

工業塗装における水性塗料の塗装前処理と塗膜性能に関する研究*

穴沢 靖**、佐藤隆洋***

鋼板やアルミニウムダイキャスト塗装製品からの「脱クロム」、「脱 VOC」を図ることを目的として、ノンクロメート化成処理、水性塗料について各種塗膜性能から検討を行った。その結果、塗料の種類によって異なった性能を示すものの、溶剤型塗料で得られる付着性能や防食性能は得られず、溶剤型塗料の代替え塗料としての利用については課題が多いことが確認できた。

キーワード：水性塗料、ノンクロメート化成処理、SAICAS 法

Coating Preprocessing and Coating Film Properties of Waterborne Paint in the Industrial Coating

ANAZAWA Yasushi, SATOH Takahiro

For the purpose of attempting Chromium-free and lowering VOC from the iron sheet and the aluminum die-casting coating products, the examinations were done about non-chromatic treatment and the waterborne paint from coating film properties. As a result, neither the adhesive property nor the anti-corrosion property obtained with the solvent type coatings were obtained, and it was able to be confirmed that there were a lot of problems about use as the substitution coatings of the solvent type coatings though a different property depending on the kind of coatings was shown.

key words : waterborne paint, non-chromatic treatment, SAICAS method

1 緒 言

地球温暖化などの環境問題意識の高まりから、世界的に環境負荷低減の意識が高まっている。国内においても、2006 年 4 月より大気汚染防止法の改正が行われ、揮発性有機化合物排出規制（VOC 規制）が始まっている。これにより事業者が排出する VOC の総量は 2010 年までに 2000 年対比で 30%削減することが求められており、塗料から排出される VOC の低減化及び削減化対策は急務となっている。現在、一般工業用塗装市場において、VOC を削減するための環境対応型塗料として、「水溶性塗料」、「粉体塗料」、「ハイソリッド塗料」があり、

多様化の観点から水性塗料が注目されている。一方、世界的には欧州の六価クロム等重金属の使用規制（RoHS 規制等）が 2006 年 7 月に始まったことから、塗装前処理分野においても、その代替え品の開発がここ 4、5 年精力的に行われている。

本研究は、工業塗装製品として多く利用される鋼板（SPCC）やアルミニウムダイキャスト（ADC12）塗装製品から「脱クロム」、「脱 VOC」を図ることを目的に、ノンクロメート化成処理や水溶性塗料の塗膜物性等について検討を行ったので、以下に報告する。

* 基盤的・先導的技術研究開発事業
** 環境技術部
*** 美和ロック（株）盛岡工場

表 1 塗料の種類

記号	下塗り塗料	乾燥温度	上塗り塗料	乾燥温度
MG-AW	熱硬化型エポキシプライマー (灰色)	120℃×20 分	水性アクリルウレタン樹脂	120℃×20 分
MG-AW	熱硬化型エポキシプライマー (黒色)	120℃×20 分	水性アクリルウレタン樹脂	120℃×20 分
I-115	水溶性エポキシプライマー	135℃×20 分	水性アクリル樹脂	135℃×20 分
SO-150	水性エポキシプライマー	80℃×30 分	水性 2 液型ウレタン樹脂	80℃×30 分

2 実験方法

2-1 供試材料

塗装素材として、1×70×150mm の鋼板 (SPCC) 及び 5×70×75mm のアルミニウムダイキャスト (ADC12) を用いた。塗装前処理として、アルミニウムダイキャストにはノンクロメート化成処理剤 (マグボンド・M53) を用い、鋼板にはリン酸亜鉛化成皮膜処理剤 (パルボンド N144) を用いた。また、供試塗料として、現在市販されている 3 種類の水溶性塗料を用いた。表 1 にそれぞれ塗料名及び乾燥条件を示す。(以下、塗料については、記号で記す。)

2-2 試験片の作成

それぞれの塗装素材上部にハンガー用の直径 5mm の穴をあけ塗装前処理を行った。塗装前処理の条件としては、脱脂処理が 60℃、5 分、化成処理が 50℃、1 分でどちらも浸漬処理で行った。なお、アルミニウムダイキャスト材は、直径 0.3～0.6mm のステンレスショットブラストで処理したものを供した。塗装前処理した試験片に、それぞれ専用プライマーを塗布し、焼き付け乾燥を行い、上塗り塗料を 1 回塗布した後、焼き付け乾燥を行う 2 コート 2 ベーク (2C1B) により試験片を作成した。使用した塗装機は、手吹き用エアスプレーガンである。なお、MG-AW、MB-AW の下塗り塗料は色調が異なるが同じ塗料であり、水溶性の下塗り塗料がまだ開発されていないため、塗料メーカー推奨の溶剤型塗料を用いた。

2-3 塗膜物性試験

2-3-1 鉛筆硬度試験

JIS-K-5400(1990) 8.4 鉛筆引っかき値 (手かき法) に準じて行い、それぞれ塗膜の硬さを評価した。

2-3-2 衝撃試験

JIS-K-5400(1990) 8.3.2 デュポン式に準じて行い、塗膜面の割れ、剥がれ等の損傷について評価した。なお、撃ち型は半径 6.35±0.03mm、おもりは質量 500±1g を使用した。

2-3-3 付着性試験 (ゴバン目テープ法)

JIS-K-5600(1999) 5-6 付着性 (クロスカット法) に準じ

て行い、塗膜の付着性を評価した。なお、クロスカットは、すき間間隔 1mm カッターガイドを用いて行った。

2-3-4 表面界面解析装置 (SAICAS 法) による付着強度の測定

試験機は、サイカス AN 型 (大日本プラスチック (株) 製) を用いた。測定条件として、塗膜の切削速度は 240/μm/min、荷重は 0.35kg により行った。なお、試験室の温度は 25℃である。

2-3-5 キヤス (CASS) 試験

脱脂処理及び化成処理を行い、塗装した後、膜厚測定及び試験片中央部にクロスカットをカッターで入れ、JIS-H-8502(1988) めっきの耐食性試験方法 7. キヤス試験方法に準じて耐食性の比較を行った。

3 結果および考察

3-1 鉛筆硬度試験結果

4 種類の塗料の塗膜硬さを評価した結果を表 2 に示す。評価は、目視により塗膜のすり傷が残らない鉛筆の濃度記号を用いた。どちらの素材においても、MG-AW、MB-AW では B、I-115 は H、SO-150 は F となった。一般的に金属塗装における溶剤型塗料では実用硬さとして、H～2H の硬さが求められているのに対し、かなり軟らかい塗膜となっている。

表 2 鉛筆硬度試験結果

塗料 素材	MG-AW	MB-AW	I-115	SO-150
ADC12	B	B	H	F
SPCC	B	B	H	F

3-2 衝撃試験結果

おもり高さ 50cm からの衝撃による変形で塗膜表面に割れ・はがれができないかを評価した結果を表 3 に示す。また、試験後の衝撃痕の拡大写真を図 1 に示す。評価は、○、×評価である。(○: 割れ剥がれができない、×: 割れ・剥がれが発生) いずれの塗料でも衝撃に対し割れや剥がれは見られないうが、衝撃痕周辺に撃ち型によるしわが発生し、既存の溶剤

型塗料では見られないような柔軟性のある塗膜となっている。この JIS 規格試験は衝撃に対する塗膜の付着性や硬さなどの塗膜物性を総合的に評価する試験であり、これまでの溶剤型塗料のように、ある一定以上の硬さを備えた塗膜に適合する試験である。今回の水溶性塗料のように柔軟性のある塗膜を評価するためには、割れ、剥がれの他に新たにしわの発生程度の項目について加える検討が今後必要と思われる。

表 3 衝撃試験結果（おもり高さ 50cm）

塗料 素材	MG-AW	MB-AW	I-115	SO-150
ADC12	○	○	○	○
SPCC	○	○	○	○

3-3 付着性試験（クロスカット法）結果

JIS-K5600(1999)8.3 試験結果の分類表により、クロスカット部分の表面の状態を評価した結果を表 4 に示す。なお、表中に示す数字は分類番号である。また、試験後のクロスカット部の表面の拡大写真を図 2 に示す。（分類 1：カットの交差点における塗膜の小さな剥がれがある状態、分類 2：カットの縁に沿って剥れる状態、分類 3：カットの縁に沿って部分的または全面的に剥がれる状態）いずれの塗料においても剥がれの程度には差があるものの全て剥がれを生じ、また、どちらの素材においても同じような剥がれ方を示し、付着力は溶剤型塗料に比べ非常に弱い結果となった。剥がれ部の拡大写真を図 3 に示す。いずれの剥がれも、下塗り塗料は残存しており、上塗り塗料と下塗り塗料との層間剥離となっていることがわかる。上塗り塗料の下塗り塗料に対する付着性の改善が課題であると思われる。

表 4 付着性試験（クロスカット法）結果

塗料 素材	MG-AW	MB-AW	I-115	SO-150
ADC12	2	2	3	2
SPCC	2	2	3	1

3-4 SAICAS法¹⁻⁴⁾による測定結果

サイカス付着強度の測定結果を図 4、5 に示す。ADC12 のノンクロメート化成処理においては、MG-AW は 1.32kN/m、MB-AW は 1.16kN/m、I-115 は 0.97kN/m、SO-150 は 1.48kN/m の付着強度となった。また、SPCC のリン酸亜鉛化成皮膜処理においては、MG-AW は 1.05kN/m、MB-AW は 0.93kN/m、I-115 は 1.10kN/m、

SO-150 は 1.26kN/m の付着強度となり、ADC12 のノンクロメート処理が SPCC のリン酸亜鉛化成皮膜処理よりも高い値を示す傾向となった。どちらの処理においても、SO-150 が最も高い付着強度を示し、MB-AW よりも MG-AW が高い付着強度となった。これまで、ADC12 のノンクロメート化成皮膜処理やクロメート化成皮膜処理の溶剤型塗料において 1.5～1.8kN/m の付着強度が得られていることから、同じ前処理を行っても明らかに水溶性塗料は溶剤型塗料よりも付着性能が低い結果となった。

3-5 CASS 試験結果

4 種類の水溶性塗料の防錆性能を評価するため、48H の CASS 試験を行った。表 5 に塗料ごとのクロスカット部周辺のブリスト発生状況について評価した結果を示す。評価は、試験後のクロスカット部をテープ剥離した際の剥離部の片側最大剥がれ幅（mm）である。図 6 に塗料ごとのクロスカット部、及び試験後にテープ剥離を行った拡大写真を示す。

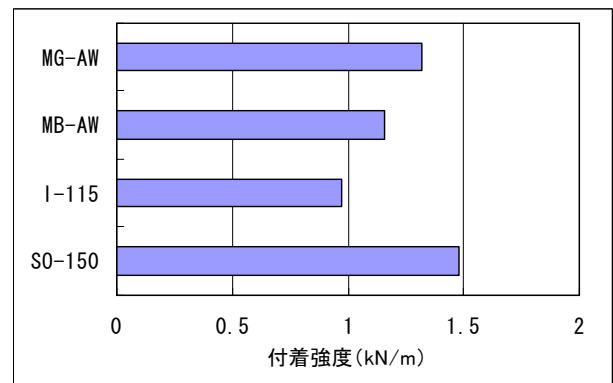


図 4 ADC12（ノンクロメート化成皮膜処理）における付着強度の測定結果

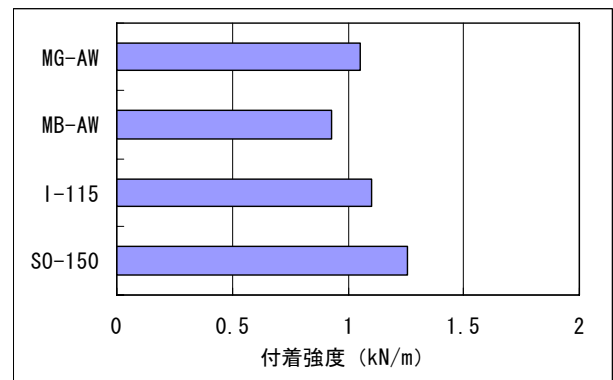


図 5 SPCC（リン酸亜鉛化成皮膜処理）における付着強度の測定結果

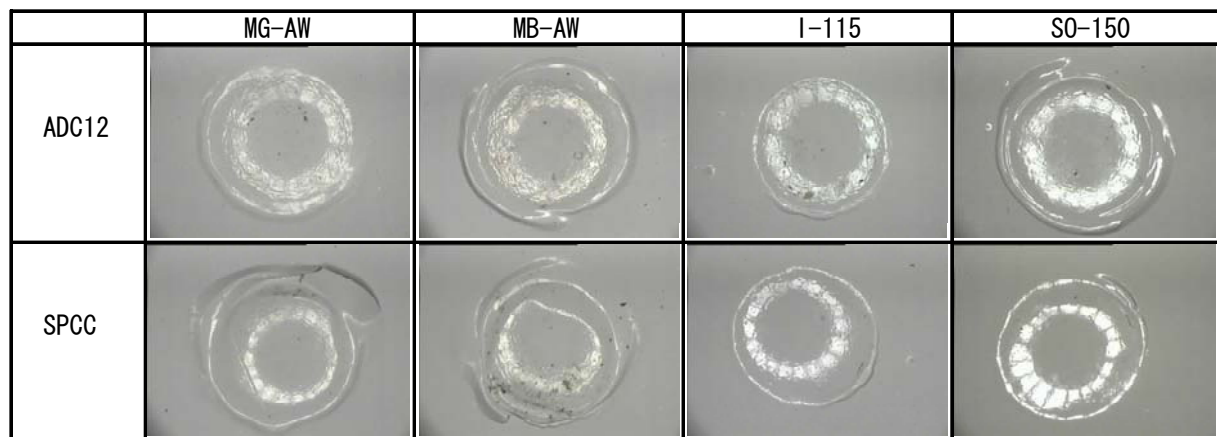


図1 衝撃試験における衝撃痕の観察結果 (×50)

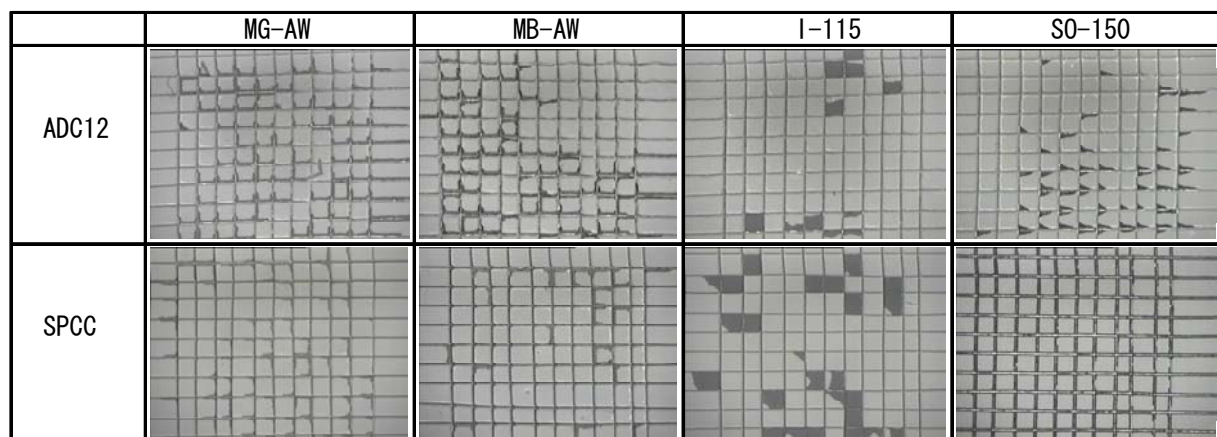


図2 付着力試験におけるクロスカット痕の観察結果 (×50)

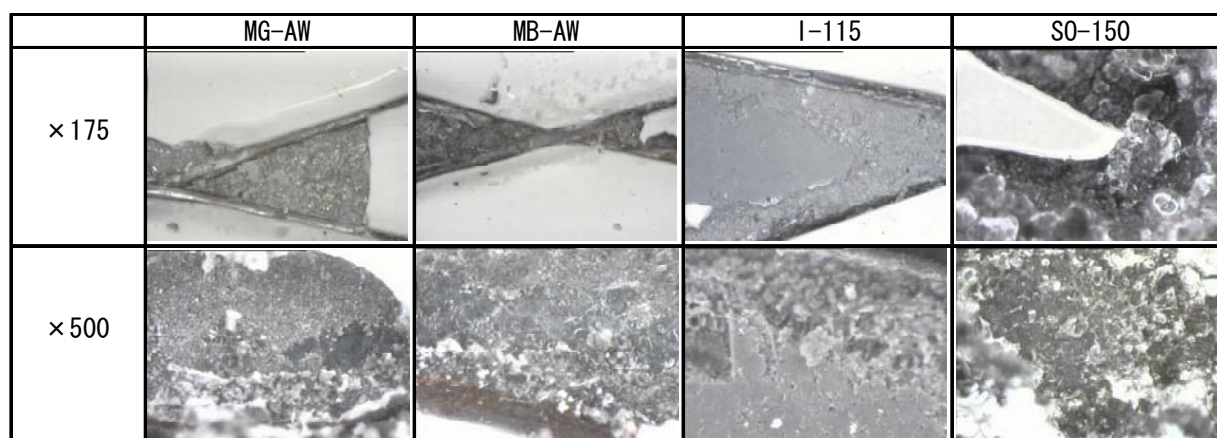


図3 付着力試験における剥がれ部の観察結果

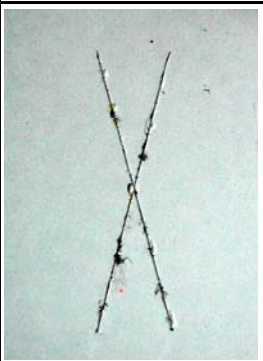
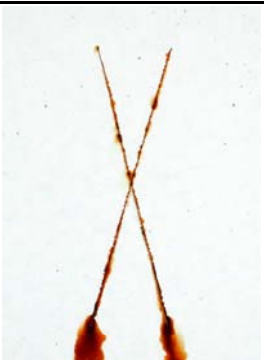
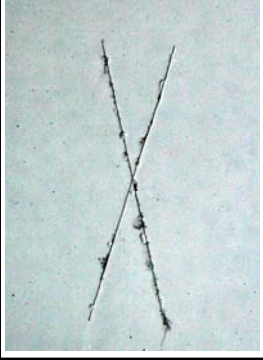
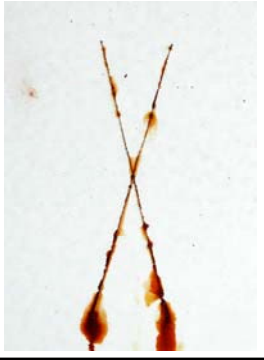
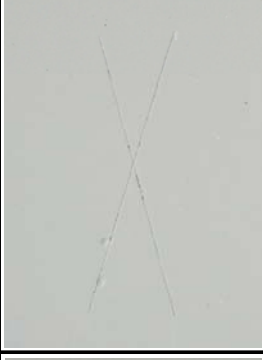
	ADC12		SPCC	
	CASS後	テープ剥離後	CASS後	テープ剥離後
MG-AW				
MB-AW				
I-115				
SO-150				

図6 CASS試験（48時間）におけるクロスカット部拡大写真

ADC12 の素材における剥がれ幅は、MG-AW、MB-AW で 2mm、I-115、SO-150 で 1mm となった。しかし、MG-AW、MB-AW ではクロスカット線に沿い帯状に剥がれたのに対し、I-115、SO-150 では点状の剥がれとなり、剥がれ面積は少なかった。

また、その剥がれ場所は、付着性試験と同様にすべての塗料で下塗り塗料と上塗り塗料の層間剥離であり、ノンクロメート化成皮膜と全ての下塗り塗料の付着性は良く、防食性能の評価よりも上塗り塗料の耐水性能の評価となった。

SPCCの素材における剥がれ幅は、MG-AW、MB-AWで2mm、I-115で1mm、SO-150で0.5mmとなった。しかし、MG-AW、MB-AWではクロスカット線に沿い帯状に素材面から剥がれ、リン酸亜鉛化成被膜への下塗り塗料の付着性は劣る結果となった。I-115、SO-150でもクロスカット線に沿った剥がれであるが、下塗りと上塗り塗料の層間剥離であり、剥がれ面積は少なく、特にSO-150ではわずかな剥がれとなり、下塗り塗料とリン酸亜鉛被膜の付着性は良好であった。

表5 CASS試験における片側最大剥がれ幅 (mm)

塗料 素材	MG-AW	MB-AW	I-115	SO-150
ADC12	2	2	1	1
SPCC	2	2	1	0.5

4 まとめ

鋼板 (SPCC) 及びアルミニウムダイキャスト (ADC12) に対する水溶性塗料の塗膜性能について検討を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 鉛筆硬度試験の結果、塗膜硬さはB~Hを示し、軟らかい塗膜である。
- (2) 衝撃試験の結果、割れ剥がれは発生しないが、衝撃による塗膜のしわが発生し、柔軟性のある塗膜である。
- (3) 付着性試験 (クロスカット法) の結果、塗膜の剥がれが発生し、剥がれ程度には差があるものの、いずれも下塗り塗料と上塗り塗料の層間剥離である。

(4) サイカス付着強度の測定の結果、0.93~1.48kN/mの付着強度となり、前報で報告した溶剤型塗料の付着強度 (1.5~1.8kN/m) よりも低い値となったが、どちらの素材においてもSO-150が最も高い値を示した。

(5) CASS試験 (テープ剥離) の結果、下塗り塗膜と上塗り塗膜の間で膨れが発生し、上塗り塗料の耐水性や下塗り塗料に対する付着性が劣る傾向であった。また、溶剤型下塗り塗料は、リン酸亜鉛被膜処理よりもノンクロメート化成皮膜処理で安定した防食性能を示した。

以上のことから、現在使用されている溶剤型塗料の代替え塗料として、水溶性塗料を利用するには課題が多いことが判明した。特に、上塗り塗料に実用性のある硬さや下塗り塗料に対する付着性の改善、耐水性の付与等が望まれる。

また、今後、VOCの低減化を図るための検討内容としては、下塗り塗料として水溶性塗料である電着塗料や微粒子粉体塗料の利用について検討する予定である。

5 参考文献

- 1) 半田隆夫、斉藤博之、高沢壽佳：「第42回腐食防食討論会講演集」, p403, 腐食防食協会 (1995)
- 2) 半田隆夫、野路文男、高沢壽佳：塗装工学, Vol. 31, No3, p105 (1996)
- 3) 西山逸雄、島本幸三：塗装工学, Vol. 24, No3, p 101 (1989)
- 4) 西山逸雄：塗装技術, No4, p 112 (1995)