

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

transport surface that has moved out of the electric field.

(57) 要約: 静電分離方法は、原料層の底部又は内部に配置された下部電極と、原料層の上方に配置された上部電極との間に電圧を印加して電極間に電界を生じさせること、原料層を流動させて原料層内で導電性粒子と下部電極とを接触させることにより、導電性粒子のみを下部電極と同じ極性に帯電させること、原料層の上方且つ上部電極の下方を捕捉領域とし、捕捉領域を通過するコンベヤベルトの不導体からなる下向きの搬送面に誘電分極によって上部電極と同じ極性を出現させること、原料層の表面から帯電した導電性粒子を静電気力によって選択的に離脱させてコンベヤベルトの搬送面に付着させること、及び、電界の外へ移動した搬送面から導電性粒子を分離して回収することを含む。

明 細 書

発明の名称： 静電分離装置及び方法

技術分野

[0001] 本発明は、導電性粒子及び絶縁性粒子が混在する原料から導電性粒子を分離する静電分離装置及び方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、導電性粒子及び絶縁性粒子（非導電性粒子）が混在する原料から、静電気力によって導電性粒子を分離する静電分離装置が知られている。このような静電分離装置は、石炭灰や廃棄物（例えば、廃プラスチック、ごみ及び焼却灰等）からの特定成分の分離、食品の不純物除去、鉱物の濃縮などに利用され得る。特許文献1は、この種の静電分離装置を開示する。

[0003] 特許文献1に開示された静電分離装置は、平板状の底面電極と、底面電極の上方に設置された多数の開口部を有する平板状のメッシュ電極とを備え、両電極間に電圧が印加され、両電極間に静電気力による分離ゾーンが形成される。更に、底面電極が通気性を有するガス分散板で構成され、ガス分散板の下側から分離ゾーンに分散用気体が導入され、底面電極およびメッシュ電極の少なくとも一方に振動が付与される。これにより、分離ゾーンに供給した原料中の導電性粒子が、メッシュ電極の開口部を通過して分離ゾーンの上方に分離される。分離ゾーンの上方に分離された導電性粒子は吸引管を通じて集塵機へ気流搬送され、集塵機で回収される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3981014号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 火力発電所の石炭灰には、未燃炭素（導電性粒子）と灰分（絶縁性粒子）が含まれている。この石炭灰から未燃炭素が取り除かれたものは、高品質

の石炭灰として価値が高い。そのため、石炭灰に含まれる未燃炭素がより少なくなるように、石炭灰から未燃炭素を分離することが望ましい。

[0006] 上記特許文献 1 の静電分離装置では、分離ゾーンの上方へ飛び出す導電性粒子に絶縁性粒子が同伴することがあり、飛び出した絶縁性粒子は導電性粒子と一緒に集塵機まで気流搬送されて回収される。このような事情から、集塵機で回収された粉粒体における導電性粒子の純度を向上させる点で改善の余地が残されている。

[0007] 本発明は以上の事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、導電性粒子及び絶縁性粒子が混在する原料から導電性粒子を分離する静電分離装置において、回収された導電性粒子からなる粉粒体の純度を高めることにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る静電分離装置は、導電性粒子及び非帯電の絶縁性粒子が混在する原料から前記導電性粒子を分離する静電分離装置であって、
前記原料からなる原料層が形成された容器と、
前記原料層の底部又は前記原料層内に配置された下部電極と、
前記容器の底部から前記原料層内へ導入され、前記下部電極を通じて前記原料層を上昇する流動化ガスを供給する流動化ガス供給装置と、
前記原料層の上方に配置された上部電極と、
不導体からなる搬送面を有し、前記原料層の上方且つ前記上部電極の下方を捕捉領域とし、下向きの前記搬送面が前記捕捉領域を通過するように回転する、無端状のコンベヤベルトと、
前記上部電極及び前記下部電極のうち一方をマイナス電極とし他方をプラス電極としてこれらの電極間に電界を生じさせるように、前記上部電極及び前記下部電極の電極間に電圧を印加する電源装置とを備え、
前記原料層内で前記導電性粒子と前記下部電極とを接触させることにより、
前記導電性粒子のみを前記下部電極と同じ極性に帯電させ、前記捕捉領域を通過する前記コンベヤベルトの下向きの前記搬送面に誘電分極によって前記上部電極と同じ極性を出現させ、帯電した前記導電性粒子を静電気力によっ

て選択的に前記原料層から離脱させて前記コンベヤベルトの前記搬送面に付着させ、前記電界の外へ移動した前記搬送面から前記導電性粒子を分離して回収するように構成されていることを特徴としている。

[0009] また、本発明の一態様に係る静電分離方は、導電性粒子及び非帯電の絶縁性粒子が混在する原料から前記導電性粒子を分離する静電分離方法であって、

前記原料から成る原料層の底部又は内部に配置された下部電極と、前記原料層の上方に配置された上部電極との間に電圧を印加して電極間に電界を生じさせるステップ、

前記原料層を流動させて前記原料層内で前記導電性粒子と前記下部電極とを接触させることにより、前記導電性粒子のみを前記下部電極と同じ極性に帯電させるステップ、

前記原料層の上方且つ前記上部電極の下方を捕捉領域とし、前記捕捉領域を通過するコンベヤベルトの不導体からなる下向きの搬送面に誘電分極によって前記上部電極と同じ極性を出現させるステップ、

前記原料層の表面から帯電した前記導電性粒子を静電気力によって選択的に離脱させて前記コンベヤベルトの前記搬送面に付着させるステップ、及び、

前記電界の外へ移動した前記搬送面から前記導電性粒子を分離して回収するステップ、を含むことを特徴としている。

[0010] 上記構成の静電分離装置及び方法では、原料層で下部電極と接触することにより下部電極と同じ極性に帯電した導電性粒子は、原料層の流動により表層まで移動する。原料層の上方には、帯電した導電性粒子と反対の極性が出現したコンベヤベルトの搬送面が存在しており、静電気力によって原料層から導電性粒子が選択的に飛び出して搬送面に付着する。一方、原料層中の絶縁性粒子は下部電極との接触によっては帯電しない。搬送面は下向きであり、流動の勢いで原料層から飛び出した絶縁性粒子が付着しようとしても、絶縁性粒子は自重で落下する。よって、コンベヤベルトの搬送面に捕捉された粒子は、概ね導電性粒子となる。このようにして、コンベヤベルトの下向き

の搬送面に捕捉された導電性粒子は、コンベヤベルトの回転によって電界の外へ搬送され、電界の外でコンベヤベルトの搬送面から分離されて、回収される。よって、回収された導電性粒子からなる粉粒体への絶縁性粒子の混入が抑えられ、回収された導電性粒子からなる粉粒体の純度を高めることができる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、導電性粒子及び絶縁性粒子が混在する原料から導電性粒子を分離する静電分離装置において、回収された導電性粒子からなる粉粒体の純度を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係る静電分離装置の全体的な構成を示す図である。

[図2]図2は、容器振動装置を備えた静電分離装置の変形例を示す図である。

[図3]図3は、コンベヤベルトの環の外側に上部電極が配置された静電分離装置の変形例を示す図である。

[図4]図4は、コンベヤベルトの搬送面の移動方向と原料の進行方向との関係を示す平面図である。

[図5]図5は、ベルト振動方式による絶縁性粒子脱離促進装置を備えた静電分離装置の変形例を示す図である。

[図6]図6は、ガス透過方式による絶縁性粒子脱離促進装置を備えた静電分離装置の変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 次に、図1を用いて、本発明の実施形態に係る静電分離装置1を説明する。図1は本発明の実施形態に係る静電分離装置1の全体的な構成を示す図である。本発明に係る静電分離装置1は、導電性粒子16及び絶縁性粒子18が混在する原料17から、主に導電性粒子16を分離するものである。この静電分離装置1は、例えば、未燃炭素（導電性粒子16）と灰分（絶縁性粒子18）を含む石炭灰（原料17）から未燃炭素を分離するために用いられ

得る。但し、静電分離装置 1 の用途は上記に限定されず、様々な粒子又は粉体の分離、例えば、廃棄物からの金属分別や水銀、鉍物や食品からの不純物除去等、導電性や帯電性の異なる物質の分離にも用いられ得る。

[0014] 図 1 に示すように、本実施形態に係る静電分離装置 1 は、原料層 15 が形成された容器 25 と、原料層 15 の底部又は原料層 15 内に配置された下部電極 28 と、原料層 15 の上方に配置された上部電極 22 と、原料層 15 を流動化させる流動化ガス供給装置 29 と、コンベヤ装置 50 と、電源装置 20 とを備える。

[0015] 容器 25 の底部には、多数の微小孔を有するガス分散部材 26 が配置されている。ガス分散部材 26 は、多孔板（即ち、ガス分散板）であってもよいし、多孔シートであってもよい。容器 25 には、図示されない供給装置によって、導電性粒子 16 及び絶縁性粒子 18 が混在する原料 17 が供給される。容器 25 内において下部電極 28 の上に堆積した原料 17 によって、原料層 15 が形成されている。

[0016] 原料 17 が容器 25 の第 1 側に連続的又は断続的に供給されることによって、原料 17 は容器 25 の第 1 側から反対側の第 2 側に向かって徐々に移動する。容器 25 の第 2 側には、容器 25 からオーバーフローした粒子（主に絶縁性粒子 18）を回収する絶縁性粒子回収容器 40 が設けられている。

[0017] 容器 25 の下方には、風箱 30 が設けられている。風箱 30 には、流動化ガス供給装置 29 から流動化ガス 31 が供給される。流動化ガス 31 は、例えば、空気であってもよい。流動化ガス 31 は、除湿されたガス（例えば、露点 0℃以下の除湿ガス）であることが望ましい。流動化ガス 31 は、容器 25 の底部から原料層 15 内へ導入され、ガス分散部材 26 及び下部電極 28 を通過しながら原料層 15 を上昇する。この流動化ガス 31 によって、原料層 15 が流動化される。

[0018] 本実施形態では、ガス分散部材 26 として金属製のガス分散板が採用されており、このガス分散板がガス分散部材 26 及び下部電極 28 の機能を併せ備えている。但し、原料層 15 内においてガス分散部材 26 の上方に下部電

極 2 8 が設けられていてもよい。この場合の下部電極 2 8 は流動化ガス 3 1 の通過を許容するメッシュ板で構成され、ガス分散部材 2 6 には樹脂製、金属製、又はセラミックス製の多孔シートが採用される。

[0019] 図 2 は、容器振動装置 3 2 を備えた静電分離装置 1 の変形例を示す図である。図 2 に示すように、静電分離装置 1 は、容器 2 5 を振動させる容器振動装置 3 2 を更に備えていてもよい。容器 2 5 が振動することによって、容器 2 5 に固定されて当該容器と一体的に挙動する下部電極 2 8 が振動する。容器振動装置 3 2 の加振により、容器 2 5（及び下部電極 2 8）は、上下方向及び水平方向のうちいずれか一つ、或いは、2 つ以上の組み合わせの方向へ振動してよい。振動は、往復運動であってもよいし円運動であってもよい。

[0020] 図 1 に戻って、コンベヤ装置 5 0 は、無端状のコンベヤベルト 5 1 と、コンベヤベルト 5 1 の回転駆動装置（図示略）からなる。

[0021] 図 1 に示す静電分離装置 1 では、コンベヤベルト 5 1 の環の内側に上部電極 2 2 が配置されている。但し、図 3 に示すように、コンベヤベルト 5 1 の環の外側に上部電極 2 2 が配置されていてもよい。コンベヤベルト 5 1 は、環の外側の面を搬送面 5 2 としている。原料層 1 5 の上方且つ上部電極 2 2 の下方を「捕捉領域 1 0」と規定する。回転するコンベヤベルト 5 1 は、搬送面 5 2 が下向きの姿勢で捕捉領域 1 0 を通過する。捕捉領域 1 0 を通過するコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 は、略水平であってよい。

[0022] 図 4 は、コンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 の移動方向 D 1 と原料 1 7 の進行方向 D 2 との関係を示す平面図である。図 4 に示すように、捕捉領域 1 0 を通過するコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 の移動方向 D 1、即ち、搬送面 5 2 に付着した導電性粒子 1 6 の移動方向と、容器 2 5（原料層 1 5）内での原料 1 7 の進行方向 D 2 とは、平面視において略直交している。より多くの原料 1 7 を一度に処理するためには、容器 2 5 は進行方向 D 2 と直交する幅方向 D 3 の寸法を大きくすることが望ましい。なお、図 1～3、5 では、移動方向 D 1 と進行方向 D 2 とは平行に示されているが、移動方向 D 1 と進行方向 D 2 との関係はこれらの図面に図示されたものに限定されない。

[0023] 前述の通り、容器 25 内の原料 17 は容器 25 の第 1 側から第 2 側へ向かう進行方向 D2 へ徐々に移動する。容器 25 内の原料 17 は、捕捉領域 10 に差し掛かると導電性粒子 16 が帯電し、コンベヤベルト 51 の搬送面 52 に付着していくため、帯電する導電性粒子 16 の量は進行方向 D2 の上流側から下流側にかけて減少していく。一方で、コンベヤベルト 51 の搬送面 52 に付着した導電性粒子 16 は粒子分離部材 43 によって除去されるまで搬送面 52 を付着占有するため、更なる導電性粒子 16 の付着が阻害されることになる。よって、移動方向 D1 と進行方向 D2 とが直交していると、移動方向 D1 と進行方向 D2 とが平行である場合と比較して、より効率的に搬送面 52 に導電性粒子 16 を付着回収させることができる。仮に、捕捉領域 10 を通過するコンベヤベルト 51 の搬送面 52 の移動方向 D1 と進行方向 D2 とが平行であれば、コンベヤベルト 51 の幅が大きくなってしまう。このようにコンベヤベルト 51 の幅を抑える観点からも移動方向 D1 と進行方向 D2 とは平面視において直交していることが望ましい。但し、移動方向 D1 と進行方向 D2 とが平行であってもかまわない。

[0024] コンベヤベルト 51 は、少なくとも搬送面 52 が不導体からなる。つまり、搬送面 52 以外の部分は不導体に限定されない。例えば、コンベヤベルト 51 は、全体が不導体で構成されていてもよい。また、例えば、コンベヤベルト 51 は、内部にスチールコードを包有したスチールコードコンベヤベルトであってもよい。スチールコードコンベヤベルトが採用される場合、コンベヤベルト 51 の内周面においてスチールコードを露出させて、電源装置 20 と接続することにより、スチールコードを上部電極 22 として機能させることができる。

[0025] コンベヤ装置 50 には、粒子分離部材 43 が付帯している。粒子分離部材 43 の下方には、導電性粒子回収容器 41 が設けられている。粒子分離部材 43 は、例えば、へら状の部材（スクレーパ）であって、コンベヤベルト 51 に付着した粒子を掻き落とすことができる。但し、粒子分離部材 43 は、除電機能を有する部材（例えば、除電ブラシ）であって、コンベヤベルト 5

1 に付着した粒子の除電を行うことにより、コンベヤベルト 5 1 から粒子を分離させるものであってもよい。

[0026] 図 5, 6 は、絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 を備えた静電分離装置 1 の変形例を示す図である。図 5, 6 に示すように、静電分離装置 1 は、分子間力によってコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 又は導電性粒子 1 6 に付着している絶縁性粒子 1 8 の離脱を促進する絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 (5 3 A, 5 3 B) を備えてもよい。

[0027] 図 5 に示す絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 A は、ベルト振動方式である。この絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 A は、コンベヤベルト 5 1 の下向きの搬送面 5 2 に接触してモータの回転により生じる回転振動を与えることにより、当該搬送面 5 2 を加振するように構成されている。コンベヤベルト 5 1 の振動によって、コンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 又は導電性粒子 1 6 から絶縁性粒子 1 8 が振るい落とされる。但し、絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 A の配置は本実施形態に限定されず、絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 A がコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 と反対側の面に接触するように、搬送面 5 2 の上方（即ち、コンベヤベルト 5 1 の環の内側）に配置されてもよい。また、絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 A は、圧縮空気を断続的に吹き付けることによりコンベヤベルト 5 1 に振動を与えるように構成されていてもよい。

[0028] 図 6 に示す絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 B は、ガス透過方式である。この絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 B は、導電性粒子 1 6 及び絶縁性粒子 1 8 は透過させないが気体は透過可能な材質によってコンベヤベルト 5 1 を形成し、コンベヤベルト 5 1 の内側から捕捉領域 1 0 へ向かう方向に微量のガスを供給するように構成されている。この絶縁性粒子脱離促進装置 5 3 B では、分子間力によってコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 又は導電性粒子 1 6 から絶縁性粒子 1 8 が脱離する程度に微量のガスがコンベヤベルト 5 1 の内側から捕捉領域 1 0 へ向かう方向へ吹き出す。この気流によってコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 又は導電性粒子 1 6 から絶縁性粒子 1 8 が吹き落される。

[0029] 図 1 に戻って、電源装置 2 0 は、上下方向に対峙する上部電極 2 2 及び下

部電極 28 の両電極間に電圧を印加することにより、上部電極 22 及び下部電極 28 のうち一方をマイナス（－）電極とし他方をプラス（＋）電極とし両電極間に電界を生じさせる。本実施形態では、上部電極 22 がマイナス電極となり下部電極 28 がプラス電極となるように、電源装置 20 によって上部電極 22 にマイナス電位が与えられ、下部電極 28 が接地されている。一例として、上部電極 22 と下部電極 28 との間隔が数十 mm ～数百 mm である場合に、上部電極 22 と下部電極 28 との間に生じる電界の強度の絶対値は $0.1 \sim 1.5 \text{ kV/mm}$ 程度であってよい。

[0030] 〔静電分離方法〕

ここで、上記構成の静電分離装置 1 を用いた静電分離方法を説明する。

[0031] 図 1 に示す静電分離装置 1 では、上部電極 22 と下部電極 28 との間に生じた電界によって不導体（絶縁体・誘導体）であるコンベヤベルト 51 に誘電分極が生じ、コンベヤベルト 51 のうち捕捉領域 10 を通過する下向きの搬送面 52 にマイナス又はプラス（上部電極 22 と同極性）の電荷が発生する。本実施形態では、上部電極 22 がマイナス電極であるから、搬送面 52 にはマイナスの電荷が発生する。

[0032] 容器 25 内の原料層 15 は流動化ガス 31 によって流動化され、原料層 15 には上向き及び下向きの原料 17 の流れが生じている。つまり、原料層 15 は攪拌されている。この攪拌によって下部電極 28 と接触した導電性粒子 16 はプラス又はマイナス（下部電極 28 と同極性）に帯電する。本実施形態では、下部電極 28 がプラス電極であるから、導電性粒子 16 はプラスに帯電する。絶縁性粒子 18（不導体）は、下部電極 28 と接触しても帯電しない。

[0033] 帯電した導電性粒子 16 は、原料 17 の流れによって原料層 15 の表層部まで移動して、コンベヤベルト 51 の下向きの搬送面 52 に静電気力によって引き付けられ、原料層 15 から飛び出して下向きの搬送面 52 に付着する。導電性粒子 16 は上部電極 22 へ直接に接触しないので帯電した状態を維持でき、コンベヤベルト 51 の下向きの搬送面 52 に引き付けられた状態を

継続することができる。

[0034] 上記のようにコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 に付着した導電性粒子 1 6 は、コンベヤベルト 5 1 の回転によって電界の外へ運ばれる。そして、導電性粒子 1 6 は、電界の外で粒子分離部材 4 3 によってコンベヤベルト 5 1 の搬送面 5 2 から剥がされて、導電性粒子回収容器 4 1 に回収される。

[0035] 一方、原料層 1 5 にある絶縁性粒子 1 8 は帯電していないため、コンベヤベルト 5 1 の下向きの搬送面 5 2 に静電気によって引き付けられることなく、原料層 1 5 内に留まる。容器 2 5 に投入された原料 1 7 は、容器 2 5 を第 1 側から第 2 側へ向かうに従って導電性粒子 1 6 の割合が低下し、絶縁性粒子 1 8 の割合が高まる。容器 2 5 の第 2 側に配置された絶縁性粒子回収容器 4 0 では、容器 2 5 からオーバーフローした絶縁性粒子 1 8 の割合が高い原料 1 7 が回収される。

[0036] [本実施形態の総括]

以上に説明した通り、本実施形態に係る静電分離装置 1 は、導電性粒子 1 6 及び非帯電の絶縁性粒子 1 8 が混在する原料 1 7 から導電性粒子 1 6 を分離するものであって、

原料 1 7 からなる原料層 1 5 が形成された容器 2 5 と、

原料層 1 5 の底部又は原料層 1 5 内に配置された下部電極 2 8 と、

容器 2 5 の底部から原料層 1 5 内へ導入され、下部電極 2 8 を通じて原料層 1 5 を上昇する流動化ガス 3 1 を供給する流動化ガス供給装置 2 9 と、

原料層 1 5 の上方に配置された上部電極 2 2 と、

不導体からなる搬送面 5 2 を有し、原料層 1 5 の上方且つ上部電極 2 2 の下方を捕捉領域 1 0 とし、下向きの搬送面 5 2 が捕捉領域 1 0 を通過するように回転する、無端状のコンベヤベルト 5 1 と、

上部電極 2 2 及び下部電極 2 8 のうち一方をマイナス電極とし他方をプラス電極としてこれらの電極間に電界を生じさせるように、上部電極 2 2 及び下部電極 2 8 の電極間に電圧を印加する電源装置 2 0 とを備える。そして、静電分離装置 1 は、原料層 1 5 内で導電性粒子 1 6 と下部電極 2 8 とを接触さ

せることにより、導電性粒子 16 のみを下部電極 28 と同じ極性に帯電させ、捕捉領域 10 を通過するコンベヤベルト 51 の下向きの搬送面 52 に誘電分極によって上部電極 22 と同じ極性を出現させ、帯電した導電性粒子 16 を静電気力によって選択的に原料層 15 から離脱させてコンベヤベルト 51 の搬送面 52 に付着させ、電界の外へ移動した搬送面 52 から導電性粒子 16 を分離して回収するように構成されている。

[0037] また、本実施形態に係る静電分離方法は、導電性粒子 16 及び非帯電の絶縁性粒子 18 が混在する原料から導電性粒子 16 を分離する静電分離方法であって、

原料 17 から成る原料層 15 の底部又は内部に配置された下部電極 28 と、原料層 15 の上方に配置された上部電極 22 との間に電圧を印加して電極間に電界を生じさせるステップ、

原料層 15 を流動させて原料層 15 内で導電性粒子 16 と下部電極 28 とを接触させることにより、導電性粒子 16 のみを下部電極 28 と同じ極性に帯電させるステップ、

原料層 15 の上方且つ上部電極 22 の下方を捕捉領域 10 とし、捕捉領域 10 を通過するコンベヤベルト 51 の不導体からなる下向きの搬送面 52 に誘電分極によって上部電極 22 と同じ極性を出現させるステップ、

原料層 15 の表面から帯電した導電性粒子 16 を静電気力によって選択的に離脱させてコンベヤベルト 51 の搬送面 52 に付着させるステップ、及び、電界の外へ移動した搬送面 52 から導電性粒子 16 を分離して回収するステップ、を含む。

[0038] 上記構成の静電分離装置 1 及び方法では、原料層 15 で下部電極 28 と接触することにより下部電極 28 と同じ極性に帯電した導電性粒子 16 は、原料層 15 の流動により表層まで移動する。原料層 15 の上方には、帯電した導電性粒子 16 と反対の極性が出現したコンベヤベルト 51 の搬送面 52 が存在しており、静電気力によって原料層 15 から導電性粒子 16 が選択的に飛び出して搬送面 52 に付着する。一方、原料層 15 中の絶縁性粒子 18 は

下部電極 28 との接触によっては帯電しない。搬送面 52 は下向きであり、流動の勢いで原料層 15 から飛び出した絶縁性粒子 18 が付着しようとしても、絶縁性粒子 18 は自重で落下する。よって、コンベヤベルト 51 の搬送面 52 に捕捉された粒子は、概ね導電性粒子 16 となる。このようにして、コンベヤベルト 51 の下向きの搬送面 52 に捕捉された導電性粒子 16 は、コンベヤベルト 51 の回転によって電界の外へ搬送され、電界の外でコンベヤベルト 51 の搬送面 52 から分離されて、回収される。よって、回収された導電性粒子 16 からなる粉粒体への絶縁性粒子 18 の混入が抑えられ、回収された導電性粒子 16 からなる粉粒体の純度を高めることができる。

[0039] また、本実施形態に係る静電分離装置 1 は、コンベヤベルト 51 の搬送面 52 又は導電性粒子 16 に付着している絶縁性粒子 18 の離脱を促進する絶縁性粒子脱離促進装置 53 (53A, 53B) を更に備えていてよい。

[0040] 同様に、本実施形態に係る静電分離方法は、コンベヤベルト 51 の搬送面 52 を振動させることにより、搬送面 52 又は導電性粒子 16 に付着している絶縁性粒子 18 を振り落とすステップを、更に含んでいてよい。

[0041] 導電性粒子 16 と絶縁性粒子 18 とが分子間力によって引き付けられて、絶縁性粒子 18 が導電性粒子 16 に同伴して原料層 15 から飛び出して、絶縁性粒子 18 がコンベヤベルト 51 (又は導電性粒子 16) に付着することが想定され得る。本実施形態に係る静電分離装置 1 及び方法では、このようにコンベヤベルト 51 に付着した絶縁性粒子 18 は、コンベヤベルト 51 の振動により落下して、原料層 15 へ戻るか、又は、絶縁性粒子回収容器 40 へ回収される。このようにして、導電性粒子回収容器 41 に回収される導電性粒子 16 に混入する絶縁性粒子 18 を低減させることができる。その結果、導電性粒子回収容器 41 に回収される導電性粒子 16 の純度を高めることができる。

[0042] また、本実施形態に係る静電分離装置 1 は、コンベヤベルト 51 に静電気で付着している導電性粒子 16 を除電することにより、コンベヤベルト 51 から導電性粒子 16 を分離させる粒子分離部材 43 を更に備える。

[0043] 同様に、本実施形態に係る静電分離方法は、コンベヤベルト 5 1 に静電気で付着している導電性粒子 1 6 を除電することにより、コンベヤベルト 5 1 から導電性粒子 1 6 を分離させて回収するステップを、更に含む。

[0044] これにより、コンベヤベルト 5 1 に付着した導電性粒子 1 6 を、コンベヤベルト 5 1 から容易に離れさせることができるとともに、導電性粒子 1 6 の帯電を除去することにより、回収後の除電処理が不要となる。

[0045] また、本実施形態に係る静電分離装置 1 では、コンベヤベルト 5 1 の回転による捕捉領域 1 0 における搬送面 5 2 の移動方向 D 1 と、容器 2 5 内の原料 1 7 の進行方向 D 2 とが平面視において直交している。

[0046] 同様に、本実施形態に係る静電分離方法では、コンベヤベルト 5 1 の回転による捕捉領域 1 0 における搬送面 5 2 の移動方向 D 1 と原料層 1 5 内での原料 1 7 の進行方向 D 2 とが平面視において直交している。

[0047] このように捕捉領域 1 0 における搬送面 5 2 の移動方向 D 1 と原料 1 7 の進行方向 D 2 とが直交していることで、これらの方向が平行である場合と比較してより効率的に搬送面 5 2 に導電性粒子 1 6 を付着させることができる。

[0048] 以上に本発明の好適な実施の形態（及び変形例）を説明したが、本発明の思想を逸脱しない範囲で、上記実施形態の具体的な構造及び／又は機能の詳細を変更したものも本発明に含まれ得る。上記の構成は、例えば、以下のように変更することができる。

[0049] 例えば、上記実施形態では、下部電極 2 8 をプラス電極とし上部電極 2 2 をマイナス電極としているが、導電性粒子 1 6 の性質に応じて、下部電極 2 8 をマイナス電極とし上部電極 2 2 をプラス電極としてもよい。

符号の説明

- [0050] 1 : 静電分離装置
1 0 : 捕捉領域
1 5 : 原料層
1 6 : 導電性粒子

- 1 7 : 原料
- 1 8 : 絶縁性粒子
- 2 0 : 電源装置
- 2 2 : 上部電極
- 2 5 : 容器
- 2 6 : ガス分散部材
- 2 8 : 下部電極
- 2 9 : 流動化ガス供給装置
- 3 1 : 流動化ガス
- 3 2 : 容器振動装置
- 4 3 : 粒子分離部材
- 5 0 : コンベヤ装置
- 5 1 : コンベヤベルト
- 5 2 : 搬送面
- 5 3 : 絶縁性粒子脱離促進装置

請求の範囲

- [請求項1] 導電性粒子及び非帯電の絶縁性粒子が混在する原料から前記導電性粒子を分離する静電分離装置であって、
- 前記原料からなる原料層が形成された容器と、
- 前記原料層の底部又は前記原料層内に配置された下部電極と、
- 前記容器の底部から前記原料層内へ導入され、前記下部電極を通じて前記原料層を上昇する流動化ガスを供給する流動化ガス供給装置と、
- 、
- 前記原料層の上方に配置された上部電極と、
- 不導体からなる搬送面を有し、前記原料層の上方且つ前記上部電極の下方を捕捉領域とし、下向きの前記搬送面が前記捕捉領域を通過するように回転する、無端状のコンベヤベルトと、
- 前記上部電極及び前記下部電極のうち一方をマイナス電極とし他方をプラス電極としてこれらの電極間に電界を生じさせるように、前記上部電極及び前記下部電極の電極間に電圧を印加する電源装置とを備え、
- 前記原料層内で前記導電性粒子と前記下部電極とを接触させることにより、前記導電性粒子のみを前記下部電極と同じ極性に帯電させ、前記捕捉領域を通過する前記コンベヤベルトの下向きの前記搬送面に誘電分極によって前記上部電極と同じ極性を出現させ、帯電した前記導電性粒子を静電気力によって選択的に前記原料層から離脱させて前記コンベヤベルトの前記搬送面に付着させ、前記電界の外へ移動した前記搬送面から前記導電性粒子を分離して回収するように構成されている、
- 静電分離装置。
- [請求項2] 前記コンベヤベルトの前記搬送面又は前記導電性粒子に付着している前記絶縁性粒子の離脱を促進する絶縁性粒子脱離促進装置を更に備える、

請求項 1 に記載の静電分離装置。

[請求項3] 前記コンベヤベルトに静電気力で付着している前記導電性粒子を除電することにより、前記コンベヤベルトから前記導電性粒子を分離させる粒子分離部材を更に備える、
請求項 1 又は 2 に記載の静電分離装置。

[請求項4] 前記コンベヤベルトの回転による前記捕捉領域における搬送面の移動方向と、前記容器内の前記原料の進行方向とが平面視において直交している、
請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の静電分離装置。

[請求項5] 導電性粒子及び非帯電の絶縁性粒子が混在する原料から前記導電性粒子を分離する静電分離方法であって、
前記原料から成る原料層の底部又は内部に配置された下部電極と、前記原料層の上方に配置された上部電極との間に電圧を印加して電極間に電界を生じさせるステップ、
前記原料層を流動させて前記原料層内で前記導電性粒子と前記下部電極とを接触させることにより、前記導電性粒子のみを前記下部電極と同じ極性に帯電させるステップ、
前記原料層の上方且つ前記上部電極の下方を捕捉領域とし、前記捕捉領域を通過するコンベヤベルトの不導体からなる下向きの搬送面に誘電分極によって前記上部電極と同じ極性を出現させるステップ、
前記原料層の表面から帯電した前記導電性粒子を静電気力によって選択的に離脱させて前記コンベヤベルトの前記搬送面に付着させるステップ、及び、
前記電界の外へ移動した前記搬送面から前記導電性粒子を分離して回収するステップ、を含む、
静電分離方法。

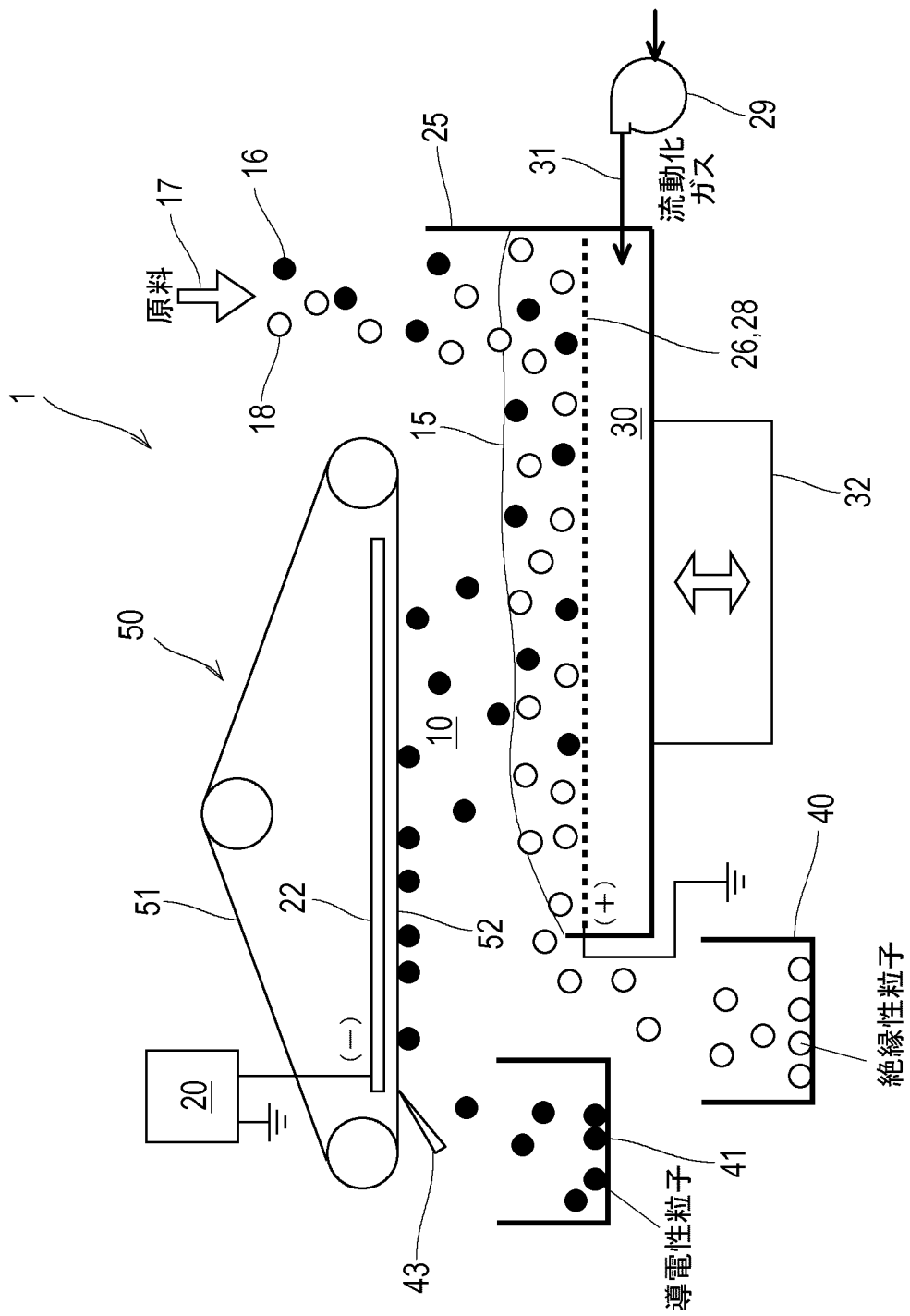
[請求項6] 前記コンベヤベルトの前記搬送面を振動させることにより、前記搬送面又は前記導電性粒子に付着している前記絶縁性粒子を振り落とす

ステップを、更に含む、
請求項 5 に記載の静電分離方法。

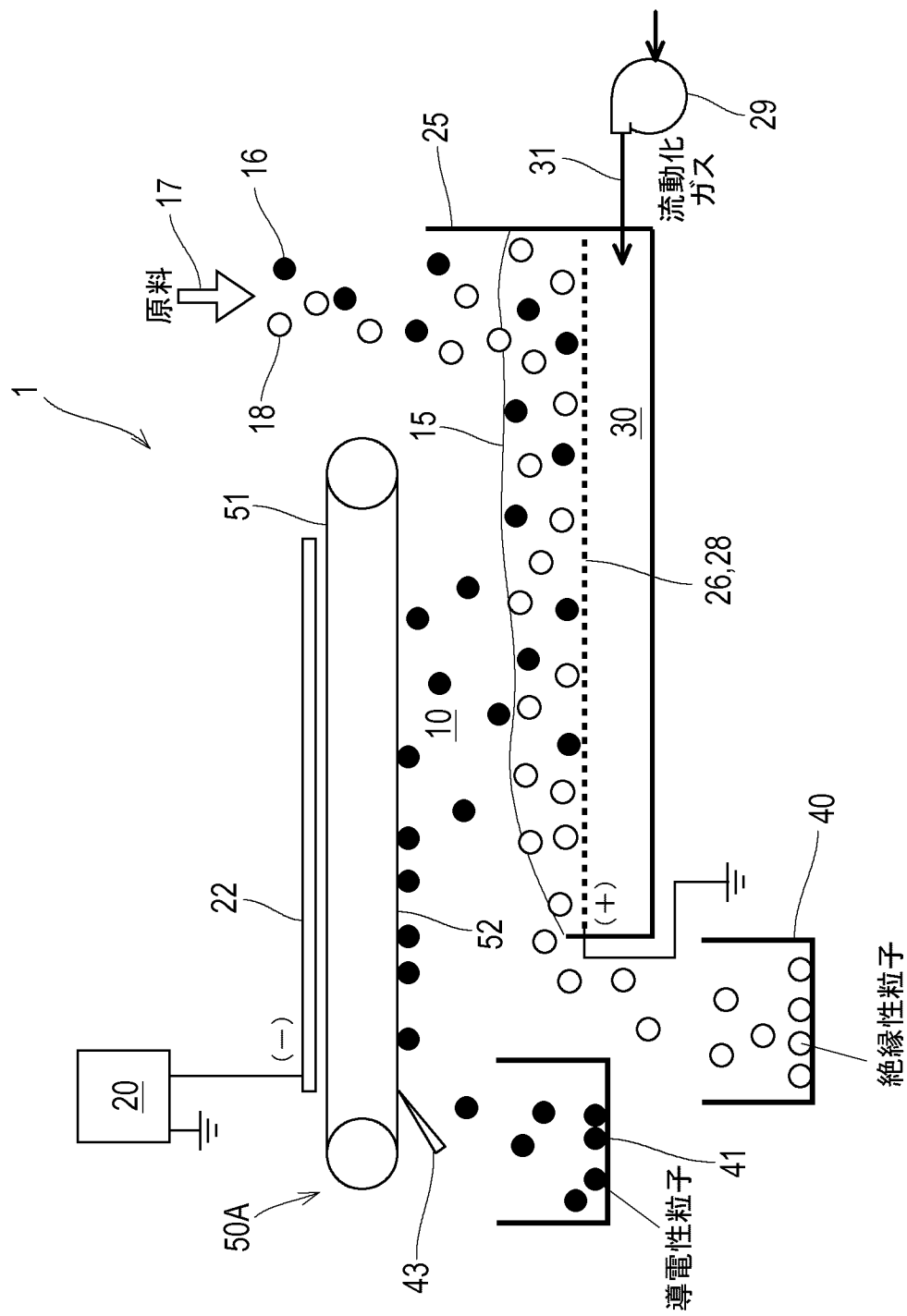
[請求項7] 前記コンベヤベルトに静電気力で付着している前記導電性粒子を除電することにより、前記コンベヤベルトから前記導電性粒子を分離させて回収するステップを、更に含む、
請求項 5 又は 6 に記載の静電分離方法。

[請求項8] 前記コンベヤベルトの回転による前記捕捉領域における搬送面の移動方向と前記原料層内での前記原料の進行方向とが平面視において直交している、
請求項 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の静電分離方法。

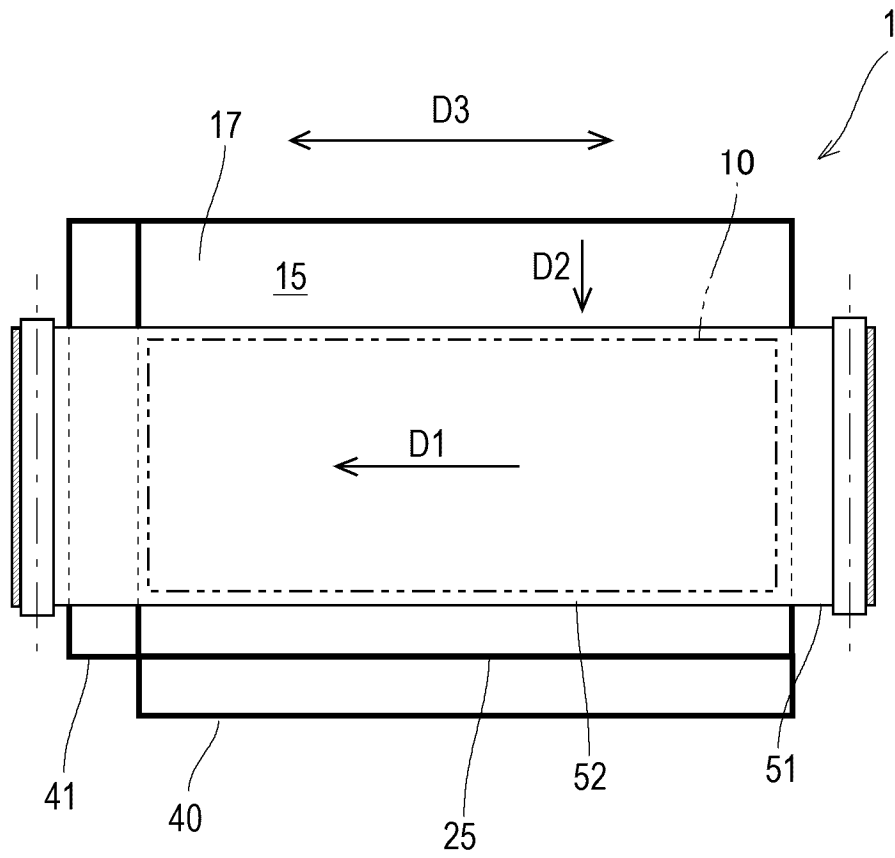
[図2]



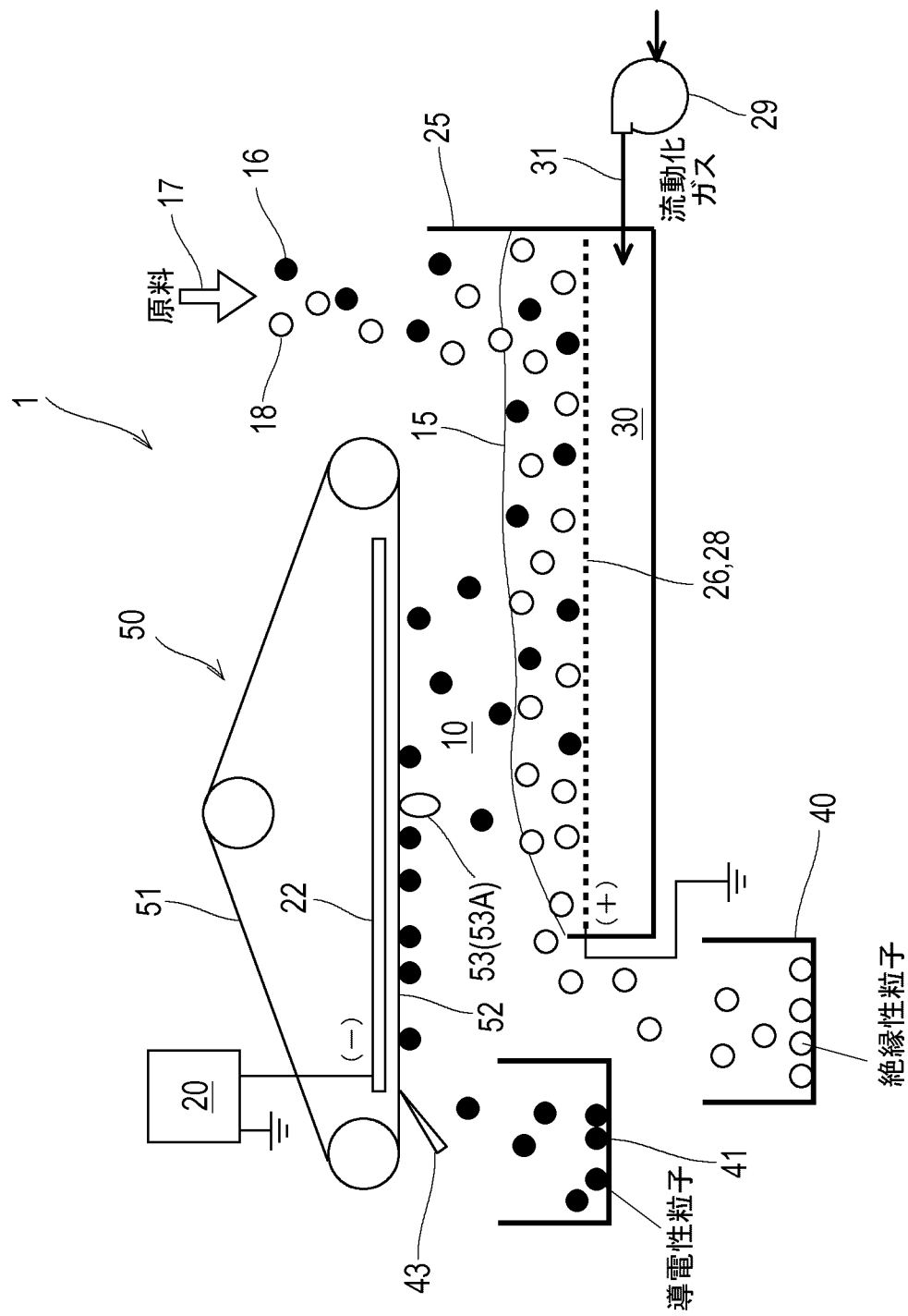
[図3]



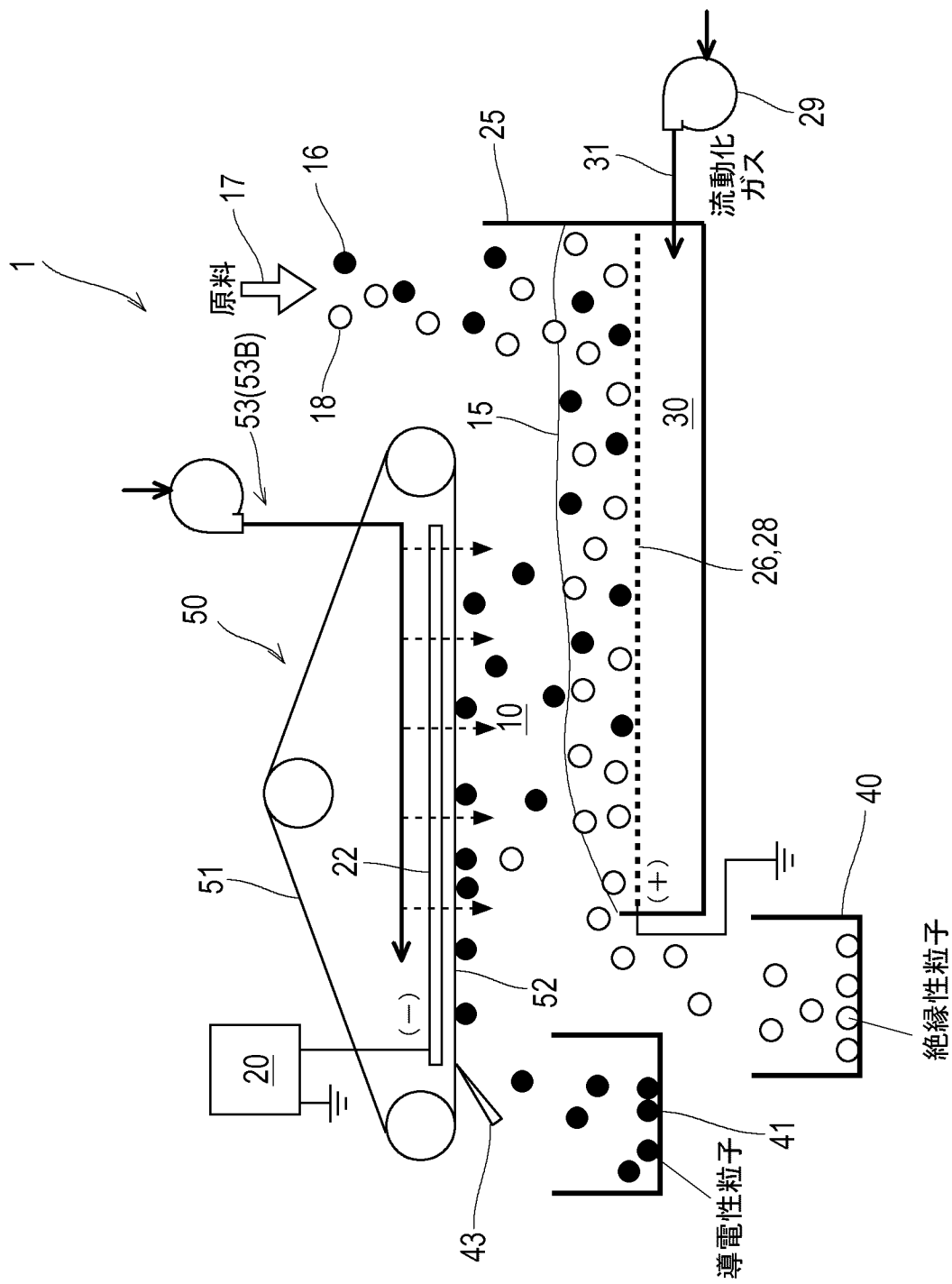
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/039915

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B03C7/02 (2006.01) i

FI: B03C7/02 B

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. B03C7/00-7/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2002/076620 A1 (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 03 October 2002 (2002-10-03), claims, p. 9, line 18 to p. 19, line 3, fig. 1-12	1-8
Y	JP 2015-160190 A (KASUGA ELECTRIC CO.) 07 September 2015 (2015-09-07), paragraphs [0031]-[0041], fig. 2, 3	1-8
Y	US 3402814 A (MARIUS MOREL, Roger Claudius) 24 September 1968 (1968-09-24), column 4, lines 14-48, fig. 2	1-8
A	JP 2007-117873 A (NIPPON STEEL CORP.) 17 May 2007 (2007-05-17)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04.12.2020

Date of mailing of the international search report
22.12.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/039915

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2002/076620 A1	03.10.2002	US 2004/0035758 A1 claims, paragraphs [0050]-[0075], fig. 1-12 AT 448021 T EP 1380346 A1 JP 3981014 B2 (Family: none)	
JP 2015-160190 A	07.09.2015		
US 3402814 A	24.09.1968	DE 1231181 B FR 1374392 A GB 1025688 A US 3407930 A	
JP 2007-117873 A	17.05.2007	US 2009/0065402 A1 US 2012/0043261 A1 CN 101267890 A EP 1941949 A1 KR 10-2008-0033474 A WO 2007/049667 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B03C 7/02(2006.01)i FI: B03C7/02 B														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B03C7/00-7/12 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
Y	WO 2002/076620 A1 (川崎重工業株式会社) 03.10.2002 (2002 - 10 - 03) 請求の範囲, 9頁18行-19頁3行, 図1-12	1-8												
Y	JP 2015-160190 A (春日電機株式会社) 07.09.2015 (2015 - 09 - 07) 段落0031-0041, 図2-3	1-8												
Y	US 3402814 A (MARIUS MOREL Roger Claudius) 24.09.1968 (1968 - 09 - 24) 4欄14-48行, 図2	1-8												
A	JP 2007-117873 A (新日本製鐵株式会社) 17.05.2007 (2007 - 05 - 17)	1-8												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 04.12.2020	国際調査報告の発送日 22.12.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 目代 博茂 4Q 9630 電話番号 03-3581-1101 内線 3468													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/039915

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2002/076620	A1	03.10.2002	US	2004/0035758	A1	
				クレーム, 段落0050-0075, 図1-12			
				AT	448021	T	
				EP	1380346	A1	
				JP	3981014	B2	
JP	2015-160190	A	07.09.2015	(ファミリーなし)			
US	3402814	A	24.09.1968	DE	1231181	B	
				FR	1374392	A	
				GB	1025688	A	
				US	3407930	A	
JP	2007-117873	A	17.05.2007	US	2009/0065402	A1	
				US	2012/0043261	A1	
				CN	101267890	A	
				EP	1941949	A1	
				KR	10-2008-0033474	A	
				WO	2007/049667	A1	