

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5773089号
(P5773089)

(45) 発行日 平成27年9月2日(2015.9.2)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(51) Int.Cl.

F I

BO3C 1/18 (2006.01)

BO3C 1/00 (2006.01)

BO3C 1/18

BO3C 1/00

B

請求項の数 23 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2014-541943 (P2014-541943)	(73) 特許権者	000001258
(86) (22) 出願日	平成25年10月11日 (2013.10.11)		J F E スチール株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/006109		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02014/061256	(74) 代理人	100126701
(87) 国際公開日	平成26年4月24日 (2014.4.24)		弁理士 井上 茂
審査請求日	平成26年8月21日 (2014.8.21)	(74) 代理人	100130834
(31) 優先権主張番号	特願2012-229214 (P2012-229214)		弁理士 森 和弘
(32) 優先日	平成24年10月16日 (2012.10.16)	(72) 発明者	石田 匡平
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
(31) 優先権主張番号	特願2012-229210 (P2012-229210)		F E スチール株式会社内
(32) 優先日	平成24年10月16日 (2012.10.16)	(72) 発明者	西名 慶晃
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁力選別装置、磁力選別方法および鉄源の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送する第1のベルトコンベア(A)と、
ベルトコンベア(A)の上方に位置する第2のベルトコンベア(B)と、
前記ベルトコンベア(B)のコンベア始端部側に設けられ、外周の一部にベルトコンベア(B)が巻きつけられた回転可能な中空のベルトガイドロールと、
前記ベルトガイドロールの内側に設けられ、ベルトガイドロール周方向に配置される複数の磁石を備えた磁場印加手段を備え、
前記ベルトコンベア(A)のコンベア終端部の上方に前記ベルトコンベア(B)のコンベア始端部が近接して位置し、
前記磁石は、前記ベルトコンベア(B)の前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なるように配置され、かつ、前記ベルトコンベア(B)の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置される磁力選別装置。

【請求項 2】

強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送する第1のベルトコンベア(A)と、
前記ベルトコンベア(A)の上方に位置する第2のベルトコンベア(B)と、
前記ベルトコンベア(B)のコンベア始端部側に設けられ、外周の一部に前記ベルトコンベア(B)が巻きつけられた回転可能な中空のベルトガイドロールと、
前記ベルトガイドロールの内側に設けられ、ベルトガイドロール周方向に配置される複数の磁石を備えた磁場印加手段を備え、

前記ベルトコンベア（Ａ）のコンベア終端部の上方に前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部が近接して位置し、

前記ベルトコンベア（Ａ）のコンベア終端部および前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部において、前記ベルトコンベア（Ａ）および（Ｂ）のコンベアベルトが同じ方向に移動しており、

前記磁場印加手段は、前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部側のベルトガイドロールの内側には、ベルトガイドロール周方向および幅方向に配置される複数の磁石を備えるとともに、

前記磁石は、

前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロール周方向で隣接する磁極が互いに異なるように配置されており、

前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置されている磁力選別装置。

【請求項３】

強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送する第１のベルトコンベア（Ａ）と、

ベルトコンベア（Ａ）の上方に位置する第２のベルトコンベア（Ｂ）と、

前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部側に設けられ、外周の一部に前記ベルトコンベア（Ｂ）が巻きつけられた回転可能な中空のベルトガイドロールと、

前記ベルトガイドロールの内側に設けられ、ベルトガイドロール周方向に配置される複数の磁石を備えた磁場印加手段を備え、

前記ベルトコンベア（Ａ）のコンベアベルトの上方であってベルトコンベア（Ａ）のコンベア終端部と粉粒体供給装置の間に前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部が近接して位置し、

前記ベルトコンベア（Ａ）のコンベア終端部および前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部において、前記ベルトコンベア（Ａ）および（Ｂ）のコンベアベルトが逆方向に移動しており、

前記磁石は、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なる磁極であるように配置され、かつ、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置される磁力選別装置。

【請求項４】

下記（１）式で定義される、前記磁場印加手段から粉粒体に作用する磁場の変化を示す磁場変化周波数 F （ Hz ）が、 170 Hz 以上である請求項１ないし３のいずれかに記載の磁力選別装置。

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x ：磁石ロールの回転数（ rpm ）

P ：磁石ロールが備える磁極数（但し、磁極数は、磁石ロール４ｒの粉粒体（ a ）と対向する面の周方向に隣接する N 極・ S 極のペアで１磁極としてカウントする。）

【請求項５】

前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記磁場印加手段は、前記ベルトガイドロールの内側に配置された回転可能な磁石ロールからなり、

前記磁石ロールは、その外周に沿って配置された磁石が、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なる磁極であるように配置され、かつ、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置されている請求項１ないし４のいずれかに記載の磁力選別装置。

【請求項６】

前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア終端部の下方に磁着物回収部を設け、前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部の下方に非磁着物回収部を設けた請求項１ないし５のいずれかに記載の磁力選別装置。

【請求項７】

請求項１ないし６のいずれかに記載の磁力選別装置を用い、

10

20

30

40

50

供給装置から前記ベルトコンベア（Ａ）上に、粉粒体に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体を供給する磁力選別方法。

【請求項 8】

強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送するコンベアベルトと、
外周の一部に前記コンベアベルトが巻き付けられた回転可能な中空のベルトガイドロールとを有し、

前記ベルトガイドロールの内側には、前記ベルトガイドロールと反対方向に回転する磁石ロールを配置し、

磁石ロールは、前記ベルトコンベアの前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なるように配置され、かつ、前記ベルトコンベアの前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置されている磁石を有する磁力選別装置。

10

【請求項 9】

下記（１）式で定義される、前記磁場印加手段から粉粒体に作用する磁場の変化を示す磁場変化周波数 F （ Hz ）が、 170 Hz 以上である請求項 8 に記載の磁力選別装置。

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x ：磁石ロールの回転数（ rpm ）

P ：磁石ロールが備える磁極数（但し、磁極数は、磁石ロール 4 r の粉粒体（ a ）と対向する面の周方向に隣接する N 極・ S 極のペアで 1 磁極としてカウントする。）

【請求項 10】

前記ベルトガイドロールの下方に、前記コンベアベルト幅方向に沿った仕切板を配置するとともに、前記仕切板の上端部と前記コンベアベルトとの間に、粉粒体の一部を通過させるための隙間を設け、

20

コンベアベルト移動方向において前記仕切板を挟んだ位置に、磁着物回収部と非磁着物回収部を設けた請求項 8 または 9 に記載の磁力選別装置。

【請求項 11】

請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の磁力選別装置を用い、

供給装置からコンベアベルト上に、粉粒体に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体を供給する磁力選別方法。

【請求項 12】

前記仕切板の上端部とコンベアベルトとの隙間を、前記供給装置から前記コンベアベルト上に供給される粉粒体の層厚よりも小さくする請求項 11 に記載の磁力選別方法。

30

【請求項 13】

強磁性体粒子を含む粉粒体（ a ）から強磁性体粒子を磁力選別する装置であって、

粉粒体（ a ）を搬送する第 1 のベルトコンベア（ A ）と、該ベルトコンベア（ A ）の上方に位置し、ベルトコンベア（ A ）で搬送されてきた粉粒体（ a ）から磁力により強磁性体粒子を吸引して分離する第 2 のベルトコンベア（ B ）を備え、

ベルトコンベア（ A ）とベルトコンベア（ B ）は、コンベアベルト（１）、（２）の移動方向が逆向きであり、

ベルトコンベア（ A ）のコンベア終端部（１０）の上方にベルトコンベア（ B ）のコンベア始端部（１１）が近接して位置し、

40

ベルトコンベア（ B ）のコンベア始端部（１１）側のベルトガイドロール（３）の内側には、ロール周方向に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁極（５）を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁極（５）が異なる極性を有する磁場印加手段（４）を設けた磁力選別装置。

【請求項 14】

ベルトコンベア（ B ）の磁場印加手段（４）が、ベルトガイドロール（３）の内側に配置された回転駆動式の磁石ロール（４ｒ）からなり、該磁石ロール（４ｒ）は、その外周に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁極（５）を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁極（５）が異なる極性を有し、

ベルトコンベア（ B ）のコンベアベルト（２）とベルトガイドロール（３）を非金属製

50

とするとともに、ベルトガイドロール(3)を非駆動ロールとした請求項13に記載の磁力選別装置。

【請求項15】

ベルトコンベア(B)のコンベア終端部(12)の下方に磁着物回収部(7x)を設け、ベルトコンベア(B)のコンベア始端部(11)の下方に非磁着物回収部(7y)を設けた請求項13または14に記載の磁力選別装置。

【請求項16】

請求項13～15のいずれかに記載の磁力選別装置を用い、強磁性体粒子を含む粉粒体(a)から強磁性体粒子を磁力選別する方法であって、

供給装置(6)からベルトコンベア(A)上に、粉粒体(a)に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体(a)を供給する磁力選別方法。

10

【請求項17】

請求項14又は15に記載の磁力選別装置を用い、下記(1)式で定義される磁石ロール(4r)の磁場変化周波数F(Hz)を170Hz以上とする請求項16に記載の磁力選別方法。

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロール(4r)の回転数(rpm)

P : 磁石ロール(4r)が備える磁極数(但し、N極・S極のペアで1磁極とする。)

【請求項18】

20

強磁性体粒子を含む粉粒体(a)を供給装置(204)からコンベアベルト(201)上に供給し、粉粒体(a)をコンベア終端部(2010)から払い出す際に、磁力により強磁性体粒子を吸引して非磁性体粒子から分離するベルトコンベア式の磁力選別装置であって、

コンベアベルト(201)とコンベア終端部(2010)側のベルトガイドロール(202)を非金属製とするとともに、ベルトガイドロール(202)を非駆動ロールとし、

ベルトガイドロール(202)の内側には、ベルトガイドロール(202)と反対方向に回転駆動する磁石ロール(203)を配置し、該磁石ロール(203)は、その外周に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁極(205)を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁極(205)は異なる極性を有する磁力選別装置。

30

【請求項19】

ベルトガイドロール(202)の下方に、コンベアベルト幅方向に沿った仕切板(206)を配置するとともに、該仕切板(206)の上端部とコンベアベルト(201)との間に、粉粒体の一部を通過させるための隙間(S)を設け、

コンベアベルト移動方向において仕切板(206)を挟んだ位置に、磁着物回収部(207x)と非磁着物回収部(207y)を設けた請求項18に記載の磁力選別装置。

【請求項20】

請求項18または19に記載の磁力選別装置を用い、強磁性体粒子を含む粉粒体(a)から強磁性体粒子を磁力選別する方法であって、

供給装置(204)からコンベアベルト(201)上に、粉粒体(a)に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体(a)を供給する磁力選別方法。

40

【請求項21】

仕切板(206)の上端部とコンベアベルト(201)との隙間(S)を、供給装置(204)からコンベアベルト(201)上に供給される粉粒体の層厚よりも小さくする請求項20に記載の磁力選別方法。

【請求項22】

下記(1)式で定義される磁石ロールの磁場変化周波数F(Hz)を170Hz以上とする請求項20または21に記載の磁力選別方法。

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロール(203)の回転数(rpm)

50

P：磁石ロール（２０３）が備える磁極数（但し、N極・S極のペアで１磁極とする。）

【請求項２３】

請求項１ないし２２のうちいずれかに記載の磁力選別装置および磁力選別方法を用いて、製鉄プロセスの副生成物から鉄源を製造する鉄源の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、強磁性体粒子（ferromagnetic particles）を含む粉粒体から強磁性体粒子を磁力選別（分離）するための技術に関し、例えば、製鉄プロセスの副生成物であるスラグ(slag)から鉄分を分離するのに好適な磁力選別装置（magnetic separator）及び磁力選別方法（magnetic separate method）および鉄源の製造方法に関する。

10

【背景技術】

【０００２】

製鉄プロセスにおいて、溶銑予備処理や転炉脱炭工程では、副生成物としてスラグ（製鋼スラグ）が発生する。スラグは、溶銑や溶鋼中の不純物や不要元素を除去するために加えられるカルシウム系添加剤が、これらの不純物や不要元素と反応・生成したものである。スラグ中には除去された不純物や不要元素以外に、鉄分も多く含まれる。

【０００３】

スラグ中の鉄分の再資源化のために、鉄分を分離・回収することが行われている。通常、次のような工程で鉄分の分離・回収が行われる。まず、スラグを篩い(sieve)にかけ、スラグに含まれる大型（数百mm）の塊を取り除く。篩いを通過した小型の塊は鉄分とスラグ分が固着しているため、ハンマークラッシャ（hammer crusher）やロッドミル(rod mill)等で粗破碎（rough crushing）を行って数十μm～数10mmの大きさとし、単体分離（liberation）（スラグ分と鉄分の分離）を促進させる。その後、磁力選別装置（magnetic separator）で鉄分を分離する。磁力選別装置としては、一般に、吊下げ型（suspended electro magnets）、ドラム型（magnetic drum separators）、プーリ型（magnetic pulleys）などの装置が用いられる。

20

【０００４】

また、鉄分を単体分離させるためにスラグを加熱し、適当な時間冷却した後、破碎する場合もある。冷却時間によっては、鉄塊を破碎せずに固着したスラグ分のみを分離させることや、スラグを数10μm程度に微粉化させることが可能である。

30

【０００５】

いずれの方法でもスラグの微粉化が進めば、単体分離化が進むことは言うまでもない。

【０００６】

一般に、鉄分の回収率を向上させるためには単体分離化を進める必要があるので、機械的破碎を繰り返して、スラグの粒径を小さくする。或いは、熱処理によって小径化させる場合もある。

【０００７】

鉄分の回収のために磁力選別を行う場合、従来は例えば図８に示すような磁力選別装置が使用されている（例えば、非特許文献１）。この装置はプーリ型（ベルトコンベア式）の磁力選別装置であり、強磁性体粒子を含む粉粒体aを供給装置２３からコンベアベルト２０上に供給し、粉粒体aをコンベア終端部２７から排出する際に、強磁性体粒子と非磁性体粒子とを分離するものである。コンベア終端部２７側のベルトガイドロール２１において、内側の周方向の一部に磁石２２が配置されている。磁石２２は、ベルトガイドロール２１の周方向で隣接する磁極が異なる磁性を有するように配置されている。磁石２２は、ベルトガイドロール２１から独立して設置される固定磁石である。

40

【０００８】

この磁力選別装置では、コンベア終端部２７において、コンベアベルト２０上の粉粒体aに対して、ベルトガイドロール２１の内側の磁石２２の磁力が作用し、磁石２２に吸着

50

されない非磁性体粒子が先に落下して非磁着物回収部 2 4 y に回収され、磁石 2 2 に吸着される強磁性体粒子はベルトガイドロール 2 1 の下方に設けられた仕切板 2 5 を通過し、磁力が弱まった位置で落下して磁着物回収部 2 4 x で回収されるようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 1 4 2 1 3 6 号公報

【特許文献 2】特開平 1 0 - 1 3 0 0 4 1 号公報

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献 1】J.Svoboda, Magnetic Techniques for the Treatment of Materials, p.70-72, Kluwer Academic Publishers, 2004

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかし、図 8 に示すように、従来の磁力選別装置に大量の粉粒体 a が供給され、粉粒体 a の層厚が大きくなる場合、次のような問題が生じる。微粒化された粉粒体 a では、強磁性体粒子が非磁性体粒子を抱き込んだ状態にあり、磁石 2 2 には強磁性体粒子と非磁性体粒子が同時に引き寄せられるため、強磁性体粒子と非磁性体粒子とが分離され難くなる。これは粉粒体 a の粒径が小さくなるほど顕著である。さらに微粒化による凝集現象も加わり、コンベアベルト 2 0 上の粉粒体 a の層厚が大きくなった場合は、図 8 に示されるように、磁着物回収部 2 4 x に非磁性体粒子が混入して、強磁性体粒子を適切に選別できなくなる。

【0012】

このような問題に対して、通常は、図 9 に示すように振動フィーダ 2 6 などを利用して粉粒体 a の供給量を減らし、コンベアベルト 2 0 上の粉粒体層の厚さを、例えば粒子 1 個 ~ 2 個分程度の厚さにまで薄くする、などの対応が必要となる。しかし、粉粒体 a の供給量を少なくすれば、強磁性体粒子を選別する性能は確保されるものの、処理速度が遅くなってしまう。スラグの磁力選別の場合には、時間当たり数トン ~ 数 1 0 トンを処理する必要があるため、短時間で大量の磁力選別を行うことが必須である。したがって、上記のような従来の磁力選別装置では短時間で大量の粉粒体 a を磁力選別することは難しい。

【0013】

一方、特許文献 1 には、特定の複数の工程を経ることで、スラグを過破碎することなく異物を分離する方法が提案されているが、複雑な分離フローとなり、処理コストが高くなる問題がある。また、特許文献 2 に示されるように、凝集を避けるため湿式プロセスも一般に適用されるが、廃液処理費用が莫大となる問題がある。

【0014】

本発明の目的は、上記のような従来技術の課題を解決し、強磁性体粒子を含む粉粒体を大量に処理する場合や供給される粉粒体の層が厚い場合でも、粉粒体から強磁性体粒子を効率よく分離し、かつ複雑な工程や廃液処理などを必要とせずに低コストで磁力選別することができる磁力選別装置及び磁力選別方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、磁力選別に関して、次のような知見を得た。

【0016】

強磁性体粒子と非磁性体粒子が混合された粉粒体から、移動する磁石を用いて強磁性体粒子を選別する場合、各粒子の動きを観察すると、まず強磁性体粒子が磁石に引き寄せられるように動く。磁石の移動にともなう磁場の強度の変化により、強磁性体粒子に作用する引力が変化する。磁場が強いときは、強磁性体粒子は引力により互いに集合するようになり、反対に磁場が弱いときは分散する傾向になる。

【 0 0 1 7 】

この引力の変化は、粉粒体に対して振動に似た効果をもたらし、磁場の強度の変化が繰り返されることで、強磁性体粒子による非磁性体粒子の挟み込み・抱き込み状態が解消される。その結果、強磁性体粒子と非磁性体粒子との分離が促進される。さらに、磁場の向きの変化により、強磁性体粒子には回転力も加わるので、強磁性体粒子は非磁性体粒子の間を回転しながら磁石側へ移動していく。この2つの効果により、磁石付近には次第に強磁性体粒子が多く集まり、非磁性体粒子は反対に磁石から遠い側へと移動していく。このように、磁場の大きさおよび向きの変化を利用することで、強磁性体粒子と非磁性体粒子を分離することができる。

【 0 0 1 8 】

以上の作用を模式的に示したのが図1(A)～(D)である。図1(A)～(D)では、粉粒体に相対する部分の磁石の磁極を、N極、S極と表している。図1(A)のようにN極によりコンベアベルト2上の強磁性体粒子が引き寄せられた状態から、磁石が移動して図1(B)のようにN極・S極間の間隙部が粉粒体に相対する状態になると、磁場の大きさの変化により、強磁性体粒子に作用する引力の大きさが変化する。また、磁極のN極からS極への変化のため、強磁性体粒子は矢印方向に吸引されて、回転しながら磁石側に移動していく。その後、図1(C)のように強磁性体粒子はS極に引き寄せられ、さらに磁石側に移動する。以上の作用が繰り返されることにより、最初は粉粒体層全体に分布していた強磁性体粒子は、図1(D)に示すように粉粒体層の最も磁石に近い側に集められることになる。

【 0 0 1 9 】

この現象は、磁石と粉粒体aのうちの少なくとも一方が移動していれば必ず発生するものであり、磁石が固定され粉粒体aのみが移動している場合でも、同じである。

【 0 0 2 0 】

同じ磁極の磁石が並んで移動している場合は、磁場の大きさの変化による強磁性体粒子の移動はあるものの、強磁性体粒子に磁場の向きの変化による回転力が加わらないので、強磁性体粒子の移動量が少なくなり、結果として選別効率が低くなってしまう。

【 0 0 2 1 】

なお、図1(A)～(D)は、磁石が図の右側から左側に移動する場合を示しているが、磁石が図の左側から右側に移動する場合でも、原理的には同じである。

【 0 0 2 2 】

本発明者らは、上記の仕組みをベルトコンベア式の磁力選別装置に適用して、コンベア終端部側のベルトガイドロールの内側に、ベルトガイドロールの周方向に沿って、粉粒体と相対する部分の隣接する磁極が互いに異なるように配置され、かつ、ベルトガイドロールの幅方向で粉粒体と相対する部分での隣接する磁極が同一であるように配置される磁石を設け、この磁石によって形成される磁場の中を粉粒体が移動するようにすることで、強磁性体粒子を効率よく磁力選別できることを見出した。磁石を回転させることによって、強磁性体粒子に作用する磁場の大きさおよび向きを高速で変化させるようにすれば、さらに効果が高くなる。

【 0 0 2 3 】

本発明はこのような知見に基づきなされたもので、以下を要旨とするものである。

[1] 強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送するコンベアベルトと、

外周の一部にコンベアベルトが巻き付けられる回転可能な中空のベルトガイドロールと、

前記ベルトガイドロールの内側に設置される磁場印加手段とを有し、

前記磁場印加手段は、前記ベルトガイドロールの内側に、複数の磁石を有し、

前記磁石は、前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なるように配置され、かつ、前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置される磁力選別装置。

[2] 下記(1)式で定義される、前記磁場印加手段から粉粒体に作用する磁極の変化数

を示す磁場変化周波数 F (Hz) が、 170 Hz 以上である請求項 1 に記載の磁力選別装置。

【0024】

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロールの回転数 (rpm)

P : 磁石ロールが備える磁極数 (但し、磁極数は、磁石ロール 4 r の粉粒体 (a) と対向する面の周方向に隣接する N 極・S 極のペアを、1 磁極としてカウントする。)

[3] 強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送する第 1 のベルトコンベア (A) と、
ベルトコンベア (A) の上方に位置する第 2 のベルトコンベア (B) と、
前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部側のベルトガイドロールの内側には、ベルトガイドロール周方向に配置される複数の磁石を備えた磁場印加手段を備え、
前記ベルトコンベア (A) のコンベア終端部の上方に前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部が近接して位置し、

10

前記磁石は、前記ベルトコンベア (B) の前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なる磁性を有するように配置され、かつ、前記ベルトコンベア (B) の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置される [1] または [2] に記載の磁力選別装置。

[4] 強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送する第 1 のベルトコンベア (A) と、
前記ベルトコンベア (A) の上方に位置する第 2 のベルトコンベア (B) を備え、
前記ベルトコンベア (A) のコンベア終端部の上方に前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部が近接して位置し、

20

前記ベルトコンベア (A) のコンベア終端部および前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部において、前記ベルトコンベア (A) および (B) のコンベアベルトが同じ方向に移動しており、

前記磁場印加手段は、前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部側のベルトガイドロールの内側には、ベルトガイドロール周方向および幅方向に配置される複数の磁石を備えるとともに、

前記磁石は、
前記ベルトコンベア (B) の前記ベルトガイドロール周方向で隣接する磁極が互いに異なるように配置されており、

30

前記ベルトコンベア (B) の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置されている [1] または [2] に記載の磁力選別装置。

[5] 強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送する第 1 のベルトコンベア (A) と、
ベルトコンベア (A) の上方に位置する第 2 のベルトコンベア (B) と、
前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部側のベルトガイドロールの内側に複数の磁石を有する磁場印加手段とを備え、

前記ベルトコンベア (A) のコンベアベルトの上方であってベルトコンベア (A) のコンベア終端部と粉粒体供給装置の間に前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部が近接して位置し、

40

前記ベルトコンベア (A) のコンベア終端部および前記ベルトコンベア (B) のコンベア始端部において、前記ベルトコンベア (A) および (B) のコンベアベルトが逆方向に移動しており、

前記磁石は、前記ベルトコンベア (B) の前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なるように配置され、かつ、前記ベルトコンベア (B) の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置される [1] または [2] に記載の磁力選別装置。

[6] 前記ベルトコンベア (B) の前記磁場印加手段は、前記ベルトガイドロールの内側に配置された回転可能な磁石ロールからなり、

前記磁石ロールは、その外周に沿って配置された磁石が、前記ベルトコンベア (B) の

50

前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なるように配置され、かつ、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置されている〔３〕ないし〔５〕のいずれかに記載の磁力選別装置。

〔７〕前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア終端部の下方に磁着物回収部を設け、前記ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部の下方に非磁着物回収部を設けた〔３〕ないし〔６〕に記載の磁力選別装置。

〔８〕〔３〕ないし〔７〕のいずれかに記載の磁力選別装置を用い、

供給装置から前記ベルトコンベア（Ａ）上に、粉粒体に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体を供給する磁力選別方法。

〔９〕強磁性体粒子を含む粉粒体を搬送するコンベアベルトとベルトガイドロールを有し

10

、
前記ベルトガイドロールの内側には、前記ベルトガイドロールと反対方向に回転する磁石ロールを配置し、

磁石ロールは、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの周方向で隣接する磁極が異なるように配置され、かつ、前記ベルトコンベア（Ｂ）の前記ベルトガイドロールの幅方向で隣接する磁極が同一であるように配置されている磁石を有する〔１〕または〔２〕に記載の磁力選別装置。

〔１０〕前記ベルトガイドロールの下方に、前記コンベアベルト幅方向に沿った仕切板を配置するとともに、前記仕切板の上端部と前記コンベアベルトとの間に、粉粒体の一部を通過させるための隙間を設け、

20

コンベアベルト移動方向において前記仕切板を挟んだ位置に、磁着物回収部と非磁着物回収部を設けた〔９〕に記載の磁力選別装置。

〔１１〕〔９〕または〔１０〕に記載の磁力選別装置を用い、

供給装置からコンベアベルト上に、粉粒体に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体を供給する磁力選別方法。

〔１２〕前記仕切板の上端部とコンベアベルトとの隙間を、前記供給装置から前記コンベアベルト上に供給される粉粒体の層厚よりも小さくする〔１１〕に記載の磁力選別方法。

〔１３〕強磁性体粒子を含む粉粒体（ａ）から強磁性体粒子を磁力選別する装置であって、

粉粒体（ａ）を搬送する第１のベルトコンベア（Ａ）と、該ベルトコンベア（Ａ）の上方に位置し、ベルトコンベア（Ａ）で搬送されてきた粉粒体（ａ）から磁力により強磁性体粒子を吸引して分離する第２のベルトコンベア（Ｂ）を備え、

30

ベルトコンベア（Ａ）とベルトコンベア（Ｂ）は、コンベアベルト（１）、（２）の移動方向が逆向きであり、

ベルトコンベア（Ａ）のコンベア終端部（１０）の上方にベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部（１１）が近接して位置し、

ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部（１１）側のベルトガイドロール（３）の内側には、ロール周方向に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁極（５）を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁極（５）が異なる極性を有する磁場印加手段（４）を設けた磁力選別装置。

40

〔１４〕ベルトコンベア（Ｂ）の磁場印加手段（４）が、ベルトガイドロール（３）の内側に配置された回転駆動式の磁石ロール（４ｒ）からなり、該磁石ロール（４ｒ）は、その外周に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁極（５）を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁極（５）が異なる極性を有し、

ベルトコンベア（Ｂ）のコンベアベルト（２）とベルトガイドロール（３）を非金属製とするとともに、ベルトガイドロール（３）を非駆動ロールとした〔１３〕に記載の磁力選別装置。

〔１５〕ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア終端部（１２）の下方に磁着物回収部（７ｘ）を設け

、ベルトコンベア（Ｂ）のコンベア始端部（１１）の下方に非磁着物回収部（７ｙ）を設

50

けた請求項 [1 3] または [1 4] に記載の磁力選別装置。

[1 6] [1 3] ~ [1 5] のいずれかに記載の磁力選別装置を用い、強磁性体粒子を含む粉粒体 (a) から強磁性体粒子を磁力選別する方法であって、

供給装置 (6) からベルトコンベア (A) 上に、粉粒体 (a) に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体 (a) を供給する磁力選別方法。

[1 7] [1 4] または [1 5] に記載の磁力選別装置を用い、下記 (1) 式で定義される磁石ロール (4 r) の磁場変化周波数 F (H z) を 1 7 0 H z 以上とする請求項 4 に記載の磁力選別方法。

【 0 0 2 5 】

$$F = (x \cdot P) / 6 0 \quad \dots (1)$$

10

ここで x : 磁石ロール (4 r) の回転数 (r p m)

P : 磁石ロール (4 r) が備える磁極数 (但し、N 極・S 極のペアで 1 磁極とする)

[1 8] 強磁性体粒子を含む粉粒体 (a) を供給装置 (2 0 4) からコンベアベルト (2 0 1) 上に供給し、粉粒体 (a) をコンベア終端部 (2 0 1 0) から払い出す際に、磁力により強磁性体粒子を吸引して非磁性体粒子から分離するベルトコンベア式の磁力選別装置であって、

コンベアベルト (2 0 1) とコンベア終端部 (2 0 1 0) 側のベルトガイドロール (2 0 2) を非金属製とするとともに、ベルトガイドロール (2 0 2) を非駆動ロールとし、

ベルトガイドロール (2 0 2) の内側には、ベルトガイドロール (2 0 2) と反対方向に回転駆動する磁石ロール (2 0 3) を配置し、該磁石ロール (2 0 3) は、その外周に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁極 (2 0 5) を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁極 (2 0 5) は異なる極性を有する磁力選別装置。

20

[1 9] ベルトガイドロール (2 0 2) の下方に、コンベアベルト幅方向に沿った仕切板 (2 0 6) を配置するとともに、該仕切板 (2 0 6) の上端部とコンベアベルト (2 0 1) との間に、粉粒体の一部を通過させるための隙間 (S) を設け、

コンベアベルト移動方向において仕切板 (2 0 6) を挟んだ位置に、磁着物回収部 (2 0 7 x) と非磁着物回収部 (2 0 7 y) を設けた [1 8] に記載の磁力選別装置。

[2 0] [1 8] または [1 9] に記載の磁力選別装置を用い、強磁性体粒子を含む粉粒体 (a) から強磁性体粒子を磁力選別する方法であって、

30

供給装置 (2 0 4) からコンベアベルト (2 0 1) 上に、粉粒体 (a) に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で粉粒体 (a) を供給する磁力選別方法。

[2 1] 仕切板 (2 0 6) の上端部とコンベアベルト (2 0 1) との隙間 (S) を、供給装置 (2 0 4) からコンベアベルト (2 0 1) 上に供給される粉粒体の層厚よりも小さくする [2 0] に記載の磁力選別方法。

[2 2] 下記 (1) 式で定義される磁石ロールの磁場変化周波数 F (H z) を 1 7 0 H z 以上とする [2 0] または [2 1] に記載の磁力選別方法。

【 0 0 2 6 】

$$F = (x \cdot P) / 6 0 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロールの回転数 (r p m)

40

P : 磁石ロールが備える磁極数 (但し、N 極・S 極のペアで 1 磁極とする)

[2 3] [1] ないし [2 2] のうちいずれかに記載の磁力選別装置および磁力選別方法を用いて、製鉄プロセスの副生成物から鉄源を製造する鉄源の製造方法。

【発明の効果】

【 0 0 2 7 】

本発明によれば、強磁性体粒子を含む粉粒体を大量に処理する場合や供給される粉粒体の層が厚い場合でも、強磁性体粒子を含む粉粒体から強磁性体粒子を、一度の分離工程で効率よく分離し、かつ複雑な工程や廃液処理などを必要とせずに低コストで磁力選別することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 8 】

【図 1】図 1 (A) ~ (D) は、本発明に係る磁力選別装置の作用を模式的に示した説明図である。

【図 2】図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る磁力選別装置とこの装置を用いた磁力選別方法の一実施形態を示す説明図である。

【図 3】図 3 は、図 2 の実施の形態 1 に係る磁力選別装置のベルトガイドロールの構造を示す斜視図である。

【図 4】図 4 は、本発明の実施の形態 1 に係る磁力選別装置の変形例 1 とこの装置を用いた磁力選別方法を示す説明図である。

【図 5】図 5 は、本発明の実施の形態 1 に係る磁力選別装置の変形例 2 とこの装置を用いた磁力選別方法を示す説明図である。

10

【図 6】図 6 は、図 2 の実施形態 1 に係る磁力選別装置の変形例 3 のベルトガイドロールの構造を示す斜視図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施の形態 2 に係る磁力選別装置とこの装置を用いた磁力選別方法の一実施形態を示す説明図である。

【図 8】図 8 は、従来の磁力選別装置と、この装置を用いて粉粒体を大量処理する場合の使用状態を示す説明図である。

【図 9】図 9 は、従来の磁力選別装置と、この装置を用いて粉粒体を少量処理する場合の使用状態を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 2 9 】

本発明に係る磁力選別装置及び磁力選別方法は、強磁性体粒子を含む粉粒体から磁力により強磁性体粒子を分離するものである。本発明に係る磁力選別装置は、粉粒体を搬送するベルトと、外周の一部にベルトが巻き付けられる回転可能なベルトガイドロールと、ガイドロールの内側に設置された複数の磁石を備えた磁場印加手段を有している。磁石は、ベルトガイドロールの周方向に沿って、粉粒体と相対する部分の磁極が交互になるよう配置され、かつ、ベルトガイドロールの幅方向で、粉粒体と相対する部分の磁極が同一になるように配置されている。幅方向で同じ磁極の場合は、均一な磁場が形成され、強磁性体粒子に作用する力も均一になり、強磁性体粒子の分離効率を高めることができる。

【 0 0 3 0 】

30

本発明に係る磁力選別方法は、上記のように構成された磁力選別装置を用いて、強磁性体粒子を含む粉粒体から、磁力により強磁性体粒子を分離する。

【 0 0 3 1 】

本発明に係る磁力選別装置及び磁力選別方法では、下記 (1) 式で定義される、磁場印加手段から粉粒体に作用する磁場の大きさの変化を示す磁場変化周波数 F (Hz) を、 170 Hz 以上としている。より好ましくは、磁場変化周波数 F は 200 Hz 以上である。

【 0 0 3 2 】

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロールの回転数 (rpm)

P : 磁石ロールが備える磁石ロールの周方向に設置された磁極数

40

(但し、磁極数は、磁石ロール $4r$ の粉粒体 (a) と対向する面の周方向に隣接する N 極・ S 極のペアを、1 磁極としてカウントする。例えば、 N 極 (a)、 S 極 (b)、 N 極 (c) と周方向に並んでいる場合には、 N 極 (a) と S 極 (b) のペアで 1 磁極、 S 極 (b) と N 極 (c) のペアで 1 磁極とカウントする。)

磁場印加手段の磁場変化周波数 F (Hz) を 170 Hz 以上、好ましくは 200 Hz 以上とすることで、粉粒体に作用する磁場の大きさおよび向き的高速変化を生じさせることができ、粉粒体に含まれる強磁性体粒子を精度よく分離することが可能となる。

【 0 0 3 3 】

[実施の形態 1]

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る磁力選別装置とこの装置を用いた磁力選別方法の

50

一実施形態を示す説明図である。

【0034】

実施の形態1に係る装置は、粉粒体aを搬送する第1のベルトコンベアAと、このベルトコンベアAの上方に位置し、ベルトコンベアAで搬送されてきた粉粒体aから磁石により強磁性体粒子を吸着して分離する第2のベルトコンベアBを備えている。

【0035】

第1のベルトコンベアAにおいて、1はコンベアベルト、8はコンベア始端部14側のベルトガイドロール、9はコンベア終端部10側のベルトガイドロールである。コンベアベルト1がベルトガイドロール8、9間に設置されることで、ベルトコンベアAが構成される。

10

【0036】

第2のベルトコンベアBにおいて、2はコンベアベルト、3はコンベア始端部11側のベルトガイドロール、13はコンベア終端部12側のベルトガイドロールであり、コンベアベルト2がベルトガイドロール3、13間に設置されることで、ベルトコンベアBが構成される。本実施形態1では、ベルトガイドロール3はベルトガイドロール13よりも大径に構成され、ベルトガイドロール13の回転軸がベルトガイドロール3の回転軸よりも上方に位置することにより、コンベアベルト2の上面（ベルトガイドロール3、13間の上部ベルト部分）はほぼ水平状となっている。ただし、コンベアベルト2の上面は、ベルトガイドロール13に向かって下がっていてもよい。

【0037】

20

ベルトコンベアAのコンベア始端部14寄りの位置には、コンベアベルト1上に強磁性体粒子を含む粉粒体aを供給する供給装置6が配置されている。

【0038】

ベルトコンベアB側に吸着保持された強磁性体粒子は、ベルトコンベアBで搬送された後、コンベア終端部12から排出されるので、ベルトコンベアBのコンベア終端部12の下方には、磁着物回収部7xが設けられている。また、非磁性体粒子は、ベルトコンベアBのコンベア始端部11の下方に落下するので、その位置に非磁着物回収部7yが設けられている。

【0039】

図2の実施の形態1では、ベルトコンベアAのコンベア終端部10の上方にベルトコンベアBのコンベア始端部11が近接して位置している。また、ベルトコンベアAのベルトガイドロール8、9とベルトコンベアBのベルトガイドロール3、13とは、互いに逆回転しており、ベルトコンベアAのコンベア終端部10およびベルトコンベアBのコンベア始端部11において、コンベアベルト1、2は同じ方向に移動している。

30

【0040】

ベルトコンベアBは、ベルトガイドロール3、13のいずれかがモーター等の駆動手段により駆動される駆動ロールであってもよいが、通常、ベルトガイドロール13が駆動ロール、ベルトガイドロール3が非駆動ロールとなる。ベルトガイドロール3は、内部が中空のスリーブ体で構成され、回転可能に支持されている。

【0041】

40

実施の形態1では、ベルトガイドロール3の内側に、複数の磁石5を備えた磁場印加手段として磁石ロール4rが設けられている。磁石ロール4rは、ベルトガイドロール3から独立して回転可能に構成されている。

【0042】

実施の形態1では、後述する図3に示すように、磁石ロール4rには、ベルトガイドロール3の周方向および幅方向において、所定の間隔を置いて複数の磁石5が配されている。磁石ロール4rのロール周方向360°にわたって、隣接する磁極が、N極、S極交互になるように複数の磁石5が配されている。また、磁石ロール4rの幅方向において、複数の磁石5が、同一の磁極となるように配されている。

【0043】

50

ロール周方向に配置される磁石 5 の数や磁石 5 の間隔などに特別な制限はないが、磁石 5 の数を多くし、或いは磁石 5 の間隔を小さくすれば、より速い磁場の大きさおよび向きの変化が得られる。換言すれば、磁石ロール 4 r の回転速度が遅くても、高速な磁場変化が得られる。

【 0 0 4 4 】

磁石 5 による磁場の強さに特別な制限はないが、通常、対象物に応じてベルトガイドロール 3 と接するコンベヤベルト部分で 0 . 0 1 ~ 0 . 5 T 程度となるように磁石 5 を選択することが好ましい。磁場が弱すぎると磁石ロール 4 r による効果が十分に得られず、一方、磁場が強すぎると、強磁性体粒子に作用する吸引力が強すぎ、強磁性体粒子の分離が却って阻害されるおそれがある。

10

【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態 1 に係る装置では、所定の間隔で配置される複数の磁石 5 と、隣接する磁石 5 間の間隙部により、磁場が強 弱 強 弱 . . . と切り替わり、粉粒体層中の強磁性体粒子に対して、集合 分散 集合 分散 . . . の効果が繰り返される。ロール周方向で隣接する磁石 5 間の間隙部の広さに特別な制限はないが、上記の効果を得るために 1 ~ 5 0 mm 程度とするのが適当である。

【 0 0 4 6 】

図 3 は、図 2 の実施の形態 1 に係る磁力選別装置のベルトガイドロールの構造を示す斜視図である。ベルトガイドロール 3 の内側には、複数の磁石を有する磁石ロール 4 r が配されている。4 0 は磁石ロール 4 r のロール軸である。ベルトガイドロール 3 の両端のロール軸 3 0 が、ベルトガイドロール 3 の内側に配置された磁石ロール 4 r のロール軸 4 0 に外装され、軸受 1 5 (例えば、メタル軸受、ベアリング軸受など)を介してロール軸 4 0 に取り付けられている。ただし、ベルトガイドロール 3 と磁石ロール 4 r はそれぞれ独立して回転することが可能であり、ロール軸 3 0 とロール軸 4 0 の形態は、多様な形を取り得る。

20

【 0 0 4 7 】

磁石ロール 4 r はモーター等の手段によって回転するロールであり、その回転方向はベルトガイドロール 3 と同一方向、反対方向のいずれでもよいが、一般的にはベルトガイドロール 3 と反対方向に回転するようになっている。また、磁石ロール 4 r はベルトガイドロール 3 よりも高速で回転する。

30

【 0 0 4 8 】

本実施の形態 1 では、できるだけ高速な磁場変化(磁場の強度及び向き的高速変化)が生じることが好ましく、具体的には、上述の通り、下記(1)式で定義される磁石ロール 4 r の磁場変化周波数 F (Hz) が 1 7 0 Hz 以上であることが好ましい。より好ましくは、磁場変化周波数は 2 0 0 Hz 以上である。

【 0 0 4 9 】

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロール 4 r の回転数 (rpm)

P : 磁石ロール 4 r が備える磁極数(但し、磁極数は、磁石ロール 4 r の粉粒体 (a) と対向する面の周方向に隣接する N 極・S 極のペアを、1 磁極としてカウントする。例えば、N 極 (a)、S 極 (b)、N 極 (c) と周方向に並んでいる場合には、N 極 (a) と S 極 (b) のペアで 1 磁極、S 極 (b) と N 極 (c) のペアで 1 磁極とカウントする。例えば、周方向で 1 2 極 (N 極・S 極のペアで 1 磁極と数える) の磁石 (例えば、ネオジウム磁石) を配設した場合には、磁石ロール 4 r の回転速度を 1 0 0 0 rpm とすると、磁場変化周波数は 2 0 0 Hz となる。また、周方向で 2 4 極 (N 極・S 極のペアで 1 磁極と数える) の磁石を配置して、同じように磁場変化周波数を 2 0 0 Hz とする場合、磁石ロール 4 r の回転速度は 5 0 0 rpm でよい。

40

【 0 0 5 0 】

磁場変化周波数の上限は、磁石ロール 4 r の回転数に機械的な上限があることや、周波数をあげても磁場変化の効果が飽和してしまうことがあるため、1 0 0 0 Hz 程度になる

50

。

【0051】

磁石5の大きさも特に制限はなく、所定の数の磁石5を配置できる大きさであればよい。また、図2では、1つの磁石5の磁極が、磁石ロール4rの内周側と外周側で異なる磁極となるように配置しているが、当然ながら、1つの磁石5の異なる磁極が、磁石ロール4rの周方向に並ぶように磁石5を設置してもよい。この場合でも、N極、S極が交互に設置されるので、強磁性体粒子の分離が効率よく行われることになる。間隙部をはさんでN極とS極が設置されてもよく、また間隙部をはさんでN極どうし、S極どうしが設置されてもよい。

【0052】

さらには、磁石5間の間隙部が樹脂等で埋められていてもよく、磁石ロール4rの外周にカバーがつけられていてもよい。

【0053】

磁石ロール4rの回転方向は、(i)コンベアベルト2の進行方向(ベルトガイドロール3の回転方向)と逆方向、(ii)コンベアベルト2の進行方向(ベルトガイドロール3の回転方向)と同一方向、のいずれでもよい。強磁性体粒子には、回転する磁石ロール4rの磁場の作用で磁石ロール4rの回転方向と逆方向へ動かそうとする運搬力が働く。上記(i)の場合には、磁場による強磁性体粒子への運搬力と、コンベアベルト2と強磁性体粒子との摩擦力が同一方向となる。一方、上記(ii)の場合には、前記運搬力と摩擦力とが逆方向となる。ただし、この場合には、摩擦力の方が大きいので、強磁性体粒子はコンベアベルト2の進行方向へ運搬されていく。

【0054】

(i)と(ii)を較べると、(ii)の場合は、磁場による強磁性体粒子の運搬力とコンベアベルト2と強磁性体粒子との摩擦力が逆方向となるので、強磁性体粒子がコンベアベルト2上に滞留することがあるが、より効率よく強磁性体粒子を分離できる。一方(i)の場合は、強磁性体粒子の分離効率は(ii)の場合よりもやや劣るが、強磁性体粒子がコンベアベルト2上に滞留することはなく、粒子をスムーズに運搬できる利点がある。

【0055】

以下、本実施の形態1の磁力選別装置の機能・作用と、この装置を用いた磁力選別方法について説明する。

【0056】

本実施の形態1の磁力選別装置において、ベルトコンベアA、Bのコンベアベルト1、2のベルト送り速度は、その処理プロセスに必要な速度にすればよい。そして、図2の磁力選別装置の場合には、このベルト送り速度に対して、磁場の変化が十分高速となるように、磁石ロール4rの回転速度を決める。特に、この磁石ロール4rの回転速度は、さきに述べた(1)式の条件を満足するように設定することが好ましい。

【0057】

ベルトコンベアA、Bが稼動している状態で、強磁性体粒子を含む粉粒体aが、供給装置6からベルトコンベアAの移動中のコンベアベルト1上に十分な厚さで供給され、この粉粒体aはコンベア終端部10まで搬送される。コンベアベルト1で搬送された粉粒体aは、コンベア終端部10付近でその上面がベルトコンベアBのコンベア始端部11の下面に接触し、粉粒体aがベルトコンベアAのコンベア終端部10とベルトコンベアBのコンベア始端部11の間にもぐりこむ。この時、粉粒体aにベルトコンベアBの磁場印加手段4の磁場が及ぼされる。

【0058】

ここで、図2の磁力選別装置の場合には、磁場印加手段4である磁石ロール4rの磁力により粉粒体a内の強磁性体粒子が非磁性体粒子を抱き込むような形でベルトコンベアBの下面側に付着してコンベアベルト2で運ばれる。粉粒体a中の強磁性体粒子は、磁石ロール4rが備える磁石5の磁場の作用を受けるが、磁石ロール4rの回転により、磁場の強度は強 弱 強 弱 . . . と瞬時に切り替わる。粉粒体層中の強磁性体粒子に対して

10

20

30

40

50

は、集合 分散 集合 分散 . . . の効果が繰り返される。

【 0 0 5 9 】

また、図 2 の実施形態のように磁場印加手段がベルトガイドロール 3 から独立して回転する磁石ロール 4 r で構成される場合には、(1) 磁石ロール 4 r を回転させることで機械的に高速な磁場変化を生み出す、(2) この変化している磁場内へ十分な層厚をもって粉粒体 a を供給する、(3) 磁場変化によって強磁性体粒子による非磁性体粒子の巻き込み・抱き込みを解消しながら、強磁性体粒子が磁石ロール 4 r 側へ移動し、非磁性体粒子は磁石ロール 4 r から遠い側へと排除されていく、(4) 非磁性体粒子はベルトコンベア B のコンベア始端部 1 1 で重力によって落下し、強磁性体粒子はベルトコンベア B に吸着保持されたまま運ばれて、ベルトコンベア B のコンベア終端部 1 2 で排出される、という作用により、図 2 に示すようにコンベアベルト 1 に供給する粉粒体 a を十分に厚くしても、効率よく強磁性体粒子を磁力選別することができる。すなわち、粉粒体 a から効率よくかつ迅速に強磁性体粒子を磁力選別することができる。

10

【 0 0 6 0 】

なお、図 2 の実施の形態 1 の装置では、磁石ロール 4 r が回転するため、粉粒体 a がベルトコンベア B のベルトガイドロール 3 に沿って搬送される間に、100 回以上の磁場の強度および向きの変化が容易に与えられる。また、強磁性体粒子の磁場中での挙動は対象とする粉粒体 a によって変化するため、適切な性能が得られるように磁石ロール 4 r の回転数を調整することができる。

【 0 0 6 1 】

20

図 8 に示すような従来装置でも、磁石の個数分だけの磁場の強度および向きの変化があるため、粉粒体 a の強磁性体粒子の分離効果は生じるが、固定式の磁石であるため磁場の変化の回数は限られたものとなり(数回 ~ 10 数回)、強磁性体粒子の分離効果は小さい。これに対して本実施の形態 1 に係る装置では、磁石ロール 4 r が回転するため、コンベアベルト 2 に沿って粉粒体が搬送される間に、100 回以上の磁場の強度および向きの変化が容易に与えられる。

【 0 0 6 2 】

本実施の形態 1 に係る磁力選別装置は、上述したように粉粒体 a から効率よく強磁性体粒子を磁力選別することができるので、この装置を用いた粉粒体 a の磁力選別では、図 2 に示すように供給装置 6 からベルトコンベア A のコンベアベルト 1 上に、粉粒体 a に含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で、且つ磁力が十分に作用する層厚で粉粒体を供給することが望ましい。具体的には、粉粒体の厚さが 20 ~ 30 mm であってもよい。

30

【 0 0 6 3 】

本実施の形態 1 に係る装置による磁力選別の対象となる粉粒体に特別な制限はないが、製鉄スラグ等のスラグ、鉄鉱石テーリング(tailing ore)などが挙げられる。このなかでも特にスラグの磁力選別に好適である。

【 0 0 6 4 】

スラグからの鉄分回収においては、まず、製鉄スラグを微粒化する。微粒化が不十分であると、鉄分の回収率が向上しない。製鉄スラグが発生する製鉄・製鋼プロセスにはさまざまな工程があるため、発生するスラグも多様である。微粒化後のスラグ粒径はスラグに応じて決定されるが、含有されている鉄の形態に応じて、数 10 μm ~ 1 mm 程度まで微粒化する必要があることが多い。微粒化の方法としては、粉碎が一般的である。粗粉碎としてジョークラッシャ(jaw crusher)やハンマークラッシャ(hammer crusher)で粉碎したあと、さらに微粉化のためにボールミル(ball mill)、ロッドミル(rod mill)、ジェットミル(jet mill)、ピンミル(pin mill)、インパクトミル(impact mill)などを用いて粉碎する。他の方法として、1000 ~ 1300 程度に加熱後、徐冷する方法もある。

40

【 0 0 6 5 】

そして、微粒化したスラグを対象として、本発明の磁力選別装置による磁力選別を行う。本発明によりスラグから鉄分を効率よく分離・回収することができる。

50

【0066】

図2に示される実施の形態1では、ベルトガイドロール3（磁石ロール4r）の幅方向にわたって、粉粒体aと相対する部分の磁極が同一となるように磁石5を配している。幅方向で同じ磁極が配置される場合は、均一な磁場が形成され、強磁性体粒子に作用する力も均一になるが、幅方向に異なる磁極となるように磁石5を配置すると、磁場は不均一となり、局所的に強磁性体粒子の分離が行われない部分ができしまい、分離効率を低下させる。

【0067】

回転する磁石ロール周辺の部材は、変化する磁場による渦電流効果の影響を受け、金属部材は非磁性物であっても渦電流によって加熱されていく。このため、本実施形態のベルトコンベアBのコンベアベルト2とベルトガイドロール3は、樹脂、セラミックなどの非金属で構成される。

10

【0068】

本実施の形態1に係る装置は、ベルトコンベアAで搬送されてきた粉粒体a（粉粒体層）に、ベルトコンベアBのコンベア始端部11側のベルトガイドロール3の内側に設けられた磁石ロール4rの磁場を作用させ、粉粒体a中の強磁性体粒子を吸引してベルトコンベアBの下面側に移行させ、強磁性体粒子を分離するものである。したがって、ベルトコンベアAのコンベア終端部10とベルトコンベアBのコンベア始端部11との間隔は、磁石ロール4rの磁力が粉粒体a中の強磁性体粒子に十分作用する大きさであればよいが、一般的には、ベルトコンベアAのコンベアベルト1で搬送される粉粒体aの層の上面がベルトコンベアBのコンベア始端部11と接触する、すなわち粉粒体層がベルトコンベアAのコンベア終端部10とベルトコンベアBのコンベア始端部11の間にもぐりこむことができる大きさとするのが好ましい。

20

【0069】

次に、本発明の実施の形態1の変形例1について説明する。図4は、本発明の実施の形態1の変形例1に係る磁力選別装置を示す図である。

【0070】

変形例1は、ベルトコンベアAとベルトコンベアBの位置関係を、図1とは異なる形としたものである。すなわち、ベルトコンベアAのコンベア終端部10の上方にベルトコンベアBのコンベア始端部11が近接して位置しており、ベルトコンベアAのベルトガイドロール8、9とベルトコンベアBのベルトガイドロール3、13とは、同じ方向に回転している。また、ベルトコンベアAのコンベア終端部10およびベルトコンベアBのコンベア始端部11において、コンベアベルト1、2は逆方向に移動している。

30

【0071】

このような配置としても、強磁性体粒子の分離が行えることは言うまでもない。なお、ベルトコンベアAとBの位置関係以外は、図2および3の実施の形態1の構成と略同一構成であるため、その説明を省略する。

【0072】

次に、本発明の実施の形態1の変形例2について説明する。図5は、本発明の実施の形態1に係る磁力選別装置の変形例2とこの装置を用いた磁力選別方法を示す説明図である。

40

【0073】

この実施の形態1の変形例2では、ベルトガイドロール3は、内部が中空のスリーブ体で構成され、回転可能に支持されている。ベルトガイドロール3の内側には、ロール周方向に沿って所定の間隔をおいて配置される複数の磁石5を備えた磁場印加手段4が設けられている。

【0074】

変形例2の磁場印加手段4は、実施の形態1の磁石ロール4rと異なり回転しない。換言すれば、磁場印加手段4の磁石5は、ベルトガイドロール3から独立して設置され、回転しない固定磁石である。なお、磁場印加手段4の磁石5は、図3に示すように、ロール

50

周方向で隣接する磁極が異なるように配されており、かつ、ロール幅方向で隣接する磁極が同一となるように配されている。

【 0 0 7 5 】

図 5 に示すように、実施の形態 1 の変形例 2 において、磁石 5 が配置されるロール周方向の範囲は、少なくとも、ベルトガイドロール 3 の下端位置（ベルトコンベア A のコンベア終端部 1 0 と対向する位置）からベルトガイドロール 3 の頂部位置までの約 1 8 0 °（ベルトガイドロール 3 の半周）の範囲である。実施例 2 のように、磁石 5 を回転しないよう固定して設置すれば、磁石 5 を設置する範囲を小さくすることができる。

【 0 0 7 6 】

実施の形態 2 に係る磁力選別装置は、固定磁石 5 を備えた磁場印加手段 4 により粉粒体 a 中の強磁性体粒子が吸引され、この強磁性体粒子が非磁性体粒子を抱き込むような形で粉粒体 a（またはその一部）がベルトコンベア B の下面側に付着して（保持されて）コンベアベルト 2 で運ばれる。この装置の場合も、図 2 の磁石ロール 4 r に較べて効果は小さいが、粉粒体 a 中の強磁性体粒子は、磁場印加手段 4 が備える磁石 5 の磁力の作用を受け、コンベアベルト 2 で運ばれる過程で磁場が強 弱 強 弱 ・ ・ ・ と切り替わって行くため、粉粒体 a 中の強磁性体粒子に対しても、集合 分散 集合 分散 ・ ・ ・ が繰り返され、図 2 の実施の形態 1 の場合と同質の効果が得られる。ただし、図 2 の磁石ロール 4 r のように磁場が高速で変化するものではないので、磁力選別性能や処理速度は図 2 の実施形態 1 に較べて小さい。

【 0 0 7 7 】

変形例 2 の磁力選別装置は、（ i ）第 1 のベルトコンベア A から排出される粉粒体 a に対して、その上方から第 2 のベルトコンベア B が備える磁場印加手段 4 による磁場を作用させ、粉粒体 a に含まれる強磁性体を吸着して、ベルトコンベア B 側に移動させる基本方式を採るため、従来装置に較べて強磁性体粒子による非磁性体粒子の抱き込み・巻き込みを少なくできる、（ ii ）さらに、磁場印加手段 4 による磁場変化によって強磁性体粒子による非磁性体粒子の巻き込み・抱き込みが解消される、という作用効果が得られる。

【 0 0 7 8 】

図 6 は、図 2 の実施形態 1 に係る磁力選別装置の変形例 3 のベルトガイドロールの構造を示す斜視図である。図 6 に示すように、実施の形態 1 の実施例 3 では、磁石ロール 4 r に設置された磁石 5 が、ベルトガイドロール 3（磁石ロール 4 r）の周方向に沿って複数設けられ、かつ、ベルトガイドロール 3（磁石ロール 4 r）の幅方向に 1 つだけ設けられている。磁石 5 は、周方向に沿って、粉粒体 a と相対する磁極が交互になるように配されている。このように、磁石 5 を構成してもよい。

【 0 0 7 9 】

〔 実施の形態 2 〕

図 7 は、本実施の形態 2 の磁力選別装置とこの装置を用いた磁力選別方法の一実施形態を示す説明図である。

【 0 0 8 0 】

本実施の形態 2 の磁力選別装置は、実施の形態 1 と同様に、ベルトコンベア式の磁力選別装置である。本実施の形態 2 の磁力選別装置は、強磁性体粒子を含む粉粒体 a を供給装置からコンベアベルト 2 0 1 上に供給し、粉粒体 a をコンベア終端部 2 0 1 0 から排出する際に、磁力により強磁性体粒子を吸引して非磁性体粒子から分離する。

【 0 0 8 1 】

図 7 において、2 0 1 はコンベアベルト、2 0 2 はコンベア終端部 2 0 1 0 側のベルトガイドロール、2 0 8 はコンベア始端部 2 0 1 1 側のベルトガイドロールである。コンベアベルト 2 0 1 がベルトガイドロール 2 0 2、2 0 8 間に設置されることで、ベルトコンベアが構成される。ベルトコンベアは、ベルトガイドロール 2 0 8 がモーター等の駆動手段によって駆動することで、コンベアベルト 2 0 1 を回転させる。ベルトガイドロール 2 0 2 は非駆動ロールであり、内部が中空のスリーブ体で構成されている。

【 0 0 8 2 】

ベルトガイドロール 202 の内側には磁石ロール 203 が配置されている。磁石ロール 203 の構成は、図 3 に示す構成と略同一である。具体的には、磁石ロール 203 は、その周方向および幅方向に所定の間隔をおいて配置される複数の磁石 205 を備えるとともに、ロール周方向で隣接する磁石 205 の磁極は、異なる磁極（N 極、S 極）となっている。すなわち、磁石 205 はロール周方向で N 極と S 極が交互になるように配置されている。複数の磁石 205 は、ロールの幅方向に対しては、同じ磁極となるように配置される。

【0083】

磁石ロール 203 はモーター等によって回転するロールであり、ベルトガイドロール 202 と反対方向に回転するようになっている。また、後述するように、この磁石ロール 203 はベルトガイドロール 202 よりも高速で回転する。

10

【0084】

回転する磁石ロール周辺の部材は、変化する磁場による渦電流効果の影響を受け、金属部材は非磁性物であっても渦電流によって加熱されていく。このため、コンベアベルト 201 とベルトガイドロール 202 は、樹脂、セラミックなどの非金属で構成される。

【0085】

磁石 205 は、磁石ロール 203 の幅方向にわたって、同じ磁極となるように配置される。幅方向で同じ磁極の場合は、均一な磁場が形成され、強磁性体粒子に作用する力も均一になるが、幅方向に異なる磁極の磁石 205 を配置すると、磁場は不均一となり、局所的に強磁性体粒子の分離が行われない部分ができしまい、分離効率を低下させる。ただし、磁石 205 は、図 6 に示すように、幅方向に一本の磁石を配置しても、図 3 に示すように、適宜分割したものを配置してもよい。

20

【0086】

磁石ロール 203 の外周に沿って設けられる磁石 205 の数や配置間隔などに特別な制限はないが、磁石 205 の数を多くし、或いは配置間隔を小さくすれば、回転速度が遅くても高速な磁場変化が得られる。

【0087】

実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同様に、できるだけ高速で磁場の強度および向きの変化を生じさせることが好ましく、具体的には、下記（1）式で定義される磁石ロール 203 の磁場変化周波数 F (Hz) が 170 Hz 以上であることが好ましい。より好ましくは、磁場変化周波数は 200 Hz 以上である。

30

【0088】

$$F = (x \cdot P) / 60 \quad \dots (1)$$

ここで x : 磁石ロールの回転数 (rpm)

P : 磁石ロールが備える磁極数（但し、磁極数は、磁石ロール 4r の粉粒体 (a) と対向する面の周方向に隣接する N 極・S 極のペアを、1 磁極としてカウントする。例えば、N 極 (a)、S 極 (b)、N 極 (c) と周方向に並んでいる場合には、N 極 (a) と S 極 (b) のペアで 1 磁極、S 極 (b) と N 極 (c) のペアで 1 磁極とカウントする。）

例えば、周方向で 12 極（N 極・S 極のペアで 1 磁極と数える）の磁石（例えば、ネオジウム磁石）を配設した場合には、磁石ロール 203 の回転速度を 1000 rpm とすると、磁場変化周波数は 200 Hz となる。周方向で 24 極（N 極・S 極のペアで 1 磁極と数える）の磁石を配置して、同じように磁場変化周波数を 200 Hz とする場合、磁石ロール 203 の回転速度は 500 rpm でよい。

40

【0089】

磁場変化周波数の上限は、磁石ロール 203 の回転数に機械的な上限があることや、周波数を大きくしても磁場変化の効果が飽和してしまうことがあるため、1000 Hz 程度になる。

【0090】

磁石 205 の大きさも特に制限はなく、所定の数の磁石を配置できる大きさであればよ

50

い。磁石 205 による磁場の強さに特別な制限はないが、通常、対象物に応じてベルトガイドロール 202 と接するコンベアベルト部分で 0.01 ~ 0.5 T 程度となるように磁石 205 を選択することが好ましい。磁場が弱すぎると磁石ロール 203 による効果が十分に得られない。一方、磁場が強すぎると、強磁性体粒子に作用する吸引力が強すぎ、前述した原理（図 1（A）～（D））による強磁性体粒子の分離が却って阻害されるおそれがある。

【0091】

本実施の形態 2 に係る装置でも、強磁性体粒子を分離する基本的な作用は、図 1 で説明したとおりである。

【0092】

所定の間隔で配置される複数の磁石 205 と、隣接する磁石 205 間の間隙部により、磁石ロール 203 の回転時に磁場の強度が強 弱 強 弱 . . . と瞬時に切り替わり、粉粒体層中の強磁性体粒子に対して集合 分散 集合 分散 . . . の効果が繰り返し得られる点に特徴がある。ロール周方向で隣接する磁石 205 間の間隙部の広さに特別な制限はないが、粉粒体層中の強磁性体粒子が磁場から解放されるような状態が適切に生じ、一方において、磁場が弱くなる状態があまり長く続きすぎないようにするため、通常、1 ~ 50 mm 程度が適当である。

【0093】

ベルトガイドロール 202 の下方（直下）には、コンベアベルト幅方向に沿った仕切板 6 が配置されるとともに、この仕切板 206 の上端部とコンベアベルト 201（ベルトガイドロール 202 で移動方向が反転したコンベアベルト部分）との間に、強磁性体粒子を通過させるための隙間 S を設けている。このような形態で仕切板 206 を設けるのは、非磁性体粒子の落下エリアと強磁性体粒子の落下エリアが隣接するため、両粒子が落下中に混じり合わないようにするためである。

【0094】

また、コンベアベルト移動方向において仕切板 206 を挟んだ位置に磁着物回収部 207x と非磁着物回収部 207y が設けられる。すなわち、仕切板 206 を挟んでコンベア始端部 2011 側の位置（強磁性体粒子の落下エリア）に磁着物回収部 207x が、コンベア終端部 2010 側の位置（非磁性体粒子の落下エリア）に非磁着物回収部 207y が、それぞれ設けられている。

【0095】

以下、本実施の形態 2 の磁力選別装置の機能・作用と、この装置を用いた磁力選別方法について説明する。

【0096】

本実施の形態 2 の磁力選別装置において、コンベアベルト 201 のベルト送り速度（ベルトガイドロール 202、208 の回転速度）は、その処理プロセスに必要な速度にすればよい。このベルト送り速度に対して、磁場の変化が十分高速となるように、磁石ロール 203 の回転速度を決める。特に、この磁石ロール 203 の回転速度は、さきに述べた（1）式の条件を満足するように設定することが好ましい。

【0097】

強磁性体粒子を含む粉粒体 a が、供給装置 204 から稼働中のコンベアベルト 201 上に十分な厚さで供給され、コンベア終端部 2010（ベルトガイドロール 202 及び磁石ロール 203 の位置）まで搬送される。そして、コンベアベルト 201 上の粉粒体 a がコンベア終端部 2010 から排出される際に、粉粒体 a 内の強磁性体粒子は、磁石ロール 203 が備える磁石 205 の磁場の作用を受けるが、磁石ロール 203 の回転により、磁場の強度が強 弱 強 弱 . . . と瞬時に切り替わり、粉粒体 a 中の強磁性体粒子に対しても集合 分散 集合 分散 . . . の効果が繰り返し得られる。

【0098】

コンベア終端部 2010 において、粉粒体 a はコンベアベルト 201 の移動に伴ってベルトガイドロール 202 の円弧に沿って送られるが、1/4 回転 ~ 1/2 回転の領域で非

10

20

30

40

50

磁性体粒子は重力によって自由落下する。一方、強磁性体粒子は微粒化により質量が小さくなっており、また磁場の強度が十分に大きいために、コンベアベルト201から落下しても直ちに磁石に吸着する。こうして強磁性体粒子はコンベアベルト201の進行方向に送られ、1/2回転以上して磁場エリアから外れると自由落下する。そして、さきに落下した非磁性体粒子が非磁着物回収部207yに回収され、その後落下した強磁性体粒子が磁着物回収部207xに回収される。この際、仕切板206により非磁性体粒子と強磁性体粒子とが混じり合うことが防止される。なお、コンベアベルト201の送り速度や粉粒体aの落下挙動に応じて、仕切板206の位置を調整してよい。

【0099】

実施の形態2に係る磁力選別装置では、ベルトガイドロール3（磁石ロール4r）の幅方向にわたって、粉粒体aと相対する磁極が同一となるように磁石5を配している。これにより、幅方向で均一な磁場が形成され、強磁性体粒子に作用する磁力も均一になるという効果を奏する。

【0100】

また、本実施の形態2の磁力選別装置では、(i)磁石ロール203を回転させることで機械的に高速な磁場変化を生み出す、(ii)この変化している磁場内へ十分な層厚をもって粉粒体aを供給する、(iii)磁場変化によって強磁性体粒子による非磁性体粒子の巻き込み・抱き込みを解消しながら、強磁性体粒子が磁石ロール203側へ移動し、非磁性体粒子は磁石ロール203から遠い側へと排除されていく、(iv)ベルトガイドロール202の下部で、重力によって非磁性体粒子が落下し、強磁性体粒子はコンベアベルト201側へ吸着保持されたまま運ばれて、磁場の影響が無くなったところで落下する、という作用により、図7に示すようにコンベアベルト201に供給する粉粒体aの層厚を十分に厚くしても、効率よく強磁性体粒子を磁力選別することができる。すなわち、粉粒体aから効率よくかつ迅速に強磁性体粒子を磁力選別することができる。

【0101】

図8に示すような従来装置でも、磁石の個数分だけの磁場の強度および向きの変化があるため、粉粒体aの強磁性体粒子の分離効果は生じるが、固定式の磁石であるため磁場の変化の回数は限られたものとなり（数回～10数回）、強磁性体粒子の分離効果は小さい。これに対して本実施の形態2では、磁石ロール203が回転するため、ベルトガイドロール202に沿って粉粒体aが搬送される間に、100回以上の磁場の変化が容易に与えられる。

【0102】

また、攪拌挙動は対象とする粉粒体aによって変化するため、適切な性能が得られるように磁石ロール203の回転数を調整することができる。

【0103】

本実施の形態2の磁力選別装置は、上述したように粉粒体aから効率よく強磁性体粒子を磁力選別することができるので、この装置を用いた粉粒体aの磁力選別では、図7に示すように供給装置204からコンベアベルト201上に、粉粒体aに含まれる最小粒子の直径よりも大きい層厚で、且つ磁場が十分に作用する層厚で粉粒体を供給することが望ましい。具体的には、粉粒体の厚さが20～30mmであってもよい。

【0104】

また、仕切板206の上端部とコンベアベルト201との隙間Sを、供給装置204からコンベアベルト201上に供給される粉粒体aの層厚よりも小さくすることが好ましい。仕切板206を設置する目的はさきに述べたとおりであるが、コンベア終端部2010でコンベアベルト201から落下する強磁性体粒子と非磁性体粒子が混じり合うことを防止するには、仕切板206の上端部をコンベアベルト201にできるだけ近づけることが望ましい。具体的には、隙間Sを粉粒体aの層厚よりも小さくすれば、強磁性体粒子と非磁性体粒子の混じり合いを防止することができる。

【0105】

本実施の形態2に係る装置による磁力選別の対象となる粉粒体に特別な制限はないが、

10

20

30

40

50

製鉄スラグ等のスラグ、鉄鉱石テーリングなどが挙げられる。このなかでも特にスラグの磁力選別に好適である。

【0106】

スラグからの鉄分回収においては、まず、製鉄スラグを微粒化する。微粒化が不十分であると、鉄分の回収率が向上しない。製鉄スラグが発生する製鉄・製鋼プロセスにはさまざまな工程があるため、発生するスラグも多様である。微粒化後のスラグ粒径はスラグに応じて決定されるが、含有されている鉄の形態に応じて、数 $10\mu\text{m}$ ～ 1mm 程度まで微粒化する必要があることが多い。微粒化の方法としては、粉碎が一般的である。粗粉碎としてジョークラッシャやハンマークラッシャで粉碎したあと、さらに微粉化のためにボールミル、ロッドミル、ジェットミル、ピンミル、インパクトミルなどを用いて粉碎する。他の方法として、 $1000\sim 1300$ 程度に加熱後、徐冷する方法もある。そして、微粒化したスラグを対象として、本発明の磁力選別装置による磁力選別を行う。これによりスラグから鉄分を効率よく分離・回収することができ、スラグの処理ラインの生産性を高めることができる。

10

【0107】

なお、強磁性体の選別装置としては、一見類似した構造を有する渦流式選別装置が知られているが、金属粒子の選別原理に違いがあるほか、粒子を反発力で飛ばすため、回収ケースの位置を回収される金属粒子の大きさに合わせて調整する機構が必要であり、そのためのスペースも必要となる。これに対して本発明では、そのような回収ケースの位置調整は不要であり、したがって、そのための複雑な機構も不要である。

20

【0108】

なお、本発明は、上記のような実施の形態1および2の選別装置や選別方法に限られるものではなく、種々の設計変更を実施することができる。また、実施の形態1および2の磁力選別方法を用いて、製鉄プロセスの副生成物から鉄源を製造する鉄源の製造方法として実施することもできる。

【実施例1】

【0109】

図2に示すような本発明の実施の形態1に係る磁力選別装置を用い、製鋼スラグの磁力選別を行った。

【0110】

製鋼スラグの粉碎物を $400\mu\text{m}$ の篩にかけた後、篩の目を通したスラグを磁力選別の対象粉粒体とした。この粉粒体の鉄濃度は $54\text{mass}\%$ であった。ベルトコンベアAのコンベアベルト1上への粉粒体の供給層厚は 7mm とした。ベルトコンベアBのベルトガイドロール3の外径は 300mm 、磁石ロール4rの磁極数は 12 極（ただし、N極・S極のペアで1磁極とする）、ベルトコンベアA、Bのコンベアベルト1、2の送り速度は 0.5m/s 、ベルトガイドロール3の回転速度は 31.9rpm 、ベルトガイドロール3と接するコンベアベルト部分での磁場強度は 0.2T とした。また、ベルトコンベアBの磁石ロール4rの回転速度の効果を調べるため、磁石ロール4rの回転速度は、 500rpm （磁場変化周波数 $F = 100\text{Hz}$ ）、 850rpm （磁場変化周波数 $F = 170\text{Hz}$ ）、 1200rpm （磁場変化周波数 $F = 240\text{Hz}$ ）とした。

30

40

【0111】

比較のため、従来一般的に使用されているドラム磁選機A（ドラム面上での磁場強度： 0.16T ）と、プリー磁選機B（ベルトガイドロールと接するコンベアベルト部分での磁場強度： 0.2T ）を用い、同じ製鋼スラグの粉粒体を送り速度 0.5m/s で磁力選別した。

【0112】

上記各実施例において、磁着回収物の鉄濃度とスラグからの鉄回収率を調べた。その結果を表1に示す。

【0113】

まず、ドラム磁選機Aを使用した比較例1の磁着回収物は、非鉄成分を巻き込んでいる

50

ため鉄濃度が低く、また非磁着側へ鉄を逃しているため鉄回収率も低い。また、プーリ磁選機Bを使用した比較例2は、粉粒体のほぼ全量が巻き込まれたため、確かに鉄回収率は良いが、肝心の磁着回収物の鉄濃度は、磁力選別前の粉粒体とほとんど変わらない。これに対して本発明例では、磁石ロール3の磁場変化周波数を170Hz以上とすれば、磁着回収物の鉄濃度、スラグの鉄回収率ともに高い値が得られており、さらに、磁石ロール3の磁場変化周波数が200Hz以上であれば、磁着回収物の鉄濃度、スラグの鉄回収率ともにより高い値が得られる。

【0114】

【表1】

	磁着回収物の鉄濃度	スラグからの鉄回収率
比較例1:ドラム磁選機A(0.16T)	62mass%	82mass%
比較例2:プーリ磁選機B(0.2T)	55mass%	99mass%
本発明例:(0.2T磁場変化)	磁石ロールの回転数=500rpm	72mass%
	磁石ロールの回転数=850rpm	80mass%
	磁石ロールの回転数=1200rpm	92mass%

10

【実施例2】

【0115】

図7に示すような実施の形態2に係る磁力選別装置を用い、製鋼スラグの磁力選別を行った。

20

【0116】

製鋼スラグの粉砕物を400 μ mの篩にかけた後、篩の目を通したスラグを磁力選別の対象粉粒体とした。この粉粒体の鉄濃度は54mass%であった。コンベヤベルト201上への粉粒体の供給層厚は7mmとした。ベルトガイドロール202の外径は300mm、磁石ロール203の磁極数は12極(ただし、N極・S極のペアで1磁極とする)、コンベヤベルト201の送り速度は0.5m/s、ベルトガイドロール202の回転速度は31.9rpm、ベルトガイドロール202と接するコンベヤベルト部分での磁場強度は0.2Tとした。また、ベルトコンベヤの磁石ロール203の回転速度の効果を調べるため、磁石ロール203の回転速度は、500rpm(磁場変化周波数F=100Hz)、850rpm(磁場変化周波数F=170Hz)、1200rpm(磁場変化周波数F=240Hz)とした。

30

【0117】

比較のため、従来一般的に使用されているドラム磁選機A(ドラム面上での磁場強度:0.16T)と、プーリ磁選機B(ベルトガイドロール202と接するコンベヤベルト部分での磁場強度:0.2T)を用い、同じ製鋼スラグの粉粒体を送り速度0.5m/sで磁力選別した。

【0118】

上記各実施例において、磁着回収物の鉄濃度とスラグからの鉄回収率を調べた。その結果を表2に示す。

40

【0119】

まず、ドラム磁選機Aを使用した比較例1の磁着回収物は、非鉄成分を巻き込んでいるため鉄濃度が低く、また非磁着側へ鉄を逃しているため鉄回収率も低い。また、プーリ磁選機Bを使用した比較例2は、粉粒体のほぼ全量が巻き込まれたため、確かに回収率は良いが、肝心の磁着回収物の鉄濃度は、磁力選別前の粉粒体とほとんど変わらない。これに対して本発明例では、磁石ロール203の磁場変化周波数を170Hz以上とすれば、磁着回収物の鉄濃度、スラグの鉄回収率ともに高い値が得られており、さらに、磁石ロール203の磁場変化周波数が200Hz以上であれば、磁着回収物の鉄濃度、スラグの鉄回収率ともにより高い値が得られる。

【0120】

50

【表 2】

		磁着回収物の鉄濃度	スラグからの鉄回収率
比較例1:ドラム磁選機A(0.16T)		62mass%	82mass%
比較例2:プーリ磁選機B(0.2T)		55mass%	99mass%
本発明例:(0.2T磁場変化)	磁石ロールの回転数=500rpm	68mass%	70mass%
	磁石ロールの回転数=850rpm	77mass%	81mass%
	磁石ロールの回転数=1200rpm	89mass%	94mass%

10

【符号の説明】

【0121】

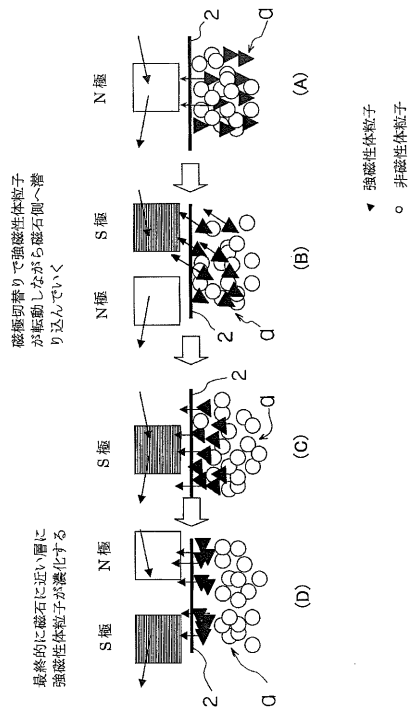
- 1、2、20 コンベアベルト
 3、8、9、13 ベルトガイドロール
 4 磁場印加手段
 4r 磁石ロール
 5 磁極
 6 供給装置
 7x 磁着物回収部
 7y 非磁着物回収部
 10、12 コンベア終端部
 11、14 コンベア始端部
 15 軸受
 30、40 ロール軸
 A、B ベルトコンベア
 a 粉粒体
 201 コンベアベルト
 202 ベルトガイドロール
 203 磁石ロール
 204 供給装置
 205 磁極
 206 仕切板
 207x 磁着物回収部
 207y 非磁着物回収部
 208 ベルトガイドロール
 209 軸受
 2010 コンベア終端部
 2011 コンベア始端部
 S 隙間

20

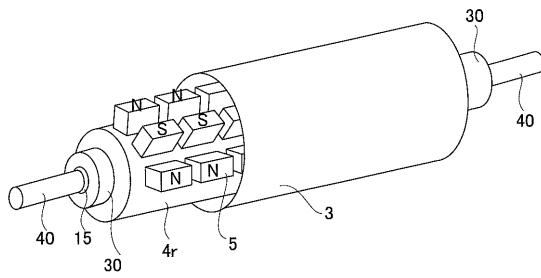
30

40

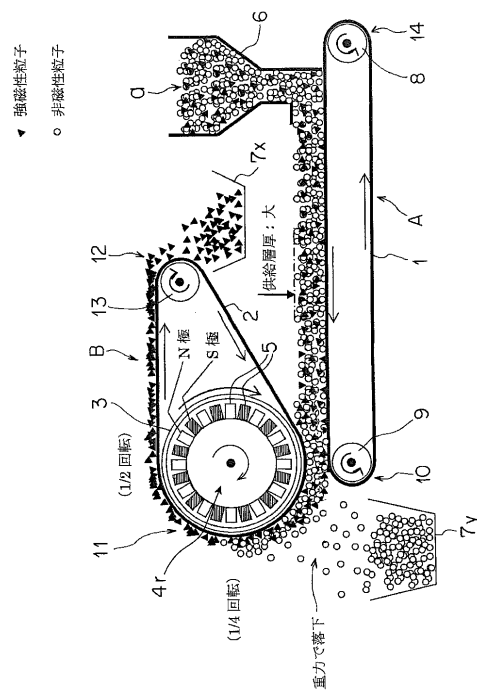
【図 1】



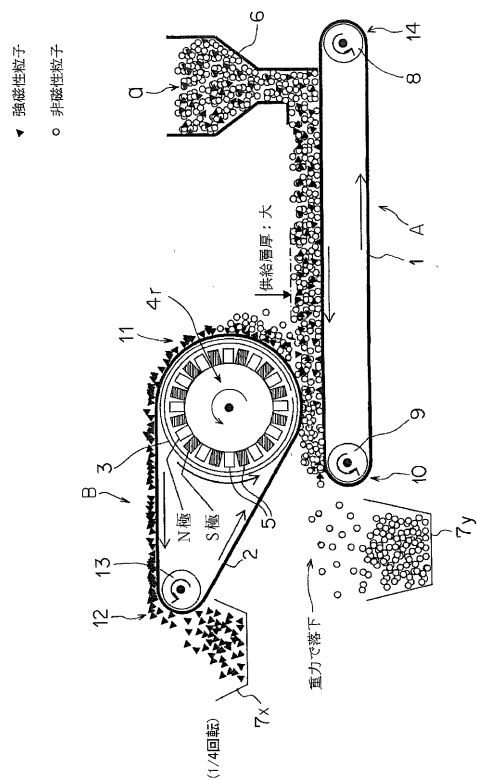
【図 3】



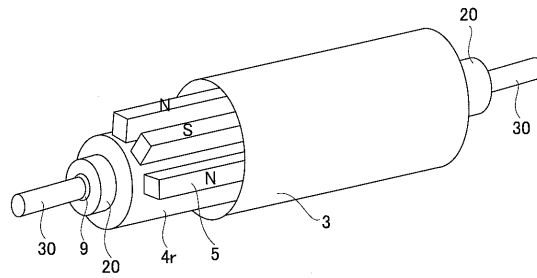
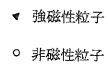
【図 2】



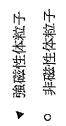
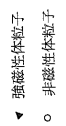
【図 4】



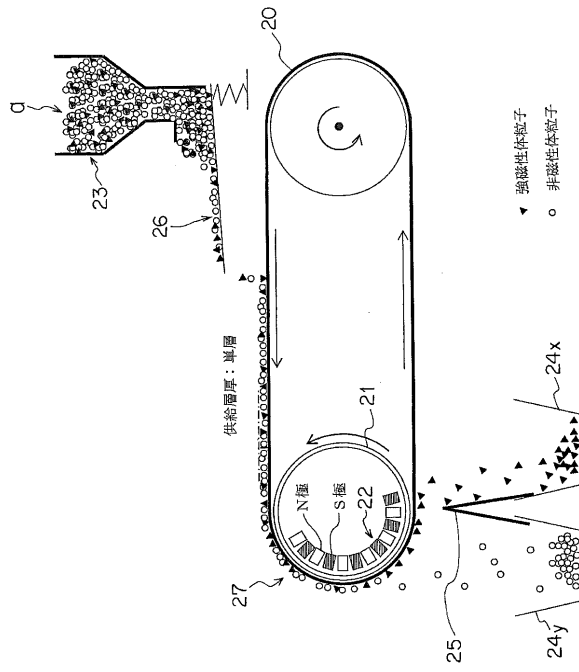
【 図 6 】



【 図 8 】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 榎枝 成治
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者 今西 大輔
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 仲村 靖

- (56)参考文献 特開2011-104583(JP,A)
特開2008-104915(JP,A)
特開平9-215944(JP,A)
特開平6-154646(JP,A)
特開2001-62336(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|---------|
| B 0 3 C | 1 / 1 8 |
| B 0 3 C | 1 / 0 0 |