

Aplicación de las cenizas de lodos de depuradora para la eliminación de H₂S de un gas a alta temperatura

Noemí Gil, José Luis Sánchez, Maria Benita Murillo, Gloria Gea

Grupo de Procesos Termoquímicos (GPT)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A).
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, Fax +34-976762043, e-mail: noemigil@unizar.es

Abstract

Debido a su contenido metálico, las cenizas de los lodos de depuradora son un material potencialmente activo para la eliminación de H₂S a alta temperatura por medio de su reacción química. La presencia de vapor de agua en el medio gaseoso disminuye drásticamente la eficacia del proceso.

Introducción

El continuo aumento en la producción de lodos de depuradora ha dado lugar a una importante problemática en torno a la gestión de los mismos. Por ello, el estudio de su aprovechamiento energético mediante procesos como la combustión, la gasificación o la pirólisis ha cobrado especial relevancia en el ámbito científico [1]. En este trabajo se plantea el aprovechamiento de las cenizas resultantes de estos procesos (más concretamente de la combustión) para la eliminación de H₂S de una corriente gaseosa. El H₂S es un compuesto que habitualmente se forma tanto en la pirólisis como en la gasificación de materias primas que contienen azufre, como es el caso de los lodos de depuradora. Las emisiones de H₂S (o de SO₂ en el caso de quemar un gas que contenga H₂S) conllevan problemas medioambientales relacionados con la lluvia ácida, así como problemas de corrosión en las tuberías, motores o turbinas donde quiera aprovecharse el producto gaseoso de estos procesos.

Materiales y métodos

Las cenizas utilizadas en los experimentos de eliminación de H₂S provienen de la combustión (a 900 °C) de un lodo de depuradora digerido anaeróbicamente y secado térmicamente. Su tamaño de partícula se encuentra entre 250 y 500 µm. La Tabla 1 muestra el contenido de algunos metales en dichas cenizas determinado por espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente. La reacción de los óxidos de estos metales con el H₂S está más favorecida termodinámicamente en el caso del hierro y el calcio [2].

Tabla 1. Contenido de metales en las cenizas del lodo (mg/g ceniza)

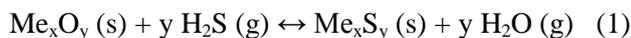
Al	Ca	Fe	K	P	Mg	Na	Si	Ti
51	65	186	14	29	17	4	122	4

El gas alimentado fue una mezcla sintética de H₂S y N₂ con un 0,5% vol. de H₂S. Los experimentos se llevaron a cabo a presión atmosférica en un reactor de cuarzo de lecho fijo calentado por medio de un horno eléctrico. La temperatura del lecho fue objeto de estudio, variando entre 600 y 800 °C. Se utilizó 1 g de ceniza en cada ensayo y la alimentación de gas fue de 50 mLN/min. Con el objetivo de evaluar el efecto de la humedad del gas en el proceso de desulfuración, en algunos experimentos se alimentó además un flujo de vapor de agua, dando lugar a un gas con un 30% vol. de humedad. El agua se alimentó mediante una bomba HPLC y se evaporó antes de ser mezclada con el gas a la entrada del reactor. La composición del gas a la salida del reactor se analizó con un micro-cromatógrafo de gases, teniendo un análisis del gas cada cuatro minutos aproximadamente. Utilizando el N₂ como estándar interno puede calcularse el caudal de H₂S a la salida. El contenido de azufre en las muestras de ceniza se analizó después de los experimentos con un analizador elemental Leco TruSpec Micro. Además de los experimentos con lecho de ceniza, se realizaron experimentos en blanco (sin lecho de sólido) bajo las distintas condiciones de operación evaluadas para comprobar si existían efectos secundarios del propio sistema experimental.

Resultados

En la Figuras 1 y 2 se muestran las curvas de ruptura del H₂S, es decir, la evolución con el tiempo del flujo de H₂S a la salida del reactor, tanto para la alimentación del gas seco como húmedo, y para ambas temperaturas (600 y 800 °C) Como puede observarse, la presencia de vapor de agua en el medio afecta negativamente a la eliminación del

H₂S del gas. El tiempo de ruptura (tiempo a partir del cual la concentración de H₂S en el gas supera el 0,01% vol.) se reduce de 300 a 50 min (a 800 °C) y de 240 a 40 min (a 600 °C) cuando se alimenta vapor de agua junto con la mezcla H₂S/N₂. La termodinámica de la reacción general de los óxidos metálicos con H₂S (1) predice dicho efecto negativo.



Considerando la diferencia entre la cantidad de H₂S que sale del reactor en los blancos y en los correspondientes experimentos (determinadas por integración del área bajo las curvas de ruptura), en la Tabla 2 se presenta la cantidad de azufre que cabría encontrar en cada muestra de ceniza hasta el punto de ruptura y tras cada experimento completo. En la misma tabla se incluyen también los datos reales de contenido de azufre en las muestras determinados con el analizador elemental tras finalizar los experimentos.

Tabla 2. Contenido de azufre en las muestras de ceniza (mg S/g ceniza).

	mg S/g hasta ruptura (esperado)	mg S/g en total (esperado)	mg S/g en total (real)
Gas seco 600 °C	77	88	58
Gas seco 800°C	77	96	63
Gas húmedo 600 °C	10	25	22
Gas húmedo 800 °C	13	28	1

Los resultados de retención de azufre esperados hasta el punto de ruptura muestran un claro efecto negativo de la presencia de vapor de agua, mientras que el efecto de la temperatura es mucho menos significativo. Los datos de retención total no son directamente comparables entre sí debido a la

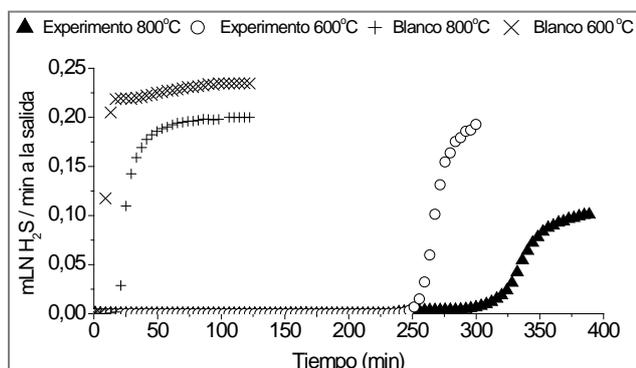


Fig. 1. Curva de ruptura del H₂S para el gas seco.

distinta duración de los experimentos, pero si se comparan los resultados esperados con los reales se observa una importante diferencia, siendo los primeros bastante mayores que los segundos. Esto significa que no todo el azufre alimentado con el H₂S se ha retenido en forma de sulfuro metálico, sino que se ha convertido en otros compuestos gaseosos no detectados por el micro-cromatógrafo. Realizando simulaciones del equilibrio químico (con el software HSC Chemistry® 6.1) que se establece entre el CaCO₃ y el Fe₃O₄ (especies detectadas en las cenizas de los lodos por difracción de rayos X) y la mezcla H₂S/N₂ (tanto seca como húmeda) se ha observado una importante formación de SO₂ debido a la reducción de las especies metálicas. La mayor formación teórica de SO₂ se encontró para el caso del gas húmedo a 800 °C, lo que explicaría la escasa presencia de azufre detectada en el sólido experimentalmente.

Conclusiones

Las cenizas procedentes de la combustión de lodos de depuradora pueden ser un material adecuado para la eliminación de H₂S de un gas seco a alta temperatura (600-800 °C), pudiendo alcanzar una retención de azufre superior a 50 mg S/g ceniza hasta el tiempo de ruptura (% vol. de H₂S < 0,01%).

Referencias

- [1]. RULKENS, W. Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: Overview and assessment of the various options. *Energy & Fuels*. 2008, 22 (1), 9-15.
- [2]. WESTMORELAND, P.R. and HARRISON, D.P. Evaluation of candidate solids for high-temperature desulfurization of low-btu gases. *Environmental Science & Technology*. 1976, 10 (7), 659-661.

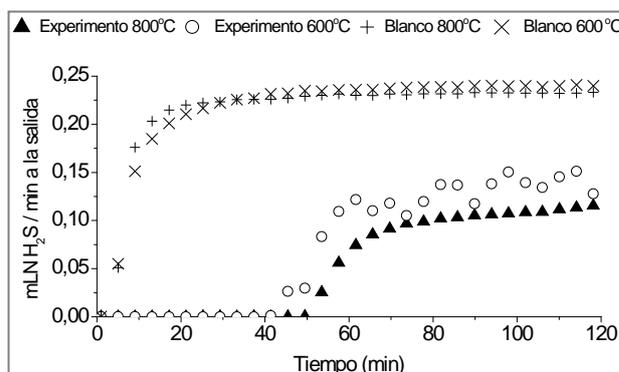


Fig. 2. Curva de ruptura del H₂S para el gas húmedo.