(昭和43年9月11日受理)

空気輸送管中を移動する小繊維塊の測定について

岐阜大学工学部 黒崎 新也・近田富士雄
伊藤 元貴ON THE MEASUREMENT OF SMALL FIBER ASSEMBLIES FLYING
IN PNEUMATIC CONVEYOR PIPE.

By Shinya Kurosaki, Fujio Konda and Motoyoshi Ito

(Faculty of Engineering, Gifu University, Kakamigahara City, Gifu Prefecture, Japan)

In the present study, an apparatus for the continuous measurement of the size and the interval of fiber assemblies flying at a high-speed air flow was first devised and its performance was investigated. Further, as an example of applying it in practice, the behavior of assemblies was measured by separating a sliver continuously by suction.

It is believed that by developing this study further, the basic information will be obtained on the clustering condition of fibers, which is important in the pneumatic spinning, pneumatic conveyance, carding, etc.

The results obtained from this experiment are summarized as follows:

(1) It is possible to measure the size of fiber assemblies flying with high speed by use of a capacitance type detector (Fig. 1).

(2) This apparatus enables one to detect a cluster composed of about 5~6 filaments of 3 D, 2 in-cut viscose fiber.

(3) When a sliver, going out from the front roller after roller drafting is separated by suction, the intervals of separation is distributed nearly in accordance with an exponential distribution. The number of assemblies separated per unit time is subjected to a Poisson's distribution. The size of assemblies can be found from the average time intervals of the separation.

(4) The larger the roller draft ratio and the faster the suction speed, the more easily the sliver is separated into smaller assemblies.

(Received September 11, 1968)

1. 緒 言

従来、紡績工程における空気流の利用は開綿・綿塊の空気輸送などの分野で行われてきた。とくに近時、空気流を利用したオープンエンド紡績法が開発されるにおよんで、この方面での研究¹⁻⁵⁾が進められている。しかしながら空気流中を移動する繊維塊の大きさを連続的に測定した結果はほとんど見当たらない。

本研究では、まず空気輸送管中を高速空気流とともに移動する繊維塊の大きさ、および移動状態を連続的に測定する装置を製作し、その性能を検討した。

さらに、実際への適用例として、ドラフト部のフロントローラ近くに吸引管を設置し、ドラフトされた粗糸を連続的に吸引、分離してタフトの挙動を求めた。

本研究をさらに発展させることによって、空気流利用精紡、空気輸送、綿塊の解舒などで問題となる繊維の集

合状態およびその分離について基礎的な情報がえられると考えられる。

2. 実験装置・方法

第1図に本研究に使用した装置の概要を示す。装置は全体として縦型をしており、左下の排風機Eで空気を吸引する。繊維塊は右下方から投入され、大きさ、速度測定部を通過して排風機に導かれる。

チューブ内の空気速度はスライダックTによる電圧の変化、すなわち排風機の回転数変化およびバイパスのバルブVの開度を変化させてかなり広範囲に変えることができる。風速の測定は必要に応じて注射針ピトー管Pおよび水柱マノメータMによって求められる。実際に繊維塊を吸引する場合、このピトー管は簡単に取り外しができるようになっている。

後述するが、吸引部にドラフト装置をとりつけ、フロ

Fig. 1. Experimental apparatus. Fibers sucked in from the inlet of tube move through the tube and their velocity is measured at A, B and their size at C.
A, B : Photo transistor C : Condenser D₁, D₂ : Amp. E : Air exhauster M : Manometer P : Pitot tube S : Dual beam synchroscope T : Slidac V : Valve

Fig. 2. Two kinds of capacitance detector.

Fig. 3. Apparatus for measuring velocity of fiber assemblies.
A, B : Photo transistor D₂ : Differential amp S : Synchroscope

ントローラから送り出されるスライバを吸引、分離させながら連続的にタフトの大きさを測定することが可能である。

繊維塊の大きさの検出部は第2図に示すように、一辺が6 mmの角型および直径7 mmの丸型の透明アクリル樹脂管にコンデンサCを取りつけたものである。コンデ

ンサの周囲には外乱の影響を防ぐためシールドが設けられている。繊維塊がコンデンサ間を通過した場合、静電容量の変化として検出、増幅し、シンクロスコープSにて測定する。

速度の測定⁶⁾は2対の投・受光器A, Bを第1図のように設置する。受光器には同規格のフォト・トランジスタが入っており、これを第3図のように出力を差動アンプD₂に入れておく。両方のフォト・トランジスタに光が当たっているときは信号が平衡状態にあり出力は0、一方の光線がさえぎられることによってバランスがくずれ出力信号があらわれる。A, Bでの信号は逆方向のパルスとして表われるようになっているので信号の区別に便利である。この信号の時間差および受光器間の距離から移動速度が求められる。

なお、D₁, D₂, フォト・トランジスタおよびシンクロスコープの周波数特性はそれぞれ、100, 200, 10 および 500 kc であり、入力波形の振動数はたかだか1kc程度であるから測定可能である。

以上のような方法でコンデンサからの信号および受光器からの信号を2現象シンクロスコープSで同時に測定できるようにした。

3. 実験結果と考察

3.1 空気輸送管内における風速

パイプスのバルブ開度変化、およびスライダックによ

Fig. 4. Relation between the applied voltage to the air exhauster and the air velocity in the tube. The uppermost and the lowermost straight lines correspond respectively to the cases when the valve is perfectly closed and opened.

る電圧の変化と風速の関係を第4図に示す。図から管内で10~70 m/secの範囲の任意の風速がえられる。ここで限界レイノルズ数 R_e を2310⁷とにおいて

$$R_e = uD/\gamma \quad (1)$$

から層流をなす風速 u を求めている。(1)式に $D=6 \times 10^{-3}$ m (チューブ径), $\gamma=1.44 \times 10^{-6}$ m²/sec (空気動粘性係数) を代入すると $u=5.5$ m/sec となる。本装置でえられる風速は5.5 m以上であり、すべて乱流領域である。この場合、ピトー管は第1図に示したように繊維塊の大きさ、および速度などの測定部の近くに取り付けてあるので、この付近での速度を測定することになる。以後、空気速度の影響を検討する場合には、この部分で測定した空気速度を意味する。

Fig. 5. An example of waveform appearing on the synchroscope. The upper and the lower curves show respectively signals coming from photo-transistor and from condenser. (sweep 2 msec/div)

Fig. 6. Relation between the weight of sliver of same length (15 mm) and the height of waveform on the synchroscope.

3.2 繊維塊の大きさ、速度の測定

第5図は粗紡機上り、1.5 Sの粗糸(ビスコース)を15 mmに切断して吸引した場合、シンクロスコープに表われる波形を示したものである。上はフォト・トランジスタからの信号で検出器A・Bを通過したときのパルスである。下はコンデンサの容量変化を示す。ここでコンデンサ間を通過する繊維塊の形状、および重量と波形の関係について検討する。

粗糸の長さを15 mmと一定にし、重量を変えて波形の高さの関係を求めると第6図のような直線関係がえられる。コンデンサ幅10 mmに対して試料長を15 mmと一定にしたが、試料長が変化した場合の結果を第7図に示す。図は太さがほぼ同じで、異なる長さに切断した粗糸を吸引させた場合、波形の高さと試料の重量との関

Fig. 7. Relation between the weight of sliver and the height of waveform on the synchroscope.

Fig. 8. Relation between the weight of sliver and the area of waveform on the synchroscope, in which linearity is observed.

係を示したものである。試長が 3cm 程度までは重量と波形の高さはほぼ直線関係を示すが、3cm より長い場合には記録される高さは変化しないことがわかる。検出器としてコンデンサには限界があり、コンデンサよりある程度離れた場所では静電容量に変化をおよぼさない。このように波形の高さでは長さに大きな変動をもつ塊りの大きさ、重量は比較できないことがわかる。一方掃引速度を速くして容量変化の波形を示せば第 7 図のようになる。3cm 以上の場合は波形の高さは変わらず時間軸方向に長くなる。そこで波形の面積と重量の関係を図示すれば第 8 図の関係がえられる。

分繊された小繊維塊の移動速度についてであるが、以下の実験で通常観測される 2.0mg 以下の大きさの塊りではほぼ等速で、空気速度の 50~60% をとるが、まれに観測される 5mg 以上の大きな繊維塊についてはいちじるしく速度を減じる傾向がある。これについての実験結果を第 9 図に示す。30~40mg で風速の 20% 程度になる。

以上のように長さが一定の試料ならば波形の高さで大きさを比較しうるが、長さが種々異っている場合には波形の面積を求めることによってそれぞれの繊維塊の大きさがほぼ推定できる。

3.3 実際への適用例

作製した実験装置を用いて具体的応用例について実験

Fig. 9. Relation between the weight and velocity of sliver.

Fig. 10. A part of experimental apparatus. After being drafted by roller, sliver is separated in the suction tube and transported.

検討した。第 10 図のようにドラフト装置のフロントローラ近傍にガラス製の吸引管を設置し、3D, 2in カットのビスコース粗糸 1.5 S をドラフトし、吸引分離されたタフトの大きさを測定した。ドラフト比、フロントローラ送り速度および吸引速度をそれぞれ 3 段階選び分離状態におよぼす影響を測定した。

ドラフト比 8.10, 風速 67 m/sec, フロントローラ送り出し速度を 162 cm/min としシンクロスコープの掃引速度を 1 msec/div と速くして撮影した結果例を第 11 図, 第 12 図に示す。図から大きな波形, 小さな波形がみられる。さらに周期, 振幅の小さい波形は測定器の雑音である。なお, タフトの通過した信号波形が重なっているのは何回も掃引しているためである。3.2 で述べたように面積によって大きさの比較ができることを知った。そこで, 数多くの波形を撮影し, 面積の分布を求めた。結果を第 13 図に示す。一方, 既知の形状, 重量のタフトを吸引させて, その面積を求め, すでに行なった

Fig. 11. An example of waveform appearing on the synchroscope. (sweep 1 msec/div)

Fig. 12. An example of waveform appearing on the synchroscope. (sweep 1 msec/div)

Fig. 13. Distribution of weight (or number of pieces) of separated assemblies.

実験のそれぞれのタフトの重量をすることができる。第13図の横軸はこうにして求めた重量と、これから換算した繊維本数を示してある。この結果から、ドラフト 8.10, 風速 67 m/sec, フロント送り速度 162 cm/min の条件で分離したタフトの平均の大きさは約 0.38mg, 本数にして 23 本程度であり, 5~10 本の塊が多いことを示す。このような吸引分離方法では集団分離が主体であって個々の分離は少い。

つぎにシンクロスコープの掃引速度を 0.2 sec/div とおそくして分離移動している様相を示したのが第14図である。上方の信号はフォト・トランジスタからの信号で、下はコンデンサからの信号である。パルスは繊維集

Fig. 14. An example of pulse appearing on the synchroscope. (sweep 0.2 sec/div)

団がコンデンサ間を通過したことを意味する。フォト・トランジスタからの信号とコンデンサからの信号がそれぞれ対応をなしている。繊維束が分離する場合、本実験の条件では空気速度がおそい場合を除いて長いタフトはほとんどないので高さはそのままタフトの大きさを示すものと考えてよい。

1秒間に分離するタフトの個数分布を第15図の●で示す。この分布の平均値は3.4である。一方、平均値が3.4のポアソン分布 $P(x, 3.4)$ を実験で示すと図のようになり、単位時間に分離するタフトの個数分布はポアソン分布にしたがうと考えてよい。この分布は風速、フロントローラ送り速度、ドラフト比によって左右される。

タフトが分離する時間間隔の分布を求めると第16図に示す度数分布をえる。

ここで、時間間隔の分布をつぎに示す指数分布⁹⁾とする。

$$\rho(\tau) = m \exp(-m\tau) \quad (2)$$

ただし、 m は単位時間に分離するタフトの個数であり、 τ は時間間隔である。単位時間 (1/10 秒) に分離する個数は第15図の結果から 0.34 個であるから $m=0.34$

Fig. 15. Distribution of the number of pieces of assemblies separated per unit time. It is approximated to the Poisson's distribution.

Fig. 16. Distribution of time interval of separated assemblies. The distribution is nearly exponential.

として計算した結果を実線で示す。

このように単位時間に分離する個数がポアソン分布を示し、しかも時間間隔が指数分布を示すことの両者から繊維束はランダムに分離していると推定される⁹⁾。

また、フロントローラから送り出される量は1.33mg/secであり、タフトの分離する時間間隔の平均が0.29 secであることから、分離する繊維束の大きさを計算すると0.38mgを得る。これは波形の面積を求めてタフト重量を計算した第13図からえた結果と同じ値を示す。このようにして時間間隔の平均からもタフトの重量を求めることができる。

条件を変えると単位時間に分離する個数分布、および時間間隔の分布が変化する。吸引速度、ドラフト比、フロントローラ送り速度を変化させた場合、単位時間に分離するタフトの個数分布を第17図に示す。すなわち風速が速くなるにつれて平均値は大きく、いいかえれば数多く分離するようになる。ドラフト変化には一定の傾向が認められない。

また、フロントローラ送り速度が大きくなるにつれて分離する個数が増えることを示しているが、供給量が多くなるための当然の結果であると考えられる。具体的なタフトの大きさと条件についての関係は第19図で示してある。

時間間隔の分布をまとめて示したのが第18図である。風速、およびフロントローラ送り速度が速くなるにつれて分布は間隔の小さいほうへ移行する。これは第17図に対応する結果である。

第18図、第17図から、吸引速度、ドラフト比、フロントローラ速度などの条件が分離するタフトの大きさにおよぼす影響を計算した。結果を第19図に示す。図の縦軸はタフトを構成する繊維本数に換算してある。空気速度を速く、ドラフト比を大きくするにつれてタフトは小さくなり、フロントローラ送り出し速度を増すにつれて大きくなる。これらの結果から、粗糸をなるべく小さく分離するためには、吸引速度、およびドラフトを大きく、フロント送り出し速度を小さくすればよいと考えられる。

Fig. 17. Relation between the drafting conditions and the number of pieces of assemblies separated per unit time. The effects of (A) air velocity, (B) draft ratio and (C) front roller delivery speed.

Fig. 18. Relation between the drafting conditions and the distribution of time interval of separated assemblies. The effects of (A) air velocity, (B) draft ratio and (C) front roller delivery speed.

Fig. 19. Relation between the drafting conditions and the number of fibers composing assemblies.

4. 結 言

空気輸送管中を高速で移動する繊維塊の大きさ、およびその移動挙動を連続的に測定する装置を試作し、性能の検討と実際への適用について実験した結果、つぎの結論をえた。

- 1) 静電容量型の検出器を使用し、高速で移動する繊維塊の大きさを測定することが可能である。
- 2) 本装置で 3D, 2in カットのビスコース繊維 5~10 本程度の集団まで検出できる。
- 3) ローラドラフトを行ないながらフロントローラを

出た繊維束を吸引分離した場合、分離する時間間隔の分布はほぼ指数分布にしたがう。また、単位時間に分離するタフトの個数分布はポアソン分布にしたがう。繊維束が分離する時間間隔の平均を求めることによって塊りの大きさがわかる。

- 4) ローラドラフト比が大きいほど、吸引空気速度が大きいほど繊維束は小さな集団に分離しやすい。

本研究の一部は文部省科学研究費（総合研究）により行ったもので、総合研究責任者東京工大石川章一教授に深く感謝する。また本報告は昭和 43 年度繊維学会春期研究発表会（東京教育会館）で発表したものをまとめた

ものである。

実験にご協力をいただいた横井輝之、後藤英之両氏に感謝する。

文 献

- 1) 鈴木, 小林; 織機誌, 21, 1 (1968)
 - " " ; 繊維工学, 20, p. 888 (1967)
 - 2) 清水, 井戸, 武智; 繊維工学, 20, p. 845 (1967)
 - 3) 福多; 繊維工学, 20, p. 846 (1967)
 - 4) 鳴海, 野銅, 春山; 昭和 43 年織機学会春期発表
 会前刷
 - 5) 宇野, 塩見, 嶋田; "
 - 6) 前掲 1)
 - 7) 原田; 流体の力学 (槻書店), p. 116 (1965)
 - 8) 宮脇; 雑音解析 (朝倉書店), p. 40 (1961)
 - 9) W. フェラー著, 河田訳; 確率論とその応用 (紀
 伊国屋書店), p. 565 (1966)
-