 報 文

(昭和 36 年 6 月 26 日 受理)

繊維系の撚り構造と弾性的性質

第 3 報 撚られたスライバ内の繊維間摩擦力について

群馬大学工学部 繊維工業研究施設 木下 茂武・滝沢 俊治・梅津 正人

 MECHANICAL BEHAVIOR OF TWISTED SLIVER.
 (PART III) EXPERIMENTAL STUDIES ON INTER-FIBRE
 FRICTION IN TWISTED WOOL SLIVER.

By Shigetake Kinoshita, Toshiharu Takizawa and Masato Umezu

(Faculty of Engineering, Gunma University, Kiryu City, Japan)

In this paper the correspondence of the induced pressure in twisted sliver with the compressed pressure in loaded wad was measured under such equilibrium condition that both of frictional forces at the two ends of metal wire inserted partly in the wool wad and partly in the twisted wool sliver were balanced (see fig. 1). At the balanced frictional state (see fig. 2), the experimental relations between the twist angle θ (deg/cm) of sliver having fullness $(1-\epsilon)_s$ and the applied load R (g/cm²) of wad having fullness $(1-\epsilon)_w$ are shown in fig. 4. On the other hand, the effect of R on the withdrawal force F_w (g/cm) of single fibre from this wad was described by inverse sigmoidal curve in fig. 5, and the dependence of F_w on $R/(1-\epsilon)_w$ was obtained linearly as shown in fig. 7. Thus, frictional coefficient of wool fibre was estimated to $\mu_0=0.26$ by Postle-Ingham's method²³⁾. And then, the dependence of average frictional force F_t (g/cm) of a fibre in wool sliver on its twist number n (cm⁻¹) was estimated from the load-elongation curves of twisted wool sliver. In fig. 10, this relation of F_t and n was plotted exponentially.

From these experimental results, detailed assignments of the mechanical state of a fibre in twisted sliver have been made as follows:

(1) In fig. 12 it is shown that the value of radial pressure P_w (g/cm) produced on the unit length of axial centre line of twisted sliver increases quadratically as twist number n increases.

(2) Inter-fibre frictional force F_t of twisted sliver increases with two sets of factors: one is bulk density increment of sliver by twisting, and another the curvature increment of fibre arrangement. The observed values of the former effects on the frictional force of single fibre are given as $F_w/4$ in fig. 10, and those of the latter effect as $(F_t-(F_w/4))$ in fig. 10.

(3) The tortional behavior of wool sliver as a whole is similar to the spongy material, for the orientation of fibre in a twisted sliver was not arranged to regular spiral configuration, but inter-connected mutually as the results of fibre migrations. This makes possible to suggest that the value of inter-fiber frictional coefficient μ in twisted sliver is larger than that of μ_0 in untwisted wool wad. Actually, inserting the observed values of $F_t/(F_w/4)$, the average ratio of frictional force along the generating line of unit length, into eqs. (6), (7), calculated value of μ was about 1.

(Received June 26, 1961)

ま え が き

短い繊維の集まりである然られた繊維束内におけるモーメント発生機構については前報^{1),2)}で理論的に考察した。本報および次報においては加熱スライバの内部における単繊維の引きぬき過程の摩擦力と振り過程の摩擦力との性質に関する実験結果をのべる。これらの過程は集合して撚りのある繊維束の強伸度関係と撚りモーメント関係とを与えるものとなる。

撚りのある繊維集合体は、紡績糸と連続糸に大別される。紡績糸の撚りと強度との関係は、1930年代に Turner³⁾、藤野⁴⁾らによつて単繊維表面の摩擦力の総和としての取扱法が確立し、その後この流れは Sullivan⁵⁾、Hannah⁶⁾、Morton-Yen⁷⁾、Gregory⁸⁾あるいは井谷⁹⁾、池田-岡野¹⁰⁾、久間¹¹⁾らにうつがれている。いつぼう連続糸に関しては前世紀の海底電線の強度解析にはじまり、Platt¹²⁾、Trelor¹³⁾、Hearle¹⁴⁾、Shorter¹⁵⁾、Kilby¹⁶⁾、図師¹⁷⁾、真鍋¹⁸⁾、大沢-松本¹⁹⁾、鈴木²⁰⁾ら多くの人々によつて、その強伸度、モーメント、曲げ剛さなどが、構成単繊維の粘弾性強度の総和として論じられている。ともにモロホジカルには構成繊維の束断面における半径方向の曲率の相違による圧力分布、また束軸方向における繊維の migration が基礎になつている。そして紡績糸の連続糸に対する強度的取扱いの特徴は、有限長の構成繊維上に分布する摩擦力の設定である。

この然糸内短繊維に働らく、いわゆる摩擦長なる概念は紡績糸の強度特性の根源を与えるのもであるが、それを直接実測することはむずかしい。本報の推定法も、間接比較法の一つの試みにすぎない。ただ従来は混合していた撚りによる単繊維曲率の増加のための摩擦力と、束の密度の増加のための摩擦力の変化とが分離された点に意義があると考えらる。

1. 撚られた束と圧縮された束における撚り角と圧力との対応

はじめに、撚つたとき束内の繊維間にはどの程度の圧力が生じるか、また撚るとか圧縮するとかにかかわらず束内繊維の摩擦力は束の充実度だけで定まるかどうかをみるため、Fig. 1 に示すような実験をおこなつた。

実験試料の平行繊維束としては、羊毛のトップ仕上りのスライバを使用し、これはオイルングされている。自然状態のスライバは、長さ1cmあたりの重さが27.5 mg/cm (C.V. は4.1%)、断面繊維数 N は約2600本、みかけの直径約2.5cmで、porosity を ϵ としたときの束の充実度 $(1-\epsilon)=0.004$ である。またこのスライバを構成する羊毛繊維は、平均繊維長 $\bar{l}=3.14$ cm、有効

Fig. 1. Schematic arrangement of experimental apparatus for frictional balance between compressed wad and twisted sliver.

繊維長4.7cm (その分散度は28%)、直径 $b=32\mu$ 、密度 $\rho=1.32$ であつた。

実験の準備は、まず Fig. 1 のワッドを、幅3cm、深さ4cm、長さ15cmの断面角U字型の溝に約3.5gの平行繊維束 (スライバ十数本) を一様につめて、上から荷重 W を与えて圧縮ができるようにつくつておく。また加熱用スライバ部は、長さ20cmの1本のスライバの中心に真直ぐな針金を通し、スライバの中央15cmを距てて両端2.5cmの範囲は細いガラス管を針金にかぶせ、このガラス管の表面にスライバを結え付けてつくる。撚り縮まぬようにしてスライバの一端を n 回撚つたとき、撚はスライバの中央のところに施され、しかも中心の針金は、スライバのつかみ部分に邪魔されずに引き抜くことができる。つぎに針金の他端を wad の中央部に通し、このとき wad が圧縮されても、針金は常に水平を保つように wad は上下に動かさうものとしておく。

この装置を用いて、ワッド表面の圧力の強さ $R(\text{g/cm}^2)$ とスライバの1cm当りの撚角 $\theta(\text{deg/cm})$ との平衡関係を測定する手順はつぎのごとくする。すなわち、Fig. 2 でみられるように、針金の中央部に5mm距てて規定点をつけておき、ワッドに定められた圧力 R を与えて、スライバを1cm水平に動かすときワッド内の針金がちょうど5mm動くまで、スライバに施撚 θ をおこなう。この場合ワッドとスライバとの内部では針金が対称的に5mmずつ移動するわけで、圧力 R と撚角 θ とは、針金の引抜き摩擦力を介して、たがいに釣合つた状態にある。

予備実験として、 $R-\theta$ 関係におよぼす繊維束の長さ、針金の太さ、湿度の影響および履歴性、再現性、精度などをしらべた。その測定例を Fig. 3 にかかげた。図において、(1) 束長 $L_0=15\text{cm}$ と 7.5cm とをくらべると、同じ R に対して $L_0=7.5\text{cm}$ の方が $\theta=5^\circ/\text{cm}$ ほどよけいに撚つて摩擦力がつりあう。これは L_0 が短いとスライバ内の針金の把握力が不十分なためである。

(2) 針金の太さ $d=0.195\text{cm}$ と 0.055cm の場合では細い方が、同一の R に対して θ が $10^\circ/\text{cm}$ くらい増大する。これは中心に入れる針金太いほど同一の θ で燃らせたスライバの充実度は大きくなるから当然である。

Fig. 2 Illustration of comparison between the value of wad friction F_w and that of sliver friction F_s in relation to the inserted wire.

Fig. 3. Correspondence of R with θ . The effects of sample length L_0 and inserted wire diameter d , temperature and relative humidity are shown. And reproducibility and hysteresis of data are also shown.

(3) 相対湿度を 68 %, 58 %, 36 % と変えると、乾燥する方が同一 R のに対して θ は大となり 36 % R. H. のときは 68 % R. H. にくらべると θ は約 $5^\circ/\text{cm}$ 増加する。これも当然である。(4) スライバを加熱してゆく

場合と、解熱してゆく場合とでは、 R - θ 関係に履歴現象があらわれる。同一の R に対して解熱では加熱にくらべて $\theta=20^\circ/\text{cm}$ 程度の回復遅れがある。(5) 測定値の再現性は、測定ごとに試料を 60°C の恒温槽中で数時間乾燥し、常温で 2~3 時間放置すれば、 $\theta=3^\circ/\text{cm}$ 以内の相違におさまる。(6) 測定の精度は同一の R に対して $\theta=\pm 2.5^\circ/\text{cm}$ である。針金が重いため θ のこの範囲内では、針金の滑抜状態はほとんど変わらない。したがって、われわれの実験では上記の (2), (4) 以外は、たいした問題にはならないが、以下の測定は、 $L_0=15\text{cm}$, $15^\circ \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 4\%$ R. H. に指定しておこなった。

実験の主目的であるところの、摩擦力が平衡状態にあるばあいワッドおよびスライバの充実度 $(1-\epsilon)_w$ と $(1-\epsilon)_s$ の対応、前者の圧力 R と後者の捩角 θ との関係、さらにワッドにおける R と $(1-\epsilon)_w$ 、スライバにおける θ と $(1-\epsilon)_s$ との関係は Fig. 4 のごとくえられた。これらにおける充実度は、ワッドでもスライバでも数カ所の断面積を平均して荷重や燃りによる体積の変化を追跡して計算された。定性的な結果をまとめるとつぎのとおりである。(1) 引き抜き摩擦力を同一にするためには、平行繊維束 (wad) の充実度は燃らせた繊維束 (sliver) の充実度より大にする必要がある。理由は燃りのある束では繊維の曲率による圧力で生じる摩擦力が加重されるからである。(2) 平行繊維束では圧力 R の増加による充実度 $(1-\epsilon)_w$ の増加の割合は漸次減少する。(3) 施燃繊維束では捩角 θ の増加による充実度 $(1-\epsilon)_s$ の増加の割合は次第に

Fig. 4. Correspondence of pressure R at wool wad (fullness $(1-\epsilon)_w$) to torsional angle θ of wool sliver (fullness $(1-\epsilon)_s$). Diameters of the inserted wires are: $\circ$ $d=0.55$ mm, $\bullet$ $d=0.65$ mm, $\bullet$ $d=1.95$ mm.

増大する傾向がある。(4) 摩擦力が釣合っているときの R - θ 関係は、 θ の増加に対する R の増加の割合が、 θ の増すにつれてよけい大きくなるように経過する。

こうして測定値 Fig. 4 は、今後燃れた束内の摩擦力を平行繊維群から単繊維を引き抜くときの摩擦力と対応させる場合に使用される換算図表となる。

2. 燃れた束と圧縮された束における繊維間摩擦力の比較

前節では、 R - θ の対応関係が見出されたから、つぎに圧力 R (g/cm²) が指定されたときの平行繊維束内単繊維に作用する引き抜き摩擦力 F_w (g/cm) をしらべてみる。

平行繊維束としては前節の wad をそのまま使用し、その中からの羊毛単繊維の引き抜きは、われわれが以前に報告した方法²¹⁾ でおこなう。引きぬきの加重速度は 0.018 g/sec である。3 回繰返しの測定値はよく一致した。また引き抜き力はワッド内に挿入した繊維長に比例することも確かめられた。測定値を整理して、単位長さ当りの引きぬき摩擦力 F_w (g/cm) におよぼす wad 表面の単位面積当りの圧力の強さ R (g/cm²)、ワッドの充実度 $(1-\epsilon)_w$ 、ワッド内繊維の単位表面積当りの圧力 $R/(1-\epsilon)_w$ (g/cm²) の影響を、それぞれ Fig. 5, Fig. 6, Fig.

Fig. 5. Pressure dependence of the withdrawal force for a fiber from wool wad.

Fig. 6. Effects of wad fullness on withdrawal force per unit length of fiber.

Fig. 7. Theoretical (Postle-Ingham) pressure variation of withdrawal force, and experimental values for compressed wool wad.

7 に示す。

F_w - R 関係はつよい逆 S 字型、 F_w -($1-\epsilon)_w$ 関係はよい S 字型であつて、 F_w - $R/(1-\epsilon)_w$ 関係がよい線型となつている。したがつて、さいごの直線関係には Cox らの表式²²⁾

$$F_w = 2b\mu_0 \frac{R}{(1-\epsilon)_w} + \text{const.} \quad (1)$$

が適用される。式(1)において、繊維の直径 $b=32$ ミク

ロンを用いると、羊毛の平均摩擦係数が $\mu_0=0.26$ と推定される。このことはすでに Postle-Ingham²⁸⁾ が報告していることの追試にすぎない。われわれの場合は、平行繊維束でえられた F_w - R などの関係を、前節の R - θ 関係と結合して、撚られた束内の繊維間摩擦力を解析しようとする点に実験の意義がある。

そこで、もしも撚られた束内の単繊維に働らく摩擦力 F_s (g/cm) が束の充実度 $(1-\epsilon)_s$ だけできまるものならば、何らかの方法で測定される F_s -($1-\epsilon)_s$ 関係は、

Fig. 8. Plots of strength P to elongation ΔL for n (cm^{-1}) turns twisted wool sliver. (sample length L_0 , mean fiber length $\bar{L}$, linear density k_0 and sectional numbers of fiber N).

Fig. 9. Dependence of the strength upon fiber fullness for twisted wool fiber.

Fig. 6 の F_w -($1-\epsilon)_w$ 関係と同様に経過するであろう。逆に、この両者に差があらわれるならば、その差は撚りによる単繊維の曲率から生じる摩擦力に帰せられるであろう。

やわらかい構造に撚られた繊維束から、そのままの曲率をたもつて単繊維を引き抜くことは、実際問題としては正確を期しがたい。われわれは、撚り別に束の強伸度曲線を測定して、その強度 P (g) から束内繊維に働らく平均的な摩擦力 F_s (g/cm) を評価した。試料の羊毛スライバは前節と同じもので、 $L_0=15\text{cm}$ の定長で 1 cm 当り n 回撚った状態で引張り試験器にとりつけ、伸長 ΔL (cm) に対する荷重 P (g) を記録して Fig. 8 がえられた。同時に、伸長に伴う撚り束の直径の変化を数カ所で測つて、撚られた束の充実度 $(1-\epsilon)_s$ と荷重 P との関係を図示した結果が、Fig. 9 のごとくなる。強度 P は最初の撚数 n が小さい束ほど小さいが、伸長とともにそれぞれの束の充実度 $(1-\epsilon)_s$ が増加して、各々の撚別スライバを通じて、Fig. 9 の P -($1-\epsilon)_s$ 関係は重なったものとなり、 P と $(1-\epsilon)_s$ とはほぼ一意的に対応する。ただこの強度 P のすべてが繊維間摩擦力とは考えられず、Fig. 8 からみわかれるとおり、伸長の初期の弾性的なものが、 P - ΔL 曲線の変曲点の付近で、摩擦力の総和に変わるものである。Fig. 9 に画いてある実線は、この摩擦的な強度 P とそのときの束の充実度 $(1-\epsilon)_s$ とを結んだもので、これが Fig. 6 の F_w -($1-\epsilon)_w$ と比較さるべきものとなる。両図をくらべると、Fig. 6 の直線的なのに対して、Fig. 9 では 2 次曲線的に増大し、撚束内における曲率による摩擦力効果は明瞭である。

Fig. 10. Estimated contribution for wool fiber in n -twisted sliver to frictional force per unit length from frictional component due to density increment $F_w/4$ and friction component due to curvature increment $(F_t - F_w/4)$.

このことを定量的に示すために、Fig. 10 には、撚束内の1本の繊維に作用する1cm 当りの繊維間摩擦力 F_t (g/cm) を、 P - ΔL 曲線の変曲点の勾配から（この付近の勾配は約1cmの間一定であるから $\Delta L=1$ cm で束の張力の増加とした）

$$F_t = \left[\frac{1}{N} \frac{dP}{d(\Delta L)} \right]_{\text{inf.}} \cdot \frac{\Delta L}{l} \quad (2)$$

のごとく求め、これを変曲点における実際の撚数 n (cm⁻¹) に対してプロットした。また同時に、この撚数 n をもつ撚束の充実度 $(1-\epsilon)_s$ に相当する平行繊維束の充実度 $(1-\epsilon)_w$ を Fig. 4 を用いて換算し、この $(1-\epsilon)_w$ の値におけるワッドからの引き抜き摩擦力の値 F_w を Fig. 6 から見出すことによつて、Fig. 10 には F_w - n 関係をも併せ記入した。ところで、われわれが以前に“4分の1則”として報告したように²⁴⁾、平行繊維束（無撚スライバ）内の1本当りの繊維間摩擦力 $(\Delta L/l)$ $(1/N)(dP/d(\Delta L))_0$ は wad からの単繊維の引き抜き摩擦力 F_w の1/4に相当している。よつて撚りのあるときの F_t と比較するべき撚りのないときの摩擦力は、Fig. 10 の $F_w/4$ の値である（逆にいえば F_w に対しては F_t の推定値である $4F_t \equiv F_w$ が対応する）。

ここにえられた Fig. 10 が本報の目的とする主要な結果である。すなわち（1）撚られたスライバ内の繊維間摩擦力 F_t の撚数 n による変化は、束の撚りに伴う充実度の増加による摩擦力 $(F_w/4)$ の効果と撚られたための曲率の増加による摩擦力 $\{F_t - (F_w/4)\}$ の効果に分離される。（2）撚り数 n に対して、充実度による摩擦効果 $F_w/4$ は飽和曲線的に漸増するが、曲率による摩擦効果 $\{F_t - (F_w/4)\}$ は指数函数的に急増する。（3）撚数がごく小さいばあい、曲率効果 $\{F_t - (F_w/4)\}$ が負になつて物理的意味が失われる。これは束内繊維の migration による撓みと考えられる。次節では、この点を含めて束内繊維の内部状態をさらに検討しよう。

3. 繊維間摩擦力からみた撚られた束の内部状態の検討

短い単繊維からなる平行繊維束が一定長で撚られるとき、もし断面の個々の繊維が同心円筒に沿つて規則正しく捩られるならば、単位長さ当りの捩り角を θ 、外層の半径を r とすると、束の密度 $\bar{\rho}_\theta$ は

$$\bar{\rho}_\theta = \bar{\rho}_0 \{1 + \Sigma_0 (r\theta)^2\} \quad (3)$$

で与えられる²¹⁾。ここに $\bar{\rho}_0$ 、 Σ_0 は無撚りのときの束の密度およびポアソン比である。式（3）にしたがつて、われわれの試料の羊毛スライバが理論どおりに撚られていれば、その密度変化 $(\bar{\rho}_\theta/\bar{\rho}_0 - 1)$ は $(r\theta)^2$ に比例する

Fig. 11. Variation of the bulk density increment $(\bar{\rho}_\theta/\bar{\rho}_0 - 1)$ with torsional angle θ for twisted sliver with a wire of diameter D inserted

Fig. 12. Dependence of twist number upon radial pressure P_w per unit length of wool fiber in twisted sliver.

筈である。ところが実際の測定値は、Fig. 11 に示すように、束の中心に針金を入れないもの ($d=0$) は直線的な比例関係を満すが、直径 d の針金を入れた束では撚りの初期に密度があまり変わらないで後に急激に増加して関係図は折線になっている。しかも $d=0$ の場合の比例係数は約2.5で、これは無撚スライバの伸長のさいのポアソン比 $\Sigma_0 \approx 1$ よりも大きい。このことは撚りによつて密度は理論値より急増し、束は内部までよくしめつけられることを示している。また針金を中心に通して撚るときは表面の繊維が先にずりを起こし、撚りが進んでから内部の繊維が緊張するものと考えられる。すなわち、われわれのスライバは層別に規則正しく撚られるものではなく、束内繊維は撓んだ状態で互にいくつで migration をもっている、いわば海綿状のものと見なさるべきである。

密度の変わりやすいスライバを加撚する過程は、海綿状の丸棒を捩ることに相当し、これを層別に別けて弾性的な取扱いをすることは、数学的の便宜にすぎない。束内の圧力を問題にするばあい、中心軸から有限半径へだたつたところの層に、かりに想定した線分の単位長さ当りに作用する圧力と解すべきで、実在の1本の繊維に

働らくものではない。そしてその圧力の強さは、束を構成している繊維全体の寄与が平均して、束軸からの半径の値に応じて変化する有様を示しているものとみるべきでなる。撚りによつて束内に生ずる圧力、これは今までに実測された例はない。われわれの実験も間接的な測定であるが、同一物体の静摩擦力は圧力と1対1に対応することをみとめるならば、Fig. 4の結果から、単位長さ当りの束の撚数 n と、束の中心部の単位長さ当りの圧力 p との関係がFig. 12のごとく求められる。ここに $n = 2\pi\theta$, p はCoxにしたつて²⁸⁾、繊維の直径に相当する針金表面の横幅を b とすると、この幅で長さ1cm当りに作用する針金をとり囲む繊維群の圧力が

$$p = 2bR/(1-\epsilon)w \quad (4)$$

である。Fig. 12によつて、少くとも、束内圧力が撚数に応じて増大する有様は実証されたといえるであろう。

上ではスライパは海绵状と規定して撚による密度や内部圧力の変化を説明したが、それならば前節さいごに述べた束内の繊維間摩擦力に関する実験結果はどのように理解されるか。migrationをもつた繊維がいくつで集合している束に張力を与えれば、繊維がずれようとするときお互の間には摩擦力が働らく。この摩擦力は半径 r の層では平均してある値をもつであろう。この事実は海绵状の丸棒に仮想された円筒層間に摩擦力を付け加えて

Fig. 13. Schematic spiral structure of twisted sliver.

Fig. 14. Theoretical twist effect of $\langle T_1/T_0 \rangle$, and experimental values of $F_i/(F_w/4)$ for twisted wool sliver.

表示される。すなわち、Fig. 13において、 r_1 層の撚りの母線方向の線分 l に対して、その曲率半径を $\lambda_1 = r_1/\sin^2\varphi$ とすると、 l に沿うての摩擦力による張力が

$$T = T_0 \exp(\mu l/\lambda_1) \quad (5)$$

で与えられるとする。 l を単位長にとり、母線の傾角 φ が小さいばあいには、 $\sin\varphi \approx \varphi = 2\pi r_1 n$ で、式(5)は束の単位長さ当りの撚数 n の函数となる。さらに $n < 1$ のとき、式(5)の第2項までの近似で、 r_1 について平均すれば、 r_0 を束の外層の半径として

$$\langle T_1/T_0 \rangle = 1 + \frac{8\pi^2}{3} \mu r_0 n^2 \quad (6)$$

をうる。式(6)で T_0 は張力をうけた束の無撚りのときの繊維1本当りの張力、 T_1 は撚数 n のときの繊維1本の自由端から単位距離における張力である。したがって、両者の比の平均値は、摩擦力に換算すると

$$\langle T_1/T_0 \rangle = F_i/(F_w/4) \quad (7)$$

なる値に相当する。式(7)の右辺の測定値を式(6)の右辺の n^2 の値に対してプロットしてFig. 14の結果がえられる。ここでは直線関係が満足されて、その勾配から、繊維間摩擦係数は $\mu \approx 1$ となる。

式(6)が規則正しく撚られた束のばあいと解釈がちがうのは、撚りの母線が実在の1本の繊維ではないことである。それは海绵状の円筒層に仮に考えられた線分に生じる摩擦力のための張力変化である。そしてその平均的な値が式(7)で与えられたのである。実際には束内繊維は互いにいくつで集合しているから、仮想された層面の線分は交錯した多数の繊維の部分部分の連結によつて構成されている。このことが、式(7)における撚りのある束内の繊維表面の摩擦係数 μ の値を、無撚りのときの引き抜き力から求められる $\mu_0 = 0.26$ (式(1))の値の数倍にも大きくしている原因と考えられる。こうしてmigrationのある撚られた束内では繊維間摩擦係数の測定値は個々の繊維間摩擦係数よりも増大する傾向のあることが結論される。

む す び

本報においては、Fig. 1に示した方法によつて、撚りのある羊毛スライパと撚りのない羊毛ウッドとの間に挿入された針金の摩擦力が釣合うときのスライパの撚数 n とウッドの圧力 R との対応が測定された。 n と R との関係はFig. 4のごとくなる。このウッドから1本の繊維を引き抜くに要する力は圧力 R とともにFig. 5で見られるように逆S字型で増加する。そして羊毛の摩擦係数は $\mu_0 = 0.26$ であつた。また撚数 n のときのスライパの内部の繊維1本当りの摩擦力 F_i は、スライパの強伸度曲線から推定すると、 F_i が n とともにFig. 10のごとく指数曲線的に変化した。

以上の測定結果から、燃られたスライバの内部状態について次の諸点が実証された。

(1) 加熱スライバの中心軸の圧力 p_w は燃数 n の増加につれて、Fig. 12 に示すように 2 次曲線的に増大する。

(2) 加熱スライバ内の繊維相互間の摩擦力は、1 部分は燃りによる束の密度の増加によつて、一部分は繊維の曲率の増加によつて、燃数とともに増大する。前者の測定値は Fig. 10 の $F_w/4$ で示され、後者の測定値は $(F_t - F_w/4)$ で示されている。

(3) 加熱スライバ内の繊維は規則正しいスパイラル状には燃られないで、繊維はいりくんでいるため束全体が海綿状に振られる。したがつて燃りの母線方向の線分に作用する摩擦力を式 (6), (7) のごとくおいて、 $F_t/(F_w/4)$ の測定値から推定すると繊維間摩擦係数が $\mu = 1$ となつて、引き抜きの摩擦係数 $\mu_0 = 0.26$ より大きくなる。これは束内繊維の migration の効果である。

付記：本報は昭和 35 年 10 月繊維連合研究発表会において報告された。

文 献

- 1) 木下茂武；織学誌，13，607 (1957)
- 2) 木下茂武；織学誌，13，669 (1957)
- 3) A. N. Gulati, A. J. Turner : *J. Text. Inst.* 21 T 561 (1930)

- 4) 藤野清久；糸の機械的性質 (1939)
- 5) R. R. Sullivan : *J. Appl. Phys.*, 13, 157 (1942)
- 6) M. Hannah : *J. Text. Inst.*, 41, T 57 (1950)
- 7) W. E. Morton, K. C. Yen : *J. Text. Inst.* 43, T 60 (1952)
- 7) J. Gregory : *J. Text. Inst.*, 41, T 1 (1950) ; 44, T 499 (1953)
- 9) 藤野，井谷；織機誌，13，89 (1960)
- 10) 池田，岡野ほか；織学誌，13，885 (1957) ; 14, 70, 842 (1958) ; 15, 552 (1959)
- 11) 久間秀彦；織機誌，13，305, 560, 710 (1960)
- 12) M. M. Platt : *Text. Res. J.*, 20, 1 (1950) ; 24 132 (1954) -- 29, 592 (1959)
- 13) L. R. G. Treloar : *J. Text. Inst.*, 47, T 348 (1956)
- 14) J. W. S. Hearle : *J. Text. Inst.*, 49, T 389 (1958)
- 15) S. A. Shorter : *J. Text. Inst.*, 48, T 99 (1957)
- 16) W. F. Kilby : *J. Text. Inst.*, 50, T 673 (1959)
- 17) 図師督，織機誌，6，267 (1953) ; 9, 392 (1956)
- 18) 真鍋朋信；織機誌，8，685 (1955) ; 9, 35 (1956)
- 19) 大沢，松本；織学誌，14，610 (1958)
- 20) 鈴木恵；高化，17，289, 295 (1960)
- 21) 木下，滝沢；織学誌，16，100 (1960)
- 22) 木下，滝沢；織学誌，15，455 (1959)
- 23) L. J. Postle, J. Ingham : *J. Text. Inst.* 43, T 77 (1952)
- 24) 木下，滝沢；織学誌，17，89 (1961)