

PARÁMETROS DE TRACCIÓN DEL POLIÉSTER (PET) EN FUNCIÓN DE SU PESO MOLECULAR

J. Gacén*, A. Naik**, D. Cayuela*** y A.M. Islas****

0.1. Resumen

Un hilo continuo de poliéster PET ha sido tratado a 40 °C con disoluciones de ácido nítrico de diferentes concentraciones para preparar sustratos con diferente peso molecular (19,6-6,7 kg/mol). De los sustratos resultantes se han determinado parámetros de tracción tales como tenacidad, elongación, módulo, punto de fluencia y trabajo de rotura, los cuales se han relacionado con los pesos moleculares de los sustratos correspondientes.

Palabras clave: fibras sintéticas, fibras de poliéster, peso molecular, parámetros de tracción

0.2. Summary: PARAMETERS OF TRACTION OF POLYESTER (PET) IN FUNCTION OF THEIR MOLECULAR WEIGHT

A polyester (PET) filament yarn has been treated at 40 °C with dissolutions of different nitric acid concentrations, in order to prepare substrates with different molecular weight (19.6-6.7 kg/mol). From the resulting substrates, tensile parameters as tenacity, elongation, module, yielding point and work of rupture, have been determined and related with the molecular weights of the corresponding substrates.

Key words: synthetic fibres, polyester fibres, molecular weight, tensile parameters

0.3. Résumé: PARAMÈTRES DE TRACTION DU POLYESTER (PET) EN FONCTION DE SON POIDS MOLÉCULAIRE

Un fil continu de polyester PET a été traité à 40°C avec des dissolutions d'acide nitrique de différentes concentrations pour préparer des substrats avec différent poids moléculaire (19.6-6.7 kg/mol). Des substrats résultants on a déterminé des paramètres de traction comme tenacité, élongation, module, point de fluence et travail de rupture, lesquels ont été mis en rapport avec les poids moléculaires des substrats correspondants

Mots clés: fibres synthétiques, fibres de polyester, poids moléculaire, paramètres de traction

1. INTRODUCCIÓN

La resistencia a la tracción de las fibras textiles depende del peso molecular del polímero componente y de su estructura fina, sobre todo de su orientación. Se ha indicado que por debajo de un determinado peso molecular, que puede depender del polímero correspondiente, no se pueden fabricar fibras con suficiente resistencia a la tracción (tenacidad). Durante el procesado y/o mantenimiento de los textiles, sobre todo de los formados por polímeros de condensación, se pueden presentar ataques químicos que pueden traducirse en una disminución del peso molecular del polímero componente¹. Esto sucede cuando los artículos de algodón se someten a lavados repetidos, de modo que se llega a grados de polimerización tan bajos que significan el fin de la vida útil del producto correspondiente. En el caso de sustratos de poliéster, tratamientos alcalinos a elevadas temperaturas, la acción prolongada del vapor o un tratamiento a alta temperatura de un sustrato no seco pueden ocasionar disminuciones del peso molecular, por saponificación o hidrólisis

de los enlaces éster $\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{(-C-O-)} \end{matrix}$ que se traducen en pérdidas de resistencia a la tracción o tenacidad. Otros parámetros de tracción como la elongación, el módulo y el trabajo de rotura pueden resultar afectados también por una disminución del peso molecular del poliéster.

Tras lo expuesto anteriormente se ha creído interesante estudiar la evolución de diferentes parámetros de tracción en función del peso molecular de una fibra de poliéster PET. Para ello se ha procedido a preparar sustratos de diferente

* Prof. Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén. Catedrático de Universidad Jubilado

** Dr. Ing. Arun Naik Kardile, Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería Textil y Papelero (U.P.C.). Subdirector de Relaciones Internacionales en la E.T.S.E.I.A.T. (U.P.C.). Jefe del Laboratorio de Parametría Física Textil del INTEXTER.

*** Dra. en Ciencias Químicas, Diana Cayuela Marín, investigadora de la Universidad Politécnica de Cataluña. Jefa del Laboratorio de Polímeros Textiles del INTEXTER.

**** Dra. Ana María Islas. Instituto Politécnico Nacional ESIT, Profesor Titular "C", Becario SIBE-IPN, EDI-IPN

peso molecular, tratando la fibra original con soluciones de ácido nítrico de diferentes concentraciones^{2,3}.

Los datos presentados en este trabajo proceden de la Tesis Doctoral de D^a Ana M^a Islas, titulada "Variación de los parámetros de tracción del poliéster en función de su peso molecular", dirigida por los profesores Arun Naik y Joaquín Gacén.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Materia

Hilo continuo de poliéster PET 162,8 dtex/30 fil, con filamentos de 5,5 dtex.

2.2. Tratamientos

El sustrato original se lavó con una solución de 1 g/l de Sandozina NIA durante 30 min a 40°C y una relación de baño de 1/40. A este tratamiento siguieron sucesivos lavados con agua destilada a temperatura ambiente y finalmente un secado también a temperatura ambiente.

La muestra lavada y seca se trató con ácido nítrico de diferentes concentraciones (30-55% en peso) a 40°C durante 72 horas. Los sustratos resultantes se lavaron repetidamente con agua destilada, se neutralizó con una solución de amoniaco (20 ml/l) y se lavó de nuevo varias veces con agua destilada hasta pH neutro.

Para preparar sustratos de diferente peso molecular se optó por variar la concentración de ácido nítrico y mantener constante una temperatura inferior a la de transición vítrea del poliéster PET. De este modo se evitan modificaciones de la estructura fina que podrían influir en los parámetros de tracción de la fibra.

2.3. Caracterización

2.3.1. Peso molecular

De cada sustrato se preparó una disolución de 0,5 g/100 ml en una disolución de fenol/tetracloroetano (50/50 en peso) para proceder a su viscosimetría. Se midieron los tiempos de vertido en un viscosímetro Cannon-Fenske, serie 150, tanto del disolvente como de las disoluciones correspondientes. A partir de estos y de la concentración (0,5 g/ 10 ml) se calculó la viscosidad específica y la viscosidad intrínseca de acuerdo con la siguiente expresión derivada de la ecuación de Huggins^{4,5,6,7}.

$$[\eta] = \frac{\sqrt{1 + 4 \cdot 0,35 \cdot \eta_{sp}} - 1}{2 \cdot 0,35 \cdot c}$$

donde

0,35, es el valor de la constante k_1 del poliéster PET en la ecuación de Huggins.

c , es la concentración de cada solución expresada en g/ 100 ml,

η_{sp} , es la viscosidad específica de cada disolución calculada a partir de los tiempos de vertido de la disolución (t) y del disolvente puro (t_0),

$[\eta]$, es la viscosidad intrínseca.

Conocida la viscosidad intrínseca se calculó el peso molecular según la ecuación de Griehl y Neuel⁸:

$$[\eta] = 1,27 \times 10^{-4} M_n^{0,86}$$

2.3.2. Parámetros de tracción

Los parámetros tenacidad, elongación y módulo se determinaron a partir de las curvas carga/alargamiento obtenidas en un equipo Statimad M. El trabajo medio de rotura se determinó a partir de la tenacidad y de la elongación:

$$\left(\frac{\text{tenacidad} \cdot \text{elongación}}{2} \right)$$

y el punto de fluencia según el método de fluencia compensada⁹.

3. RESULTADOS

La Tabla 1 contiene los valores del peso molecular resultante de los correspondientes tratamientos. Estos valores se han representado gráficamente en la Fig. 1, en la que pueden apreciarse dos tramos lineales de pendiente muy diferente, de modo que el descenso del peso molecular al aumentar la concentración de ácido nítrico es mayor a partir de una concentración del 45%. De los valores de la Tabla 1 se deduce también que se han preparado sustratos con un amplio intervalo de pesos moleculares (19,6 – 6,7 kg/mol).

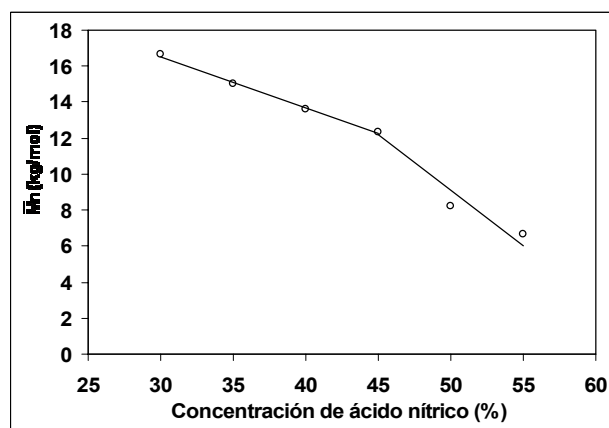


FIGURA 1: Peso molecular en función de la concentración de ácido nítrico

La Fig. 2 muestra la evolución de la tenacidad en función del peso molecular. En ella puede apreciarse una excelente relación lineal ($r = 0,98$) en todo el intervalo de pesos moleculares. La tenacidad del sustrato con menor peso molecular equivale a aproximadamente el 60% de la del sustrato de mayor peso molecular. Por otra parte, de la ecuación de la recta correspondiente se deduce una disminución del 2% de la tenacidad cuando el peso molecular del PET disminuye 1 kg/mol.

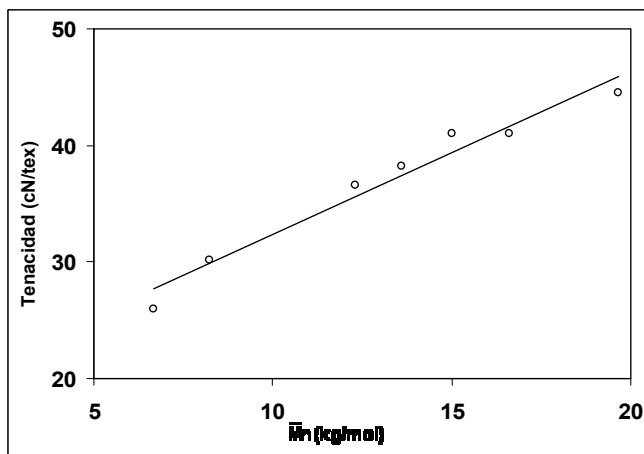


FIGURA 2: Tenacidad en función del peso molecular del poliéster

En la Fig. 3 se puede observar que la elongación o alargamiento a la rotura permanece casi constante en el intervalo de pesos moleculares comprendido entre 15 y 19,6 kg/mol. Por debajo de 15 kg/mol, la elongación disminuye linealmente al hacerlo el peso molecular ($r = 0,98$), de modo que en el intervalo 15,0 – 6,7, se presenta una disminución del 50%.

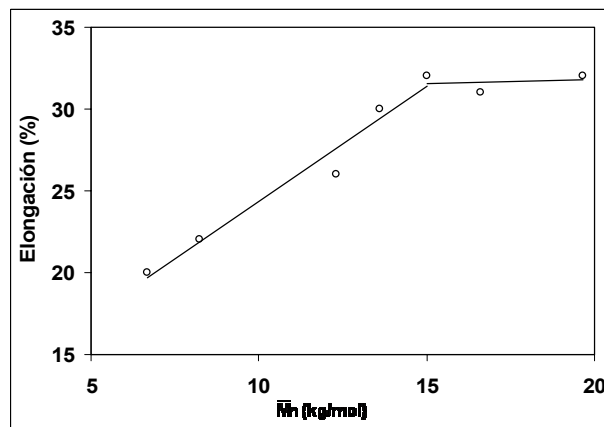


FIGURA 3: Elongación en función del peso molecular del poliéster

TABLA 1

Parámetros de tracción de un hilo continuo de poliéster PET en función de su peso molecular

Concentración de ácido nítrico (%)	Mn (kg/mol)	Tenacidad (cN/tex)	Elongación (%)	Módulo inicial (cN/tex)	Punto de fluencia (cN/tex)	Trabajo de rotura medio (cN · cm)
	19,66	44,6	32,0	321	37,7	712
30	16,62	41,0	31,0	283	35,0	635
35	15,00	41,0	32,0	209	35,0	656
40	13,60	38,2	30,0	170	35,0	573
45	12,30	36,6	26,0	170	11,3	476
50	8,23	30,2	22,0	153	11,2	332
55	6,67	26,0	20,0	141	8,8	260

En la Fig. 4 puede apreciarse que el módulo inicial disminuye rápidamente en el intervalo de pesos moleculares entre 19,6 y 13,5 kg/mol, de modo que pasa de 320 a 170 cN/tex, lo que significa una disminución del orden del 50%. Entre 13,5 y 12,3 kg/mol, el módulo disminuye con una excelente linealidad y mucho más lentamente, pues la disminución es de solo del 15%.

El punto de fluencia, que corresponde al límite de la zona elástica se mantiene casi constante en el intervalo de pesos moleculares 19,6 – 13,5 kg/mol, disminuye bruscamente entre 13,5 y 12,3 kg/mol, pasando de 35,0 a 11,3 cN/tex,

y disminuye lentamente en el intervalo de 12,3 – 6,7 kg/mol (Fig. 5).

Cabe destacar que también a un peso molecular de 13,5 kg/mol se presenta el brusco cambio de pendiente en la evolución del módulo inicial en función del peso molecular.

En la Fig. 6 se ha representado la evolución del trabajo de rotura medio en función del peso molecular. En ella puede observarse que, de modo similar a lo que sucede con la elongación, su valor permanece casi constante en el intervalo de 19,7 – 15,0 kg/mol y que a partir de este valor disminuye lineal y pronunciadamente, pues pasa de 660 a 260

cN_xcm en el intervalo de 15,0 a 6,7 kg/mol, lo que representa una disminución del 60%.

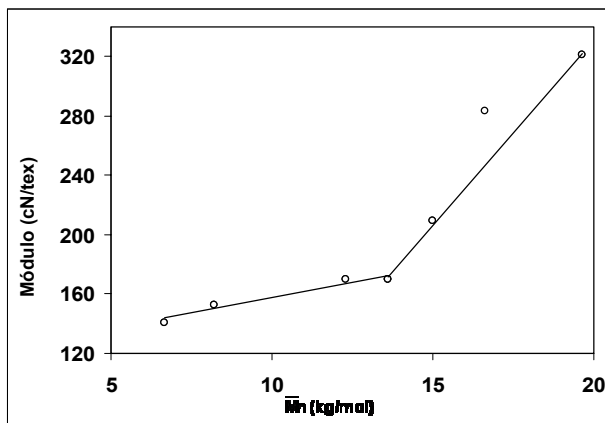


FIGURA 4: Módulo en función del peso molecular del poliéster

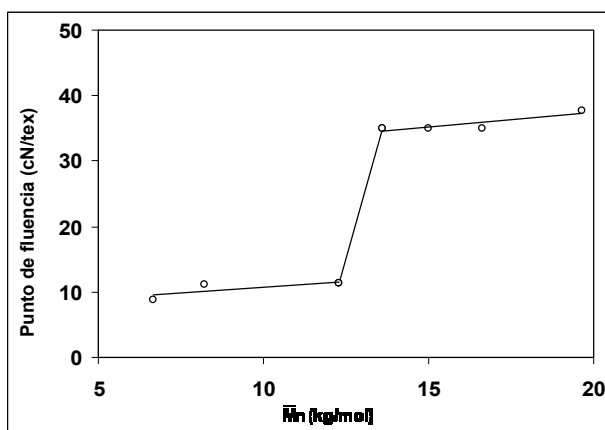


FIGURA 5: Punto de fluencia en función del peso molecular del poliéster

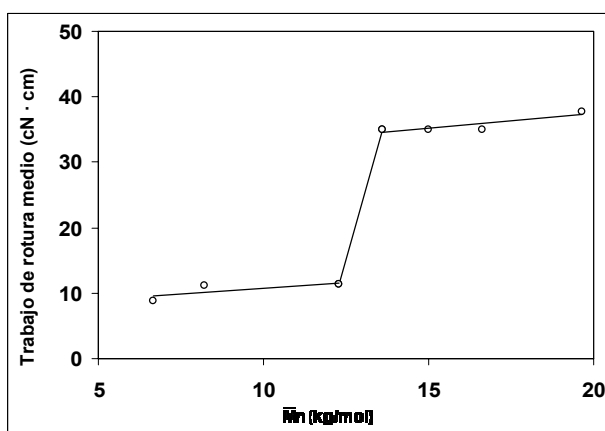


FIGURA 6: Trabajo de rotura medio en función del peso molecular del poliéster

4. CONCLUSIONES

En las condiciones experimentales propias de este estudio puede concluirse que:

4.1. La tenacidad del poliéster PET disminuye linealmente y con pendiente acusada en función del peso molecular del polímero.

4.2. La elongación y el trabajo de rotura medio se mantienen casi constantes en el intervalo de pesos moleculares 19,7 – 15,0 kg/mol y disminuyen lineal y pronunciadamente a partir de este valor.

4.3. La evolución del módulo en función del peso molecular del polímero se produce según dos líneas rectas de pendiente muy diferente, siendo ésta mucho más elevada en el tramo 19,7 – 13,6 kg/mol que entre 13,6 y 6,7 kg/mol.

4.4. El punto de fluencia disminuye en un 70% cuando el peso molecular pasa de 13,6 a 12,3 kg/mol, sin que se aprecien cambios importantes entre 19,7 y 13,6 kg/mol ni entre 13,6 y 6,7 kg/mol.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Gacén, J., "Aspectos de las Fibras Químicas", p. 25, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa (1990).
2. Ludwig, H., "Polyester Fibres", p. 382, Wiley (1971).
3. Brenneche, W. and Richter, H., *Melliand Textilberichte*, **40**, 531 (1959).
4. Kissinger, "Encyclopedia of Polymer Science and Technology", ed., Mark, Gaylord and Bikales, **14**, p. 717.
5. Frind, H., *Faserforschung und Textiltechnik*, **5**, p. 296 (1954).
6. Gacén, J., "Fibras de Poliéster", p. 212, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa (1991).
7. Gacén, J., Cayuela, D. y Tzvetkova, M., *Boletín Intexter*, **120**, p. 25 (2001).
8. Griehl, W. y Neue, S., *Faserforschung und Textiltechnik*, **5**, p. 423 (1954).
9. Gacén, J., "Fibras Textiles", p. 81, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa (1991).