

1 成分現像装置における耐久トナーの解析

Analysis of Deteriorated Toner in Mono-component Development System

平山 順哉*
Hirayama, Junya

前山 健志*
Maeyama, Takeshi

植竹 重夫*
Uetake, Shigeo

夏原 敏哉*
Natsuhara, Toshiya

要旨

独自に開発した振動離脱方式のトナー付着力分布測定装置を用い、1成分非接触現像装置で耐刷したトナーを評価/解析した。その結果、耐刷に伴い、非静電氣的付着力が増加する事を確認した。そして、その原因が、主に外添剤のトナー表面への埋まり込みであることを示した。更に、トナーが摺擦部材を通過する回数と付着力の関係を探り、有効な方策について考察を加えた。

Abstract

The adhesion of deteriorated toner in the mono-component development system was measured by the original apparatus based on vibratory detachment. The increase of non-electrostatic adhesion of deteriorated toner was confirmed. It was clarified that this increase was mainly caused by external additives buried on the surface of toner. In addition, the relationship between the times toner passed under the friction parts and non-electric adhesion was examined by calculation, and effective measure was shown.

1 はじめに

1成分非接触現像方法では、耐刷するにつれトナー劣化が進行し品質に影響する。劣化には、トナーが選択的に消費されることで分布状態の変化する現象と、規制ブレード等の摺擦部材からダメージを受け、本来持つ特性が発揮されなくなる現象に大別される。前者では、耐刷につれ、トナー粒径分布が大径側にシフトする現象が知られ、その原因および帯電量への影響が報告されている。^{1,2)}後者では、トナー粒子の壊砕あるいは外添材の離脱・埋没現象の発生が知られ、帯電量との関連が示されている。^{3,4)}このようにトナー劣化と帯電量の関係については多くの解析がなされ品質との対応が議論されてきたが、トナーの付着力との関連については未だ詳細に検討されたことが無い。以前我々はトナーの付着力が現像領域での往復挙動と関連している事を報告した。⁵⁾トナーの付着力の変化を把握する事は、信頼性の高い現像装置を効率よく開発する上で有意義な事である。そこで本報では、我々が開発した付着力測定装置⁶⁾を使用し、耐刷したトナーの付着力を詳細に調査し、併せてトナー外添材の状態も調べ関連を明確にした。更に、摺擦部材を通過する履歴と付着力の関係について考察を加えたので報告する。

2 実験

1成分現像装置を連続稼動をさせ、付着力の変化と外添材の付着状態を分析した。以下にその実験方法を記す。

2. 1 現像装置

実験で用いた1成分現像装置をFig. 1に示す。トナー格納部内のトナーは、供給ローラで現像ローラへ搬送され、規制ブレードで薄層化される。その後、供給ローラで回収されトナー格納部に戻される。供給ローラは導電性の発泡樹脂からなり、トナーを供給する方向にDCバイアスを印加した。現像ローラは導電性ゴム材で覆われたアルミ製ローラで、周速は150mm/secである。規制ブレードはSUS(t 0.08mm)からなる。現像剤として、下記処方よりなるトナーを使用した。これらを格納部に20gを充填した。

- ・トナー母材粒子径 平均7 μ m
- ・外添材種 シリカ (1次粒子径15nm)
- ・外添量 母材に対し1.8%

* コニカミノルタテクノロジーセンター(株)
システム技術研究所 プリント技術開発室

本論文は日本画像学会Imaging Conference Japan 2007論文集から転載

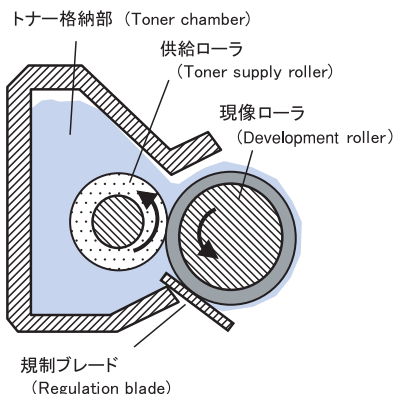


Fig.1 Schematic diagram of the mono-component development unit.

2. 2 付着力測定原理と測定方法

付着力の測定にはFig. 2に示す振動離脱法を使用した。以下に測定手順を述べる。現像装置を所定時間だけ連続稼動させた後、トナー格納部からトナーを採取し、別途用意したキャリアと混合しトナーを荷電させた。これらをマグネトロラに散布して、圧電振動子に固定された金属板にトナーをDCバイアスで現像し付着させた。この際、個々のトナーが重なる事の無い程度の極微量を付着させた。金属板に対向する位置に捕集電極を設置した後、低振幅から高振幅まで数十ステップで金属板表面に垂直な正弦波振動を与えた。各ステップ毎に、飛翔したトナーの拡大像をCCDマイクروسコープからコンピュータに取り込み、粒子径を測定した。粒子径からトナーの質量 m を推定し、飛翔した時の金属板の振幅 A と、振動周波数 ω から個々粒子の付着力 F_{ad} を以下の式で求めた。

$$mA\omega^2 > F_{ad} \quad (1)$$

上記手順で飛翔したすべての粒子の付着力を集計し平均付着力を得た。トナーの平均帯電量は、捕集電極にエレクトロメータを接続することで測定できる。トナーとキャリアの混合比率を変えたサンプルを準備し、各帯電量における平均付着力を測定して、平均付着力の帯電量依存性を得た。

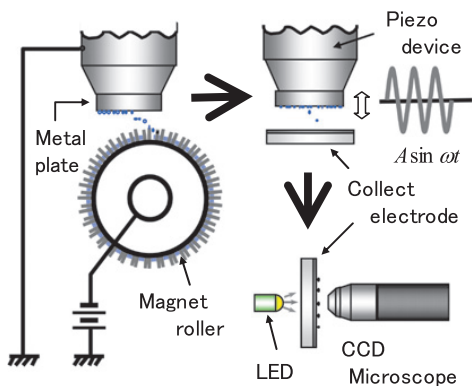


Fig.2 Principle of adhesive force measurement.

2. 3 トナーの外添状態の分析

外添材の離脱あるいは埋没状態と付着力の関係を見る為に、シリカ量および比表面積の測定を行った。シリカ量の測定は、600℃で培焼し培焼残渣から求めた。比表面積は、BET比表面積測定装置（島津製FLOW SORB 2300型）を使用した。

3 実験結果

3. 1 平均付着力の帯電量依存特性

Fig. 3に稼動前のトナーと120分間連続稼動したトナーの平均付着力の帯電量依存特性を示す。平均付着力は帯電量の2乗に対し直線近似させることができ、切片は非静電的付着力と見る事ができる。120分の連続稼動で、トナーの非静電的付着力は約6倍程度上昇することを確認した。

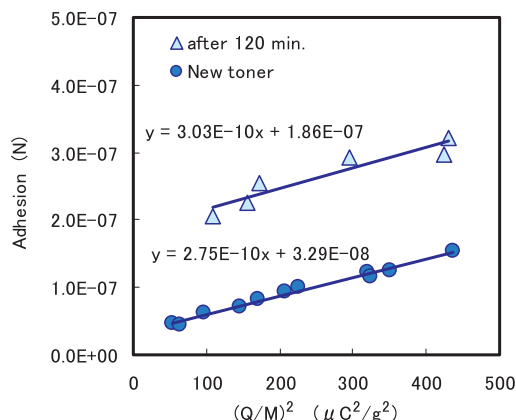


Fig.3 Averaged adhesive force of the new toner and the deteriorated toner, versus the square of the average charge-to-mass ratio $(q/m)^2$

3. 2 非電氣的付着力の耐刷時の推移

現像装置を210分まで連続稼動し、各稼動時間に対する平均付着力の帯電量依存から非静電的付着力を求めた。

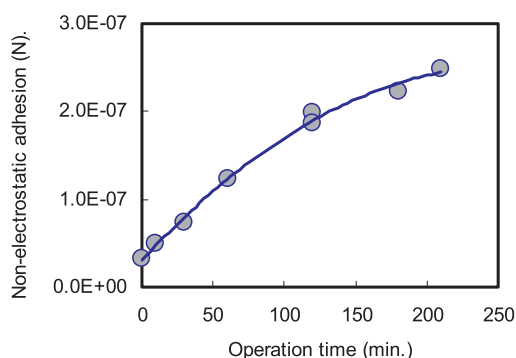


Fig.4 Relationship between the averaged non-electrostatic adhesion and operation time.

Fig. 4に稼働時間に対する非静電的付着力の推移を示した。非静電的付着力は、稼働直後から上昇し、120分を過ぎるとやや飽和傾向となる。

3. 3 外添材の付着状態の変化

Fig. 5に稼働前のトナーと120分間連続稼働したトナーのシリカ量の比較結果(n=3)を示す。本実験においては、シリカ量にほとんど変化は認められなかった。Fig. 6に連続稼働時のトナーの比表面積の変化を示す。比表面積は稼働直後から低下し、やがて飽和に至る。非電的付着力の変化と合致することから、耐刷において非静電的付着力の上昇は、シリカの埋没と関連している事を示している。

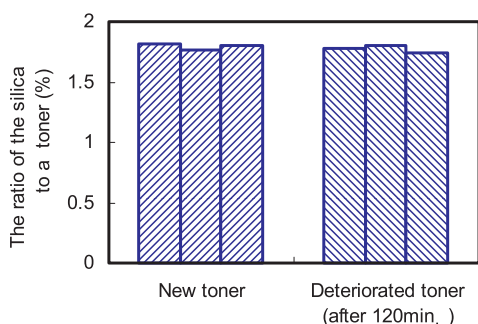


Fig.5 Silica concentration in the new toner and the deteriorated toner.

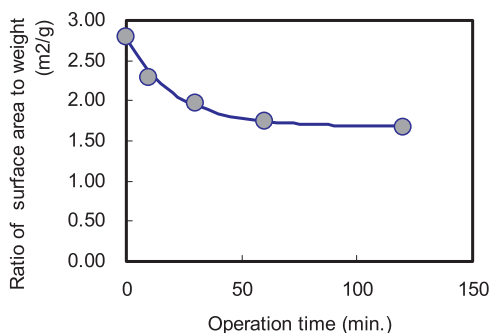


Fig.6 Relationship between the ratio of surface area to weight and the operation time.

4 考察

外添材が埋没するとともに、非静電的付着力が大きく増加することを確認した。以上の実験はトナー消費のない閉鎖系の結果であるのでトナー消費のある実使用条件について考える。非静電的付着力はトナーが摺擦部を通過した回数で決まるので、トナー格納部内のトナーの通過履歴状態を把握し、非静電的付着力に対する通過回数の関係が分かれば実使用条件での付着力を推測することができる。通過履歴状態を以下に示す方法で求めた。

4. 1 トナーの摺擦部通過履歴

トナー格納部のトナーの通過履歴状態として、現像ローラ*i*回転後の、*j*回の通過履歴のあるトナー量 M_{ij} を考える。トナー格納容器内のトナー容量を M_0 、現像ローラ1周分に付着するトナー量を m_s 、現像ローラから消費される量を m_a とし、消費された量は格納部外から同量が供給されるとした。また現像ローラ上のトナーの通過履歴状態も考慮しこれを m_{ij} として、供給ローラによる回収率を β とした。トナーの受け渡しをまとめるとFig. 7のようになる。 $m_a/m_s = a$ とすると、消費される量は、 $a m_s$ 、回収される量は $\beta (1 - a) m_s$ 、供給される量は $\{\beta (1 - a) + a\} m_s$ となる。これらのモデルから*k*回転後のトナー格納部内の状態 M_{kj} は、*k-1*回転後の状態 $M_{k-1,j}$ と $M_{k-1,j-1}$ および現像ローラ上のトナー状態 $m_{k-1,j-1}$ と関連付けられ、逐次計算することで、 M_{ij} を求めることができる。各設定値は以下のようにした。

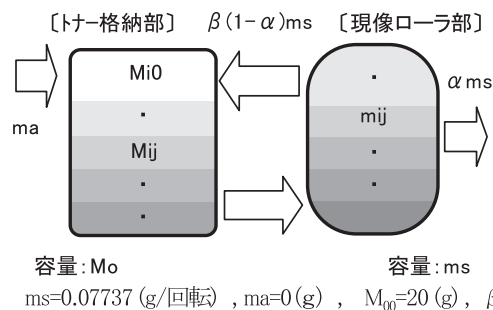


Fig.7 Schematic diagram about the amount of transfer of the particle.

4. 2 通過回数と付着力増加の推定

摺擦部を*x*回通過したときの付着力を f_x 、現像ローラ*i*回転後のトナー格納部内のトナーの非静電的付着力を F_i とすると、 F_i は(2)式で表わすことができる。

$$F_i = \frac{1}{M_0} (f_0 M_{i,0} + f_1 M_{i,1} + \dots + f_i M_{i,i})$$

$$= \frac{1}{M_0} \sum_{j=0}^i f_j M_{i,j} \quad (2)$$

以下に示す通り*i*回転に対する非静電的付着力 F_i を〔F〕、トナー格納部の履歴状態 M_{ij} を〔M〕、通過回数に対する非静電的付着力 f_x を〔f〕で表記すると、それぞれの関係は式(3)で示される。

$$[F] = \begin{pmatrix} F_0 \\ F_1 \\ \vdots \\ F_i \end{pmatrix} [M] = \begin{pmatrix} M_{0,0} & 0 & 0 & 0 \\ M_{1,0} & M_{1,1} & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ M_{i,0} & M_{i,1} & \dots & M_{i,i} \end{pmatrix} [f] = \begin{pmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_x \end{pmatrix}$$

$$[F] = \frac{1}{M_0} [M][f] \quad (3)$$

従って非電氣的付着力 $[F]$ とトナーの通過履歴状態 $[M]$ から $[f]$ を求めることができる。しかし $[M]$ の構成要素は非常に多く、また微小な値も多いことから、解析的に解くのは困難であった。そこで、 f_x が $D(1 - \exp(-x/\tau))$ になると仮定して未知数を減らし、最小2乗近似を行った。計算の結果をFig. 8に示す。約200回の通過回数で非電氣的付着力は飽和に至ると推測される。

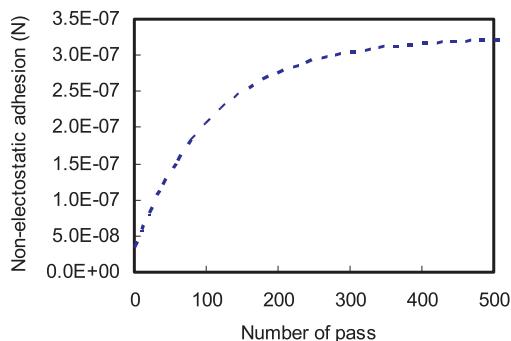


Fig.8 Relationship between the non-electrostatic adhesion and the number of pass.

4. 3 実使用条件での非電氣的付着力推移

実際の使用条件での非電氣的付着力の変化を先の計算モデルを使い確認するとともに実験結果との対比を行った。トナー消費量はB/W比で3%とし、トナー格納部容量は20gとして消費相当分を逐次補給する構成とした。4.1で示した方法でトナーの通過履歴状態を求め、4.2で得た $[f]$ を使用して、非電氣的付着力の推移 $[F]$ を計算した。結果をFig. 9に示す。

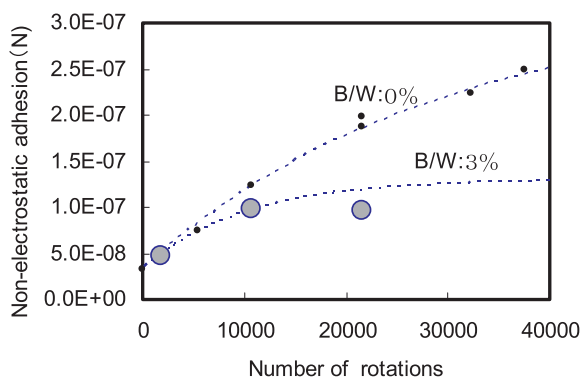


Fig.9 Relationship between the non-electrostatic adhesion and the number of rotation of the development roller.

図中の破線が計算結果であり、プロットが、実験結果である。両者は良い一致を示しており、先述の計算手法の妥当性を示していると考えられる。尚、B/W比が3%の消費を行った場合、付着力は素早く立ち上がり、 1×10^{-7} N付近で飽和していることが確認できるが、これはトナー格納部容量が20gと小さく、摺擦履歴を受けたトナーの消費を促進している為である。格納部の容量がト

ナーの劣化を安定化させる効果については文献(7)にて詳細な報告がある。トナーの非電氣的付着力の上昇に対しても有効に作用することが確認できた。

5 まとめ

1成分非接触現象装置で耐刷した時のトナーの付着力変化を詳細に調査した結果、以下のことを確認した。

- (1) 摺擦部材を通過する際に受けるストレスでトナーの非電氣的付着力が増加する。
- (2) 非電氣的付着力の増加はトナー表面に外添材が埋没することが原因と考えられる。
- (3) 本実験で使用した摺擦部材とトナーでは、摺擦部材を約200回通過すると飽和傾向となり、短期に外添材が埋没し非電氣的付着力が増加することを確認した。

対策としては、外添材の埋まりこみを抑制する母材、あるいは外添材の設計が重要であり、摺擦部材でのストレスの軽減を図るとともに、トナー格納部構成の最適化が有効と考えられる。

●参考文献

- 1) 近藤, 上蘭 非磁性1成分トナーの帯電量分布 Japan Hardcopy 1997 p77 ~ 80 (1997)
- 2) 島田, 桜庭 非磁性1成分現像方式のトナー帯電特性 Japan Hardcopy 1994 Fall Meeting p45 ~ 48 (1994)
- 3) 饗田, 菅井 メカノヒュージョン処理トナーの帯電特性 Japan Hardcopy 1990 p89 ~ 92 (1997)
- 4) 島田, 斎藤 非磁性1成分現像における現像ローラ上のトナー帯電量・付着量特性 日本画像学会誌第45巻第6号 p514 ~ 519 (2006)
- 5) 前山, 平山, 夏原 1成分非接触現象における現像Gap部のトナー挙動解析 Japan Hardcopy 2004 Fall Meeting p17 ~ 20 (2004)
- 6) 平山, 長尾, 蛭子 トナー付着力と電界飛翔性の粒径依存性 Japan Hardcopy 2001 Fall Meeting p17 ~ 20 (2001)
- 7) 後藤, 村内 1成分現像におけるトナー状態安定化技術 KONICA MINOLTA Tech. Rep., 3 p40 ~ 45 (2006)