

---

# SIMULACION DEL TERMOFIJADO DE FIBRAS DE POLIESTER BAJO DISTINTAS TENSIONES EN UN ANALIZADOR TERMOMECANICO

F.Bernal (\*) y J. Gacén (\*\*)

## 0.1 Resumen.

Se han caracterizado en un analizador termomecánico fibras de poliéster que diferían en las condiciones de la operación de estiraje. Ha resultado que el encogimiento evaluado por ésta técnica es tanto menor cuanto mayor era la temperatura de estabilización o menor la relación de estirado. Posteriormente se ha simulado con el mismo equipo el termofijado bajo distintas tensiones, resultando que la Temperatura de Inicio del Encogimiento (TIE) es tanto menor cuanto mayor fue la tensión aplicada en la simulación. No se observa, para una tensión determinada, ninguna influencia de la microestructura original sobre el valor del parámetro TIE así determinado.

## 0.2 Summary.

Polyester fibers, which was drawn in different conditions, has been studied in a thermomechanical analyzer. The greater the stabilization temperature or less the drawn ratio, less the shrinkage measured by this technique. Latter, heatsetting has been simulated over different tension conditions by the same technique. It is shown that the higher is the tension applied the less is the Initial Shrinkage Temperature(IST). For any determined tension, no influence on the original microstructure on the value of the IST parameter is observed.

## 0.3 Résumé.

Des fibres de polyester traitées pendant l'opération d'étirage sous des différentes conditions ont été caractérisées dans un analyseur thermomécanique. Le résultat est que la contraction évaluée par cette technique devient plus petite quand la température de stabilisation augmente ou bien quand la relation d'étirage diminue. La thermofixation sous des différentes tensions a été simulé avec le même appareil. La Temperature du Commencement de la Contracction (TCC) est plus petite quand la tension appliquée pendant la simulation est plus grande. Aucune influence de la microstructure originale sur la valeur de paramètre TCC a été observée, pour une tension déterminée.

(\*) Doctor en Ciencias Químicas Fernando Bernal Sánchez. Investigador de la Universidad Politécnica de Catalunya. Laboratorio de Polímeros Textiles de este Instituto.

(\*\*) Doctor Ingeniero de Industrias Textiles Joaquín Gacén Guillén. Catedrático de Universidad. Subdirector de Investigación de este Instituto y Jefe de su Laboratorio de Polímeros Textiles.

## 1. INTRODUCCIÓN.

En una primera etapa<sup>1)</sup> se ha simulado el termofijado de una fibra de poliéster a distintas temperaturas y tiempos en un calorímetro diferencial. Posteriormente se analizaron por la misma técnica, detectándose la transición PEP (endoterma previa a la fusión) de la cual resulta la temperatura efectiva del tratamiento térmico aplicado. Sin embargo, no fue posible estudiar la variable tensión. Por ello, en esta segunda etapa se ha intentado simular el termofijado en un analizador termomecánico (ATM), bajo unas condiciones de temperatura y tiempo constantes (correspondientes a los del punto central del plan experimental diseñado para la primera etapa de este estudio) y variando la tensión aplicada durante el tratamiento.

La tensión máxima que puede experimentar la fibra durante el termofijado es numéricamente igual al 10% del valor de su título en deniers, expresado en gramos. Por otra parte, no conviene sobrepasar el 25% de dicho valor máximo en las manipulaciones previas al termofijado (por ejemplo tisaje)<sup>2)</sup>. Esta cantidad se ha adoptado como punto central del plan experimental.

La influencia de la tensión sobre la estabilidad dimensional o efectividad del termofijado se estudiará determinando la Temperatura del Inicio del Encogimiento (TIE) determinada por ATM. En un trabajo previo<sup>3)</sup> se demostró la excelente sensibilidad de este parámetro a las variables del termofijado, tanto temperatura y tiempo como tensión.

El objetivo de este estudio es obtener una colección de datos que relacionen la estabilidad dimensional con la tensión aplicada en el termofijado. También se pretende aclarar la influencia de la microestructura original de la fibra sobre dicha variación. Por ello se ha aplicado el mencionado plan experimental sobre sustratos que difieren la relación de estirado o la temperatura de estabilización. El procedimiento de simulación tiene la ventaja de proporcionar una abundante cantidad de resultados experimentales con un mínimo de materia; todo lo contrario de lo que sucede con el termofijado industrial.

La información obtenida encontrará aplicación ante situaciones conflictivas como consecuencia de reclamaciones por tinturas defectuosas o por circunstancias diversas, para atribuir o descartar que el defecto tiene su origen en el termofijado aplicado previamente en condiciones irregulares o en condiciones diversas.

La TIE corresponde al inicio del encogimiento producido por la desorientación de las zonas amorfas "orientadas", al adquirir éstas movilidad suficiente por el calor recibido.

## **2. PARTE EXPERIMENTAL.**

### **2.1 Materia Prima.**

Hilos de 30 filamentos y título en torno a 17 tex preparados por "La Seda de Barcelona, S.A." variando las relaciones de estirado y la temperatura de fijado térmico o estabilización.

Se han aplicado relaciones de estirado de 3.22, 3.27, 3.32, 3.37, 3.42. Por su parte las temperaturas de la placa en la etapa de fijado térmico fueron de 180, 190, 200, 210 y 220 °C.

Las muestras que difieren en la relación de estirado se han preparado manteniendo constante la temperatura de estabilización en 200°C, mientras que las fijadas a diferentes temperaturas se les ha aplicado una relación de estirado igual a 3,32.

### **2.2 Preparación de las Muestras y Simulación del Termofijado.**

Tanto la preparación de las muestras como los posteriores análisis se han efectuado en una analizador termomecánico TMS - 2 de la marca Perkin-Elmer.

Con cada sustrato objeto de simulación se han preparado probetas de 1 cm de longitud pinzadas por sus extremos con sendos bastocillos de cobre.

El tratamiento térmico se ha iniciado, partiendo de una temperatura de 30°C, con un calentamiento a una velocidad de 160 grados/minutos hasta alcanzar la temperatura de termofijado de 190°C. Transcurridos 30 s (tiempo de termofijado), se procede al enfriamiento, a la misma velocidad, hasta el estado inicial.

Con este programa, sobre todo en lo referente a las etapas de calentamiento, se ha simulado, en la medida de lo posible, el tratamiento térmico que experimenta el poliéster en cada uno de los dos campos de que se compone la máquina rame. El primero tiene la misión de elevar la temperatura del tejido desde la ambiente hasta la de termofijado. En el segundo se produce el termofijado propiamente dicho.

### **2.3 Planificación de Experiencias.**

La simulación del termofijado se ha realizado de acuerdo con un plan experimental que consistía en estudiar los niveles de tensión que se indican en la Tabla 1 a las temperaturas de 190 °C y tiempo de 30 s.

Este plan experimental se ha aplicado sobre los sustratos indicados en la Tabla 2.

**Tabla 1**  
*Niveles de Tensión Estudiados*

Nivel	-1,4142	-1	0	+1	+1,4142
Tensión (g)	0	1,17	4	6,83	8

**Tabla 2**  
*Sustratos Estudiados*

Sustrato	Relación de Estirado	Temperatura de Estabilización (°C)
1	3,32	180
2	3,32	190
3	3,32	200
4	3,32	210
5	3,32	220
6	3,22	200
7	3,27	200
8	3,32	200
9	3,37	200
	3,42	200

Ello permitirá discutir, en su caso, la influencia de la microestructura original de la fibra (relación de estirado o temperatura de estabilización) sobre la eficacia del termofijado a cada una de las tensiones estudiadas.

#### **2.4 Análisis Termomecánico.**

Los análisis termomecánicos de las fibras preparadas se han efectuado en las condiciones señaladas en un trabajo previo a los autores<sup>3)</sup>. Éstas han sido las siguientes:

Temperatura inicial: 30°C

Temperatura final: 310°C

Tensión: 3.60 g

Velocidad de calentamiento: 10 grados/minutos

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1 Caracterización de los Sustratos.

Previamente a la simulación del termofijado bajo diferentes tensiones y la discusión de sus resultados, se han caracterizado los sustratos mediante la técnica del análisis termomecánico. Los resultados están contenidos en la Tabla 3.

**Tabla 3**  
*Encogimientos a distintas temperaturas de los sustratos originales determinados por análisis termomecánico.*

Sustrato	Temperatura (°C)				
	180	190	200	210	220
DR/T					
180/3.32	14	14	15	15	16
190/3.32	13	14	14	15	16
200/3.32	12	13	13	14	15
210/3.32	11	12	13	13	14
220/3.32	11	12	12	13	14
200/3.22	13	14	14	15	16
200/3.27	13	14	14	15	15
200/3.32	(12)	(13)	(13)	(14)	(15)
200/3.37	13	14	14	15	16
200/3.42	14	15	16	17	17

La Tabla 3 muestra la tendencia de las cinéticas de encogimiento deducidas de los termogramas derivados del análisis termomecánico. Indican, lógicamente, que conforme aumenta la temperatura del ensayo todos los sustratos se van encogiendo. Sin embargo, mucho más destacable que esta tendencia es la presentada por el valor del encogimiento (a cualquier temperatura) en función de las condiciones de la operación de estiraje. Ésta indica, por una parte, que cuanto mayor era la temperatura de estabilización menor resulta ser el encogimiento. Ello confirma que una mayor temperatura de estabilización dota al sustrato de una estabilidad superior.

Por otra parte en cuanto a la relación de estirado, la misma Tabla indica que el sustrato más estirado es el que más encoje cuando es analizado termomecánicamente. Ello puede ser explicado por la mayor orientación de las zonas amorfas o la disminución del número de plegamientos de cadena en las zonas cristalinas. Este cambio estructural se presenta en sentido contrario, como consecuencia de la movilización de las entidades estructurales por el calor. Cabe, sin embargo, en

este momento, destacar que el sustrato 200/3.32 es anómalo cuando es comparado con los demás sustratos estabilizados a la temperatura de 200°C. Ello ha sido ya detectado en trabajos previos <sup>4,5)</sup> y, además, sus autores explican que la temperatura de estabilización del sustrato anómalo fue distinta de 200°C.

Estas tendencias y sus interpretaciones son ya conocidas. Sin embargo, para nuestros propósitos son válidas para confirmar, mediante la misma técnica que posteriormente se empleará para la simulación/análisis, que estos sustratos resultantes de distintas condiciones de estiraje, tienen microestructuras diferentes. Así pues, se abre la posibilidad de discutir la influencia de la microestructura original sobre la eficacia del termofijado. Sin embargo, ya que estos sustratos, aunque distintos, son muy semejantes no es de esperar que las diferencias sean grandes entre los valores de las TIE propias de los correspondientes resultados termofijados; por esta razón tan sólo se ha aplicado el procedimiento de simulación sobre los sustratos extremos, esto es, 180/3.32, 220/3.32, 200/3.22 y 200/3.42. Los dos primeros permitirán discutir, en su caso, la influencia de la temperatura de estabilización, mientras que los otros dos servirán para hacer lo mismo con la variable relación de estirado.

### 3.2 Simulación del Termofijado.

Las TIE han sido deducidas gráficamente de los termogramas, por la intersección de las extrapolaciones de la línea de base y el tramo correspondiente al encogimiento, que es aproximadamente recto. La Tabla 4 recoge los valores pertenecientes a los sustratos estudiados. Según lo ya indicado, estos sustratos difieren en su relación de estirado o temperatura de estabilización, mientras que en cuanto al termofijado se ha variado la tensión manteniendo constante el valor de la temperatura y el tiempo en 190°C y 30 s, respectivamente.

**Tabla 4**

*Temperaturas de Inicio del Encogimiento (TIE) en función de la tensión aplicada en el termofijado (a 190°C durante 30 s) para sustratos cuyas condiciones de estiraje fueron diferentes: Relación de estirado (DR) y Temperatura de Estabilización (T).*

Sustrato	Tensión (g)				
	0.00	1.17	4.00	6.83	8.00
3.32/180	203	200	189	166	164
3.32/220	199	203	188	169	171
3.22/200	201	204	193	178	173
3.42/200	201	202	194	176	177

Del contenido de dicha Tabla se deduce una tendencia (al menos en términos generales) según la cual, cuando se incrementa la tensión aplicada, disminuye la TIE. Ello se aprecia en cualquiera de los sustratos estudiados.

Esto se interpreta de acuerdo con el criterio de la movilización diferencial<sup>3,6)</sup> esta hipótesis indican que a lo largo de la fabricación de la fibra se van acumulando tensiones internas en su microestructura, el origen de tales tensiones debe de estar en la orientación que se produce en el proceso de estiraje. Los tratamientos térmicos tienden a liberarlas, mediante reorganizaciones de las entidades estructurales; por ejemplo, desorientaciones de las zonas amorfas orientadas o plegamientos de cadena en los cristalitas. Todo ello se manifiesta, a nivel macroscópico, en el encogimiento de las fibras.

La magnitud de las reorganizaciones mencionadas debe ser función, por una parte, de la microestructura de la fibra y, por otra, de las condiciones del tratamiento térmico, tiempo y principalmente temperatura y tensión<sup>3)</sup>. Las entidades estructurales cuya energía de cohesión sea igual o inferior a un determinado valor, alcanzarán la movilidad necesaria para experimentar las mencionadas reorganizaciones estructurales, mientras que las demás continúan en el estado inicial, reteniendo las consiguientes tensiones internas. Un tratamiento térmico posterior que supere el nivel energético aportados por otro anterior supondrá la movilización de entidades estructurales hasta entonces inertes. Ello conlleva la liberación de más tensiones internas. Por lo tanto la temperatura a la que se inician las reorganizaciones estructurales será una medida del nivel de estabilidad alcanzado en el tratamiento térmico anterior. Por otra parte, cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la estabilidad del sustrato tratado. En cuanto a la variable tensión, debe tenerse en cuenta que la aplicación de tensiones en caliente tiene el efecto de dificultar las desorientaciones de las zonas amorfas orientadas: y ello limita la estabilización del tratamiento.

Cuando se simula el termofijado bajo las tensiones mayores (6.83 y 8.00 g) de las consideradas en el plan experimental, se observa en la Figura 1 que previamente al encogimiento principal se presenta otro, iniciado a una temperatura próxima a los 100°C. Este resultado indica que la estabilización estructural que se pretende con el termofijado queda muy limitada por la variable tensión, cuando ésta es grande, y resulta ser tan pequeña que durante el análisis termomecánico se inicia la liberación de tensiones internas o la desorientación de las zonas amorfas orientadas incluso a temperaturas pequeñas. Sin embargo, cuando la simulación del termofijado se efectúa a las menores tensiones (0 y 1.17 g) se detecta, incluso, una cierta extensión dentro del mismo rango de temperaturas. Ésta se puede atribuir al aumento del volumen específico de la fibra que sucede como consecuencia de la movilización de las zonas amorfas a temperaturas superiores a la de transición vítrea. Entre ambas situaciones extremas, exponentes de fenómenos competitivos, se encuentra el caso correspondiente a la simulación bajo tensión de 4 g (punto central) que no presenta ni encogimiento

previo, ni tampoco extensión. Todo ello refuerza la observación hecha anteriormente.

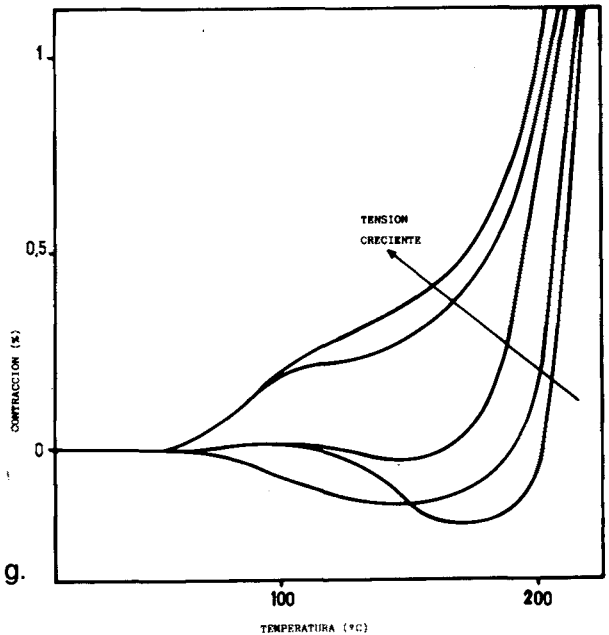


Fig. 1  
Aspecto de los análisis termomecánicos en función de la tensión aplicada en la simulación del termofijado.  
Tensiones: 0, 1.17, 4, 6.83 y 8 g.

Por otra parte, para una tensión determinada no se observan diferencias entre los valores de las TIE correspondientes a sustratos que difieren en las condiciones de estiraje. Ello indica, dentro de las condiciones propias de este estudio, que la simulación del termofijado aplicada iguala las diferencias estructurales existentes entre estos sustratos que otros autores han confirmado<sup>4,5</sup>. Dicho con otras palabras: la microestructura original no influye en el valor de la TIE del correspondiente sustrato termofijado. Ello parece razonable, ya que la TIE se detecta por la movilización de las entidades estructurales que permanecieron inertes en un tratamiento térmico anterior. Este habrá liberado más o menos tensiones en función de las condiciones termomecánicas de la operación con independencia del estado inicial (microestructura original).

#### 4. CONCLUSIONES

- 4.1 El análisis termomecánico distingue sustratos estirados y estabilizados en diferentes condiciones.
- 4.2 El encogimiento evaluado por esta técnica resulta ser inferior cuanto mayor es la temperatura de estabilización, y también cuanto menor es la relación de estirado, tal como cabía esperar.



- 4.3 La simulación del termofijado bajo diferentes tensiones en un analizador termomecánico conduce a sustratos que, una vez analizados por la misma técnica, presentan Temperaturas de Inicio del Encogimiento (TIE) tanto menores cuanto mayor fue la tensión aplicada en la simulación del termofijado.
- 4.4 La microestructura original no influye en el valor de la TIE a una tensión determinada. Dicho en otras palabras: en las condiciones propias de esta investigación, la simulación del termofijado iguala las diferencias estructurales previas en cuanto a relación de estirado y temperatura de estabilización.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a Doña Montserrat García por su colaboración en el trabajo experimental; a la Comisión Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT) de la Generalitat de Catalunya por su subvención concedida al proyecto de investigación " Simulació del Termofixat a un Calorímetre Diferencial" (expedient AR 86-99), y a la Seda de Barcelona, S.A. por la aportación desinteresada de los sustratos de poliéster estudiados.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- 1) Gacén, J.; Bernal, F., y Pepió, M.; "Simulación del Termofijado del Poliéster en un Calorímetro Diferencial", pendiente de publicación. Proyecto de investigación subvencionado por la CIRIT.
- 2) Recomandation pour l'Utilization des Textiles Chimiques". Tomo I: Fils Continus. Ed. Commission Technique du Syndicat Français des Textiles Artificiels et Synthétiques. Bélgica, 1965.
- 3) Gacén, J.; Bernal, F., y Juarez, D.; Melliand Textilberichte 7/1987, 497-501.
- 4) Gacén, J.; Maillo, J.; Olmos, G., y Baixauli, J.J.; Bull. Scient. ITF, vol. 12, nº 47, 3 trimestre 1983, 21-33.
- 5) Gacén, J.; Naik, A.; Gómez, E., y Olmos, G.; Textile Month, march 1987, 43, 44 y 47.
- 6) Ribnick, A.S., y Weigmann, H.D.; Textile Res. J., 43 (1973), 316-25.

Recibido: 1987.12.14 - Aceptado: 1988.02.12

# EDUARDO DE PINEDA Y CIA., S.L.

ALAVA, 61, 5º 08005 BARCELONA TELEFONO 300 30 51 AP. CORREOS 21.025 - 08080 Barcelona

## maquinaria textil

 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiladora-bobinadora Autocoro.</li> <li>• Bobinadoras automáticas con anudado convencional o splicer, etc.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encoladoras de diferentes tipos para fibras cortadas y filamento continuo.</li> <li>• Instalaciones de cocción para las colas. Instalaciones de tintura a lá continua, etc.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales.</li> <li>• Mecheras.</li> <li>• Continuas con CO-WE-MAT, para algodón, lana y mezclas.</li> <li>• Accesorios.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria para hilanderías de filamento.</li> <li>• Continuas doble torsión para toda clase de fibras.</li> <li>• Máquinas de texturizar.</li> </ul>
<p>S.A. MÉTIERS AUTOMATIQUES <b>PICARD</b> 1933</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquinas de tejer Airtro-nic, de toberas de aire.</li> <li>• Máquina de tejer pinzas PGW hasta 8 colores, y GTM de alta velocidad hasta 6 colores.</li> <li>• Telares automáticos de lanzadera.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria para hilatura de lana cardada y semi-peinado.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquinas para el acabado en húmido. Instalaciones de lavado, blanqueo, teñido, mercerizado.</li> <li>• Vaporizadores.</li> <li>• Jiggers, foulards, etc.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gills de cadenas con y sin regulación.</li> <li>• Coilers para cardas con y sin estiraje.</li> <li>• Recraqueadoras, mezcladoras, desenfieltradoras.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones de tintura y blanqueo para toda clase de fibras, en bobinas, plegadores, etc. Instalaciones totalmente automáticas.</li> </ul>	 <p><b>Aparatos de control electrónicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Purgadores de hilo óptico-electrónicos.</li> <li>• Parahilos.</li> <li>• Sistema evaluación de datos de producción.</li> <li>• Sistema de medición de la longitud de hilo.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesorios de acero inoxidable para aparatos de tintura.</li> </ul>	 <p><b>FIBER CONTROLS CORPORATION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones de apertura, limpieza, mezcla y alimentación directa a cardas.</li> </ul>
 <p><b>BOCKEMÜHL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros de estiraje, correas y accesorios hilatura.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros de caucho «BE-CA-FLOOR» para máquinas de encolar.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones de aspiración para hilaturas de algodón, lana, tejedurías e industrias en general.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina de limpiar canillas.</li> <li>• Carretillas y elevadores para plegadores.</li> <li>• Máquinas de aprestar, lavar, estampar y teñir ma-dejas.</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodillos de parafina.</li> </ul>	