

(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2006-292165

(P2006-292165A)

(43) 公開日 平成18年10月26日(2006.10.26)

(51) Int.CI.

F 1

テーマコード(参考)

F 16 F 6/00 (2006.01)
 E 05 F 5/02 (2006.01)
 E 05 C 19/16 (2006.01)

F 16 F 6/00
 E 05 F 5/02
 E 05 C 19/16

A
Z

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L 外国語出願 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2006-24264 (P2006-24264)
 (22) 出願日 平成18年2月1日 (2006.2.1)
 (31) 優先権主張番号 11/051,569
 (32) 優先日 平成17年2月3日 (2005.2.3)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 505220239
 ジョン マッケン
 John Macken
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95
 404, サンタ ローザ, ツイン ピラー
 ウェイ 233
 233 Twin Pillar Way
 , Santa Rosa, CA 9540
 4
 (74) 代理人 100077779
 弁理士 牧 哲郎
 (74) 代理人 100078260
 弁理士 牧 レイ子
 (74) 代理人 100086450
 弁理士 菊谷 公男

最終頁に続く

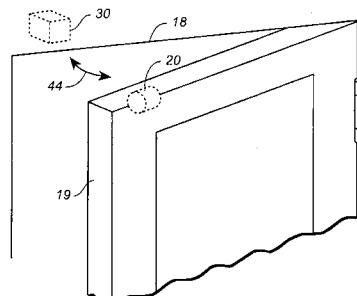
(54) 【発明の名称】エネルギー吸収式磁石連結装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】第1磁石アセンブリを第2磁石の磁界を横切るように移動させ、運動エネルギーを除去(減速する)することにより、閉じようとするドアを減速させ、所定位置に保持することができる非接触の連結装置を提供する。

【解決手段】第1磁石アセンブリ20は、例えば円筒状の空間に収容した直径磁化された円筒型磁石などのように、回転可能にした磁石からなり、ドア19上部に埋め込まれる。第2磁石30永久磁石でドア枠18内部に埋め込まれる。代磁石アセンブリ20と第2磁石30は、ドア19を閉じると接近するように配置され、ドアの閉まる速度を落とし、ドア枠に対して所定の位置でドアを静かに停止させることができる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

筐体内に回転可能に保持され、回転運動に対し十分な抵抗がかかるようにした第1の磁石からなる回転磁石アセンブリと、

磁気軸を有する参照磁石とを備え、

前記回転磁石と前記参照磁石が、最接近ポイントを有する所定の移動線に沿って、平行を保ちながら相対して移動できるようにし、

前記第1磁石が前記の相対移動により発生するトルクを受けて前記筐体内で回転するよう前に前記参照磁石の磁気軸を方向付け、前記第1磁石にかかる抵抗がこの回転運動からエネルギーを抽出し熱変換するようにし、前記相対移動が前記最接近ポイントで停止するようにした、エネルギー吸収式磁石連結装置。10

【請求項 2】

前記第1磁石の前記筐体内での回転が、回転運動に十分な抵抗を及ぼす粘性物質により抑制されたようにした、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 3】

前記第1磁石の前記筐体内での回転が、該第1磁石と該筐体との間の摩擦により抑制されたようにした、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 4】

前記第1磁石が球体である、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 5】

前記筐体の内部空間が球状に形成されている、請求項4に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。20

【請求項 6】

前記第1磁石が直径磁化された円筒である、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 7】

前記筐体の内部空間が円筒状に形成されている、請求項6に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 8】

前記第1磁石がネオジム鉄ホウ酸磁石で形成されている、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。30

【請求項 9】

前記参照磁石の磁気軸が、前記移動線に対して傾斜している、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 10】

エネルギーの除去量が最大になる位置に前記第1磁石を方向付ける手段をさらに有している、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 11】

前記第1磁石を方向付けるための前記手段が、バイアス磁石からなる、請求項10に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。40

【請求項 12】

前記第1磁石を方向付けるための前記手段が、前記第1磁石の重量分布を不均衡にすることからなる、請求項10に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 13】

前記第1磁石が第1磁石磁気軸を有すると共に、該第1磁石の回転の中心となる回転軸が、該第1磁石磁気軸、前記移動線、及び、前記参照磁石の磁気軸、の全てに対し垂直である、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装置。

【請求項 14】

固定されている前記参照磁石が、複数の磁石をそれぞれの磁極が交互になるように並べて形成した多極型磁石アセンブリからなる、請求項1に記載のエネルギー吸収式磁石連結装50

置。

【請求項 1 5】

磁気軸を有する第 1 磁石と、

前記第 1 磁石を前記磁気軸に対しほぼ垂直の回転軸を中心に回転するよう保持する筐体とを備え、

前記筐体には前記第 1 磁石に所定量の抵抗をかける手段を設けて、前記第 1 磁石が回転すると所定量のエネルギーが消失するようにした、回転磁石装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 磁石が球体磁石からなる、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 磁石が直径磁化された円筒型磁石からなる、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 8】

所定量の抵抗をかける前記手段が、前記筐体と前記第 1 磁石の両方に接する粘性物質によるものである、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 9】

所定量の抵抗をかける前記手段が、前記筐体と前記第 1 磁石の間の摩擦によるものである、請求項 1 5 に記載の回転磁石装置。

【請求項 2 0】

前記回転磁石装置が、前記第 1 磁石に作用して前記磁気軸を所定の方向に傾かせるバイアス手段を有する、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 2 1】

前記筐体が非磁性体物質で形成されている、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 2 2】

前記回転磁石装置を第 2 磁石に接近移動させると、前記第 1 磁石が回転して前記エネルギー消失が起り、前記移動が抑制するようにした、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 2 3】

第 2 磁石を前記回転磁石装置に接近移動させると、前記第 1 磁石が回転して前記エネルギー消失が起り、前記移動が抑制するようにした、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 2 4】

前記筐体をドアに固定し、ドアが閉じる時のエネルギーを除去するようにした、請求項 1 5 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、大別的にはラッチ機構と閉まる時の仕組みに関するもので、より具体的には、ドアの閉まる速度を落とし、ドア枠に対して所定の位置で静かにドアを停止させるために活用できる、改良された磁石連結装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

通常、部屋のドアはラッチ機構により閉じた状態に保持されている。このラッチ機構を外すには、ドアのハンドルを回さなければならない。一方、キャビネットやクローゼットのドアにはラッチ機構がない場合が多く、大抵の場合、ドアのハンドルを引くだけで開けられるようになっている。このようなドアには、勝手に開いてしまうのを防ぐために、各種の装置が用いられている。ドアを開いた状態または閉じた状態に保持する装置を「ドアキャッチ」と言うが、バネ式ヒンジ、ボール式デント、ローラ式キャッチ、磁石式キャッチの 4 種類が一般的である。磁石式キャッチは、ドア枠に磁石を設け、ドアに金属片をつけたものである。

【0 0 0 3】

これらのドアキャッチに、ドアが閉まる時のエネルギーを吸収する手段を設けると、非常に有効的であることはあまり認識されていない。エネルギー吸収手段のないドアは、そ

10

20

30

40

50

っと閉めないと戸当たりにぶつかって跳ね返り、ふたたび開いてしまう。エネルギーを吸収する性質は、吸引力か反発力のどちらか一方しか有さない2つの磁石を用いても得ることができない。吸着する2つの磁石を用いると、ドアが閉まるのを加速し、開くのを減速してしまう。反発する2つの磁石を用いるところが逆になる。いずれにせよ、エネルギーを吸収する機能はない。ラッチを使わない単純な磁石によるドアの場合は、なんらかの方法でエネルギーを一定範囲に抑えながら閉めるようにしないと、ドアが跳ね返って開いてしまうことが多い。

【0004】

従来のドアラッチ機構には、磁石の反発力を利用してドアの閉まる速度を下げるものがある。しかし、磁石の反発力には弾性があるため、跳ね返った場合、ドアにエネルギーが戻ってしまう

10

【0005】

例えば、米国特許第5,782,512号は、第1エレメント及び第2エレメントからなり、第2エレメントを第1エレメントに着脱させる磁界ラッチ構造を開示している。この磁界ラッチ構造は、永久磁石または電磁石を使用して、第1及び第2エレメントの緩衝、位置決め、ラッチングを行う。この磁界ラッチ構造では、第1及び第2エレメントが近づくと、両エレメントに設けた磁石がお互いに反発して破断荷重をおこし、両エレメントの対向速度を低下させる。第1及び第2エレメントが係合すると、磁石は第1及び第2エレメントを定位置に固定し、振動とガタつきを最少に抑えるようになっている。

【0006】

米国特許第6,588,811号は、第1の磁石をドアに外設または内蔵し、第2の磁石を壁や各種ドア枠や土台などのドアに対向する構成物に外設または内蔵してなる、磁石によるドアストップまたはラッチを開示している。磁石ドアストップは、ドアが対向部材に近づくと磁石に反発力が作用して、ドアが対向部材に叩きつけられるのを防ぐようになっている。この磁石ドアストップまたはラッチは、反発させる設定と、ドアを閉めた状態に保持する時の吸着させる設定とを、切換えることができる。

20

【0007】

以上の特許は、本発明者が知っている現在の技術を示すものである。本発明の請求項の審査に関連性のある情報を開示するという出願人の誠実義務を果たすことの一環として、これらの特許を参照し、考察した。しかし、上記特許はどれも、単独でも、組み合わせたとしても、ここに説明し請求する本発明を、開示したり示唆したり、自明化するものではない。

30

【0008】

本発明は、エネルギーを吸収して熱に変換するものである。本発明は、ドアの閉じる速度を緩やかに減速させて、ドアを所定の位置で静かに停止させることのできる、非接触型の装置である。また、本発明は、非接触型磁石ブレーキとして、別の用途に応用することもできる。さらに、本発明は、2つの構成物の相対位置を探し出し、その位置に保持することのできる非接触型連結装置として使用することもできる。

【発明の開示】

【0009】

本発明に係るエネルギー吸収式磁石連結装置は、磁石によるブレーキング（エネルギー吸収）及び磁石によるポジショニングの両方を行うことのできる非接触型磁石装置である。この装置の用途の一例としてドアキャッチがある。この装置は、ドアの閉まる速度を下げるドアをゆっくり静かに停止させて、所定の位置で保持することができる。

40

【0010】

本装置の物理的原理は、磁石（回転磁石）を正しく設置して、別の磁石（参照磁石）のフリンジ磁界を横切るように移動させると、回転磁石が回転するというものである。回転磁石に摩擦抵抗や粘性抵抗がかかり回転運動が抑制されると、2つの磁石間の磁力により直進運動も抑えられる。例えば、回転磁石センサリをドア枠に設置し、参照磁石をドアの上端部に設置すると、2つの磁石間に物理的接触がなくても、閉じようとするドアの運

50

動エネルギーが摩擦熱に変換される。さらに、2つの磁石は、所定の最接近ポイントでドアを保持しようとする。

【0011】

好みしい実施形態は、内部を円筒状に成形した筐体に、円筒型の回転磁石を収容して構成する。円筒型磁石は直径方向に磁化する。円筒型磁石は、筐体内で回転可能に設置するが、回転運動は粘性物質により発生する相当量の抵抗により抑制される。回転磁石は、参照磁石と相対しながら、所定の移動線に沿って移動できるようになる。この2つの磁石には最接近するポイントがあるが接触はしない。円筒型磁石は、移動線に沿って移動するとトルクを受け筐体内で回転する。円筒型磁石にかかる粘性抵抗により、この回転運動からエネルギーが抽出され熱変換される。この円筒型磁石の構成により、適量の抵抗が生じると、回転磁石と参照磁石の相対運動に対抗する磁力が発生し、ドアの速度を落とす。また、両磁石は、その相対運動を再接近ポイントで停止すると共に、このポイントから外れようとする動きに抵抗する。

【0012】

本発明では、エネルギー除去量が最大になるように回転磁石を方向付けるための「バイアス手段」についても開示する。このバイアス手段は、重力バイアスまたは磁力バイアスのどちらによってもよい。

【0013】

従って、本発明の目的は、ドアが閉まる速度を緩やかに落とし、ドアを所定位置で静かに停止させることのできる、新しくかつ改良された非接触型の装置を提供することである。

【0014】

本発明の別の目的は、新しくかつ改良された、非接触型磁石ブレーキを提供することである。

【0015】

本発明のまた別の目的または特徴は、2つの構成物の相対位置を探し出し、その位置に保持することのできる、新しくかつ改良された非接触型連結装置を提供することである。

【0016】

本発明のさらに別の目的は、新規のエネルギー吸収式磁石連結装置を提供することである。

【0017】

本発明の構成と使用方法に関して、本発明を特徴付けるその他の新規な特性及びさらなる目的と効果については、好みしい実施形態を例として挙げている後述の詳細な説明及び添付の図面を参考して考察すれば、より理解されるだろう。ただし、当該図面はあくまでも説明の為の図であり、本発明の権利範囲を規定するものではないことは明白である。本発明を特徴付ける新規性を有する様々な特性は、本明細書の一部をなす後述の請求項において具体的に説明する。本発明は、これらの特性の一つ一つに単独で存在するものではなく、以下に明記する機能を奏すようにそのすべての機構を特定に組み合わせたところに存在するものである。

【0018】

従って、以上に本発明の特に重要な特性について広く概説したのは、後述の詳細な説明をより理解しやすくし、本発明の当技術分野に対する貢献度をより明白にするためである。よって当然ながら、以下の詳細説明には、本発明のさらなる特性が含まれてあり、請求項においても新たな主題を形成している。当業者には理解されることだが、ここに開示する内容の基礎をなす構想は、また別の構成や方法、システムをデザインするための基礎として用い、本発明のいくつかの目的を達成することもできる。従って、本発明の精神と範囲を超えない限り、請求項は同等の構成を含むと考えられる。

【0019】

また、要約書は、本発明を簡潔にわかりやすくまとめたものである。要約書は、請求項で評価されるべき本願発明を定義するものではなく、また、本発明の範囲を限定するもの

でもない。

【0020】

後述の詳細な説明において使用している専門用語やその関連用語は、参照の際の便宜のために使用するのみであり、制約的なものではない。例えば、「上方に」「下方に」と言った場合、特に記載がない限り、参照している図面における方向を指しているものである。また、それぞれの装置の幾何学的な中心やその特定の部位に対して、「内側へ」と言った場合は向かっていく方向を指し、「外側へ」と言った場合は離れていく方向を指している。単数形、複数形についても、特に記載がなければ代替可能である。

【図面の簡単な説明】

【0021】

後述の詳細な説明を参考すれば、本発明はさらにわかりやすく、上述したもの以外の目的もより明解になる。また、詳細な説明では、次の通り添付図面を参照する。

【図1】図1は、本発明によるエネルギー吸収式磁石連結装置の2つの構成物を、ドアとドア枠に設置した状態の斜視図である。

【図2】図2は、磁石とその磁場線の向きを表したものである。

【図3】図3は、固定磁石と、その磁気軸に対し垂直に移動する回転磁石を図示したものである。

【図4】図4は、固定磁石と、その磁気軸に対し概ね平行に移動する回転磁石を図示したものである。

【図5】図5は、球体型回転磁石を用いたエネルギー吸収式磁石連結装置の斜視図である。

【図6】図6は、円筒型回転磁石を用いたエネルギー吸収式磁石連結装置の斜視図である。

【図7】図7は、円筒状筐体に円筒型磁石を収容してなる、好ましい実施形態の斜視図である。

【図8】図8は、図7に示した好ましい実施形態の断面図である。

【図9】図9は、多極型参照磁石を用いた実施形態の断面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

図1から図9に、本発明による新しくかつ改良されたエネルギー吸収式磁石連結装置を図示する。図面中、同様の部材には同じ番号を付した。

【0023】

本発明は、閉じようとするドアからエネルギーを除去し(つまり減速させ)、閉じたドアを所定位置に保持することのできる非接触型の手段として、おそらく最も幅広く利用されうるものである。一方、本発明の原理は、非接触型ブレーキ手段及び非接触型連結手段を要する他の用途にも幅広く活用できる。従って、本発明は、ドアへの使用に限定されるべきものではない。

【0024】

通常、部屋のドアは、ラッチ機構により閉じた状態に保持されている。このラッチ機構を外すには、ドアのハンドルを回さなければならない。一方、キャビネットやクローゼットのドアにはラッチ機構がない場合が多く、大抵の場合、ドアのハンドルを引くだけで開けられるようになっている。このようなドアには、勝手に開くのを防ぐための装置が使われており、これを一般に「ドアキャッチ」と呼ぶ。

【0025】

これらのドアキャッチに、ドアが閉じるときのエネルギーを吸収する手段を設けると、非常に効果的であることはあまり認識されていない。エネルギー吸収手段のないドアは、そっと閉めないと戸当たりにぶつかって跳ね返りまた開いてしまう。磁石を2つ使用したとしても、通常の磁石にはエネルギー吸収性はないため、ドアを閉じた状態に保持する手段としてはあまり用いられていない。磁石によりドアを閉じた状態に保持する仕組みが用いられているものには、ロック機構が取付けられていることが多いが、このような装置は

接触型であるため、動きが急速で音がうるさく少量のエネルギーしか吸収できない。従って、閉じようとするドアから最適な量のエネルギーを除去し、所定位置にドアを保持することのできる、非接触型の静かな装置が望まれている。

【0026】

図1は、少し開いたドア19とドア枠18の上部の斜視図である。この図は、非接触型磁石連結装置の典型的な配置例を図示するためのものである。永久磁石30(仮想線)は、ドア枠内部に埋め込まれている。この磁石は、後続の図面に図示するエネルギー吸収式磁石連結装置の一部である。また、ドアの上部に埋め込まれた第2の円筒型磁石20も図1に図示する。エネルギー吸収式磁石連結装置のその他の部品は、図1には図示しない。磁石20及び30は、ドアを閉じると近接(ただし非接触で)するように設置する。矢印44は、ドアの開閉方向を示している。

【0027】

本発明は、閉じようとするドアからエネルギーを除去すると共に、2つの磁石を所定の位置に配置することでドアを閉じた状態に保持することができる、非接触型連結装置を提供することを目的とする。本発明の仕組みを説明する前に、まず、永久磁石の磁力線のパターンについて説明する。

【0028】

図2に、永久磁石10と、そのN極のN、S極のSを図示する。この磁石の磁気軸11を、磁石の表面上で最も強力なN極とS極を結ぶ仮想線で図示する。磁石の磁界は、短く切った複数の針金15を使って視覚化することができる。針金は、磁界に沿って向きを変えるため、各区域の磁界パターンが明らかになる。

【0029】

図2には、ポイント16Aから16Mの間などに、複数の短い矢印も図示してある。この矢印は、針金15による線分と同様であるが、N極からS極への磁界の伝播にのせて、磁界の向きを示したものである。例えればつまり、コンパスの針や棒磁石がそれぞれの位置で指すであろう方向を示している。

【0030】

小さな棒磁石を全方向に回転可能なようにして、まず16Aに置き、それから16Mまで直進させると、棒磁石は局所磁場に合わせて向きを変える。つまり、棒磁石はフリンジ磁界を横切って直進しながら回転する。具体的には、16Aから16Mまで直進する間に、磁石はその2点間の矢印が示す通り180度回転する。この回転量は、直進移動の始点と終点によって変化する。16Aから16Mを結ぶ線は、磁気軸11に対して垂直である点が重要である。

【0031】

また、17Aから17Mの間にも複数の矢印がある。この2点を結ぶ線は、磁気軸11に対し平行になる(以降、平行線とよぶ)。この平行線の長さや、磁石からの距離は、前述の16Aから16Mの間の垂直線と同じであるが、棒磁石の回転量は、17Aから17Mを直進させたほうがより多くなる(約270度)。どちらの線も、両端を無限に延ばしていくければ棒磁石はいずれ360度回転することになる。しかし、磁石からの距離が伸びれば磁界の強度は弱まっていく。直進距離を比較的強い磁界内に限定すれば、磁石は常に、垂直線よりも平行線に沿って移動した方がより多く回転する。

【0032】

図3は、図2をさらに発展させた図で、固定した磁石10Aと、その磁気軸11Aを図示している。図3の磁石14には、球体または円筒型の磁石を用いる。磁石14が円筒型の場合、図で円形に見えているのが筒の端面である。矢印13は、磁石の磁気軸を示すと共に、矢尻が磁石のN極を指しているので、磁化方向も表している。磁石14が円筒型であれば、磁化方向は筒径に渡っているということである。この磁化方向を、「直径磁化」と呼ぶ。わかりやすいように、直径磁化された円筒を磁石14としているが、同様の性質を有していれば、立方体の磁石など、別形状の磁石を用いてもよい。

【0033】

10

20

30

40

50

図3の複数の円は、始点14Aから終点14Fまで移動する円筒型磁石14の動きを表している。円筒型磁石を14Aから14Fまで移動させると、磁気軸13の矢印も13Aから13Fまで約90度回転する。この動きから、円筒型磁石は円筒軸を中心に自由に回転可能になっているということがわかる。よって磁気軸は、図2で説明したように、常に局所磁場に合わせて向きを変える。この回転可能な円筒型磁石14は、常に磁石10Aに引き付けられ、各位置での磁気方位は13Aから13Fの矢印で表す通りになる。

【0034】

磁石14は、矢印44が示す移動線に沿った動きしかしないことが予測されるが、そうすると、磁石14の磁力が14Fの位置で移動線44と垂直になるため、磁石14は14Fで停止する。つまり14Fは、磁石14が磁石10Aに最も接近するポイントであり、磁力による吸着力が最も強くなるため、磁石14が14Fからまた逆方向に回転し離れていくのを防ぐのである。

【0035】

ここで、14Aに位置する円筒型磁石14に、磁石10Aの磁界に反する動きをさせたとする。例えば、小さい矢印15Aの示す方向に磁気方位を90度回転させたとすると、円筒型磁石14には、磁石10Aの磁界にあわせて戻ろうとするトルクが発生する。また、磁石10Aと14Aの間には反発力が発生する。

【0036】

磁石14を回転させながら14Aから14Fまで直進させる時に、適度な摩擦をかけ回転を抑制すると、磁石14の動きは、摩擦のない状態での動きより遅れ、14Aから14F間を直進運動に磁石の反発力がかかり、運動エネルギーは回転磁石の摩擦熱に変換される。

【0037】

直進運動は、最接近ポイントの14Fで止まろうとする。後に詳述するが、摩擦源としては粘性抵抗が好ましい。粘性抵抗は固まることがなく、抵抗値は回転速度に依存するからである。つまり、図3において円筒型磁石が最接近ポイントの14Fで停止すると、磁気軸13Fは最終的に磁石10Aの磁界に揃うということである。

【0038】

この原理を、ドアに応用することができる。すなわち、磁石10Aのような固定磁石をドア枠に設置し、磁石14のような回転磁石をドアに設置すると（または逆も可）、閉じようとするドアから、非接触の状態でエネルギーを除去することができる。また、回転磁石は図3のポイント14Fから離れようとする力に抵抗するので、ドアを閉じた状態に保持することができる。詳しい説明は後述する。

【0039】

図3では、回転磁石の磁気方位は13Aから13Fまで90度回転している。また、磁気軸の最初の向きを矢印15Aに合わせた場合は、13Fの位置まで180度回転したことになる。図3に図示されている15Aと同様の複数の小さい矢印は、各位置で最大トルクを発生する磁気方位を表している。実際の各位置での磁石の向きは、直進移動の速度や、磁石の強度、回転磁石にかかる抵抗値など、様々な条件によって決まる。

【0040】

摩擦により除去できるエネルギー量は、回転磁石の回転量によって決まるため、回転量が多い方が望ましい。図4は、図3の例よりも、回転磁石の回転数が多くなる配置を図示している。図4の磁石10AAは、図3の磁石10Aにあたるものだが、磁石10AAと磁気軸11AAの位置付けが違っている。図3では、磁気軸11Aは直進方向44に対しおよそ垂直をしており、この直進移動は、図2の16Aから16Mの垂直線に対応するものである。図4では、磁気軸11AAは直進方向とほぼ平行をしており、これは、図2の17Aから17Mの平行線に対応するものである。ただし、磁気軸11AAは、矢印44の示す直進方向と完全に平行ではない。磁気軸11AAは、アングル12の分、矢印44との平行線から外れている。

【0041】

10

20

30

40

50

図4は、円筒型磁石の14AAから14FFまでの進行過程を表している。前述の図3と同様の動きであるが、アングル12があるため、最接近ポイント14FFが磁石10AAの一角になり、図3のように磁石10AAの中央ではなくなっている。

【0042】

図3では磁気方位13AAから13Fまで約90度回転しているが、13AAから13Fの間では、約210度になる。小さい矢印15AAは、図3で説明した通り、トルクが最大になる90度方向を示している。14AAの回転磁石をこの位置まで動かすと、15AAから14FFまでの総回転量は約300度に達する。図3の直進移動では、これは約180度である。よって図3よりも図4の位置付けの方が、より回転量が多くなる。

【0043】

図4の磁石10AAは、直進方向44に対しアングル12の分だけ傾斜している。傾斜をつける理由は、停止ポイントを14FFの1点だけにするためである。磁気軸11AAが直進方向44と平行だと、円筒型磁石14が停止することのできる安定ポイントが2点存在し、この2つのポイントは磁石10AAのそれぞれの頂角に並んでいる。つまり、力の入れ具合によって、ドアは2つのポイントのいずれかで停止することになる。この問題を解決し、1点で停止させるには、ほんの少し傾斜をつければよい。最適な傾斜角は、磁気的及び幾何的因素によって変わるために、実験で求めるしかない。

【0044】

図5及び図6は、エネルギー吸収式磁石連結装置の2つの実施例を、斜視図で表したものである。図5は、磁気軸21Aを有する球体磁石20Aを筐体22Aに収容してなるエネルギー吸収式磁石連結装置50を図示している。図5の筐体22Aは、非磁性体の薄板から成形する。この筐体には球体磁石よりも径の小さい穴23Aと23AAがあり、その両方から球体磁石の一部が出るようにして、球体磁石を筐体に嵌合する。球体磁石は自由に回転できる状態にする。球体が回転すると、所定の強度の摩擦抵抗がかかるが、この摩擦強度は、筐体22A内部の弾性により調整することができる。このような磁石と筐体の組み合わせを「回転磁石アセンブリ」と呼び、球体磁石と筐体の組み合わせ40Aはその一例である。

【0045】

図5には、第2の磁石30Aも図示する。磁石30Aの形状は重要ではないが、球体磁石の直径と外寸を同じくする円筒または立方体が適している。この磁石を「参照磁石」と呼ぶ。参照磁石は、回転磁石アセンブリの直進方向(矢印44)に対して垂直の磁気軸31Aを有している。前述のように、この磁気軸の角度を変えて設置することもできる。図5には、もう一つ別の直進方向47を示しているが、これについては後述する。

【0046】

参照磁石30Aと回転磁石アセンブリ40Aのどちらも、矢印44のベクトルに沿った動きしか生じない外部構成材に設置するため、お互いに接触することはない。例えば図1のように、一方の磁石をドア枠に、もう一方をドアに設置してドアを閉めれば、目的とする動きが矢印44に沿って一次元で生じる(少し弧を描いているのはドアのヒンジによる動きのためであり、ここでは無視してよい)。また、参照磁石と回転磁石アセンブリのどちらを動かすことにもよい。肝心なのはこの2つの部材の相対的な動きである。後続図面においては回転磁石の方を動かしているが、これは記述の統一のために過ぎない。

【0047】

本発明による装置には、強くてコンパクトな磁石が最も適している。従って、希土類磁石、特にNdFeB磁石として知られるネオジム鉄ホウ酸磁石が好ましい。

【0048】

図6は、エネルギー吸収式磁石連結装置の別実施例である。図5と類似した例であるが、図5の球体磁石20Aに代えて、円筒型磁石20Bを使用している。図6の非磁性体の筐体22Bには、長方形の穴23B及び23BBがあり、ここに円筒型磁石20Bの一部を嵌め込んで、筐体22Bの上下からはみ出させる。穴は、円筒型磁石をしっかりと固定できるサイズにする。筐体22Bは、円筒型磁石20Bが軸46を中心に回転可能に構成す

るが、円筒型磁石と穴 2 3 B 及び 2 3 B B の開口部との間の摩擦により、回転すると必ず所定強度の摩擦抵抗が発生する。

【0049】

図 6 は、ベクトル 4 4 に沿って移動する回転磁石アセンブリ 4 0 B を図示する。参照磁石 3 0 B のサイズや形状は自由だが、立方体磁石が好ましい。また、磁気軸 3 1 B は、直進移動のベクトル 4 4 とほぼ平行になっているが、図 4 で説明したように、ベクトル 4 4 に対して少し傾斜させなければならない。

【0050】

図 5 及び図 6 では、参照磁石の磁気軸（3 1 A 及び 3 1 B）の配置方向を 2 種類提示する。図 5 の磁気軸 3 1 A の向きにすると、エネルギー除去量はやや少ないが、最終ポジションの保持力は強い。図 6 の磁気軸 3 1 B の向きだと、エネルギー除去量は多いが、最終ポジションの保持力はあまり強くない。参照磁石の配置方向を変えれば、その中間の性質を得ることができる。

【0051】

図 6 では、円筒型磁石 2 0 B の軸 4 6 が、直進移動のベクトル 4 4 とほぼ垂直になる向きに筐体 2 2 B を配置する。図 5 の例では、球体磁石 2 0 A が全方向に自由に回転し、自ら最適な回転軸を見つけ出すことができるため、筐体の配置方向に制限はない。

【0052】

図 7 はある実施例の斜視図であり、図 8 は同実施例の断面図である。両図を合わせて参考する。図 7 及び図 8 に、磁気軸 3 1 C を有する立方体の参照磁石 3 0 C を図示している。図 8 を見ると、磁気軸 3 1 C が直進方向 4 4 に対し角度 1 2 の分だけ傾斜していることがわかる。回転磁石アセンブリ 4 0 C は、直径磁化し磁気軸 2 1 C を形成した円筒型磁石 2 0 C からなる。円筒型磁石 2 0 C は、回転軸 4 6 を中心に回転可能に非磁性体の円筒型筐体 2 2 C に収容する。

【0053】

図 8 にあるように、磁石 2 0 C と筐体 2 2 C の間にはスペース 2 4 が存在する。好ましい実施形態では、スペース 2 4 に粘度の高い（粘着質の）物質を充填し、回転磁石 2 0 C に所定の粘性抵抗をかける。この粘性物質には、例えば高濃度のグリースやゴム質の粘剤などを用いることができる。また、磁気液体を用いても所望の抵抗を得ることができる。抵抗が発生するのは、筐体 2 2 C が、図示していない外部構成体に固定されていて回転しないようになっているためである。図 8 では、スペース 2 4 をわかりやすいように拡大して図示している。

【0054】

図 7 及び図 8 には、円筒型磁石 2 0 C を筐体 2 2 C の中心に保持する手段は含まれていない。この手段は必須要件ではないが、所定の粘性抵抗を維持するためには、円筒型磁石を中心に保持しておくほうがよい。円筒型磁石は、円筒軸と同様のピボットポイントを用いて中心に保持することができる。一定の粘性抵抗を維持する手段は他にもあるが、本発明の範囲を超えるものであり、本発明の実施に必要ではない。好ましい実施形態では粘性流体を用いたが、図 5 及び図 6 で説明したように、接触摩擦のみでも所望の抵抗を得ることができる。

【0055】

回転磁石アセンブリ 4 0 C を矢印 4 4 で示す方向に直進させると、円筒型磁石 2 0 C は回転矢印の指す方向に回転する。図 8 に、破線で示した円 2 0 C C があるが、これは、回転磁石アセンブリが再接近ポイントで停止した時の、磁石 2 0 C のおおよその位置である。このポイントでエネルギーは最少になる。回転磁石アセンブリがこのポイントで一度停止すると、磁石はこのポイントから動かなくなる。

【0056】

図 7 及び図 8 の回転しない円筒型筐体の外側には、小さなバイアス磁石 3 2 が設けられている。図では、バイアス磁石 3 2 は小さい棒磁石であるが、他の形状のものを用いてよい。このバイアス磁石は、円筒型磁石 2 0 C を、エネルギーの除去量が最大になるよう

10

20

30

40

50

方向付けるものである。バイアス磁石は、回転磁石アセンブリ 40C が、回転磁石よりも強い参照磁石 30C から離れている時に、円筒型磁石 20C にのみ作用する。例えばドアが開いていて回転磁石と参照磁石は遠く離れていると、弱いバイアス磁石でも回転磁石を回転させることができ。これは、粘性抵抗には回転スピードと比例するという性質があるためである。従って低速回転は小さな抵抗を受け、高速回転は大きな抵抗を受ける。よって弱いバイアス磁石は、回転磁石をゆっくりと方向付けることができるようになる。一方、ドアを閉じる時は高速回転がおこり抵抗が高くなる。この高い抵抗により、閉まるドアの運動エネルギーを吸収し、エネルギーを熱変換することが十分可能になる。

【0057】

図 4 で、円筒型磁石が 14AA の位置にある時に磁気方位を小さい矢印 15AA にあわせると、エネルギー除去量が最大になると説明した。バイアス磁石の目的は、エネルギー除去量が最大になるよう回転磁石を方向付けることである。バイアス磁石は、図の位置以外にも、回転磁石に近接していればどこに配置してもよい。回転磁石とバイアス磁石の両方にフリンジ磁界があるため、回転磁石を望ましく方向付けられる方向付けになっていて、回転磁石に近接さえしていれば、バイアス磁石はどこからでも目的を果たすことができる。

【0058】

また、参照磁石がなくても、他の方法で回転磁石を方向付けることもできる。これには「重力バイアス」と呼ばれる構成を用いる。バイアス手段のポイントは、弱い力をかけて回転磁石を自然に回転させることである。回転磁石の重量が均一でない場合、回転磁石は、重力により自然な位置までゆっくりと回転する。回転磁石には、回転軸 46 (図 6) と質量中心がある。重量が均一で形状が対称になっている回転磁石であれば、質量中心と幾何的中心は通常同じになる。回転軸 46 (図 6) が、質量中心を通過していれば重力バイアスは発生しないが、回転磁石の形状や重量分布が変わると回転軸は質量中心を通過しなくなり、回転磁石は質量中心が回転軸より下になる所で最終的に停止する。これを、参照磁石がない場合に、回転磁石の方向付けを行うバイアス手段として用いることができる。しかしながら、コンパクトでより大きな力を及ぼすことができるバイアス磁石のほうが望ましい。

【0059】

前述の通り、筐体は非磁性体物質で形成する。これは、筐体が磁界の伝播を妨げないようにするためである。そのためには、非磁性体物質を用いるのが最も簡単であるが、少量であれば、筐体に強磁性物質が使われていても問題ない。

【0060】

例 1 : 好ましい実施形態と類似した構成で実験をしたところ成功した。ただし、円筒型磁石ではなく球体磁石を用いた。回転磁石、参照磁石、及び、バイアス磁石は、すべて希土類磁石の NdFeB で形成した。回転磁石は直径 9.5 mm の球体、参照磁石は 9.5 mm 四方の立方体、バイアス磁石は直径 9.5 mm、厚さ 3 mm のディスクである。バイアス磁石は回転磁石の表面から約 7 mm 離して設置し、参照磁石が最接近ポイント (回転磁石から 2 mm の距離) にある時に、バイアス磁石の磁界が参照磁石よりも弱くなるようにした。

【0061】

半球状の凹みを 2 つ組み合わせることにより球状の空間を作った。半球状の凹みは、球体磁石の直径 9.5 mm よりも少し大きくなるよう、6.3 mm 厚のアルミニウムに掘って形成した。まず、軸用油を粘性物質として、図 8 のスペース 24 にあたる球状スペースに充填して実験した。球体磁石を回転させると、明らかにエネルギーがいくらか除去されたが、この球状空間を用いた実験では、軸用油では十分な抵抗が生じなかつた。次に、ねずみ捕獲用のトレイに使う高濃度の粘着質な接着剤を用いて実験をした。適度な厚さで塗膜したところ、このかなり粘着質な物質は適度な抵抗を生じた。

【0062】

この装置を、ドアに取付けて実験した。参照磁石を通常サイズのドアに設置し、回転磁

10

20

30

40

50

石の筐体は固定した。参照磁石は、図5と同様に直進方向に対し垂直に配置した。ドアを普通のスピードで閉めてみると、ドアは予定の停止場所（最接近ポイント）に近づくにつれスピードが落ち、ゆっくり静かに正しい位置で停止した。スピードを速めてドアを閉めるとやや行過ぎたものの、また戻って正しい位置で停止した。さらにスピードを速めてドアを閉めたところ戸当たりにぶつかったが、また戻って正しい位置で停止した。ドアは、本装置の最大エネルギー除去量より少ないエネルギー（スピード）で閉めれば静かに閉まった。つまり、戸当たりにぶつからない限り、ドアは静かに閉まったということである。

【0063】

ドアを開けてみると（すなわち参照磁石を離すと）、球体磁石の向きがバイアス磁石によって元の位置に戻るのに約2秒かかった。2秒経過する前に再度ドアを閉めると、エネルギー除去の量は明らかに減少した。バイアス磁石を用いなくてもドアを正しい位置で停止させることはできるが、停止する前に戸当たりにぶつかる可能性が高くなる。この実験により、バイアス磁石が必須要件ではないながらも、重要であることがわかった。

【0064】

例2：これまでの例では、回転磁石20は移動線44に沿って直進するだけで、参照磁石30とは交差しなかった。しかし、別の実験により、図5の参照磁石30Aを矢印47の方向から回転磁石20Aに向けて近づけた場合も、エネルギーは除去されることがわかった。この方向は、磁気軸31Aと平行をなしている。参照磁石は、先に戸当たりにぶつからなければ、回転磁石とぶつかってしまう。この実験では、まずバイアス磁石（図5では図示しない）により回転磁石の向きを変えておき、最初の段階では、参照磁石が47の方向から近づくと反発するようにした。つまり、最初の段階では、参照磁石が近づくと反発力が発生するため、運動エネルギーが除去された。この反発力は、次の段階において回転磁石が筐体内で180度回転すると、磁石の引力に変わった。戸当たりによって、2つの磁石はぶつからずにすんだ。この実験から、回転磁石の向きを直進させる前にバイアス磁石で調整しておけば、配置や直進の方向に関わらず、エネルギーが除去されることがわかった。実際の実験では先述した実験用の球体磁石を使用し、また、摩擦抵抗ではなく粘性抵抗を利用した。

【0065】

図9は、多極型参照磁石を使用した例である。図9の回転磁石アセンブリ40Cは、図7及び図8で解説したものと同じものである。多極型参照磁石アセンブリ30Hは、強磁性体の棒33に、多極磁石30D、30E、及び、30Fを、磁極が交互になるようにして設置したものである。回転磁石アセンブリ40Cを移動方向44に沿って動かすと、円筒型磁石20Cは、接近する参照磁石の磁極に反応し、180度ずつ回転して磁極を逆転させる。よって、30D、30E、及び、30Fのような多極磁石を用いれば、必要な量の磁石ブレーキ力をいくらでも得ることができる。多極型参照磁石を用いた構成だと、単一の参照磁石を用いた場合に比べてエネルギー除去量は大きいが、回転磁石アセンブリを所定の位置で停止させるのは難しい。

【0066】

前述のように、磁石は、正しく方向付けされ、参照磁石のフリンジ磁界を横切るようになつていれば、どのような形状のものでも回転する。この「正しい方向付け」について以下に説明する。回転磁石をトルクが最大になるように設置すると、同時に次の4つの条件が満たされる。すなわち、1)回転磁石はその磁気軸に対し垂直になる回転軸を中心に回転し、2)回転軸は回転磁石の中心を通り、3)回転軸は移動方向に対し垂直になり、4)回転軸は参照磁石の磁気軸に対し垂直になる。

【0067】

この4点を満たしていれば、特定のサイズの磁石を特定の距離で用いた場合に、最大トルクが発生する。一方、参照磁石の設置の仕方や直進方向を様々に変えてみても、エネルギーの除去は可能である。回転磁石に適正な抵抗がかかっていてもエネルギーが除去されない場合というのは、直進方向44、磁気軸21、または、磁気軸31のいずれかが回転軸46と平行になった時だけである。（図6及び図8）。

10

20

30

40

50

【0068】

磁石は、例えば軸に取り付けるなどして正しく設置すれば、どのような形状のものでも（例えば立方体など）回転磁石として用いることができる。その軸が回転軸となる。上記の4点があおよそ満たされていれば、どのような形状の磁石でも回転磁石として用いることができる。

【0069】

上記の4点は、球体磁石を全方向に回転可能なように設置して用いれば、自動的かつ正確に満たされる。球体磁石は、自然に上記の4点を満たすような向きを取るのである。直径磁化された円筒型磁石を、円筒軸中心に回転可能に設置した場合は、上記の1)及び2)の条件が自動的に満たされる。しかし、3)及び4)の条件を満たして最大量のトルクやエネルギー除去量を得るために、円筒型回転磁石の筐体を正確に配置する必要がある。
10

【0070】

図5及び図6は、回転磁石を適正サイズの穴に嵌め込んだタイプの筐体を示している。図7及び図8は、円筒型磁石を円筒状の空間に、または、球体磁石を球状の空間に設置したタイプの筐体を示している。回転磁石を設置するための筐体の設計方法は様々にある。たとえば、円筒型回転磁石を直方体型または立方体型の空間に設置することもできる。その場合、最初の段階の抵抗は円筒型磁石の端面から供給される。従って、筐体は、形状が重要なのではなく、次の4要件を満たしている必要がある。

- (1) 回転磁石を支持する
- (2) 磁界の伝播をさえぎらない
- (3) 回転磁石を回転可能にする
- (4) 回転磁石に一定の抵抗をかける。

【0071】

最後に、これまであげた例の参照磁石は回転できないものであったが、参照磁石も別の回転磁石アセンブリとして回転させてもよい。

【0072】

従って本発明の特徴は、筐体内に回転可能に保持され、回転運動に対し十分な抵抗がかかるようにした第1の磁石からなる回転磁石アセンブリと、磁気軸を有する参照磁石とを備え、回転磁石と参照磁石が、最接近ポイントを有する所定の移動線に沿って、平行を保ちながら相対して直進移動できるようにし、第1磁石が相対直進移動により発生するトルクを受けて筐体内で回転するように参照磁石の磁気軸を方向付け、第1磁石にかかる抵抗がこの回転運動からエネルギーを抽出し熱変換するようにし、相対直進移動が最接近ポイントで停止するようにしたエネルギー吸収式磁石連結装置であることである。
30

【0073】

また、本発明の特徴は、磁気軸を有する第1磁石と、第1磁石を磁気軸に対しほぼ垂直の回転軸を中心回転するよう保持する筐体とを備え、筐体には第1磁石に所定量の抵抗をかける手段を設けて、第1磁石が回転すると所定量のエネルギーが消失するようにした回転磁石装置であることである。

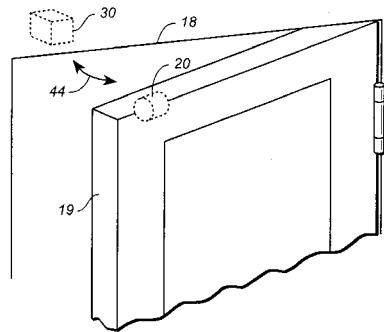
【0074】

以上の開示により、当業者であれば、本発明を実施し、本発明者が現時点で最良と考える実施形態を提供することが十分できる。本明細書には、本発明の望ましい実施形態を全て完全に開示しているが、本発明は、その特定の構造、立体構成、及び動作に限るものではない。本発明の主旨及び範囲を逸脱せずとも、当業者であれば、種々の修正、代替構成、変更や同等案など、適当な着想を得ることができよう。そのような変更は、また別の材質、部品、構成、サイズ、形状、形式、機能、操作特性などに関わってくるだろう。
40

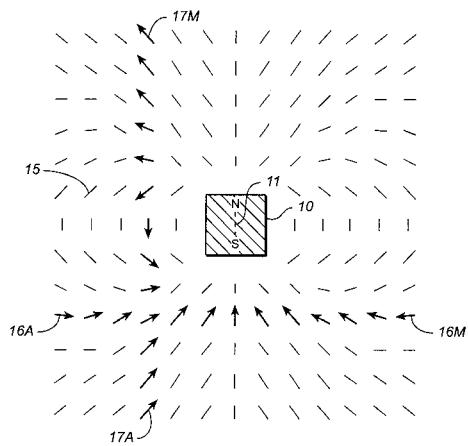
【0075】

従って、以上の記述及び図説は、以下の請求項により定義するところの本発明の範囲を限定するものと解釈されるべきではない。

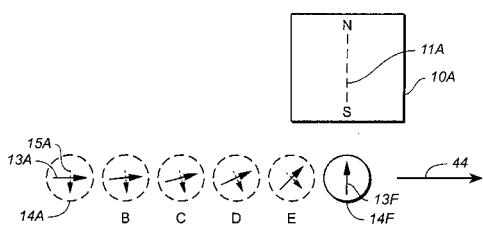
【図1】



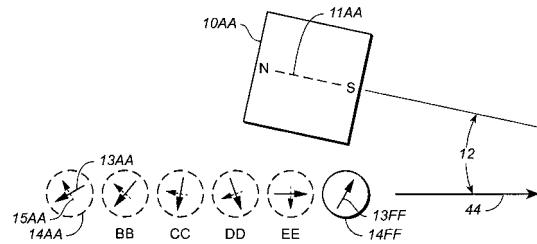
【図2】



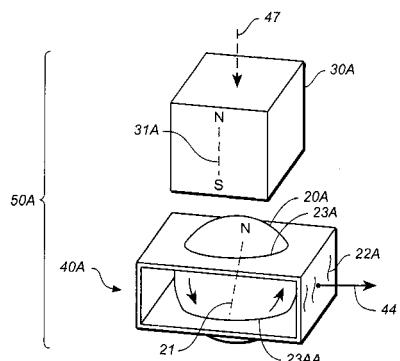
【図3】



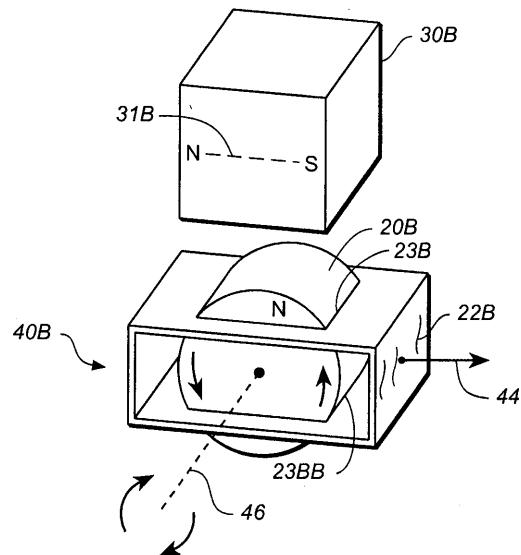
【図4】



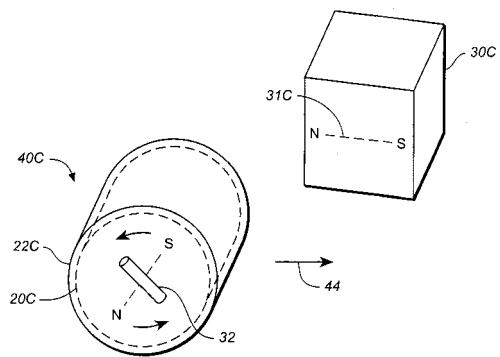
【図5】



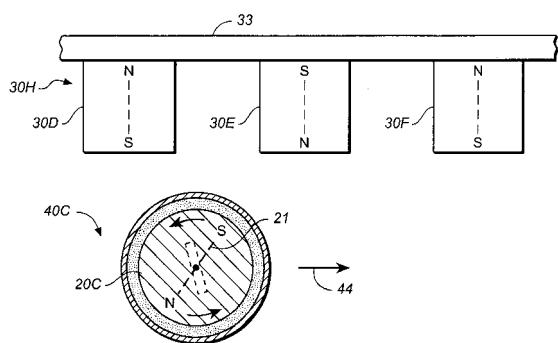
【図6】



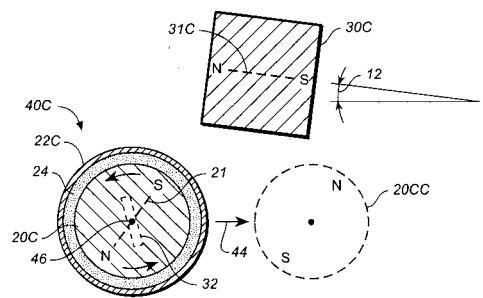
【図7】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン マッケン

アメリカ合衆国，カリフォルニア州 95404，サンタ ローザ，ツイン ピラー ウェイ 2
33

【外国語明細書】

TECHNICAL FIELD

The present invention relates generally to latches and closing mechanisms, and more particularly to an improved magnetic coupling device such as can be used to slow down and quietly stop a door at a predetermined position relative to the doorframe.

BACKGROUND INFORMATION AND DISCUSSION OF RELATED ART

Doors to rooms typically have a well known latching mechanism to keep the door closed. To open this latching mechanism, it is necessary to turn a door handle. However, often doors to cabinets or closets do not have a latching mechanism. Instead merely pulling on a door handle typically opens these doors. A different type of mechanism is used to prevent these doors from inadvertently opening. The common name for a device that holds a door closed or open is a "door catch". There are four common door catch designs. These are: spring-loaded hinges, ball detents, roller catches, and magnetic catches which have a magnet mounted to the doorframe and a piece of metal attached to the door.

It is not commonly recognized that it is very desirable for these door catches to also have some means to absorb energy from a closing door. Without an energy absorbing means, the doors slam against a stop and tend to bounce open unless they were closed carefully. Two magnets exhibiting either magnetic attraction or magnetic repulsion lack this energy absorbing property. Two attracting magnets tend to accelerate a closing door and decelerate an opening door. Two repelling magnets do the opposite. In either case there is no energy absorption mechanism. Non-latching doors with simple magnets would tend to bounce open unless they are closed with a narrow range of energy that can be absorbed by some other means.

Some known door-latching mechanisms include magnetic repulsion to slow a closing door. However, magnetic repulsion is elastic and the energy is returned to a door if there is any bounce.

For example, United States Patent 5,782,512 discloses a magnetic field latch assembly for an apparatus having a first element and a second element with the second element having a disengaged position and an engaged position with respect to the first element. The magnetic field latch assembly employs permanent or electromagnets for shock absorption, positioning and latching the first element and the second element. The magnetic field latch assembly includes magnets associated with the first and second elements such that as the first and second elements approach each other, the magnets initially repel each other causing a braking force to slow the relative motion of the first and second elements. When the first and second elements are in the engaged position, the magnets hold the first and second elements in position and minimize vibration and chatter.

United States Patent 6,588,811 describes a magnetic door stop/latch which contains a first magnet mounted on or within a door and a second magnet mounted on or within a structure opposing the door, such as a wall, door jamb, door frame or baseboard. When the door is moving towards the opposing structure, the magnetic doorstop may be used

to prevent the door from slamming into the opposing structure by virtue of the repulsive forces of the magnets. The magnetic door stop/latch may be switched from repulsive configuration to an attractive configuration that holds the door in position.

The foregoing patents reflect the current state of the art of which the present inventor is aware. Reference to, and discussion of, these patents is intended to aid in discharging Applicant=s acknowledged duty of candor in disclosing information that may be relevant to the examination of claims to the present invention. However, it is respectfully submitted that none of the above-indicated patents disclose, teach, suggest, show, or otherwise render obvious, either singly or when considered in combination, the invention described and claimed herein.

The invention described herein absorbs energy and changes the energy into heat. This is a non-contact device that can gently slow a closing door and quietly bring it to a stop at a predetermined point.

Furthermore, the invention described herein can be used as a non-contact magnetic brake for other applications. Also, the invention provides a non-contact magnetic coupling device that tends to seek and hold a predetermined relative position of two component parts.

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

The energy absorbing magnetic coupling device of this invention provides a non-contact magnetic device that exhibits both magnetic breaking (energy absorption) and magnetic positioning. One application of this device is a door catch. The device can slow down a closing door, bring the door to a gentle and quiet stop, and then hold the door at a predetermined position.

The physical principle behind this device is that a properly mounted magnet (a rotary magnet) will rotate when it is translated across the fringing magnetic field of another magnet (a reference magnet). If the rotation of the rotary magnet is impeded by a substantial amount of friction or viscous drag, then magnetic forces between the two magnets will resist the translational motion. For example, the rotary magnet assembly can be affixed to a doorframe and the reference magnet can be affixed to the upper edge of a door. The kinetic energy of the closing door is converted into frictional heating without any physical contact between the two magnets. Furthermore, the two magnets will seek to hold the door at the predetermined point of closest approach.

The preferred embodiment has a cylindrical rotary magnet mounted in a cylindrical cavity. The cylindrical magnet is diametrically magnetized. The cavity permits the cylindrical magnet to rotate, but this rotation is impeded by a viscous material that causes a substantial amount of drag on the rotation. The rotary magnet can translate along a predetermined path relative to the reference magnet. The two magnets do not make contact, but they have a point of closest approach. Translating along this path exerts a torque on the cylindrical magnet and causes it to rotate inside the cavity. The viscous drag on the cylindrical magnet extracts energy from this rotation and converts this energy to heat. When there is the proper amount of drag, the orientation of the cylindrical magnet results in a magnetic force th

at opposes relative motion and slows down the door. The magnets will also stop the relative motion at the point of closest approach and resist movement away from this position.

This invention also teaches the use of a bias means that can align the rotary magnet to the optimum orientation for maximum energy removal. The bias means can be either a gravitational bias or a magnetic bias.

It is therefore an object of the present invention to provide a new and improved non-contact device that can gently slow a closing door and quietly bring it to a stop at a predetermined point.

It is another object of the present invention to provide a new and improved a non-contact magnetic brake.

A further object or feature of the present invention is a new and improved non-contact magnetic coupling device that seeks and holds a predetermined relative position of two component parts.

An even further object of the present invention is to provide a novel energy absorbing magnetic coupling device.

Other novel features which are characteristic of the invention, as to organization and method of operation, together with further objects and advantages thereof will be better understood from the following description considered in connection with the accompanying drawing, in which preferred embodiments of the invention are illustrated by way of example. It is to be expressly understood, however, that the drawing is for illustration and description only and is not intended as a definition of the limits of the invention. The various features of novelty, which characterize the invention, are pointed out with particularity in the claims annexed to and forming part of this disclosure. The invention resides not in any one of these features taken alone, but rather in the particular combination of all of its structures for the functions specified.

There has thus been broadly outlined the more important features of the invention in order that the detailed description thereof that follows may be better understood, and in order that the present contribution to the art may be better appreciated. There are, of course, additional features of the invention that will be described hereinafter and which will form additional subject matter of the claims appended hereto. Those skilled in the art will appreciate that the conception upon which this disclosure is based readily may be utilized as a basis for the designing of other structures, methods and systems for carrying out the several purposes of the present invention. It is important, therefore, that the claims be regarded as including such equivalent constructions insofar as they do not depart from the spirit and scope of the present invention.

Further, the purpose of the Abstract is to give a brief and non-technical description of the invention. The Abstract is neither intended to define the invention of this application, which is measured by the claims, nor is it intended to be limiting as to the scope of the invention in any way.

Certain terminology and derivations thereof may be used in the following description for convenience in reference only, and will not be

imiting. For example, words such as "upward," "downward," "left," and "right" would refer to directions in the drawings to which reference is made unless otherwise stated. Similarly, words such as "inward" and "outward" would refer to directions toward and away from, respectively, the geometric center of a device or area and designated parts thereof. References in the singular tense include the plural, and vice versa, unless otherwise noted.

BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWINGS

The invention will be better understood and objects other than those set forth above will become apparent when consideration is given to the following detailed description thereof. Such description makes reference to the annexed drawings wherein:

FIG. 1 is a perspective view of a door and doorframe with the two components of the energy absorbing magnetic coupling device of this invention;

FIG. 2 illustrates a magnet and the orientation of the magnetic field lines;

FIG. 3 is a schematic view of a stationary magnet and a rotary magnet translating perpendicular to the magnetic axis;

FIG. 4 is a schematic view of a stationary magnet and rotary magnet translating generally parallel to the magnetic axis;

FIG. 5 is a perspective view of an energy absorbing magnetic coupling device utilizing a spherical rotary magnet;

FIG. 6 is a perspective view of an energy absorbing magnetic coupling device utilizing a cylindrical rotary magnet;

FIG. 7 is a perspective view of the preferred embodiment with a cylindrical magnet in a cylindrical housing;

FIG. 8 is a cross-sectional view of the preferred embodiment shown in FIG. 7; and

FIG. 9 is a cross-sectional view of an embodiment which utilizes a multi-polar reference magnet.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring to FIGS. 1 through 9, wherein like reference numerals refer to like components in the various views, there is illustrated therein a new and improved energy absorbing magnetic coupling device.

This invention perhaps has its widest application as a non-contact means to remove energy (i.e., slow down) a closing door and hold the door closed in a predetermined position. However, the principles taught here have wider application to other uses requiring non-contact braking and non-contact coupling. Therefore, the example using doors should not limit the broader uses.

Doors to rooms typically have a well known latching mechanism to keep the door closed. To open this latching mechanism, it is necessary to turn a door handle. However, often doors to cabinets or closets do not have a latching mechanism. Instead merely pulling on a door handle typically opens these doors. A mechanism is used to prevent these doors from inadvertently opening. This mechanism is often called a door catch.

It is not commonly recognized that it is very desirable for door catches to have some means to absorb energy from a closing door. Wi

thout an energy absorbing means, a door would tend to bounce open unless the door was closed very carefully. Two inflexible magnets lack this energy absorbing property, and therefore they are not usually used to hold doors closed. The magnetic closure mechanisms that are used typically have a rocker mounting which absorbs some energy. Still, these are contact devices that are abrupt, make noise and only absorb a small amount of energy. It is therefore desirable to have a silent, non-contact mechanism that removes the optimum amount of energy from a closing door and holds the door in a predetermined closed position.

FIG. 1 is a perspective view of a slightly open door 19 and the upper part of the doorframe 18. The purpose of this figure is just to illustrate a typical placement of the non-contact magnetic coupling devices. Permanent magnet 30 (in phantom) is recessed into the doorframe. This magnet is a part of the energy absorbing magnetic coupling device that will be described in subsequent figures. Also FIG. 1 shows that there is a second cylindrical magnet 20 recessed into the upper part of the door. Other components of an energy absorbing magnetic coupling device are not shown in FIG. 1. Magnets 20 and 30 are positioned so that they are in close proximity (but not contacting) when the door is closed. Double arrow 44 shows the motion of a closing or opening door.

The objective is to provide a non-contact device that both removes energy from a closing door and provides a non-contact coupling that aligns the two magnets in a predetermined position to hold the door closed. To explain the theory of operation of this invention, it is necessary to start with the pattern of the magnetic field lines produced by a permanent magnet.

FIG. 2 illustrates a permanent magnet 10 with north and south magnetic poles designated N and S. The magnetic axis 11 of the magnet is defined as an imaginary line connecting the strongest north and south points on the surface of the magnet. The magnetic field of a magnet can be visualized with the help of short pieces of iron wire 15. These small pieces of iron will align themselves with the magnetic field and reveal the orientation of the magnetic field at different locations.

FIG. 2 also contains some short arrows such as the arrows between points 16A and 16M. These arrows are similar to the iron wire line segments 15, except that the arrows also designate the direction of the magnetic field using the convention of the magnetic field propagation from the north to south magnetic poles. For example, these arrows represent the orientation that a compass needle or small bar magnet would take if placed at a particular location.

Presume that a small bar magnet is mounted in such a way to permit rotation in any direction. If this bar magnet was initially placed at point 16A and then translated to point 16M, the bar magnet would align itself with the local magnetic field. This would result in the bar magnet rotating as it is translated across the fringing magnetic field. In fact, the bar magnet would rotate about 180 degrees as it is translated between 16A and 16M as indicated by the arrow

orientations between these two locations. The amount of rotation depends on the start and stop locations. It should be noted that the path between points 16A and 16M is perpendicular to the magnetic axis 11.

There is another set of arrows between points 17A and 17M. The path between these two points is parallel to the magnetic axis 11 (hereafter parallel path). Even though this parallel path is the same length and distance from the magnet as the previous perpendicular path between points 16A and 16M, a bar magnet would rotate further (about 270 degrees) traveling from points 17A to 17M. If both paths had been extended infinitely far on either side of the magnet, then both the perpendicular and parallel paths would have produced a 360 degree rotation. However, the strength of the magnetic field decreases with distance and the parallel path always produces a greater rotation than the perpendicular path when the translation distance is limited to regions of relatively high magnetic field strength.

FIG. 3 expands on the concepts described in FIG. 2. FIG. 3 has a stationary magnet 10A with a magnetic axis 11A. In FIG. 3, magnet 14 is either a spherical magnet or a cylindrical magnet. If magnet 14 is considered a cylindrical magnet, then the cylinder is seen from the end so that it appears circular. The arrow 13 represents the magnetic axis of the magnet, but the arrowhead is located at the north magnetic pole, so arrow 13 also shows the direction of magnetization. Note that if magnet 14 is considered to be a cylindrical magnet, then the direction of magnetization is across the diameter of the cylinder. This direction of magnetization will be called diametrically magnetized. For ease of discussion, magnet 14 will be considered a diametrically magnetized cylinder but other magnet shapes such as a cube exhibit a similar behavior.

FIG. 3 shows a series of circles representing the movement of cylindrical magnet 14 starting from position 14A and ending at position 14F. The magnetic axis arrow 13 makes approximately a 90-degree rotation from position 13A to position 13F as the cylinder is moved from position 14A to 14F. This magnetic alignment presumes that the cylindrical magnet is free to rotate about the cylindrical axis, so the magnetic axis will always align with the local magnetic field as previously discussed in Figure 2. With this free rotation alignment, a cylindrical magnet 14 will always be attracted to magnet 10A and the direction of the magnetic force is also the direction of the arrows 13A through 13F in the various locations.

It is presumed that the motion of magnet 14 is constrained to only be along the path represented by arrow 44. In this case, magnet 14 would stop at position 14F because the magnetic force is perpendicular to path 44 at this point. In fact, location 14F is the point of closest approach to magnet 10A. This is the point where the strongest magnetic coupling occurs and movement of rotary magnet 14 away from location 14F is resisted.

Now, suppose that the cylindrical magnet 14 at location 14A was forced to a magnetic alignment that was not aligned with the magnetic field from magnet 10A. For example, suppose that the cylindrical magn-

et at location 14A was rotated 90 degrees so that the magnetic direction is shown by the small arrow 15A. There would be a torque on the cylindrical magnet 14 attempting to rotate the cylindrical magnet back into alignment with the magnetic field from magnet 10A. Also, there would now be magnetic repulsion between magnets 10A and 14A. If magnet 14 is translated between positions 14A and 14F and allowed to rotate, but if this rotation is restrained by an optimum amount of friction, then: the magnetic orientation of magnet 14 will always lag behind the frictionless orientation; translational motion between positions 14A and 14F will be opposed by magnetic repulsion; and translational energy will be converted to frictional heating of the rotating magnet.

The translational motion will want to stop at the point of closest approach at position 14F. It will be explained later that viscous drag is the preferred source of friction because viscous drag does not stick and the amount of drag depends on the rotation rate. In

FIG. 3 this means that when the cylindrical magnet stops at the point of closest approach, at position 14F, the magnetic axis 13F will eventually align with the magnetic field of magnet 10A.

The principles taught here have application to doors because energy can be removed from a closing door without any physical contact if a stationary magnet, such as 10A, is attached to the doorframe and a rotary magnet, such as 14 is attached to the door (or vice versa).

The door can be held in the closed position because the rotary magnet resists movement away from position 14F in FIG. 3. This will be explained in more detail infra.

In FIG. 3, the magnetic direction of the rotary magnet made a 90 degree rotation from position 13A to 13F and there would be a 180 degree rotation if the magnetic axis started off aligned with arrow 15A and rotated to an orientation shown by 13F. The small arrows in FIG. 3 comparable to arrow 15A represent the magnetic orientation at a particular location that produces the maximum amount of torque. The actual orientation of a magnet at each location depends on many factors such as the speed of translation, the strength of the magnets and the amount of drag on the rotary magnet.

The amount of energy that can be removed by friction depends on the amount of rotation of the rotary magnet. Therefore, it is desirable to increase the amount of rotation. FIG. 4 shows another configuration that achieves more rotation of the rotary magnet than the configuration in FIG. 3. Magnet 10AA in FIG. 4 is comparable to magnet 10A in FIG. 3, except the magnet 10AA and magnetic axis 11AA have a different orientation. It should be noted that in FIG. 3, the magnetic axis 11A is approximately perpendicular to the direction of motion 44. This motion perpendicular to the magnetic axis 11A is comparable to path 16A to 16M in FIG. 2. In FIG. 4 the magnetic axis 11AA is almost parallel with the direction of motion. This is comparable to path 17A to 17 M in FIG. 2. It should be noted that the magnetic axis 11AA is not exactly parallel to the direction of translation as designated by arrow 44. Angle 12 designates the amount that the magnetic axis 11AA differs from being parallel to 44.

FIG. 4 shows a progression of a cylindrical magnet from position 14 AA to 14FF. This is comparable to the progression previously discussed in FIG. 3. One difference is that because of the tilt (angle 12) the point of closest approach 14FF is near one corner of magnet 10AA rather than at the middle of magnet 10A in FIG. 3.

The amount of rotation between magnetic direction 13AA and 13FF is about 210 degrees rather than approximately 90 degrees between 13A and 13F in FIG. 3. The small arrow 15AA is the 90-degree orientation that produces the maximum torque as previously explained in FIG. 3.

If the rotary magnet at position 14AA is forced to have this orientation, then the total rotation between position 15AA and 14FF is about 300 degrees compared to approximately 180 degrees for a comparable translation in FIG. 3. Therefore, the orientation shown in FIG. 4 clearly produces more rotation than the orientation shown in FIG. 3.

Magnet 10AA in FIG. 4 is tilted at angle 12 compared to translation direction 44. The reason for this tilt is to achieve a single stopping point at 14FF. If the magnetic axis 11AA were parallel to translation direction 44, then there would be two stable points where the cylindrical magnet 14 could come to rest. These two stable points would be aligned with each vertical edge of magnet 10AA. This would mean that a door could stop at either of two points, depending how hard it was closed. It only takes a few degrees of tilt to eliminate this problem and give a single stopping point. The optimum tilt angle must be determined experimentally because it depends on both magnetic and geometrical factors.

FIGS. 5 and 6 are perspective views of two variations of energy absorbing magnetic coupler devices. FIG. 5 shows an energy absorbing magnetic coupling device 50. In FIG. 5, spherical magnet 20A with a magnetic axis 21A is retained in housing 22A. The housing 22A shown in FIG. 5 is made of non-magnetic sheet metal. The housing has two holes 23A and 23AA slightly smaller than the diameter of the spherical magnet. Part of the spherical magnet 20A protrudes through both of these two holes. The spherical magnet is captured in the housing, but the spherical magnet can still rotate. There will be a predetermined amount of frictional drag on any rotation of the sphere. This friction could be controlled by the amount of elasticity in housing 22A. The combination of the spherical magnet and the housing is an example of a combination that will be called a rotary magnet assembly 40A.

FIG. 5 also shows a second magnet 30A. The shape of magnet 30A is not critical, but a good shape is either a cylinder or a cube of the same general size dimensions as the diameter of the spherical magnet. This magnet 30A will be referred to as the reference magnet. The reference magnet has a magnetic axis 31A that is depicted as being perpendicular to the direction of travel (arrow 44) of the rotary magnet assembly 40A. The magnetic axis can be oriented at other angles as previously discussed. FIG. 5 also shows an alternative translation direction 47 that will be discussed infra.

The two magnets are prevented from contacting each other because both the reference magnet 30A and the rotary magnet assembly 40A are at

tached to external components that permit motion only along the vector defined by arrow 44. For example, in FIG. 1, one of the magnets is attached to the door and the other magnet is attached to the doorframe. Closing the door produces the desired motion generally in one dimension along arrow 44 (the slight arc resulting from the hinge motion of the door can be ignored). Also, it does not make any difference whether the reference magnet or the rotary magnet assembly moves. All that is important is the relative motion between the two components. Subsequent figures will show the rotary magnet moving, but this is just done for consistency.

The inventive device works best when strong, compact magnets are used. Therefore rare earth magnets are preferred, especially neodymium iron boron magnets also known as NdFeB magnets.

FIG. 6 shows another energy absorbing magnetic coupling device similar to FIG. 5, except a cylindrical magnet 20B is used instead of the spherical magnet 20A in FIG. 5. In FIG. 6, non-magnetic housing 22B has two holes 23B and 23BB. These are rectangular holes that allow a portion of the cylindrical magnet 20B to protrude above and below the housing 22B and the holes are sized to capture the cylindrical magnet. The housing 22B permits cylindrical magnet 20B to rotate around axis 46, but any rotation has a predetermined amount of frictional drag due to the friction of the cylinder against the edges of holes 23B and 23BB.

FIG. 6 also has rotary magnet assembly 40B traveling along vector 44. The reference magnet 30B can be any size and shape, but a cubic magnet is preferred. Also, the magnetic axis 31B is shown as being approximately parallel to the translation vector 44. However, the magnetic axis should be slightly tipped relative to 44 as previously discussed in FIG. 4.

FIGS. 5 and 6 illustrate two different orientations for the magnetic axis of the reference magnet (31A and 31B). The orientation of axis 31A in FIG. 5 has less energy removal potential but a stronger force holding the final position. The orientation of axis 31B in FIG. 6 has more energy removal potential, but does not exhibit as much force holding the final position. Other orientations of the reference magnet can be used to achieve intermediate characteristics.

In FIG. 6, the housing 22B should be oriented so that axis 46 of the cylindrical magnet 20B will be generally perpendicular to the translation vector 44. No special orientation was required for the housing in FIG. 5 because the spherical magnet 20A in FIG. 5 can rotate around any axis and the spherical magnet automatically rotates around the optimum axis.

FIG. 7 shows a perspective view of the preferred embodiment and FIG. 8 shows a cross-sectioned view of the preferred embodiment. Both of these figures will be discussed together. FIGS. 7 and 8 show a cubic reference magnet 30C with a magnetic axis 31C. FIG. 8 shows that the magnetic axis 31C is slightly tilted at angle 12 relative to the translation direction 44. The rotary magnet assembly 40C consists of a cylindrical magnet 20C that is diametrically magnetized with a magnetic axis 21C. The cylindrical magnet 20C is contained in

a non-magnetic cylindrical housing 22C that permits magnet 20C to rotate around rotational axis 46.

In FIG. 8 it can be seen that between magnet 20C and housing 22C there is a space 24. In the preferred embodiment, space 24 would contain a very viscous (glutinous) substance that produces a predetermined viscous drag on the rotary magnet 20C. For example, this viscous substance could be thick grease, or even a sticky gum material. A magnetic liquid might also provide desirable drag. The drag occurs because the housing 22C is prevented from rotating by an external mounting not shown. The size of space 24 in Figure 8 has been enlarged for illustration purposes.

FIGS. 7 and 8 do not show any means to maintain the cylindrical magnet 20C in the center of the housing 22C. It is not essential to center the cylindrical magnet, but this centering is desirable to maintain a predetermined viscous drag. The cylindrical magnet could be centered using pivot points, similar to an axle, which contact each end of the cylinder. There are other methods of maintaining a constant viscous drag, but these are beyond the scope of this invention and not required for operation. While the preferred embodiment uses a viscous fluid, it is also possible to utilize only contact friction to produce the desired, substantial drag as previously discussed in FIGS. 5 and 6.

Translating the rotary assembly 40C along the path designated by arrow 44 causes the cylindrical magnet 20C to rotate as indicated by the rotation arrows. FIG. 8 shows a dashed circle 20CC. This is the approximate position of the magnet 20C when the rotational assembly comes to a stop at the point of closest approach. This is the lowest energy position and once the rotational assembly stops at this position, the magnets resist movement away from this position.

FIGS. 7 and 8 show a small bias magnet 32 attached to the outside of the cylindrical housing which does not rotate. Bias magnet 32 is depicted as a small bar magnet, but any shape magnet can be used.

This bias magnet has the purpose of orienting the cylindrical magnet 20C to the optimum orientation for the maximum energy removal. The bias magnet 32 only influences the orientation of the cylindrical magnet 20C when the rotary assembly 40C is away from the much stronger reference magnet 30C. For example, when the door is opened, the rotary and reference magnets are widely separated. When the door is open, the weak bias magnet can rotate the rotary magnet because viscous drag has the property that the drag is proportional to rotational speed. Therefore a slow rotation encounters only a small drag while a fast rotation encounters a large drag. The weak bias magnet is then able to slowly orient the rotary magnet but closing the door produces a rapid rotation and high drag. This high drag is sufficient to absorb the translational energy of the closing door and convert this energy into heat.

In FIG. 4, it was explained that when a cylindrical magnet was in position 14AA, the optimum orientation for maximum energy removal would be to have the magnetic direction aligned with small arrow 15AA.

The purpose of a bias magnet is to prepare the rotary magnet to t

he optimum orientation for maximum energy removal. A bias magnet can be placed anywhere near the rotary magnet, not just in the position shown. The fringing magnetic field of both the rotary magnet and the bias magnet permits a bias magnet to do its job from any close location provided that the bias magnet is properly oriented to produce the desired alignment of the rotary magnet.

There is another way of orienting the rotary magnet when the reference magnet is removed. This is through a design that can be referred to as gravitational bias. The key of any bias means is to apply a small force that can rotate the rotary magnet over time. If the rotary magnet was weighted unevenly, then gravity could slowly rotate the rotary magnet into the optimum orientation. The rotary magnet has a rotary axis 46 (FIG. 6) and a center of gravity. Normally the center of gravity would be at the geometric center of the rotary magnet if there were a uniform density and symmetrical shape. When the rotary axis 46 (FIG. 6) passes through the center of gravity, then there is no gravitational bias. However, shaping or weighting the rotary magnet differently results in an axis of rotation that does not pass through the center of gravity. Then the rotary magnet will eventually come to rest with the center of gravity below the axis of rotation. This is a bias means that can be used to orient the rotary magnet when the reference magnet is removed. However, the bias magnet method is preferred because it can apply more force in a compact volume.

It was previously mentioned that the housing should be made of non-magnetic material. The requirement is that the housing does not block transmission of magnetic fields. The easiest way of achieving this is to use non-magnetic materials, but a small amount of ferromagnetic material can be tolerated in the housing.

EXAMPLE 1: A successful experiment was performed of a design similar to the preferred embodiment except that a spherical magnet was used rather than a cylindrical magnet. The rotary magnet, reference magnet and bias magnet were all made of the rare earth magnetic material NdFeB. The rotary magnet was a 9.5 mm diameter sphere, the reference magnet was a 9.5 mm cube and the bias magnet was a disk 9.5 mm diameter and 3 mm thick. The bias magnet was removed from the rotary magnet surface by about 7 mm so that the bias magnet produced a much weaker magnetic field than the reference magnet when the reference magnet is at the point of closest approach (about 2 mm from the rotary magnet).

Mating two hemispherical cavities formed a spherical cavity. Each hemisphere was slightly larger than the 9.5 mm diameter of the spherical magnet. The hemispherical cavities were drilled into 6.3 mm thick aluminum. A first test was performed using axle grease as the viscous material filling a spherical space similar to space 24 in FIG. 8. There was definitely some energy removal when the spherical magnet was rotated, but for the cavity dimensions tested, the grease did not provide enough drag. A second test used thick, sticky glue that was obtained from a glue tray type mousetrap. After getting the correct coating thickness, this very sticky substance gave the correct

amount of drag.

The apparatus was then tested on a door. The reference magnet was attached to a full size door and the rotary magnet housing was held stationary. The reference magnet was oriented perpendicular to the translation direction similar to that illustrated in FIG. 5. When the door was closed at a normal closing speed, the door was observed to slow down as it approached the intended stopping point (the point of closest approach). Then the door gently and silently came to a stop at the correct point. Closing the door with more speed caused a slight overshoot, but then the door reversed direction and stopped at the correct point. Still more closing speed caused the door to hit a mechanical stop, but the door then reversed direction and stopped at the correct point. The door closed silently as long as the door was closed with energy (speed) less than the energy absorption capacity of the apparatus. This is to say that the door closed silently as long as it did not hit the stop.

The bias magnet was observed to take about two seconds to reorient the spherical magnet when the door was opened (i.e., when the reference magnet was removed). If the door was closed before about two seconds, there was a noticeable reduction in the energy absorbing characteristics. Eliminating the bias magnet still usually resulted in the door stopping at the correct point, but the door was much more likely to hit the door stop before the door came to rest at the correct point. The tests showed that the bias magnet was not essential, but it was desirable.

EXAMPLE 2: Thus far, all of the examples had the rotary magnet 20 translate only along a path 44 which does not intersect the reference magnet 30. Another test proved that energy removal could occur even when the reference magnet 30A approached rotary magnet 20A from the direction 47 in FIG. 5. This is the direction parallel to the magnetic axis 31A. The reference magnet would collide with the rotary magnet if it did not first hit a stop. In this experiment, a bias magnet (not shown in FIG. 5) had previously oriented the rotary magnet to an orientation that initially repelled the reference magnet coming from direction 47. Therefore, the initial repulsion removed translational energy when the reference magnet approached. Then the rotary magnet turned 180 degrees inside the housing and the initial repulsion was followed by magnetic attraction. The two magnets were prevented from colliding by a stop. This experiment shows that energy removal can occur with any orientation and translation direction provided that a bias magnet can properly orient the rotary magnet prior to the translation. The actual experiment was performed with the experimental spherical magnet apparatus previously described, so viscous drag was used rather than frictional drag.

FIG. 9 shows the use of a multi-polar reference magnet. The rotary magnet assembly 40C in FIG. 9 was previously described in FIGS. 7 and 8. The multi-polar reference magnet assembly 30H consists of a ferromagnetic bar 33 and multiple magnets 30D, 30E and 30F, which have been assembled to have alternating north and south poles. When the rotary magnet assembly 40C is translated along path 44, the cylin-

drical magnet 20C makes a 180 degree rotation with each reversal of magnetic polarity from the adjacent reference magnets. Therefore multiple magnets such as 30D, 30E and 30F can be added to achieve any amount of magnetic braking desired. The multi-polar reference magnet design is capable of removing more energy than a single reference magnet, but it is more difficult to make the rotary magnet assembly stop at a predetermined position with a multi-polar reference magnet.

It has previously been stated that any shape magnet will exhibit a rotation if it is properly mounted and translated through the fringing magnetic field of a reference magnet. The term "properly mounted" will be explained now. The ideal mounting for a rotary magnet to obtain maximum torque meets the following four goals: 1) the rotary magnet should be able to rotate about a rotational axis that is perpendicular to the magnet=s magnetic axis; 2) the rotational axis should pass through the center of the rotary magnet; 3) the rotational axis should be perpendicular to the translation direction; and 4) the rotational axis should be perpendicular to the magnetic axis of the reference magnet.

Meeting these four goals achieves maximum torque for a specific magnet size and a specific magnet separation. However, energy can be removed with a wide range of reference magnet orientations and a wide range of translation directions. In fact, if there is the proper drag on the rotary magnet, the only condition that does not remove energy from the rotary magnet is when either the translation direction 4, the magnetic axis 21 or the magnetic axis 31 is parallel to the rotation axis 46 (Figures 6 and 8).

A magnet in any shape (for example a cube) could be used as a rotary magnet if it is properly mounted, for example mounted on axle.

The axle then becomes the rotational axis. If the above four points were roughly met, then any magnet shape could rotate and become a rotary magnet.

The above four points are automatically and accurately fulfilled with a spherical magnet when it is mounted so that it can rotate in any direction. The spherical magnet will naturally choose an orientation and axis of rotation that fulfills the above goals. A diametrically magnetized cylindrical magnet automatically fulfills points number 1 and 2 above if the cylinder is mounted so that it can rotate around its cylindrical axis. However, the housing for a cylindrical rotary magnet should be oriented properly to fulfill points number 3 and 4 above in order to obtain the maximum torque and maximum energy absorption when drag is added.

FIGS. 5 and 6 showed one type of housing where the rotary magnet was held in position with properly sized holes. Figures 7 and 8 show another type of housing where a cylindrical rotary magnet was held inside a cylindrical cavity or a spherical magnet was held inside a spherical cavity. There are many different ways of constructing the housing for the rotary magnet. For example, a cylindrical rotary magnet could be housed inside a rectangular or cubical chamber. The primary drag could then be supplied through the flat ends of the cylindrical magnet. Therefore, the shape of the housing is not critical

, but the function of the housing must meet the following four requirements:(1) It must support the rotary magnet; (2) it must not block the transmission of a magnetic field; (3) it must allow the rotary magnet to rotate; (4) it must provide a predetermined drag on the rotary magnet.

Finally, all the examples given thus far had the reference magnet not able to rotate. However, the reference magnet could also be another rotary magnet assembly.

Accordingly, the invention may be characterized as an energy absorbing magnetic coupling device comprising a rotary magnet assembly including a first magnet rotatably retained in a housing, such that there is a substantial drag on rotation of said first magnet within said housing; a reference magnet having a magnetic axis; the rotary magnet and the reference magnet can be translated relative to each other along a predetermined translation path which has a point of closest approach; the magnetic axis of the reference magnet is oriented such that the relative translation exerts a torque on the first magnet and causes it to rotate inside the housing, and drag on the first magnet extracts energy from this rotation and converts this energy to heat, and acting to stop the relative motion at the point of closest approach.

Alternatively, the invention may be characterized as a rotary magnet apparatus comprising a first magnet with a magnetic axis; a housing which holds the first magnet such that the first magnet can rotate about a rotational axis generally perpendicular to the magnetic axis, the housing including means for exerting a predetermined substantial drag on the first magnet such that rotation of said the magnet results in a predetermined energy loss.

The above disclosure is sufficient to enable one of ordinary skill in the art to practice the invention, and provides the best mode of practicing the invention presently contemplated by the inventor. While there is provided herein a full and complete disclosure of the preferred embodiments of this invention, it is not desired to limit the invention to the exact construction, dimensional relationships, and operation shown and described. Various modifications, alternative constructions, changes and equivalents will readily occur to those skilled in the art and may be employed, as suitable, without departing from the true spirit and scope of the invention. Such changes might involve alternative materials, components, structural arrangements, sizes, shapes, forms, functions, operational features or the like.

Therefore, the above description and illustrations should not be construed as limiting the scope of the invention, which is defined by the appended claims.

【請求項1】 An energy absorbing magnetic coupling device comprising:
 a rotary magnet assembly including a first magnet rotatably retained in a housing, such that there is a substantial drag on rotation of said first magnet within said housing;
 a reference magnet having a magnetic axis;
 said rotary magnet and said reference magnet can be translated relative to each other along a predetermined translation path which has a p

oint of closest approach;

said magnetic axis of said reference magnet is oriented such that said relative translation exerts a torque on said first magnet and causes it to rotate inside said housing, and drag on said first magnet extracts energy from this rotation and converts this energy to heat, and acting to stop the relative motion at said point of closest approach.

【請求項2】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 wherein rotation of said first magnet within said housing is impeded by a viscous material that causes a substantial amount of drag on the rotation.

【請求項3】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 wherein rotation of said first magnet within said housing is impeded by friction between said first magnet and said housing.

【請求項4】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 wherein said first magnet is spherical.

【請求項5】 The energy absorbing magnetic coupling of claim 4 wherein said housing is a spherical cavity.

【請求項6】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 wherein said first magnet is a diametrically magnetized cylinder.

【請求項7】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 6 wherein said housing is a cylindrical cavity.

【請求項8】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 wherein said first magnet is a neodymium iron boron magnet.

【請求項9】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 wherein said magnetic axis of said reference magnet is tilted at an angle relative to said translation path.

【請求項10】 The energy absorbing magnetic coupling device of claim 1 further including means to orient said first magnet to the optimum orientation for the maximum energy removal.

【請求項11】 The energy absorbing magnetic coupling of claim 10 wherein said means to

orient said first magnet comprises a bias magnet.

【請求項12】 The energy absorbing magnetic coupling of claim 10 wherein said means to

orient said first magnet comprises an uneven weighting of said first magnet.

【請求項13】 The energy absorbing magnetic coupling of claim 1 wherein said first magnet has a first magnet magnetic axis, and said first magnet rotates about a rotational axis that is perpendicular to all of the following: said first magnet magnetic axis, said translation path, and said magnetic axis of said reference magnet.

【請求項14】 The energy absorbing magnetic coupling of claim 1 wherein said stationary reference magnet comprises a multi-polar magnet assembly including a plurality of magnets assembled to have alternating north and south poles.

【請求項15】 A rotary magnet apparatus comprising:
a first magnet with a magnetic axis;
a housing which holds said first magnet such that said first magnet can rotate about a rotational axis generally perpendicular to said mag

netic axis, said housing including means for exerting a predetermined substantial drag on said first magnet such that rotation of said first magnet results in a predetermined energy loss.

【請求項16】 The apparatus of claim 15 wherein said first magnet is a spherical magnet.

【請求項17】 The apparatus of claim 15 wherein said first magnet is a diametrically magnetized cylindrical magnet.

【請求項18】 The apparatus of claim 15 wherein said means for exerting a predetermined drag is a viscous material which contacts both said housing and said first magnet.

【請求項19】 The rotary magnet device of claim 15 wherein said means for exerting a predetermined drag is friction between said housing and said first magnet.

【請求項20】 The apparatus of claim 15 where the said rotary magnet apparatus includes a bias magnet which influences said first magnet such that said magnetic axis is biased towards a predetermined orientation.

【請求項21】 The apparatus of claim 15 where said housing is made of a non-magnetic material.

【請求項22】 The apparatus of claim 15 wherein translating said rotary magnet apparatus near a second magnet causes said first magnet to rotate and said energy loss impedes said translation.

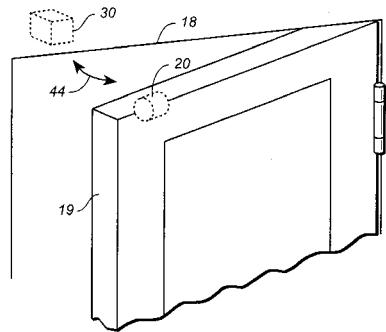
【請求項23】 The apparatus of claim 15 wherein translating a second magnet near said rotary magnet apparatus causes said first magnet to rotate and said energy loss impedes said translation.

【請求項24】 The apparatus of claim 15 wherein said housing is affixed to a door to remove energy from the door when closing.

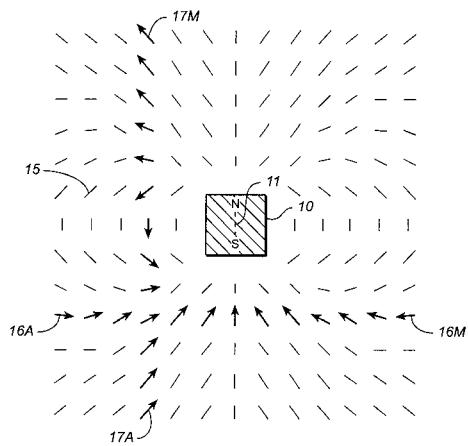
A non-contact apparatus removes translational energy (slows movement) of a first magnetic assembly when it is moved through the magnetic field of a second magnet. The first magnetic assembly contains a magnet that can rotate, such as a diametrically magnetized cylindrical magnet in a cylindrical cavity. Rotation of the first magnet does work against a predetermined drag. The apparatus also forms a non-contact magnetic coupling that holds a predetermined relative position. The apparatus can be used as a door catch that slows down and quietly stops a door at a predetermined position relative to the doorframe

【選択図】 図1

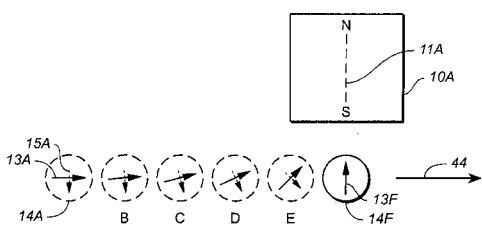
【図1】



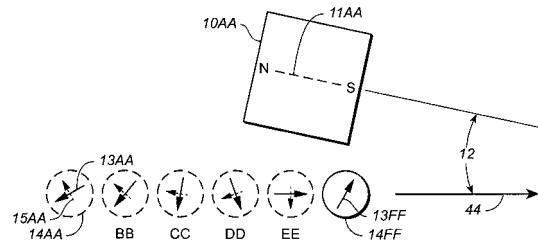
【図2】



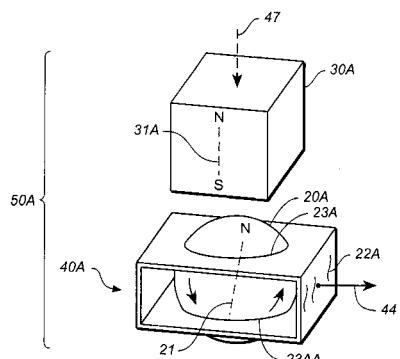
【図3】



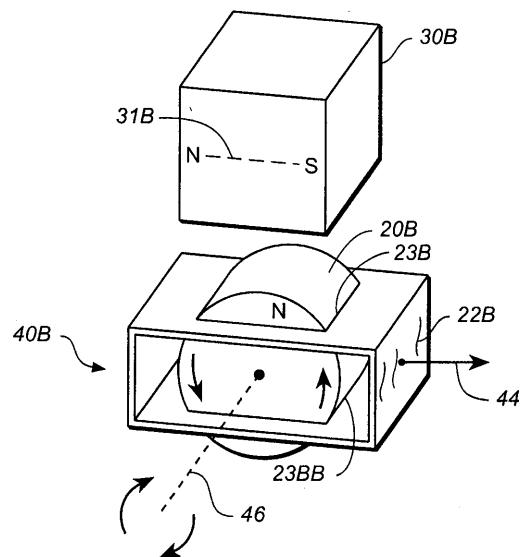
【図4】



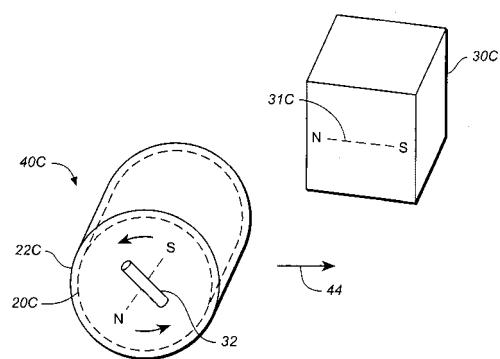
【図5】



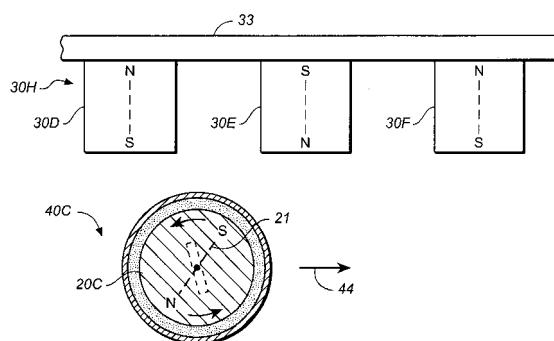
【図6】



【図7】



【図9】



【図8】

