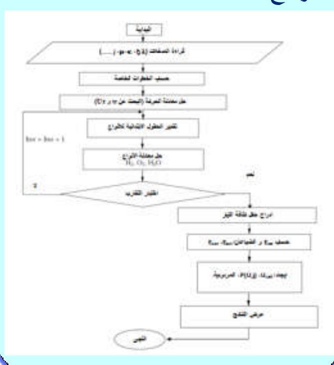
أ- تجزئة مجال المحاكاة (Maillage)



ب- مكاملة المعادلات السابقة (Discrétisation) و الشروط الحدودية

4- البرنامج:

حتى نسهل الحسابات علينا اخترنا استعمال بيئة التطوير ماتلاب للبرمجة، و المخطط الانسيابي أدناه يقدم رؤية خاصة بالبرنامج.



3. المراجع

[01] Ferguson J, Fiard J, Herbin R. Three-dimensional numerical simulation for various geometries of solid oxide fuel cells. Journal of Power Sources. 1996;58:109-22.
[02] Jiang W, Fang R, Dougal RA, Khan JA. Thermoelectric model of a tubular SOFC for dynamic simulation. Journal of Energy Resources Technology. 2008;130:022601.
[03] Touahir A. Simulation Numérique de Transfert de Chaleur dans une Pile SOFC sous L'effet des Différents Paramètres de Fonctionnement et des Caractéristiques Physiques.
[04] Mahcene H, Meddour N, Bechki D, Bouguettaia H, Moussa HB. Radiation phenomenon in electrodes/electrolyte interface of solid oxide fuel cells. Energy Procedia. 2014;50:229-36.
[05] Etemadi A, Ghorbani S, Masoumpour M, Dadkhah M, Atashkari K. The Numerical analysis of an anode-supported high temperature DIR-PSOFC operating conditions with considering the maximum allowable temperature difference. Journal of Heat and Mass Transfer Research (JHMTR). 2015;2:15-25.
[06] Hajimolana SA, Hussain MA, Daud WAW, Soroush M, Shamiri A. Mathematical modeling of solid oxide fuel cells: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011;15:1893-917.
[07] Chao C-C, Hsu C-M, Cui Y, Prinz FB. Improved solid oxide fuel cell performance with nanostructured electrolytes. ACS nano. 2011;5:5692-6.
[08] Coutelieris F, Douvartzides S, Tsiakaras P. Heat transfer phenomena in a solid oxide fuel cell: An analytical approach. Chemical engineering science. 2005;60:4423-30.
[09] Ni M. The effect of electrolyte type on performance of solid oxide fuel cells running on hydrocarbon fuels. international journal of hydrogen energy. 2013;38:2846-58.
[10] Qi Y, Huang B, Luo J. Dynamic modeling of a finite volume of solid oxide fuel cell: The effect of transport dynamics. Chemical engineering science. 2006;61:6057-76.
[11] Campanari S, Iora P. Definition and sensitivity analysis of a finite volume SOFC model for a tubular cell geometry. Journal of Power Sources. 2004;132:113-26.
[12] Klein J-M, Bultel Y, Pons M, Ozil P. Current and voltage distributions in a tubular solid oxide fuel cell (SOFC). Journal of Applied Electrochemistry. 2008;38:497-505.