

環境対応スリー・ウエットオン 塗装技術の開発

マツダ株式会社

代表取締役社長 井 巻 久 一

マツダ(株) 技術研究所主幹研究員	山 根 貴 和
マツダ(株) 技術研究所	重 永 勉
マツダ(株) 車両技術部主幹	神 田 輝 夫
マツダ(株) 車両技術部AM	掛 正 喜
マツダ(株) ボデー開発部AM	片 山 利 幸

はじめに

世界規模での環境保全意識の高まりの中、自動車生産における環境負荷物質の排出量削減は、非常に重要な課題である。塗装工場は、自動車工場の中でも多くの環境負荷物質を排出しており、塗料に含まれる揮発性有機溶剤(VOC)の削減や塗装ブースの空調、焼付乾燥炉におけるエネルギー消費により発生するCO₂の削減が急務である。これに対して水性塗料に代表される従来の環境対応技術は、大幅なVOC削減は可能であるが、CO₂の増加やコストアップを伴うものであった。そこで、我々はVOCとCO₂排出量を同時に削減し、更に塗装コストも低減可能な環境対応スリー・ウエットオン塗装技術を開発した。

開発のねらい

VOCとCO₂排出量を同時に削減可能な塗装技術を開発する。

VOC排出量の目標値は、現在世界で制定されている規制値の中で最も厳しいドイツの35g/m²以下とした。CO₂排出量の目標値は、1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3京都会議)における日本の数値目標と同等の6%以

上の削減とした。塗装コストは現行塗装工程と同等以下を、塗装品質は現行塗装工程と同等を目標とした。

システムの概要

図1に開発のねらい、対応手法及び開発要素技術の関係を示す。

CO₂削減については、塗装コストの低減も期待できることから、中塗りブースと中塗り焼付乾燥炉を廃止し、中塗り塗装を上塗り塗装工程に集約する方法を選択した。

また、VOC削減については、塗料中の溶剤量を削減する方法(塗料の低溶剤化)と塗料の使用量を削減する方法を採用した。

これにより、開発した要素技術は、低溶剤型塗料を用いたスリー・ウエットオン塗装技術と高効率塗装技術の2つである。

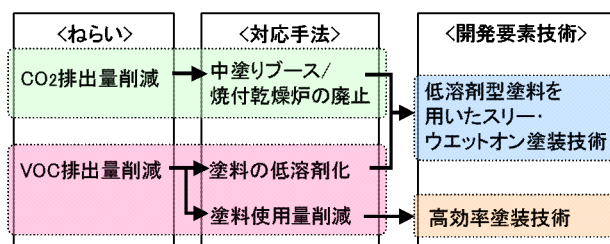


図1 開発のねらいと開発要素技術の関係

技術上の特徴

1. 低溶剤型塗料を用いたスリー・ウエットオン塗装技術

スリー・ウエットオン塗装とは中塗り塗装を上塗り工程に集約し、中塗り、ベース、クリアの3層を硬化していないウエットな状態で連続して塗装後、一度に焼付けて硬化させる塗装方式である。この方式は中塗りブースと焼付乾燥炉が不要となり、CO₂排出量を15%削減できる（図2）。

低溶剤型塗料を用いたスリー・ウエットオン塗装の課題は、中塗りとベースのウエットオンでの塗り重ねにより発生した中塗りとベースの

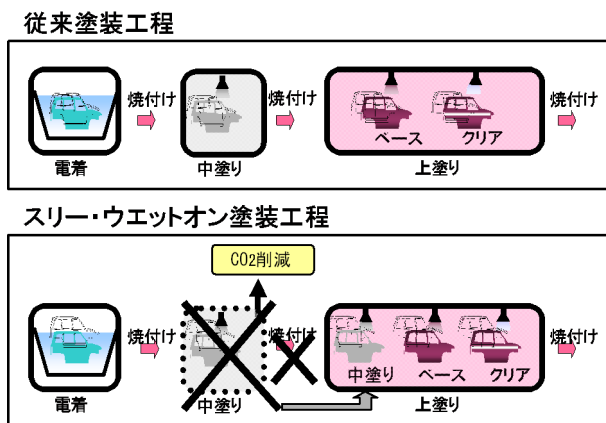


図2 従来塗装工程とスリー・ウエットオン塗装工程の比較

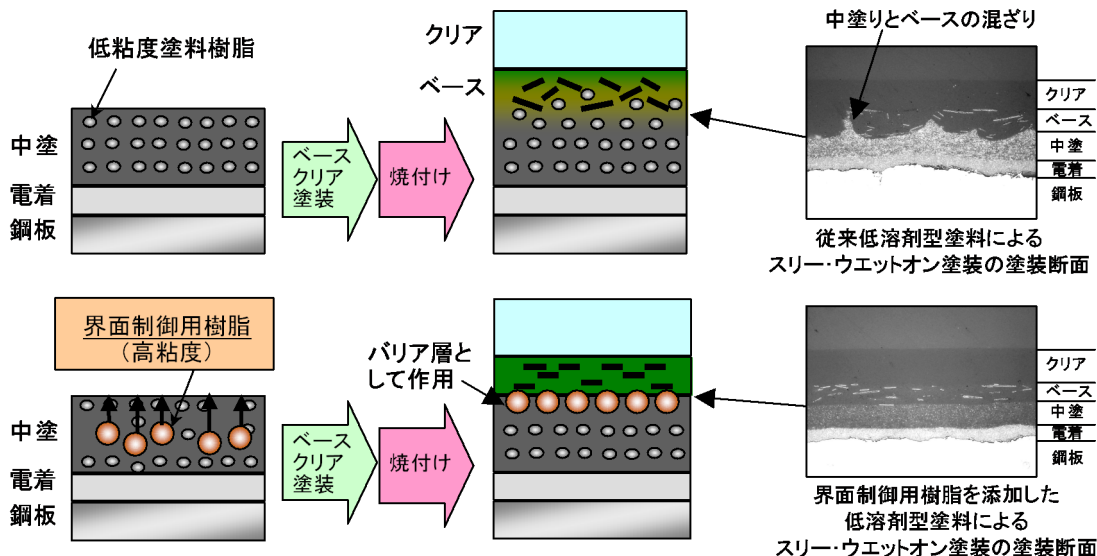


図3 界面制御樹脂による中塗り・ベース界面の混ざり防止効果

混ざりによる色の濁りを防止することにある。

この対策として、中塗りとベースの間に混ざりを抑制するためにバリア層を設けることを考え、高粘性の界面制御用樹脂を新たに開発して、中塗り塗料に添加した。

この界面制御用樹脂は、中塗りの塗装時には均一に分散されているが、塗装してしばらくすると中塗り塗料の基体樹脂と界面制御用樹脂の溶解性パラメータの差により中塗り表面に移行して、中塗りとベースの間に高粘性バリア層を形成するものである（図3）。

この界面制御用樹脂を適用した中塗り塗料の適用により、色の濁りを防止でき、外観品質及び耐久品質について従来塗装と同等以上の品質を確保できた。

この新規低溶剤型塗料の採用により、塗料中のVOC量を約30%削減することができた。

2. 高効率塗装技術

VOC排出量削減のためには塗料使用量の削減が効果的であり、それを膜厚の適正化と塗装効率の向上により実現した。

(1) 塗装膜厚の適正化

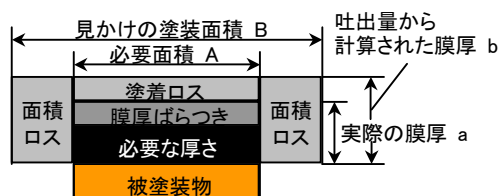
塗装膜厚は、耐チップング性などの耐久品質維持及び表面平滑性や色調などの外観品質確保という2つの要件によって決定される。一般的に、表面平滑性は、塗装時のウエット状態の膜

厚（以後、ウェット膜厚）と相関関係があり、ウェット塗膜が厚いほど鋼板や電着塗装の荒れた下地表面を覆い隠せるため表面平滑性は向上することが知られている。

スリー・ウェットオン塗装ではウェット膜厚は中塗り、ベース、クリアの3層の合計となり、従来塗装のウェット膜厚（ベース、クリア）よりも厚くなるため、表面平滑性の面では有利である。したがって、スリー・ウェットオン塗装では、従来塗装よりも薄い膜厚での外観品質の確保が可能となり、耐候性確保のため膜厚を低減できないクリアを除く、中塗り、ベースについては耐久品質と色調の確保に必要な膜厚まで低減することができた。これにより、従来塗装との膜厚比でそれぞれ約30%を削減した。

(2) ロボット塗装機による塗装効率の向上

スリー・ウェットオン塗装では、塗装効率向上のため従来のレシプロ自動塗装機に代わり、ロボット塗装機を採用した。塗装効率の概念を図4に、レシプロ自動塗装機とロボット塗装機



$$\text{塗装効率} = \text{塗着効率}(a/b) \times \text{塗装有効率}(A/B)$$

図4 塗装効率の概念

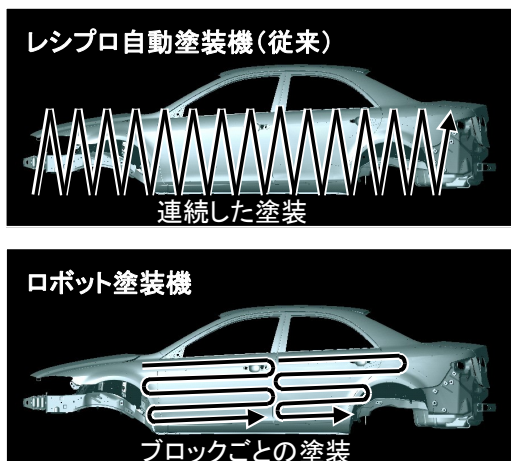


図5 塗装軌跡の比較

の塗装軌跡の比較を図5に示す。

ロボット塗装機は、塗装軌跡の自由度と再現性が高いため、塗装距離だけでなく、塗り重ね間隔や吹付けパターン幅と関連付けて塗装機の移動速度を設定できるなどの塗装効率を支配する塗装因子が最適化できる。そこで、膜厚シミュレーションを行い、塗装効率に対して最適な塗装軌跡や塗装条件を設定した。

これを実ラインで再現する上で重要な要素は、ロボット塗装機の塗装軌跡に対する塗装条件の応答遅れ（塗料吐出のON/OFFやエアモータの回転など）を最小にすることと考え、制御ソフトの高速化やエアホース長の最短化などを行い、全ロボット塗装機に対してねらいの応答性を確保した。図6に外板塗装の塗装効率の推移を示す。

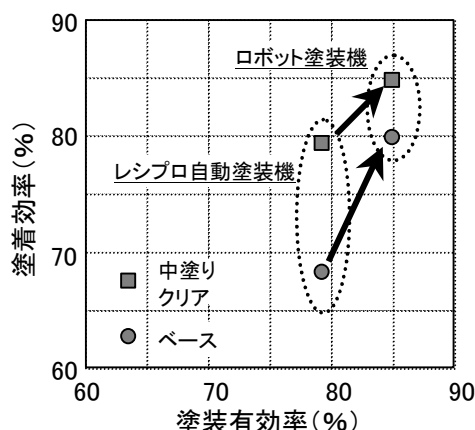


図6 塗装効率の推移

(3) 工程の高集約化

既存の上塗りブースへ中塗り工程を集約するために、人間が塗装するマニュアルゾーンとロボット塗装機が塗装する自動塗装ゾーンのそれぞれについて無駄のないレイアウトを決定した（図7）。

次に、ロボット塗装機を上塗りブース内の制約されたスペースに効率的に集約するため、塗装機数の削減に取り組んだ。従来のレシプロ自動塗装機は、動作自由度が低いため塗装機毎の仕事量、すなわち塗装面積の差が大きく、平均仕事量は少ない状態であった。そこで、ロボット塗装機では塗装機1台当たりに分担させる塗

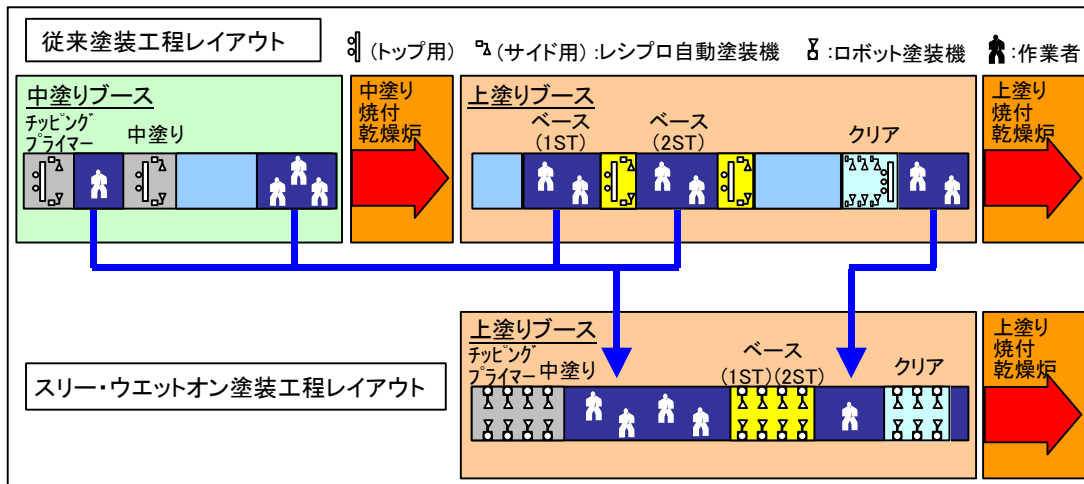


図7 中塗り工程の上塗りブースへの集約化

装面積を平準化して仕事量を引き上げることに
より、ボデー1台当たりの塗装に必要な塗装機
数を25%削減した。

ロボット塗装機の集約配置は、ロボット塗装
機の動作自由度が高いため他のロボット塗装機
との干渉が懸念されるが、最初に各ロボット塗
装機の塗装軌跡を決定し、次に同時に軌跡が干
渉しない配置位置をCADで決定することで、上
塗りブースの中に中塗り及び上塗り塗装に必要
なロボット塗装機をすべて配置することができ
た。

これら工程集約により、中塗りブースと焼付
乾燥炉の完全停止を実現し、CO₂排出量を15%
削減できた。また、ボデー1台当たりの塗装工
程数も従来塗装に比べて約20%弱削減となっ
た。

実用上の効果

以上のように新規低溶剤型塗料と新塗装シ
ステムを用いたスリー・ウエットオン塗装を開発
し、2002年7月に当社防府第一工場への導入を
完了した。この技術の導入による効果は、以下
の通りである。

1. VOC及びCO₂排出量

CO₂排出量については、中塗り工程を上塗り
工程に集約することにより、従来の中塗り工程
で消費されていたエネルギーをCO₂換算で15%
削減した。また、新規開発した低溶剤型塗料の

採用と高効率塗装技術による塗料の使用量削減
によって塗装工場から排出されるVOC量を約
45%削減し、先進の欧州水準である35g/m²を実
現した。

2. 塗装品質

色調、表面平滑性などの外観品質、及び耐
チップング性などの耐久品質ともに従来塗装と
同等以上の品質を維持することができた。

3. 塗装コスト

塗料使用量削減と工程集約によりボデー1台
当たりの塗装コストは、従来塗装に比べて約
15%低減できた。

工業所有権の状況

本開発に関連して出願された特許は、塗料、
塗装方法を中心に、国内特許8件、外国特許8件
を出願済みである。

むすび

開発したスリー・ウエットオン塗装技術は、
溶剤型塗料を使用していながら、水性塗料を採
用する欧州VOC規制水準を満たしている。同時
に、CO₂排出量の大幅な削減、コスト低減も可
能であり、包括的な環境対応塗装技術として期
待できる。今後、このスリー・ウエットオン塗
装技術を水性塗料にも適用し、更なるVOCとCO₂
排出量の削減が可能な技術を開発して行く。