

二輪自動車用異種樹脂対応水性プライマの開発

Development of Waterborne Primer Applicable to Different Plastics in Motorcycles

井上 智之*

Tomoyuki INOUE

望月 信介*

Shinsuke MOCHIZUKI

田中 明子*

Akiko TANAKA

井上 正伸**

Masanobu INOUE

要 旨

現在、二輪自動車用に使われている塗料の多くには、Volatile Organic Compoundsが多く含まれている。このVolatile Organic Compoundsは環境負荷物質の一つであり、近年では排出量の低減が求められている。二輪自動車外装部品の多くは、ABSプラスチック、PAプラスチックが使用されている。これらの素材は塗膜密着性と密着メカニズムが異なるため、従来は素材別に導電プライマを使い分ける必要があり、塗装工程における作業ロスが発生する要因の一つであった。筆者らはこれら二つの課題、Volatile Organic Compounds排出量の削減と、素材別導電プライマの共用化を達成すべく、水系塗料で、カルボン酸基含有ウレタン樹脂およびアミド基含有アクリル樹脂という物性の異なる二種類の塗料樹脂を導電プライマ用として、新規に設計し、それらを配合することによって課題解決に至った。また、二輪車プラスチック部品には、自動機による塗装が困難な部分があり、作業者の手によって塗装されているものが多く存在する。それゆえ塗装時の作業性を確保するために、チクソトロピック性を有する粘度制御剤を用いて、塗料たれの制御とウェット塗膜の平滑性を両立する範囲に導電プライマの粘性を調整した。

ABSTRACT

Most of the paint materials currently used for motorcycles contain a large amount of Volatile Organic Compounds. Volatile Organic Compounds are environmental load substances, and there is a strong demand for reducing their emissions in recent years. Many of a motorcycle's exterior parts are made of ABS plastics or PA plastics. These two plastic materials have different film adhesion mechanisms and adhesion strengths. Therefore it was necessary to use different conductive primers and it was one of the factors that caused a loss of time and materials in the painting processes. We challenged those two objectives, i.e., the reduction of Volatile Organic Compounds and the common use of the same conductive primer for different parts materials, by combining two kinds of resins originally designed individually, i.e., urethane resins with carboxylic acid groups and acrylic resins with amide groups, which have different properties. Many of the plastic parts used in motorcycles are painted manually because they have difficult areas to be painted by automated painting machines. Thus, the viscosity was adjusted to satisfy both the controllability of paint sagging and the surface smoothness to maintain the efficiency of paint workers' operations by using a thixotropic rheology control agent.

1. まえがき

1.1. VOC削減に向けた塗料の水性化

近年、環境に対する社会的関心はますます高くなってきており、環境や人体に悪い影響を与える化学物質は環境負荷物質と認定され、規制の対象となっている。Volatile

Organic Compounds (VOC) は、揮発しやすく大気中で気体となる有機物質の総称で、大気中の光化学反応により光化学スモッグを引き起こす原因物質の一つであり、環境負荷物質の一つとなっている。これに対し、VOC排出規制が各国で施行されており、アメリカの Clean Air Act、ドイツの TA-Luft、イギリスの Environmental Protection Act など

* 二輪 R&D センター

** 日本ビーケミカル株式会社

がある。日本では大気汚染防止法が改正され 2006 年 4 月より施行された。これを受けて、自動車工業会は、削減目標値として 2010 年における VOC 削減率を 2000 年に対し 40% と設定した。この削減目標値を達成するために、自動車メーカ各社は技術開発をおこなってきた^{(1),(2)}。自動車製造工程において VOC は主に塗料の有機溶剤であり、塗装工程で排出されている。弊社の熊本製作所では、自動車工業会の自主規制以前にも、塗装効率の向上やシンナの回収、溶剤系塗料の高固形分化に取り組んできていた。しかしこれらを推進するだけでは自動車工業会の削減目標値 40% を達成することができないため、VOC 排出量の大幅な低減が見込まれる溶剤系塗料の水性化に取り組むことにした。

1.2. 水性化をおこなう対象塗料

二輪自動車において主に塗装されている部品は、金属製タンク、金属製フレーム、プラスチック製外装カウルである。Honda 熊本製作所における各部品の単位面積当たりの VOC 排出量を Fig. 1 に示す。図より VOC 排出量はプラスチック製外装カウルが最も多いことがわかる。これらの VOC 排出量の詳細を調べるため、プラスチック製外装カウルの塗膜構成と VOC 排出量を Fig. 2 に示す。塗膜構成は導電プライマ塗膜と、外観意匠を付与する上塗り塗膜を形成するベース塗膜とクリア塗膜、の 3 層構成である。プラスチック部品塗装の VOC 排出量が多い理由は、プライマ塗膜を有するためである。またプライマ塗膜は、ベース塗膜、クリア塗膜と比較しても VOC 排出量が多いことがわかる。これはプライマ塗料が一液型塗料であり、高固形分化が困難であるためである。このプライマ塗料を現行の有機溶剤タイプから水性タイプに変更すると、プライマ塗料中の VOC 比率を 70% から数 % にまで抑えることができ、大幅な VOC 排出量の低減を見込むことができる。以上より、我々は塗装工程の中で VOC 削減効果が最も高い、プラスチック部品用導電プライマ塗料の水性化に取り組むことにした。

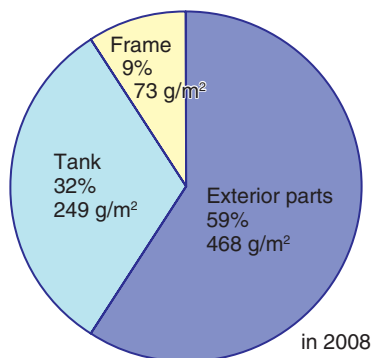


Fig. 1 Proportions of VOC emissions from each part category

1.3. プライマの役割と共用化

プライマ塗装とは、部品と意匠用の上塗り塗装の間に入る塗装のことである。その役割は静電塗装をおこなうための導電性の確保と部品と上塗り塗装の密着性確保の二つがある。

静電塗装とは塗装ガンと部品の間に電圧をかけることで生じる電界の静電吸引力によって、より多くの塗料を部品に塗着させる塗装方法であり、静電塗装を用いることで、塗装工程における塗着効率は著しく向上する。一方、非静電塗装は被塗装物に当たらない塗料が多く存在するため、塗着効率が低い (Fig. 3)。静電塗装をおこなうためには、被塗装物が導電性を有する必要がある。そのため非導電性であるプラスチック部品に対して上塗り塗料を静電塗装する場合は、その前に導電性を有するプライマを塗装することになる。

プラスチックは材質によって、塗装との密着性が良好なものと悪いものがある。塗装との密着性が悪いプラスチックに対しては、プラスチックとの密着性に優れたプライマを塗装することになる。

二輪自動車のプラスチック製外装部品の例を Fig. 4 に示す。二輪自動車は外装部品に 3 種類の異なるプラスチックを使用している。二輪自動車への採用におけるプラスチックへの要求特性を Table 1 に示す。これらのプラスチックに対するプライマの役割を以下に述べる。

ABS プラスチック (ABS) および ABS+PE プラスチック (ABS+PE) は上塗り塗料 (2 液ウレタン硬化型アクリル塗料) との密着力が強いために、プライマが存在しなくても、上塗り塗膜と ABS 部品との密着は問題にならない。よってプライマの役割は、静電塗装のための導電性の付与だけである。一方、PA プラスチック (PA) は上塗り塗膜との密着力が弱いために、PA に上塗り塗膜を密着させ

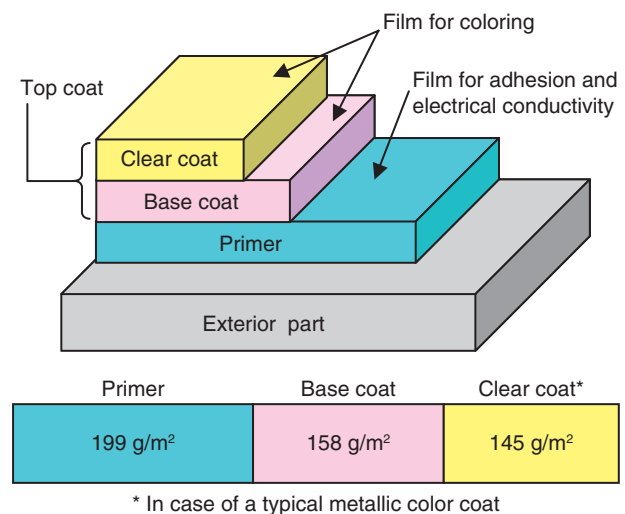


Fig. 2 Paint composition on exterior parts and VOC emission amount

Table 1 Plastic type and features for applications

Plastic type	Features for applications
ABS	Easiness for painting
ABS+PE	Resistance against chemical agents
PA	Heat resistance

るためには、両者の間に密着力を有するプライマを入れることが必要である。つまりこの場合のプライマの役割は、導電性の付与だけでなく、密着性の確保もあり、プライマは塗装剥がれを防止するための重要な役割を持つことになる。

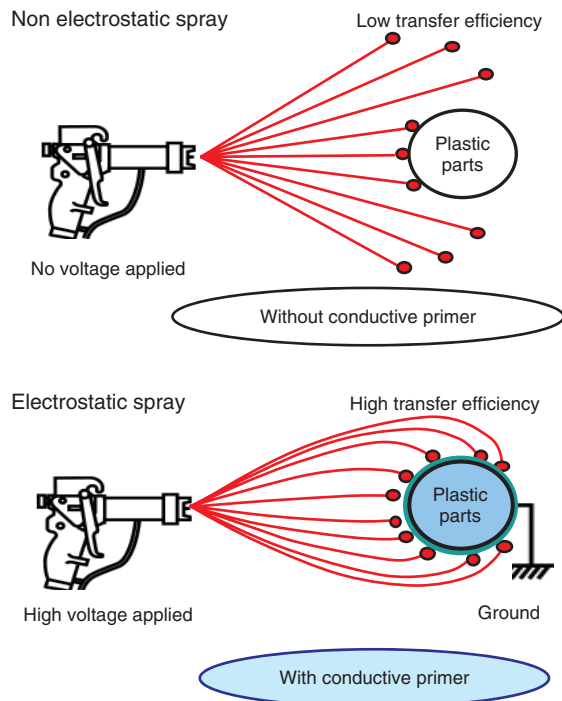


Fig. 3 Difference between non-electrostatic spray and electrostatic spray

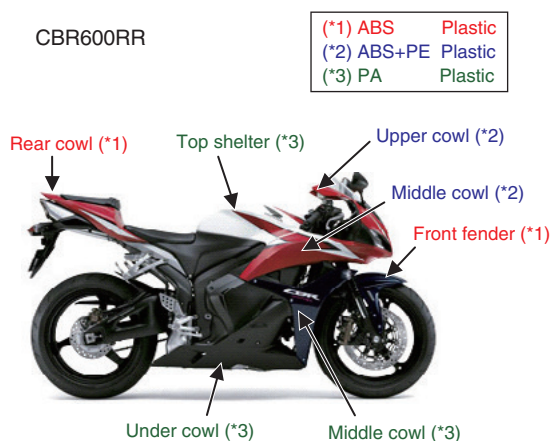


Fig. 4 Plastic exterior parts of motorcycle

ABSとPAはプライマ樹脂との密着機構が異なるため、2種類のプライマの使い分けが必要となる。したがって、塗装工程において、プライマ使い分けのための管理工数が発生している。そこで今回の導電プライマの水性化においては、ABS、PAにも使用可能な共用プライマの開発をおこなった。

以上から、我々はVOC排出量削減と管理工数削減を目的に、二輪自動車用向けの複数プラスチック対応型水性導電プライマの開発をおこなった。

2. 開発における要求性能

複数プラスチック対応型水性導電プライマの開発における要求性能を以下と定めた。

- (1) 有機溶剤含有比率:3%以下 (VOC排出規制を満足する上でプライマ塗料に許容される溶剤含有比率)
- (2) 表面抵抗値:0.05 MΩcm以下 (静電塗装にて塗着効率を確保する抵抗値)
- (3) 被塗装材料:ABS, ABS+PE, PA
- (4) 塗膜性能 (初期密着性, 耐水性, 耐湿性, 他):現行同等以上
- (5) 塗装作業性 (耐たれ性, ウェット塗膜平滑性, 他):現行同等以上
- (6) 塗膜外観:現行同等以上

3. 課題と技術手段

3.1. ABS, PAへの密着性と樹脂設計

ABSは極性の強いニトリル基をもつため、極性を有する官能基をプライマ樹脂に付加することで、比較的容易に塗装との密着性を確保できる。一方、PAは結晶性が高く極性が低いため、一般的に塗装との密着性の確保が難しい。それゆえ、PAにおいて密着性を確保するためには、プライマ樹脂とPAのアルキル鎖同士の分子間力とプライマ樹脂の極性官能基とPAのアミド基との水素結合によって密着性を確保することになる。さらに、PAは主に高温部位に使用するため、剛性確保を目的にガラスフィラーが含有されている。このガラスフィラーの部品表面への表出により (Fig. 5)、塗装との密着性はさらに低下するため、プライマによる密着性確保の役割はより重要となる。

なお、ABS上、PA上において上塗り塗膜とプライマ塗膜との密着性は、お互いに樹脂中に極性官能基を有するため問題にはならない。

以上のように、これら二種類のプラスチックはプライマとの密着機構が異なるため、それぞれのプラスチックに密着するプライマ樹脂の設計が必要となる。この樹脂設計のために、ABSとPAのそれぞれに密着する樹脂 (主鎖と側

Table 2 Resin type and adhesion mechanisms

Resin type		Target of adhesion	Adhesion mechanisms
Principal chain	Urethane emulsion	ABS PA	Dipolar interactions and hydrogen bonds between: (1) ABS; urethane bonds of urethane resin and nitrile groups of ABS (2) PA; urethane bonds of urethane resin and amide bond of PA
	Acrylic emulsion	PA	Intermolecular force of alkyl chains between acrylic resin and PA
Function group in side chain	Carboxylic acid groups	ABS PA	Dipolar interactions and hydrogen bonds between: (1) ABS; carboxylic acid groups and nitrile groups of ABS (2) PA; carboxylic acid groups and amide groups of PA
	Sulfonic acid groups	ABS PA	Dipolar interactions and hydrogen bonds between: (1) ABS; sulfonic acid groups and nitrile groups of ABS (2) PA; sulfonic acid groups and amide groups of PA
	Amide groups	PA	Dipolar interactions and hydrogen bonds between amide groups and amide groups of PA

鎖)を選択し、樹脂組合せと配合割合を決定することを試みた。

選択した樹脂とその密着機構を Table 2 に示し、密着機構を Fig. 6 に図示する。

3.2. 残存水分による塗膜性能の低下とプレヒートによる塗膜固形分*比率の管理

上塗り塗料の2液ウレタン硬化型アクリル塗料は、主剤のアクリル樹脂中に含まれるヒドロキシル基と硬化剤のイソシアネート樹脂に含まれるイソシアネート基が反応しウレタン結合を形成することで、主剤と硬化剤の架橋反応が進み、塗膜が形成される (Fig. 7)。また上塗りに含まれる硬化剤は、プライマ樹脂に含まれるヒドロキシル基とも反応することで、プライマ塗膜と上塗り塗膜の密着性を確保している。

水性塗料は、溶媒が水であるために有機溶剤と比べて溶媒揮発性が低く、塗装後も塗膜中には多くの水を含む。水性プライマを塗装後、多くの水を含んだまま、上塗り塗料を塗装すると、プライマ塗膜の水が上塗り塗膜に侵入してしまう。すると硬化剤中のイソシアネート基は主剤樹脂の

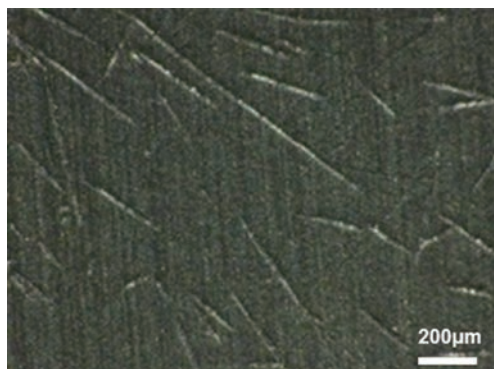


Fig. 5 Glass fillers appeared on surface of PA

ヒドロキシル基よりも水と優先的に反応するため、上塗り塗装においては主剤と硬化剤の架橋反応が進まなくなってしまう。その結果、上塗り塗膜の軟化、上塗り塗膜とプライマ塗膜との密着不良の課題が生じる (Fig. 8)。またプラ

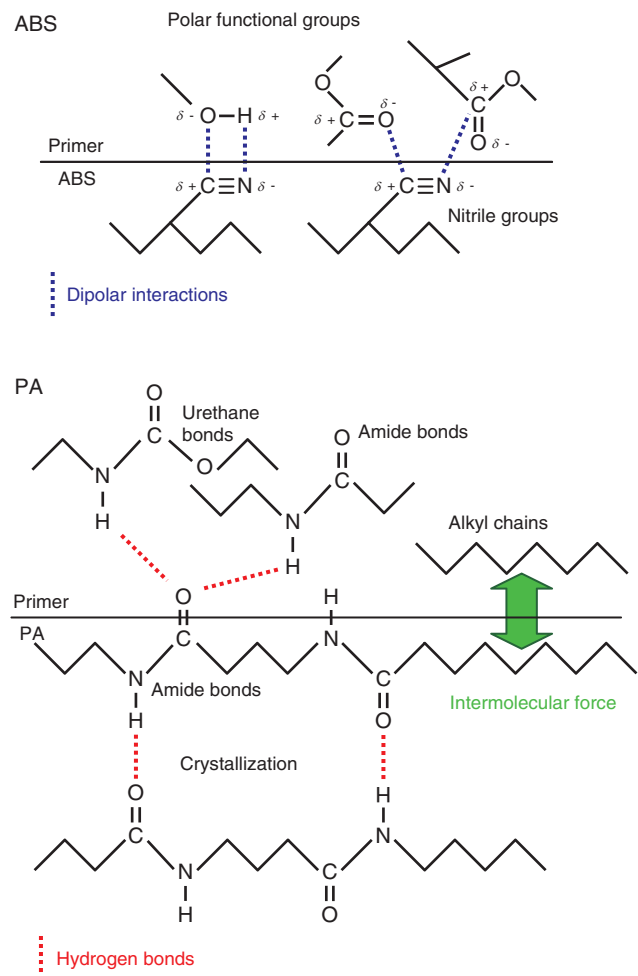


Fig. 6 Adhesion mechanism of primers to ABS and PA

イマ塗膜内に水分を含んだまま、上塗り塗装後に焼付されることで、内部水分が蒸発し塗膜表面の膨れといった外観の課題も生じてしまう。

この課題を解決するため、プライマ塗装と上塗り塗装の間にプレヒート工程を追加し、ウェット塗膜中の水分を蒸発させて固形分比率の上昇をおこなった。

*固形分：水や溶剤などの揮発する物質を除いた固形部分のことであり、塗料の固形分とは樹脂、体質顔料、着色顔料、添加剤を示す。また固形分比率とは、全体重量に対する固形分重量の比率をいい、塗料および塗膜の両方で使用される。

3.3. 耐たれ性と平滑性の両立と粘度調整

溶剤系塗料の溶媒は有機溶剤であるために揮発性が高い。それゆえ塗着後の固形分比率が高くなることで、塗料粘度が上がるため、塗装時の塗料たれは起きにくい。一方、水性塗料の溶媒は水であるために揮発性が低い。それゆえ塗着後の固形分比率が低くなり、塗料粘度が上がりにくいいため、塗料たれを生じやすい。

また二輪自動車のプラスチック部品は形状が複雑であるために (Fig. 9)、ロボット塗装機では追従しきれず、未塗装部や塗装むらが生じてしまう。プライマ塗装時に未塗装部や塗装むらがあると、塗着効率の低下、密着性の低下が生じるため、プライマはハンド塗装となる。ハンド塗装の場

合、作業者の目視によって塗装条件が調整されるため、塗装時に平滑性が低いと塗りこまれることで膜厚が厚くなり、塗料がたれることがある。よってハンド塗装時に要求される特性として、ウェット塗膜の耐たれ性と平滑性が求められる。

水性塗料を塗装する際の塗料たれの防止には、せん断応力を受け続けると粘度が低下し、せん断応力を受けな

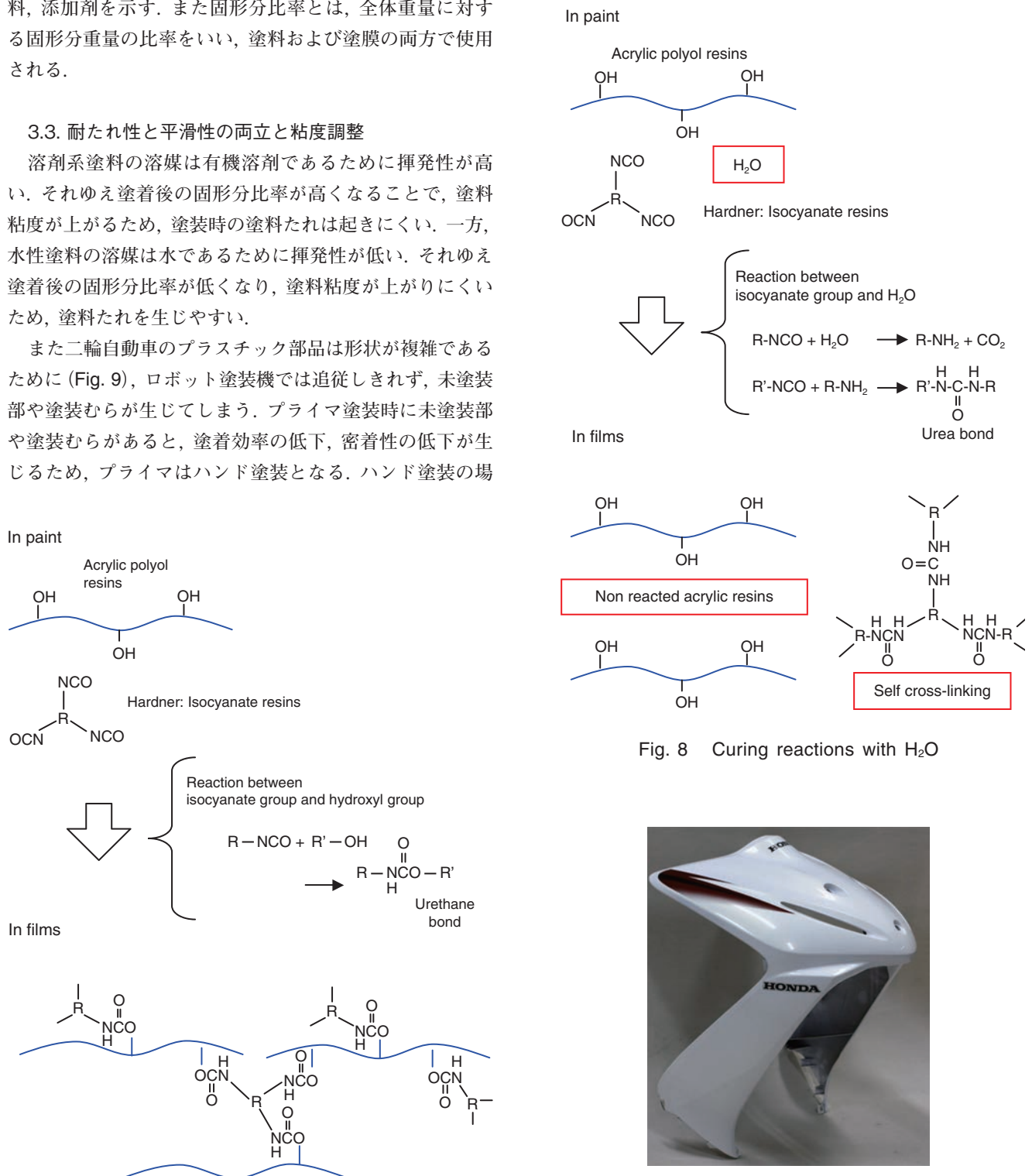


Fig. 9 Example of motorcycle part with complex shape

くなると粘度が上昇するチクソトロピック性を発現する粘性制御剤を用い粘度を確保することが有効である (Fig. 10). そこでチクソトロピック性を発現する粘性制御剤を用いて、たれ防止と平滑性を両立する粘度調整を試みた。

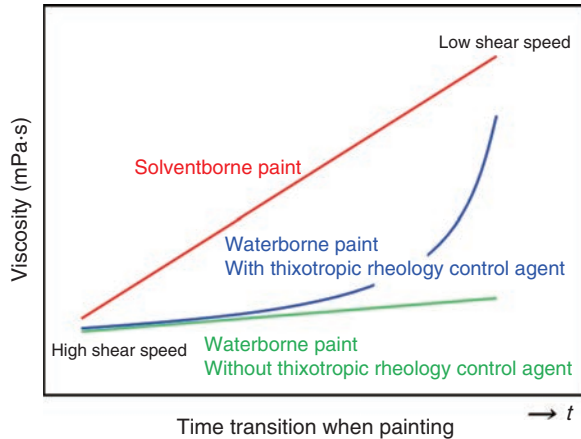


Fig. 10 Viscosity changes in painting process

4. 試験方法

(1) 試験品

- (i) 試験片の場合, 150×70×3.0 mm の樹脂板を用いる。
- (ii) 部品の場合, フロントフェンダ, 等を用いる。

(2) 試験

- (a) 密着性試験: 基盤目試験法 (JIS K5400) を採用する。カッターナイフを用いて、塗膜に 100 個の升目の切り込みを入れた後、升目上に粘着テープを貼り付け、剥がして、塗装の剥がれぐあいを確認する。
- (b) 耐水性試験: 40℃ の水に規定時間、浸漬した後、塗膜の膨れ、剥がれ等の異常を確認する。
- (c) 耐湿性試験: 50℃, 95% の恒湿槽に規定時間、保持した後、塗膜の膨れ、剥がれ等の異常を確認する。
- (d) 平滑性試験:
 - (i) プライマウェット塗膜の場合, 目視により評価する。
 - (ii) プライマ乾燥塗膜の場合, レーザー式表面粗さ測定器を用いて R_a を測定する。カットオフ値: 0.8 mm
 - (iii) 上塗り乾燥塗膜の場合, BYK-Gardner WAVE SCAN を用いて LW, SW を測定する。本装置は表面の周期的な表面波長を測定する装置であり, LW は波長 1.2-12 mm, SW は波長

0.3-1.2 mm の表面波長の振幅度合いを示し、値が小さいほど平滑性が優れる。

(e) 粘度:

- (i) 吹き付け前の塗料の粘度 B 型粘度計により測定する。回転速度は 6 rpm。
- (ii) 吹き付け後のウェット塗膜の粘度コーンプレート型粘度計により測定する。ずり速度は 0.1 sec^{-1} 。

(f) 耐たれ性試験: 直径 5 mm の穴を開けたテストパネルに垂直状態でプライマ塗料を塗装し、垂直のままプレヒートをおこない、塗料たれの長さが 5 mm に至る膜厚をたれ限界膜厚とする。

(g) 濡れ性試験: 上塗り塗料をプライマ乾燥塗膜上に滴下後、分度器を用いて塗料の接触角を測定する。接触角が小さいほど濡れ性が優れる。

5. 結果と考察

5.1. ABS, PA 両素材への密着性を有する樹脂設計

本開発において、耐水性、耐湿性の要求性能から水性プライマの樹脂形態はエマルジョンタイプを選択した。

Table 2 に示した主鎖 2 種類と側鎖中の官能基 3 種類からそれぞれ 1 種類を選択し、その組み合わせによって 4 種類のプライマ樹脂を合成した (Table 3)。合成した樹脂に分散樹脂、添加剤、溶剤を添加し 4 種類のプライマ塗料 (P-A, P-B, P-C, P-D) を調合した。

テストに用いる試験片の素材は、ABS, ABS+PE, PA の 3 種類が対象になる。ABS+PE は ABS に PE を数 % 配合したものであり、密着性の評価においては ABS より ABS+PE の方が不利である。したがって今回の実験では、ABS, ABS+PE に対する試験については、密着性においてより厳しい条件となる ABS+PE のみを用いて密着性を確認することで代表させた。次に、調合したプライマを ABS+PE, PA の試験片に塗装し、プレヒート、上塗り塗装、焼付けをおこなった。それらの試験片に対し、初期密着性試験および、耐水性試験後、耐湿性試験後の密着性試験を実施した。密着性試験の評価基準は 100 個のマス目において塗装がまったく剥離しなかったものを合格 (○で示す)、すべてのマス目において 50% 未満の剥離面積であったものを低品質 (△で示す)、一つでも 50% 以上の剥離面積があったものを不合格 (×で示す) とする。結果を Table 4 に示す。その結果、P-A と P-B は ABS+PE に対する密着性試験は合格であるが、PA に対する密着性試験は不合格である。このことから樹脂 A, 樹脂 B に含まれるカルボン酸基は ABS+PE との密着性に優れるが、PA との密着性に劣ることが推測される。P-C は ABS+PE に対する密着性試験は不合格であるが、PA に対する密着性試験は合格である。このことから樹脂 C に含まれるアミド

Table 3 Combination of principal chains and function groups in side chains

Base resin	Principal chain	Function group in side chain
A	Acrylic emulsion	Carboxylic acid group
B	Urethane emulsion	Carboxylic acid group
C	Acrylic emulsion	Amide group
D	Urethane emulsion	Sulfonic acid group

Table 4 Adhesion test results

Primer	Base resin	ABS+PE			PA		
		Initial	After WR	After HR	Initial	After WR	After HR
P-A	A	○	○	○	×	×	×
P-B	B	○	○	○	×	×	×
P-C	C	○	×	×	○	○	○
P-D	D	○	○	×	○	○ ⁽¹⁾	○ ⁽¹⁾

WR: Water resistance test, HR: Humidity resistance test

(1) Swelling, ○: Good, △: Poor (does not appear in this table), ×: Unacceptable

基とPAに含まれるアミド基による双極子相互作用によって密着していることが推測される。またP-DはABS+PEに対する密着性試験は不合格であり、PAに対する密着性試験は合格であるものの、塗膜膨潤が生じることで最終的には不合格となった。このことから樹脂Cに含まれるスルホン酸はカルボン酸より極性が高いために、PAとは密着するが、吸水しやすいために塗膜に膨潤を生じたと推測される。

それぞれの樹脂単独のプライマではABS+PEとPAへの両方への密着性を満足することはできなかった。そこで次にABS+PEへの密着性が良好な樹脂Aと樹脂B、PAへの密着性が良好な樹脂Cを組み合わせと混合比率を変えて4種類のプライマ(P-AC1, P-AC2, P-BC1, P-BC2)を作製し、密着性試験をおこなった。各樹脂の混合比率と密着性試験の結果をTable 5に示す。

その結果、いずれのプライマにおいてもABS+PEに対する密着性試験は合格した。一方、PAに対する密着性試験の結果には差が見られた。P-AC1よりもP-AC2、そしてP-BC1よりP-BC2の方がPAとの密着性は優れた。このことから樹脂Cの混合比を高くするとPAとの密着性が優れることがわかった。またP-AC1とP-BC1、P-AC2とP-BC2を比較すると、P-BC1とP-BC2の方がPAとの密着性は優れた。このことから、アクリル樹脂のアルキル鎖とPAのアルキル鎖同士の分子間力よりも、ウレタン樹脂に含まれるウレタン結合とPAに含まれるアミド結合による水素結合の方が、密着力が高いと推測された。

以上の結果から、ABS+PEへの密着性はカルボン酸が、PAとの密着性はアミド基とウレタン樹脂が寄与して

おり、PAへの密着性を確保するためには、アミド基を多くすることが必要であることがわかった。そして最終的にABS+PEとPAの両方に密着する水性プライマとしてP-BC2を見出すことができた。

5.2. プレヒート追加による塗膜の固形分比率管理

塗膜性能を満足する水性プライマ塗膜の固形分比率を求めるために、プレヒートの温度、時間を変化させて、塗膜の固形分比率と塗装性能の関係を調べた。

試験片はテストパネルを用いた。塗装ハンガースピードとライン長から、プレヒート工程前の保持時間は3分、プレヒート時間は最大3分とした。プレヒート温度は常温、40、55、70℃の4水準を設定した。膜厚は最小膜厚、平均膜厚、最大膜厚の3水準を設定した。ABS、ABS+PE、PAのテストパネルに、プライマ塗料を塗装し、プレヒートをおこない、上塗り塗装、焼付をおこなった。これらの試験片に対し、外観評価と密着性試験を初期、耐水性試験後、耐湿性試験後に実施した。試験結果をTable 6に示す。

その結果、常温乾燥の場合、乾燥時間が3分で最小膜厚の条件のみ、塗膜性能を満足した。また乾燥時間が3分かつ温度が40℃以上であれば、いずれにおいても塗膜性能を満足することがわかった。そして塗膜性能を満足する塗膜の固形分比率は50%以上であることがわかった。最終的に量産条件としては、二輪自動車部品の大きさや形状による塗装性能のばらつきを考慮して、プレヒートの条件は70℃×3分とした。

5.3. 耐たれ性と平滑性を両立する粘度調整

塗料粘度を変化させた時の耐たれ性、平滑性の評価をおこなった。塗料粘度は、塗料固形分比率を一定にし、粘性制御剤の量で調整した。耐たれ性と平滑性の評価は二輪自動車部品のフロントフェンダを用いておこなった。塗装現場での塗装従事者による目視による評価で、プライマ塗料が塗られた直後のウェット塗膜の平滑性を、水性プライマと有機溶剤プライマ(以下、溶剤プライマ)を用いて比較した。評価結果をTable 7に示す。

耐たれ性においては、700 mPa・s以下では塗料粘度は高いほどたれ発生膜厚は高くなり、塗料粘度が900 mPa・sを越えるとたれ発生膜厚は一定となることがわかった。耐たれ性の目標は、塗装作業性の観点からたれ発生塗膜膜厚は20 μm以上とした。この目標に対し、塗料粘度を700 mPa・s以上に制御することで、耐たれ性を満足した。

平滑性は一般的に、塗料粘度が低いほどウェット塗膜の平滑性は上がる。試験結果では、900 mPa・sにて現行同等となり、700 mPa・sにて現行より優れた。しかしながら400 mPa・sに達すると塗装面全体にたれが生じた。ウェッ

Table 5 Adhesion test results

Primer formula	Base resin			Compounding ratio (%)	ABS+PE			PA		
		Principal chain	Function group in side chain		Initial	After WR	After HR	Initial	After WR	After HR
P-AC1	A	Acrylic emulsion	Carboxylic acid group	50	○	○	○	×	△	○
	C	Acrylic emulsion	Amide group	50						
P-AC2	A	Same as above		25	○	○	○	○	○	△
	C			75						
P-BC1	B	Urethane emulsion	Carboxylic acid group	50	○	○	○	△	△	○
	C	Acrylic emulsion	Amide group	50						
P-BC2	B	Same as above		25	○	○	○	○	○	○
	C			75						

WR: Water resistance test, HR: Humidity resistance test, ○: Good, △: Poor, ×: Unacceptable

Table 6 Solid content ratio and film performance

Preheat condition	Primer		ABS						ABS+PE						PA						Judgement	
	FT (μm)	SCR (%)	AP	AD	WR		HR		AP	AD	WR		HR		AP	AD	WR		HR			
					AP	AD	AP	AD			AP	AD	AP	AD			AP	AD				
RT×1 min	5	38.9	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×
	9	33.5	○	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	
	14	33	○	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	
RT×2 min	5	43.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	
	9	35.6	○	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	○	×	
	14	35.1	○	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	○	×	
RT×3 min	5	50.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	9	38.1	○	○	○	○	×	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	○	×	
	14	37.4	○	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	○	×	
40°C×3 min	5	70.9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	13	63.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	18	56.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
55°C×3 min	5	82.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	10	74.7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	14	69.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
70°C×3 min	5	85.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	12	80.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	15	75.6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

RT: 23°C, FT: Film thickness, SCR: Solid content ratio, AP: Appearance, AD: Adhesion test (Initial),

WR: Water resistance test, HR: Humidity resistance test, ○: Satisfactory, ×: Unsatisfactory

Table 7 Sagging resistance and surface smoothness of painted wet film in changing primer viscosity

Primer viscosity (mPa.s)	Sag limit thickness (μm)	Surface smoothness of wet film
400	13	× (sagging across entire test panel)
700	21	◎
900	26	○
1800	27	△

◎: Better than current solventborne primer

○: Same as current solventborne primer

△: Worse than current solventborne primer

×: Out of permissible range

ト塗膜の平滑性の目標は現行溶剤プライマと同等以上とした。この目標に対し、塗料粘度を 700-900 mPa·s に制御することで平滑性を満足した。

以上から耐たれ性と平滑性を両立する塗料粘度領域は 700-900 mPa·s となる。耐たれ性観点では 900 mPa·s が好ましく、平滑性観点では 700 mPa·s が好ましい。今回は、耐たれ性を上げて作業性に余裕を持たせることを優先し、最終的に塗料粘度を 900 mPa·s と決定した。

以上の三つの課題を解決し、最終的に決定した塗料組成を Table 8 に示す。

Table 8 Composition of waterborne conductive primer

Ingredients	Compounding ratio (wt%)	Function	
Water-soluble acrylic resin	1.3	Dispersion of pigments	Solid contents
Emulsion resin	13.2	Adhesion to substrate	
Pigments	10.4	Conductivity, Control of color	
Body pigments	0.8	Adhesion to glass filler	
Additives	1.6	Control of surface tension, Dispersion of pigments, Anti-bubble, Thixotrope	
Amine	0.2	Control of pH	Volatile contents
Water	70.3	Solvent	
Glycol	2.2	Coalescing agent	
Total	100		

Table 9 Surface smoothness of top coat paint

	LW(-)	SW(-)
On solventborne primer for ABS	14.3	40.5
On solventborne primer for PA	24.1	44.5
On waterborne primer	3.5	4.6

結果から、プライマのウェット塗膜の平滑性は水性プライマと溶剤プライマを同等になるよう、水性プライマの粘度を調整 (900 mPa・s) した。しかしながら、焼付け後は、溶剤プライマ上の上塗り塗膜より、水性プライマ上の上塗り塗膜の方が、LW, SW が低減し (LW で 1/4-1/7, SW で 1/9-1/10)、平滑性が向上していた。

その要因を調べるために、(1) プライマ乾燥塗膜の平滑性 (Ra)、(2) プライマ乾燥塗膜の上塗り塗料に対する濡れ性 (接触角)、(3) プライマウェット塗膜の粘度、(4) プライマウェット塗膜の固形分比率を評価した。結果を Table 10 に示す。プライマ塗膜の Ra においては、水性プライマ塗膜は、溶剤プライマ塗膜より Ra が小さく、表面平滑性が高いことがわかった。また接触角においては、水性プライマ塗膜は、溶剤プライマ塗膜より接触角が小さく、濡れやすいことがわかった。以上から、乾燥後の水性プライマは、平滑性が高く、濡れ性が高いために、上塗り塗料の平滑性が向上したことが推測できる。

乾燥後の水性プライマの平滑性が高い理由を以下に考察する。Table 10 に示すように、水性プライマのウェット塗膜の粘度は、溶剤プライマのそれより低い。すなわち、水性プライマの方が塗着後の流動性が高いと考えられる。またプライマウェット塗膜固形分比率を見てみると、水性プライマの方が溶剤プライマより固形分比率が低い。これは水性プライマの方が溶剤プライマより、乾燥後の塗膜体積収縮率が高いことを意味し、水性プライマの方が体積収縮効果により表面平滑性が高まることが推測される (Fig. 11)。

一方、水性プライマの濡れ性が高い理由としては、水性プライマの方が溶剤プライマより極性が高い結合基を多く有するために表面張力が高いことと、水性プライマの方が溶剤プライマより表面平滑性が高いことが考えられる。

7.2. プライマおよび上塗り塗料の塗着効率向上

もう一つの副次的効果は、水性プライマの塗着効率が、溶剤プライマのそれと比較して最大 9.5% 向上したことである。塗装工程において、溶剤プライマの溶媒である有機化合物は揮発しやすいが、水性プライマの溶媒である水は揮発しにくい。この性質から、水性プライマの塗着効率が高まる理由として以下の事柄が推測される。

6. 得られた成果

6.1. VOC 排出量の低減

現行の溶剤プライマと同等の塗膜性能、作業性を有する水性プライマを開発し、量産に適用することができた。プライマ塗料に含まれる VOC 排出比率は溶剤プライマが約 70% であるのに対して、水性プライマは 2.2% である。その結果、プラスチック部品における塗装工程の VOC 排出量を 27% 低減でき、熊本製作所の塗装工程における削減量 41% に大きく貢献した。

6.2. ABS, PA への塗料共用化

ABS と PA の両方に密着するプライマを開発できたことで、プライマの種類を 2 種類から 1 種類に減らすことができ、塗装工程での管理工数が低減した。また新たな塗装ラインを設置する際に、プライマ塗装における設備投資を抑えることが可能となった。

7. 副次的効果

VOC 排出量削減と ABS, PA へのプライマ共用化を目的に水性導電プライマの開発をおこなったが、これら以外にも上塗り塗膜の平滑性向上、プライマ塗料および上塗り塗料の塗着効率向上という副次的な効果が得られた。以下にそれらを示す。

7.1. 上塗り塗膜の平滑性の向上

溶剤プライマ塗膜と水性プライマ塗膜の上に、同一の上塗り塗料を塗装し、焼き付けた後、上塗り塗膜の平滑性を LW, SW によって評価した。結果を Table 9 に示す。先の

Table 10 Properties of primer films

	Dry film		Wet film	
	Ra (μm)	Contact angle (°)	Viscosity (mPa·s)	SCR (%)
Solventborne primer for ABS	0.20	47.6	394,000	55
Solventborne primer for PA	0.39	43.0	over 1×10^8 (out of range)	60
Waterborne primer	0.15	41.2	16,560	30

SCR: Solid Content Ratio (=Non volatile content ratio)

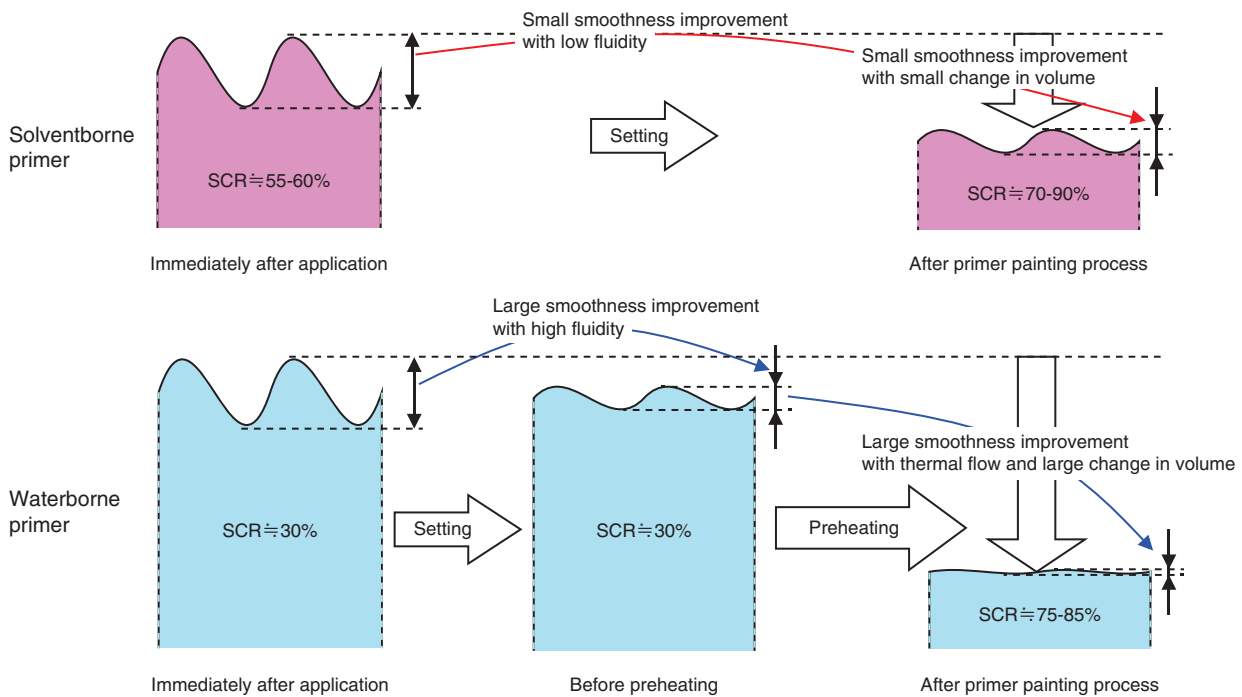


Fig. 11 Improvement of surface smoothness

- (1) 溶剤プライマは部品表面に到達するまでに、塗料粒子の重量が軽くなり、部品に塗着されない飛散塗料が多くなるが、水性プライマは塗料粒子の重量は重いままであり、部品表面へ塗料が到達しやすい。
- (2) 溶剤プライマは部品へ到達するときの粘度が高く、跳ね返る塗料が発生するが、水性プライマは部品へ到達するときの粘度が低いため、最初に部品表面に到達する塗料粒子は部品表面に付着しやすい。さらにそれ以降に到達する塗料粒子も既に形成されているウェット塗膜に捕捉されやすい (Fig. 12)。

また、水性プライマを用いると溶剤プライマを用いた場合より、上塗り塗料の塗着効率が向上した。その理由としては、水性プライマ塗膜は溶剤プライマ塗膜より上塗り塗料に対する濡れ性が良いため、塗料粒子を捕獲しやすくなったことが考えられる。

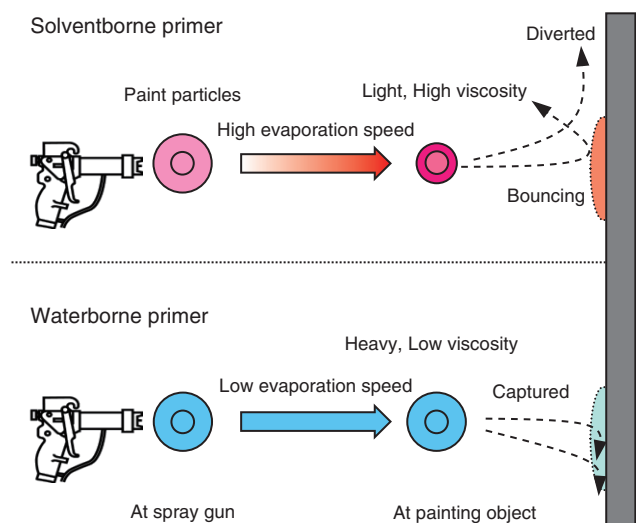


Fig. 12 Primer paint particles behavior

8. まとめ

VOC 排出量削減を目的に、二輪自動車向けの水性導電プライマを開発した。本プライマの塗装ラインへの適用により、自動車工業会の VOC 排出量削減目標値 40% の達成に大きく貢献した。このプライマは、設計した 2 種類の樹脂を最適に配合することにより、ABS、PA の両材料への適用を可能とした。これによりプライマの共用化が可能となり、塗装ラインにおける工程ロスを削減することができた。さらに、プライマの水溶性に伴う副次的効果により、上塗り塗膜の平滑性向上による外観商品性の向上と塗料の塗着効率向上も併せて図ることができた。

本開発塗料は熊本製作所における二輪自動車プラスチック部品の塗装ラインに適用されている。

参考文献

- (1) 橋本孝則, 小川剛志: パンパ用脱塩素系水性プライマの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.20, No.2, p.56-60
- (2) 居原理: 高塗装性水性中塗り塗料の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.23, No.1, p.106-111

■ 著 者 ■



井上 智之



田中 明子



望月 信介



井上 正伸