

二輪車用のマグネシウム製 シリンダヘッドカバーに施す1コート塗装の開発

One-coat Paint for Motorcycle Engine Magnesium Cylinder Head Cover

梅 林 不二夫*

Fujio UMEBAYASHI

田 中 明 子*

Akiko TANAKA

望 月 信 介*

Shinsuke MOCHIZUKI

岡 田 博**

Hiroshi OKADA

要 旨

一般に二輪車のマグネシウム製シリンダヘッドカバーは耐候性と耐食性の両立のために2コートの塗料系が必要である。これに対して主体樹脂へのエポキシ樹脂の変性、密着性向上のための化合物添加、および防錆顔料の添加により耐候性と耐食性を両立した1コート系塗装を開発した。この塗装を用いることによりマグネシウム製シリンダヘッドカバーの塗装の1コート化が可能となり、塗装工程の削減をおこなうことができた。

ABSTRACT

Two-coat painting is generally necessary to achieve both weather resistance and corrosion resistance in magnesium motorcycle cylinder head covers. A paint that enables the achievement of both weather resistance and corrosion resistance using one coat has been developed by adding epoxy resin to the main resin to promote modification, adding compounds to increase adhesiveness, and adding rust preventive pigments. The developed paint enables magnesium cylinder heads to be painted using one coat, and thus reduces the number of painting processes involved.

1. まえがき

二輪車用のシリンダヘッドカバーは、アルミニウム合金(ADC12)製のものが主流であるが、近年、車両重量の軽量化目的のため、マグネシウム合金(AZ91D)製のシリンダヘッドカバーのニーズが増えてきている。二輪車のシリンダヘッドカバーの一例を Fig. 1 に示す。

シリンダヘッドカバーは、両素材ともに防錆および装飾目的で塗装が施されているが、アルミニウム合金の場合、素材の耐食性が比較的良好なため、耐候性の良い塗料を用いた1コート塗装で耐食性を含め性能が得られている。これに対し、マグネシウム合金の場合は素材の耐食性が低いいため使用する塗料に対しては、耐食性・密着性を重視する必要がある。しかし、耐食性、密着性に優れる塗料は一般的に耐候性が低いいため、マグネシウム合金の塗装には耐食性の高い塗料を下塗りとし、その上に耐候性の優れた上塗り塗装

をする2コート(2回塗り)塗装をおこなう必要があり工程が増えていた。



Fig. 1 Cylinder head cover of CBR600RR

* 二輪開発センター

** (株) 佑光社

この工程を削減するために、本稿では、アクリルウレタン樹脂にプライマ樹脂であるエポキシ樹脂を変性し、さらに性能向上の補強としてポリマ化合物と防錆顔料の併用により耐食性と耐候性を両立させノンクロムの1コート塗装を開発した。本稿では塗料設計の考え方とそれらの効果について述べる。

2. 塗料の開発

2.1. 開発の課題

マグネシウム合金に用いられている2コート塗装を1コート塗装にするためには、密着性、耐食性、耐候性の基本性能の両立が求められる。さらに、これらの基本性能以外にも塗装修正のためのリコート性、塗料の1液化、に加え複数の塗装メーカーでの塗装条件に柔軟に対応できるライン適応性も重要である。よって、これらの性能も基本性能と同様に開発の課題とした。開発の課題を Table 1 に示す。

2.1.1. 塗料設計の課題

現状のマグネシウム合金部品の塗装構成は、まず下塗りとしてプライマ塗料を塗装し、次いで上塗り塗料を塗装する2コート塗装が一般的である。このような2コート塗装の場合、プライマと上塗りに必要な機能を振り分けることが可能なため、各種の要求性能を得ることが容易である。プライマは密着性能、耐食性能に重点を置いた塗料選定とし、エポキシ樹脂系塗料が一般的に使用されている。エポキシ樹脂は分子構造内にエポキシ基およびヒドロキシ基が等間隔に分布しているため素材密着性に優れている。また分子構造主鎖中にエステル結合を持たないため、耐水性・耐薬品性についても優れた特性を有している⁽¹⁾。反面、耐候性が大きく劣り、紫外線で黄変や白亜化を起しやすく、上塗り塗料には不適である。

一方、上塗り塗料としては密着性、耐食性に劣るものの、耐候性、意匠性に優れたアクリル樹脂系の使用が一般的である。

2コート塗装から1コート塗装にする際の課題は耐食性

能と耐候性能の両立である。そのためには、エポキシ樹脂の持っている耐食性能や密着性能をアクリル樹脂へ付与させることが必要であるが、性能の両立は樹脂の見直しのみでは困難である。本塗装開発においては密着性向上のためのポリマ化合物や、耐食性向上のための機能顔料付与での性能補強も同時におこない、2コート塗装におけるプライマのエポキシ系塗料と上塗りアクリル系塗料のそれぞれの役割を1コート塗装で発揮できる塗料を開発した。

2.1.2. 塗装ライン適応性の条件

塗料は、適切に処理された素材、適切な塗装、焼付け条件で本来の密着性を発揮するが、塗装ライン設備によっては焼付け炉の温度上昇の仕方が異なることがある。複数の塗装ラインではん用性を考慮すると、幅広い焼付け条件に対応できなければならない。開発塗料では実ラインでの温度データから標準温度を150℃に設定し、140℃-160℃、20-30分の焼付け範囲で素材との密着性が確保できることを目標とした。

2.1.3. リコート性

塗料はリコート性を考慮したものでなければならない。リコート塗装はゴミ・塗料かす付着等の塗装不具合が発生した際、研磨処理でこれらを除去し再塗装する工程である。この際も通常塗料と同様の作業にて再塗装した塗膜の密着性を発揮することが必要であり、これを開発塗料の目標とした。

2.1.4. 環境適合性

従来のマグネシウム合金部品の塗装前処理は、六価クロムを使用するものが一般的であった。しかし、本開発が目指す1コート塗装は、環境対応として有害物質を含有しない塗装を目標とし、塗料自体の鉛フリー／六価クロムフリーのみならず、前処理も六価クロムフリーとして開発した。

2.2. 塗料設計

2.2.1. 樹脂系

(1) 主体樹脂 1コート塗料用樹脂として重要な性能は、素材との密着性に優れると共に、従来のトップコート塗料と同等の耐候性を併せ持つ必要がある。主体樹脂の候補としては、非鉄金属素材への密着性能実績から、エポキシ樹脂、アクリル樹脂を選定し、硬化樹脂の候補としては、焼付け温度を一般的な150℃と設定したことから、メラミン樹脂、ブロックイソシアネート樹脂を選択した。

主体樹脂の先行検証をした結果を Table 2 に示す。エポキシ樹脂とアクリル樹脂との比較ではエポキシ樹脂のほうが密着性に優れているものの、トップコート塗料としての耐候性を考慮しなければならず、エポキシ樹脂系での開発は断念した。また硬化樹脂としては、メラミン樹脂硬化では耐水性・耐湿性に問題があり除外した。

Table 1 Points of development

Item		Purpose
Reduction of number of coats (2-coat to 1-coat)		Reduction of procedures
Basic performance	Adhesion	Satisfy all property of adhesion, corrosion resistance, and weather resistance requirement using 1-coat paint
	Weather resistance	
	Corrosion resistance	
Applicability to mass production	Re-coatability	Adhesion after re-coat
	Baking-temperature applicability	Applicability to mass production line

Table 2 Study of resin types

Resin type / Characteristics	Water resistance/ secondary adhesion	Corrosion resistance	Weather resistance	Hardness
Acrylic / Melamine	Low	Low	High	High
Acrylic / Urethane	High	Low	High	High
Epoxy / Melamine	High	High	Low	Low
Epoxy / Urethane	High	High	Low	Low

したがって、樹脂系としては反応性ヒドロキシ基を持つアクリル樹脂を選択し、このアクリル樹脂の密着機能向上に主眼をおき開発を進めた。

アクリル樹脂を採用した理由は各種モノマの組合せ、ガラス転移点温度(以下、Tgという)、分子量のコントロールなどにより幅広い、多様な用途へ対応実績があるからである⁽²⁾。アクリル樹脂の Tg と主性能を Fig. 2 に示す。

アクリル樹脂は Tg が高くなる方向で硬度、耐溶剤性が向上する反面、密着性が低下する傾向にある⁽³⁾。したがって Tg と密着性の相関を考慮し最適設計をおこなった。

硬化樹脂は加熱によって解離反応するブロックイソシアネート基を持つ樹脂を採用した。解離温度は塗装作業性および炉内温度等を考慮し、130℃解離とし一般的なトップコートの硬化条件と同等とした。さらに硬化樹脂の特性を密着性に重点を置いたものとした。配合量は密着性を考慮して調整した。

(2) 変性樹脂・化合物 塗料の性能を向上させる手段として、主体樹脂に他の樹脂を配合や重合をさせる変性という手法がある。アクリル/ウレタン(ブロックイソシアネート)系の主体樹脂の最適化だけでは1コート塗装として安定した密着性を得られなかったため、密着性向上を目的として主体樹脂にエポキシ樹脂の変性および、ポリマ化合物の付与をおこなった。変性するエポキシ樹脂についてはポリイソシアネートをアクリル樹脂と共有の硬化剤として利用することからビスフェノール型とした。ただし、エポキシ樹脂の配合比率により塗料の性能が大きく変わるようになるため、配合比率については使用環境を考慮して耐候性と耐食性の観点から決定した。エポキシ樹脂の配合比率と耐候性、耐食性の関係を Fig. 3 に示す。

Tg	Low	← Fixed Tg →	High
Resistance to solvent	Low		High
Adhesion		High	Low

Fig. 2 Tg performance of acrylic resin

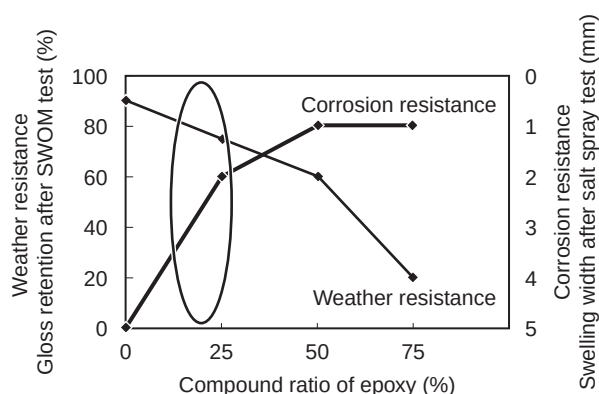


Fig. 3 Epoxy compound ratio versus weather resistance and corrosion resistance

また、ポリマ化合物付与については、マグネシウム表面のヒドロキシ基と反応する官能基を持つシランカップリング剤を採用し、密着性向上をおこなった。シランカップリング剤による密着性向上の機構を Fig. 4 に、配合量と密着性の関係を Fig. 5 に示す。

2.2.2. 顔料配合

顔料としては、塗装に意匠性を与える目的で用いられる着色顔料、塗装の補強等に用いられる体質顔料、耐食性を付与する防錆顔料がある。2コート用の塗料では防錆顔料を配合していなかったが、本開発塗料では耐食性を付与する目的から防錆顔料を配合することとした。一般に防錆顔料としてはクロム系の防錆顔料が実績面より効果が期待でき

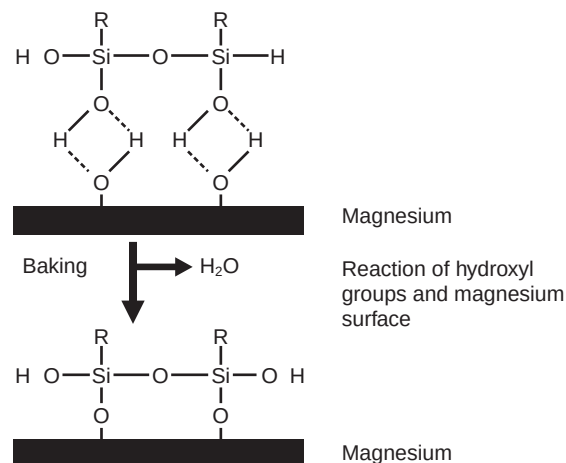


Fig. 4 Mechanism of adhesion to magnesium

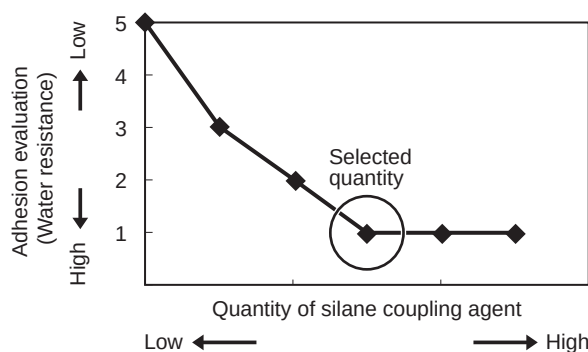


Fig. 5 Effect of silane coupling agent on water resistance

るが、環境対応を考慮し、ノンクロム系の防錆顔料から耐食性の優れたものを選択して配合した。防錆顔料の種類と耐食性の関係を Fig. 6 に示す。また、Fig. 7 に示すように、防錆顔料の添加量が多すぎる場合、外観の低下をまねくため、耐食性と外観が両立する添加量を決定し配合した。

3. マグネシウム合金用1コート塗料と塗膜性能

3.1. 基本性能

本塗料の開発により、マグネシウム製シリンダヘッドカバーの塗装に必要とされる性能を、従来のクロメート系前処理+2コート塗装からクロムフリー前処理+1コート塗装としても確保することができた。

3.1.1. 耐食性

耐食性については、従来タイプのマグネシウム用1コート塗装に対して格段に耐食性が向上し、プライマを用いる2コート塗装と同等の耐食性を得ることができた。耐食性の試験後の外観を Fig. 8 に、塗装のはく離幅を Fig. 9 に示す。

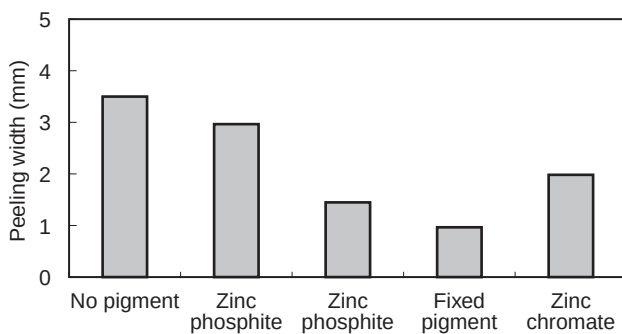


Fig. 6 Change in corrosion resistance by pigment

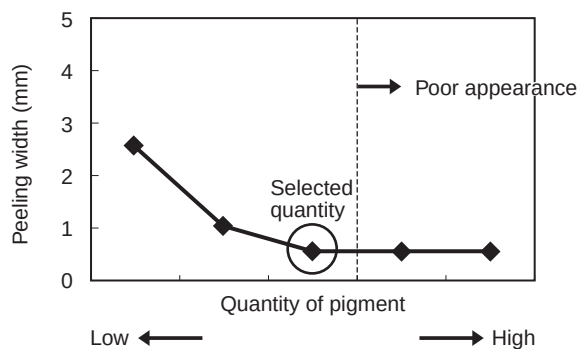


Fig. 7 Change in corrosion resistance and appearance by quantity of pigment

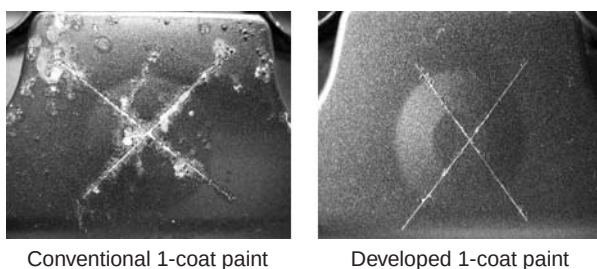


Fig. 8 Corrosion resistance (salt spray test)

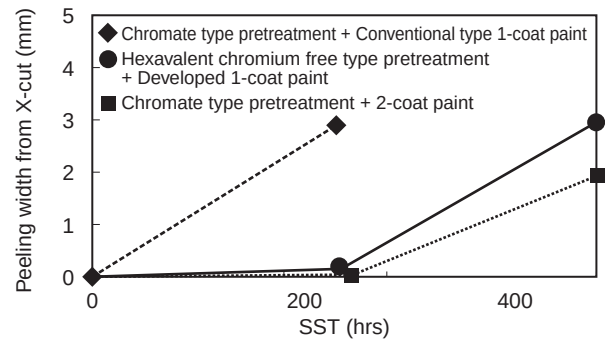


Fig. 9 Corrosion resistance (Salt spray test)

3.1.2. 耐候性

耐候性に関しても現行塗料と実用上問題のないレベルの性能を得ることができた。Fig. 10に耐候性試験後の色差および光沢残存率を示す。

3.1.3. 耐異種金属接触腐食性

実際の部品締付状態での耐食性試験結果を Fig. 11 に示す。

使用するボルトとの異種金属接触腐食の影響についても、2コートの現行量産塗装と同等であることを確認した。

3.2. 量産性

3.2.1. 密着安定性

焼付け温度適応性を評価するために焼付け温度/時間を変化させ密着性を確認した。その結果をFig. 12に示す。目標とした、140℃-160℃の設定温度域の二倍に及ぶ、140℃-180℃の広範囲の温度域にて密着性能を確保できた。

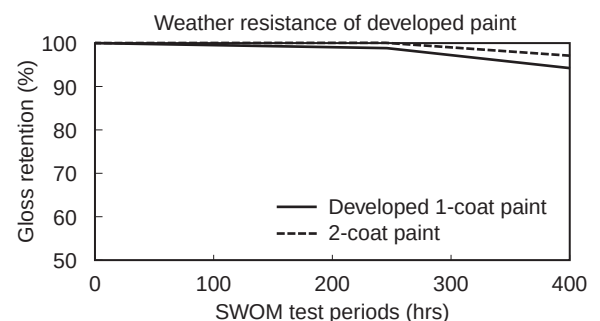
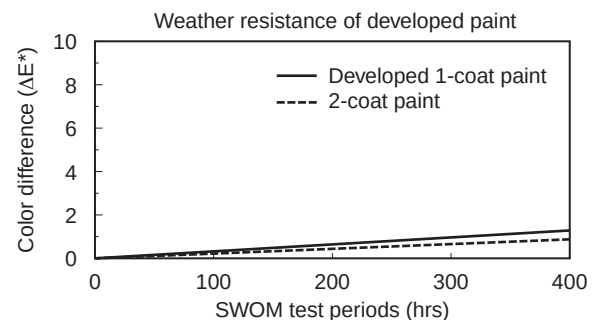


Fig. 10 Weather resistance

CCT cycle		30 cycle	100 cycle
Developed Hexavalent chromium free type pretreatment + 1-coat paint	Aluminum case		
	Bolt with Zn plating		
Current Chromate type pretreatment + 2-coat paint	Aluminum case		
	Bolt with Zn plating		

Fig. 11 Galvanic corrosion

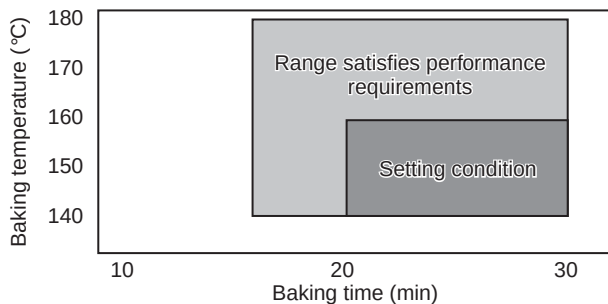


Fig. 12 Baking temperature applicability

3.2.2. 耐食性

前処理は環境対応として、六価クロムフリーの処理であるリン酸マンガン系のものを適用したが、皮膜重量の耐食性に対する影響があるため最適な皮膜重量を決定した。皮膜重量と耐食性の関係を Fig. 13 に示す。

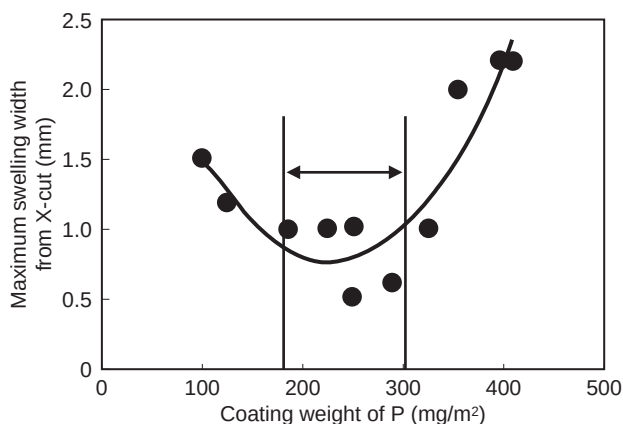


Fig. 13 Pre-treatment coating weight versus corrosion resistance

4. むすび

従来2コート塗装をおこなっていたマグネシウム製シリンダヘッドカバー用の塗料について以下をおこなうことにより塗装の1コート化が可能となり、30%以上の工程削減が達成できた。

- (1) 主体樹脂へ適正量のエポキシ樹脂を変性することにより耐食性を向上させた。
- (2) マグネシウムと反応するシランカップリング剤の添加により密着性を向上させた。
- (3) 環境適合性を配慮しノンクロム顔料を使用して防錆力を向上させた。

本塗装は CBR600RR (Fig. 14) に適用されている。

参考文献

- (1) 社団法人日本塗料工業会：塗料概論，塗料分類，工場塗装ラインにおける塗装・塗料管理ハンドブック，東京，p.38-41(2000)
- (2) 佐藤弘三：塗膜の粘弾性，橋かけ型塗膜の粘弾性，概説塗料物性工学，東京，p.85-94(1973)
- (3) 佐藤弘三：塗膜の付着，塗膜の組成と付着性，概説塗料物性工学，東京，p.197-208(1973)



Fig. 14 CBR600RR which applied developed paint

■ 著 者 ■



梅林不二夫



望月 信介



田中 明子



岡田 博