電気塗装における塗料粒子の比電荷について

UDC
667.612.6 : 537.222
667.666.087

Specific charge of the paint particles on the electrospray coating process

萩 原 正 夫*

HAGIHARA Masao

要 旨

自然落下する塗料粒子を高圧交流電場に入れ、正弦曲線を描いて落下する場合の、落下速度、およびその振幅から比電荷を測定し、グリッド式電気塗装に、どのような塗料性質が適しているかについて検討した。

グリッド式として、(A) 直接ノズルに高電圧を加え、空気流で微粒化した場合、(B) 高電圧を加えた円筒電極の中にノズルを入れ空気流で微粒化した場合、および(C) 高電圧を加えたグリッド放電極を、空気流で微粒化した粒子が通過した場合について、塗料の電気的性質と比電荷の関係を調べた。

比電荷を比較すると、直接高電圧を加え、空気流によって微粒化した場合が、最も比電荷が大きく、比抵抗によって、比電荷は変化し、10~50 MΩ-cm 付近に最高値があり、電圧の増加によっても、比電荷の上昇が認められる。

他のグリッド式では、比電荷は塗料の電気的性質、および電圧によって、ほとんど変化が認められない。

1. 緒 論

グリッド式電気塗装法は、主として電気収塵と同様の原理で説明されている。すなわち放電端子に負高電圧を加え、コロナ放電により発生するイオンふんい気中に、微粒化した塗料粒子を導き入ると、塗料粒子はイオン群の衝突を受けて、これを多数収着して、帯電粒子となり、主としてクーロン力により、接地された被塗体に付着する方法である。

グリッド式における塗料粒子の帯電量については、吉田、田村氏^{1,2)}によって研究されているが、塗料の電気的性質と比電荷の関係などについては、あまり検討されていないようである。

一般にグリッド式塗装法は、塗料粒子の比電荷が少ないために、その効率が低いものとされているので、電荷

を高める方法、および塗料の電気的性質と比電荷の関係について検討した。

2. 実験方法

0.5 kg/cm² の空気圧を加えて、塗料を微粒化すると共に、この噴霧粒子を帯電させるために、高周波方式の直流高圧発生装置を電源として、次の3種の帯電方法について、塗料粒子の帯電量を比較検討した。

(A) ノズルに負高電圧を直接加え、空気流を併用して微粒化させた場合。

(B) 図1のように、ノズルを円筒電極の中に入れ、負高電圧を加えて、空気流で微粒化させた場合。

(C) 図2のように、ノズル先端から15 cm の位置に、直径12 cm の円形放電極を設けて、負高電圧を加え、空気流で微粒化させた噴霧粒子が、その中央を通過

図1 帯電方法 B

図2 帯電方法 C

昭 36. 1. 16 受理

* 大阪大学教養部

図3 観測装置

するように配置した場合。

帯電量の測定には、川崎氏³⁾が行なった方法を利用し、図3のような観測装置を使用した。平行に設けた電極に交流の高電圧を加え、上方の穴より帯電した塗料粒子を、自然落下させると、印加せる交流電場によって、正弦曲線を描きながら落下するので、これを写真により記録すると図4のようになる。

この図形から、その振幅、および波長を測定して、次式により、その帯電量、および粒子の直径を算出した。

図4 正弦曲線を描く塗料粒子

$$A = \frac{n \cdot e}{m} \cdot \frac{1}{2\pi^2 f^2} \cdot \frac{\sqrt{2} V_{\text{eff}}}{300 d} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (g/2\pi\lambda f^2)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$v = f\lambda = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(\sigma - \rho)g}{\eta} \quad \dots\dots\dots (2)$$

A: 液滴の描く正弦曲線の振幅 (cm)

$n \cdot e$: 電荷量 (esu)

m: 液滴の質量 (g)

f: 電源の周波数

V_{eff} : 電圧 (実効値)

d: 平行電極間の距離 (cm)

g: 重力の加速度 (cm/sec)

λ : 液滴の描く正弦曲線の波長 (cm)

r: 液滴の半径 (cm)

σ : 液体の密度 (g/cm³)

ρ : 空気の密度 (g/cm³)

η : 空気の粘性係数 (g/cm·sec)

v: 液滴の落下速度 (cm/sec)

本実験では、30 個以上の粒子の描く正弦曲線について、電荷量 (Q) と、粒子質量 (m) を算出して、それら比電荷 (Q/m) の算術平均値を求めた。

3. 実験結果

1) 液滴の粒径とその荷電量の関係

各液滴の半径の自乗値とその荷電量との関係を求めると、図5のようになる。この場合粒径が同一であっても、その帯電量には、相当の差異がみられるが、液滴が大きくなるにしたがい、荷電量の上昇して行く傾向は、一応認められる。

図5 粒径と電荷量の関係

(A) の直接高電圧を加え、空気流および微粒化した場合の帯電量は、大きくあらわれるが、(B) および (C) の方式では帯電量はあまり変わらない。

2) 電圧と比電荷の関係

印加する電圧を変化させた場合の比電荷は図6のようになる。すなわち (B) のノズルを円筒電極に入れた場合および (C) の放電極の放電ふんい気を通過した場合は、その比電荷も低く、電圧の影響もあまり認められな

図 6 電圧と比電荷の関係

いが、(A) のノズルに直接高電圧を加えた場合は、電圧の上昇と共に、比電荷の増加して行く傾向が認められる。

3) 誘電率と比電荷の関係

一般に塗料は、誘電率が高まれば、比抵抗が低下する傾向があるので、誘電率のみの影響を検討するために、各種のビヒクル、および溶剤を使用して、誘電率の異なる試料を作る際、ヤシ油脂脂肪酸ジェタノールアמיד、および非イオン活性剤を加えて、比抵抗をほぼ一定として、その比電荷を求めると、図 7 のようになる。

図 7 誘電率と比電荷の関係

(A) の高電圧を直接加えた方法、(B) および (C) のグリッド式の方法でも、誘電率の増加による比電荷の変化は、あまり認められない。

また図 6 からわかるように、(A) のノズルに高電圧を加えた場合は、他の方法に比べて、高い電荷をもつようになるが、誘電率の影響はあまり認めることはできなかった。

4) 比抵抗と比電荷の関係

比抵抗の高いフタル酸樹脂塗料に、非イオン活性剤な

図 8 比抵抗と比電荷の関係

どを使用して、比抵抗のみを変化させて、ほぼ誘電率を一定とした試料について、その比電荷を求めると、図 8 の関係が得られた。

(A) のノズルに高電圧を加え、空気流で微粒化させる方式では、比抵抗の低下と共に、比電荷が上昇し、さらに比抵抗が低下すると、再び比電荷が減少して行く。この傾向は、高電圧のみで微粒化した場合の比電荷³⁾にも認められたが、空気圧を併用した場合の比電荷は、前者に比べて、少なくなりほぼ 1/2 程度である。

他の (B)、および (C) の方式では、比抵抗による比電荷の影響はあまり認められないようである。

4. 考 察

電気収塵の理論によると、微粒子の取得する電荷としては、

$$ne = \left(1 + 2 \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1}\right) r^2 \cdot G \quad \dots\dots\dots (3)$$

ϵ : 誘電率 r : 粒子の半径

G : 電界強度 ne : 電荷量

の関係式が示されている。

ここで (3) 式で示された関係を以上の実験結果から検討すると、粒子の半径の自乗値と電荷量には、図 6 から比例関係は認められるが、誘電率、および電圧の変化によって、比電荷に変化が認められなかったところから、電荷量がそれらに比例することは認めがたい。

(A) のノズルに直接高電圧を加えて、空気中で微粒化させた場合には、比電荷が大きいが、他の (B)、および (C) の方式では、共に比電荷が少ないことを考察すると、(A) の場合は放電のイオンふんい気で、イオンを吸着して、電荷を得たのみでなく、ノズルに印加された高電圧により、分裂の際に、電荷を持つために、帯電量が高いのであろう。(B) の円筒電極に入れたノズルでは、ノズル先端の電界が弱いために、(C) のグリッド式と同様の結果となったものと思われる。

図 9 電極間距離と放電電流

図 9 は電極間距離と放電電流の関係を求めたもので、本実験の (B)、および (C) の方式では、電極間距離は約 50 cm であって、放電電流が 30~40 μA 程度でイオン密度は比較的少ないものと思われる。

電場内における微粒子の帯電は、電場内のイオン移動速度を $U[\text{cm/s}]/[V/\text{cm}]$ 、イオン密度を $N_0[\text{個/cc}]$ とすると、時間経過 $t_1[\text{sec}]$ に伴って取得する微粒子の電荷量⁵⁾ $[ne]$ は次式で示されている。

$$ne = \left(\frac{t_1}{t_1 + \frac{1}{\pi U N_0 e}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

イオン密度が大であること、および時間経過が大なることが、電荷を高めるために必要であるので、本実験のようなイオン密度の放電ふんい気を通したのみでは、塗料粒子の電荷量が少ないことは当然といわなければならない。

一般に液滴が分裂した場合、その液滴に正負の電荷が存在⁶⁾ することが知られているが、今高電圧を使用せず、空気流のみで微粒化した場合の電荷を調べると、図 10

図 10 合製 H_2 塗料粒子の電荷量

のようになる。これらの極性を区別していないが帯電していることがわかる。このような電荷を本実験では、すべて同種の電荷として求めているので、(3) 式の関係が見出し得なかったものと思われる。

今後はさらに、空気流のみで微粒化させた場合の帯電について、塗料の電気的性質を中心に、荷電の極性を区別して測定し、塗料粒子の帯電の詳細について検討し、電気塗装に適当な塗料性質について結論を求めたいと思っている。

終りに、本研究に御指導いただいた、本学工学部永田助教授に御礼を申し上げると共に、実験装置で御援助を得た、国鉄吹田工場、および試料を提供していただいた日本ペイント、および関西ペイント株式会社に感謝いたします。

文 献

- 1) 吉田, 機械試験所報告 4 224 (1950)
- 2) 吉田, 機械試験所報告 6 36 (1952)
- 3) 川崎, 電気試験所研究報告 506 号 (1950)
- 4) 萩原, 応用物理連合講演会講演, 第 21 回 (1960)
- 5) 橋本, 新しい塗装と乾燥, p.5 オーム社
- 6) 川崎, 電気試験所研究報告 506 号 (1950)
(昭和 35 年 11 月 9 日, 関西秋季研究発表会において講演)