

# aitex

REVIEW

VOLUMEN IX / Nº 33 / SEPTIEMBRE 2009

instituto tecnológico textil

## Juan Escrig

Presidente de la Agrupación Empresarial Textil Alcoyana



## Carlos Roa

Jefe de Área de la Dirección de Tecnología de CDTI



## 3r Congreso Internacional de AITEX

Soluciones para competir basadas en la innovación,  
la investigación y la tecnología

28 y 29 de octubre 2009, Alcoy

# Efecto de la dispersión de nanopartículas en las propiedades de los recubrimientos de textiles

G. Buyle - Investigador científico. Coordinador de Proyectos Europeos de CENTEXBEL

*Una tendencia actual en los recubrimientos y acabados de textiles es la adición de nanopartículas para obtener propiedades novedosas en los materiales, por ejemplo resistencia a los rayos UV, conductividad eléctrica, propiedades antibacterianas o fotocatalíticas. Las nanopartículas pueden comportarse de manera diferente a las partículas en masa gracias a su pequeño tamaño y gran área de superficie. Adicionalmente, la aplicación de nanopartículas con una fina dispersión permite utilizar menos material.*

*Un aspecto importante es controlar la dispersión de las nanopartículas en la matriz del polímero del recubrimiento. Estas partículas tienden a aglomerarse frecuentemente, de modo que su tamaño real se encuentra en un rango de varias  $\mu\text{m}$  o superior. Dichas partículas dejan de comportarse como nanomateriales. En este artículo se analizan algunos parámetros importantes que influyen en la dispersión de las nanopartículas en los recubrimientos textiles, así como sus propiedades resultantes, y se demuestran para una selección de sistemas de nanopartículas.*

## EL USO DE NANOPARTÍCULAS PARA RECUBRIMIENTOS TEXTILES

A menudo, se aplican capas de recubrimientos poliméricos a los materiales textiles para añadirles funcionalidades o modificar sus propiedades. Esto puede implicar la alteración de ciertas propiedades superficiales como la afinidad a la impresión, la promoción de la adhesión o las propiedades hidrofóbicas...

En la documentación disponible, puede encontrarse una variedad de materiales que, en forma de nanopartículas (NP), se supone son capaces de realizar diferentes aplicaciones en los textiles. Algunos ejemplos de esto son la resistencia a los rayos UV mediante  $\text{ZnO}$  o  $\text{TiO}_2$ ; las propiedades retardantes a la llama mediante  $\text{SiO}_2$ ; la conductividad eléctrica mediante nanotubos de carbono

(CNT) o nanoplaquetas de grafito; el aumento de la resistencia mecánica mediante CNT; las propiedades antibacterianas mediante Ag; la actividad fotocatalítica mediante  $\text{TiO}_2$ . Nota aclaratoria: hablamos de objetos "nano" cuando al menos una de las dimensiones del objeto es inferior a 100 nm.

El uso de tales NP tiene diversas ventajas clave. Escuetamente resumidas:

- Una gran área de superficie. El área de superficie es mucho mayor a la de las partículas en masa. Esto significa que la reactividad (química) de un material difiere. Por ejemplo, las partículas de oro en masa son prácticamente inertes, pero las NP de oro pueden utilizarse como catalizadores.
- Se necesita sólo una pequeña cantidad de producto. Para ciertas aplicaciones, sólo se necesita una cantidad muy pequeña de material para impartir la funcionalidad (por ejemplo, el efecto antibacteriano).
- Una distribución muy uniforme del producto activo en los recubrimientos. Normalmente, un recubrimiento de un material textil consiste en un aglutinante que contiene el producto activo. Si el producto activo está disponible en forma de NP, puede distribuirse de manera muy homogénea en el recubrimiento.

No obstante, un reto fundamental es mantener estas NP bien dispersas, es decir, evitar que se aglomeren. La razón de la aglomeración es que, en general, los materiales tienden a minimizar su área de superficie para minimizar la energía superficial. La principal característica de las NP es su gran área de superficie. Así pues, (como se muestra en la ilustración a continuación) las partículas tienden a aglomerarse para reducir su energía superficial total.

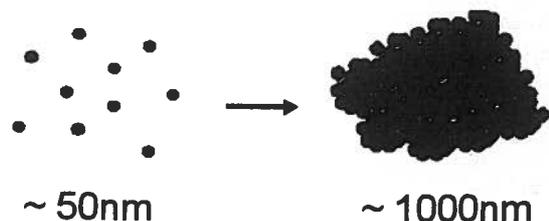


Ilustración 1. Reto fundamental: evitar que las NP se aglomeren en "bloques" más grandes.

Por ello, para poder explotar al máximo las propiedades de las NP, es crucial mantenerlas bien dispersas desde la producción hasta su aplicación e inmovilización en el sustrato textil. Como veremos en la próxima sección, esto no es sencillo.

### IMPORTANCIA DE LA DISPERSIÓN ESTABLE DE LAS NP

La aplicación de un recubrimiento sobre un sustrato textil, se realiza normalmente en los siguientes pasos: (i) preparación de la pasta de recubrimiento; (ii) aplicación de la pasta de recubrimiento en el tejido; (iii) tratamiento térmico posterior a la deposición (por ejemplo, secado para la eliminación de solventes/agua y/o curado para el endurecimiento y la fijación del recubrimiento en el sustrato). Si queremos conseguir un recubrimiento que contenga NP bien distribuidas, necesitamos asegurarnos de que controlamos la tendencia de aglomeración de las NP en cada paso.

#### Preparación de la pasta de recubrimiento

Si queremos elaborar una pasta con NP, debemos conseguir que las NP se dispersen. El primer requisito es que la dispersión sea estable en sí misma. En principio, esto no supone un problema para quien se encarga del acabado del textil, ya que la dispersión estable de las NP es responsabilidad de los proveedores químicos. A pesar de las demandas de los productos, no siempre es fácil encontrar una dispersión que permanezca estable hasta su uso. Lo más importante es equilibrar muy bien el uso de agentes dispersantes: muy poca cantidad dará lugar a la aglomeración de las NP (que podrían sedimentarse impidiendo una dispersión uniforme), demasiada cantidad puede producir un espumado no deseado.

Pero el requisito de una dispersión estable de las NP no es suficiente; la dispersión ha de ser además compatible con los otros ingredientes de la pasta de recubrimiento. En general, la pasta está compuesta por ingredientes como un aglutinante (por ejemplo poliacrilato, poliuretano, látex,...), un regulador de pH ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,...), un espesante y posiblemente otros aditivos funcionales. Por ello, hay que asegurarse de que la dispersión estable de las NP no provoca efectos indeseados (como floculación, sedimentación, formación de subproductos no deseados...) en combinación con el resto de los ingredientes de la pasta de recubrimiento.

#### Aplicación del recubrimiento y tratamiento posterior

Una vez optimizada la pasta, tiene que ser aplicada al textil. En general las fuerzas mecánicas de la pasta durante la aplicación no son críticas, pero el paso de calentamiento posterior sí puede serlo, ya que proporciona energía térmica a las NP pudiendo provocar su aglomeración.

### EJEMPLOS DE TEXTILES CON RECUBRIMIENTO FUNCIONALIZADO CON NP

En esta sección, analizaremos tres ejemplos de recubrimientos textiles compuestos por partículas a nanoescala.

#### Uso de $\text{Al}_2\text{O}_3$

En la ilustración 2, a continuación, se comparan la resistencia a la tracción y al desgarro de dos tejidos de poliéster con recubrimiento acrílico. La medición de la resistencia a la tracción de los tejidos con recubrimiento se realiza según lo establecido en la norma EN ISO 13934, parte 1, y la medición de la resistencia al rasgado según la ISO 13937, parte 2. La cantidad de recubrimiento añadido es, en ambos casos,  $60\text{g}/\text{m}^2$ . La primera muestra es un tejido de poliéster con recubrimiento simple, mientras que el recubrimiento de la segunda muestra contiene un 5% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a nanoescala. La inclusión del aditivo a nanoescala no tiene ninguna influencia negativa en la resistencia a la tracción de la muestra, que es algo bastante frecuente cuando se utilizan aditivos. Sin embargo, el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a nanoescala produce un aumento significativo de la resistencia al desgarro de hasta un 40% (de 22,2 N a 32,0 N).

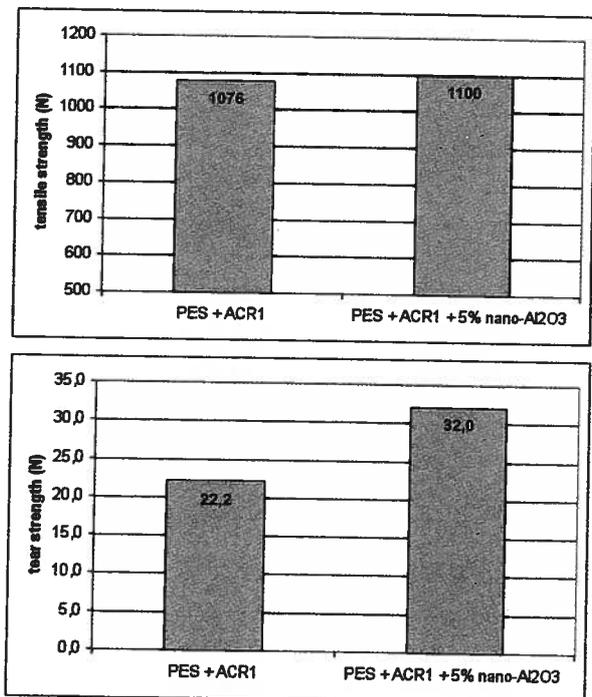


Ilustración 2: Adición de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a nanoescala al poliéster con recubrimiento acrílico: resistencia a la tracción y al desgarro.

#### Uso de $\text{SiO}_2$

En este caso, se utilizó un tejido de poliamida con un recubrimiento de  $60\text{g}/\text{m}^2$  de espesor y una dispersión acuosa con contenido de  $\text{SiO}_2$ . El principal objetivo era aumentar sus propiedades retardantes a la llama. El efecto

se evaluó midiendo la tasa máxima de desprendimiento de calor (PRHR por sus siglas en inglés). A pesar de que la PRHR disminuyó en aproximadamente un 10% (de unos 190 a 170 kW/m<sup>2</sup>), los ensayos de quema reales (EN532) no mostraron un aumento relevante.

**Uso de ZnO**

En este caso, se utilizó un aglutinante de poliuretano para aplicar un recubrimiento de 30 g/m<sup>2</sup> de espesor a un tejido de poliamida, empleando una dispersión acuosa con contenido de NP de ZnO. Gracias a su intervalo de banda, el ZnO es particularmente apropiado para absorber la radiación UV y así evitar los daños que los UV producen en los tejidos. Con fines de ensayo, las muestras fueron sometidas a 200 horas de iluminación UV (utilizando una cámara QUV). Las cifras que se muestran a continuación, ilustran el efecto positivo de la adición de ZnO. Antes del envejecimiento por UV, la resistencia a la tracción es ligeramente superior a los 1100N, tras la iluminación UV este valor se ve reducido hasta 700N en los tejidos con recubrimiento de poliuretano, pero con la adición de un 20% de ZnO, la resistencia tras la iluminación se acerca a los 1000N.

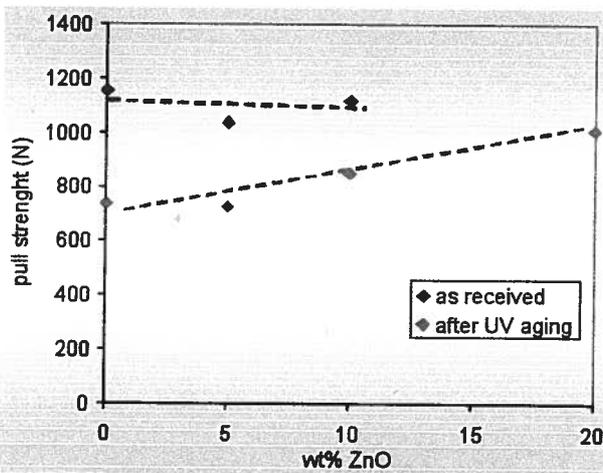


Ilustración 3. Influencia del envejecimiento por UV sobre la resistencia a la tracción, cuando se aplica un recubrimiento de poliuretano con contenido de ZnO NP a un tejido de poliéster.

**TEMAS RELACIONADOS CON EL MEDIOAMBIENTE, LA SALUD Y LA SEGURIDAD (EHS, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)**

En los últimos tiempos, el uso de nanotecnologías y nanopartículas se ha convertido en un tema de preocupación pública que ha llegado incluso a los periódicos más importantes; véanse, por ejemplo, los recientes artículos sobre el uso de nanotubos de carbono (CNT) o Ag a nanoescala. Pero dejando de lado el bombo que se le está dando en los medios, se trata de una evolución

positiva, ya que nadie quiere productos que puedan ser potencialmente peligrosos. Además, las consideraciones medioambientales son algo justificado.

Para revisar brevemente los temas relacionados con el medioambiente, la salud y la seguridad (EHS), revisaremos las diferentes etapas de la vida de las NP empleadas en un producto textil. En primera instancia, las NP son producidas y procesadas para su dispersión. Esto implica la manipulación de polvo de NP, lo cual supone un gran riesgo de exposición. Pero esta parte es responsabilidad de los proveedores químicos y no debería suponer un problema para aquellos que se encargan del acabado del producto. Una vez que las partículas se encuentran en dispersión, el riesgo de exposición es muy bajo al no poder moverse libremente. Esto significa que en las siguientes etapas del proceso, la preparación de la pasta de recubrimiento con contenido de NP y la aplicación de la misma en los textiles, el riesgo de exposición es mínimo. Esto es una ventaja para los responsables del acabado de los textiles. El producto, una vez acabado, será posteriormente utilizado por los usuarios finales. Esto supone un riesgo potencial ya que el uso y limpieza del producto provocan una degradación gradual del producto, que puede llevar a la emisión de NP. Este tema todavía está pendiente de una investigación más profunda. La etapa final es el momento de desechar el producto textil. La opción más recomendable en este caso es reciclarlo en lugar de tirarlo. El tema de cómo influye la incorporación de NP al material en el proceso de reciclado, por ejemplo, todavía requiere investigación.

**CONCLUSIONES**

Cuando se añaden recubrimientos con formulaciones que contienen nanopartículas a los textiles, un aspecto importante es controlar la dispersión de las nanopartículas, que a menudo tienen tendencia a aglomerarse. Si se produce la aglomeración, el tamaño real de las nanopartículas se establece en un rango de varias µm o superior, pudiendo perderse las propiedades típicas de los objetos a nanoescala. Además, ciertas cuestiones medioambientales, de salud y de seguridad requieren todavía una investigación más profunda. A pesar de ello, está claro que la adición de nanopartículas a los recubrimientos para textiles promete una gran cantidad de aplicaciones como, por ejemplo, el aumento de la resistencia al desgarro o la protección a los UV.

**AGRADECIMIENTOS**

Centexbel da las gracias al gobierno flamenco, que ha financiado parcialmente esta investigación a través de IWT-Vlaanderen.