展 望

静電気の繊維工業への応用

大阪府立繊維工業指導所 万代 昭次・酒野 敏明

1. はじめに

その昔、琥珀を布で摩擦すると毛羽等の軽い物体を吸引する力を西暦紀元前 600 年ターレス (Thales) が発見したと伝えられ、また、静電気学の数学的理論はポアソン (Poisson) が 19 世紀の初期に始めて発表した。このように“静電気”というものは人類が発見した物理的現象の中でも非常に古いものの一つであるが、利用法や現象の解明は案外遅れているように思われる。私達は日常生活においても、摩擦帯電によるいろいろの現象に気づくのである。

摩擦帯静による静電気の発生は、化学工業、製紙工業、印刷工業、製粉工業、ゴム製造工業など数多くの分野で種々の障害を起している。一方、このように一見厄介と思われる静電気を逆に利用し、静電気集塵 (空気浄化、電気消煙)、静電塗装、静電印刷、静電分粒 (粉体分粒) (小麦粉、茶葉等)、静電除滴、静電燻製、イオン発生機 (イオナイザー)、静電発電機、ゴミ清浄機 (掃除機)、静電チャック (クラッチ) 等種々の分野で数多く応用されている。

戦後、高分子化学が急速に発展し、利用分野が拡大されるにつれ、静電気発生による障害も多くなり、静電気現象についての研究が活発になりつつある。静電気発生理論、帯電現象、災害対策、帯電測定法などについては、最近それぞれの権威者によつてすでに紹介されている¹⁻²⁾。ここでは私達が従事している繊維工業への応用に関する文献について説明したい。皆様のご参考になれば幸いである。

2. 静電気による仕上加工

(1) 電気放電によるケラチン質繊維の物理的变化と染着性の改善

希薄な空気中でケラチン質繊維に無声電気放電をおこなうと、イオン化されたガスの衝撃でケラチン質繊維の表面が数百 Å の深さまで精練され、エピクティクルが除去される。その結果、ケラチン質繊維は撥水性が減じ、濡れやすくなる。特に繊維への染料の拡散速度が早くなる。したがって無声電気放電ケラチン質繊維の染色性は改善され捺染染色も可能となる。また無声電気放電ケラチン質繊維は表面構造が変化し、繊維の摩擦係数の方向差³⁾が減少する。そのためフェルト性が減じ、防縮性は増大する。

つぎに本法による染色法⁴⁻⁵⁾について説明する。同一羊毛を使用し、100 mmHg の希薄な空気中で 3.5 kV, 500 cps で 15 分間無声電気放電処理した織物を 80°C で染色した。織物の染着量は無処理織物を、浴比 1:50 硫酸 4%, 芒硝 15% (o. w. f.) で 1 時間、100°C で染色したときの染着量とほぼ同じ程度となる。

第 1 図は染料吸収曲線を示す。曲線 (1) は普通の染色法で染色したとき、曲線 (2) は無声電気放電をおこなった場合の染料吸収量と染色温度との関係を示す。すなわち、無声電気放電処理したものの方が初期染着性は良

第 1 図 染料吸収曲線

The Application of Electrostatics for Textile Industry.

SYŌJI MANDAI and TOSHIKI SAKANO
Osaka Prefectural Textile Research Institute,
Asahi-Machi, Izumiotsu City, Osaka,
Japan

第2図 静電染色装置

好で、しかも平衡染着量に到達するのが早い。

第2, 3図は無声電気放電法による浸染および捺染装置を示す。第2図は布全面におこなう場合であり、第3図は連続的に布に模様を作る場合の略図である。

まず第2図について詳述する。(1)は希薄な空气中でケラチン質繊維織物にイオンを衝撃させて精練する室、(27)は室内の空気を排除する真空ポンプ、(26)は真空ゲージ、(10)、(13)は空気の浸入を防ぎ、室内を希薄にするための空気しや断器、(11)、(11')はガイドローラー、(12)は無声電気放電をおこなうための電極で、対になって配置されている。高圧発生部分についてみると、三相モーター(19)と交流発電機(20)とにより、50 cps から500 cps に変換する。((21)は励起電圧調整器)。(20)で発生した交流電圧は、単相の高電圧変換トランス(23)の一次側に送られる。二次側には50 cps で放電に必要な

2~5kV の電圧が発生する。この調節は(21)でおこなう。その他に布の張力と布送り速度調整用の装置が取り付けられている。布(T)はロール(R)から巻き出され、エアーロック(10)を通り、(11)、(11')に導かれて電極の間を通過する。放電を受けた布は(13)を通過し、(II)の染色槽へ導入される。(II)を出ると染料固着槽(14)で110°C に加熱され、洗浄槽(15)、(16)で布表面に物理的に付着した染料が除かれ、ロール(17)で絞られ、乾燥室(18)で乾燥され、巻き取りロール(R')に巻き取られる。

また、第3図はケラチン質繊維で作られた布に連続捺染の効果を与えるために考えられたものであり、電極(C₁)と(C₂)の間を布(T)と型板(P)とが重なっていて、同じ模様が連続してできるようになっている。無声電気放電は、第2図(I)で示されているのと同様希薄な空气中で行なわれる。しかし、前者と異なり、型板の残像に対応した布にのみ染料が吸着するようになる。前者では布全体を染浴に浸漬させたが、後者では布を染液を含んだベルト(F)とロール(K₁)と(K₂)の間で挟み、布に染料を吸着させる。すなわち捺染される模様は型板に対応したものとなる。

(2) 繊維製品の静電プリント

この原理は、アメリカの Clyde O. Childress と Louis J. Kabell 氏によつて発明され、Stanford Research Institute で開発研究がおこなわれた⁶⁻⁸⁾。静電プリント法とは従来のようなローラースクリーン等で印捺することなく静電気力で粉末インキを繊維製品に付着させるプリント法である。したがって繊維製品がパイル状または立毛製品のように布表面が多少凹凸であつても、静電気力

第3図 静電捺染装置

第4図 静電プリント装置

第5図 コロナ放電発生装置

で粉末インキが直進し得る範囲内にあればプリントは可能である。しかも繊維製品は印捺することによってそこなわれることがない。たとえば、タオル、植毛布、カーペット、コール天などに印刷は可能である。

第4図は静電プリント装置の要点を図示したものである。導電性型板(1)は、従来のシルクスクリーンの場合と同様製版されている。印刷する部分はスクリーンの目が開いており、印刷されない部分は目止めされている。(1)に適当な間隔をあけて導電性対向電極(2)を配置し、この間に被印刷物(繊維製品)(4)を挿入する。そして(1)に電源(3)より直流高電圧を通じ(1)と(2)の両電極間に静電界を生じさせる。つぎに粉体インキ(着色樹脂粉末)を入れた(1)が目が開いている部分を通過するとき、粉体インキは(1)から電荷が与えられ、荷電した粉体インキは(2)との間の静電気力で(2)の方へ吸引される。したがって、その間に挿入されている被印刷物(繊維製品)上には(1)のパターン通りに粉体インキが吸引付着する。(1)と(2)の間に加える電圧は繊維製品の性質(電気抵抗、含水量)、粉体インキの

性質、および(1)と(2)の間隔などによつて異なる。一般に好適電圧は約300~2000Vであり、そのときの極間距離は大体0.5~3mm程度が適当である。また(1)の網目が細かい程模様は鮮明となり、大体133メッシュ位が適当であり、250メッシュあれば充分である。このようにして粉体インキが付着した繊維製品は静電場外に出て、つぎに、熱、溶剤または蒸気などでインキを定着させる装置(7)に進み、プリントは完了する。

この静電プリント法において、(2)の金属板の代りにもう一つの逆に帯電させた導電性型板を置けば、被印刷物の両面へ同時にプリントが可能となる。また多色プリントする場合には、これらの型板を色数に応じて増加させればよい。静電プリントに使用するインキは普通のインキと異なり、溶剤は全然含まず、非常に細かい樹脂とピグメントの混合物とで出来ている。粒子は適当な形、大きさ、および電気的特性を持つてることが重要である。また静電プリントに利用できる樹脂としてはスチレンの共重合体、ポリアミド、エチルセルローズ、ポリオレフィンおよび天然樹脂(ロジン、エチプツファンアスファルトゴムなど)といった熱接着性樹脂である。

(3) 防縮性羊毛を製造するためのコロナ放電法

羊毛をオゾンの気流中に30秒間さらし、羊毛に防縮性を与える方法である⁹⁾。羊毛とオゾンの反応で防縮性は発現するが、繊維表面の摩擦係数の方向差を最少にすることが技術の基本になっている。また、グロー放電によつて毛羊に防縮性を与えることができる¹⁰⁾。

ここでは第5図に示すコロナ放電発生装置で高圧静電場をつくり、コロナ放電による羊毛の防縮効果を検討した¹¹⁾。

すなわち、2種のコロナ電極を用い、いずれも交流の高電圧を使用している。第5図(a)で電極の一方は金属板電極、他方は多くの場合ガラス電極であり、PVC電極を使用する場合もある。第5図(b)はいずれもガラス電極を用いている。金属板電極(A)は厚さ1/4"(16"×46")のアルミ板電極であり、三つのガラス電極は、絶縁体(D)《厚さ1/8"(20"×50")のバイレックスガラス板》と金属箔(F)とからできている。サンプル(羊毛)(E)は、放電のギャップ層(G)におかれ、ギャップ間隔は一般に8mmで放電を行なっている。乾燥した空気または酸素は導入管(M)を通じて放電ギャップ層へ送りこまれる。放電極板の温度は温度調節機でコントロールされる。可変変圧機(T₃)はコロナ電極を15kVにコントロールして放電物質の濃度を調節している。

82°Cでコロナ放電処理した羊毛は、第1表に示すよ

第1表 空気中でのコロナ放電処理 (15 kV, 60 cps, 82°C, 5 min) 前後の羊毛繊維の表面摩擦

試 料	表 面 摩 擦 (μ)		
	スケールと反対方向 (1)	スケールと同方向 (2)	方 向 差 (1)-(2)
未処理メデアムトップ	0.25	0.13	0.12
室温で処理後のメデアムトップ	0.24	0.13	0.11
82°Cで処理後のメデアムトップ	0.34	0.25	0.09

第2表 空気中でのコロナ放電処理 (15 kV, 60 cps, 5 min) した羊毛繊維のフェルト性

試 料 調 整	電極間の温度 (°C)	ルーズファイバの*フェルト性 (min)
乾 燥 せ ず	室 温	90+
"	82	フェルトせず
一昼夜乾燥 (110°C)	室 温	90+
" (100°C)	82	フェルトせず

* ルーズファイバのフェルト性とは、試料 1 g と pH 1.0 の HCl-KCl 緩衝液 50 cc を、容量 120 cc のガラス活栓瓶に入れ、これを振盪機にかけて、試料が 1" のボール状になるまでの時間で表わす。未処理繊維では、普通 30 min で 1" のボール状にフェルトする。

第3表 空気中または酸素中でのコロナ放電処理 (15 kV, 60 cps) した羊毛繊維のフェルト性

雰囲気	電極間の温度 (°C)	放電時間 (sec)	ルーズファイバのフェルト性 (min)
空 気	135	8	75
O ₂	135	8	90
空 気*	135	8	130+
O ₂ *	135	8	150+
O ₂	100	4	70
O ₂	100	12	120
O ₂	100	30	140
O ₂	140	2	100
O ₂	140	4	90
O ₂	140	8	フェルトせず
O ₂	142—145	2	100
O ₂	142—145	4	100
O ₂	142—145	8	フェルトせず

* 処理前試料は乾燥せず。他はすべて 91°C, 6min 乾燥

うに表面摩擦は増加するが、方向差が減少し、第2表に示すような防縮性を得た。また放電の際、ギャップ間の雰囲気、温度、ガスの種類、照射時間等の条件を変化し

第4表 空気中でのコロナ放電処理 (15 kV, 415 cps) した羊毛繊維の酸・アルカリに対する溶解性

電極間の温度 (°C)	放電時間 (sec)	溶解性(酸) (%)	溶解性(アルカリ) (%)
80	10	—	12.0
80	30	—	11.5
100	10	11.8	11.2
100	30	9.8	11.0
120	10	9.3	11.4
120	30	11.2	11.5
140	10	11.6	11.1
140	30	11.7	11.8
Coontrl	—	12.3	11.5

第6図 静電剪毛機

たときの防縮性については第3表に示した。酸素中では空気中よりも良好で、温度は約 140°C、照射時間は8秒が適当であつた。また、第4表はコロナ放電処理した羊毛の酸・アルカリに対する溶解性を示した。単繊維の引張り特性が変化を起さないことからコロナ放電処理は主に繊維の表皮にのみ起る反応であることを意味している。

(4) 静電剪毛および静電毛焼

静電気が物質を吸引する性質を応用して織物の仕上工程で品質上不要な繊維、毛羽などを剪毛または焼去する際に、毛羽を静電気であらかじめ吸引起立させておき、剪毛または焼去して、その能率を向上させる方法である¹¹⁻¹⁵⁾。すなわち、静電気で吸引起立した毛羽は、起立方向が均整となるため、剪毛または焼去によつてカットされた毛足がよく揃い、したがって、反覆剪毛または焼去の回数が著しく減少し、しかも加工効果が向上する。

第6図は静電剪毛装置の概要を示す。(1)は絶縁性のアンダーベッド、(2)はスパイラルカッター、(3)はアンダーブレード、(4)は(1)の上に配置した陽極板、(5)は陽極板と約15cmの間隔を保つて平行に配置した陰極板、(7)は保安カバーである。極板(4)、(5)の間隔は10~14cmが適当であり、(2)は繊維(8)との接触線(a)に出来るだけ接近するようにしてある。(4)に4060kVの直流高電圧を通じ、陰極板を接地して両板間に強力な静電界を生じさせる。他方、起毛処理した繊維をブラシロールにより刷毛し、静電界を横切る方向に移送すると帯電した毛羽は静電界の吸引作用を受け、毛羽先

第7図 静電毛焼機

第8図 静電毛焼機

端は陰極に向つて瞬間的に起立し、起立した状態で静電界を通過する。ついで(2)で剪毛作用を受ける。また、加工される繊維の種類は、綿、毛、化繊、合繊などいずれの繊維にも有効に作用し、多少湿気をおびた方が静電的加工効果は大である。

つぎに、静電毛焼機について説明する。原理は第7図に示す如くである。静電剪毛の場合と同様、加工布地を高電圧の電場を通過させ、これを静電場の近くに置いたガス炎で焼切る毛焼法である。

これと同様のアイデアで繊維の毛羽を静電的誘導ローラーを用いて起立させ、焼切る方法がある。インドの S. P. R. Dhall は第8図のような電気毛焼機を考案した。繊維(1)は熱絶縁された部屋(19)に入り、ガイドローラー(4)、(4a)と静電的に帯電したローラー(4b)(4c)が交互に配置されたローラー上をジグザグ状に通過し、板(14)に取付けた2本の加熱板(16)の間を通過して毛焼される。(16)の間隔は軸受(9)、シャフト(7)を移動することにより約6~8"に調節可能であり、ハンドル(8)を操作すると、シャフト(2)上に取付けてあるチェーンホイール(12)とカム(3)がチェーン(11)により連動回転して(7)を押し、その結果(14)が押されて加熱板と繊維の間隔を近づけ毛焼効果を調節する。

(5) 新しい電子化学的仕上法

繊維を加工するための新しい電子化学的方法が研究され、これを実用化するための研究が Burlington Industries Inc., で行なわれた¹⁶⁾。

この方法は、モノマー蒸気を用いて繊維にグラフト重合を行なわせようとする方法である。接近した誘電体板に交流の高電圧を与え、無声放電を行なつてグラフト化を促進させる。放電は比較的広範囲に分散するので部分的加熱は起らない。したがつて繊維などに応用することが可能であり、熱劣化を起すことなく繊維表面に化学的变化を起させることができる。ここに使用するモノマー蒸気としては、アクリロニトリルなどが考えられている。このプロセスは今までの方法とは根本的に異なつた仕上法といえる。Burlington は、このプロセスの開発者である Radiation Research Corp., と研究を行なうための準備を進めている模様である。

また、アメリカの繊維技術研究所においても、接着技術、染色技術、繊維の機能的な特質などを改善するための同様なプロセスの研究が広範囲でしかも基礎的に行なわれている。

3. 静電気による不織布

(1) スパンボンド

従来の不織布の製造法ではそのほとんどが繊維長約3

第9図 スパンボンド製造装置

～127 mm の短繊維をウェブに使用したものであり、連続フィラメントを使用した方法は、わずかに Uvatan 法¹⁷⁻¹⁸⁾、Split-Fiber 法¹⁹⁻²⁰⁾、押出成型法²¹⁻²²⁾、遠心力を利用した方法²³⁻²⁴⁾があるだけである。ここに紹介する方法は、アメリカの Du Pont 社が開発した方法で静電気を利用してフィラメント糸から不織布を作る方法である²⁶⁻²⁹⁾。ポリエステル繊維 (Reemay®)²⁹⁾、ポリプロピレン繊維 (Tyvek®)³⁰⁾ などが使用されている。次に製造法を説明する。

製造装置の概要は第9図のようである。紡糸ノズル(2)から紡糸された連続フィラメント(1)は吸引ジェット(3)を通る。この吸引ジェットには入口(4)を通して矢印のように加圧空気を吹き込み、繊維を真すぐに引き伸ばしながら前方へ押し出す。静電電位の電源(5)を吸引ジェットに接続し、静電現象を利用して連続フィラメントを分離させる。電場の強さは 500～4000 V/25.4 mm が適当である。電源は導線(6)を通つて吸引ジェットに連結し、反対電荷の極は導線(7)により接地されている。このようにして(3)を通過し吸引延伸され強度の増加した帯電フィラメント(8)は、受け台(10)の上に補集されてウェブになる。受け台は部分的に(11)で支持されており、導線(12)によつて接地されているか、導線(13)を通つて(5)から(8)の電荷と反対に帯電している。(この場合は、スイッチ(14)で(12)のアースを切る)

このようにしてできたウェブは、フィラメント個々に

分離し、受け台にランダムに配列される。このようなウェブ上にファイブリッド (Fibrids) と称する柔軟な合成重合体(接着剤粒子)をスプレーして吹きつけるか、連続フィラメントの極性と反対に帯電させてフィラメントに吸引させる。すなわち、フロッキングすることでフィラメントにファイブリッドを物理的に付着させ、ウェブの交点を接着するか、低融点のファイブリッドを用いて加熱熔融してウェブの交点を接着する。ファイブリッドの特性とか製造法については文献³¹⁻³²⁾を参照されたい。

ランダムウェブの接着法は上記のほか、連続フィラメントを使つてランダムウェブを製造する際、低融点フィラメントを同一もしくは隣接した紡糸ノズルから同時に紡糸してウェブを作るか、フィラメント自体を静電的に吸引しながら、低融点フィラメントを吸引させてウェブを作り加熱すれば、低融点フィラメントはその交点で熔融接着する。また普通の湿式不織布を製造するのと同様に、ウェブを接着剤の分散液(ラテックス分散液等)に浸漬し、キュアリングしてウェブの交点を接着してもよい。スパンボンドの構造とか物理的性質については文献³³⁾を参照していただきたい。

(2) プレキシフィラメント

この方法は(1)に述べたスパンボンド不織布製造法の一変形と考えられ、スパンボンドと同じ Du Pont 社から発表され同社では製造法をプレキシフィラメント (Plexifilament^{26,34-36)}) といっている。プレキシフィラメントを簡単に定義すると、「繊維を形成しうる合成有機重合物質が三次元的にからみ合った繊維状網状組織」である。

すなわち通常の乾式紡糸法に準じて紡糸を行なう。紡糸されたフィラメントは静電気と揺動装置を振動させてランダムに配列し、シートを作る。できたシートはプレスするか、熔融接着することによつて不織布となる。

装置の概略を第10図に示した。オートクレーブ(101)中の高分子溶液は汙過機(103)を通り紡糸ノズル(105)からフラッシュ紡糸される。紡糸フィラメントは偏向装置(110)でノズルの直径の数倍もある幅のウェブ(106)に偏向される。そして、⊖に帯電したバー(107)および⊕に帯電したネット(109)の間で約 50 kV の静電電位の静電場が形成される。フィラメントは静電的に配向され、振動を受けながらネオプレン製のエンドレスベルト(108)上にランダムに配列し、接積してウェブを形成する。ウェブは静電消滅機 (Static Dissipator) (111)で帯電を除去し、圧縮ロール(112)で圧縮されて不織布となる。圧縮ロールの圧力の大小によつて不織布の密度、引張強度は調節される。

第 10 図 プレキシフィラメント製造装置

第 11 図 スプレッドファイバ製造装置

プレキシフィラメント製造に使用する有機重合体物質としては、ポリエチレン、ポリアミド、ポリエステル、ポリプロピレン等がある。紡糸条件（溶媒濃度、温度、圧力成核剤の有無、紡糸ノズルの形状）を変化させることによりできるプレキシフィラメント不織布のタイプが変わる。

(3) スプレッドファイバ

スプレッドファイバとは、紡糸原液を紡糸ノズルから圧出し、高速空気流（Air flow）を原液流出方向と同一方向に吹きつける。原液を細く引き伸ばし切断しながら凝固乾燥させる。この状態では紡糸された繊維は粘着性もあり、まだ十分繊維として形成されていない。これを送風機で上方に吹きあげ、多孔コンベヤ面に沈積させ、

積層圧着、キュアリングを行なつて不織布とする^{87,88)}。American Viscose Corp., では同じような方法で紡糸されたものを上方に吹きあげるとき、異種繊維を混入したり、高圧静電場を作用させ、沈積をうまく行なわせている⁸⁹⁾。

静電気を作用させ不織布を作る方法を次に説明する。第 11 図で上端が開放されている室(81)には、比較的低速で空気を送る送風機(82)がついている。室の基部または、これと隣りあつた上端には押し出し用ノズル(84)があり、ノズルは原液輸送用導管(85)の周囲には空気を流すためのノズルがあり、ノズルは送風機(87)に接続されている。(87)からは(84)から出てくる原液の速度よりも比較的高い速度で空気が流れている。また(84)と一定の間隔をおいて開口端のある円筒状部(89)が絶縁材(90)で固定されている。コンベヤスクリーン(88)の繊維沈積面は(81)室の上方に置かれており、アースされている。

静電場は高圧電源（5～50 kV）(91)，(91 A) とアースによつて形成され、高電圧源から(89)と(88)は別々にアースされている。

静電場の影響下で紡糸を行なうので、繊維は(89)の電極とは逆に帯電するようにする。かつ繊維はすべて同極に帯電するから、互いに相反撥しあう。したがって空気流で繊維が運ばれる時繊維間のからみあいや付着は防止できる。帯電繊維と沈積面との間の電位差によつて生じた Lorentz 力で繊維は目標物に集束される。したがって沈積面は繊維の帯電と反対の電極にしなければならない。凝固しきつていない繊維がスクリーン面に沈積する間に、溶媒は空気流によつて蒸発し、熔融繊維は熱をうばわされて冷却される。できたウェブは加熱室(94)を通り、ここで繊維相互間の結合力をより大きくする。繊維に静電気を帯電させるのは、繊維が(88)上に移行する時、繊維間のもつれ合いをさけるのに有効であり、できあがつた製品が多孔性に富み、また溶剤を揮発させるのに有効である。

このような方法では不均一であるけれども、きわめて細い繊維の集合体が得られるという点である。使用する繊維形成高分子としてはポリスチレンが特に好適だと考えられる。したがって、できた不織布はドレープ性が良く、フィルタなどに好適である。ただ強力和摩擦抵抗に弱いのが欠点である。

(4) フロック加工

一応、広義の不織布として分類したが、繊維工業で静

電気を最も利用しているのはこの分野である。戦後の技術革新のブームにのつて、繊維接着剤、加工機が目ざましく発達し今日のような隆盛を見るに至つた。製造法から製品の消費科学的な面に至る各種の文献⁴⁰⁾があり、また製品の新しい応用面としてクリヤローラ用の被覆テープ⁴¹⁾、インスタントカーペット⁴²⁾、ゴルフ練習場のフロックカーペット⁴³⁾その他多数の応用面があり、いまさらここに紹介するまでもない。

しかしながら、このように静電気を応用したフロック加工業が隆盛をきわめているにもかかわらず理論的な検討はなされて来なかつた。しかし最近 Down Method について理論的解明がなされはじめており⁴⁴⁻⁴⁵⁾、Up Method の理論的解明がフロック加工の今後に残された課題である。

4. そ の 他

(1) 静電気応用による合成繊維の紡糸とその加工

同極に帯電した繊維は互いに反発しあつてからみ合わないという性質を利用して紡糸をおこない、糸の品質向上と紡糸能率を高めようとする紡糸法である⁴⁶⁾。

合成繊維を乾式法で紡糸する際、紡糸ノズルを絶縁し、ノズルに直流の高圧 (20~50 kV) を流して紡糸すれば、紡糸ノズルから紡糸されてくる繊維は多少の粘着性があるが、帯電によつてお互いに反発しあい、からみあうことがないので、不良糸を生ずることがなく、品質は向上する。

この方法を利用すれば、従来の紡糸ノズルよりも孔間隔を狭めることができ、紡糸口は多くなり、紡糸速度を

第 13 図 静電紡績機

第 14 図 静電繊維分離原理図

第 14 図 空気力学による静電繊維分離装置

早めても支障がないので紡糸能率が一段と向上する。

繊維が同極に帯電すると互いに反発、梳別拡大するので、そのような糸束に異極に帯電した糸束を接触させると、互いに吸引し合う。この作用を応用して風合の異なる二糸束の複合糸を作ろうとする研究が行なわれている。

(2) 静電紡績

最近ソビエトで静電気を紡績に利用しようとする研究がなされている⁴⁷⁾。その基本原理を第 12 図に示す。

第 12 図(a)ではコンデンサ漏斗から送られたスライバをローラーで

第 12 図 静電紡績機

フィードテーブル上に送り、ガーネットまたはカードのついた開織ドラムで繊維を十分に開織し、遠心力と空気流で静電場へ送る。開織ドラムにはドツファナイフがついて、ドラムにまといつく繊維を取り除いている。

静電場は2つの円錐形の極からできており、おのおのの頂点は一直線上に配置されているので、静電電位が最も強い所である。静電場の強さは電極間隔によつて変化するが、電極間隔は繊維の平均繊維長と大体同じでよく、直流電圧は10~30 kVの範囲であり、静電場の強さは適当に可変できる。

静電場へ送られてきた繊維は長さ方向に一列に並行に並び、真直ぐに引き伸ばされ、スプリングのついたボールで掴まれた糸は第12図(b)に示す加熱チューブ内で加熱され、一對のローラーで引き出されボビンに巻きとられる。

この紡績法は綿、亜麻等の紡績に適当であり、普通の紡績法よりも粗雑な紡績を行なうのに適当であるといわれる。

また、イギリスでも第13図に示すような紡績法が考案されており⁴⁹⁾、上述の方法と同様に、ウェブを開織し遠心力と空気流とで静電場へ送る。静電場は二つのリング状電極からできており、ここに送られてきた繊維は一列に平行に並び、次の加熱ロールへ送られ、紡績される。

(3) 静電気による短繊維の分離

静電気を利用して純品と異物を分離するのは古くから鉱物の選別、選鉱等で行なわれてきた。静電気を利用して繊維の長短を分離しようとする新しい試みがある^{49,50)}。その原理を第14図に示す。

図からわかるように、静電場は平面電極と曲面電極とからできており、2つの電極間隔が広がるにつれて静電電位は小さくなる。この条件下に繊維を置くと、繊維は電極間の力線に沿つて並び、電位の高い方へ吸引される。その際、長繊維は短繊維より早く吸引され、短繊維は低電位の部分にとどまるから混入短繊維の45%は分離できるといわれる。

この原理を応用して機械的に分離するには第14図の平面電極側にエンドレスベルトを取り付けて吸引口の方へ送ればよい。

また空気力学的分離法は第15図に示すように平面電極と二対の回転電極からできている。まず、ウェブまたはスライドになつた繊維をドラフトローラーでドラフトし、スプリング式荷重がかかつたフィードプレートにはさんで送り込まれた繊維をブラシロールで分離し、ブラシロールの回転空気流で静電場へ送られる。静電場に入つた繊維は第14図と同じ原理で分離され、短繊維は低

電位の回転電極に集り、回転方向へ送られ静電場から除かれる。

高電位の平面電極に集つた長繊維は絶縁物でできた回転刃のついたドツファで吸引口へ運ばれる。このようにして長繊維と短繊維は分離される。

5. おわりに

静電気を繊維工業へ応用する場合の代表的な2, 3の例について説明し、紙面の都合で詳細に述べられなかつた点もあり、また内容的にも不備な点が多々あると思われる。

ここに述べた以外にもいろいろな文献があるが、次の機会にゆずりたい。

原稿についてご校閲を賜つた当所石川左武郎所長にお礼を申しあげたい。

文 献

- 1) 大滝ほか; 高分子, 16, 297 (1967)
- 2) 高分子学会編; 静電気ハンドブック (1966)
- 3) 山本; 化学, 22, 32 (1967)
- 4) B. P. 972,712 (1964)
- 5) Dyer, 133, 53 (1965)
- 6) Dyer, 131, 593 (1964)
- 7) U. S. P. 3,081,619
- 8) Belg. p. 646,032 (1964)
- 9) W. J. Thorsen; *Text. Res. J.*, 35, 638 (1965)
- 10) P. Kassenbeck; *Bull. Inst. Text. France*, 18, 7 (1964)
- 11) W. J. Thorsen, R. Y. Kodani; *Text. Res. J.*, 36, 651 (1966)
- 12) 特公昭 36-12744 (円菊彦三郎)
- 13) 特公昭 36-8144 (河喜多農正)
- 14) B. P. 986,565
- 15) Dyer, 134, 698 (1965)
- 16) Dyer, 133, 379 (1965)
- 17) *Man-Made Text.*, 39, No. 5, 34 (1962)
- 18) *Text. Rec.*, 75, No. 1, 52 (1962)
- 19) *Man-Made Text.*, 39, No. 12, 38 (1962)
- 20) *Text. Ind.*, 127, No. 4, 130, 133 (1963)
- 21) B. P. 836,555 (1956)
- 22) B. P. 836,556 (1956)
- 23) 特公昭 41-13570 (帝人)
- 24) 特公昭 41-15257 (帝人)
- 25) J. W. S. Hearle, M. A., Ph. D., F. Inst. P., and F. T. I.; *Skinner's Rec.*, 39, 559 (1965)
- 26) J. W. Hearle ; *ibid.*, 39, 647 (1965)
- 27) J. W. S. Hearle ; *ibid.*, 39, 744 (1965)
- 28) *Mod. Text. Mag.*, 46, No. 3, 23 (1965)
- 29) *Man-Made Text.*, 42, No. 5, 43 (1965)
- 30) *Skinner's Rec.*, 40, 573 (1966)
- 31) B. P. 914,714
- 32) Belg. p. 564,206
- 33) Otis L. Shealy; *Text. Res. J.*, 35, 322 (1965)
- 34) B. P. 970,070

- 35) 特公昭 36-16460 (Du Pont)
36) H. Blades ; U. S. P. 3, 081, 519 (1963)
37) P. W. Sherwood ; *Mod, Text, Mag.*, No. 6, 34, 40, 55 (1962)
38) P. W. Sherwood ; *Text, Mfr.*, 88, No. 3, 100 (1962)
39) 特公昭 36-21, 842 (Amer, Vis, Corp.,)
40) たとえば
秋山, 田中, 向井 ; 繊維学誌, 17, 60 (1961)
向井 ; 繊維学誌, 15, 803 (1962)
田中, 万代 ; 接着, 7, 495 (1963)
田中, 万代 ; *ibid.*, 7, 677 (1963)
田中, 万代 ; *ibid.*, 7, 794 (1963)
松浦 ; 繊維工学, 20, 88 (1967)
高分子刊行会編 ; 繊維加工便覧, p. 355 (1967)
田中, 万代, 明石 ; 消費科学誌, 6, 142 (1965)
41) *Text. Report.*, No. 1, 42 (1966)
42) *Text, Ind.*, 129, No. 12, 25 (1965)
43) Hary Anaszewicz ; *Amer, Dyest, Rep.*, No. 9 (1966)
44) E. N. Bersshev ; *Text, Prom.*, 25, No. 3, 75 (1965)
45) E. N. Bershev ; *ibid.*, 26, No. 2, 64 (1966)
46) 特公昭 38-3960 (穴戸商会)
47) *Skinner's Rec.*, 39, No. 2, 96 (1965)
48) *Text, Ind.*, 120, No. 3, 122 (1956)
49) J. J. Lafrance, M. Maye and H. W. Weller ; *Text World*, 116, No. 6, 58 (1966)
50) R. A. Rusca ; *Text, Mercuy*, 152, No. 3947, 27 (1966)

(昭和 42 年 4 月 28 日受理)