

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS HILOS DE ALGODON EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS FIBRAS⁽¹⁾

por D. De MEULEMEESTER
Profesor jubilado de la Universidad de Gante (Belgica)

1.ª PARTE

Antes de exponer el desarrollo de los estudios efectuados en el laboratorio de Tecnología Textil de la Universidad de Gante, sobre las relaciones entre las características de las fibras de algodón y las propiedades de los hilos, se ha creído conveniente dar unas ideas de cómo nació esta cuestión, cómo ha evolucionado y cuáles son los resultados obtenidos en cierto número de laboratorios importantes.

Se tendrá así ocasión, pasando revista a las etapas de esta investigación, de demostrar por qué, a juicio del autor, algunos resultados son engañosos, otros confirmados o invalidados por los trabajos del laboratorio de Gante y cómo estos últimos permiten esperar una mejor comprensión de los fenómenos que rigen la contribución de las fibras a la resistencia y al alargamiento de los hilos.

El problema de ligar las propiedades mecánicas de los hilos con las características de las fibras, presenta un interés a la vez científico y económico.

Desde el punto de vista científico, para el investigador que ve en el hilo un conjunto constituido por delgadas y delicadas fibras textiles más o menos paralelas, consolidadas en general por la torsión, es curioso conocer y explicar en qué medida las características de los materiales constitutivos, dispuestos de manera más o menos regular, influyen en las propiedades del hilo.

Desde el punto de vista económico, importa que el seleccionador, que tiene la responsabilidad de decidir las variedades a conservar y desarro-

(1) Texto de las cinco conferencias dadas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Sección Textil, de Tarrasa, en Febrero de 1962.

llar o a realizar, esté documentado sobre el valor tecnológico de sus características. También es de suma importancia el que el hilador pueda elegir, con conocimiento de causa, las variedades de fibras que mejor le conviene para dar a los hilos las características exigidas por el consumidor industrial.

El problema fué abordado relativamente tarde; bien es verdad que era preciso esperar a que se pusieran a punto los métodos y los aparatos necesarios para la medida científica de las características, tales como la longitud, la finura, la resistencia, la madurez de estos pequeños elementos que son las fibras textiles. También faltaba que los países productores de fibras se interesasen por las características de las fibras y por la influencia de estas características sobre su valor tecnológico e industrial.

En realidad, fueron pocas las investigaciones relativas a esta cuestión que se hicieron antes de la primera guerra mundial y las pocas realizadas tuvieron simplemente como objeto examinar la influencia de la resistencia de las fibras sobre la resistencia de los hilos de algodón, campo en el que los dinamómetros de fibras habían sido puesto a punto.

Otras características de las fibras, pudieron ser consideradas a medida que fueron perfeccionándose los métodos de medida. En cuanto a los hilos, fué la resistencia la primera característica estudiada y más tarde lo fueron el aspecto, la regularidad, etc.

Los primeros trabajos publicados sobre la cuestión, de que tiene conocimiento el autor, se deben a MONIE (1) y a BOWMAN (2). Del conjunto de sus experiencias resultaba que el esfuerzo de rotura de los hilos sometidos a tracción en ensayos sobre madeja o troquillón (se trataba de hilos con torsión urdimbre), valía apenas aproximadamente un 20 % del esfuerzo resultante del producto del número medio de fibras constituyentes del hilo, por la resistencia media de las fibras medida sobre una longitud de 1 cm.

BALLS (3), en 1915, analiza estos resultados y expresa su opinión de que estas pequeñas proporciones no pueden atribuirse únicamente al deslizamiento de las fibras. Un poco más tarde, GREENWOOD (4) encontró que los hilos de algodón Sakel sometidos a rotura por el método hilo a hilo, daban valores de resistencia relativamente pequeños con respecto a la resistencia media de las fibras constituyentes.

La opinión expresada por BALLS concerniente a la poca influencia del deslizamiento de las fibras en la resistencia del hilo, fué confirmada por las experiencias efectuadas por Miss CLEGG (5), mediante el método del rojo Congo. Este procedimiento permite distinguir en la sección de rotura de un hilo, el número de fibras realmente rotas.

Este método puso de manifiesto que para hilos de algodón Sakel y Uganda Upland hilados con un coeficiente de torsión de 3'3 (Sakel) y 3'6 (Uganda) (*), los porcentajes de fibras rotas encontradas en la sección de rotura valían de 66 a 79 % para el Sakel y de 59 a 65 % para el Uganda. Para hilos de trama hilados con algodón Surat, este porcentaje es de 41 a 44 %. Las roturas de hilo se efectuaron por el método hilo a hilo y por el método balístico.

(*) Estos coeficientes equivalen, respectivamente, a 3.150 y 3.450, para tex y v|m.

Aparte estos resultados, el artículo de Miss CLEGG contiene una lista de algodones en la que figuran la indicación de la resistencia a la rotura de las fibras (probablemente sobre 1 cm.) y la de la resistencia por el método sobre madeja, de los hilos obtenidos de estos algodones. Resultaba de estos dos grupos de valores, que no existe correlación entre estas dos características.

TURNER, que analiza los resultados de sus predecesores en un primer artículo aparecido en 1929 (6) hizo notar que los trabajos de miss CLEGG conducían a conclusiones paradójicas: si la rotura de los hilos viene provocada principalmente por la rotura de las fibras, parece extraño, dijo él, que no exista correlación entre las características de resistencia de estos dos componentes, incluso si no se tiene en cuenta el número medio de fibras que constituyen los hilos.

Este mismo autor recuerda en esta ocasión los resultados que había publicado siendo director del «Indian Central Comitee Technological Laboratory de Bombay». Catorce algodones standard indios (cuya resistencia a la rotura se había determinado sobre 1 cm), se habían hilado en hilo de N.º 20 con una torsión de 16'85 v/pulgada. Todos estos algodones se habían sometido seguidamente a pruebas de tracción en condiciones idénticas. El coeficiente de correlación simple encontrado entre, de una parte, el «count strength product» (producto de la resistencia de los hilos sobre medeja o troquillón por su número) y, de otra parte, la resistencia media de las fibras, valía aproximadamente —0'365; con la finura (fiber weight per inch) el coeficiente de correlación simple era de —0'309. El porcentaje de resistencia de las fibras utilizadas en el hilo (lo que se podría llamar rendimiento), para el conjunto de los 14 algodones, era de 36'6% para la resistencia sobre troquillón y de 56'8% para la resistencia hilo a hilo.

Analizó a continuación los diferentes factores que influyen en la relación entre la resistencia a la rotura de los hilos y la de las fibras, siendo interesante comprobar que entre otros cita los siguientes:

1.º) la transmisión del esfuerzo a lo largo del hilo, lo que tiene como consecuencia el que las fibras están menos solicitadas en sus extremos que en su mitad;

2.º) el efecto de compresión lateral, debido a la disposición helicoidal de las fibras, lo que provoca un reparto desigual del esfuerzo de tracción entre las fibras;

3.º) la intensidad de la torsión, que influye en el efecto de la compresión lateral;

4.º) el efecto del encolado, que une entre sí las fibras;

5.º) la presencia de secciones delgadas en los hilos, algunos de los cuales, según los resultados publicados por OXLEY y PIERCE (8), no contienen más que los 3/4 del número medio de fibras (a comparar con los resultados de De Backer:

$$\frac{e_n}{\sqrt{0'50}} = 2'10),$$

6.º) la dispersión de los valores de resistencia de las fibras; esta dispersión reduce la resistencia teórica de un haz de fibras paralelas sometidas a tracción; en efecto, los elementos más débiles que tienen en general, menor alargamiento a la rotura, se rompen pronto, lo que tiene por efecto repartir el efecto de tracción sucesivamente sobre las fibras más resistentes y en consecuencia el cociente del esfuerzo de rotura del haz por el número de fibras, es notablemente inferior al valor medio de la resistencia individual de las fibras.

Pero el autor concluye que es difícil asignar un valor a estos diferentes factores, y que sería preciso efectuar un trabajo experimental más completo antes de poder aclarar el papel cuantitativo desempeñado por los factores considerados, y añade: «Estas consideraciones hacen, sin embargo, comprender fácilmente por qué una pequeña proporción de la resistencia de las fibras se utiliza en el hilo, incluso en el caso de que la rotura de un hilo se produzca más por rotura de fibras que por deslizamiento de éstas».

Esta conclusión pesimista, desde el punto de vista del papel desempeñado por la resistencia de las fibras, fué confirmada por los trabajos realizados por Morton (13) sobre 15 variedades de algodón en el «College of Technology» de Manchester.

Para eliminar el factor longitud de fibra, la elección se hizo sobre variedades que tenían sensiblemente la misma longitud nominal, 1 1/8 de pulgada. La finura de estos algodones variaba en una amplia gama que iba de 160 a 261 militex. El «mean Breaking load» variaba de 3'90 g a 6'65 g, con irregularidades en % que oscilaban de 40 a 52 %. Se midió en toda la longitud de la fibra.

Estos algodones se hilaron en n.º 24 con coeficientes de torsión de 3, 4, 5'5 y 7; en n.º 40 con coeficiente 4.

Las conclusiones de este estudio son:

- 1.º) La regularidad en resistencia del hilo depende de la finura más que de cualquier otra propiedad de la fibra ($r \pm 0'64$); cuanto más fino es el algodón, más regular es el hilo.
- 2.º) El hilo más resistente se obtuvo con algodón 1 1/8" hilado con un coeficiente de torsión C igual a 3'6 ($\mathcal{C} = 3450$).
- 3.º) Cuando es preciso utilizar C bajos, los algodones finos dan los valores más próximos del máximo que los gruesos.
- 4.º) En igualdad de condiciones, los algodones finos pueden hilarse en números más altos que los gruesos.
- 5.º) La resistencia del hilo no es afectada aparentemente por la resistencia de la fibra, a causa del efecto encubierto de la irregularidad y, en consecuencia, el hilo más sólido no se obtiene del algodón más resistente, sino del algodón más fino (coeficiente de correlación: $-0'82$).

Volveremos a tratar al final de esta primera parte, de estas conclusiones conformes con las de Turner en lo que concierne a la falta de influencia de la resistencia de las fibras en la resistencia del hilado.

En un nuevo trabajo que TURNER publicó en colaboración con VENKATARAMAN, los autores abordan después del año 1934 (9) el problema estadístico de la relación de la resistencia del hilo con las diferentes características de las fibras.

Después de pasar revista y analizar los trabajos anteriores que tenían a establecer una relación entre, de una parte, un cierto número de características de las fibras de algodón y, de otra parte, el valor en hilatura (o la hilabilidad) de los hilos obtenidos de estos algodones (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) y llegar a la conclusión de que no se había efectuado ninguna investigación relativa a este respecto, TURNER y su colaborador exponen los resultados de considerables investigaciones efectuadas en el «Technical Laboratory» de Bombay, resultados interpretados por los métodos estadísticos de regresión lineal.

Nos limitaremos a examinar los resultados obtenidos sobre 95 muestras de algodón standard indios, que formaban el grupo I (*). Estos fueron examinados desde el punto de vista de las siguientes características:

Longitud media de fibra en pulgadas (aparatos Balls y Baer) (20).

Título en 10^{-6} onzas (28,35 g) por pulgada (por pesada en balanza de cuarzo de grupos de 1 cm tomadas de un conjunto de fibras de 150 a 500).

Ancho de fibra (microscopio) en 10^{-3} pulgadas.

Número de circonvoluciones (microscopio).

Resistencia a la tracción en onzas (28,35 g) (aparato Bells y O'Neil).

Rigidez (por medida de período de oscilación).

Poder adherente para ciertos algodones del grupo II (fuerza de extracción de una fibra de un grupo de 10) (22) (* *).

Estos algodones se hilaron en 3 clases de hilos diferentes por el título y el coeficiente de torsión en máquinas standard y en condiciones normalizadas, con el fin de poder fijar el «*highest standard warp count*».

(*) Estos ensayos se extendieron igualmente a variedades no standards, enviadas al Laboratorio Central indio por los Departamentos de Agricultura de los diversos gobiernos provinciales de la India. Con el fin de no alargar el texto, la presente exposición se limita a los resultados deducidos de las 95 muestras que constituían lo que el autor llama el grupo I, constituyendo los otros algodones el grupo II.

(**) Ver a este respecto Part. III. The clinging Power of Cotton, por HARIRAO NAVKAL y TORNER A.J. J.T. Inst. 1930 T 511.

Estas características se determinan por hilatura de una cierta cantidad de números de hilos de los que se mide la resistencia y el número, lo que permite calcular el producto de la resistencia (en libras) por el número inglés (count strength product). Se determina a continuación mediante un gráfico el número más elevado con el que se obtiene un «count strength product» fijado previamente y por consiguiente de apreciación puramente subjetiva. En este caso, 1260 para el número más pequeño o igual a 14, hasta 1560 para el número 40.

Del trabajo considerable de correlación múltiple y correlaciones parciales efectuado por los autores, se llega a la conclusión de que, para las 95 muestra de algodón standard indio examinadas, el coeficiente de correlación múltiple entre el «highest standard warp count» y las 6 características de fibras es de 0'92 ($R^2 = 0'86$); que la longitud de fibra (coeficiente de correlación parcial igual a 0'7) es con mucho la característica más importante en cuanto a este «count» y que la finura (— 0'36) no presenta más importancia que la debida a su asociación con la longitud. Las otras 4 características y, concretamente la resistencia, no tienen influencia significativa alguna.

En suma, dicen los autores, por medio de dos características, longitud y finura, es posible predecir casi tan exactamente el «highest standard warp count» como mediante el conjunto de las 6 características de fibras que consideraron en sus investigaciones. Según sus resultados, la resistencia de las fibras no tendrá ninguna influencia en la resistencia de los hilos.

Estudios análogos fueron efectuados en el Shirley Institute por UNDERWOOD (17) sobre algodones que habían sido sometidos a ensayos de hilatura en esta institución.

Una primera investigación la efectuó sobre 114 muestras de algodones del Imperio. Únicamente fueron examinadas algunas características de longitud (longitud efectiva, porcentaje de dispersión y tanto por cierto de fibras cortas), algunas características de finura (peso medio de 1 cm de fibras largas, de fibras medianas y de las fibras cortas, así como el rango de su valor medio) y las características de madurez (porcentaje de fibras normales y de fibras muertas).

Como en la época en que este autor efectuó sus investigaciones, no se había adoptado aún la práctica de hilar una variedad a varios número, las variedades elegidas se hilaron a números en relación con su longitud de fibras y los hilos se sometieron a ensayos de rotura en troquillón, Y, y a ensayos balísticos, Z.

Los resultados de los estudios de correlación que tenían por objeto ligar Y y Z a las 9 características consideradas, no fueron claros. El coeficiente de correlación múltiple encontrado para Y fué de 0'616 y el hallado para Z fué de 0'558; solamente el peso por cm de las fibras medianas ejerce influencia significativa sobre Y y Z.

En una segunda investigación, 371 muestras de algodones de diferentes procedencias, entre otras del Congo, se examinaron desde el punto de vista solamente de 3 características: longitud efectiva (29/32 a 59/32 de pulgada), finura dada por el peso por cm (96 a 220 militex), porcen-

taje de fibras normales (7 a 90 %). El «Highest standard count» admitido para los hilos cardados se elevaba a 2.000 y a 2.250 para los peinados.

Aunque el coeficiente de correlación múltiple entre la característica del hilo y las 3 características de las fibras fué de 0'906 y los coeficientes de correlación parcial encontrados para las características de las fibras sean bastante elevados —para la finura —0'74, (rango 30%), para la madurez + 0'59 (rango $\pm 100\%$) y para la longitud + 0'39 (rango $\pm 33\%$)— el autor hace notar que solamente el 52% de los algodones dieron para la «highest standard count» un valor experimental diferente en menos de 10% del valor estimado.

A la vista del conjunto de estos resultados, el autor termina escribiendo:

Las fórmulas de regresión obtenidas en este artículo no pueden considerarse más que como un ensayo preliminar para sugerir un método que prevea la hilabilidad a partir de características susceptibles de medida de los algodones, ya que no se podría esperar del método resultados precisos más que si todas las características que ejercen influencia en la hilabilidad se hubiesen tenido en cuenta, y la correlación lineal entre las características de las fibras y la hilabilidad estuviese justificada.

Parece oportuno detenerse en este punto de las investigaciones efectuadas con el fin de buscar las relaciones entre las características de las fibras y las propiedades de los hilos; cabe preguntarse si es posible encontrar la razón por la cual los trabajos examinados anteriormente han dado de sí tan pobres resultados y por qué han llevado a la conclusión de que la resistencia de las fibras no ejerce influencia en la resistencia de los hilos.

Recordemos a este respecto que la resistencia de un hilo, permaneciendo los demás factores iguales, depende de la torsión: si se somete un hilo a una torsión creciente (ver especialmente 13 y 21) la resistencia crece hasta un máximo que corresponde a la llamada torsión saturante. Por debajo de la torsión saturante, la rotura tiene lugar principalmente por deslizamiento de las fibras, mientras que para la torsión saturante y por encima de ella, la rotura del hilo se produce por rotura de las fibras.

Esto supuesto, se comprueba que, incluso en los estudios en los que la torsión era muy superior a la torsión saturante —caso de los trabajos efectuados por MORTON con algodones de 1 1/8 de pulgada, que fueron hilados al n.º 24 con coeficientes de torsión de 3, 4, 5'5 y 7— el autor llega a la conclusión de que el hilo más sólido no es el producido por el algodón más resistente sino por el más fino.

La conclusión de TURNER y su colaborador es análoga. En cuanto a UNDERWOOD no puede decirse lo mismo, ya que él no consideró como característica de las fibras la resistencia.

Cabe pensar que la razón por la que la resistencia de las fibras no ejerce influencia en la resistencia de los hilos en los trabajos examinados, reside en el método seguido para la apreciación de esta característica. El método utilizado, —que consiste en someter las fibras, una a una, a la

tracción, ya sea sobre 1 cm, ya sobre la longitud total—, es muy delicado a causa de los pequeños esfuerzos a apreciar que pueden dar lugar a errores relativos considerables y de la dificultad de evitar el deslizamiento en las pinzas. La dispersión de los resultados es muy considerable puesto que los coeficientes de variación son del orden de 50 % (13, 19). Se concibe que la resistencia de las fibras, medida por este procedimiento, no tenga una gran significación en la resistencia de los hilos, en los que las fibras están solicitadas en grupos y en una pequeña longitud.

También es posible que en ciertos casos, la torsión comunicada a los hilos haya quedado considerablemente por debajo de la torsión saturante y que, en este caso, la rotura de los hilos se haya producido en gran parte por deslizamiento de las fibras.

Sea lo que fuere, estas primeras investigaciones, que exigieron un trabajo considerable, no han dado otro resultado que el hacer notar la influencia de la longitud, de la finura y de la madurez unida a la finura. Sin embargo los autores no están de acuerdo sobre la influencia relativa de estos factores. Así, mientras que para Turner la longitud es la característica más importante, para MORTON y UNDERWOOD es la finura. Todos parecen estar de acuerdo en minimizar la influencia de la resistencia; sobre este punto se volverá a hablar de nuevo a propósito de los últimos trabajos efectuados en Gante.

BIBLIOGRAFIA

- (1) MONIE H.: The cotton fibre, Manchester, 1904.
- (2) BOWMAN, F. H.: Structure of the Cotton fibre. London, 1908.
- (3) BALLS, W. L.: Development and properties of raw cotton. London, 1915. — Studies on quality in Cotton. London, 1927.
- (4) GREENWOOD, R. S.: Journ. Text. Inst. 1919, 278.
- (5) CLEGG, G. G.: Journ. Text. Inst. 1926, T. 591.
- (6) TURNER, A. J.: The foudation of yarn-strength any yarn extention, J. Text. Ins. 1928, T. 286.
- (7) GEGAUFF, K.: Festigkeit und Elestricität des Baumwolle, 1910.
- (8) OXLEY and PIERCE: Journal of the Textile Institute 1822, T. 175.
- (9) TURNER, A. J. and VENKATARAMAN, V.: The Foundation of yarn-strength and yarn extention. Part. V. The prediction of the spinning value of a cotton from its fiber properties. Journ. Textile Inst., 1934, T. 1.
- (10) SHELDON, F. P.: and Son. Charts for determining the approximate strength of carded and combed Warp made from various staples of cotton. Text. Inst., 1927, 46.
- (11) WINTERBOTTOM, J.: Cotton Spinning calculations and yarn costs», 2nd édit., 1955, 235 - 6.

- (12) W(22), H. H.: Spinning qualities of some cottons grown in the South-Atlantic States. J. Of the Americ. Soc. of Agronomy 19.10.1927.
- (13) MORTON, W. E.: The spinning value of Raw Cotton. J. Text. Inst. 1930, T. 205.
- (14) JOHANNSEN, O.: Über den Spinnwert der Baumwolle. Leipz. Monatschr. für Text. Ind. 42, 1927, 138.
- (15) BUHLER, T.: Wissenschaftliche Wertklassifizierung der Rohbaumwolle Leipz. Monatschr. für Text. Ind. 42. 1927, 5.
- (16) FOSTERAND, G. A. R.: Gregory J. Empire Cott. growing corp. conference on cotton growing probleme, 1930, 86.
- (17) UNDERWOOD, C.: The relationships between some properties of cotton hairs and the spinning quality of cotton. J. T. I. Nov. 1935, T. 309.
- (18) KÖHLER: The influence of fibre-length and the proportion of fibre strengths in Cotton yarn. J. T. I., 1934, T. 141.
- (19) DE MEULLEMEESTER, D. et RAES, G.: Caractéristiques de certaines variétés de coton spécialement congolaises. I. N. E. A. C. Serie Technique n.º 34 et 35, 1947.
- (20) HARIRAO NAVKAL and SEN K. R.: A Comparison of some methods of testing the breaking strength of single cotton fibres.
- (21) GULATI, A. N. and TURNER, A. J.: Part IV. The influence of yarn twist on the diameters of cotton yarns, and on the proportion of fibrelippage and fibre-fracture in yarn breakage. J. T. Inst. 1930, T. 561.
- (22) HARIRAO NAVKAL, etc. voir page 6. Part III.

S. A. JOSE RIUS

Bruch, 20 - BARCELONA - Teléfono 231-19-00

3

Proyectos y valoraciones.

Aparatos de Laboratorio.

Accesorios.

Monturas de maquinaria.

**Representaciones nacionales y
extranjeras.**

~