

FIBRAS PIEZORESISTIVAS ELECTROHILADAS PARA SENSORES DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA

F. Molinari¹, M. I. Mass², L. N. Monsalve^{2,3}

¹INTI Textiles, ²INTI Micro y Nanoelectrónica del Bicentenario, ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

fabricio@inti.gov.ar

Introducción

El estudio de las propiedades de los composites funcionales como las propiedades mecánicas y eléctricas es de suma importancia. Gracias al aumento en su superficie específica, la fabricación de composites funcionales en forma de fibra permite conseguir dispositivos más sensibles y más livianos. Estos dispositivos son flexibles y fácilmente integrables en etiquetas o tejidos. Existen antecedentes en la fabricación de sensores de deformación elástica por electrospinning[1], pero ninguno sensible para deformaciones menores a 10%. En el presente trabajo se propone utilizar técnicas aditivas tales como electrospinning e inkjet para bajar el límite de detección.

Objetivo

Preparación de fibras funcionales y estudio de sus propiedades eléctricas y mecánicas.

Fabricación de un sensor de deformación elástica sobre un sustrato flexible combinando la técnica de electrospinning y la impresión ink-jet.

Descripción

Se prepararon soluciones al 22% de policaprolactona (PCL) en dispersiones con cantidades variables de nanotubos de carbono (NTC) y polivinilpirrolidona como surfactante empleando dimetilformamida como dispersante. Se imprimieron electrodos interdigitados de plata de 300 micrones de ancho de canal sobre sustratos de poliuretano termoplástico por impresión inkjet con un W/L de 1467.

Para fabricar el sensor se depositaron las fibras de policaprolactona con un contenido del 3% respecto al polímero sobre los electrodos. Con el fin de obtener fibras alineadas se utilizó un colector rotatorio a 1000 RPM.

La morfología de las fibras se analizó por microscopía electrónica de barrido (SEM).

Se midió la resistencia eléctrica de las fibras con diferente carga de nanotubos de carbono depositadas sobre electrodos interdigitados para determinar el umbral de percolación

Las propiedades mecánicas fueron evaluadas a través del ensayo de tracción a la rotura de probetas elaboradas cortando un depósito de

fibras empleando una máquina de ensayo universal Instron.

Para evaluar la performance del sensor se utilizó un medidor/registrador de resistencia eléctrica aplicando pulsos de deformación con la máquina de ensayos universal.

Resultados

En las imágenes SEM muestran fibras paralelas (Figura 1) y a su vez permiten analizar la distribución de los nanotubos dentro de las fibras. Los nanotubos están distribuidos de forma regular y alineados con las fibras (Figura 2).

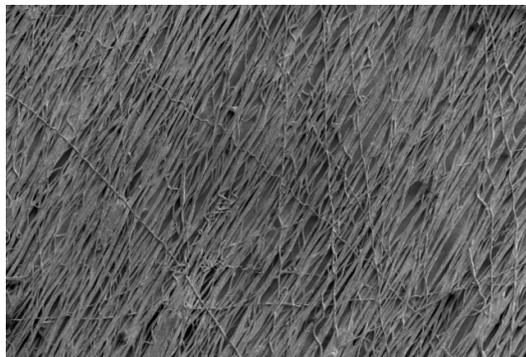


Figura 1. Fibras de paralelas de PCL/NTC al 3% en masa.

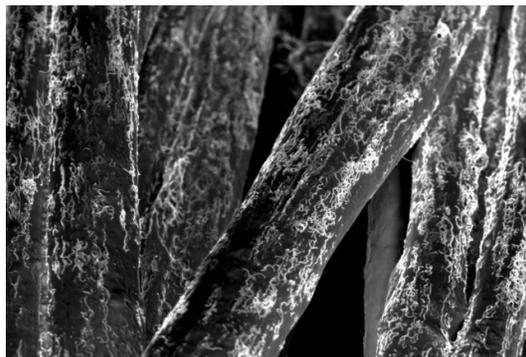


Figura 2. Disposición de los nanotubos de carbono dentro de la fibra. Se observa una alineación de los mismos a lo largo de la fibra.

El análisis de propiedades eléctricas revela dos zonas de percolación. La resistencia superficial baja dos órdenes de magnitud con una carga de 0.5% de NTCs mientras que para una carga de

2.2% se observa una caída de 6 ordenes de magnitud en la resistencia con respecto a 1,5% (Figura 3).

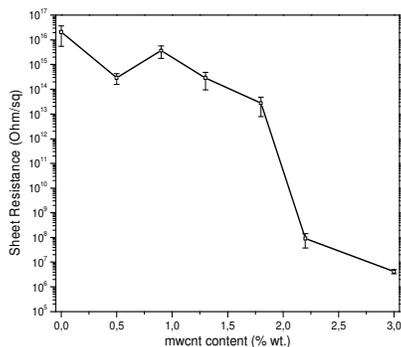


Figura 3. Evaluación de la resistencia eléctrica en función del contenido de NTC.

El análisis mecánico comparativo de las fibras de PCL sin NTC y de las fibras con 3% de NTC (tabla 1). Las últimas muestran un mayor modulo de Young (E), una mayor tensión de fluencia (S) y una mayor deformación al momento de la ruptura (ϵ_{max}).

Contenido NTC	E [MPa]	S [MPa]	ϵ_{max} [%]
0%	0.12 +/- 0.03	1.81 +/- 0.18	67 +/- 5
3%	0.36 +/- 0.05	2.40 +/- 0.31	413 +/- 29

Tabla 1. Valores del modulo de young, tensión de fluencia y deformación máxima para fibras de policaprolactona con y sin nanotubos.

Estos resultados muestran que los NTC dispersos en la PCL actúan como refuerzo mecánico. Las fibras compuestas toleran un esfuerzo mayor y son más rígidas que las de PCL.

El análisis de la performance del sensor muestra una señal identificable a deformaciones menores a 1.5%. El sensor responde instantáneamente y recupera su resistencia inicial rápidamente. El sensor puede ser reutilizado sin perjuicio de su performance para deformaciones hasta 5%. Además, la respuesta del mismo es diferencial para diferentes grados de deformación, por lo que la misma puede ser cuantificada a partir de medidas de resistencia eléctrica.

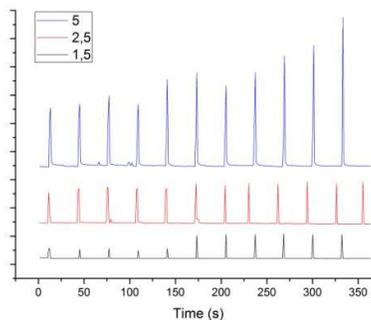


Figura 4. Variación de la resistencia en función del tiempo al aplicar esfuerzos de tensión con una deformación de 1,5% 2,5% y 5%. El ancho de pulso de deformación fue de 1 s.

Conclusiones

Se consiguió fabricar y caracterizar un composite conductor de PCL/NTC por electrospinning. Se evaluaron las propiedades morfológicas mecánicas y eléctricas del mismo. El estudio de la morfología, de las propiedades eléctricas y mecánicas determinó que los NTC se encuentran orientados y bien dispersos en la matriz. Esta distribución favorece la conducción eléctrica y funciona como refuerzo mecánico del polímero.

Se logró fabricar un sensor de deformación elástico utilizando técnicas aditivas con buena respuesta a bajas deformaciones. Se está profundizando el estudio del sistema para reducir sus dimensiones e integrar el comparador en un sustrato flexible. Asimismo se propone optimizar la respuesta del sensor para ampliar el rango de aplicación.

Bibliografía

- [1] Mingwei Tian. Electromechanical deformation sensors based on polyurethane/polyaniline electrospinning nanofibrous mats. Synthetic Metals Volume 219, September 2016, Pages 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2016.05.005>