

الطاقة الهيدروجينية

مقالة علمية من إعداد تدريسيين في قسم الفيزياء

أ.م.د. أحمد فاضل مخبير ، م.د. علاء عزيز عباس ، م.م. فراس كاظم نصيف

ahmad.f@ihcoedu.uobaghdad.edu.iq

المقدمة :

يتميز غاز الهيدروجين بعدد من الخصائص الهامة التي تؤهله لإن يكون وقود المستقبل ، فهو وقود نظيف وآمن بيئياً . ولا يطلق غازات ضارة عند حرقه ويمتلك طاقة عالية ، لذلك يعد من المصادر المميزة للطاقة كوقود أو كناقل للطاقة في خلايا الوقود ، حيث يمكن استخدامه سواء بشكل مباشر أو عند خلطه بالغاز الطبيعي بنسب محددة .

يعتبر عنصر الهيدروجين من أخف العناصر الكيميائية والأكثر وفرة في الكون . وهو غاز عديم الرائحة واللون والطعم وغير سام وقابل للإشتعال ، ولا يوجد منفرداً في الطبيعة بل في العادة يكون متحداً مع عدد من العناصر ليشكل مركبات كيميائية مختلفة ، سواء كانت بالحالة الغازية كالغاز الطبيعي أو سائلة كالماء والنفط أو صلبة كالمركبات الكربونية المختلفة .

ويمكن إستعمال الهيدروجين لإنتاج الطاقة بعدة طرق ، منها إستعماله لتشغيل محركات الإحتراق الداخلي للسيارات والمركبات ، أو في خلايا الوقود لإنتاج التيار الكهربائي . كما يستعمل الهيدروجين كوقود في المركبات الفضائية وصواريخ الدفع .

إنتاج الهيدروجين :

يعتبر الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة ويمكن الحصول عليه من خلال عدد كبير من المصادر وبطرق مختلفة ، كالتحليل الكهربائي للماء والذي يؤدي الى كسر الروابط الكيميائية بين الأوكسجين والهيدروجين في الماء ، إلا أن هذه الطريقة مكلفة مادياً بسبب إستهلاكها كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية . ولذلك يتم إجراء عملية التحليل الكهربائي للماء على درجات حرارة عالية من أجل تقليل كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لعملية التحليل .

ومن الطرق المستخدمة لإنتاج غاز الهيدروجين هي طريقة البخار المحسن ويستعمل بها في العادة الغاز الطبيعي الذي تتم مفاعله مع البخار تحت حرارة عالية تتراوح ما بين ٨٠٠ و ١٧٠٠ درجة مئوية عند غرفة إحتراق وبوجود عامل مساعد .

كما سعى العلماء الى محاكاة النباتات في قدرتها على تحليل الماء الى عنصريه الأوليين بوجود أشعة الشمس ومادة الكلوروفيل ، حيث يتم الحصول على الأوكسجين والهيدروجين والأخير تستخدمه النباتات للتفاعل مع ثاني أوكسيد الكربون لتكوين الكربوهيدرات . وقد تم تقليد النباتات في المختبر لإنتاج غاز الهيدروجين .

ورغم أهمية تلك الطرق لإنتاج الهيدروجين فإنها مكلفة مادياً وغير مجدية إقتصادياً . وهذا عزز فكرة إستغلال التكنولوجيا الحيوية لإنتاج الهيدروجين بالإستعانة ببعض البكتيريا حيث يتكون هذا الغاز وإستخدام بعض أنواع الطحالب القادرة على إنتاج غاز الهيدروجين بشكل طبيعي من الماء وبوجود ضوء الشمس .

خلايا الوقود Fuel Cells :

يطلق على خلايا الوقود إسم مصدر طاقة القرن الحادي والعشرين ، وخلايا الوقود هي صورة من صور تحويل الطاقة الكيميائية المخزنة في المركبات الهيدروكربونية الى طاقة كهربائية مباشرة . والوقود المستخدم في هذه الخلايا هو الهيدروجين أو الغاز الطبيعي أو الميثانول بالإستعانة بالأوكسجين أو الهواء الجوي .



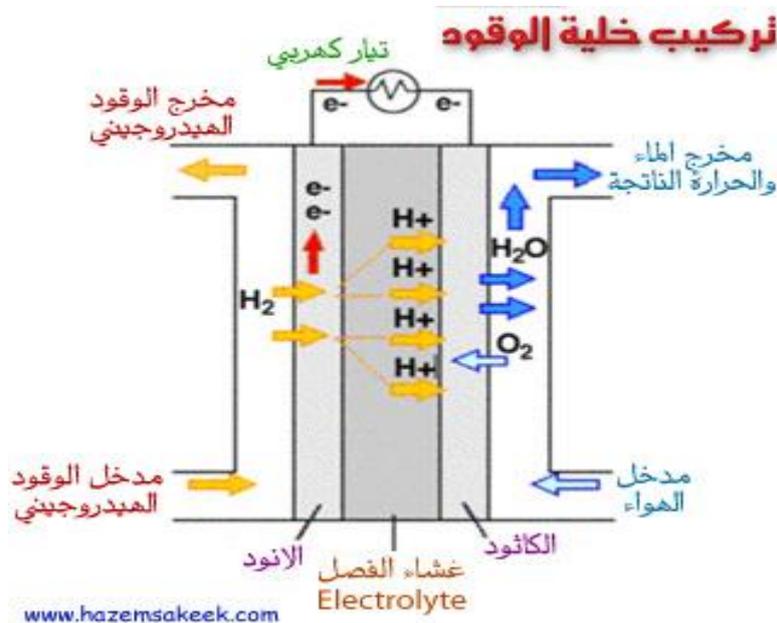
تم إختراع تقنية خلايا الوقود في إنجلترا في منتصف القرن التاسع عشر الميلادي

على يد السير وليام روبرت جروف William Grove منذ أكثر من ١٦٠ عاماً حيث لم يكن يعلم أن إختراعه الذي وضعه في العام ١٨٣٩ سيحل مشكلة تواجه العالم في القرن الواحد والعشرين لإكتشاف خلايا الوقود التي يمكن عن طريقها الحصول على الكهرباء من الهيدروجين أو الكحول دون أي عملية إحتراق . وبذلك يكون قد حل المعادلة الصعبة وهي الحصول على طاقة نظيفة من غير أن تلوث البيئة وبأقل الأسعار، حيث إن المشكلة ثلاثية الجوانب : الطاقة ، البيئة والتكلفة ، وهي الإتجاهات الثلاثة التي يصبوا العلماء لحلها . نظراً لعدم جدوى إستخدامه في تلك الفترة ظل هذا الإختراع حبيس الأدراج لأكثر من ١٣٠ سنة ، ولكن عادت خلايا الوقود مرة أخرى للحياة في عقد الستينيات وذلك عندما طورت شركة (جنرال إلكتريك) خلايا تعمل على توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لإطلاق سفينتي الفضاء الشهيرتين (أبولو) و (جيمني) ، فضلاً عن توفير مياه نقية صالحة للشرب . كانت الخلايا في تلك المركبتين كبيرة الحجم وباهظة التكلفة لكنها أدت مهامها دون وقوع أي أخطاء وإستطاعت أن توفر تياراً كهربائياً وكذلك مصدراً للمياه النقية الصالحة للشرب.

تتميز خلايا الوقود عن البطاريات التقليدية في إعتقادها على دمج عنصري الهيدروجين والأوكسجين لإنتاج الكهرباء والتي تحصل الخلية عليهما من مصدر خارجي ولا تعدان من مكونات خلية الوقود نفسها . وهذا يعطي لهذه الخلايا الأهمية بالمقارنة مع البطاريات ، بينما تكون في البطاريات التقليدية مكونات البطارية هي أساس توليد الطاقة حيث يحدث التفاعل الكيميائي لمكونات البطارية لإنتاج الطاقة الكهربائية وتستمر هذه العملية الى حين إنتهاء المواد الكيميائية المتفاعلة فتتوقف البطارية لحين إعادة شحنها مرة أخرى . في حين أن خلايا الوقود تعمل بصفة مستمرة لأن وقودها الهيدروجين والأوكسجين يأتيان من مصادر خارجية ، كما أن خلايا الوقود في حد ذاتها ليست سوى رقائق مسطحة تنتج كل واحدة منها فولطاً كهربائياً واحداً . وهذا يعني أنه كلما زاد عدد الرقائق المستخدمة كلما زادت قوة الجهد الكهربائي .

فكرة عمل خلايا الوقود :

تعد خلية الوقود أداة لتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية أي أنها تقوم من خلال تفاعلات كيميائية بتحويل الهيدروجين والأوكسجين الى ماء وينتج عن هذه العملية طاقة كهربائية . يوجد أنواع عديدة من خلايا الوقود وتصنف هذه الخلايا حسب المواد الكيميائية التي تستخدمها وكذلك صفائح المحلل (electrolyte) . والنوع الأكثر شيوعاً ورواجاً هو خلية الوقود ذات غشاء التبادل البروتوني (Proton Exchange Membrane Fuel Cell – PEMFC) والموضح فكرة عملها في الشكل التالي :



الشكل (١) يوضح تركيب خلية الوقود

هذه الخلية الكهروكيميائية تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق تزويد الخلية بغازي الأوكسجين و الهيدروجين باستمرار . عند الأنود يتأكسد الهيدروجين الى بروتونات تدور عن طريق الإلكتروليت الى الأنود ، والألكترونات التي تدور من خارج الخلية الى الأنود حيث يلتقي الجميع مع الأوكسجين الذي يختزل لتكوين الماء . ويوجد أنواع متعددة من الخلايا الوقودية التي يمكن تصنيفها حسب نوع الإلكتروليت الذي يحدد الإستخدام النهائي لخلية الوقود . فعلى سبيل المثال تعتبر تلك التي تستخدم بوليمر موصل للبروتونات هي الأكثر إستخداماً في السيارة الكهربائية ، بينما تلك التي تستخدم السيراميك الموصل لأيون الأوكسجين أفضل للإستخدام المنزلي للتزود بالكهرباء والحرارة . وأخيراً تعتبر الخلايا الوقودية من أكثر وسائل توليد الطاقة حفاظاً على البيئة .

إستخدامات خلايا الوقود الهيدروجينية :

أن خلايا وقود الهيدروجين تنتج الكهرباء بتفاعل كهربائي كيميائي بإستخدام الهيدروجين والأوكسجين . وهذه الخلية الكهروكيميائية تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية بتزويد الخلية بغازي الأوكسجين والهيدروجين على نحو مستمر . ويوجد أنواع متعددة من الخلايا الوقودية التي يمكن تصنيفها ، فهناك أنواع خاصة لوسائل النقل وأخرى مخصصة للإستخدام المنزلي . وتعد الخلايا الوقودية من أكثر وسائل توليد الطاقة حفاظاً على البيئة ، ولهذا تحظى بإهتمام كبير لتطويرها وتسخيرها مستقبلاً في تسيير السيارات وإمداد المنازل بالتيار الكهربائي . ويعد هذا النوع من الوقود الصديق للبيئة وبديلاً جيداً للوقود الحالي المستخدم في وسائل النقل التقليدية ، بالإضافة لأهميته البالغة للبلدان الفقيرة أو التي تعاني نقصاً في موارد الطاقة .

تستخدم خلايا الوقود الهيدروجينية لتسيير المركبات الفضائية منذ منتصف القرن العشرين وهي تقانة مثالية لتسيير المركبات وتوليد الطاقة الكهربائية ، فلا ينتج عنها سوى الحرارة وبخار الماء!! وهي ببساطة خلايا وقود كهروميكانيكية تحول وقود الهيدروجين الى كهرباء دون إحتراق ، وهذا ما يجعل طريقة توليد الكهرباء مثالية بيئياً . وثمة عدد هائل من التطبيقات لهذه التقانة مثل تأمين الطاقة الرئيسية للأبنية والمصانع ، وتغذية الهواتف النقالة والحواسيب المحمولة.

وقد بدأت شركات صناعة السيارات تنتج بالفعل سيارات تعمل بالطاقة الهيدروجينية (خلايا الوقود) إذ طرحت شركة تويوتا على نطاق واسع سيارة (ميراي) منذ العام ٢٠١٤ . وبدأت منذ ذلك التاريخ تنتشر أيضاً محطات تعبئة السيارات بالطاقة الهيدروجينية ، ولكن الإتجاه في صناعة السيارات ما يزال محدوداً أو في بداية الطريق مما يجعل ثمنها مرتفعاً ، فسيارة ميراي على سبيل المثال تباع بحوالي مائة ألف دولار . وتعتبر الصين الرائدة في تخفيض التكاليف حيث تستعد لإطلاق سيارات في هذا العام (٢٠٢١) تعمل بالطاقة الهيدروجينية وبكلفة مقاربة لكلفة السيارات التي تعمل بالبطارية.



الشكل (٢) يوضح محطات الفضاء تستخدم الهيدروجين كوقود لمحركاتها



الشكل (٣) يوضح زورق يعمل بالطاقة الهيدروجينية



الشكل (٤) يوضح جهاز كمبيوتر دفتري يحصل على الطاقة الكهربائية من خلية وقود هيدروجينية



الشكل (٥) يوضح شرائح من خلايا الوقود الهيدروجينية تستخدم كمصدر للطاقة في السيارات

الهيدروجين والوقود الأحفوري :

يتم استخراج نسبة كبيرة من الهيدروجين المتوفرة في الولايات المتحدة من الوقود الأحفوري (كالفحم والغاز الطبيعي والنفط) أو يتم تصنيع الهيدروجين باستخدام عمليات التحليل الكهربائي التي تعمل بالوقود الأحفوري ، وإنّ الانبعاثات الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري لا تزال مشكلة رئيسية حتى في حلول تلك المشكلة . إن تحقيق حلم استخدام طاقة هيدروجينية صديقة للبيئة يكون فقط إذا ما تمّ استخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها لتوفير الطاقة اللازمة لمعالجة الوقود الهيدروجيني .

قام باحثون في جامعة ستانفورد في عام ٢٠٠٥ بتقييم الأثار البيئية لثلاثة مصادر مختلفة للهيدروجين وهي الفحم والغاز الطبيعي والتحليل الكهربائي للماء الذي يعمل بواسطة الرياح . وتوصل الباحثون الى إننا نستطيع أن نخفض إنبعاثات الغازات الدفيئة عن طريق قيادة السيارات المهجّنة التي تعمل بالبنزين والكهرباء أكثر من قيادة السيارات التي تعمل بخلايا الوقود التي تعمل بالهيدروجين الناتج عن الفحم . وإنّ الهيدروجين المصنوع من الغاز الطبيعي سيكون أفضل قليلاً .

السؤال المهم.. هل سيصبح الهيدروجين منقذنا البيئي من الوقود الأحفوري المسؤول عن الإحتباس الحراري ومختلف أشكال التلوث المزعجة..؟؟؟ **والجواب :** نواجه مشكلتين أساسيتين عند الحديث عن الإنتاج الضخم والإعتماد واسع النطاق على مركبات خلايا الوقود الهيدروجينية وهما : التكلفة العالية لإنتاج خلايا الوقود وعدم وجود شبكة للتزود بالوقود الهيدروجيني .

ارتفاع تكلفة إنشاء خلايا الوقود الهيدروجينية :

تعتبر تكاليف تصنيع السيارات التي تعمل بخلايا الوقود بمثابة القضية الرئيسية ، وينفق مصنعوا السيارات ما يزيد على مليون دولار لإنتاج كلّ مركبة بسبب التكنولوجيا المتقدمة اللازمة . قامت شركة تويوتا بخفض تكاليف الإنتاج لتصبح المركبة بسعر ٦٠,٠٠٠ دولار تقريباً في الولايات المتحدة ، ويستثمر صناع آخرون في تطوير نماذج مناسبة للسوق في الآونة الأخيرة .

قلّة محطات التعبئة :

إنّ عدم وجود محطات للتزود بالوقود الهيدروجيني هي المشكلة الثانية في هذا المجال . وتتردد شركات النفط الكبرى بإنشاء خزانات الهيدروجين في محطات الوقود الحالية لأسباب عديدة منها مشكلة الأمان والتكلفة وإنعدام الطلب على هذه الخزانات . تحاول هذه الشركات إبقاء عملائها مهتمين بمنتجهم الأكثر إدراراً للربح وهو البنزين . توجد بضع عشرات من محطات الوقود الهيدروجيني المستقلة كجزء من شبكة تم إنشاؤها بواسطة شركة خلايا وقود غير هادفة للربح في كاليفورنيا .

الطاقة الهيدروجينية...الأفضل للبيئة :

تسعى الدول المتقدمة لتوفير أحدث الأبحاث عن مصادر طاقة نظيفة وصديقة للبيئة ومتوفرة ، خصوصاً مع تفاقم مشكلة الإحتباس الحراري العالمية . ويمكن إنتاج الطاقة عن طريق البخار والتكثيف ومن النفايات العضوية ومن النفايات الحيوية . ولذلك تعتبر هذه الطاقة نظيفة ومستدامة وقابلة للتخزين والنقل ومتوفرة في العالم ورخيصة .

أصبح البحث عن بدائل للوقود التقليدي (النفط) أمراً ضرورياً بالنسبة للدول الصناعية المتقدمة ولا سيما بعد الإرتفاع الملحوظ في أسعار الوقود على مستوى العالم ، وترصد هذه الدول المبالغ المالية الطائلة لتمويل أبحاث البحث عن مصادر للطاقة البديلة والمقصود هنا بديلة عن النفط . وفي المقابل عكف العلماء والباحثون على إجراء الدراسات والأبحاث للحصول على مصادر بديلة للطاقة ، فقد تم تطوير إستخدام الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وإستخدام طاقات المد والجزر وأمواج البحر كطاقات حركية يمكن تحويلها لطاقة كهربائية . وإستخدام المياه الساقطة من الشلالات لتويد الطاقة الكهربائية والإستعاضة بالعديد من مصادر الطاقة البديلة عن الوقود التقليدي .

ولكن هذه المصادر البديلة تعتمد على تقنيات معقدة عالية التكلفة ولا تصلح لجميع التطبيقات كبديل عن النفط ، وكذلك فإن معظم هذه المصادر تعتمد على ظروف مناخية وجغرافية معينة مثل سطوع الشمس لفترات طويلة بالنسبة للطاقة الشمسية . وبالتالي في الدول التي تكثر فيها السحب أثناء العام تكون مشكلة كبيرة بالنسبة لإعتمادهم على الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء ، وكذلك الإستفادة من ظاهرة المد والجزر وحركة الأمواج يتطلب الوجود بالقرب من البحر وهذا أيضاً ليس متوفر في كل مكان بالطبع . ولكن وبالرغم من كل هذه الصعوبات فإن خلايا الوقود الهيدروجينية وبعد جهود العلماء المستمرة قد تخطتها لتكون وقود هي المستقبل وبديلاً عن النفط .

المصادر :

1. Philibert, Cédric. "Commentary: Producing industrial hydrogen from renewable energy". iea.org. International Energy Agency. Retrieved 22 April 2018.
2. Altork, L.N. & Busby, J. R. (2010 Oct). Hydrogen fuel cells: part of the solution. Technology & Engineering Teacher, 70(2), 22-27.
3. Jones, J.C. (March 2015). "Energy-return-on-energy-invested for hydrogen fuel from the steam reforming of natural gas". Fuel. 143: 631. doi :10.1016/j.fuel. 2014 . 12.027.
4. Kalamaras, Christos M.; Efstathiou, Angelos M. (2013). "Hydrogen Production Technologies: Current State and Future Developments". Conference Papers in Energy. 2013: 1–9. doi:10.1155/2013/690627.
5. Stolten, Detlef (Jan 4, 2016). Hydrogen Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology. John Wiley & Sons. p. 898.ISBN 97835276742. Retrieved 22 April 2018.