



DESARROLLO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS CON CAPACIDAD DE ABSORBER ONDAS DE RADIOFRECUENCIA

Ana L. Grafia^{(1)*}, Marcelo Peruzzi⁽²⁾ y Silvia E. Barbosa⁽¹⁾

(1) Planta Piloto de Ingeniería Química, UNS-CONICET, La Carrindanga km 7, CP: 8000, Bahía Blanca, Argentina.

(2) Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, UNS, Av. Alem 1253, CP: 8000, Bahía Blanca, Argentina.

** Correo Electrónico (autor de contacto): agrafia@plapiqui.edu.ar*

El objetivo de este trabajo es desarrollar películas plásticas absorbentes de ondas de radiofrecuencia por recubrimiento de las películas con partículas de grafito utilizando un proceso libre de adhesivos y escalable industrialmente. Se analizan la morfología superficial y el comportamiento electromagnético de las películas resultantes. Las películas modificadas presentan un muy alto grado de cubrimiento y buena performance respecto de la absorción electromagnética, resultado muy promisorio para su aplicación como absorbentes de ondas de radiofrecuencia.

La necesidad de materiales absorbentes de radiación de microondas es cada vez mayor tanto en aplicaciones militares como civiles. La reducción de la capacidad de detección por radar de objetivos como aeronaves, barcos y tanques es una de las principales aplicaciones militares [1]. En tanto que, teniendo en cuenta el crecimiento en los niveles de radiación provenientes de dispositivos electrónicos de uso masivo (computadoras, teléfonos celulares, GPS, televisores inteligentes, etc.), la necesidad de este tipo de materiales en la vida diaria cobra cada vez mayor importancia. Una de las sustancias absorbentes de microondas más simple y abundante en la naturaleza es el grafito [2]. Durante la segunda guerra mundial se utilizaron escamas de grafito en las paredes de los aviones para evitar ser detectados por radares. Actualmente, el grafito sigue siendo un material absorbente preferente tanto por los avances en las modificaciones del propio material (síntesis, óxidos, nanotubos), como por la ampliación en sus usos y aplicaciones [3]. Por otro lado, los materiales plásticos sirven de soportes livianos, versátiles y de bajo costo, de substancias en polvo como el grafito [4]. Particularmente, la utilización de películas de poliolefinas como matriz ofrece las ventajas de adaptarse muy fácilmente en aplicaciones como fundas, cobertores o escafandras a una gran variedad de objetos.

El objetivo de este trabajo es desarrollar películas plásticas absorbentes de ondas de radiofrecuencia por recubrimiento de las películas con partículas de grafito utilizando un proceso libre de adhesivos y escalable industrialmente. Se analizan la morfología superficial y el comportamiento electromagnético de las películas resultantes. Se estudia además el efecto de un postproceso tendiente a alisar las partículas superficiales.

Las películas se obtuvieron por modificación superficial de películas de polietileno (PE) utilizando un sistema de rodillos que presionan una carga de grafito en polvo sobre la cara superficial de la película ablandada por calor, lo que podría asimilarse a escala industrial a los sistemas de calandrado de películas. Todas las películas fueron sometidas a un intenso barrido con aire a presión, de modo tal de remover toda partícula de grafito no adherida a la superficie (PEgrafito) y una parte de las mismas fueron tratadas, además, con papel tissue friccionando la superficie y logrando un aparente alisado. La morfología superficial de las materias primas y las películas modificadas se analizó comparativamente utilizando microscopía electrónica de barrido en un equipo JEOL-35 CF.

Para evaluar las características electromagnéticas de la película recubierta de grafito se hicieron ensayos para determinar su impedancia superficial en frecuencias en la banda de Frecuencias Medias (Medium Frequency 300 KHz-3MHz) y en frecuencias más altas, correspondientes a las bandas de UHF y SHF (Ultra High Frequency 300 MHz-3 GHz, Super High Frequency 3 GHz-30 GHz). En bajas frecuencias la impedancia superficial se determinó por medición directa de la impedancia de una porción de película según:

$$R_s = R_{medida} \frac{\text{ancho}}{\text{largo}} .$$

La impedancia se midió con medidor de LCR marca Agilent, modelo E4980, que opera entre 20 Hz y 2 MHz de frecuencia máxima. Se midieron más de 10 porciones rectangulares de 80 milímetros de largo y 20 milímetros de ancho de PEgrafito y PEgrafito-alisada. Para asegurar un buen contacto entre la muestra y los terminales del medidor se utilizó un accesorio Agilent 160E47 que posee dos mordazas planas de 30 milímetros de ancho.

En el ensayo de alta frecuencia se utilizó un procedimiento indirecto basado en la medición de los coeficientes de transmisión y reflexión generados por la muestra cuando se la inserta dentro de una línea de transmisión [5]. Como línea de transmisión se utilizó un accesorio construido con dos conductores cilíndricos concéntricos, de 50 milímetros de largo y diámetros de 3,12 y 7,32 milímetros y un par de conectores tipo SMA hembra en cada extremo (impedancia característica de 50 Ohms). Los coeficientes de transmisión y reflexión se calcularon a partir de las mediciones de los parámetros Scattering (S_{11} , S_{21} y S_{22}) del receptáculo coaxial, con y sin muestras del material, y considerando que el espesor de la muestra es despreciable comparado con la longitud de onda dentro del coaxial.

Para la medición de los parámetros S se utilizó un analizador vectorial de señales marca Rohde & Schwarz, modelo ZVA 24 (4 puertos 10 MHz a 24 GHz), calibrado previamente con su kit ZVA52, y se tomaron 200 muestras de los parámetros S entre 1 y 9 GHz. Primero se midió el accesorio vacío, y luego se realizaron mediciones correspondientes de 10, 15 y 20 capas de PEgrafito-alisada.

En la Figura 1 se observan las morfologías superficiales de las materias primas (grafito y PE) y las películas recubiertas con y sin alisado. Las diferencias entre ellas son notorias, mientras que las partículas de grafito se presentan en cúmulos, sobre las películas recubiertas se aprecian con forma de láminas, con dos dimensiones ampliamente superiores a la tercera y las películas de PE, con superficie lisa como se espera. A su vez, la superficie de PEgrafito-alisada y se diferencias de las PEgrafito en principio, por el tamaño de los segmentos de partículas que pueden distinguirse por los bordes claros, pareciera un cubrimiento más compacto con mayor contacto partícula-partícula. Esto último se confirma al comparar las micrografías de la superficie de fractura criogénica de ambas películas (Figura 2) donde se observa una notoria disminución del espesor del recubrimiento producto de la compactación producida durante el alisado.

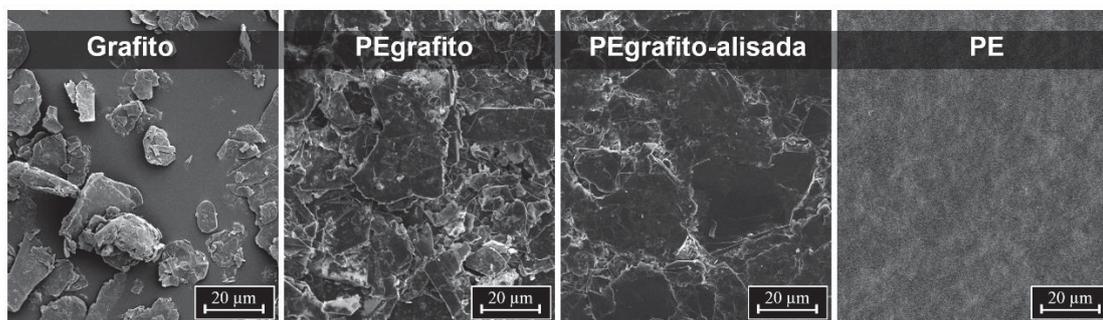


Figura 1: SEM de grafito en polvo, de la superficie de las películas recubiertas y de la de PE.

Los resultados de la respuesta electromagnética de las películas recubiertas a baja frecuencia se resumen en la tabla 1. Vale aclarar que los valores de las películas de PE estaban fuera del rango del equipo de medición. Tanto la resistencia y como la reactancia de PEgrafito-lisada son un orden de magnitud menores a PEgrafito, evidenciando, además de una importante mejora respecto al PE original, el beneficioso efecto del tratamiento de alisado.

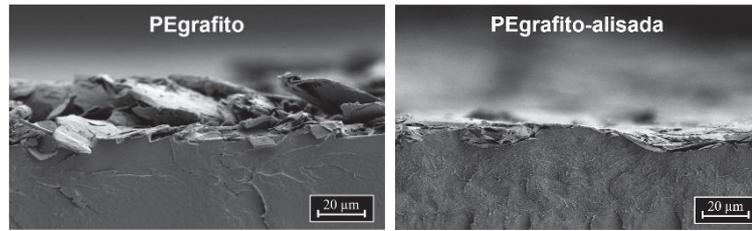


Figura 2: SEM de la superficie de fractura criogénica de las películas recubiertas antes y después del alisado.

Material	PEgrafito	PEgrafito-alisada
R [KOhms/Sq]	$2,66 \pm 1,31$	$0,11 \pm 0,04$
X [KOhms/Sq]		$0,10 \pm 0,05$

Tabla 1: Valores promedios de la impedancia superficial de las películas recubiertas antes y después del alisado.

En la Figura 3 se muestran las curvas de resistencia y reactancia superficial en función de la frecuencia obtenidas a partir de las mediciones. Como se puede observar en esas curvas en la banda UHF la impedancia superficial sigue teniendo un comportamiento capacitivo. Es preciso mencionar que estos valores corresponden a muestras del material dispuesto en capas contiguas (eléctricamente en paralelo) de tal manera que para comparar los resultados con las mediciones directas (a frecuencias medias), se deben multiplicar esos valores por el número de capas.

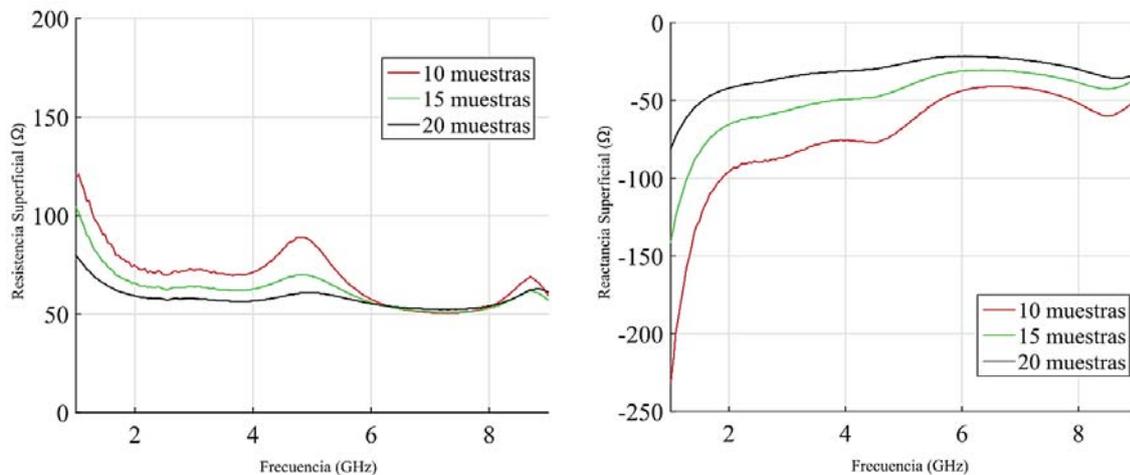


Figura 3: Resistencia y Reactancia superficial en función de la frecuencia.

Las películas modificadas presentan un muy alto grado de cubrimiento y buena performance respecto de la absorción electromagnética cuando son tratadas con un alisado superficial, resultado muy promisorio para su aplicación como absorbentes de ondas de radiofrecuencia.

Referencias

- [1] Saville, P. (2005). Review of radar absorbing materials (No. DRDC-TM-2005-003). DEFENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT ATLANTIC DARTMOUTH (CANADA).
- [2] Fan, Y., Yang, H., Li, M., & Zou, G. (2009). Evaluation of the microwave absorption property of flake graphite. *Materials Chemistry and Physics*, 115(2-3), 696-698.
- [3] Xie, W., Zhu, X., Yi, S., Kuang, J., Cheng, H., Tang, W., & Deng, Y. (2016). Electromagnetic absorption properties of natural microcrystalline graphite. *Materials & Design*, 90, 38-46.
- [4] Qin, F., & Brosseau, C. (2012). A review and analysis of microwave absorption in polymer composites filled with carbonaceous particles. *Journal of applied physics*, 111(6), 4.
- [5] L. F. Chen, C.K. Ong, C.P. Neo, V.V. Varadan and V.K. Varadan, *Microwave electronics: measurement and materials characterization*, 2004, John Wiley and Sons, Inc.