

Table 6.4. New surface characterization techniques available for coated steels.

Characterization techniques	Informations available	Examples of their application to coated steels
Scanning Tunneling Microscopy (STM)	Nano-meter scale surface topography	• Surface topographic observation of chromating films
Atomic Force Microscopy (AFM)	Nano-meter scale surface topography	• Surface topographic observation of zinc phosphating films of can stock
Extended X-ray Absorption Fine Structure (EXAFS)	Atomic structure of coating films	• Structure analysis of zinc phosphating films of can stock
Glow Discharge Emission Spectroscopy (GDS)	In-depth profiles of elements of coating films	• Analysis of coating weights and elements of various plated steels
Scanning Vibrating Electrode Technique (SVET)	Current density of localized corrosion in the solution	• <i>In-situ</i> observation of underfilm corrosion of painted steel
Acoustic Microscopy (AM)	Image of deterioration of underfilm corrosion	• Observation of underfilm corrosion and tip of filiform corrosion of painted steels
Photo Acoustic Spectroscopy (PAS)	Image of deterioration of underfilm corrosion	• Non-destructive evaluation of underfilm corrosion of painted steel

により評価されてきたが、めっき鋼板間の腐食の序列が実環境とは異なることが知られてきており、CCTの方がSSTより実環境に近い結果が得られることがわかってきた。

(3) 建材用表面処理鋼板の腐食

建材用途に、溶融 Zn めっき鋼板、溶融 Zn-Al 系合金めっき鋼板、溶融 Al-Zn 系合金めっき鋼板、溶融 Al めっき鋼板が使用されている。これらのめっき鋼板に塗装を施した塗覆鋼板に発生する腐食の形態は ①塗膜、めっき無欠陥部 ②折曲げ加工後のめっき、塗膜割れ部 ③外傷によるめっき、塗膜キズ部 ④切断、穴開け加工部の切り口端面、からの腐食に分類される。この内、切断端面部の腐食機構は Fig. 6.28 のような塗膜下腐食で示される。特に、アルミニウム含有率が高い溶融 Al-Zn 系合金めっき鋼板や溶融 Al めっき鋼板は初期に端面部の素地鋼に赤錆が生じやすく、また溶融 Zn-Al 系合金めっき鋼板も含めるとエッジクリープ（塗膜下を這ってめっきの腐食が進行）の発生が問題である。ただし、エッジクリープは初期に目立つが長期的には溶融 Al 系めっき鋼板は溶融 Zn めっき鋼板に比べて優れた耐食性を示す。この理由として、溶融 Al 系めっき鋼板の耐食性はアルミニウム特有の不動態皮膜形成と不活性な腐食生成物の生成に起因するため、これらの鋼板のエッジクリープは塗膜下に安定なアルミニウムを含む腐食生成物が長期に存在し、この腐食生成物の腐食抑制作用で腐食進行が遅くなるためと考えられている。

腐食評価試験として家電用と同様にこれまで SST が用いられてきたが、実環境での腐食形態に近づけるために CCT の検討がなされつつある。

6.5.4 新しい表面キャラクタリゼーション

鋼板の表面処理技術のめざましい進歩を可能にした大きな要因の一つに表面皮膜の組成・構造解析技術、いわゆる表面キャラクタリゼーション技術の向上が挙げられる。表面皮膜中の微量元素はオージェ電子分光分析 (AES) や二次イオン

質量分析 (SIMS) で定量化され、皮膜の組成・構造は X 線光電子分光分析 (XPS) やレーザーラマン分光分析 (LRS)、薄膜 X 線回折 (TFXD)、透過電子顕微鏡 (TEM) などで同定され、しかも深さ方向の情報も比較的簡単に得られている。これらの手法は汎用技術として完全に定着しており、得られた情報と耐食性や潤滑性、意匠性などの性能との関係を求めることにより、皮膜組成や構造の最適化がなされている。

そのほか、深さ方向の迅速分析が可能なことを特徴とするグロー放電発光分光法 (GDS) によるめっき層の分析やエネルギー分散型 X 線分光器 (EDX) を備えた分析電子顕微鏡 (AEM) によるめっき層断面の極微小領域の分析なども盛んに行われている。さらに、拡張 X 線吸収微細構造法 (EXAFS) や電子スピン共鳴法 (ESR) などによる自動車用表面処理鋼板のリン酸塩皮膜原子の局所構造解析も行われている。

また、最近、新しい原理に基づく走査プローブシステムが考案され、表面処理鋼板の局所分析や水溶液中でのその場観察が可能な新しい手法が次々と出現している。ちなみに、走査トンネル顕微鏡 (STM) および原子間力顕微鏡 (AFM) は固体表面を原子レベルの分解能で観察可能な新手法である。両手法ともに、初期には真空中、大気中での測定であったが、溶液中でも測定可能であることが示され、電析過程について多くの観察結果が報告されている。また、クロメート皮膜やリン酸塩処理膜の解析などにも活用されている。一方、超音波探傷法の原理を応用して開発された超音波顕微鏡 (AM) では、超音波の焦点位置（深さ）を変えて走査することにより、塗膜・コーティング層下での欠陥や腐食状況が検出され、深さ方向の分布も測定されている。同様の原理で、試料表面をレーザー光で走査し、発生する熱弾性波の変化を試料裏側で測定する光音響法 (PAS) では、塗膜下での腐食の進行過程を追跡できることが示されている。また一方で、レーザー光の局所加熱効果によって試料表面の溶解速度の差異をマッピングする走査レーザー電解顕微鏡法 (SLEEM) では、コーティング膜

のピンホール欠陥評価などへの応用が試みられている。

面処理鋼板への応用例を Table 6.4 にまとめる。

以上紹介した新しい表面キャラクターゼーション技術と表

6.6 今後の展望

過去 10 年を顧みると、日本の製造業は省エネルギー、省資源、環境対策を課題としつつ、消費性向の多様化や NIES 諸国の追い上げへの対策として、多品種化、高付加価値化を進めてきた。今後は、急激な円独歩高により低下した国際競争力の回復をも図っていかねばならない。したがって鉄鋼表面処理分野においても、今しばらくの間求められるのは目を見張るような技術革新よりもむしろ堅実なコストダウンの努力であり、次世代の表面処理技術が現れるのは、景気の回復によりこの動きが一段落した後のこととなろう。当面必要性が確かな将来技術としては、リサイクルと環境対策に関わるものが挙げられる。無公害型のめっきや化成処理、塗装技術への動きはすでに欧州で見られる。スクラップの活用はランプエレメントのめっき性への影響という課題を生む。容器材料のモノメタル化は近い将来実現可能かもしれない。

そこから先の将来技術は、技術者の夢として描くしかあるまい。まずは究極の防錆鋼板。犠牲防食を前提とするならば、均一にしかも極めてゆっくり消費されるめっきを使う。耐候性鋼とのアナロジーで考えれば、初期に亜鉛の安定錆を作ってしまうものということか。一方、非めっき処理としては、母材を生かしてその表層のみ不動態皮膜とする方法があればおもしろい。どのような防錆皮膜も切断端面などの加工部では機能しないが、クロメート処理皮膜の自己修復機能をさらに進めた全加工部自己修復型後処理は実現できないものか。防錆とは離れるが、類似の発想で耐汚染性を一歩進めた自己

浄化性表面処理はどうか。有機物の空気酸化触媒で表面変成した塗装によりメンテナンスフリーで外観品位が保たれる。腐食機構に関する基盤研究の一つのゴールは寿命予測であろう。実環境を完璧に再現する促進試験法の確立、あるいは腐食理論に基づいた非破壊検査法などが寿命判定法となり得よう。

夢はまだ続く。センサー機能を有するインテリジェント表面処理。腐食因子の侵入を検知する防錆鋼板がその例である。相反する表面性能を互いに犠牲にすることなく満足させるマルチサイト型表面処理にもニーズがあろう。加工時には潤滑性、組み立て時には接着性を発揮するといった具合である。プロセスでは Brenner の分類にない合金が容易にできる電気めっき法。重防食関係では、太陽エネルギー変換表面処理による電気防食、鉄錆を取り込み顔料として内部分散させる補修用塗料、耐酸性雨クリアコーティング等々。

センサー機能、自己修復機能、自己浄化機能などにはバイオミメティック（生体機能の模倣）技術の進歩がぜひとも必要である。選択性透過膜の開発、生体類似の触媒反応の工業的利用などの課題がある。多機能表面処理には分子レベルでの表面解析、制御技術が必要となり、wet な処理法だけでは限界があるかもしれない。いくつ実現するか分からないが、こういう時代だからこそ夢を失わずに研究開発を行いたいものである。