

新しい二, 三のA, Bクラスコイル含浸用ワニスについて

A Few New Coil Impregnating Varnishes for Class A and B

上村 広一* 遠藤 武生* 大平 武司*
Hiroichi Kamimura Takeo Endō Takeshi Odaira

内 容 梗 概

A, Bクラスコイル含浸用ワニスの乾燥性改良を目的に研究した結果, 新しい油性系ワニスWA-232, W-2828, アルコール系ワニスWB-230, WB-233, WB-234を開発したので, それらの一般特性ならびにワニス管理データを報告する。

1. 緒 言

電気機器は信頼性の向上と, 小形軽量化が強くと要望されているがそれにつれて絶縁材料の進歩もめざましく, 絶縁方式に関する検討も盛んに行なわれている。

コイル含浸用ワニス処理の目的は第1表に, ワニス処理によって得られる効果は第2表に示すとおりである。絶縁処理された塗膜に対する要求は非常に多く, その中で重要なものは第3表に示されているが, 汎用あるいは家庭用電気機器では, 小形軽量化に適したすぐれた物理的, 電気的, 化学的性質のほかに, 量産化のうえからワニスの乾燥性ということに特に重要視している。コイル含浸用ワニスは今日まで約80年, 電気機器とともに進歩してきたが, さきに述べたようなすべての要求を満足するものは得られていない。今日では電気機器の種類も非常に多く, 絶縁材料に対する要求も非常に細分化され, 多岐にわたっているので, 材料の特長をいかにうまく生かして利用するかということが特に重要である。

本稿ではワニス乾燥工程の短縮を目的にして開発された二, 三の新形コイル含浸ワニスを中心に, その特長と性質を報告する。

2. Aクラス, コイル含浸用ワニスWA-232

このワニスは熱硬化形の特殊合成樹脂と乾性油の組み合わせによって作られた速乾性のコイル含浸用ワニスで, 乾燥時間が早いことと同時に内部硬化性もすぐれているので絶縁処理の時間を短縮させるのに役立つわけである。またガソリンではほぼ無限大にうすめることができ, 芳香族系溶剤を全然含んでいないので, 安価なホルマー

ル線を侵さないことも特長である。価格もほかのサーモセットワニスに比べて安価なので量産向きコイルの含浸に適している。

2.1 一般特性

JIS C-2103, 2354に準じて行なった一般特性試験の結果を, 他社のガソリンうすめ性良好なワニスと比較して第4表に示した。

2.2 内部硬化性

内部硬化性をJIS C-2103に準じて各温度で試験した結果, 第1

第1表 ワニス処理の目的

1. 巻線(繊維)中に十分浸透すること
2. 空気を追い出して空隙を充てんすること
3. 強じんな保護皮膜をつくる
4. コイル全体を固着し, 金属とコイルを接着させる

第2表 ワニス処理の効果

1. 電気絶縁性の増大
2. 水分, 湿気に対する抵抗性の増大
3. 熱伝導率の増大
4. 熱膨張, 収縮, 磁気力, 遠心力よりの保護

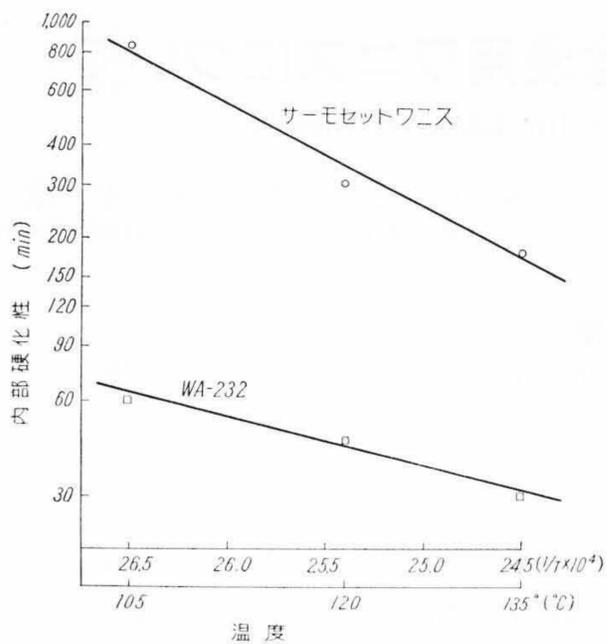
第3表 絶縁塗膜に要求される性能

物理的性質	電 気 的 性 質	化 学 的 性 質
たわみ性	絶 縁 耐 力 (B.D.V.)	耐 油 性
耐摩耗性	絶 縁 抵 抗 (ρ)	耐 溶 剤 性
機械的強度	誘 電 正 接 ($\tan \delta$)	耐 酸, 耐アルカリ性
接着力	誘 電 率 (ϵ)	耐 オ ズ ン 性
	耐 コ ロ ナ 性	難 燃 性 (特殊な場合)
	耐 ア ー ク 性	熱 安 定 性
	耐トラッキング性	金 属 を 侵 か さ ぬ こと
	耐湿性 ($\rho, B.D.V., \tan \delta, \epsilon$)	

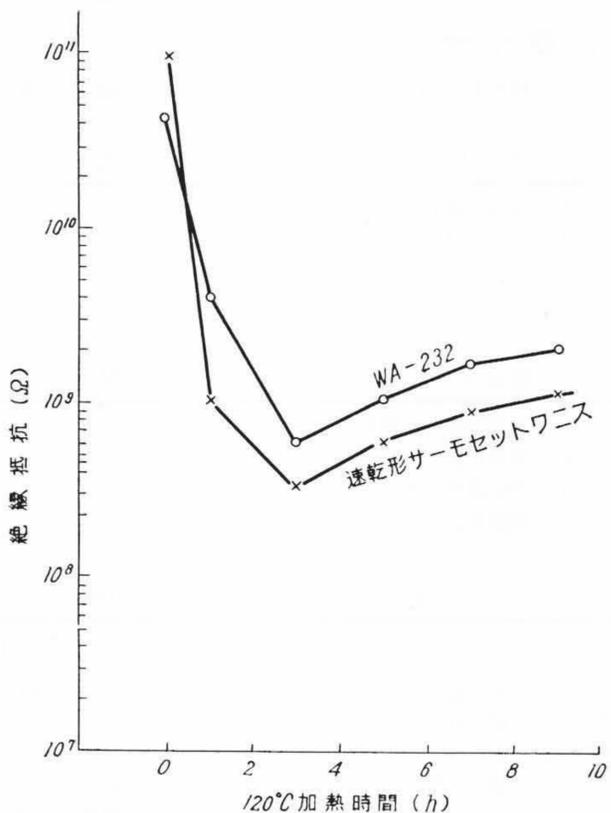
第4表 WA-232 その他のワニスの一般特性

試験項目	種類	WA-232			サーモセットワニス試験結果の一例	サーモセットワニス試験結果の一例	サーモセットワニス試験結果の一例	サーモセットワニス試験結果の一例
		速乾性サーモセットワニス試験結果の一例	試験結果の一例	標準特性				
メーカー		日 立	日 立		日 立	A 社	B 社	C 社
揮発分 (%)		46.0	46.0	45±3	47.3	46.4	37.8	49.8
比重 (20°C)		0.845	0.934	0.93±0.03	0.898	0.911	0.875	0.878
粘度 (30°Cポイズ)		1.0	1.0	0.5~2.5	1.4	2.1	1.1	1.3
乾燥時間 (105°C h)		1.5	3.0	<4.0	(120°C) 2.0	(120°C) 2.0	6.0	(120°C) 5.5
内部硬化性 (105°C h)		14.0	2.0	<4.0	(120°C) 2.0	(120°C) 2.0	4.0	6.0
厚さのつき方	中央 (mm) 下部 (%)	0.057 121	0.034 123	>0.03 <130	0.043 110	0.049 126	0.042 118	0.036 120
耐曲性 (120°C 3φ, h)		72	48	>24	144	144	72	144
耐油性 (120°C 24時間)		OK	OK	120°C, 24時間OK	OK	OK	OK	OK
ガソリンうすめ性		2~3倍	>10倍	—	2~3倍	2~3倍	>10倍	>5倍
安定性 (50°C・日 ピーカー法)		4 OK 5 NG	6 OK 7 NG	—	5 OK 6 NG	5 OK 6 NG	2 OK 3 NG	2 OK 3 NG
体積抵抗率 (Ωcm)	常 態 浸水後	2.0×10 ¹⁵ 1.5×10 ¹⁵	6.5×10 ¹⁵ 1.9×10 ¹⁵	>10 ¹⁴ >10 ¹³	3.6×10 ¹⁵ 9.3×10 ¹⁴	2.3×10 ¹⁵ 1.5×10 ¹⁵	3.7×10 ¹⁵ 1.2×10 ¹⁵	2.4×10 ¹⁵ 1.1×10 ¹⁵
絶縁破壊の強さ (kW/0.1)	常 態 浸水後	9.3 8.4	9.5 8.3	>7.0 >6.0	9.3 8.2	9.6 8.7	9.7 6.3	10.5 9.7

* 日立製作所山崎工場



第 1 図 WA-232 とサーモセットワニスの内部硬化性の比較



第 2 図 WA-232 とサーモセットワニスの加熱乾燥時の抵抗変化の比較

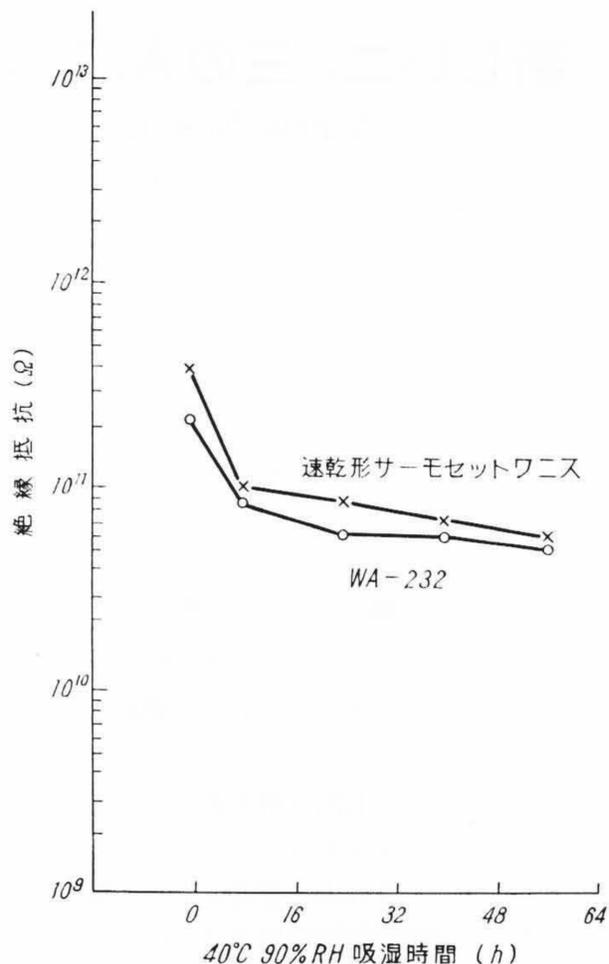
図に示すように速乾形サーモセットワニスに比較して内部硬化性のすぐれていることがわかった。ワニスの乾燥工程はきわめて複雑であるが⁽¹⁾、WA-232 に用いた特殊合成樹脂の反応性が、サーモセットワニスのそれよりすぐれているためである。

2.3 モデルコイルによる絶縁抵抗特性

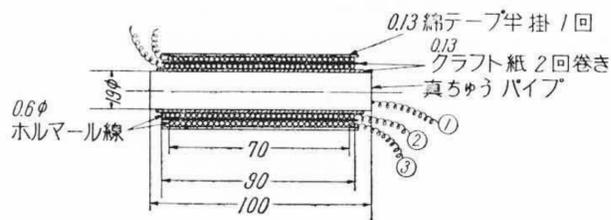
モータレット方式⁽²⁾により線径 0.6 mm のホルマール線を用い、層間絶縁にはワニスクロス (VC-Y 0.18) を、対地絶縁にはポリエステルフィルムスロットライナ (SL-YK 1507) を用いて測定した。120°C 加熱乾燥時の抵抗変化を第 2 図に示すが、絶縁抵抗はサーモセットワニスよりすぐれていることがわかる。ついで 40°C、90% RH での吸湿による抵抗変化を第 3 図に示すが、この場合はサーモセットワニスとほぼ同等である。また第 4 図に示すような構造のモデルコイルを用いて測った乾燥メグ特性を第 5 図に、吸湿メグ特性を第 6 図に示すが、いずれの場合も、WA-232 はサーモセットワニスと同等のすぐれた特性を有することがわかる。

2.4 接着力

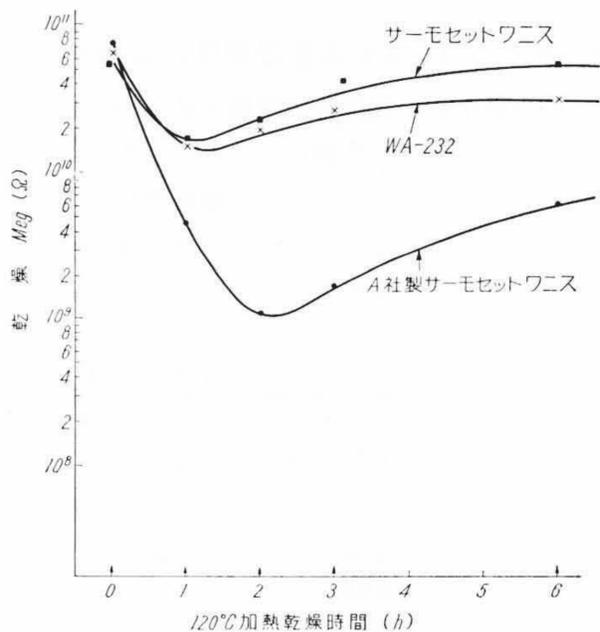
第 7 図のように、1.4 φ のポリエステルエナメル線 (PEW) をバインド線で結び、ワニス中に 10 分間浸漬してから乾燥してつくった試験片を用い、接着力と乾燥時間の関係をしらべた。その結果、第 8



第 3 図 WA-232 とサーモセットワニスの吸湿時の抵抗変化の比較



第 4 図 モデルコイルの構造



第 5 図 加熱乾燥時の抵抗変化

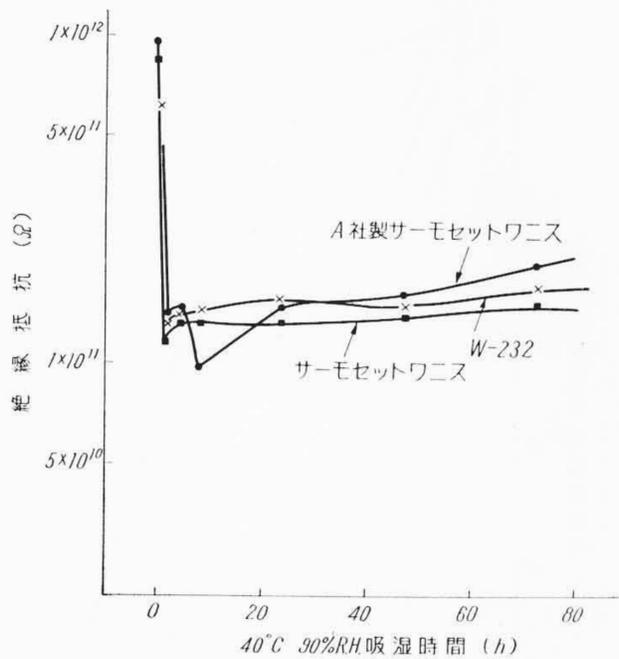
図に示すように、WA-232 はサーモセットワニスよりも初期の乾燥性がすぐれているが、十分に乾燥した場合にはサーモセットワニスの方がすぐれた接着性を有することがわかる。

2.5 価 格

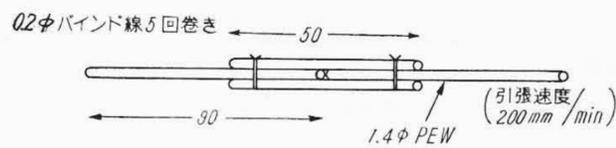
従来のアルキルフェノール樹脂系サーモセットワニスに比べてより安価で、しかも絶縁ワニスとして必要な性能を十分もっているので経済的なワニスである。

2.6 管 理 図

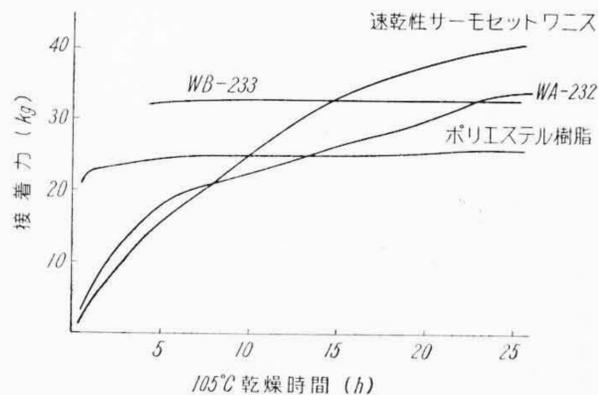
WA-232 用シンナーとしては S-30G がもっとものぞましい。S-30G でうすめた場合の濃度と粘度および比重の関係を第 9 図および



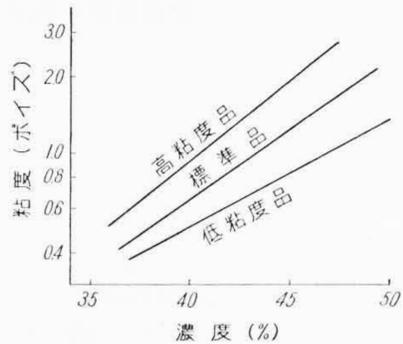
第6図 吸湿時の抵抗変化



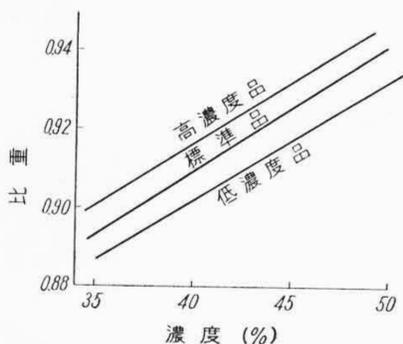
第7図 接着力測定用試験片



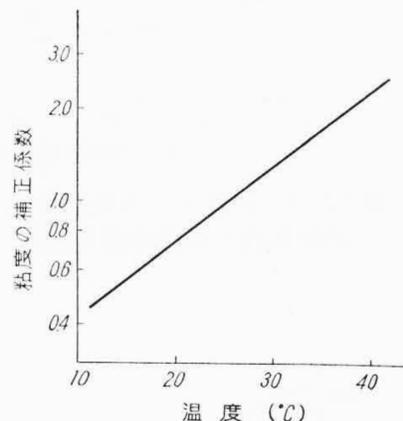
第8図 乾燥時間と接着力の関係



第9図 WA-232の濃度と粘度の関係



第10図 WA-232の濃度と比重の関係



第11図 WA-232の粘度の温度補正係数

第10図に、粘度の温度補正係数を第11図に示す。

3. A クラスアルコール系コイル含浸用ワニス WB-230, WB-233, WB-234

小形電気機器の絶縁処理に際しては、その工程時間を短縮するため、ワニスの乾燥性のすぐれていることがきわめて重要である。特に蛍光灯用チョークコイルや、電装用イグニッションコイルに用いる含浸用ワニスに対しては速乾、耐湿性が強く要望されているので、反応形フェノール樹脂を用いた一連のアルコール系ワニスを開発した。このワニスの特長は従来の油性系ワニスに比べて、きわめて乾燥性の早いことで、実際のチョークコイルの絶縁処理に際しても、105°C、3~6時間で十分乾燥できる。またコンデンサペーパー、マニラ紙、クラフト紙などのセルローズ繊維に対する浸透性がよいので紙巻きコイルの内部までよく含浸されて均一に固化し、耐湿性も油性系ワニスよりすぐれている。

ただアルコール系ワニスは油性系ワニスに比べて皮膜の強じん性の少ない欠点をもっているが、WB-233, WB-234はこの点を改良したものである。

3.1 一般特性

第5表に各種のアルコール系ワニスの一般特性をまとめた。

3.2 紙に対する含浸性

実際のイグニッションコイルを第6表の条件で処理し、コイルを切り開いて層間紙だけをとり出し、紙の中央部を4×4cm切りとって重量をはかり、次の式によって含浸量を求めた。

$$W_0 = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

ただし W_0 : ワニス不揮発分の含浸量 (%)

W_1 : ワニス不揮発分の重さ+紙の重さ

W_2 : 紙の重さ

第5表 各種アルコール系ワニスの一般特性

試験項目	種類	WB-230	WB-233	WB-234	アルコール	アルコール
		試験結果の一例	試験結果の一例	試験結果の一例	ワニス試験結果の一例	ワニス試験結果の一例
メーカー		日立	日立	日立	B社	D社
不揮発分 (%)		41.8	37.8	43.2	48.2	40.2
比重 (20°C)		0.976	0.959	0.956	—	—
粘度 (30°C・ポイズ)		0.23	0.2	0.4	1.4	0.4
乾燥時間 (105°C・min)		10	10	15	10	10
内部硬化性 (105°C・h)		5.0	3.0	1.0	5.0	—
耐油性 (105°C・24時間)		OK	OK	OK	—	—
耐熱軟化性 (105°C・1時間)		OK	OK	OK	OK	OK
体積抵抗率 (Ωcm)	常態	9.7×10^{15}	4.6×10^{15}	—	5.7×10^{15}	—
	浸水後	4.0×10^{15}	1.8×10^{15}	—	1.3×10^{15}	—
絶縁破壊の強さ (kV/0.1mm)	常態	8.3	7.4	—	8.1	—
	浸水後	7.5	7.1	—	7.3	—

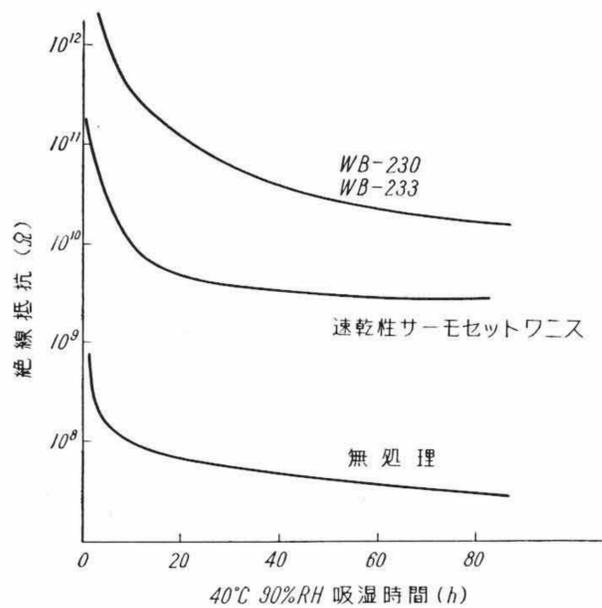
第6表 各種ワニスの含浸性の比較

試料	予備乾燥	ワニス注入	ワニス含浸	体滴滴下	加熱条件	ワニス含浸量 W_0 (%)			触感指数
						10	20	30	
W-23					80°C24h +115°C72時間	■	■	■	3
W-28	105°C	10mmHg	10mmHg	室温	80°C24h +115°C72時間	■	■	■	3
サーモセットワニス					80°C24h +115°C48時間	■	■	■	3
速乾性サーモセットワニス	15h	10min	2h	3~5h	80°C24h +115°C72時間	■	■	■	2
WB-233					80°C5h +105°C24時間	■	■	■	1
ポリエステルワニス					80°C5h +105°C5時間	■	■	■	1

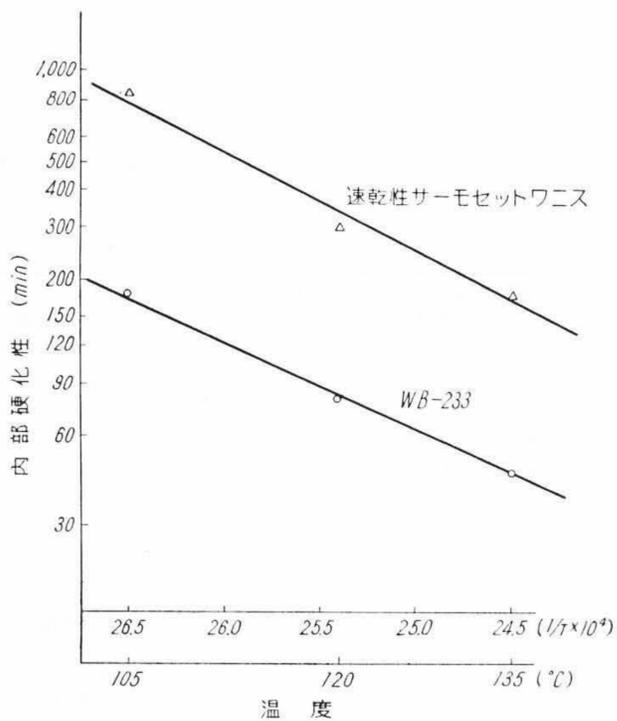
その結果は第6表のとおりであり、アルコール系ワニスの紙に対する含浸性ももっともよいことがわかる。また第7表に内容を示した触感指数もアルコール系ワニスはポリエステル樹脂とともにすぐ

第 7 表 ワニスの 触 感 指 数

触感指数	ワニスの 状 況
1	粘着性なく、よく乾いている
2	わずかに粘着性があるが、ほぼ乾いている
3	粘着性が大きい
4	流動性がありまったく乾いていない



第 12 図 各種ワニスを含浸したプレスボードの絶縁抵抗と吸湿時間の関係



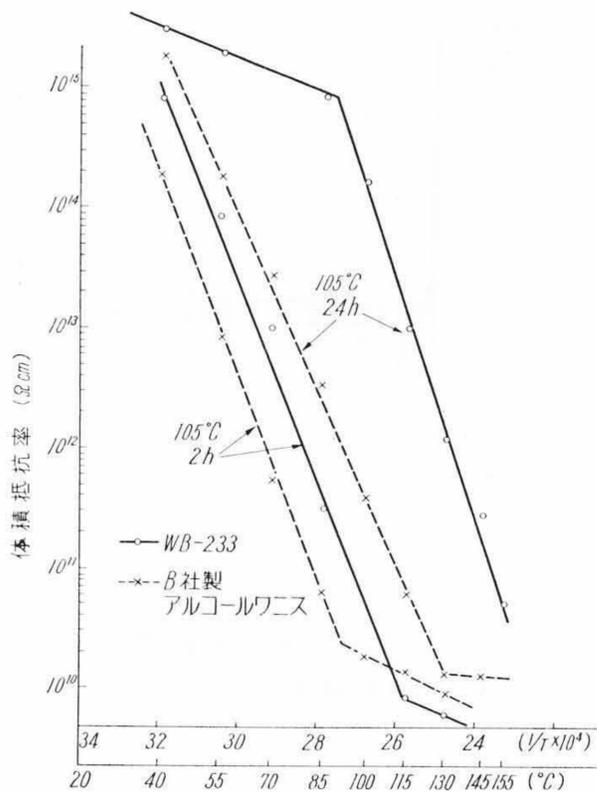
第 13 図 WB-233 の内部硬化特性

れており、コイルを完全に固着している。厚さ 0.5mm のプレスボードを各種のワニスに 30 分間含浸してから 105°C で 15 時間乾燥して作った試料の吸湿メグ特性を第 12 図に示すが、これからわかるように、紙に対して含浸性のよいワニスを用いると含浸紙の耐湿性もよくなる。

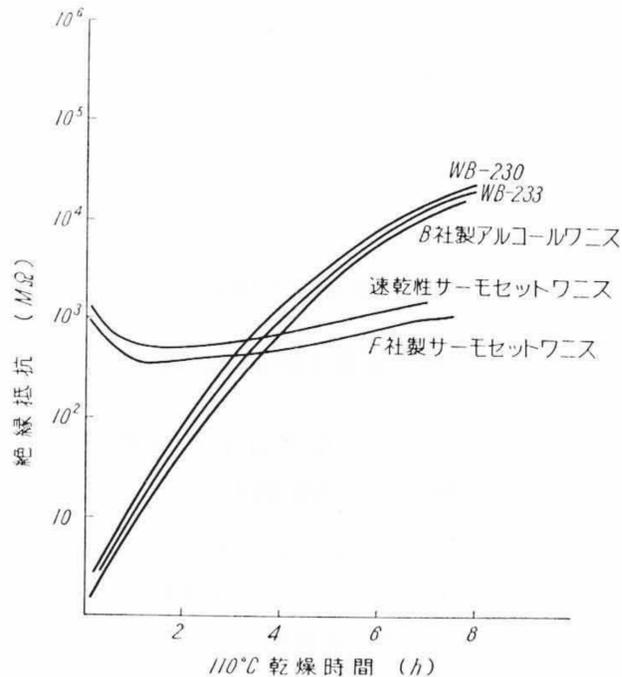
3.3 速 乾 性

第 8 図に接着力と乾燥時間の関係を示したが、サーモセットワニスに比べて非常に乾燥性のよいことがわかる。第 13 図に示すように内部硬化性も速乾性サーモセットワニスよりすぐれ、第 14 図の結果から、105°C、2 時間の乾燥でも抵抗特性のすぐれた絶縁皮膜の得られることがわかる。

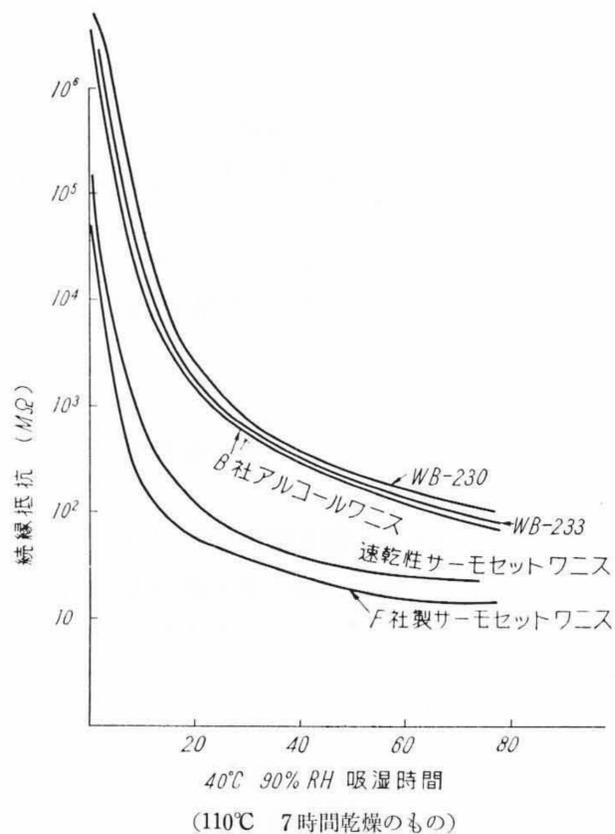
ただしアルコール系ワニスはあまりにも速乾性であり、一方溶剤が比較的沸点なので、絶縁紙をち密に、しかも幾層にも巻いて作ったような複雑なコイルを含浸して急に加熱すると発泡することがある。その場合には 80°C で 1 ~ 2 時間予備乾燥したのち 100 ~ 110°C で所定のメグになるまで乾燥することが望ましい。



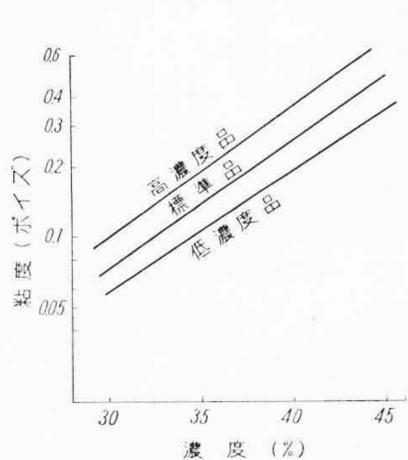
第 14 図 WB-233 皮膜の乾燥時間と絶縁抵抗の関係



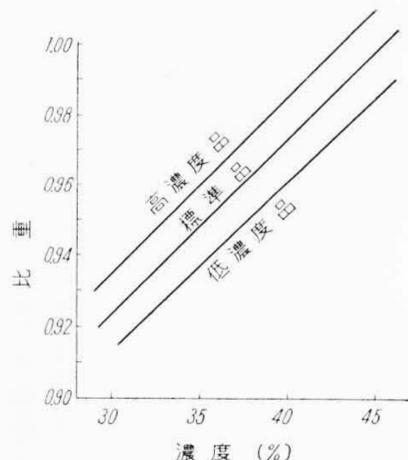
第 15 図 各種ワニスについて乾燥時間と絶縁抵抗の関係



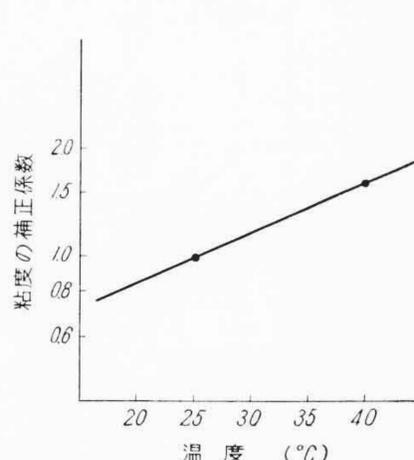
第 16 図 各種ワニスの吸湿時の抵抗変化



第17図 WB-233の濃度と粘度の関係



第18図 WB-233の濃度と比重の関係



第19図 WB-233の粘度の温度補正係数

第8表 各種ワニスで処理した10Wチョークコイルの特性

試験項目	種類	各種ワニス		
		WB-233	アルコールワニス (B社)	アルコールワニス (E社)
吸湿メグ (MΩ) (40°C95%RH240時間)	範囲	5.5~13	5.2~20	6.7~15.0
	平均	7.7	11.1	10.1
騒音 (フォーン)	範囲	15.5~24	22.3~25	21.5~24
	平均	22.0	23.4	23.5

第9表 アルコール系ワニスの皮膜強じん性

	アルコール系ワニス					サーモセツトワニス
	B社	D社	WB-230	WB-233	WB-234	
皮膜作製条件	① 一回塗り後 105°C 1時間 ② 二回塗り後 105°C 2時間					① 105°C 4.5時間 ② 105°C 24時間
エリクセン(mm)	0.28	0.27	0.28	0.50	7.0	10.0
耐衝撃性(ジュボン) 加重 100g	5cm NG	5cm NG	5cm NG	5cm OK 10cm NG	10cm OK 15cm NG	50cm OK
マンドレル(常温)	25φ NG	25φ NG	25φ NG	25φ NG	25φ NG	3φ OK

3.4 チョークコイルとしての試験結果

チョークコイルの試験方法としては JIS C-8108 があり、耐電圧試験、耐湿試験、騒音試験が規定されている。20Wのチョークコイルを用いて測った絶縁抵抗と 110°Cにおける乾燥時間の関係を第15図に示す。また絶縁抵抗と 40°C, 90% RH における吸湿時間との関係を第16図に示すが、いずれの場合もサーモセツトワニスよりすぐれていることがわかる。また 10W チョークコイルを用いた試験結果を第8表に示す。

3.5 皮膜強じん性

アルコール系ワニスは油性系ワニスよりも多くの長所をもっているが、ただ一つの欠点は皮膜の強じん性が劣ることである。このために大形機器、回転機そのほか振動のかかるような機器には適当でない。皮膜強じん性の少ないアルコール系ワニスはいずれも油のようなたわみ性物質をほとんど含んでいないためである。われわれはこの欠点を改良するために種々検討した結果、WB-233, WB-234を完成した。第9表に示すように、これらのワニスの皮膜強じん性は WB-230 に比べて大幅に改良されており、特に WB-234 は一般のサーモセツトワニスに近い。

3.6 管理図

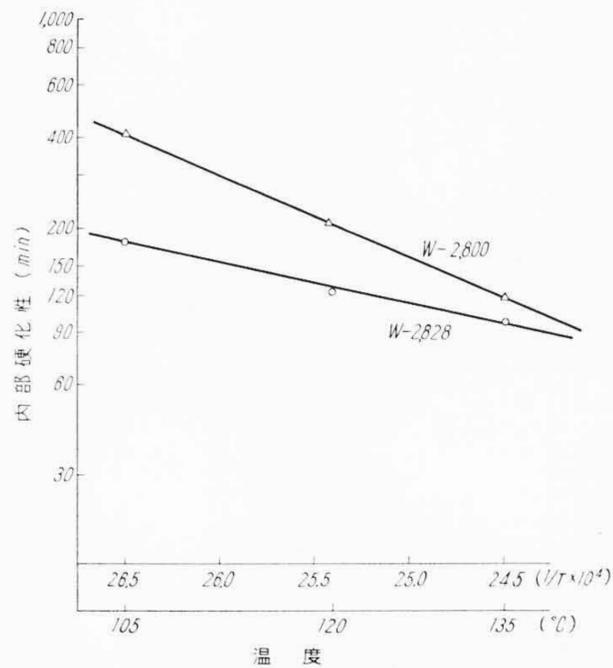
WB-233 を S-100 でうすめた場合の濃度と粘度および比重の関係を第17図および第18図に、粘度の温度補正係数を第19図に示す。

4. Bクラス速乾耐油性コイル含浸用ワニス W-2828

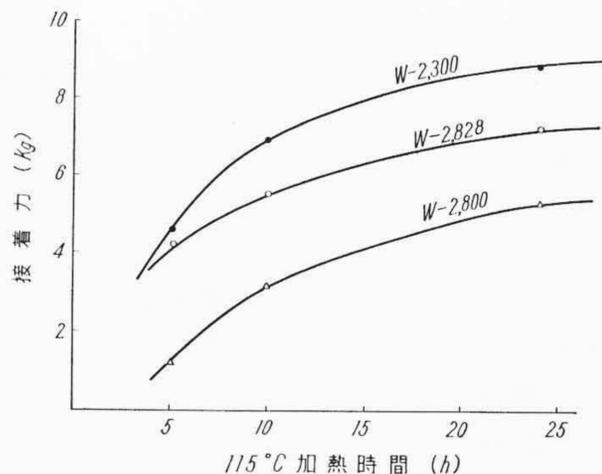
日立サーモセツトワニス W-2800 はすぐれた電気特性と耐油性、さらには長期保存に耐えるすぐれた安定性を有しているので、大形回転機や変圧器に広く用いられている。しかし乾燥性がやや悪く、

第10表 各種ワニスの一般特性

試験項目	種類	各種ワニス		
		W-2300 試験結果の一例	W-2800 試験結果の一例	W-2828 試験結果の一例
不揮発分 (%)		40.4	43.1	43.6
比重 (20°C)		0.900	0.888	0.928
粘度 (30°Cポイズ)		1.5	1.0	1.6
乾燥時間 (105°C・h)		2.0	(135°C) 5.0	2.0
内部乾燥性 (105°C・h)		4.0	7.0	4.0
耐曲性 (120°C・3φ・h)		24	216	144
安定性 (50°C・日 ビーカー法)		10	8	9
体積抵抗率 (Ωcm)	常態	6.5×10 ¹⁵	6.3×10 ¹⁵	2.1×10 ¹⁵
	浸水後	9.7×10 ¹⁴	9.1×10 ¹⁵	4.7×10 ¹⁴
絶縁破壊の強さ (kV/0.1mm)	常態	9.8	9.6	9.1
	浸水後	8.4	8.3	8.7

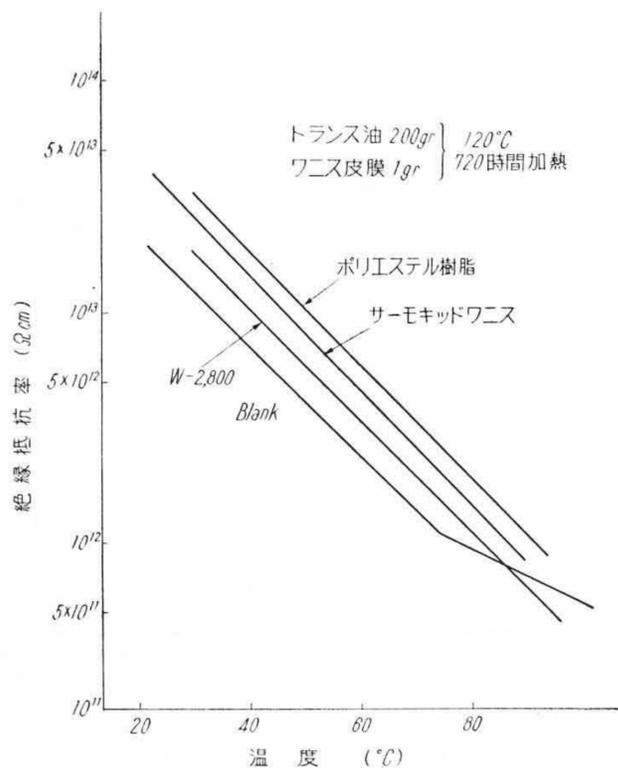


第20図 W-2828の内部硬化性と温度の関係

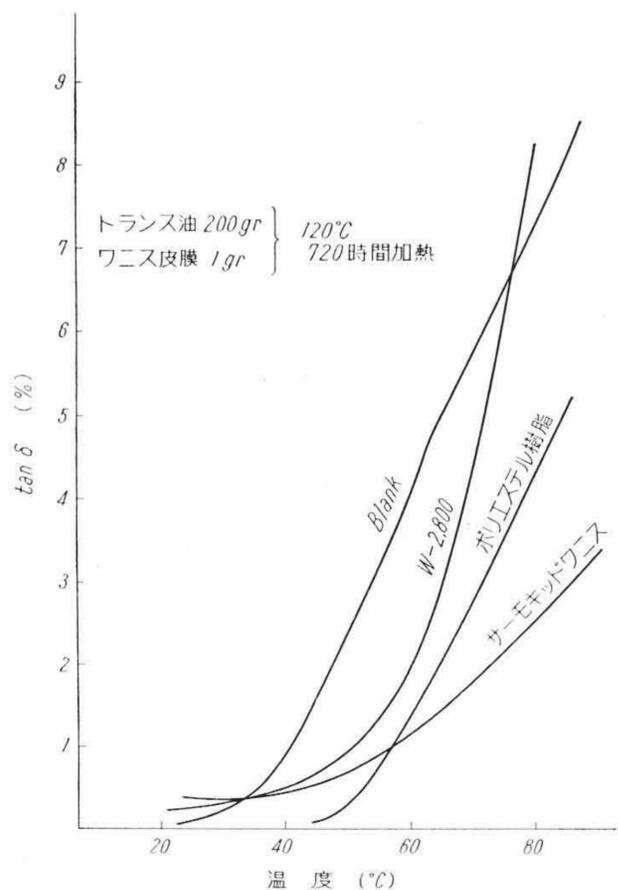


第21図 各種ワニスの乾燥時間と接着力の関係

所定の絶縁抵抗になるまでの乾燥にかなり長時間を必要とすることが一つの欠点であった。われわれは W-2800 の乾燥性改良を目的に研究した結果、乾燥性、耐油性の一段とすぐれた新形ワニス W-2828



第 22 図 ワニス皮膜とともに加熱したトランス油の絶縁抵抗特性



第 23 図 ワニス皮膜とともに加熱したトランス油の tan δ 特性

を完成した。

4.1 一般特性

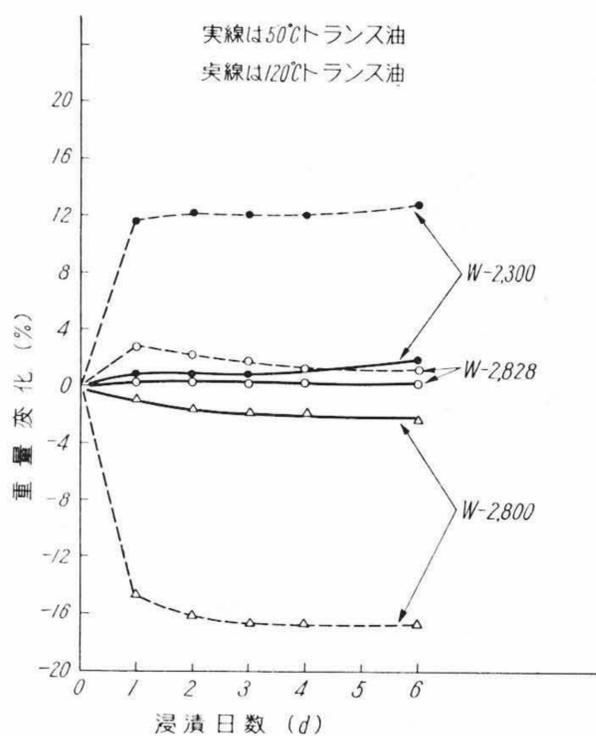
W-2828 の一般特性を W-2800, W-2300 と比較して第 10 表にまとめた。W-2800 の乾燥性が悪いのは主として表面の粘着によるものであるが、W-2828 はこの点を大幅に改良し、乾燥時間および内部硬化性は W-2300 と同程度である。

4.2 乾燥性

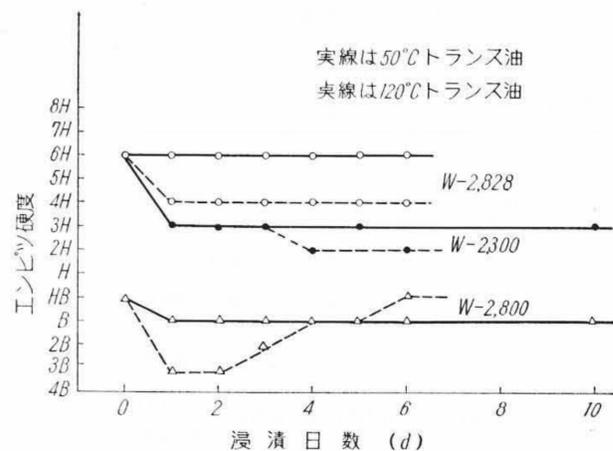
ワニスの内部硬化性と温度の関係を第 20 図に、ヘリカルコイル⁽³⁾(径 1.0 mm ポリエステルエナメル線使用)による接着強度と乾燥時間の関係を第 21 図に示す。これらの結果はいずれも W-2828 が W-2800 より乾燥性の点ですぐれていることを示している。なお W-2828 の接着力は W-2800 よりすぐれているが W-2300 よりは劣っている。

4.3 耐油性

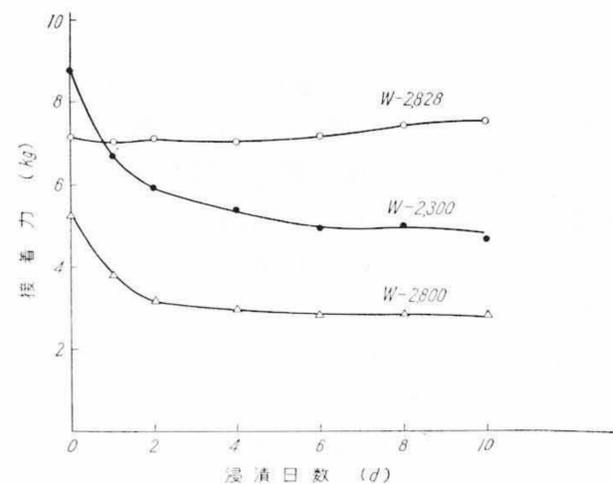
トランス油にワニス皮膜を浸漬しておく、トランス油の劣化を抑制する物質がワニス皮膜からとけ出てくるので、第 22 図および



第 24 図 トランス油に浸漬した皮膜の重量変化



第 25 図 トランス油に浸漬した皮膜のエンピツ硬度の変化

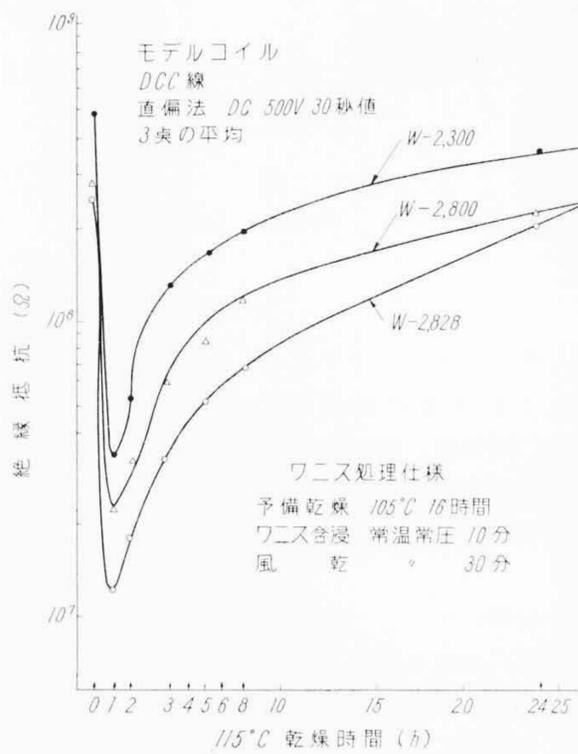


第 26 図 50°C トランス油浸漬によるヘリカルコイル接着力の変化

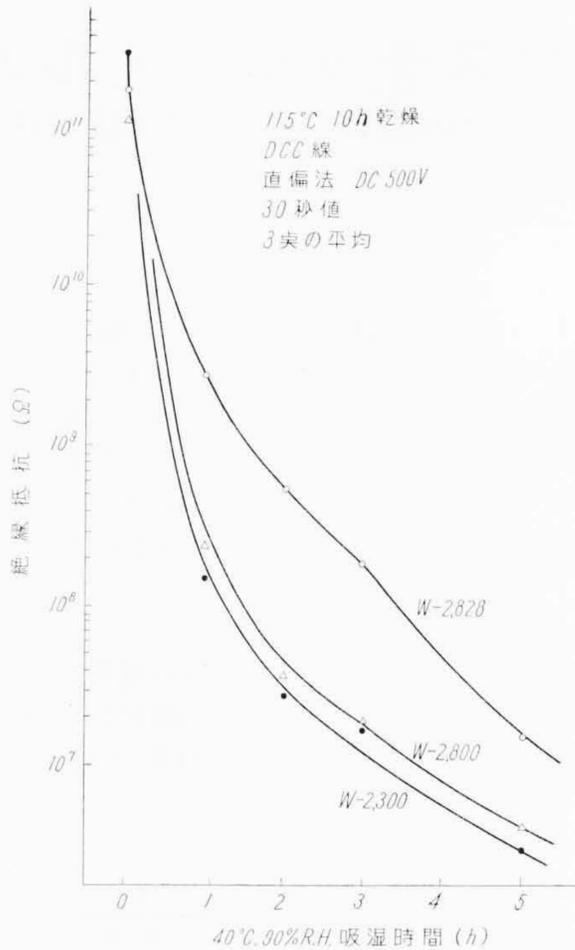
第 23 図に示すように、トランス油の電気特性は向上する。われわれはトランス油に浸漬した場合のワニス皮膜の変化について検討し、第 24~26 図の結果を得た。すなわち W-2828 をトランス油に浸漬しても接着強度の低下がほとんどなく、W-2828 がもっともすぐれた耐油性を示すことがわかった。

4.4 モデルコイルによる絶縁抵抗特性

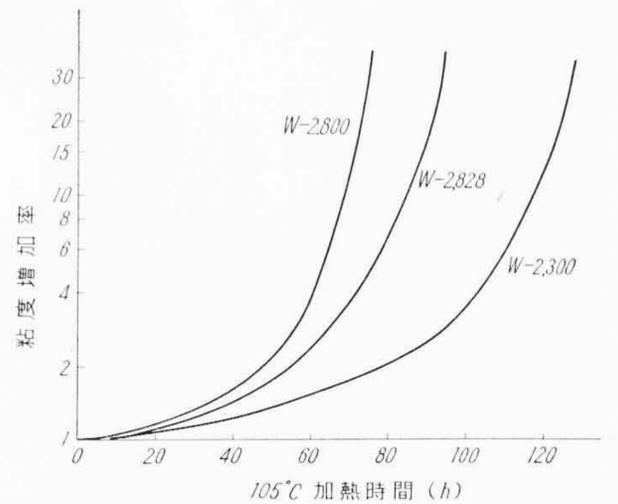
綿巻線 (DCC 線) を用いて作ったモデルコイルによって測定した絶縁抵抗と 115°C 乾燥時間の関係を第 27 図に示したが、この結果から W-2828 が W-2800 よりわずかに劣っていることがわかる。しかし 115°C 10 時間乾燥後のモデルコイルを吸湿させた場合の絶縁抵抗の変化は第 28 図のようになり、W-2828 がほかのいずれよりも抵抗の低下が少ないことがわかった。



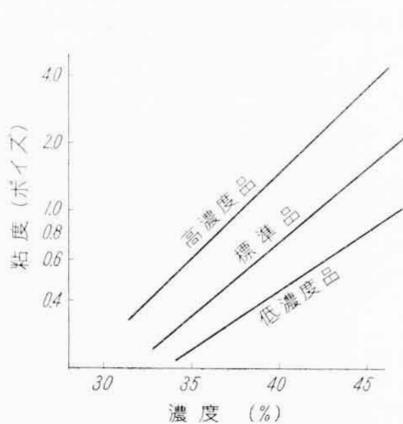
第27図 各種ワニスで処理したモデルコイルの乾燥メグ特性 (層間)



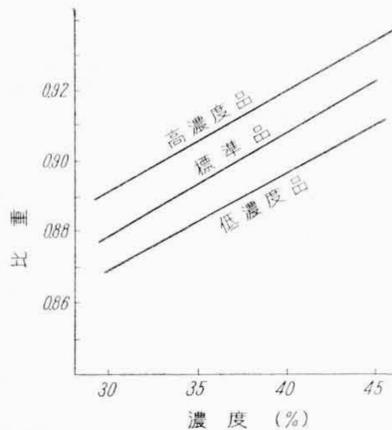
第28図 各種ワニスで処理したモデルコイルの吸湿メグ特性 (層間)



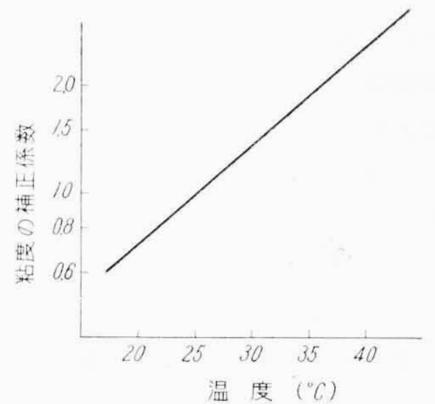
第29図 各種ワニスの安定性の比較



第30図 W-2828の濃度と粘度の関係



第31図 W-2828の濃度と比重の関係



第32図 W-2828の粘度の温度補正係数

4.5 安定性

W-2828の安定性を試験するために、ワニスをガードナーチューブに入れて105°Cに加熱し、一定時間ごとにとり出して粘度増加率を測り、ワニスの安定性を比較した。その結果は第29図のようになり、W-2828はW-2800やW-2300と同様、粘度増加が少なく、長期の貯蔵に耐えることがわかった。

4.6 管理図

W-2828をS-30でうすめた場合の濃度と粘度および比重の関係を第30図および第31図に、粘度の温度補正係数を第32図に示した。

5. 結 言

われわれは乾燥性のすぐれたコイル含浸用ワニスの開発を目的に種々検討した結果、各種のAクラスおよびBクラスワニスを完成した。最近電気機器の性能向上や量産化に伴って、絶縁材料に対する要求もますます高度になってきているが、要求性能の種類や程度

はその機器の種類、大きさ、絶縁処理の方法などによってすべて異なっている。

小形機器用ワニスとしては量産上速乾性がまず要求されるが、同じ速乾性といっても、ある場合には表面粘着性が問題となり、ある場合には皮膜硬度、接着力(コイル固着力)や絶縁抵抗などが問題にされる⁽⁴⁾ので、それぞれの場合にもっともふさわしいワニスを選択してワニスの特長を十分発揮させることが大切である。

なお今後はさきに述べた各種のコイルワニスについていっそう特性を向上させるよう検討を続ける考えである。

終わりに終始ご指導をいただいた日立製作所山崎工場古賀博士、曾根博士に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 日月: 電気絶縁ワニス及びコンパウンド
- (2) 小川, 高橋: 日立評論 42, 696 (昭35-6)
- (3) J. F. Dexter: Insulation, 1, 12 (Sept. 1955)
- (4) 小川, 大平: 日立評論 44, 1033 (昭37-7)