

三菱電機

— MITSUBISHI - DENKI —

Vol. 23 No.

4

目 次

絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗……………	白井 萬次郎 (1)
Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響…… (第 2 報)	長谷川 武男 (5)
半波型倍壓整流回路の解析……………	北 垣 成 一 (15)
鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響……………	尾 島 學 二 (19)
(第 2 報) 濕潤による比熱の變化……………	長 沼 辰 二 郎 (19)
電熱線の近況……………	川 勝 孝 俊 (23)
運轉中における變壓器の絶縁油濾過……………	田 村 弘 治 郎 (23)
直流電磁接觸器の接觸子材料……………	堀 田 滋 矩 (31)
新 製 品 紹 介……………	原 仁 吾 (31)
ホ イ ス ト……………	崎 晴 光 夫 (37)
ダイヤトーン 49-K 型ラジオ……………	吉 澤 敏 夫 (37)
	待 島 正 (37)

1949

三菱電機株式会社

絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗

工場においてモータコイルに絶縁ワニスを含ませる場合、しばしば問題となるのはワニスの内部乾燥と絶縁抵抗である。ワニスの内部乾燥が進むにつれて絶縁抵抗は増加するが、乾燥後加熱状態においては元の液體状態の絶縁抵抗に戻る。乾燥剤たる金属石鹼は絶縁抵抗を害するが、豫想されたほど大なるものではない。それよりも黒色ワニスが銍色ワニスより液體においても、また乾燥後の加熱時においても絶縁抵抗が低い。各成分の絶縁抵抗を測定せるところこれは黒色ワニスのみに含まれるギルソナイトの影響なることが推定されたが、ギルソナイトはまた黒色ワニスに耐温性を與えている成分である。

研究所 白井 万次郎

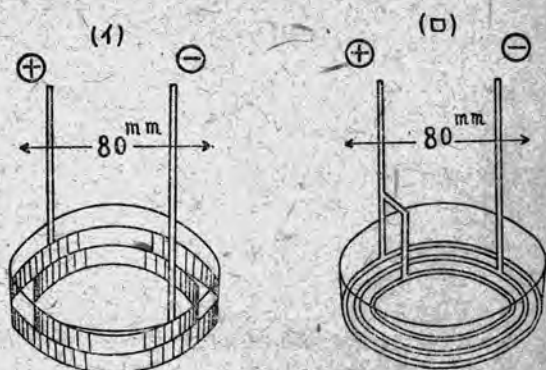
I. 緒言

工場においてモータコイルの含浸に絶縁ワニスを使用した場合、しばしば問題になるのは、乾燥後モータを回転させる場合、乾燥したはずのワニスが浸み出すことと、絶縁抵抗が所期の値に達しないことがある事である。これはコイル含浸ワニス普通の塗料のように皮膜にして乾燥するのではなく、コイルの内部に浸み込んだものが固まるのであるから、皮膜の乾燥のように充分に空気に觸れず、ワニスはかなりの厚さを持つまま乾燥しなければならぬ。絶縁抵抗もコイル中の布や紙などの影響は別としても、皮膜で乾燥した場合と厚みをもつて乾燥したワニスの絶縁抵抗とは異なってくるであろう。ある厚さをもつまま乾燥したワニスの乾燥程度と絶縁抵抗との關係を述べたのが本報告である。

II. 内部乾燥と絶縁抵抗

1. 實驗方法

普通絶縁ワニスの絶縁固有抵抗測定は、所定の大きさの銅板に 0.08~0.1mm の厚さにワニスを塗り乾燥したものについて測定するものであるが、筆者の望むところはおもつとワニスを厚く塗り、かつ液體のワニスより次第にワニスの溶劑が蒸發して行くにしたがつて、絶縁抵抗が如何に變つてゆくかを知りたいのである。よつて第1圖(イ)の如き普通ワニスの内部乾燥に用いるような平皿に、帶環狀の(+)(-)の電極を底に置いた容器を用いては目的を達することができた。しかし内部乾燥は始めのワニスの厚さに影響され、従つて絶縁抵抗も變つてくるので、厚さの影響を知りたいと思つたが、それにはなお電極の幅が廣いのでこの實驗には(ロ)の如く平皿の底に環狀の電線を置いたものを用いて實驗した。上記の容器にそれぞれ一定の厚さにワニスを採取し、液體状態で重量および絶縁抵抗を測定し、これを 100~110°C の



第1圖 絶縁抵抗測定に用いた容器

乾燥器にて乾燥し、一定時間ごとに取出して重量と絶縁抵抗の測定を行つた。

重量減はその間に蒸發したワニスの溶劑の量である。ワニスの厚みの影響の實驗には、最初の液體のワニスの厚さを 8mm, 10mm, 12mm に變えて乾燥し、絶縁抵抗および重量減を測定した。

2. 試料

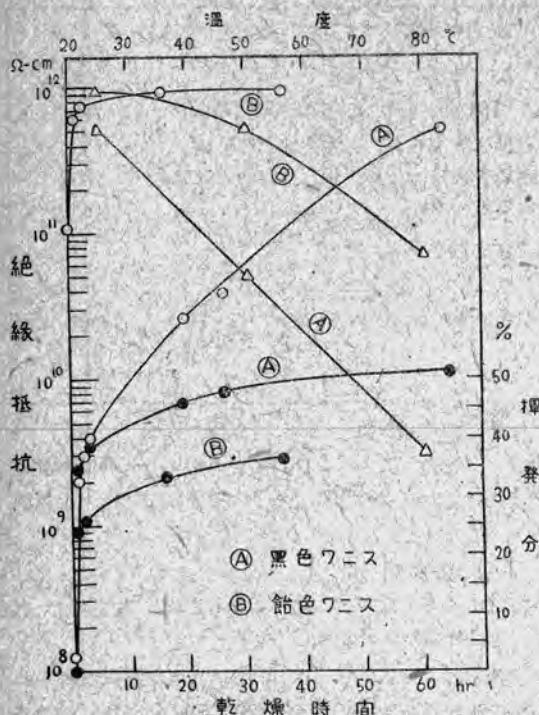
試料には黒色加熱乾燥コイルワニスと銍色加熱乾燥コイルワニスを用いた。前者は乾燥劑を含んでいるが、後者は乾燥劑を含んでいない。

3. 實驗結果

容器(イ)を用いて行つた黒色ワニスと銍色ワニスの實驗結果は第2圖に示した如くで、容器(ロ)を用いて行つた黒色ワニスの厚みの影響の實驗結果は第3圖に示した如くである。

4. 實驗結果の考察

黒色ワニスにおいては、液狀では $10^8 \Omega$ 程度の抵抗値を示すが、乾燥と共に次第に抵抗は増加し、ほど不揮發分が一定となつた時には $10^{12} \Omega$ 程度に達する。しかしこの乾燥したワニスを加熱すると 80°C 位で軟かになりまた元の値の $10^8 \Omega$ 程度になる。すなわち加熱により乾燥し



第 2 圖

たワニスが軟かになると、溶剤が入っている元の状態と同じようになる。

乾燥剤の入っていない艶色ワニスは太いに趣きを異にし、これは液状において既に $10^{11}\Omega$ 程度を示し、乾燥して $10^{12}\Omega$ 程度になる。これを加熱しても 80°C において $10^{11}\Omega$ 程度であつて、黒色ワニスのように低くならない。すなわち液状において既に抵抗の良いワニスは、乾燥によつてあまり抵抗が變らず、乾燥したワニスが加熱された場合もまた抵抗の下がるものが少ない。このようなワニスは少々乾燥が悪くても抵抗が低くないし、また乾燥後温度が上つても抵抗が下らないから、絶縁抵抗に関する限り優秀である。この原因は乾燥剤の有無によるものか、または黒色ワニスと艶色ワニスの組成上の違いによるものかはつぎの問題である。黒色ワニスと艶色ワニスの組成上の大きな相違は黒色ワニスはギルソナイトの如きアスファルト質を含むが、艶色ワニスはこれを含まない点である。

つぎに乾燥時のワニスの厚みの相違の影響を黒色ワニスについて行つたところでは、厚いものが幾分乾燥が遅れ、絶縁抵抗も少し悪いが、始めのワニスの厚さが 8mm, 10mm, 12mm の程度ではその差は餘り著しく

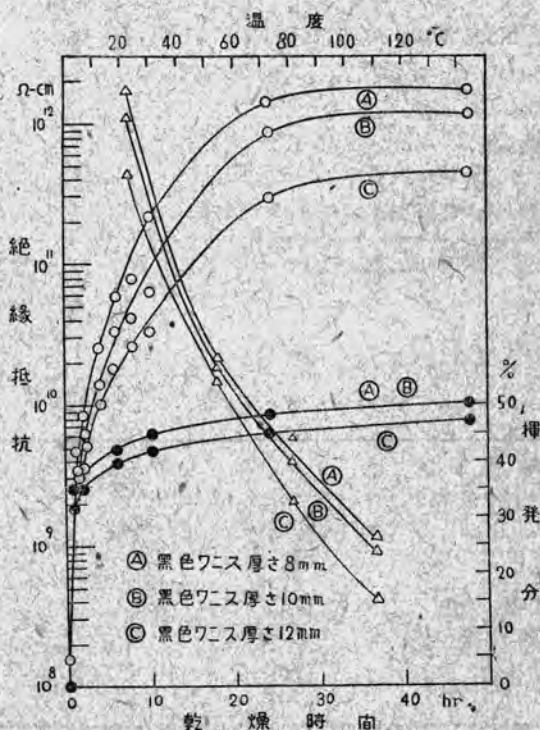
ない。ただ一定温度で一定時間乾燥する場合に、乾燥不充分的箇所ができれば、その部分の抵抗が低くなることはわかる。

III. 種々の乾燥剤を含める絶縁ワニスの絶縁抵抗

1. 絶縁ワニスの調製

第 2 章の實驗により、内部乾燥が絶縁抵抗に大いに影響することがわかつたが、その影響はワニスの成分、乾燥剤の有無によつて異なることが暗示されているので、乾燥剤の入れぬ黒色ワニスおよび艶色ワニスと、これに種々の乾燥剤を加えたワニスを實驗室で作り、第 2 章と同様な方法にて絶縁抵抗を測定した。

乾燥剤は普通 Pb, Mn 等の亜麻仁油石鹼、ロジン石鹼を、亜麻仁油、ベシジン等に溶解した、いわゆる液體乾燥剤を工業的に用いるが、これは次第に金屬石鹼が沈澱し、また溶剤が蒸發したりして使用中成分の一定が期し難い。よつて今回はベンゾール可溶性の Pb, Mn, Co のロジン石鹼を作り、これを粉末にしてその金屬量を分析し、望む量の金屬ロジン石鹼を採つて、これをベンゾールに溶解してワニスに加えることにより、ワニスに適當量の乾燥剤を加えることを得た。



第 3 圖 ワニスの厚さの異なる場合

試 料	乾 燥 剤	指 觸 乾 燥	内 部 乾 燥	粘 度	不 揮 發 分
黒 色 加 熱 乾 燥 コイルワニス	無	10 時間	良好, 皺よらず		
	Pb	8 "	"	1150 (15°C)	
	Co	6 "	良好, 皺が少しよる	430 (30°)	50.5%
	Mn	2 "	良好, 皺がよる	(レッドウッド秒)	
	Mn+Pb	1 "	良好, 皺最も多し		
白 色 加 熱 乾 燥 コイルワニス	無	3 "	良好, 皺よらず		
	Pb	3 "	"	391 (30°)	41.3%
	Co	1 "	良からず, 皺よる	(レッドウッド秒)	
	Mn	1 "	"		
	Mn+Pb	1 "	"		

第 1 表 試作したワニスの性質

金屬石鹼中の金屬量は分析の結果, つぎの通りであつた。

Pb ロジン石鹼中のPb	22.33%
Mn ロジン石鹼中のMn	2.26
Co ロジン石鹼中のCo	7.07

實驗室で作つた黒色ワニスと白色ワニスはおのおの5つの部分に分ち, Pb, Mn, Co 量を各ワニスの油分100gに對して 0.003 モルになるように乾燥劑を添加した。他に乾燥劑を加えないものも作つてこれらと比較した。

調製した各ワニスについては簡単にその性質を試験した。試験方法は日本標準規格に據り, 結果は第1表に示す如くである。乾燥に及ぼす乾燥劑の影響は著しいものである。

絶縁抵抗の測定は第2章に述べた電極入り平皿(ロ)を用い, 乾燥前の液體ワニスの抵抗を測定し, これを110°Cで24時間乾燥して室温で抵抗を測定し, 100°C

でまた測定し, つぎに耐濕性を見るため24時間蒸溜水に浸漬してから取り出し, 表面の水を拭つて室温で抵抗を測定した。

2. 實驗結果

實驗結果は第2表に示す如くである。

3. 實驗結果の考察

第2表を見るに黒色ワニス, 白色ワニス共に乾燥劑の入れぬものが絶縁抵抗最も高く, 乾燥劑の入つたものはすべて抵抗が幾分低くなるが, 桁が變る程低くならない。乾燥前の液體ワニスの絶縁抵抗においては, 第2章の場合と同様な傾向を示し, 白色ワニスはすべて $10^{10}\Omega$ 程度であるが黒色ワニスは $10^8 \sim 10^{10}\Omega$ である。もちろんワニスは成分のみで決定されるわけではなく, その製造の際に乾性油がどの程度まで煮られて重合しているかが問題となるのであるから, 全く同じ條件で作られてない兩ワニスを直接に比較するわけにはゆかぬが, 第2章の結果

試 料	乾 燥 剤	絶 縁 抵 抗 ($\Omega\text{-cm}$)			
		乾 燥 前	24 時間 110°C 乾燥後		
			室 温	100°C	24 時間水浸後室温
黒 色 加 熱 乾 燥 コイルワニス	無	8.98×10^1	6.09×10^2	5.21×10^1	5.54×10^2
	Pb	2.20	4.78	3.62	3.85
	Co	1.85	4.84	4.13	4.19
	Mn	0.96	3.47	1.12	3.27
	Mn+Pb	0.88	2.73	0.65	2.28
白 色 加 熱 乾 燥 コイルワニス	無	2.48×10^{10}	1.76×10^{13}	1.40×10^{10}	1.41×10^{10}
	Pb	1.92	1.46	1.29	0.42
	Co	1.54	1.12	0.76	0.18
	Mn	1.48	1.46	0.62	0.23
	Mn+Pb	1.53	1.52	0.87	0.22

室温 15~21°C 電壓 206V D.C.

第 2 表 試作したワニスの絶縁抵抗

試料	絶縁抵抗 ($\Omega\text{-cm}$)
桐油	9.64×10^1
亜麻仁油	5.6×10^{10}
荏油	5.45×10^9
エステルガム 100g ミネラルターペン //	1.2×10^{10}
ギルソナイト 100g ミネラルターペン //	5.9×10^1
ミネラルターペン	6.8×10^2
ベンゾール	1.87×10^2
ベンゾール 150g Mn 0.001モル	3.4×10^{10}
ベンゾール 150g Co 0.001モル	9.9×10^{10}
ベンゾール 150g Pb 0.001モル	6.2×10^{10}

第3表 ワニス原料の絶縁抵抗

から考えても黒色ワニスが飴色ワニスより絶縁抵抗が低い傾向がある。

乾燥後は黒色ワニスは $10^2 \Omega$ まで下り、 100°C ではほぼ液體ワニスの抵抗の $10^1 \Omega$ 程度に下がる。飴色ワニスでは乾燥後 $10^3 \Omega$ まで下り、 100°C では液體ワニスの $10^{10} \Omega$ に下る。これらはすべて第2章の実験結果と同傾向を示している。

乾燥後の耐湿性を見るため、24時間蒸溜水につけてから取り出し、表面を拭いてから測定する方法は、第2章では試みなかったが、普通黒色ワニスは飴色ワニスより耐湿性が良いとされているので試みたところ、果して黒色ワニスは抵抗 $10^{12} \Omega$ のものが浸漬後 $10^3 \Omega$ でほとんど下らないにもかかわらず、飴色ワニスは抵抗 $10^3 \Omega$ のものが浸漬後 $10^1 \Omega$ 程度に下り吸湿による抵抗劣化が顕著であつた。

IV. 絶縁ワニス成分の絶縁抵抗

1. 試料

以上において種々の乾燥剤の入つた黒色ワニス、飴色ワニスの絶縁抵抗を種々の条件で測定したのであるが、この値に大きな影響を與えるものはワニスの成分にあると考えられるので、ワニスの各成分について絶縁抵抗を測定してみた。エステルガムおよびギルソナイトはミネラルターペンに溶解したものについて、乾燥剤たる金属石鹼は 150g のベンゾールに對して、金属量が 0.001 モル

含むが如く溶解したものについて測定した。なおこれらの樹脂や油類は化學的に純粋な物質でないから、産地その他により、著るしく抵抗を異にするであらう。すべて試料は當所ワニス工場で現在使用しているもの、および加工したものをとくに精製せずして用いた。

測定容器は普通油類の抵抗測定に用いる径 8cm の圓板電極を 1mm 離して電極とした硝子容器を用いた。

2. 實驗結果

實驗結果は第3表に示す如くである。

3. 實驗結果の考察

ワニス成分中の絶縁抵抗は溶剤が最も良く $10^{12} \Omega$ 程度、つぎは油類で $10^{10} \sim 10^{12} \Omega$ 程度、つぎは樹脂成分たるエステルガムで 10^{10} 程度、最も悪いのはギルソナイトで $10^1 \Omega$ 程度、乾燥剤をベンゾールに溶かしたものは $10^{10} \Omega$ 程度でギルソナイトより良い結果になつている。黒色ワニスに飴色ワニスより絶縁抵抗の低いのは、ギルソナイトを多量に含むことによるのであらう。

V. 結 言

1. 絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗の關係を吟味せんとし、特殊な測定容器を用いて抵抗測定を行つた結果は、絶縁抵抗は絶縁ワニスの乾燥と共に上昇するが、これを 100°C に加熱すると、元の液體の場合における抵抗まで落ちる。液體の場合に抵抗の良いワニスは、加熱した場合も抵抗が下らぬ。實際の使用にあつて乾燥の充分でない場合、乾燥後使用中温度の上る場合には、液體のワニスの絶縁抵抗にまで下るのであるから、液體におけるワニスの抵抗を測定することも必要であると思う。

2. 普通乾燥剤に用いる金属石鹼が絶縁抵抗を害すると言われているので、種々異なつた乾燥剤を含むもの、全然含まぬ黒色、飴色ワニスを作り、その絶縁抵抗を測定したところ、乾燥剤を含むワニスは、含まぬワニスより抵抗は悪いが、その影響は豫想された程大きくはない。また一般に飴色ワニスが黒色ワニスより絶縁抵抗は良いが、耐湿性が著るしく悪い。

3. ワニス成分の絶縁抵抗を測定したところ、溶剤、油類は良く、乾燥剤のベンゾール溶液がこれにつぎ、つぎに樹脂質たるエステルガムの溶液で、アスファルト質のギルソナイトの溶液が最も悪く、黒色ワニスが飴色ワニスより絶縁抵抗の悪いのはこれによるのであらうが、黒色ワニスに耐湿性を與えているのもまたこのギルソナイトである。

Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響 (第二報)

第一報では Al—Cu—Mg 系と Al—Si—Mg 系に Fe が及ぼす物理的性質及び鑄造性を発表したが、本報告では Al 熔解に使用する鐵器から Fe の擴散により悪影響を及ぼすため、灰銑2種類と軟鋼の試料を熔融 Al 中に 10 時間浸漬し1時間ごとに Fe の溶入量を調査し、その溶入防止策を報告したものである。

名古屋製作所 長谷川 武 男

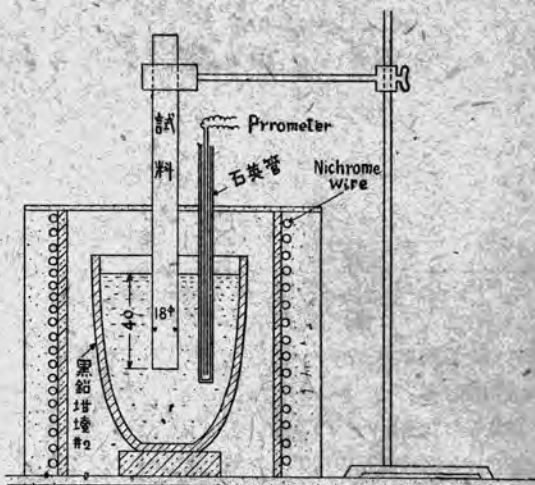
1. 結 言

第一報において Al 合金の Fe 影響を物理的性質および鑄造性について述べたが、本報告では Al およびその合金の熔解は一般に鐵器を用いられているため、熔融 Al は用器の鐵と接觸して擴散によつて熔融 Al 中に吸収されるから、その基礎實驗として二種の灰銑及び軟鋼の三種の試料を熔融 Al 中に浸漬して、Fe の溶入を容量的に測定した。なお村上氏¹⁾は Al に対する各種元素の擴散係数を發表せられているし、その他大日方博士²⁾は Al に対する鐵及び硅素の挙動について、軟鋼、硬鋼、白銑、灰銑、の四種類を熔融 Al 及びその合金に對して Fe の溶入研究を發表せられている。

しかし熔融 Al 中に Fe の溶入する報告はあるがその防止策についてはほとんど發表をみない。よつてここにその前記三種の試料を熔融 Al 中に浸漬し Fe の溶入を調査しその對策を報告するものである。

2. 實驗方法と試料

第1表に示した純 Al を第1圖に掲げた #2 の黒鉛坩堝に熔解して 800°C に加熱し、第2表に示した組成の試料を 18mmφ×250mm に鑄造したものを Al 溶湯中に 40mm 浸漬し、1 時間ごとに熔湯を攪拌し、溶入した



第1圖 實驗裝置

Fe 量を分析して 10 時間まで行つた。また試料取出後浸漬試料は熔融 Al 中に折觸面を常に均一に保つた。

3. 實驗結果

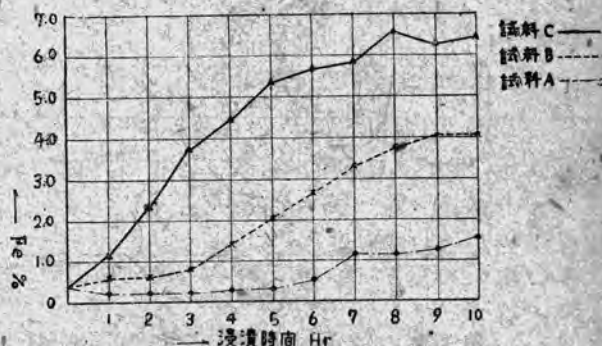
3 種類の試料 (第2表参照) を 800°C に保つた熔融 Al 中に浸漬し 1 時間ごとに分析試料を採集して、Fe 量を測定した結果を第2圖に示した。試料 A と B は灰銑で組成の異つたものであるが白銑に近いほど Fe 量の溶入

試 料	成 分
純 Al	Fe=0.37%

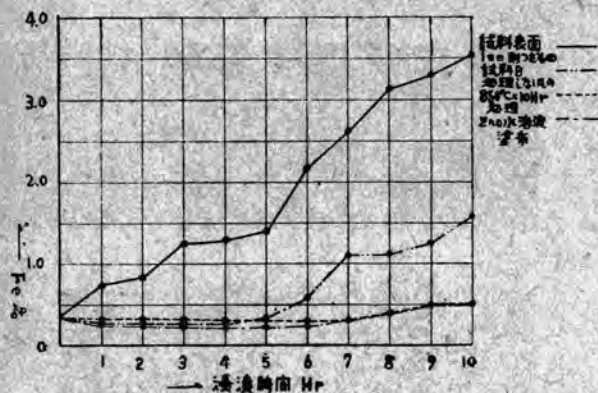
第1表 熔融 Al の成分

成分 試料符號	T.c	G.c	C.c	Si	Mu	P	S
A	3.26	2.46	0.80	1.82	0.95	0.23	0.048
B	2.82	2.28	0.54	2.43	0.41	0.39	0.180
C	0.18	—	—	—	—	—	—

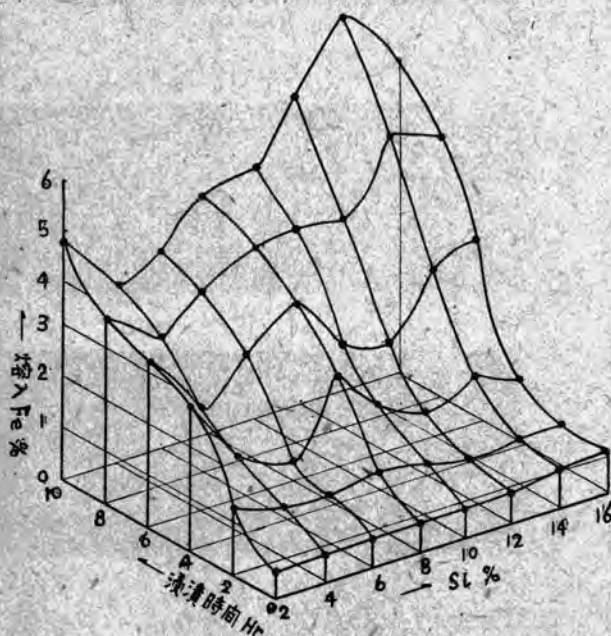
第2表 浸漬試料の成分



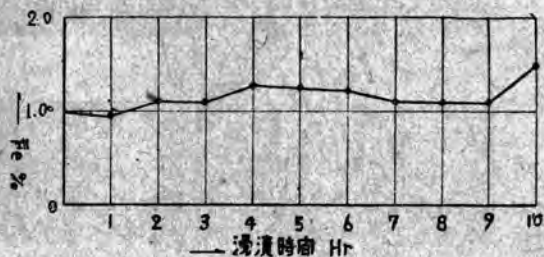
第2圖 各試料による Fe の溶入量



第3圖 試料 A を種々の処理をした Fe の溶入量



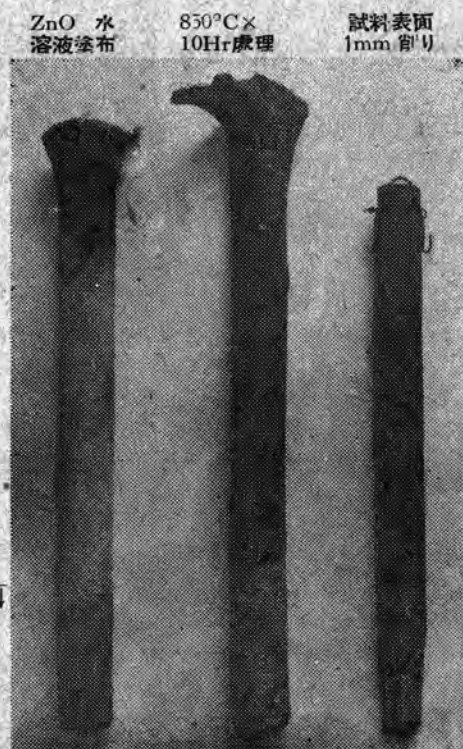
第4圖 Al-Si 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16% 合金
による試料 A を表面 1mm 削つたものを浸漬
した溶入 Fe 量



第5圖 r-シルミンに試料 A を 850°C x 10Hr
処理をした Fe の溶入量



写真第 1 各試料の熔融 Al 中に 10 時間
浸漬後の状態



写真第 2 試料 A の各処理を施したものの
熔融 Al 中に 10 時間浸漬後の状態

が少なく、試料 C は軟鋼で極端に Fe の溶入が大であった。しかし第 2 圖において最も結果の良好であった試料 A について操業の點から比較検討すれば 4~5 時間で次第に Fe の溶入が増加する傾向にあるため、この點を考察して 10 時間操業においてもほとんど増加しない方法を種々實驗したものである。實驗は試料 A について行つた。その方法は

- a. 試料の表面 1mm 削つたもの
- b. 試料の表面に ZnO 水溶液を塗布したもの
- c. 試料を 850°C×10Hr 焼鈍したもの

以上について實驗した結果を第 3 圖に示した。圖中試料を 1mm 削つたものは第 2 圖の B 試料と似た結果をみた。また ZnO 水溶液を塗布したものと 850°C×10Hr 焼鈍を行つたものは 10 時間實驗後ほとんど Fe の溶入は同量でその結果は最も良好であった。

また Gwyer and Phillips²⁾は種々 Al-Si-Fe の三元系について論じているが、Al-Si 系に對しても Fe の溶入量は大きいことを大日方博士は發表されている。また同博士によれば Al-Cu 系及び Al-Mg 系よりも Al-Si 系の鐵材を侵蝕し易いことを發表されているため、Al-Si 系について浸漬試料 A により



寫眞第 3 純 Al の凝固狀態 (砂型)

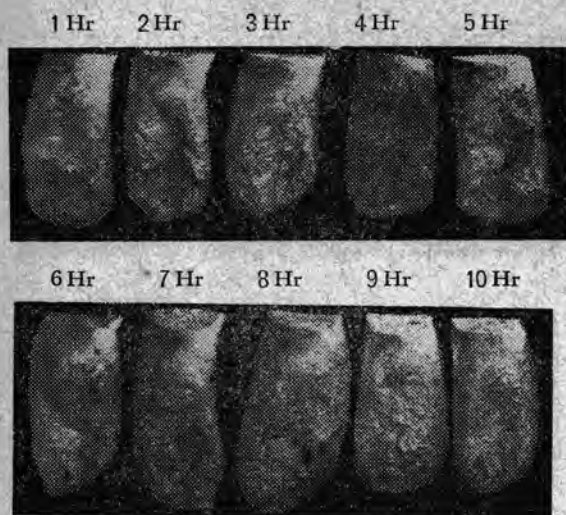
實驗した。熔融 Al-Si 合金の Si 量を 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 % として前記同様の方法で行ない Fe の溶入量を測定した結果を第 4 圖に示した。圖において Si 4% では Fe の溶入量が一段と低くなっているが、特に Si 6% 附近から急激に増加することがわかつた。

4. γ シルミン系に對する試料 A を 850°C×10Hr 焼鈍したもの浸漬結果

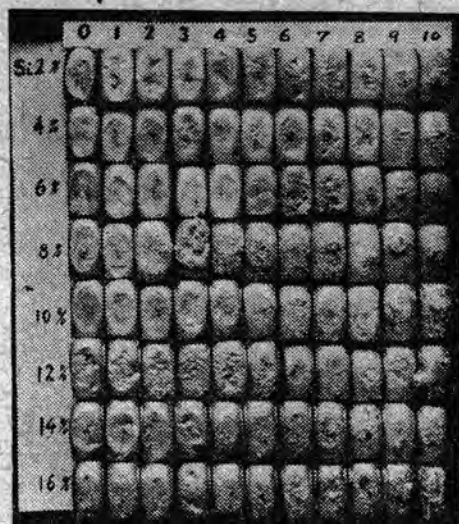
種々實驗の結果 γ シルミン (成分 Si 8%, Mg 0.8%, Mn 0.5%, Al 殘部) に浸漬試料 A を 850°C×10 Hr 焼鈍を施し前記の實驗方法と同様に行つた。その結果を第 5 圖に示した。圖において 2 時間目より Fe の溶入がやや上昇し 10 時間までほとんど變化がなかつた。ここに 2 時間目より Fe の溶入増加は第 4 圖 Al-Si 8% 合金の狀態の結果からみても同様の傾向があつて Al-Si 8% 特有の現象と考



寫眞第 4 各試料の毎時分析試料を採集したものの凝固狀態



ZnO
水溶液
塗布



写真第 6 Al-Si 4~16% 装入したものに
試料 A を表面 1mm 削った試料を浸
漬し毎時分析試料の採集した凝固状態

部で著るしく浸蝕されている。

6. 各種試料の浸漬 1~10 時間における Al の凝固状態

850°C
×10Hr
処理

写真第 3 は実験に使用した純 Al の凝固状態を示した。写真第 4 は各種試料の浸漬 1~10 時間までの凝固状態を比較した。写真第 5 は試料 A を各種の処理を施したものである。この状態をみて Fe の溶入量が 1% 以上になれば凝固表面のシリンケージが少なくなり、一般にその表面はふくれ気味となることを示した。写真第 6 は Al-Si 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16% の合金について試料 A を表面 1mm 削ったものを浸漬したもので Al-Si 12% 共晶附近を境として凝固状態が変化した。なおこの全試料採集は砂型で鑄造温度 800°C で行い同試料を分析して Fe の溶入量を測定した。

7. 各種試料の浸漬中における Al 顕微鏡組織

各種浸漬試料を熔融 Al 中に浸漬し Fe の浸漬状態を 1 時間ごとに調べたが、ここでは 1, 5, 10 時間の組織を發表した写真第 7 は実験に用いた純 Al (Fe0.37% 含有) を示した。写真第 8 は各種浸漬試料 A, B, C, の熔融 Al 中に浸漬して前記の各時間における組織を示した。また写真第 9 は浸漬試料 A の各種処理を施したものである。組織中針状に析出したものは Fe Al₃ であるが純 Al の組織にみられるように Al-Cu-Si の三元化合



写真第 5 試料 A の各処理を施したものの毎時
分析試料を採集した凝固状態

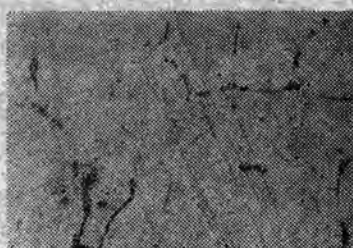
試料 1mm 削ったものの凝固状態は写真第 4
試料 B と殆ど同様のため省略した

察した。

5. 各種試料の熔融 Al 中に 10 時間浸漬した 試料の状態

写真第 1 に 10 時間浸漬した各試料の状態を示した。写真にみるように浸漬状態を比較したが試料 B, C, において浸漬部は Al 中に鐵の浸蝕を認める。写真第 2 は前記試料 A の各種処理を施したものを比較した。試料の表面 1mm 削ったものはほとんど前記試料 C に似ている。このように Fe の溶入の少ない試料は一般に表面に Al の附着を認めなかったが、Fe 溶入量の多いものは浸漬

物と思われるものが存在している。10 時間後においては浸漬試料 C の軟鋼にみる黒色針状晶は Fe Al_3 で Si と似ている結晶を認めるがこの組成は不明である。また写真第 9 は浸漬試料 A を表面に ZnO 水溶液塗布したものと、 $850^\circ\text{C} \times 10 \text{ Hr}$ 焼鈍したものはほとんど針状の Fe Al_3 を認めないが後者は 8 時間浸漬後より僅少の Fe Al_3 の析

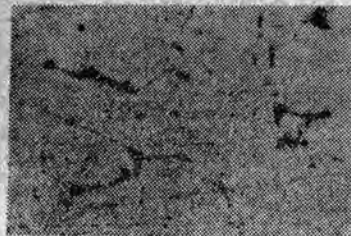


写真第 7 純 Al

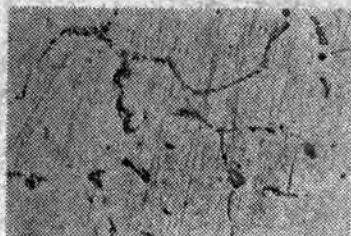
出を認めた。なお同試料の表面 1mm 削つたものは細い黒鉛状の Fe Al_3 が存在した。

次に写真第 10 は Al-Si 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16% を装入して浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を熔融 Al 中に浸漬して 0, 1, 5, 10 時間の組織を示した。なお参考までに第 6 圖に Al-Si-Fe 平衡状態圖を掲げた。この状

浸漬試料 A



1 Hr



5 Hr



10 Hr

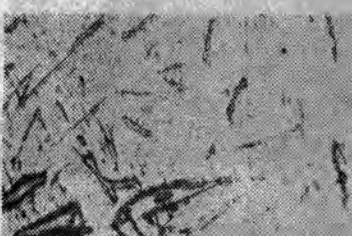
浸漬試料 B



1 Hr

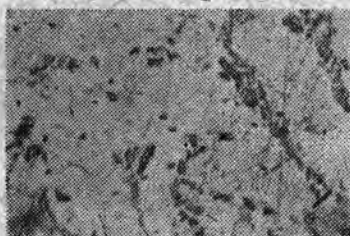


5 Hr

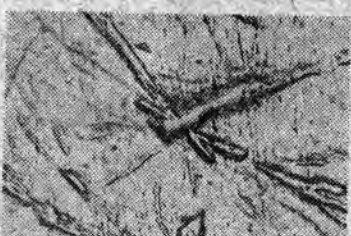


10 Hr

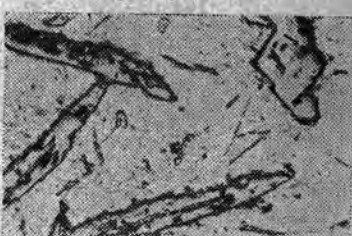
浸漬試料 C



1 Hr



5 Hr



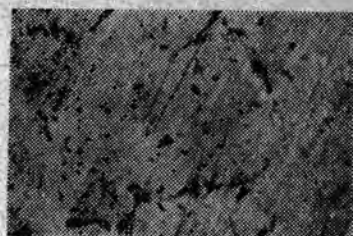
10 Hr

写真第 8 各浸漬試料の 1, 5, 10 時間の Al 顕微鏡組織 $\times 220$

表面 ZnO 水溶液塗布
浸漬試料 A

純 Al と同組織

純 Al と同組織



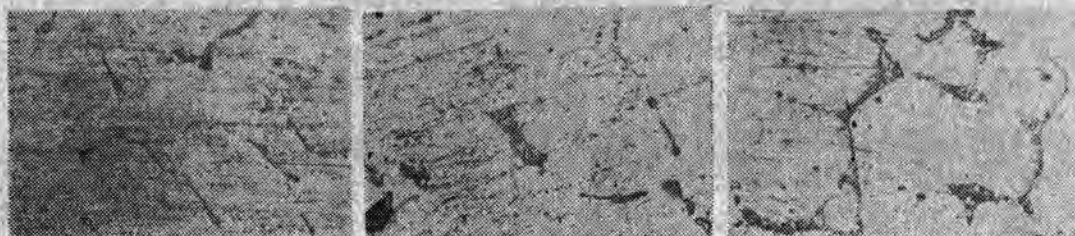
1 Hr

5 Hr

10 Hr

写真第 9 浸漬試料 A の各種処理施した 1, 5, 10 時間の Al 顕微鏡組織 $\times 220$

850°C × 10Hr 處理
浸漬試料 A

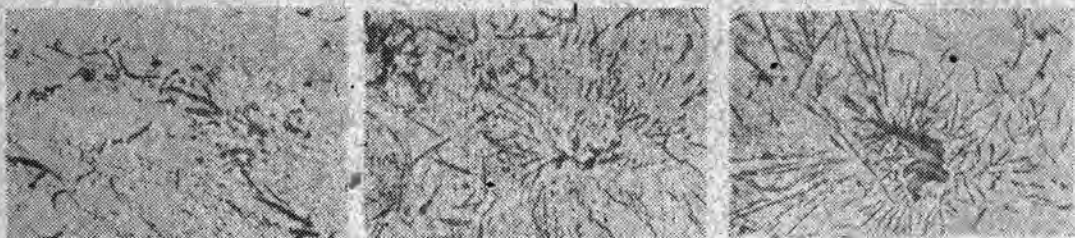


1 Hr

5 Hr

10 Hr

表面 1mm 削
浸漬試料 A

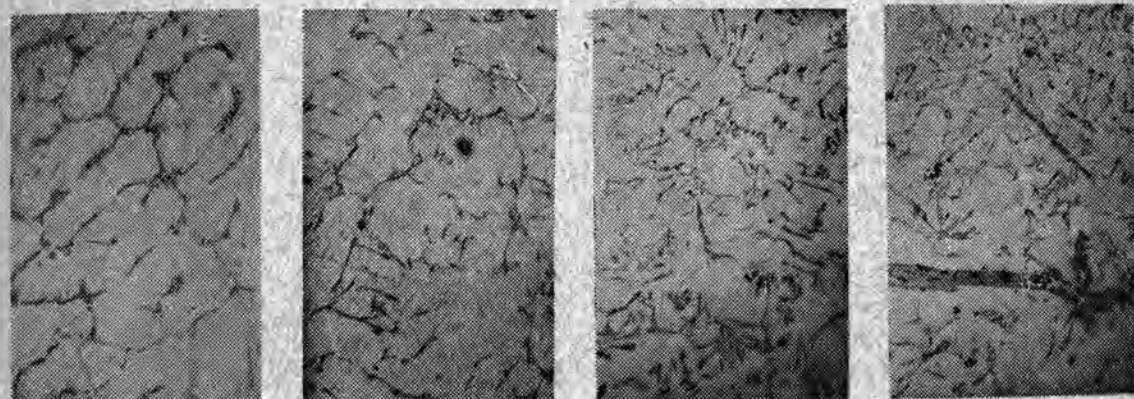


1 Hr

5 Hr

10 Hr

写真第 9 浸漬試料 A の各種處理を施した 1, 5, 10 時間の Al 顯微鏡組織 ×220

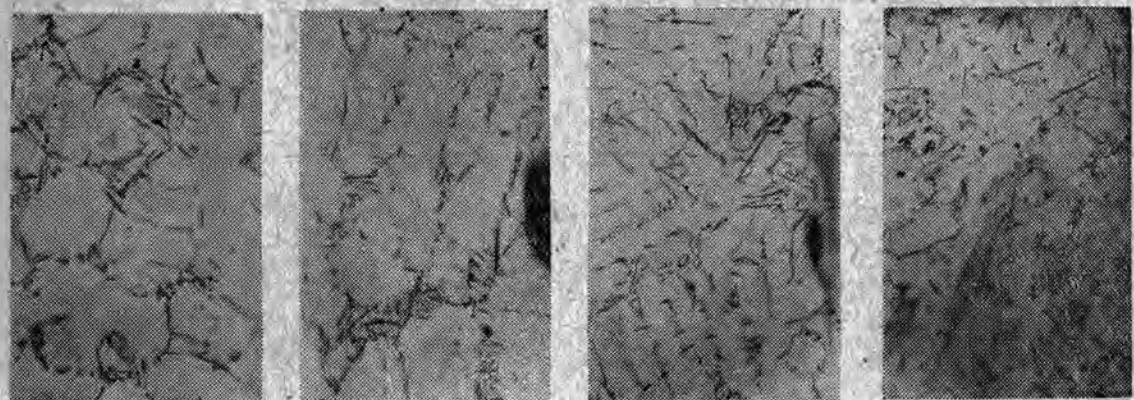


Si 2%...OHr

1 Hr

5 Hr

10 Hr



Si 4%...OHr

1 Hr

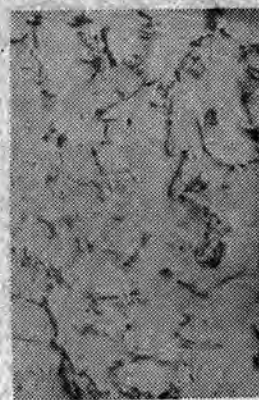
5 Hr

10 Hr

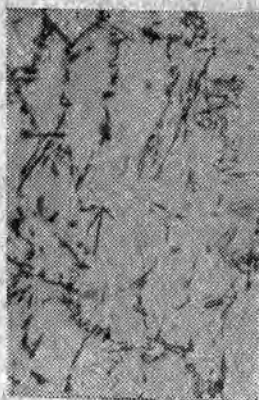
写真第 10 Al-Si 2~16% 合金の浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を 1, 5, 10 Hr 浸漬した Al 組織 ×220

態圖については多くの研究者によつて發表せられているが Dix-Heath⁽⁴⁾ や Gwyer-Phillips⁽⁵⁾ あるいは西村博士⁽⁶⁾ によつて詳しく研究されている。第6圖に掲げた状

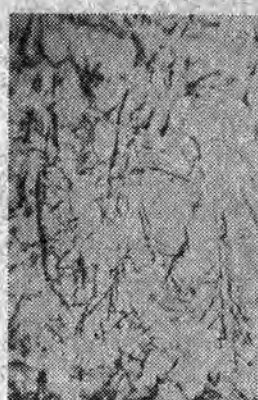
態圖は Dix-Heath の研究したものである。この研究者の論ずる處によれば Al-低Si 合金では β (Fe-Si) で寫眞 8~10 においてみる板狀に形成したものであるが、



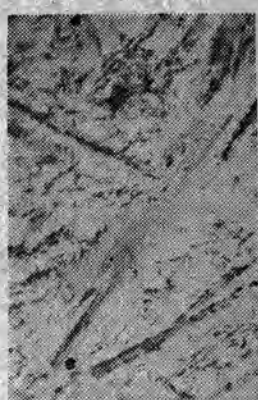
Si 6%...0Hr



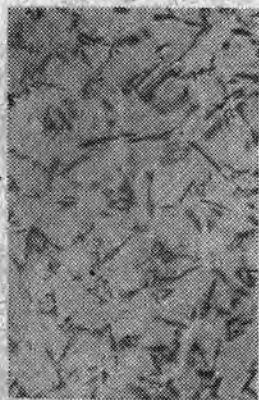
1 Hr



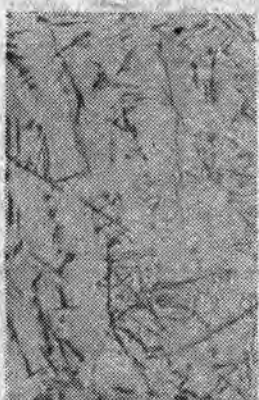
5 Hr



10 Hr



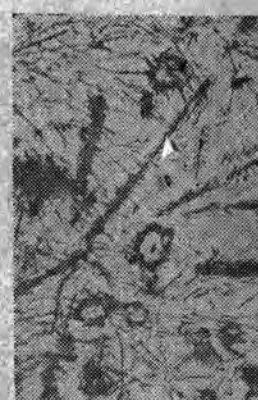
Si 8%...0Hr



1 Hr



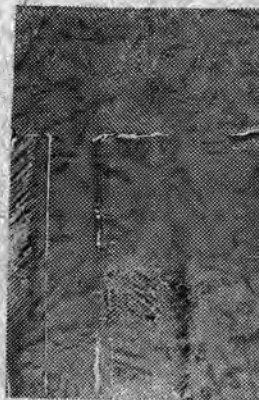
5 Hr



10 Hr



Si 10%...0Hr



1 Hr



5 Hr

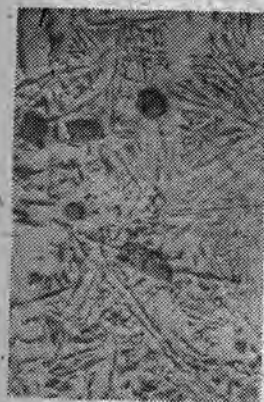


10 Hr

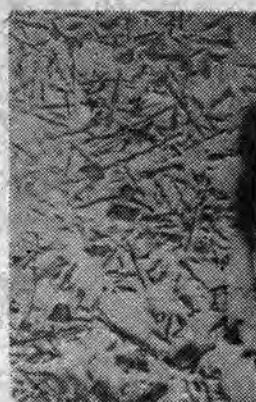
寫眞第 10. Al-Si 2~16% 合金の浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を
1, 5, 10 Hr 浸漬した Al 組織 $\times 220$

Al-Si-Fe 三元系の特有の支那文字形の結晶は Si が 5% 以上において浸漬 5 時間経過後写真 10 においてみられるが、一般に Fe 量が多いため直線となつている傾向

がある。含有 Fe 量の増加によつて一層明瞭になつている。また組織の中に多角形の結晶は初晶の Si で、その他の部分は Al と Si の共晶であつて細長く發達した結



Si 12%...OHr



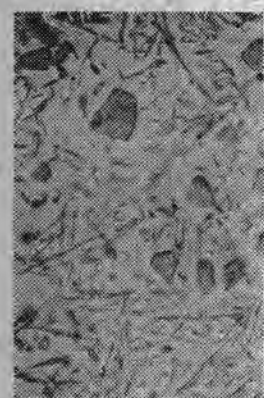
1 Hr



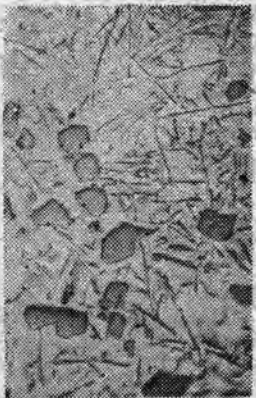
5 Hr



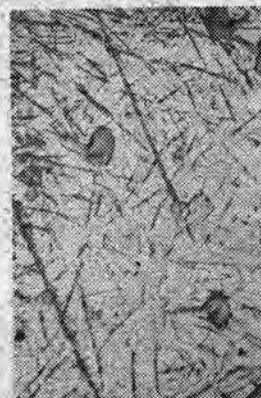
10 Hr



Si 14%...OHr



1 Hr



5 Hr



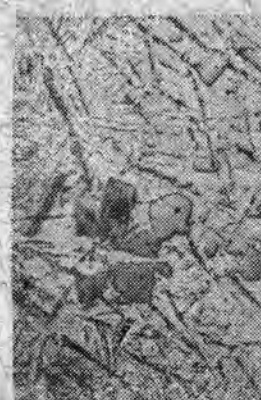
10 Hr



Si 16%...OHr



1 Hr



5 Hr



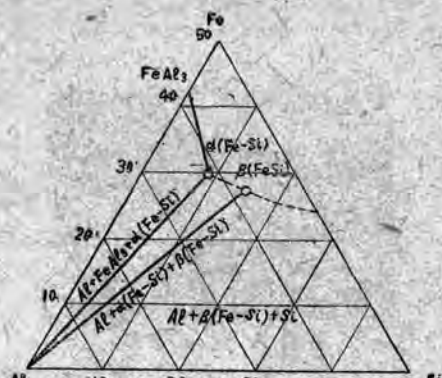
10 Hr

写真第 10 Al-Si 2~16% 合金の浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を
1, 5, 10 Hr 浸漬した Al 組織 ×220

晶をしている。次に写真第 11 は γ シルミンに對して浸漬試料 A を $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$ 焼鈍をした試料によつて實驗した組織である。この組織については第 1 報を参照されたい。

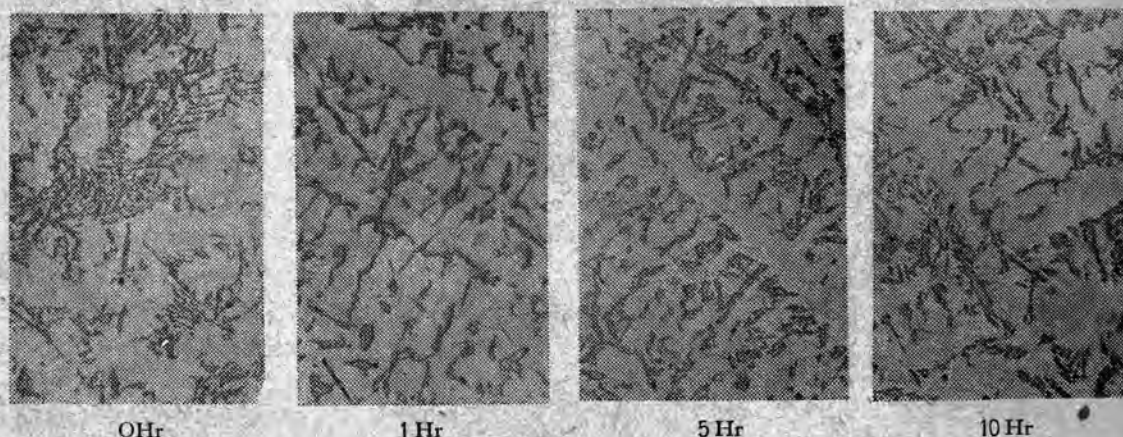
8. 各種浸漬試料の顯微鏡組織

写真第 12, 13 に示したが灰鉄の組織で黒い片狀は黒鉛、素他はパーライトでパーライト中の條はセ

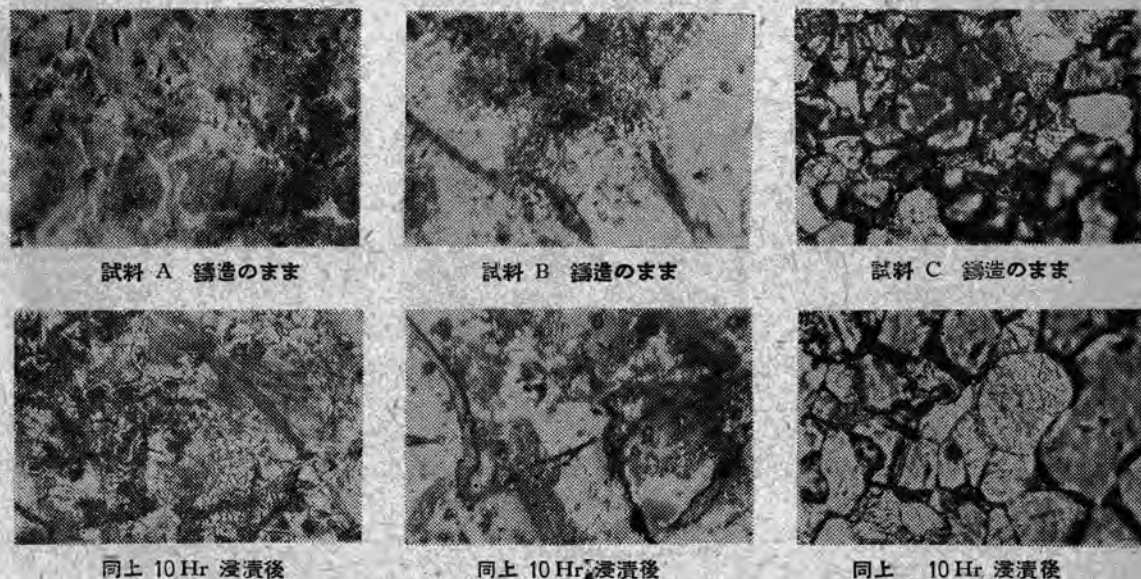


第 6 圖 Al-Si-Fe 平衡状態圖

メントイトであるが白色部はフェライトである。ここでみるように鐵、セメントイト、黒鉛、の三相が共存していることがわかる。また浸漬部は 800°C で 10 時間も加熱されているのでほとんど結晶組織の微粒化とセメントイトあるいはパーライトの状態が變化されている。次に $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$ 焼鈍したものは遊離セメントイト遊離フェライトも除かれているためパーライトとなつている。



写真第 11 γ シルミンに浸漬試料 A を $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$ 處理したものの 0, 1, 5, 10 時間における γ シルミン顯微鏡組織



写真第 12 各種浸漬試料の浸漬前後の組織 $\times 650$

9. 鑄鐵の成長

鑄鐵製 Al 熔解鍋使用中しばしば起る鑄鐵の成長について参考までに濱住博士の研究されたものを示すと第7圖のようである。灰銹を繰返し加熱してその膨脹を測定したもので 950°C まで加熱して 950°C~650°C までを9回繰返し行われたものである。この膨脹の起る原因について同博士は次の結論を述べられている。

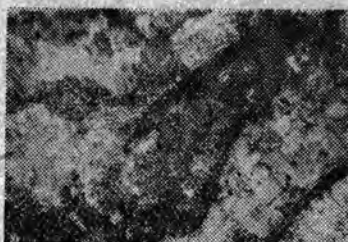
- Fe₃C の分解による膨脹、
- A₁ 變態に伴う體積の變化による膨脹
- 地蔵に固溶した元素主として Si の酸化による膨脹
- Fe₃C の分解の際に生ずるその周囲の微細亀裂による膨脹

以上のように鑄鐵製 Al 熔解鍋使用中に體驗した點からみて黒鉛の空隙に沿うて侵入するガスによつて酸化せられる原因が多いように考えた。そのため熔融 Al 中にガスの浸入することがあり熔解に際して困つたことがあつた。また鑄鐵の成長に對する防止策として Piwowarsky の説によれば C, r の添加が最も効力があると發表しているが、要は黒鉛を微細化することによつてある程度成長を防止することができた。

10. 結 言

實驗結果を綜合して Al 熔解用に使用する鐵器の材質を検討し、熔融 Al に對する Fe の溶入防止方法を總括すると次のようである。

- 溶入 Fe 量は試料 A, B, C の順であつた。結果からみて白銹に近い程溶入 Fe 量は少ない。しかし溶入 Fe 量の少ない A 試料の表面を削つたものから考察すれば相當の差を認めた。そのため表面は處理をしない方がよい。
- ZnO 水溶液を塗布したものは Fe の溶入は少ないが操業上困難がある。



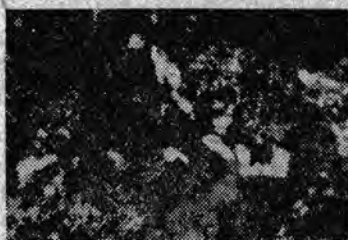
試料 A 鑄造のまま



試料 A の表面 ZnO 水溶液塗布
10 Hr 浸漬後

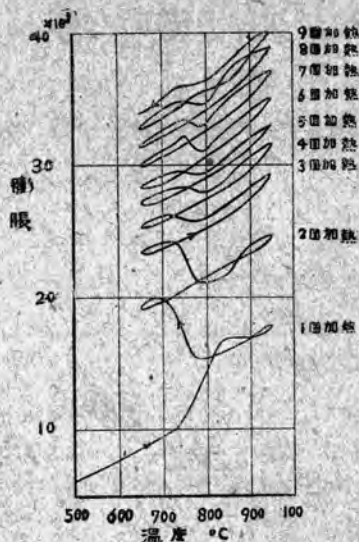


試料 A の 850°C x 10 Hr 處理
10 Hr 浸漬後



試料 A の表面 1mm 削り
10 Hr 浸漬後

寫眞第 13 試料 A の各種處理を施したもの 10 Hr 浸漬後の組織 ×650



第7圖 鑄鐵の繰返し加熱による膨脹

- 浸漬試料 A を 850°C x 10 Hr 焼鈍を施し遊離セメントタイト、遊離フェライトを除いてパーライト組織にしたものと黒鉛を微細化したものは Fe の溶入は少なく、 γ シルミンに實際應用しても効果があり、Fe の溶入防止ができた。
- 實驗結果から長時間 Al 熔解に對して、各種鐵材の熔融 Al 中に Fe の浸蝕される量と凝固狀態を示し作業上の参考となつた。

文 献

- (1) 村上勝二・鐵と鋼 25 24(1939)
- (2) 大日方一司・日本金屬學會誌 5 369 (1941)
大日方一司・日本金屬學會誌 8 338 (1944)
- (3) A. G. C. Gwyer, H. w. L. PhilliPs, J. Inst. Metals 38 29 (1927)
- (4) E. H. Dix, X. D. Heath, Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng., Techn. Publ., No. 30, (1927)

半波型倍壓整流回路の解析

半波型倍壓整流回路の解析を行ない、設計圖表を與えたものである。

研 究 所 北 垣 成 一

1. 緒 言

前論文¹において全波型倍壓整流回路について觸れて置いたが、こゝに半波型整流回路の解析を加えて、單相整流回路の解析を完結したい。

トランスレス受信機の出現以來既に久しく、その電源回路として半波型倍壓整流回路が用いられることが多いが、その解析を示したものは未だ見當らない。

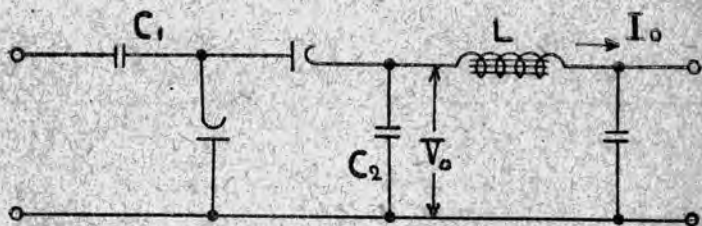
本文は前論文に示したと同様な電壓波形の近似によつて、解析を簡単にし實用的な結果を導いたものである。

2. 回路解析

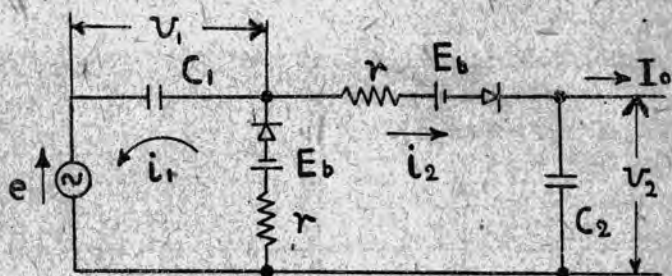
第1圖は半波型倍壓整流回路を示す。圖において塞流線輪のインダクタンス L が充分大なる時は、この塞流線輪を流れる電流の脈動を無視することができるから、第1圖は第2圖の如く書き直すことができる。たゞし整流管は簡單のため一定電壓降下 E と一定抵抗 r および正方向抵抗零、逆方向抵抗無限大の整流器の直列回路によつて代表し、この E および r をそれぞれ固有電壓降下および内部抵抗と稱することとする。 e は印加交番電壓を表す。

第3圖は一周期間の電壓および電流の關係を示す。すなわち電流 i_1 は $\theta=0$ より $\theta=\theta_1$ までの期間だけ流れ他の期間は休止する。また電流 i_2 は $\theta=\pi+\theta_2-\theta_0$ より $\theta=\pi+\theta_2+\theta_3-\theta_0$ までの期間だけ流れ他の期間は休止する。

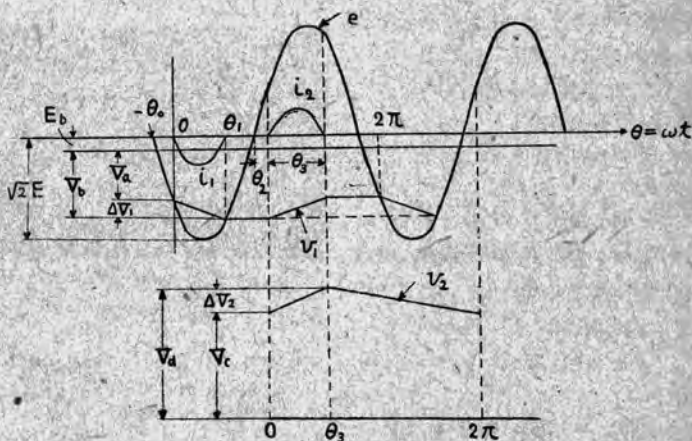
計算を簡単にするため、電壓 v_1 および v_2 の波形を圖に示すように直線的に變化するものと假定すると、第2圖および第3圖より次の各式が成立する。



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

$$V_a = \sqrt{2} E \sin \theta_0 - E_b \dots\dots\dots (1)$$

$$V_b = \sqrt{2} E \sin(\theta_0 + \theta_1) - E_b \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= V_b - V_a \\ &= \sqrt{2} E \left[\sin(\theta_0 + \theta_1) - \sin \theta_0 \right] \\ &= 2 \sqrt{2} E \cos\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2}\right) \sin \frac{\theta_1}{2} \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \sqrt{2} E \sin \theta_2 + V_b - E_b \\ &= \sqrt{2} E \left[\sin(\theta_0 + \theta_1) + \sin \theta_2 \right] \\ &\quad - 2 E_b \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \sqrt{2} E \sin(\theta_2 + \theta_3) + V_c - E_b \\ &= \sqrt{2} E \left[\sin \theta_0 + \sin(\theta_2 + \theta_3) \right] \\ &\quad - 2 E_b \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_2 &= V_d - V_c \\ &= \sqrt{2} E \left[\sin(\theta_2 + \theta_3) - \sin \theta_2 \right. \\ &\quad \left. + \sin \theta_0 - \sin(\theta_0 + \theta_1) \right] \\ &= 2 \sqrt{2} E \left[\cos\left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2}\right) \sin \frac{\theta_3}{2} \right. \\ &\quad \left. - \cos\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2}\right) \sin \frac{\theta_1}{2} \right] \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{V_c + V_a}{2} \\ &= \frac{\sqrt{2} E}{2} \left[\sin \theta_0 + \sin(\theta_0 + \theta_1) \right. \\ &\quad \left. + \sin \theta_2 + \sin(\theta_2 + \theta_3) \right] - 2 E_b \\ &= \sqrt{2} E \left[\sin\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2}\right) \cos \frac{\theta_1}{2} \right. \\ &\quad \left. + \sin\left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2}\right) \cos \frac{\theta_3}{2} \right] - 2 E_b \quad (7) \end{aligned}$$

さて $\theta=0$ より $\theta=\theta_1$ まで、すなわち電流 i_1 の流通期間には次の関係が成立する。

$$e = \sqrt{2} E \sin(\theta + \theta_0) \dots\dots\dots (8)$$

$$v_1 = V_a + \frac{\theta}{\theta_1} \Delta V_1 \dots\dots\dots (9)$$

$$e - (v_1 + E_b) = r i_1 \dots\dots\dots (10)$$

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\theta_1} i_1 d\theta \dots\dots\dots (11)$$

以上の各式より次の結果を得る。

$$i_1 = \frac{\sqrt{2} E}{r} \left\{ \sin(\theta + \theta_0) - \sin \theta_0 - \frac{\theta}{\theta_1} \left[\sin(\theta_0 + \theta_1) - \sin \theta_0 \right] \right\} \dots\dots (12)$$

$$I_0 = \frac{\sqrt{2} E}{\pi r} \sin\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2}\right) \left(\sin \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2} \cos \frac{\theta_1}{2} \right) \dots\dots\dots (13)$$

次に $\theta=\pi+\theta_2-\theta_0$ より $\theta=\pi+\theta_2+\theta_3-\theta_0$ まで、すなわち電流 i_2 の流通期間には次の関係が成立する。

$$e = \sqrt{2} E \sin(\theta + \theta_2) \dots\dots\dots (14)$$

$$v_1 = V_b - \frac{\theta}{\theta_3} \Delta V_1 \dots\dots\dots (15)$$

$$v_2 = V_c + \frac{\theta}{\theta_3} \Delta V_2 \dots\dots\dots (16)$$

$$(e + v_1) - (v_2 + E_b) = r i_2 \dots\dots\dots (17)$$

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\theta_3} i_2 d\theta \dots\dots\dots (18)$$

$$\Delta V_1 = \frac{1}{\omega C_1} \int_0^{\theta_3} i_2 d\theta \dots\dots\dots (19)$$

以上の各式より次の結果を得る。

$$i_2 = \frac{\sqrt{2} E}{r} \left\{ \sin(\theta + \theta_2) - \sin \theta_2 - \frac{\theta}{\theta_3} \left[\sin(\theta_2 + \theta_3) - \sin \theta_2 \right] \right\} \dots\dots (20)$$

$$I_0 = \frac{\sqrt{2} E}{\pi r} \sin\left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2}\right) \left(\sin \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2} \cos \frac{\theta_3}{2} \right) \dots\dots\dots (21)$$

また

$$I_0 = \frac{\sqrt{2} E}{\pi r} k_1 \cos\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2}\right) \sin \frac{\theta_1}{2} \dots\dots (22)$$

たとし

$$k_1 = \omega C_1 r \dots\dots\dots (23)$$

(13) および (21) の兩式より

$$\begin{aligned} &\sin\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2}\right) \left(\sin \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2} \cos \frac{\theta_1}{2} \right) \\ &= \sin\left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2}\right) \left(\sin \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2} \cos \frac{\theta_3}{2} \right) \dots\dots (24) \end{aligned}$$

今負荷抵抗と塞流線輪の抵抗の和を R とし

$$R' = \frac{V_0 + 2 E_b}{I_0} = R + \frac{2 E_b}{I_0} \dots\dots\dots (25)$$

と置けば、(7), (13) および (21) の各式より

$$\frac{R}{r} = \pi \left(\frac{1}{\tan \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2}} + \frac{1}{\tan \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2}} \right) \quad (26)$$

また (13), (22) の兩式より

$$\tan \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) = \frac{k_1 \tan \frac{\theta_1}{2}}{\tan \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

を得る。

最後に $\theta = \pi + \theta_2 + \theta_3 - \theta_0$ より $\theta = 3\pi + \theta_2 - \theta_0$ まで、すなわち電流 i_2 の休止期間には次の各式が成立する。

$$v_2 = V_a - \frac{\theta - \theta_3}{2\pi - \theta_3} \triangle V_2 \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$\omega C_2 \frac{dv_2}{d\theta} = -I_0 \quad \dots\dots\dots (29)$$

これより次の結果を得る。

$$I_0 = \frac{2\sqrt{2} E}{(2\pi - \theta_3) r} k_2 \left[\cos \left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} - \cos \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} \right] \quad \dots\dots\dots (30)$$

たゞし

$$k_2 = \omega C_2 r \quad \dots\dots\dots (31)$$

(22) および (30) の兩式より

$$\begin{aligned} & \frac{k_1}{2\pi} \cos \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} \\ &= \frac{k_2}{2\pi - \theta_3} \left[\cos \left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} - \cos \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} \right] \end{aligned}$$

これより

$$\cos \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} = \frac{2\pi k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \cos \left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} \quad \dots\dots\dots (32)$$

これを (22) に代入すれば

$$I_0 = \frac{\sqrt{2} E}{\pi r} \cdot \frac{2\pi k_1 k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \cos \left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} \quad \dots\dots\dots (33)$$

よつて (21) および (33) の兩式より

$$\begin{aligned} & \tan \left(\theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \\ &= \frac{2\pi k_1 k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \cdot \frac{\tan \frac{\theta_3}{2}}{\tan \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2}} \quad \dots\dots\dots (34) \end{aligned}$$

(27), (32) および (34) の各式より θ_0 および θ_2 を消去すれば

$$\begin{aligned} & \frac{1}{k_1^2 \sin^2 \frac{\theta_1}{2}} + \frac{1}{\left(\sin \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2} \cos \frac{\theta_1}{2} \right)^2} \\ &= \frac{1}{\left[\frac{2\pi k_1 k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \right]^2 \sin^2 \frac{\theta_3}{2}} \\ &+ \frac{1}{\left(\sin \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2} \cos \frac{\theta_3}{2} \right)^2} \quad \dots\dots\dots (35) \end{aligned}$$

(27), (34) および (35) 式によつて、 θ_0 , θ_1 , θ_2 および θ_3 の関係が得られたわけである。

次に i_1 および i_2 の最大値を求めよう。

$$\theta = \theta_{m1} \text{ において } \frac{di_1}{d\theta} = 0$$

と置けば

$$\cos(\theta_{m1} + \theta_0) = \frac{1}{\theta_1} \left[\sin(\theta_0 + \theta_1) - \sin \theta_0 \right] \quad \dots\dots\dots (36)$$

よつて

$$I_{m1} = \frac{\sqrt{2} E}{r} \left[\sin(\theta_{m1} + \theta_0) - \sin \theta_0 - \theta_{m1} \cos(\theta_{m1} + \theta_0) \right] \quad \dots\dots\dots (37)$$

今

$$\theta_{m1} \approx \frac{\theta_1}{2}$$

とすれば

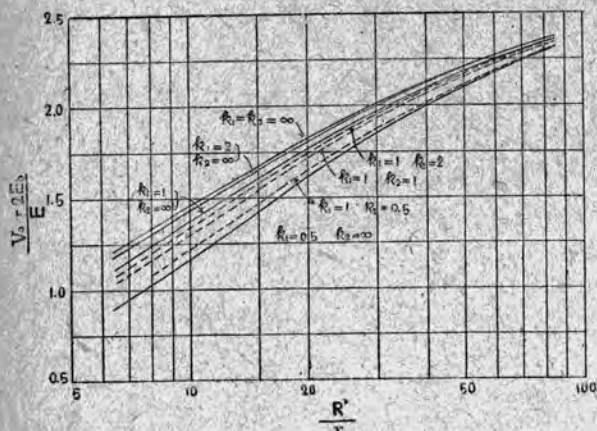
$$I_{m1} = \frac{\sqrt{2} E}{r} \sin \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \left(1 - \cos \frac{\theta_1}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (38)$$

従つて

$$\frac{I_{m1}}{I_0} = \frac{\pi}{\tan \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2}} \cdot \frac{1 - \cos \frac{\theta_1}{2}}{\cos \frac{\theta_1}{2}} \quad \dots\dots\dots (39)$$

同様に

$$\frac{I_{m2}}{I_0} = \frac{\pi}{\tan \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2}} \cdot \frac{1 - \cos \frac{\theta_3}{2}}{\cos \frac{\theta_3}{2}} \quad \dots\dots\dots (40)$$



第 4 圖

次に蓄電器 C_2 の両端の脈動電圧（基本波）実効値を V_z とすれば、 v_2 波形の解析より

$$V_z = \frac{4 \sin \theta_3 / 2}{\sqrt{2} \theta_3 (2\pi - \theta_3)} \Delta V_2$$

しかるに (6) および (30) の兩式より

$$\Delta V_2 = \frac{2\pi - \theta_3}{k_2} r I_0$$

また

$$V_0 + 2E_b = R' I_0$$

よつて

$$\frac{\Delta V_2}{V_0 + 2E_b} = \frac{2\pi - \theta_3}{k_2} \cdot \frac{r}{R'}$$

よつて結局

$$\frac{k_2 V_z}{V_0 + 2E_b} = \frac{\sqrt{2} \sin \theta_3 / 2}{\theta_3 / 2} \cdot \frac{r}{R'} \dots (41)$$

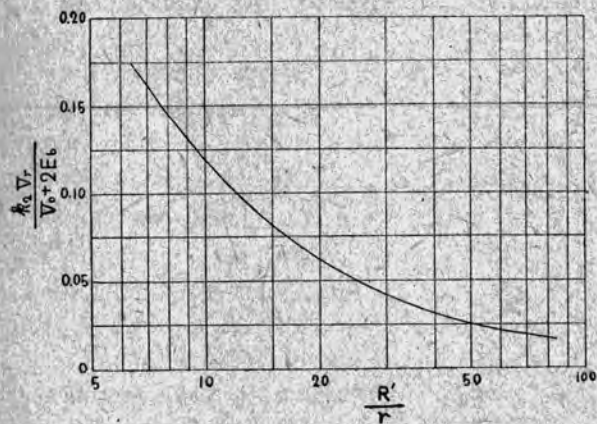
以上の各式より θ_0 ないし θ_3 を消去し、 k_1 および k_2 を媒介變数として R'/r と $(V_0 + 2E_b)/E$ 、 I_{m1}/I_0 、 I_{m2}/I_0 および $k_2 V_z / (V_0 + 2E_b)$ との關係を求めると第 4 圖ないし第 6 圖となる。

3. 結 言

以上半波型整流回路を解析して設計圖表を導いたが、蓄電器兩端の電壓波形を直線的と假定したためにどの程度の誤差を生ずるかは、實驗によつてこれを明らかにしたい考えである。しかし從來設計に役立つ資料が、ほとんど發表されていないので、多少とも御參考になれば幸甚である。諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

文 献

- (1) 北垣成一，单相整流回路の解析，三菱電機，21，150—157，昭和 22 年 11 月。



第 6 圖

鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響 (第I報) 濕潤による比熱の變化

鋸屑の如き吸濕性の纖維質熱絶縁物はその熱傳導率が含水率と共に急激に増加し、遂には熱絶縁物として使用に耐えなくなる。この含水率による熱傳導率の變化を測定する豫備實驗として、含水率による比熱の變化を知らねばならない。かゝる熱絶縁物の比熱測定に適する測定裝置、および方法を示し、含水率による比熱の變化は簡単に乾燥せる鋸屑と水分との混合體と考えれば説明がつくことを示す。

尾 島 學 二 郎
研 究 所 長 沼 辰 二
川 勝 孝 俊

1. 緒 言

筆者等は前に⁽¹⁾種々の纖維狀物質の熱傳導率を測定し、冷凍機、溫水器等の断熱材料として用い得る新しい物質を捜し求めた。ここで注意すべきことはあるものにおいては乾燥状態において、熱傳導率が小さくとも濕氣を吸収すると急激に熱傳導率が大きくなり、断熱材料として使用に耐えなくなることである。とくに鋸屑の如くそれ自身吸濕性の大きい纖維狀物質においては、濕潤による影響が極めて大きいにもかゝらず、水分を吸濕した状態で熱傳導率を測定することの困難なために含水率と熱傳導率との関係が明かにされているものは極めて少ない。外國の文献では L.F. Miller⁽²⁾⁽³⁾ 氏が纖維性物質について實驗したもの以外は、論文がほとんど見當らない。これは試料内の溫度分布が均一を缺くと、高温部より低温部へと水分の移動が行われるという實驗上の困難さがあるためである。

經濟的見地から現在においても、大きな冷蔵庫の熱絶縁物として、多量の鋸屑が使用されており、また溫水器等などの熱絶縁物としても用いられている。故にこれら熱絶縁物質の吸濕状態において、いかにその熱特性が變化するかを正しく認識しておくことは重要なことである。含水率による熱特性の變化を測定す

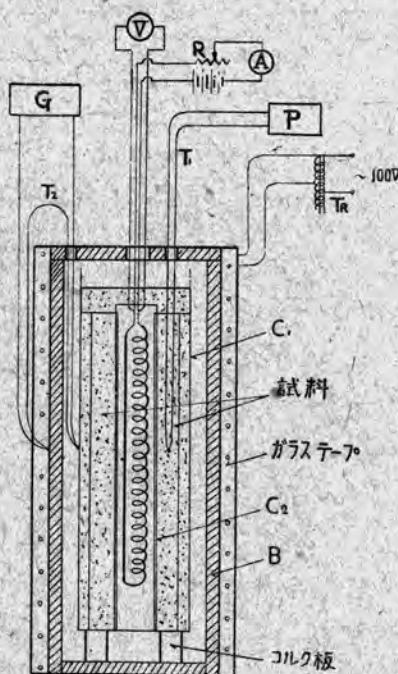
るには、水分の移動を防止して測定することが必要である。この條件を満足するように、試料に純正弦的に變化する溫度波を印加し、表面と中心における位相差より熱擴散率を求める裝置を作つた。この時試料の密度および比熱を知らば熱傳導率が計算できることとなる。

第I報において鋸屑の比熱が、含水率によつていかに變化するかを測定した結果につき述べ、第II報において熱擴散率および熱傳導率の、含水率による變化の測定方法および結果について述べることにする。

2. 比熱測定裝置

鋸屑のような熱絶縁物の比熱測定に對しては、水熱量計は不適當である。その原因は第一に試料の熱容量に比較して、水の熱容量が大きいことである。更に鋸屑のような熱の絶縁物にあつては、試料全體の溫度が均一になりにくいことである。

第二に試料容器を熱量計に入れる最初のときの、試料溫度を正確に測定しにくいこと、および熱量計の周圍に逃げる熱の補正の計算が面倒であるためである。以上の理由から水熱量計を使用することを断念して、第1圖に示す如き測定裝置を作つた。 C_1 は銅製の圓筒型の外側容器で、 C_2 は銅製の内側容器である。 C_2 の外側には等間隔に6個の銅製の翼がついていて、 C_1 の内側に接するようになつてゐる。 C_1 と C_2 との間



第1圖 比熱測定裝置

に測定しようとする試料を入れる。試料の温度は熱電対 T_1 とポテンシオメーター P で測定する。 B は真鍮の圓筒型容器で、 C_1 とは B の底部にあるコルク板によつて絶縁されている。 C_2 の内部には直徑 0.4mm, 抵抗約 5 Ω の加熱コイルが入っている。 C_1, C_2 および加熱コイルとの絶縁は、加熱コイルに細い絶縁管 (圖示していない) を覆つて行つている。コイルには 4 本の導線が蟻付けしてあり、その中の 2 本は電壓測定に用いる。 T_2 は試料と真鍮圓筒 B との温度差を測るための示差熱電對である。 T_1, T_2 共に 0.4mm の銅-コンスタンタン熱電對である。真鍮圓筒 B の外側をガラステープおよびマイカで絶縁した上に加熱線を捲き、これの入りはスライダック T_R によつて加減される。 A は加熱用コイルの電流計、 V は電壓計である。加熱用コイルの入力は可變抵抗 R によつて調節される。 G は温度差監視用の檢流計で、電壓感度は 3.1×10^{-7} V/mm である。

3. 測定方法およびその原理

加熱コイルで試料に適當な一定のエネルギーを與えておき、これが外部へ逃げ去ることを完全に防げば、それによる試料の温度上昇を測つて比熱は直ちに求まる。これを實現するには、示差熱電對用の檢流計 G を監視しながら、電氣爐の入力を加減し真鍮圓筒と試料との間に温度差がないように調節すればよい。銅-コンスタンタン熱電對の起電力は、温度差 1°C に對して約 0.04mV であり、檢流計の電壓感度は 3.1×10^{-7} V/mm なる故、温度差監視用檢流計の一目盛は約 0.008°C に相當する。少しく馴れれば試料と真鍮圓筒との温度差を $\pm 0.04^\circ\text{C}$ 程度に保つことは容易である。このような操作を行ないながら試料の加熱速度を 1°C または 2°C おきに測つて行く。實際には温度測定用熱電對の熱起電力が、例えば 0.05 mV 上昇するに要する時間を測定して行く。

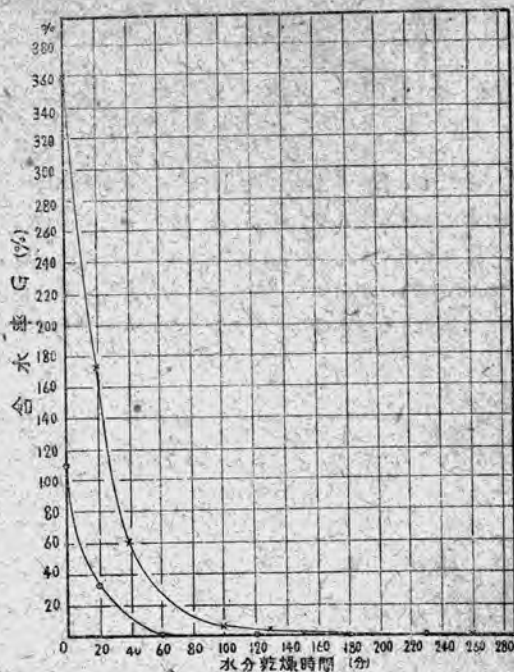
今試料の重さ m gr, 比熱 C cal/gr.°C, 比熱計の水當量を W gr, 試料に與えたエネルギー Q cal/sec, 比熱計から毎秒導線を傳つて逃げ去る熱量を K cal/sec, Δt を秒で表わしたエネルギー供給時間とし、この間の温度上昇を $\Delta\theta$ °C とせば次の式が成立する。

$$Q \cdot \Delta t = \Delta\theta(mc + W) + K \cdot \Delta t \quad \dots\dots(1)$$

これから求むる比熱を計算する式として次式を得る。

$$C = \frac{1}{m} \left\{ \frac{Q - K}{\frac{d\theta}{dE} \cdot \frac{dE}{dt}} - W \right\} \quad \dots\dots(2)$$

ただし $d\theta/dE$ は熱電對 T_1 の熱起電力 E の温度 θ における温度係数である。



第2圖 乾燥爐による銅屑の脱水曲線

また熱量計の水當量 W および熱損失 K は測定前に豫め各温度に對するこれ等の値を求めておく。

4. 容器の水當量及び熱損失の計算

前節で述べたようにある物質の比熱 C を測定するには、比熱測定用容器の水當量 W , およびこの測定装置から單位時間に逃げ去る熱損失 K の値を知らねばならない。熱損失としては容器 C_1 と真鍮圓筒 B との間の空氣を通して傳導または對流による熱損失と輻射によるもの、ならびにヒーター線および熱電對線を通つて傳導によつて外界に逃げ去る熱損失がある。しかしながら今の場合は、測定の平均温度が常溫より僅か高い程度であり、かつ示差熱電對の助によつて常に C_1 と B との間に温度差がないように調節しているから、熱損失の大部分は導線を通して逃げ去る熱量である。

容器の水當量および熱損失を求めるには、比熱の知れた銅片を用いた。容器および銅片の水當量を W_1 および W_2 とすれば (1) 式を得たと同様に、この場合次の方程式が成立する。

$$Q \cdot \Delta t = \Delta\theta \cdot W_1 + K \cdot \Delta t \quad \dots\dots(3)$$

$$Q' \cdot \Delta t' = \Delta\theta' (W_1 + W_2) + K \cdot \Delta t' \quad \dots\dots(4)$$

ただし $Q = VI/J$, $Q' = V'I'/J$ cal/sec

J は熱の仕事當量で 4.184 Joul/cal

$\Delta t, \Delta t'$: 秒で表わしたエネルギー供給時間

$\Delta \theta, \Delta \theta'$: 温度上昇 $^{\circ}\text{C}$

K : 熱損失 cal/sec

いま $Q=Q'$ なるように熱源を與えたものとすれば
 $\frac{d\theta}{dt} = \frac{d\theta'}{dE} \cdot \frac{dE}{dt}$ なる故、上の二式より次の二式を得る。

$$W_1 = W_2 \frac{\frac{dE'}{dt}}{\frac{dE}{dt} \cdot \frac{dE'}{dt}} \dots\dots\dots(5)$$

$$K = Q - W_2 \frac{\frac{d\theta}{dt} \cdot \frac{dE}{dt} \cdot \frac{dE'}{dt}}{\frac{dE}{dt} \cdot \frac{dE'}{dt}} \dots\dots\dots(6)$$

すなわち W_2 が既知のものであれば、温度測定に用いた銅—コンスタンタン熱電對の $d\theta/dE$ はわかっているから dE/dt および dE'/dt を測定すれば容器の水當量 W_1 ならびに導線を通じて逃げ去る熱損失 K の値を知ることができる。

使用した銅 (0.4 ϕ)—コンスタンタン (0.45 ϕ) 熱電對の温度 $\theta^{\circ}\text{C}$ と起電力 E MV との關係式は次の如し。

$$E = 0.03798\theta + 0.0000307\theta^2 - 0.000000005\theta^3 \dots\dots\dots(7)$$

この式から $d\theta/dE$ の値を求めることができる。銅片の比熱は次式で表わされる。

$$C_p = 0.0508(1 + 0.000446\theta) \dots\dots\dots(8)$$

銅片の質量を m とせば $W_2 = mC_p$ であるから (8) 式によつて各温度に對する W_2 の値を知ることができる。したがつて (5), (6) 兩式から W_1, K の各温度に對す値を求めることができる。

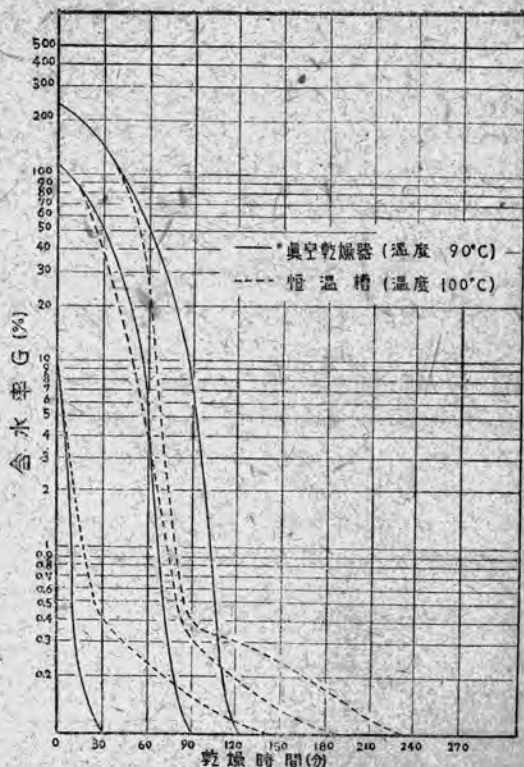
5. 測定結果

實驗に供した試料の鋸屑は松で、粒の大きさは 7 ないし 18 マッシュ間のものを選んだ。

1) 含水率の決定

比熱の測定を終つた試料の一部を平たいガス容器に移し、 100°C の恒温槽に入れて時間の経過と共に試料の重さの減少を測定する。2~3 時間経過すると重量の減少がほとんど止まつてしまう。この時の試料を含水率が零の状態とする。この時の試料の重さを W_0 とし、最初の時の重さを W とすれば、この試料の重量含水率 G は次式から求めるところである。

$$G = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100(\%) \dots\dots\dots(9)$$

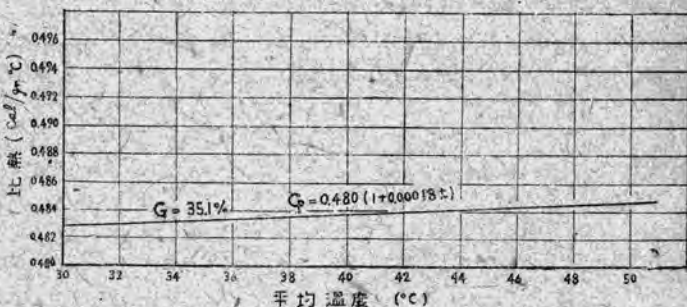


第3圖 真空乾燥器と恒温槽とによる乾燥速度の比較

乾燥槽で乾燥する時、時間の経過と共に含水率の減少して行く有様の一例を第2圖に示す。真空乾燥器(温度 90°C)を用いて乾燥することをも試みたが、普通の乾燥槽で乾燥せるものと含水率にはほとんど變化が現われなかつた。たゞ同じ試料を一つは恒温槽によつて、一つは真空乾燥器によつて乾燥する場合を比較すると、真空乾燥器による方が乾燥速度が早い、含水率にはほとんど變化がない。恒温槽によつて乾燥する場合、含水率が0.4%以下になると乾燥速度が急に遅くなる。この乾燥速度の一例を第3圖に示す。

2) 比熱の測定結果

重量含水率が35.1%の鋸屑の常溫附近における比熱を



第4圖 鋸屑の比熱の測定結果

測定した結果を第4圖に示す。比熱 C_p と平均温度 $t^{\circ}\text{C}$ との関係式は次式で表わされる。

$$C_p = 0.480(1 + 0.00018t) \dots\dots\dots (10)$$

比熱の測定に際しては、とくに含水率の大きい場合、試料全體が一樣な含水率になつてゐること、および測定中水分の一部が蒸發することによつて誤差が入つてくることに對して充分注意することが肝要である。

鋸屑の含水率と比熱との關係を第1表および第5圖に示す。たゞし比熱の値は平均温度が 40°C の點における値である。

試料の乾燥狀態における重さを $W_0 \text{ gr}$ とすれば(9)式の含水率の定義によつて、この時の含水量は含水率を G とせば $W_0 G \text{ gr}$ となる。含水率 G における比熱を C 、乾燥狀態における比熱を $C_0 \text{ cal gr}^{\circ}\text{C}$ とする。今この試料にある熱量 $\Delta Q \text{ cal}$ を與えてそのために全體の温度が $\Delta \theta^{\circ}\text{C}$ だけ上昇したとすれば、水の比熱を1と假定して次の式が成立する。

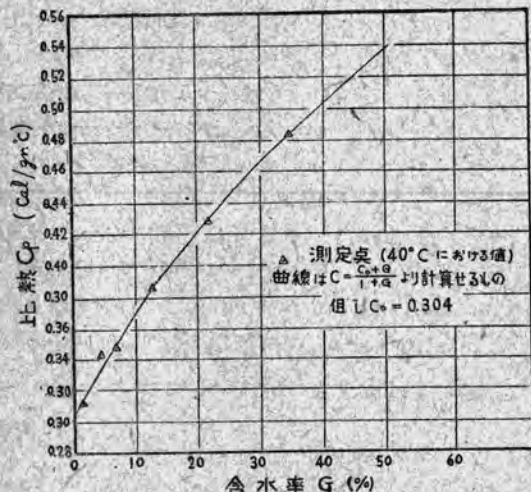
$$\begin{aligned} \Delta Q &= (W_0 + W_0 G) C \cdot \Delta \theta \\ &= W_0 C_0 \cdot \Delta \theta + W_0 G \cdot \Delta \theta \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

この式より

$$C = \frac{C_0 + G}{1 + G} \dots\dots\dots (11)$$

重量含水率 $G(\%)$	比 熱 (cal/gr. $^{\circ}\text{C}$) (40°C における値)	重量含水率 $G(\%)$	比 熱 (cal/gr. $^{\circ}\text{C}$) (40°C における値)
1.50	0.312	12.8	0.386
4.33	0.344	21.9	0.428
7.02	0.349	35.1	0.484

第1表 鋸屑の比熱の測定値



第5圖 鋸屑の含水率と比熱との關係

を得る。これは含水率 G の變化による比熱の變化を表わす式である。第5圖の曲線は(11)式において $C_0 = 0.304$ とおいた時の計算値より畫いたもので(第2表参照)實測値がかなりよくこの曲線上に乗つてゐる。すなわち含水率による比熱の變化は簡単に乾燥せる鋸屑と水分との混合體と考えれば良い。したがつて含水率の大きいところの比熱の値は(11)式から計算によつて求めることができる。

重量含水率 $G(\%)$	比 熱 (cal/gr. $^{\circ}\text{C}$) $C_0 = 0.304$	重量含水率 $G(\%)$	比 熱 (cal/gr. $^{\circ}\text{C}$) $C_0 = 0.304$
0	0.304	30	0.464
5	0.337	40	0.502
10	0.367	50	0.536
15	0.394	60	0.565
20	0.420	70	0.590

第2表 $C = \frac{C_0 + G}{1 + G}$ による比熱の計算値

6. 結 言

以上述べ來つたことを要約すると次の如し。

- 1) 水熱量計の代りに鋸屑の比熱を測定するに適した測定裝置を作つた。この測定裝置につき説明し、容器の水當量および熱損失の測定方法を示した。
- 2) 次に含水率の決定法を述べ、あわせて比熱の測定結果を示した。

含水率が35.1%の試料の比熱 C_p と温度との關係は次式で表わされる。

$$C_p = 0.480(1 + 0.00018t)$$

また含水率 G による C_p の變化の測定値は、第1および2表に示す如く

$$C = \frac{C_0 + G}{1 + G}$$

なる關係で表わされる。温度が 40°C の點における比熱を考えれば $C_0 = 0.304$ を得る。

最後に實驗の一部を助力下さつた社内實習生木内、田野兩君に厚く御禮申し上げます。

参 考 文 献

1. 尾島、長沼；三菱電氣第21卷第1號 昭和22年1月P1.
2. L. F. Miller；Ref. Eng. Nov. (1927)
3. L. F. Miller；Phys. Rev. 29 (1927) 370

電 熱 線 の 近 況

本稿は主として終戦後入手した電熱線についてその壽命値から品質を吟味して近況を知り社内規格制定の参考にした。また電熱線種別判定法について二三の方法を提案する。

田 村 弘 治 郎
堀 田 滋 矩
名古屋製作所

1. 緒 言

市場に電熱器は溢れているがその評判は餘り芳しくない。電熱器は終戦後方々の工場で作製され、遂には値段の引き下げから益々品質の低下を来している。一方電熱線の質品は最近向上してきたが、一時は有名な製造所の製品の中にも粗悪品があつて、中には種別を混同している事例さえあつた。筆者は以下述べる方法で種別の判定と品質の選擇を行ないこの方法で誤のないことを確認した。古來電熱線に關しての専門的研究は多く發表されているが、電熱器業者の立場から社内規格の妥當な値を検討したので、戦後の我が國電熱線の概況を述べ、併せて實用的な種別判定法の二三を提供して参考に資したいと思う。

熱板の種類	電熱線の種類	1回目の斷線		2回目の斷線		3回目の斷線	
		使用日数	使用时间	使用日数	使用时间	使用日数	使用时间
200V 2kw	鐵クロム線1種	15	37				
200 1.2	〃	42	74				
100 1.2	ニクロム線1號	85	639	86	642		
100 1.2	鐵クロム線1種	170	572	233	720	276	832
100 0.6	ニクロム線2號	60	83	101	132		
100 0.6	鐵クロム線1種	42	57	57	86	59	89

第1表 露出型熱板の壽命値

熱板の種類	電熱線の種類	使用日数	使用时间	試験開始年月日	摘 要
100V1.2kw	ニクロム線1號	511	4006	22-7-17	左の値は24-4-10現在までの累計
〃	〃	439	3413	22-8-28	
〃	〃	260	1453	23-1-27	

第2表 鑄物埋込型熱板の壽命値

2. 熱板の壽命

最近巷で問題にされるのは電熱線壽命の短い事である。終戦後は在庫品の耐熱鋼を線にして販賣し、また抵抗體用の品種を發熱體用として使用している事實を知り餘りの事に驚いたのである。第1表は筆者が行つた熱板の壽命値を示す。この壽命値は設計・工作上の差異とか使用状態によつて當然開きがあるが大體半ヶ月から6ヶ月の壽命とみてよい。更に斷線の理由を検討すると外部から加えられた原因によるものとか、化學的や物理的な線の不均齊による赤熱點發生によるものが多く、斷線箇所を修理することにより更に10ヶ月以上使用することが出来る。このことは必然的に發生すると考えられる斷線の原因を取り除くように考慮するならば、同一の線を使用したとしてもその壽命値が飛躍的に長くなることが想像されるのである。このような観点からさきに當所で開發した鑄物埋込型熱板についてはその性能を既に發表した

(1) が、この壽命値は本年4月10日現在で連續1年9ヶ月、合計4000時間を超過しているがなお繼續使用が可能である。第2表はこの状態を示す。鑄物埋込型熱板は露出型熱板とは根本的に構造を異にし、電熱線の品質以外に絶緣物の選擇とか、工作法等の因子が大きく影響するもので、それらの總合結果が壽命値として現われてくる。最近電熱線の品質は著るしく向上してきたが市場にはなお粗悪品が相當出廻っている状態であるから、電熱器業者は常に品質を検討し更に根本的な改良も行つて電熱線本来の優秀性を保持させるように考慮を拂いたいものである。

3. 試験と試料

鐵クロム線には規格 JES 199 があつて昭和19年に改訂された。またニクロム線の JES は制定されていないから當社の社内規格などを参考にして、電熱線の性能

種 別	記 號	固有抵抗 $\mu\Omega/\text{cm}$ 20°C	密度 g/cm^3 20°C	抗張力 kg/mm^2	伸 % $l=50l/d$	熱起電力 Cuに對し mV 0~100°C	酸化増量 mg/cm^2 4 時間	抵抗 温度係數 0~400°C	最高使用 温 度 °C	屈 曲 値 $n=$ （駒の半經 線）
ニッケル クロム 1 號	NCR 1	105±5	約 8.43	70 以上	20 以上	+0.5~0.7	800°C 0.3以下	0.00015 以下	1100	—
ニッケル クロム 2 號	NCR 2	115±6	約 8.27	65 以上	20 以上	+0.1 以下	800°C 0.6以下	0.00025 以下	950	—
鐵クロム 1 種	FCR 1	140±7	約 7.34	70 以上	5 以上	—	950°C 0.4以下	0.0001 以下	950	n 以上
鐵クロム 2 種	FCR 2	120±6	約 7.53	65 以上	7 以上	—	800°C 1.0以下	0.00025 以下	600	5n 以上

第 3 表 電 熱 線 性 能

種別	内外 地別	製 造 所 名	試 料 番 號	平均線經 mm	固有 抵抗 $\mu\Omega$ cm	密度 g/cm ³	抗張力 kg/mm ²	伸 % l=100	磁性	フェロ キシル 反應	熱起電力 mV	成 分 %					
												Ni	Cr	Fe	Mn	其の他	
NCR 1	ア メ リ カ	—	S 4	0.498	102.6	8.3				非	無	+0.5	78.79	18.90	0.80	tr.	Si 1.03 Al 0.48
			S41	0.535	103.0				〃	〃	+2						
			S 5	$1/32" \times 0.0056$	110.8				〃	〃	+1.5	80.00	15.50	4.10	—	Si 0.32 Al 0.132	
		A 社	SP2	0.498	108.0	8.33			〃	〃	-2	77.0	17.3	6.2			
			S23	0.490	110.0		73		〃	〃	+1~+2						
			S 1	0.507	111.2				〃	〃	—						
			S 3	0.497	109.7				〃	〃	—						
			S42	0.517	110.0		81.2	29	〃	〃	+3	75.98	19.01				
			S43	0.518	112.0		82.5	28	〃	〃	+5	76.59	17.27				
			S44	0.518	108.0		82.5	28	〃	〃	+3	76.19	17.34				
			S45	0.520	109.0		78.3	29	〃	〃	0	78.02	18.54				
			S46	0.517	110.0		82.8	27	〃	〃	3	77.36	17.56				
			S47	0.516	111.0		78.3	26	〃	〃	+1.5~+3	77.46	17.09				
			S48	0.518	116.0		81.1	28	〃	〃	+5	76.15	19.26				
			S49	0.518	112.0		82.3	28	〃	〃	+3	77.67	17.11				
	B 社	S50	0.516	112.0		77.5	27	〃	〃	+3.5	77.75	17.21					
		S51	0.519	110.0		80.6	27	〃	〃	+3	77.34	17.22					
		S52	0.517	109.0		79.3	27	〃	〃	+3	76.01	18.24					
		S53	0.516	111.0		78.5	28	〃	〃	+3.5	77.49	17.56					
		S54	0.518	111.0				〃	〃	+2							
		S55	0.516	108.0				〃	〃	+1							
		S56	0.517	108.0				〃	〃	+2							
		S57	0.517	114.0				〃	〃	+3.5							
	C 社 D 社	S10	0.634	108.3	8.34	50.2		〃	〃	0							
		S19	0.45	109.0				〃	〃	0							
NCR 2	ア メ リ カ	ホ ス キ ン ス 社	S 7	0.393	107.0	8.25			弱	青色	+11.5						
			S70	0.64	—				〃	〃	+13						
	國 産	A 社	SP1	0.499	113.0	8.20			〃	〃	+11						
			SP3	0.499	116.4	8.35			〃	〃	+13	58.3	15.9	23.8			
NCR 規格外 FCR 1	國 産	E 社	S 2	0.501	126.5				〃	〃	—						
			S58	0.565	108.6	7.78			非	〃	+24	24.8	18.8	54.6			
		A 社	S59	0.488	116.0	7.75			弱	〃	+24	24.5	19.5	54.6			
			SP4	0.491	127.2				強	鮮青色	+21	—	21.9	73.4			
FCR 2 又は 3	國 産	E 社 A 社	S 8	0.392	120.0				〃	〃	+19						
			S39	0.45	97.0				〃	〃	+13						
850°C 1 時間焼鈍			S 9														

第 4 表 電 熱 線

成 分 %							壽 命	
Ni	Cr	Fe	Mn	Al	C	其 他	試験温度 °C	寿命値 回数
75~79	18~22	3 以下	1.0~2.0	—	0.1 以下	2.0 以下	1200	250
60 以上	15~19	22 以下	1.0~2.5	—	0.15 以下	2.0 以下	1200	150
—	23~25	残部 以下	1.0 以下	4~6	0.1 以下	3.0 以下	1200	250
—	18~20	〃 以下	1.0 以下	2~4	0.1 以下	3.0 以下	1200	150

一 覧 表

一覧表を作ると第3表のようになる。以下種別に對しては第3表の記號を使用することにする。そして筆者が終戦後入手した電熱線をこれらの規格値と比較し、また種別も以下述べる測定法によつて判定し第4表のように分類整理した。寿命値の比較を行うため線径の太いものは0.5mmに線引きをしたが都合によつてそのまゝ用いたものもある。第4表には大體20個所の線径を測定したその平均値を示す。これらの試料のうちS-4・41・70はそれぞれアメリカ一流會社の電熱製品から取り出した中古品であり、S-5・7は戦前入手したホスキンス社の新品である。

壽命値回						屈曲半徑 R と 屈曲値 N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						R=2				R=3.06				R=4.78				R=7.95				R=11.96																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

試 験 結 果

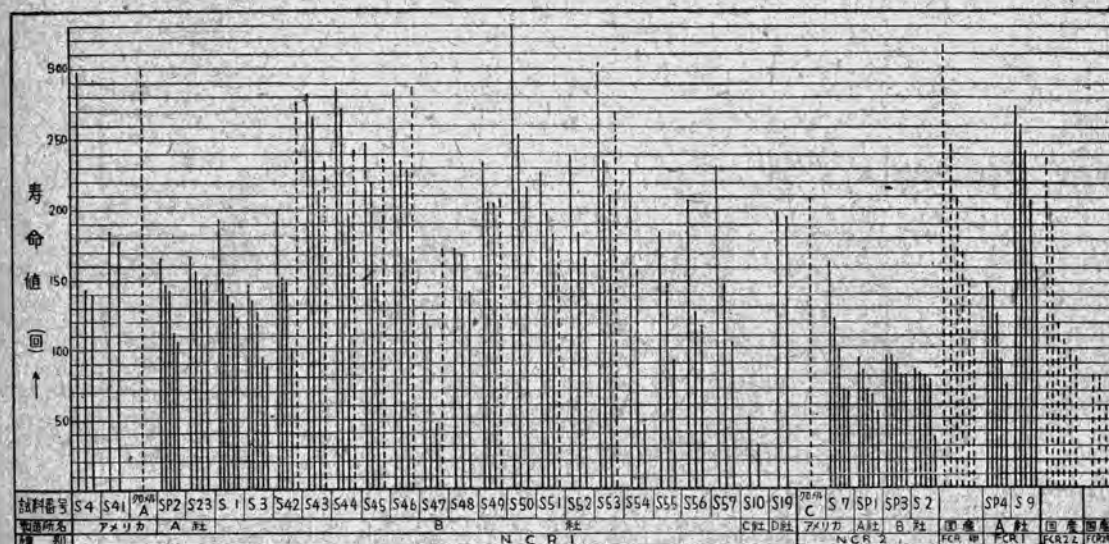
國產品の中には NCR 1 として納入されたものが試験の結果 NCR 2 であったり、またニクロム線と稱して市場で販賣していたものが抵抗體用の鐵クロム線であつたりして、過渡的現象ながらかなり混亂した状態であつた。しかしアメリカの NCR 2 中 S-70 の試料は比較的低温用發熱體に使用していたもので使用温度により明確に使われている状態がよくわかる。

4. 電熱線の壽命値

電熱線の品質判定には機械的試験、顯微鏡や X 線による組織の研究、化學成分、酸化度の試験等種々あるが、結局これ等の總合した結果が壽命試験に現われてくるものと思う。電熱線の壽命試験法として前記 JES に採用されたものは、線徑を 0.5mm、長さを 200mm とし、線温を 1200°C に保ち、2 分間の通電と停電を繰返す強制壽命試験方法である。よつて筆者もこの規格に準じて行いその結果は第 4 表に示してある。また同一試験方法によりかつて中路博士が發表された試験結果⁽²⁾と、筆者

る。一般に A 社の製品はその品質が平均し壽命値にも大きなむらがなく 106~168 回で概して低い値である。これに反し B 社の製品は 330 回という最高壽命値を示すかと思うと赤熱點發生によつて 43 回で斷線したという極端なものまであつた。C 社の製品は線徑が太いにも拘らず 43 回という平均値に終つてゐるが、その斷線原因も赤熱點發生でなく一様に脆弱化したためである。すなわち成分よりも製造技術に關心を向けるべきものと考えられる。D 社の製品は平均 200 回近い壽命値で A 社 C 社に勝る優秀性を示している。次に NCR 2 では試料 S-7 すなわちホスキンス社のクロメル C が線徑の細いにも拘らず 105 回の壽命値を示し優秀なことがわかる。

A 社の製品では平均 75 回、B 社の製品もほゞどうようで 72 と 89 回の平均値である。却つて E 社の規格外品と認められる製品がこれらを凌駕し 125 と 157 回の平均壽命値をもつてゐることは興味深い。FCR 系では A 社の製品が平均 235 と 117 回の壽命値を示した。この



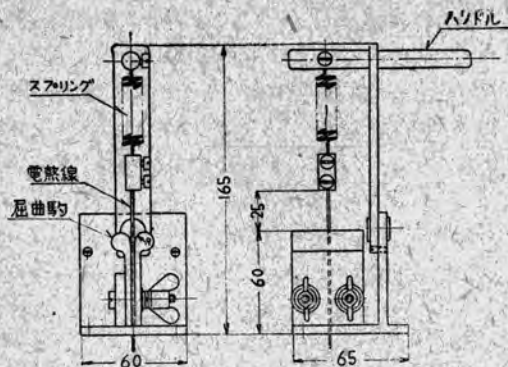
第 1 圖 電熱線壽命値

と同一試料について A 社で行つた試験結果とを合せて第 1 圖に示した。

すなわち點線がこれらの參考値である。第 1 圖を見てまず感じられることは國產品中にも外國品に劣らないものがでてきていることである。まず NCR 1 ではアメリカ製品 S-4・41 は故障した埋込型熱板の中から取り出した後線引きしたという經歷があるにも拘らず最高 298 回を數え、中路博士の實驗値とも一致した値を示してい

1. B 社欄中の點線は A 社測定の壽命値
2. 註 1 以外の點線は中路博士の發表値
3. 線徑の特別なものは S 7・9・10・19 である

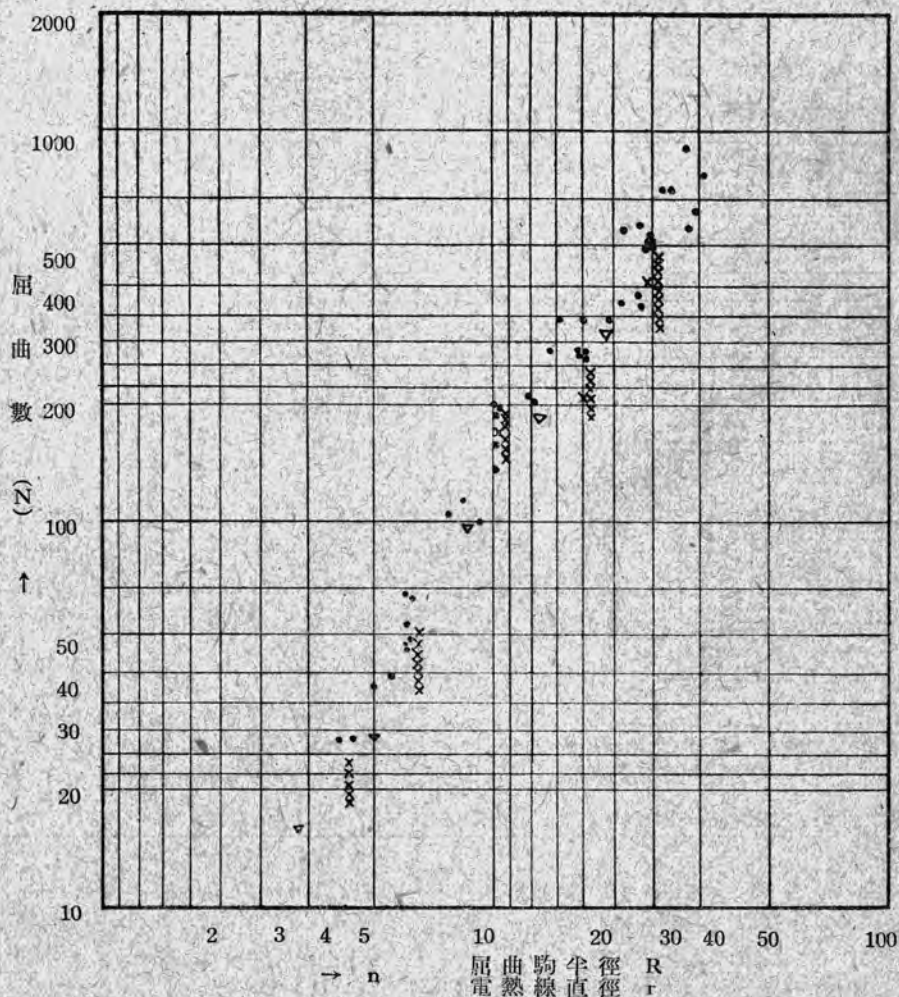
FCR 1 に對し抵抗體用の FCR 2 では F 社の製品が 25 回である。どうよう A 社の試料 S-59 も 24 回という低い壽命値を示した。この試料は或商店で販賣され A 社ニクロム線と商標がつけられ銀白色を呈していたものであるが、次の項で述べるように明らかに抵抗體用鐵クロム線であることに疑なく、電熱器業者はもちろん一般の需要者も惑わされないようにしなければならない。



第2圖 屈曲試験器
R の値 2, 3.06, 4.78, 7.95, 11.96

5. 電熱線の屈曲値

電熱線を一定の圆弧に沿って屈曲しその繰返し荷重による疲労破壊の程度を比較するものである。筆者は第2圖に示すような簡単な装置を試作して使用した。供試線にはスプリングによつて抗張力の2%程度を線経に應じ段階的に加え、線は屈曲駒で固定させた。そして90度屈曲するのを1回と数え切斷するまでの値を5種類の駒について求め、それらの結果から屈曲駒の半徑・最大・最小・平均屈曲値および屈曲駒半徑と線経の比を第4表に追加記入した。また屈曲駒半徑と線経の比を n として横軸にとり、屈曲値 N を縦軸にとり兩者共對數目盛にしてその關係を圖示すると第3圖のようになる。圖からわかる



第3圖 n と屈曲数の關係
△.....ホスキンス社
●.....A社
×.....B社

ようにB社の製品が最も勝れ、次いでホスキンス社、次がA社という順序である。これらから明らかなように屈曲値はnの取り方で非常に異なるものであつて、屈曲値の仕上げと線径の測定は精密でなければならない事がわかる。圖にはニクロム線の場合を示したが鐵クロム線についてもどうのことが云える。鐵クロム線のJESによると「nの値を2ないし4にとり、3個の試片について行う」と規定されているが、今迄行つた試料では殆んど全部が合格する。たゞし試料S-9はnが2なら不合格、4ならば合格するという結果になつた。しかし乍らこの試料は非常に脆くて實際には使用できないものである。更にこれを850°C1時間焼鈍した結果は第4表の欄外に示したように屈曲値は増し、壽命値も焼鈍前と何等の變化が認められなかつた。また入手時期の同じ線、例えばB社のS-42~57の16試料についてnの値がはたどうであるところから少し比較してみたい。第4表に示した平均屈曲値の縦列についてその値の少ないものを選び出すとS-42・45・47・54・55等であり、また最小値と最大値の比が60%前後のものを引き出すと、S-42・47・55である。なおこれらの値が共に勝れているとみられるのはS-43・46・53等の試料である。また平均壽命値の多いものと少ないものを選んで一覽表

試料 番號	nの値と平均屈曲値					最小屈曲値 最大屈曲値×100%	平均 壽命値 回
	3.85~5.77~9.2~ 3.88 5.82 9.27	15.3~23.1~ 15.5 23.2					
S 42	44.8	73	133	391	870	54% n=3.87の時	150
S 45	41.4	82	162	—	—	64 n=3.85	205
S 47	54.2	92	150	387	1080	55.5 n=23.2	95
S 54	42.4	84	141	443	969	64 n=3.86	144
S 55	43.4	90	143	520	868	56 n=3.88	140
S 43	66.6	89	166	543	1035	73~78.8%	254
S 44	61.6	—	—	—	—	70.2	251
S 46	56.6	103	184	557	1100	78.2~98	249
S 50	63.6	87	189	485	1107	77.8~93.3	249
S 53	57.8	96	172	495	1073	68.5~92	266

第5表 電熱線屈曲値と壽命値の關係

にすると第5表を得る。この表からみようと屈曲値の少ないもの、開きの大きいものは一般に低い壽命値であり、屈曲値の勝れた電熱線はその壽命値も勝れているという興味ある結果が得られた。もちろん壽命値は各種複雑な因子の總合されたものであつて、疲勞破壊の原因もまた簡単ではないが「實用的な簡易比較法として品質判定の一助になり得るものと考えられるのである。

6. 電熱線の他の性能

供試線の一部について抗張力、伸、成分等を測定しその値を第4表に示したが一般に實用的でないため参考程度に止める。なお線径誤差と外觀について近況を述べると、一時は表面が甚しく荒れ肉眼でわかるような裂目やきずが無数に存在しているという粗悪なものもあつた。一つの線束では巻初めと巻終りの差は殆んどなく、線径の大き過ぎたりまた小さ過ぎて規格値に合格しないものは520のうち44で約8.5%であつた。またこれを20ないし40個所の測定値平均すなわち平均線径に對して比較すると規格値以上の誤差は僅か1で不合格率0.2%に過ぎなかつた。これらの中には公稱線径0.6と稱し乍ら實は0.55とした方が誤差が少ないというのが多く結局どんな線径のものでもどこかに當てはまるという状態となるわけである。また直角方向の線径が異り橢圓形とみなされる断面をしているものも少なくない、中にはこの比が長径の95%に達しない短径のものもあつた。このような國産品に對しS-7のクロメルCはその誤差が殆んど認められない。このように我國電熱線の近況は戦時中の空白を取り戻しつつあつてもう一步という所までになつた。しかし乍ら一般にはなお粗悪品が市場に

流れている現状であるから、電熱線が何の種別に入るものかを確實に判定できれば粗悪品を駆逐するのに役立つものと考えられる。次に筆者の行つた二三の判別法についてその概略を述べる。

7. 抵抗値の測定

單位長當りの抵抗値をケルビンダブルブリッジで測定し平均線径から計算して固有抵抗値を求めた。今第3表の固有抵抗値をみると109と110 $\mu\Omega$ cmの間の數値はNCR 1とNCR 2と重複するのでこの兩者を仕分けることはできない。今NCR 1とNCR 2の77試料について固有抵抗値から種別を判定しようとした場合、第6表

種別	判定 間違ひな判別 するもの	判別 し難いもの	間違ひつて 判別するもの	規格外	計
NCR 1	14	20	14	2	50
NCR 2	10	6	0	11	27
計	24	26	14	13	77

第6表 固有抵抗値による電熱線の判別

から明らかなように $24/77 \times 100 = 31.2\%$ だけが確実に分類できるといつた低い確率である。しかしこの項については規格値に對しても更に検討したいと思う。

8. 磁性の測定

鐵クロム線が常磁性體でありニクロム線が非磁性體であることは常識のことであるが、更に些細に検討するならば第4表に示したようにそれぞれの特徴を示すことがわかる。すなわち NCR 1 は全部非磁性であるが NCR 2 は磁性を有するか殆んど有しないか二つの場合がある。

NCR 1 中の試料 SP-2 は元の線径 1.2 の時も 0.5 の時も非磁性であつて、更に 0.2 に線引したものは弱磁性を呈したが、この表面の酸化膜を削り取ると非磁性に變化した。このように細線にするほど現象は著るしくなる。この原因は線引工程中最も酸化し易いクロムが部分的に酸化して表面にクロム含有量の少ない部分を生じたためであると解される。SP-2 は第4表の分析値からみるように鐵含有量が多い成分である。元來ニッケルにクロムを加えていつた場合その量が 5% で磁氣變態點は常溫になり、更に鐵を加えるとその磁氣變態點は變化していくことが知られている。従つてクロム含有量 5% 以上のものでも常溫で磁性を生じてくることがあり得る。この

種別	判定	間違ひなく判別できるもの	判別し難いもの	間違ひつて判別するもの	計
NCR 1		46	3	1	50
NCR 2		16	5	6	27
計		62	8	7	77

第7表 磁性による電熱線の判別

現象は極く僅かであるからいろいろ工夫して測定しなければいけない。鐵クロム線は強磁性であるから問題外として前どうよう 77 の試料について磁性だけで判別を行つた結果を第7表に示した。これは磁性のないものを NCR 1 とし磁性のあるものを NCR 2 として分類したのであるが、 $62/77 \times 100 = 80.5\%$ は分類できるといふ結果になつた。また表からわかるように NCR 1 で磁性を呈するものは少なくこれに比して NCR 2 で磁性を呈しないものが割合にあるということである。

9. フェロキシル反應

メッキ面のピンホール検出法と同じ方法であつて、電熱線に含有される鐵分を検出するわけである。筆者はよく磨いた電熱線をフェロキシル液の中に浸す方法をとつた。鐵クロム線は鮮青色を呈するから問題外として、前どうよう 77 の試料についてその青色反應を呈したものを電熱線の近況・田村・菊田

NCR 2 として區分したところ第8表に示す結果を得たすなわち $73/77 \times 100 = 95\%$ という高率で判別が可能である。表中判別し難い NCR 1 の3試料は NCR 1 の規格値よりも幾分鐵含有量の多いものと判斷される。また NCR 2 の1試料は S-7 のクロメル C であつて短時間の浸漬では殆んど青色反應がなく一夜浸した後漸く反應を認めたものである。この點國產品はどの試料も綠色の附着物が線の周圍を被い、その中にそれぞれの割合で反應を示した。

種別	判定	間違ひなく判別できるもの	判別し難いもの	間違ひつて判別するもの	計
NCR 1		47	3	0	50
NCR 2		26	1	0	27
計		73	4	0	77

第8表 フェロキシルによる電熱線の判別

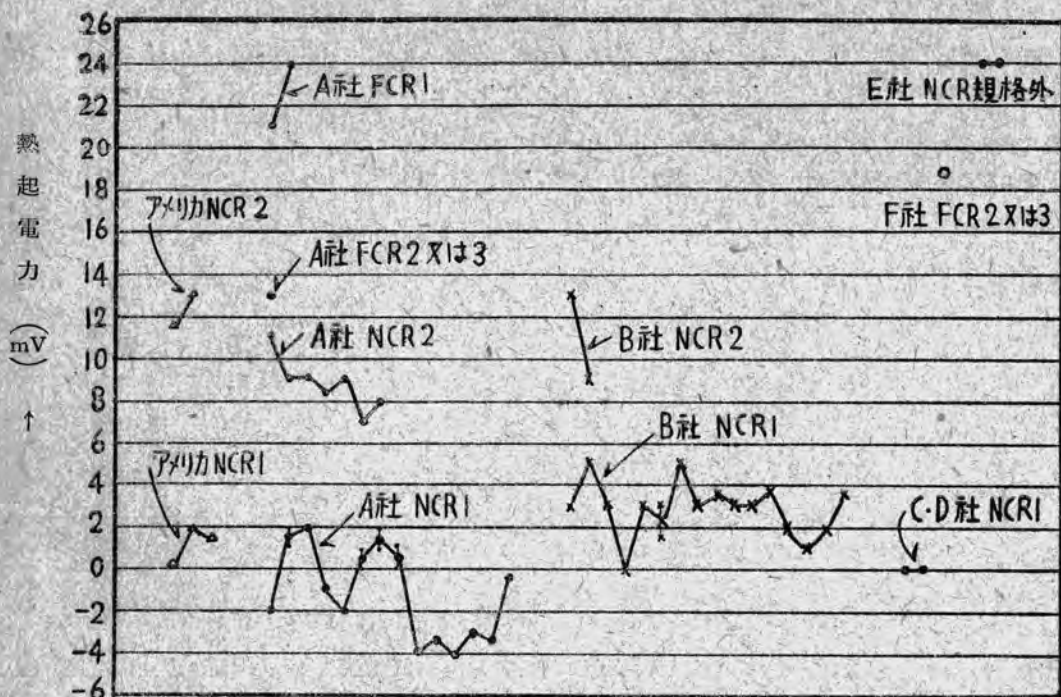
10. 起熱電力の測定

熱起電力の測定には各種の方法が考えられるが筆者は、東海理化工業所製の銅判別器を使用した。この値は普通的な數値ではないが電熱線の種別に對してはそれぞれの差を示し、また簡單でよい特徴があるのでこの例を前どうよう 77 の試料について求め第9表にこの結果を示した。すなわち $76/77 \times 100 = 99\%$ は確實に判別し得るのである。そして短い試料から連續的に局部熱起電力の測定が可能である。この測定結果の一部を圖示すると第4圖のようになるが、これらのことから判斷すると第4表の數値からわかるように、電熱線の實用的分類は分析などを行う必要がなく確實に仕分けることができる。例えば S-38 の試料は固有抵抗値と磁性からは NCR 1 と誤られ易いがフェロキシル反應と熱起電力の結果や更に比重でも明らかにそれでない事がわかる。また S-39 は A 社の商標をつけニクロム線と明示して某商店で販賣していたものであるが、固有抵抗値では NCR 1 とみら

種別	判定	間違ひなく判別できるもの	判別し難いもの	間違ひつて判別するもの	計
NCR 1		50	0	0	50
NCR 2		26	1	0	27
計		76	1	0	77

第9表 熱起電力による電熱線の判別

れ、熱起電力では NCR 2 と誤られるが、強磁性を呈しかつフェロキシル反應で鮮青色を現わし明らかにそれでないことが判明した。



第4圖 電熱線の種別と熱起電力

11. 結 言

電熱線は熱板の生命であるが一般市場には粗悪品が氾濫している現状である。しかしその近況は一時戦後の混乱状態から脱却し漸く昔日の姿に歸ろうとしている。その壽命値はニクロム1號線ではクロメル A が300回、中古品でも138~298回で平均187回を示し、國産 A 社製品では106~168回で平均147回と均質ではあるが一般的に低い値を示している。B 社製品では43~330回、平均186回で良否共極端である。C 社製品は劣等で僅かに43回、D 社製品は194~197回といふかなりよい値を示している。ニクロム2號線ではクロメル C が210回、線径が細くても70~164回で、平均105回、A 社製品では56~94回で平均75回、B 社製品では36~96回で、平均81回である。E 社製品は規格外とみられるが74~228回で平均141回といふよい値を示している。鐵クロム1種線では A 社製品が74~275回で平均176回とニクロム線より勝れた値を示している。また低温用鐵クロム線は25回といふそれだけの數値しか示していない。電熱線の種別を判定するには熱起電力の測定、フェロキシル反應試験、磁性の判別を行えば實用的な方法として簡單でありかつ確實なものと考えられる。一般の露出型熱板ではその使用状態から電熱線本來の壽

命値を完うし得ないのが普通であつて、電熱線の品質を吟味し、更に根本的な設計工作を施すなら4000時間を超過してもなお繼續使用が出来る實例もあり、今後の改良に對しても電熱線・電熱器業者相協力して行きたいと念願するものである。終りに種々援助を頂いた當社世田ヶ谷工場加藤技師外各位に對し厚く感謝する次第である。

文 献

- (2) 中略幸謙・鐵クロム電熱線・電氣學會
62 421 (昭 17-7)
- (1) 田村弘治郎・鑄物理込型熱板・三菱電機
22 92 (昭 23-7)

運 轉 中 に お け る 變 壓 器 の 絶 縁 油 濾 過

本文は従来実施されていなかった變壓器の運轉中における絶縁油濾過について、
日發長門變電所における實驗結果を主體にして報告したものである。

研 究 所 原 岩 仁 吾
伊丹製作所 吉 崎 晴 光
吉 澤 敏 夫

1. 緒 言

電氣機器の絶縁油は全般的に見て通常相當劣化したものも使用されているのが現状で、劣化した油は濾過によってその大半は淨化することができる。この場合豫備變壓器のある場合、または運轉を中止して支えない場合にはもちろん變壓器を運轉中止して濾過を実施出来るが、現在各發變電所において變壓器はフルに運轉され、運轉中止出来ないために長年月絶縁油は濾過されないでその儘使用されている状況で、運轉中に油を濾過する事が可能になれば、變壓器の保守上得るところは極めて大きい。従来種々の杞憂のため電壓印加中の變壓器油濾過は実施されていないが、コロナ式油試験器を應用し、内部の状態を打診しながら細心の注意をもつて実施すれば必ずしも危険ではないという確信のもとに、日發當局の英斷により昭和22年5月日發神戸變電所でこの試験が實施され、また最近昭和24年2月日發長門變電所において同様の試験を実施したのでその試験結果について報告する。

2. 供試變壓器

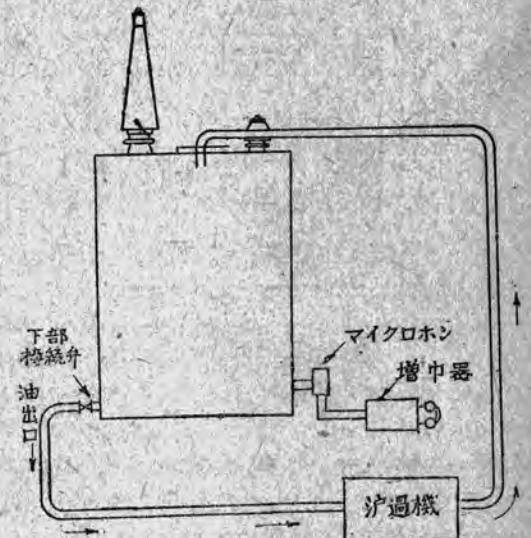
Westinghouse 社製を昭和12年4月當社で改造しその後明電舎にて改造(改造年月日不明)されたもので、昭和20年關東地方より移設され現在まで使用されていたものである。絶縁油の濾過は長門變電所に移設された直後及び昭和22年7月に實施されている、定格は次の通りである。

油入自冷單相變壓器

50.0KVA 50 \sim 油量 10500立
高壓 100KV 50A 低壓 22KV 11KV
インピーダンス 7.545%

3. 油の濾過實施方法

第1圖に示す通り絶縁油を變壓器タンクの下部排油口か



第 1 圖

ら濾過機に導き濾過された油をマンホールからタンク内に注入して(供試變壓器にはコンサベータが無く、コンサベータのある變壓器ではコンサベータから注入する)油を循環せしめ、變壓器は電壓を印加したまゝで連續的に濾過を実施した。この濾過實施中コロナ式油試験器のマイクロホンを變壓器タンクの下部排油口に取りつけ、變壓器内部のコロナ發生状況を常時聴取して内部状態を打診し、一方變壓器タンクの下部と濾過機の出口より1時間ないし2時間ごとに油を採取してコロナ式及び放電式の油試験を実施し(約30分間放置後實施)、濾過による油の變化状況をたしかめた。

濾過機の濾紙はあらかじめ良好な油を通過させ、濾紙を構成する纖維の屑を除去し(濾紙の化成と稱する)實際に濾過する絶縁油の中に濾紙屑が入るのを防がねばならぬが、本試験においては濾紙を交換した際に濾過機自體の中を約10分間絶縁油を循環させて濾紙の化成を行つ

た。
 なお絶縁油の中に気泡が入るのをできるだけ少なくするために濾過機と変圧器タンクの下部排油口との接続はガスを使用し（濾過機の出口よりマンホールに注入する側は蛇管）、またマンホールより落下する油の気泡をできるだけ油の表面に散らし油中に侵入するのを少なくするために蛇管の先に約 15 ㎝平方の木板を取りつけた。第 2 圖は變壓器内に落下する油の状態を寫したものである。

第 2 圖



最初變壓器タンクの下部の油を採取して試験したところコロナ開始電圧が 15KV、連続コロナ電圧が 25 KV で非常に悪かったため、約ドラム罐一本油を抜き取り上部から新油を注入した後、第 1 日目（2 月 4 日）午前 11 時濾過運転を開始した。この際變壓器は低壓側より勵磁し高壓側は開放とし無負荷状態である。午後 3 時 30 分變壓器を無負荷状態から負荷状態に切換えた際に O.C.B. が故障し試験続行が不能となつたため濾過を中止し、第 2 日目（2 月 5 日）第 3 圖の様な結線で返還負荷法により負荷電流約 145A（低壓側）60% 負荷の状態に濾過を再開し連続 21 時間實施した。第 3 圖で T_1 は供試變壓器、 T_2 は T_1 と全く同一の變壓器、その定格は前述の通りである。 T_3 は銅損供給用變壓器で三菱製（昭和 23 年 10 月改造）高壓 60.5kV、入 90kV、低壓 44kV、22kV、インピーダンス 10.16% 定格のものである。 T_4 は T_3 の電源用變壓器で芝浦製 9000kVA、一次 60.6kV 105kV

二次 39.8kV/69kV、三次 11kV、インピーダンスは一次二次間 9.15%、一次三次間 6.77%、二次三次間 2.54% のものである。

なお濾過機のパルプは第 1 日目濾過運転開始後最初の 30 分間は約 1/3 開、次の 1 時間半は約 1/2 開とし、その後は全開にして濾過した。濾過能力はパルプ全開で約 110 立/分で供試變壓器の絶縁油は約 1 時間半に 1 循環する事になる。

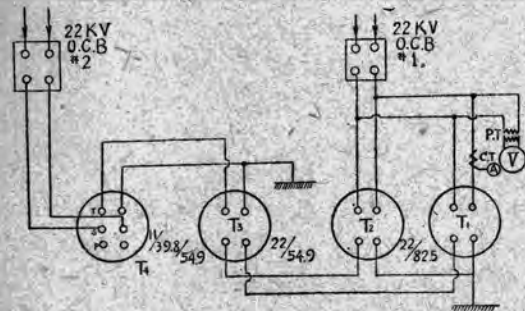
4. 試験経過及び結果

第 1 日目（2 月 4 日）

- 1100 油試験（運転前）
電壓印加、變壓器無負荷運転、電壓低壓側 23.5kV、高壓側 88kV
- 1103 濾過開始、パルプ 1/3 開
- 1130 油試験
- 1138 濾過中止、濾紙交換、濾紙には少量の水分及びスラッジが認められる。
- 1151 濾紙の化成開始
- 1203 化成停止、濾過再開パルプ 1/2 開（停止時間 25 分）
- 1230 油試験
- 1307 濾過中止、濾紙交換、水分スラッジ少量
- 1319 濾紙の化成開始
- 1331 化成停止、濾過再開、パルプ全開（停止時間 24 分）
- 1400 油試験
- 1530 油試験
- 1533 變壓器電壓開放 變壓器に負荷電流を流す様に結線換え、濾紙交換
- 1555 濾紙の化成開始
- 1616 化成停止、變壓器電壓印加、負荷電流は 156A（65% 負荷）で、 T_1 のタップを變更して負荷電流を増加させるために變壓器の電壓開放にした際 O.C.B. が故障し、その修理のため濾過運転中止

第 2 日目（2 月 5 日）

- 第 3 圖の結線により負荷電流約 145A（低壓）60% 負荷で濾過再開
- 1043 #1 O.C.B. 投入
- 1045 #2 O.C.B. 投入 變壓器負荷電流 142A（低）60% 負荷 電壓 23kV（低）
- 1100 油試験、濾過再開、パルプ全開、負荷電流は 145A（低）
- 1128 變壓器内コロナ音 4 回



第 3 圖

1200 油 試 験

1212 變壓器内コロナ音 5 回, 負荷電流 146A
電壓 24kV (低)

1240 變壓器内コロナ音 2 回

1248 約 30 回/分のコロナ音 20 秒連続

1254 約 20 回/分のコロナ 1 分半連続

1258 コロナ音 1 回

1300 濾過中止, 濾紙交換, 濾紙は殆んど汚
れず, 油試験

1301 60 回/分のコロナ 40 秒続く

1315 濾紙化成開始

1330 化成停止, 濾過再開, 停止時間 30 分

1400 油 試 験

1504 約 60 回/分コロナ音 1 分 20 秒連続
負荷電流 148A, 電壓 24.2kV (低)

1510 コロナ音 2 回

1520 連続コロナ音 20 秒続く

1523 コロナ音 2 回

1542 連続コロナ音 1 分間連続

1600 油 試 験

1601 約 30 回/分のコロナ音 1 分間連続

1612 「ジー」音 30 秒続く

1630 濾過中止, 濾紙交換, 濾紙に多量の黒
いゴミ認められる

1646 濾紙化成開始

1700 化成停止, 濾過再開, 停止時間 30 分

1705 「ジー」音 2 回

1718 「ジー」音 1 回

1752 「ジー」音 1 回

1800 油 試 験

2000 油 試 験

2035 約 30 回/分のコロナ 2 分間続く

2039 濾過中止, 濾紙交換, 濾紙に黒いゴミ
有り, 前回より少量

2052 濾紙化成開始

2110 化成停止, 濾過再開, 停止時間 31 分

2200 油 試 験

2225 コロナ音 1 回

第 3 日目 (2 月 6 日) 前日に引き続き濾過
行)

0000 油 試 験

0031 濾過中止, 濾紙交換, 濾紙には極く少
量の黒いゴミ有り

0046 濾紙化成開始

2 月 4 日

採油 時刻	試 料	放 電 電 圧 (kV)				コロナ電圧 (kV)		劣 化 係 数 K
		平均 A	最大値	最小値	最大一 B 最小	開始 電圧 C	連続 電圧 D	
1100	下 部 上 部	24.5	27	21	6	20	40	0.53
		37.7	46	29	17	25	35	0.67
1130	下 部 上 部	25.5	31	18	13	20	45	0.53
		31	40	24.5	15.5	25	35	0.57
1230	下 部 上 部	24.9	29	19	10	25	45	0.58
		42.9	46	40	6	25	40	1.0
1400	下 部 上 部	35	39	32	7	25	35	0.7
		37.5	45	33	12	25	40	0.79
1530	下 部 上 部	34.9	43	26.5	16.5	25	35	0.65
		32.8	39	27	12	25	40	0.69

2 月 5 日

採油 時刻	試 料	放 電 電 圧 (kV)				コロナ電圧 (kV)		劣 化 係 数 K
		平均 A	最大値	最小値	最大一 B 最小	開始 電圧 C	連続 電圧 D	
1100	下 部 上 部	30.1	38	24	14	25	35	0.57
		31.1	36.5	27	9.5	25	40	0.68
1200	下 部 上 部	35.8	43.5	29.5	14	25	40	0.73
		40.8	45	37	8	25	45	1.0
1300	下 部 上 部	28.1	31	24	7	30	40	0.69
		31.7	39	26.5	12.5	30	45	0.76
1400	下 部 上 部	29.9	41	24.5	16.5	30	40	0.64
		41.5	48	30	18	30	45	0.92
1600	下 部 上 部	32.7	46	25	11	30	40	0.65
		36.6	44	27	17	30	45	0.83
1800	下 部 上 部	27.6	33	22	11	30	40	0.63
		31.2	37	23	14	30	45	0.74
2000	下 部 上 部	29	36	23	13	30	40	0.65
		33.4	42	25	17	30	40	0.7
2200	下 部 上 部	33.7	46.5	26	20.5	30	40	0.67
		42.5	49	33	16	30	40	0.9

2 月 6 日

採油 時刻	試 料	放 電 電 圧 (kV)				コロナ電圧 (kV)		劣 化 係 数 K
		平均 A	最大値	最小値	最大一 B 最小	開始 電圧 C	連続 電圧 D	
0000	下 部 上 部	36.6	46	27	19	30	40	0.75
		35.6	41	32	9	30	45	0.91
0230	下 部 上 部	37	48	30	18	30	40	0.76
		36.6	47	30	17	35	45	0.9
0400	下 部 上 部	37.8	47	31	16	30	40	0.8
		38.6	47	30	17	35	45	0.93
0600	下 部 上 部	37.2	48	32	16	30	40	0.79
		38.4	46	32	14	35	45	0.95
0800	下 部 上 部	36.8	46	32	14	30	40	0.81
		36.4	47	30	17	35	45	0.88

第 1 表

0100 化成停止, 濾過再開, 停止時間 29 分
 0230 油試験 (0200降雨のため採油不能)
 0400 油試験
 0513 濾過停止, 濾紙交換, 濾紙は汚れず
 0528 濾紙化成開始
 0545 化成停止, 濾過再開, 停止時間 32 分
 0600 油試験
 0735 コロナ音2回
 0745 コロナ音3回
 0800 油試験 (最終)
 0801 濾過停止
 0804 O. C. B. # 2 及び # 1 を開放となす, 試験終了.
 油試験の結果は第1表に示す通りである. 表中平均Aは5回の放電々々の平均値, 最大値はその最大, 最小値はその最小で, Bは最大値と最小値の差である. コロナ電圧の中でCはコロナを開始する電圧, Dは連続コロナ(1分間100回以上)電圧であり, 劣化係数Kは次式より算出した値である.

$$K = \frac{A}{30} \times \frac{C+D}{35+45} \times \frac{1}{\frac{B}{50} + 1} = \frac{A(C+D)}{50(B+50)}$$

なお試料の項で下部は變壓器下部より採油したもので, 上部は濾過機の出口より採油したものである. 測定結果は試験油を採取してからいづれも約 30 分間放置後實施した値である.

以上の結果を曲線に描くと第4圖ないし第6圖の通りとなる. 第4圖は劣化係数の變化を示し, 第5圖はコロナ電圧, 第6圖は放電々々の平均値の變化を示す曲線である. なお第7圖は變壓器に負荷電流を流して濾過運轉中の變壓器の温度變化を示す. 温度は變壓器タンクの上

及び下部に寒暖計を取りつけて讀んだ値である.

5. 試験結果に対する考察

今回の試験により運轉状態にある變壓器の絶縁油濾過は注意深く實施すれば可能であるとの結論に達したが, 以下試験方法及び試験結果について考察を加えてみたい.

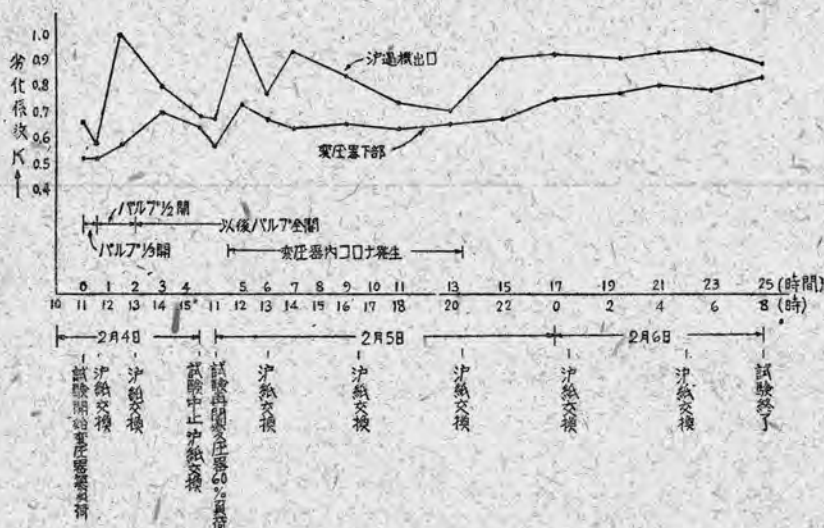
(イ) 供試變壓器にはコンサーベータがなく, 従つて濾過された油はマンホールより注入したので氣泡が變壓器タンク内に深く入るのを少なくするために蛇管の先に木板を縛りつけたが, コンサーベータのあるものはこの點今回の試験よりも条件が良い事になり, 直接蛇管からコンサーベータ内に油を注油して差支えない. たゞしコンサーベータと變壓器タンクの接續管の流量が濾過機の送油量より小さい時は變壓器タンクの上部に真空の部分が生ずるので, この點に關しては注意を拂わねばならぬ (この事は神戸變電所における試験の際に経験したことである).

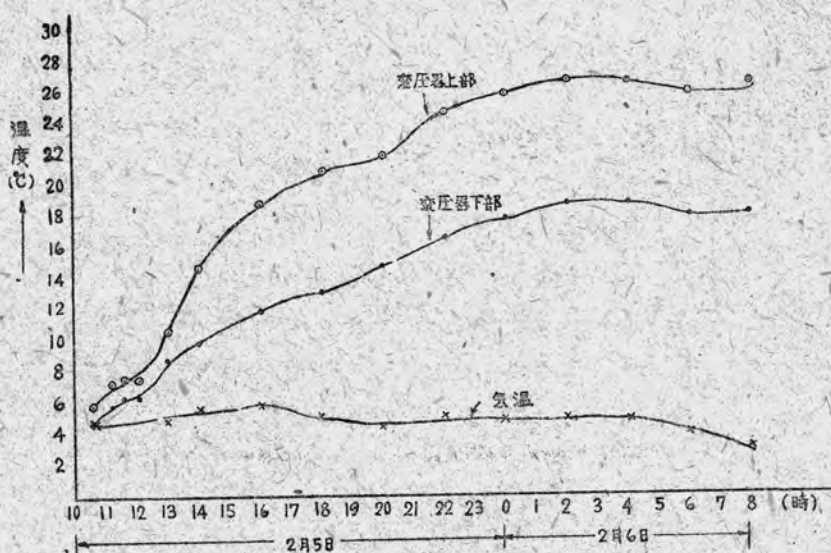
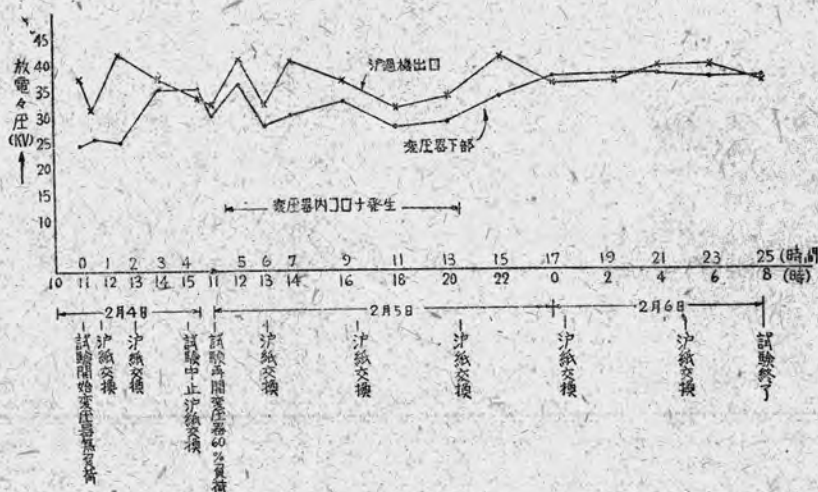
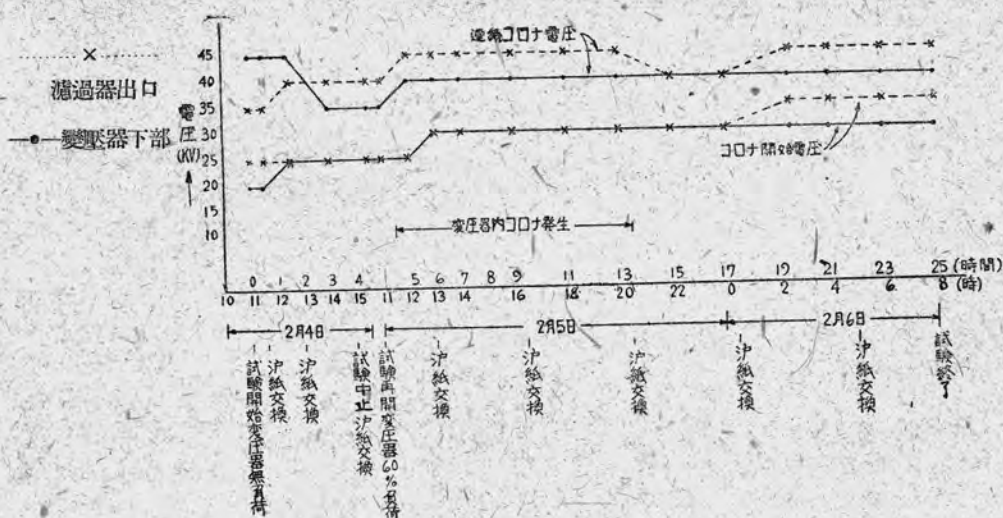
(ロ) 濾過運轉前に變壓器タンクの下部の油は若干抜き取つた後循環するのが安全であるが, どの程度まで劣化したものが抜き取られねばならぬかという問題は未だ試験回数少なきため結論を下す事はできない.

(ハ) 濾紙は2月4日 (第1日目) 午前 11 時に變壓器無負荷で濾過を開始してから2月6日午前8時濾過終了まで延 25 時間に8回交換し, 最初は30分間次は1時間, 次は2時間と次第に間隔を大にし, 後に4時間ごとに交換した. 濾紙交換の際に濾紙の化成を實施することは絶対に必要である.

2月4日の最初及び二度目に交換した時は濾紙に少量の水分及び塵埃が認められたが, 15時30分の交換の際及

第4圖
劣化係数の
變化





び2月5日變壓器負荷運轉に入ってから2時間目第1回目の交換の際は濾紙にほとんど塵埃は認められなかつた。

ところが16時30分、20時40分の濾紙交換の際はかなり多量の黒いスラッジがあり、2月6日0時30分の交換の際にも少量の黒いスラッジが認められ、その以後においては濾紙の汚れは認められなかつた。2月5日16時30分及び20時30分の交換の際多量のスラッジがめられた事は、變壓器が無負荷の際には油は或る一定の認通路に従つて變壓器内を循環しているが、負荷運轉の場合は變壓器の温度上昇による對流のために、油は攪拌され、ラジエータ内部その他の場所にあつた塵埃が出て來たものと考えられる。第7圖の温度上昇曲線より見て2月5日12時頃から24時頃までが最も温度變化の大きい事がわかる。濾過の進捗と共にこの塵埃はなくなり濾紙は汚れなくなつたのである。

(二) 第4圖は變壓器の下部と濾過機の出口から採油して試験した劣化係数の變化曲線で試験開始前に變壓器下部で0.53 濾過機出口で0.67であつたものが、圖の如き變化をして試験終了の際は變壓器下部で0.8、濾過機出口で0.9となつた。濾過が完全に終了すれば變壓器下部と濾過機出口の劣化係数が等しくなるはずである。

試験の最初頃特に濾過機出口の劣化係数が非常に不規則な變化を示しているのは、第6圖の曲線に見られる通り放電電壓が不規則に出たためで、全體の試験を通じ放電電壓はコロナ電壓に比較對照して大分高目に表われている様に考えられる。第5圖はコロナ電壓の變化曲線で、濾過機出口では最初25kVでコロナを開始し、35kVで連續していたものが、開始電壓も連續電壓も次第に上昇し、終りにはコロナ開始電壓35kV 連續コロナ電壓45kV となり標準狀態の結果と一致する様になる。途中で一度連續コロナ電壓の低下した原因は不明である。變壓器下部は最初20kVでコロナを開始し45kVで連續していたがすぐ連續電壓は35kVに低下した後また40kVに上昇し、開始電壓は次第に上昇して30kVになつた。變壓器下部で最初コロナ開始電壓が20kV 連續コロナ電壓が45kVで比較的コロナ開始より連續までの範圍が廣く連續電壓が高目に表われているのは油中の水分のためで水分がなくなつたと考えられる所の第2回目の濾紙交換の後には連續コロナ電壓が低下し、その後40kVになつた。濾過が完全に終了すれば變壓器下部においても開始電壓が35kV、連續電壓が45kV程度まで上昇すべきである。

(ホ) 變壓器内部のコロナは2月4日變壓器無負荷運轉で濾過中は一度も發生しなかつたが、2月5日壓變

器を負荷狀態で濾過し始めたら間もなくコロナを發生し初め、特に12時頃から18時頃までに最も多く、連續コロナが1分間程度連續した事もあつた。濾過の初め變壓器無負荷の場合には變壓器内にコロナは發生せず、負荷運轉に入ってからコロナを發生し出した事は變壓器の温度上昇による絶縁油の對流のために油中の塵埃が盛んに攪拌されたためであると考えられ、この事は2月5日16時30分及び20時40分の濾紙交換の際に濾紙が非常に汚れていた事と考え合わせると時間的によく一致する。20時30分以降ほとんどコロナ發生を見なかつたのは濾過により油が良くなつたためである。

(ヘ) 本試験では最初4時間は變壓器無負荷で濾過し、その後變壓器負荷狀態で濾過を実施したが、本試験結果から考察すると、最初から負荷狀態で濾過しても心配はないと思う。もしコロナの發生狀況が甚しくて危険を感じる時は濾過機のバルブをしぼれば良い。

コロナ發生は數分間の連續コロナ程度は大丈夫な事が本試験結果よりわかつた。變壓器内でコロナ發生に加えて「ジー」といふ音を時々發生していたが、この音はどこで發生するか不明である。恐らく油の表面の泡の部分で靜電的の放電が起つていたものではないかと考える。

以上の結論として

(1) 變壓器を電壓印加したまゝの運轉狀態でその油を濾過する事は注意深く實施すれば可能である。

(2) 變壓器内のコロナは油中に塵埃の多い時は發生するが、濾過が進捗すれば次第に出なくなる。

本試験により活變壓器の油濾過に関する多くの貴重なデータが得られたが、今後も機會あればこの種試験を実施したい。

本試験にあたり種々御便宜を賜つた日發中國支店發變電課吉村氏、梅木氏、同山口支社長妹尾氏、長門變電所長堀野氏に感謝すると共に、試験に協力を賜つた長門變電所の方々に深謝する次第である。

なお本試験は當社本店業務部電力技術課長木村技師の盡力と指導によつて實施されたもので、研究所電氣課長横須賀技師の指示に負うところも多い。こゝに特記する次第である。

文 献

- (1) 木村、内田 電力(昭22-12)
- (2) 木村、原 三菱電機(昭22-5)
- (3) 木村、原 電氣日本(昭23-8)

直流電磁接觸器の接觸子材料

消弧機構を備えた直流電磁接觸器の接觸子は比較的大きい負荷を開閉して、異常に消耗したり、溶着したりすることがある。この觀點から從來の銅接觸子と燒結合金、銅タングステンその他とを DC 200V, 300A誘導回路で比較實驗し、溶着回数の測定及び接觸抵抗、接觸子消耗量、接觸子温度上昇の開閉回数に對する變化を測定したものである。

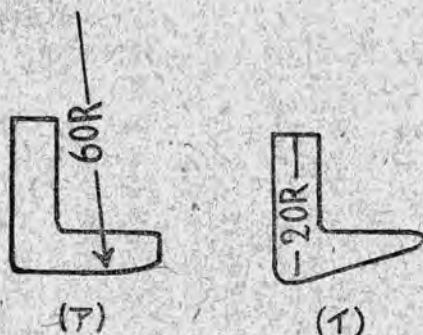
伊丹製作所 待 鳥 正

1. 緒 言

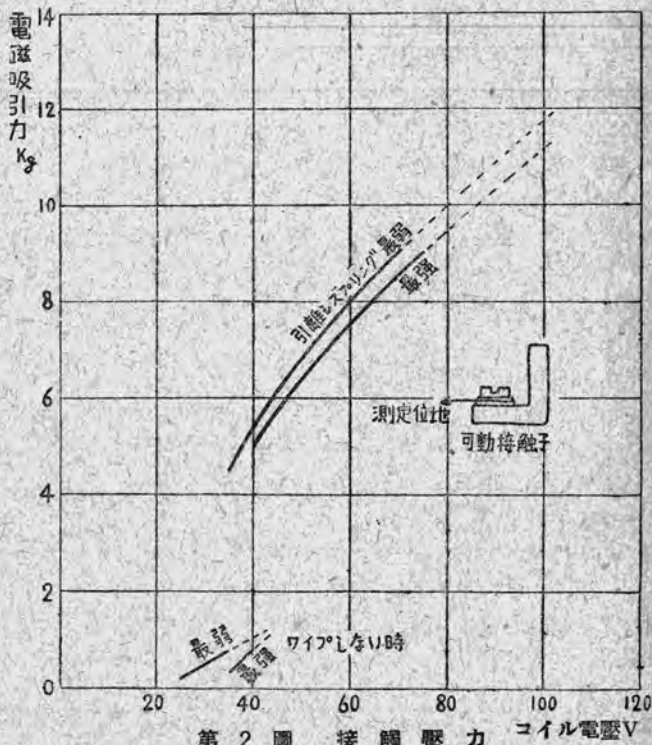
溶着がしばしば起り損耗が問題になる中負荷重負荷用の接觸子として、冷陰極材料と熱電子系材料を組合わせたもの、例えば銅タングステン、銀タングステン、銀モリブデン等の燒結合金が優れていることが今までの色々の文¹⁾に述べられている。油中開閉器や氣中の交流または小負荷の直流に關する研究は種々行われて、結果が發表され、それに対する解釋が加えられているが、直流重負荷に關する研究發表は殆んどないので、當面した問題である直流 200V, 200A の接觸器にこれらの燒結合金を採用してよいかどうか直ちに判斷することができなかつた。

開路時の發生電弧の大きい直流重負荷の接觸器は消弧装置やワイプ作用を備える必要があるために、各種材料の精密な比較研究は難かしいのであるが、一應の目安をつけるためにこの實驗を行つた。接觸子の研究としては接觸壓力や電流を變化して接觸抵抗や消耗量を比較しなければならないが簡單のために、ある接觸壓力、ある電流での接觸抵抗と消耗量及び温度上昇を測定し、そのほか溶着に關し2つの接觸子形狀を比較した。

2. 實驗方法



第1圖 接觸子形狀



第2圖 接觸壓力 コイル電壓V

ケ, Cu-W5……………c 社製銅タングステン
 コ, Ag 30-Mo 70……………b 社製銀モリブデン
 サ, Ag 40-Mo 60……………b 社製銀モリブデン

ア, イ, エ, オ, カは溶着試験, 消耗試験に擦り直して幾度も使用した。接觸器の操作は時限繼電器を用いて電磁コイルの電流を開閉して行つた。回路條件は多少の變動はあつたが 8.6mH, DC 200V, 300A の誘導回路, 開閉頻度毎分 82 回または 64 回, 接觸子間隙は 11・5 mmであつた。

接觸子の温度は固定接觸子の取付部に銅コンスタンタン熱電對を取付けて測定し, 接觸抵抗は 300A 流した

時の接觸子間の電壓降下を測定して算出した。實驗ではすべて固定接觸子を陽極, 可動接觸子を陰極とした。接觸壓力はワイブした時 1・3kg であつて, 第 2 圖には電磁コイルの操作電壓による吸引力の實測値を示す。同圖は引離しのスプリング最弱と最弱の各々の位置で可動片最終位置の牽引力を測つたものである。下方の「ワイブしない時」とあるのは電磁吸引力がスプリングよりも弱い時であつて, 可動片は未だ最終位置に達していないので, ワイブした時の曲線との間が切れた圖になつている。

3. 溶着試験

回路條件	電磁コイル 操作電壓 V	接觸子材料	始めて溶着 した回目	溶着回数	開閉回数	摘 要
D. C. 6 V. 500 A 無誘導	45	Cu 2	7	15	500	7 回以後ワイブしなかつた
		Cu 1	82	38	300	46回以後ワイブしなかつた
		Cu—W 1	—	—	500	
	90	Cu 2	118	38	300	
		Cu 1	—	—	300	
D. C. 約 200 V. 300 A. 8・6 mH, 開閉頻度86 回/分	65	Cu—W 1	—	—	200	
		Cu 2	—	—	200	
	40	Cu 1	215	1	415	
		Cu 2	4	10	390	10回中 8 回は自分で離れた
	30	Cu 1	4	3	6	
			5	9	39	
			1	1	1	
		Cu 2	10	3	336	
			20	4	311	
			—	—	200	
		Cu—W 1	—	—	200	
		(+) Cu—W 1	3	5	31	
		(-) Cu 1				
		(+) Cu 1	2	4	20	
		(-) Cu—W 1				
		(+) Met .C				
		(-) Cu 1	—	—	70	電弧が大きい
		(+) Cu 1				
		(-) Wet .C	—	—	100	同 上

第 1 表

ア、DC 6V, 500A無誘導負荷の時

引離しのスプリング最弱位置で電磁コイルの操作電圧を変えて、Cu 1, Cu 2, Cu-W 1, Met. Cの材料の溶着回数を調べた結果を第1表に示す。

イ、DC 200V, 300A, 8・6mHの時

引離しスプリング最弱位置に置きアと同じ実験を行ない、その結果は第1表に示す。第2圖でわかるように第1圖(ア)の形状の接觸子はコイル操作電圧 35V 以上でワイブする。35V よりも少し高い電圧では面が荒れるとワイブしなくなる。溶着の現象は操作電圧の高い時すなわち十分ワイブする時には殆んど起らないので、主に電圧の低い時について実験を行った。

ウ、考 察

(1) Cu 1 と Cu 2 を比較すれば操作電圧の低い時は Cu 2、操作電圧の高い時は Cu 1 が良いと云うことがわかる。これは第2圖で操作電圧 30V の時は Cu 1 の接觸壓力は 500g であつてワイブせず、閉路時溶融した位置でのみ接觸が行われるので溶着し易い。これに反して Cu 2 では可動片が最終位置に近づくで接觸壓力が 4 kg 近くに達し、ワイブしていたものと考え、と溶着は起りにくい。操作電圧が高い時には Cu 1 は十分ワイブするので溶着しない、これに反し Cu 2 は閉路時の吸引力が殆んど 10kg に達し、跳りが起つて溶着し易いのではないかと考えられる。従つて最低動作電圧さえ高くてもよいならば Cu 1 の形状が良いと云える。

(2) Cu-W は溶着は起らないが、極の一方に Cu を使えば溶着が起る。一方に溶融し易い材料があれば他方に溶融しにくい材料を使つても溶融した銅がくつつく限り溶着はまぬがれない。

(3) Met. C は Cu と組合わせて使用しても溶着しない。この時は Cu が溶けて Met. C にくつついても C 材料が脆くて離脱するので溶着は起らないが、Met. C の消耗は激しいことになる。

4. 連続開閉試験

この試験で接觸抵抗、消耗量、温度上昇を測定した。実験を2度行つたので第1、第2實驗として説明する。

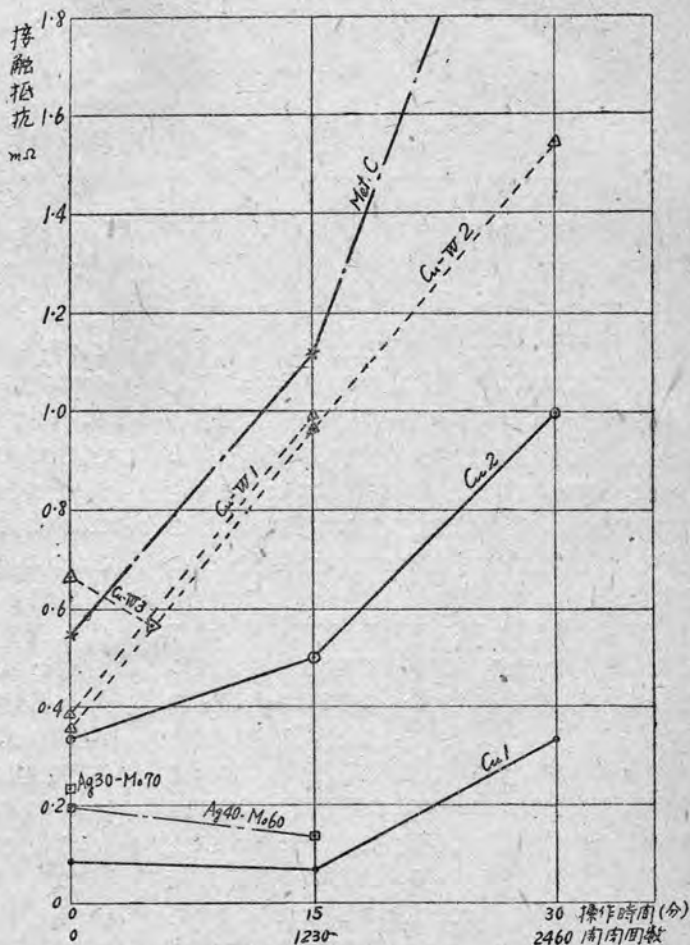
ア、第1實驗

多少の變化はあつたが DC200V, 300A,

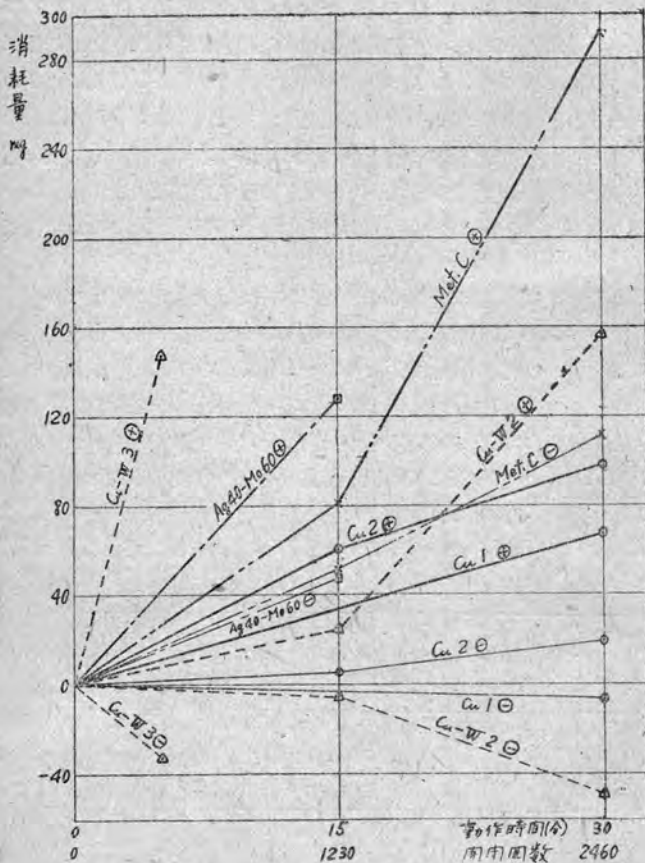
8・6mH, 82回/分、コイル操作電圧 80V の條件で15分づつ連続開閉し、Cu 1, Cu 2, Cu-W 1, Cu-W 2, Cu-W 3, Ag 30-Mo 70, Ag 40-Mo 60, Met. C の材料について接觸抵抗と消耗量を測定した。その結果をそれぞれ第3圖と第4圖に示す。この接觸器としては相當苛酷な試験であるので接觸子温度が高くなつて Cu-W 1 と Ag 30-Mo 70 の鍍付が離脱したので測定出来なかつた。Ag 40-Mo 60 は鍍付した試験片が薄く Cu の部分が露出したので 15 分で中止した。また Cu-W 3 は溶着が起り消耗が甚しかつたので5分で中止した。實驗が苛酷すぎたのに一原因はあるが、鍍付が離脱したものは中央部に鍍が洗れていないものや鍍付のフラックスが残っているものであつた。残留しているフラックスが滲み出して電弧が緑色を呈するものもあつた。

イ、第2回實驗

Cu 3, Cu-W 4, Cu-W 5 の材料で接觸抵抗、消耗量、



第3圖 接觸抵抗



第 4 圖 接觸子消耗量

温度上昇の測定を行つた。回路条件は多少の變動はあるが DC 200V, 280A, 8・6mH, 64 回/分コイル操作電圧 115Vであつた。第1回實驗で接觸子温度が相當高くなつて色々故障を來したので、今度は始め接觸子温度を 150°C で抑え、後半では 200°C~250°C に抑えて注意深く實驗した。従つて數百回開閉して冷却を待ち、また同じ回数づつ開閉して接觸子を取換え各材料を交互に測定した。

接觸抵抗は第2表に示す。消耗量と温度上昇はそれぞれ第5、第6圖に示す。第5圖の消耗量は最初の測定の開閉回数が各材料で少し違つたので第2回目の重量測定時を0として畫いたものである。温度上昇曲線は數回測定したのであるが、Cu3 は電流値が幾分高い時には温度上昇も大きく表れ、Cu-W5 は開閉回数が増せば温度上昇も大きくなるがその各段階で電流値の順に温度上昇曲線も並んでゐた。Cu-W4 は幾本かの曲線は接近して上述のような判斷はできなかつた。これらの中の近い電流値のものを取り出したのが第6圖である。同圖の Cu3 と Cu-W4 は 4000 回前後の測定であり、Cu-

實驗順序	測定時	接觸抵抗 mΩ		
		Cu	Cu-W4	Cu-W5
1	始終			0.38 0.78
2	始終	0.126 0.076	0.17 0.88	0.58 0.79
3	始終	0.267 0.031	0.67 0.89	0.90 0.95
4	始終	0.063 0.035	0.70 0.70	0.94 1.30
5	始終	0.377 0.033	0.62 0.58	1.12 1.26
6	始終	0.464 0.179	0.46 1.24	

第 2 表

W5 (284A) は 3000 回前後、Cu-W5 (281A) は 2000 回前後の測定である。Cu-W5 は材料の消耗移轉が甚しく温度上昇も大きくなつたので途中で中止したのである。實驗後の寫眞を第7圖に示す。

ウ、考 察

(1) 接觸抵抗

第3圖から接觸抵抗の順位は

Met. C > Cu-W1, Cu-W2 > Cu2 > Ag-Mo > Cu1

となる。Cu2 が豫想外に大きいのはワイブ作用が少なく接觸面と電弧發生面とが接近しているためと思われる。第2表ではワイブ作用が完全でありその上温度上昇を抑えていたために著しい接觸抵抗の増加は見られなかつたがその値を比較すれば、

Cu W5 > CuW4 > Cu

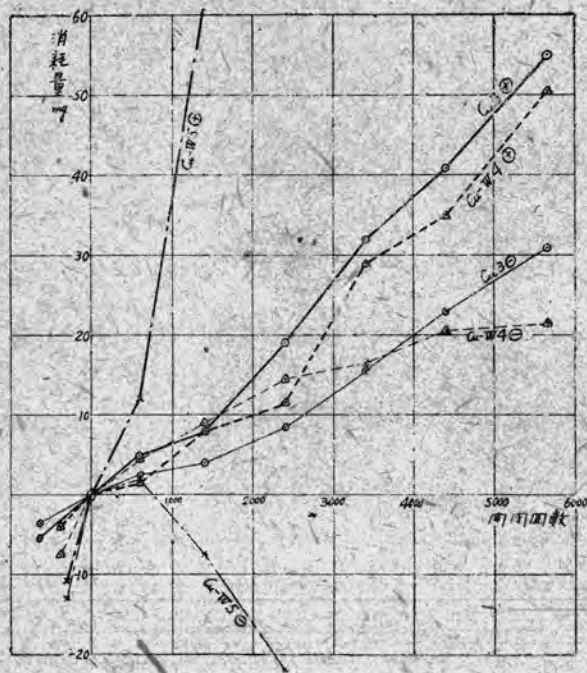
となつてゐる。また第2表で Cu3 は連續開閉操作の始めでは終りより著しく抵抗が増しているのは Cu の酸化膜の抵抗のためであつて、電弧により容易に酸化膜が破れることがわかる。これに反して Cu-W は順次に大きい抵抗値を示している。

接觸子の形狀同じものについて上の結果を綜合すれば接觸抵抗は次の順位になる。

Met. C > Cu W > Ag Mo > Cu

(2) 消 耗 量

第1回實驗は相當苛酷であつたので第2回實驗の結果すなわち第5圖から判斷して見る。Cu3 + 極、Cu3 - 極、Cu - W4 + 極は約 1500 回位からほぼ直線的に消耗してゐて、Cu3 + 極と Cu-W4 + 極は平行に進む



第 5 圖 接觸子消耗量

傾向にある。消耗状況を見れば Cu 接觸子は Cu の溶けた粒子が飛散している、Cu-W 接觸子は陽極の接觸面(電弧發生面の部分)の一部が凹んで取れて陰極にくっつくような傾向があつて、これは第 5 圖でも見られる。

第 4、5 圖 いずれも消耗量は+極が大きく-極が小さく表われている。接觸子材料の移轉現象は一般の説によれば次のように分類される。矢印は移轉方向を示す。

- 小移轉……………電弧放電を伴わない時
 - 陽極 → 陰極
- 短間隙の移轉……………電弧長短く陰極降下部を缺く時
 - 陽極 → 陰極
- 大移轉
 - 正規移轉……………電弧柱を伴う時
 - 陰極 → 陽極
 - 異常移轉……………電極に對し電流が過大か、特殊の雰囲気電弧を發生する時
 - 移轉量が著るしく増大することがある。

この實驗は明らかに異常移轉に屬するものであつて、その移轉方向が陽極→陰極と表われたことを考へて見れば、陰極から放射された電子の流速に比し、陽イオンは殆んど静止していると見てよ

いので陰極面前の陽イオンは吹消コイルのフラックスによつて吹き飛ばされ、陰極降下が小さくなつて短間隙の移轉に近い移轉現象が表われるのではないかと思われる。

陽極の消耗量を比較すれば

$\text{Cu W5} > \text{Cu 3} > \text{Cu W4}$

第 4 圖は各々の條件が違つていたかも知れないが 15 分の時の消耗量は

$\text{Cu W3} > \text{Ag Mo} > \text{Met. C} > \text{Cu 2} > \text{Cu W2}$

30分操作後の消耗量は

$\text{Met. C} > \text{Cu W2} > \text{Cu 2} > \text{Cu 1}$

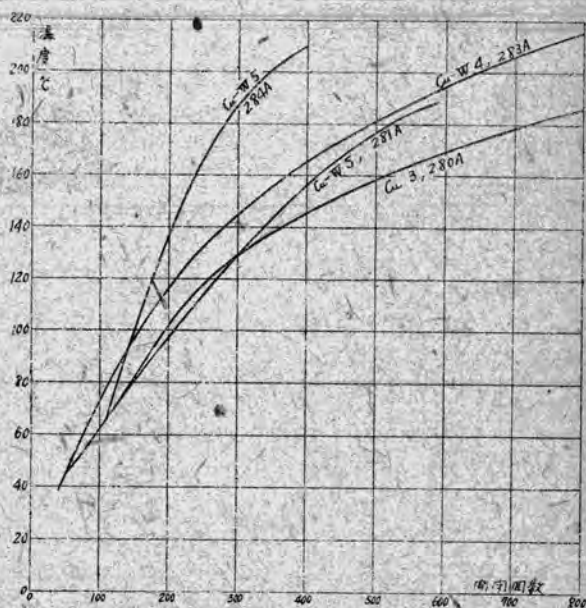
綜合して見れば Met. C は特に消耗が甚しくこの接觸器には適しない、Cu-W はその結合組織によつてすなわち製作方法によつて相當の差違が表われているが、a社製の Cu-W は Cu 1 とほぼ同様の成績である。

(3) 溫度上昇

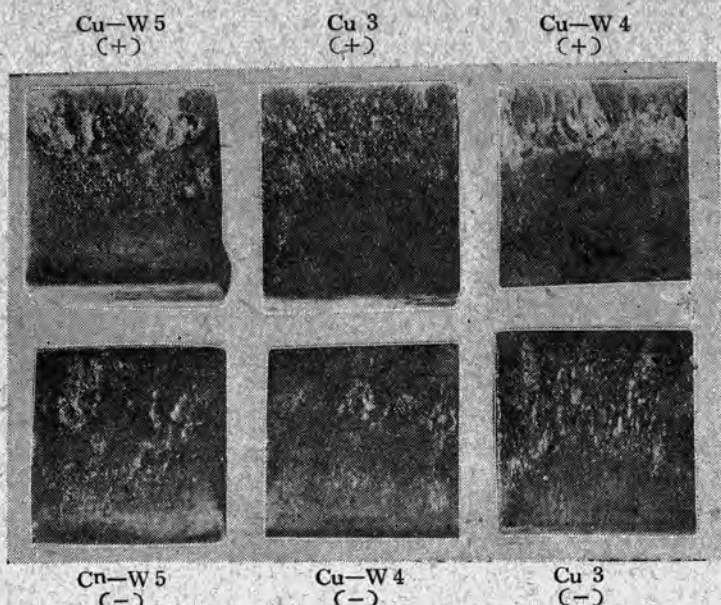
第 6 圖で Cu 3 と Cu-W 4 は同じ開閉回数であり、Cu-W 5 (284A) はそれより 1000 回少ない時の曲線である。それで各材料の溫度上昇は

$\text{Cu W5} > \text{Cu W4} > \text{Cu 3}$

であつて、Cu-W の溫度上昇は消耗量と密接な關係があり、Cu は開閉回数による影響が少なかつた。Cu-W 5 のように急激に溫度が上昇するのは接觸子に取つては面白くないことである。



第 6 圖 接觸子溫度上昇曲線



開閉回数 Cu 3.....6270 回
 Cu-W 4.....6025 回
 Cu-W 5.....3700 回

第 7 圖 試験後の接触子 (1.32倍)

5. 結 言

以上接触子の種々の材料の試験状況について述べたが、b と c 社製の銅 タングステンは結果が良くなかった。また銀モリブデンは鍍付した試料が薄かったので、a 社製の Cu-W 及び Cu と Met. C の三つの材料を比較すれば次のようになる。

ア、接触抵抗.....Met. C > Cu-W > Cu

イ、陽極消耗量.....Met. C > Cu-W > Cu (第1試験)
 Cu > Cu-W (第2試験)

ウ、温度上昇.....Cu-W > Cu

エ、溶 着.....Cu は起つても Cu-W, Met. C は起らなかった。従つて直流電磁接触子の 200V, 300A 附近では次のような結論になる。

ア、メタリックカーボンは消耗が甚しくて適切でない。
 イ、十分ワイブ作用が行われれば銅が最も適している。
 ウ、溶着が問題になる時には良い結合組織を持った銅タングステンを使用すれば良い。

以上不十分な試験であつたが幾分の御参考になれば幸である。

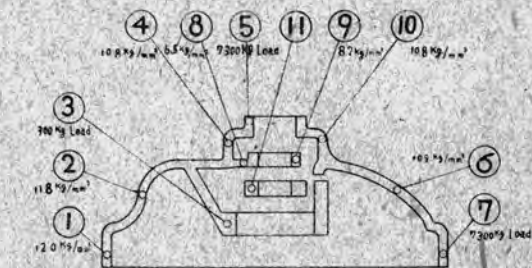
最後に電機課吉田技師、検査課佐宗、宮前兩技師に懇切な指導を受け試験に當つて援助を受けたことを附記する

文 献

- (1) 鳳誠三郎：開閉接触子材料に関する諸問題
 「電學誌」 61, 632 (昭 16-3)

正 誤

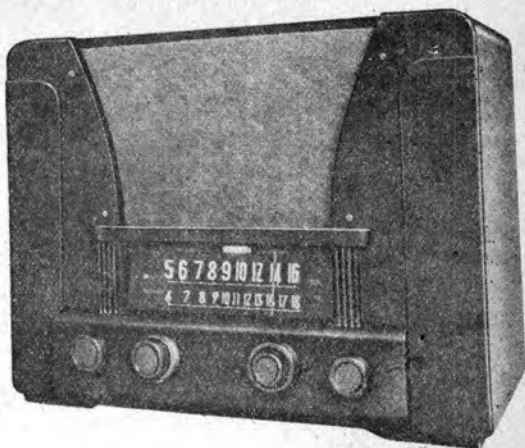
VOL. 22 No. 6 「Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響 (第1報)」 5 頁右側第3圖を下記のように訂正致します。



新製品紹介

ダイヤトーン 49-K型ラジオ

受信方式 16球スーパー ヘテロダイン式
(ネガティブ フィードバック付)
受信周波数帯 550~1600キロサイクル 6~18メガサイ
クル
中間周波数 463キロサイクル
使用真空管 6W-C5 周波数変換管 UZ-6D6 中
間周波増幅管
6Z-DH3 第二検波, 自動音量調整,
低周波増幅管
UY-76 低周波増幅管 UZ42出力
増幅管 KX-80整流管
無歪出力 2キロワット
感度階級 極微電界級
高 聲 器 6 $\frac{1}{2}$ 吋エレクトロダイナミック式 フ
リ-エッジ型
フールド抵抗 1500 Ω
電 源 50~60サイクル 100~85ボルト
消費電力 75ワットアンペア
型 状 高さ375耗 幅496耗 奥行258耗
全 重 量 12キログラム



「三菱電機」 VOL. 23 NO. 3 掲載内容

最近の大型変圧器について……………田 宮
25,000KVA中性點絶緣低下變壓器の
衝擊電壓試験……………村 上
柱上變壓器……………内 田
EV型 デアイオン避雷器……………大 木

新製品紹介

「三菱電機」 VOL. 23 NO. 5 内容豫定

鐵製イグナイトロン整流器冷却方式について……………加 藤
電車斷流器の遮斷特性……………小 川
鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響……………尾 島
(第2報)濕潤による熱傳導率の變化……………長 明
代用フィッシュ紙について……………尾 島
新型三菱電氣扇……………野 口
Heaviside 演算法に對する新しい考察と……………菅 野
その電氣回路解析における應用 (XVI)
新製品紹介

「三 菱 電 機」 VOL. 23 NO. 4

昭和24年7月30日印刷

『禁無斷轉載』

昭和24年8月5日發行

定價1部 金15圓(送料共)

編輯兼發行人

小 林 稻 城

印 刷 者

大 橋 松 三 郎

印 刷 所

東京都港區麻布竹谷町一番地
博文堂印刷所

發 行 所

東京都千代田區丸の内2丁目2番地
三菱電機株式會社内
「三 菱 電 機」編輯部

電話丸之内線 3 3 4 4 (6)
日本出版協會會員番號B213013