
絶 縁 材 料 特 集

多層印刷回路用銅張積層板とプリプレグの特性.....	55
電子部品用モールド樹脂.....	62
ポリアミドイミドフィルムの特性.....	67
絶縁ワニスの耐熱寿命評価に及ぼす試験方法の影響.....	71
速硬化性フェノール樹脂成形材料「CP-552 B」	78
環状脂肪族エポキシレジンの高電圧機器への応用.....	82

多層印刷回路用銅張積層板とプリプレグの特性

Properties of Metal Clad Laminate and Pre-preg. for Multi-layer Printed Circuit Boards

齋 木
Satoru Saiki

学* 近 藤 輝 武*
Terutake Kondô

要 旨

多層印刷回路用銅張積層板とプリプレグは、多層印刷回路板の主構成材料である。この回路板は、高信頼性で長寿命の各種電子機器に使用されているので、その材料についても同様な要求がなされている。

本報告は、各種規格によるこれら構成材料の特性検討結果と長寿命推定に必要な各種強制劣化試験結果についてまとめたものである。

その結果、これらの材料は高度の各種規格を満足するほか、高信頼性で安定した特性を有しているので電子計算機など各種機器にじゅうぶん使用可能である。

1. 緒 言

多層印刷回路板は電子計算機、電子交換機器類の小形化、高信頼性要求に基づき昭和40年以来わが国でも強く製品化の叫ばれた回路板である。

この多層印刷回路板は厚さ 0.7 mm 以下のガラス布エポキシ印刷回路板を内層に、ガラス布エポキシ MCL を外層とし、エポキシ樹脂含浸ガラス布(プリプレグ)を接着層とし交互に重ねあわせて加熱加圧し、穴あけ、メッキ、エッチングなどの加工をして得られる。

回路板は回路が立体化しているため、ハンダ浸漬のさい、一般の印刷回路板に比べて、ハンダ浴中に深く浸漬するので高度のハンダ耐熱性を必要とするほか、高温にさらされても接着層のハク離が全くないことが要求される。また、狭い導体間隔にもかかわらず、高度の絶縁性が要求されるほか、導体幅も狭いためより高い引きはがし強さが要求される^{(1)~(5)}。

これらの特性は多層印刷回路板製造に用いる材料の特性に大きく左右される。

そこでわれわれは現在生産している多層印刷回路用銅張積層板(日立商品名 MCL-E-601, 以下多層用 MCL と略称)およびプリプレグ(日立商品名 GEA-602N)について、その特性および加工工程中の特性変化についてやや詳細に検討することとした。

すなわち JIS⁽⁶⁾、NEMA⁽⁷⁾ および MIL 規格⁽⁸⁾ による一般性能と電気的特性その他の各種強制劣化特性について検討を行なうとともに、耐エッチング液性、耐メッキ液性など加工工程中で材料の最も影響されやすいと思われる項目についても検討した。また、プリプレグについてはその特性の経日変化などを検討し、良好な結果を得たのでこれらの性能の二、三を紹介し使用上の参考に供したい。

2. 多層印刷回路板について

多層印刷回路板は図1に示したように、導体と絶縁体の層を交互に接着し、所望の各層間をスルーホールメッキなどで接続させ、全体を一体化した回路として使用される。これにより従来方式に比べ配線時間の短縮、誤配線の除去、配線密度の向上、機器の小形化、高能率化が可能となった^{(9)~(12)}。

2.1 構 造

多層印刷回路板は前述の構成であるが、現在わが国では3~8層が一般に使用されている。層数の増加は、機器の小形化、高能率化などにはきわめて有効であるが、配線設計上の検討およびより高度の加工技術を必要とする。現在では、これらの技術の確立に伴い次第に層数が増加しつつある。

* 日立化成工業株式会社下館工場

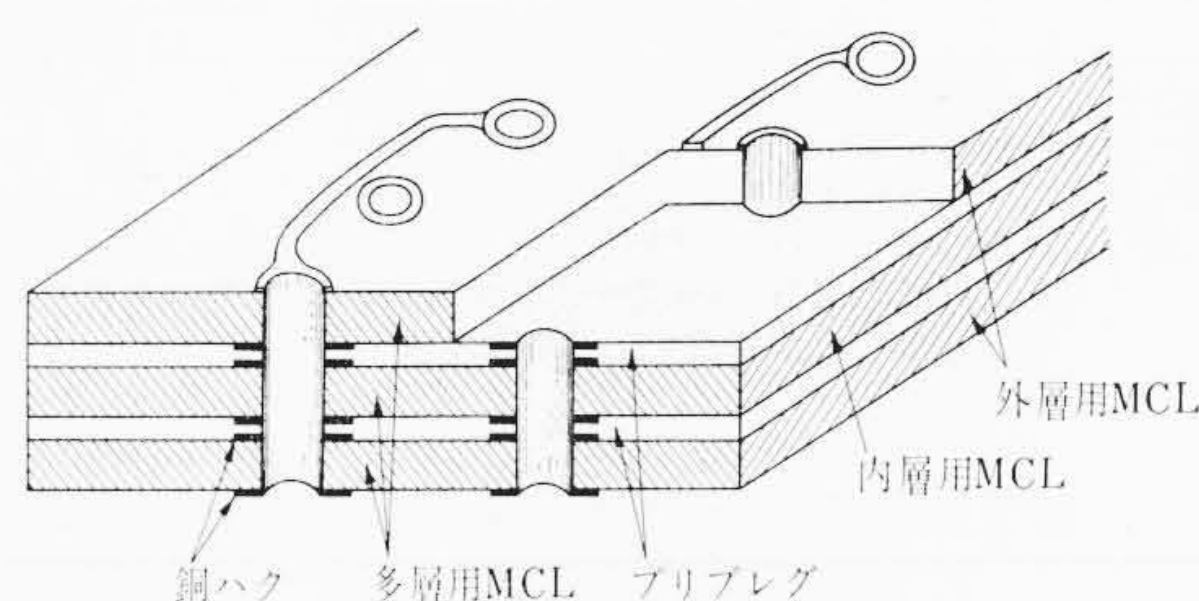


図1 多層印刷回路板の模型図

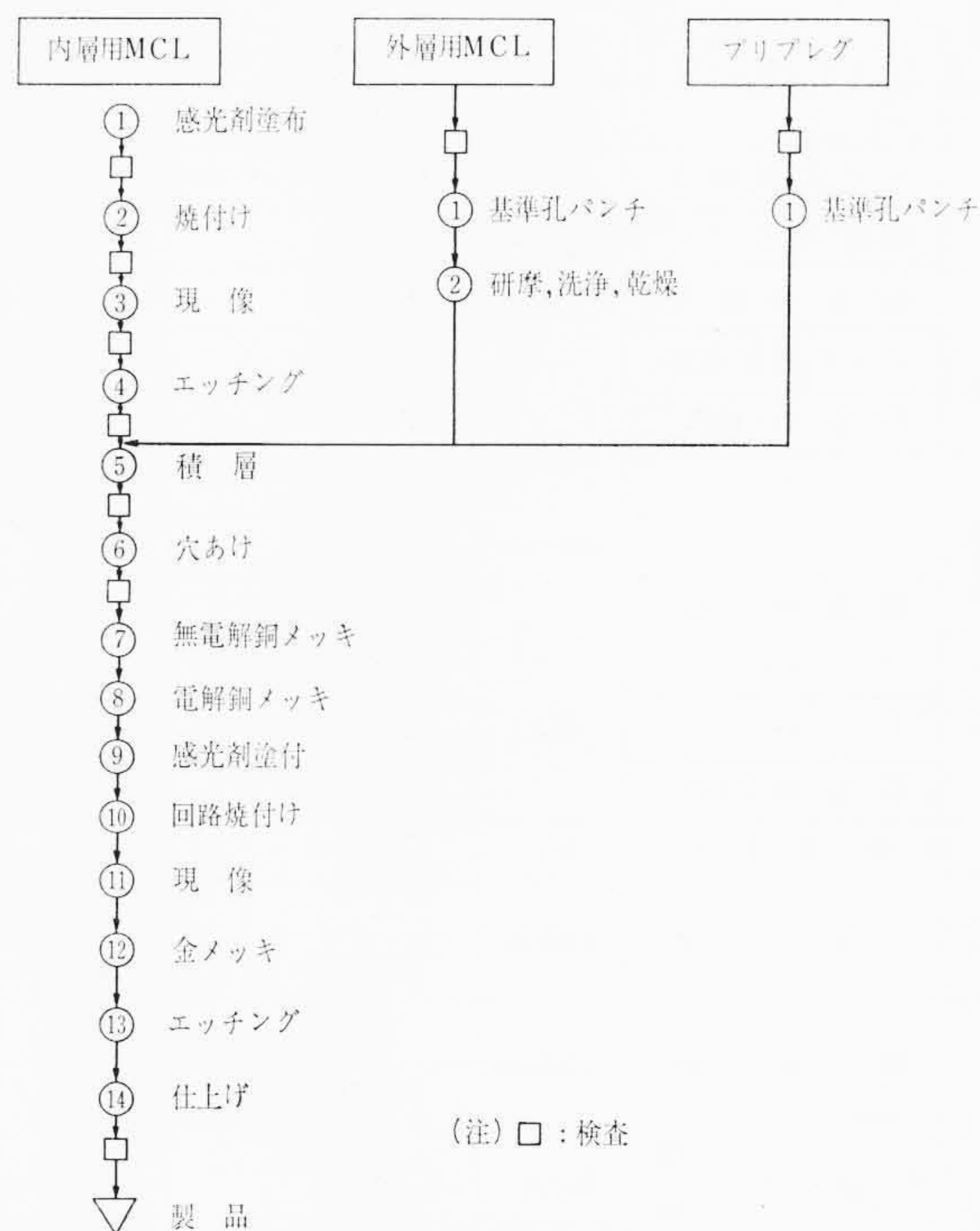


図2 多層印刷回路板の製造工程図

2.2 材 料

多層印刷回路板は、内層材料、外層材料およびプリプレグの3種の材料からなっている。現在では、電気的特性、層間接着性、寸法安定性などのすぐれているガラス布基材エポキシ樹脂が使われている。

内層材料および外層材料は、板厚0.1~0.6 mm程度のガラス布エポキシ樹脂 MCL である。内層材料はスルーホールメッキの信頼性を高くするため一般に70μ以上の銅ハクが用いられており、導体幅が非常に狭い場合や精度を極端に要求する場合には35μ銅ハクを

表 1 JIS による多層用 MCL の試験結果

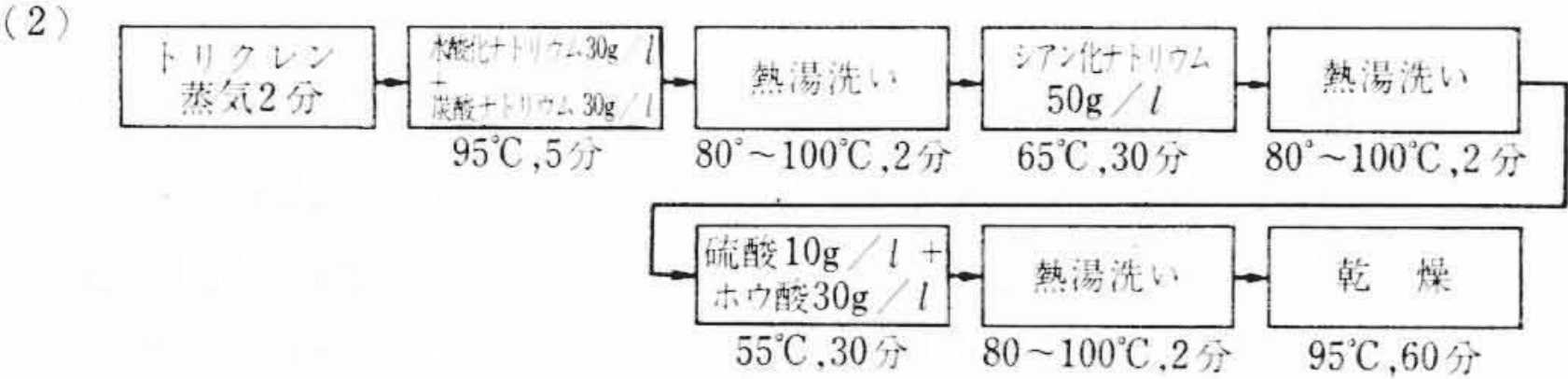
試 験 項 目	単 位	処 理 条 件	JIS GE 4	多層用MCL MCL-E-601
ハンダ耐熱性	S	260℃±2℃ ハンダ浸漬	20 以上	30 以 上
耐 熱 性	min	140℃±2℃ 気 中 加 熱	60 異常なし	異 常 な し
引きはがし強さ (35μ銅ハク, 90°方向)	kg/cm	A	1.4 以上	1.6~2.0
		ハンダ浸漬後	1.4 以上	1.6~2.0
体 積 抵 抗 率	MΩ-cm	C-90/20/65	10 ⁷ 以上	5×10 ⁷ ~10 ⁸
		C-90/20/65 +C-96/40/90	5×10 ⁶ 以上	10 ⁷ ~5×10 ⁷
表 面 抵 抗	MΩ	C-90/20/65	10 ⁶ 以上	5×10 ⁶ ~10 ⁷
		C-90/20/65 +C-96/40/90	10 ⁵ 以上	5×10 ⁵ ~ 5×10 ⁶
絶 縁 抵 抗	MΩ	C-90/20/65	5×10 ⁵ 以上	5×10 ⁶ ~10 ⁷
		C-90/20/65+D-2/100	10 ³ 以上	5×10 ³ ~ 5×10 ⁴
誘 電 率	(1 MHz)	C-90/20/65	5.5 以下	4.5~5.0
		C-90/20/65+D-48/50	5.8 以下	4.5~5.0
誘 電 正 接	(1 MHz)	C-90/20/65	0.035 以下	0.025~0.030
		C-90/20/65+D-48/50	0.045 以下	0.028~0.032

(注) A：受理のままの状態であり処理を行なわない。
C：恒温恒湿の空气中で処理を行なう。
D：恒温の水中で浸漬処理を行なう。
例 C-90/20/65+D-2/100：
20℃, 65% RH の恒温恒湿の空气中で 90 時間の処理を行ない、
次に 100℃ の煮沸水中に 2 時間浸漬することを示す。

表 3 MIL 規格による多層用 MCL の試験結果

試 験 項 目	単 位	処 理 条 件	MIL 規格 GE	多層用 MCL MCL-E-601
ハンダ耐熱性	エッチングなし	260℃± ² / ₀ ℃ ハンダ浸漬	20 以上	30 以上
	エッチングフラックス付	260℃± ² / ₀ ℃ ハンダ浸漬	20 以上	30 以上
	ありフラックスなし	260℃± ² / ₀ ℃ ハンダ浸漬	20 以上	30 以上
引きはがし強さ (35μ銅ハク)	Lb/in	A	—	9.0~11.0
		260℃± ² / ₀ ℃ ハンダ20秒	8 以上	9.0~11.0
		注(1)	8 以上	8.5~9.5
		E-1/125	8 以上	9.0~10.0
		注(2)	7 以上	7.5~9.0
		E-1/125	5 以上	6.0~8.0
体 積 抵 抗 率	MΩ-cm	A	—	5×10 ⁷ ~10 ⁸
		C96/35/90	10 ⁶ 以上	10 ⁷ ~5×10 ⁷
		E-24/125	10 ³ 以上	5×10 ³ ~10 ⁵
表面抵抗	MΩ	A	—	10 ⁶ ~5×10 ⁶
		C-96/35/90	10 ⁴ 以上	10 ⁵ ~10 ⁶
		E-24/125	10 ³ 以上	5×10 ³ ~10 ⁴
沿 層 破 壊 電 圧	kV	D-48/50	30 以上	30 以上
誘 電 率	(1 MHz)	A	—	4.5~5.0
		D-24/23	5.4 以下	4.5~5.0
誘 電 正 接	(1 MHz)	A	—	0.023~0.026
		D-24/23	0.030 以下	0.025~0.028
曲 げ 強 さ	KPSI	A	50 以上	55~65
			40 以上	50~60
耐 ア ー ク 性	S	D-48/50	60 以上	100~150
耐 炎 性	S	A	適用せず	—

注 (1) (E-1/2/125+1/4/25+1/2/-65+1/4/25)×5 サイクル



注 A：受理のままの状態であり処理を行なわない。
C：恒温、恒湿の空气中で処理を行なう。
D：恒温の水中で浸漬処理を行なう。
E：恒温の空气中で処理を行なう。
例 E-1/125：125℃ の恒温の空气中で 1 時間処理を行なう。

表 2 NEMA 規格による多層用 MCL の試験結果

試 験 項 目		単 位	処 理 条 件	NEMA 規格 G-10-UT	多層用MCL MCL-E-601
引きはがし強さ	35 μ	Lb/in	A	6	9.0~11.0
	70 μ		A	8	11.0~12.5
体 積 抵 抗 率		M Ω -cm	C-96/35/90	10 ⁶	10 ⁷ ~5×10 ⁷
表 面 抵 抗		M Ω	C-96/35/90	10 ⁴	10 ⁵ ~10 ⁶
誘 電 率 ⁽¹⁾ 1MHz		max 平均	D-24/23	5.4	4.5~5.0
誘電正接 ⁽¹⁾ 1MHz		max 平均	D-24/23	0.035	0.025~0.028
吸 水 ⁽²⁾		—		—	—
寸 法 安 定 性		—	—	—	—

(注) 1 (1) 1/2 インチ板厚。
(2) 試験方法開発中。
A：受理のままの状態であり処理を行なわない。
C：恒温恒湿の空气中で処理を行なう。
D：恒温の水中で浸漬処理を行なう。
例 D-24/23：
23℃ の水中に 24 時間浸漬することを示す。

表 4 多層用 MCL の公称厚さおよび厚さ許容差

基 材 厚 さ (mm)	公 称 厚 さ お よ び 厚 さ 許 容 差			
	35 μ 銅 ハ ク		70 μ 銅 ハ ク	
	片 面 板	両 面 板	片 面 板	両 面 板
0.1	0.14±0.03	0.17±0.04	0.17±0.04	0.24±0.06
0.2	0.24±0.03	0.27±0.04	0.27±0.04	0.34±0.06
0.3	0.34±0.04	0.37±0.05	0.37±0.05	0.44±0.07
0.4	0.44±0.05	0.47±0.06	0.47±0.06	0.54±0.08
0.5	0.54±0.05	0.57±0.06	0.57±0.06	0.64±0.08
0.6	0.64±0.07	0.67±0.08	0.67±0.08	0.74±0.10

使用する。外層材料には主として 35 μ 銅ハクが用いられている。

プリプレグは薄いガラス布にエポキシ樹脂を含浸させ、半硬化の B-状態にしたもので通常厚さ約 0.1mm のものが使用され、内層の銅ハク厚さにより使用枚数が異なる。

2.3 製 造 工 程

多層印刷回路板は、一般に図 2 に示す工程で製造される。従来の印刷回路板製造法に比べ工程が長く高度の技術が必要とするから各工程におけるゆき届いた品質管理が必要である。

3. 多層用 MCL の一般特性

多層印刷回路板に使用される MCL は 0.7 mm 以下でありこのような薄い MCL については 1967 年 NEMA 規格にはじめて規格化された。したがってその試験項目もまだ少ない。

そこで、本文では一般に使用されている JIS, MIL 規格について検討するとともに、新たに制定された NEMA 規格についても検討することにした。表 1~3 はこれらの試験結果を示したものであるが、多層用 MCL はいずれの規格もじゅうぶん満足していることがわかった。

現在一般に使用されている多層用 MCL は、基材厚さが 0.1 mm の整数倍のものが標準で、これに各種の銅ハクがはり合わされている。表 4 は最も一般に使用されている品種の厚さおよび許容差を示したものである。

4. 多層用 MCL の諸特性

多層印刷回路板は前述のように複雑な加工工程を経て製造されるため、これに使用される MCL は、加工工程においてその特性低下が少なく、寸法変化の小さいことが望まれる。

表5 多層用 MCL の試験条件

試験項目	試験片形状(mm)	適用規格	試験項目	試験片形状(mm)	適用規格
絶縁抵抗		JIS-C 6481	寸法安定性		—
表面抵抗		JIS-C 6481	熱膨張収縮		—
体積抵抗率		JIS-C 6481	耐薬品性		—
誘電率		JIS-C 6481	耐エッチング液性		—
誘電正接		JIS-C 6481	耐メッキ液性 (表面抵抗)		—
ハンダ耐熱性		JIS-C 6481			

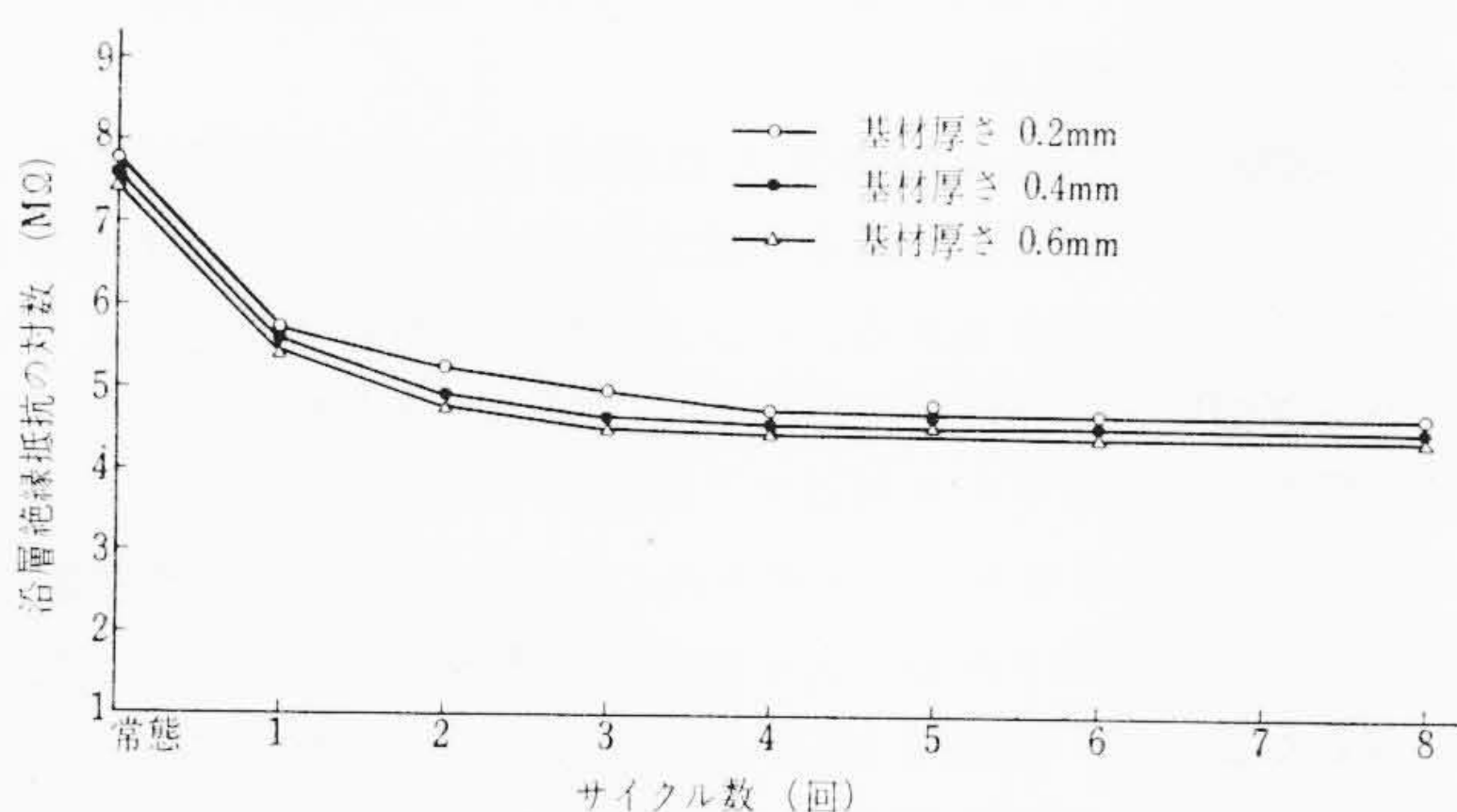


図3 煮沸乾燥のくり返しサイクル数と沿層絶縁抵抗の関係

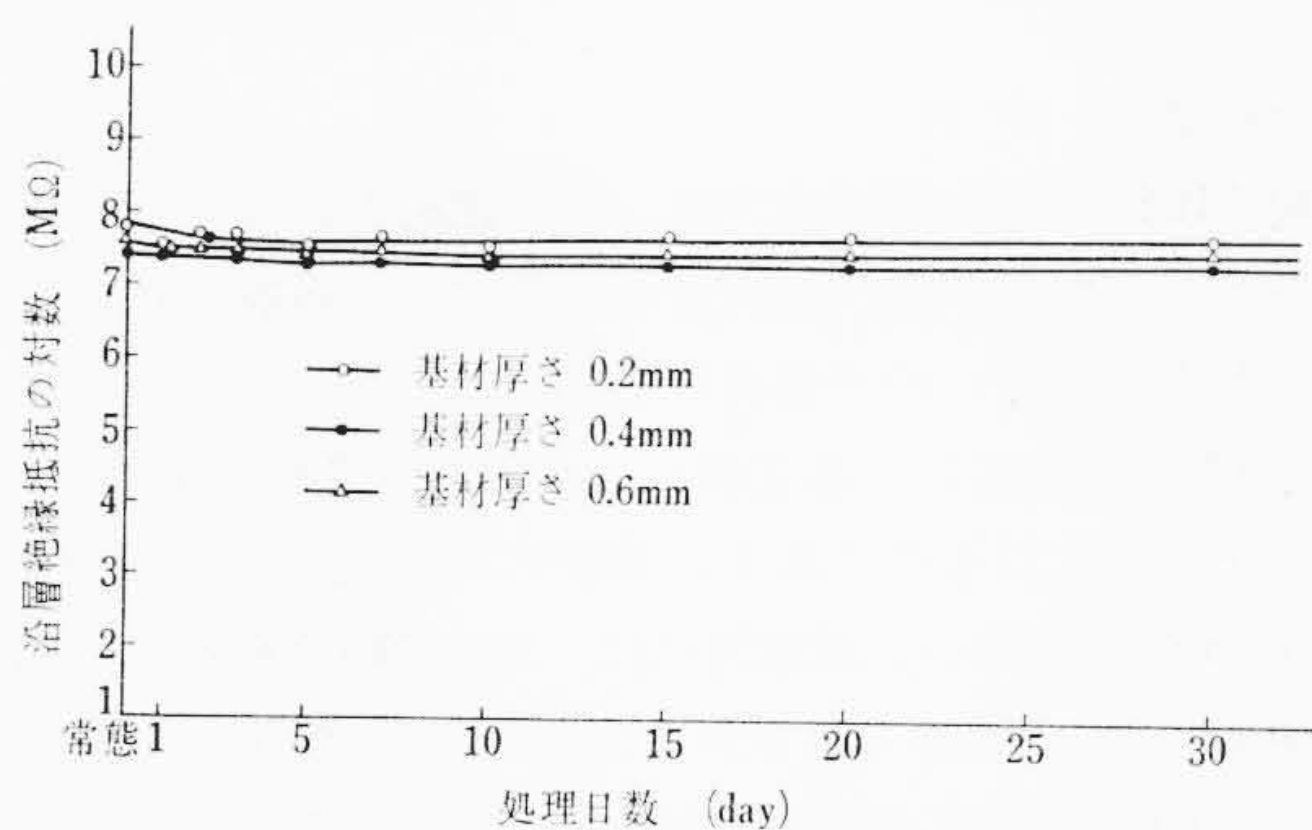


図4 水浸日数と沿層絶縁抵抗の関係

また製造された多層印刷回路板は、電子計算機などの電子機器に使用され長期にわたる信頼性が必要となる。そこで表5に示した試験項目および試験条件により長期寿命を推定するための種々の検討を行なった。

4.1 電気的特性

多層用 MCL はこれまでの試験でみられたように高度の電気絶縁性を有している。この性能が長期にわたって安定していることは、機器の特性を左右する重要な因子である。MCL の電気特性などの低下は、これまでの種々の報告^{(13)~(17)}から、吸湿(水)による影響が大きいので、われわれがしばしば行なってきた各種条件によりその性能の変化を求めた。

MCL の電気的性質は、試験片の作成条件により著しく変動するので JIS C 6481 に準拠して作成し試験に供した。

(1) 絶縁抵抗

常態の沿層絶縁抵抗を測定後2時間煮沸したのち30分間流水

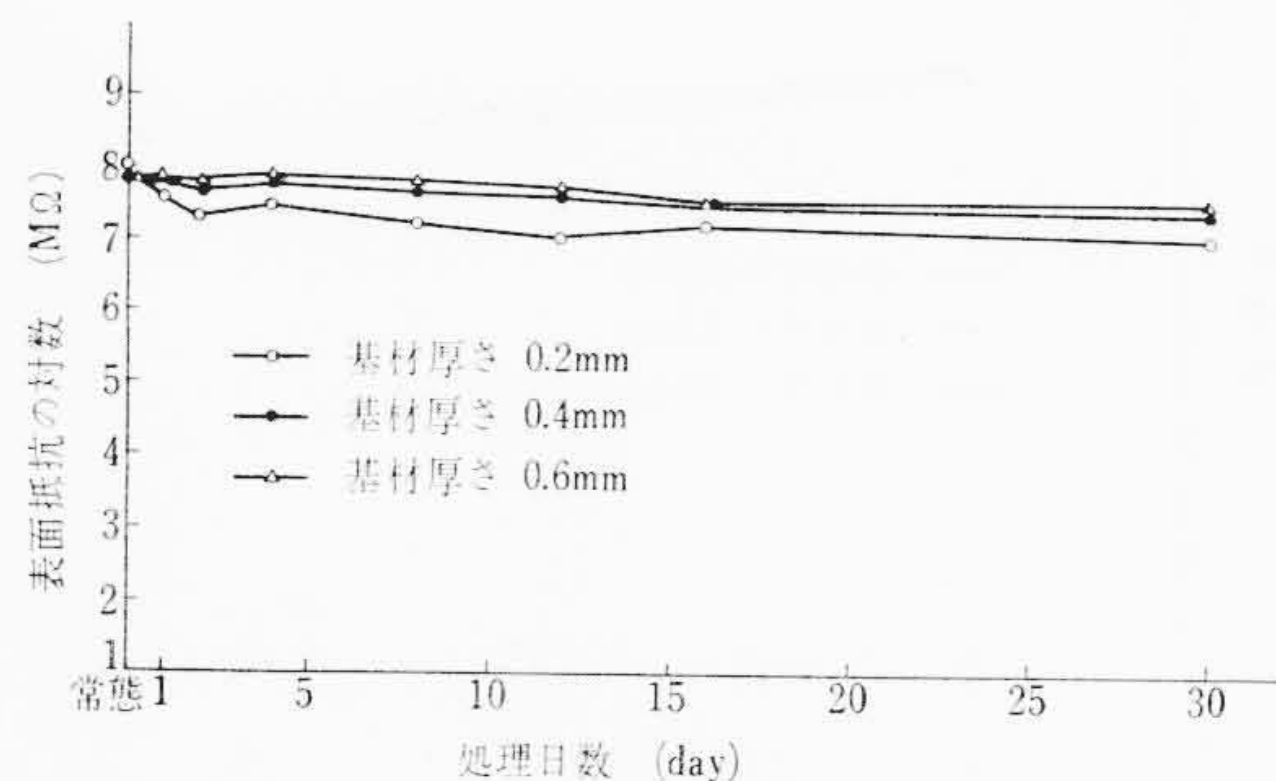


図5 湿度処理 (40°C, 90% RH) と表面抵抗 (接着面) の関係

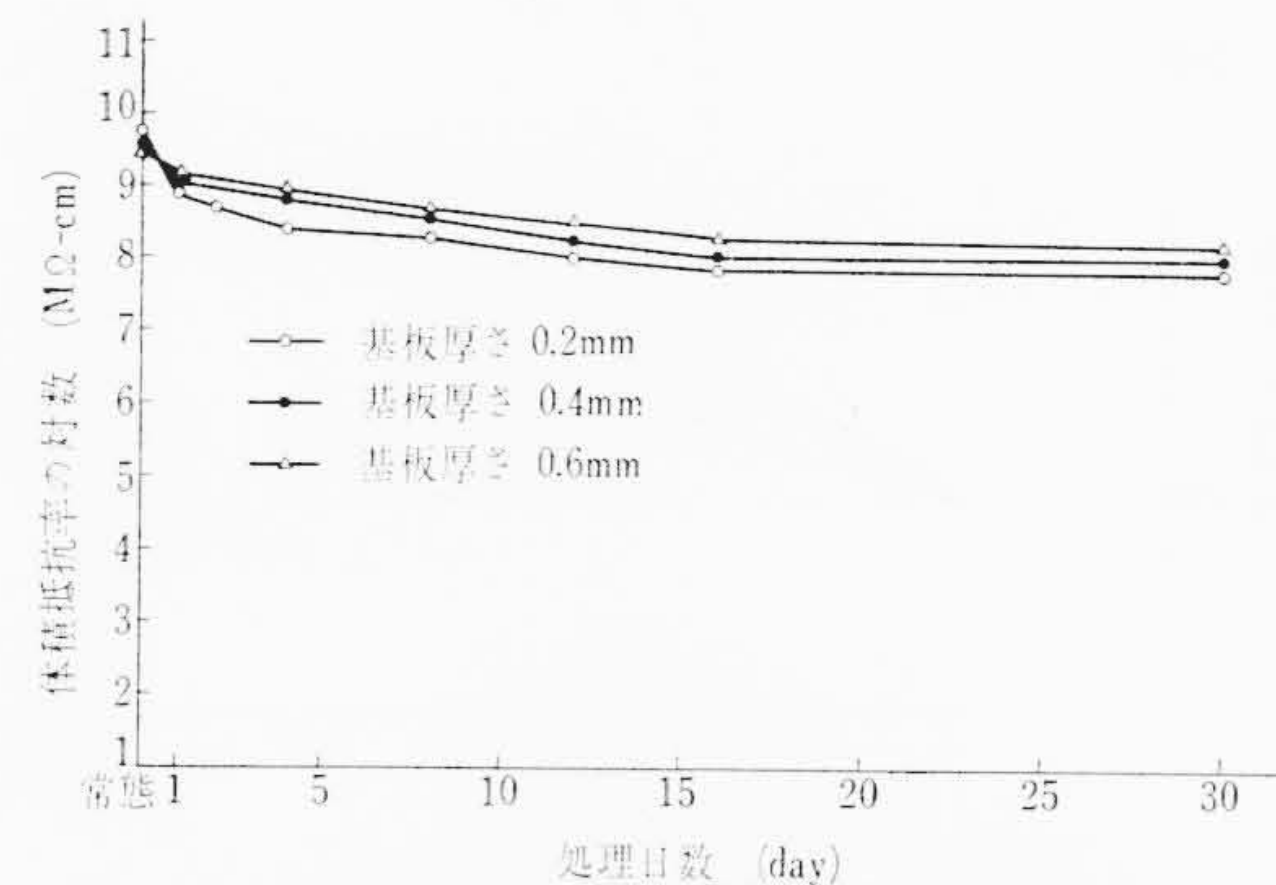


図6 湿度処理 (40°C, 90% RH) と体積抵抗率の関係

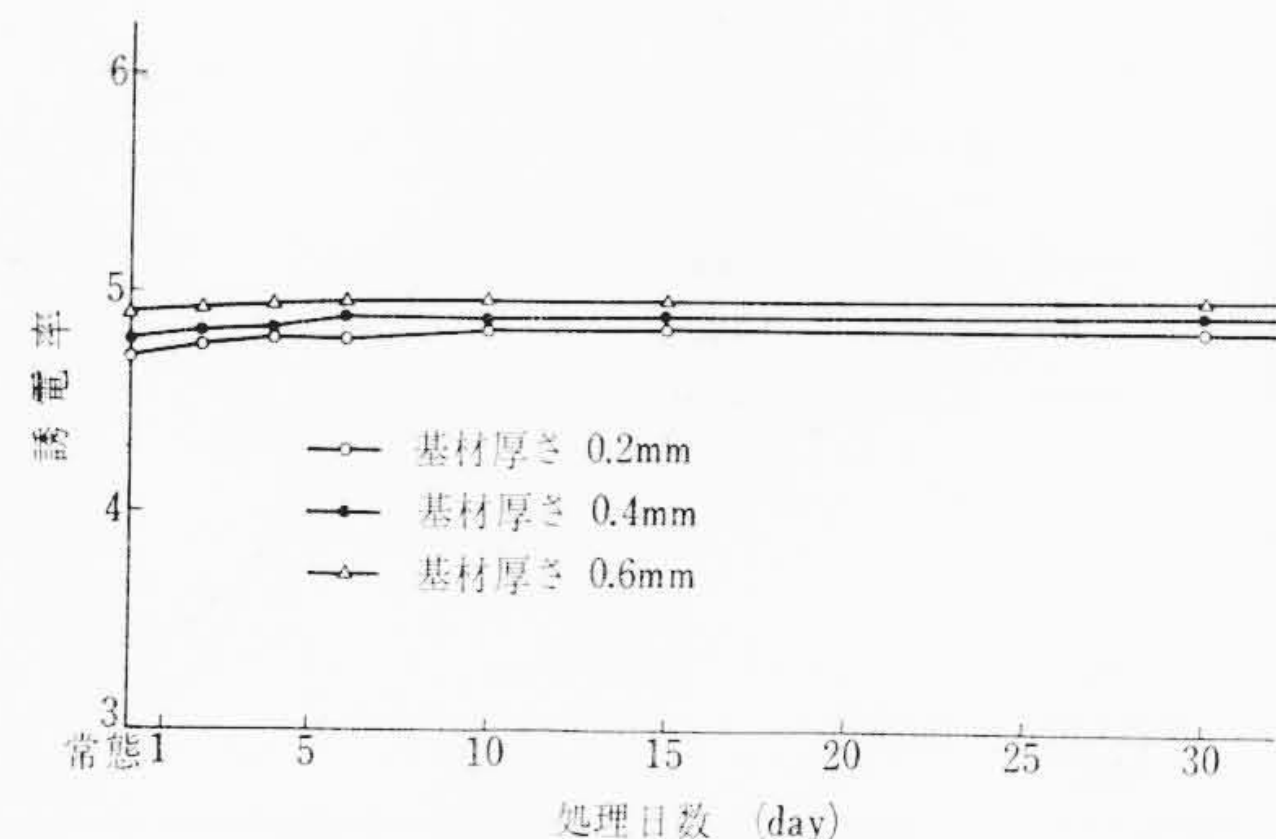


図7 水浸日数 (50°C) と誘電率の関係 (1 MHz)

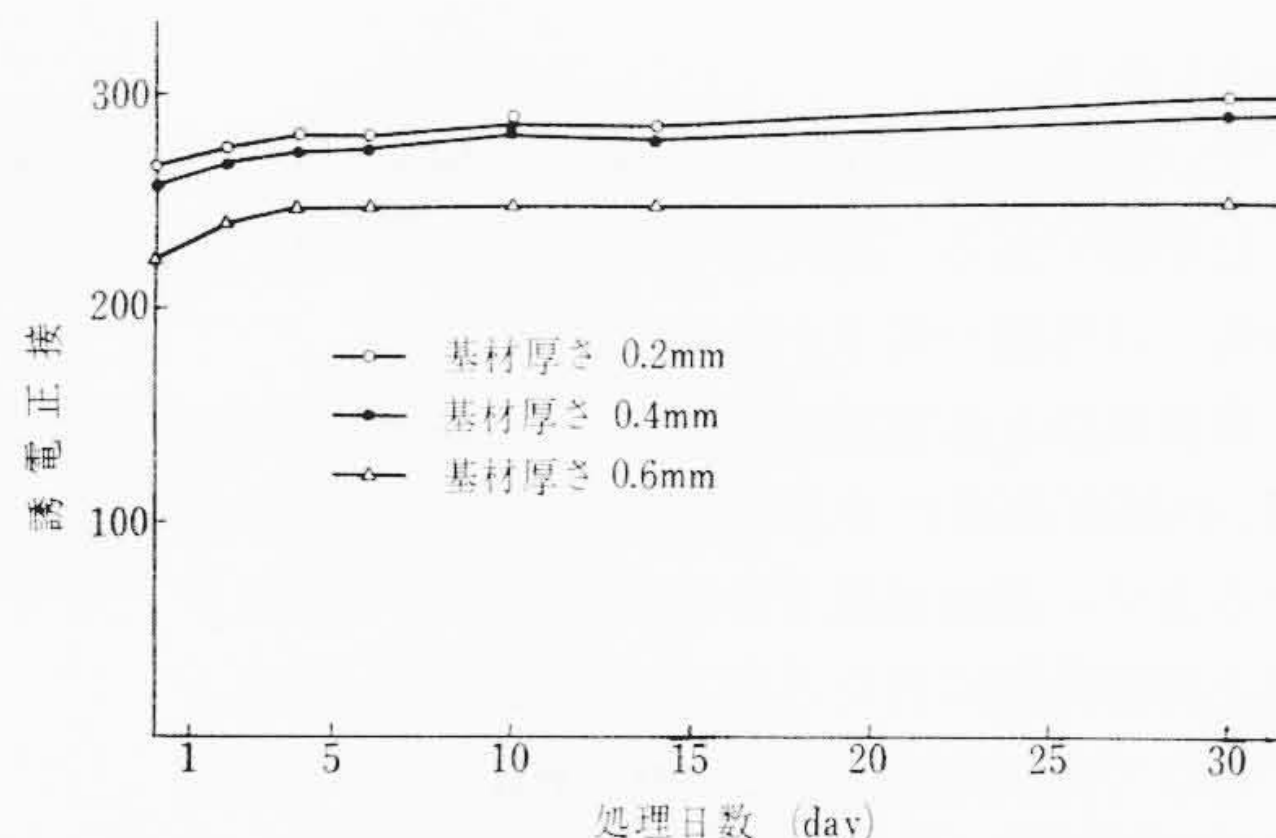


図8 水浸日数 (50°C) と誘電正接の関係 (1 MHz)

中に浸漬する。その後これを取りだし乾布でぬぐって沿層絶縁抵抗を測定する。この操作を1サイクルとして、数サイクルの変化を求めてこれを図3に示した。このような測定条件は機器が吸湿、脱湿、加熱、冷却を続けることを推定して行なったものである。図に示すように性能の低下は約5サイクルでほぼ一定になりそれ以上はほとんど変化しない。またこの値は JIS 規格の1サイクル後の値にまざっており多層用 MCL はすぐれた絶縁性を有し

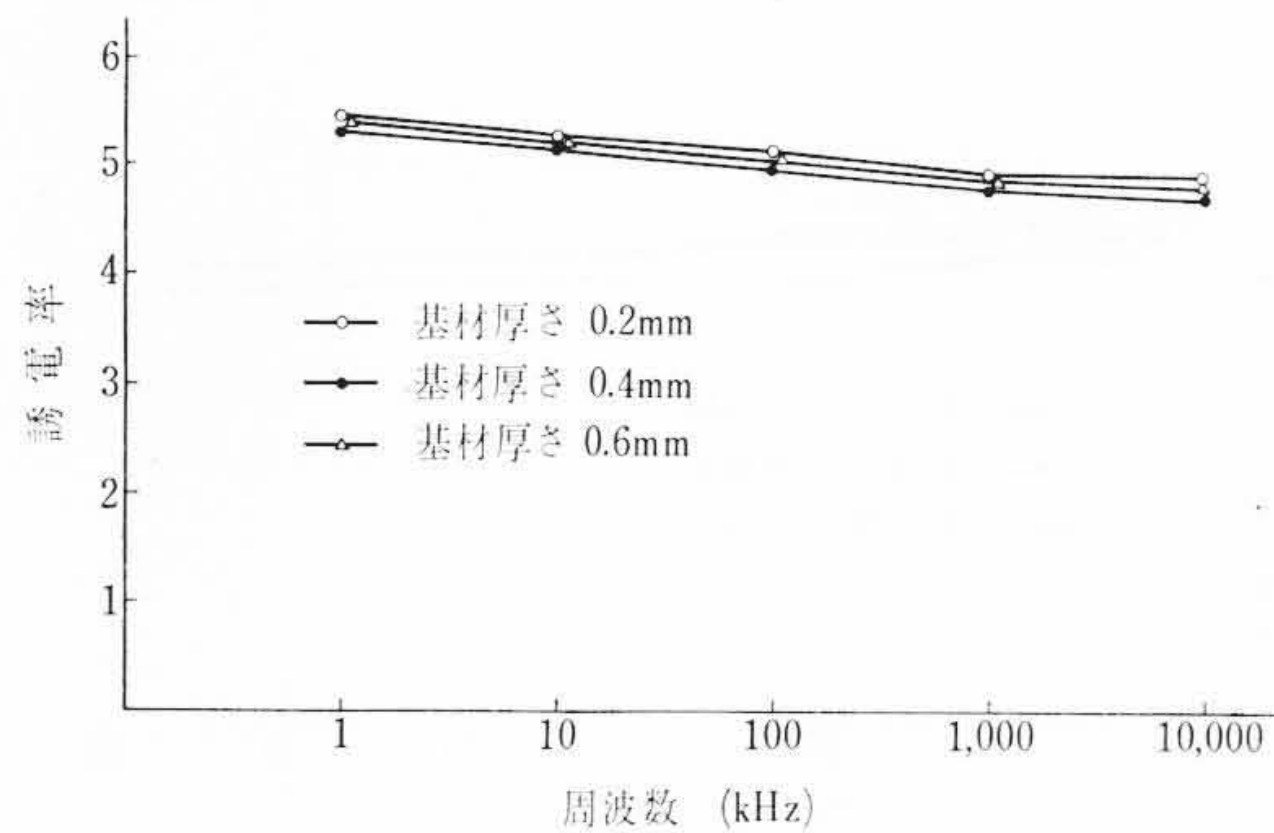


図9 周波数と誘電率の関係

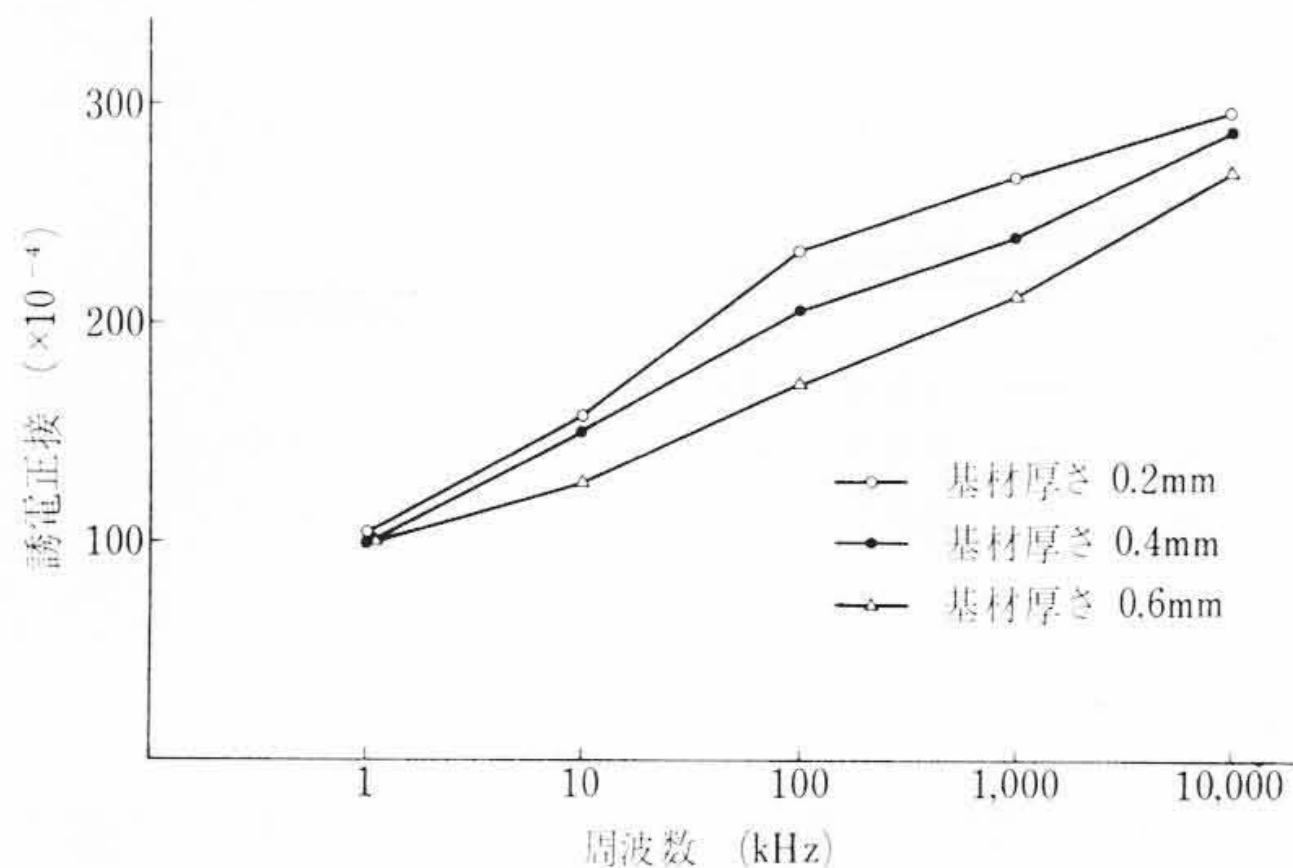


図10 周波数と誘電正接の関係

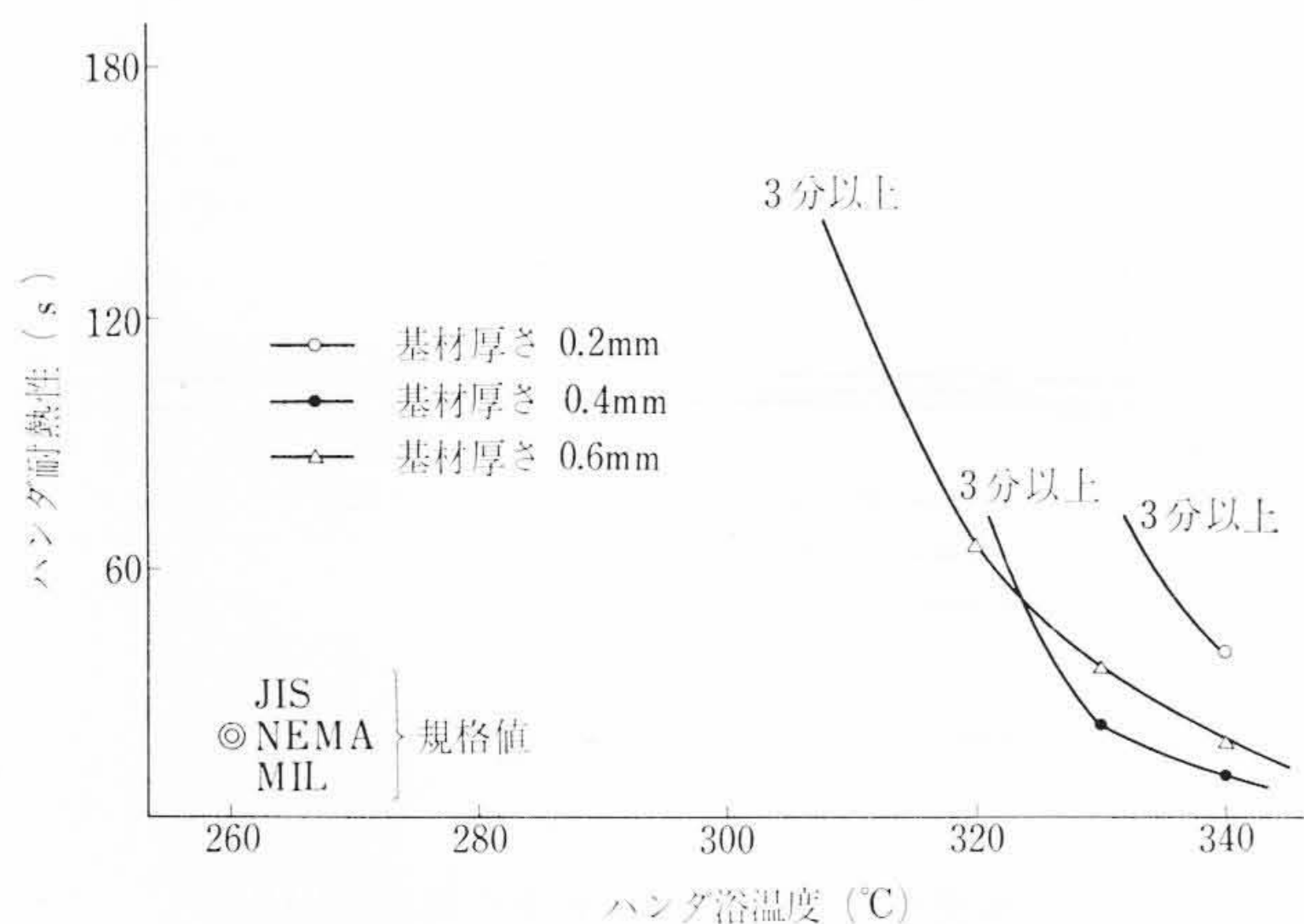


図11 ハンダ温度とハンダ耐熱性の関係

ているといえる。

図4は、機器が過湿状態で連続的に使用されることを推定して行なった実験である。図に示すように多層用MCLはこの程度の処理条件では性能の低下がみられなかった。

(2) 表面抵抗と体積抵抗率

MCLの基板表面の絶縁抵抗と基板の貫層絶縁抵抗を分離して測定する方法に表面抵抗と体積抵抗率があり沿層絶縁抵抗と同様長期にわたり低下の少ないことが望まれる。そこで高湿処理(40°C, 90% RH)による性能の変化を測定し図5, 6に示した。図に示すように性能の低下が少なく安定していることがわかった。

(3) 誘電率と誘電正接

一般に誘電特性は、高周波回路や特性インピーダンスが問題となるような回路および高密度配線回路に使用される場合に、特に重要視される。誘電率と誘電正接はそれぞれ小さいこと、外的条件および周波数などによってあまり変動しないことが要求される。そこでまず50°Cの水浸処理による誘電率と誘電正接の経日変化を求め図7, 8に示した。

表6 水浸(23°C)日数とハンダ耐熱性の関係
(260°C ハンダ浸漬)

水浸日数 (day)	0	1	2	3	5	7
基材厚さ						
0.2 mm	◎	◎	◎	◎	○ ミーズリン グ発生	× フクレ (15秒)
0.4 mm	◎	◎	◎	◎	◎	◎
0.6 mm	◎	◎	◎	◎	◎	◎

(注) ◎: 3分以上

また、いろいろな周波数の誘電率と誘電正接を広帯域誘電体損測定器(1 kHz~1 MHz ガード付)とQメータ(1 MHz~10 MHz ガードなし)により求め、これを図9, 10に示した。

図に示すように多層用MCLは水浸処理で比較的变化が小さい。また、周波数を高くすると誘電率は小さく、誘電正接は大きくなる。

多層用MCLの誘電特性は基板が薄いため、その測定にいろいろと問題がある。特に板厚さ、電極面積は計算上誘電率に直接影響を与える⁽¹⁸⁾ので測定を誤らないようにする必要がある。

4.2 ハンダ耐熱性

多層印刷回路板は、長い加工工程後はじめてハンダ浸漬またはハンダ付けが行なわれるのでその構成材料には、ハンダ耐熱性のすぐれていることが要求される。ハンダ耐熱性を左右する要因としては、ハンダ温度と多層印刷回路板製造工程中の吸水あるいは材料保管時の吸湿などが考えられるのでこれらについて検討を加えた。

図11にハンダ温度とハンダ耐熱性の関係を示した。また機器が過湿状態で連続使用されることを推定して表6の実験を行なった。図に示したように、多層用MCLは良好な耐熱性を有していることがわかったが、ハンダ耐熱性は吸湿の影響を受けやすく特に板厚の薄いものほど保管および加工工程中の取り扱いに留意する必要がある。

4.3 寸法安定性

多層用MCLの寸法安定性⁽⁵⁾は、多層化接着に当たって非常にたいせつなことであるから、二、三の方法により検討を行なった。規格化された方法がないので独自の方法によった。すなわち加工工程を図12のように推定し、各工程における寸法変化を求めた。図13はその結果を示したものである。測定には、投影式寸法測定機(精度1/1,000 mm)を用い、試験片には、50×50×0.6 mmに加工したものを使用した。図から明らかなように乾燥処理によりやや収縮するがその値は0.03%程度できわめて少ない。また、銅ハクの付いたままの試験片を用いると0.02%以下になる。さらに多層化接着工程などでいろいろ加熱されることを推定して、100, 140, 180°Cの各温度で2時間の気中加熱処理を行ないその寸法変化を測定した。図14はその結果である。測定には治具ボーラ(精度1/100 mm)を

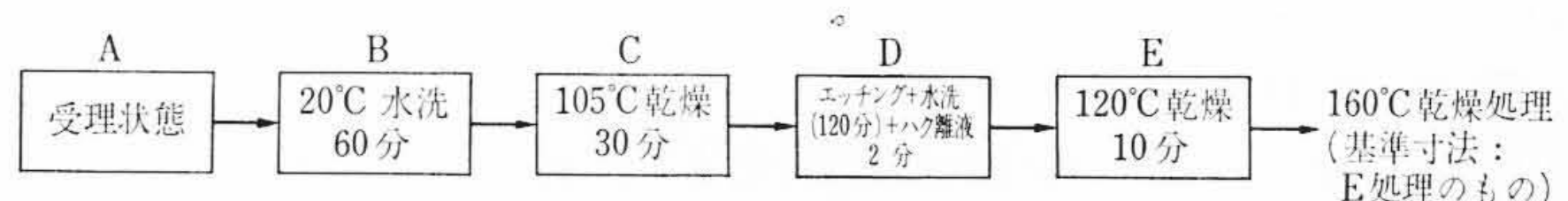


図12 多層用MCLの寸法変化率測定用加工工程

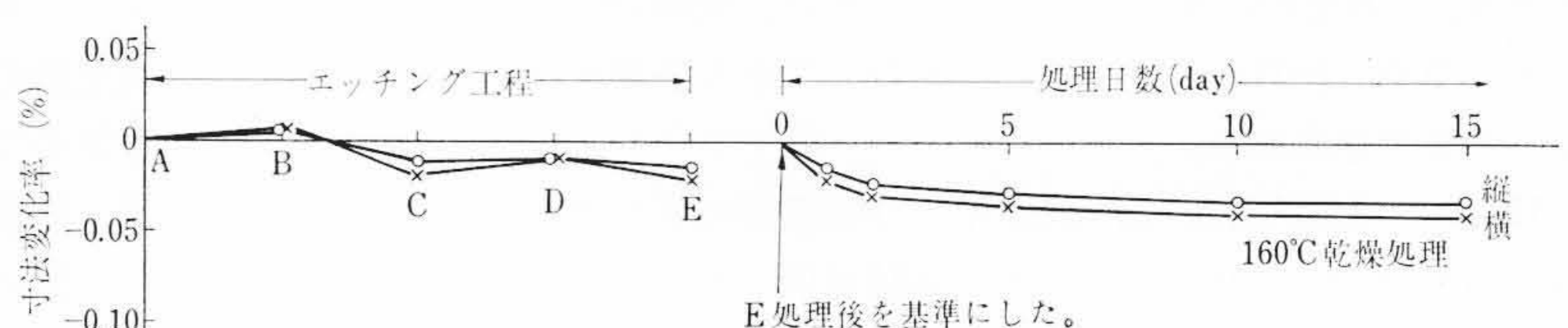


図13 多層用MCLのエッチング工程および乾燥処理による寸法変化率特性

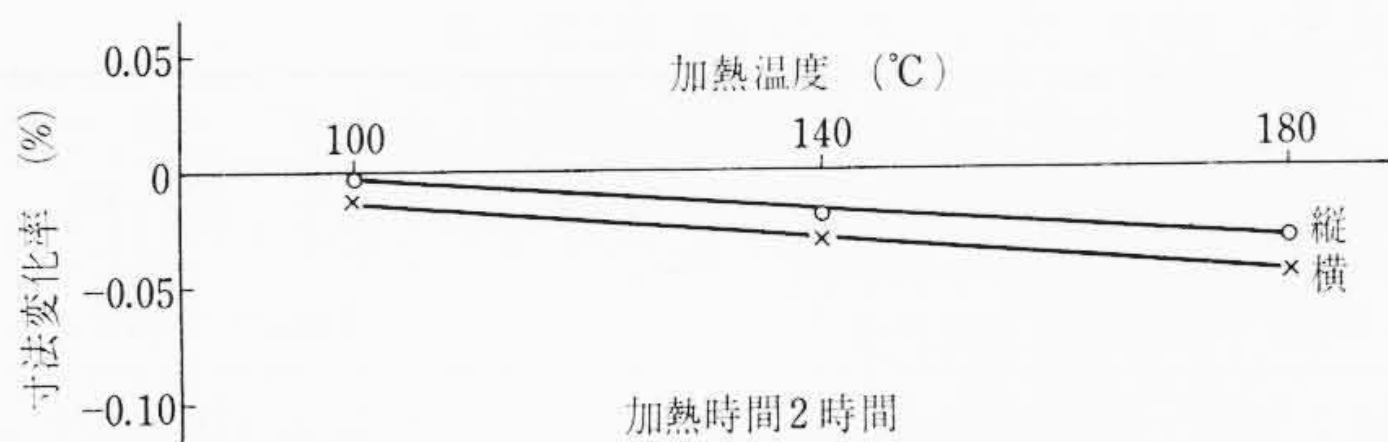


図 14 多層用 MCL の気中加熱温度と寸法変化率

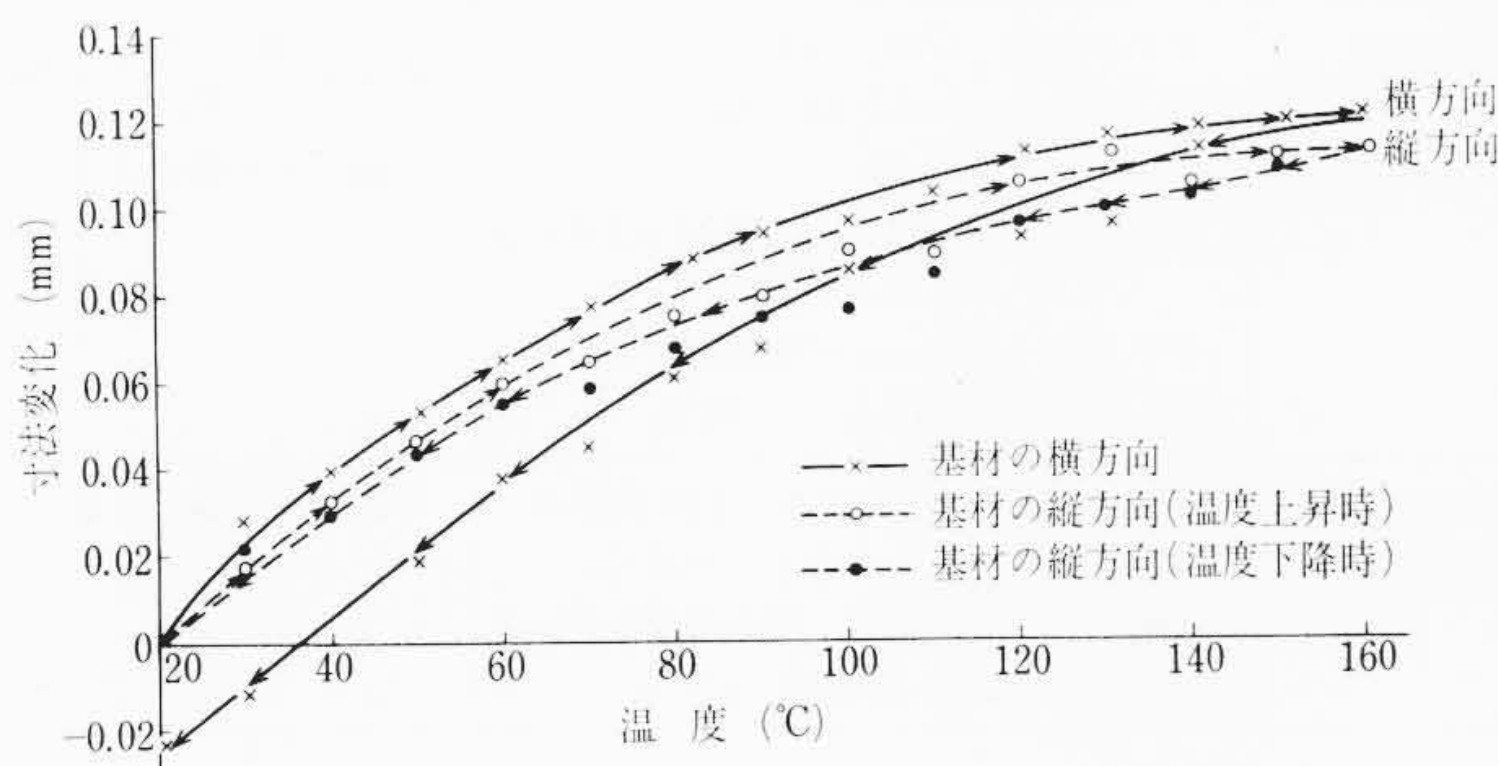


図 15 多層用 MCL の熱膨張収縮特性

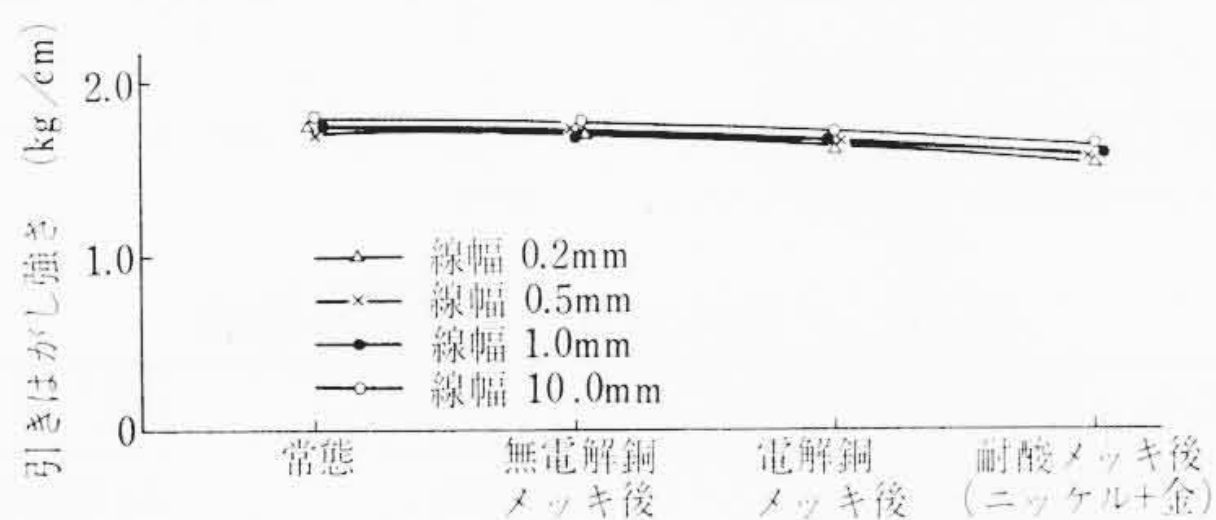


図 16 多層用 MCL のメッキ液処理と引きはがし強さの関係

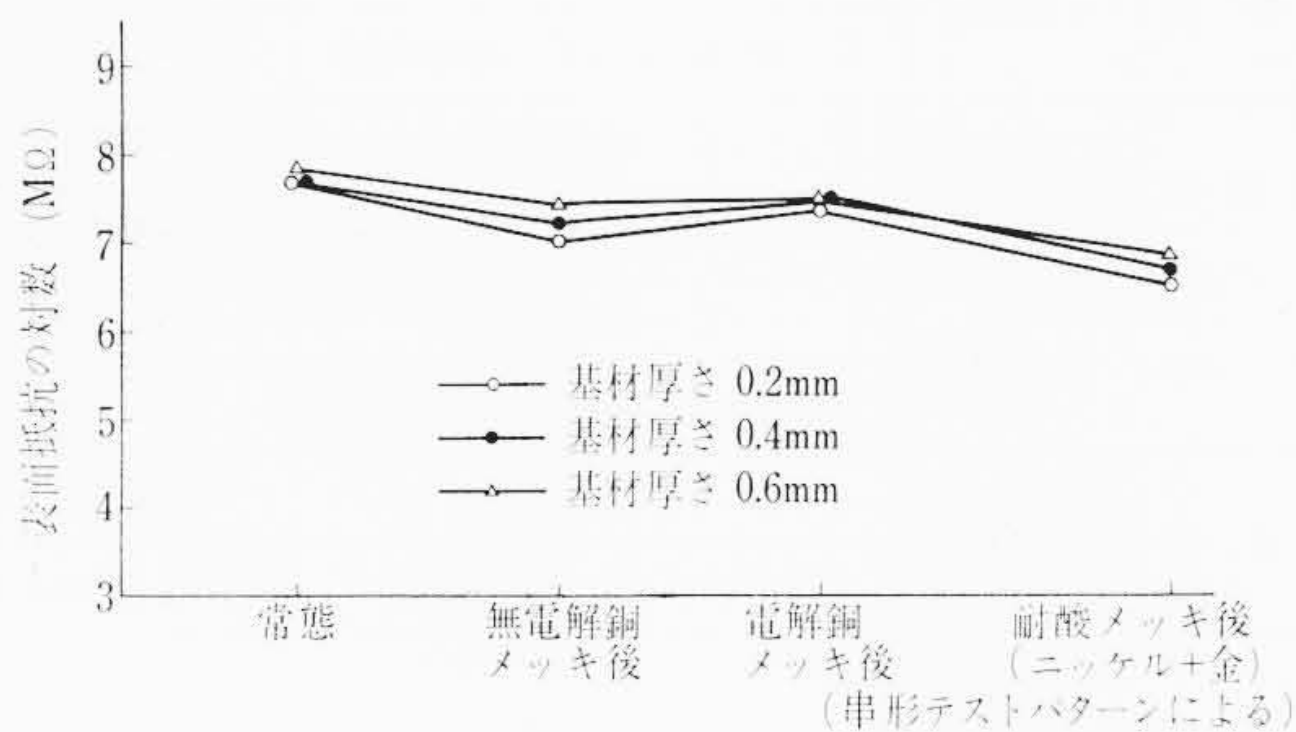


図 17 多層用 MCL のメッキ液処理と表面抵抗の関係

用い、試験片には 250×250×0.6 mm に加工したものを使用し、これに約 200 mm 間隔のケガキ線を入れ、この距離の変化を測定した。図に示すように 160°C の気中加熱では約 0.03% 収縮があり、これは図 13 の結果とほぼ一致し良好な結果を示している。また銅ハクのついた試験片を用いればさらに小さな寸法変化を示す。これは基材層の収縮が銅ハクによりおさえられているためと考えられる。

図 15 は多層用 MCL の熱膨張収縮特性を示したものである。測定には熱膨張収縮試験機を用い、表 5 に示す試験片を用いた。図から 20～80°C の熱膨張係数は縦方向で $1.38 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、横方向で $1.61 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ である。この数値は一般のガラス布エポキシ MCL、紙フェノール MCL に比べてかなり小さい。

4.4 化学的特性

多層用 MCL に要求される化学的特性としては、耐薬品性、電気化学的性質(たとえば電食、腐食性など)、耐エッチング液性および耐メッキ液性などがある。ここでは耐薬品性、耐エッチング液性および耐メッキ液性について検討結果をあげて参考にする。

(1) 耐薬品性

多層印刷回路板製造時にしばしば使用されている 12 種の薬品を選び、温度 40°C での浸漬および強制劣化試験を行ないその結

表 7 多層用 MCL の耐薬品性

薬品名	温度 40°C における試験		強制劣化試験	
	処理条件	結果	処理条件	結果
トルエン	5 分	◎	90°C	5 分 ○
	30 分	◎		20 分 △
イソプロピルアルコール	5 分	◎	沸騰	5 分 ◎
	60 分	◎		20 分 ◎
メチルエチルケトン	5 分	◎	沸騰	5 分 ○
	60 分	○		20 分 ×
タムラシンナー #4750	5 分	◎	沸騰	5 分 ○
	60 分	○		20 分 ×
NPR シンナー	5 分	◎	沸騰	5 分 ○
	30 分	◎		20 分 ○
トリクレン (蒸気)	3 分	○	沸騰	5 分 ○
	10 分	△		20 分 ×
トリクレン:ストリッパー C 3:1 混液	5 分	◎	沸騰	3 分 ×
	30 分	△		6 分 ×
ストリッパー C	5 分	◎	沸騰	1 分 ×
	30 分	×		3 分 ×
フォトゾールハク離液	5 分	◎	90°C	5 分 △
	30 分	×		10 分 ×
クロロセン (蒸気)	5 分	◎	沸騰	5 分 ◎
	30 分	◎		20 分 ◎
カ性ソーダ 10% 液	30 分	◎	—	—
アセトン	—	—	沸騰	5 分 ○
	—	—		20 分 △

(注) ◎: ほとんど変わらず △: 若干ガラス浮出し、または変色
○: ごくわずかにガラス浮出し、または変色 ×: 明らかなガラス浮出し、または変色

表 8 多層用 MCL の耐エッチング液性 (35 μ 銅ハク)

エッチング液	エッチング条件		引きはがし強さ (kg/cm)	外観
	時 間 (min)	温 度 (°C)		
塩化第二鉄 (40°Be)	5	25~30	1.6~1.9	良好
	10	25~30	1.6~1.9	良好
過硫酸アンモン (20%液)	7	42~45	1.6~1.9	良好
	15	42~45	1.6~1.9	良好
クロム酸混液	9	52~55	1.6~1.9	良好
	18	52~55	1.6~1.9	良好

果を表 7 に示した。判定は目視により外観判定で行なわれた。

表 7 からわかるように 40°C、約 5 分では各薬品とも影響を与えないが 30 分の浸漬ではストリッパー C、フォトゾールなどのハク離液が基板に影響を与えた。強制劣化試験ではイソプロピルアルコール、クロロセンを除いてほかはすべて基板に影響を与えた。特にトリクレンとストリッパー C の混合液、ストリッパー C、フォトゾールなどのハク離液に影響されやすいのでこれらの液を使用するときはきびしい管理が必要である。

(2) 耐エッチング液性

代表的なエッチング液 3 種を選び検討した。引きはがし強さを判定規準とし結果を表 8 に示した。表より各エッチング液ともほとんど影響のないことが明らかとなった。なお一般の MCL と同様にエッチング後水洗不じゅうぶんのときは表面に導伝性イオンが残存し極端な絶縁劣化を生ずるのでじゅうぶん留意する必要がある。

(3) 耐メッキ液性

いろいろなメッキ工程が行なわれているが、各工程ごとに多層

用 MCL がどんな影響を受けるかを検討するため測定項目として、引きはがし強さおよび表面抵抗を選んだ。引きはがし強さは実用の回路幅を考慮して 0.2, 1, 10 mm 幅について測定した。その結果を図 16 に示した。またメッキ工程に従って表面抵抗を測定しその結果を図 17 に示した。メッキ液処理による性能の変動が常態の値の約 10% 程度であって安定した性能であるといえよう。

ただ、メッキ液は引きはがし強さを低下させる薬品を含んでいるので、工程管理を徹底的に行なう必要がある。

5. プリプレグの特性

プリプレグはガラス布にエポキシ樹脂を含浸、乾燥し B-状態としたものであり、多層印刷回路板の構成材料である。その特性は多層印刷回路板の性能に大きく影響するため、多層用 MCL と同様の特性を有していることのほか、樹脂付着量、樹脂流れ量、揮発分、硬化時間などの特性が要求される。これら特性の測定法は、アメリカでは SPI (プラスチック工業協会)、IPC (プリント回路協会) で標準化されているが国内ではまだ規格化されていない。そこでこれらの方法に準拠した試験方法を確立し実用に供しているのをこの方法を表 9 に示した。

5.1 プリプレグの一般特性

表 10 はプリプレグの性能を示したものであるが、これは適正な使用条件で使用されることが必要である。そこでプリプレグを通常の積層板製造方式により積層プレスしたときの性能を表 11 に示した。この性能は JIS のガラス布基材エポキシ樹脂積層板 (GE 4) の規格をじゅうぶん満足している。

5.2 プリプレグの諸特性

(1) プリプレグの経時変化

プリプレグは B-状態のエポキシ樹脂であるため、時間とともに各性能が少しずつ変化し硬化状態に至るものと考えられる。そこで相対湿度 30, 50, 90% の各一定湿度下で保存した場合の吸湿量の変化を調べその結果を図 18 に示した。この結果から相対湿度 90% ではかなりの湿度の影響を受けることがわかった。プリプレグに吸着した水分は、多層印刷回路板の性能を低下させるおそれがある。そこで相対湿度 30, 50% の場合に温度を 23±2℃ に決め約 60 日間にわたり硬化時間および樹脂流れの変化を検討した。その結果、図 19 に示すようにこの条件では約 10% 程度の変化でかなり安定していることが認められる。今後引き続いて保存条件の検討を行なう予定であるが、その保存条件はエポキシ樹脂の性質からしても低温(たとえば 23±2℃)で相対湿度 50% 未満におさえることが必要である。

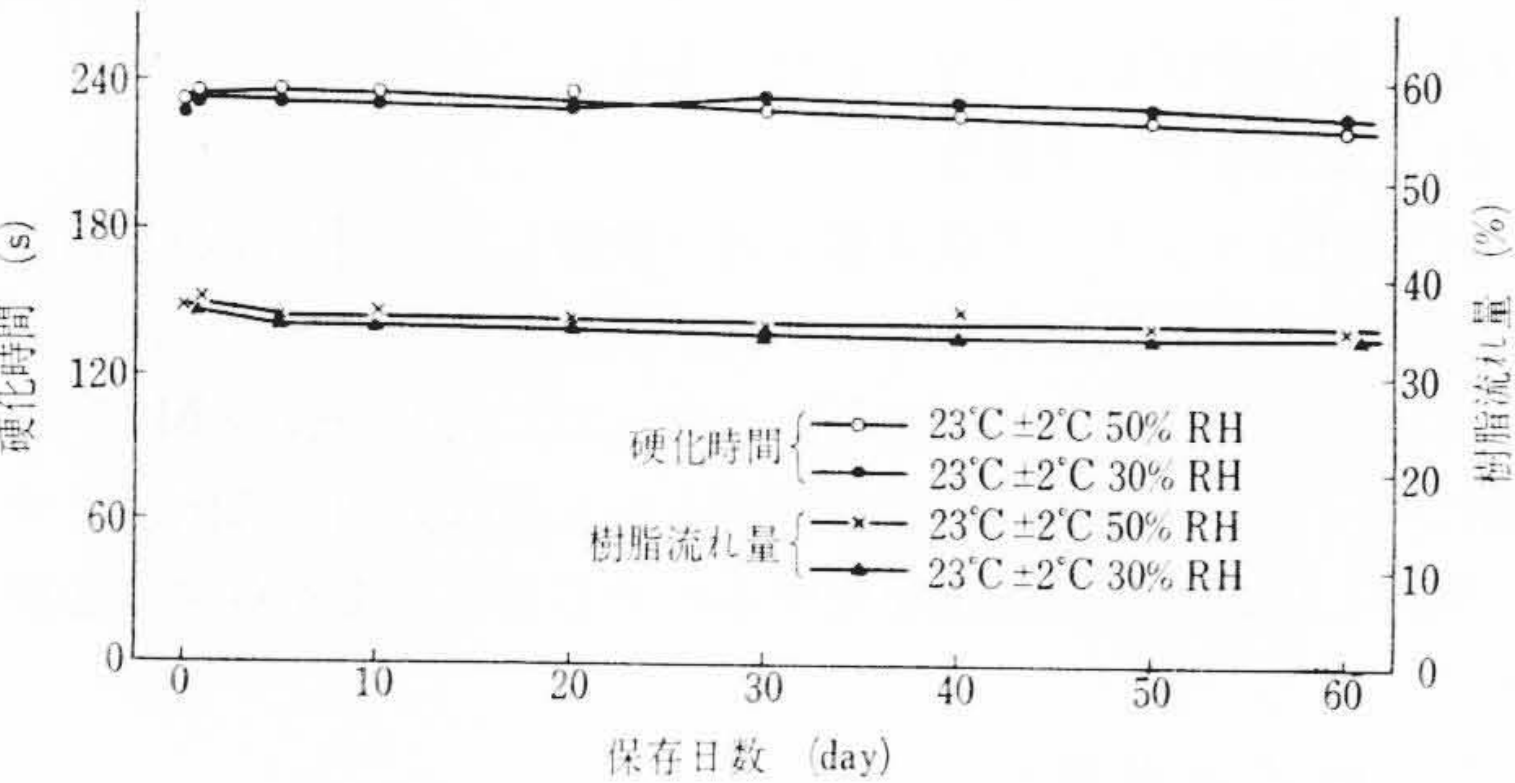


図 19 保存日数と硬化時間、樹脂流れ量の関係

表 9 プリプレグの試験方法

試験項目	試 験 片	試 験 方 法	計 算 式
樹脂付着量 (R.C., %)	100 mm×100 mm 約 10 g を 3 組準備する Bias Cut. (W ₁)	540℃±60℃ のルツボで 30 分焼却 室温まで冷却後測定 (W ₂) 精 度 ±0.01 g	$R \cdot C = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$ 3 組の平均値をとる
揮 発 分 (V.C., %)	プリプレグの端より 2 枚 プリプレグ中央より 1 枚 100 mm×100 mm に切断 (W ₁)	160℃±3℃, 15 分気中加熱 室温まで冷却後測定 (W ₂) 精 度 ±0.001 g	$V \cdot C = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$ 3 枚の平均値をとる
樹脂流れ量 (R.F., %)	100 mm×100 mm 約 20 g を 3 組準備する Bias Cut. (W ₁)	プレス条件 170℃±3℃ 14±2 kg/cm ² 10 分 治具使用 150 mm×150 mm×1.6 mm スチール製 プレス後 100 mm×100 mm に切断 精 度 ±0.01 g (W ₂)	$R \cdot F = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$ 3 組の平均値をとる
硬化時間 (G.T., s)	50 mm×50 mm 約 15 g を 3 組準備する	170℃±3℃, 40 kg/cm ² で約 10 秒保つ 熱盤を開放しガラス布をとり除く 樹脂を 1 個所に集め、硬化時間をはかる 樹脂の移動範囲 30 mm とする	3 組の平均値をとる

表 10 プリプレグの一般性能

項 目	樹 脂 分 (%)	樹脂流れ量 (%)	揮 発 分 (%)	硬化時間 (s)	積層後の厚さ (mm)
品 名					
GEA-602N	55±5	37±5	0.6 以下	240±60	0.09±0.02

表 11 プリプレグの積層板の性能

試 験 項 目	単 位	処 理 条 件	特 性 値
絶 縁 抵 抗	MΩ	C-90/20/65	3×10 ⁶ ~8×10 ⁷
		C-90/20/65+D-2/100	4×10 ⁴ ~10 ⁵
表 面 抵 抗	MΩ	C-90/20/65	5×10 ⁶ ~8×10 ⁶
		C-90/20/65+C-96/40/90	2×10 ⁵ ~4×10 ⁶
体 積 抵 抗 率	MΩ-cm	C-90/20/65	5×10 ⁷ ~10 ⁸
		C-90/20/65+C-96/40/90	5×10 ⁷ ~9×10 ⁷
誘 電 率	(1 MHz)	C-90/20/65	4.3~4.8
		C-90/20/65+D-48/50	4.5~4.8
誘 電 正 接	(1 MHz)	C-90/20/65	0.028~0.031
		C-90/20/65+D-48/50	0.030~0.032

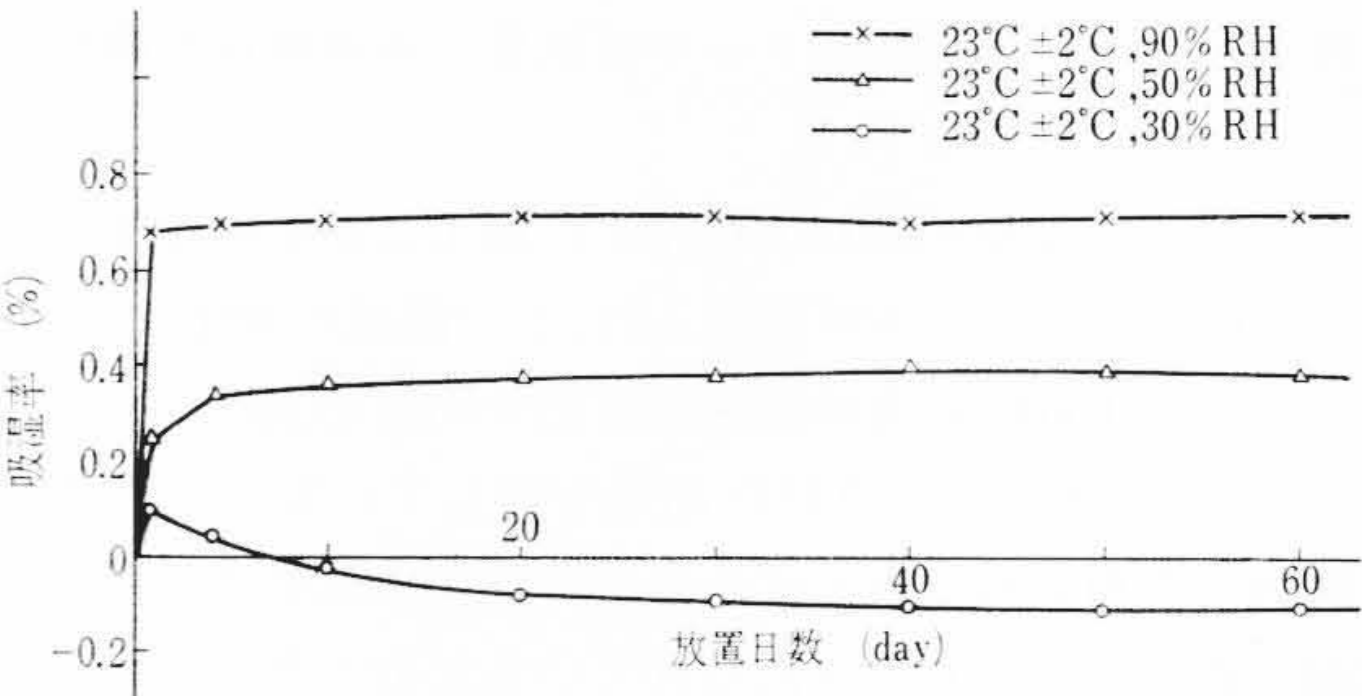


図 18 プリプレグ放置日数と吸湿率の関係

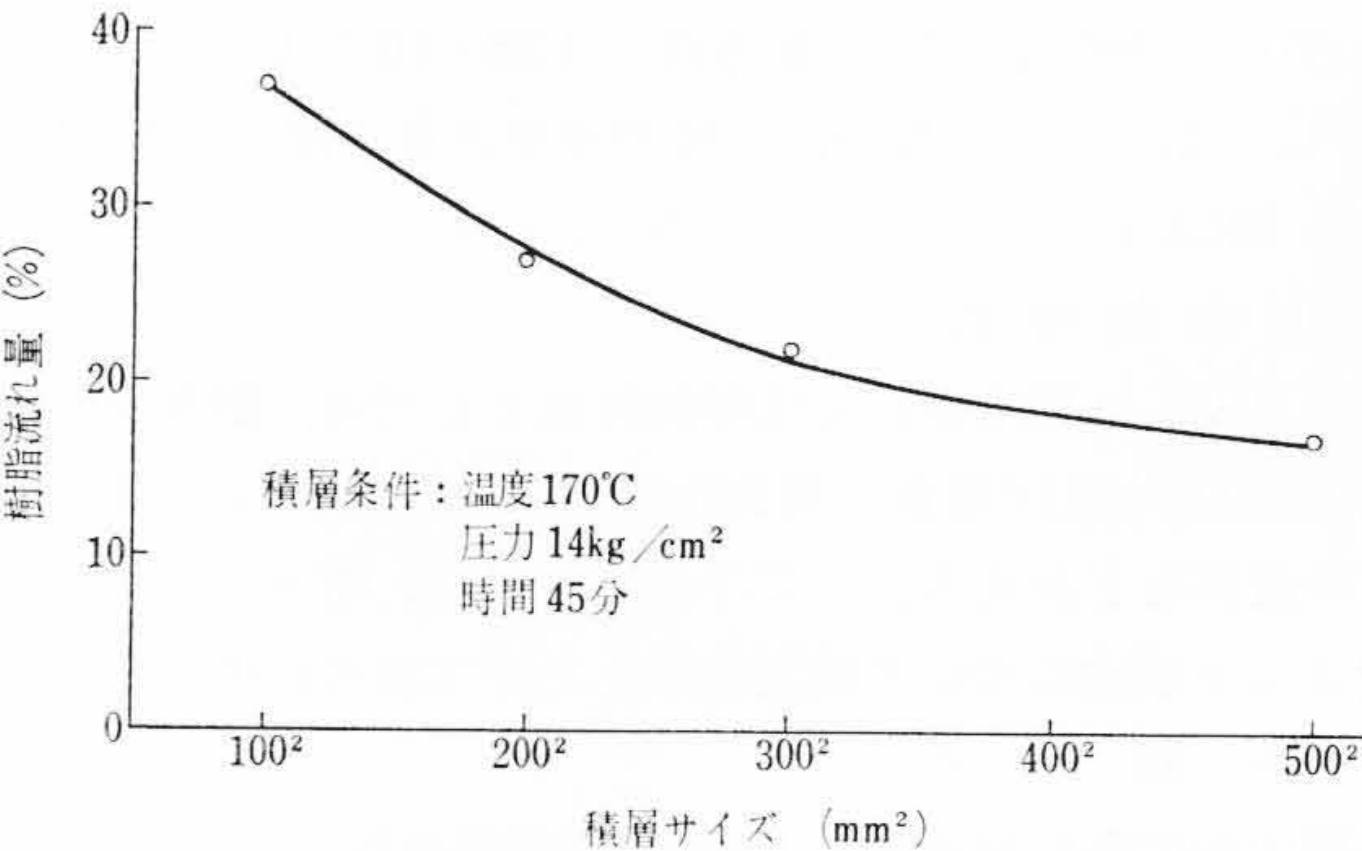


図 20 積層サイズと樹脂流れ量の関係

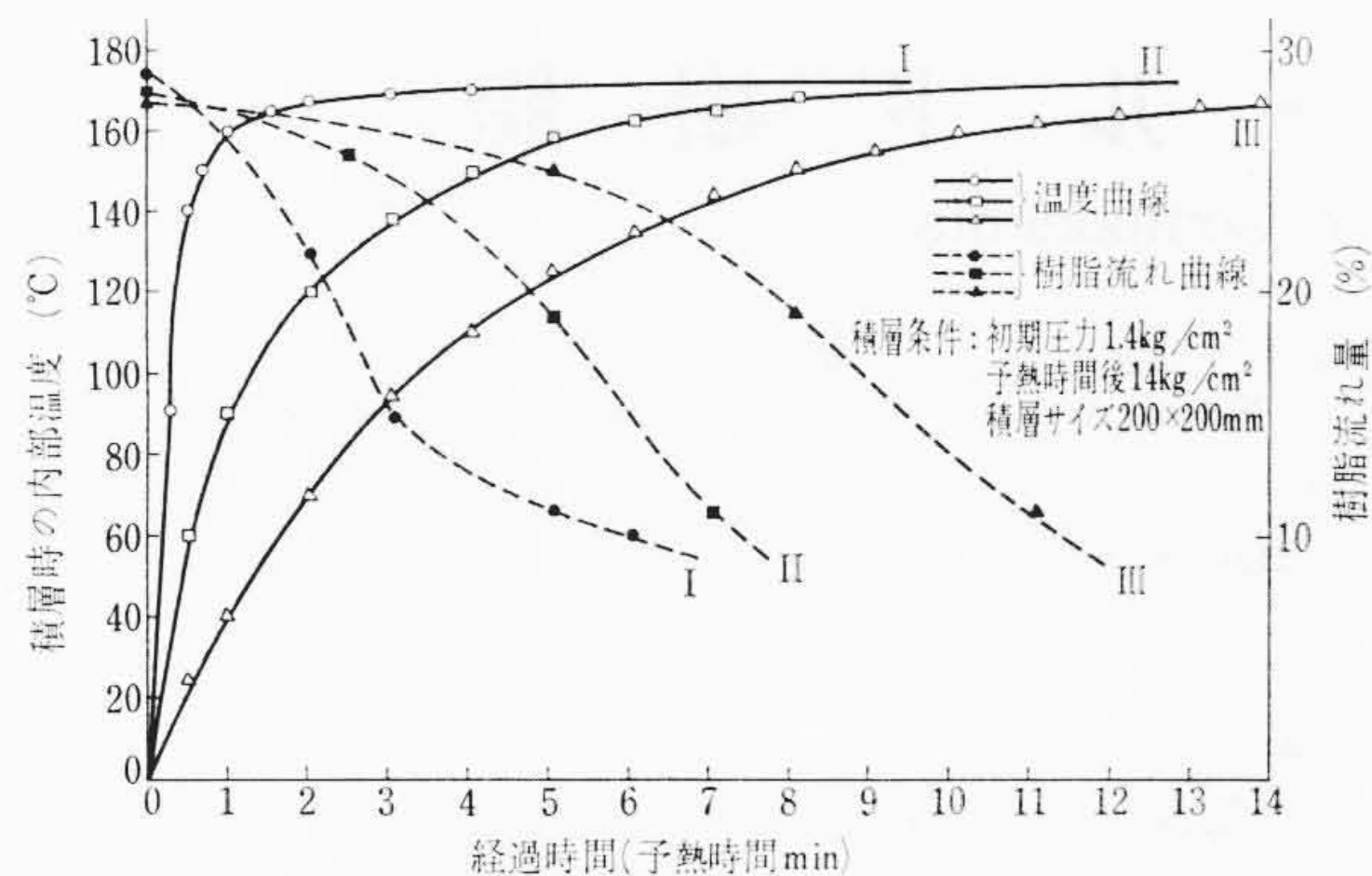


図 21 積層時の昇温速度変化による予熱時間と樹脂流れ量の関係

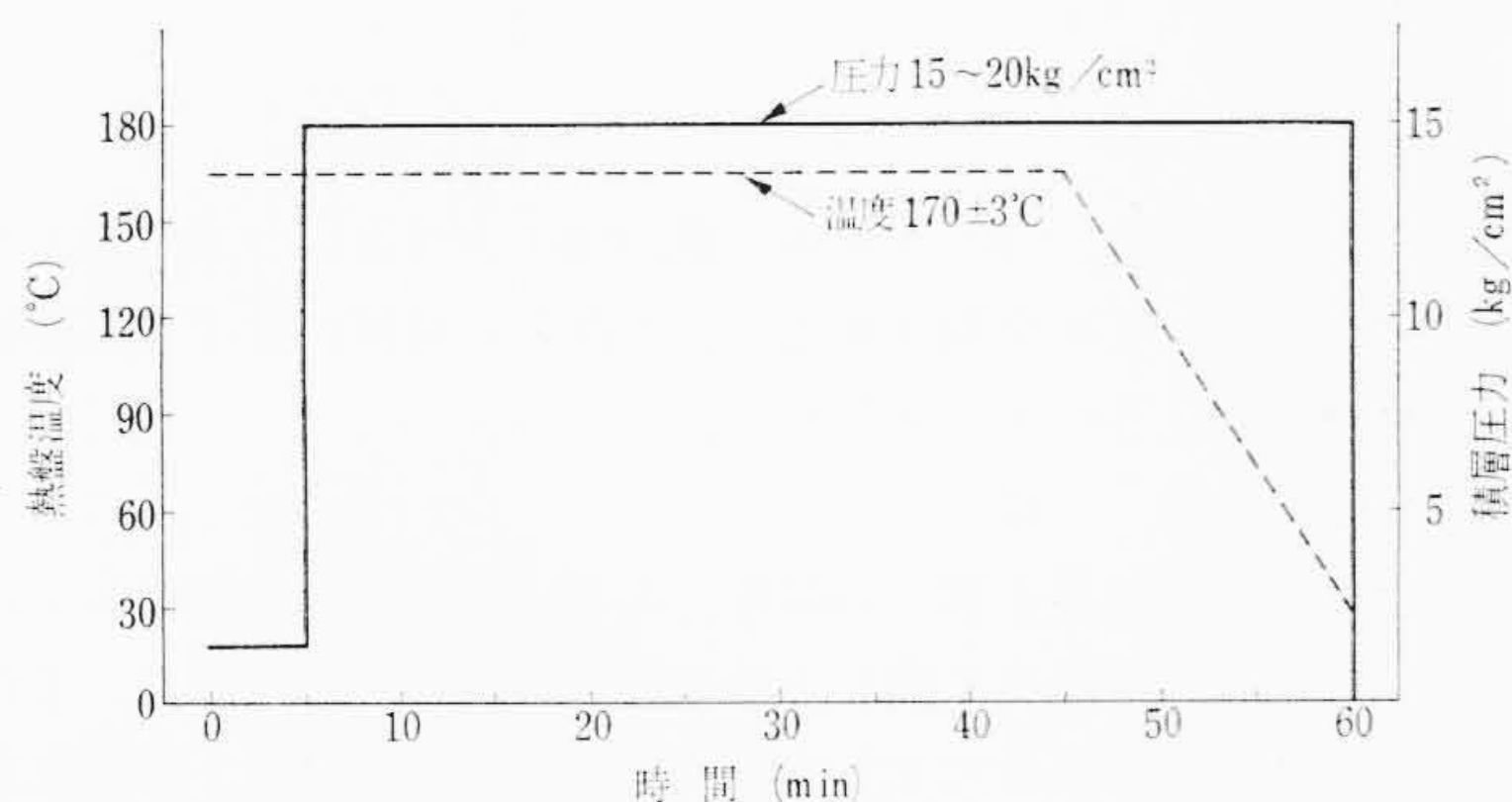


図 22 多層化積層条件

(2) 積層サイズと樹脂流れ量

樹脂流れ量は、プリプレグを使用して多層印刷回路板を造る場合その作業の度合をみるめやすくなる。流れ量が多すぎても、少なすぎても良好な性能が得られない。図 20 は、単位面積当たり同一の圧力で積層サイズを変えた場合の樹脂流れ量を

示したものである。積層サイズが大きくなるに従い樹脂流れ量は少なくなるので設計時に圧力決定を検討せねばならない。

(3) 多層化接着時の昇温速度の違いによる予熱時間と樹脂流れ量

多層化接着時に使用するプレスの熱容量により製品に伝わる熱の速度が異なる。そこでいろいろな昇温速度における予熱時間と樹脂流れ量の関係を測定し、その結果を図 21 に示した。図から昇温速度の速いものは、短い予熱時間で急激に樹脂流れ量の低下することがわかる。したがって多層化接着条件を決める場合にはこれらの点にじゅうぶん留意すべきである。

以上多層用 MCL およびプリプレグの諸特性について種々報告したが、実際の多層化接着では次の条件によることが好ましい。すなわち、あらかじめ積層用プレスの熱盤を 170°C に加熱しておき治具で固定した材料をこの間にそう入する。熱盤をただちにとじ低圧 ($0.8\sim 1.8\text{ kg/cm}^2$) をかけそのまま保持する。さらに一定時間後圧力を上昇させ加熱を続ける方法である。低圧保持時間 t (通常 $2\sim 10$ 分) は治具と材料の熱容量およびプリプレグの硬化時間、樹脂流れ量などの前述の特性によって決定するものであって、図 22 は加熱加圧条件の一例を示したものである。

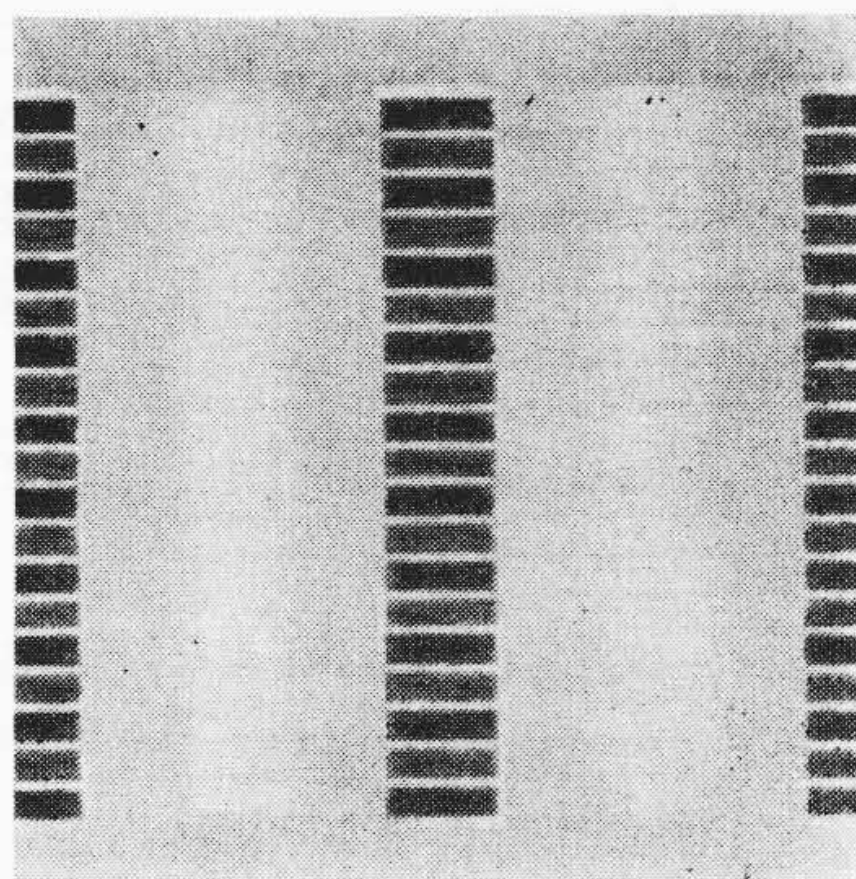


図 23 スルーホールメッキ断面

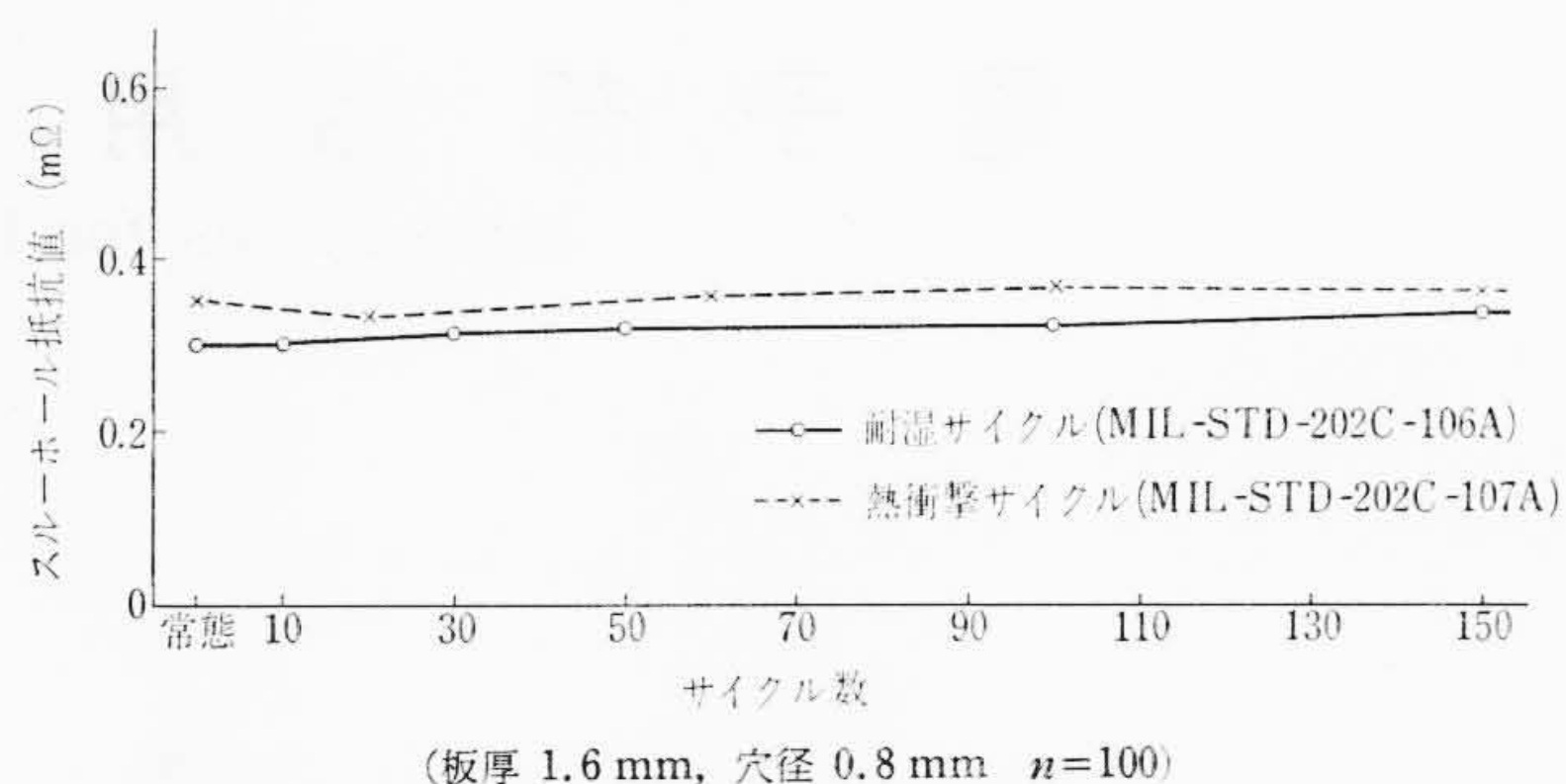


図 24 耐湿、熱衝撃サイクル数とスルーホール抵抗値

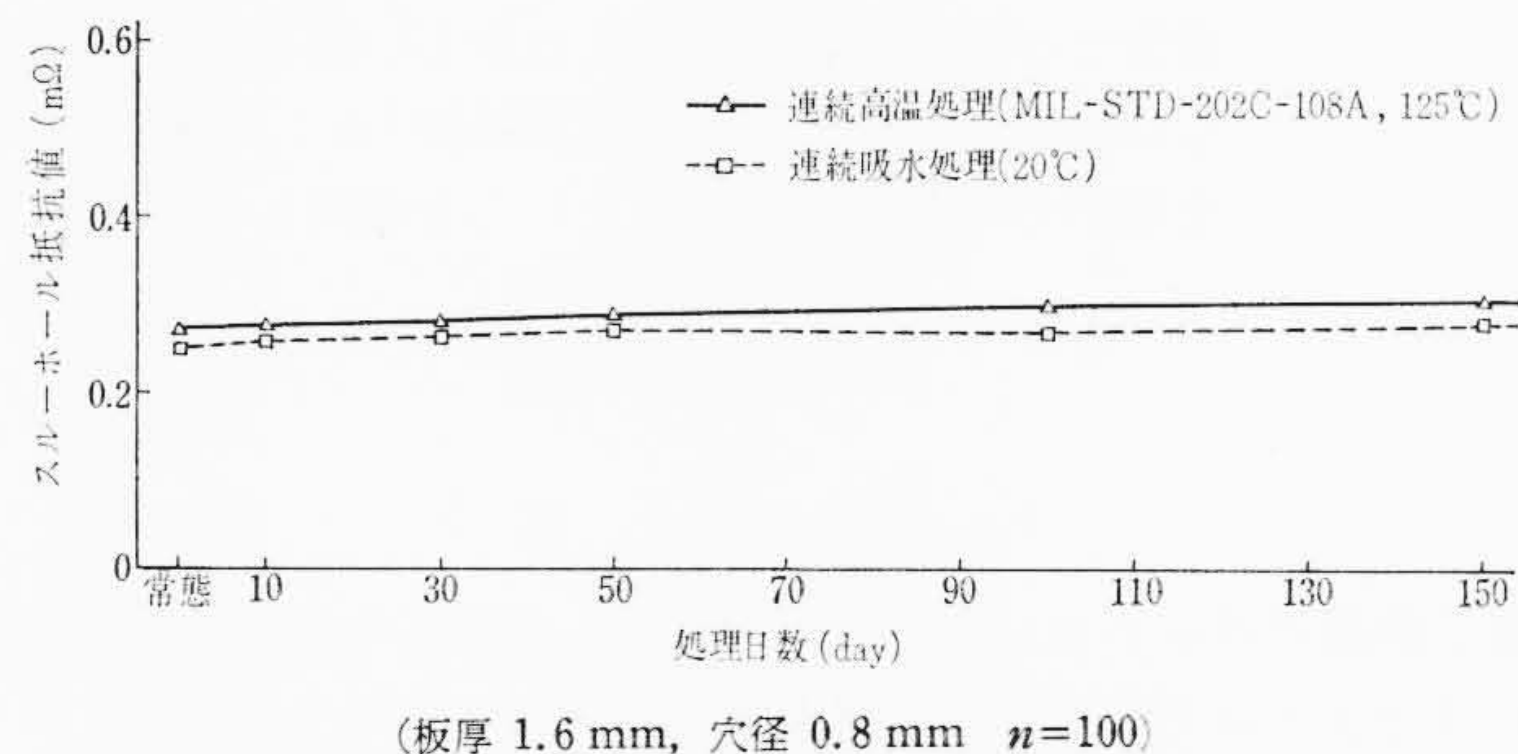


図 25 連続高温、吸水処理日数とスルーホール抵抗値

このような多層化接着方式によって積層した一例を図 23 に示した。写真のようなスルーホールメッキの信頼性は、図 24, 25⁽¹⁹⁾ に示した方法によって検討を行ない長期寿命を推定している。

6. 結 言

多層用 MCL (MCL-E-601) は、JIS, NEMA および MIL など諸規格に規定されているガラス布エポキシ樹脂 MCL の要求特性をじゅうぶん満足するほか、いろいろな強制劣化試験および実用試験でも安定した性能を有している。プリプレグ (GEA-602N) も、経時変化が少なく良好な特性を有しているので、多層印刷回路板用材料としていずれも今後その使用がじゅうぶんに期待される。

終わりに、実験にあたりいろいろご指導を賜った日立製作所神奈川工場岡田課長、佐々木課長ほか関係各位、および日立化成工業株式会社下館工場横倉元信君に深謝する。

参 考 文 献

- (1) Multilayer Printed Circuit Boards, Technical Manual. (The Institute of Printed Circuits, Inc.) (March, 1966)
- (2) Acceptability of Printed Circuit Boards. (The Institute of Printed Circuits, Inc.) (July, 1964)
- (3) Multilayer Printed Circuits. (International Electronic Packaging Symposium) (August, 15, 1963)
- (4) N. A. Sknow: Laminates for Multilayer Printed Circuit Boards: Electronic Industries (June, 1965)
- (5) Benson Zinbarg: Explore thin Laminate Properties: Electric Design 4. (February, 15, 1967)
- (6) 日本工業規格 (JISC 6484) (1966)
- (7) NEMA Standards: Industrial Laminated Thermosetting Products, Pub. NO. LI-1-1965 (Part 13. Thin Copper-Clad Laminates)
- (8) アメリカ軍用規格 (MIL P 13949D)
- (9) 横山, 中川: 電子材料 9, 18 (1966)
- (10) 夏目: 電子技術 9, [1] 58, [2] 73 (1967)
- (11) 森川: 電子材料 8, 34 (1965)
- (12) 夏目: 電子材料 11, 39 (1967)
- (13) 斎木, 鈴木, 横倉: 日立評論 46, 504 (昭 39-3)
- (14) 斎木, 伊藤: 日立評論 43, 1112 (昭 36-9)
- (15) 中川, 池添, 横倉: 日立評論 48, 293 (昭 41-2)
- (16) 松井, 斎木, 吉川: 日立評論 44, 1798 (昭 37-11)
- (17) 河合: 日立中研創立 10 周年記念論文集 5 (昭-27)
- (18) S. W. Chairkin: IEC 51, 299 (1959)
- (19) 栗原, 中川: 未発表