これからの自動化

UDC
667.661.23-52

Trinking of New Auto Spray Coot

福 永 宣 昭*

HUKUNAGA Nobuaki

1. はじめに

自動化技術の発展により、塗装作業も自動化が大幅進められており、最近の塗装技術も静電、電着、粉体塗装と、いろいろな方式の自動塗装が実用化されている。

しかし、ライン化が難しい多品種少量や特殊塗装などでは、まだまだ手作業にたよっているのが実情である。

スプレー塗装もコンベヤライン化し、自動塗装装置を設置し、大量生産しているところもあるが、一般には手作業が多い。

また、自動化しているところでも、スプレー運行の機械化にとどまっている場合が多く、完全な自動化とはいえない。本稿では、スプレー塗装自動化の問題点を主体にして、自動化の方向および、塗装条件制御について、各種自動塗装装置の紹介をかねて記述する。

2. 自動化の進め方

塗装の自動化を進めるためには、新設、既設のラインを問わず、塗装目的、塗装方法、工程の組み方など、あらゆる観点から検討されなければならない。

ここでは塗装を自動化する上で目的とする ①量産化による生産性向上、②品質の向上、③作業人員削減に関して問題点をピックアップしてみる。

2.1 生産性向上

生産性向上は工程をライン化し、量産化を計り、原価低減されなければならないが、現実には塗装工程の全自動化は難しく、またそのためには設備投資額がぼう大となり、経済的ではない。

また、塗装作業のみ自動化が進んでもその前後作業との時間的なバランスがとれていなければ、自動塗装設備の稼働率は低下してしまう。

量産化は、コンベヤライン化を計り、大量に生産し、短時間で設備償却することになるが、塗装技術が急速に進歩している最近では、あまり設備投資をしすぎると、かえって新しい塗装方式を導入するのに困難となり、設備効果を充分発揮できない場合もある。

一般に、コンベヤライン化した場合、作業が塗装工程毎に途切れることなく、コンベヤに乗ったまま仕上るようにしなければ、せっかく設備を自動化しても、品物の運搬などのハンドリング作業に作業者を必要とし、特に塗装後は塗膜保護のためにも、ハンドリング作業を無くし作業はコンベヤ上で済むように設計しなければならない。

2.2 品質の向上

一般に、自動塗装装置での塗装は均一性を第一の目的としているが、品質は被塗物によって要求度合が違い、塗装方法もそれに見合ったものを選択することになるだろう。

作業者による塗装の場合、作業者が代ったり、また同じ作業者でも気分的なもので常に同一の品質を維持するのは難しいであろう。

その点においては、自動塗装装置を使った場合、スプレーガンの動きなどを常に一定に保つことは容易である。

しかし、塗装はスプレーガンの動きを一定にしたとしても、塗料の粘度や温度、吹付圧力、噴出量などの塗装条件の変化によって大きく変動し、流動的なものということができる。

したがって、品質の安定を保つためには、設備の管理を充分するとともに、塗料、塗装条件を常に管理することが必要となる。

また、これらの設備管理は専門の作業員がいれば問題ないが、あまり大きくない設備では塗装作業者がいない場合が多いと思われるが、誰れでもが各装置を簡単にチェック、調整できることがポイントになるだろう。

しかし、最近の塗装技術の進歩により、従来のような

昭和 46.3.1 受理

* 岩田塗装機工業

横浜市港北区新吉田町 3176

単なるエアスプレー塗装から、静電、電着、粉体塗装と進み、作業は無人化され、いわゆる職人を必要としなくなった反面、塗装管理技術者を必要としてきている。

2.3 作業人員減少

自動化といえば作業人員の減少というくらい現在では自動化の表面的メリットになっており、この目的のために自動化を計画するケースも多いであろう。

塗装作業はもとと人的要素が多く、工程も複雑で自動化を困難にさせている一つの原因となっている。

最近になってようやく自動化が推進され、塗装作業も無人化され、被塗物の搬送、色代え、研ぎなどの作業も自動化が進み、総合的な自動化ラインが実用化されつつあるが、まだまだ作業者にたよっているケースが多く、今後の課題といえるであろう。

特に、研ぎ作業や、製品のハンドリング、塗料の調整に多くの作業時間を要するため、a) 工程、b) 製品の形状、材料、c) 塗装条件、d) 塗装方法などが自動化に適切であるかどうか再検討する必要がある。

作業者を減少させるためには、各作業の無人化および設備などの管理の自動化の両面より進めなければならず大規模な作業量に対してはコンピューターコントロールが必要となるであろう。

3. 自動化用塗装装置

自動化用塗装機器は数多くあるが、現状ではまだ作業員の操作による塗装機械化の段階が多い。

ここでは、現在使用されている自動化用塗装機器、装置および、これから必要とする装置についてスプレー塗装を主体として記述する。

3.1 エアスプレー塗装

エアスプレー機器を使った自動塗装装置の歴史は古くまた、扱いが容器で、メタリック、ハンマートンなどの特殊塗装も得意なため、広範囲に使用されている。

エアスプレー自動塗装装置の主な形式

a) 平面型

平面移動する被塗物の上面よりオートスプレーするので、主に木材合板、プレートの塗装に使い、塗装スピードは1~4m/min程度である。

処理能力を要求する場合には適さず、そのような場合はカーテンフローコーターを使用すると良い。

自動スプレーガンにはエア、エアレスの2種類がありいずれの場合もエア操作による塗料の断続を行なうため、安定した作動が得られ、危険性も無い。

塗料供給は一般に圧送式であるが、少容量の場合は重力式を使用する。

b) ターンテーブル型

被塗物をテーブルの外周に並べ、スプレーガンの手前で自転させ塗装する方式で、チューブ内面、ゴルフボールなどを塗装する。

内面塗装には片角スプレーガンを使用する。

c) コンベヤー型

ホルダーに固定された被塗物を塗装、乾燥を連続的にこなうもので、豆電球、フィルム缶、トランジスタなどの小物を大量に塗装する場合に向いている。

コンベヤー型では赤外、熱風炉などの乾燥装置が付いている。

d) レシプロ型

コンベヤーに吊した板状の被塗物の塗装に向き、最近の塗装ロボットの実用化はこのタイプが多い。

以上が基本的なエアスプレー自動塗装機であるが、まだそのほとんどがスプレーガンの運行機械化装置で、塗料粘度、吹付圧力、流量などの塗装条件の管理は作業者の「カン」にたよっている場合が多いため、今後これらの自動化を進める場合、塗装管理がポイントとなるであろう。

3.2 静電塗装装置

静電霧化、空気霧化いずれの場合も自動化用機器として良く使用され、静電霧化は特に塗着効率が高く、効果的である。

自動塗装ではレシプロ移動型、固定型に分けられ、塗装目的に応じて選択する。

静電塗装は、今までメタリックなどの特殊な塗装は難しかったが、機器の発達により外国でも良く使用されているようである。また、中塗りや形状の複雑な被塗物の塗装に適しているため自動化用機器として幅広く導入されている。

静電塗装は、その性質上、安全性には特に注意しなければならないが、周辺装置の扱いも注意しなければ事故の恐れも出てくる。

図-1は静電塗装の構成図で原理は、スプレーガン先端部分でマイナスに帯電された塗料分子がプラスの被塗物の表面に付着し、エアスプレーにおける40~50%の

図-1

低塗着効率を静電塗装では 80~90% にアップさせることができ、塗料の節約、塗装時間の短縮などのメリットがある。

静電塗装を効果的に利用するためには、塗料の抵抗値、荷電圧、帯電方法、被塗物材質、形状、アースの処置などを管理する必要がある。

荷電圧はメーカーによって異なるが -60kV 程度で電撃ショックのないように設計されてあるため、取り扱いは大部楽になっているが、安全性については、メーカーの指示を受けた方がよい。

3.3 粉体塗装装置

近年、とくに注目されている粉体塗装は、粉体塗料、塗装機器の発達により液体塗装の分野へどんどん食込んできている。

粉体塗装は、1) 流動浸セキ法、2) 静電浸セキ法、3) 静電吹付法などの方式があり、一般的には静電吹付法をいう。

粉体静電塗装は、液体静電塗装と電気的には同じ原理で、粉体塗装ラインを自動化する場合もレシプロ型、固定型のいずれかを取る。

粉体塗装は他の塗装と比較して次のような特徴を持つ。

- 無溶剤なので衛生上、防災上の安全性にすぐれている。
- 1 回塗りで厚膜が得られる。
- 回収、再使用が可能で経済的である。
- 高度な塗装技術を要しない。
- 塗膜性能が良い。

また、粉体塗装そのものが自動化要素を持つが、ライン自動化する場合の条件は、

- 色代えが頻ばんでないこと。
- 連続塗装であること。
- 粉体塗料は同一性質のものが良い。
- ブロッキングなどを起こさない塗料を選ぶ。

などがあげられる。

粉体塗装自動化の大きな利点はオーバースプレー塗料

図-2

図-3

の自動回収および、粉体塗料供給装置への自動補給が可能にある。

図-2 は粉体静電吹付法および、回収ブースの構成図である。

3.4 付帯設備

1) カラーチェンジャー

塗装ライン自動化の難点の一つである色代えなどの塗料交換の問題を解決するために開発されたもので、各種の自動塗装ラインに利用し、塗色の違いや下塗りから上塗りまでの塗装工程を 1 台の塗装装置で行なうことができる。

塗料の切換えはエアピストンで行なっているため、塗装現場近くに設置しても危険性がない。

図-3 は自動カラーチェンジャーの構成図で、塗料切換え指令により自動的に洗浄、所定の塗料を選択するものであるが、指令の方法はライン、自動塗装装置の自動化程度にマッチした適当な方式を選択する。

具体的には被塗物の形状検出、特殊ハンガーによる指令、被塗物個数計数制御などがある。

図-3 は 6 色用カラーチェンジャーで、操作員が 1 番目の塗料を選択したところを示している。

No. 1~7 の塗料タンクのうち、No. 1~6 には各種塗料を、No. 7 には塗料ホースやスプレーガン内部を洗浄する溶剤を入れて所定の加圧をする。

No. 8 のバルブは、塗料ホースやスプレーガン内部の残留塗料をエアで排出するためのもので 3~4kg/cm² 程度のエアを接続する。

切換え用エアピストンの操作圧力は約 2kg/cm² である。

押ボタン 1 を押すと制御装置が働き、エア、溶剤により塗料ホース、スプレーガン内部が自動的に洗浄され、その後塗料 1 がスプレーガンまで流れ、塗装準備完了となる。

塗料切換えは、希望の塗料が接続されている押ボタン

たとえば No. 3 を押せば、塗料 1 は停止し、自動洗浄され塗料 3 がスプレーガンまで流出する。

切換えの時間はホースの径、長さ、材質、塗料の粘度流量により異なるが、一般的な条件では 10 数秒である。

2) フルシンクロ装置

平面塗装装置などの塗装無人化を目的としており、被塗物の形状を自動的に検出し、制御装置に記憶させ、塗装室内で被塗物の形状に沿った塗装を行なうことができる。

この吹付制御の原理は、塗装室外のスプレーガンと同期的に運行する光電管などの検出器を塗装室外のコンベヤー上に設置し、その直下に反射板を設け、反射板と検出器の間を通過する被塗物形状を検出し、これを磁気テープ上に記録し、一定時間経過後同一状態で制御信号として再生され、この信号によりスプレーガンの吹付制御が行なわれる。

実際の装置ではさらに、制御回路により被塗物の前後左右のオーバースプレーを見込んだ塗装がなされるようになっている。

図-4 は平面自動塗装装置に応用したフルシンクロ装置の構成図で、機能別に分類して、a) 平面自動塗装機、b) 被塗物形状検出装置、c) 磁気テープ記憶装置、d) 吹付制御置からなっている。

図-4

また、被塗物を搬送するコンベヤーは、皮革のように軟かい材質の場合はワイヤーコンベヤー、被塗物が平板状の硬いものではバーコンベヤーを使用する。

装置の特徴としては、

- 形状の異なった被塗物をランダムに流すことができる。
- 被塗物の前後左右のオーバースプレーがとれるため塗面が安定し、かつ塗料損失を最少限に押えることができる。
- 被塗物形状検出は無接触で行なうため、搬送位置ズレや表面損傷の心配がない。
- 塗装工程の自動化、集中管理が可能となる。

などがあげられる。

3) 工業用ロボット

単純な繰り返し作業に開発されて以来、工業用ロボットは種々な分野に応用され、自動化も第 2 段階として新しい方向に進みつつある。

現実には万能自動化装置とはいえず、まだまだ初歩的なハンドリング作業程度の実用化が多い。

塗装作業は作業環境の悪い場合が多く、ロボットによる塗装が要求されるが、多品種少量に加え、形状複雑な物が多く、なかなかロボットなど導入できないが、最近になってかなり高級なロボットも出現しており、実用化の時期も早くなると考えられる。

4. 塗装条件制御の自動化

塗装作業の自動化を進め、装置の機械的制御が可能となったとしても実際には、塗装条件が塗面へ大きな影響を与え、せっかく自動化してもその効果を満足に出し得ない場合もある。

塗装条件は塗装方式により大きく異なるが、エア、エアレス、静電などのスプレー塗装全般に関して列挙すると、塗料吐出量、吹付圧力、パターン開き、塗料粘度、塗料温度、塗料抵抗、荷電圧、風速、室内温度、湿度などがあげられる。

塗装を均一に行なう場合は上記の塗装条件を一定に保つことが前提条件となる。

次に圧力、温度、液位、流量などのいわゆるプロセス量制御について記述する。

4.1 プロセス量制御とは

プロセス量制御とは温度、圧力、液位、流量、pH などの物理的、化学的条件の制御のことで、塗装に関する条件制御は塗装方式によって異なるが、スプレーガンなどを機械的に制御するとともに、安定した自動塗装をさせるためには欠くことのできないものである。

図-5 は一般的なプロセス量制御システムで、検出器より送られる値と設定値とを比較し、その偏差で調節部を操作して常に設定値に保つ、いわゆるフィードバック制御である。

その他制御方式で分類すると

a) 定値制御

温度、圧力などを一定値（設定値）に維持する場合

図-5

図-6

合に用いられる。

b) 追従制御

定値制御と異なり、設定値が常に変化し、制御出力が常に設定値の変化に追従する方式でナライ装置に多く用いられる。

c) プログラム制御

設定値が時間経過で計画的に変化し、出力が定められた通りに変化するもので、乾燥炉温度制御などに用いられる。

となる。

4.2 圧力制御

圧力制御の対象は管内を流れる流体の圧力や、タンク内の圧力が多いが、ここでは塗料加圧タンクの圧力制御を例とする。

一般に圧力の検出はブルドン管やベローズで行ない、制御は電磁弁の組み合わせにより圧力を制御する ON-OFF 制御や、調節弁操作による連続制御などがある。

また、制御は空気式と電気（電子）式の2通りがあり装置の設置場所、使用目的などで使い分けるが、原理的には何ら差はない。

図-6 は空気式タンク圧制御装置の構成図である。

制御は定値制御で、調節器圧力設定→タンク内圧力検出→調節器→出力圧力→ダイヤフラム形調節弁→タンク圧力調整の順で行なわれる。

この制御方式のメリットは、従来塗料加圧タンクを減圧弁によって加圧調整する場合、元圧の変動によるタンク圧力変動を防止できなかった問題を解決すると同時に圧力設定を容易に、また遠隔にできることにある。

4.3 温度制御

温度変化の塗料、塗膜への影響は大きく、塗料の温度から室内の温度管理まで範囲は広く、ホットエアレス、ホットメルト塗布装置や乾燥炉などに温度制御は欠くことのできないものである。

制御は ON-OFF 制御方式が多い。

図-7 は塗料を送るパイプの外周より加温する装置の

図-7

図-8

温度制御構成である。

温度調節器のツマミを回し、希望の温度に設定すると温度検出器で検出される流体の温度と比較し、低いときはリレーを作動させヒーターが入り、高くなるとヒーターが切れ、設定値に近い温度に調整できる方式である。

4.4 液位制御

タンク内塗料が空にならないように制御することを目的とするが、液体のほかに粉体塗料のレベルを静電容量式などを使い、制御することもできる。

一般に、塗料は引火性のため、検出器の選択には注意を要する。

検出量は浮子式、隔膜式差圧変換器、隔膜式圧力検出などを用いる。

図-8 はタンク容量の大きい場合に使用できる差圧変換器による制御構成である。

タンクの上限、下限の2カ所の差圧を検出し、液位制御器へ入れると、塗料が下限付近になると制御器が働き警報、自動供給装置を作動させ、常に液位を2位置内に制御する方式である。

5. おわりに

スプレー塗装に関する自動化は、塗装装置の発達などで機械化が進み、ライン化による量産塗装を行なうようになってきたが、まだ塗装条件制御に関しては不十分である。また、塗装を自動化するためには、処理能力のみを検討することなく、要求される塗面の性能、自動化の目的などを明確に行なうべきである。

今後は従来の機械化から一歩進み、管理の自動化に移行してバランスのとれた自動塗装を行なうべきである。