布の摩耗に関する研究

(第2報) 布の摩耗機構の考察

旭化成工業(株)繊維研究所

川 村 元 二(会員)

池 田 佐 喜 男(会員)

Abrasion of Fabrics

Part 2: Mechanism of Abrasion of Fabrics

Motoji Kawamura and Sakio Ikeda

*Textile Research Institute, Asahi Chemical Industries Co. Ltd.,
Takatsuki, Osaka-fu*

Abstract

We have microscopically examined fabrics broken to pieces by abrasion, and then investigated qualitatively the process of breakage of fibers. We have reached the following conclusions.

(1) The mechanism of abrasion by emery paper.

(a) When fibers can be embedded among the particles of emery paper, the abrasion of fabrics is mainly caused by hooking up.

(b) When fibers cannot be embedded among the particles of emery paper, the abrasion of fabrics is mainly caused by scratching. In synthetic fibers, thermal breakage may occur with an increase in contact pressure and speed.

(2) The mechanism of abrasion by steel blade.

When the contact pressure is high, the abrasion of fabrics is mainly caused by hooking up.

(3) The mechanism of abrasion by steel plate.

The abrasion of fabrics is mainly caused by the accumulation of microwearing off, and final breakage of fibers is due to axial tensile stress produced caused by frictional force between fabrics and abradant.

(Received April 25, 1967)

摘 要

目 的 布の摩耗は単繊維の損耗が起こり、つぎに損耗繊維の切断が起こると考えられるが、単繊維の損耗を伴わない切断もありうるので、布を摩擦して得た摩耗布および繊維残渣を光学顕微鏡で詳細に観察し、摩耗条件による繊維の切断過程の定性的知見を明確にする。

成 果 1) 研摩紙による摩耗機構

単繊維の太さと研摩紙粒子との相対的大きさによって2通りの摩耗が考えられる。

a. 単繊維が粒子間に入りこむことのできる場合、摩耗は主に単繊維の引掛切断の累積による。

b. 単繊維が粒子間に入りこむことのできない場合、摩耗は主に単繊維の引っかき損耗による損耗単繊維切断の累積である。

2) 金属ブレードによる摩耗機構

押圧荷重が比較的大きい場合、摩耗による破壊は主に引掛切断である。摩耗はこの引掛切断の累積である。

3) 金属平板による摩耗機構

摩耗は主に単繊維の凝着損耗に起因する単繊維損耗で、最終的な単繊維切断は摩擦力の繊維軸方向に働く応力による引張切断であり、この切断の累積が布の摩耗となる。

(昭和42年4月25日受理)

1. 結 言

布の摩耗挙動は摩擦方向によって異なる。すなわち、布を構成している単繊維の繊維軸方向と平行に摩擦する挙動は金属、プラスチックの場合に近く、繊維軸方向と垂直に摩擦する場合は、摩擦力により糸が「く」の字に曲げられ、着力点で繊維はわん曲し着力点外では繊維軸方向に張力が生じる。このような布の摩耗挙動は、金属やプラスチックでは起こらない。本研究では、絶対摩擦速度を除いては、実用に近い摩耗を再現させるシーファー型試験機で布を摩擦し、乾燥状態における繊維の破壊状態を光学顕微鏡で詳細に観察した。さらにこれらの観察から、布の素材、デニールおよび摩擦子の表面形状の違いが、布の摩耗挙動に及ぼす影響を明らかにしようとした。

2. 実験方法

装置は第1報に示したシーファー型摩耗試験機を用い、実験条件も第1報に準じた。摩擦子に研摩紙、金属ブレードのほかに金属平板を追加した。観察用試料は布を破断寸前まで摩擦して得られた摩耗布および摩耗残渣を採集して用いた。また摩擦子の表面状態を知るために、研摩紙、金属ブレード、金属平板の表面をも観察した。実験に用いた3種の布の明細を第1表に示す。

(第1表) 試 料 の 名 称

試 料	密 度 (本/in)		糸使い	備 考
	たて	よこ		
キュブラ・トリコット	52	68	50d	マルチ・フィラメント
アクリル・鹿の子	36	20	1/40s	紡績糸
ナイロン・ハーフ	32	35	14d	モノ・フィラメント
キュブラ・平織	100	120	1/60s	紡績糸

3. 観 察

3.1 摩擦子の表面

第1図は研摩紙、金属ブレード、金属平板の表面をそれぞれ25倍の低倍率で撮影して得た顕微鏡写真である。

これらの写真から研摩紙の表面と使用した金属ブレード、金属平板のおうとつの差が推定される。さらに研摩紙の表面および側面を70倍ないし280倍の高倍率で撮影した顕微鏡写真を第2図に示す。この写真から研摩紙のおうとつは不規則な形をした大小さまざまな金剛砂の粒

子がランダムに並んでいることがわかる。側面から見ると粒子の側面は多角形に近く、粒子の間隙もばらついている。

3.2 摩耗布の表面

第3図は研摩紙、金属ブレードおよび金属平板で摩擦された布を低倍率 (25倍) で撮影した顕微鏡写真である。これらの写真からどの摩擦子で摩擦された布も、単繊維が切断されて毛羽になって布の表面をおおっている

3-1 研摩紙 #600
(キュブラ平織)3-2 研摩紙 #600
(キュブラトリコット) 3-3 金属ブレード
(キュブラ平織)3-4 金属ブレード
(キュブラトリコット) 3-5 金属平板
(キュブラ平織)3-6 金属平板
(キュブラトリコット)

(第3図) 各種摩擦子によって摩擦をうけた布の表面顕微鏡写真 (25倍)

ことがわかる。毛羽は研摩紙の場合短く、金属ブレード、金属平板の場合長いのが特徴的である。これらの顕微鏡観察から、事前に十分想像されたことではあったが、摩擦子の種類を問わず布を構成している単繊維が切断し、毛羽となって布の表面をおおっている。したがって、摩擦現象の考究は金属やプラスチックらの固体のように一様に摩擦されてこまかい粉末となり飛散する摩擦、すなわち損耗のみを考えたのでは不十分であることは明らかである。

4. 摩擦布の単繊維切断過程の考察

摩擦子が布を構成する単繊維の軸方向と平行でない方向に摩擦した場合、接触繊維が全くフリーな状態（浮遊繊維）のときは摩擦子の突起が水平移動をして繊維と接触しても、繊維は伸ばされずに突起とともに移動するだけである。しかし繊維の両端が撚りや組織点などで固定されている場合は繊維は伸ばされながら移動する。そして繊維と突起との接触点と繊維の固定点とを含む平面上に繊維の伸びに対応した応力の合力 F_2 が突起に加わる。

すなわち繊維の軸方向に発生する応力 σ は $\sigma = f$ (ϵ) で表わされる。ここに ϵ は繊維の伸びである。また

突起によって作られた繊維のわん曲を無視し点と考えれば（第4図参照）合力 F_2 は $F_2 = \sigma_1 \cos \phi_1 + \sigma_2 \cos \phi_2$ で表わされる。ここで ϕ_1 , ϕ_2 はそれぞれ F_2 の方向と繊維の接触点と固定点を結ぶ方向とのなす角度で、突起の移動とともに繊維も伸びるため刻々変化する。

(第4図) 突起に加えられる合力

このように摩擦子の突起が繊維を引っ掛けて繊維が伸ばされるとき、繊維の径、摩擦子のおうつの形態、摩擦力、繊維の強伸度、損耗のしやすさ、くり返し疲労の大きさなどの相対的な関係からつぎのようないくつかの繊維切断過程が考えられる。

4.1 摩擦子のおうつが繊維径に比べて大きい場合

(第5～7図参照)

いま円柱状繊維を考え突起が繊維に加える力 F_1 の方向（着点 a と合力 F_2 とを含む面上の繊維の中心 O と着点 a とを結ぶ方向、すなわち a と F_2 とを含む面上で F_2 を F'_1 と F_3 とに分解すれば、 F'_1 の反作用として F_1 が生じる）と重力方向とのなす角度を α （角度はすべて重力方向から接触点の方向、図では逆時計方向にとる。以下同様。）とし、合力 F_2 の方向と重力方向とのなす角度を θ とすれば、 α と θ との大小関係で摩擦子の移動とともにいろいろな繊維の相対移動過程が考えられ、ある場合には切断する。

(第5図) $\pi/2 < \alpha \leq \pi$

(A) $\pi/2 < \alpha \leq \pi$ (第5図参照)

(a) $0 \leq \theta < \alpha$ のとき

前述のごとく合力 F_2 を F_1 とつり合う力 F_1' とこれに直角な力 F_3 とに分解すれば、 F_3 は突起と繊維の接触点 a と F_2 とを含む面上で a の接線方向に繊維を移動させる力になる。また F_1 は突起が繊維に加える力となる。この F_3 に注目すればつぎの2通りの繊維の挙動が考えられる。

(i) 繊維と突起との間に全く摩擦がない場合は繊維は伸ばされながら F_3 の方向に滑り落ちる。最終的には繊維は突起からはずれるが、はずれるまでに切断伸び以上伸ばされた場合、繊維は切断する。突起から繊維がはずれた場合は疲労を残したままつぎの引っ掛けまで伸びの回復をはじめる。

(ii) 繊維と突起との間に摩擦力があれば、接触点 a の接線方向に作用する摩擦力 $f_1 = \mu F_1'$ (μ は突起と繊維との摩擦係数) によりモーメントを生じ、反時計方向にころがりながら落ちてゆく。すなわち、繊維の中心 O と接触点 a との距離を r とすればモーメント M は $f_1 \cdot r$ で表わされる。その結果繊維がころがり、よじられるにつれて繊維のトルク T が発生する。ころがり落ちてしまう前に T と $f_1 \cdot r$ ががつり合ったとき、すなわち $M = -f_1 \cdot r + T = 0$ の条件のとき繊維の回転は止まる。この条件の場合、

1. $F_3 \leq f_1$ のとき、接触点は変わらないまま(固定の状態)突起の移動により繊維は伸ばされる。
2. $F_3 > f_1$ のとき、突起表面を滑りながら繊維は伸ばされる。

このようなころがり、固定、滑りなどの過程のどの時点でも繊維が切断伸び以上伸ばされると切断する。また突起から繊維がはずれた場合は疲労を残したまま、つぎの引っ掛けのチャンスまで繊維は伸びを回復する。

(b) $\alpha < \theta \leq \pi$ のとき

この場合 F_3 の方向が (a) の場合と逆になる。したがって、

(i) 繊維と突起との間に全く摩擦がない場合は繊維は伸ばされながら F_3 の方向に滑り上がる。繊維は突起の奥深く入りこみ最終的には切断するが、それまでに切断伸び以上突起が移動すると繊維は切断する。

(ii) 繊維と突起との間に摩擦があれば、接触点 a の接線方向に作用する摩擦力によりモーメント M を生じ、時計方向にころがり上がる。繊維の回転が止まる条件は $M = f_1 r - T = 0$ のときである。繊維がころがり上がって突起の奥深く入りこみ最終的には切断するが、それまでに切断伸び以上突起が移動すると繊維は切断する。繊維の回転が止まった場合は (a) — (ii) と同じ挙動をとる。

(c) $\alpha = \theta$ のとき

この場合は F_1' と F_2 とが同軸上にあるので、摩擦力は生ぜず、固定と同じ状態で繊維は突起の移動とともに伸ばされ、この移動が切断伸び以上になると切断する。

(B) $0 \leq \alpha < \pi/2$ (第6図参照)

(a) $0 \leq \theta < \alpha$ のとき

(A) — (a) と同じ挙動をとる。

(b) $\alpha < \theta \leq \pi$ のとき

(A) — (b) と同じ挙動をとる。

(c) $\alpha = \theta$ のとき

(A) — (c) と同じ挙動をとる。

(C) $\alpha = \pi/2$ (第7図参照)

(a) $0 \leq \theta < \alpha$ のとき

(A) — (a) と同じ挙動をとる。

(b) $\alpha < \theta \leq \pi$ のとき

(A) — (b) と同じ挙動をとる。

(c) $\alpha = \theta$ のとき

(A) — (c) と同じ挙動をとる。

以上は単繊維と摩擦子突起をモデル化して示したが、実際の突起の側面の傾斜は第2図のごとく1つの突起でも異なり、同一側面でも上下により予想接触角 θ は異なる。したがって現実には着目繊維が1つの突起のため回転したり滑ったりするごとに θ は変わり、したがって F_1' 、 F_3 などが変わる。

4.2 摩擦子のおうとつが繊維径に比べて小さい場合

4.1 ではおうとつの高さが繊維径に比べて大きい場合の考察を行なったが、おうとつの高さが繊維径に比べて小さいとき、 α はつねに $\pi/2$ と π との間にあるから、4.1 の考察の A の考えが適用できる。

4.1 では着目単繊維の突起との滑り、回転、固着を伴った引掛切断について論じたが、摩擦子のおうとつが着目単繊維の径より大きくても、摩擦子と接触していた単繊維が摩擦子から離れる寸前にはかならず $\pi/2 < \alpha < \pi$ となる、したがってここでは第 8 図のごとく $\pi/2 < \alpha < \pi$ になった場合を考察してみる。

(第 8 図) 突起から離脱寸前の繊維

$\pi/2 < \alpha < \pi$ の条件は摩擦子の突起点が鋭角、鈍角、円形のいかんを問わず、単繊維との接触点が径を含む水平線（正確には摩擦子の移動方向と平行に引いた径を含む線）より上方で接触した場合である。このような場合にも繊維は突起との間に、回転、滑り、固着を伴って伸ばされて移動する。着目繊維と接している摩擦子も、つぎつぎと変わりながら、着目繊維が回転、滑り、固着によって伸張され切断されることもあれば、回転に伴うトルクが繊維のよじり強度を上回る場合も単繊維の切断は起こりうる。これらの切断は引掛切断に対して摩擦力による切断と呼んでよいであろう。また単繊維が突起に固着したままで上下移動をせず、また摩擦子が上下移動をしない場合は、単繊維が変形しないかぎり、摩擦子の平行移動が続くと単繊維の一部が削り取られて損耗が起こる。摩擦子が金属平板のような場合は一般にこのような場合である。上述のごとく金属平板でなくても損耗の起こる確率は残されている。

繊維は引掛切断、摩擦力切断、損耗のほか、摩擦熱による融解変形、フィブリル化などの現象も起こすと考えられる。

5. 顕微鏡観察による摩耗機構の考察

4.での考察のように、布の摩耗が突起による繊維の引掛切断による効果が大いのか、あるいは繊維の損耗による効果が大いのかを確認するために、摩耗布の繊維

9-1 引張切断

9-2 引掛切断

9-3 研摩紙 #600

9-4 研摩紙 #600

押圧荷重 1 ポンド

押圧荷重 1 ポンド

9-5 金属ブレード

9-6 金属ブレード

押圧荷重 5 ポンド

押圧荷重 5 ポンド

9-7 金属平板

9-8 金属平板

押圧荷重 10 ポンド

押圧荷重 10 ポンド

(第 9 図) 各種摩擦子によって摩耗をうけたキュブラ・トリコットから得られた繊維残渣 (9-3 ~ 8) と引張・引掛切断繊維 (9-1 ~ 2) の顕微鏡写真 (280 倍)

残渣の顕微鏡観察を試料別に詳細に行なった。

5.1 キュブラ・トリコット (第 9 図参照)

引っ張り引っ掛け切断の切断端の形はほぼ似ていて繊維軸に直角に切断されている。これに近い切断端を示す摩擦子は研摩紙と金属ブレードであるが、研摩紙がわずかに近い。金属ブレードは切断端に丸味が見られるところから、多少の損耗も考えられる。これに反し、金属平板による切断端は相当すり減っており、周囲には粉状の残渣が点在するところから、摩耗の主体になるものは、損耗の累積であると考えられる。この点が研摩紙と金属ブレードや金属平板との大きな相違点である。

(A) 研摩紙の摩耗機構

繊維が引っ掛けにより切断するには、繊維がこの粒子間に完全に入りこまないとはいえない。しかし、第 2 図と第 9 図の比較で #600 研摩紙の粒子間隔は繊維径より小

さく、研摩紙と接触する繊維全部が都合よく粒子間に入りこむと考えられない。一方 #240 研摩紙の粒子間隔は繊維径の 2~3 倍あって、明らかに研摩紙と接触する繊維はほぼ都合よく粒子間に入りこむと考えてよい。これらの観察からつぎのようなことが考えられる。

(a) 押圧荷重の小さいとき、摩擦子のあらさを問わず繊維は完全に研摩紙のおうとつ内に入り得ないから、摩耗には引掛切断の効果が小さく、逆に摩擦力による引張切断の効果が大きい。したがって、この場合摩擦子と単繊維との真の接触はおうとつの数に依存するから、おうとつ数の多いこまかい摩擦子で摩擦すれば、単繊維の切断個数も多くなり摩耗寿命は小さくなるであろう。

(b) 押圧荷重の大きいとき

(i) あらい摩擦子は完全に繊維がおうとつ内に入りこむから、摩耗には引掛切断の効果が大きい。

(ii) こまかい摩擦子は荷重が大きいても繊維が完全におうとつに入りこまないから、摩耗効率の大きい引掛切断の現象が少ない。したがって、この場合は (i) の場合より摩耗寿命は大きい。

以上総合すると、あらい摩擦子は荷重の増加に従って摩耗に寄与する引掛切断の効果が急激に増加するのに反し、こまかい摩擦子は荷重の増加に従い、引掛切断の効果がさほど増加しないことが考えられる。これらの考察の結果は第 1 報で示したようにあらい研摩紙は低荷重でこまかいものより摩耗寿命は小さいが、高荷重では逆転する事実とよく一致する。

(B) 金属ブレードの摩耗機構

ブレード表面のおうとつに注目すれば、このおうとつは単繊維径と比べて非常に小さい(第 1—3 図と第 9 図参照)。したがって、摩耗の原因として損耗の累積が考えられ、事実第 9 図において繊維切断端は損耗が原因と考えられるような丸味をおびた形をしている。他方、ブレードに注目すれば、そのエッジによる単繊維の引掛切断も考えられる。たとえば、第 9—5 図、第 9—6 図の単繊維切断端は引掛切断端によく似ている。ブレードのエッジは規則正しく一方向を向いているが、その間隔は大きいから研摩紙のおうとつを大きくしたものを金属ブレードと考えれば、そのまま研摩紙の考えが適用できる。したがって、低荷重においては引掛切断が摩耗の主体とならないが、高荷重においては引掛切断の効果は大きく、研摩紙の場合よりその間隔が大きく、したがって引掛繊維本数が多くなり、荷重増加に伴う引掛切断の比率も大きいであろう。事実研摩紙よりもその効果の大き

い ($[\log N/\log P]$ の値が大きい) ことが、第 1 報で示されている。

(C) 金属平板の摩耗機構

第 9—7 図、第 9—8 図から、金属平板による摩耗は相当量の粉状繊維残渣を生じていることがわかる。すなわち、研摩紙、金属ブレードの摩耗と異なり、損耗による摩耗が大きな割合を占めていることが明らかである

10-1 引張切断

10-2 引掛切断

10-3 研摩紙 #600
押圧荷重 1 ポンド10-4 研摩紙 #600
押圧荷重 1 ポンド 10-5 金属ブレード
押圧荷重 1 ポンド10-6 金属ブレード
押圧荷重 1 ポンド 10-7 金属ブレード
押圧荷重 5 ポンド10-8 金属ブレード
押圧荷重 5 ポンド 10-9 金属平板
押圧荷重 10 ポンド10-10 金属ブレード
押圧荷重 10 ポンド

(第10図) 各種摩擦子によって摩耗をうけたアクリル・鹿の子から得られた繊維残渣(10-3~10)と引張・引掛切断繊維(10-1~2)の顕微鏡写真(280倍)

う。しかし切断端の形から損耗だけが摩擦をひき起こすすべてであるとはいききれない。多分ある程度の損耗をうけた後に、引張切断されたものと推定される。

5.2 アクリル・鹿の子 (第10図参照)

キュブラ・トリコットと同様、研摩紙による摩擦布残渣の切断端は引張切断と引掛切断による切断端と似ている。金属ブレードおよび金属平板の場合、繊維がフィブリル化をおこし切断されていることは、この繊維のフィブリル構造が発達しているからであろう。このような現象は古くから知られているが、綿繊維を表面のなめらかな摩擦子で摩擦した場合のフィブリル化については de Grug¹⁾らの報告がある。

5.3 ナイロン・ハーフ (第11図参照)

図から金属ブレードの摩擦による単繊維の切断端は、や

やわん曲変形しているものと、鋭く切断されてきれいな切断端を示す2通りがある。また引っ張りおよび引掛切断端は、どちらかといえば、金属ブレードに近い切断端を示していることがわかる。したがって金属ブレードによる摩擦は引っ張りあるいは引っ掛けによるものと推定される。

研摩紙で布を摩擦した切断端は非常に複雑な形をしている (第11-3図, 第11-4図参照)。ナイロン・ハーフの使用原糸は14dのモノフィラメントでキュブラ・トリコットやアクリル・鹿の子の使用原糸と比べて非常に太い。たとえば、#600研摩紙の粒子間隔 (第2-2図参照) とナイロン・ハーフのモノフィラメントの太さを比較すれば、このモノフィラメントが粒子間に入りこむことは考えられない。繊維が粒子間に入りこむことができないければ引掛切断はきわめて少ないことが予想される。そのかわり、粒子が繊維表面を傷つける損傷、すなわち引っかき損耗が生じる。この場合繊維が高分子のように溶解性のものであれば、圧力と速度が大きいと摩擦熱のため溶解を始め、繊維の損傷を助長することが考えられる^{2,3)}。このような局部的な摩擦が連鎖的に繊維表面から内部にかけて起こり、ついには繊維が切断に至ると考えられる。第11-3図, 第11-4図に見られる熔融状態は上述の現象を物語っているといつてよい。このような摩擦機構では、繊維の熔融点などの熱特性が摩擦寿命に大きく影響するであろう。

金属平板による摩擦では摩擦回数5万回でも布が破断されなかったため、未切断繊維の表面を観察した。第11-7図, 第11-8図に示すように繊維表面はところどころ微小なおうとつができており、その表面に微小な繊維残渣がおおっている。これは明らかに損耗のみが生じていることを示す。この損耗が累積し繊維が細くなると、ついには繊維軸方向に働く摩擦分力により切断に至ることが推定されるが、それには非常に大きな摩擦回数が必要とされるであろう。

以上の考察から同一化学組成の繊維で、しかも同一摩擦子を用いてもデニールが異なるとその摩擦機構は異なることがわかる。これは将来摩擦試験法を確立する場合に十分考慮すべき事柄と思われる。すなわち再現性のよい摩擦試験機があっても、実用的場合と摩擦子が異なっていれば、全く異なったデータが得られる。しかしこれは摩擦機構が異なるという理由で説明がつくわけである。

11-1 引張切断

11-2 引掛切断

11-3 研摩紙 #600

11-4 研摩紙 #600

押圧荷重 1 ポンド

押圧荷重 1 ポンド

11-5 金属ブレード

11-6 金属ブレード

押圧荷重 7 ポンド

押圧荷重 7 ポンド

11-7 金属平板

11-8 金属平板

押圧荷重 10 ポンド

押圧荷重 10 ポンド

(第11図) 各種摩擦子によって摩擦をうけたナイロン・ハーフから得られた繊維残渣 (11-3~8) と引張・引掛切断繊維 (11-1~2) の顕微鏡写真 (280倍)

6. 総 括

以上の考察の結果、繊維の太さ、物性（特に引っ張りおよび引掛強伸度、トルク、摩擦係数、溶融点など）摩擦粒子の表面状態などによって異なった摩擦挙動の生じることがわかった。考察の結果をまとめて以下に記す。

（1）研摩紙の摩擦機構

単繊維の太さと研摩紙上に並ぶ粒子間隔の相対的な大きさにより、2通りに分けられる。

i. 単繊維が粒子間に入りこむことのできる場合、摩擦の主体をなすものは、単繊維が粒子に引っ掛けられる引掛切断であり、単繊維の引掛切断数は単繊維の粒子間に入りこむ数に依存する。

ii. 単繊維が粒子間に入りこむことのできない場合、摩擦の主体をなすものは、粒子が繊維表面を傷つける引っかき損耗である。圧力と速度が大きい場合、局部的に非常に高い摩擦熱の発生が考えられる。溶融点の高いセルロース系繊維は損耗にとどまるが、溶融点の低い合成繊維は摩擦熱による熱的な破壊が加わり、繊維の摩擦を助長する。

（2）金属ブレードの摩擦機構

押圧荷重が比較的大きい場合、摩擦の主体をなすものは、ブレードによる引掛切断である。摩擦の程度は研摩紙の場合より激しくない。また研摩紙と同様に単繊維の太さとブレード間隔の相対的な大きさにより、2通りの場合が考えられるが、實際上6.（1）iのような現象はほとんど生じないであろう。

（3）金属平板の摩擦機構

摩擦の主体をなすものは損耗の累積により単繊維がやせ細り、最終的には繊維軸方向に働く摩擦分力によるやせた単繊維の引張切断である。

参考文献

- 1) I. V. de Gruy, J. H. Carra, V. W. Tripp and M. L. Rollins; Text. Res. J., 32, 880 (1962)
- 2) E. Goldwery; Inst. Mech. Engrs., P 769, 1957
- 3) 竹内 栄一, 松下寿米男; 応用物理, 28, 283 (1959)