



TÉCNICAS DE LIMPIEZA Y ANÁLISIS SUPERFICIAL CON LÁSER

Irene A. Maier (CIC)

RESUMEN

La técnica de Ablación con Láser (AL) tiene múltiples aplicaciones en el análisis de la composición elemental de materiales, películas o recubrimientos superficiales, así como también en la limpieza y restauración de objetos de interés patrimonial. Un experto en este campo tecnológico, el doctor Gabriel M. Bilmes, explica las ventajas y limitaciones de la Espectroscopia de Plasmas Inducidos por Láser (LIBS), una técnica que permite analizar la composición elemental de capas de material removido por AL. El investigador da también varios ejemplos de aplicaciones de la AL en la limpieza de objetos únicos, tales como piezas arqueológicas o antiguos manuscritos. Asimismo se describe la participación del Laboratorio que él dirige (perteneciente al Centro de Investigaciones Ópticas, CONICET-CIC) y del Laboratorio de Electrónica Cuántica (FCEyN-UBA), en el desarrollo del Equipo Láser para Medición de Suciedad (ELMES). Es el primer equipo a nivel mundial que mide en forma automática y en línea de producción el nivel de suciedad o el grado de limpieza de cualquier tipo de superficie. Este equipo ha ganado el Primer Premio del Concurso Nacional de Innovaciones organizado por SECyT-MECyT - INNOVAR 2007, y recibió también uno de los cuatro premios a la categoría Investigación Aplicada y la Medalla de Oro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

ABSTRACT

The Laser Ablation (LA) technique has multiple uses in the analysis of elemental composition of materials, films and surface coatings. It is also applied to cleaning and restoration of objects of patrimonial value. An expert in this technological field, doctor Gabriel M. Bilmes, explains the advantages and limitations of Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIBS), a technique used to analyze the atomic composition of material layers removed by LA. The researcher also gives several examples of LA applications for cleaning of unique objects, such as archeological samples or ancient manuscripts. Likewise it is described the participation of his Laboratory (which belongs to the Optical Research Center, CONICET-CIC) and the Laboratorio de Electrónica Cuántica (FCEyN.UBA), in the development of the Laser Equipment for Dirt Measurement (ELMES). It is the first equipment in the world that measures at real time and on-line the cleanliness of any surface. This instrument have obtained the first Prize of the National Competition of Innovations organized by SECyT- MECyT of Argentina - INNOVAR 2007, and it also obtained one of the four prizes to Applied Research and the Gold Medal of the OMPI.

Este fenómeno físico de ablación con láser tiene diversas y útiles aplicaciones: las más difundidas son la limpieza de objetos de interés patrimonial o tecnológico y el análisis de la capa extraída. Esta capa puede ser parte del material con que está elaborado el objeto o un depósito sobre su superficie, por ejemplo suciedad.

Para obtener mayor información sobre estas técnicas recurrimos al CIOp (Centro de Investigaciones Ópticas), un instituto argentino de amplia experiencia en el área, que depende de la Comisión de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

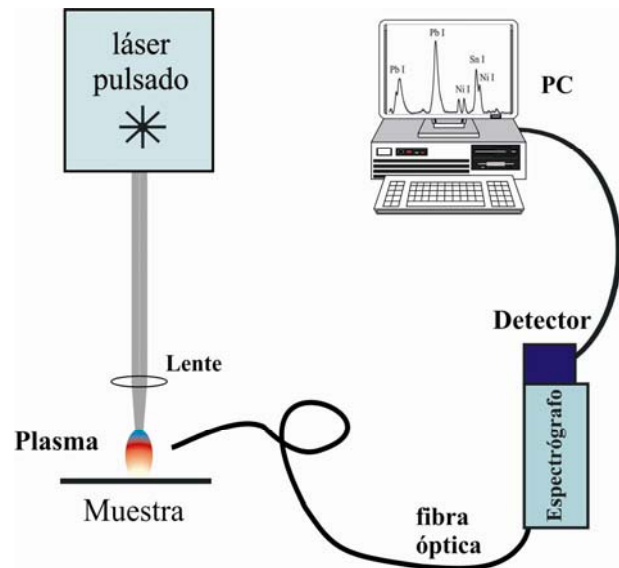
y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet).

UNA CONVENIENTE HERRAMIENTA DE ANALISIS

"El proceso de ablación láser genera un plasma compuesto por átomos o iones excitados de los elementos químicos que constituyen la capa extraída. Cuando estos elementos vuelven a su estado fundamental, se desprenden del exceso de energía emitiendo luz. La longitud de onda de esa luz es distinta y única para cada elemento químico, o sea, es como su huella digital. Por eso se la utiliza como método de análisis en la técnica denominada LIBS (iniciales en inglés de Espectroscopía de Plasmas Inducidos por Láser)", explica el doctor en física Gabriel M. Bilmes, director del Laboratorio de Ablación, Limpieza y Restauración con Láser del CIOp, investigador de la CIC y Profesor de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

En el laboratorio se irradian los objetos estudiados con pulsos infrarrojos (longitud de onda 1064nm) de algunos nanosegundos de duración, generados por un láser de Nd:YAG. La energía aplicada es regulada para extraer solamente el material deseado. La emisión del plasma es colectada mediante un sistema compuesto por una lente de enfoque y una fibra óptica y es enviada a un espectrómetro provisto de una cámara CCD. Los registros de la cámara se envían a una computadora donde se obtiene un espectro de la luz emitida, es decir un gráfico de la intensidad de la luz en función de la longitud de onda.

"El método LIBS tiene ventajas y limitaciones. Entre las primeras está que es una técnica sencilla, eficiente, rápida y limpia. Además el análisis se realiza directamente sobre el objeto estudiado y la superficie afectada es pequeña (regiones del orden de las decenas de micrones), por lo tanto el daño producido es mínimo. Por otra parte, la técnica permite determinar la composición atómica del material removido, pero no su estructura. Asimismo la técnica LIBS es muy sensible y sencilla de implementar para obtener información cualitativa o semicuantitativa, pero tiene ciertas limitaciones para realizar análisis cuantitativos precisos", señala Bilmes.



LIMPIEZA DE PRODUCTOS INDUSTRIALES

El grupo del CIOp tiene una vasta experiencia en las aplicaciones industriales de la ablación láser. Junto con investigadores del Laboratorio de Electrónica Cuántica (LEC) de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, dirigidos por el doctor Oscar Martínez, diseñaron un instrumento basado en ablación láser y detección acústica para medir suciedad.

Se trata del Equipo Láser para Medición de Suciedad (ELMES), que utiliza la intensidad del chasquido producido por la ablación para medir suciedad superficial, ya que la magnitud del "ruido" generado por la ablación es proporcional a la suciedad superficial extraída. Este instrumento utiliza fluencia (energía por unidad de área) tal que sólo produce la ablación de la suciedad sin afectar al sustrato.

Un prototipo del ELMES fue instalado en el año 2000 en la Planta de Ensenada (provincia de Buenos Aires) de la empresa Siderar, que patrocinó parte del desarrollo de este prototipo. Los resultados obtenidos con el ELMES mostrando importantes ventajas comparados con los métodos tradicionales.

Se trata de un instrumento innovador: el ELMES es el primer equipo del mundo que mide en forma automática y en línea de producción la suciedad superficial de chapas producidas por laminación en frío y en forma automática. Antes



de su construcción este tipo de análisis debía hacerse llevando muestras a un laboratorio.

El ELMES ha sido patentado en los EEUU y tiene una patente en trámite en Argentina. Asimismo, los investigadores que participaron y las instituciones que los patrocinan ya tienen otorgada la patente en nuestro país por el método de medición de suciedad. Actualmente están desarrollando un prototipo portátil y realizando gestiones para transferir la licencia de fabricación a empresas nacionales.

También están trabajando en la obtención de patrones de suciedad, definida ésta como una capa superficial de decenas a centenas de micrones, compuesta por una base grasosa o aceitosa a la que están adheridas partículas, con una distribución más o menos homogénea. Preparar estos patrones en forma controlada es difícil. Recientemente el grupo del CIOp completó sus primeros patrones compuestos por matrices de puntos de densidad y tamaño variable, hechos con un programa de computación e impresos sobre papel blanco.

ANÁLISIS DE OBJETOS ESPECIALES

La técnica LIBS es especialmente conveniente para el análisis de piezas únicas, ya que no se requiere una preparación especial de la superficie (ni pulido mecánico ni limpieza química) y tampoco es necesario cortar muestras.

"Pero lo más importante es que podemos hacer un detallado estudio por capas, lo que nos permite analizar diversas características del objeto, como pinturas, tratamientos o depósitos superficiales, y conocer detalles que se encuentran por debajo de la superficie. Hemos empleado la técnica en estudios que abarcan desde la caracterización de distintos tratamientos superficiales de cojinetes de auto, hasta la determinación de la composición de objetos arqueológicos como brazaletes y máscaras", destaca Bilmes.

La profundidad habitual de la marca producida en un análisis por ablación es del orden de los micrones. El material extraído en cada pulso de ablación es aproximadamente unas centenas de nanogramos, y puede regularse variando la fluencia utilizada. El método es óptimo para trabajar con capas superficiales de hasta 100 ó 200 micrones, y puede compararse cómo varía

la composición de la superficie con la profundidad.

La técnica LIBS es muy apropiada para la determinación de pequeñas cantidades - trazas - de elementos que se encuentran en objetos o piezas únicas y que por esta razón no pueden ser analizados por los métodos convencionales, ya que éstos son destructivos.

El Laboratorio de Ablación, Limpieza y Restauración con Láser del CIOp utilizó esta ventaja en un trabajo realizado en colaboración con el antropólogo Fernández Ramírez Rossi, al determinar el contenido de magnesio y estroncio en dientes de Homo Sapiens. Las piezas analizadas pertenecen a individuos que vivieron en el Paleolítico, la Edad Media y en el siglo XX. Los elementos están en muy pequeñas cantidades en los dientes, pero la técnica LIBS puede detectarlos y brindar información sobre la concentración relativa de estos elementos en las distintas piezas, sin dañarlas. Además, han podido construir "mapas" de la distribución de estroncio y magnesio dentro del diente. La presencia de trazas de estos elementos en los dientes es indicativa de hábitos alimentarios de individuos y poblaciones y de allí la importancia que tiene en antropología, poder contar con este tipo de información.

LIMPIEZA EFICIENTE

Documentos amarillentos, textiles centenarios, monedas antiguas, piezas de vidrio, cueros, huesos... son algunos ejemplos de los objetos que pueden ser liberados de la capa de suciedad que el tiempo ha depositado sobre ellos, con la ayuda de equipos láser. También las estatuas y los frentes de edificios pueden ser restaurados con aplicaciones de láser, el cual elimina la suciedad y el óxido resultantes de la polución ambiental o capas de pintura depositadas sobre ellos.

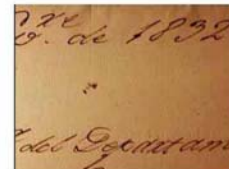
Teóricamente cualquier material puede ser limpiado con láser y se pueden eliminar capas de espesor muy fino y en áreas reducidas. La técnica tiene la ventaja de ser no-destructiva, ya que no cambia el relieve de la superficie del objeto, como puede ocurrir si se utilizan métodos abrasivos mecánicos. Tampoco induce la formación de nuevas sustancias sobre la superficie, situación factible al aplicar métodos

de limpieza químicos. Esta es una aplicación muy útil en estudios arqueológicos y en la restauración, identificación y autenticación de objetos de valor patrimonial.

Como ejemplo, Bilmes aplica el láser a un antiguo documento escrito sobre papel fabricado con pasta de trapo. Tiene manchas de hollín y está cubierto por una capa de grasa y partículas, consecuencia del manoseo sufrido a lo largo de los años. Cada vez que el láser impacta sobre la superficie reaparece el color original de la página, sin que se dañe el papel ni la tinta de impresión. Como una sola aplicación basta para el tratamiento, en pocos minutos el láser barre pulso a pulso toda la superficie y restaura el manuscrito.



Original



Limpiado con láser



Tapas, lomos y frentes de Libros limpiados con láser



Lomos de libros



Frentes de libros

A continuación le toca el turno a una botella de vidrio que data del siglo XIX, recuperada al realizar una excavación en el casco histórico de la ciudad de Buenos Aires. Al aplicar cada pulso del láser al recipiente se oye un chasquido y se ve una breve luminiscencia, mientras van desapareciendo los rastros de tierra adheridos a sus paredes interiores. A partir de sus investigaciones, el grupo del CIOp, en colaboración con investigadores de la Universidad de la Habana, inventó un método de limpieza de vidrios con láser. En 1999 lo patentaron en Cuba.

Actualmente, diversos laboratorios alrededor del mundo estudian el fenómeno de ablación láser y la técnica LIBS, sumando nuevas aplicaciones a estas técnicas.

Bibliografía sugerida

- ✓ Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. David A. Cremers, Leon J. Radziemski
- ✓ Laser Induced Breakdown Spectroscopy. Andrzej W. Miziolek, Vincenzo Palleschi, Israel Schechter