

論文・解説

38

環境にやさしい高付き回り電着塗料の開発

Development of Environmental-friendly High Throwing Power E-Coat

重永 勉*1 山田 光夫*2
Tutomu Shigenaga Mitsuo Yamada

要約

自動車の下塗り塗装には、防錆の目的で電着塗装が一般的に使用されている。電着塗装は、塗料中に車体を浸漬し電気を流して塗料を付着させるが、従来の電着塗料は、電気の流れやすい車体内部と流れにくい外部で塗装膜厚差ができ、また内部には均一な塗装膜が形成されにくかった。

今回、電着塗料の析出特性を改良し付き回り性を改善することで、電気が流れにくい車体内部にも均一な塗装膜を形成できた。また、必要以上に塗料が付着していた外部では膜厚を適正レベルに抑制し塗料使用量を削減できた。この塗料使用量削減により、塗料に含まれる揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds : 以下VOC) の削減、及び塗料製造時のエネルギー消費で発生するCO₂の削減も可能になった。

Summary

Electrodeposition coating (E-coat) is generally adopted as the undercoat of an automotive body for the purpose of anti-corrosion. E-coat is a process that the automotive body is coated by electricity, where it is immersed into an E-coat paint bath. A conventional E-coat technology tends to have a film thickness discrepancy between inner and outer surfaces due to a difference in electricity quantity to be flowed. Furthermore, it tends to have a film thickness discrepancy even within the inner surfaces.

This new E-coat technology has made it possible to obtain a uniform film thickness within an inner surface which electric current is hard to reach, by modifying paint deposition characteristics, thus having improved throwing power properties. Paint consumption has been also reduced by optimizing the film thickness of an outer surface which had conventionally been wastefully coated more than necessary. Furthermore, this can reduce Volatile Organic Compounds (VOC) contained in paint and CO₂ emission during the paint manufacturing process.

1. はじめに

現在、マツダの塗装は、Fig.1に示す通り、化成処理、下塗り塗装、3ウエットオン塗装の工程で実施している。この3ウエットオン塗装はマツダが世界に先駆けて開発し、国内の全工場に展開しており、VOCとCO₂の排出低減に大きな効果をあげている。今回開発した塗料は、その前工程の下塗り工程で、環境負荷物質の低減、及び防錆性能の向

上を狙いとしたものである。

下塗り塗料は、電気を使って塗装しているため、電着塗料と呼ばれている。従来の電着塗料では車体内部と外部への電気の流れ方の差により塗装膜厚差ができる。その結果、車体内部の塗装薄膜部は防錆上の弱点となり、外部の厚膜部は余剰塗膜となるため膜厚差の低減が望まれている。この膜厚差の低減は塗料使用量の削減につながり、塗料に含まれるVOCや塗料製造時のエネルギー消費で発生するCO₂

*1 技術研究所
Technical Research Center

*2 日本ペイント(株)
Nippon Paint Co., Ltd.

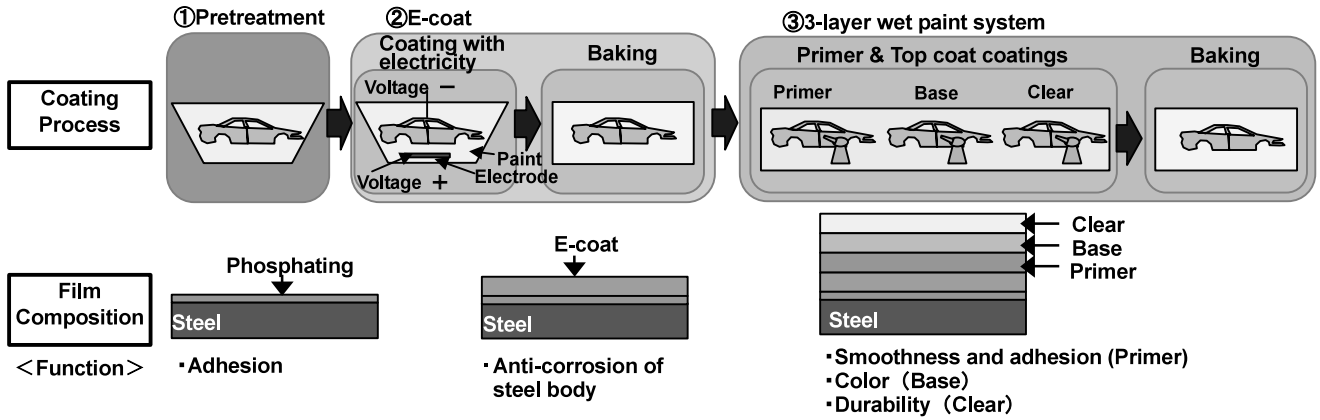


Fig.1 Mazda Coating Process

排出量の削減効果もある。

今回、電着塗料の特性を改良し、車体内部と外部の塗装膜厚差を大幅に低減可能な塗装付き回り性に優れた電着塗料を開発したので、この技術内容を紹介します。

2. 現状の問題点

電着塗料の塗装方法は、塗料中に車体を浸漬し、電気を流すことで塗料を付着させている (Fig.2)。従来の電着塗料で

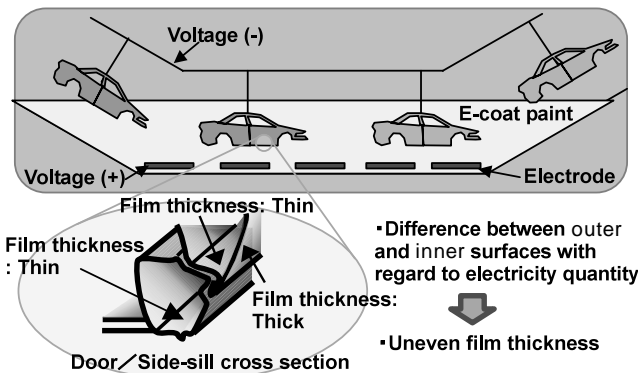


Fig.2 E-coat Process

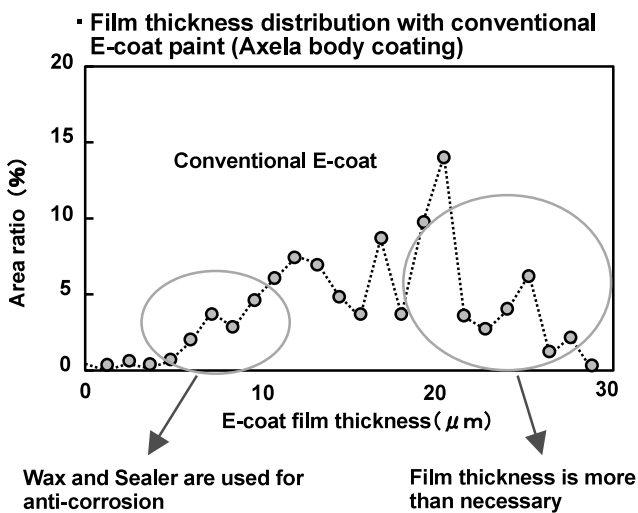


Fig.3 E-coat Film Thickness Distribution (Axela Body)

は、電極との距離が近い車体の外部には電気が流れやすく、距離が遠い袋構造の内部などには電気が流れにくいいため、車体内部と外部の塗装膜厚が不均一になる特性がある。

Fig.3は、実車 (アクセラ) の車体を塗装後分解し、全部品の膜厚を測定して膜厚ごとの面積率を示した図である。車体には膜厚が薄い部位があり、この部位の耐食性の低下をカバーするためにワックスやシーラ等を適用している。一方、必要以上に塗装が付着している部位もあり、車両全体としては無駄な塗料が多くなる。結果として塗料に含まれるVOCや塗料製造時のエネルギー消費で発生するCO₂の排出量が多くなる。

3. 開発の狙いとアプローチ

開発の狙いと今回開発した技術の関係をFig.4に示す。電着塗料の開発の狙いは、塗料の使用量削減、CO₂、及びVOCの排出量削減による環境対応と防錆性能向上である。

この対応技術は次の3つである。

第1に、課題であった膜厚のばらつきを低減する膜厚均一化により、塗料使用量削減、CO₂削減、VOC削減に対応する。

第2に、塗料中の溶剤をあらかじめ減らして塗料設計することで更にVOC排出量削減を行う。

第3は、塗膜の性能向上による防錆性能の向上である。

このうち主要技術である膜厚の均一化について詳細を述べる。

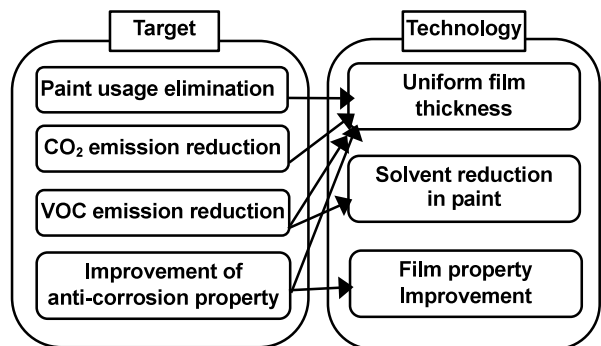


Fig.4 Development Target and Technology

4. 膜厚の均一化

4.1 膜厚均一化の考え方

電着塗料は、電着槽の電極に近い車体外板から塗料が析出し、析出塗膜によって車体外板の電気抵抗が上昇して、相対的に電気抵抗が低くなった内板部に塗膜が析出して車体内部まで塗装できる (Fig.5)。そこで、車体内部の電着膜厚を増加させるためと外板部への必要以上の析出を抑制するために析出膜の電気抵抗値を高くすることにした。また、電気の到達しにくい内板部で十分な析出膜厚を得るためには少ない電気量でも析出させる必要がある。したがって、電気量の少ない塗装初期の析出性 (析出速度) を改善させることにした (Fig.6)。

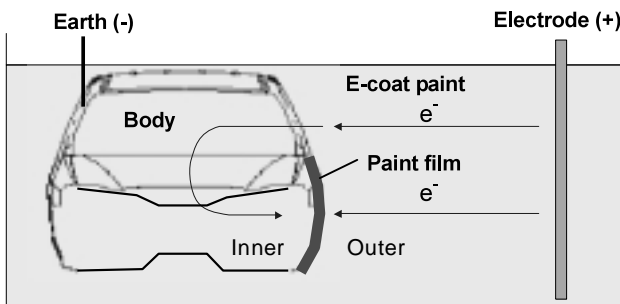


Fig.5 Deposition Mechanism

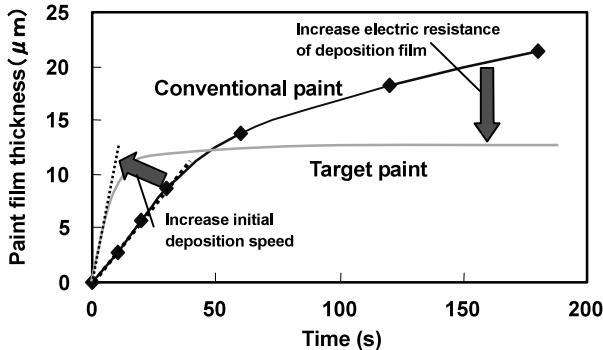


Fig.6 Deposition Characteristic of Target Paint

4.2 初期析出性の改善

電着塗料の樹脂は、塗料中の酸と結合することで液中に分散している。電気を流すと車体の鋼板近傍で水が電気分解しOH⁻が発生する。このOH⁻が塗料中の酸と中和することで電着樹脂は水中に浮遊できなくなり、鋼板上へ析出する (Fig.7)。そこで、少ない電気量で析出させるために塗料中の酸量を削減することにした (Fig.8)。

析出性の検証は、微量定電流で塗装した時の塗料樹脂析出開始時間より、樹脂の析出に必要な塗料中のOH濃度 (最小析出pH) を算出して行った⁽¹⁾。また、析出の開始時期は、塗装時の電圧変化点とした。

初期析出性の試験結果をFig.9に示す。塗料中の酸量の低減により、樹脂の析出開始が始まるpHは低くなり、初

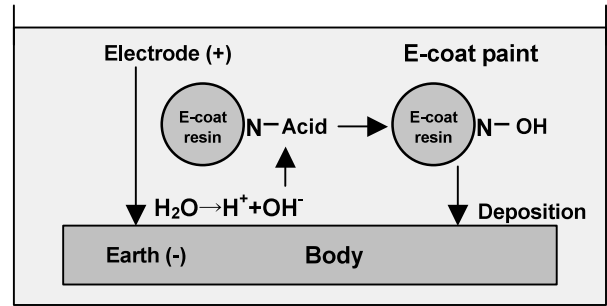


Fig.7 Deposition Mechanism of Paint

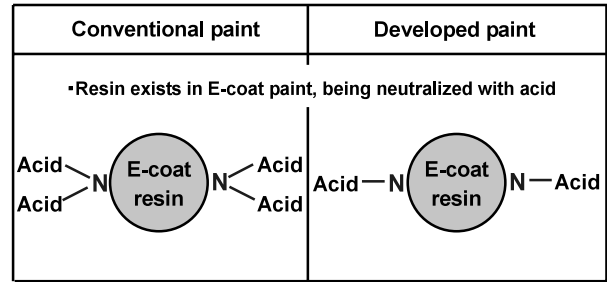


Fig.8 Configuration of Resin

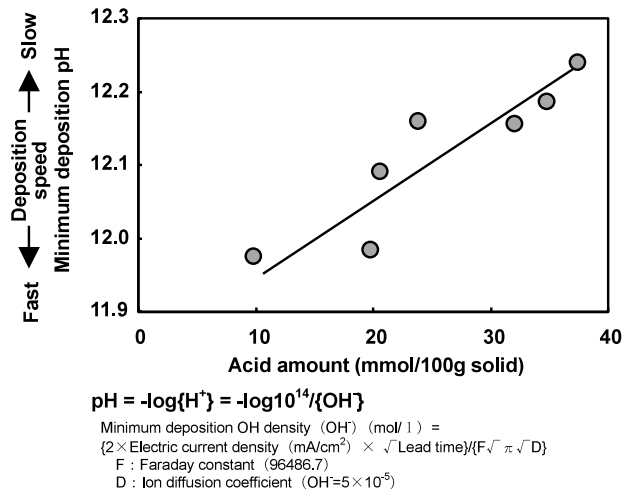


Fig.9 Deposition Start pH of Resin

期析出性の改善に塗料中の酸量の低減が有効であることが検証できた。塗料中の酸量の低減は塗料の浴安定性 (分散性) に悪影響を与えるが、新たな樹脂を採用することでこの問題を解決し、初期析出性の改善と浴安定性を両立することができた。

4.3 析出膜の電気抵抗値の改善

電着塗料の樹脂は絶縁性物質であるが、析出膜の膜厚が一定膜厚以上にならないと樹脂の析出反応を抑制する電気抵抗膜として機能しない。この原因は電着塗料樹脂の粘度 (硬さ) にあると考えた。

電着塗料の樹脂は、Fig.10に示すように粒子状に鋼板上へ析出する。しかし、従来の樹脂は粘度が高く、粒子が何層にも積層しないと粒子間の隙間を塞ぐことができず、電気が流れ続けていると推測される。そこで、樹脂粘度を低

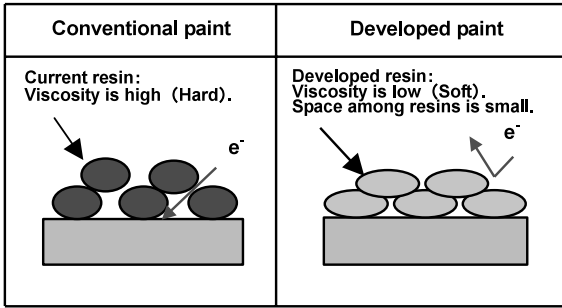


Fig.10 Insulation Mechanism of Paint

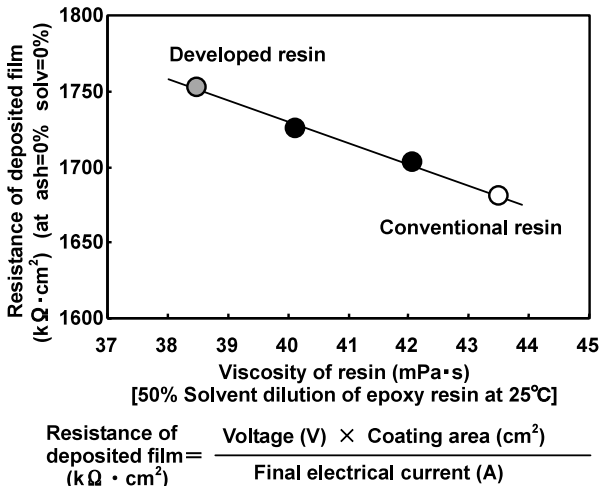


Fig.11 Epoxy Resin Viscosity and Resistance of Deposited Film

くすることで個々の樹脂が粒子間の隙間を塞ぐように変形するため、少ない積層（薄膜）で電気が流れないようにできると考え、樹脂の分子鎖の末端に疎水性ソフトセグメントを有する化合物を付加し、樹脂粘度を低下させた。その結果、析出膜の電気抵抗値を高めることができた(Fig.11)。

4.4 塗装付き回り性評価結果

初期析出性と析出膜の電気抵抗値を改善した塗料を製造し、この開発塗料と従来塗料の付き回り性を以下の方法で比較検証した。

(1) 平板の塗装付き回り性

平板試験片を電着塗装した結果をFig.12に示す。狙い通り塗装初期の電流量が少ない領域の膜析出性が改善され、最終析出膜厚も抑制されることが確認できた。

(2) パイプの塗装付き回り性

車体と同様に外部と内部で電気の流れやすさに違いがあるパイプを用い開発塗料の析出性を検証した。試験はFig.13に示す通り、パイプを塗料中に半浸漬させて電着塗装を施し、塗料中に浸漬したパイプの入り口からの塗装距離とパイプ内面の塗装膜厚を評価した。

パイプ内面の塗装状況をFig.14に示すが、開発塗料のパイプ内面の塗装距離は、従来塗料に比べ約1.6倍改善している。電気が届きにくいパイプ内面において塗装された領域が増加していることから、初期析出性と析出膜の電気抵抗

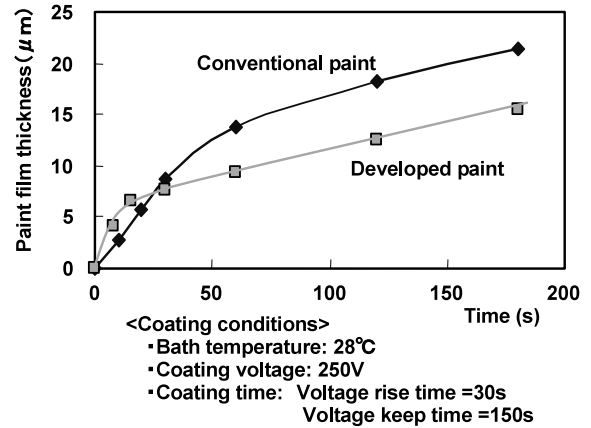


Fig.12 Deposition Characteristic of Developed Paint

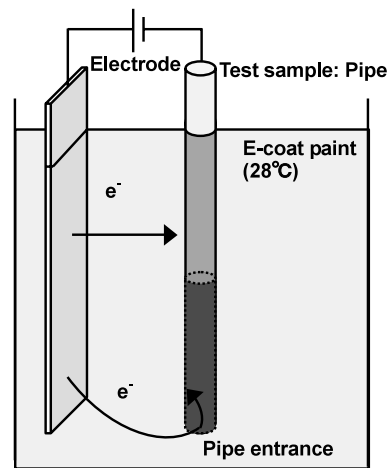
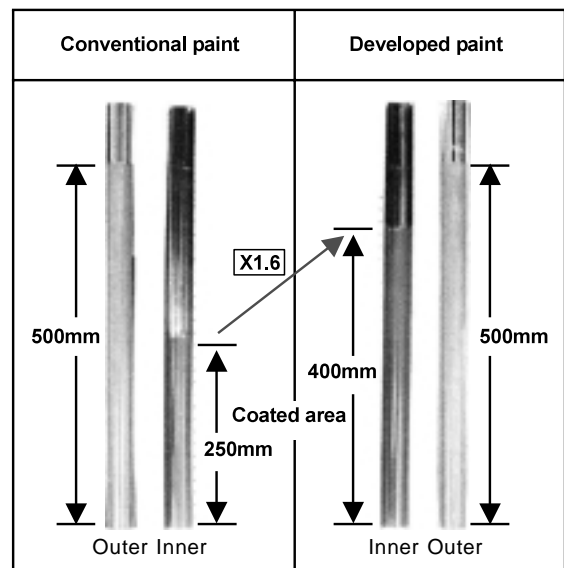


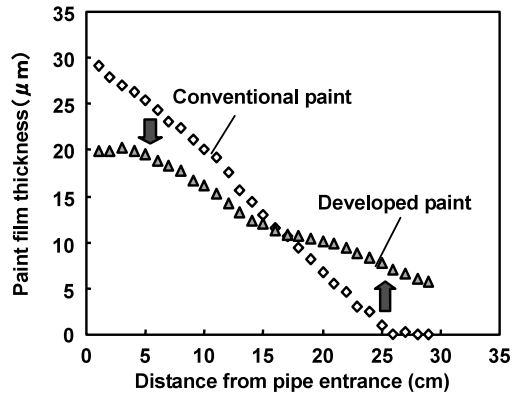
Fig.13 Pipe Method



<Coating conditions>

- Inner diameter of pipe: 23mm
- Immersion depth in paint: 500mm
- Bath temperature: 28°C
- Coating voltage: 250V
- Coating time: Voltage rise time = 30s
Voltage keep time = 150s

Fig.14 Coating Level of Inner Pipe



<Coating conditions>

- Inner diameter of pipe: 17.5mm
- Immersion depth in paint: 300mm
- Bath temperature: 28°C
- Coating voltage: 250V
- Coating time: Voltage rise time =30s
Voltage keep time =150s

Fig.15 Film Thickness of Inner Pipe

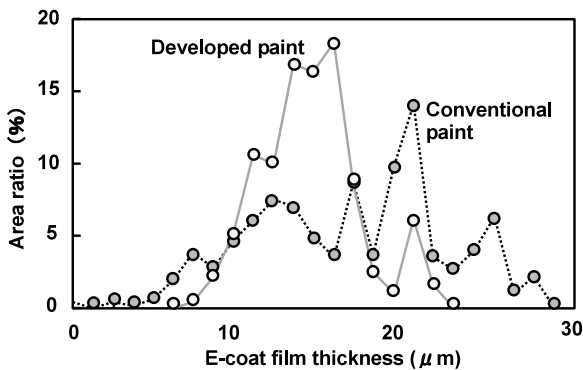


Fig.16 E-coat Film Thickness Distribution (Axela Body)

抗値の改善の有効性を検証できた。

塗装したパイプ内面の塗装膜厚分布をFig.15に示す。この結果でも電気の流れやすいパイプ入り口から離れた部位の膜厚が増加し、電気の流れにくい入り口部分の膜厚が減少しており、膜厚均一化の効果が確認できる。

(3) 実車塗装付き回り性

車体(アクセラ)での膜厚ごとの面積率をFig.16に示す。開発塗料は、従来塗料に比べ膜厚の薄い部位、及び厚い部位が減っており、膜厚が均一化されたことが分かる。

また、膜厚と面積より塗料使用量を計算した結果、開発塗料の使用量は、従来塗料に比べ、10%以上少なくなることを確認できた。

5. 塗料中の溶剤量削減

電着塗料には、樹脂合成や塗装焼付け時の仕上がり性を制御するためにVOCの発生源である溶剤を混入してある。そこで製造工程の見直しと塗料樹脂のフロー特性の改良により、塗料中に含まれるVOC量を半減した。また溶剤は、塗装時に析出樹脂へ浸透し樹脂の電気抵抗値を下げる働きもあるため、削減により初期析出性の向上にも寄与した。

6. 塗膜の耐食性向上

開発した塗料は、従来塗料に比べ、塗装の付き回り性に加えて耐食性にも優れている。樹脂の架橋密度を高くし腐食成分の透過を抑えることで、耐食性は従来塗料に比べ、膜厚換算で約1.4倍向上した(Fig.17)。この塗料を使用することで薄膜部の耐食性を向上させることができるため、車体内部の防錆品質をより向上させることが可能となる。

また、付着性やチッピング性などのその他の塗膜品質、及び塗装作業性は、従来塗料と同等である。

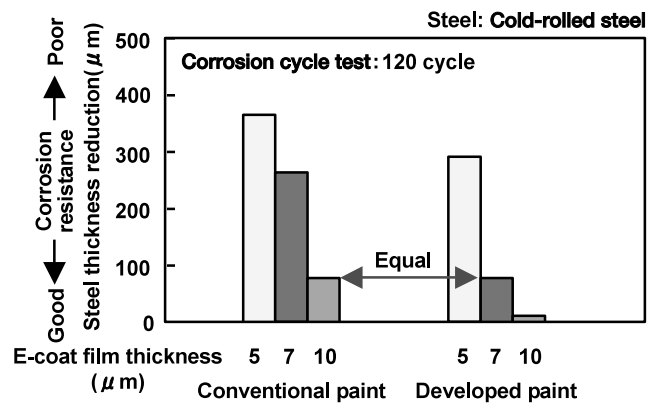


Fig.17 Result of Corrosion Test

7. まとめ

環境にやさしい高付き回り電着塗料を開発し、2005年12月に国内全工場への導入を完了した。導入の効果(国内4工場導入時)を以下に示す。

- ① 電着塗装工程におけるVOC排出量 年間32トン削減
- ② 塗料製造工程におけるCO₂排出量 年間8.8トン削減
- ③ 電着塗料使用量 従来比10%以上削減
- ④ 車体内部の防錆性能の向上

参考文献

- (1) 児島：電着塗料の高付き回り性制御技術，TECHNO-COSMOS，Vol.16，p.26-31（2003）

著者



重永 勉



山田光夫