

# **ESPUMADO DE SUSPENSIONES ARCILLOSAS. INFLUENCIA DE LA REOLOGÍA SOBRE LA MICROESTRUCTURA Y PROPIEDADES MECÁNICAS**

**A. Saburit, J. García-Ten, C. Moreda, P. Agut**

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC).

Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE)

Universitat Jaume I. Castellón. España.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las espumas cerámicas son materiales con elevada superficie, alta permeabilidad, baja densidad, bajo calor específico y elevado aislamiento térmico. El tamaño de celda, la morfología y el grado de interconexión entre celdas son también factores importantes que influyen en las potenciales aplicaciones de estos materiales.

Las técnicas empleadas en su obtención se pueden dividir en tres grandes grupos: técnicas de replicado, técnicas de incorporación de fases fugitivas orgánicas o inorgánicas y técnicas de espumado por introducción de una fase gaseosa. Dentro de este último grupo se distingue entre la generación de gas en fundidos y la incorporación de una fase gaseosa en suspensiones.

En este trabajo se estudia la viabilidad de obtener espumas cerámicas mediante esta última técnica [1], que consiste en introducir aire en la suspensión de forma directa por agitación energética, de forma que las burbujas de gas que son introducidas inicialmente como núcleos generadores de espuma, crezcan formando celdas poliédricas.

## 2. EXPERIMENTAL

Para realizar el trabajo se ha utilizado una arcilla de cocción roja (IC) de las habitualmente empleadas en la fabricación de baldosas cerámicas. Se trata de una arcilla que presenta una mezcla de minerales arcillos de estructura illitico-caolinítica con una abundante proporción de cuarzo. Se ha estudiado la influencia del contenido en sólidos de la suspensión (40-60%), del contenido en agente espumante (0,75-3%) y estabilizante (0,1-0,6%) sobre la reología de las suspensiones obtenidas, su densidad, microestructura y resistencia a la compresión.

El espumante empleado fue un tensoactivo aniónico en solución acuosa que actúa reduciendo la tensión superficial del agua. Por otro lado el estabilizante utilizado pertenece a la familia de los polisacáridos de cadena larga.

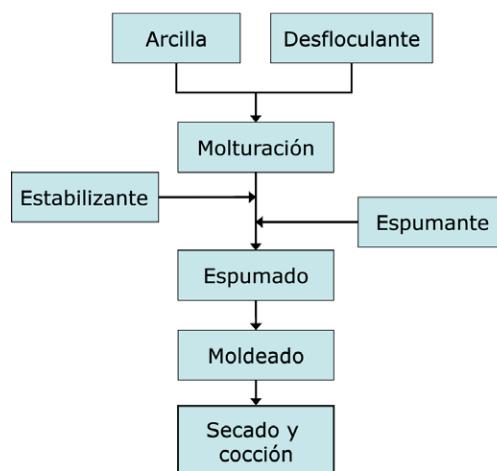


Figura 1. Esquema de la preparación de las espumas cerámicas por incorporación de fase gaseosa por agitación energética.

En la figura 1 se muestra un esquema del procedimiento experimental seguido. El espumado de las suspensiones se realizó empleando un dispersor de coronas concéntricas. Las espumas obtenidas fueron introducidas en moldes prismáticos de polivinil-acetato, donde fueron secadas. La cocción se realizó en horno eléctrico de laboratorio a una temperatura máxima de 1000 °C durante 60 minutos. La velocidad de calentamiento fue de 5 °C/minuto y el enfriamiento se realizó con convección natural.

### 3. RESULTADOS

El grado de espumado de una suspensión depende de su tensión superficial y viscosidad [2]. El agente espumante reduce la tensión superficial, mientras que el estabilizante actúa aumentando la viscosidad de la suspensión, lo que retarda el drenaje de la lamela.

A partir de la curva de flujo de las suspensiones con estabilizante se calculó la viscosidad en reposo ( $\eta_0$ ) utilizando el modelo de Carreau [3]. En la figura 2 se aprecia que a medida que aumenta la viscosidad de la suspensión disminuye la porosidad de la espuma para los diferentes contenidos de espumantes estudiados [3]. Por otra parte, para una misma viscosidad, el aumento en el contenido de espumante aumenta la porosidad de la espuma hasta que se alcanza una proporción de espumante del 1,5 %, a partir de la cual no se aprecian diferencias [5]. También se observa en la figura que el espumante es más efectivo a baja viscosidad, situación en la que se favorece la formación de las burbujas.

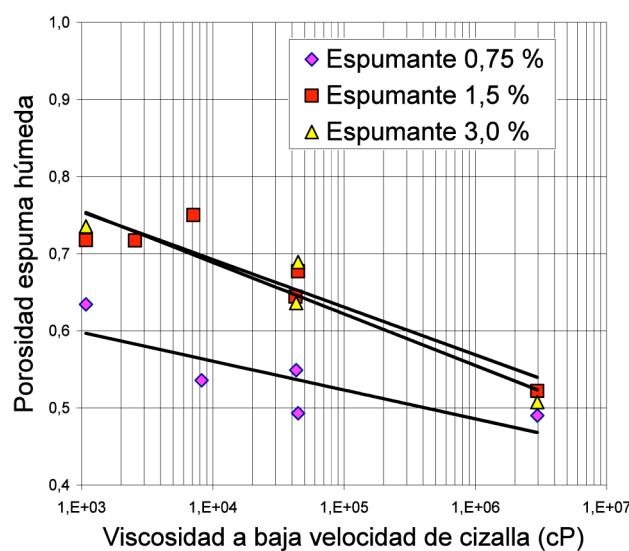


Figura 2. Comportamiento de la porosidad de las espumas húmedas en función de la viscosidad a gradiente de velocidad bajos y el contenido en espumante.

La resistencia a la compresión de las espumas cocidas se representa en la figura 3 en función de su densidad aparente. Los resultados se han ajustado mediante la ecuación 1, propuesta por Gibson & Ashby [6], donde  $C_2$  es un coeficiente

equivalente al producto  $\sigma_s \cdot c_1 \cdot (1/\rho_s)^n$  de la ecuación:

$$\sigma = C_2 \rho^n$$

Ecuación 1.

En la figura 3 se representan los resultados utilizando como parámetros el contenido en estabilizante (figura 3a) y el contenido en sólidos (figura 3b). Se observa que para una misma densidad aparente, la disminución en el contenido de estabilizante y el aumento del contenido de sólidos proporcionan espumas con una mayor resistencia mecánica. Este efecto se debe a la influencia de ambos parámetros sobre la microestructura de la espuma. Así, en la figura 4 se muestran micrografías de espumas con una densidad aparente muy similar ( $\rho = 0,41-0,49 \text{ g/cm}^3$ ) obtenidas en condiciones diferentes. A medida que se avanza en la serie a, b, c se observa que aumenta el tamaño de los poros y que estos se encuentran más comunicados como consecuencia de la menor cantidad de material existente en las paredes de los poros. Este cambio microestructural disminuye la resistencia a la compresión de las espumas, aspecto observado en espumas de otros materiales [6].

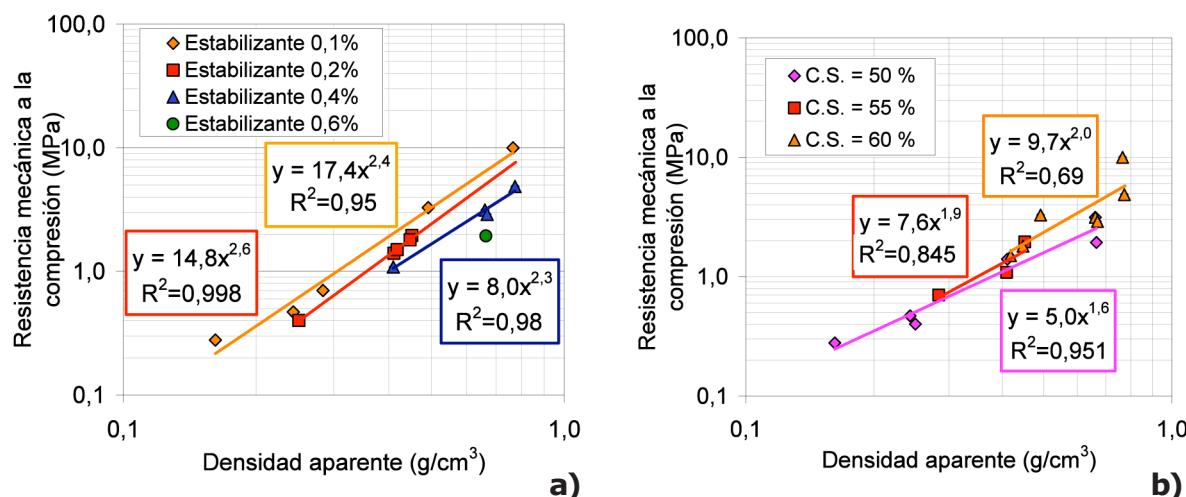


Figura 3., 3a y 3b. Relación entre la resistencia a la compresión y la densidad aparente de las espumas cocidas para diferentes contenidos de estabilizante y de sólidos.



Figura 4. Micrografías de espumas con una densidad aparente similar obtenidas en diferentes condiciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] MURRAY, B.S.; ETTELAIE, R. Foam stability: protein and nanoparticles. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, 9(5), 314-320, 2004.
- [2] DHARA, S.; BHARGAVA, P. Influence of slurry characteristics on porosity and mechanical properties of alumina foams. *Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 3(5), 382-392, 2006.
- [3] MORENO BOTELLA, R. Reología de suspensiones cerámicas. Madrid: CSIC, 2005.
- [4] DHARA, S.; PRADHAN, M.; GHOSH, D.; BHARGAVA, P. Nature inspired novel processing routes to ceramic foams. *Adv. Appl. Ceram.*, 104(1), 1-13, 2005.
- [5] Mao, X.; Shimai, S.; Wang, S. Gelcasting of alumina foams consolidated by epoxy resin. *J. Eur. Ceram. Soc.* 28(1), 217-222, 2008.
- [6] GIBSON, L.J.; ASHBY, M.F. Cellular solids structure and properties. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.