

技術論文

加工性と屋外耐汚染性に優れたプレコート鋼板の開発

Development of Pre-painted Steel Sheet with High Formability and Outdoor Stain Resistance

東 新 邦 彦*
Kunihiko TOSHIN高 橋 通 泰
Michiyasu TAKAHASHI植 田 浩 平
Kohei UEDA

抄 録

ビューコート®の“クロメートフリータイプ”はエアコンディショナー室外機等の屋外筐体として多く使用されており、近年ヒートポンプ給湯器等の大型屋外筐体への適用も増えている。このようなものでは特に外板で雨すじ状の汚染が目立つ場合があることから、雨を利用して汚染物を洗い流すことによって従来のものよりも低汚染性を発現する“セルフクリーニングタイプ”を新たに開発した。この鋼板は優れた屋外耐汚染性と加工性を有し、様々な形状を有する屋外製品へ適用可能である。

Abstract

Chromate free type “VIEWKOTE (VK)™” is used for the outdoor panels of various outdoor electric appliances, for example, air conditioner outdoor units, and recently larger outdoor panels of heat pump water heater. Especially, since stain of rain was conspicuous in larger outdoor panels, self cleaning type “VIEWKOTE™”, which is superior to conventional VK in stain resistance because the stain is washed by rain, has been newly developed. It turned out that this product has the excellent outdoor stain resistance and formability, then it is suitable for various formed products.

1. 緒 言

プレコート鋼板とはあらかじめ塗装を施した鋼板のことである。ユーザーではこれを使用することで塗装工程が省略可能であり、塗装設備省略などのメリットがあるため、建材・家電分野を中心に広く用いられている。屋外用途においても、従来の後塗装品からプレコート鋼板の使用が進んできたが、プレコート鋼板では主に耐食性の観点からクロメート処理や防錆顔料が汎用的に用いられてきた。しかし、RoHSなどの環境負荷物質の使用を規制した法律が欧州で制定されたことから日本においても特に家電分野を中心に環境負荷物質の排除が進められてきた。新日鐵住金(株)では、いち早く環境に優しい、屋外用途に使用できるプレコート鋼板として“クロメートフリータイプ”(以降従来VKと称する)を商品化している¹⁾。環境に優しいだけでなく、従来のクロメートプレコート鋼板同等以上の耐食性を有し、さらに加工性にも非常に優れており、現在エアコンディショナーの室外機等の屋外筐体の外板として多く使用されている。

一方で、屋外設置された筐体は、外板に汚染物が付着するにつれ、徐々に雨すじ状となって汚染が目立つようになっ

てくることが多い。特に近年ヒートポンプ給湯器や家庭用コジェネレーションシステム等の大型の屋外筐体への適用も増えており、大型で外板の面積が広い分、余計に汚染が目立ちやすいことや、このような屋外筐体が人の目につく通り沿い側に設置されることも多く、耐汚染性に対するニーズが高まっていた。そこで、雨を利用して汚染物を洗い流し、従来VKよりも低汚染性を発現する“セルフクリーニングタイプ”(以降SC-VKと称する)を新たに開発し、市場投入している。硬度・加工性バランスを種々変化させたSC-VKを商品化しているが、本報では、その中で最も加工性に優れたタイプについて特徴と性能を評価した結果を述べる。

2. SC-VKの構成

SC-VKは、図1に示すように、鋼板の上に鋼板と塗膜の密着性のためのクロメートフリー下地処理、耐食性のためのクロメートフリープライマー、さらにセルフクリーニング機能を発現させるトップ塗膜(SC塗膜)を有する。SC-VKは、通常色からメタリック調外観など高級感のある意匠まで様々なカラーバリエーションが可能であり、こういった外観を綺麗なまま維持するという点もSC-VKのメ

* 鉄鋼研究所 表面処理研究部 主任研究員 千葉県富津市新富 20-1 〒 293-8511

リットのひとつといえる。

3. SC-VKの耐汚染性技術とメカニズム

SC-VKのSC層は、汚れが付着しにくく、汚れが取れやすい状態で、さらに水が汚染物と塗膜の間に入り込みやすいように設計している。SC層について説明する。SC層の塗膜の主成分は、主樹脂、硬化剤、シリケートから構成されている。塗料の状態ではこれらの構成物が均一に分散されている。しかし、塗布後乾燥過程で溶剤が揮発すると、主樹脂とシリケートの相溶性や表面張力によって、塗膜表層にシリケートが濃化し、その後シリケート同士や主樹脂、架橋剤との緻密な膜を形成する。この主樹脂とシリケートの相溶性による表層濃化の制御によって、この塗膜表層の表面自由エネルギーを制御することができる。

表面自由エネルギー γ_L （分散力 γ_L^d 、双極子間力 γ_L^p 、水素結合力 γ_L^h ）が既知の各種溶液とSC-VKあるいは従来VKとの接触角 θ を測定し、さらにYoung-Dupreの式と拡張Fowkesの式（式（1））を用いてSC-VKあるいは従来VKの表面自由エネルギー（分散力 γ_s^d 、双極子間力 γ_s^p 、水素結合力 γ_s^h ）を算出した。それらを用いて、水および汚染物（カーボン）との付着仕事を計算した結果を図2に示す。

$$\gamma_L(1 + \cos \theta) = 2\sqrt{\gamma_s^d \gamma_L^d} + 2\sqrt{\gamma_s^p \gamma_L^p} + 2\sqrt{\gamma_s^h \gamma_L^h} \quad (1)$$

従来VKは汚染物との付着仕事が大きいのに対し、SC-VKは水との付着仕事が大きく、汚染物よりも水との親和性が高いことがわかる。これによって、SC-VKは従来

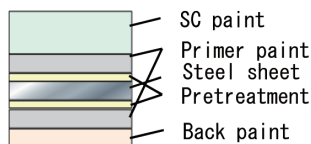


図1 SC-VKの構成図
Structure of SC-VK

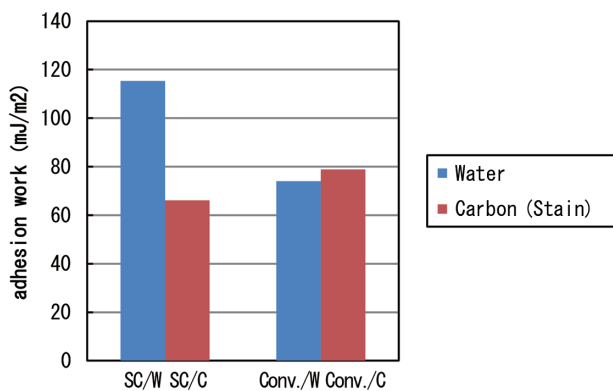


図2 SC-VKの付着仕事
Adhesion work of SC-VK

SC/W: Adhesion work between SC-VK and water
SC/C: Adhesion work between SC-VK and carbon
Conv./W: Adhesion work between conventional-VK and water
Conv./C: Adhesion work between conventional-VK and carbon

VKとは異なり、雨が当たると汚染物を洗い流すことができる（図3）。

4. 実験

4.1 供試材

実験で使用した鋼板の仕様を表1に示す。開発したSC-VKと従来VKを用いた。溶融めっき鋼板（原板材質SGCD2, Z08）の両面にクロメートフリー前処理を施した後、表面にはクロメートフリープライマー塗膜（膜厚 $5\mu\text{m}$ ）とアイボリー色のトップ塗膜（ $20\mu\text{m}$ ）、裏面には裏面塗膜（ $5\mu\text{m}$ ）を塗装した。

4.2 試験内容

4.2.1 腐食試験

上記供試材の端面に上ばり、下ばりを、またカット疵を施したものを作製した。これらに複合サイクル試験（JASO M609）60サイクルを実施し（図4）、各部位の最大の膨れ幅を評価した。なお端面部は上ばりと下ばりの平均とした。

4.2.2 腐食曝露試験

端面部（上ばり、下ばり）、カット疵部、0T曲げ加工（JIS G 3312に準じた試験方法で 180° T折り曲げ試験を 20°C の雰囲気中で行った）を施したサンプルを、沖縄県の沿岸付近にある屋外曝露試験場（沖縄曝露）にて12か月間曝露試験を行った。

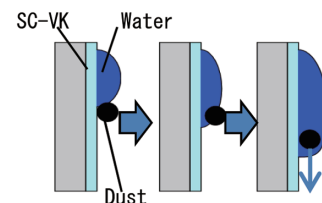


図3 SC-VKの機構
Mechanism of SC-VK

表1 試験サンプル
Test samples

	Coating		
	Chemical treatment	Primer	Top
Conventional-VK			Conventional
SC-VK	Chromate-free	Chromate-free	SC

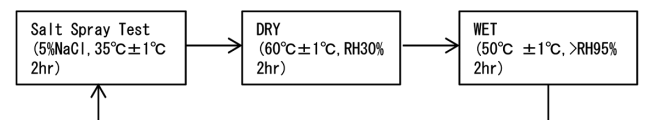


図4 腐食試験条件
Conditions for corrosion test

4.2.3 耐カーボンブラック汚染性

プレコート鋼板表面に10%カーボンブラック懸濁液を全面に滴下したものを80℃で1時間乾燥した後、流水で表面を洗い流した。この試験は、80℃で乾燥する際に、塗膜が軟化するため、よりカーボンが塗膜に付着しやすい厳しい条件である。また、カーボンブラックは汚染物として最も一般的なものである。

4.2.4 曝露試験

作製したサンプルを図5のような形状に加工し、千葉県富津市の沿岸付近にある屋外曝露試験場（千葉工業地区曝露）にて12か月間曝露試験を行った。試験前後の塗膜の色調変化（ ΔL ）を図5に示す部位で測定し、耐汚染性を評価した。なお、サンプルは取り外したままで水などによる洗浄等を行っていない。

4.2.5 耐候性試験

サンシャインウェザーメーター（SWOM）を用いて、プレコート鋼板サンプルを500時間まで試験した。評価は、試験前後の塗膜の色調変化（ ΔE ）および60°光沢保持率（GR）で行った。

4.2.6 折り曲げ加工試験

JIS G 3312 に準じた試験方法で180° T 折り曲げ試験を行った。折り曲げ試験は、20℃の雰囲気中で評価するプレコート鋼板の間に同じ板厚の鋼板を1枚挟みこんだ状態で180°折り曲げを行う1T 曲げ試験を実施した。試験後は各加工部の頂部の塗膜損傷状態を光学顕微鏡にて観察し亀裂の有無を調査した。

4.2.7 深絞り成形試験

深絞り試験機を用いて円筒成形試験を行い、成形後の絞り加工部の塗膜損傷状態を観察した。本成形試験の絞り比2.0とし、ポンチ及びダイスの肩Rはいずれも5mmとし押さえ圧1tとした。

5. 実験結果

5.1 SC-VK の耐食性

図6にJASO60 サイクルでの腐食試験結果を示す。カット部および端面部における膨れ幅において、SC-VK は従来

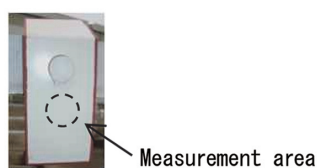


図5 曝露サンプル
Sample of exposure test

VK とほぼ同じであった。また、沖縄12か月での曝露試験サンプル外観を図7に示す。カット部、端面部、T 曲げ部いずれにおいてもSC-VK は従来VK とほぼ同等に、塗膜の膨れ発生はほぼ認められず、T 曲げ部のような塗膜に加工のダメージがある部位においても膨れ発生は見られなかった。これらから、エアコンディショナー室外機外板として実績がある従来VK と促進試験ならびに屋外曝露で同等の耐食性を有していることがわかる。

5.2 SC-VK の耐汚染性

図8にカーボンブラック汚染性試験結果を示す。従来VK では、塗膜に付着したカーボンが流水で洗い流せないだけでなく、塗膜に強固に付着しており擦るなどしてもカー

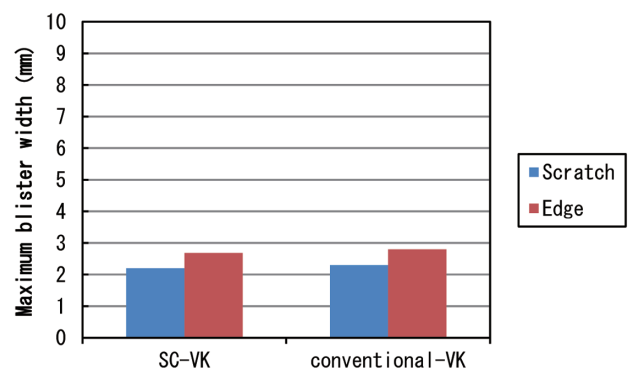


図6 腐食試験結果
Results of corrosion test

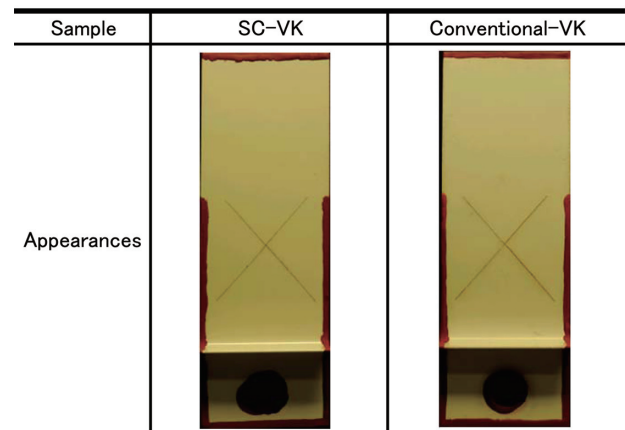


図7 沖縄曝露1年結果
Results of exposure test for one year in Okinawa

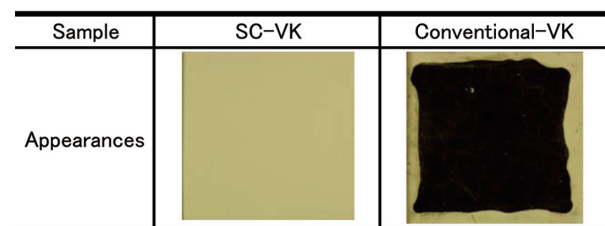


図8 カーボンブラック試験結果
Results of carbon black test

Sample	SC-VK	Conventional-VK
Appearances		
ΔL	0.9	3.6

図9 屋外曝露耐汚染性試験結果
Results of exposure test

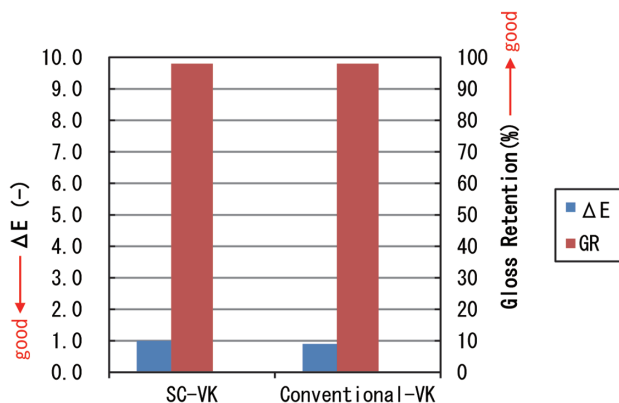


図10 耐候性促進試験結果
Results of accelerated weathering test

ボンは塗膜に付着したままであった。一方、SC-VK では、塗膜に付着したカーボンは流水で簡単にほぼ洗い流すことができ、初期塗膜とほぼ変化がなかった。このことから、SC-VK は従来 VK よりもカーボンブラックが付着しにくく、耐汚染性が向上していることがわかる。

図9に千葉工業地区曝露12か月の曝露試験サンプルの外観ならびに耐汚染性（色調変化）を示す。従来 VK では、塗膜に雨すじが目立ち、色調変化が大きく耐汚染性が劣るのに対し、SC-VK は雨すじがほぼ認められず、色調変化もほとんどなかった。これから、工業地域の屋外環境における様々な汚染物に対する耐汚染性にも優れることがわかる。

5.3 SC-VK の耐候性

図10にSWOMによる耐候性促進試験結果を示す。SC-VK は従来 VK と同様に、SWOM500時間試験後も色調の変化、光沢ともに変化がほぼなく、耐候性にも優れていることがわかる。

5.4 SC-VK の加工性

図11に1T曲げ試験結果を示す。SC-VK は、1T曲げ

Sample	SC-VK	Conventional-VK
Bending part		
Crack	No crack	No crack

図11 1T曲げ試験結果
Results of 1T-bending test

Sample	SC-VK	Conventional-VK
Appearances		

図12 絞り加工試験結果
Results of deep drawing test

加工を行っても塗膜の亀裂が無く、従来 VK と比べて同等の折り曲げ加工性を有していることがわかる。図12に絞り加工した後の外観写真を示す。写真からわかるように、開発した SC-VK は深絞り成形性にも優れ、絞り加工部での塗膜損傷や剥離が発生しないことがわかる。

6. 結 言

本報では、新たに開発した屋外耐汚染性に優れたプレコート鋼板である SC-VK の耐食性、耐汚染性、耐候性、加工性を従来の屋外用途向けクロメートフリープレコート鋼板である従来 VK と比較評価し、以下の結果を得た。

- (1) 開発した SC-VK は、複合サイクル試験による促進試験および沖縄曝露試験1年において、従来 VK 同等の耐食性を有しており、屋外耐食性に優れていた。
- (2) 開発した SC-VK は、従来 VK と比較し、汚染物の代表として使用したカーボンブラックに対する耐汚染性が向上しており、千葉工業地区での屋外曝露においても耐汚染性が発現していることを確認した。
- (3) 開発した SC-VK は、耐候性促進試験において、従来 VK と同等の耐候性であることがわかり、屋外使用における塗膜の耐久性も有していた。
- (4) 開発した SC-VK は、折り曲げ、絞り加工を行っても、加工部で塗膜が損傷、剥離することなく、加工性に優れることがわかった。

以上の結果から、開発した SC-VK は、優れた屋外耐汚染性を有し、様々な形状を有する屋外製品へ適用可能であることがわかった。

参考文献

- 1) 植田浩平 ほか：新日鉄技報. (377), 25 (2002)



東新邦彦 Kunihiro TOSHIN
鉄鋼研究所 表面処理研究部 主任研究員
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



植田浩平 Kohei UEDA
君津技術研究部 主幹研究員 博士(工学)



高橋通泰 Michiyasu TAKAHASHI
鉄鋼研究所 表面処理研究部 主幹研究員