

自己消炎性紙基材エポキシ樹脂銅張り積層板の特性

The Properties of the Self-extinguish Paper-Epoxy Metal Clad Laminate

齋 木 学* 鈴木 博* 横 倉 元 信*
 Satoru Saiki Hiroshi Suzuki Motonobu Yokokura

内 容 梗 概

エポキシ樹脂を使用した印刷回路用銅張り積層板 (MCL) には、ガラス布、テトロン布などを基板としたもののほか、もっとも普及している紙基材フェノール樹脂 MCL と同じく紙を基材とするものがある。

後者の MCL は、前二者に比べて低廉であるためその開発が要求されながらわが国ではまだ製品化されていなかった。そのため筆者らはこの開発を心がけるとともに、輸出促進に伴い新たに要求されつつあった MCL に、自己消炎性を付与することもあわせて検討を加え、自己消炎性の紙基材エポキシ樹脂 MCL を製品化した。

本文は、紙基材エポキシ樹脂 MCL について求めた性能の紹介であって、その性能は高信頼性を要求される機器用材料および輸出機器用材料として十分に市場の要求を満たしている。

1. 結 言

印刷回路方式による回路構成は、MCL によって機器の小形化、高信頼性、高能率生産、経費の低減などが可能となりこれまで急速に普及した。現在では MCL を使用している機器は、家庭電器より重電機器、軍需用機器に至るまでの広範囲にわたっているので、MCL に対しては絶えず性能の向上と新製品の開発が要求されている。

このような要求を満たすため、これまで日立化成工業株式会社では、いろいろの MCL を市場に提供してきたが^{(1)~(3)}、今回はこれらの製造経験をもととして自己消炎性紙基材エポキシ樹脂 MCL (日立商品名 MCL-E-47、以下紙エポキシ MCL と略称する) を製品化した。

MCL は、引きはがし強さ、ハンダ耐熱性、電気的性質など規格化されている項目のほか、強制劣化処理によるこれらの性能の変化および加工工程で要求されるそり特性、打抜加工性などについて検討する必要がある。

そこで今回製品化した紙エポキシ MCL についてもこれらの性能

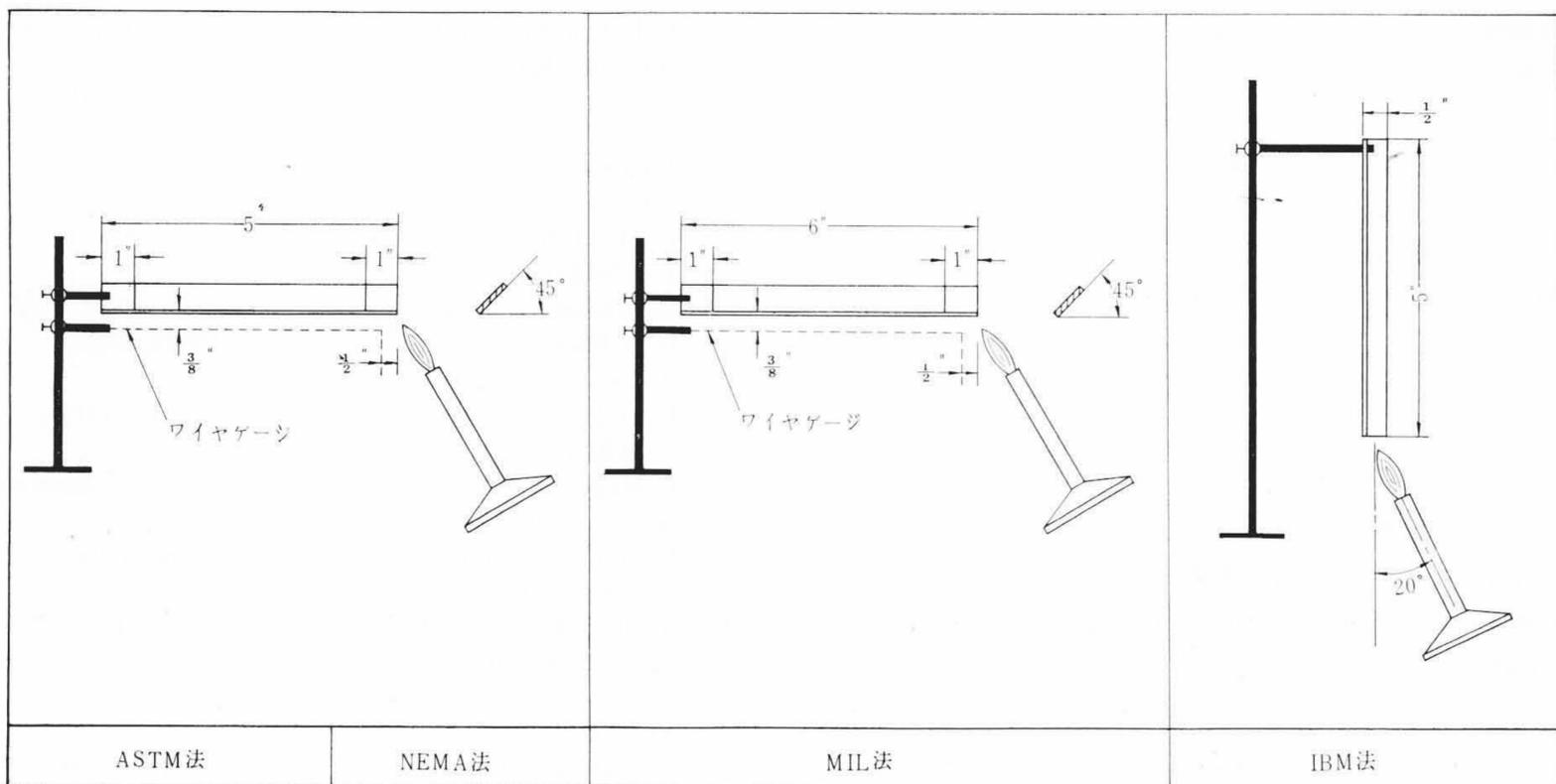
を詳細に検討しておく必要があるので紙基材フェノール樹脂 MCL (日立商品名 MCL-44、以下紙フェノール MCL と略称する) と比較検討した。以下その内容を述べる。

2. 自己消炎性

自己消炎性は、一般に耐炎性、不燃性または難燃性などともいわれ、これまで構造材料に必要とされていた性質であるが、近年電気絶縁材料にもしばしば要求されるようになった。この性質は機器が不慮の事故により発火または引火した場合、材料の有している消炎剤が働いて炎を消し、ほかの部分への延焼を抑制する作用である。

最近 MCL の諸規格にもこの性質をもつ品種が増加し、輸出用機器および軍需用機器をはじめとし、このほか国内では、高価な部品を一度に多量に装備した機器 (たとえば電子計算機) などにも使用されるようになった。

なお MCL の自己消炎性試験は、一般に第 1 図に示したような ASTM 法⁽⁴⁾によって行なわれているが、なかには図に併記したようなきびしい試験条件の IBM 法⁽⁵⁾もある。



第 1 図 各種自己消炎性試験法

* 日立化成工業株式会社下館工場

第1表 自己消炎性紙エポキシ MCL の NEMA 規格の変遷

試験項目		年次	1961年	1962年	1963年
引きはがし 強さ (lb/in)	銅ハク厚サ 0.0014 in	ハンダ浸漬後 A	7	7	8
		高温処理後	7	7	8
	銅ハク厚サ 0.0028 in	ハンダ浸漬後 A	9	9	9
		高温処理後	9	9	9
耐熱性	ハンダ浸漬		260±2°C, 10秒	260±2°C, 10秒	260±2°C, 10秒
	気中加熱		120±2°C, 60分	120±2°C, 60分	120±2°C, 60分
体積抵抗率 (MΩ-cm)	C-96/35/90		100,000	100,000	100,000
表面抵抗 (MΩ)	C-96/35/90		1,000	1,000	1,000
沿層破壊電圧 (kV)	D-48/50		30	30	30
誘電率 *(1Mc)	D-48/50		5.0	5.0	5.0
誘電正接 *(1Mc)	D-48/50		0.045	0.045	0.045
吸水率 (%)	D-24/23		0.65	0.65	0.65
曲げ強さ (psi)	タテ	A	20,000	20,000	20,000
	ヨコ		16,000	16,000	16,000
自己消炎性	消炎時間 (秒) A		15	15	15
	燃焼距離 (in) A		—	—	1

ただし厚さは 1.6 mm (*は厚さ 3.2 mm を使用, 1.6 mm は規定されていない)

第2表 NEMA 規格による試験結果 (板厚 1.6 mm)

試験項目	処理条件	規格値	紙エポキシMCL (MCL-E-47)
ハンダ耐熱性 (秒)	エッチング しないもの	260±2°C	10 以上
	エッチング したもの	260±2°C	10 以上
引きはがし強さ (kg/cm)	ハンダ浸漬後 A	1.43 以上	1.68
	高温処理後 E-1/120	1.43 以上	1.50
体積抵抗率 (MΩ-cm)	C-96/35/90	1×10 ⁵ 以上	2×10 ⁶
表面抵抗 (MΩ)	C-96/35/90	1×10 ⁸ 以上	5×10 ⁴
吸水率 (%)	D-24/23	0.65 以下	0.25
沿層耐電圧 (kV)	D-48/50	30 以上	50 以上
誘電率 (1Mc)	D-48/50	5.0 以下*	4.1
誘電正接 (1Mc)	D-48/50	0.045 以下*	0.035
曲げ強さ (kg/mm ²)	タテ ヨコ	A	14.0 以上
		A	11.3 以上
自己消炎性	消炎時間(秒)	A	15 以下
	燃焼距離 (mm)	A	25.4 以下

ただし A: 常態, C-96/35/90: 35°C, 90%, 96時間処理
D-24/23: 23°C, 24時間水浸処理, D-48/50: 50°C, 48時間水浸処理
E-1/120: 120°C, 1時間加熱処理

* この規格値は板厚 1.6 mm のものにはないので 3.2 mm の規格を用いた。

第3表 MIL 規格による試験結果 (板厚 1.6 mm)

試験項目	処理条件	規格値	紙エポキシMCL (MCL-E-47)
ハンダ耐熱性 (秒)	エッチング しないもの	260 ⁺² ₋₀ °C	A
	エッチング したもの	260 ⁺² ₋₀ °C	A
引きはがし強さ (kg/cm)	ハンダ浸漬後 A	1.43 以上	1.70
	温度サイクル後 *	1.43 以上	1.65
	高温処理後 E-1/120	1.43 以上	1.53
体積抵抗率 (MΩ-cm)	高温処理後 E-24/125	1×10 ⁴ 以上	1.1×10 ⁶
表面抵抗 (MΩ)	高温処理後 E-24/125	1×10 ⁴ 以上	2×10 ⁵
吸水率 (%)	D-24/23	0.65 以下	0.25
沿層耐電圧 (kV)	D-48/50	30 以上	50 以上
誘電率 (1Mc)	D-24/23	4.8 以下	4.0
誘電正接 (1Mc)	D-24/23	0.040 以下	0.033
曲げ強さ (kg/mm ²)	タテ ヨコ	A	14.0 以上
		A	11.3 以上
耐アーク性 (秒)	D-48/50	60 以上	80
自己消炎性 (秒)	A	20 以上	4

ただし A: 常態, D-24/23: 23°C, 24時間水浸処理

D-48/50: 50°C, 48時間水浸処理

E-1/120: 120°C, 1時間加熱処理

E-24/125: 125°C, 24時間加熱処理

* E-1/2/100+1/4/25+1/2/-55+1/4/25

3. MCL の一般特性

3.1 NEMA 規格による特性

MCL に関する規格は、国外ではアメリカの電機製造者協会の規格 (National Electrical Manufacturers Association 通称 NEMA 規格)、軍用規格 (Military Specification 通称 MIL 規格) およびドイツ規格 (Deutsche Normen 通称 DIN 規格) などが標準化され広く適用されている。一方国内では最近ようやく電子機械工業会その他の委員により日本工業規格 (JIS) 原案が作成され現在引き続いて審議されている。これらの規格の中で NEMA 規格はもっとも広く使用され、第1表に示したように年々規格値も改訂整備されている⁽⁶⁾。

そこで今回製品化した紙エポキシ MCL を、この NEMA 規格に基づいて試験を行ないその結果を第2表に示した。表から明らかのように紙エポキシ MCL は、その規格を十分に満足していることがわかった。

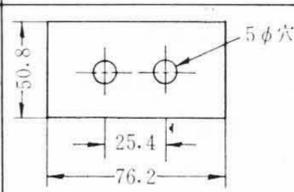
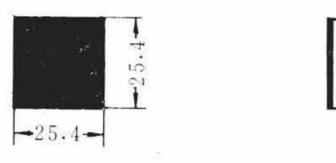
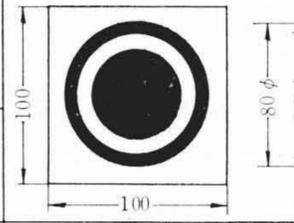
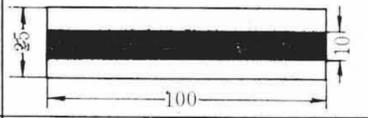
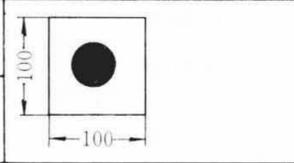
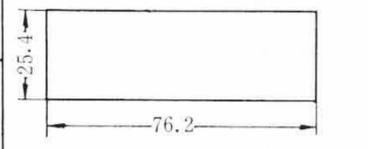
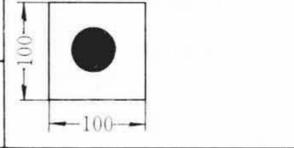
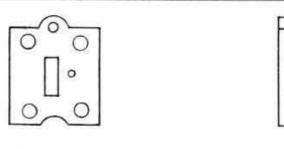
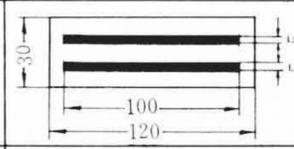
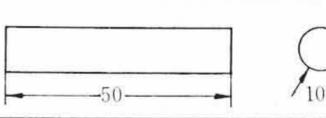
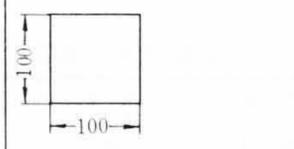
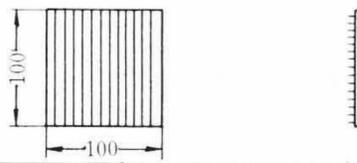
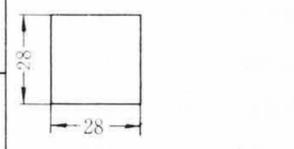
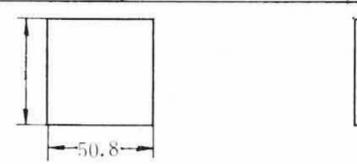
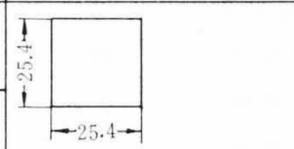
第4表 MCL の重要な性質

機械的および物理的性質	電氣的性質	化学的性質およびその他
自己消炎性	絶縁抵抗	耐溶剤性
ハンダ温度における安定性	表面抵抗	耐薬品性
引きはがし強さ	体積抵抗率	金属ハクの外觀
曲げ強さ	誘電正接	ハクの厚さとその許容差
機械加工性	誘電率	基板の厚さとその許容差
膨張・収縮率	静電容量	
そりおよびねじれ	耐アーク性	
衝撃強さ	電食	
最高使用温度	銀の移行性	
熱伝導率		

3.2 MIL 規格による特性

近年アメリカでは軍用電子機器に MCL を使用することになり、その使用量も次第に増加している⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾。これらの機器に使用される MCL は一般に MIL 規格に規定された品種が用いられており、機

第 5 表 試 験 片 の 形 状 と 寸 法

番号	試験項目	試験片寸法 (mm)	備考	番号	試験項目	試験片寸法 (mm)	備考
1	自己消炎性	別図による		9	絶縁抵抗		ASTM D 229 IBM
2	ハンダ耐熱性		NEMA LP-1-10.11	10	体積抵抗率		ASTM D-257
3	引きはがし 強さ		JIS (番号未決定)	10	表面抵抗		ASTM D-257
4	曲げ強さ		ASTM D 790	11	誘電正接		
	吸水率			ASTM D 229			
5	打抜加工性		ASTM D-617	12	静電容量		
6	膨張率			13	耐アーク性		ASTMD-495
7	そり			14	電食		通信機用積層 板研究会
8	加熱減量				銀の移行性		
				15	耐溶剤性		
					耐薬品性		

第 6 表 供 試 試 料 の 性 状

品 種	日立商品名	板厚と許容差 (mm)	銅 ハ ッ ク
紙エポキシMCL	MCL-E-47	1.6±0.15	片面, 厚さ 0.035mm
紙フェノールMCL	MCL-44	1.6±0.15	片面, 厚さ 0.035mm

第 7 表 MCL の エ ッ チ ン グ 条 件

1	42°Be' 塩化第 2 鉄溶液を 24~38°C で使用する。
2	試験片をエッチング液から取りだし直ちに 16~32°C の流水中で 2~5 分間洗浄する。
3	10% 修酸溶液 (16~32°C) 中に 15~20 分間浸漬し, 16~32°C の流水中で 30 分間洗浄する。
4	蒸留水で洗いのち 80±3°C で 1 時間乾燥し水を追い出す。

器がきびしい条件下で使用されるので、高度の性能保証が要求されている。そのため MIL 規格適合品は、高信頼性、高性能の製品とみなされている。

そこで紙エポキシ MCL を MIL 規格⁽¹⁰⁾ の級 PX に準拠して試験を行ないその結果を第 3 表に示した。表によればこの MCL は、規格を十分満たしているの、軍用機器用材料のほか過酷な条件下で使用される機器用材料として好適であることがわかった。

4. MCL の 諸 特 性

MCL は水洗、乾燥を繰り返す複雑な工程を経たのち初めて使用されるものであるから、前述のような諸規格に合格することのほ

か、さらに第 4 表に示すようないろいろな性質にもすぐれていることが要求される。そこでこれらの各項目について紙エポキシ MCL の長期寿命を推定するための強制劣化試験や設計基準作成に必要な試験を行なった。

試験に用いた試験片の形状および寸法を第 5 表に (以下本文では特に説明のないかぎりこの試験片を用いた。)比較のため使用した紙フェノール MCL の性状を第 6 表に示した。

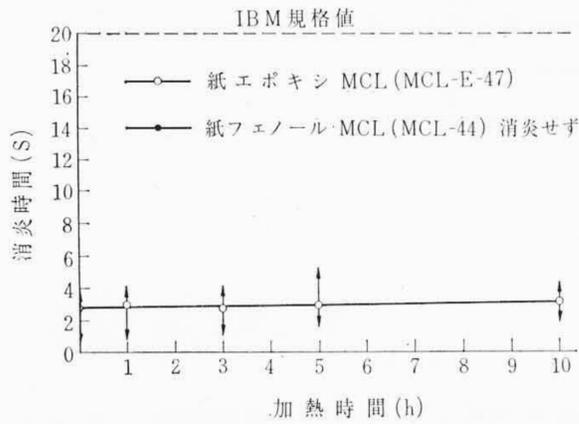
なお試験片作成のさいのエッチング条件は、MCL の電気的性質、その他の性質に与える影響が大きいの、第 7 表に示した条件により試料を作成した。またエッチングを行わない試料は、前処理として 20°C、相対湿度 65% で 24 時間放置したものを常態とし試験に供した。

4.1 機械的性質および物理的性質

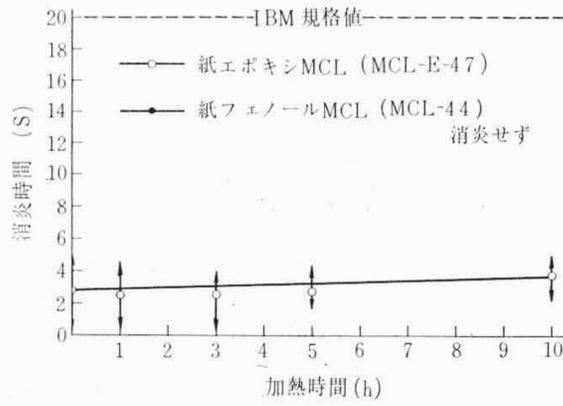
4.1.1 自己消炎性

前述したように自己消炎性試験の中では、基板を垂直に保って試験する IBM 法がもっともきびしい方法であるから、ここではこの方法を採用し強制劣化試験を行なった。機器が高温、高湿度下にさらされることを推定し、試料を使用状態よりきびしい条件下で強制処理しその変化を求めた。

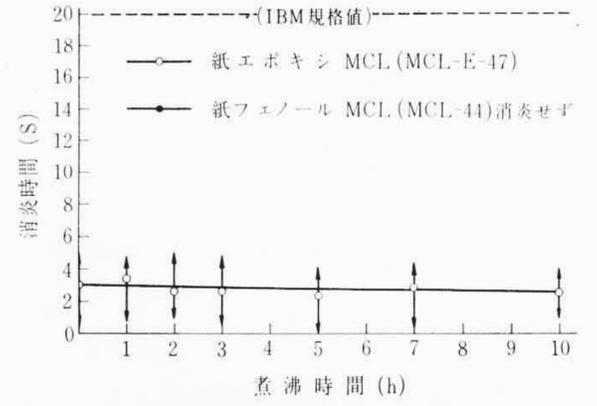
すなわち 120°C および 155°C の恒温気中と煮沸蒸留水中に放置し各時間ごとに取りだし室温まで放冷し、自己消炎性と処理時間との関係を求め、これらを第 2~4 図に示した。図から明らかのように紙エポキシ MCL の自己消炎性はいずれの処理条件でもほ



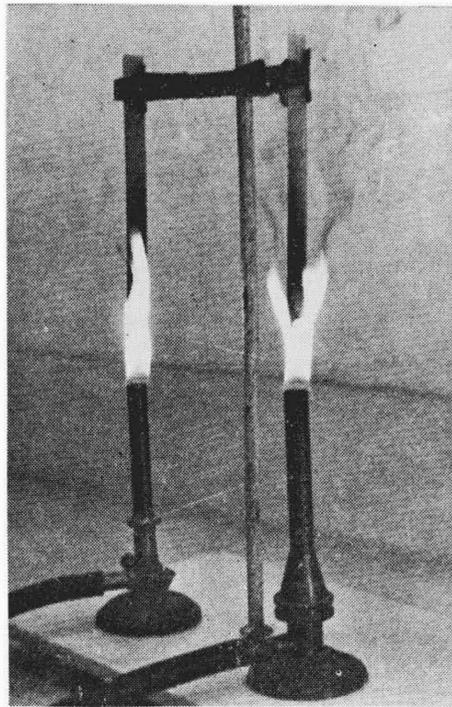
第2図 加熱(120°C)による自己消炎性の変化



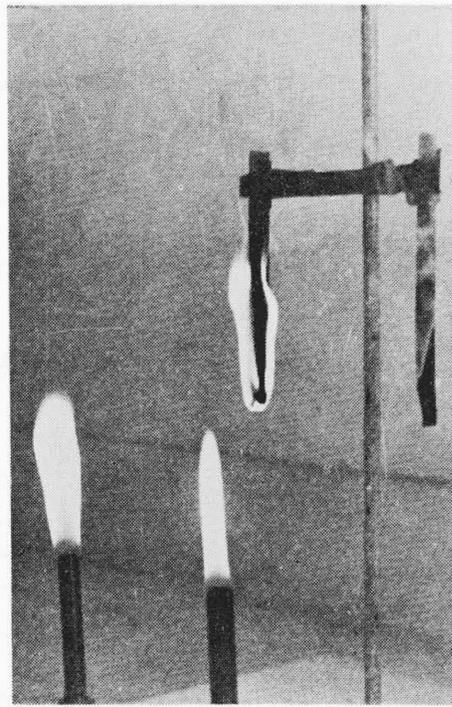
第3図 加熱(155°C)による自己消炎性の変化



第4図 煮沸時間と自己消炎性の関係



着火



炎の除去

第5図 自己消炎性試験

(試験片の左側：紙フェノール MCL 右側：紙エポキシ MCL)

ほとんど変化せず安定した性能を有している。なお第5図は煮沸処理の最後の試験状況を示したもので紙エポキシ MCL は炎を取り去れば短時間に消炎している。

4.1.2 ハンダ耐熱性

MCL は特殊な用途を除きほとんどハンダ浸漬またはハンダ付けを行なったのちに使用され、パターン形状によっては高温短時間のハンダ浸漬も行なわれている。そこで一般に行なわれているハンダ温度 230~260°C のほか、それ以上の温度についても紙エポキシ MCL のハンダ耐熱性を検討し、これを第6図に示した。図は各温度における MCL の外観異常をきたすまでの時間、すなわちハンダ耐熱性を求めたものであるが、紙エポキシ MCL は紙フェノール MCL に比べてすぐれたハンダ耐熱性を有している。

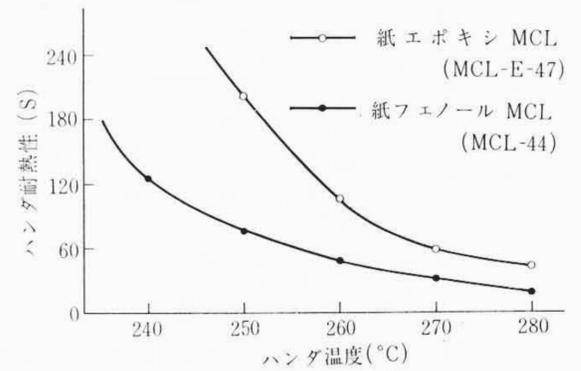
ハンダ耐熱性はこのような樹脂の差によるほか基板の吸水率にも関係するものと考えられるので、23°C の水中に試料を浸漬し浸漬日数および吸水率とハンダ耐熱性との関係を求め、これをそれぞれ第7図および第8図に示した。図から浸漬日数および吸水率の増加とともにハンダ耐熱性は低下することがわかった。また第7図は、ハンダ耐熱性と吸水率の間の相関性を示しているものと予測されるので、両者の関係を求めた。

$$y = -136.8x + 114.7 \dots \dots \dots (1)$$

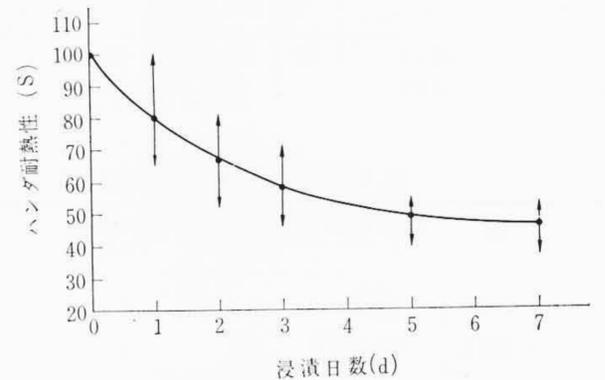
以上のことから比較的吸水率の少ない紙エポキシ MCL でも変化がみられるので、加工工程における余分な水洗いはできるだけさけたほうがよい。

4.1.3 引きはがし強さ

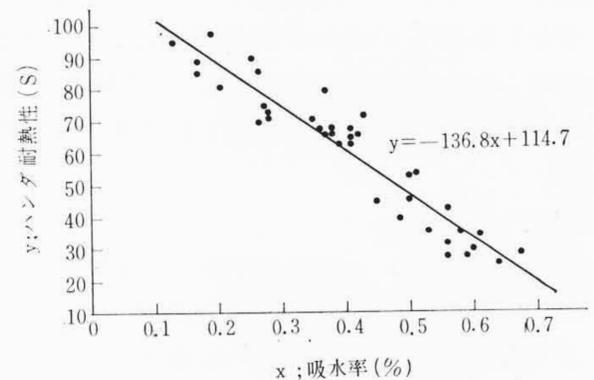
銅ハクと基板との接着力の大小は、銅ハクの接着面の状態およ



第6図 ハンダ温度とハンダ耐熱性の関係



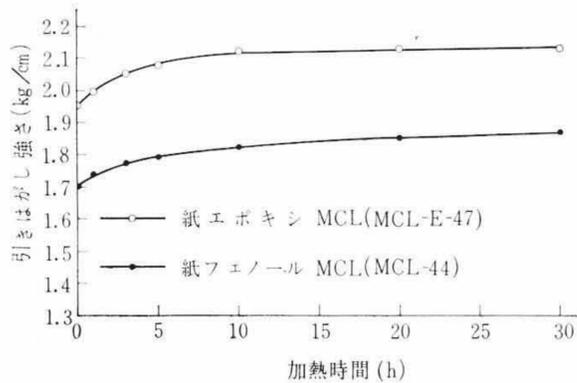
第7図 水浸(23°C)日数とハンダ耐熱性の関係



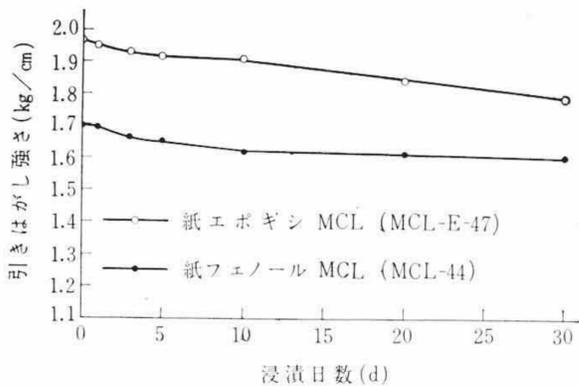
第8図 吸水率とハンダ耐熱性の関係

び接着剤の種類などに起因するところが大きい。しかしこれまでのいろいろな報告で^{(11)~(13)}ここに使用した接着剤および銅ハクの信頼性は、十分みとめられているので、ここでは2, 3の例について述べることにした。

MCL は機器の連続的な高温使用や加工時における温度上昇などを考えると相当きびしい耐熱性が要求されるので、120°Cにおける引きはがし強さの変化を求めこれを第9図に示した。図は前処理をほどこした試料を120°Cの恒温気中に放置し、各時間ごとに取りだし30分放冷後測定し、ふたたび連続的に加熱することを繰り返して引きはがし強さの変化を求めたものである。図に示したように試験に用いた程度の強制処理では、いずれのMCLも著しい変化はみられなかった。



第 9 図 加熱処理 (120°C) による引きはがし強さの変化



第 10 図 水浸 (23°C) による引きはがし強さの変化

第 8 表 打抜温度と打抜性の関係 (ASTM 金型)

品 種	加熱条件 (°C-分)								
	20-3	40-3	60-3	80-3	100-3	120-3	140-3	160-3	
紙エポキシ MCL	80	80	80	80	—	—	—	—	
紙フェノール MCL	—	—	—	—	—	70	70	80	

第 9 表 打抜許容範囲

品 種	加熱条件 (°C-分)	最小穴径 (mm)	最小穴間隔 (mm)	最小穴と端面との距離 (mm)
紙エポキシ MCL	20-3 60-3	0.8	0.8	1.2
紙フェノール MCL	160-3	0.9	0.9	1.4

MCL は、加工工程における水浸時間も長く、機器に使用されても高湿度下にさらされることも多いのでその耐湿性について検討した。すなわち 23°C の水中に 30 日間浸漬して引きはがし強さの変化を求めこれを第 10 図に示した。この結果、紙エポキシ MCL はこの程度の処理条件では安定した性能を有していることがわかった。

4.1.4 曲げ強さ

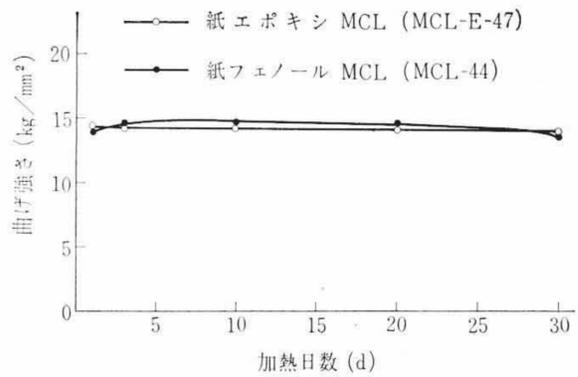
MCL の機械的性質は、一般に曲げ強さ、衝撃強さ、引張り強さおよびこれらの弾性率が測定されているが、ここでは NEMA 規格および MIL 規格で規定されている曲げ強さについて検討した。

機器が高温条件下で使用されることを仮想し、90°C および 120°C の気中に試料を放置し約 30 日間の曲げ強さの変化を求めた。第 11~12 図はその結果であって、これによれば、紙エポキシ MCL はほとんど変化せず安定した性能を有していることがわかる。

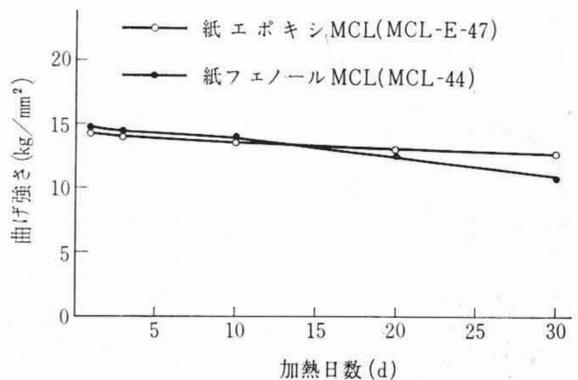
4.1.5 打抜加工性

積層板の打抜加工性の判定は、一般に ASTM 金型⁽¹⁴⁾によって行なわれているが、MCL の場合もこの金型がしばしば利用されてきた。そこでまずこの金型によって打抜条件(加熱時間、温度)と打抜点数の関係について検討したのでこれを第 8 表に示した。表から紙エポキシ MCL は常温打抜加工の可能な製品であることがわかる。

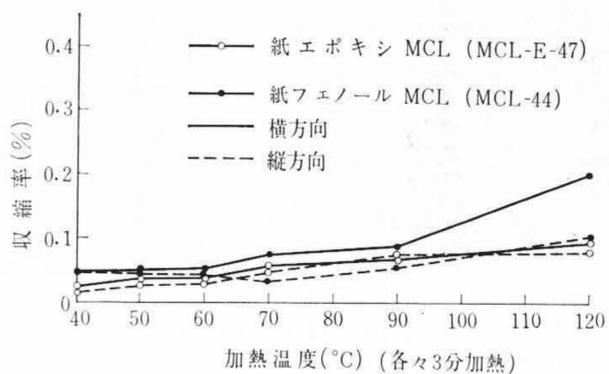
最近機器の小形軽量化が活発となり、MCL の配線図形に關す



第 11 図 加熱 (90°C) による曲げ強さの変化



第 12 図 加熱 (120°C) による曲げ強さの変化



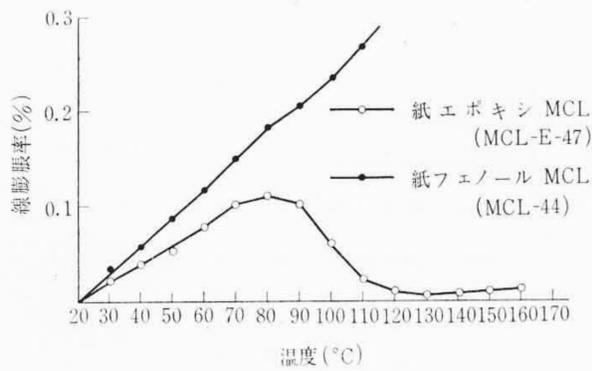
第 13 図 加熱温度と収縮率の関係

る三原則⁽¹⁵⁾を無視するような使用法がかなり多くなった。一般にこの三原則を無視して打抜加工を行なうと基板にひびわれを生じたり穴のまわりに輪立ちを生じやすい。そこで紙エポキシ MCL に関する配線図形の許容範囲を決定するために別の金型で検討を行ない、これを第 9 表に示した。この金型は ASTM 金型の最小穴径 (1.6 mm) より小さい直径 0.7 mm から 1.4 mm までの穴を有し、これが穴間隔および穴と端面との距離をことにするものである。表にあるように紙エポキシ MCL は、打抜加工の三原則に対してかなりきびしい条件で使用できることがわかった。しかし、この打抜基準は MCL に付属する部品の重量および MCL の使用方法などを考慮に入れて適用することが好ましい。

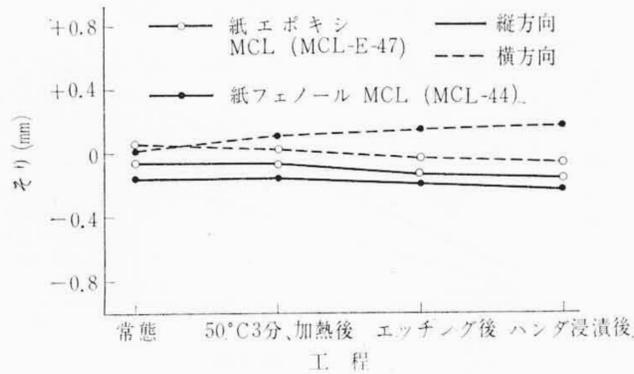
4.1.6 収縮率と膨張率

MCL を機器に使用する場合、収縮および膨張の少ない寸法安定性の良好な品種が望まれるのでこれらについて検討した。第 13 図は、前述の打抜金型により加熱温度と時間を変えて収縮率を求めたものであるが、紙エポキシ MCL はかなり安定した性能を有している。

一方 MCL の膨張率については、河嶋式膨張率測定機を使用して加熱温度による変化を求めた。試験に使用した試料には 12.7 mm の MCL を作成し、これより直径 10 mm 長さ 50 mm の丸棒を切り出し前処理として 23°C、60% で 30 日間デシケータ中に放置し使用した。測定にあたっては、常温より 1.5°C/min の割合で温度上昇させ各温度における膨張率を読みとりこれを第 14 図に示した。図から明らかのように紙エポキシ MCL は一定温度まで



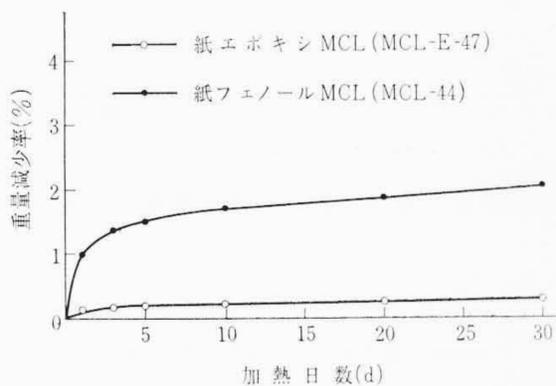
第14図 MCLの線膨張率の変化



第15図 各工程におけるそりの変化

第10表 MCLの基板の線膨張係数 (温度 20~80°C)

品	種	線膨張係数
紙エポキシ	MCL	1.89×10^{-5}
紙フェノール	MCL	3.01×10^{-5}



第16図 気中加熱(90°C)による重量減少

は直線的に熱膨張するので、これから平均線膨張係数を計算し第10表にその結果を示した。

以上のことから紙エポキシ MCL の膨張は比較的小さく安定した性能を示している。

4.1.7 そり

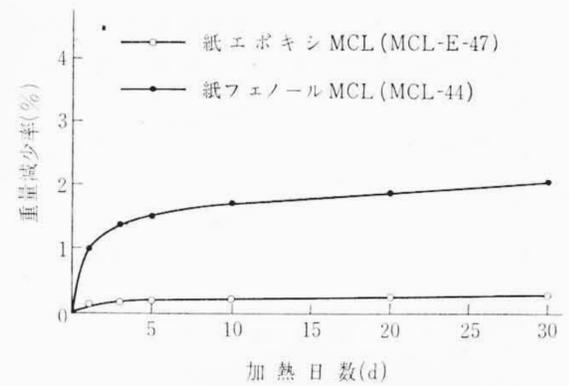
MCL は、前述したようにいろいろな加工工程を経たのち使用されるので各工程でその小さい MCL が要求されるほか、機器に使用中もそり特性の安定していることが望まれる。

そこで紙エポキシ MCL のそり特性を検討するために、代表的な加工工程たとえば加熱、エッチング、ハンダ浸漬などを選択し各工程におけるそりの変化を求めこれを第15図に示した。図中の加熱工程は、打抜加工および乾燥条件を考慮し 50°C 3分間とし、エッチング工程は第7表のエッチング条件によっている。なおハンダ浸漬工程は 260°C、20秒間とした(紙フェノール MCL は 260°C、5秒)。

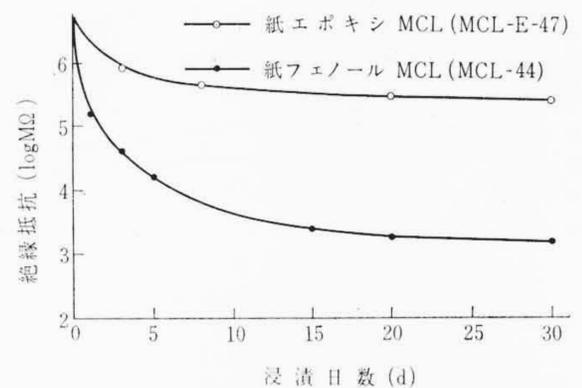
図から紙エポキシ MCL は、各工程で安定したそり特性を有しているのです寸法安定性を要求する機器には好適である。

4.1.8 加熱減量

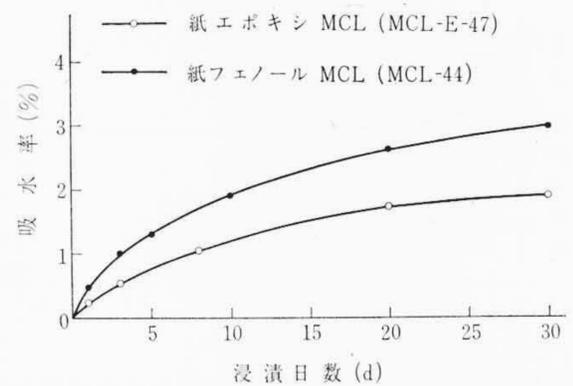
MCL はこれまで述べた収縮、膨張およびそり特性などの安定



第17図 気中加熱(120°C)による重量減少



第18図 水浸(23°C)による絶縁抵抗の変化



第19図 水浸(23°C)による吸水率の変化

していることが望まれるほか、重量変化の小さいことも要求される。

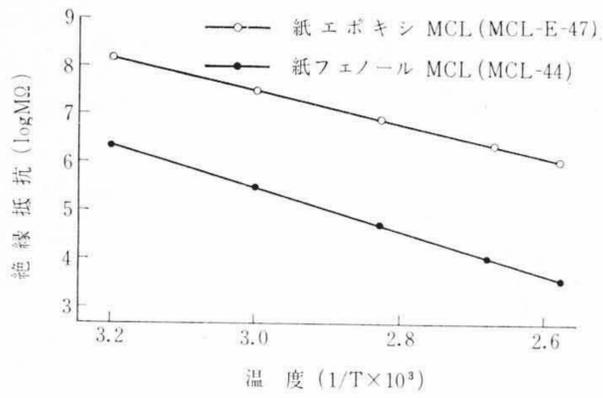
機器が高温気中で使用されることを仮想し、90°C および 120°C の気中に試料を放置し各日数ごとに取りだしその重量変化を求めてこれを第16図および第17図に示した。その結果、紙エポキシ MCL は約 1 箇月経過しても著しい重量変化はみられなかった。

4.2 電気的性質

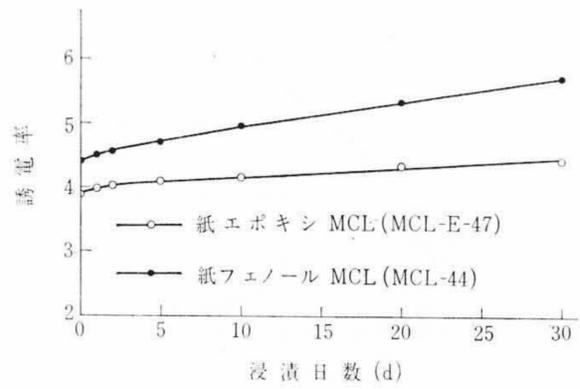
4.2.1 絶縁抵抗

機器が高湿度下で使用されることを仮想し、試料を 23°C の蒸留水中に約 1 箇月間浸漬し絶縁抵抗の変化を求めこれを第18図に示した。図は常態の絶縁抵抗測定後一定日時に試験片を取りだし 20°C、相対湿度 65% の恒温恒湿室(以下恒温恒湿室とする)で測定したものである。その結果紙エポキシ MCL の絶縁抵抗は、この程度の条件では、著しい低下はみられなかった。このことは、第19図に示したように吸水率の変化からおおよそ推定できる。図は 23°C の蒸留水中に約 1 箇月浸漬して吸水率の変化を求めたものである。

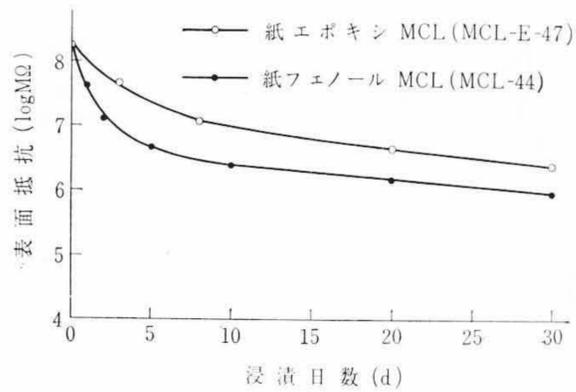
一方機器が高温状態で使用される場合も多いので、試料を 20°C より 160°C までの気中で加熱して絶縁抵抗の変化を求め、これを第20図に示した。図は、超絶縁抵抗計に耐熱性のすぐれたケースを取り付け試料を宙づりにして 1°C/min の上昇温度でケース内温度を上昇させながら、温度と絶縁抵抗の関係を求めたものである。図に示すように紙エポキシ MCL は紙フェノール MCL と同



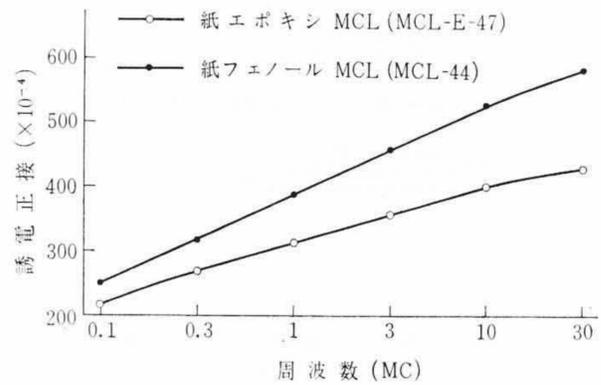
第20図 絶縁抵抗の温度による変化



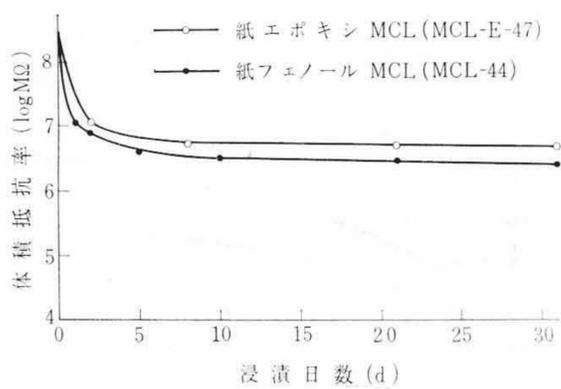
第24図 水浸(23°C)による誘電率の変化



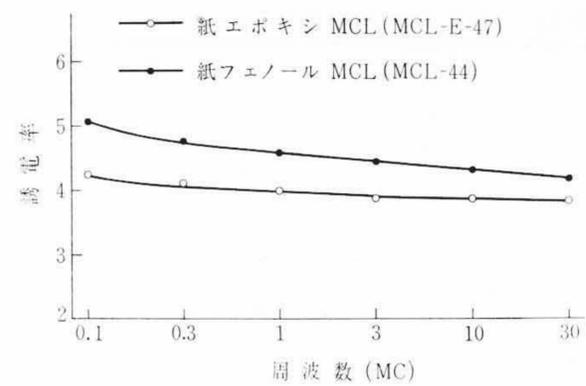
第21図 水浸(23°C)による表面抵抗の変化



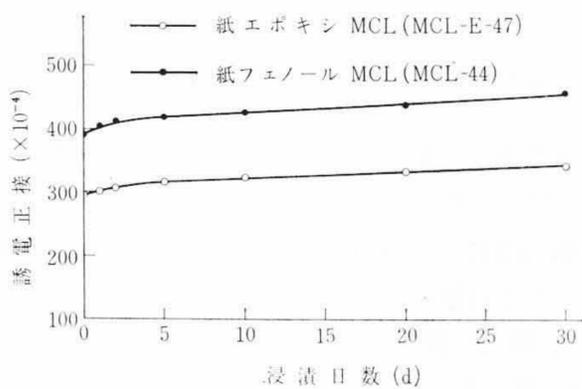
第25図 各周波数における誘電正接の変化



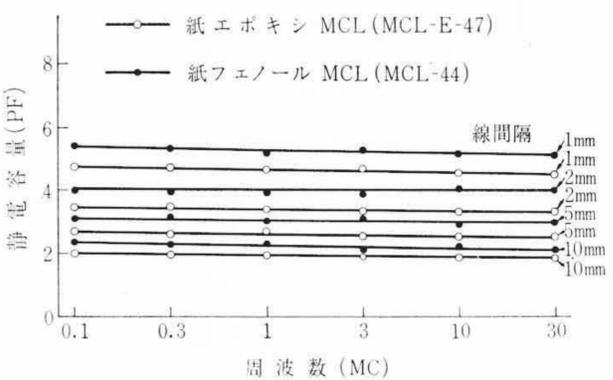
第22図 水浸(23°C)による体積抵抗率の変化



第26図 各周波数における誘電率の変化



第23図 水浸(23°C)による誘電正接の変化



第27図 静電容量と周波数の関係

様の温度特性を示し、測定条件の範囲内(40~120°C)においては(2)式に示す一般式⁽¹⁶⁾が適用される。

$$\log \rho = \alpha + \frac{\beta}{T} \dots\dots\dots (2)$$

ただし ρ は絶縁抵抗, T は絶対温度 α, β は定数

4.2.2 表面抵抗および体積抵抗率

MCLの接着剤層および基板の絶縁抵抗は、表面抵抗および体積抵抗率ともいわれ、いずれもその数値の高いこと、低下率の少ないことが望まれる。そこで絶縁抵抗と同様に23°Cの蒸留水中に1箇月間浸漬して表面抵抗および体積抵抗率の変化を求めてこれを第21図および第22図に示した。

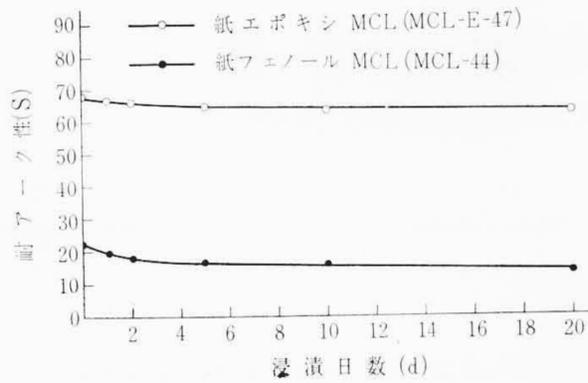
これらの試験は、試料を測定日ごとに取りだして恒温恒湿室で測定したものである。この結果紙エポキシMCLは、ある日数を

経過すれば安定した性能を有し、それ以上の変化はみられなかった。

4.2.3 誘電正接および誘電率

MCLの誘電的性質は、高度の性能を要求する機器にあっては重要視され、数値の小さいこと、外的条件および各周波数において変動の少ないことが望まれる。ここではまず1Mcにおける誘電正接および誘電率の耐湿性について検討した。すなわち試料を23°Cの蒸留水中に浸漬して各測定日ごとに取りだし恒温恒湿室で測定しこれを第23図および第24図に示した。次に恒温恒湿下で周波数(0.1~30Mc)による変化を求め、これを第25図および第26図に示した。これらの図から紙エポキシMCLの誘電的性質は、安定した性能をもっていることがわかった。

4.2.4 静電容量



第28図 水浸(23°C)による耐アーク性の変化

MCLの静電容量は、基板をはさんで対向する電極間に生ずる場合と基板の同一面上で対向する電極に生ずる場合の二種があって、基板の誘電率および電極間の距離、長さ、電極面積などに支配される。ここでは基板の同一面上で対向する電極に生ずる場合について検討した。

試料の電極間距離を1, 2, 5, 10 mmと変化させ各周波数における静電容量の変化を求めこれを第27図に示した。図から明らかなように紙エポキシMCLは紙フェノールMCLに比べて静電容量が小さく安定した性能を有している。

4.2.5 耐アーク性

MCLの重電機器、軍用機器への応用から耐アーク性の良好な材料が望まれているのでこの点についても検討も加えた。通常耐アーク性の良好な材料としては、フッ素、シリコン、メラミン樹脂などがありエポキシ樹脂はこれらに次いでいる。

そこで紙エポキシMCLを23°Cの蒸留水中に浸漬し耐アーク性の吸水による変化を求めこれを第28図に示した。図はMCLの銅ハクをすべてエッチング除去した接着剤層について検討したものであるが、紙エポキシMCLの耐アーク性は比較的変動が少なかった。

4.2.6 電食と銀の移行性

絶縁材料は、一般に金属導体間の絶縁のために使用されるものであるから常に金属に接触している。その金属導体間には電圧が印加され金属は温度、湿度の影響を受けるので腐食が起り絶縁低下ひいては絶縁破壊の起こることが知られている。このような現象を電食という。この性質は、高信頼性を要求される機器用材料にはたいせつであるから、紙エポキシMCLについて検討を加えこれを第11表に示した。試験は、試験片の端面に金属(ここでは銅)ハクを接触させ、これに高湿度下(40°C, 相対湿度90%)で直流電圧(135V)を96時間印加したのちの金属ハク表面の状態をしらべたものである。

金属ハクに銀を使用した場合には、逆に銀が試験片に移行して試験片の端面が変色すること、すなわち銀の移行現象(Silver Migration)⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾のあることが知られているのでこの試験も行ないこれを第11表に併記した。表から紙エポキシMCLは、電食性および銀の移行性の少ない材料であることがわかった。

4.3 化学的性質およびそのほか

MCLは加工工程中でいろいろな薬品および溶剤の影響を受ける

第11表 各種MCLの電食と銀の移行性

試験項目		供試材料		紙エポキシ MCL	紙フェノール MCL
電食(点)	銅	+		60~80	50~80
		-		70~80	60~80
移行性(点)	銀	+		70~90	50~70
		-		100	100

ただし 100点満点

第12表 各種MCLの耐溶剤、耐薬品性

試験項目	品 種	水	メタノール	アセトン	ベンゼン	10%塩酸	10%カ性ソーダ
外観変化*	紙エポキシMCL	○	○	×	○	○	××
	紙フェノールMCL	○	○	△	○	△	××
重量変化**	紙エポキシMCL	○	○	△	○	○	×
	紙フェノールMCL	○	○	○	○	△	×

* ただし ○ 変化なし △ やや侵される × 侵される ×× いちじるしく侵される
** ○ ほとんど変化なし △ やや変化する × 変化する

のでこれらに耐えることが要求される。そこで水、メタノール、アセトン、ベンゼン、塩酸およびカ性ソーダなどの化学薬品に約15日間浸漬して外観および重量変化を求め、これを第12表に示した。表から紙エポキシMCLは、耐アルカリ性および耐ケトン性を除き安定した耐溶剤、耐薬品性を有している。

5. 結 言

本文でも詳述したように紙エポキシMCLは、高度の自己消炎性をもっているほか、高絶縁ですぐれた誘電特性、寸法安定性、常温打抜加工性および耐熱性を有しているため利用の道は大きい。

なおいろいろの強制劣化試験でも性能の低下が小さいので、高信頼性を要求される国内機器および自己消炎性を要求される輸出機器用材料としてその使用が期待される。

終わりに実験に協力した寺崎敏男君に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 横山, 樋口: 日立評論 40, 51 (March 1958)
- (2) 斉木, 伊藤: 日立評論 43, 1112 (Sep. 1961)
- (3) 横山, 斉木: 工業材料 9, 11 (1961)
- (4) ASTM D-635
- (5) IBM Corporation Standard: Epoxy Paper Laminate (1961)
- (6) NEMA Standard: Copper Clad Laminate (1957~1963)
- (7) Electronics 31, 30 (May 1958)
- (8) Paul Eisler: The technology of printed circuit (Heywood & Company Ltd., 1959)
- (9) Albert E. Linden: Printed Circuits in Space Technology (Prentice-Hall Inc., 1962)
- (10) Military Specification: MIL-P-13949 C
- (11) 横山, 中川: 日立評論 43, 89 (Dec. 1961)
- (12) 横山: プリント配線技術講習会 (1959~1960)
- (13) 斉木: プリント配線技術講習会 (1962)
- (14) ASTM D-617
- (15) W. H. Klippel: Elect. Manf. 58, 92 (1956)
- (16) 日月: 絶縁ワニスおよびコンパウンド 111 (昭晃堂, 1960)
- (17) S. W. Chaikin: I. E. C. 51, 299 (1959)
- (18) 小柳: 電気化学 25, 489 (1957)