きく低下しているのに、グンジョウではほとんど同じであり、リソールレッドではどのビヒクルを使用したときよりもガラス板をあてて測定した場合の方が3属性ともすぐれた良い結果を得た。このことから、現状ではガラス板を使った顔料粉末の測色法は、 ΔE は小さいが、分光反射率曲線の形で誤解をまねく恐れがあり、 Y_c の値が小さくなる場合もあって好ましくない。

いずれにせよ、これらの問題点は顔料の屈折率・吸油量・隠ぺい力等の諸特性と、ビヒクルおよびガラス板の諸特性との関連のもとに、もっと詳しく考察されるべきであり、以上の実験の結果だけでは十分ではない。しかし、上質の小麦粉を使用した場合が顔料粉末のままの測色値に近く無難のようである。これは揮発分の大部分が水分であり、測定時の試料面は顔料と少量の小麦粉が混在した状態にあると考えられるから、顔料の粉末のままの測色値に比べて、分光反射率の不規則性がわりあいに少なく、測定値が近似しているものと思われる。また、前に述べたように、小麦粉をビヒクルとした場合には適当

に水で希釈できるから、顔料の吸油量に差があっても、ある範囲までは調節できて便利でもあるし、測定試料の再現性もよい。これらの点からも、顔料の測色のためのビヒクルとして上質の小麦粉がよいと結論することができる。

文 献

- 1) 吉城肇蔚訳：測色学
S. M. Newhall, D. Nickerson, D. B. Judd :
J. O. S. A. 33 (1943) 385
- 2) 福田, 山田：大阪工試季報 5 (1954) 22
- 3) J. J. Glenn, J. T. Killian : *J. O. S. A.* 30 (1940) 609
- 4) K. L. Kelley, K. S. Gibson, D. Nickerson :
J. O. S. A. 33 (1943) 355
- 5) I. H. Godlove : *J. O. S. A.* 41 (1951) 760 ;
Am. Dyestuff Repr. 40 (1951) 549
- 6) 桑原, 安藤：顔料および絵具 (1953) 24
- 7) 桑原：顔料 (1948) 18

〔静電塗装用塗料の微粒化について〕

335 ページから続く)

参 考 文 献

- 1) 棚沢, 日本機械論文集 7 26, II-5 (昭-16-2)
- 2) 田村, 機械試験所々報 7 (1953) 41
- 3) 納, 電化 24 (1956) 229
- 4) 萩原, 工化 61 (1958) 186
- 5) 萩原, 工化 62 (1959) 1828
- 6) 納, 萩原, 電化 26 (1958) 419
- 7) 納, 萩原, 電化 27 (1959) 496
- 8) 萩原, 工化 62 (1959) 1830
- 9) 納, 萩原, 電化 投稿中
- 10) 川崎, 電気試験所彙報 16 (1952) 174
- 11) 萩原, 第10 回応用物理学関係連合会原稿集 (1960)

訂 正 (色材 Vol. 33, No. 6)

253 ページ右欄 図 7, 図 8 の図を入れ替える

256 ページ左欄 図 20, 図 21 " "

295 ページ右欄 会費年間 100 円を年間 1000 円

以上, 訂正します。

色材 Vol. 33, No. 4 正誤表

ページ	欄	行	誤	正
171	左	-3	exterior	Exterior
173		図 1, 図 2		} 長さの単位 mm
174		図 3		
176	右	-7	Sojhdhl	Sjohdahl
180	標題の U D C		614.841 : 66701	614.841 : 677.1
183	"		661.882.1	661.882.2
184	3.4 の表		アテナス形	アナテナス形
187	標題の U D C		667.613	667.613
202	-5		Cepartment	Department
204	右	文献 211	532.133.081	532.135.081
204	右	文献 214	350~815 m/ μ	350~815 nm
205	左	文献 215	500~600 m/ μ	500~600 nm
205	左	文献 219	535.646.702	535.646.7.02
206	右	文献 246	復 写	複 写
212	左	13	磯 野 昌 雄	磯 野 昌 雄

静電塗装用塗料の微粒化について UDC 667.612.6.069.83 667.634.99:667.666.087

Atomization of paint for electrostatic painting

萩 原 正 夫*

HAGIHARA Masao

ま え が き

静電塗装には、微粒化方法の異なるカップ式とグリッド式との二つの方法があり、共に実用に供されているが、高圧電気力により塗料を微粒化するカップ式静電塗装に使用される塗料として、どのような性質を持つことが必要であるかについては、あまりよく知られていないようである。

回転円板による液体の微粒化については、棚沢氏の報告¹⁾があり、単にカップを回転させただけでもある程度の微粒化が得られるが、高電圧を加えると一段とよくなる。田村氏ら²⁾はカップ式噴霧機の場合の回転数と粒度分布を研究しているが、塗料性質と微粒化に関する研究は、筆者の知る範囲では見出すことができなかった。

筆者は静電塗装用塗料の基礎的研究として、まず微粒化テスター³⁾を使用し、その噴霧の広がりには比抵抗によって変化することを認めた⁴⁾⁵⁾。また、カップ式噴霧機を使ったドーナツ形パターンの幅も比抵抗によって変化し、微粒化テスターとほぼ同様の傾向のあることを認めた⁶⁾。つぎに塗料性質と微粒化の関係を知るために3種類の実験を行なった。

(1) カップ式噴霧機により塗料が微粒化している状況を瞬間写真により観察して、カップ面上に並んだ塗料噴霧の出点(以下これを噴霧頭という)の数を調べた⁷⁾。

(2) 小円筒に塗料を入れ、下端の細孔から滴下させながら高電圧を加えて微粒化させ(以下これを滴下法という)、塗料粒子をセロハン紙上に受け止めて、約300個の有効直径から平均粒子直径を求めて、塗料性質との関係を検討した⁸⁾。

(3) カップ式噴霧機を使用して、噴霧粒子をセロハン紙に受け止めて、(2)と同様に粒子直径を求めて、塗料性質と微粒化について検討した⁹⁾。

これらの結果をまとめて、カップ式噴霧機による微粒化について説明し、御参考に供したい。

1. 微粒化に対する外的条件の影響

カップ式噴霧機では、流出する塗料は回転によってカ

ップ面上をフィルム状に展開してその先端に至り、振り切られて微細な滴となつてとび出すが、高電圧を加えると、先端の電気力によりさらに微粒化がよくなる。

この状況を瞬間写真により観察すると、カップ周辺にほぼ等間隔に並んだ噴霧頭を作っている。写真1・写真2はその1例を示す。このような噴霧頭の数には外的条件により、また塗料性質によっても変化し、微粒化に直接影響を与える。

(1) 流出量の影響

図1は、電圧その他の条件を一定として、流出量を変えた時のカップ式噴霧機の噴霧頭の数であつて、流出量

写真1 高電圧を加えない場合

写真2 電圧 42 kV

* 大阪大学教養部

の少ない場合は噴霧頭の数是非常に多いが、流出量の増すにつれて噴霧頭は太くなり、その数は減少する。

滴下法によって流出量の影響を求めると、図2に示すように、0.5 cc/分以下では流量の減少に比例して粒子直径が小さくなるが、それ以上ではあまり変らない。一般にカップ式噴霧機では各噴霧頭への流量が0.5 cc/分以下であるので、図3に示すように流出量と粒子直径との間にはほぼ直線的な関係があり、カップ式噴霧機では流出量の影響が著しいことがわかる。

(2) 電圧の影響

図1 流出量と噴霧頭の数 (カップ直径 10cm, 電極間距離 30 cm, 電圧 42 kV, 900 rpm)

図2 流出量と粒子直径の関係 (滴下法)

図3 流出量と粒子直径の関係 (カップ直径 10cm, 電極間距離 25cm, 電圧 42 kV, 900 rpm)

流出量を一定にして電圧を変えると、これに比例してカップ面上に並ぶ噴霧頭数は増加する (図4)。

また電圧による微粒化の影響は滴下法によると図5の

図4 電圧と噴霧頭の数との関係 (カップ直径 10 cm, 電極間距離 25 cm, 流出量 30 cc/分, 900 rpm)

図5 電圧と粒子直径の関係 (滴下法, 電圧 42 kV, 流出量 0.5 cc/分)

ようになり、25 kV 以上では粒子の直径があまり変らないが、カップ式噴霧機を使用すれば、図6のように電圧の増加によって微粒化が良くなる。これは噴霧頭の数が増すため噴霧頭一個あたりの流量が少なくなることによるものと思われる。

図6 電圧と粒子直径の関係 (流出量 30 cc/分, カップ直径 10 cm, 電極間距離 30cm, 900 rpm)

(3) 電極間距離の影響

対極間距離を近づけると噴霧頭数は増加するが、20 cm 以上離すと図7のようになりあまり変化しない。

粒子直径は滴下法でもあまり変化が認められないが、カップ式噴霧機では図8のようになり、通常使用される範囲 (30~40cm) では粒子直径の変化が認められない。

(4) 回転カップによる遠心力の影響

カップ直径を大きくしたり回転数を増したりすると、

図7 電極間距離と噴霧頭の数との関係

図8 電極間距離と粒子直径との関係
(カップ直径 10 cm, 電圧 42 kV, 流出量 40 cc/分, 900 rpm)

カップ先端における塗料の受ける遠心力が大きくなり、噴霧頭の数が増加し微粒化は良くなる。特に流出量を一定にして、カップ直径を増すと単位円周当りの流量が減少し、回転数を増加すると見掛けの円周当りの流量が減少することとなり、カップへの流出量を減少させた場合(図3)と同様になり、微粒化は良くなる。

2. 微粒化に対する塗料性質の影響

(1) 比抵抗の影響

塗料性質のうちで比抵抗のみを変化させた場合には、その粒子直径は図9のようになる。図からわかるように、比抵抗がある範囲内であれば粒子直径にあまり変化が認められない。この原因を検討するために噴霧頭の数と比抵抗との関係を求めたものが図10であって、比抵抗の低下によって噴霧頭数は少なくなる。これは各噴霧頭への流量が増加したこととなり、また滴下法による比抵抗と粒子直径の関係は、図11のように、比抵抗の低下によって微粒化が良くなることがわかる。

このように比抵抗の低下によって微粒化が良くなる傾向がありながら、噴霧頭数の減少によって微粒化が悪くなる傾向と相殺されて、粒子直径にあまり変化のない範囲が存在するものと思われる。

高抵抗になると噴霧頭数があまり変化しないが、滴下法の高抵抗では微粒化が悪くなる傾向が大きく現われて、粒子直径が大きくなるものと思われる。

(2) 誘電率の影響

図9 比抵抗と粒子直径との関係

(カップ直径 10 cm, 電極間距離 30 cm, 電圧 42 kV, 900 rpm)

図10 比抵抗と噴霧頭の数

(カップ直径 10 cm, 電極間距離 30 cm, 流出量 50 cc/分, 電圧 42 kV, 900 rpm)

図11 比抵抗と粒子直径との関係

(滴下法, 流出量 0.5 cc/分, 電圧 42 kV)

誘電率を変化させた場合は、カップ式でも滴下法でも粒子直径の変化があまり認められなかった。

(3) 比重の影響

比重を変化させると、噴霧頭数はわずかに多くなる。滴下法によると比重の増加につれて微粒化も少し良くなる傾向が図12に認められる。

カップ式噴霧機では図13のようになり、特に流出量の多い場合には粒子直径が小さくなる。

図 12 比重と粒子直径との関係
(滴下法, 流出量 0.5 cc/分, 電圧 42 kV)

図 13 比重と粒子直径との関係
(カップ直径 10 cm, 電極間距離 30 cm, 電圧 42 kV, 900 rpm)

図 14 比粘度と粒子直径との関係
(カップ直径 10 cm, 電極間距離 30 cm, 電圧 42 kV, 900 rpm)

(4) 粘度の影響

粘度によって噴霧頭の数はいずれもあまり変わらず、また滴下法でも粒子直径の変化はほとんど認められない。

カップ式では図 14 のようになり、通常使用される粘度範囲では粒子直径の変化がほとんど認められない。

(5) 表面張力の影響

一般に塗料は、表面張力がきわめて低く (25~32 dyne/cm) また、微粒化に最も影響を与える比抵抗を一定にす

ると、各表面張力の差が小さいため、その影響は認められなかった。

3. 考 察

カップ式噴霧機では、回転カップ面上を膜となって広がった塗料が遠心力によって振り切られる場合、高電圧を加えると、電気力により数多くの噴霧頭を作り微粒化するが、これはカップ面に付着している力と遠心力および静電的な斥力との合力がつり合っているものであるから、塗料性質としては、粘性の増加は噴霧頭数を少なくする傾向にあり、また比重の増加はその数を増す傾向にある。一般に粘度が大きい場合には、比重も大きくなるので、結果として噴霧頭数はあまり変わらないものと思われる。

流出量の減少によって微粒化が良くなることは、噴霧頭数が増加するためであるが、これはカップ面上の塗料の膜の厚さの影響で、その膜が厚くなると噴霧頭が大きくなり、カップ面上を占める距離が大きくなるためにその数は減少する。

流出量を一定にしても、カップ直径の増大は単位円周当たりの流出量を減少することになるので、多量の塗料を噴霧する場合には、これらの外的条件を改善することは有効なことである。

電圧による微粒化を滴下法により検討した場合、25 kV 以上では粒子直径の変化が認められないことを述べたが、ノズルに空気圧を加えて液滴を分裂させる際、高電圧を加えた川崎氏の報告¹⁰⁾によれば、20 kV 以上では粒子直径に変化が認められないことが述べられている。高電圧による液体の微粒化に直接関係する電界の変化が 20~25 kV 付近までは大きく、それ以上の電圧によって粒子直径に変化のないことは、微粒化の機構に関係すると思われる。

回転円板による液体の微粒化の基礎式として、棚沢氏の実験式によれば、

$$d_{\max} = \frac{K}{n} \left(\frac{\sigma q}{r D} \right)^{0.5} \left(1 + 0.003 \frac{q}{v D} \right) \quad \dots (1)$$

K : 実験により求めた定数, n : 回転数/分, σ : 液体の表面張力 kg/m^2 , r : 液体の比重 kg/cm^3 , D : 回転円板の直径 cm , q : 液体の流量 $\text{cm}^3/\text{秒}$, v : 液体の動粘度 $\text{cm}^2/\text{秒}$

回転数のみについて考えると式 (1) は $d \propto \frac{1}{n}$ となるが、田村氏の報告²⁾ではこの関係が成立しないことが指摘されているが、それは、つぎに述べる高圧電気による微粒化が高速回転により妨げられる傾向にあるため、回転数に比例して粒子直径が変化しないものと思われる。

塗料性質の中で、比抵抗が微粒化および噴霧の広がりに影響を与えることを述べたが、滴下法により微粒化している状況を瞬間写真によって観察すると、高抵抗では写真3のように塗料は線状となり、その先端で液滴を作るが、低抵抗では、写真4のように振動現象により振り切られて液滴を作る。

一般に液体の高電圧による微粒化が、高電荷密度および液体の電荷による分裂現象とされているが、帯電した液流の振動による微粒化もあることを認めた¹⁾。

この振動によって噴霧の広がりも生ずるものであるが微粒化テスターのように塗料を水平方向に噴霧すると

振動が弱まることは認められるので、このような機構から式(1)の関係が成立されないことが想像される。

カップ面上の噴霧頭の数が高抵抗になると減少し、さらに低抵抗になると微粒化していない噴霧頭（先が丸い形状をしている）が存在することになり、噴霧している数が少なくなる。この現象はカップ式噴霧機において見られる特徴で今後の研究によりこの現象を説明したい。（写真5参照）

微粒化した粒子の粒度分布を描いてみると非対称の分布曲線が得られたが¹⁾、筆者の方法では、約300個の粒子直径からその自乗平均粒子直径を求めているので、測

定した粒子のうちの最も大きい粒子直径と平均直径との比をとると図15のようになる。これから、低抵抗では大きい粒子が存在することが認められるが、これは噴霧頭の形成が不規則になることが原因の一つと思われる。しかし低抵抗の場合でも、微小な粒子が多く粗大粒子が少ないので、平均粒子直径には変化が認められない。

以上のように微粒化は比抵抗の影響を受けるが、比抵抗と温度との関係を求めると図16のようになり、気温の変化によって微粒化程度の変ることもあるものと思われる。すなわち、比抵抗30~40 MΩcm程度が微粒

写真3 アルキド樹脂塗料
($3 \times 10^8 \Omega\text{cm}$)

写真4 メラミン樹脂塗料
($8 \times 10^7 \Omega\text{cm}$)

(A) アルキド樹脂塗料 ($10 \times 10^7 \Omega\text{cm}$)

(B) メラミン樹脂塗料 ($2 \times 10^6 \Omega\text{cm}$)

写真5 噴霧頭の形状

(カップ直径 10 cm, 流出量 30 cc/分, 電圧 42 kV, 電極間距離 30 cm)

図 15 比抵抗と粒子直径比との関係

化の良い条件と考えられるが、温度の上昇のため 20 MΩ cm 程度に低下する場合には、粗大な粒子が存在するために見かけの微粒化は悪くなる。

誘電率と比抵抗の関係を、塗料、および塗料を溶剤で希釈した場合について示すと、図 17 のようになる。一般には高抵抗のものは低誘電率となり、微粒化には誘電率の影響があるとも考えられるが、筆者の実験した範囲では、誘電率により微粒化が良くなることは認められなかった。

図 17 誘電率と比抵抗との関係

図 16 温度と比抵抗との関係

4. む す び

以上の結果から、カップ式噴霧機では、噴霧頭をカップ先端に規則正しく配列させ、なるべく数多くの噴霧頭を作ることが必要である。

塗料性質から見れば、比抵抗によって微粒化が変化するので、粒度との関係を考慮すれば、使用時における比抵抗値が、カップ直径 10 cm 流出量 30 cc/分 に対し、30~80 MΩ cm であれば最小の平均粒子直径を示すこととなる。

流出量を増加すれば平均粒子直径は大きくなるので、流量に応じてカップ直径を大きくし、電圧および回転数を増加させることが望ましい。

比重は大きい方が微粒化がよく、その他の物理的性質は特に大きな影響を与えないから、上記の比抵抗値の範囲を使用すれば十分な効果をあげることと思われる。

なお、今後の研究により、高圧電気による塗料の微粒化機構が明らかにされ、さらに進歩した塗料の微粒化方法が考案されることを望みたい。

終りに本文の御校閲をお願いした大阪大学工学部永田助教授に感謝する。 (301 ページへ続く)