

自動車メーカーでのトータルコスト低減を目的とした、一体かつ大パネル化や難成形部品の目的にも適合していた。

1990年代後半に至り、材料コストを低減する目的で2層型GAを代替できる車体防錆鋼板として、無機系潤滑皮膜を有するGAが開発・提案され、既に実用化されている。もっとも代表的なものは、Mn-P系複合酸化皮膜を有するGAである。この皮膜は、プレス成形以外の自動車製造工程（溶接、塗装、等）には影響を与えず、プレス成形性だけを向上させるよう設計されていることが、大きな特長である。2層型GAと同等以上の成形性を有することから、汎用化されている。この他、無機系皮膜ではNi系皮膜、車体のアルカリ脱脂・洗浄工程で脱膜する有機皮膜なども提案されている。

GAの摺動性やパウダリング性を改善するためには、Zn-Fe合金層構造の制御が重要であること、両者を両立させるためには δ_1 相主体のGAが良いこと、などは80周年記念誌に記述されている通りである。これらを実現できるハードの開発と実用化もこの10年で大きく拡大された。

(2) 燃料タンク用表面処理鋼板

自動車燃料タンク用表面処理鋼板としては、ターンめっき（溶融Pb-8%Sn合金めっき）鋼板が多く使用されてきた。その理由は、Pb含有めっきの優れたはんだ性、耐食性、ならびに潤滑性（プレス成形性）等にある。

しかし、環境対応の面から脱Pb化の要請が高まった。前述のEU指令2000/53/ECでは、2003年7月以降に市場に投入される車両には、技術的に代替が困難と判断された部品（バッテリー、防振装置、高圧または燃料ホース加硫剤、保護塗料中の安定剤、電子基板およびその他に使用されるはんだ）を除いて、Pbの使用が制限されている。

一方、わが国では、旧・通商産業省（現・経済産業省）が産業構造審議会廃自動車処理・再資源化小委員会において定めた使用済み自動車のリサイクル目標において、Pbの使用量を1996年に比較して、2000年末までに概ね1/2以下、2005年末までに概ね1/3以下とすることが示されている。自動車燃料タンクにおけるPb使用量はおよそ200gである。

こうした背景から、ターンめっき代替材料の開発が大きく進んだ。その結果、溶融Alめっき鋼板、溶融Sn-Znめっき鋼板、有機被覆合金化溶融Znめっき鋼板、溶融Znめっきの上にNiめっきした2層めっき鋼板などが開発され、既に自動車メーカーにおいて実用されている。

自動車燃料タンクに要求される主要な使用性能には、①耐食性（内面燃料および水分、外面塩害環境）、②製造工程への適合性（プレス成形性、接合性（溶接、ろう付け等）、塗装性）、③強度（静的、動的）、があげられる。自動車燃料タンクの製造から使用に至る各過程で、さまざまな使用性能が必

要とされることがわかる。

燃料が劣化した際に生成する各種有機酸および燃料タンク内に滞留する水が共存する環境における溶融Alめっき鋼板の耐食性は、ターンめっき鋼板に比べて優れている。自動車燃料タンクはさまざまな部品を各種接合方法で接合して製造されるが、溶融Alめっき鋼板に対しては溶接技術の小改良を適用することでターンめっきと同等の性能が確保されている。その他の性能も必要レベルをほぼ満足している。

溶融Sn-Znめっき鋼板は、劣化ガソリン試験溶液での耐食性（内面耐食性）がターンめっきより優れており、外面耐食性、プレス成形性、接合性（はんだ性、シーム溶接性、スポット溶接性）なども実用上必要な性能を有することが報告されている。

有機被覆合金化溶融Znめっき鋼板はGA鋼板に有機被覆を施して、内面耐食性、プレス成形性、溶接性（スポットおよびマッシュシーム）を確保したことが報告されている。

5.2.2 家電用鋼板

(1) 動向

家電用表面処理鋼板の主力は、OA・AV機器の内装部品を用途とする高機能化成処理鋼板と、冷蔵庫、エアコンなどの外装部品を対象とするプレコート鋼板（塗装鋼板）である。

亜鉛めっき鋼板のクロメート処理は、安価で防錆性に優れることから幅広く適用され、耐食性に加えて耐指紋性、潤滑性、塗装性等の多機能を付与した高機能化成処理鋼板が開発・商品化されてきた。一方、クロメート処理液には六価クロムを含有しているため、六価クロムを含まない化成処理鋼板の研究が長年行われてきた。しかしながら、クロメート処理と同様の廉価で耐食性に優れた化成処理技術は見出されていなかった。

最近、電気電子機器を対象とした有害物質（六価クロム、水銀、鉛、カドミウムなど）の使用を制限する「特定有害物質の使用制限（RoHS）に関するEU指令」が2003年に成立したことや、国内産業界の「グリーン調達制度」を導入などの動きが強化された。このような背景の中で、1998年に六価クロムを含まないクロメートフリー化成処理鋼板が鉄鋼各社から開発・商品化され、家電用化成処理鋼板の主力となっている。なお、クロメートフリー化成処理技術は、欧米よりも日本で先行して実用化されている。

プレコート鋼板は約25年前から採用が開始された。本鋼板により家電メーカーの塗装工程が省略可能となり、合理化、資源・環境保護等において多くの利点を有することから、家電製品への適用が拡大している。また1990年後半より、上記の環境ニーズに対応して、六価クロム系防錆成分を含まないクロメートフリープレコート鋼板が開発・商品化されている。

(2) 家電用化成処理鋼板

「高機能化成処理鋼板」には、クロメート単層の「耐食クロメート処理鋼板」や、クロメートと薄膜有機皮膜 (1~2 μm) の2層皮膜から成る「有機複合被覆鋼板」がある。家電用表面処理鋼板の使用用途の拡大に伴い要求特性が多様化し、耐食性、導電性、耐指紋性、潤滑性、塗装性、黒色外観など、多機能の品質特性を付与した「有機複合被覆鋼板」が次々と開発され、AV・OA機器のシャーシやパネルなどの部品に幅広く普及した。例えば、特殊変性エチレン系樹脂を適用し、相反する潤滑性と塗料密着性の両立を可能にした耐指紋性鋼板が開発された。また高い伸びと高抗張力を有する有機樹脂によって、無塗油成形での優れた成形後外観と加工後耐食性を付与した高潤滑防錆鋼板が開発された。

これらの化成処理鋼板には全て耐食性を向上させるために六価クロム (クロメート皮膜) を使用している。クロメート処理と同様の廉価で耐食性に優れた化成処理技術は見出されていなかったが、1998年に鉄鋼各社から、SST (塩水噴霧試験) 72~150時間レベルの耐食性と耐指紋性などの機能を有するクロメートフリー化成処理鋼板が開発・工業化された。これらの鋼板は、主として、ビデオデッキや複写機などのAV・OA機器のシャーシやパネルへ広く普及している。

視点を变えて、化成処理鋼板の展開を環境の観点から示した (表5.1)。①反応型クロメートや電解型クロメート処理 (クロメート処理→水洗→乾燥工程) では、クローズドシステムによる排水処理が確立されている。②塗布型クロメート処理では、水洗工程を必要とせず、塗布後直ちに加熱乾燥される。主にクロム酸 (3価クロム, 6価クロム) とシリカを主成分とした設計により、耐食性、耐指紋性の品質特性を有する。③顧客で「プレス加工→溶接・組立→脱脂 (→用途によって塗装) →製品」という二次加工工程を経るケースがあり、脱脂工程での六価クロムの溶出に対する配慮が必要であった。クロメート皮膜と薄膜有機樹脂皮膜 (1~2 μm) の2層皮膜から成る有機複合被覆鋼板の開発により、脱脂前後のクロム固定率は100%に達し、六価クロム溶出による排水処理の問題はほとんどないと思われる。④しかしながら、これらのクロメート処理液には六価クロムを含有することから、有

害物質削減のニーズに対応するためには、六価クロムを全く使用せずにクロメートと同等の品質特性を有する化成処理鋼板の開発が必須であった。

一方、六価クロムを含まない化成処理鋼板の研究は長年行われてきた。例えば、①Crと同族元素のMoを利用した皮膜、②金属に対するキレート効果に着目したタンニン酸などの皮膜、③重リン酸アルミニウムや珪酸塩皮膜などの無機系高分子皮膜、④有機樹脂と防錆剤からなる有機樹脂皮膜などがある。しかしながら、これら従来のクロメートフリー技術では、耐食性/コストの面からクロメート処理に置き換えられるものは見出されていなかった。

最近の環境ニーズに対応して、98年に鉄鋼各社からクロメートフリー化成処理鋼板が開発された。これは亜鉛めっき鋼板を下地に、新規に開発された有機樹脂薄膜又は無機系皮膜に特殊な防錆添加剤が配合されたものである。耐食性レベルはSSTによる白錆発生時間が72~150時間程度のいわゆる中耐食品で、主として、耐食クロメート処理鋼板や耐指紋性鋼板が使われているビデオデッキや複写機などのAV・OA機器のシャーシやパネルへの採用が拡大した。

一般に、亜鉛めっきの表面に形成された絶縁皮膜は、膜厚を増加させることにより耐食性は向上するが、導電性・溶接性は低下する (図5.3)。これを両立するためには、1 μm程度の薄膜で優れた耐食性を付与することが必要である。そこで高度なバリア性を有する特殊有機樹脂と自己補修性を有する防錆添加剤からなる特殊有機複合皮膜の皮膜設計の考え方が提案されている (図5.4)。開発された高機能クロメートフリー有機複合被覆鋼板では、薄膜で優れた耐食性を付与し、耐食性と導電性・溶接性を両立させ、また、アルカリ脱脂による皮膜損傷を克服することにより、アルカリ脱脂後においても優れた耐食性を保持している。

上記の他に、クロメートフリー化成処理鋼板には、潤滑性と加工後耐食性・外観に優れた高潤滑タイプ、黒色鋼板等が開発されており、クロメートフリー化成処理鋼板が体系化さ

表5.1 環境の観点から見た化成処理鋼板の展開

製品	環境対策	主な品質特性
反応型クロメート処理鋼板 電解型クロメート処理鋼板	完全クローズドシステムによる排水処理	耐食性
塗布型クロメート処理鋼板	(塗布→焼き付け) ノンリンスタイプ	耐食性、耐指紋性
有機複合被覆鋼板	皮膜からのCr ⁶⁺ の溶出阻止	耐食性、耐指紋性、潤滑性、塗装性
クロメートフリー化成処理鋼板	Cr ⁶⁺ フリー	クロメート処理鋼板と同等の耐食性、導電性、その他の品質特性

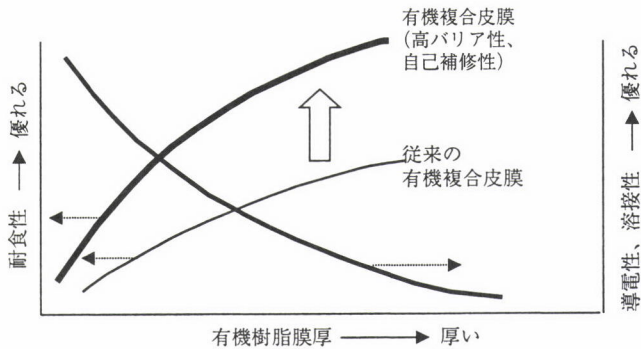


図5.3 高機能クロメートフリー有機複合皮膜の基本コンセプト (鉄と鋼, 89 (2003), 80.)

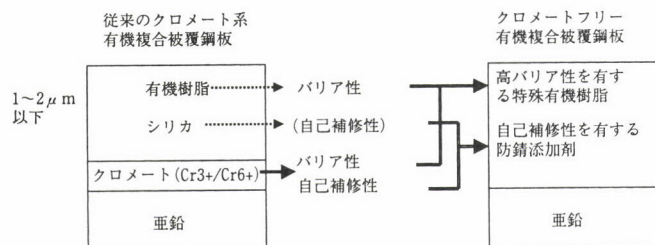


図5.4 クロメートフリー有機複合被覆鋼板の基本皮膜設計の考え方（鉄と鋼、89（2003）、80.）

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

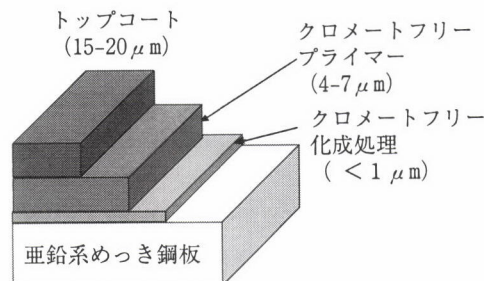


図5.5 クロメートフリー塗装鋼板の構成例（ ）内厚は代表例

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