《解 説》

スズウィスカー発生防止対策と その考え方

Whisker Growth on Electrodeposited Tin ; Causes and Preventions

スズめっき皮膜上から発生し、回路短絡事故の原因となっているスズウィスカーについて、発生防止対策を検討するに際して考慮すべき事項と現時点において採用可能な具体的手法をあげて解説する。

土 肥 信 康*

Nobuyasu Dohi

1. は じ め に

弱電部品や電子工業用部品は、はんだ付けによって電気的に接続され組立てられることが多い。電気製品は近年、小形化、高実装化が進み、電気回路は非常に細密化してきている。しかも、そのような部品は能率的かつ確実に接合されなければならない。現在工業的に用いられている自動はんだ付け装置では1～2秒の間に完全な接合が得られるようなはんだ付け性が要求されている。

これらの要望に応じて、最上層にスズ電気めっきを施した部品が供給され、接合性能と生産性の向上に大きく貢献している。しかしながら、スズめっき皮膜からはウィスカーと味ばれるスズの繊維状の単結晶が発生し、精密な回路を有する電気製品ではウィスカーによる電気回路の短絡が多くのトラブルの原因ともなっている。

ここでは、スズおよびその合金めっき皮膜から発生するスズウィスカーについて実態と概要を解説するとともに、発生機構ならびに防止対策に関して私見を述べて参考に供したい。

2. めっき皮膜から発生する スズウィスカー¹⁾

素地金属、下層めっきおよび上層めっきの種類と組合せをかえて作成した試験片50種類について、ウィスカーの発生と成長の状態を長期間にわたり測定観察した結果によると、ウィスカーが発生するまでの潜伏期間は環境別でかなり差がみられたが、約5年後の時点では発生の状態や大きさなどに関し、環境別での差はほとんどみられなくなっていた。

約5年の期間に生長したウィスカーの大きさは、直径1～3 μ m、長さ0.1～5mm、生長速度は計算によると約0.3Å/Sと推定された。

* 兵庫県立工業試験場 金属部長 工博 技術士 (金属部門)

〒654 神戸市須磨区行平町3-1-12

☎078 (731) 4481

* Industrial Research Institute of Hyogo Prefecture

1-12 Yukihira-cho 3-chome, Suma-ku, Kobe 654

形状としては、針状または屈曲したものもあり、屈曲角は 90° 、 60° 、 45° 、 25° などであった。また、塊状、樹枝状、山状のものもみられた。めっきの種類別でみるとスズめっきから発生したものは針状または樹枝状で長く生長するものが多くスズ-鉛合金めっきから一部発生したものの形は山形で素地面に直角方向への長さが極端に短かった。各種試料上に発生したウィスカの代表的な形状を写真1(a~d)、工業的に操業されている光沢スズめっき上から発生したウィスカの成長状況を走査型電子顕微鏡によって観察した結果を写真2に示す。

ウィスカは極めて小さいものを含めると長期間(10数年)保存した全試料に発生が認められたが、素地およびめっきの種類によって、大きさや数について格段の差があった。発生したウィスカの長さに関し、素地別に大きいものからの傾向順位を示すと、黄銅>銅>洋白>ニッケル>鉄であり、発生数順位では、黄銅>銅>鉄>洋白>ニッケルであった。

3. 提案されているウィスカ防止法

現時点でスズウィスカ発生防止を目的として採用されている方法または採用の可能性のある手法を以下に示す。

3-1 スズめっき後の溶融加熱処理

ブリキ板のように単純な形状の製品に薄めっきを施したものに適している。しかし、複雑な形状の製品や、厚めっきを施したのものには採用できない。防止効果は高いと考えられている。

3-2 スズめっき後の加熱処理

品物の形状やめっき厚さに関

めっき後 1日

めっき後 10日

めっき後 20日

銅下層めっき上の光沢スズめっきより発生したウィスカ(室内放置)

光沢硫酸浴、工業的操業浴、 $2A/dm^2$ 、約 $10\mu m$

写真2 ウィスカ成長状況の走査型電子顕微鏡による観察

係なく適用できるので、工業的に広く採用されている。処理条件例としては、 $150^\circ C-3hr$ 、 $180^\circ C-1hr$ 、 $190^\circ C$ 以上- N_2 ガス中で $4hr$ などが有効であると報告されている。

3-3 下層めっきの採用

工業的には黄銅素地などに対して銅およびニッケルを下層めっきとして採用し、上層めっきとしてスズまたはスズ-鉛合金めっきを施す方法が実用化している。その他に、下層

a. 黄銅上無光沢スズめっきより発生したウィスカ(約5年間放置)
硫酸浴、 $3A/dm^2$ 、 $10\mu m$

b. 黄銅上無光沢スズめっきより発生したウィスカ(1ヶ月間 $60^\circ C$ にて)
硫酸浴、 $3A/dm^2$ 、 $10\mu m$

c. 黄銅上光沢スズめっきより発生したウィスカ(約5年間放置)
硫酸浴、 $3A/dm^2$ 、 $10\mu m$

d. 黄銅上光沢スズ-鉛合金めっきより発生したウィスカ(約5年間放置)
ホウフッ酸浴、 $3A/dm^2$ 、 $10\mu m$

写真1 長期保存中に発生した各種ウィスカの形状

めっきの種類としては、鉛、スズ-ニッケル合金、スズ-銅合金、スズ-鉛合金めっきなどが考えられる。ニッケルおよびニッケル合金下層めっきのウィスカー防止効果は高い。

3-4 スズめっきをスズ-鉛（5～20%）

合金めっきにかえる

スズウィスカーが高純度の繊維状単結晶であることを考えると、上層の純スズめっきをスズ-鉛合金めっきにかえることは、ウィスカー防止対策として極めて合理的であり、最も効果的な方法として広く採用されている。

なお、スズ-鉛合金めっきに対しても、工業的には加熱処理が施されているので、適正加熱処理温度およびウィスカー防止効果を調べた実験結果を参考のために紹介したい。

表2は、表1に掲げたような条件で得られた試料を各種温度で1時間加熱処理をした際にウィスカー発生に及ぼす影響を、黄銅板の90°C折曲げ試料の平面部および屈曲部について、55°Cのデンケータ中に3ヶ月間保存後の観察によって調べた結果²⁾を示したものである。これらの実験結果から、ウィスカーの発生防止に対しては加熱処理とスズ-鉛合金めっきの適用が有効なこと、ならびにスズ-鉛合金めっきを加熱処理する際の条件としては表面状態とはんだ付け性を考慮すると100～125°Cが適切であることがわかった。

3-5 スズめっきを他金属めっき、他金属合金めっきまたは他工程にかえる

はんだ付け個所が少なくってはんだ付け作業

表1 めっき浴組成と作業条件

め っ き 浴 記 号		A	B	C	D	E	F
め っ き 浴 種 類		硫 酸 浴		フェノールスルホン酸浴			
金 属 比 率	Sn	100	100	100	90	63	50
	Pb	0	0	0	10	37	50
光沢浴(B)、無光沢浴(D)		B	D	B	B	B	B
Sn イオン(II)	g/l	22	22	20	18	12.6	10
Pb イオン(II)	g/l				2	7.4	10
H ₂ SO ₄	g/l	100	50				
遊離フェノールスルホン酸	g/l			100	100	100	100
クレゾールスルホン酸	g/l	30	50				
分散剤(PEGNPE, 15H)	g/l	20		20	20	20	20
光沢剤(アミン-アルデヒド系)	ml/l	10		20	20	20	20
ホルマリン(37%)	ml/l	5					
アセトアルデヒド(20%)	ml/l			6	6	6	6
β-ナフトール	g/l		1				
ゼラチン	g/l		2				
電 流 密 度	A/dm ²	3	1.5	3	3	3	3
温 度	°C	18	18	18	18	18	18
限 度 ()内はPb%		Sn	Sn	Sn	(10)	(40)	(40)
か く は ん		あり	なし	あり	あり	あり	あり
電析物の厚さ(素地)		10μm (何れも黄銅)					

表2 ウィスカーの発生状況

浴記号		A		B		C		D		E	F	発生場所 屈：屈折部 平：平面部
処 理 温 度	場 所 形 状	屈	平	屈	平	屈	平	屈	平	平	平	
1	処理なし	形状数		△ ●	○△ ●●	○△ ●●	○△ ●●		△ ●	□ ●	□ ●	形状と大きさ ◎ 1mm以上の針状 ○ 0.5mm程度 " ○ 0.2mm以下 " △ 0.1mm程度塊状 △微 細 " □山状突起 数 ●多 数 ○10~20本/視野 ●数本 / 視野 ◎視野を動かせば 認められる ○ごく少数 ∴処理時間：1hr
2	50°	形状数	○ ○	○△△ ●●●	◎△ ●●●	◎△ ●●●	○△△ ○●●		□ ●	□ ●	□ ●	
3	75°	形状数		△△ ○●	○△ ●●	○△ ●●	○△ ○●		□ ●	□ ●	□ ●	
4	100°	形状数	○ ●	△△ ●●	○△ ●○	○△ ●○	○ ●	△ ●	□ ●	□ ●	□ ●	
5	125°	形状数	○ ●	○△△ ●●●	○△ ●○	○△ ●○	○ ●	△ ●	□ ●	□ ●	□ ●	
6	150°	形状数	○ ●	△△ ○●			○△ ●●		□ ●	□ ●	□ ●	
7	175°	形状数		△△ ●○			△△ ●●	□ ○	□ ○	□ ●	□ ●	

表3 はんだ付け試験法

項 目	標 準 条 件	応 用 範 囲 例
試験片の大きさ 形 状	25×25×0.25mm金属板を使用し、検討しようとする 素地金属とめっきを組合せて作成する	工業的にも実物も可
めっき前処理	ベンジン脱脂、電解脱脂、水洗、5% H_2SO_4 浸せき 水洗	適 宜 変 更
エイジング処理	ASTM、B-545、A6(沸とう蒸気法)に準ずる。 90%RH、100℃、24時間	処理時間を短くする。例 えば6時間、3時間、60分
はんだ付け性 試 験	MIL-STD-202D、208B(垂直式浸せき法)に準じ る	
	予備処理：アセント 2分浸せき、乾燥 25%-W、W、ロジンアルコールフラッ クス 5秒浸せき、乾燥	
	はんだ浸せき：60/40ハンダ、230±1℃ 1±0.1秒	230±1℃、3±0.1秒 240±1℃、2±0.1秒 250±1℃、1±0.1秒
	後 処 理：アセトン浸せき インプロピルアルコール浸せき、乾燥	
	浸せき面積：25×12.5mm	

の生産性が問題にならないような製品について、スズまたはスズ-鉛合金めっき以外のめっきや工程が適切と考えられるものもある。ニッケルめっきを採用してスズウィスカ

ーの発生を防止し、はんだ付け作業には活性フラックスを使用して成功している例もある。

4. 防止対策を検討するに際して考慮しなければならない事項

電子部品などでスズウィスカー防止を目的として、後処理、下層めっき、代替めっき、代替工程を検討する際には、次のような事項についても十分な配慮が必要である。

4-1 はんだ付け性の検討

電子部品では1～2秒間で完全な接合が得られるようなはんだ付け性が要求されており、スズめっきはこれらの要望に応じて選定された工程であるから、代替工程によって処理された部品のはんだ付け性も優れたものでなくてはならない。

電子工業界からの要求に応えられるようなはんだ付け性試験法³⁾として推奨できる試験方法を表3、試験結果の評価基準を表4、各等級にランクされた試料の代表的例を写真3、はんだの浸せき時間および浴温のぬれ長さによるぬれ長さの影響を図1と図2に示す。考え方としては工業的に使用されるよりは厳しい条件で試験をしなければ、代替工程により得られた製品の品質を保証することは難しいということをも十分認識すべきである。

4-2 工程変更により発生する公害とその防止対策

公害規制に関し、新設の生産設備に対しては既設のものよりも厳しい法規制が科せられることが多いので、技術的にもその対策について十分な配慮が必要である。

4-3 品質保証とその検証法の確立

例えばスズめっき後の溶融加熱処理は検証できる⁴⁾が、加熱処理は処理済の立証ができ

表4 はんだ付け性試験結果の評価基準

条件 はんだ 付け性	ぬれ	付着面積 (98%以上)	外観状態	備考
A	○	○	○	自動はんだ付けに
B	△	○	○	適用可
C	○ or △	○	×	手動はんだ付けに 適用可
		×	×	
D	×	○	×	工業的には採用が 難しい
	×	×	○	
E	×	×	×	はんだ付け性不可
判定	○: 12.5mm< △: 12.5mm= ×: 12.5mm>	○: 98%≤ ×: 98%>	○: 平滑度、光沢良 ×: "、" 不可

図1 はんだ浴温および浸漬時間の変化によるぬれ長さの変化

図2 はんだ浴温の変化によるぬれ長さの変化

写真3 各等級にランクされた試料の代表的例

ないので、後者は外販されるような部品についての品質保証が困難である。このように、対策処理法は客観的に処理済を立証できるようなものでなければならない。

4-4 関連作業の生産を性も含めた総合コスト

代替表面処理のコストのみではなく、はんだ付け作業、公害防止設備および品質保証に要する経費をも含めた総合コストをよく検討しながら適切な方法を選定すべきである。

5. むすびにかえて

ウィスカー発生の起動力としては、素地金属または下層めっきと上層のスズまたはスズ合金めっきとの界面で合金化が進行する際に生じた結晶のひずみを解消しようとして働く応力緩和作用が最も大きな因子であると推定している。

現時点において工業的に採用が可能で、ウィスカー発生防止対策として信頼性の高い工程は、ニッケル下層めっき上のスズ-鉛(5~20%)合金めっきであるが、銅下層めっき

上にスズ-鉛合金めっきを施し、加熱などの後処理をしないような場合でも、回路短絡事故の原因となるような形状のウィスカーは発生しないと考えられる。はんだ付け性については、基本的に銅下層めっきの方が優れているので、ウィスカーとは称し難いような凸起物について、さらにきびしい要望がなされない用途に限定すれば、後者が最も経済的なウィスカー防止対策法であると筆者は考えている。

文 献

- 1) 土肥信康, 小幡恵吾; 金属表面技術協会第47回学術講演大会要旨集, p.36 (1973)
- 2) 土肥信康, 小幡恵吾; 金属表面技術協会第48回学術講演大会要旨集, p.82 (1973)
- 3) 土肥信康, 小幡恵吾, 芳賀正記, 辻井昭一; ハンダ付け性の試験法と評価基準, ハンダ付け性に及ぼす加速経時処理の影響, 27, p.118, p.124 (1976)
- 4) W.G. Bader; Identification of Fused Tin Coatings on Integrated Circuit Device Leads, Plating and Surface Finishing, 64 [8], 56 (1977)

OKUNO

オクノはこれからの時代が必要とするものをつくっています。

表面処理剤の総合メーカー

- ☐メッキ用光沢剤
- ☐脱脂・脱錆・前処理剤及び後処理剤
- ☐プラスチックメッキ用処理薬品
- ☐アルミニウム用処理薬品
- ☐各種研磨剤
- ☐廃水処理剤
- ☐公害防止用機器

*このほかガラスカラー・写真用薬品・食品添加物などもつくっています。

TOP 真野製薬工業株式会社

本社 大阪市東区道修町3-23 TEL (203) 0721 (代表) 支店 東京都足立区新田3-8-17 TEL (912) 9241 (代表)
営業所 大阪 TEL (961) 7781・名古屋 TEL (871) 1601 出張所 高崎・城南・横浜・浜松・広島・福岡・工場・技術部・大阪

OKUNO CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.