

Neoformados de Mullita (Mul) en Nuevos Materiales Cerámicos Diseñados a Partir de Residuos de Minería de Tungsteno

/ JESÚS MONTOYA-HERRERA (1*), JORGE-ALBERTO DURÁN-SUÁREZ (1), ABÍLIO PEREIRA-DA-SILVA (2), RAFAEL PERALBO-CANO (1)

(1) Departamento de Escultura. Universidad de Granada. Avenida de Andalucía s/n. 18014, Granada (España).

(2) Departamento de Engenharia Electromecânica. Universidade da Beira Interior. Campus de Covilhã, Calçada Fonte do Lameiro, 6201-001, Covilhã (Portugal).

INTRODUCCIÓN

Como resultado de la actividad industrial de las Minas de Panasqueira (Covilhã, Portugal) centradas en la extracción de tungsteno, se producen enormes cantidades de residuos pétreos (fundamentalmente cuarzo, pizarras, esquistos y grauvacas del Precámbrico Terminal) que actualmente se acumulan en grandes formaciones sin ser empleadas en ninguna aplicación concreta, provocando con ello un daño medioambiental y paisajístico considerable.

Con el objetivo de dar respuesta a esta problemática, utilizando estos residuos pétreos como materia prima fundamental, y gracias al convenio de colaboración entre el Grupo de Investigación HUM 629 (Universidad de Granada) y la Universidade da Beira Interior, se han diseñado y evaluado nuevos materiales cerámicos. En este trabajo se demuestra la validez como materia prima para cerámica de estos residuos mediante diferentes análisis (FRX, DRX) y la identificación mediante SEM de mullita (Mul), mineral asociado a la calidad de las cerámicas, que aparece a partir de 1000°C en estos nuevos compuestos cerámicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como consecuencia de trabajos anteriores (Durán et al, 2011a,b; Montoya et al, 2012), se ha mejorado el diseño de estos nuevos productos cerámicos mezclando un 75% de este árido de desecho con un 25% de caolín, elemento que aporta la plasticidad necesaria a la pasta y mayor nivel de cohesión. Tanto el árido de desecho como el caolín han sido analizados mediante fluorescencia de rayos X (FRX), utilizando un espectrómetro secuencial de longitud de onda

dispersiva generador de rayos X de 4 Kw, Philips Magix Pro PW-2440, y mediante difracción de Rayos X (DRX), realizado con un difractómetro Bruker D8 Advance con geometría 2-theta, radiación de cobre y detector Lynxeye.

Así también, diferentes probetas de ensayo de esta pasta han sido sometidas a diferentes rangos de temperatura: 800°C, 900°C, 1000°C, 1100°C, 1200°C y 1250°C. Estas pastas horneadas a diferentes temperaturas han sido analizadas mediante DRX (en los mismos términos y con los mismos parámetros que los análisis anteriores). A su vez, estas pastas han sido analizadas mediante microscopía electrónica de barrido, utilizándose un microscopio de barrido del CIC (Centro de Instrumentación Científica) de la Universidad de Granada modelo Hitachi S-510, con una tensión de aceleración de 25 kv, rangos de aumentos de 20x a 150.000x a 5 mm de distancia de

trabajo, detector de EDX Röntec M Series, Edwin, Si (Li), y Sistema de microanálisis Edwin de Röntec.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis químico de las materias primas utilizadas, árido de desecho y caolín (Tabla 1) indican una buena resistencia térmica que los hacen adecuados para el empleo cerámico, con buenas proporciones de elementos refractarios como SiO₂ (72% del árido y 67% del caolín) y Al₂O₃ (13% del árido frente a 20,5% del caolín). Por su parte, el análisis mineralógico (Tabla 2) revela la elevada presencia de minerales de alto poder refractario en las materias primas (árido y caolín) tales como cuarzo (Qz) y moscovita (Ms), reforzando los datos obtenidos mediante FRX en cuanto a la determinación aproximada del índice de refractariedad según los componentes del árido.

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Zr (ppm)	LOI (%)
Árido	72,05	13,08	5,64	0,04	1,54	0,46	0,38	3,01	0,62	0,29	155,67	2,18
Caolín	66,0 - 68,0	20,0 - 21,0	0,5 - 0,6		0,1	0,2	0,1	3,5 - 4	0,2 - 0,4			6,0 - 6,5

Tabla 1. Análisis químico elemental (FRX) del árido (datos promedio) y del caolín. Datos del caolín proporcionados por fabricante: Vicar, S.A.

	Qz (%)	Ms (%)	Mul (%)	Or (%)	Mc (%)	Hem (%)	Illt (%)	Chorlo (Tur) (%)	Cfc (%)	Kln (%)	G.A. (%)
Árido	16,6	65,2						5,8	3,9		8,4
Caolín	41,2				13,4		6,8			30,7	7,9
800°C	51,3	14,9		16,3				10,0			7,6
900°C	52,5	14,2		16,6				9,0			7,6
1000°C	38,5	18,4	16,0		17,9						9,1
1100°C	47,9		31,3			7,6					13,1
1200°C	40,3		35,3			9,0					15,4
1250°C	32,9		38,6			8,5					20

Tabla 2. Análisis mineralógico (DRX) de las materias primas utilizadas (árido de desecho y caolín) y de las pastas cerámicas mezcla de ambos (75% de árido y 25% de caolín) a diferentes temperaturas (entre 800°C y 1250°C). G.A.= Global Amorfos.

palabras clave: Mullita, Cerámica, Residuos.

key words: Mullite, Ceramic, Wastes.

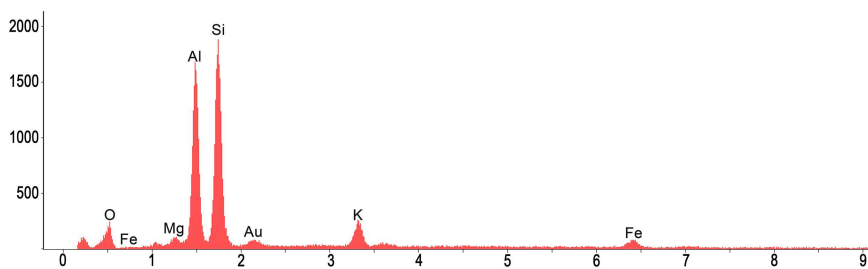
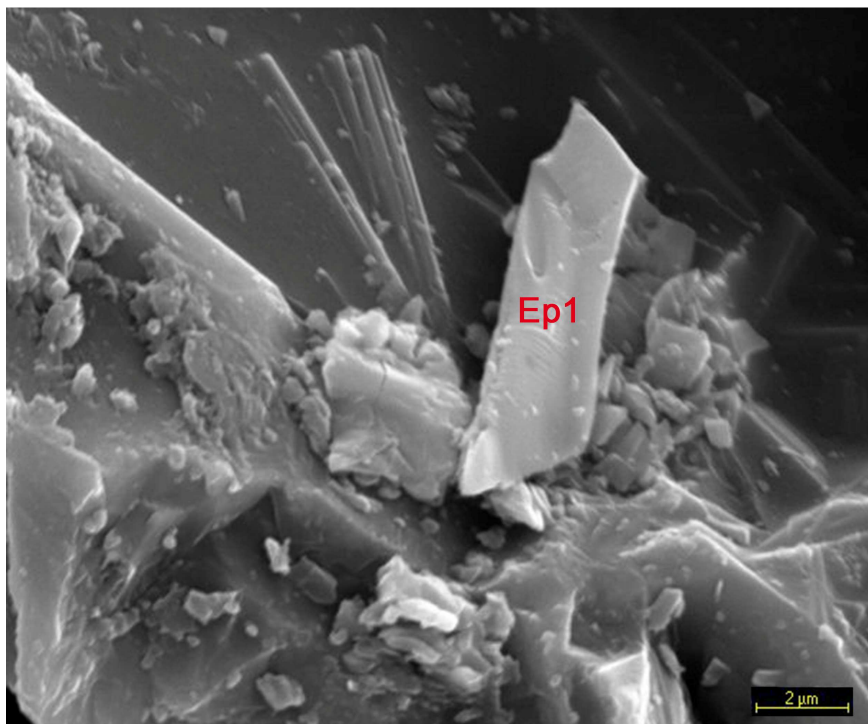


fig 1. Imagen de SEM-SE a 5000x de muestra sometida a 1200°C, con recristalizaciones aciculares de mullita (parte superior) espectro de rayos x obtenido del área Ep1 que confirma que se trata de mullita (Mul) (parte inferior).

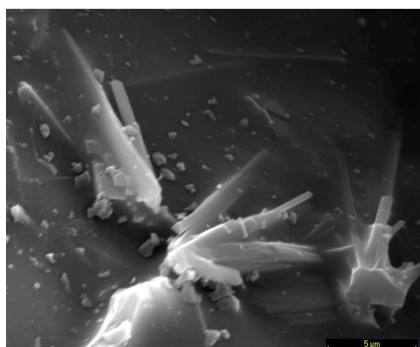


fig 2. Imagen de SEM-SE a 4000x de muestra sometida a 1200°C. Obsérvese las recristalizaciones aciculares de mullita (Mul).

En cuanto a las pastas, que soportaron sin problema la cocción hasta 1250°C, se observa en el análisis de DRX, entre otros aspectos, la aparición de mullita (Mul, de fórmula $Al_{4+2x}Si_{2-2x}O_{10-x}(X \sim 0.4)$) a partir de 1000°C y cómo su porcentaje se ve incrementado conforme aumenta la temperatura de cocción. La mullita

suele aparecer en materiales cerámicos en forma de cristales aciculares (forma de aguja) que mejoran las propiedades de la cerámica, pues se trata de un mineral refractario que resiste grandes temperaturas y suele asociarse a materiales cerámicos de gran calidad, ya que posee adecuadas propiedades de resistencia al choque térmico, una conductividad térmica baja y buena resistencia al desgaste y a la deformación.

La presencia de mullita que revela el análisis de DRX queda identificada mediante el análisis de microscopía electrónica de barrido. En este caso, y a modo de ejemplo, hemos tomado como muestra la pasta sometida a 1200°C (el análisis de DRX revela un 35,3% de mullita en esta muestra). En las figuras 1 y 2, imágenes de electrones secundarios de SEM tomadas a 4000x y 5000x, respectivamente, pueden

observarse recristalizaciones de mullita formadas sobre la matriz arcillosa parcialmente fundida. Su aspecto acicular sumado al espectro de rayos x (figura 1) obtenido al analizar estos cristales permite confirmarlo.

CONCLUSIONES

La presencia de neoformados de mullita (Mul) en estos nuevos compuestos cerámicos, como revelan los análisis de DRX y su identificación mediante microscopía electrónica de barrido, es un indicativo claro de la calidad cerámica de estas nuevas pastas. Esto, sumado a los resultados de los diferentes análisis químicos y mineralógicos y a su óptimo comportamiento durante y tras la cocción, en especial a partir de 1000°C (buenas resistencias mecánicas a flexión y compresión, variedad colorimétrica en función de la temperatura, adecuada porosidad, etc.) permite inferir las grandes posibilidades cerámicas de estas nuevas pastas y los variados campos de aplicación de las mismas (aplicaciones industriales y arquitectónicas, mobiliario urbano, restauración del patrimonio histórico y Monumental, escultura y tecnología cerámica, etc.), contribuyendo además a la resolución de un problema medioambiental mediante la obtención de un producto con el 75% de su composición formado por árido reciclado, continuando con las directrices marcadas de reutilización y reciclaje de material de desecho tan necesarias para mantener un desarrollo sostenible y equilibrado.

REFERENCIAS

- Durán Suárez, J.; Peralbo Cano, R.; Sorroche Cruz, A.; Montoya Herrera, J.; Castro Gomes, J.; Pereira Da Silva, A.; Bellido Márquez, C.; Dumont Botella, A. (2011a): "Reutilización de esquistos-grauvacas procedentes de las minas de Panasqueira (Portugal) como arena de fundición, mediante moldeo en verde y otros usos refractarios", *Fundipress*, **28**, pp. 46-50 ISSN: 1888-444X.
- Durán Suárez, J.; Montoya Herrera, J. Y Peralbo Cano, R. (2011b): "Diseño de nuevas pastas cerámicas a base de esquistos-grauvacas", *Revista Internacional Cerámica*, **123**, pp. 43-45. ISSN: 0210-010-X
- Montoya Herrera, J.; Durán Suárez, J. A. Y Peralbo Cano, R. (2011): *Diseño de nuevas pastas cerámicas y empleo en aplicaciones técnico-artísticas*, Ed. Universidad de Granada, Granada. ISBN: 978-84-338-5462-9.