糸による各種材料の摩耗について*

(第1報) 試験装置と二、三の測定結果

(昭和32年8月8日受理) 会 員 中島 衆 男 宇野 稔**

〃 松岡 健次 井上 卓

—→ 摘 要 ←—

研 究 目 的

例えば繊維機械の各種ガイドのごとく、繊維材料によって擦られる機械部品の摩擦摩耗の現象の研究を行うため、まず綿糸による各種材料の摩耗試験装置を試作し、二、三の金属の綿糸による対摩耗性の比較を行う。

研 究 結 果

静止している摩耗試験片を一定速度、一定張力で走っている糸によって擦る型式の摩耗試験装置を完成した。糸の速度の最大はおよそ 1000 m/min である。糸の張力の測定には板バネに貼り付けた抵抗線ひずみ計を用い、動的測定をも可能ならしめた。

この装置を用いて 20/2 の綿糸に対する銅、軟鋼、クローム鍍金面の 3 種の金属の対摩耗性を比較し、ある条件の下では軟鋼、クローム鍍金はほぼ同程度、銅は10倍以上対摩耗性の悪いことが知られた。また糸道の発生の機構、摩耗の機構について簡単な考察を行った。

1. は じ め に

繊維機械に使用される各種のガイドについては、その糸に対する摩擦特性、対摩耗性が重要な性質である。また形状の複雑なものにおいては加工の問題が加わる。これらの点に注目して、各種材料及び表面処理を施したものに對し、糸による摩耗の現象の研究を行い、その機構をしらべてみた。

糸とガイドとの間の摩擦の問題及びその基礎理論^{1,2)}に関しては最近多くのすぐれた研究結果が発表されているが、摩耗の問題にはまだほとんど手がつけられていないようである。そこでまず走っている糸により静止している試験片を擦る型式の摩耗試験機を試作した。本報ではこの試験装置の概略を説明し、それによる二、三の測定結果を示したい。

2. 試 験 装 置

この種の摩耗試験においては

- (1) 試験片、試験糸の材質、形状及びその組合せ
- (2) 糸が試験片面を圧す力すなわち糸の張力

(3) 糸の摩擦速度

(4) 試験片の擦り方

等が重要な因子となる。また大気の高湿度を考慮せねばならない場合も予想される。ここではまず試験片の擦り方として、すでに述べたごとく、静止している試験片を走っている糸によって擦る型式をとり、その際の糸の張力、速度をある範囲内で変化せしめ得るようにした。試験片の形状は円筒面またはその周囲に溝を切ったものに定めた。(第7図参照)

試験装置としては、糸の張力と速度との制御を行うことが必要となる。速度は糸を円筒に数回巻き、この円筒を一定の回転数で回転せしめることにより、かなり正確に一定の速度を得ることができる。これに反して張力の制御を正確に行うことは容易ではないので、ある程度の変動は許すこととして、走っている糸に一定の伸びを与えることによって、平均張力を制御することにする。これだけでは糸の応力ひずみ特性、装置の送出し巻取特性によって平均張力も変化する。多少の調整は入口側につけたワッシャ型の張力装置で行う。

このような考え方の下に第1図のごとき試験装置を試

* Wear of Various Textile Guide Materials. Part 1 ; Test Apparatus and Some Results of the Wear Test.

** K. Nakajima, K. Matsuoka, T. Inoue, Member. 大阪府立大学工学部
M. Uno, Member. 京都工芸繊維大学工学部

(第1図) 試験装置

作した。すなわちチーズまたはコーン①を出た糸はスネールワイヤ②、ワッシャ型張力装置③を経て入口側ドラム④にかかり、入口側傾斜溝車⑤の作用により、④と⑤とを6周し、入口側ガイドプーリ⑧を経て試験片⑦に達する。試験片を擦り終った糸は出口側ガイドプーリ⑨を経て出口側傾斜溝車⑨、出口側ドラム⑩にかかり、ガイドを経てスプリットドラムワインダ⑪に巻き取られる。

出口側ドラムは2 HP 電動機からVベルトにより適当な減速比で駆動され、出口側ドラムに所定の回転を与える。入口側ドラムは出口側ドラムよりわずかにおそい速度で駆動され、糸に所定の伸びを与える。またこのドラムの表面速度が糸の速度になることは後に述べる通りである。ワインダも出口側ドラム軸からVベルトで駆動される。出口側ドラムと出口側ガイドとの間に糸切停止装置⑬を有し、糸が切れると水銀スイッチの作用により電動機の電源を切ると共に電動機軸に電磁ブレーキを働かせる。

ガイドプーリは張力測定のための受感部を構成する板バネに固定された腕⑭と自由に回転し得る腕⑮とで支えられ、プーリの前後の糸はいずれも水平に對し45°傾き、プーリを支えている2本の腕も45°傾いている。糸に張力が加わると板バネは変形し、上記の45°という角度が正確には保たれなくなるが、プーリ前後の糸のスパンを十分長くにとってあるので近似的に上記の関係が成立する。このようにして試験片前後の糸の張力が板バネの変形に換えられる。

両ドラムの径は周長が1 mになるよう定められ、実用最高回転数は1000 r.p.m.、すなわち糸の速度にして1000 m/minである。これに対してガイドプーリの支持架の固有振動数の計算値はおおよそ20 c/sで、常用回転数の範囲ではドラムの回転数とは一致しない。また実際に試験しても張力の測定を妨げる程の振動は伴わない。

全摩擦距離は両ドラム軸に取り付けたカウンタによつ

て記録する。いま20/2の糸を用い、入口側ドラム軸の一定回転数に対する出口側ドラム軸の回転数を読んでおき、この糸を測長器で長さを測ってみると、例えば第1表のごとくなり、入口側ドラム軸の回転数が真の摩擦距離を与えることが知られた。同様にして糸の速度も入口側ドラム軸の回転数をカウンタとストップウォッチによって測定する。

(第1表) ドラム総回転数と糸長との比較

糸	入口側ドラム軸回転数 (r.p.m.)	入口側ドラム総回転数 (回)	出口側ドラム総回転数 (回)	測長器で測った長さ (m)
#1	≒ 600	7700	7860	7701.5
#2	〃	〃	7861	7715.3
#3	〃	〃	7861	7723.5
#4	〃	〃	7862	7694.7
#5	≒ 300	3900	3981	3894.4
#6	〃	〃	3981	3906.3
#7	〃	〃	3980	3895.3
#8	〃	〃	3980	3899.5

3. 張力測定装置

糸の張力は上記のガイドプーリ及びその支持架を経て板バネに伝えられ、板バネの変形を抵抗線ひずみ計で電氣量に換えて測定器に入れる。測定器のブロックダイアグラムを第2図に示した。

(第2図) 抵抗線ひずみ計張力測定装置のブロックダイアグラム

(1) 受感部は一端固定一端支持の板バネのひずみをそのモーメント最大部の両面に貼った抵抗線ひずみ計により電氣的信号に変える。張力の平均値と共に変動をも測定できるように、搬送波変調方式を用いた。搬送波周波数は1000 c/sである。測定感度を上げるために、板バネの引張側と圧縮側に抵抗線ひずみ形をそれぞれ2枚計4枚を直列に貼り付け、一方をダミーゲージの代用とした。

(2) 搬送波発信部には抵抗線ひずみ計のブリッジ回路に加える 1000 c/s の搬送波電圧の発振器として、6SJ7 による CR 位相型のものを用い、これを 6SJ7、6V6 により増巾し、出力トランスにより抵抗線ひずみ計のインピーダンスと整合させる。また 6V6 の出力側より相当な負き還を施し、良好な波形を得るようにする。

(3) 増巾部は 6SJ7×2、6V6 の 3 段増巾とし、出力トランスには指示メータ、電磁オシロ、陰極線オシロの 3 端子を設け、メータ回路は整流器を通して 1 mA の電流計につなぐ。

(4) 電源部には、電源電圧の変動による発振電圧、増巾度の変動を避けるため、真空管回路による B 電圧安定装置を加えた。使用管は KX-80、6SJ7、VR-150、2A3×2 である。

出口側と入口側の張力の同時測定のため、以上の回路を 2 組使用する。なお測定開始は電源スイッチを入れた後少なくとも 1 hr 以後に行う必要がある。

ガイド プーリに重錘を吊り下げた時、重錘の重量と指示メータの読みとの間には直線性が得られねばならない。この目盛校正曲線の一例を第 3 図に示した。ただし

○ 荷重を増加する時 ● 荷重を減少する時
(第 3 図) 張力測定装置の目盛校正曲線の一例

増巾器の増巾率は切換えにより $\times 2$ 、 $\times 5$ 、 $\times 10$ 、 $\times 25$ 、 $\times 50$ の 5 段に変化せしめることができる。第 3 図には出口側 $\times 10$ 及び $\times 5$ の場合を示した。いずれも発振電圧は 2 V であり、荷重を増減せしめて測定した。これらの曲線の示すごとく、かなりの良好な直線性が得られている。原点の近傍で少し曲っているのは整流器の特性によるものである。

4. 二、三の測定結果

まず二、三の金属の摩耗量の程度をしらべるため、綿糸

を用いて試験を行った。綿糸は 20/2 を用い、金属面としては、銅、軟鋼、クローム鍍金面を選んだ。ただしクローム鍍金面は、銅の上に 50°C 、 $25\sim 30\text{ A}$ で約 1/100 mm の鍍金を施したものである。

試験片は直径 30 mm、厚さ 3 mm の円板の一部分から成り、その円筒面に 1 R の溝を切った。したがって糸と接触する部分は直径 28 mm で、この径の円周の $\frac{1}{4}$ を糸が擦って通る。(第 7 図参照)

第 2 表にこれら 3 種の金属面についての試験条件及び結果の一部を示した。この表中の速度、張力、湿度は全試験期間中の平均値である。糸は同じものを何回か繰返し使用するため、同一伸びに対して次第に高い張力を示すに至り、糸をかえるごとに同一伸びに対して張力は系統的に変化する。この張力の変化をワッシャ型張力装置でできるだけ制御する。また糸自身も表面の状態、熱数に変化を生ずる。(熱数は 1 回の使用に対し平均 0.1 t.p.i. 変化する) 第 5、6 図は鋼及びクローム鍍金の摩耗量曲線である。湿度及び張力の変動をも併せ示した。(これらの値は各 100 km の平均値である) 第 2 表の比摩耗量はこれらの摩耗量曲線の直線部の傾斜を最小自乗法で求めた値である。摩耗量の測定にはウルトラ微量天秤を用いた。

糸道の発生及びその進行の状況を顕微鏡を用いて光切断面によりしらべた。その結果は第 9～15 図のごとくで、それぞれ第 7 図に示した 4 個所の断面を示している。ただし第 9、10、11 図は銅のそれぞれ摩擦距離 200、400、1000 km における断面、第 12、13 図は軟鋼、第 14、15 図はクローム鍍金面のそれぞれ摩擦距離 1200、2300 km における断面である。倍率はいずれも $\times 50$ であり、第 11、13、15 図には同倍率の糸の写真を添えておいた。

摩擦面の状態を顕微鏡でしらべたのが第 16～18 図である。第 16 図は銅の摩擦距離 200 km における入口側 30° 及び出口側 30° (第 7 図の記号法による) の表面の状態、第 17 図は軟鋼の摩擦距離 1800 km における上記 2 箇所、第 18 図はクローム鍍金面の摩擦距離 1200 km における上記 2 箇所の表面の状態を示した。いずれも倍率は $\times 50$ である。

最後に試験結果の再現性の良否をしらべるために、20's の綿糸を用いて同一条件で 2 回繰返した試験結果を第 3 表、第 19 図に示す。

5. 結果の考察

前節に説明した程度の実験結果だけでは一般的な議論

はできないが、比較的明確と考えられる二、三の点のみを指摘しておく。

(1) 3種の金属の対摩耗性の比較

第2表に示すごとく3種の実験の条件は厳密には一致

(第2表) 3種の金属の対摩耗性の比較

試験片材質	軟鋼	クローム鍍金	銅
糸	綿糸 20/2	〃	〃
試験片直径 (mm)	28	〃	〃
平均湿度 (%)	73	71	79
平均速度 (m/min)	580	580	525
平均入口側張力 (g)	190	180	170
平均出口側張力 (g)	310	310	310
比摩耗量 (mg/km)	0.00015	0.00022	0.0044

していないが、定常摩耗状態における単位摩擦距離当りの摩耗量すなわち比摩耗量の粗略の比較は可能と考えられる。すなわち銅の対摩耗性は軟鋼及びクローム鍍金面に比べて1桁以上劣る。軟鋼とクローム鍍金面との対摩

(第6図) クローム鍍金面の摩耗量曲線

耗性はほぼ同程度で、軟鋼の方が少し良く出ている。しかし軟鋼にも成分、表面状態のいろいろちがったものがあり、クローム鍍金にしてもベースの金属の種類、鍍金条件によって表面の性質は一定しないから、これ以上の論議は差し控えた方が賢明であろう。なお第2表の糸速、張力、湿度等の値は全実験期間の平均値である。張力、湿度の変動の程度については第4～6図を参照されたい。

(2) 糸道の発生と形状について

第9～11図は銅製試験片について糸道の断面を示したものである。第9図は摩擦距離約200kmにおけるもので、すでに糸道が少しく発生しており、第10図の400kmではかなり深くなり、第11図の1000kmでは相当深くぼみを生じている。この糸道の巾は第11図に併せ示した糸の写真からわかるように糸の直径とほぼ同程度である。この試験装置ではトラバースを行っていないから、極く始めのしばらくの間を除けば、糸は常

(第4図) 銅の摩耗量曲線

(第5図) 軟鋼の摩耗量曲線

(第7図) 試験片形状と断面指示法

(第8図) 糸の進行方向と単糸の傾きとの相対的關係(上からみたところ)

(第9図) 糸道の断面(銅, 摩擦距離 200 km, 上より入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

(第10図) 糸道の断面(銅, 摩擦距離 400 km, 上より入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

(第11図) 糸道の断面(銅, 摩擦距離 1000 km, 上より糸, 入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

に溝の中の一定の位置を通り、糸道の進行を促進している。

これらの断面はいずれも糸の進行方向に見たものであるが、糸道の断面の形状は左右対称ではない。これは後報において示すが、糸の撚りの方向に関係する。この場合糸は 20/2 の綿糸で、上撚りは S 撚りになっており、S 撚りに対しては糸の進行方向に向って右側の角が立つ。第8図に糸の進行方向と単糸の傾きとの相対的關係を示してあるが、糸と円筒面の接触部において単糸の頭の当る側(第8図の右側)の角が立ち、単糸の尻尾のなれる側(第8図の左側)は角が立たない。

またこれらの断面の写真はそれぞれ上から入口側45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面(名称については第7図

参照)を示しているが、接触圧力の小さい入口側に深い溝を生じている。この現象の解明には接触圧力、接触面積、糸の変形等が関係するから、更に詳しい研究が必要である。

軟鋼とクローム鍍金については、摩擦距離 1000 km 程度以下では糸道はほとんど発生していない。1200 km 程度で、第12, 14図の示すごとく、軟鋼のみによりやく糸道の発生のおきざしがみとめられる。2400 km 程度になると、第13, 15図のごとく、両者のちがいはかなり著しいものになる。クローム鍍金の方にはほとんど糸道の発生はみとめられない。このことはクローム鍍金面の特長なのか、単なる偶然の結果かは、これだけでは断定できない。しかし摩擦量はクローム鍍金の方が大き

(第12図) 糸道の断面(軟鋼, 摩擦距離 1200 km, 上より入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

(第13図) 糸道の断面(軟鋼, 摩擦距離 2300 km, 上より糸, 入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

(第14図) 糸道の断面(クローム鍍金, 摩擦距離 1200 km, 上より入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

(第15図) 糸道の断面(クローム鍍金, 摩擦距離 2300 km, 上より糸, 入口側 45°, 15°, 出口側 15°, 45° の断面, 倍率×50)

いから、この結果に関する限り一応クローム鍍金では広い範囲で一様に摩耗が起っていたと考えられる。これに対し軟鋼では銅に比べると同様な経過を経て糸道が発生している。

(3) 摩耗の機構と摩耗量曲線

金属の摩擦は最近凝着説によって説明されている。^{11,12)} すなわち表面の微細な突起同志が高压で接触して融着し、この融着点が剪断によって分離される時の抵抗が摩擦力であり、その結果弱い方の金属において剪断が起り、弱い金属が摩耗する。この基本的な考え方は非金属材料にも応用できる。⁹⁾ しかし摩耗現象は一種の統計現象であって、上記の剪断の際に強い金属の方が剪断されることもすこしは起り、強い金属もいくらかは摩耗する。その結果強い金属の破片が弱い金属面に象嵌されて、逆に強い金属の摩耗を促進する。^{9,11)} スレッドガイドの摩耗は恐らくこのような機構にもとづくものと考えられる。第16～18図の糸道の表面の顕微鏡写真にみられる条痕はこ

(第16図) 糸道の表面
(銅, 摩擦距離 200 km
左: 入口側 30°, 右:
出口側 30°, 倍率
×50)

(第17図) 糸道の表面
(軟鋼, 摩擦距離 1800
km, 左: 入口側 30°,
右: 出口側 30°, 倍率
×50)

の考え方を支持している。したがって摩耗の進行により表面はなめらかにはならず、むしろ粗くなる。

(第18図) 糸道の表面
(クローム鍍金, 摩擦
距離 1200 km, 左:
入口側 30°, 右: 出口
側 30°, 倍率×50)

2 平面の摩擦によって行う摩耗試験では、接触面積、接触圧力(いずれもみかけの)は一定で、摩耗量曲線は初期摩耗、過渡摩耗、定常摩耗の3部分から

成る。しかるにこの実験では糸道の発生によって接触状態は摩擦距離と共に変化する。初期においては比較的狭い巾で接触が起るが、糸道の発生と共に接触巾は増大する。したがって初期には接触圧力は比較的大きく、接触巾の増大と共に減少する。ただし糸道の曲率のために法線圧力は少しく増加する。糸道が完成されてからは接触

状態は変化せず、定常摩耗状態に入る。したがって摩耗量曲線を上記3部分に分つことはできるが、その意味は多少ちがったものになる。こうして代表的な摩耗量曲線の形状は第4, 5図のごとくなる。

接触圧力、接触面積については Hertz の接触理論を応用して論ぜられている。⁴⁻⁶⁾ この実験の解析においてもこの種の論議が必要と考えられるが、詳細は次報以下に譲る。

(4) 再現性

摩耗現象は統計的現象の積分されたような現象と考えられるから、試験条件さえ一定にできればかなり良好な再現性を示すものである。ただ糸自身に大きなちがいがあることがあって、そのために再現性の害される場合があるから、この点に注意を払わねばならない。第3表、第19図の20'sの綿糸で同じ試験を2回繰返した結果は

(第3表) 2回の同一条件の試験の比較

試験片番号	# 1	# 2
糸 (s)	綿糸 20	〃
試験片直径 (mm)	28	〃
平均湿度 (%)	70	77
平均速度 (m/min)	320	305
平均入口側張力 (g)	55	45
平均出口側張力 (g)	85	85
比摩耗量 (mg/km)	0.0022	0.0020

(第19図) 同一条件下の2本の銅の摩耗量曲線

かなり良好な再現性を示している。ただし初期摩耗、過渡摩耗のような不安定状態では、余り良好な一致を示していない。

(5) 温湿度、張力の制御について

温湿度は積極的に制御することができなかったので、なるべく部屋を閉め切って試験するようにした。そのため温湿度、ことに湿度のある程度の変動は免れなかった。そこで1組の試験に用いる試験片は、摩擦距離 100 km ずつ逐次試験を行い、1組の試験片全体を終ってから次の 100 km に移るようにした。こうして1組の試

験では温湿度の変動の影響をなるべく避けるようにした。

張力の制御は完全な自動制御装置が得られなかったので、ワッシャ型張力装置を人手により操作して張力を一定に保つという原始的な方法によった。そのため張力にもかなりの変動を生じた。(第4～6図) しかし非常に熟練した人ではかなりうまく制御を行うことができる。

これらの制御の不完全と糸道の発生による接触状態の変化とを考慮すれば、摩擦係数には余り深い信頼がおけないので、単に参考にするにとどめ、摩擦係数の問題は深く論議しないことにした。

6. お わ り に

一定速度、一定張力で走っている糸により静止している試験片を擦る型式の摩擦試験装置について説明し、それによって得られた二、三の測定結果を報告した。摩擦に関する各種因子の影響については次報以下に発表したい。

本研究に対し有益な御指導御援助をいただいた本学芹藤省三教授、試験装置に関し御援助下さった東洋紡績技術課、試験用糸の供給を仰いだ大日本紡績貝塚工場の各位に厚く御礼申し上げます。またこの研究の一部は文部

省科学研究費によって行われたことを記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) M. E. Baird, K. W. Mieszkis; J. Text. Inst., 1955, 46, P. 101.
- 2) D. G. Lyne; ibid., 1955, 46, P. 112.
- 3) E. Moss; Phys. of Lubrication, Suppl. Brit. J. Appl. Phys., 1951, 19.
- 4) R. B. Finch; Text. Res. J., 1951, 21, 383.
- 5) H. G. Howell J. Mazur; J. Text. Inst., 1953, 44, T. 56.
- 6) N. Gralen, B. Olofsson, J. Lindberg; Text. Res. J., 1953, 23, 623.
- 7) H. G. Howell; J. Text. Inst., 1953, 44, T. 359.
- 8) H. G. Howell; Text. Res. J., 1953, 23, 589.
- 9) J. A. Chapman, M. W. Pascoe, D. Tabor; J. Text. Inst., 1955, 46, P. 3.
- 10) W. W. Hansen, D. Tabor; Text. Res. J., 1957, 27, 300.
- 11) F. P. Bowden, D. Tabor; The Friction and Lubrication of Solids, Oxford Univ. Press, 1950.
- 12) 曾田範宗; 摩擦と潤滑, 岩波書店, 1950.

海 外 資 料 研 究 部 会 員 募 集

海外文献の抄録紹介は少なからず見受けられるが、理論的な又実的にまとまった研究の翻訳紹介は非常に少ない。本会はこの点に重点を置いて「海外資料研究部会」を設置し、毎月「海外繊維技術文献集」を刊行、各種繊維原料から染色仕上に至るまで多数の論文を紹介し、斯界に好評を博しております。この際御入会をお薦めします。

★ 会 費 1ヶ月 180円

★ 入会手続は本会にお問合せ下さい

第 71 号 (1957-9) 内 容 目 次

羊毛の研究(直径長さ破壊強力強度について).....	Bull. Inst. Text. France, 1956-10
木綿の水蒸気透過性.....	Text. Res. J., 1957-5
織物の引裂強力.....	Am. Dyest. Rep., 1957-5
梳毛紡績機械の進歩(特にオートレペラについて).....	国際羊毛研究会議録, 1955
タイヤコード用合熱糸機.....	Ray. Fibres. Synth., 1957-4
羊毛染色における最近の興味ある進歩.....	Text. Manuf., 1957-4
弗素化合物による綿布の防水, 防油加工.....	Text. Res. J., 1957-5
単官能イソシアネートによる羊毛の改質.....	Text. Res. J., 1956-12