

機能性薄膜の活用技術(第2報)

齋藤 均* 浅野 俊之*

1. 緒言

複合めっき(分散めっき)技術は、めっき金属と無機物あるいは有機物の微粒子との組合せによって耐磨耗性、自己潤滑性、耐食性などの機能性向上を中L、に研究されてきており、機械部品、自動車部品等に利用されつつある。

複合めっきでは、めっき液中に添加した固体微粒子がめつき皮膜中に取り込まれ并析することにより形成される。そこで、油滴を見かけ上固体として取り扱うことのできるマイクロカプセルを用いてめつき皮膜中に油滴を分散共析させた自己潤滑性めっきを試みたので、報告する。

2. 実験方法

2.1 マイクロカプセル複合めっきの作製

予備実験の結果から、めつき槽は図1に示すものを使用した。試験片は軟鋼板(SPCC100×50×1)を使用し、50×50mmにマスキングし、前処理の後、電流密度5A/dm²で60分間めっきを行った。

攪拌は機械攪拌による間欠攪拌とし、攪拌時間は12秒、休止時間はマイクロカプセル濃度により 1~3分とした。

また、めつき面は鉛直方向に対し8度傾けた下向きとした。

ワット浴を用いた実験では、界面活性剤N-10を用いて作製したマイクロカプセルスラリーを無光沢浴20ml/L、光沢浴40ml/Lの割合で添加して実験を行った。又、クエン酸浴を用いた実験では界面活性剤N-3、及びN-10を用いて作製したマイクロカプセルの濃厚スラリーを50、100ml/Lの割合で添加して実験を行った。今回の実験ではめつき厚さ50μm以上を目標とし、使用

したマイクロカプセルの平均粒子径はどちらも4.2μmであった。

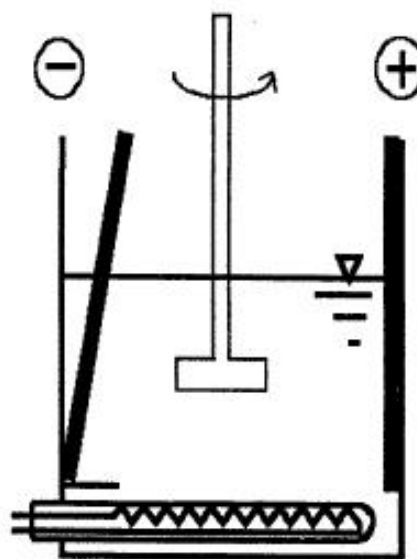


図1 めつき槽

3. 実験結果及び考察

3.1 マイクロカプセル複合めっきの共析量

并析量の測定は、試料切断・樹脂埋込・研磨した後アセトン・アルコールで洗浄し、顕微鏡及び画像解析システムを用いて面積比を求め、この面積比がどの断面でも一定であると考えられることから(ステレオロジーの理論)、これを体積比(共析量)とした。

ワット浴からの複合めっきの井桁量は、無光沢浴(添加量20ml/L)の場合4.4%(試料A)、光沢浴(添加量40ml/L)の場合2.3%(試料B)であった。光沢剤の作用は、めっき中の光沢剤の吸着や共析による二次電流密度の改善や、微粒子の析出を防止したりすると言われている。そのため、無光沢浴の方が共析量が多くなったものと考えられる。また、めっき液中のマイクロカプセルは、めっき後も凝集や破壊は認められず安定した状態であった。(写真1,2)

また、後述するめつき浴に比べ共析量が少ないのは、マイクロカプセルの添加量の計り方が異なるため、そのまま比較できない。ワット浴の場合の計り取り方は、マイクロカプセルスラリーを油量の5倍の水に分散させたものを計り取っている。これに対し、クエン酸浴では1昼夜以上放置したとき浮上した濃厚スラリーを計り取っている。

次に、クエン酸浴からの複合めっきにおける井桁量は、ワット浴と同じ界面活性剤N-10によるマイクロカプセルを使用したとき、添加量50ml/Lでは62.5%(試料C)、添加量100ml/Lでは64.5%(試料D)を示した。この井桁量では写真からもわかるように、めつき層の中はマイクロカプセルが層状になり、皮膜の機械的強度は保てない状態である。また、めっき後のマイクロカプセルの状態は多少の破壊がみられたがほぼ安定した状態であった。(写真3,4)

界面活性剤N-3を用いて作製したマイクロカプセルを使用したときは、添加量50ml/Lでは5.2%(試料E)、添加量100ml/Lでは3.6%(試料F)であった。これはめつき中にマイクロカプセルの破壊が認められ添加濃度が変化したものと思われる。さらにこの場合めっきの密着性が非常に悪く、特に添加量の多い場合はめつき皮膜の割れ剥離が生じていた。(写真5,6)

めつき皮膜中に共析する潤滑油の量を増やすには、マイクロカプセルの体積は粒子径の3乗に比例することから粒子径の大きいカプセルを用いた方が共析量を大きくしやすいが、皮膜強度の低下が予想され、これらに対する検討が必要である。

3.2 マイクロカプセル複合めっきの皮膜特性

含油マイクロカプセルの潤滑特性を見るために、連続加重式表面性試験機(新東科学(株)製)を用い荷重を100,200g一定とし、圧子に1/8inch超硬ボール圧子を用いて、100mm/分の速度で距離30mm往復10回試験した。このときの摩擦抵抗を測定し摩擦係数として表した。試験片は試験面を1500番のエメリーで研磨し、アセトン、アルコールで洗浄後試験を行った。

対象試料として光沢ニッケルめっきを用いた。対象試料では摩擦係数は試験回数とともに0.25から0.48へと増大しており、試験後の圧子を観察したところ一部にめつき皮膜の凝着が認められた。

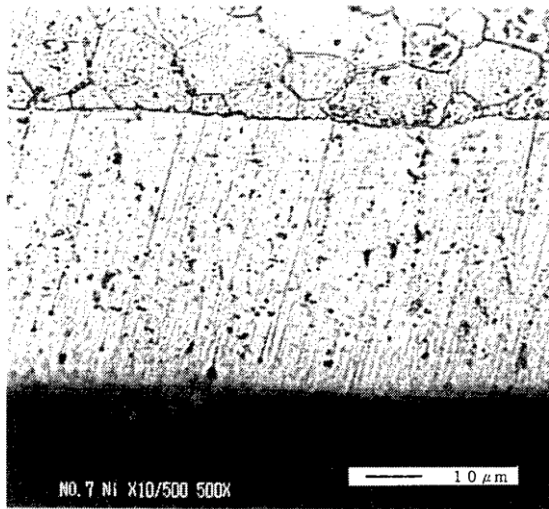


写真1 複合めっき断面(試料A)

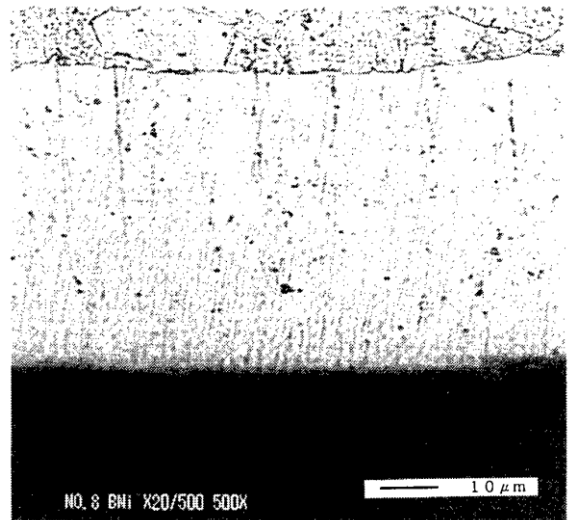


写真2 複合めっき断面(試料B)

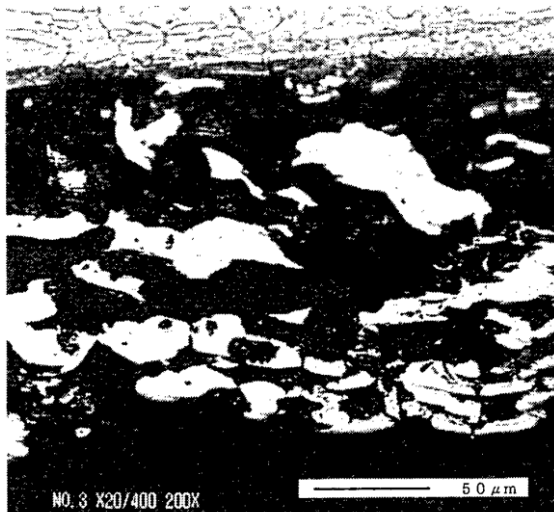


写真3 複合めっき断面(試料C)

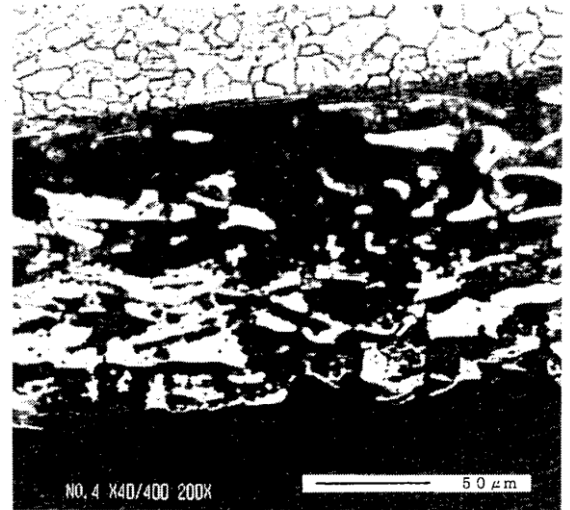


写真4 複合めっき断面(試料D)

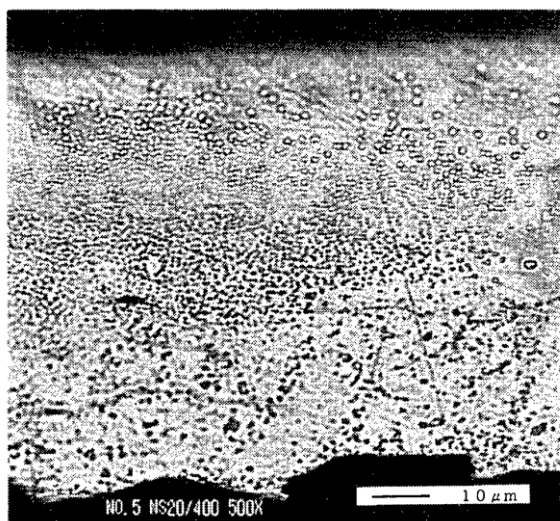


写真5 複合めっき断面(試料E)

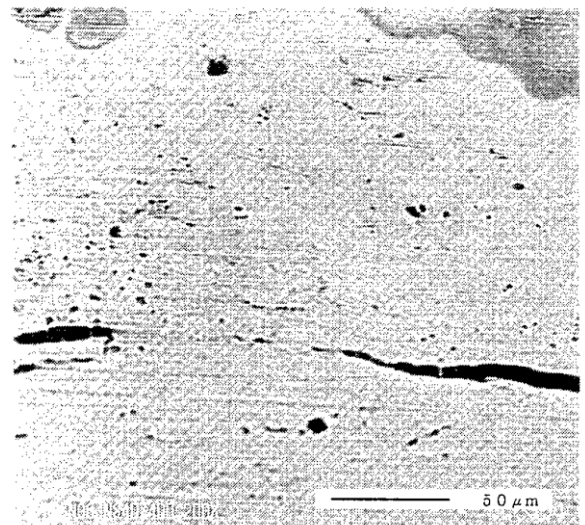


写真6 複合めっき断面(試料F)

ワット無光沢めっき浴を用いた複合めっき試料Aにおける摩擦係数は0.18から0.22であり、わずかではあるが増加する傾向にあった。しかしながらこれはニッケルめっき皮膜に比べると30~54%減少しており、含油マイクロカプセルの共析量が4.4%でも潤滑効果があることを示している。

ワット光沢めっき浴を用いた複合めっき試料Bにおける摩擦係数は試験中ずっと0.17のまま変化せず良好な結果が得られた。このときの共析量は2.3%であり無光沢浴の場合の約半分程度しか共析していないにもかかわらず摩擦係数は32~65%の改善がなされている。これは光沢浴が無光沢浴に比べ皮膜が硬いため皮膜中の潤滑油量が少なくても潤滑効果が現れたものと考えられる。

さらに、試験荷重100gと200gの試験結果を比較した場合、光沢浴複合めっきでは摩擦係数に変化がないが、無光沢浴では試験荷重と共に高くなる傾向にある。これは無光沢浴では皮膜硬度が低いため試験によって皮膜が摩耗し一部に凝着を生じているためと考えられる。

試料Cの摩擦係数は0.14~0.15のまま変化せず良好な摩擦特性であった。この試験後の圧子の表面を観察すると、明らかな油膜と摩耗層が観察された。これはマイクロカプセルの共析量が62.5%もあるため試験中に皮膜中のマイクロカプセルが破壊され油がにじみでてきたものである。しかしながら、この試料では摩耗が認められた。これは共析量が多すぎたために皮膜強度が低下しているためと考えられる。

これと同様な結果は、共析量64.5%の試料Dでも見られその摩擦係数は0.16~0.18であった。試料Eの摩擦係数は0.14~0.15を示した。しかしこの試料ではめっき中にマイクロカプセルの割れ・油滴化がみられたため、井桁量の測定結果は6.2%であるもののその断面からは油がにじみでてくる状態であった。

また、試験荷重を変えても試料B,C,D,Eは、それぞれ同じ摩擦係数を示した。

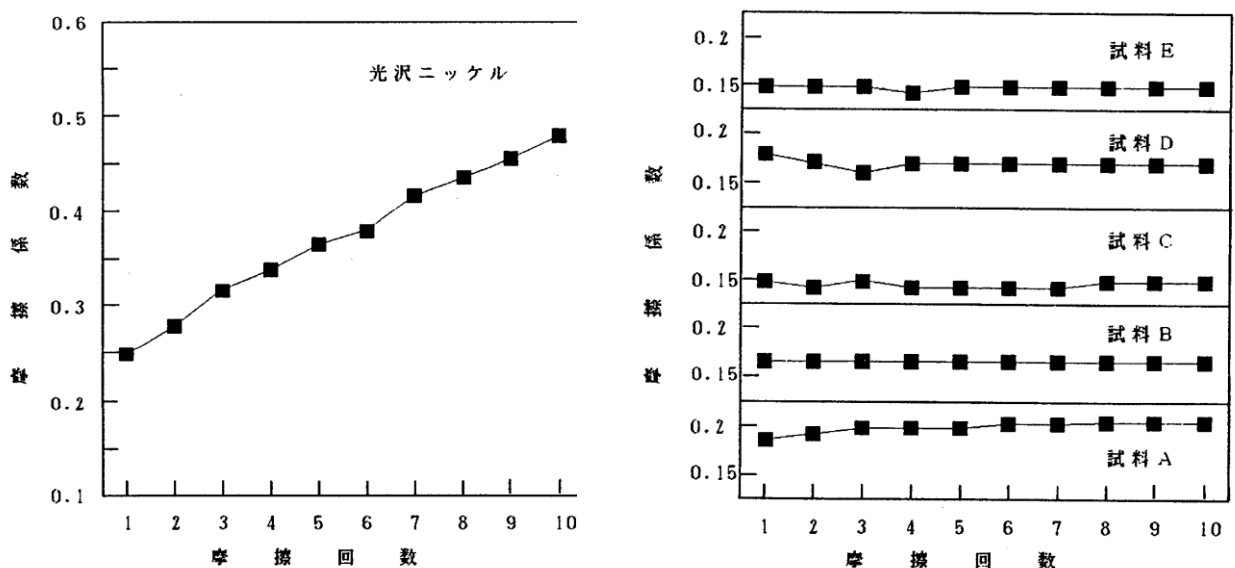


図2 マイクロカプセル複合めっきの摩擦係数

4. 結言

自己潤滑性を有する含油マイクロカプセル複合めっきについて、マイクロカプセル複合めっきの井桁量及び皮膜特性について検討した結果マイクロカプセル共析量が 2.3%の皮膜で摩擦係数 0.17の良好な結果が得られた。またこのとき凝着は認められなかった。

マイクロカプセル複合めっきの応用について考えてみると、本実験で行った潤滑油を用いた含油マイクロカプセル複合めっきは、潤滑油を含浸させた焼結金属と同じような使い方ができるものと思われる。さらに、マイクロカプセルにはいろいろな物質を閉じ込めることができることから、芯物質として香料や染料を用いたマイクロカプセル複合めっきも考えられる。さらには、複合めっきしにくい微粒子をカプセル化によって粒子の性質を変化させたり、防錆剤を含むマイクロカプセル複合めっきによる耐食性の向上などが考えられる。

本研究を進めるにあたり、ご助言をいただきました武蔵工業大学教授 松本誠臣氏に謝意を表します。