

Compuestos monolíticos de metal y xerogeles de carbono para la eliminación de crudo de emulsiones de aceite en agua salada

Oscar E. Medina Erazo¹, Agustín F. Pérez-Cadenas², Francisco Carrasco-Marín², Camilo A. Franco¹ y Farid B. Cortés¹

¹Grupo de Investigación en Fenómenos de Superficie Michael Polanyi, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Kra 80 No. 65-223, 050034 Medellín, Colombia.

²Materiales Polifuncionales Basados en Carbono (UGR-Carbon), Dpto. Química Inorgánica - Unidad de Excelencia de Química Aplicada a Biomedicina y Medioambiente - Universidad de Granada (UEQ-UGR), ES18071-Granada, España.

afperez@ugr.es

Palabras clave: compuesto de metal y xerogel de carbono monolítico, Adsorción/eliminación de petróleo crudo, Proceso de regeneración/oxidación.

Introducción

En la actualidad, la industria petrolera cuenta con diversas tecnologías para el tratamiento del agua basadas en diferentes mecanismos que incluyen flotación, coagulación, filtración, ósmosis inversa y adsorción. Este último es el mecanismo más utilizado por su simplicidad, efectividad y su positiva relación costo-beneficio. La mayoría de los materiales comúnmente estudiados tienen propiedades mecánicas frágiles y métodos de preparación complicados. Como alternativa, se han propuesto materiales a base de carbono con propiedades superhidrófobas [1]. La baja densidad, el área de superficie alta, la buena estabilidad química y térmica, el gran volumen de poros, hacen que los materiales de carbono sean excelentes candidatos para ayudar en los tratamientos de remoción de aceite [2]. Así, este trabajo propone por primera vez el desarrollo de nuevos xerogeles de carbono, con compuestos metálicos preparados en forma de monolito utilizando cerio y níquel como materiales prometedores para la adsorción de crudo y su posterior oxidación como etapa final para la eliminación de la matriz de agua (Figura 1).

Experimental

Se prepararon tres materiales de carbono con y sin contenido metálico (Ni y/o Ce) por un método sol-gel, llamados, XCe (xerogel de carbono con 18% en peso de cerio), XCeNi (xerogel de carbono con 18 y 4% en peso de cerio y níquel, respectivamente) y X (xerogel de carbono libre de metal). La adsorción de petróleo crudo se probó mediante experimentos de adsorción por lotes, variando diferentes condiciones operativas, incluido el pH (2, 7 y 11), la temperatura (25, 35 y 45 °C), la cantidad de compuesto monolítico y su naturaleza. Los estudios de regeneración se realizaron mediante el método de oxidación utilizando aire en un analizador termogravimétrico en condiciones isotérmicas (150, 200 y 250 °C) y no isotérmicas (100-600 °C). Para estimar el cambio en la composición de la superficie de la muestra, se llevó a cabo un análisis de espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS) durante cada ciclo de regeneración.

Resultados y discusión

Los resultados de la adsorción muestran que la remoción de crudo aumentó con el aumento del contenido de metal en el compuesto para todas las configuraciones experimentales. Además, se evaluó con éxito la descomposición del petróleo crudo, obteniendo el pico de descomposición principal a 150 °C durante corridas no isotérmicas.

Los tres xerogeles de carbono monolíticos lograron una conversión del 100% del crudo adsorbido para todas las temperaturas. La actividad catalítica de tres xerogeles de carbono monolíticos se corroboró con cálculos de energía de activación efectiva, que se redujeron en un 24,9, 32,5 y 52,4% desde la descomposición del crudo virgen hasta la descomposición adsorbida en las muestras X, XCe y XCeNi, respectivamente. Se consideró el análisis gaseoso de los productos involucrados en la oxidación del crudo en cada ciclo, encontrando un incremento en la producción de hidrocarburos ligeros, y reduciendo las emisiones de gases como CO₂, NO_x y SO_x en todas las reutilizaciones. Aparentemente, la capacidad del xerogel para descomponer el crudo adsorbido durante todos los ciclos puede estar asociada con el aumento de Ce³⁺ durante el proceso de adsorción, y luego durante el tratamiento de oxidación se transforma en Ce(OH)₂²⁺. Además, se observó la influencia del Ni²⁺, donde la relación Ni²⁺/Ni³⁺ varió durante la regeneración.

Conclusiones

Los monolitos de xerogeles de carbono fueron obtenidos exitosamente por el método de policondensación sol-gel, mostrando altos rendimientos para la remoción de crudo en emulsiones de agua bajo diferentes condiciones de temperatura, pH, y cantidad de adsorbente, así como también la capacidad de transformar el crudo adsorbido en gases con alto poder calorífico, y regenerar su actividad catalítica.

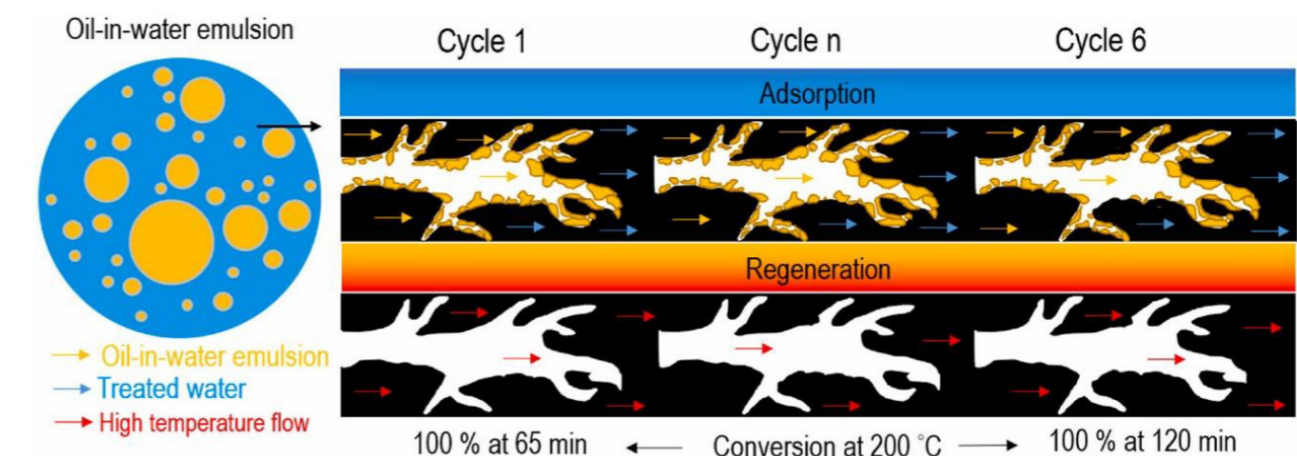


Figura 1. Esquema del funcionamiento del XCeNi durante los ciclos de regeneración adsorción/descomposición del crudo [1].

Referencias

- [1] Medina, O. E.; Galeano-Caro, D.; Ocampo-Pérez, R.; Pérez-Cadenas, A. F.; Carrasco-Marín, F.; Franco, C. A.; Cortés, F. B., Development of a monolithic carbon xerogel-metal composite for crude oil removal from oil in-saltwater emulsions: Evaluation of reuse cycles. *Microporous and Mesoporous Materials* 2021, 327, 111424.
- [2] Medina, O. E.; Galeano-Caro, D.; Castelo-Quibén, J.; Ocampo-Pérez, R.; Pérez-Cadenas, A. F.; Carrasco-Marín, F.; Franco, C. A.; Cortés, F. B., Monolithic carbon xerogels-metal composites for crude oil removal from oil in-saltwater emulsions and subsequent regeneration through oxidation process: Composites synthesis, adsorption studies, and oil decomposition experiments. *Microporous and Mesoporous Materials* 2021, 319, 111039.