

## MC-II-7

### ESTUDIOS MICROMECHANICOS EN MEZCLAS DE POLIMEROS ELECTROCONDUCTORES CON TERMOPLASTICOS

Pedro J. Herrera Franco (1)\*, Ma. Mónica Castillo Ortega (2), Teresa Del Castillo Castro (2), Dora Rodríguez Félix (2), Roberto Olayo (3)

- (1) Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, CP 97 200, Mérida, Yucatán, México, Fax (999) 9 81 39 00  
[pherrera@cicy.mx](mailto:pherrera@cicy.mx)
- (2) Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales, Universidad de Sonora, A.P. 130, Hermosillo, Sonora, México, Fax (662) 2 13 40 63
- (3) Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, A.P. 55-534, México, D.F. México, Fax (555) 8 04 46 11

Los polímeros electroconductores, (PEC), son polvos insolubles e infusibles, una forma sencilla de transformarlos en materiales apropiados para su aplicación es preparando mezclas con algunos termoplásticos. De esta manera, mejoramos sus propiedades mecánicas sin eliminar sus propiedades electroconductoras<sup>1-4</sup>.

En este trabajo se prepararon materiales compuestos de polianilina, (PAn), con poli(n-butyl metacrilato, (PBMA), usando como dispersantes el poli(vinil metil eter), (PVME), o el poli(vinil etil eter), (PVEE), así como de polipirrol, (PPy), con poli (cloruro de vinilo) carboxilado, (PVCc), y los dispersantes ya mencionados. Ambos polímeros electroconductores, polianilina y polipirrol, fueron sintetizados químicamente utilizando dopantes como el anión perclorato, ( $\text{ClO}_4^-$ ), el anión dodecibencensulfonato, ( $\text{DBS}^-$ ), o el anión cloruro, ( $\text{Cl}^-$ )<sup>5,6</sup>.

Los materiales compuestos preparados se han evaluado como sensores químicos para  $\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{NH}_4\text{OH}$ , así como biosensores para ácido úrico y urea obteniéndose buenos resultados<sup>7,8</sup>.

Es sabido que el tipo de interacciones en la interfase entre la matriz polimérica y la partículas conductoras definirán las propiedades no solo de tipo eléctrico del material compuesto sino también sus propiedades mecánicas, sin embargo, dichas interacciones no son claras. Con el objeto de obtener más información al respecto, se realizaron estudios de propiedades micromecánicas con observación microscópica para visualizar la resistencia interfacial y los modos de falla resultantes.

Si una partícula es embebida en un medio continuo y éste es sometido a una tracción uniaxial, el estado de esfuerzo inducido alrededor de la inclusión varía a lo largo de la periferia de la misma. Asumiendo que la inclusión es de geometría esférica y con su diámetro vertical orientado con la dirección de la carga, la interface en los polos norte y sur de la inclusión se verá sometida a un esfuerzo normal y la interface en los extremos del diámetro horizontal estará sometida a un esfuerzo de cortante. Si se realiza observación óptica, la formación de una grieta interfacial modifica la trayectoria óptica de la luz y los cambios en la coloración interfacial serán notorios. La formación de la grieta interfacial se aprecia en forma de un oscurecimiento de la periferia de la inclusión. También es posible observar la respuesta fotoelástica debido a la birrefringencia inducida en la matriz circundante a la partícula. Así, de pruebas de tensión a compuestos modelo preparados con concentraciones de partículas muy bajas, fue posible determinar el nivel carga necesario para iniciar una falla de tensión de la interface entre la partícula y la matriz polimérica. De

muestras de material compuesto se realizaron estudios de microscopía electrónica de barrido para determinar el modo de falla de dicha interface.

Las muestras de los materiales compuestos se etiquetaron de la siguiente manera:

PEC	Termoplástico	Dispersante
# 1: PAn DBS <sup>-</sup> (1)	PBMA	-
# 2: PAn DBS <sup>-</sup> (2)	PBMA	-
# 3: PAn DBS <sup>-</sup> (3)	PBMA	-
# 4: PAn ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	PBMA	-
# 5: PAn ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	PBMA	PVME
# 6: PAn ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	PBMA	PVEE
# 7: PPy ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	PVCc	-
# 8: PPy ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	PVCc	PVME
# 9: PPy ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	PVCc	PVEE

En la tabla 1 se muestran los valores promedio de carga a las que se observó el inicio del oscurecimiento de la zona interfacial.

Tabla # 1.

Muestra	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9
Carga (gramos)	27.62	27.62	43.60	48.77	149.43	49.06	1432	1290	1590

Es notorio el incremento en el valor de carga para las muestras de polipirrol con poli (cloruro de vinilo) carboxilado por el incremento en la rigidez de la matriz. Es notorio también que el poli(vinil metil eter) como dispersante produce un valor de resistencia interfacial mayor en el caso de las muestras de polianilina con poli(n-butil metacrilato), la muestra # 5. Y con PVEE para las muestras con PPy, muestra # 9.

Para diferenciar entre fallo de la matriz de un fallo interfacial, lo cual no es evidente de los estudios ópticos, muestras de material compuesto a base de la matriz de poli(n-butil metacrilato) fueron enfriadas con nitrógeno líquido y sometidas a una carga de tensión hasta la ruptura. Las superficies de falla fueron examinadas utilizando microscopía electrónica de barrido.

## Referencias

- 1 Díaz A. F.; Kanazawa K.; Gardini G.P.; J. Chem. Soc. Chem Commun 1979, 635
- 2 Buckley L. J.; Roylance D.K.; Wnek G.E.; J. Polym. Sci., Polym Phys 1987, 25, 2179
- 3 Lukachova L.V.; Karyakin A.A.; Karyakin E.E.; Gorton L.; Sens Actuators 1997, B 44, 356
- 4 Morales J.; Olayo M.G.; Cruz G.J.; Castillo-Ortega M.M.; Olayo R.; J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys. 2000, 38, 3247
- 5 Castillo-Ortega M.M.; Inoue M.B.; Inoue M.; Synth. Met. 1989, 28 C65
- 6 Inoue M.; Navarro R.E.; Inue M.B.; Synth Met. 1989, 30, 199
- 7 Castillo-Ortega M.M.; Encinas J.C.; Rodríguez D. E.; Olayo R.; J. Appl. Polym. Sci. 2001, 81, 1498
- 8 Castillo-Ortega M.M. Rodríguez D.E.; Encinas J.C.; Plascencia M.; Méndez-Velarde F.A.; Olayo R.; Sens Actuators 2002, B 85, 19