

ROSA MARÍA ESBERT ALEMANY

DPTO. DE GEOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA LIMPIEZA CON LÁSER SOBRE LA PIEDRA. LÍMITES DE APLICACIÓN

En el Patrimonio nos encontramos con que muchos edificios construidos en piedra, a veces presentan unas costras, pátinas, o alteraciones producidas por el paso del tiempo y por los depósitos de la contaminación. Son alteraciones donde, si abajo tenemos un paramento liso, el hecho de que actuemos con un método abrasivo seco o húmedo no nos preocupa, ya que nos podemos permitir perder algo de material de la superficie de la piedra. Junto a esto, si hay labra y el método es abrasivo, nos puede hacer dudar a la hora de utilizar estos métodos, pues podemos perder parte de la misma.

Cuando nos encontramos con capiteles, como por ejemplo los del claustro bajo de la Catedral de Oviedo, que son labrados y el material presenta descohesión, pátina negra encima, etc., cualquier método que empleemos se llevará la costra negra, pero también parte del material que se encuentre en el sustrato. Para poder iniciar la limpieza, tendríamos que preconsolidar, pero cuando preconsolidamos nos encontramos, en ocasiones, que el consolidante

empleado plantea problemas debido a la dificultad de penetración, pues muchos productos de tratamiento –si la piedra presenta microporos y las moléculas son grandes- no penetran hasta la profundidad deseada. Como consecuencia de ello, el consolidante se queda en superficie, no llegando hasta donde la piedra está sana, y dejando una capa con una vida latente media, que terminará despegándose del sustrato.

Por tanto, cuando de repente nos aparece una técnica como la del láser, que según todos los indicios nos permite actuar encima de la pátina y llevarnos la capa negra de suciedad sin alterar el sustrato, aun en el caso de que éste se encuentre descohesionado, se nos está abriendo una vía de esperanza. Pero para actuar con ella lo primero que tenemos que tener es la total garantía de que la descohesión no será mayor a posteriori.

Se ha indagado en bibliografía, pero no hemos encontrado documentación que nos asegure que, ni a medio ni a largo plazo, esta técnica pudiera producir alteraciones sobre el material en el que hubiera sido aplicado.

El láser con el que se viene trabajando es de cristal sólido neodimio YAG, que permite el desprendimiento de concreciones negras bajo el efecto de un haz de luz de corta duración.

Sus características son:

- Haz de luz: emitido en el infrarrojo (longitud de onda de 1064 nm.)
- Duración: algunos nanosegundos.
- Forma: pulsos.
- Energía: algunos cientos de milijulios.

Con este haz de luz logramos la desincrustación de depósitos de estas características. Es decir, si tenemos esta costra irregular, conseguiremos ir rebajándola, ya sea dura o blanda, sin dañar la naturaleza de la piedra que hay debajo, ya que hay que tener en cuenta que el material pétreo no es homogéneo, sino que tiene fases, como la aglomerante, con distinto grado de dureza entre

ellas. Con el láser nosotros podemos seguir la topografía de la piedra sin dañarla, algo que no ocurre con otros métodos microabrasivos.

Pero entonces nos hacemos una serie de preguntas. Si el haz láser incide sobre la superficie, parte de la energía es absorbida por el material para hacer el trabajo que sea y parte de ella reflejada y esta energía está relacionada con la topografía donde incide y con el material del sustrato, entonces, ¿qué es lo que realmente hace esta energía?.

Parece ser que parte de esta energía produce un incremento de la temperatura y una serie de ultrasonidos en el material. El incremento de la temperatura va a interactuar con el sustrato y según sea el calor específico, el coeficiente de conductividad térmica y la expansión térmica de los materiales que tenga debajo, el resultado de esta energía térmica será uno u otro. Además se genera un tren de ondas que se propagan con cierta velocidad.

Estudiando estos fenómenos podremos saber cómo y de qué manera esta técnica interfiere con el sustrato, al margen de la eliminación de la suciedad.

La limpieza con láser parece que funciona perfectamente para desincrustar suciedad de color negro sobre soporte blanco; el soporte blanco mantiene su color y la suciedad es eliminada. Pero aun así, no sabemos ni a medio ni a largo plazo como este efecto térmico y estas ondas ultrasónicas pueden trastocar las propiedades del material.

Se ha pensado en trabajar con materiales de unas características muy concretas, con piedras de color blanco, pero que tengan texturas y comportamiento térmico distinto, como por ejemplo las calizas y los mármoles.

Los mármoles son rocas cristalinas, todas ellas formadas por un aglomerado de granos en contacto unos con otros, de porosidad bajísima, donde prácticamente no hay espacios vacíos; si los hay son de tipo fisural y sus porosidades son de 0,2 o como mucho de un 1%.

Desde el punto de vista térmico, los mármoles son rocas que tienen un comportamiento térmico diferencial según la dirección del eje cristalográfico de la calcita, mineral que forma el cuarzo.

Por tanto tenemos un patrón, un material cristalino blanco, que puede ser comparable con otros materiales también cristalinos, con la salvedad de que sean poliminerálicos como, por ejemplo, los granitos.

El otro material empleado como patrón de comportamiento ha sido la caliza blanca de Hontoria, muy utilizada en toda Castilla-León como, por ejemplo, en la Catedral de Burgos.

Esta caliza está constituida por granos minerales rellenos de una determinada matriz, muy porosa, de alrededor del 23%.

Cuando estos ultrasonidos y estas propiedades térmicas me den sus resultados o sus efectos sobre ambos materiales, probablemente encontraré algún sistema que me permita diferenciar el comportamiento del láser sobre uno y otro.

Todo esto se ha estudiado para ver los posibles cambios que podrían producirse en la topografía de ambos materiales patrón. La medición de esto se hace a través de la **rugosidad superficial**, concretamente a través de un **microrugosímetro**. De esta manera podremos obtener perfiles de la rugosidad de la piedra sin tratar y una vez tratada con la técnica láser, y así obtener topografías donde poder apreciar si la superficie ha variado y cuantificarlo.

También se podrá saber si, al utilizar el láser, los espacios vacíos se han visto alterados, si se han producido microfisuras, etc. Para observar esto se emplean técnicas de **fisisorción** y **quimisorción**, ambas indirectas.

De esta manera podremos ver la mayor o menor capacidad para absorber gases, por parte del sólido, que hemos manipulado. Por tanto si encuentro

diferencias entre la piedra no tratada y la tratada con el láser, podré establecer donde se han producido y si ha afectado a la superficie de las mismas.

Si sobre un material le hacemos incidir ultrasonidos, que son propagados mediante una energía de tipo térmico, puede producirse un cambio en las propiedades elásticas de la superficie. Para el estudio de esto se emplea la **microscopía acústica**, que consiste en el estudio del comportamiento de un tren de ondas que se hace viajar por una parte muy superficial de la piedra, deduciendo así los distintos módulos de elasticidad que tiene una determinada superficie de 2 x 2 cm. por ejemplo y comparando la piedra tratada y sin tratar.

De esta manera se ve si conserva sus características elásticas o si ha sufrido transformaciones. También controlaremos el color antes y después del tratamiento con láser.

Todas estas investigaciones ya están siendo operativas en un programa que se desarrollará, durante tres años, junto con una empresa de construcción de aparatos láser la cual, además de emplear el láser standard, va a introducir modificaciones en la energía y en las longitudes de onda, de acuerdo con lo que nosotros vayamos observando durante nuestro trabajo.

De manera resumida, la investigación consistirá en:

- Ver ciertas propiedades en superficie.
- Poderlas observar y cuantificar.
- No manipular las muestras para no introducir elementos extraños, con el fin de que lo que observemos y cuantifiquemos sea real.
- Tener un sistema de aparatos láser españoles que nos permitan transformar, dentro de los principios básicos del láser, alguno de sus componentes con la finalidad de obtener una mayor eficacia para determinados tipos de suciedad.