

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5529897号
(P5529897)

(45) 発行日 平成26年6月25日 (2014. 6. 25)

(24) 登録日 平成26年4月25日 (2014. 4. 25)

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl. | F 1 |
| F 1 6 F 15/30 (2006. 01) | F 1 6 F 15/30 Z |
| H 0 2 J 15/00 (2006. 01) | H 0 2 J 15/00 A |
| F 1 6 D 61/00 (2006. 01) | F 1 6 D 61/00 |
| F 0 3 G 3/08 (2006. 01) | F 0 3 G 3/08 B |

請求項の数 25 (全 16 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-550640 (P2011-550640) | (73) 特許権者 | 504189391 |
| (86) (22) 出願日 | 平成22年2月18日 (2010. 2. 18) | | リカルド ユーケー リミテッド |
| (65) 公表番号 | 特表2012-518144 (P2012-518144A) | | イギリス国、ビーエヌ43・5エフジー、 |
| (43) 公表日 | 平成24年8月9日 (2012. 8. 9) | | ウェスト・サセックス、ショアハム・バイ |
| (86) 国際出願番号 | PCT/GB2010/000278 | | ーシー、オールド・ショアハム・ロード、 |
| (87) 国際公開番号 | W02010/094912 | | ショアハム・テクニカル・センター (番地 |
| (87) 国際公開日 | 平成22年8月26日 (2010. 8. 26) | | なし) |
| 審査請求日 | 平成25年1月30日 (2013. 1. 30) | (74) 代理人 | 100105924 |
| (31) 優先権主張番号 | 0902840. 8 | | 弁理士 森下 賢樹 |
| (32) 優先日 | 平成21年2月19日 (2009. 2. 19) | (72) 発明者 | アトキンス、アンドリュース、ファークハー |
| (33) 優先権主張国 | 英国 (GB) | | イギリス国 ビーエヌ44 3ピージー、 |
| | | | ウェスト・サセックス、ステイニング、ペ |
| | | | ンフォルド ウェイ 21 |
| | | 審査官 | 内田 博之 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 フライホイール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

駆動伝達要素およびリムを部品として有するフライホイールであって、
前記駆動伝達要素はそれぞれの周りの巻線によって前記リムに結合され、
前記リムは、質量要素と、該質量要素の半径方向外側に少なくとも部分的に配置される
円周支持要素と、を備え、

フライホイールとともに回転するように指標リングがフライホイールに取り付けられ、
前記指標リングは、回転中にフライホイール部品とは異なる挙動をし、フライホイールの
損傷が予期される速度よりも小さい所定の速度で前記支持要素から分離するように形成
されることを特徴とするフライホイール。

【請求項 2】

前記指標リングが締めりばめによってフライホイールに取り付けられることを特徴とする
請求項 1 に記載のフライホイール。

【請求項 3】

前記指標リングとフライホイール部品は回転中に異なる変形をするように構成されるこ
とを特徴とする請求項 1 に記載のフライホイール。

【請求項 4】

前記リングが前記支持要素によって支持されることを特徴とする請求項 1 に記載のフラ
イホイール。

【請求項 5】

10

20

前記リングが前記支持要素の実質的に半径方向外側に取り付けられることを特徴とする請求項 4 に記載のフライホイール。

【請求項 6】

前記リングは、回転中に異なる変形をするように前記支持要素よりも小さいかまたは実質的に等しい剛性を有していることを特徴とする請求項 5 に記載のフライホイール。

【請求項 7】

前記リングが前記支持要素の実質的に半径方向内側に取り付けられることを特徴とする請求項 2 に記載のフライホイール。

【請求項 8】

前記リングは、回転中に異なる変形をするように前記支持要素よりも大きいまたは実質的に等しい剛性を有していることを特徴とする請求項 7 に記載のフライホイール。

10

【請求項 9】

前記駆動伝達要素はシャフトからなり、前記リングはシャフトに取り付けられることを特徴とする請求項 1 に記載のフライホイール。

【請求項 10】

前記支持要素は円周方向に巻かれたファイバーからなり、好ましくは前記円周方向に巻かれたファイバーがカーボンであることを特徴とする請求項 1 に記載のフライホイール。

【請求項 11】

前記締めりばめによって、フライホイールの静止時に前記リングとその取付部の間に予め定められたプレロードが発生することを特徴とする請求項 2 に記載のフライホイール。

20

【請求項 12】

前記締めりばめは接触境界に不均一な応力分布を有することを特徴とする請求項 2 に記載のフライホイール。

【請求項 13】

組立体としてフライホイールのバランス取りがなされていることを特徴とする請求項 10 に記載のフライホイール。

【請求項 14】

回転時に前記リングとフライホイールの挙動差を検出する検出器をさらに備える請求項 1 に記載のフライホイール。

【請求項 15】

30

前記検出器は、前記挙動差によって生じる不釣り合いを検出するように構成されることを特徴とする請求項 14 に記載のフライホイール。

【請求項 16】

駆動伝達要素とリムの周りに巻線を配置するステップと、
共に回転するように指標リングをフライホイールに取り付けるステップと、
を含み、

前記リムは、質量要素と、該質量要素の半径方向外側に少なくとも部分的に配置される円周支持要素と、を備え、

前記指標リングは、回転中にフライホイール部品とは異なる挙動をし、フライホイールの損傷が予期される速度よりも小さい所定の速度で前記支持要素から分離するように形成されることを特徴とする、フライホイールの構成方法。

40

【請求項 17】

前記指標リングが締めりばめを用いて取り付けられることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記リングが前記支持要素に取り付けられることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 19】

前記リングが前記支持要素の実質的に半径方向外側に取り付けられることを特徴とする請求項 18 に記載の方法。

50

【請求項 2 0】

前記リングが前記支持要素の実質的に半径方向内側に取り付けられることを特徴とする請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記リングとその取付部の間のプレロードにより接触境界に不均一な応力分布が生じるように、前記フライホイール上にまたは前記フライホイールの中に前記リングが圧入されることを特徴とする請求項 1 6 ないし 2 0 のいずれかに記載の方法。

【請求項 2 2】

前記フライホイールが組立体としてバランス取りがなされていることを特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。

10

【請求項 2 3】

前記質量要素は延性を有し、該質量要素に作用する遠心力で質量要素が外側に降伏するように、前記フライホイールの回転によって前記巻線と前記支持要素の両方にプレロードが与えられることを特徴とする請求項 1 8 ないし 2 0 のいずれか、あるいは請求項 1 8 に従属する請求項 2 1 または 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記プレロードを与えるステップにおいて、通常の運転回転速度よりも大きく、かつ前記リングとその取付部の間のプレロードが克服されるような速度よりも小さい速度で前記フライホイールが回転されることを特徴とする請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 5】

20

前記フライホイールを回転させ、過負荷であることを示唆する該フライホイール内の不釣り合いを監視することを含む、請求項 1 ないし 1 5 のいずれかに記載のフライホイールの操作方法または請求項 1 6 ないし 2 4 のいずれかにしたがって構成されたフライホイールの操作方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、フライホイール、およびエネルギーを貯蔵するフライホイールを構成する方法に関する。

【背景技術】

30

【0 0 0 2】

運動エネルギーのかたちでエネルギーを貯蔵する、例えば車両で用いられるフライホイールが知られている。この場合、車両の減速時に車両の制動システム内で熱に変換されるようなエネルギーを貯蔵するためにフライホイールを使用することが知られている。この貯蔵されたエネルギーは、必要に応じて車両を加速するために利用することができる。

【0 0 0 3】

図 1 による既知のタイプのフライホイールは、中心に金属支持部 (1) を有し、金属支持部がシャフトなどの中心サポートに取り付けられる。少なくとも一つの複合材料リング (2) が中心支持部上に取り付けられる。このタイプのフライホイールにおける複合材料リングは、カーボンファイバーで巻き付けられたフィラメントである。フライホイールが回転すると、リングに作用する遠心力のために、リングが直径方向に広がる傾向にある。リングは、フライホイールが回転するときの遠心力に対抗するために高いフープ強度を有する。しかしながら、外側のリングの中心支持部に対するはめ合いが緩くなり、潜在的に (危険なことに) 中心支持部から外れる可能性がある。加えて、半径方向の応力により複合材料リングが破壊する可能性がある。

40

【0 0 0 4】

リングが伸びようとする傾向に対抗するために、典型的にリングは中心支持部の外形よりも小さな内径に加工され、締めりばめによって中心支持部に取り付けられる。この直径の不一致により、リングが中心支持部に対して内向きの力を及ぼすプレロードが生じる。この内向きのプレロードは、フライホイールが回転していないときに最大となるので、フ

50

ライホイールの静止時に中心支持部がプレロード力に耐えうる十分な構造強度を有することが要求される。二つ以上の複合材料リングが互いに押し付けられ、さらに中心支持部に取り付けられることが知られている。プレロードは、互いに押し付けられるリングの数とともに、フライホイールの中心に向けて増加する。結果として、このプレロード力に対抗するために、フライホイールの中心支持部には大量の材料が必要になる。フライホイールの中心近くにあるこの材料は、フライホイールの回転慣性を非常に非効率に増加させるに過ぎない。さらに、複合材料リングよりもハブの剛性が高い場合、フライホイールの速度が増加しプレロードが減少すると、増大した質量がハブの管理問題を引き起こす。

【 0 0 0 5 】

さらに、既知のシステムでは、複合材料リングの最大応力定格を越えるとリングが破壊してしまう。上述のタイプのフライホイールでは、中心支持部がプレロードにより複合材料リングに外向きの力を及ぼす。この力は、フライホイールの回転時にリングに作用する遠心力と同一の方向である。そのため、複合材料リングよりもハブの剛性が小さい場合、フライホイールが最大速度で回転しているとき、リングは、プレロード力と遠心力の合計に十分対抗するほどの強度がなければならない。したがって、この既知のタイプのフライホイールにおける別の問題は、プレロードがフライホイールの最大回転速度を低下させることである。

【 0 0 0 6 】

既知のシステムに伴う別の問題は、フライホイールが例えば車両のミッションに結合される場合、高い過渡トルクレベル（例えば、車両のギヤボックス比が急激に変更すると、フライホイールの急速な加減速が要求される）をすべりなしにフライホイールに伝達するために、通常はスプラインカップリングが必要とされることである。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

2007年12月7日に出願された英国特許出願0723996.5に記載されたタイプのフライホイールは、駆動伝達要素と、質量要素を備えるリムとを有するフライホイールを提供することで、上述の制限を克服している。リムと駆動伝達要素とは、巻線によって結合されている。しかしながら、フライホイールの回転速度が増加したときにフライホイールの部品内の応力を示唆するこの種のフライホイールがあると望ましい。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明は特許請求の範囲で示される。警告リングまたは指標リングがフライホイールに組み込まれて回転時に異なる挙動をするので、フライホイールが望ましくない回転速度に到達すると、検出器が異なる挙動の結果、例えばフライホイールの不釣り合いを検出することができる。

【 0 0 0 9 】

指標リングは締めまりばめによってフライホイールに取り付けられてもよく、支持部材または駆動伝達要素（例えばシャフト）のいずれかによって支持される。リングは円周方向に巻かれたファイバー（例えばカーボンファイバー）で構成することができるし、または最大設計フライホイール速度で損傷することなく回転できるようにフープ状で十分な強度を有するとともに後述するような適切な剛性を有する別の材料であってもよい。支持部材に取り付けられる場合、支持部材の半径方向内側または外側にリングを配置することができる。支持部材の半径方向内側にリングが配置される場合、リングは、支持部材の剛性よりも大きい実質的に同じ剛性を有する。支持部材の半径方向外側にリングが配置される場合、リングは、支持部材の剛性よりも小さい実質的に同じ剛性を有する。支持部材は、円周方向に巻かれたファイバー（例えばカーボンファイバー）から成る。

【 0 0 1 0 】

駆動伝達要素（例えばシャフト）に取り付けられる場合、リングは、駆動伝達要素の剛性よりも小さい実質的に同じ剛性を有する。

【 0 0 1 1 】

フライホイールが静止しているとき、締まりばめによってリングとその取付部（例えば支持部材）との間にプレロードが生じる。フライホイールが所定のトリガー速度で、またはこれを上回って回転するときに、遠心力が実質的にプレロードに打ち勝ってリングと支持部材を分離させるように、プレロードのレベル、およびリングとリング取付部の剛性比が選択される。一般に、剛性の小さい部品は剛性の高い部品よりも伸びやすく、より「増大（grow）」しやすい。しかしながら、リングとその取付部実質的に同じ剛性である場合は特に、回転軸からの半径距離が大きい部品にはより大きな力が作用するので、同じ剛性にも関わらず二つの部品は回転時に分離する傾向にある。所望の所定速度で分離が行われるように、半径方向の位置と材料の剛性の組み合わせを調整することができる。所定の速度は、フライホイールの損傷が予期される速度よりも小さくなるように選択される。リングは圧入によってその取付部に固定され、この結果、接触境界に不均一な応力分布が発生する。

10

【 0 0 1 2 】

さらなる態様では、本発明はフライホイールの製造方法、操作方法または組立方法を含む。

【 0 0 1 3 】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

20

【図 1】既知のフライホイールの説明である。

【図 2】本発明の一実施形態の等角図である。

【図 3】図 2 の実施形態の断面図である。

【図 4】シャフト構造の図である。

【図 5】巻線パターンの詳細図である。

【図 6】シャフトでの巻線の図である。

【図 7】代替的なリムでの巻き付け方法を示す図である。

【図 8】警告リングが組み込まれたフライホイールの断面図である。

【図 9】図 8 の実施形態の側面図である。

【図 10】警告リングが組み込まれた別の実施形態の図である。

30

【図 11】図 10 の実施形態の側面図である。

【図 12】警告リングを有するさらに別の実施形態の図である。

【図 13】図 12 の実施形態の側面図である。

【図 14】警告リングが組み込まれたさらに別の実施形態の図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

概要として、本明細書で述べる装置および方法は、フライホイールエネルギー貯蔵デバイスに関する。デバイスの構築に使用される材料が慣性上効率的な態様で配置され、支持構造が張力を受ける。質量要素を備えるリムは、例えば圧縮締まりばめによって内面に保持されるのではなく、駆動伝達要素の周りを通る巻線によって外面の適切な位置に保持される。

40

【 0 0 1 6 】

他の態様では、支持要素がリムを取り囲んで遠心力に対抗し、またねじりコンプライアンスを有するかまたは弾性のあるシャフトなどの駆動伝達要素を設けることができる。

【 0 0 1 7 】

巻線は以下で述べるように多くの方法で構成することができ、また巻線にプレテンションを与えることができる。駆動伝達要素は、巻き付けられたカーボンファイバーで構成される中空のシャフトであってもよい。リムは円周支持部材（支持要素とも呼ばれる）を備えてもよく、また支持部材の半径方向内側に取り付けられた質量要素を備えてもよい。

【 0 0 1 8 】

50

実施の形態では、例えば巻き付けられたカーボンファイバーと樹脂などの複合材料でリムが構成されてもよい。質量要素は、強化要素の中に圧入されたり成型されたリングであってもよい。代替的に、質量要素は、鋳造、ドリル、プレス、または強化要素の内側への接着取り付けによってリムの中に組み込まれた一つ以上の高密度要素であってもよく、これらがチェーン状に連結されていてもよい。

【0019】

駆動伝達要素は例えば中空のシャフトであってもよく、巻き付けられたカーボンファイバー複合材料で形成されてもよい。複合材料は、シャフトの曲げおよびシャフトのねじりの両方がファイバー長さの変化を生じるような方向に配向されたファイバーを用いて巻き付けられてもよい。したがって、これらの変形は、長さの変化に抵抗するファイバーの自然傾向によって抵抗を受ける。これにより、ねじり動作に対してコンプライアンスを有するようにシャフトを形成することができる。

10

【0020】

警告リングまたは指標リングがフライホイールのリムに取り付けられる。警告リングまたは他の部品のうち少なくとも一方が、十分に大きな遠心力の下で他方に対して移動、膨張、収縮、変形または歪むように、フライホイールが構成される。これは、例えば組立体を不釣り合いにするなどして組立体の回転に影響を与えうるものであり、これを監視または検出することで過負荷を示唆することができる。

【0021】

図2および図7を参照すると、高い慣性を効率的に得るために、例えば比較的重い材料のリングで構成される質量要素(10)を備えるリム(50)が、中央回転軸(20)を与えるシャフト(60)などの駆動伝達要素から、フライホイール(30)のサイズと比較して大きな半径に配置される。質量要素(10)は、慣性を効率的に与えるために高い密度を有する。適切な材料は、例えば鉛、鋼鉄であってもよいが、他の材料も使用可能である。質量要素(10)は、フライホイール(30)の回転時に応力を受けるが、この応力は遠心力によって引き起こされる。

20

【0022】

質量要素の半径方向外側には外側円周支持部材(40)が配置される。支持部材(40)は高いフープ強度を有し、フライホイール(30)の回転時に質量要素(10)に作用する遠心力に対抗することができる。支持部材(40)は、フープに高い強度を与えるために、円周方向に巻かれたカーボンファイバー複合材料であることが好ましい。図示の実施形態では、支持部材(40)と質量要素(10)が効率的に接合されてリム(50)を形成するように、わずかな締め付けのプレロードで支持部材(40)が質量要素(10)の上に押し付けられている。プレロードはフライホイールの静止時に二つの要素を締めればめで保持する機能を有するに過ぎないので、プレロードは小さくてよい。代替的に、二つの要素は接着剤または類似物で接合されてもよい。質量をフライホイールのリムの近傍に集中させる効率的な質量配置によって、所与のエネルギー貯蔵能力に対して軽量のフライホイールが得られる。図2に示した質量要素は連続リングであるが、代替的に、質量要素が別々のリング部分であってもよいし、または不連続の質量要素であってもよい。例えば、図7に示す代替的な構成では、支持部材(40)の受け入れ穴の中に、リングとしてまたは不連続要素として質量が挿入されるか成形されてもよい。

30

40

【0023】

図2、5および6を参照すると、巻線がリム(50)をシャフト(60)に結びつけている。シャフト(60)からリム(50)に延びる実質的または部分的な半径方向部分(80)と、リム(50)の周りに延びる実質的に軸方向の部分(90)とを含むように、巻線が構成される。図示の実施形態では、巻線は、以下のように進行する巻線操作で巻き付けられたフィラメントである。すなわち、シャフト(60)からリム(50)への半径方向部分、「スリング」を形成するためにリム(50)の上を通る軸方向部分、そしてリム(50)からシャフト(60)へと戻る半径方向部分が繰り返して形成される。巻線(87)は、いくつかの操作の間にシャフト(60)の円周を少なくとも部分的に通過しても

50

よいが、巻線操作の繰り返し過程の全てで通過する必要はない。巻線（８０、９０）は、遠心力によってリム（５０）が伸びるとわずかに伸張し、リムに対抗力を生じさせる。これによって巻線（８０、９０）は、質量要素（１０）に作用する遠心力に抵抗し、またリム（５０）の半径方向の伸びに抵抗することで、リム（５０）の支持部材（４０）を補助する。巻線（８０、９０）は、カーボン、グラスファイバー、ケブラー、ザイロンまたはナイロンを含むファイバーで作られてもよいし、応力の小さい金属ワイヤで作られてもよい。結果として、中心支持部またはスポークなどの、より重い取付部を配置する必要がなくなる。

【００２４】

質量要素が延性のある材料または展性のある材料である実施形態では、以下の方法による製造の間、支持部材（１０）と巻線（８０、９０）に対してプレテンションを与えることができる。駆動伝達要素（６０）とリム（５０）とが巻線によって結合され、リム（５０）が質量要素（１０）と外側支持部材（４０）とを含むフライホイールが、本明細書で上述した方法で組み立てられる。この段階では、内側に加えられるプレロードは必要ないか、または無視できる程度である。続いて、質量要素（１０）にかかる遠心力がフライホイールの最大引張強度以下の力を発生させるような十分に高い角速度でフライホイールが回転される。その結果、質量要素（１０）が外側に押し戻され、その円周が増加する。質量要素（１０）の円周の増加は、質量要素（１０）と支持部材（４０）の間の締め込みを強固にし、これによって支持部材（４０）を引き延ばしプレテンションが与えられ、また巻線（８０、９０）を引き延ばしプレテンションが与えられる。遠心力下での質量要素（１０）の変形傾向が支持部材（４０）の変形傾向よりも大きくなるように、質量要素（１０）のヤング率は支持部材（４０）のヤング率よりも小さな低から中程度である。この操作の結果、支持部材（４０）と巻線（８０、９０）の両方にプレテンションが与えられる。このようにすると、巻線を追加する前に締め込みによって質量要素（１０）を支持部材（４０）にフィットさせることで支持部材（４０）のみにプレロードが与えられる結果と比較して、支持部材（４０）と巻線（８０、９０）の両方にプレテンションが与えられる。他の実施形態では、上述の方法を用いて支持部材のみにプレテンションを与えることができる。

【００２５】

他の実施形態では、水銀などの極めて低いヤング率を有する材料が質量要素（１０）を構成する。鉛などの密度の高い液体を使用すると、質量要素（１０）が自動で平衡を保つフライホイールが実現する。支持部材（４０）は、支持部材（４０）の半径方向内側に質量要素（１０）を拘束する。

【００２６】

質量要素（１０）の構成に用いられる適切な延性材料または展性材料は、それらの降伏強度の第１点と比較して大きな最大引張強度を有しており、材料の最大引張強度を越えるというリスクを冒すことなく、上述の製造工程の間にその材料の降伏点を越えうる十分に大きな延性領域を定義する。降伏強度対最大引張強度の適切な比率は、約１：２である。質量要素（１０）に用いられる材料は、フライホイールの他の部分（例えば、外側支持部材（４０）と巻線（８０、９０））の破壊が避けられるような適度のフライホイール速度で越えることができるような、十分に低い降伏第１点を有している。材料は以下のような特性も有している。すなわち、プレロード過程を生じさせる遠心力によって質量要素（１０）に十分大きな円周方向の変形が生じ、通常動作中に遭遇する典型的な回転速度で回転しているときに、支持部材（４０）と巻線（８０、９０）の変形が、質量要素（１０）に作用する遠心力と十分に對抗できるプレロードを生じさせるような特性である。

【００２７】

質量要素（１０）に延性がなく上述の方法を用いてプレロードが与えられない実施形態では、質量要素の最大引張強度が支持部材（４０）の最大引張強度と近く、質量要素（１０）の降伏強度が支持部材（４０）の最大引張強度と可能な限り近いことが好ましい。

【００２８】

図5を参照して、シャフト(60)からリム(50)までの巻線部分(80)の角度は、シャフト(60)とリム(50)の間でのトルク伝達特性を決定するように選択されてもよい。使用される角度は、i)シャフト円周に対する接線と、ii)シャフト円周に対して直角の間で選択されてもよい。シャフト(60)に対して直角に近い角度を選択すると、質量要素(40)に作用する遠心力に対抗するという巻線(80)の貢献が強化される。シャフト円周に対する接線に近い角度が選択されると、リム(50)とシャフト(60)との間での巻線(80)のトルク伝達性能が強化される。巻線のなす貢献を最適化するために、上述の角度範囲内で妥協した角度を選択することができる。巻線(80、90)は引っ張られているときにのみトルクを伝達することができるので、半径方向巻線部分(80)を時計回り方向(85)および反時計回り方向(86)の両方で構成することができる。この結果、フライホイールが加速されているか減速されているかに応じて、時計回り巻線部分(85)または反時計回り巻線部分(86)のいずれかが引っ張られた状態になる。さらに、引っ張り支持の強度を変えるために、その周囲に巻線が配置されるシャフトに沿った軸方向部分を変更することができる。

【0029】

図2を参照して、巻線(80、90)の巻数と、その結果としての強度を変更することができる。同様に、カーボン支持部材(40)内のファイバーの巻数も、その強度を変えるために変更することができる。質量要素(10)に作用する遠心力に対する反作用は、支持部材(40)からの反作用と巻線(80、90)からの反作用の組み合わせである。それぞれの要素からの相対的な貢献は、巻線(80、90)の巻数と、支持部材(40)の巻数とを変えることで変更することができる。一態様では、支持部材(40)を完全に取り除いて、質量要素に作用する遠心力に対して巻線(80、90)のみによって対抗させてもよい。さらに、巻線は全周で連続的に延びてもよいし、あるいは個々のファイバーまたはファイバー群の間が円周方向にあるギャップで中断されてもよい(「はしごの段(spoke)のような」構成となる)。例えば、質量要素が複数の不連続な要素である場合、リム(90)における巻線と不連続な質量要素とを揃えるようにしてもよい。

【0030】

図3を参照して、シャフト(60)であってよい駆動伝達要素上のキャリア部(70)によって、リム(50)が少なくとも一時的に支持される。キャリア部は、フライホイール全体の質量を低下させ質量を周縁部に集中させるために、軽量の材料で作られることが好ましい。キャリア部は、例えば、木、ろう、樹脂、または他の軽量材料で作られてもよい。キャリア部によって、製造中に巻線を付けている間に駆動伝達要素上にリムを取り付けることが可能になる。巻線をリムおよび駆動伝達要素に貼り付けた後、腐食、溶解、融解または昇華によってキャリア部を取り除いてもよいし、取り除き可能としてもよい。

【0031】

巻線とキャリア部はリムと比較すると軽量であるので、フライホイールの質量の大半がリムの近傍に位置し慣性的に効率が最も高くなるように、質量要素を備えるリムを有するフライホイールを構成することができる。キャリア部(70)は、シャフト(60)および/またはリム(50)に接着されてもよい。

【0032】

図4を参照して、シャフト(60)は中空であってもよいが、その質量を減らすために中空であることが好ましい。シャフトは、ねじりコンプライアンスを有しつつ軸方向に堅くなるように編まれたカーボンファイバー複合材料であることが好ましい。しかしながら、シャフトは、ガラス繊維、鋼鉄、チタン、他の金属または複合材料などの他の材料で作られてもよい。ファイバー複合材料のシャフトの場合、ファイバーの編みパターンは、曲げおよびねじりに対する抵抗の度合いに影響を及ぼすように変更したり、またシャフトのねじりコンプライアンスを微調整するよう変更したりすることができる。シャフトは、その上にプレスされるか接着された一つ以上の軸受け面(65)有していてもよい。一つ以上の軸受け面(65)が駆動カップリング(66)を含んでいてもよいし、あるいは別の駆動カップリングをシャフト上に接着するかプレスしてもよい。シャフトのねじりコンプ

ライアンスは、駆動カップリングのピークトルクレベルを制限する効果を有している。したがって、スプライン駆動カップリングよりもピークトルク処理能力が低い駆動カップリング（例えば、摩擦カップリングや磁気カップリング）の使用が可能になる。

【0033】

図3および図6を参照することで、フライホイールの製造をさらに理解することができる。巻線（80、90）は、「ウェットワインディング（wet winding）」プロセスによって形成することができる。このプロセスでは、例えば樹脂または接着剤を使用するバインダーを用いる。巻線（80、90）を形成するファイバーに樹脂または接着剤を含浸させ、樹脂または接着剤がまだ「濡れて」いる間に、すなわち樹脂または接着剤が硬化していない状態で巻線を巻き付ける。代替的に、巻線（80、90）が支持部材（40）にくつつくように、巻線（80、90）を形成する過程の前にまたはその過程の間に、支持部材（40）に樹脂または接着剤をコーティングしてもよい。同様に、巻線（80、90）がシャフト（60）にくつつくように、巻線過程の前にまたはその過程の間に、シャフト（60）に樹脂または接着剤をコーティングしてもよい。これらの技術により、シャフト（60）とリム（50）の間でのトルク伝達が強化される。代替的に、巻線（80、90）、シャフト（60）およびリム（50）の間で締めりばめを使用してもよい。

10

【0034】

図7を参照して、巻線（80、90）と支持部材（40）を別々の巻かれた要素として述べてきた。しかしながら、例えば巻線（80、90）のターンと支持部材（40）のターンとを交互に配置することによって、両方の要素を組み合わせることが可能である。また、最初に支持部材（40）を形成し、支持部材を通る穴を形成し、その後に支持部材（40）内の穴（45）を通して巻線部分（80、90）を有する巻線（80、90）を形成することも可能である。支持部材（40）に接触する巻線（90）の部分内で応力を分散するために、支持部材（40）の形状は半球状またはパラボラ状であってもよい。任意のなめらかな断面外形形状が適切であると考えられる。

20

【0035】

図2ないし図5を参照して、キャリア部（70）へのアクセスを維持するように、リム（80、90）の巻線部分の間に空間を残してもよい。キャリア部（70）は、巻線（80、90）が形成された後に、適切な位置に残されてもよいし、あるいは爆破、腐食、溶解、融解または昇華によって取り除かれてもよい。キャリア部は、例えばセラミック、樹脂、ろうまたはこの動作を可能とする他の適切な材料で作られてもよい。キャリア部（70）を取り除くことで、慣性的に効率の悪い質量の比率がさらに低い、さらに軽量のフライホイールが実現される。キャリア部を取り除いた場合、巻線は、駆動伝達要素上のリムを支持する唯一の実体手段となる。

30

【0036】

代替的なアプローチでは、フライホイールは、フープ強度を与える円周方向支持部材と、巻線の代わりに従来の中心支持部を用いて取り付けられたリングとを備えるように構成することができる。

【0037】

使用時に、フライホイールは、エネルギーの貯蔵または安定などの他の目的のために車両または任意の他の適切な設定に取り付けることができる。また、フライホイールは、駆動伝達要素を介して、必要に応じてモータ、エンジン、発電機などの駆動供給部品または駆動受け取り部品に対して結合または分離することができる。

40

【0038】

警告リングまたは指標リング（800）を有するフライホイール（30）の第1実施形態を示す図8および図9を参照すると、支持要素（40）の外周に警告リング（800）が取り付けられていることが分かる。警告リング（800）は、締めりばめを用いて支持要素（40）の半径方向外側に取り付けられ、典型的に適所に押し込まれている。警告リング（800）と支持要素（40）との間の締めりばめにより、フライホイール（30）の静止時に二つの部品の間にプレロード力が発生する。支持要素（40）への警告リング

50

(8 0 0) の組み付けにより、二つの部品の間不均一な残留応力が発生する。巻線 (8 0) は、警告リング (8 0 0) 、支持要素 (4 0) および質量要素 (1 0) の周りを通過する。フライホイールは、回転時の振動を避けるために精密にバランスが取られている。製造時に、警告リングを適所に有した状態で釣り合いが取れるように、警告リングが組み付けられた後にバランス取り操作が実行される。

【 0 0 3 9 】

図 8 および図 9 に示すように、巻線 (8 0) は警告リング (8 0 0) と支持要素 (4 0) の周りを通過する。こうして、巻線は、支持要素 (4 0) から離れようとする警告リングの傾向に対抗して、支持要素 (4 0) と接触した状態に警告リング (8 0 0) を保持する。しかしながら、警告リング (8 0 0) 、巻線 (8 0) および支持要素 (4 0) の剛性を適切に選択することによって、遠心力下で警告リング (8 0 0) が支持要素 (4 0) から離れて半径方向に移動 (すなわち増大) できるようにすることができる。 (図 1 0 および 1 1 に示すような) 別の実施形態では、支持要素 (4 0) の外側および巻線 (8 0) の半径方向外側に、警告リング (8 0 0) が押し付けられる。

【 0 0 4 0 】

図 8 ないし 1 1 に示す実施形態では、動作時にフライホイールが回転すると、支持要素 (4 0) が増大する量よりも大きな量だけ (遠心力下で) 警告リング (8 0 0) が半径方向に増大するように、警告リング (8 0 0) は支持要素 (4 0) よりも小さなヤング率を有する (剛性が低い) 。その結果、遠心力が十分な大きさになると分離する。警告リング (8 0 0) の周りを巻線が通過する図 8 および図 9 の実施形態では、フライホイールの回転時に、警告リング (8 0 0) と巻線 (8 0) が支持要素 (4 0) よりも増大するように、警告リング (8 0 0) と巻線 (8 0) の剛性が共に十分小さくなっている。警告リング (8 0 0) は質量要素 (1 0) を実質的に支持しないので、警告リング (8 0 0) は、支持要素 (4 0) と比較して相対的に小さな強度を有する軽量のリングであるだけでよい。

【 0 0 4 1 】

警告リングが膨張すると、警告リング (8 0 0) と支持要素 (4 0) の間のプレロードが緩和する。 (締めりばめによるプレロードの量および警告リングと支持要素の剛性比によって予め定められた) トリガーとなる回転速度または遠心力の大きさになると、プレロードが克服され、警告リング (8 0 0) と支持要素 (4 0) は少なくとも部分的に分離する。この分離は、例えば不均一に生じる傾向がある。その理由は、締めりばめは接触境界において不均一な応力分布を有しているもので、中心を外れた移動および回転質量内の不釣り合いを生じさせるからである。さらに、支持要素 (4 0) に対する警告リング (8 0 0) の移動によって、警告リング (8 0 0) と支持要素 (4 0) の間の不均一な残留応力が少なくとも一部解放される。この移動により、 (製造時に精密にバランス取りされた) フライホイールが、少なくともわずかにバランスのずれた状態になる。残留応力の解放により生じるこの不釣り合いは永続的なものであり (すなわち、フライホイールの再バランス取りを行うステップを少なくとも実行するか、これに加えて、不均一な残留応力を回復させて、プレロードが再び克服されるときにフライホイールのバランスをずらす能力が回復するように、支持要素から警告リングを取り外し再取付をする選択的なステップを再バランス取りの前に実行することによって、フライホイールを少なくとも部分的に再製造しない限り、不釣り合いは永続的である) 、機械的な「ヒューズ」が動作した証拠とみなすことができる。

【 0 0 4 2 】

この結果生じる不釣り合いにより、フライホイールの回転時に振動が発生し、この振動を振動センサで検出して、過度のフライホイール速度であることの示唆を与えることができる。この示唆は、例えばフライホイール速度センサから導かれるあらゆる示唆とは別個のものである。適切な振動センサの例は、圧電式の加速度計である。こうして、メインのフライホイール速度センサが故障した場合でも、フライホイール速度が過度であることを示す独立かつ別個の示唆が提供される。さらに、示唆が永続的であるので、フライホイールがある時点でその設計速度を上回って動作したことがあり、将来のある時点で故障する

可能性があることを表している。

【 0 0 4 3 】

図 1 0 および図 1 1 に示す第 2 実施形態では、警告リング (8 0 0) は巻線 (8 0) の外側を通過し、同様の効果が得られるように剛性比が選択される。

【 0 0 4 4 】

図 1 2 および図 1 3 に示す別の実施形態では、警告リング (8 0 0) は、支持要素 (4 0) の半径方向内側に締めりばめによって取り付けられる。この実施形態では、支持要素 (4 0) と警告リング (8 0 0) の間に質量要素 (1 0) が挟まれるが、別の実施形態では、上述したように質量要素 (1 0) を支持要素 (4 0) に組み込むことができ、または質量要素 (1 0) と支持要素 (4 0) の間に警告リングを間置することができる。これらの実施形態では、警告リング (8 0 0) は支持要素 (4 0) よりも高いヤング率を有する (剛性が高い) 。

【 0 0 4 5 】

動作時にフライホイールが回転すると、支持要素 (4 0) は、警告リング (8 0 0) よりも大きな量だけ半径方向に増大する (遠心力下で) 。上述の実施形態と同様に、警告リング (8 0 0) と支持要素 (4 0) の間のプレロードは遠心力によって克服され、警告リング (8 0 0) の移動が可能になる。支持要素 (4 0) が半径方向に増大して支持要素内の空間が警告リング (8 0 0) の外径よりも大きくなると、警告リング (8 0 0) は支持要素 (4 0) 内で中心をずれて移動可能になり、不釣り合いが生じる。さらに、 (支持要素の中心に警告リングを押し込む製造時の圧入組み立て動作により残留する) 不均一な残留応力の影響下で、遠心力がプレロードに打ち勝つと、警告リング (8 0 0) は支持要素の内側を移動する。これによってフライホイールが永続的に不釣り合いの状態になり、振動が起こる。上述したように、センサによって振動を検出して警告表示として使用することができる。

【 0 0 4 6 】

さらに別の実施形態では、警告リング (8 0 0) は、プレロードを生み出す締めりばめを用いて駆動伝達要素 (例えばシャフト) 内に圧入される。上記と同様に、フライホイールは精密にバランス取りされている。警告リング (8 0 0) はシャフト (6 0) よりも剛性が小さく、フライホイールの回転時にシャフトよりも半径方向に大きく増大する。所定の速度でプレロードが克服され、シャフト上で警告リング (8 0 0) が移動できるようになる。この結果、不釣り合いが生じ、この不釣り合いを機械的損傷の前に検出することができる。

【 0 0 4 7 】

上述したように、フライホイール速度がトリガー速度を超えると不釣り合いになる意図的な製造を行い、これによって生じる振動を検出することで、フライホイールがその最大安全動作速度を上回って動作中であるかまたは動作したことがあることを警告する。この警告は、主要なフライホイール速度監視システムとは別個に判定することができる。そのため、主要な速度監視システムが故障した場合にフライホイール速度の超過を示唆する第 2 のフェールセーフ表示を提供する。過負荷を意味する不釣り合いのレベルを検出器に設定することによって、または警告リングおよび / または他のリム部品の相対的な特性を修正することによって、またはこれらの任意の組み合わせによって、過負荷の検出を作動させられることに注意されたい。警告リングの全てまたは一部が分離するとき、または相対的な移動 / 寸法の変化が分離可能な不釣り合いまたはしきい値を上回る不釣り合いを作り出すのに十分であるとき、速度超過を示唆するようにシステムを調整することができる。

【 0 0 4 8 】

警告リング (8 0 0) が巻線 (8 0) によって包囲される実施形態は、フライホイールがトリガー速度よりも速い速度で動作する場合、支持要素 (4 0) から警告リングが緩まる結果、警告リング (8 0 0) が巻線 (8 0) の内部に収納され、警告リング (8 0 0) が完全に分離するという危険がないという利点を有する。

【 0 0 4 9 】

上述した構成の結果、より強力で、安全かつ効率的なフライホイールが得られることが理解されるだろう。

【図 1】

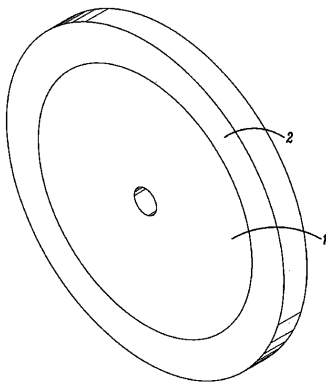


FIG. 1

【図 2】

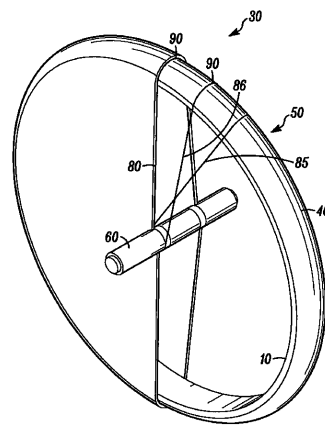


FIG. 2

【図 3】

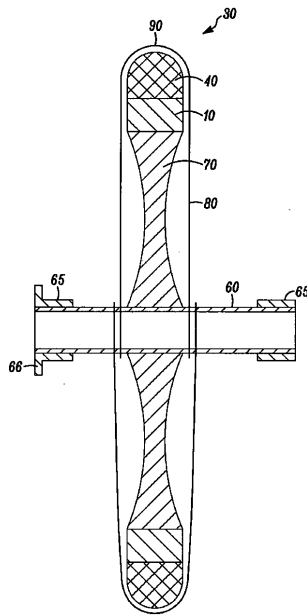


FIG. 3

【図 4】

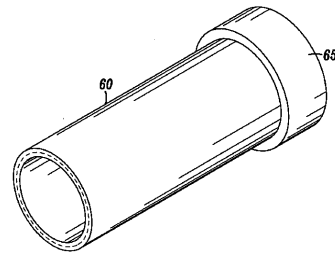


FIG. 4

【図 5】

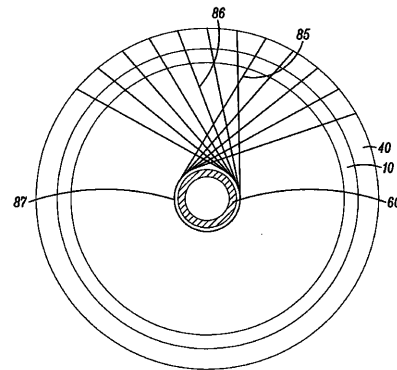


FIG. 5

【図 6】

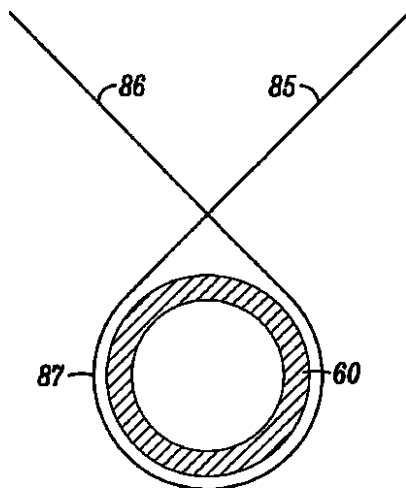


FIG. 6

【図 7】

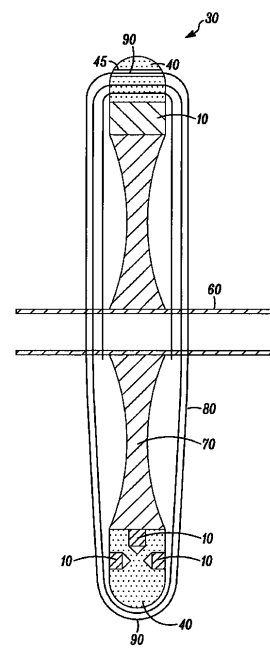
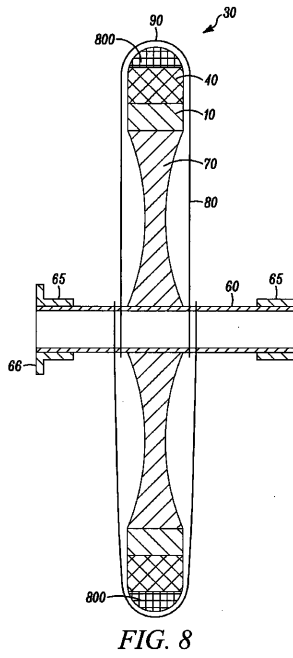
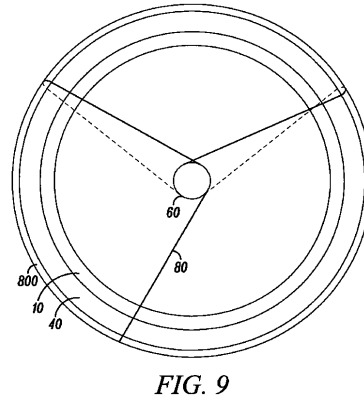


FIG. 7

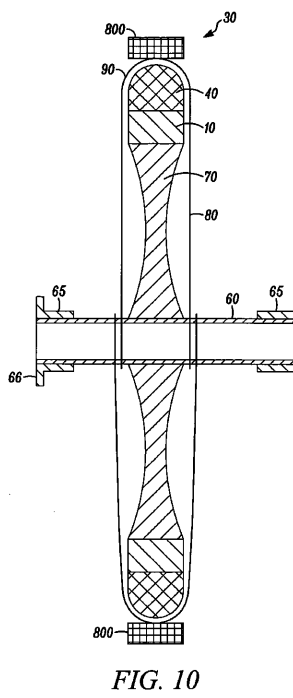
【図 8】



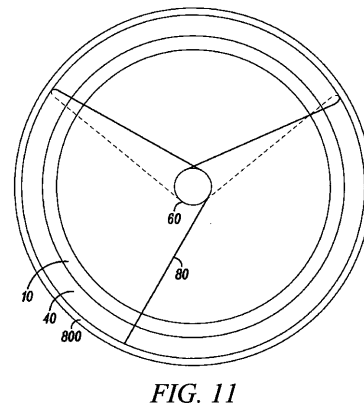
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

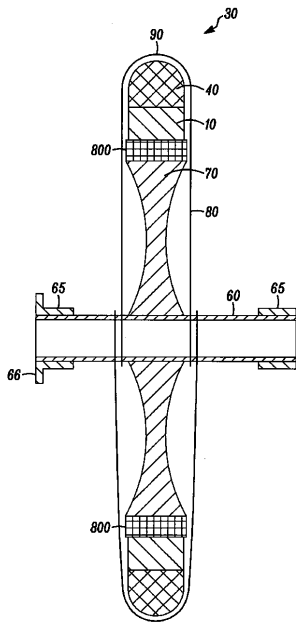


FIG. 12

【図 13】

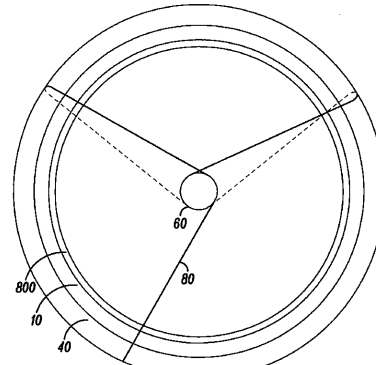


FIG. 13

【図 14】

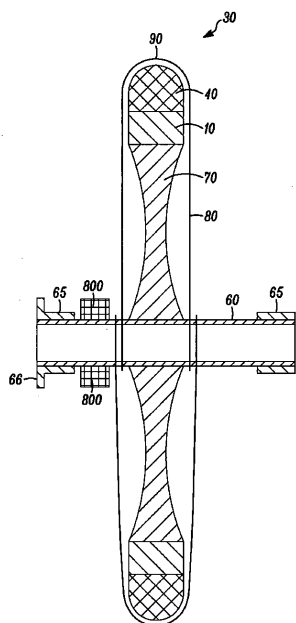


FIG. 14

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭61-140638(JP,A)
米国特許第04359912(US,A)
特開昭48-053200(JP,A)
特開2004-211754(JP,A)
西独国特許出願公開第02119015(DE,A)
西独国特許出願公開第02949125(DE,A)
特開昭53-086968(JP,A)
実開昭60-110750(JP,U)
特開平08-261291(JP,A)
米国特許第04183259(US,A)
西独国特許出願公開第02622295(DE,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | |
|------|-------|
| F16F | 15/30 |
| F16D | 61/00 |
| H02J | 15/00 |
| F03G | 3/08 |