

Aprovechar la promesa de la fabricación aditiva para los reactores nucleares avanzados

Lucy Ashton

Imagine la posibilidad de imprimir un núcleo de reactor nuclear —o pastillas de combustible nuclear— en 3D. Por descabellado que parezca, con la impresión 3D podrían obtenerse materiales lo bastante robustos como para soportar el entorno extremo al que está expuesto un reactor nuclear: esto es lo que muchos expertos consideran necesario para acelerar el despliegue de reactores avanzados y maximizar la contribución de la energía nuclear a la lucha contra el cambio climático.

Utilizada ya en algunas industrias, la impresión 3D es una forma de fabricación aditiva que consiste en un proceso de impresión de objetos por acumulación de capas de material, contrariamente a lo que sucede en la fabricación sustractiva, en la que se corta o quema el material excedente. La impresión 3D funciona directamente a partir de planos digitales y se controla por computadora, lo que permite producir formas intrincadas que antes eran difíciles o imposibles de lograr. Este método de fabricación es más rápido, genera menos restos, disminuye las posibilidades de error y a menudo permite a los diseñadores reducir el peso de los objetos, todas ellas cualidades que podrían rebajar sustancialmente los costos de fabricación.

“En el futuro, el uso de la impresión 3D y otras técnicas de fabricación avanzada podría ser muy corriente en la industria nuclear, como ya ocurre en las industrias aeronáutica y automovilística —afirma Aninda Dutta Ray, ingeniero nuclear que trabaja en fabricación avanzada en el OIEA—. Sin duda la posibilidad existe. Ya se han dado los primeros pasos: se está realizando un intenso trabajo de investigación y examen tomando los códigos y las normas de diseño nuclear vigentes como punto de partida, mientras que algunos reguladores incluso han empezado a redactar orientaciones para sus licenciarios”.

Introducción y ensayo de las impresiones 3D

Como ocurre en la mayoría de los procesos de fabricación nuevos, los primeros pasos son pequeños, lentos y cautelosos. En la industria nuclear ya se han visto algunas primeras aplicaciones, como el impulsador de bombas impreso en 3D que se instaló en un reactor de Eslovenia en 2017. El

componente similar a un ventilador o una turbina impulsa el agua a través de la bomba. Se imprimió en 3D porque los planos originales del componente no estaban disponibles.

En los Estados Unidos de América, el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (ORNL) está desarrollando tecnologías de impresión 3D para el ámbito nuclear y otras industrias. En una prueba inédita, el ORNL imprimió unos apliques denominados cierres de canal. Las piezas se instalaron en un reactor nuclear en 2021, donde permanecerán hasta 2027, momento en que serán extraídas e inspeccionadas para evaluar su desempeño en las condiciones del reactor. En 2022 la empresa multinacional francesa Framatome instaló el primer componente combustible de acero inoxidable impreso en 3D en la central nuclear sueca de Forsmark. Además, hace poco la Federación de Rusia construyó una impresora 3D que puede imprimir objetos de hasta 2,2 metros de diámetro y 1 metro de altura, mientras que la República de Corea está utilizando la impresión 3D para fabricar artículos como componentes de válvulas especiales de control.

Como la impresión 3D no se inventó pensando en la industria nuclear, las técnicas de fabricación se están adaptando a las necesidades del sector. Mientras que las organizaciones industriales de normalización están elaborando normas para la impresión 3D en otras industrias, todavía se está trabajando en las del sector nuclear.

Según el Sr. Dutta Ray, determinar los mejores métodos de ensayo, normalizarlos en todo el mundo y obtener la aprobación de los organismos reguladores probablemente sea más difícil que la propia innovación en las técnicas de fabricación y su perfeccionamiento. En Europa, el proyecto NUCOBAM (NUclear COmponents Based on Additive Manufacturing), que reúne a un grupo de 13 organizaciones de 6 países europeos, está llevando a cabo investigaciones para definir el proceso de cualificación y evaluación que permitiría utilizar la impresión 3D en las centrales nucleares.

Asimismo, el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI) colabora con fabricantes y el Departamento de Energía de los Estados Unidos para realizar investigaciones con el



Estos soportes del conjunto combustible, fabricados por el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (ORNL) en asociación con Framatome y la Autoridad del Valle de Tennessee, son los primeros componentes relacionados con la seguridad impresos en 3D que se insertarán en una central nuclear.

(Fotografía: F. List/ORNL, Departamento de Energía de los Estados Unidos)

fin de racionalizar la aceptación reglamentaria de nuevas tecnologías, como la impresión 3D. Estas investigaciones se centran en la aplicabilidad de las tecnologías de fabricación avanzadas, la elaboración de códigos y normas, y el apoyo a exámenes reglamentarios con resultados de ensayos independientes sobre el comportamiento de los materiales frente a la degradación ambiental. “La demanda de cadenas de suministro alternativas y de un despliegue acelerado está aumentando notablemente a medida que la industria energética continúa su transición hacia sistemas energéticos avanzados, como los reactores avanzados —señala Marc Albert, Jefe Principal del equipo del EPRI encargado de proyectos de fabricación avanzada—. La fabricación aditiva y otros métodos de fabricación avanzada permiten acelerar el despliegue de las tecnologías limpias”.

Función del OIEA

Una de las funciones del OIEA es fomentar la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos. En abril de 2023, el OIEA presentó la Red Internacional sobre Innovación en Apoyo de las Centrales Nucleares en Funcionamiento (ISOP). La ISOP es una red inclusiva que sirve de plataforma para que los países colaboren en diversos temas relacionados

con la innovación, incluidas técnicas de fabricación avanzada como la impresión 3D.

En junio de 2022, el OIEA también puso en marcha su Iniciativa de Armonización y Normalización Nuclear (NHSI), centrada en facilitar el despliegue de reactores nucleares avanzados y reactores modulares pequeños tecnológica y físicamente seguros. La NHSI tiene como objetivo armonizar los enfoques de reglamentación y elaborar enfoques industriales más normalizados, entre ellos, enfoques comunes relativos a los códigos y las normas nucleares aplicables a la fabricación aditiva para SMR.

“La innovación colaborativa es la clave para que la próxima generación de tecnología nuclear pase del laboratorio al mundo de forma segura lo antes posible y podamos contribuir así a los objetivos de cero emisiones netas —afirma Ed Bradley, Jefe del Grupo del OIEA para la Explotación de Centrales Nucleares y el Apoyo de Ingeniería—. Difundir hallazgos, técnicas y conocimientos ahorra tiempo y recursos porque elimina la necesidad de que cada nación nuclear lleve a cabo el mismo ensayo o invierta dinero en resolver los mismos problemas. Así es como triunfaremos”.