

“Estudio del comportamiento susceptible de microondas de nanotubos de carbono y grafeno multicapa para su aplicación en el calentamiento de polímeros”

Begoña Galindo Galiana

El objetivo de la presente Tesis Doctoral consiste en el desarrollo de nanocompuestos de polipropileno (PP) capaces de ser calentados y procesados de manera efectiva mediante radiación microondas. Los polímeros apolares como el polipropileno son transparentes a la radiación microondas. Con el fin de aumentar la capacidad del polipropileno para absorber radiación microondas se emplearon dos tipos de nanopartículas carbonosas: nanotubos de carbono (NTC) y grafeno multicapa (GMC). Las nanopartículas se incorporaron en la matriz de polipropileno por mezclado en fundido en extrusora co-rotativa de doble husillo.

La primera fase del experimental consistió en evaluar la influencia de las condiciones de procesado en la dispersión de las nanopartículas susceptibles dentro de la matriz de polipropileno (PP). La dispersión fue evaluada en base a la morfología y propiedades reológicas de los nanocompuestos con un contenido del 1% en peso de NTC y GMC. De esta primera fase se seleccionaron las condiciones de procesado más adecuadas para los sistemas PP/GMC y PP/NTC, y que para ambos sistemas se basaron en la incorporación de las nanopartículas mediante dilución de un masterbatch, el empleo de una configuración de husillo de alta cizalla y la aplicación de velocidades de extrusión altas (800 rpm).

Los estudios llevados a cabo en los sistemas nanocompuestos PP/NTC y PP/GMC preparados en las condiciones seleccionadas mostraron un aumento de la rigidez mecánica y de la estabilidad térmica con el incremento del contenido de nanocarga. Se obtuvo un aumento del módulo de almacenamiento del 125% para ambos sistemas con un porcentaje de aditivación en peso del 1%.

El GMC mostró un efecto lubricante semejante al grafito cuando se incorporó en bajos porcentajes. Las curvas reológicas mostraron una disminución de la viscosidad de los nanocompuestos con respecto al PP virgen.

Del análisis de las propiedades eléctricas y dieléctricas se determinó que el límite de percolación eléctrica para los nanocompuestos de PP/NTC se encuentra alrededor del 1% de NTC, mientras que para los nanocompuestos PP/GMC este límite está alrededor del 10% de GMC (obteniendo un valor de 10^{-6} S/cm). Todos los nanocompuestos de NTC mostraron un comportamiento semiconductor, con valores de conductividad volumétrica situados en un rango de $[10^{-1} - 10^{-6}]$ S/cm según el contenido de NTC.

Los nanocompuestos de NTC mostraron un aumento de la constante dieléctrica y del factor de pérdidas con el contenido de NTC. Por lo tanto, los nanocompuestos basados en NTC son capaces de absorber radiación microondas y transformar esta energía en calor. Sin embargo, las propiedades dieléctricas del GMC fueron muy bajas y apenas aumentaron con el contenido de GMC.

Se estudió la influencia del grado de dispersión en la efectividad de calentamiento por microondas de los diferentes sistemas nanocompuestos desarrollados con 1% de GMC y NTC. Los nanocompuestos PP/ GMC no reflejaron ningún comportamiento susceptible de radiación microondas con contenidos de GMC del 1% en peso. Sin embargo, los nanocompuestos con 1% de NTC (alrededor del umbral de percolación) aumentaron la temperatura al someterse a radiación microondas. El grado de dispersión de los NTC en la matriz de PP mostró ser un factor de gran influencia, pudiendo aumentar la temperatura de calentamiento en un 230% al variar las condiciones de procesado del nanocompuesto.

Los valores de temperatura registrados durante el calentamiento por microondas de nanocompuestos PP/NTC con altos porcentajes de carga mostraron una gran disparidad, debido a la presencia de un mayor número de aglomerados que actúan como "hot spots" o puntos calientes. Sin embargo, los nanocompuestos con 1% de NTC mostraron un calentamiento mucho más homogéneo

Por ello, en la fase última de este trabajo se seleccionó el nanocompuesto PP/NTC con 1% carga para el desarrollo de un prototipo fabricado mediante calentamiento por microondas, con el fin de validar tanto el nanocompuesto susceptible, como la técnica de calentamiento. Se fabricó de forma exitosa una espinillera para protección deportiva a partir de polímeros auto-reforzados (PP reforzado con fibras de PP+1%NTC) en la que el nanocompuesto susceptible actuaba también de refuerzo mecánico.