

Aprovechamiento de siloxanos removidos de procesos industriales

Lizett Bonifaz, Adrián Serna, Rolando Bosque y Juan Alanís
Tecnológico de Monterrey, México, liz.ve96@gmail.com, aserna95@gmail.com, rolando_bosque@hotmail.com,
juanm.alanism@gmail.com

Mentor: Darinka Ramírez, PHD
Tecnológico de Monterrey, México, darinka@itesm.mx

Abstract— Durante la producción de energía eléctrica en plantas que aprovechan el biogás resultante de la descomposición de basura mediante su confinamiento, es necesario remover los siloxanos que están mezclados con el metano antes de ser procesado el gas por los motores. Estos compuestos, al estar expuestos a altas temperaturas se cristalizan y dañan los motogeneradores. Actualmente las empresas que producen biogás utilizan carbón activado para removerlos pero estos se desechan sin ser aprovechados. El objetivo del presente artículo es analizar y discutir posibles tratamientos para los siloxanos, con el fin de aprovechar el amplio campo de usos que este desecho tiene.

Palabras clave—biogás, siloxanos, sílice, aprovechamiento, procesos

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería sustentable se apoya en el uso eficiente de la energía, el manejo de emisiones, el reciclaje y el resuo del agua y residuos (ITESM, 2015). Para el desarrollo del presente escrito, se analizó una planta productora y extractora de biogás, a partir del confinamiento de desechos y su posterior descomposición. El gas extraído es una mezcla de 55% CH₄, 35% CO₂, <5% H₂, <5% O₂, 1.1% CHS, <2% H₂S y componentes traza compuestos de bencenos, toluenos, bisulfatos y siloxanos.

Los siloxanos pasan por un proceso de filtrado aparte y son separados en forma de arena sílica y regresados a la celda de confinamiento; es necesario removerlos porque perjudican el proceso de producción de energía e implican costos para la empresa. Los siloxanos producen daños en los motogeneradores y disminuyen su porcentaje de eficiencia, a su vez son un gasto innecesario al tener que invertir en mantenimiento con frecuencia o en el peor escenario causan la falla total del motor.

Actualmente estos óxidos de silicio son desperdicio del proceso, sin embargo este material puede ser utilizado en diferentes industrias, por esta razón a lo largo del artículo se propondrán tres posibles industrias que utilizan el sílice como materia prima y de esta forma hacer aún más eficiente y útil la producción de biogás.

II. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS SILOXANOS EXTRAÍDOS

Los siloxanos son compuestos a base de silicio y oxígeno, los cuales forman enlaces fuertes y estables debido a la gran diferencia de electronegatividades entre sí. Tienen una amplia

abundancia en la naturaleza, ya que tienen la capacidad de crear una capa externa de compuestos orgánicos. Debido a lo anterior, son muchos los diferentes compuestos que se forman a base de estas cadenas silícicas; estos se pueden encontrar como aceites, resinas, elastómeros o sólidos. En el caso del biogás, los siloxanos volátiles se mezclan con el metano pero no se remueven en el primer filtro pues están en estado gaseoso, estos alcanzan a pasar por el quemador y al estar expuestos a tan altas temperaturas (600 °C) se cristalizan y se extraen del proceso por medio de carbón activado; este se usa principalmente por ser el más efectivo y económico hasta el momento. Los siloxanos salen de la torre de remoción en forma de arena sílica, con una composición química y física parecida a la del vidrio (Ortega, 2009).

De no ser atendidos, estos entran al motor, y al ser sujetos a presión y calor alto, resultan en los siguientes compuestos (Schweigkofler, 2001):

- Trimetilsilanol
- Hexametilciclotrisiloxano (D3)
- Octametilciclotetrasiloxano (D4)
- Decametilciclopentasiloxano (D5)
- Dodecametilciclohexasiloxano (D6)
- Tetrametilsiloxano
- Pentametildisiloxano
- Hexametildisiloxano (L2)
- Octametiltrisiloxano (L3)
- Decametiltetrasiloxano (L4)

II. DISCUSIÓN DE TRATAMIENTOS VIABLES PARA EL SÍLICE

Los siloxanos siempre serán removidos de dicho proceso por su naturaleza abrasiva; por ende, su aprovechamiento sólo presenta beneficios agregados al proceso del biogás. Con el objeto de darle un uso a estos siloxanos, de tal manera que no sean sólo un desecho del proceso, se enlistan en seguida diferentes tratamientos de estos.

A. Producción de vidrio

El proceso para la elaboración de vidrio utiliza como principal materia prima el sílice o arena sílica, teniendo más del 60% de la composición, pues tiene la característica de un elevado punto de fusión, aproximadamente 2000°C. Esta se somete en un reactor de fusión mezclada con carbonato de

sodio (con el fin de disminuir el punto de fusión), además de óxidos metálicos secos ya sea granulados o pulverizados, como óxido de aluminio, magnesio o calcio. Dentro del reactor se fusionan transformándose en un líquido viscoso, el cual es sometido a un incremento de temperatura de aproximadamente 1000 °C; a esta elevada temperatura la masa se torna transparente y homogénea. Saliendo del reactor el vidrio obtiene la rigidez que permite manipularlo con facilidad para darle cualquier forma desea. Para terminar el proceso el vidrio se va controlando la temperatura de enfriamiento para así evitar la desvitrificación o cristalización.

B. Producción de filtros de agua

La arena sílica es reconocida por su eficiencia en la industria de purificación y filtrado, este compuesto es utilizado en los filtros que potabilizan y limpian el agua puesto que la arena sílica posee características únicas como dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad y piroelectricidad que aseguran una depuración apropiada. El filtro de arena de sílice también conocido como filtro mecánico, es un tipo de equipo de filtración de agua utilizado principalmente para eliminar impurezas granulares, sólidos en suspensión, coloides y otras sustancias en el agua.

C. Producción de mortero

La arena de sílice también se puede utilizar para la creación de morteros. Un mortero sirve como aditivo para pegar elementos de construcción como ladrillos o piedras, tiene utilidades parecidas a las del cemento. La arena de sílice entra en el proceso de creación del mortero cuando se mezclan y trituran distintas arenas granuladas. Para después pasar a una cisterna neumática y en base al mortero que se desea producir se le agregan diferentes materias primas.

III. DESVENTAJAS DE LOS SILOXANOS

Si a los siloxanos que salen como desecho en este proceso, no se les da un tratamiento y se desechan, como se hace actualmente, se corren los siguientes riesgos.

A. Contaminación al medio ambiente

Los compuestos a base de óxido de silicio, usualmente no son agentes contaminantes al medio ambiente, pues en la atmósfera suelen descomponerse en silicio, dióxido de carbono y agua, sin embargo al estar en su estado sólido no se volatilizan de manera fácil (Wang, 2009). El sílice, como se menciona anteriormente, tiene propiedades parecidas a las del vidrio, y al ser desechado puede llegar a caer en lugares no deseados, donde ocasionen acumulaciones y estancamiento de fluidos.

B. Daños en la salud

La arena sílica, está formada por partículas físicamente muy pequeñas, las cuales pueden ser inhaladas con facilidad. A lo largo del tiempo estas partículas pueden llegar a los pulmones, ocasionando graves lesiones, pues actúan como

pequeños vidrios, de manera similar al asbesto. A esta enfermedad se le conoce como silicosis, la cual no tiene cura, sólo tratamientos. Normalmente, ésta es padecida por trabajadores que tienen un contacto frecuente con estos compuestos; otra enfermedad de posible desarrollo es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y es posible mencionar que se ha encontrado vínculo con otras enfermedades incluyendo la disfunción renal y ciertos tipos de cáncer. En 1996 la Organización Mundial de la Salud, (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer), declaró a los cristales de sílice como cancerígenos, esto fue reafirmado el 2009.

III. DISCUSIÓN DE ALTERNATIVAS

Como se mencionó en el artículo, los siloxanos son altamente abrasivos y perjudican gravemente el proceso para la obtención del biogás, por lo que ya se han aplicado soluciones para removerlos. Con el fin de proponer un tratamiento posterior a estos compuestos desechados, se analizaron tres industrias que requieren este material como materia prima, entre estas, la industria del vidrio, de filtros de agua y de mortero.

Los siloxanos pueden ser muy beneficiosos al no ser peligrosos ni contaminantes en la atmósfera (en su estado volátil), sin embargo pueden ser muy perjudiciales si llegasen a aguas residuales. Estos compuestos producirían una inevitable acumulación en vertederos y depuradores, en donde sí se les consideran contaminantes complicados de controlar, además de estar relacionados con el deterioro prematuro de motores, lo cual tiene más implicaciones al medio ambiente de las aparentes puesto que motores inservibles son basura y desperdicio. Un motor de combustión interna ineficiente tiene elevadas posibilidades de aportar más contaminantes que uno en óptimo estado. Por otro lado al estar en constante contacto con la arena sílica, puede ocasionar silicosis, enfermedad incurable en los pulmones.

Por los anteriores entre otros posibles daños, se les debe dar un tratamiento a estos residuos de sílice que son extraídos para que puedan ser útiles en diversas industrias.

En la otra mano, los siloxanos también afectan otras industrias como la de tratamiento de aguas residuales, ya que el agua tratada contiene altos niveles de estos dos compuestos de siloxanos: octametilclotetrasiloxano (D4) y decametilclopentasiloxano (D5). Estos dos compuestos se encuentran generalmente por la crema, el jabón y el shampoo que desecha la gente al drenaje.

IV. ESTUDIOS POSTERIORES

Este artículo es la primera parte de nuestro estudio; la siguiente consiste de hacer pruebas en empresas y crear fórmulas para representar el aprovechamiento que se puede hacer, tomando en cuenta las instalaciones o modificaciones que tendrían que efectuarse.

III. CONCLUSIÓN

Con esta investigación de una serie de referencias, se identifican usos viables para los siloxanos, los cuales apoyan los ejes de la ingeniería sustentable. Específicamente, se ven alternativas en las áreas de producción de vidrio, filtros de agua y morteros, los cuales harán a procesos más eficientes y útiles. Damos agradecimiento al ITESM y a nuestra maestra Darinka Ramírez dado que en nuestro curso de Termodinámica obtuvimos la inspiración para escribir este extended abstract.

REFERENCIAS

- 1) Doublein, D., & Steinhauer, A. (2011). *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. John Wiley & Sons.
- 2) Dewil, R., Appels, L., & Baeyens, J. (2006). Energy use of biogas hampered by the presence of siloxanes. *Energy Conversion and Management*, 47(13), 1711-1722.
- 3) Hagmann, M., Heimbrand, E., & Hentschel, P. (2002). Determination of siloxanes in biogas from landfills and sewage treatment plants. *SÖFW-journal*, 128(8), 3-7.
- 4) ITESM. (2015). Ingeniero en Desarrollo Sustentable. Obtenido de <http://www.itesm.mx>.
- 5) Schweigkofler, M., & Niessner, R. (2001). Removal of siloxanes in biogases. *Journal of hazardous materials*, 83(3), 183-196.
- 6) Ortega, D. R., & Subrenat, A. (2009). Siloxane treatment by adsorption into porous materials. *Environmental technology*, 30(10), 1073-1083.
- 7) Toya, T., Kameshima, Y., Yasumori, A., & Okada, K. (2004). Preparation and properties of glass-ceramics from wastes (Kira) of silica sand and kaolin clay refining. *Journal Of The European Ceramic Society*, 24(2367-2372). doi:10.1016/S0955-2219(03)00628-9
- 8) Wang, R., Koniecki, D., Moody, R., & Zhu, J. (2009). Low molecular weight cyclic volatile methylsiloxanes in cosmetic products sold in Canada: Implication for dermal exposure. *Environment International*, 35(6), 900-904.
- 9) Wellinger, A., Murphy, J. D., & Baxter, D. (Eds.). (2013). *The biogas handbook: science, production and applications*. Elsevier.