



学位論文の要旨

専攻名	材料科学専攻	ふりがな 氏名	いけだ ひろさか 池田 博 榮 
学位論文題目 微摺動摩耗による自動車用錫めっきコネクタの寿命に関する研究			
(英文 Influence of Fretting Wear on Lifetime of Tin Plated Connectors for Vehicles)			
<p>近年、自動車における電子機器搭載の増加やハイブリッドカーや電気自動車の実用化によりコネクタは</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 低コスト化のために、空気を遮断する「ガスタイト」性があるとされる錫めっきを用いた小型、多極コネクタが増加し、 ② 小型、多極化するにはコンタクト部の接触圧力を小さくする必要があり、接続信頼性が問題となってきた。 ③ 更に、接触荷重が小さくなったため、熱や振動等によりコネクタ嵌合部に微摺動摩耗が発生し、接続不具合を発生させている。 <p>本研究ではコネクタ信頼性向上のために実用的観点より研究を行い、</p> <ol style="list-style-type: none"> ① コネクタ寿命は微摺動による、初期の安定した接触抵抗より2倍の抵抗値となる摺動回数を寿命と定義し、 ② 微摺動初期からコネクタ寿命に至るまでの接触抵抗の変化、表面、断面の電子顕微鏡や、元素分析、新たに摩擦係数測定による観察と解析により接触抵抗増加の原因を把握し、 ③ 経験的にコネクタのガタを少なくすることや、エンボス半径を大きくとること、更には潤滑油が微摺動摩耗に効果があるという知見に対し、その効果を定量的に解析し、かつ新規に摩擦係数を測定し、ガスタイト性より寿命についての検討を行った。 <p>その結果、錫めっきコネクタは微摺動により、ただちに凝着・せん断が発生、摩耗し、大気中の酸素による酸化が生じ、摺動部分に酸化摩耗粉が堆積することにより、接触抵抗が増大しコネクタ寿命に至ることがわかった。特に</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 微摺動振幅はその寿命に大きく影響し、20μm以上の振幅では数回から数100回という短い摺動サイクルで接触抵抗が急上昇し寿命となる。 ② 短い微摺動振幅では空気に曝されない常時接触部、「完全なガスタイト」面積が大きくなる。5μm程度の微小振幅では錫同士の凝着・せん断・摩耗は発生するが、錫の酸化は進まず、酸化堆積物が発生しにくいいため、接触抵抗は安定し、100万回を超える長寿命を有することがわかった。 <p>接点の形状に関しては、エンボス半径を大きくすると「完全ガスタイト面積」の点では有利で、摩耗の進行も遅くなるが、生じた摩耗分の堆積部分に乗り上げ易くなり、エンボス半径が小さくなると摩耗粉を排除し易くなるが、摩耗の進行が早くなることから、適切な形状が存在することを示した。</p>			

ふりがな 氏 名	いけ だ ひろ さか 池 田 博 榮	
-------------	-----------------------	---

- ① 一般に用いられているパラフィン系潤滑油を滴下するだけで酸素の透過を大幅に減少でき、「完全ガスタイト」状態となり、 $50\mu\text{m}$ の振幅でも 100 回程度が、10 万回というはるかに長寿命を実現できた。
- ② また摩擦係数の測定では初期の低接触抵抗となる定常摩耗状態では逆に摩擦係数が高くなり（反対称的）、その後接触抵抗上昇（酸化摩耗粉の堆積が進む）するとともに滑りやすくなり摩擦係数が下がってくる。これはトライボロジーで言われる、減圧下や窒素雰囲気下では摩擦係数が増大する、即ち酸化しにくい雰囲気では摩耗により表面の酸化層が剥がれ、新しい金属面が発生し、酸素に曝されないため金属同士の凝着・せん断が起こり、接触抵抗は低下するが、摩擦係数は増加することになるためである。
- ③ 潤滑油滴下時の摩擦係数・接触抵抗は無潤滑の場合と同程度の値であり（初期摩擦係数 潤滑有:潤滑無=0.42:0.5、ピーク時 0.82:0.95、初期接触抵抗 0.8:0.9m Ω ピーク時 0.6:0.6m Ω ）反対称形で推移している。このことは潤滑油下でも錫同士の凝着・せん断が起こっていることを示唆しており、流体潤滑は無潤滑時よりけた違いに摩擦係数が低下するというトライボロジーとは異なる接触形態であると言える。
- ④ 潤滑油下では $50\mu\text{m}$ 振幅の場合、3 万回付近から錫めっきがメカニカル摩耗により消滅し始め、銅合金下地同士の微摺動摩耗が始まるが、初期安定期の 2~3 倍程度の接触抵抗であり、摩耗粉が潤滑油の持つ洗浄効果により除去され、2 倍程度に下がってきている。また摩擦係数は 0.2~0.3 に低く安定している。潤滑油下では銅合金同士の状態でも接触抵抗は十分低く、実用上は使用可能である。潤滑油の活用については更なる研究が望まれる。

一方コネクタ寿命は酸化堆積層の発生で接触抵抗が増大するだけではなく、Au 等貴金属でもコネクタ寿命があり

- ⑤ 摺動によるメカニカル摩耗により貴金属面がコンタクト周辺に押し出され、薄くなり、さらには消失し接触抵抗増となるためである。
- ⑥ すなわち完全ガスタイトが確保できれば錫でも長寿命となるが、メカニカル摩耗によるめっき面の薄化、消滅が次なる課題である。

次に小型多極化されたプリント基板用表面実装コネクタではコネクタ、基板の熱膨張収縮の差による半田時のそりが発生するため、コネクタの幅寸法に限界がある、また振動、熱負荷時には数 $100\mu\text{m}$ オーダーの大きなズレや微摺動が発生しており、微摺動摩耗対策が必要であることが分かった。以上、微摺動対策としては、コネクタ嵌合時のガタを少なくし嵌合部が動きにくい構造とし、エンボス半径を適切に取り、安定なパラフィン系潤滑油で潤滑し、メカニカル摩耗と酸化に強いめっきとすれば良いことが判った。