銅 箔

間瀬 一夫*

Copper Foil

Kazuo MASE*

*三井金属鉱業株式会社総合研究所（〒362 埼玉県上尾市原市1333-2）

*Corporate R&D Center, Mitsui Mining&Smelting Co., Ltd. (1333-2 Haraichi, Ageo-shi, Saitama 362)

1. 定義および起源

1.1 日本工業規格の定義

JIS C 5603-1987プリント配線板用語は次のような定義をしている。

・銅箔：絶縁基板の片面または両面を覆い、導体パターンを形成するための銅の箔。

・銅張積層板：片面または両面を銅箔で覆ったプリント配線板用の積層板。

・プリント配線：回路設計に基づいて、部品間を接続するために導体パターンを絶縁基板の表面または表面とその内部に、プリントによって形成する配線またはその技術。

これらの定義を総合して理解されるように、銅箔はプリント配線板の導体を構成する基礎的な材料である。現在行われている最も一般的なプリント配線は、銅箔と絶縁基板を張り合わせた銅張積層板に導体パターンをプリントし、不要部分をエッチングで除去して形成される。

1.2 プリント配線板用銅箔の起源¹⁾

プリント配線を形成する方法は種々考えられるが、大別してアディティブ（足し算）法とサブトラクティブ（引き算）法に分類される。

アディティブ法は、絶縁基板上に導電性材料を、例えば無電解めっきなどを利用して、付加することによってパターンを形成する。日本で最初に発明された宮田喜之助の特許119384号「メタリコン吹着配

線方法」（1936年出願）はアディティブ法である。今日でもアディティブ法は一部のプリント配線に用いられ、特にスルーホールめっきはアディティブ法によるしかない。

サブトラクティブ法は、逆に不要部分を除去することによってパターンを形成するもので、これに銅箔が利用される。この方法はアイスラーのイギリス特許（1940年）に始まり、アメリカで実用化されて今日に至った。それまで銅の製錬所で建材や装飾用に製造されていた銅箔は、ここにまったく新しい市場を獲得して、電子工業の発達とともに急成長をとげることになった。

2. 種類

2.1 製造法による種別

銅箔は2種類の製造法がある。1つは銅鑄塊（インゴット）を機械的に圧延する方法で、その製品を圧延銅箔という。もう1つは、陰極上に電解析出させたものをはぎ取る方法で、その製品を電解銅箔という。

プリント配線板用銅箔のほとんどは電解銅箔で、圧延銅箔はフレキシブルプリント配線板用などに限られている。

2.2 構成による種別

紙基材積層板は、直接銅箔を張ると十分な接着強度が得られないので、あらかじめ銅箔に接着剤を塗布したものが供給される。これを接着剤付き銅箔と

称する。

厚さ 9 ミクロン以下になると取り扱いが困難であるため、アルミニウム箔などの支持体（キャリア）と一体化したものが供給される。これをキャリア付き銅箔という。

2.3 特性による種別

銅箔の特性は製造方法により違ったものになる。

例えば JIS C 6512-1992は電解銅箔の特性に応じて3種類を定めている。この点については後章で述べる。

3. 製造方法

3.1 压延法

まず炉の中に銅地金を挿入し、加熱溶解してから型に铸込んで铸塊とする。通常は加工性と電気伝導度のすぐれたタフピッチ銅（酸素含有量0.02～0.05%）であるが、酸素侵入を防止した雰囲気で作られた無酸素銅（酸素含有量0.001%以下）もある。

鑄塊を灼熱し、熱間圧延機で厚さ12mm程度まで延ばし、表面の皮を削り(スカルピング)、冷間圧延で厚さ約2mmにする。

これを炉で焼きなまし、酸洗してから仕上げ圧延で厚さ0.035mmの箔にする。この加工は油で潤滑する
 が必要あり、箔の幅は通常600mm以下である。

この後で、油を除去してから、銅張積層板に必要なとされる性能を付与するための表面処理を施すが、この工程については次の電解法の項で述べる。

3.2 電解法

3.2.1 電解装置

図1はこの装置を最初に開発したアメリカのアナコンダ社の技師 Shakespeare²⁾ が発表したもので、現在でも基本的にこれと同じものが用いられる。

耐酸ライニングしたコンクリート槽の上にドラムが水平に置かれ、下部が電解液に浸っている。このドラムは陰極になっていて、ゆっくり回転し、表面に電着する銅が所定の厚さになったとき液面上にあがり、洗浄および乾燥の後、ドラムからはいで巻き取られる。液中にドラム面と平行に配置した不溶性陽極があり、硫酸と硫酸銅の水溶液からなる電解液は底から供給され、陽極上縁を越えて外部へ排出される。この間に陽極では、

陰極では,

したがって全体では、

の反応が起こり、電解液中の硫酸が増えるとともに酸素ガスが発生する。この酸素ガスによって液はよくかくはんされ、高い電流密度で操業できる。

陰極のドラムに電着する銅の量は、ファラデーの法則により電解装置を通過する電気量に比例する。その比例定数を電気化学当量というが、硫酸銅系における値は1.185g/A 時である。実際に電着する量と理論量の比を電流効率といい、銅の電解では100%に近い。仮に電流効率を97%とすれば、実際に電着する銅の量は1.15g/A 時となる。

電流密度 I (A/dm^2) と銅箔の厚さの増加速度 s ($\mu\text{m}/\text{分}$) の関係は、銅の密度 $8.9\text{g}/\text{cm}^3$ から(4)式によって計算され、図2のようになる。

$$s(\mu\text{m}/\text{分}) = \frac{I(\text{A}/\text{dm}^2) \times 1.15(\text{g}/\text{A}\cdot\text{時})}{60(\text{分}/\text{時}) \times 8900(\text{g}/\text{dm}^3)} \times 10^5 \quad (4)$$

例えば、 $50\text{A}/\text{dm}^2$ の電流密度であれば $s=10.8\mu\text{m}$ /分となるから、 $35\mu\text{m}$ の厚さの銅箔を電着させるのに必要な時間は3分15秒である。このような計算に基づいて電解装置に流す電流、ドラムの大きさ、回転速度を設定する。

図1. アナコンダの銅箔電解装置の断面²⁾

図2．電流密度と銅箔厚さの増加速度

3.2.2 造液工程

電解工程では液中の銅が減少して硫酸が増加するから、操業を維持するためにはこれを補う必要がある。一例として図3に示すような造液工程を電解工程に付属させる。

本工程で、電解装置から出た液の大部分は貯槽を経て循環されるが、一部の液は溶解塔へ送られる。原料の銅線屑を溶解塔に投入し、上から液を流し、下から空気が入るようにすると、(5)式の反応が起こる。これは(3)式の逆反応である。

溶解塔を経由する液量を調節することによって貯槽の銅および硫酸濃度を一定に保つことができる。循環系内にろ過機および熱交換器を設置し、液の清浄化と温度制御を行う。

3.2.3 表面処理

電解装置から出てきた銅箔には2つの異なる面がある。ドラムに接していた光沢のある面(シャイニー面、略してS面)と、電解液に接していた光沢のない面(マット面、略してM面)である。銅張積層板に加工する際はS面が表側、M面が絶縁基板側になるようにする。精密な導体パターンをプリントするにはS面が適しており、絶縁基板との接着強度はM面の方が大きいからである。

しかし電解したままの銅箔では、銅張積層板さらにはプリント配線板が要求する性能を満たすことができない。性能を付与するための工程を表面処理とよんでいる。詳細は文献^{(3),(4)}を参照ねがうことにし、ここでは技術の概要を説明する。

第1に、銅箔と絶縁基板の接着強度を高くするた

図3．銅箔製造のための造液・電解工程

めに、M面の上に銅のこぶをつける。きわめて微細なこぶの場合は光が吸収されてチョコレート色に見えるので通称「黒処理」という。こぶがある程度大きいとピンク色になり、接着強度の高い「赤処理」ができる。絶縁基板を構成するフェノール樹脂やエポキシ樹脂はこぶの周囲で熱により硬化し、こぶは一種の錨となって基板に接着するので、投錨(アンカー)効果と称する。

接着強度は初期値が良いだけでは十分でない。銅張積層板は後でエッチングされ、プリント配線板を製造するために、めっきなどの多くの工程を経て、最後にはんだによる部品実装がある。この間の薬品または熱による劣化を最小限にとどめなければならない。

一方S面に対しては、酸化防止・エッチング性(できるだけ速く垂直にエッチングできること)・プリント性(パターンを形成するためのレジストがよく密着すること)・はんだぬれ性(容易にはんだでぬれること)などが同時に要求される。

そこで銅箔は、多数の槽を順次通過させて、こぶ付けその他のめっき処理をそれぞれの面に施し、最後に洗浄・乾燥する。この一連の工程が表面処理である。図4⁽⁵⁾にその例を示す。

銅箔メーカーから積層板メーカーに供給される銅箔は、すべて受け渡し当事者間の協定による適当な表面処理が施されている。注文により接着剤付きあるいはキャリア付き銅箔も供給される。

4. 銅箔の規格

4.1 各国の規格

アメリカでは1966年8月に Institute of Printed Circuits (IPC) が銅箔の規格として IPC-CF-150

1. 銅箔 2. 給電コンタクトロール 3. 酸洗槽
4. 陽極 5. しぼりロール 6. 水洗槽 7. 陽極
8. 水洗ノズル 9. エアナイフ 10. ヒータ
11. 冷却ファン 12. 巻き取りロール
I～V. 第1～5段電着槽

図4. 表面処理工程の一例⁵⁾

を定めた。その後この規格は逐次改訂されて、1981年に ANSI/IPC-CF-150E, 1991年に ANSI/IPC-MF-150F が制定された。協会名も Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits と変わったが、その長い歴史と世界的な普及度から、銅箔の最も基本的な規格とみなされる。

ヨーロッパでは IEC 249-3 A (1976) が制定されている。これに対応する日本工業規格として最近次の2つが制定された。

・ JIS C 6511-1992 「プリント配線板用銅はく試験方法」

・ JIS C 6512-1992 「プリント配線板用電解銅はく」
積層板については別に JIS が定められているので、銅箔だけで試験できる項目が対象となった。以下にその要点を述べる。

4.2 厚さ

電解銅箔の厚さは表1による。

ここで質量厚さというのは、厚さを単位面積当たりの質量で表したもので、試料から1辺の長さ100mmの正方形の試験片を切り取ってその質量を測定することにより求められ、厚さの表示として最も正確である。

アメリカでは古くから平方フィート当たりの質量オンスで厚さを表示する慣習があった。1オンス/平方フィートをメートル法に換算すると305g/m²となる。これを1オンス箔とよんで、銅箔の標準厚さとした。その半分と2倍の厚さがプリント配線板によく用いられ、銅張積層板の JIS にはこの3種の厚さの銅箔だけが規定されている。

質量厚さの許容差は IPC 規格, IEC 規格, ともに ±10% となっているので、これに従って表1のように定められた。

公称厚さというのは、質量厚さを銅の密度で割って長さの表示にしたものである。18ミクロン、35ミクロン、70ミクロンと呼ばれることが多い。

外側マイクロメータで直接厚さを測ることもできるが、これはあくまでも参考値として取り扱われている。電解銅箔の M 面は平滑ではないから、測定値は必ず公称厚さよりも大きくなる。

4.3 外觀

(1) 平滑面 (S 面) には実用上有害なしわ、きず、凹凸、さび、変色、異物などがないこと。

(2) 粗面 (M 面) には実用上有害なきず、銅粉、凹凸、さび、色むら、異物などがないこと。また、接着剤付き銅箔の場合は、実用上有害な塗りむら、異物、気泡などがないこと。

ここで凹凸というのは、箔の表面のくぼみ (ピツツ) や異物のかみこみで生じるへこみ (デンツ) を

表1. 厚さ

公称厚さ mm	質量厚さ g/m ²	許容差	
		g/m ²	参考*mm
0.018	152	±15	+0.008 -0.004
0.035	305	±30	+0.010 -0.005
0.070	610	±61	+0.018 -0.008

* 外側マイクロメータによる厚さ

意味し、IPC や IEC 規格に対応している。

(3) ピンホールは、長さ300mm以上×全幅の試験片の平滑面を上向きにして、吸水性のある紙を敷いた水平な台の上に置き、染料浸透剤を平滑面全体に塗布し、室温で5分間放置した後、試験片を反転させ、目視および顕微鏡で検査する。

(a) 厚さ0.018mmの銅箔の場合、粗面まで浸透した染色点の個数は、面積0.09㎡当たり30個以下とし、長径が0.05mmを超えるピンホールがないこと。

(b) 厚さ0.035mmおよび0.070mmの銅箔の場合、粗面まで浸透した染色点の個数は、面積0.09㎡当たり8個以下とし、面積0.5㎡内のピンホールの総面積は、直径0.13mmの円の面積を超えないこと。また、長径が0.05mmを超えるピンホールがないこと。

4.4 純度

銅箔は99.8%以上の純度をもつものとする。

分析試料は、表面処理を施していない銅箔、または表面処理を除去した銅箔から5gを計り取って、JIS H 1101により電解秤量法で銅の含有量を求める。この方法では銀が銅とともに電着して秤量されるから、銀は銅とみなすと定めている。

4.5 平滑面粗さ

平滑面粗さは、JIS B 0601に規定する中心線平均粗さ(R_a)で表す。図5のような粗さ曲線y=f(x)があったとして、測定長さℓに対し、中心線の上側の山の面積と下側の谷の面積を加えてℓで割ったものをR_aという。

JIS B 0651に規定する触針式表面粗さ測定器を用いてR_aを直読することができる。

電解銅箔の平滑面粗さは、R_aで0.4μm以下でなければならない。

図5. 中心線平均粗さ (R_a)

4.6 質量抵抗率

銅箔の抵抗率は質量抵抗率で表示する。20℃での質量抵抗率 ρ_w は次のようにして求める。

表面処理を施していない試料から長さ L₂ (300mm以上) の長方形の試験片を切り取る。試験片上に2個の端子を接触させ、t℃での抵抗をダブルブリッジまたは電位差計で測定して、R_tとする。銅の抵抗の温度係数 α=0.00378を用いて次式により20℃での抵抗値 R を計算する。

$$R = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$
 (5)

試験片の重量をW、端子間の長さを L₁ とすると ρ_w は次式のようにになる。

$$\rho_w = \frac{W}{L_1 \times L_2} \times R$$
 (6)

電解銅箔の ρ_w は、公称厚さ0.018mmの場合0.164 Ωg/㎡以下、0.035または0.070mmの場合0.160Ωg/㎡以下でなければならない。

なお、標準軟銅の20℃における質量抵抗率は JIS C 3001によれば0.15328Ωg/㎡であるから、その導電率を100.0%とすると、18ミクロン銅箔は93.5%以上、35または70ミクロン銅箔は95.8%以上ということになる。

4.7 引張強さおよび伸び率

電解銅箔の引張強さおよび伸び率は表2による。

ここで種類1、2、3を定めたのは、ANSI/IPC -CF-150Eのクラス分けに従ったもので、その記述は次のようになっている。

CLASS 1 Standard (STD)

CLASS 2 High Ductility (HD)

表2. 引張強さおよび伸び率

種類	公称厚さ mm	引張強さ N/㎡		伸び率%	
		室温	180℃	室温	180℃
1	0.018	103以上	—	2 以上	—
	0.035	207以上	—	3 以上	—
	0.070	202以上	—	3 以上	—
2	0.018	103以上	—	5 以上	—
	0.035	207以上	—	10以上	—
	0.070	207以上	—	15以上	—
3	0.018	103以上	—	2 以上	—
	0.035	207以上	138以上	3 以上	2 以上
	0.070	207以上	172以上	3 以上	3 以上

図 6-(1). 引きはがし強さ試験片

図 6-(2). 引きはがし強さの試験法

CLASS 3 High Temperature Elongation (HTE) 種類 1 が標準品であるのに対して、種類 2 は室温で測定した伸び率が高く、フレキシブルプリント配線板などに用いられる。種類 3 は高温での伸び率が大きいことを要求する用途、例えば高多層プリント配線板のスルーホール付近ではんだの熱により箔にクラックが入るといった問題を解決するために、1980年代になって規格化された。

引張強さおよび伸び率の試験は、種類 1、2 の場合は室温で、クロスヘッド速度50mm/分で行う。種類 3 の場合は、180℃に加熱できるチャンバー内につかみ具が入るような引張試験機を用いて、クロスヘッド速度1.27mm/分で行う。

5. 銅張積層板のための特性

5.1 引きはがし強さ

銅箔と絶縁基板の間の接着強度は、銅張積層板から一定幅の銅箔を引きはがすのに必要な力で表すのが世界的に共通した方法で、これを引きはがし強さ (peel strength) という。

JIS C 6481「プリント配線板用銅張積層板試験方法」は引きはがし強さの試験方法を定めており、図 6(1)のような試料片を銅箔の一端を適切な長さにはがしてから支持金具に取り付け、はがした銅箔の先端をつかみ具でつかみ、図 6(2)に示すように引張方向が銅箔面に垂直になる方向に、毎分約50mmの速さで連続的に約50mmはがす。この間における荷重の最低値を引きはがし強さとし、kN/m(kgf/cm)で表す。

フレキシブルプリント配線板用の場合は180度方向に引きはがす A 法が、上記に準じた B 法と併用されている (JIS C 6471)。

引きはがし強さは、受理のままのもの (常態とも

いい、A と表示する)、規定温度のはんだ槽の中に規定時間浮かべてから室温まで冷やしたもの (はんだ処理後といい、S と表示する)、規定温度に保ったもの (加熱時といい、E と表示する) の 3 条件で規格値が定められている。

JIS 規格以外に、引きはがし強さの劣化に関して種々の要求がある。UL 規格は銅張積層板を長時間加熱試験 (エージングテスト) した後の引きはがし強さを規定している。塩酸その他の薬品に浸漬した後の劣化や、煮沸水中に浸漬した後の劣化も問題となる。これらの試験では、試験片の銅箔の側面の絶縁基板との界面で劣化が生じるので、銅箔の幅は JIS よりもずっと狭くしないと検出し難い。

これらの特性は、銅箔 M 面の表面処理のやり方によってきまるが、絶縁基板を構成する樹脂にも依存するので、各銅箔メーカーは積層板メーカーと連携して特性向上に努めている。

5.2 S 面の表面特性

銅箔 S 面は酸化変色しないような処理を施している。貯蔵・輸送中はもとより、積層時の加熱を経てプリント配線板の加工工程に入るまで、銅は酸化しないことが望ましい。

銅の酸化防止技術は古くから多くの方法が知られているが、プリント配線板用の銅箔には同時にいくつかの制約条件がある。

第 1 に、一般に用いられている銅のエッチング液 (塩化第二銅、塩化第二鉄、アンモニアアルカリ、過酸化水素-硫酸) で容易にエッチングされるものでなければならない。

一方、エッチングされずに導体パターンとなる部

分を形成するためのレジスト（印刷インキ、ドライフィルム、液状フォトレジスト、電着レジスト）はよく密着することが必要である。密着がよくないとそこがエッチングされてパターンが崩れる。

さらにS面は、はんだぬれ性(solderability)がよくなければならない。IPC規格は銅箔を10容積% HCl(約60°C)に15秒浸漬後水洗乾燥し、活性剤を含まないフラックス(25%ロジン-イソプロピルアルコール溶液)に浸漬し、溶けたはんだに入れた試験片ではんだはじき(dewetting)がないことを定めている。

もう一つ考慮を要するのは多層板用内層箔の場合である。内層はプリプレグで多層化するが、その際S面とプリプレグの接着強度を高めるために、銅の黒化処理が行われる。したがってS面は黒化処理が付きやすい表面であることが要求される。ただし黒化処理はM面の処理に比較すると接着強度が低く、耐薬品性にも問題がある。そこでS面にもM面と似たこぶをつけたものが一部で用いられるようになった。これを両面処理箔という。JISでは片面処理をS、両面処理をDと表示することになっている。

6. 技術動向

6.1 電解銅箔メーカー

現在、電解銅箔の主要メーカーは5社あり、下記のようにすべて日本の会社である。

- 三井金属鉱業（系列下にオーク三井、台湾銅箔、ユーロセル、マレーシア三井銅箔）
- 日鉱共石（系列下にグールド）
- 古河電気工業(系列下にサーキットフォイル)
- 福田金属箔粉工業(系列下にクックソン福田)
- 日本電解

この5社が日本、アメリカ、ヨーロッパ、東南アジアに工場を持ち、世界の市場に供給している。総生産能力は約10000t/月と推定される。

6.2 要求される性能

プリント配線技術の高度化・多様化に伴って、材料である銅箔に要求される性能の水準は上がる。

プリント配線は常にファイン化、高密度化をめざしている。ファインパターンをエッチングで作るために、銅箔を薄くすること、無欠点にすることが行

われている。
 高多層プリント配線板の方からの要求としては、ロープロファイルにすること、加熱したときの機械的性質が強いことがある。機械的性質についてはフレキシブルプリント配線板やTABに用いられる銅箔に対して別の要求がある。

これらの新しい要求性能を満足させるために、従来の基本的な特性、例えば引きはがし強さなどを無視するわけにはいかない。特性の中には互いに矛盾するものもあるから、両者が満足できるところで妥協することはあるが、何らかの対策によって水準を上げる努力が過去から続けられてきた。各問題点について考察してみよう。

6.3 エッチング性

銅箔のエッチング性には2つの要素がある。1つはエッチング速度、もう1つはエッチファクタである。

エッチング速度は箔の厚さ方向へ単位時間に進むエッチング深さなので、銅箔の組織、結晶方位、こぶの形状、表面処理層の化学種などが関係していると考えられる。

エッチファクタは図7に示すように厚さ方向のエッチング深さ(T)と幅方向のエッチング深さ(D)の比T/Dで、この値が大きいほど側面は垂直に近くなり、ファインパターンに適する。エッチファクタも銅箔の組織や結晶方位に関係している。

圧延銅箔と電解銅箔の断面の金属顕微鏡写真を図8に示す。圧延銅箔が水平層状の組織であるのに対して、電解銅箔は垂直柱状の組織であることがわかる。したがって一般論としては電解銅箔の方がエッチング速度が大きく、エッチファクタも大きいといえる。さらに組織を垂直に近づけ、結晶方位をそろえるようにすればエッチング性の向上が期待できる。

電解銅箔は、こぶが大きいために平均エッチング

図7. エッチファクタ (JIS C 5603より)

図8-1). 電解銅箔

速度が低下している。その対策として後に述べるロープロファイル化は有効であるが、引きはがし強さが小さくなることは避けられない。

6.4 薄銅箔

銅箔のエッチング速度とエッチファクタが一定ならば、厚さが薄いほどエッチングは短時間ですみ、幅方向のエッチングも少ないので、薄箔化はファインパターンを作る最も実的な手段と考えられる。

4.2に述べたように、従来銅箔の厚さは18, 35, 70ミクロンであったが、18ミクロンの使用比率は年々増加しており、さらに薄い12, 9, 5ミクロンも要求されるようになった。

9ミクロン以下のものは極薄銅箔 (ultra thin copper foil) とよばれ、キャリア付きとなる。キャリアはアルミニウムまたは銅の箔が用いられる。積層板に加工するときキャリアも共にプレスし、配線をプリントする前にキャリアをエッチングまたは引きはがしにより除去する。それぞれ、エッチャブルまたはピーラブルタイプとよばれる。

6.5 無欠点銅箔

銅箔表面にファインパターンをプリントするとき、S面のしわ、きず、凹凸、さび、変色、異物、ピンホールなどの外観的欠点が問題となる。

このような欠点をなくすためには、製造工程で次のような配慮が必要である。

- (1) 銅箔に接する工場内の空気、水、薬液、機械部品、包装物品をクリーンに保ち、箔の損傷、変質、異物混入を防止する。
- (2) 欠点を自動的に検査し、異常が生じたときは

図8-2). 圧延銅箔

迅速に処置し、製品ロットごとに記録を残しておく。

- (3) 銅箔を取り扱う工場全員の品質保証意識を高め、日常的に無欠点銅箔生産を定着させる。

もともと銅箔工場は製錬業から発生し、昼夜連続で毎日数万㎡の量産をする仕事だったので、無欠点の達成は容易なことではない。建物、設備、操業方法を根本的に改めなければならなかった。その結果として製品の品質水準は向上したが、製造コストも高くなった。今後も続くユーザの無欠点要求にどう応えるべきか、メーカーにとって大きな課題といえる。

ANSI/IPC-MF-150Fは、銅箔を次の3クラスに分けて、クラスごとに検査水準を変えることを定めている。

- ・クラス1：機械的性質と外観的欠点 (cosmetic defects) が重要でなく、完成回路の機能だけが要求されるような应用到に適するもの。
- ・クラス2：回路設計、工程歩留、および規格合格の要求が局所的な不合格を容認するような用途に適するもの。
- ・クラス3：高水準の保証が要求されるような应用到に適するもの。

製品がどのクラスに属するかを決定する責任はユーザにある。クラスによって価格体系が決められれば合理的といえるが、このようなやり方は、いまのところ日本では採用されていない。

6.6 箔のプロファイル

すでに述べたように、電解銅箔のM面はS面に比して粗さが大きい。粗さは触針式表面粗さ測定器

によって測定することができる。ANSI/IPC-MF-150Fは、M面の粗さを R_{ZDIN} で表すことと定め、 $10.2\mu\text{m}$ 以下のものをロープロファイル、 $5.1\mu\text{m}$ 以下のものをベリーロープロファイルという。それぞれ略してLP、VLPということが多い。

高多層プリント配線板で、各層の厚さが薄いものにおいては、絶縁の信頼性からプロファイルは低いほどよい。

またTAB用の銅箔も、ICチップをボンディングする関係からロープロファイルの材料が用いられている。

詳細は文献6)に述べられている。

6.7 機械的性質

銅箔の引張強さおよび伸び率の規格については、4.7で述べた。高温での伸び率が大きいものが要求されて種類3(HTE)が規格化されたが、さらにその性能を高めたものが開発され^{6),7)}、スーパーHTEと称している。スーパーHTEは 180°C 1時間の加熱で組織の再結晶化が起こり、30%以上の伸び率を示す。再結晶化は、圧延銅箔には認められるが通常の電解銅箔にはない現象である。

このような特異性から、スーパーHTEはフレキシブルプリント配線板に用いた場合も高い信頼性を有する。

VLP銅箔は、引張強さが $500\text{N}/\text{mm}^2$ 以上あり、TABなどの機械的性質が求められる用途にも適している。

(1993.1.11-受理)

文 献

- 1) 伊藤謹司：プリント配線技術読本，東京，日刊工業新聞社，1989年（第2版）
- 2) W. M. Shakespear：“Development and use of Anaconda electro-sheet copper”，Trans. AIME, **106**, 441 (1933)
- 3) K. Mase：“Development of electrodeposited copper foil processing for printed circuit use”，Proceeding IMM/MMIJ Joint Symposium in Kyoto, p.517 (1989)
- 4) K. Mase, K.Yoshimura：“Electrolytic surface modification of copper foil for printed circuit use”，電気化学, **60**, 543 (1992)
- 5) 氷室貢二，他：特公昭61-52240 (1986)
- 6) F. Kuwako et al.：“A new very low profile electrodeposited copper foil”，Proceeding Printed Circuit World Convention 5 in UK, B 8 /1 (1990)
- 7) K. Ueno et al.：“A new electrodeposited copper foil for PWB use”，Proceeding Printed Circuit World Convention IV in Tokyo, 6 (1987)

間瀬 一夫

昭和8年生まれ。昭和32年東京大学工学部応用化学科卒業。三井金属鉱業株式会社において、昭和42年から25年間、銅箔の製造技術開発に従事。現在、総合研究所に勤務。