

技術論文

# クロメートフリースパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板 (スパングルジンク®)

## Chromate-free Galvanized Steel Sheet with Spangle Texture

藤井 隆志\*  
Takashi FUJII

鳥羽 哲也  
Tetsuya TOBA

東新 邦彦  
Kunihiko TOSHIN

荘司 浩雅  
Hiromasa SHOJI

森下 敦司  
Atsushi MORISHITA

河村 保明  
Yasuaki KAWAMURA

### 抄 録

六価クロムを含有しないクロメートフリーの皮膜処理を施したスパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板(スパングルジンク®)を開発した。開発したクロメートフリー処理鋼板は、従来のクロメート処理鋼板と同等以上の耐食性、摺動性、溶接性を有する。これにより、レギュラスパングル外観を保ちつつ、クロメートフリー化を実現した。

### Abstract

A chromate-free galvanized steel sheet with spangle texture has been developed. The developed chromate-free galvanized iron shows the same or higher properties for corrosion resistance, friction, and welding as that of chromate. As a result, it became possible to respond to the needs of both chromate-free and spangle-finishing.

## 1. 緒 言

溶融亜鉛めっき鋼板は、建築、土木、家電、OA、自動車などの様々な分野で幅広く使用されている。亜鉛めっき鋼板には、亜鉛めっき層に花柄模様の亜鉛の結晶(スパングル)が生成された表面仕上げのレギュラスパングル材(図1)と、亜鉛の結晶成長を抑制することでスパングルが微細化された表面仕上げのゼロスパングル(ミニマイズドスパングル)材と呼ばれるものに大別される。

このレギュラスパングル仕上げの溶融亜鉛めっき鋼板は、従来から主に建築物の空調ダクト用途で使用されている(図2)。めっきがされていることの識別のしやすさや、製作効率から6フィート幅の材料であることが特徴である。これまでは天井板等で隠れた位置に使われ、日常的には一般ユーザーの目には触れない位置で使用されることも多かった。一方、近年はスパングルの金属結晶のランダムな



図1 スパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板の外観  
Photograph of a galvanized steel sheet with spangle texture



図2 スパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板のダクト用途での使用例  
Examples of a galvanized steel sheet with spangle texture for use in ducts

\* 東日本技術研究部 薄板・表面処理研究室 表面処理研究課 主幹研究員 博士(工学) 千葉県君津市君津1 〒299-1141

大きさ、形、配向がより意匠的であると捉え、内装設計として設置後も目に触れる場所で使用されるケースも増えつつある。

このようなスパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板は耐食性を高めるため、めっき表面にクロメートの化成処理を行うことが一般的であった。しかし、2000年代以降、欧州でRoHS指令による鉛や六価クロム等の特定有害物質の制限が家電分野を先駆けとして始まり、近年は環境意識も高まり、国内建材分野でも環境負荷物質の使用制限について社会的要請が高まっている。

日本製鉄(株)では環境対応を重視しており、スパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板について、環境対応型クロメートフリー製品の開発に取り組んでいる。本報では、これらの開発品の性能について、従来のクロメート処理と比較した結果について述べる。

## 2. スパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板のクロメートフリー皮膜設計

レギュラスパングル材を製造するためには、めっき層の亜鉛の結晶成長を促す核として、微量添加元素をめっき浴中に添加し、これらの元素を起点として亜鉛結晶を成長させてスパングル模様を形成する。一方、ゼロスパングル材は一般に亜鉛粉を吹きかける処理や、ミストスプレーを吹きかける処理を施すことで、スパングルの成長前にめっき層を凝固してスパングル模様を見えないレベルまで小さくすることなどにより作り分けられる。

クロメートフリー処理は、めっき鋼板表面にクロメートを含有しない特殊皮膜を被覆したものである。この皮膜は、腐食因子に対するバリア作用を有する皮膜に腐食抑制剤を配合することで、その両立を可能としている<sup>1)</sup>。これにより、従来のクロメート皮膜と同様に、腐食因子に対するバリア効果と、きず等によりめっきや鋼表面が露出したときにインヒビター成分で自己補修する効果を発現することにより高い耐食性を実現している(図3)。日本製鉄ではこのような考え方のもと、めっきの合金種に合わせた皮膜設計を行っている<sup>2,3)</sup>。

レギュラスパングル材では、亜鉛めっき層中に微量添

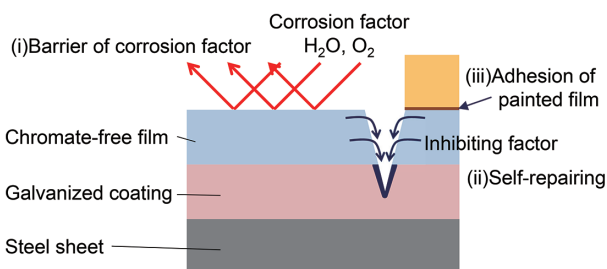


図3 クロメートフリー皮膜の防食メカニズム  
Mechanism of corrosion resistant behavior of chromate-free treatment layer

加元素を含むため、微量添加元素と亜鉛との間に電位差が生じ、微量添加元素を含まないものよりもめっき層の亜鉛が腐食することで、亜鉛鍍である白鍍が発生しやすくなる。そのため、従来のクロメートフリー化成処理をそのまま施しただけでは、レギュラスパングル材では白鍍発生を抑制するには不十分であった。そこで、レギュラスパングル材のめっき成分や用途に応じたクロメートフリー皮膜成分や製造方法の最適化を図ることで、従来のクロメート皮膜と同様の耐食性、摺動性、溶接性を有するクロメートフリースパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板(スパングルジンク®)を開発した。

## 3. 実験方法

めっき鋼板には、めっき付着量 Z18 相当、板厚 0.8mm のスパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板を用いた。これにクロメートフリー化成処理した鋼板を供試材とした。比較材として従来のクロメート化成処理した鋼板(クロム付着量 20mg/m<sup>2</sup>)を用いて実験を行った。

### 3.1 耐食性

平面部について塩水噴霧試験(JIS Z 2371)を行い、耐白鍍性を白鍍発生面積率で評価した。端面及び裏面部はシールして評価に供した。

また、屋外曝露試験(日本製鉄東日本製鉄所君津地区構内)を行った。端面及び裏面はシールせずにサンプルを水平方向に平置きし、耐白鍍性を白鍍発生面積率で評価した。

### 3.2 摺動性

成形性を判断する指標の一つとして、動摩擦係数値を測定した。測定は HEIDON-14 (新東科学(株)製)を使用し、摺動子として 10mm 径のステンレス鋼球、荷重 1.0N、摺動速度 150mm/min の速度で表面を摺動させ、その応力から動摩擦係数を求めた。

また、金型プレスなど平面部の摺動性を評価するため、平板引き抜き試験での動摩擦係数値も測定した。平板を、材質 SKD11、接触面積 30×25mm の平面金型にて荷重 0.5kN で挟み、精密万能試験機 AG-IS 100kN ((株)島津製作所製)を使用して引き抜いたときの引き抜き荷重から動摩擦係数を求めた。引き抜き速度 200mm/min の条件で試験した。

### 3.3 溶接性

スポット溶接機にはサーボ加圧式スポット溶接機 NID-SV-35-410 (電元社トーア(株)製)を使用し、電極にはコンフラット型電極(先端径 4.5mm)を用いた。化成処理板の表裏を電極間にて加圧力 200kgf で密着させたまま、溶接電流を変化させてスポット溶接を施した。スポット溶接後、溶接部の断面光学顕微鏡観察からナゲット径を測定し、

ナゲット径が  $4\sqrt{t}$  以上となる電流値 (ナゲット形成電流) を下限,  $4\sqrt{t}$  以上ちり発生電流以下を上限として, 適正電流範囲を測定した。

#### 4. 試験結果

##### 4.1 耐食性

図4及び図5に, クロメートフリースパングル模様溶融亜鉛めっき鋼板の塩水噴霧試験における白錆発生状況を示す。塩水噴霧試験120時間においても, クロメート処理に比べて同等以上の良好な耐白錆性を示している。

また, 図6に日本製鉄東日本製鉄所君津地区における屋外曝露試験の結果を示す。曝露試験2週間経過後もクロメートと同等の耐食性を示していることがわかる。

##### 4.2 摺動性

図7にステンレス鋼球による摺動試験, 図8に平板摺動による摺動試験結果を示す。ステンレス鋼球による摺動では, クロメートに比べ0.1程度摩擦係数は小さい値を示し

ており, やや摺動性は高い。平板摺動試験による摩擦係数は, ほぼ同程度の動摩擦係数を示した。

##### 4.3 溶接性

図9に適正電流範囲の測定結果を示す。クロメートと比較しても同等の傾向を示したが, クロメートでは0.75kAであるのに対し, クロメートフリーでは1.1kAと適正電流範囲はやや広がった。

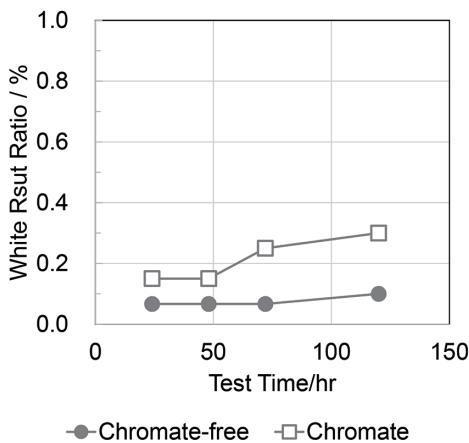


図4 塩水噴霧試験 (SST) による耐食性  
Corrosion resistance of the flat specimens by salt spray test

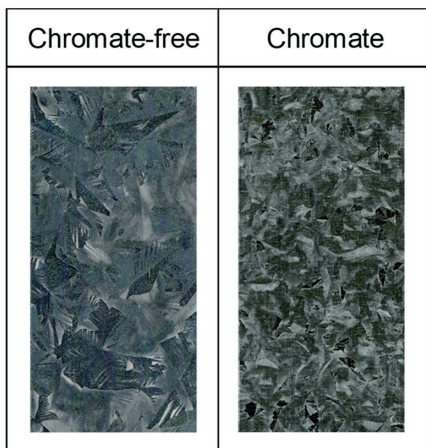


図5 塩水噴霧試験 (SST) 120時間後の外観写真  
Photographs of the specimens after 120 hours by salt spray test

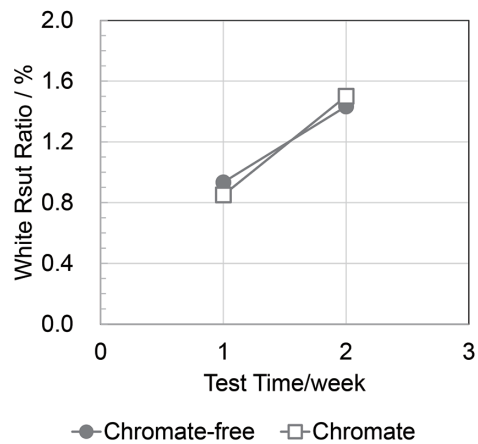


図6 屋外曝露試験による耐食性  
Corrosion resistance of the specimens by outdoor exposure test at East Nippon Works Kimitsu Area

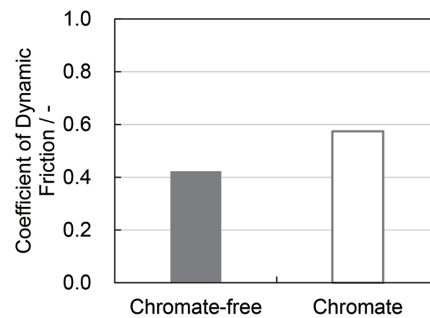


図7 ステンレス鋼球摺動試験による動摩擦係数  
Coefficient of dynamic friction by stainless steel ball sliding test

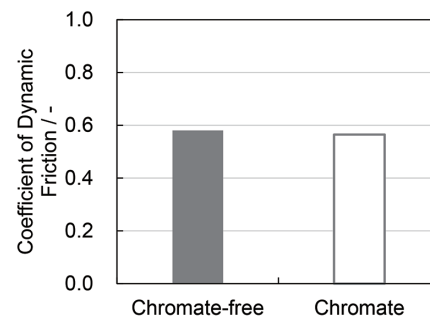


図8 平板引き抜き試験による動摩擦係数  
Coefficient of dynamic friction by flat draw bead test

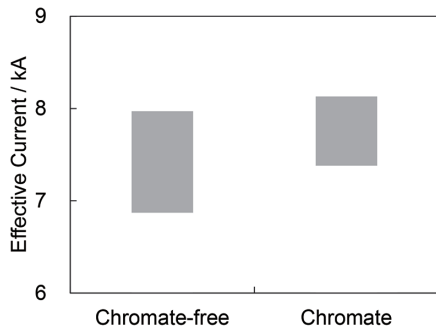


図9 適正電流範囲  
Optimum current range of spot welding

## 5. 結 言

以上より、クロメートフリースパングル模様溶融亜鉛め

き鋼板は、クロメート処理と比較しても同等以上の耐食性、摺動性、溶接性を示した。このことから環境規制に対応したクロメートフリー処理への代替が可能であり、さらにはレギュラスパングル仕上げに対するユーザーのニーズにも応えられる。

日本製鉄では、今後も建材薄板分野における環境対応型の高付加価値商品の開発を積極的に推進していくことで、環境にやさしい社会の実現に貢献していく。

### 参考文献

- 1) 久保祐治 ほか：新日鉄技報. (391), 48 (2011)
- 2) 森下敦司 ほか：新日鉄技報. (377), 28 (2002)
- 3) 布田雅裕 ほか：新日鉄住金技報. (398), 57 (2014)



藤井隆志 Takashi FUJII  
東日本技術研究部 薄板・表面処理研究室  
表面処理研究課 主幹研究員 博士(工学)  
千葉県君津市君津1 〒299-1141



鳥羽哲也 Tetsuya TOBA  
東日本技術研究部 薄板・表面処理研究室  
表面処理研究課 主任研究員



東新邦彦 Kunihiko TOSHIN  
人事室 人事課長



莊司浩雅 Hiromasa SHOJI  
鉄鋼研究所 表面処理研究部  
高機能処理研究室長 工学博士



森下敦司 Atsushi MORISHITA  
鉄鋼研究所 研究企画室長



河村保明 Yasuaki KAWAMURA  
東日本技術研究部 薄板・表面処理研究室  
表面処理研究課長