



LOS CEMENTOS EN EL CONFINAMIENTO DE DESECHOS RADIOACTIVOS

Verónica E. Badillo Almaraz, Gustavo Alonso Vargas, Javier Palacios Hernández
Dirección de Investigación Científica, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
Carr. México-Toluca s/n (km. 36.5), La Marquesa Ocoyoacac, México, C.P. 52750
e-mail: vbadillo@nuclear.inin.mx

1. INTRODUCCION

Los materiales utilizados para sellar repositorios de desechos radioactivos constituyen un componente esencial en el sistema de almacenamiento. Los materiales a base de cemento (cemento, lechada, concreto), se han utilizado en las industrias del gas, petróleo y la minería así como en otras instalaciones de almacenamiento subterráneo para el sellado. Estos materiales de sellado de repositorios deben cumplir con varios requisitos (a) ser mecánicamente adecuados, (b) adherirse perfectamente a la roca hospedante, (c) poseer una baja permeabilidad a los fluidos, especialmente en la interfaz entre el material de sellado y la roca hospedante, (d) ser estable y químicamente durable, (e) ser resistente a la expansión destructiva y a las fracturas, y (g) ser resistente al transporte de radionúclidos. Los materiales a base de cemento pueden cumplir los requisitos anteriormente mencionados, debido a sus propiedades de ingeniería combinadas con su estabilidad geoquímica de largo plazo. Los concretos descubiertos en los restos de muchas estructuras antiguas, han conservado su integridad mecánica, y funcionan hasta el día de hoy. A pesar del paso de los siglos y la exposición a las condiciones ambientales adversas tales como CO₂ atmosférico, especies disueltas en tratamiento líquido de minerales, calentamiento climático, dichos materiales han soportado mucho mejor que los materiales naturales o ladrillos encontrados en las mismas estructuras [1]. Un campo de aplicación de los materiales a base de cemento es utilizarlos en la inmovilización de desechos radioactivos de bajo y medio nivel que consiste en incorporar los desechos en el seno de una matriz por medio de la precipitación [2] así como en el almacenamiento subterráneo como barreras de confinamiento [3] adheridos a la roca hospedante, que no es otra cosa que la formación geológica que albergará de forma indefinida el



almacén de desechos nucleares. En este contexto de almacenamiento subterráneo, el principal enemigo es el agua; los cementos una vez que se han endurecido, ya sea en forma de matriz o como pared adicional o lechada, se convierten en un material poroso que a su vez se saturará de agua, lo cual es el peor escenario que puede imaginarse, ya que los silicatos hidratados corren el riesgo de disolverse, o bien formar fases minerales secundarias responsables de la formación de fracturas en los cementos endurecidos. El éxito de aislar los desechos depende del sistema de barreras de ingeniería y de la formación geológica huésped para limitar o prevenir el transporte de los radionúclidos liberados, en este campo existe una gran variedad de problemas a resolverse; en este trabajo de investigación se estudia la evolución de los cementos en contacto con una solución acuosa rica en sulfatos (Na_2SO_4 al 5%) y aproximadamente neutra, y se observa por DRX la influencia de estas condiciones fisicoquímicas en la formación de la fase mineral etringita, responsable de la aparición de fracturas en los cementos y la liberación de radionúclidos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron con cemento Pórtland de tres marcas comerciales Pórtland gris y Pórtland puzolana de CEMEX, y uno Holcim APASCO, las muestras se presentan en polvo fino y se analizaron por DRX en un difractómetro Siemens XXXXXXXX, antes de ponerse en contacto con las soluciones acuosas, con el fin de observar la presencia de fases minerales que componen cada uno de los cementos comerciales.

Se pesó una cantidad de 300 mg de cada uno de los cementos, por duplicado, en un tubo de polisulfona marca Nalgene de 50 ml de capacidad, a los tres primeros se les agregó un volumen de 15 ml de agua destilada, y a los otros tres tubos se les agregó 15 ml de la solución de Na_2SO_4 al 5%. Las suspensiones se agitaron durante 24 horas. Al final del periodo de agitación, se centrifugaron durante 40 minutos y se procedió al secado de cada a la temperatura de 40°C. Los sólidos una vez secos, se trituraron en un mortero para obtener un polvo más fino y se procedió a analizarlos por Difracción de Rayos-X y Microscopía Electrónica de Barrido.



3. RESULTADOS

De los resultados obtenidos por DRX, se puede observar la presencia de la fase secundaria llamada ettringita, debido a la reacción del aluminato de calcio liberado del cemento, con el sulfato de sodio, presente en la solución acuosa. La presencia de ettringita esta íntimamente relacionada con la proporción de sulfato/aluminio en las muestras tratadas a 40°C. En el cemento CEMEX puzolánico, la presencia de ettringita es menos acentuada, debido tal vez a una descomposición a monosulfato de aluminio. Sin embargo, lo mas interesante es la caracterización inicial de los cementos comerciales ya que proporciona información sobre la calidad y contenido de fases minerales en cada uno de ellos.

[1] H. Akgün, J. J.K. Daement. (2000) – Influence of degree of saturation on the borehole sealing performance of an expansive cement grout. *Cement and Concrete Research*, **30**, 281-289.

[2] S. Bagozi, L.J. Csetényi. (1998) – Caesium Immobilisation in Hydrated Calcium-Silicate-Aluminate Systems. *Cement and Concrete Research*, **28**, 1753-1759.

[3] P. Faucon, F. Adenot, J.F. Jacquinet, J.C. Petit, R. Cabrillac, M. Jorda. – (1998) Long-Term behaviour of cement pastes used for nuclear waste disposal: review of physico-chemical mechanisms of water degradation. *Cement and Concrete Research*, **28**, 847-857.

[4] Colleparidi, M. (2003) – A state-of-the-art review an delayed ettringite attack on concrete. *Cement & Concrete Composite*, **25**, 401-407.