

استخدام التقنيات النووية لتطوير المواد المتقدمة

بقلم أنس طرحي

وتُطبّق المعالجة الإشعاعية أيضاً من أجل تقوية أو تمثين الدهانات والأحبار ومواد الطلاء الخالية من المذيبات، وتحسين قوة مواد التعبئة والتغليف الحيوية والقابلة للتحلل البيولوجي ومقاومتها لدرجة الحرارة وعدم نفاذيتها. وتستخدم الآن السيراميك المسامي مع جزيئات الفضة النانوية المتولّدة في الموقع في مختلف البلدان لتنقية المياه في المجتمعات الريفية.

فوائد المواد المتقدّمة في سياق تغيّر المناخ

تتطلب تلبية الطلب المتزايد على الطاقة مع التصدي لتغيّر المناخ المزيد من التطورات في إنتاج الطاقة المتجدّدة وتخزينها وإعادة تدويرها. وقال كزافييه كوكيرت، الأستاذ في جامعة ريمس شامانيا-أردين: "التقنيات الإشعاعية مناسبة تماماً لتصنيع الأغشية المحدّدة المهام والمركبات السائبة المستخدمة في تكنولوجيا خلايا الوقود، لإنتاج طاقة متجدّدة أكثر كفاءة". وقال إن المعالجة الإشعاعية المسبقة يمكن استخدامها لتحسين الكتلة الحيوية الليغنوسليلوزية أو تحويل طاقة أشعة الشمس من خلال الخلايا الفلطانية الضوئية المتقدّمة.

ولمعالجة قضية بيئية أخرى، وهي عبء النفايات البلاستيكية على الصعيد العالمي، قال كوكيرت إن هناك حاجة إلى طرق فعّالة لإعادة التدوير باستخدام الإشعاع في تصميم المنتجات البلاستيكية والمركّبة المتقدّمة التي لن تكون قابلة لإعادة الاستخدام بالطرق التقليدية (انظر الصفحة ١٠).

من التعبئة النشطة للمواد الغذائية القائمة على المركبات النانوية المحمّلة بالزيوت الأساسية، إلى البوليمرات الفائقة الامتصاص المطمّعة بالإشعاع، تؤدي المواد المتقدّمة المُعالَجة بالإشعاع دوراً متزايد الأهمية في الحد من هدر الطعام، وتعزيز الأداء الزراعي، وتحسين الرعاية الصحية وأكثر من ذلك بكثير.

وبالإضافة إلى وزنها الخفيف وتصنيعها السهل، تُحسّن المواد المتقدّمة المعدّلة باستخدام التقنيات النووية الأداء والمتانة. وقد عزّزت التكنولوجيا الإشعاعية، بما في ذلك المعجلات، مكانتها، وأسهمت، من خلال العديد من التطبيقات، في التنمية المستدامة.

استخدامات المواد المتقدّمة

لإنشاء مواد متقدّمة أو تحسين إنتاج مواد عالية الأداء، أصبح دعم العديد من العمليات بالإشعاع أمراً راسخاً في الوقت الحالي ومُتبعاً في الصناعة. فعلى سبيل المثال، تُمكن زيادة ملاءمة المواد البلاستيكية أو المطاطية المعرّضة للإشعاع من إنتاج مواد مختلفة، مثل الأنابيب البلاستيكية المقاومة للحرارة والضغط المستخدمة في تدوير المياه وسوائل التدفئة في المباني.

وقالت سيلينا هوراك، رئيسة قسم منتجات النظائر المشعة والتكنولوجيا الإشعاعية في الوكالة: "يمكن العثور على المواد عالية الأداء المنتجة بالإشعاع في كل مكان وفي كل شيء". وأضافت: "وهي موجودة في الأشياء اليومية التي صارت أقوى وأكثر أماناً. حتى أن بعض هذه المواد يستعمل لجعل نمط حياتك أكثر استدامة".

"يمكن العثور على المواد عالية الأداء المنتجة بالإشعاع في كل مكان وفي كل شيء. وهي موجودة في الأشياء اليومية التي صارت أقوى وأكثر أماناً. حتى أن بعض هذه المواد يستعمل لجعل نمط حياتك أكثر استدامة".

- سيلينا هوراك، رئيسة قسم منتجات النظائر المشعة والتكنولوجيا الإشعاعية، الوكالة.

الأثار الإشعاعية على المواد المتقدّمة

تعتبر المواد القوية والمرنة والمتينة ذات أهمية بالغة في مجال الصناعة بشكل عام، ولكنها ذات أهمية خاصة في القطاع النووي، حيث يعتمد أمان المفاعلات وجدوى عمليات دورة الوقود على المواد المستخدمة. وبالنسبة للمواد الموجودة في المفاعلات النووية، فإن أكبر تحديين هما الحرارة - التي تعالجها نظم التبريد - والإشعاع.

وقال إيان سوينسون، فيزيائي نووي في الوكالة: "تتعرض المواد الهيكلية داخل المفاعلات النووية للتلف بسبب النيوترونات السريعة التي تخرج الذرات من موضعها وتولّد هيدروجين أو هيليوم في شكل غاز. وقد يؤدي هذا في نهاية المطاف إلى الانتفاخ، وخلق الفراغات، والعديد من التغييرات الهيكلية والميكانيكية الأخرى التي تحد من عمرها النهائي في الخدمة". وأضاف: "لذلك فإن اختبار المواد ضد الإشعاع أمر ضروري، ويمكن أن تساعد المعجلات في إتاحة الاختبار على نطاق أوسع".

وتفقد الجسيمات المشحونة معظم طاقتها في نهاية رحلتها عبر المواد، مما يسبب أضراراً كبيرة ولكنها موضعية. ولهذا السبب، يخطط الباحثون لاختبار المواد المرشحة للمفاعلات النووية المستقبلية باستخدام جزيئات مشحونة من معجلات الحزم الأيونية.

وقال سوينسون: "إن اختبار المواد باستخدام المعجلات أسرع من استخدام المفاعلات"، موضحاً أن ما يمكن إكماله في يوم واحد باستخدام المعجلات يمكن أن يستغرق عاماً في مفاعلات الاختبار العالية الفيز. وعادة، لا تصبح العينات مشعة، ويمكن تقسيم المناطق المتضررة بعناية وفحصها باستخدام التقنيات المجهرية.

وفي عام ٢٠١٦، ساعد سوينسون في تنظيم مشروع بحثي منسق تابع للوكالة لمدة خمس سنوات وُزعت خلاله عينات من نفس المادة على مرافق متعددة للمعجلات لأغراض التشعيع، في ظل ظروف متطابقة، وعلى مفاعل البحوث السريعة BOR-60 في الاتحاد الروسي للمقارنة بينهم. وسيسهم تحليل ما بعد التشعيع في تحسين قابلية الاستنساخ من موقع إلى آخر فيما بين مرافق المعجلات وإلقاء الضوء على مدى جودة المعجلات في فحص المواد ذات الأداء الضعيف.

وفي آب/أغسطس ٢٠٢٢، ستعقد الوكالة مؤتمرها الدولي الثاني بشأن تطبيقات العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية (ICARST-2022) لاستكشاف هذه القضايا وتبسيط الضوء على التطبيقات والتطورات الإشعاعية المؤيّنّة. وسيركز المؤتمر، من بين مواضيع أخرى، على التقدم المحرز والقيود التكنولوجية أو الاقتصادية الحالية في مجالات محدّدة من المواد المتقدّمة، وسيساعد على استعراض الإنجازات التي تحققت في عمليات الإشعاع الراسخة لتحسين أداء المواد.

عناصر القضبان المستخدمة في المفاعلات النووية مصنوعة من مواد متقدّمة ويجب أن تكون قادرة على تحمل الحرارة والإشعاع.
(الصورة من: Adobe Stock)