

## **MATERIALES AVANZADOS BASADOS EN POLÍMEROS ENTRECruzADOS**

Roberto J. J. Williams

Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), Universidad Nacional de Mar del Plata – CONICET, Av. J. B. Justo 4302, 7600 Mar del Plata

E-mail: [williams@fi.mdp.edu.ar](mailto:williams@fi.mdp.edu.ar)

Los polímeros entrecruzados con uniones químicas covalentes o uniones físicas termorreversibles son utilizados para el desarrollo de materiales avanzados con propiedades termomécánicas, ópticas, eléctricas, catalíticas, etc. En este trabajo se describen algunas de estas aplicaciones.

### **Polímeros con memoria de forma**

Los polímeros entrecruzados pueden usarse como materiales con memoria de forma, usando su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) como temperatura crítica. A temperaturas superiores a  $T_g$  estos materiales se comportan como gomas y pueden deformarse aplicando un esfuerzo. Si el material se mantiene deformado y se enfría hasta temperaturas inferiores a  $T_g$ , se transforma en un vidrio pero ya no es necesario ejercer una tensión para mantener esa deformación. Cuando el material se calienta nuevamente por encima de su  $T_g$ , recupera su forma original en ausencia de restricciones o ejerce una tensión igual a la que se necesitó para deformarlo, si se mantiene deformado.

Los polímeros con memoria de forma tienen aplicaciones como actuadores de movimiento o de tensión en diversos tipos de dispositivos usados en medicina, electrónica, envases, textiles, construcción, etc. [1]. Para su uso práctico se requiere una  $T_g$  adecuada (usualmente algo superior a la temperatura ambiente), elevada ductilidad en estado vítreo para soportar múltiples ciclos de calentamiento/enfriamiento, alta elongación de ruptura si se lo emplea como activador de forma o alto valor de tensión de ruptura si se lo emplea como activador de tensiones. Recientemente mostramos que una red epoxi basada en una combinación de uniones covalentes (epoxi-amina) y uniones físicas termorreversibles (uniones cola-cola de cadenas alquílicas pendientes), mostró características interesantes para su empleo como polímero con memoria de forma [2].

Con una temperatura de transición vítrea de 41 °C, puede usarse para generar tensiones de 3 MPa o elongaciones de 60 %, enfriando y calentando entre 20 °C y 55 °C. La fijación de la forma en estado vítreo es de 98 % y la recuperación de la forma en estado de goma es de 96 %. Por otra parte, se desarrolló una matriz epoxi modificada con ácido oleico para producir la dispersión uniforme de nanopartículas de magnetita de 10 nm de diámetro, estabilizadas con ácido oleico [3]. Este material mostró excelentes propiedades como polímero con memoria de forma, pudiendo ser activado por calentamiento en un campo magnético alterno de intensidad adecuada para aplicaciones médicas.

### **Cristales líquidos dispersos en matrices EPOXI (PDLC)**

Cristales líquidos nemáticos dispersos en matrices poliméricas se usan en recubrimientos que pueden cambiar su estado óptico de opaco a transparente por calentamiento por encima de la temperatura de transición nemático-isotrópica.

Uno de los requisitos exigidos para el uso práctico es el logro de una alta relación de contraste entre ambos estados. En nuestro grupo mostramos que puede lograrse un aumento significativo de esta relación, agregando un tercer componente a la formulación con el mismo índice de refracción de la matriz y con una alta compatibilidad con el cristal líquido. La separación de fases inducida por

polimerización provoca la segregación de ambos componentes de la matriz, generando morfologías que producen alta dispersión de luz y alta relación de contraste entre los estados opaco y transparente [4].

### Redes poliméricas bactericidas

Se desarrollaron redes epoxi reversibles por entrecruzamiento de cadenas lineales mediante la unión cola-cola de cadenas alquílicas pendientes. Estos geles físicos sufren un gran hinchamiento en diversos solventes. La infusión de nitrato de plata en solución, el posterior secado y calentamiento a 100 °C, permitió generar una dispersión uniforme de nanopartículas de plata metálica de 10 nm de diámetro, que confieren acción bactericida al material. La reacción de reducción de Ag(+) involucra grupos OH y aminas terciarias presentes en la estructura de la matriz epoxi [5].

### MATRICES POROSAS CON ARREGLOS ORDENADOS DE NANOHILOS DE PLATA

Matrices porosas de poli (alcohol vinílico) (PVA) entrecruzado por cristalización y conteniendo una estructura ordenada de nanohilos de plata, fueron obtenidas a partir de dispersiones acuosas de PVA y nanohilos de plata estabilizados con poli(vinil pirrolidona) (PVP), mediante inmersión a velocidad controlada en un termo de nitrógeno líquido (método ISISA) [6]. Estas matrices mostraron una elevada conductividad eléctrica que las hace potencialmente útiles en diversas aplicaciones.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lendlein, A. *J. Mater. Chem.* **2010**, *20*, 3332.
- [2] Leonardi, A. B.; Fasce, L. A.; Zucchi, I. A.; Hoppe, C. E.; Soulé, E. R.; Pérez, C. J.; Williams, R. J. J. *Eur. Polym. J.* **2011**, *47*, 362.
- [3] Puig, J.; Hoppe, C. E.; Fasce, L. A.; Pérez, C. J.; Piñeiro-Redondo, Y.; Bañobre-López, M.; López-Quintela, M. A.; Rivas, J.; Williams, R. J. J. *J. Phys. Chem. C* **2012**, en prensa.
- [4] Hoppe, C. E.; Galante, M. J.; Oyanguren, P. A.; Williams, R. J. J. *Macromolecules* **2004**, *37*, 5352.
- [5] Ledo-Suárez, A.; Puig, J.; Zucchi, I. A.; Hoppe, C. E.; Gómez, M. L.; Zysler, R.; Ramos, C.; Marchi, M.C.; Bilmes, S. A.; Lazzari, M.; López-Quintela, M. A.; Williams, R. J. J. *J. Mater. Chem.* **2010**, *20*, 10135.
- [6] Romeo, H. E.; Hoppe, C. E.; López-Quintela, M. A.; Williams, R. J. J.; Minaberry, Y.; Jobbágy, M. *J. Mater. Chem.* **2012**, *22*, 9195.