

"VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LÁSER AL DESMANTELAMIENTO Y DESCONTAMINACIÓN DE INSTALACIONES NUCLEARES"

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tecnología basada en el empleo de láseres ha alcanzado un notable interés. Tal es el caso de países como Estados Unidos y Japón, que han iniciado, con importante despliegue de personal y medios, los estudios relativos a la descontaminación y desmantelamiento de sus plantas de generación de energía eléctrica de origen nuclear o de sus instalaciones nucleares de fabricación de armamento. Asimismo en ciertos países de la Unión Europea se han llevado a cabo experimentos de aplicaciones experimentales en este sentido.

Dado que la tecnología láser para el corte de materiales, sobre todo metales, está más desarrollada y es más conocida, el objeto de esta presente nota técnica consiste en presentar y analizar la aplicabilidad de la Tecnología Láser a los procesos de descontaminación superficial en la fase de desmantelamiento de edificios y equipos con contaminación superficial.

PROCESOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUPERFICIES METÁLICAS Y HORMIGONES

Los procesos de descontaminación con láser se consiguen debido a sus propiedades de monocromaticidad, coherencia y direccionalidad, junto con la finura espacial del mismo, que facilita el acceso a am-

bientes inhóspitos o inaccesibles desde el punto de vista del riesgo de irradiación.

De modo genérico, la transmisión del haz se realiza a través de un conjunto de fibras, instrumentándose una cabeza de limpieza en la salida del haz, que dispone de una conexión hacia un filtro de alta eficiencia, en donde se recogerán los productos arrancados de la superficie. La cabeza de limpieza puede ir fijada a un brazo robotizado, con el objeto de manipular el sistema a distancia.

Dentro de los procesos de descontaminación por láser podemos identificar dos tipos principales:

- **Proceso de Ablación**, en el cual es directamente el haz láser el responsable del efecto descontaminante. Cuando el haz interacciona con un material absorbente de la radiación, cantidades importantes de su energía son absorbidas y transformadas en calor o trabajo de deformación, o bien invertidas en la rotura de enlaces químicos. Si la intensidad del haz es suficiente, especialmente en el caso de pulsos cortos de gran potencia, la absorción energética es rápida y ocurre en una capa muy fina de la superficie. Con ello se produce una transición directa sólido-plasma o sólido-vapor que hace que la capa sea instantáneamente evaporada, y separada la capa contaminante adherida al sustrato constituido por el metal base.

Por tanto, los procesos físicos durante la ablación se pueden describir como una sucesión de tres etapas:

- Evaporación del material a eliminar.
- Interacción de la nube evaporada con el láser con su calentamiento y formación del plasma.
- Expansión de ese plasma en vacío o dentro de la atmósfera del gas de arrastre.

Como consecuencia posterior, en el material tratado se producen una serie de cambios cuyo alcance depende de las características del material, las condiciones del entorno y los parámetros del láser. Entre estos últimos y durante el tiempo de interacción del haz láser con la materia, tienen influencia sobre el material, además de la densidad de energía, la longitud de onda y la anchura temporal del pulso.

Actualmente se están estudiando y aplicando procesos de irradiación adicional con láser infrarrojo de Nd:YAG en el proceso de ablación por láser ultravioleta de KrF, como método para eliminar compuestos formados principalmente por óxidos metálicos, así como procesos de descontaminación de superficies metálicas con láser CO₂ pulsado.

Si sólo tuviésemos en cuenta los aspectos de la interacción del láser con la materia, interesaría uno de la menor longitud de onda y menor anchura de pulso posibles. Sin embargo, el transporte del haz láser a través de fibra óptica para procesos de ablación impide que pueda utilizarse un láser de cualquier longitud de onda y anchura de pulso. El empleo de láseres de excímero (con longitudes de onda en el dominio ultravioleta) o

de láseres de Nd:YAG multiplicados (amplificados?) en frecuencia parece ajustarse bien a ambos requerimientos.

- Reacciones químicas inducidas por láser

En este tipo de técnicas, no es directamente el láser el que produce el efecto de descontaminación, sino que es la energía que transporta la que origina una serie de transformaciones químicas en determinadas sustancias que son a la postre las que realizan ese efecto. La técnica es aplicable para la eliminación de contaminantes persistentes tras una descontaminación química o mecánica. Entre las más aplicadas se encuentran:

- Descontaminación por gas cloro, consistente en la irradiación de un haz láser sobre una superficie metálica contaminada situada en una atmósfera de gas cloro.

- Descontaminación por gel reactivo, técnica desarrollada recientemente para la eliminación de puntos calientes (de elevada actividad) sobre metales, sin dispersión de contaminantes. El procedimiento consiste en la irradiación láser de una superficie metálica contaminada sobre la que se ha aplicado previamente una capa de gel.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PROCESOS DE DESCONTAMINACIÓN

Como **ventajas** generales más significativas se pueden destacar las siguientes:

- i) Reducción del volumen de residuos secundarios. El proceso de descontaminación por ablación es simple y genera pequeñas cantidades de residuos secundarios. Al ser un proceso seco no se tienen soluciones ni disolventes químicos como residuos.
- ii) Recolección sencilla de los residuos secundarios generados mediante filtros.
- iii) Protección del material base mediante descontaminación por ablación. La ablación se produce antes de que la onda térmica alcance la superficie del sustrato, con lo que no se calienta, evitándose así daños al metal base y la volatilización de contaminantes.
- iv) Posibilidad de eliminación mediante ablación de puntos calien-

tes localizados que frecuentemente permanecen tras una descontaminación química.

- v) Reducción de las tasas de exposición a la radiación de los trabajadores en el proceso, logradas a través de la posibilidad de accionamiento remoto del sistema por brazos mecánicos y por transmisión del haz láser a través de fibra óptica.
- vi) Fácil automatización y control del proceso mediante la captación de señal por la propia radiación láser.
- vii) Inexistencia de contacto mecánico con la pieza.

Como **inconvenientes** principales se consideran los siguientes:

- i) Difícil descontaminación por ablación de superficies irregulares debido a la dificultad de acceso del haz láser.
- ii) La eficiencia de la ablación en la eliminación de productos de corrosión, no parece suficiente para descontaminar una gran cantidad de residuos metálicos.
- iii) Necesidad de bastante tiempo de aplicación para el tratamiento de grandes superficies debido al pequeño tamaño del área irradiada sobre la superficie a descontaminar.
- iv) Coste elevado en comparación con otras tecnologías.

EXPERIENCIAS A NIVEL ESCALA MUNDIAL EN LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LÁSER EN LA DESCONTAMINACIÓN Y EL DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS

A continuación se describíamos a revisar la aplicación de la Tecnología Láser en las operaciones de desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas. No se pretende sistematizar las metodologías aplicables, sino, más bien, mostrar desde la práctica y la investigación, cuáles son las particularidades a ser tenidas en consideración a la hora de definir las instrumentalmente.

- **Francia:** Dentro del área de descontaminación electro-magnética, la sociedad Onectra y la CNRS (Centro Nacional de Investigación Científica

francés) están llevando a cabo desde hace varios años, experimentos con láseres excímeros de 600 W acoplados a sistemas de aspiración que evitan la deposición de la actividad en las superficies tratadas. Estos experimentos se realizan a través de un brazo robotizado y fibra óptica, sobre superficies de acero inoxidable, con rendimientos de 5 m² a la hora y profundidades de 1 micrómetro. Elevando la potencia del láser se están consiguiendo ya no sólo eliminar las capas de pintura superficial, si no aumentar la profundidad de ataque sobre superficies de óxidos metálicos. Entre los experimentos con láser de decapado a distancia, la el CEA está llevando a cabo el Programa CLAUDIN, en donde con un láser YAG pulsado de 1,2 kW se están consiguiendo decapados de 8 mm a un metro de distancia, a una velocidad de 50 mm/min.

- **Japón:** La Nuclear Power Engineering Corporation (NUPEC), está aplicando recientemente tecnología láser en el desmantelamiento de Centrales Nucleares, dentro de las siguientes áreas:

- *Descontaminación previa al desmantelamiento en:*

- Medidas del efecto de la descontaminación.
- Comunicaciones entre los detectores y los monitores..

- *Desmantelamiento:*

- Corte de internos del núcleo del reactor, con Láser de CO₂ y 20 kW. De potencia.
- Corte del reactor con láser de 10kW. YAG.
- Monitorización y escaneo en tres dimensiones de objetos a desmantelar.

- *Medida de la radiación residual:*

- Sistemas de Vigilancia automáticos y posicionamiento mediante scanners.
- Sistemas de distribución de la radiación posicionados por laserláser-láser.

- *Tratamiento y almacenamiento de residuos, con la descontaminación por láser.*

- **EE.UU.:** Además de todos los trabajos experimentales, en la línea anterior, llevados a cabo bajo la tutela del DOE en diferentes laboratorios (Ames Laboratory, etc.), se encuentran ya equipos de descontaminación comerciales con láser CO₂ y Nd:YAG, que cumplen con los estándares fijados por el DOE (DOE EM-50).