インターレース糸の摩擦交絡強度

葛 明橋, 家元 良幸, 田上 秀一

Frictional Tangling Strength of Interlaced Yarns

Mingquao Ge, Yoshiyuki Iemoto and Shuichi Tanoue

Abstract

In order to make the frictional tangling strength of interlaced yarns clear, interlaced yarns were subjected to iterative frictional forces by reciprocating rubbers and afterward their number of tangles was measured. The frictional tangling strength is defined as the ratio of the residual and original numbers of tangles. The number of friction, friction angle, static tension, friction speed and kind of yarns were used as experimental parameters. Results obtained are as follows.

(1) When the number of friction, friction angle, static tension and friction speed are large, tangling parts easily disappear. When the friction angle is large, difference in length between filaments on inner and outer sides of bending yarn is notable and occurrence of slip of filaments is easy and hence, tangling parts easily disappear owing to large bending angle of yarn and frictional force. When the static stress is large, the frictional force increases and hence, the above mentioned difference in filament length is large and the slip easily occurs. The friction speed has no effect on the frictional force. However, when the friction speed is large, every filament does not move and deform together with each other synchronously with the time variation of the frictional force and hence, the slip easily occurs.

(2) Yarns with more filaments or larger fineness show larger frictional tangling strength because of larger degree of entanglement and cohesion of filaments.

(Received 10, July, 1996)

(Accepted for Publication 14, Feb. 1997)

1. 緒 言

インターレース糸は、繊維が互いに絡まった交絡部と絡まっていない開繊部を糸軸方向に交互に持つので、集束性を有し、加工中に糸切れを起こしにくい。単位長さ当たりの交絡部の数（交絡数）は、集束性を左右するので、インターレース糸の基本評価量であり、この外観に関する量の測定法がこれまで数多く提案されてきた^{1~24)}。

大きな集束性により加工性は向上するが、交絡部が編織布に残留すると風合いや外観上の欠点となるので、インターレース糸の交絡部は、加工の際に受ける引張や摩擦などの外力により、製布工程完了時において完全に消滅することが望まれる。従って、インターレース加工では、加工直後の交絡数だけで

なく、外力を受けた後の交絡の残留の度合いを把握することが必要である。外力を受けた後の交絡部の残留度合いを交絡強度と呼ぶ。交絡強度は、外観から評価できないが、インターレース糸に内在する重要な評価量であり、インターレース糸には適切な交絡強度を有することが望まれる。

交絡強度に関する主な測定方法には以下のものがある。

① 糸に一定張力を一定時間与えた後、張力を除き、残留した交絡数と元の交絡数の比で評価する^{25, 26)}。

② 応力緩和実験を利用する方法で、糸に一定伸長歪を一定時間与えた後の張力により評価する。交絡強度が大きければ、伸長後の糸は伸長前の糸の形態を保持するので、張力大きい。逆に交絡強度が

小さければ、交絡部が消滅して糸は長くなり、張力は小さい。この方法は、タスラン糸の評価に用いられた²⁷⁾。

③ 疲労実験を利用する方法で、一定回数繰り返し応力を与えた後、残留した交絡数と元の交絡数の比により評価する。

④ 一定速度で走行する糸に摩擦体により摩擦力を付与した後、糸の見かけの外径を光量あるいは静電容量の変化によりオンライン計測し、元の糸の見かけの外径と比較して評価する²⁸⁾。

⑤ 一定速度で走行する糸をその糸自身により摩擦した後、残留した交絡数と元の交絡数の比により評価する²⁹⁾。

このように、交絡強度は外力を与えた後の交絡数を測定することだけでなく、張力によっても評価される。交絡強度を評価するために加えられる外力は、①、②では静的な引張力、③では繰り返し引張力、④、⑤では静的な引張力に組み合わされた一定摩擦力であり、①、②では静的引張交絡強度、③では繰り返し引張交絡強度、④、⑤では定常摩擦交絡強度が測定される。

以上のように、交絡強度を評価するために様々な種類の外力や測定対象が用いられている。しかし、製編織時には緊張状態の糸に摩擦力が繰り返し加えられるので、静的引張交絡強度や定常摩擦交絡強度よりも繰り返し摩擦交絡強度の方がより実際のであると思われるが、繰り返し摩擦力がインターレース糸の交絡強度に及ぼす影響は明らかにされていない。

そこで、本報では、摩擦回数、摩擦角度、摩擦速度、摩擦力、糸番手、繊維繊度、繊維数などの諸因子が、繰り返して摩擦力を受けた緊張状態のインターレース糸の交絡強度に及ぼす影響を検討した結果について述べる。なお、交絡数は容易に測定できる直裁的な量なので、残留交絡数と元の交絡数の比により交絡強度を定義する。

2. 実験装置および方法

2.1 試料糸

表1に示す4種類のポリエステルマルチフィラメント仮撚加工糸を、基本形状のインターレーサ[®]（糸道管直径2.8mm、糸道管長さ14.7mm、空気噴射ノズル直径1.4mm、ガイド間距離31.5mm）を用いて、糸速度200m/min、フィード率1%、作動空気圧

Table 1 Interlaced yarns

notation	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
yarn count [d]	152	152	99	76
number of filaments	48	34	34	24
fineness [d]	3.17	4.47	2.91	3.17
number of tangles [m ⁻¹]	103	101	108	106

0.3MPa、初期張力0.5mN/d（1mN=0.102gf）の条件下でインターレース加工し、試料糸とした。糸 Y₁ と Y₂ は、番手が同じで、繊維数と繊維繊度が異なる。Y₁ と Y₄ は、繊維繊度が同じで、番手と繊維数が異なる。Y₂ と Y₃ は、繊維数が同じで、番手と繊維繊度が異なる。このように番手、繊維数、繊維繊度の異なる糸を用いて、糸種類が摩擦交絡強度に及ぼす影響を調べた。表中に示す各糸の交絡数は、張力0.3mN/dを加えたときの糸長5mをマークし、張力を取り除いた後に目視により測定したもので、その値は互いにほぼ等しい。

2.2 実験装置および装置特性

図1に実験装置を示す。糸の一端を張力計に固定し、他端に重りを吊す。この重りにより、糸に静的張力σ_sを与える。糸に摩擦力を付与する摩擦子は、上部3枚、下部2枚のクロムメッキを施したマンガン鋼板（厚さは0.4mm、糸との接触部は半径0.2mmの円弧、表面粗さR_a=0.14μm）で構成されている。5枚のマンガン鋼板は一体に組み立てられており、各鋼板の間隔は6mmである。糸と摩擦子の接触角度（以後、摩擦角度という）δは、上下鋼板の距離を調整することにより変えることができる。モータに接続したクランク・ピストン機構（クランク長さR=45mm、連結棒長さL=160mm）により、摩擦子は水平方向に行程90mmの往復運動をする。摩擦子のクランク軸からの距離をs、時間をt、クランクの回転角速度をωとすると、摩擦子の変位方程式は

$$s(t)=R \cos \omega t+\sqrt{L^2-(R \sin \omega t)^2} \tag{1}$$

Fig. 1 Experimental apparatus

Fig. 2 Time variation of yarn tension (Y_1 : 152d/48 f, $\delta=15^\circ$, $\sigma_s=1\text{mN/d}$, $n_c=180\text{rpm}$)

により表される。

次に、本実験装置の特性について調べた。図2に、摩擦角度 $\delta=15^\circ$ 、静的張力 $\sigma_s=1\text{mN/d}$ 、クランクの回転速度（以後、摩擦速度という） $n_c=180\text{rpm}$ における糸 Y_1 の張力 σ を示す。図より、糸張力 σ は時間 t とともに周期的に変化する動的張力である。動的張力の特性値として、図に示した最大張力 $\sigma_{\max}$ 、最小張力 $\sigma_{\min}$ 、張力差 $\sigma_{\text{dif}}=(\sigma_{\max}-\sigma_{\min})/2$ 、平均張力 $\sigma_{\text{ave}}=(\sigma_{\max}+\sigma_{\min})/2$ を定義する。

図3は、糸 Y_1 の動的張力の特性値に対する各種

測定パラメータの影響を示したものである。図(a)には、 $\sigma_s=1\text{mN/d}$ 、 $n_c=180\text{rpm}$ において δ が動的張力の特性値に及ぼす影響を示す。図より、 σ_{ave} は σ_s とほぼ等しく δ の影響は見られないが、糸に付与される摩擦力 σ_{dif} は、摩擦子の運動方向にかかわらず一定で、 δ の増加とともに急激に増加する。図(b)に、 $\delta=15^\circ$ 、 $n_c=180\text{rpm}$ において σ_s が動的張力の特性値に及ぼす影響を示す。動的張力の各特性値は σ_s に対してほぼ正比例で増加する。図(c)に、 $\delta=15^\circ$ 、 $\sigma_s=1\text{mN/d}$ において n_c が動的張力の特性値に及ぼす影響を示す。動的張力の特性値は n_c に関係

(b) Effect of static tension ($\delta=15^\circ$, $n_c=180\text{rpm}$)

(a) Effect of friction angle ($\sigma_s=1\text{mN/d}$, $n_c=180\text{rpm}$)

(c) Effect of friction speed ($\delta=15^\circ$, $\sigma_s=1\text{mN/d}$)

Fig. 3 Yarn tension (Y_1 : 152d/48f)

Fig. 4 Frictional force ($\sigma_s=1\text{mN/d}$, $n_c=180\text{rpm}$)

なく、それぞれ一定値となる。

図4に、糸 $Y_1 \sim Y_4$ に生じた摩擦力 σ_{diff} を示す。実験条件は、 $\sigma_s=1\text{mN/d}$, $n_c=180\text{rpm}$ である。 σ_{diff} は、糸種に依存しないことがわかる。なお、図示を省くが、いずれの糸の動的張力も n_c に依存しないことは確認済みである。

2.3 実験方法

前節2.2で述べた特性を持つ糸摩擦実験装置を用いて、試料糸の表面を摩擦子で繰り返し摩擦し、残留交絡数を次のようにして測定した。摩擦子の運動距離は90mmなので、摩擦子の長さ12mmを差し引いた糸の中央部およそ50mmに位置する交絡部に注目し、摩擦力を加える前の交絡部が摩擦力を加えた後に残留するか否かを、無張力状態で目視により判定した。糸の中央部を測定対象とすることにより、注目する交絡部の全域を摩擦するという条件を満足するとともに、摩擦子の運動に依存して糸の伸びが変化するために糸の摩擦箇所が移動する³⁰⁾という問題を解決した。張力0.3mN/dを加えたときの糸長5mに存在する交絡部を測定対象とするために、1つの実験条件について測定を100回繰り返し、残留交絡数を求めた。

本研究で議論の対象とする摩擦交絡強度 S_i を、残留交絡数 N_i と表1に示した摩擦力を加える前の交絡数 N を用いて、

$$S_i = N_i / N \quad (2)$$

により定義した。

3. 結果および考察

3.1 摩擦回数の摩擦交絡強度に対する影響

図5(a)に、摩擦回数 n_f が摩擦交絡強度 S_i に及ぼす影響を4種類の試料糸について示す。ただし、摩擦回数1回はクランク軸1回転と定義する。実験条件は、摩擦角度 $\delta=15^\circ$ 、静的張力 $\sigma_s=1\text{mN/d}$ 、摩擦速度 $n_c=180\text{rpm}$ である。図より、摩擦開始の領域 ($n_f \leq 50$) において、摩擦交絡強度は急激に減少している。これは、1本のインターレース糸の中に交絡強度の強い交絡部と弱い交絡部があり、弱い交絡部は摩擦力を受けると直ちに解体するためである。弱い交絡部の数はいくら多くても、糸の使用に対して役立たない。糸の使用に対して役立つのは残留した強い交絡部だけである。従って、弱い交絡部の数と強い交絡部の数の比率も、インターレース糸、インターレースおよびインターレース加工条件の評価量の1つと考えることができる。

n_f をさらに増加すると、 S_i はほぼ直線的に減少し、 n_f は交絡部の解体に対して大きく影響することがわかる。作用する方向の変化する摩擦力は、糸を伸ばしたり、弛ませたりするので、静的引張力に比べ、容易に繊維同士の絡みを解体させることができる。

3.2 摩擦角度の摩擦交絡強度に対する影響

図5(b)に、摩擦角度 δ が S_i に及ぼす影響を示す。実験条件は、 $n_f=100$, $\sigma_s=1\text{mN/d}$, $n_c=180\text{rpm}$ である。横軸の値が0におけるプロットは、 $S_i=1$ であり、糸に摩擦力を与える前の値を示している（以下の図も同じ）。図より、 S_i は δ の増加とともに減少する。繊維が摩擦子により急な角度で曲げられると、曲げられた部分の外側の繊維は引っ張られて長く、内側の繊維は圧縮されて短くなるため、外側と内側で繊維長さの差が顕著になる。このため、繊維間ですべりが起こりやすく、交絡部が解体されやすい。これに加えて、図3(a)により、 δ の増加とともに、 σ_{max} は増加し、 σ_{min} は減少して、摩擦力 σ_{diff} は増加するために、曲がり部分の内外における繊維長さの差が大きくなり、交絡部は解体されやすくなると考えられる。

3.3 糸張力の摩擦交絡強度に対する影響

図5(c)に、静的張力 σ_s が S_i に及ぼす影響を示す。

Fig. 5 Tangling strength

実験条件は、 $n_f=100$ 、 $\delta=15^\circ$ 、 $n_c=180\text{rpm}$ である。図より、 S_t は σ_s の増加とともに減少していることがわかる。

交絡部はインターレーサ内における空気力の作用で繊維の互いの位置が入れ替わることにより形成されている。フラット糸の場合、非交絡部の繊維同士は互いに平行であり、交絡部では屈曲した繊維同士が互いに絡まり、繊維間の摩擦により交絡部を保持している³¹⁾。逆に交絡部が解体するためには、屈曲して絡んだ繊維が繊維間の摩擦力を克服して、真っ直ぐな姿勢をとる必要がある。糸が摩擦子から摩擦力を受けて引き伸ばされたときに、屈曲して絡んだ

繊維が真っ直ぐに伸ばされようとする一方で、繊維間の摩擦力も糸張力とともに増加し、絡んだ繊維が真っ直ぐになることを妨げる。従って、交絡部は図示した程度の大きさの σ_s で解体しない。

従って、交絡部の解体は、図3(b)に示したように σ_s の増加とともに摩擦力 σ_{aff} が増加したために生じたと考えられ、動的張力 σ は交絡部の解体に対して大きな影響を持つことがわかる。

3.4 摩擦速度の摩擦交絡強度に対する影響

図5(d)に、摩擦速度 n_c が S_t に及ぼす影響を示す。実験条件は、 $n_f=100$ 、 $\delta=15^\circ$ 、 $\sigma_s=1\text{mN/d}$ である。

図3(c)に示したように、 n_c が増加しても動的張力の特性値は変わらないが、図5(d)より、 S_t は n_c の増加とともに減少し、摩擦速度は交絡部の解体に対して大きい影響があることがわかる。

摩擦速度が小さい場合には、摩擦子により糸に付与された張力と糸の曲がりの向きが緩慢に変化し、繊維の振動が小さくなる。このため、繊維間の摩擦力も糸に付与された張力の変化に同調して変わり、絡んだ繊維同士の相対的な移動が難しくなり、交絡部は解体し難くなる。逆に、摩擦速度が大きい場合には、摩擦子により糸に付与された張力と糸の曲がりの向きが急速に変化し、糸は急速な引っ張り弛みの作用を繰り返して与えられ、絡んだ繊維が振動しやすくなる。このため、繊維間の摩擦力の変化は糸張力の変化に同調せず、絡んだ繊維は互いに滑りやすくなり、交絡部は解体しやすくなる。

3.5 糸種類の摩擦交絡強度に対する影響

図5に示した測定結果を用いて、糸種類の摩擦交絡強度に対する影響について考察する。摩擦パラメータ δ 、 σ_s 、 n_c を変化させても、糸 $Y_1 \sim Y_4$ に生じる動的応力の特性値は糸種類によって変化しない。しかしながら、図5より、摩擦パラメータ n_s 、 δ 、 σ_s 、 n_c の増加に伴う S_t の減少の程度は糸により異なる。

まず、糸 Y_1 (152d/48f) と糸 Y_2 (152d/34f) について比べる。共通点は番手であり、相違点は繊維織度と繊維数である。図より、番手が同じ場合には、繊維織度が小さく繊維数が多い糸の摩擦交絡強度が強いことがわかる。これは、繊維織度が小さく繊維数が多い糸の方が、繊維同士の絡みが多い上に、繊維同士の接触面積が大きいので、交絡部で繊維間の摩擦力が大きく、抱合力が大きいためである。

次に、糸 Y_1 (152d/48f) と糸 Y_4 (76d/24f) について比較する。共通点は繊維織度であり、相違点は番手と繊維数である。図より、繊維織度が同じ場合には、番手が大きく繊維数が多い糸の摩擦交絡強度が強いことがわかる。これは、上述のように、繊維数が多い糸は、交絡部で繊維同士の絡みと抱合力が大きいためである。

最後に、糸 Y_2 (152d/34f) と糸 Y_3 (99d/34f) について比較する。共通点は繊維数であり、相違点は番手と繊維織度である。図より、繊維数が同じ場合には、番手が大きく繊維織度の大きい糸は摩擦交絡強度が強いことがわかる。これは、番手が大きく繊維織度の大きい糸の方が、交絡部で繊維同士の抱合

接触面積が大きいので、繊維同士の摩擦力も大きく、交絡部の絡みと抱合力が大きいためである。繊維織度の大きい糸は、繊維の曲げこわさが大きいため、繊維同士は絡みにくいと考えられるが、一度形成された交絡部の摩擦交絡強度は大きいと思われる。

以上の検討から、本研究で用いた糸の摩擦交絡強度は糸 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 の順に減少する。

4. 結 言

インターレース糸に往復運動する摩擦子を用いて繰り返し摩擦力を加え、摩擦回数、摩擦角度、静的張力、摩擦速度、糸種類をパラメータとした場合の残留交絡数を測定することにより、インターレース糸の摩擦交絡強度について検討した。

得られた主な結果を以下に記す。

(1)摩擦回数、摩擦角度、静的張力、摩擦速度が大きいほど、交絡部は解体しやすい。摩擦角度が大きいほど、糸の曲がる角度が大きくなる上に摩擦力が大きくなるので、曲がりの内外における繊維長さの差が著しくなり繊維間に滑りが起こりやすく、交絡部の解体が起こりやすい。静的張力が大きいほど、摩擦力も大きくなり、曲がりの内外の繊維の長さの差が大きくなって、繊維間の滑りが起こりやすい。摩擦速度は摩擦力に影響しないが、この量が大きくなると、各繊維が摩擦力の時間変化に追従して運動・変形せず、繊維間に滑りが生じて、交絡部の解体が促進される。

(2)繊維数や繊維織度が大きい糸ほど、繊維同士の絡まりと抱合力が大きいので、摩擦交絡強度は大きい。

参考文献

- 1) 加藤, 前沢; 特開昭61-119745
- 2) 根岸; 特開昭51-64054
- 3) 佐野, 小笠原, 椿森; 特公昭55-30457
- 4) 鳳, 四衛, 植木; 特開平4-202820
- 5) 田尻, 湯上; 特開平5-33235
- 6) 釜本, 竹内, 阿部; 特開平6-220732
- 7) 佐野, 小笠原; 特開昭55-67030
- 8) 佐野, 小笠原; 特開昭58-115170
- 9) 川俣, 斉藤, 今川, 石川, 岸本; 特開昭57-193541
- 10) 吉岡, 平井, 浅山; 特開昭54-66880
- 11) 加藤, 前沢, 笠岡; 特開昭61-194268
- 12) 様, 家元, 蝶野; 繊維誌, 48, T29 (1995)
- 13) ウォルター・クラーク・グレイ; 特公昭50-28533
- 14) 伊藤, 谷口, 生井; 特開昭54-134157
- 15) 下村, 谷口; 特開昭56-26068

- 16) 松村, 楠本; 特開昭54-43092
- 17) 松村, 楠本; 特開昭54-147255
- 18) 下村, 谷口; 特開昭58-104266
- 19) 渡辺, 坂倉, 木下; 特開昭61-124671
- 20) 佐野, 椿森, 小笠原; 特開昭58-115139
- 21) 白坂, 大石, 石本, 為田; 特開昭59-26570
- 22) 藤浦, 東野, 白坂; 特開昭59-30958
- 23) 山口; 特開昭61-63766
- 24) 家元, 蝶野, 葛; 織機誌, 46, T107 (1993)
- 25) 大滝, 中川; 特開昭54-156843
- 26) 松本, 中川; 特開昭55-132728
- 27) 岩田, 片山, 梅田; 特開昭57-120860
- 28) 真栄田, 井上; 特開昭64-61531
- 29) H. Weinsdörfer; Chemiefasern/Textilindustrie, 36/88, 289 (1986)
- 30) 安藤, 金, 高橋, 原川; 織機誌, 41, T125 (1988)
- 31) 家元, 蝶野, 寺地; 織機誌, 42, T114 (1989)