

自消性シールド層入り両面銅張積層板

Copper-clad Laminate with Shield Layer (Selfextinguishing Glass-cloth Epoxy)

Following the recent trends of the electronic apparatuses towards adoption of more crowded configuration and smaller component sizes, demand is fast growing for 3 to 4-layers printed circuit boards. Copper-clad laminates with shield layer (MCL-E-608S, MCL-E-608S4) have been developed to answer this demand. They have such a construction that 1 to 2-layers circuits are built inside. Their general characteristics fully satisfy requirements of important standards and regulations including JIS and NEMA-FR-4. In electric properties as well as in resistance to warping and torsion, they proved to have high stability with little variation due to ageing. By the use of these MCL's, manufacture of 3 to 4-layers printed circuit boards has been much facilitated with a result that their application field has been expanding rapidly. This article provides design data for built-in circuits to make best use of the benefits of MCL's.

倉橋堯男* Takao Kurahashi
塚西憲次* Kenji Tsukanishi
中村敏夫* Toshio Nakamura

1 緒 言

シールド層入り銅張積層板(以下、シールド層入りMCLと略す)とは、中間に1層又は2層の回路を内装した両面銅張積層板である。この構造は、従来の多層印刷配線板と変わらないが製造法に特長があり、これによる多くの利点がある。

このMCLは、現在量産化に入った電子交換機に使用される印刷配線板用基板として、日本電信電話公社電気通信研究所により開発され、電子交換機メーカー、電子交換機用材料メーカーの量産実験を経て実用化されたものであるが⁽¹⁾、最近このMCLが、高度の信頼性をもち、生産性、価格面で従来の多層印刷配線板より有利であることから、電子計算機分野にまで使用されるようになった。

また、材質としては、ガラス布基材エポキシ樹脂が実用化されているが、最近、機器の安全性及び印刷配線板の発熱による火災事故防止の観点から自消性エポキシ樹脂への材質変更が進められた。

ここに紹介する自消性シールド層入りMCL (MCL-E-608S, MCL-E-608S4) は、この要求に即応して日立化成工業株式会社が開発したものである。特性の一部については、既に本誌でも紹介済みであるが^{(2)~(5)}、ここにその製造方式と、これに帰因する長所と各種経時特性並びにこのMCLを利用するときの設計基準などにつき紹介し、印刷配線板を製造、若しくは利用者各位の参考に供したいと思う。

2 シールド層入りMCLの概要とその特長

シールド層入りMCLは、図1に示したように、所定の回路を内装したMCLで、機器の小形化とこれに伴う誘導雑音防止の目的から考案されたもので、3層品及び4層品が量産化されている。

このMCLの製造方式としては、表1に示す3種が考えられるがそれぞれ、長所、欠点があり、そのうちで生産と特性に優れているB方式(図2参照)が採用されている。

更に、このMCLでは印刷配線板の製造工程の一つである穴あけ作業に便利のように、内層回路板との位置関係を示すガイド穴が露出されているため、従来多層印刷配線板を製造してきた部門では、一般の両面MCLの加工作業となんら変わらない方法で、迅速且つ容易に3層又は4層印刷配線板を得ることができ、接着用プリプレグの購入や検査、多層接着作業とプレス、治具の保管補修など多くの煩雑な作業を完全に省略できることになる。ただこの方式では、従来の多層接着用プレスによる少量生産方式(表1A参照)と異なり、一般MCLと同様、多段大形プレスによって生産されるため、内層

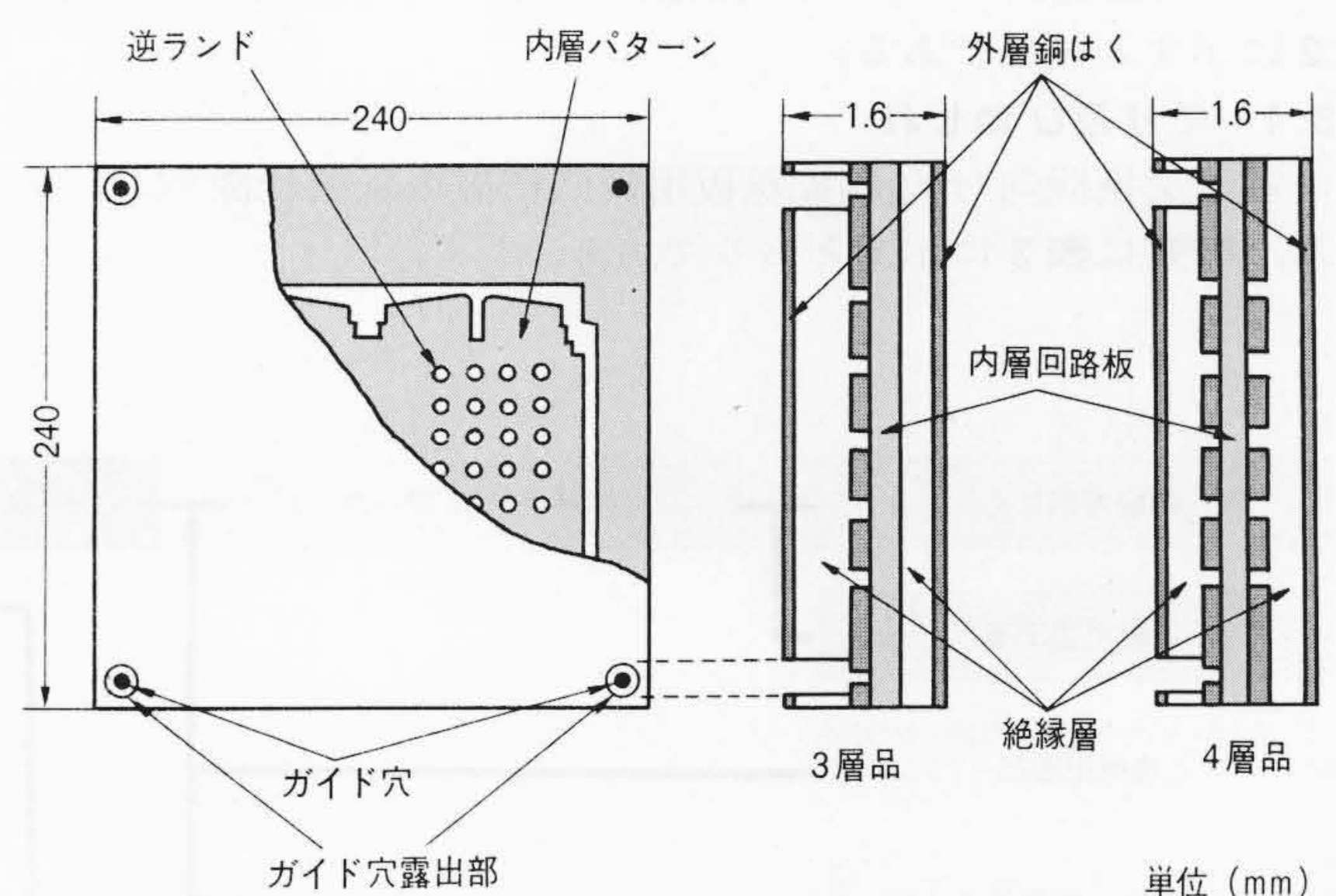


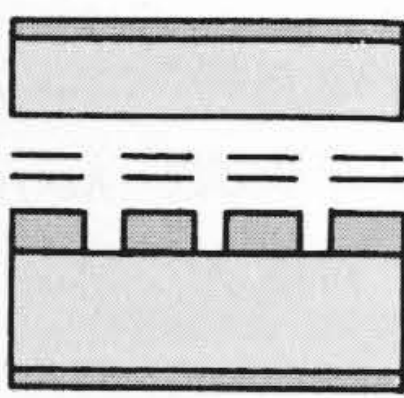
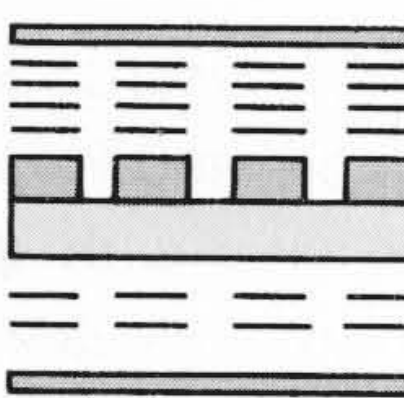
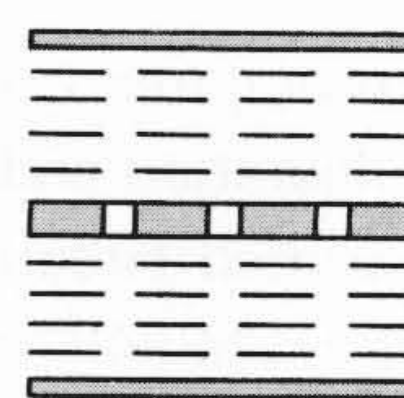
図1 シールド層入りMCLの構造 内層パターンには、内層銅はくと導通せず上下表面の接続ができるように銅はくのない部分(逆ランド)が設けられている。

Fig. 1 Structure of Copper-clad Laminate with Shield Layers (MCL with Shield Layers)

*日立化成工業株式会社下館工場

表 1 シールド層入り MCL の製造方式(3 層品の場合) 3 層品には 3 種の製造法があり、B が特性面、生産面で最も優れている。シールド層入り MCL は B 方式で作られている。

Table 1 Manufacturing of MCL With Shield Layers (3 layers)

方式 項目	A	B	C
構造	 片面MCL プリプレグ 両面MCL (片面回路板)	 銅はく 塗工布 片面回路板 塗工布 銅はく	 銅はく 塗工布 回路加工した 銅はく 塗工布 銅はく
概要	回路を形成した両面MCLをプリプレグにより片面MCLを積層接着する。	回路を形成した片面回路板を中間に挿入し、両側に塗工布を重ね積層接着する。	回路を形成した銅はくを中間に挿入し、両側に塗工布を重ね積層接着する。
長所	1. MCLとプリプレグを購入することにより、回路加工メーカーで製作可能。 2. 少量多品種生産に向く。 3. 回路寸法精度は良好。	1. 生産性に富み、多量生産に向く。 2. 回路寸法精度は良好。 3. そり、ねじれ特性良好。 4. 価格に有利。	1. 生産性に富み、多量生産に向く。 2. そり、ねじれ特性は良好。 3. 価格に有利。
短所	1. そり、ねじれが大きい。 2. 作業工程が複雑。 3. 品質のばらつき大。 4. 生産性がない。 5. 価格に不利。		1. 少量多品種生産には向かない。 2. ガラス布基材エポキシ樹脂MCLには向かない。 3. 回路寸法精度は余りよくない。

パターンの統一、サイズの統一などを図る必要がある。この点については 5. で述べる。

3 自消性シールド層入り MCL の試験法

3.1 一般特性

JIS-C-6481⁽⁶⁾ に準じて試験した。

3.2 内層引きはがし強さ⁽⁷⁾

電子交換機向け印刷配線板用銅張積層板試験仕様⁽⁷⁾ によった。

3.3 自消性

UL (垂直法⁽⁸⁾) 及び酸素指数法⁽⁹⁾ により試験した。概要は表 2 に示すとおりである。

3.4 そり及びねじれ

電子交換機向け印刷配線板用銅張積層板試験仕様⁽⁷⁾ によった。概要は表 3 に示すとおりである。

3.5 寸法精度及び位置精度

図 3 に示した個所を、マイクロプロッタ及び座標投影機で測定した。

3.6 ドリル加工性

所定の穴あけ条件で穴あけを行ない、一定ヒット数ごとに微分干渉顕微鏡を用い、銅はく端面と基板面の焦点差を読み取ることににより、銅はくかえり量の変化を求め、これをドリル加工性の目安とした。

4 自消性シールド層入り MCL (MCL-E-608S, MCL-E-608S 4) の特性

4.1 一般特性

表 4 はその一般特性を示すものである。このように、3 層品、4 層品ともに、電気特性、機械特性及び自消性の点で、

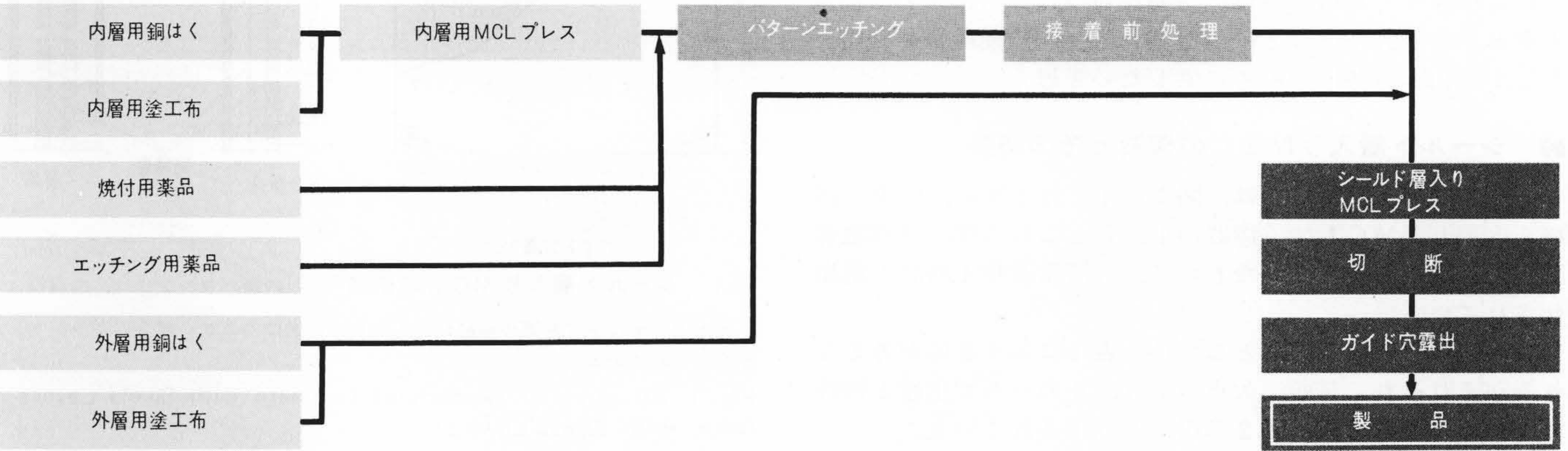
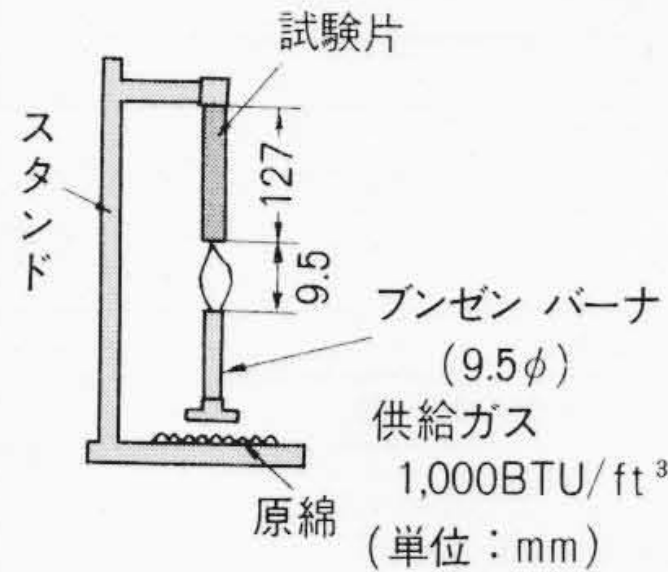
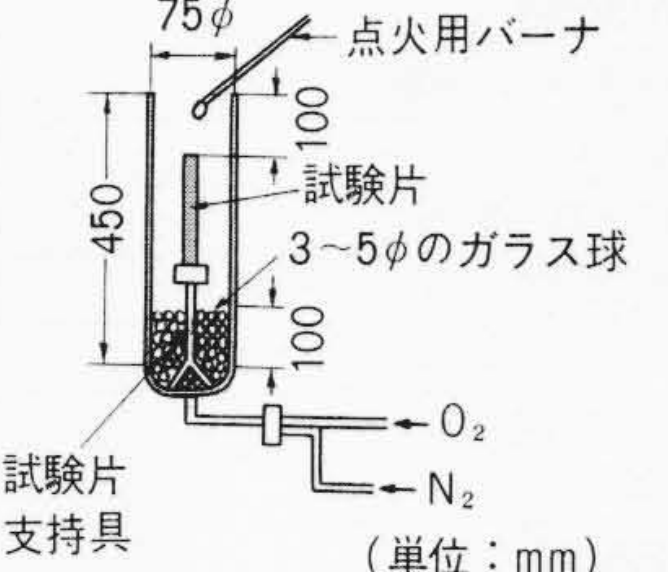


図 2 シールド層入り MCL の製造工程図 まず、薄い厚さの MCL を作り回路加工し、両側に銅はくと塗工布を重ね合わせて一般 MCL と同様な方法で積層する。

Fig. 2 Manufacturing Progress of MCL with Shield Layers

表 2 自消性試験法 UL垂直法は試験片を垂直に加熱してその状態を調べる方法、酸素指数法は一定状態燃焼するための酸素、窒素の割合を調べる方法である。

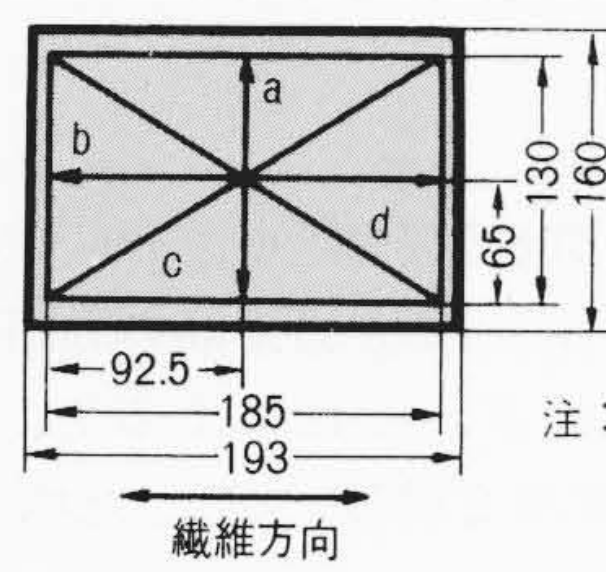
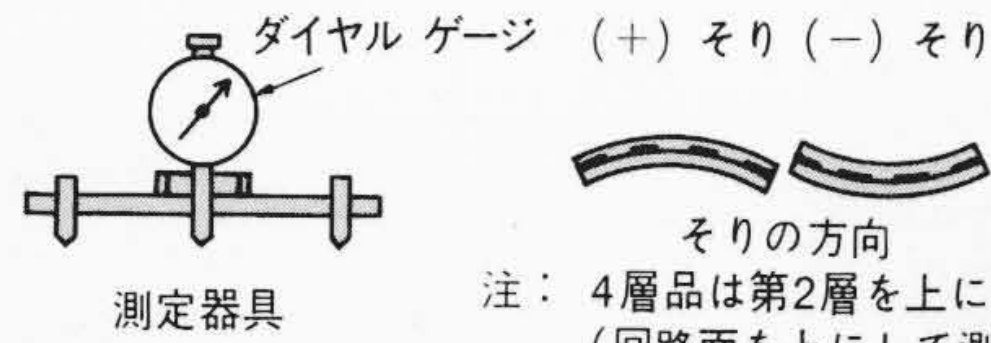
Table 2 Testing Manual of Flamability

規 格 No.	試 験 片 (mm)	方 法
UL (Underwriters Laboratories Inc.) 垂 直 法 UL Subject 746 (Mar. 1.1967) 及 び UL Subject 20 & 492 (Mar. 18.1971)	長さ127×幅12.7×厚さ1.6	 ブンゼン バーナの炎を青色炎とし、その高さを1.9mmに調節する。試験片を垂直に保持して図のように炎を10秒間あてて除去し、炎あるいは燃焼光 (Glowing) の継続時間を測定する。 30秒以内に炎あるいは燃焼光が消滅したら、直ちに再び10秒間炎をあてて取り去り、炎あるいは燃焼光の継続時間を測定する。
酸素指数法 ASTM-D2863-70 IEC Draft 15A-18-1969	長さ70~150×幅6.5×厚さ3*	 酸素濃度を調節し、試験片がちょうど3分、あるいは5cm燃焼するときの酸素濃度を材料が燃焼を続ける最低酸素濃度とし、下記の式により酸素指数 $n(\%)$ を計算する。 $n(\%) = \frac{O_2 \times 100}{O_2 + N_2}$ ここに、O_2 : 臨界濃度酸素流量 (l/min) N_2 : O_2 に対する窒素流量 (l/min)

注：*試験片厚さは今回は原厚(1.6mm)で測定した。

表 3 そり及びねじれ試験法 使用される製品寸法とほぼ同じ大きさに切断し、エッチングしたものを用いている。

Table 3 Testing Manual of Warp and Twist

項 目	内 容
試験片サイズと測定箇所	 a : Xそり b : Yそり c-d : ねじれ 注： 1. 単位：mm 2. 外層銅はくは、エッチングにより除去
測定器具とそりの方向	 ダイヤルゲージ (+) そり (-) そり 測定器具 そりの方向 注： 4層品は第2層を上にして測定 (回路面を上にして測定)

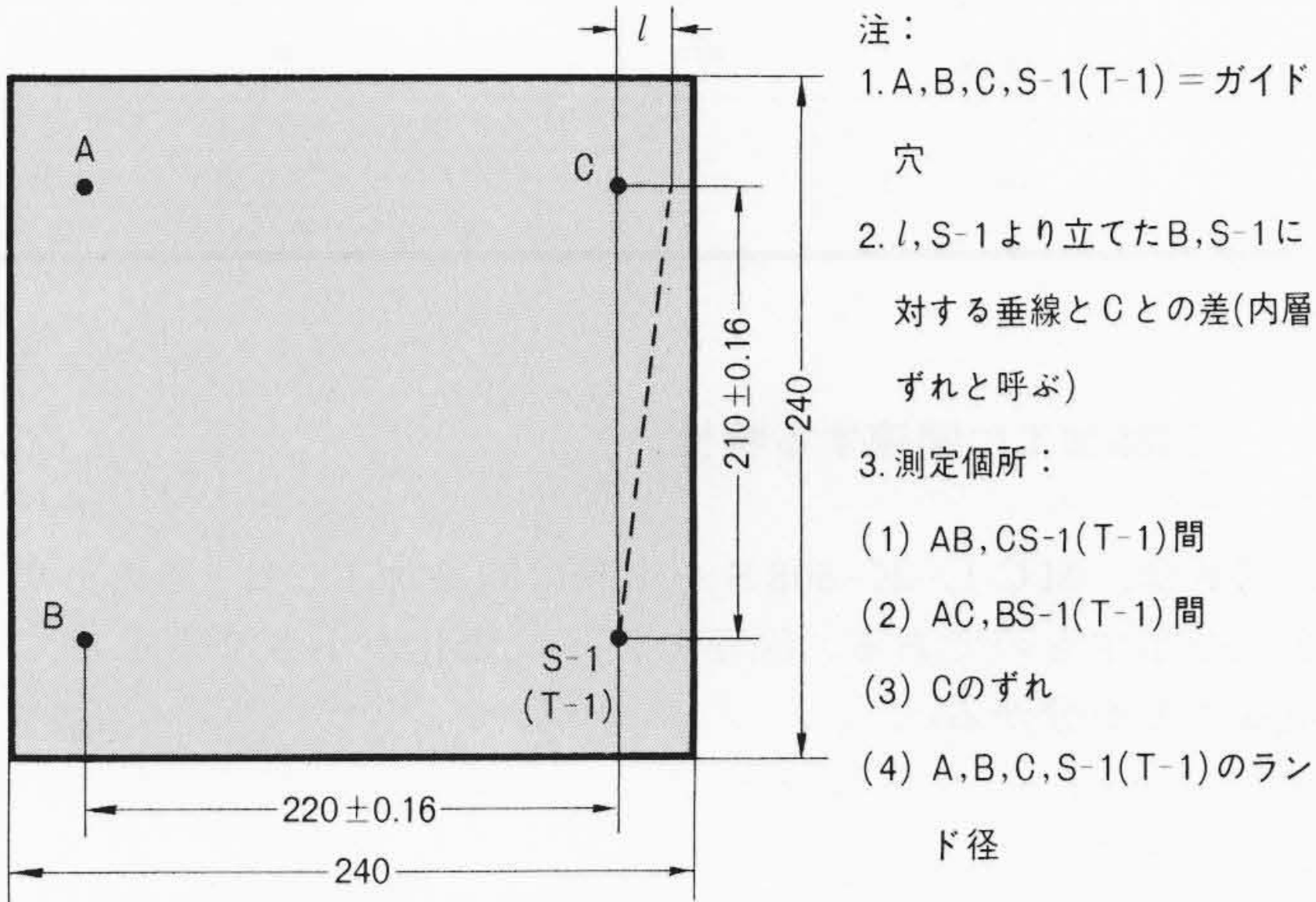


図 3 寸法及び位置精度の規格値と測定箇所 回路加工工程の一つであるスルホールめっき用穴をあける際に使用するガイド穴A, B, C, S-1(T-1)とCのずれを測る。

Fig. 3 Testing Manual of Distance of Guide Hole and Position

JIS 規格GE2, NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 規格FR-4を十分に満足している。そり及びねじれは、試料を260℃のはんだ浴に5秒間片面を接触させた後、100℃の乾燥機内で100時間保守するという非常に過酷な方法で試験されるが、MCL-E-608Sで0.8mm以下、MCL-E-608S 4で0.5mm以下という小さな値を示している。

4.2 寸法精度及び位置精度

表 5 に寸法精度を示したが、MCL-E-608S, MCL-E-608S 4ともにばらつきが少なく、シールド層入りMCLのガイド穴を利用して行なう穴あけ作業も、高度の精度で行なうことができる。

4.3 経時特性

(1) そり及びねじれ

機器の小形化のためには、高密度実装が必要で、部品を搭載した後の印刷回路板の間隔は、できるだけせまくすること

になる。従って、シールド層入りMCLには、回路加工工程及びその後の保管時にも、そり、ねじれの値が小さく安定していることが要求される。図 4, 5 にそり、ねじれの経時変化を示したが、100℃連続加熱によっても変化がなく安定していることが分かる。

(2) 電気特性

図 6 は、加熱吸湿処理及び加熱処理による絶縁抵抗の変化を示すものであるが、加熱吸湿処理30日後で、 $8 \times 10^{13} \Omega$ を保持している。

(3) 曲げ強さ

図 7 は、25~125℃に保持したときの曲げ強さの変化を示すものである。これによると、90℃程度までは低下が少ないが、90℃以上では急激に低下する。

ただ、G-10系のシールド層入りMCLの低下より小さいことが分かる。

表 4 一般特性 MCL-E-608S, MCL-E-608S 4 とともに JIS 規格 GE3, NEMA規格 FR-4 を十分に満足している。
Table 4 General Properties

試 験 項 目		単 位	処 理 条 件	M C L - E - 608S (3 層 品)	M C L - E - 608S4 (4 層 品)
は ん だ 耐 熱 性		s	A	260, 60以上	260, 60以上
耐 熱 性		—	A	140℃ 60分異常なし	140℃ 60分異常なし
引 き は が し 強 さ		kg/cm	A	1.5 ~ 1.6	1.5 ~ 1.8
			260℃ 20	1.5 ~ 1.6	1.6 ~ 1.7
曲 げ 強 さ	縦	kg/mm ²	A	55 ~ 57	57 ~ 60
	横		A	48 ~ 50	50 ~ 51
体 積 抵 抗 率		Ω-cm	C - 90/20/65	(2.2~2.4)×10 ¹⁵	(2.2 ~ 2.4)×10 ¹⁵
			C - 90/20/65 + C - 96/40/90	(1.0 ~ 6.7)×10 ¹⁴	(3.0 ~ 5.8)×10 ¹⁴
表 面 抵 抗		Ω	C - 90/20/65	(2.0 ~ 2.9)×10 ¹³	(2.6 ~ 9.8)×10 ¹³
			C - 90/20/65 + C - 96/40/90	(5.0 ~ 6.2)×10 ¹²	(2.7 ~ 5.1)×10 ¹³
絶 縁 抵 抗		Ω	C - 90/20/65	(0.8 ~ 4) × 10 ¹⁴	(0.8 ~ 4) × 10 ¹⁴
			C - 90/20/65 + D - 2/100	(0.7 ~ 5) × 10 ¹¹	(0.7 ~ 5) × 10 ¹¹
誘 電 率		—	C - 90/20/65	4.70 ~ 4.78	4.70 ~ 4.78
			C - 90/20/65 + D - 48/50	4.79 ~ 4.85	4.79 ~ 4.85
誘 電 正 接		—	C - 90/20/65	0.016 ~ 0.018	0.016 ~ 0.018
			C - 90/20/65 + D - 48/50	0.017 ~ 0.019	0.017 ~ 0.019
吸 水 率		%	E - 24/25 + D - 24/23	0.06 ~ 0.08	0.07 ~ 0.08
自 消 性	U L	s	A	0 ~ 1.8	0 ~ 1.8
		s	E - 168/70	0 ~ 2.0	0 ~ 2.0
	O I	%	A	58.5	57.0
内 層 引 き は が し 強 さ		kg/cm	A	1.4 ~ 1.6	1.4 ~ 1.6
そ り	X 方 向	mm	S ₂ + E 100/100	0.1 ~ 0.8	0.05 ~ 0.5
	Y 方 向	mm		0.1 ~ 0.4	0.05 ~ 0.2
ね じ れ		mm	S ₂ + E 100/100	0.4 ~ 1.0	0.2 ~ 0.8
寸 法 精 度 (ガイド穴間隔)		mm	A	220±0.16	220 ± 0.13 430 ± 0.10
耐 薬 品 性		—	カセイソーダ5% 5分	異常なし	異常なし
			イソプロピルアルコール 1分	"	"
			塩化メチレン 2分	"	"

4.4 回路加工に関連する特性

(1) そ り

図 8 は、M C L - E - 608 S を実際に回路加工したときのそり変化を示すものである。図示のように変化が小さく安定していることが分かる。

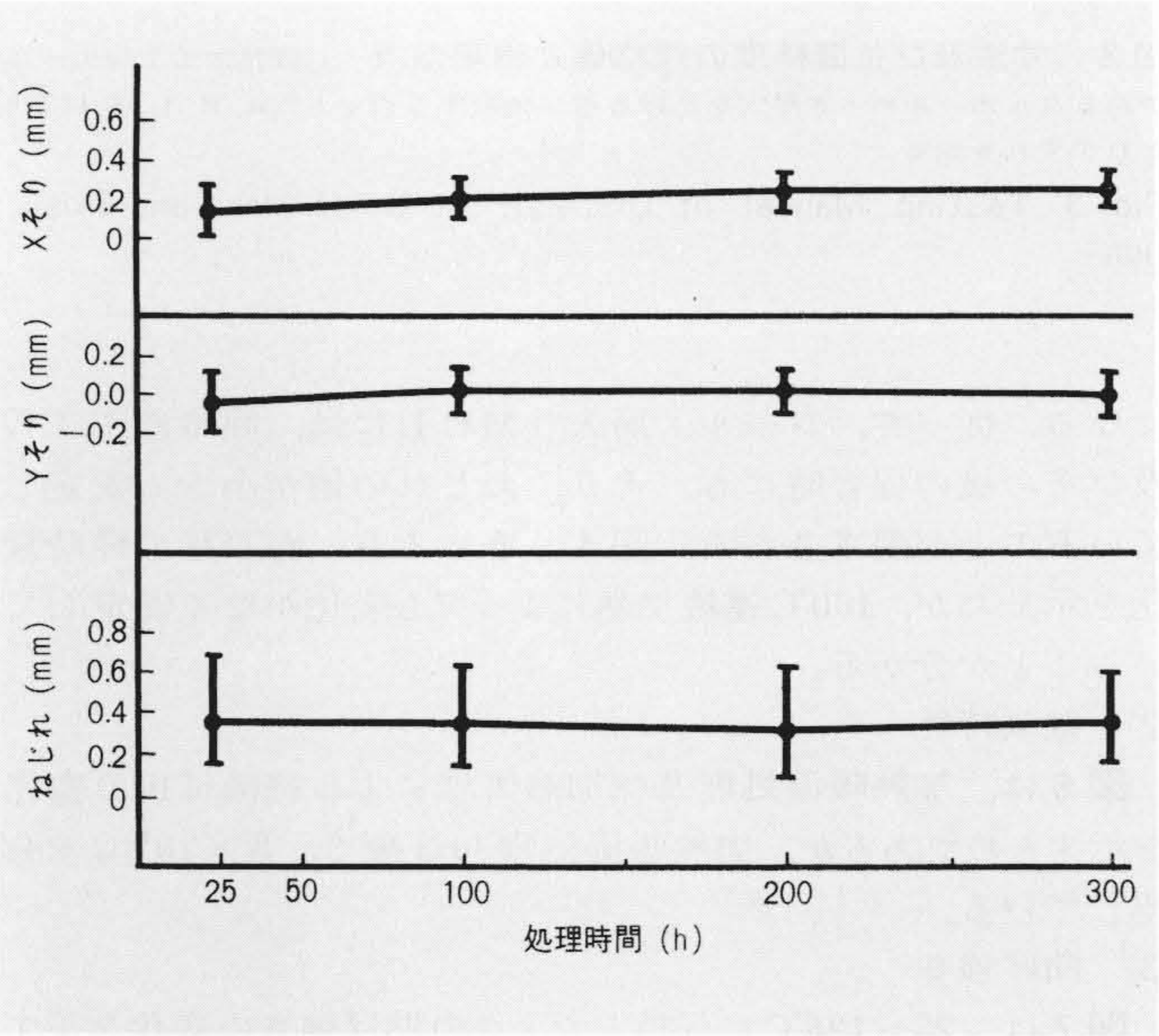


図 4 連続加熱処理 (100℃) によるそり及びねじれ変化(その 1) (MCL-E-608S) 100℃連続加熱300時間後もそり及びねじれの変化は小さい。

Fig. 4 Warp and Twist Curve at 100℃-Treatment (MCL-E-608S)

(2) 耐 熱 性

表 6 は、M C L - E - 608 S を用い、穴あけ、スルホールめっきなどの回路加工を行ない回路加工品の加工状態と耐熱性との関連を示したものである。これによると、M C L - E - 608 S による回路加工品は、煮沸 2 時間処理した場合でも、はんだ耐

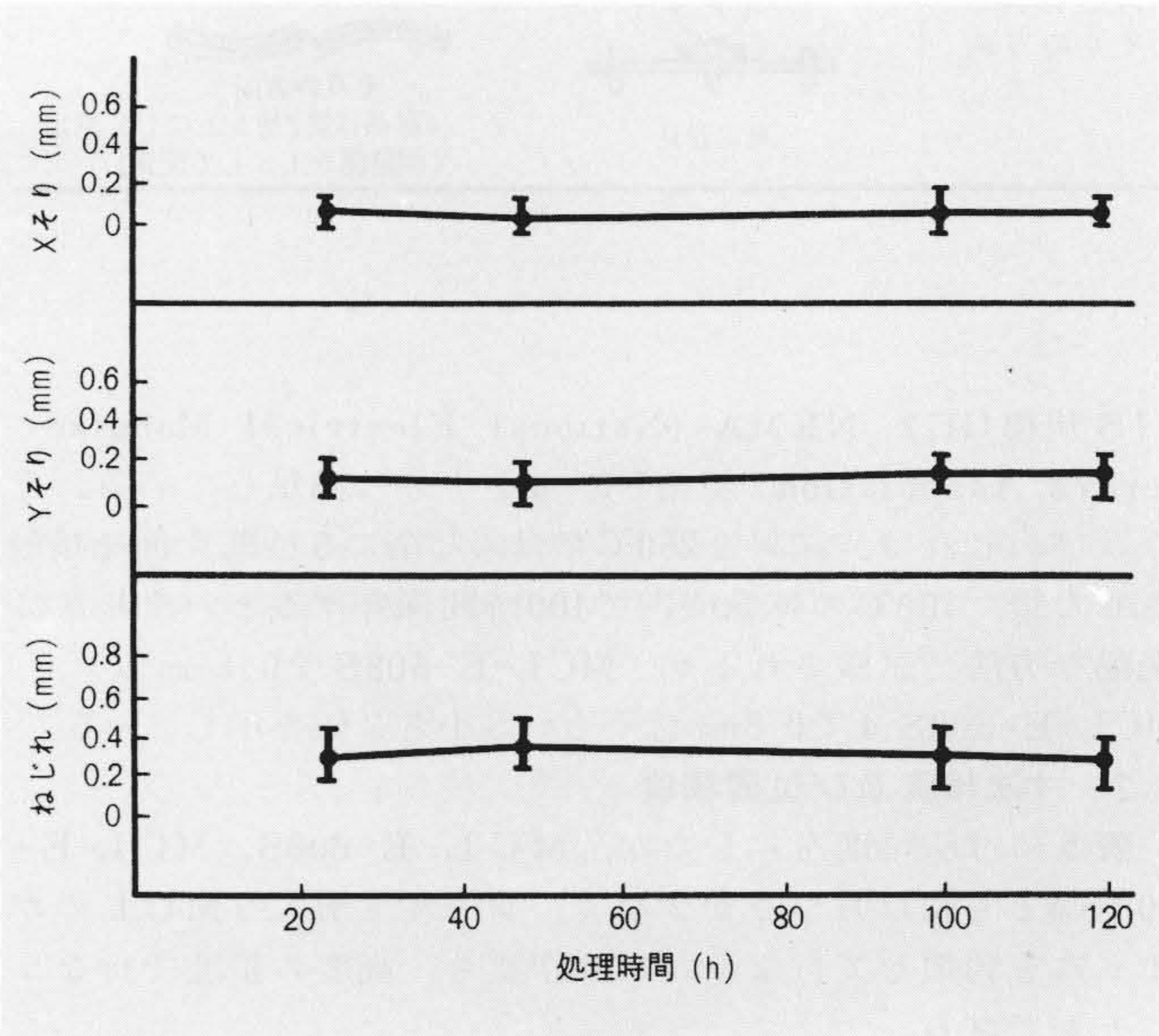


図 5 連続加熱処理 (100℃) によるそり及びねじれ変化(その 2) (MCL-E-608S4) 100℃連続加熱120時間後もそり及びねじれの変化が小さい。

Fig. 5 Warp and Twist Curve at 100℃-Treatment (MCL-E-608S4)

表 5 内層パターン精度の一例 MCL-E-608S, MCL-E-608S4
ともに日本電信電話公社の規格を満足している。

Table 5 Example of Distance of Guide Hole and Position

区分	品名 項目	MCL-E-608S				MCL-E-608S4			
		規格値*	測定値	σ	n	規格値*	測定値	σ	n
ガイド穴間隔	AB間	210±0.16	209.98 ~210.08	0.04	40	210±0.13	209.95 ~210.10	0.04	40
	AC間	220±0.16	219.91 ~220.00	0.05	"	220±0.13	219.94 ~220.10	"	"
ガイド穴径 (エッチング径)		3.45±0.2	3.29 ~3.50	0.04	60	3.45±0.2	3.29 ~3.46	"	60
パターン内穴径 (エッチング径)		2.4 ±0.2	2.49 ~2.58	"	30	2.4 ±0.2	2.44 ~2.57	0.03	30
内層ずれ		—	0.00 ~0.16	0.02	80	—	0.00 ~0.12	0.01	80

注：単位 (mm)

* 「プリント配線板用銅張積層板仕様規格⁽⁷⁾」による。

熱性、シリコン オイルによるオイル ヒュージングとともに 280℃60秒以上の耐熱性をもつ。一方、煮沸処理したものは耐熱性が低下するので、ヒュージングに関しては回路板の吸湿に注意しなければならない。

(2) ドリル加工性

図 9 は、MCL-E-608S の穴あけ条件と銅はくかえり量との関係を示すものである。この結果、50,000~60,000rpm では、5,000 ヒットまで銅はくかえり量は 25 μ 以下であり、2 枚重ね作業が可能である。

5 シールド層入りMCLの活用法

このMCLの長所は、表 1 B 欄で述べたが、大形プレスを用い多量生産によって作られることから、これを活用するにあたっては内層パターンの設計基準、製品サイズ、内層パターン逆ランド径 (エッチングされた部分) とスルホール穴径と

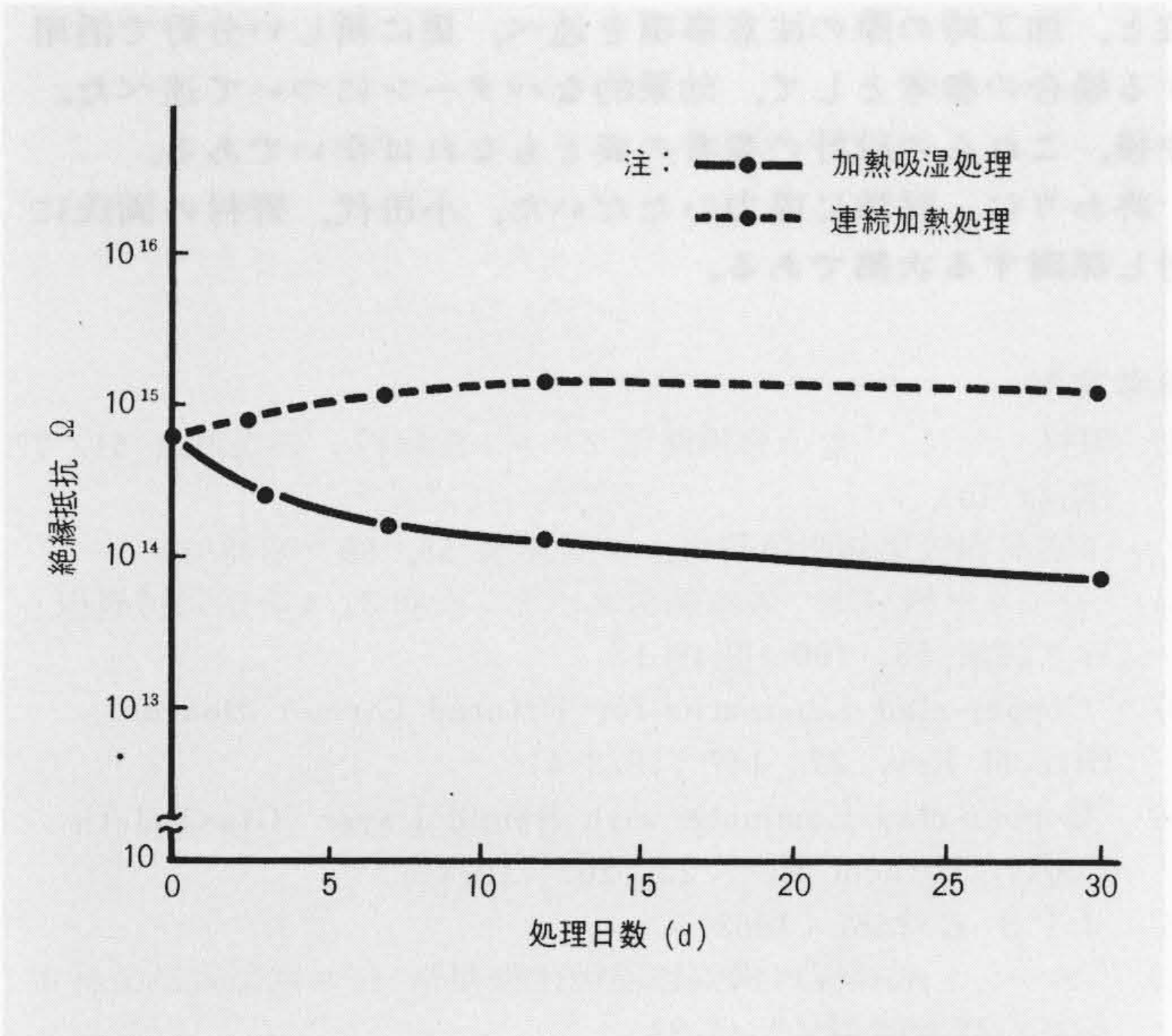


図 6 加熱吸湿処理(70℃ 90%RH) 及び連続加熱処理(100℃) による絶縁抵抗の変化(MCL-E-608S) MCL-E-608Sは、加熱吸湿処理30日で10¹³Ω以上連続加熱で10¹⁵Ω以上の絶縁抵抗が保持される。

Fig. 6 Insulating Resistance Curve on Heat-humidity Treatment (70°C-90%RH) and 100°C-heating (MCL-E-608S)

の関係、ガイド穴のとり方などについて、従来の多層接着方式の考え方に対しある程度の制約が生じてくる。表 7 はその例をまとめたものであるが、内層パターンの設計に際してはこれらの条件を参考にとすると、より円滑にシールド層入りMCLの活用が可能となる。

表 6 自消性シールド層入りMCL回路加工品の耐熱性 (MCL-E-608S) MCL-E-608Sの回路加工品は、シリコンオイルヒュージングの際 280℃60秒以上の耐熱性を有する。但し、吸湿により耐熱性は若干低下する。

Table 6 Heat Resistance of Printed Board of MCL-E-608S

区 分	試 験 方 法				試験の結果**
	加熱媒体	試験片の形状	試験片の前処理条件	加熱条件 (試験条件)	
はんだ処理時の耐熱性	は ん だ	回路加工品*	D-2/100	260℃ 60秒	○
				280℃ 60秒	○
				300℃ 60秒	○
オイルヒュージング時の耐熱性	シリコンオイル	エッチング品	D-2/100	260℃ 60秒	○
				280℃ 60秒	○
		回路加工品*	A	260℃ 60秒	○
				280℃ 60秒	○
			D-2/100	260℃ 60秒	○
				280℃ 60秒	○
	グリセリン系	回路加工品*	A	130℃ 30秒 + 240℃ 10 秒	○
			D-24/23	"	○
			D-2/100	"	×
			E-1/160	"	○

注：* 回路加工品

1. 内層パターンは電子交換機用ツインパターン
2. 外層パターンは電子交換機用信頼性ツインパターン
3. 穴あけ条件 回転数 2,000rpm 送り 0.05mm/rev
ドリル径 1.0 ϕ

** ○はふくれなし、 ×はふくれ

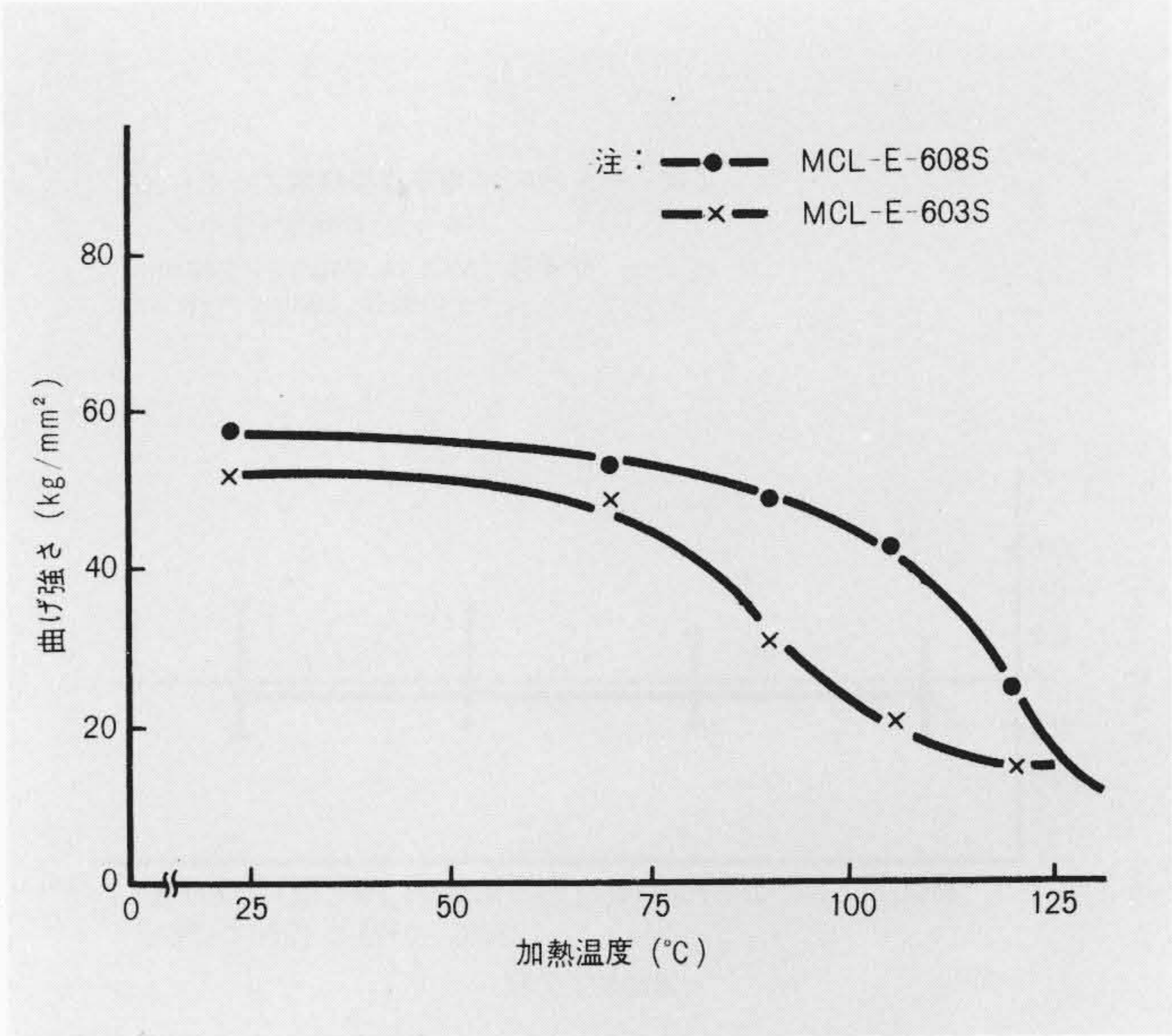
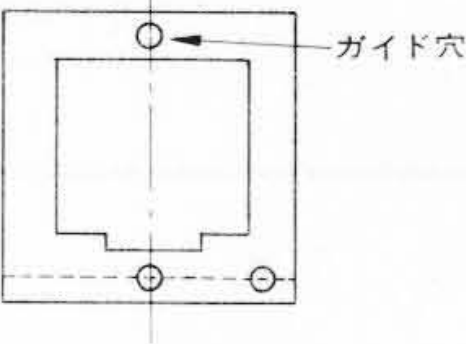


図 7 加熱温度と曲げ強さの変化(MCL-E-608S) MCL-E-608Sの曲げ強さは、90℃まで変化が少なく、90℃以上で変化が大きい。

Fig. 7 Flexural Strength-curve on Heating (MCL-E-608S)

表7 シールド層入りMCL内層パターンの設計基準例
シールド層入りMCLの特長である量産性と特性の良い所を活用するためには、外形寸法、ガイド穴の位置、内層パターンの形状について注意が必要である。

Table 7 Example Design of Shield Pattern on MCL with Shield Layers

No	項 目	基 準 例	備 考
1	外 形 寸 法	1 辺の長さ (1) 150~160mm (2) 230~240mm (3) 460~480mm	板取りを効果的にしてロスを少なくする。 例： 240mm×480mm
2	パ タ ー ン 寸 法	パターンの外側で中心線小さくする。 外形寸法より40mm以上	パターン位置を示すガイド穴を設けるため。
3	ガ イ ド 穴 の 位 置 と 数	パターンの外側で中心線に2箇所又は3箇所 	(1) 誤差を少なくするため、中央に設ける。 (2) 高精度を必要とするときは3箇所とする。
4	パ タ ー ン 周 辺 と ゴ	(1) パターン周辺に3mm以下のみぞ(銅はくのない部分)を設ける。 (2) みぞの外側はできるだけ銅はくを残す。	(1) 外形打抜き用のみぞを作る。 (2) 残銅率を上げる。
5	パターン内逆ランド径とスルホール用穴径との差	1.4mm以上	差が小さいと内層ずれ、穴あけ、焼付などの許容差が小さくなり、加工能率が下がる。
6	ガイド穴間隔と寸法許容差	間 隔 210~220mm 460mm 寸法公差 ±0.16mm ±0.30mm	公差縮小に関しては、技術的打合せが必要。

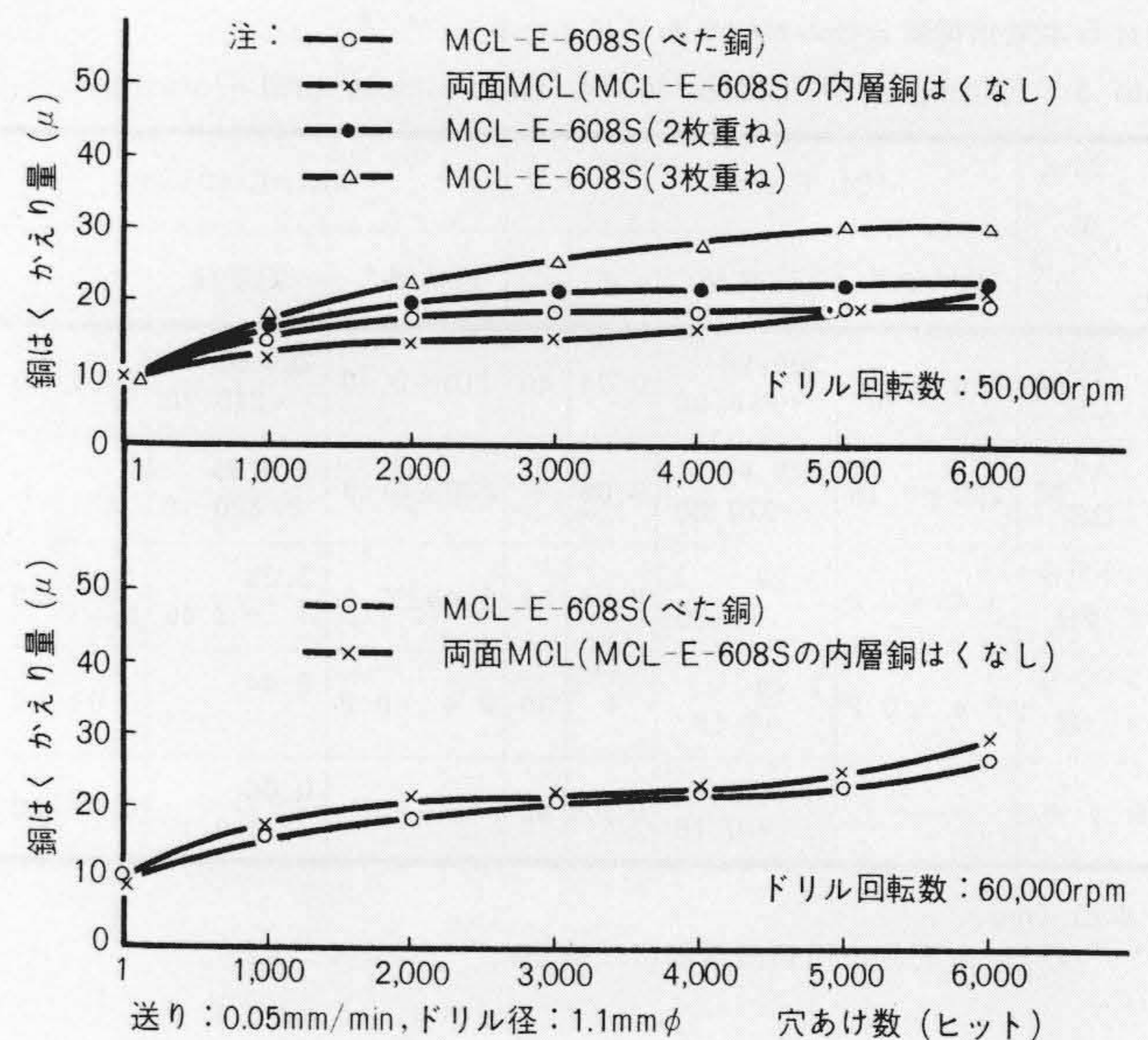


図9 ドリル加工条件と銅はくかえり量
ドリル回転数50,000rpm, 60,000rpmともにヒット数とともにかえりは増すが、5,000ショット程度まで使用しても問題はない。

Fig. 9 Rising of Outside-copper Foil of MCL-E-608S in Drilling

6 結 言

日本電信電話公社茨城電気通信研究所(旧電気通信研究所茨城支所), 同武蔵野電気通信研究所をはじめ, 日本電気株式会社相模原事業所, 沖電気工業株式会社品川事業所, 富士通株式会社川崎工場, 株式会社富士通研究所, 日立製作所戸塚工場の関係各位の御指導により, 所期の目的に即した, そり, ねじれが小さく, 且つ一般特性も, JIS規格GE3, NEMA規格FR-4を十分満足する自消性シールド層入りMCLを開発することができた。ここに深く謝意を表わす次第である。

このMCLを使用することにより, プリプレグの購入, プレス作業など煩雑な作業なしに, 両面MCLの加工作業工程と同工程で, 容易に3, 4層印刷配線板を得ることができる。このようなことから, 最近, この種のMCLの活用が盛んになってきた。そこで本稿では自消性シールド層入りMCLの特性と, 加工時の際の注意事項を述べ, 更に新しい分野で活用する場合の参考として, 効果的なパターンについて併せ述べた。本稿がこれらの設計の参考資料ともなれば幸いである。

参考文献

- (1) 田村, 立花, 「電子交換機用プリント配線板」日立評論 51, 77 (昭44-10)
- (2) 印刷配線板用銅張積層板, 日立評論 55, 99 (昭48-1)
- (3) 「シールド板」(ガラス布基材エポキシ樹脂3, 4層銅張積層板) 日立評論 56, 100 (昭49-1)
- (4) 「Copper-clad Laminates for Printed Circuit Boards」Hitachi Rev, 22, 147 (1973-4)
- (5) 「Copper-clad Laminate with Shield Layer (Glass-cloth Epoxy」Hitachi Rev, 23, 203 (1974-1)
- (6) J I S C 4681 (1963)
- (7) 「プリント配線板用銅張積層板仕様規格」日本電信電話公社電気通信研究所編 (昭44-8)
- (8) U L Subject 746 (Mar. 1 1967)
U L Subject 20 & 492 (Mar. 18 1-971)
- (9) ASTM D 2863-70 (1970) (American Society for Testing Materials)

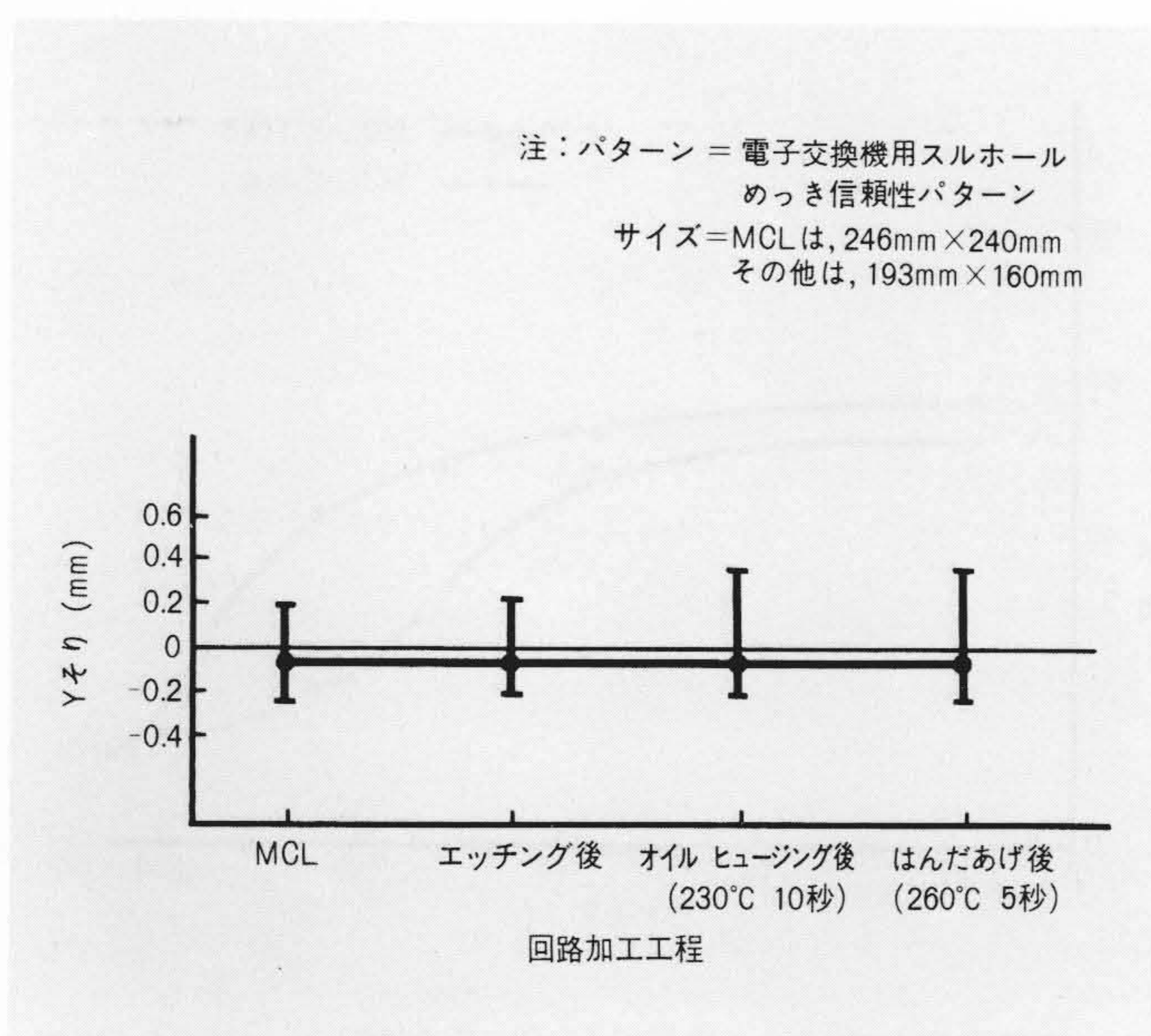


図8 回路加工工程とそり変化
加工時に行なわれる各種の加熱処理を経てもMCL-E-608Sのそり変化は小さい。

Fig. 8 Warp-curve on Manufacturing of Printed Board From MCL-E-608S