打綿機のビーティング作用に関する研究

福井大学工学部 片 山 勝 巳 (会員)

吉 田 幸 吉 (会員)

加 藤 三 千 夫 (会員)

Study on the Beating Action of an Opener

Katsumi Katayama, Kokichi Yoshida and Michio Kato

Faculty of Engineering, Fukui University, Fukui, Fukui-ken

Abstract

The studies on the beating action, which is most important in blowing processes, have been made, covering, (1) Measurement of grip pressure, its distribution and the effect of beater gauge distance, (2) Measurement of the number of beat, (3) Measurement of beating force given to feeding cotton lap by the beater blade, and (4) Measurement of the effects of air velocity on the feeding cotton lap and the distribution of air pressure produced by the high speed revolution of beater.

The experimental results obtained are :

- (1) The maximum of the grip pressure is 28.0kg, the grip pressure distribution region is 21.6mm and the beater gauge calculated is 44mm but actual beater gauge is 29.2mm.
- (2) The number of beat is 14.8s/in under the experimental conditions that the number of revolutions of beater ; 930 r.p.m, beater gauge ; 44mm the amount of feed ; 3.14in/sec.
- (3) The magnitude of beating force (mean value of several recorded forces) against the cotton mass is about 1.50 kg. The force given to single fiber with one beat is about 2mg.
- (4) The air velocity of arm parts of beater blade is about 1.50m/sec greater than the other parts.

The experimental formula of the relationship between distance from beater blade point and the air velocity is as follows.

$$v = 18.8e^{-0.15s} \quad v ; \text{air velocity (m/sec)} \\ s ; \text{distance from beater blade point (mm)}$$

Moreover, the experimental formula of the relation between the air velocity and the air pressure is as follows.

$$P = 0.0984v^2 \quad v ; \text{air velocity (m/sec)} \\ P ; \text{air pressure (g/cm}^2\text{)}$$

(Received December 11, 1967)

摘 要

目 的 打綿機のブレードッド ビーターのビーティング作用について、つぎの諸点を解明する。 1. フィード ローラーの把持圧力、圧力分布域の測定、ビーターゲージとの関係 2. ビート数の測定 3. ビーター ブレードによる打撃力の測定 4. ビーターの高速回転による風速および風圧分布状態の影響

成 果 1. フィード ローラーの最大把持圧力は 28.0 kg, 圧力分布域は 21.6 mm およびビーター ゲージは 44.0 mm であるが、実質ビーター ゲージは 29.2 mm である。
2. ビート数は、ビーターの回転数 930 r.p.m, ゲージ 44.0mm およびフィードローラーの給綿速度 3.14 in/sec 条件下で、14.8回/in である。
3. ビーター ブレードが綿塊へ与えた力を記録し、この力のいくつかのピークの平均値を本実験の打撃力とし、(以下この力を打撃

力と記す)測定した結果 1.50 kg である。また 1 回の打撃につき繊維 1 本の受ける打撃力は約 2 mg である。

4. ビーター ブレードのアーム部分の風速は、アームのない部分より約 1.5 m/sec 大である。アーム部分で、ブレード先端からの距離と風速との関係実験式は $v=18.8e^{-0.15s}$ である。 v は風速、 s は距離である。

また、風速と風圧との関係実験式は $P=0.0984v^2$ である。 P は風圧、 v は風速である。

(昭和42年12月11日受理)

1. まえがき

最近の綿糸紡績界においては、連続自動紡績およびオープン エンド紡績方式が種々開発されて、在来の混打綿工程は短縮されているが、依然として現在でも従来の混打綿工程を採用している工場は多数ある。

ところで、各混打綿工程の使用目的は、各機械の諸作用を受けて製造されたラップむらを減少させ、さらに開綿、混綿および除塵を効果的にして清浄かつ均齊なラップを造ることにある。そこで、混打綿機の問題点を列挙すれば (1)開綿作用 (2)除塵作用 (3)ラップ均斉化作用 (4)繊維の損傷 (5)繊維のよじれなどである。

ここで、繊維のよじれ現象は精紡糸のネップ発生の一因子となるもので、その形状、発生の原因となる機械取り扱い以上の不手ぎわなどについては J.F. Bogdan ら¹⁾の報文がある。また混打綿工程における繊維の疲労および損傷については辻本ら²⁾、樋口ら³⁾および鳴海⁴⁾の研究があり、ラップの長さ方向のむらに関しては鳴海ら⁵⁾および加藤ら⁶⁾、同横方向のむらについては鳴海⁷⁾、大沢ら⁸⁾および Earl Heard Jr.⁹⁾の報文があり、また除塵については鳴海¹⁰⁾、Peirce ら¹¹⁾および Bostock ら¹²⁾のものがあ、開綿についての報文は加藤ら¹³⁾および鳴海¹⁴⁾のものがあ。

しかし混打綿工程において、繊維の疲労、損傷およびねじれ現象の誘因、また除塵、開綿効果およびビーターなどの回転によって生ずる風速のラップむらに与える影響と密接に関連するビーターのビーター作用すなわち機械的衝撃作用、そのものについて詳細に解明している報文はない。

そこで、本研究は混打綿工程中の主目的で開綿および除塵作用を左右する打綿機構の主要動作部分であるビーター作用に注目して実験考察する。

一般に繊維塊を解きほぐす方法として、現在広く用いられている方法は (1)ローラーによる表面速度差を利用するもの (2)スパイクによる作用 (3)ビーターによるビーター作用であり、綿塊にビーター作用を与えるビーターおよびシリンドラーにはブレードッド ビーター、キルシナ ビーター、ポーキュパイン ビーター、ガーネット ビーター、ガーネット シリンドラーおよびピン シリンドラーなどが使用され、合成繊維用としてはキルシナ ビーターが多く使用されている。

本研究は、そのうちブレードッド ビーターによるビーター作用について解明する。

2. 実 験

2.1 実験機台およびビーター

本実験はエキゾースト オープナー (豊和工業製の第2ビーターについて行なった。第1図に使用機台の全図、第2図にそのダイアグラムおよび第1表に本機の各部の主要回転数(実験条件)を示す。またビーターとフィード ローラーの位置関係を第3図に、第4図にビーターの形状を示す。なお、第4図中「ビーターの右端から」の意味はフロント側からのもので、風速および風圧

A ; ビーター軸
B ; ラップ マシン
第1図 使用機台の全図

第2図 使用機台 (エキゾースト オープナー) のダイアグラム

(第1表) 使用機台の主要部分回転数

主 要 部 分 名 称	回転数 (r.p.m)
シ リ ン ダ	858
No. 1 フ ァ ン	1,287
ビ ー タ	930
No. 2 フ ァ ン	1,046
ク ロ ス シ ャ フ ト	465
クロスモーション シャフト	194
フ ィ ード ロ ー ラ	24.0
ラ ッ プ ロ ー ラ	13.6

第3図 ビーターとフィードローラーの位置関係図

第4図 ビーター形状の概略図

測定のとくに使用する。

2.2 試 料

厚さ 14 mm

幅 200 mm

第5図 試料の1部

本実験に使用する試料を第5図に示す。この給綿ラップはフィードローラーの把持圧力、圧力分布域およびビート数測定に使用するもので、カードウェブあがり厚さ14 mm、幅 200 mm のものを2枚重ねたものである。

2.3 実験方法

本実験装置の概要および実験線図を第6図に示す。各実験方法をつぎに示す。

実験機台 → 実験装置 →

ストレンメーター
DS6/PX型
(新興通信工業)

電磁オシロ
FR-201型
(三栄測器製)

第6図 実験装置図および実験線図

2.3. a フィードローラー把持圧力および圧力分布域

給綿ラップ中に燐青銅板(ストレンゲージ接着)をそう入し、それをフィードローラー間に供給して、フィードローラーによる把持圧力および圧力分布域を測定する。

2.3. b ビート数

前項と同様にして作成した試料を実際にフィードローラー間を通過させ、その試料が破壊(断綿)するまで供給し、ビート数測定を行なう。

2.3. c 打撃力

ビーターブレードによる打撃力は第7図に示す装置で測定する。第7図において、AはストレンゲージBを接着した燐青銅板で、これにエバーソフトCを接着し、そのエバーソフトの先端5 mmのところにビーターブレードの先端が作用するように設置し、エバーソフトの変位をストレンメーターを通し電磁オシロに記録させる。

ここで測定に使用したエバーソフトはラップに類似した試料すなわちラップの大きさのあるもの、弾性体であるもの、連続測定できるものとして使用した。また燐青銅板は測定手段上使用した。

2.3. d 風速および風圧

ビーターのまわりの風速は第8図に示すように、熱線

I 下図

第7図 ビーター ブレードの打撃力測定装置

A ; 風速感知部
B ; 熱線型微風速計本体
第8図 風速測定装置

型微風速計（日本計測器製）を使用して測定する。ただしビーターの回転数は 930 r.p.m とし、ビーター ブレードの先端から 8.5 mm, 10.5 mm および 12.5 mm の距離とする。また同時にビーターアームのある部分の風速も測定する。

風圧は第9図に示す装置を使用し、図中のAなる取付け台をボトム フィード ローラー

A ; 取付台
B, C ; ボトム フィード ローラー
D ; ストレン ゲージ
E ; 燐青銅板

第9図 風圧実験装置

ーBおよびC間にそう入し、ストレン ゲージDをはった燐青銅板Eを固定し測定する。ここで、ビーター ブレード先端から燐青銅板先端までの距離は 1.8 mm とする。

3. 実験結果および考察

3.1 フィード ローラーの把持圧力および把持圧力分布域

打綿機の主目的の1つである開綿作用はビーターの種類、フィード ローラーとビーターとの位置関係およびビーターの回転数などによって大きく影響される。そこで本節では、その条件のうちフィード ローラーとビーターとの位置関係に注目して、ビート数と密接な関係のあるフィード ローラーとビーター間のゲージの関係を解明する。

第10図において、給綿ラップはA点でフィード ローラー間に把持され始め、A～C間で最大把持圧力点B点を経てフィード ローラーによる圧縮力を受け、C～D間では引張力を受け、D～E間で自由状態になり、D点以降においてピーティング作用を受け始めると考えられる。

したがって、第10図の圧縮把持圧力分布域Iは 10.0 mm, 最大圧縮把持圧力は 28.0 kg, また引張把持圧力

第10図 フィード ローラーの把持圧力および把持圧力分布域の実験結果曲線

一分布域Ⅱは11.6 mm, 最大引張把持圧力は-10.0 kg となり, 把持圧力分布域はA〜D間で21.6 mmである。

すなわち計算上のゲージは44.0 mmであるが, この21.6 mmという把持圧力分布域の発生により, B点をフィードローラー把持点とするとB〜D間は14.8 mmとなり実質ビーターゲージは $44.0 - 14.8 = 29.2$ mmとなると考えられ, ゲージ決定の際には実質ビーターゲージおよび給綿ラップの性状を考察する必要があると考えられる。

以上よりビート数に影響する実質ビーターゲージが明らかになり, 硬さ, 密度および厚さがそれぞれ大なる綿塊を供給すると実質ビーターゲージ長が著しく小となり, 給綿繊維長の損傷が大となり, リントの落物が増加すると考えられる。すなわち, 打綿機より以前の工程において, 綿塊が開綿された状態にならなければ, 打綿機の効果は少ないと考えられる。

3.2 ビート数

ビーターブレードの作用は給綿ラップを打撃することにより, 開綿および除塵を行なうことである。したがって, そのビート数や綿塊に与える打撃力あるいは運動量の大小は綿の品質と夾雑物の状態に応じて決定されねばならない。そこで本節の実験ではそのうちのビート数に注目する。また打撃力については次節で考察する。

一般にビート数はつぎの式で示される。

$$1'' \text{ 間のビート数 } B = \frac{nR}{l} \dots\dots\dots (1)$$

ここで R ; ビーターの回転数

n ; ブレード数

l ; 1 min の給綿長

である。

(1)式に実験条件である $R=930 \text{ r.p.m.}$, $n=3$ および $l=3.14 \text{ in/sec}$ を代入して計算ビート数を求めると14.8回/inとなる。つぎにビート数を実測する。

第11図に実測結果の1例を示す。

第11図において, A点はフィードローラーニップ点, B点はビーターの打撃開始点, C点は測定器具の破壊を示し, B〜C間の各ピークが給綿ラップに対するビーター作用を示すものと考えられる。

実測ビート数は第11図より15.3回/inである。ここで, 計算および実測ビート数を比較するとほぼ一致する

第11図 ビート数実験結果曲線

が, 実測ビート数がやや大である。これはビーター回転数およびフィードローラーの給綿量などのむらあるいはゲージ長の影響と考えられる。しかし, 実際には写真撮影により観察されるように, 給綿繊維はフィードローラーを過ぎると下方に垂れ下がり, 計算上のような多数のビートを受けるわけではない。しかしこの実測ビート数の大小によってビート効果を表示する目安になると考えられる。

3.3 打撃力

ビーターによる打撃力は開綿, 除塵, 繊維のよじれおよび損傷と大なる関係にあり重要である。鳴海¹⁴⁾は開綿効果を表示する垂下指数などを求めるさいに, ブレード型ビーターによる綿塊への作用力について詳細に考察している。

打綿時の打撃力は衝撃力であり, それを受けるのが不安定な性状の綿塊層であるゆえ, これを試料として打撃力すなわち衝撃力を実験によって正確に求めることは不可能である。真後¹⁵⁾はこの衝撃力を一定の静荷重と仮定して以後の計算を進展させている。

本節の実験でも, 正確な打撃力の測定は実験装置およびその方法に難点があるため求められないが, 打撃力の大小の比較は可能であり有意性が大であると考えられるので, 打撃力の1測定例を考察する。

第12図 ビーターの打撃力実験結果曲線

第12図にビーターの打撃力測定結果の1例を示す。第12図において, 最大打撃力①, ②, ③, ④および⑥の平均値をもって打撃力とすると, 1回の打撃力値は約1.50 kgである。ここで, 1回の打撃につき繊維1本の受ける打撃力も求められる。その方法として, 第7図に示したエバーソフトの断面積は幅30 mm, 厚さ10 mmであるゆえ $30 \times 10 \text{ mm}^2$ である。そこで $30 \times 10 \text{ mm}^2$ 内にある断面繊維本数は, 簡単のために綿繊維を円形とし, たて, よこ方向ともに整然と配列し, 同密度と仮定すると綿繊維の太さが $16 \sim 20 \mu$ ¹⁶⁾ であるから, たて方向に500本およびよこ方向に1500本並び, 7.5×10^5 本になる。したがって, 1回の打撃力は1.50 kgより, 1回の打撃により綿繊維1本の受ける打撃力は約2 mgとなる。

また一方、打撃力の時間に対する関係を考察するとピークの①, ②, …, ⑥および⑦の周期は約 0.022 sec となり、後記の 3.4.b で考察するピーターによる打撃力の周期に一致することは明白であり、前記のピークをピーターによる打撃と考えたことを裏付けている。つぎに①～②, ②～③および③～④間などを考察すると、第1番目の最大のピークがピーターの打撃力そのものであり、第2および第3番目のピークはピーター ブレードの打撃に対する隣青銅板およびエバソフトの抵抗力を表わしていると考えられる。この打撃によって打ち取られた給綿ラップを写真撮影で観察すると、第13図に示すように刃物で切り取られたかのようにになっている。またピーターによる打撃後のラップ端は、第2ケーシング ファンの影響によって、水平方向の力を受ける傾向にあり、繊維長の損傷率増加を示すと考えられる。

ここで打撃力測定について考察すると、従来の打撃力という観念を捨て、打撃力に代わって、打撃による運動量（またはエネルギー）を測定し、綿層を供給した場合

第13図 ビーティング作用後の給綿ラップ状態図

としない場合との運動量の差を測定し、実際にピーターブレードの綿層への打撃の効果ならびに影響を考察する方が、よりよい精度が得られると考えられる。

3.4 風速および風圧

混打綿工程における空気流についての報文¹⁷⁾のうちで、鳴海⁷⁾はピーター～ケーシング間の綿塊輸送管路内に不規則な空気流が発生し、綿塊の均等な輸送を妨げ、ラップの長周期的横むらの誘発原因になると報告している。

そこで、本節の実験では、フィード ローラー～ピーター ブレード間の風速および風圧を測定する。すなわち、ピーターの高速回転によってピーター周辺部に発生する空気流分布状態の給綿ラップに対する影響を求める。

3.4.a 風 速

第14図にピーター回転数 930 r.p.m のときの風速測定結

第14図 風速とピーター右端からの距離との関係図

果の1例を示す。第14図中の8.5, 10.5および12.5 mmは測定器感知部とピーター ブレード先端間の距離である。第14図より明らかなように、4つのピークが現われている。これはブレードピーターアームの位置を示すものであり、この部分の風速は他の部分の風速より約 1.5 m/sec 大なることが認められる。この事実より、ピーター周辺部の空気流は給綿ラップに横方向にむらのある力を与えることを示し、これによってラップの横むらが誘発されているのではないかと考えられる。

また一方、ピーター ブレード先端からの距離と風速との関係を求める。その結果を第15図に示し、両者の近似関係式を(2)式に示す。

$$v = 18.8e^{-0.15s} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 v ; 風速 (m/sec)

s ; ピーター ブレード先端からの距離 (mm)

である。第15図中、点線部分は推定曲線である。ブレード先端からの距離と風速の関係は指数曲線的であり、これはピーターの高速回転によって生ずる空気流の境界層が原因とも考察でき、綿塊層に対しての影響も無視できないと考えられる。

第15図 風速とビーター先端からの距離との関係図

第16図 風圧実験結果曲線

3.4. b 風 圧

第16図に風圧測定結果の1例を示す。第16図より明らかなように、風圧は時間に対して一見ランダムな曲線である。そこでこの風圧変動曲線を考察するのに、その変動状態に注目してむら解析を試みる。風圧変動のむらは、ひいてはラップのたて方向のむらの遠因になるとも考えられ重要である。そこで、むら解析法として風圧変動曲線の自己相関関数を求め、その結果を第17図に示す。第17図より明らかなように、この風圧むらの周期は11/500secである。また一方、ビーター ブレードによる綿塊に与える打撃の周期は、実験条件のビーター回転

第17図 風圧の自己相関関数

数は 930 r.p.m で3 ビーター ブレードであるから、 $60/(930 \times 3) \div 0.022 \text{ sec}$ となり風圧むらの周期と一致する。すなわち、風圧むら周期の主原因はビーター回転そのものによることは明らかである。しかし、この周期をラップ長に換算すると、フィード ローラーの給綿速度が 3.14 in/sec であるから、そのラップ長に対する周期的な長さは 0.07 in というごくわずかなものであり、この風圧によるラップ長方向の効果は無視できるほど小であると考えられる。

3.4. c 風速・風圧間の実験式およびまとめ

風速と風圧との関係式を求めるために、まず平均風速を(2)式のビーター ブレード先端からの距離と風速との関係式 $v = 18.8 e^{-0.15S}$ より次式で求める。

$$\frac{1}{38.2} \int_{1.8}^{40} 18.8 e^{-0.15S} dS \div 2.5 \text{ (m/sec)} \dots \dots \dots (3)$$

また一方、風圧測定結果より平均風圧は 0.6 g/cm^2 となる。ところで風圧は風速の2乗に比例するので、(4)式に示す実験式が得られる。

$$P = 0.098 v^2 \dots \dots \dots (4)$$

ここで、 P ; 風圧 (g/cm^2)

v ; 風速 (m/sec)

である。

以上の実験結果および考察より、給綿ラップに対するビーター ブレード周辺部の影響は少なく、ケージ ファンの吸気作用による効果の方が大であると考えられる。しかし、ビーター周辺の空気流の乱れがケージ ファンによる空気流に影響すると考察され、これらの相互作用によって生ずる乱流効果は軽視することはできないと考えられる。

4. む す び

本研究の結果、明らかにされた事項はつぎの通りである。

(1) フィード ローラーの最大把持圧力は 28.0 kg 、その圧力分布域は 21.6 mm およびビーター ゲージは計算上では 44.0 mm であるが、実質ビーター ゲージは 29.2 mm である。

(2) ビート数は $14.8/\text{in}$ である。なお実験条件はビーター回転数 930 r.p.m、ゲージ長 44.0 mm およびフィード ローラー給綿速度 3.14 in/sec である。

(3) ビーター ブレードの給綿ラップに与える打撃力は 1.50 kg である。また1回の打撃につき繊維1本の受ける打撃力は 2 mg である。

(4) ビーター周辺部の平均風速は 2.5 m/sec 、平均風圧は 0.6 g/cm^2 である。ビーター ブレード先端からの距離と風速との関係式は $v = 18.8 e^{-0.15S}$ である。ここで、 v は風速、 S は距離である。また風速と風圧間の関

係実験式は $P=0.098 v^2$ である。ここで、 P は風圧、 v は風速である。

以上のように、本研究は混打綿工程の主目的である開綿および除塵効果増大にもっとも関連の深いピーティング作用について実験を試みたが、他のピーターおよびシリンドーとの性能比較、各機械内の空気流の給綿ラップに対する影響、繊維損傷、真のビート数および打撃力の測定を今後の課題としたい。

しかし、本研究の解析結果を 1 測定例として、ピーティング作用および各種混打綿機械の性能および比較解析を求めれば、在来の経過的研究に一步前進の端緒を与えることができると考えられる。

最後に、本研究に終始協力された竹下健および山崎勝義の両君に感謝する次第である。

参考文献

- 1) J. F. Bogdan, Ivan Y. T. Feng ; Text. World (1952-5)
- 2) 辻本, 元治 ; 本誌, **5**, 5, 4, 251 (1952)
同 上 ; 本誌, **5**, 5, 7, 254 (1952)

- 3) 樋口, 町田 ; 本誌, **14**, 3, 6, 172 (1961)
- 4) 鳴海 ; 本誌, **11**, 8, 29, 548 (1958)
- 5) 鳴海, 森下 ; 本誌, **2**, 3, 1 (1949)
同 上 ; 本誌, **3**, 11, 24 (1950)
鳴海, 勝西, 三好 ; 本誌, **4**, 11, 23 (1951)
- 6) 加藤, 吉田, 片山 ; 本誌, **19**, 3, 29, T91 (1966)
- 7) 鳴海 ; 本誌, **12**, 2, 41, 131 (1959)
- 8) 大沢, 山賀 ; 本誌, **15**, 6, 51, 440 (1962)
- 9) Earl Heard Jr. ; Text. Res. J. **24**, 6, p.555 (1954)
- 10) 鳴海 ; 本誌, **11**, 3, 27, 179 (1958)
同上 ; 本誌, **11**, 4, 13, 239 (1958)
同上 ; 本誌, **11**, 6, 14, 386 (1958)
- 11) F. T. Peirce, J. K. Kelly and Mary H. Coleman ; J. Text. Inst, **46**, 2, T28 (1955)
- 12) Bostock, Freeman, Shorter and Williams ; J. Text. Inst, **46**, 3, T171 (1955)
- 13) 加藤, 坂奥, 吉田 ; 本誌, **8**, 1, 50, 50 (1955)
同 上 ; 本誌, **9**, 3, 20, 159 (1956)
同 上 ; 本誌, **10**, 3, 46, 300 (1957)
加藤, 吉田 ; 本誌, **11**, 9, 30, 625 (1958)
- 14) 鳴海 ; 本誌, **10**, 10, 13, 768 (1957)
- 15) 真後 ; 本誌, **3**, 2, 14, 63 (1950)
- 16) 日本紡績協会調査部工務課 ; 繊維技術データ集 p. 27 (1964) 大阪, 日本紡績協会
- 17) 樋口 ; 本誌, **11**, 7, 9, 452 (1958) など