

DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD TORTUOSIDAD Y RESISTENCIA AL FLUJO EN FIBRAS RECICLADAS PROCEDENTES DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO

PACS: 43.55.Ev

M. Zamorano Cantó ¹ ; J. Segura Alcaraz ² ; A.V. Nadal Gisbert ³ ; J.E. Crespo Amorós ⁴ ;

^aUniversidad Politécnica de Valencia, Departamento ingeniería textil y papelera E.P.S.A., Campus d'Alcoi, 03801 Alcoy, Spain

E-mail: mzamoran@upvnet.upv.es.

^b Universidad Politécnica de Valencia., Centro de tecnologías físicas, Campus de vera s/n Valencia,

E-mail: jsegura@mcm.upv.es

^c Universidad Politécnica de Valencia, GICAE. Instituto de Tecnología de Materiales, E.P.S.A., Campus d'Alcoi, 03801 Alcoy, Spain

E-mail: anadal@mcm.upv.es

^d Universidad Politécnica de Valencia, GICAE. Instituto de Tecnología de Materiales., E.P.S.A., Campus d'Alcoi, 03801 Alcoy, Spain

E-mail: jocrean@dim.upv.es

ABSTRACT

In this paper the characterization of porosity, tortuosity and flow resistance of panels formed from fibers coming from End of Life Tires (ELT's) is done, the work is a starting point in the study of this such materials for use in architectural acoustics applications. The influence of shaping parameters like: Pressure, time, temperature, in the aforementioned properties: is studied. We conclude that there is a relationship between the shaping parameters and acoustic intrinsic properties of these fibrous materials, especially between pressure and porosity, tortuosity permeability.

RESUMEN

En este trabajo se realiza una caracterización de la porosidad, tortuosidad y resistencia al flujo de paneles conformados a partir de fibras textiles provenientes del reciclado de neumáticos fuera de uso (NFU's), el trabajo es un punto de partida en el estudio de este tipo de materiales para su uso en aplicaciones de acústica arquitectónica. Se estudia la influencia de las condiciones de conformación: presión, tiempo, temperatura, en las propiedades mencionadas. Se concluye que existe una relación entre los parámetros de conformación y las propiedades intrínsecas acústicas de estos materiales fibrosos. Especialmente entre la presión, y la porosidad, tortuosidad y la permeabilidad.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se estudian las relación entre las condiciones de conformado de paneles construidos con fibras textiles recicladas de NFUs, con determinados parámetros acústicos. Caben destacar en esta línea de estudio los trabajos de Horoshenkov, K. V. et al. [1] que investigan la relación entre los parámetros de la distribución de poro, porosidad tortuosidad y resistencia al flujo con la morfología del material, compactación y densidad reproducible con muestras de grano diferente]. Fages, E. et al.[2] realizan el conformado de telas sin tejer con diferentes composiciones de materias determinando la porosidad usando características geométricas como el grosor y la superficie de la masa] Benkreira, H. et al. [3 utiliza residuos de

neumáticos caucho y fibras así como residuos de alfombras, con la ayuda de un poliuretano o polímeros similares para compactar el grano y la fibra y controlar la rigidez de la estructura y la evolución interior en la creación o de celdas, las propiedades estructurales (Densidad, Porosidad, resistencia al flujo, Tortuosidad y Grosor) las propiedades de conformación (Absorción del sonido, Transmisión del sonido, Impacto aislante del sonido y conductividad térmica) fueron medidos como función de la naturaleza y concentración del adhesivo aglutinante Yilmaz et al. [4] Investiga los efectos de los tratamientos térmicos, debidos a la conformación de aislantes del sonido a partir de nonwomen para revestimiento de automóviles, por tanto es crucial la investigación de los parámetros de resistencia al flujo, resistividad y coeficiente de incidencia normal de absorción del sonido y su relación con los parámetros materiales como la medida de la fibra porosidad y los factores de conformación temperatura y tiempo de exposición. Comprueban que la duración del tratamiento térmico afecta a la resistencia al flujo de aire y a la absorción del sonido el tratamiento de calor aumenta la resistencia al flujo y disminuye la absorción del sonido. Encontrar el punto óptimo de temperatura y su diferencia con el punto de fusión fue un factor significativo para la absorción del sonido Sgard, F. C. et al. [5] Relaciona los parámetros de conformación en un material poroso con orificios con la absorción del sonido y evalúa la influencia de los parámetros (tamaño de agujero, la porosidad, factor de forma) Liu, Jianli et al. [6] Tratan de encontrar un método predictivo par determinar el coeficiente de reducción del ruido evaluando cuatro parámetros estructurales (grosor, densidad de área, porosidad y medida de poro de cada capa Jose Jimenez Espadafor et al. [7] configura un panel con ayuda de un adhesivo y un geotextil a partir de las fibras textiles provenientes del reciclado de neumáticos evalúa los parámetros (coeficiente de absorción acústica con el tubo de impedancia, la caracterización mecánica de el material) y propone un modelo matemático [8]

MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

Materiales.

Análisis morfológico de las fibras.

Se han empleado 3 clases de fibras procedentes del reciclado de NFU's (*INDUSTRIAS DEL NEUMÁTICO S.A.U Ctra. Aspe-Novelda, 3803680 ASPE (Alicante) Spain* y *RECIPNEU Parque Industrial de Sines - Apartado 26 7521-901 Sines – Portugal*).

La muestra que denominaremos número uno, está formada por hilos en su mayoría retorcidos a dos cabos, la número dos está constituida por fibras cortas y la muestra numero 3 formada por hilos retorcidos a dos cabos y fibras cortas. Todas las muestras contienen partículas y polvo de caucho.

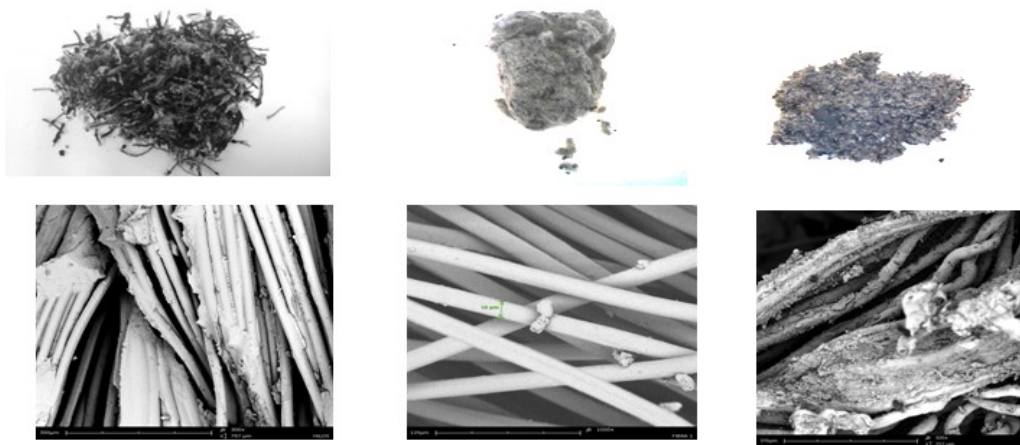


Fig. 1.- Muestras de fibras uno, dos y tres (de izquierda a derecha)

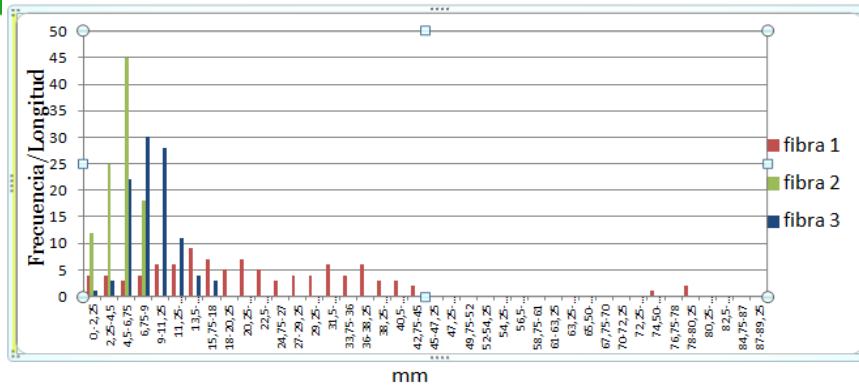


Fig.2.- Distribución de longitudes de las tres fibras

Distribución de la longitud de las fibras

En la fibra uno la distribución de longitudes (fig.2) abarca desde los dos milímetros hasta cuarenta y tres, está formada por hilos en su mayoría retorcidos a dos cabos. La fibra dos con una distribución de longitudes (fig.2) más uniforme oscila entre dos y nueve milímetros constituida por fibras muy cortas, casi polvo, estas fibras están más igualadas en cuanto a longitudes. En la fibra número tres la distribución por longitudes (fig.2) varía entre 2 y 15 mm formada por hilos retorcidos y fibras cortas

Distribución diámetro

Los diámetros en la muestra uno pertenecen a hilos formados por fibras paralelizadas y torcidas, por este motivo su distribución fluctúa entre cero con cinco y uno con treinta y tres milímetros en la muestra dos a fibras, por lo tanto sus medidas varían desde una centésima de milímetro a dos centésimas son distintos dimensionalmente por este motivo esperamos que las prestaciones como absorbentes serán distintas y en la fibra tres vemos dos distribuciones distintas al estar compuesta por hilos y fibras (Fig. 3)

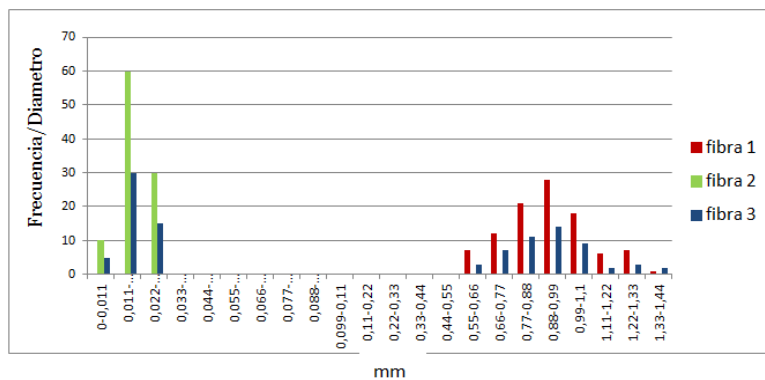


Fig.3.- Distribución de diámetros de las tres fibras

Procedimientos

Elaboración de muestras

Las masas de fibras se han compactado durante un intervalo de tiempo mediante control de presión y temperatura, se han configurado las probetas con ayuda de un troquel, . (Fig.4)



Fig.4.- Probetas fibras uno dos y tres (de izquierda a derecha)

Medida del factor de compactación

Determinación del factor de compactación $FC.$, se calcula como la razón entre el volumen de materia compactado V_c y el volumen inicial V_a .

$$FC. = \frac{V_c}{V_a}$$

Medida de la porosidad

La estructura de los materiales absorbentes porosos de naturaleza fibrosa consiste básicamente en un esqueleto, en nuestro caso flexible,. El aire existente en el interior del material poroso- fibroso es obligado a moverse, produciéndose pérdidas de energía por el rozamiento con las fibras del material. Los poros del material deben estar intercomunicados entre sí, La porosidad de un material, Ω , se puede definir como la relación existente entre el volumen de aire que ocupa los poros existentes dentro de un material y el volumen total del material poroso. Si denominamos V_E al volumen del esqueleto y V_A al volumen de aire dentro del material, podemos definir V_T como el volumen total del material poroso

$$\Omega = \frac{V_A}{V_T} = \frac{V_A}{V_A + V_E}$$

La porosidad de un sistema puede ser medida por diversos métodos. El más simple es el método directo, en el cual el volumen total del sistema es medido y posteriormente la muestra es compactada para remover todo el espacio poroso. Luego la diferencia de estos volúmenes nos da la porosidad total del sistema.[9, 10]

Procedimientos.

Medida de tortuosidad

La tortuosidad T determina el grado de sinuosidad que presenta el camino por donde el fluido atraviesa el medio.[11]. La tortuosidad se mide por un medio no acústico estudiado por Brown [11] según este método podemos obtener la tortuosidad mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{\rho_c}{\rho_f} \Omega$$

siendo Ω la porosidad abierta del material y ρ_c y ρ_f las resistividades eléctricas medidas para el electrolito con y sin el material poroso, respectivamente.

Procedimientos

Medida de la permeabilidad

Cálculo en unidades de permeabilidad: Los Pascales obtenidos deberán traducirse a

$$\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \times \text{h}}$$

Para ello debe aplicarse la siguiente fórmula:

$$V = k \times \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

V = permeabilidad al aire ($\frac{m^3}{m^2 \times h}$)

k = constante variable según la tobera utilizada

P = presión (Pa)

ρ = densidad del aire $1,2 \frac{kg}{m^3}$

La norma recomienda utilizar como unidades de medición $\frac{mm}{s}$, Para realizar la conversión de

unidades $1 \frac{m^3}{m^2 \times h} = 0,278 \frac{mm}{s}$

La permeabilidad V evalúa la resistencia que ofrece un material poroso al paso de un flujo de aire a través de él. Se puede definir como la relación entre la caída de presión y la densidad del material.[12]

EXPERIMENTAL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados en tablas donde cada clase de fibra ha sido evaluada bajo unas mismas condiciones, en primer lugar el tiempo, la masa y la temperatura las hemos mantenido constantes siendo la variable el factor de compactación y sucesivamente, la temperatura, el tiempo y la masa.

FC: tanto por uno; Temperatura: °C; Tiempo: minutos; Masa: gramos; Densidad: kg/m³;

Δ Permeabilidad: %

Fibra nº 1

Factor de conformación variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab.
220	90	550	0,50	430	0,666	1,435	827,772	-23,2%
220	90	550	0,64	463	0,592	5,779	636,313	
Temperatura variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
220	60	550	0,50	413	0,650	1,802	476,719	15,9
240	60	550	0,50	380	0,685	1,315	566,629	
Tiempo variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
240	60	550	0,64	476	0,620	2,150	769,265	0
240	90	550	0,64	485	0,620	2,490	769,265	
Masa variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
240	60	450	0,50	305	0,740	1,321	1695,474	-43,1
240	60	550	0,50	380	0,685	1,315	966,629	

Vemos que los parámetros que influyen en la conformación de esta fibra son la masa y el factor de compactación o sea la densidad mientras que la temperatura afecta en menos cuantía y el tiempo no afecta.

Fibra nº 2

Factor de conformación variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
220	90	550	0,50	420	0,650	6,764	182,498	62,4
220	90	550	0,64	446	0,592	5,779	484,868	
Temperatura variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
220	60	550	0,50	332	0,667	7,184	492,883	-65,3
240	60	550	0,50	375	0,655	6,754	171,427	
Tiempo variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
240	60	550	0,64	534	0,594	12,657	216,840	-11,1
240	90	550	0,64	543	0,600	9,335	192,934	
Masa variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
240	60	450	0,50	311	0,719	7,760	254,267	-32,6
240	60	550	0,50	375	0,655	6,754	171,427	

En esta fibra el parámetro menos influyente es el tiempo y los que más el factor de compactación, la masa introducida en el molde y la temperatura.

Fibra nº 3

Factor de conformación variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
220	90	550	0,50	378	0,769	2,891	483,314	-54,6
220	90	550	0,64	484	0,604	6,684	224,548	
Temperatura variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
220	60	550	0,50	321	0,711	5,217	451,388	22,9
240	60	550	0,50	343	0,712	3,563	585,323	
Tiempo variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
240	60	550	0,64	421	0,690	4,018	500,770	-15,3

240	90	550	0,64	492	0,684	5,958	424,548	
Masa variable								
°T	t'	Masa	FC.	Densidad	Porosidad	Tortuosidad	Permeabilidad	Δ Permeab
240	60	450	0,50	295	0,748	2,592	827,772	-39,6
240	60	550	0,50	343	0,712	3,563	500,770	

La fibra tres el parámetro menos influyente es el tiempo y los que más influyen la masa el factor de compactación y la temperatura.

En general y para los tres tipos de fibras el tiempo de compactación influye poco, lo que indica que influye muy poco en las posibles reacciones en y entre las fibras y entre las fibras y el molde. El incremento de la masa es evidente que influye dado que es un factor determinante de la densidad del producto final, lo mismo podemos indicar sobre el factor de compactación. La influencia de parámetros como la temperatura son dependientes del tipo de fibra y especialmente de su contenido en caucho que puede provocar en el proceso de sinterizado revulcanizados en ciertos puntos de la muestra.

CONCLUSIONES

- Los diferentes valores obtenidos para las porosidades y tortuosidades son resultado de la diferente configuración de las muestras debido a los diferentes tipos de fibra utilizados y a la variación de los parámetros de conformado. Se obtienen porosidades que oscilan entre 0,592 y 0,769. Tortuosidades 1,315 y 12,657
- Las densidades oscilan entre 295 y 543 Kg/m³
- Las permeabilidades oscilan entre 171 y 1695 m³/m²h
- Podemos pues concluir que los productos obtenidos son relativamente densos comparados con las espumas de naturaleza polimérica, El estudio realizado ha sido amplio y exhaustivo.
- Nuestro siguiente paso es el la medida de la impedancia acústica y el coeficiente de absorción,
- El análisis de modelos de comportamiento de materiales porosos de naturaleza fibrosa o granular, en comparación con nuestro producto nos permitirá definir el modelo de comportamiento acústico que algunos casos puede ser un híbrido de ambos.

REFERENCIAS

- [1] K.V. Horoshenkov, M.J. Swift, Applied Acoustics, 62 (2001) 665-690.
- [2] E. Fages, M.A. Cano, S. Girones, T. Boronat, O. Fenollar, R. Balart, Textile Research Journal, 83 (2013) 426-437.
- [3] H. Benkreira, A. Khan, K.V. Horoshenkov, Chemical Engineering Science, 66 (2011) 4157-4171.
- [4] N.D. Yilmaz, N.B. Powell, P. Banks-Lee, S. Michielsen, Journal of Industrial Textiles, 43 (2013) 231-246.
- [5] F.C. Sgard, X. Olny, N. Atalla, F. Castel, Applied Acoustics, 66 (2005) 625-651.
- [6] J. Liu, W. Bao, S. Wang, B. Zuo, L. Chen, Z. Chen, W. Gao, Noise Control Engineering Journal, 61 (2013) 500-508.
- [7] F.J. Jimenez-Espadafor, J.A. Becerra Villanueva, M.T. García, E.C. Trujillo, A.M. Blanco, Materials & Design, 32 (2011) 3608-3616.
- [8] R.E. Collins, (1976).
- [9] A.E. Scheidegger, Soil Science, 86 (1958) 355.



**46º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA
EUROPEAN SYMPOSIUM ON VIRTUAL ACOUSTICS
AND AMBISONICS**

- [10] Brown JS. Porous media. Geophysics 1980;45(8):1269–75
- [11] P. Carman, Transactions-Institution of Chemical Engineeres, 15 (1937) 150-166.
- [12] C.t.A.C. 40, in: C.I. Español (Ed.) UNE EN_ISO 9237, AENOR, Madrid, 1995.