

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Dr. Héctor Nolasco Soria, Director General y Editor

Recubrimiento híbrido a base de poliestireno/alúmina para vidrio convencional

La Paz, B.C.S., a 16 de junio de 2013



Omar Gutiérrez Arriaga¹, Salomón Ramiro Vásquez García¹,
Juan Zárate Medina², Nelly Flores Ramírez³



Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo (UMSNH)

¹División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química,

²Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, ³Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

omar_ga_79@hotmail.com

Resumen

El presente artículo se enfoca en la obtención de un recubrimiento híbrido de poliestireno con terminación hidroxilo/alfa-alúmina (PSOH/ α -Al₂O₃) para incrementar la resistencia a la fractura en vidrios convencionales tales como ventanas de casa y parabrisas de automóvil. El PSOH y α -Al₂O₃ se sintetizaron mediante polimerización en solución por radicales libres y calcinación de la pseudoboehmita a 1200°C, respectivamente. La pseudoboehmita fue sintetizada previamente mediante el proceso sol-gel. Se preparó una suspensión híbrida de PSOH/ α -Al₂O₃ para sumergir sustratos de vidrio convencional mediante inmersión y asimismo obtener el recubrimiento adherido al vidrio, secando los sustratos recubiertos de suspensión a 40°C. El vidrio con recubrimiento exhibió mayor resistencia ó tenacidad a la fractura que el vidrio sin recubrimiento, así como mayor microdureza que lo define como un material duro por debajo de 40 GPa.

Palabras clave: recubrimiento híbrido, poliestireno/alúmina, vidrio convencional.

Abstract

This article focuses on obtaining a hybrid coating of hydroxyl-terminated polystyrene/alpha-alumina (PSOH/ α -Al₂O₃) to increase the fracture toughness in conventional glass such as house windows and automobile windshields. The PSOH and α -Al₂O₃ were synthesized by free radical solution polymerization and calcinations of the pseudoboehmite to 1200°C, respectively. The pseudoboehmite was previously synthesized by the sol-gel process. Slurry for immersing hybrid PSOH/ α -Al₂O₃ conventional glass substrates by dipping and also obtain the coating adhered to the glass, drying the slurry coated substrates at 40°C. The coated glass exhibited greater resistance or fracture toughness than the uncoated glass and higher micro-hardness which defines it as a hard material below 40 GPa.

Key words: hybrid coating, polystyrene/alumina, conventional glass.

Área temática: Área 7. Ingenierías.

Problemática

Los vidrios convencionales, como los usados en ventanas de casa y parabrisas de automóvil, se fracturan fácilmente por la presencia de sodio en forma de óxido en su composición química, debido a que debilita los enlaces del dióxido de silicio que es la materia prima básica del vidrio (Inayat et al 2012). La incorporación del monóxido de sodio al dióxido de silicio permite disminuir el punto de fusión del material y por tanto resulta ser económicamente más viable. La composición química del vidrio convencional es principalmente de dióxido de silicio y monóxido de sodio en un 74 y 18% en peso, respectivamente. Además de la sensibilidad a la fractura, que ocasiona el monóxido de sodio en el vidrio, su baja dureza (de 5 en escala de Mohs) (Hong et al 2011) es un indicativo de rayaduras que inducen y facilitan la fractura en el material (Figura 1).



Figura 1. Fracturas típicas en ventanas de casa (izquierda) y parabrisas de automóvil (derecha).

Usuarios

Las empresas de materiales de construcción (GRUPO FLEXIUS S.A. DE C.V.), industrias automotrices (Nissan y General Motors, en México) e industrias del vidrio (Maprovi y MAVHISA, S.A. DE C.V.) que estén interesados en fabricar el vidrio convencional recubierto con poliestireno y alúmina.

Proyecto

El corindón ó α -Al₂O₃ es un material con alta dureza (de 9 en escala de Mohs), por debajo de la dureza del diamante, que es el mineral más duro en el planeta; por otro lado, el poliestireno es un material muy ligero que cuando es soportado en dióxido de silicio incrementa mínimamente sus propiedades mecánicas (Kanaya et al 2003). Ambos materiales pueden ser empleados como un recubrimiento sobre el vidrio convencional para reforzar las propiedades mecánicas en su superficie; la hipótesis fue que el cerámico aportará buenas propiedades mecánicas y reforzará la superficie del vidrio, mientras que el polímero actuará como un medio de unión entre ambos. El objetivo fue obtener un recubrimiento híbrido a base de poliestireno/alúmina para vidrio convencional y evaluar las propiedades mecánicas de su superficie.

El PSOH se sintetizó, en forma de cadenas, empleando y adicionando iniciador de polimerización (2-2' azobisisobutironitrilo), agente de transferencia de cadena funcional (2-mercaptano etanol), solvente (tolueno) y monómero (estireno) dentro de un reactor de vidrio con control de temperatura (por suministración-recirculación de agua a la temperatura de reacción) y con mecanismo de agitación. La cantidad de iniciador/agente/solvente/monómero fue una relación en peso de 0.03/0.39/20.82/10.41, respectivamente (Vásquez et al., 2004). La síntesis de las cadenas de PSOH se realizó mediante polimerización en solución por radicales libres a 70°C, 300 rpm, durante 5 horas. El PSOH en solución sintetizado se purificó gota a gota en una solución precipitante (metanol) para separar principalmente las cadenas poliméricas del monómero y agente de transferencia, residuales (Gutiérrez 2007). El precipitado polimérico se extrajo y secó a 40°C, durante 24 horas. La pseudoboehmita se sintetizó a partir de la desulfatación del sulfato de aluminio soluble por una solución de hidróxido de amonio mediante el proceso sol-gel. El sulfato de aluminio soluble se obtuvo previamente de la mezcla de agua y sulfato de aluminio grado industrial a 70°C, 500 rpm, durante 3 horas que al término de este tiempo se dejó en reposo para separar el sulfato de aluminio soluble del insoluble. La cantidad de soluble/solución fue una relación en peso de 1000/223.5, respectivamente (Mora, 2004). La pseudoboehmita en suspensión sintetizada se secó a 110°C, durante 24 horas. La α -Al₂O₃ se sintetizó, en forma de partículas, mediante la calcinación de la pseudoboehmita a 1200°C, a 10°C/min, durante 2 horas (Zárate et al 2005). Las partículas de α -Al₂O₃ sintetizadas se mezclaron con ácido nítrico para cargarlas de iones hidrógeno (Zhao et al 2005).

La suspensión híbrida de PSOH/ α -Al₂O₃ se preparó mezclando primeramente el PSOH con tolueno y posteriormente las partículas cerámicas cargadas de iones hidrógeno para hacerlas interaccionar con la terminación hidroxilo de las cadenas poliméricas. Se sumergieron sustratos de vidrio convencional de 75x25x5 mm en la suspensión híbrida con velocidad de inmersión de 10°C/min y tiempo de residencia de 5 seg (Gutiérrez 2007), mediante un inmersor digital E-ANTI. Los sustratos recubiertos de suspensión se secaron a 40°C, durante 24 horas para permitir la interacción de los grupos fenilo del polímero con los átomos de silicio del vidrio (Figura 2).



Figura 2. Sustrato de vidrio con recubrimiento de poliestireno/alúmina (PSOH/ α -Al₂O₃) (izquierda) y sin recubrimiento (derecha).

Los sustratos de vidrio con recubrimiento de poliestireno/alúmina se utilizaron para determinar su microdureza mediante un microindentador Vickers (marca Leitz Wetzlar; modelo 7756) constituido de un indentador de diamante con geometría de pirámide y un microscopio con micrómetro transversal. La carga aplicada (P) del indentador fue 100 Kgf para determinar la microdureza del material, y 200 Kgf para determinar su tenacidad a la fractura mediante la medición de fisuras originadas en las esquinas de la huella de indentación. Como parte de los resultados más relevantes se encontró que con la P de 200 Kgf se observa una mayor dimensión de la huella de indentación que con la P de 100 Kgf, en el sustrato de vidrio sin recubrimiento (Figura 3b), además de exhibir fisuras en las esquinas de la huella. En el método de indentación es conocido que al incrementar la P en un material también se incrementa la dimensión de la huella, de la impresión resultante. En contraste, la dimensión de la huella de indentación con la P de 200 Kgf, en el sustrato de vidrio con recubrimiento de poliestireno/alúmina (Figura 3a), fue menor que con la misma P, en el sustrato de vidrio sin recubrimiento; además exhibió fisuras menos prolongadas debido a la mayor dureza de las partículas cerámicas, en comparación con la dureza (en la escala de Mohs) de las cadenas poliméricas y del vidrio convencional, que absorbe energía proveniente del indentador destinada a la formación de una huella mayor. En la Figura 3a, el reflejo de la luz visualiza el efecto plastificante de las cadenas poliméricas cuando son soportadas en vidrio y los puntos negros indican la presencia de las partículas cerámicas en el recubrimiento. El vidrio con recubrimiento presentó una microdureza mayor de 34.46 GPa que el vidrio sin recubrimiento, que fue de 10.96 GPa. Por lo tanto, el vidrio convencional recubierto con poliestireno/alúmina es clasificado como un material duro por debajo de 40 GPa (por arriba de 40 GPa sería clasificado como un material superduro) (Gutiérrez et al., 2012). Asimismo, el vidrio con recubrimiento presentó una tenacidad a la fractura de 1.16 MPa.m^{0.5} mayor que el vidrio sin recubrimiento, que fue de 0.56 MPa.m^{0.5}. Por lo tanto, el recubrimiento híbrido de poliestireno/alúmina, donde la matriz fue el cerámico y la fase dispersa el polímero, reforzó las propiedades mecánicas en la superficie del sustrato de vidrio convencional.

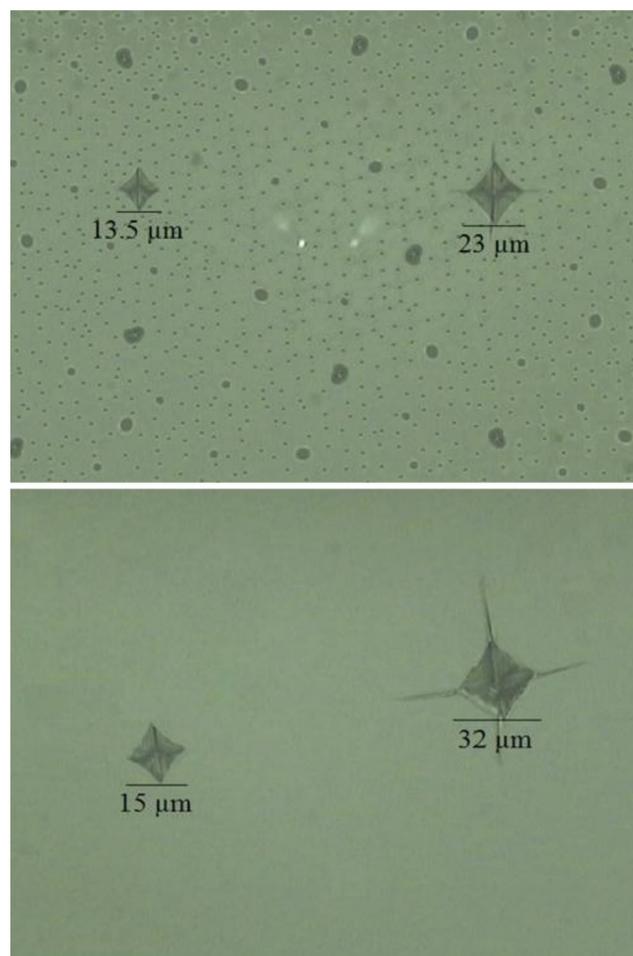


Figura 3. Micrografía del sustrato de vidrio con recubrimiento de poliestireno/alúmina (arriba) y sin recubrimiento (abajo); con un acercamiento de 50 veces.

Impacto socioeconómico

El empleo del vidrio convencional con recubrimiento híbrido a base de poliestireno/alúmina en ventanas de casa ó parabrisas de automóvil, puede remplazar el uso de vidrios de seguridad con el mismo propósito; además de representar una disminución significativa del 35% del costo, respecto a los vidrios de seguridad fabricados en México.

Contacto: <http://pcti.mx>, hnolasco2008@hotmail.com