

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4893459号
(P4893459)

(45) 発行日 平成24年3月7日(2012.3.7)

(24) 登録日 平成24年1月6日(2012.1.6)

(51) Int.Cl.

F 1

H 01 F 1/44 (2006.01)

H 01 F 1/28

H 01 F 1/153 (2006.01)

H 01 F 1/14

F 16 F 9/53 (2006.01)

F 16 F 9/53

C

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2007-124928 (P2007-124928)

(22) 出願日

平成19年5月9日(2007.5.9)

(65) 公開番号

特開2008-282929 (P2008-282929A)

(43) 公開日

平成20年11月20日(2008.11.20)

審査請求日

平成22年5月6日(2010.5.6)

(73) 特許権者 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100091292

弁理士 増田 達哉

(74) 代理人 100091627

弁理士 朝比 一夫

(72) 発明者 大塚 勇

青森県八戸市大字河原木字海岸4-44

エプソンアトミックス株式会社内

(72) 発明者 渡邊 篤

青森県八戸市大字河原木字海岸4-44

エプソンアトミックス株式会社内

審査官 酒井 朋広

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁性流体用金属粉末

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁性流体に使用される金属粉末であって、
F eを主成分とし、S iの含有率が4～9 w t %、Bの含有率が1～5 w t %である組成であり、かつ、飽和磁束密度が0.6 T以上、保磁力が50 e以下であるF e系アモルファス金属で構成され、

前記金属粉末の短径をS [μm]とし、長径をL [μm]としたとき、S / Lで定義される前記金属粉末のアスペクト比の平均値が0.7～1であり、かつ、ビックカース硬度が650以上であり、

冷却媒として水を用いるアトマイズ法により製造されたものであることを特徴とする磁性流体用金属粉末。

【請求項 2】

前記F e系アモルファス金属は、その構成成分として、さらに、含有率0.3～1 w t %のC (炭素)および含有率1～3 w t %のC r (クロム)のうちの少なくとも1種を含むものである請求項1に記載の磁性流体用金属粉末。

【請求項 3】

前記金属粉末の平均粒径は、0.1～2.5 μmである請求項1または2に記載の磁性流体用金属粉末。

【請求項 4】

前記金属粉末の最大粒径は、50 μm以下である請求項3に記載の磁性流体用金属粉末

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁性流体用金属粉末に関するものである。

【背景技術】

【0002】

磁性流体は、表面を界面活性剤で覆われた強磁性材料の磁性粒子やフェライト粒子を、液状の分散媒中に分散させてなる機能性流体である。このような磁性流体では、たとえ磁性粒子やフェライト粒子が磁化しても、各粒子同士が凝集することなく、分散状態が維持される。このため、磁性流体全体が磁性を帯びた液体のように振る舞うことができる。10

ところで、磁性流体は、外部磁界に応じて、その粘度や流動性が変化する性質を有する。このため、この性質を利用し、減衰力を変化させることができるダンパー（緩衝器）が実用化されている。

【0003】

このような減衰力可変ダンパーは、一般に、磁性流体を貯留するシリンダと、シリンダ内を摺動するピストンと、磁性流体に磁界を付与する磁界形成手段とを有している。磁界形成手段によって磁性流体に付与される磁界の強度を調整することにより、磁性流体の粘度や流動性等の流体特性を変化させることができる。磁性流体の流体特性が変化すると、ピストンがシリンダ内を摺動する際の抵抗が変化する。その結果、ダンパーの減衰力の変化をもたらすことができる。20

【0004】

かかる特性を利用して、減衰力可変ダンパーは、例えば、路面の状態に応じて、最適な減衰力を選択することができる自動車用のショックアブソーバーとして利用することができる。

このような減衰力可変ダンパーに用いる磁性流体としては、例えば、表面を界面活性剤等で被覆した、主に鉄とフェライトの混合物を含む粒子を、ヒマシ油のような植物油の誘導体に分散してなる磁性流体が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

ここで、減衰力可変ダンパーが衝撃を吸収する動作を繰り返すと、磁性流体にはピストンやシリンダによる外部応力（例えば、せん断力等）が継続的に付与される。このため、磁性流体に含まれる粒子が、この外部応力に耐えられずに破壊したり、欠損したりするという問題がある。磁性流体中の粒子が破壊または欠損すると、磁性流体の流体特性が変化してしまい、減衰力可変ダンパーの減衰力特性に、意図しない変化が生じることとなる。30

【0006】

また、磁性流体中の粒子に用いる鉄粉は、保磁力が比較的大きい。このため、磁性流体中の粒子が外部磁界によって強く磁化してしまい、磁界がないときでも粒子同士が凝集するおそれがある。

さらに、フェライトのような飽和磁束密度が比較的低い材料では、外部磁界の変化に対して、磁性流体の流体特性の変化に著しく時間を要することがある。この場合、減衰力特性の変化を高い精度で制御することが困難となる。40

【0007】

【特許文献1】特表2004-511094号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、磁界がないときに磁性粒子同士の凝集が確実に防止されるとともに、流体特性の長期安定性に優れ、かつ、外部磁界に対する流体特性の変化の応答性に優れた磁性流体用金属粉末を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の磁性流体用金属粉末は、磁性流体に使用される金属粉末であって、F eを主成分とし、S iの含有率が4～9wt%、Bの含有率が1～5wt%である組成であり、かつ、飽和磁束密度が0.6T以上、保磁力が50e以下であるF e系アモルファス金属で構成され、

前記金属粉末の短径をS[μm]とし、長径をL[μm]としたとき、S/Lで定義される前記金属粉末のアスペクト比の平均値が0.7～1であり、かつ、ビッカース硬度が650以上であり、

冷却媒として水を用いるアトマイズ法により製造されたものであることを特徴とする。

これにより、磁界がないときに金属粉末同士の凝集が確実に防止されるとともに、流体特性の長期安定性に優れ、かつ、外部磁界に対する流体特性の変化の応答性に優れた磁性流体用金属粉末が得られる。

また、これにより、金属粉末の形状が比較的球形に近くなるので、形状作用によって、より破壊・欠損し難くなる。このため、耐久性に優れた磁性流体用金属粉末が得られる。

また、これにより、磁性流体用金属粉末は、磁界がないときに凝集が確実に防止されるものとなる。

また、これにより、外部磁界の変化に対して、流体特性の変化の応答性に優れた磁性流体用金属粉末が得られる。

【0010】

本発明の磁性流体用金属粉末では、前記F e系アモルファス金属は、その構成成分として、さらに、含有率0.3～1wt%のC(炭素)および含有率1～3wt%のCr(クロム)のうちの少なくとも1種を含むものであることが好ましい。

これにより、F e系アモルファス金属は、そのアモルファス金属としての安定性が向上する。

【0012】

本発明の磁性流体用金属粉末では、前記金属粉末の平均粒径は、0.1～25μmであることが好ましい。

これにより、磁性流体において、流体特性の最適化を図ることができる。

本発明の磁性流体用金属粉末では、前記金属粉末の最大粒径は、50μm以下であることが好ましい。

これにより、流動性に優れた磁性流体が得られる。

【0014】

本発明の磁性流体は、表面を界面活性剤で覆われた磁性粒子と、

該磁性粒子を分散させる液相分散媒とを有し、

前記磁性粒子が、F e系アモルファス金属で構成されていることを特徴とする。

これにより、磁界がないときに磁性粒子同士の凝集が確実に防止されるとともに、流体特性の長期安定性に優れ、かつ、外部磁界に対する流体特性の変化の応答性に優れた磁性流体が得られる。

本発明の磁性流体では、当該磁性流体における前記磁性粒子の含有率は、50～95wt%であることが好ましい。

これにより、流動性に優れるとともに、外部磁界の変化に対して十分な応答性を示す磁性流体が得られる。

【0015】

本発明の磁性流体では、前記界面活性剤は、オレイン酸塩を主成分とするものであることが好ましい。

これにより、安定性に優れた磁性流体が得られる。

本発明の磁性流体では、前記液相分散媒は、炭化水素系オイル、シリコーン系オイルまたはフッ素系オイルを主成分とするものであることが好ましい。

これにより、耐久性に優れた磁性流体が得られる。

10

20

30

40

50

【0016】

本発明のダンパーは、本発明の磁性流体を貯留するシリンダと、該シリンダ内を摺動し、前記シリンダ内の空間を2つに仕切るピストンと、一端が前記ピストンに接続され、他端が前記シリンダの外部に位置するピストンロッドと、

前記シリンダ内に貯留された前記磁性流体に及ぶように磁界を形成する磁界形成手段とを有し、

磁界の作用によって前記磁性流体の流体特性を変化させることにより、減衰力を制御し得ることを特徴とする。

これにより、減衰力を長期にわたって正確に調整することができるダンパーが得られる 10
。

【0017】

本発明のダンパーでは、前記ピストンに形成され、前記2つの空間と互いに連通する流路を有し、

前記磁界形成手段が前記流路近傍に設けられており、前記流路を通過する前記磁性流体に及ぶように磁界を形成して流体特性を変化させることにより、減衰力を制御し得ることが好ましい。

これにより、磁性流体の粘度をより厳密に調整することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

20

以下、本発明の磁性流体用金属粉末、磁性流体およびダンパーについて、添付図面を参考しつつ詳細に説明する。

[ダンパー]

まず、本発明の磁性流体について説明する前に、本発明のダンパーについて説明する。

図1は、本発明のダンパーの実施形態を示す縦断面図、図2は、図1に示すダンパーの一部を拡大して示す部分拡大図、図3および図4は、図1に示すダンパーの動作を説明するための図である。なお、以下の説明では、図1ないし図4中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

【0019】

図1に示すダンパー1は、上下端が閉塞した円筒状のシリンダ2と、シリンダ2の外部からシリンダ2の天井部21を貫通し、シリンダ2内に延伸するよう設けられたピストンロッド31と、このピストンロッド31の下端に設けられ、シリンダ2内を上下に摺動するピストン3とを有している。また、シリンダ2内には、磁性流体10が収納されている 30
。

【0020】

このようなダンパー1は、ピストンロッド31の上端部に接続された部材と、シリンダ2の下端部に接続された部材との間で伸縮するように動作する。例えば、ピストンロッド31の上端部が自動車の車体に接続され、シリンダ2の下端部が車輪または車軸に接続されている場合、車体と車輪（車軸）との間隔が伸縮する際に、ダンパー1に伸縮力が付与される。 40

【0021】

ダンパー1では、各部材間に加わった伸縮力に伴ってピストン3が摺動するが、この摺動の際、ピストン3には、磁性流体10から前述の伸縮力を緩和する方向に抵抗力が付与される。その結果、ピストン3は、各部材間に加わった伸縮力を緩和し、減衰させる緩衝器として機能する。

【0022】

また、ダンパー1は、ピストン3内に設けられ、シリンダ2内に収納された磁性流体10に対して磁界を付与するコイル4と、コイル4に電圧を印加する電源回路5とを有している。すなわち、コイル4と電源回路5とにより、磁性流体10に磁界を付与する磁界形成手段を構成している。 50

ここで、磁性流体10では、後に詳述するが、磁界の有無や強度に応じて、その流体特性（粘度、流動性等）が変化する。このため、前述の磁界形成手段による磁界の有無や強度を適宜設定することにより、磁性流体10の流体特性を調整することができる。このような特性を利用することにより、ダンパー1は、その減衰力を制御し得る減衰力可変ダンパーとなる。

【0023】

以下、ダンパー1の各部について詳述する。

図1に示すシリンダ2の側面は、2層構造（複筒式）になっており、外側の外筒22と、内側の内筒23とで構成されている。

また、内筒23の内側の空間は、ピストン3の上方のロッド側室2aと、ピストン3の下方のピストン側室2bとに分けられている。 10

【0024】

さらに、ピストン側室2bの下方には、内筒23の内側の空間を仕切るように設けられたベースバルブ24を介して、第1リザーバ室25が設けられている。

ベースバルブ24には、ベースバルブ24を貫通するオリフィス241が設けられており、このオリフィス241を介してピストン側室2bと第1リザーバ室25とが連通している。

【0025】

また、外筒22と内筒23との間の空間は、第2リザーバ室26である。なお、第1リザーバ室25と第2リザーバ室26とは、内筒23の下端部を介して隣接している。 20

また、内筒23の第1リザーバ室25と第2リザーバ室26とを隔てる部分には、この部分を貫通するオリフィス231が設けられており、このオリフィス231を介して、第1リザーバ室25と第2リザーバ室26とが連通している。

【0026】

このようなシリンダ2は、機械的特性および耐油性に優れた材料で構成されており、例えば、各種金属材料で構成されている。また、本実施形態では、シリンダ2が、非磁性材料で構成されているのが好ましい。本実施形態では、磁界を発生させるコイル4がピストン3に設けられているため、シリンダ2が非磁性材料で構成されていることにより、ピストン3の周辺以外の部分で、磁性流体10に磁界が付与されるのが抑制または防止される。このため、シリンダ2の全体において、磁性流体10の流体特性を均一にすることができる。 30

ここで、磁性流体10は、表面を界面活性剤で覆われた磁性粒子を、液相分散媒に分散させてなるものであり、それ全体が磁性を帯びた液体のように振る舞う。なお、磁性流体10については、後に詳述する。

【0027】

ピストンロッド31は、剛性の高い棒状部材で構成されており、シリンダ2の天井部21の中央部を貫通して、シリンダ2の内外に延伸している。

ピストン3は、円柱状の部材で構成されており、その外側面がシリンダ2の内筒23の内壁面に接続している。このピストン3により、前述したように、内筒23の内側の空間が、ロッド側室2aとピストン側室2bとに仕切られている。 40

また、ピストン3を貫通するように、2つのオリフィス32、33が設けられている。この各オリフィス32、33により、ロッド側室2aとピストン側室2bとが連通している。

【0028】

また、ピストン3の上面には、オリフィス32の上端開口部付近に、弁体34が設けられている。この弁体34は、オリフィス32の上端開口部を塞いで、オリフィス32を磁性流体10が流通できない状態（閉状態）と、オリフィス32の上端開口部を開放し、オリフィス32を磁性流体10が流通可能な状態（開状態）とをとるよう動作する。そして、この弁体34は、磁性流体10のピストン側室2bからロッド側室2aへ向かう流れを通過させ、その逆向きの流れを遮断する機能を有する一方向弁である。なお、図1およ 50

び図2には、開状態の弁体34を示している。

【0029】

この弁体34は、シリンダ2に対してピストン3が摺動し、これに伴って発生する、ピストン3に対する磁性流体10の相対的な流れを駆動力として開閉する。なお、弁体34が閉状態から開状態へと移行するためには、磁性流体10が所定の速さより速く流れるこ¹⁰とによって、弁体34に所定の大きさ以上の圧力を付与する必要がある。したがって、弁体34は、ピストン3が所定の速さ以上の速さで摺動するときにのみ、開状態をとり得るよう構成されている。このような弁体34により、ダンパー1では、ピストン3の摺動速度が低速のときと高速のときとで減衰力を異ならせることができる。

【0030】

ピストン3の内部には、リング状のコイル4が設けられている。また、コイル4の外側面の一部は、各オリフィス32、33に臨んでいる。

また、コイル4には、前述したように電源回路5が接続されている。そして、コイル4に電圧を印加すると、コイル4の周囲に、図2に磁力線(破線)として示すような磁界が発生する。

【0031】

コイル4は、リング状の磁心と、磁心の周囲に巻き回された導線とを有する。なお、磁心と導線とは、磁心表面や導線表面に形成された樹脂製被覆層により電気的に絶縁されている。また、導線の両端が、それぞれ電源回路5に接続されている。

電源回路5は、電源と、この電源とコイル4とを接続する導線とで構成されている。このようなコイル4および電源回路5により、磁界形成手段が構成されている。²⁰

また、図示しないが、電源は、コイル4に印加する電圧を調整する変圧回路を有している。この変圧回路によれば、コイル4に印加する電圧を変えることができ、コイル4が発生する磁界の強度を変えることができる。

【0032】

磁心を構成する材料としては、例えば、純鉄、Fe-Si系合金、Fe-Cr系合金、Fe-Ni系合金、Fe-Co系合金、アモルファス金属、ソフトフェライトのような各種軟磁性材料等を用いることができる。

また、これらの軟磁性材料は、例えば、積層体、圧粉成形体等の形態で、磁心を構成している。³⁰

【0033】

なお、図1では、ピストン3の内部にコイル4が設けられているが、コイル4の設置箇所は、特に限定されず、例えば、シリンダ2の外筒22や内筒23、ベースバルブ24等に設けられていてもよく、これらの中の複数箇所に併設されていてもよい。

また、図1では、ピストン3に設けられた2つのオリフィス32、33に対して、1つのコイル4を用いて磁界を付与しているが、それぞれ個別のコイルを用いて磁界を付与するようにしてもよい。この場合、各コイルの動作を独立して制御することにより、ダンパー1の減衰力を、より細かく厳密に制御することができる。

【0034】

次に、図1に示すダンパー1の作用(動作)について説明する。⁴⁰

まず、ダンパー1の圧縮過程について説明する。

ここでは、図3(a)に示すように、ダンパー1が伸長した状態を初期状態とする。

ダンパー1の上端部に接続された上部材8と、下端部に接続された下部材9との間の距離が縮まると、それに伴って、図3(b)に示すように、ダンパー1においてもピストン3がシリンダ2内を下方に摺動する。

【0035】

このとき、ピストン側室2b内の磁性流体10の一部が、ピストン3に押されて、オリフィス241を通過し、第1リザーバ室25に押し出される。また、それに伴って、第1リザーバ室25に充填されていた磁性流体10は、各オリフィス231、231を通過して、第2リザーバ室26へと押し出される。⁵⁰

さらに、ピストン側室 2 b 内の磁性流体 1 0 の一部は、オリフィス 3 3 を通過して、ロッド側室 2 a へと移動する。

【0036】

このようにして、上部材 8 と下部材 9 との間の圧縮力の一部が、ピストン 3 の摺動の駆動力や、磁性流体 1 0 の流れの駆動力へと変換されることにより、ダンパー 1 に吸収される。その結果、前記圧縮力を緩和・減衰させることができる。

また、ピストン 3 の摺動速度が所定の速度以上になると、弁体 3 4 が閉状態から開状態となり、オリフィス 2 3 1 にも磁性流体 1 0 の流れが形成される。この流れの形成により、ピストン 3 の摺動速度がこの所定の速度以上になったとき、減衰の程度をやや低下させることができる。

10

【0037】

ここで、ピストン側室 2 b 内の磁性流体 1 0 の一部が、各オリフィス 3 2、3 3 を通過している際に、電源回路 5 によりコイル 4 に電圧を印加し、図 3 (c) に磁力線（破線）として示すような磁界を発生させる。

磁界が付与されると、各オリフィス 3 2、3 3 中の磁性流体 1 0 では、例えば、磁力線に沿って磁性流体 1 0 中の磁性粒子（金属粒子）が配列する。

磁性粒子が図 3 (c) のように配列すると、この磁性粒子が、各オリフィス 3 2、3 3 を流れる磁性流体 1 0 の流れを妨げることとなり、磁性流体 1 0 の粘度が上昇する。その結果、ダンパー 1 の減衰力が増大することとなる。

20

【0038】

このようにして、コイル 4 および電源回路 5 を用いて、各オリフィス 3 2、3 3 を流れる磁性流体 1 0 の流体特性を変化させることができる。そして、ダンパー 1 の減衰力を変化させることができる。また、シリンダ 2 に比べて細径の各オリフィス 3 2、3 3 において、磁性流体 1 0 に磁界を付与することにより、磁性流体 1 0 の粘度をより厳密に調整することができる。

【0039】

次に、ダンパー 1 の伸長過程について説明する。

ここでは、図 4 (d) に示すように、ダンパー 1 が圧縮された状態を初期状態とする。

上部材 8 と下部材 9 との間の距離が広がると、それに伴って、図 4 (e) に示すように、ダンパー 1 においてもピストン 3 がシリンダ 2 内を上方に摺動する。

30

このとき、ロッド側室 2 a 内の磁性流体 1 0 の一部が、ピストン 3 に押されて、オリフィス 3 3 を通過し、ピストン側室 2 b に押し出される。

【0040】

また、ピストン側室 2 b の体積が増大するのに伴い、第 1 リザーバ室 2 5 内の磁性流体 1 0 の一部が、オリフィス 2 4 1 を通過し、ピストン側室 2 b に流れ込む。

さらに、第 2 リザーバ室 2 6 内の磁性流体 1 0 の一部は、各オリフィス 2 3 1、2 3 1 を通過して、第 1 リザーバ室 2 5 内に流れ込む。

このようにして、上部材 8 と下部材 9 との間の伸長力の一部が、ピストン 3 の摺動の駆動力や、磁性流体 1 0 の流れの駆動力へと変換されることにより、ダンパー 1 に吸収される。その結果、前記伸長力を緩和・減衰させることができる。

40

【0041】

ここで、圧縮過程と同様にして、オリフィス 3 3 を流れる磁性流体 1 0 に対して磁界を付与すると、オリフィス 3 3 を流れる磁性流体 1 0 の流体特性を変化させることができ、ダンパー 1 の減衰力を変化させることができる。

以上のような圧縮過程と伸長過程とを連続的に行うことにより、ダンパー 1 は、上部材 8 と下部材 9 との間に発生する伸長力および圧縮力を、それぞれ緩和させることができる。

【0042】

[磁性流体]

次に、以上のようなダンパー 1 に用いることができる磁性流体（本発明の磁性流体）1

50

0について説明する。

本発明の磁性流体は、表面を界面活性剤で覆われた磁性粒子（本発明の磁性流体用金属粉末）と、この磁性粒子を分散させる液相分散媒とを有している。このうち、磁性粒子は、Fe系のアモルファス金属材料で構成されたものである。

【0043】

このような磁性流体では、界面活性剤の作用により、磁界がないときに磁性粒子同士の凝集が防止される。このため、たとえ磁性粒子が磁化したり帯電したりしても、磁性粒子が液相分散媒中に分散した状態が維持されることとなる。このため、磁性流体は、それ全体が磁性を帯びた液体のように振る舞うことができる。

前述したように、ダンパー1では、付与される磁界の有無や強度に応じて、磁性流体の流体特性が変化することを利用して、その減衰力が調整可能になっている。

【0044】

ここで、従来の磁性流体では、磁性粒子として、カルボニル鉄のような鉄の粒子や、フェライト粒子等が用いられていた。

ところが、ダンパーのような可動部品中に磁性流体を用いた場合、ダンパーが伸縮を繰り返すたびに、磁性流体にはピストンやシリンダによる外部応力（例えば、せん断力等）が継続的に付与される。このため、磁性流体中の磁性粒子が、外部応力に耐えられずに破壊したり、欠損したりするという問題があった。磁性流体中の磁性粒子が破壊または欠損すると、磁性流体の流体特性が変化してしまい、ダンパーの減衰力が不安定になったり、本来の減衰力から逸脱してしまうこととなる。

【0045】

また、カルボニル鉄粒子等は、保磁力が比較的大きい。このため、外部磁界の変化に対して、磁性流体の流体特性の変化が遅れるという問題もあった。このため、ダンパー1の減衰力を高い精度で制御することができなかった。

さらに、フェライト粒子等は、飽和磁束密度が小さいため、磁性流体中において外部磁界に対する磁化が弱くなり、磁化力が十分に得ることができなかった。

【0046】

そこで、本発明の磁性流体では、前述したように、磁性粒子としてFe系のアモルファス金属材料で構成された粒子を用いることとした。

アモルファス金属は、結晶粒を含んでいないので、転位（原子配置のズレ）や、粒界での亀裂が生じない。このため、アモルファス金属は、高硬度かつ高強度となる。

このような高硬度のアモルファス金属材料によれば、磁性粒子の破壊や欠損を確実に防止することができる。このため、本発明の磁性流体を用いれば、ダンパー1の減衰力を長期にわたって安定的に制御することができる。このようなアモルファス金属材料で構成された磁性粒子は、優れた軟磁性特性を示すものとなる。

【0047】

また、Fe系アモルファス金属材料は、保磁力が特に小さい。このため、このようなアモルファス金属材料で構成された磁性粒子によれば、外部磁界の変化に対して、流体特性の変化の応答性（即応性および変化量の大きさ）に優れた磁性流体が得られる。

さらに、Fe系アモルファス金属材料は、飽和磁束密度が比較的大きい。このため外部磁界に対する磁化力を十分に得ることができる。

【0048】

以下、本発明の磁性流体の構成要素について詳細に説明する。

また、Fe系アモルファス金属材料は、その構成元素として、Feの他に、さらにB（ホウ素）、C（炭素）、Si（ケイ素）およびCr（クロム）のうちの少なくとも1種を含むものが好ましい。かかる構成元素を含むFe系合金は、これらの構成元素の作用により、アモルファス金属としての安定性が向上する。このため、かかる構成元素を含むFe系アモルファス金属材料は、熱処理等が施されても、結晶化するのを確実に防止し得るものとなる。

【0049】

10

20

30

40

50

具体的な Fe 系アモルファス金属材料としては、例えば、Fe - Si - B 系、Fe - B 系、Fe - Si - B - C 系、Fe - Si - B - Cr 系、Fe - Si - B - Cr - C 系、Fe - Co - Si - B 系、Fe - Zr - B 系、Fe - Ni - Mo - B 系、Ni - Fe - Si - B 系等の各アモルファス金属が挙げられる。

これらの中でも特に Fe を主成分とし、Si および B を含むアモルファス金属が好ましい。

【0050】

このようなアモルファス金属は、Fe を主成分とし、Si を 4 ~ 9 wt % 程度の含有率で含み、B を 1 ~ 5 wt % 程度の含有率で含むのが好ましく、Fe を主成分とし、Si を 4.5 ~ 8.5 wt % 程度の含有率で含み、B を 2 ~ 4 wt % 程度の含有率で含むのがより好ましい。このような組成の Fe - Si - B 系アモルファス金属は、保磁力が特に小さく、かつ、飽和磁束密度が特に大きいものとなる。このため、かかるアモルファス金属で構成された磁性粒子を含む磁性流体では、磁界がないときに磁性粒子同士の凝集が確実に防止されるとともに、外部から付与された磁界に応じた、磁性流体の流体特性の変化の応答性を高めることができる。

【0051】

また、上記のような Fe、Si および B を含むアモルファス金属は、さらに、Cr を 1 ~ 3 wt % 程度の含有率で含むのが好ましく、1.5 ~ 2.5 wt % 程度の含有率で含むのがより好ましい。Cr は、耐食性に優れた不働態被膜を形成するため、磁性粒子の耐摩耗性および耐食性を高めることができる。

また、上記のような Fe、Si および B を含むアモルファス金属は、さらに、C を 1 wt % 以下の含有率で含むのが好ましく、0.3 ~ 1 wt % 程度の含有率で含むのがより好ましい。

【0052】

また、磁性粒子の平均粒径は、0.1 ~ 2.5 μm 程度であるのが好ましく、1 ~ 10 μm 程度であるのがより好ましい。これにより、磁性流体において、流体特性の最適化を図ることができる。すなわち、磁性粒子の平均粒径が前記下限値を下回った場合、磁性流体の粘度が小さくなり過ぎたり、外部磁界に応じて磁性流体の粘度が変化する際に、その変化量を十分に確保できないおそれがある。一方、磁性粒子の平均粒径が前記上限値を上回った場合、磁性流体の粘度が大きくなり過ぎるおそれがある。

【0053】

また、磁性粒子の粒度分布は、できるだけ狭いのが好ましい。具体的には、磁性粒子の平均粒径が前記範囲内であれば、最大粒径が 50 μm 以下であるのが好ましく、45 μm 以下であるのがより好ましい。磁性粒子の最大粒径を前記範囲内に制御することにより、磁性粒子の粒度バラツキを抑制し、流動性に優れた磁性流体が得られる。

なお、上記の最大粒径とは、累積重量が 99.9 % となる粒径のことを言う。

【0054】

また、磁性粒子の短径を S [μm] とし、長径を L [μm] としたとき、S / L で定義される磁性粒子のアスペクト比の平均値は、0.4 ~ 1 程度であるのが好ましく、0.7 ~ 1 程度であるのがより好ましい。このようなアスペクト比の磁性粒子は、その形状が比較的球形に近くなるので、形状作用によって、より破壊・欠損し難くなる。このため、耐久性に優れた磁性粒子が得られる。

【0055】

このような磁性粒子は、前述したように軟磁性を示し、保磁力が小さい。具体的には、磁性粒子の保磁力は、50e 以下であるのが好ましく、30e 以下であるのがより好ましい。保磁力が前記範囲内にある磁性粒子は、磁界がないときに凝集が確実に防止されるものとなる。

また、磁性粒子の飽和磁束密度は、できるだけ大きければよいが、0.6 T 以上であるのが好ましく、1 T 以上であるのがより好ましい。磁性粒子の飽和磁束密度が前記範囲内であれば、外部磁界の変化に対して、流体特性の変化の応答性（即応性および変化量の大

10

20

30

40

50

きさ)に優れた磁性流体が得られる。

【0056】

また、磁性粒子の硬度もできるだけ大きい方がよいが、好ましくは、ビックアース硬度H_vが650以上とされ、より好ましくは、900以上とされる。このような硬度の磁性粒子は、その破壊・欠損が特に確実に防止される。

このような磁性粒子は、いかなる方法で製造されたものでもよいが、例えば、アトマイズ法、冷却ロール法等の方法で製造されたものを用いることができる。

このうち、磁性粒子は、アトマイズ法で製造されたものが好ましい。

【0057】

アトマイズ法は、溶融物(溶湯)を、冷却媒(液体やガス等)に衝突させることにより粉末化する方法である。溶湯は、噴霧されたり、冷却媒と衝突させることにより、微細な液滴となるとともに、この液滴が冷却媒と接触することにより急速に冷却され固化する。このとき、液滴の冷却が極めて急速に行われるため、各原子が液体状態の無秩序な原子配置を保存したまま固化に至る。その結果、アモルファス金属で構成された磁性粒子(磁性粉末)が得られる。すなわち、アトマイズ法によれば、アモルファス金属で構成された磁性粒子を効率よく製造することができる。

さらに、アトマイズ法では、液滴が表面張力によって球形化するため、より球形に近い磁性粒子が得られる。これにより、前述のアスペクト比がより1に近い磁性粒子を得ることができる。

【0058】

なお、アトマイズ法としては、例えば、水アトマイズ法、高速回転水流アトマイズ法、ガスアトマイズ法、真空溶解ガスアトマイズ法、ガス-水アトマイズ法、超音波アトマイズ法等が挙げられる。

このうち、アトマイズ法としては、水アトマイズ法または高速回転水流アトマイズ法を用いるのが好ましい。これらのアトマイズ法によれば、冷却媒として熱容量の大きい水を用いるため、より大きい冷却速度で液滴を冷却・固化することができる。このため、液滴をより確実にアモルファス化することができる。

【0059】

このような磁性粒子の表面は、界面活性剤で覆われている。

界面活性剤としては、特に限定されないが、例えば、オレイン酸塩、カルボン酸塩、スルホン酸塩、硫酸エステル塩、リン酸エステル塩のような各種陰イオン(アニオン)界面活性剤、アミノ酸塩、第4級アンモニウム塩のような各種陽イオン(カチオン)界面活性剤、グリセリン脂肪酸エステルのようなエステル型、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテルのようなエーテル型、脂肪酸ポリエチレングリコールのようなエステル・エーテル型等の各種非イオン(ノニオン)界面活性剤、アルキルベタインのような各種両性界面活性剤等が挙げられる。

特に、界面活性剤は、オレイン酸塩を主成分とするものが好ましい。オレイン酸塩は、磁性粒子に対して強固に結合するとともに、液相分散媒中における磁性粒子の分散性が高いものである。このため、界面活性剤としてオレイン酸塩を用いることにより、安定性に優れた磁性流体が得られる。

【0060】

界面活性剤は、分子内に、親水性の部分と、疎水性の部分とを有するものである。例えば、磁性粒子を分散させる液相分散媒としてオイルを用いた場合、磁性粒子と液相分散媒との界面に沿って界面活性剤の分子が配列する。このとき、界面活性剤の分子の親水性部分が磁性粒子側に配向し、疎水性部分は液相分散媒側に配向する。

このような界面活性剤の作用により、磁性粒子は、磁界がないときには凝集することなく、液相分散媒中に安定的に分散することができる。

【0061】

また、液相分散媒としては、水のような水系分散媒、炭化水素系オイル、シリコーン系オイル、フッ素系オイル、エステル系オイル、エーテル系オイル等が挙げられる。

10

20

30

40

50

このうち、特に、炭化水素系オイル、シリコーン系オイルまたはフッ素系オイルを主成分とするものが好ましい。これらのオイルは、耐熱性および化学的な安定性に優れることから、磁性流体の液相分散媒として特に好適に用いられる。すなわち、耐久性に優れた磁性流体が得られる。

【0062】

このような磁性流体における磁性粒子の含有率は、50～95wt%程度であるのが好ましく、60～90wt%程度であるのがより好ましい。これにより、流動性に優れるとともに、外部磁界の変化に対して十分な応答性を示す磁性流体が得られる。

以上、本発明の磁性流体用金属粉末、磁性流体およびダンパーについて、好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

例えば、本発明の磁性流体は、前述したダンパーに用いられる他、回転軸のシール部材、スピーカー、センサ等にも用いることができる。

【実施例】

【0063】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

1. ダンパーの製造

(実施例)

[1] まず、以下の組成の原材料を高周波誘導炉で溶融するとともに、水アトマイズ法により粉末化して、金属粉末を得た。

【0064】

<原材料の組成>

- Si : 7.5wt%
- B : 3.8wt%
- Fe : 残部

なお、得られた金属粉末を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察したところ、図5に示すように、各金属粒子が球形に近い形をしていることがわかった。

【0065】

また、得られた金属粉末の結晶構造をX線回折装置で解析したところ、図6に示すX線回折スペクトルには、明確なピークが認められなかった。このため、得られた金属粉末は、アモルファス金属で構成されていることがわかった。

また、得られた金属粉末の保磁力および飽和磁束密度をそれぞれ測定したところ、保磁力が1.50e、飽和磁束密度が1.3Tであった。

【0066】

[2] 次に、得られたアモルファス金属粉末を、オレイン酸イオン(界面活性剤)で被覆するとともに、イソパラフィン(液相分散媒)中に分散させ、磁性流体を得た。

なお、磁性流体中のアモルファス金属粉末の含有率は、80wt%であった。

[3] 次に、得られた磁性流体をダンパーのシリンダ内に注入し、ダンパーを作製した。

【0067】

(比較例1)

まず、以下の組成の原材料を高周波誘導炉で溶融するとともに、水アトマイズ法により粉末化して、金属粉末を得た。

<原材料の組成>

- Si : 3wt%
- Fe : 残部

【0068】

なお、得られた金属粉末をX線回折装置で解析したところ、明確なピークを有するX線回折スペクトルが得られた。このため、得られた金属粉末は、金属結晶で構成されていることがわかった。

次に、前記実施例と同様にして、得られた金属粉末をオレイン酸イオンで被覆するとと

10

20

30

40

50

もに、イソパラフィン中に分散させ、磁性流体を得た。

次に、得られた磁性流体をダンパーのシリンドラ内に注入し、ダンパーを作製した。

【0069】

(比較例2)

まず、カルボニル鉄($Fe(CO)_5$)をイソパラフィン中に分散させ、磁性流体を得た。

次に、前記実施例と同様にして、得られた磁性流体をダンパーのシリンドラ内に注入し、ダンパーを作製した。

なお、カルボニル鉄の保磁力は9.5Oe、飽和磁束密度は2.1Tであった。

【0070】

10

2.ダンパーの評価

実施例および各比較例で得られたダンパーについて、それぞれ、伸縮動作を1万回行った。

その後、シリンドラ内から磁性流体を取り出し、磁性流体中の金属粉末を走査型電子顕微鏡で観察した。

その結果、実施例のダンパーから取り出した金属粉末(アモルファス金属の粉末)の外観は、評価前のものとほぼ同等であった。これに対し、比較例のダンパーから取り出した金属粉末(結晶金属の粉末)は、評価前のものより小さくなっていた。これは、金属粉末が破壊または一部欠損したためと考えられる。

【図面の簡単な説明】

20

【0071】

【図1】本発明のダンパーの実施形態を示す縦断面図である。

【図2】図1に示すダンパーの一部を拡大して示す部分拡大図である。

【図3】図1に示すダンパーの動作を説明するための図である。

【図4】図1に示すダンパーの動作を説明するための図である。

【図5】実施例で得られた金属粉末の走査型電子顕微鏡による観察像である。

【図6】実施例で得られた金属粉末のX線回折装置によるX線回折スペクトルである。

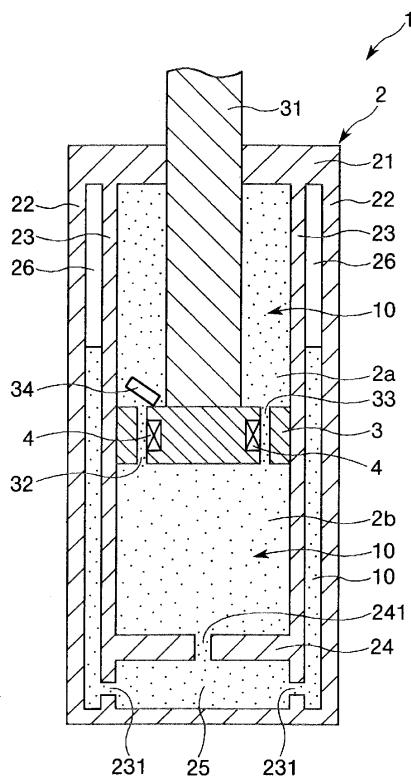
【符号の説明】

【0072】

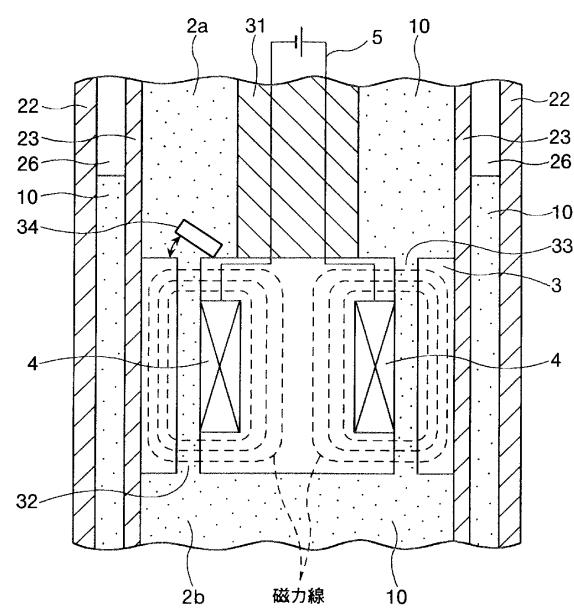
1ダンパー 2シリンドラ 2 aロッド側室 2 bピストン側室 2 1天井部 2 2外筒 2 3内筒 2 3 1オリフィス 2 4ベースバルブ 2 4 1オリフィス 2 5第1リザーバ室 2 6第2リザーバ室 3ピストン 3 1ピストンロッド 3 2、3 3オリフィス 3 4弁体 4コイル 5電源回路 8上部材 9下部材 1 0磁性流体

30

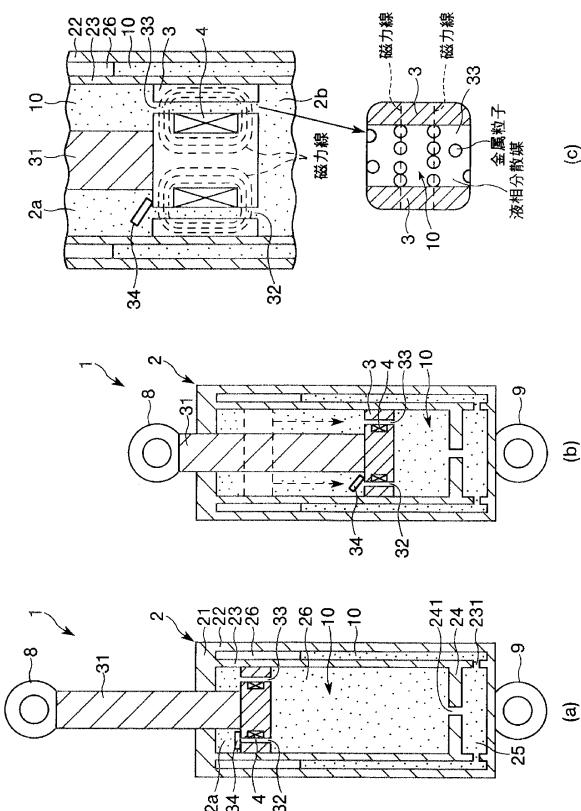
【図1】



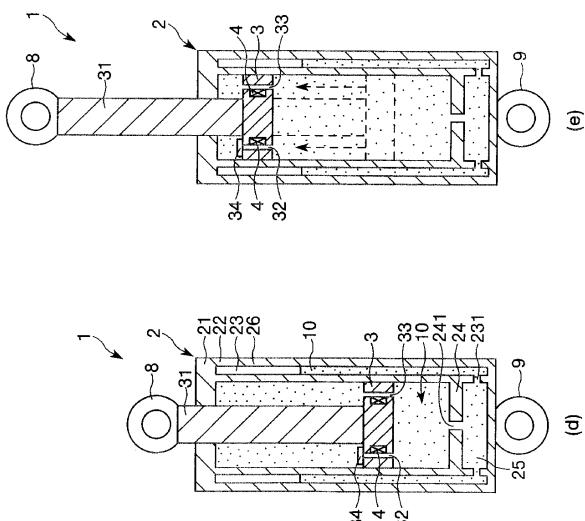
【図2】



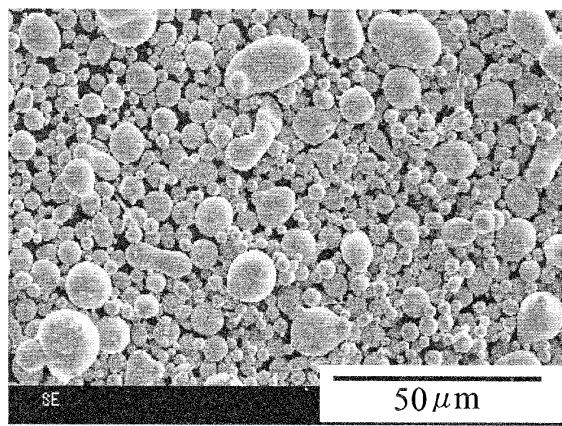
【図3】



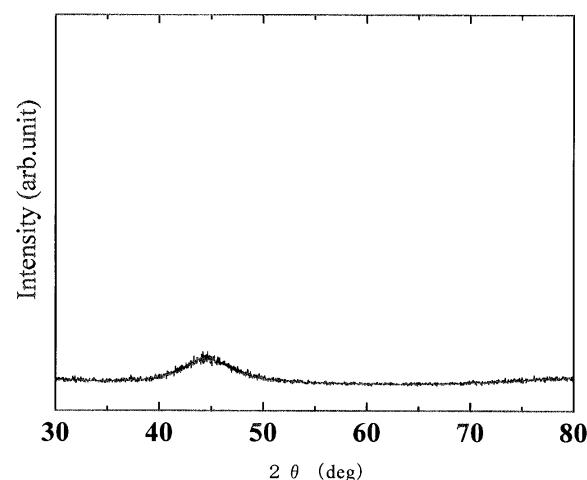
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0051535(US, A1)

特開2004-063798(JP, A)

特開平02-125801(JP, A)

特開平02-180005(JP, A)

特開平4-34207(JP, A)

特開平4-304601(JP, A)

特開2005-180611(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22F 1/00 - 8/00

C22C 1/04 - 1/05

33/02

F16F 11/00 - 15/36

H01F 1/12 - 1/375

1/44