

RELACIÓN ENTRE LA SOLUBILIDAD EN ÁLCALI Y LOS PARÁMETROS DE TRACCIÓN DE UN HILADO DE ESTAMBRE SOMETIDO A TRATAMIENTOS ÁCIDOS Y OXIDANTES

J. Gacén*, A. Naik**, D. Cayuela*** y D. Palet****

0.1. Resumen

Un hilado de lana peinada ha sido sometido a tratamientos ácidos y con peróxido de hidrógeno a efectos de preparar sustratos que presentan un amplio intervalo de solubilidades alcalinas. Se han relacionado los parámetros de tracción con la solubilidad alcalina de los correspondientes sustratos. Este estudio ha permitido ampliar la información sobre el motivo del aumento de la solubilidad en álcali producido por el blanqueo con peróxido de hidrógeno. Se ha relacionado la solubilidad alcalina de la lana con la tenacidad, elongación, módulo y trabajo de rotura.

Palabras clave: Lana, tratamientos ácidos, blanqueo, solubilidad alcalina, parámetros de tracción.

0.2. Summary: RELATION BETWEEN ALKALI SOLUBILITY AND TENSILE PARAMETERS IN WOOL YARNS SUBJECTED TO ACIDIC OR OXIDANT TREATMENTS

A worsted yarn has been subjected to acidic and hydrogen peroxide treatments in order to prepare substrates having a wide range of alkali solubilities. The tensile parameters of the resulting substrates have been related with their corresponding alkali solubilities. This study has allowed to obtain more information on the cause of the increase in alkali solubility produced during wool bleaching with hydrogen peroxide. It has also been possible to know how the alkali solubility of wool is

related with other parameters (breaking elongation, modulus and work of rupture) of the studied yarns.

Key words: Wool, acidic treatments, bleaching, alkali solubility, tensile parameters.

0.3. Résumé: RELATION ENTRE LA SOLUBILITÉ ALCALINE ET LES PARAMÈTRES DE TRACTION D'UN FILÉ DE LAINE PEIGNÉE SOUMIS À DES TRAITEMENTS ACIDES ET OXYDANTS

Un filé de laine peignée a été soumis à des traitements acides et au peroxyde d'hydrogène pour préparer des substrats présentant une grande fourchette de solubilités alcalines. Les paramètres de traction ont été associés à la solubilité alcaline des substrats correspondants. L'étude a permis de compléter l'information sur les raisons de l'augmentation de la solubilité alcaline produite par le blanchiment au peroxyde d'hydrogène. La solubilité alcaline de la laine a été associée à la ténacité, à l'élongation, au module et au travail de rupture.

Palabras clave: Laine, traitements acides, blanchiment, solubilité alcaline, paramètres de traction.

1. INTRODUCCIÓN

Los parámetros de tracción de las fibras están relacionados con el peso molecular de sus polímeros componentes. El acortamiento de las cadenas macromoleculares ocasionado por un ataque químico puede producir una más o menos importante disminución de la tenacidad de una fibra. El peso molecular de los polímeros lineales puede ser determinado por viscosimetría, siendo este el caso de las fibras celulósicas, poliéster, poliamida. Sin embargo, esta técnica tan sencilla no puede ser aplicada a la fibra de lana, puesto que está formada por cadenas polipeptídicas entrecruzadas por los enlaces transversales covalentes (enlaces disulfuro) que la insolubilizan en cualquier disolvente.

No obstante, el posible acortamiento de las cadenas polipeptídicas de la lana puede ser evaluado relativa e indirectamente determinando el contenido de grupos amino terminales, cuyo aumento significa una disminución de la longitud de la cadena macromolecular. El ensayo de la solubilidad alcalina de la lana permite también

* Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén, Catedrático de Universidad de Polímeros Textiles en la E.T.S.E.I.T., Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (U.P.C.). Jefe del Laboratorio de Polímeros Textiles del INTEXTER (U.P.C.)

** Dr. Ing. Arun Naik Kardile, Prof. Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (U.P.C.). Subdirector de la E.T.S.E.I.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 Catalunya, en el Laboratorio de Polímeros Textiles del INTEXTER (U.P.C.)

**** Daniel Palet Alsina. Técnico del Centro Técnico de Hilatura del Departamento en Ingeniería Textil y Papelera (U.P.C.)

detectar acortamientos de las cadenas polipeptídicas. Como es bien conocido, la solubilidad de los polímeros aumenta cuando disminuye su peso molecular. En nuestro caso, un aumento de la solubilidad alcalina de la lana es señal de un acortamiento de la cadena, siempre en el supuesto de que no coincidan otras circunstancias que conduzcan también a un aumento de la solubilidad alcalina.

El ataque químico que se puede producir en la tintura de la lana en un medio fuertemente ácido se traduce en un aumento de la solubilidad alcalina de la fibra, atribuible exclusivamente a una disminución de la longitud de las cadenas polipeptídicas. El blanqueo de la lana con peróxido de hidrógeno puede ocasionar aumentos muy importantes de su solubilidad alcalina por causas diferentes. La acción solubilizante de los grupos sulfónicos (ácido cisteico) que se forman por acción del peróxido de hidrógeno, la disminución de la reticulación por rotura del enlace disulfuro y una eventual rotura de las cadena polipeptídica ocasionada conducen separada y conjuntamente a un aumento de la solubilidad alcalina de la lana.

En un trabajo anterior¹⁾ se procedió al tratamiento de un peinado de lana con ácido sulfúrico en las condiciones de una tintura a pH bajo, con ácido peracético y con peróxido de hidrógeno. Como parámetros químicos de los sustratos resultantes se determinó el contenido de grupos amino y la solubilidad alcalina. También se determinó su tenacidad en húmedo. De los resultados obtenidos se dedujo que en sustratos con una elevada solubilidad en álcali apenas disminuía su tenacidad. Por el contrario a elevadas solubilidades en álcali de la lana tratada con ácido sulfúrico les correspondían descensos relativamente importantes en su tenacidad.

Los autores han creído interesante someter un hilado de estambre a tratamientos ácidos y con peróxido de hidrógeno a efectos de preparar sustratos con una amplia gama de solubilidades alcalinas. Los parámetros de tracción en seco y en húmedo se relacionaron con sus correspondientes solubilidades alcalinas. De este modo se espera completar la información sobre el motivo del aumento de la solubilidad en álcali que eventualmente puede producir el blanqueo de la lana con peróxido. También se podría conocer cómo está relacionada la solubilidad en álcali de la lana con otros parámetros de tracción, tales como la elongación, el módulo y el trabajo de rotura.

Elsworth y Anderson estudiaron²⁾ la relación entre el trabajo a la rotura de hilados de lana y su solubilidad alcalina en procesos en húmedo (tintura y blanqueo con peróxido de hidrógeno). Aunque los autores no lo comentaron, del análisis de los resultados se puede deducir que para producir un cierto porcentaje de disminución de la fuerza de rotura, la solubilidad alcalina para las lanas tratadas con peróxido de hidrógeno es mayor que la de las lanas tratadas en medio ácido. Ya que estos

resultados no fueron comentados, lógicamente tampoco fueron interpretados. Este es el motivo por el que los autores han creído interesante estudiar detalladamente la relación entre el trabajo a la rotura y la solubilidad alcalina de fibras de lana tratadas en medio ácido y con peróxido de hidrógeno. Para ello, se empleó una lana con poca solubilidad alcalina para poder obtener mayor sensibilidad a los tratamientos que producen un aumento de este parámetro.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materia

Se ha utilizado un hilado de estambre de lana merina australiana de título 42 tex. Su solubilidad alcalina era de 12,9% y sus tenacidades en seco y en húmedo de 6 y 5,3 cN/tex, respectivamente.

2.2. Tratamientos

El tratamiento del hilado de lana con peróxido de hidrógeno se ha realizado en las condiciones propias del blanqueo de esta fibra. La temperatura fue de 65°C, El tiempo 1,5 h y la relación de baño 1/20, a pH 9 (4,5 g/l de estabilizador C y en presencia de 0,5 g/l de Sandocina NIA (Clariant) como agente humectante). La Tabla 1 contiene la concentración de peróxido y la solubilidad alcalina de los sustratos resultantes.

TABLA 1

Tratamientos con peróxido de hidrógeno y solubilidades alcalinas resultantes

| Referencia | Concentración de peróxido (Vol O/l) | Solubilidad Alcalina (%) |
|------------|-------------------------------------|--------------------------|
| A-1 | 1,5 | 26,3 |
| A-2 | 2 | 31,0 |
| A-3 | 3 | 36,7 |
| A-4 | 3,5 | 43,6 |
| A-5 | 3,5/70°C | 57,0 |

Los tratamientos en ácido sulfúrico se aplicaron a 95 °C en presencia de un agente humectante (Sandocina NIA). Las condiciones de pH y tiempo fueron las señaladas en la Tabla 2.

TABLA 2

Tratamientos ácidos y solubilidades alcalinas resultantes

| Tratamiento | | | Solubilidad Alcalina (%) |
|-------------|------|------------|--------------------------|
| Referencia | pH | Tiempo (h) | |
| B-1 | 1,2 | 2,0 | 64,3 |
| B-2 | 1,35 | 2,5 | 43,0 |
| B-3 | 1,5 | 2,5 | 41,0 |
| B-4 | 1,65 | 2,5 | 20,1 |

2.3. Caracterización

De la lana original y de las tratadas con ácido sulfúrico y con peróxido se han determinado la solubilidad en álcali⁽³⁾ y los parámetros de tracción (tenacidad, elongación, módulo y trabajo de rotura) en seco y en húmedo. Para ello se hizo uso de un equipo Statimat M Tensile Tester para una longitud de muestra de 500 mm y una velocidad de 2 mm/min.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 3 y 4 contienen los resultados obtenidos y en las Fig. 1-4 su representación gráfica.

TABLA 3
 Parámetros químicos y de tracción en húmedo de la lana tratada con peróxido de hidrógeno y con ácido sulfúrico

| Sustratos | Ref. | Solubilidad alcalina (%) | Tenacidad (cN/tex) | Elongación (%) | Módulo (cN/tex) | Trabajo de rotura (cm·cN) |
|---|------|--------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Original | | 12,9 | 5,3 | 41,2 | 42,4 | 2560 |
| Tratados con H ₂ O ₂ | A-1 | 26,3 | 5,6 | 1,3 | 44,5 | 2460 |
| | A-2 | 31,0 | 5,5 | 39,4 | 40,2 | 2370 |
| | A-3 | 36,7 | 5,5 | 9,8 | 36,6 | 2420 |
| | A-4 | 43,6 | 5,1 | 40,7 | 37,7 | 2270 |
| | A-5 | 57,0 | 4,9 | 42,8 | 40,0 | 2330 |
| Tratados con H ₂ SO ₄ | B-1 | 20,1 | 4,9 | 40,3 | 44,9 | 2300 |
| | B-2 | 41,0 | 4,2 | 34,7 | 37,2 | 1830 |
| | B-3 | 43,0 | 4,1 | 36,7 | 41,4 | 1850 |
| | B-4 | 64,3 | 3,7 | 35,0 | 36,3 | 1600 |

TABLA 4
 Parámetros químicos y de tracción en seco de la lana tratada con peróxido de hidrógeno y con ácido sulfúrico

| Sustratos | Ref. | Solubilidad alcalina (%) | Tenacidad (cN/tex) | Elongación (%) | Módulo (cN/tex) | Trabajo de rotura (cm·cN) |
|---|------|--------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Original | - | 12,9 | 6,0 | 14,2 | 64,0 | 1300 |
| Tratados con H ₂ O ₂ | A-1 | 26,3 | 6,1 | 19,1 | 76,6 | 1810 |
| | A-2 | 31,0 | 6,7 | 16,7 | 68,3 | 1700 |
| | A-3 | 36,7 | 6,4 | 20,6 | 76,0 | 2130 |
| | A-4 | 43,6 | 6,3 | 20,6 | 75,4 | 2060 |
| | A-5 | 57,1 | 6,1 | 21,9 | 74,4 | 2180 |
| Tratados con H ₂ SO ₄ | B-1 | 20,1 | 5,9 | 10,5 | 73,5 | 840 |
| | B-2 | 41,0 | 5,1 | 10,1 | 70,1 | 750 |
| | B-3 | 43,0 | 5,5 | 8,9 | 83,8 | 690 |
| | B-4 | 64,3 | 5,2 | 8,6 | 78,0 | 600 |

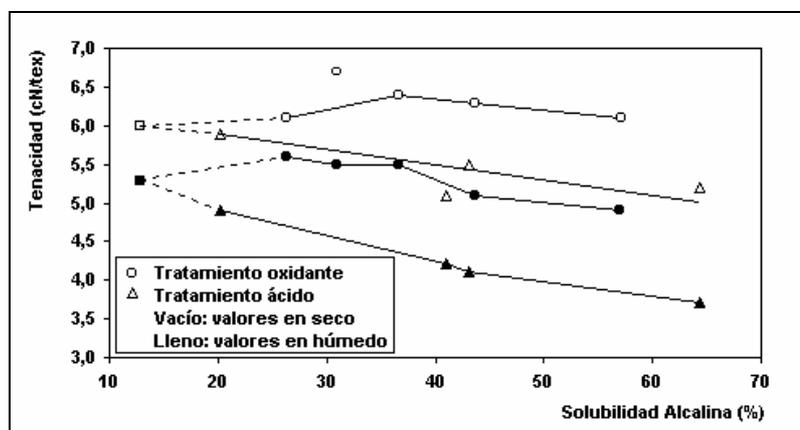


FIGURA 1: Tenacidad en seco y en húmedo de la lana sometida a tratamientos oxidantes y ácidos en función de la solubilidad alcalina

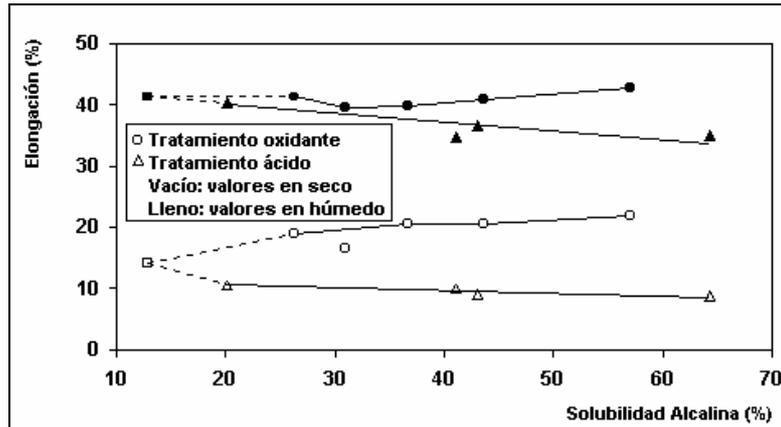


FIGURA 2: Elongación en seco y en húmedo de la lana sometida a tratamientos oxidantes y ácidos en función de la solubilidad alcalina

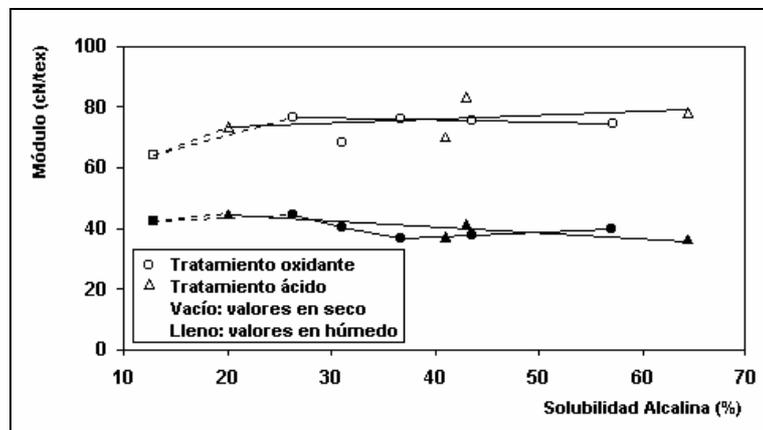


FIGURA 3: Módulo en seco y en húmedo de la lana sometida a tratamientos oxidantes y ácidos en función de la solubilidad alcalina

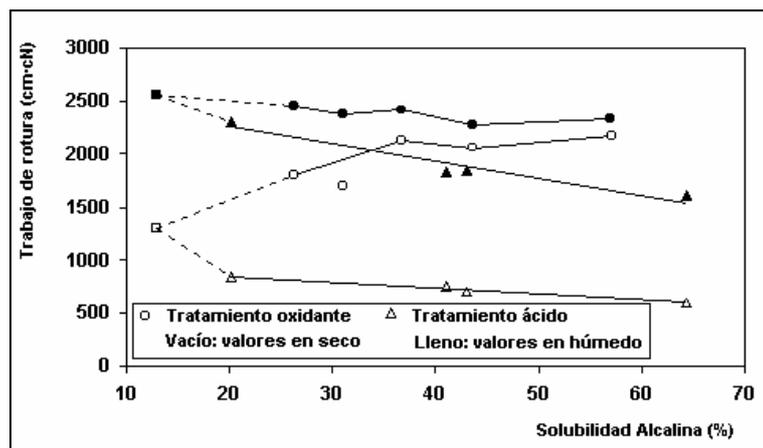


FIGURA 4: Trabajo de rotura en seco y en húmedo de la lana sometida a tratamientos oxidantes y ácidos en función de la solubilidad alcalina.

La Fig. 1 muestra que la tenacidad en seco de la lana tratada con peróxido de hidrógeno no resulta afectada por un aumento de la solubilidad alcalina, incluso cuando el valor de este parámetro alcanza un valor tan alto como el 57%. La tenacidad en seco de los sustratos tratados en

condiciones ácidas disminuyen ligeramente a medida que aumenta la solubilidad alcalina, de modo que el sustrato con solubilidad alcalina del 64% sólo ha perdido el 13% de la tenacidad del hilado original.

La tenacidad en húmedo de la lana es más sensible al ataque químico experimentado por esta fibra. Ello puede deberse a que se pone más de manifiesto al disminuir la intensidad de las interacciones secundarias entre cadenas polipeptídicas vecinas. No obstante, el sustrato que posee una solubilidad alcalina del 57% sólo ha experimentado una disminución del 7,5% de su tenacidad. Muy diferente es la relación entre la tenacidad en húmedo y la solubilidad alcalina de los sustratos estudiados. Concretamente, el sustrato que posee una solubilidad alcalina del 64% ha perdido el 30% de su tenacidad.

A efectos de una más directa comparación, se puede señalar que a una misma solubilidad del 50%, por ejemplo, le corresponde una disminución de la tenacidad en húmedo de sólo el 6% cuando el sustrato ha sido tratado con peróxido de hidrógeno y del 26% cuando lo ha sido con ácido sulfúrico. Este diferente comportamiento parece debido a que el aumento de la solubilidad alcalina producido por el peróxido de hidrógeno en el blanqueo de la lana es más debido a la acción solubilizante de los grupos sulfónicos de los restos de ácido cisteico y/o a la disminución de la reticulación de la proteína que a eventuales roturas de la cadena polipeptídica. Ello significa que una lana con una alta solubilidad alcalina está muy modificada o atacada químicamente pero apenas mecánicamente.

También parece razonable suponer que la disminución de la tenacidad como consecuencia de un acortamiento de las cadenas polipeptídicas de la lana es menor que la que se presentaría en ausencia de enlaces disulfuro reticulantes, ya que estos enlaces transversales amortiguarían o moderarían la disminución de la tenacidad que cabría esperar de un determinado acortamiento de la cadena macromolecular.

3.1. Elongación

La elongación necesaria para romper una fibra es un parámetro muy útil. Se puede expresar por el aumento de la longitud de la fibra absoluto, relativo o porcentual.

La Fig. 2 muestra que la elongación en seco del hilado de estambre utilizado en este estudio aumenta cuando ha sido tratado con peróxido de hidrógeno y disminuye en los tratamientos ácidos. Estas variaciones son independientes de la intensidad de los tratamientos correspondientes.

Por su parte, la elongación en húmedo no resulta afectada por los tratamientos oxidantes, cualquiera que sea su intensidad. Los tratamientos ácidos más intensos parecen producir una disminución de la elongación escasamente superior al 10%.

3.2. Módulo de elasticidad

El módulo (deformabilidad) en seco de los hilados tratados tanto con peróxido de hidrógeno como con ácido se ha representado en la Fig. 3. Se observa que experimenta un aumento que puede ser estimado en el 20% del valor del hilado no tratado. Cuando se trata del módulo en húmedo, la variación que se produce es de sentido contrario. En ambos tipos de tratamiento se presentan disminuciones muy pequeñas, no siendo mucho mayor del 10% en las condiciones más severas.

3.3. Trabajo de rotura

El trabajo de rotura se define como la energía necesaria para romper el hilo. Los resultados se muestran en la Fig. 4.

El valor del trabajo de rotura en seco aumenta notablemente en los sustratos tratados con peróxido de hidrógeno, siendo el aumento bastante mayor en los sustratos resultantes de los tratamientos más severos. Por el contrario el trabajo de rotura en seco disminuye también acusadamente en los sustratos sometidos a los tratamientos ácidos. Tras un rápido descenso producido por el tratamiento ácido menos intenso, la disminución es mucho más lenta. El aumento o disminución del trabajo de rotura es principalmente consecuencia sobre todo de aumento de la elongación de la lana tratada con peróxido de hidrógeno y de su disminución en la tratada en condiciones ácidas.

El trabajo de rotura en húmedo disminuye algo al aumentar la solubilidad alcalina, sobre todo cuando el aumento es consecuencia del tratamiento en condiciones ácidas.

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio puede deducirse que:

4.1. La tenacidad en seco del hilado de lana permanece constante al aumentar la solubilidad alcalina de la fibra como consecuencia de tratamientos con peróxido de hidrógeno. Cuando el aumento de la solubilidad alcalina es producido por tratamientos ácidos se ha observado un lento descenso lineal de la tenacidad no superior al 13%.

La tenacidad en húmedo varía poco (no más del 7%) al aumentar la solubilidad en álcali de los sustratos con peróxido de hidrógeno. La disminución es mucho mayor (hasta el 30%) cuando el aumento de la solubilidad alcalina ha sido producido por tratamientos ácidos.

4.2. A una misma y elevada solubilidad en álcali le corresponden diferentes tenacidades, según sea la naturaleza de los tratamientos que la han producido.

4.3. Los tratamientos con peróxido de hidrógeno producen un aumento de la elongación en seco del hilado estudiado, en tanto que los tratamientos ácidos la disminuyen.

La elongación en húmedo no varía cualquiera que sea la solubilidad en álcali de los sustratos tratados con peróxido de hidrógeno, en tanto que disminuye algo el aumentar la solubilidad de los tratados con ácido.

4.4. El trabajo a la rotura en seco aumenta notablemente en los hilados tratados con peróxido de hidrógeno y disminuye también notablemente en los tratados en condiciones ácidas.

El trabajo de rotura en húmedo disminuye algo en los sustratos tratados con peróxido de

hidrógeno y más acusadamente en los que han experimentado tratamientos ácidos.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Gacén, J., Knott, J. y Caro, M., Bol. INTEXTAR, 90, 15. (1986).
2. Elsworth, F.F. y Anderson, S.L., III^e Congrès International de la Recherche Textil Lanier, París. Section 2, pp. II-21 – II-27 (1965).
3. IWTO-4-60 (E): Method of test for the Solubility of Wool in alkali.