

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN E AEROGEL DE ARCILLA/POLÍMERO

Laura Montalbán^{1,2}, Miguel Sánchez - Soto^{1*}, María Virginia Candal²

1: Centre Català del Plàstic, Universitat Politècnica de Catalunya, c/ Colom 114, 08222-Terrassa, Barcelona, España.

2: Universidad Simón Bolívar, Departamento de Mecánica, Sección de Polímeros, Apartado 89000, Caracas 1080-A, Venezuela.

* e-mail: m.sanchez-soto@upc.edu

RESUMEN

El principal objetivo de este estudio fue la fabricación de aerogel de arcilla/polímero a partir de montmorillonita (MMT-Na⁺) y un polímero biodegradable (Polivinil alcohol PVOH) los cuales se esperan que puedan sustituir en el mercado a las espumas poliméricas convencionales (Poliestireno (PS) expandido o Poliuretano (PU)) en aplicaciones para aislamiento térmico, resistencia mecánica al impacto (embalajes) y construcción. Se estudió, además, el efecto de agregar agentes retardantes a la llama sobre las formulaciones preparadas. Los aerogel de MMT-Na⁺/PVOH poseen propiedades mecánicas (compresión e impacto) y térmicas similares a las del PUR.

Palabras Claves: Aerogel, arcilla, Polivinil alcohol, Montmorillonita.

ABSTRACT

The major objective of this the study was the fabrication of clay/polymer aerogel from montmorillonite (MMT-Na⁺) and a biodegradable polymer (Polyvinyl alcohol PVOH) which are expected to be replaced in the market for conventional polymeric foams (expanded Polystyrene (PS) or Polyurethane (PU)) in thermal isolation, impact resistance (packaging) and construction applications. Moreover, the effect of adding flame retardant agents for the formulations prepared were studied. MMT-Na⁺/PVOH aerogel have mechanical properties (compression and impact) and thermal properties similar to PUR.

Keywords: Aerogel, Clay, Polivynil alcohol, Montmorillonite.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, ha crecido la preocupación por el impacto producido por las actividades industriales y los polímeros en el ecosistema. Debido a esto, se están buscando formas de producir nuevos materiales poliméricos de baja densidad que sean amigables con el medio ambiente, a través de procesos limpios y más ecológicos. Una novedosa alternativa, basada en los nanocompuestos, la constituyen los aerogel de arcilla/polímero, producidos a partir de la liofilización de geles de arcilla esmécticas y cuyas densidades se encuentran entre los 0,01 – 0,15 g/cm³.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Los materiales empleados fueron montmorillonita (MMT-Na⁺) grado polímero de Nanocor Inc, PVOH hidrolizado (98 – 99%) de Sigma Aldrich de Mw = 31000 – 50000 g/mol y retardantes a la llama: polifosfatos de amonio (APP), hidróxido de aluminio (Al(OH)₃) y permanganato de potasio (KMnO₄).

Se realizaron mezclas arcilla/PVOH (2,5/5, 2,5/2,5, 5/2,5, 5/5) modificando las composiciones porcentuales de los mismos; posteriormente, se agregaron compuestos retardantes a la llama realizando mezclas con las siguientes proporciones: PVOH=5%, MMT=3-5%, KMnO₄=0,5%, Al(OH)₃=2-3-5%, Budit 3079=2% y Budit 3167=2%. El primer paso para la fabricación de los aerogel consistió en la disolución de PVOH en agua a 80°C. Simultáneamente, se preparó un gel de arcilla mediante la dispersión de la MMT-Na⁺ en agua con un agitador de alta velocidad. Luego, se incorporó la solución acuosa de PVOH en el gel de arcilla agitando a baja velocidad. La mezcla se transfirió a los moldes correspondientes donde se enfriaron en un baño de etanol a -80°C y se liofilizó por 4 días. Las probetas obtenidas fueron caracterizadas a través de microscopía electrónica de barrido y se sometieron a ensayos de compresión, impacto instrumentado y análisis termogravimétrico (TGA).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

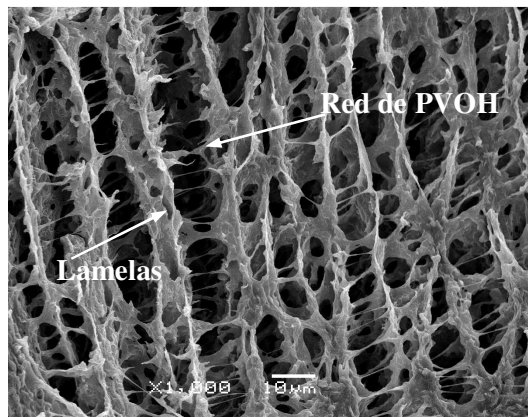


Figura 1. Microestructura de aerogel de arcilla/PVOH.

Los aerogeles de arcilla/PVOH presentaron una morfología lamelar producto del apilamiento de las láminas de MMT y su posterior orientación en dirección del crecimiento de los cristales de hielo. Estas lamelas se encuentran organizadas en una estructura de casa de cartas recubierta por una extensa red de polímero. Esto es posible, debido a la alta interacción del PVOH con la MMT mediante la formación de puentes de hidrógeno (Figura 1) ^[1]. Al medir las propiedades mecánicas de las mezclas se encontró que a mayores cantidades de PVOH se reportó un aumento en el módulo a compresión de hasta un 580%, debido a la acción reforzante de la extensa red de polímero, la cual permite transferir de una manera más eficiente el esfuerzo aplicado ^[2]. A mayor cantidad de arcilla se registró un aumento en el módulo de hasta un 470% producto del incremento de las interacciones interfaciales entre el PVOH y la MMT y la disminución de la movilidad de las cadenas ^[3].

Los aerogeles de arcilla/PVOH sometidos a impacto registraron una mayor absorción de energía con el aumento en la cantidad de PVOH, debido a la disipación cooperativa entre la red interconectada de polímero y la MMT. De la misma manera, para las composiciones con menores contenidos en polímero, el aumento de arcilla no afectó considerablemente las propiedades mecánicas al impacto. Sin embargo, a mayores concentraciones de PVOH, el aumento en la cantidad de MMT incrementó la resistencia al impacto de los aerogeles.

Finalmente, se pudo fabricar una composición de aerogel de arcilla/PVOH con un módulo a compresión (2 MPa) y energía absorbida similar al del PS expandido. No obstante, la diferencia entre la densidad del aerogel ($0,16 \text{ g/cm}^3$) y el PS expandido ($0,02 \text{ g/cm}^3$) limita su uso en aplicaciones como embalajes. A pesar de esto, las propiedades de los aerogeles de arcilla/PVOH pueden ser comparadas con las del PU rígido cuya densidad puede llegar a los $0,16 \text{ g/cm}^3$ y posee una resistencia a la compresión similar a las de estos materiales compuestos (880 KPa). Los aerogeles de arcilla/PVOH podrían sustituir al PUR. Por otro lado, la pérdida en peso de los aerogeles de arcilla/PVOH modificados con APP es más lenta en comparación con los aerogeles puros correspondientes. Esto se debe al efecto físico de intumescencia, el cual se caracteriza por la formación de una capa carbonizada, la cual se infla y protege al polímero de los gases que puedan alimentar la llama. Las composiciones modificadas con $\text{Al}(\text{OH})_3$ también mejoraron su estabilidad térmica hasta 600°C producto de la descomposición de este compuesto en H_2O y Al_2O_3 , los cuales diluyeron los gases combustibles y formaron una barrera para evitar la degradación del polímero.

Sin embargo, las formulaciones que contenían KMnO_4 no presentaron un cambio considerable en cuanto a su descomposición térmica con respecto a los aerogeles sin agentes retardantes a la llama ^[4]. Los aerogeles modificados con BUDIT presentaron un proceso de combustión más lento que se extiende hasta 700°C , en comparación con el del PS expandido (450°C). Finalmente, la pérdida en peso de estos materiales compuestos es comparable con la del PUR.

4. REFERENCIAS

- [1]. Gawryla M, Schiraldi D. *Macromolecular Journals*. 2009; 24: 1383–1393.
- [2]. Tjong SC. *Materials Science and Engineering*. 2006; 53: 73–197.
- [3]. Johnson J, Spikowsky J, Schiraldi D. *Applied Materials and Interfaces*. 2009; 1(6): 1305 – 1309.
- [4]. Troitzsht J. *Plastics flammability handbook*, Hanser Publishers., 2004, p. 133 – 137.