J. A. Colin

TEORÍA DEL RETORCIDO

2 tomos 26 V

Otras obras del ingeniero J. A. Colin

TRABAJO DE LAS LANAS DE CARDA. – Traducción de Juan Sala Simón, Ingeniero Industrial. — Un volumen, 13 × 20'5 centímetros, de 246 págs., con 92 figuras. Precio: 16 pesetas, encuadernado.

ESTUDIO SOBRE EL CARBONIZAJE. – Traducción de F. Grau Ros, Director de Industrias Textiles y Tintóreas. – Un volumen, 13 × 20'5 centímetros, de 82 páginas con 26 figuras. Precio: 5 pesetas, encuadernado.

PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN Y DE DIRECCIÓN APLICADOS A LA INDUSTRIA TEXTIL. — Traducción y prólogo de Juan Rolduá Casals, Ingeniero de Industrias Textiles. — Un volumen, 13 x 20'5 centímetros, de 184 páginas. Precio: encuadernado en tela, 12 pesetas.

I. TEORÍA DEL RETORCIDO DE LOS HILOS

Estudio del Retorcido de los hilos

I. Teoría del retorcido

por

J. A. COLIN

Ingeniero Textil

Traducción de

JUAN SALA SIMÓN

Ingeniero Industrial

Profesor de la Escuela Industrial

y de la Escuela del Trabajo, de Barcelona

CATALUÑA TEXTIL

BADALONA

Estudio del Retorcido de los hilos

I. Teoría del retorcido

por

J. A. COLIN

Ingeniero Textil

Traducción de

JUAN SALA SIMÓN

Ingeniero Industrial

Profesor de la Escuela Industrial

y de la Escuela del Trabajo, de Barcelona

CATALUÑA TEXTIL

BADALONA

AL LECTOR

La industria del retorcido, tomada en su sentido genérico, constituye una rama importante de la industria textil, la cual, a pesar de ello, no contaba con ninguna obra consagrada exclusivamente a tal especialidad. Por esto, el ingeniero textil don J. A. Colin, bien conocido por ser autor de varias obras, quiso llenar tal laguna y, al efecto, realizó un estudio del retorcido y de la fabricación de hilos a varios cabos que comprende: I, la teoría del retorcido de los hilos; II, el retorcido de los hilos a varios cabos, y III, el apresto de los hilos retorcidos.

De estos tres aspectos del retorcido, el primero constituye el presente volumen; los dos restantes serán objeto, asimismo, de sendos volúmenes, uno de los cuales está ya en vías de impresión.

EL EDITOR

Grafiques Harlem – Ignasi Iglesias, 32 – Badalona

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la producción de las hilaturas de lana, algodón, lino, etc., está destinada al tisaje, que emplea los hilos tal como se encuentran, sin ninguna transformación. La urdimbre, producida en bobinas, carretes u ovillos bastante grandes, pasa en este caso directamente al urdisaje; la trama, generalmente en husadas o canillas de dimensiones que permitan su introducción y empleo en la lanzadera.

Los hilos destinados al tisaje en crudo no requieren ninguna transformación y si, solo, la preparación conveniente a su mejor disposición y uso. Pero en algunos casos y para determinadas aplicaciones el hilo procedente de las máquinas de hilar no tiene ciertas propiedades que se requieren, en resistencia o en aspecto principalmente. En estos casos se reúnen dos o varios hilos sencillos para formar los que se llaman hilos retorcidos o también, simplemente, «torcidos», que como su nombre indica, se tuercen juntos formando un hilo único, dándoles una torsión de sentido inverso a la que recibieron al hilarse los hilos componentes.

Los hilos retorcidos pueden a su vez reunirse y torcerse de nuevo para formar los hilos cableados, cordeles o cordones. En el cableado, la torsión que se da es siempre inversa a la del retorcido.

La retorsión se practica sobre dos a doce y hasta más hilos, mediante un solo pasaje por la máquina de retorcer, dándoseles una torsión mayor o menor según el objeto que se proponga. El retorcido se obtiene, pues, mediante un solo pasaje, en tanto que el cableado requiere, cuando menos, dos pasajes, empleándose en el segundo y siguientes dos, tres, o más torcidos formados cada uno por dos o varios hilos.

Un torcido, así como un cableado, pueden estar compuestos por una sola materia textil o por varias diferentes; y los hilos componentes pueden ser todos del mismo número y del mismo color o bien de números y de colores diversos.

Los torcidos pueden clasificarse:

a) Según el uso a que se destinan:

Torcidos para urdimbre y trama de tisaje y para orillos, en números 10 a 60, en algodón americano;

Torcidos finos para tejidos de media-seda en números 60 a 140, de algodón Jumel;

Torcidos teñidos y aprestados para media-seda y cintería;

Torcidos para bordados en números 30 a 100 en algodón Jumel;

Torcidos para calcetería a mano y a máquina;

Torcidos para hilos de arcadas;

Torcidos para pasamanería en números 16 a 20 con torsión fuerte;

Torcidos para hilos de coser a mano y a máquina, en algodón Jumel y americano, en números 20 a 120;

Torcidos fantasía con nudos, con botones, con mechones, hilos flameados, con bucles, etc.

b) Según el modo de producción:

Torcidos en mojado, para hilos fuertes y de aspecto liso, hilos de coser;

Torcidos en seco, para hilos que deben conservarse flexibles y blandos, hilo para género de punto, hilo para bordar.

c) Según el grado de torsión:

Torcidos extra duros para hilos de coser, lonas, cortinas, puntillas;

Torcidos duros para tejidos de confección;

Torcidos corrientes para tisaje;

Torcidos suaves y flojos para tejidos de tapicería y muebles;

Torcidos muy flojos para bordados y géneros de punto.

Los números de los hilos componentes, así como la torsión que se les da, son sumamente variables, dependiendo del destino o empleo del torcido producido. Las indicaciones que siguen, así como los Cuadros de torsiones, podrán ser consultados para formar juicio y evitar titubeos.

La torsión a dar varía según el modo de trabajar de la máquina en que se emplean los torcidos.

Los hilos para géneros de punto a máquina, por ejemplo, son de poca torsión, ya que deben ser suaves y flexibles; si fuesen duros y fuertemente torcidos se trabajarían difícilmente, no conservarían la forma de la malla, y el tejido producido con ellos tendría un aspecto irregular. Las principales cualidades de un buen hilo para calcetería son: regularidad de grueso y de torsión, ser cilíndrico y de aspecto liso, poseer resistencia suficiente, y ser esponjado o voluminoso para que de cuerpo al tejido fabricado.

En la fabricación del género de punto se emplean casi todas las materias textiles: algodón, lana, sedas natural y artificial, pelos diversos (de camello, de conejo, etc.).

El hilo de coser, en cambio, debe ser sobre todo resistente a la par que muy liso para que pueda pasar por la aguja y deslizarse por entre las telas sin desborrarse. Un hilo para puntillas debe presentar un grano que realce el aspecto de la labor a que se aplica.

Aparte de la clientela familiar, puede decirse que los distintos clientes requieren, casi todos, artículos más o menos especializados en números, torsiones o calidades, de modo que los datos de fabricación de las diversas clases de hilos pueden solo tomarse como base. De entre una multitud de cuadros de torsión hemos escogido algunos de los que nos ha parecido que pueden ser empleados sin temor. Tienen la ventaja de una serie de años de empleo. El industrial torcedor podrá siempre sin dificultad adaptar sus cifras a sus peculiares condiciones de trabajo, modificándolas más o menos para responder a las demandas de su clientela.

Designación de los torcidos

Es corriente designar los torcidos mediante una fracción, cuyo numerador es el número del hilado simple componente y el denominador el número de hilos o cabos reunidos formando el torcido. Asi 20/2 indica un torcido formado por dos cabos de hilo número 20. También se emplea a menudo la indicación inversa: 2/20, sobre todo en Inglaterra. Para los cordones o cableados se emplea una doble fracción: así 20/2/3 indica un cableado formado con tres torcidos constituídos cada uno por dos hilos de número 20.

Ocurre algunas veces que se designa un cableado mediante una fracción simple, por ejemplo 20/6 para el cableado indicado anteriormente. Esto constituye una costumbre defectuosa, puesto que esta última expresión no da ninguna indicación sobre el modo de ser hecho el cableado, ni siquiera indica que se trate de un cableado, ya que propiamente designa un torcido a 6 cabos obtenido mediante una sola retorsión.

CONSIDERACIONES ACERCA LA TORSIÓN

Si observamos un hilo sencillo sin torsión, mejor dicho, una mecha, vemos que las fibras que la forman son paralelas a su eje (fig. 1). Si cogiéndola por dos

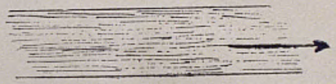


Figura 1

puntos más separados que la longitud de las fibras, ejercemos sobre ella una tracción, la resistencia que opone a ser estirada no procede más que del frotamiento de las fibras unas con otras. Si consideramos las dos fibras 1 y 2 (fig. 2) colocadas una encima de la otra

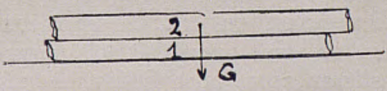


Figura 2

sobre un plano horizontal, se hallarán en reposo si ninguna fuerza actúa sobre ellas. Si ahora inclinamos lentamente el plano sobre el que descansan, hasta formar un ángulo α con su primitiva posición, el peso G se descompone en las dos componentes P y Q, la primera tendiendo a hacer deslizar a la fibra 2 sobre la fibra 1, supuesta fijada en el plano, en tanto que la segunda, Q, oprime a la fibra 2 contra la 1.

El deslizamiento de la fibra 2 será impedido en tanto que la componente P no llegue a alcanzar un valor por lo menos igual al de la resistencia de frotamiento R.

De la figura 3 se deduce:

$$P = G \text{ sen } \alpha$$
$$Q = G \cos \alpha$$

de donde, dividiendo:

$$\frac{P}{Q} = \frac{G \text{ sen } \alpha}{G \cos \alpha} = \frac{\text{sen } \alpha}{\cos \alpha} = \text{tg } \alpha$$

y, por tanto:

$$P = R = Q \text{ tg } \alpha$$

Lo que indica que la resistencia debida al rozamiento R, es igual al producto de la componente normal Q por la tangente del ángulo formado por el plano de deslizamiento con la horizontal.

Al valor $tg\ \alpha = f$ se le llama coeficiente de rozamiento, puesto que indica a cuantos grados de inclinación del plano que la sustenta empieza el deslizamiento de una materia dada sobre una superficie de naturaleza determinada.

Y puesto que $R = Q f$, puede expresar la ley del frotamiento o rozamiento en la siguiente forma: El valor del rozamiento es igual al producto de la presión normal por el coeficiente de frotamiento.

Las fibras que forman un hilo, por pequeña que sea la fuerza que las comprime unas contra otras, se encuentran sometidas, en cuanto al rozamiento, a la misma ley que los otros cuerpos. Esto permite comprender que el deslizamiento, para fibras puestas libremente unas encima de otras, se produzca con una inclinación del plano tanto mayor cuanto más rugosa sea su superficie. Cuanto mayor es la rugosidad natural de la fibra, mayor es el ángulo α y el coeficiente $f = tg\ \alpha$

Si se aumenta α hasta hacerlo igual a 90°, nos encontramos en el caso de la figura 1 en el que interviene solo el rozamiento, siendo nula la fuerza Q.

Como que los hilos están generalmente formados por una sola materia textil y las fibras obran en el hilo por rozamiento, se podría hallar la ley de resistencia, para un hilo dado, mediante el coeficiente de rozamiento.

Pero en lo dicho hasta aquí no hemos considerado más que dos fibras en contacto por un solo lado, y en el

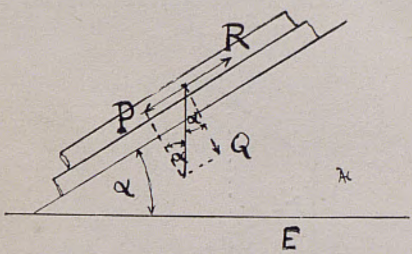


Figura 3

hilo no ocurre así, puesto que las fibras tienen numerosos puntos de contacto y por tanto diversos puntos de rozamiento, que comprenden casi toda su superficie, aunque las que forman la parte exterior del hilo, son, sin embargo, libres en su superficie exterior. De modo que para calcular la resistencia debida al rozamiento, mediante el coeficiente *f*, habría que tener en cuenta particularidades o condiciones que no podrían ser fijadas más que por investigaciones numerosas, precisas, cuidadosas y delicadas, que con todo no tendrían una utilización completamente práctica a causa de la extremada diversidad de longitud y de diámetro de las fibras de una misma materia textil.

Parece, pues, más sencillo buscar una ley suficientemente exacta de la relación existente entre la resistencia originada por la torsión, con el número o finura del hilo.

En la igualdad

$$R = Q \operatorname{tg} \alpha = Q\, f$$

el valor del coeficiente *f* es constante (para un mismo textil), de modo que la resistencia al rozamiento depende únicamente de

$$Q = G \cos \alpha$$

Una fibra paralela al eje del hilo supuesto vertical ($\alpha = 90^0$) no hallándose sujeta, deslizará por su propio peso, puesto que la resistencia debida al frotamiento es, en este caso:

$$R = Q = G \cos \alpha = G \cos 90^0 = 0$$

Pero si la fibra está dispuesta en hélice alrededor del eje, forma con la horizontal un ángulo α que no es

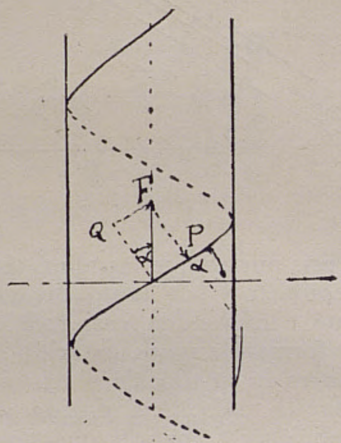


Figura 4

de 90^0, y la tracción F que se ejerza en el hilo (fig. 4) puede ya descomponerse en sus componentes P y Q. En este caso se tiene:

$$Q = F \cos \alpha$$

$$P = R = F \operatorname{sen} \alpha = \frac{Q \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} = Q \operatorname{tg} \alpha = Q\,t$$

Y puesto que $Q = F \cos \alpha$, se tendrá:

Q máx. $= F$	para $\cos \alpha = 1$	y	$\alpha = 0$
Q min. $= 0$	para $\cos \alpha = 0$	y	$\alpha = 90^0$

Es decir, que la presión normal Q y por tanto la resistencia R son inversamente proporcionales al ángulo

α que forma la fibra con el eje del hilo. Desde el punto de vista del frotamiento de las fibras del que depende la resistencia del hilo, cuanto menor sea α más resistente (hasta un cierto límite) es el hilo.

Sobre esta base se puede fácilmente establecer una relación entre la finura o número del hilo y la torsión.

Véase la figura 5 que representa dos hilos, respectivamente de números N y N_1 y de diámetros d y d_1.

Si en estos dos hilos una fibra efectúa el mismo número de vueltas por unidad de longitud, la altura del

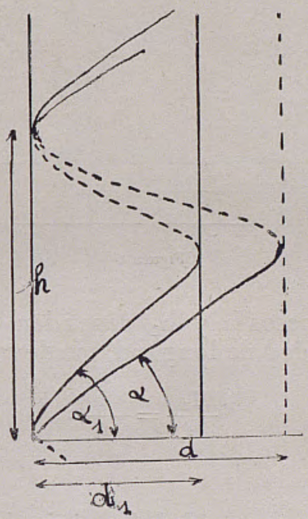


Figura 5

paso h de la hélice será la misma para ambos, y para el hilo de diámetro d_1, la fibra tendrá una inclinación mayor o sea

$$\alpha_1 > \alpha$$

Esto se ve claramente desarrollando la hélice como se representa en la figura 6, en la cual el paso de las hélices es h, y B y C su respectivo desarrollo.

Como, según lo que se ha dicho anteriormente, la resistencia de un hilo dado depende únicamente de la inclinación de las fibras, será preciso, para tener un ángulo constante y un igual valor de la resistencia al deslizamiento de las fibras, que se verifique la relación:

$$\frac{h}{\pi \quad d} = \frac{h_1}{\pi \quad d_1} \qquad o \qquad \frac{h_1}{h} = \frac{d}{d_1}$$

o en otros términos, que la altura o paso de la hélice debe ser directamente proporcional al diámetro del hilo.

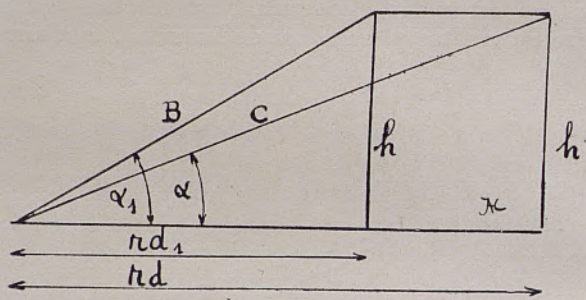


Figura 6

Como los pasos h y h_1 dependen del número de vueltas por unidad de longitud, puede también ponerse:

$$(1) \qquad \frac{T_1}{T} = \frac{d}{d_1}$$

es decir, que:

«La torsión por unidad de longitud es inversamente proporcional al diámetro del hilo». Si llamamos L a la unidad de longitud en el sistema de numeración, por ejemplo L = 1000 m. para el algodón en número francés, y D la densidad de la materia textil en el hilo, se puede calcular, por el volumen de éste, el peso que sirve de base al sistema de numeración para n.º N:

$$P = \frac{n \; d^2}{4} \; N \, . \, L \, . \, D \, .$$

para n.º N_1 :

$$P = \frac{n \; d^2}{4} \; N_1 \, . \, L \, . \, D \, .$$

Dividiendo una por otra tendremos:

$$1 = \frac{d^2 N}{d_1^2 N_1}$$

de donde

$$\frac{N_1}{N} = \frac{d^2}{d_1^2}$$

o (2)

$$\frac{\sqrt{N_1}}{\sqrt{N}} = \frac{d}{d_1}$$

es decir:

que el diámetro de un hilo es inversamente proporcional a la raiz cuadrada del número (para los textiles cuyo número indica el número de unidades de longitud contenidas en un peso dado).

Igualando las dos expresiones (1) y (2) precedentes, se tiene:

$$\frac{T_1}{T} = \frac{\sqrt{N_1}}{\sqrt{N}}$$

por lo que puede decirse que:

La torsión es directamente proporcional a la raiz cuadrada del número. Esta fórmula de la torsión, tan sencilla, es válida para todos los textiles y de un empleo general. Su utilización práctica supone, sin embargo, el conocimiento, por la experiencia, de una base de torsión conveniente a uno de los números, para cada clase de los hilos que se quieran producir.

Tomando como base la torsión de un hilo de n.º 1 se tiene:

$$\frac{T_1}{T} = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

y

$$T = T_1 \sqrt{N}$$

Al valor de T_1 se le designa con el nombre de Coeficiente de torsión *c* y con él se expresa la fórmula general de la misma, llamada fórmula de Kœchlin, así

$$T = c \sqrt{N}$$

El coeficiente de torsión varía según las materias, según la clase del hilo y el uso a que se destina. En otros términos, a cada calidad de materia, algodón, lana, etc., a cada longitud de fibras, a cada clase de hilos, para urdimbre o para trama, para género de punto, etc., corresponde un determinado coeficiente de torsión.

Esta fórmula, corrientemente empleada a causa de su gran sencillez, es, sin embargo, algo inexacta. En efecto, en los hilos finos las fibras oponen una mayor resistencia que en los gruesos a flexarse disponiéndose en hélices de poco paso. A causa del deslizamiento de las fibras, que no se encuentran aún completamente ligadas unas a otras en el momento de torcerse, hay una pérdida de torsión, y por esto en la práctica se corrige aquella fórmula tomando para los hilos finos una torsión mayor que la indicada por el cálculo, o, lo que viene a ser lo mismo, tomando un mayor valor para el coeficiente de torsión.

Staub ha propuesto la fórmula:

$$T = c \sqrt{N} \,.\, \sqrt[10]{N}$$

pero no ha dado las razones que le han conducido a proponerla, aunque hay que convenir que corresponde, verdaderamente, a una buena torsión para todos los números. Presenta el defecto de requerir el empleo de los logaritmos para el cálculo de sus valores, pero podría ser útil para determinar las torsiones a dar a un cierto número de hilos de números dados, tomados por ejemplo de 10 en 10 o de 20 en 20, que podrían completarse, para los números intermedios, con el empleo de la fórmula ordinaria.

Angulo de torsión

Como se ha visto, existe una relación constante entre la inclinación de las fibras en el hilo, y el coeficiente de torsión. Puede, pues, designarse la torsión indistintamente, ya por el coeficiente, ya por la inclinación de las fibras en el hilo, o en otros términos por el ángulo α de las figuras 4, 5 y 6.

Tomemos por ejemplo el algodón. La densidad del hilo, determinada en bobinas duras es bastante variable. Para una bobina de continua en trama número 16 sobre torcido hemos hallado un peso de 30 gramos, en tanto que otra bobina exactamente de las mismas dimensiones, en número 20 torsión trama corriente, no pesaba más que 18 gramos. La torsión produce, pues, el efecto de apretar las fibras unas contra otras. Como promedio puede contarse con una densidad de 0,5 para bobinas de algodón con torsión urdimbre. Tendremos, pues, la fórmula general aplicable a todos los casos, teniendo en cuenta el sistema de numeración del textil considerado y la densidad correspondiente, siguiendo el razonamiento:

Peso de base del sistema de numeración (francés para algodón = 500 gramos) = P.

Densidad del textil hilado = D = 0,5 para algodón.

El volumen, para el peso P será: $V = \frac{500}{0,5} = 1000$

Expresándole en función de la sección y de la longitud de hilo referida a su número, (para algodón):

$$V = \frac{n\, d^2}{4} \,.\, N.^o \,.\, 1000$$

siendo *d* el diámetro del hilo en milímetros.

Se tendrá, pues:

$$d^2 = \frac{1000}{1000 \,.\, \frac{n}{4} \,.\, N} = \frac{1}{0,7854 \,.\, N} = 1,273 \,\frac{1}{\sqrt{N}}$$

$$d = \frac{\sqrt{1,273}}{\sqrt{N}} = \frac{1,128}{\sqrt{N}} \text{ (en mm.)}$$

Una vez determinado el diámetro del hilo, es fácil hallar el ángulo real de torsión, puesto que

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi\, d}{\text{paso de la hélice}}$$

como se ve desarrollando sobre un plano una espira formada por las fibras exteriores.

Y como: Paso de la hélice en centímetros $= \frac{1}{\text{torsión}}$

se tiene también: $\operatorname{tg} \alpha = T \pi d.$

Si substituimos *d* por su valor $\frac{0{,}1128}{\sqrt{N}}$ (en centímetros) tendremos:

$$\operatorname{tg} \alpha = T \frac{\pi\, 0{,}1128}{\sqrt{N}}, \text{ y como } T = C \sqrt{N},$$

tendremos, finalmente:

$$\operatorname{tg} \alpha = C \,.\, \pi \,.\, \sqrt{N}\, \frac{0{,}1128}{\sqrt{N}}$$

y, simplificando, $\operatorname{tg} \alpha = \pi .\ 0{,}1128 \,.\, C = 0{,}35\ C.$

Tenemos ya ahora los elementos necesarios para pasar al estudio del retorcido.

En la producción de torcidos se busca conseguir una mayor resistencia para un título o número dado, o bien obtener efectos especiales. En el examen que hemos hecho hasta ahora de la resistencia del hilo, hemos simplificado la cuestión, atribuyendo a la torsión, solamente, aquella resistencia. Pero es evidente que no es la torsión el único elemento que interviene para dar solidez al hilo, pues si bien es cierto que en la práctica se comprueba (dentro de ciertos límites) un aumento de resistencia al aumentar la torsión, y es bien sabido que los hilos con torsión urdimbre son más resistentes que los de torsión más floja o torsión trama, también es indudable que la calidad de la fibra y su propia resistencia tienen una influencia preponderante, a la que colabora también la posición de la fibra en el hilo, que será tanto más favorable cuanto más paralela sea a la dirección del esfuerzo de tracción. Existen, por tanto, en el hilo dos elementos principales que intervienen para darle resistencia, que son: la reunión y mantenimiento de las fibras en un hilo mediante la torsión que aumenta el valor del rozamiento entre las fibras, y la resistencia propia de ésta formando el hilo.

Si tomamos un hilo flojo y lo rompemos, observaremos que la rotura se ha producido por deslizamiento de las fibras entre sí, puesto que la torsión no bastó para apretar suficientemente las fibras unas contra otras e impedir aquel deslizamiento. Los extremos rotos del hilo se presentan con las fibras abiertas, en forma de pincel, y generalmente en disposición escalonada tal como se encuentran en el hilo. La rotura se ha producido en el punto en que el deslizamiento de las fibras ha ofrecido la menor resistencia por una causa cualquiera.

Si tomamos luego un hilo de urdimbre y lo rompemos por tracción, observaremos que la fractura es más

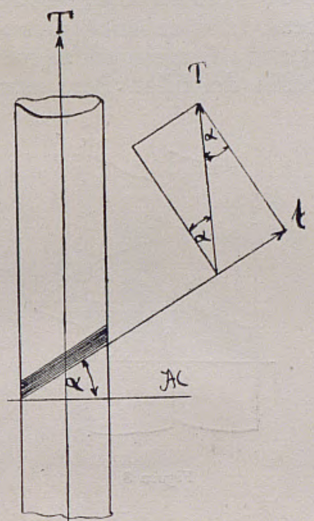


Figura 7

limpia, más franca, con rotura verdadera de un determinado número de fibras y deslizamiento de algunas otras. La rotura se produce primero en las fibras que, a causa de su posición en el hilo, sufren el mayor esfuerzo, y esta rotura preliminar hace que un hilo tenga siempre una resistencia menor que la calculada teniendo en cuenta la resistencia de las fibras de su sección así como la inclinación teórica de las mismas fibras con respecto al eje del hilo.

Al someterse un hilo a tracción (figura 7), esta tracción T puede descomponerse en sus dos componentes, una de dirección perpendicular a las fibras y la otra en la misma dirección de estas. Según sea la inclinación de las fibras sobre el eje del hilo, una de las componentes crece a expensas de la otra.

La componente que tiende las fibras es: $t = T \text{ sen } \alpha$
Para un ángulo $\alpha = 90^o$, se tiene $t = T$
Para un ángulo $= 0^o$, se tiene $t = O$

La expresión $t = T$ sen α tiene, pues, su máximo valor para $\alpha = 90^o$. Pero en lo que se refiere a la resistencia de las fibras, estas se encuentran en la posición más favorable cuando forman un ángulo de 90^o con el plano de la sección del hilo. Pero esto corresponde a

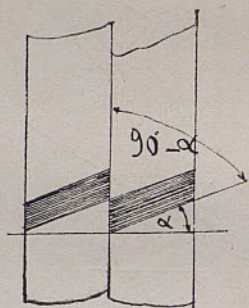


Figura 8

una posición paralela al eje del hilo, y, por tanto, sin torsión. Hemos visto que en este caso la resistencia del hilo depende únicamente de la resistencia de sus fibras al deslizamiento y no de su propia resistencia. A medida que por efecto de la torsión el deslizamiento de las fibras se va haciendo más difícil, el valor T sen α tiende a disminuir.

Tomemos ahora dos hilos sencillos y torcémoslos juntos (figuras 8 y 9). Si torcemos en sentido inverso al de la torsión dada en la hilatura, pero dando a la torsión un mismo valor, volveremos a las fibras de los hilos que componen el torcido a una posición paralela al eje del nuevo hilo, con todo y conservar para el conjunto una torsión que actúa contra el deslizamiento de las fibras. En este caso, la expresión $t = T \text{ sen } \alpha$ adquiere su máximo valor, y la fuerza de tracción ejerce todo su efecto sobre las fibras. El torcido simple o a dos cabos es, pues, en general, más resistente que el hilo sencillo de número equivalente. Esta mayor resistencia del torcido es cosa admitida sin que sea siempre absolutamente exacta, pues tanto en el torcido como en el hilo sencillo es muy difícil apreciar exactamente y conocer los efectos relativos de los diversos elementos que intervienen en la resistencia del hilo para cada grado de torsión.

Aparte de este aumento de resistencia generalmente obtenido aunque no siempre logrado, el torcido presenta

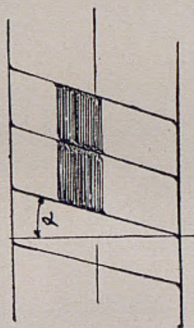


Figura 9

sobre el hilo sencillo ciertas otras ventajas: es más resistente al frotamiento, por lo que se le adopta para los orillos de los tejidos y para los hilos de coser; presenta un grano particular que no posee el hilo sencillo, y que hace se le prefiera para los encajes; y presenta para un volumen o un diámetro determinados, unas características especiales que no se encuentran en un hilo sencillo del mismo número, como puede observarse en el hilo para bordar y en el destinado al género de punto.

De donde resulta que, aún dejando de lado la resistencia del producto obtenido, el retorcido constituye una operación de la que no puede prescindirse para muchos usos.

NUMERACIÓN DE LOS TORCIDOS Y DE LOS CABLEADOS

Mediante la reunión de dos o varios hilos en un torcido, se obtiene éste de un título o número cuyo valor depende de los títulos y del número de los hilos componentes. Dos hilos de algodón del número 20 reunidos y retorcidos dan lugar a un torcido 20/2 cuyo título es 10.

Cuando se trata de producir un peso dado de un torcido formado por hilos de varios números y a veces de diversas materias textiles, precisa conocer el título del torcido así como el porcentaje de cada uno de los componentes.

En el torcido corriente en el que no se emplean más que hilos de número igual y de la misma materia textil, basta dividir el número del hilo sencillo por el número de cabos reunidos, para tener el número del torcido.

Así un torcido 20/2 será de título o número 10;

Un torcido 40/4 será igualmente del número 10;

Un cableado 30/2/3 será del número 5.

Esto no ofrece ninguna dificultad; luego ya veremos la corrección a efectuar a causa de la contracción o acortamiento que experimentan los hilos por la torsión.

Cuando los hilos componentes son de números distintos, la determinación del número o título del torcido no es ya tan fácil, conviniendo en este caso conocer la proporción o porcentaje de hilo de cada número de los que componen el torcido para determinar el precio de coste y las cantidades respectivas de hilo a emplear. Cuando se trata de textiles distintos, lo que primero procede es referir los números de todos los hilos componentes a un mismo sistema de numeración.

He aquí algunos ejemplos que indican la marcha a seguir:

Sistema de numeración métrico. Torcidos a 2 cabos. – Sean dos hilos números 20 y 25 que se tuercen juntos. ¿Cual será el número del torcido resultante y el porcentaje en que entra cada uno de los hilos?

El número resultante no es, como pudiera creerse, el promedio de los dos números o sea 22,5/2, es decir, 11,25. En efecto:

1.000 metros de hilo n.º 20 pesan $\frac{1.000}{20} = 50$ grs.

1.000 metros de hilo n.º 25 pesan $\frac{1.000}{25} = 40$ grs.

1.000 metros del torcido resultante pesarán, pues, 90 gramos, y su título o número será $\frac{1.000}{90} = 11,1$.

La cantidad de hilo número 20 necesaria será el 50/90 del peso del torcido, o sea $\frac{50 \times 100}{90} = 55,55\ \%$ del peso del torcido.

La cantidad de hilo número 25 necesaria será el 40/90 del peso del torcido, o sea $\frac{40 \times 100}{90} = 44,44\ \%$

Para un torcido formado por un hilo de número 40 y otro de número 20 tendríamos análogamente:

1.000 metros de n.º 40 pesan $\frac{1.000}{40} = 25$ gramos.

1.000 metros de n.º 20 pesan $\frac{1.000}{20} = 50$ gramos.

O sea en conjunto 75 gramos para 1.000 metros del torcido. El título o número será, pues, $\frac{1.000}{75} = 13,33$.

Hilo de número 40 necesario, 25/75 o sea 33,33 %.
Hilo de número 20 necesario, 50/75 o sea 66,66 %.

Torcidos a 3 cabos. – Sean un hilo de número 20, otro de número 40 y un tercero de número 50 que deben torcerse juntos.

1.000 metros de n.º 20 pesan	1.000/20 = 50	gramos.
1.000 » » » 40 »	1.000/40 = 25	»
1.000 » » » 50 »	1.000/50 = 20	» .

En conjunto, para 1.000 metros de torcido, 95 gramos. El número del mismo será 1.000/95 = 10,52.

La proporción de cada uno de los hilos será.

De número 20:	50/95	o sea	52,63 %.
De » 40:	25/95	» »	26,31 %.
De » 50:	20/95	» »	21,05 %.

Existen otros medios para calcular el título, como por ejemplo el de aplicación de la fórmula general

$$\frac{m \cdot n \cdot p \cdot q}{(mnp) + (mnq) + (mpq) + (npq)}$$

en la que m . n . p . q representan los números respectivos de los hilos componentes de un torcido, de 4 cabos en el caso de la fórmula.

El método indicado por nosotros presenta la ventaja de una gran sencillez y de dar a conocer en seguida el porcentaje de cada uno de los hilos, lo que permite calcular el precio de coste del torcido producido.

Sistemas de numeración distintos del métrico. – El razonamiento y la manera de proceder son los mismos. Sea, por ejemplo, un torcido formado por un hilo de lana número 32 métrico y un hilo de seda número 48/52 internacional (base 9.000 metros para un gramo). El número 48/52 seda corresponde al número métrico 9.000/50 = 180.

1.000 metros de seda pesarán 1.000/180 = 5,555 gramos.

1.000 metros de lana pesarán 1.000/32 = 31,250 gramos.

O sea, que 1.000 metros de torcido pesarán 36,805 gramos y su número será 1.000/36,8 = 27,17.

La proporción de hilo de lana necesaria será 31,25/36,8 o sea 84,92 %.

La proporción de hilo de seda necesaria será 5,555/36,8 o sea 15,08 %.

Otro ejemplo. – Un hilo de lino número 34 inglés, y un hilo de algodón número 16 francés van a torcerse juntos.

El número inglés, en el lino, indica el número de madejas de 300 yardas que entran en una libra de peso o sean 453 gramos. Así, en número 34.

34 madejas × 300 yardas × 0,914 metros por yarda = 9.322,8 metros pesan 453 gramos.

1.000 metros de este hilo pesarán, por tanto,

$$\frac{453 \times 1.000}{9.323} = 48,59 \text{ gramos}$$

1.000 metros de hilo de algodón pesarán 500/16 = 31,25 gramos.

1.000 metros del torcido pesarán, pues, 79,84 gramos. Y su número, a base de la numeración francesa para algodón: 500/79,84 = 6,26.

A base de la numeración inglesa del lino, sería: 453/79,84 = 5,675.

La proporción de hilo de lino necesario será 48,59/79,84 o sea 60,85 %.

La proporción de hilo de algodón será 31,25/79,84 o sea 39,15 %.

En todo lo que precede no hemos tenido en cuenta la contracción o encogimiento del hilo, del que trataremos en el capítulo correspondiente a los hilados de fantasía.

VARIACIÓN DE LA INCLINACIÓN DE LOS HILOS COMPONENTES, CON RESPECTO AL EJE DE UN TORCIDO, PARA UN MISMO TÍTULO Y UNA MISMA TORSIÓN SEGÚN SEA EL NÚMERO DE CABOS QUE ENTRAN A FORMARLO

Hemos visto en el párrafo referente a «Angulo de torsión» que el diámetro de un hilo de algodón venía dado aproximadamente por la fórmula

$$d=\frac{1,128}{\sqrt{N}}$$

Puesto que la mayor o menor torsión produce el efecto de apretar más o menos las fibras unas contra otras, es evidente que no podemos pretender en la aplicación de aquella fórmula una exactitud rigurosa; lo esencial para nuestro caso es tener una base de discusión o de comparación que nos permita sentar conclusiones de utilidad práctica. Las demostraciones que siguen se refieren, en su aplicación, al algodón, pero el razonamiento es el mismo para las demás materias textiles.

Tomemos por ejemplo un torcido 16/2 cuyo título o número es, por consiguiente, 8. Cada uno de los hilos tendrá un diámetro

$$dn_2 = \frac{1,128}{\sqrt{16}} = 0,282 \text{ mm.}$$

y los dos, en el torcido, ocuparán

$$2\ dn_2 = 0,282 \times 2 = 0,564 \text{ mm.},$$

contados normalmente a las espiras.

Si consideramos diversos torcidos, todos ellos del mismo número 8, pero formados por la reunión de un

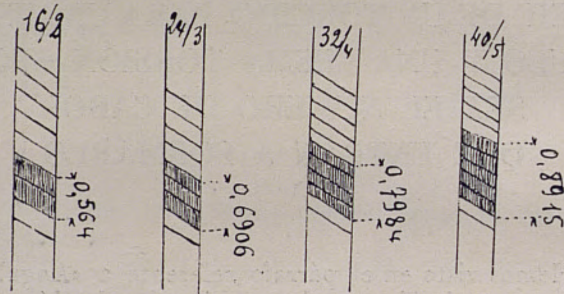


Fig. 10

número creciente de cabos, tendremos, por ejemplo, 24/3, 32/4, 40/5, 48/6, etc. Los diámetros de los hilos componentes en cada caso serán:

$dn_3 = 1,128 / \sqrt{24} = 0,2302$ mm , para el hilo núm. 24
$dn_4 = 1,128 / \sqrt{32} = 0.1996$ mm., » » » » 32
$dn_5 = 1,128 / \sqrt{40} = 0,1783$ mm., » » » » 40
$dn_6 = 1,128 / \sqrt{48} = 0,1628$ mm., » » » » 48

Y las sumas de los diámetros de los respectivos cabos componentes yuxtapuestos en los diversos torcidos considerados, todos del mismo número 8, son:

$2\ dn_2 = 0{,}282 \times 2 = 0{,}564$ mm., para el 16/2.
$3\ dn_3 = 0{,}2302 \times 3 = 0{,}6906$ mm., » » 24/3.
$4\ dn_4 = 0{,}1996 \times 4 = 0{,}7984$ mm., » » 32/4.
$5\ dn_5 = 0{,}1783 \times 5 = 0{,}8915$ mm., » » 40/5.
$6\ dn_6 = 0{,}1628 \times 6 = 0{,}9768$ mm., » » 48/6.

Aun cuando en la figura 10 estas magnitudes aparecen señaladas en los bordes de los torcidos y en sentido de su longitud, ellas en realidad deben tomarse perpendicularmente a las direcciones de las espiras. Sobre el borde de cada torcido, o sea tomándolo como se ha hecho en la figura, a causa de la oblicuidad con que se presentan los cabos componentes, los espacios ocupados por los mismos son algo mayores que los valores indicados, aunque, para una misma inclinación, conservan valores proporcionales.

Si llamamos h al grueso de una espira de un torcido, contada sobre su borde o sea en sentido de su longitud, y concretamente h_2, dicho grueso o altura para un torcido a 2 cabos, y h_3 para un torcido a tres cabos, que suponemos del mismo título o número; y llamando, asimismo, como ya hicimos antes, dn_2 al diámetro del hilo sencillo componente del torcido a 2 cabos, y dn_3 al diámetro del hilo sencillo componente del torcido a 3 cabos que pueden ser, conforme consideramos ya, los 16/2 y 24/3 o sea el número 8 para ambos, se tiene

$$h_2 = \frac{2\ dn_2}{\text{sen}\ \alpha} \qquad\qquad h_3 = \frac{3\ dn_3}{\text{sen}\ \alpha}$$

Siendo, en el caso presente, α el ángulo que con el borde o con el eje del torcido forman los cabos componentes.

Y para un mismo ángulo α, y puesto que $3\ dn_3$ es mayor que $2\ dn_2$ como ya se ha encontrado numéricamente, debe verificarse, como ya también hemos dicho, que h_3 es mayor que h_2.

Podemos, por tanto, afirmar que aunque el título de los torcidos sea el mismo, el espacio ocupado por los cabos componentes sobre sus respectivas superficies, aumenta con el número de cabos. Esto es debido a que los diámetros de los hilos son inversamente proporcionales no a sus títulos o números, sino a las raices cuadradas de los mismos.

Por otra parte, para una longitud dada de toreidos de 2 y de 3 cabos (por ejemplo, para ceñirnos a los casos considerados) aquella longitud viene determinada por el producto del grueso de cada espira (o longitud ocupada sobre el borde o el eje del torcido) por el número de las mismas que entran en dicha longitud, es decir

$$h_2 \times \text{torsión}_2 = h_3 \times \text{torsión}_3 = L$$

y puesto que, como sabemos,

$$h_3 > h_2$$

debe verificarse que

$$\text{torsión}_2 > \text{torsión}_3$$

En otros términos, si queremos hacer

$$\text{torsión}_2 = \text{torsión}_3$$

será preciso que hagamos

$$h_2 = h_3$$

Y para ello, puesto que 2 d_{n_2} y 3 d_{n_3} tienen un valor fijo y constante para cada uno, será necesario aumentar α en el torcido a 3 cabos, o bien disminuir α en el torcido a 2 cabos: o sea, disminuir la inclinación de las hélices en el primer caso o aumentarla en el segundo hasta lograr

$$h_2 = h_3$$

Es decir, que una misma torsión

$$\text{torsión}_2 = \text{torsión}_3$$

no llegará a obtenerse más que con un ángulo α distinto, para torcidos del mismo título de 2 y de 3 cabos (o de un número cualquiera de ellos).

Pero entonces tendremos tipos de torcido distintos, si admitimos que el tipo de un torcido, como el de un hilo sencillo depende de su torsión o, en otros términos, de su ángulo de torsión.

Si, pues, aplicamos para los torcidos arriba mencionados un mismo coeficiente de torsión, daremos a cada uno un mismo número de vueltas por metro, puesto que el título o número es el mismo, pero la inclinación de los hilos sobre el eje del torcido será distinta.

Queda, pues, demostrado que cuanto mayor es el número de cabos de que está formado un torcido, para un mismo título, aumenta tanto más el ángulo de inclinación de las hélices y tanto menor debe ser la torsión para un mismo tipo de torcido, puesto que el diámetro del mismo tiende a aumentar.

Si el ángulo de las hélices se modifica, el tipo de torcido se modifica igualmente. Es decir, que un tipo dado de torcido tiene el mismo ángulo de inclinación de las hélices para hilos gruesos y para hilos finos, pero para lograr esta igualdad de inclinación para torcidos de distinto número de cabos, es necesario variar el coeficiente de torsión.

Partiendo de un torcido a 2 cabos cuyo coeficiente sea conocido, habrá que calcular el coeficiente a aplicar para torcidos de 3, 4 o mayor número de cabos.

Consideremos, por ejemplo, el 16/2. Hemos visto que los dos hilos yuxtapuestos ocupan un espacio de 0,564 mm.(*)

Si queremos fabricar un torcido a 3 cabos y deseamos que sea del mismo tipo, es decir, con la misma inclinación, será preciso que los tres hilos ocupen una porción longitudinal, del torcido, igual a la ocupada o cubierta por los dos anteriores o sea que el diámetro de cada hilo sea ahora de $0{,}564/3 = 0{,}188$.

De la fórmula

$$d = 1{,}128 / \sqrt{N}$$

deducimos

$$N = 1{,}128^2 / d^2 = 1{,}128^2 / 0{,}188^2 = 36$$

Un torcido formado por 3 cabos de 0,188 mm. de diámetro, o sea de número 36 (francés) se hallará, pues, en la relación exigida con el torcido 16/2, pero su título o número será 36/3 o sea 12 en vez de 8.

(*) *Nota del Traductor.* – En realidad no es el valor 0,564 el que se tiene que considerar, sino el $0{,}564 / \operatorname{sen} \alpha$ correspondiente al espacio ocupado en sentido longitudinal del torcido.

Refiriendo sucesivamente todos los torcidos precedentemente considerados, a las condiciones o tipo del torcido 16/2, tendremos los números que se indican a continuación para los hilos simples o cabos componentes que ocupan en su respectivo torcido un espacio igual (figura 11).

Para el torcido a 4 cabos 0,564 : 4 = 0,141 correspondiendo al número 64.

Para el torcido a 5 cabos 0.564 : 5 = 0,1128 correspondiendo al número 100.

Para el torcido a 6 cabos 0,564 : 6 = 0,094 correspondiendo al número 144.

Y los números de los torcidos sucesivos serán 8, 12, 16, 20 y 24. Todos ellos serán del mismo tipo para una misma torsión por metro, siendo igual el espacio ocupado por las hélices en cada uno de ellos.

Conociendo el coeficiente de torsión aplicado a un torcido de un número dado, a 2 cabos, busquemos cual

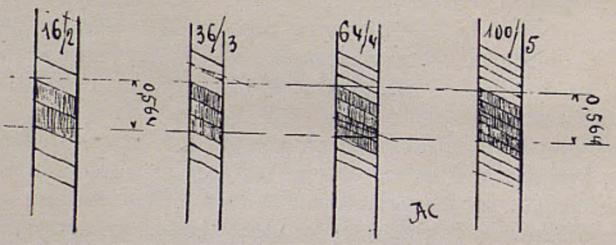


Fig. 11

debería ser el correspondiente a cada uno de los torcidos de igual número, pero con diferentes números de cabos.

Lo que sigue es la demostración clásica que vamos a exponer enteramente para aquellos de nuestros lectores que no la conocieran. Es indispensable seguirla con atención para conocer a fondo las razones en que se basan las reglas generalmente aplicadas, pues en sus conclusiones están fundados los cálculos de la torsión en el retorcido. Luego, cuando estas conclusiones se hayan dejado establecidas, emprenderemos nuevamente el trabajo fundándonos en otras bases, con objeto de demostrar que las anteriores no son exactas,(*) lo que explica las muchas anomalías que sorprenden a los debutantes, ya que los que tienen una cierta experiencia cuidan de no fiarse enteramente de la teoría actual y de comprobar cada vez los resultados obtenidos.

Tomando siempre como densidad del hilo 0,5 se tiene para el caso del sistema de numeración francés

$$0{,}5\ \pi\ d^2 / 4\ .\ n.^o\ .\ 1000 = 500 \text{ gramos}$$

cuando se trata de hilos sencillos. Pero en un torcido a 2 cabos no puede ponerse ya 1000 metros como longitud de base, al igual que en el caso del hilo sencillo. En la presente teoría se supone que cada uno de los cabos componentes, en vez de estar en línea recta se arrolla alrededor del otro, considerado rectilíneo, y para una longitud de torcido de 1000 metros, la longitud de los cabos componentes dependerá del número y de la longitud de las hélices formadas por el hilo respectivo, o en otros términos dependerá de la torsión y del grueso del hilo simple que sirve de círculo o eje de arrollamiento. (figura 12).

La longitud de un componente del torcido será:

$$L = N\ E \times 2\ d\ \pi$$

expresión en la cual

N representa el número del hilo cuyo diámetro es d.
E » » » de arrollamientos o hélices,
d » » diámetro del hilo de número N

y el volumen será:

$$\frac{\pi\ d^2}{4} \times N_r\ E\ 2\ d\ \pi \times 2 = \pi^2\ d^3\ N_r\ E$$

(Sección) × (Longitud) × (2 cabos)

Si llamamos D a la densidad del algodón, se tiene:

$$\pi^2\ d^3\ N_r\ E\ D = 500 \text{ gramos}$$

(*) *Nota del Traductor.* – A la manifestación del autor, de que las bases de esta demostración no son exactas, creemos un deber añadir que no son, tampoco, claras. Y que a pesar de nuestro buen deseo, no hemos podido aportar a la traducción más que muy ligeras aclaraciones, habiendo debido ceñirnos al original.

Para un torcido a 2 cabos de número N_{r_1} y de diámetro d_1 se tendrá, igualmente:

$$\pi^2 d_1^3 N_{r_1} E D = 500 \text{ gramos}$$

luego

$$D E \pi^2 d^3 N_r = D E \pi^2 d_1^3 N_{r_1}$$

de donde se deducen las relaciones:

$$d^3 N_r = d_1^3 N_{r_1}$$

$$\frac{d^3}{d_1^3} = \frac{N_{r_1}}{N_r} \qquad \frac{d}{d_1} = \frac{\sqrt[3]{N_{r_1}}}{\sqrt{N_r}}$$

Lo que se enuncia diciendo: Los diámetros de los torcidos son inversamente proporcionales a las raices cúbicas de sus números.

Si se designa por n y n_1 los números de cabos, y por T y T_1 las torsiones correspondientes, se tendrá:

$$\frac{d}{d_1} = \frac{n_1}{n}$$

$$\frac{n}{n_1} = \frac{T_1}{T} \qquad \frac{d}{d_1} = \frac{T}{T_1}$$

de donde resulta

$$\frac{T_1}{T} = \frac{\sqrt[3]{N}}{\sqrt[3]{N_1}}$$

y si en vez de poner las torsiones ponemos los coeficientes, se tendrá:

$$\frac{c_1}{c} = \frac{\sqrt[3]{N}}{\sqrt[3]{N_1}} \qquad c_1 = c\,\frac{\sqrt[3]{N}}{\sqrt[3]{N_1}}$$

Así, tenemos el medio de conocer, para hilos de cualquier número de cabos, el coeficiente de torsión que corresponde a los torcidos a 2 cabos de un tipo dado.

Tomemos como ejemplo el torcido 16/2 cuyo coeficiente sea 2, 6, y determinemos los que hay que aplicar a los diversos torcidos de 3 a 8 cabos.

Torcidos a 3 cabos. El torcido a 3 cabos correspondiente con el de número 8 a 2 cabos, es 36/3 cuyo número es 12. Este torcido a 3 cabos es el que para una misma torsión da la misma inclinación, y su coeficiente será:

$$2{,}6\ \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{12}} = 2{,}271$$

Torcidos a 4 cabos. El torcido a 4 cabos correspondiente al 16/2 es 64/4 cuyo título es 16. Su coeficiente de torsión deberá ser:

$$2{,}6\ \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{16}} = 1{,}746$$

Torcidos a 5 cabos. El torcido a 5 cabos correspondiente al 16/2 es 100/5 cuyo título es 20. Su coeficiente de torsión será:

$$2{,}6\ \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{20}} = 1{,}621$$

Torcidos a 6 cabos. El torcido a 6 cabos correspondiente al 16/2 es 144/6 cuyo título es 24. Su coeficiente de torsión será:

$$2{,}6\ \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{24}} = 1{,}525\ ,$$

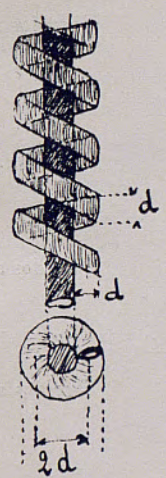


Fig. 12

y así, del mismo modo, para cualquier otro número de cabos.

En la práctica resulta más sencillo buscar de una vez para todas la relación existente entre estos diversos coeficientes, es decir, hallar el valor del cociente

$$\frac{\sqrt[3]{N}}{\sqrt[3]{N_1}}$$

Con lo cual, tendremos:

Torcidos a 2 cabos, base de las torsiones, coeficiente C;

Torcidos a 3 cabos. Coeficiente $= C \dfrac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{12}} = 0{,}8736\ C$;

Torcidos a 4 cabos. Coeficiente $= C \dfrac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{16}} = 0{,}79428\ C$;

Torcidos a 5 cabos. Coeficiente $= C \dfrac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{20}} = 0{,}7368\ C$;

Torcidos a 6 cabos. Coeficiente $= C \dfrac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{24}} = 0{,}6934\ C$;

Torcidos a 7 cabos. Coeficiente $= C \dfrac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{28}} = 0{,}6586\ C$;

Torcidos a 8 cabos. Coeficiente $= C \dfrac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{32}} = 0{,}63\ C$;

Esto permite calcular el coeficiente de torsión para un número determinado de cabos, con tal que se conozca el que está aplicado a otro torcido cualquiera.

VARIACION DEL ANGULO DE TORSION PARA UN MISMO NUMERO DE HILOS DE TITULO VARIABLE, CORRECCION DE LA FORMULA DE TORSION

Para los hilos simples o a un cabo, la torsión se determina mediante la fórmula general $T = C \sqrt{N}$, que se modifica para los hilos finos a los que se da una torsión mayor. cosa que también debe hacerse en los torcidos, en relación con el grueso o finura de sus cabos componentes.

En un torcido, cada uno de los hilos se arrolla alrededor de los otros, cuyo diámetro total podemos designar con el nombre de diámetro de arrollamiento D_a. En todo torcido cabe, pues, considerar el diámetro del mismo y el diámetro de arrollamiento, formado éste por la suma de los diámetros de los cabos componentes menos uno. Y como el diámetro de un hilo es función de su número, podremos poner para el diámetro de arrollamiento de un torcido a 2 cabos:

$$D_a = d\,B - \frac{1}{B}$$

Siendo B el número de cabos.

Una vez establecido el coeficiente de torsión, según se ha indicado precedentemente para el número de cabos correspondiente, tendremos la torsión para un número cualquiera de torcido mediante la expresión:

$$T = C \times \sqrt{N} - \frac{1}{B}$$

Se ve que, cuanto mayor sea el número de cabos, la torsión vendrá menos influída por el grado de finura, y esto porque cuanto mayor es el número de cabos, menos será modificada por la finura la posición de los hilos.

Tendremos, pues, las siguientes reglas generales a aplicar en el retorcido:

I. El coeficiente de torsión es inversamente proporcional a la raiz cúbica del número de cabos, para un mismo tipo de torcido.

II. La torsión a dar al torcido es igual al producto del coeficiente así determinado por la raiz cuadrada del título del torcido disminuída de:

$^1/_2$ o 0,50 para torcidos a 2 cabos;

$^1/_3$ o 0,33 para torcidos a 3 cabos;

$^1/_4$ o 0,25 para torcidos a 4 cabos;

$^1/_5$ o 0,20 para torcidos a 5 cabos;

$^1/_6$ o 0,166 para torcidos a 6 cabos, y así sucesivamente.

DISCUSION DE LA TEORIA GENERAL. EXAMEN DE LOS TORCIDOS DE DOS A CUATRO CABOS, EL DIAMETRO DE LOS CUALES SE SUPONE CONSTANTE DURANTE LA RETORSION. MISMO EXAMEN PARA LOS TORCIDOS DE MAS DE CUATRO CABOS. EFECTO DE LA TORSION EN EL DIAMETRO DE LOS HILOS QUE COMPONEN EL TORCIDO. ACORTAMIENTO O CONTRACCION

Las reglas expuestas hasta aquí son aplicadas de una manera general en toda la industria del retorcido; las torsiones se fijan según esas reglas partiendo de coeficientes más o menos variables. La mayor parte de las veces, sin embargo, es el mismo cliente el que fija la torsión a dar por el industrial retorcedor, al indicarle el tipo o al suministrarle la muestra de lo que desea.

A. Torcidos a dos cabos

Vamos a examinar de cerca lo que ocurre al retorcer. Consideremos primero un torcido a dos cabos. La sección del mismo no será, en modo alguno, circular como indica la figura 12, sino que estará formada por la sección de los dos cabos componentes yuxtapuestos, (figura 13). Es inexacto decir que en el retorcido cada uno de los hilos componentes se arrolla alrededor de los otros. Si suponemos primero los dos cabos simplemente reunidos, es decir, yuxtapuestos, y consideramos este conjunto como un hilo, diremos que su eje será la generatriz de contacto de los dos hilos componentes. Si les damos luego una torsión, los hilos girarán alrededor de este eje, disponiéndose por esta rotación en forma de espiras o hélices alrededor del mismo. Pero para formar estas hélices, cada uno de los hilos se apoya en cierto modo sobre el eje del torcido, por su superficie, y para determinar el desarrollo de cada espira podemos admitir que el eje de cada hilo gira alrededor del eje del torcido manteniéndose siempre a una distancia igual a su radio. El radio, o semi-diámetro del hilo componente, viene pues también a ser su radio de arrollamiento. Por otra parte, la altura de cada espira sobre el torcido dependerá de la torsión y será, por definición, la unidad de longitud dividida por el número de vueltas por unidad.

Cada espira desarrollada forma, como se ha mostrado en las figuras 4, 5 y 6, la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuya base es la circunferencia del círculo de arrollamiento, y cuya altura es igual a la altura de espira.

La longitud de cada hélice será, pues:

$$\sqrt{(\pi\ d)^2 + \frac{(1)^2}{(T)}}$$

Para un torcido a 2 cabos, de número y de torsión dados, tendremos los valores de *d* y de T, y como T indica el número de espiras, tendremos que el volumen de cada cabo por unidad de longitud será:

$$\frac{\pi\ d^2}{4}\ T \,.\, \sqrt{(\pi\ d)^2 + \frac{(1)^2}{(T)}}$$

siendo $\frac{\pi\ d^2}{4}$ la sección del hilo.

Si suprimimos el radical tendremos

$$\frac{\pi^2 d^4}{4^2} T^2 \pi^2 d^2 + \frac{\pi^2 d^4}{4^2} \frac{T^2}{T^2}$$

lo que da

$$\frac{\pi^4 d^6}{16} T^2 + \frac{\pi^2 d^4}{16}$$

Para un torcido de número N, designando por D la densidad de la materia, tendremos para 2 cabos (numeración francesa para algodón):

$$2 \times N \times 1.000 \times D \times \left(\frac{\pi^4 d^6}{16} T^2 + \frac{\pi^2 d^4}{16} \right) = 500 \text{ gramos} \quad (1)$$

Para un torcido de número N_1, cuyo diámetro será forzosamente distinto, d_1, tendremos asimismo:

$$2 \times N_1 \times 1.000 \times D \times \left(\frac{\pi^4 d_1^6}{16} T^2 + \frac{\pi^2 d_1^4}{16} \right) = 500 \text{ gramos} \quad (2)$$

La fórmula (1) desarrollada, da

$$500 \text{ gr.} = N \,.\, 1.000 \,.\, 2.\, T^2 \,.\, D \,.\, \frac{\pi^4}{16} d^6 + N \,.\, 1.000 \,.\, 2 \,.\, D \,.\, \frac{\pi^2}{16} d^4$$

La fórmula (2) da, igualmente:

$$500 \text{ gr.} = N_1 \,.\, 1.000 \,.\, 2 \,.\, T^2 \,.\, D \,.\, \frac{\pi^4}{16} d_1^6 + N_1 \,.\, 1.000 \,.\, 2 \,.\, D \,.\, \frac{\pi^2}{16} d_1^4$$

Tendremos, pues:

$$N\, d^6 + N\, d^4 = N_1\, d_1^6 + N_1\, d_1^4$$

o

$$N\,(d^6 + d^4) = N_1\,(d_1^6 + d_1^4)$$

y, por tanto

$$\frac{N}{N_1} = \frac{d_1^6 + d_1^4}{d^6 + d^4}$$

Esta fórmula dista mucho de ser tan sencilla como la indicada anteriormente al dar cuenta de la llamada «demostración clásica», y se presta al cálculo con mucha mayor dificultad que aquélla. Pero teniendo en cuenta que los valores de *d* son fracciones decimales, cuya sexta potencia puede ser despreciada con respecto a los valores de la cuarta, podremos, sin gran error, tomar

$$\frac{N_1}{N} = \frac{d^4}{d_1{}^4} \text{ o bien } \frac{d}{d_1} = \frac{\sqrt[4]{N_1}}{\sqrt[4]{N}}$$

lo que se expresa diciendo que: el diámetro del torcido es inversamente proporcional a la raiz cuarta del número.

Es esta expresión, y no la

$$\frac{d}{d_1} = \frac{\sqrt[3]{N_1}}{\sqrt[3]{N}}$$

la que debería ser introducida en el cálculo del coeficiente de torsión.

En el presente razonamiento, como también en el que sirvió para deducir esta última fórmula (de la demostración clásica), hemos partido del supuesto de que el diámetro del hilo simple no sufría modificación por efecto del retorcido, o dicho de otro modo, que ese diámetro era el mismo en el torcido y en el hilo antes de retorcer.

Aunque hemos llegado a establecer como más próxima a la verdad la relación

$$\frac{d_1{}^4}{d^4} = \frac{N}{N_1}$$

hemos de recordar que si bien ésta tiene en cuenta el arrollamiento de los hilos en hélices alrededor del eje del torcido, no debe ser introducida en el cálculo de torsión, puesto que «*el torcido no tiene una sección circular, sino una sección formada por las de los componentes yuxtapuestos. Sería, pues, falso considerar los valores en el torcido como si fueran los de un diámetro real, ya que solamente representan el diámetro de un hilo que fuera del mismo número, y cuyo eje fuera una recta*».

Pero también puede verse que en el razonamiento de la «demostración clásica», la hipótesis del arrollamiento de los hilos unos alrededor de los otros es erró-

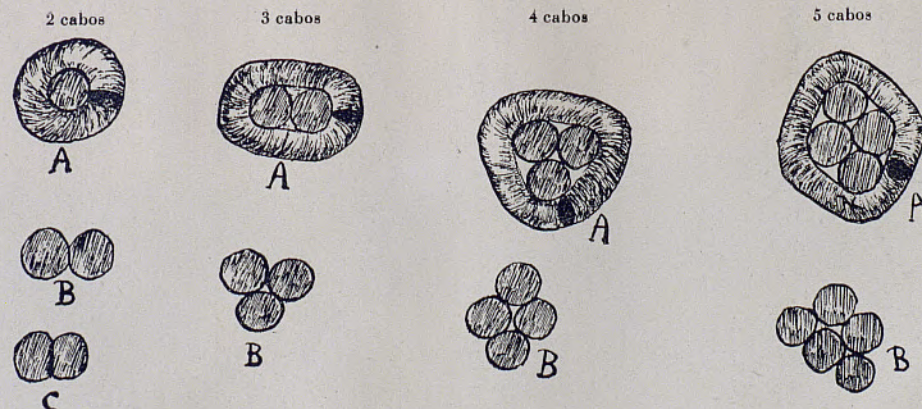


Fig. 13

nea, y que, puesto que tanto en uno como en otro caso, la sección del torcido no puede ser un círculo, nos aproximaremos más a la realidad tomando la fórmula últimamente deducida que no aquella primera. Al mismo tiempo, como que la sección del torcido está formada por el conjunto de las secciones de los componentes, se podrá calcular el *coeficiente* de torsión tomando en consideración el título o número de los componentes en vez del torcido, y haciendo uso de la relación $\frac{d_1^4}{d^4} = \frac{N}{N_1}$.

Lo que da para 3 y 4 cabos las relaciones de coeficientes

$$\frac{\sqrt[4]{16}}{\sqrt[4]{36}} = 0{,}8165 \text{ para 3 cabos}$$

$$\frac{\sqrt[4]{16}}{\sqrt[4]{64}} = 0{,}7071 \text{ para 4 cabos}$$

Los números de hilo 16, 36, 64, etc. vienen, como antes, determinados por la suma de los diámetros de 2, 3 o 4 hilos, suma que debe tener el mismo valor para torcidos del mismo tipo.

En otros términos, si tenemos un torcido a 2 cabos, un 12/2 por ejemplo, teniendo una torsión sea la que fuere, por ejemplo 600 vueltas, podemos decir que cada cabo habiendo dado 600 vueltas alrededor del eje del torcido, habrá en conjunto 600 × 2 = 1.200 vueltas de hilos simples de número 16. Si queremos fabricar un torcido a 3 cabos, igualmente con hilos simples del número 16, la sección del torcido estará formada por las tres secciones de los hilos simples agrupadas como indica la figura 13. Pero el eje del torcido se encontrará también, a poca diferencia, sobre una generatriz común a los 3 cabos, lo que puede admitirse suponiendo una muy ligera deformación de los hilos, y el diámetro de arrollamiento de cada uno de los 3 cabos será igual que en el torcido a 2 cabos, es decir, que el diámetro de arrollamiento será aún igual a *d*. Si queremos, pues, tener la misma inclinación siendo la misma la base de los arrollamientos, deberemos también tener 1.200

arrollamientos de los hilos simples, los que debiendo hallarse repartidos entre los 3 cabos, darán 1.200 : 3 = 400 vueltas.

De un modo análogo, si pasamos de un 32/2 a un 32/4, tendremos igualmente una misma base, un mismo diámetro de arrollamiento, y para tener la misma inclinación de los hilos, deberemos dar una torsión tal que el número de arrollamientos siga siendo el mismo. Si, por ejemplo, tenemos 1.040 vueltas en un 32/2, lo que representa 2.080 arrollamientos, se requerirán también 2.080 arrollamientos para el mismo tipo de torcido en 32/4, lo que da 2.080 : 4 = 520 vueltas.

De la misma manera, un 32/3 tendría 2.080 : 3 = 693 vueltas.

La fórmula indicada más arriba debe, pues, darnos torsiones en esta relación que es inversa del número de cabos para torcidos cuyos hilos componentes tienen el mismo título.

Tomando un coeficiente de torsión cualquiera, 2,6 por ejemplo, tendremos así:

$$16/2 : 2{,}6 \times \sqrt{8} = 735 \text{ vueltas;}$$
$$24/2 : 2{,}6 \times \sqrt{12} = 900 \text{ vueltas;}$$
$$32/2 : 2{,}6 \times \sqrt{16} = 1.040 \text{ vueltas.}$$

Pasando a los 3 cabos, tendremos:

$$16/3 : 2{,}6 \times 0{,}8165 \times \sqrt{\frac{16}{3}} = 490 \text{ vueltas;}$$
$$24/3 : 2{,}6 \times 0{,}8165 \times \sqrt{\frac{24}{3}} = 600 \text{ vueltas;}$$
$$32/3 : 2{,}6 \times 0{,}8165 \times \sqrt{\frac{32}{3}} = 693 \text{ vueltas;}$$

y para los 4 cabos:

$$16/4 : 2{,}6 \times 0{,}7071 \times \sqrt{\frac{16}{4}} = 367 \text{ vueltas.}$$
$$24/4 : 2{,}6 \times 0{,}7071 \times \sqrt{\frac{24}{4}} = 450 \text{ vueltas;}$$
$$32/4 ; 2{,}6 \times 0{,}7071 \times \sqrt{\frac{32}{4}} = 520 \text{ vueltas.}$$

El empleo de la fórmula propuesta puede aún simplificarse, resultando de un uso muy cómodo si se expresa:

La torsión de un torcido a 3 cabos es los 2/3 de la torsión de un torcido a 2 cabos cuyos componentes son del mismo número.

La torsión de un torcido a 4 cabos es los 2/4 de la torsión de un torcido a 2 cabos cuyos componentes son del mismo número.

Obsérvese que las torsiones así halladas difieren bastante de las que se obtienen mediante la fórmula deducida en la «demostración clásica». La aplicación de la fórmula propuesta para los torcidos de más de 4 cabos incluye un error que será indicado más adelante, pero este error dista mucho de ser tan grande como el que resulta de la aplicación de la fórmula «clásica».

Consideramos como un error haber introducido en el estudio del torcido un razonamiento que se aplica al hilo simple cuya sección es, en efecto, casi circular, en tanto que el torcido no presenta jamás una tal sección. Obsérvese también que en la fórmula que proponemos no introducimos la modificación del coeficiente de torsión según el título del torcido y el número de cabos.

La rectificación obtenida al expresar la torsión por

$$T = C\sqrt{N} - \frac{1}{n}$$

se explica solamente si se admite que los hilos se arrollan los unos alrededor de los otros, que el círculo de arrollamiento es igual al número de cabos menos uno y, finalmente, que la sección es circular. En el razonamiento que precede creemos haber demostrado que no ocurre así. Por otra parte, si en la hilatura se rectifica el coeficiente de torsión, ello obedece a que en los hilos simples la proporción de fibras interiores y de fibras exteriores varía con el número del hilo. En el torcido no ocurre así, ya que son hilos y no fibras los que se disponen en hélice alrededor del eje.

Igualmente en la operación del torcido será erróneo decir, como en el hilo simple: $tg.\ \alpha = \pi \,.\, d \,.\, T$ pues si, efectivamente, en el hilo simple πd representa realmente la base del triángulo cuya hipotenusa es la longitud de la espira, no ocurre lo mismo en el torcido, puesto que la sección no es desde luego un círculo, y además porque el círculo de arrollamiento continúa siendo el mismo para torcidos de 2 a 4 cabos, del mismo número. Pero la fórmula que hemos propuesto da, para un mismo círculo de arrollamiento, una torsión tal que la inclinación de los cabos sobre el eje del torcido permanece igual para un número variable de cabos, lo que constituye la definición misma para un tipo uniforme.

B. Estudio de los torcidos de más de cuatro cabos

Si examinamos los torcidos de más de cuatro cabos, observaremos que la sección del hilo tiene un aspecto asimétrico (fig. 13). ¿Dónde se encuentra entonces el eje del torcido? Ya no se halla sobre un punto de la circunferencia de los hilos, sino, verosímilmente, trasladado al interior de la sección de uno de sus componentes. Al retorcer tendremos, pues, por una parte un hilo, aquel que por dentro de cuya sección pasa el eje del torcido, que tendrá un círculo de arrollamiento reducido, inferior a su diámetro. Las espiras formadas por este hilo alrededor del eje del torcido tendrán, pues, una base menor que las formadas por los otros hilos, y como éstos tienen su eje respectivo colocado a una distancia diferente para cada uno de ellos del eje del torcido, a cada vuelta cada uno tendrá una longitud de espira distinta. Pero como que la longitud de hilo librada es la misma para cada cabo, el que se encuentra colocado más lejos del eje del torcido sufrirá una tensión mayor que los otros, y esta tensión tenderá a acercar este cabo al eje, al mismo tiempo que el hilo o cabo más próximo a dicho eje, encontrándose sometido a una tensión menor o nula, cederá su sitio para venir a situarse hacia la superficie exterior del torcido. Habrá, pues, un cambio constante de la posición respectiva de los diversos cabos. Podremos darnos fácilmente cuenta de este hecho formando un torcido de 5 o 6 cabos, por ejemplo, cada cabo de un color diferente que permita seguir el recorrido de cada uno de los hilos. Se verá que el orden de colocación de los cabos se modifica tanto más a menudo cuanto más fuerte es la torsión.

En estos torcidos de 5 o 6 cabos, sería también inexacto decir que el círculo de arrollamiento de los hilos está formado por los otros cabos. Para ello sería necesario considerar un torcido de gran número de cabos, en cuyo caso el torcido podría ser considerado como un hilo cuyas fibras fueran los cabos componentes.

Pero esta clase de torcidos es generalmente raro, y para su fabricación será muy sencillo establecer la torsión mediante ensayo, para el que la fórmula dada en el presente capítulo debe dar un resultado seguramente tan aproximado como la de la «demostración clásica».

En los cableados de 6 hilos o en los cordoncillos de 9 cabos, obtenidos mediante dos pasajes, se podrá cada vez considerar los torcidos como a hilos simples, en el trabajo del cableado, y aplicar las mismas reglas.

C. Efecto de la torsión en el diámetro de los hilos

Hasta aquí hemos admitido que el diámetro de los cabos componentes no experimentaba ningún cambio durante el retorcido, pero en realidad no ocurre así. Desde luego, basta examinar un torcido para observar que cada hilo componente ha conservado su individualidad, lo que constituye una prueba del razonamiento que rehusa considerar la sección de un torcido como si fuera un círculo.

Dos casos pueden presentarse: que el retorcido se haga en sentido inverso de la torsión dada en hilatura, o bien que la retorsión sea del mismo sentido que la torsión. Consideremos el primer caso que es el más general. Desde que la retorsión empieza, cada hilo, girando alrededor del eje del torcido, se destuerce y sus fibras se enderezan; este enderezamiento origina un alargamiento del hilo hasta un límite que se alcanza cuando las fibras quedan paralelas al eje de cada cabo, es decir, cuando la torsión del torcido tiene igual valor que la del hilo simple, pero en sentido inverso. Al mismo tiempo, los hilos deben disponerse en forma de hélices, y la torsión exige, como ya hemos visto, para una longitud dada de torcido. una mayor longitud de hilos simples; el alargamiento de éstos (a causa de su destorsión provocada por la retorsión) se invierte, pues, enteramente, al formar las espiras del torcido. Además, si la retorsión es lo bastante fuerte, se origina sobre cada cabo un esfuerzo de tracción que da lugar a un alargamiento por deslizamiento de las fibras enderezadas.

Se tiene, pues, a la vez, un aumento de longitud de los hilos originada por el enderezamiento de las fibras y otro aumento producido por el deslizamiento de las fibras unas sobre otras, siendo el alargamiento total el que permite el arrollamiento. Puede ocurrir que estos dos aumentos de longitud den, sumados, un valor mayor que el requerido para los arrollamientos en hélices, y en este caso el torcido obtenido tendrá una longitud mayor que la de los hilos componentes. Si, por el contrario, los dos alargamientos no bastan a suministrar la longitud necesaria para los arrollamientos en hélices, el torcido se acortará y su longitud será menor que la de sus componentes.

Tanto en uno como en otro caso «cada hilo tendrá en el torcido una longitud mayor que la que tenía antes de retorcerse» en el momento de ser librado por los cilindros de la máquina de retorcer, y puesto que su longitud resulta modificada, habrá también cambiado su número y al mismo tiempo su diámetro, que se habrá reducido.

Si el retorcido se hace en el mismo sentido de la torsión dada en hilatura, no puede haber alargamiento por enderezamiento de fibras; el esfuerzo sufrido por los cabos componentes, para ser dispuestos en hélices, actúa sobre la elasticidad propia de los hilos y los alarga reduciendo también su diámetro; pero este alargamiento será, evidentemente, muy limitado, distando mucho de alcanzar al que se obtiene cuando se retuerce en sentido inverso de la torsión del hilado. Además, hallándose aumentada la torsión de cada hilo simple, sus fibras se encuentran más apretadas unas contra otras, dando lugar a un aumento de la densidad del hilo, y por consiguiente a una reducción de su diámetro.

Vemos, pues, que cualquiera que sea el sentido de la retorsión hay siempre una reducción del diámetro de los componentes, de modo que el círculo de arrollamiento de las espiras será siempre inferior al que resulta del diámetro del hilo simple tomado antes de torcer.

Será fácil darse cuenta de este alargamiento absolutamente general de los hilos simples de un torcido, operando mediante el torsiómetro. Una longitud cualquiera de hilo al que se dé la retorsión del torcido, se acortará, permanecerá invariable, o aumentará, según sea el sentido de la retorsión y su valor; pero si luego se destuerce el retorcido producido, se verá que los hilos simples empleados tienen siempre una longitud mayor que antes.

El esfuerzo producido en los hilos por la torsión, origina al mismo tiempo el efecto de acercar lo más posible los hilos al eje del torcido, originando un cierto aplastamiento de los hilos componentes en las superficies de contacto de los mismos. En un torcido a dos cabos, el eje vendrá dentro de la superficie circular de la sección de cada hilo en vez de hallarse sobre una generatriz, lo que reduce aún por esta razón el diámetro de arrollamiento. Para un torcido a tres cabos, este aplastamiento permitirá probablemente a los hilos tomar una forma tal que llene la parte vacía que tiende a quedar entre las secciones de los cabos componentes, y en la cual se encuentra el eje del torcido. Cosa análoga ocurrirá en el torcido a cuatro cabos.

Como resumen de las consideraciones precedentes, podemos decir:

1.° En la formación de un torcido hay siempre alargamiento de los hilos simples, es decir, que los componentes de un torcido tienen *siempre* una longitud mayor que la que tenían antes de su retorsión. Este alargamiento tiene un límite variable con la clase de los hilos, el grado de torsión dado en hilatura y el sentido de la retorsión;

2.º Una determinada longitud de hilos simples componentes, medida *después* de la retorsión, da *siempre* una menor longitud de torcido. A la diferencia entre la longitud de los hilos simples así medidos y a la del torcido producido la llamaremos *contracción absoluta* o *acortamiento absoluto;*

3.º Los dos efectos antagónicos indicados pueden compensarse más o menos y llamaremos *contracción* o *acortamiento*, sin otro apelativo subsiguiente, al *acortamiento efectivo* obtenido en la formación del torcido, y que será la diferencia entre el alargamiento y la contracción absoluta de sus componentes;

4.º El acortamiento será positivo si la contracción absoluta es mayor que el alargamiento. Será, en cambio, negativo, si el alargamiento es superior a la contracción absoluta.

Positivo, origina un engrosamiento del torcido. Negativo, da lugar a un torcido más fino. Será, pues, preciso, para obtener un torcido de número dado, tomar los hilos simples correspondientes, ya sean más finos ya más gruesos.

Si bien para el caso de retorsiones débiles de sentido contrario a la torsión dada en hilatura, el acortamiento puede casi despreciarse, toma en cambio rápidamente un valor sensible cuando la retorsión es fuerte, y también con retorsiones débiles cuando se dan en el mismo sentido de la torsión de hilatura.

Sería altamente interesante poder establecer de antemano, aunque sólo fuera aproximadamente, el acortamiento que sufrirá un torcido; el establecimiento de una fórmula suficientemente aproximada podría ser muy útil. Desgraciadamente, los elementos que intervienen en la cuestión son de tal modo variables, que la determinación de dicha fórmula sería tarea larga, difícil y, finalmente, quizá imposible. ¿Qué parte corresponde, en el acortamiento efectivo, al alargamiento de los hilos por el enderezamiento de las fibras, por el deslizamiento de las mismas, por la elasticidad del hilo? ¿Qué parte corresponde a la disposición en hélice, que se verifica según un diámetro de arrollamiento que dependerá no solo de los elementos antedichos sino también de la densidad variable del hilo? El autor ha retrasado mucho tiempo la publicación de la presente obra esperando poder incluir en ella esa fórmula aproximada, pero ha debido renunciar a ella ante la extremada complicación del problema y las inexactitudes o imprecisiones de los primeros resultados obtenidos en sus tanteos.

Opinamos que siempre será interesante, en la fabricación de hilos en los cuales el acortamiento puede llegar a tener un cierto valor, proceder a ensayos antes que fiarse de un cálculo que podría muy bien descuidar tal o cual elemento interesante.

Véanse a continuación expuestos algunos resultados de pruebas efectuadas con diversos torcidos (acortamientos R en %) con coeficientes de torsión C diferentes:

14/2	C =	1,86	2,23	2,06	3,	3,35	3,75	4,	4,5
	R =	+0,47	-0,12	-0,83	-1.7	-2,5	-4,6	-6,	-7,5
20/2	C =	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,	3,3	3,6
	R =	+2,25	+1,8	+1,3	+0,95	+0,25	-0,12	-0,85	-1,4
27/2	C =	1,25	1,5	1,75	2,	2,25	2,5	2,75	3,
	R =	+2,5	+2,2	+1,9	+1,7	+1,3	+0,95	+0,6	+0,12

Esas cifras no pueden ser consideradas más que como simples indicaciones, mostrando sobre todo que el acortamiento varía incluso con coeficientes de torsión muy poco diferentes, ya que la torsión de los hilos simples interviene en el propio alargamiento de éstos.

El acortamiento se hallará compensado tomando un hilo simple más fino que el teóricamente necesario (la compensación de los acortamientos negativos se encuentra casi por completo excluída, no siendo jamás muy grande). Si por ejemplo un 14/2 da un acortamiento de 7,5 %, si se toman los hilos simples del número 14, el torcido será del número $\frac{14}{2} - 7{,}5\ \% = 6{,}475$ en vez de 7.

Para llegar al torcido de número 7 habrá que tomar el hilo simple de número $\frac{14 \times 107,5}{100} = 15,05$.

Sería más exacto tomar $\frac{14 \times 100}{92,5} = 15,13$, pero el hecho de tomar un hilo más fino produce el efecto de reducir el tanto por ciento de acortamiento, de modo que el método puede ser considerado como dando una aproximación suficiente, tanto más cuanto que es imposible obtener un número exacto, preciso y regular, y que la rectificación hecha así permitirá mantenerse dentro del límite de las tolerancias admitidas.

Existe una clase de torcido para el cual es absolutamente indispensable conocer el acortamiento exacto: nos referimos a los torcidos sobretorcidos para crespones. Un buen torcido de esta clase deberá tener una torsión tan regular como sea posible, no debiendo emplearse para él más que hilos simples muy regulares en número y en torsión, fabricados con algodones homogéneos. Una mezcla de algodones distintos, con fibras de longitudes sensiblemente diferentes, no podrá jamás convenir para esta fabricación. Asimismo será muy útil emplear hilos peinados

Deberá elegirse un tipo de algodón que ofrezca la seguridad de poderlo adquirir de nuevo. La torsión del hilo simple deberá ser cuidadosamente mantenida y comprobada, y no deberá ser cambiada en modo alguno cuando los ensayos estén terminados, por no tener que empezarlo todo de nuevo. El coeficiente a tomar para la torsión de hilatura es poco menos que indiferente. pero en general una torsión trama convendrá para los sobretorcidos de sentido inverso de la torsión del hilo simple, y la torsión urdimbre para los sobretorcidos en el sentido de la del hilo simple.

El acortamiento debe ser determinado exactamente mediante una serie de ensayos, que será preciso volver a empezar completamente si se cambian las torsiones de los hilos simples o la calidad del algodón.

El acortamiento expresado en tanto por ciento es, a poca diferencia, el mismo para números diferentes hasta cierto limite, por lo que bastará hacer los ensayos para un solo número. Pero si se quiere establecer una tabla para hilos de números bastante diferentes, es aconsejable hacer la misma serie de ensayos para números de base, como por ejemplo n.º 20/2, 30/2, 40/2, etc.

Convendrá anotar muy exactamente:

1.º El número del hilo simple antes de retorcer;

2.º El número del torcido producido;

3.º La torsión calculada según los piñones de marcha;

4.º La torsión hallada mediante el torsiómetro, como promedio de diez ensayos sobre cada una de diez bobinas diferentes, o sean cien pruebas en conjunto.

La diferencia entre el número hallado y el número teórico será el acortamiento, y podrá expresarse en tanto por ciento. Conociendo este acortamiento, mediante él podremos deducir el número del hilo a emplear y la torsión a dar para obtener un torcido del número fijado y de la torsión exigida.

A continuación damos algunas tablas de torsiones para sobretorcidos, sacadas de la práctica, y que podrán servir de guía, aunque siempre consideramos necesaria la serie de ensayos que hemos dicho se debían hacer, teniendo en cuenta las torsiones del hilado y la calidad del algodón empleado por cada fabricante.

Tales ensayos tendrán la ventaja de mostrar cómo la torsión es irregular y mal repartida, pues las irregularidades resaltan de una manera muy sensible en estos sobretorcidos. También permitirán darnos cuenta de que es prácticamente imposible obtener hilos simples o torcidos cuya torsión sea absolutamente uniforme. La más pequeña diferencia de número, en una porción del hilo, lleva consigo una diferencia de torsión; ésta se acumula en las partes más delgadas, en las que la resistencia es menor, en perjuicio de las otras dartes. No es cosa rara encontrar con el torsiómetro diferencias de torsión que alcanzan hasta el 15 y el 20 °/₀ de la torsión media.

TORSIÓN CORRIENTE ALGODÓN AMERICANO				TORSIÓN PARA SEDERÍAS		
Torcidos Números	Torsión urdimbre	Torsión para tejidos de mobiliario	Torsión 3 cabos	Números	Torsión urdimbre	Torsión floja
10/2	480	342	348	20/23/2	638	445
12/2	539	382	393	22/26/2	675	471
14/2	594	421	430	24/28/2	711	495
16/2	644	457	464	26/30/2	745	519
18/2	692	492	499	28/33/2	777	542
20/2	734	525	530	30/35/2	809	564
22/2	778	553	560	33/37/2	840	585
24/2	819	583	588	34/40/2	869	606
26/2	858	610	615	36/42/2	898	626
28/2	900	653	642	38/44/2	925	645
30/2	934	663	667	40/47/2	953	664
32/2	969	689	693	42/50/2	979	682
34/2	1.003	713	715	44/52/2	1.005	701
36/2	1.036	736	738	46/54/2	1.030	718
38/2	1.068	758	762	48/56/2	1.055	735
40/2	1.080	782	783	50/60/2	1.080	752
42/2	1.130	804	800	55/65/2	1.138	793
44/2	1.160	825	820	60/70/2	1.194	839
45/2	1.175	835	830	65/77/2	1.248	869
46/2	1.189	846	840	70/82/2	1.299	906
48/2	1.218	866	859	75/88/2	1.349	940
50/2	1.246	886	878	80/95/2	1.397	974
				85/100/2	1.444	1.000
				90/106/2	1.489	1.038
				95/110/2	1.537	1.069
				100/120/2	1.580	1.105
				105/124/2	1.618	1.128
				110/130/2	1.659	1.157
				115/135/2	1.699	1.184
				119/140/2	1.731	1.201
				128/150/2	1.800	1.254
				136/160/2	1.859	1.295

TORSIÓN PARA ENCAJE A MÁQUINA

PARA BOBINAS

Números	Torsión
10/12/2	500
12/14/2	545
14/16/2	585
16/18/2	630
18/20/2	650
19/22/2	680
21/24/2	715
24/28/2	770
26/30/2	800
30/35/2	850
34/40/2	900
38/45/2	950
42/50/2	1.000
47/55/2	1.055
50/60/2	1.080
55/65/2	1 100
60/70/2	1.140
64/75/2	1.170
68/80/2	1.200
72/85/2	1.250
76/90/2	1.300
80/95/2	1.350
85/100/2	1.400
93/110/2	1.465
101/120/2	1.530

PARA LANZADERA

Números	Torsión
50/60/2	820
55/65/2	880
60/70/2	950
64/75/2	1.000
68/80/2	1.050
80/95/2	1.100
85/100/2	1.150

TORSIÓN PARA GUIPURE

Números	Torsión
20/2	550
24/2	650
28/2	800
30/2	880
34/2	900
40/2	1.000

TORSIÓN CORRIENTE 5 CABOS

Números	Torsión
30/35/5	374
35/40/5	415
42/50/5	470
50/60/5	514
60/70/5	555
68/80/5	594
76/90/5	630
85/100/5	664
93/110/5	696
101/120/5	727
110/130/5	757
118/140/5	785
127/150/5	813

TORSIÓN PARA TELAS DE AVIACIÓN

Números	Torsión
70/82/2	2.200
90/106/2	2.600
101/120/2	2.800

TORSION PARA VELA

Números	Torsión
84/100/2	2.400
93/110/2	2.500
101/120/2	2.650
118/140/2	2.800

TORSIÓN PARA «GUIMPERIE» (TULES)			
Núms.	Torsión	Núms.	Torsión
20/2	789	65/2	1 541
22/2	834	70/2	1.605
24/2	878	75/2	1.666
26/2	920	80/2	1.726
28/2	960	85/2	1.784
30/2	1.000	90/2	1.840
32/2	1.037	95/2	1.889
34/2	1.073	100/2	1.947
36/2	1.109	105/2	1.999
38/2	1.143	110/2	2 049
40/2	1.177	115/2	2.099
42/2	1.209	120/2	2.147
44/2	1.242	125/2	2.196
46/2	1.273	130/2	2.241
48/2	1.303	135/2	2.285
50/2	1.333	140/2	2.331
55/2	1.406	145/2	2.375
60/2	1.475	150/2	2.418

TORSIÓN PARA «GUIMPERIE» DE 3 Y 5 CABOS		
Núms. del hilo simple	TORSIONES	
	3 cabos	5 cabos
30	868	613
35	945	666
40	1.017	716
45	1.085	763
50	1.150	806
55	1.210	849
60	1.269	890
65	1.325	928
70	1.379	965
75	1.431	1.002
80	1.481	1.035
85	1.530	1.074
90	1.577	1.101
95	1.623	1.133
100	1.668	1.164

TORSIÓN PARA GÉNERO DE PUNTO

ALGODÓN AMERICANO		JUMEL CARDADO		PARA MERCERIZAR	
Núms.	Torsiones	Núms.	Torsiones	Núms.	Torsiones
30/2	719	26/2	470	30/2	650
38/2	810	30/2	505	40/2	700
44/2	870	34/2	530	50/2	750
50/2	930	48/2	593	60/2	800
54/2	960	54/2	630	70/2	850
60/2	1.020	60/2	667	80/2	900
		70/2	726		
		80/2	780		

TORSIONES PARA HILO DE ALGODÓN A 6 CABOS PARA COSER, MÉTODO INGLÉS

Núms. del hilo	Núms. de los hilos empleados	Torsión en el primer pasaje		Torsión en cableado	
24	50/ 60/2/3	930	Mismo sentido que el hilo simple	890	Sentido contrario de la del hilo simple
30	55/ 65/2/3	1.000		920	
36	60/ 70/2/3	1.045		1.030	
40	65/ 75/2/3	1 090		1.080	
60	80/100/2/3	1.220		1.200	
80	100/118/2/3	1.375		1 300	

TORSIONES PARA HILOS DE ALGODÓN A 6 CABOS PARA COSER

Núms. del hilo de coser	Núms. del hilo empleado	Torsiones en el primer pasaje	Torsión de cableado
4	13/2/3	790 izquierda	384 derecha
8	24/2/3	1.080 »	520 »
12	34/2/3	1.300 »	640 »
16	40/2/3	1.390 »	670 »
20	45/2/3	1.490 »	710 »
24	50/2/3	1.563 »	750 »
30	55/2/3	1.640 »	780 »
36	60/2/3	1.700 »	808 »
40	65/2/3	1.780 »	860 »
50	70/2/3	1.860 »	900 »
60	80/2/3	2.064 »	995 »
	Torsión derecha en el hilo simple	Torsión en sentido inverso a la del hilo simple	Torsión de cableado en el mismo sentido que la del hilo simple

TORSIONES PARA HILOS DE ALGODÓN A 4 CABOS PARA COSER

Núms. del hilo de coser	Núms. del hilo empleado	Torsiones en el primer pasaje	Torsión de cableado
8	20/2/2	1.225 izquierda	730 derecha
12	24/2/2	1.330 »	800 »
16	27/2/2	1.425 »	850 »
20	30/2/2	1.500 »	890 »
24	32/2/2	1.560 »	930 »
30	37/2/2	1.670 »	985 »
36	40/2/2	1.737 »	1.040 »
40	43/2/2	1.790 »	1.080 »
50	46/2/2	1.870 »	1.110 »
	Torsión derecha en el hilo simple		

TORSIONES PARA ALGODONES DE BORDAR

NORMAL			FLOJA		
Núms. del hilo	Núms. del hilo empleado	Torsiones	Núms. del hilo	Núms. del hilo empleado	Torsiones
8	8/4	200	6	32/8	150
12	12/4	200	8	36/8	150
14	14/4	200	10	35/7	150
16	16/4	200	12	33/6	150
18	18/4	250	14	31/5	150
20	20/4	300	16	37/5	150
22	22/4	300	18	40/5	150
25	25/4	300	20	35/4	250
30	30/4	300	25	40/4	250
35	35/4	300	30	45/4	250
40	40/4	300			
45	45/4	350			
50	50/4	400			
60	60/4	400			

ALGODÓN DE GUARNECER			ALGODÓN SEMI-LINO		
Núms del hilo	Hilo empleado	Torsiones	Núms.	Hilo empleado	Torsiones
4	10/4	270	60	16/4	400
5	10/5	239	90	20/4	460
6	10/6	200	130	24/4	500
7	10/7	178			
8	10/8	161			

TORSIONES PARA ALGODÓN DE HILVANAR				TORSIONES PARA HILO DE LENCERIA			
N.º 2	20/2	850	T.	N.º 2	32/2	1.200	T.
N.º 3	20/3	650	T.	N.º 3	32/3	1.000	T.

TORSIONES PARA HILOS DE COSER A 3 CABOS PARA CONFECCIÓN

Núm. del hilo	Hilo empleado	Torsiones
20	20/3	690
24	24/3	770
30	27/3	800
36	30/3	850
40	32/3	880
50	35/3	910
60	40/3	970

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 2.000 VUELTAS (NÚMERO 20)

Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento	Números a emplear
10/2	875	795	4,52	9,5	10,95
12/2	985	890	5,43	»	13,14
14/2	1.075	975	6,33	»	15,33
16/2	1.175	1.062	7,24	»	17,52
18/2	1.260	1.140	8,14	»	19,71
20/2	1.340	1.215	9.05	»	21,90
22/2	1.420	1.285	9,95	»	24,09
24/2	1.495	1.355	10,86	»	26,28
26/2	1,565	1.415	11,76	»	28,47
28/2	1.635	1.480	12.67	»	30,66
30/2	1.700	1.540	13,57	»	32,85
32/2	1.765	1.600	14,48	»	35,04
34/2	1.825	1.650	15,38	»	37,23
36/2	1.890	1.710	16,29	»	39,42
38/2	1.940	1.755	17,19	»	41,56
40/2	2.000	1.810	18,10	»	43,80
42/2	2.060	1.865	19,	»	45,99
44/2	2.120	1.920	19,91	»	48,18
46/2	2.165	1.960	20,81	»	50,37
48/2	2.220	2.005	21,72	»	52,56
50/2	2.270	2.055	22,62	»	54,75

Torsión en sentido contrario a la del hilo simple.

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 2.200 VUELTAS (NÚMERO 20)

Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento	Números a emplear
10/2	960	860	4,47	10,5	11,05
12/2	1.080	965	5,37	»	13.26
14/2	1.190	1.065	6,26	»	15,47
16/2	1.290	1.155	7,16	»	17,68
18/2	1.385	1.240	8,05	»	19,89
20/2	1.480	1.325	8,95	»	22,10
22/2	1.560	1.395	9,84	»	24,31
24/2	1.645	1.470	10,74	»	26.52
26/2	1.740	1.560	11,62	»	28,73
28/2	1.800	1.610	12,53	»	30,94
30/2	1.870	1.675	13,42	»	33,15
32/2	1.940	1.735	14,32	»	35,36
34/2	2.010	1.800	15,21	»	37,57
36/2	2.080	1.860	16,11	»	39,78
38/2	2.140	1.915	17,	»	41,99
40/2	2.200	1.970	17,90	»	44,20
42/2	2.260	2.010	18,79	»	46,41
44/2	2.315	2.070	19,69	»	48,62
46/2	2.380	2.130	20,58	»	50,83
48/2	2.440	2.185	21.48	»	53,04
50/2	2.500	2.240	22,37	»	55,25

Torsión en sentido contrario a la del hilo simple.

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 2.400 VUELTAS (NÚMERO 20)					
Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento °/o	Números a emplear
10/2	1.050	930	4,42	11,5	11,15
12/2	1.180	1.045	5,31	»	13,38
14/2	1.300	1.150	6,19	»	15,61
16/2	1.410	1.260	7,08	»	17,84
18/2	1.510	1.335	7,96	»	20,07
20/2	1.610	1.425	8,85	»	22,40
22/2	1.700	1.505	9,73	»	24,53
24/2	1.795	1.595	10,62	»	26,76
26/2	1.875	1.660	11,50	»	28,99
28/2	1.960	1.735	12,39	»	31,22
30/2	2.040	1.805	13,27	»	33,45
32/2	2.120	1.875	14,16	»	35,68
34/2	2.195	1.940	15,04	»	37,91
36/2	2.260	2.000	15,93	»	40,14
38/2	2.330	2 060	16,81	»	42,37
40/2	2.400	2.125	17,70	»	44,60
42/2	2.475	2.185	18,58	»	46,33
44/2	2.540	2.250	19,47	»	49,06
46/2	2.600	2.300	20,35	»	51,29
48/2	2.660	2.355	21,24	»	53,52
50/2	2.720	2.405	22,12	»	55,75

Torsión en sentido contrario a la del hilo simple.

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 2.600 VUELTAS (NÚMERO 20)					
Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento °/o	Números a emplear
10/2	1.170	985	4,02	16	11,6
12/2	1.275	1.070	5,04	»	13,92
14/2	1.405	1.180	5,88	»	16,24
16/2	1.525	1.280	6,72	»	18,56
18/2	1.640	1.380	7,56	»	20,88
20/2	1.745	1.465	8,40	»	23,20
22/2	1.850	1.555	9,24	»	25,52
24/2	1.945	1.635	10,08	»	27,84
26/2	2.030	1 705	10,92	»	30,16
28/2	2.125	1.785	11,76	»	32,48
30/2	2.205	1.860	12,60	»	34,80
32/2	2.295	1.925	13,44	»	37,12
34/2	2.385	2.005	14,28	»	39,44
36/2	2.450	2.060	15,12	»	41,76
38/2	2.520	2.120	15,96	»	44,08
40/2	2.600	2.185	16,80	»	46,40
42/2	2.680	2.250	17,64	»	48,72
44/2	2.750	2.310	18,48	»	51,04
46/2	2.820	2.370	19,32	»	53,36
48/2	2.880	2.420	20,16	»	55,68
50/2	2.950	2.515	21,	»	58,

Torsión en sentido contrario a la del hilo simple.

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 2.800 VUELTAS (NÚMERO 20)

Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento °/o	Números a emplear
10/2	1.240	985	3,97	20,5	12,05
12/2	1.376	1.095	4,77	»	14,46
14/2	1.510	1.200	5,56	»	16,87
16/2	1.640	1.305	6,36	»	19,28
18/2	1.760	1.400	7,15	»	21,69
20/2	1.875	1.490	7,95	»	24,10
22/2	1.980	1.575	8,74	»	26,51
24/2	2.085	1.660	9,54	»	28,92
26/2	2.180	1.735	10,33	»	31,33
28/2	2.280	1.815	11,08	»	33,74
30/2	2.370	1.885	11,92	»	36,15
32/2	2.465	1.960	12,72	»	38,56
34/2	2.550	2.030	13,51	»	40,97
36/2	2.640	2.100	14,31	»	43,38
38/2	2.715	2.160	15,05	»	45,79
40/2	2.800	2.225	15,90	»	48,20
42/2	2.880	2.290	16,69	»	50,61
44/2	2.955	2.350	17,49	»	53,02
46/2	3.030	2.410	18,28	»	55,43
48/2	3.100	2.465	19,03	»	56,64
50/2	3.175	2.520	19,87	»	60,25

Torsión en sentido contrario a la del hilo simple.

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 1.800 VUELTAS, MISMO SENTIDO QUE LA DEL HILO SIMPLE

Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento °/o	Números a emplear
10/2	785	628	4,	20	12,
12/2	885	710	4,8	»	14,4
14/2	970	775	5,6	»	16,8
16/2	1.050	840	6,4	»	19,2
18/2	1.132	905	7,2	»	21,6
20/2	1 205	965	8,	»	24,
22/2	1.272	1.020	8,8	»	26,4
24/2	1.340	1.075	9,6	»	28,8
26/2	1.405	1.125	10,4	»	31,2
28/2	1.465	1.175	11,2	»	33,6
30/2	1.525	1.220	12,	»	36,
32/2	1.585	1.270	12,8	»	38,4
34/2	1.640	1.315	13,6	»	40,4
36/2	1.695	1.355	14,4	»	43,2
38/2	1.740	1.395	15,2	»	45,6
40/2	1.800	1.440	16,	»	48,
42/2	1.855	1.485	16,8	»	50,4
44/2	1.900	1.520	17,6	»	52,8
46/2	1.945	1.555	18,4	»	55,2
48/2	1.990	1 595	19,2	»	57,6
50/2	2.040	1.635	20,	»	60,

TORCIDO SOBRE TORCIDO BASE 40/2 2.400 VUELTAS, MISMO SENTIDO QUE LA DEL HILO SIMPLE					
Números	Torsión a obtener	Torsión a dar	Número después de la sobretorsión	Acortamiento °/o	Números a emplear
10	1.050	735	3,5	30	13,
12	1.180	830	4,2	»	15,6
14	1.300	910	4,9	»	18,2
16	1.410	985	5,6	»	20,8
18	1.510	1.055	6,3	»	23,4
20	1.610	1.125	7,	»	26,
22	1.700	1.190	7,7	»	28,6
24	1.795	1.255	8,4	»	31,2
26	1 875	1.315	9,1	»	33,8
28	1.960	1.375	9,8	»	36,4
30	2.040	1.430	10,5	»	39,
32	2.120	1.485	11,2	»	41,6
34	2.195	1.535	11,9	»	44,2
36	2.260	1.580	12,6	»	46,8
38	2.330	1.630	13,3	»	49,4
40	2.400	1.680	14,	»	52,
42	2.475	1.730	14,7	»	54,6
44	2.540	1.780	15,4	»	57,2
46	2.600	1.840	16,1	»	59,8
48	2.660	1.885	16,8	»	62,
50	2.720	1.905	17,5	»	65,

NOTAS COMPLEMENTARIAS

Nota primera. (Angulo de torsión, pág. 20).

Conforme a las mediciones hechas en hilos de algodón de diversas torsiones, la densidad puede variar mucho; así, pues, en lugar de la densidad 0,5 que se menciona en la fórmula, se puede tomar como valor 0‘75 que resulta más aproximado al promedio.

Por consiguiente, tendremos:

$$\operatorname{tg} \alpha = \pi\, 0{,}092\, C = 0{,}289\, C \text{ en lugar de } 0{,}35\, C.$$

Nota segunda. (Véanse páginas 33-34 y 48-50).

Esto tiene por objeto presentar otra demostración y demostrar de una manera más clara las fórmulas contenidas en el capítulo relativo a la teoría general de la torsión.

Un tipo de retorcido, como tipo de hilado, se caracteriza por su ángulo de torsión. Sabiendo cuál es la torsión de un retorcido de un número de cabos y numeración de los componentes conocidos, se puede calcular la torsión que se debe dar a cualquier otro retorcido de un número dado de cabos de título conocido, para que el ángulo de torsión sea el mismo en ambos retorcidos.

Tomemos como ejemplo, para un caso de aplicación, los retorcidos:

16/2 24/3 32/4 de un igual número 8
24/2 y 32/2, de números diferentes 12 y 16.

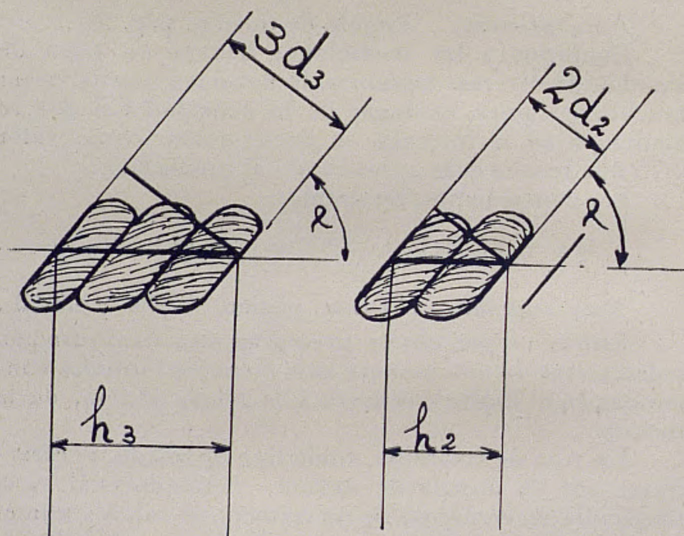
Como torsión conocida tenemos, por ejemplo, la del retorcido 16/2 que es de 735 vueltas; la de los demás retorcidos debe calcularse para un mismo ángulo de torsión (coeficiente de torsión = 2,6 para el retorcido de 2 cabos).

Si llamamos h_2 la altura de espira en el retorcido de 2 cabos
» » h_3 » » » » » » » » 3 »
» » h_4 » » « » » » » » 4 »

Si llamamos d_2 el diámetro del hilo simple de N_2 que compone un retorcido de 2 cabos.

Si llamamos d_3 el diámetro del hilo simple de N_3 que compone un retorcido de 3 cabos.

Si llamamos d_4 el diámetro del hilo simple de N_4 que compone un retorcido de 4 cabos tendremos



$$h_2 = \frac{2\ d_2}{\text{sen}\ \alpha} \text{ para un retorcido a 2 cabos}$$

$$h_3 = \frac{3\ d_3}{\text{sen}\ \alpha} \text{ para un retorcido a 3 cabos}$$

$$h_4 = \frac{4\ d_4}{\text{sen}\ \alpha} \text{ para un retorcido a 4 cabos}$$

Pero, para otros retorcidos de *igual número* se tiene

$$N_2 = \frac{2}{3} N_3 = \frac{1}{2} N_4$$

y también:

$$d_2 = \frac{1.128}{\sqrt{N_2}}$$

$$d_3 = \frac{1.128}{\sqrt{N^3}} = \frac{1.128}{\sqrt{1,5\, N_2}}$$

$$d_4 = \frac{1.128}{\sqrt{N_4}} = \frac{1.128}{\sqrt{2\, N_2}}$$

y haciendo

$$\frac{1.128}{\sqrt{N_2}} = p$$

se puede poner

$$d_3 = \frac{p}{\sqrt{1,5}} = \frac{p}{1,2247}$$

$$d_4 = \frac{p}{\sqrt{2}} = \frac{p}{1.414}$$

o sea, respectivamente

$$2\, d_2 = 2p$$

$$3\, d_3 = \frac{3}{1,2247}\, p = 2,456\, p$$

$$4\, d_4 = \frac{4}{1,414}\, p = 2,829\, p$$

Por lo tanto, también se puede decir:

$$h_2 = \frac{2\, d_2}{\text{sen } \alpha} = \frac{2\, p}{\text{sen } \alpha}$$

$$h_3 = \frac{3\, d_3}{\text{sen } \alpha} = \frac{2,456\, p}{\text{sen } \alpha}$$

$$h_4 = \frac{4\, d_4}{\text{sen } \alpha} = \frac{2,829\, p}{\text{sen } \alpha}$$

lo cual da por resultado

$$h_3 = 1,228\, h_2$$
$$h_4 = 1.4145\, h_2$$

Desde luego, $\underline{h}$ es, evidentemente, $\frac{\text{Longitud}}{\text{Torsión}}$

Pues, para un $^2/_c$ $h_2 = \frac{\text{longitud}}{\text{torsión del } ^2/_c}$

Para un $^3/_c$ $h_3 = \frac{\text{longitud}}{\text{torsión del } ^3/_c}$

Para un $^4/_c$ $h_4 = \frac{\text{longitud}}{\text{torsión del } ^4/_c}$

Relacionando h_2 y h_3, por ejemplo, tendremos

$$\frac{h_2}{h_3} = \frac{\text{torsión del } ^2/_c}{\text{torsión del } ^3/_c}$$

$$\frac{h_2}{h_3} = \frac{\text{torsión del } ^3/_c}{\text{torsión del } _2/_c}$$

Y por tanto,

$$\text{Torsión del } ^3/_c = \frac{\text{torsión del } ^2/_c \times h_2}{h_3} = \text{torsión del } ^2/_c \times \frac{h_2}{1{,}228\, h_2}$$

Por consiguiente, para los retorcidos de *igual número* con 2, 3 y 4 cabos, respectivamente, la relación de torsión por unidad de longitud será:

Para el retorcido de 3 cabos,

$$\frac{\text{torsión del retorcido de 2 cabos}}{1.228} = 0{,}817 \text{ torsión del retorcido de 2 cabos,}$$

y de un modo análogo, para el retorcido de 4 cabos,

$$\frac{\text{torsión del retorcido de 2 cabos}}{1{,}4145} = 0.707 \text{ torsión del retorcido de 2 cabos.}$$

Y el coeficiente de torsión, tomando por base el coeficiente para 2 cabos, será:

coeficiente para 3 cabos = 0,817 coeficiente de 2 cabos
» » 4 » = 0,707 » » 2 »

de manera que aplicando estos coeficientes a los retorcidos tomados como ejemplo, tendremos (base 16/2, 735 vueltas).

Para 24/3 coeficiente $2{,}6 \times 0{,}817 = 2{,}125$

torsión $2{,}125 \cdot \sqrt{8} = 6$ vueltas por cm. = 600 vueltas por metro

Para 32/4 coeficiente $2,6 \times 0,707 = 1,838$

torsión $1,838 . \sqrt{8} = 5'2$ vueltas por cm. $= 520$ vueltas por metro

Para 24/2 coeficiente 2 cabos $= 2,6$

torsión $= 2,6 . \sqrt{12} = 9$ vueltas por cm. $= 900$ vueltas por metro

Para 32/2 coeficiente 2 cabos $= 2,6$

torsión $= 2,6 . \sqrt{16} = 10'4$ vueltas por cm. $= 1040$ vueltas por metro

Entre 24/2 y 24/3 tenemos la relación de torsión igual a la relación del número de cabos; como así, también, entre 32/4 y 32/2, conforme se ha indicado en el capítulo V.

Comprobemos que el ángulo de torsión es el mismo para los tres retorcidos 24/3, 32/4 y 16/2.

El retorcido 16/2 presenta 735 vueltas por metro; por consiguiente:

$$h_2 = \frac{1000}{735} = 1,360 \text{ mm.}$$

$$\text{y} \quad h_2 = \frac{2\ d_2}{\operatorname{sen} \alpha} \quad \text{o sea} \quad \frac{0,564}{\operatorname{sen} \alpha} = 1,360$$

de manera que:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{0,564}{1,360} = 0,4144.$$

El retorcido 24/3 presenta 600 vueltas por metro; por consiguiente:

$$h_3 = \frac{1000}{600} = 1,666 \text{ mm.}$$

$$\text{y} \quad h_3 = \frac{3\ d_3}{\operatorname{sen} \alpha} \quad \text{o sea} \quad \frac{0,6906}{\operatorname{sen} \alpha} = 1,666 \text{ mm.}$$

de manera que:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{0,6906}{1,666} = 0,4144$$

Y el retorcido 32/4 presenta 520 vueltas por metro; por consiguiente:

$$h_4 = \frac{1000}{520} = 1,923 \text{ mm.}$$

$$\text{y} \quad h_4 = \frac{4\ d_4}{\operatorname{sen} \alpha} \quad \text{o sea} \quad \frac{0,7984}{\operatorname{sen} \alpha} = 1,923 \text{ mm.}$$

de manera qué:

$$\text{sen}\ \alpha = \frac{0,7984}{1,923} = 0,4144.$$

En resumen, la regla general, puede establecerse que:

1.° Para los retorcidos de *un igual número de cabos* la torsión es proporcional a la raiz cuadrada del número del hilo.

2.° Para retorcidos de *un número de cabos diferentes*, pero con componentes de igual número, la torsión es inversamente proporcional al número de cabos.

3.° Para retorcidos diferentes en numeración de los componentes y en el número de componentes, basta aplicar sucesivamente las dos anteriores reglas.

Así, la torsión del retorcido 32/4, obtenido a base del retorcido 16/2, de 735 vueltas, será.

$$\frac{735 \,.\, \sqrt{32} \,.\, 2}{\sqrt{16} \,.\, 4} = 520 \text{ vueltas, conforme ya ha sido hallado.}$$

Nota tercera. (Véase página 47).

En la fabricación de cuerdas, para las cuales cada cordón puede ser considerado como uno de los componentes de un retorcido, la necesidad de hacer trabajar de igual manera todos los cordones obliga a poner en las cuerdas que tienen más de 3 cordones un alma central, la cual tiene por objeto mantener todos los cordones a una distancia constante y uniforme del centro del cable. Lo que tiene efecto en los cables, visiblemente a causa del diámetro grande de los cordones, sucede en todos los retorcidos; de manera, pues, que cuando en la elaboración de éstos se desea una gran regularidad, no debe excederse de reunir más de 3 cabos para que en los mismos los componentes de ellos puedan trabajar de un modo igual.

INDICE