

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-506488

(P2017-506488A)

(43) 公表日 平成29年3月2日 (2017.3.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02K 7/02 (2006.01)	H02K 7/02	5H607
H02K 15/03 (2006.01)	H02K 15/03 G	5H622
H02K 1/27 (2006.01)	H02K 1/27 502L	
F16H 33/02 (2006.01)	F16H 33/02 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2016-548294 (P2016-548294)	(71) 出願人	511042821
(86) (22) 出願日	平成27年1月22日 (2015.1.22)		ジーケーエヌ ハイブリッド パワー リミテッド
(85) 翻訳文提出日	平成28年9月21日 (2016.9.21)		イギリス, B98 O・ティ・エル,
(86) 国際出願番号	PCT/GB2015/050144		ウスターシャー, レディッチ, イブス
(87) 国際公開番号	W02015/110816		レイ チャーチ レーン, イブスレイ
(87) 国際公開日	平成27年7月30日 (2015.7.30)		ハウス ピーオーボックス 55
(31) 優先権主張番号	1401074.8	(74) 代理人	110001461
(32) 優先日	平成26年1月22日 (2014.1.22)		特許業務法人きさ特許商標事務所
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(72) 発明者	タウネッド, リック
			イギリス ビー98 Oティエル ウス
			ターシャー、レディッチ、イブスリー
			チャーチ レーン、イブスリー ハウス、
			ピーオー ボックス 55、ジーケーエヌ
			ハイブリッド パワー リミテッド内
			最終頁に続く

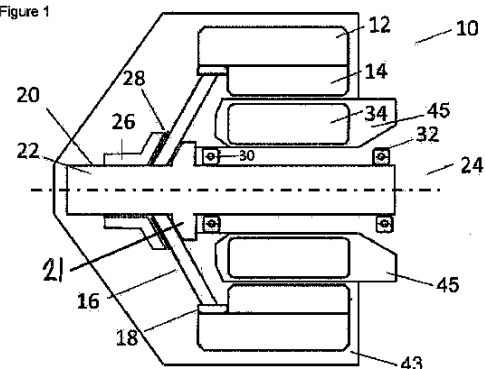
(54) 【発明の名称】 フライホイール・アセンブリ

(57) 【要約】

フライホイールのための環状ロータ。ロータはトウを含み、トウは、軸の周りに巻かれて隣接するトウ巻線間にギャップを有する層を成して配置されたファイバのマトリックスを含み、軸に対する法線とトウとの間の巻き角度は3.5°未満であり、マトリックスはさらにトウの臨界欠陥サイズより小さいサイズの磁性粒子を含む。

【選択図】 図1

Figure 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フライホイールのための環状ロータであって、前記ロータは、
トウを含み、前記トウは、軸の周りに巻かれて隣接するトウ巻線間にギャップを有する層を成して配置されたファイバのマトリックスを含み、前記軸に対する法線と前記トウとの間の巻き角度は 3.5° 未満であり、前記マトリックスはさらに前記トウの臨界欠陥サイズより小さいサイズの磁性粒子を含む、
環状ロータ。

【請求項 2】

前記巻き角度は 1.5° 未満である、請求項 1 に記載の環状ロータ。

10

【請求項 3】

前記巻き角度は 0.6° 未満である、請求項 1 または 2 に記載の環状ロータ。

【請求項 4】

前記巻き角度は 0.3° より大きい、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 5】

前記磁性粒子は非球形の形状である、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 6】

前記磁性粒子は実質的に線状である、請求項 5 に記載の環状ロータ。

20

【請求項 7】

前記磁性粒子は最長寸法において $500\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 8】

前記磁性粒子は最長寸法において $10\text{ }\mu\text{m}$ より大きい、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 9】

前記磁性粒子の密度は、前記軸からの距離が大きくなるにつれて小さくなる、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 10】

前記磁性粒子は、急冷粉碎された NdFeB を含む、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

30

【請求項 11】

前記トウは一方向性ファイバを含む、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 12】

前記磁性粒子は最長寸法において $70\text{ }\mu\text{m}$ 未満であって、一致するトウ間の前記ギャップ内に配置される、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 13】

前記ロータは磁化される、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

40

【請求項 14】

南北極対を含む、請求項 13 に記載の環状ロータ。

【請求項 15】

前記南北極対は交互の南北極対であり、対の各極は前記環状ロータの周りの円弧を占める、請求項 14 に記載の環状ロータ。

【請求項 16】

12 極の南北極対を含む、請求項 14 または 15 に記載の環状ロータ。

【請求項 17】

前記極対は、磁束の大部分を前記環状ロータの前記軸の方へ向けるように配置される、請求項 13 ~ 16 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

50

【請求項 18】

前記環状ロータは内側部分であり、前記環状ロータは、同じ軸の周りに巻かれたファイバのマトリックスを含む外側部分をさらに含み、前記外側部分は前記内側部分より大きい直径を有し、前記軸に対する法線と前記外側部分の前記トウとの間の前記巻き角度は 1° 以下である、請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 19】

前記内側ロータの各北極と整列する前記外側ロータのエリアは黒色または白色に塗られ、前記内側ロータの各南極と整列する前記外側ロータのエリアはそれぞれ黒色または白色のうちの他方に塗られる、請求項 18 に記載の環状ロータ。

【請求項 20】

前記ロータは真空内に収容される、請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 21】

前記ロータはフライホイールの前記ロータである、請求項 1 ~ 20 のいずれか一項に記載の環状ロータ。

【請求項 22】

フライホイールのための環状ロータを提供する方法であって、

ファイバのマトリックスを含むトウを軸の周りに巻くステップであって、前記トウは隣接するトウ巻線間にギャップを有する層を成して配置され、前記軸に対する法線と前記トウとの間の巻き角度は 3.5° 未満である、前記巻くステップと、

前記トウの臨界欠陥サイズより小さいサイズの磁性粒子を前記マトリックスの中に供給するステップと、

を含む方法。

【請求項 23】

前記巻き角度は 1.5° 未満である、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

前記巻き角度は 0.6° 未満である、請求項 22 または 23 に記載の方法。

【請求項 25】

前記巻き角度は 0.3° より大きい、請求項 22 ~ 24 に記載の方法。

【請求項 26】

前記磁性粒子は非球形の形状である、請求項 22 ~ 25 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 27】

前記磁性粒子は実質的に線状である、請求項 22 ~ 26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 28】

前記磁性粒子は最長寸法において $500\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 22 ~ 27 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 29】

前記磁性粒子は最長寸法において $10\text{ }\mu\text{m}$ より大きい、請求項 22 ~ 28 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

前記磁性粒子の密度は、前記軸からの距離が大きくなるに連れて小さくなる、請求項 22 ~ 29 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 31】

前記磁性粒子は、急冷粉碎された NdFeB を含む、請求項 22 ~ 30 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 32】

前記トウは一方向性ファイバを含む、請求項 22 ~ 31 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 33】

前記磁性粒子は前記個々のトウ層の表面上で前記巻線の方向に平らに横たわるようにされる、請求項 22 ~ 32 のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 34】

前記環状ロータを巻くとき $70\text{ }\mu\text{m}$ 未満の最長寸法の粒子が、一致するトウ間の前記ギャップに集まるようにされる、請求項 33 に記載の方法。

【請求項 35】

前記トウを巻いた後、前記環状ロータを磁化するために前記環状ロータに磁束を与えるステップが実行される、請求項 22 ~ 34 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 36】

前記ロータは南北極対を含む、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 37】

前記磁化されたロータは交互の南北極対を含み、対の各極は前記環状ロータの周りの円弧を占める、請求項 36 に記載の方法。

【請求項 38】

前記ロータは 12 極の南北極対を含む、請求項 36 または 37 に記載の方法。

【請求項 39】

前記極対は、磁束の大部分を前記環状ロータの前記軸の方へ向けるように配置される、請求項 36 ~ 38 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 40】

前記環状ロータは内側部分であり、前記方法は、同じ軸の周りに巻かれたファイバのマトリックスを含む外側部分を巻くステップをさらに含み、前記外側部分は前記内側部分より大きい直径を有し、前記軸に対する法線と前記外側部分の前記トウとの間の巻き角度は 1° 以下である、請求項 22 ~ 39 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 41】

前記内側ロータの各北極と整列する前記外側ロータのエリアを黒色または白色に塗るステップと、前記内側ロータの各南極と整列する前記外側ロータのエリアを黒色または白色のうちの他方に塗るステップとをさらに含む、請求項 40 に記載の方法。

【請求項 42】

実質的に本明細書において添付図面に関して記載された環状ロータ。

【請求項 43】

実質的に本明細書において添付図面に関して記載された方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、フライホイール・アセンブリに関する。本開示は、特に、フライホイール・アセンブリの回転部分の磁気特性を決定するための改良された方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

フライホイールは良く知られている装置であり、回転質量にエネルギーを蓄積するために使用される。フライホイールに蓄積されるエネルギーの量は、その回転速度の二乗に比例する。一般的に、エネルギーは、フライホイールにトルクを加えてその回転速度を高めることによって、フライホイールに移されて蓄積される。逆に、フライホイールが負荷に対してトルクを加えることによってフライホイールからエネルギーを解放あるいは回収することができ、その結果としてフライホイールの回転速度は低下する。

【0003】

多くの公知のフライホイール運動エネルギー蓄積アセンブリの中に、電動機または発電機として機能することのできる電気機械が含まれる。電気機械が電動機として作用するとき（すなわち、フライホイール・アセンブリが“電動機動作”または“レキュペレーティング”モードであるとき）、機械に供給された電気エネルギーは運動エネルギーに変換され、その結果として、フライホイール質量はより速く回転するようになる。電気機械が発電機として作用するとき（すなわち、フライホイール・アセンブリが“発電”または“ブ

ースティング”モードであるとき)、フライホイール質量に蓄積されていた運動エネルギーは、電気エネルギーに変換されて電動機などのシステムに伴う他のコンポーネントに供給されることができ、その結果としてフライホイールはよりゆっくり回転するようになる。

【 0 0 0 4 】

実際には、フライホイール質量が安全に回転し得る最大速度は、従って、対応するフライホイール・アセンブリが蓄積することのできるエネルギーの量は、少なくとも部分的にフライホイール・アセンブリの機械的強度および歪性能 (s t r a i n c a p a b i l i t i e s) に依存する。例えば、1つの重要なファクタは、高い回転速度で経験される機械的応力に応じてのその挙動である。

10

【 0 0 0 5 】

フライホイール・アセンブリが電気機械を含むとき、フライホイール質量がどれほどの高速で回転し得るかに関する他の1つのファクタは、電気機械を制御し得る仕方である。或る範囲のフライホイール回転速度で働く、信頼し得る有効な制御方式を実行することが望ましい。例えば熱放散に起因するロスなどのロスをなるべく回避および/または低減することも望ましい。さらに、フライホイール・アセンブリが故障あるいは破損を経験した場合に安全であることを含めて、フライホイール・アセンブリがなるべく安全であることが重要である。

【 0 0 0 6 】

公知の方法によれば、フライホイール・アセンブリの回転部分を制御する仕方は、フライホイール・アセンブリの物理的コンポーネントを構築する仕方に著しい影響を及ぼし得る。例えば、電気機械の1つまたは複数の磁性回転部分は、電気パルスを正弦波などの特定のパターンでフライホイール・アセンブリに加えるための準備として、それらの磁気特性を決定するために特定の仕方成形されることができる。

20

【 0 0 0 7 】

2013年7月19日に出願された英国特許出願第1312924.2号および2013年7月19日に出願された英国特許出願第1312927.5号の全体がこれにより参照により組み込まれる。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 0 8 】

1つの発明が請求項において提示される。

【 0 0 0 9 】

1つの態様に従って、請求項1において定義される、フライホイールのための環状ロータが提供される。従って、フライホイールのための環状ロータが提供され、ロータはトウを含み、トウは、軸の周りに巻かれて隣接するトウ巻線間にギャップを有する層を成して配置されたファイバのマトリックスを含み、軸に対する法線とトウとの間の巻き角度は3.5°未満であり、マトリックスはさらにトウの臨界欠陥サイズより小さいサイズの磁性粒子を含む。

【 0 0 1 0 】

40

任意に、巻き角度は1.5°未満である。

【 0 0 1 1 】

任意に、巻き角度は0.6°未満である。

【 0 0 1 2 】

任意に、巻き角度は0.3°より大きい。

【 0 0 1 3 】

任意に、磁性粒子は非球形の形状である。

【 0 0 1 4 】

任意に、磁性粒子は実質的に線状である。

【 0 0 1 5 】

50

任意に、磁性粒子の長さは $500\text{ }\mu\text{m}$ 未満である。

【0016】

任意に、磁性粒子の長さは $10\text{ }\mu\text{m}$ より大きい。

【0017】

任意に、磁性粒子の密度は、軸からの距離が大きくなるに連れて小さくなる。

【0018】

任意に、磁性粒子は、急冷粉碎された (quench milled) NdFeB を含む。

【0019】

任意に、トウは一方向性ファイバを含む。

10

【0020】

任意に、 $70\text{ }\mu\text{m}$ 未満の最長寸法の磁性粒子が、一致するトウ間のギャップ内に配置される、環状ロータ。

【0021】

任意に、ロータは磁化される。

【0022】

任意に、環状ロータは南北極対を含む。

【0023】

任意に、南北極対は交互の南北極対であり、対の各極は環状ロータの周りの円弧を占める。

20

【0024】

任意に、環状ロータは 12 の南北極対を含む。

【0025】

任意に、極対は、磁束の大部分を環状ロータの軸の方へ向けるように配置される。

【0026】

任意に、環状ロータは内側部分であり、同じ軸の周りに巻かれたファイバのマトリックスを含む外側部分をさらに含み、外側部分は内側部分より大きい直径を有し、軸に対する法線と外側部分のトウとの間の巻き角度は 1° 以下である。

【0027】

任意に、内側部分の各北極と整列する外側部分のエリアは黒色または白色に塗られ、内側部分の各南極と整列する外側部分のエリアはそれぞれ黒色または白色のうちの他方に塗られる。

30

【0028】

任意に、ロータは真空内に収容される。

【0029】

任意に、ロータはフライホイールのロータである。

【0030】

第2の態様に従って、請求項22において定義されているフライホイールのための環状ロータを提供する方法が提供される。従って、ファイバのマトリックスを含むトウを軸の周りに巻くことを含むフライホイールのための環状ロータを提供する方法が提供され、トウは隣接するトウ巻線間にギャップを有する層を成して配置され、軸に対する法線とトウとの間の巻き角度は 3.5° 未満であり、さらにトウの臨界欠陥サイズより小さいサイズの磁性粒子をマトリックスの中に供給することを含む。

40

【0031】

任意に、巻き角度は 1.5° 未満である方法。

【0032】

任意に、巻き角度は 0.6° 未満である方法。

【0033】

任意に、巻き角度は 0.3° より大きい方法。

【0034】

50

任意に、磁性粒子は非球形の形状である方法。

【0035】

任意に、磁性粒子は実質的に線状である方法。

【0036】

任意に、磁性粒子の長さは500 μm 未満である方法。

【0037】

任意に、磁性粒子の長さは10 μm より大きい方法。

【0038】

任意に、磁性粒子の密度は、軸からの距離が大きくなるに連れて小さくなる方法。

【0039】

任意に、磁性粒子は、急冷粉碎されたNdFeBを含む方法。

【0040】

任意に、トウは一方向性ファイバを含む方法。

【0041】

任意に、磁性粒子は個々のトウ層の表面上で巻線の方に平らに横たわるようにされる方法。

【0042】

任意に、環状ロータを巻くとき70 μm 未満のサイズの粒子が、一致するトウ間のギャップに集まるようにされる方法。

【0043】

任意に、トウを巻いた後、環状ロータを磁化するために環状ロータに磁束を与えるステップが実行される方法。

【0044】

任意に、ロータが南北極対を含む方法。

【0045】

任意に、磁化されたロータは交互の南北極対を含み、対の各極は環状ロータの周りの円弧を占める方法。

【0046】

任意に、ロータは12の南北極対を含む方法。

【0047】

極対は、磁束の大部分を環状ロータの軸の方へ向けるように配置される方法。

【0048】

任意に、環状ロータは内側部分であり、同じ軸の周りに巻かれたファイバのマトリックスを含む外側部分を巻くことをさらに含み、外側部分は内側部分より大きい直径を有する方法であって、軸に対する法線と外側部分のトウとの間の巻き角度は1°以下である方法。

【0049】

任意に、内側部分の各北極と整列する外側部分のエリアを黒色または白色に塗ることと、内側部分の各南極と整列する外側部分のエリアを黒色または白色のうちの他方に塗ることとをさらに含む方法。

【0050】

次に、添付図面に関して実例として実施態様が説明されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】フライホイール・アセンブリの横断面側面図である。

【図2】磁性グラスファイバ複合ロータを巻くための装置の側面図である。

【図3A】フライホイール・アセンブリの内側環がその上に配置されている磁性デバイスの（部分の）透視図である。

【図3B】フライホイール・アセンブリの内側環がその上に配置されている磁性デバイスの平面図である。

10

20

30

40

50

【図 4 a】導電性ワイヤに包まれた、図 3 の磁性デバイスの外面の部分形成する金属棒（歯）の透視図である。

【図 4 b】図 4 a に示されたタイプの 3 つの（歯）棒の平面図である。

【図 5】磁化後の、フライホイール・アセンブリの内側環の横断面側面図である。

【図 6】磁化後の、フライホイール・アセンブリの内側環に形成された磁束線の横断面側面図である。

【図 7】対応する磁束線および電界線を伴う組み立て後のロータおよびステータを示す。

【図 8】フライホイール・アセンブリの内側環を形成するトウ巻線の層の拡大断面図を示す。

【図 9】フライホイール・アセンブリの外側ロータを形成するトウ巻線の層の拡大断面図を示す。

10

【図 10】急冷粉碎された NdFeB（磁性粒子材料）の分布曲線を示す。

【図 11】トウを巻いた後の磁性粒子位置決めとドクターブレードの作用とを示す。

【発明を実施するための形態】

【0052】

図の全体において、類似の構成要素は類似の参照数字で示される。

【0053】

概観

概観して、外側部分および内側部分を含むフライホイール・アセンブリが開示される。フライホイールは、強さの望ましい特性と、疲労が生じた場合に制御される故障と、永久磁化された内側部分の磁界を適合させる能力とを示す。磁化された内側部分は、回転時に渦電流に起因する熱の蓄積を防止するように配置される磁性粒子を含むのが有利である。これは、熱放散があまり重要でないため、効率を良くするために真空内での回転を可能にするとともに、フライホイール・システムにおいてエネルギーを蓄積し回収するためのより簡単な制御方式を可能にする。

20

【0054】

詳細な説明

図 1 はフライホイール・アセンブリ 10 を示す。このアセンブリは同時係属中の英国特許出願第 1312927.5 号に示され記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれるので、フライホイール・アセンブリ 10 は以下で割合に手短かに記載される。

30

【0055】

フライホイール・アセンブリ 10 は、環状外側ロータ 12 と内側環状ロータまたは“内側環” 14 とを有するロータ・アセンブリ 12、14 を含む。1 つの実施態様では、外側ロータ 12 は、樹脂材料のマトリックス内の炭素繊維の一方向性フィラメントを含む複合材料から形成される。当業者に認識されるであろうように、外側ロータ 12 および内側環 14 は、エネルギー蓄積のための回転するフライホイール質量として作用する。内側環 14 は、特に磁性粒子を用いて形成され、以下で詳しく記載されるように、永久的に磁化され得る。1 つの実施態様では、内側環 14 は、樹脂と磁性粒子との混合物から形成されるマトリックス内のガラス繊維の一方向性フィラメントから形成される。

40

【0056】

ロータ・アセンブリ 12、14 は、ハブまたはエンドキャップ（end cap）16 の形のロータ・サポートにより支えられる。ガラスを含むことのできるリング 18 がエンドキャップ 16 とロータ・アセンブリ 12、14 との間に設けられている。リング 18 は、エンドキャップ 16 の外側縁が外側ロータ 12 の中に入り込むのを止めるように配置され得る。図 1 の実施態様のエンドキャップ 16 は一般的に円錐状である。その外周はリング 18 を支え、リング 18 は外側ロータ 12 の円筒状内面に取り付けられている。エンドキャップ 16 は中央円形開口部 20 を有し、これにシャフト 22 を挿入することができる。動作時、フライホイール・アセンブリ 10 の回転部分は、シャフト 22 により画定される中央縦軸 24 の周りに回転する。

50

【 0 0 5 7 】

1つの実施態様では、リング18、エンドキャップ16および外側ロータ12のうちの幾つかまたは全部は歪整合される (s t r a i n m a t c h e d) 。結果として、フライホイール・アセンブリ10のこれらのコンポーネントは、大きな回転負荷の下で実質的に一様な変形を示し、これにより、回転中にフライホイールが不意に故障する危険が減少する。

【 0 0 5 8 】

内側環14の円筒状内面の各端部に面取り部が画定される。面取り部は、高速回転時にエッジが割れるのを避けるために縦軸24に関して少なくとも20度、より好ましくは20~60度、さらに好ましくは50~55度の角度を画定するのが好ましい。

10

【 0 0 5 9 】

フライホイール・アセンブリ10のコンポーネント同士は、任意の適切な仕方で機械的に結合され得る。図1に示されている特定の実施態様では、シャフト22は円周方向に延びるフランジ21を含む。エンドキャップ16は、シャフト22に螺合されたクランプナット26によりフランジ21に当接して保持される。フレッチング防止シム28がクランプナット26とエンドキャップ16との間に設けられる。シャフト22は、ベアリングの対30、32によってフライホイール・アセンブリ10の縦軸24の周りに回転するように支持される。ベアリング30、32は、フライホイール・アセンブリのためのコンテインメント (図示されていない) によって支持される。ロータ・アセンブリ12、14は、コンテインメントにより担持されているステータ34の周りに回転することができる。

20

【 0 0 6 0 】

コンテインメントは、真空43を含む空洞を含む。ロータ・アセンブリ12、14は、空洞の中に収容され、従って真空43中で回転する。ステータ34は、冷却特性を提供し得るオイルまたは他の物質で満たされることのできる追加の空洞45の中に収容されている。ステータ34が中に収容されている空洞45を含まない。なぜならば、真空では、作動時に関係する高電圧に起因するパッシェン放電 (P a s c h e n d i s c h a r g e) によりステータがダメージを被る可能性があり、それは関連する絶縁材 (図示されていない) の劣化につながる可能性があるからである。

【 0 0 6 1 】

ステータ34は1つ以上のコイル (図示されていない) を含み、それに電動機動作時に電流パルスが加えられ得る。ステータの1つまたは複数のコイルに電流を加えるとそれらは活性化され、ステータ極片に磁束または磁力を生じさせ、これにより内側環14の磁化された極片を退け、これは、ロータ・アセンブリ12、14にトルクを与えるという効果を有する。これにより、回転エネルギーがロータ・アセンブリ12、14に蓄積される。逆に、運動する磁化されている内側環14は、ステータの1つまたは複数のコイルに電流を誘導し、これによりロータ・アセンブリ12、14からステータ34にエネルギーを移すように、制御され得る。要約すると、電動機動作時には、ステータ・コイルに回転磁界を生成して永久磁石内側環14を電磁的に駆動することによってロータにエネルギーを移すことができる。発電時には、内側環14の回転磁界がステータのコイルに電流を誘導し、それは、他のシステム、例えば電動機、に給電するために使用され得る。

30

40

【 0 0 6 2 】

フライホイール・アセンブリ10は、任意の適切な仕方で構築されることができる。1つの実施態様では、外側ロータ12、内側環14、エンドキャップ16およびリング18は、互いにプレスフィットされる。組立の容易性を高めるために、プレスフィットされるコンポーネントのうちの幾つかまたは全てに樹脂コーティングなどの潤滑剤を塗ることができる。これの1つの例が同時係属中の英国特許出願第1312927.5号に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。1つの実施態様では、樹脂は、後に硬化されてコンポーネント間にボンドを形成する。

【 0 0 6 3 】

外側ロータ12は、ローラまたはマンドレルの周りにトウ (t o w) を巻き、トウの層

50

を構築して、環状またはディスク形の巻かれた層状複合体を形成することによって、少なくとも部分的に、製造されることができる。例えば、外側ロータ 12 を形成するために使用されるトウは、炭素複合体を含むことができる。これの 1 つの例が同時係属中の英国特許出願第 1 3 1 2 9 2 4 . 2 号に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれ、従って、外側ロータ 12 の製造については本明細書ではこれ以上記載されない。

【0064】

図 2 は、1 つの実施態様に従う、フライホイール・アセンブリ 10 の内側環 14 の MLC (magnetically loaded composite (磁性体装荷複合体)) を巻くための装置を示す。ガラス繊維の一方方向性フィラメントから成るトウ 36 は、供給ドラム、ホイールまたはボックス 38 から引き出される。繊維は、代わりに、炭素繊維、E ガラス繊維、S ガラス繊維、玄武岩繊維または窒化ホウ素繊維を含むことができる。トウ 36 は、前もって樹脂で含浸されてもよいし含浸されなくてもよい。トウ 36 は、固定軸の周りに回転するローラ 40 を越えて引かれ、次に、ガラス繊維のトウを案内しかつ張力を付与するスプリング付きのまたは負荷調整可能なローラ 42 のセットの周りを引かれる。

【0065】

トウ 36 は、さらなるローラ 46 上のトウ 36 の位置を調整するためにトウ 36 に対して横方向に移動可能な 1 対の案内ローラ 44 の間を通る。次にトウ 36 は、内側環 14 を形成するために回転するマンドレル 48 上に引かれる。トウ 36 は、ローリング・プロセスの前に、間にまたは後に、任意の適切な物質でコーティングされることができる。図 2 に示されている実施態様では、トウ 36 がマンドレル 48 の外面と接触する箇所より前で、樹脂および磁性粒子の混合物 49 がパイプ又はダクト 50 を介して回転するマンドレル 48 の表面の方へ供給される。ドクターブレード 52 は、均一な厚さの樹脂および磁性粒子がマンドレル 48 の表面上に分布して、乾いているトウ 36 がそれらに包埋されて余分の樹脂を吸収し、トウ 36 が十分に濡れることを保証する。1 つの実施態様では、今は磁性粒子が装荷されている複合材料中にボイドまたは気泡が生じることなく乾いたガラス繊維トウ 36 が樹脂で十分に濡れるように十分な余剰樹脂をマンドレル 48 の表面に供給すべきである。内側環 14 内の磁性粒子の目的、構成および磁化については、以下でさらに論じられる。

【0066】

内側環 14 の構築中、連続する各層においてマンドレル 48 の一方の側から他方の側まで望ましい巻き角度で層が 1 層ずつ敷かれるようにトウ 36 が均一にかつ精密に巻かれることを保証するために案内ローラ 44 の横方向運動をマンドレル 48 の回転と同期させることができる。内側環 14 (および、別に、外側ロータ 12) を巻いている間、各層の外縁で巻き角度を逆にして次の層を巻き始めることができる。

【0067】

1 つの実施態様では、内側環 14 の層を形成するために、トウ 36 を巻いている間、マンドレル 48 は一定の角速度で回転させられる。当業者が認識するであろうように、内側環 14 の層が構築されるにつれて、内側環 14 の外周は大きくなる。従って、内側環の外周の線 (または接線) 速度は、時間の経過に連れて大きくなってゆく。ダクト 50 が樹脂および磁性粒子の混合物 49 を実質的に一定の速度でかつ磁性粒子を混合物 49 内に実質的に均一に分布させて供給すれば、内側環 14 内の磁性粒子の密度は内側環 14 の外側に向かって減少してゆく。ここで、この、内側環 14 の半径の増大に伴う磁性粒子密度の低下は、以下でさらに論じられるように、フライホイール・アセンブリ 10 の磁気特性および動作のために有益な効果を有することができる。

【0068】

ローラと樹脂付加コンポーネントとの特定の構成が図 2 に示され、上記で説明されているけれども、それが適用されることになる用途に合うように調整され得る磁性粒子を含む巻かれた内側環を形成するために他の構成が使用され得るということが認識されるであろう。さらに、内側環 14 は、任意の適切な仕方で硬化後にマンドレル 48 から取り外され

ることができる。

【0069】

樹脂および磁性粒子の混合物49は、内側環14を形成するために所望の数のトウ36層が巻かれたならば、硬化させられることができる。その硬化は、例えば、オートクレーブを用いて実行されることができる。しかし、使用される樹脂と関連する所要のガラス遷移温度を達成するために、当業者に理解されるであろうように、硬化は任意の適切な仕方で行われ得るので、本明細書ではこれ以上記述されないであろう。

【0070】

ここで、内側環14などのフライホイール・アセンブリのコンポーネントを形成するために複合材料のトウを巻くことは、これらのコンポーネントの良好な機械的強度を保証するために有益であることが認識されている。さらに、ここで、内側環14の磁気特性の幾つかまたは全部を、その物理的構造を決定し形成することとは関係なく、決定し得るということが認識されている。従って、本明細書に記載された改良された方法およびシステムでは、内側環14を物理的に構築している間、フライホイール・アセンブリ10の動作中に内側環14が示すべき所望の磁気特性は、ほとんど無視されることができ、あるいは少なくとも決定的でなくてもよい。代わりに、製造者は、物理的製造プロセス中、内側環14の構造強さ、または他の所望の物理的特性、に焦点を当てることができる。以下でより詳しく記述されるように、内側環14の磁気特性は、例えば構造の磁化するべき部分を選択し、それによって内側環の磁界を成形することによって、爾後に決定されることができる。1つの実施態様では、内側環14が物理的に形成され硬化させられた後の、磁界のこの成形は、その構造強さを損なわない。

【0071】

内側環14は、トウを巻くことから形成され、従って、製造後に適切なサイズに切断される、より大きな構成体から形成されるのではなくて、所望のサイズおよび形状に構築されるので、内側環14を切断する必要はない。さらに、その磁気特性を決定するために内側環14を切断する必要も全くない（以下でさらに論じられる）。通例、フライホイール・アセンブリ10の破損歪はおよそ1.3%であり、これは、標準磁性材料ピースが複合材料に包まれる、破損歪が通例およそ0.3%である非MLCフライホイール・アセンブリより勝っている。その理由は、公知の非MLC電磁フライホイール・エネルギー蓄積システムでは、個々の永久磁石が互いに接着または固定されて磁性ロータを形成することにある。ロータの中のそのような磁石の構造接続は、理解されるであろうように回転と共に磁束が変化するので、渦電流を誘導する原因となる。これらの渦電流は、動作時により猛烈な熱プロファイルにさらされることを通じて熱の蓄積と、繰り返し使用の頻度の減少、短い寿命などの他の関連する不利な効果とを生じさせる（後にさらに論じられる）。本MLCロータでは、環の磁性粒子は非常に小さいので、個々の微小な磁石は多層複合体により互いから絶縁され、従って渦電流は生じない。これは、非MLCシステムの加熱効果を無くするという利益を有する。

【0072】

物理的に形成されてセット（これは硬化ステップを含むことができる）された後、内側環14は磁化されることができる。1つの実施態様では、磁性粒子が集合することおよび/またはその物理特性の他のあり得る変化を避けるために、内側環14は、適切にセットされる前は磁化されない。1つの実施態様に従う、内側環14の磁気特性を制御し決定する仕方が次により詳しく記述されるであろう。

【0073】

図3Aは、内側環14に特定の磁気特性を付与するために使用され得る磁化装置54の透視図を示す。以下でさらに論じられるとともに図3Bに平面図で示されてもいるように、磁化装置54は中心軸56を含み、その周りに、構築された内側環14を配置することができる。磁化装置54は、好ましくは積層軟鉄またはスチールから構成された複数の極片（歯）58をさらに含む。極片58は、実質的に規則的な構成体を成すように配置され、これにより中心軸56を画定することができる。各極片58は横断面が実質的に矩形で

あり、その最長の軸は、中心軸 5 6 を通って延びる縦軸に実質的に平行に延びる。片 5 8 は磁束を集中させるようにテーパを付けられ、スチールまたは鉄は磁束の導体として作用して、磁束を成形しあるいは磁束の向きを定めることのできる低リラクタンス経路を提供する。磁化装置 5 4 は、磁化ヨークと称されてもよい。1 つの実施態様では、極片 5 8 は中心軸開口部 5 6 の外側の周りで一様な間隔を置いており、各極片 5 8 の側は、それに最も近い隣の極片の側から物理的に離されている。磁化装置 5 4 内に含まれる極片 5 8 の数は変化し得るけれども、本明細書に記載された改良された方法およびシステムに従って内側環 1 4 に磁気特性を付与するために磁化装置 5 4 を使用し得るように偶数個の極 5 8 が存在するべきである。

【0074】

磁化装置 5 4 が内側環 1 4 に磁束を付与するために、極片 5 8 は、交互の北 (N) 極および南 (S) 極として作用するように構成されなければならない。1 つの実施態様では、これは、各極片 5 8 の外側の周りのコイル 6 0 の中に導電性巻線材料 (好ましくは銅) を包み込むことにより成し遂げられる。ここで図 4 a に示されているように、コイル 6 0 は各極片 5 8 の側面 5 9 および端面 6 1 の周りに形成される。導電性巻線材料は、望ましい電流に依存して異なる横断面積を持ち得る。好ましくは、この導体は、改良されたパッキングを可能にする平らなリボンのプロフィールを有する。1 つの実施態様では、8 個のコイル 6 0 が各極片 5 8 の周りに形成され、隣り合う極片 5 8 の周りのコイル 6 0 は、隣り合う極片同士が磁化後に反対の極性を持つこととなるように、それぞれ異なる方向 (時計回りおよび反時計回り) に巻かれる。これは、ここで図 4 b に示されている。

【0075】

磁性極片 5 8 は任意の仕方で成形されてよくて、例えば、理解されるであろうように磁気ベアリングを形成するために完全に環状の極片 (内側環の周囲全体の周りに延びる) を用いることができる。さらに、順次周囲極片 (sequentially circumferential pole pieces) (それぞれ内側環の周囲全体の周りに延びる) を用いてマルチ・ロー・ベアリングを形成することができる。さらに、特定の磁界強度パターンを形成するように極を調整することができる。

【0076】

磁化装置 5 4 の極片 5 8 が包まれた後、磁化装置 5 4 の中心軸開口部 5 6 の中に内側環 1 4 を挿入するべきである。その後、例えばキャパシタ・バンク 6 2 およびスイッチ 6 3 を介して、コイル 6 0 に電流を通すことができる。1 つの実施態様では、約 30 kA ないし 40 kA の非常に強い電流が使用される。この非常に強い電流をコイル 6 0 に通すことの効果は、上で言及されたように、磁化装置 5 4 および中心軸 5 8 に N および S 電磁極を形成し、これにより、これらに接して配置されている内側環 1 4 に磁束を付与することである。これは、内側環 1 4 を、周囲に N 極および S 極 7 8 が交互に位置する幾つかの永久磁石に転換するという効果を有する。

【0077】

1 つの実施態様では、内側環 1 4 に、N および S が交互に位置する 12 個の磁極 7 8 を形成するために磁化装置 5 4 を使用することができる。これは、ここで図 5 に示されている。物理的には、極 7 8 は実質的に同じサイズを持つべきである。従って、各極 7 8 は、内側環 1 4 の周りで約 30° の円弧を占める。

【0078】

例えば 2、4、6、8、10 または 12 極の内側環 (1、2、3、4、5、6 極対) など、他の装置も形成され得る。希望により、もっと多数を用いることができるであろう。

【0079】

極対の数を増やした場合、使用時にフライホイールへおよびフライホイールからより多くのエネルギーを移すことができるけれども、システム全体の複雑さが増す。製造上の制約条件を満たすために磁性ロータ片 (内側環磁化 MLC) は最小のサイズであるべきなので、制約因子はロータの直径である。内側環 MLC を磁化するために使用される電磁石の電流は、MLC に永久磁石を生成するのに十分でなければならない。これは最小 (銅) 導

10

20

30

40

50

体横断面積により決定され、理解されるであろうように、これは、電磁石の巻線が銅の導通能力により制約されるという結果をもたらす。

【 0 0 8 0 】

ひとたび磁化されてしまえば、内側環 1 4 は、磁化装置 5 4 から取り外されることができ、外側ロータ 1 2 および他のコンポーネントと共にフライホイール・アセンブリ 1 0 に組み込まれることができる。1つの実施態様では、内側環 1 4 および / または外側ロータ 1 2 は、N、S 極に対応してペンキで塗られることができる。例えば、N および S 極 7 8 または極と整列する外側ロータ 1 2 のエリアにそれぞれ白および黒のペンキを塗りあるいはそれらを白および黒に彩色することができる。任意に、それらを明暗に塗りあるいは彩色することができる。N および S 極 7 8 のこの視覚的区別は、例えば、光センサがフライホイール・アセンブリの動作を監視するべく内側環 1 4 の回転を検出し追跡することを可能にするために使用されることができる。これは、ウィリアムズ・ハイブリッド・パワー・リミテッド (W i l l i a m s H y b r i d P o w e r L i m i t e d) の名義で今日出願される別の英国特許出願により詳しく記載されているので、本明細書ではこれ以上は論じられないであろう。

【 0 0 8 1 】

上で言及されたように、磁化装置 5 4 を使用して内側環 1 4 を磁化するプロセスは内側環が物理的に形成されてセットされた後に行われるけれども、それを物理的に構築している間に内側環 1 4 の磁気特性に貢献することが可能である。これを行える 1 つの仕方は、内側環 1 4 の層の中の磁性粒子の構成を制御すること (または変化させること) により、これは、内側環が磁化装置 5 4 によって磁化された後に内側環 1 4 が生じさせる磁束プロフィールおよび磁界形状に貢献する。内側環 1 4 内の磁束は、内側環 1 4 内に電流がどれだけ誘導され得るかを制御 (あるいは制限) するので非常に重要であり、その結果としてロータ・アセンブリ 1 2、1 4 は回転してその中に回転エネルギーを蓄積する。

【 0 0 8 2 】

ここで、内側環 1 4 により生成される磁束線にとっては内側環 1 4 の半径に平行に延びないこと、あるいは内側環 1 4 の本体の外へ突出しないことが有利であるということが認識されている。代わりに、磁束線にとってはなるべく内側環 1 4 の本体の中に閉じ込められることが有益である。磁束のこの閉じ込めは、磁化された後の内側環 1 4 の磁気強度を強めるのに役立つ。例えば、磁束線は、内側環 1 4 の円形コア 6 4 または周囲 6 6 と実質的に同心に延びることができるであろう。上記のように、内側環 1 4 は、ひとたび磁化されれば、複数の永久 N および S 極対を有する。1つの実施態様では、ここで図 6 に示されているように、磁束線は、各極の方へ内方に湾曲し、内側環 1 4 の回転軸の上で弓形になるように制御される。

【 0 0 8 3 】

上で言及されたように、1つの実施態様では、トウ 3 6 の巻きは、磁性粒子の密度が内側環 1 4 の外側部分に向かって減少してゆくように、制御される。これは、磁束線を制御および / または成形することをより容易にするとともに磁束の大部分をステータ 3 4 の方へ向けて発電時にステータ・コイルに誘導される電流を強めるので、有利であり得る。

【 0 0 8 4 】

図 7 は、組み立てられたときのステータ 3 4、内側環 1 4、外側ロータ 1 2 およびステータ / ロータ・ギャップ 7 6 を示す。永久磁石内側環 1 4 の磁界 7 0 およびステータ 3 4 の電界 7 2 が示されている。図示されているように、磁束は、内側環 1 4 の中心の方に向かって集中し、従ってロータおよびステータの間でのどちらの方向の最大エネルギー移動をも可能にする。外側ロータ 1 2 に与えられる漂遊磁束 7 4 があるかもしれないけれども、それらは、前述されたように、磁性粒子の密度が内側環 1 4 の外側部分に向かって減少してゆくことによって低減される。

【 0 0 8 5 】

図 8 は、1つの実施態様に従って、内側環 1 4 の、その縦軸を通る平面における拡大略横断面図を示す。この内側環 1 4 を或る長さのトウ 3 6 から形成するとき内側環 1 4 のト

10

20

30

40

50

ウと内側環の縦軸 2 4 に対する法線との間に割合に大きく広い巻き角度が用いられていて、隣り合うトウ巻線間に磁性体装荷樹脂を収容するギャップをもたらす。好ましくは、この角度は 3.5° 未満であり、より好ましくは 1.5° 未満である。さらに好ましくは、この角度は 1.25° 未満であり、任意に 0.3° より大きい。さらに好ましくは、この角度は 0.6° 未満であり、 0.3° より大きく、なお一層好ましくは約 0.5° である。これは、内側環のトウ巻線の全てについてあてはまるであろう。好ましくは、内側環は、軸方向に延びるファイバを全く含まないように、より好ましくは 5° より大きい巻き角度を有するファイバが全く無いように、巻かれる。比較をすると、図 9 はフライホイール・アセンブリ 10 の外側ロータ 12 を通る対応する部分横断面図を示し、これは磁性体装荷樹脂を収容しなくてもよい。図 9 のトウのためには狭い巻き角度が選択されているので、隣り合うトウ巻線間には実質的にギャップが無いことが分かる。しかし、外側ロータ 12 のトウとロータの縦軸 2 4 に対する法線との間の巻き角度は、隣り合う巻線同士の間重なり合いが無いことを保証するために十分に大きい。外側ロータ 12 の巻き角度は好ましくは 2° 未満であり、より好ましくは 1° 未満である。好ましくは、この角度は 0.6° 未満であり、任意に 0.2° より大きい。より好ましくは、エンディング角度は 0.5° 未満で 0.2° より大きく、なお一層好ましくは約 0.315° である。これは、外側ロータ 12 のトウ巻線の全てについてあてはまるであろう。図 8 および 9 において、図 1 の空洞は明瞭性を目的として図示されていない。

10

20

30

40

50

【0086】

ここで、内側環 14 内の磁性粒子の形状は動作中フライホイール・アセンブリ 10 の強度および信頼性に強い影響を及ぼし得るということが認識されている。内側環 14 を形成するためにトウ 36 に塗られる混合物 49 内に実質的に球形の（または丸い）磁性粒子を用いることは、磁性の観点から許容し得るであろう。しかし、複合体内に球形のまたは丸い粒子を用いるのは、一般的にはその物理的強度、特にその剪断強さのためには良くない。作動時、内側環 14 を含む、フライホイール・アセンブリ 10 の回転部分は、（時折）非常に大きな速度で回転しなければならないであろう。内側環 14 が球形のまたは丸い粒子を含んでいれば、フライホイール回転中縦方向の流れ（軸 2 4 に実質的に平行な縦方向の膨張）に対抗しないのでフライホイール・アセンブリ 10 の破損、あるいはフライホイール・アセンブリ 10 に対するダメージに寄与する（あるいは少なくとも阻止しない）ことがあるであろう。例えば、そのような破損は、環 14 が外側ロータ 12 と整列するのでなく軸方向に剪断変形して外側ロータ 12 から突出することから成ることがある。逆に、実質的に平らな粒子は、すなわち磁性小平板または針の形状は、高速回転時にフライホイールの縦方向流れを妨げるであろう。さらに、小平板または針は内側環 14 の層の剪断変形を妨げる。従って、1 つの実施態様では、混合物 49 内の磁性粒子は、小平板および針を含む。小平板および針は、1 つの実施態様では、内側環 14 が硬化させられる前にドクターブレード 52 により所望の構成に組織されることができる。これは、ここで図 2 に示されている。

【0087】

実質的に線形の磁性小平板を用いることは、フライホイール・アセンブリが破損した場合にフライホイール・アセンブリがどういう風にバラバラになるかということに関して有益であり得る。一方向性ファイバが使用されるため、内側環は、軸方向に延びるファイバが無く巻き角度が割合に小さいので、回転軸に対して垂直な平面内では非常に強いが回転軸に平行な平面内で他の方向においては割合に弱い。外側ロータについても同様である。結果として、回転中、内側環 14 は絶えず外方に外側ロータ 12 を押している。従って内側環 14 および外側ロータ 12 は樽型風に変形する。本質的に、外側ロータおよび内側環は軸方向にはマトリックス材料だけによって互いに固定される。従って、フライホイールは、回転軸に対して垂直な 1 つまたは複数の平面に沿って割れることにより破損することがある。内側環 14 の破壊的変形が生じる前に外側ロータ 12 が先に割れることがある。内側環 14 の磁性粒子構造のために、たとえ破壊的変形が生じたとしても、ロータがばらばらになった場合に、内側環 14 に含まれる磁石の大きな塊が真空空洞のあちこちに飛

び散ることではない。これは、割合に軽量のケース内にフライホイールが収容されるときに、例えば重量を軽くすることが非常に重要である高速自動車に収容されるときに、特に重要であり得る。なぜならば、そのような軽量のケースは、破損した場合にフライホイールの非制御破裂に抵抗する十分な強さを持たないことがあるからである。

【 0 0 8 8 】

ここで、内側環 1 4 を形成するためにトウ 3 6 に加えられる混合物 4 9 内の磁性粒子のサイズがフライホイール・アセンブリ 1 0 の疲労性能に影響を及ぼし得るということも認識されている。

【 0 0 8 9 】

当業者はグリフィスのクラック理論 (G r i f f i t h ' s C r a c k T h e o r y) に精通しているであろう。それによると、次のとおりである。

【 0 0 9 0 】

【 数 1 】

$$C = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi}} \quad (1)$$

【 0 0 9 1 】

ここで E は材料のヤング率であり、 γ は材料の表面エネルギー密度であり、C は定数である。グリフィスのクラック理論によれば、定数 C は、特定の量の応力 (σ_f) にさらされたときに材料を割れさせる臨界欠陥サイズ (a) に、下記の関係によって関連付けられる。

【 0 0 9 2 】

【 数 2 】

$$\sigma_f \sqrt{a} \approx C \quad (2)$$

【 0 0 9 3 】

ここで、内側環 1 4 内の磁性粒子が臨界欠陥サイズ (a) より大きければそれらは実際上内側環において ' 欠陥 ' となり、従って、内側環 1 4 の疲れ寿命を短縮することによってフライホイール・アセンブリの破損リスクに寄与するであろうということが認識されている。逆に、ここで、内側環 1 4 内の磁性粒子が臨界欠陥サイズ (a) より小さくて、それらが好ましくは非球形であるならば、それらは実際上、グリフィスのクラック理論により決定されるように応力下で割れを生じさせることとの関連において ' 不可視 ' であろうということが認識されている。磁性粒子はトウの周囲方向における内側環 1 4 の強度に影響を及ぼさないけれども、トウに対して垂直な方向 (フライホイール・アセンブリに関して縦方向) における強度は、磁性粒子が樹脂に対して構造強化要素として作用するために、強められる。従って、1 つの実施態様では、内側環 1 4 内に含まれる磁性粒子のサイズはトウ材料についての臨界欠陥サイズ (a) より小さく、ここで、臨界欠陥サイズ (a) は、疲れの量すなわちフライホイール・アセンブリ 1 0 の動作中に内側環 1 4 がさらされる最大応力量、に基づいて計算される。例えば、磁性粒子は、それぞれ長さ (最長寸法) が 1 0 0 ミクロン未満で、平均サイズが 6 0 ミクロン、最大サイズが 5 0 0 ミクロンであり得る。使用される材料は、急冷粉碎された N d F e B であり得る。図 1 0 は、急冷粉碎された N d F e B の分布曲線を示す。N d F e B を粉碎しておよそ 1 0 μ m \times 2 0 μ m \times 2 5 0 μ m の寸法の平らな針状粒子を製造することができる。最小寸法が 1 0 μ m 未満の粒子は、液状ポリマの粘度を高めて不利なので、(たとえばふるい分けにより) 排除される。粒子は、6 0 μ m \times 6 0 μ m \times 1 0 μ m を超えるときは針状になりやすい。サマリウム・コバルト磁石合金 (一般的に S m C o 5 、または S m C o と書かれる、を磁性粒子のために用いて、図 1 0 に示されている望ましい形状およびサイズ分布を形成するために粉

10

20

30

40

50

碎することもできるであろう。

【0094】

図11に示されているように、図8に関連して、比較的に長い針形状80はドクターブレード52の作用により個々のトウ層36の表面上で巻き方向に平らに横たわるように機械的に強制されやすい。より小さい粒子82（典型的には、図10の分布の60～70 μ mの平均サイズより小さい最長寸法（長さ）の）は、トウを巻く動作によって一致する（隣り合う）トウ間のギャップに引きずり込まれやすい。これは、内側環の磁束線を、従って磁性粒子内の磁性体制を整列させるのに役立つ。各磁性粒子は、連合して所望の磁性効果全体を形成する個々の棒磁石として作用すると考えることができるであろう。

【0095】

本明細書に記載された改良された方法およびシステムは、信頼できる、頑丈で効率的で安全なフライホイール・アセンブリの創作および動作を可能にする。例えば、それは、応力および疲れに関連して、かつ磁束相互作用のために、理想的な形状を提供することによってフライホイールの1つまたは複数の磁性回転部分の磁束プロフィールを成形し制御することを可能にする。これは、フライホイール・アセンブリへおよびフライホイール・アセンブリから移動され得る（およびフライホイール・アセンブリに蓄積され得る）エネルギーの量を増やすのに役立つ。

【0096】

本明細書に記載された改良された方法およびシステムに従って形成される磁化された内側環は、フライホイール・アセンブリの動作中熱くならない。それは、渦電流が存在しないからである。渦電流が無く、熱くなりにくいということは、フライホイール・アセンブリを他の公知フライホイールよりも多くのサイクルを循環させることができるということを意味する。固体磁石ロータを含む公知システムは、ステータ自体が熱くなるために、ほんの小さな時間当たりサイクル（最大回転速度に及ぶ電動機動作および最小回転速度に至るまでの発電動作）数に限定される。その理由は、高速回転のために空気抵抗を減らすべくロータを真空中に置かなければならないので、動作に起因して生じた熱は放射によってのみ放散され得るからである。それは、1つまたは複数のステータ・コイルを付勢してロータ・アセンブリを動かすために使用される制御方式はより低いスイッチング周波数を有し、これによってより効率的であることができ、より少量の処理能力を必要とし得るということをも意味する。これは、ウィリアムズ・ハイブリッド・パワー・リミテッド（W i l l i a m s H y b r i d P o w e r L i m i t e d）の名義で今日出願される別の英国特許出願により詳しく記載されているので、本明細書ではこれ以上は論じられないであろう。例えば、割合に簡単な同期矩形波制御方式を使用することができる。そのような方式は、ステータへの電流パルスを制御する、大電流（例えば、およそ1000アンペア）をしばしば極めて高いスイッチング速度で扱わなければならないインバータ・スイッチング・ドライブ（または他の制御手段）におけるロスおよび加熱を減少させる。

【0097】

本明細書に記載された改良された方法およびシステムは、或る範囲の様々な用途において、例えば高速自動車においておよび/または、バス、路面鉄道を含む公共乗り物および他の、例えばクレーン、リフトおよび飛行機などの装置において、フライホイール・アセンブリを実現するために使用されることができる。

【0098】

フライホイール・アセンブリは運動エネルギー蓄積装置を提供し、これにより、仮に回収システムが設けられなかったならば環境へ失われることになるエネルギーを回収することができる。例えば、摩擦ブレーキを用い、余分のエネルギーを熱として放散することにより乗り物の速度を落としてゆくのではなくて、乗り物の速度が落ちてゆくときエネルギーを捕らえることができる。

【0099】

本明細書で開示されたように、フライホイール装置のロータの機械的形狀を、実質的に磁界形状とは無関係に所要の仕方で提供することができる。従って、機械的特性または磁

10

20

30

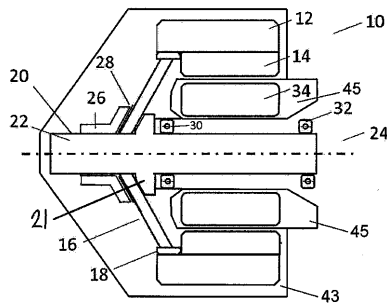
40

50

束特性を犠牲にせず同じフライホイール・アセンブリによって最適な機械的特性および最適な磁束特性を提供することができる。

【図 1】

Figure 1



【図 2】

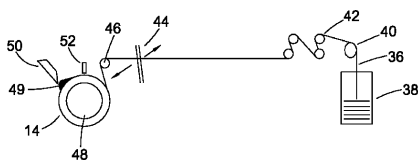


Figure 2

【図 3 A】

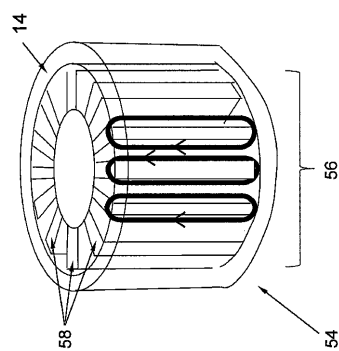


Figure 3A

【図 3 B】

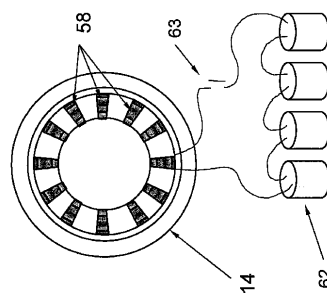


Figure 3B

【図 4 a】

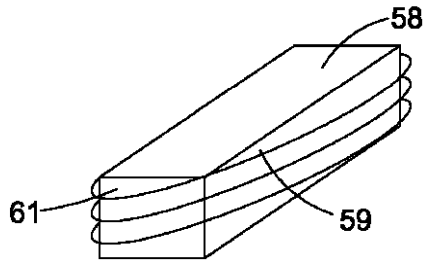


Figure 4a

【図 4 b】

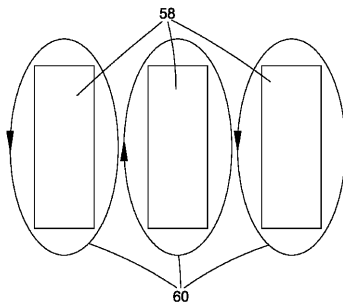


Figure 4b

【図 5】

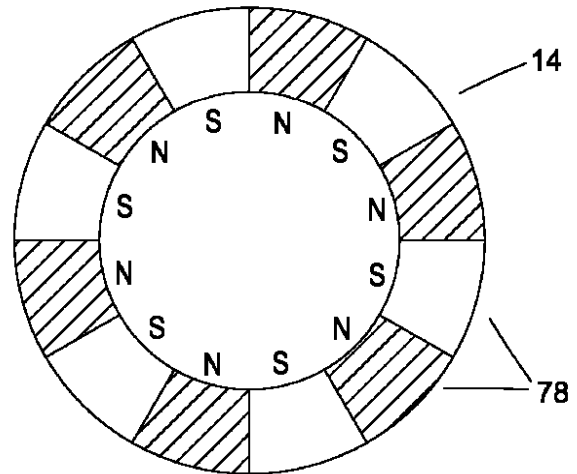


Figure 5

【図 6】

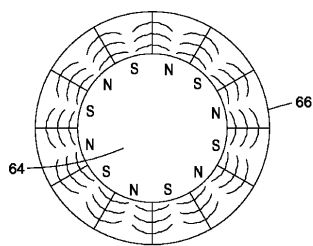


Figure 6

【図 7】

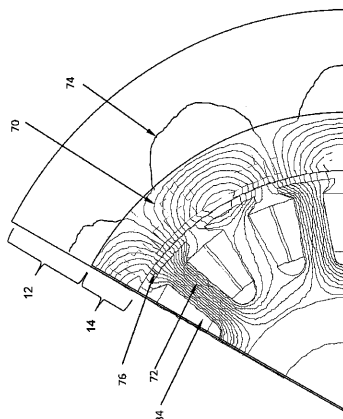


Figure 7

【図 8 - 9】

Fig 9

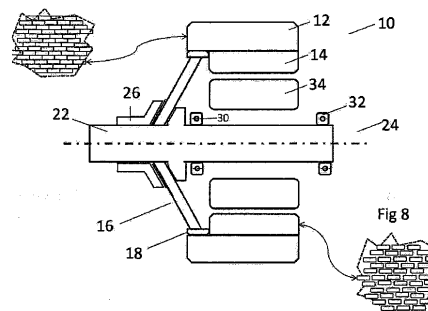


Fig 8

【図 10】

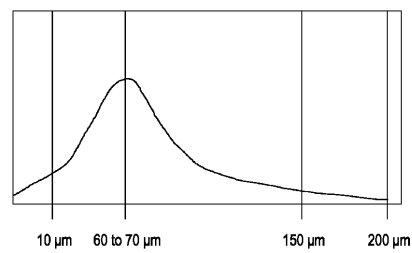


Figure 10

【図 11】

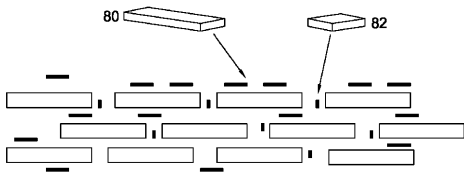


Figure 11

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/GB2015/050144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H02K7/02 H02K15/03 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 94/06193 A1 (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC [GB]; TARRANT COLIN DAVID [GB]) 17 March 1994 (1994-03-17) page 4, line 34 - page 5, line 12; figure 2 -----	1-41
A	US 5 285 699 A (WALLS W ALAN [US] ET AL) 15 February 1994 (1994-02-15) abstract; figure 12 -----	1-41
A	EP 1 199 493 A2 (TORAY COMPOSITES AMERICA INC [US]) 24 April 2002 (2002-04-24) abstract paragraph [0016] -----	1-41
A	EP 1 077 335 A1 (TORAY COMPOSITES AMERICA INC [US]) 21 February 2001 (2001-02-21) paragraph [0018] -----	1-41
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
27 August 2015		04/09/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Contreras Sampayo, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/GB2015/050144

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 42, 43
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/GB2015/050144

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box 11.2

Claims Nos.: 42, 43

claims 42 and 43 do not define in clear terms what is their extent of protection, because they use terms which are relative and unclear, these claims do not comply with Art. 6 PCT nor with rule 6.2 (a).

The applicant's attention is drawn to the fact that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure. If the application proceeds into the regional phase before the EPO, the applicant is reminded that a search may be carried out during examination before the EPO (see EPO Guidelines C-IV, 7.2), should the problems which led to the Article 17(2) declaration be overcome.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2015/050144

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9406193	A1	17-03-1994	AT 139068 T 15-06-1996
		AU 669741 B2 20-06-1996	
		AU 4975293 A 29-03-1994	
		BR 9307015 A 23-02-1999	
		CA 2143847 A1 17-03-1994	
		DE 69303031 D1 11-07-1996	
		DE 69303031 T2 02-10-1996	
		DK 0667987 T3 01-07-1996	
		EP 0667987 A1 23-08-1995	
		ES 2087766 T3 16-07-1996	
		FI 951022 A 05-05-1995	
		GR 3020242 T3 30-09-1996	
		JP 3177250 B2 18-06-2001	
		JP H07502400 A 09-03-1995	
		NO 950868 A 07-03-1995	
		RU 2125757 C1 27-01-1999	
		US 5477092 A 19-12-1995	
		US 5546648 A 20-08-1996	
		WO 9406193 A1 17-03-1994	
US 5285699	A	15-02-1994	NONE
EP 1199493	A2	24-04-2002	EP 1199493 A2 24-04-2002
		JP 4026172 B2 26-12-2007	
		JP 2002357247 A 13-12-2002	
		US 2002083791 A1 04-07-2002	
EP 1077335	A1	21-02-2001	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

F ターム(参考) 5H607 AA02 BB14 BB17 CC01 EE42
5H622 AA03 AA06 CA01 CA05 DD02 QB01 QB08