

Title	Fe/Zn系ガルバニック腐食の数値解析による研究
Author(s)	岡田, 信宏
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58372
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	おかのたのぶひろ 岡田信宏
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24572 号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	Fe/Zn系ガルバニック腐食の数値解析による研究
論文審査委員	(主査) 教授 藤本 慎司 (副査) 教授 田中 敏宏 教授 荒木 秀樹

論文内容の要旨

亜鉛めっき鋼板には、切断端面において、亜鉛めっきと下地鋼にガルバニック腐食が生じ、亜鉛めっきが平面部よりも早期に腐食する問題がある。実験的手法により、この端面腐食のメカニズムの解明や、腐食寿命の研究がなされてきたが、未だ不明な点が多い。腐食メカニズム解明のためのアプローチ方法として、腐食現象の数値モデル化が期待されているが、腐食防食に関する数値シミュレーション技術は十分に確立されていなかった。本論文では、Fe/Zn系ガルバニック腐食の数値シミュレーション技術を開発し、その数値解析結果が実験結果と比べて妥当であることを示し、端面腐食に適用した結果についてまとめた。

第1章では、腐食現象の数学モデルに関する過去の研究、特にガルバニック腐食と孔食のモデルについて展望し、従来モデルの問題点と課題を示した。

第2章では、Fe/Zn対における犠牲防食距離の液膜厚みと塩濃度依存性について述べた。従来モデルでは、金属表面への酸素到達量が考慮されておらず、液膜厚みの影響を数値解析により再現することができていなかった。よって、カソード電流密度を酸素拡散律速とするモデル化により、液膜厚みの影響を考慮したガルバニック腐食モデルを開発した。数値解析結果の液膜内の電位分布と実測結果が一致することを示し、犠牲防食距離の液膜厚みと塩濃度依存性を定量的に明らかにした。

第3章では、腐食進行による金属の形状変化を考慮したガルバニック腐食の数値モデルの開発について述べた。従来モデルは、初期形状の腐食速度分布しか得ることができなかったが、腐食進行により腐食速度が変化することを示した。また、塗膜の酸素透過性と導電率が、めっき腐食速度に及ぼす影響についても検討を行い、防食に必要な塗膜物性値を明らかにした。

第4章では、溶液中への酸素溶解速度を考慮し、乾燥と湿潤を含む腐食過程に適用可能な数値モデルの開発について述べた。乾湿を含むサイクル腐食試験におけるガルバニック電流の測定結果と、数値解析結果が定量的に一致することを示した。また、乾燥湿潤過程における液膜厚みの経時変化は不明であったが、数値解析から液膜厚みの経時変化を推測できることを示した。

第5章では、溶液中のイオン移動と各種反応、電気的中性条件を考慮したガルバニック腐食の解析モデルの開発について述べた。開発モデルの数値解析結果とFTIR法による分析結果と比較し、腐食生成物の分布が実験結果と一致することを示した。従来不明であった腐食進行過程における溶液中のpH、イオン濃度や腐食生成物等の経時変化を、この数値モデルにより、再現することが可能であることを示した。

第6章では、第5章に述べた数値モデルを端面腐食に適用し、端面腐食における水溶液の塩種や濃度の影響を檢

討した結果を述べた。NaCl水溶液下では、端面のFe面上に生成する腐食生成物は少ないが、水溶液中に Mg^{2+} が含まれるとFe面上に $Mg(OH)_2$ が多く生成することを明らかにし、これがFe面の防食に寄与している可能性があることを示した。また、従来から塗膜下にCl⁻が濃化することは実験的に知られていたが、その濃化度合いを定量的に明らかとした。

第7章は、結論であり、本論文の内容を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、亜鉛めっき鋼板のFe/Zn系ガルバニック腐食の数値シミュレーション技術をはじめて開発し、得られた解析結果が実験結果と比べて妥当であることを示すとともに、端面腐食現象の解明にも適用している。

第1章では、腐食現象の数学モデルに関する過去の研究、特にガルバニック腐食と孔食のモデルについて展望し、従来モデルの問題点と課題を示している。

第2章では、Fe/Zn対における犠牲防食距離の液膜厚みと塩濃度依存性について述べている。従来モデルでは、金属表面への酸素到達量が考慮されておらず、液膜厚みの影響を数値解析により再現できていない。そこで、カソード電流密度を酸素拡散律速とするモデル化により、液膜厚みの影響を考慮したガルバニック腐食モデルを開発している。数値解析結果の液膜内の電位分布と実測結果が一致することを示し、犠牲防食距離の液膜厚みと塩濃度依存性を定量的に明らかにしている。

第3章では、腐食進行による金属の形状変化を考慮したガルバニック腐食の数値モデルの開発について述べている。従来モデルは、初期形状での腐食速度分布のみ得られたが、腐食進行により腐食速度が変化することを示している。また、塗膜の酸素透過性と導電率が、めっき腐食速度に及ぼす影響についても検討を行い、防食に必要な塗膜物性値を明らかにしている。

第4章では、溶液中への酸素溶解速度を考慮し、乾燥と湿潤を含む腐食過程に適用可能な数値モデルの開発について述べている。乾湿を含むサイクル腐食試験におけるガルバニック電流の測定結果と、数値解析結果が定量的に一致することを示している。また、乾燥湿潤過程における液膜厚みの経時変化は不明であったが、数値解析から液膜厚みの経時変化を推測できることを示している。

第5章では、溶液中のイオン移動と各種反応、電気的中性条件を考慮したガルバニック腐食の解析モデルの開発について述べている。開発モデルの数値解析結果とFTIR法による分析結果とを比較し、腐食生成物の分布が実験結果と一致することを示している。従来不明であった腐食進行過程における溶液中のpH、イオン濃度や腐食生成物等の経時変化を、この数値モデルにより、再現することが可能であることを示している。

第6章では、第5章に述べた数値モデルを端面腐食に適用し、端面腐食における水溶液の塩種や濃度の影響を検討した結果を述べている。NaCl水溶液下では、端面のFe面上に生成する腐食生成物は少ないが、水溶液中に Mg^{2+} が含まれるとFe面上に $Mg(OH)_2$ が多く生成することを明らかにし、これがFe面の防食に寄与している可能性があることを示している。また、従来から塗膜下にCl⁻が濃化することは実験的に知られていたが、その濃化度合いを定量的に明らかにしている。

第7章は、結論であり、本論文の内容を総括している。

以上のように、本論文ではガルバニック腐食についての数値モデル化をはじめて行い、計算結果と実験結果との対応を確認し、この手法が腐食機構の解明や材料開発に応用できることを示しており、材料学の発展に大きく寄与するものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。