

組成傾斜構造を持つ Fe-Cr 合金めっき皮膜の作製

(宇都宮大院工, 宇都宮大工*, 日本ブレーテック(株)**)

久保田賢治, 延本要介*, 吉原佐知雄, 白樫高史, 及川 渉**, 工藤南海夫**

キーワード [Fe-Cr 合金めっき、組成傾斜構造、QCM 法、硬度、耐食性]

緒言

アルミニウム合金の新しい表面処理として、Fe-Cr 合金めっき皮膜が登場した。この Fe-Cr 合金めっき皮膜は、高硬度かつ高耐摩耗性という特徴を持つ。Fe-Cr 合金めっきにより被覆されたアルミニウム材は、軽量でありながら高い耐摩耗性を有する優れた材料となる。この Fe-Cr 合金めっき被覆アルミニウムはレース用ブレーキディスクなどに既に実用化され、さらに広い応用に向け高機能化が求められている。主な性能要求は、耐食性の向上、皮膜の密着力向上である。これらの問題を皮膜の Cr 含有率が、膜厚方向で傾斜する、組成傾斜構造により解決を図った。即ち、皮膜表層付近に Cr 含有率が高く耐摩耗性の高い高硬度の皮膜をつくり、皮膜の内部を硬度の低く靱性の高いめっきとし、耐摩耗性と靱性を両立するめっき皮膜の作製を試みた。

実験方法

○ Fe-Cr 合金めっき皮膜の電流密度依存性

各電流密度で作製した Fe-Cr 合金めっき皮膜の硬度、耐食性、表面モルフォロジー、元素組成、成膜速度、電流効率を調査した。Fe-Cr 合金めっき皮膜は定電流電解法にて作製した。Fe-Cr 合金めっき浴の組成を Table.1 に示す。作用極は金 QCM 電極を用い、対極には炭素電極を用いた。成膜時の電流密度は $10 \sim 75 \text{ mA/cm}^2$ 、浴温は $40 \sim 45$ とした。QCM

Table.1 めっき浴組成

硫酸第一鉄[FeSO ₄]	40g/dm ³
塩基性硫酸クロム()	120g/dm ³
ギ酸アンモニウム[HCOONH ₄]	55g/dm ³
シュウ酸アンモニウム[(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄]	10g/dm ³
塩化カリウム[KCl]	54g/dm ³
塩化アンモニウム[NH ₄ Cl]	54g/dm ³
ホウ酸[H ₃ BO ₃]	40g/dm ³

法により測定しためっき作製時の質量変化から、めっき皮膜の膜厚、成膜速度を算出した。また、作製しためっき皮膜は FE-SEM により表面形状の観察を行い、EDX によりめっき皮膜中の Cr の含有率を求めた。硬度の測定は、Al 基板 (99.99%) 上に約 $30 \mu\text{m}$ めっきを施し、樹脂埋め、カットしたものを試料として、皮膜断面の硬度を微小ビッカース硬度計により測定した。

○ 組成傾斜構造を持つ Fe-Cr 合金めっき皮膜の作製

Cr 含有率の違う皮膜を積層することにより、組成傾斜構造を持つ Fe-Cr 合金めっき皮膜の作製を試みた。金 QCM 電極上に 3 層のめっき皮膜を積層することを試みた。それぞれの電流密度で $1 \mu\text{m}$ づつ皮膜が積層されるように、電流密度 10 mA/cm^2 で 120min、 25 mA/cm^2 で 20min、 50 mA/cm^2 で 5min、と 3 段階の電解を行った。ここでの成膜時の質量変化を QCM の共振周波数の変化によりモニターした。また、めっき皮膜の断面を EPMA により元素分析を行い膜厚方向の元素分布を調べた。次に、Al 板 (99.99%) 上に組成傾斜めっき

○ Kenji KUBOTA, Yosuke NOBUMOTO, Sachio YOSHIHARA, Takashi SHIRAKASHI, Wataru OIKAWA, Namio KUDOH

の作製を試みた。電流密度を $10\text{mA}/\text{cm}^2$ から $50\text{mA}/\text{cm}^2$ の範囲で、段階的に上げてゆき、組成傾斜構造を持つめっき皮膜を作製した。また、各電流密度で積層を行うめっきの膜厚が均等になるように、QCM により測定した成膜速度から電解時間を算出した。

結果と考察

Fig.1 に各電流密度で作製した Fe-Cr 合金めっき皮膜の Cr 含有率を示す。高電流密度で作製した皮膜ほど Cr 含有率が高くなった。 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ では、ほぼ Fe のみのめっき皮膜であり、 $60\text{mA}/\text{cm}^2$ の皮膜では Cr 含有率が

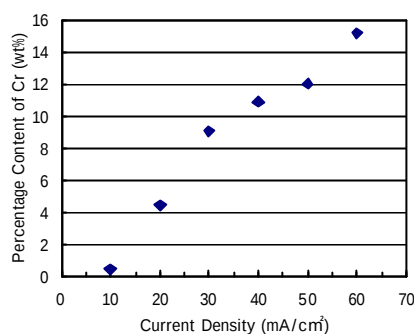


Fig.1 各電流密度で作製した Fe-Cr 合金めっき皮膜の Cr 含有率

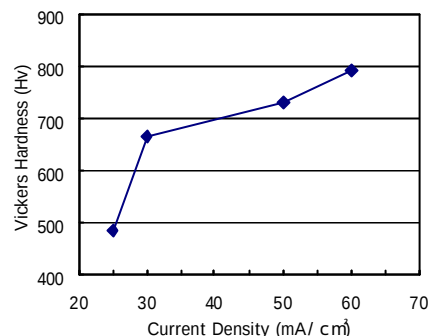


Fig.2 各電流密度で作製した Fe-Cr 合金めっき皮膜の硬度

約 15% (wt%) に達した。Fig.2 に各電流密度で作製した Fe-Cr 合金めっき皮膜の硬度を示す。ここでは Cr 含有量の多い、高電流密度で作成した皮膜ほど高硬度であった。また、電流効率は高電流密度ほど高かった。このように電解時の電流密度を変化させることにより、皮膜の特性が変化することを確認できた。Fig.3 に組成傾斜構造を持つ Fe-Cr 合金めっき作製時の QCM シフトを示す。ここでは、成膜速度が 3 段階に変化する様子がみられた。Fig.4 に組成傾斜めっき皮膜断面の EPMA 面分析結果を示す。ここでは、Cr 含有量が基板側から皮膜表面に向かって、3 段階に高くなっている模様が観察された。このように、電流密度を段階的に変化させることによって、Cr 含有率が傾斜するめっき皮膜を作製することが確認できた。

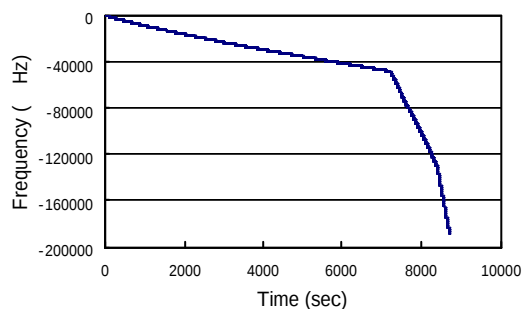


Fig.3 組成傾斜 Fe-Cr 合金めっき作製時の QCM シフト

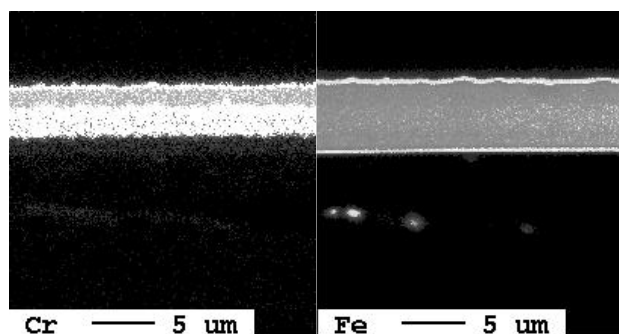


Fig.4 組成傾斜 Fe-Cr 合金めっき断面の EPMA 面分析

まとめ

- Fe-Cr 合金めっき皮膜は、成膜時の電流密度を変化させることにより、Cr 含有量、硬度、成膜速度などの特性を変化させることが可能であることがわかった。
- 成膜時の電流密度を段階的に変化させることにより、Cr 含有量が膜厚方向で変化する組成傾斜構造を持つ Fe-Cr 合金めっき皮膜を作製することができた。