

# **CARACTERIZACIÓN ULTRASÓNICA EN PIEZAS MACIZAS CONFORMADAS POR PRENSADO**

**<sup>(1)</sup> V. Lázaro, <sup>(2)</sup> J. V. Fuente, <sup>(1)</sup> G. Rodríguez, <sup>(1)</sup> C. García, <sup>(3)</sup> A. Lázaro**

<sup>(1)</sup> Escuela Superior de Cerámica (Manises)

<sup>(2)</sup> AIDICO, Instituto Tecnológico de la Construcción.

Unidad Técnica de Investigación en Seguridad y Tecnologías de la Construcción

<sup>(3)</sup> Departamento de Geología. Universidad de Valencia, Estudi General

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el control de calidad de piezas cerámicas macizas, para el defecto de "ahojado", se realiza mediante la caracterización sónica cualitativa, consistente en hacer sonar la pieza con un pequeño martillo, de características adecuadas, para así diagnosticar mediante el oído humano la calidad de la pieza.

En el presente estudio se ha observado la validación del método ultrasónico, de naturaleza no destructiva y que se basa en el estudio de la transmisión de ondas mecánicas de alta frecuencia.

La onda se propaga a través del material a una velocidad que es función de la naturaleza del mismo [3]. La disminución de la velocidad de propagación de la onda es aprovechada en el presente estudio para la detección y caracterización de defectos.

En la aplicación para el control de calidad de materiales [2], se trata de evaluar cómo se transmiten dichas ondas a través de los cuerpos sólidos. La propagación por materiales con un comportamiento muy elástico es mejor, siendo de peor calidad en materiales poco densos e incompresibles como el aire. En este sentido se demuestra en el trabajo como la inspección ultrasónica se ha aplicado a piezas cerámicas macizas de dos tipologías/composición distintas para poder parametrizar su comportamiento y, por tanto, para poder clasificar su calidad en ambos grupos o tipologías.

## 2. PROCEDIMIENTO

### 2.1. Materiales.

Una tipología es un material cerámico cocido a 1200 °C, con un espesor de unos 95 mm y el otro es un material atemperado a 350 °C y con un espesor de unos 99 mm.

En el proceso de fabricación de ambas piezas, que es por prensado, el accidente conocido como ahojado produce importantes pérdidas (defectos). Este accidente se da al formarse micro-laminaciones internas en el seno de la pieza, por lo que este método podría ser interesante para el control de calidad de las mismas.

Las muestras analizadas han sido probetas cilíndricas extraídas de las piezas (de 50mm de altura y 46mm de diámetro), así como las propias piezas.

### 2.2. Equipamiento utilizado.

Hemos adaptado las características de un equipo de inspección ultrasónica al tipo y geometría de los materiales estudiados. El estudio ultrasónico necesita una fuente de generación y de recepción de ultrasonidos, considerando la amplitud y frecuencia adecuados para propagarse a través de la pieza.

El voltaje utilizado es 400V. Los transductores de banda estrecha empleados han sido V101 Panametrics Accuscan con frecuencia de trabajo de 500 KHz. Se registra y almacenan las señales mediante un osciloscopio y los software específicos (Captul®, Matlab®).

### 2.3. Metodología.

Desde el emisor se procede a enviar un pulso centrado en 500 kHz que se introduce en el material acoplado la superficie emisor-material cerámico para provocar que pase la máxima energía pulsada hacia su interior. El medio acoplante ha sido gel de ultrasonidos de alta densidad. La onda que se propaga por el material llega al receptor y es amplificada a unos 40 dB (1, 3, 4).

Posteriormente se muestra en el osciloscopio y se digitaliza en la computadora.

Al analizar e interpretar la señal con el programa Matlab®, elegimos los tres primeros puntos de corte de la onda con la horizontal de origen de la señal, que nos darán  $t_0$ ,  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente (como se muestra en la figura 1). El estudio de dicha señal es lo que nos proporcionará información sobre el estado del interior de la pieza.

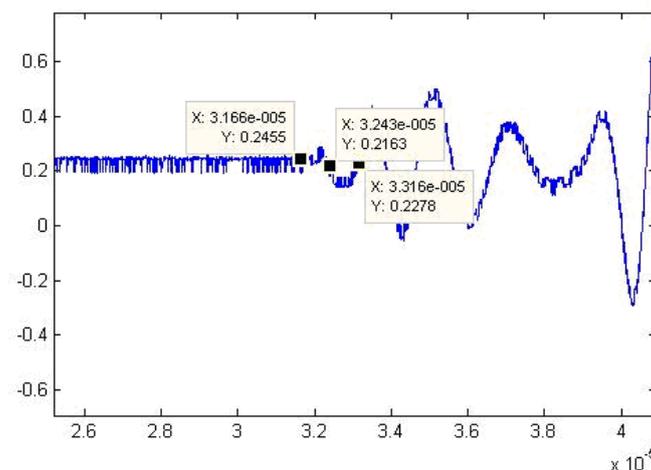


Figura 1. Señal de ultrasonidos con los valores  $t_0$ ,  $t_1$  y  $t_2$  [1].

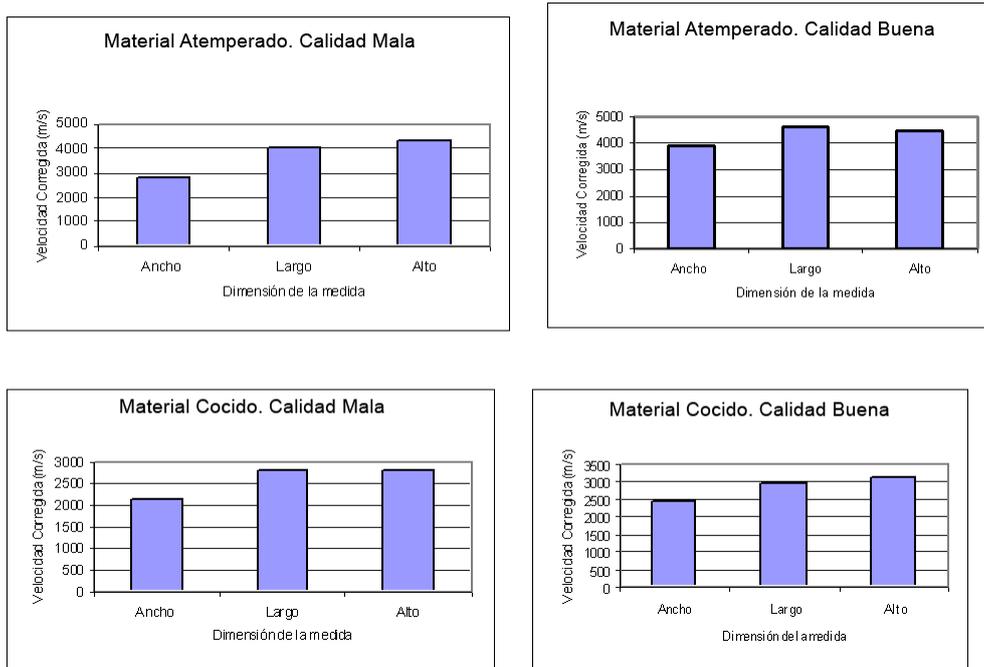
La velocidad corregida es el parámetro que hemos elegido para clasificar los materiales, por ser más exacta que la velocidad inicial y responde a la siguiente ecuación:  $V_c = e/(2t_1 - t_2)$ , mientras  $V_0 = e/t_0$ . Donde "e" es el espesor de la pieza.

Sobre los materiales clasificados sónicamente como buenos y malos se ha medido la "velocidad corregida", en varias etapas de trabajo:

- 1º, sobre probetas cilíndricas de los dos materiales.
- 2º, sobre 60 piezas directamente, realizándose sobre cada una de ellas 21 medidas: 12 en la dimensión "ancho", 4 en "alto" y 3 en "largo".
- 3º, se han realizado 3 medidas por pieza en la dirección del ancho de la pieza.
- 4º, se ha realizado una única medida, en el centro de la pieza en la dirección "ancho" de la pieza.

### 3. RESULTADOS

En las gráficas siguientes podemos ver la comparación de la velocidad según las tres dimensiones de las probetas. El ancho de la probeta da las menores velocidades, lo que indica que es en esta dirección donde existen los defectos y el margen existente entre las velocidades correspondientes a las piezas buenas y malas es mayor, lo que permite una mejor discriminación.



Grafica 1. Velocidades corregidas de los dos materiales y las dos calidades en las tres dimensiones [5].

Todas las medidas realizadas se han procesado matemáticamente, obteniendo el valor promedio y el error cuadrático de las "velocidades corregidas".

A continuación se comparan los valores obtenidos mediante una única medición en el centro de la pieza, con el promedio de las 12 medidas realizadas sobre la misma. En ambos casos las mediciones se realizaron en la dimensión "ancho" de la pieza. Los valores presentados son valores promedio y sus errores cuadráticos.

	MATERIAL COCIDO		MATERIAL ATEMPERADO	
	CALIDAD BUENA. Dimensión de la medida Ancho		CALIDAD BUENA. Dimensión de la medida Ancho	
	Valor promedio	Valor central	Valor promedio	Valor central
Promedio	2203	2047	4099	4046
Error cuadrático	51,1	43,2	32,1	36,0

*Tabla 1. Valor promedio y valor central de las piezas buenas y sus errores cuadráticos.*

Hemos encontrado parámetros relacionados con la propagación ultrasónica y el procesamiento de las señales digitales en las que se traduce, y establecido los umbrales de los mismos, que nos permiten la clasificación de las piezas en función de su calidad. Se ha establecido la velocidad corregida de los ultrasonidos como parámetro para la evaluación del material y se ha determinado cómo ha de ser el muestreo y la configuración experimental para que se pueda producir la clasificación de las piezas analizadas. Así pues, se han estudiado la mejor posición y el número de medidas mínimo y necesario para el óptimo análisis. Hemos puesto a punto un método cuantitativo y no destructivo, para el control de calidad en este tipo de piezas macizas.

El material atemperado presenta mejor respuesta a la propagación de pulsos ultrasónicos que el material cocido.

#### **4. CONCLUSIONES**

Se consideran buenas aquellas piezas que presenten una velocidad superior a 4010 m/s para el material atemperado a 350 °C y 2004 m/s para el que está cocido a 1200 °C. [5]

El estudio ultrasónico valida la clasificación sónica del material, superándola [5] por su cuantificación, precisión y objetividad.

El estudio ultrasónico informa sobre el estado del interior de la pieza siendo un método no destructivo.

Las discontinuidades perpendiculares al haz del sonido se detectan mejor, provocando una reducción más drástica del parámetro utilizado, la velocidad [5].

Los ensayos deben realizarse sobre las piezas directamente, en la dirección del prensado y es suficiente realizar una única medida en el centro de la pieza.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] *Análisis tiempo-frecuencia de ruido granular ultrasónico para evaluación no destructiva de materiales.* J.V. Fuente, L. Vergara, J. Gosalvez, R. Miralles. Tecniacustica. La Rioja 2001.
- [2] *Ultrasonidos por láser para el control de calidad en la industria cerámica.* P. Pietroni, G. M. Revel, PBC.345-358, Castellón, Qualicer 2008.
- [3] *Análisis tiempo / frecuencia para la caracterización de materiales de construcción por ultrasonidos.* J V. Fuente Ramírez. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de

Valencia. 20/4/2004.

- [4] *Estudio comparativo de métodos de estimación del pulso ultrasónico en análisis no destructivo de materiales.* J. Gosalvez, L. Vergara, R Miralles, J.V. Fuente. Tecniacus-tica. La Rioja 2001.
- [5] *Caracterización sónica y ultrasónica de fisuras mediante ensayos no destructivos de piezas conformadas de refractario.* V. Lázaro García. Proyecto final de carrera. Es-cuela superior de cerámica de Manises. Manises 2008.