الفصل الحادي عشر

طاقة حرارة مياه البحار والمحيطات
وطاقة وقود الهيدروجين وخلايا الوقود
والطاقة المسترجعة

11-1 طاقة حرارة مياه البحار والمحيطات

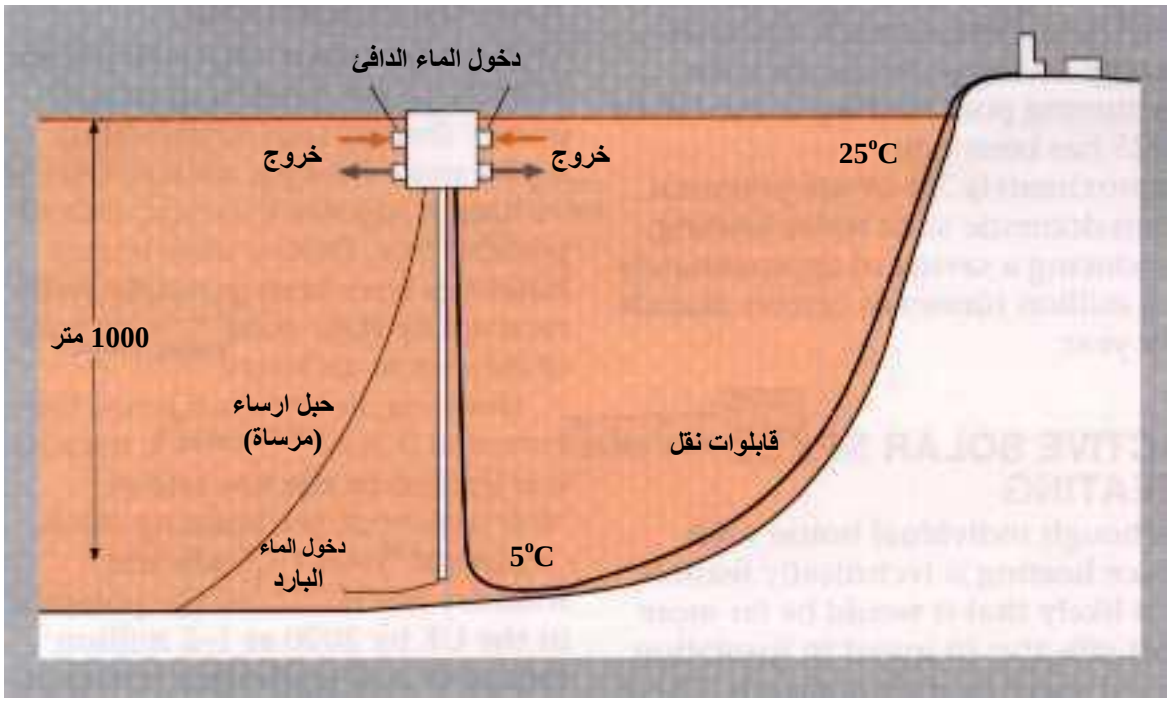
11-2 طاقة وقود الهيدروجين

11-3 خلايا الوقود

11-4 الطاقة المسترجعة

1-11 طاقة حرارة مياه البحار والمحيطات

تختلف درجة حرارة مياه المحيطات باختلاف الطبقة والمنطقة الجوفية التي توجد فيها هذه المياه . فالمياه السطحية للبحار والمحيطات تختزن قدراً هائلاً من الطاقة الشمسية التي تسقط عليها طوال النهار خصوصاً تلك التي على خط الاستواء والتي تصل درجة الحرارة فيها في بعض المناطق إلى نحو 30 درجة مئوية . أما طبقة المياه الباردة السفلية فإنها تتكون نتيجة لذوبان الثلوج القادمة من المناطق القطبية ، ونظراً إلى برودة المياه فإن كثافتها تكون عالية، ولهذا فهي تهبط إلى الأعماق وتكوِّن طبقة باردة قد تصل درجة حرارتها إلى حوالي 5 درجات مئوية على أعماق تتراوح من 800 إلى 1000 متر (الشكل 1-11) .



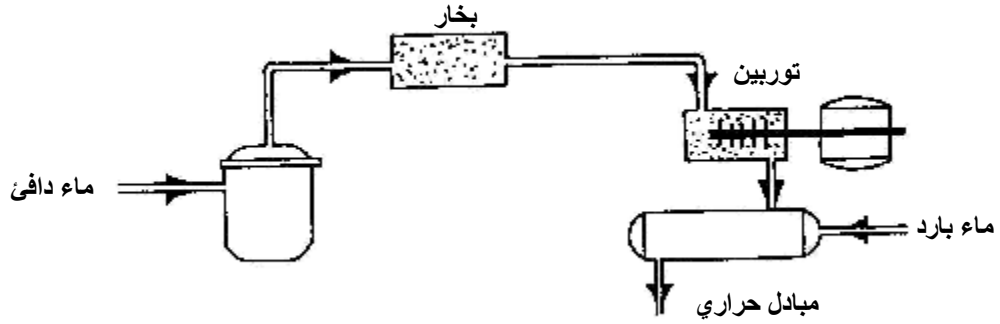
شكل (1-11): منظومة تستخدم لاستغلال طاقة حرارة المحيطات

لقد فكر بعض العلماء في استخدام الفرق بين درجة حرارة سطح البحار ودرجة حرارته السفلية في توليد الطاقة الحركية وعلى الرغم من صغر هذا الفارق فإنه يكفي نظرياً للاستفادة منه في توليد الطاقة ، وإن كانت كفاءة المحرك الحراري الناتج ستكون قليلة إلى حد ما ، إذ قد لا تزيد عن 2% . ويشترط لنجاح توليد الطاقة بهذا الأسلوب ألا يقل الفرق في درجة الحرارة بين طبقتي المياه الدافئة والباردة عن 15 درجة مئوية .

إن أول تجربة ناجحة في استغلال هذا المورد من الطاقة تمّت في عام 1929 ، وقد قام بها مهندس فرنسي يدعى جورج كلود الذي أقام محركاً صغيراً قدرته 22 كيلووات على شاطئ البحر واستخدم فيه الماء البارد من أعماق البحر عبر أنبوب طويل. ولئن لم تكن هذه المحاولة ناجحة من الناحية الاقتصادية فانها برهنت على إمكان تنفيذ هذه الأفكار. كما أجريت تجربة أولية أخرى نفذت في الثلاثينات في البحر الكاريبي حيث تم سحب مياه من أعماق البحر. وقد أنتجت هذه المنظومة طاقة لا تزيد كثيراً على الطاقة التي صرفت في سحب المياه . وكشفت هذه التجربة أنّ تشغيل محطة بحرارة المحيطات تنتج 100 ميجاوات فإن ذلك يتطلب ضخ حوالي 500 متر مكعب من الماء بالثانية لكل من الماء البارد والماء الدافئ خلال تبادلها الحراري .

وهنالك طريقتان لاستغلال حرارة مياه البحار في إنتاج الطاقة الكهربائية . الأولى هي استخدام الدائرة المفتوحة ، وفيها يستعمل ماء البحر وحده . والثانية هي استخدام الدائرة المغلقة وذلك باستعمال سائل آخر سريع التطاير .

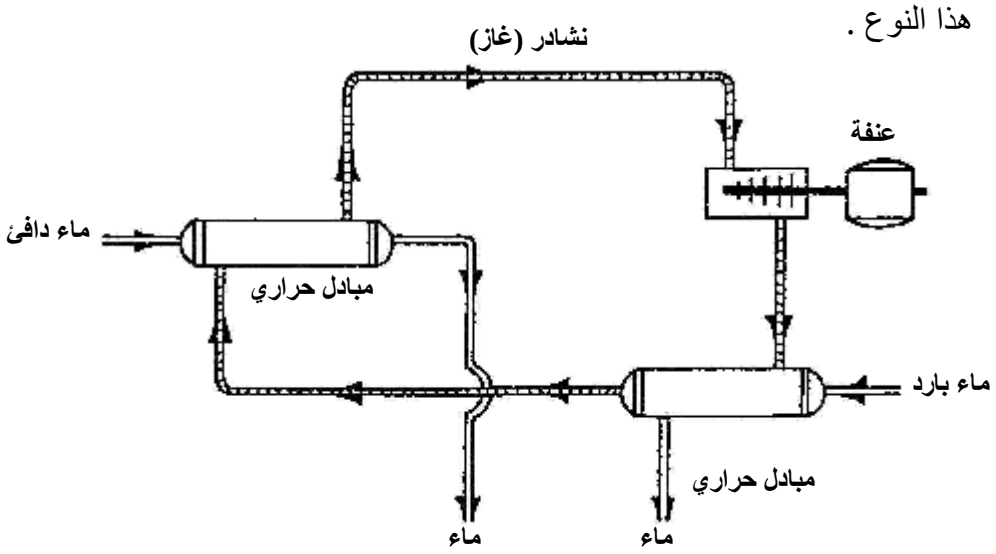
وطريقة الدائرة المفتوحة بسيطة نسبياً أذ يدفع ماء سطح البحر الدافئ ، الذي تكون حرارته حوالي 30 درجة مئوية ، إلى مبخر خاص تحت ضغط مخلخل(Vacuum) يصل إلى نحو ثلاثة أجزاء من مائة $\left(\frac{3}{100}\right)$ من الضغط الجوي الاعتيادي ، فيتحول هذا الماء إلى بخار يمرر على توربين ومنه ينتقل إلى مبادل حراري آخر ليقابل تياراً من الماء البارد الوارد من قاع البحر فيتكثف البخار إلى ماء مرة أخرى . وهذا الفارق في الضغط بين أول الدائرة ونهايتها هو الذي يدفع التوربين إلى الدوران مولداً الكهرباء. ويبين الشكل (11-2) مخططاً لهذه الطريقة .



شكل (11-2): طريقة الدائرة المفتوحة لانتاج الطاقة من حرارة مياه المحيطات

وتحتاج هذه الطريقة إلى استخدام توربين ضخم ، ويجب كذلك تخليص مياه البحر من الهواء الذائب فيه حتى لا يؤدي هذا الهواء إلى تقليل ضغط البخار وتوقف العنفة عن الحركة .

وتختلف طريقة الدائرة المغلقة عن الطريقة الأولى حيث يستخدم فيها سائل آخر سهل التطاير مثل النشادر في دائرة مقفلة خاصة به ، ويُدفع النشادر إلى مبادل حراري ليقابل تياراً من سطح البحر الدافئ فيتحول النشادر إلى غاز أو بخار يمر من خلال التوربين ويدفعه إلى الدوران . يخرج النشادر من العنفة على مبادل حراري ليقابل تياراً من ماء البحر البارد القادم من الأعماق فيتكثف النشادر إلى سائل مرة أخرى . ويمكن استخدام غازات أخرى بدل النشادر كالفريون مثلا . ويبين الشكل (11-3) مخططاً لمنظومة من هذا النوع .



شكل (11-3): طريقة الدائرة المقفلة لانتاج الطاقة من حرارة مياه المحيطات

لا يمكن حالياً الحكم على مدى جدوى استخدام هذه الطاقة ، ولا بد من إجراء مزيد من البحوث والدراسات لزيادة كفاءة المبادلات الحرارية وزيادة كفاءة التوربينات المولدة للكهرباء مع ضرورة صنع تجهيزات من مواد خاصة تستطيع مقاومة التآكل الناتج من مياه المحيط المحملة بالأملاح .

2-11 طاقة وقود الهيدروجين

يعتبر الهيدروجين أحد البدائل الجديدة للطاقة ، ويمكن أن يكون وقود المستقبل وذلك لأن احتراقه لا يسبب في الغالب أية ملوثات بيئية ولكون المحتوى الحراري لاحتراقه يقارب ثلاثة أمثال المحتوى الحراري لنفس الكتلة من الوقود النفطي . ففي المركبات

الفضائية يتم حرقه لدفع المحركات النفاثة . ويمكن كذلك حرقه مع الأوكسجين في غرفة احتراق فتنتج عنه حرارة عالية يمكن أن تحول الماء إلى بخار لإدارة توربينات توليد الطاقة الكهربائية إضافة إلى إمكانية استخدامه في مكائن الاحتراق الداخلي للسيارات وكالغاز الطبيعي يمكن حرقه واستخدام الحرارة الناتجة منه في التسخين .

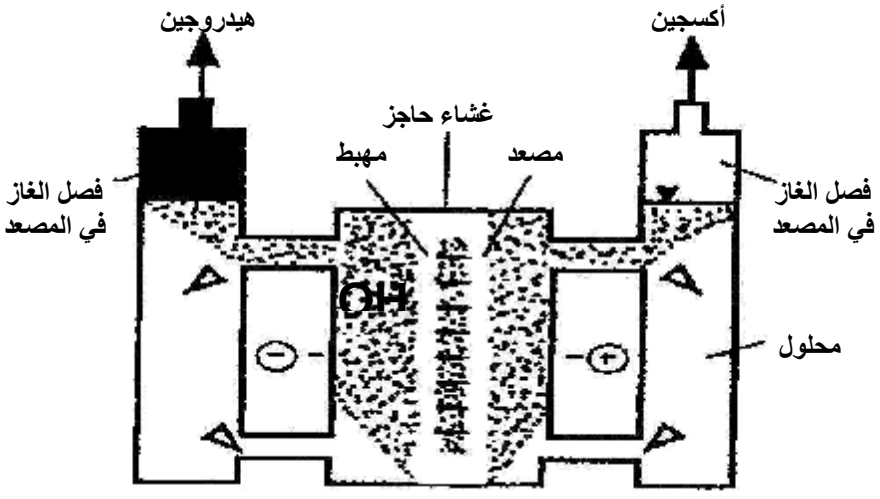
ينتج الهيدروجين حالياً من النفط ، والغاز الطبيعي ، والفحم . وتقدر نسبة الإنتاج بحوالي 50% من النفط ، 30% من الغاز الطبيعي ، و 15% من الفحم ، و 5% من المصادر الأخرى . ويمكن إنتاج الهيدروجين من التحليل الكهربائي للماء أذ يتم تحليل الماء كهربائياً إلى عنصري الأوكسجين والهيدروجين ، ومن هذه الطريقة ينتج غاز بدرجة نقاوة عالية جداً .

تعتبر المياه المتوفرة في البحار والمحيطات المصدر الرئيسي لإنتاج غاز الهيدروجين. ويمكن استخدام الطاقة الشمسية في إنتاج الهيدروجين وذلك بتحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية ومن ثم استخدام الكهرباء الناتج لتحليل الماء . ويوضح الشكل (11-4) كيفية عمل المحلل الكهروليتي لتحليل الماء وتتضمن العملية التفاعلات التالية :

التفاعل في المهبط : $2H_2O + 2e^- \rightarrow H2 + 20H^-$

التفاعل في المصعد : $20H^- \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^-$

التفاعـــل النهائـي : $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$

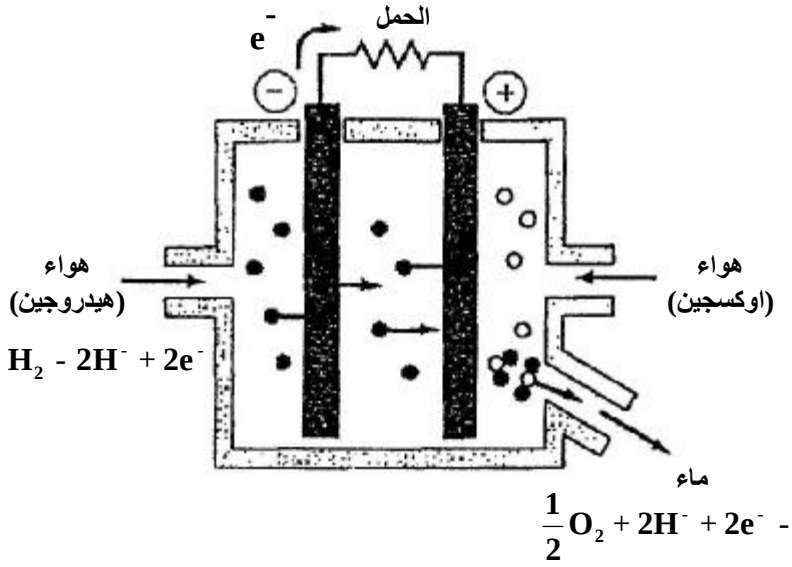


شكل (11-4): مخططاً يوضح عملية التحليل الكهروليتي

عند مرور تيار كهربائي مستمر في الخلية فإن الهيدروجين (شحناته موجبة) يتجمع عند القطب السالب (المهبط) للخلية في حين يتجمع الأوكسجين (شحنات سالبة) عند القطب الموجب (المصعد) وذلك على شكل فقاعات غازية ، ويفصل الغشاء الحاجز بين غاز الهيدروجين والأوكسجين ، ويتم فصل كل غاز عن المحلول الناتج في الغرفة الخاصة بفصل الغازات ، ثم يعود سائل المحلول ثانية إلى الخلية لإعادة الدورة مرة أخرى وهكذا ، وبعد الحصول على الهيدروجين يتم تخزينه إما على شكل سائل مضغوط أو على شكل غاز في خزانات أو اسطوانات تحت ضغوط مختلفة حسب نوع الاستخدام والتطبيق .

3-11 خلايا الوقود

تتكون خلية الوقود من قطبين من الكربون تفصل بينهما مادة موصلة للكهرباء تعرف بالالكتروليت، وهي تتكون عادة من مادة حامض الكبريتيك أو هيدروكسيد البوتاسيوم . وتعمل خلية الوقود عن طريق أكسدة غاز الهيدروجين بأوكسيد الهواء . فعند أمرار تيار من الأوكسجين أو الهواء على القطب الموجب فإن ذلك يتسبب في انطلاق الإلكترونات من قطب إلى آخر ويسبب مرور التيار الكهربائي . ويبين الشكل (11-5) مبدأ عمل الخلية .



شكل (11-5): مخططاً يوضح مبدأ عمل خلية الوقود

عند القطب الموجب فتحول ذرة الهيدروجين تتحول إلى أيونات الهيدروجين والكترونات وتدخل خلال حامض الكبريتيك أو هيدروكسيد البوتاسيوم .

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$$

وعند القطب السالب تتحد أيونات الهيدروجين مع ذرات الأوكسجين والألكترونات لتكوين ماء وتسير الألكترونات خلال الدائرة الخارجية التي تربط القطبين .

$$\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$$

تتميز خلايا الوقود ببساطتها وكفاءتها العالية التي تتراوح بين 50% و 65% ، كما إنها لا يصدر عنها أي ضوضاء وهي غير ملوثة للبيئة، فإنتاجها بخار ماء فقط . وبذلك يمكن نصبها داخل المدن قريباً من الأحمال الكهربائية . ومنظوماتها بسيطة ومن السهل نصبها، ويمكن أيضاً استخدام أنواع مختلفة من الوقود كالغاز الطبيعي والهيدروجين والميثانول والغاز الحيوي .

ويمكن استخدام خلايا الوقود في حافلات النقل فبالرغم من أن ثقل وزنها لا يؤهلها للاستخدام في السيارات الصغيرة فأنها مناسبة جداً للحافلات الكبيرة والشاحنات . ومن المشاكل التي تواجه توسيع استخدام خلايا الوقود ارتفاع سعرها الأولي. وتجري أبحاث كثيرة في دول مختلفة من العالم لتقليل سعرها . وقد تم نصب محطتين تجريبيتين في هذا المجال أحداهما بسعة 4.5MW في مدينة طوكيو وأخرى بسعة 4.8MW في مدنية نيويورك .

4-11 الطاقة المسترجعة

أخذت منظومات الطاقة المسترجعة بالتطور والانتشار على نطاق تجاري محدود. وقد تزامن استغلال هذه الطاقة كأحد الحلول المقترحة للتغلب على تلوث البيئة من خلال استغلال المخلفات الحارة والساخنة التي تتسرب إلى الجو والأرض والمياه .

وتعتبر الطاقة المسترجعة من المعامل والمصانع والحرارة الناتجة من أجهزة التكيف وتوليد البخار والغازات أمثلة لأنواع مصادر هذه الطاقة . تستخدم حالياً هذه الطاقة في عمليات التدفئة وتسخين المياه للمجمعات السكنية القريبة من مصادرها. ويعتبر استغلال مصادر الطاقة المسترجعة ذا مردودات اقتصادية وبيئية مشجعة .

أسئلة تقويمية

1. كيف يتم استخلاص الطاقة من فرق درجات الحرارة بين السطح وأعماق البحار والمحيطات ؟
2. ما هي التقنيات التي يتم فيها توليد الطاقة الكهربائية من طاقة حرارة مياه المحيطات والبحار ؟
3. ما هي الطرق المستخدمة حالياً في إنتاج الهيدروجين ؟
4. تعتبر خلايا الوقود من التقنيات الواعدة والتي سيكون لها دور كبير في تأمين جزء من احتياجات الطاقة في المستقبل . ما هي مكونات هذه الخلايا ؟ وكيف يتم الحصول على الطاقة الكهربائية منها ؟
5. ما هي مشاكل تقنية خلايا الوقود ؟
6. ما هي فوائد استغلال تقنية خلايا الوقود على البيئة خصوصاً وإن وقودها الهواء الدافئ والهيدروجين بينما ناتجها الكهرباء ومخلفاتها الماء ؟ وهل ترى في إنتاج بخار الماء من هذه العلمية تأثيراً على المناخ لو استخدمت هذه التقنية بشكل واسع ؟