

X 線 CT 法を用いた Zn めっき鋼板の非破壊分析 Non Destructive Analysis of Zn Plated Steel Sheets using X-ray Tomography

吉住 歩樹, 小林 龍
Ayuki Yoshizumi, Kamui Kobayashi

日本製鉄(株),
Nippon Steel Corp.

Zn 系めっき鋼板におけるめっき組織の 3 次元分布が、耐食性に及ぼす影響を調査するため、X 線 CT 法を用いて、Zn めっき層と母材の Fe が吸収コントラストによって分離可能か検証した。その結果、入射 X 線のエネルギーが 37keV において、Zn と Fe が吸収コントラストによって分離して観察された。

キーワード： Zn 系めっき鋼板、X 線 CT

背景と研究目的：

鋼材に耐食性を付与した溶融 Zn 系合金めっき鋼板は、自動車、家電、建材などに使用されている。自動車用途の場合、CO₂ 排出量を削減して地球温暖化を防止する取り組みとして、軽量化による燃費向上が望まれており、対 2014 年比で 2040 年には 24%、2050 年には 30%の軽量化が必要とされ、同時に高耐食性、高強度化や長寿命化、さらなる低コスト化なども求められている。そこで、合金組成や熱処理条件などで制御される鋼材の高強度化や加工性を改善してきたが、母材合金めっき組織の 3 次元構造制御による鋼材の高耐食化も検討されている。

本研究の目的は、母材合金めっきの元素組成による、めっき組織の 3 次元構造の違いが、腐食環境下における腐食反応機構や耐食性発現機構に及ぼす影響を調査することであり、さらなる高耐食性を実現する次世代材料の設計指針ならびに製造プロセスを構築するための知見を得ることである。著者らは、これまでに複合サイクル腐食試験 30 サイクル後の Zn - 5%Al めっき鋼板について、X 線ラミノグラフィー法によって、めっき鋼板上に生成された腐食生成物の非破壊分析を実施してきた。入射 X 線のエネルギーや試料厚さを調整することにより、腐食生成物／めっき鋼板界面の再構成画像を鮮明に取得する条件を検討してきた[1-2]。一方、めっき組織の 3 次元分布が、耐食性に及ぼす影響を明らかにするには、同一試料の同一視野における、めっき組織の腐食に伴う構造変化を行うことが重要である。上記の追跡試験を行うには、母材の Fe とめっき組織がコントラストによって分離されている必要がある。

そこで、本課題においては、母材の Fe と密度の近い Zn めっき鋼板を用いて、X 線 CT 法による非破壊分析を行い、Zn めっき層と母材 Fe が分離して観察可能か検証を行った。

実験：

試料は、Zn めっき鋼板を 10mm 角に打ち抜き、片面を油性研磨して試料厚さを約 0.2 mm に調整した。その後、切断機を用いて約 10 mm×0.5 mm×0.2 mm の短冊状に加工したものを供試材とした。X 線測定は BL47XU で行った。X 線のエネルギーは 37keV とした。測定に当たって、検出器のシャッターを閉じた状態で測定した、暗電流由来のノイズを反映した画像（以下、暗電流画像）と、試料無しで直接光を撮影した画像（以下、ダイレクト画像）、試料の透過像の 3 種類の画像を取得した。暗電流画像は試料の測定前後で 250 枚ずつ、ダイレクト画像は 250 枚取得した。試料の透過像について、試料を 0° から 180° まで連続的に回転させながら約 1800 枚の X 線透過像を取得した。透過像 1 枚当たりの露光時間は、100 ms とした。この構成における検出器の実効的な画素サイズは約 0.5 μ m であった。

結果および考察：

図 1 に Zn めっき鋼板の板厚方向における再構成画像の例を示す。再構成画像のコントラストは主に密度による線吸収係数の違いを表しており、密度が高い（線吸収係数が大きい）ほど明るいコントラストとなる。そのため、密度の高い Zn めっき層が明るく、密度の低い方である Fe が暗く観察されている。以上より、Zn めっき鋼板中の Zn と母材 Fe が X 線 CT 法による吸収コントラストで分離可能である知見を得た。

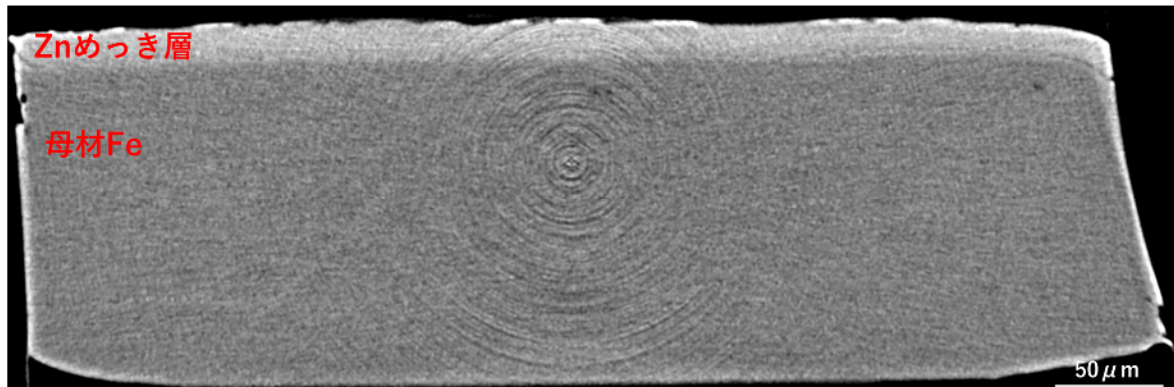


図 1 Zn めっき鋼板の再構成画像

今後の課題：

今後は、Zn めっき鋼板の腐食試験を行い、腐食進行による内部構造の経時変化も測定する予定である。

参考文献：

- [1] 西原克浩、吉住歩樹、谷山明、梶原堅太郎
https://support.spring8.or.jp/report/Report_JSR/PDF_JSR_2021A/2021A1636.pdf
- [2] 西原克浩、吉住歩樹、谷山明、梶原堅太郎
https://support.spring8.or.jp/report/Report_JSR/PDF_JSR_2021B/2021B1891.pdf