

HISTÉRESIS TÉRMICA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN MATRICES VÍTREAS CON CUARZO

**Marcelo Dal Bó⁽¹⁾, Vicente Cantavella⁽²⁾, Enrique Sánchez⁽²⁾,
A.P. Novaes de Oliveira^(1,3)**

⁽¹⁾ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PGMat),
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Brasil

⁽²⁾ Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las
Industrias Cerámicas (AICE). Universitat Jaume I. Castellón, España

⁽³⁾ Departamento de Engenharia Mecânica (EMC),
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Brasil

1. INTRODUCCIÓN

El estudio y conocimiento de las propiedades mecánicas de materiales cerámicos es necesario en la optimización de la formulación y procesado de estos productos, tanto en los campos de la cerámica avanzada como en la tradicional.

El módulo de elasticidad es una propiedad del material que no solamente depende de la composición¹, sino que varía con la temperatura² y la presencia de defectos microestructurales (microgrietas³ y porosidad⁴). En determinados casos, por tanto, el seguimiento del módulo de elasticidad con la temperatura puede informar de las microgrietas presentes en las piezas. En composiciones de gres porcelánico las grietas tienen su origen en la diferencia del coeficiente de expansión térmica (CTE) entre la matriz vítrea y las partículas de cuarzo⁵.

2. EXPERIMENTAL

Se prepararon probetas a partir de polvo de feldespato sódico (*Mario Pilato*). El polvo se molturó durante 30 minutos con agua, se secó y posteriormente se humectó hasta el 8% con una solución acuosa con el 5% de PVA. Seguidamente fue prensado a 350 kgf/cm².

Se prepararon cuatro composiciones añadiendo un 18.5 % en volumen de partículas de cuarzo. El tamaño medio D_{50} de los cuarzos utilizados se encuentra en la tabla 1. La sinterización de las probetas se realizó en un horno *Pirometrol*, con velocidad de calentamiento de 210 °C/min hasta 500 °C, seguido de un incremento de temperatura hasta 1205 °C con una velocidad de 25 °C/min, y un tiempo de permanencia a máxima temperatura de 6 min. El enfriamiento se realizó dentro del horno.

Cuarzo (Sibelco)	Tamaño medio partículas D_{50} (μm)
SE-500	3.4 \pm 0.5
SE-100	13.4 \pm 0.6
SE-12	20.4 \pm 1.1
SE-8	31 \pm 4

Tabla 1. Tamaño medio de las partículas de cuarzo.

Para determinar el módulo de elasticidad hasta 700 °C se utilizó un equipo que mide la frecuencia natural de vibración (*Grindosonic J.W. Lemmens*).

3. RESULTADOS

La figura 1.a muestra que, a temperatura ambiente, el módulo de elasticidad disminuye con el incremento del tamaño de la partícula de cuarzo. Por encima de la temperatura de transición alotrópica $\alpha \rightarrow \beta$ del cuarzo⁶ (573°C) todos los mate-

riales presentaron el mismo módulo de elasticidad. En la figura 1.b se muestra la histéresis medida como diferencia del módulo de elasticidad entre el calentamiento y el enfriamiento. Se comprueba que la histéresis es mayor cuando las partículas de cuarzo son mayores.

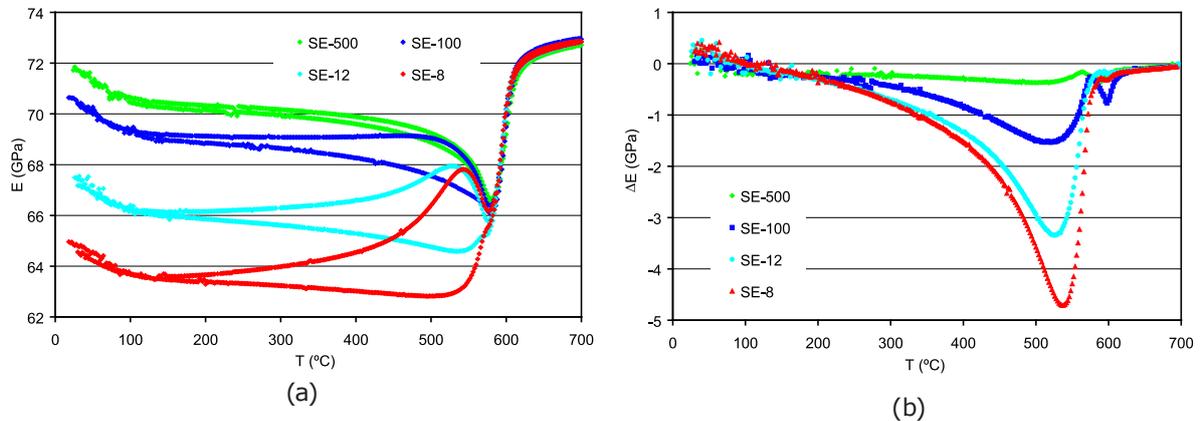


Figura 1. Resultados del módulo de elasticidad (a) y de la histéresis (b) de las muestras ensayadas.

La figura 2 muestra la microestructura de las probetas que contienen cuarzo fino y grueso, comprobándose que las partículas de cuarzo con mayor D_{50} generan defectos mayores. Esto explicaría los resultados mostrados en la figura 1: a temperatura ambiente las probetas con cuarzo grueso tiene más fisuras y, por tanto, su módulo de elasticidad es menor. A elevada temperatura, la mayor dilatación acumulada del cuarzo (debida en parte a su transición alotrópica) hace que las grietas se cierren y todas las probetas presentan el mismo módulo de elasticidad.

Este fenómeno también afecta a la histéresis (figura 1.b). Durante el calentamiento las grietas están abiertas, y el módulo de elasticidad es relativamente bajo. Durante el enfriamiento se parte de una situación en que las grietas están cerradas y es necesario vencer una cierta fuerza de adhesión para que se abran, por lo que el módulo de elasticidad es mayor.

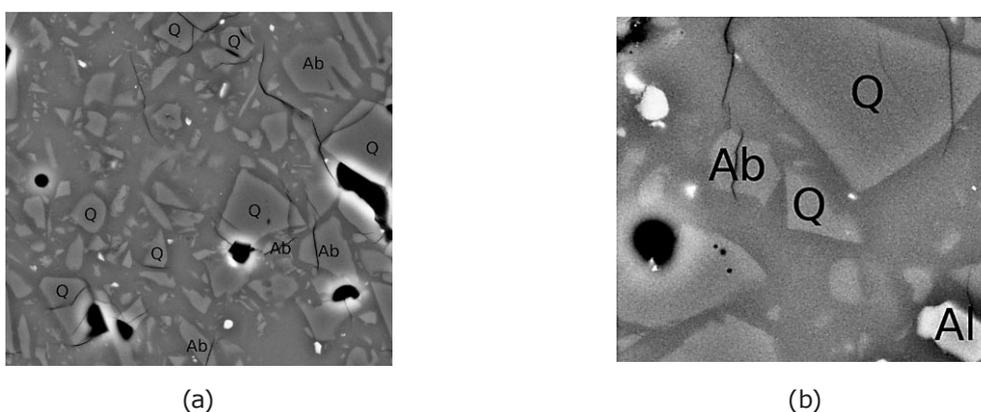


Figura 2. Microestructura de las probetas con el cuarzo fino (a)(SE-500) y grueso (b)(SE-8).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Ministerio de Ciencia e Innovación por la cofinanciación recibida por dentro del Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental (BIA2009-10692), y al proyecto CAPES-DGU (Brasil: BEX 6505/10-4).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SCHILLING, F.R.; HAUSER, M.; SINOGEIKIN, S.V.; BASS, J.D. Compositional dependence of elastic properties and density of glasses in the system anorthite-diopside-forsterite *Contrib. Mineral. Petrol.* 141(3), 297-306, 2001.
- [2] ROUXEL, T. Elastic properties and short-to medium-range order in glasses. *J. Am. Ceram. Soc.*, 90(10), 3019–3039, 2007.
- [3] BUDIANSKY, B.; O'CONNELL, R.J. Elastic moduli of a cracked solid. *Int. J. Solids Structures*, 12, 81-97, 1976.
- [4] BOCCACCINI, A.R.; FAN, Z. A new approach for the Young's modulus-porosity correlation of ceramic materials. *Ceramics International*, 23(3), 239-245, 1997.
- [5] NONI, A. DE JR; HOTZA, D.; CANTAVELLA, V.; SÁNCHEZ, E. Analysis of the development of microscopic residual stresses on quartz particles in porcelain tile. *J. Eur. Ceram. Soc.*, 28(14), 2629-2637, 2008.
- [6] OHNO, I.; HARADA, K.; YOSHITOMI, C. Temperature variation of elastic constants of quartz across the alpha-beta transition *Phys. Chem. Minerals*, 33(1), 1-9, 2006.