

A. Páez-Pavón^{1*}, R. G. Merodio-Perea¹, C. Talayero¹, F. R. García-Galván¹, I. Lado-Touriño¹

¹Universidad Europea de Madrid, Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño, 28670-Villaviciosa de Odón, Madrid

* alicia.paez@universidadeuropea.es

1. Introducción

La incorporación de nanotubos de carbono al cemento es una temática de gran interés en los últimos años, ya que la incorporación de este tipo de nano estructuras modifica sustancialmente las propiedades del material, tanto mecánicas como eléctricas y térmicas del cemento [1, 2].

El objetivo de esta investigación es estudiar cómo afecta la adición de nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT) y los nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT) a las propiedades reológicas de la pasta de cemento, a las propiedades mecánicas y densidad del material final. Las propiedades reológicas se midieron mediante reometría rotacional, mientras que la caracterización de las propiedades mecánicas se han llevado a cabo mediante ensayos de compresión. La densidades se midió con picnómetro de helio.

2. Materiales y procedimiento experimental

2.1 Materiales

- Cemento portland: II/B-L 32.5R (Cementval S.L.)
- Nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT): diámetro 12nm y longitud 10 μ m (Sigma Aldrich).
- Nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT): diámetro 0.78nm y longitud 1 μ m (Sigma Aldrich).

Se prepararon muestras de cemento sin reforzar (blanco) y muestras de cemento reforzadas con un 0,02% en peso de nanotubos. La pasta de cemento se preparó en una proporción 2:1 en peso de cemento-agua.

2.2 Procedimiento experimental

1. Dispersión de los nanotubos en agua, mediante sonicador de punta durante un tiempo total de 1h.
2. Dispersión nanotubos-agua incorporada al polvo de cemento y mezclado según UNE EN 96-1: 2005.
3. Etapa final de mezclado a alta velocidad (velocidad máxima de 18000 rpm).
3. Elaboración de probetas cilíndricas, de 2cm de alto y 1 cm de diámetro.
4. Caracterización:
 - ✓ Propiedades reológicas de la pasta de cemento mediante un reómetro rotacional, modelo RheoStress 6000, a temperatura ambiente.
 - ✓ Densidad con picnómetro de He.
 - ✓ Resistencia a compresión de las probetas con una máquina de ensayos universal.

3. Resultados

3.1 Propiedades reológicas

Se observan curvas características de un material pseudoplástico. La viscosidad disminuye a medida que aumenta el gradiente de velocidad. La incorporación de nanotubos de carbono aumenta la viscosidad del cemento. La alta superficie específica de los nanotubos atrae a las moléculas de agua, reduciendo la lubricación de las partículas de cemento [3].

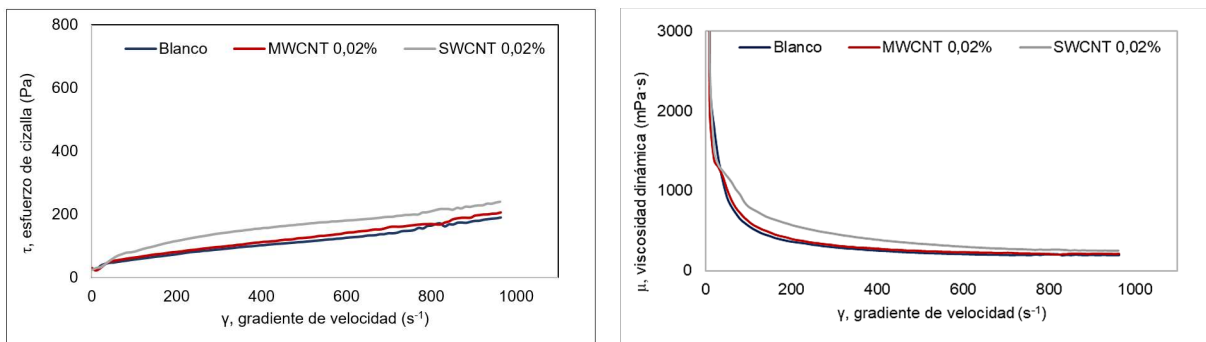


Figura 1. Curva de flujo (derecha) y viscosidad frente al gradiente de velocidad (izquierda) del cemento sin reforzar y del reforzado con 0.02% en peso de MWCNT y SWCNT.

3.2 Densidad y resistencia a compresión

La Figura 2 muestra la densidad de las diferentes muestras. La densidad de las muestras reforzadas con nanotubos es ligeramente menor que la del cemento sin reforzar. Esto es debido al aumento de la porosidad en el gel hidrato de silicato de calcio (CSH) durante el proceso de hidratación del material [4].

La adición de nanotubos de carbono aumenta la resistencia a compresión del cemento, como se puede observar en la Figura 3. Los nanotubos rellenan los nano poros del material, reduciendo la propagación de grietas, lo que resulta en una mejora de las propiedades mecánicas en general [5].

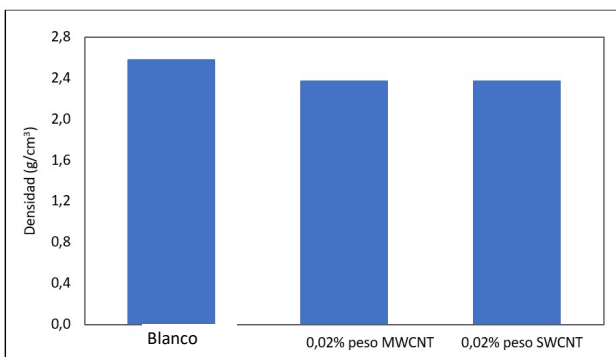


Figura 2. Densidad de la muestra de control (blanco) y de las muestras de cemento reforzado con 0,02% en peso de MWCNT y SWCNT, medidas con picnómetro de helio.

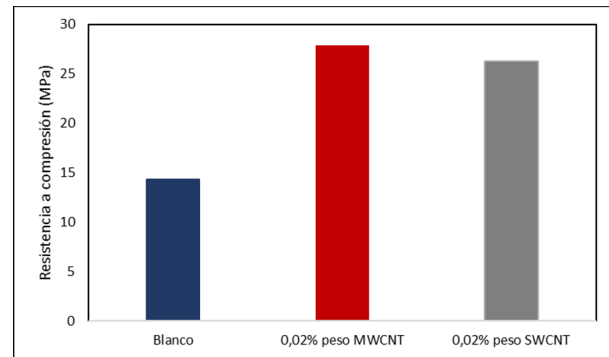


Figura 3. Resistencia a compresión de la muestra de control y del cemento reforzado con 0,02% en peso de MWCNT y SWCNT.

4. Conclusiones

1. La adición de nanotubos de carbono no modifica el comportamiento pseudoplástico de la pasta de cemento. Sin embargo, sí aumenta la viscosidad del material.
2. Los nanotubos de carbono disminuyen levemente densidad del material final debido a la modificación del proceso de hidratación del material.
3. Los diferentes tipos de nanotubos de carbono aumentan la resistencia a compresión del cemento, por el efecto de llenado de nano poros, reduciendo la propagación de grietas.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico de la UEM a través de la convocatoria de proyectos internos 2018/UEM.

5. Referencias

- [1] Konsta-Gdoutos, M. S. et al. Effect of CNT and CNF loading and count on the corrosion resistance, conductivity and mechanical properties of nanomodified OPC mortars. *Constr. Build. Mater.* 147, 48–57 (2017).
- [2] Shang, Y., Zhang, D., Yang, C., Liu, Y. & Liu, Y. Effect of graphene oxide on the rheological properties of cement pastes. *Constr. Build. Mater.* 96, 20–28 (2015).
- [3] Wang, Q. et al. Rheological behavior of fresh cement pastes with a graphene oxide additive. *New Carbon Mater.* 31, 574–584 (2016).
- [4] J. Chen, A.-T. Akono. Influence of multi-walled carbon nanotubes on the hydration products of ordinary Portland cement paste. *Cem Concr Res* 137:106197 (2020).
- [5] R.K. Abu Al-Rub et al. On the aspect ratio effect of multi-walled carbon nanotube reinforcements on the mechanical properties of cementitious nanocomposites. *Constr. Build. Mater.* 35, 647–655 (2012).