フライヤに関する研究*

(第3報) プレッサの加圧力の測定方法

(昭和36年6月5日受理) 会 員 一 志 淑 夫**

→ 摘 要 ←

目 的

プレッサの加圧力を測定する方法は従来みだされていなかったので、これを可能とすべく検討してみた。

成 果

1) スピンドルにとりつけたばねに、プレッサ パドルがはまるパドル ホルダをとりつけ、このパドル ホルダに鋼球をつるす。フライヤを回転させ、プレッサの加圧力を鋼球による遠心力とばねの復元力とのつりあいからみいだす機械的方法が得られた。

2) さらに実用的でより精度のよい方法として、スピンドルにその中心からの距離を任意に変えるコンデンサつきのブロックがついて、このコンデンサにプレッサ パドルをあて、回転中生ずるプレッサの加圧力を電気容量の変化に変え、これを外部で測定する方法を得た。

3) これによって各種フライヤの加圧力を測定した結果は一例だけ一定型で、あとは減少型で、いずれも静的な値とその傾向を同じくするが、大きくなる場合と小さくなる場合の2つのグループにわけられることがたしかめられた。

1. ま え が き

¹⁾ 前報においてプレッサの加圧力を解析し、プレッサの形状、プレッサの重心位置、その他の寸法を実測し、計算を行ない、各種フライヤについていろいろと検討したが、これはいわばまったく静的なものである。ところで実際のプレッサの加圧力は回転中に生ずる動的なものであり、構造上のガタや回転により生ずる遠心力によるホロー レッグの開き、空気抵抗などによって、静的な場合とは異なってくることが考えられる。

そのため実際に回転中生ずるプレッサの加圧力を直接測定できることがぜひ必要になってくるが、従来はすでにふれたように静的なものの計算が一例で²⁾なされただけで、その他実験的に試みられた例は³⁾あるが、この測定方法はいまだ確立されていない現状である。

そこでこの測定方法を得るべくくふう検討した結果、はじめにばねを用いる機械的方法をみいだが、これにはいろいろと問題があったので、さらにくふう検討した結果、電気容量を利用する電気的方法をみいだし、簡単にしかも容易に加圧力を直接測定することが可能とな

った。以下これらについて順を追って報告する。

2. 機 械 的 方 法

2.1 測 定 原 理

第1図に示すように、プレッサは回転中加圧力を生じ、半径 r なる円に接するパドルの点Aにおいて、 P_0 なる力がスピンドル中心Oに向ってはたらくので、点Aに w なる重量のおもり W の重心までの長さ l なる糸をとりつけ、この位置でつりあいがとれるとしたら、このおもり W によって生ずる遠心力 $(w/g)\omega^2(r+l)$ が P_0 と等しくなるので、 w 、 ω^2 、 $r+l$ を測定することによ

(第 1 図)

* On the Flyer. Part 3: A Method of Measuring the Pressure of Presser. (第1報 14巻 7号, 第2報 14巻 8号所載)

** T. Isshi, Member. 信州大学繊維学部

て、 r に対する P_0 をみいだすことができるはずである。

ところがこの $(w/g)\omega^2(r+l)$ と r との関係は w, ω, l 一定のときは第2図に示すように増加直線 C であらわされる。いまプレッサの加圧力 P_0-r 曲線が図の一点鎖線で示されるとしたら、この両曲線の交点 Q を示す r の位置で、力の大きさはつりあうことになるが、これは安定つりあいでない。というのはこの点からの微小変位を考えると、たとえば r が大なる方向に変位すれば、遠心力は増加するが、加圧力は逆に減少するので、つりあいはやぶれ、ますます r の増加する方向に動き、つりあい位置は安定しなくなる。

(第 2 図)

これを安定なつりあいにするには、図示のように交点 Q を境にして r の小なる部分では遠心力の方が大きく、大なる部分では小さくなるような二点鎖線のような曲線 P'_0 が加圧力曲線として与えられればよい。なぜなら Q 点でつりあったとすれば、いま r の大なる方向に微小変位も P'_0 の方が大きいので、求心方向すなわち r の小なる方向にむかい、また r が小なる方向に変位すると、 C の方が大なるので、遠心方向すなわち r 大なる方向にむかうので、安定つりあい点は Q となるからである。

そこでこの原理を可能にするために、第3図に示すよ

(a)

(b)

(第 3 図)

うな方法を考えた。すなわちスピンドル1にばね2をとりつけ、その他端にパドルホルダ3がとりつけてある。プレッサパドルはパドルホルダ3にはまり、パドルホルダ3からアーム4がその先に鋼球5をつってとりついている。第3図(a)はその回転中の状態を示したもので、いまアーム4、鋼球5の重量を w 、その重心のスピンドル中心からの距離を R 、角速度を ω とすれば、これには遠心力 $(w/g)R\omega^2$ がはたらく。この遠心力がプレッサの加圧力より大きければ、その差が遠心力を増加させ、 r を大にする方向に動くが、これをばね2の復元力でつりあわせようとするものである。

ここではばね2、パドルホルダ3の重量を W 、その重心のスピンドル中心からの距離を l 、ばね2の復元力を $f(r)$ とあらわすと、つりあい位置においては

$$\frac{w}{g}R\omega^2 + \frac{W}{g}l\omega^2 = P_0 + f(r) \quad \dots\dots\dots(1)$$

がなりたつ。

このことを図で示すと第2図の左上で示した関係になる。すなわち $P_0 + f(r)$ 曲線と遠心力 C' 直線との関係はちょうど P'_0 と C との関係と同じくすることが可能であれば、この交点 Q' が安定つりあい点となることができる。そのためには C' を大きく、ばね2を適当な強さにえらべばよい。

ところが回転中におけるばね2の復元力 $f(r)$ は未知であるので、これについては第3図(b)に示すように、フライヤをはずして回転させ、アーム4'、鋼球5'を適当に変えて、ちょうどパドルホルダ3の位置がフライヤをつけた第3図(a)と同じ位置になるようにし、そのときの w, R を w', R' とすれば(1)式で $P_0 = 0$ とおいた場合になるので

$$\frac{w'}{g}R'\omega^2 + \frac{W}{g}l\omega^2 = f(r) \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。(1)、(2)式から $f(r)$ を消去すれば

$$P_0 = \frac{\omega^2}{g}(wR - w'R') \quad \dots\dots\dots(3)$$

となり、 w, R, w', R' および $(R-r)$ を測定できれば、 r におけるプレッサの加圧力 P_0 を(3)式からみいだすことができる。

2.2 測定装置

この測定装置の概略は第4図に示すようである。すなわちスピンドル1にボールベアリング2をとりつけ、その外リング3にアームホルダ4がとりついている。内アーム5はアームホルダ4にたてにとりつき、その長さを変えうるため、とりかえるようになっているの

(第 4 図)

で、これによって r を任意に変えることができる。ばね 6 はパドルホルダ 7 と一体にとりつけられ、 r ができるだけ最小になる場合が可能なように、その厚さをできるだけ小さくするように努力した。

(第 5 図)

第 5 図はこの部分を示すもので、ばね 6 の太さは $0.7 \text{ mm } \phi$ で外径 12 mm 、厚さ 5 mm になっている。ホルダ板 $1'$ はできればつねに r に応じて、ちょうどその曲率半径になる円筒面の一部になればよいが、これは不可能であるので、適切な曲率を与えた。

プレスバドルはこのままではどこに接触するか定まらないので、ホルダ板 $1'$ にはとめ板 $2'$ (裏側にある) をとりつけ、また停止中パドルがはなれないようにとりつけ具 $3'$ をつけた。吊具 9 はちょうどホルダ板 $2'$ 面に中心をおくようにとりつけた軸 8 にはまるようになっている。

外アーム 10、鋼球 11 は吊具 9 にとりついているが、その長さや大きさを自由にとりかえるようになっている。

スピンドルにボールベアリング 2 を用いたのは、つりあい位置が変わると、内アーム 5、ばね 6、吊具 9、外アーム 10、鋼球 11 は一直線上にのらなくなるので、つねにこれらがスピンドル中心をとる一直線上にのるようにした一種の向心装置の役を果している。

2.3 測定方法

測定にははじめフライヤをとりつけ、プレスバドルをパドルホルダ 7 におさめ、アームホルダ 4 との間

に内アーム 5 をかけ、吊具 9 に鋼球 11 をとりつけた外アーム 10 を吊したのち、回転させる。あらかじめセットされた読取顕微鏡で第 6 図に示すように、スピンドル中心の位置 A 、パドルホルダの軸 8、鋼球 11 の回転包絡面の最外端の位置 B 、 C を測定し、それぞれの目盛を A 、 B 、 C とする。

(第 6 図)

つぎにフライヤをはずし、外アーム 10 および鋼球 11 をとりかえて回転させ、同様に測定し、それぞれの目盛を B' 、 C' とする。このときの B' を B にぴったり一致させることは、きわめて至難のことである。したがって B' が B の前後になるように、鋼球 w' は変えずに、外アームの長さを順に変えて実験を行なえば、鋼球はその重心が球心にあるから、この球径を d' とするとき、 $B'-A$ と $(w'\omega^2/g)\{C'-(d'/2)-A\}$ との関係がえられるので、このグラフから $B-A$ のときの Q_{B-A} がみいだされる。

したがって $r=B-A$ における P_0 は (3) 式とから

$$P_0 = \frac{w\omega^2}{g} \left(C - \frac{d}{2} - A \right) - Q_{B-A} \quad \dots\dots (4)$$

となり、上の測定結果から P_0 がえられる。

したがって内アーム 5 の長さをいろいろに変えて上の測定をくりかえせば、 r の任意の値に対して、 P_0 が求められ、これによって P_0-r 線図が得られることになる。

2.4 測定結果とその検討

この測定方法によって $S10a$ のフライヤを実験して得た P_0-r 曲線を第 7 図に示す。これは 3 回くりかえし測定したもので、はじめの 2 回はほぼ一致した曲線になっているが、最後のは実はその実験前にフライヤを落したもので、同じものであるにもかかわらず、あきらかに前 2 回と異なっている。これは落したため前報の a 、 α 、 φ のいずれかが変わったためと考えられるが、この例からしてもフライヤの保全、管理には十分留意しなければならないことがわかる。

同図に $S10a$ の前報で計算した値を一点鎖線で示し

であるが、これはフライヤを落してから実測したものである。○の曲線に対応するものである。これによると計算値とはあきらかに同じ傾向がみられるが、実験値の方が約 100 g ほど大きくなっている。これは後にふれるように、共通していることで、静的と動的なものの根本的なちがいによるものではないかと思われる。

この方法は一応はっきりとした結果がえられたが、実はつぎのような点に問題がある。すなわち (a) 回転体内のことゆえ、振動がともない、測定が難しい。(b) ホルダ板は普通わずかななめになっていて、プレッサをはめないときはよけい傾き、そのため測定精度が落ちる。(c) 振動その他動的現象によりばねは疲労しやすく、測定のたびわずかながら伸びる傾向がみられる。

(d) パドルホルダとパドルとの接触は実際と少し異なっている。(e) フライヤなしの実験は 3, 4 回トライアルに行なわねばならないので、測定が非常に厄介である。(f) 実験上の操作、とりあつかいが簡単でない。などである。

したがってこの方法はやり方としてはいいが実用上は問題の多い方法といえよう。

3. 電気的方法

上に述べたように機械的方法はいろいろな問題点を残している。考え方をまったく変え、実用的でより精度のよい方法を得るべく工夫検討した結果、ここに述べる電気的方法が得られた。

3.1 測定原理

回転体内で生じた力を電氣量に変換するのに、われわれはまず容量型変換器を用いることにした。これは力がコンデンサの極板間隙を変化させ、それによってこの電

氣容量が変化するので、これを測定することによって加わった力をみいだすやり方で、回転体内にはコンデンサだけで薄く、作り方によっては振動の影響を無視しうるし、構造は簡単で、非常に軽いものとなる。

この方法は第 8 図に示すように、スピンドル 1 にとりつけられ、中心からの距離を任意に変えうるブロック 2 にコンデンサ 3 がとりつけられ、その外面にプレッサパドルが接触するようにおく。回転すれば生ずる加圧力

(第 8 図)

によって、コンデンサの電氣容量が変化するので、外部にとりだし、発振回路にいれ、その変化を測定すれば、あらかじめ求めた較正によって、プレッサの加圧力をみいだすことができる。

3.2 測定装置

この測定装置は加圧力を電氣容量の変化に変換する装置すなわちコンデンサ、コンデンサ送りだし装置と、電氣量を外にとりだし、電氣容量を測定する装置すなわち回転体から 2 本線を取りだす装置、電氣容量測定装置とからなりたっている。

(a) コンデンサ

コンデンサは第 9 図に示すように、エポナイト板 1 に 0.25 mm 厚さの燐青銅板 2 をとりつけ、間隙を 0.4 mm

(第 9 図)

にして同じ燐青銅板 3 を絶縁してとりつけ、ボルト締めにした構造のものを試作したが、極板の厚さ、間隙をえらぶのには非常に苦労した。

このコンデンサにはパドルが接触することになるので、絶縁のためと実際のしの巻の円筒形に近似させるべく、曲率半径 40 mm 位の円弧状の木片 4 を極板 3 上の中央に固着した。

(b) コンデンサ送りだし装置

プレッサの加圧力はしの巻径に対応して測定されるべ

きものである
で、任意のし
の巻径を与え
るために、コ
ンデンサを任
意に送りだし
得なければならない。これ
に加えて、し
の巻径 20 mm 以
内の小さいと
ころも測定可
能でなければ
ならないので
、これについ
ていろいろと
くふうした結

(第 10 図)

果、第 10 図に示すような装置を得た。すなわちスピンドル 1 にバンド 2 でとりつけられるブロック 3 には 1 本のボルト 4 と 1 本の棒 5 とがとおっており、ブロック 3 の両面にはそのガイド穴があいている。ボルト 4 と棒 5 の一端は金具 6 で固定され、他端はコンデンサホルダ 8 を固定している。ボルト 4 にはナット 7 がはまり、これをとめ 7' がおさえているので、ナット 7 をスパナで回転させると、コンデンサホルダ 8 が左右に移動するようになっている。このコンデンサホルダ 8 の先にコンデンサ 9 がとりついているので、この装置によって、スピンドル中心からコンデンサ外端までの距離を 18 ～ 65 mm にすることができる。

(c) 回転体より 2 本の線を取りだす装置

回転体から外部に線を取りだす装置は前にくふうした⁴⁾装置を応用して第11図に示すような装置にした。すなわちスピンドル1に絶縁体2をはめこみ、これに銅リング4、4'、ボールベアリング5をとりつけ、銅リング4にはボールベアリング5の外環にとりつけたブラッシ

(第 11 図)

ホルダ6にいたばねつきのブラッシ7が接触し、ブラッシホルダ6は線8に接続している。

一方ベアリングの外環のまわりに絶縁体9をとりつけ、これにブラッシホルダ6'がとりつき、この中に銅リング4'と接触するばねつきブラッシ7'が入って、線8'に接続している。

銅リング4, 4'はスピンドルと一体の回転体内の2本の線3, 3'に接続しているので、回転中ボールベアリングの外環を線10でフレームにむすびつけておけば、回転体中で生じた電流はこの装置で2本の線8, 8'にとりだされることができる。

(d) 電気容量測定装置

コンデンサの電気容量の変化を測定する装置は第12図に示すようなヘトロダインビート型電気容量測定回路⁵⁾を用いた。

(第 12 図)

これはコンデンサ C に接続する発振回路と他の発振回路の発振周波数を等しくさせるため、ゼロビートをとらせるやり方で、コンデンサの容量が変化し、ゼロビートがぎえるとき、バリコン V_1 を調節することによって、ふたたびゼロビートをとらせたときの V_1 の目盛でその変化をすることができる原理である。

はじめにバリコン V_1 を零目盛にし、バリコン V_2 を調節してゼロ ビートをとらせておけば、コンデンサの容量の変化はそのつどバリコン V_1 を調節してゼロ ビートをとらせていけば、その V_1 の目盛からただちにすることができる。

以上の装置の全景を第13図に示す。スピンドル1にはフライヤがとりついて、ちょうどプレス パドルの部分にコンデンサ2がくるようにコンデンサ送りだし装置3がとりついている。このコンデンサからの2本の線はその下にある外部に線をとりだし装置4をへて、発振

(第 13 図)

回路 6 のイン プット 5 に接続されている。6' は電気容量測定装置の本体でシールドのため 6 をはなしてある。

3.3 測定方法

まずはじめにフライヤをつけずに回転させ、電気容量測定装置 (第 12 図) のバリコン V_1 の目盛を 0 にし、バリコン V_2 を調節してゼロ ビートをとる。やり方はイヤ ホーンを用い、両発振回路の発振周波数が等しくなると発振音がきえ、その前後で最高発振音が生ずるので、この発振音のきえた点をゼロ ビートとする。

ついで第 13 図に示したように、フライヤをとりつけ、ちょうどコンデンサの極板上の円弧状の木片の中央にパドルがあたるようにブロックをまわしてとりつける。これはコンデンサ送りだし装置で任意のしの巻径に相当するようにコンデンサを送りだせば、パドルとの接触位置が変わってくるので、これを木片の中央につねに接触させるようにするためには、上の調節がとくに必要である。

そこでスピンドルを回転させれば、そのため生ずるプレッサの加圧力によってコンデンサの容量が変化し、ゼロ ビートがきえるので、バリコン V_1 を調節してゼロ ビートをとらせ、そのときの V_1 の目盛を測定する。ついでコンデンサ送りだし装置でしの巻径に相当する距離を変えブロックを調節し、ふたたび回転させて同様の測定を行ない、以下同じ操作をしの巻径 18 ~ 70 mm に相当する距離を任意に変えて行なう。

3.4 較正方法

上の測定ではしの巻径に対応する電気容量の変化が求められるが、この電気容量変化とプレッサの加圧力との

関係はべつに較正されなければならない。

この較正方法としてつぎの方法を考えた。すなわち静的な状態でコンデンサに力 P_0 を加え、極板間隙を変化させ、その電気容量の変化 V を測定する。つぎに同じ極板間隙のままセットし、そのまま回転させ、回転中における電気容量の変化 V を測定すれば、極板間隙を媒介にして、 V と P_0 の関係を求めることができる。

これを実際に求めるには、まず静的な状態におけるコンデンサに加わる力 P_0 と電気容量の変化 V' の関係を測定する。つぎに第 14 図に示すように、ブロック 1 の上下に当木 2, 2' を、極板上の円弧木片にエポナイト板 3

(第 14 図)

(第 15 図)

をあてて、ひもでむすびつける。そこでコンデンサ送りだし装置でコンデンサを少しずつ送りだせば、極板間隙が変わるので、静的な電気容量変化 V' を任意に変えることができる。このまま回転させて回転中における動的な電気容量の変化 V を測定すれば、 V' と V との関係が容易にえられるので、前に得た P_0-V' の関係と $V'-V$ の関係とから、 P_0-V なる較正曲線がえられることになる。

このようにして実際に求めた較正曲線を第15図に示す。上で測定した結果をこの較正曲線で較正すれば、プレッサの加圧力 P_0 としの巻径 r との関係がみいだされることができる。

4. 測定結果とその考察

はじめに述べた機械的方法の測定結果は一例であるので、すでにそこでふれたが、この電気的方法によって各種フライヤを測定した結果についてここに検討する。

測定したフライヤは大体前報でとりあつかったもので、ただ S11, I11b, S10a は都合で用い得なかった。この S10a のかわりに S10c を用いた。これらについて測定した結果の P_0-r 線図を第16図に示す。これらはいずれも3回測定した結果である。

(第16図)

これによると S10M だけが例外で、あとはいずれも下降型であって、大体なめらかな曲線の傾向となっている。これらと前報の理論曲線と比較してみると、大体一致するもの、大きく異なるものなどまちまちではっきりしない。計算値の方はプレッサをフライヤからはずし

て、諸寸法を実測した値を用いているので、フライヤにとりついた場合の関係寸法は、はめあいのガタが大きく¹⁾ひびき、 a , α , φ が異なる上、回転中の動的な状況は静的な場合と異なることが考えられる。さらに回転数が 900 rpm 以上であると、実際の場合はフライヤ レッグが遠心力のため開く上に、プレッサの変形も多少考えられ、その上プレッサの空気抵抗があるので、静的な計算値とは異なってくることは当然考えられる。

フライヤについてその傾向をわけてみると、S10M, I11a が計算値より小さくなっているほかは、機械的方法の例を含めて I10, S10a, S10b, SC11b, SC11a, SC11c は大きくなっている。これを前報の α に¹⁾ついてみると、前者のグループは 118.7° , 106.9° で大きいのに対し、後者のグループは 95° 以下にわけられる。フライヤにプレッサをとりつけるときガタがあれば、回転中のプレッサのホロー レッグ中心軸まわりのモーメントは、支点まわりのモーメントになり、一般に内側が支点となるので、 α は増加する傾向が考えられるが、これとともに a は支点からプレッサ重心までの距離に変わる。さらにフライヤ レッグがひらけば、 φ も変わるので、おおざっぱに¹⁾いって α が大になると、前者グループは大きさが小さく、後者は大きくなる傾向と考えられる。

前者グループの S10M は計算値ではほぼ平であったのが、上に凸な型になったのは、 α が大きくなったのが1つの影響と考えられる。I11a はこう配が非常に急になっているが、これは α については小さくなった型に相当するが、 α は小さくなることは考えられないので、おおざっぱに¹⁾いって支点が変わるため、 a が r に対応して小さくなるのではないと思われる。

後者グループでも I10, S10b, SC11b はこう配がゆるやかになり、逆に SC11a, SC11c は急になってきているが、おおざっぱに¹⁾いって前者は α が大になったのがきいているのではないと思われる。後者はもともとこの2つだけ a が小さく、0.37 cm であるので、 r に対応して小さくするとき、そのウェイトが大きき¹⁾きたものと考えられそうである。

しかしながら以上の考察はあくまでもおおざっぱなもので、いろいろな要因が動的にからみあってくるので、十分な考察はさらに検討してみなければならない。

5. あとがき

プレッサの加圧力を測定する2つの方法を確立し、それによって得た測定結果を検討したが、これらによれ

ば、理論的なとりあつかいは動的な特性がある程度は、はあくし得るが、実際の動的特性は相当かけはなれているのでフライヤを製作する場合や管理する場合には理論的な検討の上に、このような測定方法を用いて完全を期すべきもので、いささかの役にたてば幸いである。

おわりにのぞみ、御指導を得た東大渡辺教授、御援助を得た大東商事 亘理勝男氏、御協力を得た本学沢路講師、松橋技官、三菱レイヨン小林脩三氏に深甚なる謝意

を表する次第である。

注

- 1) 一志；本誌，14，557 (1961)
- 2) 三浦；紡織界，41，254 (1950)
- 3) 井筒；未発表
- 4) 一志，外2名；本誌，12，837 (1959)
- 5) 沢路；未発表