

# 油ワニスの高周波加熱乾燥

土 屋 英 俊

## ON CURING OF INSULATING VARNISHES BY RADIO FREQUENCY HEATING

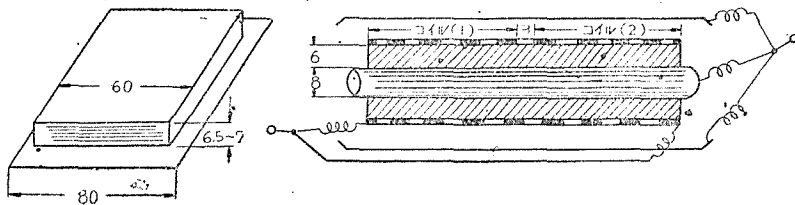
Hidetoshi TSUCHIYA

### I. 緒 言

油性絶縁ワニスとして最も用途の多い、W-25及W-28の両種を、相当部厚の基材に含浸して、高周波加熱により乾燥した結果について報告する。ベーク予熱、ゴム加硫、ヴィニール接着等に比すれば、はるかに長時間を要するワニス乾燥に、高価な高周波電力を使用する事は、一般的意義には乏しいのであるが、特に表面乾燥に比し内部乾燥が重視される場合と、ワニス類の乾燥進度を溶剤蒸発の立場より考察する事、を本研究の主な対象と為している。後者について言えば、溶剤成分の蒸発温度は可なりまちまちで、大体60乃至150°C位に拡がつて居り、而も重合作用に対して、溶剤の存在は有害と考えられる故<sup>(1)</sup>、絶縁ワニス処理物の絶縁性能を支配する有力な一要素として、乾燥（加熱）手段が問題となる訳である。ワニス類の組成の複雑性並に秘匿性と、測定用器具類の不備の為、厳密に定量的関係を指示する事は困難であるが、高周波加熱の特徴は略々把握し得たと信じ、大方の御批判を乞う次第である。なお実験は熱気乾燥と並行して行われているが、温度測定が困難故比較検討には注意を要する。

### II. 試料及測定器具

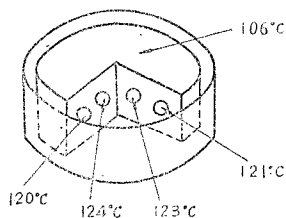
使用せるワニス類はW-28（菅原電気製）並にW-25（寺岡製作所製）の二種類である。W-28はアマニ油が主成分で、比較的薄物に使用する様である。W-25は桐油を主



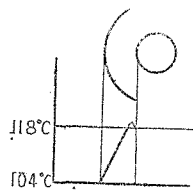
第 1 図

成分とし、アマニ油、荏油を少量混じ、更に天然樹脂以外に石炭酸樹脂も含有し、其他ギルソナイト、微量の乾燥剤等により組成されている。各成分の比率、溶剤の組成は審

に為得ない。基材にはブラックテープ用綿布を入手し使用した。発振器は5乃至15MCで略々1KW程度のもので、TC-517(日電)を二本使用している。検流計は感度 $3.5 \times 10^{-10}$ アンペアで、回路並に測定電極はリーク電流除去に関して充分注意した。実験を行う場合の主な試料は、重ね試料とモデルコイルであるが、構造寸法は第1図に示した。重ね試料は前記綿布15枚とした。モデルコイルでは、中心銅パイプと相手電極になるDCC線の線輪との間は、綿布テープで約6耗程度の厚さに巻き、外側は半掛1乃至3回巻き程度である。DCC線の線輪は中央でピッチ(3耗)程度離れた2ヶの線輪より



第 2 図



第 3 図

り成立つてゐる。温度測定はアルコール温度計を使用し、夫々の場合につき適当に推定した。例えばシャーレーの場合では、ソルベントが蒸発して粘調となつてからは厚み、電界強度、周囲条件等により一定温度を保持する様調整した。重ね試料では、温度計先端を被覆して測定せる表面温度で試料の温度を代表せしめた。この場合内部温度の大体の推定を為すべく、第2図の如き模型品を作製し内部温度と表面温度を実測した。モデルコイルの場合は第3図の如き温度分布が考えられるので、心棒の銅パイプ中に温度計を挿入せる際の温度を以て、モデルコイルの温度を代表せしめた。

### Ⅲ. 膜 の 乾 燥

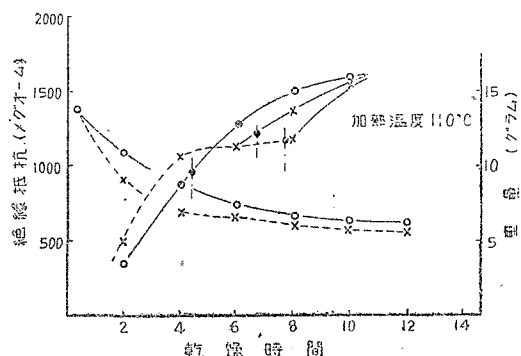
不揮発物43%のワニスを厚さ一耗程度の鉄板上に流し、余滴を切つて乾燥した。膜厚は高周波加熱( $H_r$ で示す)でも、乾燥器( $H_a$ で示す)でも、W-28では0.5~1.0耗、W-25では0.5~1.5耗位で、何れも場所により不同であるがW-28の方が幾分均一である。加熱方法で比較すれば、 $H_r$ では厚い部分より乾燥し出し、 $H_a$ では薄い部分が早く乾く。 $H_r$ の皺は粗いのに対し $H_a$ では網状に細い。又 $H_r$ の場合、W-25はW-28に比し相当乾燥困難である。結局薄い塗膜の乾燥には高周波加熱は不適當で、赤外線乾燥<sup>(2)</sup>の方がはるかに有利であろう。

### Ⅳ. シャーレー内の乾燥

シャーレー内に同心のリング状電極<sup>(3)</sup>を配置し、W-28を満たして加熱し、絶縁抵抗と質量を測定せる結果を第4図に示す。実線は $H_a$ 、点線は $H_r$ である。破線の位置は皮膜生成の認められた時刻である。第4図より次の如き考察が可能と思われる。ソルベント

蒸発の傾向より、 $H_r$  と  $H_a$  の相対的温度関係には、乾燥後期に至るまで著しい変化は無く、概して  $H_r$  の方が残留溶剤は少い。絶縁抵抗は初期においては溶剤の蒸発程度に支配される様であるが、

結局は表面よりの酸化重合の進度により増大する。後の理由によりアマニ油を主成分としたワニスの乾燥には、 $H_r$  の如き温度分布は不適であると考えられる<sup>(4)</sup>。然乍ら溶剤の蒸発にはこの温度分布が有利なのであろう。由つて以後の実験は桐油を主成分としたW-25のみについ



第4図

て行つた。W-25は誘電体損がW-28に比して小さい故、同様シャーレー中ではしばしば放電の危険がある。従つてリング電極を外して加熱した所、 $H_r$  の場合は  $H_a$  に比して、溶剤蒸発は早く、表面酸化膜の生成はおくれるという結果を得た。

#### V. 重ね試料の乾燥<sup>(5)</sup>

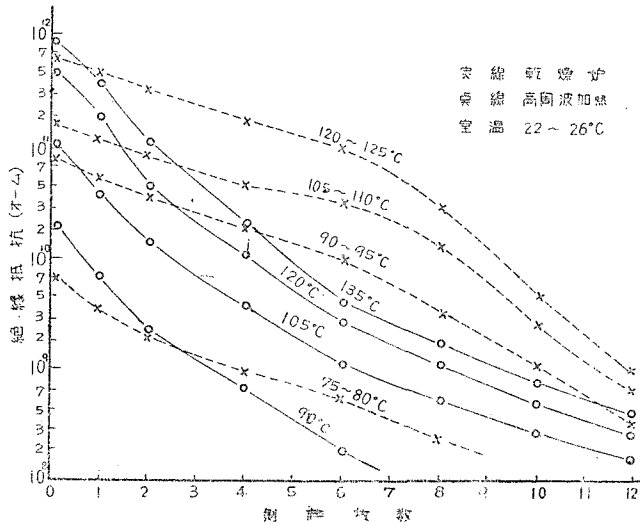
綿布15枚宛重ねた試料を、 $H_r$  と  $H_a$  夫々4組宛作製し、含浸前の予熱も、 $H_r$  の組は高周波で、 $H_a$  の組は乾燥器中で加熱した。含浸は前後2回不揮発物34%と43%のW-25中で行つた。温度其他の条件は第1表に示してある。乾燥初期では30分毎に、後には1

第1表 重ね試料の含浸

合 浸 回 別	第 一 回		第 二 回	
	乾 燥 爐	高 周 波	乾 燥 爐	高 周 波
ワニスの不揮発物 (%)	34	34	43	43
引上直後の含浸量 (gr.)	14.2	14.25	11.7	12
乾 燥 温 度 (°C)	120	105~108	120	106~110
乾 燥 時 間 (時)	10	10	14	14
含 浸 量 (gr.)	4.9	4.85	5.0	5.2

時間毎に絶縁抵抗(厚み方向)を測定したが、 $H_r$  の方が幾分乾燥が速いという程度で大差はない。次にこの試料に第2回の含浸をして乾燥すると乾燥曲線では大差は認められぬが、綿布を1枚宛剝離し、絶縁抵抗を測定した結果、 $H_r$  と  $H_a$  とで第5図の如き顕著な差異が認められた。図では温度をパラメーターとして剝離枚数と絶縁抵抗の関係を示して居り、点線は  $H_r$  実線は  $H_a$  の場合である。又第1表より第1回含浸後では、 $H_a$  と  $H_r$  とで含浸量の差は認められぬが、第2回含浸後では  $H_r$  の含浸量の方が多い。この原

因が予熱にあるか乾燥経過にあるかは判然としない。しかし之等の事實は、剝離の際の所要張力や1枚毎のピンホールを観察からも指摘出来る。 $H_r$ の絶縁抵抗曲線で下端が

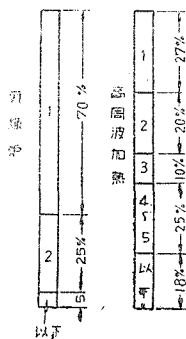


第 5 図

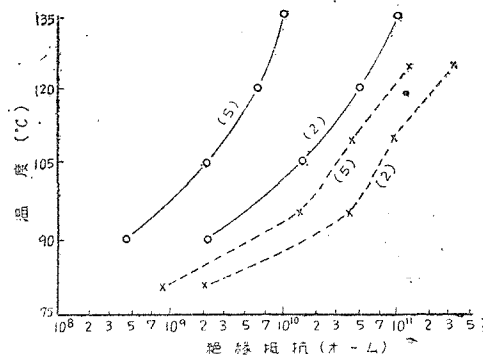
急に落ちて居るものがあるのは金属板の冷却作用に由る。乾燥後の厚さは何れも6.5~7耗であつた。又加熱時間がこの程度ならば剝離に際して不都合は無い。第6図は $H_r$ と $H_a$ の場合の、表面よりの各層の絶縁抵抗の分担割合を、百分率で比較した一例である。 $H_r$ の場合でも勿論表面程乾

いているが、 $H_a$ の著し

い偏りに比すれば、内部乾燥が相当改善されたというべきであろう。第5図で、枚数2の位置と5の位置で切つて得られる曲線を第7図に示した。点線は $H_r$ 実線は $H_a$ の場合である。温度測定の特より、 $H_r$ と $H_a$ のデータを直接比較する事は勿論不可であるが、



第 6 図



第 7 図

各々の傾向を比較することは可能であろう。 $H_r$ では温度上昇に伴う(2)と(5)の両曲線の間隔が略々等しい故、比較的表面に近い所でも、中心部以下においても、温度上昇に伴う絶縁抵抗の増加率が略々不変といえよう。他方 $H_a$ では、両曲線の間隔は、温度上昇に伴い狭がる傾向にある故、温度上昇による絶縁抵抗の増加率が心部程小さくなり、従つて温度を或る程度以上高めても、内部乾燥にはそれ程効果は無いわけである。

即ち $H_r$ の場合は、内部における熱的乾燥（酸化重合、熱重合の何れにせよ）が殆んど何物（例えば溶剤残留物）にも妨害されぬのに反して、 $H_a$ では深部程かゝる妨害が甚しく、従つて温度を高める程深度による乾燥度の差が大きくなると考えられる。この理由としては、 $H_r$ の場合はその温度分布と大なる熱供給速度からして、溶剤は表面へ移動する傾向が強く、依つて $H_a$ の場合の如く、表面に溶剤が不足となり皮張等を生じ、表面乾燥後内部に少量溶剤が残るという様な不都合が無い事が考えられる。

## Ⅶ. モデルコイルでの比較

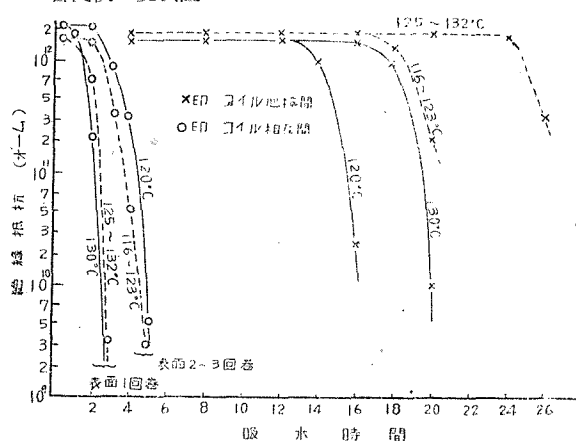
モデルコイルを各2ヶ宛 $H_r$ と $H_a$ の組に分け前後2回の含浸を行つた。結果は第2表に示してある。この実験でも第1回含浸では大差なく、耐湿試験における予期の結果は

第2表 モデルコイルの含浸

含 浸 回 別	第 一 回		第 二 回	
加 熱 法	乾 燥 爐	高 周 波	乾 燥 爐	高 周 波
ワニスの不揮発物(%)	34	34	43	43
引上直後の含浸量(gr.)	13.3	14.9	* 6.85	* 7.8
乾 燥 温 度 (°C)	120	115~120	120	116~123
乾 燥 時 間 (時)	10	10	24	24
含 浸 量 (gr.)	5.4	5.1	4.25	4.0
綿 布 重 量 (gr.)	8.4	8.3		

\* 含浸後一晚放置

得られなかつたが、第2回含浸の結果第8図を得た。図で実線は $H_a$ 点線は $H_r$ の場合である。吸水試験では、乾燥せるモデルコイルに端部を余して綿布を巻きつけ、上部より蒸溜水を滴下し、一定時間後綿布を外して表面を拭つて測定する様にした。コイル相互間の絶縁抵抗低下による表面耐湿性の比較では、加熱方法による差異は殆んど認め



第 8 図

られぬが、表面1回巻と2~3回巻とは区別し得る。しかし心棒とコイル間の絶縁抵抗低下曲線では、 $H_r$ と $H_a$ とで相当な差異が認められ、これより内部乾燥は高周波加熱の方が進んでいると言える。モデルコイルの高周波加熱で注意すべき点は、温度上昇が早

急に過ぎると、端部よりワニスが流出し、極端な場合は巣が所々に出来る事がある。第2表で $H_r$ の含浸量が $H_a$ のそれより若干少いのは、少量の流出によるものと思われる。

## VII. 結 言

油ワニスの高周波加熱に関しては、従来殆んど差が認められぬという説が多かつたが、桐油を主成分とせるW-25に関する筆者の実験によれば、温度分布の点からしても、含浸量の多い厚物では、高周波加熱の特徴が指摘される。熱重合性の強い原材料を使用した合成ワニス類（例えばサーモセツトワニス<sup>(6)</sup>）に対しては、一層の効果が期待される。本研究に使用した送信管TC-517は本学白川教授の御幹旋により、日本電気西尾博士より拝借中の品であり、W-25号ワニスは寺岡製作所の根本工場長より提供を受けた。又東京工大斎藤幸男教授より終始御指導を戴いた。記して深謝する次第である。

## 文 献

- (1) 日月：電気絶縁ワニス及コンパウンド（産業図書）
- (2) 芦沢：電学誌 71, 214 (昭26)
- (3) 白井：三菱電機 23, 85 (昭24)
- (4) 土屋：25回電気三学会聯大予（応用の部）
- (5) 土屋：東京支部電気聯大講演論文集（応用の部）昭和27. 10
- (6) 皆川：電機 No.3 (1952)

## ON CURING OF INSULATING VARNISHES BY RADIO FREQUENCY HEATING

By

Hidetoshi TSUCHIYA

When drying oil varnishes for insulation, for example W-25 (containing more than 15% tung oil), are heated in the drying oven, there are large differences between polymerisation degrees at the surface and inner parts.

The ratio of polymerisation degree at the surface to inner one increases with the rise of heat temperature in the range of 110-140°C. From experiment on the curing of thick pieces soaked in dense varnishes (more

than 40% fixed) by radio heating, it has been ascertained to be able to decrease considerably the above mentioned differences and to keep the ratio fairly constant regardless of heat temperature. It seems that principal accounts on the results are due to suitable temperature distributions and speedy supplying of heat for evaporation of solvents. In conclusion, the radio heating is superior to all other methods on drying inner parts of oil varnishes for insulation. Many of pieces used in the experiment are cottons in layers and model coils.