

製鉄所の屋外荷役機械の安価重防食塗装

Low Cost and Long Lifetime Painting Methods for Ore Unloading Machines of Steel Works

相 賀 武 英⁽¹⁾
Takehide AIGA

田 内 茂 顕⁽²⁾
Shigeaki TAUCHI

抄 録

製鉄所のアンローダー、リクレーマー、ベルトコンベヤ等の屋外荷役機械の腐食による老朽化問題は年々深刻化している。設備の単純更新を回避し継続使用していくために、安価で且つ高い防食性能を有する補修塗装方法が求められてきた。そこで、変性エポキシ樹脂塗料の厚膜1回塗装について、その防食性能及び施工方法を検討した。防食性能の評価としては塩水噴霧試験を行い、施工方法としてはスプレー1回塗りによる厚膜200 μ m塗装をリクレーマーの全面補修塗装に適用した。その結果、変性エポキシ樹脂塗料の厚膜1回スプレー塗装は平面部を多く有する荷役機械の塗装に対して、安価化及び短工期化に有効であることを確認した。更に、スプレー塗装が困難なベルトコンベヤフレーム等の形鋼骨組構造設備のために、1回のはけ塗りで120から200 μ mの厚膜が得られる“はけ塗り用厚膜塗料”を開発した。

Abstract

The corrosion of ore unloading machines, for example unloaders, stackers, reclaimers, and belt-conveyers, has become a serious maintenance problem in Nippon Steel Corporation. Most of the machines have been operating for more than 30 years, and full maintenance painting should be carried out to avoid the replacements and to continue to be operative. Accordingly, two low-cost and long-lifetime painting methods for these machines have been examined, using our special modified epoxy resin paint NB coat 3000GW (produce of Nippon Steel Chemical Corporation). It has been ensured that these painting methods demonstrate very durable characteristics on JIS Z 2371 Salt Spray Test. The first method is 1 coat thick(200 μ m) spraying method for the machines which have wide surfaces, such as unloaders, reclaimers etc. By this method, a 25% cost reduction for the reclaimer maintenance painting is actually realized at Nagoya Works. The second is 1 coat thick(120-200 μ m) brushing method by new thick-brushing paint, NB coat super 3000GW for the steel truss structure equipment, such as belt-conveyers. An adequate amount of flake pigments is blended into the base modified epoxy resin paint, so that this new paint enables the 120-200 μ m 1 coat brush painting.

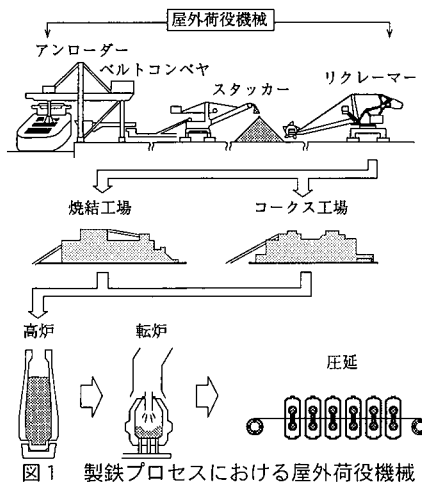
1. 緒 言

鉄鋼業にとって生産設備の老朽化対応は重要な保全課題である。特に、図1に示すような製鉄所の屋外荷役機械は、1970年代の製鉄所建設の時期に設置され、稼働後20年以上を経過しているものが多い。具体的には、製鉄原料である鉄鉱石や石炭等を船から荷上げるアンローダー、これを搬送するベルトコンベヤ、山積みするスタッカー、山から原料を切り出すリクレーマー等の機械があり、長年に渡り臨海環境に暴露されてきたため、近年特に腐食劣化が顕著となっている。全体的な塗膜の剥離と腐食が進行しており、落鉱堆積部分等では局部的減肉が観察されている。

このため、製鉄所の保全部門では、修繕コストを抑制している一方で、腐食の進行を抑え設備を延命化する対策の立案と実行が急務となっている。そこで、低コストで高い防食性能が期待できる補修塗装の方法が切望されてきた。

今回、このようなニーズに応える安価重防食塗装の技術検討を

行った。その結果、変性エポキシ樹脂塗料を用いた厚膜塗装の有効性を見出し、実際にリクレーマーの塗り替え工事に適用した。ま



⁽¹⁾ 名古屋製鉄所 設備部 機械技術グループ マネジャー
愛知県東海市東海町5-3 ☎476-8686 ☎(052)603-7852

⁽²⁾ 新日鉄化学(株) 機能化学品事業部 塗料部 技術開発グループマネジャー

た、1回のはけ塗りで厚膜塗装が可能な新しい塗料の開発も行った。本報では、こうした安価重防蝕塗装技術の検討内容について紹介する。

2. 安価重防蝕塗装の検討視点

2.1 屋外荷役機械の防食の留意点

アンローダー、ベルトコンベヤ、リクレーマー等の屋外荷役機械は海岸部から約500m以内の範囲に設置されており、その腐食環境は、飛来塩分の影響もある比較的厳しいものである。また、生産設備であることから、数か月以上の長期間の設備休止は困難であり、短工期で実施できる防食対策が必要とされる。更に、アンローダー等は地上数10mの高さとなる大規模設備であり、全面的な補修には膨大な足場を必要とする。

これらの設備に適用可能な安価で且つ有効な防食方法としては、ステンレス鋼化等の材質変更や防食溶射等の塗装以外の表面処理はコスト面からも作業の難易度の点からも事実上採用困難と考えられ、重防蝕塗装の安価化と高性能化の視点で検討した。

2.2 重防蝕塗装の安価化及び高性能化の視点

現実的かつ有効な対策として、重防蝕塗装の安価化と高性能化を検討するに当たり、先ず過去に行ったアンローダーの塗り替え工事費の内訳を調査した。その結果を図2に示す。これより、工事費全体に占める塗料費の割合は僅か10%程度であり、足場仮設や素地調整、塗装作業等の労務費が大きな割合を占めていることが分かった。そこで、安価化のポイントを労務費の低減に置き、同時に防食性能を向上させるために下記の項目の検討を行った。

(1)足場仮設には高所作業車の徹底利用等の工夫を行う

足場の設置は、長期間の現地工事で多層塗りを行う場合には有利であるが、短期間工事や塗り回数が少ない場合には割高となる。また、高所での錆落としや塗装作業には鷹工を必要とし、安全管理にも十分配慮しなければならない。そこで、可能な限り高所作業車を活用し、足場仮設を減らす工夫を行う。

(2)塗装系については徹底した塗り回数削減を図る

従来は下塗り+中塗り+上塗りの3回塗り仕様を採用してきたが、近年指向されている中塗りを省く2回塗りを参考として、更に労務費低減を狙って、1~2回塗り化を検討する。

(3)塗料は悪素地でも優れた防食性能を発揮する変性エポキシ樹脂塗料¹⁾を用いる

(4)変性エポキシ樹脂塗料の最適膜厚を検討する

そのため、120 μ m、180 μ m、240 μ mの3種類の塗膜厚について塩水噴霧試験(JIS Z 2371、以下SSTと呼ぶ)を行う。但し、現地で行う補修塗装に対する有効性を評価すべく、試験片には錆鋼板を用い、更に、塗り残しや疵等の塗膜欠陥を想定して塗膜に刃物疵(長さ55mmのクロスカット)を入れ、SSTを実施する。

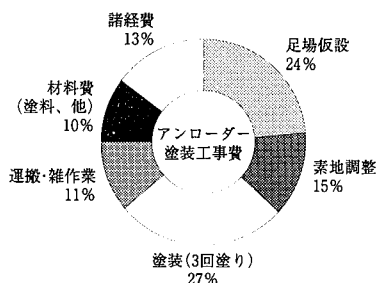


図2 塗装工事費の内訳例

3. 検討内容

3.1 変性エポキシ樹脂塗料の最適塗膜厚の調査

実際の設備の腐食状況を考慮して、錆度の進んだ試験片(屋外暴露3年間)を用い、St2に素地調整し、変性エポキシ樹脂塗料(新日鉄化学(株)製NBコート3000GW)を各塗膜厚にスプレー塗装し、クロスカットを入れ、SSTにて調査した。

その結果を図3と図4に示す。図3は塗膜劣化状況の写真であり、図4はクロスカットからの塗膜の剥離幅をグラフで表している。剥離幅とは、密着力の無くなった塗膜を除去した後に測定したクロスカット線からの塗膜剥離の最大幅である。図4より、厚膜化にするほど防食性能が向上することが確認できたが、SST1000時間の結果を詳細に見ると、120 μ m試験片と180 μ m試験片の剥離幅には大きな差が出たのに対して、180 μ mと240 μ mの剥離幅の差は僅かであった。

この結果より、屋外荷役機械の補修塗装において、経済性と耐久性の両立を狙い、試験に供した変性エポキシ樹脂塗料においては180 μ m程度の塗膜厚が望ましいものと考えられる。但し、実際の補修塗装において、耐候性上塗りを省略した厚膜1回塗りを行う場合には、美観を要求されない設備に限定して、チョーキング代を見込んで200 μ mの塗膜厚が最適とした。塗膜厚が約200 μ m以上であることの有効性は、海洋環境における塗膜の耐久性を調査した鉄道技術研究所の報告²⁾でも示されており、上記仕様は妥当であると考えられる。

3.2 厚膜1回塗装の方法について

1回200 μ mの厚膜塗装を実際の設備に適用する方法としては下記の二つの方法を検討した。

(1)原料ヤード内の荷役機械のように平面部を多く有し、また、若干の塗料の飛散は許される場合には、既存の変性エポキシ樹脂塗料をスプレー塗装する。

(2)コンベヤフレームのような剛骨組構造設備や、僅かな塗料の飛

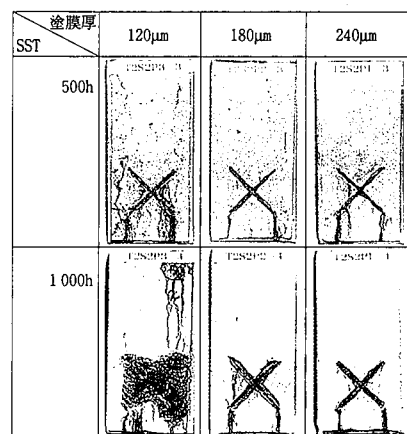


図3 変性エポキシ樹脂塗料の塗膜厚の影響 (SST試験片写真)

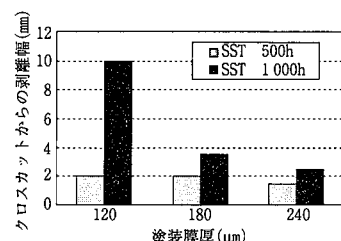


図4 変性エポキシ樹脂塗料の塗膜厚の影響

散も許されない状況下では、はけ塗りによるしかないので、通常3回塗りを必要とする200 μ mを1回のはけ塗りで可能とする厚膜塗料³⁾を開発する。

3.3 厚膜スプレー1回塗装の実施例

スプレーによる1回200 μ m塗装を実機に適用するに当たり、実験室内での試験塗装と、屋外での30m²程度の小規模塗装を事前に行い、作業上の留意点を明確化した。その内容は下記の通りである。

- (1)だれを生じないようにシンナー希釈率をやや低めに設定する。
- (2)乾燥膜厚200 μ mを確保するために、湿潤塗膜厚で360 μ m以上であることをウェットゲージで確認しつつ、ややゆっくりとしたスプレー運びで塗装する。
- (3)スプレーでの塗膜厚の確保が難しいエッジ部や狭隙部については、スプレー塗装前にタッチアップ塗装(先行はけ塗り)を実施する。

写真1のリクレーマーの全面塗り替え塗装約3150m²について本塗装方法を実施した。素地調整はサンドブラストでSa1とし、部分的にはパワーツールにてSt3の処理を行った。エッジ部や狭隙部のタッチアップ塗装の後、写真2のようにスプレー塗装1回で塗膜厚200 μ mの施工を行った。

工事の実績工程を図5に示す。雨天の日が多かったため約1ヶ月を要したが、塗装作業は8日間で終え、通常の3回塗りで必要される日数の約半分以下で完了することができた。工事費については図6に示すように、従来の3回塗りの場合と比較して約25%の安価化が図れた。これは、塗装作業費の低減効果だけでなく、工期短縮によって足場仮設や運搬費等も低減された結果と考えている。しかし一方で、実際の設備では手摺りや電線管等のスプレー塗装に適さない部分が多く存在していることに気づき、それら部分ではローラーにて重ね塗りを行って塗膜厚200 μ mを確保する場面も発生した。

本工事によって屋外荷役機械について200 μ m1回スプレー塗装

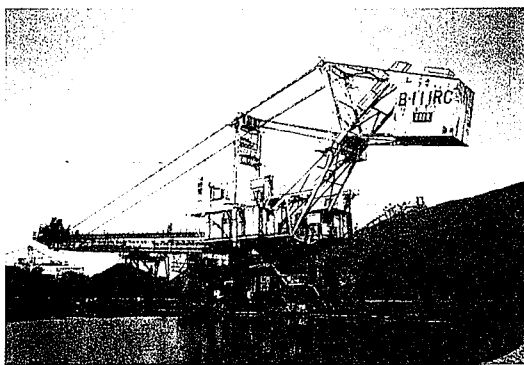


写真1 リクレーマー

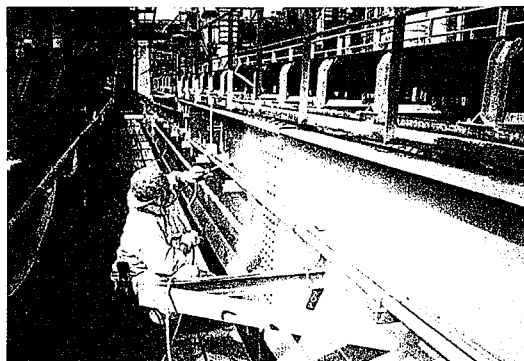


写真2 厚膜1回スプレー塗装の実施状況

	1998年8月														9月															
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	
仮設足場																														
素地調整																														
塗装																														
足場解体																														

図5 リクレーマー塗り替え工事の実績工程

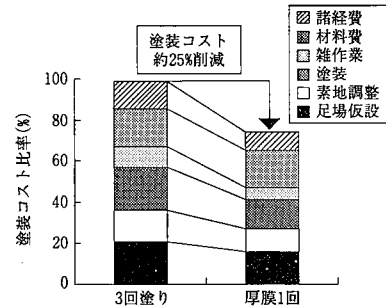


図6 工事費比較

という安価重防食塗装の工事実績を得ることができたが、同時に、はけ塗り用厚膜塗料の必要性を再確認することとなった。

3.4 はけ塗り用厚膜塗料の開発

上述のように実際の設備でははけ塗り用の厚膜塗料の必要性が大きいことから、その開発に取り組んだ。新塗料の性能として下記の二点を目標とした。

- (1)ウェット状態での重ね塗りにより1回のはけ塗りで最大200 μ mの厚膜塗装を可能とする。
- (2)既存の変性エポキシ樹脂塗料をベースに、これを厚膜型に改良し、同程度以上の防食性能を目指す。

図7に示すように、一般の塗料ではウェット状態で重ね塗りを行ってもはけによって下の塗料をすくい上げてしまい、厚塗りができない。これに対し、開発した塗料には鱗片状顔料が適量添加されており、その配向によって下塗料のめくれ上がりが防止され、厚塗りが可能となっている。写真3に開発した塗料の1回のはけ塗りによる200 μ m塗膜の断面を示す。塗膜内部には筋状の鱗片状顔料が観察できる。

本塗料は開発過程で試作と改良を繰り返し、鱗片状顔料の配合方法に工夫を重ね、図8に示す防食性能評価を経て、NBコートスーパー3000GWという商品名で既に市販している。現在では製鉄所構内の補修塗装に広く使用されているが、使い方としては、コンベ

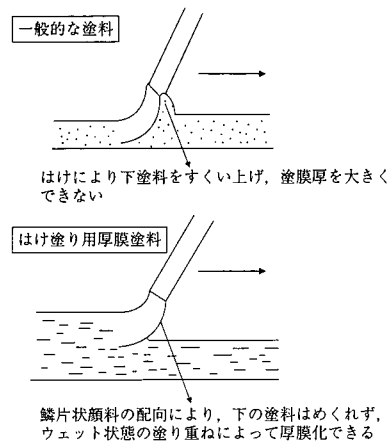


図7 厚膜化の機構

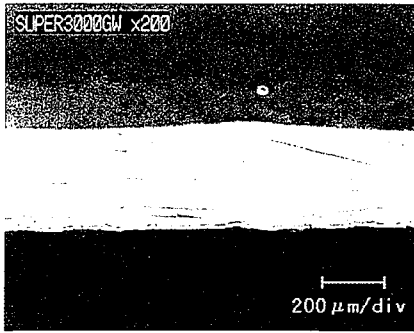


写真3 はけ塗り用厚膜塗料の塗膜断面

	SST 1 000h		SST 2 000h	
	プラスト鋼板	鋳鋼板	プラスト鋼板	鋳鋼板
油性ペイント (JIS K 5621) (30μm×3) +フタル酸上塗 (30μm) (全120μm)				
変性エポキシ樹脂塗料 (60μm×2) +ポリウレタン樹脂塗料(30μm) (全150μm)				
変性エポキシ樹脂塗料 スプレー1回塗り (全200μm)				
開発塗料 (はけ塗り用厚膜塗料) はけ塗り1回 (全200μm)				

図8 開発塗料(はけ塗り用厚膜塗料)などのSST結果

ヤフレームのように美観を必要としない設備にははけ塗り1回の厚膜塗装を行い、アンローダーのように景観上の理由から変色を嫌う場合には、耐候性上塗りを加えた2回塗りを実施している。

4. 塗膜劣化に関する考察

図8のSSTによる塗膜の性能評価データから、塗膜劣化の進行状況の整理を試みた。素地調整の程度や塗装系の違いが塗膜寿命に及ぼす影響については、鋼道路橋における調査結果⁴⁾等が報告されているが、塗膜劣化の程度を連続量で表現することは難しく、日本塗料検査協会等の評価点で示すのが一般的である。本試験では、クロスカット試験片によるSSTの結果を利用して、塗膜劣化を表す指標として、下記の式で表される塗膜剥離面積率を用いた。

$$R(\text{塗膜剥離面積率}) = \frac{4t \times L - 8t^2}{B^2} \times 100 (\%)$$

これは図9に示すように、クロスカット線の4端点を結ぶ正方形の範囲において、塗膜が剥離した面積の割合を示すものである。tはクロスカットからの塗膜の平均剥離幅を、Lはクロスカットの長さ(55mm)、Bは正方形の一辺の長さ(38.8mm)である。図8のプラスト鋼板のデータよりtの測定値を上式に代入してRを計算し、図10に塗膜劣化曲線としてグラフ化した。

図10より、塗料の種類や膜厚によって塗膜劣化の進行に差異が生じる状況が表されている。すなわち、油性ペイント120μmでは

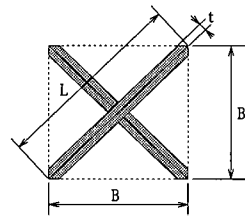


図9 SST試験片のクロスカットからの腐食部分

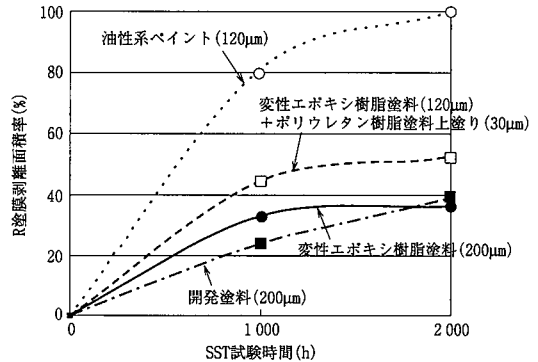


図10 塗膜劣化状況の比較(プラスト鋼板でのSST結果)

SST2 000時間で既に全面剥離の状態となるが、一方、変性エポキシ樹脂塗料200μm塗膜では、スプレー塗装の場合でも開発塗料1回はけ塗りの場合でも、剥離面積率は40%以下で横ばいとなる傾向が確認された。したがって、高い防食性能を求める場合、塗料の種類と塗膜厚を適切に選定することは重要である。

5. 結言

製鉄所の屋外荷役機械の腐食防止について、安価重防食塗装を検討してきた。その結果、1回200μmの厚膜塗装を下記の二つ方法で実現した。

- (1)スプレー塗装による方法
- (2)はけ塗り用厚膜塗料による方法

上記の二つの方法は、それぞれに特徴があり、塗装の対象設備によって使い分けすべきものと考えられる。すなわち、スプレーによる方法は平面部を多く有する設備には有効であり、短工期で均一な塗膜を得ることができる。一方、はけ塗り用厚膜塗料による方法は、飛散の許されない場合や、鉄骨構造設備のようにスプレー塗装に不向きな設備に対して厚膜塗装が効率的に行える。また、これらの方法で厚膜1回塗りを施した上に、必要に応じて耐候性上塗りを加え2回塗りとする事で、美観を必要とする場合にも安価な重防食塗装を行うことができる。

また、塗料の種類や膜厚によって防食性能に差異を生じる状況を、クロスカットからの塗膜の剥離面積率をグラフ化することで表した。これにより、油性ペイントと比較して変性エポキシ樹脂塗料の厚膜塗装が高い防食性能を示すことを確認した。

参考文献

- 1) 加藤公廣:防錆管理,32(1),9(1998)
- 2) 桐村勝也ほか:鉄道技術研究報告,1070,1(1978)
- 3) 相賀武英ほか:防錆管理,45(5),11(2001)
- 4) 寺岡英喜ほか:NKK技報,131,55(1990)