

ESTUDIO PRELIMINAR DEL USO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS PARA APLICACIONES EN ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

María Blanes ⁽¹⁾, Bruno Marco ⁽¹⁾, Jesús Alba ⁽²⁾, Romina del Rey ⁽²⁾, Eva Escuder ⁽²⁾

⁽¹⁾ AITEX, Instituto Tecnológico Textil.
Plaza Emilio Sala, 1 Alcoy (Alicante) España.
mblanes@aitex.es, bmarco@aitex.es

⁽²⁾ Escuela Politécnica Superior de Gandia. Universidad Politécnica de Valencia
Carretera Nazaret-Oliva S/N Grao de Gandia 46730 (Valencia)
jesalba@fis.upv.es, roderey@doctor.upv.es, evescude@fis.upv.es

Resumen

El principal objetivo de este estudio preliminar es desarrollar un material ligero con un alto coeficiente de absorción acústica, mediante la tecnología de electrohilatura de nanofibras de polímeros sintéticos. Se han realizado diferentes combinaciones de lanas acústicas con los recubrimientos de nanofibras desarrollados, y se han obtenido las gráficas del coeficiente de absorción acústico mediante tubo de Kundt para el rango de frecuencias comprendidas entre los 125 y los 3150 Hz. La discusión de los resultados obtenidos ha generado una serie de conclusiones positivas respecto al uso de los velos de nanofibras como materiales para aplicaciones en acústica arquitectónica. El recubrimiento de las lanas acústicas con nanofibras sintéticas mejora el rendimiento, aumentando la absorción en todo el rango de frecuencias estudiado y disminuyendo el espesor de material necesario.

Palabras-clave: electrohilatura, nanofibras, polímeros, acústica, absorción.

Abstract

The prime aim of this preliminary study is the development of a light material with a high coefficient of sound absorption, through electrospinning technology for the production of synthetic polymer nanofibers. Some different combinations have been done with acoustic wools and the nanofibers' webs developed. Graphics of the sound absorption's coefficient have been obtained with a Kundt device in a frequency range between 125 and 3150 Hz. Discussion about the results have generated some positive conclusions concern to the use of nanofibers webs as materials for acoustic applications in edification. Synthetic nanofibers covering of the acoustic wools improve the performance, increasing the absorption in the whole studied range of frequencies, and decreasing thickness of the material.

Keywords: electrospinning, nanofibers, polymers, acoustic, absorption.

1 Objetivo

Mediante el uso de materiales sintéticos, y la electrohilatura como el proceso de obtención de nanofibras, se pretende desarrollar un material de altas prestaciones para su aplicación en acústica arquitectónica.

Por una parte, los materiales sintéticos permiten la obtención de estructuras con unas características previamente definidas, de forma que su diseño se realiza teniendo en cuenta la aplicación final a la cuál serán dedicadas. Por otra parte, la utilización de una tecnología innovadora como la electrohilatura de nanofibras permite lograr propiedades que no se presentan en el material, y que sólo se alcanzan con la producción a escala nanométrica [1] [2].

La principal característica de los materiales utilizados en acústica arquitectónica, tanto para aislamiento como acondicionamiento acústico, es la absorción de sonido. Comúnmente se emplean materiales fibrosos con una elevada porosidad que presentan una buena absorción de frecuencias medias y altas, por encima de los 2000 Hz. Este tipo de materiales disipan la energía sonora, que se propaga en forma de ondas de presión, por rozamiento y fricción con las fibras y el aire que se aloja en los poros. De esta forma, las ondas de presión pierden intensidad y su energía se transforma en calor. En el caso de los sonidos de frecuencias bajas y medias-bajas, el mecanismo de absorción descrito no es efectivo porque se necesitarían grandes espesores de material o cámaras de aire, que restan mucho espacio y no resultan rentables. En este caso, la absorción se realiza mediante estructuras de elementos resonadores, que no constituyen un material propiamente dicho, y además, son muy selectivas respecto al rango de frecuencias sobre el que actúan [3].

Así pues, atendiendo a criterios de eficiencia, la obtención de un material más ligero y de menor espesor es un objetivo importante que permitiría optimizar el espacio arquitectónico disponible. Por otra parte, dicho material pretende salvaguardar la salud de las personas mejorando la absorción de ruidos y ampliando el rango de frecuencias atenuadas.

2 Métodos

2.1 Electrohilatura de nanofibras de polímeros sintéticos

La electrohilatura utiliza alto voltaje para crear un campo eléctrico entre una disolución polimérica, y una placa recolectora por donde se desliza el sustrato colector. Un electrodo, de la fuente de alto voltaje, está en contacto con la disolución polimérica y el otro está en contacto con el sustrato colector, de esta manera se crea un campo electrostático entre ambos. Cuando el voltaje se incrementa, el campo eléctrico se intensifica provocando una fuerza que empuja la disolución polimérica hacia el electrodo opuesto. Esta fuerza actúa en oposición a la fuerza que ejerce la tensión superficial de la disolución. El incremento de las fuerzas electrostáticas causa la elongación de las gotas de disolución polimérica situadas sobre el electrodo, formando los conos de Taylor. Cuando las fuerzas electrostáticas sobrepasan la tensión superficial de las gotas de disolución, un hilo continuo de disolución cargada eléctricamente salta del cono de Taylor hacia la superficie del electrodo opuesto. El chorro de disolución se acelera hacia la superficie del colector, se seca por la evaporación del disolvente y alcanza los diámetros de escala nanométrica. En la superficie del sustrato colector se obtiene un velo no tejido de nanofibras sólidas con una orientación aleatoria [4] [5].

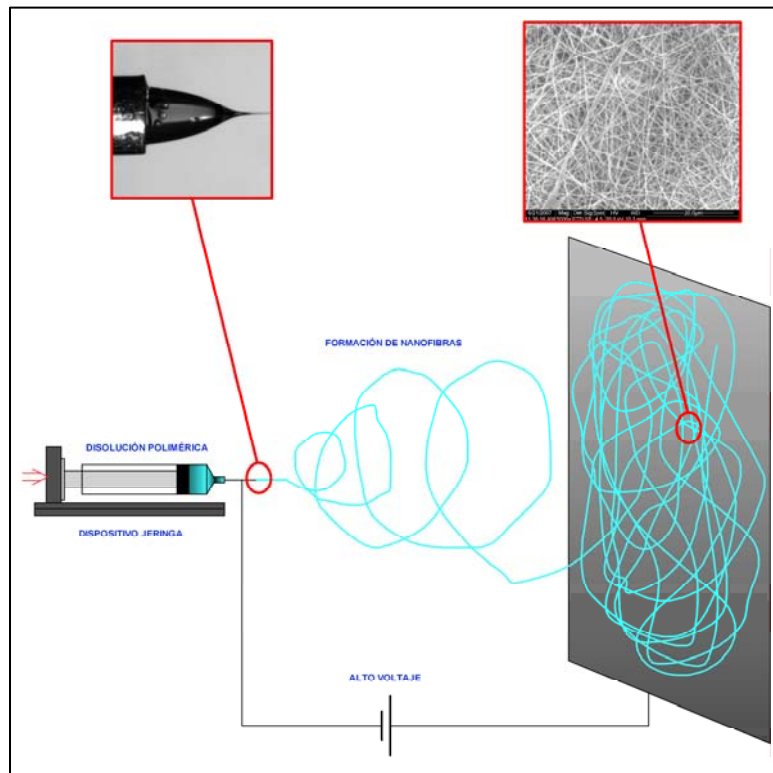


Figura 1 – Diagrama esquemático del principio de funcionamiento de electrohilatura.

2.2 Medición del coeficiente de absorción en incidencia normal mediante tubo de Kundt

Para la evaluación de las propiedades acústicas de los velos se han llevado a cabo las medidas del coeficiente de absorción e impedancia específica en Tubo de Kundt, según la norma UNE-EN ISO 10534-2. Se ha utilizado la plataforma de medida Symphonie como base para las mediciones. Los micrófonos de media pulgada utilizados, junto con el equipo de medida Symphonie, permiten un margen de medida entre 125 Hz y 3150 Hz para la medida del coeficiente de absorción [6].

3 Resultados

Se han obtenido resultados del coeficiente de absorción acústica en incidencia normal para diversas muestras recubiertas con nanofibras sintéticas. Las nanofibras constituyen un velo muy fino y liviano que necesitan un soporte para su deposición y posterior manipulación. En este caso se ha utilizado un no tejido de polipropileno *Pegatex® S* de 17 g/m^2 suministrado por PEGAS NONWOVENS, s.r.o. (República Checa), sobre el que se han depositado las nanofibras. Además, se ha utilizado un material poroso de fibras de poliéster empleado en acústica arquitectónica suministrado por PIEL, S.A. (España), que sirve de referencia y como base de absorción. Así pues, las diferentes muestras se componen de un absorbente fibroso de poliéster, de un no tejido que actúa de soporte para el velo de nanofibras, y del recubrimiento de nanofibras obtenidas mediante electrohilatura de alcohol de polivinilo (PVA) *Sloviol® R* suministrado por NOVÁCKE CHEMICKÉ ZÁVODY, a.s. (Eslovaquia)

Con los resultados de las diferentes combinaciones podremos determinar el incremento de absorción conseguido.

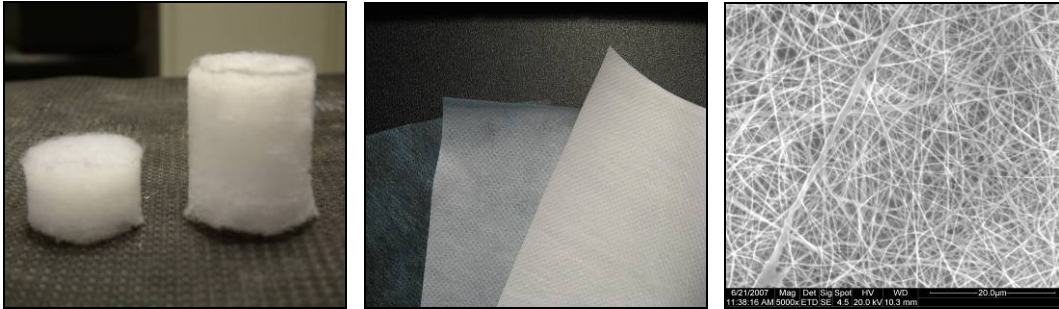


Figura 2 – Componentes de las muestras ensayadas. Izquierda: Imagen de las referencias fibrosas de poliéster, Absorbente 1 y Absorbente 2. Centro: Imagen del colector no tejido de polipropileno, sin nanofibras, con nanofibras (recubrimiento blanco), y con un velo de nanofibras de mayor gramaje. Derecha: Imagen obtenida mediante microscopio electrónico de barrido (SEM) de un velo de nanofibras a 5000 aumentos.

A continuación se presenta la Figura 3 con el Absorbente 1, que es una lana de poliéster de referencia, de 2 cm de espesor y 23 kg/m^3 , y los velos de nanofibras 1, 2 y 3 constituidos por nanofibras de alcohol de polivinilo. Estos velos de nanofibras se diferencian entre sí en la variación de ciertos parámetros de su proceso de obtención, más concretamente, la concentración de polímero en la disolución precursora y la concentración del polielectrolito que le proporciona la conductividad necesaria a la disolución [7].

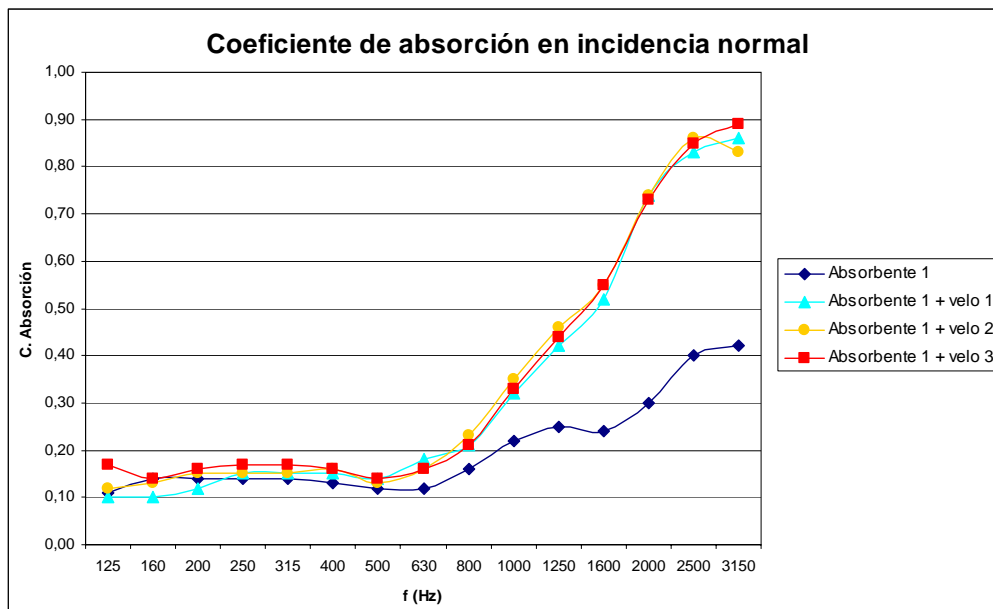


Figura 3 – Variación del coeficiente de absorción acústico en incidencia normal medido en tubo de Kundt, para el rango de frecuencias comprendidas entre 125 y 3150 Hz. Combinaciones de material con el Absorbente 1.

En la Figura 4 se repiten los velos de nanofibras medidos en la gráfica anterior pero utilizando el Absorbente 2 como base de los conjuntos formados. Este absorbente es una lana porosa de fibras de poliéster con un espesor total de 4,5 cm y una densidad de $27,5 \text{ kg/m}^3$. En esta figura se incluye además, la curva del coeficiente de absorción de una lana de vidrio del mismo espesor que el Absorbente 2. Las lanas de vidrio, así como las lanas de roca constituyen el conjunto de materiales comúnmente utilizados en la absorción acústica arquitectónica, conocidos como lanas minerales. Estos materiales tienen excelentes cualidades para la absorción de sonidos de alta frecuencia debido a su elevado porcentaje de porosidad, y también presentan valores elevados de absorción térmica. Por el contrario, son materiales que representan un riesgo para la salud en su manipulación, durante el proceso de fabricación y colocación [8].

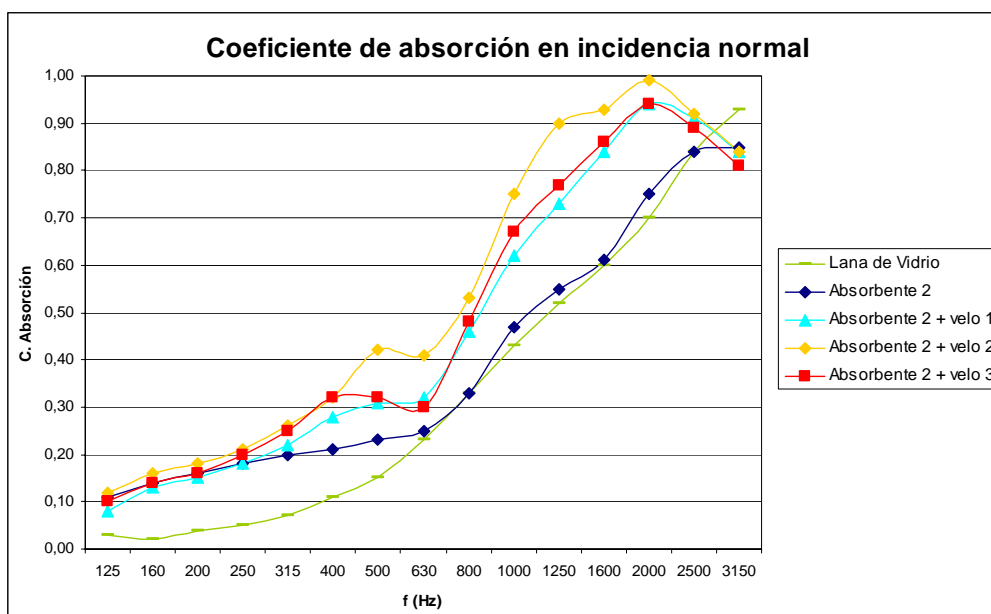


Figura 4 – Variación del coeficiente de absorción acústico en incidencia normal medido en tubo de Kundt, para el rango de frecuencias comprendidas entre 125 y 3150 Hz. Combinaciones de material con el Absorbente 2.

4 Discusión

Los combinados de nanofibras con el Absorbente 1 a bajas frecuencias tienen comportamientos muy similares al material base sin nanofibras, estos empiezan a diferenciarse a partir de los 600 Hz, y es a partir de los 800-1000 Hz cuando la existencia del velo de nanofibras marca diferencias acusadas. La curva del coeficiente de absorción de los combinados mantiene la forma de la curva del absorbente base, pero aumentando enormemente el valor del coeficiente de absorción, de tal forma que desde los 1600 Hz ya duplica el nivel de absorción del Absorbente 1 y se mantiene en dichos niveles hasta el final del rango estudiado, los 3000Hz. Todo ello, habiendo aumentado el espesor del absorbente inicial tan solo 0,2 mm.

En el caso de la Figura 2, la referencia (Absorbente 2) es mucho más absorbente que el Absorbente 1, por tanto, el punto de partida para cada frecuencia es más elevado y los combinados con velos de nanofibras se encuentran muy próximos al máximo de absorción. También cabe destacar que las

diferencias entre ellos son mayores, y que la diferencia de los combinados respecto a la referencia no es tan acusada.

En todos los casos, se observa que las curvas del coeficiente de absorción de las muestras con nanofibras alcanzan valores de absorción más elevados y que se desplaza el máximo alcanzado hacia la zona de bajas frecuencias. La consecuencia de este desplazamiento es una mayor absorción en un rango de frecuencias más amplio, que abarca la zona de medias frecuencias y en menor medida las bajas frecuencias, sin descuidar el nivel de absorción en la zona de altas frecuencias que también se mantiene alto.

5 Conclusiones

Las conclusiones que pueden extraerse de los resultados obtenidos son favorables y muestran el aumento de absorción que experimentan los materiales fibrosos con la adición de un recubrimiento de nanofibras. Una hipótesis barajada para explicar el comportamiento del velo de nanofibras, es que dicho velo actúa como una membrana de resonancia para las frecuencias medias-bajas. El amortiguamiento de las ondas de presión se produciría por el movimiento del velo de nanofibras, que a su vez transmitiría la energía acumulada al absorbente de referencia, transformándose en calor disipado.

La consecuencia de dicho comportamiento es una absorción de sonidos mejorada y ampliada para un rango de frecuencias más amplio. Una comparación interesante es la que se realiza a continuación, donde se puede ver como el combinado de nanofibras con el Absorbente 1 de 2 cm de espesor es similar en comportamiento, e incluso superior en algunos puntos al Absorbente 2 de 4,5 cm (más del doble) de espesor.

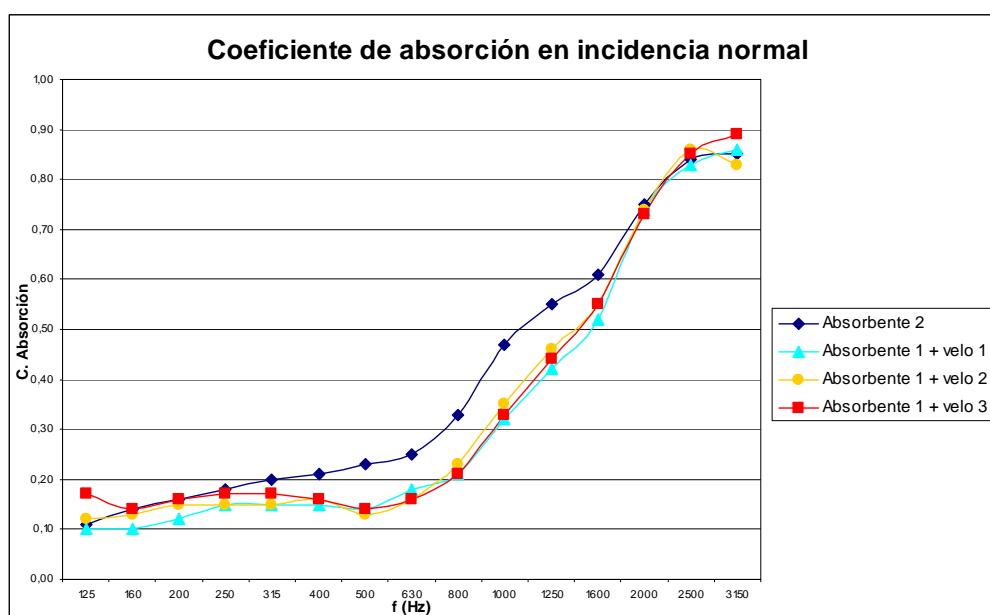


Figura 4 – Variación del coeficiente de absorción acústico en incidencia normal medido en tubo de Kundt, para el rango de frecuencias comprendidas entre 125 y 3150 Hz. Combinaciones de material con el Absorbente 1, comparación con Absorbente 2.

La principal conclusión que se extrae de este estudio preliminar es que la obtención de estructuras fibrosas de escala nanométrica y de polímeros sintéticos tiene un impacto positivo en los materiales utilizados en acústica arquitectónica. La mayor absorción que proporcionan se acompaña, además, con un incremento de peso y volumen totalmente despreciable. Esto tiene dos formas de interpretación, por una parte se puede conseguir una mayor absorción con un espesor idéntico, y por otra parte, se puede conseguir el mismo nivel de absorción con un espesor muy inferior, de hasta la mitad de lo utilizado normalmente.

Por tanto, el uso de polímeros sintéticos proporciona una excelente alternativa para mejorar los materiales existentes e implementar nuevas soluciones con características adaptadas o diseñadas para una absorción específica.

Agradecimientos

Este trabajo está respaldado, en parte, por el Instituto Tecnológico Textil (AITEX) en sus proyectos subvencionados por el Instituto (IMPIVA): “Investigación de aplicaciones de la electrohilatura para conseguir acabados técnicos de bajo espesor y gramaje”, e “I+D para la obtención de acabados poliméricos sintéticos y naturales a partir de disoluciones no acuosas. Aplicaciones en acústica y medicina”, a su vez se basa en otro proyecto subvencionado dentro del Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT): “Optimización del proceso de obtención de nanofibras de alcohol de polivinilo (PVA) sobre un sustrato textil mediante la técnica de electrohilatura”. Por otra parte, ha sido posible gracias al trabajo del Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras (IGIC) de la Escuela Politécnica Superior de Gandia (EPSG), y a las muestras cedidas por la empresa PIEL, S.A.

Referencias

- [1] Aitex, OT.; Nanotecnología aplicada al textil. Vol. 3, 2003.
- [2] Burger, C.; Hsiao, B.S.; Chu, B. Nanofibrous materials and their applications. *Annual Review Of Materials Research*. Vol. 36, 2006, pp. 333-368.
- [3] Recuero López, M. *Sistemas para aislamiento acústico*, Brüel & Kjaer.
- [4] Teo, W.E.; Ramakrishna, S; A review on electrospinning design and nanofibre assemblies. *Nanotechnology*. Vol. 17 (14), 2006, pp. R89-R106.
- [5] Ramakrishna, S. *An introduction to electrospinning and nanofibers*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 382, Singapore, 2005.
- [6] Alba Fernández, J.; Ramis Soriano, J.; Sanchís Rico, V. Coeficiente de absorción en incidencia normal de materiales multicapa basados en lanas de poliéster. *TecniAcústica*, Gandia, 2006.
- [7] Koski, A.; Yim, K.; Shivkumar, S. Effect of molecular weight on fibrous PVA produced by electrospinning. *Materials Letters*. Vol. 58 (3-4), 2004, pp. 493-497.
- [8] Subbiah, T. Electrospinning of nanofibers. *Journal Of Applied Polymer Science*. Vol. 96 (2), 2005, pp. 557-569.