

Relaciones entre la estructura química y las propiedades de las fibras artificiales y sintéticas

Dr. ANDRÉ PARISSOT

Director del Laboratorio Químico del Instituto Textil de Francia

(Conclusión)

9. — CONJUNTOS DE FIBRAS, SU RELACION: HILOS, TEJIDOS, TEJIDOS DE PUNTO, etc.

Las operaciones de hilatura están destinadas a paralelizar las fibras en una cinta y a mantener la cohesión del conjunto mediante una torsión regular.

La arquitectura final del hilo dependerá de la regularidad del paralelismo de las fibras, de la homogeneidad de distribución en longitud y en diámetro de las mismas, de que su forma natural sea rectilínea o no.

Seguidamente, los hilos se convierten en tejidos o tricots, y la arquitectura del artículo se hace en extremo compleja.

Las propiedades de los conjuntos serán entonces muy distintas, según la estructura conferida, y no nos es posible definir las todas en esta breve exposición. La obra «Textile Fibers, Yarns, and Fabrics», por E. R. KASWELL: [Reinhold Publishing Corporation (1955)], nos habla de estas propiedades, de la estructura de los hilos y de los tejidos.

Los trabajos encaminados a unir una propiedad particular de un tejido con su estructura han seguido dos caminos distintos.

— por una parte, estudios teóricos para definir la estructura ideal elevando al máximo la propiedad.

— por otra, investigaciones empíricas del efecto de la geometría sobre las propiedades físicas.

En ambos casos, da muy buenos resultados el análisis de las variaciones de las propiedades estudiadas; en los artículos sometidos a ciclos de degradación controlada, referentes a la estructura química de las fibras, o a su geometría.

Además de las propiedades mecánicas que se refieren al primer extremo, las principales propiedades que entran en juego en el comportamiento general del tejido frente a los usos a que se destina son:

- a) — la resiliencia a la compresión, o al estiraje.
- b) — la transmisión del calor.

- c) — la permeabilidad al aire.
- d) — las propiedades de humedad y de capilaridad o inversamente.
- e) — las propiedades hidrófugas o de impermeabilidad al agua.
- f) — la estabilidad dimensional en estado seco o en estado húmedo.
- g) — la resistencia al plegado y el auto desarrugado.
- h) — la resistencia a la abrasión.
- i) — las propiedades de fieltro.
- j) — el engrase o la suciedad.
- k) — el «tacto», la «caída» el «brillo».

Algunas de estas propiedades son mensurables, otras solamente perceptibles en una escala de cualidad, variable según el observador. Además, casi todas las propiedades citadas son interdependientes, lo que a menudo complica el problema de su evaluación.

9.1. — *Relaciones estructura/propiedades mecánicas.*

Para demostrar la influencia directa de la geometría de las fibras sobre la resistencia mecánica de los artículos, consideramos el caso de las fibras de vidrio.

Se ha dicho que las fibras de vidrio individuales no tienen, hablando en términos estrictos, propiedades «textiles», porque no se pueden anudar y no se pueden doblar más allá de cierto radio de curvatura límite que depende esencialmente de su diámetro. No pueden tampoco soportar una torsión elevada. Cuando se analizan, se observa que su débil alargamiento a la rotura es la causa principal de esta fragilidad. Ya que la deformación impone un alargamiento de ciertas partes en relación a otras, superior al 2'5 %, la cohesión entre los elementos desplazados se anula y se produce la rotura. La fuerza necesaria para llegar a este resultado puede ser muy elevada, pues la resistencia a la rotura del vidrio en masa es considerable, pero no lo es menos, cuando sobrepasados los factores geométricos, la fibra se rompe.

Si se trata de un hilo constituido por muchas fibras muy finas, arrolladas en hélices de gran paso (torsión débil), se puede doblar, o también anudar, el conjunto de las hebras sin que ninguna de ellas se coloque en las condiciones geométricas de la rotura. Para un mismo título de hilo, la resistencia a la flexión o al nudo, será tanto más elevada cuanto más fibras de débil diámetro se tengan. En un principio, los hilos comerciales se componían de 102 fibrillas de un diámetro inferior a 12 micrones; más tarde se hicieron hilos de 204 fibrillas de 7 micrones, y por último hilos de 408 fibrillas de diámetro inferior a 3 micrones.

Otro ejemplo de la influencia de la geometría de las fibras sobre la resistencia del hilo, se encuentra en la conocida relación que une la torsión de un hilo a su resistencia dinamo-métrica y la existencia de la torsión saturante. La torsión de una cinta de fibras paralelas tiene dos misiones inversas, por una parte inclina el eje de cada fibra en relación al eje del hilo, y en consecuencia a la dirección de las fuerzas de tracción; y por otra, alarga las fibras de la periferia tanto más cuanto más grande sea el diámetro de la cinta. La pérdida de resistencia resultante de este alargamiento es compensada más o menos por la disminución de las fuerzas que actúan sobre el corte derecho de las fibras, proporcionalmente al coseno del ángulo de inclinación de este corte en relación al eje. Para una torsión dada, interviene un equilibrio: la torsión saturante.

A igual estructura, la torsión, la torsión de rotura de un hilo será tanto más elevada, cuanto sea el alargamiento a la rotura de las fibras, pero la tor-

sión saturante, para la cual la resistencia del hilo no aumenta, dependerá mucho más del número de fibrillas y de su título unitario, es decir, de los factores de construcción geométrica.

Dependerá igualmente de la forma de cada fibra, como ya se ha dicho, lo que justifica, para las fibras artificiales y sintéticas la creación de las «profilées», cuya forma de sección está estudiada para disminuir la fuerza de deformación de cada fibra después de la torsión.

En los tejidos, se observan fenómenos del mismo orden, resultado de la ondulación de los hilos de urdimbre y de trama. La contracción de la trama y de la urdimbre tienen la misma importancia que la torsión en el hilo: por una parte, el eje del hilo está inclinado en relación a la dirección de los esfuerzos, pero por otra, la ondulación estira el hilo y disminuye su capacidad de trabajo. Un tejido de hilos muy retorcidos, muy contraído, tendrá una elevada resistencia dinamo-métrica, pero en el uso se observa que esta resistencia disminuye más rápidamente que la de un tejido de idénticas fibras de geometría menos «apretadas».

9.2. — Otras propiedades.

La resistencia de un tejido se caracteriza por el hecho de que, cuando un esfuerzo de presión se ejerce sobre el tejido, algunas fibras se desplazan; al cesar éste, las fibras vuelven a su posición inicial, y el tejido a su aspecto primitivo. La resiliencia pone en juego, principalmente las propiedades de las fibras, tales como el módulo inicial y la recuperación elástica instantánea, así como la deformación permanente. La geometría del tejido interviene ya que, para que la propiedad se manifieste, es necesario que las fibras tengan cierto grado de libertad. La resiliencia está en estrecha correlación con otras propiedades tales como el tacto, hinchamiento, la transmisión de calor, la inarrugabilidad; y actúa especialmente sobre la *permanencia* de estas propiedades. La mayoría de las fibras sintéticas dan tejidos de buena resiliencia comparable a la lana; por el contrario, las fibras artificiales que tienen una fuerte deformación permanente y un módulo inicial débil, dan tejidos cuya resiliencia inicial se atenúa con el tiempo.

El tacto de un tejido es la impresión que se siente al tocarlo. La resiliencia interviene para dar la impresión de nervio, de suavidad a la compresión, de volumen, de calor. La forma de la superficie de las fibras dá la impresión de dulzura, de ligereza, o por el contrario de rigidez, de rugosidad; si las fibras tienen un alto módulo inicial, son generalmente origen de fuertes tensiones internas que hacen el tacto áspero, duro, poco agradable. Los tratamientos de termofijado, disminuyen o anulan estas tensiones internas, mejorando a menudo el tacto de los artículos. No se puede clasificar, pues, el valor respectivo de las distintas fibras frente a esta propiedad subjetiva, pero son también las sintéticas las que se prestarán mejor a la realización de un «tacto» determinado, gracias a la amplitud y a la multiplicidad de los tratamientos de acabado que podrán soportar.

La noción «*comfort*» de un artículo textil, está en relación con las propiedades de cambio térmico, de permeabilidad al aire o al vapor de agua, de la ligereza (para no implicar movimientos).

Los cambios térmicos dependen de varios factores: conductibilidad térmica de las fibras que dependen de su estructura molecular; cantidad de aire encerrado, que depende de la densidad de fibras por unidad de volumen del tejido; fijado exotérmico del agua que depende de la reprise de la materia textil. Las fibras sintéticas, de débil recuperación, están menos favorecidas con respecto a esto, y es

necesario paliar este inconveniente (en este caso) mediante la geometría de los artículos y el trabajo de los hilos que aumentan de volumen. La estructuración, según los distintos procedimientos que han sido señalados, ha permitido grandes progresos sobre el particular.

La permeabilidad al aire y al vapor de agua, es necesaria para permitir la evacuación del aire caliente y la transpiración de la piel. El empleo de fibras cortadas, junto con las características adecuadas de hilatura y de tisaje han permitido grandes progresos en la utilización de algunas fibras sintéticas para ropa interior y lencería. Para vestidos, se obtienen mejores resultados gracias a las mezclas.

La ligereza está esencialmente ligada a la resiliencia del tejido. Otra cualidad exigida a los tejidos es la resistencia al arrugado. Entendemos por resistencia al arrugado, la reacción elástica que ofrece un tejido a la deformación. Un alto módulo de elasticidad no es aconsejable generalmente, pues es necesario que el tejido se pueda doblar fácilmente, es decir, que sea suave. Por el contrario conviene que cuando el esfuerzo cese, el pliegue desaparezca. Esta propiedad está regulada por dos factores de la curva carga/alargamiento de las fibras: la recuperación elástica retardada y la deformación permanente. Si respecto a esto comparamos la lana y el algodón, observamos que la primera fibra puede soportar alargamientos hasta 30% y regresar lentamente a su longitud inicial cuando cesa el esfuerzo. Un tejido de lana guardará por ello sus pliegues, pero sólo por algún tiempo. Las fibras deformadas toman poco a poco su longitud inicial, el pliegue desaparecerá por sí mismo. En el caso del algodón, permanecerá por la razón de que no habrán variado las condiciones ambientales; esto justifica, por otra parte, el planchado en estado húmedo de los artículos de fibras celulósicas, naturales o artificiales. La gran acogida de las fibras sintéticas es debido precisamente a ser inarrugables y al que se desarrugan por sí solas.

El pliegue puede producirse cuando el artículo está mojado, por ejemplo durante el blanqueo. Entonces se hace necesario el planchado. Para evitar este inconveniente propio de todos los artículos de fibras celulósicas, se ha intentado conferirles las propiedades de las fibras sintéticas mediante el apresto. No se ha logrado un éxito perfecto.

En relación con la facilidad de lavado o de mantenimiento, la *estabilidad dimensional* tiene un papel importante. Pone en juego, por parte de la fibra, las mismas propiedades dinamométricas en el sentido de que lo que ocurre en un pliegue —la deformación de las fibras— se realizó ya cuando se elaboró el tejido, las fibras fueron deformadas longitudinal o transversalmente. Hemos dicho que la contracción en el lavado era el resultado de la recuperación de la deformación impuesta en la hilatura y tisaje a cada fibra. Pero la estabilidad dimensional no pone en juego solamente la contracción total en urdimbre o en trama. Puede ocurrir que en el curso de la hilatura, un hilo sufra un exceso de deformación. Será enseguida incorporado al tejido y soportará con él todos los tratamientos de acabado; volviendo a su longitud inicial, se contraerá mucho más que las más inmediatas y el tejido se ahuecará. El «hilo tirante» — es un defecto textil, pero es, comparativamente, más frecuente en las fibras artificiales y sintéticas ya que su elaboración exige normalmente un estiraje y la regularidad de esta operación puede ser imperfecta. Se evita este inconveniente fijando dimensionalmente bien los hilos acabados o los tejidos. Esta operación se realiza industrialmente mediante la acción del vapor de agua a alta temperatura.

Existe otro factor de la estabilidad dimensional que se refiere a la cohesión entre los mismos hilos. En su uso, los tejidos están sometidos a unos esfuerzos de

tracción en todos los ángulos. Una tracción en diagonal relacionada con la urdimbre y con la trama tiende a separar localmente los hilos, y provocar rozaduras. Es, pues, conveniente, que los hilos tengan una buena cohesión y que ésta, esté sometida a una propiedad especial de la fibra, el «poder cubriente». Es una propiedad difícil de definir y difícilmente medible. Depende en primer lugar de la forma natural de las fibras, de su grado de ondulación o de rizado, una superficie lisa es contraria a un buen gancho (fibras de vidrio); el coeficiente de fricción, de fibra a fibra, está en correlación con un buen poder cubriente. Para los hilos, éste, intervendrá gracias a los extremos de las fibras extirpadas, (pilosidad); estos extremos de fibras podrán entrelazarse y determinar una buena cohesión lateral.

El «poder cubriente» conduce lógicamente a considerar las propiedades de fieltado. Podemos definir el fieltado como un encabestramiento cada vez más elevado de un conjunto sometido a esfuerzos mecánicos rítmicos. Es posible hacer fieltar cualquier fibra, pero el resultado de la operación es muy distinto según sea la naturaleza de las fibras. La lana y las fibras de la misma naturaleza tienen propiedades de fieltado muy marcadas, debido a su arquitectura y especialmente a la asimetría de su cortex y de su cutícula; son naturalmente rizadas, y este rizado es un factor del fieltado. Pero tienen otra propiedad: las ondulaciones del rizado pueden modificar su forma mediante un hinchamiento asimétrico de la estructura de la fibra que facilita el entrelazado. M. LEVEAU ha conseguido hacer fieltar espontáneamente mechas de lana por simple contacto con soluciones de pH distinto. Se puede dar una forma rizada a la mayoría de las fibras como ha demostrado; se aumenta así su capacidad de fieltado, pero no al grado demostrado por la lana. Si se disminuye el poder fieltante de la lana —especialmente para los artículos de género de punto—, no debemos menospreciar las cualidades conferidas por el fieltaje residual que aumenta el poder de confort de los tejidos. El ligero batanado impuesto a los tejidos de lana es un exponente de lo dicho.

Un caso particular de fieltaje superficial y localizado que se convierte en un grave defecto es el «pilling». Los autores no están completamente de acuerdo sobre las causas de este fenómeno que se presenta en distintos grados con *todas* las fibras, hasta en las que no tienen ninguna propiedad intrínseca de fieltaje. Consiste en un entrelazado de algunas fibras arrancadas a la superficie del tejido partiendo de uno o varios hilos intermedios, el entrelazamiento produce una forma particular que se convierte en una pequeña ovillo de fibras que desmerece el aspecto visual del tejido. Las fibras sintéticas cortadas están sometidas a este defecto, en un elevado grado, lo que justifica numerosas investigaciones y puesta a punto de procedimientos «anti-pilling». Pero las propiedades intrínsecas de las fibras, y en particular su elasticidad que provoca la expulsión de los cabos de las fibras mal unidas al hilo por la torsión, tienen una misión. La torsión es también un factor, como lo son también las facultades de auto-electricización. La resistencia de las fibras entra en juego al crearse numerosos cabos sobre la superficie, por rotura mecánica. Pero la resistencia mecánica de las fibras tiene un doble fin, puesto que, si es débil, los ovillos que se formarán desaparecerán por rotura de las hebras que los adhieren al tejido.

La resistencia a la abrasión que se anuda al ovillo por este último factor citado, es también una importante propiedad textil relacionada directamente con las propiedades mecánicas de las fibras y su colocación en el espacio. La abrasión consiste en la rotura de numerosas fibras superficiales bajo el efecto del frotamiento sobre una superficie rugosa o sobre otra parte del tejido. La abrasión se caracteriza por un efecto limitado a la superficie de frotamiento. Numerosos factores intervienen en la abrasión. En primer lugar, las propiedades intrínsecas de las fi-

bras juegan un papel evidente; es más importante el alargamiento a la rotura que la carga a la rotura. La fibra sometida a frotamiento es estirada a partir del punto del hilo donde está unida, y si la cohesión con la parte frotante es fuerte, acompañará al movimiento de ésta y sufrirá un alargamiento que podrá conducirle hasta su rotura. Disminuyendo la cohesión de la fibra con el objeto frotante, el alargamiento de la fracción de fibra estará restringido por el deslizamiento y la fibra resistirá. Se observa, efectivamente, que basta pulverizar una cantidad mínima de cuerpos grasos sobre el tejido o sobre la parte frotante para aumentar en proporciones considerables la resistencia a la abrasión. Para obtener un tejido resistente es necesario trabajar con fibras que tengan un buen alargamiento a la rotura y una superficie «lubricada» así como una contextura del tejido tal, que cada fibra ofrezca individualmente el mínimo de superficie. La mayoría de las fibras sintéticas responden a estas condiciones por cuanto su corte es circular y su superficie lisa.

El *engrase* y la *suciedad* de los tejidos son igualmente propiedades a tener en cuenta. Además de los factores que han sido citados en cuanto al aspecto superficial de las fibras, algunos regulan la aptitud al engrase de los tejidos, y en primer lugar las cualidades de auto-electrización. Estas dependen de la estructura de las fibras, como ya hemos demostrado. Las fibras sintéticas, la mayoría hidrófobas, son el origen de importantes fenómenos de electrización, por el simple roce de las fibras cuando el tejido está en movimiento. Las partículas próximas, en el medio ambiente, son atraídas y se fijan sobre las fibras engrasándolas, de modo que pueden alojarse en las infractuosidades de la superficie. Este fenómeno se evita impregnando el tejido de agentes «anti-estáticos». Pero la estructura superficial de las fibras es también importante cuando el engrase se produce al desprenderse —por frotamiento— las partículas sobre todo si, por naturaleza química, estas partículas demuestran afinidad con la substancia de la fibra. Las fibras lisas son, a este respecto, las que menos se ensucian.

Para terminar este breve repaso de las propiedades de estructura de los tejidos, conviene citar tres propiedades subjetivas importantes para ciertos usos.

Las cualidades *hidrófugas* o *impermeables* dependen de la naturaleza de las fibras —han sido precedentemente estudiadas— y de la estructura de los tejidos que regula los fenómenos de capilaridad. Un tejido apretado dejará penetrar menos el agua que un tejido abierto. El ejemplo está dado por los tejidos «Loden» que son impermeables a causa de la distribución de sus fibras.

La *caída* es una propiedad unida al peso del tejido y a las propiedades de deformabilidad de las fibras. La caída es la propiedad que permite formar pliegues agradables a la vista cuando, desde un soporte el tejido cae libremente. El peso del tejido tiene la propiedad de atraer hacia abajo toda la parte libre, mientras que la resistencia a la deformación tiene tendencia a llevarla horizontalmente. El resultado es un equilibrio que depende también de la forma del soporte. Las fibras sintéticas clásicas no muestran las mejores cualidades de caída como consecuencia de la débil densidad y de su elevado módulo de elasticidad (salvo las clorofibras de alta densidad). Por otra parte, se puede aumentar la caída de un artículo incorporándole una carga destinada a aumentar su peso por metro cuadrado.

Para terminar, el «brillo» de un tejido es su aspecto visual. Es el resultado de los juegos de la luz a través de las fibras. Es una propiedad muy compleja en la que juegan el índice de refracción de las fibras, su morfología y la contextura del tejido. El lustre de la seda es difícilmente imitable, incluso por los aprestos especiales.

Al llegar al final de esta larga exposición, y a modo de conclusión, sólo deseo decir que la Ciencia Textil ha dado en los últimos treinta años un paso gigantesco.

De arriba abajo de la escala de estructura, se han sacado a la luz íntimas relaciones entre la estructura y sus propiedades, relaciones que permiten actualmente, confeccionar tejidos que gozan de las excelentes propiedades deseadas para el consumo. Nos quedan aún muchos puntos que esclarecer, materiales nuevos que descubrir, procedimientos de elaboración a inventar, pero el camino está bien orientado y el hombre puede ahora esperar hacer frente a todas sus necesidades textiles, teniendo en cuenta el rápido aumento de la población del globo y del aumento general del nivel de vida.

(Final)