

(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2007-174749

(P2007-174749A)

(43) 公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int. Cl.

H02N 15/04 (2006.01)

F I

H02N 15/04

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2005-365774 (P2005-365774)

(22) 出願日 平成17年12月20日 (2005.12.20)

(71) 出願人 000173784

財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町2丁目8番地38

(74) 代理人 100089635

弁理士 清水 守

(74) 代理人 100096426

弁理士 川合 誠

(72) 発明者 清野 寛

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内

(72) 発明者 長嶋 賢

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内

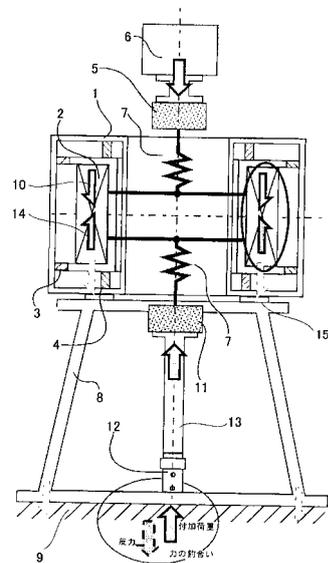
(54) 【発明の名称】 超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置

(57) 【要約】

【課題】断熱荷重支持材への荷重および超電導コイルへの熱侵入を低減し、冷凍機の小型化、小容量化を図ることができる超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置を提供する。

【解決手段】超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置において、超電導コイル2を周方向断熱荷重支持材3と上下方向断熱荷重支持材4で支持したクライオスタット1と、このクライオスタット1の上方に配置される支持物6を有する反磁性体5と、路盤9上に配置される位置調整装置12を介して支持体13により支持される反磁性体11とを備え、前記反磁性体11を前記反磁性体5と前記超電導コイル2の長手方向の中心線上で対向させて、前記反磁性体5により前記超電導コイル2に作用する付加荷重10と対向する付加荷重14を作用させるように構成し、前記上下方向断熱荷重支持材4に作用する荷重を相殺させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 超電導コイル(2)を周方向断熱荷重支持材(3)と上下方向断熱荷重支持材(4)で支持したクライオスタット(1)と、
 (b) 該クライオスタット(1)の上方に配置される支持物(6)を有する反磁性体(5)と、
 (c) 路盤(9)上に配置される位置調整装置(12)を介して支持体(13)により支持される反磁性体(11)とを備え、
 (d) 前記反磁性体(11)を前記反磁性体(5)と前記超電導コイル(2)の長手方向の中心線上で対向させて、前記反磁性体(5)により前記超電導コイル(2)に作用する付加荷重(10)と対向する付加荷重(14)を作用させるように構成し、前記上下方向断熱荷重支持材(4)に作用する荷重を相殺させることを特徴とする超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置。

10

【請求項 2】

(a) 超電導コイル(22)を周方向断熱荷重支持材(23)と上下方向断熱荷重支持材(24)で支持したクライオスタット(21)と、
 (b) 該クライオスタット(21)の下方に配置される支持物(26)を有する強磁性体(25)と、
 (c) 前記クライオスタット(21)の上方に位置調整装置(33)と固定部材(34)を介して吊り下げられる強磁性体(31)とを備え、
 (d) 前記強磁性体(31)を下方に配置される前記強磁性体(25)と前記超電導コイル(22)の長手方向の中心線上で対向させて、前記強磁性体(25)により超電導コイル(22)に作用する付加荷重(30)と対向する付加荷重(35)を作用させるように構成し、前記上下方向断熱荷重支持材(24)に作用する荷重を相殺させることを特徴とする超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置。

20

【請求項 3】

(a) 超電導コイル(42)を周方向断熱荷重支持材(43)で支持したクライオスタット(41)と、
 (b) 該クライオスタット(41)の上方に支持筐体(45)に固定される位置調整装置(46)と固定部材(47)を介して吊り下げられる強磁性体(44)とを備え、
 (c) 前記超電導コイル(42)と前記強磁性体(44)の反発力を利用して超電導コイル部を浮上させて非接触支持することを特徴とする超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電磁力を利用した支持装置やベアリングは非接触であることから高速回転させても損失が少ないという利点がある。

40

【0003】

そのような電磁力を利用した支持装置においては、従来から永久磁石が使用されてきたが、それに使用する永久磁石の発する磁束密度には限界があることから載荷力に限界があった。

【0004】

そこで、重載荷力を増やす一つの方法として、バルク(固まり状態)の超電導物質の反磁性効果と永久磁石の間に働く電磁力を利用する方法が考えられている。例えば、国内ではNEDOの開発(非特許文献1参照)、アメリカではアルゴンヌ研究所(非特許文献2参照)の例がある。

50

【0005】

また、より大きな載荷力を得られるものとして、超電導コイルとバルク超電導物質の相互作用力を利用したものも考えられている（特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2003-219581号公報

【非特許文献1】新エネルギー・産業技術総合開発機構、「フライホイール電力貯蔵要超電導磁気軸受け技術研究開発」

【非特許文献2】T. M. Mulcahy et al.: IEEE Tran. Appl. Superconductivity, Vol. 11, No. 1 (2001), pp. 1729 - 1732.

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記したような電磁力支持装置において、従来の超電導磁石をそのまま使用して大きな荷重を保持させようとする、クライオスタット内で超電導コイルを断熱支持している断熱荷重支持材に大きな荷重がかかってしまう。

【0007】

以下、従来の超電導磁石を用いた電磁力支持装置について詳細に説明する。

【0008】

図5は従来の反磁性体と超電導コイルの反発力利用の電磁力支持装置の模式図である。

【0009】

20

この図において、101はクライオスタット、102は超電導コイル、103は超電導コイルの周方向断熱荷重支持材、104は超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材、105は上方に配置され支持物106を有する反磁性体、107は超電導コイルと反磁性体間の電磁気的な相互作用によって生じる磁気ばね、108は路盤109上に配置され、上記した電磁力支持装置を支持する架台、110は超電導コイルに作用する付加荷重、111は超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材104に作用する付加荷重、112は架台108の脚部に作用する付加荷重、113は路盤109に作用する付加荷重であり、この付加荷重113に対して反力114と力の釣合いがとれることになる。

【0010】

図6は従来の強磁性体と超電導コイルの反発力利用の電磁力支持装置の模式図である。

30

【0011】

この図において、201はクライオスタット、202は超電導コイル、203は超電導コイルの周方向断熱荷重支持材、204は超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材、205は下方に配置され支持物206を有する強磁性体、207は超電導コイルと強磁性体間の電磁気的な相互作用によって生じる磁気ばね、208は路盤209上に配置され、上記した電磁力支持装置を支持する架台、210は超電導コイルに作用する付加荷重、211は超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材204に作用する付加荷重、212は架台208の脚部に作用する付加荷重、213は路盤209に作用する付加荷重であり、この付加荷重213に対して反力214と力の釣合いがとれることになる。

【0012】

40

上記したように、これらの電磁力支持装置は、反磁性体105と超電導コイル102の反発力、または強磁性体205と超電導コイル202の吸引力を利用して支持物106、206を支持する。その際に、従来の超電導コイル102、202では、超電導コイル102、202に加わる電磁力を上下方向断熱荷重支持材104、204でクライオスタット101、201に伝えて、それを架台108、208等を介して路盤109、209等に固定する。

【0013】

なお、ここでは、断熱支持材を上下、左右に分けて説明しているが、一つもしくは一組の部品で上下、左右の荷重支持を担う場合でも機能上は上下、左右の各断熱荷重支持材であり、上記説明と同じである。

50

【0014】

かかる従来の電磁力支持装置の構造では、以下の問題が生じる。

【0015】

(1) 断熱荷重支持材を介して荷重を伝達するため、断熱荷重支持材の高荷重化が必要である。

【0016】

(2) 断熱荷重支持材の高荷重化に伴い、超電導コイルへの熱侵入が増大する。

【0017】

(3) 冷凍負荷が増大することにより、冷凍機の大型・高容量化が必要となる。

【0018】

本発明は、上記状況に鑑みて、断熱荷重支持材への荷重および超電導コイルへの熱侵入を低減し、冷凍機の小型化、小容量化を図ることができる超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置において、超電導コイル(2)を周方向断熱荷重支持材(3)と上下方向断熱荷重支持材(4)で支持したクライオスタット(1)と、このクライオスタット(1)の上方に配置される支持物(6)を有する反磁性体(5)と、路盤(9)上に配置される位置調整装置(12)を介して支持体(13)により支持される反磁性体(11)とを備え、前記反磁性体(11)を前記反磁性体(5)と前記超電導コイル(2)の長手方向の中心線上で対向させて、前記反磁性体(5)により前記超電導コイル(2)に作用する付加荷重(10)と対向する付加荷重(14)を作用させるように構成し、前記上下方向断熱荷重支持材(4)に作用する荷重を相殺させることを特徴とする。

20

【0020】

〔2〕超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置において、超電導コイル(22)を周方向断熱荷重支持材(23)と上下方向断熱荷重支持材(24)で支持したクライオスタット(21)と、このクライオスタット(21)の下方に配置される支持物(26)を有する強磁性体(25)と、前記クライオスタット(21)の上方に位置調整装置(33)と固定部材(34)を介して吊り下げられる強磁性体(31)とを備え、前記強磁性体(31)を下方に配置される前記強磁性体(25)と前記超電導コイルの長手方向の中心線上で対向させて、前記強磁性体(25)により超電導コイル(22)に作用する付加荷重(30)と対向する付加荷重(35)を作用させるように構成し、前記断熱荷重支持材(24)に作用する荷重を相殺させることを特徴とする。

30

【0021】

〔3〕超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置において、超電導コイル(42)を周方向断熱荷重支持材(43)で支持したクライオスタット(41)と、このクライオスタット(41)の上方に支持筐体(45)に固定される位置調整装置(46)と固定部材(47)を介して吊り下げられる強磁性体(44)とを備え、前記超電導コイル(42)と前記強磁性体(44)の反発力を利用して超電導コイル部を浮上させて非接触支持することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、次のような効果を奏することができる。

【0023】

(1) 超電導コイルには荷重が付加されるが、断熱荷重支持材には荷重が付加されないようにすることができる。

【0024】

(2) 断熱荷重支持材の荷重条件が緩和されるので、コイルへの熱侵入を抑制すること

50

ができる。

【0025】

(3) 冷凍負荷を抑制できるので、冷凍機の小型・小容量化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

本発明の電磁力支持装置は、超電導コイル2を周方向断熱荷重支持材3と上下方向断熱荷重支持材4で支持したクライオスタット1と、このクライオスタット1の上方に配置される支持物6を有する反磁性体5と、路盤9上に配置される位置調整装置12を介して支持体13により支持される反磁性体11とを備え、前記反磁性体11を前記反磁性体5と前記超電導コイル2の長手方向の中心線上で対向させて、前記反磁性体5により前記超電導コイル2に作用する付加荷重10と対向する付加荷重14を作用させるように構成し、前記上下方向断熱荷重支持材4に作用する荷重を相殺させる。

10

【実施例】

【0027】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0028】

図1は本発明の第1実施例を示す反磁性体と超電導コイルの反発力を利用した電磁力支持装置の模式図である。

【0029】

この図において、1はクライオスタット、2は超電導コイル、3は超電導コイルの周方向断熱荷重支持材、4は超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材、5は上方に配置される支持物6を有する反磁性体、7は超電導コイルと反磁性体間の電磁的な相互作用によって生じる磁気ばね、8は路盤9上に配置され、上記した電磁力支持装置を支持する架台であり、10は反磁性体5により超電導コイル2に作用する付加荷重である。

20

【0030】

本発明では、さらに、下方に反磁性体11を配置する。つまり、位置調整装置12を介して支持体13により反磁性体11を、上方に配置される反磁性体5と前記超電導コイル2の長手方向の中心線上で対向させて、反磁性体5により超電導コイル2に作用する付加荷重10に対向する付加荷重14を作用させるように構成する。なお、本実施例では、クライオスタット1の下に配置したロードセル15で断熱荷重支持材4への付加荷重をモニタして位置調整装置12で反磁性体11の高さを調整して付加荷重14と付加荷重10の絶対値を合わせている。

30

【0031】

このように、超電導コイル2に作用する付加荷重10と付加荷重14が同じ値で対向しているために、従来は、超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材4に作用していた付加荷重10と付加荷重14が相殺されて、支持物6を支えるための新たな付加荷重が断熱荷重支持材にかからなくなる。

【0032】

したがって、断熱荷重支持材への荷重を低減することができ、断熱荷重支持材の構造体を小型化することができるため、超電導コイルへの熱侵入を低減することができる。よって、冷凍負荷が低減されることにより、冷凍機の小型化・小容量化を達成することができる。

40

【0033】

図2は本発明の第2実施例を示す強磁性体と超電導コイルの反発力を利用した電磁力支持装置の模式図である。

【0034】

この図において、21はクライオスタット、22は超電導コイル、23は超電導コイルの周方向断熱荷重支持材、24は超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材、25は下方に配置される支持物26を有する強磁性体、27は超電導コイルと強磁性体間の磁気ばね、28は路盤29上に配置され、上記した電磁力支持装置を支持する架台、30は強磁性体

50

25により超電導コイル22に作用する付加荷重である。

【0035】

本発明では、さらに、上方に強磁性体31を配置する。つまり、この強磁性体31は支持筐体32に固定される位置調整装置33と固定部材34を介して吊り下げられ、下方に配置される強磁性体25と前記超電導コイル22の長手方向の中心線上で対向させて、強磁性体25により超電導コイル22に作用する付加荷重30に対向する付加荷重35を作用させるように構成する。なお、本実施例では、クライオスタット21の下に配置したロードセル36で断熱荷重支持材24への付加荷重をモニタして位置調整装置33で強磁性体31の高さを調整して付加荷重35と付加荷重30の絶対値を合わせている。

【0036】

このように、超電導コイル22に作用する付加荷重30と付加荷重35が同じ値で対向しているために、従来は、超電導コイル22の上下方向断熱荷重支持材24に作用していた付加荷重30と付加荷重35が相殺されて、支持物26を支えるための新たな付加荷重が断熱荷重支持材にかからなくなる。

【0037】

したがって、断熱荷重支持材への荷重を低減することができ、断熱荷重支持材の構造体を小型化することができるため、超電導コイルへの熱侵入を低減することができる。よって、冷凍負荷が低減されることにより、冷凍機の小型化・小容量化を達成することができる。

【0038】

本発明を適用することで、超電導コイルに加わる大きな力は、断熱荷重支持材に付加されなくなる。

【0039】

図3は本発明の第3実施例を示す強磁性体と超電導コイルの吸引力を利用した電磁力支持装置の模式図である。

【0040】

この図において、41はクライオスタット、42は超電導コイル、43は超電導コイルの周方向断熱荷重支持材、44は上方に配置される強磁性体であり、この強磁性体44は支持筐体45に固定される位置調整装置46と固定部材47を介して吊り下げられる。48は超電導コイル42と強磁性体44間の電磁的な相互作用によって生じる磁気ばねである。なお、51は架台、52は路盤である。

【0041】

この実施例では、強磁性体44により、超電導コイル42には上方に引き上げられる付加荷重49が作用するので、本来は必要であった上下方向断熱荷重支持材をなくすることができる。その代わりに変位ストッパー50を超電導コイル42の上下方向のクライオスタットの容器に配置するようにしている。

【0042】

このように、超電導コイルと強磁性体の吸引力を利用して超電導コイル部を浮上させて非接触支持するようにして超電導コイル部分への熱侵入を低減することができる。

【0043】

なお、超電導コイルを使用するためには4Kまで冷却しなければならない。この4Kを維持していくためにクライオスタット外部から極力熱侵入を低減する必要がある。通常、断熱荷重支持材からの熱伝導と輻射熱が熱侵入になるが、コイルを非接触で支持した場合、熱侵入は輻射のみとなり大幅に低減することができる。これにより冷凍機の小型・小容量化および冷媒の供給時間の大幅な延長が可能となる。

【0044】

図4は本発明にかかる強磁性体と超電導コイルの吸引力を利用した電磁力支持装置の鉄片の磁気吸引力を測定した結果の一例である。ここで、横軸はクライオ表面からのZ寸法、縦軸は磁気吸引加速度(G)であり、超電導磁石は0.5T()、1.0T()、2.0T()、1.5T()について表示されている。Tはテスラを示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

図 4 から明らかなように、超電導コイル中心からの距離が近い場合、吸引力は位置の指数関数的に急上昇するが、十分な距離が保てれば、吸引力と位置の関係は一次関数的になっているため、鉄片の位置を調整することで十分吸引力を制御することができる。

【 0 0 4 6 】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 7 】

本発明の超電導磁石装置を用いた電磁力支持装置は、各種の支持物を磁気浮上させるための装置として利用可能である。 10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 8 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施例を示す反磁性体と超電導コイルの反発力を利用した電磁力支持装置の模式図である。

【 図 2 】 本発明の第 2 実施例を示す強磁性体と超電導コイルの反発力を利用した電磁力支持装置の模式図である。

【 図 3 】 本発明の第 3 実施例を示す強磁性体と超電導コイルの吸引力を利用した電磁力支持装置の模式図である。

【 図 4 】 本発明にかかる強磁性体と超電導コイルの吸引力を利用した電磁力支持装置の鉄片の磁気吸引力を測定した結果の一例を示す図である。 20

【 図 5 】 従来の反磁性体と超電導コイルの反発力利用の電磁力支持装置の模式図である。

【 図 6 】 従来の強磁性体と超電導コイルの反発力利用の電磁力支持装置の模式図である。

【 符号の説明 】

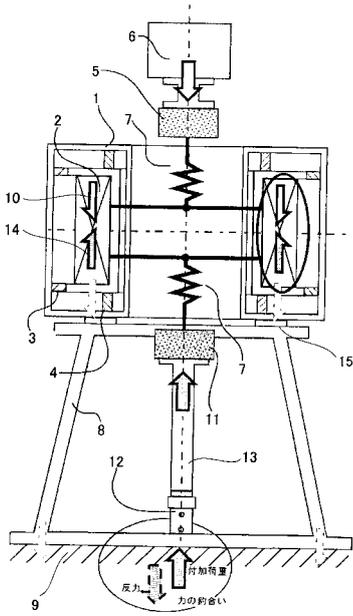
【 0 0 4 9 】

- 1 , 2 1 , 4 1 クライオスタット
- 2 , 2 2 , 4 2 超電導コイル
- 3 , 2 3 , 4 3 超電導コイルの周方向断熱荷重支持材
- 4 , 2 4 超電導コイルの上下方向断熱荷重支持材
- 5 , 1 1 反磁性体
- 6 , 2 6 支持物
- 7 超電導コイルと反磁性体間の磁気ばね
- 8 , 2 8 , 5 1 架台
- 9 , 2 9 , 5 2 路盤
- 1 0 , 1 4 , 3 0 , 3 5 , 4 9 付加荷重
- 1 2 , 3 3 , 4 6 位置調整装置
- 1 3 支持体
- 1 5 , 3 6 ロードセル
- 2 5 , 3 1 , 4 4 強磁性体
- 2 7 , 4 8 超電導コイルと強磁性体間の磁気ばね
- 3 2 , 4 5 支持筐体
- 3 4 , 4 7 固定部材
- 5 0 変位ストッパー

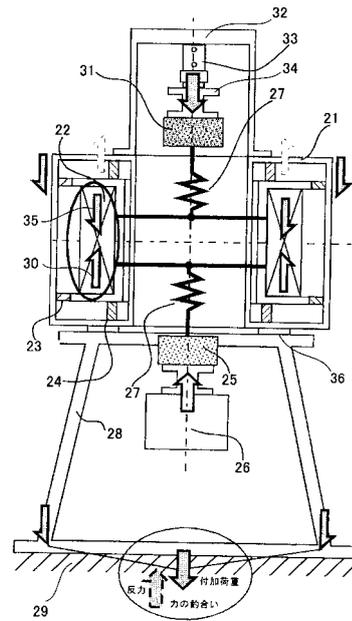
30

40

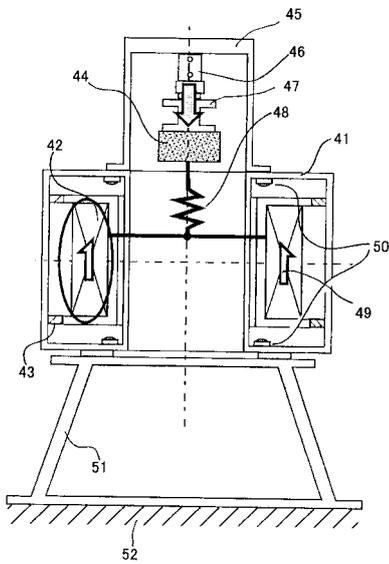
【図1】



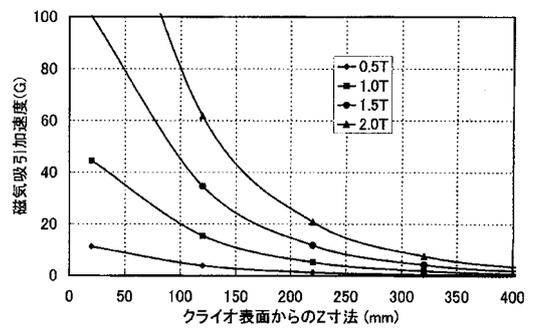
【図2】



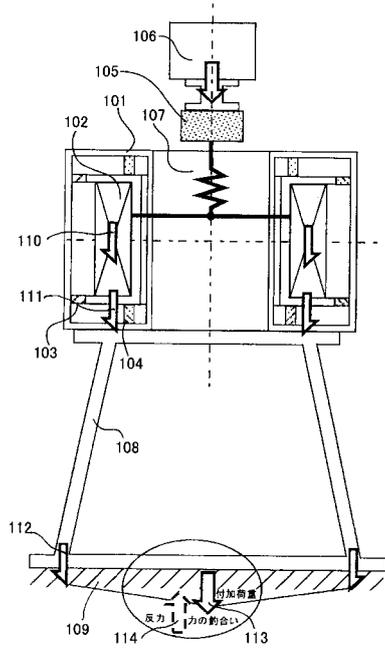
【図3】



【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】

