

Title	コーティング膜の組織制御による耐食性・耐摩耗性向上技術に関する研究
Author(s)	加藤, 淳
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43186
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	加藤 淳 ^{かとう じゅん}
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16615 号
学位授与年月日	平成14年1月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	コーティング膜の組織制御による耐食性・耐摩耗性向上技術に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 小林紘二郎 (副査) 教授 菊地 靖志 教授 西本 和俊 助教授 廣瀬 明夫

論文内容の要旨

本論文は、EB蒸着法・電気めっき法・AIP法という3種類のコーティングプロセスを用いて、新たなコーティング材料設計の為に材料・プロセス・評価解析手法に関する指針を提示することを目的とし、鋼板の耐食性およびアルミニウム合金・ステンレス鋼・チタン合金の耐摩耗性に及ぼすコーティング膜組織・皮膜構造の影響とより高度な耐食性・耐摩耗性を得る要点を解明したものである。本論文は、7章からなり、各章の内容は以下の通りである。

第1章では、技術的背景、本研究の意義・目的・位置付けと構成の概要について述べた。

第2章では、EB蒸着法により新たに創製したZn-Mg合金めっき鋼板が他の亜鉛合金めっき鋼板に比して特に優れた耐食性を有することを示し、Zn₂Mg相の生成が長期にわたる犠牲防食能の維持と緻密なZnCl₂・4Zn(OH)₂からなる錆層の形成に影響を及ぼすとともに、溶出するMgイオンがその作用効果の一部を担うことを明らかにした。

第3章では、EB蒸着法によってAl-Cr合金めっき鋼板を創製し、その優れた耐食性にCrを過飽和に固溶した α -Al相と θ (Al₁₃Cr₂)相の生成が関与しており、平衡な α -Al相の優先溶解が卑な電位の維持に寄与する他、Crがアノード反応の抑制等の効果を通じて腐食生成物の緻密化に寄与する作用機構を明らかにした。

第4章では、電気Ni-Pめっきを施したアルミニウム合金・チタン合金について、熱処理によってNi-Pめっき層中のNi₃P相析出量を変え、それによって変化する膜の硬度と靱性が摺動摩耗性と転動摩耗性に及ぼす影響を明らかにし、異なる摩耗形態・接触面圧における硬度と靱性の最適化に必要な指針とした。

第5章では、AIP法によってステンレス鋼窒化膜を新たに創製し、SUS304窒化膜がNi-Pめっきより膜も高硬度で且つ高靱性を達成する要点としてNを過飽和に固溶した γ 相マトリックスに ϵ (Fe₃N)相が微細析出した皮膜構造を示し、膜中のNiおよびNの作用効果を明らかにした。

第6章では、高感度摩耗量評価手法として3次元ベアリングカーブを新たに考案し、切削痕がまだ残存している状態の初期なじみ過程における局所的な極微小摩耗量を評価解析して硬質膜の摩耗量評価に十分適用できる感度を有することを示した。

第7章では、本研究で得られた結果を総括し、実用化事例を示した。

論文審査の結果の要旨

耐食性の維持向上を目的とした過去のコーティング研究開発において、中心的な対象材料となったのは鋼板である。鋼板は、一般の自然環境中、特に腐食促進因子である塩化物を含む湿潤環境中において急速に腐食することから、様々な耐食コーティング技術の研究開発がこれまで活発に行われてきたが、製造プロセスが限定されている現状においては新たな耐食コーティングの開発は限界に達しつつある。

一方、アルミニウム合金・チタン合金・ステンレス鋼は耐摩耗性に問題があり、その用途拡大の妨げとなっている。その為、耐食コーティングと同様に耐摩耗コーティングが古くから研究されてきたが、耐摩耗コーティング膜開発は硬質化に偏る傾向があり、耐摩耗コーティング膜の靱性という観点に欠けるきらいがある。さらに、硬質化が進むと共に摩耗量評価自体が困難となる新たな問題が発生しつつあり、より高精度・高感度で摩耗評価できる基礎的な評価解析手法の確立が求められている。

本論文は、これらの背景を踏まえ、より自由度の高いコーティングプロセスを用いて、新たなコーティング材料設計の為の材料・プロセス・評価解析手法に関する指針を提示することを目的とし、鋼板の耐食性およびアルミニウム合金・ステンレス鋼・チタン合金の耐摩耗性に及ぼすコーティング膜組織・皮膜構造の影響とより高度な耐食性・耐摩耗性を得る要点を解明したものである。得られた結果を要約すると、以下の通りである。

- (1) EB 蒸着法によって新たに Zn-Mg 合金めっき鋼板を創製し、他の亜鉛合金めっき鋼板に比して特に優れた耐食性を有することを明らかにしている。また、非平衡相である Zn_2Mg 相の生成がその優れた耐食性をもたらしていること、さらに、 Zn_2Mg 相から溶出する Mg イオンが耐食性向上効果の一部を担うことを解明し、新たな Zn 合金めっきの可能性を示している。
- (2) EB 蒸着法によって新たに Al-Cr 合金めっき鋼板を創製し、純 Al めっき鋼板に比して10倍近い高耐食性を有することを明らかにしている。また、非平衡相である Cr を過飽和に固溶した α -Al 相と θ ($Al_{13}Cr_2$) 相の生成がその高耐食性の発現に関与しており、平衡な α -Al 相が卑な腐食電位の維持に、また、Cr が腐食生成物の緻密化に寄与する作用機構を解明している。
- (3) 電気 Ni-P めっき層中の Ni_3P 相析出量を摺動摩耗性と転動摩耗性に関して最適化し、アルミニウム合金およびチタン合金の耐摩耗性を改善している。さらに、それら異なる摩耗形態について接触面圧という観点から硬度と靱性の影響を考察し、両特性に関して耐摩耗性が最適となるプロセス指針を提示している。
- (4) SUS304鋼を対象に AIP 法を用いてステンレス鋼窒化膜を新たに創製し、電気 Ni-P めっきよりも高硬度で且つ高靱性を達成しうることを明らかにしている。さらに、その要点として N を過飽和に固溶した γ 相マトリックスに ϵ (Fe_3N) 相が微細析出した皮膜構造を示し、靱性向上に及ぼす Ni、および、硬度上昇に及ぼす N の作用機構を解明している。
- (5) コーティング膜の高硬度化と共に問題となる摩耗量評価手法の問題に対して、3次元ベアリングカーブを用いる方法を新たに考案し、その効果を定量的に評価している。さらに、回転摺動用にトライボスコープを新たに改良して3次元ベアリングカーブと組み合わせ、初期なじみ過程における諸現象解析に適用して、その有効性を実証している。

以上のように、本論文は、鋼板の耐食性およびアルミニウム合金・ステンレス鋼・チタン合金の耐摩耗性の改善を具体的な工業課題とし、コーティングによってより高度な耐食性・耐摩耗性を得る為に、コーティング膜組織・皮膜構造の作用機構という観点から新たなコーティング材料設計の為の材料・プロセス・評価解析手法に関する基盤的な知識体系を新たに拡大している。これらの成果は、耐食性あるいは耐摩耗性の改善を目的としたコーティングプロセス技術の研究開発・実用において適正なコーティング膜組織という普遍的で重要な指針を与えるものであり、生産科学、材料科学、さらには機械工学等の広範な学問・技術領域の発展に寄与するところは大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。