高分子粉体の摩擦帯電

舛井正義*・本田 浩**・長坂秀雄*

Tribo-electricity of Plastics Powders

Masayoshi MASUI*, Hiroshi HONDA** and Hideo NAGASAKA*

1. ま え が き

摩擦帯電は摩擦そのものが定量化しにくく、帯電条件による微妙な違いなど、現象そのものも良くわかっていない。特に高分子粉体の帯電はフィルムや板に比較して研究報告が少ない^{1),2)}。静電粉体塗装の基礎的現象を把握する目的で、高分子粉体をプラスチックの容器に入れ、高分子の翼でかくはんし、摩擦帯電を行った。

2. 実験方法

高分子粉体としては粉体塗装用として製造されたポリエチレン(PEと略す、粒径150~420および420~840 μm)、ポリプロピレン(PPと略す、300~420および150~300 μm)、ナイロン12(60~100 μm)を用いた。容器はアクリル樹脂およびポリ塩化ビニル樹脂(PVC)製のパイプ(内径26 ϕ)を同一材質の板で一端を閉じた底は円筒である。かくはん翼は10mm ϕ の棒に45°の傾斜で10×12mmの板を6枚つけたものである。粉体の量は6gとした。かくはんは300~1,200rpmとした。なお比較のためコロナ放電による帯電も行った。30×35×4tのアクリル容器に粉体を入れ、コロナ放電下で帯電させた。

3. 実験結果と考察

得られた帯電列を示す。(+)ナイロン12、アクリル、ポリプロピレン、PVC、PE(−)。実験結果は北川氏³⁾のものとPVCとPEが逆になっている。これはPVCに含まれる可塑剤、安定剤、顔料などの差違によるとも考えられるが、詳細は不明である。かくはん速度の帯電列への影響はなかった。

3-1 かくはん速度の影響

図1にかくはん速度による帯電量の変化を示す。かくはん速度の大きい方が飽和帯電量が多く、帯電速度も早

い。摩擦は界面にそって接触と分離の繰り返しである。かくはん速度の増加はかくはん翼と粉体との接触時間の減少、接触回数、接触圧や分離速度の増加を生ずる。接触時間の減少や粉体温度の上昇は帯電量を少なくするが、接触回数、接触圧や分離速度の増加は帯電量を増加すると考える。また、かくはんによって粉体とかくはん翼とは異符号に帯電するので、翼の周囲に粉体が付着し、翼と粉体との摩擦を妨げる。しかし、かくはん速度が速ければ、かくはん翼についた粉体は遠心力や粉体との摩擦により離れやすくなり、かくはんが効果的に行われるためとも考えられる。かくはんによる粒子破壊も考えられ、新しいトラップの増加の寄与とも考えられよう。

3-2 粒径の影響

Pauthenier-Moreau-Hanot⁴⁾によれば、イオン衝撃による理想球形誘電体粒子の得る最大電荷 Q は

$$Q = \frac{3\epsilon E r^2}{\epsilon + 2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

で与えられる。 E は印加電界強度、 ϵ は誘電率、 r は粒子半径である。これから1g当りの帯電量 Q は、 $Q \propto \frac{1}{r}$ 、単位表面積当りの帯電量は r に依存しない。豊田らは実験的にこれを確認したが²⁾、本研究でもコロナ帯電では成立することを認めた。単位表面積当りの帯電量測定結果を図2に示す。表面積は試料重量、その中に含まれる粒子数、密度を測定し、球形粒子として平均半径 r を求め計算から求めた。粒径が大きい程、帯電量が多い。コロナ帯電の場合と全く異なる。その原因はかくはんによる摩擦状態が粒子の大きさにより異なるためである。即ち、小径の粒子は流動層が局部的になりやすく、かくはん翼に付着しやすいため、粉体とかくはん翼との摩擦回数が減少し、帯電量が少なくなると考えられる。

3-3 吸水率の影響

ナイロンは比較的吸水率の大きい高分子材料であるので、吸水率が帯電に与える影響を調べた。粉体の水分は表面に付着した付着水分と内部に入り結合している結合水分がある。表面の水分は表面抵抗を下げ、粉体の流動性にも影響を与える⁵⁾。内部の水分はアミド結合に水素結合しているともいわれる⁶⁾。図3に吸水率が帯電に与える影響を示す。吸水率が大きくなるに従って、飽和帯電量は小さくなる。またかくはんを始めて8分以内は不安定で、かくはんによる電荷の増減が観測され、やがて

* 茨城大学工学部 (〒316 日立市中成沢町4—12—1)
Fac. of Eng., Ibaraki Univ.

4—12-1, Nakanarusawa, Hitachi 316

** 茨城県鹿島下水道事務所

(〒314-02 茨城県鹿島郡神栖町深芝浜)

Ibarakiken Kashima Drainage Office

Kamisu-machi, Kasima-gun, Ibaraki 314-02

Fig. 1 Tribo charging at a rate of various stirring for polyethylene. stirring rod: acrylic resin, 20°C 60% R.H.

Fig. 2 Tribo charging for polypropylene with various particle size. r : mean particle size, stirring rod: acrylic resin (1, 200rpm) 20°C, 56% R.H.

飽和に達する現象を示す。このような特性はナイロン12だけでなく、PPについても観察された。吸水率により特性の変化することから、表面積の大きな粉体の表面に付着又は吸着した水分によると考えられる。

3-4 かくはんによる粉体の温度上昇

Frenkel²⁷⁾は摩擦により局所的に、瞬時的には1000°C以上の高温になるので、電子が伝導帯に励起される可能性があると述べている。板の場合サーモクロンを使用して温度上昇を観察している例もある²⁸⁾。粉体の場合は温度上昇を測定することは困難であるので、容器の横に穴を開けC-C熱電対を挿入し、容器壁近くの温度を測定した。粉体に熱電対が密着しているわけではないので、かくはん中の粉体およびふんい気の温度を測定している。その結果かくはん開始30分後に2~3°Cの温度上昇が認められた。粒径の大きい方が温度上昇が大であった。摩擦の瞬間、局所的には相当な高温になっていると思われる。

3-5 コロナ帯電と摩擦帯電の比較

コロナ帯電が数秒で飽和に到達するのにに対し、摩擦帯

Fig. 3 Tribo charging of nylon 12 with various water absorptivity. w : water absorptivity, stirring rod: acrylic resin (1, 200rpm) 20°C, 61% R.H.

電は数分から20数分を要した。飽和帯電量にも違いがみられ、例えばPEの場合コロナ帯電(印加電圧-5kV)は -8×10^{-8} (C/g)、摩擦帯電(アクリル翼, 1, 200rpm)は -4.4×10^{-8} (C/g)であった。かくはんによる摩擦帯電の飽和値はコロナ帯電のそれより小さい。帯電量と粒径の関係については、コロナ帯電はpauthenier-Moreau-Hanotの式(1)に従うのに対し、摩擦帯電は従わない。このことは帯電機構の相違を示唆している。

(1978-5-16 受理)

文 献

- 1) A. Golovoy; Efficiency in Electrostatic Spraying of Powder Coating, J. Paint Techn. 45, Nr. 580, 42 (1973)
- 2) 豊田常彦, 田辺弘住; 静電塗装用粉体塗料の帯電特性, 粉体工学研究会誌, 12, 141 (1972)
- 3) 高分子学会編; 静電気ハンドブック, P. 72 (昭42, 地人書館)
- 4) Pauthenier-Moreau-Hanot; J. Phys. Radium, 3, 590 (1932); through L.L. Spiller; Measurement of Charging and Discharging Characteristics of Powdered Polymers, J. of Paint Techn, 44, Nr. 573, 98 (1972)
- 5) 海保安, 栗原現司, 近沢正敏, 金沢孝文; 粉体の流動性におよぼす吸着水の影響(その1), 粉体工学研究会誌, 12, 324 (1975)
- 6) M. Tsuboi; On the Molecular State of Water bound to the Peptide Linkage, Bull. Chem. Soc. Japan, 25, 160 (1952)
- 7) 深田栄一; 誘電体の帯電現象, 応用物理, 24, 206 (1955)
- 8) 新保正樹, 越智光一, 伊藤和平, 佐々木勝美; ナイロンの摩擦挙動, 材料, 27, 302 (1978)