

技術論文

切断端面の耐赤錆性に優れるクロメートフリー型プレコート鋼板 “端面赤錆抑制型ビューコート®”の開発

Development of Chromate-free Type Pre-painted Steel Sheet having High Red Rust Resistance at Cutting Edge “High Red Rust Resistance Type VIEWKOTE™”

古川 博康* 植田 浩平
Hiroyasu FURUKAWA Kohei UEDA

抄 録

非塩害地域で高温多雨時期に短期間で切断端面から発生する赤錆を抑制できる、新しいプレコート鋼板（端面赤錆抑制型ビューコート®）を開発した。端面赤錆抑制型ビューコート®は、長期耐食性（塗膜ふくれ）も従来のクロメートフリー型ビューコート®と同等に良好であった。また、特殊皮膜を施した裏面の加工性も良好であり、厳しい成形加工も可能であることがわかった。

Abstract

A new pre-painted steel sheet (High red rust resistance type VIEWKOTE™), which can control the red rust generated at the cutting edge in a short term in the non-salt damage region in the high temperature rainy season, was developed. High red rust resistance type VIEWKOTE™ was excellent of long-term corrosion resistance (for blister) as well as ordinary chromate-free type VIEWKOTE™. Moreover, the workability of back side special paint film of high red rust resistance type VIEWKOTE™ was also excellent, and a severe forming was possible.

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。新日鉄住金(株)では、ビューコート®の商品名でプレコート鋼板を製造、販売している。鋼板ユーザーではプレコート鋼板を使用することで自社での塗装工程を省略することができ、揮発性有機化合物（Volatile Organic Compound：VOC）問題の解決、塗装設備に使用していたスペースの有効活用などのメリットが得られるため、家電メーカーや建材メーカーを中心に、プレコート鋼板は広く用いられている。

図1にプレコート鋼板の代表的な塗膜断面構成を示す。原板としては、耐食性の観点から溶融亜鉛めっき鋼板（GI）や電気亜鉛めっき鋼板（EG）などの亜鉛めっき鋼板が主に使用される。化成処理層は、塗膜の密着性向上を主目的とするもので、塗装前処理として施される。表面の塗膜は、主に原板との密着性や耐食性を担うプライマー、および意匠性や硬度、加工性、耐汚染性などの表層機能を担うトップコートの2層構造とするのが一般的である。両層の塗料

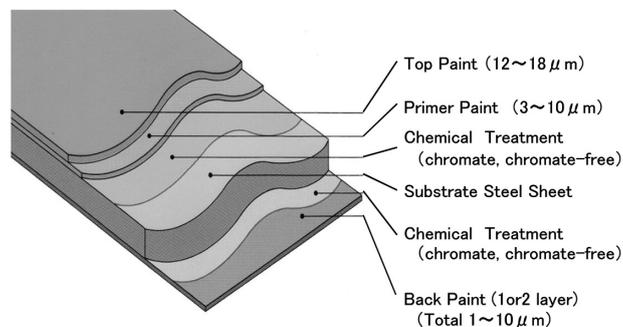


図1 一般的なプレコート鋼板の断面構成
Cross section of general prepainted steel sheet

に使用される樹脂としては、加工性、耐汚染性、硬度など各種の性能バランスに優れるポリエステル樹脂系のものが広く使用され、硬化剤としてはメラミン化合物やイソシアネート化合物が広く使用されている。

一方、裏面側の塗膜はポリエステル系塗装を1コート施しただけのものが多い。基本的にプレコート鋼板が使用される際に裏面は隠れるため、高度の性能は要求されることが多いためである。ただし、裏面にも性能が要求される

* 君津技術研究部 主幹研究員 博士(工学) 千葉県君津市君津1 〒299-1141

場合や、高度の端面耐食性が要求される場合などには、裏面も2コート仕様とするのが一般的である。

プレコート鋼板が急速に普及し始めた1970年代以降、化成処理としては密着性と耐食性に優れるクロメート処理が広く使用され、またプライマー層には高い防錆能を有するクロメート系防錆顔料を含有させることが一般的であった。しかし2000年代に入ると、欧州のRoHS指令（2003年に公布され2006年に施行された、電子・電気機器における、六価クロムを含む特定有害物質の使用制限に関する指令）などの影響で、製品中の環境負荷物質を低減する動きが活発となった。

筆者らは、クロメート処理に匹敵する高い密着性を有するクロメートフリー型化成処理剤および、高い耐食性を有するクロメートフリー型プライマー塗料をそれぞれ開発し、これらを適用したクロメートフリー型プレコート鋼板（クロメートフリー型ビューコート®）を提案したことにより、プレコート鋼板のクロメートフリー化は一気に進んだ。開発したクロメートフリー型ビューコート®は、折り曲げ、深絞り、プレスなどの加工に耐え、切断端面部、塗膜の傷部、折り曲げ部、および深絞り加工部の屋外耐食性も良好（クロメート材と同等）であることが植田らによって報告されている¹⁾。

その後、クロメートフリー型ビューコート®の屋外用途への適用が進むなか、新たな課題が浮上した。クロメートフリー型ビューコート®を使用した製品を屋外に設置すると、ビューコート®の切断端面から設置後数週間の短期間で赤錆が発生する事例が生じた。赤錆が発生した地域や時期を調査したところ、海岸線から遠く離れた非塩害地域に梅雨時期に設置されたケースに限定されていた。赤錆の発生部位は、エアコンディショナー室外機天板の側板との嵌合部など水が溜まりやすい形状部位に集中していた。また梅雨時期以外の設置品には赤錆は見られなかった。

これらの状況から、上記の赤錆は、ビューコート®の切断端面が電解質を多く含まない水に長期間にわたり連続して濡れることにより発生したものと推定した。水の導電性が低いいため亜鉛と鉄による腐食電池が形成されず、亜鉛の

犠牲防食効果が発現されなかったと考えられる。また、梅雨時期以外の設置では、降雨が続かないため切断端面が乾湿を繰り返し、めっき層やプライマー塗膜から若干量溶出した亜鉛の酸化物や防錆顔料が端面に固着して保護被膜を形成したため、赤錆の発生が抑制されたと考えられる。クロメートフリー型ビューコート®は、切断端面からの塗膜膨れという観点では、塩害地域において十分な耐食性を有するものであるが、非塩害地域で使用される場合には短期間で赤錆が発生する可能性があるといえる。

そこで筆者らは、このような高温多雨条件下の非塩害地域で発生する赤錆を抑制できる新しいビューコート®を開発した。これは、裏面塗膜に特殊防錆剤を添加し、切断端面が水に濡れたときに裏面塗膜から防錆成分が溶出し切断端面の鉄地に吸着して保護皮膜を形成し、赤錆の発生を抑制する効果を狙ったものである。本報では、新たに開発した端面赤錆抑制型ビューコート®（以後端面赤錆抑制型VKと称する）の各種性能を調査し、従来の屋外用クロメートフリー型ビューコート®（以後クロメートフリーVKと称する）および、一部の試験については屋外用クロメート型ビューコート®（以後クロメートVKと称する）と比較した結果について報告する。

2. 実 験

2.1 供試材

供試材として、開発した端面赤錆抑制型VK、クロメートフリーVK、およびクロメートVKを用いた。いずれも、原板として溶融亜鉛めっき鋼板（片面の亜鉛付着量：40g/m²）を用いた。端面赤錆抑制型VKおよびクロメートフリーVKについては、化成処理にクロメートフリー処理を用い、表面および裏面の塗膜中にも一切クロメート系防錆顔料を含有しない塗膜構成とした。なお、端面赤錆抑制型VKの裏面塗料に含有する特殊防錆剤は、RoHS指令およびPRTR法対象物質に該当しない。一方のクロメートVKについては、化成処理にクロメート処理を用い、表面および裏面のプライマーにはクロメート系防錆顔料を含有する塗料を使用した。各供試材の塗膜構成を表1にまとめ

表1 各種供試材の塗膜構成
Paint film compositions of samples used in this study

Type of VIEWKOTE™ (type of rust prevention)		High red rust resistance type VIEWKOTE™ (chromate-free)	Chromate-free type VIEWKOTE™ (chromate-free)	Chromate type VIEWKOTE™ (chromate)
Substrate		0.6 mm thickness galvanized steel sheet (Zn: 40 g/m ² a side)		
Chemical treatment		Chromate-free		Chromate
Upper side paints	Primer paint (5 μm)	Polyester resin with chromate-free pigment		Polyester resin with chromate pigment
	Top paint (15 μm)	Polyester resin (standard top paint)		
Bottom side paints	Primer paint (5 μm)	Polyester resin with special pigment	Polyester resin with chromate-free pigment	Polyester resin with chromate pigment
	Top paint (5 μm)	Polyester resin with special pigment	Polyester resin (standard back paint)	

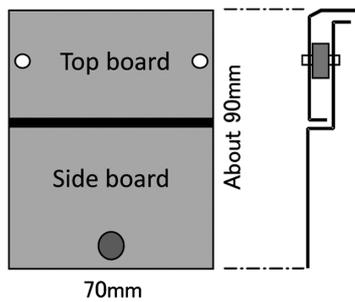


図2 エアコンディショナー室外機の天板嵌合部を模擬した試験片の形状
Shape of test piece which imitates engagement part of air conditioner outdoor machine

で記す。

2.2 評価方法

2.2.1 耐端面赤錆性

(1) 非塩害地域での曝露試験

亜鉛の犠牲防食効果が発現されにくい非塩害地域に位置するウェザリングサイト君津（千葉県君津市の内陸山間部）にて曝露試験を行った。曝露期間は、梅雨入り直後から3か月間とした。曝露用の試験片は、図2に示すようなエアコンディショナー室外機の天板と側板の嵌合部を模擬した形状とし、天板側の切断端面と側板表面（凹R部）との隙間の間隔は0.5mmになるように調整した（事前検討にて、間隔が0.5mmのとき嵌合部に最も水が滞在しやすいことを確認）。

(2) 促進試験

非塩害地域で発生する端面赤錆を再現できる促進試験として、蒸留水浸漬試験および湿潤試験（HCT）を実施した。蒸留水浸漬試験は、内径90mmのシャーレに蒸留水を40ml入れ、その中に10×40mmに切断した供試材20枚を、5枚ずつ4塊となるように重ねて浸漬し、切断端面からの赤錆の発生状況を経時的に観察した。赤錆の発生量は、切断端面の総面積に対する赤錆の発生面積率により5段階で評点付けを行った。赤錆が全く発生していないものを5点、点状錆が数点発生しているものを4点、赤錆発生面積率25%未満のものを3点、50%未満のものを2点、50%以上のものを1点と評価した。一方、湿潤試験は、50×100mmの供試材（左右の長辺がそれぞれ上下ばりとなるように切断）を、40℃、98%RHに設定した回転式湿潤試験槽内に吊り下げ、切断端面の赤錆発生率（%）を経時的に観察した。

2.2.2 長期耐食性

端面赤錆抑制型VKの塗膜仕様は、表面については従来のクロメートフリーVKと同一であるが、裏面は塗膜仕様が異なるため、表面塗膜の切断端面からの膨れの進行速度

が異なる可能性がある。そこで、切断端面（上ばり、下ばり）および平面部にカッターによるXカット傷を有する試験片を、長期耐食性の促進試験として塩水噴霧試験（SST）500時間およびCCT（JASO-M609）90サイクルに供した（いずれもn=3）。

2.2.3 裏面塗膜の加工性

端面赤錆抑制型VKの表面の塗膜仕様は、従来のクロメートフリーVKと同一であるため、両者の表面塗膜の基本性能は同一である。一方、端面赤錆抑制型VKの裏面塗膜については、塗膜中に特殊な防錆剤が添加されているため加工性が低下している可能性がある。そこで、裏面塗膜の加工性試験として、折り曲げ加工性試験および深絞り成形試験を実施した。折り曲げ加工性試験は、JIS K 5400に準じて0T、1T、および2T曲げ試験を行い、加工部の亀裂と粘着テープ（セロハンテープ）剥離後の塗膜密着性を評価した。深絞り成形試験は、エリクセン式深絞り試験機を用いて、供試材の裏面が外側になるように、絞り比2.0、ポンチ及びダイスの肩Rがいずれも3mm、しわ押さえ圧（BHF）1トンの条件で円筒成形し、裏面塗膜の浮きや剥離の有無を観察した。

3. 結果および考察

3.1 非塩害地域での耐端面赤錆性

嵌合形状の試験片を、梅雨時期のウェザリングサイト君津にて3か月間曝露した後、嵌合部を解体して撮影した写真を図3に示す。従来のクロメートフリーVKの切断端面からは大量の赤錆が発生し、側板側の塗膜も赤錆で汚染されているのに対し、端面赤錆抑制型VKでは、クロメートVKと同様に、赤錆が発生していないことがわかる。

促進試験として実施した蒸留水浸漬試験の結果を図4に示す。また、240時間蒸留水浸漬後の写真を図5に示す。

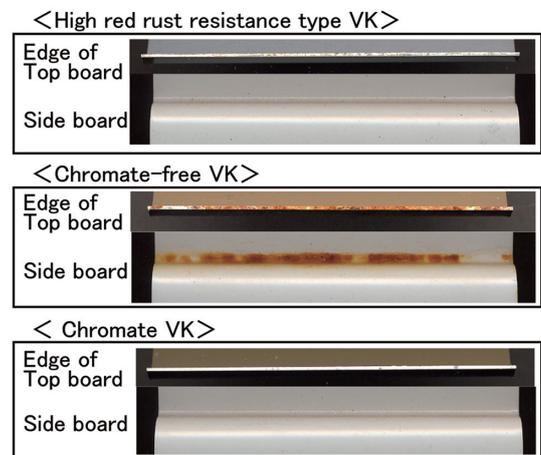


図3 梅雨時期に内陸部で3か月間曝露した試験片
Test pieces after 3 months exposure test in rainy season at inland area

従来のクロメートフリー VK では、蒸留水浸漬 48 時間後から赤錆が発生し、以後徐々に増加しているのに対し、端面赤錆抑制型 VK では 648 時間まで至っても全く赤錆が生じていない。

次に湿潤試験の結果を図6に示す。湿潤試験においても、

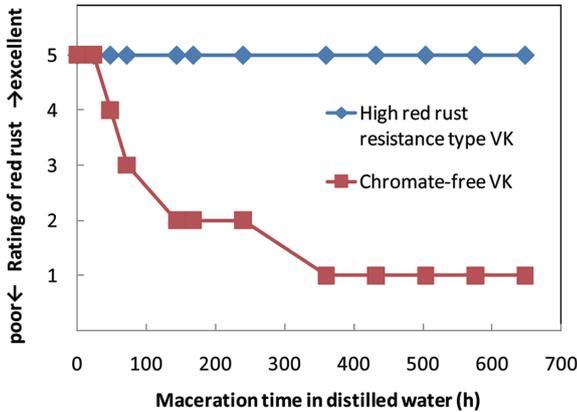


図4 蒸留水浸漬試験による赤錆発生量の推移
Transition of amount of red rust generated by maceration test in distilled water

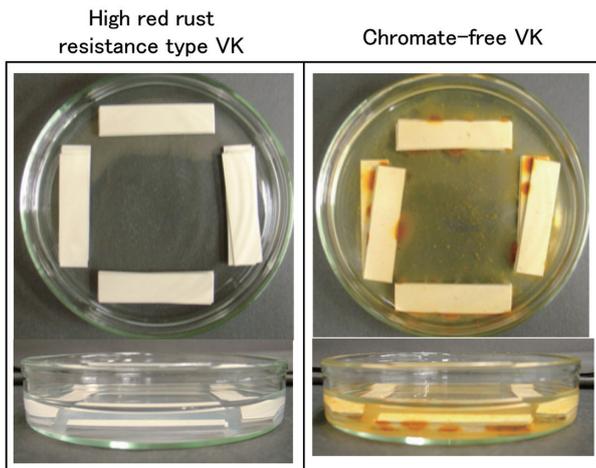


図5 240時間蒸留水浸漬試験後の試験片
Test pieces after 240h maceration test in distilled water

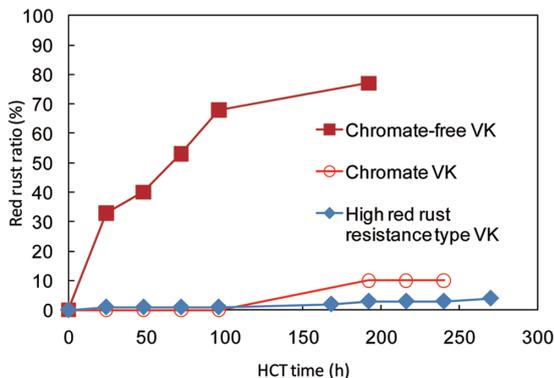


図6 湿潤試験 (40°C HCT) による赤錆発生率の推移
Transition of red rust ratio on cutting edge generated by 40°C HCT

端面赤錆抑制型 VK は従来のクロメートフリー VK と比較して、低い赤錆発生率を維持しており、クロメート VK と比較しても同等以上であることがわかる。ただし、湿潤試験では、端面赤錆抑制型 VK での赤錆が皆無とはなっていない。これは、試験片の形状が平板であるため切断端面に水が留まることができず、常に新しい水で置換されるため、裏面塗膜から溶出した防錆成分が切断端面に作用しにくいためであると考えられる。このことから、平板試験片による湿潤試験は、蒸留水浸漬試験よりも厳しい促進試験であると言える。また、端面赤錆抑制型 VK はこの厳しい湿潤試験でも相当の赤錆抑制効果が得られていることから、裏面塗膜に含有する特殊防錆剤は、連続的に水で濡れた状態の鉄表面に短時間で吸着し保護皮膜を形成できることを示唆している。

3.2 長期耐食性

SST500 時間および CCT (JASO-M609) 90 サイクルの結果を図7および図8に示す。いずれも各部位の最大膨れ幅の平均値 (n = 3) である。いずれの試験においても、裏面の影響の及ばない X カット部からの膨れ幅はもちろん、切断端面からの膨れ幅についても、端面赤錆抑制型 VK と従来のクロメートフリー VK に差は見られない。

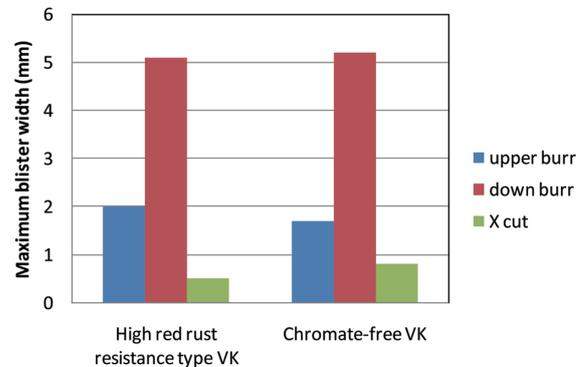


図7 SST (500時間) による最大膨れ幅
Maximum blister width by SST 500h

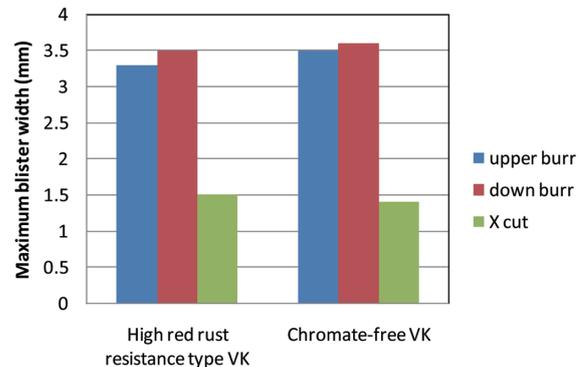


図8 CCT (JASO-M609) 90 サイクルによる最大膨れ幅
Maximum blister by CCT (JASO-M609) 90 cycle

表2 裏面塗膜の加工性
Workability of bottom side paint

PCM name		High red rust resistance type VIEWKOTE™	Chromate-free type VIEWKOTE™
T-bend and peeling	0T	No crack No peeling	No crack No peeling
	1T	No crack No peeling	No crack No peeling
	2T	No crack No peeling	No crack No peeling
Cup drawing		No peeling	No peeling

3.3 裏面塗膜の加工性

裏面塗膜の加工性試験の結果を表2に示す。折り曲げ加工試験および深絞り成形試験のいずれについても、端面赤錆抑制型 VK の特殊裏面は良好な加工性を示す結果が得られた。これより、端面赤錆抑制型 VK は、従来のクロメートフリー VK と同様に厳しい成形加工に耐えられるものと考えられる。

3.4 今後の展開

以上のように、新たに開発した端面赤錆抑制型 VK を使用することで、非塩害地域で梅雨時期に短期間に発生する端面赤錆の問題を十分に解決できると考えられる。ただし、3.1節にて述べた通り、厳しい促進試験である湿潤試験（40℃ HCT）にて平板端面から若干の赤錆が発生したことも事実である。この点をさらに改善するためには、原板として Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Si めっき鋼板（スーパーダイマ®）を使用するのが効果的であると考えられる。クロメートフリー VK、端面赤錆抑制型 VK、およびこれらの原板をそれぞれスーパーダイマ®に変更した計4種類の VK について、湿潤試験（40℃ HCT）を実施した結果を図9に示す。原板にスーパーダイマ®を使用し、かつ裏面塗膜を特殊防錆剤含有仕様とすることで、完全に赤錆の発生を抑制する

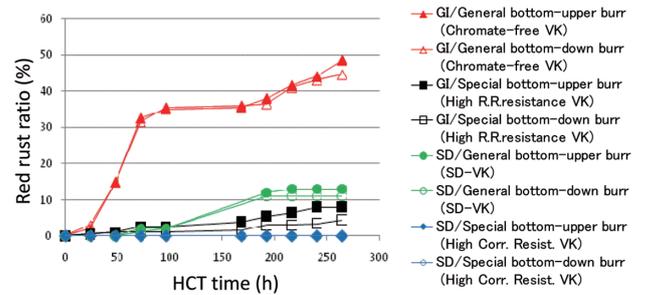


図9 種々の原板／裏面塗膜の組み合わせによる湿潤試験（40℃ HCT）での赤錆発生率の推移の比較
Comparison of transition of red rust ratio on cutting edge generated by 40℃ HCT

ことができた。今後要求される端面赤錆抑制のレベルに応じて、仕様を種々使い分けていくことが有用であると考えられる。

4. 結 言

非塩害地域で高温多雨時期に短期間で切断端面から発生する赤錆を抑制できる、新しいプレコート鋼板（端面赤錆抑制型ビューコート®）を開発した。端面赤錆抑制型ビューコート®は、以下のような特徴を有することが確認できた。

- 梅雨時期の非塩害地域での曝露試験により、優れた耐端面赤錆性を示した。水濡れにより特殊防錆成分が裏面塗膜から溶出し、切断端面に吸着することにより性能を発現するものと考えられる。
- 長期耐食性（塗膜ふくれ）も、従来のクロメートフリー型ビューコート®と同等に良好であった。
- 特殊皮膜を施した裏面の加工性も、従来のクロメートフリー型ビューコート®と同等に良好であった。

参考文献

- 1) 植田浩平 ほか：新日鉄技報. (377), 25 (2002)



古川博康 Hiroyasu FURUKAWA
君津技術研究部 主幹研究員 博士(工学)
千葉県君津市君津1 〒299-1141



植田浩平 Kohei UEDA
君津技術研究部 主幹研究員 博士(工学)