

論文・解説

17

平滑感が高いプラスチック用塗装の開発 Development of Highly Smoothed Coating for Plastic

古賀 一陽*¹ 河邊 光祥*²
Kazuhi Koga Mitsuyoshi Kawabe

要約

自動車プラスチック部品用塗装の平滑感を向上させるため、ベースウェット塗膜の平滑性に着目した。ウェット塗膜の平滑性向上には塗装時の塗料粘度の低減が有効だが、塗料保管時に顔料沈降が生じるなど塗料安定性が低下することがわかった。

そこで、ベース塗料に含まれる粘性制御剤の分散性に着目してその制御に取り組んだ結果、塗料安定性を維持しながら塗装時の塗料粘度を低減できることがわかった。本技術に高沸点溶剤の添加率増加によるウェット塗膜粘度の低減を組み合わせることで、塗色に関わらず、狙いの平滑感を達成することができた。

Summary

To improve smoothness of coating for plastic parts, smoothness of wet basecoat surface was focused on. Reducing basecoat viscosity at atomization is effective on improving the smoothness of the wet basecoat surface but it causes unacceptable basecoat storage-stability such as pigment sedimentation.

To overcome the above mentioned technical difficulty, dispersibility of rheology-control agent was focused on and tried to be controlled. As the result the basecoat viscosity at atomization can be reduced with maintaining acceptable level of the basecoat storage-stability. Applying this technology and reducing viscosity of the wet basecoat with raising the ratio of its high boiling-point solvent resulted in achieving targeted smoothness in all basecoat colors.

1. はじめに

自動車塗装の平滑感は商品性に影響を与える重要な外観品質の一つである。平滑感とは塗装表面の凹凸によって得られる質感である。この凹凸は、塗料粒子が被塗装面上に塗着する際に形成されるウェット塗膜の凹凸が十分に流動しないため形成され、ウェット塗膜の凹凸は塗装時の塗料粘度と塗装後のウェット塗膜粘度の低減により小さくなる。ことが報告例⁽¹⁾⁽²⁾で明らかにされている。

塗装表面の凹凸を数値化する計測機器は幾つか存在するが、本開発では凹凸波長 (Fig.1) を複数域に分類できるBYK-Gardner社製Wave-scan DOIを用いた。凹凸波長域

とこれに対応する本機器による測定成分、および目視による質感との関係をTable 1に示す⁽³⁾。凹凸が少なく艶感や平滑感が高いほど、測定値が小さくなる。



Fig.1 Definition of Wave Length

Table 1 Wave Length of Wave-Scan DOI

Wave length(mm)	<0.1	0.1-0.3	0.3-1.0	1.0-3.0	3.0-10	10-30
Parameter	Dullness	Wa	Wb	Wc	Wd	We
Related quality	Gloss			Smoothness		

*1, 2 技術研究所
Technical Research Center

本機器を用いてプラスチック用塗装の凹凸を測定した結果、Wd (波長：3-10mm) がベース塗料の塗色により異なっていたためこの波長域に着目した。Wdが塗色により異なる原因は、ベース塗料塗装時の塗料粘度と塗装後のウェット塗膜粘度が高いためであり、両粘度の低減に取り組んだ。

塗装時の塗料粘度については溶剤の増量または粘性制御剤 (以下、粘性剤) の減量により低減できる。しかし、前者は溶剤排出量の増加につながるため環境保全の観点から適切な手法ではなく、後者は保管時の塗料粘度を低下させ、その結果顔料沈降を招く⁽⁴⁾⁽⁵⁾ため実用性に欠ける手法であった。

本開発では保管時の塗料粘度を確保しながら塗装時の塗料粘度を低減するため粘性剤の分散性に着目し、その制御に取り組んだ。また、塗装後のウェット塗膜粘度の低減を組み合わせることで、塗色の中で最高水準のWd実現を目指したベース塗料技術の開発に取り組んだ。

2. 開発目標の設定

2.1 実験

開発目標設定のため、下記2つを目的とする実験を行った。

- (1) 塗色とWdの関係を把握して目標Wdを設定する。
- (2) Wdと粘度の関係を把握して目標粘度を設定する。

2.2 試料

- ・基材：ポリプロピレン
- ・プライマ塗料：塩素化ポリオレフィン系溶剤型塗料
- ・ベース塗料：アクリル系溶剤型塗料 (Table 2)
- ・クリヤ塗料：2液ウレタン系溶剤型塗料

Table 2 Basecoat Colors for Experiment

Color	Black	Red	Blue	Black	Silver	White
Kind of Pigment	Organic			Inorganic		
Pigment Weight Content (%)	15	20	25	5	15	60

2.3 塗装条件

2.2の試料を用いて、乾燥後の膜厚がプライマ10 μ m、ベース20 μ m、クリヤ30 μ mになるように、Fig.2に示す工程にしたがって垂直面で適切な条件で塗装して乾燥した。

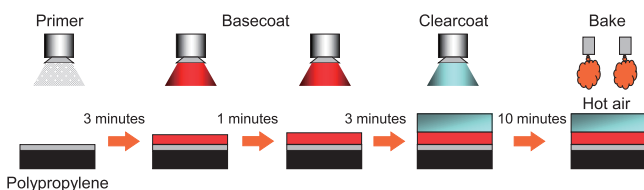


Fig.2 Process

2.4 測定方法

- ・Wd：Wave-scan DOI (BYK-Gardner社製)

- ・塗装時の塗料粘度：CAP-2000+L型 (Brookfield社製)
- ・塗装後のウェット塗膜粘度：Physica MCR レオメータ (Anton Paar社製)

2.5 結果と考察

(1) 塗色とWdの関係把握と目標Wdの設定

塗色によりWdが異なる原因を様々な観点から解析した結果、ベース塗料の顔料濃度が低いほどWdが低い傾向が見られた (Fig.3)。

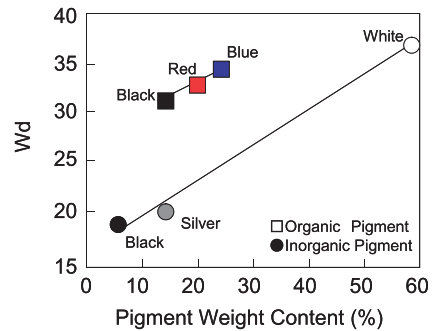


Fig.3 Relation between Pigment Weight Content and Wd

また、無機顔料と有機顔料という区別をした結果、同じ顔料濃度では有機顔料を含む塗色のWdに比べて無機顔料を含む塗色のWdの方が低かった。

塗色によるWdの差を最小にするため、塗色の中でWdが低い無機系黒および無機系シルバーのWd20以下を他の塗色でも実現することを開発目標に設定した。

(2) Wdと粘度の関係把握と目標粘度の設定

Wdと塗装時の塗料粘度および塗装後のウェット塗膜粘度の関係を明らかにするため粘度を測定した。塗装時は回転霧化式静電塗装機による高いシェアが塗料に加わるため、塗装時の塗料粘度についてはシェアレート15,000/sで測定した。塗装後のウェット塗膜粘度については塗装時のシェアが解放されているため、シェアレート10⁻¹/sで測定した。

上記条件で得られたベース塗料各色の塗装時の塗料粘度、塗装後のウェット塗膜粘度と2.5(1)で得られたWdとの関係をまとめた結果、両粘度ともに低いほどWdが低かった (Fig.4)。

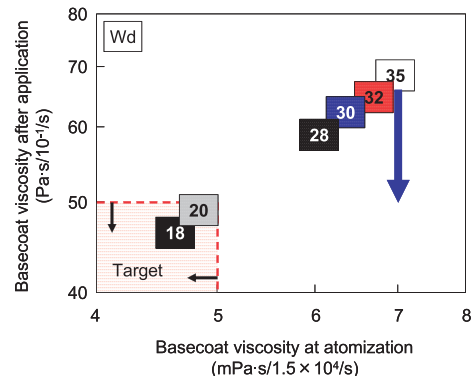


Fig.4 Relation between Basecoat Viscosity and Wd

無機系黒や無機系シルバーのWdを他の塗色で実現するため、目標とする塗装時の塗料粘度と塗装後のウェット塗膜粘度を次のとおり設定した (Fig.3)。

- ・ 塗装時の塗料粘度 $\leq 5 \text{ mPa} \cdot \text{s} / 15,000 / \text{s}$
- ・ 塗装後のウェット塗膜粘度 $\leq 50 \text{ Pa} \cdot \text{s} / 10^{-1} / \text{s}$

顔料濃度が高いほど塗装時の塗料粘度と塗装後のウェット塗膜粘度が高い原因は、顔料自身が凝集力を持っており、この凝集力は顔料濃度に比例するためと考察する。

また、無機顔料系ベース塗料の粘度に比べて有機顔料系ベース塗料の粘度が高い原因は、無機顔料に比べて有機顔料の粒子径の方が小さいため⁶⁾、粒子の被表面積が大きく凝集力が高いためと推察する。

3. 粘性剤の分散性計測技術とベース塗料技術の開発

3.1 技術課題

塗装後のウェット塗膜粘度については、ウェット塗膜に含まれる溶剤比率を増加させることで低減できる。ウェット塗膜の溶剤比率の増加は、塗料中の溶剤のうち揮発し難い高沸点溶剤の比率を高めることで可能である。

塗装時の塗料粘度については、溶剤の増量または粘性剤の減量により低減できる。しかし、前者は溶剤排出量の増加につながるため、環境保全の観点から適切な手法ではない。後者は保管時の塗料粘度を低下させ、その結果、顔料沈降を招くため実用性に欠ける手法である。

したがって、保管時に一定の塗料粘度を確保しながら塗装時の塗料粘度を低減できる粘性挙動の実現が技術課題であった。保管時の塗料粘度については、ライン適性を考慮して $2 \text{ Pa} \cdot \text{s} / 10^{-2} / \text{s}$ 以上に設定した (Fig.5)。

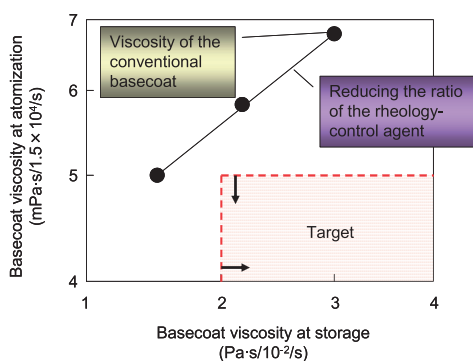


Fig.5 Target of Basecoat Viscosity

3.2 技術課題解決の考え方

塗料に加わるシェアが高いほど粘度が低下する挙動を「構造粘性」といい、構造粘性の向上により技術課題を解決できると考えた。構造粘性を付与するため塗料に粘性剤が分散されており、構造粘性は粘性剤間の水素結合力がシェアで破壊・回復することで発現する。水素結合力は粘性剤が小さな粒子で均一に分散 (Fig.6) しているほどシェアで破壊されやすく粘度が下がりやすいとの仮説を立

てた。本仮説の検証には粘性剤の分散状態の把握が必要であったが、十分な検討がなされていなかった。

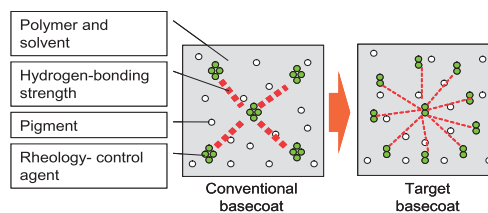


Fig.6 Target Condition of Rheology-Control Agent

粘性剤の粒子径を低減すると粒子数増加による遮蔽効果で透明度が低下したが、粒子径が可視光波長域の半分 (200nm~400nm) 以下では上記効果よりも粒子を回避する光が増えて透明度が増す傾向が見られた (Fig.7)。粘性剤粒子径の実用域は400nm以下のため、分散性を分光光度計⁷⁾で得られる透過率を用いて数値化し、透過率の向上により目標とする塗料粘度の実現が可能か検証した。

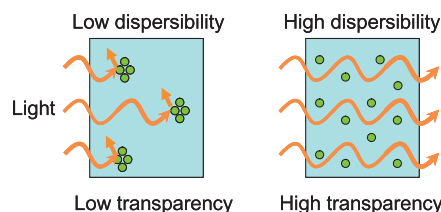


Fig.7 Comparison of Transparency between Low and High Dispersibility

3.3 実験

下記3つを目的とする実験を行った。

- (1) 分光光度計によるベース塗料の透過率測定条件を決定し、保管時の塗料粘度と塗装時の塗料粘度を両立できる透過率範囲を明らかにする。
- (2) 保管時の塗料粘度と塗装時の塗料粘度の両目標を達成するベース塗料を用いてWd向上効果を検証する。また、3.1で述べたベース塗料の高沸点溶剤の添加率増加で塗装後のウェット塗膜粘度を低減し、Wd向上効果を検証する。
- (3) 塗装時の塗料粘度と塗装後のウェット塗膜粘度の低減によるWd向上効果について、塗色の汎用性を検証する。

3.4 試料

2.2と同じ基材、プライマ塗料、クリア塗料を使用し、ベース塗料については、透過率と高沸点溶剤の添加率が異なる仕様とした (Table 3)。

Table 3 Specification of Test Panels

Panel No.	Primer	Basecoat		Clearcoat
		Transmission (%)	The ratio of high-boiling-point solvent(wt%)	
1	Solventborne Polyolefine acryl	45	5	Solventborne acryl/isocyanate
2		55		
3		65		
4		75		
5		85		
6		65		
Film thickness(μm)	10	20		30
Baking condition	90°C/20minutes			

(1)の透過率測定用ベース塗料には、透過率の差を確認できるように顔料を含まないベース塗料を使用した。

(1)と(2)の粘度とWd測定用ベース塗料には、粘度とWdが比較的高い無機系白ベース塗料を使用した。

(3)のWd向上効果の汎用性検証には、無機系白ベース塗料と同様にWdが目標を下回る有機系黒、赤および青系ベース塗料を使用した。

3.5 塗装条件

2.3と同様に塗装した。

3.6 測定方法

- ・透過率：UV-2450 (島津製作所製)
- ・Wd：Wave-scan DOI (BYK-Gardner社製)
- ・保管時の塗料粘度：Physica MCR レオメータ (Anton Paar社製)
- ・塗装時の塗料粘度：CAP-2000+L型 (Brookfield社製)

3.7 結果と考察

(1) 透過率の決定

粘性剤の分散性が異なる2種類のベース塗料 (Panel No.1とNo.2のベース塗料) について透過率を測定した結果、分散性の違いによりベース塗料の透過率に差が生じることが確認できた (Fig.8)。また、透過率の差は低波長に比べて高波長の方が大きく、800nm付近で最大であったため、本開発では800nmにおける透過率を比較した。

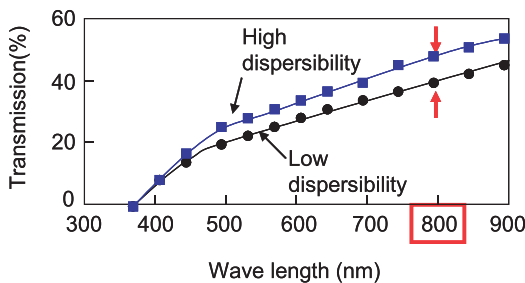


Fig.8 Comparison of Basecoat Transmission between Low and High Dispersibility of Rheology-Control Agent

次に、塗料の製造条件を制御して粘性剤の分散性を向上させてベース塗料の透過率を高めた。透過率は45%、55%、65%、75%、85%の5水準 (Panel No.1~No.5のベース塗料) とした。

透過率を高めた結果、塗装時の塗料粘度 (シアレート 15,000/s) と保管時の塗料粘度 (シアレート 10^{-2} /s) はいずれも低下した (Fig.8)。

透過率が50%以上の場合に塗装時の塗料粘度の目標 ($\leq 5\text{mPa} \cdot \text{s}/15,000/\text{s}$) を達成でき、透過率が75%以下の場合に保管時の塗料粘度の目標 ($\geq 2\text{Pa} \cdot \text{s}/10^{-2}/\text{s}$) を達成できることがわかった。

したがって、塗装時の塗料粘度と保管時の塗料粘度の両目標を達成するために必要なベース塗料の透過率範囲は50%~75%であることを見出した (Fig.9)。

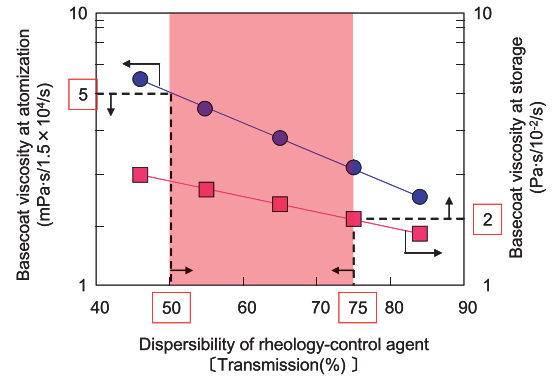


Fig.9 Relation between Basecoat Transmission and Basecoat Viscosity

(2) Wd向上効果の検証

透過率が従来並み45%のベース塗料 (Panel No.1のベース塗料) と透過率を65%に高めたベース塗料 (Panel No.3のベース塗料) を用いてWd向上効果を検証した結果、Wdが10ポイント向上した (Fig.10)。

また、塗装時の塗料粘度の低減に加えて、高沸点溶剤の添加率増加 (Panel No.6のベース塗料) により塗装後のウェット塗膜粘度を目標の $50\text{Pa} \cdot \text{s}/10^{-1}/\text{s}$ に低減した結果、Wdが更に5ポイント向上し、無機系白ベースのWdは目標のWd20以下を達成した。

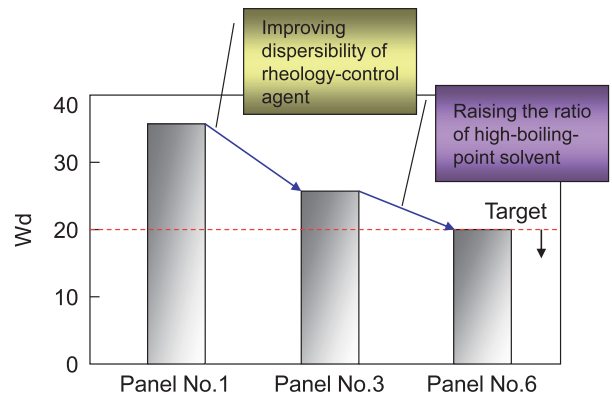


Fig.10 Effect of Improved Dispersibility of Rheology-Control Agent and Increase of High Boiling-Point Solvent on Wd

粘性剤の分散性向上によって塗装時の塗料粘度を低減した狙いは、塗装粒子径を低減することであった。そこで、狙い通りの塗装粒子径低減効果が発現できているかどうかの裏付けを得るため、従来のベース塗料 (Panel No.1のベース塗料) と分散性を向上したベース塗料 (Panel No.3のベース塗料) の塗装粒子径を各100個実測して平均値を算出した。

その結果、従来のベース塗料の塗装粒子径の平均値は $45\mu\text{m}$ であったが、分散性を向上したベース塗料の塗装粒子径の平均値は $30\mu\text{m}$ であり、塗装粒子径の低減効果が発現できていることを確認した (Fig.11)。

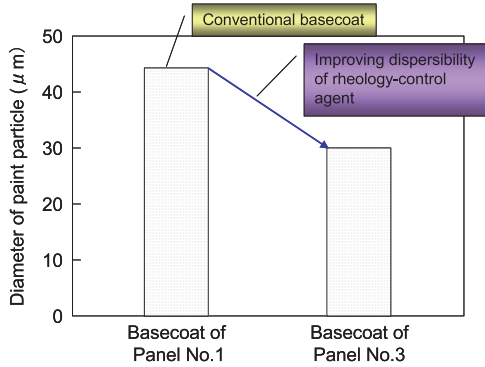


Fig.11 Comparison of Diameter of Paint Particle

(3) Wd向上効果の汎用性検証

無機系白ベース塗料と同じ分散性向上技術を有機系黒、赤および青ベース塗料に適用した結果、Wdは10ポイント向上した。

粘性剤の分散性を向上させた上記ベース塗料に高沸点溶剤の添加率増加を適用した結果、Wdは更に5ポイント向上し、いずれの塗色も目標のWd20以下を達成できた(Fig.12)。

粘性剤の分散性向上と高沸点溶剤の添加率増加によるWd向上効果が塗色を選ぶことなく発現したため、塗色の汎用性があるベース塗料技術であることが確認できた。

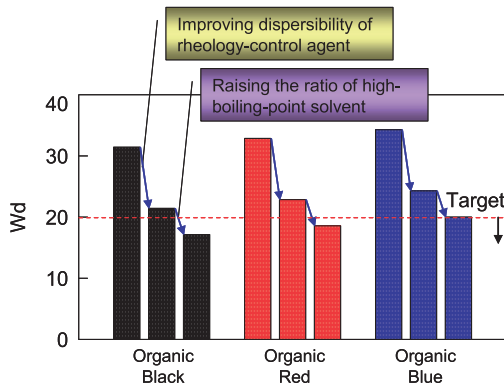


Fig.12 Effect of the Basecoat Technologies on Wd of other Colors

4. まとめ

平滑感が高いプラスチック用塗料を開発した。平滑感向上は次に示す(1)粘性剤の分散性計測技術と、(1)適用による分散性制御に溶剤沸点制御を組み合わせ(2)ベース塗料技術により実現した。その結果、対象全塗色において目標の平滑感(Wave-scan DOIによるWd20以下)を達成し、塗色における平滑感の違いを解消することができた。

(1) 粘性剤の分散性計測技術：粘性剤の分散性を分光光度計による透過率で数値化し、顔料沈降抑制に必要な保管時の塗料粘度確保と塗装時の塗料粘度低減を両立するための透過率の最適範囲を見出した。

(2) ベース塗料技術：粘性剤の分散性制御による塗装時の塗料粘度の低減に、高沸点溶剤の増量による塗装後のウェット塗膜粘度の低減を組み合わせることによって、対象全塗色について上記両粘度を均一化した。

5. おわりに

本技術はプラスチック用塗料に限定されるものではなく、ポデー用溶剤型塗装や水性塗装にも展開できる可能性があるため、本技術の展開可能性を検討し、自動車全体の更なる平滑感向上に努めていく。

参考文献

- (1) 館和幸：自動車上塗り塗料のレオロジーと外観品質，色材協会誌，Vol.76，No.8，p.307-312（2003）
- (2) 館和幸ほか：色材協会誌，Vol.58，p.390（1985）
- (3) 竹内徹：塗膜の仕上がり外観評価技術，塗装工学，Vol.42，No.12，p.382-394（2007）
- (4) 石原真興：レオロジーコントロール剤，色材協会誌，Vo.72，No.5，p.328-336（1999）
- (5) 長沼桂：水系塗料用チクソトロピック剤，塗装工学，Vo.41，No.11，p.388-394（2006）
- (6) 中道敏彦：よくわかる顔料分散，東京，日刊工業新聞社，p.5-9（2009）
- (7) 眞砂央：紫外可視分光法，色材協会誌，Vol.78，No.11，p.531-538（2005）

■ 著 者 ■



古賀一陽



河邊光祥