ポリエステル紡績系の摩擦特性を低下 させるためのコロナ放電表面処理によ る繊維への油剤の固着

奈良女子大学家政学部 丹 羽 雅 子 (会員)

“ 杉 下 る り 子 (“)

京都大学 工 学 部 川 端 季 雄 (“)

Corona Discharge Treatment of Polyester Spun-Yarn for Fixing Lubricant on the Yarn Surface for the purpose of Decreasing its Frictional Coefficient

Masako Niwa*, Ruriko Sugishita* and Sueo Kawabata**,

* *Department of Clothing Science, Nara Women's University, Nara.*

***Department of Polymer Chemistry, Kyoto University, Kyoto.*

Abstract

The frictional coefficient of polyester yarn takes higher value than that of worsted yarn. And this frictional property injures the liveliness of the fabric.

The use of the lubricant is one of the method for improving this property, but there is a difficulty in weak fixing of the lubricant on the surface of fibers.

In almost cases dry-cleaning treatment washes out the lubricant from the surface of fiber.

By the corona discharge method, it is expected that the surface of the fiber is exposed to put negative ion on the fiber and the ion activate, the surface so as to promote the linking between the fiber surface and the lubricant.

It is observed that the corona discharge treatment of the yarn which is dipped in lubricant and dried is effective when cationic lubricant is used and the frictional property of polyester spun-yarn treated is still improved even if after severe washing treatment.

(Received September 9, 1974)

摘 要

目 的 ポリエステル紡績系の摩擦特性を羊毛糸の同特性に近づけるために潤滑油剤で前処理した糸にコロナ放電表面処理を行なって、繊維へ油剤を化学的に結合させる方法をみいだすこと。

成 果 (1) コロナ放電によって負イオンが濃厚な空気中を、油剤を付着させたポリエステル紡績糸を通過させ、ポリエステル繊維の表面を活性化し、油剤と繊維表面との化学的な強固な結合の得られることを、溶剤洗浄処理をした糸の摩擦係数および交差糸の抵抗トルク特性の測定によって確かめた。

(2) 本実験に用いた油剤ではカチオンシリコンとアミノシロキサンの前処理糸にコロナ放電表面処理効果が認められ、苛酷な溶剤による洗浄にも耐えてその摩擦特性の低下を持続させること、そして本実験条件でのコロナ放電表面処理では繊維の表面形状や糸の強度特性に影響を及ぼさないことがわかった。(昭和49年9月9日受理)

1. 緒 言

ポリエステル繊維を用いた布の風合いが羊毛繊維のようにライブリ (lively) なものにするためにはポリエステル糸の表面摩擦特性を羊毛糸のように低い摩擦係数をもつようにする必要のあることは、すでに織物の力学的解析^{1)~4)}から明らかになっている。一般にポリエステル繊維の摩擦係数を低下させるために潤滑油剤 (仕上油剤) 処理する方法がとられているが、この処理は洗濯の段階特にドライ クリーニングにおいて潤滑油剤は溶剤に溶解して、ほとんど脱落する。

本研究では、各種の潤滑油剤で処理したポリエステル紡績糸にコロナ放電表面処理を行ない、オゾンの発生によって繊維表面を活性化し、疎水性のポリエステル繊維に付着した潤滑油剤を化学的に結合させることを目的とする。この処理効果を検討するため、これらの潤滑油剤を溶解する四酸化エチレン (パークレン) を用い、苛酷な洗濯条件のもとで溶剤洗浄試験を行ない、効果が持続するかどうかを糸の摩擦係数の測定¹⁾、交差糸の抵抗トルク測定²⁾を行ない、さらにこうした処理による糸の強度変化や繊維表面形状の変化についても観測する。

これらは主としてポリエステル繊維織物や編布の基本的力学特性を羊毛織物や編布の力学特性に近似させるねらいで糸の摩擦特性の改良を試みたものである。

2. 実験原理と方法

コロナ放電によって負イオンがきわめて濃厚な空気中

を、潤滑油剤を付着させたポリエステル繊維を通過させ、ポリエステル繊維の表面を活性化し、油剤と繊維表面との化学的結合を意図した。

2.1 試 料

繊維長 55 mm, 繊度 2 d のポリエステル紡績糸 30 s を試料糸とする。

この糸を 1 かせ 1g の かせにし、1 hr ベンゼンに浸漬攪拌して糸に付着している油脂分を除去し、室温 (18°C) で 3 hr 真空乾燥した糸を原糸 (試料 #1) とする。

2.2 前 処 理

表 1 に示す 3 種類の脂肪酸および 5 種類の界面活性剤を用い、これらの潤滑油剤のおおのについて糸の摩擦係数を最も低下させる前処理条件を求めるための予備実験を行なった結果に基づいて、室温 (18°C) で表 1 の溶媒を用い、表に示した処理液濃度の処理液中に、上述の 18°C で真空乾燥した原糸を直ちに浸漬し、5 min 間浸漬攪拌し、その後室温で乾燥させた。こうした糸を前処理糸 (試料 #2) と呼ぶ。

2.3 コロナ放電表面処理

試作したコロナ放電用電極は 2 種あり、図 1 は予備実験に用いたものである。図 1 の (1) は前処理糸を 2 つの電極を通して処理する方法、(2) は原糸をコロナ放電処理後に潤滑油剤中を通して巻取する方法、(3) は原糸を潤滑油剤を通す前と後でコロナ放電処理を行なう方法である。いずれも 30 KV の電圧でコロナ放電表面処理を行ない、100 cm/min の一定速度で糸を巻取っている。

予備実験の結果、これら 3 つの方法の中で、コロナ放

表 1 潤滑油剤の化学構造と前処理条件

潤滑油剤	潤滑油剤の化学構造	前処理条件	
		溶媒	濃度 o. w. f (%)
1. Oleic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} : \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Methyl alcohol	0.5
2. Lauric acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Methyl alcohol	5.0
3. Stearic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Methyl alcohol	0.1
4. Epoxy-dimethyl-siloxan	<div>$\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \text{---} & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ \text{H}_3\text{C} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ & \text{CH}_3 & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R} \end{array} \right] & \text{---} & \text{CH} & \text{---} & \text{CH}_2 & \text{---} & \text{CH}_3 \\ & & & & \diagdown & & \diagup & & \\ & & & & \text{O} & & \text{O} & & \end{array}$</div>	Cyclohexane	0.5
5. Dialkyl-dimethyl-ammoniumchloride	$\begin{array}{l} \text{R} > \text{N} < \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{Cl}^- \\ \text{R} : \text{C}_{18} \quad 70\% \\ \text{R} : \text{C}_{16} \quad 30\% \end{array}$	Water	0.5
6. Cationic modified silicone	<div>$\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \text{---} & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ \text{H}_3\text{C} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ & \text{CH}_3 & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R} \end{array} \right] & \text{---} & \text{N}^+ & \text{---} & \text{A}^- & \text{B}^- \\ & & & & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & \end{array}$</div> <div>$\begin{array}{l} \text{A} : \text{H or lower alkyl} \\ \text{B} : \text{Halogen or acid anion} \end{array}$</div>	Water	0.5
7. Amino-dimethyl-siloxan	<div>$\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \text{---} & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{SiO} \end{array} \right] & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ \text{H}_3\text{C} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{SiO} & \text{---} & \text{CH}_3 \\ & & & & & & \\ & \text{CH}_3 & \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R} \end{array} \right] & \text{---} & \text{NH}_2 & & \text{CH}_3 & \end{array}$</div>	Cyclohexane	0.05
8. Dialkyl-methyl amine	$\begin{array}{l} \text{R} > \text{NCH}_3 \\ \text{R} : \text{C}_{18} \quad 70\% \\ \text{R} : \text{C}_{16} \quad 30\% \end{array}$	Cyclohexane	0.05

図1 コロナ放電表面処理用電極 (試作1)

図2 コロナ放電表面処理用電極 (試作2)

図3 電極の形状と寸法

電処理効果が大きく認められた(1)の方法を採用することにした。そして本実験では、(1)の方法で電極を次のように改良した。

糸の周囲を均等に放電するように改良したのが図2に示す電極である。外径34 mm、内径28 mmの塩化ビニルの円管に、厚さ3 mmのアクリル板の蓋をし、円管内でイオン濃度の高い電場が得られるようにした。また電極を3個所に、40 mm間隔、120°の角度をもつようにし、糸の表面付近に濃度の高い負のイオンが当たるよう電極の形状ならびに寸法を図3のように定めて糸の周囲が均等な放電処理を受けるよう設計した。

前処理後24 hr以上常温中に放置した糸を20 KVの

もとでコロナ放電表面処理を行ない、糸の巻取速度は473 cm/minとした。以上のようにしてコロナ放電表面処理した糸を試料#3とする。

コロナ放電表面処理糸の油剤結合効果が洗浄後持続するかどうか調べるため、コロナ放電した糸、しない糸の2つをドライクリーニング用溶剤で洗浄し、そして洗浄前後の摩擦特性を比較した。すなわち前述の試料#1、#2、#3のそれぞれの試料について次のような苛酷な洗浄条件で乾式洗濯を行なった。

乾式洗濯はJIS L 0860(1965)に定められている標準的なドライクリーニング試験法を参考にし、まずこのドライクリーニング溶剤、四塩化エチレンに対して本実験に用いた潤滑油剤のすべてが溶解することを確認めた。ただし、アミノシロキサンのみは本洗濯時間内には充分溶解するが、溶解速度は他の潤滑油剤にくらべて遅い方であった。

洗浄液は四塩化エチレンを用い、浴比1:100とし、30°Cでラバードメーターを40 min作動した。すぎは四塩化エチレンを用い、後風乾した。試料#1、#2、#3の洗浄後の糸をそれぞれ試料#4、#5、#6とする。本実験で採用した洗浄条件はJIS L 0860による方法よりも浴比を大きくし、洗浄時間を長くして機械的振動も強めている。

以上のような処理による処理効果を確認する方法として以下に述べるように、1つは糸と金属細棒との摩擦による摩擦係数の測定¹⁾、そしてもう1つの方法として糸と糸とを直交させて交差角変化による抵抗トルク特性²⁾を測定した。これらの特性値は編布の引張りや曲げ、せん断特性ならびに織物のせん断、曲げ特性の特にヒステリシス特性を大きく支配する特性値である。

2.4 摩擦係数の測定

糸の表面摩擦特性としてKES-F4表面特性試験機¹⁾を用いて平均摩擦係を測定する。図4は測定機の外観を示している。試料は図5のように幅35 mm、長さ200 mm、厚さ0.15 mmの塩化ビニルフィルムに両面テープで幅8 mm、長さ50 mmに糸をすきまなく並べて

図4 KES-F4 表面特性試験機の外観

図5 試料と摩擦子

図6 糸の表面摩擦特性の実測例

は、この上を図5に示す摩擦子で糸表面を糸軸方向に20 mm 移動させて変動する摩擦力を測定する。摩擦子は表面平滑な0.5 mm 径のピアノ線を図のように並べたもので、糸との接触面積は25 mm²、荷重は50 g である。

摩擦係数 μ と糸軸方向の摩擦距離 l との関係の測定例を図6に示す。本装置では図6に示す平均摩擦係数 $\bar{\mu}$ は自動演算されてデジタル表示管から読取って求める。

2.5 交差糸の抵抗トルク特性の測定

交差糸の抵抗トルク特性は織物のせん断変形特性を決定し³⁾、特に抵抗トルクの摩擦項はせん断変形時のヒステリシス特性を支配する。糸と糸とを直交させて、これに交差圧 F_c を与え、交差角 ϕ を変化させた時の抵抗トルク T_r は次式で近似される^{2),3)}。

$$T_r = \pm T_{r0} \pm (C_1 + C_2 \phi) F_c + (C_3 + C_4 F_c) \phi$$

ただし T_{r0} , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 はいずれも定数で、上式の第1, 第2項は摩擦項である。

これらのトルク定数は図7に示す測定機⁴⁾で、2本の糸を直交させて交差圧 F_c を分銅で1, 2, 3, 4, 5g と与えた時の交差角変化 ϕ にともなう抵抗トルク T_r を実測して、 F_c をパラメータとする $T_r-\phi$ 曲線から算出する²⁾。

図7 交差糸の抵抗トルク特性試験機の外観

3. 結果および考察

3.1 摩擦特性の変化

試料 #1~#6 の平均摩擦係数の測定結果を表2に示す。また図8は潤滑油剤の種類別に #2 (前処理糸) #5 (前処理後洗浄した糸) #6 (コロナ放電表面処理の後洗浄した糸) の摩擦係数とそのばらつきの範囲を示し、#4 (原糸を洗浄した糸) と比較するため #4 の摩擦係数のばらつきの範囲を斜線で示している。

図8 潤滑油剤別の平均摩擦係数の測定結果

また表2にコロナ放電表面処理による効果をまとめて示している (次ページ)。

3種の脂肪酸処理糸は前処理で原糸に比して摩擦係数は低下しているが、洗浄後その効果は持続せず、したがってコロナ放電処理による効果は認められない。

エポキシ シリコンとジアルキル ジメチルアンモニウムクロライドは前処理の段階できわめて強固な吸着が生じ、コロナ放電処理をしてもしなくても摩擦係数は変わらない。前者の場合はエポキシ基と繊維の表面との接着効果により、後者は繊維表面の負帯電電荷とイオン結合して前処理のみで強固な吸着層を形成したものと考えられる。

コロナ放電処理の効果が認められるのは、アミノシリコンとカチオン シリコン処理で、表1に示した化学

表 2 前処理，コロナ放電処理による糸の摩擦係数の変化

潤滑油剤	平均摩擦係数 μ			処 理 効 果
	前処理(#2)	前処理+洗浄(#5)	放電処理+洗浄(#6)	
Untreated	(#1) 0.223±0.035		(#4) 0.256±0.019	
Oleic acid	0.201	0.259	0.267	コロナ放電処理効果なし
Lauric acid	0.221	0.214	0.243	
Stearic acid	0.197	0.236	0.246	
Epoxy-dimethyl-siloxan	0.202	0.216	0.224	前処理のみで効果があるためコロナ放電処理の著しい効果は現われない。
Dialkyl-dimethyl-ammonium-chlo.	0.198	0.198	0.204	
Cationic-modified-silicone	0.203	0.275	0.245	コロナ放電処理の効果あり
Amino-dimetyl-siloxan	0.212	0.257	0.210	
Dialkyl-methyl-amine	0.199	0.242	0.302	コロナ放電処理の効果なし

構造からわかるようにいずれもその吸着機構はイオン結合によるものと考えられる。すなわち，コロナ放電により繊維表面の負の帯電が一層強められ，アミノシロキサンの場合はアミノ基が中性または弱酸性側で処理するとカチオン性を呈することにより，イオン吸着したことが推察される。また，カチオン シリコンの場合は当然カチオンとのイオン吸着が考えられ，前処理だけではこの吸着が弱いに対して，コロナ放電処理によりこの吸着が強められたであろうことが推察される。

以上は糸表面と金属との摩擦による特性であるが，次に糸と糸との摩擦特性変化についての結果を述べる。

3.2 交差糸の抵抗トルク特性の変化

布のせん断変形特性に重要な影響を与える交差糸の抵抗トルク特性の変化を次に調べる。すなわち 2 本の糸を交差させ，交差圧を与えて交差角変化に対する抵抗トルク特性を測定した。その結果，前述のコロナ放電処理効果があると認められるアミノシロキサンの #2，#6 の交差角変化 ϕ に対する抵抗トルク T_r の交差圧 $F_c=3.45\text{ g}$ における実測曲線を原糸 #1 の同特性と比較して図 9 に示している。#2（前処理糸）と #6（コロナ放電処理後洗浄した糸）の $T_r-\phi$ 曲線のヒステリシスは小さくほとんど同一傾向を示しているのに対して #1 のヒステリシスはかなり大きい。

図10はジアルキル ジメチルアンモニウムクロライドの #2，#6 と原糸 #1 の測定例で図 9 と同一傾向が認められる。

交差圧 F_c をパラメータとし，以上のような $T_r-\phi$ 曲線よりトルク定数 (T_{r0} , C_1 , C_2 は摩擦に関係する定数で， C_3 , C_4 は弾性抵抗を表わす定数である。) を算出した結果，本実験結果では C_2 は零に近い値をとる。

また C_3 , C_4 の値は #1 や #4 と #2（前処理糸），#5（前処理後洗浄した糸），#6（コロナ放電処理後洗浄した糸）ではほとんど相違は認められないのに対して T_{r0}

図 9 アミノシロキサン処理における $T_r-\phi$ 曲線 (交差圧 $F_c=3.45\text{ g}$)

図10 ジアルキル ジメチルアンモニウムクロライド処理における $T_r-\phi$ 曲線 ($F_c=3.45\text{ g}$)

表3 トルク定数 T_{r0} , C_1 の測定結果とコロナ放電表面処理効果

潤滑油剤	$T_{r0}(\times 10^{-3} \text{g}\cdot\text{cm})$			$C_1(\times 10^{-3} \text{cm})$			処理効果
	前処理 (#2)	前処理+ 洗浄(#5)	放電処理 +洗浄 (#6)	前処理 (#2)	前処理+ 洗浄(#5)	放電処理 +洗浄 (#6)	
Untreated	(#1) 1.90		(#4) 2.50	(#1) 2.05		(#4) 2.24	
Oleic acid	0.15	0.88	0.22	1.90	1.54	1.75	コロナ放電処理効果なし
Lauric acid	1.28	1.58	1.72	1.60	1.98	2.10	
Stearic acid	0.89	1.46	1.40	1.90	2.44	2.80	
Epoxy-dimethyl- siloxan	0.82	1.00	1.50	0.85	0.88	1.50	前処理のみで効果あり
Dialkyl-dimethyl- ammonium-chlo.	1.12	1.82	0.56	1.25	2.30	1.18	コロナ放電処理効果あり
Cationic-modified- silicone	0.25	1.78	0.30	1.70	1.95	0.90	
Amino-dimethyl- siloxan	1.10	1.22	1.98	1.35	1.38	1.60	
Dialkyl-methyl- amine	1.20	1.44	1.32	1.30	2.12	2.40	コロナ放電処理効果なし

と交差圧 F_c に比例する摩擦抵抗を表わす, 定数 C_1 には処理効果の差が顕著にみられ, #1, #4 の原糸に比べて小さい値をとるほど油剤の固着効果が大きいとみなせる。

トルク定数の摩擦項 T_{r0} , C_1 の測定結果よりコロナ放電表面処理効果をまとめて表3に示しているが, 前述の表2の平均摩擦係数で検討した処理効果と同一傾向が認められる。そして, 糸と糸との摩擦によって求まるトルク定数 C_1 の値は前述の糸と金属との摩擦による平均摩擦係数よりも糸の表面特性変化, すなわちコロナ放電表面処理効果が顕著に現われ, ジアルキルジメチルアンモニウムクロライドにもコロナ放電処理効果が認められる。

3.3 糸の強度特性変化

本実験条件下におけるコロナ放電表面処理によって糸

図11 アミノシロキサン処理の場合の引張荷重—伸長率曲線

表4 原糸およびアミノシロキサン処理糸の破断強度 破断伸長率

	破断強度		破断伸長率	
	平均値 (g)	変動率 (%)	平均値 (%)	変動率 (%)
原糸 (#1)	499	13.3	34	6.3
放電処理 (#3)	523	11.6	34	8.7
放電処理+洗浄 (#6)	528	12.1	34	8.9

の強度に変化がみられるかどうかを, インストロン型引張試験機を用い, 試料長 10 cm, 引張りひずみ速度 50% /min で引張破断荷重および破断伸長率および引張荷重—伸長率曲線を求めて検討した。図11はコロナ放電処理効果のみられたアミノシロキサン処理糸の場合の50本の平均曲線で, 原糸と比較して図示している。表4はその破断強度, 破断伸長率の平均値と変動率である。本実験条件のもとでは, コロナ放電表面処理による強度特性変化は他の各種の油剤による処理糸にも表4の結果と同様ほとんど認められなかった。

3.4 繊維表面形状の変化

コロナ放電表面処理による繊維表面の損傷や形状変化を捉えるために走査型電子顕微鏡によって倍率3 000 倍付近まで拡大して繊維表面の観測を行なった。図12(a)は原糸#1の500倍で観測した繊維表面状態, (b)はアミノシロキサン処理糸#6の同じく繊維表面状態を示している。他の各種の油剤によるコロナ放電表面処理糸も図12と同一傾向がみられ, 本実験条件下におけるコロナ放電表面処理によって倍率3 000倍のオーダーでは繊維表面形状に変化をもたらさないことが観測された。したがっ

(a) 原 糸 (#1)

(b) アミノシロキサン処理 (#6)

図12 繊維表面形状 (×500倍)

てこれによって糸の摩擦特性にほとんど影響を及ぼすような欠点とはならないことがわかった。

4. 結 語

ポリエステル紡績糸を用いた布の風合いを、羊毛織物のように lively なものにするために、ポリエステル紡績糸の摩擦特性を羊毛糸のそれに近づける試みとして、潤滑油剤で前処理した糸にコロナ放電表面処理を行ない、繊維への油剤の固着法を検討した。

その結果、適切な潤滑油剤を用いて前処理した糸に本報のような方法でコロナ放電表面処理をすることによって、疎水性のポリエステル繊維に油剤を化学的に結合させることができ、苛酷な乾式洗浄にも耐えて糸の摩擦特性を低下さす目的を達すること、そして繊維表面への損傷をもたらさず、糸の強度特性にも影響を及ぼさないことが実験的に明らかになった。

文 献

- 1) 川端季雄；繊維誌，26，P721 (1973)
- 2) 丹羽，川端，河合；繊維誌，26，461 (1970)
- 3) S. Kawabata, M. Niwa, H. Kawai ; J. Text. Inst., 64, 62 (1973)
- 4) 丹羽，川端；繊維誌，26，T208 (1973)

第3回 繊維工学研究討論会における質問および回答 質 問 (質問者 笹田寿一)

ウールライクな風合いを目標とするならば、摩擦の因子として静摩擦係数をとっておられるが、動摩擦時の大きな摩擦力と小さな摩擦力の差(すなわちスティック・スリップ法)も重要な因子として考えられないか。

回 答

測定は動摩擦係数をとっている。さらに動摩擦係数の

変動(摩擦係数の平均偏差)も測定している。

しかし、これは糸の段階での摩擦特性であって、単に織物の表面特性を問題にしているのではない。

布の曲げ特性や せん断特性、圧縮特性などのヒステリシスを減じてウールライクなリブリーな性質を持たせるために、これに関与する糸と糸との交差摩擦や糸の表面摩擦特性を取上げているのである。