

接触電子部品の性能評価と高度化技術（第3報）

高萩 泰* 鴨志田敏行**

1. はじめに

近年、民生・産業用機器は、製造機器へのコンピュータ導入を始めとして電子化の傾向にあり、よ号、接触電子部品（コネクタ、スイッチ等）を通して行われている。しかし、これらの部品ではコスト上の問題のため、接触部の貴金属めっき厚が薄くなってきている。今まで十分な信頼性を得るには $3\mu\text{m}$ 以上の厚さが必要と言われてきたが、現在は金めっき： $0.5\sim0.05\mu\text{m}$ 、銀めっき： $1.0\sim0.5\mu\text{m}$ が主流であり、さらに薄くなる傾向にある。

そこで接触電子部品の低コスト化と低故障率、耐環境性の強化を目的として、前年度は、めっきの厚みは変えずに、素材を変えた場合と劣化防止剤を塗布した場合の防食効果について検討した。

今年度は、市販コネクタとの比較、耐腐食性鋼合金の腐食状態、劣化防止剤、腐食の内部構造について検討したのでその結果を報告する。

2. 実験方法

実験に用いた市販コネクタは2社の物を用いた。めっきの種類と厚さ材質の組合せを表1に示す。

今後使用されると考えられる耐腐食性鋼合金の試料は、接触電子部品（コネクタ、スイッチ）に用いられる材料を考慮して、厚さ 0.5mm の薄板を用い、素材とめっきの厚さの組合せを表2に示す。

試料の形状は図・1に示す形に製作した。この試料を、混合ガス環境下[$\text{SO}_2(1\text{ppm}) + \text{H}_2\text{S}(0.5\text{ppm}) + \text{NO}_2(1\text{ppm})$ 、 35°C 、 $75\%\text{RH}$]に放置し、200または500H寺間のガス腐食試験を行った。途中経過は、50または100、200H寺間経過後に抜き取り測定をした。測定は必要に応じてEPMA（電子線マイクロアナライザー）観

表1 市販コネクタの種類

試料番号	素 材	最終めっき厚 Au (μm)	中間めっき厚 Ni (μm)	備 考
イ	リン青銅	0.75	1	
ロ	リン青銅	0.3	1	接触面のみ部分金めっき
ハ	リン青銅	0.1	1	
ニ	リン青銅	0.1	3	
ホ	ベリリウム銅	0.1	3	

表2 試料の種類

試料 番号	素 材	最終めっき厚さ (Au) μ m				標準組成 (主成分) 単位: %
A	M F 2 0 2	F	0.1	0.3	0.5	Ni:0.2 Sn:2.0 Cu:残
B	C 7 2 5 0	F	0.1	0.3	0.5	Ni:9.0 SN:2.3 Cu:残 キュプロニッケル系
C	Y C u T	F	0.1	0.3	0.5	チタン銅 Ti:3.2
D	YCu析出硬化	F	0.1	0.3	0.5	チタン銅 Ti:4.3
①	リン青銅	F	0.1	0.3	0.5	SN:8 Cu:残
②	ベリリウム銅	F	0.1	0.3	0.5	

※Fはフラッシュメッキ ($0.03\sim0.04\mu\text{m}$)
中間めっき: Ni $3\mu\text{m}$

* 機械金属部 **企画情報室

察を行った。

劣化防止剤は、A社製のオイル及びワックス系を用いた。塗布（コート）及び無塗布（NOコート）について試験を行った。オイル系とワックス系の劣化防止剤をそれぞれ塗布した場合の表面抵抗値の測定

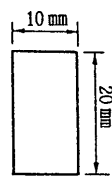


図1 試料形状

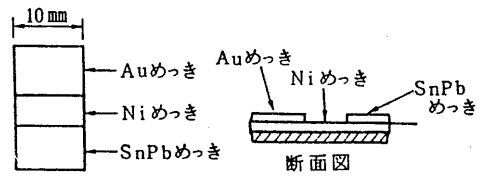


図2 試料形状

は、東伸工業（株）製メカトロパーツテスト金属表面摺動電気抵抗測定装置を用い荷重 100g をかけプローブ先端半径 1mm のプローブを使用して行った。電気抵抗の測定器は、東伸工業（株）製接触抵抗測定器 DCT-1RS を用い測定電流 1mA、解放電圧 20mV 以下で行い表面皮膜を破壊しない条件で行った。

腐食した試料の断面を切り、EPMA により腐食の内部構造を解析した。用いた試料は、図2にノズ形状の部分めっき試料を用いた。素材はリン青銅・黄銅で各々の腐食形態の違いを検討した。さらに、めっき面のピンホールを検出を蛍光 X 線微小部膜厚計と EPMA を用いて試みた。ガス腐食試験装置は、（株）山崎精機研究所製の GLP-91 型を使用した。

3. 結果及び考察

3.1 市販コネクタとの比較

図3は、試料「ロ」の部分めっき試料の EPMA による組成像である。このように 24 時間で金めっき部分が銅で覆われてしまうエッジクリヘーブ現象が発生しているのがわかる。

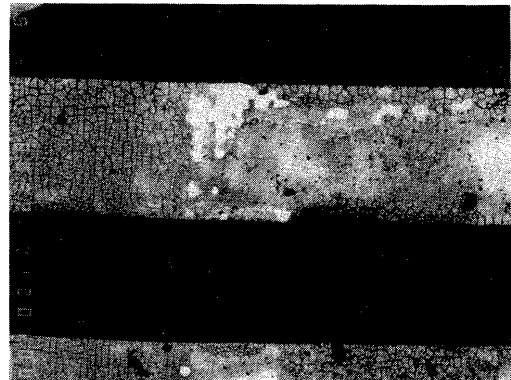


図3 コネクタ（ロ）部分めっき試料
金めっき部分 組成像（24Hr後）

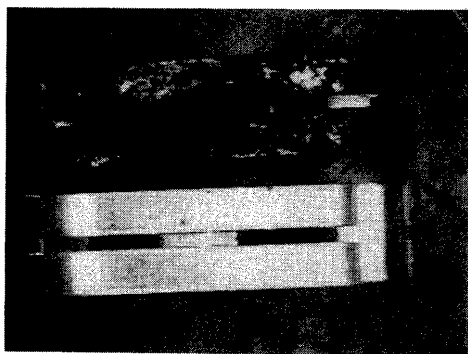


図4 コネクタ光学写真像
上 試料（ホ）ベリリウム銅
下 試料（ニ）リン青銅

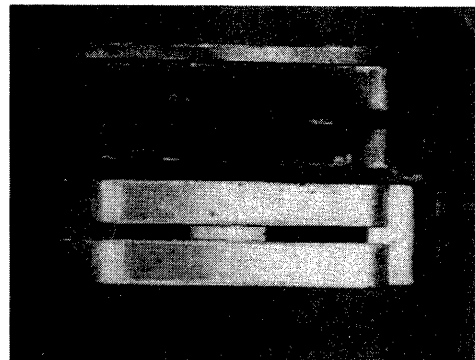


図5 リン青銅 コネクタ光学写真像(50Hr後)
上 試料（ハ）Ni 1 μm
下 試料（ニ）Ni 3 μm

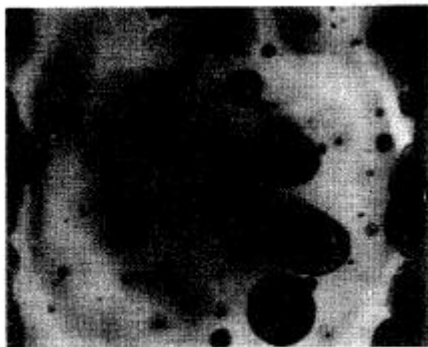


図6 試料② リン青銅
NOコート 500時間経過

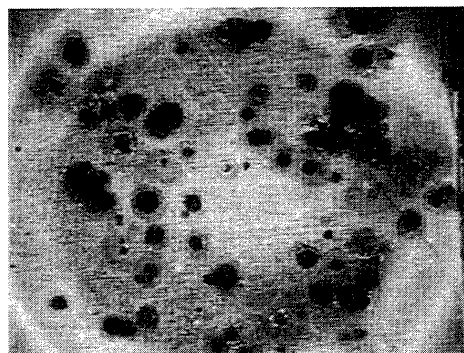


図7 試料A MF202
NOコート 500時間経過

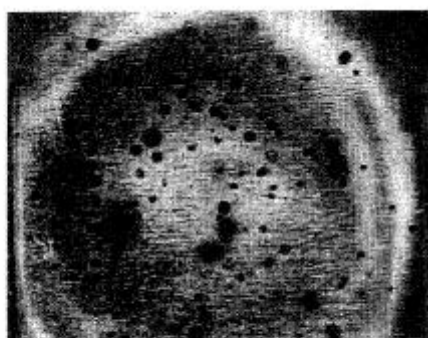


図8 試料B C7250
NOコート 500時間経過

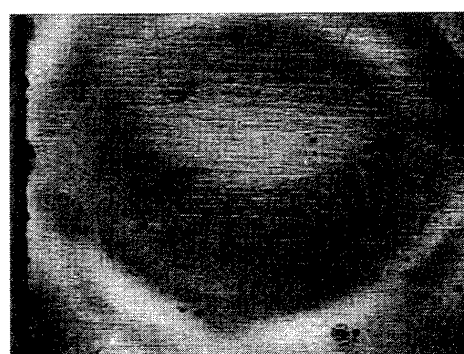


図9 試料C チタン銅
NOコート 500時間経過

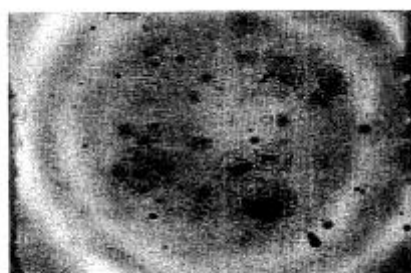


図10 試料D チタン銅 (析出硬化)
NOコート 500時間経過



図11 試料B C7250
ワックスコート 500時間経過

前年度リン青銅とベリリウム銅を比較し、ベリリウム銅の方が耐食性は良いという結果が出たが、図4を見ると、上の試料（ベリリウム銅）と下の試料（リン青銅）では逆の結果が出ている。メーカーの説明では、封孔処理剤（オイル系）を使用していることとめっきの処理法に工夫しているとのことである。上の試料（ベリリウム銅）は、この処置をしていないため腐食したと考えられる。

図5は、上が試料「ハ」（Niめっき1μm）下が試料「ニ」（Niめっき3μm）で中間めっきの厚さが違うためと考えられる。しかし、「ニ」の試料も腐食していないのではなくEPMAで分析するとピンホールより腐食していた。

3.2 耐腐食性銅合金の腐食状態

図6は試料：リン青銅、図7は試料A：MF202、図8は試料B：C7250、図9はC：チタン銅、図10は試料D：チタン銅（析出硬化）を示す。耐腐食性銅合金は、いずれもリン青銅より良好な耐腐食性を示し、 $C > B > D > A$ の順と考えられる。しかし、同じチタン銅でも析出硬化処理を行うと耐腐食性が低下してしまう現象がある。

オイル系の劣化防止剤使用の場合、リン青銅、ベリリウム銅では0.3μm以上の金めっき厚が腐食防止のため必要だったが、耐腐食性銅合金では0.1μm以上あれば防止できた。

これらは、いずれも500時間経過後NOコートとオイルコートの試料で比較した。

3.3 オイル系とワックス系の劣化防止剤の比較

腐食防止には、オイル系が最適だが欠点として常時ベタ着くため別の故障モード（塵埃の付着等）を引き起こす可能性がある。ワックス系の場合は皮膜のみが残りその可能性が少ないと思われる。

表面抵抗値は、オイル系が使用前と使用後で変化しないのに対し、ワックス系の場合は1~3mΩの増加がみられた。

腐食性では、オイル系の場合、金めっき厚0.5μmでピンホールからの腐食を防げたが、ワックス系では0.5μmでも発生した。図11にその例を示す。しかし、これはあくまでオイル系とワックス系の劣化防止材の比較であり、NOコートと比較すると効果は見られる。また、端からの腐食エッジクリープは、耐腐食性銅合金素材金めっき厚0.5μmでも防げなかった。

3.4 腐食の内部構造の解析

素材が黄銅の場合。図12に黄銅上Ni-Auめっきの腐食部分断面のSEM像を示す。Niめっきの下側に腐食層が広がっていることが分かる。また、分析によりZnとCuは表面に拡散している。

素材がリン青銅の場合。図13にリン青銅上Au

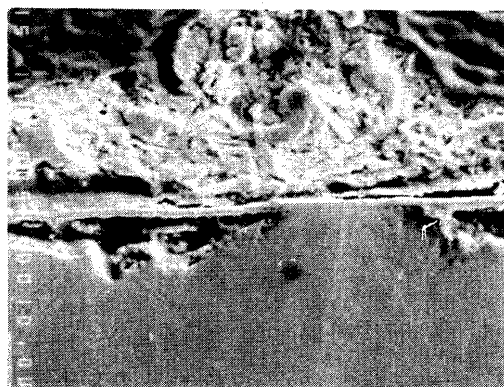


図12 Auめっき上の腐食部分の断面SEM像
材質：黄銅 500時間経過

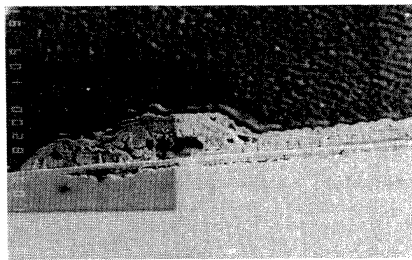


図13 Auめっき上の腐食部分の断面
SEM像
材質：リン青銅 500時間経過

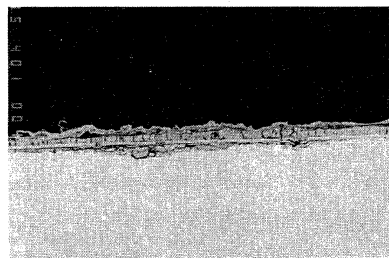


図14 Niめっき上の腐食部分の断面
組成像
材質：リン青銅 500時間経過

めっきの腐食部分断面の SEM 像を示す。また分析により

表面に拡散しているのは Cu であった。

図 14 は、リン青銅上 Ni めっき上の腐食部分断面の SEM 像を示す。分析により Ni 下側の腐食層から Ni 上に Cu が拡散し層を形成していた。これらのことから、最終 Au めっきがない場合には著しく Cu の拡散が生じることが考えられる。

腐食層の大きさを観察した結果、黄銅素材では、大きいもので 20 μm の深さが観測されたのに対し、リン青銅では、5 μm でありこの面からも耐腐食性の違いが見られた。

3.5 めっきの検査法の検討

接触面の欠陥の検査を非接触で行う方法について検討したが、蛍光 X 線微小部膜厚計を利用する方法はその適用が難しい面があった。

4. まとめ

(1) 市販コネクタを比較したところ、中間めっき Ni 層の厚さの違いと思われる腐食の差があった。エッジクリーブ現象では明らかに差が出ており Ni めっきの重要さを示していると思われる。

(2) 耐腐食性銅合金の耐腐食性は、チタン銅 > C7250 > チタン銅 (析出硬化) > MF202 > リン青銅の順と考えられる。しかし、金めっき厚 0.5 μm でもエッジクリーブ現象は、防げなかった。

(3) 劣化防止剤 (オイル系) を用いた場合 ピンホールからの腐食を防ぐには、ベリリウム銅・リン青銅では、金めっき厚 0.3 μm 以上必要だが、耐腐食性銅合金の場合には 0.1 μm 以上必要である。

(4) 劣化防止剤 (ワックス系) の腐食防止作用はオイル系よりも低く、金めっき厚 0.5 μm でも腐食が発生した。

(5) 腐食形態を解析したところ、素材の違いにより拡散する元素に違いがみられた。

黄銅素材では Zn と Cu が、リン青銅素材では Cu が拡散していた。

終わりに当たって、ご協力いただいた神奈川高度技術支援財団の石崎康雄氏、ご助言指導いただきました工業技術院電子総合研究所 中村国臣氏、両氏に謝意を表します。