総 説

學振における電刷子研究の業績 (5)

前學振 117 委員會委員長 宗 宮 知 行

(Research Works on Carbon Brushes in Japan Society for the Promotion of Research)

Tomoyuki Somiya

前號まで

(1) 緒言 (2) 業績の全貌 (3) 炭素刷子の物理的特性並に測定法 a. 比重 b. 弾性係數 c. 摩擦係數 d. 衝撃耐力 e. H. D. R. 特性 f. 整流試験 g. 固有抵抗、硬度及び抵抗力 h. 物理的諸性質の測定値 i. 摩擦係數の均一性 (4) 静止並に摺動接觸に関する研究 a. 電子廻折による黒鉛摩擦面の研究 b. 銅整流子面の構造及び性質

(c) 接觸電壓降下

一般に刷子の接觸電壓降下は電氣機械の電壓並に電流の大小に對して適當な刷子を選択するに當り重要な要素であると共に整流に関する性能を判斷する標準とされて居た。然しながらその後研究の結果今日では刷子の合理的な低い摩擦係數、適當な弾性係數及び整流子面上に良好なる皮膜を常に保持せしむる能力等は良好な整流を行ふに同程度に重要な因子である事が明にされた。

接觸電壓降下は摺動面狀態の變化により非常に變化するもので定量的にも定性的にも不明の點を數多く殘して居る。

接觸電壓降下に影響を持つものの一つとして整流子面上の皮膜を擧げる事が出来る。この表面皮膜は運轉狀況及び大氣の狀態で非常に變化し、又この皮膜中に存在する亞酸化銅の薄層及びそれに附着する黒鉛微結晶並に表面の吸着水、油類等は整流特性、接觸電壓降下に大なる影響を與へる。

この皮膜は或る場合には電解作用によつて、或る場合には刷子の研磨作用によつて時に刻々變化して居ると考へてよい、故に刷子及び整流子の表面を擴大して描けば第 34 圖の如き斷面に類似して居るのであらう。

硫化物或は油の皮膜の存在は過剰の接觸電壓を來たし、大氣中の鹽素の存在は皮膜に惡影響を與へ電壓降下を含む動作特性を著しく害する。

Fig. 34

その他整流子表面温度、刷子振動等も大いに影響する。電氣的方面では整流起電力、短絡線輪中の誘起起電力により刷子下各部分の流通電流が變りその爲に電壓降下が變化する事も明である。從來接觸電壓降下測定法として、ピグテールと刷子の觸れてゐる整流子上の點との間の電壓を數箇所測定して刷子電壓曲線を得て居るが、この靜的特性は不充分であつて、動的刷子電壓曲線が必要である事が強調された。これは陰極線オシログラフを使用する事によつて實驗出来るのであつて目下各方面で研究中である。刷子壓力に關しては吉田喜久次委員の經驗によれば黒鉛化程度の進んだ刷子では 200 gr/cm² 前後を探ると良好な整流子面狀態を得る。Hellumund によれば刷子面下の火花は接觸電壓降下が滑動環を用いた場合大體 3.2 V 以上になつた時起き易い事を述べて居る。故に刷子により短絡せられた電機の線輪内の電壓を適當に制御するには略 1V 前後の刷子電壓降下が望ましい。

摺動接觸抵抗の特徴の一つは抵抗が電流の變化に伴つて大きく變化する事である。刷子が良好なる接觸抵抗、換言すれば適當なる接觸電壓降下を

有する場合には、已に刷子の下に在る整流子片から今將に接觸に移らんとする整流子への急激な電流の轉移を抑へ、又將に刷子との接觸を離れんとする整流子片の電流を制限して火花の發生を防ぐであらう。接觸抵抗が刷子の極性によつて相當異なる點等に関しても研究すべき問題が残されて居る。これ等は何れも實驗結果により順次判明して行く事と思はれる。尚ほ整流子及び刷子の各摺動面はどれ程研磨されても、整流子は幾何學的眞圓とはなし得ない故通常良好なる工作を施こしても運轉狀態では 0.02 mm 程度の偏心はあるものと考へなければならないし、又刷子保持器の振動も接觸電壓降下を考察する時は勘定に入れる事が必要であらう。

(d) 火花量の測定

電流火花の事に關しては (f) 整流試驗の項に於いて少し述べた。本委員會に於いては、發生した火花が減衰高周波振動を伴ふ事に着目して、これを檢波増幅して火花強弱を表現する方法が提出された。相對的大きさを表現する事は出来る結果を得て居る。本問題は最近になつて相當詳細な検討が行はれ色々な方法が提案されて居るが“炭素”の研究報告にのせる事にして省略する。

(e) 熱起電力、熱傳導度

本野委員は電刷子と金屬との間に生ずる熱起電力に關し研究された。室素瓦斯中で銀との間に起る熱起電力は電氣黒鉛刷子では黒鉛化の進んだもの程大體に於いて起電力が大であり、大きいものは 400°C 溫度上昇で 10 mV 位あつた。

天然黒鉛刷子では熱起電力が少く各種刷子で大體同一値を示した。その數値は溫度上昇 400°C で大體、0.3 mV。ナショナル製 TA 系に屬する刷子の熱起電力曲線を 1 例として第 35 圖に掲げる。

熱傳導度は刷子接觸點の溫度上昇を決定する重大要素である。その簡易測定法とし棒狀試料に電流を通じての溫度上昇から次式により求められた

$$\frac{V^2}{8k\rho} = T_m - \frac{T_1 + T_2}{2}$$

ρ は固有抵抗、 k は熱傳導率、 V は溫度 T_1 と溫度 T_2 點間の電壓、 T_m は試料中央の溫度

NCCSA 系で (0.26-0.22), NCCTA 系 (0.28-0.22), OS6 は 0.79 で測定値中の最大値を示し、C-4 が 0.08 で最小値、NCC-258 は 0.63

Fig. 35

といふ結果を得て居る。此等數値の單位は何れも Watt/°C, cm である。

(f) 最高接觸電壓

刷子の靜止接觸點に電流を通じた場合、電流の増加と共に接觸面の溫度は上昇するが、これと同時に接觸抵抗は減じて溫度は降下せんとする。上昇効果と降下効果が平衡すると或る一定溫度になるわけである。この溫度は材料特有のものである。接觸點の溫度上昇と接觸點間の電位差 V との間には、次の關係がある。

$$\theta = \frac{V^2}{8k\rho}$$

k は熱傳導度、 ρ は固有抵抗で何れも溫度に無關係とした。溫度が一定であるから當然電位差 V

Fig. 36

は一定でありこの電壓は金屬接觸をして居る際の最高電壓である。細心な注意の下に行つた測定例を第 36 圖に示す。横軸は接點通過電流で縦軸は接觸電壓を示す。第 36 圖の (2) と (3) 曲線は同一質のものであり最初の接觸狀況で溫度上昇の様子は異なるが最高接

觸温度は同一である。手許に在つた刷子についての測定結果によればこの電圧は 2.31V から 1.11 V の範囲内にあつた。電圧の高い刷子は電流密度を高く取つても弧先の發生や材料の崩壊が發生し難いと想像出来る。又若し、熱傳導度 k 、固有抵抗 ρ が既知であればこの最高接觸電壓を測定する時は接觸點の最高接觸温度が判明する。これを利用して測定した結果は接觸點の温度は大體 400°C—500°C であり、これは丁度炭素の酸化開始の温度に略々等しい。今最高温度の平均値 450°C とし最高接觸電壓を $V_m[V]$ とする時測定困難な熱傳導度 k は次式より大體計算出来る。

$$k = \frac{V^2}{3600\rho}$$

但し ρ はオームで表はされて居る。

(5) NCC 社 SA 系刷子の性能

SA 系刷子が輸入せられ實用の結果整流困難な直流機用として好成绩を収めて居る状態に鑑み、それらの特性を調査して優秀國産品産出の一助たらしむべく本委員会は、SA 系 5 種を入手し各委員の手許で各種の試験調査を行つた。その結果をここに綜合したわけであるが各測定者によつて數値に可成り相違があるので一々記載しないが参考までに各委員の測定値を平均して一覽すると次の通りである。

項 目	試 料				
	SA 25	SA 30	SA 35	SA 40	SA 45
固有抵抗 ohm cm	0.0051	0.0055	0.0060	0.0062	0.0070
見掛比重	1.63	1.58	1.55	1.54	1.50
眞比重	1.993	1.973	1.979	1.989	1.988
有孔率 %	17.2	19.84	21.2	21.1	23.7
吸水量 (gr/cm ²)	0.15	0.17	0.17	0.19	0.19
硬度 加壓面	55	48	47	44	39
側面	51	43	42	40	38
衝擊値 (kg/cm)	0.702	0.663	0.555	0.703	0.677
彈性率 (kg/cm ²)	873	686	628	545	437
抵抗力 (kg/cm ²)	358	191	152	131	104
抗壓力 (kg/cm ²)	780	446	392	360	266
抗張力 (kg/cm ²)	51	35	34	27	21
灰分 %	0.11	0.08	0.08	0.08	0.09
熱膨脹係數 (10 ⁻⁶)	4.8	4.9	4.2	4.2	3.9
熱傳導度 W/cm/°C	0.032	0.027	0.046	0.032	0.026
摩擦係數	0.23	0.25	0.23	0.25	0.25

整流試験の結果は大體 SA 25 から SA 45 の順に整流性能は良好である。衝擊試験器による缺損試験は、衝擊耐力は、(Hrs) で示した時 SA 25—85, SA 30—70, SA 35—55, SA 40—15, SA 45—15。スパークによる消耗試験として直径 7.4 耗、

長さ 13 耗の供試刷子と金屬接觸子との間に 100 V・1.5 A の電流により 1 分間 37 回の開閉を行はしめ、電流方向正負各場合の消耗量の平均と、電流の方向による消耗量の割合を研究した。

項 目	SA 25	SA 30	SA 35	SA 40	SA 45
斷續 16 回に對する燒耗量 mg	103	128	155	156	193
燒耗量の比 (—/+)	4.00	2.85	2.35	1.75	1.30

試料を 1700°C 乃至 2800°C の再高熱處理をして固有抵抗を測定した結果その變化の割合が極めて小であつた。酸化温度は SA 25—626°C SA 30—590°C SA 35—622°C SA 40—640°C SA 45—706°C との測定結果も報告されて居る。

(6) 國産黒鉛化刷子の成績

EG—AS 並に EG—41 の實用試験が行はれた。是等の刷子は、日本學術振興會第 18 小委員會第 1 分科會に於ける電機用刷子の基礎的研究並に同特別委員會の指導により日本カーボン株式會社に於

て製作せられたものである。電解工場、電鐵等に於ける使用状態とその成績が詳細に研究調査せられたのであつて、其當時に於いては外國製品に比して遜色のない結果を得て居る。然し最近の電氣機械の設計上の要求は次第に高度になりつつあり、従つて益々品質の向上が希望さるる現状にある。其當時尾河武雄委員は各種刷子の整流試験を行ひ東海電機製 OS 602 を高速電機に裝着した所 SA 45 と匹敵した成績を得たと報告して居る。