

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7093351号
(P7093351)

(45)発行日 令和4年6月29日(2022.6.29)

(24)登録日 令和4年6月21日(2022.6.21)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 L 3/10 (2006.01)	G 0 1 L 3/10 3 1 1
F 1 6 C 41/00 (2006.01)	F 1 6 C 41/00

請求項の数 21 (全129頁)

(21)出願番号	特願2019-528689(P2019-528689)	(73)特許権者	514187693
(86)(22)出願日	平成29年11月28日(2017.11.28)		テークー・ジステームス ゲーエムベー
(65)公表番号	特表2019-537019(P2019-537019		ハー
	A)		ドイツ連邦共和国 8 2 2 2 9 ゼーフェ
(43)公表日	令和1年12月19日(2019.12.19)		ルト, グート デリング, ミュールシ
(86)国際出願番号	PCT/IB2017/057452		ュトラーセ 2
(87)国際公開番号	WO2018/096521	(74)代理人	100158920
(87)国際公開日	平成30年5月31日(2018.5.31)		弁理士 上野 英樹
審査請求日	令和2年11月27日(2020.11.27)	(72)発明者	ロスベルガー, アントニウス ゲオルク
(31)優先権主張番号	102016122845.1		ドイツ連邦共和国 8 2 2 2 9 ゼーフェ
(32)優先日	平成28年11月28日(2016.11.28)		ルト, グート デリング, ミュールシ
(33)優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		ュトラーセ 2 ケア オブ テークー・ジ
			ステームス ゲーエムベーハー
		審査官	岡田 卓弥

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 動力伝動要素、トルク測定装置、及びフリーホイールアセンブリ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

クランクシャフトに作用する径方向の力を測定するためのロードセル(47)であって、該ロードセル(47)は、

- ー軸受(45)のリングを受けるための受承スリーブ(96)と、
 - ー前記ロードセル(47)を変速機ハウジング(22)内に取り付けるための固定リング(97)と、
 - ー前記軸受(45)のリングを軸方向で支持するために前記固定リング(97)に備えられた軸方向支持部分(91)と、
 - ー前記受承スリーブ(96)の径方向の力を受けるための複数の測定領域と、ここで該測定領域は、前記受承スリーブ(96)を前記固定リング(97)に接続し、前記測定領域のうちの少なくとも2つに歪みセンサ(92)が取り付けられ、
- を備え、前記軸方向支持部分(91)は、径方向スロット(95)によって前記測定領域から離されており、前記軸方向支持部分(91)は、周方向スロット(104)によって前記受承スリーブ(96)から離されており、第1の径方向スロット(95)、周方向スロット(105)、及び第2の径方向スロット(95)と一緒に制限スロットを形成し、該制限スロットは、軸方向支持部分(91)を前記受承スリーブ(96)及び隣接する測定領域から隔て、前記軸方向支持部分(91)は、前記受承スリーブ(96)の内面で径方向内向きに突出する、ロードセル(47)。

【請求項2】

前記測定領域は、角ブラケットとして形成された測定用突起（９０）を備える、請求項１に記載のロードセル（４７）。

【請求項３】

前記測定用突起（９０）は、径方向領域と、該径方向領域に隣接した軸方向領域とを備え、前記径方向領域は前記固定リング（９７）に接続され、前記軸方向領域は前記受承スリーブ（９６）に接続され、前記径方向領域は、前記軸方向領域に対しておよそ９０°の角度で配置される、請求項２に記載のロードセル（４７）。

【請求項４】

前記軸方向領域は、前記受承スリーブ（９６）の円筒形の内面と面一である、請求項３に記載のロードセル（４７）。

【請求項５】

前記歪みセンサ（９２）のうちの少なくとも１つは、歪みゲージ（９２）として構成される、請求項１から４のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項６】

１つの歪みセンサ（９２）が、それぞれの前記測定領域に取り付けられる、請求項１から５のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項７】

前記測定領域のうちの少なくとも２つは、前記歪みセンサ（９２）を取り付けるための低くなった部分を備える、請求項１から６のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項８】

前記ロードセル（４７）は、９０°の間隔で配置された４つの前記測定領域を備える、請求項１から７のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項９】

前記固定リング（９７）は、固定孔（９８）が備えられた固定領域を有する、請求項１から８のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項１０】

前記固定リング（９７）は凹部を備え、前記測定領域は前記凹部に配置される、請求項１から９のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項１１】

前記測定用突起（９０）と、前記測定用突起（９０）の大きさを定める前記スロット（９５）の角度に関する大きさが、前記軸方向支持部分（９１）の角度に関する大きさにおおよそ対応する、請求項１から１０のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項１２】

周方向における前記測定領域の角度に関する大きさは、３０°以下である、請求項１から１１のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項１３】

前記ロードセル（４７）は金属で一体的に作られる、請求項１から１２のいずれかに記載のロードセル（４７）。

【請求項１４】

クランクシャフトに作用する力を測定するための測定装置であって、
－前記クランクシャフトに配置された軸受（４５）を備えた前記クランクシャフトと、
－請求項１から１３のいずれかに記載のロードセル（４７）と、ここで前記ロードセル（４７）の受承スリーブ（９６）は、前記軸受（４５）の外側リングに配置され、前記ロードセル（４７）の前記軸方向支持部分（９１）は、前記軸受（４５）の前記外側リングに軸方向で支持され、
－前記ロードセル（４７）の前記歪みセンサ（９２）に接続された評価用電子機器（４８）と
を備えた測定装置。

【請求項１５】

変速機ハウジング（２２）及びクランクシャフトを備え、前記クランクシャフトは、第１

10

20

30

40

50

の軸受（４５）及び第２の軸受（４６）を介して前記変速機ハウジング（２２）内に設置され、前記第１の軸受（４５）は、前記測定装置の前記ロードセル（４７）を介して前記変速機ハウジング（２２）内に受けられ、前記ロードセル（４７）は、前記固定リング（９７）を介して前記変速機ハウジング（２２）内に受けられ、前記受承スリーブ（９６）は、前記第１の軸受（４５）の外側リングを受承し、前記軸方向支持部分（９１）は前記第１の軸受（４５）の前記外側リングで支持される、請求項１４に記載の測定装置を備えた変速装置。

【請求項１６】

前記測定装置の前記第１の軸受（４５）及び前記測定装置の前記第２の軸受（４６）は、単列アンギュラ玉軸受として構成される、請求項１５に記載の変速装置。

10

【請求項１７】

前記クランクシャフトは、第１の段（２２３）及び第２の段（２２６）を備え、前記測定装置の前記第１の軸受（４５）の内側リングは、前記クランクシャフトの前記第１の段（２２３）に配置され、前記第２の軸受（４６）の内側リングは、前記クランクシャフトの前記第２の段（２２６）に配置され、それにより斜めに設置された軸受のＸ字形配置が形成される、請求項１５又は１６に記載の変速装置。

【請求項１８】

前記第２の軸受（４６）は、前記クランクシャフトの前記第２の段（２２６）に又は前記ハウジングに、波形バネ（７０）によって支持される、請求項１７に記載の変速装置。

【請求項１９】

前記第２の軸受（４６）は、更に前記クランクシャフトの前記第２の段（２２６）又は前記ハウジングに、スペーサディスク（６９）によって支持される、請求項１８に記載の変速装置。

20

【請求項２０】

モータ（１２）と、該モータ（１２）に接続された減速歯車（１３）と、該減速歯車（１３）に接続された中空出力シャフト（３９）とを更に含み、前記クランクシャフトはペダルシャフト（３５）として構成され、前記第１の軸受（４５）及び前記第２の軸受（４６）はそれぞれ転がり軸受として構成され、前記ペダルシャフト（３５）は前記中空出力シャフト（３９）を通り、前記ペダルシャフト（３５）を前記中空出力シャフト（３９）から切り離すために、フリーホイール（４９）が前記ペダルシャフト（３５）と前記中空出力シャフト（３９）の間に備えられる、請求項１５から１９のいずれかに記載の変速装置。

30

【請求項２１】

請求項２０に記載の変速装置を備えた電動車両であって、前記モータ（１２）は電気モータ（１２）として構成され、前記電動車両のバッテリーは前記電気モータ（１２）に接続される、電動車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本明細書は第１の態様において、クランクシャフトに作用する径方向の力を測定するためのロードセルを開示する。

40

【背景技術】

【０００２】

特許文献１は、径方向の力、そして軸受の外側リングに対するスラスト力及び傾斜モーメントを測定するためのバネ領域を備えるフランジ構成を備える、荷重感知軸受アセンブリを開示している。

【０００３】

特許文献２は、径方向で離された外側リングによって支持されるスロット付き内側リングを有する軸受を、径方向には剛性でありかつ軸方向には可撓性である、周方向で離された複数の支持体を用いて、保持することにより、シャフトの軸受の軸方向スラスト荷重を制御された様式で受ける、軸受支持システムを開示している。

50

【0004】

特許文献3は、軸受の配置によって支持された円筒状セクションを備え、かつ径方向に延びるフランジセクションを備える、第1の要素を有し、またホイールリムをセンタリングするためのフラップを備える第2の要素を有する、車輪軸受ユニットを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許出願公開第2007/051187号明細書

米国特許第4,900,165号明細書

米国特許出願公開第2011/187179号明細書

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書によるロードセルは、軸受のリングを受けるための、円筒形の受承スリーブと、上記ロードセルを変速機ハウジング内に取り付けるための固定リングとを備える。上記リングは特に、転がり軸受の外側リングにされることができる。上記ロードセルの上記固定リングは、接続部分又は測定領域で上記受承スリーブに接続される。上記測定領域は、上記軸受の上記リングから上記測定領域に伝達される、上記受承スリーブの径方向の力を受けるために提供される。

20

【0007】

例えば接着された歪みゲージなどの歪みセンサを、上記測定領域のうちの少なくとも2つに取り付ける。更に上記ロードセルは軸方向支持部分を備え、これは上記軸受の上記外側リングの軸方向支持のため、又は軸方向の力を受けるために、上記固定リングに備えられる。ここで軸方向の力は、上記受承スリーブの長手方向に対して平行に整列されており、径方向の力は、上記長手方向に対して垂直に整列されている。

【0008】

特に上記ロードセルは、上記受承スリーブの径方向内側に位置する軸受を受けるよう構成されることができ、ここで上記軸受の外側リングは、受承スリーブの内面と接触し、上記測定領域及び上記軸方向支持部分は、上記固定リングに径方向内向きに接合してもよい。

【0009】

上記軸方向支持部分は、径方向スロットによって上記測定領域から離されており、ここで上記軸方向支持部分は、周方向スロットによって上記受承スリーブから離されている。

30

【0010】

特に上記測定領域は、角ブラケットとして形成された測定用突起を備えることができ、上記角ブラケットは特に、径方向領域と、その径方向領域に隣接した軸方向領域とを備えてもよい。この形状は、径方向の力の作用下で制御された変形を生成するために極めて好適である。

【0011】

上記径方向領域は上記固定リングに接続され、上記軸方向領域は上記受承スリーブに接続される。特に上記径方向領域は、上記軸方向領域に対しておよそ90°の角度で配置されることができる。

40

【0012】

更なる実施形態では、上記軸方向領域は、上記受承スリーブの円筒形の内面と面一である。

【0013】

特に軸方向支持突起は、上記受承スリーブの内面全体で径方向内向きに突出するように構成されることができる。その結果、軸受を上記受承スリーブ内に、上記軸受のリング、特に外側リングがこの突出した領域に当接し、上記軸受に作用する軸方向の力がロードセルに伝達され、また固定領域で伝達されるように、配置されることができる。

【0014】

更なる実施形態では、上記歪みセンサのうちの少なくとも1つは、歪みゲージとして構成

50

される。更なる実施形態では、1つの歪みセンサが各上記測定領域に取り付けられ、特に各上記歪みセンサは、上記測定領域の径方向領域に取り付けられることができる。

【0015】

更なる実施形態では、上記測定領域のうちの少なくとも2つは、上記歪みセンサを取り付けるための低くなった部分を備え、それにより上記歪みセンサを容易に位置決めして、損傷から保護することができる。

【0016】

ある特定の実施形態では、上記ロードセルは、90°の間隔で配置された4つの上記測定領域を備える。その結果、一方では上記ロードセル内に受けられた上記軸受の良好な支持を得ることができ、また他方では、所定の径方向の力の測定を可能とすることができ、この測定から、クランクシャフトに作用するトルクを算出することができ、上記クランクシャフトは上記軸受によって支持される。

【0017】

特に上記固定リングは、上記固定リングをハウジングにねじ留めするために好適な固定孔が備えられた固定領域を有することができる。

【0018】

更に、上記固定リングは凹部を備えてもよく、上記測定領域は上記凹部に配置される。この場合、上記測定用突起、上記測定用突起の大きさを定める上記スロット、及び上記軸方向支持部分は特に、上記測定用突起と、上記測定用突起の大きさを定める上記スロットとを含む角度に関する大きさが、上記軸方向支持部分の角度に関する大きさにおおよそ対応するように、寸法設定されることができる。

【0019】

一実施形態では、周方向における上記測定領域の角度に関する大きさは、30°以下である。その結果、良好な変形性を得ることができ、加えられる径方向の力は、明確に定義されたある方向に対応する。

【0020】

特に上記ロードセルは、弾性変形して良好な安定性及び形状の安定性を提供する金属で一体的に作られることができる。ここで「金属」は金属材料を指し、特に金属合金を含む。

【0021】

更なる態様では、本明細書は、クランクシャフトに作用する力を測定するための測定装置を開示する。上記測定装置はクランクシャフトを備え、これは上記クランクシャフトに配置された軸受と、上述のロードセルとを備える。上記ロードセルの受承スリーブは、上記軸受の外側リングに配置され、上記ロードセルの軸方向支持部分は、上記軸受の上記外側リングに軸方向で支持される。

【0022】

更に、評価用電子機器が上記ロードセルの歪みセンサに接続され、この評価用電子機器は、上記歪みセンサの信号から、上記クランクシャフトに作用する力を測定するよう構成される。上記クランクシャフトは特にペダルシャフトにされることができるが、例えばピストンエンジンのクランクシャフトであってもよい。

【0023】

更に本明細書は、上述の測定装置を備える変速装置を開示する。上記変速装置は、変速機ハウジング及びクランクシャフトを備え、上記クランクシャフトは、第1の軸受及び第2の軸受を介して上記変速機ハウジング内に設置される。

【0024】

上記第1の軸受は、上記測定装置のロードセルを介して上記変速機ハウジング内に受けられる。上記ロードセルは、固定リングを介して上記変速機ハウジング内に受けられる。受承スリーブは、上記第1の軸受の外側リングを受承し、軸方向支持部分は上記第1の軸受の上記外側リングで支持される。

【0025】

上記変速装置において、特に上記クランクシャフトは、上記軸受を支持するための第1の

10

20

30

40

50

段及び第２の段を備えることができる。これらの段は例えば、上記クランクシャフトが中央部において、その２つの端部における直径よりも大きな直径を有することによって、形成されることができる。特に、上記測定装置の上記第１の軸受の内側リングは、上記ペダルシャフトの上記第１の段に配置されることができ、また上記第２の軸受の内側リングは、上記クランクシャフトの上記第２の段に配置されることができ、それにより斜めに設置された軸受のX字形配置が形成される。

【００２６】

上記クランクシャフトに配置された上記軸受の上記X構成では、上記クランクシャフトに作用する力は、上記軸受を介して外向きに伝達される。その結果、ロードセルを更に外側の、評価用電子機器付近に配置されることができ、更に、出力側軸受に配置された出力シャフトに作用する力もまた、外向きに作用する。これにより上記出力シャフトを、上記出力シャフトの駆動側に配置された回転子シャフトからある距離に保持することができる。

10

【００２７】

軸方向の力を受けるために、上記測定装置の上記第１の軸受及び上記測定装置の上記第２の軸受は、特に単列アンギュラ玉軸受として構成されることができ、一実施形態では、上記第２の軸受は、上記ペダルシャフトの上記第２の段又は上記ハウジングに、波形バネによって支持される。

【００２８】

更なる実施形態では、上記第２の軸受は、上記ペダルシャフトの上記第２の段又は上記ハウジングに、スペーサディスクによって支持される。

20

【００２９】

更に、本明細書は、上述の特徴を有し、またモータ及び上記モータに接続された減速歯車、並びに上記減速歯車に接続された中空出力シャフトを備える、変速装置を開示する。

【００３０】

この変速装置では、クランクシャフトはペダルシャフトとして構成され、第１の軸受及び第２の軸受はそれぞれ転がり軸受として構成される。上記ペダルシャフトは上記中空出力シャフトを通り、上記ペダルシャフトを上記中空出力シャフトから切り離すために、フリーホイールが上記ペダルシャフトと上記中空出力シャフトの間に備えられる。

【００３１】

更に、本明細書は、上述の変速装置を備える電動車両を開示する。ここでモータは電気モータとして構成され、上記電動車両のバッテリーは上記電気モータに接続される。

30

【００３２】

別の態様では、本明細書は、入力シャフト及び出力シャフトを備えるハーモニックピンリング変速機を開示する。特に上記入力シャフトは、電気モータの回転子シャフトとして好適な中空シャフトとして構成されることができ、また上記出力シャフトは、力の流れにおいて、以下で説明される内側歯車の後ろに位置する、中空シャフトとして構成されることができる。

【００３３】

この変速機では、牽引手段を外側歯車に押し付ける役割を果たすカムディスクが、中空駆動シャフトと単一部品として形成され、上記中空駆動シャフトは特に、電気モータの回転子を形成することができる。

40

【００３４】

上記変速機は、第１の外側歯車と、第１の軸直角平面において上記第１の外側歯車に対して同心に配置される内側歯車とを備える。第２の外側歯車は第２の軸直角平面に配置され、牽引手段は、上記第１の外側歯車と上記内側歯車の間に延びる。換言すれば、上記牽引手段の軸方向領域は、上記外側歯車と上記内側歯車の間に形成された空間に配置される。

【００３５】

回転トランスミッタは、上記牽引手段を上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記第１の外側歯車の内周及び上記第２の外側歯車の内周に押し付ける。上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備える。上記カムディスク、及び上記ピンリングの

50

ピン保持リングは、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。上記カムディスクは、上記中空駆動シャフトと単一部品として形成される。

【0036】

ある有利な実施形態では、上記牽引手段はピンリングとして構成され、ピン又は突出部が中央領域の2つの反対側の側部に突出し、上記中央領域は上記第3の軸直角平面に配置される。特に上記中央領域は可撓性のものとして作られることができ、ピン保持リングに対応する。更に上記ピンリングの上記中央領域は、カムディスクの軸受のための内側軸受面と、支持リングなどの歯車部品の軸受のための外側軸受面とを備えてもよい。

【0037】

作動時に、上記回転トランスミッタは上記ピンを上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記ピンを、上記第1の外側歯車の内周及び上記第2の外側歯車の内周に押し付ける。

【0038】

別の実施形態では、上記カムディスクの外周は、卵形、例えば正弦波又は楕円が重畳円形を有するよう構成される。別の実施形態では、上記カムディスクの外周は円形を有し、変速機中心軸に対して偏心して配置される。

【0039】

特に、上記カムディスクと上記牽引手段の間に転がり軸受を径方向に配置することによって、上記外周に沿った力を避けることができ、ここで上記転がり軸受は、有利には卵形のカムディスクに対して変形可能である。

【0040】

特に上記回転トランスミッタは、軽量アルミニウムから本質的になることができる、また電気モータの回転子を形成する中空シャフトと単一部品として製造されることができる。

【0041】

特に上記回転トランスミッタが偏心ディスク又は偏心して配置された円形ディスクを備える場合、上記回転トランスミッタは、接続用支柱を介して上記中空駆動シャフトと接続されるリングを備えることができる。

【0042】

別の態様では、本明細書は、支持リングを備えたハーモニックピンリング変速機を開示する。

【0043】

上記変速機は、第1の外側歯車と、第1の軸直角平面において上記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、第2の軸直角平面に配置された第2の外側歯車とを備える。

【0044】

更に上記変速機は、上記第1の外側歯車と上記内側歯車の間に延びる牽引手段と、上記牽引手段を上記内側歯車の外周から持ち上げて、上記第1の外側歯車の内周及び上記第2の外側歯車の内周に上記牽引手段を押し付ける回転トランスミッタとを備える。

【0045】

上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスクと、ピンリングのピン保持リングとは、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。更に、上記第1の外側歯車は第1の外側リングによって形成され、上記第2の外側歯車は第2の外側リングによって形成され、上記第1の外側リング及び上記第2の外側リングは支持リング内に挿入される。特に上記第2の外側リングは、上記第1の外側リングと同一の構造を有することができる、及び／又は上記第1の外側リングと鏡面对称にすることができる。

【0046】

更に、上記第1の外側リング及び上記第2の外側リングはそれぞれ、射出成形によって、PA66又はポリメチルメタクリレート(PMMA)などのプラスチックで作られることができる。特に、上記ピンリングの上記ピンが上記外側歯車の歯部の全ての歯に当接する

10

20

30

40

50

ことにより、荷重の均一な分布が存在する場合には、上記外側歯車をプラスチックで形成することができる。上記ピンリングの上記ピンの寸法の適切な設定、及び適切に選択された歯部によって、各上記ピンは、上記外側歯車の内歯又は上記内側歯車の外歯に当接することができる。

【0047】

特に、上記第1の外側リング及び上記第2の外側リングはそれぞれ、径方向外向きに突出するジャーナルを備えることができる、これは各上記外側リングの上記外周を覆うように分布し、上記支持リングは、上記ジャーナルが挿入される適合する凹部を備える。

【0048】

別の実施形態では、上記第1の外側リング及び上記第2の外側リングに溝が形成され、上記溝はそれぞれ上記第1の外側リング及び上記第2の外側リングの上記外周を覆うように分布し、上記支持リングは、上記溝と係合するジャーナルを備える、変速機ハウジングのある領域として形成される。この実施形態はギヤードモータに特に適する。

10

【0049】

上記外側歯車を受ける上記支持リングは、軽量アルミニウムで作られることができ、特にアルミニウムダイキャストプロセスによって作られることができる。

【0050】

更なる実施形態では、上記支持リングは2つのサブリングを備え、それらは軸方向で互いに当接する。これにより、ハウジング部品は互いを軸方向で相互支持する。

【0051】

20

変速機ハウジングへのより容易な接続のために、上記第1の外側リング、上記第2の外側リング、及び上記支持リングは、適合及び整列したねじ穴を有してもよい。特に上記外側歯車又は外側リングと上記支持リングとは、ねじによって上記変速機ハウジングに接続されることができ、上記ねじは、変速機カバーのねじ穴を通り、また上記第1の外側リング、上記支持リング及び上記第2の外側リングの上記適合したねじ穴を通り、上記ハーモニックピンリング変速機の変速機ハウジングのねじに螺合される。

【0052】

別の態様では、本明細書は、牽引手段を備えたハーモニック変速機、特にフリーホイール装置を備えるピンリングを有するハーモニックピンリング変速機を開示する。

【0053】

30

上記変速機は、モータの駆動力を加えるための入力シャフトと、出力動力を伝達するための出力シャフトとを備える。更に上記変速機は、第1の外側歯車、第1の軸直角平面において上記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車、及び第2の軸直角平面に配置された第2の外側歯車、及び上記第1の外側歯車と上記内側歯車の間に延びる牽引手段を備える。

【0054】

更に、上記変速機は、上記牽引手段を上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記外側歯車の内周に上記牽引手段を押し付け、また上記第2の外側歯車の内周に上記牽引手段を押し付ける回転トランスミッタを備える。

【0055】

40

上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスク及び上記牽引手段は、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。ピンリングを使用する場合、上記ピンリングのピン保持リング、又は単一部品製ピンリングの、ピン保持リングに相当する部分は、上記第3の軸直角平面に配置される。

【0056】

更に、上記変速機は、モータフリーホイールを介して上記内側歯車内で支持される中空出力シャフトと、ペダルシャフトフリーホイールを介して上記中空出力シャフトで支持されるペダルシャフトとを、任意に備える。上記ペダルシャフトは、上記変速機の変速機ハウジング内に受けられる。上記ペダルシャフトは、上記モータフリーホイールに対する受承

50

領域又は境界面を外周に備える。上記外周の反対側の内周において、上記ペダルシャフトは、上記ペダルシャフトフリーホイールに対する受承領域を備える。

【0057】

特に、上記モータフリーホイールはクランプローラフリーホイールとして構成されることができ、上記ペダルシャフトフリーホイールは歯止めフリーホイールとして構成されることができる。更なる例示的实施形態では、上記モータフリーホイール及び上記ペダルシャフトフリーホイールの両方が、クランプローラフリーホイールとして構成される。

【0058】

上記出力シャフト又は中空出力シャフトは、上記中空駆動シャフトの出力側に軸方向に延び、玉軸受が上記中空出力シャフトと上記ペダルシャフトの間に配置され、上記中空出力シャフトは、歯車又はプーリなどの出力部材のための固定領域を備える。

【0059】

更に、本明細書は、外側のクランプローラフリーホイール及び内側の歯止めフリーホイールを有する、フリーホイールアセンブリを開示する。

【0060】

上記フリーホイールアセンブリは、中空駆動シャフト、中空出力シャフト及びペダルシャフトを備える。この構成では、上記ペダルシャフト、上記中空出力シャフト及び上記中空駆動シャフトは、互いに同心に配置される。上記中空出力シャフトは、上記中空駆動シャフトの径方向内側に配置され、上記ペダルシャフトは、上記中空出力シャフトの径方向内側に配置される。

【0061】

更に上記中空出力シャフトは、内周に階段状歯止め係合領域を備え、また内周に径方向で対向する側の外周に階段状クランプローラ転動領域を備える。

【0062】

上記ペダルシャフトは、歯止めに対する星形受承領域を備え、上記星形受承領域は、歯止めを受けるために上記外周全体に均等に分散された歯止め台座と、バネを受けるために上記歯止め台座に隣接して配置されるバネ台座とを備える。

【0063】

この構成では、上記階段状歯止め係合領域の段と、上記ペダルシャフトに形成された上記階段状クランプローラ転動領域の段とが、上記外側のクランプローラフリーホイールの駆動方向が上記内側の歯止めフリーホイールの駆動方向と一致するように、整列される。

【0064】

上記外側のクランプローラフリーホイールは、上記中空駆動シャフトと、上記中空出力シャフトの上記階段状クランプローラ転動領域とを特に備え、また上記内側の歯止めフリーホイールは、上記ペダルシャフト及び上記階段状歯止め係合領域を特に備える。

【0065】

本明細書では、中空シャフトに対する「径方向内向き」は、内周又はその仮想延長部を意味する。この場合、構成部品は軸方向において完全に上記中空出力シャフトとなる必要はない。

【0066】

更なる実施形態では、上記中空出力シャフトの上記外周の上記階段状クランプ本体転動領域、及び上記中空出力シャフトの上記内周の上記階段状歯止め係合領域は、本質的に同一の軸直角平面にある。その結果、上記中空出力シャフトに対する傾斜モーメントを避けることができ、軸方向においてスペースを節約することができる。

【0067】

更なる実施形態では、上記フリーホイールアセンブリの上記中空駆動シャフトは、上記ディスク状領域の外周に備えられた、外歯を有するディスク状領域を備える。上記ディスク状領域は、中実のディスクとして形成する必要はなく、例えば穿孔された、若しくは他の中断部分を備えるディスクとして、又は支柱を有するリングとして、形成されてもよい。上記ディスク状領域は、出力トルクを受ける役割を果たす。例えばこれは、ハーモニック

10

20

30

40

50

ピンリング変速機の内側歯車として構成されることができる。

【0068】

更なる実施形態では、上記中空出力シャフトは、第1の端部に環状の肉厚部分を備え、また上記第1の端部の反対側の第2の端部に、出力手段のための、特にチェーンリングアダプタのための固定領域を備える。

【0069】

更なる実施形態では、上記フリーホイールアセンブリの上記中空出力シャフトの上記外周は、転がり軸受のための段状軸受領域を備える。従って上記中空出力シャフトの上記内周もまた、転がり軸受のための段状軸受領域を備えてもよい。

【0070】

更なる実施形態では、上記中空出力シャフトは、出力側端部に雌ねじを備える。

【0071】

更なる実施形態では、上記フリーホイールアセンブリは、上記歯止め台座に回転可能に設置される歯止めと、上記バネ台座に配置されて上記歯止めと接触するバネ要素とを備える。

【0072】

更に、上記フリーホイールアセンブリは、ウェブを有するフリーホイールケージと、上記ウェブの間に配置されたクランプローラとを備え、上記フリーホイールケージ及び上記クランプローラは、上記中空出力シャフトの上記クランプローラ転動領域と上記中空駆動シャフトの内周の間に径方向に配置される。

【0073】

更なる実施形態では、上記歯止め台座は円筒状であり、壁によって一方の端部が閉鎖され、反対側の端部は開放されている。

【0074】

更なる実施形態では、上記階段状クランプ本体転動領域及び上記フリーホイールケージはそれぞれ、螺旋バネなどのバネ要素のための少なくとも2つの受承領域を備え、各場合において、1つのバネ要素が、上記クランプ本体転動領域の1つの受承領域と上記フリーホイールケージの1つの受承領域の間に配置される。

【0075】

更に上記ペダルシャフトは力センサユニットを備えてもよく、上記力センサユニットは、金属ロードセル及び駆動側のペダルシャフト玉軸受を備え、上記ロードセルは上記ペダルシャフト玉軸受に配置される。

【0076】

更なる実施形態では、上記フリーホイールアセンブリの上記ロードセルは、特に45°間隔で配置された4つの固定突起であってもよい固定突起を介して外側環状部分に固定された、内側環状部分を備える。上記ペダルシャフト玉軸受は、上記内側環状部分に挿入される。

【0077】

更なる実施形態では、上記ロードセルの上記内側部分及び上記外側部分は互いに対して径方向にオフセットされ、上記固定突起は、径方向スロットによって横方向での境界を定められ、上記固定突起のうちの少なくとも2つは歪みセンサを備える。上記固定突起は、径方向の力を受けるために好適であり、測定用突起とも呼ばれる。

【0078】

更に、上記外側リングの軸方向厚さを、上記固定突起の領域において減少させることにより、上記固定突起を、変速機ハウジングへの固定に役立つ環状固定領域に対して後退させることができる。

【0079】

更に、本出願は、フリーホイールアセンブリのためのペダルシャフトを開示し、上記ペダルシャフトは、第1の端部のペダルクランクのための第1の固定領域と、反対側の第2の端部のペダルクランクのための第2の固定領域とを備える。更に上記ペダルシャフトは、上記第1の端部の付近に、歯止めのための星形受承領域を備える。

10

20

30

40

50

【0080】

ある特定の実施形態では、上記星形受承領域は段を備え、各上記段は、第1の側面、第2の側面、周方向に対して所定方向におよそ45°傾斜した歯止め支持領域、及びバネ台座を備える。更に上記段は、上記シャフトの外周に実質的に平行な上面を備える。

【0081】

更に上記段は、歯止め台座を有する端部領域を備え、上記歯止め台座は少なくとも部分的に円筒状であり、軸方向の一方で開放され、軸方向反対側で閉鎖されている。特に、6つの段が存在してもよい。

【0082】

別の態様では、本明細書は、フリーホイールに対する一体型の境界面を備える出力シャフトを有する、ハーモニック変速機、特にハーモニックピンリング変速機を開示する。

10

【0083】

上記ハーモニック変速機は、入力シャフト及び出力シャフトを備え、更に以下の特徴を備える。

【0084】

第1の外側歯車、及び第1の軸直角平面において上記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車。第2の外側歯車は、第2の軸直角平面に配置される。更に、上記第1の外側歯車と上記内側歯車の間に延在する、例えばピンリングである牽引手段が備えられる。

【0085】

回転トランスミッタは、上記入力シャフトに接続される。作動時に、上記回転トランスミッタは、上記牽引手段を上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記牽引手段を上記第1の外側歯車の内周及び上記第2の外側歯車の内周に押し付ける。

20

【0086】

上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスクと、上記牽引手段がピンリングとして構成されている場合には上記ピンリングのピン保持リングとは、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。

【0087】

更に、上記ハーモニック変速機は、モータフリーホイールを介して上記内側歯車内で支持される中空出力シャフトと、ペダルシャフトフリーホイールを介して上記中空出力シャフトで支持されるペダルシャフトとを備える。上記ペダルシャフトは、上記ハーモニック変速機の変速機ハウジング内に受けられる。更に上記ペダルシャフトは、上記モータフリーホイールに対する受承領域又は境界面を外周に備え、また上記外周とは径方向で対向する側の内周に、上記ペダルシャフトフリーホイールに対する受承領域を備える。

30

【0088】

一実施形態では、このエンジンフリーホイールは、クランプローラフリーホイールとして構成され、上記ペダルシャフトフリーホイールは、歯止めフリーホイールとして構成される。

【0089】

上記出力シャフトは、上記中空駆動シャフトの出力側において軸方向に延び、玉軸受が上記中空出力シャフトと上記ペダルシャフトの間に配置され、上記中空出力シャフトは、出力要素、特に牽引手段への接続のための歯車又はプーリなどの出力要素のための、固定領域を備える。

40

【0090】

別の態様では、本明細書は、入力シャフト及び出力シャフトを備えたハーモニックピンリング変速機を開示し、上記変速機は以下の構成部品を有する。

【0091】

上記変速機には、第1の外側歯車及び内側歯車が備えられ、上記内側歯車は、第1の軸直角平面において上記第1の外側歯車に対して同心に配置される。第2の外側歯車は、第2の軸直角平面に配置される。ピンを有するピンリングは、上記第1の外側歯車と上記内側

50

歯車の間に延在する。

【0092】

回転トランスミッタは、上記内側歯車及び上記外側歯車の部分内に配置される。作動時に、上記回転トランスミッタは、上記ピンリングの上記ピンを上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記ピンを上記第1の外側歯車の内周及び上記第2の外側歯車の内周に押し付ける。

【0093】

上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスクと、上記ピンリングの中央領域とは、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。

【0094】

上記ピンリングは単一部品で作られる。特に上記ピンリングは金属で作られることができる。上記ピンリングの上記ピンは、上記ピンリングの中央領域の軸方向で2つの反対側の側部から突出する突出部によって形成され、上記中央領域は、軸受での支持のための滑らかな円筒状の内側軸受面と、滑らかな円筒状の外面とを備える。

【0095】

更なる実施形態では、上記突出部は、上記2つの反対側の側部のうちの第1の側部において円筒状であり、また上記2つの反対側の側部のうちの第2の側部において部分的に円筒状であり、ここで円筒状の領域は、上記ピンリングの外側で径方向に位置する。

【0096】

更なる実施形態では、上記突出部は、上記2つの反対側の側部のうちの第1の側部において、上記ピンリングの内側で径方向になった、丸みを帯びた内側係合領域、及び上記ピンリングの外側で径方向になった、丸みを帯びた外側係合領域を備える。更に上記突出部は、上記2つの反対側の側部のうちの第2の側部において、丸みを帯びた外側係合領域を備える。

【0097】

更なる実施形態では、転がり若しくは玉軸受又は可撓性転がり若しくは玉軸受などの軸受が、上記カムディスクと上記ピンリングの間に配置され、上記ピンリングは、上記軸受を支持するための肩部を内側に備える。

【0098】

別の態様では、本明細書は、ハーモニックピンリング変速機のための単一部品ピンリングを開示し、これは単一部品として形成され、金属で作られる。上記ピンリングは、上記ピンリングの中央領域の軸方向で2つの反対側の側部から突出する突出部によって形成される、ピンを備える。

【0099】

この場合、上記中央領域は、軸受での支持のための滑らかな円筒状の内側軸受面と、支持シリンダの軸受のための滑らかな円筒状の外側軸受面とを備える。

【0100】

更なる実施形態では、上記突出部は、上記2つの反対側の側部のうちの第1の側部において円筒状であり、また上記2つの反対側の側部のうちの第2の側部において部分的に円筒状である。円筒状の領域は、上記ピンリングの外側で径方向に位置する。

【0101】

更なる実施形態では、上記突出部は、上記2つの反対側の側部のうちの第1の側部において、上記ピンリングの内側で径方向になった、丸みを帯びた内側係合領域、及び上記ピンリングの外側で径方向になった、丸みを帯びた外側係合領域を備える。更に上記突出部は、上記2つの反対側の側部のうちの第2の側部において、丸みを帯びた外側係合領域を備える。

【0102】

更なる実施形態では、各場合において、上記2つの反対側の側部のうちの上記第1の側部で、接線方向に配置されたウェブが上記突出部の間に位置し、上記突出部の断面の外側境界線は、上記ウェブの外側境界線に滑らかに繋がる。ここで「滑らかに」は、表面粗度に

10

20

30

40

50

わたって平均する際の連続一次導関数を意味するものと理解することができる。

【0103】

更なる実施形態では、転がり若しくは玉軸受又は可撓性転がり若しくは玉軸受などの軸受が、上記カムディスクと上記ピンリングの間に配置される。この場合、上記ピンリングは、上記軸受を支持するための肩部を内側に備える。

【0104】

別の態様では、本明細書は、斜めに設置された軸受を備えたハーモニック変速機を開示する。

【0105】

上記変速機は、第1の外側歯車と、第1の軸直角平面において上記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、第2の軸直角平面に配置された第2の外側歯車とを備える。

10

【0106】

牽引手段は、上記第1の外側歯車と上記内側歯車の間に延在する。更に、回転トランスミッタが備えられ、これは上記牽引手段を上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記牽引手段を上記第1の外側歯車の内周及び上記第2の外側歯車の内周に押し付ける。

【0107】

上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスクと、上記ピンリングのピン保持リングとは、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。

20

【0108】

ペダルシャフトは、出力シャフトの径方向内側に配置され、上記ペダルシャフトは、駆動側のペダルシャフト玉軸受と、金属又は金属合金からなるロードセルとを介してモータハウジング内に取り付けられる。

【0109】

更なる実施形態では、上記ロードセルは、固定突起を介して外側環状部分に取り付けられた内側環状部分を備え、上記ペダルシャフト玉軸受は、上記内側環状部分に挿入される。特に、 45° 離れた4つの固定突起が存在することができる。上記固定突起は、測定用突起とも呼ばれる。

【0110】

上記外側環状部分は、上記モータハウジング内の円筒状部分に挿入される。上記内側部分及び上記外側部分は、互いに径方向にオフセットされる。更に、上記固定突起は、径方向スロットによって横方向での境界を定められ、材料凹部が上記測定用突起の径方向外側に備えられる。その結果、とりわけ上記測定用突起の厚さが減らされ、これにより上記測定用突起の変形性が促進される。

30

【0111】

測定用ストラップのうちの少なくとも2つの表面において、歪みゲージなどの歪みセンサを、上記測定用ストラップのうちの少なくとも2つに適用されてもよい。

【0112】

更に、上記ロードセルと上記駆動側回転子玉軸受の間に波形バネを配置してもよく、これは特に、公差の補償の役割を果たすことができる。

40

【0113】

別の態様では、本明細書は、遊星歯車装置として形成されたクランク歯車を備えたハーモニックピンリング変速機を開示する。上記ハーモニックピンリング変速機は、入力シャフト及び出力シャフトを備え、これらは駆動シャフト及び被駆動シャフトとも呼ばれる。

【0114】

更に、上記変速機は、第1の歯車と、第1の軸直角平面において上記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、第2の軸直角平面に配置された第2の外側歯車とを備える。

【0115】

50

牽引手段は、上記第1の外側歯車と上記内側歯車の間に延在する。回転トランスミッタが備えられ、これは牽引手段を上記内側歯車の外周から持ち上げ、上記牽引手段を上記第1の外側歯車の内周に押し付ける。上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスクは、上記第1の軸直角平面と上記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置される。

【0116】

更に、ペダルシャフトは、上記出力シャフトの径方向内側に配置され、遊星歯車装置及びペダルシャフトフリーホイールが、上記ペダルシャフトと上記出力シャフトの間の力の流れの中に配置される。

【0117】

一実施形態では、上記遊星歯車装置の遊星キャリアは上記ペダルシャフトに接続され、上記遊星歯車装置のリングギヤは、変速機ハウジングへの接続のための接続領域を備え、上記遊星歯車装置の太陽歯車は、上記ペダルシャフト表面に取り付けられる。上記ペダルシャフトフリーホイールは、上記太陽歯車に接続された上記遊星歯車装置の中空シャフトと上記出力シャフトの間に配置される。

【0118】

別の実施形態では、上記ペダルシャフトフリーホイールは、上記クランクシャフトと上記遊星歯車装置の上記遊星キャリアの間に配置され、上記遊星歯車装置の上記リングギヤは、上記ハーモニック変速機内に回転可能に設置され、上記遊星歯車装置の上記太陽歯車は、上記ハーモニック変速機の固定されたハウジング部分へ取り付けられるように構成される。

【0119】

更に、本明細書は、テンションシャフト変速機を開示し、歯の形状は特に、内歯と外歯の間に完全な歯の係合が存在するように設計されることができ、これは、回転トランスミッタが卵形のカムディスクの代わりに偏心ディスクを備える場合にさえ当てはまる。

【0120】

上記テンションシャフト変速機は、2つの主要なタイプ、即ち：第1に、出力シャフトのための固定領域を備える被駆動カップ状テンションシャフトを有する設計；及び第2に、移動可能な第2の外側歯車と、円筒状テンションシャフトとを有する設計を有する。

【0121】

上記テンションシャフト変速機は、内歯を有する外側歯車と、外歯を有するテンションシャフトとを備え、上記外側歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備え、上記テンションシャフトは、軸直角平面において上記外側歯車に対して同心に配置される。

【0122】

回転トランスミッタは、回転する入力シャフトへの取り付けに好適となるよう、及び作動中に上記外側歯車の上記内歯に対して上記テンションシャフトを押し付けることができるよう、構成される。このために、上記回転トランスミッタは、上記テンションシャフトに配置され、上記回転トランスミッタの外周は、上記テンションシャフトを押圧するために好適である。

【0123】

上記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、上記カムディスクは、好ましくは上記外側歯車の中心軸と同心に配置された円形の外周、又は上記外側歯車の上記中心軸にセンタリングして配置された楕円形の外周を備え、玉軸受が上記カムディスクの上記外周に配置され、これは卵形又は楕円形の外周の場合には、好ましくは可撓性玉軸受である。しかしながら、以下で具体的に記載する上記外側歯車の歯部は、卵形のトランスミッタに特に好適であり、この場合に特に良好な噛合をもたらす。

【0124】

上記テンションシャフトの上記外歯の歯先の断面は、本質的に扇形に相当する。従って上記歯先の断面は、円筒状ピンの一部分の断面に対応し、好ましくは本質的に半円に相当す

10

20

30

40

50

る。

【0125】

上記外側歯車の中心軸に対して、上記外側歯車の上記内歯は本質的に、式 $x(t) = r_1 \cos t + r_2 \cos((n+1)t) + r_3 \cos((n+3)t)$ 及び $y(t) = r_1 \sin(t) - r_2 \sin((n+1)t) + r_3 \sin((n+3)t)$ で規定される歯車の軌道に対する外側等距離線によって定められ、ここで $n+1$ は、上記外側歯車の上記内歯の歯の数であり、半径 r_1 、 r_2 及び r_3 はゼロより大きく、半径の大きさに関して、 $r_2 > r_3$ 及び $r_1 > r_2 + r_3$ が適用される。パラメータ n 及び t に関する、並びに半径に関する更なる条件は、以下において、この歯部に関連する説明の中で与えられる。

10

【0126】

座標 x 及び y は、上記外側歯車の上記中心軸に対して垂直に配置された直交座標系に関連しており、その原点は、上記外側歯車又は上記変速機を中心軸内にある。

【0127】

特に、上記テンションシャフトはカップ形状にされることができ、このカップ形状の底部において、出力シャフトを固定するための固定領域が形成される。これはまた、上記テンションシャフトが上記出力シャフトと一体的に形成されるように実施されることもできる。

【0128】

更に、中央円形開口部を上記カップ形状の上記底部に形成してもよく、上記テンションシャフトの上記固定領域は、上記中央円形開口部の周りに配置された固定孔を備える。この実施形態は、特にギヤードモータに関して有利となり得る。

20

【0129】

他の実施形態では、上記テンションシャフトは、円筒状の形状を有し、上記変速機は、出力シャフトを固定するための固定領域を備える、第2の回転可能に配置された外側歯車を備え、上記外側歯車の内歯は、上記第1の外側歯車の上記内歯と同一の構造又は式によって決定される。

【0130】

特に歯部に関する表現「本質的に」は、例えば、図117、118を参照した説明において言及される距離に対する最大5%又は10%の偏差を意味することができる。

【0131】

あるいは、上記外側歯車の歯部の形状は、周転円構法を明示的に特定することによっても特定されることができ、この周転円構法に従って、上記外側歯車の上記内歯の歯面が、上記内側歯車の中心軸からの径方向距離によって周期角度の関数として決定される。この場合、上記中心軸からの上記径方向距離は、歯車の軌道に対する内側等距離線によって決定され、歯車の軌道での位置は、各場合において、周期ベクトル、第1の周転円ベクトル及び第2の周転円ベクトルのベクトル和によって決定される。

30

【0132】

更に、上記周期ベクトルの後端は上記中心軸にあり、上記第1の周転円ベクトルの後端は上記周期ベクトルの先端にあり、上記第2の周転円ベクトルの後端は上記第1の周転円ベクトルの先端にある。

40

【0133】

更に、上記第1の周転円ベクトルの周転円角度は、上記周期角度の $n+1$ 倍であり、上記第2の周転円ベクトルの周転円角度は、上記周期角度の $n+3$ 倍であり、 n は、少なくとも4である上記ハーモニックピンリング変速機のピンの数である。

【0134】

更に、上記周期ベクトルの長さは、上記第1の周転円ベクトル及び上記第2の周転円ベクトルの長さの和より長く、上記第1の周転円ベクトルの長さは、上記第2の周転円ベクトルの長さより長い。

【0135】

更に、本明細書では、第1の内歯を有する、変速機ハウジングに固定された外側歯車を備

50

える、２段減速歯車を開示し、上記外側歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備える。

【０１３６】

上記変速機ハウジングに回転可能に設置された外側歯車には、第２の内歯が備えられ、上記外側歯車は、出力シャフトへの取り付けのための固定領域を備える。

【０１３７】

２部又は２セクション型ではあるものの単一部品であるピンリングが、上記外側歯車に対して同心に配置され、上記２部分一体型ピンリングは、第１の外歯及び第２の外歯を備える。上記２部分一体型ピンリングの上記第１の外歯は、上記固定された外側歯車の上記内歯に係合する。上記２部分一体型ピンリングの上記第２の外歯は、上記回転可能な外側歯車の上記内歯に係合する。

10

【０１３８】

回転トランスミッタは、上記固定された外側歯車の上記内歯に対して、及び上記回転可能な外側歯車の上記内歯に対して、上記２部分一体型ピンリングを押し付けるよう構成される。玉軸受は、上記回転トランスミッタの周りに配置される。

【０１３９】

特に、大きな減速を得るために、上記固定された外側歯車の上記内歯の歯の数は、上記第１の外歯の歯の数より多くすることができ、また上記回転可能な外側歯車の上記内歯の歯の数は、上記第２の外歯の歯の数より多くすることができ、更に、上記固定された外側歯車の歯の数は、上記回転可能な外側歯車の歯の数より多く、上記第１の外歯の歯の数は、上記第２の外歯の歯の数より多い。

20

【０１４０】

更に、上記回転トランスミッタは、上記固定された外側歯車に対して偏心して配置された円形リングを備えてもよい。この偏心変速機により、変形可能な軸受を必要としない、特に簡単にロバストな設計が提供される。

【０１４１】

特に、上記第１の外歯の歯先の断面及び上記第２の外歯の歯先の断面は、本質的に扇形、好ましくは半円に対応し得る。よって歯部の形状は、円筒状のピンに対応し、これは偏心変速機において特に好ましい。

【０１４２】

更に、上記第１の外歯の歯先の断面及び上記第２の外歯の歯先の断面は、式 $x(t) = r_1 \cos(t) + r_2 \cos(nt)$ 及び $y(t) = r_1 \sin(t) + r_2 \sin(nt)$ によって規定される歯車軌道に対する、特にピン半径の距離での内側等距離線に相当することができ、ここで半径 r_1 、 r_2 に関して、 $r_1 > 0$ 、 $r_2 > 0$ 及び $r_1 > r_2$ が適用される。特に、歯部は、歯先の領域においてだけでなく、全周に沿ってこの形状に相当することができる。

30

【０１４３】

同じことが上記ピンリングの歯部にも当てはまる。従って、上記第１の外歯の歯先の断面及び上記第２の外歯の歯先の断面は、式 $x(t) = r_1 \cos(t) + r_2 \cos(nt)$ 及び $y(t) = r_1 \sin(t) - r_2 \sin(nt)$ によって規定される歯車軌道に対する、特にピン半径の距離での外側等距離線に相当することができ、ここで半径 r_1 、 r_2 に関して、 $r_1 > 0$ 、 $r_2 > 0$ 及び $r_1 > r_2$ が適用され、 r_1 、 r_2 及び n は、上記外側歯車の歯部に関してと同一の値を有する。特に、この歯部の形状は、歯先の領域においてだけでなく、全周に沿って、上記歯部に適用されることができる。

40

【０１４４】

更に、本明細書は、クランクシャフトに作用する径方向の力を測定するためのロードセルを開示し、これは軸受のリングを受けるための受承スリーブ、上記ロードセルを変速機ハウジング内に取り付けるための固定リング、及び上記軸受の上記リングを軸方向で支持するために上記固定リングに備えられた軸方向支持部分を有する。

50

【0145】

更に、上記受承スリーブの、径方向の力を受けるための測定領域が備えられ、これは上記受承スリーブを上記固定リングに接続し、ここで上記測定領域のうちの少なくとも2つに歪みセンサが取り付けられる。

【0146】

更に、本明細書は、外側の伝動フリーホイール及び内側のペダルシャフトフリーホイールを有する、フリーホイールアセンブリを開示する。上記フリーホイールアセンブリは、中空駆動シャフト、中空出力シャフト、及びペダルシャフトを備える。上記ペダルシャフト、上記中空出力シャフト及び上記中空駆動シャフトは、互いに同心に配置される。

【0147】

更に、上記中空出力シャフトは、上記中空駆動シャフトの径方向内側に配置され、上記ペダルシャフトは、上記中空出力シャフトの径方向内側に配置され、上記ペダルシャフトフリーホイールは、上記ペダルシャフトと上記中空出力シャフトの間に配置される。上記伝動フリーホイールは、上記中空出力シャフトの、上記ペダルシャフトフリーホイールと反対側に配置される。上記中空出力シャフトは、各フリーホイールの領域の内側及び外側に、適合された部分を備える。

【0148】

よってこの二重のフリーホイールは、別個の外側リング又は内側リングを必要とすることなく、上記ペダルシャフトの領域のスペースを節約しながら、歯車装置内に統合されることができる。この場合、外側のフリーホイールは特にクランプローラフリーホイールにされることができ、内側のフリーホイールは特に歯止めフリーホイールにされることができる。しかしながら、両方のフリーホイールをクランプローラフリーホイールとしてもよい。他の組み合わせも可能である。

【0149】

更に、本明細書は、偏心変速機と好ましく併用される、単一部品ピンリングを開示する。

【0150】

第1の実施形態では、上記単一部品ピンリングは金属で作られ、ピン保持リングと、上記ピン保持リングの2つの反対側の側部において軸方向で突出する複数のピンの配列とが、単一部品として作られる。

【0151】

特に、上記ピンは、周方向において互いに接続されてもよく、これにより更なる安定性が提供され、またより効率的な生産を可能とすることができる。

【0152】

更に、上記ピンは、上記2つの反対側の側部のうちの第1の側部に、内歯との係合に好適なハーフピンとして形成してもよく、また反対側の第2の側部の上記ピンは、内歯との係合、及び内歯の反対側の外歯との係合に好適な、完全なピンとして形成されてもよい。これにより、重量及び材料を節約することができる。

【0153】

更なる実施形態では、上記単一部品ピン保持リングは、内側に滑らかな内周を備え、外側に丸みを帯びた隆起部を備え、上記隆起部は上記ピン保持リングと単一部品として作られる。この実施形態は、例えば偏心した2段減速歯車に好適である。

【0154】

更に、上記丸みを帯びた隆起部の、少なくとも1つのヘッド領域は、半円形断面を備えてもよい。よって、同一の歯部を使用することができ、これは円筒状のピンを有するピンリングにも好適である。

【0155】

更に、本明細書は、第1の外側歯車及び第2の外側歯車を有する減速歯車のための、支持リングアセンブリを開示し、上記支持リングアセンブリは、支持リング、第1の内歯を有する第1の外側歯車、及び第2の内歯を有する第2の外側歯車を備え、上記第1の外側歯車及び上記第2の外側歯車は、反対側の両側部において上記支持リング内に挿入され、上

10

20

30

40

50

記支持リングは、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域、例えば軸方向孔を備える。

【0156】

特に、上記第1の外側歯車及び上記第2の外側歯車は、プラスチックで作られることができる。更に、上記第1の外側歯車及び上記第2の外側歯車はそれぞれ、ピンー溝接続を介して支持リングと接続されることができ、それによりこれらを容易に組み立てることができる。

【0157】

更に、本明細書は、中空シャフトを備えた減速歯車のための、単一部品回転子ートランスミッタ要素を開示し、上記中空シャフトは、第1の側部に、回転子パッケージを固定するための固定領域を備え、また上記第1の側部の反対側の第2の側部に、カムディスクを備え、上記カムディスクの外周は、玉軸受のための受承部分として構成される。

【0158】

特に、上記単一部品回転子ートランスミッタ要素は、アルミニウムで作られることができる。更に、上記単一部品回転子ートランスミッタ要素の上記中空シャフトは、ペダルシャフトが上記中空シャフトを通過することができるように寸法が設定されてもよい。

【0159】

更なる実施形態では、上記カムディスクは、上記中空シャフトの中心軸に対して偏心して配置された円形の外周を備える。他の実施形態では、上記カムディスクは、上記中空シャフトの中心軸に対して卵形の外周を備える。

【0160】

更に、本明細書は、増速伝達機を提供するクランク歯車を開示する。第1の実施形態では、上記クランク歯車は、駆動シャフト、特にクランクシャフト又はペダルシャフトを備え、遊星歯車装置が上記駆動シャフトに配置され、上記遊星歯車装置の遊星キャリアは上記駆動シャフトに固定接続され、上記遊星歯車装置のリングギヤは、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域と、トルクセンサのための受承領域とを備え、上記遊星歯車装置の太陽歯車はリングギヤとして構成され、これは上記駆動シャフトに対して同心に配置され、上記太陽歯車は、上記駆動シャフトに回転可能に設置された上記遊星歯車装置の中空出力シャフトに接続される。

【0161】

第2の実施形態では、上記クランク歯車は、駆動シャフト、特にクランクシャフト又はペダルシャフトを備え、遊星歯車装置が上記駆動シャフトに配置され、上記遊星歯車装置の遊星キャリアは、フリーホイールを介して上記駆動シャフトに取り付けられ、上記遊星歯車装置の太陽歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域と、トルクセンサのための受承領域とを備え、上記遊星歯車装置のリングギヤは、変速機ハウジングでの支持のために、玉軸受のための受承領域を備える。

【0162】

第3の実施形態では、上記クランク歯車は、駆動シャフト、特にクランクシャフト又はペダルシャフトを備え、遊星歯車装置が上記駆動シャフトに配置され、上記遊星歯車装置の遊星キャリアは、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備え、上記遊星歯車装置の中空シャフトは、上記駆動シャフトに固定接続され、上記遊星歯車装置の太陽歯車は、上記駆動シャフトに対して同心に配置され、かつ上記駆動シャフトに回転可能に設置された、中空シャフトとして構成される。

【0163】

更に、本明細書はサイクロイド歯車を開示し、上記サイクロイド歯車は以下の構成部品、変速機ハウジング；上記変速機ハウジングに固定された内歯を有する外側歯車；及び上記外側歯車と同心に配置された入力シャフトを備え、上記入力シャフトは、第1の玉軸受が配置された駆動側偏心ディスクと、第2の玉軸受が配置された出力側偏心ディスクとを備える。

【0164】

外歯を有する駆動側内側歯車が、上記第1の玉軸受に取り付けられ、外歯を有する出力側内側歯車が、上記第2の玉軸受に取り付けられる。上記駆動側内側歯車及び上記出力側内側歯車は、上記外側歯車の内側に配置され、上記駆動側内側歯車及び上記出力側外側歯車の上記外歯はそれぞれ、上記外側歯車の上記内歯と係合する。

【0165】

特に、上記サイクロイド歯車は、上記入力シャフトに設置されたクランクシャフトと、駆動側において上記クランクシャフトに取り付けられた上述のロードセルとを備えることができる。

【0166】

更に、上記入力シャフトは、上述の単一部品回転子トランスミッタ要素として構成されてもよい。

【0167】

別の実施形態では、上記サイクロイド歯車は、上記入力シャフトに設置されたクランクシャフトを備え、上記クランクシャフトは、上述の遊星歯車装置のうちの1つを備え、上記クランクシャフトは、上記遊星歯車装置の上記駆動シャフトを形成する。

【0168】

更なる実施形態では、第3の玉軸受が、上記出力側偏心ディスクの出力側において上記入力シャフトに配置され、被駆動プーリが上記第3の玉軸受に配置され、上記被駆動プーリはキャリアピンを備え、これは上記駆動側内側歯車及び上記出力側内側歯車の、軸方向に連続して配置された開口内に係合し、出力シャフトが上記被駆動プーリの径方向内側に形成される。

【0169】

この場合、出力シャフトは上記被駆動プーリの径方向内側に形成され、上記第3の玉軸受は上記出力シャフトの内側肩部に配置される。更に、内側歯車玉軸受が、上記出力シャフトの外側肩部に、上記第3の玉軸受に対して軸方向において、上記軸受の中心に関して斜め反対側に配置され、上記内側歯車玉軸受は上記変速機ハウジングのハウジングカバーに支持される。

【0170】

更なる他の実施形態では、上記内側歯車のうちの少なくとも1つは、第1の歯部及び第2の外歯を備える。上記サイクロイド歯車は、内歯を有する回転可能な外側歯車を更に備え、上記第2の外歯は、上記回転可能な外側歯車の上記内歯に係合し、上記回転可能な外側歯車は、出力シャフトを設置するための固定領域を備える。これにより、2段減速を提供することができる。

【0171】

更に、上記内歯は上記外側歯車の内面によって形成されることができ、又は上記内歯はローラが配置される静止ピンの配列によって形成されることができ。

【0172】

以下で、本明細書の対象物について、以下の図面を参照して更に詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0173】

【図1】図1は、ハーモニックピンリング変速機の断面図である。

【図2】図2は、図1の変速機の立体分解図の駆動側部分を示す。

【図3】図3は、図1の変速機の立体分解図の出力側部分を示す。

【図4】図4は、図1の変速機の内側部分の立体分解図である。

【図5】図5は、図1の変速機の変速機アセンブリの斜視図を示す。

【図6】図6は、図1の変速機のボトムブラケットの軸受アセンブリを示す。

【図7】図7は、図6に示されたボトムブラケットの軸受アセンブリの断面図である。

【図8】図8は、組み立てられた状態での図1の変速機の駆動側斜視図を示す。

【図9】図9は、組み立てられた状態での図1の変速機の出力側斜視図を示す。

【図10】図10は、図1～9の変速機の構成概念による、ハウジングへの軸方向の力の

10

20

30

40

50

伝達を示す。

【図 1 1】図 1 1 は、偏心ディスクを備えたハーモニックピンリング変速機の断面図である。

【図 1 2】図 1 2 は、図 1 1 の変速機の立体分解図である。

【図 1 3】図 1 3 は、図 1 1 の変速機のサブアセンブリの側面図である。

【図 1 4】図 1 4 は、図 1 3 のサブアセンブリの断面図である。

【図 1 5】図 1 5 は、図 1 1 の変速機のピンリングの出力側平面図を示す。

【図 1 6】図 1 6 は、図 1 5 のピンリングの断面図を示す。

【図 1 7】図 1 7 は、図 1 5 のピンリングの部分図を示す。

【図 1 8】図 1 8 は、図 1 5 のピンリングの出力側平面図を示す。

10

【図 1 9】図 1 9 は、図 1 1 の変速機の出力側平面図を示す。

【図 2 0】図 2 0 は、図 1 1 の変速機のトルク曲線を示す。

【図 2 1】図 2 1 は、駆動側から見たロードセルの斜視図を示す。

【図 2 2】図 2 2 は、駆動側から見たロードセルの平面図を示す。

【図 2 3】図 2 3 は、出力側から見たロードセルの平面図を示す。

【図 2 4】図 2 4 は、図 2 2 の切断線 A-A に沿ったロードセルの断面図である。

【図 2 5】図 2 5 は、ロードセルの側面図を示す。

【図 2 6】図 2 6 は、出力側から見たロードセルの斜視図である。

【図 2 7】図 2 7 は、出力側から見たロードセルの平面図を示す。

【図 2 8】図 2 8 は、図 2 7 の横断線 A-A に沿った断面図である。

20

【図 2 9】図 2 9 は、図 2 7 の横断線 B-B に沿った断面図である。

【図 3 0】図 3 0 は、図 2 1 のロードセルを備えたハーモニックピンリング変速機を示す。

【図 3 1】図 3 1 は、図 3 0 のピンリング変速機の一部を示す。

【図 3 2】図 3 2 は、ロードセルを有する、斜めに設置された軸受の断面図を示す。

【図 3 3】図 3 3 は、ロードセルを有する、斜めに設置された軸受の第 1 の断面図を示す。

【図 3 4】図 3 4 は、ロードセルを有する、斜めに設置された軸受の更なる断面図を示す。

【図 3 5】図 3 5 は、トルクセンサの第 1 の実施形態を示す。

【図 3 6】図 3 6 は、トルクセンサの第 2 の実施形態を示す。

【図 3 7】図 3 7 は、トルクセンサの第 3 の実施形態を示す。

【図 3 8】図 3 8 は、トルクセンサの第 4 の実施形態を示す。

30

【図 3 9】図 3 9 は、90° 間隔の対向する歪みゲージの 2 つのペアを有する、トルクセンサの第 5 の実施形態を示す。

【図 4 0】図 4 0 は、対向する歪みゲージの 2 つの隣接するペアを有する、トルクセンサの第 6 の実施形態を示す。

【図 4 1】図 4 1 は、図 3 8 による力測定装置の一連の測定値を示す。

【図 4 2】図 4 2 は、変形可能なセルにおける直接のトルク測定と比較した、図 3 7 による力測定装置の更なる一連の測定値を示す。

【図 4 3】図 4 3 は、図 3 0 の H P D 変速機と同様の、ロードセルを有する別の H P D 変速機の断面図である。

【図 4 4】図 4 4 は、図 4 3 に示した H P D 変速機の、ロードセルの部分における細部の拡大図を示す。

40

【図 4 5】図 4 5 は、フリーホイールアセンブリの立体分解図である。

【図 4 6】図 4 6 は、サイドカバーを取り外した、図 4 3 のフリーホイールアセンブリの出力側の図を示す。

【図 4 7】図 4 7 は、図 4 5 のフリーホイールアセンブリ、ペダルシャフト、及び変速機の内側歯車の断面図である。

【図 4 8】図 4 8 は、サイドカバーを取り外した、図 4 5 のフリーホイールアセンブリの出力側斜視図を示す。

【図 4 9】図 4 9 は、サイドカバーを取り外した、図 4 5 のフリーホイールアセンブリの駆動側斜視図を示す。

50

【図 5 0】図 5 0 は、図 4 5 のフリーホイールアセンブリのペダルクランクの側面図である。

【図 5 1】図 5 1 は、出力シャフトを有する図 4 5 のフリーホイールの側面図である。

【図 5 2】図 5 2 は、ペダルシャフトの、軸方向における平面図を示す。

【図 5 3】図 5 3 は、出力シャフトの出力側平面図を示す。

【図 5 4】図 5 4 は、出力シャフトの駆動側平面図を示す。

【図 5 5】図 5 5 は、伝動フリーホイールのフリーホイールケージを示す。

【図 5 6】図 5 6 は、伝動フリーホイールのクランプリングを示す。

【図 5 7】図 5 7 は、出力シャフト及びセンサ装置を有するフリーホイールアセンブリの側面図を示す。

【図 5 8】図 5 8 は、図 5 7 の切断線 D-D に沿った、フリーホイールアセンブリの更なる断面図を示す。

【図 5 9】図 5 9 は、図 5 7 のフリーホイールアセンブリの、出力側から見た断面図を示す。

【図 6 0】図 6 0 は、クランプローラフリーホイールを備えたハーモニックピンリング変速機の断面図である。

【図 6 1】図 6 1 は、図 6 2 の横断線に沿った、ハーモニックピンリング変速機を備えたギヤードモータの断面図である。

【図 6 2】図 6 2 は、出力側におけるギヤードモータの側面図を示す。

【図 6 3】図 6 3 は、図 6 1 のギヤードモータの立体分解図の駆動側部分を示す。

【図 6 4】図 6 4 は、図 6 1 のギヤードモータの立体分解図の出力側部分を示す。

【図 6 5】図 6 5 は、出力側から見た図 6 1 のギヤードモータの斜視図を示す。

【図 6 6】図 6 6 は、駆動側から見た図 6 1 のギヤードモータの斜視図を示す。

【図 6 7】図 6 7 は、ペダルシャフトに配置された遊星歯車装置を備えたハーモニックピンリング変速機を示し、出力は遊星キャリアを介して行われる。

【図 6 8】図 6 8 は、図 6 7 の遊星歯車装置アセンブリの斜視図を示す。

【図 6 9】図 6 9 は、図 6 8 の遊星歯車装置アセンブリの側面図を示す。

【図 7 0】図 7 0 は、図 6 9 の横断線 C-C に沿った断面図を示す。

【図 7 1】図 7 1 は、図 6 9 の横断線 B-B に沿った断面図を示す。

【図 7 2】図 7 2 は、ペダルシャフトに配置された遊星歯車装置を備えたハーモニックピンリング変速機を示し、出力はリングギヤを介して行われる。

【図 7 3】図 7 3 は、図 7 2 の遊星歯車装置アセンブリの斜視図を示す。

【図 7 4】図 7 4 は、図 7 3 の遊星歯車装置アセンブリの側面図を示す。

【図 7 5】図 7 5 は、図 7 4 の横断線 C-C に沿った断面図を示す。

【図 7 6】図 7 6 は、図 7 4 の横断線 B-B に沿った断面図を示す。

【図 7 7】図 7 7 は、サイクロイド歯車を有する電動自転車のためのモータ歯車ユニットの断面図である。

【図 7 8】図 7 8 は、図 7 7 のモータ歯車ユニットの立体分解図である。

【図 7 9】図 7 9 は、出力側における図 7 7 のサイクロイド歯車の側面図である。

【図 8 0】図 8 0 は、図 7 9 の横断線 A-A に沿った、図 7 7 に示したサイクロイド歯車の断面図を示す。

【図 8 1】図 8 1 は、図 7 9 の側面図であり、図 7 9 で隠れていた構成部品が破線で示されている。

【図 8 2】図 8 2 は、テンションシャフト変速機を備えたモータ歯車ユニットの断面図を示す。

【図 8 3】図 8 3 は、図 8 2 のテンションシャフト変速機の立体分解図を示す。

【図 8 4】図 8 4 は、図 8 2 のテンションシャフト変速機の駆動側側面図を示す。

【図 8 5】図 8 5 は、図 8 4 の切断線 A-A に沿った断面図を示す。

【図 8 6】図 8 6 は、図 8 4 の切断線 B-B に沿った断面図を示す。

【図 8 7】図 8 7 は、図 8 4 の「C」部の拡大詳細図を示す。

10

20

30

40

50

【図 8 8】図 8 8 は、組み立てられた状態のテンションシャフト変速機の駆動側斜視図を示す。

【図 8 9】図 8 9 は、2 部分ピンリングを備えた 2 段変速歯車装置の側面図を示す。

【図 9 0】図 9 0 は、図 8 9 の切断線 A - A での 2 段減速歯車装置の断面図である。

【図 9 1】図 9 1 は、図 8 9 の側面図であり、図 8 9 で隠れていた構成部品が破線で示されている。

【図 9 2】図 9 2 は、図 8 9 の 2 段減速歯車装置の 3 / 4 のセクションの出力側である。

【図 9 3】図 9 3 は、図 9 2 の 3 段減速歯車装置の 3 / 4 のセクションの駆動側斜視図である。

【図 9 4】図 9 4 は、卵形のカムディスクを有する H P D - F 変速機を示す。

10

【図 9 5】図 9 5 は、単一の偏心ディスクを有する H P D - E 変速機を示す。

【図 9 6】図 9 6 は、H P D - E 変速機の内側歯車の歯部に関する周転円構法を示す。

【図 9 7】図 9 7 は、H P D - E 変速機の外側歯車の歯部に関する周転円構法を示す。

【図 9 8】図 9 8 は、H P D - F 変速機の内側歯車の歯部に関する周転円構法を示す。

【図 9 9】図 9 9 は、H P D - F 変速機の外側歯車の歯部に関する周転円構法を示す。

【図 1 0 0】図 1 0 0 は、第 1 の角度位置における、図 9 6 の周転円構法の応用例を示す。

【図 1 0 1】図 1 0 1 は、第 2 の角度位置における、図 1 0 0 の周転円構法を示す。

【図 1 0 2】図 1 0 2 は、第 3 の角度位置における、図 1 0 0 の周転円構法を示す。

【図 1 0 3】図 1 0 3 は、第 4 の角度位置における、図 1 0 0 の周転円構法を示す。

【図 1 0 4】図 1 0 4 は、第 1 の角度位置における、図 9 7 の周転円構法の応用例を示す。

20

【図 1 0 5】図 1 0 5 は、第 2 の角度位置における、図 1 0 4 の周転円構法を示す。

【図 1 0 6】図 1 0 6 は、第 3 の角度位置における、図 1 0 4 の周転円構法を示す。

【図 1 0 7】図 1 0 7 は、第 4 の角度位置における、図 1 0 4 の周転円構法を示す。

【図 1 0 8】図 1 0 8 は、図 9 6 及び図 9 7 の構造に従った図 9 5 の変速機に関する歯の形状を示す。

【図 1 0 9】図 1 0 9 は、出力側における図 9 5 の変速機の平面図である。

【図 1 1 0】図 1 1 0 は、図 2 の変速機の断面図を示す。

【図 1 1 1】図 1 1 1 は、駆動側における図 9 5 の変速機の平面図である。

【図 1 1 2】図 1 1 2 は、図 9 6 及び図 9 7 の構造による、5 5 個のピンを有する別の H P D - E 変速機に関する歯部の形状、及び関連する歯車軌道を示す。

30

【図 1 1 3】図 1 1 3 は、図 9 8 及び図 9 9 の構造による、1 5 0 個のピンを有する H P D - F 変速機に関する歯部の形状を示す。

【図 1 1 4】図 1 1 4 は、図 1 1 3 の内側歯車の歯部の形状、及び関連する歯車軌道を示す。

【図 1 1 5】図 1 1 5 は、図 9 4 による変速機の摩耗した歯部、及びこれに従って適合された歯の形状を示す。

【図 1 1 6】図 1 1 6 は、図 9 8 及び 9 9 に示した周転円構法による歯部と、一体的に形成されたピンリングとを有する、H P D - F 変速機の細部を示す。

【図 1 1 7】図 1 1 7 は、包絡線によって定められる歯形の公差範囲を示す。

【図 1 1 8】図 1 1 8 は、形状の変位によって定められる歯形の公差範囲を示す。

40

【図 1 1 9】図 1 1 9 は、第 1 の歯車装置の概略図を示す。

【図 1 2 0】図 1 2 0 は、更なる歯車装置の概略図を示す。

【図 1 2 1】図 1 2 1 は、波動歯車装置の概略図を示す。

【図 1 2 2】図 1 2 2 は、ハーモニックピンリングドライブの概略図を示す。

【図 1 2 3】図 1 2 3 は、偏心ドライブの概略図を示す。

【図 1 2 4】図 1 2 4 は、図 8 3 の波動歯車装置と同様の波動歯車装置を有するモータ歯車ユニットの被駆動側の図を示す。

【図 1 2 5】図 1 2 5 は、図 1 2 4 の横断線 A - A に沿って切断された、図 1 2 4 のモータ歯車ユニットの斜視断面図である。

【図 1 2 6】図 1 2 6 は、図 1 2 4 の横断線 A - A に沿った断面図を示す。

50

【発明を実施するための形態】

【0174】

以下の記載では、本明細書の実施形態を説明するために細部を提供する。しかしながら、これらの実施形態はそのような細部が無くても実施されることができ、当業者には明らかであろう。

【0175】

図1は、ハーモニックピンリング歯車10の断面図を示す。図1の切断面A-Aは、図19に示されている。図1では、左側がハーモニックピンリング歯車10の駆動側に対応し、右側が出力側に対応する。右側が駆動の通常配置に従えば、図10の視線方向は進行方向を向いている。

【0176】

ハーモニックピンリング歯車10の固定子アセンブリの固定子20は、モータハウジング22内に配置される。固定子20は、3相インバータの3つの相に接続するために、3つの別個のコイル21を備える。固定子20のこれら3つのコイルは、3つの端子25を介して3相インバータに接続され、その端子のうちの1つが図1に示されている。

【0177】

3相インバータは、プリント回路基板23で構成されたパワーエレクトロニクスとして構成され、プリント回路基板23は、駆動側でモータハウジング22に取り付けられた冷却カバー24内に配置される。プリント回路基板23は環状ディスクとして構成され、これはモータハウジング及び冷却カバーの円筒状の突出部の外側に位置し、これによりプリント回路基板に配置されるモータの電子機器は、変速機のオイル及びグリースに対して密封される。

【0178】

モータハウジング22の中心を通過して延びるペダルシャフト35は、出力側において階段状にされて3つの段を備え、その直径は外側から内側に向かって増大し、各段にはシャフトシール50、出力側ペダルシャフト玉軸受46及びペダルシャフトフリーホイール49が配置される。ペダルシャフト35の直径は、駆動側においても階段状にされて2つの段を備え、外側の段にはシャフトシール及びセンサリング68が配置され、また内側の段には玉軸受45が配置される。このペダルシャフトの階段形状は、図4の斜視図にも示されている。

【0179】

永久磁石を備えた外側回転子シャフト26が、固定子20の径方向内側に設置される。この外側回転子シャフトは、「回転子パッケージ」とも呼ばれる。外側回転子シャフト26はその内側に弾性領域を備え、それは内側回転子シャフト27の表面に差し込まれる。内側回転子シャフト27の表面には、偏心して構成された卵形のカムディスク28が出力側に形成され、これは図3に更に詳細に示されている。

【0180】

内側回転子シャフト27は、駆動側において、外側に対して駆動側回転子玉軸受29によってモータハウジング22内に支持される。即ち、駆動側回転子玉軸受29の外側リングは、モータハウジング22の円筒状凹部に配置される。

【0181】

更に、内側回転子シャフト27は出力側において、内側歯車7内にある径方向外側の出力側回転子玉軸受30内に設置される。内側歯車7の中空シャフトは、内側歯車7の環状部分と出力側で一体的に接続され、その環状部分は外歯5を備える。

【0182】

内側歯車7の中空シャフトは続いて、ねじ34によってモータハウジング22にねじ留めされたハウジングカバー32に、径方向外側の内側歯車玉軸受31を介して設置される。内側歯車玉軸受31は、出力側回転子玉軸受30から軸方向において出力側へオフセットされ、また径方向において外側へオフセットされる。更に、内側歯車玉軸受31は、軸方向において出力側回転子玉軸受30と重なる。

10

20

30

40

50

【0183】

内側回転子シャフト27のカムディスク28には、内側リング及び外側リングが変形可能な、可撓性玉軸受又は薄肉玉軸受33が挟持される。ピン101を備えたピン保持リング103は可撓性玉軸受33に支持され、ピン101は、ピン保持リングの内側の円筒状凹部に保持される。図1の実施形態では、ピン101は互いに接続される。ピンリング102のピン101は、軸方向において両側で可撓性玉軸受33及びピン保持リング103から突出する。簡単にするために、ピン保持リング103及びピン101を備えるピンリングアセンブリは、以下ではピンリング102とも呼ぶ。

【0184】

カムディスク28及び可撓性玉軸受33は一緒にトランスミッタ構成を形成し、これはトルクを径方向の力に変換する。可撓性の内側及び外側リングを有する可撓性玉軸受の代わりに、ワイヤレス軸受若しくは外側リングを有しない可撓性玉軸受、又は異なる種類の可撓性転がり軸受を使用することができる。

【0185】

ハウジングカバー32は、モータハウジングの出力側の固定ねじ34によって、モータハウジングにねじ留めされる。更に、駆動側外側歯車8'及び出力側外側歯車8は、支持リング36内に挿入され、ねじ34によって支持リング36にねじ留めされる。支持リング36は、2つの互いに鏡像対称となる半体へと軸方向で分割され、それらは一緒に、ピンリング103のための軌道67を形成する。

【0186】

駆動側外側歯車8'及び出力側外側歯車8は、軸方向においてカムディスク28及び可撓性玉軸受33の外側に配置される。径方向において、駆動側外側歯車8'は、軸方向においてピン保持リング103から駆動側に突出するピン101の部分と対向する。径方向において、出力側外側歯車8は、軸方向においてピン保持リング103から出力側に突出するピン101の部分と対向する。

【0187】

駆動側において、駆動側スパーサディスク37が、軸方向においてピン101の駆動側端面に面するようにしてモータハウジング22内に配置される。同様に出力側では、出力側スパーサディスク38が、軸方向においてピン101の出力側端面に面するようにしてモータハウジング22内に配置される。

【0188】

出力シャフト39は、内側歯車7の中空シャフトの径方向内側に配置され、伝動フリーホイール40が、内側歯車7の中空シャフトと出力シャフト39の間に配置される。出力シャフト39は、ハウジングカバー32の円筒状凹部又は肩部に挿入された、径方向外側にある出力側の出力玉軸受41内に設置される。出力シャフト39の出力側領域は、軸方向でハウジングカバー32から突出する。チェーンリングアダプタ43は出力シャフト39に取り付けられ、出力シャフト39の雌ねじにねじ込まれる円形出力ナット44を介して保持される。

【0189】

ペダルシャフト35は、一部が回転子シャフト27の内部に、そして一部が出力シャフト39の内部に配置され、そして回転子シャフト27及び出力シャフト39と同心である。ペダルシャフト35は、径方向外側の駆動側ペダルシャフト玉軸受45を介してロードセル47内に設置され、そしてロードセル47はモータハウジング22内に挿入される。評価用電子機器を有する、「PCB力センサ」とも呼ばれるプリント回路基板48がロードセル47に固定され、プリント回路基板48のコネクタは、リボンケーブル63によって径方向外向きに案内され、プリント回路基板23の電子機器に接続される。

【0190】

ロードセル47は、駆動側ペダルシャフト玉軸受のサスペンションとして機能するロードセル47の変形に対応する電気信号を生成する歪みゲージを備える。ロードセル47は4つのウェブを備え、それらは周方向に45°離して配置され、出力側ボトムブラケット玉

10

20

30

40

50

軸受の外側リングが挿入されるリングに接続される。各場合において、これらのウェブのそれぞれに1つの歪みゲージを適用し、その歪みゲージは環状プリント回路基板23に電氣的に接続される。

【0191】

出力側ペダルシャフト玉軸受46の駆動側方向において、ペダルシャフトフリーホイール49は、ペダルシャフト35と出力シャフト39の間に配置される。伝動フリーホイール40、内側歯車7の中空シャフト、及び内側歯車玉軸受31が、径方向外向きに続く。単一のペダルシャフトフリーホイール49の代わりに、2つの隣接するフリーホイールを、又は単一のフリーホイール及び隣接する針状ころ軸受などの転がり軸受を設置することもできる。

10

【0192】

出力側ペダルシャフト玉軸受46の出力側では、内側シャフトシールリング50が、出力側ペダルシャフト玉軸受46と対向して、ペダルシャフト35と出力シャフト39の間に挿入される。更に、外側シャフトシールリング51が、出力側の出力玉軸受41と対向して、出力シャフト39とハウジングカバー32の間に配置される。別のシャフトシールリング52は、駆動側において冷却カバー24とペダルシャフト35の間に配置される。Oリング42は、出力側外側歯車8とハウジングカバー32の間に径方向外向きに挿入される。

【0193】

作動時に、入力トルクは、固定子20を介した電磁力作用（これは、カムディスク28及び可撓性玉軸受33によって径方向の力に変換される）によって、外側回転子シャフト26へ、更にそこから内側回転子シャフト27へ伝達される。この径方向の力は、外側歯車8、8'の内歯6、6'及び内側歯車7の外歯5の歯面で出力トルクに変換され、そこでは内側歯車7が駆動され、外側歯車8、8'はハウジングに固定される。出力トルクは、減速比により入力トルクより大きい。

20

【0194】

内側歯車7の外歯5によって形成される内側歯部は、出力側外側歯車8の内歯6と対向しており、それにより特に外歯5及び内歯6、6'の両方と当接するこれらのピン101によって、出力トルクを提供する。

【0195】

図2は、図1の変速機の立体分解図を示し、駆動側から出力側に向かって見て、駆動側回転子玉軸受29、内側回転子シャフト27、カムディスク28、出力側回転子玉軸受30、第2の外側歯車8'、可撓性玉軸受33、ピン101を備えたピン保持リング103、支持リング36、第1の外側歯車8、内側歯車中空シャフトを有する内側歯車7、及び内側歯車玉軸受31が示されている。

30

【0196】

各外側歯車8、8'はジャーナル53を備え、これは各外側歯車8、8'から径方向外向きに突出し、外側歯車8、8'の外周に規則的な間隔で分散される。支持リング36は、ジャーナル53に径方向で対向する、円周に分散された径方向スロット54を備える。更に、外側歯車を固定するためのねじ穴55が備えられ、それらは図2の実施形態では一部が外側歯車8、8'内に、一部が支持リング36にある。

40

【0197】

駆動側回転子玉軸受29とモータハウジング22の間では、波形バネ61が駆動側回転子玉軸受29の駆動側に配置され、スペーサリング62が、駆動側回転子玉軸受29の出力側での駆動側回転子玉軸受29と外側回転子シャフト26の間に配置される。

【0198】

特に、支持リング36はアルミニウムで作られることができ、外側歯車8、8'はポリアミド66（PA66）などのプラスチックで作られることができ、支持リング36は特にアルミニウムダイキャストで作られることができ、外側歯車は特にプラスチックの射出成形によって作られることができる。更に、内側回転子シャフト27はアルミニウムで作られ

50

ることができる。

【0199】

図1に示されるように、ねじ34は、組み立てられた状態では、変速機カバー32、第1の外側歯車8、第2の外側歯車8'、及び支持リング36を通してモータハウジング22内へ延びる。

【0200】

図2は、図1の変速機の立体分解図の駆動側部分を示し、この図では駆動側から見て、冷却カバー24、プリント回路基板23、固定子20及び1つ又は複数のコイル21を備えたモータハウジング22、プリント回路基板48、ロードセル47、波形バネ61、駆動側スペーサディスク37、内歯6'を有する第2の外側歯車8'、駆動側回転子玉軸受29、スペーシング62、外側回転子シャフト26、並びに内側回転子シャフト27の一部が示されている。

10

【0201】

図3は、図1の変速機の立体分解図の出力側部分を示し、この図では駆動側から見て、カムディスク28を有する内側回転子シャフト27、出力側回転子玉軸受30、ピン保持リング103及びピン101を有するピンリング102、支持リング36、出力側外側歯車8、外歯5を有する内側歯車7、出力シャフト37、伝動フリーホイール40、Oリング、出力側スペーサディスク38、内側歯車玉軸受31、固定ねじ34を有するハウジングカバー32、並びにシャフト密封リング50が示されている。

【0202】

図3に示されるように、伝動フリーホイール40は、クランプケージ65内に配置される円筒状ローラ64を備える。円筒状ローラ64を押圧するために、コイルバネ66がクランプケージ65に備えられる。

20

【0203】

図4は、図1の変速機の内側アセンブリ、特にペダルシャフトフリーホイール49の立体分解図を示す。詳細には、図4は駆動側から見て、センサリング68、駆動側ペダルシャフト玉軸受45、ペダルシャフト35、ペダルシャフトフリーホイール49、出力側ペダルシャフト玉軸受46、スペーサ69、チェーンリングアダプタ43、波形バネ70、内側シャフトシール50、Oリング76、及び出力ナット44を示す。

【0204】

図4に示されるように、ペダルシャフトフリーホイール49は、ペダルシャフト35表面に形成された刃の形をした段71を備える。歯止め73及びコイルバネ72は、段71の間に配置される。ペダルシャフトの両端には、ペダルクランクのための固定領域74、75が備えられ、これらは図1では断面図で示されている。

30

【0205】

図5は、組み立てられた状態での図1の変速機の内側アセンブリの斜視図を示す。分かりやすくするために、図5では内側歯車7及び可撓性玉軸受33が省略されている。

【0206】

図6は、図1の変速機10のペダルシャフトアセンブリ80又はペダルシャフトユニット80を示し、そこでは駆動側が右であり、出力側が左である。ペダルシャフトアセンブリ80は、フリーホイールアセンブリ81及びセンサアセンブリ82を含む。図6の視線方向は、設置された状態における運転方向の反対である。

40

【0207】

図7は、図6のフリーホイールアセンブリ81を通る横断線D-Dに沿った断面図を示し、この図は出力側から見たものであり、背後にはセンサアセンブリ82のフラットケーブル63が見える。更にロードセル47の右側にはねじのねじ頭が見られ、これらのねじによって環状のプリント回路基板23がロードセル47にねじ留めされる。

【0208】

フリーホイールアセンブリ81は、ペダルシャフトフリーホイール49及び伝動フリーホイール40を備え、出力シャフト39は更に、ペダルシャフトフリーホイール49の外側

50

リング、及び伝動フリーホイール 40 の内側リングとして構成される。図 7 に示されるように、ペダルシャフトフリーホイール 49 は歯止めフリーホイールとして構成され、一方で伝動フリーホイール 40 は、円筒状のクランプローラ 64 を有するクランプローラフリーホイールとして構成される。出力シャフト 39 の内周は鋸刃状の階段を形成し、その段は歯止め 73 のための段を形成し、歯止め 73 はコイルバネ 72 によって出力シャフト 39 の内周に押し付けられる。

【0209】

同様に、出力シャフト 39 の外周は、「星形」とも呼ばれる鋸刃状の階段を形成し、その段は、伝動フリーホイール 40 の円筒状ローラ 64 のための段を形成する。フリーホイールケージ 65 及びそれにより円筒状ローラ 64 は、出力シャフト 39 の外周とフリーホイールケージ 65 の間に配置されるコイルバネ 66 によって、駆動シャフト 39 の外周に押し付けられる。

10

【0210】

駆動シャフト 39 の段は、ペダルシャフトフリーホイール 49 及び伝動フリーホイール 40 の自由回転方向が、図 7 において反時計回り方向となるように配置される。この自由回転方向は、各場合において、それぞれの駆動方向又はロック方向に対して逆向きとなる。

【0211】

従ってペダルシャフト 35 は、出力シャフト 39 がペダルシャフト 35 より速く動かない限りにおいて、出力シャフト 39 を時計回り方向に駆動することができ、また内側歯車 7 の内側部分によって形成される伝動フリーホイール 40 の外側リングは、出力シャフト 39 がその外側リングより速く動かない限りにおいて、出力シャフト 39 を時計回り方向に駆動することができる。フリーホイール 40、49 の駆動及びロック方向がそれぞれ、図 7 に矢印で示されている。

20

【0212】

図 10 は、図 1 の変速機で使用されるロードセル 47、及び斜めに設置された軸受の使用を示す、簡略化された断面図である。簡単にするために、電気モータ及び電気モータの駆動系はこの図では省略されており、従ってペダルシャフト 35 がハウジングカバー 32' に直接設置されている。

【0213】

図 10 では、駆動側ペダルシャフト玉軸受 45 及び出力側ペダルシャフト玉軸受 46 はそれぞれアンギュラ玉軸受として構成され、これらは軸方向の力をある一定の程度まで受けることができる。玉軸受の代わりに他のタイプの軸受を備えることができ、それはテーパ転がり軸受など、径方向の力に加えて軸方向の力も受けることもできる。しかしながらこれは、通常は玉軸受の使用よりもコストが高い。

30

【0214】

軸受 45 を介してペダルシャフト 35 に取り付けられたロードセル 47 は、支持突起 91 及び測定用突起 90 を備える。支持突起 91 は軸方向においてその玉軸受の外側リングに支持され、測定用突起 90 は径方向においてその外側リングに支持される。歪みゲージは、測定用突起 90 のうちの少なくとも 2 つに取り付けられる。玉軸受 45 の内側リングは、ペダルシャフト 35 の中央に向かって、ペダルシャフト 35 の肩部又は段において当接する。

40

【0215】

玉軸受 46 の内側リングは、波形バネ 70 によって、ペダルシャフト 35 の肩部においてペダルシャフト 35 の中央に向かって当接する。玉軸受 46 の外側リングは、スペーサディスクを介して変速機カバー 44' に当接する。

【0216】

作動時に、運転者は、ペダルクランクを介してペダルシャフト 35 に径方向の力を伝達する。これらの径方向の力は測定突起 90 によって受けられ、測定突起 90 の変形を引き起こし、この変形は歪みゲージによって測定される。対照的に、玉軸受 45 の外側リングは、第 2 の突起の変形を引き起こさない。その代わりに、軸方向の力はロードセル 47 の支

50

持突起 9 1 によって吸収され、これによって玉軸受 4 5 は横方向に保持される。

【0217】

ロードセルに対する運転者の力に比べて、補助駆動によるいずれの既存のトルクも、第 2 の突起の変形を引き起こさないか又はわずかしき引き起こさない。よって、運転者の寄与を別に測定することができる。更に、角度位置センサを備えることができ、これを用いてペダルクランクの位置、従ってペダルのレバーアームの位置を測定することができる。記憶されているプログラム及び／又は回路によって実施される好適な計算モデルによって、運転者によって供給されるトルクを測定された径方向の力から再構成することができる。

【0218】

図 10 は、図 1 ～ 9 の変速機の構成概念による、ハウジング内の軸方向の力の伝達を示す。

10

【0219】

図 10 の右下に示されるように、ペダルシャフト 3 5 の出力側の軸方向の力は、ペダルシャフト 3 5 の肩部、出力側ペダルシャフト玉軸受 4 6、波形バネ 7 0、出力ナット 4 4、出力中空シャフト 3 9 の雌ねじ、出力中空シャフト 3 9、出力中空シャフト 3 9 の段、出力玉軸受 4 1、ハウジングカバー 3 2、ねじ 3 4、及びねじ山 6 0 を介してハウジング 2 2 へ伝達される。

【0220】

ペダルシャフト 3 5 の駆動側の軸方向の力は、ペダルシャフト 3 5 の駆動側段 1 2 3、駆動側ペダルシャフト玉軸受 4 5、ロードセル 4 7 の軸方向支持突起、及びロードセル 4 7 の取り付けリングを介してハウジング 2 2 へ伝達される。

20

【0221】

図 10 の右上に示されるように、回転子シャフト 2 7 の出力側の軸方向の力は、出力側回転子玉軸受 3 0、内側歯車 7、及び内側歯車玉軸受 3 1 を介してハウジングカバーへ伝達される。そこからその軸方向の力は、図 10 の右下に示されるように、ねじ 3 4 を介してハウジング 2 2 へ伝達される。

【0222】

回転子シャフト 2 7 の駆動側の軸方向の力は、回転子シャフト 2 7 の肩部 9、外側回転子シャフト 2 6、スパーサリング 6 2、駆動側回転子玉軸受 2 9、及び波形バネ 6 1 を介してハウジング 2 2 へ伝達される。

【0223】

更に、カムディスクに配置された玉軸受 3 3 に対する軸方向の力は、内側歯車 7 及び玉軸受 3 1 を介して変速機ハウジング 2 2 へ伝達される。これに対する反力は、カムディスク 2 8 の段 9 を介して回転子シャフト 2 7 へ、そしてそこから上述のような経路を介してハウジング 2 2 へ伝達される。

30

【0224】

内側歯車 7 は、径方向内向きに外周にテーパが付けられており、それにより玉軸受 3 3 の外側リングだけが内側歯車 7 に当接する。玉軸受 3 3 の外側リングは、ピンリング 1 0 1 及び内側歯車 7 と本質的に同期して動くが、玉軸受 3 3 の内側リングはそうではなく、玉軸受 3 3 の内側リングは内側歯車 7 よりはるかに速く回転する。波形バネ 7 0 の幅は、チェーンリングアダプタ 4 3 がハウジングカバー 3 2 に当接しないように調整される。

40

【0225】

図 11 ～ 20 は、偏心カムディスクを備えたハーモニックピンリング変速機を示し、そこではその偏心カムディスクは、偏心して配置された円形ディスクである。

【0226】

図 11 は、ハーモニックピンリング変速機 10 の断面図を示す。図 11 の切断面 A - A は、図 19 に示されている。図 11 では、左側がハーモニックピンリング歯車 10 の駆動側に対応し、右側が出力側に対応する。

【0227】

ハーモニックピンリング変速機 10 の固定子アセンブリの固定子 20 は、モータハウジング 22 内に配置される。固定子 20 は、3 相インバータの 3 つの相に接続するために、3

50

つの別個のコイル 2 1 を備える。3 相インバータは、プリント回路基板 2 3 で構成されたパワーエレクトロニクスとして構成され、プリント回路基板 2 3 は、駆動側でモータハウジング 2 2 に取り付けられた冷却カバー 2 4 内に配置される。固定子 2 0 のこれら 3 つのコイルは、3 つの端子 2 5 を介して 3 相インバータに接続され、その端子のうちの 1 つが図 1 1 に示されている。

【0 2 2 8】

モータハウジング 2 2 及び冷却カバー 2 4 はそれぞれ、モータハウジング 2 2 の中心を通して延びるペダルシャフト 3 5 を取り囲む、円筒状の突出部分を有する。プリント回路基板 2 3 は穿孔されたディスクとして形成され、これは突出部分の外側に位置し、これによりそこに配置された電子機器は、変速機のオイル及びグリースに対して密封される。

10

【0 2 2 9】

永久磁石を備えた外側回転子シャフト 2 6 が、固定子 2 0 の径方向内側に設置される。この外側回転子シャフト 2 6 は、「回転子パッケージ」とも呼ばれる。外側回転子シャフト 2 6 はその内側に弾性領域を備え、それは内側回転子シャフト 2 7 の表面に差し込まれる。内側回転子シャフトの表面には、偏心して配置された円形の偏心ディスク 2 8 ' が出力側に形成され、これは図 1 2 に更に詳細に示されている。

【0 2 3 0】

駆動側において、内側回転子シャフト 2 7 は、外側に対して駆動側回転子玉軸受 2 9 によってモータハウジング 2 2 内に支持される。即ち、駆動側回転子玉軸受 2 9 の外側リングは、モータハウジング 2 2 の円筒状凹部に配置される。

20

【0 2 3 1】

更に、内側回転子シャフト 2 7 は出力側において、内側歯車 7 内にある径方向外側の出力側回転子玉軸受 3 0 内に設置される。内側歯車 7 の中空シャフトは、内側歯車 7 の環状部分と出力側で一体的に接続され、その環状部分は外歯 5 を備える。

【0 2 3 2】

内側歯車 7 の中空シャフトは続いて、ねじ 3 4 によってモータハウジング 2 2 にねじ留めされたハウジングカバー 3 2 に、径方向外側の内側歯車玉軸受 3 1 を介して取り付けされる。内側歯車玉軸受 3 1 は、出力側回転子玉軸受 3 0 から軸方向において出力側へオフセットされ、また径方向において外側へオフセットされる。更に、内側歯車玉軸受 3 1 は、軸方向において出力側回転子玉軸受 3 0 と重なる。

30

【0 2 3 3】

内側回転子シャフト 2 7 の偏心円形ディスク 2 8 には、玉軸受 3 3 が挟持される。ピン 1 0 1 を備えたピン保持リング 1 0 3 は玉軸受 3 3 に支持され、ピン 1 0 1 は、ピン保持リングの内側の円筒状凹部に保持される。

【0 2 3 4】

ピン 1 0 1 及びピン保持リング 1 0 3 のピンリングアセンブリが、図 1 5 ~ 1 7 に更に詳細に示されている。図 1 5 ~ 1 7 の実施形態では、ピンリング 1 0 2 は、図 1 ~ 1 0 の実施形態とは異なり、単一部品から形成されて、ピン 1 0 1 及びピン保持リング 1 0 3 に対応する部分を備える。ピンリング 1 0 2 のこの単一部品の実施形態は、ピンリングが変形しない又はわずかしき変形しない変速機に特によく適している。これは、例えば図 1 1 ~ 2 0、6 1 ~ 6 6、6 7 及び 7 2 に示されている偏心して配置された円形ディスクの場合である。ピンリング 1 0 2 のピン 1 0 1 は、軸方向において両側で、可撓性玉軸受 3 3 及びピン保持リング 1 0 3 から突出する。

40

【0 2 3 5】

偏心ディスク 2 8 ' 及び玉軸受 3 3 は一緒にトランスミッタアセンブリを形成し、これは回転運動を、玉軸受 3 3 及びピン保持リング 1 0 3 によってピン 1 0 1 に伝達される径方向運動に変換し、径方向運動はその後、外側歯車 8、8 ' へのピン 1 0 1 の係合によって再び回転運動に変換される。

【0 2 3 6】

ハウジングカバー 3 2 は、モータハウジングの出力側の固定ねじ 3 4 によって、モータハ

50

ウジングにねじ留めされる。更に、駆動側外側歯車 8' 及び出力側外側歯車 8 は、支持リング 36 内に挿入され、ねじ 34 によって支持リング 36 にねじ留めされる。リング 42 は、出力側外側歯車 8 とハウジングカバーの間に径方向外向きに挿入される。

【0237】

駆動側外側歯車 8' 及び出力側外側歯車 8 は、軸方向において偏心ディスク 28' 及び玉軸受 33 の外側に配置される。径方向において、駆動側外側歯車 8' は、軸方向においてピン保持リング 103 から駆動側に突出するピン 101 の部分と対向する。径方向において、出力側外側歯車 8 は、軸方向においてピン保持リング 103 から出力側に突出するピン 101 の部分と対向する。

【0238】

駆動側において、駆動側スペーサディスク 37 が、軸方向においてピン 101 の駆動側端面に面するようにしてモータハウジング 22 内に配置される。同様に出力側では、出力側スペーサディスク 38 が、軸方向においてピン 101 の出力側端面に面するようにしてモータハウジング 22 内に配置される。

【0239】

出力シャフト 39 は、内側歯車 7 の中空シャフトの径方向内側に配置され、伝動フリーホイール 40 が、内側歯車 7 の中空シャフトと出力シャフト 39 の間に配置される。出力シャフト 39 は、ハウジングカバー 32 の円筒状凹部又は肩部に挿入された、径方向外側にある出力側の出力玉軸受 41 内に取り付けられる。出力シャフト 39 の出力側領域は、軸方向でハウジングカバー 32 から突出する。チェーンリングアダプタ 43 は出力シャフト 39 に取り付けられ、出力シャフト 39 の雌ねじにねじ込まれる変速機カバー 44 を介して保持される。

【0240】

上述のペダルシャフト 35 は、一部が回転子シャフト 27 の内部に、そして一部が出力シャフト 39 の内部に配置され、そして回転子シャフト 27 及び出力シャフト 39 と同心である。ペダルシャフト 35 は、径方向外側の駆動側ペダルシャフト玉軸受 45 を介してロードセル 47 内に設置され、そしてロードセル 47 はモータハウジング 22 内に挿入される。力センサを有するプリント回路基板 48 がロードセル 47 に固定され、プリント回路基板 48 のコネクタは、リボンケーブル 63 によって径方向外向きに案内され、プリント回路基板 23 の電子機器に接続される。

【0241】

出力側ペダルシャフト玉軸受 46 の駆動側方向において、ペダルシャフトフリーホイール 49 は、ペダルシャフト 35 と出力シャフト 39 の間に配置される。伝動フリーホイール 40、内側歯車 7 の中空シャフト、及び内側歯車玉軸受 31 が、径方向外向きに続く。単一のペダルシャフトフリーホイール 49 の代わりに、2つの隣接するフリーホイールを、又は単一のフリーホイール及び隣接する針状ころ軸受などの転がり軸受を設置することもできる。

【0242】

出力側ペダルシャフト玉軸受 46 の出力側では、内側シャフトシールリング 50 が、出力側ペダルシャフト玉軸受 46 と対向して、ペダルシャフト 35 と出力シャフト 39 の間に挿入される。更に、外側シャフトシールリング 51 が、出力側の出力玉軸受 41 と対向して、出力シャフト 39 とハウジングカバー 32 の間に配置される。別のシャフトシールリング 52 は、駆動側において、冷却カバー 24 とペダルシャフト 35 の間に配置される。

【0243】

作動時に、入力トルクは、固定子 20 を介した電磁力作用によって、外側回転子シャフト 26 へ、更にそこから内側回転子シャフト 27 へ伝達され、偏心ディスク 28' 及び玉軸受 33 によって径方向の力に変換される。この径方向の力は、外側歯車 8、8' の内歯 6、6' 及び内側歯車 7 の外歯 5 の歯面で出力トルクに変換され、そこでは内側歯車 7 が駆動され、外側歯車 8、8' はハウジングに固定される。出力トルクは、減速比により入力トルクより大きい。

10

20

30

40

50

【0244】

内側歯車7の外歯5によって形成される内側歯部は、出力側外側歯車8の内歯6と対向しており、それにより特に外歯5及び内歯6、6'の両方と当接するこれらのピン101によって、出力トルクを提供する。

【0245】

図12は、図11の変速機の立体分解図を示し、駆動側から出力側に向かって見て、駆動側回転子玉軸受29、内側回転子シャフト27、偏心ディスク28'、出力側回転子玉軸受30、第2の外側歯車8'、玉軸受33、ピン101を備えたピン保持リング103、支持リング36、第1の外側歯車8、内側歯車中空シャフトを有する内側歯車7、及び内側歯車玉軸受31が示されている。

10

【0246】

各外側歯車8、8'はジャーナル53を備え、これは各外側歯車8、8'から径方向外向きに突出し、外側歯車8、8'の外周に規則的な間隔で分散される。支持リング36は、ジャーナル53に径方向で対向する、円周に分散された径方向スロット54を備える。更に、外側歯車を固定するためのねじ穴55が備えられ、それらは図12の実施形態では一部が外側歯車8、8'に、一部が支持リング36にある。

【0247】

駆動側回転子玉軸受29とモータハウジング22の間では、波形バネ61が駆動側回転子玉軸受29の駆動側に配置され、スペーシング62が、駆動側回転子玉軸受29の出力側での駆動側回転子玉軸受29と外側回転子シャフト26の間に配置される。

20

【0248】

特に、支持リング36はアルミニウムで作られることができ、外側歯車8、8'はポリアミド66(PA66)などのプラスチックで作られることができ、支持リング36は特にアルミニウムダイキャストで作られることができ、外側歯車は特にプラスチックの射出成形によって作られることができる。更に、内側回転子シャフト27はアルミニウムで作られることができる。

【0249】

図11に示されるように、ねじ34は、組み立てられた状態では、変速機カバー32、第1の外側歯車8、第2の外側歯車8'、及び支持リング36を通してモータハウジング22内へ延びる。

30

【0250】

図13は、内側回転子シャフト27、内側歯車7、ピン101及び外側歯車8の組み立てられた配置の、出力側から見た側面図を示す。図13に示されるように、偏心ディスク28'の所定の位置において、ピン101は第1の位置において外側内歯6に完全に当接し、第1の位置と反対側の第2の位置において、ピン101は内側外歯5と完全に当接する。

【0251】

図14は、図13の配置の横断線E-Eに沿った断面図を示す。図14の断面図に示されるように、偏心ディスク28'は駆動側に段11を備え、玉軸受33の内側リングはこの段11によって駆動側から保持される。

【0252】

図15は、図11の変速機で使用されるピンリング102の出力側の図を示す。図16及び17は、図15のピンリング102の詳細図を示し、図18は図15のピンリング102の駆動側の図を示す。

40

【0253】

ピンリング102は、ピン保持リング103及びピン101を備える。ピンリング102は一体的に形成され、ピン保持リング103及びピン101はそれぞれ、単一部分品として形成されたピンリング102の一部によって形成される。ピン101はそれぞれ、出力側及びその反対側の駆動側が異なるようにして形成される。

【0254】

即ち、ピン101が内側歯車7及び外側歯車8の両方に係合する、ピンリング102の出

50

力側のピンはレンズ形であり、径方向で反対に位置する２つの領域はそれぞれ円弧形状の境界を備え、周方向で反対に位置する２つの領域はそれぞれテーパが付けられる。これは、図１５に「G」で示されている図１７の側面図に最も良く示される。

【０２５５】

他方で、ピン１０１が第２の外側歯車８'のみと係合する駆動側では、ピン１０１は「ハーフピン」として形成され、これらはそれぞれ図１６の断面図及び図１８の図に示されるように、ピンリング１０２の外周に沿って延在する 状の歯を形成する。

【０２５６】

図１７の側面図では、ピン１０１の、トルクを内側歯車７に伝達する第１の領域２５５と、トルクを外側歯車８に伝達する径方向で反対に位置する第２の領域５６とが示されている。ピン１０１の間の接線方向の遷移部は、ピン１０１の領域が周方向に沿ってテーパにされることによってもたらされる。その結果、一方ではピン１０１の経済的なＣＮＣ生産をすることができ、他方ではピン１０１のより高い接線方向の剛性を得ることができる。

【０２５７】

別の製造方法では、ピンリングはトランスファー成形で作られる。この方法では、最初に中空リングが製造され、次にこの中空リングから、突切り加工又はフライス削りによってピン１０１が形成される。フライス削りによる成形では、円形の線を移動する回転フライス盤を使用することができ、ピンは初めに内側から、次に外側から径方向に形成される。

【０２５８】

トランスファー成形は更に、例えば規格ＤＩＮ８５８２及びＤＩＮ８５８３において定義される。ある特定の方法では、加工される被加工物はまず、マンドレルに取り付けられる。次に加工される被加工物は、トランスファー成形ホイールによって外側から変形され、このトランスファー成形ホイールは、横行駆動システムによって制御下で駆動され、被加工物をプレスし、材料を制御下で薄くする。

【０２５９】

更に、ピン１０１の出力側に、段５７が径方向内向きに形成される。図１１に示されるように、この段５７は出力側において、ピンリング１０２が設置された状態において、玉軸受３３の外側リングに支持される。

【０２６０】

図１８のピンリング１０２の駆動側の図に示されるように、丸みを帯びた凹部５８及び中間平坦部５９を有する 状部が、ピンリング１０２の駆動側に形成される。中間平坦部５９は、図１７に詳細に示されるピン１０１の延長部分を形成し、従ってピン１０１の駆動側領域とみなすことができる。

【０２６１】

図１９は、図１１の組み立てられた変速機の出力側の図を示し、そこでは図１１の切断面が「A」で表示されている。

【０２６２】

図２０は、図１１～１９の変速機の構成概念による、ハウジングへの軸方向の力の伝達を示す。

【０２６３】

図２０の右下に示されるように、ペダルシャフト３５の出力側の軸方向の力は、ペダルシャフト３５の肩部、出力側ペダルシャフト玉軸受４６、波形バネ７０、出力ナット４４、出力中空シャフト３９の雌ねじ、出力中空シャフト３９、出力中空シャフト３９の段、出力玉軸受４１、ハウジングカバー３２、ねじ３４、及びねじ山６０を介してハウジング２２へ伝達される。

【０２６４】

ペダルシャフト３５の駆動側の軸方向の力は、ペダルシャフト３５の駆動側段１２３、駆動側ペダルシャフト玉軸受４５、ロードセル４７の軸方向支持突起、及びロードセル４７の取り付けリングを介してハウジング２２へ伝達される。

【０２６５】

10

20

30

40

50

図 20 の右上に示されるように、回転子シャフト 27 の出力側の軸方向の力は、出力側回転子玉軸受 30、内側歯車 7、及び内側歯車玉軸受 31 を介してハウジングカバーへ伝達される。そこからその軸方向の力は、図 20 の右下に示されるように、ねじ 34 を介してハウジング 22 へ伝達される。

【0266】

回転子シャフト 27 の駆動側の軸方向の力は、回転子シャフト 27 の駆動側段、外側回転子シャフト 26、スパーサリング 62、駆動側回転子玉軸受 29、及び波形バネ 61 を介してハウジング 22 へ伝達される。

【0267】

更に、軸方向の力は、カムディスク 28 の肩部 9 を介して玉軸受 33 へ、そしてピンリング 100 の肩部 10、内側歯車 7 及び玉軸受 31 を介して変速機ハウジング 22 へ伝達される。これに対する反力は、カムディスク 28 の段 9 を介して回転子シャフト 27 へ、そしてそこから上述のような経路を介してハウジング 22 へ伝達される。

【0268】

内側歯車 7 は、径方向内向きに外周にテーパが付けられており、それにより玉軸受 33 の外側リングだけが内側歯車 7 に当接する。玉軸受 33 の外側リングは、ピンリング 101 及び内側歯車 7 と本質的に同期して動くが、玉軸受 33 の内側リングはそうではなく、玉軸受 33 の内側リングは内側歯車 7 よりはるかに速く回転する。波形バネ 70 の幅は、チェーンリングアダプタ 43 がハウジングカバー 32 に当接しないように調整される。

【0269】

図 21 ～ 44 の実施形態は、電気駆動によって支援される自転車のペダルシャフトに加えられるトルクを測定するための装置及び方法を開示する。

【0270】

ペダルシャフトでのトルクを測定することにより、電動自転車のための電気モータの支援を調整することができる。この目的のためには様々な方法が公知である。例えば、ペダルシャフトのねじれの磁気測定を用いて、接触せずにトルクを測定することができる。他の方法は、ボトムブラケットの玉軸受サスペンションの機械的変形を測定する。対応する装置は、例えばドイツ国公開特許公報第 102013220871 号明細書に開示されている。この装置では、単一の電磁センサ又は機械的センサを用いて、ボトムブラケットの玉軸受サスペンションの水平方向の撓み又は変形を測定する。

【0271】

本明細書は、軸受のリングを受けるための受承スリーブ、及び変速機ハウジング内にロードセルを取り付けるための固定リングを用いて、クランクシャフトに作用する径方向の力を測定するためのロードセルを開示する。軸方向支持部分が、第 1 の軸受の外側リングを軸方向で支持するために、固定リングに備えられる。受承スリーブを固定リングに接続する測定領域が、受承スリーブの径方向の力を受けるために備えられる。

【0272】

歪みセンサは、測定領域のうちの少なくとも 2 つに取り付けられる。歪みセンサは特に歪みゲージとして構成されることができ、この歪みゲージは、測定領域の表面に接着されてもよい。

【0273】

軸方向支持部分及び測定領域は特に、突起又は指状部として構成されることができる。更に、測定領域は、角度の付けられた突起として構成されてもよい。クランクシャフトに作用する径方向の力は、軸受を介してクランクシャフトから受承スリーブに伝達される、受承スリーブに作用する径方向の力によって間接的に測定される。クランクシャフトは特に、ペダルシャフトにされることができる。

【0274】

ロードセルは特に、電動自転車においてモータの支援を調節するために使用されることができ、ペダルシャフトはロードセルによって軸方向で支持される。広義には、ロードセルは、シャフトで径方向の力がシャフトの回転運動に変換されるいずれかの場所、特に自転

10

20

30

40

50

車のペダルシャフト、又は内燃機関若しくは別の駆動によって駆動されるピストンに使用されることができる。この場合、ロードセルによる径方向の力の測定は、シャフトに加えられるトルクの算出を可能とする。しかしながら、この径方向の力を用いて、トルクの算出という中間ステップを行わずに、制御信号を生成することもできる。

【0275】

歯車変速機におけるように径方向の力の変換がない場合、本明細書に記載のロードセルをシャフトの不均衡を決定するために使用することもできる。ロードセルは特に、ペダルシャフトなどの機械的な駆動の場合に有利である。この場合には、加えられるトルクはモータの動力によって容易に測定されることができないためである（これは、例えば電気モータを用いる場合には容易に可能である）。

10

【0276】

本明細書によるロードセルでは、径方向の力及び軸方向の力は、軸方向の力が軸方向支持部分又は突起によって受けられ、そして径方向の力が測定領域又は突起によって受けられるという事実によって分離される。従ってロードセルは、O字形配置又はX字形配置などの斜めに設置された軸受において使用されることができる。更に、径方向の力を軸方向の力から分離することにより、径方向の力の成分をより正確に測定することができ、従ってシャフトに加えられるトルクをより正確に測定することができる。

【0277】

本明細書によるロードセルは簡単なものであり、変速機内に、特に軸方向において、わずかなスペースしか必要としない。ロードセルの全幅は本質的に、軸受の幅及び軸方向で隣接する固定領域の幅によって決定される。従ってロードセルは、軸方向において比較的狭くされることができ、例えば転がり軸受の幅の約2倍以下の幅しか有しないことができる。

20

【0278】

ロードセルによる軸方向の力の吸収は、有利には玉軸受の固定された外側リングにおいて行われ、相対的な動きによって摩擦損失が発生することになる可動の内側リング又はシャフトでは行われない。よって、軸方向支持部分は、有利には軸受の外側リングにしか接触しない。軸方向支持部分の支持機能は特に、軸方向支持部分又は突起が、受承スリーブの内面で径方向内向きに突出することによって得られることができ、軸方向支持部分は軸受リングの幅に相当するため、軸方向支持部分が内向きに突出するだけで十分である。軸方向支持部分はまた、軸受リングと整列するための形状を有してもよい。

30

【0279】

測定用突起は、有利には角ブラケットとして構成され、受承スリーブに接続された角ブラケットの軸方向領域は軸方向に延び、固定領域に接続された角ブラケットの径方向領域は径方向に延びる。従って角ブラケットは、径方向の向きについての測定用突起の径方向位置の曲がりを引き起こすレバーアームを形成する。この曲がりによって、測定用突起の1つの表面は伸長又は圧縮され、軸方向で反対側の面は圧縮又は伸長される。この圧縮又は伸長を、径方向領域の2つの表面のうち的一方に付けられた歪みゲージによって検出する。

【0280】

測定用突起で形成される角ブラケットの上記2つの領域は、例えばより大きな変形を可能とするために、軸方向又は径方向の向きに関してわずかに傾斜されることもできる。有利には、測定用突起は、良好な変形を可能とするために軸方向において十分に薄くされる。この場合、第2の領域が第1の領域より薄くされてもよい。更に、角ブラケットの頂部付近の変形を避けるために、角ブラケットの頂部付近で第2の領域を補強してもよい。

40

【0281】

測定用突起の軸方向領域は、有利には転がり軸受と接する受承スリーブの表面を越えて突出しないように構成される。これにより、受承スリーブが接する転がり軸受のリングが測定用突起に当接して、軸方向の力が測定用突起を介して伝達されるのが避けられる。特に、軸方向領域は、受承スリーブの表面と面一にされることができ、その表面は受承スリーブの円筒状内面である。

【0282】

50

ある例示的实施形態では、測定領域は、角ブラケットとして形成された測定用突起を備えるか、又は角度のある形状の測定用突起として構成される。更なる例示的实施形態では、測定用突起は、径方向領域と、その径方向領域に隣接する軸方向領域とを備える。この場合、径方向領域は固定リングに接続され、そして軸方向領域は受承スリーブに接続され、ここで径方向領域は、軸方向領域に対しておよそ90°の角度で配置される。

【0283】

ある有利な実施形態では、シャフトが4方向で支持されるようにして、4つの測定領域又は測定用突起を備えることができる。特に、その方向が互いに対して直角となるようにして、その測定用突起を90°の間隔で配置することができる。測定用突起は同時に、径方向支持のための支持突起である。用語「測定用突起」は、測定用突起の変形を用いて、径方向において受承スリーブに作用する力を測定することができることを意味する。

10

【0284】

更なる実施形態では、ある所定の方向の力を検出するために及び良好な変形を可能とするために、周方向における測定用突起の角度に関する大きさを適切に選択することができる。例えば、周方向での測定用突起の角度に関する大きさは、30°以下、又は25°以下に限定されることができ、ここで90°は直角に相当する。

【0285】

一実施形態では、ロードセルは4つの測定領域を備え、これらは90°の間隔で配置される。よって、4つ全ての測定領域又は測定用突起が歪みセンサを備える場合、径方向の力を4つの互いに直角な方向において測定することができる。

20

【0286】

この場合、少なくとも1つ、複数、又は全ての歪みセンサを歪みゲージとして形成してもよく、これは特に光学歪み測定に比べて、安価かつロバストである。

【0287】

特に、径方向の力を多くの方向において測定するために、歪みセンサはそれぞれの測定領域又は測定用突起に取り付けられることができる。歪みゲージの取り付けを容易にするために、歪みゲージが取り付けられる測定領域の表面は、歪みセンサ又は歪みゲージの取り付けのための凹部又はポケットを有してもよい。

【0288】

例えば変速機ハウジングに取り付けられたプリント回路基板への電氣的接続を可能な限り短くするために、又はより大きな変形の発生により、歪みゲージは固定領域に近接して配置されてもよい。

30

【0289】

更なる実施形態では、軸方向支持部分又は突起は、径方向スロットによって測定領域から離される。更に、軸方向支持部分又は突起は、周方向スロットによって受承スリーブから離される。特にこれによって、軸方向支持部分及び測定領域を被加工物から容易に形成することができる。しかしながら、ロードセルがこの形態で鑄造されてもよい。好都合には、径方向又は周方向スロットは、それぞれが径方向又は周方向において真っ直ぐなスロットである。しかしながらその形状は直線でなくてもよい。

【0290】

例えば、測定用突起を内側で更に先細にするために、径方向スロットの方向を径方向から逸らしてもよい。例えば径方向スロットの向きを、径方向に対して最大5°又は最大10°、内向きに傾斜させることができる。

40

【0291】

一実施形態では、変速機ハウジングへの取り付けのために、固定リングは固定領域を備え、この固定領域には固定孔が備えられる。固定領域は固定リングの一部であっても、固定リングから突出する延長部分であってもよい。

【0292】

有利には、この取り付けはロードセルを、軸方向においても、また周方向の回転に対しても固定し、この取り付けは再び機械的に解放されることができる。別の実施形態では、こ

50

れは印籠嵌合又はスナップ嵌合などの確実な接続によってなされることができる。

【0293】

再び緩めることが容易でない、リベット接合又は溶接などの接続も可能である。しかしながら、これらは保守のためにはあまり適していない。

【0294】

更なる実施形態では、固定リングは凹部を備え、測定領域はこの凹部に配置され、この凹部は径方向及び軸方向に形成されることができる。これにより、例えば、測定用突起が変速機ハウジングに直接当接することを避けることができ、又は固定リングの厚さを測定用突起の厚さとは独立して調整することができる。

【0295】

更なる実施形態では、測定用突起及びこの測定用突起の大きさを定めるスリットの角度に関する大きさは、軸方向支持部分の角度に関する大きさとおおよそ等しい。

【0296】

更なる実施形態では、周方向における測定用突起の角度に関する大きさは30°以下であり、それによりある所定の方角において力を測定することができるようにされる。

【0297】

本明細書によるロードセルの設計は、例えば鑄造鑄型からの鑄造及び機械的後処理ステップによってロードセルを金属から一体的に製造するために、特に好適である。

【0298】

別の態様では、本明細書は、クランクシャフト、特にペダルシャフトに作用する力を測定するための測定装置を開示する。測定装置は、クランクシャフト（クランクシャフトに配置された軸受を有する）、及び上述の実施形態のうちの1つによるロードセルを備える。この装置では、ロードセルの受承スリーブは軸受の外側リングに配置され、ロードセルの軸方向支持部分は、軸受の外側リングにおいて軸方向に支持される。更に、評価用電子機器が、ロードセルの歪みセンサに接続される。

【0299】

更に、本明細書は、上述の測定装置を有する変速装置を開示する。上記変速装置は、変速機ハウジングと、クランクシャフト、特にペダルシャフトとを備える。クランクシャフトは、変速機ハウジング内に直接、又は第1の駆動側軸受及び第2の出力側軸受を介して間接的に、受け入れ又は格納される。軸受は特に転がり軸受によって備えることができる。

【0300】

更に、クランクシャフトは中空出力シャフトを通過してもよく、特にペダルシャフトを中空駆動シャフトから分離するために、フリーホイールを、ペダルシャフトと中空駆動シャフトの間に配置することができる。

【0301】

第1の軸受は、ロードセルを介して変速機ハウジング内に受けられ、ロードセルは変速機ハウジング内に受けられるか、又は固定リングを介して変速機ハウジングに固定される。受承スリーブは第1の軸受の外側リングを受承し、軸方向支持部分は第1の軸受の外側リングに支持される。

【0302】

更なる例示的实施形態では、変速装置のクランクシャフトは、その2つの端部よりも中央において大きな直径を備える。その結果、クランクシャフトの第1の段及び第2の段が形成される。測定装置の第1の軸受の内側リングは、ペダルシャフトの上記第1の段に当接し、また第2の軸受の内側リングは、ペダルシャフトの第2の段に当接する。その結果、斜めに設置された軸受のX字形配置が形成され、またロードセルはこの斜めに設置された軸受の力の一部を吸収する。

【0303】

更なる実施形態では、測定装置の第1の軸受及び第2の軸受はそれぞれ、単列アンギュラ玉軸受として形成される。更なる実施形態では、測定装置の第1の軸受及び第2の軸受はそれぞれ、斜めに設置された円筒状ローラ軸受として形成される。

10

20

30

40

50

【0304】

更なる実施形態では、第2の軸受は、波形バネを介して、ペダルシャフトの第2の段、又はハウジング上若しくはハウジングに接続された構成部品に支持される。

【0305】

更なる実施形態では、第2の転がり軸受は更に、スペーサディスクを介して、ペダルシャフトの第2の段、又はハウジング上若しくはハウジングに接続された構成部品に支持される。

【0306】

更に、本明細書は、以下の特徴を更に備える変速装置を開示する：モータ；上記モータに接続された減速歯車；及び上記減速歯車に接続された中空出力シャフト。電動自転車に好適なこの変速装置では、クランクシャフトはペダルシャフトとして構成され、第1の軸受及び第2の軸受はそれぞれ転がり軸受として構成され、ペダルシャフトは中空出力シャフトを通過し、ペダルシャフトを中空出力シャフトから分離するために、ペダルシャフトと中空出力シャフトの間にフリーホイールを備える。

【0307】

更に、本明細書は、上述の変速装置を有する電動車両、特に電動自転車を開示し、モータは電気モータとして構成され、電動車両のバッテリーは電気モータに接続される。

【0308】

以下の記載では、上記例示の実施形態を説明するための更なる詳細が与えられる。これらの実施形態を、これらの詳細を用いずに実施してもよいことは、当業者には明らかであろう。

【0309】

図21は、駆動側から見たロードセル47の斜視図である。ロードセル47は、玉軸受45の外側リングが軸方向に支持される4つの軸方向支持突起91と、それぞれに1つの歪みゲージ92が付けられる、軸方向支持突起91間に配置された4つの測定用突起90とを備える。歪みゲージ92の位置決めを容易にするために、測定用突起90の表面は凹状にされてもよい。

【0310】

軸方向支持突起91は、玉軸受の外側リングに接する外側部分93と、内側部分94とを備える。玉軸受の外側リングが接する部分は、図32の断面図に詳細に示される。

【0311】

測定用突起90及び軸方向支持突起91は、それぞれがフライス削り加工された径方向スロット95によって横方向に離される。出力側において、測定用突起90が受承スリーブ96へと変わり、これは玉軸受45の外側リングを受ける。この受承スリーブ96は、図26に最も良く示される。

【0312】

駆動側では、突起90、91は外側リング97へと変わる。測定用突起90及び径方向スロット95と面する外側リング97の領域はそれぞれ、径方向において測定用突起90の径方向大きさのおおよそ半分である周方向スロット105を備える。第1の径方向スロット95、周方向スロット105、及び第2の径方向スロット95は一緒に制限スロットを形成し、これは角のあるU字形に延び、軸方向支持突起91を受承スリーブ96及び隣接する測定用突起から隔てる。

【0313】

外側リング97は4つの固定孔98を備え、これによってロードセル47を、図1には示されない変速機ハウジングに固定することができ、ここで外側リング97の前面は変速機ハウジングに接する。変速機ハウジングへのロードセル47の取り付けは、例えば図12～14に示されている。

【0314】

図22は、玉軸受45がロードセル47内に配置された、駆動側から見たロードセル47の平面図を示す。

10

20

30

40

50

【0315】

図23は、玉軸受45がロードセル47内に配置された、出力側から見たロードセル47の平面図を示す。図23に示されるように、測定用突起90は、外側リング97の出力側端面に、外側リング97の出力側端面に対してわずかに凹状になった部分99を備える。その結果、測定用突起の厚さを減らすことができ、それによりより大きな変形がもたらされる。

【0316】

図24は、図22の切断線A-Aに沿ったロードセル47の断面図を示し、そこでは凹部99、スリーブ96、及び外側リング97を見ることができる。

【0317】

図25は、ロードセル47の側面図を示し、この図ではスロット104が見られ、これは支持突起91の反対側にあり、それによって支持突起91がスリーブ96から離される。

【0318】

図26は、出力側から見たロードセル47の斜視図を示す。

【0319】

図27は、出力側から見たロードセル47の平面図を示す。

【0320】

図28は、図27の横断線A-Aに沿ったロードセル47の断面図を示す。

【0321】

図29は、図27の横断線B-Bに沿った断面図を示す。

【0322】

図30は、図21のロードセル47が組み込まれた、以下で詳細に説明されるハーモニックピンリング変速機を示す。図30では、左側がハーモニックピンリング歯車10の駆動側に対応し、右側が出力側に対応する。右側が駆動の通常の配置に従えば、図10の視線方向は進行方向を向いている。

【0323】

ハーモニックピンリング歯車10の固定子アセンブリの固定子20は、モータハウジング22内に配置される。固定子20は、3相インバータの3つの相に接続するために、3つの別個のコイル21を備える。固定子20のこれら3つのコイルは、3つの端子25を介して3相インバータに接続され、その端子のうちの1つが図30に示されている。

【0324】

3相インバータは、プリント回路基板23で構成されたパワーエレクトロニクスとして構成され、プリント回路基板23は、駆動側でモータハウジング22に取り付けられた冷却カバー24内に配置される。プリント回路基板23は環状ディスクとして構成され、これはモータハウジング及び冷却カバーの円筒状の突出部の外側に位置し、これによりプリント回路基板に配置されるモータの電子機器は、変速機のオイル及びグリースに対して密封される。

【0325】

モータハウジング22の中心を通過して延びるペダルシャフト35は、出力側において階段状にされて3つの段を備え、その直径は外側から内側に向かって増大し、各段にはシャフトシール50、出力側ペダルシャフト玉軸受46及びペダルシャフトフリーホイール49が配置される。ペダルシャフト35の直径は、駆動側においても階段状にされて2つの段を備え、外側の段にはシャフトシール及びセンシング68が配置され、また内側の段には玉軸受45が配置される。

【0326】

永久磁石を備えた外側回転子シャフト26が、固定子20の径方向内側に設置される。この外側回転子シャフトは、「回転子パッケージ」とも呼ばれる。外側回転子シャフト26はその内側に弾性領域を備え、これは内側回転子シャフト27の表面に差し込まれる。内側回転子シャフト27の表面には、偏心して構成された卵形のカムディスク28が出力側に形成される。

10

20

30

40

50

【0327】

内側回転子シャフト27は、駆動側において、外側に対して駆動側回転子玉軸受29によってモータハウジング22内に支持される。即ち、駆動側回転子玉軸受29の外側リングは、モータハウジング22の円筒状凹部に配置される。

【0328】

更に、内側回転子シャフト27は出力側において、内側歯車7内にある径方向外側の出力側回転子玉軸受30内に設置される。内側歯車7の中空シャフトは、内側歯車7の環状部分と出力側で一体的に接続され、その環状部分は外歯5を備える。

【0329】

内側歯車7の中空シャフトは続いて、ねじ34によってモータハウジング22にねじ留めされたハウジングカバー32に、径方向外側の内側歯車玉軸受31を介して設置される。内側歯車玉軸受31は、出力側回転子玉軸受30から軸方向において出力側へオフセットされ、また径方向において外側へオフセットされる。更に、内側歯車玉軸受31は、軸方向において出力側回転子玉軸受30と重なる。

【0330】

内側回転子シャフト27のカムディスク28には、内側リング及び外側リングが変形可能な、可撓性玉軸受又は薄肉玉軸受33が挟持される。

【0331】

ピン101を備えたピン保持リング103は可撓性玉軸受33に支持され、ピン101は、ピン保持リングの内側の円筒状凹部に保持される。図30の実施形態では、ピン101は互いに接続される。ピンリング102のピン101は、軸方向において両側で可撓性玉軸受33及びピン保持リング103から突出する。簡単にするために、ピン保持リング103及びピン101を備えるピンリングアセンブリは、以下ではピンリング102とも呼ぶ。

【0332】

カムディスク28及び可撓性玉軸受33は一緒にトランスミッタ構成を形成し、これはトルクを径方向の力に変換する。可撓性の内側及び外側リングを有する可撓性玉軸受の代わりに、ワイヤレース軸受若しくは外側リングを有しない可撓性玉軸受、又は異なる種類の可撓性転がり軸受を使用することができる。

【0333】

ハウジングカバー32は、モータハウジングの出力側の固定ねじ34によって、モータハウジングにねじ留めされる。更に、駆動側外側歯車8'及び出力側外側歯車8は、支持リング36内に挿入され、ねじ34によって支持リング36にねじ留めされる。支持リング36は、2つの互いに鏡像対称となる半体へと軸方向に分割され、これらは一緒に、ピンリング103のための軌道67を形成する。

【0334】

駆動側外側歯車8'及び出力側外側歯車8は、軸方向においてカムディスク28及び可撓性玉軸受33の外側に配置される。径方向において、駆動側外側歯車8'は、軸方向においてピン保持リング103から駆動側に突出するピン101の部分と対向する。径方向において、出力側外側歯車8は、軸方向においてピン保持リング103から出力側に突出するピン101の部分と対向する。

【0335】

駆動側において、駆動側スペーサディスク37が、軸方向においてピン101の駆動側端面に面するようにしてモータハウジング22内に配置される。同様に出力側では、出力側スペーサディスク38が、軸方向においてピン101の出力側端面に面するようにしてモータハウジング22内に配置される。

【0336】

出力シャフト39は、内側歯車7の中空シャフトの径方向内側に配置され、伝動フリーホイール40が、内側歯車7の中空シャフトと出力シャフト39の間に配置される。出力シャフト39は、ハウジングカバー32の円筒状凹部又は肩部に挿入された、径方向外側に

10

20

30

40

50

ある出力側の出力玉軸受 4 1 内に設置される。出力シャフト 3 9 の出力側領域は、軸方向でハウジングカバー 3 2 から突出する。チェーンリングアダプタ 4 3 は出力シャフト 3 9 に取り付けられ、出力シャフト 3 9 の雌ねじにねじ込まれる円形出力ナット 4 4 によって保持される。

【0337】

モータハウジング 2 2 は、Oリング 4 2 によって変速機カバー 3 2 に対して密封され、また更なる Oリング 7 7 によって冷却カバー 2 4 に対して密封される。

【0338】

図 3 1 は、図 3 0 のピンリング変速機のロードセル 4 7 の領域における細部を示す。図 3 1 に示されるように、センサリング 6 8 はペダルシャフト 3 5 に配置される。使用時に、センサリング 6 8 を用いて、ペダルシャフト 3 5 の位置又は速度を測定することができる。

【0339】

簡単にするために、以下では測定用突起がそれぞれ路面に対して垂直及び水平に、即ち運転者のペダルを漕ぐ運動に対して平行及び垂直に配置されるようにして、ロードセルが配向されているものと仮定する。他の向きも同様に可能である。

【0340】

上述のロードセルを、特に電動自転車の変速機で使用して、ペダルシャフトに加えられる力の測定値、従って必要なモータ支援を決定することができる。ロードセルは可動部品を有さず、また特に軸方向においてわずかなスペースしか取らず、それにより利用可能なスペースのより良好な使用を可能とすることができる。電動自転車ではスペースは限られているため、そこでロードセルを使用するのは特に有利となり得る。特に軸方向の空間は、ペダルクランクの所定の最適距離により厳しく限定される。

【0341】

作動中に、運転者は、ペダル、特に下がるペダルに力を加える。その結果、蹴られたペダルの側においてペダルシャフトに下向きの力が作用する。更に、蹴られたペダルの側においてペダルシャフトに前方への力が作用する。ペダルシャフトの軸受に接したレバーアームにより、反対側のペダルシャフトにはそれぞれの反作用力が作用する。

【0342】

ペダルを漕ぐ時に、左のペダルと右のペダルは交互に蹴られる。従って均一なリズムにより、周期的に交互に起こる力が、垂直方向及び水平方向にも発生する。この力の振幅は、ペダルシャフトに加えられるトルクと相関している。測定用突起を垂直方向及び水平方向のそれぞれに配置した場合、ペダルシャフトに対する垂直方向の力は、垂直方向に整列した測定用突起のペアの歪みゲージによって検出され、ペダルシャフトに対する水平方向の力は、水平方向に整列した測定用突起のペアの歪みゲージによって検出される。

【0343】

歪みゲージの電気信号は、径方向で対向する歪みゲージの信号に対して、符号が反対で概ね等しいものとなる。よって、一連の径方向で対向する歪みゲージを用いて、測定振幅を 2 倍にすることができる。これは、信号の減算の重ね合わせによって得られることができ、これはアナログ電子機器によって、又は信号のデジタル化の後に、実施されることができる。

【0344】

歪みゲージの信号は、接続線を介して、変速機ハウジングに固定されたプリント回路基板に配置された評価用電子機器へと伝送される。ある簡単な評価によると、評価用電子機器の永久メモリに記憶された較正カーブに従って、歪みゲージの信号の 1 つ以上の時間的に隣接する最大撓みから平均トルクを決定し、その平均トルクから、ペダルシャフトに加えられるトルクと簡単な方法で相関を有する出力信号を、例えば比例依存によって生成する。

【0345】

より緻密な評価によると、電子的評価に信号の更なる時間的展開も含まれ、そこからメモリに事前に記録されたデータ、例えば較正カーブ及びパラメータを用いて、出力信号を生成する。更に、ペダルシャフトの現在の角度位置及び／又は回転速度を測定して、この電

10

20

30

40

50

子的評価に含めてもよい。

【0346】

続いて出力信号を評価用電子機器の更なる部分に転送することができ、その部分は電動自転車の電気モータによる必要なモータ支援を決定し、対応するモータ制御信号を生成する。このモータ制御信号は、車両の傾斜の角度、現在の速度、バッテリーの状態、又は縁石を乗り越えての運転、停止状態からの始動、若しくは斜面での始動などのパラメータから導かれる特定の運転状況に依存してもよい。

【0347】

一方では、構成部品の特性から較正カーブ及び他の較正パラメータを直接算出し、これをメモリに記憶することによって較正を実施することができる。他方では、ペダルシャフトの実際の変形、従ってペダルシャフトに加えられるトルクを測定する更なるセンサを取り付け、それと同時に試験装置によってペダルシャフトのペダルに周期的なペダル力が加えられることによって、較正を実施することもできる。

10

【0348】

較正パラメータは、加えられるペダル力と実際のトルクとの相関から決定される。次にこれらの較正パラメータを、同一モデルの全ての電動自転車について、評価用電子機器のメモリに記憶することができる。また、同一のメモリ内に異なる複数のモデルに関する較正パラメータを記憶することもでき、ここでは別の記憶された情報は、現在使用されている電動自転車のモデルを意味する。

【0349】

較正を目的とするペダルシャフトに加えられるトルクの測定を、ペダルシャフトに直接設置されたセンサを用いずに、出力シャフト又は下流の伝動要素におけるトルクが測定されて実施することもできる。

20

【0350】

図32～34は、X字形配置でペダルシャフトに設置された2つのペダルシャフト玉軸受とロードセル47とによる、径方向及び軸方向の力の吸収を示す。図32～34の視線方向は、走行方向である。

【0351】

図32によれば、ロードセル47は、引張荷重を受けるねじによって固定される。しかしながら、図30及び31に示されるように、ロードセルを変速機ハウジングの反対側に取り付けすることもできる。この場合、軸方向外向きの力は、変速機ハウジングによって直接受けられる。

30

【0352】

図32は、第1の実施形態によるロードセル47を有する変速装置の構成を示し、そこではロードセル47は、斜めに設置された軸受の駆動側玉軸受45に支持される。

【0353】

斜めに設置された軸受はペダルシャフト35を備え、ペダルシャフト35は両端部よりも中央において大きな直径を有し、これにより駆動側段106及び出力側段107が形成される。駆動側玉軸受45の内側リングは、軸方向において駆動側段106に支持され、出力側玉軸受46の内側リングは、軸方向においてペダルシャフト35の出力側段107によって支持される。

40

【0354】

シャフトにおける玉軸受45、46のこのような内側で支持される配置は、「X字形配置」とも呼ばれる。斜めに設置された軸受の玉軸受45、46は、単列アンギュラ玉軸受として構成され、各内側リングの上側はペダルシャフト35の中心を向いている。

【0355】

断面図で示されているロードセル47の支持突起は、軸方向においてペダルシャフト35の駆動側段で支持される。その後ろに位置する、歪みゲージ92が取り付けられた測定用突起90は、径方向において駆動側玉軸受45の外側リングに支持される。

【0356】

50

図 3 3 及び 3 4 は図 3 2 と類似の構成を示し、そこでは測定用突起 9 0 のある径方向部分と、支持突起 9 1 とが、同一平面にある。分かりやすくするために、図 3 3 の切断平面は支持突起 9 1 を通って延び、図 3 4 の切断平面はロードセル 4 7 の測定用突起 9 0 を通って延びる。図 3 3 に示されるように、歪みゲージ 9 2 の領域における測定用突起 9 0 の軸方向断面は、支持突起 9 1 の軸方向断面よりも狭い。

【 0 3 5 7 】

その結果、歪みゲージ 9 2 の領域では、より大きな変形を得ることができる。断面を薄くするのは、例えばフライス削りによってなされることができる。

【 0 3 5 8 】

図 3 5 ～ 5 2 は、ペダルシャフトの力測定センサについての更なる実施形態を示す。この力測定センサを用いて、ペダルシャフトのサスペンションに対する径方向の力を測定することができる。間接的には、これを用いて運転者がペダルシャフトに加えるトルクを測定することができる。このため、径方向の力を測定することに対応する装置は、以下においてトルク測定装置とも呼ばれる。

【 0 3 5 9 】

図 3 5 は、ボトムブラケット軸受 1 0 9 に配置されたトルク測定装置 1 1 0 の更なる実施形態を示す。ボトムブラケット軸受 1 0 9 は、ペダルクランクのための固定領域（ここでは図示されていない）を有するペダルシャフト 1 1 1 を含む。

【 0 3 6 0 】

カップ状スリーブ 1 1 4 は、第 1 の転がり軸受 1 1 2 と第 2 の転がり軸受 1 1 3 の間でペダルシャフト 1 1 1 に配置される。カップ状スリーブ 1 1 4 は、端面 1 1 5 においてペダルシャフト 1 1 1 に固定される。その端面の反対側の端部では、スリーブ 1 1 4 は、トルク伝達部分 1 1 6 を備える。

【 0 3 6 1 】

第 1 の歪みゲージ 1 1 7 は、スリーブ 1 1 4 と第 1 の転がり軸受 1 1 2 の間でペダルシャフト 1 1 1 に配置される。第 2 の歪みゲージ 1 1 8 は、スリーブ 1 1 4 内でペダルシャフト 1 1 1 に配置され、第 3 の歪みゲージ 1 1 9 はスリーブ 1 1 4 の外面 1 2 0 に配置される。

【 0 3 6 2 】

歪みゲージ 1 1 7、1 1 8、1 1 9 はそれぞれ別々に、ペダルシャフト 1 1 1 の外側に配置されたスリップリング 1 2 1 に電氣的に接続される。ペダルシャフト 1 1 1 からのスリーブ 1 1 4 を介したトルクの流れを、図 3 5 に矢印で示す。

【 0 3 6 3 】

図 3 6 は、トルク測定装置 1 1 0 ' の第 2 の実施形態を示す。第 1 の実施形態とは対照的に、スリーブ 1 1 4 の外面 1 2 0 の歪みゲージ 1 1 9 が接続されるスリップリング 1 2 1 は、スリーブ 1 1 4 の外面 1 2 0 に配置される。

【 0 3 6 4 】

図 3 7 は、トルク測定装置 1 1 0 ' ' の第 3 の実施形態を示す。図 3 5 及び 3 6 の上述の実施形態とは対照的に、歪みゲージ 1 1 7、1 1 8 及び 1 1 9 は送信機 1 2 2 に接続される。

【 0 3 6 5 】

図 3 8 は、トルク測定装置 1 1 0 ' ' ' の第 4 の実施形態を示す。この実施形態では、歪みゲージ 1 2 4 は、右側玉軸受 1 1 2 の外側リングに配置される。あるいは歪みゲージは、中間リングに配置されることもできる。

【 0 3 6 6 】

図 3 9 及び 4 0 は、変速機ハウジングの変形が測定される、トルク測定装置 1 3 0 の別の実施形態を示す。

【 0 3 6 7 】

トルク測定装置 1 3 0 では、径方向で対向する歪みゲージ 1 3 1、1 3 2 の第 1 のペアがハウジング 1 3 5 に配置され、そして径方向で対向する歪みゲージ 1 3 3、1 3 4 の第 2 のペアは、ハウジング 1 3 5 に配置されて、歪みゲージ 1 3 1、1 3 2 の第 1 のペアから

10

20

30

40

50

90°オフセットされる。

【0368】

更に、プリント回路基板136がハウジング135に配置され、このプリント回路基板136には、歪みゲージ131、132、133、134の信号のための評価論理が備えられる。個々の歪みゲージを90°変位させることによって、この装置をいずれの向き又は角度位置にも設置することができる。これは、他の向きよりも適した優先される向きの存在を排除するものではない。

【0369】

図40は、図39の実施形態と類似した、トルク測定装置130'の別の実施形態を示す。図39の実施形態とは異なり、歪みゲージの第2のペアは、歪みゲージの第1のペアからわずかしき、例えばおよそ10°しかオフセットされていない。

【0370】

図41は、図39によるトルクセンサの第1の一連の測定値を示す。

【0371】

図42は、図39によるトルクセンサの更なる一連の測定値を示す。この場合、ミリボルトを単位とする測定信号の値の範囲が右側の軸に示されており、またニュートン・メートルを単位とする測定信号から導かれる力の値の範囲が左側の軸に示されている。

【0372】

図43は、図30の変速機10と類似した、ロードセル47を有する別のHCD変速機10'の断面図を示す。

【0373】

図30の変速機とは異なり、磁気トランスミッタリング137が、玉軸受45の内側リングに接続された玉軸受45のサイドカバーに一体化されている。軸方向においてトランスミッタリング137と対向する回転速度センサ138は、トランスミッタリング137の回転によって生じる磁界の変化を記録する。特に、トランスミッタリング137は、トランスミッタリング137の回転運動が回転速度センサ138の位置で周期的に変動する磁界を生成するよう、N極とS極とが交互になるように磁性を有することができる。

【0374】

更に、ペダルシャフト35は中空シャフトとして構成され、段の付近の部分のみに拡大された外周を備える。外側回転子シャフト26は、内側回転子シャフト27のねじ140にねじ留めされる。内側回転子シャフト27は駆動側段141を備え、そこに玉軸受29が支持される。カムディスク28は環状突出部139を備え、これによってカムディスク28は、駆動側において外側回転子シャフト26に軸方向で支持される。

【0375】

よって、外側回転子シャフト26の軸方向位置は、駆動側方向においては内側回転子シャフト27のねじ140によって、及び出力側方向においてはカムディスク28の突出部139によって、支持される。駆動側の第1の力の流れは、カムディスク28から、外側回転子シャフト26及びねじ140を介して、ペダルシャフト35の出力側領域へと進む。駆動側の第2の力の流れは、内側回転子シャフト27の駆動側段141から、玉軸受29及び波形バネ61を介して変速機ハウジング22へと進む。

【0376】

図30の変速機とは異なり、図43の実施形態では、ペダルシャフトフリーホイール49'は、モータフリーホイール40に類似したクランプローラフリーホイールとして構成される。クランプローラフリーホイール49'のクランプローラ保持リングは、ペダルシャフト35の段に配置され、Oリング142によって支持される。

【0377】

図44は、ロードセル47の領域における図43の拡大図を示す。

【0378】

以上の記載は多くの詳細を含むが、それらはこれらの実施形態の範囲を限定するものと解釈されはならず、単に想定される実施形態の例示としてのみ解釈される。特に、これらの

10

20

30

40

50

実施形態の上述の利点は、これらの実施形態の範囲を限定するものと解釈されるべきでなく、上述の実施形態を実施した場合に生じ得る効果の単なる例示として解釈される。従って、これらの実施形態の範囲は、記載された例によってではなく、特許請求の範囲及びその均等物によって決定される。

【0379】

図45～60は、ペダルシャフトアセンブリ、及びそのペダルシャフトアセンブリを備えたハーモニックピンリング変速機を示す。

【0380】

それについて、以下の図面を参照して更に説明する。

【0381】

以下の記載は、本明細書の実施形態を説明するために細部、例えばフリーホイールの部品の形状及び数に言及する。各場合において、実際にはこれらの細部なしで実施形態を実施することができることは、当業者には明らかである。

【0382】

図45は、ペダルシャフトアセンブリ80の立体分解図を示し、この図では駆動側から出力側へ向かって、内側歯車7、外側又は伝動フリーホイール40のコイルバネ66、伝動フリーホイール40の円筒状クランプローラ64、ペダルシャフト35、内側又はペダルシャフトフリーホイール49のコイルバネ72、ペダルシャフトフリーホイール49の歯止め73、出力シャフト39、及び伝動フリーホイール49のフリーホイールケーシング65が示されている。

【0383】

ペダルシャフトアセンブリ80の出力側は、ここでは出力のための出力シャフト39の受承領域220が配置される側として理解される。従って駆動側は出力側の反対側である。

【0384】

ペダルシャフト35の半径は、駆動側に2つの段222、223が形成され、出力側に3つの段224、225、226が形成されるようにして段にされている。図47に最もよく示される段222、223、224、225、226は、図45には示されていない更なる伝動要素のための受承部分を形成する。更に、スパイク71を有する星形構成227が、出力側の第3の段に形成される。

【0385】

伝動フリーホイール40は「モータフリーホイール」とも呼ばれ、これはペダルシャフト35が遊星歯車装置などの中間歯車を介して出力シャフト39に接続される際の分離のために有用である。

【0386】

出力シャフト39の外面は、駆動側において、クランプローラ64のための階段状転動領域228と、コイルバネ66のための凹部とを備える。出力シャフト39又は中空出力シャフト39の内面は、階段状転動領域128の径方向で反対に位置する、歯止め73のための階段状停止部分229を備える。

【0387】

更に、出力シャフト39は、出力側に出力手段（図45には示されない）のための受承領域220を備え、その出力手段は特にチェーンリングアダプタであってもよく、また出力シャフト39は、その出力手段のための受承領域の径方向で反対に位置する、変速機カバー（図45には示されない）を固定するための雌ねじを備える。

【0388】

図46は、ペダルシャフトアセンブリ80の出力側からの側面図を示し、この図ではフリーホイールのサイドカバーは、伝動フリーホイール40及びペダルシャフトフリーホイール49の図示を容易にするために取り除かれている。この図では、内側から外側へ見て、ペダルクランク（図46には示されない）のための出力側受承領域75、歯止め73及びコイルバネ66を備えた星形構成227、ペダルシャフトフリーホイール49の階段状停止部分229、出力手段のための受承領域、伝動フリーホイール40のフリーホイールケ

10

20

30

40

50

ージ 65、伝動フリーホイールのピンチローラ 64、伝動フリーホイール 40 の外側リング 65、並びに人ハーモニックピンリング歯車（図 46 には示されない）の内側歯車 7 が示されている。

【0389】

図 47 は、図 46 に示された切断線に沿った、図 45 のペダルシャフトアセンブリ 80 の断面図を示す。図 47 に示されるように、中空シャフトとして構成された出力シャフト 39 の内径は段状になっており、3つの段 230、231、232 を形成する。出力シャフト 39 の最も外側の段は、雌ねじ 233 を備える。出力シャフト 39 の外側から 2 番目の段及び対向するペダルシャフト 35 の外側から 2 番目の段は、図 47 には示されない玉軸受を受ける役割を果たす。

【0390】

内側歯車 7 では、出力側に中空シャフト 234 が形成され、これは同時に伝動フリーホイール 40 の外側リングを形成する。更に、内側歯車 7 は、外歯 5 を有するディスク状領域 235 を駆動側に備える。

【0391】

駆動側において、出力シャフト 39 の側端に環状の肉厚部分が形成され、そこで駆動シャフト 39 が内側歯車 7 の中空シャフト 234 内に挿入される。出力シャフト 39 の外側の半径もまた段状になっており、径方向において最も外側の段は、径方向においてフリーホイールケージ 65 を受けるために構成される。出力シャフト 39 の外側の更なる段は、シャフトシールを含む玉軸受（ここでは図示されていない）を受けるため、及び出力手段（ここでは図示されていない）を受けるために構成される。

【0392】

図 48 は、図 45 のペダルシャフトアセンブリ 80 の出力側から見た斜視図を示し、この図ではサイドカバーが取り除かれており、ペダルシャフトフリーホイール 49、フリーホイールケージ 65 及びクランプローラ 64 の停止領域を部分的に見ることができる。

【0393】

図 49 は、図 45 の変速機アセンブリの駆動側から見た更なる斜視図を示し、この図では特に、ペダルシャフトフリーホイール 49 の内側階段状部分 229、歯止め 73、コイルバネ 72 及び外側階段状部分 228、並びに伝動フリーホイール 40 のクランプローラ 64、フリーホイールケージ 65 及びコイルバネ 66 が示される。

【0394】

図 50 は、図 45 のペダルシャフトアセンブリ 80 のペダルシャフト 35 の側面図を示し、特にクランクシャフト受承部分 74、75、ペダルシャフト 35 の外周の階段形状、及び星形構成 227 を示す。

【0395】

図 50 及び 52 に示されるように、星形構成 227 のスパイク 71（図 50 ではそのうちの 4 つのスパイク 71 が見える）はそれぞれ、転動領域 243、端部 244、及び歯止め受承領域 245 を備える。スパイク 71 はそれぞれ、コイルバネ 72（図 50 には示されない）を受けるための孔 236 を備え、孔 236 は転動領域 243 に対して垂直にされる。孔 236 は、歯止め受承領域 245 に向かって転動領域 243 の中心からわずかにずらされる。

【0396】

図 51 は、出力シャフト 35 の側面図を示し、この図では特にコイルバネ 72（図 51 には示されない）のための受承領域を有する転動領域 243、外周の段 228、及び出力手段のための受承領域 220 が示されている。

【0397】

図 52 は、駆動側からペダルシャフト 35 の中心軸に沿って見たペダルシャフト 35 の側面図を示し、この図では特にペダルクランクのための受承領域 74、ペダルシャフト 35 の外径の出力側階段形状、及び星形構成 227 が示されている。スパイク 71 の端部 244 は、片側に面取り部分 237 を備える。

10

20

30

40

50

【0398】

作動中に、コイルバネ72は歯止め73を、出力シャフト39の内側の階段状部分229に対して外向きに押し付け、それによりペダルシャフト35が、歯止め73の向き及び段の向きによって与えられる駆動方向において駆動シャフト39より速く動いた時に、歯止め73の先端が対向する段に係合する。

【0399】

ペダルシャフト35が駆動シャフト39よりゆっくりと駆動方向に動く場合又は駆動シャフト39と反対方向に動く場合、歯止め73は段に沿って摺動し、次の段に到達するまで、コイルバネ72のばね力に対抗して内向きに押される。2つの段での移動時に、歯止め73はコイルバネ72の作用によって外側へと飛び出して、これにより特徴的なカチッという音が生じる。

10

【0400】

ペダルシャフトフリーホイール49のカチッという音は、モベッド又はスクーターとは違って比較的静かに駆動する電動自転車に歩行者が気づくという点で、警告機能を果たすことができる。更にこのカチッという音により、ノイズによる機能制御が可能となり、アイドリングノイズに慣れている顧客の期待に答えることができる。

【0401】

図53は、出力シャフト39の出力側の図を示す。駆動方向は、段のヒール部分の方向によって事前に定められており、図53では時計回り方向である。この場合、内側階段状部分229の傾きの小さい段部分が段のヒール部分を形成し、傾きの大きな段のヒール部分が段の停止部分を形成する。

20

【0402】

これらの段は、従来の方法で出力が右側の走行方向に供給された場合に、駆動方向が走行方向に対応するように整列されている。しかしながら、出力は反対に、左側の走行方向に供給される場合もある。これは特に、三輪又は四輪車の場合に起こり得る。この場合、走行方向での駆動を可能とするために、段の方向は図53の構成に対して反対にされなければならない。

【0403】

三輪車又は四輪車の場合、特に車両が荷物を搬送するように装備されている場合に、例えば傾斜を上げて後方に駆動するために、切り替え式フリーホイール、又はモータの逆駆動を可能とする切り替え式クラッチなどの追加の駆動接続が目的にかなう場合もある。

30

【0404】

図54は、出力シャフト35に関する図53に対応する駆動側からの平面図を示す。

【0405】

図55はフリーホイールケージ65の側面図を示し、そこでは視線方向はペダルシャフト35の中心軸に対して垂直である。図56は伝動フリーホイール40の側面図を示し、この図ではクランプローラ64及びフリーホイールケージ65が部分的に示されている。

【0406】

フリーホイールケージ65は、外周に均等に分布するウェブ250と、出力シャフト39の凹部と整列した、コイルバネ66のための2つの反対側にある受承領域251、252とを備える。

40

【0407】

図57は、図1に示されたフリーホイールアセンブリ81の内側部分と、図1には示されていないセンサアセンブリとを備えたペダルシャフトアセンブリ80の側面図を示す。

【0408】

図58は、図57に示された切断線D-Dでの断面図である。

【0409】

図59は、図58の断面図と同様の断面図であるが、この図では視線方向は駆動側から向けられる。この場合、図58には示されない内側歯車7の中空シャフト部分235が追加で示されており、これは伝動フリーホイール40の外側リングを形成する。

50

【0410】

ペダルシャフトフリーホイール49での階段状部分の歯止め73は、嵌め合い円形ヒンジ部分247に係合する円筒状ヒンジ部分246を片側に備える。更に、その歯止めはプレート状部分248を備え、これは一方の端部においてヒンジ部分247と繋がり、反対側の端部は面取り加工されて鋭い縁部249となっている。

【0411】

ペダルシャフトフリーホイール49の組み立て又は保守中に、必要なヒンジを形成するために軸などの更なる構成部品を必要とすることなく、ペダルシャフト35に形成された円形ヒンジ部分247に、出力側から歯止め73を容易に挿入することができる。

【0412】

伝動フリーホイール40の2つのバネ66は、フリーホイールケージ65を介して、図59に示されたほぼ端部又は牽引位置においてすべてのクランプローラ64を押す。その結果、クランプローラ64は、内側歯車7の中空シャフト部分234によって形成される外側リングと接触し、外側リングの相対的な動きによって端部へと移動することができる。この場合、ケージ65の個々のウェブは弾性変形することができ、それにより個々のクランプローラ64に対する不均一な接触圧力を補償することができる。

【0413】

しかしながら、伝動フリーホイール40の外側リングが駆動方向において出力シャフト39よりゆっくりと移動する場合、クランプローラ64は、段の底部に向かって転動して外側リングから持ち上げられ、それにより内側歯車7との摩擦接続が解除される。

【0414】

図60は、ハーモニックピンリング歯車10'の断面図を示し、この図ではペダルシャフトフリーホイール49'はクランプローラフリーホイールとして構成される。従ってこの実施形態では、出力シャフトの内側に、歯止めのための段状係合領域が存在しない。

【0415】

クランプローラフリーホイール49'のクランプローラ保持リングは、ペダルシャフト35の段に配置され、Oリング142によって支持される。

【0416】

図61～66は、偏心ディスクを有するハーモニックピンリング変速機を備えたギヤードモータを示す。

【0417】

図61は、ハーモニックピンリング変速機10の断面図を示す。図61の切断面A-Aは、図62に示されている。図61では、左側がハーモニックピンリング歯車10の駆動側に対応し、右側が出力側に対応する。

【0418】

ハーモニックピンリング変速機10の固定子アセンブリの固定子20は、モータハウジング22内に配置される。固定子20は、電源への接続のための固定子コイル21（図61には示されない）を備える。

【0419】

永久磁石を備えた外側回転子シャフト26が、固定子20の径方向内側で内側回転子シャフト27に接して設置される。内側回転子シャフト27には、偏心して配置された円形偏心ディスク28'、又は偏心円形ディスク28'が出力側に形成され、これは図64の立体分解図に詳細に示されている。

【0420】

駆動側において、内側回転子シャフト27は、外側に対して駆動側回転子玉軸受29によってモータハウジング22内に支持される。駆動側回転子玉軸受29の外側リングは、モータハウジング22の円筒状凹部に配置される。駆動側において、センサリング68が、軸方向で外側回転子シャフト26に隣接して内側回転子シャフト27に配置され、モータハウジング22内に配置されたホールセンサ353に対向している。

【0421】

10

20

30

40

50

出力側において、内側回転子シャフト 27 は、内側歯車 7 内にある径方向外側の出力側回転子玉軸受 30 内に支持される。内側歯車 7 の中空シャフトは、内側歯車 7 の環状部分と出力側で一体的に接続され、その環状部分は外歯 5 を備える。

【0422】

出力側において、ハウジングカバー 32 はねじ 34 によってモータハウジング 22 にねじ留めされる。反対側の駆動側では、内側ハウジング 346 はねじ 347 によってモータハウジング 22 にねじ留めされる。内側ハウジングは支持シリンダ 348 を備える。

【0423】

内側歯車 7 の中空シャフト 352 は続いて、径方向外側の内側歯車玉軸受 31 を介してハウジングカバー 32 に取り付けられる。内側歯車玉軸受 31 は、出力側回転子玉軸受 30 から軸方向において出力側へオフセットされ、また出力側回転子玉軸受 30 に対して径方向において外側へオフセットされる。更に、内側歯車玉軸受 31 は、軸方向において出力側回転子玉軸受 30 と重なる。

【0424】

内側回転子シャフト 27 の偏心円形ディスク 28 には、トランスミッタ玉軸受 33 が配置される。偏心ディスク 28 及びトランスミッタ玉軸受 33 は一緒に、トルクを径方向の力に変換するトランスミッタ構成を形成する。トランスミッタ玉軸受 33 には、ピン 101 を備えたピン保持リング 103 が設置され、ピン 101 は、ピン保持リング 103 の内側の円筒状凹部に保持される。ピンリング 102 のピン 101 は、軸方向において両側で、可撓性玉軸受 33 及びピン保持リング 103 から突出する。簡単にするために、ピン保持リング 103 及びピン 101 のピンリング構成は、以下ではピンリング 102 とも呼ぶ。

【0425】

駆動側外側歯車 8' 及び出力側外側歯車 8 は、モータハウジング 22 のウェブ 349 内に挿入される。モータハウジング 22 のウェブ 349 は、図 63 の立体分解図に示されている。モータハウジング 22 とハウジングカバー 32 の間には、リング 42 が出力側での径方向外側に配置される。別のリング 44 が、駆動側において、内側回転子シャフト 27 の段と駆動側回転子玉軸受 29 の間に配置される。

【0426】

駆動側外側歯車 8' 及び出力側外側歯車 8 は、軸方向において偏心ディスク 28' 及びトランスミッタ玉軸受 33 の外側に配置される。径方向において、駆動側外側歯車 8' は、軸方向においてピン保持リング 103 から駆動側に突出するピン 101 の部分と対向する。径方向において、出力側外側歯車 8 は、軸方向においてピン保持リング 103 から出力側に突出するピン 101 の部分と対向する。

【0427】

駆動側において、駆動側スペーサディスク 37 が、軸方向においてピン 101 の駆動側端面に面するようにしてモータハウジング 22 内に配置される。同様に出力側では、出力側スペーサディスク 38 が、軸方向においてピン 101 の出力側端面に面するようにしてモータハウジング 22 内に配置される。内側歯車 7 の中空シャフト 352 は、出力の接続のためのねじ穴（図 61 には示されない）を備える。

【0428】

内側ハウジング 46 の内側シリンダ 348 とハウジングカバー 32 の間には、内側シャフトシール 50 が挿入される。更に、外側シャフトシール 51 が、出力側ペダルシャフト玉軸受 31 と対向して、内側歯車 7 の中空シャフトとハウジングカバー 32 の間に配置される。

【0429】

作動時に、入力トルクは、固定子 20 を介した電磁力作用によって、外側回転子シャフト 26 へ、更にそこから内側回転子シャフト 27 へ伝達され、偏心ディスク 28' 及び可撓性玉軸受 33 によって径方向の力に変換される。この径方向の力は、外側歯車 8、8' の内歯 6、6' 及び内側歯車 7 の外歯 5 の歯面で出力トルクに変換され、そこでは内側歯車 7 が駆動され、外側歯車 8、8' はハウジングに固定される。出力トルクは、減速比により入力ト

10

20

30

40

50

ルクより大きい。

【0430】

内側歯車7の外歯5によって形成される内側歯部は、出力側外側歯車8の内歯6と対向しており、それにより特に外歯5及び内歯6、6'の両方と当接するこれらのピン101によって、出力トルクを提供する。

【0431】

図63は、図61の変速機の立体分解図の駆動側部分を示し、この図では駆動側から出力側に見て、内側シリンダ348を有する内側ハウジング346、駆動側回転子玉軸受29、円形ワイヤ波形バネ44、駆動側スペーサディスク37を備えたモータハウジング22、センシング68、及び回転子シャフト26が示されている。

10

【0432】

図64は、図61の変速機の立体分解図の出力側部分を示し、この図では駆動側から出力側に見て、偏心ディスク28を有する回転子シャフト27、第2の外側歯車8'、ピン101及びピン保持リング103を有するピンリング102、トランスミッタ玉軸受33、出力側回転子玉軸受30、第1の外側歯車8、シャフトシール50、内側歯車中空シャフトを有する内側歯車、被駆動側スペーサディスク38、内側歯車玉軸受31、変速機カバー32、並びにシャフトシール51が示されている。

【0433】

外側歯車8、8'はそれぞれ溝354を備え、この溝354は、外側歯車8、8'のそれぞれの外周から径方向内側に向けられており、また外側歯車8、8'のそれぞれの外周に等間隔に分布している。モータハウジング22は、溝354に対応する周方向で離されたジャーナル355を備える。

20

【0434】

図61に示されるように、組み立てられた状態では、ねじ34は、変速機カバー32、第1の外側歯車8、第2の外側歯車8'、及び支持リング36を通してモータハウジング22内へ延びる。

【0435】

図67～76は、クランク歯車を備えたハーモニックピンリング変速機を備える。クランク歯車は遊星歯車装置であり、これはペダルシャフトに配置され、運転者のリズムを増速して伝達する。特にこの遊星歯車装置が、例えばRavigneaux型又はLepeletier型遊星歯車装置である場合のように、図67～76には示されない更なるギヤ段を含む場合、遊星歯車装置は切り替え式として形成されることもできる。

30

【0436】

最も単純な場合においては、ギヤの切り換えによって1:1の伝達と増速伝達の間での選択が可能である。クランク歯車のギヤの切り換えは、操作用要素を介して手動で、又は自動で実施されることができる。自動変速の場合、ギヤの切り換えはトルクセンサの測定値に基づいて実施されることができる。

【0437】

図1～40の実施形態と比較すると、ボトムブラケットの軸受センサユニットがクランク歯車で置換されている。増速する遊星歯車装置の伝達によって、後輪への二次伝達を小さくすることができる。これにより、出力シャフトをより速く回転させることができ、従ってモータ及び／若しくは減速歯車をより小さくすることができ、又はモータ及び／若しくは減速歯車は同一の寸法でより多くの動力を送達することができる。

40

【0438】

更に、遊星歯車装置を用いて、遊星歯車装置のハウジングに固定された要素の支持力を例えば接着された歪みゲージで測定することにより、ペダルシャフト又はペダルクランクでのトルクを測定することができる。

【0439】

図72～76の実施形態のように、太陽歯車がハウジングに固定されてリングギヤが駆動される場合、例えば1.59:1の増速伝達を提供することができ、これは出力モータ動

50

力を0.63倍に低減することができる。図67～71の実施形態のように、リングギヤがハウジングに固定されて太陽歯車が駆動される場合、例えば3:1の増速伝達を提供することができる。これにより、モータの出力トルクを0.33倍に更に低減することができる。

【0440】

遊星歯車装置の伝達を用いて、例えば出力密度を増加させることができるが、しかしこれはモータの速度、従ってモータのノイズも大きくし得る。更に遊星歯車装置は、一体型変速歯車を備えたモータの基礎として使用されることができる。この場合、モータ出力密度の増加により、これに対応して変速歯車を比較的小さい寸法にすることができる、つまり変速歯車のために必要なスペースを小さくすることができる。

10

【0441】

図67～71は、ペダルシャフトに配置された遊星歯車装置を備えたハーモニックピンリング変速機を示し、このハーモニックピンリング変速機では、駆動はペダルシャフトに確実に接続された遊星キャリアを介して行われ、そして出力は太陽歯車を介して行われる。

【0442】

図72～76は、ペダルシャフトに配置された遊星歯車装置を備えたハーモニックピンリング変速機を示し、このハーモニックピンリング変速機では、駆動はペダルシャフトに回転可能に設置された遊星キャリアを介して行われ、そして出力は変速機ハウジング内に回転可能に設置されたリングギヤを介して行われる。

20

【0443】

これらの変速機は、偏心ディスクを備える図11のハーモニックピンリング変速機と同様のものである。しかしながら、図67～76のクランク歯車を他の減速歯車と組み合わせることも可能である。特に、図67～76のクランク歯車は、図1の変速機と同様の、卵形のカムディスク及び可撓性玉軸受を備えるハーモニックピンリング変速機と組み合わせることができる。

【0444】

分かりやすくするために、図1又は図11に既に示されている構成部品は、図69～76においてその全てが符号を用いて再び提示されている訳ではない。

【0445】

図68は、図67の遊星歯車装置アセンブリ400の斜視図を示し、この図ではリングギヤ401、リングギヤ401の取り付けスリーブ402、及び出力シャフト39が示される。図69は、図68の遊星歯車装置アセンブリ400の側面図を示す。

30

【0446】

図70は、図69の横断線C-Cでの遊星歯車装置アセンブリ400の断面図を示す。太陽歯車403は中空シャフトとして構成され、ペダルシャフト35に対して回転することができるように、空隙404によってペダルシャフト35から離されている。遊星歯車405はそれぞれ遊星歯車軸406に配置され、転がり軸受又はスライド層によって形成された滑り軸受が、遊星歯車405の間に配置される。

【0447】

図71は、図69の横断線B-Bに沿った遊星歯車装置アセンブリ400の断面図を示す。この断面図では、遊星歯車軸406が、ペダルシャフト35に確実に接続された遊星キャリア407に配置されていることが更に示されている。

40

【0448】

太陽歯車403は、太陽歯車403よりわずかに大きな直径を有する別の中空シャフト410と一体的に接続されており、これは図71の実施形態の2つの針状ころ軸受を備える転がり軸受408を、中空シャフト410とペダルシャフト35の間に配置することができるように寸法が設定されている。第2の中空シャフト410には、ペダルシャフトフリーホイール49が配置される。

【0449】

ペダルシャフト35から出力シャフトへのトルクの流れが、図71に矢印で示されている

50

。図 6 7 に示されるように、リングギヤの固定用フランジ 4 0 2 は変速機ケース 2 2 に固定される。固定されたリングギヤは、運転者がペダルを漕ぐ運動によって生じる対向する力を吸収する。

【 0 4 5 0 】

更なる実施形態では、評価用電子機器に接続された歪みゲージなどの変形センサが、リングギヤ 4 0 1 に取り付けられる。より正確な測定のために、変形センサが取り付けられるリングギヤの部分を薄くすることができる。

【 0 4 5 1 】

図 7 2 は、ペダルシャフト 3 5 に配置された遊星歯車装置を備えたハーモニックピンリング変速機を示し、この変速機では、出力はリングギヤを介して行われる。

【 0 4 5 2 】

図 7 3 は、図 7 2 の遊星歯車装置アセンブリ 4 0 0 ' の斜視図である。図 7 4 は、図 7 3 の遊星歯車装置アセンブリ 4 0 0 ' の側面図である。

【 0 4 5 3 】

図 7 5 は、図 7 4 の横断線 C - C に沿った断面図を示す。太陽歯車 4 0 3 ' は空隙 4 0 4 によってペダルシャフトから離されている。図 7 2 に示されるように、太陽歯車 4 0 3 ' は、固定領域で変速機ケース 2 2 に接続される。特に、この固定領域はロードセルとして構成されることができる。遊星歯車 4 0 5 は、遊星キャリア 4 0 7 に配置された遊星歯車軸 4 0 6 に回転可能に設置される。

【 0 4 5 4 】

図 7 6 は、図 7 4 の横断線 B - B に沿った断面図を示す。図 7 6 に示されるように、遊星キャリア 4 0 7 の一部分は、ペダルシャフトフリーホイール 4 9 ' を介してペダルシャフト 3 5 に配置される中空シャフト 4 0 9 として形成される。

【 0 4 5 5 】

ここでは図示されない更なる実施形態では、ペダルシャフトに配置された遊星歯車装置の中空シャフトは、駆動側においてハウジングに固定され、遊星歯車装置の中空シャフトは、ペダルシャフトに固定接続され、太陽歯車はペダルシャフトフリーホイールを介して出力シャフトに連結される。このために、中空シャフトの取り付けは、駆動側から遊星歯車装置の周りで案内されてもよい。ここ及び他のクランク歯車では、ペダルシャフトは、内燃機関のクランクシャフトなどのクランクシャフト又は駆動装置の駆動シャフトであってもよい。上述の 2 つのクランク歯車と同様に、このクランク歯車もまた増速伝達を提供する。

【 0 4 5 6 】

更に、回転方向の逆転が生じ、これは逆転歯車を有しない電動自転車とは異なり、荷重の回転方向がクランク歯車のクランクシャフト又は駆動シャフトの回転方向と反対の方向に設定されている場合には、回転方向の更なる逆転が不要であるので有利となり得る。

【 0 4 5 7 】

図 7 7 ~ 8 1 は、本明細書によるサイクロイド歯車、及びそのサイクロイド歯車を有するモータ歯車ユニットを示す。

【 0 4 5 8 】

図 7 7 は、サイクロイド歯車が減速歯車として使用される、電動自転車のためのモータ歯車ユニットの断面図である。

【 0 4 5 9 】

これ以前の図、特に図 1 ~ 3 及び 1 0 ~ 1 4 の説明において既に説明した構成部品については、ここでは再び説明しない。図 1 及び 1 0 に示された変速機と同様に、サイクロイド歯車は 3 つの軸受構成を備え、出力要素は中空出力シャフトと単一部品として形成され、内向きには、ハウジングカバーに斜めに対向する 2 つの軸受で支持され、外側に向かっては内側中空シャフトで支持される。よって、回転子シャフト、出力要素及び中空出力シャフトを支持するには、軸受は 3 つしか必要ない。

【 0 4 6 0 】

10

20

30

40

50

この3つの軸受構成では、回転子シャフトの外側軸受を更に除くことができる。これは特に電動自転車のためのモータ歯車ユニットの場合に当てはまり、ここではより少ない数の軸受を用いることによって、限られた軸方向空間がより良好に利用される。よって軸受及び回転子シャフトに対する外側傾斜モーメントの作用が小さくなり、回転子シャフトを薄型の円筒として構成することができる。これは、多くのこのようなエンジン歯車ユニットを用いる場合に当てはまる。

【0461】

図77のサイクロイド歯車では、中空出力シャフトが形成されている出力要素は、キャリアピン及びキャリアローラが配置された出力プーリによって形成される。図1及び図10に示したモータ歯車ユニットでは、これは中空出力シャフトが形成された出力内側歯車によって形成されている。

10

【0462】

サイクロイド歯車の内側回転子シャフト27'は、駆動シャフト426と、そこに取り付けられた回転子シャフト427とで形成される。駆動シャフト426は、駆動側円形偏心ディスク428、出力側円形偏心ディスク429、及び中心に配置された円形ディスク430を備え、これらは駆動シャフト426に形成されて、互いに連続して配置される。出力側偏心ディスク429は、駆動側偏心ディスク428から180°オフセットされる。

【0463】

駆動側偏心ディスク428には第1の玉軸受423が配置され、そこに駆動側内側歯車433が取り付けられる。出力側内側歯車434は、第2の玉軸受424を介して出力側偏心ディスク429に取り付けられる。駆動側内側歯車433及び出力側内側歯車434は同一の構成であり、それぞれ外歯435、436を備え、これらはいずれもハウジングに固定して接続された外側歯車439の対向する内歯437に係合する。

20

【0464】

出力プーリ440は、中心に配置された円形ディスク430に配置されたリング441を介して、第3の玉軸受425に取り付けられる。出力プーリ440はキャリアピン442を備え、これは出力プーリ440に等間隔に配置され、2つの内側歯車433、434の円形開口部444に係合する。キャリアピン442は、キャリアピン442に回転可能に設置されたローラ443を備える。

【0465】

内側回転子シャフト27'の駆動シャフト426は、サイクロイド減速歯車の中空駆動シャフト426として機能する。

30

【0466】

内側回転子シャフト27'の回転子シャフト427には、圧力ディスク451と、圧力ディスクの反対側のねじ450とが形成される。図77の断面図に示されるように、圧力リング452はそのねじにねじ込まれ、これによって回転子パック26又は外側回転子シャフト26が圧力リングと保持リングの間に挟持される。これは図30の構成に対応しており、回転子パックが、内側回転子シャフトに配置されたスペーサと内側回転子シャフトの肩部の間に保持される図1の構成とは異なる。

【0467】

駆動側内側歯車433及び出力側内側歯車434は、「カムディスク」とも呼ばれる。外側歯車439の内歯437の代わりに、図79に示されている固定されたピンリングを備えることもできる。この固定されたピンリングはローラを有してもよく、これにより摩擦力及びせん断力が低減され、転動運動が可能となる。

40

【0468】

図78の立体分解図は、左から右に向かって見て、内歯437を有する外側歯車439、出力側内側歯車433、第1の玉軸受423、駆動側偏心ディスク428と出力側偏心ディスク429と中心に配置された円形ディスク430とが配置された内側回転子シャフト27'、第2の玉軸受424、出力側内側歯車434、スペーサ445、リング441、第3の玉軸受425、出力プーリ440に配置されたキャリアローラ443及びキャリアピン

50

４４２、並びに出力プーリ４４０を示す。

【０４６９】

更に、図７８は、駆動側円形偏心ディスク４２８と出力側偏心ディスク４２９の間に備えられた突起部４４６を示す。

【０４７０】

内側から外側に向かって見た図７９の側面図は、リング４４１、第３の玉軸受４２５、出力プーリ４４０、外歯４３６を有する出力側内側歯車４３４、駆動側内側歯車４３３の外歯４３５、及び外側歯車４３９の内歯４３７を示す。静止ピン４４７は２つの位置で示されており、これは外側歯車４３９の内歯の代わりに備えられることができる。

【０４７１】

図８０の断面図は、図７７のモータ歯車ユニットのサイクロイド歯車の断面図を示し、この図では、駆動側偏心ディスク４２８及びそれに取り付けられた駆動側内側歯車４３３を備えた内側回転子シャフト２７'、出力側偏心ディスク４２９及びそれに取り付けられた出力側内側歯車４３４、中心に配置された円形ディスク４３０及びそこに取り付けられた、キャリアピン４４２及びキャリアローラ４４３を備えた出力ディスク４４０、並びに内歯４３７を有する外側歯車４３９が示されている。

【０４７２】

図８０の下部には、外側歯車４３９の固定用開口４４８が示されている。図７７の断面図に示されるように、外側歯車４３９は、固定用開口４４８を通過する固定用ボルトによって変速機ケースに固定される。

【０４７３】

図８１は、図７７のサイクロイド歯車の詳細な側面図を示し、この図では、隠れた構成部品も見ることができる。図８１では、２つの内側歯車の全ての歯の頂部が、固定された外側歯車の内歯と係合又は接触していることが示されている。更に図８１は同時に他の実施形態を示し、この他の実施形態では、内歯の代わりに外側歯車が、ローラが配置された静止ピン又はボルトの構成を備える。

【０４７４】

以下で、例として上述の図７７～８１を参照して、サイクロイドドライブの組み立てを説明する。

【０４７５】

モータハウジング２２内で回転子シャフト４２７の駆動側にある要素は、モータハウジング２２内に挿入されるか、又はモータハウジング２２に取り付けられる。とりわけ、駆動側回転子玉軸受２９、ロードセル４７、駆動側ペダルシャフト玉軸受４５、及びモータの固定子アセンブリは、モータハウジング２２内に挿入される。外側歯車４３９はモータハウジング２２にねじ込まれる。

【０４７６】

回転子シャフト４２７は、駆動側で出力シャフト４２６に取り付けられる。駆動側内側歯車４３３及び第１の玉軸受４２３は、駆動側から駆動側偏心ディスク４２８に配置される。回転子パックは、駆動側から内側回転子シャフト２７'に配置され、圧力リング４５２は回転子パックに対してねじ留めされる。続いて、複数の構成部品が設置された、回転子シャフト４２７と出力シャフト４２６とのアセンブリが、出力側からモータ歯車ユニット内へと挿入される。

【０４７７】

第２の玉軸受４２４及び出力側内側歯車４３４は、出力側から出力側偏心ディスク４２９に配置される。リング４４１は、中心に配置された円形ディスク４３０に配置され、第３の玉軸受４２５はリング４４１に配置される。

【０４７８】

キャリアローラ４４３は出力プーリ４４０のキャリアピン４４２に配置され、出力プーリ４４０は、出力プーリ４４０の内側肩部が第３の玉軸受４２５の外側リングに当接するようにして、第３の玉軸受４２５に配置される。この場合、キャリアピン４４２及びキャリ

10

20

30

40

50

アローラ 4 4 3 は、出力側内側歯車 4 3 3 及び駆動側内側歯車 4 3 4 の円形開口部 4 4 4 を通って案内される。玉軸受 3 1 は出力プーリの肩部に設置され、変速機カバーは外側歯車と共にモータハウジング 2 2 にねじ留めされ、そこで変速機カバーの固定用開口と外側歯車の固定用開口とは重なり合う。

【0 4 7 9】

回転子パック 2 6 及び内側回転子シャフト 2 7 ' は、固定子 2 2 に通電することによって回転する。この回転は、偏心ディスク 4 2 8、4 2 9 に伝達される。次に偏心ディスク 4 2 8、4 2 9 は、そこに配置された内側歯車 4 3 3、4 3 4 を偏心円運動で作動させ、それにより内側歯車 4 3 3、4 3 4 の歯部は、固定された外側歯車 4 3 9 の歯部を越えて移動する。その結果、外側歯車 4 3 9 の内歯 4 3 7 は、内側歯車 4 3 3、4 3 4 に反力を加える。外側歯車 4 3 9 のこの反力により、内側歯車 4 3 3、4 3 4 は、それぞれの回転軸周りの回転運動で作動される。この回転はキャリアピン 4 4 2 に取り入れられて出力プーリに伝達され、それにより内側歯車 4 3 3、4 3 4 の運動が、中心の円運動に変換される。回転はそこから直接、ギヤードモータなどでの荷重に伝達されるか、又は例えば電動自転車の場合のように、フリーホイール 4 0 を介して最初に出力シャフト 3 9 に伝達される。

10

【0 4 8 0】

図 8 2 ～ 8 8 は、テンションシャフト変速機、及び本明細書でのテンションシャフト変速機を備えたモータ歯車ユニットを示す。

【0 4 8 1】

図 8 2 は、本明細書によるテンションシャフト変速機又はフレクスブライン変速機を備えたモータ歯車ユニットの断面図を示す。ここで図示されない要素は、図 1 の要素に対応する。

20

【0 4 8 2】

テンションシャフト 4 5 3 の外歯 5 ' ' は、可撓性玉軸受 3 3 を有するカムディスク 4 5 5 ' と、モータハウジング 2 2 にねじ留めされた、内歯 6 ' ' を有する外側歯車 4 5 7 との間に配置される。このテンションシャフトは、固定領域でリベットによって出力シャフト 4 5 8 に固定され、この出力シャフト 4 5 8 は、斜めに対向する玉軸受 3 1、3 0 に取り付けられる。

【0 4 8 3】

図 8 3 は、図 8 2 のテンションシャフト変速機又はフレクスブライン変速機の立体分解図を示し、ここでは固定された外側歯車 8 ' ' に、以下において H P D - F 変速機のための歯部として言及される歯部が備えられる。その結果、2 つの歯部の特に良好な係合を得ることができる。

30

【0 4 8 4】

その後、外側歯車の内歯は、実質的に以下によって定義される歯車軌道に対する外側等距離線となる。

$x(t) = r_1 * \cos(t) + r_2 * \cos((n+1)*t) + r_3 * \cos((n+3)*t)$ 、及び

$y(t) = r_1 * \sin(t) - r_2 * \sin((n+1)*t) + r_3 * \sin((n+3)*t)$

40

t は $0 \sim 2\pi / Z_outer$ 又は $360^\circ / Z_outer$ であり、例えば等距離線は、歯車軌道までピン半径分の距離を有する。

【0 4 8 5】

テンションシャフトの対向する外歯は、円筒状ピンを有するピンリングの形状から導かれる。よって、軸方向に対して垂直な平面における歯の先端の断面は、扇形、好ましくは半円に相当する。これは図 8 7 に示される。

【0 4 8 6】

図 8 3 の立体分解図は、左から右に、即ち出力側から駆動側に向かって見て、固定された外側歯車 8 ' ' 又は外側リング 8 ' '、内歯 6 ' ' 及び固定領域 4 5 4 を備えたカップ状テンションシャフト 4 5 3、可撓性玉軸受 3 3、並びに卵形の外周及び固定用フランジ 4 5 6 を備

50

えた駆動シリンダ４５５をそれぞれ示す。図８３の駆動シリンダは、例えばギヤードモータに好適であり、内側回転子シャフトに配置された図８２のカムディスク４５５'とは異なる。

【０４８７】

本明細書では、「卵形」は、好ましくは楕円形又は正弦曲線を重ね合わせた円形などの、２つの互いに垂直な鏡面对称軸又は主軸を有する卵形を意味する。しかしながら「卵形」は、例えば３つの対称軸を有する卵形を指す場合もあり、ここでこれらの軸の距離は最大であり、それにより歯が完全に噛み合う２つの係合領域の代わりに、３つの係合領域が生成される。

【０４８８】

テンションシャフトの固定領域４５４は、出力シャフトの固定に適する。更に、固定された外側歯車８''は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域４５７を備え、また駆動シリンダ４５５は、駆動軸の固定のためのフランジ４５６を備える。電動自転車のためのテンションシャフト変速機の一実施形態では、駆動シリンダ４５５は、内側回転子シャフトの一部として形成されることもでき、この場合には固定用フランジ４５６を有する必要がない。

【０４８９】

図８４は、組み立てられた状態での図８２のテンションシャフト変速機の駆動側からの側面図を示し、この図では内側から外側に向かって、テンションシャフトの固定領域、駆動シリンダ、可撓性玉軸受、テンションシャフトの外歯、外側歯車の内歯、及び外側歯車が示されている。

【０４９０】

図８５は、駆動シリンダ４５５の短軸に沿って延びる図８４の切断線Ａ－Ａに沿った断面図を示す。図８５の断面図では、テンションシャフト４５３が内向きに付勢されているため、駆動シリンダ４５５の短軸の領域において、可撓性玉軸受３３の外側リングに当接することが示される。

【０４９１】

図８６は、駆動シリンダ４５５の長軸に沿って延びる図８４の切断線Ｂ－Ｂに沿った断面図を示す。図８５、８６の断面図に示されるように、外側歯車８''及びテンションシャフト４５３はそれぞれが滑らかな円筒状の孔又は開口を備え、その一方で駆動シリンダ４５５はねじ付き孔を備える。

【０４９２】

図８７は、上述の図８４の「Ｃ」部の拡大詳細図を示し、この図では偏心した歯部の形状を見ることができる。

【０４９３】

図８８は、組み立てられた状態の図８２のテンションシャフト変速機を示す。

【０４９４】

図８９～９３は、２部分一体型ピンリング１０２'及び２つの外側歯車８''、'(48)を備えた２段減速歯車を示し、そこでは２部分一体型ピンリング１０２'は偏心ディスクに取り付けられる。

【０４９５】

２部分一体型ピンリング１０２は、第１の部分に第１の外歯５''を備え、第１の部分に隣接して配置された部分に第２の外歯５(4)を備える。ピンリング１０２'の第１の外歯５''は、回転可能に設置された外側歯車８''の第１の内歯６''に対向して配置され、ピンリング１０２'の第２の外歯５(4)は、固定された外側歯車８(4)の第２の内歯６(4)に対向して配置される。

【０４９６】

第１の外歯５''の歯の数は内歯６''の歯の数より少なく、そして第２の外歯の歯の数は内歯６(4)の歯の数より少ない。高減速比歯車の１つの例示的实施形態では、第１の外歯５''の歯の数は２８であり、可動の外側歯車８''の内歯６''の歯の数は２９であ

10

20

30

40

り、第2の外歯の歯の数は29であり、固定された外側歯車の内歯6（4）の歯の数は30である。

【0497】

よってこの実施形態では、駆動側の第1の歯車段の減速は、出力側の第2の歯車段の減速より大きく、そしてそれぞれの外側歯車の歯の数は、径方向で対向するピンリングの各歯部の歯の数より多い。その結果、内側の外歯は、外側の内歯を基準として駆動と反対に移動する。よって、可動の外側歯車の内歯は駆動方向に移動し、第1の歯車段の減速を低減する。一般に、対向する歯部の歯の数は異なってもよい。

【0498】

偏心ディスクを用いる場合、歯の数の差は少なくとも1でなければならない。更に、玉軸受及びそこに配置されるピンリングなどの伝動要素は、変形可能である必要はない。偏心ディスク及び可撓性玉軸受の代わりに卵形のディスクを備える他の実施形態では、対向する歯部の歯の数の差は2の倍数である。

【0499】

例えば図83のテンションシャフト変速機、又は図89の2段偏心歯車におけるように、内側歯車と外側歯車の間に配置される伝動手段を有さず、伝動手段が同時に外歯を有する内側歯車として機能する実施形態では、歯の数の差は、伝動手段の歯部及び伝動手段と対向する歯部を指す。

【0500】

図89は、出力側からの2段減速歯車の側面図を示す。

【0501】

図90は、図89に示した視線方向における、図89の切断線A-Aに沿った断面図を示す。よって、図90の上半分は断面図を示し、図90の下半分は側面図を示す。

【0502】

図91は、図82の2段減速歯車の側面図を示し、ここでは対向する歯部の係合を図示するために、隠れた構成部品が破線で示されている。

【0503】

図92は、出力側又は可動の外側歯車8' ' 'の側から見た、図82の2段減速歯車の部分切り取り斜視図である。

【0504】

図93は、駆動側又は固定された外側歯車8（4）の側から見た、図82の2段減速歯車の部分切り取り斜視図である。固定された外側歯車8（4）は、図89～93には示されない変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備える。同様に、可動の外側歯車8' ' 'は、図89～93には示されない出力シャフトを固定するための固定領域を備える。

【0505】

図89～93の2段ピンリング変速機の2部分ピンリングは、特に歯部の形状が、従来技術による外側に歯を有するテンションシャフトと異なっている。2つの歯部を備えたピンリングの歯部の形状は、本質的に偏心ディスクを備えたハーモニックピンリング変速機の歯車軌道に関して下で与えられる式（1）によって決定される歯車軌道に対する、内側等距離線であり、その等距離線は、好ましくは歯車軌道（1）までピン半径分の距離を有する。

【0506】

ハーモニックピンリング変速機は、HPD-E変速機とも呼ばれる。式（1）は、1つの周転円での非逆行周転円軌道を記載する。

【0507】

これに対応して、固定された外側歯車8（4）及び可動の外側歯車8' ' 'の歯部は、式（1）で示される歯車軌道に対する、好ましくはピン半径分の距離での外側等距離線である。歯の数は、式（1）のパラメータ「n」によって決定される。外歯及び内歯の両方に関して、歯の頂部のみが式（1）によって決定されれば十分となり得る。

【0508】

10

20

30

40

50

好ましくは、図 8 9 ～ 9 3 の 2 段変速機の歯部は、第 1 の歯車段の減速が第 2 の歯車段によって更に減速され、第 2 の歯車段によって生成される第 2 の角速度は、第 1 の歯車段によって生成される第 1 の角速度に対して反対方向である、高ギヤ比変速機が形成されるようにして構成される。更に、第 2 の角速度は第 1 の角速度の 2 倍未満であり、それにより変速機の出力において得られる角速度は、第 1 の歯車段の角速度よりも大きさが小さくなる。

【 0 5 0 9 】

第 2 の角速度は第 1 の角速度より大きくされることもでき、それにより回転方向の逆転が生じ、従ってこの時には出力が駆動と同一の方向に発生する。回転方向の逆転は、例えばハイブリッド車の発電機モードのために、又は駆動及び出力の回転運動を重ね合わせるために、有利となり得る。

10

【 0 5 1 0 】

作動時に、偏心ディスクは、モータ、例えば電気モータによって回転する。この回転運動は、玉軸受によって 2 部分ピンリングの偏心運動に変換される。その結果、2 部分ピンリングの歯は、2 つの外側歯車の外歯を越えて案内されるか、又は外歯内に引き込まれる。

【 0 5 1 1 】

これは、固定された外側歯車に対するピンリングの回転運動、及びピンリングに対する可動の外側歯車の回転運動を発生させ、これらは出力回転運動となる。

【 0 5 1 2 】

2 段減速歯車は、卵形のトランスミッタ、変形可能な玉軸受、及び変形可能な 2 部分ピンリングで構成されることもできる。この場合、図 8 9 ～ 9 3 に示されているものとは別の内歯が、好ましくは使用される。例えば、図 8 3 ～ 8 7 に示されているテンションシャフト変速機の歯部の形状を用いてもよい。

20

【 0 5 1 3 】

特に、2 段減速歯車は反対方向に作動されて、増速伝達のために使用されることもできる。例えば、高い歯車比は、毎秒数千回転し得る回転ミラーを備えたストリークカメラのために有用となり得る。

【 0 5 1 4 】

出力外側歯車を備えた 2 段伝動歯車を、サイクロイド歯車で使用することもできる。この場合、キャリアピンを有する出力プーリは取り除かれる。その代わりに、少なくとも 1 つの内側歯車は、2 つの異なる歯部を有する分割した内側歯車として構成され、回転可能な外側歯車の内歯は、これら 2 つの歯部のうちの第 2 のものに対向して配置される。

30

【 0 5 1 5 】

以下の図 9 4 ～ 1 1 8 の説明は、本明細書の変速機、特にハーモニックピンリング変速機で使うことができる内側歯車及び外側歯車の歯部を開示する。

【 0 5 1 6 】

特に本明細書は、「HPD-E 変速機」とも呼ばれる、偏心ディスクを備えたハーモニックピンリング変速機を開示する。この HPD-E 変速機は、第 1 の歯部を有する第 1 の歯車と、第 2 の歯部を有する第 2 の歯車と、丸みを帯びた係合領域を有するピンリングとを備える。

40

【 0 5 1 7 】

ピンリングは、円筒状のピンが挿入された可撓性ピン保持リングによって形成されることができる。これは単一部品で作られることもでき、この場合には単一部品ピンリングは環状部分を備え、そこからピン状延長部分が軸方向において側方へ突出する。

【 0 5 1 8 】

特に、支持歯車として第 3 の歯車が備えられる場合、及びピン又はピン状延長部分が、回転することができないようにして環状部分又は可撓性ピン保持リングに接続される場合、支持歯車の側部のピン又はピン状延長部分を、丸みを帯びた係合領域として片側のみに構成することができる。

【 0 5 1 9 】

50

例えば、外側歯車及び内側歯車を有する構成では、第2の外側歯車を、第1の外側歯車と同心に整列した支持歯車として備えてもよく、そこでは第2の外側歯車の半径及び歯部は第1の外側歯車と一致し、更に第2の外側歯車の歯部は、歯の頂部が軸方向で並ぶようにして第1の外側歯車の歯部と整列される。

【0520】

更なる実施形態では、ピンリングは単一部品として形成され、丸みを帯びた歯の頂部を備えた内歯及び外歯を有する。

【0521】

ピンリングの丸みを帯びた係合領域は円形断面の一部を備え、そして一般に、ピンリングのピン、ピンリングのピン状延長部分、又はピンリングの円形の歯の頂部によって形成されることができる。円形断面の一部は、好ましくは変速機の軸方向に沿って不変である。特に、円形断面の一部は、半円又は完全な円の形状を取ることができる。

【0522】

更に、HPD-E変速機は、ピンリングの係合領域を、第1の歯車の第1の歯部及び第2の歯車の第2の歯部へ引き込むための回転トランスミッタを備える。この場合、第1の歯車、回転トランスミッタ及び第2の歯車は互いに同心に配置され、回転トランスミッタはピンリングの径方向内側に配置される。

【0523】

ピンリングは、第1の歯車と第2の歯車の間に配置される。内側歯車及び外側歯車を有する構成の場合のように、第1の歯車及び第2の歯車が同一の軸直角平面にある場合、第1の歯車と第2の歯車の間の構成は、丸みを帯びた係合領域、ピン又はピン状延長部分が、第1の歯車と第2の歯車の間の少なくとも一部に径方向において配置されることを意味することを理解されたい。

【0524】

2つの外側歯車を有し、その外側歯車のうちの1つが駆動され、もう一方の外側歯車がハウジングに固定して接続される構成の場合のように、第1の歯車及び第2の歯車が異なる軸直角平面にある場合、第1の歯車と第2の歯車の間の構成は、ピン保持リング、又はピン保持リングに相当するピンリングの一部分が、軸方向において第1の歯車と第2の歯車の間に配置されることを意味することを理解されたい。

【0525】

回転トランスミッタは、変速機中心軸に対して偏心して配置されたトランスミッタディスク又はカムディスクを備え、そのディスクは特に円形ディスクとして構成されることができる。ここで、支柱を介して回転トランスミッタのシャフトに取り付けられるリングなどの環状構造体も、ディスクとみなされる。作動時に、回転トランスミッタはピンリングを変形させ、これにより外側歯車及び内側歯車が互いに対して回転する。

【0526】

第1の歯車の第1の歯部及び第2の歯車の第2の歯部はそれぞれ、周転円構法に従って形成され、この周転円構法は、周転円構法に従った内側歯車又は外側歯車に関して以下で更に詳細に説明される。

【0527】

周転円構法によると、第1の歯部又は第2の歯部のそれぞれの歯面での位置は、周期角度の関数として、変速機中心軸からの径方向距離によって決定される。

【0528】

そして径方向距離は、歯車軌道に対する等距離線によって決定され、ここで歯車軌道での位置はそれぞれ、周期ベクトル及び周転円ベクトルのベクトル和によって決定される。この場合、周期ベクトルの後端は変速機中心軸にあり、周転円ベクトルの後端は周期ベクトルの先端にある。

【0529】

更に、周転円ベクトルの周転円角度は周期角度の n 倍であり、周期ベクトルの長さは周転円ベクトルの長さより長く、ここで n は、ハーモニックピンリング変速機の丸みを帯びた

10

20

30

40

50

係合領域の数であり、少なくとも3である。

【0530】

この輪郭形状は以下の式によってまとめることもでき、ここで正の記号は内側歯車の歯部を指し、負の符号は外側歯車の歯部を指す。

【数1】

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos(n * \alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) \pm r_2 * \sin(n * \alpha) \end{pmatrix}$$

10

【0531】

ピンリングの設計に応じて、上述の丸みを帯びた係合領域は、ピン、ピン状延長部分、又はピンリングの歯部の丸みを帯びた歯の頂部を指す。

【0532】

一実施形態では、第1の歯車は外歯を有する内側歯車であり、第2の歯車は内歯を有する外側歯車である。従って、第1の歯部は内側歯車の外歯であり、第2の歯部は外側歯車の内歯である。この実施形態では、内側歯車は外側歯車の径方向内側に配置される。

【0533】

内側歯車の外歯では、周転円角度は周期角度と同一方向において測定され、等距離線は内側等距離線である。対照的に外側歯車の内歯では、周転円角度は周期角度と反対の方向において測定され、等距離線は外側等距離線である。このような歯部の構成については、内側歯車及び外側歯車それぞれに関して、以下で更に詳細に説明する。

20

【0534】

HPD-E変速機の更なる例示的实施形態では、第1の歯車及び第2の歯車はそれぞれ、内歯を有する外側歯車である。従って、第1の歯部は第1の外側歯車の内歯によって形成され、第2の歯部は第2の外側歯車の内歯によって形成される。

【0535】

2つの外側歯車の内歯では、周転円角度は周期角度と反対の方向において測定され、等距離線は外側等距離線である。

【0536】

特に、第1の歯部又は第2の歯部のそれぞれの等距離線は、丸みを帯びた係合領域の半径と補正値の合計の距離での等距離線とすることができ、その補正値はバックラッシュに依存する。円筒状ピンの場合、丸みを帯びた係合領域の半径はピンのピン半径に等しい。概ね円筒状であるピンの場合、半径はピンの丸みを帯びた係合領域の半径に相当する。補正値はゼロ以上であり、特にゼロとされることもできる。補正値がゼロより大きい場合、補正係数は、丸みを帯びた係合領域の半径の割合、例えば5%又は10%に相当する。

30

【0537】

一実施形態では、ハーモニックピンリング変速機は転がり軸受を備えてもよく、これはトランスミッタディスクに当接し、ここでは周期半径は転がり軸受の直径の半分に等しい。別の実施形態では、ピンリングの丸みを帯びた係合領域がトランスミッタディスクに直接当接し、周期半径はトランスミッタディスクの直径の半分に等しい。この場合、トランスミッタディスクは、内側に回転可能に設置されることができる。

40

【0538】

特に、周転円は、トランスミッタディスクが変速機中心軸に対してオフセットされている偏心オフセットの半分に等しくされることができる。

【0539】

HPD-E変速機に関して、駆動及び出力の異なる組み合わせが可能である。これらの選択肢は、HPD-E変速機及びHPD-F変速機の両方に利用可能である。駆動シャフトは、特に電気モータの回転子として構成されることができる。

【0540】

50

特に、駆動シャフトを回転トランスミッタに接続することができる。この場合、出力シャフトは、第1の歯車、第2の歯車、又はピンリングに接続されてもよい。出力シャフトが第1の歯車又は第2の歯車に接続される場合、他方の歯車は通常はハウジングに固定されるか、又は変速機ハウジングに接続される。

【0541】

出力トルクをピンから受ける際、これは例えば、ピンを挿入するための開口を備えた缶状構成部品によって実施されることができる。そして、この缶状又は円筒状構成部品は、安定化のために変速機ハウジングに設置されることができる。この場合、通常は外側歯車又は内側歯車がピンリングに沿って移動し、その一方で他方の歯車が変速機ハウジングに固定される。またこの場合には、ピンリングと共にしか移動しない歯車を省略することもできる。

10

【0542】

更に、本明細書は、丸みを帯びた係合領域を有するピンリングを備えた、単一の偏心を有する「HPD-E変速機」のための内側歯車を開示する。内側歯車は外歯を備え、その外歯の歯面の幾何学的位置はそれぞれ、周期角度 α （＝記号 α ）の関数として、内側歯車の中心軸からの径方向距離によって決定される。

【0543】

その径方向距離は、歯車軌道に対する内側等距離線によって決定される。歯車軌道での幾何学的位置はそれぞれ、周期ベクトル及び周転円ベクトルのベクトル和によって決定される。この場合、周期ベクトルの後端は外側歯車の中心軸にあり、周転円ベクトルの後端は周期ベクトルの先端にある。更に、周期ベクトル及び1つ以上の周転円ベクトルは、中心軸に対して垂直な共通平面に位置する。

20

【0544】

周期角度、及び周転円ベクトルの周転円角度は、内側歯車の中心軸に対して垂直な、内側歯車の中心軸を通る基準線に関して決定される。これは、以下で言及する周期角度及び周転円角度にも当てはまり、それらは各歯車の中心軸に対して垂直に、各歯車の中心軸を通じて延びる基準線に関して決定される。歯車又は内側若しくは外側歯車が設置された状態において、この中心軸は変速機中心軸と一致する。

【0545】

周転円ベクトルの周転円角度は周期角度より n 倍大きく、ここで周転円角度は、周期角度と同一方向において測定され、ここで n はハーモニックピンリング変速機のピンの数であり、2より大きい。内側歯車の歯の数 Z_{inner} は、少なくとも2であり、好ましくはピンの数より1少ない。従って、内側歯車の歯の数に基づくと、周転円角度は周期角度の $(Z_{inner} + 1)$ 倍大きく、ここで Z_{inner} は少なくとも2である。

30

【0546】

周期ベクトルの長さは、周転円ベクトルの長さより長い。特に、ベクトル和の半径又は長さは、歯車軌道が逆行しないようにして、即ち自己交差をしないようにして選択されてもよい。

【0547】

内側歯車の歯部のこのような輪郭形状は、以下の式によってまとめることもできる。

40

【数2】

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos((n-1) * \alpha) + r_3 * \cos((n-3) * \alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) + r_2 * \sin((n-1) * \alpha) - r_3 * \sin((n-3) * \alpha) \end{pmatrix}$$

【0548】

更に、本明細書は、単一の偏心を備えたハーモニックピンリング変速機のための外側歯車を開示し、ここでピンは、好ましくは円形の断面を有する。外側ホイールは内歯を備え、その内歯の歯面の幾何学的位置はそれぞれ、周期角度 α の関数として、外側歯車の中心軸

50

からの径方向距離によって決定される。

【0549】

その径方向距離は、歯車軌道に対する外側等距離線によって決定される。用語「内側等距離線」及び「外側等距離線」は、歯車の中心軸からの距離について理解される。

【0550】

歯車軌道での幾何学的位置はそれぞれ、周期ベクトル及び周転円ベクトルのベクトル和によって決定され、ここで周期ベクトルの後端は外側歯車の中心軸にあり、周転円ベクトルの後端は周期ベクトルの先端にある。

【0551】

更に、周転円ベクトルの周転円角度は周期角度より n 倍大きく、ここで周転円角度は、周期角度と反対方向において測定され、ここで n はハーモニックピンリング変速機のピンの数であり、2 より大きい。外側歯車の歯の数 Z_{outer} は、好ましくはピンの数より 1 多い。従って、外側歯車の歯の数 Z_{outer} に基づくと、周転円角度は周期角度の $(Z_{outer} - 1)$ 倍大きく、ここで Z_{outer} は少なくとも 4 である。

【0552】

周期ベクトルの長さは、周転円ベクトルの長さより長い。特に、これらのベクトルの長さ、又はベクトルの長さの比は、歯車軌道が自己交差をしないようにして選択されることができる。

【0553】

周転円構法では、周期ベクトルの長さは、中心軸から歯部の平均距離、即ちピッチ円を決定し、その一方で 1 つ以上の周転円ベクトルの長さは、歯の高さを決定する。

【0554】

好ましくは、歯の形状、即ち歯車の中心軸からの径方向距離は、軸方向における中心軸での位置とは無関係である。ピンが備えられる場合、ピンの断面は、好ましくはピンの長手方向軸での位置とは無関係である。ピンの断面は好ましくは円形であるが、円形以外の形状であってもよい。例えば、ピンは、ピンリングの周方向において、その周方向に垂直な方向よりもわずかに大きな直径を備えてもよい。従って、丸みを帯びた係合領域の断面は、好ましくは軸方向位置とは無関係である。

【0555】

外側歯車の歯部のこのような輪郭形状は、以下の式によってまとめることもできる。

【数 3】

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos((n+1) * \alpha) + r_3 * \cos((n+3) * \alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) - r_2 * \sin((n+1) * \alpha) + r_3 * \sin((n+3) * \alpha) \end{pmatrix}$$

【0556】

別の態様では、卵形のトランスミッタ又は 2 つの偏心を備えたハーモニックピンリング変速機のための内側歯車を開示し、ここで卵形は卵状の設計とも呼ばれ、例えば楕円形状を有する。この変速機は、「HPD-F 変速機」とも呼ばれる。

【0557】

内側歯車は外歯を備え、その外歯の歯面は、周期角度 α の関数として、外側歯車の中心軸からの径方向距離によって決定される。そして、中心軸からの径方向距離は、歯車軌道に対する内側等距離線によって決定される。

【0558】

歯車軌道での幾何学的位置は、周期ベクトル、第 1 の周転円ベクトル及び第 2 の周転円ベクトルのベクトル和によって決定される。周期ベクトルの後端は内側歯車の中心軸にあり、第 1 の周転円ベクトルの後端は周期ベクトルの先端にあり、第 2 の周転円ベクトルの後端は第 1 の周転円ベクトルの先端にある。

【0559】

この 2 つの周転円による設計では、第 1 の周転円ベクトルは一次周転円ベクトルとも呼ば

10

20

30

40

50

れ、第2の周転円ベクトルは二次周転円ベクトルとも呼ばれる。従って、関連する周転円も、それぞれ一次又は二次周転円とも呼ばれる。周転円が1つしかない設計では、これに従って一次周転円のみが存在する。

【0560】

更に、第1の周転円ベクトルの周転円角度は周期角度より $(n-1)$ 倍大きく、そして第2の周転円ベクトルの周転円角度は周期角度より $(n-3)$ 倍大きい。ここで n はハーモニックピンリング変速機のピンの数であり、2より大きい、即ち少なくとも3である。第1の周転円角度は周期角度と同一方向において測定され、第2の周転円角度は周期角度と反対の方向において測定される。内側歯車は少なくとも2つの歯を備え、好ましくはピンの数よりも2つ少ない歯を備える。

10

【0561】

よって、内側歯車の歯の数 Z_{inner} に基づく、第1の周転円角度は周期角度より $(Z_{inner}+2-1) = (Z_{inner}+1)$ 倍大きく、そして第2の周転円角度は周期角度より $(Z_{inner}+2-3) = (Z_{inner}-1)$ 倍大きく、ここで Z_{inner} は少なくとも2である。

【0562】

ここで、周期ベクトルの長さは、第1の周転円ベクトル及び第2の周転円ベクトルの長さの和より長く、第1の周転円ベクトルの長さは、第2の周転円ベクトルの長さより長い。特に、長さの比又は半径の比は、歯車軌道が自己交差をしないように選択される。

【0563】

更に、本明細書は、卵形の偏心若しくは2つの偏心を備えたハーモニックピンリング変速機のための、又はHPD-F変速機のための外側歯車を開示する。外側歯車は内歯を備え、その内歯の歯面での幾何学的位置はそれぞれ、周期角度 α の関数として、外側歯車の中心軸からの径方向距離によって決定される。

20

【0564】

そして、その径方向距離は歯車軌道に対する外側等距離線によって定められ、その歯車軌道での幾何学的位置はそれぞれ、周期ベクトル、第1の周転円ベクトル及び第2の周転円ベクトルのベクトル和によって決定される。

【0565】

周期ベクトルの後端は中心軸にあり、第1の周転円ベクトルの後端は周期ベクトルの先端にあり、第2の周転円ベクトルの後端は第1の周転円ベクトルの先端にある。

30

【0566】

更に、第1の周転円ベクトルの周転円角度は周期角度より $(n+1)$ 倍大きく、また第2の周転円ベクトルの周転円角度は周期角度より $(n+3)$ 倍大きい。ここで n はハーモニックピンリング変速機のピンの数であり、3より大きい、即ち少なくとも4である。

【0567】

好ましくは、外側歯車の歯の数 Z_{outer} は、ピンの数より2だけ多い。従って、外側歯車の歯の数 Z_{outer} に基づく、第1の周転円角度は周期角度より $(Z_{outer}-2+1) = (Z_{outer}-1)$ 倍大きく、そして第2の周転円角度は周期角度より $(Z_{outer}-2+3) = (Z_{outer}+1)$ 倍大きく、ここで Z_{outer} は、最小の数を用いてこの関係を表現するために、少なくとも $2+2+2=6$ である。

40

【0568】

第1の周転円角度は周期角度と反対の方向において測定され、第2の周転円角度は周期角度と同一の方向において測定される。更に、周期ベクトルの長さは、第1の周転円ベクトル及び第2の周転円ベクトルの長さの和より長く、第1の周転円ベクトルの長さは、第2の周転円ベクトルの長さより長い。好ましくは、これらの長さの比又は半径の比は、歯車軌道が自己交差をしないように選択される。

【0569】

更に、本明細書は、HPD-F変速機に関して上述した外歯を有する内側歯車と、HPD

50

ー F 変速機に関して上述した内歯を有する外側歯車とを備えたハーモニックピンリング変速機を開示する。

【0570】

更に、この変速機は、丸みを帯びた係合領域を有するピンリングを備える。特に、この丸みを帯びた係合領域は、好ましくは円形の断面を備える、ピン又はピン状延長部分によって形成される。ピンリングの丸みを帯びた係合領域を、外側歯車の内歯及び内側歯車の外歯に引き込むために、回転トランスミッタが備えられる。内側歯車、回転トランスミッタ、及び外側歯車は互いに同心に配置され、回転トランスミッタは、ピンリングの径方向内側に配置される。

【0571】

ピンリング、又はピンリングの丸みを帯びた係合領域、ピン若しくはピン状延長部分は、内側歯車と外側歯車の間に径方向に配置される。回転トランスミッタは、卵形のカムディスク又は2つの偏心を備える。作動時に、カムディスク又は2つの偏心はピンリングを変形させ、それにより外側歯車及び内側歯車は互いに対して回転する。

【0572】

内側歯車と外側歯車の1つのペアを有する構成では、内側歯車及び外側歯車は、第1の軸直角平面に配置される。ピン保持リングに対応しかつ回転トランスミッタに接触するピンリングの部分は、第2の軸直角平面に配置される。好都合には、更なる外側歯車が、ピンリングを支持するために第3の軸直角平面に備えられ、この第2の外側歯車は、第1の外側歯車と実質的に同一の寸法及び同一の歯の形状を有し、そして歯部は第1の外側歯車の歯部と整列される。第2の軸直角平面は、第1の軸直角平面と第3の軸直角平面の間にある。これらの設計は、HPD-E変速機及びHPD-F変速機の両方に適用される。

【0573】

別の実施形態では、本明細書は、HPD-F変速機に関して上述した内歯を有する第1の外側歯車と、HPD-F変速機に関して上述した内歯を有する第2の外側歯車とを備えたハーモニックピンリング変速機を開示する。

【0574】

更に、このハーモニックピンリング変速機は、丸みを帯びた係合領域を有するピンリングと、ピンリングの丸みを帯びた係合領域を第1の外側歯車の内歯及び第2の外側歯車の内歯に引き込むための回転トランスミッタとを備える。

【0575】

この変速機では、回転トランスミッタ、第1の外側歯車、及び第2の外側歯車は互いに同心に配置され、回転トランスミッタは、ピンリングの径方向内側に配置される。内側歯車及び外側歯車の上述のペアとは異なり、第1の外側歯車及び第2の外側歯車は異なる軸直角平面にあり、ピンリング、又はピンリングのピン保持リングに対応する中央部分は、軸方向において第1の外側歯車と第2の外側歯車の間に配置される。

【0576】

HPD-E変速機と同様に、HPD-F変速機もまた、駆動シャフト及び出力シャフトを接続するための様々な選択肢を有する。

【0577】

とりわけ、駆動シャフトを回転トランスミッタに接続してもよい。この場合、出力シャフトをピンリングに接続してもよい。更に、内側歯車及び外側歯車の1つのペアを用いる構成では、出力シャフトを内側歯車又は外側歯車に接続してもよい。

【0578】

上述のHPD-E変速機と同様に、上述のHPD-F変速機にも駆動シャフト及び出力シャフトを接続するための様々な可能性が存在し、駆動シャフトは特に、電気モータの回転子として構成されることができる。

【0579】

2つの外側歯車を有する構成では、特に、これらの外側歯車のうちの一方を駆動することができ、もう一方をハウジングに固定することができる。このために、出力シャフトを出

10

20

30

40

50

力外側歯車に接続してもよい。2つの外側歯車の構成では、内側歯車を径方向において外側歯車に対面させる必要はない。駆動されない歯車は、好都合には、ハウジングに接続されるか又はハウジングに固定される。

【0580】

2つの外側歯車を有する構成では、第2の外側歯車は、ピンリングから回転運動を受ける役割を果たす。この場合、第2の外側歯車の歯の数は、より良好な係合を確保するために、ピンリングの丸みを帯びた係合領域の数に対応してもよい。この場合、第1の外側歯車の歯の数が、ピンリングのピン又は丸みを帯びた係合領域の数より多いことにより、ピンリングはわずかにねじれる。

【0581】

2つの外側歯車を有する構成、並びに内側歯車と外側歯車の1つのペア及び更なる外側歯車を有する構成の両方において、中央領域を備え、ピンリングのピン、ピン状延長部分又は丸みを帯びた係合領域が、2つの反対側の側部において軸方向で突出するピンリングを使用することが好都合である。特に、ピンリングが単一部品で作られる場合、丸みを帯びた係合領域は、しかしながら一方から他方の側部へ連続して延びることもできる。

【0582】

周転円構法の各等距離線は、丸みを帯びた係合領域の半径と補正値の合計の距離での等距離線であってもよく、この補正値はバックラッシュによって決定される。この場合、丸みを帯びた係合領域は特に、ピン又はピン状延長部分によって形成されることもできる。

【0583】

一実施形態では、上述のハーモニックピンリング変速機の回転トランスミッタは、卵形のカムディスク及び可撓性転がり軸受を備え、ここでは「卵形」は特に「卵様 (oval-like)」も含む。卵様の形状は、例えば楕円方程式のテイラー展開によって得られる正弦曲線を重ね合わせた円形である。

【0584】

可撓性転がり軸受は、卵形のカムディスクに当接する。歯の形状の各周転円構法に関する周期半径は、可撓性転がり軸受の直径の半分と補正係数の和に等しい。可撓性転がり軸受の直径は、ピンリング、又はピンリングによって形成されるピン構成の、変形していない状態での基準円直径に相当する。

【0585】

更なる実施形態では、ハーモニックピンリング変速機は、変速機中心軸に対して偏心して配置された第1の円形ディスクと、変速機中心軸に対して偏心して配置された第2の円形ディスクとを備える。この変速機では、周期半径は、2つの偏心して配置された円形ディスクの包絡線の平均半径と補正係数の合計に等しい。包絡線は、ピンリングなどの牽引手段が円形ディスクに保持される時に、牽引手段の内周によって形成される曲線である。

【0586】

別の実施形態では、第1の周転円の半径は、ピンリングのストロークの半分と第2の補正係数の合計以下であり、この第2の補正係数はゼロ以下である。ピンのストロークは、変形した状態における可撓性転がり軸受の最大半径と最小半径の間の差によって決定される。特に、第1の周転円の半径は、ピンリングのストロークの $1/4$ より大きくされることができ、特にピンのストロークの $3/8$ に等しくされることができる。

【0587】

ピンリングのストロークは、ピンリングの丸みを帯びた係合領域のストローク、即ち、ピンリングが回転トランスミッタによって変形した時に、丸みを帯びた係合領域が径方向に移動する距離である。

【0588】

更なる実施形態では、第2の周転円ベクトルの長さは、第1の周転円ベクトルの長さの約 $1/3$ であり、ここで「約」は、特にプラス又はマイナス 10% 若しくは 5% の範囲を意味することができる。

【0589】

10

20

30

40

50

本明細書の変速機の公差は、長さ及び角度についてはD I N 7 1 6 8 T 1若しくはT 2などの、又はピンと歯の間の歯部の精度に関してはD I N 3 9 6 1若しくはD I N 3 9 7 6などの通常の技術的公差に相当する。

【0590】

所定の基準に従って算出した公差を用いて、特に所与の歯部が公差内で本明細書による歯部に適合するかどうかを決定することができる。このために、歯車の形状の正規化された写真の使用、又は歯車の表面を機械的若しくは光学的に走査する歯面試験装置などの歯車測定機の使用が可能である。

【0591】

公差は特に、歯の厚さ又は中心距離に関連し得る。対応する適合方式は、「単位中心距離」又は「単位歯厚」適合方式とも呼ばれる。例えば、測定された歯形は、歯面からの距離が所定の歯厚の5%又は1%を超えない場合に、本明細書による所定の歯形と一致するとみなすことができる。

【0592】

上記距離は、例えば歯面に対して垂直に、又は歯車の中心軸の方向における距離として、測定されることができる。公差の順守はまた、例えばガウス曲線などの標準的な確率分布を使用した場合に90%の確率など、静的な意味で当てはまり得る。これはまた、複数の測定点のうち所定のパーセンテージだけ、例えば90%だけ公差限界内となる必要があるという点で、モデルに依存しないものとして考慮に入れることができる。そのため、歯形をおおよそ検出するために十分な数の測定点が、歯面全体に十分に均一に分布しているものとする。

【0593】

図94～118を参照して、下記で歯部について更に詳細に説明する。

【0594】

図94及び95は、例として2つのタイプのハーモニックピンリング変速機を示し、これらについての対応する歯の形状が本明細書に開示されている。

【0595】

図94は、カムディスク及びそれに当接する変形可能な軸受を備えたハーモニックピンリング変速機(H P R D - F) 510を示す。H P R D 510は回転子513を備え、これは玉軸受(ここには図示されない)を介して変速機ハウジングに支持されている。回転子513の外側に同心に配置された外側リング又は外側歯車508は、第1の側の内歯として形成された第1の外側歯車歯部又は外側歯部506を備える。

【0596】

外側リング508は円筒状ハウジング部分509に取り付けられる。外側リングが駆動される場合、このハウジング部分は変速機ハウジングに回転可能に設置される。内歯として形成された第2の外側歯車歯部又は外側歯部506'が第2の外側リング508'に形成されて、この第2の外側リング508'は、第1の側の反対側において円筒状ハウジング部分509内に挿入される。

【0597】

外歯として形成された第1の内側歯車歯部又は内側歯部505は、内側リング又は内側歯車507の外周に形成されて、第1の外側歯部506内に同心に配置される。同様に、外歯として形成された第2の内側歯車歯部又は内側歯部505'は、第2の内側リング507'の外周に形成されて、第2の外側歯部506'内に同心に配置される。

【0598】

内側歯部505、505'及び外側歯部506、506'は、変速機中心軸に対して同心に配置され、内側歯部505、505'は変速機中心軸を中心に回転可能である。他の実施形態では、どの歯部を介して出力又は駆動が行われるかに応じて、外側歯部506、506'、又は外側及び内側歯部が、変速機中心軸を中心に回転可能にされることができ、又は内側歯部が変速機ハウジングに取り付けられることができる。

【0599】

10

20

30

40

50

可撓性薄肉玉軸受 502 は、回転子シャフト 513 の特別に形成されたフランジ 504 に取り付けられる。フランジ 504 はトランスミッタを形成し、そして例えば、卵形、卵様、又は正弦曲線を重ね合わせた円形として形成されてもよい。回転子シャフト 513 に形成されたフランジ 504 の代わりに、これに相当するように形成されたディスク又はリングをモータシャフトに備えてもよい。

【0600】

カムディスク及びそれに取り付けられる可撓性軸受の代わりに、図 94 の変速機タイプのトランスミッタは、いわゆる 2 つの偏心を有してもよく、これは変速機中心軸に対して偏心して配置された 2 つの円形ディスクによって形成される。これらの円形ディスクは、それぞれの対称軸を中心に回転可能に設置されることができ、ピンリングが円形ディスクに取り付けられる。あるいは、円形ディスクを回転するトランスミッタに取り付けて、可撓性転がり軸受をその円形ディスクに設置してもよく、ここでピンリングはその転がり軸受に当接する。

10

【0601】

可撓性ピン保持リング 503 は、可撓性薄肉玉軸受 502 と外側歯部 506、506' の間に配置される。内側において、可撓性ピン保持リング 503 は、ピン保持リング 503 に等間隔に配置されたピン 501 を受けるための溝を備える。ピンは円筒状に形成されて、円形断面を有する。

【0602】

ピン保持リング 503 は、フランジ 504 の角度位置に応じて変形することができるように可撓性に作られる。その剛性により、ピン保持リング 503 及びピン 501 によって形成されたピンリングは、出力伝動部品を引き抜くための引き抜き手段、及び出力伝動部品を押すための圧力手段の両方として機能する。

20

【0603】

図 95 は、内側歯車 507 及び外側歯車 508 の第 1 のペアが第 1 の軸直角平面にあり、内側歯車 507' 及び外側歯車 508' の第 2 のペアが第 2 の軸直角平面にあり、トランスミッタが、第 1 の軸直角平面と第 2 の軸直角平面の間に位置する第 3 の軸直角平面にある、3 列構成を示す。

【0604】

同様に、内側歯車及び外側歯車の 1 つのペアと、別の外側歯車とを有する 2.5 列構成が可能である。これは特に、被駆動内側歯車の場合に有利である。それは、第 2 の内側歯車の出力が一般的に外側へ導かれることができないためである。この場合、3 列構成では、第 2 の内側歯車はピンを支持するためにのみ作動する。

30

【0605】

安定性を理由として、ピンリングが内向き及び外向きの両方で支持されると有利である。しかしながら、HPD-F 変速機及び HPD-E 変速機の両方に関して、変速機中心軸に対して同心に配置された 2 つの外側歯車のみ又は 2 つの内側歯車のみを有する構成もまた可能であり、ここでは一方の歯車は変速機ハウジングに固定され、他方の歯車は回転可能である。これらの構成では、ピンリングは、2 つの内側歯車の間又は 2 つの外側歯車の間に軸方向に配置されて、ピンはそれぞれの内側歯車又は外側歯車と係合する。

40

【0606】

図 95 は、簡潔に「HPD-E」変速機とも呼ばれる、単一の偏心ディスクを備えたハーモニックピンリング変速機 510' の立体分解図を示す。図 94 の構成部品と同様の構成部品は、同一の符号又はアポストロフィ「'」を有する符号を有する。図 95 の HPD-E 変速機 510' は特に簡単な設計を有し、そこでは内側歯車は 2 つの歯しか備えず、また外側歯車は 4 つの歯しか備えない。一般に、このタイプの変速機では、外側歯車は常に内側歯車よりも 2 つ多い歯を備える。

【0607】

図 95 の変速装置では、2 つの歯の内側歯車 505 は、第 1 の 4 つの歯の外側歯車 506' 内に同心に、かつ第 1 の軸直角平面において変速機中心軸 515 と同心に配置される。第

50

1の外側歯車506'と本質的に同一である第2の外側歯車506は、第2の軸直角平面において変速機中心軸515と同心に配置される。第1の軸直角平面と第2の軸直角平面の間にある第3の軸直角平面には、変速機中心軸に偏心して配置されたディスク514と、ピン保持リング503とが配置される。偏心して配置されたディスク514はシャフト（ここには図示されない）に配置され、そのシャフトは、例えばモータの回転子シャフトにし得る。

【0608】

ピン保持リング503は3つの半円状凹部516を備え、これらはピン保持リング503の内周に等間隔で配置される。3つのピン501は、外側歯車歯部506、506'及び内側歯車歯部と係合するために、ピン保持リング503から2つの反対側の側部において軸方向で突出して、それぞれが第1及び第2の軸直角平面へ突出するようにして、半円状凹部516内に配置される。

10

【0609】

単一の偏心を備えたハーモニックピン変速機では、外側歯車は内側歯車より2つ多い歯を備え、ピンの数は歯の数の算術平均である。最も簡単な場合、これは図95に示されるような、2つの歯の内側歯車、3つのピン、及び4つの歯の外側歯車を用いる変速機をもたらす。原則として、歯の数の差は2の倍数となり得るが、歯の数の差が小さいほど、より大きな減速及びより良好なトルクの支援が得られる。

【0610】

ピンリングが外側歯車の歯部の1つの歯の位置においてのみ押圧される、単一の偏心を備えたハーモニックピン変速機を、以下において「HPD-E変速機」とも呼ぶ。広義には、この用語はまた、このような歯の位置が外側歯車1つあたり1つしか利用することができない、複数の外側歯車を備えたハーモニックピン変速機を意味する。特にこれは、図2の実施形態におけるように、2つ以上の外側歯車に対して共通の偏心が備えられる場合に当てはまる。

20

【0611】

図96～99は、本明細書による歯の形状を生成するための周転円構法を示し、図96はHPD-E変速機の内側歯車歯部を示し、図97はHPD-E変速機の外側歯車歯部を示し、図98はHPD-F変速機の内側歯車歯部を示し、図99はHPD-F変速機の外側歯車歯部を示す。これらの周転円構法について、以下で更に詳細に説明する。

30

【0612】

図96～99では、ピンの断面を円520で表し、また歯車軌道の位置ベクトルを符号521で示す。円形のピン断面は、その中心を位置ベクトル521に有する。周期ベクトル及び周転円ベクトル、又は周期ベクトル及び2つの周転円ベクトルは、図96～99の角度表示によれば角度 α で回転し、ピン断面520は2つの包絡線を特定し、それらは歯車軌道に対する内側及び外側等距離線を定め、そして変速機の内側歯車歯部及び外側歯車歯部をそれぞれ決定する。角度表示において、「n」はピンの数を示す。

【0613】

本明細書によると、周転円構法によって歯車軌道が生成され、そしてこの歯車軌道から、円形ピンの包絡線として又は等距離線として、HPD-E変速機のそれぞれの歯の形状が得られる。

40

【0614】

HPD-E変速機の内側歯車歯部の歯車軌道は、周期の半径が変速機軸を中心に 360° 回転し、その一方で周転円の半径が同一方向に、変速機軸の基準系に対して $n \times 360^\circ$ 回転するという事実から得られ、ここでnはピンの数である。他方で、原点から周転円の中心までの接続線に対して、周転円の半径は $(n-1) \times 360^\circ$ 回転し、ここで $n-1$ は内側歯車の歯の数である。周転円の半径の $n-1$ 回の回転は、全半径での $n-1$ 個の極大点及び $n-1$ 個の極小点をもたらす、それらは歯と、歯と歯の間の凹部又は歯根部表面とに対応する。

【0615】

50

ここで、周期の半径 r_1 は、ピンが当接する軸受の半径とピンの半径の合計に等しい。この半径は、「一次半径」とも呼ばれる。周転円の半径 r_2 は、ピン半径の半分に等しい。周転円の先端はピンの軌道を描く。内側の転曲線は、ピン半径と軸受のクリアランスの合計によって生じる距離でのピンの軌道に対する等距離線として生じる。この内側の転曲線は、内側歯車歯部の歯の形状に等しい。

【0616】

HPD-E 変速機の外側歯車歯部の歯の形状は、同様の構造から得られ、それにより周期の半径が変速機軸を中心に 360° 回転し、その一方で周転円の半径は反対方向に $n \times 360^\circ$ 回転する。他方で、原点から周転円の中心までの接続線に対して、周転円の半径は $(n+1) \times 360^\circ$ 回転し、ここで $n+1$ は内側歯車の歯の数である。周転円の半径の $n+1$ 回の回転は、全半径での $n+1$ 個の極大点及び $n+1$ 個の極小点をもたらし、それらは歯と、歯と歯の間の凹部又は歯根部表面とに対応する。

【0617】

式で表現すると、HPD-E 変速機の歯車軌道は、

【数4】

$$\overrightarrow{D_1 D_2} = f(r_1; \alpha) = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{D_2 P} = g(r_2; \beta) = \begin{pmatrix} r_2 * \cos(\beta) \\ \pm r_2 * \sin(\beta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_2 * \cos(n * \alpha) \\ \pm r_2 * \sin(n * \alpha) \end{pmatrix}$$

によって記載され、正の符号は内側歯車歯部を表し、負の符号は外側歯車歯部を表す。

【数5】

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos(n * \alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) \pm r_2 * \sin(n * \alpha) \end{pmatrix} \quad (1)$$

【0618】

これは、パラメータ α を用いた歯車軌道のパラメータ表示である。軌道の法線は接線に対して垂直であるため、距離 d における等距離線は、以下の式 (2a) 及び (2b) によるパラメータ表示から得られることができ、

【数6】

$$x_a(\alpha) = x(\alpha) \pm \frac{d * y'(\alpha)}{\sqrt{x'(\alpha)^2 + y'(\alpha)^2}} \quad (2a)$$

$$y_a(\alpha) = y(\alpha) \mp \frac{d * x'(\alpha)}{\sqrt{x'(\alpha)^2 + y'(\alpha)^2}} \quad (2b)$$

ここで、角度が反時計回り方向である場合、上側の符号が外歯の歯車軌道に適用され、下側の符号が内歯の歯車軌道に適用される。ここで符号 x' 又は y' は、角度に対するそれぞれの導関数を意味する。

【0619】

HPD-E 変速機の特定の場合には、これは以下をもたらす。

【数 7】

$$\begin{aligned}
 x_d(\alpha) &= r_1 * \cos(\alpha) \pm r_2 * \cos(n * \alpha) \\
 &\quad + \frac{d * (r_1 * \cos(\alpha) \pm n r_2 * \cos(n * \alpha))}{\sqrt{r_1^2 + 2nr_1r_2(\sin(\alpha)\sin(n\alpha) \pm \cos(\alpha)\cos(n\alpha)) + n^2r_2^2}} \\
 &= r_1 * \cos(\alpha) \pm r_2 * \cos(n * \alpha) + \frac{d * (r_1 * \cos(\alpha) \pm n r_2 * \cos(n * \alpha))}{\sqrt{r_1^2 \mp 2nr_1r_2\cos((n \pm 1)\alpha) + n^2r_2^2}}
 \end{aligned}$$

$$y_d(\alpha) = r_1 * \sin(\alpha) \mp r_2 * \sin(n * \alpha) - \frac{d * (n r_2 * \sin(n * \alpha) + r_1 * \sin(\alpha))}{\sqrt{r_1^2 \mp 2nr_1r_2\cos((n \pm 1)\alpha) + n^2r_2^2}} \quad 10$$

【0620】

以下の境界条件がHPD-E変速機に適用される。

【数 8】

$$n * d_{pin} < h(D_1; r_1)$$

$$0 < d_{pin} < r_1.$$

ここでh(D₁, r₁)は、ピンリングの外周長さである。

【0621】

例えば、あるHPD-E変速機に関して、具体的には以下の表1の値を与えることができる。

【表 1】

変数	量	単位	意味／目的
n	58	1	ピンの数
tkpin	103	mm	ピン構成の基準円直径
dpin	3	mm	1つのピンの直径
Exver	0.75	mm	ピン構成の偏心オフセット
Bzinner	3	mm	歯車の内側の幅
Bzouter	3	mm	歯車の外側の幅
Lpin	3	mm	ピンの長さ
Gsi	0.0	mm	ピンと歯車の間の追加の内側バックラッシュ
Gsa	0.0	mm	ピンと歯車の間の追加の外側バックラッシュ

【0622】

最初の4つの値n、tkpin、dpin及びExverから、以下の表2の導出値が得られる。

10

20

30

40

50

【表 2】

変数	量	単位	式	意味／目的
r _{li}	51.5	mm	tkpin/2	周期の半径
r _{la}	51.5	mm	tkpin/2	周期の半径
r ₃	0.75	mm	Exver	周転円の半径
tpin	5.579	mm	tkpin* π /n	ピンのピッチ（接線方向）
Z _{inner}	148	1	n-1	内側歯車の歯の数
Z _{outer}	152	1	n+1	外側歯車の歯の数
i ₁	37	1	Z _{inner} /2	固定された外側歯車による伝動
i ₂	38	1	Z _{outer} /2	固定された内側歯車による伝動

10

【0623】

偏心を有するHPD変速機に関して上で示されたものと同様に、卵形のカムディスク及び変形可能な軸受を有するHPD変速機に関して、歯の形状を周転円構法によって、ただし一次及び二次周転円を用いることによって、得ることができる。このような変速機は、簡潔のために「HPD-F」変速機とも呼ばれる。

20

【0624】

HPD-F変速機の内歯に関して、歯車軌道は、半径 r_{-1} を有する周期、半径 r_{-2} を有する一次周転円、及び半径 r_{-3} を有する二次周転円の重ね合わせとして得られる。ここで、一次周転円は同一方向において周期より $(n-1)$ 倍速く回転し、そして二次周転円は反対方向において周期より $(n-3)$ 倍速く回転する。

【数9】

$$\overrightarrow{D_1 D_2} = f(r_1; \alpha) = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{D_2 D_3} = g(r_2; \beta) = \begin{pmatrix} r_2 * \cos(\beta) \\ r_2 * \sin(\beta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_2 * \cos((n-1) * \alpha) \\ r_2 * \sin((n-1) * \alpha) \end{pmatrix}$$

30

$$\overrightarrow{D_3 P} = h(r_3; \gamma) = \begin{pmatrix} r_3 * \cos(\gamma) \\ -r_3 * \sin(\gamma) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_3 * \cos((n-3) * \alpha) \\ -r_3 * \sin((n-3) * \alpha) \end{pmatrix}$$

【0625】

これら3つの運動の重ね合わせとして、HPD-F変速機の内側歯部の歯車軌道は、

【数10】

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos(\beta) + r_3 * \cos(\gamma) \\ r_1 * \sin(\alpha) + r_2 * \sin(\beta) - r_3 * \sin(\gamma) \end{pmatrix}$$

40

をもたらし、従って

【数11】

50

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos((n-1) * \alpha) + r_3 * \cos((n-3) * \alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) + r_2 * \sin((n-1) * \alpha) - r_3 * \sin((n-3) * \alpha) \end{pmatrix} \quad (3)$$

をもたらす。

【0626】

2つの内側の車、4つのピン、及び6つの外側の歯を用いる最も簡単な場合に関して、内側歯部の歯車軌道は次をもたらす。

【数12】

10

$$\begin{aligned} \vec{P} = \begin{pmatrix} x_P \\ x_P \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos(3 * \alpha) + r_3 * \cos(\alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) + r_2 * \sin(3 * \alpha) - r_3 * \sin(\alpha) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} (r_1 + r_3) * \cos(\alpha) + r_2 * \cos(3 * \alpha) \\ (r_1 - r_3) * \sin(\alpha) + r_2 * \sin(3 * \alpha) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

【0627】

20

r_1 、 r_2 及び r_3 の値に関して、特に次の値を用いることができる。 r_1 は、変形していないピン構成の基準円の直径の半分に相当することができ、 r_2 は、ピンのストロークの $3/8$ に相当することができ、 r_3 は、半径 r_2 の $1/3$ に相当することができる。ピンのストロークはやはり、カムディスクの最大半径と最小半径の間の差によって与えられる。

【0628】

別の実施形態では、パラメータ a 及び b によって決定される補正項が挿入される。この補正によると、半径 r_1 は有効半径 $r_1 + (a + b) / 2$ で置換され、半径 r_2 は有効半径 $r_2 - (b - a) / 2$ で置換される。この補正を考慮すると、

【数13】

30

$$\begin{aligned} \vec{P}(x, y, a, b) &= \\ \begin{pmatrix} r_{1,eff} * \cos(\alpha) + r_{2,eff} * \cos((n-1) * \alpha) + r_3 * \cos((n-3) * \alpha) \\ r_{1,eff} * \sin(\alpha) + r_{2,eff} * \sin((n-1) * \alpha) - r_3 * \sin((n-3) * \alpha) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

が得られ、ここで $r_{1,eff} = r_1 + (a + b) / 2$ 、及び $r_{2,eff} = r_2 - (b - a) / 2$ である。

【0629】

40

上述のHPD-E変速機の場合と同様に、歯の形状は、ピン半径の距離での歯車軌道に対する等距離線として生じ、これにはバックラッシュを考慮するために正の補正係数を加えてもよい。

【0630】

従って、外歯は、半径 r_1 を有する周期、半径 r_2 を有する一次周転円、及び半径 r_3 を有する二次周転円の重ね合わせとして得られる。ここで、一次周転円は反対方向において周期より $(n+1)$ 倍速く回転し、そして二次周転円は同一方向において周期より $(n+3)$ 倍速く回転する。

【0631】

よって、HPD-F変速機の外歯の歯車軌道に関して、以下の式が得られる。

【数14】

50

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos(\beta) + r_3 * \cos(\gamma) \\ r_1 * \sin(\alpha) - r_2 * \sin(\beta) + r_3 * \sin(\gamma) \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + r_2 * \cos((n+1) * \alpha) + r_3 * \cos((n+3) * \alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) - r_2 * \sin((n+1) * \alpha) + r_3 * \sin((n+3) * \alpha) \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0632】

それに応じて、上述の補正項は外歯の歯車軌道にも適用され、これによって以下の式が得られる。

10

【数15】

$$\vec{P}(x, y, a, b) =$$

$$\begin{pmatrix} r_{1,eff} * \cos(\alpha) + r_{2,eff} * \cos((n+1) * \alpha) + r_3 * \cos((n+3) * \alpha) \\ r_{1,eff} * \sin(\alpha) - r_{2,eff} * \sin((n+1) * \alpha) + r_3 * \sin((n+3) * \alpha) \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0633】

以下の条件が、周転円半径とピン半径の比、及びピン直径に対する一次周転円の周転円軌道の比に適用される。

20

【数16】

$$0 < r_{pin} < 2 * r_2$$

$$n * d_{pin} < f(r_1; r_2; \alpha; \beta)$$

【0634】

よって、 r_2 は常にピン半径の半分より大きく、 f は常にピン直径の n 倍より大きく、これはピンリングの周に関する下限である。

30

【0635】

例えば、あるHPD-F変速機に関して、具体的には以下の表3の値を与えることができる。

40

50

【表 3】

変数	量	単位	意味／目的
n	150	1	ピンの数
tkPnom	111.5	mm	ピン構成の基準円直径公称値（変形していない状態）
dpin	1.4	mm	1つのピンの直径
Stroke	1.29	mm	ピンのストローク（変速機中心からの）
aedFL	12.5	mm	可撓性軸受の等距離線（外側輪郭からカムディスクまで）
bFL	13	mm	可撓性軸受の幅
kwKS	0	mm	カムディスクの補正值（可撓性玉軸受におけるバックラッシュ及びカムディスクの変形の補償のため）
Bzinner	2.9	mm	歯車の内側の幅
Bzouter	3	mm	歯車の外側の幅
Lpin	3	mm	ピンの長さ
a	0.03	mm	歯の補正項 a、長軸及び荷重下での形状に対する適合
b	0.07	mm	歯の補正項 b、短軸及び荷重下での形状に対する適合
Gsi	0,0	mm	ピンと歯車の間の追加の内側バックラッシュ
Gsa	0,0	mm	ピンと歯車の間の追加の外側バックラッシュ

【0636】

上の表の最初の5つの値 n、tkPnom、dpin、Hub 及び aedFL から、以下の表 4 の導出値が HPD-F 変速機に関して得られる。

【表 4】

変数	量	単位	式	意味／目的
daLnom	110.1	mm	$tkPnom - dpin$	可撓性軸受の外径（公称値、変形していない状態）
diLnom	85.1	mm	$daLnom - 2 aedfl$	可撓性軸受の内径（公称値、変形していない状態）
KSA	86.39	mm	$diLnom + \text{ストローク}$	カムディスク、長軸「A」
KSa	83.81	mm	$diLnom - \text{ストローク}$	カムディスク、短軸「a」
r1	55.75	mm	$tkPnom / 2$	周期の半径
r2	0.484	mm	$Hub * 3/8$	一次周転円の半径
r3	0.161	mm	$r2 / 3$	二次周転円の半径
tpin	2.335	mm	$tkPnom * \pi / n$	ピンのピッチ（接線方向）
Zinner	148	1	$n - 2$	内側の歯の数
Zouter	152	1	$n + 2$	外側の歯の数
i1	37	1	$Zinner / 4$	固定された外側歯車による伝動
i2	38	1	$Zouter / 4$	固定された内側歯車による伝動

【0637】

HPD-F 変速機のピンの中心によって形成される軌道は、以下の2つのベクトルによって形成される正弦曲線を重ね合わせた円形から導かれる。

【数17】

$$\begin{aligned}\overrightarrow{D_1 D_2} &= f(r_1; \alpha) = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) \end{pmatrix} \\ \overrightarrow{D_2 M_{Pin}} &= h(r_2 + r_3; \beta) = \begin{pmatrix} (r_2 + r_3) * \cos(3\alpha) \\ (r_2 + r_3) * \sin(3\alpha) \end{pmatrix}\end{aligned}\quad 10$$

【0638】

ピンの中心点の軌道は、以下の2つのベクトルを加算することによって得られる。

【数18】

$$\begin{pmatrix} x_{M_{Pin}} \\ y_{M_{Pin}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 * \cos(\alpha) + (r_2 + r_3) * \cos(3\alpha) \\ r_1 * \sin(\alpha) + (r_2 + r_3) * \sin(3\alpha) \end{pmatrix} \quad (7) \quad 20$$

【0639】

HPD-E 変速機に関して、ピンの中心点の軌道は半径 r_1 を有する円であり、これはピンのストロークの半分だけ、又は変速機中心軸 515 に対する偏心オフセットだけ、オフセットされている。ピンの中心点の各軌道は、駆動されたトランスミッタにより、変速機中心軸 515 を中心に入力シャフトの速度で回転する。これは、個々のピンの軌道ももたらし、これらのピンはこの回転軌道を中心に、出力伝動部分の角速度で回転する。

【0640】

図100～103は、2つの内側歯車の歯及び4つの外側歯車の歯を有するHPD-E 変速機の内側歯車歯部に関する、歯車軌道及びそれに対する等距離線の生成を示す。同様に、図104～107は、HPD-E 変速機の外側歯車歯部に関する、歯車軌道及びそれに対する等距離線の生成を示す。 30

【0641】

内側歯車歯部の歯面は、歯車軌道 518 に対する、ピン半径の半分の距離での等距離線 519 によって生成される。図100～103では、ピンの断面を円520で表す。ここで等距離線は、変速機中心軸 515 に近い内側等距離線を意味する。

【0642】

歯車軌道 518 での位置 521 は、図96にも示されるように、周期ベクトルと周転円ベクトルの合計又は重ね合わせとして与えられる。

【0643】

外側歯車歯部の歯面は、歯車軌道 518 に対する、ピン半径の半分の距離での等距離線 519 によって生成される。図104～107では、ピンの断面を円520で表す。ここで、等距離線は、変速機中心軸 515 から遠い外側等距離線を意味する。 40

【0644】

図108は、以下の表5のパラメータを用いて3つのピンを有するHPD-E 変速機に関して得られた、内側歯車及び外側歯車に関する歯の形状を示す。

【表 5】

変数	量	意味
dbearing	50mm	軸受の直径
dpin	20mm	ピン直径
Exver	5mm	偏心オフセット
Stroke	10mm	ピンのストローク ($=Exver \times 2$)
Tkpin	70mm	ピンのピッチ円

10

【0645】

周期半径は、 $0.5 \times (dbearing + dpin) = 35mm$ に設定され、周転円半径は、偏心オフセット $Exver$ の $5mm$ に等しく設定される。

【0646】

図109～111は、図95に立体分解図で示されている、3つのピンを有するHPD-E変速機510'の様々な図を示す。

【0647】

図109は、偏心ディスク514の側からのHPD-E変速機510'の平面図を示す。

【0648】

図110は、図109に示された切断線A-Aに沿ったHPD-E変速機510'の断面図を示す。

20

【0649】

図111は、内側歯車507の側からのHPD-E変速機510'の平面図を示す。

【0650】

図112は、上述のパラメータを備えた、58個のピンを有するHPD-E変速機に関して得られた別の歯の形状を示す。ここで、内側歯車歯部は、内側歯車の歯車軌道528に対する等距離線529から得られ、外側歯車歯部は、外側歯車の歯車軌道528'に対する等距離線529'から得られる。

【0651】

図113は、上述のパラメータを備えた、150個のピンを有するHPD-F変速機に関して得られた別の歯の形状を示す。ここでは分かりやすくするために、関連する歯車軌道は示されておらず、歯の形状を定める等距離線529、529'だけが示されている。

30

【0652】

例示のために、図112には合計58個のピンのうちの2つのピン1が示されており、また図113には合計150個のピンのうちの3つのピン1が示されている。ピン1の各中心点は、図112に示されるように、内側歯車の歯車軌道528と外側歯車の歯車軌道528'の交点付近にある。

【0653】

図114は、図113の変速機の内側歯車の歯車軌道528、及び関連する等距離線529を示す。

40

【0654】

図115は、補正なしの周転円構法によって製造された歯部の当初輪郭525と、147時間の作動後に摩耗した歯部527と、減少の影響が準備によって既に考慮された補正済みの歯部526を示す。変速機の慣らし運転中に、トルクは一方向のみに伝動されるため、摩耗は主に歯の右側面で発生した。より良好な例示のために、図115は、根部の円又は当初輪郭525の対称軸などの、追加の補助線を含む。

【0655】

この準備は、例えばHPD-F変速機に関して上述された補正係数 a 及び b によって考慮に入れることができる。この補正は、HPD-F変速機の歯部は、HPD-E変速機の丸

50

みを帯びた歯の形状に比べてより鋭い歯の形状を有し、作動中に丸められることによってより大きく変化するので、特にHPD-F変速機の歯部に関連する。

【0656】

図115の例におけるような、歯面に対する片側だけの応力は、車両の駆動において一般的に与えられる。片側だけの応力が存在する場合、非対称補正の適用が有用となり得る。周転円構法では、これは1つ以上の周転円の角度に依存した半径によって考慮されることができ、ここで周転円半径は、開始角度に到達した時に、内側歯車歯部に関して比較的小さい半径が得られ、そして外側歯車歯部に関して比較的大きい半径が得られるようにして選択され、その開始角度は、選択された回転方向において、歯の中心より前に位置する。

【0657】

次にこの半径を、終了角度に到達するまで当初輪郭525の半径に連続的に近づけ、ここでその終了角度は、特に歯の基部の角度位置によって与えられることができる。例えば、当初曲線の周転円半径と補正済み曲線の周転円半径の間の差は、線形関数、多項式、ガウス曲線、指数関数、又は角度関数に従って、ゼロまで減少し得る。

【0658】

例えば図95に示されるような、2つの外側歯車と1つだけの内側歯車とを有する2.5列変速装置では、外側歯車に対してよりも内側歯車に対して大きな力が伝動される。その結果、内側歯車において摩耗が多く発生する。このため、内側歯車歯部のみに対して補正を提供することが有用となり得る。更に、内側歯車を2つの外側歯車よりも硬質の材料で製造することが有用となり得る。例えば内側歯車を鋼で作ることができ、1つ以上の外側歯車をプラスチックで作ることができる。好適な材料としては、例えばクロムモリブデン鋼及びポリアミドが挙げられる。図116は、図98及び99に示されている周転円構法に従った歯部、及び一体的に形成されたピンリング530を有する、HPD-F変速機の細部を示す。図113の実施形態とは異なり、牽引手段は、弾性のピン保持リング503内に挿入された円筒状のピン501によって形成されるのではなく、一体的に形成されたピンリング530によって形成される。この一体的に形成されたピンリング530は、内歯及び外歯を備え、これらの歯の先端は力伝達領域において丸みを帯びている。

【0659】

ピン501の代わりに、一体的に形成されたピンリング530は内歯及び外歯を備え、その内歯及び外歯は、円弧形状の外側領域又は歯531と、円弧形状の内側領域又は歯532とをそれぞれ備え、これらは遷移領域533によって相互接続される。

【0660】

ピンリング530の外側歯部の歯の基部532は、各場合において内側歯部の歯531と対向しており、そして内側歯部の歯531は、各場合において外側歯部の歯の基部532と対向している。外側及び内側歯部の歯531の数は、図113の実施形態ではピンの数と対応している。従ってピンリング530の各歯部は、内側歯車より2つ多い歯及び外側歯車より2つ少ない歯を備える。

【0661】

一体型のピンリング530は、ゴム、プラスチック若しくは金属などの弾性材料、又は複合弾性材料から形成される。特にピンリング530は、環状要素のフライス削りによって形成されることができる。ピンリング530はHPD-E変速機に使用されてもよく、この場合には歯の数は、内側歯車の歯の数より1大きく、外側歯車の歯の数より1少ない。

【0662】

図117は、所定の歯形536の内側包絡線533及び外側包絡線534によって定められる公差範囲535を示す。第1の測定方法によると、測定対象の歯形537は、それが所定の歯形536から距離 Δ （デルタ）を有する包絡線536、537内にある場合に、所定の歯形536と一致すると考えられる。

【0663】

距離 Δ は、例えば歯の幅 s の一部、歯のピッチ p の一部、歯車の中心軸からの距離 r の一部、又は絶対的に予め定められたものにされることができる。この場合、歯の幅 s は例え

10

20

30

40

50

ば、歯の基部と歯の先端の間の中間点で、又は形状曲線 5 3 6 の変曲点の高さで測定されることができる。歯部の寸法に応じて、値デルタは例えば 0.5 mm、0.2 mm 若しくは 0.08 mm にされることができ、又は例えば歯の幅 s の 5 %、1 %、0.5 % 若しくは 0.2 % にされることができ。

【0664】

更なる比較方法によると、比較値を、複数の所定の測定点における所与の形状に対する距離の平均によって、例えば算術平均値又は平方平均値として決定する。歯部の寸法に応じて、例えば $\leq 0.5 \text{ mm}$ 、 $\leq 0.2 \text{ mm}$ 又は $\leq 0.08 \text{ mm}$ の比較値を、所定の形状 5 3 6 との良好な一致とみなすことができる。その距離は、特に所定の形状曲線 5 3 6 に対して垂直に測定されることができる。更なる比較方法を、上述の工業規格から得ることができる。

10

【0665】

特に、所定の歯形 5 3 6 は、本明細書に従って得られる歯形にされることができ、これは例えば上述の式 (1)、(3) 又は (5) によって事前に定められる。式 (1)、(3) 及び (5) は一連の形状曲線を記載しており、その一連の形状曲線から、測定対象の歯と選択された形状曲線との比較値が所与の境界条件下で最小となる形状曲線が選択される。例えば、境界条件は測定対象の歯部から決定され、三角関数の引数において半径の合計と数 n を予め特定することができる。

【0666】

このアプローチでは、歯面の線の偏差、ピッチの偏差及び振れなどの、所定の歯部と比較した測定対象の歯部の更なる偏差は考慮されないままである。これはとりわけ、所与の側面視で個々の歯のみを比較することによって、又はこのようなずれを測定される偏差に含めることによってなされることができる。

20

【0667】

図 1 1 8 は、形状の変位によって定められる歯形の公差範囲 5 3 5 ' を示す。外側の曲線 3 4 ' は、径方向において距離デルタだけ外向きに変位した形状 5 3 6 によって与えられ、内側の曲線 5 3 3 ' は、径方向において距離デルタだけ内向きに変位した形状 5 3 6 によって与えられる。

【0668】

図 1 1 7 の例と同様に、測定対象の歯形は、全ての測定点、又は統計的には例えば全ての測定点のうちの 95 % において、外側の曲線 5 3 4 ' 及び内側の曲線 3 3 ' によって定められる公差範囲内にあるならば、所与の形状と一致するとみなされることができる。

30

【0669】

回転子シャフト、出力要素及びそれに接続された出力シャフトの軸受に特に関連する本明細書の軸受の概念によると、3つの軸受が備えられ、そこにハウジング内において上述の構成部品が取り付けられる。特に出力要素及び出力シャフトは、2つの斜めに対向する軸受によって、回転子シャフトに対して内向きに及びハウジングに対して外向きに支持されるようにして構成される。

【0670】

更に、回転子シャフトに2つの更なる軸受によって支持されるペダルシャフトが存在する場合、この3つの軸受構成は5つの軸受構成へと拡張される。この場合、出力要素に接続された中空出力シャフトは外側中空出力シャフトを形成し、これは外側フリーホイールを介して更なる中空出力シャフトに接続される。更に、ペダルシャフトは内側フリーホイールを介して中空出力シャフトに接続され、例えば図 6 7 ~ 7 6 に示されている遊星歯車装置により、増速伝達をペダルシャフトと出力シャフトの間で切り替えることができる。

40

【0671】

有利には、内側歯車及び出力シャフトは、2つの相互接続された中空シャフトによって単一部品として作られることができ、中空出力シャフトは内側歯車よりも小さな直径を備える。そして、内側軸受を中空出力シャフトの内側肩部に配置してもよく、斜めに対向する外側軸受を中空出力シャフトの外側肩部に配置してもよく、ここでこの外側肩部は、内側

50

歯車と中空出力シャフトの間の接続領域に位置する。

【0672】

本明細書では、玉軸受が概して転がり軸受に使用されることもできる。ローラ軸受は特に、支持の役割を果たす軸受に使用されることができる。カムディスク又は偏心ディスクに配置される減速歯車の軸受については、複数のボールを有する玉軸受を使用することが好ましいが、ローラ軸受も使用することができる。

【0673】

図119は、第1の歯車装置の概略図を示す。

【0674】

この歯車装置では、駆動トルクはモータから減速歯車へ、そして減速歯車から出力シャフトへと伝達され、ここで減速歯車は、例えば概略図121～124に示されるような、本明細書に記載されているタイプの変速機である。

【0675】

特に、モータは、3相外部回転子ロータなどの電気モータにされることができる。本明細書で言及されている全ての減速歯車は、図119に示されるように、クランクシャフトを用いずにモータ歯車ユニット内に、例えばギヤードモータ内に設置されることができる。この場合、ペダルシャフトに配置された構成部品は除外される。このような設計は、例えばロボットアームに好適である。

【0676】

図120は、別の歯車装置の概略図を示す。

【0677】

この歯車装置では、駆動トルクはモータから減速歯車へ、そして減速歯車から2つのフリーホイールの外側フリーホイール及び出力シャフトへと伝達される。

【0678】

別の駆動トルクは、ペダルシャフトから2つのフリーホイールの内側フリーホイール及び出力シャフトへと伝達される。ペダルシャフトの代わりに、別のタイプのクランクシャフト、又は通常は駆動シャフトを備えてもよい。一般に、内側駆動シャフトを別のモータによって又は風力若しくは水力などの別の機械的駆動によって、駆動してもよい。

【0679】

図121は、本明細書によるフレクスブライン又はテンションシャフトドライブの概略図を示す。このフレクスブラインドライブでは、モータトルクはトランスミッタへ、そしてトランスミッタからフレクスブラインへと伝達される。フレクスブラインは、例えば変形可能な玉軸受によって、トランスミッタに回転可能に設置される。

【0680】

フレクスブラインは、ハウジングに固定された静止した外側歯車に支持される。この支持は双方向矢印で示されている。従って外側歯車及びハウジングは、出力の反力を吸収する。

【0681】

図122は、ハーモニックピンリングドライブの概略図を示す。モータ動力はトランスミッタへ、そしてトランスミッタからピンリングへと伝達される。ピンリングは、例えば変形可能な玉軸受によって、トランスミッタに回転可能に設置される。

【0682】

出力トルクは、ピンリングから回転可能に設置された内側歯車へ、及びピンリングから出力シャフトへと伝達される。ピンリングは、ハウジングに固定された静止した外側歯車に支持され、これもまた双方向矢印で示されている。従って外側歯車及びハウジングは、出力の反力を吸収する。

【0683】

図123は、本明細書による偏心変速機の概略図を示す。モータトルクは1つ以上の偏心ディスクへ、そしてその偏心ディスクから1つ以上の内側歯車へと伝達される。内側歯車はそれぞれ、偏心ディスクの軸受によって回転可能に支持される。軸受及びジャーナルの配置によって、トルクは出力プレートに伝達される。

10

20

30

40

50

【0684】

軸受及びジャーナルの配置は、1：1の比を有するセンタリング装置又はセンタリング変速機を表す。特に、互いに180°オフセットされた2つの偏心ディスクを備えることができる。

【0685】

図124～126は、テンションシャフト変速機を用いた更なるモータ変速機ユニットを示す。図82の実施形態とは異なり、ここでのテンションシャフト453'は、テンションシャフト453がリベットで外側出力シャフト458に取り付けられるのではなく、外側出力シャフト458に形成される。テンションシャフト435を有する外型出力シャフト458は、斜めに対向する玉軸受30、31に支持される。これは、玉軸受30、31、29を用いる3つの軸受構成、又は玉軸受30、31、29、45、46を用いる5つの軸受構成に対応する。外側出力シャフト458と同様に、出力シャフト39もまた、スペースを節約する方法で、斜めに互いにオフセットされたわずか2つの玉軸受46、41に取り付けられる。

【0686】

上述した、例えば図1に関連して上述した構成部品については、ここで再び説明せず、また分かり易さのために全体として符号を別に付さない。

【0687】

図94～123の実施形態の特徴は、以下のリストの特徴にも開示され、これらは本明細書の他の特徴と組み合わせられることもできる。特に、上述の歯部の形状は、本明細書の全ての変速機と組み合わせられることができ、ここで2つの周転円による周転円歯車軌道に基づく歯部は、卵形のトランスミッタを有する変速機に使用されることが好ましく、そして1つの周転円による歯車軌道に基づく歯部は、偏心変速機に使用されることが好ましい。

【0688】

対向する歯部、及び存在するならば中間伝動手段の寸法設定は、特に、ピンリング変速機、テンションシャフト変速機又はサイクロイド歯車のいずれにおいても、完全な歯の係合が存在するようにして本明細書に従って選択されることができ、ここでピンリング変速機及びテンションシャフト変速機は、偏心トランスミッタを有する設計として、又は卵形のトランスミッタを有する設計として、構成されることができる。

【0689】

1. ハーモニックピンリング変速機であって、
—第1の歯部を有する第1の歯車と、
—第2の歯部を有する第2の歯車と、
—丸みを帯びた係合領域を有するピンリングと、
—前記ピンリングの前記係合領域を、前記第1の歯車の前記第1の歯部及び前記第2の歯車の前記第2の歯部に引き込むための回転トランスミッタと
を備え、前記第1の歯車、前記回転トランスミッタ、及び前記第2の歯車は互いに同心に配置され、前記回転トランスミッタは、前記ピンリングの径方向内側に配置され、前記ピンリングは、前記第1の歯車と前記第2の歯車の間に配置され、前記回転トランスミッタは、変速機中心軸に対して偏心して配置されたトランスミッタディスクを備え、前記第1の歯車の前記第1の歯部及び前記第2の歯車の前記第2の歯部は、周転円構法に従って形成され、
前記第1の歯部及び前記第2の歯部のそれぞれの歯面での位置は、周期角度の関数として、前記変速機中心軸からの径方向距離として決定され、
前記径方向距離は、歯車軌道に対する等距離線によって決定され、前記歯車軌道での位置はそれぞれ、周期ベクトル及び周転円ベクトルのベクトル和によって決定され、前記周期ベクトルの後端は前記変速機中心軸にあり、前記周転円ベクトルの後端は前記周期ベクトルの先端にあり、前記周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度よりn倍大きく、前記周期角度の長さは前記周転円角度の長さより長く、nは、前記ハーモニックピンリング変速機の丸みを帯びた係合領域の数であって少なくとも3である、ハーモニックピンリング

変速機。

【0690】

2. 前記第1の歯車は外歯を有する内側歯車であり、前記第2の歯車は内歯を有する外側歯車であり、前記内側歯車の前記外歯に関して、前記周転円角度は前記周期角度と同一方向において測定され、前記等距離線は内側等距離線であり、前記外側歯車の前記内歯に関して、前記周転円角度は前記周期角度と反対方向において測定され、前記等距離線は外側等距離線である、第1項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0691】

3. 前記第1の歯車及び前記第2の歯車はそれぞれ、内歯を有する外側歯車であり、2つの前記外側歯車の前記内歯に関して、前記周転円角度は前記周期角度と反対方向において測定され、前記等距離線は外側等距離線である、第1項に記載のハーモニックピンリング変速機。

10

【0692】

4. それぞれの前記等距離線は、前記丸みを帯びた係合領域の半径と補正値の合計の距離での等距離線であり、前記補正値はバックラッシュに依存する、第3項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0693】

5. 前記ハーモニックピンリング変速機は、前記トランスミッタディスクに当接する転がり軸受を備え、前記周期半径は、前記転がり軸受の直径の半分に等しい、第3項又は第4項に記載のハーモニックピンリング変速機。

20

【0694】

6. 前記周期半径は、前記トランスミッタディスクの直径の半分に等しい、第3項又は第4項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0695】

7. 前記周転円半径は、前記トランスミッタディスクが前記変速機中心軸からオフセットされる偏心オフセットの半分に等しい、第3項～第6項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0696】

8. 駆動シャフトが前記回転トランスミッタに接続される、第3項～第7項との交点のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

30

【0697】

9. 出力シャフトが前記第1の歯車に接続される、第8項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0698】

10. 出力シャフトが前記第2の歯車に接続される、第8項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0699】

11. 出力シャフトが前記ピンリングに接続される、第8項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0700】

40

12. 外歯を有する、ハーモニックピンリング変速機のための内側歯車であって、前記外歯の歯面は、周期角度の関数として、前記内側歯車の中心軸からの径方向距離によって決定され、

前記中心軸からの径方向距離は、歯車軌道に対する内側等距離線によって決定され、前記歯車軌道での位置は、周期ベクトル、第1の周転円ベクトル及び第2の周転円ベクトルのベクトル和によって決定され、前記周期ベクトルの後端は前記中心軸にあり、前記第1の周転円ベクトルの後端は前記周期ベクトルの先端にあり、前記第2の周転円ベクトルの後端は前記第1の周転円ベクトルの先端にあり、

前記第1の周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度より $n-1$ 倍大きく、前記第2の周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度より $n-3$ 倍大きく、ここで n は、前記ハー

50

モニックピンリング変速機のピンの数であって少なくとも4であり、前記第1の周転円角度は前記周期角度と同一方向において測定され、前記第2の周転円角度は前記周期角度と反対の方向において測定され、前記周期ベクトルの長さは、前記第1の周転円ベクトルと前記第2の周転円ベクトルの長さの和より長く、前記第1の周転円ベクトルの長さは、前記第2の周転円ベクトルの長さより長い、内側歯車。

【0701】

13. 内歯を有する、ハーモニックピンリング変速機のための外側歯車であって、前記内歯の歯面での位置はそれぞれ、周期角度の関数として、前記外側歯車の中心軸からの径方向距離によって決定され、

前記径方向距離は、歯車軌道に対する外側等距離線によって定められ、

前記歯車軌道での位置はそれぞれ、周期ベクトル、第1の周転円ベクトル及び第2の周転円ベクトルのベクトル和によって決定され、前記周期ベクトルの後端は前記中心軸にあり、前記第1の周転円ベクトルの後端は前記周期ベクトルの先端にあり、前記第2の周転円ベクトルの後端は前記第1の周転円ベクトルの先端にあり、

前記第1の周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度より $n+1$ 倍大きく、前記第2の周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度より $n+3$ 倍大きく、ここで n は、前記ハーモニックピンリング変速機のピンの数であって少なくとも4であり、前記第1の周転円角度は前記周期角度と反対の方向において測定され、前記第2の周転円角度は前記周期角度と同一方向において測定され、前記周期ベクトルの長さは、前記第1の周転円ベクトルと前記第2の周転円ベクトルの長さの和より長く、前記第1の周転円ベクトルの長さは、前記第2の周転円ベクトルの長さより長い、外側歯車。

【0702】

14. ハーモニックピンリング変速機であって、

—第12項に記載の内側歯車と、

—第13項に記載の外側歯車と、

—丸みを帯びた係合領域を有するピンリングと、

—前記ピンリングの前記係合領域を、前記外側歯車の内歯及び前記内側歯車の外歯に引き込むための回転トランスミッタと

を備え、前記内側歯車、前記回転トランスミッタ、及び前記外側歯車は互いに同心に配置され、前記回転トランスミッタは、前記ピンリングの径方向内側に配置され、前記ピンリングは、前記内側歯車と前記外側歯車の間に配置される、ハーモニックピンリング変速機。

【0703】

15. ハーモニックピンリング変速機であって、

—第13項に記載の第1の外側歯車と、

—第13項に記載の第2の外側歯車と、

—丸みを帯びた係合領域を有するピンリングと、

—前記ピンリングの前記係合領域を、前記第1の外側歯車の内歯及び前記第2の外側歯車の内歯に引き込むための回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタ、前記第1の外側歯車、及び前記第2の外側歯車は互いに同心に配置され、前記回転トランスミッタは、前記ピンリングの径方向内側に配置され、前記ピンリングは、前記第1の外側歯車と前記第2の外側歯車の間に軸方向に配置される、ハーモニックピンリング変速機。

【0704】

16. 駆動シャフトが前記回転トランスミッタに接続される、第14項又は第15項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0705】

17. 出力シャフトが前記ピンリングに接続される、第16項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0706】

18. 駆動シャフトが前記回転トランスミッタに接続され、出力シャフトが前記内側歯車

に接続される、第 14 項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0707】

19. 駆動シャフトが前記回転トランスミッタに接続され、出力シャフトが前記外側歯車に接続される、第 14 項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0708】

20. 駆動シャフトが前記回転トランスミッタに接続され、出力シャフトが 2 つの前記外側歯車のうちの一方に接続される、第 15 項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0709】

21. それぞれの等距離線は、前記丸みを帯びた係合領域の半径と補正值の合計の距離での等距離線であり、前記補正值はバックラッシュによって決定される、第 14 項～第 20 項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

10

【0710】

22. 前記回転トランスミッタは、卵形形状のカムディスクと、前記卵形形状のカムディスクに当接した可撓性転がり軸受とを備え、周期半径は、前記可撓性転がり軸受の直径の半分と補正值の和に等しい、第 14 項～第 21 項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0711】

23. 前記回転トランスミッタは、変速機中心軸に対して偏心して配置された第 1 の円形ディスクと、前記変速機中心軸に対して偏心して配置された第 2 の円形ディスクとを備え、周期半径は、前記 2 つの偏心して配置された前記円形ディスクの包絡線の平均半径と補正值の合計に等しい、第 14 項～第 21 項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

20

【0712】

24. 第 1 の周転円半径は、ピンリングストロークの半分と第 2 の補正值の合計以下であり、前記第 2 の補正值はゼロ以下である、第 14 項～第 23 項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0713】

25. 第 2 の周転円ベクトルの長さは、第 1 の周転円ベクトルの長さの $1/3$ である、第 14 項～第 24 項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0714】

図 1～92 の実施形態の特徴は、以下のリストの特徴にも開示され、これらは本明細書のあらゆる他の特徴と組み合わせられることもできる。

30

【0715】

1. 入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第 1 の外側歯車と、
- －第 1 の軸直角平面において前記第 1 の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第 2 の軸直角平面に配置された第 2 の外側歯車と、
- －前記第 1 の外側歯車と前記内側歯車の間に延在する牽引手段と、
- －前記牽引手段を前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第 1 の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

40

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第 1 の軸直角平面と前記第 2 の軸直角平面の間に位置する第 3 の軸直角平面に配置され、

前記カムディスクは、前記中空駆動シャフトと単一部品として形成される、ハーモニックピンリング変速機。

【0716】

2. 前記牽引手段はピンリングとして形成され、ピンが 2 つの反対側の側部において中央部分から突出し、前記中央部分は前記第 3 の軸直角平面に配置され、前記回転トランスミッタは、前記ピンを前記内側歯車の外周から持ち上げ、前記ピンを前記第 1 の外側歯車の

50

内周に押し付ける、第1項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0717】

3. 前記カムディスクの外周は卵形形状を有する、第1項又は第2項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0718】

4. 前記カムディスクの外周は円形状を有し、変速機中心軸に対して偏心して配置される、第1項又は第2項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0719】

5. 転がり軸受が前記カムディスクと前記牽引手段の間に配置される、第1項～第4項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0720】

6. 前記回転トランスミッタは本質的にアルミニウムからなる、第1項～第5項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0721】

7. 前記回転トランスミッタは、接続用支柱を介して前記中空駆動シャフトに接続されたリングを備える、第1項～第6項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0722】

8. 入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第1の外側歯車と、
- －第1の軸直角平面において前記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第2の軸直角平面に配置された第2の外側歯車と、
- －前記第1の外側歯車と前記内側歯車の間に延在する牽引手段と、
- －前記牽引手段を前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第1の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第1の軸直角平面と前記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置され、前記第1の外側歯車は第1の外側リングによって形成され、前記第2の外側歯車は第2の外側リングによって形成され、前記第1の外側リング及び第2の外側リングは支持リング内に挿入される、ハーモニックピンリング変速機。

【0723】

9. 前記第1の外側リング及び前記第2の外側リングはそれぞれ、プラスチックで作られる、第8項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0724】

10. 前記第1の外側リング及び前記第2の外側リングのそれぞれが、それぞれの前記外側リングの外周に分布する、径方向外向きに突出したジャーナルを備え、前記支持リングは、前記ジャーナルが挿入される適合する凹部を備える、第8項又は第9項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0725】

11. 前記支持リングはアルミニウムで作られる、第8項～第10項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0726】

12. 前記支持リングは、軸方向で当接する2つの部分リングを備える、第8項～第11項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0727】

13. 前記第1の外側リング、前記第2の外側リング、及び前記支持リングは、互いに適合するねじ穴を備える、第8項～第12項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0728】

14. ねじが、変速機カバーのねじ穴、並びに前記第1の外側リング、前記支持リング及

10

20

30

40

50

び前記第 2 の外側リングの前記適合するねじ穴を通過して、前記ハーモニックピンリング変速機の変速機ハウジングのねじにねじ込まれる、第 1 3 項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0729】

15. 入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第 1 の外側歯車と、
- －第 1 の軸直角平面において前記第 1 の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第 2 の軸直角平面に配置された第 2 の外側歯車と、
- －前記第 1 の外側歯車と前記内側歯車の間に延在する牽引手段と、
- －前記牽引手段を前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第 1 の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第 1 の軸直角平面と前記第 2 の軸直角平面の間に位置する第 3 の軸直角平面に配置され、

前記変速機は、モータフリーホイールを介して前記内側歯車に設置される中空出力シャフトと、ペダルシャフトフリーホイールを介して前記中空出力シャフトに設置されるペダルシャフトとを備え、前記ペダルシャフトは、外周に前記モータフリーホイールのための受承領域を備え、内周に前記ペダルシャフトフリーホイールのための受承領域を備える、ハーモニックピンリング変速機。

【0730】

16. 前記モータフリーホイールはクランプローラフリーホイールとして構成され、前記ペダルシャフトフリーホイールは歯止めフリーホイールとして構成される、第 1 5 項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0731】

17. 前記出力シャフトは、前記中空駆動シャフトの出力側において軸方向に延び、玉軸受が前記中空出力シャフトと前記ペダルシャフトの間に配置され、前記中空出力シャフトは、出力要素のための固定領域を備える、第 1 5 項又は第 1 6 項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0732】

18. 外側のクランプローラフリーホイール及び内側の歯止めフリーホイールを有するフリーホイールアセンブリであって、

- －中空駆動シャフトと、
- －中空出力シャフトと、
- －ペダルシャフトと

を備え、前記ペダルシャフト、前記中空出力シャフト、及び前記中空駆動シャフトは互いに対して同心に配置され、前記中空出力シャフトは、前記中空駆動シャフトの径方向内側に配置され、前記ペダルシャフトは、前記中空出力シャフトの径方向内側に配置され、前記中空出力シャフトは、内周に階段状歯止め係合領域を備え、外周に階段状クランプローラ転動領域を備え、前記ペダルシャフトは、歯止めのための星形受承領域を備え、該星形受承領域は、歯止め台座と、該歯止め台座に隣接して配置されたバネ台座とを備える、フリーホイールアセンブリ。

【0733】

19. 前記中空出力シャフトの前記外周の前記階段状クランプローラ転動領域、及び前記中空出力シャフトの前記内周の前記階段状歯止め係合領域は、本質的に同一の軸直角平面に位置する、第 1 8 項に記載のフリーホイールアセンブリ。

【0734】

20. 前記中空駆動シャフトは、外歯を有するディスク状領域を備え、前記外歯は、前記ディスク状領域の外周に備えられる、第 1 8 項又は第 1 9 項に記載のフリーホイールアセンブリ。

【0735】

21. 前記中空出力シャフトは、第1の端部に環状の肉厚部分を備え、前記第1の端部の反対側の第2の端部に、出力手段のための固定領域を備える、第18項～第20項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0736】

22. 前記中空出力シャフトの前記外周は、玉軸受のための軸受領域を備える、第18項～第21項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0737】

23. 前記中空出力シャフトの前記内周は、玉軸受のための軸受領域を備える、第18項～第22項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0738】

24. 前記中空出力シャフトの前記内周は、一方の端部に雌ねじを備える、第18項～第23項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0739】

25. 前記歯止め台座に回転可能に設置された歯止めと、前記バネ台座に配置されて前記歯止めに接続されたバネ要素と、

ウェブと、該ウェブの間に配置されたクランプローラとを有するフリーホイールケージとを更に備え、前記フリーホイールケージ及び前記クランプローラは、前記中空出力シャフトの前記クランプローラ回転領域と前記中空駆動シャフトの内周の間に径方向に配置される、第18項～第24項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0740】

26. 前記歯止め台座は円筒状であり、一方の端部は壁によって閉鎖され、反対側の端部は開放されている、第18項～第25項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0741】

27. 前記階段状クランプローラ回転領域及び前記フリーホイールケージはそれぞれ、バネ要素のための少なくとも2つの受承領域を備え、各場合において、前記バネ要素は、前記クランプ本体回転領域の受承領域と前記フリーホイールケージの受承領域の間に配置される、第18項～第26項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0742】

28. 前記ペダルシャフトは力センサユニットを備え、該力センサユニットはロードセル及びペダルシャフト玉軸受を備え、前記ロードセルは前記ペダルシャフト玉軸受に配置される、第18項～第27項のいずれかに記載のフリーホイールアセンブリ。

【0743】

29. 前記ロードセルは、固定突起を介して外側環状部分に取り付けられた内側環状部分を備え、前記ペダルシャフト玉軸受は前記内側環状部分に挿入される、第28項に記載のフリーホイールアセンブリ。

【0744】

30. 前記ロードセルの前記内側部分及び前記外側部分は互いに対して径方向にオフセットされ、前記固定突起は、径方向スロットによって横方向での境界を定められ、前記固定突起のうちの少なくとも2つは歪みゲージを備える、第29項に記載のフリーホイールアセンブリ。

【0745】

31. 前記外側リングの軸方向厚さは、前記固定突起の領域で減少する、第29項又は第30項に記載のフリーホイールアセンブリ。

【0746】

32. フリーホイールアセンブリのためのペダルシャフトであって、該ペダルシャフトは、ペダルクランクのための第1の端部での第1の固定領域と、ペダルクランクのための前記第1の端部の反対側の第2の端部での第2の固定領域とを備え、前記ペダルシャフトは、前記第1の端部の付近に、歯止めのための星形受承領域を備える、ペダルシャフト。

【0747】

３３．前記星形受承領域は段を備え、それぞれの前記段は、第１の側面と、第２の側面と、周方向に対して所定方向に傾斜した、バネ台座を備える歯止め支持領域と、外周に対して本質的に平行な上面と、歯止め台座を有する端部領域とを備え、前記歯止め台座は円筒状であり、軸方向の一方で開放され、軸方向反対側で閉鎖されている、第３２項に記載のペダルシャフト。

【０７４８】

３４．入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第１の外側歯車と、
- －第１の軸直角平面において前記第１の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第２の軸直角平面に配置された第２の外側歯車と、
- －前記第１の外側歯車と前記内側歯車の間に延在する牽引手段と、
- －前記牽引手段を前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第１の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第１の軸直角平面と前記第２の軸直角平面の間に位置する第３の軸直角平面に配置され、

前記変速機は、モータフリーホイールを介して前記内側歯車に設置される中空出力シャフトと、ペダルシャフトフリーホイールを介して前記中空出力シャフトに設置されるペダルシャフトとを備え、前記ペダルシャフトは、外周に前記モータフリーホイールのための受承領域を備え、内周に前記ペダルシャフトフリーホイールのための受承領域を備える、ハーモニックピンリング変速機。

【０７４９】

３５．前記モータフリーホイールはクランプローラフリーホイールとして構成され、前記ペダルシャフトフリーホイールは歯止めフリーホイールとして構成される、第３４項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【０７５０】

３６．前記出力シャフトは、前記中空駆動シャフトの出力側において軸方向に延び、玉軸受が前記中空出力シャフトと前記ペダルシャフトの間に配置され、前記中空出力シャフトは、出力要素のための固定領域を備える、第３４項又は第３５項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【０７５１】

３７．入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第１の外側歯車と、
- －第１の軸直角平面において前記第１の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第２の軸直角平面に配置された第２の外側歯車と、
- －前記第１の外側歯車と前記内側歯車の間に延びるピンを有するピンリングと、
- －前記ピンリングの前記ピンを前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第１の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第１の軸直角平面と前記第２の軸直角平面の間に位置する第３の軸直角平面に配置され、

前記ピンリングは単一部品として形成され、かつ金属で作られ、前記ピンは、前記ピンリングの中央領域の２つの反対側の側部から突出する突出部によって形成され、前記中央領域は、軸受に当接するための内側軸受面を備える、ハーモニックピンリング変速機。

【０７５２】

３８．前記突出部は、前記２つの反対側の側部のうちの第１の側部において円筒状であり、前記突出部は、前記２つの反対側の側部のうちの第２の側部において部分的に円筒状であり、円筒状の領域が、前記ピンリングの外側で径方向に配置される、第３７項に記載の

ハーモニックピンリング変速機。

【0753】

39．前記突出部は、前記2つの反対側の側部のうちの第1の側部に、丸みを帯びた内側係合領域及び丸みを帯びた外側係合領域を備え、前記突出部は、前記2つの反対側の側部のうちの第2の側部に、丸みを帯びた外側係合領域を備える、第37項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【0754】

40．軸受が前記カムディスクと前記ピンリングの間に配置され、前記ピンリングは、前記軸受を支持するための肩部を内側に備える、第37項～第39項のいずれかに記載のハーモニックピンリング変速機。

【0755】

41．単一部品として形成され、かつ金属で作られた、ハーモニックピンリング変速機のためのピンリングであって、該ピンリングは、前記ピンリングの中央領域の2つの反対側の側部から突出する突出部によって形成されるピンを備え、前記中央領域は、軸受の外側軸受面に当接するための内側軸受面を備える、ピンリング。

【0756】

42．前記突出部は、前記2つの反対側の側部のうちの第1の側部において円筒状であり、前記突出部は、前記2つの反対側の側部のうちの第2の側部において部分的に円筒状であり、円筒状の領域が、前記ピンリングの外側で径方向に配置される、第41項に記載のピンリング。

【0757】

43．前記突出部は、前記2つの反対側の側部のうちの第1の側部に、丸みを帯びた内側係合領域及び丸みを帯びた外側係合領域を備え、前記突出部は、前記2つの反対側の側部のうちの第2の側部に、丸みを帯びた外側係合領域を備える、第41項に記載のピンリング。

【0758】

44．ウェブが、各場合において前記2つの反対側の側部のうちの第1の側部の前記突出部の間に配置され、前記突出部の外側境界線は、前記ウェブの外側境界線と滑らかに繋がる、第41項に記載のピンリング。

【0759】

45．軸受が前記カムディスクと前記ピンリングの間に配置され、前記ピンリングは、前記軸受を支持するための肩部を内側に備える、第41項～第44項のいずれかに記載のピンリング。

【0760】

46．入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第1の外側歯車と、
- －第1の軸直角平面において前記第1の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第2の軸直角平面に配置された第2の外側歯車と、
- －前記第1の外側歯車と前記内側歯車の間に延在する牽引手段と、
- －前記牽引手段を前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第1の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第1の軸直角平面と前記第2の軸直角平面の間に位置する第3の軸直角平面に配置され、

ペダルシャフトが前記出力シャフトの径方向内側に配置され、前記ペダルシャフトは、駆動側のペダルシャフト玉軸受及びロードセルを介してモータハウジング内に取り付けられる、ハーモニックピンリング変速機。

【0761】

47．前記ロードセルは、固定突起を介して外側環状部分に取り付けられた内側環状部分

10

20

30

40

50

を備え、前記ペダルシャフト玉軸受は前記内側環状部分に挿入され、前記外側環状部分は、前記モータハウジングの円筒状領域に挿入される、第４６項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【０７６２】

４８．波形バネが、前記ロードセルと駆動側回転子玉軸受の間に配置される、第４６項又は第４７項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【０７６３】

４９．入力シャフト及び出力シャフトを有するハーモニックピンリング変速機であって、該変速機は、

- －第１の外側歯車と、
- －第１の軸直角平面において前記第１の外側歯車に対して同心に配置された内側歯車と、
- －第２の軸直角平面に配置された第２の外側歯車と、
- －前記第１の外側歯車と前記内側歯車の間に延在する牽引手段と、
- －前記牽引手段を前記内側歯車の外周から持ち上げて、前記第１の外側歯車の内周に押し付ける回転トランスミッタと

を備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、該カムディスクは、前記第１の軸直角平面と前記第２の軸直角平面の間に位置する第３の軸直角平面に配置され、ペダルシャフトは前記出力シャフトの径方向内側に配置され、更に遊星歯車装置及びペダルシャフトフリーホイールが、前記ペダルシャフトと前記出力シャフトの間の力の流れの中に配置される、ハーモニックピンリング変速機。

【０７６４】

５０．前記遊星歯車装置の遊星キャリアは前記ペダルシャフトに接続され、前記遊星歯車装置のリングギヤは、変速機ハウジングへの接続のための接続領域を備え、前記遊星歯車装置の太陽歯車は、前記ペダルシャフト表面に取り付けられ、前記ペダルシャフトフリーホイールは、前記太陽歯車に接続された中空シャフトと前記出力シャフトの間に配置される、第４９項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【０７６５】

５１．前記ペダルシャフトフリーホイールは、前記遊星歯車装置の遊星キャリアの間に配置され、前記遊星歯車装置のリングギヤは、前記ハーモニック変速機内に回転可能に設置され、前記遊星歯車装置の太陽歯車は、固定されたハウジング部分へ取り付けられるように構成される、第４９項に記載のハーモニックピンリング変速機。

【０７６６】

５２．テンションシャフト変速機であって、該テンションシャフト変速機は、
－内歯を有する外側歯車と、ここで該外側歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備え、

－外歯を有するテンションシャフトと、ここで該テンションシャフトは、軸直角平面において前記外側歯車に対して同心に配置され、

－前記テンションシャフトを前記外側歯車の前記内歯に押し付ける回転トランスミッタとを備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、玉軸受が前記カムディスクの周りに配置され、

前記テンションシャフトの前記外歯の歯先の断面は、本質的に扇形に相当し、

前記外側歯車の軸に対して、前記外側歯車の前記内歯は本質的に、式 $x(t) = r_1 \cos t + r_2 \cos((n+1)t) + r_3 \cos((n+3)t)$ 及び $y(t) = r_1 \sin(t) - r_2 \sin((n+1)t) + r_3 \sin((n+3)t)$ で規定される歯車の軌道に対する外側等距離線によって定められ、ここで $n+1$ は、前記外側歯車の前記内歯の歯の数であり、半径 r_1 、 r_2 及び r_3 はゼロより大きく、半径の大きさに関して、 $r_2 > r_3$ 及び $r_1 > r_2 + r_3$ が適用される、テンションシャフト変速機。

【０７６７】

５３．前記テンションシャフトはカップ形状であり、該カップ形状の底部に、出力シャフ

トを固定するための固定領域が形成される、第 5 2 項に記載のテンションシャフト変速機。

【0768】

54. 中央円形開口部が前記カップ形状の前記底部に形成され、前記テンションシャフトの前記固定領域は、前記中央円形開口部の周りに配置された固定孔を備える、第 5 3 項に記載のテンションシャフト変速機。

【0769】

55. 前記テンションシャフトは円筒状の形状を有し、前記変速機は、出力シャフトを固定するための固定領域を備える第 2 の外側歯車を備え、該外側歯車の内歯は、第 1 の前記外側歯車の前記内歯と同一の構造によって定められる、第 5 2 項に記載のテンションシャフト変速機。

【0770】

56. テンションシャフト変速機であって、該テンションシャフト変速機は、
ー内歯を有する外側歯車と、ここで該外側歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備え、

ー外歯を有するテンションシャフトと、ここで該テンションシャフトは、軸直角平面において前記外側歯車に対して同心に配置され、前記テンションシャフトの前記外歯の歯先の断面は、本質的に扇形に相当し、

ー前記テンションシャフトを前記外側歯車の前記内歯に押し付ける回転トランスミッタとを備え、前記回転トランスミッタは、中空駆動シャフト及びカムディスクを備え、

前記外側歯車の前記内歯の歯面は、周期角度の関数として、前記内側歯車の中心軸からの径方向距離によって決定され、前記中心軸からの径方向距離は、歯車軌道に対する内側等距離線によって決定され、前記歯車軌道での位置はそれぞれ、周期ベクトル、第 1 の周転円ベクトル、及び第 2 の周転円ベクトルのベクトル和によって決定され、前記周期ベクトルの後端は前記中心軸にあり、前記第 1 の周転円ベクトルの後端は前記周期ベクトルの先端にあり、前記第 2 の周転円ベクトルの後端は前記第 1 の周転円ベクトルの先端にあり、前記第 1 の周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度の $n + 1$ 倍大きく、前記第 2 の周転円ベクトルの周転円角度は前記周期角度の $n + 3$ 倍大きく、 n は、前記ハーモニックピンリング変速機のピンの数であって少なくとも 4 であり、前記周期ベクトルの長さは、前記第 1 の周転円ベクトルと前記第 2 の周転円ベクトルの長さの和より長く、前記第 1 の周転円ベクトルの長さは、前記第 2 の周転円ベクトルの長さより長い、テンションシャフト変速機。

【0771】

57. 2 段減速歯車であって、該 2 段減速歯車は、

ー第 1 の内歯を有する固定された外側歯車と、ここで該外側歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備え、

ー第 2 の内歯を有する回転可能な外側歯車と、ここで該外側歯車は、出力シャフトへの取り付けのための固定領域を備え、

ー 2 部分一体型ピンリングと、ここで該 2 部分一体型ピンリングは、第 1 の外歯及び第 2 の外歯を備え、前記 2 部分一体型ピンリングの前記第 1 の外歯は、前記固定された外側歯車の前記内歯に係合し、前記 2 部分一体型ピンリングの前記第 2 の外歯は、前記回転可能な外側歯車の前記内歯に係合し、

ー前記固定された外側歯車の前記内歯及び前記回転可能な外側歯車の前記内歯に前記 2 部分一体型ピンリングを押し付けるように構成された回転トランスミッタとを備える、2 段減速歯車。

【0772】

58. 前記固定された外側歯車の前記内歯の歯の数は、前記第 1 の外歯の歯の数より多く、前記回転可能な外側歯車の前記内歯の歯の数は、前記第 2 の外歯の歯の数より多く、前記固定された外側歯車の歯の数は、前記回転可能な外側歯車の歯の数より多く、前記第 1 の外歯の歯の数は、前記第 2 の外歯の歯の数より多い、第 5 7 項に記載の 2 段減速歯車。

【0773】

59. 前記回転トランスミッタは、前記固定された外側歯車の軸に対して偏心した円形リングを備える、第57項又は第58項に記載の2段減速歯車。

【0774】

60. 前記第1の外歯の歯先の断面及び前記第2の外歯の歯先の断面は、本質的に扇形に相当する、第57項～第59項のいずれかに記載の2段減速歯車。

【0775】

61. 前記第1の外歯の歯先の断面及び前記第2の外歯の歯先の断面は、式 $x(t) = r_1 \cos(t) + r_2 \cos(nt)$ 及び $y(t) = r_1 \sin(t) + r_2 \sin(nt)$ によって規定される歯車軌道に対する等距離線に相当し、ここで半径 r_1 、 r_2 に関して、 $r_1 > 0$ 、 $r_2 > 0$ 及び $r_1 > r_2$ が適用される、第57項～第60項のいずれかに記載の2段減速歯車。

【0776】

62. 前記第1の外歯の歯先の断面及び前記第2の外歯の歯先の断面は、式 $x(t) = r_1 \cos(t) + r_2 \cos(nt)$ 及び $y(t) = r_1 \sin(t) - r_2 \sin(nt)$ によって規定される歯車軌道に対する等距離線に相当し、ここで半径 r_1 、 r_2 に関して、 $r_1 > 0$ 、 $r_2 > 0$ 及び $r_1 > r_2$ が適用される、第57項～第61項のいずれかに記載の2段減速歯車。

【0777】

63. クランクシャフトに作用する径方向の力を測定するためのロードセルであって、該ロードセルは、

- －軸受のリングを受けるための受承スリーブと、
 - －前記ロードセルを変速機ハウジング内に取り付けるための固定リングと、
 - －前記軸受のリングを軸方向で支持するために前記固定リングに備えられた軸方向支持部分と、
 - －前記受承スリーブの径方向の力を受けるための測定領域と、ここで該測定領域は、前記受承スリーブを前記固定リングに接続し、前記測定領域のうちの少なくとも2つに歪みセンサが取り付けられ、
- を備える、ロードセル。

【0778】

64. 外側の伝動フリーホイール及び内側のペダルシャフトフリーホイールを有するフリーホイールアセンブリであって、該フリーホイールアセンブリは、

- －中空駆動シャフトと、
- －中空出力シャフトと、
- －ペダルシャフトと

を備え、前記ペダルシャフト、前記中空出力シャフト及び前記中空駆動シャフトは互いに同心に配置され、前記中空出力シャフトは、前記中空駆動シャフトの径方向内側に配置され、前記ペダルシャフトは、前記中空出力シャフトの径方向内側に配置され、前記ペダルシャフトフリーホイールは、前記ペダルシャフトと前記中空出力シャフトの間に配置され、前記伝動フリーホイールは、前記中空出力シャフトの、前記ペダルシャフトフリーホイールとの反対側に配置され、前記中空出力シャフトは、各フリーホイールの領域での内側及び外側に適合された部分を備える、フリーホイールアセンブリ。

【0779】

65. 金属で作られた単一部品ピンリングであって、ピン保持リングと、2つの反対側の側部において前記ピン保持リングから軸方向に突出する複数のピンの配列とが単一部品として作られる、単一部品ピンリング。

【0780】

66. 前記ピンは、周方向において互いに接続される、第65項に記載の単一部品ピンリング。

【0781】

67. 前記2つの反対側の側部のうちの第1の側部において、前記ピンは、内歯と係合す

10

20

30

40

50

るよう適合されたハーフピンとして形成され、前記反対側の第２の側部において、前記ピンは、内歯との係合及び内歯の反対側の外歯との係合に好適な、完全なピンとして形成される、第６５項又は第６６項に記載の単一部品ピンリング。

【０７８２】

６８．金属で作られる単一部品ピンリングであって、該単一部品ピン保持リングは、内側に滑らかな内周を備え、外側に丸みを帯びた隆起部を備え、該隆起部は前記ピン保持リングと単一部品として作られる、単一部品ピンリング。

【０７８３】

６９．前記丸みを帯びた隆起部の少なくとも１つのヘッド領域は、半円形断面を備える、第６８項に記載の単一部品ピンリング。

10

【０７８４】

７０．第１の外側歯車及び第２の外側歯車を有する減速歯車のための支持リングアセンブリであって、該支持リングアセンブリは、支持リング、第１の内歯を有する第１の外側歯車、及び第２の内歯を有する第２の外側歯車を備え、前記第１の外側歯車及び前記第２の外側歯車は、反対側の両側部において前記支持リング内に挿入され、前記支持リングは、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備える、支持リングアセンブリ。

【０７８５】

７１．前記第１の外側歯車及び前記第２の外側歯車は、プラスチックで作られる、第７０項に記載の支持リングアセンブリ。

【０７８６】

７２．前記第１の外側歯車及び前記第２の外側歯車はそれぞれ、ピンー溝接続を介して支持リングと接続される、第７１項又は第７２項に記載の支持リングアセンブリ。

20

【０７８７】

７３．中空シャフトを備えた減速歯車のための単一部品回転子ートランスミッタ要素であって、前記中空シャフトは、回転子パッケージを固定するための固定領域を第１の側部に備え、前記第１の側部の反対側の第２の側部にカムディスクを備え、該カムディスクの外周は、玉軸受のための受承部分として構成される、単一部品回転子ートランスミッタ要素。

【０７８８】

７４．前記単一部品回転子ートランスミッタ要素は、アルミニウムで作られる、第７３項に記載の単一部品回転子ートランスミッタ要素。

30

【０７８９】

７５．前記中空シャフトは、ペダルシャフトが前記中空シャフトを通過することができるように寸法が設定される、第７３項又は第７４項に記載の単一部品回転子ートランスミッタ要素。

【０７９０】

７６．前記カムディスクは、前記中空シャフトの中心軸に対して偏心して配置された円形の外周を備える、第７３項～第７５項に記載の単一部品回転子ートランスミッタ要素。

【０７９１】

７７．前記カムディスクは、前記中空シャフトの中心軸に対して卵形の外周を備える、第７３項～第７５項に記載の単一部品回転子ートランスミッタ要素。

40

【０７９２】

７８．駆動シャフトに配置された遊星歯車装置を備えた前記駆動シャフトであって、前記遊星歯車装置の遊星キャリアは前記駆動シャフトに固定接続され、前記遊星歯車装置のリングギヤは、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域と、トルクセンサのための受承領域とを備え、前記遊星歯車装置の太陽歯車はリングギヤとして構成されて前記駆動シャフトに対して同心に配置され、前記太陽歯車は、前記駆動シャフトに回転可能に設置された前記遊星歯車装置の中空出力シャフトに接続される、駆動シャフト。

【０７９３】

７９．駆動シャフトに配置された遊星歯車装置を備えた前記駆動シャフトであって、前記遊星歯車装置の遊星キャリアは、フリーホイールを介して前記駆動シャフトに取り付けら

50

れ、前記遊星歯車装置の太陽歯車は、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域と、トルクセンサのための受承領域とを備え、前記遊星歯車装置のリングギヤは、変速機ハウジングでの支持のために、玉軸受のための受承領域を備える、駆動シャフト。

【0794】

80. 駆動シャフトに配置された遊星歯車装置を備えた前記駆動シャフトであって、前記遊星歯車装置の遊星キャリアは、変速機ハウジングへの取り付けのための固定領域を備え、前記遊星歯車装置の中空シャフトは、前記駆動シャフトに固定接続され、前記遊星歯車装置の太陽歯車は、前記駆動シャフトに対して同心に配置されかつ前記駆動シャフトに回転可能に設置された中空シャフトとして構成される、駆動シャフト。

【0795】

81. サイクロイド歯車であって、該サイクロイド歯車は、
- 変速機ハウジングと、
- 前記変速機ハウジングに固定された内歯を有する外側歯車と、
- 前記外側歯車と同心に配置された入力シャフトと、ここで該入力シャフトは、第1の玉軸受が配置された駆動側偏心ディスクと、第2の玉軸受が配置された出力側偏心ディスクとを備え、
- 前記第1の玉軸受に取り付けられた外歯を有する駆動側内側歯車と、前記第2の玉軸受に取り付けられた外歯を有する出力側内側歯車と
を備え、前記駆動側内側歯車及び前記出力側内側歯車は、前記外側歯車の内側に配置され、前記駆動側内側歯車及び前記出力側外側歯車の前記外歯はそれぞれ、前記外側歯車の前記内歯と係合する、サイクロイド歯車。

【0796】

82. 前記サイクロイド歯車は、前記入力シャフトに設置されたクランクシャフトと、駆動側において前記クランクシャフトに取り付けられた上述のロードセルとを備える、第81項に記載のサイクロイド歯車。

【0797】

83. 前記入力シャフトは、第73項～第77項のいずれかに記載の単一部品回転子トランスミッタ要素として構成される、第81項又は第82項に記載のサイクロイド歯車。

【0798】

84. 前記サイクロイド歯車は、前記入力シャフトに設置されたクランクシャフトを備え、前記クランクシャフトは、第78項～第80項のいずれかに記載の遊星歯車装置を備え、前記クランクシャフトは、前記遊星歯車装置の前記駆動シャフトを形成する、第81項～第83項のいずれかに記載のサイクロイド歯車。

【0799】

85. 第3の玉軸受が、前記出力側偏心ディスクの出力側において前記入力シャフトに配置され、被駆動プーリが前記第3の玉軸受に配置され、前記被駆動プーリはキャリアピンを備え、該キャリアピンは、前記駆動側内側歯車及び前記出力側内側歯車の開口内に係合し、出力シャフトが前記被駆動プーリの径方向内側に形成される、第81項～第84項のいずれかに記載のサイクロイド歯車。

【0800】

86. 出力シャフトが前記被駆動プーリの径方向内側に形成され、前記第3の玉軸受は前記出力シャフトの内側肩部に配置され、内側歯車玉軸受が、前記出力シャフトの外側肩部において、前記第3の玉軸受に対して斜め反対側に配置され、前記内側歯車玉軸受は前記変速機ハウジングに支持される、第85項に記載のサイクロイド歯車。

【0801】

87. 前記内側歯車のうちの少なくとも1つは、第1の歯部及び第2の外歯を備え、前記サイクロイド歯車は、内歯を有する回転可能な外側歯車を備え、前記第2の外歯は、前記回転可能な外側歯車の前記内歯に係合し、前記回転可能な外側歯車は、出力シャフトを設置するための固定領域を備える、第81項～第83項のいずれかに記載のサイクロイド歯車。

【0802】

本明細書の目的は、以上の一覧によっても説明されることができる。以上の一覧に開示された特定の特徴の組み合わせは、本明細書の他の特徴と組み合わせられることもできる独立した項目とみなすことができる。

【0803】

特に、トルク測定装置に関連する図21～40の特徴、フリーホイール装置に関連する図45～59の特徴、及びクランク歯車に関連する図67～76の特徴は、図1～10、11～20及び61～66に示されているハーモニックピンリング変速機、並びに図77～93及び124～126に示されている他の減速歯車又はモータ歯車ユニットと組み合わせられることができる。これらの特徴は、ここで示されていない変速機又は減速歯車と組み合わせられることもできる。

10

【0804】

更に、図1に示されている軸受構成は、本明細書に示されている他の変速機ユニットと組み合わせられることもできる。単一部品回転子ートランスミッタ要素、並びに1つ以上の外側歯車のための、及び変速機がピンリングを備える場合は単一部品ピンリングのための支持リング構成にも、同じことが当てはまる。

【符号の説明】

【0805】

- 5 外歯
- 5' 外歯
- 6 内歯
- 6' 内歯
- 7 内側歯車
- 8 外側歯車
- 8' 外側歯車
- 9 段
- 10 モータ歯車ユニット
- 11 段
- 12 モータ
- 13 減速歯車
- 20 固定子
- 21 コイル
- 22 モータハウジング
- 23 プリント回路基板
- 24 冷却カバー
- 25 端子
- 26 外側回転子シャフト
- 27 内側回転子シャフト
- 28 カムディスク
- 28' 偏心ディスク
- 29 駆動側回転子玉軸受
- 30 出力側回転子玉軸受
- 31 内側歯車玉軸受
- 32 ハウジングカバー
- 33 可撓性玉軸受
- 33' 玉軸受
- 34 固定ねじ
- 35 ペダルシャフト
- 36 支持リング
- 37 駆動側スペーサディスク

20

30

40

50

3 8	出力側スパーサディスク	
3 9	出力シャフト	
4 0	伝動フリーホイール	
4 1	出力玉軸受	
4 1 ,	駆動側出力玉軸受	
4 2	Oリング	
4 3	チェーンリングアダプタ	
4 4	出力ナット、変速機カバー	
4 5	駆動側ペダルシャフト玉軸受	
4 6	出力側ペダルシャフト玉軸受	10
4 7	ロードセル	
4 8	環状プリント回路基板／P C B力センサ	
4 9	ペダルシャフトフリーホイール	
5 0	内側シャフトシールリング	
5 1	外側シャフトシールリング	
5 2	駆動側シャフトシールリング	
5 3	ジャーナル	
5 4	径方向スロット	
5 5	ねじ穴	
5 6	伝動領域	20
5 7	段	
5 8	丸みを帯びた凹部	
5 9	平坦部	
6 0	ねじのねじ山	
6 1	波形バネ	
6 2	スパーサリング	
6 3	リボンケーブル	
6 4	円筒状ローラ	
6 5	クランプケージ	
6 6	コイルバネ	30
6 7	軌道	
6 8	センサリング	
6 9	スパーサ	
7 0	波形バネ	
7 1	段	
7 2	コイルバネ	
7 3	歯止め	
7 4	固定領域	
7 5	固定領域	
7 6	Oリング	40
8 0	ペダルシャフトアセンブリ	
8 1	フリーホイールアセンブリ	
8 2	センサアセンブリ	
9 0	測定用突起	
9 1	支持突起	
9 2	歪みゲージ	
9 3	外側部分	
9 4	内側部分	
9 5	径方向スロット	
9 6	スリーブ	50

9 7	外側リング	
9 8	固定孔	
9 9	凹部	
1 0 1	ピン	
1 0 2	ピンリング	
1 0 3	ピン保持リング	
1 0 4	スロット	
1 0 5	周方向スロット	
1 0 6	駆動側段	
1 0 7	出力側段	10
1 0 9	ボトムブラケット軸受	
1 1 0	トルク測定装置	
1 1 1	ペダルシャフト	
1 1 2	第1の転がり軸受	
1 1 3	第2の転がり軸受	
1 1 4	スリーブ	
1 1 5	端面	
1 1 6	部分	
1 1 7	歪みゲージ	
1 1 8	歪みゲージ	20
1 1 9	歪みゲージ	
1 2 0	外面	
1 2 1	スリップリング	
1 2 2	トランスミッタ	
1 2 4	歪みゲージ	
1 3 0	トルク測定装置	
1 3 1	歪みゲージ	
1 3 2	歪みゲージ	
1 3 3	歪みゲージ	
1 3 4	歪みゲージ	30
1 3 5	ハウジング	
1 3 6	プリント回路基板	
1 3 7	トランスミッタリング	
1 3 8	センサ	
1 3 9	突出部	
1 4 0	ねじ	
1 4 1	段	
1 4 2	Oリング	
2 2 0	受承領域	
2 2 2	段、駆動側	40
2 2 3	段、駆動側	
2 2 4	段、出力側	
2 2 5	段、出力側	
2 2 6	段、出力側	
2 2 7	星形構成	
2 2 8	転動領域	
2 2 9	転動領域	
2 3 0	段	
2 3 1	段	
2 3 2	段	50

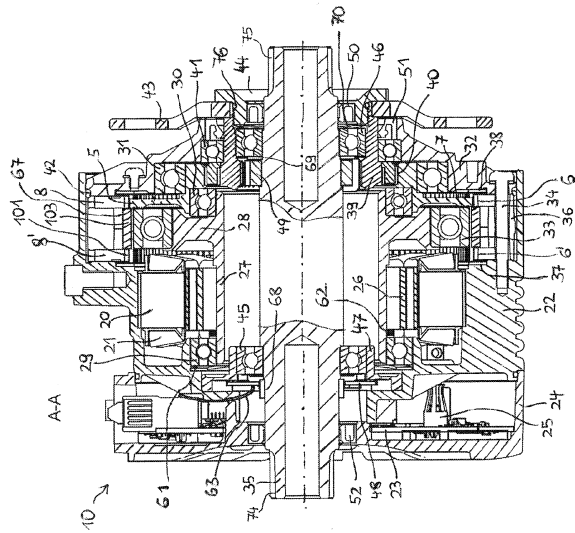
2 3 3	雌ねじ	
2 3 4	中空シャフト部分	
2 3 5	ディスク状領域	
2 3 6	孔	
2 3 7	面取り部分	
2 4 3	転動領域	
2 4 4	端部	
2 4 5	歯止め受承領域	
2 4 6	ヒンジ部分	
2 4 7	ヒンジ部分	10
2 4 8	プレート状部分	
2 4 9	縁部	
2 5 0	ウェブ	
2 5 1	受承領域	
2 5 2	受承領域	
2 5 5	第1の領域	
2 5 7	センサリング	
2 5 8	回転速度センサ	
3 4 3	<u>Oリング</u>	
3 4 4	Oリング	20
3 4 5	センサリング	
3 4 6	内側ハウジング	
3 4 7	ねじ	
3 4 8	支持シリンダ	
3 4 9	ウェブ	
3 5 2	中空シャフト	
3 5 3	ホールセンサ	
3 5 4	溝	
3 5 5	ジャーナル	
4 0 0、4 0 0'	遊星歯車装置アセンブリ	30
4 0 1、4 0 1'	リングギヤ	
4 0 2	固定用フランジ	
4 0 3	太陽歯車	
4 0 5	遊星歯車	
4 0 6	遊星歯車軸	
4 0 7	遊星キャリア	
4 0 8	転がり軸受	
4 0 9	中空シャフト	
4 1 0	中空シャフト	
4 2 3	玉軸受	40
4 2 4	玉軸受	
4 2 5	玉軸受	
4 2 6	駆動シャフト	
4 2 7	回転子シャフト	
4 2 8	偏心ディスク	
4 2 9	偏心ディスク	
4 3 0	中心に配置された円形ディスク	
4 3 3	内側歯車	
4 3 4	内側歯車	
4 3 5	外歯	50

4 3 6	外歯	
4 3 7	内歯	
4 4 0	出力プーリ	
4 4 2	キャリアピン	
4 4 3	キャリアローラ	
4 4 1	リング	
4 4 4	円形開口部	
4 4 5	スペーサ	
4 4 6	突起部	
4 4 7	静止ピン	10
4 4 8	固定用開口	
4 5 0	外側のねじ	
4 5 1	圧力ディスク	
4 5 2	圧力リング	
4 5 3	テンションシャフト	
4 5 4	固定領域	
4 5 5	駆動シリンダ	
4 5 6	固定用フランジ	
4 5 7	固定領域	
4 5 8	出力シャフト	20
5 0 1	ピン	
5 0 2	可撓性薄肉玉軸受	
5 0 3	ピン保持リング	
5 0 4	フランジ	
5 0 5、5 0 5'	内側歯車歯部	
5 0 6、5 0 6'	外側歯車歯部	
5 0 7	内側リング又は内側歯車	
5 0 8	外側リング又は外側歯車	
5 0 9	円筒状ハウジング部分	
5 1 0	H P R D 変速機	30
5 1 3	回転子	
5 1 4	偏心ディスク	
5 1 5	変速機中心軸	
5 1 6	半円状の凹部	
5 1 8	歯車軌道	
5 1 9	等距離線	
5 2 0	ピン断面	
5 2 1	歯車軌道の位置	
5 2 5	当初輪郭	
5 2 6	準備を伴った輪郭	40
5 2 7	摩耗した輪郭	
5 2 8	内側歯車の歯車軌道	
5 2 8'	外側歯車の歯車軌道	
5 2 9	内側歯車の歯車軌道の等距離線	
5 2 9'	外側歯車の歯車軌道の等距離線	
5 3 0	一体的に形成されたピンリング	
5 3 1	ピンリングの歯	
5 3 2	ピンリングの歯の基部	
5 3 3	内側包絡線	
5 3 4	外側包絡線	50

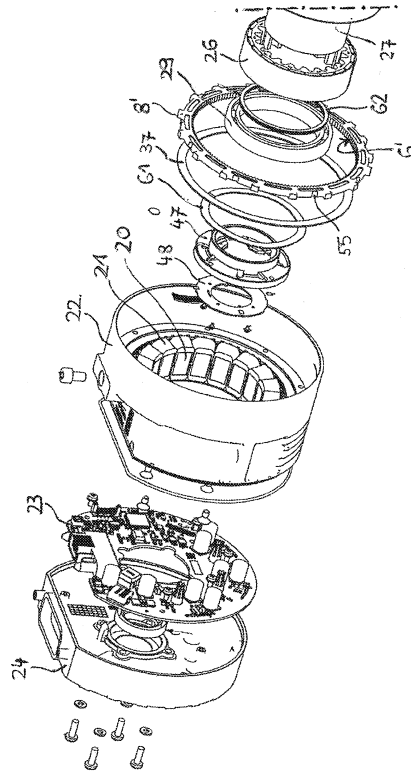
5 3 6 所定の歯形
5 3 7 測定対象の歯形

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

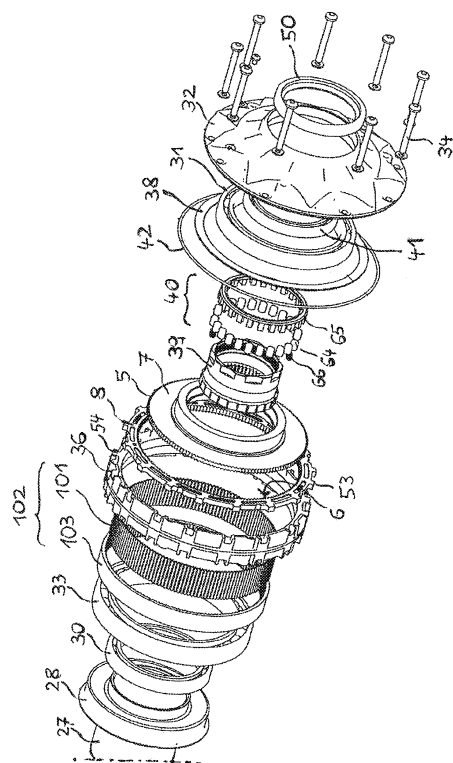
20

30

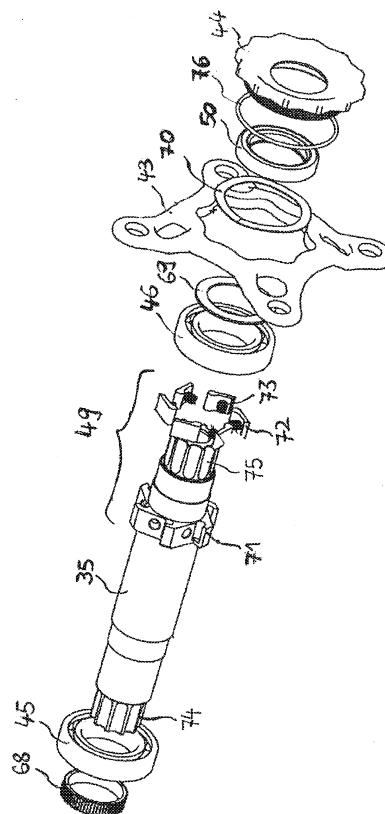
40

50

【図 3】



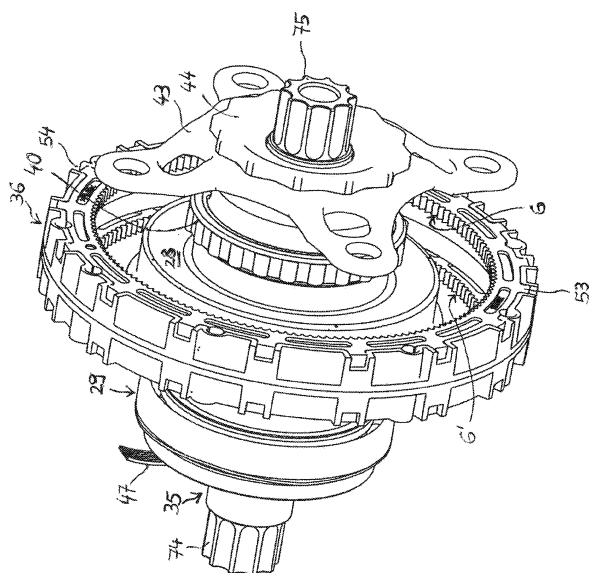
【図 4】



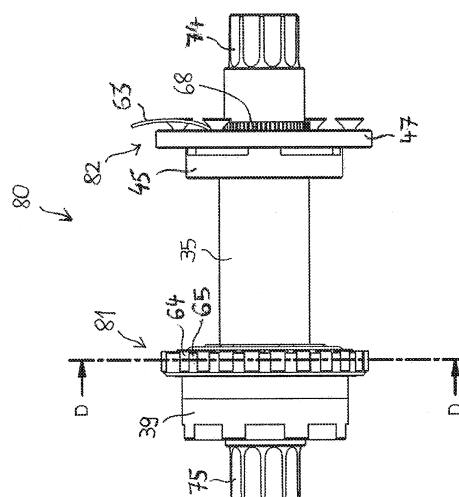
10

20

【図 5】



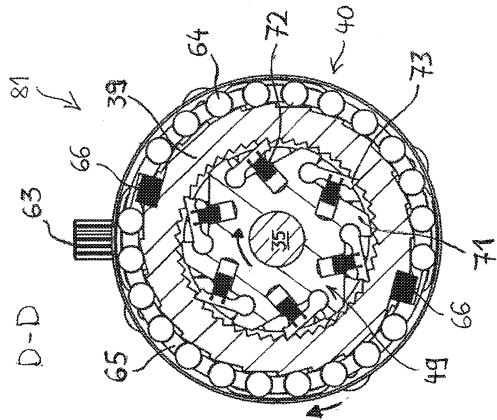
【図 6】



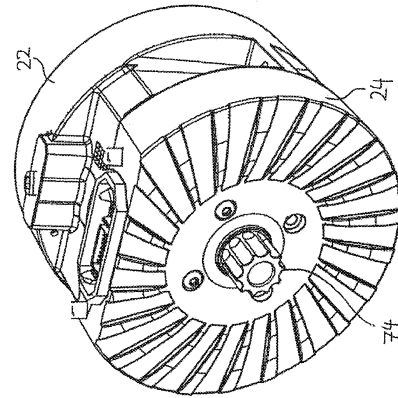
30

40

【図 7】

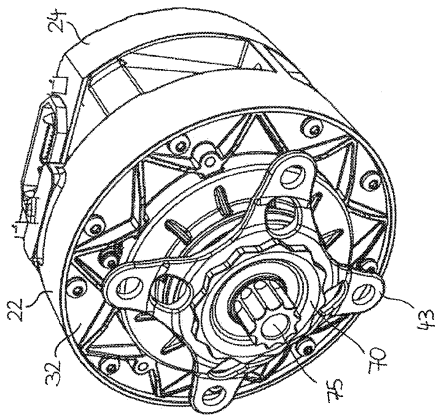


【図 8】

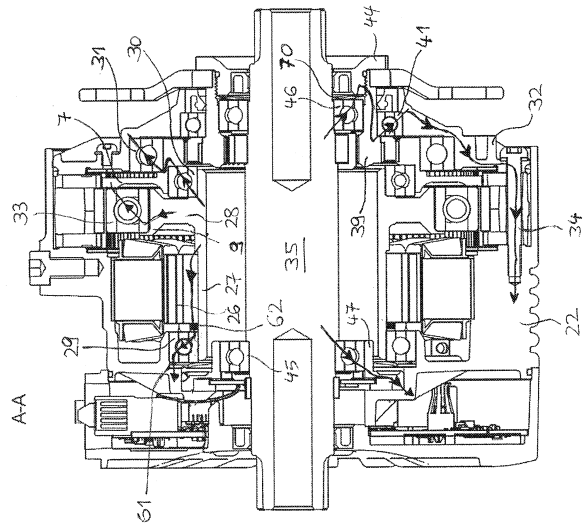


10

【図 9】



【図 10】



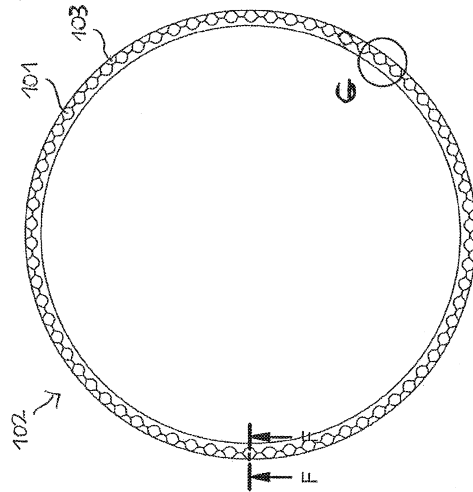
20

30

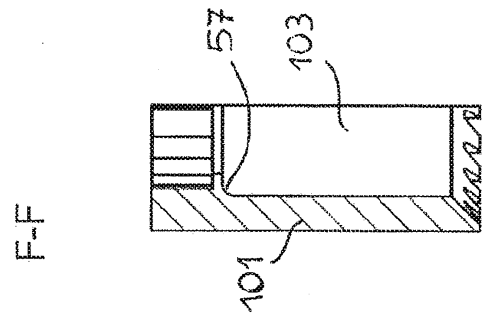
40

50

【図 15】

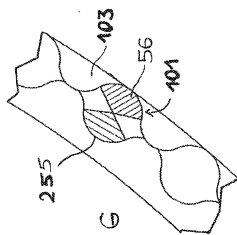


【図 16】

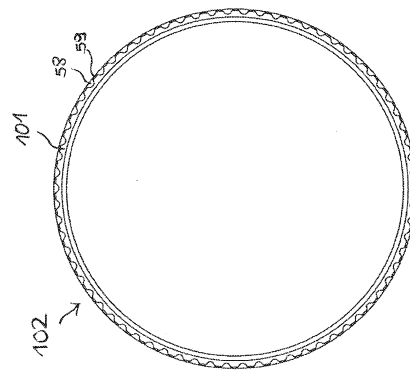


10

【図 17】



【図 18】



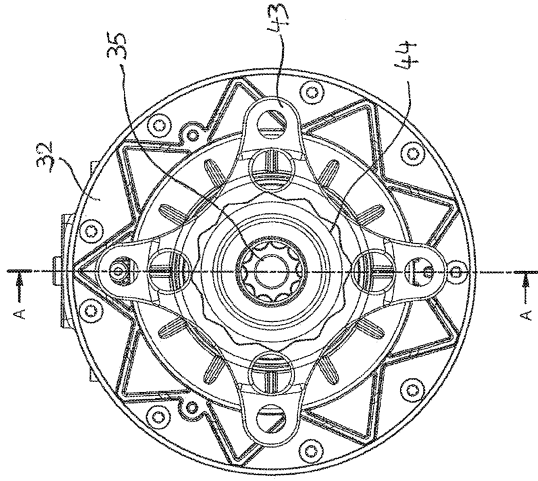
20

30

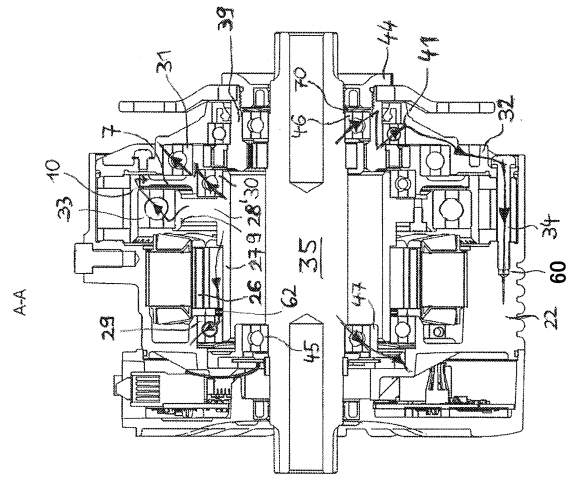
40

50

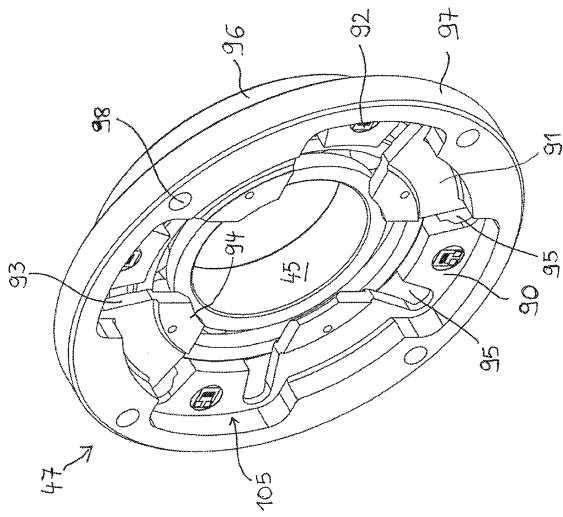
【図 19】



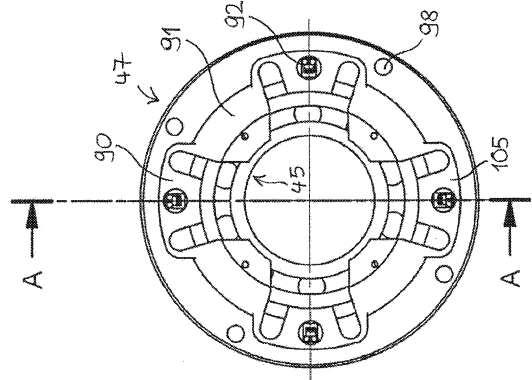
【図 20】



【図 21】



【図 22】



10

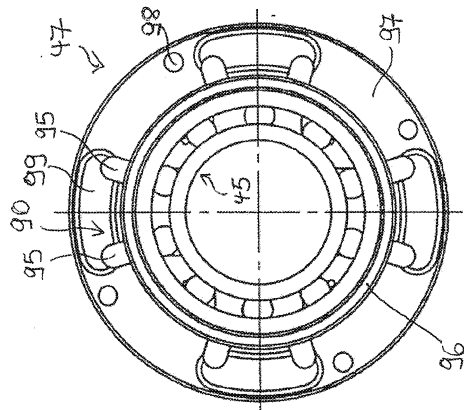
20

30

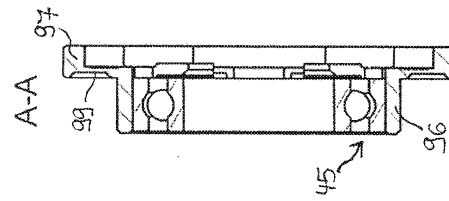
40

50

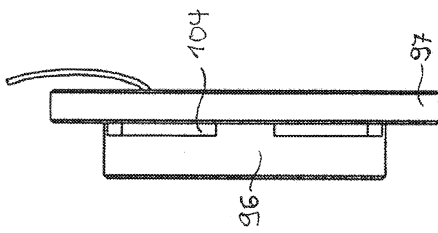
【図 2 3】



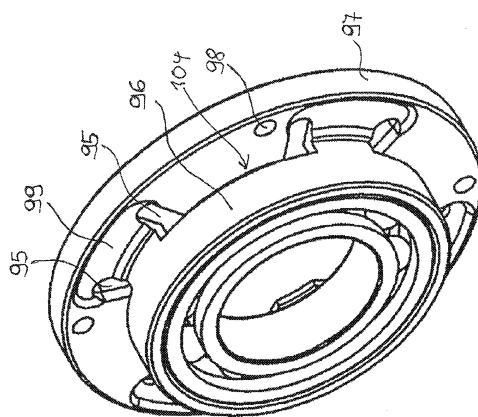
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



10

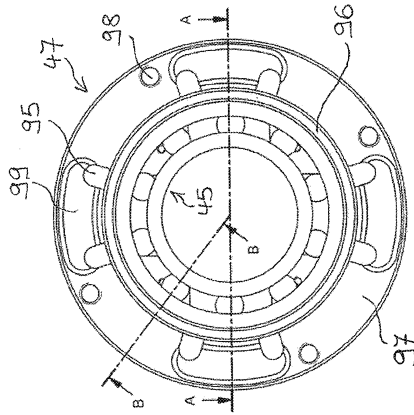
20

30

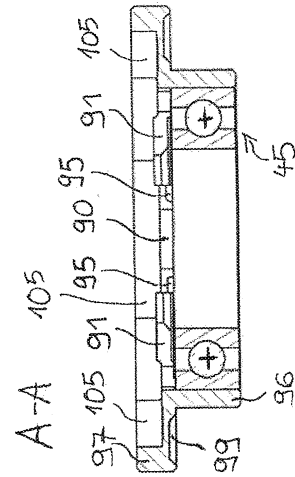
40

50

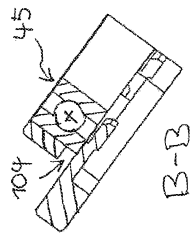
【図 27】



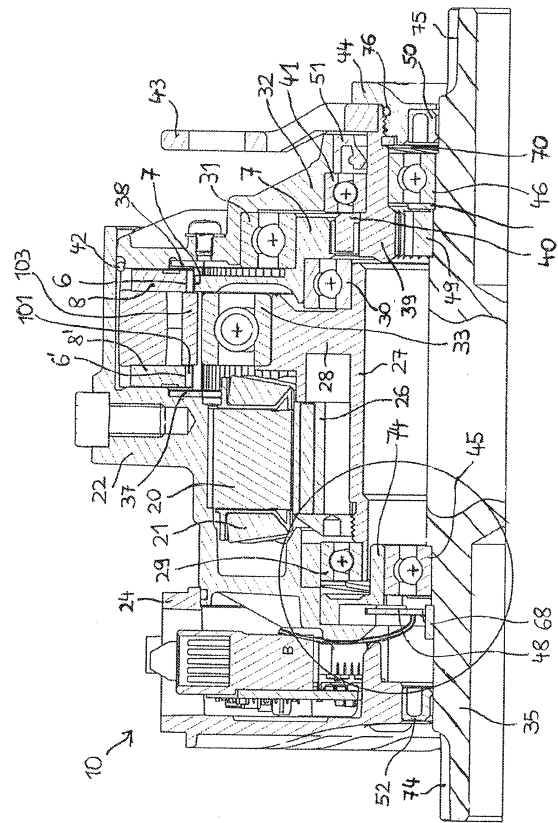
【図 28】



【図 29】



【図 30】



10

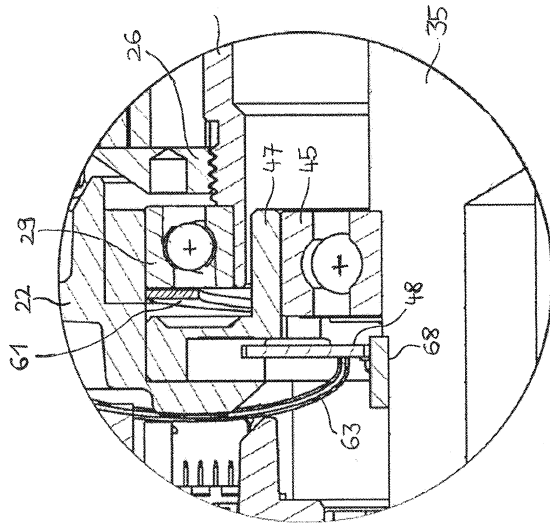
20

30

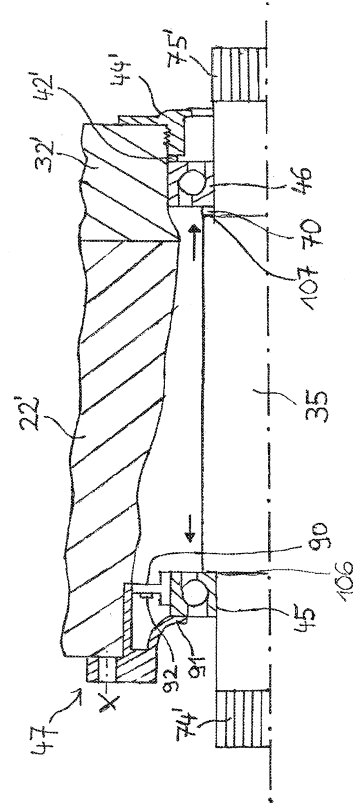
40

50

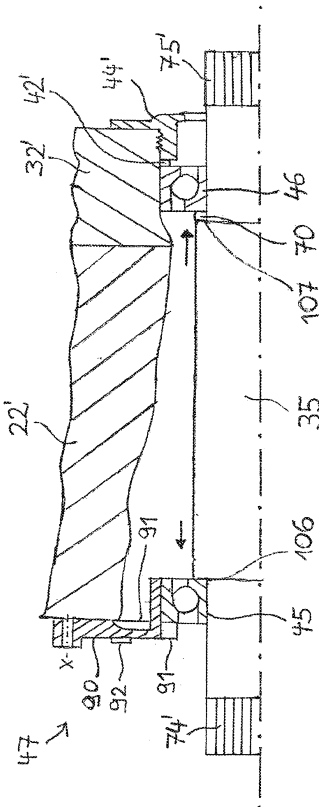
【図 3 1】



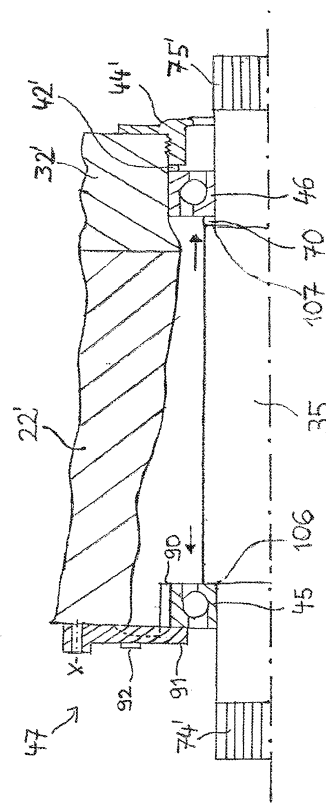
【図 3 2】



【図 3 3】



【図 3 4】



10

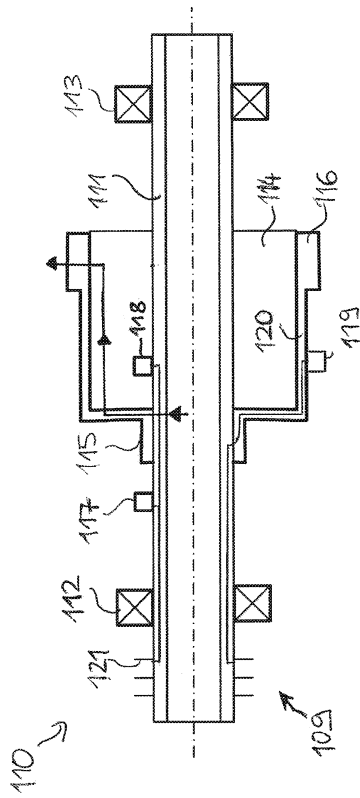
20

30

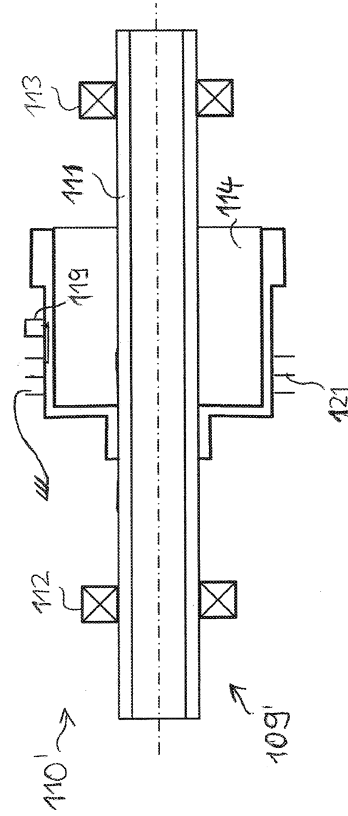
40

50

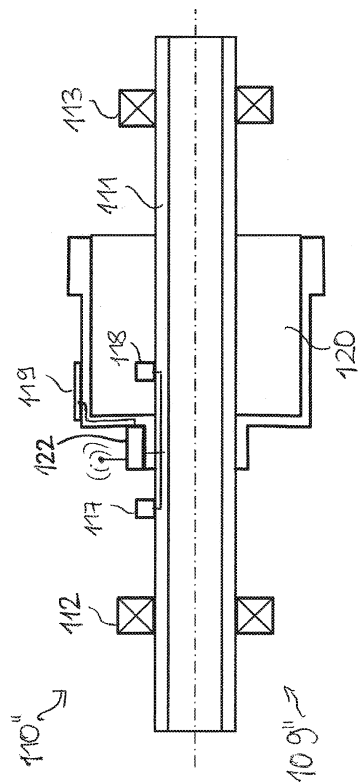
【図 3 5】



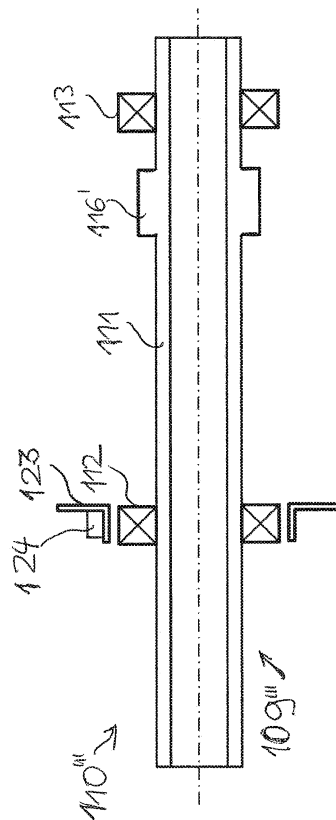
【図 3 6】



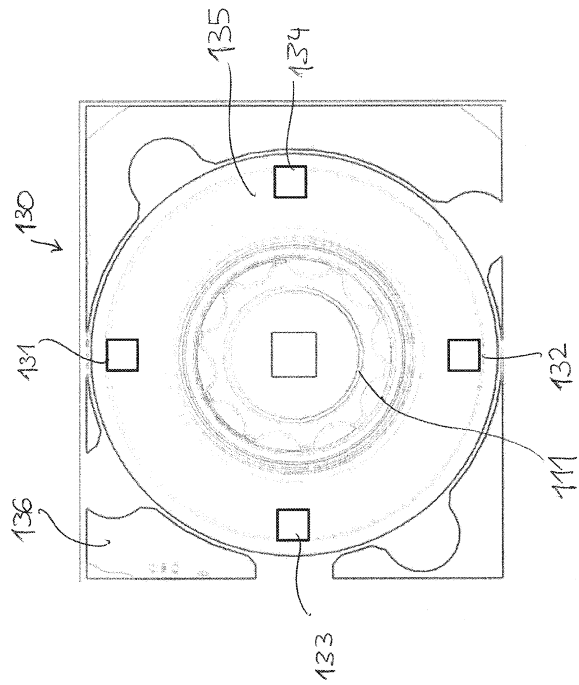
【図 37】



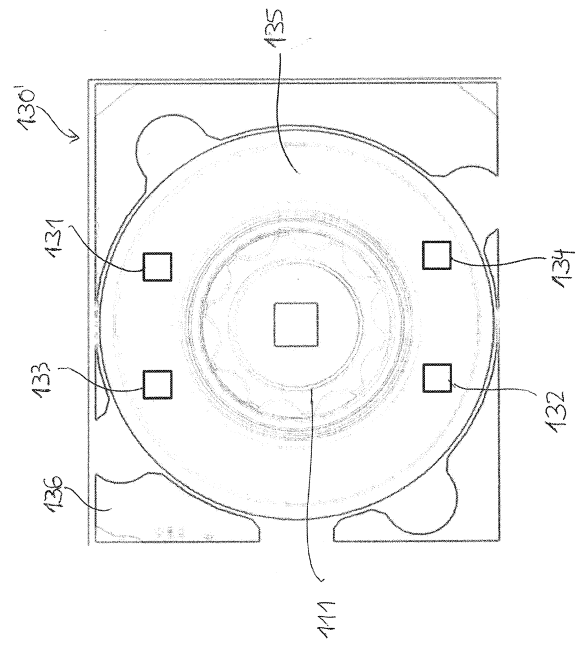
【図 38】



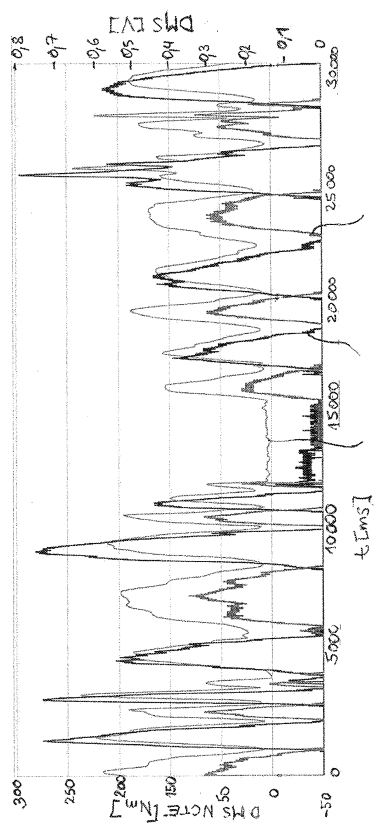
【図 3 9】



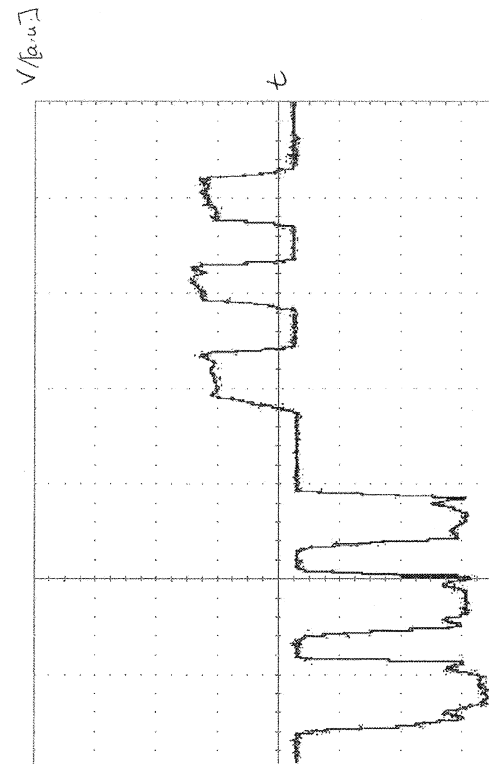
【図 4 0】



【図 4 1】



【図 4 2】



10

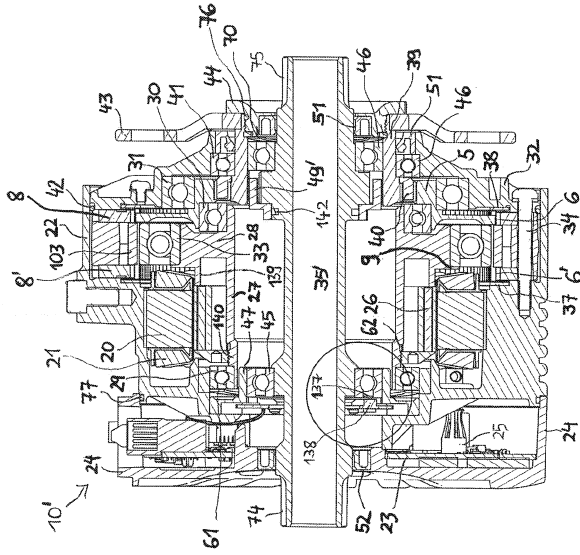
20

30

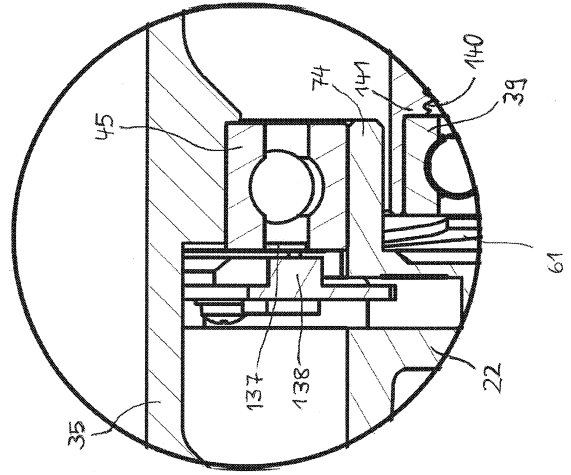
40

50

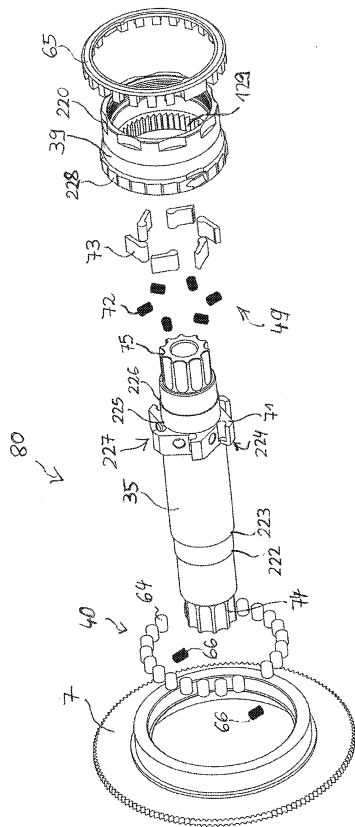
【図 4 3】



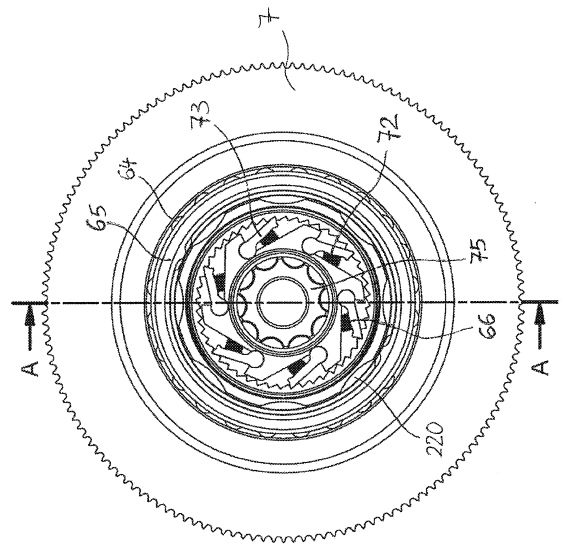
【図 4 4】



【図 4 5】



【図 4 6】



10

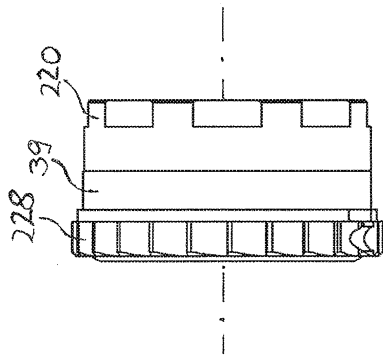
20

30

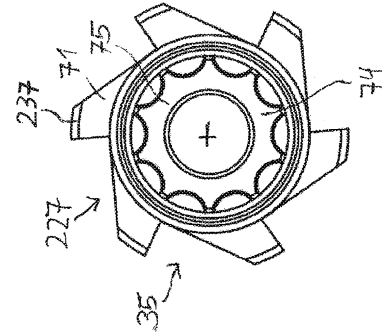
40

50

【図 5 1】

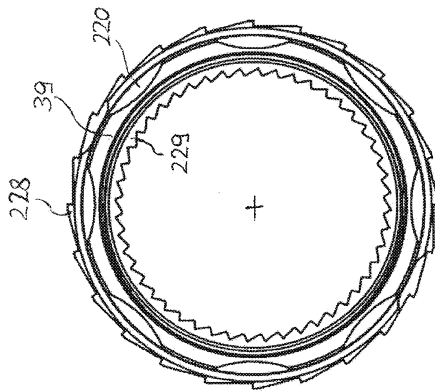


【図 5 2】

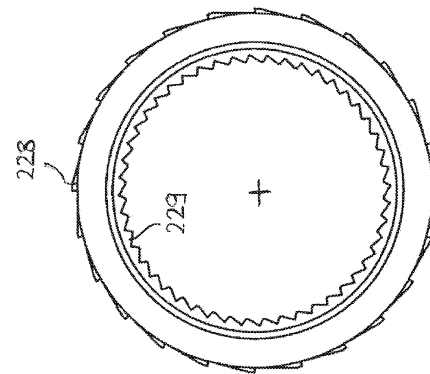


10

【図 5 3】



【図 5 4】



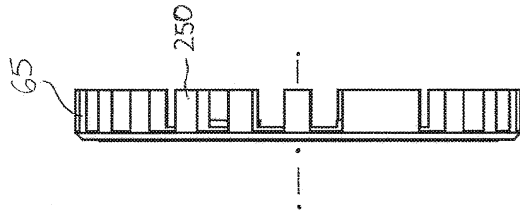
20

30

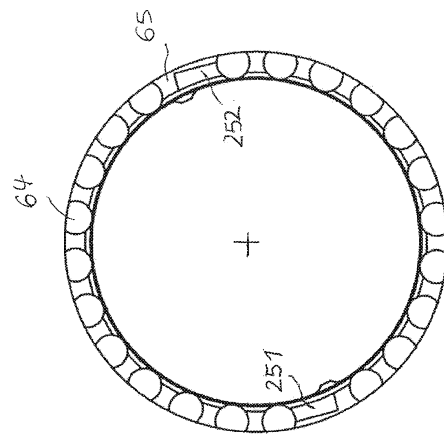
40

50

【図 5 5】

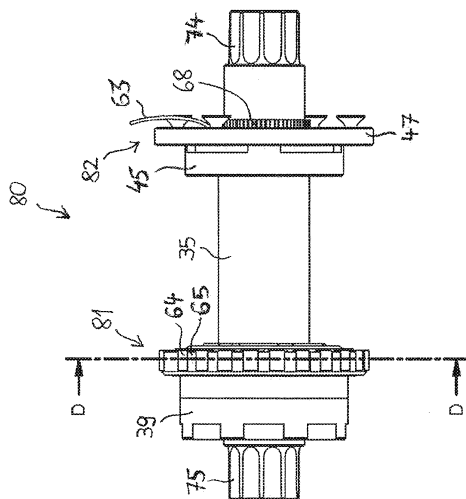


【図 5 6】

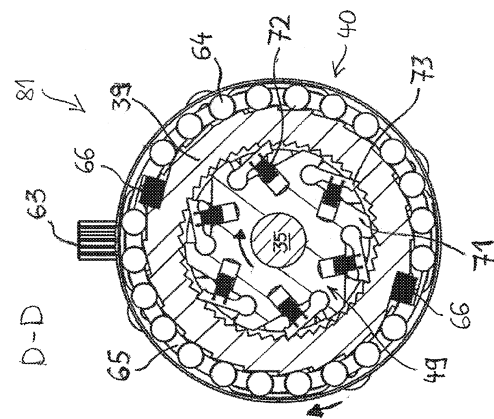


10

【図 5 7】



【図 5 8】



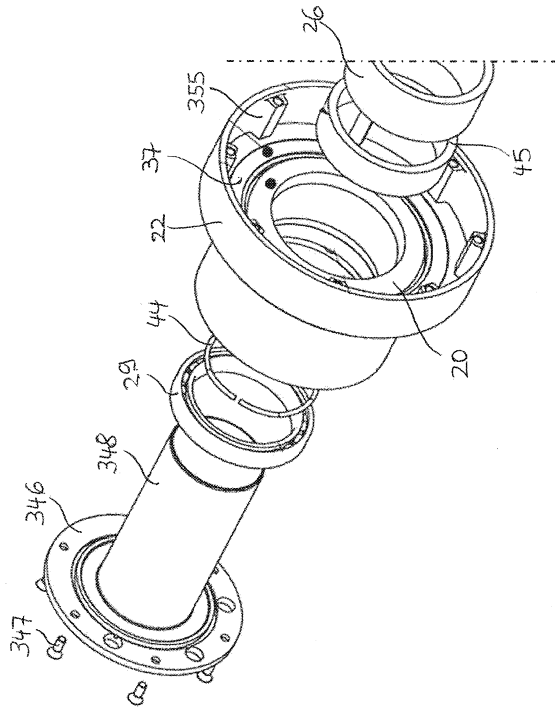
20

30

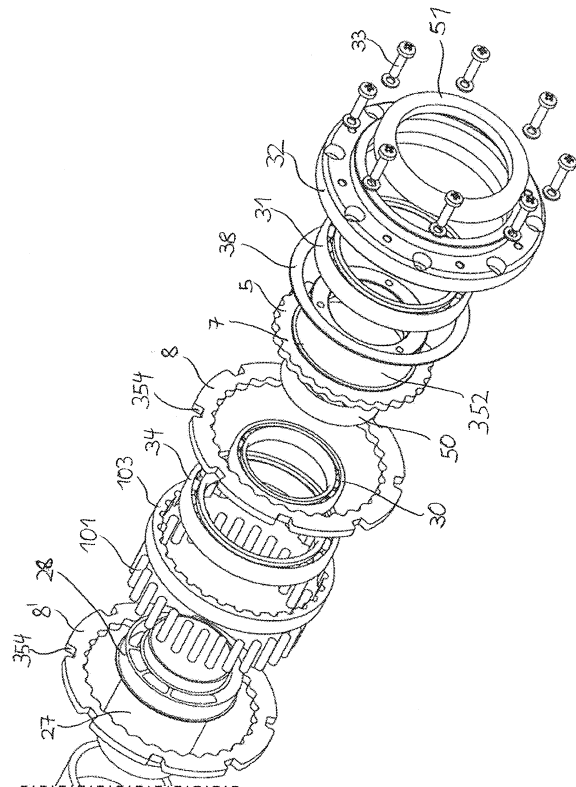
40

50

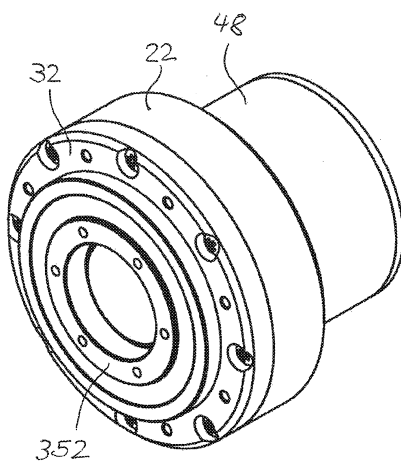
【図 6 3】



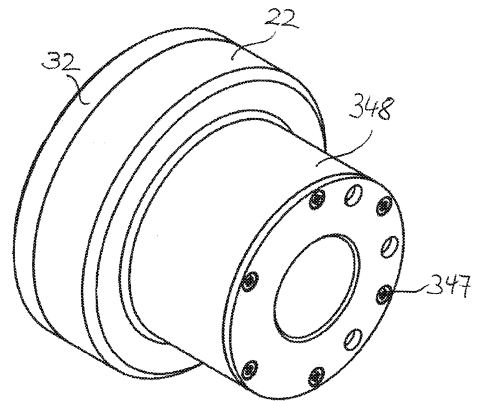
【図 6 4】



【図 6 5】



【図 6 6】



10

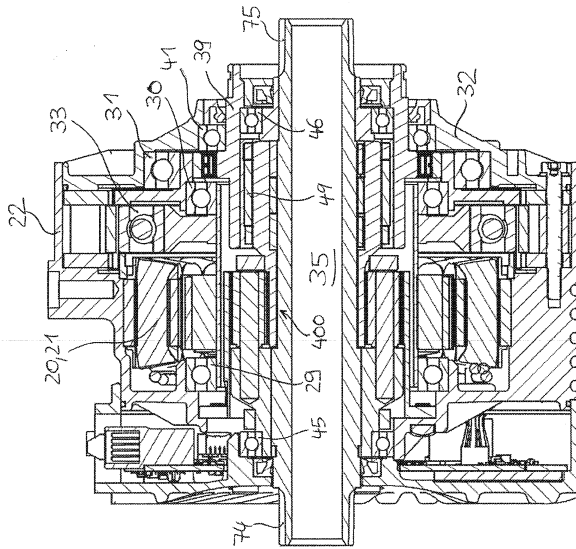
20

30

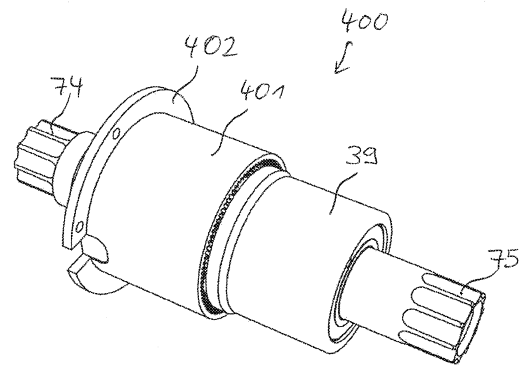
40

50

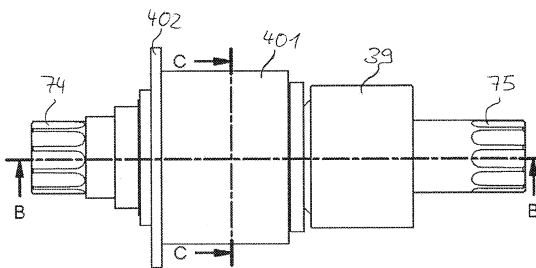
【図 67】



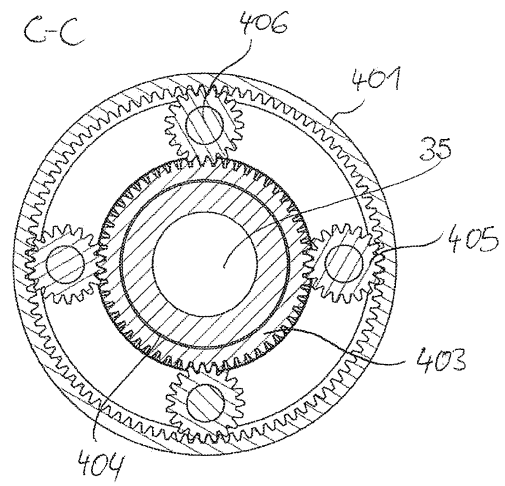
【図 68】



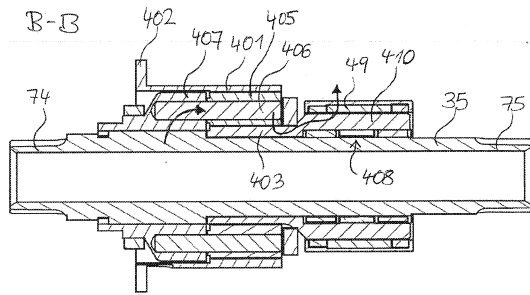
【図 69】



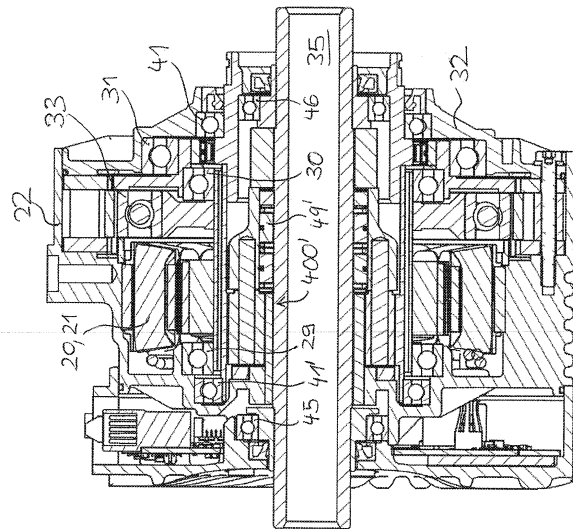
【図 70】



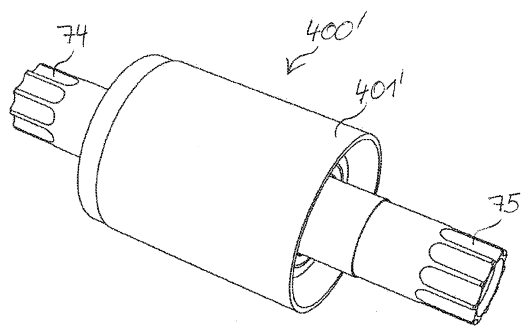
【図 7 1】



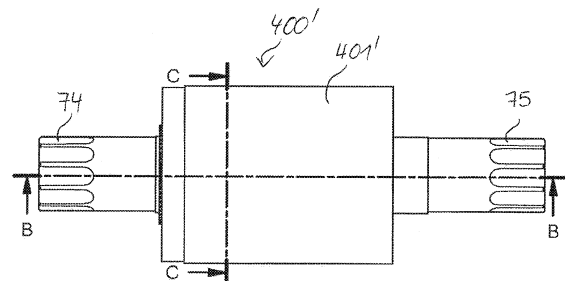
【図 7 2】



【図 7 3】



【図 7 4】



10

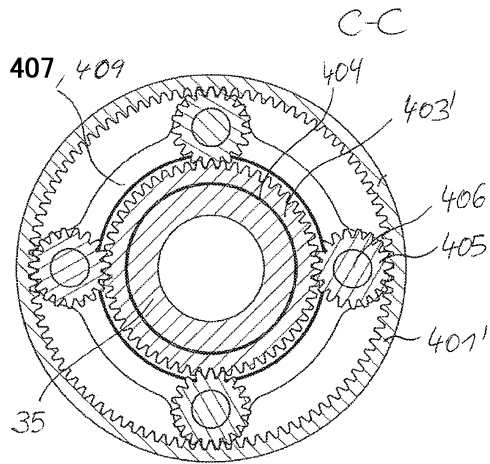
20

30

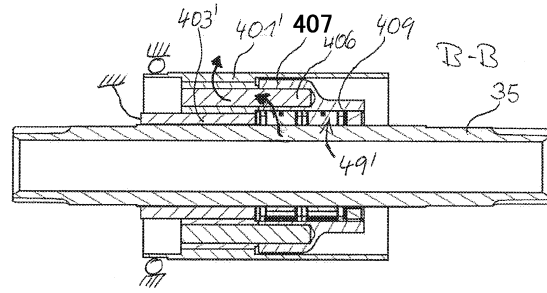
40

50

【図 7 5】

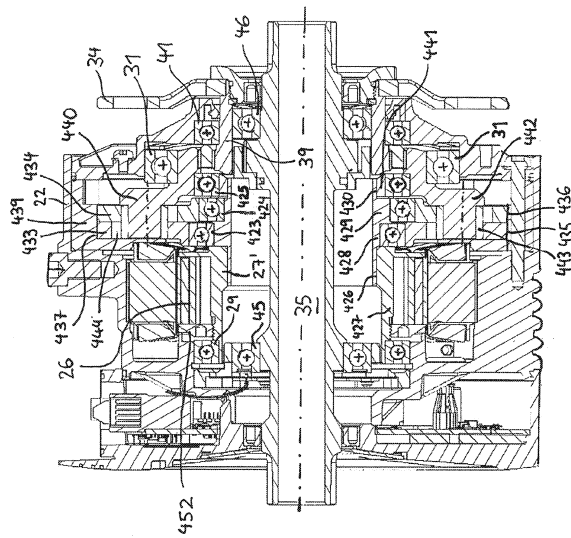


【図 7 6】

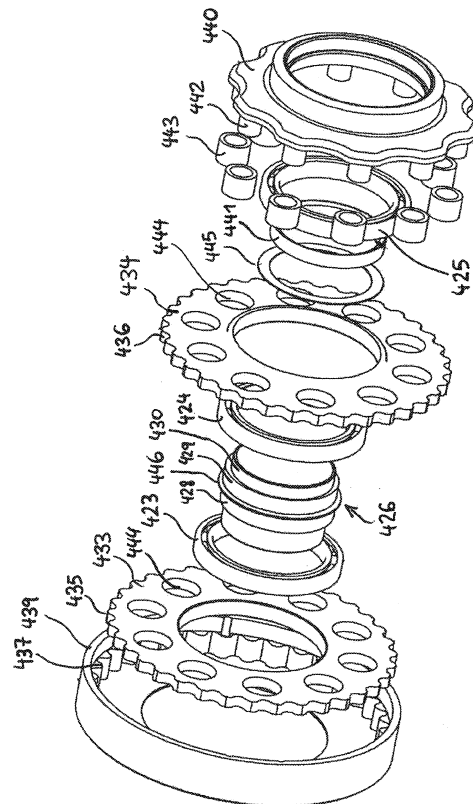


10

【図 7 7】



【図 7 8】



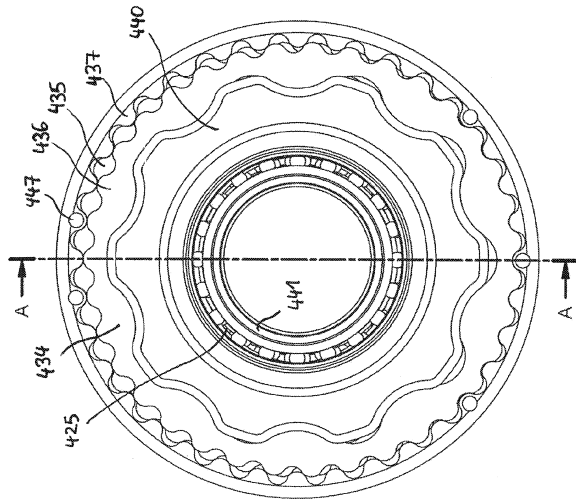
20

30

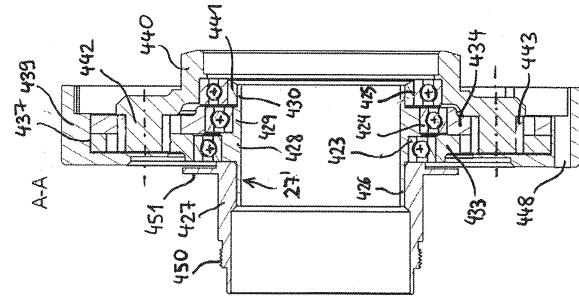
40

50

【図 79】

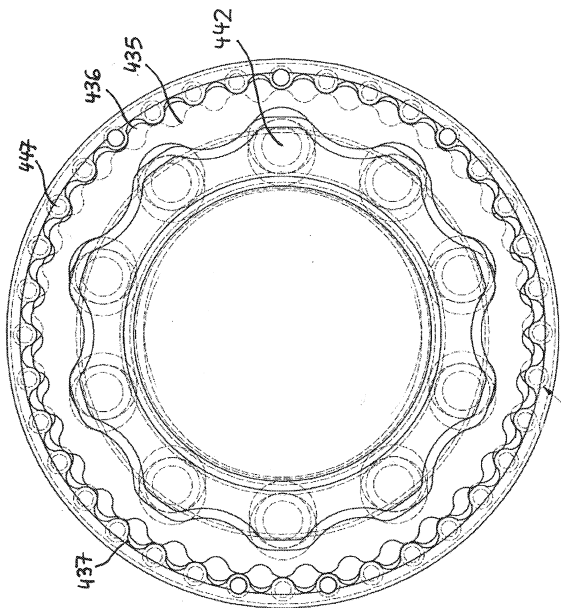


【図 80】

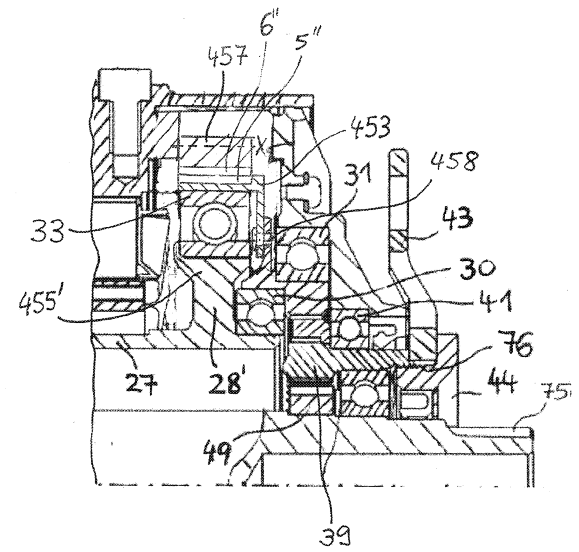


10

【図 81】



【図 82】



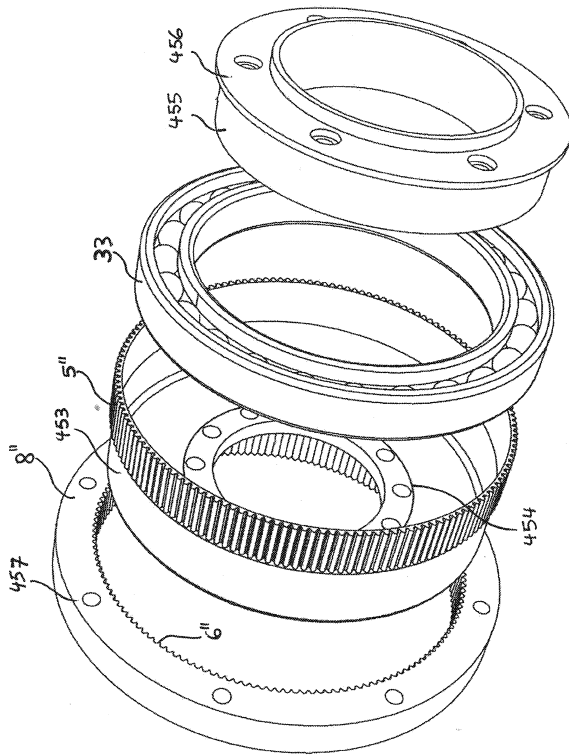
20

30

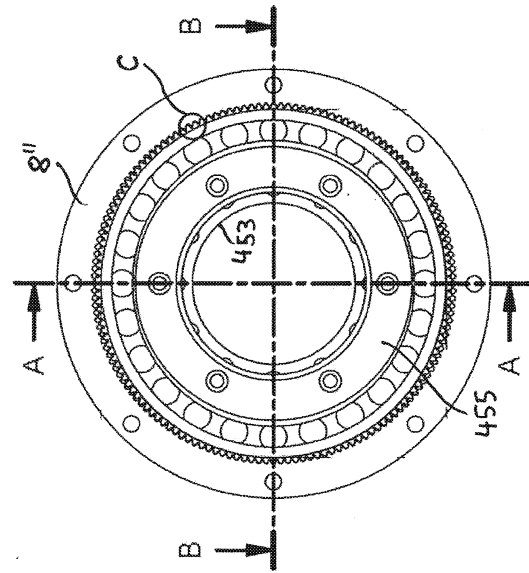
40

50

【図 8 3】



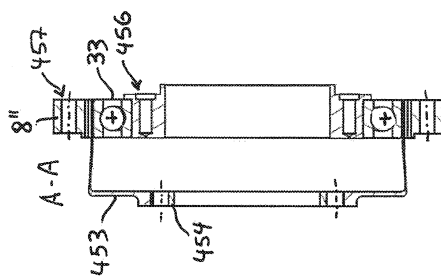
【図 8 4】



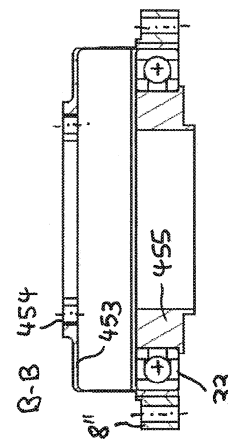
10

20

【図 8 5】



【図 8 6】

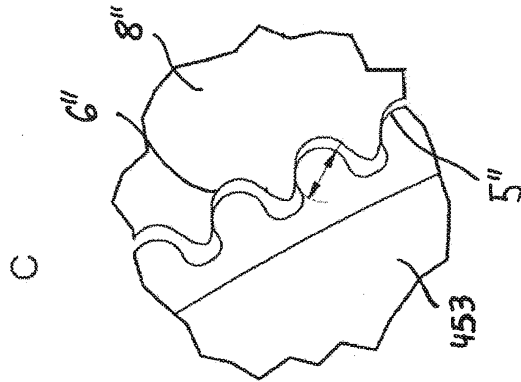


30

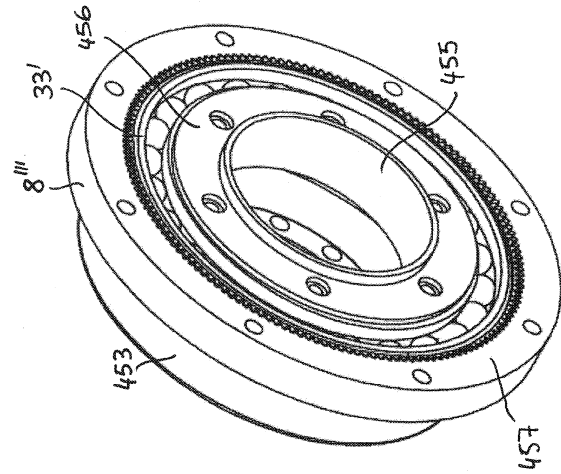
40

50

【図 87】

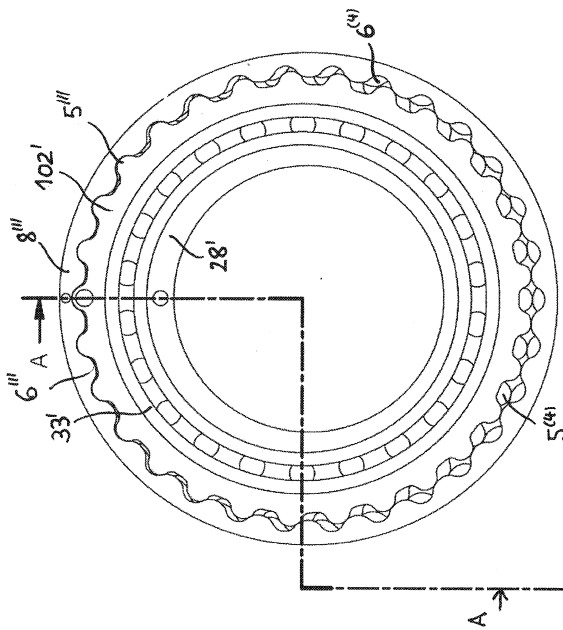


【図 88】

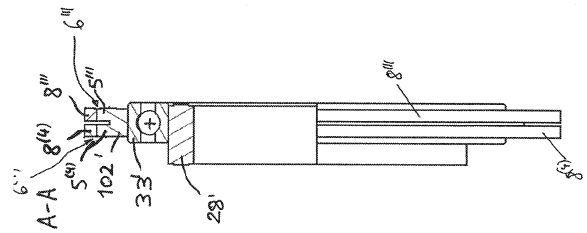


10

【図 89】



【図 90】



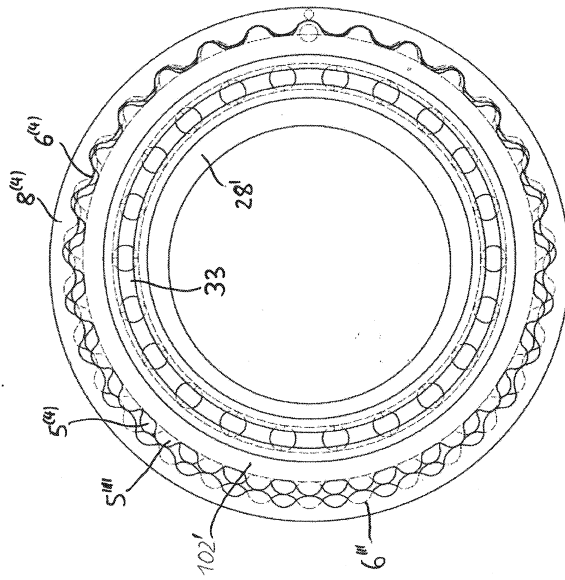
20

30

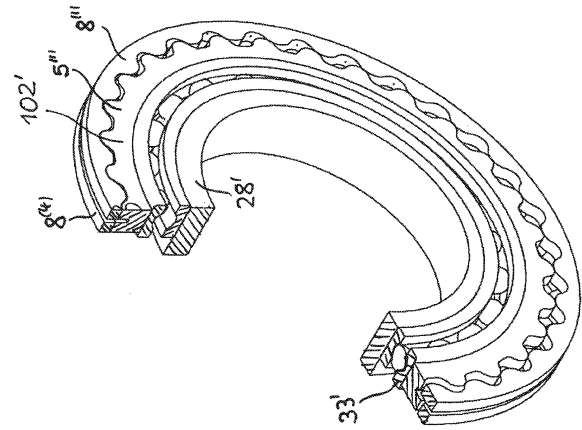
40

50

【図 9 1】

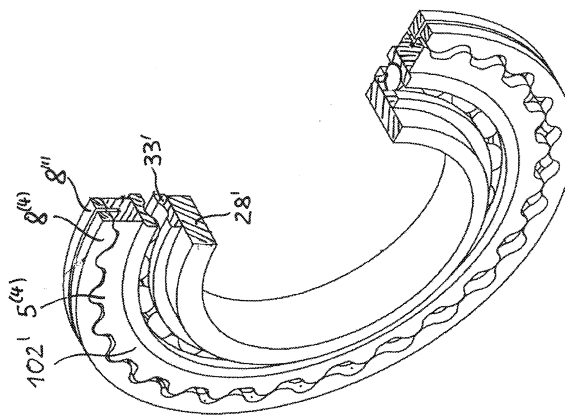


【図 9 2】

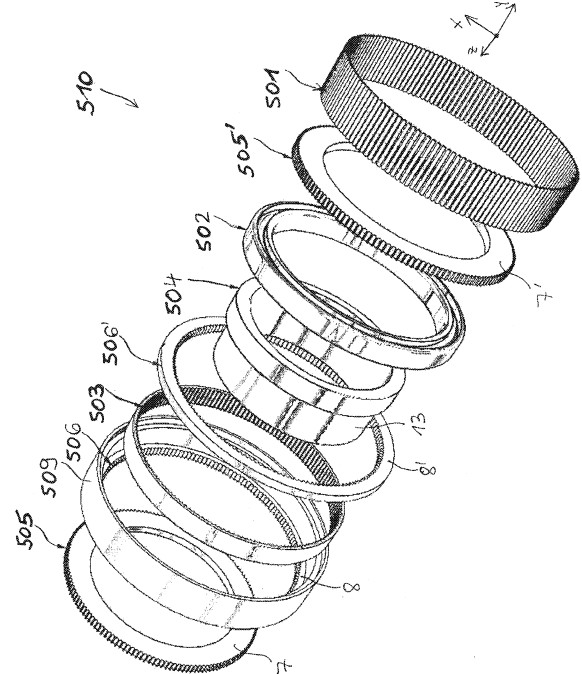


10

【図 9 3】



【図 9 4】



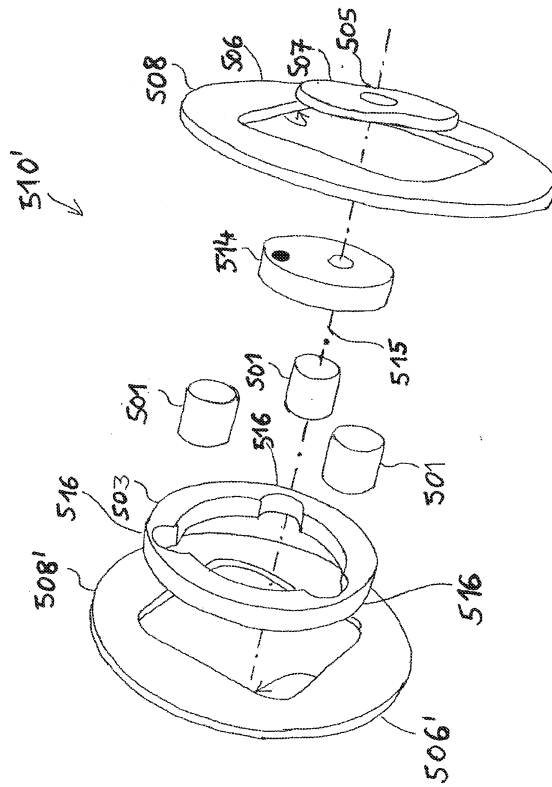
20

30

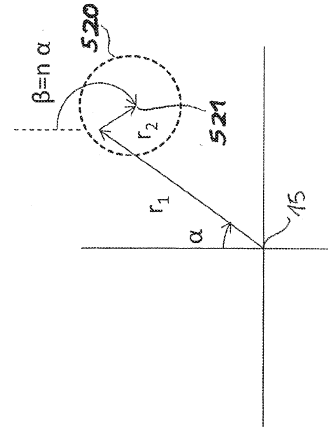
40

50

【図 9 5】



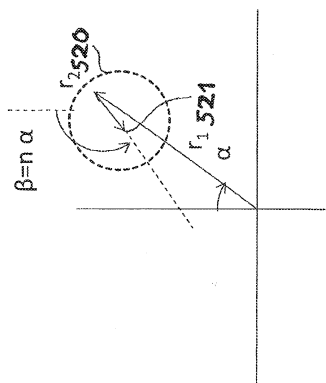
【圖 9 6】



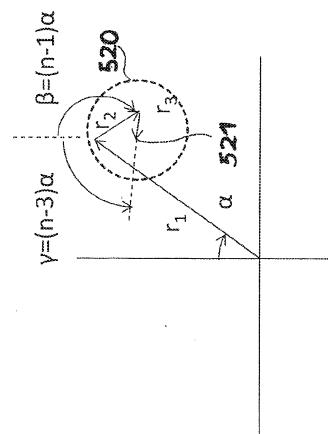
10

20

【図 9 7】



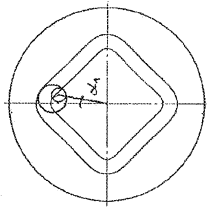
【図 9 8】



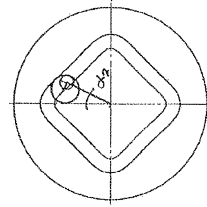
30

40

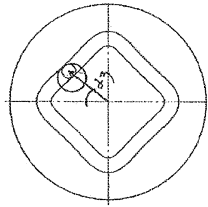
【図 105】



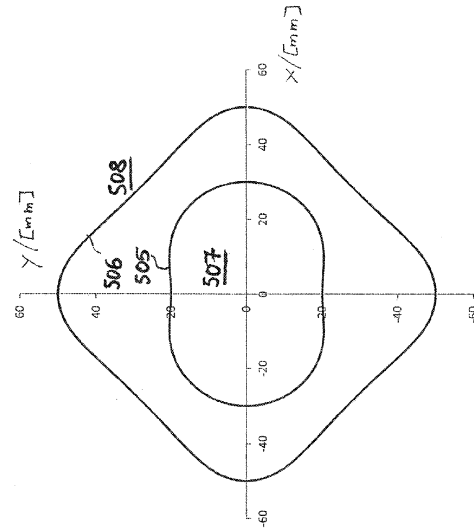
【図 106】



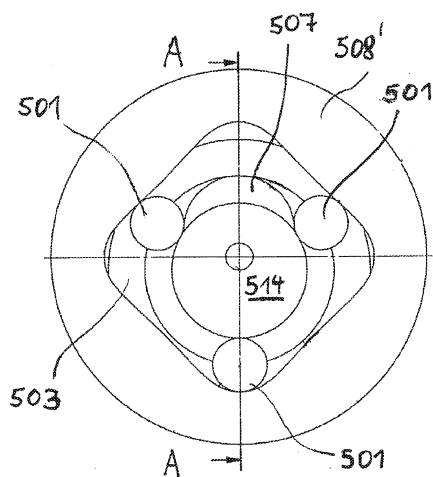
【図 107】



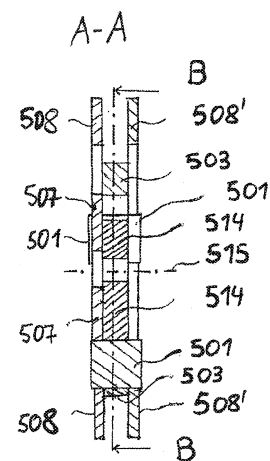
【図 108】



【図 109】



【図 110】



10

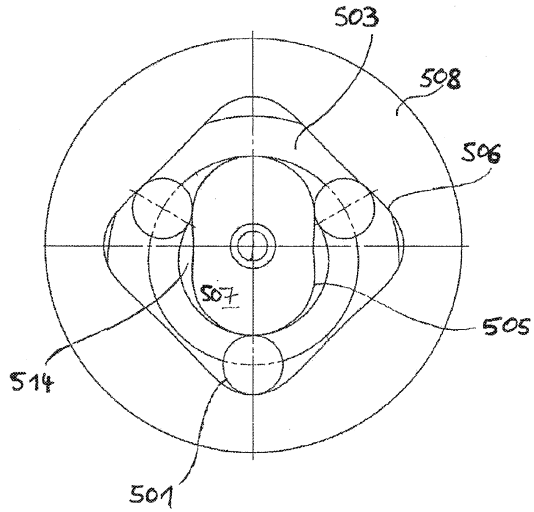
20

30

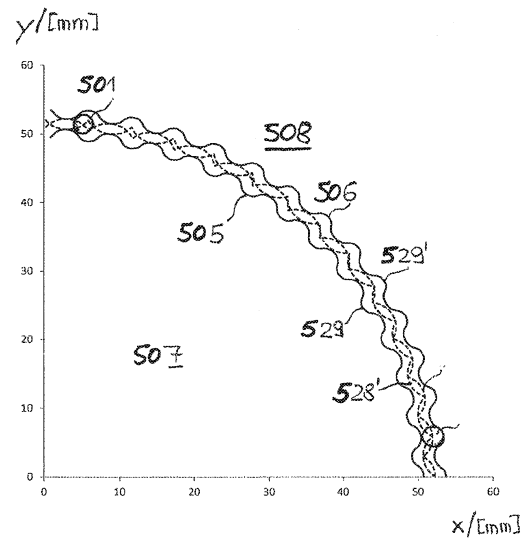
40

50

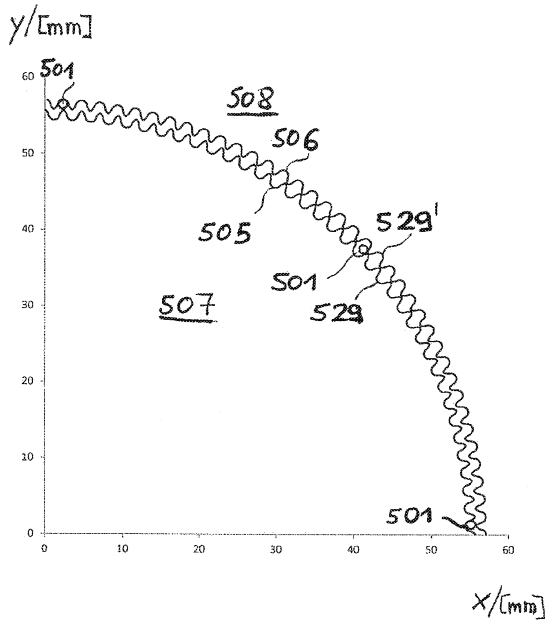
【図 1 1 1】



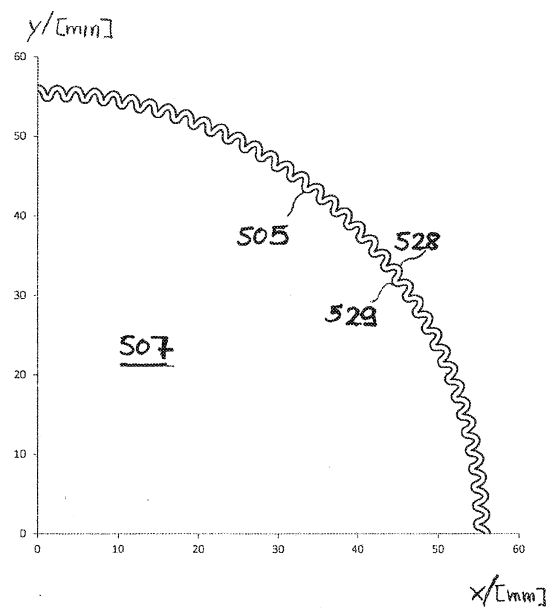
【図 1 1 2】



【図 1 1 3】



【図 1 1 4】



10

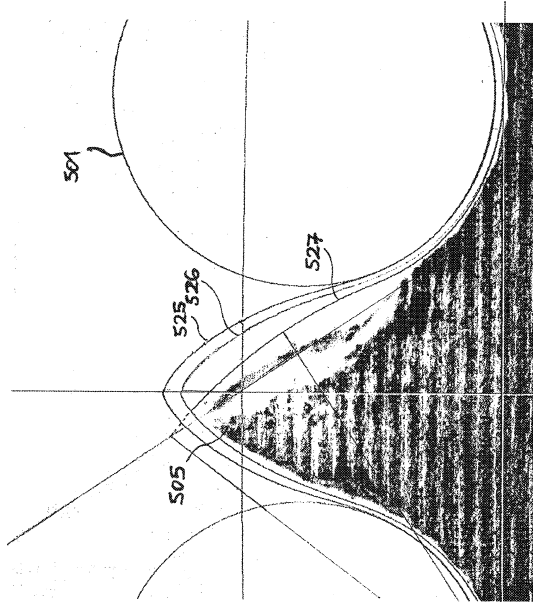
20

30

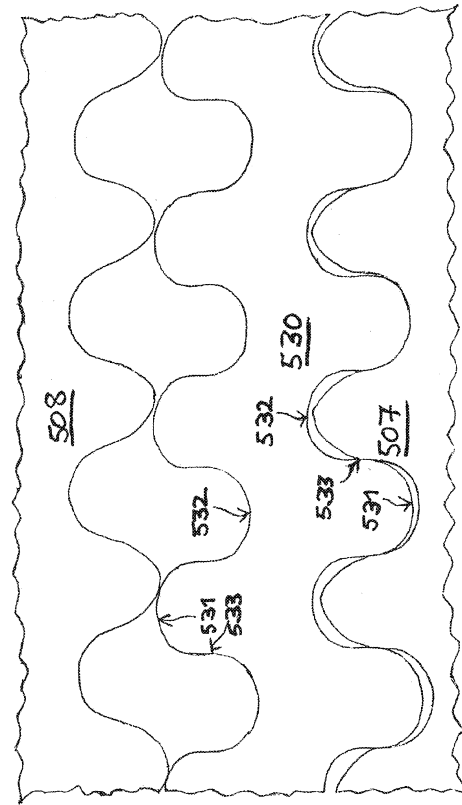
40

50

【図 1 1 5】



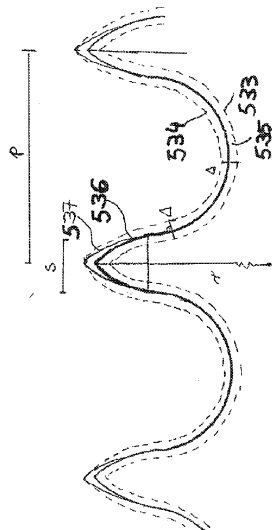
【図 1 1 6】



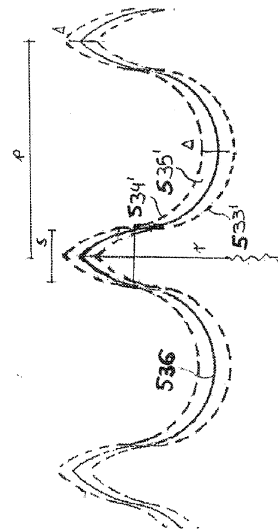
10

20

【図 1 1 7】



【図 1 1 8】

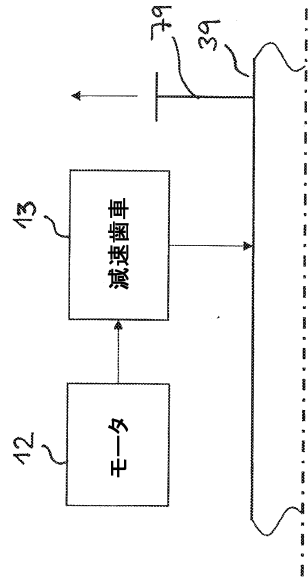


30

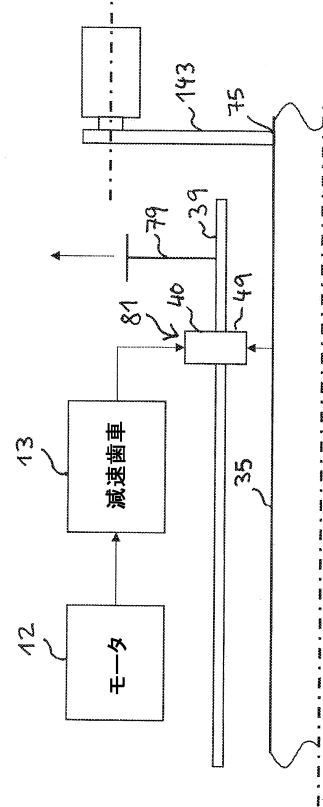
40

50

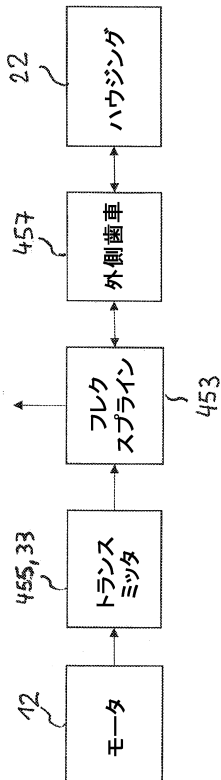
【図 1 1 9】



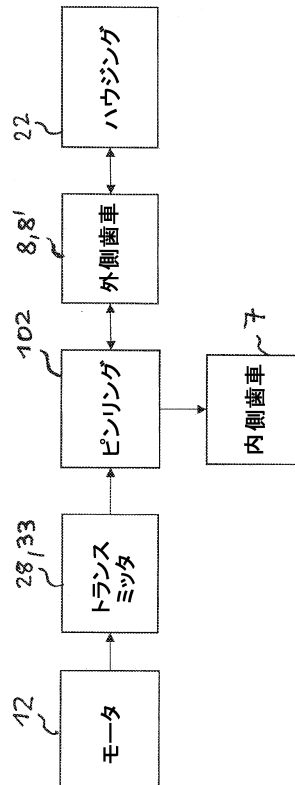
【図 1 2 0】



【図 1 2 1】



【図 1 2 2】



10

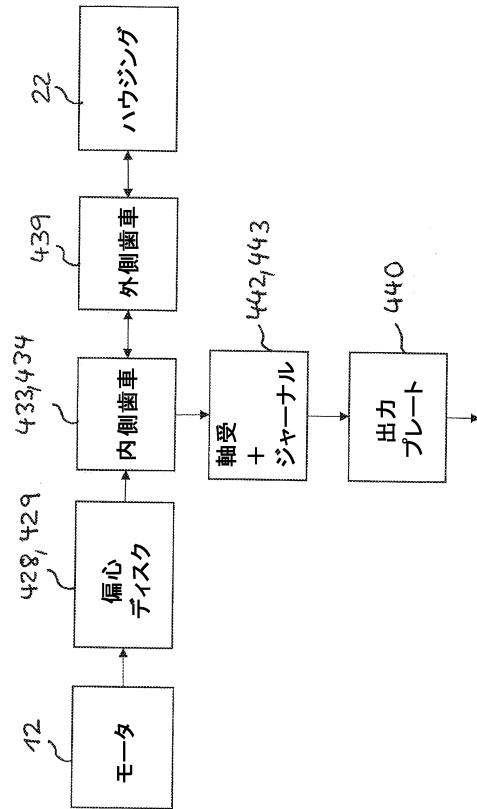
20

30

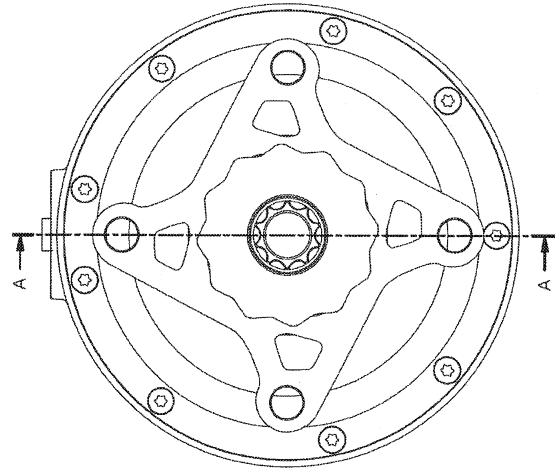
40

50

【図 1 2 3】



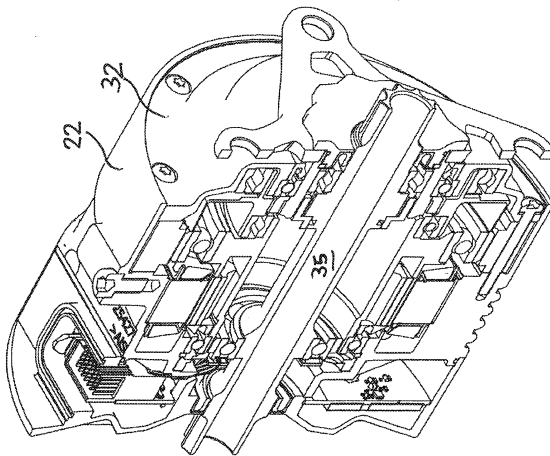
【図 1 2 4】



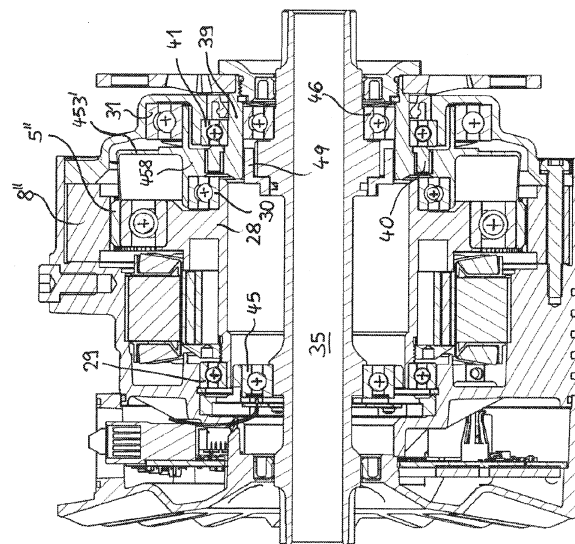
10

20

【図 1 2 5】



【図 1 2 6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表 2016-507755 (JP, A)
 米国特許出願公開第 2012/0017701 (US, A1)
 特表 2009-507244 (JP, A)
 特開 2003-19996 (JP, A)
 特開平 11-258078 (JP, A)
 特開平 11-227666 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 G 0 1 L 3 / 0 0 - 5 / 2 8
 F 1 6 C 4 1 / 0 0 - 4 1 / 0 4