

論文審査の結果の要旨および担当者

| | |
|------|---------------|
| 報告番号 | ※ 甲 第 13627 号 |
|------|---------------|

氏 名 PARK Jaehyeok

論文題目

Development of Highly Corrosion Resistant Platings via Structure Design
(構造制御による高耐食性めっきの開発)

論文審査担当者

| | | | |
|----|-------|-----|-------|
| 主査 | 名古屋大学 | 教授 | 市野 良一 |
| 委員 | 名古屋大学 | 教授 | 齋藤 永宏 |
| 委員 | 名古屋大学 | 教授 | 片山 新太 |
| 委員 | 名古屋大学 | 准教授 | 神本 祐樹 |

論文審査の結果の要旨

PARK Jaehyeok君提出の論文「Development of Highly Corrosion Resistant Platings via Structure Design (構造制御による高耐食性めっきの開発)」は、現代社会、更には未来社会においても不可避である腐食の問題に対して、腐食に強い希少な貴金属を用いるのではなく、有害性が低く資源が比較的豊富な金属を中心に用いながらも、構造制御を行うことで高耐食性を発現するめっき開発を試みている。耐食性が求められる材料は、耐食性以外の特性も求められることが多く、要求に合わせた特性を発現させる必要があることから、耐食性を有する機能性粒子の複合、めっき微構造の制御、積層構造の構築という3種の構造設計・制御を試み、これらの有用性を想定する用途に合わせて議論している。博士論文を構成する各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本論文で取り組む背景とめっきの構造設計の基本的な考え方を述べている。現代社会が抱える構造材の劣化などの腐食による問題、更には次世代技術が直面している腐食の問題を紹介し、現状把握を行うとともに、防食技術の重要性を提示し、本研究を遂行する意義について説明している。そして、既存の耐食性向上のための表面処理技術に関して、その利点・課題を整理し、その中での電気めっき技術の優位性と本論文で取り組むめっき構造に対する設計・アプローチについて説明している。

第2章では、次世代のエネルギー源と期待される固体高分子形燃料電池(PEMFC)の部品であるセパレータ用めっきの開発を試みている。PEMFCのセパレータに求められる耐食性と導電性を確保できるめっき構造として、酸化被膜形成によって高耐食性を示すNi-W合金めっきに高い耐食性と導電性を有するカーボンナノチューブ(CNT)を複合する設計を提案し、CNTを分散させたNiとWを含むクエン酸めっき浴内で電気めっきを適切な電解条件に制御して行うことで同構造を実現できることを見出している。また、同構造では、不活性なCNTを複合することで耐食性が向上できることを明らかにしている。更に、Ni-W合金めっきの表面に形成する酸化被膜を複合したCNTが貫通することで導電パスとして働き、接触抵抗をNi-W合金めっきよりも低減することにも成功しており、同構造の有用性を明らかにしている。

第3章では、有害物質として知られる六価クロムを用いるクロムめっきの代替めっきの開発を試みている。クロムめっきに求められる耐食性、高硬度、耐摩耗性、高温安定性を確保できるめっき構造として、高硬度、耐摩耗性、高温安定性を有するFe-W合金めっきへの微量なZn添加による結晶粒の微細化を新たに提案し、資源の豊富なZn塩を微量添加したFeとWを含むクエン酸-アンモニアめっき浴内で電気めっきを適切な浴組成、pH、電位で行うことで同構造を実現できることを見出している。Znは卑な金属にも関わらず1-2%程度と低濃度導入することで、めっきを構成する結晶の微細化と耐食性の向上を実現できることを世界で初めて明らかにしている。また、Znを適切に合金化するためのメカニズムについても追究し、アンモニア錯体の存在が重要であることを見出している。

第4章では、近年の金属アレルギーの主要な原因として使用が忌避されつつあるNiを含むZn-Ni合金めっきの代替めっきの開発を試みている。輸送機器や生活用品でも広く使用されているZn-Ni合金めっきに求められる高耐食性を無害な元素で実現するため、耐食性にやや劣るZn-Fe合金めっきへの第3元素としてのMo導入と同下地めっきとの相性が良好と推定されたMo酸化皮膜の積層化を新たに提案し、ZnとFeとMoを含むクエン酸めっき浴内でZn-Fe-Mo合金めっきを電析した後、Moを含むクエン酸めっき浴内で電気めっきを行うことで同構造を実現できることを見出している。塩水を用いた複合サイクル試験で耐食性を確認したところ、微量なMoを導入したZn-Fe-Mo合金めっきはZn-Fe合金めっきより僅かに耐食性が低下したものの、同めっきへのMo酸化皮膜の積層によって耐食性が大幅に改善されることを明らかにした。また、腐食進行のメカニズムを調査することで、Mo酸化皮膜の積層は腐食生成物を下地の保護作用がより高い結晶相に変化させ、腐食進行メカニズムを変えることで耐食性を向上していることを明らかにしている。

第5章では、本研究の結論を述べている。

以上のように本論文では、現代社会や未来社会においても不可避である腐食の問題に対して、構造制御によって高耐食性めっきを開発することに成功している。更に、各種用途に求められる特性を勘案し、耐食性以外に求められる特性を実現するめっき構造の設計、成膜に成功し、その優れためっき特性を明らかにしている。これらの知見は学術的に重要なものであり、工学の発展にも寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者であるPARK Jaehyeok君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。