

Caracterización de los Lodos de la Depuradora de Sadat (Minufiya, Egipto) para la Obtención de un Material Vitrocerámico

MAITE GARCIA-VALLES (1), MOBARAK HASSANI ALI (2), HODA S. HAFEZ (2), JOAQUIM M. NOGUÉS (1), LISARD TORRÓ (1), SALVADOR MARTINEZ (1)

(1) Dpt. Cristalografía, Mineralogía i Dip. Minerals, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. 08028, Barcelona (España)

(2) Environmental Studies and Research Institut, Menoufia University, Sadat City, six zone/n, 328. Minufiya (Egipto)

INTRODUCCIÓN.

Muchos problemas ambientales actuales están relacionados con los desechos industriales y municipales (lodos de depuradora, etc.), debidos al gran volumen que se genera, así como a los elementos peligrosos que incluyen en ellos (metales pesados). Su almacenamiento, tratamiento y transporte conlleva también costos económicos. En Egipto en el año 2002 se generaron de 12 a 15 kg/año por habitante de materia sólida procedente de los lodos de depuradora. En la actualidad, el destino principal de estos lodos es su vertido en el desierto.

La gestión de los residuos sólidos se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales en el mundo. El alto consumo energético, el incremento desmesurado de los desechos industriales y la contaminación del medio ambiente exigen la obtención de nuevas soluciones para un desarrollo sostenible.

Recientemente, uno de los principales temas de investigación ha sido la forma de obtener vidrio y materiales cerámicos de los lodos y residuos industriales (Pérez et al., 1996 a y b; Pérez et al., 1998; Garcia-Vallès et al., 2007). Así como en la estabilización y reutilización de las cenizas volantes generadas en los procesos de incineración (Jung et al., 2005), y de residuos radiactivos (Pioro et al., 2001). En el proceso de vitrificación el residuo pasa a ser un vidrio y/o vitrocerámico estable apto para la obtención de productos para fines comerciales, de manera que se revaloriza un residuo y se resuelve un problema medioambiental. El contenido orgánico de los residuos también se puede usar como fuente de energía auxiliar.

Los hornos utilizados en el proceso de vitrificación operan a unos 1450° C. A esta temperatura, se destruyen todos

los compuestos orgánicos, incluyendo los bifenilos policlorados. Por otra parte, los metales con bajo punto de vapor, como el Hg y el Pb se evaporan y quedan atrapados en los equipos de control de la de los gases de salida. Los demás metales contenidos en estos residuos se estabilizan de forma permanente en la matriz del vidrio.

El objetivo de este trabajo es el estudio y caracterización de los lodos EDAR de la depuradora de Sadat (Minufiya, Egipto) así como la formulación, obtención y caracterización de un vidrio obtenido a partir de dicho lodo para su posible aplicación como material vitrocerámico en la industria de la construcción.

MATERIAL Y METODOS.

Los lodos EDAR estudiados pertenecen a la depuradora de Sadat (Minufiya, Egipto). Estos lodos fueron recogidos del tanque de oxidación, previamente eliminados el papel, el plástico, la madera y la arena. Estos lodos provienen de las aguas residuales industriales y urbanas de la ciudad de Sadat. Aproximadamente más de unos 30.000 m³/día de aguas residuales se gestionan en el tanque de oxidación. Una vez secados los lodos una porción ha sido calcinada a 950°C. Las muestras secas han sido caracterizadas mediante fluorescencia de rayos-X (FRX). Posteriormente, se han desarrollado los estudios térmicos: análisis térmico diferencial y termogravimétrico (ATD-TG) del "lodo original" y del vidrio obtenido.

Teniendo en cuenta estos resultados se ha formulado la composición y se ha obtenido el vidrio original utilizando un crisol de alumina-mullita y un horno de super Kantal. La temperatura de cocción ha sido de 1450°C. Con el vidrio obtenido se ha realizado una probeta y ha sido estudiado en un microscopio de calefacción, para determinar la curva de viscosidad-temperatura, utilizando la norma DIN 51730 (1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Caracterización de los Lodos.

En primer lugar se han caracterizado químicamente los lodos objeto de estudio, ya que son la materia prima básica en la obtención del vidrio. La composición química de los lodos queda sumariada en la Tabla 1.

	Lodo Sadat (%)	Vidrio original formulado (%)
SiO ₂	57,7	53,66
Al ₂ O ₃	18,47	17,18
Fe ₂ O ₃	10,57	9,83
CaO	5,3	9,93
MgO	1,45	1,35
K ₂ O	1,54	1,43
Na ₂ O	2,26	4,1
P ₂ O ₅	1,58	1,47
TiO ₂	1,09	1,02
MnO	0,05	0,04

Tabla 1. Composición química del lodo y del vidrio original formulado.

Esta composición es similar a la de un basalto, en donde el componente mayoritario es el Si, seguido del Al y Fe, y en menor proporción Ca, Na y K. A diferencia de un basalto la proporción en P es más alta que en el caso del lodo, y comparativamente también la proporción de Ti es mayor en el basalto que en el lodo. A partir de estos resultados se ha procedido al cálculo de la formulación de los componentes necesarios para formular el vidrio. En el se ha empleado un 93% de lodo al que se le ha añadido un 2% de Na₂ (CO₃) y un 5% de Ca (CO₃). En la Tabla 1 se muestra también el cálculo composicional del vidrio.

En la Fig. 1 se observa los diagramas de ATD-TG del lodo. En el ATD se observa la presencia de dos picos exotérmicos a 295,5°C y 431,3°C, que se correlacionan

palabras clave: Lodo de Depuradora, Vitrocerámico, Egipto.

Valorización, Vidrio,

key words: Sludge, Valorization, Glass, Ceramic Glass, Egypt

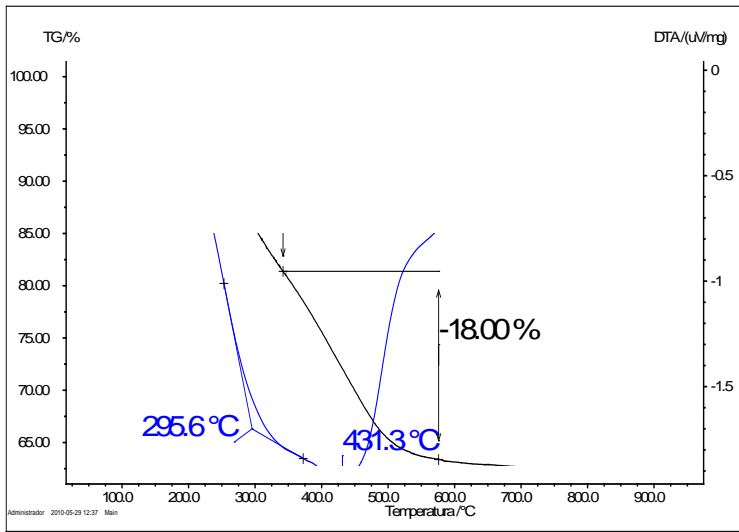


fig.1. ATD-TG del lodo.

directamente con las pérdidas de peso determinadas en el TG, de 14,87% y 18% respectivamente, las cuales se se atribuyen a la oxidación de la materia orgánica.

Así mismo, se ha calculado el área del pico exotérmico que es de 2491 μVs/mg considerando dicha área como el resultado exotérmico de todos los fenómenos que interaccionan a estas temperaturas. Esta área se relaciona con el PCI (poder calorífico inferior) que es el que nos da el poder calorífico que podremos extraer de estos lodos. En este caso el PCI de estos lodos es de 12,93KJ/kg, obtenido a partir de la comparación con muestras patrón.

Caracterización del Vidrio.

El vidrio obtenido a partir de la fusión de las materias primas anteriormente calculadas, posteriormente coladas y enfriadas, se ha molido y caracterizado térmicamente.

El ATD (Fig. 2) realizado sobre el vidrio permite establecer su temperatura de transición (Tg) a 725,7°C así como la temperatura de crecimiento de los núcleos generados a una temperatura un poco superior a los 730°C. Esta temperatura de crecimiento es de 956°C.

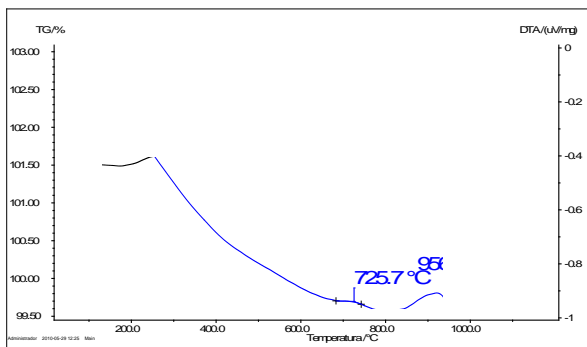


fig.2. ATD-TG del vidrio

Para la determinación de la variación de la viscosidad con la temperatura se ha utilizado un microscopio de calefacción. La probeta cilíndrica de 3mm de alto por 3 mm de diámetro ha sido sometida a un calentamiento (5°C/min) hasta llegar a su fusión. El proceso ha sido registrado permanentemente por una cámara digital. A partir de estas imágenes se establecen las correlaciones entre los cambios morfológicos, la viscosidad y la temperatura a la que suceden dichos cambios (DIN 51730, 1976).

Para elaborar la curva viscosidad-temperatura, se tiene en cuenta la correlación entre los puntos fijos de viscosidad (relacionados con la morfología) y la temperatura. El vidrio original inicia su contracción a la temperatura de 243°C; el punto de contracción o deformación (10¹⁰ dPas) tiene lugar a 1233°C; el punto de reblandecimiento de las aristas o esfera a 1279°C (10⁶ dPas), el punto de la semiesfera a 1300°C (10^{4.5} dPas) y el punto de fluidez a 1356°C (10^{4.2} dPas) (Fig. 3).

Estos datos, aplicando la ecuación de Vogel-Fulcher-Tammann (VFT) nos permitirán obtener la curva viscosidad temperatura del vidrio.

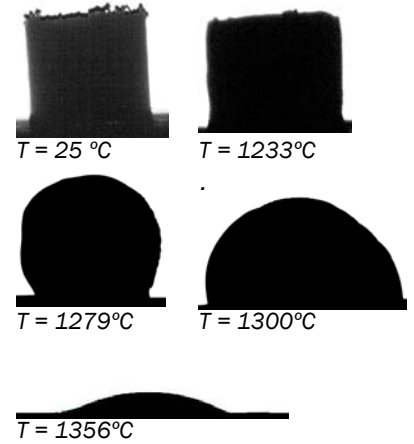


fig.3. Imágenes de microscopio de calefacción.

Mediante la Tg y la de crecimiento podremos determinar el tratamiento térmico a que tendremos que someter el vidrio en su proceso de desvitrificación.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen en primer lugar a los responsables de la depuradora de Sadat City por permitir y facilitar la recogida del lodo objeto de este estudio. La financiación del trabajo a través del proyecto AECI-A/023061/09 que ha permitido desarrollar la recogida de las muestras, y el del Grupo Consolidado de Investigación de Recursos Minerales, 2009SGR-00444, que ha financiado los análisis.

REFERENCIAS.

DIN 51730 (1976): Determination of Ash Fusion Behavior, German Standard, DIN 51730.
 Garcia-Vallès, M., Avila, G., Martinez, S., Terradas, R., Nogué, J.M. (2007): Heavy metal-rich wastes sequester in mineral phases through a glass-ceramic process. *Chemosphere*, **68**, 1946-1953
 Jung, C.H., Matsuto, T., Tanaka N. (2005): Behavior or metals in ash melting and gasification-melting of municipal solid waste (MSW). *Waste Manage.*, **25**, 301-310.
 Pérez, J.A., Terradas, R., Manent, M.R.M., Martinez, S. (1996a): Valutazione degli scarti industriali come materie prime per composizioni di smalti ceramici. *Ceramurgia*, **26**, 353-356.
 —, —, —. (1996b): Inertization of industrial wastes in ceramics materials. *Ind. Ceram.*, **16**, 7-11.
 —, —, —. (1998): Sinterizzazione di scarti industriali in materiali ceramici. *Ceramurgia*, **28**, 11-14.
 Piore, L.S., Sadovskiy, B.F., Piore I.L. (2001): Research and development of a high-efficiency one-stage melting converter-burial-bunker method for vitrification of high-level radioactive wastes. *Nucl. Eng. Des.*, **205**, 133-144.