

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法が、現像領域内で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成する現像方法であって、

像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V/m) が

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C/kg)、 T_c : トナー濃度 (wt%)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 T : トナー比重 (kg/m³)、 ρ_c : キャリア比重 (kg/m³)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m/sec)

となる領域に磁性キャリアの集合した穂が立ち上がる部分が少なくとも 1ヶ所以上存在することを特徴とする現像方法。

10

【請求項 2】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法が、現像領域内で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成する現像方法であって、

像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V/m) が

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C/kg)、 T_c : トナー濃度 (wt%)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 T : トナー比重 (kg/m³)、 ρ_c : キャリア比重 (kg/m³)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m/sec)

となる領域に磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、そして穂が寝る連続部分が少なくとも 1ヶ所以上存在することを特徴とする現像方法。

20

30

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の現像方法において、

前記現像方法は、現像剤担持体上で磁性キャリアが集合した穂が立ち上がる時に、現像領域内の磁石により、磁気ブラシの先端が現像剤担持体上の磁性キャリアの集合した現像剤層から分離した状態であることを特徴とする現像方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の現像方法において、

前記現像方法は、現像剤担持体上で磁性キャリアが集合した穂が寝る時に、現像領域内の磁石により、磁気ブラシの先端が現像剤担持体上の磁性キャリアの集合した現像剤層と一緒に状態であることを特徴とする現像方法。

40

【請求項 5】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V/m) が

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot T$$

50

ここで、 A ：トナー平均帯電量（ C / kg ）、 T_c ：トナー濃度（ $wt\%$ ）、 d ：トナー平均粒径（ m ）、 D ：磁性キャリア平均粒径（ m ）、 τ ：トナー比重（ kg / m^3 ）、 c ：キャリア比重（ kg / m^3 ）、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ （ F / m ）、 R ；現像剤担持体の直径（ m ）、 v_{SL} ：現像剤担持体の線速（ m / sec ）となる領域内で、表面にトナーを有する磁性キャリアから、トナーを像担持体に散布して現像することを特徴とする現像方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域内で形成される磁気ブラシを像担持体に接触させて、磁性キャリア表面からトナーを離脱させ、この離脱させた遊離トナーを像担持体へ散布させ、現像

10

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域内で形成される磁気ブラシを像担持体に接触させて、既に現像されているトナーを像担持体から離脱させることを特徴とする現像方法。

【請求項 8】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

20

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E （ V / m ）が

$$E \geq (A \cdot \tau \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、} B = T_c \cdot D^3 \cdot c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \tau$$

ここで、 A ：トナー平均帯電量（ C / kg ）、 T_c ：トナー濃度（ $wt\%$ ）、 d ：トナー平均粒径（ m ）、 D ：磁性キャリア平均粒径（ m ）、 τ ：トナー比重（ kg / m^3 ）、 c ：キャリア比重（ kg / m^3 ）、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ （ F / m ）、 R ；現像剤担持体の直径（ m ）、 v_{SL} ：現像剤担持体の線速（ m / sec ）

となる領域内で、トナーを表面に有する磁性キャリアにより形成される磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて、トナーを現像させることを特徴とする現像方法。

30

【請求項 9】

請求項 8 に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域内で、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて、既に現像されたトナーを像担持体から離脱させることを特徴とする現像方法。

【請求項 10】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E （ V / m ）が

40

$$E \geq (A \cdot \tau \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、} B = T_c \cdot D^3 \cdot c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \tau$$

ここで、 A ：トナー平均帯電量（ C / kg ）、 T_c ：トナー濃度（ $wt\%$ ）、 d ：トナー平均粒径（ m ）、 D ：磁性キャリア平均粒径（ m ）、 τ ：トナー比重（ kg / m^3 ）、 c ：キャリア比重（ kg / m^3 ）、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ （ F / m ）、 R ；現像剤担持体の直径（ m ）、 v_{SL} ：現像剤担持体の線速（ m / sec ）

となる領域で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成し、磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、そして穂が寝る間にトナーを離脱させて現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に

50

接触させて離脱させる遊離トナーを像担持体へ散布して現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて現像することを特徴とする現像方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の現像方法において、

前記現像方法は、現像領域で形成される磁気ブラシを像担持体に接触させて、像担持体からトナーを離脱させ、かつ、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて、既に現像されたトナーを像担持体から離脱させることを特徴とする現像方法。

【請求項 1 2】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

10

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V / m) が

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \rho_T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C / kg)、 T_c : トナー濃度 ($wt\%$)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 ρ_T : トナー比重 (kg / m^3)、 ρ_c : キャリア比重 (kg / m^3)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F / m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m / sec)

20

となる領域で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成し、磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、さらに寝る間にトナーを離脱させて現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に近接させて現像することを特徴とする現像方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の現像方法において、

前記現像方法は、現像剤担持体上に形成される磁性ブラシが、像担持体に非接触状態で現像することを特徴とする現像方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 3 の何れかに記載の現像方法において、

30

前記現像方法は、現像剤担持体 (V_s) と像担持体 (V_p) との線速比 (V_s / V_p) は、 $0.9 < V_s / V_p < 4$ の範囲にあることを特徴とする現像方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 4 の何れかに記載の現像方法において、

前記現像方法は、前記像担持体と前記現像剤担持体間に印加する電界で現像するのであり、この電界が交番電界であることを特徴とする現像方法。

【請求項 1 6】

像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体を備え、この現像剤担持体がトナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持して、現像領域に搬送し、現像剤担持体と像担持体の間に電界を印加し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像装置において、

40

前記現像装置は、請求項 1 乃至 1 5 の何れかに記載の現像方法により現像することを特徴とする現像装置。

【請求項 1 7】

光導電性を有し、表面に潜像を形成する像担持体と、像担持体を帯電する帯電装置と、像担持体に対向して配置され、表面にトナーとトナーを保持する磁性キャリアを収納し、像担持体表面にトナー像を形成する現像装置と、像担持体表面に形成されるトナー像を記録部材に転写する転写装置とを有する画像形成装置において、

前記画像形成装置は、請求項 1 6 に記載の現像装置を有することを特徴とする画像形成装置。

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複写機、プリンタ、ファクシミリ等の静電画像形成プロセスに適用可能な現像方法、現像装置及び画像形成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

(a) 現在、複写機、プリンタ、ファクシミリ等の画像形成装置では、光導電性を有する感光層を表面に設けた像担持体(以下、「感光体」と記す。)上に静電潜像(以下、「潜像」と記す。)を形成し、この潜像を、現像剤を収納した現像装置を用いて可視像化し、この可視像をシート状の記録媒体に転写して最終画像を得ている。

10

【0003】

現像装置に収納される現像剤は、主にトナーと磁性キャリアによって構成される二成分現像剤(以下、単に「現像剤」と記す。)が、カラー化が容易なことから広く用いられている。現像剤は、現像装置内の攪拌・混合により摩擦帯電される。この摩擦帯電された静電電荷によってトナーが磁性キャリア表面に静電的に付着する。トナーが付着した磁性キャリアは、内部に磁石を有する筒状の現像剤担持体(以下、「現像スリーブ」と記す。)表面に磁力で引き付けられて担持され、回転する現像スリーブ上を現像領域に向けて搬送させられる。

【0004】

現像スリーブの感光体に対向する対向領域のうち、最も現像スリーブが感光体に接近している最接近位置における現像スリーブの内部には、現像のための磁石(以下、「第1の磁石」と記す。)が配置されている。

20

【0005】

現像スリーブ上を搬送される現像剤が、この第1の磁石に近づくにつれて、第1の磁石の磁力線に沿って、現像剤中の多数の磁性キャリアが集合して穂又はチェーンを形成する。この多数の穂が、まるでブラシのように見えることから磁気ブラシと、一般に呼称され、この磁気ブラシの状態を利用する現像方式を磁気ブラシ現像と呼称されている。

【0006】

この磁気ブラシ現像では、現像領域で磁気ブラシが感光体に接触しており、誘電体である磁性キャリアが、感光体と現像スリーブ間の電界強度を高めることで、磁気ブラシの穂の先端部を構成している磁性キャリアの表面から潜像(感光体表面)へとトナーが直に移ることで、現像がなされると考えられている。

30

【0007】

この考えによれば、従来の磁気ブラシ現像では、現像スリーブの表面の内、最接近位置を中心として限られた領域で、磁性キャリアが集合した穂によって形成される磁気ブラシから潜像に移行するトナーしか現像に寄与せず、磁気ブラシがない部分、磁気ブラシが潜像に非接触の部位では、磁気ブラシ先端部から直に潜像へトナーが移行することによる現像は起こり得ない。

【0008】

つまり、トナー現像できる部位は磁気ブラシの先端部が感光体に接触している限られた領域であり、そのため、現像されるトナーを多くすることは、この限られた領域という条件以外の他の条件を調整する下では非常に困難であった。

40

【0009】

(b) この限られた領域の中で、高濃度の画像を得る現像方法として、二成分現像剤を用いて、磁性粒子の穂に担持されたトナー粒子と現像剤担持体上に担持されたトナー粒子とを交番電界により現像する現像方法が開示されている(例えば、特許文献1参照)。

【0010】

上記開示の現像方法では、現像領域は磁性粒子が摺擦している領域であって、この領域にある磁性粒子の穂に保持されたトナー粒子と現像剤担持体上のトナー粒子だけでは十分な

50

高濃度の画像を得ることが困難である。また、磁性粒子の穂が少ないため電極効果によりソリッド部のベタ埋まりの良い滑らかな高品位の画像を得るのは困難である。

【0011】

(c)別の現像方法として、潜像担持体と近接する現像領域が二つの磁極間に挟まれるように該二つの磁極を配置し、現像剤の層厚よりも現像スリーブと潜像担持体の間隙が大きくなるように設定し、上記現像剤をジャンピングさせることにより現像を行なう非接触極間現像方法が知られている(例えば、特許文献2参照)。

【0012】

この現像方法においては、ハイライト部の再現性を極めて良好にすることが可能であり、ハーフトーン部においても細密な画像が得られるが、現像効率が劣り、ベタ黒画像の濃度が不十分となったり、「かすれ」を生じる場合があった。

10

【0013】

以上にみたように、従来の現像方法では、現像効率や、ベタ黒画像の画像濃度に関してさらなる品質の改善の必要がある。

【0014】

(d)本発明者等は、非公知であるが、新しい現像方法として、「内部に磁石を有する現像剤担持体を像担持体に対向して配置し、この現像剤担持体表面にトナーと磁性キャリアとを含む二成分現像剤を層状に担持させて、前記現像剤担持体と前記磁石間に速度差を与えることにより前記二成分現像剤層を前記像担持体との少なくとも対向領域で磁気ブラシを形成しつつ流動させ、この流動の過程で磁性キャリアから離脱した遊離トナーを前記像担持体上の潜像に付着させて現像に供する現像方法」を提案し、出願している。

20

【0015】

上記提案技術にかかる現像方法では遊離トナーで現像することから、後述するように現像が行なわれる領域が上記(a)の所謂磁気ブラシ現像法のように磁性キャリアが像担持体に直接接している領域のみ行なう現像よりも、現像に寄与する遊離トナーが存在するため、現像領域が広がり、現像される量が増して現像効率が向上し、ソリッド部のベタ濃度の高い画像を得られることがわかった。

【特許文献1】

特許第2668781号公報

【特許文献2】

特開平5-303284号公報([0008]~[0009])

30

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記(d)の現像方法を基礎として、像担持体と現像剤担持体とが対向する位置全てを現像に寄与させることで、トナーにより現像される領域を多くし、ソリッド部における画像濃度が高く、かつ、ベタ黒画像の画像濃度も高い高品位の画像を得ることができ、現像方法、現像装置及び画像形成装置を提供することを課題とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記課題を達成するため以下の構成とした。

40

(1)像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法が、現像領域内で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成する現像方法であって、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度E(V/m)が

$$E = \left| (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot V_{SL}) \right|$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot T$$

ここで、A:トナー平均帯電量(C/kg)、T_c:トナー濃度(wt%)、d:トナー平均粒径(m)、D:磁性キャリア平均粒径(m)、T:トナー比重(kg/m³)、

50

c : キャリア比重 (kg / m^3)、 $\mu_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F / m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m / sec)
 となる領域に磁性キャリアの集合した穂が立ち上がる部分が少なくとも1ヶ所以上存在することとした (請求項 1)。

(2) . 像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法が、現像領域内で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成する現像方法であって、
 像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V / m) が

10

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \mu_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、} B = T_c \cdot D^3 \cdot c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C / kg)、 T_c : トナー濃度 ($\text{wt} \%$)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 T : トナー比重 (kg / m^3)、 c : キャリア比重 (kg / m^3)、 $\mu_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F / m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m / sec)

となる領域に磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、そして穂が寝る連続部分が少なくとも1ヶ所以上存在することとした (請求項 2)。

(3) . (1) 又は (2) に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像剤担持体上で磁性キャリアが集合した穂が立ち上がる時に、現像領域内の磁石により、磁気ブラシの先端が現像剤担持体上の磁性キャリアの集合した現像剤層から分離した状態であることとした (請求項 3)。

20

(4) . (1) 乃至 (3) の何れかに記載の現像方法において、前記現像方法は、現像剤担持体上で磁性キャリアが集合した穂が寝る時に、現像領域内の磁石により、磁気ブラシの先端が現像剤担持体上の磁性キャリアの集合した現像剤層と一緒にした状態であることとした (請求項 4)。

(5) . 像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

30

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V / m) が

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \mu_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、} B = T_c \cdot D^3 \cdot c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C / kg)、 T_c : トナー濃度 ($\text{wt} \%$)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 T : トナー比重 (kg / m^3)、 c : キャリア比重 (kg / m^3)、 $\mu_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F / m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m / sec)

となる領域内で、表面にトナーを有する磁性キャリアから、トナーを像担持体に散布して現像することとした (請求項 5)。

40

(6) . (5) に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域内で形成される磁気ブラシを像担持体に接触させて、磁性キャリア表面からトナーを離脱させ、この離脱させた遊離トナーを像担持体へ散布させ、現像することとした (請求項 6)。

(7) . (5) 又は (6) に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域内で形成される磁気ブラシを像担持体に接触させて、既に現像されているトナーを像担持体から離脱させることとした (請求項 7)。

(8) . 像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方

50

法において、

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V/m) が

$$E = (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \rho_T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C/kg)、 T_c : トナー濃度 ($wt\%$)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 ρ_T : トナー比重 (kg/m^3)、 ρ_c : キャリア比重 (kg/m^3)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m/sec)

となる領域内で、トナーを表面に有する磁性キャリアにより形成される磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて、トナーを現像させることとした (請求項 8)。 10

(9) . (8) に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域内で、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて、既に現像されたトナーを像担持体から離脱させることとした (請求項 9)。

(10) . 像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V/m) が 20

$$E = (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \rho_T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C/kg)、 T_c : トナー濃度 ($wt\%$)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 ρ_T : トナー比重 (kg/m^3)、 ρ_c : キャリア比重 (kg/m^3)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m/sec)

となる領域で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成し、磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、そして穂が寝る間にトナーを離脱させて現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に接触させて遊離トナーを像担持体へ散布して現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて現像することとした (請求項 10)。 30

(11) . (10) に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像領域で形成される磁気ブラシを像担持体に接触させて、像担持体からトナーを離脱させ、かつ、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて、既に現像されたトナーを像担持体から離脱させることとした (請求項 11)。

(12) . 像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体が、トナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持し、像担持体との間に形成される現像領域に搬送し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像方法において、

前記現像方法は、像担持体と現像剤担持体との対向領域に形成される電界強度 E (V/m) が 40

$$E = (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL})$$

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \rho_T$$

ここで、 A : トナー平均帯電量 (C/kg)、 T_c : トナー濃度 ($wt\%$)、 d : トナー平均粒径 (m)、 D : 磁性キャリア平均粒径 (m)、 ρ_T : トナー比重 (kg/m^3)、 ρ_c : キャリア比重 (kg/m^3)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)、 R ; 現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} : 現像剤担持体の線速 (m/sec)

となる領域で、表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成し、磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、さらに寝る間にトナーを離脱させて現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に近接 50

させて現像することとした（請求項 12）。

（13）．（12）に記載の現像方法において、前記現像方法は、現像剤担持体上に形成される磁性ブラシが、像担持体に非接触状態で現像することとした（請求項 13）。

（14）．（1）乃至（13）の何れかに記載の現像方法において、前記現像方法は、現像剤担持体（ V_s ）と像担持体（ V_p ）との線速比（ V_s / V_p ）は、 $0.9 < V_s / V_p < 4$ の範囲にあることとした（請求項 14）。

（15）．（1）乃至（14）の何れかに記載の現像方法において、前記現像方法は、前記像担持体と前記現像剤担持体間に印加する電界で現像するのであり、この電界を交番電界とした（請求項 15）。

（16）．像担持体に対向して配置され、内部に磁石を有する現像剤担持体を備え、この現像剤担持体がトナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持して、現像領域に搬送し、現像剤担持体と像担持体の間に電界を印加し、像担持体表面上に形成される潜像をトナーで現像する現像装置において、前記現像装置は、（1）乃至（15）の何れかに記載の現像方法により現像するものとした（請求項 16）。 10

（17）．光導電性を有し、表面に潜像を形成する像担持体と、像担持体を帯電する帯電装置と、像担持体に対向して配置され、表面にトナーとトナーを保持する磁性キャリアを収納し、像担持体表面にトナー像を形成する現像装置と、像担持体表面に形成されるトナー像を記録部材に転写する転写装置とを有する画像形成装置において、前記画像形成装置は、（16）に記載の現像装置を有することとした（請求項 17）。 20

【0018】

【発明の実施の形態】

[1] 現像装置

本発明の現像方法は、以下に説明する現像装置を用いて行なうことができる。

[1-1] 現像装置の基本構成（請求項 16 関連）

ここでは、以下に説明する現像方法を実施することができる現像装置 110 の基本構成を説明する。

【0019】

図 1 において、感光層を表面に設け筒状をした感光体 100 の周囲には、感光体 100 表面を帯電するための帯電装置 101 が設けられている。感光体 100 は図 1 において矢印 30 で示す反時計回りの向きに回転される。この感光体 100 に対向し、所定の現像ギャップ GP を有するようにして、内部に磁石を有する筒状をした現像スリーブ 111c が配置されている。

【0020】

現像ケーシング 115 内には現像剤（前記したようにトナーと磁性キャリアからなる）が収容されていて、攪拌スクリュウ 112、113 の回転により攪拌されて現像スリーブ 111c に供給される。

【0021】

現像ケーシング 115 の上部にはトナー供給手段としての構成部分があり、トナー収納部 116 が設けられていて、消費されたトナーに見合う適量分が現像ケーシング 115 内に補給されるようになっている。 40

【0022】

感光体 100 について、帯電器 101 よりもこの感光体 100 の回転方向 100R の下流部位には、予め帯電器 101 により一様に帯電された帯電処理面に潜像を形成するためのレーザー光線 Lb の照射される位置があり、この位置でのレーザー光線の照射により潜像 Li が形成される。潜像 Li が形成された感光体 100 は、現像スリーブ 111c とが対向する対向領域に至り、この対向領域で該潜像 Li に帯電したトナーが付着してトナー像が形成される。

【0023】

現像スリーブ 111c の回転と共に搬送される現像剤の搬送方向 111R（図において時 50

計回り方向)の上流側部分には、トナーを保持した磁性キャリアによる磁気穂の穂高さ、すなわち、現像スリーブ111上の現像剤層の厚みを規制する層厚規制部材としてのドクターブレード114が設けられている。

【0024】

従来、ドクターブレードとしては非磁性材料のみからなる板状のものが使用されていたが、本実施形態におけるドクターブレード114は、磁性材料からなる板を従来の非磁性の板に接合した構成を有している。磁性材料を用いることで、後述するように、穂高の揃った磁気穂が形成されやすくなる。

【0025】

図1では、感光体100上のトナー像を記録紙へ転写するための転写装置、感光体100上の残留トナーを除去するためのクリーニング装置、感光体100上の残留電位を除去するための除電装置等は省略してある。

【0026】

このような構成において、カラー画像の形成に際しては感光体100上のトナー像が、例えばシアン、マゼンタ、イエロー、ブラックなどのトナー像が同様の画像形成プロセスにより中間転写ベルト上に重ね合わせて転写されてフルカラートナー像が形成される。このフルカラートナー像は不図示の給紙トレイから搬送された記録紙へ転写され、この記録紙上の未定着のトナー像は該記録紙が中間転写ベルトから分離された後、不図示の定着装置を通過する間に定着される。一方、転写されずに感光体100上に残留したトナーは、クリーニング装置によって除去され回収される。残留トナーを除去された感光体100は除電ランプで初期化され、次の画像形成プロセスに供される。

【0027】

現像スリーブ111cは現像ローラ111の一部をなし、不動の磁石の回りを回転するように構成されている。現像ローラ111の構造を示した図2において、現像ローラ111は不動部材である現像ケーシング115に固定されている固定軸111a及びこの固定軸111aと一体の円柱状をした磁石支持体111bと、磁石支持体111bのまわりをギャップを介して覆っている筒状の現像スリーブ111c及びこの現像スリーブ111cと一体的な回転部材111d等からなる。

【0028】

固定軸111aに対して回転部材111dは軸受111eを介して回転自在であり、回転軸111dは図示省略の回転駆動手段から動力を伝達されて回転駆動される。

【0029】

磁石支持体111bの外周部には、図3に示すように所定の間隔をおいて複数の磁石MG1a、MG1b、MG1c、MG2、MG3、MG4、MG5、MG6(以下、全体をMGと総称する。)が固定されている。これらの磁石MGの周囲を現像スリーブ111cが回転されるわけである。

【0030】

現像スリーブ111cとしては、アルミニウム、真鍮、ステンレス、導電性樹脂などの非磁性体が用いられ、円筒形の該現像スリーブ111cが不図示の回転駆動機構によって磁石MGのまわりを図1、図3の例では時計回りの向きに回転されるようになっている。

【0031】

これらの磁石MGは、現像スリーブ111cの回転と共に現像剤を穂立ちさせつつ搬送するように磁界を形成する。これらの磁石MGから発せられる法線方向磁力線に沿うように、磁性キャリアが集合して穂が形成され、さらに、この穂が集合して磁気ブラシが形成される。穂や、磁気ブラシは磁性キャリアの集合からなり、この磁性キャリアには帯電したトナーが保持されている。

【0032】

現像スリーブ111cは現像ギャップGPを介して感光体100に近接して配置されていて、双方の対向領域で現像が行われる。本例では、感光体100も現像スリーブ111c

も共に筒状をしているので、凸曲面同士が近接して対向する対向領域では、現像スリーブ 111c と感光体 100 との間隔が最も接近する位置である最接近位置を間にしてその両側に進むにつれて次第に間隔が広がるといふ対向面を構成する。なお、感光体 100 が筒状でなく、例えば、ベルト状に構成されることにより、平面状の場合でも、同じように最接近位置は構成される。図 1、図 2 に示した例では、現像スリーブ 111c の中心 O1 と、感光体 100 の中心 O2 とを結ぶ仮想の線上に最接近位置がある。

【0033】

図 3 において、現像スリーブ 111c の回りに、前記した第 2 の磁石 MG1a、第 1 の磁石 MG1b、磁石 MG1c、MG2、MG3、MG4、MG5、MG6 に対応して、これら磁石による磁力分布が符号 P1a、P1b、P1c、P2、P3、P4、P5、P6 で模視的に示すように生じている。

10

【0034】

第 1 の磁石 MG1b (磁力分布 P1b) は最接近位置に対応して位置し、現像スリーブ 111c の回転方向 111R 上であって、この第 1 の磁石 MG1b (磁力分布 P1b) を挟んで上記回転方向上流側に第 2 の磁石 MG1a (磁力分布 P1a)、下流側に磁石 MG1c (磁力分布 P1c) がそれぞれ位置している。

【0035】

さらに、現像スリーブ 111c の回転方向 111R 上であって、この磁石 MG1c (磁力分布 P1c) の上記回転方向下流側に、磁石 MG3 (磁力分布 P3)、磁石 MG4 (磁力分布 P4)、磁石 MG5 (磁力分布 P5)、磁石 MG6 (磁力分布 P6) が順に位置している。これらのうち、第 2 の磁石 MG1a (磁力分布 P1a)、第 1 の磁石 MG1b (磁力分布 P1b)、磁石 MG1c (磁力分布 P1c) は、現像スリーブ 111c と感光体 100 との対向領域内に位置している。

20

【0036】

この現像装置 110 を用いた本発明の現像方法は、少なくとも第 2 の磁石 MG1a (磁力分布 P1a) 及び第 1 の磁石 MG1b (磁力分布 P1b) により形成される磁気ブラシの立ち上がりから寝るまでの動作態様を利用して行なう。

【0037】

磁石 MG1c (磁力分布 P1c) は隣り合う第 1 の磁石 MG1b (磁力分布 P1b) の形成する磁力の半値幅を、磁石 MG6 (磁力分布 P6) は隣り合う第 2 の磁石 MG1a (磁力分布 P1a) の形成する磁力の半値幅を、それぞれ磁気ブラシの上記動作態様が現像に効果的に行なわれるように所定の狭い幅に規制する。これにより、現像性能を高めることができる。

30

【0038】

図 4 (a) において、本例では、全ての磁石 MG は互いに隣り合うことで互いに磁石の形成する磁力の半値幅を規制する関係にあり、相互に協働して、各磁石 (磁力分布) の機能を有効に果たし得るような磁石の形成する磁力の半値幅の値を設定している。

【0039】

磁石の形成する磁力の半値幅を狭くすることにより、穂が立ち上がり、そして寝るといふ動作が急激に (速く) 行なわれて磁気ブラシはカクカク動くようになる。このため、磁気ブラシの動きが速くなり、穂の形態が乱されるなど攪乱効果を生じて磁性キャリアからのトナーの分離、飛翔が起こり易くなると考えられる。また、現像剤が感光体に接触している時間を短くできるため、磁性キャリアへのカウンターチャージの誘起も起こり難くなると考えられる。

40

【0040】

磁石 MG4 (磁力分布 P4) は現像スリーブ 111c 上に現像剤を汲み上げる機能を有する。磁石 MG3 (磁力分布 P3) は穂切れ極である。磁石 2、磁石 5、磁石 6 (磁力分布 P2、P5、P6) は現像スリーブ 111c 上に汲み上げられた現像剤を対向領域まで搬送する機能を有する。

【0041】

50

これら各磁石 M G 1 a (磁力分布 P 1 a)、M G 1 b (P 1 b)、M G 1 c (P 1 c)、M G 2 (P 2)、M G 3 (P 3)、M G 4 (P 4)、M G 5 (P 5)、M G 6 (P 6) の中心は現像スリーブの半径方向に向けて配置されている。

【 0 0 4 2 】

本例では磁石を 8 極で構成し現像スリーブ 1 1 1 c と感光体 1 0 0 との対向領域では 3 つの磁石 (磁石 M G 1 a、磁石 M G 1 b、磁石 M G 1 c) を設けているが、遊離トナーをより多く発生させるためには、磁石を 4 つ以上設けてもよい。現像剤の汲み上げ性、黒ベタ画像追従性を向上させるために、磁石 P 3 からドクターブレード 1 1 4 の間に磁石を増やして 1 0 極や 1 2 極で構成しても良い。

【 0 0 4 3 】

第 2 の磁石 M G 1 a、M G 1 b、M G 1 c は、この順で現像スリーブ 1 1 1 c の回転方向 1 1 1 R 上流側から並ぶ横断面の小さな磁石から構成されており、これら磁石は希土類金属合金により作製されている。サマリウム合金磁石、特にサマリウムコバルト合金磁石などを用いることもできる。希土類金属合金磁石のうち代表的な鉄ネオジウムボロン合金磁石では最大エネルギー積が 358 kJ/m^3 であり、鉄ネオジウムボロン合金ボンド磁石では最大エネルギー積が 80 kJ/m^3 前後である。

【 0 0 4 4 】

このような磁石によって従来の磁石と異なり、相当に小サイズ化しても必要な現像ローラ表面磁力を確保できる。或る程度現像スリーブ径を大きくすることが許容される場合には、従来のフェライト磁石やフェライトボンド磁石を用い、現像スリーブ側に向いた磁石先端部を細く形成することで磁石の形成する磁力の半値幅を狭くすることが可能である。

【 0 0 4 5 】

本例では、図 4 (a) に示すように、第 1 の磁石 M G 1 b、磁石 M G 2、磁石 M G 3、磁石 M G 6 が N 極をなし、磁石 M G a、M G 1 c、磁石 M G 5 が S 極をなしている。例えば第 1 の磁石 M G 1 b として、現像ローラ上で 85 mT 以上の法線方向磁力を有する磁石が用いられた。例えば 60 mT 以上の磁力を有すれば、磁性キャリア付着などの異常画像の発生が無いことが確認されている。これよりも小さい磁力の場合には磁性キャリア付着が発生した。

【 0 0 4 6 】

第 2 の磁石 M G 1 a、第 1 の磁石 M G 1 b、磁石 M G 1 c の各磁石幅は 2 mm であった。この時の磁力分布 P 1 b の磁力の半値幅は 16° であった。更に磁石の幅を狭くすることで、磁力の半値幅は更に細くなることが確認された。 1.6 mm 幅を用いた際の第 1 の磁石 M G 1 b による磁力分布 P 1 b の磁力の半値幅は 12° であった。

【 0 0 4 7 】

第 1 の磁石 M G 1 b と第 2 の磁石 M G 1 a、磁石 M G 1 c など磁石の位置関係を示した図 4 (b) において、磁力分布 P 1 a、磁力分布 P 1 c の各磁力の半値幅は 35° 以下に形成する。この部分での磁力の半値幅は外側に位置する磁力分布 P 2 や磁力分布 P 6 の磁力の半値幅が大きいため磁力分布 P 1 b でのように半値幅を相対的に狭く設定することができない。

【 0 0 4 8 】

第 1 の磁石 M G 1 b と第 2 の磁石 M G 1 a、磁石 M G 1 c の位置関係については、第 1 の磁石 M G 1 b の両側にある第 2 の磁石 M G 1 a、磁石 M G 1 c による挟角を 30° 以下に形成する。上記の例では、磁力分布 P 1 b での半値幅を 16° に設定するために当該挟角は 22° とした。更に磁石 M G 1 a、磁石 M G 1 c とこれら磁石の各外側にある磁石 M G 2、M G 6 とによる変極点 (0 mT : 磁力が N 極から S 極、S 極から N 極に変わる点) の挟角を 120° 以下にしている。

【 0 0 4 9 】

この現像装置 1 1 0 では、図 3 に示すように、固定軸 1 1 1 a には接地されたバイアス用の電源 V P が接続されている。固定軸 1 1 1 a に接続された電源 V P の電圧は、図 2 に示した導電性の軸受 1 1 1 e、導電性の回転部材 1 1 1 d を経て現像スリーブ 1 1 1 c に印

10

20

30

40

50

加される。一方、図3において、感光体100を構成する最下層の導電性支持体31は接地されている。

【0050】

こうして、対向領域には、磁性キャリアから離脱したトナーを感光体100側へ移動させる電界を形成しておき、トナーを感光体100側に向けて移動させることに供している。

【0051】

以上、図1乃至図4で説明したように、感光体100に対向して配置され、内部に磁石MGを有する現像スリーブ111cを備え、この現像スリーブ111cがトナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む現像剤を表面に担持して、この担持した現像剤を感光体100との間の対向領域に搬送し、現像スリーブ111cと感光体100との間に電界を印加し、感光体100の表面上に形成されている潜像Liをトナーで現像する現像装置110が構成される。本発明の現像方法は、かかる現像装置110を用いて行なうことができる。

10

【0052】

なお、本例の現像装置はレーザー光線Lbで書き込む方式の画像形成装置と組み合わせた例としている。帯電装置101により感光体100上に一様に負極性の電荷を乗せ、書込量を少なくするために文字部をレーザー光線Lbで露光することで、低下した電位の文字部(潜像Li)に負極性のトナーで現像する所謂反転現像方式を採用している。これは一例であり、本発明の現像方式の中で、感光体100に乗せる帯電電荷の極性は大きな問題ではない。

20

【0053】

この現像装置110では、内部に磁石MGを有する現像スリーブ111cを感光体100に対向して配置しており、このスリーブ111c表面にトナーと磁性キャリアとを含む現像剤を層状に担持させて、不動の磁石MGに対して現像スリーブ111cを回動させることで、現像スリーブ111cと磁石間MGに速度差を与え、この速度差を利用して現像剤層を少なくとも対向領域で磁気ブラシを形成しつつ流動させ、この流動の過程で磁性キャリアから離脱した遊離トナーを感光体100上の潜像Liに付着させて現像に供することを前提としている。

【0054】

[1-2] 速度差

現像スリーブ111cと磁石間MGに速度差を与える手段として、上記例では磁石MGを不動とし、現像スリーブ111cを回動させることとしたが、これに限らず、現像スリーブ111cを不動とし、磁石MGを回動させることにより現像スリーブ111cと磁石間MGに速度差を与えて、同様の現像を行なうこと、また、現像スリーブ111cと磁石MGを反対方向に回動することも可能である。

30

【0055】

[1-3] 現像ギャップ

磁性キャリア粒径が5感光体100と現像スリーブ111との間隔である現像ギャップGPは、磁気ブラシの先端部を感光体100に接触させるタイプ、非接触のタイプ、さらにこれらのタイプでも穂立ち位置を最接近位置に対応させて配置するか、ずらして配置させるかなど種々の条件により一概にはいえず、個々の具体条件に従い定める。

40

【0056】

[1-4] 現像剤

現像スリーブ111cの感光体100とは反対側の領域には、現像ケーシング115内の現像剤を攪拌しながら現像スリーブ111cへ汲み上げるための攪拌スクリュウ112が設けられている。現像ケーシング115内の現像剤は、トナーTと磁性キャリアCからなり、この現像剤は図示しない駆動手段により回転させられる攪拌スクリュウ112、113で混合・攪拌され、トナーTが摩擦帯電される。このときのトナー帯電量(q/m)は、-5~-60μC/g、好ましくは、-10~-30μC/gがよい。

【0057】

50

また、磁性キャリアCとしては、鉄、ニッケル、コバルト等の金属又はこれらと他の金属による合金、マグネタイト、ヘマタイト、二酸化クロム、銅亜鉛フェライト、マンガン亜鉛フェライト等の酸化物、マンガン-銅-アルミニウム等のホイスラー合金等の強磁性体粒子を用いることができる。

【0058】

さらに、この強磁性体粒子をスチレン-アクリル系、シリコーン系、フッ素系等の樹脂で被覆してもよい。これらは、トナーTとの帯電性を考慮して適宜選択することができる。磁性体粒子を被覆する樹脂には、荷電制御剤、導電性物質等を添加してもよい。

【0059】

また、スチレン-アクリル系、ポリエステル系等の樹脂中にこれらの磁性体粒子を分散させたものであってもよい。強磁性体の飽和磁化の強さは、 $45 \sim 85 \text{ emu/g}$ が好ましい。 45 emu/g 未満では、飽和磁化の強さが低いために、搬送性が低下し、また、感光体100への磁性キャリア付着が多くなる。 85 emu/g を越えると、飽和磁化の強さが高いために、磁気ブラシが強くなり、スキャベンジ効果が強く、ハーフトーン部にスキャベンジ跡が生じ、画像品質を低下させる。

【0060】

トナーTとしては、少なくとも熱可塑性の樹脂とカーボンブラック、銅フタロシアニン系、キナクリドン系、ビスアゾ系の顔料を有するものを用いる。樹脂としては、スチレン-アクリル系、ポリエステルの樹脂が好ましい。この他に、定着助剤としてポリプロピレン等のワックス、トナー帯電量を制御するための含合金染料を内添することができる。さらに、表面処理したシリカ、アルミナ、酸化チタン等の酸化物、窒化物、炭化物等を外添してもよい。さらに、脂肪酸金属塩、樹脂微粒子等を併せて外添してもよい。

【0061】

[1-5]穂、磁気ブラシ、穂立ち部の説明(請求項1~4関連)
図1、図3、図4等に示したように、現像スリーブ111cの外周面からは、その内部に設けた磁石MGにより磁力分布P1a、P1b、P1c、P2、P3、P4、P5、P6が放射状に形成されている。

【0062】

現像スリーブ111cの回転により、現像剤は該現像スリーブ111c上に担持されて該現像スリーブ111cと共に搬送される。この搬送過程で各磁力分布中を現像剤が通過するとき、磁性キャリアが穂状に集合した磁気穂が現像スリーブ111c上の現像剤層から立ち上がり、そして該磁気穂が寝るといった現象がある。ここで、磁気穂は磁力分布における法線方向磁力線に沿うように形成される。

【0063】

ここでは、図1に示した磁力分布のうち、任意の1つの磁力分布、例えば、磁力分布P1aを通過する現像剤が形成する磁気穂に着目してその変化を模式的に例示した図5を参照しつつ、磁気穂、遊離トナー、穂立ち部等について説明する。

【0064】

図5において、磁力分布P1a内で形成されている法線方向磁力線を1~7の符号で模式的に示す。これらの法線磁力線1~7は、法線磁力線1が現像スリーブ111cの略接線方向に向いていて、法線磁力線2~3への番号が進むにつれて、立ち上がりの角度を増し、法線磁力線4で現像スリーブ111cの周面に略垂直となり、最も高く立ち上がった状態となる。

【0065】

この法線磁力線4を対称軸として先程の立ち上がり時における各法線磁力線3、2、1と対称に、法線磁力線5、6、7の順に寝る方向に傾きを増していき、法線磁力線7では現像スリーブ111cの略接線方向近くまで傾いて寝た状態となっている。法線磁力線4は、図1における中心O1と中心O2とを結ぶ線分と合致する。

【0066】

これらの法線磁力線 1 ~ 7 は、現像スリーブ 1 1 1 c の表面から外方に向けて定位置に形成されている。現像スリーブ 1 1 1 c 上に担持されて該現像スリーブ 1 1 1 c と共に搬送される現像剤は、該現像スリーブ 1 1 1 c 上に層をなしているが、図 5 では繁雑さを避けるため図示を省略している。また、磁性キャリア C C にはトナー T が静電力で保持されているが、これも個々に図示すると繁雑になるので図示を省略している。

【 0 0 6 7 】

現像スリーブ 1 1 1 c 上の現像剤層が現像スリーブ 1 1 1 c とともに移動し磁力分布 P 1 a にさしかかると、図 5 (a) に示すように、法線磁力線 1 に沿って磁性キャリア C C が穂状に集合した磁気穂 (或いは磁気穂が集合した磁気ブラシ) として現像剤層から分離して立ち上がる。

10

【 0 0 6 8 】

即ち、現像スリーブ 1 1 1 c 上で磁性キャリア C C が集合した磁気穂 (単に、穂ともいう。) が立ち上がる時に、現像領域内の磁石により磁気ブラシの先端が現像スリーブ 1 1 1 c 上の磁性キャリア C C の集合した現像剤層から分離した状態を生じ、以下に述べるように磁性キャリア C C からトナー T が離脱して遊離トナーとなる (請求項 1、3 関連) 。

【 0 0 6 9 】

この磁気穂は現像スリーブ 1 1 1 c の軸長手方向から見ると穂状をなし、磁気穂が紙面を貫く方向である現像スリーブ 1 1 1 c の長手方向に磁石 M G 1 a に対向して形成されている。

【 0 0 7 0 】

図 5 (a) に示したように現像剤層から法線磁力線 1 に沿って磁性キャリア C C が立ち上がる時に、該磁性キャリア C C からトナー T が離脱する。こうして磁性キャリアから離脱し空間に放たれたトナー T は磁気穂の立ち上がり側 (磁気穂の現像スリーブ 1 1 1 c 周面に対向する側の裏側) の空間に遊離する。

20

【 0 0 7 1 】

この遊離トナーは現像に寄与し、かかる磁性キャリアの集合した穂が立ち上がる部分が少なくとも 1 ヲ所以上あれば、遊離トナーが発生するので現像が可能となる (請求項 1 関連) 。

【 0 0 7 2 】

また、磁気穂が現像剤層から立ち上がることにより現像剤層側でも現像剤に変位が生じ、この変位により現像剤層側からも磁性キャリアよりトナーが離脱されて、遊離トナー T を生じる。この遊離トナー T の発生については、後に図 7 乃至図 9 等により後述する。

30

【 0 0 7 3 】

なお、隣り合う磁気ブラシの間の現像剤層、従って穂が立ち上がらない部分においても磁性キャリア C C からトナーが離脱して遊離トナー T となり、現像に供される。

【 0 0 7 4 】

かかる遊離トナー T は、感光体 1 0 0 の画像部 (帯電後露光された部位つまり、潜像 L i 部) が対向領域にあるときに生じて画像部への飛翔がなされ、感光体の非画像部 (帯電されたままで未露光の部位) が対向領域にあるときには遊離トナー T は生じなかった。

【 0 0 7 5 】

図 5 (a) に示した状態から、さらに現像スリーブ 1 1 1 c の回転が進むことにより、磁気穂は法線磁力線 1 から法線磁力線 2 に沿うように形態及び位置を変える。この変化後における磁気穂の状態を図 5 (b) に示す。この変化の過程で、磁性キャリア C C からは、新たにトナー T が離脱され、磁気穂の立ち上がり側 (磁気穂の回転方向 1 1 1 R での上流側) に向けて放たれて遊離トナーとなる。

40

【 0 0 7 6 】

図 5 (b) に示した状態から、さらに現像スリーブ 1 1 1 c の回転が進むことにより、磁気穂は法線磁力線 2 から法線磁力線 3 に沿うように形態及び位置を変える。この変化後における磁気穂の状態を図 5 (c) に示す。この変化の過程で、磁性キャリア C C からは、新たにトナー T が離脱され、磁気穂の立ち上がり側 (磁気穂の回転方向 1 1 1 R

50

での下流側)に向けて放たれて遊離トナーとなる。

【0077】

図5(c)に示した状態から、さらに現像スリーブ111cの回転が進むことにより、磁気穂は、法線磁力線3から法線磁力線4に沿うように形態及び位置を変え現像スリーブ111c周面から直立状に最も立ち上がった状態となる。この変化後における磁気穂の状態を図5(d)に示す。この変化の過程で、磁性キャリアCCからは、新たにトナーTが離脱され、磁気穂の先端部のまわりに放たれ、遊離トナーとなる。

【0078】

図5(d)に示した状態から、さらに現像スリーブ111cの回転が進むことにより、磁気穂は法線磁力線5に沿うように形態及び位置を変える。この法線磁力線5は法線磁力線4よりも回転方向111R上の下流側に隣接して位置し現像スリーブ111c周面から離れるにつれて下流側(寝る側)に傾いて形成されているので、磁気穂もこれに沿う形で形成される。

10

【0079】

この変化後における磁気穂の状態を図5(e)に示す。この変化の過程で、磁性キャリアCCからは、新たにトナーTが離脱されて磁気穂が寝る側と反対側(磁気穂の回転方向111Rでの上流側)及び磁気穂の先端部近傍に放たれた遊離トナーとなる。

【0080】

図5(e)に示した状態から、さらに現像スリーブ111cの回転が進むことにより、磁気穂は、法線磁力線5からさらに寝る度合いを増した法線磁力線6に沿うように形態及び位置を変える。この変化後における磁気穂の状態を図5(f)に示す。この変化の過程で、磁性キャリアCCからは、新たにトナーTが離脱されて磁気穂が寝る側と反対側(磁気穂の回転方向111Rでの下流側)及び磁気穂の先端部近傍に放たれた遊離トナーとなる。

20

【0081】

図5(f)に示した状態から、さらに現像スリーブ111cの回転が進むことにより、磁気穂は、磁力線6からさらに寝る度合いを増した磁力線7に沿うように形態及び位置を変える。この変化後における磁気穂の状態を図5(g)に示す。この変化の過程で、磁性キャリアCCからは、新たにトナーTが離脱されて磁気穂が寝る側(現像スリーブ111c周面に対向する側の裏側)の空間に遊離する。

30

【0082】

図5(g)に示した状態から、さらに現像スリーブ111cの回転が進むことにより、図示しないが、磁気穂および磁気穂が集合した磁気ブラシは寝るときに現像スリーブ111cの周面に形成されている現像剤層と一緒にになり、この変位により現像剤層側からも磁性キャリアよりトナーが離脱されて、遊離トナーを生じる。

【0083】

即ち、現像スリーブ111c上で磁性キャリアCCが集合した磁気穂(穂)が寝るときに、現像領域内の磁石により、磁気穂が集合した磁気ブラシの先端が現像スリーブ111c上の磁性キャリアCCの集合した現像剤層と一緒にになった状態となり、その際に遊離トナーを生じる(請求項4関連)。

40

【0084】

図5では、1つの磁気穂のみに着目してその変位と遊離トナーの発生状態を模視的に図示したので、あたかも各法線磁力線1~7のうちの一つにだけ磁気穂が形成されこれだけが変位していくかのように見えるが、実際には、各磁力線1~7に沿ってそれぞれに同時的に磁気穂が形成されていて、現像スリーブ111cの回転に従い、次々に隣の法線磁力線に磁気穂が変位し、この変位を伴う流動の過程で磁性キャリアからトナーが離脱し、この離脱した遊離トナーが現像に供される。

【0085】

図5の例では、各法線磁力線1~7に沿って形成される磁気穂の集合で磁気ブラシが形成される。本例では、対向領域内で磁気穂が立ち上がり、そしてこの磁気穂が寝る

50

までの間の現像スリーブまわりの領域が穂立ち部である。

【0086】

ここで、磁気穂が立ち上がり、そして磁気穂が寝るまでの連続部分とは、現像スリーブ111c上を現像剤が搬送される過程でこの現像剤が磁石MGの磁力により、現像スリーブ111c上の現像剤層から磁気穂としてその先端部が分離したときから、この磁気穂の先端部が現像スリーブ111c上の現像剤層と一緒にあったときまでの間であり、主としてこの間での磁気穂の形態変化に応じて磁性キャリアに保持されていたトナーが磁性キャリアから離脱する。かかる連続部分が1ヵ所以上存在すれば、磁性キャリアから離脱した遊離トナーを現像に寄与させることができる(請求項2関連)。

【0087】

別の表現をすれば、1つの磁力分布での多数の法線磁力線に沿って形成される磁気穂の集合を磁気ブラシと称し、この磁気ブラシを構成する磁気穂が位置する現像スリーブ111cまわりの領域が穂立ち部であり、この穂立ち部で形成されている磁気ブラシ(磁気穂)の磁性キャリアから離脱した遊離トナーを用いて現像する。

【0088】

以上、磁力分布P1aについて、磁気穂、磁気ブラシ、穂立ち部などを説明したが、磁力分布P1b、磁力分布P1cについても対向領域において、磁力分布P1aにおけると同様な磁気穂、磁気ブラシ、穂立ち部などが形成される。

【0089】

磁気穂の形態変化に応じて多量の遊離トナーを生じさせ、この遊離トナーは磁気ブラシ(磁気穂)のまわりに多量に存在することから、この遊離トナーを現像に供することができる。従来、磁性キャリアから直接潜像にトナーを転移させる現像法に比べて、現像効率を高めることが可能となる。

【0090】

上記遊離トナーを生じさせる磁気穂の形態変化は前記したように磁石の形成する磁力の半値幅を狭くすることにより穂が立ち上がり、そして寝るという動作が急激に(速く)行なわれて磁気ブラシがカクカク動くという現象によるところが大きいと考えられる。

【0091】

以上説明した現像装置では、以下に説明する本発明の現像方法を行なうための構成を備えることにより、従来の現像領域よりも広い範囲で現像領域を設定することから、現像スリーブ111cの線速(V_s)と感光体100の線速(V_p)との線速比(V_s/V_p)を大きくすることなく、現像されるトナーの供給量を多くする現像装置を提供することができる。

【0092】

[2] 現像方法

本発明の現像方法は、磁気ブラシの穂立ち部を対向領域に少なくとも1つ形成する。感光体100の径に比べて現像スリーブ111cの径が小さいので、対向領域は最大限、現像スリーブ111cの投影面積に相当する「直径幅×軸方向長さ」の領域であり、これが最大対向領域ということになる。

【0093】

しかし、本例では、図1に示したように、ケース115が現像スリーブ111cのまわりを囲んだ構成であり、上記最大対向領域のうち、現像スリーブ側から感光体の潜像へ付着するトナーの飛翔経路を妨げない必要な部位だけを開口させており、この開口部を介して現像スリーブ111cと感光体100とが直接対向している。

【0094】

本例の現像方法では、トナー飛散を防止するなどのため、上記最大対向領域よりも、ケース115の開口部115aの回転方向111R方向での寸法を小さくしている。このため、開口部115aで制限された、上記最大対向領域よりも狭い制限された対向領域で感光体100と現像スリーブ111cとが直接対向している。

【0095】

10

20

30

40

50

本発明の現像方法において、現像領域は、磁性キャリアが集合する磁気穂が磁気ブラシを形成しているか又は現像スリーブ 1 1 1 c 上に薄い現像剤層を形成しているかの状態に係わらず現像剤中のトナー T が感光体 1 0 0 に向かって現像される領域と定義される。

【 0 0 9 6 】

以下の実施形態例では、開口部 1 1 5 a の範囲である制限された対向領域で行なわれる現像態様を説明する。

【 0 0 9 7 】

基本構成として示した図 1、図 3、図 4 等における磁石配置、磁力分布のもとで、現像スリーブ 1 1 1 c が回転方向 1 1 1 R の向きに回転することにより、磁力分布 P 4 で汲み上げられた現像剤はドクターブレード 1 1 4 部のドクターギャップを通過することで通過量を一定に規制されて、回転方向に磁力分布 P 6 により（磁力分布 P 5 の寝る途中にドクターブレード 1 1 4 があるため）搬送されて、上記制限された対向領域（以下、単に対向領域という。）に至る。

【 0 0 9 8 】

対向領域には、磁力分布 P 1 a、P 1 b、P 1 c が形成されていて、これらの磁力分布部で磁気ブラシができ、現像スリーブ 1 1 1 c の回転に応じて、現像剤は磁気ブラシを形成しつつ流動し、この対向領域内の現像領域でトナーが潜像に転移して現像がなされ、現像後の残りの現像剤は穂切れ極である P 3 で殆ど全て取り除かれ、攪拌スクリー 1 1 2 側に落ちる。

【 0 0 9 9 】

図 6 は図 1 乃至図 4 に示した現像装置の基本構成のもとで、磁気ブラシ、穂立ち部等を示している。図 6 において、磁力分布 P 1 a、P 1 b、P 1 c での磁気ブラシをそれぞれ符号 B R 1 a、B R 1 b、B R 1 c で示す。これらの磁気ブラシは図 5 で説明したような磁気穂が多数の法線磁力線 1 ~ 7 に沿って集合したもので、外観上の形状はそれほどの変化はないが、各磁気穂を構成する磁性キャリアはトナーを保持しつつ流動し、この流動の過程で磁性キャリアからトナーを離脱して遊離トナーを生じさせる。

【 0 1 0 0 】

磁気ブラシは多数の磁気穂からなり、空間に位置を占める。この多数の磁気穂の示す空間領域をブラシの穂立ち部と称する。磁気ブラシ B R 1、B R 2、B R 3 の各穂立ち部をそれぞれ穂立ち部 S P 1 a、S P 1 b、S P 1 c で示す。このように、対向領域で 3 つの穂立ち部がある。本例では、磁気ブラシ B R 1 b が感光体 1 0 0 に接触し、磁気ブラシ B R 1 a は感光体 1 0 0 に非接触である。

【 0 1 0 1 】

穂立ち部 S P 1 b は感光体 1 0 0 に対して最も近い最接近位置に対応して位置している第 1 の磁石 M G 1 b（磁力分布 P 1 b）により形成され、穂立ち部 S P 1 a はこの穂立ち部 S P 1 b よりも回転方向 1 1 1 R（現像剤の搬送方向と同義）上流側に配置された第 2 の磁石 M G 1 a（磁力分布 P 1 a）により形成される。

【 0 1 0 2 】

図 6 に示した例では、対向領域で 3 つの穂立ち部 S P 1 a、S P 1 b、S P 1 c が形成されている。これらの穂立ち部における磁気ブラシから遊離トナーを生じさせて現像する場合、これら穂立ち部のうちで最上流側の位置にある穂立ち部 S P 1 a と、最接近位置にある穂立ち部 S P 1 b により潜像の付着すべき部位に十分にトナーは付着がなされていけば、飽和状態となるため、穂立ち部 S P 1 b の下流側に位置する穂立ち部 S P 1 c では現像は殆ど行なわれない。

【 0 1 0 3 】

なお、現像スリーブ 1 1 1 c と感光体 1 0 0 との間に印加される電界が交番電界のもとでは、穂立ち部 S P 1 b 下流側でトナーの振動が起こり、潜像電位に整えられてトナー付着がなされる。

【 0 1 0 4 】

本例で穂立ち部 S P 1 c が現実に存在している例が示されているのは、第 1 の磁石 M G 1

10

20

30

40

50

b (磁石分布 P 1 b) の半値幅を最接近位置に狭い半値幅で設定するために当該第 1 の磁石 M G 1 b (磁石分布 P 1 b) に隣接して第 1 の磁石 M G 1 b (磁石分布 P 1 b) を設けなければならない、そのため、第 1 の磁石 M G 1 b (磁石分布 P 1 b) により自動的に穂立ち部 S P c が生じているのである。

【 0 1 0 5 】

例えば、磁石 M G の構成を変えたり、現像スリーブの径を変えたり、ケース 1 1 5 を形状、寸法を変えたりすることにより、図 6 に示された構成において穂立ち部 S P 1 a、S P 1 b だけが存在する構成、或いは対向領域内で最接近位置の近傍を含むそれより上流側に少なくとも 1 つの穂立ち部を構成することができれば本発明の課題は達せられる。

【 0 1 0 6 】

図 1 乃至図 4、図 6 に示したように、1 対向領域に 3 極 (磁石 M G 1 a、M G 1 b、M G 1 c) を配置し他の 5 極 (磁石 M G 2、M G 3、M G 4、M G 5、M G 6) と合わせて全 8 極の磁石による現像ローラを用い、対向領域では上記 3 極により 3 つの穂立ち部を形成する現像装置で現像した結果と、2 対向領域の感光体との最接近位置には 1 つの磁石 (本例の 3 つの磁石 M G 1 a、M G 1 b、M G 1 c に代えて、単一の磁石) のみを配置し、他の磁極は図 1 乃至図 4 に示した 5 極 (磁石 M G 2、M G 3、M G 4、M G 5、M G 6) に準じた配置の全 6 極とし、対向領域では 1 つの穂立ち部のみを形成する構成の現像ローラを具備した現像装置で現像した結果とを比較したところ、1 の現像装置による現像結果の方が 2 の現像装置による現像結果に比べて、黒ベタ追従性がよく、画像のざらつき・後端白抜け等の画質も向上していた。

【 0 1 0 7 】

なお、上記 2 の現像装置では、感光体との最接近位置にくる磁石の磁力の半値幅は 2 1 ° でこの 1 極のみが感光体との対向領域に存在している構成であり、また、上記 1、2 の現像装置とも、現像ギャップ、汲み上げ量は同じ条件で行なった。

【 0 1 0 8 】

本発明の現像方法ではさらに、対向領域で穂立ち部を形成する磁石であって感光体 1 0 0 に最も近い位置に配置された第 1 の磁石 M G 1 b により前記 2 つの穂立ち部のうち 1 つの穂立ち部である穂立ち部 S P 1 b を形成し、この穂立ち部 S P 1 b よりも現像剤搬送方向 (回転方向 1 1 1 c) 上流側の位置に配置した第 2 の磁石 M G 1 a により他の 1 つの穂立ち部 S P 1 a を形成することで、対向間隔が次第に狭まり遂に最接近位置に至るまでの現像剤搬送路過程を利用して、この間で遊離トナーを生じさせて効果的に現像を実現することができる。

以下に現像方法の詳細を説明する。

[2 - 1] 接触させる現像方法

本例は対向領域内で形成される少なくとも 1 つの磁気ブラシを感光体 1 0 0 に接触させる現像法であり、その例は、図 6 により既に概要を説明した。

【 0 1 0 9 】

本例の現像方法によれば、磁気ブラシを感光体 1 0 0 に接触させることから、遊離トナーによる現像及び、磁気ブラシ先端のキャリア上のトナーが感光体と摺擦又は近接 (中には摺接に至らず近接する穂もある) することによりトナーが潜像に直接付着する所謂接触現像による現像により、感光体 1 0 0 上に現像されたトナーを磁気ブラシ先端の磁性キャリアで離脱させることで、ソリッド部のベタ埋まりの良い滑らかなで、非画像部のかぶりの少なく、かつ横細線や文字の鮮鋭度も優れた高品位の画像を得る現像方法を提供することができる。

【 0 1 1 0 】

[2 - 1 . 1] 穂立ち部中心を最接近位置に合わせた例

図 6 において、対向領域内で形成される 2 つの磁気ブラシのうち、1 つの磁気ブラシ B R 1 b の穂立ち部 S P 1 b が最接近位置に位置して磁気ブラシが感光体 1 0 0 に接しており、他の 1 つの磁気ブラシ B R 1 a の穂立ち部 S P 1 a がこの最接近位置よりも上流側に位置して感光体 1 0 0 から離間している。

10

20

30

40

50

【0111】

このような穂立ち部による現像方法では、現像スリーブ111cと感光体100との対向間隔が次第に狭まり遂に最接近位置に至るまでの現像剤搬送路過程を利用して、この間で遊離トナーを生じさせて現像し、かつ、感光体100上に現像されたトナーを磁気ブラシBR1bによりで離脱させることでベタ濃度が高くしかも横細線や文字の鮮鋭度も優れた高品位の画像を得ることができる。

【0112】

[2-1.1a] 現像態様

前記図6において、磁気ブラシBR1bが感光体100に接触し、磁気ブラシBR1aは感光体100に非接触である。図6における穂立ち部SP1a～穂立ち部SP1b部に至る領域での磁気ブラシの状態を拡大して示したのが図7である。

10

【0113】

図7に、穂立ち部SP1aと穂立ち部SP1bに対応する現像領域dにおける磁気ブラシの状態及びトナーの状態を観察しこれを模視的に示した。

図7において、磁気穂が立ち上がり寝るまでの領域A0が現像領域の最上流位置にあたる一定領域に対応して観察される。この領域A0は、磁力分布P1aによって、現像剤中の磁性キャリアCCが、表面にトナーTを有しながら複数の磁性キャリアCCが集合して磁気穂を形成し、さらに、その法線磁力線に沿って磁性キャリアCCの穂が立ち上がり、そして現像スリーブ111c側に寝るまでの領域である。

【0114】

図7において領域A0よりも下流側に隣接した一定領域で、磁気ブラシBR1bの磁気穂が立ち上がり始める領域A1に対応して観察される。この領域A1は磁性キャリアCCの穂が立ち上がり始める領域であり、磁力分布P1bの近傍に近づいた現像剤中の磁性キャリアCCが、表面にトナーTを有しながら、複数の磁性キャリアCCが集合して磁気穂を形成し、さらに、その法線磁力線に沿って磁性キャリアCCの穂が立ち上がり始めている。

20

【0115】

現像領域で領域A1よりも下流側に隣接した一定領域で、立ち上がる磁気穂が感光体100に接する領域Bが観察される。さらに、領域Bで接した磁気穂がこの領域Bの下流側の一定領域で感光体100に摺接している領域Cが観察される。

30

【0116】

前記図6では、領域A0、領域A1、領域B、領域Cが存在し、最接近位置に領域Cが対応する関係にあるが、他の例では、現像ギャップGPがある程度大きくなると領域B、領域Cは存在しなくなる場合もあり得るし、最接近位置に対するこれらの領域A0、領域A1、領域B、領域Cの位置関係がずれることもあり得る。また、磁気穂の長さは不均一であるし、磁場の雰囲気が一様でないため（また、磁性キャリアの磁気特性に分布があったり、磁気穂を形成するキャリア数が不均一であったりすることも考えられる）、磁気穂が感光体100に接触する位置（領域）は変化する。

【0117】

(a) 領域A0での現像（請求項1、2関連）

領域A0での磁性キャリアCCの穂の立ち上がりから穂が寝るまでの状況を模視的に示した図8において、第2の磁石MG1aの配置されている位置に対応する現像スリーブ111c上では、第2の磁石MG1aの極性に係わらず磁気ブラシBR1aを形成し、磁気穂が立ち上がり始めの部に相当する磁石の間（例えば、磁石MG6と第2の磁石MG1aとの間や、第2の磁石MG1aと第1の磁石MG1bとの間に対応する現像スリーブ111c上）では現像剤の層が接線磁力が強いため、現像剤が現像スリーブ111c側に押し付けられている。

40

【0118】

図8に示すように、それまで磁性キャリアCCの集団の現像剤層中に閉じこめられていた磁性キャリアCCは、互いに磁力を有しているために、磁石間では現像スリーブ法線方向

50

の磁力線は小さいが、互いに隣接する磁石は逆極になっているために現像スリーブ接線磁力は大きい、これが磁石間では磁石上のものと比較して薄い磁性キャリアCCの集団である現像剤層を形成する力になっていて、磁性キャリアCCを現像剤層の集団の中に留めておかれる。

【0119】

この現像剤層が磁石P1aに対応する位置にくると、いくつかの磁性キャリアCCが集合して磁気穂を形成して立ち上がる。この磁気穂を形成するために集合する磁性キャリアCCの個数は、一般にドクターブレード114を通過する現像剤の量で決定されるが、それ以外にも磁性キャリアCCの磁氣的性質、磁石の有する磁力の大きさ、磁石の形状、配置の仕方による磁力線の大きさ及び傾きによって決定される。

10

【0120】

また、磁石P1aは固定されているが、現像スリーブ111cは回転しているために、立ち上がり始めた磁気穂の位置における磁力線の角度、大きさも変わっていく。このとき、磁性キャリアCCの磁気応答性に遅れがあるため、磁力線に沿った形状に磁気ブラシがすぐに揃わない、さらに、多数の磁性キャリアCCが集合した磁気穂は、集団からの拘束力から抜け出して立ち上がるが、磁石の大きな磁場が作用し、すべての磁性キャリアCCの磁氣的な極性は同一方向を向いており、互いに反発力が作用している。これらのために、磁性キャリアCCの現像剤層が突然に割れて、磁性キャリアCCの磁気穂が磁気ブラシとして立ち上がる。

【0121】

したがって、磁性キャリアCCが磁気穂を形成して立ち上がることで、トナーTが磁性キャリアCCの集団の中に閉じこめられていたのが空間が解放され、さらに、磁性キャリアCCの表面に吸着しているトナーTに大きな遠心力が作用することで、トナーTは磁性キャリアCC表面から離脱して現像空間が解放され遊離トナーTとなる。

20

【0122】

さらに、磁気穂は磁場の変化のため一定速度で立ち上がったたり、寝たりせず、加速度を持つ。このため、トナーTには慣性力が働き、立ち上がり、寝るまでの連続部分において磁性キャリアCC表面から離脱して現像空間に解放されて遊離トナーTとなる。また、磁性キャリアCC表面から離脱した遊離トナーTは、磁性キャリアCCとの静電的付着力、物理的付着力が作用していないために、現像電界等によって容易に移動させることができる。

30

【0123】

(b) 領域A1による現像(請求項1関連)

磁性キャリアCCによる磁気穂が立ち上がり始める領域A1の様子を示した図9を参照しつつ説明する。磁性キャリアCCの粒径等の粉体特性、飽和磁化の強さ等の磁気特性と磁石の飽和磁化の強さ等の磁気特性、幅及び形状等の形態特性により磁性キャリアCC表面のトナーTに作用する力を制御し、遊離トナーTを発生させることができる。

【0124】

図9に示した穂立ち部SP1bの上流側部において磁気穂が立ち上がり始めるとき遊離トナーTを生じることで、感光体100上の潜像Liに対するトナーTの付着量を大きくすることができる、いわゆる現像性の高い現像方法を得ることができる。

40

【0125】

このように、領域A1で、低い電界でも現像できる遊離トナーTを生じさせることで、いわゆる現像性の高い現像方法を得ることができる。なお、以上説明したような領域A0及び領域A1における磁性キャリアCCとトナーTの挙動は、本願発明者らが、実体顕微鏡(オリンパス社製:SZH10)とハイスピードカメラ(フクロン社製:FASTCAM-Ultima-I²)とを用いて、9000~40500コマ/秒の撮影速度で撮影した映像により確認されている。また、以下に説明する領域Bと領域Cについても、同じように確認されている。

【0126】

50

(c) 領域 B による現像 (請求項 5、6 関連)

領域 B では磁気穂 (磁気ブラシ) を感光体 100 に接触させ、この接触がなされたときに、磁性キャリアから散布状に (ふりまくような状態で) トナーを離脱させて遊離トナーを生じさせ、この遊離トナーによって現像に供される。

【0127】

即ち、現像領域で形成される磁気ブラシを感光体 100 (像担持体) に接触させて、磁性キャリア表面からトナーを離脱させ、この離脱させた遊離トナーを現像スリーブ 111c へ散布させ、現像する (請求項 5、6)

本例では、図 10 に示すように、表面にトナー T を有する磁性キャリア CC から、トナー T を感光体 100 に散布する如くして遊離トナーをふりまき、この遊離トナーを以って現像に供するのである。この感光体 100 へのトナー T の散布状の態様は磁気ブラシを構成する磁気穂が感光体 100 に強く接触することにより生ずる。

【0128】

散布状にトナーを離脱させて生ずる遊離トナーの発生部位は、最接近位置を含む近傍部である。現像スリーブ 111c と感光体 100 とは、最接近位置で最も間隔が狭く、この最接近位置を中心に両側に離れるほど、上記間隔は次第に広がる。一方、穂立ち部 SP1b は最接近域を中心に形成されているので、磁気ブラシは、最接近位置の上流側近傍で初めて感光体 100 に接触して、散布状に遊離トナーを生じる。この散布状に遊離トナーを生じる部位は、現像ギャップや、磁気ブラシの穂の高さなどの関係で、最接近位置を中心に多少の位置のずれを含む。又、磁性キャリアの粒径分布や磁気特性分布があるため、穂立ちする位置にばらつきがある。散布状にトナーを離脱させて生ずる遊離トナーの発生部位は、最接近位置を含む近傍部とした所以である。

【0129】

図 10 は磁性キャリア CC の磁気穂が感光体 100 に強く接触する状況となっている領域 B を模式的に示している。現像スリーブ 111c 上で、領域 B における磁性キャリア CC が集合して形成される磁気穂の大きさ、特にその高さは、上述したように、磁性キャリア CC の粒径等の粉体特性、飽和磁化の強さ等の磁気特性と現像主磁石の飽和磁化の強さ等の磁気特性、幅及び形状等の形態的特性により決定される。

【0130】

そのために、領域 B では、現像スリーブ 111c 上にある磁性キャリア CC の磁気穂は、現像スリーブ 111c 上で滑る場合を除いて、ほぼ現像スリーブ 111c と同じ速度で移動している。そのために、磁性キャリア CC の磁気穂の高さが現像スリーブ 111c と感光体 100 との距離よりも高くなる場合は、磁気穂の先端部が第 1 の磁石 MG1b の磁力線に沿って立ち上がる速度と現像スリーブ 111c の周速の両方の速度を以って感光体 100 に強く接触する。

【0131】

感光体 100 に強く接触する前に、磁性キャリア CC の磁気穂が完全に立ち上がっていたとしても、現像スリーブ 111c が円筒状をしているので、最接近位置に近づくにつれて次第に現像スリーブ 111c から感光体 100 までの間隔が狭まり、最接近位置 (中心 O1 と中心 O2 とを結ぶ仮想線上の位置) が最もその間の距離が狭くなっており、したがって、磁気穂は、次第に狭くなっていく方向に移動して行くため、磁気穂の高さが、現像スリーブ 111c と感光体 100 との間の最近接部よりも大きい場合は、磁気穂は、最接近位置を含むその近傍部で現像スリーブ 111c の周速から感光体 100 の周速を相殺した速度以上で矢印 F で示す向きに感光体 100 に強く接触する。

【0132】

この接触時に、磁性キャリア CC 上に静電的に付着しているトナー T が、衝撃によって磁性キャリア CC 表面から離脱する。この離脱時におけるトナー T の状態を観察すると、あたかも、磁気穂を構成している磁性キャリア CC から多量のトナー T がふりまかれたような状態を呈しているため、これを磁性キャリアから散布状にトナーを離脱させたと表現している。

10

20

30

40

50

【0133】

このように、散布状に離脱されて遊離状態となった遊離トナーは、遠心力による運動の慣性力、感光体100表面の潜像Liによる電界と現像スリーブ111と感光体100間に印加されている電界によって矢印F1で示すように感光体100に向けて移動し潜像Liに付着して現像がなされる。

【0134】

この現像方法では、感光体100に対する磁気穂の接触を通じて散布状に離脱されて遊離状態となった遊離トナー、つまり、感光体に極めて近い空間で散布状に生じた多量の遊離トナーによりなされるので、現像性能を高めることができる。

【0135】

また、領域Bでは、感光体100に接触した前記磁気ブラシの接触により既に感光体100上に付着しているトナーを感光体100上から離脱させ、再び磁性キャリアCC上に付着させる。これにより、図7に示した領域Cよりも回転方向111Rでの上流側の現像領域(対向領域)で非画像部又は低電位の画像部に現像されたトナーTが引き戻されるので高品位の画像を得る(請求項7関連)。

【0136】

(d)領域Cでの現像

領域Cにおける現像状況を模式的に示した図11により現像方法を説明する。現像スリーブ111cと感光体100の間には、図3で示した電源VPによりトナーTを現像するための電界が印加されている。この電界強度は、本例で最接近位置に位置する領域Cで最も強い。

【0137】

領域Cでは、穂立ち部SP1bにおける磁性キャリアCCの磁気ブラシが、感光体100に摺擦したまま現像スリーブ111上を搬送され、現像スリーブ111cと感光体100間に印加されている電界により磁性キャリアCCからトナーTが感光体100上の潜像Liに付着して現像がなされる。ここでの現像は、既に磁性キャリアCCから遊離して磁性キャリアCC近傍に存在している遊離トナーが電界の作用で潜像Liに移動して付着するトナーと、磁性キャリアCCから直接潜像に付着するトナーの両者が含まれると考えられる。

【0138】

領域Cでは、前記最接近位置を含むその近傍部で感光体100に接触した前記磁気ブラシの該接触状態のもとで、既に感光体100上に付着しているトナーを感光体100上から磁気ブラシの摺擦により離脱させ、先に現像されている感光体100上からトナーTを離脱させ、再び磁性キャリアCC上に付着させる。これにより、領域Cにおける現像では非画像部又は低電位の画像部に現像されたトナーTを引き戻されるので高品位の画像を得る。なお、磁気ブラシを感光体100に近接させて通過する磁気ブラシの存在し、程度の差はあれ磁気ブラシと同様の現像機能を果たす(請求項8、9関連)。

【0139】

すなわち、領域Cでは、感光体100側に開かれた空間を有する磁性キャリアCC上のトナーTは、感光体100と現像スリーブ111との間の電界及び感光体100と磁性キャリアCCとの間に生ずる電界により感光体100の潜像Liに現像される。

【0140】

一方、図7に示した領域Cよりも回転方向111Rでの上流側の現像領域における現像により表面に存在するトナーTが少なくなると、帯電量が過剰になった磁性キャリアCCは、感光体100を摺擦しながら移動するために、先に現像したトナーTに追いつき、強く接触することでその衝撃力と、互いに逆極性に帯電していることから生ずる静電的なクーロン力とによって、磁性キャリアCC表面に吸着させて、感光体100から離脱させる。

【0141】

この場合、主に感光体100上の非画像部では、帯電装置101による静電荷が少ないために、トナーTを感光体100に吸着しておく電界が小さいことから、非画像部に付着し

10

20

30

40

50

たトナー T を多く離脱させることができる。このために、非画像部における地汚れを防止して、高品位の画像を得ることができる。

【0142】

(e) 領域 A0 乃至領域 C までを通じての現像

領域 A0 乃至領域 C までを通じての現像は、二成分現像剤層を感光体 100 との少なくとも対向領域で磁気ブラシを形成しつつ流動させ、この流動の過程で磁性キャリアから離脱した遊離トナーで現像し、かつ、磁気ブラシを感光体 100 に接触させることで磁性キャリアから散布状に離脱した遊離トナーで現像し、かつ、磁気ブラシを感光体 100 に摺擦させる現像法の一例である。

【0143】

つまり、領域 A0 及び領域 A1 では、磁性キャリア CC が集合して磁気穂になり、その立ち上がりから穂が寝るまでの間にトナー T を磁性キャリア CC から離脱させ遊離トナー T をつくる。現像スリーブ 111c と感光体 100 間には、電源 VP (図3参照) により現像のための電界が印加されているので、この遊離トナー T は電界の作用によりそのまま感光体 100 に向かい現像される。

【0144】

さらに、領域 B では、磁性キャリア CC の磁気穂がさらに感光体 100 に接触し、磁性キャリア CC 上からトナー T を散布状に離脱させて生じた遊離トナーを感光体 100 上に散布して、感光体 100 の潜像 Li を現像する。

【0145】

さらに、この接触により、先に現像されている感光体 100 上のトナー T が吸着され、再び磁性キャリア CC 上に回収される。これにより、図7に示した領域 C よりも回転方向 111R での上流側の現像領域で非画像部又は低電位の画像部に現像されたトナー T が引き戻されるので高品位の画像を得る。

【0146】

さらに、領域 C では、磁気ブラシ先端の磁性キャリア CC が感光体 100 に摺擦して、電源 VP により印加されている電界により磁性キャリア CC から、また遊離トナー T で感光体 100 上の潜像 Li を現像する。また、この摺擦により、先に現像されている感光体 100 上からトナー T を離脱させ、再び磁性キャリア CC 上に付着させる。こうして、図7に示した領域 C における現像では非画像部又は低電位の画像部に現像されたトナー T が感光体 100 から磁性キャリア CC に引き戻されるので高品位の画像を得る(請求項10、11関連)。なお、現像ギャップを適度にとることで、領域 C で散布後、感光体 100 に磁気ブラシを摺接でなく近接した態様で現像を行なう場合もある。

【0147】

本例における現像方法は、別の表現をすれば、感光体 100 に対向して配置され、内部に磁石を有する現像スリーブ 111c が、トナー T とトナー T を保持する磁性キャリア CC とを含む二成分現像剤を表面に担持し、感光体 100 との間形成される現像領域に搬送し、感光体 100 表面上に形成される潜像 Li をトナー T で現像する現像方法において、現像スリーブ 111c は、表面にトナー T を有する磁性キャリア CC が集合した磁気穂が立ち上がり、そして磁気穂が寝る間にトナー T を離脱させて現像し、かつ現像領域内で形成される磁気ブラシを感光体 100 に強く接触させて、感光体 100 へのトナー T の散布を生じさせ現像し、かつ現像領域内の磁性キャリア CC を感光体 100 に摺擦又は近接させて現像する現像方法である。

【0148】

このように、本例の現像方法では、現像スリーブ 111c の感光体 100 との対向面の中で、磁性キャリア CC の運動態様が特徴的な領域に注目した磁性キャリア CC の運動態様を制御することで、
 1 磁気ブラシを形成しつつ流動する過程で発生する遊離トナーによる現像、
 2 磁気ブラシを感光体に接触するとき磁性キャリアから散布状に離脱して発生する遊離トナーによる現像、
 3 現像領域内の磁性キャリア CC を感光体 100 に摺擦又は近接させて行なう現像、
 4 先に現像されている感光体 100 上のトナー T

10

20

30

40

50

が感光体100に接触した磁気ブラシに吸着され再び磁性キャリアCC上に回収される現象、などにより、感光体100上のトナー量を多くして高品位の画像を得ることができる。

【0149】

本発明の現象方法は、感光体100に対向して配置され、内部に磁石を有する現象スリーブ111が、トナーTとトナーTを保持する磁性キャリアCを含む二成分現象剤を表面に担持し、感光体100との間に形成される現象領域に搬送し、感光体100表面上に形成される潜像LiをトナーTで現象する現象方法において、現象スリーブ111は、現象領域で、表面にトナーTを有する磁性キャリアCCが集合した磁気穂が立ち上がり、そして穂が寝る間にトナーTを離脱させて現象し、かつ現象領域内で形成される磁気ブラシを感光体100に強く接触させて、感光体100へのトナーTの散布を生じさせ現象し、かつ現象領域内の磁性キャリアCCを感光体100に摺擦させて現象する現象方法である。

10

[2-2] 非接触現象方法(請求項12、13関連)

本例の現象方法は、対向領域で感光体100に磁気ブラシの穂立ち部を非接触状態で遊離トナーを用いて現象する現象方法である。かかる非接触状態は現象ギャップGPと、現象剤の汲み上げ量、すなわちドクターギャップと、対向領域に存在する磁石の磁力強度、さらには磁性キャリアの粒径や飽和磁気モーメント等の兼ね合いにより構成することができる。

【0150】

本例の現象方法によれば、磁気ブラシが感光体100に非接触であることから、ハーフトーン部でのザラツキがなく、横細線や文字の鮮鋭度も優れた画像を得る現象方法を提供することができる。

20

【0151】

本発明の現象方法は、図12において、現象スリーブ111c上の磁気ブラシの穂が感光体100に接触することのない近接した非接触状態にして現象する点に特徴がある。

【0152】

本例の現象方法では、現象スリーブ111cが、現象領域で、現象剤を磁気ブラシを形成しつつ流動させ、この流動の過程で表面にトナーTを有する磁性キャリアCCが集合した磁気穂が立ち上がり、そして磁気穂が寝る間にトナーTを離脱させて磁性キャリアCC表面からトナーTを離脱させて遊離トナーTを生じさせてこの遊離トナーで現象する。また、現象スリーブ111cと感光体100との対向領域で、磁気穂(磁気ブラシ)の磁性キャリアCCを感光体100に近接させて現象する現象方法である。

30

【0153】

上記において、現象スリーブ111c上の磁気穂が感光体100に接触することのない非接触状態に保たれ、磁気ブラシBR1a、BR1bについて前記領域A0相当の近接領域[A0]が感光体100と非接触で構成されて磁性キャリアCCの集合した磁気穂が立ち上がりそして磁気穂が寝る間に前記図5や、図8、図9などで説明したように、トナーTを離脱させて遊離トナーTを生じさせる。

【0154】

さらに、領域[A0]では、磁気ブラシが現象スリーブ111cを搬送される間に、磁気ブラシの先端部が感光体100に近接して移動し、これにより磁性キャリアCC上のトナーTが潜像Liに向けて離脱されて飛翔して現象される。

40

【0155】

また、磁気ブラシが現象スリーブ111cとともに搬送される間は、磁気ブラシの先端部を感光体100に近接させても、既に感光体100の潜像Liに付着しているトナーTを離脱させることがないために、トナー付着量を低下させることがなく、画像品位を低下させることがない。

【0156】

[2-3] 速度差(請求項14関連)

以上の現象方法において、現象スリーブ111cの線速(Vs)と感光体100の線速(

50

V_p)との線速比(V_s / V_p)は $0.9 < V_s / V_p < 4$ の範囲として現像する。

【0157】

現像スリーブ111cと感光体100は、対向領域では同方向に回転している。現像スリーブ111cの線速が感光体100の線速より小さくとも、つまり線速比(V_s / V_p)が1以下でも磁性キャリアCC表面から離脱させるトナーTが十分にあるため、現像されるトナー付着量を多く維持することが可能になる。

【0158】

線速比(V_s / V_p)は0.9より大きな線速比とした現像スリーブ111の回転により現像されるトナーTを多くして、画像濃度の高い画像を得ることができる。遊離トナーTの量によっては、更に線速比を下げられる可能性が残っている。

10

【0159】

さらに、図7に示した領域Cでは磁気ブラシが感光体100に摺擦又は近接すると、磁性キャリアCCの磁気穂に接触する回数が増えるために感光体100から離脱するトナー量が増加する。特に、線速比(V_s / V_p)が4以上では、ハーフトーン部の後端白抜けや横細線画像のカスレが多くなるため、線速比(V_s / V_p)は4未満であることが好ましい。

【0160】

[2-4] 現像バイアス(請求項15関連)

以上の現像方法において、遊離トナーは、現像スリーブ111c感光体100間に印加された電界で現像される。

20

図13は、図3における電源VPとして直流電源を用いた場合であって、反転現像方式における直流電界を印加しているときの現像状態を模式的に示した図である。有機顔料をキャリア生成材料に用いる感光体100では、一般に負極性に帯電させて負極性のトナーで画像形成することが多く、本例もこれによる。尤も、現像方式の中で、感光体100に乗せる帯電電荷の極性は大きな問題ではない。

【0161】

レーザー光線Lbで書き込む場合、書込量を少なくするために文字部を露光するため、この部分の帯電電荷がキャリア生成材料から生成される正孔により中和されて、図13に示すように、画像部(文字部)の電位である画像部電位が低下する。

【0162】

この低下した電位の画像部に、図3において現像スリーブ111cに接続した電源VPにより負側に偏倚した直流電圧を印加することで、負極性の遊離トナー及び磁性キャリアCCに保持されたトナー(図13、図14では何れもトナーTと表示)に現像スリーブ111c側が画像部に向かうベクトルが作用する。

30

【0163】

図13において、感光体100上の非画像部に仮にトナーが存在したとしても、非画像部側から現像スリーブ111c側へ向かうベクトルが作用することにより非画像部から確実に離間させられて地肌汚れが防止される。

【0164】

本発明の現像方法は、キャリアCCの粒径等の粉体特性、飽和磁化の強さ等の磁気特性と磁石の飽和磁化の強さ等の磁気特性、幅及び形状等の形態特性によりキャリアCC表面のトナーTに作用する力を制御し、遊離トナーTを発生させることができる。さらに、この遊離トナーTを生ずる磁気ブラシを形成することで、感光体100上の潜像Liに対するトナー付着量を大きくすることができ、いわゆる現像性の高い現像方法を得ることができる。

40

【0165】

図14は、図3における電源VPとして交番電圧電源を用いた場合、更に詳しくは、直流と交流を重ねた電圧を発生する電源を用いることで、現像バイアスの電界を交番電界としたときの反転現像方式における現像状態を模式的に示した図である。

【0166】

50

このように、感光体 100 と現像スリーブ 111c が対向する部位において、交番電界を印加することもできる。本例の現像方法では、現像スリーブ 111c に印加するバイアス電界は、特に、直流と交流を重畳させて発生させる交番電界が好ましい。

【0167】

図 14 において、上述した直流電界の場合と同じように、例えば、負極性トナー T は、現像スリーブ 111c と感光体 100 との間に印加された電界により現像される。

【0168】

この場合も、現像スリーブ 111c 上の磁性キャリア CC が誘電体であるために、感光体 100 と磁性キャリア CC が集合した磁気穂では、さらに電界が強められることにより、磁性キャリア CC 上に付着しているトナー T が、感光体 100 の潜像 Li に現像される。さらに、交番電界が印加されていることにより、現像されて感光体 100 上にあるトナー T が振動するように運動し、次第に潜像 Li に忠実に揃えられ高品位の画像を得ることができる。また、ここでも、感光体 100 に磁気ブラシの穂が近接していると磁性キャリア CC によって強調された電界が生ずるために、この部分でトナー T が振動するようにより激しく運動し、さらに、潜像 Li に忠実に揃えられ高品位の画像を得ることができる。

10

【0169】

つまり、現像バイアス電界として、負側に偏倚した交番電界が印加されていることにより、画像部においては遊離トナー T は画像部に向かう強弱のベクトルの作用を受けつつ確実に画像部に到達し、非画像部に仮に存在したとしても、非画像部側から現像スリーブ 111c 側へ向かう強弱のベクトルの作用を受けつつ確実に非画像部から離間させられて地肌

20

【0170】

[3] 対向領域に形成される電界強度 (請求項 1、2、5、8、10、12 関連) 本願発明者らが、前記した実体顕微鏡 (オリンパス社製: SZH10) とハイスピードカメラ (フォトロン社製: FASTCAM-ULTIMA-I²) とを用いた観察系により、現像領域前域部 A₀ 付近のトナー飛翔を、トナー平均帯電量 A (C/kg)、トナー濃度 T_c (wt%)、トナー平均粒径 d (m)、磁性キャリア平均粒径 D (m)、現像剤担持体の直径 R (m)、現像剤担持体の線速 v_{SL} (m/sec) をパラメータとして詳細に観察したところ、以下の表 1 に示すように、現像のためキャリアからトナーが飛翔するためにはその飛翔位置 P での電界強度 E として次式 (1 式) の条件を満足することが

30

【0171】

$$E \geq (A \cdot T_c \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \rho_c \cdot v_{SL}) \dots \dots \dots 1 \text{ 式}$$
ただし、 $B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \rho_T$
ここで、A: トナー平均帯電量 (C/kg)、T_c: トナー濃度 (wt%)、d: トナー平均粒径 (m)、D: 磁性キャリア平均粒径 (m)、ρ_T: トナー比重 (kg/m³)、ρ_c: キャリア比重 (kg/m³)、ε₀ = 8.854 × 10⁻¹² (F/m)、R: 現像剤担持体の直径 (m)、v_{SL}: 現像剤担持体の線速 (m/sec) である。

【0172】

表 1 において、ρ_T = 1250、ρ_c = 5000、現像剤担持体 (上記例における現像スリーブ 111c 相当) 上には上記飛翔位置 P から像担持体表面 (上記例における感光体 100 相当) との最短距離を L (m) とし、現像電界として現像剤担持体に、直流成分 - 500 V、交流成分として V_{p-p}: 800 V、周波数: 4.5 kHz の矩形波を重畳した交番電界を印加し、像担持体は画像部電位 - 100 V で行った。撮影速度は 18000 コマ/秒である。

40

【0173】

【表 1】

q/m (μ C/g)	Tc (wt%)	d (μ m)	D (μ m)	R (mm)	V _{SL} (mm/s)	①の右辺 (10^5 v/m)	L (mm)	E (10^5 v/m)	トナーの 飛翔の 有無
-20	5	7	35	30	385	1.00	6.4	1.06	○
-20	5	7	35	30	210	1.83	4.8	1.61	×
-20	5	7	35	30	210	1.83	3.7	2.09	○
-30	5	7	35	30	210	2.75	2.7	2.51	×
-30	5	7	35	30	210	2.75	1.1	3.52	○
-20	10	7	35	30	210	1.26	6.4	1.51	○
-20	5	7	50	30	210	1.07	6.4	1.06	○×
-20	5	7	50	18	210	0.65	6.4	1.06	○

10

20

30

40

【0174】

ここで、表1において、○印はトナー飛翔有り、×印はトナー飛翔無しを表し、○印は
 僅かではあるが飛翔していることを示す。このようにトナー飛翔の有無を生じるのは、ト
 ナーの帯電量に分布があるためと考えられる。表1において、○印のついた欄の条件で
 1 式を満足している。

【0175】

1 式の根拠は次のような考察に基づく。1 式は、トナーが飛翔する条件であるの
 で、運動を考慮した場合の、キャリアからトナーが飛び出す閾値を示す電界の式として次
 の 2 式の成立を考える必要がある。

【0176】

【数1】

$$E = \frac{A \cdot \rho_T \cdot d \cdot R}{3 \times \sqrt{\frac{T_C \cdot D^3 \cdot \rho_C}{(100 - T_C) \cdot d^3 \cdot \rho_T}} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL}} \quad \dots \dots \textcircled{2} \text{式}$$

【0177】

そこで先ず、キャリア上に付着したトナーには、van der Waals力を無視した場合、次の 3 式で示すトナー - キャリア間付着力 F_t が作用する。

10

【0178】

【数2】

$$F_t = \alpha \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \quad \dots \dots \textcircled{3} \text{式}$$

α : 定数、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F/m、 q : トナー電荷量

20

【0179】

この付着力 F_t より電界からの力が勝ったときトナーはキャリアから離れるから、そのときの電界 E は、次の 4 式で示される。

【0180】

【数3】

$$E = \frac{F_t}{q} = \alpha \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2} \quad \dots \dots \textcircled{4} \text{式}$$

30

【0181】

上記の 4 式で q は、 5 式で示される。

【0182】

【数4】

$$q = A \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 \rho_T \quad \dots \dots \textcircled{5} \text{式}$$

40

A : トナー平均帯電量

【0183】

よって、電界 E は次の 6 式で示される。

【0184】

【数5】

$$E = \frac{F_t}{q} = \alpha \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2} = \alpha \frac{Ad\rho_T}{24\epsilon_0} \dots \textcircled{6}\text{式}$$

【0185】

定数 について実験的に検討したところ、定数 は次の 7 式で示されることがわかった。

【0186】

【数6】

10

$$\alpha = \frac{8R}{\sqrt{n} \cdot v_{SL}} \dots \textcircled{7}\text{式}$$

【0187】

7 式において、nはキャリア1個あたりに付着しているトナー数で、均一にトナーがキャリア上に付着していると仮定した場合、トナー濃度 T_c における n は重量比の関係から、次の 8 式で示される。

【0188】

20

【数7】

$$n = \frac{T_c}{100 - T_c} \cdot \frac{M}{m} = \frac{T_c}{100 - T_c} \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^3 \rho_c}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_T} = \frac{T_c}{100 - T_c} \cdot \frac{D^3 \rho_c}{d^3 \rho_T} \dots \textcircled{8}\text{式}$$

30

【0189】

8 式で、m：トナーの質量、d：トナーの直径（粒径）、 ρ_T ：トナーの比重であり、M：キャリアの質量、D：キャリアの直径（粒径）、 ρ_c ：キャリアの比重である。また、Rは現像剤担持体の直径、 v_{SL} は現像剤担持体の線速である。

6 式に 7 式、8 式の、nなどを代入整理することで、上記 2 式を得る。この 2 式はキャリアからトナーが飛び出す電界の閾値を示すものであるから、2 式より、現像を可能にする遊離トナーの発生に関する 1 式が導かれる。

【0190】

ここで、7 式、8 式における物理的な理由は不明であるが、この意味するところは、

40

R：現像剤担持体の直径が長くなるほど曲率半径は大きくなり磁気ブラシの穂立ちがなだらかになり、機械的力が弱まるため、より大きな電界が必要になる、

v_{SL} ：現像剤担持体の線速が早くなるほど、キャリア上トナーに機械的作用力が働き、キャリア上トナーの飛び出す電界は小さくなる、

n：一般に T_c が高くなると、トナー帯電量 q は小さくなり、機械的作用力の影響が大きくなり、キャリア上トナーはより小さい電界で飛び出す。また、 T_c の変化で q が変化しない場合も、n が大きい方が 1 個のトナーが飛翔したときにキャリア上に残るカウンターチャージの影響が小さいため、より小さい電界で飛び出すことが可能となる、と考えられる。

【0191】

50

これまでの現像方法、現像装置などの説明において、現像スリーブと感光体100との対向領域における現像態様として、1 磁性キャリアの集合した穂が立ち上がる部分が1カ所以上存在する態様（請求項1関連） 2 磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、そして穂が寝る連続部分が少なくとも1カ所以上存在する態様（請求項2関連） 3 表面にトナーを有する磁性キャリアから、トナーを現像スリーブ111cに散布する態様（請求項5関連） 4 トナーを表面に有する磁性キャリアにより形成される磁気ブラシを感光体100に摺接又は近接させて、トナーを現像させる態様（請求項8関連） 5 表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成し、磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、そして穂が寝る間にトナーを離脱させて現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に接触させて離脱させる遊離トナーを像担持体へ散布して現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に摺擦又は近接させて現像する態様（請求項10関連） 6 表面にトナーを有する磁性キャリアが集合した穂と、磁性キャリア表面から離脱させる遊離トナーとを含む磁気ブラシを形成し、磁性キャリアの集合した穂が立ち上がり、さらに寝る間にトナーを離脱させて現像し、かつ、磁気ブラシを像担持体に近接させて現像する態様（請求項12関連）について述べた。

10

【0192】

これらの現像態様において、現像スリーブ111cと感光体100との対向領域に形成される電界強度 E (V/m)が、

$$E = \left| (A \cdot \tau \cdot d \cdot R) / (3 B^{1/2} \cdot \epsilon_0 \cdot v_{SL}) \right|$$

20

$$\text{ただし、 } B = T_c \cdot D^3 \cdot \rho_c / (100 - T_c) \cdot d^3 \cdot \tau$$

ここで、 A ：トナー平均帯電量 (C/kg)、 T_c ：トナー濃度 (wt%)、 d ：トナー平均粒径 (m)、 D ：磁性キャリア平均粒径 (m)、 τ ：トナー比重 (kg/m³)、 ρ_c ：キャリア比重 (kg/m³)、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)、 R ：現像剤担持体の直径 (m)、 v_{SL} ：現像剤担持体の線速 (m/sec)となる領域を構成し、この領域で上記1～6などの現像態様を実施することにより、遊離トナーの発生及びその飛翔を得て本発明の課題とする高品質の現像を得ることができた。

【0193】

[4] 画像形成装置（請求項17関連）

以上説明した本発明にかかる現像方法を行なう現像装置を備えた画像形成装置を例示する。この画像形成装置は、前記図1乃至図4で説明した基本構成を備えた現像装置を具備している。この現像装置は、必要に応じて、前記した内容の変更を加えて実施される。

30

【0194】

図15は、画像形成装置の一例としてのカラー複写機の概略構成を示している。このカラー複写機は、カラー画像読取装置（以下、カラーキャナという）1、カラー画像記録装置（以下、カラープリンタという）2、給紙バンク3、図示省略の制御部等で構成されている。

【0195】

上記カラーキャナ1は、コンタクトガラス4上の原稿5の画像を照明ランプ6、ミラー群7a、7b及びレンズ8を介してカラーセンサ9に結像して、原稿5のカラー画像情報を、例えばレッド (Red)、グリーン (Green)、ブルー (Blue)（以下、それぞれR、G、Bという）の色分解光毎に読み取り、電気的な画像信号に変換する。

40

【0196】

カラーセンサ9は、本例ではR、G、Bの色分解手段とCCD (charge coupled device) のような光電変換素子で構成され、原稿4の画像を色分解した3色のカラー画像を同時に読み取っている。そして、このカラーキャナ1で得たR、G、Bの色分解画像信号強度レベルをもとにして図示しない画像処理部で色変換処理を行い、ブラック (Black、以下、Bkという)、シアン (Cyan、以下、Cという)、マゼンタ (Magenta、以下、Mという)、イエロー (Yellow、以下、Yという)のカラー画像データを得る。

50

【0197】

上記Bk、C、M、Yのカラー画像データを得るためのカラーキャナ1の動作は次のとおりである。後述のカラープリンタ2の動作とタイミングを取ったスキヤナスタ-ト信号を受けて、照明ランプ6及びミラー群7a、7b等からなる光学系が矢印左方向へ原稿5を走査し、1回の走査毎に1色のカラー画像データを得る。この動作を合計4回繰り返すことによって、順次4色のカラー画像データを得る。そして、その都度カラープリンタ2で順次顕像化しつつ、これを重ねあわせて最終的な4色フルカラー画像を形成する。

【0198】

上記カラープリンタ2は、像担持体としての筒状をした感光体100、書き込み光学ユニット10、現像装置としてのリボルバ現像ユニット11、中間転写装置12、定着装置13等で構成されている。 10

【0199】

感光体100は矢印の反時計方向に回転し、その周りには、感光体クリーニング装置14、除電ランプ15、帯電器101、帯電電位検出手段としての電位センサ16、リボルバ現像ユニット11の選択された現像器24（これが前記図1乃至図4で説明した現像装置110に相当する）、現像濃度パターン検知器17、中間転写装置12の中間転写ベルト18などが配置されている。

【0200】

また、上記書き込み光学ユニット10は、カラーキャナ1からのカラー画像データを光信号に変換して、原稿5の画像に対応した光書き込みを行い、感光体100に潜像を形成する。この書き込み光学ユニット10は、光源としての半導体レーザー19、図示しないレーザー発光駆動制御部、ポリゴンミラー20とその回転用モ-タ21、f/ レンズ22、反射ミラー23などで構成されている。 20

【0201】

また、上記リボルバ現像ユニット11は、Bk現像器24K、C現像器24C、M現像器24M、Y現像器24Y、及び各現像器を矢印の反時計方向に回転させる後述のリボルバ回転駆動部などで構成されている。

【0202】

各現像器は、感光体100に対向して配置され、内部に磁石を有する現像スリーブ111cを備え、このスリーブ111cがトナーとトナーを保持する磁性キャリアとを含む二成分現像剤を表面に担持して、この担持した二成分現像剤を感光体100との間の対向領域に搬送し、現像スリーブ111cと感光体100との間に電界を印加し、感光体100の表面上に形成されている潜像をトナーで現像する。 30

【0203】

各現像器24内のトナーは磁性キャリアであるフェライトキャリアとの攪拌によって負極性に帯電され、また、各現像スリ-ブ111cには現像バイアス用の電源VP（図3参照）によって負の直流電圧に交流電圧が重畳された現像バイアス等が印加され、現像スリ-ブ111cが感光体100の導電性支持体31（図3参照）に対して所定電位にバイアスされている。前記1式を満足する電界強度はこの電源VPにより与えることができる。 40

【0204】

複写機本体の待機状態では、リボルバ現像ユニット11はBk現像器24Kが現像位置にセットされており、コピー-動作が開始されると、カラーキャナ1で所定のタイミングからBkカラー画像データの読み取りが開始し、このカラー画像データに基づきレーザー光による光書き込み、潜像形成が始まる（以下、Bk画像データによる潜像をBk潜像という。C、M、Yについても同様）。

【0205】

このBk潜像の先端部から現像可能とすべくBk現像位置に潜像先端部が到達する前に、Bk現像スリ-ブ111cを回転開始して、Bk潜像をBkトナーで現像する。そして、以後Bk潜像領域の現像動作を続けるが、潜像後端部がBk現像位置を通過した時点で、 50

速やかに次の色の現像器が現像位置にくるまで、リボルバ現像ユニット 11 が回転する。これは少なくとも、次の画像データによる潜像先端部が到達する前に完了させる。なお、このリボルバ現像ユニット 11 については、後で詳しく説明する。

【0206】

また、上記中間転写装置 12 は、中間転写ベルト 18、ベルトクリ-ニング装置 25、搬送ベルト 38、紙転写コロナ放電器（以下、紙転写器という）26などで構成されている。中間転写ベルト 18 は駆動ローラ 18a、転写対向ローラ 18b、クリ-ニング対向ローラ 18c 及び従動ローラ群に張架されており、図示しない駆動モ-タにより駆動制御される。

【0207】

この中間転写ベルト 18 の材質は、E T F E（エチレンテトラフルオロエチレン）であり、その電気抵抗は表面抵抗で $10^8 \sim 10^{10} / \text{cm}^2$ 程度である。またベルトクリ-ニング装置 25 は、入口シル、ゴムブレ-ド、排出コイル、入口シル及びゴムブレ-ドの接離機構等で構成されており、1色目のBk画像を中間転写ベルト 18 に転写した後の2、3、4色目の画像をベルト転写している間はブレ-ド接離機構によって中間転写ベルト 18 面から入口シル、ブレ-ドを離間させておく。また紙転写器 26 は、コロナ放電方式にてA C 電圧 + D C 電圧、又はD C 電圧を印加して、中間転写ベルト 18 上の重ねトナー像を記録紙 27 に一括転写する。

【0208】

また、カラープリンタ 2 内の記録紙カセット 28 及び給紙バンク 3 内の記録紙カセット 300a、b、c には、各種サイズの記録紙 27 が収納されており、指定されたサイズの記録紙 27 のカセットから、給紙コロ 30、31a、b、c によってレジストローラ対 30 方向に給紙、搬送される。また、OHP用紙や厚紙などの手差し給紙用にプリンタ 2 の右側面に手差しトレイ 33 がある。

【0209】

上記構成のカラー複写機において、画像形成サイクルが開始されると、まず感光体 100 は矢印の反時計方向に、中間転写ベルト 18 は矢印の時計回りに図示しない駆動モ-タによって回転される。中間転写ベルト 18 の回転に伴ってBkトナー像形成、Cトナー像形成、Mトナー像形成、Yトナー像形成が行われ、最終的にBk、C、M、Yの順に中間転写ベルト 18 上に重ねてトナー像が形成される。

【0210】

上記Bkトナー像形成は次のように行われる。帯電器 101 はコロナ放電によって感光体 100 を負電荷で一様帯電する。そして、半導体レーザー 19 はBkカラー画像信号に基づいてラスト露光を行う。このラスト像が露光されたとき、当初一様荷電された感光体 100 の露光された部分は、露光光量に比例する電荷が消失し、Bk潜像が形成される。

【0211】

Bk潜像にBk現像スリーブ上の負帯電のBkトナーが接触することにより、感光体 100 の電荷が残っている部分にはトナーが付着せず、電荷の無い部分つまり露光された部分にはBkトナーが吸着し、潜像と相似なBkトナー像が形成される。

【0212】

感光体 100 上に形成されたBkトナー像は、感光体 100 と接触状態で等速駆動している中間転写ベルト 18 の表面に、ベルト転写器 34 によって転写される（以下、感光体 100 から中間転写ベルト 18 へのトナー像転写をベルト転写という）。

【0213】

感光体 100 上の若干の未転写残留トナーは、感光体 100 の再使用に備えて感光体クリ-ニング装置 14 で清掃される。ここで回収されたトナーは回収パイプを経由して図示しない排トナータンクに蓄えられる。

【0214】

感光体 100 側ではBk画像形成工程の次にC画像形成工程に進み、所定のタイミングでカラーキャナ 1 によるC画像データ読み取りが始まり、そのC画像データによるレーザ

10

20

30

40

50

一光書き込みで、C 潜像形成を行う。そして、先の B k 潜像の後端部が通過した後で、かつ C 潜像の先端部が到達する前にリボルバー現像ユニット 11 の回転動作が行われ、C 現像器 24 C が現像位置にセットされて C 潜像が C トナーで現像される。

【0215】

以後、C 潜像領域の現像を続けるが、C 潜像の後端部が通過した時点で、先の B k 現像器 24 K の場合と同様にリボルバー現像ユニット 11 の回転動作を行い、次の M 現像器 24 M を現像位置に移動させる。これもやはり次の M 潜像の先端部が現像位置に到達する前に完了させる。なお、M 及び Y の画像形成工程については、それぞれのカラー画像データ読み取り、潜像形成、現像の動作が上述の B K、C の工程と同様であるので説明は省略する。

10

【0216】

上記中間転写ベルト 18 には、感光体 100 に順次形成する B k、C、M、Y のトナー像を、同一面に順次位置合わせして、4 色重ねのトナー像が形成され、次の転写工程において、この 4 色のトナー像が記録紙 27 に紙転写器 26 により一括転写される。

【0217】

上記画像形成動作を開始する時期に、記録紙 27 は上記記録紙カセット又は手差しトレイのいずれかから給送され、レジストローラ対 32 のニップで待機している。紙転写器 26 に中間転写ベルト 18 上のトナー像先端がさしかかるときに、丁度、記録紙 27 の先端がこのトナー像の先端に一致するようにレジストローラ対 32 が駆動され、搬送ベルト 38 の助けで記録紙 27 とトナー像とのレジスト合わせが行われる。

20

【0218】

記録紙 5 が中間転写ベルト 18 上のトナー像と重ねられて正電位の紙転写器 26 の上を通過する。このとき、コロナ放電電流で記録紙 27 が正電荷で荷電され、トナー画像のほとんどが記録紙 27 上に転写される。続いて紙転写器 26 の左側に配置した図示しない A C + D C コロナによる分離除電器との対向部を通過するとき、記録紙 27 は除電され、中間転写ベルト 18 から剥離されて、搬送ベルト 27 から搬送ベルト 35 に移る。

【0219】

中間転写ベルト 18 面から 4 色重ねトナー像を一括転写された記録紙 27 は、紙搬送ベルト 35 で定着装置 36 に搬送され、所定温度に制御された定着口 - ラ 36 a と加圧口 - ラ 36 b のニップ部でトナー像が溶融定着され、排出口 - ラ対 37 で装置本体外に送り出され、図示しないコピ - トレイに表向きにスタックされ、フルカラーコピーを得る。

30

【0220】

一方、ベルト転写後の感光体 100 の表面は、感光体クリ - ニング装置 14 (ブラシローラ、ゴムブレード) でクリ - ニングされ、除電ランプ 15 で均一に除電される。また、記録紙 27 にトナー像を転写した後の中間転写ベルト 18 の表面は、ベルトクリ - ニング装置 25 のブレードを再びブレード接離機構で押圧することによってクリ - ニングされる。

【0221】

ここで、リピ - トコピ - のときは、カラーキャナ 1 の動作及び感光体 100 への画像形成は、1 枚目の 4 色目 (Y) の画像形成工程に引き続き、所定のタイミングで 2 枚目の 1 色目 (B k) の画像形成工程に進む。また、中間転写ベルト 18 の方は、1 枚目の 4 色重ねトナー像の記録紙 27 への一括転写工程に引き続き、表面のベルトクリ - ニング装置 25 でクリ - ニングされた領域に、2 枚目の B k トナー像がベルト転写されるようにする。その後は、1 枚目と同様動作になる。

40

【0222】

以上は、4 色フルカラーコピー - を得るコピ - モ - ドであったが、3 色コピ - モ - ド、2 色コピ - モ - ドの場合は、指定された色と回数の分について、上記同様の動作を行うことになる。

【0223】

また、単色コピ - モ - ドの場合は、所定枚数が終了するまでの間、リボルバ現像ユニット 11 の所定色の現像器のみを現像作動状態にして、ベルトクリ - ニング装置 25 のブレ -

50

ドを中間転写ベルト 18 に押圧状態のまま連続してコピー - 動作を行う。

【0224】

また、A3サイズのフルカラーコピーモードの場合には、中間転写ベルト18が1周するごとに1色のトナー像を形成し、4回転で4色のトナー像を形成していくのが望ましいが、装置全体を小さく、つまり中間転写ベルト18の周長を抑え、小サイズの場合のコピー速度を確保し、かつ最大サイズのコピー速度も落さないようにするためには、中間転写ベルト18が2周する間に1色のトナー像を形成するのが好ましい。この場合には、Bkトナー像を中間転写ベルト18に転写した後、次の中間転写ベルト18の1周では、カラープリンタ2における現像及び転写が行われずに空回転し、その次の1周で次色のCトナーによる現像を行い、そのCトナー像を中間転写ベルト18に転写するように順次行っていく。このとき現像器切り換えのためのリボルバ現像ユニット11の回転動作は、上記空回転時に行う。

10

【0225】

本発明の画像形成装置では、遊離トナーで現像を行なう現像装置を備え、対向領域で前記1式満足する所定の電界強度のもとで、遊離トナーで現像することで、広い範囲で現像領域を設定することにより、現像されるトナーの供給量を多くすることで、機械を設計する際の現像ギャップ、現像スリーブの回転数等の許容範囲を広くすることができ、また、ソリッド部や横細線の高品位の画像、特に、カラーの画像では、ハーフトーン部の再現性の優れた画像を得る画像形成装置を提供することができる。

【0226】

20

【発明の効果】

請求項1乃至13記載の発明では、従来の現像領域よりも広い範囲で現像領域を設定することにより、現像領域におけるトナーの現像される量を多くして、ソリッド部のベタ濃度の高い画像を得ることができる。

【0227】

請求項14記載の発明では、ハーフトーン部の後端白抜けや横細線画像のカスレを防止することができる。

【0228】

請求項15記載の発明では、トナーが振動するようにより激しく運動し、さらに、潜像に忠実に揃えられ高品位の画像を得ることができる。

30

【0229】

請求項16記載の発明では、従来の現像領域よりも広い範囲で現像領域を設定することから、現像スリーブの回転数を高くしなくとも、現像されるトナーの供給量を多くする現像装置を提供することができる。

【0230】

請求項17記載の発明では、広い範囲で現像領域を設定することにより、現像されるトナーの供給量を多くすることで、機械を設計する際の現像ギャップ、現像スリーブの回転数等の許容範囲を広くすることができ、また、ソリッド部や横細線の高品位の画像、特に、カラーの画像では、ハーフトーン部の再現性の優れた画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】現像装置の基本構成を説明した正面図である。

【図2】現像スリーブの断面図である。

【図3】現像装置の基本構成を説明した概略構成図である。

【図4】図4(a)は磁力分布とその大きさ程度を示した図、図4(b)は各磁石の位置関係を説明した図である。

【図5】図5(a)乃至(g)は、磁気穂の変位と遊離トナーの発生を段階的に説明した図である。

【図6】対向領域に複数の穂立ち部を形成した例を説明した図である。

【図7】穂立ち部を拡大して模視的に示した図である。

【図8】穂立ち部を拡大して模視的に示した図である。

50

【図9】穂立ち部を拡大して模視的に示した図である。

【図10】磁気穂が感光体に接触して散布状に遊離トナーが発生する状態を説明した斜視図である。

【図11】磁気穂が感光体に摺接（又は近接）する状態を拡大して模視的に示した図である。

【図12】穂立ち部が感光体に近接して移動する例を説明した図である。

【図13】像担持体上でトナーに作用する静電力を模視的に説明した図である。

【図14】像担持体上でトナーに作用する静電力を模視的に説明した図である。

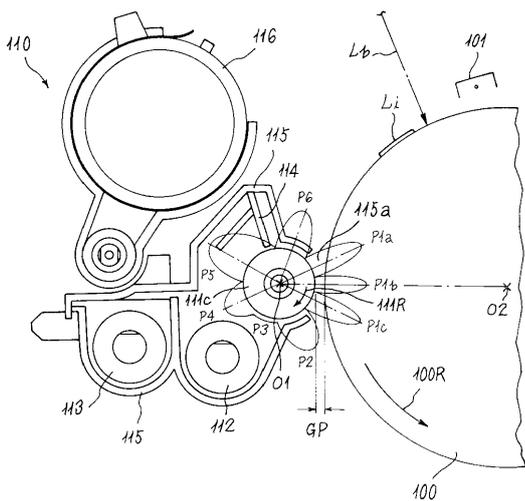
【図15】画像形成装置の概略構成を説明した図である。

【符号の説明】

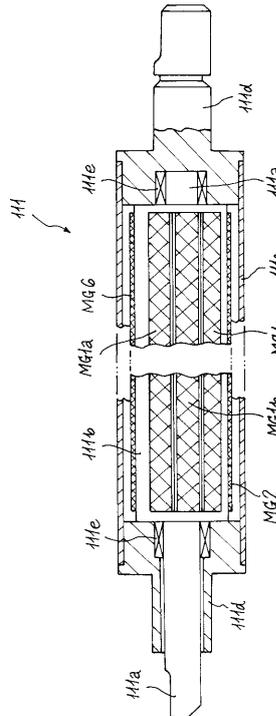
B R 1 a、B R 1 b、B R 1 c 磁気ブラシ

S P 1 a、S P 1 b、S P 1 c 穂立ち部

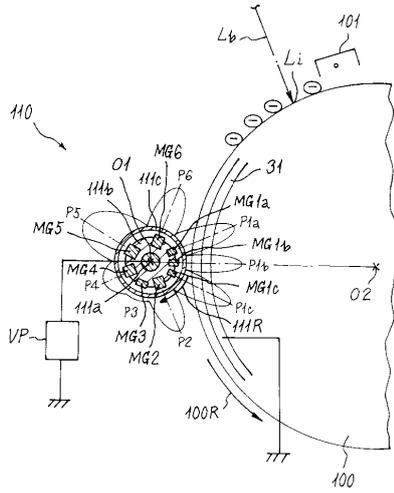
【図1】



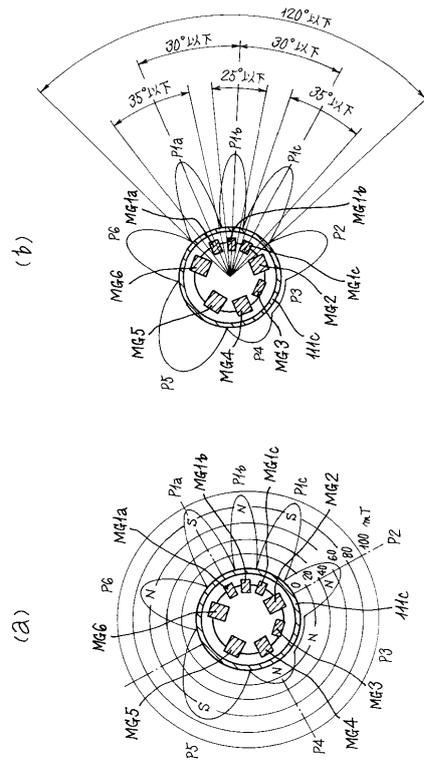
【図2】



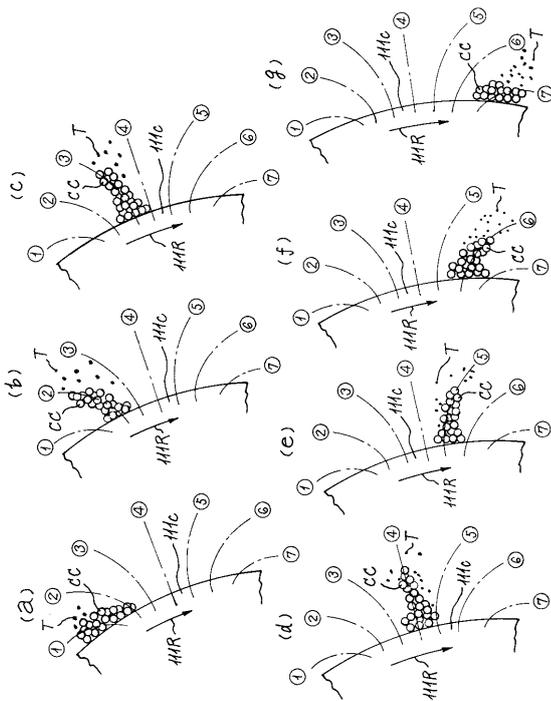
【 図 3 】



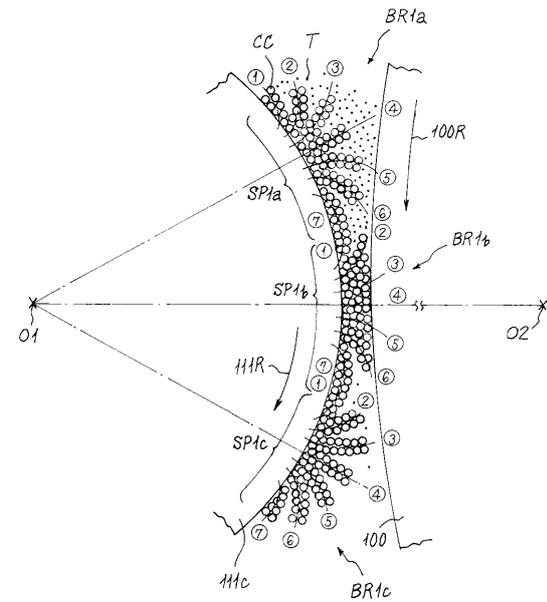
【 図 4 】



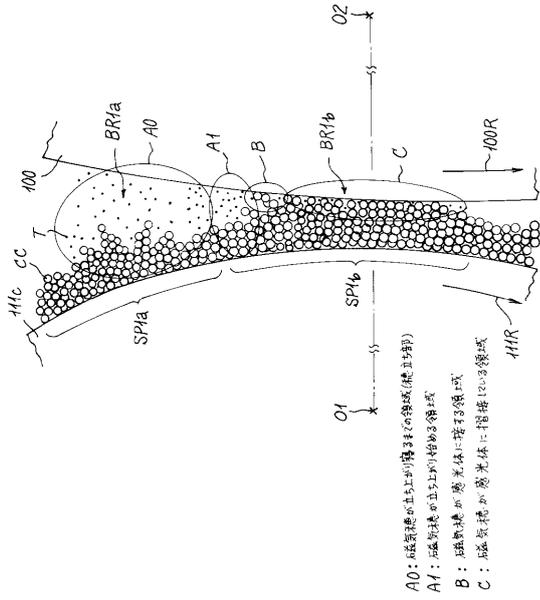
【 図 5 】



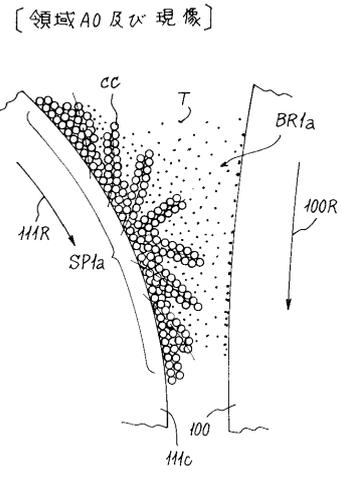
【 図 6 】



【 図 7 】

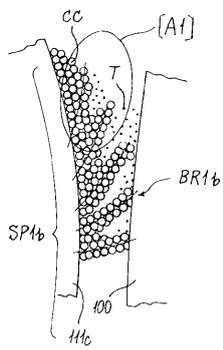


【 図 8 】



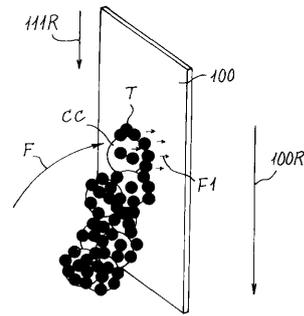
【 図 9 】

[領域 A1 及び w' 現象]



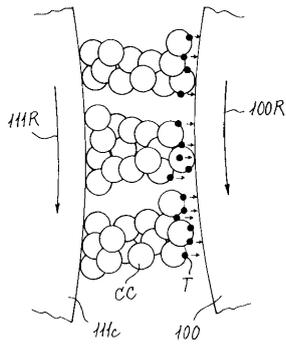
【 図 10 】

[領域 B 及び w' 現象]

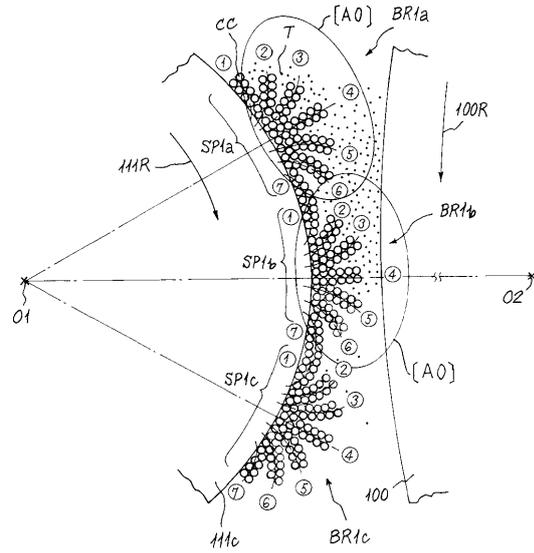


【 図 1 1 】

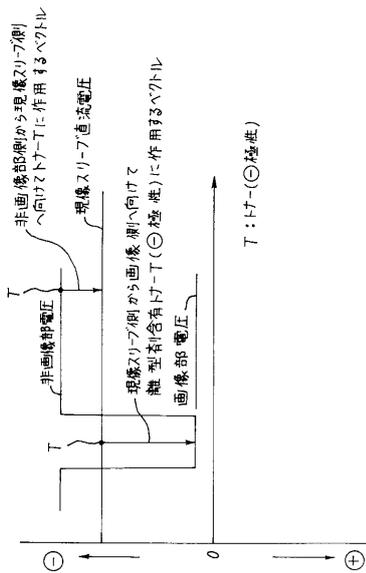
[領域C及びw現象]



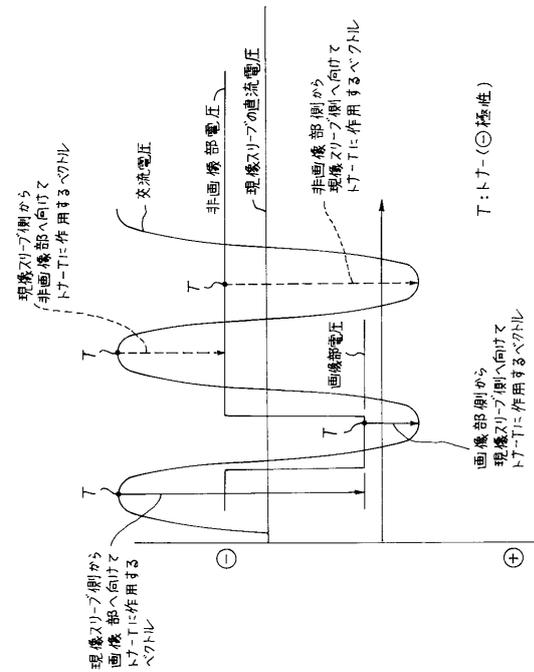
【 図 1 2 】



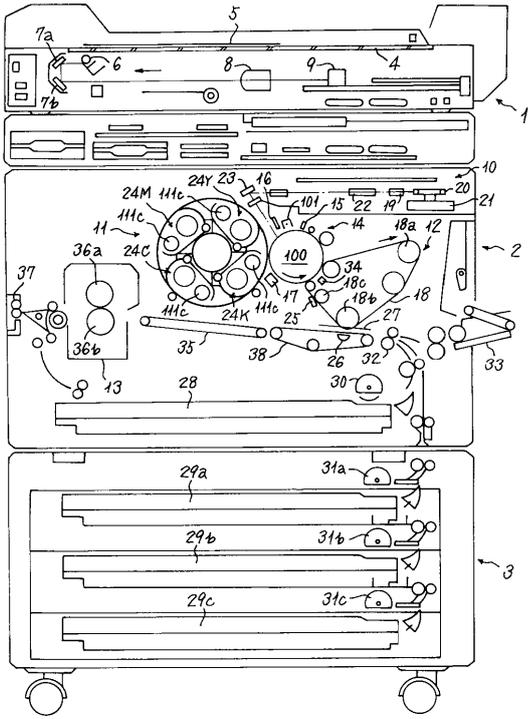
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【図 15】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

G 0 3 G 15/08 5 0 7 X

【要約の続き】

4×10^{-12} (F/m)、R; 現像スリーブ111cの直径(m)、 v_{SL} : 現像スリーブ111cの線速(m/sec)

【選択図】 図1