

MEJORA DE LAS PROPIEDADES CERÁMICAS DE ARCILLAS COMUNES POR ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE GICC.

I. Iglesias ¹, A. Acosta ¹, E. García-Romero ^{2,3}, J. Ma. Rincón ⁴

¹ Área de Cristalografía y Mineralogía, UCLM, C/ Camilo José Cela, s/n. 13071 Ciudad Real

² Departamento de Cristalografía y Mineralogía, UCM. C/ José Antonio Nováis, 2. 28040 Madrid

³ Instituto de Geociencias (IGEO), UCM y CSIC. C/ José Antonio Nováis, 2. 28040 Madrid

⁴ Instituto CC Construcción E. Torroja, CSIC. C/ Serrano Galvache, 4. 28033 Madrid

La introducción de residuos en materiales cerámicos de arcilla es una práctica habitual que permite modificar y corregir propiedades de las pastas cerámicas además de reciclar residuos. En relación con los residuos de central térmica GICC (Gasificación Integrada en Ciclo Combinado), ya en anteriores trabajos se han introducido con éxito escorias GICC en ladrillos de pasta blanda mejorando sus propiedades tecnológicas (Acosta *et al.*, 2002; Iglesias, 2010; Iglesias *et al.*, 2013). Sin embargo, los granos de este tipo de escoria tienen un tamaño que dificulta su uso en materiales fabricados por extrusión. Puesto que la ceniza volante GICC tiene un tamaño de partícula inferior a las 100 μm y muestra un buen comportamiento en materiales cerámicos prensados (Aineto *et al.*, 2006), se plantea como objetivo de este trabajo, el estudio de su comportamiento en materiales cerámicos extrudidos. Para ello, se han elaborado probetas cerámicas a partir de una mezcla de arcillas industriales con y sin ceniza volante GICC. Las mezclas formuladas son: una mezcla de arcillas como muestra de referencia (M) y esta misma mezcla con una adición del 10 % en peso de ceniza volante GICC (M-CV) que es una cantidad viable desde el punto de vista industrial.

El material arcilloso utilizado (M) procede de la provincia de Toledo y está destinado a la producción industrial de cerámica estructural extruida. Son arcillas comunes de composición illítica constituidas por un 50 % de minerales de la arcilla, un 25 % de cuarzo y un 25 % de feldespato. Dentro de la fracción arcilla, los minerales predominantes son illita (40 %), esmectita (30 %) y caolinita (30 %). Su composición química mayoritaria es: 62.03 % SiO_2 , 18.78 % Al_2O_3 , 4.69 % Fe_2O_3 , 3.90 % K_2O , 1.50 % MgO , 1.22 % CaO , 1.11 % Na_2O , 0.59 % TiO_2 y 5.65 % de pérdida por calcinación. Las cenizas volantes GICC son un residuo generado en el proceso de gasificación de la central térmica GICC de Puertollano (Ciudad Real). Se trata de un polvo grisáceo constituido por esferas vítreas, huecas, de superficie lisa, con un diámetro medio de unas 2 μm , dentro de un rango de 0,5 y 100 μm . Su composición química mayoritaria es: 54.35 % SiO_2 , 23.22 % Al_2O_3 , 3.84 % Fe_2O_3 , 3.90 % K_2O , 0.65 % MgO , 3.50 % CaO , 0.6 % Na_2O , 0.67 % TiO_2 y 3.47 % de pérdida por calcinación. Hay que destacar que estas cenizas son vítreas a diferencia de las cenizas volantes de central térmica convencional que contienen cuarzo, cal o mullita en su composición mineralógica, por lo que su comportamiento térmico también es diferente. A 800 °C, las cenizas volantes GICC comienzan a sinterizar y desvitrifican formando hematites y mullita al calentarse entre 800 y 1050 °C.

Las pastas cerámicas M y M-CV se han elaborado a partir del polvo arcilloso molido por debajo de 620 μm y, en el caso de la mezcla M-CV, las cenizas volantes se han mezclado con el polvo de arcilla en seco. Posteriormente, se ha añadido agua hasta obtener una plasticidad adecuada para ser extruidas. Ambas mezclas presentan una plasticidad similar ya que, a pesar de su carácter no plástico, las cenizas no actúan como desgrasante debido a su pequeño tamaño de partícula (2 μm), el cual está incluido en la fracción de tamaño arcilla. A partir de cada una de estas pastas se han obtenido 40 probetas extrusionadas de 10 cm x 2,5 cm x 1,5 cm que se han cocido a 900 °C. Sobre este material cerámico se ha realizado el estudio mineralógico (DRX), textural (MEB) y tecnológico.

Los resultados muestran que ambas mezclas son similares en cuanto a color y aspecto externo, no presentando deformaciones, inclusiones ni eflorescencias. En cuanto a la mineralogía del producto cocido, aparecen cuarzo y feldespato como minerales que ya había en el material de partida. La diferencia existente entre las dos mezclas es que en la mezcla M queda illita residual mientras que en la mezcla M-CV ha desaparecido totalmente la illita, lo que indica una mejor descomposición de los minerales de la arcilla en la mezcla con ceniza volante.

El estudio de la microestructura por Microscopía Electrónica de Barrido muestra diferencias entre ambas mezclas. En la mezcla M (Fig. 1.A), todavía se conserva la apariencia de un material arcilloso, con presencia de láminas residuales de filosilicatos y porosidad muy abierta, lo que evidencia que no se ha alcanzado la sinterización. La mezcla M-CV (Fig. 1.B) muestra una matriz cerámica sin restos laminares de filosilicatos, con menor porosidad que la mezcla M, aunque sigue siendo una porosidad

abierta, y existe mayor cohesión en la pasta. Entre las partículas se distinguen esferas de tamaño micrométrico que son las cenizas volantes.

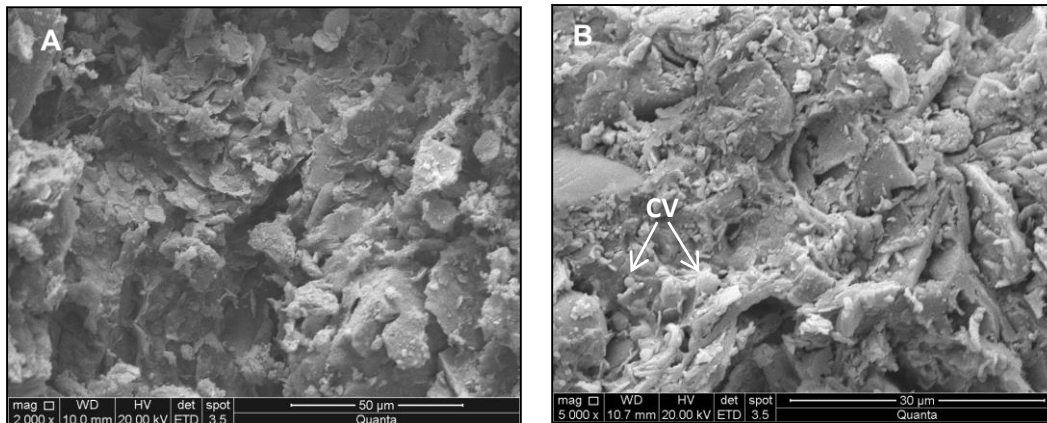


Figura. 1. Microfotografías MEB (SE) de las probetas cocidas a 900 °C. A: Mezcla M; B: Mezcla M-CV. CV: Cenizas volantes GICC

Los resultados de los ensayos tecnológicos realizados en ambas mezclas están dentro de los valores habituales para productos de arcilla roja. La contracción lineal es similar en las probetas crudas de las dos mezclas si bien en las probetas cocidas, la adición de ceniza volante incrementa la contracción. La absorción de agua y el coeficiente de saturación son menores en la mezcla con ceniza volante: la mezcla M tiene una absorción de 11.28 % y un coeficiente de saturación de 0.88 mientras que la mezcla M-CV tiene una absorción de 8.67 % y un coeficiente de saturación de 0.71. La resistencia mecánica en crudo está dentro del mismo rango en ambas mezclas (3.80 MPa en M y 4.37 MPa en M-CV), sin embargo, la resistencia mecánica en cocido es aún mayor en la mezcla M-CV (12.33 MPa) que en la mezcla M (9 MPa). Según Robinson (1977), los valores de absorción de agua, coeficiente de saturación y resistencia mecánica de una pieza cerámica son indicadores de su resistencia a la helada. Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos, siguiendo la tabla de valores de Robinson (1977), la mezcla M podría no ser resistente a la helada mientras que la mezcla M-CV sí que se comportaría bien respecto a los procesos de hielo-deshielo.

Así pues, el estudio mineralógico y textural de las probetas cerámicas cocidas revela que la mezcla con ceniza volante GICC ha sinterizado mejor con la consecuente mejora de las propiedades cerámicas observada en los ensayos tecnológicos. El motivo de una mejor sinterización se ha atribuido a la formación de hematites por la desvitrificación de la ceniza volante al calentarse a 800 °C. Esta reacción, al ser exotérmica, produce un aumento de la temperatura en el interior de la pieza que, unido al carácter fundente de esta fase mineral, podría favorecer el proceso de sinterización.

Se concluye que la adición de un 10 % de cenizas volantes GICC en una pasta cerámica mejora sus propiedades tecnológicas, aumentando la resistencia mecánica, en verde y en cocido, y reduciendo la absorción de agua y el coeficiente de saturación en el producto final, sin deformación de las piezas ni variación significativa del color. Este comportamiento se debe a que la mezcla con ceniza volante sinteriza a menor temperatura, lo que permitiría rebajar la temperatura del horno en el proceso de cocción con el consiguiente ahorro energético y económico. Por otro lado, el reciclado de cenizas volantes GICC en la producción de materiales cerámicos permitiría la valorización de un residuo, lo que supone un beneficio ambiental y económico, al evitarse su eliminación en vertederos así como el ahorro de otras materias primas más convencionales.

Acosta, A., Iglesias, I., Aineto, M., Romero, M., Rincón, J. Ma., 2002. Utilisation of IGCC slag and clay steriles in soft mud bricks (by pressing) for use in building bricks manufacturing. *Waste Management*, 22(8): 887-891.

Aineto, M., Acosta, A., Iglesias, I., 2006. The role of a coal gasification fly ash as clay additive in building ceramic. *Journal of the European Ceramic Society*, 26: 373-377.

Iglesias, I. 2010. Estudio de las arcillas cerámicas de Santa Cruz de Mudela y de su comportamiento cerámico con adición de escorias de Central Térmica GICC. Universidad Complutense de Madrid. Tesis Doctoral.

Iglesias, I., García-Romero, E., Acosta, A., 2013. Recycling of residual IGCC slags and their benefits as degreasers in ceramics. *Journal of Environ. Management*, 129: 1-8.

Robinson, G. C., Holman, J. R., 1977. *American Ceramic Society Bulletin*, 56 (12): 1071-1079.