

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2010-2873
(P2010-2873A)

(43) 公開日 平成22年1月7日 (2010. 1. 7)

(51) Int.Cl.
G03G 9/08 (2006.01)

F I
G03G 9/08 375
G03G 9/08 374

テーマコード (参考)
2H005

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2008-163881 (P2008-163881)	(71) 出願人	000005049
(22) 出願日	平成20年6月23日 (2008. 6. 23)		シャープ株式会社
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
		(74) 代理人	100075557
			弁理士 西教 圭一郎
		(74) 代理人	100072235
			弁理士 杉山 毅至
		(72) 発明者	戸泉 潔
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		Fターム (参考)	2H005 AA08 AB10 CB07 CB13 EA05 EA07 FA01

(54) 【発明の名称】 トナー、現像剤、現像装置および画像形成装置

(57) 【要約】

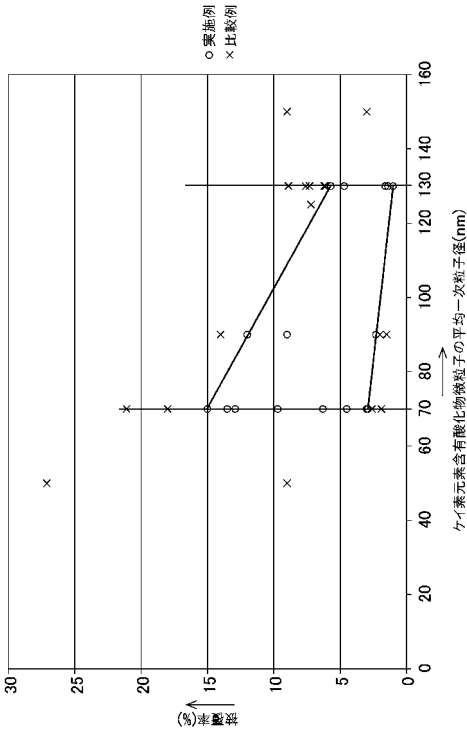
【課題】 耐刷試験において、トナー比電荷量が低下せず、画質低下およびトナーの機内飛散を抑制でき、クリーニング性が良好で、印字率1%以下の低印字率で連続または間欠して多くの枚数を印字しても、印字中または印字終了直後における画像濃度の変動を抑制できるトナーを提供する。

【解決手段】 トナーは、トナー粒子にケイ素元素含有酸化物微粒子および無機微粒子が外添され、トナー粒子の体積平均粒子径は、4 μm以上8 μm以下であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子は、平均一次粒子径が70 nm以上130 nm以下であり、かつ水分量が1.0重量%以下であり、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が下記式を満たす。

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9$$

(式中、xはケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、yはトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)を示す。)

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結着樹脂および着色剤を含むトナー粒子に、ケイ素を含む酸化物微粒子であるケイ素元素含有酸化物微粒子が外添されたトナーにおいて、

ケイ素元素含有酸化物微粒子とともに、ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子を少なくとも 1 種以上外添させ、

トナー粒子の体積平均粒子径は、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、平均一次粒子径が 70 nm 以上 130 nm 以下であり、かつ水分量が 1.0 重量%以下であり、

トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が下記式(1)を満たすことを特徴とするトナー。 10

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9 \cdots (1)$$

(式中、 x はケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、 y はトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)を示す。)

【請求項 2】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布が単分散であることを特徴とする請求項 1 に記載のトナー。

【請求項 3】

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、疎水化処理が施されたものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のトナー。 20

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載のトナーを含むことを特徴とする現像剤。

【請求項 5】

前記トナーとキャリアとから成る 2 成分現像剤であることを特徴とする請求項 4 に記載の現像剤。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の現像剤を用いて、像担持体に形成される潜像を現像してトナー像を形成することを特徴とする現像装置。

【請求項 7】

潜像が形成される像担持体と、 30

像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、

請求項 6 に記載の現像装置とを備えることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子写真法および静電印刷法などにおける潜像を現像するのに用いられるトナーおよびそれを含む現像剤、前記現像剤を用いる現像装置および画像形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】 40

近年、潜像を顕像化して画像を形成する画像形成装置において高画質化が様々な角度から検討されており、具体的な動向の一つとして、解像度および鮮鋭度の向上を目的とした現像剤の改良、特にトナーの小粒子径化が進められている。しかしながら、トナーの小径化が進むにつれて転写性およびクリーニング性が低下し、画質の低下を招く傾向が見られる。

【0003】

このような問題に対して、トナー表面に 100 nm 前後の外添剤をスプレーとして添加することによって、小粒径化されたトナーの転写性およびクリーニング性の向上が図られているが、外添剤の粒子径および物性が制御されなければ、外添剤をスプレーとして十分に機能させることはできない。 50

【0004】

外添剤の粒子径に関して、具体的には、外添剤の平均一次粒子径が小さすぎると、感光体ドラムまたは転写ベルト（記録媒体への直接転写方式および中間転写ベルト方式の両方式を含む）表面とトナーとの間においてスパーサー効果が得られず、トナー付着力が高いためクリーニング性を確保できない。これは、外添剤の粒子径が70nm未満の場合に特に顕著となる。

【0005】

外添剤の平均一次粒子径が大きすぎると、トナー比電荷量の低下が発生する。このような現象の原因としては、外添剤の平均一次粒子径が大きいと、大粒子径の外添剤粒子の個数が増加することになり、外添剤によってトナーとキャリアとの間のスペースが大きくなりすぎるので、トナーとキャリアとの接触障害が発生し、帯電不良を招くことが考えられる。また、外添剤の平均一次粒子径が大きくなると、トナー粒子からの外添剤の離脱量が増加するので、帯電性を確保できないことが考えられる。この現象は、外添剤の粒子径が150nmを超えると特に顕著になる。

【0006】

外添剤の物性に関して、具体的には、水分量を不所望に多く含む外添剤を含むトナーで耐刷試験を行うと、トナー比電荷量の低下が発生する。その結果、トナーの機内中への飛散が発生し、形成される画像の画質が低下する。この原因としては、水分量を不所望に多く含む外添剤を介して電荷がトナー表面にリークするからである。

【0007】

このような課題を解決するために、特許文献1には、少なくともケイ素元素を含み、一次粒子径 R （数平均）が30nm～300nmで、かつ R の粒度分布の標準偏差 σ が $R/4 \leq \sigma \leq R$ の分布を持ち、かつ円形度 $SF1$ が100～130でかつ円形度 $SF2$ が100～125の実質球形の酸化物微粒子をトナー用外添剤として用いることによって、スパーサー効果を十分に発揮し、かつトナー高温保存時あるいはトナー強攪拌劣化時の添加剤の埋没を防ぎ、さらに大粒子径、中粒子径、小粒子径の酸化物微粒子の含有割合を適度にし、小粒子径粒子で流動性を確保させるとともに中粒子径、大粒子径粒子でスパーサー効果を有効に発揮させ、さらにトナーの流動性およびトナーと酸化物微粒子の親和性を向上させ、酸化物微粒子のトナーからの脱離を防いで、外添剤として本来の機能を発揮させる技術が開示されている。

【0008】

【特許文献1】特開2004-102236号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1においては、酸化物微粒子中に含まれる水分量については考慮されていない。特に6.0wt%を超える水分量を含む酸化物微粒子をトナーに外添させると、耐刷試験においてトナーの比電荷量が低下するので、形成される画像の画質が低下し、トナーの機内中への飛散が起こるなどの問題がある。さらに、酸化物微粒子の平均一次粒子径に対する酸化物微粒子の被覆率が規定されていないので、印字率1%以下の低印字率で連続または間欠印字などして多くの枚数を印字すると、印字中または印字終了直後に画像濃度の変動が発生するおそれがある。

【0010】

本発明の目的は、耐刷試験において、トナー比電荷量が低下せず、画質低下およびトナーの機内飛散を抑制でき、クリーニング性が良好で、印字率1%以下の低印字率で連続または間欠して多くの枚数を印字しても、印字中または印字終了直後における画像濃度の変動を抑制できるトナー、現像剤、現像装置および画像形成装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、結着樹脂および着色剤を含むトナー粒子に、ケイ素を含む酸化物微粒子であ

10

20

30

40

50

るケイ素元素含有酸化物微粒子が外添されたトナーにおいて、

ケイ素元素含有酸化物微粒子とともに、ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子を少なくとも1種以上外添させ、

トナー粒子の体積平均粒子径は、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、平均一次粒子径が 70 nm 以上 130 nm 以下であり、かつ水分量が 1.0 重量%以下であり、

トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が下記式(1)を満たすことを特徴とするトナーである。

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9 \cdots (1)$$

(式中、 x はケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、 y はトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)を示す。)

10

【0012】

また本発明は、ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布が単分散であることを特徴とする。

【0013】

また本発明は、ケイ素元素含有酸化物微粒子は、疎水化処理が施されたものであることを特徴とする。

【0014】

また本発明は、前記トナーを含むことを特徴とする現像剤である。

また本発明は、前記トナーとキャリアとから成る2成分現像剤であることを特徴とする

20

。

【0015】

また本発明は、前記現像剤を用いて、像担持体に形成される潜像を現像してトナー像を形成することを特徴とする現像装置である。

【0016】

また本発明は、潜像が形成される像担持体と、

像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、

前記現像装置とを備えることを特徴とする画像形成装置である。

【発明の効果】

【0017】

30

本発明によれば、トナーは、結着樹脂および着色剤を含むトナー粒子に、ケイ素を含む酸化物微粒子であるケイ素元素含有酸化物微粒子が外添される。さらにトナー粒子にはケイ素元素含有酸化物微粒子とともに、ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子が少なくとも1種以上外添される。トナー粒子の体積平均粒子径は、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子は、平均一次粒子径が 70 nm 以上 130 nm 以下であり、かつ水分量が 1.0 重量%以下であり、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が式(1)を満たす。

【0018】

トナー粒子にケイ素元素が含まれる酸化物であるケイ素元素含有酸化物微粒子が外添されることによって、ケイ素元素を含まない酸化物微粒子を外添させる場合より、トナーの帯電量を適切に調整することが可能となり、トナーの帯電性が向上する。

40

【0019】

ケイ素元素含有酸化物微粒子と前記無機微粒子とを併用することによって、ケイ素元素含有酸化物微粒子をトナー粒子表面に均一に分散させて外添させることができる。また、トナーの流動性を確保することができ、トナー比電荷の立ち上がりを早くでき、形成される画像の画質を安定させることができる。

【0020】

トナー粒子の体積平均粒子径が $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることによって、クリーニング性を確保し、解像度を良好にすることができる。トナー粒子の体積平均粒子径が $4\text{ }\mu\text{m}$ 未満であると、粒子径が小さすぎるので、ケイ素元素含有酸化物微粒子を外添しても、クリ

50

ーニング性が向上せず、クリーニング不良が起こる。トナー粒子の体積平均粒子径が $8\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、ケイ素元素含有酸化物微粒子を外添させても、クリーニング性が向上せず、粒子径が大きすぎるので解像性が低下する。

【0021】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が 70 nm 以上 130 nm 以下であることによって、像担持体または転写ベルトとトナーとの間に十分なスパーサー効果が得られ、クリーニング性を良好にすることができる。また、定着性を良好にすることができる。ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が 70 nm 未満であると、像担持体または転写ベルトとトナーとの間にスパーサー効果が得られず、トナーの付着力が高いのでクリーニング性を確保できない。またクリーニング性を確保するためにケイ素元素含有酸化物微粒子の添加量を増やすと、粒子径が 30 nm 以下のケイ素元素含有酸化物微粒子の粒子の個数が増加し、その粒子によってトナー粒子表面が必要以上に被覆され、トナー粒子中に含有されている離型剤の染み出し効果が阻害されるので、定着性が悪化するおそれがある。ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が 130 nm を超えると、トナーとキャリアとの接触障害が発生して、トナー比電荷量の低下が発生するおそれがある。ケイ素元素含有酸化物微粒子の水分量が 1.0 重量% 以下であることによって、帯電した電荷がケイ素元素含有酸化物微粒子を介してトナー表面にリークすることを防ぎ、トナー比電荷量の低下を抑制することができる。

10

【0022】

前記被覆率が式(1)を満たすことによって、クリーニング性および定着性を両立することができる。被覆率が式(1)より低い場合は、ケイ素元素含有酸化物微粒子によるトナー粒子の被覆が不十分なので、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性を確保できず、また転写性の低下を招く。被覆率が式(1)より高い場合は、トナーとキャリアとの間に負帯電したケイ素元素含有酸化物微粒子が多く存在し、現像性を阻害するので、印字率 1% 以下の低印字率で連続または間欠して多くの枚数を印字した場合に、印字中または印字終了直後において画像濃度が変動することに対する有効な抑制効果が得られない。また、ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒子の個数が多いので、ケイ素元素含有酸化物微粒子によってトナー粒子表面が必要以上に被覆され、トナー粒子中に含有されている離型剤の染み出し効果が阻害され、定着性の低下を招く。

20

【0023】

したがって、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性および定着性を確保し、かつ耐刷試験でのトナー比電荷量の低下を抑制することができるトナーを実現することができる。このようなトナーを用いて画像を形成することによって、トナーの機内飛散を抑制でき、画質低下のない画像を安定して形成することができる。また印字率 1% 以下の低印字率で連続または間欠で多くの枚数を印字しても、印字中または印字終了直後における画像濃度の変動を抑え、一定の画像濃度を有する画像を安定して形成することができる。

30

【0024】

また本発明によれば、ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布は単分散である。これによって、小粒径側および大粒径側のケイ素元素含有酸化物微粒子の個数がケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布が複分散である場合より少なくなるので、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性および定着性を安定して確保することができ、かつ耐刷試験においてトナー比電荷量の低下を一層抑制することができる。したがって、トナーの機内飛散を抑制でき、画質の低下がなく、一定の画像濃度を有する画像をより安定して形成することができる。

40

【0025】

また本発明によれば、ケイ素元素含有酸化物微粒子は疎水化処理が施されたものである。これによって、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性能を確保し、かつ高温高湿環境下および低温低湿環境下において、トナー比電荷量の変化を抑制できる。したがって、トナーの機内飛散を抑制でき、画質の低下がなく、一定の画像濃度を有する

50

画像をより一層安定して形成することができる。

【0026】

また本発明によれば、現像剤は、本発明のトナーを含む。これによって、トナー比電荷量の変化を抑制でき、長期の使用にわたり特性の安定した現像剤とすることができるので、良好な現像性を維持することのできる現像剤が得られる。

【0027】

また本発明によれば、現像剤は、本発明のトナーとキャリアとからなる2成分現像剤である。本発明のトナーは、クリーニング性および定着性を両立し、かつ耐刷試験でのトナー比電荷量の低下を抑制できるので、帯電特性および現像性の良好な2成分現像剤が得られる。このような2成分現像剤を用いることによって、トナーの機内飛散による画質低下を抑え、高画質な画像を安定して形成することができる。

【0028】

また本発明によれば、本発明の現像装置は、本発明の現像剤を用いて潜像を現像するので、トナー比電荷量の低下による現像不良を起すことなく、感光体に高精細で高解像度のトナー像を安定して形成することができる。したがって、長期間にわたって非画像部にかぶりのない良好な画像を安定して形成することができる。

【0029】

また本発明によれば、潜像が形成される像担持体と、像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、前述のように良好なトナー像を形成可能な本発明の現像装置とを備えて画像形成装置が実現される。このような画像形成装置で画像を形成することによって、クリーニング性および定着性を両立し、長期使用時にトナー比電荷量が低下することなく、かつ印字率1%以下の低印字率で連続または間欠印字などして多くの枚数を印字しても、印字中または印字終了直後における画像濃度の変動を抑制でき、画質低下のない高画質な画像を安定して形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

本発明の第1の実施形態であるトナーは、結着樹脂および着色剤を含むトナー粒子にケイ素元素含有酸化物微粒子が外添されている。さらにトナー粒子にはケイ素元素含有酸化物微粒子とともに、ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子が少なくとも1種以上外添されている。トナー粒子の体積平均粒子径は、4 μm以上8 μm以下であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子は、平均一次粒子径が70 nm以上130 nm以下であり、かつ水分量が1.0重量%以下であり、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が下記式(1)を満たす。

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9 \quad \dots (1)$$

(式中、xはケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、yはトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)を示す。)

【0031】

(1) トナー粒子

本実施形態のトナーに含まれるトナー粒子は、結着樹脂、着色剤、離型剤、帯電制御剤などのトナー原料で構成される。

【0032】

(結着樹脂)

結着樹脂としては、トナー用結着樹脂として常用されかつ熔融状態で造粒可能であれば特に制限されず、公知のものを使用でき、たとえば、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリアミド、スチレン系ポリマー、(メタ)アクリル樹脂、ポリビニルブチラール、シリコーン樹脂、ポリウレタン、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、キシレン樹脂、ロジン変性樹脂、テルペン樹脂、脂肪族炭化水素樹脂、脂環式炭化水素樹脂、芳香族系石油樹脂、塩素化パラフィン、パラフィンワックスなどが挙げられる。これらの結着樹脂は1種を単独で使用できまたは2種以上を併用できる。これらの中でも、水系における湿式造粒によって粒子表面が平滑になり易いポリエステ

ル、スチレン系ポリマー、(メタ)アクリル樹脂などが好ましい。

【0033】

ポリエステルとしては、多価アルコールと多価カルボン酸との重縮合物が好ましい。多価アルコールとしては、たとえば、エチレングリコール、プロピレングリコール、1,3-ブタンジオール、1,4-ブタンジオール、2,3-ブタンジオール、ジエチレングリコール、1,5-ペンタンジオール、1,6-ヘキサジオール、ネオペンチルグリコールなどの脂肪族アルコール、シクロヘキサジメタノール、水添ビスフェノールなどの脂環式アルコール、ビスフェノールAエチレンオキサイド付加物、ビスフェノールAプロピレンオキサイド付加物などのビスフェノールAアルキレンオキサイド付加物などが挙げられる。多価アルコールは1種または2種以上を使用できる。多価カルボン酸としては、たとえば、フタル酸、テレフタル酸、無水フタル酸などの芳香族カルボン酸とその酸無水物、コハク酸、アジピン酸、セバシン酸、アゼライン酸、ドデセニルコハク酸などの飽和および不飽和脂肪族カルボン酸とその酸無水物などが挙げられる。多価カルボン酸は1種または2種以上を使用できる。

10

【0034】

スチレン系ポリマーとしては、スチレン系モノマーのホモポリマー、スチレン系モノマーとスチレン系モノマーに共重合可能なモノマーとのコポリマーなどが挙げられる。スチレン系モノマーとしては、たとえば、スチレン、o-メチルスチレン、エチルスチレン、p-メトキシスチレン、p-フェニルスチレン、2,4-ジメチルスチレン、p-n-オクチルスチレン、p-n-デシルスチレン、p-n-ドデシルスチレンなどが挙げられる。他のモノマーとしては、たとえば、(メタ)アクリル酸メチル、(メタ)アクリル酸エチル、(メタ)アクリル酸プロピル、(メタ)アクリル酸ブチル、(メタ)アクリル酸イソブチル、(メタ)アクリル酸n-オクチル、(メタ)アクリル酸ドデシル、(メタ)アクリル酸2-エチルヘキシル、(メタ)アクリル酸ステアリル、(メタ)アクリル酸フェニル、(メタ)アクリル酸ジメチルアミノエチルなどの(メタ)アクリル酸エステル類、アクリロニトリル、メタアクリルアミド、グリシジルメタアクリレート、N-メチロールアクリルアミド、N-メチロールメタアクリルアミド、2-ヒドロキシエチルアクリレートなどの(メタ)アクリル系モノマー類、ビニルメチルエーテル、ビニルエチルエーテル、ビニルイソブチルエーテルなどのビニルエーテル類、ビニルメチルケトン、ビニルヘキシルケトン、メチルイソプロペニルケトンなどのビニルケトン類、N-ビニルピロリドン、N-ビニルカルバゾール、N-ビニルインドールなどのN-ビニル化合物などが挙げられる。スチレン系モノマーおよびスチレン系モノマーに共重合可能なモノマーは、それぞれ1種または2種以上を使用できる。

20

30

【0035】

(メタ)アクリル酸樹脂としては、(メタ)アクリル酸エステル類のホモポリマー、(メタ)アクリル酸エステル類と(メタ)アクリル酸エステル類に共重合可能なモノマーとのコポリマーなどが挙げられる。(メタ)アクリル酸エステル類としては前述のものと同様のものを使用できる。(メタ)アクリル酸エステル類に共重合可能なモノマーとしては、(メタ)アクリル系モノマー類、ビニルエーテル類、ビニルケトン類、N-ビニル化合物などが挙げられる。これらは前述のものと同様のものを使用できる。

40

【0036】

なお、結着樹脂の主鎖または側鎖にカルボキシル基、スルホン酸基などの親水性基を結合させ、水中での自己分散性を付与した結着樹脂を用いることもできる。

【0037】

(着色剤)

着色剤としては、たとえば、黒色系顔料、有彩色系顔料などを使用できる。黒色系顔料としては、たとえば、カーボンブラック、酸化銅、二酸化マンガン、活性炭、非磁性フェライト、磁性フェライト、マグネタイトなどの黒色系無機顔料、アニリンブラックなどの黒色系有機顔料などが挙げられる。

【0038】

50

有彩色系顔料としては、たとえば、黄鉛、亜鉛鉛、カドミウムイエロー、黄色酸化鉄、ミネラルファストイエロー、ニッケルチタンイエロー、ネーブルイエローなどの黄色系無機顔料、ナフトールイエローS、ハンザイエローG、ハンザイエロー10G、ベンジジンイエローG、ベンジジンイエローGR、キノリンイエローレーキ、パーマネントイエローNCG、タートラジンレーキなどの黄色系有機顔料、赤色黄鉛、モリブデンオレンジなどの橙色系無機顔料、パーマネントオレンジGTR、ピラズロンオレンジ、バルカンオレンジ、インダスレンブリリアントオレンジRK、ベンジジンオレンジG、インダスレンブリリアントオレンジGKなどの橙色系有機顔料、ベンガラ、カドミウムレッド、鉛丹、硫化水銀、カドミウムなどの赤色系無機顔料、パーマネントレッド4R、リソールレッド、ピラズロンレッド、ウォッチングレッド、カルシウム塩、レーキレッドC、レーキレッドD、ブリリアントカーミン6B、エオシンレーキ、ローダミンレーキB、アリザリンレーキ、ブリリアントカーミン3Bなどの赤色系有機顔料、マンガン紫などの紫色系無機顔料、ファストバイオレットB、メチルバイオレットレーキなどの紫色系有機顔料、紺青、コバルトブルーなどの青色系無機顔料、アルカリブルーレーキ、ビクトリアブルーレーキ、フタロシアニンブルー、無金属フタロシアニンブルー、フタロシアニンブルー部分塩素化物、ファーストスカイブルー、インダスレンブルーBCなどの青色系有機顔料、クロムグリーン、酸化クロムなどの緑色系無機顔料、ピグメントグリーンB、マイカライトグリーンレーキ、ファイナルイエローグリーンGなどの緑色系有機顔料などが挙げられる。

10

【0039】

着色剤は1種または2種以上を使用できる。同色系の着色剤を2種以上用いてもよく、異色系のものを混合して用いても良い。着色剤の含有量は、好ましくはトナー粒子全量の1～20重量%、さらに好ましくはトナー粒子全量の0.2～10重量%である。

20

【0040】

着色剤は、マスターバッチとして使用されることが好ましい。着色剤のマスターバッチは、たとえば、合成樹脂の溶融物と着色剤とを混練することによって製造することができる。合成樹脂としては、トナーの結着樹脂と同種の樹脂またはトナーの結着樹脂に対して良好な相溶性を有する樹脂が使用される。合成樹脂と着色剤との使用割合は特に制限されないけれども、好ましくは合成樹脂100重量部に対して30重量部以上100重量部以下である。マスターバッチは、たとえば粒子径2～3mm程度に造粒されて用いられる。

【0041】

(離型剤)

離型剤としては、この分野で常用されるものを使用でき、たとえば、パラフィンワックスとその誘導体、マイクロクリスタリンワックスとその誘導体などの石油系ワックス、フィッシュートロプシュワックスとその誘導体、ポリオレフィンワックスとその誘導体、低分子量ポリプロピリンワックスとその誘導体、ポリオレフィン系重合体ワックス（低分子量ポリエチレンワックスなど）とその誘導体などの炭化水素系合成ワックス、カルナバワックスとその誘導体、ライスワックスとその誘導体、キャンドリラワックスとその誘導体、木蝋などの植物系ワックス、蜜蝋、鯨蝋などの動物系ワックス、脂肪酸アミド、フェノール脂肪酸エステルなどの油脂系合成ワックス、長鎖カルボン酸とその誘導体、長鎖アルコールとその誘導体、シリコン系重合体、高級脂肪酸などが挙げられる。なお、誘導体には、酸化物、ビニル系モノマーとワックスとのブロック共重合体、ビニル系モノマーとワックスとのグラフト変性物などが含まれる。ワックスの使用量は特に制限されず広い範囲から適宜選択できるけれども、好ましくは、トナー粒子全量の0.2～20重量%である。

30

40

【0042】

(帯電制御剤)

帯電制御剤としては、たとえば、含金属アゾ染料（クロム・アゾ錯体染料、鉄アゾ錯体染料、コバルト・アゾ錯体染料など）、銅フタロシアニン染料、サリチル酸とそのアルキル誘導体の金属（クロム、亜鉛、アルミニウム、硼素など）錯体およびその塩、ナフトール酸とその誘導体の金属（クロム、亜鉛、アルミニウム、硼素など）錯体およびその塩、

50

ベンジル酸とその誘導体の金属（クロム、亜鉛、アルミニウム、硼素など）錯体およびその塩、長鎖アルキルカルボン酸塩、長鎖アルキルスルホン酸塩などの負帯電性トナー用帯電制御剤、ニグロシン染料とその誘導体、ベンゾグアナミン、トリフェニルメタン誘導体、4級アンモニウム塩、4級ホスフォニウム塩、4級ピリジニウム塩、グアニジン塩、アミジン塩、含窒素官能基を有するモノマー〔N，N－ジメチルアミノメチル（メタ）アクリレート、N，N－ジメチルアミノエチル（メタ）アクリレート、N，N－ジエチルアミノエチル（メタ）アクリレートなどのN，N－ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリレート類、N，N－ジメチルアミノエチル（メタ）アクリルアミド、N，N－ジメチルアミノプロピル（メタ）アクリルアミドなどのN，N－ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリルアミド類など〕のラジカル重合性共重合体などが挙げられる。帯電制御剤は1種または2種以上を使用できる。帯電制御剤の含有量は好ましくはトナー粒子全量の0.1～5.0重量%である。

10

【0043】

本実施形態において、トナー粒子の体積平均粒子径は4 μm 以上8 μm 以下である。トナー粒子の体積平均粒子径が4 μm 以上8 μm 以下であることによって、クリーニング性を確保し、解像度を良好にすることができる。トナー粒子の体積平均粒子径が4 μm 未満であると、粒子径が小さすぎるので、ケイ素元素含有酸化物微粒子を外添しても、クリーニング性が向上せず、クリーニング不良が起こる。トナー粒子の体積平均粒子径が8 μm を超えると、ケイ素元素含有酸化物微粒子を外添させても、クリーニング性が向上せず、粒子径が大きすぎるので解像性が低下する。

20

【0044】

ここで、トナー粒子の体積平均粒子径は、たとえば粒度分布測定装置（商品名：MultiSizer 2、ベックマン・コールター株式会社製）を用いて測定を行い、トナー粒子の体積粒度分布から算出できる。

【0045】

トナー粒子の真比重は、1.15以上1.24以下の範囲内が好ましい。なお、前記被覆率を算出する場合、トナー粒子の真比重は小数点以下第2位を四捨五入し、1.2として算出する。

【0046】

（トナー粒子の製造方法）

30

トナー粒子の製造方法は特に制限されず、公知の製造方法によって得ることができ、たとえば、溶融混練粉碎法によって製造できる。溶融混練粉碎法によれば、結着樹脂、着色剤、離型剤、電荷制御剤、その他の添加材などのそれぞれ所定量を乾式混合し、得られる混合物を溶融混練し、得られる溶融混練物を冷却して固化させ、得られる固化物を機械的に粉碎することによって製造できる。

【0047】

乾式混合に用いられる混合機としては、たとえば、ヘンシェルミキサ（商品名、三井鉱山株式会社製）、スーパーミキサ（商品名、株式会社カワタ製）、メカノミル（商品名、岡田精工株式会社製）などのヘンシェルタイプの混合装置、オングミル（商品名、ホソカワミクロン株式会社製）、ハイブリダイゼーションシステム（商品名、株式会社奈良機械製作所製）、コスモシステム（商品名、川崎重工業株式会社製）などが挙げられる。

40

【0048】

混練は、攪拌下に結着樹脂の溶融温度以上の温度（通常は80～200℃程度、好ましくは100～150℃程度）に加熱しながら行われる。混練機として、たとえば、二軸押し出し機、三本ロール、ラボブラストミルなどの一般的な混練機を使用できる。さらに具体的には、たとえば、TEM-100B（商品名、東芝機械株式会社製）、PCM-65/87（商品名、株式会社池貝製）などの1軸もしくは2軸の押出機、ニーデックス（商品名、三井鉱山株式会社製）などのオープンロール方式のものが挙げられる。これらの中でも、オープンロール方式のものが好ましい。

【0049】

50

溶融混練物を冷却して得られる固化物の粉碎には、カッターミル、フェザーミルまたはジェットミルなどが用いられる。たとえば、固化物をカッターミルで粗粉碎した後、ジェットミルで粉碎することによって、所望の体積平均粒子径を有するトナー粒子が得られる。

【0050】

また、トナー粒子は、溶融混練物の固化物を粗粉碎し、得られる粗粉碎物を水性スラリー化し、得られる水性スラリーを高圧ホモジナイザで処理して微粒化し、得られる微粒を水性媒体中で加熱して凝集および溶融させることによって製造できる。溶融混練物の固化物の粗粉碎は、たとえば、ジェットミル、ハンドミルなどを用いて行われる。

【0051】

具体的には、粗粉碎によって、 $100\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ mm}$ 程度の粒子径を有する粗粉を得る。粗粉を水に分散させて、水性スラリーを調製する。粗粉を水に分散させるに際しては、たとえば、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムなどの分散剤の適量を水に溶解させておくことによって、粗粉が均一に分散した水性スラリーが得られる。この水性スラリーを高圧ホモジナイザで処理することによって、水性スラリー中の粗粉が微粒化され、体積平均粒子径 $0.4\sim 1.0\text{ }\mu\text{m}$ 程度の微粒を含む水性スラリーが得られる。この水性スラリーを加熱し、微粒を凝集させ、微粒同士を溶融させて結合することによって、所望の体積平均粒子径および平均円形度を有するトナー粒子が得られる。体積平均粒子径および平均円形度は、たとえば、微粒の水性スラリーの加熱温度および加熱時間を適宜選択することによって、所望の値にすることができる。加熱温度は、結着樹脂の軟化点以上、結着樹脂の熱分解温度未満の温度範囲から適宜選択される。加熱時間が同じである場合には、通常は、加熱温度が高いほど、得られるトナーの体積平均粒子径は大きくなる。

【0052】

高圧ホモジナイザとしては、市販品が知られる。高圧ホモジナイザの市販品としては、たとえば、マイクロフルイダイザー（商品名、マイクロフルディクス（Microfluidics）社製）、ナノマイザー（商品名、ナノマイザー社製）、アルティマイザー（商品名、株式会社スギノマシン製）などのチャンバ式高圧ホモジナイザ、高圧ホモジナイザ（商品名、ラニー（Rannie）社製）、高圧ホモジナイザ（商品名、三丸機械工業株式会社製）、高圧ホモゲナイザ（商品名、株式会社イズミフードマシンナリ製）、NANO3000（商品名、株式会社美粒製）などが挙げられる。

【0053】

以上のように作製されたトナーには球形化処理が施されてもよい。球形化する手段としては衝撃式球形化装置および熱風式球形化装置が挙げられる。衝撃式球形化装置としては、市販されているものを使用することもでき、たとえば、ファカルティ（商品名、ホソカワミクロン株式会社製）、ハイブリダイゼーションシステム（商品名、株式会社奈良機械製作所製）などを用いることができる。熱風式球形化装置としては、市販されているものも使用することができ、たとえば、表面改質機メテオレインボー（商品名、日本ニューマチック工業株式会社製）などを用いることができる。

【0054】

（2）ケイ素元素含有酸化物微粒子

本実施形態のトナーは、ケイ素元素含有酸化物微粒子を含む。ケイ素元素含有酸化物微粒子は、トナー粒子に外添する外添剤として用いられ、粉体流動性向上、摩擦帯電性向上、耐熱性、長期保存性改善、クリーニング特性改善および感光体表面磨耗特性制御などの機能を担う。

【0055】

トナー粒子に、ケイ素元素が含まれる酸化物微粒子であるケイ素元素含有酸化物微粒子が外添されることによって、ケイ素元素を含まない酸化物微粒子を外添させる場合より、トナーの帯電量を適切に調整することが可能となり、トナーの帯電性が向上する。

【0056】

前述のように、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径は 70 nm 以上 130 nm

10

20

30

40

50

m以下である。ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が70nm以上130nm以下であることによって、像担持体または転写ベルトとトナーとの間に十分なスパーサー効果が得られ、クリーニング性を良好にすることができる。また、定着性を良好にすることができる。ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が70nm未満であると、像担持体または転写ベルトとトナーとの間にスパーサー効果が得られず、トナーの付着力が高いためクリーニング性を確保できない。また粒子径が30nm以下のケイ素元素含有酸化物微粒子の粒子の個数が増加し、その粒子が定着性能を阻害するので、定着性が悪化するおそれがある。ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が130nmを超えると、トナーとキャリアとの接触障害が発生して、トナー比電荷量の低下が発生するおそれがある。

10

【0057】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径は、動的光散乱を利用する粒子径分布測定装置、たとえばDLS-800（商品名、株式会社大塚電子製）およびコールターN4（商品名、コールターエレクトロニクス社製）によって測定可能であるが、たとえばケイ素元素含有酸化物微粒子に疎水化処理した場合、疎水化処理後の粒子の二次凝集を解離することは困難であるため、走査型電子顕微鏡（SEM；Scanning Electron Microscope）または透過型電子顕微鏡（TEM；Transmission Electron Microscope）により得られる写真画像を画像解析することにより直接求めることが好ましい。

【0058】

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、水分量が1.0重量%以下である。ケイ素元素含有酸化物微粒子の水分量は、0.5重量%以下であることが好ましく、0.1重量%以下であることがさらに好ましい。

20

【0059】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の水分量が1.0重量%以下であることによって、帯電した電荷がケイ素元素含有酸化物微粒子を介してトナー表面にリークすることを防ぎ、トナー比電荷量の低下を抑制することができる。

【0060】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の水分量は、カールフィッシャー水分量測定装置（たとえば、商品名：CA-100、三菱化学株式会社製）を用いて、105℃で加熱し、発生する水分量から算出する。

30

【0061】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布は、単分散であることが好ましい。これによって、小粒径側および大粒径側のケイ素元素含有酸化物微粒子の個数がケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布が複分散である場合より少なくなるので、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性および定着性を安定して確保することができ、かつ耐刷試験においてトナー比電荷量の低下を一層抑制することができる。したがって、トナーの機内飛散を抑制でき、画質の低下がなく、一定の画像濃度を有する画像をより安定して形成することができる。

【0062】

粒度分布において小粒径側に1つ以上のピークを有するケイ素元素含有酸化物微粒子を含む複分散であると、定着性が悪化する。粒度分布において大粒径側に1つ以上のピークを有するケイ素元素含有酸化物微粒子を含む複分散であり、特に平均一次粒子径が130nm以上の大粒径側のケイ素元素含有酸化物微粒子を含む複分散である場合は、トナー帯電不良が発生する。

40

【0063】

ここで、ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒度分布は、走査電子顕微鏡にて撮影した画像を解析することによって求める。

【0064】

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、真比重が2.1以上2.2以下の範囲内であることが好ましい。

50

【0065】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子の製造方法)

本実施形態のトナーに含まれるケイ素元素含有酸化物微粒子の製造方法は特に制限されず、公知の製造方法によって得ることができ、たとえば特開2006-206413号公報に記載の方法で製造できる。

【0066】

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、ゾルゲル法によって製造できる。たとえば、アルコキシシランからなるゾルを加水分解・重縮合反応により、流動性を失ったゲルとし、このゲルをろ過、遠心分離後に、加熱して溶媒を蒸発除去する。

【0067】

アルコキシシラン(珪酸エステル)は一般式 $R^1_a Si(OR^2)_{4-a}$ で示され(ここで、 R^1 、 R^2 は炭素数1~4の1価炭化水素基、 a は0~4の整数)、たとえば、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトラプロポキシシラン、テトラブトキシシラン、メチルトリメトキシシラン、メチルトリエトキシシラン、メチルトリプロポキシシラン、メチルトリブトキシシラン、エチルトリメトキシシラン、エチルトリエトキシシラン、エチルトリプロポキシシラン、エチルトリブトキシシラン、プロピルトリメトキシシラン、プロピルトリエトキシシラン、ブチルトリメトキシシラン、ブチルトリエトキシシラン、ジメチルジメトキシシラン、ジメチルジエトキシシラン、ジメチルジプロポキシシラン、ジメチルジブトキシシラン、ジエチルジメトキシシラン、ジエチルジエトキシシラン、ジエチルジプロポキシシラン、ジエチルジブトキシシラン、ジプロピルジメトキシシラン、ジプロピルジエトキシシラン、ジブチルジメトキシシラン、ジブチルジエトキシシラン、トリメチルメトキシシラン、トリメチルエトキシシラン、トリメチルプロポキシシラン、トリメチルブトキシシラン、トリエチルメトキシシラン、トリエチルエトキシシラン、トリエチルプロポキシシラン、トリエチルブトキシシラン、トリプロピルメトキシシラン、トリプロピルエトキシシラン、トリブチルメトキシシラン、トリブチルエトキシシラン等が挙げられ、特にテトラメトキシシラン、メチルトリメトキシシランがより好ましい。

【0068】

有機溶媒としては、たとえばメタノール、エタノール、1-プロパノール、2-メトキシエタノール、2-エトキシエタノール、1-ブタノールなどのアルコールが用いられる。

【0069】

加水分解に用いられる触媒としては、アンモニア、尿素、モノアミンなどが挙げられる。

【0070】

上記のようにして製造されたケイ素元素含有酸化物微粒子をバーナーなどで加熱して、水分量を1.0重量%以下にまで減少させることで、水分量が1.0重量%以下のケイ素元素含有酸化物微粒子を得ることができる。

【0071】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の製造方法は、上記のゾルゲル法に限定されず、ケイ素元素含有酸化物微粒子は気相法(ケイ素化合物または金属ケイ素を酸水素火炎中で燃焼して製造する方法)によっても製造できる。

【0072】

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、環境帯電安定性向上のため、疎水化処理されることがこのましい。これによって、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性能を確保し、かつ高温高湿環境下および低温低湿環境下において、トナー比電荷量の変化を抑制できる。したがって、トナーの機内飛散を抑制でき、画質の低下がなく、一定の画像濃度を有する画像をより一層安定して形成することができる。

【0073】

ケイ素元素含有酸化物微粒子に疎水化処理をする場合、ケイ素元素含有酸化物微粒子を

トナー粒子に外添後に、前述のような水分の加熱減量を行うと、トナー粒子が熱によって溶けてしまうので、外添前にあらかじめケイ素元素含有酸化物微粒子を加熱して水分を減少させる。

【0074】

疎水化処理剤としてはたとえばシランカップリング剤、シリル化剤、フッ化アルキル基を有するシランカップリング剤、有機チタネート系カップリング剤、アルミニウム系のカップリング剤、シリコンオイル、シリコンワニスなどが挙げられる。

【0075】

その中でも特に、表面に $R^3_3SiO_{1/2}$ 単位を導入して、疎水化処理することが好ましい。 R^3 は炭素数 1～8 の 1 価炭化水素基であり、たとえば、メチル基、エチル基、プロピル基、ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基、ヘプチル基、オクチル基、シクロヘキシル基、フェニル基、ビニル基、アリル基等が挙げられ、特にメチル基が好ましい。

【0076】

また、疎水化処理は、公知のシリカ微粉末の表面改質方法に従って行うこともできる。この方法では、シラザン化合物を、水の存在下において、気相、液相または固相で 0～400℃ でアルコキシシランに接触させた後、50～400℃ で加熱し、過剰のシラザン化合物を除去することにより行うことができる。

【0077】

一般式 $R^3_3SiNHSiR^3_3$ で示されるシラザン化合物としては、たとえば、ヘキサメチルジシラザン、ヘキサエチルジシラザン、ヘキサプロピルジシラザン、ヘキサブチルジシラザン、ヘキサペンチルジシラザン、ヘキサヘキシルジシラザン、ヘキサシクロヘキシルジシラザン、ヘキサフェニルジシラザン、ジビニルテトラメチルジシラザン等が挙げられ、特に改質後の疎水性とその除去の容易さからヘキサメチルジシラザンが好ましい。

【0078】

トナー粒子およびケイ素元素含有酸化物微粒子を混合することで、ケイ素元素含有酸化物微粒子をトナー粒子に外添させ、本実施形態のトナーを得る。

【0079】

混合は任意の方法で行えばよく、たとえば V ブレンダー、ヘンシェルミキサ、リボンブレンダー、ライカイ機などによって行うことができる。

【0080】

ケイ素元素含有酸化物微粒子は、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率 (%) が下記式 (1) を満たすようにトナー粒子に外添される。

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9 \quad \dots (1)$$

(式中、x はケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、y はトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率 (%) を示す。)

【0081】

前記被覆率 (%) が式 (1) を満たすことによって、クリーニング性および定着性を両立することができる。被覆率 (%) が式 (1) より低い場合は、ケイ素元素含有酸化物微粒子によるトナー粒子の被覆が不十分なので、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性を確保できず、また転写性の低下を招く。被覆率 (%) が式 (1) より高い場合は、トナーとキャリアとの間に負帯電したケイ素元素含有酸化物微粒子が多く存在し、現像性を阻害するので、印字率 1% 以下の低印字率で連続または間欠して多くの枚数を印字した場合に、印字中または印字終了直後において画像濃度が変動することに対する有効な抑制効果が得られない。また、ケイ素元素含有酸化物微粒子の粒子の個数が多いので、定着性の低下を招く。

【0082】

トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率 (%) は、トナー粒子の表面積に対する、トナー粒子表面に存在するケイ素元素含有酸化物微粒子の表面積の比率で表わされる。前記被覆率は、トナー粒子とケイ素元素含有酸化物微粒子とを混合する前にお

10

20

30

40

50

けるトナー粒子の体積平均粒子径および真比重、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径および真比重、ならびにトナー粒子の重量に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の重量の比率（外添剤の重量／トナー母体の重量）を下記式（３）に代入することで算出できる。

【００８３】

【数１】

$$y(\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot D \cdot \rho_t \cdot C}{2\pi \cdot d \cdot \rho_i} \times 100 \quad \dots (3)$$

10

【００８４】

式（３）において、 y はトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率であり、 D はトナー粒子の体積平均粒子径（ μm ）であり、 d はケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径（ μm ）であり、 ρ_t はトナー粒子の真比重であり、 ρ_i はケイ素元素含有酸化物微粒子の真比重であり、 C はトナー粒子の重量に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の重量の比率（ケイ素元素含有酸化物微粒子の重量／トナー粒子の重量）である。

【００８５】

式（３）から、トナー粒子の体積平均粒子径 D 、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径 d 、トナー粒子の真比重 ρ_t 、ケイ素元素含有酸化物微粒子の真比重 ρ_i が同じである場合、被覆率 y は、トナー粒子の重量に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の重量の比率 C によって変わる。

20

【００８６】

前記被覆率（％）を用いた式（１）は、以下のようにして求める。

粒子径の異なる数種類のトナー粒子、平均一次粒子径および水分量がそれぞれ異なる数種類のケイ素元素含有酸化物微粒子を用いてトナーを複数作製し、白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および濃度変化を評価する。白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および濃度変化を評価方法および評価基準は、後述の実施例に記載する。

【００８７】

白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および画像濃度安定性の評価結果を、 x 軸をケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径とし、 y 軸を被覆率（％）としてプロットする。あるケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径に対する被覆率（％）の値において、白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および画像濃度安定性の全評価項目を両立できる被覆率（％）の最小の値、２点以上を直線で結び、最小二乗法によって近似直線（Ａ）を求める。また、あるケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径に対する被覆率（％）の値において、白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および画像濃度安定性の全評価項目を両立できる被覆率（％）の最大の値、２点以上を直線で結び、最小二乗法によって近似直線（Ｂ）を算出する。近似直線（Ａ）は、下記数式（Ａ）で表わされ、近似直線（Ｂ）は、下記数式（Ｂ）で表わされる。

30

$$y = -0.0317x + 5.12 \quad \dots (A)$$

$$y = -0.155x + 25.9 \quad \dots (B)$$

40

【００８８】

x 軸の値が 70 以上 130 以下であり、近似直線（Ａ）と近似直線（Ｂ）とで囲まれる範囲では、白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および画像濃度安定性の評価結果が非常に良好、良好または可であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径と被覆率（％）とをこの範囲にすればよいことがわかる。

【００８９】

以上のことから、最終的に下記式（１）が求められる。

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9 \quad \dots (1)$$

50

(式中、 x はケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、 y はトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)を示す。)

【0090】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の添加量としては、トナーに必要な帯電量、ケイ素元素含有酸化物微粒子を添加することによる感光体の摩耗に対する影響、トナーの環境特性などを考慮して、トナー粒子100重量部に対し0.3重量部以上3.0重量部以下が好適である。感光体ドラムおよび転写ベルト等のクリーニング性を確保し、かつ耐刷試験でのトナー比電荷量の低下を防ぐので、帯電安定性に優れる。特に小粒径側のケイ素元素含有酸化物微粒子量が低減されているので、定着性の確保ができる。

【0091】

ケイ素元素含有酸化物微粒子の添加量が0.3重量部未満であるとクリーニング性を確保することができない。ケイ素元素含有酸化物微粒子の添加量が3.0重量部を超えると、トナーとキャリアとの間に多量のケイ素元素含有酸化物微粒子が存在することにより、接触障害が発生して帯電不良が発生するので、トナー比電荷量が低下して、トナーの機内飛散が発生する。

【0092】

前述のように、本実施形態のトナーは、結着樹脂および着色剤を含むトナー粒子に、ケイ素を含む酸化物微粒子であるケイ素元素含有酸化物微粒子が外添され、トナー粒子の体積平均粒子径は、 $4\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子は、平均一次粒子径が 70nm 以上 130nm 以下であり、かつ水分量が1.0重量%以下であり、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が式(1)を満たす。これによって、像担持体および転写ベルトなどに対するクリーニング性および定着性を確保し、かつ耐刷試験でのトナー比電荷量の低下を抑制することができるトナーを実現することができる。このようなトナーを用いて画像を形成することによって、トナーの機内飛散を抑制でき、画質低下のない画像を安定して形成することができる。また印字率1%以下の低印字率で連続または間欠で多くの枚数を印字しても、印字中または印字終了直後における画像濃度の変動を抑え、一定の画像濃度を有する画像を安定して形成することができる。

【0093】

(3) ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子

本実施形態のトナーには、ケイ素元素含有酸化物微粒子とともに、ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子を少なくとも1種以上外添させる。ケイ素元素含有酸化物微粒子と前記無機微粒子とを併用することによって、ケイ素元素含有酸化物微粒子をトナー粒子表面に均一に分散させて外添させることができる。また、トナーの流動性を確保することができ、トナー比電荷の立ち上がりを早くでき、形成される画像の画質を安定させることができる。

【0094】

無機微粒子としては、たとえば、シリカ微粉末、酸化チタン微粉末およびアルミナ微粉末などが挙げられる。これらは1種を単独で使用でき、または2種以上を併用できる。

【0095】

無機微粒子の平均一次粒子径は、トナーに必要な帯電量、添加による感光体の摩耗に対する影響、トナーの環境特性などを考慮して、 30nm 以下であることが好ましい。

【0096】

無機微粒子の平均一次粒子径は、動的光散乱を利用する粒子径分布測定装置、たとえばDLS-800(商品名、株式会社大塚電子製)やコールターN4(商品名、コールターエレクトロニクス社製)により測定可能であるが、疎水化処理後の粒子の二次凝集を解離することは困難であるため、走査型電子顕微鏡(SEM)もしくは透過型電子顕微鏡(TEM)により得られる写真画像を画像解析することにより直接求めることが好ましい。

【0097】

無機微粒子にもケイ素元素含有酸化物微粒子と同様の方法で疎水化処理を行ってもよい

10

20

30

40

50

。

【0098】

無機微粒子の添加量としては、トナーに必要な帯電量、添加による感光体の摩耗に対する影響、トナーの環境特性などを考慮し、また流動性と定着性とを安定して両立できるようにするために、トナー粒子100重量部に対し2重量部以下が好適である。2重量部を超えると、30nm以下の無機微粒子の粒子数が不所望に多くなり、ケイ素元素含有酸化物微粒子および無機微粒子によってトナー粒子表面が必要以上に被覆されるので、トナー粒子中に含有されている離型剤の染み出し効果が阻害されて、定着性の低下を招くおそれがある。

【0099】

本実施形態のトナーには、ケイ素元素含有酸化物微粒子以外にも上記微小粒子を併用することができ、その混合順序は特に制限されないけれども、ケイ素元素含有酸化物微粒子をトナー粒子表面に均一分散させるという観点から、無機微粒子を先にトナー粒子に外添した後にケイ素元素含有酸化物微粒子を外添させることが好ましい。混合は任意の方法で行えばよく、たとえばVブレンダー、ヘンシェルミキサ、リボンブレンダー、ライカイ機などによって行うことができる。

【0100】

2、現像剤

以上のようにして得られた本発明の第1の実施形態のトナーは、そのまま1成分現像剤として使用することができ、またキャリアと混合して2成分現像剤として使用することができる。本発明の第2の実施形態である現像剤は、本発明の第1の実施形態のトナーを含むので、トナー比電荷量の変化を抑制でき、長期の使用にわたり特性の安定した現像剤とすることができるので、良好な現像性を維持することのできる現像剤が得られる。また、本発明の第1の実施形態のトナーは、クリーニング性および定着性を両立し、かつ耐刷試験でのトナー比電荷量の低下を抑制できるので、帯電特性および現像性の良好な2成分現像剤が得られる。このような2成分現像剤を用いることによって、トナーの機内飛散による画質低下を抑え、高画質な画像を安定して形成することができる。

【0101】

(キャリア)

キャリアとしては、磁性を有する粒子を使用することができる。磁性を有する粒子の具体例としては、たとえば、鉄、フェライトおよびマグネタイトなどの金属、これらの金属とアルミニウムまたは鉛などの金属との合金などが挙げられる。これらの中でも、フェライトが好ましい。

【0102】

また磁性を有する粒子に樹脂を被覆した樹脂被覆キャリア、または樹脂に磁性を有する粒子を分散させた樹脂分散型キャリアなどをキャリアとして用いてもよい。磁性を有する粒子を被覆する樹脂としては特に制限はないけれども、たとえば、オレフィン系樹脂、スチレン系樹脂、スチレン／アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、エステル系樹脂、およびフッ素含有重合体系樹脂などが挙げられる。また樹脂分散型キャリアに用いられる樹脂としても特に制限されないけれども、たとえば、スチレンアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、フッ素系樹脂、およびフェノール樹脂などが挙げられる。

【0103】

キャリアの形状は、球形または扁平形状が好ましい。またキャリアの粒径は特に制限されないけれども、高画質化を考慮すると、好ましくは10 μ m以上100 μ m以下、さらに好ましくは20 μ m以上50 μ m以下である。さらにキャリアの抵抗率は、好ましくは10⁸ $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上、さらに好ましくは10¹² $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上である。キャリアの抵抗率は、キャリアを0.50 cm^2 の断面積を有する容器に入れてタッピングした後、容器内に詰められた粒子に1kg/cm²の荷重を掛け、荷重と底面電極との間に1000V/cmの電界が生ずる電圧を印加したときの電流値を読取ることから得られる値である。抵抗率が低いと、現像スリーブにバイアス電圧を印加した場合にキャリアに電荷が注入され

10

20

30

40

50

、感光体にキャリア粒子が付着し易くなる。またバイアス電圧のブレークダウンが起こり易くなる。

【0104】

キャリアの磁化強さ（最大磁化）は、好ましくは 10 emu/g 以上 60 emu/g 以下、さらに好ましくは 15 emu/g 以上 40 emu/g 以下である。磁化強さは現像ローラの磁束密度にもよるけれども、現像ローラの一般的な磁束密度の条件下においては、 10 emu/g 未満であると磁気的な束縛力が働かず、キャリア飛散の原因となるおそれがある。また磁化強さが 60 emu/g を超えると、キャリアの穂立ちが高くなり過ぎる非接触現像では、像担持体と非接触状態を保つことが困難になる。また接触現像ではトナー像に掃き目が現れ易くなるおそれがある。

10

【0105】

2成分現像剤におけるトナーとキャリアとの使用割合は特に制限されず、トナーおよびキャリアの種類に応じて適宜選択できるけれども、樹脂被覆キャリア（密度 $5\sim 8\text{ g/cm}^2$ ）に例をとれば、現像剤中に、トナーが現像剤全量の $2\sim 30$ 重量%、好ましくは $2\sim 20$ 重量%含まれるように、トナーを用いればよい。また2成分現像剤において、トナーによるキャリアの被覆率は、 $40\sim 80\%$ であることが好ましい。

【0106】

3、画像形成装置

図1は、本発明の第3の実施形態である画像形成装置1の構成を模式的に示す概略断面図である。画像形成装置1は、複写機能、プリンタ機能およびファクシミリ機能を併せ持つ複合機であり、伝達される画像情報に応じて、記録媒体にフルカラーまたはモノクロの画像を形成する。すなわち、画像形成装置1は、コピーモード（複写モード）、プリンタモードおよびFAXモードという3種の印刷モードを有しており、図示しない操作部からの操作入力、パーソナルコンピュータ、携帯端末装置、情報記録記憶媒体またはメモリ装置を用いた外部機器からの印刷ジョブの受信などに応じて、図示しない制御部によって、印刷モードが選択される。

20

【0107】

画像形成装置1は、トナー像形成手段2と、中間転写手段3と、転写手段7と、定着手段4と、記録媒体供給手段5と、排出手段6とを含む。トナー像形成手段2を構成する各部材および中間転写手段3に含まれる一部の部材は、カラー画像情報に含まれるブラック（b）、シアン（c）、マゼンタ（m）およびイエロー（y）の各色の画像情報に対応するために、それぞれ4つずつ設けられる。ここでは、各色に応じて4つずつ設けられる各部材は、各色を表すアルファベットを参照符号の末尾に付して区別し、総称する場合は参照符号のみで表す。

30

【0108】

トナー像形成手段2は、像担持体である感光体ドラム11と、帯電手段12と、露光ユニット13と、現像装置14と、クリーニングユニット15とを含む。帯電手段12、現像装置14およびクリーニングユニット15は、感光体ドラム11のまわりに、この順序で配置される。帯電手段12は、現像装置14およびクリーニングユニット15よりも鉛直方向下方に配置される。帯電手段12および露光ユニット13は、感光体ドラム11に潜像を形成する潜像形成手段として機能する。

40

【0109】

感光体ドラム11は、図示しない駆動手段によって、軸線回りに回転駆動可能に支持され、図示しない、導電性基体と、導電性基体の表面に形成される感光層とを含む。導電性基体は種々の形状を採ることができ、たとえば、円筒状、円柱状、薄膜シート状などが挙げられる。これらの中でも円筒状が好ましい。

【0110】

導電性基体は導電性材料によって形成される。導電性材料としては、この分野で常用されるものを使用でき、たとえば、アルミニウム、銅、真鍮、亜鉛、ニッケル、ステンレス鋼、クロム、モリブデン、バナジウム、インジウム、チタン、金、白金などの金属および

50

これらの2種以上の合金、ならびに合成樹脂フィルム、金属フィルム、紙などのフィルム状基体にアルミニウム、アルミニウム合金、酸化錫、金、酸化インジウムなどの1種または2種以上からなる導電性層を形成してなる導電性フィルム、導電性粒子および／または導電性ポリマーを含有する樹脂組成物などが挙げられる。導電性フィルムに用いられるフィルム状基体としては、合成樹脂フィルムが好ましく、ポリエステルフィルムが特に好ましい。また、導電性フィルムにおける導電性層の形成方法としては、蒸着、塗布などが好ましい。

【0111】

感光層は、たとえば、電荷発生物質を含む電荷発生層と、電荷輸送物質を含む電荷輸送層とを積層することによって形成される。その際、導電性基体と電荷発生層または電荷輸送層との間には、下引き層を設けるのが好ましい。下引き層を設けることによって、導電性基体の表面に存在する傷および凹凸を被覆して、感光層表面を平滑化する、繰り返し使用時における感光層の帯電性の劣化を防止する、低温および／または低湿環境下における感光層の帯電特性を向上させるといった利点が得られる。また最上層に感光体表面保護層を設けた耐久性の大きい三層構造の積層感光体を用いても良い。

【0112】

電荷発生層は、光照射により電荷を発生する電荷発生物質を主成分とし、必要に応じて公知の結着樹脂、可塑剤、増感剤などを含有する。電荷発生物質としては、この分野で常用されるものを使用でき、たとえば、ペリレンイミド、ペリレン酸無水物などのペリレン系顔料、キナクリドン、アントラキノンなどの多環キノ系顔料、金属および無金属フタロシアニン、ハロゲン化無金属フタロシアニンなどのフタロシアニン系顔料、スクエアリウム色素、アズレニウム色素、チアピリリウム色素、カルバゾール骨格、スチリルスチルベン骨格、トリフェニルアミン骨格、ジベンゾチオフェン骨格、オキサジアゾール骨格、フルオレノン骨格、ビススチルベン骨格、ジスチリルオキサジアゾール骨格またはジスチリルカルバゾール骨格を有するアゾ顔料などが挙げられる。これらの中でも、無金属フタロシアニン顔料、オキシチタニルフタロシアニン顔料、フローレン環および／またはフルオレノン環を含有するビスアゾ顔料、芳香族アミンからなるビスアゾ顔料、トリスアゾ顔料などは高い電荷発生能を有し、高感度の感光層を得るのに適する。電荷発生物質は1種を単独で使用できまたは2種以上を併用できる。電荷発生物質の含有量は特に制限はないけれども、電荷発生層中の結着樹脂100重量部に対して好ましくは5～500重量部、さらに好ましくは10～200重量部である。電荷発生層用の結着樹脂としてもこの分野で常用されるものを使用でき、たとえば、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、ポリウレタン、アクリル樹脂、塩化ビニル-酢酸ビニル共重合樹脂、ポリカーボネート、フェノキシ樹脂、ポリビニルブチラル、ポリアリレート、ポリアミド、ポリエステルなどが挙げられる。結着樹脂は1種を単独で使用できまたは必要に応じて2種以上を併用できる。

【0113】

電荷発生層は、電荷発生物質および結着樹脂ならびに必要に応じて可塑剤、増感剤などのそれぞれ適量を、これらの成分を溶解または分散し得る適切な有機溶媒に溶解または分散して電荷発生層塗液を調製し、この電荷発生層塗液を導電性基体表面に塗布し、乾燥することにより形成できる。このようにして得られる電荷発生層の膜厚は特に制限されないが、好ましくは0.05～5μmであり、さらに好ましくは0.1～2.5μmである。

【0114】

電荷発生層の上に積層される電荷輸送層は、電荷発生物質から発生する電荷を受け入れて輸送する能力を有する電荷輸送物質および電荷輸送層用の結着樹脂を必須成分とし、必要に応じて公知の酸化防止剤、可塑剤、増感剤、潤滑剤などを含有する。

【0115】

電荷輸送物質としてはこの分野で常用されるものを使用でき、たとえば、ポリ-N-ビニルカルバゾールおよびその誘導体、ポリ-γ-カルバゾリルエチルグルタメートおよびその誘導体、ピレン-ホルムアルデヒド縮合物およびその誘導体、ポリビニルピレン、ポリ

ビニルフェナントレン、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、9-(p-ジエチルアミノスチリル)アントラセン、1,1-ビス(4-ジベンジルアミノフェニル)プロパン、スチリルアントラセン、スチリルピラゾリン、ピラゾリン誘導体、フェニルヒドラゾン類、ヒドラゾン誘導体、トリフェニルアミン系化合物、テトラフェニルジアミン系化合物、トリフェニルメタン系化合物、スチルベン系化合物、3-メチル-2-ベンゾチアゾリン環を有するアジン化合物などの電子供与性物質、フルオレノン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、インデノチオフェン誘導体、フェナンスレンキノン誘導体、インデノピリジン誘導体、チオキサントン誘導体、ベンゾ[c]シンノリン誘導体、フェナジンオキサイド誘導体、テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、プロマニル、クロラニル、ベンゾキノンなどの電子受容性物質などが挙げられる。電荷輸送物質は1種を単独で使用できまたは2種以上を併用できる。電荷輸送物質の含有量は特に制限されないけれども、好ましくは電荷輸送物質中の結着樹脂100重量部に対して10~300重量部、さらに好ましくは30~150重量部である。

【0116】

電荷輸送層用の結着樹脂としては、この分野で常用されかつ電荷輸送物質を均一に分散できるものを使用でき、たとえば、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリビニルブチラール、ポリアミド、ポリエステル、ポリケトン、エポキシ樹脂、ポリウレタン、ポリビニルケトン、ポリスチレン、ポリアクリルアミド、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリスルホン樹脂、これらの共重合樹脂などが挙げられる。これらの中でも、成膜性、得られる電荷輸送層の耐摩耗性、電気特性などを考慮すると、ビスフェノールZをモノマー成分として含有するポリカーボネート（以後「ビスフェノールZ型ポリカーボネート」と称す）、ビスフェノールZ型ポリカーボネートと他のポリカーボネートとの混合物などが好ましい。結着樹脂は1種を単独で使用できまたは2種以上を併用できる。

【0117】

電荷輸送層には、電荷輸送物質および電荷輸送層用の結着樹脂と共に、酸化防止剤が含まれるのが好ましい。酸化防止剤としてもこの分野で常用されるものを使用でき、たとえば、ビタミンE、ハイドロキノン、ヒンダードアミン、ヒンダードフェノール、パラフェニレンジアミン、アリールアルカンおよびそれらの誘導体、有機硫黄化合物、有機燐化合物などが挙げられる。

【0118】

酸化防止剤は1種を単独で使用できまたは2種以上を併用できる。酸化防止剤の含有量は特に制限されないけれども、電荷輸送層を構成する成分の合計量の0.01~10重量%、好ましくは0.05~5重量%である。電荷輸送層は、電荷輸送物質および結着樹脂ならびに必要な応じて酸化防止剤、可塑剤、増感剤などのそれぞれ適量を、これらの成分を溶解または分散し得る適切な有機溶媒に溶解または分散して電荷輸送層用塗液を調製し、この電荷輸送層用塗液を電荷発生層表面に塗布し、乾燥することにより形成できる。このようにして得られる電荷発生層の膜厚は特に制限されないが、好ましくは10~50 μ m、さらに好ましくは15~40 μ mである。なお、1つの層に、電荷発生物質と電荷輸送物質とが存在する感光層を形成することもできる。その場合、電荷発生物質および電荷輸送物質の種類、含有量、結着樹脂の種類、その他の添加剤などは、電荷発生層および電荷輸送層を別々に形成する場合と同様でよい。

【0119】

本実施の形態では、前述のような、電荷発生物質および電荷輸送物質を用いる有機感光層を形成してなる感光体ドラムを用いるけれども、それに代えて、シリコンなどを用いる無機感光層を形成してなる感光体ドラムを使用できる。

【0120】

帯電手段12は、感光体ドラム11を臨み、感光体ドラム11の長手方向に沿って感光体ドラム11表面から間隙を有して離隔するように配置され、感光体ドラム11表面を所定の極性および電位に帯電させる。帯電手段12には、帯電ブラシ型帯電器、チャージャー型帯電器、鋸歯型帯電器、イオン発生装置などを使用できる。本実施の形態では、帯電

10

20

30

40

50

手段１２は感光体ドラム１１表面から離隔するように設けられるけれども、それに限定されない。たとえば、帯電手段１２として帯電ローラを用い、帯電ローラと感光体ドラムとが圧接するように帯電ローラを配置しても良く、帯電ブラシ、磁気ブラシなどの接触帯電方式の帯電器を用いても良い。

【０１２１】

露光ユニット１３は、露光ユニット１３から出射される各色情報の光が、帯電手段１２と現像装置１４との間を通過して感光体ドラム１１の表面に照射されるように配置される。露光ユニット１３は、画像情報を該ユニット内で**b**、**c**、**m**、**y**の各色情報の光に分岐し、帯電手段１２によって一様な電位に帯電された感光体ドラム１１表面を各色情報の光で露光し、その表面に静電潜像を形成する。露光ユニット１３には、たとえば、レーザ照射部および複数の反射ミラーを備えるレーザスキャニングユニットを使用できる。他にもＬＥＤアレイ、液晶シャッタと光源とを適宜組み合わせたユニットを用いてもよい。

10

【０１２２】

クリーニングユニット１５は、記録媒体にトナー像を転写した後に、感光体ドラム１１の表面に残留するトナーを除去し、感光体ドラム１１の表面を清浄化する。クリーニングユニット１５には、たとえば、クリーニングブレードなどの板状部材が用いられる。なお、本発明の画像形成装置においては、感光体ドラム１１として、主に有機感光体ドラムが用いられ、有機感光体ドラムの表面は樹脂成分を主体とするものであるため、帯電装置によるコロナ放電によって発生するオゾンの化学的作用によって表面の劣化が進行しやすい。ところが、劣化した表面部分はクリーニングユニット１５による擦過作用を受けて摩耗し、徐々にではあるが確実に除去される。したがって、オゾンなどによる表面の劣化の問題が實際上解消され、長期間にわたって、帯電動作による帯電電位を安定に維持することができる。本実施の形態ではクリーニングユニット１５を設けるけれども、それに限定されず、クリーニングユニット１５を設けなくてもよい。

20

【０１２３】

トナー像形成手段２によれば、帯電手段１２によって均一な帯電状態にある感光体ドラム１１の表面に、露光ユニット１３から画像情報に応じた信号光を照射して静電潜像を形成し、これに現像装置１４からトナーを供給してトナー像を形成し、このトナー像を中間転写ベルト２５に転写した後に、感光体ドラム１１表面に残留するトナーをクリーニングユニット１５で除去する。この一連のトナー像形成動作が繰り返し実行される。

30

【０１２４】

転写手段３は、感光体ドラム１１の上方に配置され、中間転写ベルト２５と、駆動ローラ２６と、従動ローラ２７と、中間転写ローラ２８（**b**、**c**、**m**、**y**）と、転写ベルトクリーニングユニット２９、転写ローラ３０とを含む。中間転写ベルト２５は、駆動ローラ２６と従動ローラ２７とによって張架されてループ状の移動経路を形成する無端ベルト状部材であり、矢符**B**の方向に回転駆動する。中間転写ベルト２５が、感光体ドラム１１に接しながら感光体ドラム１１を通過する際、中間転写ベルト２５を介して感光体ドラム１１に対向配置される中間転写ローラ２８から、感光体ドラム１１表面のトナーの帯電極性とは逆極性の転写バイアスが印加され、感光体ドラム１１の表面に形成されたトナー像が中間転写ベルト２５上へ転写される。フルカラー画像の場合、各感光体ドラム１１で形成される各色のトナー画像が、中間転写ベルト２５上に順次重ねて転写されることによって、フルカラートナー像が形成される。駆動ローラ２６は図示しない駆動手段によってその軸線回りに回転駆動可能に設けられ、その回転駆動によって、中間転写ベルト２５を矢符**B**方向へ回転駆動させる。従動ローラ２７は駆動ローラ２６の回転駆動に従動回転可能に設けられ、中間転写ベルト２５が弛まないように一定の張力を中間転写ベルト２５に付与する。中間転写ローラ２８は、中間転写ベルト２５を介して感光体ドラム１１に圧接し、かつ図示しない駆動手段によってその軸線回りに回転駆動可能に設けられる。中間転写ローラ２８は、前述のように転写バイアスを印加する図示しない電源が接続され、感光体ドラム１１表面のトナー像を中間転写ベルト２５に転写する機能を有する。転写ベルトクリーニングユニット２９は、中間転写ベルト２５を介して従動ローラ２７に対向し、中間転

40

50

写ベルト 25 の外周面に接触するように設けられる。感光体ドラム 11 との接触によって中間転写ベルト 25 に付着するトナーは、記録媒体の裏面を汚染する原因となるので、転写ベルトクリーニングユニット 29 が中間転写ベルト 25 表面のトナーを除去し回収する。転写ローラ 30 は、中間転写ベルト 25 を介して駆動ローラ 26 に圧接し、図示しない駆動手段によって軸線回りに回転駆動可能に設けられる。転写ローラ 30 と駆動ローラ 26 との圧接部（転写ニップ部）において、中間転写ベルト 25 に担持されて搬送されて来るトナー像が、後述する記録媒体供給手段 5 から送給される記録媒体に転写される。トナー像を担持する記録媒体は、定着手段 4 に送給される。転写手段 3 によれば、感光体ドラム 11 と中間転写ローラ 28 との圧接部において感光体ドラム 11 から中間転写ベルト 25 に転写されるトナー像が、中間転写ベルト 25 の矢符 B 方向への回転駆動によって転写ニップ部に搬送され、そこで記録媒体に転写される。

【0125】

定着手段 4 は、転写手段 3 よりも記録媒体の搬送方向下流側に設けられ、定着ローラ 31 と加圧ローラ 32 とを含む。定着ローラ 31 は図示しない駆動手段によって回転駆動可能に設けられ、記録媒体に担持される未定着トナー像を構成するトナーを加熱して溶融させ、記録媒体に定着させる。定着ローラ 31 の内部には図示しない加熱手段が設けられる。加熱手段は、定着ローラ 31 表面が所定の温度（加熱温度）になるように定着ローラ 31 を加熱する。加熱手段には、たとえば、ヒータ、ハロゲンランプなどを使用できる。加熱手段は、後記する定着条件制御手段によって制御される。定着条件制御手段による加熱温度の制御については、後に詳述する。定着ローラ 31 表面近傍には温度検知センサが設けられ、定着ローラ 31 の表面温度を検知する。温度検知センサによる検知結果は、後記する制御手段の記憶部に書き込まれる。加圧ローラ 32 は定着ローラ 31 に圧接するように設けられ、加圧ローラ 32 の回転駆動に従動回転可能に支持される。加圧ローラ 32 は、定着ローラ 31 によってトナーが溶融して記録媒体に定着する際に、トナーと記録媒体とを押圧することによって、トナー像の記録媒体への定着を補助する。定着ローラ 31 と加圧ローラ 32 との圧接部が定着ニップ部である。定着手段 4 によれば、転写手段 3 においてトナー像が転写された記録媒体が、定着ローラ 31 と加圧ローラ 32 とによって挟持され、定着ニップ部を通過する際に、トナー像が加熱下に記録媒体に押圧されることによって、トナー像が記録媒体に定着され、画像が形成される。

【0126】

記録媒体供給手段 5 は、自動給紙トレイ 35 と、ピックアップローラ 36 と、搬送ローラ 37 と、レジストローラ 38、手差給紙トレイ 39 を含む。自動給紙トレイ 35 は画像形成装置の鉛直方向下部に設けられ、記録媒体を貯留する容器状部材である。記録媒体には、普通紙、カラーコピー用紙、オーバーヘッドプロジェクタ用シート、葉書などがある。ピックアップローラ 36 は、自動給紙トレイ 35 に貯留される記録媒体を 1 枚ずつ取り出し、用紙搬送路 S1 に送給する。搬送ローラ 37 は互いに圧接するように設けられる一対のローラ部材であり、記録媒体をレジストローラ 38 に向けて搬送する。レジストローラ 38 は互いに圧接するように設けられる一対のローラ部材であり、搬送ローラ 37 から送給される記録媒体を、中間転写ベルト 25 に担持されるトナー像が転写ニップ部に搬送されるのに同期して、転写ニップ部に送給する。手差給紙トレイ 39 は、手動動作によって記録媒体を画像形成装置内に取り込む装置であり、手差給紙トレイ 39 から取り込まれる記録媒体は、搬送ローラ 37 によって用紙搬送路 S2 内を通過し、レジストローラ 38 に送給される。記録媒体供給手段 5 によれば、自動給紙トレイ 35 または手差給紙トレイ 39 から 1 枚ずつ供給される記録媒体を、中間転写ベルト 25 に担持されるトナー像が転写ニップ部に搬送されるのに同期して、転写ニップ部に送給する。

【0127】

排出手段 6 は、搬送ローラ 37 と、排出ローラ 40 と、排出トレイ 41 とを含む。搬送ローラ 37 は、用紙搬送方向において定着ニップ部よりも下流側に設けられ、定着手段 4 によって画像が定着された記録媒体を排出ローラ 40 に向けて搬送する。排出ローラ 40 は、画像が定着された記録媒体を、画像形成装置の鉛直方向上面に設けられる排出トレイ

４１に排出する。排出トレイ４１は、画像が定着された記録媒体を貯留する。

【０１２８】

画像形成装置１は、図示しない制御手段を含む。制御手段は、たとえば、画像形成装置１の内部空間における上部に設けられ、記憶部と演算部と制御部とを含む。制御手段の記憶部には、画像形成装置の上面に配置される図示しない操作パネルを介する各種設定値、画像形成装置内部の各所に配置される図示しないセンサなどからの検知結果、外部機器からの画像情報などが入力される。また、各種手段を実行するプログラムが書き込まれる。各種手段とは、たとえば、記録媒体判定手段、付着量制御手段、定着条件制御手段などである。記憶部には、この分野で常用されるものを使用でき、たとえば、リードオンリメモリ（ＲＯＭ）、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、ハードディスクドライブ（ＨＤＤ）などが挙げられる。外部機器には、画像情報の形成または取得が可能であり、かつ画像形成装置に電氣的に接続可能な電気・電子機器を使用でき、たとえば、コンピュータ、デジタルカメラ、テレビ、ビデオレコーダ、ＤＶＤレコーダ、ＨＤＤＶＤ（High-Definition Digital Versatile Disc）、ブルーレイディスクレコーダ、ファクシミリ装置、携帯端末装置などが挙げられる。演算部は、記憶部に書き込まれる各種データ（画像形成命令、検知結果、画像情報など）および各種手段のプログラムを取り出し、各種判定を行う。制御部は、演算部の判定結果に応じて該当装置に制御信号を送付し、動作制御を行う。制御部および演算部は中央処理装置（ＣＰＵ、Central Processing Unit）を備えるマイクロコンピュータ、マイクロプロセッサなどによって実現される処理回路を含む。制御手段は、前述の処理回路とともに主電源を含み、電源は制御手段だけでなく、画像形成装置内部における各装置にも電力を供給する。

【０１２９】

図２は、現像装置１４の構成を模式的に示す概略断面図である。現像装置１４は、像担持体に形成される潜像を現像してトナー像を形成する。現像装置１４は、現像槽２０とトナーホッパ２１とを含む。現像槽２０は感光体ドラム１１表面を臨むように配置され、感光体ドラム１１の表面に形成された静電潜像にトナーを供給して現像し、可視像であるトナー像を形成する容器状部材である。現像槽２０は、その内部空間にトナーを収容しかつ現像ローラ２２、供給ローラ２３、攪拌ローラ２４などのローラ部材またはスクリュウ部材を収容して回転自在に支持する。現像槽２０の感光体ドラム１１を臨む側面には開口部４３が形成され、この開口部４３を介して感光体ドラム１１に対向する位置に現像ローラ２２が回転駆動可能に設けられる。現像ローラ２２は、感光体ドラム１１との圧接部または最近接部において感光体１１表面の静電潜像にトナーを供給するローラ状部材である。

【０１３０】

トナーの供給に際しては、現像ローラ２２表面にトナーの帯電電位とは逆極性の電位が現像バイアス電圧（以下単に「現像バイアス」とする）として印加される。これによって、現像ローラ２２表面のトナーが静電潜像に円滑に供給される。さらに、現像バイアス値を変更することによって、静電潜像に供給されるトナー量（トナー付着量）を制御できる。供給ローラ２３は現像ローラ２２を臨んで回転駆動可能に設けられるローラ状部材であり、現像ローラ２２周辺にトナーを供給する。攪拌ローラ２４は供給ローラ２３を臨んで回転駆動可能に設けられるローラ状部材であり、トナーホッパ２１から現像槽２０内に新たに供給されるトナーを供給ローラ２３周辺に送給する。トナーホッパ２１は、その鉛直方向下部に設けられるトナー補給口４２と、現像槽２０の鉛直方向上部に設けられるトナー受入口４４とが連通するように設けられ、現像槽２０のトナー消費状況に応じてトナーを補給する。またトナーホッパ２１を用いず、各色トナーカートリッジから直接トナーを補給するよう構成しても構わない。

【０１３１】

このように、本発明の現像装置は、本発明の現像剤を用いて潜像を現像するので、トナー比電荷量の低下による現像不良を起すことなく、感光体に高精細で高解像度のトナー像を安定して形成することができる。したがって、長期間にわたって非画像部にかぶりのない良好な画像を安定して形成することができる。また、本発明の画像形成装置は、潜像が

形成される像担持体と、像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、前述のように良好なトナー像を形成可能な本発明の現像装置とを備えて画像形成装置が実現される。このような画像形成装置で画像を形成することによって、クリーニング性および定着性を両立し、長期使用時にトナー比電荷量が低下することなく、かつ印字率1%以下の低印字率で連続または間欠印字などして多くの枚数を印字しても、印字中または印字終了直後における画像濃度の変動を抑制でき、画質低下のない高画質な画像を安定して形成することができる。

【実施例】

【0132】

以下に実施例および比較例を挙げ、本発明を具体的に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り、特に限定されるものではない。本実施例においてはトナーとして、マゼンタトナーを例示した。これは、着色剤として、マゼンタにかかるC. I. Pigment Red 57:1を含ませているためであるが、その着色剤に代えて、先に例示している各種着色剤を含ませることで同様にして実施できる。以下において、「部」および「%」は特に断らない限りそれぞれ「重量部」および「重量%」を意味する。

【0133】

実施例および比較例において、トナー粒子などの物性値は以下のようにして測定した。

〔トナー粒子の体積平均粒径および変動係数(CV値)〕

電解液(商品名:ISOTON-11、ベックマン・コールター株式会社製)50mlに、トナー粒子20mgおよびアルキルエーテル硫酸エステルナトリウム1mlを加え、超音波分散器(商品名:UH-50、株式会社エスエムテール製)によって超音波周波数20kHzで3分間分散処理して測定用試料を調製した。この測定用試料について、粒度分布測定装置(商品名:Multisizer 3、ベックマン・コールター株式会社製)を用い、アパーチャ径100μm、測定粒子数50000カウントの条件下に測定を行い、トナー粒子の体積粒度分布からトナー粒子の体積平均粒径を求めた。またトナー粒子の変動係数を、トナー粒子の体積平均粒径およびその標準偏差に基づいて、下記式(2)によって算出した。

$$\text{変動係数}(\%) = (\text{標準偏差} / \text{体積平均粒径}) \times 100 \quad \dots (2)$$

〔結着樹脂のガラス転移点(Tg)〕

【0134】

示差走査熱量計(商品名:DSC220、セイコー電子工業株式会社製)を用い、日本工業規格(JIS)K7121-1987に準じて、結着樹脂1gを昇温速度毎分10℃で加熱してDSC曲線を測定した。得られたDSC曲線のガラス転移に相当する吸熱ピークの高温側のベースラインを低温側に延長した直線と、ピークの立ち上がり部分から頂点までの曲線に対して勾配が最大になるような点で引いた接線との交点の温度をガラス転移点(Tg)として求めた。

【0135】

〔結着樹脂の軟化点(Tm)〕

流動特性評価装置(商品名:フローテスターCFT-100C、株式会社島津製作所製)において、おもりで10kgf/cm²(9.8×10⁵Pa)の荷重を与えて結着樹脂1gがダイ(ノズル口径1mm、長さ1mm)から押出されるように設定し、昇温速度毎分6℃で加熱し、ダイから結着樹脂の半分量が流出したときの温度を求め、結着樹脂の軟化点とした。

【0136】

〔離型剤の融点〕

示差走査熱量計(商品名:DSC220、セイコー電子工業株式会社製)を用い、離型剤1gを温度20℃から昇温速度毎分10℃で200℃まで昇温させ、次いで200℃から20℃に急冷させる操作を2回繰返し、DSC曲線を測定した。2回目の操作で測定されるDSC曲線の融解に相当する吸熱ピークの頂点の温度を離型剤の融点として求めた。

【0137】

〔ケイ素元素含有酸化物微粒子および無機微粒子の平均一次粒子径〕

走査型電子顕微鏡（商品名：S-4300SE/N、株式会社日立ハイテクノロジーズ製）にて50000倍に拡大したケイ素元素含有酸化物微粒子の画像を、走査型電子顕微鏡の視野を変えて100個のケイ素元素含有酸化物微粒子について撮影し、画像解析によってケイ素元素含有酸化物微粒子の一次粒子の粒子径を測定した。得られた測定値からケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を算出した。無機微粒子の平均一次粒子径も同様にして算出した。

【0138】

〔ケイ素元素含有酸化物微粒子の水分量〕

ケイ素元素含有酸化物微粒子の水分量は、カールフィッシャー水分量測定装置（商品名：CA-100、三菱化学株式会社製）を用いて測定した。加熱温度は、105℃に設定した。

【0139】

〔トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率〕

トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率は、トナー粒子の表面積に対する、トナー粒子表面に存在するケイ素元素含有酸化物微粒子の表面積の比率を表す。ケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率は、トナー粒子とケイ素元素含有酸化物微粒子とを混合する前におけるトナー粒子の体積平均粒子径および真比重、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径および真比重、ならびにトナー粒子の重量に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の重量の比率（外添剤の重量／トナー母体の重量）を下記式（3）に代入することで算出した。

【0140】

【数2】

$$y(\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot D \cdot \rho_t \cdot C}{2\pi \cdot d \cdot \rho_i} \times 100 \quad \dots (3)$$

【0141】

式（3）において、yはケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率であり、Dはトナー粒子の体積平均粒子径（μm）であり、dはケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径（μm）であり、ρ_tはトナー粒子の真比重であり、ρ_iはケイ素元素含有酸化物微粒子の真比重であり、Cはトナー粒子の重量に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の重量の比率（ケイ素元素含有酸化物微粒子の重量／トナー粒子の重量）である。

【0142】

〔比重〕

本実施形態では密度を比重とみなす。密度は、比表面積・細孔分布測定装置（商品名：NOVAe 4200e、ユアサアイオニクス株式会社製）を用いて測定した。

【0143】

（トナー粒子aの製造）

ポリエステル（結着樹脂、商品名：タフトン”TTR-5、花王株式会社製、ガラス転移点（T_g）60℃、軟化点（T_m）100℃）83重量部、マスターバッチ（C.I. Pigment Red 57：1を40重量%含有）12重量部、カルナバワックス（離型剤、REFINED CARNAUBA WAX、株式会社加藤洋行製、融点83℃）3重量部、アルキルサリチル酸金属塩（帯電制御剤、商品名：BONTRONE-84、オリエント化学株式会社製）2重量部をヘンシェルミキサによって10分間混合した後、二軸押出混練機（商品名：PCM65、株式会社池貝製）にて熔融混練した。この熔融混練物をカッティングミル（商品名：VM-16、オリエント株式会社製）で粗粉碎した後、カウンタジェットミルで微粉碎し、ロータリー式分級機にて過粉碎トナーを分級除去して体積平均粒子径が4.5μmのトナー粒子を得た。

【0144】

10

20

30

40

50

(トナー粒子 b の製造)

分級条件を変更したこと以外はトナー粒子 a の製造方法と同様にして、体積平均粒子径が 6.0 μm のトナー粒子を得た。

【0145】

(トナー粒子 c の製造)

分級条件を変更したこと以外はトナー粒子 a の製造方法と同様にして、体積平均粒子径が 7.0 μm のトナー粒子を得た。

【0146】

(トナー粒子 d の製造)

分級条件を変更したこと以外はトナー粒子 a の製造方法と同様にして、体積平均粒子径が 3.5 μm のトナー粒子を得た。

【0147】

(トナー粒子 e の製造)

分級条件を変更したこと以外はトナー粒子 a の製造方法と同様にして、体積平均粒子径が 8.4 μm のトナー粒子を得た。

【0148】

トナー粒子 a ~ e の体積平均粒子径および真比重を表 1 にまとめた。

【0149】

【表 1】

トナー粒子	体積平均粒子径 (μm)	真比重 [—]
a	4.5	1.17
b	6.0	1.22
c	7.0	1.23
d	3.5	1.20
e	8.4	1.18

【0150】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子 A の製造)

公知の気相法 (ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中 (たとえば酸水素火炎中) で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用いることが一般的である。) により、平均一次粒子径が 50 nm であり、水分量 0.1 重量% であるケイ素元素含有酸化物微粒子 A を得た。

【0151】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子 B の製造)

公知の気相法 (ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中 (たとえば酸水素火炎中) で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用いることが一般的である。) により、平均一次粒子径が 70 nm であり、水分量が 0.07 重量% であるケイ素元素含有酸化物微粒子 B を得た。

【0152】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子 C の製造)

公知の気相法 (ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中 (たとえば酸水素火炎中) で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用いることが一般的である。) により、平均一次粒子径 90 nm、水分量 0.12 重量% のケイ素元素含有酸化物微粒子 C を得た。

【0153】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子 D の製造)

公知の気相法 (ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中 (たとえば酸水素火炎中) で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用

いることが一般的である。)により、平均一次粒子径130nm、水分量0.1重量%のケイ素元素含有酸化物微粒子Dを得た。

【0154】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子Eの製造)

公知の気相法(ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中(たとえば酸水素火炎中)で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用いることが一般的である。)により、平均一次粒子径150nm、水分量0.25重量%のケイ素元素含有酸化物微粒子Eを得た。

【0155】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子Fの製造)

公知のゾルゲル法(アルコキシシランを、水が存在する有機溶媒中において、触媒により加水分解、縮合反応させて得られるシリカゾル懸濁液から、溶媒除去、乾燥して、粒子化する方法。)により得られた平均一次粒子径125nmの粒子(水分量:3~15wt%)を、水分量2.0重量%まで加熱減量し、ケイ素元素含有酸化物微粒子Fを得た。

【0156】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子Gの製造)

公知の気相法(ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中(たとえば酸水素火炎中)で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用いることが一般的である。)により、平均一次粒子径50nmおよび120nmにそれぞれピークをもつ複分散のケイ素元素含有酸化物微粒子Gを得た。ケイ素元素含有酸化物微粒子Gの平均一次粒子径は85nmであり、水分量0.25重量%である。複分散のケイ素元素含有酸化物微粒子Gの平均一次粒子径は、平均一次粒子径が50nmのケイ素元素含有酸化物微粒子の存在割合と平均一次粒子径が120nmのケイ素元素含有酸化物微粒子の存在割合とを求め、その存在割合にそれぞれの平均一次粒子径を掛けた値の和とした。

【0157】

(ケイ素元素含有酸化物微粒子Hの製造)

公知の気相法(ケイ素化合物や金属ケイ素を火炎中(たとえば酸水素火炎中)で燃焼して、ケイ素元素含有酸化物微粒子を製造する方法。ケイ素化合物として四塩化ケイ素を用いることが一般的である。)により、平均一次粒子径90nm、水分量0.12重量%のケイ素元素含有酸化物微粒子Hを得た。

ケイ素元素含有酸化物微粒子A~Hの平均一次粒子径および水分量を表2にまとめた。

【0158】

【表2】

ケイ素元素含有酸化物微粒子	平均一次粒子径 (nm)	水分量 (重量%)	真比重 [ー]
A	50	0.10	2.2
B	70	0.07	2.2
C	90	0.12	2.2
D	130	0.10	2.2
E	150	0.25	2.2
F	125	2.00	2.1
G	85	0.25	2.2
H	90	0.12	2.2

【0159】

(実施例1)

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を0.3 重量部添加することによって、実施例 1 のトナーを得た。

【0160】

（実施例 2）

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を1.0 重量部添加することによって、実施例 2 のトナーを得た。

【0161】

（実施例 3）

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を1.4 重量部添加することによって、実施例 3 のトナーを得た。

【0162】

（実施例 4）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を0.3 重量部添加することによって、実施例 4 のトナーを得た。

【0163】

（実施例 5）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を1.0 重量部添加することによって、実施例 5 のトナーを得た。

【0164】

（実施例 6）

トナー粒子 c 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を0.2 重量部添加することによって、実施例 6 のトナーを得た。

【0165】

（実施例 7）

トナー粒子 c 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を0.3 重量部添加することによって、実施例 7 のトナーを得た。

【0166】

（実施例 8）

トナー粒子 c 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 B を1.0 重量部添加することによって、実施例 8 のトナーを得た。

【0167】

（実施例 9）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 C を1.2 重量部添加することによって、実施例 9 のトナーを得た。

【0168】

（実施例 10）

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 C を1.2 重量部添加することによって、実施例 10 のトナーを得た。

【0169】

（実施例 11）

10

20

30

40

50

トナー粒子 c 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 C を0.2 重量部添加することによって、実施例 11 のトナーを得た。

【0170】

（実施例 12）

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を0.2 重量部添加することによって、実施例 12 のトナーを得た。

【0171】

（実施例 13）

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を0.9 重量部添加することによって、実施例 13 のトナーを得た。

【0172】

（実施例 14）

トナー粒子 a 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を1.1 重量部添加することによって、実施例 14 のトナーを得た。

【0173】

（実施例 15）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を0.2 重量部添加することによって、実施例 15 のトナーを得た。

【0174】

（実施例 16）

トナー粒子 c 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を0.2 重量部添加することによって、実施例 16 のトナーを得た。

【0175】

（実施例 17）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 G を1.0 重量部添加することによって、実施例 17 のトナーを得た。

【0176】

（実施例 18）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 H を1.0 重量部添加することによって、実施例 18 のトナーを得た。

【0177】

（比較例 1）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 A を0.5 重量部添加することによって、比較例 1 のトナーを得た。

【0178】

（比較例 2）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 A を1.0 重量部添加することによって、比較例 2 のトナーを得た。

【0179】

（比較例 3）

10

20

30

40

50

トナー粒子 a 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Bを0.2重量部添加することによって、比較例3のトナーを得た。

【0180】

（比較例4）

トナー粒子 b 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Bを0.2重量部添加することによって、比較例4のトナーを得た。

【0181】

（比較例5）

トナー粒子 b 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Bを1.4重量部添加することによって、比較例5のトナーを得た。

【0182】

（比較例6）

トナー粒子 c 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Bを1.4重量部添加することによって、比較例6のトナーを得た。

【0183】

（比較例7）

トナー粒子 a 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.8重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Cを0.2重量部添加することによって、比較例7のトナーを得た。

【0184】

（比較例8）

トナー粒子 b 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Cを0.2重量部添加することによって、比較例8のトナーを得た。

【0185】

（比較例9）

トナー粒子 c 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Cを1.2重量部添加することによって、比較例9のトナーを得た。

【0186】

（比較例10）

トナー粒子 b 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Dを0.9重量部添加することによって比較例10のトナーを得た。

【0187】

（比較例11）

トナー粒子 b 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Dを1.1重量部添加することによって、比較例11のトナーを得た。

【0188】

（比較例12）

トナー粒子 c 100重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子Dを0.9重量部添加することによって、比較例12のトナーを得た。

【0189】

（比較例13）

10

20

30

40

50

トナー粒子 c 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.16 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を1.1 重量部添加することによって、比較例 13 のトナーを得た。

【0190】

（比較例 14）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 E を0.5 重量部添加することによって、比較例 14 のトナーを得た。

【0191】

（比較例 15）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 E を1.5 重量部添加することによって、比較例 15 のトナーを得た。

【0192】

（比較例 16）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 F を1.0 重量部添加することによって、比較例 16 のトナーを得た。

【0193】

（比較例 17）

トナー粒子 d 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を2.31 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 D を1.5 重量部添加することによって、比較例 17 のトナーを得た。

【0194】

（比較例 18）

トナー粒子 e 100 重量部に対して、シリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）を1.35 重量部外添後に、ケイ素元素含有酸化物微粒子 F を1.0 重量部添加することによって、比較例 18 のトナーを得た。

【0195】

（比較例 19）

トナー粒子 b 100 重量部に対して、ケイ素元素含有酸化物微粒子 C を1.0 重量部添加することによって、比較例 19 のトナーを得た。

【0196】

実施例 1～18 および比較例 1～19 において、トナー粒子に添加されるシリカ微粒子（商品名：RX200、デグサ社製）の添加量は、トナー粒子に対するシリカ微粒子の被覆率を101%に統一して決定した。このときの被覆率は、シリカ微粒子の平均一次粒子径を d 、シリカ微粒子の真比重を ρ_i 、トナー粒子の重量に対するシリカ微粒子の重量の比率を C として、ケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率を算出した前記式（3）から算出した。シリカ微粒子の平均一次粒子径は12 nm として計算した。シリカ微粒子の真比重は2.2 として計算した。

【0197】

実施例 1～18 および比較例 1～19 のトナーの物性、ならびにトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率を表 3 にまとめた。

【0198】

10

20

30

40

【表 3】

	トナー粒子	ケイ素元素含有酸化物微粒子				ケイ素元素含有酸化物微粒子の疎水化処理	被覆率 (%)
		種類	平均一次 粒子径 (nm)	添加量 (重量部)	粒度分布		
実施例1	a	B	70	0.3	単分散	有り	2.9
実施例2	a	B	70	1	単分散	有り	9.7
実施例3	a	B	70	1.4	単分散	有り	13.5
実施例4	b	B	70	0.3	単分散	有り	6.3
実施例5	b	B	70	1	単分散	有り	12.9
実施例6	c	B	70	0.2	単分散	有り	3
実施例7	c	B	70	0.3	単分散	有り	4.5
実施例8	c	B	70	1	単分散	有り	15
実施例9	b	C	90	1.2	単分散	有り	12
実施例10	a	C	90	1.2	単分散	有り	9
実施例11	c	C	90	0.2	単分散	有り	2.3
実施例12	a	D	130	0.2	単分散	有り	1
実施例13	a	D	130	0.9	単分散	有り	4.7
実施例14	a	D	130	1.1	単分散	有り	5.7
実施例15	b	D	130	0.2	単分散	有り	1.4
実施例16	c	D	130	0.2	単分散	有り	1.6
実施例17	b	G	85	1	複分散	有り	10.6
実施例18	b	H	90	1	単分散	無し	10
比較例1	b	A	50	0.5	単分散	有り	9
比較例2	b	A	50	1	単分散	有り	27.1
比較例3	a	B	70	0.2	単分散	有り	1.9
比較例4	b	B	70	0.2	単分散	有り	2.6
比較例5	b	B	70	1.4	単分散	有り	18
比較例6	c	B	70	1.4	単分散	有り	21.1
比較例7	a	C	90	0.2	単分散	有り	1.5
比較例8	b	C	90	0.2	単分散	有り	2
比較例9	c	C	90	1.2	単分散	有り	14
比較例10	b	D	130	0.9	単分散	有り	6.2
比較例11	b	D	130	1.1	単分散	有り	7.6
比較例12	c	D	130	0.9	単分散	有り	7.3
比較例13	c	D	130	1.1	単分散	有り	8.9
比較例14	b	E	150	0.5	単分散	有り	3
比較例15	b	E	150	1.5	単分散	有り	9
比較例16	b	F	125	1	単分散	有り	7.2
比較例17	d	D	130	1.5	単分散	有り	6.1
比較例18	e	C	90	1	単分散	有り	14
比較例19	b	C	90	1	単分散	有り	10

【0199】

(2成分現像剤の作製)

キャリアとして、体積平均粒子径45 μ mのフェライトコアキャリアを用いて、キャリアに対する実施例1～18および比較例1～19のトナーの被覆率がそれぞれ60%となるようにV型混合器混合機(商品名:V-5、株式会社特寿工作所製)にて40分間混合して、実施例1～18および比較例1～19のトナーをそれぞれ含む2成分現像剤を作製した。

【0200】

実施例1～18および比較例1～19のトナーをそれぞれ含む2成分現像剤(以下、「実施例1～18および比較例1～19の2成分現像剤」ともいう)を用いて、白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性、低印字率連続印字後の画像濃度変化およ

10

20

30

40

50

び定着性を下記の方法によって評価した。

【0201】

〔白抜け〕

実施例1～18および比較例1～19の2成分現像剤を市販複写機（商品名：MX-6201N、シャープ株式会社製）にそれぞれ充填し、付着量が 0.4 mg/cm^2 となるように調整し、 3×5 孤立ドットの画像を形成した。 3×5 孤立ドットの画像とは、 600 dpi （dot per inch）において、縦3ドット、横3ドットの大きさである複数のドット部において、隣合うドット部同士の間隔が5ドットとなるように形成される画像である。形成した画像を顕微鏡（株式会社キーエンス製）で100倍に拡大してモニタに表示し、70個の 3×5 孤立ドットのうち、白抜けの発生した数（白抜けの数）を確認した。

10

【0202】

白抜けの評価基準は次のとおりである。

◎：非常に良好。白抜けの数が0個以上3個以下である。

○：良好。白抜けの数が4個以上6個以下である。

△：実使用上問題なし。白抜けの数が7個以上10個以下である。

×：実使用不可。白抜けの数が11個以上である。

【0203】

〔解像性〕

市販複写機（商品名：MX-6201N、シャープ株式会社製）によって画像濃度が0.3であり、直径5mmのハーフトーン画像を、画像濃度0.3以上0.5以下で複写できる条件において、線幅が正確に $100\text{ }\mu\text{m}$ である細線のオリジナル画像が形成される原稿を複写し、得られたコピー画像を測定用サンプルとした。この測定サンプルを、粒子アナライザ（商品名：ルーゼックス450、株式会社ニレコ製）を用いて100倍に拡大したモニタ画像から、インジケータによって測定サンプルに形成される細線の線幅を測定した。画像濃度は、反射濃度計（商品名：RD-918、マクベス社製）によって測定される光学反射濃度である。細線には凹凸があり、線幅は測定位置によって異なるので、複数の測定位置において線幅を測定して平均値をとり、この線幅を測定用サンプルの線幅とした。測定用サンプルの線幅を、原稿の線幅である $100\text{ }\mu\text{m}$ で除し、得られた値を100倍したものを細線再現性の値として得た。この細線再現性の値が100に近いほど、細線の再現性がよく、解像性に優れることを示す。なお、たとえばかすれなどが発生して細線再現性の値が100未満となる場合（コピー画像の線幅が $100\text{ }\mu\text{m}$ 未満となる場合）には解像性の評価を行わなかった。

20

30

【0204】

解像性の評価基準は次のとおりである。

◎：非常に良好。細線再現性の値が100以上105未満である。

○：良好。細線再現性の値が105以上115未満である。

△：実使用上問題なし。細線再現性の値が115以上125未満である。

×：実使用不可。細線再現性の値が125以上である。

【0205】

〔転写性〕

転写性は、転写効率で評価した。転写効率は、1次転写において感光体ドラム表面から中間転写ベルトに転写されたトナーの割合であり、転写前の感光体ドラムに存在するトナー量を100%として算出した。転写前の感光体ドラムに存在するトナーを、帯電量測定装置（商品名：210HS-2A、トレック・ジャパン株式会社製）を用いて吸引し、この吸引したトナーの量を測定することによって得た。また中間転写ベルトに転写されたトナー量も、同様にして得た。

40

【0206】

転写性の評価基準は次のとおりである。

◎：非常に良好。転写効率が95%以上である。

○：良好。転写効率が90%以上95%未満である。

50

△：実使用上問題なし。転写効率が85%以上90%未満である。

×：実使用不可。転写効率が85%未満である。

【0207】

〔クリーニング性〕

市販複写機（商品名：MX-6201N、シャープ株式会社製）に備わるクリーニング手段のクリーニングブレードが感光体ドラムに当接する圧力であるクリーニングブレード圧を、初期線圧で 25 gf/cm ($2.45 \times 10^{-1}\text{ N/cm}$)となるように調整した。この複写機に実施例1～18および比較例1～19の2成分現像剤を充填し、温度 25°C 、相対湿度50%の常温常湿環境中でシャープ株式会社製文字テストチャートを記録紙10,000（以下「10k」ともいう）枚に形成し、クリーニング性の確認を行った。

10

【0208】

クリーニング性は、画像形成前（初期）、5,000（以下、「5k」ともいう）枚印字後、10k枚印字後の各段階において、形成された画像を目視で確認することによって、画像部と非画像部との境界部の鮮明度、感光体ドラムの回転方向へのトナー漏れによって形成される黒すじの有無を確認し、さらに後述の測定器によってかぶり量 W_k を求めることで評価した。形成画像のかぶり量 W_k は、日本電色工業株式会社製Z-Σ90 COLOR MEASURING SYSTEMを用いて反射濃度を測定し、次のようにして求めた。まず画像形成前の記録紙の反射平均濃度 W_r を測定した。次に前記複写機によって画像を形成し、画像形成後、記録紙の白地部分各所の反射濃度を測定した。最もかぶりの多いと判断された部分、すなわち白地部でありながら濃度の最も濃い部分の反射濃度 W_s と

20

$$W_k = \{ (W_s - W_r) / W_r \} \times 100 \quad \dots (4)$$

【0209】

クリーニング性の評価基準は次の通りである。

◎：非常に良好。鮮明度が良く、黒すじがない。かぶり量 W_k が3%未満である。

○：良好。鮮明度が良く、黒すじない。かぶり量 W_k が3%以上5%未満である。

△：実使用上問題なし。鮮明度の実使用上問題のないレベルであり、黒すじの長さが 2.0 mm 以下でありかつ5個以下である。かぶり量 W_k が5%以上10%未満である。

×：実使用不可。鮮明度の実使用上問題あり。黒すじの長さが 2.0 mm を超えるか、または黒すじが6個以上の少なくともいずれかである。かぶり量 W_k が10%以上である。

30

【0210】

〔帯電安定性〕

実施例1～18および比較例1～19のトナー7重量部と体積平均粒子径 $4.5\text{ }\mu\text{m}$ のフェライトコアキャリア93重量部とを温度 25°C 、相対湿度50%の常温常湿環境において、卓上ボールミル（東京硝子器械株式会社製）で30分間攪拌した後、初期のトナーの帯電量の測定を行った。また実施例1～18および比較例1～19のトナー7重量部と体積平均粒子径 $4.5\text{ }\mu\text{m}$ のフェライトコアキャリア93重量部とを含む2成分現像剤を用いて市販複写機（商品名：MX-6201N、シャープ株式会社製）で印字率5%のテキストチャートを10k枚印字した後のトナーの帯電量測定を行った。

40

【0211】

トナーの帯電量測定は、帯電量測定装置（210HS-2A：トレック・ジャパン株式会社製）を用いて次のようにして行った。ボールミル内から採集したフェライト粒子とトナーとの混合物を、底部に795メッシュの導電性スクリーンを具備した金属製の容器に入れ、吸引機によってトナーのみを吸引圧 250 mmHg で吸引し、吸引前の混合物の重量と吸引後の混合物の重量との重量差と、容器に接続されたコンデンサー極板間の電位差とからトナーの帯電量を求めた。初期のトナーの帯電量を Q_{ini} 、10k枚印字後のトナーの帯電量を Q としてトナーの帯電量減衰率を下記式（5）のようにして求めた。この帯電量減衰率が低いほどトナーの帯電量が安定していることになる。

50

$$\text{トナー帯電量減衰率} = \{ (Q_{\text{ini}} - Q) / Q_{\text{ini}} \} \times 100 \quad \cdots (5)$$

【0212】

帯電安定性の評価基準は次の通りである。

- ◎：非常に良好。帯電量減衰率が5%以下である。
- ：良好。帯電量減衰率が5%を超えて10%未満である。
- △：実使用上問題なし。帯電量減衰率が10%以上15%未満である。
- ×：実使用不可。帯電量減衰率が15%以上である。

【0213】

〔低印字率連続印字後の画像濃度安定性〕

実施例1～18および比較例1～19の2成分現像剤によって市販複写機（商品名：MX-6201N、シャープ株式会社製）を使用して確認した。耐刷試験前に現像バイアスと感光体ドラム上表面電位との電位差を一定に保ちつつ各電位を変えて濃度測定用画像を印字した。濃度測定用画像を印字後、印字率1%のテストチャート（両面印字）を500枚連続で印字し、耐刷試験前と同様に濃度測定用画像を印字した。耐刷試験前の濃度測定用画像の画像濃度と、500枚印字後の濃度測定用画像の画像濃度との濃度差である印字画像濃度差が低いほど低印字率連続印字後の画像濃度が安定していることになる。画像濃度は、クリーニング性の評価において用いられた装置を使って測定した。

【0214】

画像濃度変化の評価基準は次の通りである。

- ◎：非常に良好。印字画像濃度差が0.05以下である。
- ：良好。印字画像濃度差が0.05を超えて0.1以下である。
- △：実使用上問題なし。印字画像濃度差が0.1を超えて0.15以下である。
- ×：実使用不可。印字画像濃度差が0.15を超える。

【0215】

〔定着性〕

市販複写機（商品名：MX-6201N、シャープ株式会社製）を用い、紙面上におけるトナー付着量が 0.4 mg/cm^2 になるよう調整した。定着温度を140℃から210℃まで5℃刻みで設定して、10mm×50mmのパッチ画像を作成した。前記画像に低温オフセットおよび高温オフセットが発生しない温度域を非オフセット領域温度幅とし、非オフセット領域温度幅で定着性を評価した。

【0216】

定着性の評価基準は次の通りである。

- ◎：非常に良好。非オフセット領域温度幅が50℃以上である。
- ：良好。非オフセット領域温度幅が30℃以上50℃未満である。
- △：実使用上問題なし。非オフセット領域温度幅が10℃以上30℃未満である。
- ×：実使用不可。非オフセット領域温度幅が10℃未満である。

【0217】

〔総合評価〕

以上の評価の評価結果を基にして、実施例1～18および比較例1～19のトナーを総合評価した。

【0218】

総合評価の評価基準は次の通りである。

- ◎：非常に良好。白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性、画像濃度安定性および定着性の評価結果に△および×がない。
- ：良好。白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性、画像濃度安定性および定着性の評価結果に×がなく、△が1個以上3個以下である。
- △：実使用上問題なし。白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性、画像濃度安定性および定着性の評価結果に×がなく、△が4個以上である。
- ×：実使用不可。白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性、画像濃度安定性および定着性の評価結果に×がある。または、白抜け、解像性、転写効率、ク

リーニング性、帯電安定性、画像濃度安定性、定着性の少なくともいずれか1つに検討できない項目がある。

【0219】

実施例1～18および比較例1～19のトナーの評価結果および総合評価結果を表4にまとめた。

【0220】

【表4】

	白抜け		解像性		転写性		クリーニング性		帯電安定性		画像濃度安定性		定着性		総合評価
	白抜けの数 (個)	評価	細線再現性の値	評価	転写効率 (%)	評価	かぶり量Wk (%)	評価	帯電量減衰率 (%)	評価	印字濃度差	評価	非オフセット 領域温度 (°C)	評価	
実施例1	5	○	108	○	92	○	2.0	◎	4.5	◎	0.02	◎	55	◎	◎
実施例2	2	◎	105	◎	96	◎	2.4	◎	4.7	◎	0.06	○	50	◎	◎
実施例3	1	◎	104	◎	96	◎	3.2	◎	5.9	○	0.07	○	45	○	◎
実施例4	4	○	108	○	91	○	3.5	○	4.8	◎	0.04	◎	50	◎	◎
実施例5	2	◎	104	◎	95	◎	2.8	◎	4.1	◎	0.07	○	40	○	◎
実施例6	4	○	109	○	91	○	3.4	○	3.1	◎	0.04	◎	50	◎	◎
実施例7	5	○	110	○	93	○	2.7	◎	4.0	◎	0.03	◎	50	◎	◎
実施例8	3	◎	104	◎	96	◎	2.8	◎	3.9	◎	0.04	◎	40	○	◎
実施例9	4	○	105	○	94	○	3.1	○	8.7	○	0.06	○	45	○	◎
実施例10	3	◎	104	◎	96	◎	2.4	◎	4.4	◎	0.04	◎	50	◎	◎
実施例11	5	○	112	○	91	○	3.2	○	9.2	○	0.03	◎	55	◎	◎
実施例12	4	○	110	○	92	○	3.3	◎	4.1	◎	0.03	◎	55	◎	◎
実施例13	6	○	103	◎	95	◎	2.0	◎	3.9	◎	0.06	○	50	◎	◎
実施例14	3	◎	102	◎	96	◎	3.4	○	3.8	◎	0.07	○	50	◎	◎
実施例15	4	○	106	○	92	○	2.8	◎	3.9	◎	0.04	◎	50	◎	◎
実施例16	4	○	108	○	91	○	3.9	○	5.2	○	0.04	◎	50	◎	◎
実施例17	8	△	109	○	89	△	4.2	○	3.1	◎	0.06	○	20	△	○
実施例18	9	△	115	△	88	△	3.7	○	6.7	○	0.06	○	45	○	○
比較例1	-	-	-	-	-	-	19.0	×	-	-	-	-	25	△	×
比較例2	14	×	129	×	83	×	5.8	△	7.1	○	0.11	△	20	△	×
比較例3	8	△	120	△	87	△	3.2	◎	3.0	◎	0.05	◎	55	◎	△
比較例4	8	△	119	△	88	△	3.4	○	3.5	◎	0.04	◎	55	◎	△
比較例5	4	○	107	○	91	○	3.3	○	12.0	○	0.20	×	25	△	×
比較例6	5	○	106	○	92	○	2.1	◎	11.5	△	0.18	×	20	△	×
比較例7	10	△	118	△	88	△	5.6	△	8.5	○	0.07	○	45	○	△
比較例8	12	×	128	×	87	△	6.1	△	3.9	◎	0.04	◎	45	○	×
比較例9	5	○	107	○	91	○	3.5	○	5.9	○	0.21	×	40	○	×
比較例10	2	◎	103	◎	95	◎	4.1	○	5.6	○	0.18	×	45	○	×
比較例11	2	◎	107	○	92	○	3.7	○	6.8	○	0.17	×	45	○	×
比較例12	1	◎	109	○	96	◎	3.8	○	6.7	○	0.18	×	40	○	×
比較例13	4	○	103	◎	96	◎	3.9	○	6.8	○	0.18	×	40	○	×
比較例14	7	△	119	△	93	○	3.6	○	11.0	○	0.19	×	50	◎	×
比較例15	7	△	120	△	94	○	3.2	○	12.0	○	0.17	×	40	○	×
比較例16	4	○	106	○	96	◎	3.3	○	17.0	×	0.07	○	45	○	×
比較例17	-	-	-	-	-	-	15.0	×	-	-	-	-	-	-	×
比較例18	8	△	120	△	91	○	4.6	○	10.5	△	0.12	△	25	△	△
比較例19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×

10

20

30

40

50

記号「－」は、検討できなかったことを示す。

【0221】

表4に示すように、ケイ素元素含有酸化物微粒子の添加量が少ないと、白抜け、解像性、転写効率の評価結果が悪く（比較例3, 4, 7, 8）、ケイ素元素含有酸化物微粒子の添加量が多いと、帯電安定性、低印字率連続印字後の画像濃度安定性の評価結果のうち少なくとも1つが悪くなった。（比較例5, 6, 9, 10, 11, 12, 13）この結果から、全評価項目の最適値は、ケイ素元素含有酸化物微粒子のトナー被覆率で規定できることを見出した。全評価項目を両立できる最小被覆率は、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が70nmの場合には2.9%であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が130nmの場合には1.0%であった。横軸（x軸）をケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径とし、縦軸（y軸）をトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率として2点をプロットして直線を結び、その近似直線（A）を算出した。

10

【0222】

また、全評価項目を両立できる最大被覆率は、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が70nmの場合に15.0%、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が130nmの場合に5.7%であった。横軸（x軸）をケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径とし、縦軸（y軸）をトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率として2点をプロットして直線を結び、その近似直線（B）を算出した。

【0223】

近似直線（A）は、下記数式（A）で表わされ、近似直線（B）は、下記数式（B）で表わされる。

20

$$y = -0.0317x + 5.12 \quad \dots (A)$$

$$y = -0.155x + 25.9 \quad \dots (B)$$

【0224】

実施例1～18および比較例1～18のトナーの評価結果のプロット、および数式（A）、（B）を図3に示す。図3は、実施例1～18および比較例1～18のトナーの評価結果のプロット、および数式（A）、（B）を示すグラフである。本発明のトナーは無機微粒子が必須の構成成分であり、実施例1～18および比較例1～18のトナーはケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径および被覆率の値以外は同一の構成を有し、無機微粒子を含んでいる。比較例19はシリカ微粒子（無機微粒子）を含まず実施例1～18および比較例1～18のトナーと構成が大きく異なるのでプロットしなかった。

30

【0225】

ここで、比較例1は、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が50nmと小さいので、クリーニング不良が発生し、他の評価検討を行うことができなかった。

【0226】

比較例2は、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が50nmと小さいので、添加量を増やしてクリーニング不良を改善したが、転写性などの画質評価項目の向上が確認できなかった。

【0227】

比較例3～13では、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率が、規定範囲を超えているために低印字率連続印字後の画像濃度安定性が悪くなった。このことより、規定範囲内での添加量でないと効果が現れないことがいえる。

40

【0228】

比較例14・15は、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が150nmと大きいので、画像濃度安定性が著しく低下した。

【0229】

比較例16は、トナーに水分量が多いケイ素元素含有酸化物微粒子を添加したので、トナー帯電安定性が著しく低下した。このことより、ケイ素元素含有酸化物微粒子の含水率が低いものがトナー帯電量の安定性に有効といえる。

50

【0230】

比較例17は、トナー粒子の体積平均粒子径が3.5 μmと小さいので、ケイ素元素含有酸化物微粒子を添加してもクリーニング性が確保できなかった。そのため他の評価検討項目が確認できなかった。

【0231】

比較例18は、トナー粒子径が8.4 μmと大きいので、画質評価項目があまりよくなかったと考えられる。

【0232】

比較例19は、無機微粒子を含まないのでケイ素元素含有酸化物微粒子の分散性が悪く、流動性が確保できなかったため、検討評価できないトナーであった。

10

【0233】

以上の記載から、ケイ素元素含有酸化物微粒子とともに、ケイ素元素含有酸化物微粒子より平均一次粒子径の小さい無機微粒子を少なくとも1種以上外添させ、トナー粒子の体積平均粒子径が4 μm以上8 μm以下であり、ケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径が70 nm以上130 nm以下であり、かつ水分量が1.0重量%以下であり、トナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)が下記式(1)を満たすトナーは、白抜け、解像性、転写効率、クリーニング性、帯電安定性および画像濃度安定性に有効であることがわかる。

$$-0.0317x + 5.12 \leq y \leq -0.155x + 25.9 \cdots (1)$$

(式中、xはケイ素元素含有酸化物微粒子の平均一次粒子径を示し、yはトナー粒子に対するケイ素元素含有酸化物微粒子の被覆率(%)を示す。)

20

【図面の簡単な説明】

【0234】

【図1】本発明の第3の実施形態である画像形成装置1の構成を模式的に示す概略断面図である。

【図2】現像装置14の構成を模式的に示す概略断面図である。

【図3】実施例1～18および比較例1～19のトナーの評価結果のプロット、および数式(A)、(B)を示すグラフである。

【符号の説明】

【0235】

30

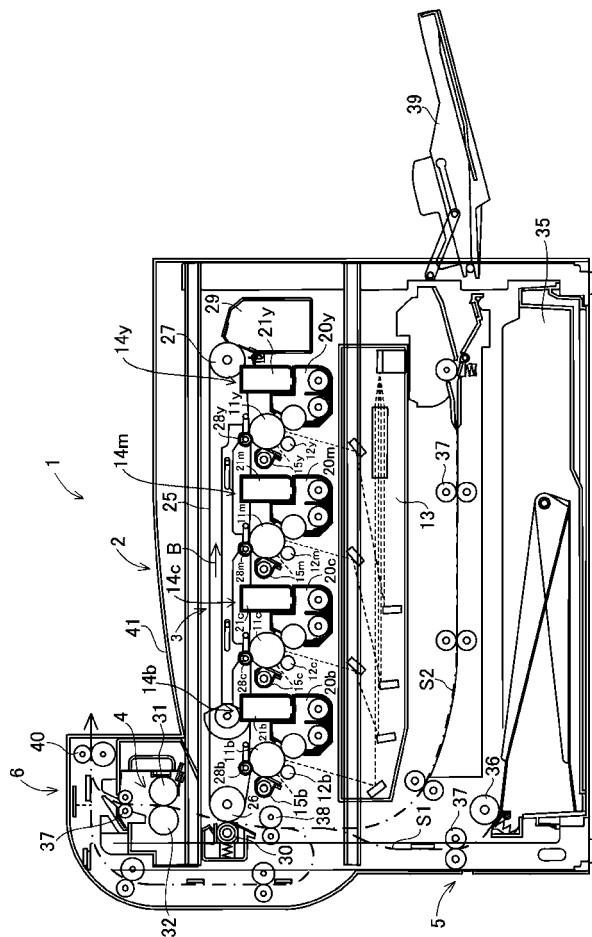
- 1 画像形成装置
- 2 画像形成部
- 3 転写手段
- 4 定着手段
- 5 記録媒体供給手段
- 6 排出手段
- 11 感光体ドラム
- 12 帯電手段
- 13 露光ユニット
- 14 現像装置
- 15 クリーニングユニット
- 25 中間転写ベルト
- 26 駆動ローラ
- 27 従動ローラ
- 28 中間転写ローラ
- 29 転写ベルトクリーニングユニット
- 30 転写ローラ
- 31 定着ローラ
- 32 加圧ローラ
- 35 自動給紙トレイ

40

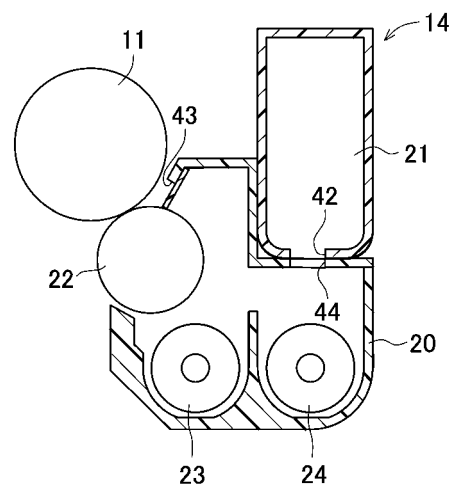
50

- 36 ピックアップローラ
- 37 搬送ローラ
- 38 レジストローラ
- 39 手差給紙トレイ
- 40 排出ローラ
- 41 排出トレイ

【図 1】



【図 2】



【 図 3 】

