

図5.4 クロメートフリー有機複合被覆鋼板の基本皮膜設計の考え方（鉄と鋼、89（2003）、80.）

れてきた。

(3) プレコート鋼板（家電用塗装鋼板）

プレコート鋼板には、耐汚染性、耐傷付き性など塗膜硬度に関する性能とともに高度の加工性が要求され、相反するこれらの性能を両立させることが大きな課題であった。これに対して、硬化剤として使用されるメラミンの濃化技術により塗膜表層の耐汚染性を改良した鋼板が開発されている。また、剛直成分と柔軟成分を併せ持つ液晶性化合物を塗膜に導入することにより塗膜硬度と加工性を高度に両立したプレコート鋼板、塗膜の成形加工後に塗膜に残留する歪みエネルギーに着目し、塗膜の弾性歪みエネルギーを低くすることで絞り加工性を向上したプレコート鋼板が開発されている。プレコート鋼板の成形加工性向上は今後の用途拡大において重要であり更なる研究が望まれる。

屋外で使用されるエアコン室外機等へのプレコート鋼板の適用も進んできた。本用途では、加工性、耐食性とともに高度の耐候性が要求とされる。本ニーズに対して光安定化構造をアクリル樹脂骨格に組み込んだ塗膜を有するプレコート鋼板が開発されている。

機能面では、抗菌性、放熱性など従来にない機能を付与したプレコート鋼板、凹凸外観を有するプレコート鋼板が開発されている。抗菌プレコート鋼板は病院内でのMRSA感染やO-157等の問題から抗菌材への感心の高まりを背景として開発された。本鋼板は、銀イオン等の抗菌剤を配合することで塗膜に抗菌機能を付与している。また、塗料に特殊な添加剤を加え、塗料の流動と硬化反応速度を制御することで粉体塗装等に見られる緩やかな凹凸感を発現させたプレコート鋼板が開発されている。

近年AV用途を中心に機器の高性能化に伴い内部部品の発熱が問題化してきた。発熱は商品の寿命や性能低下の原因となるため、排気口、ファンなど様々な発熱対策が施されている。本課題に対し、赤外線領域での放射率が高い塗膜を有する放熱性鋼板が開発され家電製品の筐体として実用化されている。

本項の冒頭でも述べたように環境調和の観点からプレコー

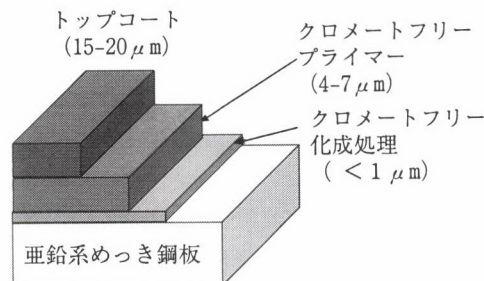


図5.5 クロメートフリー塗装鋼板の構成例（ ）内厚は代表例

ト鋼板に使用されているクロメート成分を他の成分に置きかえたクロメートフリープレコート鋼板が開発されている（図5.5）。例えば、プライマー塗膜の防錆成分としては、リン酸塩とバナジウム化合物との複合化やカルシウム交換シリカ顔料などが報告されているがクロメートフリー化技術の具体的内容については、あまり公表されていない。現在、AV用途および白物家電の一部で実用化されている。屋外家電など耐食性要求レベルの高い部位についても近い将来クロメートフリー化が進むものと考えられる。

プレコート鋼板は鉄と有機材料を効果的に組み合わせた複合材料として、家電メーカーの多様なニーズ、および環境調和などのグローバルな動きに対応して開発がすすめられてきた。今後のさらなる発展が期待される。

(4) 耐食性評価技術

表面処理鋼板の耐食性評価は、より実腐食環境に近い促進試験方法で評価することが重要である。既に、自動車、建材分野ではSSTに代わってCCT（複合腐食試験）による評価が主役となっている。最近、実環境における家電製品の腐食実態と従来の腐食試験方法の課題を踏まえ、家電用表面処理鋼板の新耐食性試験方法の開発・提案が行われている。従来のSSTでは実環境との相関が低いが、新試験法では化成処理鋼板（クロメート処理、クロメートフリー処理）、塗装鋼板いずれも、実環境（沖縄軒下暴露試験）とよい相関が得られたと報告されている。

5.2.3 建材用鋼板（含Alめっき、塗装鋼板）

(1) 動向

建材分野において、表面処理鋼板は住宅構造部材（柱、梁など）や外装材（屋根、外壁）をはじめ、シャッター、内装・床材、住宅設備機器などに広く用いられており、年間で約170万トン程度が使用されている。

住宅構造部材に関する最近の主な動きとしては、鋼材の高耐久化と薄鋼板を構造部材に用いたスチールハウスの制度化が挙げられる。2000年度に施行された「住宅の品質確保の

促進等に関する法律」には「住宅性能表示制度」が創設され、鉄骨造住宅の構造躯体を構成する一般構造用軽量型鋼(板厚 ≥ 2.3 mm)の防錆仕様により、住宅の耐久性能を3段階の等級(約25～75年相当)で表示するようになった。これまでに、溶融Znめっき鋼板や溶融Zn-5%Al合金めっき鋼板が構造躯体用の鋼材として使用されてきたが、一層の長寿命化ニーズに応えるため、めっき層にMgを3%添加し、耐食性を向上させた溶融Zn-Al-Mg合金めっき鋼板が実用化され、これらの部材を中心に採用が拡大している。また、従来の建築基準法では、構造躯体に板厚2.3 mm未満の鋼材を用いることはできなかったが、1995年に板厚1.0 mm前後の溶融Zn、Zn-Al合金めっき鋼板の軽量型鋼を構造躯体に用いた建築物が認定・制度化され、木造ツーバイフォー住宅の枠材をこの軽量型鋼で置き換えたスチールハウスが普及し始めた。木材資源保護の観点からも今後の市場拡大が期待される。

外装材については、窯業建材などとの競合によるシェアの伸び悩み、住宅、非住宅の着工件数や施工面積の減少等により、表面処理鋼板の使用量はやや減少傾向にある。このため、高耐久化とともに高機能性の付与や環境調和型の材料開発による新規用途拡大の取り組みが展開されている。

工場や倉庫などの非住宅の外装材には、金属光沢やスパングル模様の外観が好まれることもあり、無塗装の溶融Alめっき鋼板や溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板が用いられている。これらのめっき鋼板は、約30年間の暴露試験後も優れた耐食性を有することが示された。さらに、薄膜有機樹脂被覆により加工性と加工部の耐食性を向上させた溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板が開発され、従来は適用が困難であった厳しい加工用途での使用が可能となった。長期耐久性材料として開発された溶融Alめっきステンレス鋼板は、10年間の沖縄暴露において切断端面部に赤錆が発生せず、非常に優れた耐食性を有すると報告されている。リン酸亜鉛処理により日本瓦調の色調を付与した溶融Znめっきステンレス鋼板は、意匠性を要求される美術館などの高級屋根材や外壁材として用いられている。

耐食性と意匠性が求められる住宅や非住宅の外装材には、塗装鋼板が主に使用されている。最近、塗装鋼板に用いる原板の長期耐久化の動きが顕著となり、耐食性に優れる溶融55%Al-Znめっき鋼板の比率が増加し、溶融Znめっき鋼板や溶融Zn-5%Alめっき鋼板は減少傾向にある。塗膜の基本構成は、ここ10年間大きく変化しておらず、一般の建材用塗装鋼板は防錆顔料を含有したエポキシ系樹脂の下塗り塗膜と、ポリエステル系樹脂の上塗り塗膜の構成となっている。高耐候性が要求される用途には、フッ素系樹脂あるいはポリ塩化ビニル(PVC)系樹脂が上塗り塗膜として用いられてい

る。新たな上塗り塗料として、光安定化構造を樹脂骨格に組み込み、耐候性を高めたアクリル塗料が開発されている。塗膜の機能としてこれまで重視されていた耐食性、耐候性のほかに、省エネルギー、ロングライフ・メンテナンスミニマム、環境負荷低減の観点から、新たな機能を付与した塗装鋼板の開発が進められた。その結果、遮熱性、耐汚染性、滑雪性、抗菌・抗カビ性、帯電防止性などの機能を付与した種々の塗装鋼板が実用化された。環境対応への取り組みから、脱PVC化推進のため塩ビ鋼板の代替材料として、ちぢみ柄塗装鋼板や厚膜ポリエステル塗装鋼板が実用化された。また、脱Cr(VI)化に向けて、塗装前処理としてのクロメートや下塗り塗料中に含まれる防錆顔料(SrCrO_4)の代替材の開発が進められている。

最近の約10年間に開発・実用化された主な建材用鋼板の特長を以下に紹介する。

(2) 溶融Zn-Al-Mg合金めっき鋼板

めっき層にMgを3%添加した溶融Zn-Al-Mg合金めっき鋼板として、溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき鋼板と溶融Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Si合金めっき鋼板が実用化された。溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき層は初晶Al相とZn、Al、 Zn_2Mg の三元共晶から構成され、3%Mg近傍の組成で三元共晶主体の組織となることを利用して、Mgをめっき層全体に分散させている。溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき鋼板の耐食性は、複合サイクル腐食試験や大気暴露試験などで評価され、いずれの腐食環境においても溶融Zn-5%Al-0.1%Mg合金めっき鋼板に比べて大幅に優れると報告されている。溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき鋼板が大気暴露環境下で高耐食性を発現する理由として、1)腐食抑制効果のある塩基性炭酸亜鉛アルミニウムを主体としたMgを含む非晶質や微結晶からなる緻密な腐食生成物が早期に生成すること、2)腐食生成物中に取り込まれたMgやAlがこの腐食生成物を長期間にわたって安定に保ち、保護性に乏しいとされる酸化亜鉛の生成を抑制すること、が明らかにされた。溶融Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Si合金めっき鋼板の耐食性向上効果としては、沖縄での暴露試験において塩基性塩化亜鉛が安定に存在することから、共存するMg、Siによる塩基性塩化亜鉛の安定化に基づくものと報告されている。また、Cr(VI)フリー後処理を施した溶融Zn-Al-Mg合金めっき鋼板が実用化され、従来クロメート処理していた後めっき部品の代替材として、建材をはじめ様々な分野で適用が広がりつつある。

さらに、塗装原板としての溶融Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Si合金めっき鋼板の特性も検討されており、沖縄暴露試験における切断端面部からの塗膜膨れ幅は、塗装溶融Zn-

5%Al-0.1%Mg合金めっき鋼板の半分以下であり、塗装鋼板としても優れた耐食性を示すと報告されている。

(3) 薄膜有機被覆溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板

溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板は、溶融Znめっき鋼板に比べて加工時にめっき層にクラックが生じやすく、加工部の耐食性低下を招く可能性があるため、厳しい加工部位への適用は制限されてきた。有機被覆処理により、この課題を克服し、加工性と加工部耐食性を向上させた薄膜有機被覆溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板が実用化された。膜厚1~2 μm の有機皮膜は傾斜組成構造を有しており、めっき層との界面近傍に難溶性で有機樹脂との密着性を高めるCr(Ⅲ)リッチ層、その上層の防錆成分(リン酸塩+Ca系化合物)が分散したバルク層、最表層の有機樹脂成分リッチ層で構成されている。最表層の有機樹脂成分リッチ層が、ロールフォーミング等の加工時の摺動で生じるめっき表面のかじりの発生を防止する。加工時に皮膜損傷を受けた部分では、バルク層中の防錆成分とリン酸が反応して保護皮膜を形成することにより、耐食性が向上すると報告されている。

(4) 塗装溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板

塗装鋼板は塗膜欠損部(切断端面部、曲げ加工部、疵付き部)の耐食性が非常に重要とされる。塗装溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板は、暴露初期にはめっき層中のZnリッチ相が腐食し、切断端面部から比較的大きな塗膜膨れを起こす。しかし、Alリッチ相が腐食し始めると難溶性のAl系腐食生成物が塗膜下に堆積し、腐食の進行を大幅に遅らせるので、暴露後数年を経過すると塗膜膨れ幅はほとんど増加しないことが示された。このように、溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板は、溶融Znめっき鋼板や溶融Zn-5%Al合金めっき鋼板に比べて塗膜欠損部を含めた塗装後の耐食性に優れていることが明らかとなり、塗装原板としての需要が急速に拡大している。

最近、溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板のめっき層を軟質化し、かつ塗膜の加工性と密着性を改善した高加工性塗装溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板が実用化された。溶融55%Al-Zn合金めっきは、Znを過飽和に固溶しているAlリッチ相が硬いので、加工時にめっき層にクラックが生じやすく、塗装鋼板の原板に用いた場合、厳しい加工を受けると塗膜自体にもクラックが伝播する。このため、加工部の外観や耐食性が損なわれるという課題を抱えていた。本開発品は、めっき後に固相温度域での熱処理を施してめっき層を軟質化し、クラックの発生を大幅に低減している。さらに、高延性の高分子ポリエステル樹脂と密着性に優れたエポキシ樹脂を反応させた樹脂をプライマー塗料に用いることで、塗膜の加工性

を向上させている。

(5) 遮熱性塗装鋼板

遮熱性塗装鋼板は、太陽光エネルギーの約40%を占める近赤外線を効率的に反射する機能を有する塗装鋼板である。この材料を屋根や外壁に用いれば、日射による建物内部の温度上昇が抑制され、冷房負荷の低減にともなう省エネルギーや断熱材の低減・省略が可能となることから、工場や倉庫などの外装材への適用が進められている。1999年4月に「エネルギー使用の合理化に関する法律」が施行され、各事業所に省エネルギーへの取り組みが義務づけられたこともあり、今後の適用拡大が期待される。

(6) 耐汚染性塗装鋼板

外装建材の高耐久化とともに、長期の美観の保持や洗浄などのメンテナンス費用低減が強く求められるようになり、雨筋汚れなどに対する耐汚染性のニーズが高まってきた。従来の親油性の塗膜では、親油性物質が塗膜表面に固着するため、付着した汚れを簡便に除去することは困難であった。塗膜表面を親水性にすると、雨水が汚染物質を塗膜から浮き上がらせて、洗い流す作用があることが見出され、親水化剤としてシリケート系化合物を塗料に添加した耐汚染性塗装鋼板が実用化された。また、光エネルギーを化学エネルギーに変換するアナターゼ型の TiO_2 を用いて、防汚性、空気浄化性や抗菌性などの機能を付与した光触媒塗装鋼板の開発が進められており、今後の発展が期待される。

(7) ちぢみ柄塗装鋼板および厚膜ポリエステル塗装鋼板

PVC樹脂を150~300 μm 被覆し、エンボス模様を付与した塩ビ鋼板は、レザー調のソフトな風合いと優れた耐候性を有することから、内・外装材に広く用いられてきた。しかし、PVC樹脂は焼却処理時にダイオキシンの発生をとまなう可能性があるため、環境対応の取り組みとして脱PVC化が推進され、塩ビ鋼板に代わる材料として、ちぢみ柄塗装鋼板と厚膜ポリエステル塗装鋼板が実用化された。塗料にポリエステル樹脂を使用し、塗料焼き付け時に塗膜表面を先に硬化させ、塗膜内部が硬化する際の体積収縮を利用して表面にちぢみ模様を形成する。ちぢみ柄塗装鋼板は低光沢で重厚感があり、変退色が小さく、耐候性に優れていることから、外装材として使用が広がりつつある。また、低分子量の直鎖状ポリエステル樹脂をイソシアネートで硬化させるポリエステル塗料が開発され、30~40 μm の厚膜で高加工性を有する厚膜ポリエステル塗装鋼板が実用化された。