

架橋ポリエチレン積層板 および銅張積層板の特性について

General Properties of the Crosslinked Polyethylene Laminate
and the Metal Clad Laminate

上山 守* 三嶋 一幸*
Tamotsu Ueyama Kazuyuki Mishima

内 容 梗 概

化学的に架橋化したポリエチレンを用い、特殊な処理および構成を持たせることにより、従来からの電気絶縁用積層板や、印刷回路用銅張積層板と同様な取り扱いおよび処理加工のできる架橋ポリエチレン積層板および銅張積層板を得たので、その製造の概略工程を、ポリエチレンの架橋反応機構とともに説明した。次いで、このようにして得られた積層板および銅張積層板の機械的特性と電気的特性について検討し、強制劣化特性にも若干触れた。またこれらのものの、化学的性質についても説明した。その結果、架橋ポリエチレン積層板および銅張積層板は電気的特性において、きわめてすぐれ、誘電正接にこれをみるとその値は数キロサイクルから50メガサイクルの範囲で 100×10^{-4} 以下であり1メガサイクルではおよそ 50×10^{-4} という低い値を示した。またこの値は $90^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ で40日間劣化しても、ほとんど変化をみず、絶縁性ではわずかながら向上を示すなど、安定した性能を示した。

1. 緒 言

最近の合成高分子の発達はめざましく数多くの新材料が開発され、そのうちいくつかはすぐれた絶縁材料⁽¹⁾として紹介された。

架橋ポリエチレンもそのひとつであり、ポリエチレンの分子相互間を架橋することにより、いわゆる常温では熱可塑性樹脂であるが高温ではゴム状弾性を示すという特異な合成高分子⁽²⁾を生み出した。最近における研究ではこれらの架橋ポリエチレンを利用した電線⁽³⁾が、ポリエチレンのもつすぐれた高周波特性から高周波用ケーブルとして活況を呈している。一方、電子機器分野においてはトランジスタを利用した機器の発達、機器の小形化、軽量化の機運も盛んになり印刷配線技術の確立を促し家電品はもちろん自動制御計器、電子計算機、伝装装置などの分野にもその技術が軽妙、精緻であることから盛んに利用されてきた。

このような環境において印刷回路用積層板にも続々と新技術、新材料の利用がもくろまれ一般用あるいは特殊用として多くの期待がかけられている。これらのものの中には印刷回路用積層板のフレキシブル化⁽⁴⁾、常温打抜加工用絶縁板あるいは自己消炎性絶縁板⁽⁵⁾があり、また高周波用としてマイクロウェーブ、電子計算機、自動制御計器などに使用されている。しかし、従来の印刷回路用積層板は、その加工工程でハンダ付け作業を行なうためきびしい耐熱性が要求されるので熱硬化性樹脂がその大部分を占めており、熱可塑性樹脂の利用はきわめて特殊なものとしてその一部分を補うにすぎなかった。

筆者らは、これらの状況にかんがみてすぐれた絶縁性と高周波特性を持つ架橋ポリエチレンを巧みに利用することにより従来からの印刷回路用絶縁板の加工工程に適用できる架橋ポリエチレン積層板および印刷回路用積層板を製造した。

本稿では、それらの製造工程とそれによる積層板および印刷回路用積層板の特性の概略について紹介する。

2. ポリエチレンの架橋化反応

ここでいう架橋ポリエチレン（以下架橋PEと略す）とは、比較的少量に化学架橋剤を加えてゴム加硫と同様の手段により加熱してポリエチレンの主鎖間を交差結合させて網状体としたものである。

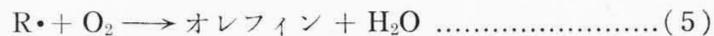
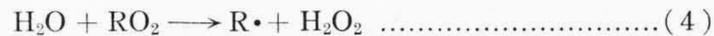
* 日立化成工業株式会社下館工場

このような架橋PEの製造法としては有機過酸化剤などの化学架橋剤によるほかに、電子線などの電離性放射線によって直接ポリエチレン主分子鎖を結合させる方法がある。

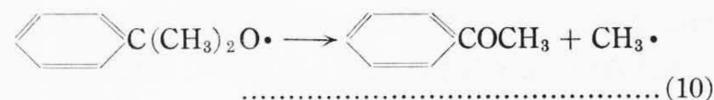
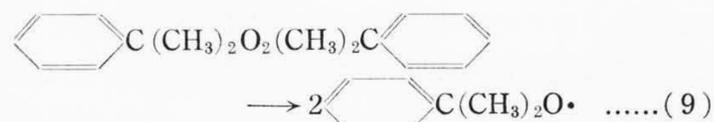
筆者らの研究室においても両者の技術によりおのおの架橋化した耐熱性のあるポリエチレンの製造を行なっているが本稿では特に前者の化学的方法によるものについて述べる。

高分子の架橋化の試みは古くからなされ、むしろゴム化学の歴史とともに発展したものである。その一例とみられるポリエチレンの架橋化は初めオープンロールを用いた加熱混練による架橋⁽⁶⁾であり、歴史的にみた化学的研究は過酸化亜鉛を添加して加熱キュアすることによりZST (Zero Strength Temperature) $170 \sim 200^\circ\text{C}$ の不溶性物質を得た⁽⁷⁾ことであった。その後架橋剤として種々の有機過酸化剤が開発され⁽⁷⁾⁽⁸⁾、最近ではジクミルパーオキシドやターシャリーブチルパーベンゾエート、2,5-ジメチル-2,5-パーオキシヘキサンあるいは2,5-ジメチル-2,5-パーオキシヘキシン-3などがポリエチレンの架橋化に実用されている。これらのポリエチレンの架橋化は詳しくは不明であるが、オープンロールによる混練時に起こる架橋化は、混練による主鎖のせつ断破壊により生じたラジカルを開始剤とする反応と、酸化反応に基因するものとが考えられている。

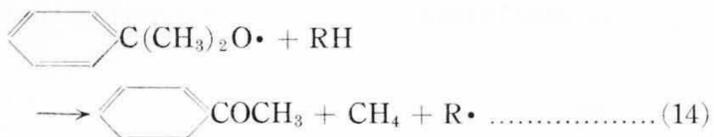
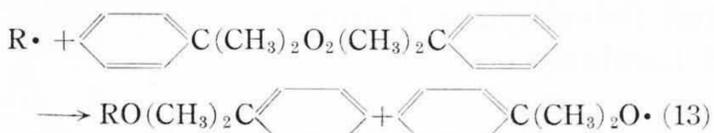
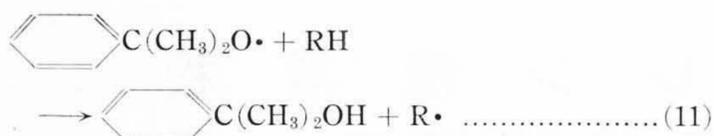
すなわち



またジクミルパーオキシドなどの過酸化剤による場合を例にとるとその反応機構は



の開始反応と



の連鎖移動や



の生長または停止反応による架橋の生成である。

(10), (11), (14)についてはアセトフェノンおよびジメチルベンジルアルコールについてのクロマトグラムや赤外吸収スペクトルなどの分析により確認されており⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾, またメタンの生成も確認⁽⁹⁾されている。一方, 架橋反応は(10), (11)が起こると加速的に進むため架橋剤配合物の混練はその分解温度以下で行なうことが必要である。

このような化学的に架橋化されたポリエチレンは架橋剤といろいろの添加剤をあらかじめ混練しこれを成形後加熱して架橋反応を起こさせてつくることを特長とするものであり, このようにして作製したコンパウンドはモールド, 押出, 射出, カレンダ加工などにより成形することができる。これはひとたび架橋するとその配合により耐熱性, 耐応力き裂性はもちろん耐溶剤性のある高周波絶縁性のきわめてすぐれた成形品も得ることができる。

一言にしていえば, 成形加工前には熱可塑性樹脂であるが成形加工後は熱硬化性ないしはゴム状樹脂の特長を具備したものに変わると考えてもよい。

3. 試料および実験方法

3.1 架橋 PE コンパウンドの製造

ポリエチレンと架橋剤およびその他の添加剤との混練は通常の熱可塑性樹脂混練装置により常法により行なった。

3.2 未架橋 PE 板の押出成形

未架橋板の成形はモールド, カレンダ法によっても行なえるが, 通常の熱可塑性樹脂シート押出成形機 (90 mm 押出機) により架橋剤の分解温度以下の温度制御を行ない規定の厚さに押出成形した。

3.3 架橋化 PE 積層板および MCL の成形

補強用基材としてガラス布を用い未架橋 PE 押出板と交互に積層した後, 架橋剤の分解温度以上に加熱加圧しキューア成形した。

なお, 銅張積層板 (以下 MCL と略記) の場合にはさらに導電性金属ハクをこれに積層して成形することにより調製した。

3.4 機械的性質の測定法

諸特性の測定は JIS 規格および ASTM 規格に準じた。

3.4.1 引張り強さと伸びおよび衝撃強さの測定

引張り強さおよび伸び率の測定はテンシロン万能試験機により行なった。この場合, 試料の形状は架橋化 PE 単体については JIS 規格 3 号ダンベルを用い室温, 50°C および 100°C の 3 点について引張速度 200 mm/min において試験した。また積層板および MCL については JIS-1 号ダンベルを用い室温, 引張速度 5 mm/min で行なった。伸び率については各試験片の標点間の破断までにおける伸び量から求めた。

衝撃強さはアイゾット衝撃試験法⁽¹¹⁾により試験片の中央に切

欠き (45°) を入れたものについて行なった。ただし, 架橋 PE 単体についてはアイゾット法では破壊しないため, 引張衝撃法⁽¹²⁾を適用した。

3.4.2 曲げ強さの測定

テンシロン万能試験機を用い, 25×40×1.6 t(mm) の試験片について標点間 30 mm, 曲げ速度 5 mm/min, 室温で曲げ強さを測定した。

3.4.3 引きはがし強さ

測定は銅ハクと基板との接着層について行なった。この場合試験片の寸法は 10×100×1.6 t(mm), 引きはがし速度 50 mm/min 引きはがし方向 180 度で室温における引きはがし強さとして求めた。

3.4.4 溶融ハンダ耐熱性

25×25×1.6 t(mm) の寸法に調製した試験片を, 表面を清浄して溶融ハンダ浴上に浮遊させ銅ハクに異状を生ずるまでの時間を求めてハンダ耐熱時間とした。

3.5 耐溶剤性, 耐薬品性および吸水率

3.5.1 耐溶剤性

沸騰キシレンを用いて精秤(せいひょう)した試料の溶解抽出を 10 時間以上行ない不溶部分を乾燥後再び秤量し不溶化率を算出した。

3.5.2 耐薬品性

硫酸(20%), 塩酸(20%), 氷酢酸, カ性ソーダ (5~10%), アセトン, ホルマリン, エタノール, ベンゾール, クロロホルムの 9 種類の薬品に室温で 2 週間浸漬した後, 外観および重量の変化を観察することにより試験した。

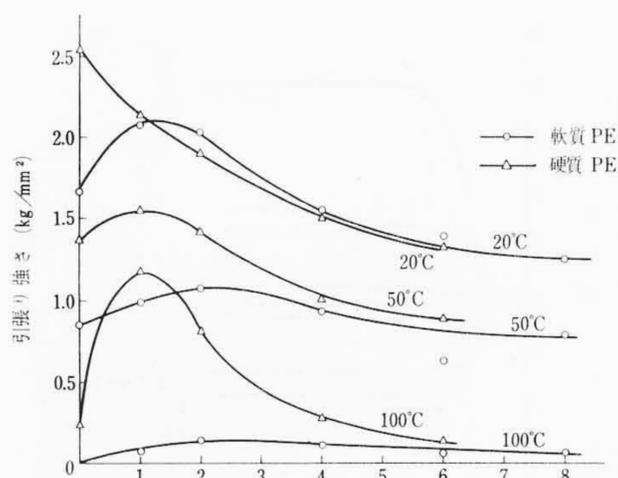
3.5.3 吸水率

50×50×1.6 t(mm) に試料を調製し, 23±1°C の恒温水中に 24 時間浸漬して重量の増加率を求め吸水率とした。

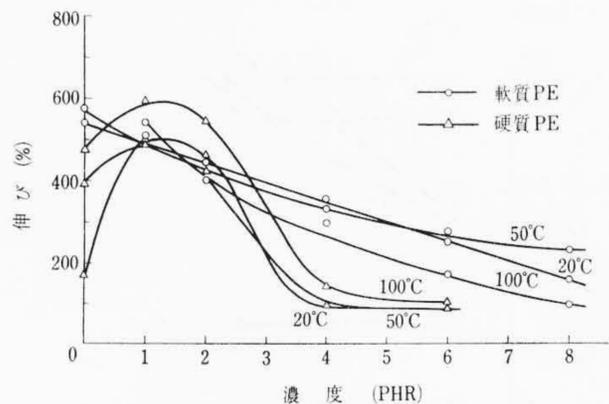
なお, MCL については銅ハクをとらずにそのまま行なった。

第 1 表 絶縁板の電気的性質試験方法

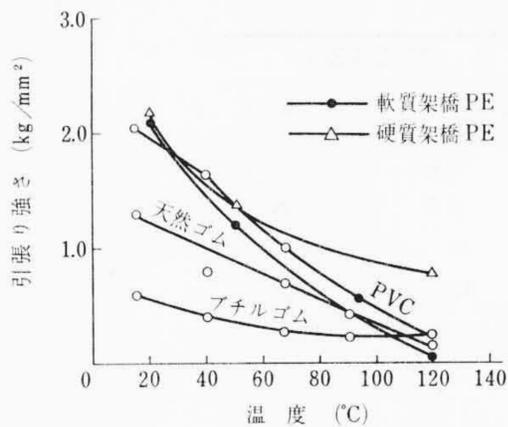
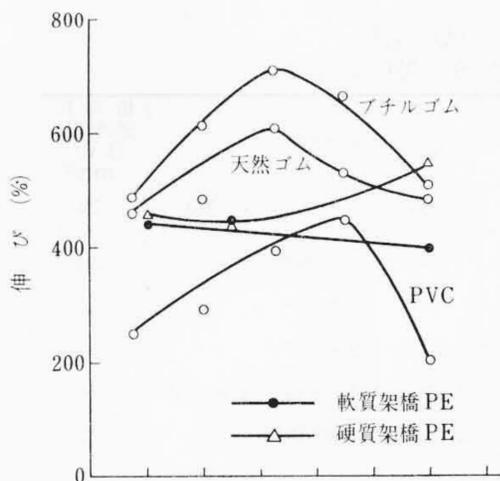
試験項目	試験片寸法 (mm)	試験方法 (JIS による)
絶縁抵抗	20×40×1.6 t	
表面抵抗	100×100×1.6 t	
体積抵抗率	100×100×1.6 t	
誘電率	90×90×1.6 t	
誘電正接	90×90×1.6 t	



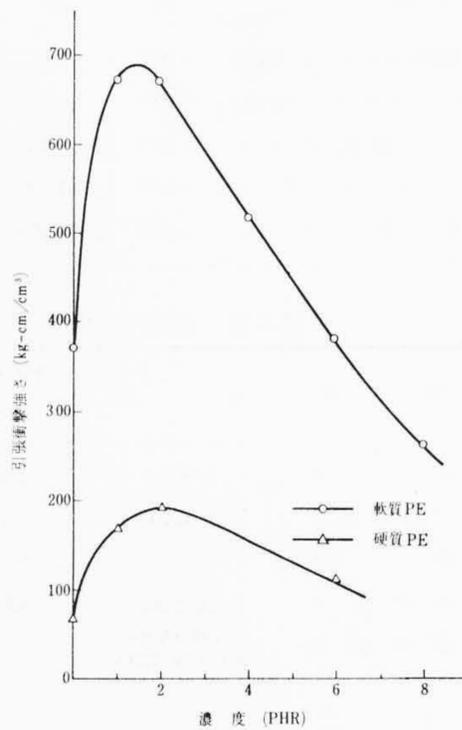
第1図 架橋剤濃度と引張り強さの関係



第2図 架橋剤濃度と伸びの関係



第3図 温度と引張強さおよび伸びの関係
(川和田ほか：日立評論 43, (8) ('61)による)



第4図 架橋剤濃度と引張衝撃強さの関係

3.6 電気的性質

絶縁抵抗, 表面抵抗, 体積抵抗率, 誘電率および誘電正接の各項目については JIS 規格に準じて試験した。測定条件は第1表に示すとおりである。

3.7 寿命特性

90°C, 120°C, 150°C の各空気循環恒温そうおよび 50°C の恒温水そうを用いて常態および 1, 5, 10, 20, 40 日間おのおの加熱した後の引張り強さ, 曲げ強さ, 絶縁抵抗, 誘電正接, 誘電率および引きはがし強さを測定しそれらの特性における劣化状況を観察した。

4. 結果と検討

4.1 架橋 PE の一般特性

4.1.1 機械的性質

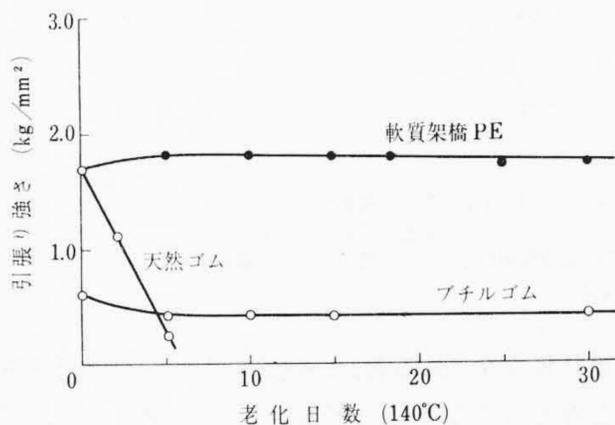
架橋剤濃度をかえた場合の機械的性質の測定結果を第1~4図に示す。

架橋 PE はポリエチレンの主分子鎖間を結合させて網状構造をつくるもので結晶の消失するような高温においては加硫ゴムと相似した挙動を示す。

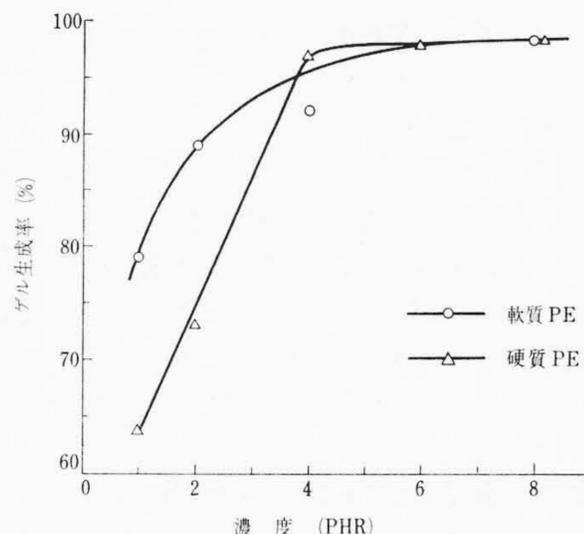
このようなものの第一の特長は熱可塑性ではなくなり負荷変形性が改善されることである。たとえば川和田氏⁽¹³⁾らは, 10×10×2t(mm)の試験片に直径5mmのガラス棒をのせ1kgの荷重をかけたときの130°Cにおける30分後の変形率および荷重除去後の永久変形率を求め第2表の結果を得ている。ポリエチレンは100%流動変形しているのに対して架橋 PE は永久変形がほとんどみられず, いわゆる弾性変形を示している。

第2表 加熱変形率(川和田 et al; 日立評論 43 (8) ('61)による)

試料	変形率 (%)	永久変形率 (%)
架橋ポリエチレン (軟質)	34.3	2.7
ポリエチレン (軟質)	100	—
ポリ塩化ビニル	48.3	22.4
ブチルゴム	30.8	10.5
ネオプレン	32.4	8.7
天然ゴム	25.9	4.9



第5図 耐老化性の比較
(川和田ほか：日立評論 43, (8) (1961))



第6図 架橋剤濃度とゲル生成率の関係

このような傾向は第1図の引張り強さにもみられ架橋により高温における引張強さや衝撃強さが著しく改善されていることがわかる。このような耐熱性の向上は熱劣化性についてもいえるが, 川和田氏ら⁽¹³⁾の結果によれば第5図に示すように140°C, 1ヶ月間の強制劣化でも引張強さの低下はみられない。

4.1.2 耐溶剤性

架橋剤濃度と沸騰キシレンへの不溶化率の関係を第6図に示

第 3 表 体積抵抗率と破壊電圧
(川和田ほか：日立評論 43 (8) ('61) による)

特性	体 積 抵 抗 率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)						短 時 間 破 壊 電 圧 (kV/mm^2)
	20	40	60	80	100	120	
架橋ポリエチレン(軟質)	$>10^{15}$	—	$>10^{15}$	—	$>10^{15}$	—	50
ポリエチレン(軟質)	$>10^{15}$	—	$>10^{15}$	—	$>10^{15}$	—	51
ポリ塩化ビニル	$>10^{15}$	1.8×10^{14}	1.9×10^{13}	1.4×10^{12}	2.6×10^{11}	—	—
ブチルゴム	$>10^{15}$	$>10^{15}$	1.1×10^{15}	2.3×10^{14}	4.5×10^{12}	1.9×10^{12}	28
天然ゴム	$>10^{15}$	1.6×10^{15}	2.8×10^{14}	2.1×10^{13}	1.3×10^{12}	—	27

第 4 表 架橋化 PE 絶縁板の機械的特性

特 性	単 位	MCL-PE-61		
		LPE-61N	I	II
比 重	—	1.150	1.223	1.282
引 張 り 強 さ	kg/mm^2	6.53	6.37	6.90
伸 び	%	0~5	10	0~5
曲 げ 強 さ	kg/mm^2	19.1	10.9	17.2
衝 撃 強 さ	Izod 切欠有 $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$	—	30.1	17.1

第 5 表 耐 薬 品 性

浸漬液	試 料	MCL-PE-61 LPE-61N	浸漬液	試 料	MCL-PE-61 LPE-61N
硫 酸 20%	○	○	ホルマリン	△	△
塩 酸 20%	○	○	エタノール	○	○
氷 酢 酸	○	○	ベンゼン	△	△
カ性ソーダ 5~10%	○	○	クロロホルム	△	△
アセトン	△	△			

○：わずかの重量増減はあるが変化なし。
△：いくらか抽出されて重量が減少しフクレる。
ただし MCL-PE-61 についての酸アルカリ試験については銅ハクをエッチングしてから行なった。

す。架橋 PE にみられる著しい性質のもう一つは耐溶剤性の向上にあると考えられている。一般にポリエチレンは酸、アルカリその他の薬品にはほとんど侵されないが、常温では芳香族系溶剤をいくらか吸収してきわめてわずかなフクレを示す。しかし高温においては芳香族系およびハロゲン化有機溶剤には完全に溶解してしまう欠点はあるが、架橋化によりほとんど不溶性にまで耐溶剤性が向上されていることがわかる。

4.1.3 電 気 的 性 質

化学架橋 PE の電気的性質について体積抵抗率と破壊電圧⁽¹³⁾を第 3 表に、誘電率と誘電正接を第 7 図に示す。

化学架橋 PE は添加剤分解残留物として揮発性成分があるために(キュア成形処理中にもかなり除去はされる)同じ架橋 PE でも、照射架橋 PE のほうが誘電特性においてわずかにすぐれている。しかし、電気絶縁材料用としては他の絶縁材料に比べ損失の少ない材料といえる。

4.2 架橋 PE 積層板および MCL の一般特性

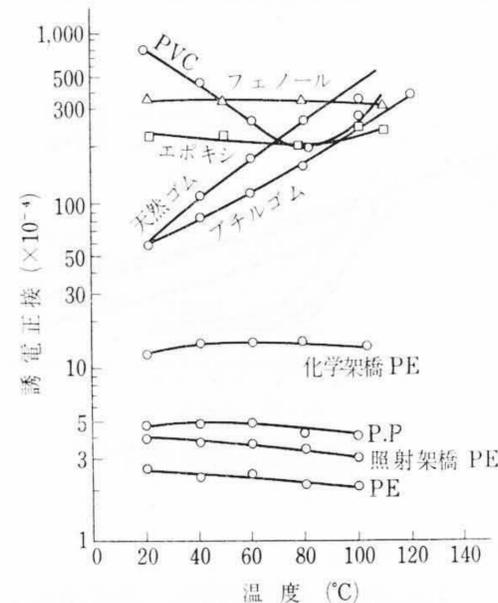
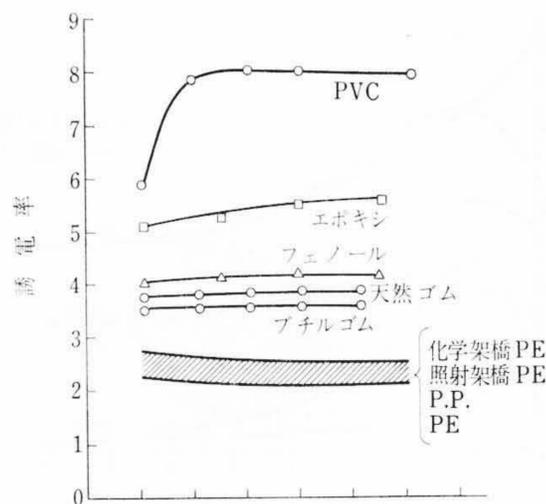
4.2.1 機 械 的 特 性

架橋 PE 積層板(LPE-61N)および MCL(MCL-PE-61)の機械的特性を第 4 表に示す。

4.2.2 耐薬品性と吸水率

常温における耐薬品性の結果を第 5 表に示す。

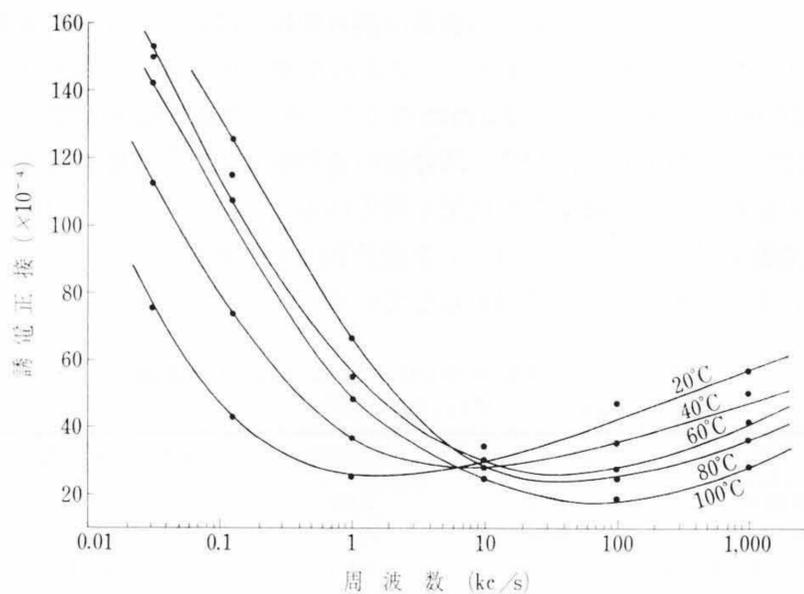
耐薬品性は補強基材に用いる樹脂の特性により多少異なるが、架橋 PE が非常に耐薬品性にすぐれているので印刷回路用積層板に応用しても、それはそこなわれずほとんどの薬品に耐えることがわかる。また吸水率については 23°C、24 時間水中浸漬による吸



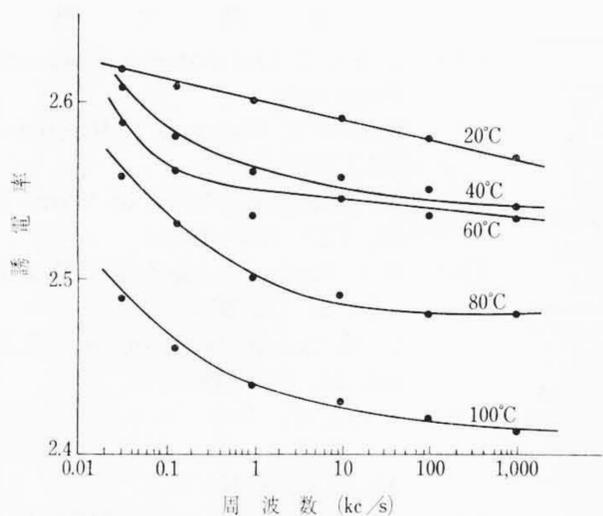
第 7 図 各種材料の誘電率および誘電正接と温度の関係

第 6 表 架橋 PE 絶縁板の一般特性

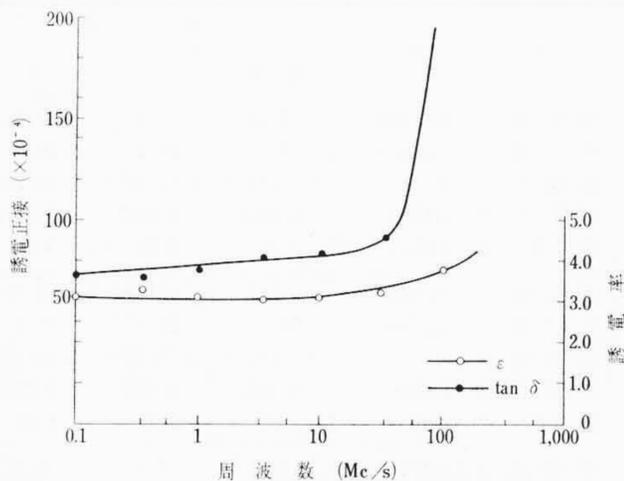
特 性	処 理 条 件	MCL-PE-61		
		LPE-61N	I	II
絶 縁 抵 抗 (Ω)	C-90/20/65	$>10^{13}$	1.6×10^{14}	1.3×10^{14}
表 面 抵 抗 (Ω)	C-90/20/65	$>10^{13}$	9.7×10^{13}	5.8×10^{13}
体積抵抗率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	C-90/20/65	$>10^{13}$	4.1×10^{14}	1.7×10^{14}
誘 電 正 接 (1Mc)	C-90/20/65	0.0051	0.0047	0.0057
誘 電 率 (1Mc)	C-90/20/65	2.76	2.80	2.57
引 け が し 強 さ (kg/cm)	A	—	1.60	2.64
ハンダ耐熱性 (秒)	230°C 250°C 300°C	A	>30 28 5	>60 >50 17
吸 水 率 (%)	E-24/50 +D-24/23	<0.2	0.15	0.17
打 抜 加 工 性	A	良 好	良 好	良 好



第 8 図 MCL-PE-61 および LPE-61N における誘電正接の周波数および温度特性



第9図 MCL-PE-61 および LPE-61 N における誘電率の周波数および温度特性



第10図 室温におけるMCL-PE-61の周波数と誘電特性の関係

水率は第6表の測定結果が示すようにおよそ0.2%以下である。

4.2.3 電気的性質

LPE-61 N および MCL-PE-61 の誘電率および誘電正接と周波数の関係およびその温度特性は第8~10図に示すとおりである。

また第6表はMCL-PE-61およびLPE-61Nについての電気的一般特性を示している。

印刷回路用積層板の誘電特性は使用目的により機器の性能を左右する重要な因子であり、誘電正接および誘電率の小さいこと、外的条件、使用周波数などに対して安定であることなどが賞用される。このような点についてMCL-PE-61およびLPE-61 Nをみると従来からのMCLおよび積層板の誘電特性と比較しておよそその1/2~1/4程度というきわめて低い値を示し、かつ周波数に対しては比較的安定した値をもち、高温においてはさらに絶縁性能の向上がみられる。

4.3 強制劣化試験

最近、部品、材料、機器の信頼度を確保するために寿命試験の方法も種々検討されている。その一端として絶縁材料の長期寿命の保証という立場から絶縁板についても種々の強制劣化試験が考えられている。

一般に、絶縁板の劣化はコロナ、熱、吸湿などのほかに振動疲労、電食などによる劣化があり、機械的性質や絶縁性の劣化としてあらわれる。

4.3.1 水浸による劣化

50°Cの水中に約40日間浸漬処理したときの機械的性質および電気的性質の劣化の様態を第7表に示す。表から明らかなように機械的性質についてはいくらかの劣化がみられるが概してきわめて高い耐温水劣化性を示している。しかし、電気的性質ではかなりの劣化があらわれ誘電正接はおよそ40日間の劣化で4倍の大きさにまで劣化した。

4.3.2 空気循環恒温そう中における熱劣化

90, 120°Cおよび150°Cの空気循環恒温そう中で劣化した試料の機械的性質および電気的性質の試験結果は第8, 9表に示すとおりである。試験片は劣化時間の増加に従い着色し褐色化するが機械的性質の劣化はいずれの温度においてもみられず引張り強さは逆

第7表 水浸による劣化特性

種別	劣化条件	特 性	劣 化 日 数 (日)					
			常 態	1	5	10	20	40
MCL-PE-61	50°C Water Bath	引張強さ (kg/mm ²)	6.90	7.66	6.77	5.49	6.22	4.55
		曲げ強さ (kg/mm ²)	17.2	18.2	16.6	16.7	16.3	15.5
		絶縁抵抗 (Ω)	9.6×10 ¹²	1.5×10 ¹²	5.2×10 ⁹	1.3×10 ¹⁰	2.8×10 ⁹	4.2×10 ⁹
		誘電正接 (1 Mc)	0.0047	0.0054	0.0095	0.0131	0.0190	0.0212
		誘電率 (1 Mc)	2.79	2.84	2.84	2.92	3.00	3.07
		引きはがし強さ (kg/cm)	3.1	3.0	2.7	2.6	2.5	2.5
LPE-61N	50°C Water Bath	引張強さ (kg/mm ²)	6.53	6.74	6.60	4.80	5.45	4.77
		曲げ強さ (kg/mm ²)	19.1	19.7	16.2	18.4	15.6	17.2
		絶縁抵抗 (Ω)	4.1×10 ¹³	7.8×10 ¹¹	1.2×10 ¹⁰	1.0×10 ¹⁰	4.6×10 ⁹	1.7×10 ⁹
		誘電正接 (1 Mc)	0.0051	0.0071	0.0186	0.0233	0.0221	0.0213
		誘電率 (1 Mc)	2.73	2.71	2.92	2.97	3.02	3.06

第8表 MCL-PE-61の熱劣化特性

劣化条件	特 性	劣 化 日 数 (日)					
		常 態	1	5	10	20	40
90°C Air Oven	引張強さ (kg/mm ²)	6.90	7.81	7.38	8.27	7.15	7.56
	曲げ強さ (kg/mm ²)	17.2	18.8	17.8	17.2	18.2	18.6
	絶縁抵抗 (Ω)	1.5×10 ¹³	1.7×10 ¹⁴	2.0×10 ¹⁴	1.6×10 ¹⁴	2.3×10 ¹⁴	5.3×10 ¹³
	誘電正接 (1 Mc)	0.0046	0.0039	0.0039	0.0038	0.0037	0.0039
	誘電率 (1 Mc)	2.80	2.81	2.80	2.81	2.80	2.77
	引きはがし強さ (kg/cm)	3.1	2.9	3.3	3.0	2.8	2.9
120°C Air Oven	引張強さ (kg/mm ²)	6.90	8.22	7.91	8.51	7.27	7.61
	曲げ強さ (kg/mm ²)	17.2	19.5	17.7	17.3	17.7	19.4
	絶縁抵抗 (Ω)	4.6×10 ¹²	1.9×10 ¹⁴	5.1×10 ¹⁴	5.9×10 ¹⁴	5.5×10 ¹⁴	7.4×10 ¹⁴
	誘電正接 (1 Mc)	0.0048	0.0036	0.0039	0.0038	0.0038	0.0033
	誘電率 (1 Mc)	2.75	2.74	2.78	2.73	2.73	2.36
	引きはがし強さ (kg/cm)	3.1	3.0	3.4	2.8	2.8	2.6
150°C Air Oven	引張強さ (kg/mm ²)	6.90	8.56	7.72	5.90	7.03	6.10
	曲げ強さ (kg/mm ²)	17.2	18.4	17.5	16.6	16.2	17.0
	絶縁抵抗 (Ω)	7.2×10 ¹²	1.0×10 ¹⁴	7.8×10 ¹⁵	1.1×10 ¹⁵	1.2×10 ¹⁵	7.4×10 ¹⁵
	誘電正接 (1 Mc)	0.0046	0.0038	0.0038	0.0036	0.0034	0.0039
	誘電率 (1 Mc)	2.81	2.78	2.76	2.79	2.68	2.74
	引きはがし強さ (kg/cm)	3.1	3.2	3.0	2.8	2.6	2.1

に増加の傾向があらわれた。一方、電気的性質についてみると誘電正接は各温度ともいずれの試料も最初の1日目においてすでに元の値の10~20%の低下を示し、以後加熱時間とともにその変動はほとんどなくなり安定化し40日目においても元の試料の約80%の値を保持した。この傾向は絶縁抵抗についてもみられ、加熱により絶縁性能はいくらか向上する。

誘電率は加熱によりほとんど変化せずおよそ2.7の値を示し、きわめて安定な特性を示した。これは前述したように架橋化後においてごく少量残留する架橋剤の分解生成物が加熱により逸散し不純物による電気的損失が減少したためと考えられる。

以上の結果からMCL-PE-61およびLPE-61 Nが非常に加熱劣化に対して安定した性質を有していることがわかる。

第9表 LPE-61(N)の熱劣化特性

劣化条件	特 性	劣 化 日 数 (日)					
		常 態	1	5	10	20	40
90°C Air Oven	引張強さ (kg/mm ²)	6.53	7.13	6.44	6.65	6.48	6.98
	曲げ強さ (kg/mm ²)	19.1	21.3	20.6	20.7	20.7	20.1
	絶縁抵抗 (Ω)	1.7×10 ¹³	6.7×10 ¹⁴	8.6×10 ¹³	3.0×10 ¹⁴	3.6×10 ¹³	5.7×10 ¹³
	誘電正接 (1 Mc)	0.0051	0.0037	0.0040	0.0039	0.0039	0.0040
	誘電率 (1 Mc)	2.76	2.76	2.75	2.74	2.73	2.74
120°C Air Oven	引張強さ (kg/mm ²)	6.53	6.62	6.55	6.97	6.67	7.09
	曲げ強さ (kg/mm ²)	19.1	21.4	19.1	19.8	20.5	20.4
	絶縁抵抗 (Ω)	4.7×10 ¹³	3.7×10 ¹⁴	3.4×10 ¹⁴	6.0×10 ¹⁴	7.6×10 ¹⁴	7.8×10 ¹⁴
	誘電正接 (1 Mc)	0.0051	0.0037	0.0040	0.0038	0.0038	0.0031
	誘電率 (1 Mc)	2.75	2.75	2.74	2.74	2.72	2.72
150°C Air Oven	引張強さ (kg/mm ²)	6.53	7.01	6.77	7.25	7.03	6.05
	曲げ強さ (kg/mm ²)	19.1	18.5	18.0	18.6	17.5	17.6
	絶縁抵抗 (Ω)	6.2×10 ¹²	1.0×10 ¹⁵	8.9×10 ¹⁴	1.2×10 ¹⁵	1.4×10 ¹⁵	1.4×10 ¹⁵
	誘電正接 (1 Mc)	0.0050	0.0038	0.0038	0.0034	0.0033	0.0031
	誘電率 (1 Mc)	2.79	2.75	2.74	2.74	2.69	2.74

5. 結 言

本文で詳述したように、架橋PEによる積層板(LPE-61N)およびMCL(MCL-PE-61)は筆者らの研究により特殊な処理、構成から開発された常温打抜き加工のできる耐熱性と機械的特性のすぐれた絶縁板であり、また低周波から高周波にわたりいずれの温度においても電氣的損失のきわめて小さい安定した高周波特性をもつものでその利用価値は大である。また、これらの絶縁板は熱劣化試験でも安定な性能を示しており商用通信機用、工業計器用はもちろん高周波用材料としての使用が期待される。

終わりにのぞみ本研究の実施にあたり種々ご指導をいただいた日立製作所日立研究所部長河合麟次郎博士、日立化成工業下館工場研究課長前田博士に深謝する。

参 考 文 献

- (1) たとえば Electronized Chemical Co. の Polyguide など
- (2) B. B. S. T. Boonstra: Rubber Age, 86, (3) 450 (1959)
M. M. Suba: Wire & Wire Product, 35, (2) 195 (1960)
- (3) B. C. Carlson: Rubber World, 142, (3) 91 (1960)
E. M. Dannenberg et al: J. Polymer-sci, 31, 127 (1958)
- (4) たとえば、日本バルカー社の弗素樹脂シート利用によるもの、日立化成マイラー MCL(MCF-10) など
- (5) たとえば、日立化成の MCL-E-47 など
- (6) British Patent, 597833, Feb. 4 (1948) (E. I. Du Pont de Nemours Co.)
- (7) U. S. Patent, 2455910, Dec. 14 (1948) (E. I. Du Pont de Nemours Co.)

U. S. Patent, 2528523, Nov. 12 (1950) (Eastman Kodack Co.)

- (8) 日本特公, 33-6095, 31. 5. 18 (G. E. Co.)
日本特公, 33-7183, 31. 12. 22 (G. E. Co.)
日本特公, 37-2983, 33. 7. 18 (Cabot Co.)
日本特公, 35-3245, 32. 7. 12 (Cabot Co.)
日本特公, 35-5977, 33. 2. 1 (Cabot Co.)
日本特公, 35-15381, 33. 2. 13 (Cabot Co.)
日本特公, 35-5973, 33. 8. 2 (Hercules Powder Co.)
- (9) M. S. Kharash et al: J. Org. Chem., 16, 113 (1951)
M. S. Kharash et al: J. Org. Chem., 15, 763 (1950)
- (10) C. R. Park et al: J. Polymer Sci., 50, 287 (1961)
D. K. Thomas et al: Trans. Faraday Soc., 57, 511 (1961)
C. R. Moor et al: J. Polymer Sci., 19, 237 (1956)
- (11) ASTM: D-256-54 T, B. S.-771 (1954)
- (12) C. G. Bragaw: Mod. Plastics, 33, (10) 199 (1956)
R. F. Westover: Material Res. & Standard, 1, (11) 867 (1961)
- (13) 川和田七郎ほか: 日立評論 43 (8) 95 (1961)



特 許 の 紹 介



特許第416178号

水越正義

運 搬 車

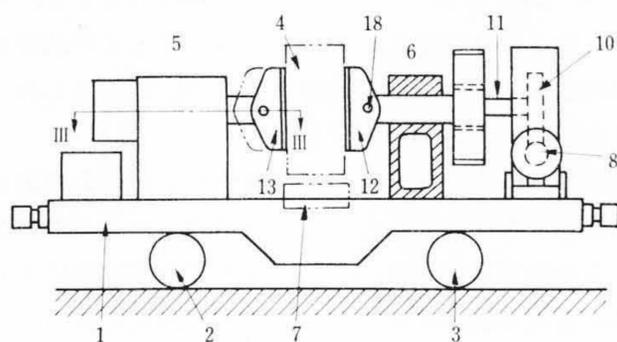
この発明は、被運搬物を任意の姿勢に保持しさらにはそれを容易に回転することもできる運搬車を提案したものである。

この発明になる運搬車の構成は、一つは回転自在にされた掴(つか)み駒13を圧油サーボモータ19によって軸動作するようにされ、一つはそれに対向する掴み駒12を回転できるように構成された2つの挟持体5、6を備え被運搬体4を側面から対向挟持し、しかも被運搬体を前記挟持体に対し適正に位置せしめ被運搬体が回転する時には下方に動作される受台7を備えている。

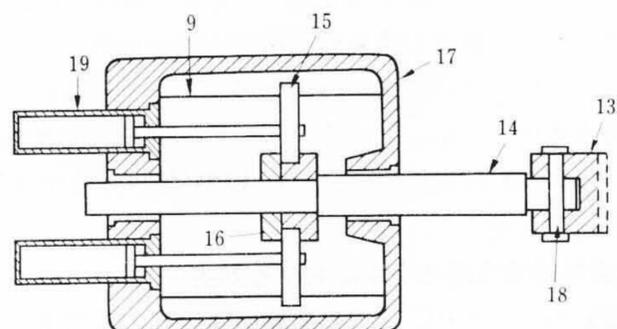
すなわち、挟持体の一つは、ウォーム軸8、ウォームホイール10、

掴み軸11、掴み駒12、ピン18よりなり軸動作を行わず回転駆動されるように構成され、挟持体の他の一つは、掴み軸14とこの軸14に案内子16を介して回転自在に係合された横梁15を具え、サーボモータ19により箱17内の案内9に案内され往復動作するように構成されている。

この発明によれば、その被運搬体が鋼塊等重量が非常に大きく、また高温に加熱されていて運搬系に近づくことのできないものにおいて有利である。(山元)



第 1 図



III-III断面図

第 2 図