



أكثر من مجرد مصدر للقوى إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة النووية من أجل مستقبلٍ منخفض الكربون

بقلم مات فيشر

الهيدروجين هو العنصر الكيميائي الأكثر وفرة في الكون، بيد أن إنتاجه في شكل نقي، لاستخدامه في مجموعة من العمليات الصناعية، يتطلب طاقة مكثفة، تفضي إلى انبعاثات كربونية كبيرة.

وقال إبراهيم خميس، كبير المهندسين النوويين في الوكالة: «يُلبى ما يقرب من ٩٥٪ من الطلب الحالي على الهيدروجين من خلال استخدام عمليات إنتاج كثيفة الكربون مثل إعادة تشكيل غاز الميثان بالبخار؛ إنَّ هذه الطريقة غير مستدامة في ضوء التحول العالمي إلى الطاقة النظيفة، لا سيما بالنظر إلى أن الطلب مرتفع بالفعل ولا يفتأ ينمو.» وقد تضاعف الطلب على الهيدروجين أكثر من ثلاث مرات منذ عام ١٩٧٥، وفقاً لوكالة الطاقة الدولية.

ويستخدم الهيدروجين في العمليات الصناعية، من إنتاج الوقود الاصطناعي والبتروكيماويات إلى تصنيع أشباه الموصلات وتشغيل المركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود. ومن أجل تقليل التأثير البيئي للإنتاج السنوي لأكثر من ٧٠ مليون طن من الهيدروجين، تتطلع بعض البلدان إلى القوى النووية.

وقال خميس: «على سبيل المثال، إنَّ حوَّلَ ٤٪ فقط من إنتاج الهيدروجين الحالي إلى الكهرباء المولدة نووياً، فسوف يؤدي ذلك إلى تقليل ما يصل إلى ٦٠ مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون كل عام. وإنَّ أنتج كل الهيدروجين باستخدام الطاقة النووية، فإننا نكون قد تخلصنا من أكثر من ٥٠٠ مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنوياً.»

غرفة التحكم في مفاعل
HTR-10 بجامعة تسنغوا
في بيجين.

(الصورة: بي بالفيك/الوكالة)

وقال خميس: «ينطوي إنتاج الهيدروجين باستخدام محطات القوى النووية على إمكانات كبيرة للمساهمة في جهود إزالة الكربون، ولكن هناك عدداً من التحديات التي يجب معالجتها أولاً، مثل تحديد الجدوى الاقتصادية لدمج إنتاج الهيدروجين في استراتيجية طاقة أوسع، ويتطلب إنتاج الهيدروجين من خلال عمليات التكسير الحراري الكيميائي لجزيئات الماء مفاعلات مبتكرة تعمل في درجات حرارة عالية جداً، ولا يزال أمام نشر هذه المفاعلات بضع سنوات. وبالمثل، لا تزال عملية التفاعل بين الكبريت واليود تتطلب المزيد من سنوات البحث والتطوير للوصول إلى مرحلة النضج وبلوغ مرحلة التوسع التجاري.» وأضاف أن ترخيص أنظمة الطاقة النووية التي تتضمن تطبيقات غير كهربائية يمكن أن يمثل تحدياً أيضاً.

دراسة الجدوى واختبارها

تدرس مبادرة «H2@Scale»، التي أطلقتها وزارة الطاقة الأمريكية في أوائل عام ٢٠٢٠، جدوى تطوير أنظمة الطاقة النووية التي تنتج الهيدروجين جنباً إلى جنب مع الكهرباء منخفضة الكربون. ومن بين عشرات المشاريع التي مُوِّلت من خلال هذه المبادرة، ستقوم ثلاث شركات أمريكية لخدمات الكهرباء التجارية بتنفيذ مشروع واحد بالتعاون مع مختبر إيداهو الوطني التابع لوزارة الطاقة. وسيضمن المشروع تقييمات تقنية واقتصادية، بالإضافة إلى عروض تجريبية لإنتاج الهيدروجين في العديد من محطات القوى النووية في جميع أنحاء الولايات المتحدة.

ومن بين شركات الخدمات المشاركة في المشروع، توجد شركة إكسيلون (Exelon)، وهي أكبر منتج للطاقة منخفضة الكربون في الولايات المتحدة، وتتخذ الآن خطوات لتكريب محلل كهربائي بغشاء بوليمر بطاقة واحد ميغاواط، مع ما يرتبط به من بنية أساسية، في إحدى محطات القوى النووية التابعة لها. وسوف يستخدم النظام، الذي يمكن أن يدخل في الخدمة بحلول عام ٢٠٢٣، لإثبات الجدوى الاقتصادية للهيدروجين المنتج إلكترونياً لسدّ الاحتياجات في الموقع للأنظمة المتعلقة بتوليد الكهرباء بالإضافة إلى فرص التوسع المستقبلية.

وقال سكوت غرينلي، النائب الأول لرئيس الخدمات الهندسية والتقنية في شركة إكسيلون للتوليد الكهربائي: «سيكون هذا المشروع مفيداً في مساعدتنا في تحديد آفاق إنتاج الهيدروجين نووياً، بما في ذلك كيف يمكن للاعتبارات المالية أن تؤثر على أي إنتاج طويل الأجل وواسع النطاق للهيدروجين. ومن شأن إدخال إنتاج الهيدروجين بالقوى النووية أن يبلغ شأواً بعيداً نحو تعزيز استدامة القوى النووية في وقت نخطط فيه لمستقبل منخفض الكربون.»

ويمكن أن تقترن مفاعلات القوى النووية بمحطة إنتاج الهيدروجين لإنتاج كل من الطاقة والهيدروجين بكفاءة في إطار نظام للتوليد المشترك. ولإنتاج الهيدروجين، يُزوّد نظام التوليد المشترك بمكونات إمّا لعمليات التحليل الكهربائي أو للعمليات الكيميائية الحرارية. والتحليل الكهربائي هو عملية تحفيز جزيئات الماء على الانقسام باستخدام تيار كهربائي مباشر ينتج كلاً من الهيدروجين والأكسجين. ويعمل التحليل الكهربائي للماء في درجات حرارة منخفضة نسبياً تتراوح من ٨٠ درجة مئوية إلى ١٢٠ درجة مئوية، بينما يعمل التحليل الكهربائي بالبخار في درجات حرارة أعلى بكثير، وبالتالي يكون أكثر كفاءة. ويمكن أن يكون التحليل الكهربائي بالبخار مثالياً للإدماج في محطات القوى النووية المتقدمة المرتفعة الحرارة، حيث تتطلب العملية مدخول حرارة عند حوالي ٧٠٠ درجة مئوية إلى ٩٥٠ درجة مئوية.

ويمكن للعمليات الكيميائية الحرارية أن تنتج الهيدروجين عن طريق إحداث تفاعلات كيميائية مع مركبات معينة عند درجات حرارة مرتفعة لتقسيم جزيئات الماء. ويمكن أيضاً استخدام المفاعلات النووية المتقدمة القادرة على العمل في درجات الحرارة المرتفعة جداً لإنتاج الحرارة لهذه العمليات.

وقال خميس: «إن إنتاج الهيدروجين باستخدام دورة الكبريت واليود على وجه الخصوص ينطوي على إمكانات كبيرة يمكن زيادتها من أجل التشغيل المستدام طويل الأمد. وإن تطوير هذه الطريقة باستخدام تصميم مفاعل الاختبارات الهندسية العالي الحرارة الياباني، وتصميمي المفاعل المرتفع الحرارة-النمطي الحصوي القاع ٦٠٠ (HTR-PM 600) والمفاعل المرتفع الحرارة-١٠ (HTR-10) الصينيين واعدد للغاية، وتواصل المبادرات البحثية الأخرى إحراز تقدم ممتاز.»

وتقوم العديد من البلدان الآن بتنفيذ أو استكشاف إنتاج الهيدروجين باستخدام محطات القوى النووية للمساعدة في إزالة الكربون من قطاعات الطاقة والصناعة والنقل. وهي أيضاً وسيلة للاستفادة بشكل أكبر من محطات القوى النووية، ما يمكن أن يساعد في زيادة ربحيتها.

وتقدم الوكالة الدعم للبلدان الراغبة في إنتاج الهيدروجين من خلال مبادرات تشمل المشاريع البحثية المنسقة والاجتماعات التقنية. كما وضعت برنامج التقييم الاقتصادي للهيدروجين، وهو أداة لتقييم اقتصاديات إنتاج الهيدروجين على نطاق واسع عبر الطاقة النووية. وكذلك أطلقت الوكالة دورة تعليمية إلكترونية حول إنتاج الهيدروجين من خلال التوليد المشترك للطاقة النووية في أوائل عام ٢٠٢٠.

”يوفر إنتاج الهيدروجين من خلال الطاقة النووية فرصة لخفض انبعاثات الكربون بشكل كبير مع تعزيز ربحية صناعة القوى النووية.“

— أنطون موسكفين، نائب الرئيس لشؤون التسويق وتطوير الأعمال، شركة روساتوم أوفرسيز، روسيا

ليس فقط إنتاج الهيدروجين

تتمتع القوى النووية بمجموعة متنوعة من التطبيقات غير الكهربائية بالإضافة إلى إنتاج الهيدروجين. ومن هذه التطبيقات التدفئة في الأحياء السكنية للمنازل والشركات، والتدفئة والتبريد للأغراض الصناعية وتحلية مياه البحر لزيادة توافر مياه الشرب.

ستنتج محطة ديفيس بيس للقوى النووية في ولاية أوهايو الهيدروجين باستخدام الطاقة النووية.

(الصورة: بي. رايبورن / محطة ديفيس بيس للقوى النووية)

وتتزايد أيضاً احتمالات اعتماد هذه التطبيقات، فقد صُممت أنظمة جديدة للطاقة النووية بغية تحسين الاستخدامات الكهربائية وغير الكهربائية بالإضافة إلى التكامل مع المصادر المتجددة. وطُوِّرت كذلك تصميمات جديدة للمفاعلات، مثل المفاعلات النمطية الصغيرة، لجعل التشغيل أكثر مرونة، مما يسمح بتعديل القوى الناتجة وفقاً للطلب. ومن شأن ذلك أن يجعلها مناسبة بشكل خاص لمثل هذه التطبيقات إذ إنَّ الطاقة المستخدمة عادة لإنتاج الكهرباء يمكن إعادة توجيهها للتطبيقات غير الكهربائية.



برامج جديدة

في عام ٢٠١٩، أطلقت روسيا أول مبادرة لها لإنتاج الهيدروجين نووياً. وسيستخدم البرنامج، الذي تديره شركة الطاقة الذرية الحكومية «روساتوم»، التحليل الكهربائي النووي بالإضافة إلى التوليد الكيميائي الحراري باستخدام مفاعلات مرتفعة الحرارة مبردة بالغاز. والهدف هو إنتاج كميات كبيرة من الهيدروجين كل عام وتحويل الإنتاج بعيداً عن طرق الإنتاج كثيفة الكربون مثل إعادة تشكيل الميثان بالبخار.

وسيخصص الهيدروجين المنتج للاستخدام المحلي والتصدير. ويجري تقييم جدوى تصدير بعض الهيدروجين إلى اليابان.

وقال أنطون موسكفين، نائب الرئيس لشؤون التسويق وتطوير الأعمال في روساتوم أوفرسيز: «مع استمرار نمو الطلب على الهيدروجين، مدفوعاً جزئياً بالتوسع في الصناعات مثل أشغال المعادن، فإن إنتاج الهيدروجين من خلال الطاقة النووية يوفر فرصة لخفض انبعاثات الكربون بشكل كبير مع تعزيز ربحية صناعة القوى النووية.»

وتجري التقييمات على قدم وساق أيضاً في المملكة المتحدة، إذ تقوم مبادرة إنرجي سيستمز كاتابلت «Energy Systems Catapult» غير الربحية في المملكة المتحدة بنمذجة نظام الطاقة بالكامل، وتقوم الآن بإدراج خيار التقنيات النووية المتقدمة لإنتاج الهيدروجين. ويتيح لنا ذلك إلقاء نظرة على مزيج الطاقة الأقل تكلفة الذي يمكن أن ينتج عنه صفر صافٍ من انبعاثات غازات الدفيئة بحلول عام ٢٠٥٠، ويشير الناتج إلى أن الطاقة النووية المتقدمة يمكن أن تؤدي دوراً في إنتاج الهيدروجين إلى جانب التقنيات الأخرى.

وقال فيليب روجرز، كبير المستشارين الإستراتيجيين والاقتصاديين في المجلس الاستشاري للبحوث والابتكار النووي في المملكة المتحدة: «بينما لا يزال يتعين تحديد الدور الحقيقي للهيدروجين في المملكة المتحدة، فإن التحليل الذي أجرته لجنة تغير المناخ ووزارة الأعمال والطاقة والاستراتيجية الصناعية يشير إلى أننا قد نحتاج إلى نشر حوالي ٢٧٠ تيراواط / ساعة من الهيدروجين المنخفض الكربون بحلول عام ٢٠٥٠، على الرغم من أن تلك الكمية قد تزيد بشكل كبير اعتماداً على أنواع التطبيقات عبر قطاعات التدفئة والكهرباء والنقل التي يستخدم الهيدروجين في نهاية الأمر من أجلها.»