

第 46 回 「関西蔵前木曜懇話会」

無 撚 物 語

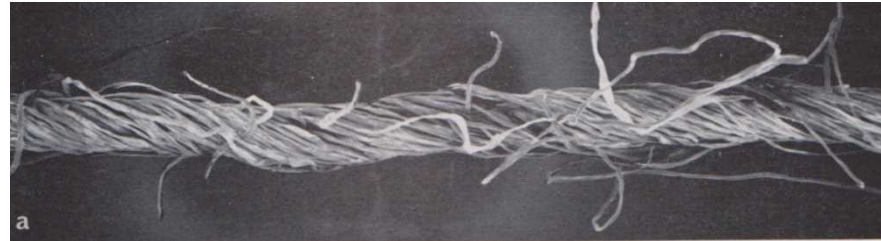
S33. 繊維学部 S35. 修

穴 原 明 司

1. 糸の種類

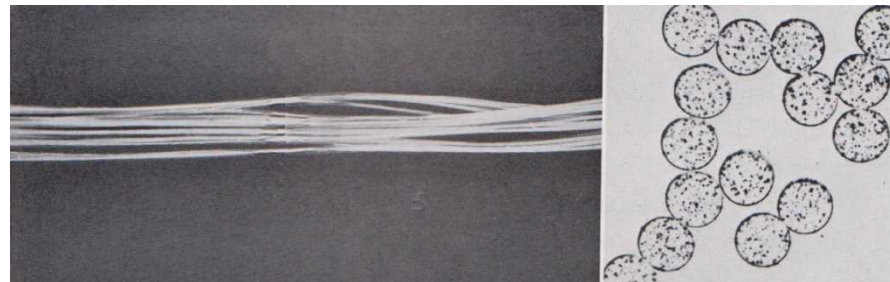
糸には、短繊維を引き揃えて撚った紡績糸と、無限長の繊維を引き揃えたフィラメント糸の2種があり、いずれも撚りによって集束されている。代表的な例を示す。

紡績糸



綿糸¹⁾

フィラメント



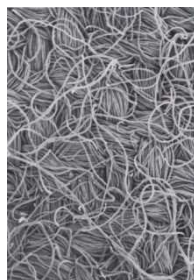
ポリエステルフィラメント¹⁾

2. 繊維製品

糸は織物・編物として衣料に供される。

紡績糸の織編物は糸表面の毛羽や、繊維配列の不揃いなどにより適度な嵩高さをもち、快適な肌触りを持つのに対し、フィラメント糸は絹を例外として、表面の平滑さのため、スリッパなどの特殊な用途に限定される傾向にある。

織物



ウール スーツ地¹⁾

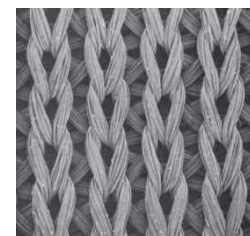


ポリエステルタフタ¹⁾

編物



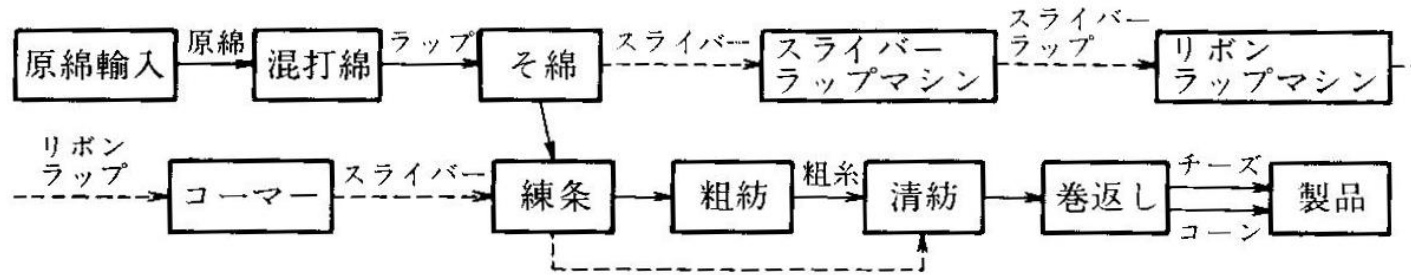
PE/レーヨン紡績糸 緯編物¹⁾



ナイロン 経編物¹⁾

3. 紡績工程

輸入された短繊維は堅く詰め込まれており、それを繊維単位に解きほぐし、引き揃え、加撚して糸に仕上げる工程を下図に示す。各工程で分離・配列される繊維の様子を下段に示す。



綿紡績工程のフロー¹⁾



スライバー¹⁾



粗糸¹⁾



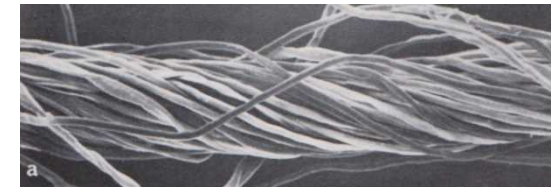
糸¹⁾



スライバー内の繊維¹⁾



粗糸内の繊維¹⁾

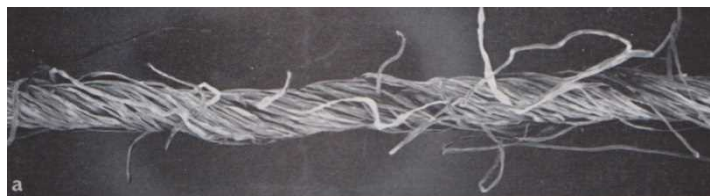


糸内の繊維¹⁾

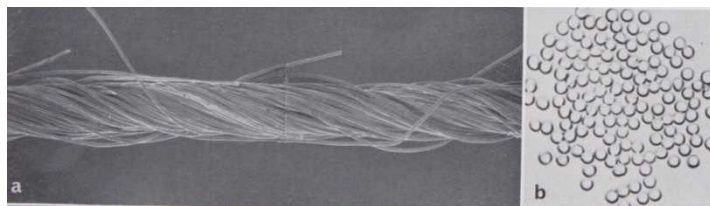
4. 糸の構造 (1) 紡績糸とフィラメント

紡績糸は、短繊維が撚られた構造であるため、表面に多数の繊維端が突出（毛羽）し、衣類として快適な肌触りをもたらす反面、外観をくすんだものにするため、原則的には毛羽の少ない糸が好まれる。一方糸に加える撚りの頻度により、糸の性質も変化し、撚りの少ない嵩高な糸はニット製品に、撚りの多い締まった糸は縮緬織物などに向けられる。

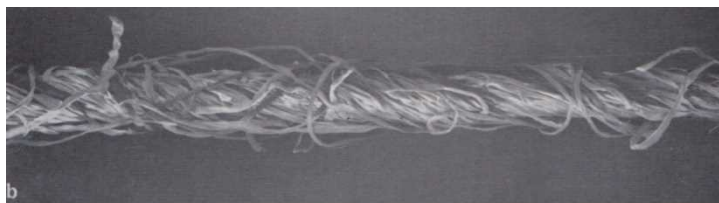
リング紡績糸 綿 Ne30¹⁾



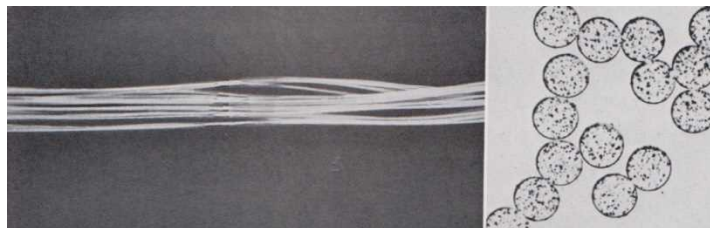
リング紡績糸 PE Ne60¹⁾



OE 紡績糸 綿 Ne30¹⁾



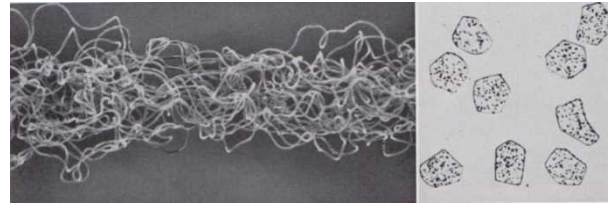
PE マルティフィラメント糸¹⁾



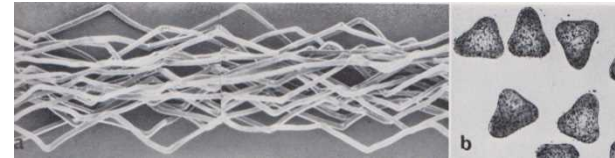
5. 糸の構造 (2) ウーリー加工糸

毛羽の少ない紡績糸が好まれるとはいえ、必ず繊維本数の倍近い末端が存在するに対し、毛羽の全くないフィラメント糸としては、肌触りを改善するため、毛羽や繊維配列の乱れに相当する要素が求められ、ウーリー加工と呼ばれる幾つかの加工法が考案された。代表例を下図に示すが、品質の安定性から仮撚加工法が広く採用されている。

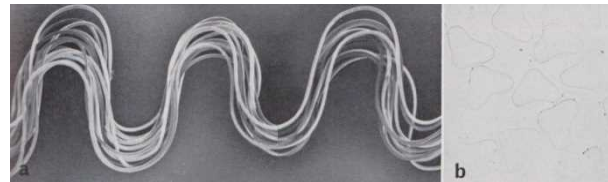
仮撚加工糸 PE¹⁾



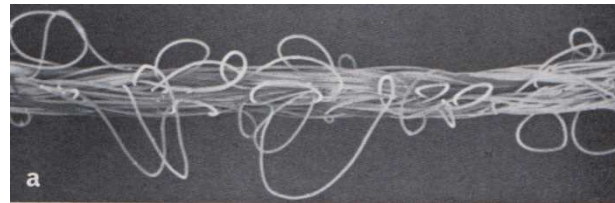
押し込み加工糸 Ny¹⁾



賦形加工糸 Ny¹⁾



ループ加工糸 PE¹⁾



6. ウーリー加工の効果

合成繊維フィラメント糸をウーリー加工の一種である仮撚加工した効果を比較して下図に示す。織物の組織が異なるため、直接の比較はできないが、仮撚加工した方は毛羽こそないが、繊維配列の乱れが多く嵩高くなり、衣料向けに改善されている。織物組織もその効果を助長するため、経緯糸の交錯点の少ない綾織りが選ばれている

PE マルティフィラメント タフタ 1)

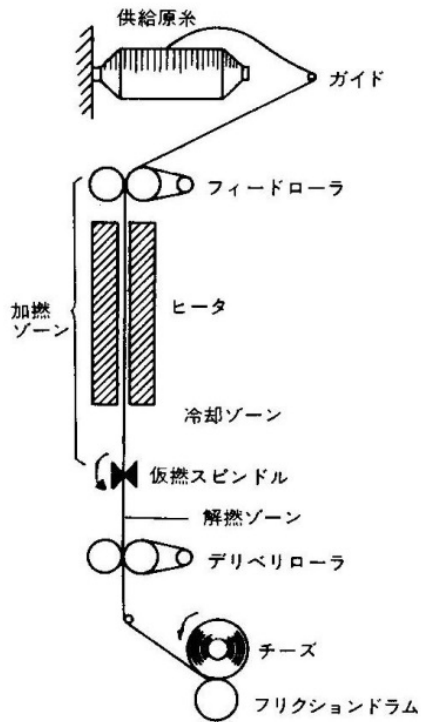


PE マルティフィラメント加工糸 ツイル 1)

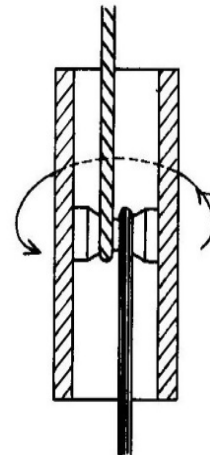


7. 仮撚加工機の構造と撚りの分布 4)

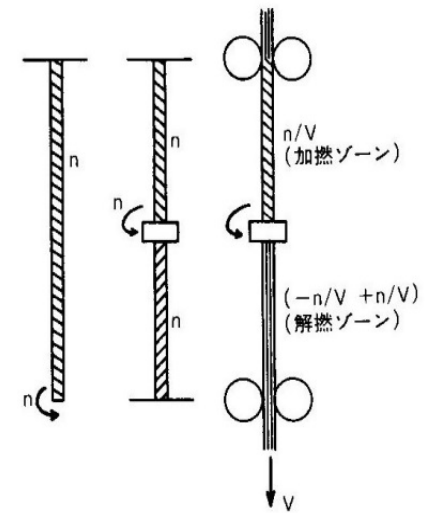
仮撚加工機の構造を下図に示す。フィラメント糸（供給原糸）は、フィードローラを経てヒータに入り、仮撚スピンドルを経てデリベリローラからチーズに巻き取られる。仮撚スピンドルの回転は糸に撚りを加え、ヒータにより加熱された後スピンドルで解撚される。加撚状態が熱固定されるため解撚後にスパイラル状の変形が保存され、嵩高となる。



仮撚加工機の構造

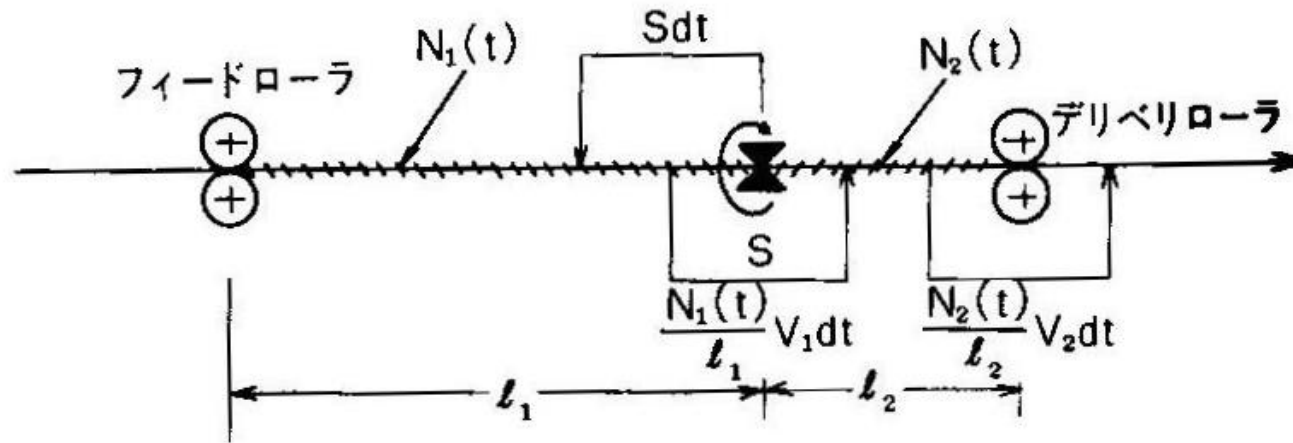


仮撚スピンドル



加撚・解撚の原理

8. 仮燃の原理 4)



(a) 加燃ゾーンの燃数

微小時間 dt の回転数の収支を考えると,

$$N_1(t+dt) = N_1(t) + Sdt - \frac{N_1(t)}{l_1} V_1 dt \quad (2 \cdot 1)$$

$$\text{従って,} \quad \frac{dN_1(t)}{dt} + \frac{V_1}{l_1} N_1(t) = S \quad (2 \cdot 2)$$

これを解いて初期条件 $N_1(0)=0$ を入れると, 燃数 $n_1(t)$ は,

$$n_1(t) = \frac{N_1(t)}{l_1} = \frac{S}{V_1} \left(1 - e^{-\frac{V_1}{l_1} t} \right) \quad (2 \cdot 3)$$

(c) 解燃ゾーンの燃数

微小時間 dt の収支を考えると,

$$N_2(t+dt) = N_2(t) - Sdt + \frac{N_1(t)}{l_1} V_1 dt - \frac{N_2(t)}{l_2} V_2 dt \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \text{従って, } \frac{dN_2(t)}{dt} + \frac{V_2}{l_2} N_2(t) &= \frac{V_1}{l_1} N_1(t) - S = -S e^{-\frac{V_1}{l_1} t} \\ & \quad (2.8) \end{aligned}$$

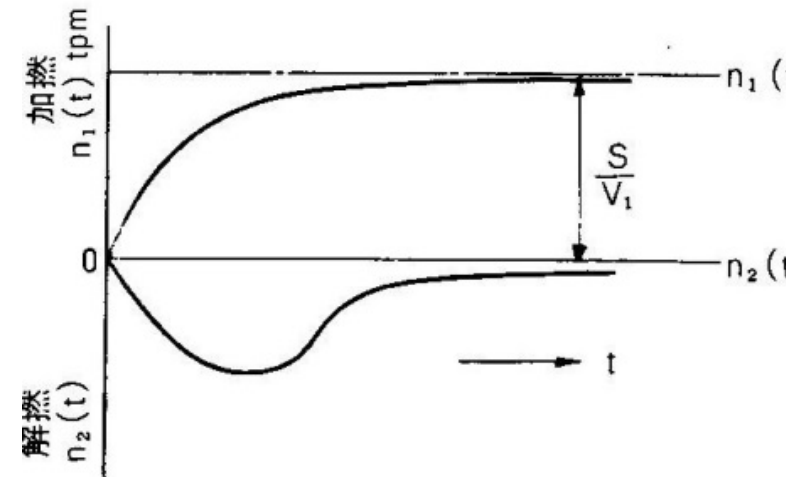
この解は線形1階1次微分方程式であり,

$$N_2(t) = e^{-\frac{V_2}{l_2} t} \left(\int \left(-S e^{-\frac{V_1}{l_1} t} \right) \cdot e^{\frac{V_2}{l_2} t} dt + c \right) \quad (2.9)$$

$\frac{V_1}{l_1} \neq \frac{V_2}{l_2}$ と考えよいので,

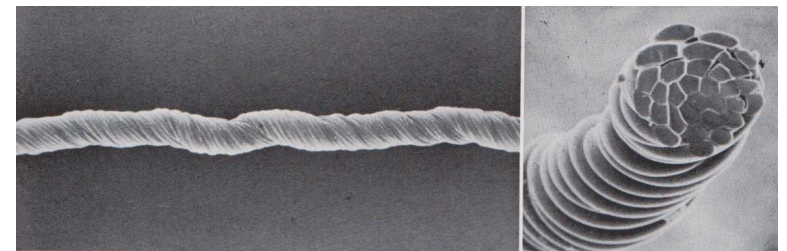
$$n_2(t) = \frac{-S}{l_2 \frac{V_2}{l_2} - \frac{V_1}{l_1} l_2} \left(e^{-\frac{V_1}{l_1} t} - e^{-\frac{V_2}{l_2} t} \right) \quad (2.10)$$

時定数を考えると数秒間で零に漸近する。



加燃開始後の加燃・解燃域の燃数の変化

スピンドル上流の加燃域には燃りが滞留し、
下流の解燃域には燃りは存在しなくなる。



ヒータ上加燃状態の PE フィラメント糸 1)

9. 仮撚りと実撚り

仮撚りとは、**False Twist**（偽撚り）の訳で、回転するスピンドルにより一旦は実際の撚りが糸に加えられるが、スピンドルを通過するとき、撚り解かれて（撚りに関しては）原糸の状態で巻き取られる。すなわちスピンドルの回転を実際の撚りとして糸に残すことはできない。「偽撚り」と呼ばれる所以である。

しかし、**20万 r.p.m.**以上の回転が容易な仮撚りスピンドルの撚りを、実撚りとして利用できれば、撚りをもつ糸の生産性を飛躍的に向上できる。そこで、仮撚りメカニズムから実撚りを流出させる技術の開発を考案した。それには、スピンドル上流部に何らかの変化を与えることによって可能になる。具体的に挙げると、

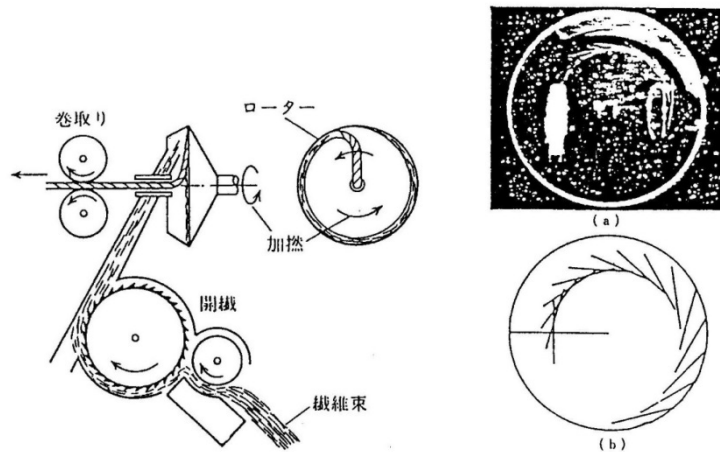
- (1). 滞留部長さを変える
- (2). 滞留部で他の糸を巻きつける
- (3). スピンドル回転数を変化させる
- (4). 加熱温度を変える
- (5). 加熱長さを変える ⇒ 斑の発生

これらの手段によって実撚りをもった糸を製造することは可能であり、実際に生産にも供したが、「変化」によって加えられた実撚りは、均整な安定したものではなく、長手方向に斑のある変り糸となる。従って高速回転可能であっても仮撚りスピンドルを、安定性の必須な紡績工程に応用することはできない。

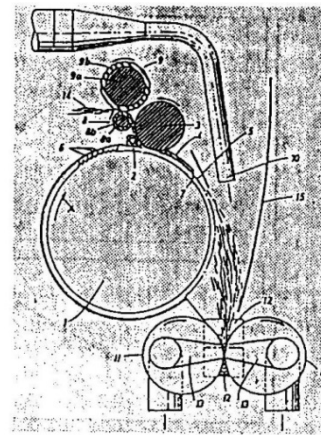
10. 紡績法の革新

精紡機の高速化は、人類の悲願であり、これまでも幾多の試みがなされてきたが、その中で成功した唯一の方法がオープンエンド紡績法（OE 紡績法）で、リング精紡機の生産性を一挙に数～数十倍にも高め、世界中に普及した。しかし、OE 紡績法では細い糸が紡げない致命的な問題点があり、採用は一部に限定された。一方、フィラメント糸の分野から、結束紡績法と言う新しい考え方が登場してきた。

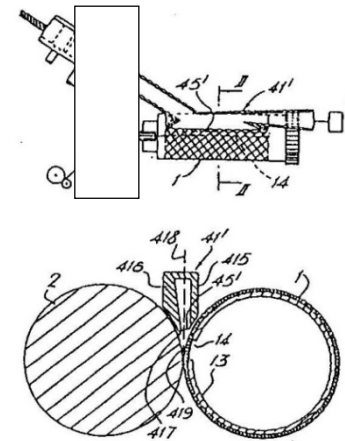
- (1). OE 紡績法
- (2). フリクション紡績法
- (3). 結束紡績法



オープンエンド紡績法



フリクション紡績法

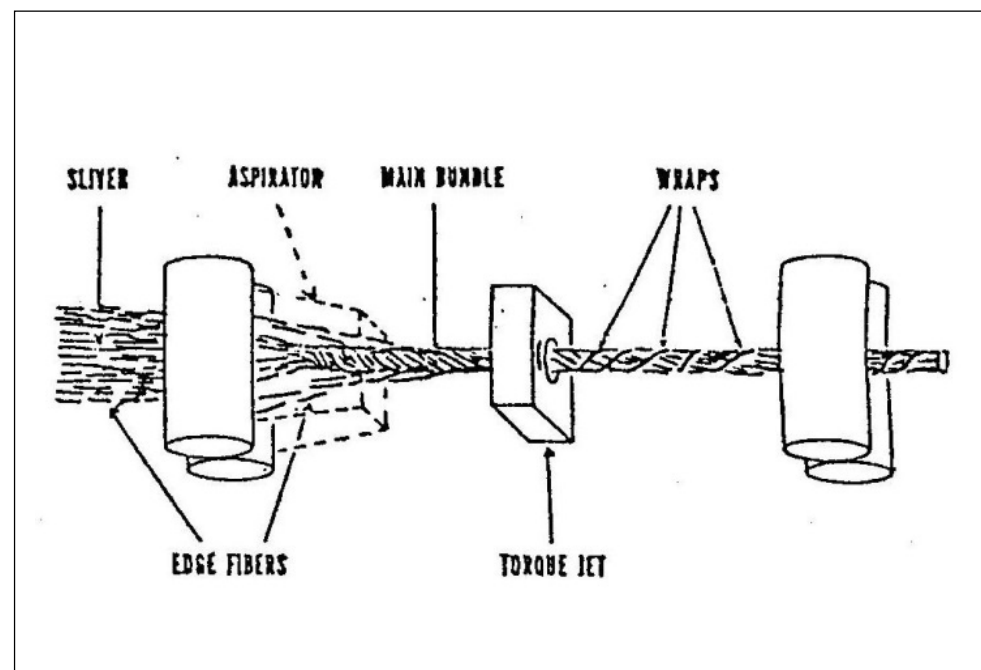
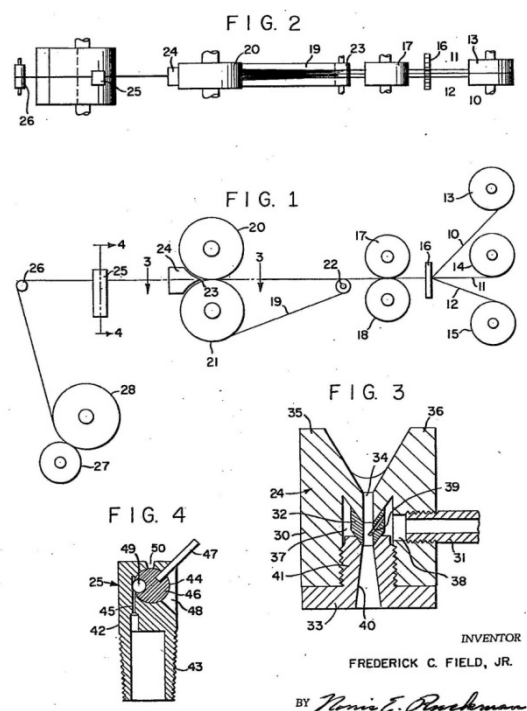


11. 結束紡績法

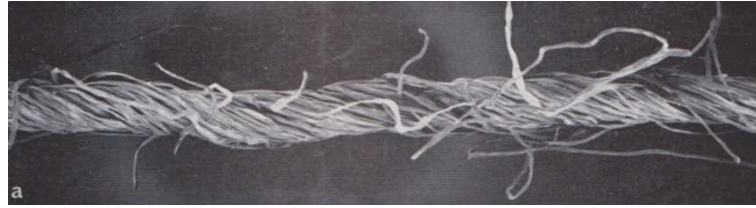
デュポン社（米国）から、フィラメントの収束性と平滑性を改善し、紡績糸風の性状を持たせる技術として、結束紡績法及びその製品の特許が公告された。平行な繊維束の一部を切断し、その切断端を旋回気流型のアアノズルで加熱しながら、解燃時に糸の外周に巻きつけるもので、一時この手法による製品も市販された。

この手法を紡績糸にも適用できないか検討した。

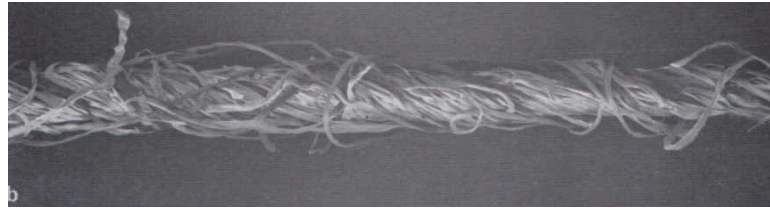
デュポンの特許 (USP3,079,746 1963.5.5.公告)



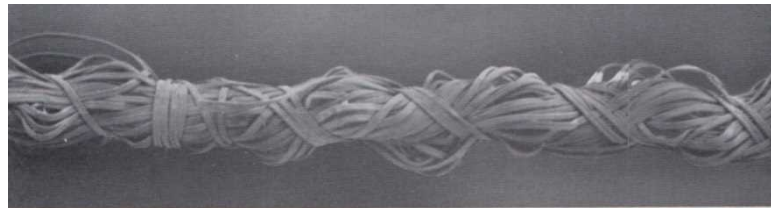
各種紡績糸の外観



リング紡績糸 綿 Ne40¹⁾



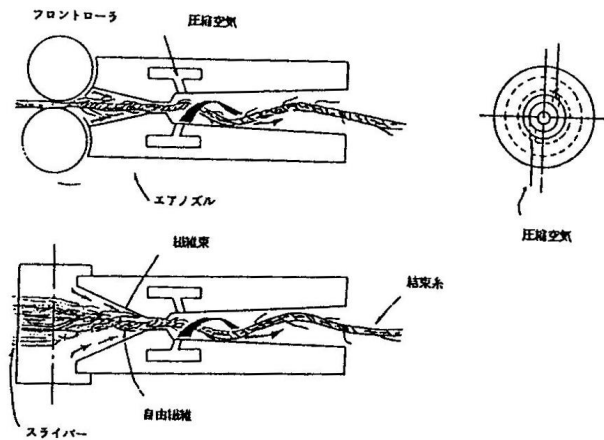
オープンエンド糸 綿 Ne40¹⁾



結束紡績糸 Ne40¹⁾

12. 結束紡績法による紡績糸の製造

繊維長僅か数十mmの短繊維の末端をタイトに巻きつけ、糸の強度を確保するため、繊維束の供給法、エアノズルの構造、エア供給条件、原料の種類等々種々の条件を検討し、実用糸を製造する条件は見出せたが、繊維束をタイトに巻きつけるため、膨らみの無い痩せた糸しか得られず、ましてやニット用のバルキーな糸は望むべくもないことが判り、綿など天然資源の貴重な原料を無駄にするべきではないという結論に達し、開発を中止した。



短繊維結束紡績用ノズルの1例

したがって
この報告のタイトルは、
無撚物語
⇒無念物語
と改めたい。 著者-述懐

参考文献

注1) 繊維学会編「図説 繊維の形態」p.188～221 朝倉書店刊

注2) 日本機械学会 機械工学講座 IV-3 繊維機械(1) p.150～160 社団法人日本機械学会刊

注3) 祖父江寛著 紡織繊維学総論 p.246 裳華房刊

注4) 安塚勝三著 フィラメント加工技術マニュアル(上巻) p.47～51