

専門分野	機械工学	氏名	中津原 誠也	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	電磁界中における電磁粒子の電界効果				

1. まえがき

高速レーザプリンタなどに利用される二成分磁気ブラシ現象では、電磁粒子として、トナー(絶縁体)とキャリア粒子(導電体)が使用されている。キャリアは磁界中で磁化し、相互に磁気的作用を及ぼし、図1(a)のようなチェーンを形成する。このチェーンの先端が感光体に接触し、チェーンに静電的に付着したトナーを感光体表面の静電潜像に移送することで現像が行われる。現像の際には機械的、静電的作用による画像劣化が発生し、これらの物理メカニズムを明らかにして抜本策を講じることが課題となっている。そのような障害の一つとして、電界剥離現象(BCO: bead-carry-out)と呼ばれる、帯電したキャリアに静電気力が作用して、感光体表面上に転移する画像劣化現象が知られている。これまでの研究では、平行平板電極間でキャリアによるチェーンを形成してBCOを模擬し、キャリアの粒子径と磁界強度がBCOに与える影響を明らかにしている。一方でキャリア群の帯電状態や静電気力の解析方法が確立されておらず、これらはBCOの発生メカニズムを解明するための課題であった。

そこで本研究では、トナー混合率の変化によるキャリア抵抗値の変化に着目し、まず、キャリアが飛翔を開始する限界電界強度とトナー混合率の関係を検討した。次にそのメカニズムを検証するため、トナーを混合したキャリア群の抵抗値変化を、実験と二次元有限要素法による数値計算とから求めた。最後に、数値計算よりキャリアに作用する静電気力を評価して、BCOの発生メカニズムを検討した。

2. 剥離電界強度

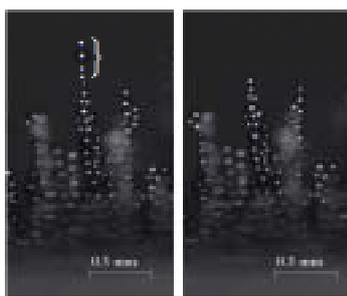


Fig. 1 Photograph of chain before and after pull-off in electric field.

平行平板電極間にトナーを混合したキャリアを一定量配置し、ソレノイドコイルにより生成した磁界を作用させてチェーンを形成した後に電界を作用させてBCOを模擬した。BCO発生前後のチェーン観測例を図1に示す。(a),(b)を比較すると、中央のチェーンの上端から粒子が数個消えているのがわかる。視野から消えた粒子は対向する電極板に飛翔しており、この現象がチェーンの電界剥離現象である。

図2にはトナー混合比と剥離電界強度の関係を示した。トナー混合比が大きいく程、剥離電界強度も大きくなり、電界剥離が起き難くなる。また、トナー混合比が6~8%の間に電界強度が不連続に上昇する現象が確認された。トナー混合率

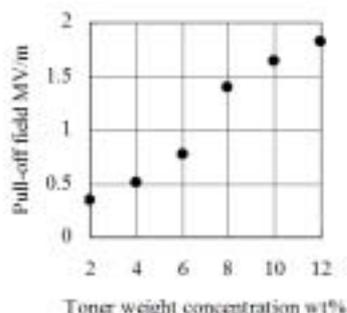


Fig. 2 Relation between toner weight concentration and pull-off field.

増加にともなうチェーン抵抗値の増加によりキャリア帯電量が低下し、剥離電界強度が増加するものと考えられる。

3. キャリア群の抵抗値

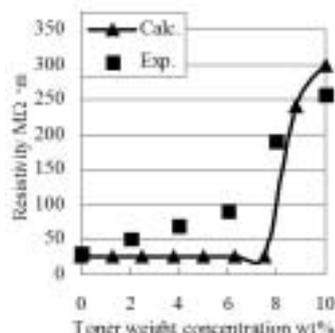


Fig. 3 Calculated and measured resistivity.

トナー混合率による、キャリア群の体積固有抵抗を実測と有限要素法による計算から求めた。結果を図3に示す。計算では、格子状に配列したキャリア間にトナーに相当する抵抗層を設け、そのうちのトナー混合率に対応する一定割合の抵抗層へ確率的に導電性、または絶縁性に相当する物性値を与えた。そのうえ

で、印加電圧と系を通過する電流から体積固有抵抗を求めた。実験値と計算値は定性的に一致し、トナー混合率に依存して抵抗値が増加し、さらに6~8%近傍で抵抗値が大きく増加する現象を再現することを確認した。

4. 静電気力

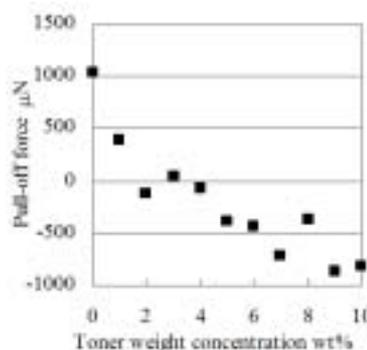


Fig. 4 Relation between toner weight concentration and pull-off force.

トナー混合率による、キャリアに作用する静電気力を計算した結果を図4に示す。静電気力は、個々のキャリアに対してキャリア近傍要素の電界値と、キャリア内要素の帯電荷量の積をとって総和したものである。正の値は飛翔方向、負の値はキャリアをチェーンに拘束する方向を意味する。静電気力の変化は、

キャリア群の抵抗値変化に対応しており、トナー混合率増加によって飛翔方向の静電気力が低下する。以上の結果から、トナーの存在によるキャリア群の抵抗値変化が帯電量を低下させてBCOを発生させる方向の静電気力を弱め、結果として剥離電界強度を低下させることが検証された。

発表論文

- 中津原, 山田, 須甲, 中山, 川本, 電磁界中における電磁粒子の電界効果, 第15回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム(2003).
- N. Nakayama, H. Kawamoto, and M. Nakatsuhara, Electrostatic Pull-off of Magnetic bead Chains in Two-Component Development System of Electrophotography, Proc. 2003 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint MIPE(2003).
- N. Nakayama, S. Yamada, H. Takahashi, M. Nakatsuhara, J. Tomomatu, M. Doi and H. Kawamoto, Studies on the Mechanics of Carrier Bead Chains in Two-Component Development Process, NIP20: Int. Conf. on Digital Printing Technologies (2004).
- 中津原, 中山, 川本, 電磁界中における電磁粒子の電界効果, 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 IIP2005 (2005.3).