ステンレス粉末入り塗装板 (NS-X1)

戸田 七郎¹⁾ 吉野 睦栄²⁾ 宮本 信夫³⁾
松浦 則之⁴⁾ 近藤 久⁵⁾

1. 開発の経緯

ステンレス鋼の需要は化学工業・石油化学の発展とともに急速に伸びてきた。次いで厨房機器、自動車産業、そして広い意味の建材へと適用範囲は著しく拡大してきた。建材関連では屋根をはじめとする外装材としての需要が着実に伸びている。

外装材の伸びの大きな要因として塗装ステンレスの開発が挙げられる。外装材のように清掃などのメンテナンスが事実上不可能な用途では、素地のステンレス薄板はしばしば発錆事故を起す。その原因は我国の地形からくる海水飛沫の付着→腐食発生、鉄道や建設現場からの鉄粉飛来付着などが考えられ、概して表面的な発錆にとどまることが多い。しかし本来金属光沢のすぐれたステンレスでは赤錆は大きな問題である。これらのいわゆる“もらい錆”を防ぐ手段として塗装ステンレスが開発され、上述の錆の原因となる塩分・鉄錆が塗膜により直接ステンレス肌に付着しない工夫がなされた。一見姑息に思われる有機塗料の塗装が極めて有効であり、色調が自由に選択できることと相まって需要は逐年高まっている。昭和56年(1981年)にはJIS化され、昭和58年(1983年)には約8500\$、本年度は10000\$の総需要が見込まれており、完全にステンレスの一需要分野を形成するに至っている。

このように塗装ステンレスは着実に伸びてはいるが塗装塗膜の存在により導電性が阻害され、溶接が不可能と言う建材としてはかなり不利な条件を内含している。溶接が可能になれば従来の工法のような重ねや巻貼に頼ることなく水密性が完全な溶接ジョイントが作れることとなり、その適用範囲は著しく大きくなるものと考えられる。

ステンレス粉末入り塗装板・NS-X1は上述のように塗膜に導電性を付与して溶接性を得る目的で開発されたが、混入されるステンレス粉末が塗膜への紫外線の透過をかなり制限することから、塗膜の耐久性を著しく改善

する副次的なメリットも得られている。

現在この材料は主としてステンレス防水のメンブレンとして使用されているが、その需要量は急速に高まっている。

2. 開発の概要

(1) ステンレス粉末の製造

ステンレス粉末の製造法は大別して3種ある。その1つはステンレス溶湯を水のシャワー中に吹き飛ばして小尾のついた球形の細粒を得るアトマイズ法と呼ばれる方法である。この場合の金相学的組織は鑄造組織であり、製造コストは低いと言われている。その2はステンレス酸化物を還元する方法で極めて細かい粉末が得られるが、かなりコスト高である。第3は本開発の粉末製造に採用された粒界腐食法で鍛練組織の粉末が得られる唯一の製造法である。

広く知られているように、フェライト系ステンレスは約900℃以上で加熱急冷すると、また、オーステナイト系ステンレスは650℃前後に加熱すると結晶粒界にクロムカーバイド(Cr₂₃C₆)が析出し、粒界近傍のクロムはこのために著しく貧困する。従って粒界近傍は激しい耐食性劣化を惹起し粒界腐食感受性が増大する。NS-X1用のステンレス粉末としてはSUS 304(18-8ステンレス)が用いられており、本開発では次のようなプロセスがとられた。

(SUS 304 ストリップ) → (フェライト系ステンレス焼鈍炉)
(トリマー屑) → (煙道放置(約650℃・24h))
→ (廃酸(弗・硝酸系)) → (水 洗) → (自然乾燥) →
(篩(自動))

通常粒界腐食法はコストが高いと言われているが、原料としてスクラップ(製造管理された製品トリマー屑)を利用し、鋭敏化熱処理には廃熱を、腐食には廃酸を活用すること、およびSUS 304ステンレスは650℃程度の加熱ではスケーリングロスがほとんど問題とならず、また廃酸中では粒界腐食は受けても製品の溶損は微小であることから、これらの作業は時間管理をなくした放置方式をとる、などによりかなり低コストで目的の粉末を製造することができる。図1は粒界腐食装置の模式図である。粉末の粒度は原料板の結晶粒度に依存するが、結晶2~3粒が完全に離れずに大粒となったものや、スリッ

* 日本ステンレス株式会社

1) 顧問 2) 営業部加工品次長 3) 営業部加工品主任

4) 技術部副主任部員 5) 直江津研究所

Development of Coated Stainless Steel, Containing
Stainless Steel Powder (NS-X1); S. Toda, M. Yoshino,
N. Miyamoto, N. Matsuura, H. Kondô (Nippon Stainless
Steel Co. Ltd.)

1984年1月31日受理

図1 ステンレス粉末製造装置略図

- ① 廃酸スプレー (HF-HNO₃ 系)
- ② 敏敏化処理 SUS 304 スクラップ
- ③ 酸循環ポンプ
- ④ ステンレス粉末
- ⑤ ステンレス粉末 取出口
- ⑥ ヒュームダクト

(2) 素材および塗料

塗装用素材としては通常のステンレス帯鋼(厚さ0.3～1.2 m/m)ならば種類を問わないが、主として SUS 304, 316 および当社が開発した NAR-160 (低炭素 16Cr-Cu-Nb 鋼) が供される(表 1)。これらの素材は最終工程でショットブラストロールで適当な粗さの調質肌を与えられ、塗料の密着性を補完する。用途によっては高温・長時間の焼鈍による軟質化処理が施こされる。

塗料はプライマーとしてエポキシ系合成樹脂、トップにはシリコンブレンドの高いシリコンポリエステル系合成樹脂が供される。プライマーは素材との密着性およびトップ塗料との固着性を確保するための糊の作用を分担するものであり、極力薄く塗装することに努める(通常 3～4 μ 程度)。トップ塗料はステンレス粉末との比重差が極めて大きい(1:4)ので混合した際にステンレス粉末が沈降分離しないよう、特種な顔料親和剤をブレンドして粉末が浮遊するようにしている。

(3) 塗 装 法

塗装は通常のカラートタンの塗装に多用されている吸上げロール式のロールコーターではステンレス粉末の吸上げ量にムラが生じ不具合である。またフローコーターでも塗料吐出スリットの目づまりを生ずるなどスムーズな塗装は期待できない。すなわち顔料親和剤により完全に塗料と混合した状態を保ったまま下方へ垂らし込む方

方で結晶変形を起したものは結晶粒界が離れ難いので、これらを除くために最後に自動篩機にかけ、200 メッシュ以下の細粒を製品としている。

ステンレス粉末を顔料として用いる技術⁽¹⁾、他の金属粉と併用して導電性(溶接性)を付与する技術⁽²⁾⁻⁽⁴⁾はすでに知られているが、結晶粒界腐食で得られる粉末単独で溶接可能な塗装板を製造する方法は NS-X1 のみである。

図2 塗装装置模式図

- ① ドクターロール
- ② コーターロール
- ③ 攪拌装置
- ④ 塗料パン
- ⑤ バックアップロール
- ⑥ ステンレス素材
- ⑦ 塗 膜

式をとるべきである。当社は図 2 に掲げたような流下式のロールコーターを用いて良好な結果を得ている。なお塗料パンへの塗料の送り込みも上部からの流下方式がよい。

3. 材料の特性

(1) 外 観

塗装面の外観は塗装方式によって大きく異なる

ことは良く知られている。カラートタンなどの塗装に最も普通に用いられるロールコーターでは、塗装ロールの回転が素材の進行方向と一致するダイレクト方式では長手方向に筋目がかかなり目立つ塗装肌となり、一方塗装ロールが逆回転のリバース方式では比較的なめらかな肌が得られる。

ステンレス粉末入り塗料の場合もこの傾向は全く同様であるが、ダイレクト方式とリバース方式のそれとの差が一層明瞭である。図 2 に示したように NS-X1 の塗装には流下式のロールコーターが用いられるので、フローコーターとロールコーター(リバース方式)の中間塗装方式と言え、塗装面はなめらかである。しかし焼付時の塗料の体積減少によりステンレス粉末の粒子が浮出す結果、細かい凹凸肌を呈する。そのため NS-X1 は比較的低反射率の低い重厚な外観となる。

(2) 塗装面の物性

NS-X1 は電気抵抗溶接に際し電極で加圧した時の導電性が十分で、しかも塗料の密着性がすぐれていなければならない。また塗装肌細かい凹凸を呈しているので実用に際して摩擦抵抗が大きく擦過疵を生じやすいので、ステンレス粉末の添加量には自と制限がある。ステンレス粉末の添加量とこれらの諸物性の関係を模式的に示せば図 3 の通りである。

図 3 より明らかなように 150 kgf/cm² 程度の加圧下における導電性はその添加量が 10% までは急速に増大し、それ以上 50% までは緩やかに増大する。50% 以上では導電性の上昇はなくほぼ飽和と見られる。塗料の密着性

表 1 ステンレス粉末原料の化学組成 (wt%)

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	そ の 他
SUS 304	≦0.08	≦1.00	≦2.00	≦0.045	≦0.030	18.00～20.00	8.00～10.50	
SUS 316	≦0.08	≦1.00	≦2.00	≦0.045	≦0.030	16.00～18.00	10.00～14.00	Mo 2.00～3.00
NAR 160*	≦0.025	≦1.00	≦2.00	≦0.040	≦0.005	16.00～19.00	—	Cu 0.30～0.80 Nb 0.30～0.80

* 日本ステンレス社内規格

は10~50%の範囲では無添加に比してやや劣るが比較的良好である。添加量が50%を越えると急速に密着性は劣化する。ロール成形などに代表される耐擦過剝離性評価は塗料の密着性とよく対応しており、添加量10~50%の範囲ではその劣化は比較的小さい。50%以上になると評価は著しく低下する。これらの結果から NS-X1 は導電性が高く、しかも他の物性の劣化が少ないステンレス粉末添加量50%(重量%)が選ばれた。50%添加の NS-X1 のその他の塗膜物性は表2に示されるように、通常のカラーステンレス(JIS 製品)と全く同等である。

図3 ステンレス粉末添加量と諸物性との関係(模式図)。

(注) 導電性: 150 kgf/cm² 加圧下

表2 NS-X1 の一般物性。

項 目	試 験 結 果	備 考
基盤目エリクセン キシロールラブ	100/100 >100	6 mm 張出し キシロールを浸した ガーゼによる摩擦
デュポン衝撃	表打:OK, 裏打:OK	50 cmH, 1 kg
折り曲げ	1/2 T 1 T	剝離なし 剝離なし
		90° Bend 90° Bend
コインスクラッチ	やや不良	10円銅貨擦過

4. 実用例とその実績

NS-X1 はステンレス防水工法のメンブレンとして昭和54年から実用に供されている。ステンレス防水工法は当社が開発した全く新しい防水工法で、その詳細は稿を改めなければならないが、簡単にその概要を述べれば次の通りである。

すなわち、従来のアスファルトや合成樹脂シートにかわって、防水面材として上述の NS-X1 を用い、すべての板継ぎ部を自走式の超小型シームウエルダーで溶接して一枚板にする工法である。板継ぎ部は図4に示すように面材の伸縮を吸収するエキスパンジョイントを構成し、また防水面材を躯体に緊定する吊子も包含する。

図4 ステンレス防水の基本形。

- ①防水面材(NS-X1) ②シーム溶接部
③キャップ ④吊 子
⑤アスファルトルーフィング ⑥アンカー
⑦軀 体

図5 P & P ステンレス防水施工例。

この工法は塗装材であるから設計意図にマッチした色調が選択できること、もらい錆の憂がないこと、半永久的な耐久性が期待されることなどから、陸屋根のみでなく傾斜屋根にも広く使用されている。特に美術館、電信関係、各種の自動制御関連のような漏水事故が許されない建造物には最適の防水工法となっている。図5は施工の一例である。

NS-X1 はステンレス防水面材として約1500万の実績(昭和59年3月末現在)があるが、この工法の発展およびその応用工法の拡充により今後急速に需要は増大するものと思われる。

5. 特 許

本開発に関しては昭和52年に「ステンレス鋼粉末の製造方法」、昭和53年にステンレス粉末入りの「塗装鋼板」の特許を申請している。なお関連のステンレス防水工法については多くの特許を申請している。

文 献

- (1) 外国特許: 米国1976年(No.3954482)
- (2) 日本特許: 特願昭44-43848(登録No.716940)
- (3) 日本特許: 特願昭50-42248(拒絶→審判)
- (4) 日本特許: 特願昭44-53314(拒絶)