塗装機器のプラント

UDC
667.661

Application of Coating Equipment

谷 文 也*

TANI Bunya

ま え が き

被塗装物に塗料を塗る手段はいろいろとある。器具によるもの、塗装機器によるもの、または塗装装置によるものなどである。

これらを具体的に大別すると、

1. ハケ塗り	} 器 具
2. ローラーブラッシュ塗り	
3. ツケ塗り	
4. ローラーコート	} 塗装装置
5. フロウコート	
6. エアスプレーコート	} 塗装機器
7. エアレスコート	
8. 静電塗装	
9. 電着塗装	塗装装置
10. 粉体塗装	塗装装置並びに塗装機器

塗装機器のプラントということになると、エアスプレーコート、エアレスコート、また静電塗装に付随した装置並びに設備となる。本稿は、そこに限定して述べるが近時の塗装は塗料が合成樹脂系の焼付タイプで塗装量もきわめて量産化されているので塗装機器（ガン）運行は人の手を借りない。塗料の on off も被塗装物を検知しての自動化、被塗装物の移動はコンベヤーの利用が欠くことのできないようになってきている。いわゆるライン化塗装の設備となるものである。

1. ライン化塗装設備

要求された塗膜性能により塗料の種類が決まり、その仕様によつての塗装工程がある。この塗装工程に従って塗装ライン化が計られる。一般的には次の工程である。

この工程中、中塗り工程省略、また下塗り工程をも省

略する場合がある。図-1.1 はライン化塗装のレイアウト図である。

① 成形品取入位置	② 塗装ブース	③ 補正ブース
④ セッティングダクト	⑤ 乾燥炉	⑥ 冷却装置
⑦ パテ付き	⑧ パテ乾燥炉	⑨ 水とぎ
⑩ 水切乾燥炉	⑪ 除じん装置	⑫ 塗装ブース
⑬ 補正ブース	⑭ セッティングダクト	⑮ 乾燥炉
⑯ 仕上塗装室	⑰ 製品取外位置	
⑱ 不良品取外位置	⑲ コンベヤーライン	

①にて吊り下げられた被塗装物は②の機器により自動塗装され③にてタッチアップ④のダクト⑤の乾燥炉を経由して⑥の冷却（一般にはこのものは取付けない）⑦のパテ付⑧のパテ乾燥炉にて焼付⑨にてコンベヤーより、おろし水とぎ、またコンベヤーに吊り下げ、水切乾燥、⑪にて除じんし仕上げ塗装室に入る。⑫⑬⑭⑮上塗り仕上げ⑰にて検査、合格品はおろし、不良品は⑱にて取りはずし⑨を経て⑩～⑮の経路をたどらせて製品となす。⑦にては、簡単なものは、コンベヤーからおろす必要はないが、少し手数のかかるものであると、取りはずして、パテ付けをする場合もある。

図-1.1 塗装ライン Layout 略図

昭和 46.3.2 受理

* 日本工芸工業技術センター

横浜市鶴見区矢向 5-9-34

2. 塗装ブース

エアスプレー塗装機(ガン), エアレスガン, また静電塗装機にしても, 吹き付けた塗料がすべて, 被塗装物に塗着するわけではなく, 被塗装物の形状, コンベヤーの吊り下げ状況, ハンガーピッチ, 塗料種類, 吹き付け距離, 霧化空気圧, ガン運行速度, 吐出量の大小, 等々の塗装仕様の設定条件により相当量の塗料の霧化粒子が逃散する。また溶剤蒸発もあるので, これらのものを, まとめて処理しなければならない。ここに塗装ブースの必要性がある。

2.1 ドライブース

略図に示すと図-2.1 のようなものである。整流板の塗着が多くメンテナンス的には掃除に手数がかり, 塗装量の多い場合には使用しがたい状態になる。一般には使用されていない。電気霧化型静電塗装機であれば塗料霧の散逸はきわめて少ないので蒸発溶剤の排気だけでよい場合が多い。

2.2 水洗ブース

エアスプレーガンによる塗料霧飛散は, 平板類塗装において 40~45%, 立体形であると 50~55%, 線材形のものであると約 80%, エアレスガンにしてもエアスプ

図-2.1 ドライ・ブース

① ウオタースクリン	⑥ 排気ファン
② 水槽	⑦ 渦巻ポンプ
③ オーバフロー	⑧ 揚水パイプ
④ スプレーシャワー	⑨ 吸入パイプ
⑤ エルミネーター	⑩ 照明

図-2.2 水洗ブース

レーガンより 10~15% の向上がある程度で通常は図-2.2 に示すような水洗ブースとなる。飛散塗料霧を水に吸収して外部に出さぬようにするわけである。ブースの大きさは, 塗装する人の数, 機械装置の大きさ, 設置状態, 被塗装物の大きさなどによって決まる。

	塗装人 1人	2人	3人	自動機械 (レシプロ 装置)	固定式静電塗装機 (空気霧化型) 3~4本
間口	1.8	3.6	5.4	3.0	3.6~4.0
高さ	2.0	2.0	2.0	3.0	2.8
奥行	開放型	開放型	開放型	3.0	3.0(前面開放)

単位 m)

一般は上記の表となるが標準寸度のものではない。

ブース内の仕様容量は,

	スクリンの水量	ブース内風速
エアスプレーガン	90~100 l/min	0.6~0.8 m/sec
静電塗装機ガン	30~40 l/min	0.3~0.4 m/sec

風量は間口によって決まるが, 静圧 20 mm 以上の軸流ファンが使用されている。

2.3 空気圧入式ブース

ブースは排気をしているので, 外部から必ず給気することになる。仕上げ塗装においては, 外部からのゴミの侵入を防ぐ意味においてブース壁に, フィルターを取り付けてあるが, これを通しての自然給気だけでは足りぬ場合もあり, 強制的給気を行なっているところが多い。

図-2.3.1 簡単なる給気付静電塗装ブース (断面)

図-2-3-2 自動車ボデー塗装ブース

2.4 特殊ブース

1) ドライブースの型になるが、図-2.1 の整流板の位置に、500 mm 角の枠組フューラを一面に取り付け、これに塗料霧を吸着させ、目詰まりを生じたものから交換してゆく、フィルターは消耗品として取り扱う。この際の塗料溜の必要はない。塗装量の多い場合には、交換率も多くランニングコストに影響する。ブース製作費は安価であるので近時使用されてきている。

2) ノーポンプ水洗ブース

ポンプの使用しない水洗ース、水の巻揚げは排気用ファンの風圧によって行なうものであるが、水洗用液体には単なる水道水ではなく、アルカリ性しておく必要がある。風圧は相当強くする関係上排気用ファンの馬力は通常的水洗ブースより大きい。

3. 塗装装置

塗装ブース内に設置するものであるが塗装装置にはどんな塗装機器を使用するか、塗料種類、被塗装物の形状および寸法、塗装生産量、それと塗装機器における塗装効果、作業性、塗装技術の難易性、安全性を検討し、もっとも適した機器を選択すべきである。塗装装置の大きさは単位時間の塗装量によって決まるものである。すなわち、塗装機器の性能による。人の操作するエアスプレーガンから考へてみよう。もちろん平板、複雑な立体形、また、小物によって異なるし、また、下塗り、中塗り、上塗りなど一律にゆかぬが最大公約数的に考えると

	吐出量 (cc/min)	塗装面積 (m ²)	塗幅 1,000 m における コンベヤースピード (平行流し塗り) (m/min)	回転塗り (m/min)
エアスプレー ガン	大型	500	3.0~3.5	3.0
	中型	300	2.0~2.2	2.0
	小型	200	1.2~1.45	1.0
静電エアスプレーガン	300	3.0~3.5	3.0	1.00

一般に塗料においては、(左らん下の表)

これが、ガンー基における塗装能率で、設計仕様によって、一人用、二人用、三人用と、それに基づいた塗装ブースを考へてゆくべきである。

固定式静電塗装機においては一基の塗料吐出量は約 70 cc/min であるので、毎分の塗装面積は 0.7 m² である。またパターンは最小 300 φmm, 最大 500 φmm となるが、コンベヤの最高速度はパターンの最小をとるので 0.7 m²/0.3 m ≒ 2.3 m/min となる。ただし回転塗りでは 1/π となるので 0.77 m/min となる。塗装機数は被塗装物の高さによって決まるもので 1.0~1.2 m あるので塗装ブース項に記した通りである。

自動式静電塗装機、電気霧化型塗装機であると、吐出量は霧化円板の大きさによって決まる。すなわち 400 φmm であると円周は 1,250 mm, 霧化能力円周 1 cm につき 2 cc/min 程度であるので ≒ 251 cc/min, その塗装面積は ≒ 2.65 m²/min, また 600 φmm であると吐出量は 376 cc/min, 塗装面積は ≒ 3.96 m²/min となる。空気霧化型塗装機であると次のような実験式より求められ被塗装物の高さ 2 m であれば、ガン 1 基当たりコンベヤースピードは 1.5 m/min となる。

実験式

$$G_S = \frac{\text{Con. sp.} \times \text{レシプロ範囲} \times N}{P}$$

G_S : ガンの運行速度, N : 4 以上であれば均一

P : 使用したパターン

上記の数字は G_S : 48 m/min, N : 4.6, P : 0.3 m である。レシプロ走行板に 2 基または 3 基取り付けることにおいて、2 または 3 倍の速度を上げることが可能のものである。何れも塗装条件が一定のものでなく、目安のものであるので、仕様によっては、もっと正確に配慮しなければならぬことになる。スプレーガン、エアレスガン、人が操作する場合でも空気供給装置、塗料供給装置を伴って塗装装置をなしている。図-3.1 はエアレス装置である。塗料は簡単な場合は、吊り下げタンクでもよいが、多量塗装となると、塗料配合室よりの循環供給を取り入れなければならない。図-3.2 に示す。色替装

置を設置すれば 1~2 分に異種の塗料の塗装作業を行なうことができる。静電塗装機使用の場合、ほぼ自動化塗装に近くなってくるので、この塗料供給は厳密なる制御すなわち吐出量が常に一定であるようなものが必要欠くべからざるものとなる。塗料粘度が、環境温度によって変化

図-3.1 エアレス装置

A. エア配管	I. フリッドプレッシャーレギュレーター (各スプレーガンに1個)
B. エアトランスホームー	J. ペイント戻りライン
C. エアプレッシャーとレギュレーター圧力計	K. バックプレッシャーレギュレーター (戻りラインの最後部)
D. エアバルブ	L. ポンプ
E. ペイント供給ライン	M. パルセーションダンパー
F. ストップバルブ	
G. ペイントフィルター	
H. サージタンク	
- (日本グレイカカタログより)

図-3.2 塗装循環装置

写真-3.1 塗装ブースと固定式静電塗装装置

するので、供給管理は充分留意するようにしなければならない。

4. 乾燥装置

合成樹脂塗料が多く使用され、その大部分は熱重成型

写真-3.2 自動式静電塗装装置

のものである。溶剤型（自然乾燥）のものであっても、工程短縮からライン化塗装では加熱して溶剤蒸発促進をはかることから、加熱温度の差こそあれ乾燥装置は必ず設置されている。

乾燥装置の種類は、

- 1) 赤外線電球炉
- 2) 暗赤外線炉
- 3) ガス赤外線
- 4) 熱風対流炉

とあり、赤外線、つまり熱輻射線であるので 1), 2), 3) は比較的開放型であり、熱風対流炉は密閉型に類するものである。[次ページの Top 表参照]

木材、プラスチック材などは低温均一乾燥から熱風対流炉が適している。

塗膜乾燥からは、所要温度に至る立上がり時間に注意を要する。立上がりが早いと塗膜の厚い部位はピンホール、ふくれなどを起こしやすい。同じ炉に、同じ容積で重いものと、軽いものとでは立上がりに大差を生じるので、極端なものを同一ラインに使用するわけにはゆかない。赤外線利用のものは、赤外線発生熱源から距離的に遠くなるところ、また光線の蔭になるところは温度が上がりにくいなどの加熱速度の不均一もあってまたランニングコストが高くつくところから、現在は熱風対流炉が、被乾燥体の大形のものはもちろんのこと、小型部品類でも一般に使用されてきている。シュワックバーナーを用いたガス赤外線炉も、比較的熱効果のよい関係から、小型部品類には相当使われている。

図-4.1

		熱 源	取扱い管理 の容易さ	維 持 費 (ランニング コ ス ト)	設備費	被塗装物適用形状	通常使わ れている温度
赤外線電球炉		電 気	10	10	10	受熱面積の大きいもの 形 状 単 純	80～160
暗 赤 外 線 炉		電 気	10	7～8	15	〃	〃
ガス赤外線炉 (シュワックパナー)		プロパンガス 都市ガス	13	5～6	15	〃	100～200
熱風対流炉	直接加熱式	灯 油 ガ ス	15	3	25	大型のもの 形状複雑なもの	50～250
	間接加熱式	灯 重 油 重 油	16	4	30	〃	〃

写真-4.1 赤外線電球炉

図-4.1 は温度上昇曲線図であるが、霧化塗料粒子の塗膜形成においては、膜厚 10 μ 程度であれば①曲線、30 μ 程度であると②曲線、wet on wet の 50 μ 程度では③曲線が適當のようである。もっともこれは、塗装直後から乾燥炉までに至るセッティング時間の関係もある。本表はセッティング 6~7 分、溶剤は幾分高沸点を含有している場合のものである。④曲線はペニヤ化粧板におけるものである。

各使用塗料に応じて、その焼付温度は異なっているかこのような立上がり曲線は被乾燥体とともに考える必要がある。

5. セッティングダクト

空気霧化粒子が累積して塗膜形成をつくり塗面が平滑な状態になるには溶剤の蒸発と粒子の表面張力との関係で時間を要する。これがセッティングダクトにおいて行なわれることで、時間的に短いと溶剤蒸発が遅れ、乾燥炉においてピンホールを生じやすい、場合によるとふくれを生ずることにもなる。溶剤の蒸発を充分にとるため少なくとも膜厚にもよるが 7 分以上は必要であろう。静電塗装においては凸部には厚く塗着する関係上 10 分以上のセッティングをとるようおすすめしたい。また、ゴミの付着を、おそれダクトにて囲んでいるわけである。

写真-4.2 ガス赤外線炉

写真-4.3 熱風対流炉

6. 除じん装置

除じん室を設け被塗物についている、ゴミ、ちりなどを取り払うものであるが通常は圧縮空気を吹き付けて行なっている。室内はプラス圧となるので排気の必要がある。一定の被塗物であるとスプレーガン（清浄用）が数多くならんで圧縮空気を吹き付ける自動除じん装置まで考へ、省力化につとめている。空とぎの場合、このゴミ類を完全に排除するため鹿のなめし皮まで用意して

ふきとるようにしている。

7. 冷却装置

熱容量の大きい被塗装物は焼付炉から出て空气中に放置されているが、常温状態に下がるまでに、相当の時間がかかる水冷しかつエアブローすれば冷却は早い、合成樹脂塗料においては、これにより物理的また化学的に性能が落ちることはないの、工程中の作業短縮を計るためよく使用される。図-5.1 は冷却速度曲線である。あくまで参考のものである。

8. コンベヤー

各装置を個別的に説明したが、これらを取り結ぶ役目のものがコンベヤーである。コンベヤーにはいろいろあるが、特に塗装関係に使用されるものはおもにトロリー式のものである。吊り下げる荷重によってチェーンの種類を異にしている、駆動方式もスプロケット使用のベベル方式、直線駆動のキャタビラー方式の二通りがあるが、一般使用はベベル方式が採用されている。モーター、減速機、無段変速機を使用して減速しているが、荷重、チェーン重量、ハンガーなどを考へ、余ゆうある設計が望ましい。チェーン強度のみに、こたわり駆動装置部の取り付け剛性を、おろそかにすると、よくノッキングを

図-5.1 冷却速度曲線

起こす。ノッキングは、特に粉体静電塗装の場合、折角塗着した粉体嵩高から脱落する恐れもあるので大いに気をつけなければならない。

9. 空気調整室

外気を清浄して塗装室全般に、押し込み、製品の安定をはかっている。空気量の差こそあれ、大体において空気圧入ブースと同様である。図-2.3.2 を参照されたい。

10. Lay out の実例

Lay out の仕方は、そのときと場合によりかわるものであるが、コンベヤー速度(毎分)の決定が基本となる。

$$\text{コンベヤー速度} = \frac{\text{ハンガーピッチ} \times \text{ハンガー数}}{\text{年間塗装個数}}$$

$$1 \text{ ハンガー当たり被塗装個数} \times \text{年間稼動時間(分)}$$

数種ある年間塗装個数は $a+b+c+\dots$ と区別し各種について、コンベヤー速度の合計が総塗装個数の速度となる。実例のものは、コンベヤー速度が決まったの Lay out であるが、各装置間の配置に注意せられたい。

図-10.1 コイルパネ塗装設備 Lay out (Wet on Wet の場合)

図-10.2 木製ベーパーベット塗装設備 Lay out 概要 (木製品の場合)

乾燥炉は上塗り，下塗り共用
前処理は L 600×B 600×H 400 mm 程度の
バスケット使用
脱脂，湯洗，化成皮膜，水洗，湯洗の 5 槽と
し上げ，降ろしはホイスト利用 Con. sp.
1,000m/min, 乾燥時間 20 分とする。

図-10.3 タイプライターカバー塗装設備 Lay out
(同一炉体を使用の場合)

図-10.4 粉体塗装 Lay out 概略図

公害問題との関連性

最近とみに塗装関係の公害が大きく取り上げられてきている。塗装ブースおよび乾燥炉の排煙にかかる問題である。ドライブースは監督管庁の許可が得られない。水洗ブースにおけるものについては，先づ排気であるが，塗料霧は水に吸収されるけれど，吸収されぬ溶剤蒸気はどうするかである。静電塗装機については以下のようなデータがある。

測定点：静電塗装機霧化頭近傍 (300 mm² 半径位置)

塗料：メラミン樹脂塗料，粘度 20sec/20°C F. C #4,

吐出量 60 cc/min

測定器：北川式ガス検知器

検知管：トルエン，キシレン，ヘキサン，ベンゼン，
醋酸ブチル，メタノール，MEK，アセトン。

ブース内平均風速 0.4 m/sec

測定結果

単位：ppm

項目	トルエン	キシレン	ベンゼン	ヘキサン	醋酸ブチル	メタノール	MEK	アセトン
ガス検知管濃度	8~10	35	3	30	70	50	80	70
許容値	200	200	25	500	200	200	200	1,000

この結果からは，先ず安全である。

乾燥炉の排煙については，樹脂塗料によるが，赤外線炉においては自然対流によって放出されるし，熱風対流炉においては毎時当たり炉内容積の 5~10 回の排気放出をしているが，これは外部に出るもので作業室内に出るものではない。煙として排出しているもので排煙集じん装置を取り付けるか，または排気煙突を高くして濃度分散を計るにしなければならない。排煙基準 75mg/m³ を守るためには現況のままではいけないものと思う。それにしても各乾燥炉の排煙量の調査が必要であろう。

あ と が き

塗料の発達塗装手段を変更させた。ハケ塗りであったものがエアスプレーになりエアレス，静電塗装になったのも合成樹脂塗料が生れてきたからである。本稿には述べなかったが，水溶性塗料ができて電着塗装が，粉体塗料が生れて無溶剤塗装が，また，焼付としては，光硬化の塗料が現われて光線構造の炉体がつくられ，電子キューアリングも電子線に対してきわめてデリケートに秒単位にて硬化する塗料ができてのことからである。色材工業の発達は塗料工業の発展に寄与し，必ずや塗装合理化のうえから塗装方法の改革を及ぼすものと思う。現在の塗装機器が，これから先どのような変革をして行くか，塗料の開発に期するところが多い。

新刊紹介

三原一幸編 解説塗料学 (理工出版社)

B5判 434頁 3,800円

雑誌「塗装技術」に連載された「解説塗料ガク」を加筆訂正して、さらに2, 3の項目を追加してまとめたものである。

塗料の諸原料・各種塗料・塗料物性の一部など広範囲にわたり、わかり易く解説している。このような立派な解説書が出版されるようになったことは、わが国の塗料工業の発展を示しているといえよう。図表を沢山利用した説明はわかりやすく便利であり、各種塗料や規格塗料の典型的配合例は新しい試みであろう。また電導性塗料・光重合塗料・粉体塗料など新しい塗料についても、その原理・原料・性質をよく説明している。

塗料・塗装・関連工業の技術者、特に若い人々の一読をすすめます。

各章間の内容に難易差があるのは執筆者が多いためやむを得ないが、内容の体系化——たとえば金属・木材用塗料があって石材・プラスチック用塗料がない、接着理論があって重要なレオロジーの章がないなど——の配慮がほしい気がする。

〔内容〕

第1章 油脂 (三原一幸)

第2章 樹脂——物質とは・樹脂の概念・官能基と樹脂の構造・合成樹脂の化学構造と性状・塗料

用樹脂とは・樹脂各論 (三原一幸)

第3章 顔料・染料——顔料の色・顔料の分類・一般的性質・顔料の製造法と性質・顔料の加工 (竹下正明)

第4章 溶剤類 (三原一幸)

第5章 接着の理論——界面化学的平衡論・接着の分子論・接着の速度論 (金丸説)

第6章 金属用塗料——脱脂・防錆・皮膜化成処理・下地用塗料・表面用塗料 (川島正一郎)

第7章 木材用塗料——木材と塗装との関係・木材の下地処理・木材用塗料の具備すべき性能・表面用塗料・下地塗料・木材用透明塗料の性能試験・同試験法・プリント合板・塗装使用例 (松崎重夫・田名網正夫)

第8章 エマルジョン塗料 (神津治雄)

第9章 特殊塗料——特殊塗料の定義・光エネルギー・感光性樹脂・電導性塗料・発光塗料・耐光性塗料 (三原一幸)

第10章 電着用塗料・電子線硬化塗料・粉体塗料 (三原一幸・長倉稔)

第11章 固・液間界面の現象とその科学 (大藪権昭)

第12章 塗料用添加剤 (長倉稔)

第13章 塗膜の光学的性質 (吉田豊彦)

第14章 塗料取扱い上の諸問題

第15章 塗料配合例 (田沢孝俊)

(K. U.)

業界ニュース

船舶用塗料 JIS 原案作成委員会 (12回)

46.1.21 日塗工(西)

1. 造工側塗装対策専門部会のメンバーと検討事項の説明

2. 前回議事録の確認と防汚性試験方法について、試験板、塗付量、海中浸せき時期と期間、亜硫酸銅の純度の検討、試験結果の判定方法などを検討した。

塗料試験方法研究会第4分科会 46.1.21 日塗検(東)

1. ISO プラスチック会議出席の須賀氏の講演

2. つやむら、色むら、しま、しわ、はけ目について検討

3. ばくろ台と試験片取付用碍子の紹介説明

船舶塗装打合わせ会 46.1.22 日塗工(西)

1. 日塗工および造船工業会のそれぞれの機構と委員会の構成について説明があった。

2. 造船工業会からの要望事項は塗料組成の表示特に毒物は定量的表現と防汚剤の人体に与える影響の検討

3. 日塗工からの要望事項は塗装の際の安全対策・塗装方法によっては塗液の飛沫が飛散状況の検討であった。両業界の今後の方針について一致した事項は、塗装方法および安全作業基準の作成、現在使用されている塗料の検討と選択毒性の少ない防汚剤の検討であった。

塗料試験方法研究会西部会ビヒクル分科会 (第3回)

46.1.27 日塗検(西)

1. 試作アルキド樹脂の赤外分光分析(8種類)の結果について検討の結果意見の交換をした。

2. 今後の実験方針を協議し、併せてガスクロマトグラフ法、薄層クロマトグラフ法について検討した。

公害対策研究会 (東部) 46.2.9 日塗工(東)

1. 岩谷産業製作所のA形炉・ポリネス炉・ハインス炉の説明を聞きその特徴を検討した。

東部技術協議会 46.2.12 日塗工(東)

1. 46年度塗料生産見通し(通産省)について説明があった。

2. 家庭用塗料が劇毒物取締法の改正に伴い政令に従うこととなるので、対応策として家庭用品品質表示法の適用を受ける準備をする。

3. 46年度化学工業局重点施策(通産省)について化政課から説明があり、新建材の認証制度の創設・46年度の関税改正・財政投融资および税制改正を発表した。

4. オーストラリア製消泡剤の試験結果報告

5. 二酸化チタン(JIS K 5116)の改正審議であるが中間報告があった。同じくベンガラについても説明があった。

6. 昭和46年度重要技術研究開発費補助金(通産省)の紹介があり、特に公害関係の試験研究補助金は高率である。

7. アルミニウム建築用品表面処理技術研究組合から研究材料としての塗料の提供依頼があった。