

Proceso de Demarcación con Laser de Potencia sobre Hormigón.

Demarcation Process with Power Laser on Concrete.

Presentación: 08/09/2023

Antonella Benítez Wagner

Facultad Regional Paraná (FRP) – Universidad Tecnológica Nacional (UTN) – Argentina
antonellabenitezwagner@alu.frp.utn.edu.ar

Agustín Götte

FRP - UTN - Argentina
agustingotte@alu.frp.utn.edu.ar

Fabio Vincitorio

FRP - UTN - Argentina
fisicaelectronica@frp.utn.edu.ar

Resumen

El creciente uso de la tecnología láser en la ingeniería de materiales ha permitido avances en los procesos de texturizado superficial, mejorando las propiedades de diversos sustratos. La aplicación de dicha tecnología se ha desarrollado mayormente en metales, materiales compuestos y biotejidos, pero el estudio sobre materiales basados en cementos es muy escaso, pero de gran interés para la industria. Este trabajo presenta un proceso experimental de grabado en superficies de hormigones mediante el uso de láser semiconductor de baja potencia y longitud de onda corta, con el objetivo de implementar una nueva tecnología para el demarcado horizontal de pavimentos.

Palabras clave: Hormigón, Grabado Láser, Demarcación Horizontal, Señalización Vial.

Abstract

The growing use of laser technology in material engineering has contributed to the advance of surface texturing processes, improving the properties of various substrates. The use of this technology has been developed mostly in metals, composite materials and biofabrics, but the study on cement-based materials is very scarce, but also of great interest to the industry. This work presents an experimental engraving process on concrete surfaces through the use of low-power, short-wavelength semiconductor laser, with the implementation of a new technology for the horizontal demarcation of pavements as the main goal.

Keywords: Concrete, Laser Engraving, Horizontal Demarcation, Road Signage.

Introducción

Actualmente se han logrado grandes avances dentro de la ingeniería de materiales gracias a la implementación de la tecnología láser, tecnología que en los últimos años se ha masificado como consecuencia de la reducción de costos.

Hoy es posible encontrar en el mercado diferentes tipos de láser (semiconductor, CO2, láser de fibra) con potencias de unos pocos watts a potencias del orden de 4,5KW. En todos los casos acoplados a sistemas de posicionamiento controlado por software.

La utilización de esta herramienta permite mejorar propiedades a través del texturizado superficial, tales como adherencia, fricción, permeabilidad, conductividad eléctrica y térmica, entre otras. En el ámbito de la construcción es fundamental controlar los aspectos mencionados anteriormente, ya que conlleva a realizar edificaciones optimas tanto en su proceso constructivo como en su posterior puesta en servicio y a lo largo de su vida útil.

El estado del arte, relacionado a la aplicación de los laser de potencia a materiales de construcción se focaliza en la aplicación sobre metales [1] y materiales compuestos [2]. El estudio de materiales a base de cemento frente a esta tecnología es escaso, pero de gran interés. El hormigón y el cemento son predominantes en la industria constructora e impactan negativamente al ambiente tanto en su producción como utilización. Cualquier mejora en las propiedades del cemento, que implique el perfeccionamiento de sus características, su resistencia y vida útil colaborará a minimizar el impacto ambiental. Simultáneamente se reducirían costos y lograría la optimización de procesos.

Un caso de interés es la demarcación horizontal en pavimentos rígidos. Su ejecución involucra el uso de pinturas y maquinas que producen una gran emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero. Además, se requiere de personal capacitado y equipamientos de alto coste, los cuales suelen sufrir un gran desgaste y por consiguiente requieren de un mantenimiento constante.

En este trabajo se presenta un proceso experimental de marcado sobre superficies de hormigones mediante el uso de láser de semiconductor de potencia baja y de longitud de onda corta (450 nm). El mismo tiene como objetivo implementar una nueva tecnología para el marcado de señalización horizontal sobre pavimentos.

Desarrollo

Como objeto de estudio se utilizaron probetas rectangulares de hormigón H25, las dimensiones de las mismas son 17cm x 21cm x 4,5cm de forma tal de optimizar el área de trabajo del CNC. Dicho material se conformó a partir de los componentes que se visualizan en la Tabla 1 y su resistencia a la compresión verifiko a los 32 días dando como resultado 28,2 Mpa.

En los ensayos realizados se utilizó un láser de la marca Neje, modelo N30820 de 450nm y 5.5W. El mismo fue montado sobre un CNC Neje Master S2, el cual es comandado mediante el software LaserGRBL para ejecutar las rutinas de grabado. En todos los casos, los grabados realizados presentan una densidad de diez líneas por milímetro, parámetro que permite tratar la superficie sin modificarla en su totalidad. El láser empleado posee un spot rectangular, el cual se debe focalizar sobre la superficie a tratar a fin de transmitir la mayor cantidad de energía al concreto. Por este motivo, se debió procurar que las superficies a grabar sean lo más planas posibles, a fin de que el foco se mantenga constante durante el proceso.

En las primeras pruebas se atacó las muestras al 50% de la potencia del láser con una velocidad de barrido máxima de 1000 mm/min (1a). Para esta configuración los cambios producidos no son significativos a simple vista, por lo que se aumentó gradualmente la potencia hasta llegar al 100% mientras se mantuvo la velocidad constante (1b).

Componentes	Densidad Relativa Kg/m3	Relación material / cemento
Cemento Portland (CPC50)	3100	1
Arena Silícea 2 - 4 (50% gruesa; 50% fina)	2630	3,2
Canto Rodado 10 - 20	2630	3,3
Agua	1000	0,5

Tabla 1: Dosificación Hormigón H25.

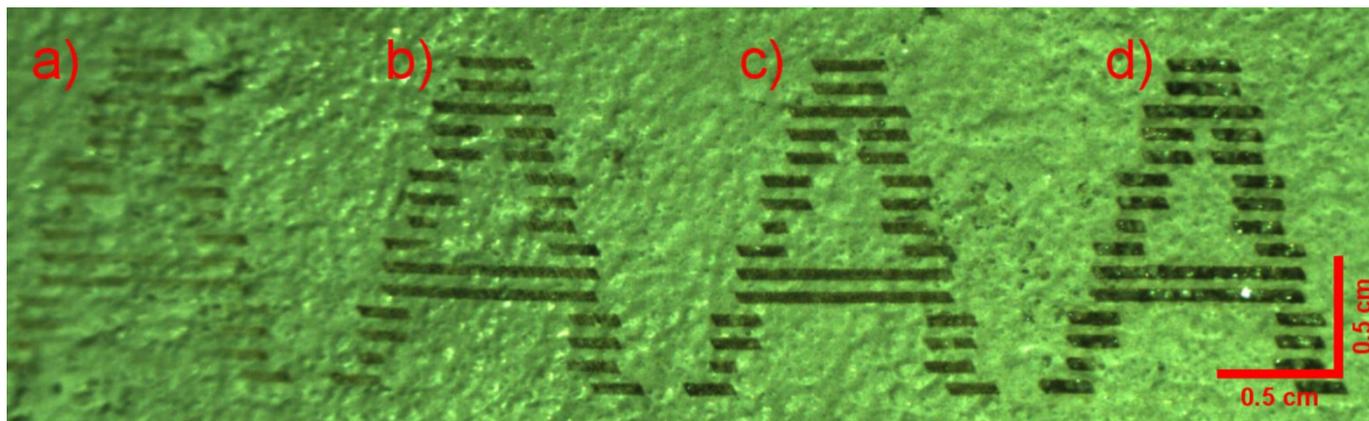


Figura 1: Proceso de calibración empleando la potencia [%] y velocidad [mm/min] de barrido como variables de control. a) 50% - 1000 mm/min. b) 100% - 1000 mm/min. c) 100% - 500 mm/min. d) 100% - 50 mm/min.

En las siguientes pruebas se fijó la potencia al 100% mientras se redujo la velocidad de barrido, de esta forma se aumentó la densidad de radiación a la cual se expuso el sustrato. Empleando una velocidad de 500 mm/min aumentó el contraste resultante junto a la definición de los trazos realizados sobre el material (1c). Reduciendo este parámetro a 50 mm/min se pudo obtener el máximo contraste al mismo tiempo que se observa una mayor remoción del material en el área tratada (1d).

Los efectos que se observan superficialmente en las probetas se deben a que luego de hacer incidir el haz del láser sobre las mismas, el cemento sufre cambios químicos causados por distintos mecanismos, como la deshidratación del hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y la descomposición térmica del carbonato de calcio (CaCO_3) [3]. En el caso del agregado fino, al no ser irradiado con la suficiente energía no se visualizan modificaciones estructurales. Esto ocurre, ya que su elevado punto de fusión hace que sea menos susceptible a procesos físicos y químicos, como por ejemplo el proceso de calcinación. Respecto al agregado grueso tampoco se han apreciado modificaciones en su estructura.

Posteriormente se realizaron pruebas en donde se mantuvo la potencia al 100% y la velocidad de procesamiento en 70 mm/min, aumentando la cantidad de ciclos de grabado superpuestos entre sí (2). Al incrementar la cantidad de ciclos de grabado se observaron microfisuras en el agregado grueso, mientras que los demás componentes del hormigón sufrieron los mismos efectos descriptos anteriormente.

A modo de evaluar los cambios producidos en las propiedades superficiales del hormigón, se optó por realizar un ensayo de permeabilidad. En el mismo se colocó una columna de agua sobre una superficie sin grabar y otra grabada con líneas paralelas, realizadas con una potencia del 100% y una velocidad de grabado de 50mm/s. Al cabo de una hora se observó que en la superficie sin tratar el agua permeó un 50% más que en la superficie atacada con láser. Transcurridas dos horas del inicio del ensayo se observa que el volumen de agua que permeo en ambas superficies es idéntico, indicando que ambas muestras alcanzaron la saturación.

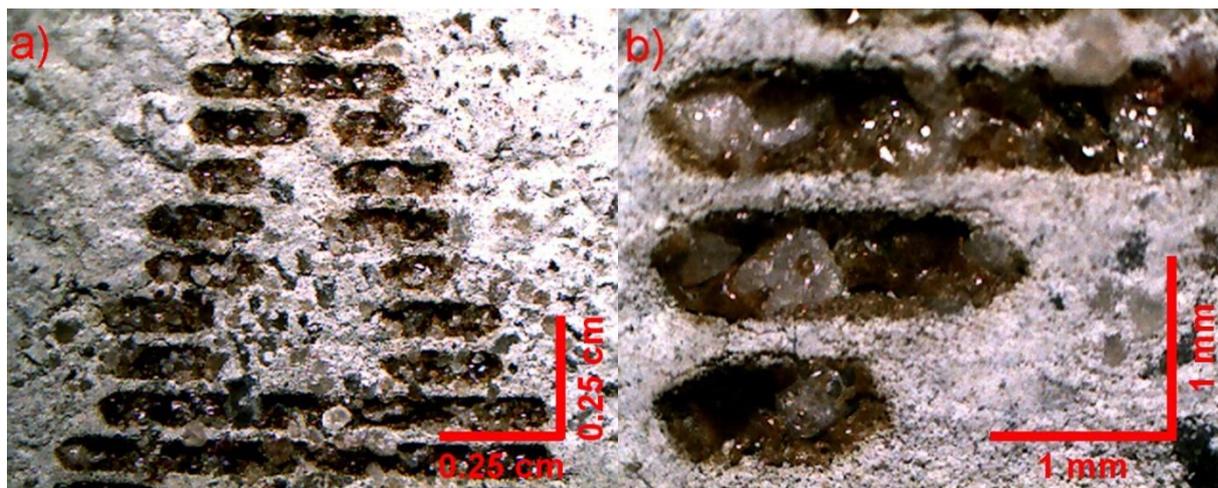


Figura 2: Grabado con dos ciclos de grabado superpuesto al 100% de potencia y una velocidad de barrido de 70 mm/min.
a) Vista de microscopio x1. b) Vista de microscopio x3.

En cualquier proceso de demarcación el objetivo principal es poder comunicar de forma eficiente determinada información, lo que se logra mediante mensajes cortos y de fácil reconocimiento. De esta forma, un componente fundamental al momento de grabar una superficie de hormigón es garantizar un adecuado nivel de contraste entre la superficie original y aquella atacada por el láser. Para estudiar este aspecto en las muestras tratadas se realizó un script en Matlab®, la rutina desarrollada recorta una sección de interés en la imagen de la muestra, la convierte a escalas de grises y luego realiza un perfil de intensidad a lo largo de toda la región de interés (3). Los resultados indican la intensidad del perfil en valores porcentuales, en donde 0 representa el color negro y 100 el blanco.

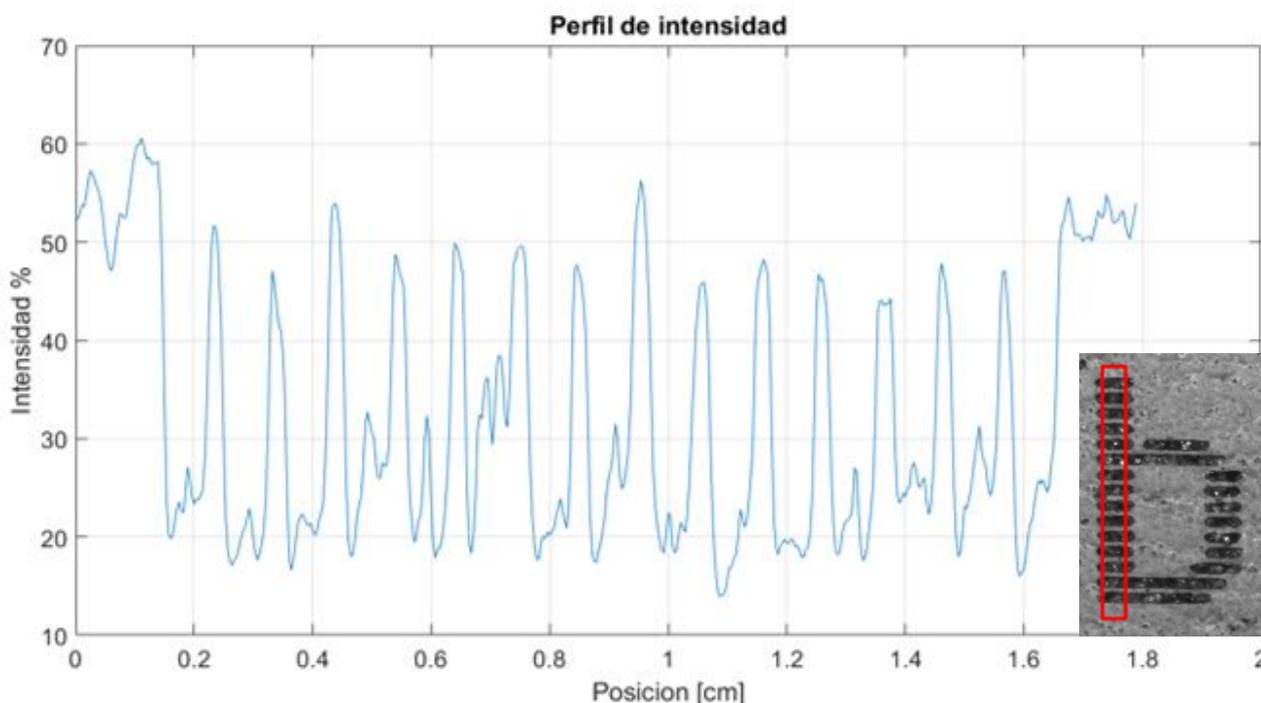


Figura 3: Perfil de intensidad en la región vertical de una letra “b”, grabada con dos ciclos superpuestos al 100% de potencia y una velocidad de barrido de 30 mm/min.

Para realizar este análisis se tomó una imagen con la cámara Moticam M1000 en modo automático de regulación de intensidad. De la imagen se seleccionó la región vertical de una letra “b” para estudiar el contraste de intensidad en la superficie. Al aplicar este análisis, las diferencias de intensidades entre las regiones tratadas mediante laser y el

hormigón limpio se promedian en 30 puntos. De esta forma, se observa una diferencia de contraste cercana al 70% entre ambas superficies.

Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran la capacidad del láser de semiconductor de baja potencia de generar un grabado sobre el hormigón con un excelente nivel de contraste, sin afectar notablemente la estructura del material. Estos resultados indicarían que el proceso de grabado podría ser utilizado como método alternativo de demarcación de pavimentos rígidos.

En la siguiente etapa se prevé realizar una caracterización en profundidad de las superficies afectadas por el láser. Propiedades tales como rugosidad y coeficiente de rozamiento serán determinadas mediante ensayos con perfilómetro mecánico y tribómetro respectivamente. Además, se prevé estudiar la posibilidad de refusión de materiales con el fin de lograr coloración sobre la superficie o explorar alternativas sobre pavimentos flexibles.

Referencias

- [1] Cao, X. J., Jahazi, M., Immarigeon, J. P., & Wallace, W. (2006). A review of laser welding techniques for magnesium alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 171(2), 188-204.
- [2] Dubey, A. K., & Yadava, V. (2008). Laser beam machining—A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 48(6), 609-628.
- [3] Ansari, M. A., Erfanzadeh, M., & Mohajerani, E. (2013). Mechanisms of laser-tissue interaction: II. Tissue thermal properties. *Journal of lasers in medical sciences*, 4(3), 99.
- [4] Seo, Y., Lee, D., & Pyo, S. (2020). High-power fiber laser cutting for 50-mm-thick cement-based materials. *Materials*, 13(5), 1113.
- [5] Lee, D., Seo, Y., & Pyo, S. (2018). Effect of laser speed on cutting characteristics of cement-based materials. *Materials*, 11(7), 1055.
- [6] Lee, D., & Pyo, S. (2018). Experimental investigation of multi-mode fiber laser cutting of cement mortar. *Materials*, 11(2), 278.
- [7] Seo, Y., Lee, D., & Pyo, S. (2022). The interaction of high-power fiber laser irradiation with intrusive rocks. *Scientific Reports*, 12(1), 680.
- [8] Long, N. P., Daido, H., Matsunaga, Y., Yamada, T., Nishimura, A., Hasegawa, N., & Kawachi, T. (2016, October). Experimental evaluation of performance of concrete removal in pulsed laser irradiation. In *International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics*. AIP Publishing.