

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3511094号
(P3511094)

(45)発行日 平成16年3月29日(2004.3.29)

(24)登録日 平成16年1月16日(2004.1.16)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

B 0 3 C 1/02
1/00

B 0 3 C 1/02
1/00

B
B

請求項の数5(全 5 頁)

(21)出願番号 特願2001-103167(P2001-103167)
(22)出願日 平成13年4月2日(2001.4.2)
(65)公開番号 特開2002-292305(P2002-292305A)
(43)公開日 平成14年10月8日(2002.10.8)
審査請求日 平成13年4月2日(2001.4.2)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成12年に開催された第63回2000年秋季低温工学・超電導学会において発表

(73)特許権者 596133441
新潟大学長
新潟県新潟市五十嵐2の町8050番地
(72)発明者 山口 貢
新潟県新潟市五十嵐2の町7492の62 合
同宿舍五十嵐住宅2-102号
(72)発明者 福井 聡
新潟県新潟市坂井867リパティプラザ
新大駅前405
(74)代理人 100072051
弁理士 杉村 興作
審査官 豊永 茂弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気分離方法及び磁気分離装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の容器に対して、単一同極の端面同士が対向するようにして1対の磁石を設け、前記端面間に所定の混合物質を通過させることにより、前記所定の混合物質を磁氣的に分離し、保持することを特徴とする、磁気分離方法。

【請求項2】 前記1対の磁石を複数設けたことを特徴とする、請求項1に記載の磁気分離方法。

【請求項3】 所定の容器と、この容器に対して単一同極の端面同士が対向するようにして設けられた1対の磁石とを具えることを特徴とする、磁気分離装置。

【請求項4】 前記1対の磁石は、それぞれY系又はBi系の酸化物高温超伝導体からなることを特徴とする、請求項3に記載の磁気分離装置。

【請求項5】 前記1対の磁石を複数設けたことを特徴

とする、請求項3又は4に記載の磁気分離装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気分離方法及び磁気分離装置に関し、詳しくは、産業廃棄物の分離除去、鉱石の選別及び精製、並びにウラン抽出などに好適に用いることのできる、磁気分離方法及び磁気分離装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の工業発展と生活水準の向上により、産業廃棄物などの処理問題が深刻化している。この解決策として、混合物質である産業廃棄物を磁気力により選別する磁気分離技術が発達し、排水浄化や資源回収などへ適用されている。また、未利用資源の開発の観点から、上記磁気分離技術は、原石からの選鉱及び精製な

どへも応用されている。さらには、将来的なエネルギー源として、海水中のウラン抽出などへの応用も期待されている。

【0003】微生物は、アンモニア性窒素などの窒素化合物や有機塩素化合物などの有害有機物などの環境汚染物質を分解するので、産業廃棄物の処理において度々使用される。したがって、産業廃棄物の処理を効率良く行うためには、微生物を所定の反応槽内で高濃度に保持することが必要である。この際、磁気分離技術を用いることにより、微生物を反応層内で高濃度に保持することができる。

【0004】すなわち、微生物と磁性粒子とを、例えば、エチレングリコールなどの所定の物質に包括固定し、この物質を巨大な磁気勾配を利用した磁気力によって分離し、保持することによって、前記反応槽の所定の箇所において前記微生物を高濃度に維持することができる。

【0005】図1は、従来の磁気分離装置の一例を示す概略図である。図1に示す磁気分離装置は、例えばステンレスウールなどから構成される磁気細線3を内部に有するフィルタ1と、磁場印加のためのコイル2とを具えている。コイル2からフィルタ1内の磁気細線3に所定の磁場が印加されると、磁気細線3の回りには巨大な磁気勾配が生じ、非常に大きな磁気力が発生する。したがって、図1に示す磁気分離装置のフィルタ1内に、前記微生物及び前記磁性粒子を包括させた前記所定の物質を流すことによって、この物質は前記磁気力によって分離され、保持される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図1に示す磁気細線3は、その間隔が数十 μm のオーダーであるため、前記微生物及び前記磁性粒子を固定する物質が mm のオーダーで大きくなったり、磁気粒子そのものが大きくなったりすると、これらは磁気細線3の間隙中を通過することができなくなってしまう。この結果、フィルタ1が目詰まりを生じる割合が増大し、洗浄の頻度も高くなってしまおうという問題がある。

【0007】一方、上述したような磁気細線を用いる代わりに所定のフィルタの両側においてコイルを設け、このコイルから発せられる垂直方向の磁場によってのみ磁気勾配を生じさせ、所定の磁気力を生じさせる、いわゆるオープングラディエント型の磁気分離装置を用いた磁気分離の試みもなされている。しかしながら、このような外部磁場によっては巨大な磁気勾配、すなわち磁気力を生じさせることはできず、この結果として、産業廃棄物の処理に使用する微生物を所定の反応槽内において高濃度に保持することができないでいた。

【0008】本発明は、上記問題を生じさせることなく、巨大な磁気勾配に起因した磁気力によって、所定の混合物質を磁気的に分離し、高濃度に保持することので

きる新規な磁気分離方法及び磁気分離装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本発明の磁気分離方法は、所定の容器に対して、単一同極の端面同士が対向するようにして1対の磁石を設け、前記端面間に所定の混合物質を通過させることにより、前記所定の混合物質を磁気的に分離し、保持することを特徴とする。

【0010】また、本発明の磁気分離装置は、所定の容器と、この容器に対して単一同極の端面同士が対向するようにして設けられた1対の磁石とを具えることを特徴とする。

【0011】本発明の磁気分離方法及び磁気分離装置においては、産業廃棄物の処理などに用いる反応槽などを構成する所定に容器内に対して、単一同極の端面同士が対向するようにして1対の磁石を設けている。したがって、前記1対の磁石の端面間における中央部分においては、前記1対の磁石のそれぞれから生じる磁場が打ち消し合って、磁場強度は実質的に零になる。

【0012】一方、前記1対の磁石それぞれの端面近傍においては、非常に大きな磁場が発生し、巨大な磁場強度を有するようになる。したがって、前記1対の磁石間の中央部分から前記1対の磁石のそれぞれに向けて巨大な磁気勾配が生じ、これに伴って巨大な磁気力が発生するようになる。したがって、このような磁気力中に微生物を包括させたエチレングリコールなどの所定の混合物質を導入することによって、前記混合物質を効率良く磁気分離することができるとともに、保持することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に則して詳細に説明する。図2は、本発明の磁気分離装置の一例を示す概略図である。図2に示す磁気分離装置は、産業廃棄物処理に用いられる反応槽などを構成する所定の容器11と、この容器11の両側面に対向するように設けられた1対の磁石12及び13とを具えている。磁石12及び13の端面12A及び13Aは、それぞれN極に着磁している。

【0014】1対の磁石12及び13は、例えば、Y系及びBi系の酸化物高温超伝導体から構成することが好ましい。これによって、磁石12及び13は大きな磁束密度簡易に有することができるようになるので、磁石12及び13の端面12A及び13A近傍に巨大な磁場を発生させることができる。したがって、容器11内に巨大な磁気勾配を発生させることができ、結果として極めて大きな磁気力を生じさせることができる。このため、微生物を包括するエチレングリコールなどの所定の混合物質を極めて効率良く磁気分離し、保持することができる。

【0015】Y系酸化物高温超伝導体としては、 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ などのYBaCuO系を例示することができる。また、Bi系酸化物高温超伝導体としては、 $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+x}$ などのBiSrCaCuO系を例示することができる。

【0016】なお、1対の磁石12及び13は、上記のような酸化物高温超伝導体に代えて、ネオジウムなどを含有した永久磁石から構成することもできる。この場合においても、磁石12及び13の端面12A及び13A近傍に比較的大きな磁場を発生させることができ、その結果比較的大きな磁気力を生じさせることができる。

【0017】着磁は以下に示すような工程にしたがって行う。最初に、上記のような酸化物高温超伝導体を常伝導状態にある常温中において、所定の直流磁界を印加する。次いで、前記酸化物高温超伝導体を液体窒素などの冷却媒体が充填された容器内に浸漬し、前記酸化物高温超伝導体の臨界温度以下にまで冷却する。このとき、前記酸化物高温超伝導体は超伝導状態になっており、前記直流磁界を取り除くことによって、磁束が捕捉され着磁される。

【0018】そして、このときの直流磁界の大きさは約2T以上、好ましくは約5T以上とすることが好ましい。これによって、前記酸化物高温超伝導体は前記所定の混合物質を磁気分離するに足る大きな磁束密度を簡易に得ることができる。

【0019】また、磁石12及び13の端面12A及び13A間の距離dは約20mm以上であることが好ましく、さらには50～100mmであることが好ましい。これによって、端面12A及び13A近傍に巨大な磁場を発生させることができる。したがって、容器11内に巨大な磁気勾配を発生させることができ、結果として極めて大きな磁気力を生じさせることができる。

【0020】図2に示す磁気分離装置においては、磁石12及び13の端面12A及び13A間の中心O近傍に

$$F_m = -grad \left[\frac{\mu_0 \gamma_p}{2} \frac{9(\chi_f - \chi_p)}{(3 + \chi_p)(3 + \chi_f)} (\mathbf{H} \cdot \mathbf{H}) \right] \quad \text{----- (1)}$$

V_p : 磁性粒子の体積
 χ_p, χ_f : 磁性粒子, 分散媒それぞれの磁化率
 H : 磁界

【0026】混合物質としては、磁化率 f が -9.05×10^{-6} である純水中に、磁化率 p が 1×10^{-5} である所定の磁性体粒子が分散したものを想定した。なお、磁性体粒子は半径 $1 \mu m$ の球状である場合を想定した。

【0027】図4は、上記(式1)に基づいて計算した磁性体粒子に作用する磁気力の、図2におけるY-Z平面内のZ方向成分を示すグラフである。図4から明らかなように、図3に示すような磁界分布において、前記磁性体粒子には、磁石12及び13の端面12A及び13

において、磁石12からの磁場と磁石13からの磁場とが打ち消し合うため、磁界強度は実質的に零になる。そして、例えば磁石12及び13を上述したような酸化物高温超伝導体から作製し、上述のようにして着磁させた場合においては、端面12A及び13A近傍において2T以上の磁界強度を有するようになる。

【0021】したがって、中心O近傍から端面12A及び13Aに向かって巨大な磁気勾配が生じ、中心O近傍における磁気力は実質的に零となるが、中心Oから端面12A及び13A側に向って大きな磁気力が発生するようになる。この結果、微生物を包括するエチレングリコールなどの所定の混合物質を極めて効率良く磁気分離し、保持することができる。

【0022】

【実施例】図2に示す本発明の磁気分離装置において生成される磁気力の大きさに関するシュミレーションを、以下の式に基づいて実施した。最初に、磁石12及び13間に生じる磁場分布に対するシュミレーションを実施した。両者の端面12A及び13A間の距離dは30mmである場合を想定してシュミレーションを実施した。

【0023】図3は、図2におけるY-Z平面内のZ方向成分における磁界分布のシュミレーション結果を示すグラフである。図3から明らかなように、磁石12及び13の端面12A及び13A間の中心O近傍においては、磁石12及び13から発せられる磁場が互いに打ち消し合って実質的に零になっている。一方、磁石12及び13の端面12A及び13A近傍においては、上記着磁した磁束密度の大きさに従って大きな磁気勾配を有することが分かる。

【0024】次いで、図3に示すような磁界分布が生じている場合に生じる磁気力分布のシュミレーションを(式1)に従って実施した。

【0025】

【数1】

A方向への極めて大きな磁気力が生成されることが分かる。したがって、上記混合物質を上述したような磁界強度を有する磁気分離装置内に導入することにより、前記混合物質には巨大な磁気力が印加され、効果的に磁気分離されて、保持されることが分かる。

【0028】以上、発明の実施の形態に則して本発明を説明してきたが、本発明の内容は上記に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更が可能である。

【0029】例えば、図2においては、磁石12及び1

3のN極同士を対向させているが、S極同士を対向させても同様の効果を得ることができる。また、磁石12及び13の端面12A及び13Aは、それぞれ正方形をなしているが、長方形や多角形などのその他の矩形状であっても良いし、円形状であっても良い。また、図2においては1対の磁石を単独で用いているが、これら1対の磁石を複数組み合わせることもできる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気分離方法及び磁気分離装置によれば、装置を構成する1対の磁石間に巨大な磁気力を発生させることができるので、所定の混合物の簡易かつ効率良く分離することができる。その結果、特に、微生物と磁性粒子とを含有させたエチレングリコールなどの所定の物質を本発明にしたがって磁気分離することにより、前記微生物を前記磁気分離装置内に高濃度に保持することが可能となり、産業廃棄物などの分解、選別などを容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の磁気分離装置の一例を示す概略図である。

【図2】 本発明の磁気分離装置の一例を示す概略図である。

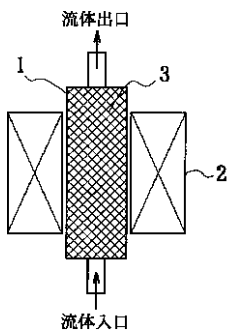
【図3】 図2におけるY-Z平面内のZ方向成分における磁界分布のシュミレーション結果を示すグラフである。

【図4】 図3に示す磁界強度分布を有する場合の、磁性体粒子に作用する磁気力のZ方向成分のシュミレーション結果を示すグラフである。

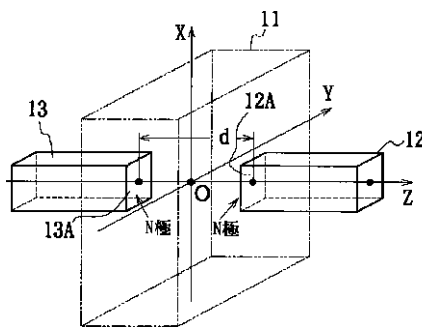
【符号の説明】

- 1 フィルタ
- 2 コイル
- 3 磁性細線
- 11 容器
- 12、13 磁石

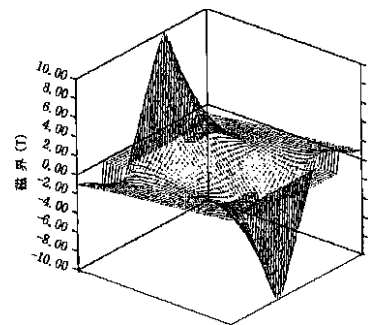
【図1】



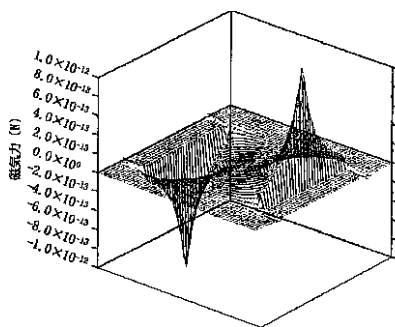
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平2 - 124704 (J P , A)
特開 昭55 - 22358 (J P , A)
特開 平7 - 68109 (J P , A)
特開 昭62 - 241518 (J P , A)
欧州特許出願公開479448 (E P , A

1)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
B03C 1/00 - 1/32
B01D 35/08