

# **RESISTENCIA AL DESGASTE DE RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS CON CARGAS NANOMÉTRICAS**

**M.P. Gómez-Tena, V. Sanz, J. Gilabert, J. González**

<sup>(1)</sup> Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE). Universitat Jaume I. Castellón. España.  
[pilar.gomez@itc.uji.es](mailto:pilar.gomez@itc.uji.es)

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

Los compuestos orgánicos polimerizados por la acción de la radiación ultravioleta se utilizan como recubrimientos para la protección de materiales de diversa naturaleza, mejorando el comportamiento **tribológico** de la superficie de estos materiales (mejora del desgaste). Sin embargo, algunas aplicaciones requieren mejorar aún más dicha resistencia al desgaste, por lo que se ha tratado de incorporar cargas de naturaleza inorgánica a los compuestos orgánicos, obteniendo de esta forma, los materiales, comúnmente conocidos como composites [1]. En los últimos años, con el fin de obtener recubrimientos transparentes y con mejores prestaciones, estas cargas inorgánicas se han ido substituyendo por cargas de tamaño nanométrico, dando lugar a los denominados nano-composites.

El objetivo del presente trabajo es la puesta a punto de una nueva metodología de ensayo capaz de predecir el comportamiento tribológico durante el uso de **recubrimientos nanocomposite** protectores de bajo espesor, que consiste en acoplar un tribómetro **pin-on-disc** a un equipo de micro-indentación con el objetivo de disminuir las cargas aplicadas y la profundidad de surco generada sobre los recubrimientos. Asimismo, se ha abordado el estudio de la influencia del porcentaje de cargas nanométricas presentes en dichos recubrimientos, sobre su resistencia al desgaste. Asimismo se han correlacionado con sus propiedades mecánicas tales como la dureza, el módulo de elasticidad, el módulo de fragilidad y la deformación plástica [2] con dicho comportamiento.

## 2. MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Los **nanocomposites** preparados en este estudio fueron obtenidos a partir de mezclas formadas por fotoiniciador, monómero acrilado y oligómero acrilado (relación 70/27/3), empleando distintos aditivos con la finalidad de mejorar el comportamiento reológico, la aplicación y el envejecimiento de las composiciones preparadas. Distintos porcentajes de alúmina micrométrica comprendidos entre 5 y 20% fueron añadidos a la matriz original para determinar la influencia de la carga inorgánica sobre el comportamiento tribológico.

Los recubrimientos se depositaron sobre sustrato de vidrio mediante una barra aplicadora de 60  $\mu\text{m}$ , sometándose a un proceso de polimerización (curado) mediante una lámpara UV equipada de un bulbo de mercurio. La potencia empleada fue de 160W/cm y la velocidad de paso fue de 15 m/min. Estas condiciones experimentales de trabajo aseguraron una completa reticulación de los recubrimientos poliméricos.

Los ensayos de desgaste se realizaron con un **microindentador** Nanotest de Micromaterials al que se acopló un accesorio para realizar ensayos de pin-on-disc, con un indentador cónico tipo Rockwell de 25  $\mu\text{m}$  de radio. La carga aplicada fue de 500 mN con una velocidad de giro de 120 rpm durante 30 minutos. El equipamiento permitió registrar los valores de profundidad en función del tiempo y la carga aplicada.

### 3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la figura 2 se muestra la evolución del desgaste superficial del recubrimiento nanocomposite producido por el microtribómetro pin-on-disc en función del porcentaje de carga de nanopartículas adicionada a la matriz original.

En la tabla 1 se muestran los datos de velocidad específica de desgaste, calculada a partir de las pendientes de los gráficos representados en la figura 1 junto con las propiedades mecánicas características de cada material (la dureza, módulo de elasticidad, índice de fragilidad y deformación plástica).

Estos últimos parámetros se han calculado con el objetivo de poder estudiar posibles relaciones entre la resistencia al desgaste del material y sus propiedades mecánicas.

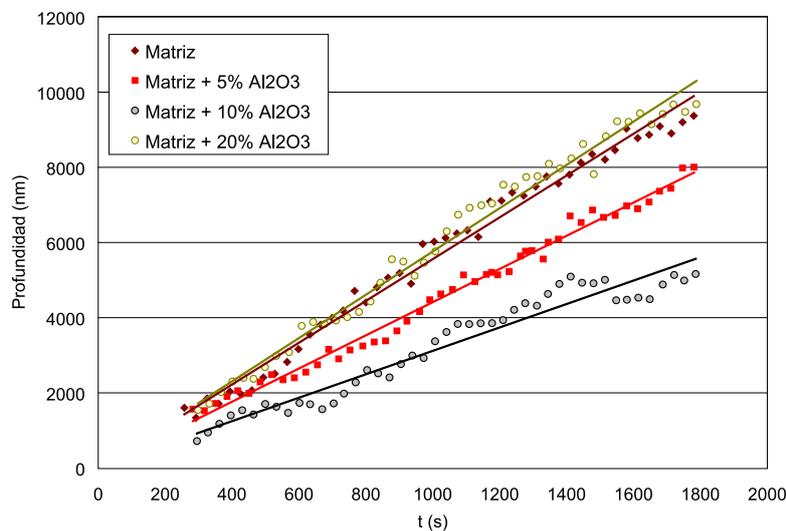


Figura 1. Evolución del desgaste en función de la carga de nanopartículas aplicada

Muestra	$V_e$ ( $\mu\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{N}$ )	H (GPa)	E (GPa)	H/E	$H^3/E^2$ (GPa) $\cdot 10^{-4}$
<b>Matriz</b>	$0,19 \pm 0,01$	$0,19 \pm 0,01$	$3,7 \pm 0,1$	$0,051 \pm 0,001$	$4,9 \pm 0,1$
<b>Matriz + 5% <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></b>	$0,12 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,01$	$2,9 \pm 0,1$	$0,055 \pm 0,001$	$5,0 \pm 0,1$
<b>Matriz + 10% <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></b>	$0,06 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$	$3,3 \pm 0,1$	$0,060 \pm 0,001$	$7,2 \pm 0,1$
<b>Matriz + 20% <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></b>	$0,21 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,01$	$4,3 \pm 0,1$	$0,051 \pm 0,001$	$5,7 \pm 0,1$

Tabla 1. Valores de las propiedades mecánicas (módulo de fragilidad y deformación plástica) y tribológicas (desgaste) para cada muestra ensayada

Como resultado de la experimentación realizada, se ha observado que un incremento en el porcentaje de nanopartículas adicionadas al compuesto orgánico reduce la velocidad específica de desgaste del recubrimiento, provocando un incremento en su resistencia al desgaste. No obstante, este aumento no es continuo, ya que a partir de un valor umbral, el recubrimiento se hace tan rígido y frágil, que las tensiones generadas durante el proceso de fricción, provocan un rápido desgaste del recubrimiento debido a desconchados que se producen por el fallo adhesivo del material.

La determinación del valor umbral, es de vital importancia en la optimización de la composición de estos recubrimientos nanocomposite, para obtener productos competitivos, con propiedades optimizadas frente al desgaste.

## AGRADECIMIENTOS

La realización del presente trabajo ha sido apoyada por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional y por el IMPIVA (Generalitat Valenciana). (IMDEEA/2011/82).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] SINHA, S.K.; BRISCOE, B.J., Polimer Tribology, Imperial College Press, 2009.
- [2] MUSIL J.; KUNC F.; ZEMAN H.; POLAKOVA, H. Relationships between hardness, Young's modulus and elastic recovery in hard nanocomposite coatings. *Surf. Coat. Technol.*, 154, 304–313, 2002.