

不飽和ポリエステル樹脂

宮入真亀男* 飯島貞善**

Unsaturated Polyester Resin

By Makio Miyairi

Hitachi Insulating Material Works, Hitachi, Ltd.

Sadayoshi Iijima

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

As a result of recent development endeavor, unsaturated polyester resins have come to be put into practical use for electrical insulation.

In this article, the writers discuss briefly the unsaturated polyester resins, giving out a detailed description of Hitachi "PS 31" varnish. The ability to cure or polymerize without evolution of volatile by-products is a characteristic which distinguishes this resin from other condensation type resins. Hitachi "PS 31" varnish catalyzed with a free radical catalyst rapidly cures yielding a cross-linked or three-dimensional structure. The pot-life of this varnish catalyzed with benzoyl peroxide was studied by the writers through observation of the viscosity change of the samples kept at 25°C. The curing rate of this varnish catalyzed with benzoyl peroxide and methyl ethyl ketone peroxide was estimated by gelation-time measurement at elevated temperatures and exothermal measurement at 25°C, respectively. In the end, the characteristics of cured resin are tabulated.

〔I〕 緒 言

ポリエステル樹脂あるいはアルキッド樹脂として従来著名なものに、グリプタル樹脂がある。また最近注目されているテリレン、マイラーもこのポリエステル樹脂製品であつて、合成樹脂のうちの大きな部門を占めている。グリプタル樹脂はその歴史も古く、すでに今世紀初頭GE社によつて、工業化されたグリセリン—無水フタル酸系アルキッド樹脂に与えられた名称であり、現在この系統の油変態アルキッド樹脂が、塗料界にゆるぎない地位を占めていることは、衆知の通りである。しかしこの樹脂は縮合型の熱硬化性樹脂であるため、樹脂化に際して揮発性物質を生じ、また高温を要することなどの欠点があり、用途が限定されてきた。一方樹脂化に際して揮発物質を生じない樹脂としてはポリスチロールなどのような、いわゆる重合型の樹脂があつて、これもまた古くから知られているものである。こゝで上記二つの型の樹脂を組合せたならば、きわめてすぐれた性質の熱硬化性

樹脂になることが考えられる。この新しい熱硬化性樹脂の原理は1939~1940年に、アメリカのKroppa, Bradley⁽¹⁾ および Rust⁽²⁾ によつて発表された。この新熱硬化性樹脂が一般に不飽和ポリエステル樹脂 (Unsaturated Polyester Resin) と呼ばれているもので、揮発性物質を生じないでしかも急速に熱硬化するという特長のために、第二次大戦中アメリカで急速に工業化され、戦後広範な用途を見出すことゝなつた⁽³⁾。現在 Low Pressure Laminating Resin (低圧積層樹脂), Contact Resin (接触圧樹脂), 100% Reactive Resin (100% 反応性樹脂), Cast Resin (注型樹脂), Solventless Varnish (無溶剤ワニス) などの名称で呼ばれているものはみなこの不飽和ポリエステル樹脂を原料として作られたものである。

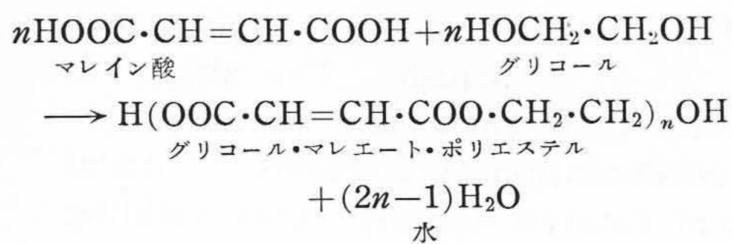
我国においても、戦後この樹脂が紹介され⁽⁴⁾最近各社で工業化されつゝある。日立製作所においてもこの樹脂の特長ある性質に注目し、すでに数年前より研究を進めてきたが、今回第一段の研究を完了したので、この機会に不飽和ポリエステル樹脂の概要を解説しておきたいと思う。

* 日立製作所日立絶縁物工場

** 日立製作所日立研究所

〔II〕 不飽和ポリエステル樹脂 の性状と化学

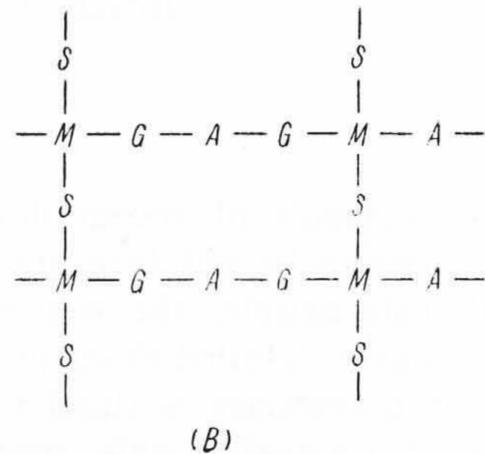
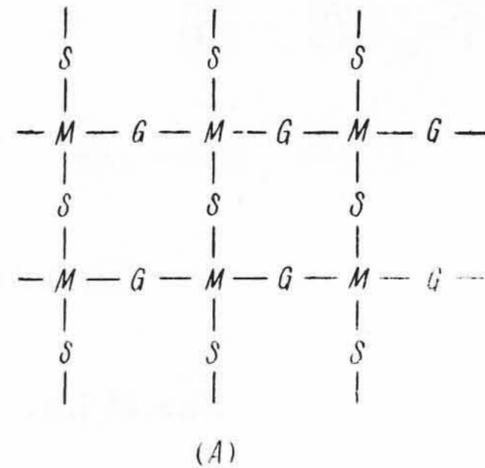
一般にポリエステルとは、カルボキシル基 (-COOH) とアルコール基 (-OH) の結合によつて生ずるエステル結合 (-COO-) をもつた高分子化合物であつて、古く Kienle⁽⁶⁾, Carothers⁽⁷⁾ らにより研究されたものである。いま2箇のカルボキシル基をもつ二塩基酸と2箇のアルコール基をもつたグリコールとを加熱すると、容易に脱水縮合反応が起つて鎖状構造を持つポリエステルが生成する。この場合、マレイン酸のように分子中に不飽和結合をもつた二塩基酸を原料に用いると、鎖中に多数の不飽和結合をもつた鎖状ポリエステルになることはあきらかである。



このポリエステル化反応においては水を生成するが、これは反応釜中で行われる反応であつて、水は除去されてしまうので後の硬化時の揮発物にはならない。通常このポリエステルの分子量は 800~2,000 程度のものが用いられるから、上式の n は 6~15 箇である。このものは常温で水飴状または半固状の粘稠物で、それ自身でも酸素、触媒などにより重合する性質をもっている⁽⁸⁾。しかしこれにビニルまたはアシル樹脂の単量体であるスチレン、ジアリルフタレートなどを混合すると、常温の粘度が 0.5~2,000 ポイズの液状物となる。この状態でそれぞれの用途に供されるわけで、後述する「日立 PS 31 ワニス」もこの状態のものである。

この混合物に触媒を加えて加熱すると、不飽和のポリエステルと単量体とが共重合反応を起して硬化する。この共重合反応は第1図(A)に示したように鎖状ポリエステル中の不飽和結合と単量体とで網目構造になつていゝと考えられるので、硬化した樹脂は有機溶剤に不溶性となる。重合触媒には種々あるが⁽⁹⁾、過酸化ベンゾイル (BPO)、メチルエチルケトンパーオキサイドなどが用いられ、さらに促進剤などを加えることにより常温硬化も容易に行われる。

この不飽和ポリエステルが硬化した樹脂の高分子化学的研究は未だ少なく⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹⁰⁾、その化学構造もあまりよくわかつていない。第1図は理想的に共重合した場合の構造であつて、実際にはポリエステルだけの重合、単量体だけの重合も起つていゝ筈である。第1図をみるとわかるように、ポリエステル中の不飽和の酸と単量体とが当



M: 不飽和二塩基酸 A: 飽和二塩基酸
G: グリコール類 S: ビニルモノマー

第1図 硬化樹脂の構造

Fig.1. Structures of Cured Resin

モル比の場合もつともよく共重合すると考えられる。そこで種々の性質と関係させて考察することもなされているが、はつきりした結論はでていない。多くの場合に単量体はポリエステルの不飽和分より過剰に用いられるようである。

不飽和ポリエステル樹脂において興味あることは、二塩基酸、グリコールあるいはビニル単量体の選択あるいは組合せによつてきわめて多種類の樹脂ができることである。

前記のポリエステルの製造する場合に、マレイン酸の一部をフタル酸、コハク酸のような飽和二塩基酸で置き換えると第1図(B)に示したように構造の網目が大きくなる。またグリコール単量体を変えても網目が変わり、樹脂の性質が変つてくる。このように不飽和酸、飽和酸、グリコールあるいは単量体の種類と量⁽¹¹⁾などを変化することによつて、ゴム状のものからガラス状の固い樹脂まで得られている。

また耐熱性、耐焰性⁽¹²⁾などの性質を与えることも可能である。このような特長は他の樹脂にはあまりみられないことで、したがつてこれに関する特許もきわめて多く、本邦の特許⁽¹³⁾にもかなりの数が登録されている。すでに筆者らも二、三の特長ある不飽和ポリエステル樹脂を完成しているが、それらについて別の機会に報告するつもりである。

〔III〕 日立 PS 31 ワニスについて

日立製作所においてはその使用目的に応じて種々の不飽和ポリエステル樹脂を製造しているが、それらは逐次本誌上に発表することとして、本報では主として一般用の「日立 PS 31」ワニスについて、その重合硬化に関する二、三の実験結果を述べることにする。

(1) PS 31 ワニスの性質

PS 31 ワニスは重合単量体にスチレンを用いた不飽和ポリエステル樹脂で、第1表に示したような性質をもっている。

(2) 可使用時間

ワニスは通常 25°C 以下の温度で6箇月以上の貯蔵寿命をもっているが、これに重合触媒を加えると使用可能の期間が著しく短くなる。これを可使用時間 (Pot life) と呼んでいるが、可使用時間は配合された重合触媒の種類と量および温度によって異ってくる。そこでそれらの関係をみるためにつぎのような実験を行った。

直径 12mm の平底ガラス管に所定量の BPO (過酸化ベンゾイル) を加えたワニスを満たし、銅球(7φ, 1.5g)を入れて気泡のないように密栓し、25°C の恒温水槽中に漬けて経日粘度変化を測定した。25°C の恒温水槽中において 75° の斜面に沿い、100mm の距離を銅球が落下した時間で粘度を表わし、その結果を第2図に示した。硬化の機構が重合反応であるから、最初の誘導期間内ではほとんど粘度の上昇が認められない。可使用時間はBPO濃度 2.0, 1.5, 1.0, 0.5% の場合にそれぞれ 100, 184, 256, 380 時間であった。第2図の粘度曲線が垂直に上昇するまでの時間 t と BPO 濃度 C との関係は、 $\log t$ と $\log C$ との間にはほぼ直線関係が成立したから、

$$TC^a = k \quad (a, k \text{ は定数}) \dots \dots \dots (1)$$

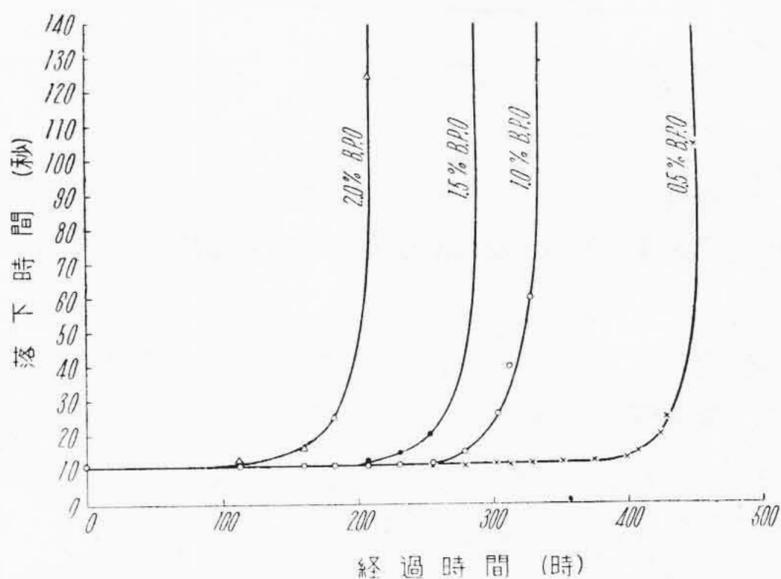
(1) 式で表わすことができる。 a および k を求めるとそれぞれ $a=0.52$, $k=327$ であった。

(3) 常温硬化

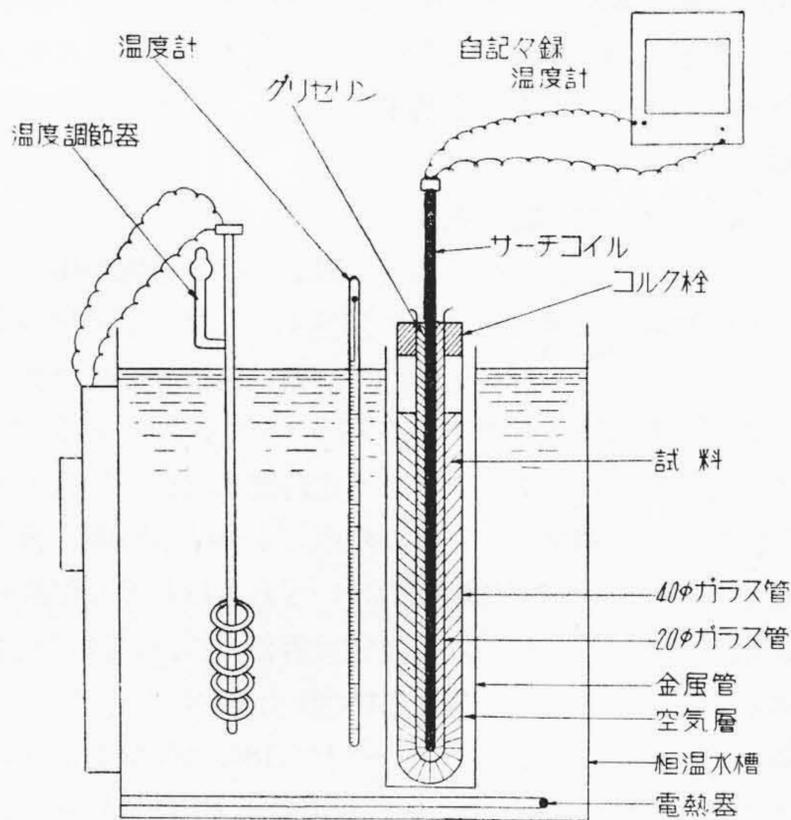
前にも述べたように、常温硬化を行う場合は触媒のほかに促進剤を用いる。通常触媒として BPO を用いたときは促進剤にジメチルアニリン、ジエチルアニリンなどのアミン類が使用され、メチルケトンパーオキサイド触媒のときは促進剤としてナフテン酸コバルトなどの金属塩類が使用される。PS 31 ワニスについて、メチルエチルケトンパーオキサイド (ジメチルフタレート溶液、ヨード法により分析した活性酸素 9.3%) を触媒とし、ナフテン酸コバルト (6% Co) を促進剤とした場合の一例を示す。実験方法は 40φ の試験管にワニス 100g を秤取りし、それに所定量のナフテン酸コバルトを溶解した後、触媒を加えて混合した。触媒を混合して30分後に第3図

第1表 「PS 31」ワニスの性質
Table 1. Properties of "PS 31" Varnish

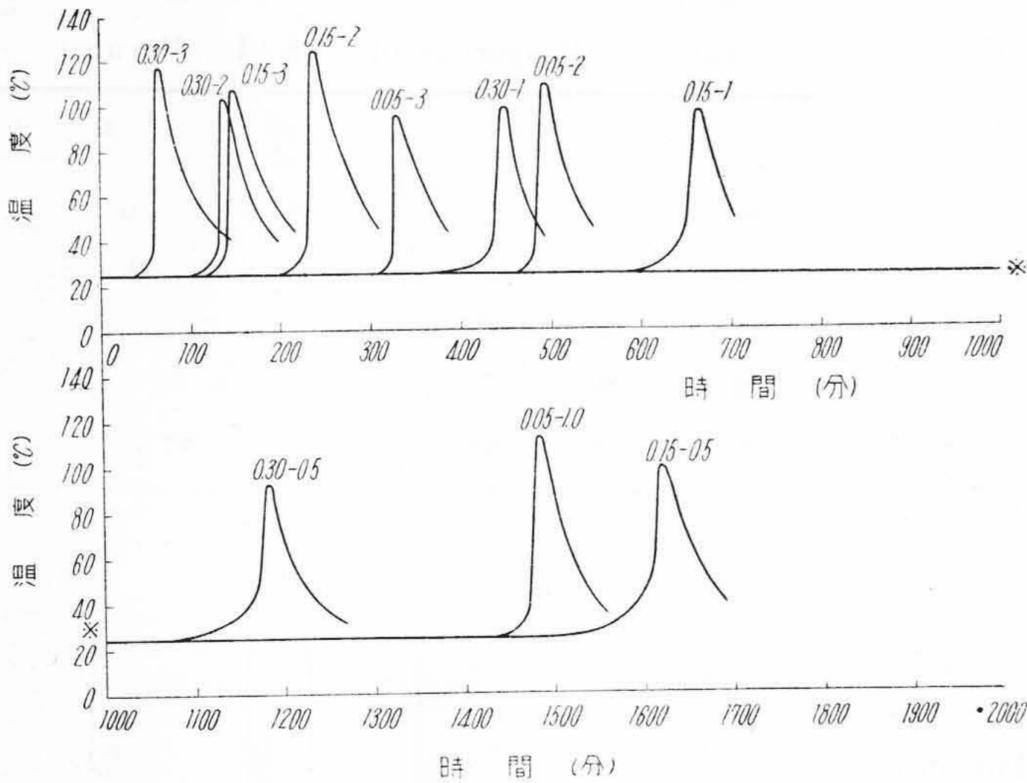
項 目	性 質
色	淡黄色, 透明
比 重 (D ₂₀ ²⁰)	1.15±0.05
粘度, ポイズ (25°C)	4±1
酸 価	20 以下
樹 脂 分 (%)	100



第2図 25°C における鋼球の落下時間曲線
Fig.2. Falling Time Curve of Steel Ball at 25°C



第3図 常温硬化試験装置
Fig.3. Testing Equipment for Room Temperature Cure



(注) 図中の数字たとえば 0.30-3 ワニス 100 部
 に対して促進剤 0.30 部, 触媒 3 部であるこ
 とを表わす。

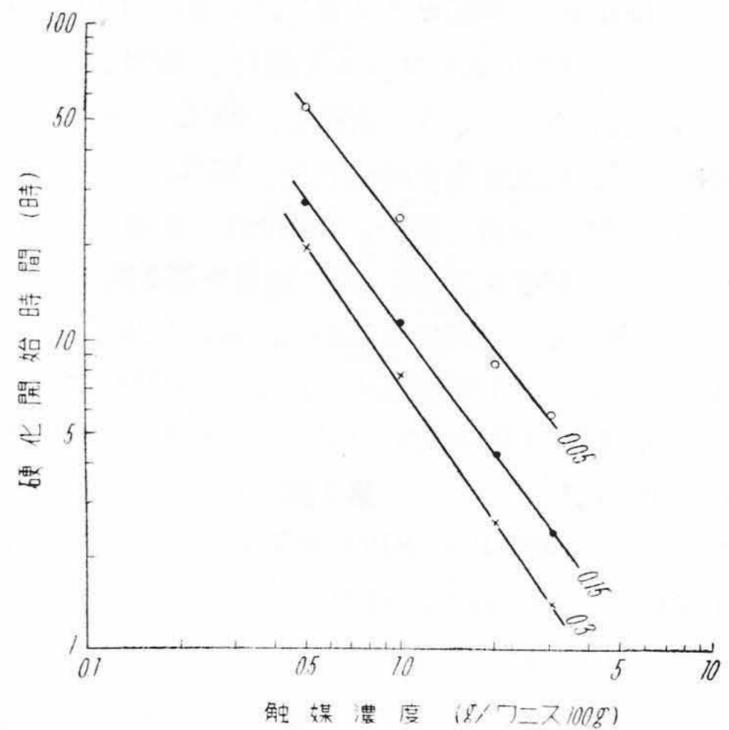
第4図 25°Cにおける「PS 31」ワニスの発熱曲線
 Fig.4. Exotherm Curve of "PS 31" Varnish at 25°C

の装置により、重合による硬化時の温度上昇曲線を測定し、第4図にその結果を示した。図からわかるようにこの硬化は常温で行われるとはいえ、硬化の進行とともに重合熱による急激な温度上昇がみられる。

いま第4図の直線的に温度上昇した部分の傾斜を常温(25°C)に外挿してえられた点を硬化開始時間(t)とすると、この t と触媒濃度(C)との関係は第5図のようになる。したがって促進剤濃度を一定にしたときにはそれぞれ前項と同様の(1)式がこゝでも成立する。定数を算出して第2表に示した。 a の値はBPOの0.52に比較して大きく1.3~1.5となっており、メチルエチルケトンパーオキシドの配合効果の大きいことがうかゞえる。

(4) 加熱硬化

加熱により硬化させる場合は通常 BPO 触媒が用いられる。ワニスに触媒を加えて加熱するとゲル化が起つて後硬化する。このゲル化時間の測定は比較的簡単であるから、樹脂の硬化を考察する方法として便利である⁽¹⁴⁾。前に述べた可使時間はこのゲル化時間より前の状態を示しているが、第2図の粘度が垂直に上昇する時間と常温硬化の硬化開始時間(第4図)はいずれもほぼゲル化時間に相当する。ゲル化時間の測定は容器ならびに試料の温度が規定の状態まで上昇する時間の影響を少なくするため、できるだけ小さくして行った。18φの試験管にワニス約20gを秤取する。これに所定量のBPOを加えてよく攪拌し、冷暗所に50分放置する。ついでそのワニス約3gを6φの小試験管に移してそれぞれの温度に調節された恒温油槽中に漬ける。これにピアノ線を入れて上下



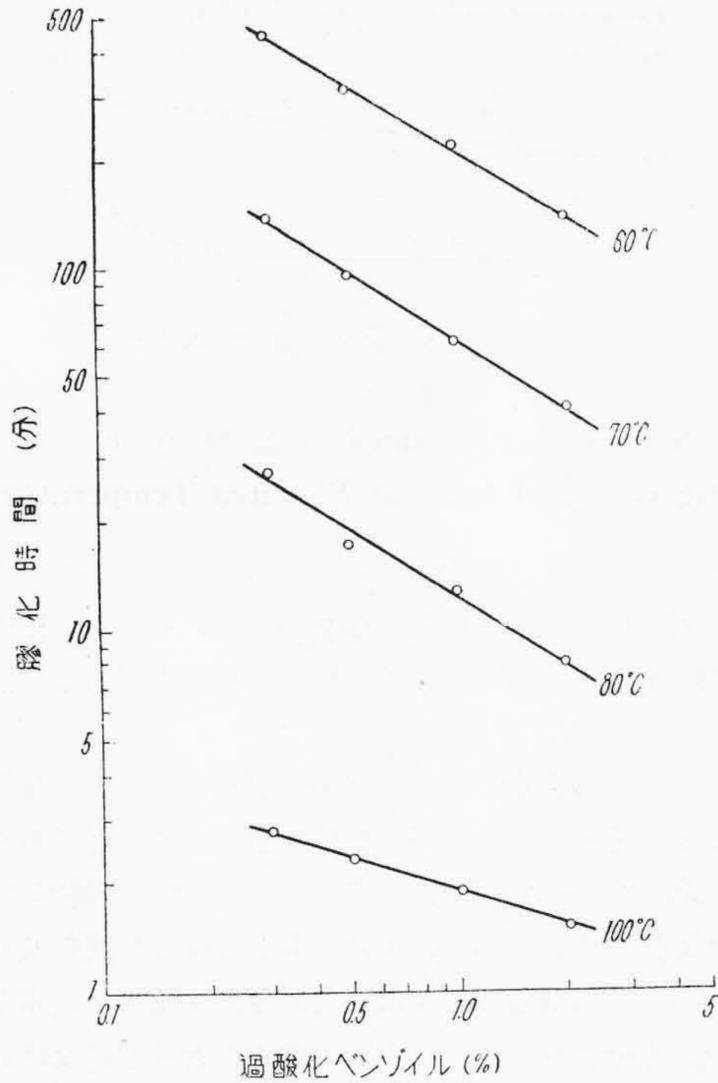
(注) 図中の数字は促進剤の濃度 (g/ワニス 100g) を示す。

第5図 触媒濃度と硬化開始時間との関係
 Fig.5. Relation between Catalyst Concentration and Starting Time of Cure

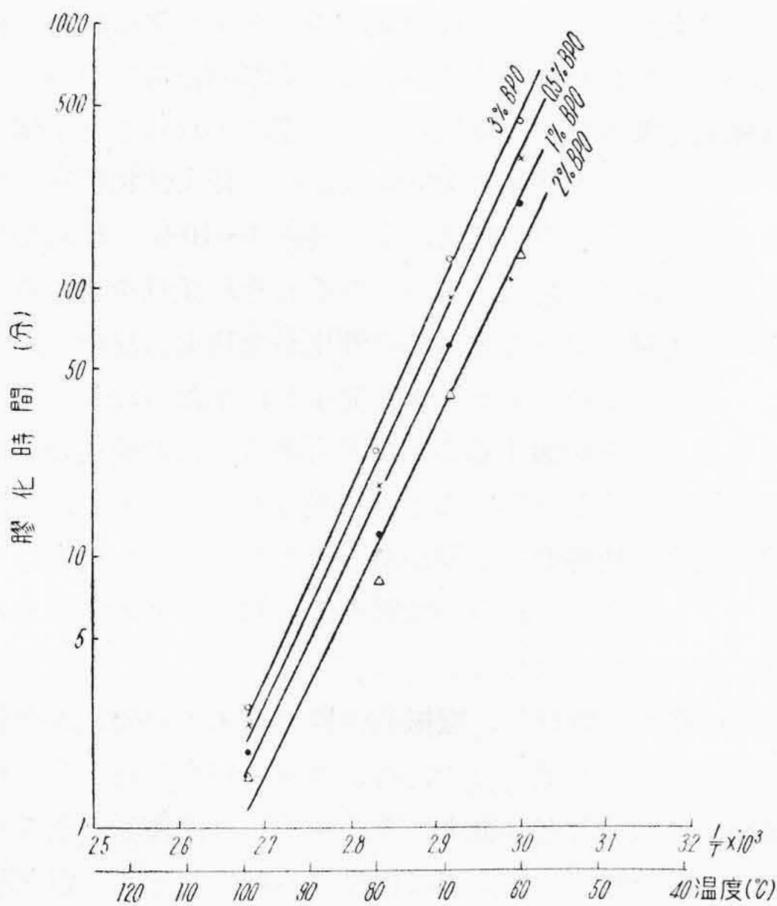
第2表 メチルエチルケトンパーオサイド—ナフテン酸コバルト系における a, k 定数

Table 2. a, k Constant in Methyl Ethyl Ketone Peroxide—Co-Naphthenate System

定数	促進剤 g/100g ワニス		
	0.05	0.15	0.3
a	1.3	1.3	1.5
k	23	11	74



第6図 過酸化ベンゾイル濃度と膠化時間の関係
Fig. 6. Relation between Benzoyl Peroxide Concentration and Gel-Time



第7図 膠化時間と温度の関係
Fig. 7. Relation between Temperature and Gel-Time

第3表 過酸化ベンゾイル触媒系における a, k 定数
Table 3. a, k Constant in Benzoyl Peroxide Catalyzed System

定数	反応温度 (°C)			
	60	70	80	100
a	0.61	0.62	0.61	0.32
k	207	61	12	1.9

第4表 過酸化ベンゾイル触媒系における膠化の活性化熱

Table 4. Activation Energy of Gelation in Benzoyl Peroxide Catalyzed System

活性化熱	B P O (%)			
	0.3	0.5	1.0	2.0
Q (kcal/Mole)	32	31	30	28
A	42	40	39	38

に微動させていると重合の進行によりゲル化しピアノ線とともに試験管が持ち上るようになる。このときの時間をその温度におけるゲル化時間とした。BPO 濃度 (C) とゲル化時間 (t) との関係は第6図のごとくで $\log C \sim \log t$ の関係がほぼ直線となり、こゝでも (1) 式が成立する。定数 a, k はまとめて第3表に示した。定数 a はやはりメチルエチルケトンパーオキサイドより小さく、第(2)項常温の場合に近い。したがって BPO の配合効果はこの場合も小さいわけである。また $\log t$ と硬化温度(絶対温度) T の逆数との関係は第7図のような直線となり Arrhenius の式

$$\ln t = \frac{Q}{RT} - A \dots\dots\dots(2)$$

ただし R : ガス恒数
 A : 定数
 Q : 活性化熱

が成立つことがわかる。よつて (1) 式と第3表の定数とから一定 BPO 濃度のゲル化時間 (t) を各温度にわたつて求め、(2) 式から活性化熱を算出して第4表に示した。活性化熱は解媒濃度の増加とともに減少の傾向がみられる。

Cass, Burnett⁽¹⁴⁾ のゲル化時間値より活性化熱を概算してみると 17~20 kcal になるから、それに比べると第4表の値はいずれもかなり大きく、日立 PS 31 ワニスは商品として安定化されていることを示している。ゲル化時間によつて硬化完了時間を知ることは樹脂の種類にもよるので、それほど簡単にきめることはできないが、この場合はゲル化時間の数倍程度の条件を与えるこ

第5表 硬化樹脂の性質
Table 5. Properties of Cured Resin

	実測値	試験法
比重 (D ₂₀ ²⁰)	1,280	
引張り強さ (kg/cm ²)	500	JIS K-6707
曲げ強さ (kg/cm ²)	730	JIS K-6705
圧縮強さ (kg/cm ²)	1,530	JIS K-6707
衝撃値 (シャルピー) (kg-cm/cm ²)	4.4	JIS K-6705
硬度 (ロツクウエル M)	60~70	ASTM D-785
耐熱温度 (°C)	60	ASTM D-646
吸水率 (25°C) (%)	0.5 以下	JAN P-77
体積固有抵抗 (Ω-cm)	1014	JIS K-6705
誘電率 60cps (17°C)	3.95	JIS K-6705
力率 60cps (17°C)	0.015	JIS K-6705
破壊電圧 (kV/mm)	17.6	JIS K-6705
耐アーク性 (s)	80	ASTM D-618
耐薬品性 (25°C) (%)		JAN P-77
30% 硫酸	0.7	
10% 苛性ソーダ	1.2	
エチルアルコール	1.0	
ベンゼン	0.6	
四塩化炭素	0.3	
アセトン	3.7	

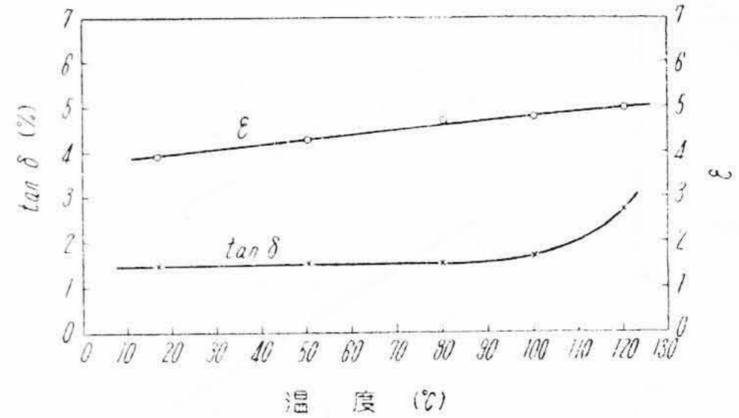
とによつて、ほぼ完全硬化樹脂の特性を発揮することができた。実際作業に当つては型が処定温度まで暖まる時間などの考慮が必要である。ゲル化後の完全硬化はそのまま型内で、あるいは型より取出してアクターキュアすれば良い。

(5) 硬化樹脂の特性

不飽和ポリエステル樹脂は充填物とともにすぐれた機械的特性を発揮するのであるが、充填物なしの「PS 31 ワニス」硬化品の特性を第5表に示した。また電氣的性質の一例として第8図に誘電率および誘電体損失の温度特性を図示した。

[IV] 不飽和ポリエステル樹脂の得失

前述のように不飽和ポリエステル樹脂の最も特長とするところは、揮発性物質が少しも発生せずに熱硬化することである。この特長ゆえに現在のように広範な用途が開拓されたわけである。従来の代表的熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂やメラミン樹脂は硬化に際して水その他の物質を出すので成型に高温高圧が必要となるのであるが、この樹脂では上記の性質のため高圧の必要もなく、また重合硬化であるため比較的低温ですむわけである。したがつて従来不可能であつた大物の積層、成型や連続積層も可能になつた。また硬化前の樹脂は通常液体状の形であるから上記の特長とあひまつて注型が容易に行われ、特に促進剤の選択によつてはきわめて短時間に常温硬化し、その応用範囲は非常に広い。さらに第[II]節で



第8図 ε および tan δ の温度特性

Fig. 8. ε and tan δ at Elevated Temperature

も述べたように、硬化品としてゴム状のものからガラス状の固いものまで多種類の樹脂があり、それら各樹脂の選択と配合によりいろいろな性能の材料を得ることができ

る。しかしこの樹脂にはまた従来の材料にないような欠点がある。それは硬化に際し禁忌物質があることである。銅、鉛、フェノール類などが存在すると重合が妨害され、全然硬化しなくなるか、または著しく硬化を遅らせる。したがつて電気機器の絶縁などに使用する場合、銅との接触、未硬化フェノール樹脂の存在などをさげなければならない。同様に硬化を妨害するものとして酸素があり、当然空気も影響して注型品などの表面の硬化不足となつてあらわれてくる。空気中の酸素によつて重合する乾性油とは全く逆の性質であるから無溶剤ワニスとして使う場合には注意を要する。このような現象は従来の縮合型熱硬化性樹脂ではほとんど考慮する必要がなかつたことである。現在、この空気乾燥性をよくするために樹脂の改良も行われているが、なお実際の使用に当つては機械的に覆うなどの使用技術を考慮に入れることが望ましい。またこの樹脂は100%反応性で揮発性物質を生じないといふものの硬化に際し通常4~10%の収縮があるから、注型、封入に当つてはそれぞれ注意を要する。触媒の過量、急熱などはこの硬化が発熱重合反応であることとあひまつてクラックを発生し、またはげしいときには封入物を破壊することなどもある。なお前述のように硬化性の著しく早いことは特長であるとともに、触媒混合後の可使時間に制限があることであつて、欠点にもなりうるから、これらの性質をよく知つて使用方法を適切にしなければならない。

この樹脂の物理的、機械的性質は従来の熱硬化性樹脂と比べて少しも遜色なく、特にガラス布を基材とした積層品、成型品などは従来にないすぐれた機械的性能を有し、構造材料として金属に代りうる特性を示す。電氣的性質、耐水性、耐薬品性も、在来のフェノール樹脂などに比べてすぐれているから成型品としては勿論、含浸材料としてきわめて緊密な絶縁層をつくること

〔V〕 応 用

不飽和ポリエステル樹脂の応用は現在非常に広範囲になりつつあるが、もつとも大きな用途はガラス布を用いた積層品である。従来不可能であった大型でしかも複雑なものが成型できる。よく知られているように自動車の車体、ボート、航空機の構造材料から大型パイプ、容器類、屋根、ドアなどの建築材料、家具、日用品にまでおよんでいる。また注型品としては昆虫などを入れた美術標本、装飾品にも用いられている。電気工業でコンデンサー、トランス、その他の各種のコイル、抵抗、電子回路などの封入、含浸に用いられ、耐湿、耐熱性の良好な特長を発揮している。特に無溶剤ワニスとして大型発電機用コイルにまでも応用される⁽⁵⁾。また成型品、積層品として一般絶縁材料と同様の方面に使用されることはいうまでもない。塗料としても無溶剤塗装としてかなり使われはじめてきた。なおこの樹脂は前節に述べたような得失があるから上記のような方面の応用に当ってはそれぞれ独得の使用技術が発達していることを付言しておく。

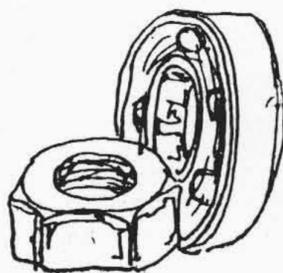
〔VI〕 結 言

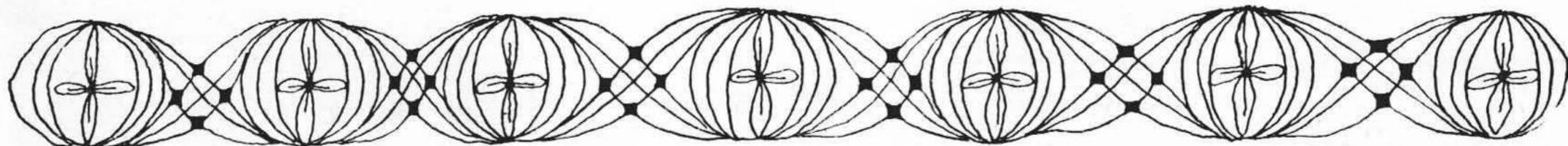
以上ははなはだ不完全ではあるが不飽和ポリエステル樹脂の化学的概念と性質について解説し、「日立 PS 31」ワニスに例をとり硬化現象の実際について述べた。再三記述したようにこの系統の樹脂は揮発性物質の発生することなく硬化するためその応用範囲はきわめて広く、特に電気工業あるいはその他の構造材料への応用は注目すべきものがある。すでに日立製作所においても多方面に使用されており、これらの詳細については別の機会に発表される筈である。なおこの樹脂は生れて未だ日も浅く、特に我国においては発展途上にあるのであつて、今後の改良と新しい使用技術の進歩によつてさらに飛躍的な用途の拡大が期待される。

擧筆するに当り終始御指導を賜つた日立製作所日立工場副工場長藤久保三四郎氏、日立絶縁物工場長日月紋次博士、日立研究所三浦倫義博士、鶴田四郎博士に感謝申上げる。

参 考 文 献

- (1) E. L. Kropa and T. F. Bradley: Ind. Eng. Chem. **31** 1512 (1939)
- (2) J. B. Rust: Ind. Eng. Chem. **32** 64 (1940)
- (3) J. S. Hicks: "Low Pressure Laminating of Plastics" (1947)
Ind. Eng. Chem. **46** (Aug., 1954) の "Unsaturated Polyesters" 特集
- (4) たとえば秋田: "ポリエステル樹脂工業" (1950)
井本: "ポリエステル樹脂" (1954)
- (5) C. M. Laffoom et al.: A. I. E. E. Technical Paper 51-121 (Dec., 1950)
- (6) R. H. Kinele: J. Soc. Chem. Ind. 229 T (1936)
- (7) W. H. Carothers: "Collected Papers of W. H. Carothers"
- (8) T. F. Bradley: Ind. Eng. Chem. **29** 1270 (1937)
H. L. Vincent: Ind. Eng. Chem. **29** 1267 (1937)
飯島, 鶴田: 日本化学会第 6 年会 (1953)
- (9) C. H. Rybolt and T. C. Swigert: Mod. Plast. 101 (1949)
- (10) W. H. Simpson: J. Soc. Chem. Ind. 107 (1946)
S. N. Ushakov and S. P. Mitserrgendler: Zhur Priklad Kim. **20** 1261 (1947)
後藤: 高分子化学 **10** 320 (1953), **11** 238, 431 (1954)
- (11) E. S. Ebers, et al.: Ind. Eng. Chem. **42** 115 (1950)
E. E. Parker and E. W. Moffett: Ind. Eng. Chem. **46** 1615 (1954)
- (12) P. M. Elliott: Mod. Plast. **29** 113 (July, 1952)
P. Robitschek and C. T. Bean: Ind. Eng. Chem., **46** 1628 (1954)
- (13) 日本特許: 152691, 152689, 152690, 154131
特公: 昭 26-1234, 昭 26-4428, 昭 26-4144~45, 昭 26-5584, 昭 27-2283~6, 昭 28-1600, 昭 29-5735
- (14) W. E. Cass and R. E. Burnett: Ind. Eng. Chem. **46** 1619 (1954)
宮入, 松島: 日本化学会第 7 年会 (1954)





日立製作所社員社外寄稿一覧 (昭和30年3月受付分)

寄稿先	題名	執筆者所属	執筆者
工業技術院	日立新型高速標準天井クレーンについて	本社	鈴木 実
九州電気協会	我国電気機関車の今昔	本社	河合 輝
日刊工業新聞社	現有設備の高度活用	川崎工場	花岡 浩
高分子学会	金属の接着	中央研究所	福村 勉郎 河合 麟次郎
日本機械学会	シエルモールド造型機	多賀工場	江刺 清夫
電気化学協会	放電化学	中央研究所	牟田 明德
電気学会	(電気化学部問) 放電化学	中央研究所	牟田 明德
ダイヤモンド社	資材常備量の問題	本社	寺沢 俊平
精密鑄造研究所	シエルモールド法による青銅鑄物の機械的性質について	亀有工場	割石 官市 上田 博
日本機械学会	ケーブルクレーンの進歩	亀有工場	赤木 進朗
小峰工業出版社	油圧駆動 (上巻)	川崎工場	阿武 芳朗
東北七県電力使用 合理化協議会	揚水ポンプの合理的使用について	亀有工場	寺田 進
溶接学会	不銹鋼合板の溶接について	日立研究所	小野 健二 渡辺 潔
日本機械学会	ボイラ給水ポンプの特性と動率について	亀有工場	寺田 進
日刊工業新聞社	工作機械の据付法	多賀工場	安藤 恒夫
労働省産業安全研究所	2点押釦スイッチ防爆試験報告	亀戸工場	松田 幸次郎
電気書院	車輛塗装における赤外線の影響	笠戸工場	宝迫 一郎
日本伸銅協会	耐酸化性銅基合金類の高温酸化特性	日立電線工場	栗本 暢夫
日本労働研究所	工場の安全管理と色彩調節	亀戸工場	寺下 信
電気公論社	低質炭による火力発電について	日立工場	杉沼 八郎
関西経済連合会	電気機械	本社	諫早 甲一
家庭電気文化会	わが社の掃除機	本社	中島 文雄
日本機械学会	ダブルリンク型水平引込起重機の衝撃値について	亀有工場	大西 昇
電気学会	電気材料の耐熱性	日立絶縁物工場	日月 紋次
溶接学会	低Mn系高抗張力鋼の溶接性に関する研究	笠戸工場	鈴木 音次郎 小林 年夫

第17巻 「日立」ポンプ, 圧縮機, 送風機・特集 第3号

あらゆる産業の中でポンプ, 送風機, 圧縮機がどんなに重要な役割を果たしているか, その構造と用途についてわかりやすく説明致しました。

- ◎ポンプ, 圧縮機, 送風機はどんな構造になっているか
- ◎ポンプ, 圧縮機, 送風機の歩み
- ◎ポンプ, 圧縮機, 送風機の用途
 - ・農事用につかわれるもの
 - ・鉱山用につかわれるもの
 - ・都市ガス, 水道用につかわれるもの
 - ・建築, 土木用につかわれるもの
 - ・発, 変電用につかわれるもの
- ・船舶用につかわれるもの
- ・製鉄, 製鋼用につかわれるもの
- ・化学工業用につかわれるもの
- ・薬, 食品工業用につかわれるもの
- ・製紙, 繊維工業用につかわれるもの
- ・機械工業用につかわれるもの
- ・その他につかわれるもの

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日立評論社

誌代 1冊 ¥60 千6