刷子の欠損と新型電鉄用刷子保持器

武 政 隆 一* 桑原繁太郎**

Breakage of Carbon Brushes of Electric Car and Hitachi New Type Brush Holder

By Takaichi Takemasa and Shigetarō Kuwahara Hitachi Research Laboratory and Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

A trial manufacture of the novel type brush holder was given out recently at Hitachi Works, Hitachi, Ltd. Being constructed in such a design it that prevents change of pressing position of the holder in any vibration of its spring, this novel type has revealed a marvellous capacity of reducing the breakage of the carbon brush it carries.

In the breakage test of carbon brush by means of Ezaki type impact tester it was witnessed that the carbon brush on this brush holder recorded 44 hours of durability without any defect, presenting a marked contrast to the ones on the ordinary spiral spring type holder which could endure only 5~7 hours. Likewise, in the resistance to the formation of slot at the head of carbon brush, the brush used with this novel type holder gave a favorable result in the test.

[I] 緒 言

電車主電動機用刷子は欠損による事故が多く、終戦直後の調査では、使用箇数の半数は欠損によつて取り替え ねばならなかつたとのことである。⁽¹⁾ その後各社が刷子 の強度特性の改善に努力した結果、現在ではかなり良好 な国産刷子が生産されるようになつた。

これだけでは十分な対策とは考えられない。刷子の欠損は刷子の材質的強度に重大な関連をもつと同時に、刷子保持器の構造の良否によつて著しい影響をうけるからである。

現在、我国に於ける電車の走行速度は欧米諸国に比較してかなり低いので、漸次走行速度を上昇させる気運にある。電車の走行速度を上昇させた場合にも良好な整流特性をもたらせ乍ら刷子の欠損事故を少くすることが必要であり、刷子保持器の改善は極めて重要な問題である。

電車が走行中、発条による加圧位置の変動によつて刷子が角的振動を起し、その結果刷子は側面磨耗或は欠損にまで進展することを考慮に入れ、今回新型保持器を製作し、現行の保持器に比較して優れていることを認めた。

[II] 刷子の欠損について

(1) 刷子の強度特性に関する従来の研究

保持器の構造を考える前に刷子材の強度特性について知っておく必要がある。この意味から筆者の一人及び国鉄技術研究所赤沼氏の行つた研究の結果の概要を述べる。(2)

筆者の一人が行つた実験の範囲内では刷子材の強度の物理的特性(主として弾性係数 E 及び粘性係数 ξ)との間には次の関係がある。

(A) 静的外力が加えられた場合の最大欠損応力 E が大きい程又振動を減衰させる内部摩擦即ち ξ が小 さい程刷子材の強度は大きい。

^{*} 日立製作所日立研究所

^{**} 日立製作所日立工場

(B) 動的外力を急激に加えた場合

この場合の刷子材の強度は E 或は ξ に対して単独的 には明瞭の関係は得られなかつたが、両者を同時に考え て統計学により刷子材の強度と E 及び ξ との重相関係 を求めると確実なる関係がある。

(C) 繰返し曲げ応力と繰返し回数との関係

機械的に一定の振幅を与えた場合の関係線図は第1図 のようであつて、一種の疲労曲線図が得られている。こ の場合の刷子材の強度は E に比例し ξ に対しては殆ど 無関係である。しかるに電磁石の吸引力を利用して一定 の周期的外力を与えた場合の刷子材の強度は E 及び ξ にそれぞれ比例する。

(D) 繰返し打撃を与えた場合

この場合にも刷子材の強度はE及び ξ に比例し、特 にくとは深い関係があるようである。

(2) 刷子欠損に対する考察

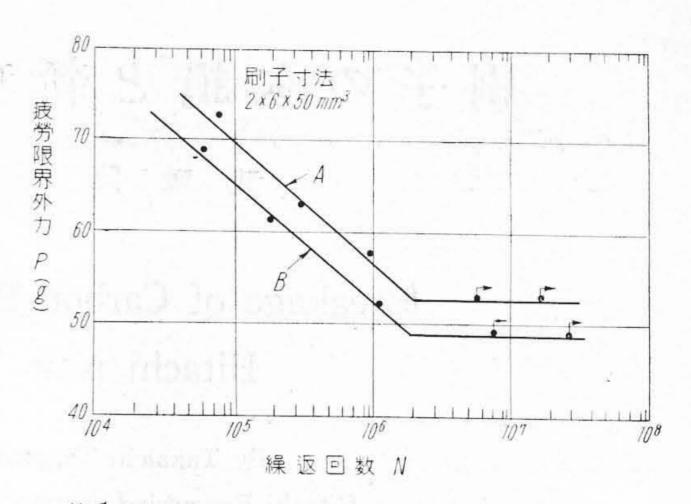
前述せるように刷子材の強度特性は外力の作用方法に よつて著しい影響をうける。実際電車が走行する場合に は繰返し外力が刷子に加えられるので、刷子の E 及び **もの大きいピッチコークス系刷子が適当のように考えら** れる。現在電鉄用刷子として定評ある GH-125, GH-325 及び内外市販刷子の大部分はピッチコークス系であるこ とも当然だと思う。又刷子に繰返し外力が与えられると 疲労と同様な現象が起るが、実際の使用状態に於ても起 る。赤沼氏が昭和 24 年度東京下十条電車区配属電動車 70輌につき刷子の欠損と走行距離との関係を調査した所 第2図のような結果が後られた。(3)同図を見ると走行距 離 5,000 km 前後で刷子の欠損率は最高値を示し、その 後は急激に減少している。もし刷子の欠損が疲労破壊で ないとすれば、ある特定の走行距離で急激に欠損を起す 事実は説明出来ない。赤沼氏もこの現象は疲労破壊であ ると結論している。但し最近に於ける刷子の強度特性は その当時より著しく改善されている。

電車走行時に於ける刷子の欠損は疲労破壊であるとす れば刷子に与えられる周期的外力を疲労限界以内に弱め ることによつて刷子の欠損を減少させることが出来る筈 である。この周期的外力を弱めるためには保持器の構造 を改善しなければならない。次に刷子欠損の諸因子につ いて考察し、その対策として保持器の構造改善について 述べる。

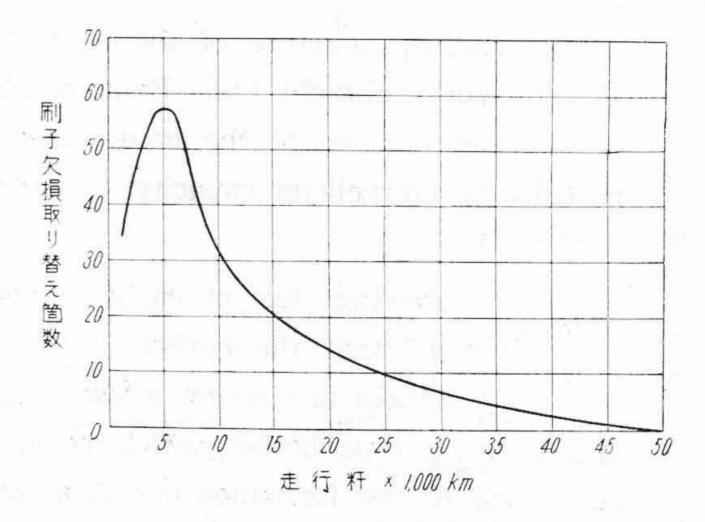
(III) 刷子の運動と保持器

(1) 刷子の運動

摺動時に於ける刷子の運動状態と欠損との関係につい て究明する必要があるので、これ迄に行つた実験結果の 概要を述べる。

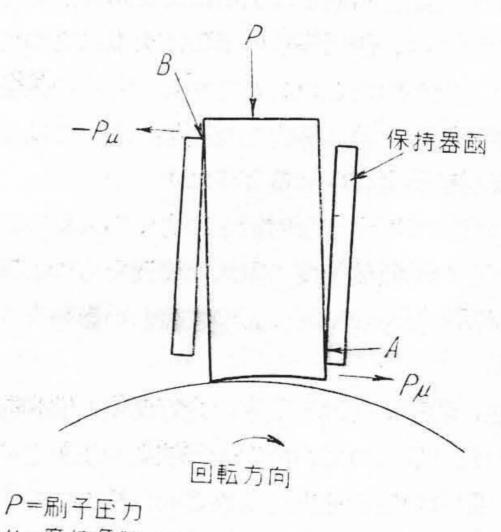


刷子の疲労 第1図 曲 Fig. 1. Fatigue Curve of Carbon Brushes



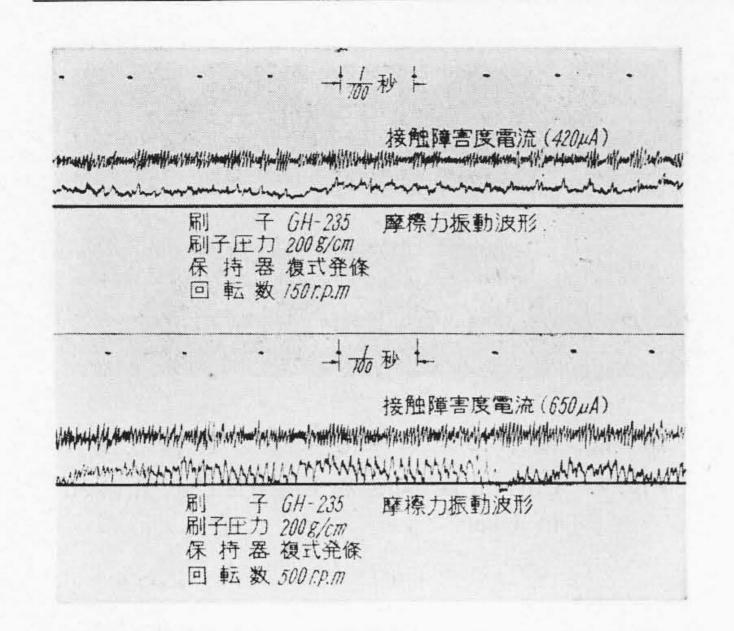
第2図 走行距離と刷子欠損取替数との関係

Relation between Running Distance and Fig. 2. Number of Broken Carbon Brushes



H=摩擦係数

摺動時に於ける刷子の摩擦力 Fig. 3. Frictional Force of Carbon Brush in Sliding



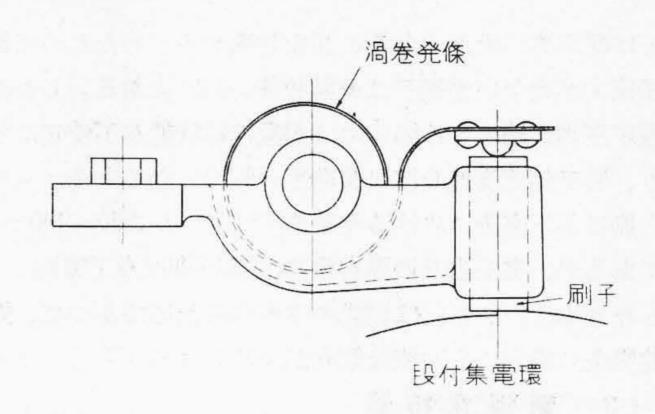
第4図 セグメント振動による刷子の摩擦振動 Fig. 4. Oscillograms Showing Frictional Vibration of Brush Caused by Commutator Segment Vibration

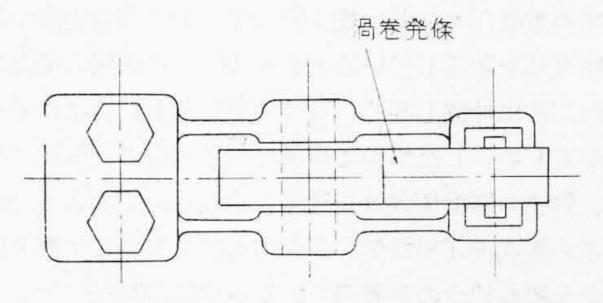
垂直型保持器に於ける摺動中の刷子は第3図のように 摩擦力が作用し刷子は図の如く傾く、したがつて同図A 点に於ける刷子と保持器函間の接触抵抗の変化を求めれ ば刷子の角的振動の状況が判る筈である。第4図はこの 摩擦力の変化による接触抵抗の変動を示すオシログラム で、この角的振動を仮に摩擦振動(又は摩擦力振動)と 呼ぶ。又同図の接触障害度電流刷子の摺動接触の障害程 度を表示する電流であつて、(4)(5)この電流が大なる程、 刷子の摺動接触特性は不良であることを示す。第4図を 見ると 150 r.p.m. の場合には 250 c/s 前後、500 r.p.m. では 800 c/s 前後の振動が摩擦振動波にあらわれている が、この周波数はセグメント周波数と大体一致してい る。又外部よりの振動を防止することによつて摩擦振動 は激減することをたしかめた。これらの実験により摺動 時に於ける摩擦振動は外部よりの振動によつて誘起され るものと考えている。

(2) 刷子圧力と刷子欠損

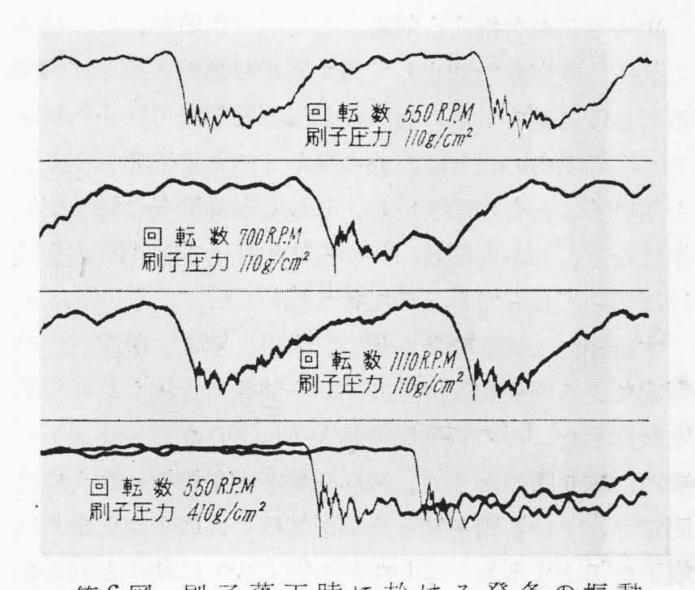
刷子圧力の影響を知るために、刷子が段付集電環表面を摺動中、段より落下し始め、環表面に衝突した場合の発条の振動状況を観察した。保持器は第5図に示す如き渦巻発条型を用い、渦巻発条の先端に小凹面鏡を貼り、発条の振動現象を撮影した。その結果は第6図のようで又刷子圧力及び回転数を変えた場合の発条の落下時間及び落下速度は第1表のようである。

第1表により判る如く、刷子の落下速度は回転数より も刷子圧力の大小により著しい影響をうけている。こ れについては、理論的に解析した場合と傾向は一致して いる。(6)(7)結局刷子圧力が大きい程落下速度が大なるこ





第5図 渦卷発条型刷子保持器(従来型) Fig. 5. Spiral Spring Type Brush Holder



第6図 刷子落下時に於ける発条の振動 Fig. 6. Vibration of Spring when Brush Is Dropped

第 1 表 回転数並びに刷子圧力を変えた場合の落 下時間と落下速度

Table 1. Dropping Time and Dropping Speed at Various Revolutions and Brush-Pressure

回 転 数 (r.p.m.)	刷子圧力 (g/cm²)	落下時間 (sec)	落下速度 (cm/sec)
553	110	0.00451	44.3
700	110	0.00450	44.4
1,110	110	0.00428	46.8
550	410	0.00273	73.2

とは衝撃力が大きくなることを意味する。したがつて刷 子圧力が大きい程刷子は欠損し易いわけである。しかし 刷子圧力が過少なる場合には摺動接触状態が不安定にな り、刷子側面磨耗及び火花発生の原因となる(8)(9)。

昭和27年12月

刷子落下直後に於ける発条の振動数は 350~400 c/s であるが、発条自身の固有振動は 20~30 c/s (実測) で かなり小さい。これは振動条件が異るためであつて、螺 旋発条の場合でも同様な傾向が認められる。(7)

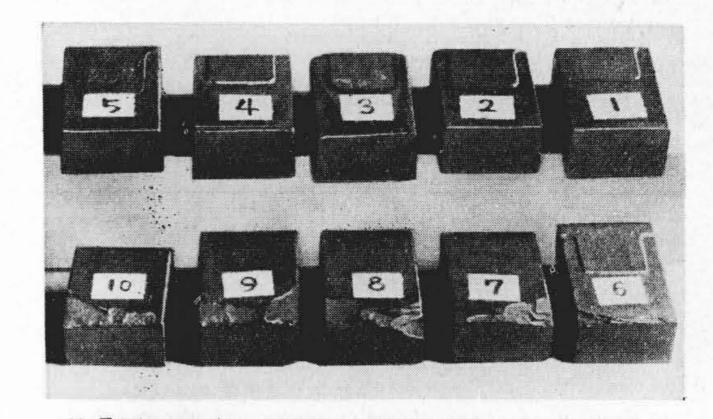
(3) 新型保持器

従来の電鉄用保持器は第5図に示す如き渦巻発条で刷 子の中央部を加圧している型式が多い。この場合発条の 先端が前後に伸縮し易く、殊に振動が激しい時にはその 程度が著しい。したがつて発条の加圧方向は周期的に変 動し、刷子の摩擦振動は一層激しくなる。このような場 合刷子の後側面(出口側)が保持器函に衝突して第7図 の如き欠損を起すのが普通である。中には発条の激しい 振動のために刷子の頭部が欠損したり、或は刷子の中央 部が真二つに割れたりする。

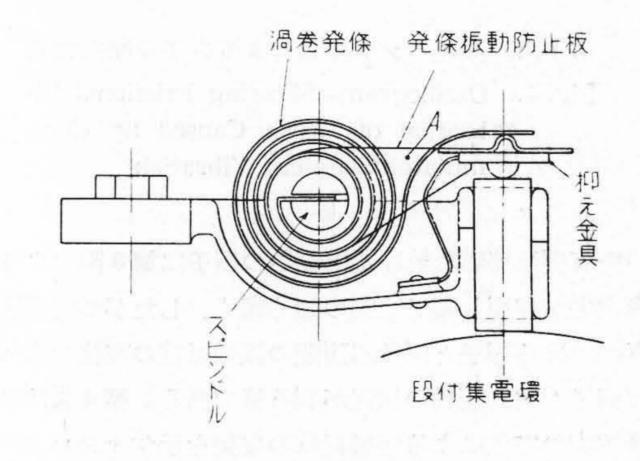
次に刷子の欠損防止対策として色々あるが、就中発条 の加圧位置変動を防止して極力刷子の摩擦振動を抑制す ることは重要である。発条の加圧位置変動の防止対策と して渦巻発条の代りに、他の発条 (例えば引張り発条) を用いることも勿論よいが、しかし渦巻発条は構造が簡 単になり、しかも振動に対する応動性も前述の欠点を除 けば極めて良好であるので捨て難い。

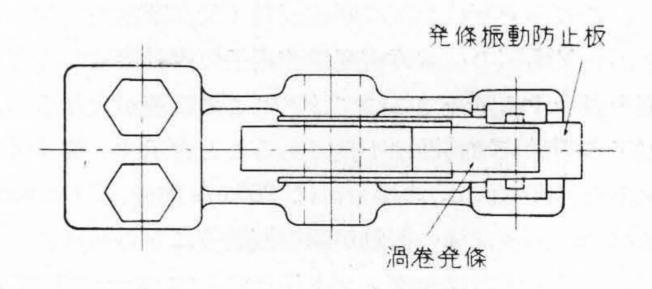
本研究では渦巻発条を用い、木田、平楽、桑原三氏の 考案による発条加圧位置変動防止装置(3)を施した保持器 を試作した。この新型保持品(3)(以下日立型と呼ぶ)の 構造は第8図のようで、渦巻発条は発条横振れ防止板に 固定されている刷子抑え金具を加圧し、刷子抑え金具は 刷子を加圧するようにした。この方式では発条と抑え金 具とは別箇になつている関係上、発条の前後方向の伸縮 による影響は少い。又発条左右方向に於ける横振れ振動 は防止板によつて防止するようになつている。なお本方 式の如く抑え金具によつて常に一定位置を加圧する保持 器は從来より用いられているが、これは発条の先端が防 止板の略中央(第8図(A)ではA点)に固定されている 関係上、ばね圧力は抑え金具とスピンドルとにかるる。 その結果スピンドルの受金が不規則に磨耗し、著しく保 持器の特性を阻害する欠点がある。これに対して日立型 保持器では直接抑え金具を自由な形で加圧しているの で、殆どスピンドルの方には力が作用しないように設計 されている。

日立型保持器では加圧位置変動が防止される結果、刷 子の摩擦振動は減少し、刷子に与えられる繰返し衝撃力 は当然小さくなる。もしこの繰返し衝撃力が刷子材の疲

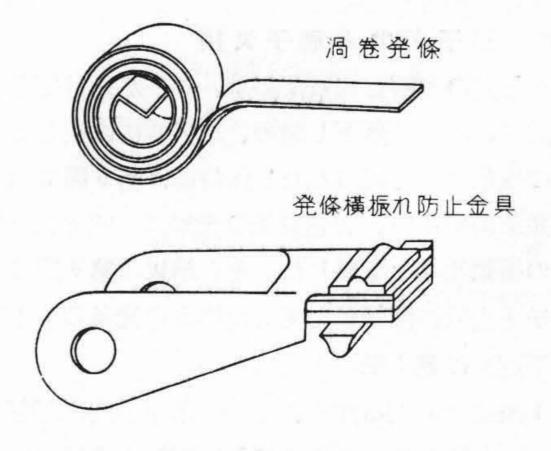


第7図 電車に使用せる刷子の欠損状況 Fig. 7. Carbon Brushes of Electric Car, Broken in Use





第8図(A) 日 立 型 刷 子 保 持 器 Fig. 8. (A) Hitachi Novel Type Brush-Holder



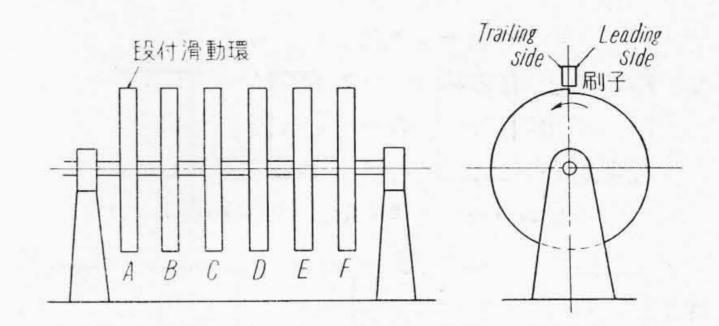
第8図(B) 発条及び発条振動の防止板 Fig. 8. (B) Spring and Vibration Preventing Plate

労限界以内に減少すれば刷子の欠損は発生しない筈で、 これを確かめるために次の実験を行つた。

[IV] 刷子の欠損と保持器

(1) 実験方法

- (A) 保持器及び刷子 実験に供した保持器は第5図の如き渦巻発条垂直型保持器(仮に從来型と呼ぶ)と第8図の新型保持器とを用いた。刷子は比較的欠損し易い材質を選定し、刷子材の弾性係数600kg/mm²,抵抗力180kg/cm²のものを用いた。又刷子材質の均一性を確保するために1枚のブロックより寸法20×32×47mm³の刷子を所要箇数だけ加工した。
- (B) 試験機 保持器による刷子の欠損程度を比較するには現車試験が最も理想的であるが、簡単に実施出来ないので、次に述べるような江崎式衝撃試験機を用いた。本試験機は国鉄で電鉄用刷子の欠損強度試験機(3)として採用しており、その構造は第9図のようである。即ち同軸上に直径 380 mm の段付集電環(段 2 mm)を6箇とりつけ、直流電動機によりこれを駆動している。電流を通ずることなく、回転方向を一定にして、環の回転に伴う刷子の落下衝撃による刷子の欠損状況と刷子欠損時迄の摺動時間とを観測して、刷子材の強度を判別している。
- (C) 実験方法 江崎式衝撃試験機による刷子の試験 方法には特別の規定(4)があるが、本実験では保持器及び 刷子の寸法が規定の寸法でないのと、目的が保持器特性



第9図 江崎式衝撃試験機の略図 Fig. 9. Schematic Diagram of Impact Testing Machine for Electrical-Brush

の良否を判別する点にあるので、次の方法によつて行った。!

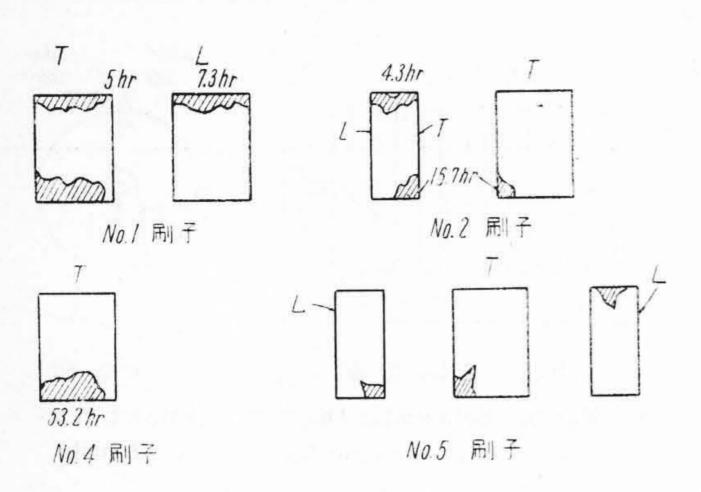
試験機の6箇の滑動環の中で、中央の2箇、即ちC及びD環を用いること」し、同一型式の保持器2箇をとりつけ、環を回転させた。なお刷子圧力は520g/cm²(全圧力3.7kg)、回数は1,200r.p.m.一定とした。次に保持器特性の良否判別は該保持器で摺動中の刷子が欠損する迄の摺動時間の大小を以て行い、刷子の欠損面積の大小は判定の対象から一応除外した。又加圧位置変動については加圧により出来た刷子頭部の溝の大きさを読み取り顕微鏡で測定し、これより判定した。

(2) 実験結果

日立型と從来型保持器を各々2箇づつ、合計4箇を用い、同一条件により欠損試験を行つた。第2表はその結果で、又これら刷子の欠損状況は第10図(次頁参照)の

第2表 保 持 器 の 型 式 と 刷 子 の 欠 損 Table 2. Degree of Destruction of Carbon Brushes on Various Brush Holders

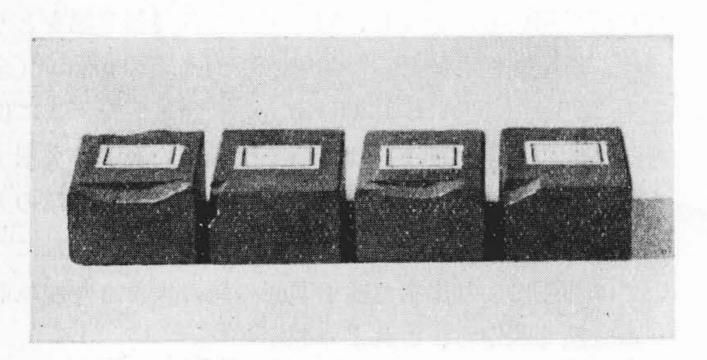
欠 損 甲	寺迄の	目 立	型 保	持 器	40 型 保	持 器
州 王小 0 土 11 日	133 FJ. DC 1544	No. 1 保持器	No. 1 保持器	No. 2 保持器	No. 3 保持器	No. 4 保持器
摺動時間 (hr)	摺動距離 1×10 ³ km	C 環 No. 4 刷子	C 環 (再 試 験) No. 5 刷子	D 環 No. 3 刷子	C 環 No. 1 刷子	D 環 No. 2 刷子
5.0	4.3				頭部欠損	
7.3	6.3		_			頭部欠損
11.8	9.3	1-11			摺動面欠損	_
16.7	14.3		::			摺動面欠損
19.8	17.0				中止	中,点止
44.3	38.0	-	頭部、摺動面 欠損中止	86 E		
53.2	45.6	摺動面欠損 中 止	——————————————————————————————————————			
100.0	85.9			無欠損中止	Tomics (Tomics	



昭和27年12月

試験機による刷子欠損状況(スケッチ) 第10図 T: Trailing Side L: Leading Side

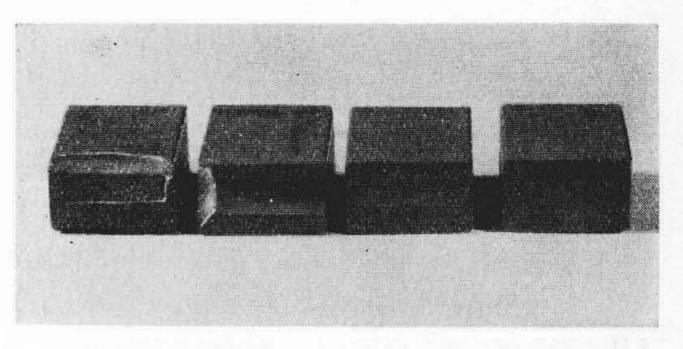
Destruction of Carbon Brush by Fig. 10. Import Test (sketch)



第11 図 試験機による刷子の欠損状況 (写真) Fig. 11. Destruction of Carbon Brush by Impact Test

スケッチ及び第11図の写真で示した。

次に加圧位置変動により出来た溝の大きさを示すと第 3表のようで、日立型よりも從来型の方が溝の深さが深 く、巾も大きい。又第12図は刷子頭部に出来た溝の状況 を示せるものである。



加圧により出来た刷子頭部の溝 第12図 Slot at Brush-Top Wrought out by Fig. 12. Spring Pressure

(3) 考 察

江崎式衝撃試験により刷子が欠損せる場合と実際に電 車が走行中欠損した場合について比較してみる。江崎式 試験機の場合には第10図に於て一般に刷子は後側面(出 口側)と刷子頭部が欠損し易く、欠損状況は第11図のよ うである。試験機による刷子欠損状況は第7図の電車で 欠損した場合と同じく、層状に欠損している。このよう に江崎式試験機でも或いは電車の場合でも刷子の欠損状 況は略々同様である。

日立型と從来型保持器とを用い、刷子の欠損試験を行 つた結果は第2表のように明瞭なる差異がある。更にこ れを確認するために統計学を用い検討した。(9)(10) 先ず 日立型は D環 No. 3, 刷子は 100 hr の摺動でも無欠損 なので、一応計算の対象から除き、C 環の No. 4 及び No. 5 刷子を計算の対象とした。したがつて実際に得ら れた結果よりも悪い条件で計算した訳である。

両型式保持器の分散の有無をしらべるために**第2表**よ り標本分散の不偏推定量を求め更に分散比 Fo を求める と第4表のようになる。

保持器の型式と溝の大きさ 第 3 表 Effect of Brush Holders on Slot of Brush-Top Table 3.

		日立	型保	持 器	従 来 型	保 持 器
No.		No. 1 保持器	No. 1 保持器	No. 2 保持器	No. 3 保持器	No. 4 保持器
項	目	C 環	C 環 (再 試 験)	D 環	C 環	D 環
		No. 4 制子	No. 5 刷子	No. 3 刷子	No. 1 刷子	No. 2 刷子
摺 動 時	間 (hr)	53.2	44.3		19.8	19.8
摺 動 距	離 (km)	45.6×10^{3}	38.0×10^{3}		17×10^{3}	17×10^{3}
溝の	iți (mm)	5.0	7.5~8.0		9.0~9.5	9.0~9.5
溝の深	(mm) &	0.3	0.7		1.8	2.0

保持器の型式による刷子欠損の差異検定 Table 4. Testing of Destruction Degree of Carbon Brushes Held by Different Brush-Holders

保 持 器	刷子欠損する迄の 摺 動 時 期 hr (平均値)	自由度(7)	不偏分散 32	分 散 比 F ₀	
日 立 型 (A	$\bar{x}_A = 48.75$	$n_A = 1$	$\hat{\sigma}_A^2 = 39.07$	14.8	
従 来 型(B	$\bar{x}_B = 6.10$	$n_B=1$	$\hat{\sigma}_B^2 = 2.65$		

次に F 分布表より F' (0.05)=161 を求める。

$$F'(0.05) = 161 > 14.8$$

なる故、両者の分散は同一と見做し、平均値(x)の差の 検定を行つてみる。

$$U = \sqrt{\frac{n_A \hat{\sigma}_A^2 + n_B \hat{\sigma}_B^2}{n_A + n_B}} = \sqrt{\frac{1 \times 39.07 + 1 \times 2.65}{1 + 1}} = 4.56$$
 $n_A = N_A - 1$, $n_B = N_B - 1$ \bar{x} 平均值

次式により to を求めると

$$t_0 = \frac{(\bar{x}_A - \bar{x}_B)}{U} \sqrt{\frac{N_A N_B}{N_A + N_B}} = \frac{48.75 - 6.10}{4.56} \sqrt{\frac{2 \times 2}{2 + 2}}$$

$$= 9.34$$

t 分布表より

$$t=(n=n_A+n_B=2 \quad \alpha=0.01)=9.92$$

 $t=(n=2 \quad \alpha=0.02)=6.97$

9.92>9.34>6.97 なる故 2%の危際率 (a) で両者の 差を認めてよい。

F検定においても 5% 以下の危険率で差がある。 ${F_2'(0.01)=98.49} > {F_0=87} > {F_2'(0.05)=18.51}$ 以上述べた如く統計学による検定で日立型は從来型よ り刷子は欠損し難いことが認められる。

次に第2表を見ると同一型式の保持器でも滑動環によ つて差異が認められる。即ちC環はD環より欠損し易い が、これは環表面の仕上精度に関係するものと思う。

加圧によってできた刷子頭部の溝は日立型よりも從来 型の方が幅が大きく且つ深さも深い。この点は日立型よ りも從来型の方が加圧部が常に変動し、不安定であつた ことを示すものである。

[V] 結

発条による加圧位置変動を防止する目的で考案された 日立型と從来型保持器を用い、江崎式衝撃試験で刷子の 欠損試験を行つた所、日立型の方が從来型よりも著しく 刷子の欠損は少いことを確かめた。即ち從来型は5~7 時間で欠損するのに対し、日立型は44時間で欠損した。 又加圧によりできた刷子頭部の溝は從来型よりも日立型 の方が巾が狭く、且く深さも浅く加圧位置変動防止裝置 が有効に作用していることを確めた。何れにしても日立 型保持器は從来型よりも江崎式試験機では刷子の欠損を 著しく防止できることが明らかになつた。

本研究を行うに当り終始御指導と御援助を賜つた日立 研究所副所長三浦博士、今尾主任研究員、一木係主任、 日立工場山本課長、毛利課長、木田係主任並びに本研究 の育成に多大の御配慮を賜つた日立工場牧野田部長、内 藤課長又実験に終始協力された西沢清司氏に対し、深甚 なる感謝の意を表する次第である。

考 文 献

- (1) 赤沼: 鉄道業務研究資料 8 No. 9 昭 26. 4
- (2) 武政: 日立評論論文集 No. 9 1949
- (3) 木田、平楽、桑原: 実用新案登録第372855号

昭 25

昭 26.10

- (4) 学振: 電機用刷子の研究(1) 昭 15. 7
- (5) 林 : 電学会誌 63 No. 712 昭 23. 3
- (6) 林 : 学振第117委員会提出資料 昭 22. 3
- (7) 武政: 日立評論 33 No. 5 昭 26. 6

(8) 武政、桑原: 日立評論 33 No. 10

(9) 奥津: 推計学の問題と解き方 昭 26. 3



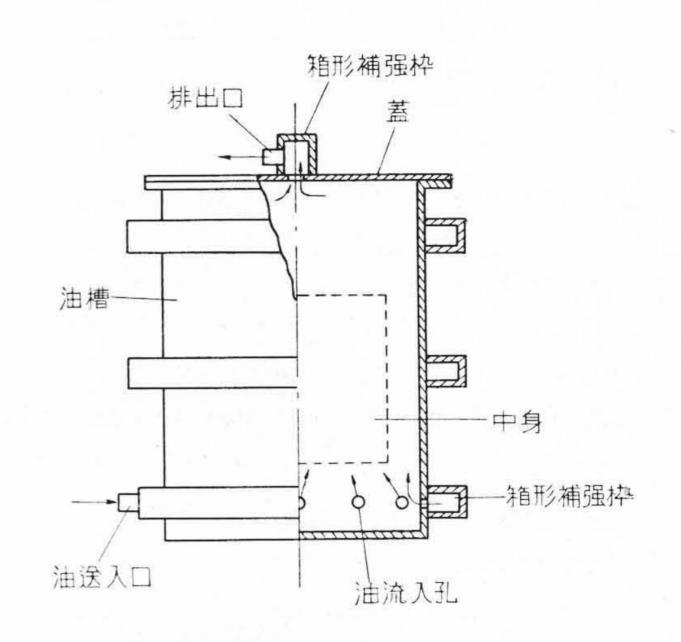


実用新案 第388812号

阿 部 春 雄

電 気 器 油 槽

大容量変圧器に於ける油槽は、機械的強度を増大するため、その外周に環状補強枠を設け、又蓋上にも補強枠が取付けられる。本案は前記補強枠を、特に中空箱形とし、この箱に囲まれた油槽壁に、冷却油の流入孔を穿設し、箱の一部に開口した油送入口より送入した油を流入孔より油槽内に噴出させて中身を冷却し、この中身より熱を奪つた排油を、蓋に設けた箱形補強枠内に排出させ、排出口より油ポンプ、クーラー等の油冷却循環系統に環流するようにしたものである。この構造によれば、中身を冷却するため冷却油を噴出する蛇管を油槽内底部に配置する要なく、而も箱形補強枠は冷却油の通路として十分な断面積を有するを以て、多量の冷却油を油槽内底部に略全周一様に流入させることができるから、中身の冷却効果は著しく増大される。 (滑川)



実用新案 第391161号

久 米 平 助·藤 原 正 彦大 岡 宏·萩 野 忠 昭

紡 糸 電 動 機

一般に紡糸電動機の潤滑油は、油槽6と支持筒5との間の僅な間隙を上昇し外部に漏洩すると同時に、コード10を伝わつて電動機内部にも侵入する。これを防止するためにこの考案は、図示の如く耐油性の環状ゴムパッキング11を設けたものである。これによつて油の漏洩を完全に防止し得ると共に、このパッキングは電動機ハウジング3と油槽6とを弾性的に結合したことになるから、電動機の振動を吸收し防震効果に於ても極めて有効であるという一石二鳥の効果を挙げ得るものである。

(田中)

