特集／特殊機能性塗料

電子けがき用塗料

今 田 武 士*

Electro Print Marking Primer

Takeshi Imada*

造船業におけるけがき作業が電子けがきの登場，その採用によって省力化，合理化され大型，連続建造に寄与した。その間，電子けがき用塗料もショッププライマー兼感光剤として開発されたものから，新無機ジंकプライマーへと変遷したことについて解説する。

1. まえがき

1880年代に世界で初めて鋼船が建造されるようになってから，長い間船体構造はこうびょうによって行われてきたが，1950年に米国から溶接技術を導入したわが国の造船界は，船体構造の溶接化が急速に進み，わが国独特のブロック建造方式が開発され，造船工程は従来のものから大幅な変革がもたらされた。

もちろん，この改革の最大の目的は，廉価で高性能の船を短日時に建造するためにはどうすればよいか，という大きな課題を掲げ，その目的に沿うように製造ラインが改革された訳であるが，その中で最も難しかったのは，手作業による人力中心の集約作業をどのように機械化，自動化していくか，という問題であった。これは昔の造船工程に比べれば大幅な改造になっているのは当然であるが，今日でもこの課題は引き継がれて検討されているものである。

一般に造船工程は，図面の作製から始まって，現図作製，ショッププライマ塗装，けがき，鋼板切断，溶接加工，ブロック，塗装，総合組立，船台搭載，進水，艀装，試運転，引渡し，処女航海

という順序を経ているが，この工程の中で，人手から機械に置き代えていく割合が，どれ程までに増やせるかが，これからの造船合理化の最大の目玉となるわけである。

本稿の主題である“けがき作業”の機械化も例外ではなく，むしろ建造工程の一番始めにでてくる最も重要な工程であるが故に，この部分の機械化は関心の的であったものである。

2. 造船けがきの歴史

けがき作業は，先ず現尺けがき方法から始まった。これは，いわゆる手けがき法であって，建造する船の実物大の正面図，側面図，平面図を現図場という広大な床の上に現図展開し，それを基に定規型に写し取り，けがき作業場へ運搬し，鋼板面上にけがきする方法である。

始めに使用されていた定規は，角材（4×4 cm長さ9～12 m）に黒板塗料を塗ったもので取扱い，保管場所に問題はあったが，次第にスチールテープに変り作業性がよくなってきた。それでも手けがきから脱皮することはできなかった。

1944年に投影けがき法がドイツで開発され，1953年にわが国へ導入された。これは1/5～

* 石川島播磨重工業(株) 船舶海洋事業本部

〒737 呉市昭和町2-1

☎ 0823-22-5151

*Ishikawajima Harima Heavy Industries Co., Ltd.
1, Showa-cho 2-chome, Kure-shi, Hiroshima 737

1/10の縮尺原図を作製し、鋼板上に投影機によって実寸法に拡大された画像の輝線をたどってけがきという方法であった。

1961年改良品が国産化されるとともに、全国の造船所に使用範囲が拡大されていった。1965年鋼板に画像を直接焼付ける電子写真けがき方式が導入された。これは投影けがき法に比べてけがき能力が飛躍的に向上した。電子写真けがき方式の改良研究は、その後もさらに進められ1967年粉体電子写真けがき方式が完成し、国内造船所に広く普及し、現在に至っている。

さらに最近では、NC切断機にけがきトーチを装備し、数値制御により、ノズルから亜鉛系の粉末を噴射し、予熱炎で焼付けてけがき作業を行う方法も実施されており、EPM法と共に造船けがきの双壁をなしている。

3. 電子写真けがき

(Electro print Marking 以下EPMと略す)

3-1 EPMの変遷

開発初期のEPM方式は、鋼板に光導電性塗料(EPM感光剤兼ショッププライマ)を塗装し、強制乾燥後コロナ放電により塗膜を帯電させ、この面に画像を投影し、トナーと呼ばれる現像剤を静電塗装し、それを溶剤または熱によって塗膜に固着させるというものであった。

現在採用されている方法は、鋼板にフォトナーと呼ばれる光導電性粉体を直接散粉して帯電させ、この面に画像を投影し、溶剤を吹きつけて、フォトナーを鋼板に溶着させるという方式である。前者をウェットEPM方式、後者をドライEPM方

式とも呼んでいる。現在ウェットEPM方式は使用されていない。

3-2 粉体EPM方式の概要

EPM方式(以下とくに断りのない限り粉体EPM方式を指す)の工程は、図1に示したとおりであるが、この工程は次のような手順によって行われる。

① 散粉及び帯電工程(図2A)

暗室内で光導電性酸化亜鉛を主体とした粉末(Photoner)に55000～60000Vのコロナ放電を行い、マイナスに帯電させ、ショッププライマが塗装してある鋼板表面一様に散布する。フォトナーは静電引力により鋼板に吸着し、この状態で光に

図2 電子写真工程

図1 EPM装置の構成

感ずるようになる。

② 投影・露光工程(図2B)

投影器により1/10縮尺の原図フィルムを現寸に拡大投影すると、酸化亜鉛の光電導性により、露光された部分は静電荷が急激に減少または消失し、光の当たらなかった部分は電荷が残って静電潜像を形成する。

③ 現像工程(図2C)

静電荷を消失したフォトナーは、エアーを吹きつけるだけで除去されるが、電荷が残っている静電潜像部のフォトナーは、静電引力によって付着したまま残り、線、文字がくっきりと浮び上ってくる。エアーで吹きはらわれたフォトナーは、回収して再び使用される。

④ 定着工程(図2D)

以上のようにして得られた画像部分のフォトナーは、静電引力で鋼板に付着しているだけなので、明るい場所に出せば付着力を失いはがれてしまう。したがってメチレンクロライドまたはトリクロルエチレンなどの塩素系溶剤を吹き付けて、フォトナーを鋼板に溶着させて定着する。このようにしてできたけがき線は、屋外ばく露、衝撃、摩擦にもかなりの抵抗性があり、けがきマークとしての役割りを果している。

3-3 EPM工程のチェックポイント

① 光導電性の粉末(フォトナー)の消費管理

フォトナーは高価なものであるから、正常時の消費量5 g/m²を目標に管理することが肝要である。フォトナーの消費量が増加すると、ランニングコストが大幅に増大するので経済性に大きく影響する。

② 画質鮮明度

EPMの画質が不鮮明であるとけがきの手直しを要するため、作業能率を低下させる。

③ ショッププライマ塗膜の含水率の影響

ショッププライマを塗った鋼板が、屋外で降雨にさらされたり、夜間結露したものを十分乾燥しないで、EPMを行うとフォトナーのかぶりが多くなり不鮮明となる。

④ ショッププライマ塗膜の乾燥度

ショッププライマ塗装後、塗膜の未硬化の状態で、塗膜中に溶剤が残留していると、フォトナー

が軟化粘着してかぶりが多くなる。また安息角(粉体のぬれ角度)が上昇し、フォトナーの表面にキズのようなものが付き、凝集して散粉が十分でなくなる。

⑤ 鋼板温度

フォトナーは、光導電性酸化亜鉛粉末を高絶縁性のビニル系合成樹脂で被覆したものであるから、鋼板表面温度が高くなると、ビニル樹脂の熱可塑性により、フォトナーが軟化し、かぶりが多くなり、フォトナー消費量に影響を与える。

⑥ 段かぶり

鋼板に塗装されているショッププライマの良否、散粉ローラーの偏心、ローラー傷、エアーナイフ・フラップの異常、フォトナーの凝集などが原因で生ずる現象である。その他にフォトナー粉体と鋼板の摩擦帯電によっても生ずることがある。これらは現像機フラップや散粉ローラーの調整及び管理、鋼板に塗られているショッププライマの状態(汚れ、塗膜厚、塗りむらなど)をチェックすることにより防止することができる。

⑦ フォトナーの初期電位が高いこと

コロナ放電により帯電散粉されたフォトナーの帯電電位を初期電位と呼び、その値が適当に高いことが必要で、一般には-300~-500V程度がよいとされている。この電位が低いと暗減衰の影響を受けないようにするため、作業時間が制限される。

⑧ 光減衰が大きいこと

光照射によってフォトナーの帯電電位は大きく減衰するが(光減衰電位)、一般に-10~-50Vが適正とされている。

⑨ 暗減衰が小さいこと

暗所でのフォトナーの帯電電位の減衰を暗減衰電位と呼んでいるが、この減衰幅は-250~-450Vが適正とされている。また静電コントラスト(光減衰電位と暗減衰電位の差)は、画像コントラストに比例するので、この差は大きい程よい。

⑩ 標準ネガ濃度による感度D-D₀。値が小さいこと

D-D₀値は、画質の鮮鋭度を表わすもので、通常1以下がよいとされている。

3-4 EPM採用による効果

EPMは被加工材料が大きく、多品種少量の造船加工工程において、もっとも適した方法であり、次に述べるような効果が挙げられる。

① 加工能力の増大：1回のけがきに要する時間は4～7分であり、従来の手けがき、投影けがきに比べて大幅な能力増大となっている。

② けがき精度の向上：

③ 材料と作業場の削減：EPMは1/10縮尺ネガで板取りが机上で合理的にでき、しかもスクラップ率が大幅に減少した。また縮尺現図の採用により、広い現図場を必要としなくなり、木型、ボード型、フィルム型の現尺型の運搬、格納保管などの不便もなくなり、作業場各棟でのけがき作業場がほとんど不要となった。

④ 作業能率の向上と工数の節減：手けがきの必要がなくなったので、能率向上と工数低減には相当メリットがあり、加工日程も大幅に短縮された。

⑤ 技術管理の一元化による能率向上とエラーの減少：EPMの採用により、すべての施工要領が机上でEPMネガに記入されるので、作業現場の能率が向上するとともに記入もれ、誤記、判断違いなどによる誤りが減少した。

⑥ ガス切断工数の節減：部材組み合わせの合理化により、二部材の切断線を原図上で組み合わせ、2回切りを1回切りとすることにより、切断長が短縮できた。

⑦ 安全作業が可能になった：けがきはコントロール室のボタン操作で行うので定位置作業となり、クレーンが吊り作業を行う下での作業がなくなったため、落下による災害が無くなった。

4. EPM適正に要求されるショッププライマの性能

① 塗膜が電導性であること

EPMはショッププライマ塗膜面にフォトナーが静電散粉されるので、塗膜自体が帯電し、これにフォトナーが吸着されることのないことが必要である。またフォトナーとの間で摩擦帯電を起し、そのためにフォトナーを吸着することのないことも要求される。一般的にショッププライマの固有

抵抗が $10^8 \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ 以下であることが好ましい。また高電圧を印加した時の塗膜帯電電位は20V以下がよいとされている。

② 高温粘着性が生じないこと

ショッププライマの展色剤は、感温性に乏しく高温になっても軟化、粘着性が生じないものであること。

③ 色調が付与されること

フォトナーが淡いピンク色なので、この色とのコントラストが判然とした色調であること。

④ フォトナーとの親和性がよいこと

フォトナーの定着溶剤はトリクレン、塩化メチレン、二塩化プロピレンなどの塩素系溶剤が用いられるため、これらの溶剤に僅かに溶けることが定着性にすぐれる。ショッププライマの表面は平滑性でないと、フォトナーを吹きはらった時の残量が増え使用量増加となるので、経済的面からは大事な要素ともなる。

⑤ その他

ショッププライマとして一般に要求される諸性能すなわち、耐候性、防錆性、速乾性、溶接溶断性、各種塗料との親和性及び付着性にすぐれていることなどが要求される。

⑥ これからのショッププライマに要望される項目

- i 有機溶剤を使用しないもの。
- ii 一液性のもの（混合作業工数低減）
- iii 溶断・溶接時に焼損幅の少ないかまたは生じないもの。
- iv 薄膜で現状の諸性能を維持または向上したもの。

などが挙げられる。

5. あとがき

EPM発展の経過とその特性について概説したが、けがき作業は建造工程の中で最も重要な作業の一つである割合に、あまりスポットの当らない分野である。それは、けがきという作業が製造工程の一手段であり、しかもけがき作業そのものが形として残るものではなく、溶断・溶接という作業にかくれてしまうためであろう。それだけにE

PMを始めこの作業に関する報文が他の分野に比して極めて少ないのも、この分野の特徴といえる。

また、今日のコンピューターの発展は目覚ましいものがあり、造船工程のうち図面の作成から工作までかなりの範囲にコンピューターが導入されていて、自動化が進められている。EPM法も近い将来はコンピューターの支配下に入り、けがきという手段を経ずに、図面から直接カッティングという工法に変わり、EPMが造船工程から姿を消すのもさほど遠くない時期に実現されるものと考えている。

終りに、本稿については折角貴重な頁をさいて載いたのにもかかわらず、著者の浅学非才のために、十分意をつくせなかった点を深くお詫び申し上げ、併せて不備の点は参考文献をご参照願えれば著者の望外の幸いと考えている。

参考文献

1. 富士写真フィルム、NEW EPM 新電子写真野方式生産技術、23 (10) 23 (1968)
2. 肥和野邦夫：電子写真野書法と鋼材1次プライマー塗装技術 10 33 (1969)
3. 松本浩一：EPMのかぶりに関する一考察、住友重機械技報 19 No.52 41 (1971)
4. 三菱重工(株)船舶事業部 富士フィルム EPM 機械部 船の科学 19 (1), (1966)
5. 酒井芳也：船殻工作におけるショッププライマーとすみ肉溶接 中国塗料技報
6. 肥和野邦夫：溶接と塗装の問題点 塗装と塗料
7. 日本造船学会 鋼船工作法研究委員会編 造船技術シリーズ(船殻編)第三巻 III 加工作業 1973年4月
新版 鋼船工作法 第三巻 内業工作法 1975年9月

「電気めっきガイドブック」取扱いについて

全国鍍金工業組合連合会では、最近のめっき需要の激減の対応策として、活路開拓ならびに需要喚起のための事業を推進しておりますが、めっき離れ現象の要因の一つとして、めっき発注先の設計担当者や開発担当者、あるいはデザイナーの方々の、めっきに関する知識の不足があげられます。これらの方々に、めっきの知識を修得していただき、めっきの需要を喚起するための一環として、「電気めっきガイドブック」を本協会監修の下に発行することになりました。

本協会も積極的に本ガイドブックの頒布に協力いたすことになりましたので、購入御希望の方は、本協会宛お申込みください。

＜価格＞ 1部 1,200円(送料 250円)〔全鍍連組合員は1部 1,000円(送料 250円)〕

＜申込方法＞ 書籍名部数、発送先を明記のうえ、現金書留にて本協会宛お申込みください。

叩 * 4,000台突破 *
めっき厚の品質管理に!!

金めっきまで測れます。

**● 電解式めっき
厚さ測定器**

株式
会社

中央製作所

本社・工場
営業所

(カタログ送呈)
名古屋市瑞穂区内浜町2丁目75番地
〒467 ☎ <052> 821-6111(大代表)
東京 <03> 432-1571
大阪 <06> 762-1901
福岡 <092> 522-1785
新潟 <02563> 4-8394