

La visión artificial en la fabricación de combustible nuclear

Pablo Dorado

El desarrollo de las técnicas de visión artificial abre una puerta a la optimización de los procesos industriales que el sector nuclear no puede dejar pasar. La apuesta por estas técnicas supone una revolución en la seguridad y fiabilidad en la fabricación de un producto altamente tecnológico como es el combustible nuclear.

Enusa Industrias Avanzadas S.A. ha desarrollado y puesto en marcha con éxito el primer equipo de inspección automática de pastillas por visión artificial de la industria nuclear europea que está actualmente cualificado, y ya está desarrollando la segunda generación de esta máquina.

Existen multitud de posibles aplicaciones para las técnicas de visión artificial en los procesos de fabricación de combustible. Entre las prácticas desarrolladas por Enusa Industrias Avanzadas figuran, además de la inspección de pastillas, la detección y posicionado de taladros de sellado de barra en los productos BWR y la inspección del taladro de sellado en los combustibles del tipo PWR.

El uso de la visión artificial en los laboriosos y precisos procesos de inspección de combustible permitirá la desaparición del error humano, el aumento del control sobre dichos procedimientos, la disminución de la dosis recibida por el personal, una mayor fiabilidad del conjunto de operaciones y la mejora de los costes de fabricación.

The development of artificial vision techniques opens a door to the optimization of industrial processes which the nuclear industry cannot miss out on. Backing these techniques represents a revolution in security and reliability in the manufacturing of a highly technological product as is nuclear fuel.

Enusa Industrias Avanzadas S.A. has successfully developed and implemented the first automatic inspection equipment for pellets by artificial vision in the European nuclear industry which is nowadays qualified and is already developing the second generation of this machine.

There are many possible applications for the techniques of artificial vision in the fuel manufacturing processes. Among the practices developed by Enusa Industrias Avanzadas are, besides the pellets inspection, the rod sealing drills detection and positioning in the BWR products and the sealing drills inspection in the PWR fuel.

The use of artificial vision in the arduous and precise processes of fuel inspection will allow the absence of human error, the increase of control in the mentioned procedures, the reduction of doses received by the personnel, a higher reliability of the whole of the operations and an improvement in manufacturing costs.

Es evidente la preocupación que suscita hoy en día todo lo relacionado con la energía nuclear. Vivimos una situación de continuo debate sobre el tema por lo que es necesario hacer llegar a la opinión pública de qué forma y en qué dirección se está trabajando para el perfeccionamiento y fiabilidad de todo lo relacionado con el tema y cuáles son las líneas de investigación y desarrollo que sigue la industria. En este sentido y dentro del ámbito de la fabricación de combustible, Enusa Industrias Avanzadas es una de las empresas más innovadoras y dinámicas dedicadas a la fabricación de elementos combustibles (EECC). El efecto de la globalización en este sector ha hecho necesario competir con fábricas del resto del mundo, lo cual ha supuesto un esfuerzo

en I+D+i gracias al cual la compañía goza actualmente de una gran reputación en el sector por la alta calidad y seguridad de su producto.

Son varias las aplicaciones sobre visión artificial que se han puesto en marcha dentro de la fábrica de combustibles nucleares de Enusa Industrias Avanzadas en Juzbado (Salamanca). Entre ellas, la inspección automática de pastillas por visión artificial es la más importante por su repercusión sobre el resto de empresas que se dedican a la fabricación de EECC.

El proceso de inspección tradicional que se seguía antes del desarrollo del sistema automático por parte de Enusa y la empresa ROBOTIKER, supone la inspección por personal altamente cualificado de millones de pastillas de uranio para

detectar imperfecciones en los acabados superficiales de las mismas. Esto conlleva la necesidad de operarios adecuadamente preparados para estas tareas y sobre todo el inevitable riesgo del error humano, amén de la fatiga y recepción de dosis por parte de dicho personal.

Para cada tipo de combustible se introducen en las barras pastillas de uranio sinterizado que son de diferente tamaño y composición. En líneas generales son cilíndricas, rectificadas a unos tamaños que oscilan entre los 8,9 y 11,1 mm de altura y los 8,9 y 9,6 mm de diámetro aproximadamente (figura 1).

Las pastillas llegan al equipo mediante alimentadores vibrantes, donde se almacenan en 25 filas, con una media de 50 pastillas por fila (configuración de bande-

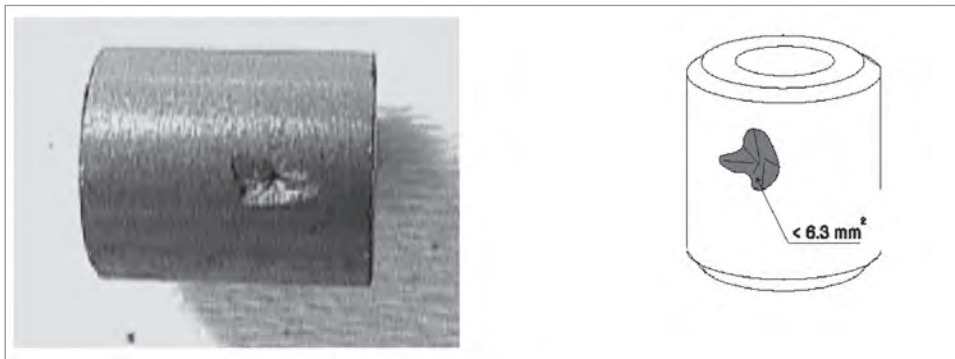


Figura 1

ja). Así dispuestas se introducen con la ayuda de un empujador en unos rodillos motorizados que las hacen girar a una velocidad constante.

La cámara ubicada en un robot de doble eje cartesiano se desplaza sobre ellas, captando la imagen de su superficie (figura 2).

Estas imágenes son tratadas y analizadas por un programa informático que a través de algoritmos matemáticos es capaz de identificar todos los defectos de las pastillas que podrían impedir su correcto funcionamiento dentro del reactor de la central nuclear (figura 3).

El sistema identifica las posiciones del centro de gravedad de las pastillas defectuosas mediante dos coordenadas que son enviadas a otro robot de doble eje cartesiano. Luego las pastillas son transferidas a la zona de extracción donde dicho robot va retirando las que tienen defectos mediante una pinza y las va depositando en una cubeta de recogida (figura 4).

Posteriormente, el resto de pastillas no desechadas son transferidas a una bandeja de acero inoxidable que se coloca en un alimentador de bandejas que las transfiere a la cabina de pesaje, donde un operario las completa manualmente con pastillas sin defectos. Una vez llena, la bandeja se pesa en la misma cabina (figura 5).

Este sistema, aunque cuenta con la inestimable ventaja de la inspección por visión artificial, nació como un proyecto de investigación y desarrollo. Más tarde, los buenos resultados obtenidos determinaron que se implantase en una de las líneas de producción de Enusa Industrias Avanzadas, donde actualmente está trabajando de forma satisfactoria. Sin embargo, como inicialmente no se concibió para su integración en línea, adolece de gran complejidad y sigue necesitando algunas operaciones manuales que debe realizar un operario cualificado.



Figura 2



Figura 3

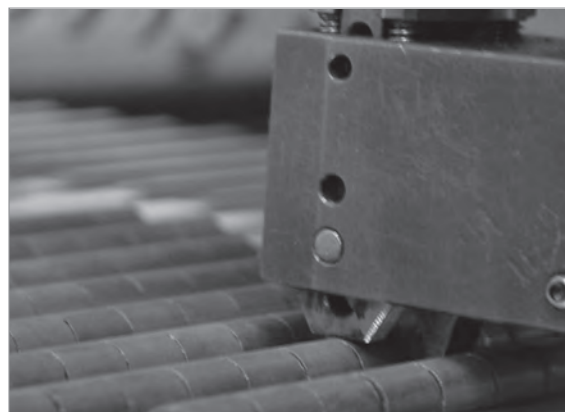


Figura 4

Actualmente, Enusa Industrias Avanzadas está desarrollando la segunda generación de este equipo con objeto de mantenerse en la vanguardia del sistema, aprovechando que ha sido pionera en su implantación.

La segunda generación estará basada en los mismos principios de detección que tan buenos resultados han obtenido. El objetivo del proyecto en desarrollo es modernizar el hardware de visión e interpretación de imágenes, y sobre todo optimizar el movimiento y transición del producto en el equipo. Esto hará que el nuevo sistema esté totalmente integrado en línea, sin ninguna necesidad del componente humano (figura 6).

Existen otras exitosas aplicaciones de las técnicas de visión artificial en la fábrica de Juzbado, como por ejemplo la detección de taladros de sellado para posibilitar el correcto posicionado de los mismos antes de la presurización y sellado de la barra combustible (figura 7).

La dificultad de posicionar la barra adecuadamente para realizar el sellado dentro de la cámara de soldadura hizo que se estudiasen distintas vías de investigación a través de detectores láser. Finalmente el problema fue resuelto mediante técnicas de visión artificial, con excelentes resultados hasta la fecha.

Las barras del tipo BWR tienen el taladro para la presurización en el lateral del tapón. Esto hace que sea imprescindible la búsqueda y correcto posicionado del mismo antes de la operación de presurizado y sellado de barra. Mediante la colocación de una cámara de visión artificial en la entrada de la cámara de soldadura, la barra se detiene bajo el objetivo efectuándose un movimiento de giro en la misma. Cuando la imagen detectada por el objetivo es la programada, el giro se detiene y mediante un movimiento axial la barra se introduce en la cámara de presurización y sellado.

La implantación de este sistema ha permitido la disminución de errores en la soldadura de sellado de las barras para combustibles BWR, mejorando ostensiblemente el rendimiento y seguridad del proceso.

Otra aplicación de estas técnicas de visión artificial que se ha implantado recientemente en Juzbado es la inspección del sellado de las barras PWR. Este sistema emplea una cámara con un controlador comercial para la supervisión del correcto sellado. Los resultados obtenidos hasta la fecha evidencian una mayor fiabilidad y ausencia de errores (figura 8).



Figura 5

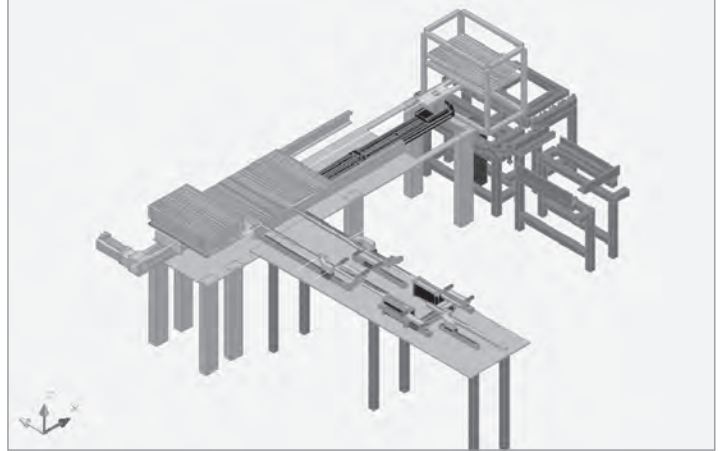


Figura 6

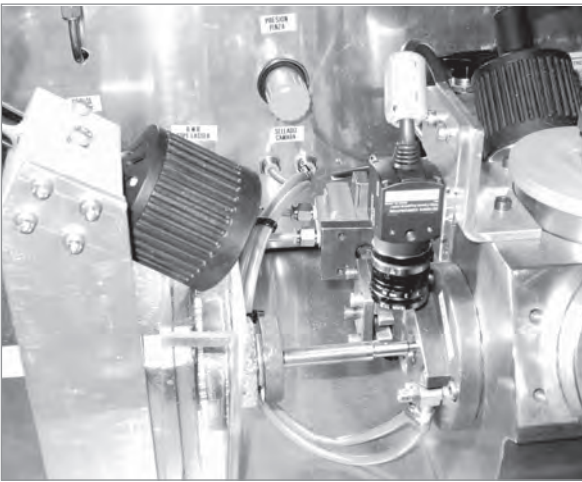


Figura 7

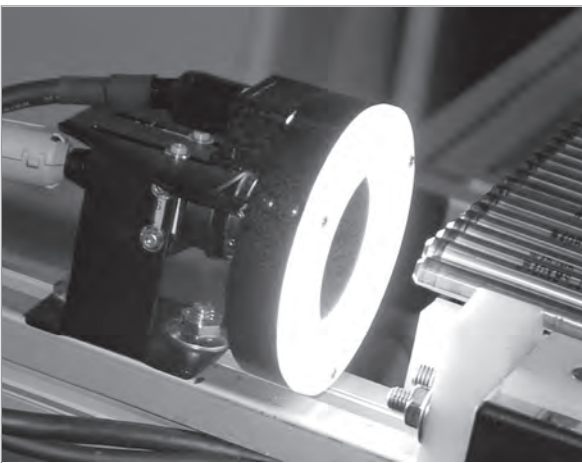


Figura 8

Las barras son detenidas ante una cámara de visión artificial que analiza y evalúa si la barra ha sido correctamente sellada. Esta operación forma parte de la evaluación dimensional final de barras combustibles realizada por los inspectores al término del proceso. Con el nuevo dispositivo se puede detectar sin

ningún esfuerzo cualquier problema de sellado antes de que finalice el proceso de inspección. De esta forma aumenta la seguridad y se reducen costes.

Además, actualmente en Enusa Industrias Avanzadas se están investigando otras posibles aplicaciones de la visión artificial, como la detección del correcto posicionado del electrodo de soldadura dentro de las cámaras de soldadura circular. Dicho posicionado es crítico y a día de hoy lo realiza manualmente el operador.

La industria de la energía nuclear está sujeta, como es lógico, a estrictos controles de seguridad en todos sus procesos. Esto contribuye a que sea difícil modernizar sus sistemas de producción, ya que están sujetos a inercias que otras industrias no tienen. Por ello es más necesario aún que este sector se anticipe y aproveche al máximo todas las técnicas disponibles.

Existen en el mercado multitud de equipos y sistemas de visión artificial comerciales cuyo empleo y cualificación para la inspección y fabricación de EECC es extremadamente sencilla.

Por tanto, se puede concluir que en la manufactura de EECC hay labores complejas que requieren de la decisión y evaluación humana pero también hay otras muchas que son repetitivas para el operador. Razón por la cual no sólo es conveniente y deseable sustituir en tales casos la mano de obra humana por nuevas tecnologías, sino que el no hacerlo

supone no dar un paso adelante que el resto de industrias ya dio hace muchos años.

No aprovechar el desarrollo de las técnicas de visión artificial y de otras tecnologías punteras con una dinámica adecuada puede suponer perder oportunidades básicas para mejorar la fiabilidad de la fabricación y de la operación.



Pablo Dorado Serrada.

Ingeniero industrial, Ingeniero técnico industrial eléctrico y Supervisor de instalaciones radiactivas.

- Técnico organización (4 años)
- El Corte Inglés
- Director técnico laboratorio (2 años)
- EPTISA
- Ingeniero laboratorio control (1 año)
- BAYER
- Ingeniero de control (1 año)
- HOESCHT
- Ingeniero de control (9 años) enusa
- SAE LICES

Actualmente es el responsable del servicio de desarrollo de equipos e instalaciones de la fábrica de elementos combustible de juzbado.