技術解説

繊維の静電気、 強電場における性質*

会 員 三 浦 義 人**

1. は し が き

繊維に対する電気的作用は、合成繊維が出現してから、特に有害な面が強調されて摩擦による帯電を防止するなどの方法が講じられている。一方、有用な面としては強電場内で短繊維を吸引させる電気植毛、生絹布からセリシンを除いたり、レイヨン布のアルギン酸糊抜きに精練液内に直流電流を通じる方法、染色中の布に電流を通し、温度を高めて染色速度を向上させる方法などがある。

紡績方面では、つぎのような利用面がある。

強さの一樣でない静電場では繊維は、その長さによって異なる挙動をする（短繊維分離除去）。帯電した繊維束に同一電荷のものを近づけると反発し合う（集束）。静電場内で繊維は電極の先端に引っ張られ、極軸方向に配列する（配列紡出）。

2. 短繊維の分離除去

電極間の電界勾配を直線的でなく、非直線的に変化するようにする。すなわち、第1図のように2つの電極のうち1つは平面状で、他は楕円形の一部である曲面を呈するものとすれば、その電位は電極間の距離に逆比例して非直線的に変化する。この電界内へ繊維を入れたら、電界の弱い所から強いほうへ引き寄せられるが、長繊維

(第1図) 不均質な静電界の原理

は短繊維よりすみやかに移動する。そこで繊維長に応じ選別され、短繊維を除去することが可能になる。

この操作を連続的に行なえるように第2図の装置が設計され、短繊維を分離した。ここで短繊維とは $\frac{3}{8}$ in 以下のものである。試験結果を第1表に示す。表内で短繊維減少率とは、本装置により分別前の短繊維がどれだけ減ったかを示すものである。

(第2図) 連続的な繊維分離装置

(第1表) 第2図の装置による繊維の分離状態

生産高 (g/hr)	短繊維含有率(%)		分別による短 繊維減少率 (%)	分別による長 繊維除去率 (%)
	分別前	分別後		
15	16	5.4	66.3	4.5
30	16	10.0	37.5	3.5
68	16	10.8	32.5	4.4
132	16	8.8	45.0	8.1

$$\text{短繊維減少率} = \frac{(\text{分別前短繊維含有率}) - (\text{分別後短繊維含有率})}{(\text{分別前短繊維含有率})}$$

$$\text{長繊維除去率} = \frac{(\text{除かれた短繊維中に含まれる長繊維重量})}{(\text{分別前の長繊維重量})}$$

* Behaviour of Fibers in the Electrostatic Field.

** Y. Miura, Member. 京都工芸繊維大学工学芸部

すなわち、投入前短繊維が16%含まれていたが、本

装置に入れると 5.4~10.8% に減り、その減少率は 32~66% である。また、除去された短繊維中には分別前の長繊維量の 3.5~8% の長繊維が含まれている。生産高はきわめて低いが、繊維長による分離は効果的である。しかし、生産高を高めると分別作用が急に低下する。そこで静電界の長さや幅の寸法を増したが、生産高に影響がなかった。電極の間隔を広げ多量に入れると生産高を増すが、電圧を増大せねばならなかった。この原理を応用して設計されたものを 1, 2 あげる。

(第 3 図) 2 重回転シリンダー電極による繊維分離装置

第 3 図はそのうちの一つの型式で、ウェブ、打綿ラップあるいはスライバーをドラフトローラーで伸ばし、フィードローラーとスプリング荷重のプレートに対して供給し、剛毛ブラッシュ付きの小シリンダーが回転し、これにより生ずる小気流に乗って繊維を静電界に運ぶ。静電界に達すると長繊維は平面電極と円筒状電極間の狭い間隔の強い電界のほうへ進み、一方、短繊維は補助電極あるいは円筒状電極と平面電極間の広い間隔の電界へ進む。しかも、両円筒状電極はきわめて徐々に回転するので、短繊維はその下部に接しているプレートですり取られて除去される。円筒状電極の上には非電気伝導性の回転しているパッドルホイールドロッパーがあり、これの隙間に入った長繊維をかき取り、サクシジョンスロットへ吸引する。現段階では機械幅は約 8 in で生産高は 1 lb/hr の実験段階であるが、生産が 5 倍になるのも間近いといわれている。

第 4 図は第 3 図のものの改造型ともいえるもので、3 対の回転シリンダーからなっている。上部 2 対のシリンダーは第 3 図のものと反対方向に回転しており、第 3 番

(第 4 図) 3 対回転シリンダー電極による繊維の分離装置

目の 1 対の帯電シリンダーは平面電極の代わりに用いられ、2 番目のシリンダーと近接した所には長繊維が、離れた所には短繊維が吸い寄せられる。短繊維は第 3 番目のシリンダー同志の接点を離れると電界の強さがゼロになるので落下する。長繊維はドロッパーにより集められる。第 3, 4 図の装置を用いた試験結果を第 2 表および第 5, 6 図に示す。第 2 表から生産高を増すと、短繊維を除去する能力は減ずるが、第 1 表のようなことはない。また、除かれた短繊維中に含まれる長繊維の量は、あまり変わらないようである。第 5, 6 図はよこ軸に繊維長を、たて軸に重量比をとったもので、分別後を分別前にくらべると、繊維長の長いものは増し、短いものは減っているのがわかる。

(第 2 表) 第 4 図の装置による繊維の分離状態

生産高 (g/hr)	短繊維含有率(%)		分別による短 繊維減少率 (%)	分別による長 繊維除去率 (%)
	分別前	分別後		
27	8.6	5.1	40.8	7.0
29	8.6	5.5	35.8	2.4
69	8.6	6.3	27.0	2.8
69	9.0	6.7	25.5	7.4
114	8.6	6.9	19.8	3.4
173	8.4	6.6	21.4	3.6
213	9.0	7.7	15.1	1.5
264	9.0	8.0	11.1	1.6
342	9.0	8.1	10.1	4.4

(第5図) 処理前後の繊維長分布の実験例 1

(第6図) 処理前後の繊維長分布の実験例 2

3. 集 束

ドラフトゾーン内で繊維がドラフトにより他物質と摩擦されるとき、繊維は同種の帯電をし他物質は逆の帯電をするが、帯電した静電荷により繊維は互いに反発し、スライバーや粗糸は幅方向に広がるようになる。したがって、糸状体の外周にある短繊維は本体から飛び出してしまふ。すなわち、帯電はドラフト中の繊維配列の乱れの1原因になる。電気的に不導体である絶縁体は誘導された電荷がそのまま残るが、導体であれば他の物体へ分散される。綿、ビスコースレヨン、羊毛などは乾燥状態では不導体であるから比較的高い電荷を誘導するが、含有水分率を増すにつれ電荷は減じて誘電体に変わってくる。ドラフトゾーン中にコンデンサーを設けスライバーや粗糸を集束させると、繊維相互の摩擦が増すから、浮遊繊維の流れが制御されるが、コンデンサーを導電性のよい物質でつくるならば、帯電した静電気を吸収する役目もする。しかし一面、第7図のように、スライバーの外側にある(A)、(A')は中央の(B)、(B')にくらべ、コンデンサーの作用でその移動が妨げられ、その結果、スライバーの不均斉度を一層助長するともい

われている。ドラフトされた繊維は広がり繊維束の密度が減ずるから、繊維間の接触がしだいに減じることがドラフト機構の不利な点である。そこで静電気による広がり問題もあり、コンデンサー以外に集束する方法を考え

(第7図) コンデンサーの集束作用

(第8図) スライバー中の繊維の電荷

ねばならない。³⁾ドラフトゾーンにおけるスライバー断面を考えるに、第8図Aのように繊維が、その表面にすべて同一符号の帯電をしていたとすれば、スライバーの両側に同一符号の電荷を帯びた物体を置けば、電気的な反発によってスライバーの集束が行なわれ、繊維の変形などは生じないはずである。あるいは同B図のように、スライバー内の帯電が半分は正、半分は負となれば自然に集束するが、このような電荷を与える方法がなかなか見つからない。スライバーに大きな電荷の物体を近づけると、スライバーの中で物体に近い側には反対の電荷を帯び、他側には物体と同一電荷を生ずるが、スライバーはその物体に引き寄せられ、かえってフライなどを生じ集束できない。そこで第

9図のようにスライバーの両側に平行に電線を通す。スライバーは移動するので帯電した繊維によって生ずる電流の方向を(A)とし、電線には反対方向の電流(B)を通す。スライバーは電線の

(第9図) 電線に電流を通すことによる集束法

電流による磁界がフレミングの左手の法則による反発力を受ける。この力は両電流の強さの積に比例し間隔に反比例する。スライバーは両側から反発力を受けるので集束する。

(第10図) 同一方向に流れる電流による集束法

同一原理で2本の平行電導体に同

一方向の電流を通すと導体同志は引き合うのを利用する方法もある。第10図Aはフィードローラーニップとデリバリーローラーニップを異なる電極にすれば、これらに接触するスライバー中の各繊維には同一方向の電流が流れるので、互いに引き合っ集束する。繊維としてはフィラメントだけでなく、ステールでは前後の繊維と連結しているので電流が流れる。あるいは同B図のように、リング内にスライバーを接触させて通し、リング2個に正と負の帯電をさせると同一原理で集束する。

4. 平行配列紡出

繊維の配列度を整えるのに静電気を利用したのは Kennedy と Wedler が1949年に行なったのがはじめてである。第11図のように、ホッパー(A)からコンベヤーベルト(B)上に繊維を落とし、(C)、(C')なる静電場内で直立させ、電場の端で加撚体(D)により糸にされたものの末端に繊維が付着し連続して紡出する。

Oglesby と Thomas が1955年にとった特許を第12図に示す。フィードローラーからフリースの状態で送られたものをテールイン(A)が受け取り、ブラッシュ

(第11図) Kennedy らの繊維配列紡出法

(第12図) Oglesby らの繊維配列紡出法

ローラーで払い落としてチャンバー(C)内に入れる。底部にはグリッドがあり挟雑物は除かれ、一方、浮遊している繊維は静電界(C)に至る。電界は電源から1〜3万Vに荷電されている電極(C1)、(C2)により静電界を形成し、両電極間は約35mmの間隔とし、右側の円形電極(C2)には孔があいている。繊維束は(C2)の中を通過して電場から引き出され、モーターでフリクションジスク(D)によって回転されている2枚の板(ばね)(E)で圧せられているので、撚がかけられてボビン(F)に巻き取られる。

アメリカの Russen Arshinow は1962年に原理的には同一の方法の特許をとり、インドの Jejurikar はシリンドラー型の回転高圧磁場を利用している。最近、ソ連の綿業研究所では、つぎのようなものを発表している。

(第13図) ソ連の繊維配列紡出法

第13図において、ケンスから引き出されたスライバーはコンデンシングファンネル(A)を経て、フルーテッドローラー(B1)とフィードプレート(B2)間を通り、オープニングドラム(C)に送られる。ドラムの表面には針が植えてあって繊維を分離し、高速回転してその遠心力で上方に持ち上げ、出口のダクトを経て気流で繊維を運び去る。ドラムにはドッファーナイフが近接し針布を絶えず清浄にする。出口ダクトを離れた繊維は

静電界に入るが、電磁界は 2 個の円錐状の電極 (D_1), (D_2) からなり、電極の頂点は電場の軸端を形成している。したがって、電場の強さはこの軸に集中されているから、電場に送り込まれた繊維は、その電極の先端に引っ張られ長さ方向に配列する。右側の電極 (D_2) は加熱チューブと一体になっており、その中央にはばね荷重のボールがはまっていて、紡出される糸を保持する作用をする。処理する繊維の平均長にはほぼ等しく電極間の間隔を定め、電圧は 10~30 kV でよい。出口ダクトから電場へ送り込まれた繊維は、まっすぐに伸ばされ平行にそううといわれているが、この点は疑問があり、アメリカの実験によると繊維は電力線の方向に引っ張られるが、伸ばすことはできないといわれる。糸はポビン (E) に巻き取られる。

(第 14 図) Oglesby の装置の他の例

他の装置として繊維を静電界の軸方向に直接供給するものがある。第 14 図において、開綿ピーター (A) から出口ダクトへ繊維を送り、左側のリング状電極 (B) と加熱チューブ電極 (C) 間で平行化し、チューブで加熱を行なう。この紡出法は最高 50 万 rpm の超高速回転が可能な仮燃巻縮加工機の回転部と同様であるから生産高が高い。現在の段階では、この新しい紡績法を実際に操業しているという情報はないが、最初の研究段階では綿および亜麻を使用したと思われるので、太番手の紡出手段として開発されたものであろう。

(第 15 図) 鈴木らの繊維配列紡出法

わが国では第 15 図に示すような考案がある。繊維束がエプロンバンドと送り出しローラーで送り込まれると、これより早い開綿用針ローラー (A) が繊維をほぐしてかき取り、さらに針ローラー (B) が (A) より早く回転して、その針先に繊維を移し取る。つぎにパイプ (C) の一端のスリットから吸い込み、案内片 (D) により回転円錐 (E) の内壁に直角に導く。これは (E)

の他端に設けられたスリット (F) およびケーシング (G) を経て、ファンにより排出される気流のため、(B) の針先の繊維はパイプ (C) に吸い込まれ (E) に送られる。(E) の後半はベークライト製でブラッシュローラー (H) ですられて静電気を発生し、繊維を吸い付ける。(E) の前半は金属製である。(E) のベークライトと金属の部分の構成比を適当に選ぶことにより、案内片 (D) で導かれた気流が当たる (E) の入口付近に静電気を集中させることができるので、ここに送り込まれた繊維は一端を吸い着けられて内壁に垂直な姿勢をとる。同時に繊維の他端は気流により円筒の先端方向に向け倒されるとともに、気流の力で内壁に沿って連続した状態でノズル孔 (I) へ運ばれる。(I) から口糸を差し込み、これを引き出すと口糸端に繊維がからみつき加熱されながら出てくるので、送り出しローラー (J) を経てチーズ (K) となって巻き取られる。円錐 (E) は歯車 (L) により回転させられ、またその内径はノズルに向ってしだいに細くなっているから、繊維は再集束された状態になる。スリット (F) はノズル孔のやや内奥の位置に繊維進行方向に直角に設けられているため、繊維はスリットに吸い込まれることはない。ノズルの内面には刻みがついており、集束された繊維を把持し (E) とともに回るが、パイプ (C) 内の繊維は浮遊状態であるからパイプ内に逆撚が及ぶことはない。

5. む す び

静電気、強電場を利用するものに短繊維の除去、繊維の集束および平行配列紡出の 3 方面が紡績で考えられるが、これらを組み合わせることが可能であれば、つぎのようにして紡績工程の短縮化をはかることができる。カード揚げのスライバーをコーマーに代わって短繊維の分離をしてスライバーとし、練篠または粗紡、精紡などで繊維束が広がるのをコレクターに代わって集束させドラフトを有効にする。あるいはラップやスライバーから短繊維を除去したものを平行に配列し、オープンエンド紡績を行なうこともできるので、従来のオープンエンド紡績の欠点である繊維配列の乱れが是正される。

文 献

- 1) The Dyer, 26, 1960-2
- 2) Text. World., 58, 1966-6
- 3) Text. Praxis., 87, 1966-2
- 4) E. S., Kennedy, F. C. Wedler; U. S. Patent 2 468 827, 1949
- 5) Russen Arshinow, U. S. Patent 2 711 626, 1962
- 6) Skinner's Record, 96, 1965-2
- 7) 鈴木, 田原; 特許昭 38-5 865