(昭和 63 年 3 月 8 日受理)

ダブルツイスタで強撚される フィラメント糸の張力

金 沢 大 学 工 学 部 新 宅 救 徳
石川県工業試験場繊維部 山 本 孝
金 沢 大 学 工 学 部 喜 成 年 泰

TENSION GENERATED IN HARD TWIST FILAMENT YARN BY TWO-FOR-ONE TWISTER

By Sukenori Shintaku^{*1}, Takashi Yamamoto^{*2} and
Toshiyasu Kinari^{*1}

^{*1} (Department of Mechanical Engineering, Kanazawa University,
Kodatuno, Kanazawa, 920, Japan)

^{*2} (Department of Textiles, Industrial Research Institute of
Ishikawa Prefecture, Tomizu-machi, Kanazawa, 920-02, Japan)

A two-for-one twister has many advantages of high productivity and fast operation. However, it is said that the twister of this type imposes high tension on the filament twisted. We studied factors affecting tension during twisting by two-for-one twisters. The results are;

(1) Twisting tension T_0 can be expressed by the following equation.

$$\frac{T_0}{d_m} = \frac{(1+\varepsilon)\omega^2 b^2}{2 \times 9,000 \times 9.8} \left(\frac{l}{b}\right)^2 \quad \text{gf/den}$$

where d_m is the nominal denier, ε is the twist contraction, ω is the angular velocities of the spindle, b is the radius of the upper edge of conical spindle disk, and l/b is obtained from the relation among air-drag (K), linear density (m) and radius of spindle disk (b).

(2) Twisting tension increases in proportion to square of the revolution velocity of spindle.

(3) The yarn of large linear density is subjected to high twisting tension because of large l/b .

(4) When ε increases with the twist number, the yarn tension increases because of increase in linear density of the ballooned yarn.

(5) The storage disc automatically controls the taking off point of the yarn close to the upper edge of the disc.

(Received March 8, 1988)

1. はじめに

フィラメント糸の撚糸加工工程において、生産性を高め、省力化を行うにはダブルツイスタが有利である。また、強撚糸織物製造工程において加撚工程で糸にかかる張力は、織物のしぼ立ちに影響を与える重要な因子である¹⁾。しかし、現在までダブルツイスタで加撚される糸に発生する張力についての報告は少なく^{2,3)}、それも実

際の加工工程と結び付かない。

そこで本研究では、ダブルツイスタで加撚されるフィラメント糸の張力を、先に報告した⁴⁾バルーンについての理論的解析を用いて機構の寸法と加工条件より計算できる方法を求め、実験値と比較検討した結果について報告する。

2. ダブルツイスタにおける撚糸張力の 計算方法

ダブルツイスタでの張力を解析するために、仮撚スピンドル付き撚糸機(以下、アップツイスタと呼ぶ。)で加撚する場合を参考にする。図1にアップツイスタ、図2にダブルツイスタの機構を示し、両者の加撚機構について考察する。図1において、糸が糸層上を上方へ移動し始める点をA、糸が糸層上を移動して糸層を離れ、バルーン曲線を描き始める点をB、糸がガイドへ入る点すな

Fig. 1 Schematic diagram of twister with a false-twist spindle.

- A; The point where the yarn begins to move upward on the yarn package.
B; The point where the yarn leaves the package.

Fig. 2 Schematic diagram of two-for-one twister.

- A; The point where the yarn begins to move upward on the yarn package.
B; The point where the yarn leaves the conical spindle disk.

わちバルーンの頂点を0とする。この点における張力が撚糸張力 T_0 である。

糸がスピンドル軸に垂直な面となす角を Ψ とすると、点Aにおける角 Ψ_A はほぼ0である。ここから糸が糸層上を上昇するに連れて Ψ は増大し、点Bでは Ψ_B となる。この現象の解析は Padfield⁶⁾ によってなされており、次式によってあらわされる。

$$h_2/b = (\sec \Psi_B - 1)/\mu \quad (1)$$

ただし h_2 はAからBまでの高さ、 b は糸層半径、 μ は糸と糸層との摩擦係数である。

糸は点Bより接線方向に糸層を離れる。ここから点0まで、他の拘束物がなければ、糸は自由なバルーンを描き、このバルーンによって撚糸張力 T_0 が決まる。この解析は、Mack⁸⁾ の式を用いて著者^{4,7)} らが行っている。

以下にその方法を簡単に述べる。任意の点における張力 T は次式となる。

$$T = m\omega^2 (l^2 - r^2)/2 \quad (2)$$

ここで、 r は回転中心からの距離、 m は糸の線密度、 ω はスピンドル回転角速度である。 l はB0の高さ(バルーン高さ) h_1 、糸層半径 b 、糸の直径および線密度 m によって求められる。従って点0における張力 T_0 および点Bにおける張力 T_B は次式のようになる。

$$T_0 = m\omega^2 b^2 (l/b)^2 / 2 \quad (3)$$

$$T_B = m\omega^2 b^2 \{ (l/b)^2 - 1 \} / 2 \quad (4)$$

l/b は Kb/m と h_1/b によって図3に示す関係から求められる。また、 K は空気抗力に関する数値で、次式によって与えられる。

$$K = C_d d_y \rho_a / 2 \quad (5)$$

ここで C_d は円柱の抗力係数で、1.2とする。 d_y は空気抗力に対する糸直径、 ρ_a は空気密度 ($0.13 \text{ kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$) である。

次にA0を h として、糸が糸層を離脱する点Bの決まり方を考える。図3を求める計算において、糸が円柱に接する点における角 $\sin \Psi_B$ も同時に求められる⁷⁾。これより Kb/m をパラメータとした $\sin \Psi_B$ と h_1/b についての計算結果を図4に示す。与えられた h に対して図4に h/b を基に、これと反対向きに式(1)の曲線を記入し、該当の Kb/m の曲線との交点を求めれば点Bの位置が得られる。一例として図4に $h/b=8$ 、 $\mu=0.3$ の場合の破線と $Kb/m=0.4$ の曲線の交点Bを示す。

以上を参考にしてダブルツイスタの場合を考える。ダブルツイスタにおいても、糸はバルーン頂点の方へ移動し、その頂点における張力はバルーン形状によって決まり、これが管理上重要な張力である。この観点から見ると、アップツイスタとダブルツイスタでは、糸張力の発生原因は同じである。そこで、アップツイスタでの張力

解析をダブルツイスタにあてはめて考える。アップツイスタでは、点Aはトラバースにつれて糸層上を移動するので点Bも移動する。一重バルーンのダブルツイスタにおいては、スピンドルディスク上部に点Bが固定されると仮定する。すなわちダブルツイスタにおいては、バルーンの頂点にあるテンサ、スピンドル部との中間にあるテ

Fig. 3 Relation between Kb/m and l/b .
 b ; radius of yarn layer on the bobbin,
 m ; linear density of the yarn,
 K ; given from eq. (5)

Fig. 4 Relation between the angle where yarn leaves the package and h_1/b .
 The broken line shows the angle where yarn moves on the package from the point apart $h/b=8$ from 0. μ is coefficient of friction between yarn and package. For example, in the case of $Kb/m=0.4$ and $\mu=0.3$, point B shows the point where yarn leaves the package.

ンサおよびスピンドルディスクの下部円柱部（以下、ストレージディスクと呼ぶ）への巻付き量によって、アップツイスタにおけるAB部の働きがなされ⁸⁾、スピンドルディスクの上部が点Bとなると考える。すなわちバルンからの解じょ張力やテンサによる付加張力が変化しても、この巻付き量が変化することにより張力調整がなされ点Bが一定となると考える。このように、スピンドルディスク上端部の外径を b とすると、ダブルツイスタにおけるバルーンはアップツイスタにおけるバルーンと同じ現象として扱える。

ただし、ダブルツイスタでのバルーンにおいては糸に撚りがかかっているのを、これを考慮した線密度を用いる必要がある。よって公称デニールを d_m (den), 撚り縮みを ϵ とすると、ダブルツイスタで撚られる糸の線密度とデニールあたりの撚糸張力の関係は次式で与えられる。

$$m = \frac{d_m \times 10^{-3} (1 + \epsilon)}{9,000 \times 9.8} \quad \text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2 \quad (6)$$

バルーン頂点での公称デニールあたりの張力は

$$\frac{T_0}{d_m} = \frac{(1 + \epsilon) \omega^2 b^2}{2 \times 9,000 \times 9.8} \left(\frac{l}{b} \right)^2 \quad \text{gf/den} \quad (7)$$

となる。 (l/b) は Kb/m より図3を用いて求める。

3. 実験方法

アップツイスタにおいて糸が糸層を移動する高さとのバルーンの高さの比を見るため、糸層の代わりに直径60 mm, 高さ180 mmの黒いナイロン樹脂製円柱を用いた。また図5および表1に、本研究に用いたダブルツイスタの円錐形状スピンドルディスク（石川製作所(株)製

Fig. 5 Measurement of spindle disk.
 d_s ; diameter of storage disk.

Table 1 Measurements of spindle

spindle type	b	(mm)	
		$d_s/2$	h_1
I	71	35.5	488
II	55	27.5	331
III	45	22.5	294
IV	40	20.0	260

Table 2 Properties of yarn used in this experiment

Denier		40	50	75	100	150
$d_y (\times 10^{-4} \text{ m})$		1.20	1.22	1.43	1.56	1.76
$\epsilon (\%)$	1,000 T/m	1.7	2.0	3.0	3.8	5.9
	2,000 T/m	7.4	9.1	13.8	17.5	26.3
	3,000 T/m	17.5	21.7	32.0	—	—
Data for Fig. 9	Twist number (T/m)	3,800	3,400	2,800	2,400	2,000
	$[\epsilon (\%)]$	[28]	[28]	[28]	[26]	[26]
	kb/m	1.09	0.93	0.67	0.59	0.46
	C_b	0.9	0.85	0.8	0.8	0.8

および津田駒工業(株)製の形状と寸法を示す。テンサはスチールボール式のものと及びマグネットテンサを適宜用いた。またトップテンサには円状のテンサプレートを用いた。

使用した糸は、ポリエステル糸 50, 75, 150 den を中心とし、その他 40, 100, 250 den も用いた。これらの空気抗力に対する糸直径 d_y と 1,000 T/m, 2,000 T/m, 3,000 T/m の撚りにおける撚り縮み ϵ を表 2 に示す。

ディスクの外径 b と糸の d_y および m より Kb/m を、またバルーン高さ h_1 と b より図 3 を用いて l/b をそれぞれ求め、式 (7) によって張力の理論値を得る。バルーンの形状測定は、ストロボを用いた写真撮影によった。張力の測定にはエイコー測器(株)製 HS 3000 および(株)金井工機製テンションチェッカ CB 型を、実験前によく検定して用いた。

4. 実験結果と考察

4.1 円柱状糸層の糸離脱点について

前節で述べたナイロン樹脂製の円柱に、 $h/b=8$ となる付近に糸を巻き付け、回転数 5,000~9,000 rpm における糸離脱点 B の位置を観察した結果を図 6 に示す。回転数を変化させると点 B はわずかに上下するが、一般的な傾向は示さず、その位置は回転数に対して不変と言える。繊維の大きい糸は Kb/m が小さくなり、その分 h_1 の占める割合が大きくなって点 B が下降する。実験結果も同傾向を示している。これより摩擦係数 μ は約 0.3 であるが、糸と糸層の場合もこれに近い値を示すものと考えられる。以上のとおり、バルーンが安定するためには AB 区間が存在しなければならない。これはダブルツイスタにおいても必要であり、この動きをする部分をスピンドルディスク上に設けなければならず、これをストレージディスク³⁾と呼んでいる。この節での結果はスピンドルディスクが円筒状のものには応用できる。

なお、この場合の撚糸張力 T_0 は式 (7) の $\epsilon=0$ の場合とよく一致した。以下、円錐形スピンドルディスクの結

Fig. 6 The point where yarn leaves a package.
▲; 40den, ●; 75den, △; 100den,
○; 150den,
Data were plotted by Kb/m and h_1 .

果を示す。

4.2 T_0 とスピンドル回転数

T_0 をデニールで除した値とスピンドル回転数の関係について図 7 に示す。スピンドル I では 75 den の糸に回転数 5,000 rpm~9,000 rpm で 2,800 T/m の撚りをかけており、その他のスピンドルでは 50 den および 75 den の糸に回転数 10,000 rpm~18,000 rpm で 3,000 T/m の撚りをかけた。図中の実線は式 (7) より求められた 75 den の理論値である。いずれのスピンドルにおいても、ストレージディスクへの糸の巻き付き角が $45^\circ \sim 540^\circ$ になるよう、テンサを調整する。

実験結果を見ると張力 T_0 はスピンドル回転数の 2 乗に比例している。ダブルツイスタにおいては b が一定であり、 h_1 も変化しないため、式 (7) より T_0 が ω^2 に比例するのは当然と言える。

次に撚数の影響を見る。図 8 にスピンドル II で得られた結果を示す。実線は 75 den の理論値である。同一スピンドル回転数において糸の撚数を少なくする場合、巻

Fig. 7 Relation between yarn tension per denier and revolution speed of the spindle. Solid lines show the theoretical curve for 75den.

Fig. 8 Relation between yarn tension per denier and twist number. Solid lines show the theoretical curve for 75den corresponding to the case of 16,000 rpm and 10,000rpm.

取速度が速くなるためスピンドルディスク等、糸との摩擦部分がれば張力は高くなるのが一般的である。実験値は撚り数が小さくなると理論値よりやや大きくなっているが、式(6)より、撚縮み ϵ が小さくなるので、その分に見合った張力の低下が見込まれる。同一撚り数にすると撚り縮みが大きくなるので、その分デニールあたりの張力が増加する。この傾向は太繊度の糸で著しい。

4.3 糸のスピンドルディスク離脱点について

糸の離脱点がスピンドルディスク上端付近に存在することは4.2の結果より明らかであるが、このことをバル

ーンの最大半径の大きさの点から考察する。図9にバルーン最大半径の離脱点半径に対する比と Kb/m の計算曲線を示す。同図中の白ぬきの印は b を円錐ディスク上端部にとった場合である。理論値の $R_{\max}/b$ の比は h_1/b の変化に対してあまり変わらない。しかし実験値の $R_{\max}/b$ は低くなっている。そこで離脱点半径を b の、40 denでは90%、50 denで85%、75、100、150 denでは80%として計算した値を黒く塗りつぶした印で示した。これを見ると h_1/b が6~8の間となり、妥当な結果と言える。すなわちスピンドルディスクが円錐形であるため、糸の線密度が大きいほど糸離脱点が下降するためであり、4.1の結果とも矛盾がない。

Fig. 9 Maximum radius of balloon curve.

○; Calculated as b equals to the radius of spindle disk.
●; Calculated as b is supposed $C_b \cdot b$ where C_b is given in Table 2.

離脱点が円錐面上にある場合、円筒に接する点をバルーンの終点とした図3の l/b の値が適用できるとは言えない。しかし、仮に半径が $0.8b$ の円柱に接すると考えて式(7)により張力を求める場合を考える。バルーンの高さはやや大きくなり、 b が $0.8b$ になるのでバルーン高さ対円柱の比が大きくなり、その分 l/b の値が大きくなる。しかし b^2 の値が約0.64倍になるので張力は低くなる。一例として $Kb/m=0.72$ で $h/b=6.9$ の場合を考えると、 T_0 は0.9倍となる。

この場合、0.1に相当する張力が増加する原因としてスピンドルディスク上端部の角の曲率が大きいので、糸が接触していることが考えられる。その結果、バルーン糸層半径をスピンドルディスクの上端部半径と考えて張力 T_0 を求めたものと近い値になると考えられる。

4.4 ストレージディスクへの糸の巻付き

ダブルツイスタにおいて、図1のアップツイスタの場合のAB部の働きをするのがストレージディスクである

Fig. 10 Relation between wrapped angle and revolution speed of the spindle I.

Measuring conditions were 75den, $h_1/b=8$ and $T_2=5\text{gf}$. Where T_2 is the tension drawn from the eye of the storage disk without rotating the spindle.

と考えられる。給糸パーンからテンサを通じて送り出された糸は、ストレージディスクの糸送出出口周辺でディスクの周上に巻付いていることが観察された。図 10 にスピンドル I の場合の回転数と巻付き角の関係の一例を示す。この巻付き角は次の場合に増加する。

(1) テンサの条件が同じであれば回転数が高くなる時。またバルーン高さが高くなる時。

(2) 回転数およびバルーン高さが変わらなければテンサによる張力が小さい時。太織度の時。

巻付き角を θ ，ストレージディスクの糸出口での張力を T_2 ，円錐を離れる点の張力を T_B とすると最も簡単な場合は次式で与えられる。

$$T_2 \cdot \exp[\mu \theta] = T_B = m \omega^2 b^2 \{(l/b)^2 - 1\} / 2 \quad (8)$$

T_2 は稼動状態では測定できないが、静止状態で糸を引き抜いて張力を測定すると 5 gf であった。式 (8) において回転数が高くなると ω が、またバルーン高さが高くなると l/b が大きくなり、それに釣り合うために θ が増加すると考えられる。

また、条件を同一にして撚数を少なくするため、糸速を速くすると糸とテンサの摩擦による張力は増加する。すなわち、 T_2 がやや大きくなるが θ が 45° 以下とならなければ T_0 は変化しない。このようにパーンからストレージディスクの間で生ずる張力変動はストレージディスクへの巻付き量によって吸収されバルーン張力 T_0 は一定となる。これらの定量的な関係を求めるには、今後さらに詳しい実験が必要である。

5. 結 語

アップツイスタにおける自由バルーンを参考にして、ダブルツイスタでフィラメント強撚糸を製造する時のバルーンおよび加工条件と張力の計算法について検討した結果、以下のことが明らかになった。

(1) 撚糸張力は次式で得られる。

$$\frac{T_0}{d_m} = \frac{(1+\varepsilon)\omega^2 b^2}{2 \times 9,000 \times 9.8} \left(\frac{l}{b}\right)^2 \quad \text{gf/den}$$

ここで T_0 は撚糸張力、 d_m は公称デニール、 ε は撚り縮み、 ω はスピンドル回転角速度、 b はスピンドル円錐上端部半径であり、 (l/b) は糸に作用する空気抗力に関する係数 K と線密度 m および b より図表により得られる値である。

(2) 撚糸張力はスピンドル回転数の 2 乗に比例して高くなる。

(3) 織度の大きな糸は l/b が大きくなるのでデニールあたりの撚糸張力 T_0/d_m は高くなる。

(4) 強撚になればなるほど ε が大きくなり、その分織度が大きくなったのと同様で張力は高くなる。

(5) ストレージディスクは糸の離脱点がディスク上端部付近になるよう、自動調節する機能がある。この点については今後詳しく実験検討する必要がある。

この研究は昭和 63 年度年次大会で発表したものである。

なお、本研究を行うにあたり、装置製作にご協力いただくとともに貴重なご教示をいただきました石川製作所(株)北沢享・加藤唯央氏および装置製作ならびに撚糸張力測定にご協力いただきました津田駒工業(株)折高宏氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 松本義隆, 土定育英, 三谷宗久, 宮本博史; 織機誌, **39**, P471 (1987)
- 2) V. K. Kothari, G. A. V. Leae; *J. Text. Inst.*, **70**, 184 (1979)
- 3) V. K. Kothari, G. A. V. Leae; *J. Text. Inst.*, **70**, 193 (1979)
- 4) 新宅救徳, 山本 孝; 織学誌, **44**, T40 (1988)
- 5) D. G. Padfield; *J. Text. Inst.*, **46**, T71 (1955)
- 6) C. Mack; *J. Text. Inst.*, **44**, T483 (1953)
- 7) 新宅救徳, 吉村元一; 織学誌, **36**, T75 (1980)
- 8) 昭和 56 年度福井県繊維工業試験場研究報告, **47**, (1981)