

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6997864号
(P6997864)

(45)発行日 令和4年1月18日(2022.1.18)

(24)登録日 令和3年12月21日(2021.12.21)

(51)国際特許分類

F I

F 1 6 H 1/28 (2006.01)

F 1 6 H 1/28

H 0 2 K 7/116(2006.01)

H 0 2 K 7/116

請求項の数 22 (全64頁)

(21)出願番号 特願2020-515669(P2020-515669)
 (86)(22)出願日 平成30年9月17日(2018.9.17)
 (65)公表番号 特表2020-533542(P2020-533542 A)
 (43)公表日 令和2年11月19日(2020.11.19)
 (86)国際出願番号 PCT/CA2018/051154
 (87)国際公開番号 WO2019/051614
 (87)国際公開日 平成31年3月21日(2019.3.21)
 審査請求日 令和2年5月1日(2020.5.1)
 (31)優先権主張番号 62/559,552
 (32)優先日 平成29年9月16日(2017.9.16)
 (33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)
 (31)優先権主張番号 62/560,129
 (32)優先日 平成29年9月18日(2017.9.18)

最終頁に続く

(73)特許権者 514300579
 ジェネシス アドバンスド テクノロジー
 インコーポレイテッド.
 カナダ国 ブリティッシュ コロンビア州
 ヴィ2ワイ1エヌ1 ラングリー, 202
 ストリート 6279, ユニット 1
 (74)代理人 100094569
 弁理士 田中 伸一郎
 (74)代理人 100103610
 弁理士 ▲吉▼田 和彦
 (74)代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之
 (74)代理人 100095898
 弁理士 松下 満
 (74)代理人 100098475

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 差動遊星歯車ボックス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

トルク伝達装置であって、

1つ以上の太陽歯車を中心に、かつ1つ以上のリング歯車内を遊星回転するように配設された複数の遊星であって、前記複数の遊星は、各々が、一緒に回転するように接続され、かつ異なるピッチ円直径を有する複数の遊星歯車を備えるそれぞれの第1の遊星歯車セットを含む、複数の遊星と、

各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設されている、前記1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の第1の出力歯車と、

各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設されている、前記1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の第1の基準歯車と、を備え、

前記第1の基準歯車及び第1の出力歯車が、軸受を介して接続され、前記軸受が、シムを介して前記第1の基準歯車及び前記第1の出力歯車のうちの少なくとも1つに接続され、

Aが、各第1の遊星歯車セットが異なる螺旋角を有し、各第1の遊星歯車セットが前記1つ以上の太陽歯車によって固定された軸に対して軸方向に移動可能である、前記複数の遊星歯車であり、

Bが、その数が少なくとも5個、6個、7個、8個、9個、10個、11個、12個、13個、14個、15個、16個、17個、18個、19個、又は20個であり、かつ0.10を超える降伏強度と剛性との比を有する第1の材料で形成される、前記複数の遊星であり、

Cが、各第1の遊星歯車セットが、ピニオン表面によって画定され、かつピニオン表面のねじり可撓性部分によって分離される、複数の遊星歯車であり、

Dが、その数が少なくとも5個、6個、7個、8個、9個、10個、11個、12個、13個、14個、15個、16個、17個、18個、19個、又は20個であり、かつ前記1つ以上の太陽歯車のうちの1つ以上及び／又は前記1つ以上のリング歯車のうちの1つ以上が、0.10を超える降伏強度と剛性との比を有する第1の材料で形成される、前記複数の遊星であり、

Eが、各々が、異なるピッチ円直径の各部上にいくつかの歯を有し、前記歯の数が、各遊星歯車上と異なるピッチ円直径の各部上と同じである、前記複数の遊星歯車であり、

Fが、前記1つ以上の太陽歯車又は前記1つ以上のリング歯車のそれぞれの第1の入力歯車を更に備え、前記第1の入力歯車が、各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設され、前記遊星歯車が、二重軸受上に装着され、この二重軸受が、前記軸受の予負荷を調整するために1つ以上のシムによって各々調整可能である、前記トルク伝達装置であり、

Gが、各遊星歯車セット、前記太陽歯車、及び前記リング歯車が、各々、円錐テーパ及びプロファイルシフトのうちの一方又は両方を有する、前記遊星歯車であるとき、

上記A又はB又はC又はD又はE又はF又はGのうちの1つ以上であり、

各遊星が、前記第1の遊星歯車セットに対応する、かつそれに対して軸方向に対称的に配設された第2の遊星歯車を更に備え、前記第2の遊星歯車セットが、前記1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の対応する第2の出力歯車、及び前記1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の対応する第2の基準歯車と噛合するように配設される、トルク伝達装置。

【請求項2】

各遊星の前記第2の遊星歯車セットが、前記対応する第1の遊星歯車セットの歯車の歯プロファイルに対して軸方向に対称の歯車の歯プロファイルを有する、請求項1に記載のトルク伝達装置。

【請求項3】

前記第1及び第2の出力歯車が、前記第1及び第2の出力歯車の相対的な軸方向位置決めを調整するためのシムを介して接続される、請求項2に記載のトルク伝達装置。

【請求項4】

前記第2の出力歯車が前記第1の出力歯車であるか、又は前記第2の基準歯車が前記第1の基準歯車であるか、又はその両方である、請求項1～3のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項5】

前記第1の基準歯車及び第2の基準歯車がリング歯車であり、前記第1の基準歯車が、前記1つ以上の太陽歯車によって画定された中央孔を通して延在するハウジング部分を介して、前記第2の基準歯車に接続される、請求項1～4のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項6】

前記対応する第1の遊星歯車セットに対して各遊星の前記それぞれの第2の遊星歯車セットを離間するように配設された歯車セット離間ばねを更に備える、請求項1～5のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項7】

前記第2の遊星歯車セットが、ロッドによって、前記対応する第1の遊星歯車セットと整列され、この各ロッドが、それぞれの第2の遊星歯車セット及び前記対応する第1の遊星歯車セットを通して延在する、請求項1～6のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項8】

前記第1の出力歯車及び前記第1の基準歯車が、どちらも太陽歯車であるか、又はどちらもリング歯車であり、また、各第1の遊星歯車セットの異なる遊星歯車に接続する、請求項1～7のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

各第 1 の遊星歯車セットの前記複数の遊星歯車が、ピニオン表面によって画定され、かつ、前記ピニオン表面のねじり可撓性部分によって分離される、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項 10】

歯車接触で前記遊星と係合するように配設されたリング要素を更に備える、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項 11】

前記第 1 の入力歯車が、入力部材に接続され、前記第 1 の基準歯車が、ハウジング部材に接続され、前記入力部材が、1 つ以上の中間部材を通して前記ハウジング部材に回転可能に接続され、前記入力部材が、軸受の第 1 のセットを通して前記 1 つ以上の中間部材のうちの 1 つの中間部材に回転可能に接続され、前記出力部材が、軸受の第 2 のセットを通して前記 1 つ以上の中間部材のうちの前記 1 つの中間部材又は別の中間部材に回転可能に接続される、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

10

【請求項 12】

前記第 1 の入力歯車、第 1 の基準歯車、及び第 1 の出力歯車のうちの 2 つが、リング歯車であり、前記第 1 の入力歯車、第 1 の基準歯車、及び第 1 の出力歯車のうちの 1 つが、太陽歯車である、請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

【請求項 13】

前記入力歯車が、太陽歯車である、請求項 12 に記載のトルク伝達装置。

20

【請求項 14】

前記第 1 の基準歯車に対して前記第 1 の入力歯車を駆動するように接続されたモータと組み合わせた、請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置を備える、アクチュエータ。

【請求項 15】

請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置を備え、かつ前記遊星上に装着された第 1 の電磁素子と、前記第 1 の電磁素子に作用して前記遊星を駆動するように配設された第 2 の電磁素子と、を更に備える、電気装置。

【請求項 16】

前記第 2 の電磁素子が、前記第 1 の基準歯車に接続される、請求項 15 に記載の電気装置。

30

【請求項 17】

電気装置であって、

内側自由回転太陽リングと、

前記内側自由回転太陽リングに転がり接触する遊星と、

外側固定リングと、

外側出力リングと、を備え、

前記遊星が、前記外側固定リングに対して前記外側出力リングを駆動するために、前記外側固定リングと歯車接触する第 1 の直径、及び前記外側出力リングと歯車接触する第 2 の直径を有し、

前記遊星上に装着された第 1 の電磁素子と、前記第 1 の電磁素子に作用して前記遊星を駆動するように配設された第 2 の電磁素子と、を備える、電気装置。

40

【請求項 18】

前記第 2 の電磁素子が、前記外側固定リングに接続される、請求項 17 に記載の電気装置。

【請求項 19】

前記内側自由回転太陽リングによって画定された中央孔を通して前記外側固定リングに接続された追加的な外側固定リングを更に備える、請求項 17 又は請求項 18 に記載の電気装置。

【請求項 20】

前記第 1 の入力歯車が、前記遊星によって支持される、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載のトルク伝達装置。

50

【請求項 2 1】

前記第 1 の入力歯車が、電気モータの回転子を備える、請求項 2 0 に記載のトルク伝達装置。

【請求項 2 2】

前記第 1 の入力歯車が、太陽歯車である、請求項 2 0 又は請求項 2 1 に記載のトルク伝達装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は差動遊星歯車ボックスに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

遊星歯車ボックス減速機は、全ての遊星（planet／遊星歯車）が等しく使用されることを確実にするために、全てのピニオン間で負荷平衡することを必要とする。負荷平衡は、しばしば、3つの遊星ギヤのみを使用し、三角測量によって太陽歯車自体を中心に置くことによって達成される。4つの遊星が使用される場合、及び全ての歯車が完全に同じサイズではない場合は、3つの歯車が、大部分の負荷を引き受け、第4の歯車が総負荷の25%未満を担持する。加えられる歯車が多くなるにつれて、遊星をより少なく、特定の数の遊星にしなければならず、伝達することができる最大トルクに不利益をもたらす。その証拠として、産業界における大部分の遊星歯車セットは、1段当たり3つの遊星歯車だけしか有さず、1段当たり4つ又は5つの遊星を有するのは僅かな割合である。

【0 0 0 3】

差動遊星は、より小さい直径の遊星歯車によって非常に高い歯車比を可能にする。しかしながら、標準的な遊星による場合と同じ負荷分担の問題が存在し、3つを超える遊星の使用は不利益である。上で説明したように、これは、より小さい直径の遊星が同程度の負荷を伝達することができないからであり、3つ又は4つの遊星が大部分の負荷を受ける場合、残りの遊星は、比例的なトルク伝達に寄与せず、大部分のトルク伝達を行う遊星は、3つのより大きい直径の遊星のみを使用する場合と比較して小さ過ぎるので、利点を提供することができない場合がある。

【0 0 0 4】

より小さい直径の遊星は、それらが歯車ボックス内のより大きい中心貫通孔を可能にするので、非常に望ましい。より数の多い遊星について負荷分担が達成される場合は、より大きいトルク伝達が可能であることも示す。本明細書で開示されるような差動歯車ボックスの実施形態では、F E A 解析は、3つのより大きい遊星だけを使用した場合と比較して、12～18個のより小さい遊星が好ましいトルク伝達を提供することを示している。

【0 0 0 5】

多数のより小さい遊星を使用することができるよう、一貫した負荷分担を差動歯車ボックスの遊星間に提供する方法が必要である。最小の重量を有し、かつ厳しいエンベロープが必要とされる、高いトルクを出力する数多くの用途が存在する。装置の他の利点は、下の説明において明らかになるであろう。

【発明の概要】

【0 0 0 6】

1つ以上の太陽歯車を中心に、かつ1つ以上のリング歯車内を遊星回転するように配設された複数の遊星を有するトルク伝達装置を提供する。複数の遊星は、各々が、一緒に回転するように接続され、かつ異なる直径を有する複数の遊星歯車を備える、それぞれの第1の遊星歯車セットを含む。1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車のそれぞれの第1の出力歯車は、各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設され、1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車のそれぞれの第1の基準歯車は、各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設される。負荷分担は、以下のA又はB又はC又はDのうちの1つ以上によって提供される。

【0007】

Aは、各第1の遊星歯車セットが異なる螺旋角を有し、各第1の遊星歯車セットは、例えば1つ以上の太陽歯車によって画定された軸に対して、ばねなどの弾性要素に対して、軸方向に移動可能である、複数の遊星歯車である。

【0008】

Bは、その数が少なくとも5個、6個、7個、8個、9個、10個、11個、12個、13個、14個、15個、16個、17個、18個、19個、又は20個であり、かつ0.10を超える降伏強度と剛性との比を有する第1の材料で形成される、複数の遊星(planets/遊星歯車群)である。

【0009】

Cは、各第1の遊星歯車セットが、ピニオン表面によって画定され、かつピニオン表面のねじり可撓性部分によって分離される、複数の遊星歯車である。

【0010】

Dは、その数が少なくとも5個、6個、7個、8個、9個、10個、11個、12個、13個、14個、15個、16個、17個、18個、19個、又は20個であり、かつ1つ以上の太陽歯車のうちの1つ以上及び/又は1つ以上のリング歯車のうちの1つ以上が、0.10を超える降伏強度と剛性との比を有する第1の材料で形成される、複数の遊星(planets/遊星歯車群)である。

【0011】

様々な実施形態では、以下の特徴のうちの任意の1つ以上が含まれ得る。

【0012】

各遊星はまた、第1の遊星歯車セットに対応する、かつそれに対して軸方向に対称的に配設された第2の遊星歯車を更に有することもできる。第2の遊星歯車セットは、1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の対応する第2の出力歯車、及び1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の対応する第2の基準歯車と噛合するように配設されることができる。各遊星の第2の遊星歯車セットは、対応する第1の遊星歯車セットの歯車の歯プロファイルに対して軸方向に対称の歯車の歯プロファイルを有することができる。ここで、歯車の歯プロファイルは、歯車上の歯車の歯の3次元形状に関連する。第1及び第2の出力歯車は、第1及び第2の出力歯車の相対的な軸方向位置決めを調整するためのシムを介して接続することができる。第1及び第2の基準歯車は、第1及び第2の基準歯車の相対的な軸方向位置決めを調整するためのシムを介して接続することができる。下で説明するように第1の入力歯車が存在する場合、第2の遊星歯車セットと噛合するように配設された第2の入力歯車を存在させることもでき、第1の入力歯車及び第2の入力歯車は、第1及び第2の入力歯車の相対的な軸方向位置決めを調整するためのシムによって接続することができる。第1の基準歯車及び第1の出力歯車は、軸受を介して接続することができる。軸受は、シムを介して第1の基準歯車及び第1の出力歯車のうちの少なくとも1つに接続される。軸受は、異なる軸受レースに接続された複数のシムを介して、第1の基準歯車及び第1の出力歯車のうちの少なくとも1つに接続することができる。第2の出力歯車は、第1の出力歯車とすることができ、また、複数の歯車表面又は単一の連続する歯車表面を有することができる。第2の基準歯車は、第1の基準歯車とすることができ、また、複数の歯車表面又は単一の連続する歯車表面を有することができる。第1の基準歯車及び第2の基準歯車は、リング歯車とすることができ、第1の基準歯車は、1つ以上の太陽歯車によって画定された中央孔を通して延在するハウジング部分を介して、第2の基準歯車に接続することができる(本明細書で定義される同一性の概念として、剛性接続部がこれらの歯車を同じ歯車にする)。このハウジング部分は、中央ボアを画定することができる。対応する第1の遊星歯車セットに対して各遊星のそれぞれの第2の遊星歯車セットを離間するように配設された歯車セット離間ばねを存在させることができる。第2の遊星歯車セットは、ロッドによって、対応する第1の遊星歯車セットと整列させることができ、各ロッドは、それぞれの第2の遊星歯車セット及び対応する第1の遊星歯車セットを通して延在する。また、ロッドに対して第1の遊星歯車セット及び第2の遊星歯車セットを位置

10

20

30

40

50

決めするように配設された、ロッド上の歯車セット位置決めばねを存在させることもできる。第1の出力歯車及び第1の基準歯車は、どちらも1つ以上の太陽歯車の太陽歯車とすることができ、又はどちらも1つ以上のリング歯車のリング歯車とすることができ、また、各第1の遊星歯車セットの異なる遊星歯車に接続することができる。

【0013】

歯車の組み合わせのいくつかの事例は、以下のとおりである。第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車のうちの一方を平歯車とし、他方をはすば歯車とすることができる。第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車のうちの一方をはすば歯車とし、他方を同じ巻き方で異なる大きさの螺旋角のはすば歯車とすることができる。第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車のうちの一方をはすば歯車とし、他方を逆の巻き方のはすば歯車とすることができる。負荷分担技術Aは、特に、上述の歯車の組み合わせの事例に適用することができ、技術Aでは、各第1の遊星歯車セットは、1つ以上の太陽歯車によって画定された軸に対して軸方向に移動可能である。他の事例において、第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車のうちの一方をはすば歯車とし、他方を同じ巻き方で同じ大きさの螺旋角を有するはすば歯車とすることができ、又は複数の遊星歯車のうちの一方を平歯車とし、他方も平歯車とすることができる。製造を容易にするために、第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車は、同じ歯数を有することができ、複数の遊星歯車の対応する歯は、円周方向に整列させることができる。更に、第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車の歯は、対応する歯の間の連続歯プロファイルフィルによって接続することができる。負荷分担のためのA、B、又はCの選択に関係なく、5個以上、6個以上、7個以上、8個以上、9個以上、10個以上、11個以上、12個以上、13個以上、14個以上、15個以上、16個以上、17個以上、18個以上、19個以上、又は20個以上の遊星を存在させることができる。

【0014】

複数の遊星の遊星は、中空とすることができる。複数の遊星の遊星は、各々が、それぞれの外側遊星直径の少なくとも $1/2$ 、 $2/3$ 、 $4/5$ 、 $9/10$ 、又は $19/20$ のそれぞれのボア直径を有するそれぞれの軸方向のボアを画定することができる。

【0015】

上で説明した任意のトルク伝達装置について、オプションBを選択することができ、複数の遊星の数は、少なくとも5個、6個、7個、8個、9個、10個、11個、12個、13個、14個、15個、16個、17個、18個、19個、又は20個であり、かつ0.10を超える降伏強度と剛性との比を有する第1の材料で形成される。特に、オプションBに関して、複数の遊星の各遊星は、それぞれのピニオン表面を画定するそれぞれの外側ピニオン部分を有することができる。各遊星のそれぞれの外側ピニオン部分は、それぞれの中空チューブ上に装着することができ、それぞれの外側ピニオン部分は、第1の材料で形成される。それぞれの中空チューブは、第1の材料よりも剛性がある第2の材料で形成することができる。第1の材料は、プレーン又は繊維強化ポリマー樹脂とすることができ、第2の材料は、金属である。複数の遊星のそれぞれのピニオン表面は、各々が、出力歯車と噛合するように配設された出力歯車付表面と、基準歯車と噛合するように配設された基準歯車付表面と、を有することができ、出力歯車付表面及び基準歯車付表面は、それぞれの外側ピニオン部分のねじり可撓性ピニオン部分によって分離される。各ねじり可撓性ピニオン部分は、ピニオン表面の凹部分を画定することができる。各ねじり可撓性ピニオン部分は、ピニオン表面の軸方向又は半径方向スロットを画定することができる。第1の材料は、1未満のねじりツイスト剛性と曲げ剛性との比を有することができる。

【0016】

また、オプションCは、オプションBと組み合わせて選択することもできる。オプションCによって、各第1の遊星歯車セットの複数の遊星歯車は、ピニオン表面によって画定することができ、また、ピニオン表面のねじり可撓性部分によって分離することができる。特に、オプションCに関して、各ねじり可撓性ピニオン部分は、ピニオン表面の凹部分を画定することができる。各ねじり可撓性ピニオン部分は、ピニオン表面の軸方向又は半径方向スロットを画定することができる。複数の遊星の各遊星は、それぞれのピニオン表面

を画定するそれぞれの外側ピニオン部分を有することができ、それぞれの外側ピニオン部分は、それぞれの中空チューブ上に装着される。それぞれの外側ピニオン部分は、第1の材料で形成することができ、それぞれの中空チューブは、第2の材料で形成され、第2の材料は、第1の材料よりも剛性である。第1の材料は、プレーン又は繊維強化ポリマー樹脂とすることができ、第2の材料は、金属とすることができる。各遊星は、1未満のねじりツイスト剛性と曲げ剛性との比を有することができる。

【0017】

任意のトルク伝達装置に関して上で説明したように、遊星歯車セットは、群で配設することができ、各群の遊星歯車は、他の歯車との噛合に関して同位相であり、異なる群の遊星歯車は、同位相でなく、各群の遊星歯車は、太陽歯車（複数可）を中心に均等に分配することができる。遊星は、代替的に、不均等に離間することができる。随意に、各遊星の遊星歯車セットは、遊星が全体としてそのような群で配設されるように、互いに同位相とすることができる。

【0018】

また、牽引又は歯車接触で遊星と係合するように配設された自由回転太陽又はリング要素を存在させることもできる。自由回転太陽又はリング要素は、1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車の歯車とすることができ、自由回転太陽又はリング要素は、各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設される。また、自由回転太陽又はリング要素と接触するように配設されたブレーキを存在させることもできる。自由回転太陽又はリング要素はまた、遊星に接触するための2つの軸方向に分離された接触部分を有することもでき、接触部分は、接触部分の相対的軸方向位置に応じて遊星に予負荷を与えるように配向される。接触部分は、遊星に予負荷を与えるように付勢することができる。また、接触部分の軸方向分離を調整するための作動手段を存在させることもできる。

【0019】

また、1つ以上の太陽歯車又は1つ以上のリング歯車のそれぞれの第1の入力歯車を存在させることもでき、第1の入力歯車は、各第1の遊星歯車セットのそれぞれの遊星歯車と噛合するように配設される。第1の入力歯車は、入力部材に接続することができ、第1の基準歯車は、ハウジング部材に接続することができ、入力部材は、1つ以上の中間部材を通してハウジング部材に回転可能に接続することができ、入力部材は、軸受の第1のセットを通して1つ以上の中間部材のうちの1つの中間部材に回転可能に接続することができ、出力部材は、軸受の第2のセットを通して1つ以上の中間部材のうちの1つの中間部材又は別の中間部材に回転可能に接続することができる。第1の入力歯車、第1の基準歯車、及び第1の出力歯車のうちの2つは、リング歯車とすることができ、第1の入力歯車、第1の基準歯車、及び第1の出力歯車のうちの1つは、太陽歯車とすることができる。そのような事例では、入力歯車は、減速装置のための太陽歯車とすることができる。第1の入力歯車、第1の基準歯車、及び第1の出力歯車のうちの2つは、太陽歯車とすることができ、第1の入力歯車、第1の基準歯車、及び第1の出力歯車のうちの1つは、リング歯車とすることができる。そのような事例では、入力歯車は、減速装置のためのリング歯車とすることができる。

【0020】

また、上で説明した入力歯車を有するトルク伝達装置と、第1の基準歯車に対して入力歯車を駆動する接続されたモータと、を組み合わせた、アクチュエータも提供される。アクチュエータは、モータに隣接し、かつハウジングを通してアクチュエータの外面に突出する、熱伝導構成要素を有することができる。

【0021】

また、上で説明したトルク伝達装置、遊星ローラ上に装着された第1の電磁素子、及び第1の電磁素子に作用して遊星ローラを駆動するように配設された第2の電磁素子を加えた、電気装置も提供する。第2の電磁素子は、第1の基準歯車に接続することができる。第1の電磁素子は、永久磁石とすることができる。第2の電磁素子は、電磁石とすることができる。第2の電磁素子は、軟磁性ポストを有することができ、又は空気コイルとするこ

10

20

30

40

50

とができる。空気コイルである場合、又は非常に小さい軟磁性ポストを使用する場合、固定子は、多量のコギングを導入することなく軟磁性材料バックアイアンを使用することができる。したがって、バックアイアンは、第2の電磁素子に隣接させることができる。これは、より効率的な空気コイル設計を提供する。

【0022】

また、上で説明した負荷分担スキームを伴わない電気装置も提供する。したがって、電気装置も提供され、この電気装置は、内側自由回転太陽リングと、内側自由回転太陽リングに転がり接触する遊星ローラと、外側固定リングと、外側出力リングと、を有し、遊星ローラが、外側固定リングに対して外側出力リングを駆動するために、外側固定リングと歯車接触する第1の直径、及び外側出力リングと歯車接触する第2の直径を有し、遊星ローラ上に装着された第1の電磁素子と、第1の電磁素子に作用して遊星ローラを駆動するように配設された第2の電磁素子と、を有する。第2の電磁素子は、外側固定リングに接続することができる。また、内側自由回転太陽リングによって画定された中央孔を通して外側固定リングに接続された、追加的な外側固定リングを存在させることもできる。第1の電磁素子は、永久磁石とすることができる。第2の電磁素子は、電磁石とすることができる。第2の電磁素子は、空気コイルとすることができる。第2の電磁素子に隣接してバックアイアンを存在させることができる。

10

【0023】

装置のこれら及び他の態様は、特許請求の範囲に記載される。

【0024】

以下、例として、図面を参照しながら実施形態を説明するが、同じ参照符号は、同じ要素を表す。

20

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】電気モータと、各々が異なる螺旋角を有する部分を有する遊星を使用する差動歯車ボックスと、を含む、例示的なアクチュエータの側面切欠図である。

【図2】図1のアクチュエータの拡大側面切欠図である。

【図3】図1のアクチュエータの側面切欠図である。

【図4】図1のアクチュエータの等角切欠図である。

【図5】図1のアクチュエータの正面図である。

30

【図6】図1のアクチュエータの側面図である。

【図7】図1のアクチュエータの背面図である。

【図8】図1のアクチュエータの等角図である。

【図9】図1のアクチュエータの分解図である。

【図10】ハウジング又は入力コネクタを伴わない図1のアクチュエータの分解図である。

【図11】図1のアクチュエータの歯車ボックスの分解図である。

【図12】図1のアクチュエータのリング歯車の側面切欠図である。

【図13】図1のアクチュエータのリング歯車の等角図である。

【図14】図1のアクチュエータの歯車ボックスの遊星の分解図である。

【図15】図14の遊星の側断面図である。

40

【図16】図14の遊星の側面図である。

【図17】圧縮応力を示す図14の遊星の側面図である。

【図18】名目上の遊星への力を示す、図1の典型的なアクチュエータの側面切欠図である。

【図19】片側が小さい遊星への力を示す、図1の典型的なアクチュエータの側面切欠図である。

【図20】両側が小さい遊星への力を示す、図1の典型的なアクチュエータの側面切欠図である。

【図21】正面の出力及びハウジング部分を取り除いた、図1のアクチュエータの正面図である。

50

【図 2 2】正面の出力及びハウジング部分を取り除いた、図 1 のアクチュエータの等角図である。

【図 2 3】遊星の前端部ばねも取り除いた、図 1 のアクチュエータの等角図である。

【図 2 4】正面の出力及びハウジング部分を取り除き、更に遊星の位置決め変化を概略的に示す、図 1 のアクチュエータの正面図である。

【図 2 5】歯を整列させた、図 1 のアクチュエータの遊星の等角図である。

【図 2 6】歯をオフセットした、図 1 のアクチュエータの遊星の等角図である。

【図 2 7】典型的な歯車ボックスの等角切欠図である。

【図 2 8】図 2 7 の歯車ボックスの正面図である。

【図 2 9】図 2 7 の歯車ボックスの側面図である。

10

【図 3 0】図 2 7 の歯車ボックスの背面図である。

【図 3 1】図 2 7 の歯車ボックスの等角図である。

【図 3 2】固定リング歯車及びハウジングの複数部分を取り除いた、図 2 7 の歯車ボックスの背面図である。

【図 3 3】図 2 7 の歯車ボックスの分解図である。

【図 3 4】遊星歯車を含む、図 2 7 の歯車ボックスの一部分の側面切欠図である。

【図 3 5】図 2 7 の歯車ボックスの側面切欠図である。

【図 3 6】遊星を取り除いた、図 2 7 の歯車ボックスの側面切欠図である。

【図 3 7】図 2 7 の歯車ボックスの等角切欠図である。

【図 3 8】図 2 7 の歯車ボックスの典型的な遊星の側面図である。

20

【図 3 9】一体型の射出成形プラスチックとして形成された、図 2 7 の歯車ボックスの遊星の等角図である。

【図 4 0】図 2 7 の歯車ボックスに好適な遊星の追加的な実施形態の等角図である。

【図 4 1】図 2 7 の歯車ボックスに好適な遊星の追加的な実施形態の等角図である。

【図 4 2】図 2 7 の歯車ボックスに好適な遊星の追加的な実施形態の等角図である。

【図 4 3】軸方向スロットを有し、チューブを有しない遊星の等角図である。

【図 4 4】図 4 3 の遊星の切欠等角図である。

【図 4 5】軸方向スロット及び中央チューブを有する遊星の等角図である。

【図 4 6】図 4 5 の遊星の切欠等角図である。

【図 4 7】遊星への軸方向力を示す、図 2 7 の歯車ボックスの切欠図である。

30

【図 4 8】遊星への負荷経路を示す、図 2 7 の歯車ボックスの遊星の等角切欠図である。

【図 4 9】外側歯車の変形を示す、歯車ボックスの概略図である。

【図 5 0】太陽歯車の変形を示す、歯車ボックスの概略図である。

【図 5 1】遊星歯車の変形を示す、歯車ボックスの概略図である。

【図 5 2】選択された材料の材料強度と剛性と密度との比を示す棒グラフである。

【図 5 3】選択された材料の材料強度と剛性との比を示す棒グラフである。

【図 5 4】別の典型的な歯車ボックスの切欠等角図である。

【図 5 5】図 5 4 の歯車ボックスの等角図である。

【図 5 6】図 5 4 の歯車ボックスの軸方向端面図である。

【図 5 7】図 5 4 の歯車ボックスの例示的な遊星の等角図である。

40

【図 5 8】図 5 7 の遊星の別の等角図である。

【図 5 9】図 5 7 の遊星の軸方向端面図である。

【図 6 0】アクチュエータの別の例示的な実施形態の側面切欠図である。

【図 6 1】図 6 0 のアクチュエータの等角切欠図である。

【図 6 2】モータ入力構成要素を伴わない図 6 0 のアクチュエータの等角切欠図である。

【図 6 3】図 6 0 のアクチュエータの上部モータ構成要素の頂部等角図である。

【図 6 4】図 6 0 のアクチュエータの上部モータ構成要素の底部等角図である。

【図 6 5】空気流路を示す、図 6 0 のアクチュエータの上部分の切欠等角図である。

【図 6 6】射出成形を容易にするために連続特徴を有する、図 6 0 のアクチュエータの例示的な遊星の等角図である。

50

【図 6 7】図 6 0 のアクチュエータの上半部の分解図である。

【図 6 8】図 6 0 のアクチュエータの別の例示的な遊星の側断面図である。

【図 6 9】図 6 8 の遊星と連動する、拡張可能な太陽リングの側断面図である。

【図 7 0】遊星と連動して安全ブレーキを提供する、調整可能な太陽リングの側断面図である。

【図 7 1】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 2】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 3】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 4】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 5】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 6】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 7】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 8】軸受として作用するのに好適な歯車ボックスの異なる構成の側断面図である。

【図 7 9】別の例示的な歯車ボックスの軸方向端面図である。

【図 8 0】歯車セットを示す、図 7 9 の歯車ボックスの等角切欠図である。

【図 8 1】太陽歯車に接触し、位相が異なる、2 つの遊星の側面図である。

【図 8 2】プロファイルシフトを有する歯車の歯の図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

本明細書に記載される実施形態には、特許請求の範囲によって包含されるものから逸脱することなく、軽微な修正が行われ得る。

【0027】

装置の実施形態は、下で説明するような 1 つ以上の戦略の使用を通して、負荷分担を可能にする。いくつかの実施形態の他の利点としては、バックラッシュを低減又は防止すること、並びに遊星キャリアを使用することなく遊星 (planets/遊星歯車群) の適切な軸方向及び円周方向位置を維持すること、を挙げることができる。

【0028】

1 つの戦略は、異なる螺旋角を伴う異なる部分を有する遊星を使用することである。この戦略では、入力歯車、出力歯車、及び基準歯車が、それぞれ遊星に接触し得る。遊星に接触する異なる歯車は、集合的に i/o 歯車と称され得る。減速装置の場合、典型的には、遊星の一方に入力 (例えば、太陽歯車) があり、他方に出力及び基準 (例えば、リング歯車) がある。本文書では、「太陽歯車」は、遊星歯車と噛合する半径方向外面を有する任意の歯車を指し、「リング歯車」は、遊星歯車と噛合する半径方向内面を有する任意の歯車を指す。「太陽リング」は、リング形状の太陽歯車であり、この定義ではリング歯車でない。一方の側の入力歯車、出力歯車、又は基準歯車のうちの 2 つは、この戦略では、異なる螺旋角を有し、対応する螺旋角で遊星歯車と噛合する。これは、遊星歯車を軸方向にシフトすることを通して、負荷平衡を可能にする。全体的な軸方向整列を保つために、軸方向に対称の二組の歯車を提供することができ、二組の遊星歯車が、単一の遊星へと組み合わせられ、半部が軸方向ばねによって接続される。また、二組の軸方向内側リング歯車及び/又は太陽歯車も組み合わせられ得る。この戦略を使用する実施形態は、「軸方向ばね位置を有する差動螺旋角」という名称の下記の項で更に説明する。

【0029】

別の戦略は、可撓性歯車を使用することである。歯車は、プラスチックなどの可撓性材料を使用して作製することができる。因習的に鋼よりも低いトルク対重量比を有すると予想されるプラスチックから、驚くべき利点が見出される。可撓性材料を使用する実施形態は、「プラスチック歯車」という名称の下記の項で更に説明する。

【0030】

可撓性は、材料の選択だけでなく、歯車の形状にも依存する。

【0031】

本文書には、本明細書に要約される戦略の更なる用途も説明する。「例示的な遊星駆動ア

クチュエータ」という名称の項は、減速歯車ボックスと組み合わせた電気モータを備えたアクチュエータの追加的な実施例を提供する。

【0032】

また、記載される戦略の1つ以上の実施形態と組み合わせることができる追加的な特徴も開示する。

【0033】

「遊星軸受」という名称の項は、どのように遊星歯車ボックスが、例えばモータのための、軸受としても機能し得るのかについて説明する。

【0034】

「位相が異なる歯車」という名称の項は、異なる遊星が、ノイズ及び振動を低減するために、任意の所与の瞬間に2つ以上の歯の噛合位置でどのようにリング歯車と噛合し得るのかについて説明する。

【0035】

【軸方向ばね位置を有する差動螺旋角】

一実施形態において、電気モータは、歯車ボックスエンクロージャ内に收容される。

【0036】

図1～図24は、電気モータと、差動歯車ボックスと、を含む例示的な円筒アクチュエータを示し、差動ギヤボックスは、異なる螺旋角を伴う部分をそれぞれが有する遊星、及び好ましいが移動可能な軸方向位置にピニオン部分を付勢する弾性要素を使用する。これは、多数のより小さいピニオンを活用するための、ピニオン間の一貫した十分な負荷分担を可能にする。単純化した電気モータの固定子及び回転子をハウジングの内側に示す。内部電気モータは、2つの外側リング歯車10、10を、中央ボアを画定する環状ハウジング部分12Cを通して接続されたハウジング部材12A、12Bに取り付けることを可能にし、リング歯車10、10の互いに対する相対回転を保持する。ハウジング部材12A、12B、及び12Cは、ハウジング12の部分を構成する。

【0037】

例示的な実施形態の側断面図を図1に示す。図1～図3は、この例示的な実施形態の切欠図を示し、図5～図8は、アクチュエータの外側の図を示す。

【0038】

モータは、この実施形態では、内側固定子22及び外側回転子13によって構成され、回転子は、積み重ねた軸受アセンブリ46及び48によって支持される。軸受アセンブリ46は、ここに示され、下で更に説明するように、二組の軸受17及び19を連結するリング18を備える。

【0039】

外側回転子は、接続プレート15を駆動し、これがスプライン嵌合を通して太陽歯車14を駆動する。接続プレート15を使用する代わりに、回転子13を太陽歯車14に一体化することも可能であることに留意されたい。これは、より小さい中央孔を伴っているが、より軸方向にコンパクトなアクチュエータを可能にする。

【0040】

太陽歯車は、中央の直線平歯車の歯によって遊星23を駆動する。この界面には、適切な噛合を確実にするためにオフセットされた歯を介して、少量のバックラッシュが導入される。示される実施形態では、18個の遊星が存在する。

【0041】

遊星は、多くの遊星歯車構成に見出されるようなキャリアを必要としない。代わりに、遊星は、外側螺旋歯で軸方向外側リング歯車10と噛合する。遊星歯車の軸方向位置はまた、下で説明する負荷平衡機構によって、許容限度内でも提供される。軸方向外側リング歯車は、固定なので、遊星は、入力回転するときに太陽入力の周りを周回する。次いで、遊星の中央平歯車の歯が中央リング歯車11と噛合する。遊星の中央平歯のピッチ円直径は、遊星の螺旋歯のピッチ円直径とは異なり、中央リング歯車と軸方向外側リング歯車との間に差動出力を生じさせる。次いで、中央リング歯車11からの出力は、スプライン嵌

10

20

30

40

50

合によって接続チューブ 16 に接続し、機構の他の部に締結するためのボルト群を含む。

【0042】

また、図 1 には、下で更に記載するハウジング 12 内にヒートシンク 20 及び孔 21 も示す。図 2 は、歯車及び接続プレート 15 のみの拡大切欠図を示す。また、図 2 では、半部がチューブ 6 上に移動可能に装着された遊星 23 の歯車付部分の 2 つの半部 A 及び B を接続する中央ばね 7、及びチューブ 6 上に装着されたストッパ 8 に半部を接続する外側ばね 9 も視認可能である。遊星 23 のこれらの部品の機能は、図 14～図 20 を参照して下で更に説明する。

【0043】

図 3 は、明確にするためにモータ及び遊星を取り除いた、図 1 のアクチュエータを示す。

図 4 は、図 1 のアクチュエータの等角切欠図を示す。

【0044】

図 5～図 8 は、図 1 のアクチュエータの外観図を示す。図 5 は、図 1 のアクチュエータの正面図を示す。図 6 は、側面図を示す。軸方向外側リング歯車 10 の 1 つに対応する外側部分が視認可能であるが、軸方向外側リング歯車 10 は、この実施形態では、ハウジング 12 に固定され、代替的に、どちらもハウジングで取り囲むことができる。図 7 は、背面図を示す。8 は、正面等角図を示す。

【0045】

図 9～図 11 は、図 1 のアクチュエータの分解図を示す。アクチュエータは、例えばアクチュエータの第 1 の端部 38 で、ハウジング 12 を通して外部構造に接続することができ、また、例えばアクチュエータの第 2 の端部 40 で、出力コネクタ 16 を通して被駆動部材に接続することができる。この実施形態では、歯車ボックス 42 及びモータ 44 は、それぞれが、アクチュエータのそれぞれの環状部分を取り込む。

【0046】

図 10 は、ハウジング又は出力コネクタを伴わないアクチュエータを示す。軸受アセンブリ 46 及び 48 が示され、アクチュエータを組み立てるときに、回転子 13 の両側を放熱板 20 に接続する。

【0047】

図 11 は、歯車ボックスの分解図を示す。図から分かるように、軸方向内側太陽歯車 14 は、この実施形態では、単一片として形成され、軸方向内側リング歯車 11 は、単一片として形成される。

【0048】

図 12 は、側面切欠図であり、図 13 は、図 1 のアクチュエータのリング歯車 10 及び 11 の等角図であり、これらの歯車の歯のパターンをより良好に示す。

【0049】

図 14～図 16 は、図 1 のアクチュエータの遊星歯車 23 の拡大図であり、負荷平衡機構を示す。

【0050】

図 14 は、遊星 (planet/遊星歯車) 23 の分解図であり、図 15 は、側断面図であり、図 16 は、側面図である。これらの図に示されるように、軸方向内側遊星歯車 1 及び軸方向外側遊星歯車 2 は、歯車セット B を備える対称の軸方向内側歯車 3/軸方向外側歯車 4 を有する一体型 (歯車セット A) として作用するように製造される。歯車セット A 及び B はどちらも、中央チューブ又はロッド 6 によって同軸整列に保持される。「ロッド」という用語は、「チューブ」という用語を包含し得る。歯車セット A 及び B とロッド 6 との嵌合は、チューブ 6 上の歯車セット A、B の軸方向及び回転移動が可能な程度である。歯車セット A、B 間の中央ばね 7、及びシャフト 6 の端部での歯車セット A、B と保持リング 8 との間の外側ばね 9 は、チューブ 6 上の歯車セット A、B の軸方向運動、更には他の対称セット B に対する歯車セット A の回転運動を可能にする。各セット A 及び B 上の内側及び外側歯車は、異なる螺旋角で作成される。(この実施例では、内側歯車 1 にはゼロの螺旋角を使用しているが、軸方向内側及び外側歯車が異なる角度を有する限りは、任意の螺

10

20

30

40

50

螺旋角を使用することができる。異なる巻き方を伴う同じ大きさの螺旋角を有する歯車はまた、異なる螺旋角も提供する。この螺旋角の違いは、歯車セットの軸方向運動が、外側歯車リングへの外側歯車の歯の負荷の反対方向に、内側歯車リングへの内側歯車の歯の負荷をもたらすように、内側歯車及び外側歯車の異なる直径も補償しなければならない。その結果、歯車セットAの任意の軸方向運動は、歯車2の1つが、ハウジング12に固定された基準リング歯車10のはずば歯車の歯と噛合するときに、より大きいはずば歯車の角度に起因して、歯車セットA全体を回転させる。発明者らは、説明を簡潔にするために、この説明では、固定出力リング歯車11を参照する。歯車セットAの軸方向運動の間の歯車セットAの回転は、歯車1の平歯車が軸方向内側（出力）リング歯車11に接触してトルクを伝達するまで、軸方向内側平歯車1を、軸方向内側（出力）リング歯車11の平歯車（図A6）に対して回転させる。

10

【0051】

本実施形態における遊星23の構成要素に対する相対的な力及び運動を図17～図20に例示する。中央ばね7は、力24を及ぼすことができ、端部ばね9は、力26及び28を及ぼすことができる。随意に、図17に示されるように、ばねは、外力の非存在下でこれらの全てのばね力が非ゼロであるように、圧縮応力を与えることができる。これは、全てのばねが、力が変化したときに圧縮状態を維持することを可能にすることができ、これは、示されるようにベルビル及び波形ワッシャを使用するばねに有用であり得る。他の設計の場合、これは、ばねを張力付与状態とし、その状態を維持するのに有用であり得る。

【0052】

20

図18～図20の矢印78は、遊星の歯の動きの方向を示す。

【0053】

歯車セットA（又はB）の軸方向運動は、対向するトルクによって生じ、このトルクは、動作中に基準リング歯車10が抵抗トルクを受けたときにピニオンを通して伝達される（この動作は、トルクが、電気モータ回転子13によって、太陽歯車フランジ15を通して軸方向内側（入力）太陽歯車14に印加されるトルクに関する）。この歯車セットAに印加されるトルクは、外側はずば歯車2を通して外側螺旋リング歯車10に伝達されるトルクをもたらす。他の実施形態では、他のリング又は太陽歯車は、はずば歯車と噛合し、それを通してトルクを伝達することができる。このはずば歯車噛合を通して印加されるトルクは、図18に示されるように軸方向力30を歯車セットAにもたらす。この軸方向力は、ナットがねじ付きボルトに印加する軸方向力に類似する。この軸方向力30は、ばねの1つ以上によって抵抗を受ける歯車セットAの軸方向変位32をもたらす。はずば歯車噛合2へのトルク伝達の結果として、軸方向ばね力（例えば、中央ばね7によって及ぼされる力24）が、歯車セットAが受ける軸方向力と等しいとき、歯車セットAが平衡状態に到達し、軸方向運動が止まる。ばね7、9（例えば、本明細書に示されるように、ベルビルワッシャ及び波形ワッシャであり得る）のばね定数のため、遊星23の各々上の各歯車セットA、Bは、それら自体の平衡状態を見出し、その状態で、軸方向位置及び結果として生じる相対回転は、全ての歯車セットAが対称の歯車セットBと一体型である場合よりも一貫した負荷を伝達する、遊星の歯車セット（複数の遊星23の各々上のA及びB）をもたらす。これは、全てのピニオンの間で比較的一貫した負荷分担で、3つを超えるピニオンの使用を可能にする。対応する力及び変位を、図18の歯車セットBについても示す。図18は、良好な接触を伴うデフォルト条件での力及び変位を示す。

30

【0054】

図19は、片側が小さい場合の力及び変位を示す。はずば歯車3は、小さく、かつ最初は、対応する歯車10から軸方向力を受けない。歯車セットAに対する力及び変位は、最初は、図18に示されるものと同じである。歯車セットAの変位は、中央ばね力24を増加させ、運動34において歯車セットBを変位させる。これは、歯車4を対応する歯車10と接触させて、負荷の一部を共有する。

40

【0055】

図20は、歯車セットA及びBの両方が小さい場合の事例を示す。歯車が図18の位置に

50

ある場合、はすば歯車 2 又は 4 のどちらも、対応する歯車 10 から軸方向力を受けない。図 18 の状況と比較して、中央ばね力 24 は、他の軸方向力による抵抗が少なく、また、矢印 36 によって示されるように、両方の歯車セットを外向きに変位させて、対応する歯車 10 に接触し、負荷の一部を分担する。

【0056】

この実施形態では、ある回転方向におけるはすば歯車及び対応する歯車へのトルクは、各ピニオンアセンブリ上のピニオン歯車セット A、B の内向きの（互いに向かう）移動をもたらして、波形ばね 7 を圧縮し、これが、対応する外向きの力 24 を及ぼす。トルクが逆転すると、各遊星 23 上の歯車セット A、B が反対の軸方向に移動して、端部ばね 9 を圧縮する。

【0057】

歯車セット A 及び B の両方を含むことは、軸方向力のバランスを保つことを可能にし、よって、遊星歯車は、太陽歯車とリング歯車との整列を外れて軸方向にシフトしない。歯車システムはまた、軸方向力が、例えば遊星キャリアにロッド 6 を装着するなどの別の方式でバランスが保たれる限り、歯車セット A 及び B のうちの 1 つのみによって機能することもでき、よって、一方の端部ばね 9 は、遊星キャリアからの正味の軸方向力を遊星歯車に伝達して、歯車への軸方向力のバランスを保つことができる。対称の歯車セット A 及び B はまた、端から端まで遊星の負荷のバランスを保つことによって、遊星アセンブリのツイストも防止する。

【0058】

図 21～図 24 は、正面の出力部分及びハウジング部分を取り除いた、図 1 のアクチュエータを示す。図 21 は、正面図であり、図 22 は、等角図である。図 23 は、遊星の前端部ばねも取り除いた、等角図である。図 24 は、負荷分担のための、遊星の位置決め変化 50 を概略的に示す。全ての歯車が、本実施形態では直線で示される入力及び出力歯車と噛合するので、これらの相対的位置決め変化 50 は、示されるよりも小さいが、小さい位置決め変化は、負荷の分担を補助する。

【0059】

図 25～図 26 に示されるように、歯車 1 及び 2 の歯、並びに歯車 3 及び 4 の歯は、（図 25 に示されるように）整列させるか、又は（図 26 に示されるように）オフセットすることができる。下で更に説明するように、いくつかの製造手法の場合、歯を整列させた歯車セットを製造することがより容易であり得る。

【0060】

二重軸受：大径用途のために軸受を選択する際の課題の 1 つは、最大定格の回転速度が、軸受許容度の非一貫性のためしばしば制限されることである。市販の軸受を使用するが、より高い回転速度を可能にするために、図 1 に示されるように、複数の軸受を同心円状に積み重ねることができる。次いで、各軸受は、大幅に低減された回転速度に遭遇する。

【0061】

各軸受は、転がり接触を維持し、 n 個の軸受が、それぞれ $1/n$ の回転速度に遭遇する。

【0062】

この前提は、その用途において印加される負荷に対する適切な軸方向拘束を有する 2 つ以上の同心の軸受から成る。図 1 に示される一実施形態は、一对の同心の軸受 17 及び 19 から成り、軸受間に支持リング 18 を伴う。このリングは、軸受を負荷方向に保持しながら、軸受の各々に正確に嵌合することを可能にする。次いで、軸方向力を回転端部から、外側ベアリングを通して、保持リングを通して、内側軸受を通して、そして、内部シャフトに伝達することができる。

【0063】

アルミニウムヒートシンク：歯車ボックスがアセンブリの両側に固定リング歯車を使用するという事実のため、モータは、装置の実施形態では、固定（基準）リング歯車 10 を接続する構造 12 内に含まれる。これは、この構造内で熱放散を伴うといった、潜在的な問題を有する。特定の用途では、周囲の構造は、熱伝導が不十分な材料で構築され得る。次

10

20

30

40

50

いで、モータによって発生する熱は、エンクロージャから外への高耐熱性流路を有する。図 1 に示されるようにアルミニウム（又は他の高熱伝導性材料の）ヒートシンク 20 を使用することによって、モータによって発生する熱を大きなシンクに収集させて、固定子が周期的かつ短い温度スパイクによって過熱しないことを確実にする。図 1 では、ヒートシンクは、エンクロージャの孔 21 を通して外部支持構造に露出されており、構造内の別の熱伝導体との接触によって、又は対流冷却によって、熱をエンクロージャ材料に直接通過させることを必要とすることなく、熱エネルギーを効率的に消散させること可能にしている。

【0064】

また、入力、出力、及び基準の他の配設も使用することができる。一般に、図に示される実施形態にあるように、大きい比の歯車減速機（トルク増幅）として作用する歯車システムの場合、出力及び基準は、どちらも、遊星の配置に対して半径方向内側又は半径方向外側でなければならない、入力、逆に、出力又は基準が接続される歯車のどちらかに、又は原則として、更に別の歯車に接続されなければならない。大きい比の増速機（トルク減衰）として作用するシステムの場合、入力及び基準は、どちらも、遊星の配置に対して半径方向内側又は半径方向外側でなければならない、出力は、逆に、入力又は基準が接続される歯車のどちらかに、又は原則として、更に別の歯車に接続されなければならない。小さい比の増速機又は減速機として作用するシステムの場合、入力及び出力は、どちらも、遊星の配置に対して半径方向内側又は半径方向外側でなければならない、基準は、逆に、入力又は出力が接続される歯車のどちらかに、又は原則として、更に別の歯車に接続されなければならない。

【0065】

遊星歯車が、半径方向内向き方向又は外向き方向のうちの一方において入力、出力、又は基準のうちの 1 つに接続されているが、半径方向内向き方向又は外向き方向の他方においてそれらのうちのいずれかに接続されている場合は、所望に応じて、浮動歯車を加えることができる。

【0066】

一実施形態では、その内容が参照により全体として本明細書に組み込まれる米国特許第 9 755 463 号に開示されているものなどの、高トルクの Live Drive（商標）電気モータを使用することができる。

【0067】

差動歯車ボックスは、典型的には、全出力トルクもまた高速で噛合しており、この摩擦に打ち勝つために必要とされる高い割合の仕事をもたらすので、より低効率である。しかし、Live Drive（商標）のより低速でのより高いモータトルクによって、かなり低い部歯車比を使用することができ、したがって、効率が高められる。18 個の遊星及び適切な負荷分担を確実にするための機構によって、接触比は、従来の遊星歯車ボックスの接触比の 6 倍であり、したがって、トルク能力を大幅に増大させる。低い比は、入力回転子を所与の出力速度に対してより低速で稼働させることを可能にする。これは、低プロファイルの軸受の使用を可能にし、これは、上で説明したように半径方向に積み重ねたときに、より少ない総軸受重量をもたらす。低メンテナンス：可動部品が極めて少ない。メンテナンス活動の頻度及び全体的なダウンタイムが低減されることが予想される。

【0068】

アクチュエータは、高いトルク用途に使用することができ、別様には、液圧アクチュエータを使用することができる。液圧に勝る利点としては、以下が挙げられる。信頼性が高い：1 つの電力線に対する損傷が、複数のアクチュエータに影響を及ぼさない。電気作動による高い MTBF。監視が容易である：アクチュエータのみを監視すればよい。制御性：低減速比のため、応答性及び精度が高い。電気作動により、より精巧な制御アルゴリズムが可能である。環境的に安全である：漏出又は危険な放出の可能性がない。

【0069】

【プラスチック歯車】

遊星歯車ボックスにおけるプラスチック歯車の使用は、一般に、同じサイズ及びジオメトリの鋼製歯車ボックスよりも低いトルク、及び低いトルク対重量を提供することが予想される。1つの単純な実施例において、全ての歯車及びハウジングに対して高強度鋼を使用し、かつ3つの大きい遊星を使用する従来の鋼製遊星歯車ボックスは、炭素繊維強化PEEK（非常に強度のある射出成形可能プラスチック）から作製した同じ歯車ボックスの約3倍のトルク対重量を提供する。

【0070】

本明細書に示されるように構成したときに、プラスチック歯車の使用は、高強度鋼から作製された同等の構造の歯車ボックスのトルク対重量に近い、又はそれを超える、驚くべき結果を提供する潜在性を有するものと考えられる。

【0071】

図27～図37は、この構造の非限定的な実施例を示す。図27に示されるように、太陽歯車114によって駆動されたときに15：1の差動比で、固定リング歯車110に対して出力リング歯車111を駆動するように、12個の遊星123のアレイが構築される。明確にするため、歯車を表す座標系は、歯車ボックスの軸方向に対するものであり、更に図27においてラベル付けされているように、中央歯車の歯は、歯車ボックスの軸中心により近く、外側歯車の歯は、歯車ボックスの軸中心からより離れていることに留意されたい。太陽歯車114は、歯154を有し、この歯は、（好ましくはより大きいピッチ円直径である）中央遊星歯車の歯101、又は（好ましくはより小さいピッチ円直径である）外側遊星歯車の歯102のいずれかと噛合するように設計することができる。。モータ回転子（図示せず）は、太陽歯車114のID上に位置決めすることができる。示される実施形態では、太陽歯車は、例証として、手動入力用に設計された、露出した溝付き部分156を有する。別の実施形態では、溝付き部分156が入力歯車（図示せず）と噛合することができるように、溝を歯車の歯と置き換えることができる。露出した歯車部分156において入力歯車が太陽歯車114よりも小さい場合、更なる歯車減速を得ることができる。本明細書では、限られた運動範囲で直接入力を提供することができ、又は代替的に、モータを取り囲むようにハウジング112を拡張することができ、これは、連続入力を可能にする。

【0072】

太陽歯車114は、この実施形態では、軸受スリーブ160上の軸受158によってハウジング112から支持される。

【0073】

中央遊星歯車の歯は、一実施形態では歯車ボックスの出力である中央リング歯車111と噛合する。遊星の外側歯車の歯102は、この例示的な実施形態では、ハウジング112を介して接地点に取り付けられた2つの外側リング歯車110と噛合する。玉軸受117は、固定リング110に対して回転するように出力リング111を支持することができる。軸受保持リング152は、この実施形態では、出力に取り付けられる。

【0074】

太陽歯車114の回転は、遊星123を回転させ、そして、リング歯車110及び111のIDの周りを周回させる。内側遊星と内側リング歯車111との間、及び外側遊星歯車と外側リング歯車110との間の異なる比の結果として、この事例では、以下の歯車の歯数によって約15：1に等しい差動減速が提供される：

【0075】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1

歯車	歯の数	ピッチ円直径 (mm)
太陽歯車	8 4	8 2 . 6 3
内側リング歯車 (出力)	1 3 2	1 2 9 . 8 5
外側リング歯車 (固定)	1 4 4	1 2 7 . 5
内側遊星歯車	2 4	2 3 . 6 1
外側遊星歯車	2 4	2 1 . 2 5

10

【0076】

図28～図32は、図27の歯車ボックスの更なる図を示す。図28は、正面図であり、図29は、側面図であり、図30は、背面図である。図30に示されるように、ハウジング112は、歯車ボックスを別の物体に装着することをより良好に可能にするために、ハウジング112の内側直径上に固定装着特徴／キー溝162を有することができる。図31は、等角図である。図32は、固定リング歯車、及び遊星歯車123を不明瞭にするハウジングの部分を取り除いた、背面図である。

【0077】

図33は、図27の歯車ボックスの分解図である。図33に示されるように、内側シム164は、ハウジング112に対する軸受スリーブの軸方向調整を可能にし、したがって、太陽歯車114の軸方向調整を可能にし、外側シム166は、2つの出力歯車111を互いから分離し、出力歯車111の軸方向調整を可能にする。そのような軸方向調整の使用を図54～図56を参照して更に下で説明する。図33はまた、出力歯車111の歯174及び固定歯車110の歯176も示す。

20

【0078】

図34は、遊星歯車123を含む図27の歯車ボックスの一部分の側面切欠図を示す。図35は、図27の歯車ボックス全体の側面切欠図を示す。図36は、遊星を取り除いた、側面切欠図を示す。これは、出力歯車の歯174の視認を可能にする。図37は、等角切欠図を示す。

【0079】

装置の実施形態では、各遊星歯車アセンブリ上の少なくとも1つの外側遊星歯車は、トルクを固定リング歯車から内側リング歯車の出力に伝達することができるように、内側遊星歯車に回転可能に固定しなければならない。各遊星上の内側遊星歯車は、平歯車又は図38に示される2つの対称のはずば歯車などの単一の歯車とすることができる。可撓性ベースの実施形態では、内側遊星歯車歯101及び外側遊星歯車歯102が異なる螺旋角を有する必要がないことに留意されたい。図39は、プラスチックで作製されたこの例示的な装置のためのプラスチック遊星歯車の好ましい構成を示し、外側遊星歯車の歯及び内側遊星歯車の歯は、一体型の射出成形プラスチックで作製される。連続歯プロファイルフィル168は、内側歯101を外側歯102に接続する。内側及び外側の螺旋角は、類似しているか、又は同じであり、これは、歯車を2部品金型から引き出すことを可能にする。金型の一方の半部が時計回りの螺旋歯の雌型を備え、金型の他方が反時計回りの螺旋歯の雌型を備える。

30

【0080】

好ましい実施形態では、部品を金型から取り出すことを可能にするために、又は歯車の歯切り装置が、内側の歯又は外側の歯のいずれかに干渉することなく歯を形成することを可能にするために、内側遊星歯車及び外側遊星歯車の歯の数は、同じである。

40

【0081】

この実施形態での負荷分担は、プラスチック歯車（及び場合によりプラスチックハウジング）によって、以下のように達成される：

【0082】

50

この例示的な実施形態では鋼製歯車の使用を用いることができるが、鋼製歯車は、特に低コストのアクチュエータにおいて、非常に剛性があり、かつ製造許容度の変動を受けるので、問題を含む。その結果、歯車ボックスを鋼で作製した場合、12個の遊星歯車のうちの3～5個のみが、より高い割合のトルクを伝達すると予想される。

【0083】

1個又は2個又は全ての遊星歯車及び／又はリング歯車及び／又は太陽歯車（及び、場合によりハウジング）にプラスチックを使用することによって、より可撓性のあるアセンブリが作成される。例えば、炭素繊維PEEKは、3200ksi（22gpa）の引張係数を有することができ、一方で、マルエージング鋼などの高強度鋼は、27600ksi（190gpa）の引張係数を有する。マルエージング鋼は、炭素繊維PEEKよりも強度がある。1段当たり3個の大きい遊星を有する従来の遊星歯車ボックスでは、これは、同じ設計の炭素繊維PEEK歯車ボックスと比較して、より大きいトルク対重量を鋼製歯車ボックスに与える。示される実施形態では、プラスチック遊星歯車を使用する。しかしながら、金属遊星と組み合わせたプラスチックリング歯車及び／又は太陽歯車を使用することも可能である。これは、性能及び摩耗寿命の利点を有し、金属部品の一貫性が高い場合に、例えば図49及び図50に示される形状の変化を介して、十分な負荷分担を更に提供する。

10

【0084】

しかしながら、遊星の数が増加するにつれて、鋼製歯車ボックスの負荷分担は、その高い引張係数（高い剛性）によって、（製造許容度の僅かな変動の結果として）負荷分担の一貫性の低減をもたらす。対照的に、炭素繊維PEEK歯車ボックスは、構成要素の約1／6の剛性を有することができ、鋼製歯車をはるかに超えて歯が可撓することを可能にする。この可撓性は、従来の1段当たり3個のピニオンの遊星歯車ボックスでは、所与のサイズに対して6倍の可撓性をもたらし、また、同じトルク対重量に対しておよそ5倍の可撓性をもたらす。これは、不利益な効果の組み合わせとみなされ、また、所与のサイズ又は所与の重量により高いトルクが必要とされる歯車ボックスにおいて、設計者をプラスチック歯車の使用から遠ざけるように導く。

20

【0085】

本明細書では、本明細書で開示されるものなどの多数の遊星を有する歯車ボックス設計による特定の範囲の剛性対強度のプラスチック歯車を組み合わせることによって、プラスチック歯車ボックスから、予想よりも高いトルク対重量及びトルク対サイズを提供する方法を提案する。

30

【0086】

鋼又は他の金属の剛性は、通常は、高い剛性を有する歯車ボックスを作成する観点では利点とみなされるが、多数のピニオンを伴う本明細書に示される実施形態のような装置では、鋼製歯車の剛性は、負荷分担の一貫性を低減させ得るので、実際には、不利益であり得る。

【0087】

特定のピニオン数において、鋼製歯車の高い剛性は、負荷分担に不利益になり、一方で、プラスチック歯車の可撓性は、この数のピニオンを超えて負荷分担の一貫性を高めることを可能にするので、プラスチックのより高い可撓性は、本装置の実施形態のトルク対重量にとって有益であると考えられる。この結果は、装置の実施形態のジオメトリが、鋼製歯車ではなくプラスチック歯車を使用して組み合わせたものであるとき、更には、限定されないが鋼製ピニオン及びプラスチックリング歯車及び太陽歯車などの、鋼及びプラスチックの組み合わせであるときに、トルク対重量などの特定の事項においてより良好な性能を提供する、ピニオン数の多い歯車ボックスジオメトリの範囲であると考えられる。

40

【0088】

あるピニオン数を超え、かつ特定の強度対剛性比未満であれば（負荷分担には、より可撓性であることがより良好である）、負荷分担が増加するが、これは、プラスチック（又は内側ピニオン歯車と外側ピニオン歯車との間の機械的ねじれ可撓性部材（金属製歯車にも

50

適用する)) の可撓性によって生じるものであり、より弱い材料によってより高いトルクを達成することが可能になる。歯車の構造における製造許容度が緩和されるほど、ピニオンのねじり可撓性から、歯車のより大きい可変性及びより多くの利点を得られる。

【0089】

その結果は、プラスチック歯車ボックスによって予想されるよりもはるかに良好なトルク対重量に関する性能、更には、場合により、合理的な製造許容度によって作製された同じ設計の鋼製歯車ボックスに類似する、又はより良好なトルク対重量と組み合わせて、歯車ボックスの全部又は一部を射出成形可能にするることによる、非常に低いコストの歯車ボックスの可能性である。

【0090】

図40に示されるように、図27の実施形態の歯車ボックスで使用するのに好適なピニオンの別の実施形態は、全てが一体型であり、かつ(様々な効果によって他の材料が使用され得るが)プラスチックで作製した外側歯車及び内側歯車を有する。随意的円筒断面170は、内側歯車101と外側歯車102との間(及び、場合により、図41に示される2つの内側歯車の間)に位置する。鋼又はアルミニウム又は(場合により、厚肉プラスチック又は薄肉金属などの)他の材料バー又はチューブ106は、曲げ剛性を提供し、トルク伝達中にピニオンが縦方向に曲がるのを低減する。プラスチック歯車は、プラスチック歯車がチューブ106上を自由に回転することができるように、チューブ又はバーのODよりも僅かに大きいIDで作成される。プラスチック歯車は、ストッパ108、例えば本明細書に示されるリップによって、チューブ106を軸方向に境界することができる。チューブは、図42に示されるように省略することもできる。内側歯車と外側歯車との間の随意的円筒区間は、ピニオンの内側歯車及び外側歯車への対向するトルク方向が、円筒区間の少量のねじれツイストをもたらすように、十分薄くなっている。このねじり剛性は、円筒区間の長さを長くすることによって、又はこれらの円筒区間の厚さを薄くすることによって、及び/又は円筒区間内にスロット172を生じさせることによって低下させることができる。例えばスロットは、例えば軸状又は螺旋状とすることができる。図43及び図44は、軸方向スロット172を有し、内側チューブを伴わない変形例を示し、図45及び図46は、軸方向スロット172及び内側チューブ106を有する変形例を示す。円筒区間のツイストは、ピニオンの内側歯車及び外側歯車が互いに対して僅かに回転することを可能にするので、円筒区間のねじり剛性を低下させることは、この設計において有益であると考えられる。その結果、製造上の非許容性をこの相対回転で補償することができ、よって、多数のピニオンを使用することができ、一方で、依然として高い負荷分担の一貫性を達成する。

【0091】

本明細書ではプラスチック歯車を一実施例として使用するが、金属歯車は、より低い程度であるとしても、同じ構造によって利益が得られることに留意されたい。図42～図44は、内側シリンダを伴わないピニオンを示す。これは、いくつかの構成では、十分な曲げ剛性及びねじれ可撓性を提供して、全てのピニオンの間に十分な負荷分担を提供することができる。

【0092】

バックラッシュは、ロボティクスなどの多くの用途において、歯車ボックス減速機の性能及び精度に不利益である。

【0093】

本明細書では、差動遊星歯車トレイン内の4つ以上のピニオンの間の負荷分担を均一にするための機構及び構造を開示する。本明細書ではまた、差動歯車トレインのバックラッシュを低減又は排除するための機構及び構造も開示する。

【0094】

本装置の1つの目的は、アセンブリ内で遊星キャリアが歯車を軸方向に位置決めする必要性を排除することを通して、アセンブリを単純化し、かつそのコストを低減することである。これは、遊星歯車のいずれかの端部に対向するはずば歯車を使用することによって、

10

20

30

40

50

装置の実施形態で達成される。図 5 4～図 5 6 に関連して下で開示するように、直線状の歯車を使用することもできる。これらの歯車はまた、歯車を金型から引き出すのをより容易にするといった利点を有するテーパを用いて設計される。はすば歯車は、スムーズな動作に有益であり、一方で、テーパは、低コスト製造のために、射出金型から簡単に取り外すことを可能にする。

【0095】

設計の対称構造は、中心平面の両側の対向するはすば歯車、及び／又は中心平面の両側のテーパ状の遊星と一緒に、遊星キャリアが遊星を軸方向に位置決めするように保つ必要性を排除する。遊星の軸に対して直角である遊星のツイストが仮想的に排除されるので、装置の実施形態の対称構成は、遊星キャリアの必要性を排除する。これは、図 5 1 に示されるように、遊星を、重量を低減する中空にすることを可能にし、また、遊星を、半径方向の予負荷を与えた状態で半径方向に圧縮して、バックラッシュを取り除き、一方で、熱膨張中に結合するのを防止することを可能にする。

【0096】

図 4 7 は、遊星歯車の歯が湾曲矢印 1 7 8 によって示される方向に回転しているときの、図 2 7 の歯車ボックス内の図 3 8 の遊星歯車に対する軸方向力を示す。軸方向力の方向は、矢印 1 8 0 によって示す。図 4 8 は、図 4 7 に示される軸方向力につながる、遊星 1 2 3 への負荷経路を示す等角切欠図である。負荷経路の円周方向力を矢印 1 8 2 によって示す。図 4 8 では、1 つを除く全ての遊星及び保持リング及び軸受を省略している。

【0097】

例えば、負荷分担は、図 4 9 に概略的に示されるように外側歯車の変形によって、図 5 0 に概略的に示されるように太陽リングの変形によって、又は図 5 1 に概略的に示されるように遊星歯車の変形によって提供することができる。

【0098】

上記の実施形態は、太陽入力歯車及び外側出力歯車及び基準リング歯車を示しているが、外側入力リング及び太陽出力歯車及び基準歯車は、別の可能な配設である。

【0099】

選択した物質のいくつかの特性を下の表に示す。

【0100】

【表 2】

表 2

材料	降伏強度 (ksi)	引張係数 (ksi)	密度 (g/cm3)	強度／ 剛性	強度／ 剛性／ 密度
材料	降伏強度 (ksi)	引張係数 (ksi)	密度 (g/cm3)	強度／ 剛性	強度／ 剛性／ 密度
デルリン	11	450	1.42	0.0244	0.0172
ナイロン	10.5	365	1.14	0.0288	0.0252
ガラス繊維強化ナイロン	28.3	1490	1.38	0.0190	0.0138
PEEK	16	540	1.3	0.0296	0.0228
炭素充填 PEEK	40.6	3200	1.4	0.0127	0.0091
ガラス充填 PEEK	29	1700	1.52	0.0171	0.0112
6061 アルミニウム	40	10000	2.7	0.0040	0.0015
4140 鋼	70.3	29700	7.85	0.0024	0.0003
マルエージング鋼	245	27600	8	0.0089	0.0011

10

20

30

40

50

【0101】

図52及び図53は、表2からのいくつかの材料の特性を視覚的形態で示す棒グラフである。

【0102】

図52は、材料の強度と剛性と密度との比を示す。図52は、この比を比較したときに、プラスチックと金属との明確な違いを示す。この用途の場合、より低い剛性、及びより低い密度を伴って、より高い強度を有することがより良好である。図53は、材料の強度と剛性との比を示す。

【0103】

一実施形態では、ピニオンは、好ましくは0.010を超える降伏強度と剛性との比を有し得る。

【0104】

一実施形態では、ピニオンは、1未満のねじれツイスト剛性と曲げ剛性との比を有し得る。

【0105】

図54～図56は、差動歯車ボックスの別の実施例を示す。図27の実施形態とは異なり、これは、直線歯切り歯車を有する。

【0106】

歯車ボックスは、複数の遊星歯車123と歯車付接触する1つ以上の太陽歯車114を備え、複数の遊星歯車が、それぞれ、異なるリング歯車110及び111と接触する。遊星は、異なるリング歯車と接触する異なる直径を有することができる。したがって、太陽歯車（複数可）114が入力である場合、歯車の減速は、遊星がリング歯車を差動的に運動させることによって得ることができる。1つ以上のリング歯車は、固定することができ、1つ以上は、出力とすることができる。また、入力トルクを提供する太陽歯車（複数可）と接触しない、遊星の一部に接触する1つ以上の追加的な浮動太陽歯車を存在させることもできる。

【0107】

この文書に示される他の実施例と同様に、異なる実施形態では、全てのこれらの入力歯車、出力歯車、固定歯車、及び随意的浮動歯車を異なって配設することができる。例えば、出力歯車及び固定太陽歯車及び入力リング歯車（複数可）及び随意的浮動リング歯車（複数可）を存在させることができる。入力歯車及び出力歯車は、任意の実施形態において、減速機から増速機へと変化させるように切り替えることができる。

【0108】

歯車は、軸方向に対称の配置で配設することができ、下で説明するように軸方向センタリングが提供され、遊星キャリアの必要性を回避する。

【0109】

図54～図59に示される特定の実施形態の歯車は、内側遊星歯車の歯101及び外側遊星歯車の歯102の両方、並びにこれらの歯車の歯と噛合する全ての他の歯車の歯について、直線歯切り（平）歯車を使用する。また、混合材料において他の実施形態で開示されるように、はすば歯車を使用することもできる。

【0110】

図59は、プロファイルシフトを加えた円錐テーパを示し、プロファイルシフトを有する歯車の歯508を図82により具体的に示す。テーパは、歯車の円錐テーパ、並びに歯の幅にわたって変化するプロファイルシフトによる歯車の歯のインボリュートプロファイルのテーパを使用する。これは、歯車の歯を接触させて、円錐テーパに類似する方法で機能するが、適切な歯車の歯の接触及び共役運動を有するためのインボリュートプロファイルの能力を保持することを可能にする。プロファイルシフトは、インボリュートプロファイルを、歯の1つの軸方向の正方向に、及び軸方向の負方向にオフセットするように作用する。噛合歯車は、反対方向を除いて同じシフトを有する。プロファイルシフトは、しばしば、歯車において使用されるが、（部分的に製造上の懸念により）歯の全体にわたって一定である。これは、歯の接触における小さい誤差を補うのを補助することができ、又は歯

10

20

30

40

50

車セットを最適化するのが補助することができる。この大きさは、典型的に非常に小さいが、普段使用しているものと同程度の大きさであり得る。歯幅にわたるプロファイルシフトは、名目上直線であるが、1つの歯の正のシフトが整合歯の負のシフトに整合するのであれば、場合により、歯幅にわたって非直線とすることができる。歯の深さにわたるこのプロファイルシフトの変化は、歯車の円錐テーパとは関係なく、軸方向に沿った歯自体のテーパとして説明することができる。プロファイルシフトは、歯車のいずれかに適用することができる。例えば、好適なプロファイルシフトは、例えば国際出願 P C T / I B 2 0 1 8 / 0 5 5 0 8 7 号に示されており、その内容は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0111】

一方又は両方のテーパ効果は、任意の1つ以上の対称出力リングの半部の間、出力リングと固定リングとの間、又は対称太陽歯車の半部の間でシムと組み合わせて、軸受及び歯車の予負荷を調整して、バックラッシュを低減又は排除することを可能にする。

10

【0112】

図27の実施形態の二重螺旋又は山歯歯車は、対称設計により正味の軸方向負荷を生じさせることなく、遊星を軸方向にセンタリングするための安定した力を提供し、更に、図54の実施形態のような利点も提供する。この文書に示される実施形態では、太陽歯車及びリング歯車の遊星歯車及び対応する歯車は、テーパ状である。テーパはまた、この安定した力を提供して遊星をセンタリングし、はすば歯車は、軸方向センタリングに必要とされない。

【0113】

上で説明したように、異なる角度を有するはすば歯車（又は平歯車と対にしたはすば歯車）は、各遊星の歯車の軸方向分離の変化を可能にするばねと組み合わせて、負荷分担を提供するために使用することができる。これは、比較的不可撓性の歯車の間での負荷分担を可能にするのに特に有用である。示されるこの特定の実施形態では、平歯車のみを使用し、遊星は、単一片である。したがって、上記の負荷分担機構は、この実施形態では有効でない。平歯車である歯車、及び単一片で形成された遊星は、歯車減速機の動作に必要でないが、これらの特徴は、構造を単純化する。

20

【0114】

負荷分担は、この実施形態では、遊星歯車の可撓性によって提供することができる。遊星歯車は、中空で半径方向に屈曲させて（例えば、断面形状を円形から僅かに楕円に変化させて）、バックラッシュの低減又は排除を達成することができる。これは、比較的不可撓性の材料を使用して歯車を作製することにより、及び薄肉の中空歯車により容易にすることができる。遊星キャリアがないことは、可撓性を支援する。その他の場合、遊星キャリア装置と関連する他のシャフト及び軸受は、半径方向の屈曲を妨げる。

30

【0115】

典型的な剛性歯車システムでは、結合を防止するために、噛合歯車の間に熱膨張のためのいくらかの隙間が必要とされるが、この空間は、バックラッシュを可能にする。遊星の可撓性は、この実施形態では、バックラッシュを可能にするための追加的な空間が必要でないことを意味する。遊星は、リング歯車を保持する要素の間にシムを使用して半径方向に予負荷を与えることができ、半径方向のテーパとの組み合わせは、バックラッシュを低減又は排除するように、組み立て中に調整する。中空歯車の半径方向の可撓性は、歯車を撓曲させるための熱拡張を可能にし、結合を生じさせることなく、例えば図51に示されるように、歯車を楕円形状にする。

40

【0116】

シムは、例えば平坦なものとすることができ、また、下の図に示されるように、歯車ボックスの軸方向中央平面に沿ったシムと、軸受部品のいずれかの側の他のものと、を含むことができる。シムは、リング歯車を軸方向に位置決めし、これは、テーパ付き遊星が、テーパ付きリング歯車と係合して、バックラッシュを取り込むことを可能にする。

【0117】

シムは、軸方向中心平面又は互いに対する、要素のいずれかの相対的な軸方向位置を調整

50

するために印加することができる。対称性を維持するために、一般には、中心平面にまたがって要素の軸方向位置を変化させることは望ましくない。しかしながら、そのような要素はまた、例えば入力太陽歯車のいずれかの軸方向側に浮動太陽歯車を有する実施形態（図示せず）では、他の要素にシムを入れるための基準として使用することができ、また、軸受によってそれに接続することができ、下で説明するシム B 及び C に類似するシムを使用して、入力太陽歯車及び軸方向中心平面に対する浮動太陽歯車の軸方向位置を調整することができる。

【0118】

図 5 4～図 5 6 に示される実施形態は、中央シム 1 8 4 によって分離された中央出力リング歯車と、下で説明する内側シム 1 8 6 及び外側シム 1 8 8 を伴う軸受によって出力リング歯車に接続された固定外側リング歯車と、を有する。中央シム 1 8 4 は、互いに対する、及び遊星に対する出力リング歯車の軸方向位置を調整する。内側シム 1 8 6 及び外側シム 1 8 8 は、出力リング歯車 1 1 1 に対する、及び中央シム 1 8 4 と組み合わせて、遊星に対する、固定リング歯車 1 1 0 の位置を調整する。また、図 5 4 には、太陽歯車シム 1 8 7 も示す。太陽歯車シム 1 8 7 は、互いに対する 2 つの太陽歯車の半部（太陽歯車）の軸方向位置を調整する。これを使用して、バックラッシュを調整することもできる。太陽歯車シム 1 8 7 は、この実施形態について他の図に示されない。対応する要素は、中心平面の他方の側に対称的に配設され、一方の側だけを記載する。異なるシム調整は、異なる側でを使用することができるが、典型的には、別の非対称性を修正することを除いて、これは行われない。

【0119】

この特定の実施形態では、太陽歯車 1 1 4 は、一体型で軸方向中央平面にまたがり、また、シムを有しない。代替的に、太陽歯車は、この実施形態の出力歯車 1 1 1 に類似し、2 つの部品の間シムを有する、2 つの部品で作製することができる。

【0120】

示される実施形態は、例えばプラスチックから、射出成形によって形成することができる。はすば歯車はまた、より一貫した接触比を提供し、また潜在的に、ノイズ及び伝達誤差をより少なくするが、射出成形することが困難であり得る。歯車は、成形後に軸方向に、並びに半径方向に縮小し、正確な最終部品を得ることをより難しくする。したがって、平歯車は、構築をより容易にすることができ、また、正確な部品を得ることをより容易にすることができ、はすば歯車の利点を補償することができる。

【0121】

図 5 7～図 5 9 に示されるように、遊星は、それぞれが、固定歯車及び出力歯車を差動的に駆動するために、2 つの異なるピッチ円直径を有する部分を含む。遊星が金型を離れるときに干渉を伴わない射出成形を可能にするために、例えば、金型が、遊星の軸方向中央平面で分離された 2 つの半部で形成される場合、示される実施形態では、図 5 9 の遊星の端面図に最も明確に示されるように、2 つの異なるピッチ円直径を有する部分は、同じ数の歯を有し、その部分の歯は、整列している。

【0122】

遊星はまた、機械加工によって形成すること、又は射出成形後に機械加工することもできる。また、同じ数の歯を有する 2 つの異なるピッチ円直径を有する部分、及び整列されている歯は、より簡単な機械加工を可能にする。

【0123】

一方で、固定リング歯車及び出力リング歯車は、この実施形態では、遊星歯車によって差動的に駆動されるように、異なる数の歯を有する。

【0124】

また、例えば鋼製の、金属歯車を使用することもできる。より高い剛性を補償するために、より薄い壁を使用して、半径方向の可撓性を可能にすることができる。

【0125】

図 7 9～図 8 1 を参照して下で説明するように、異なる遊星歯車を、歯車噛合に関して位

相が異なるように配設することができる。複数組の歯車を存在させることができ、各組の歯車を同じ位相とするか、異なる組を異なる位相とするか、又は全ての歯車を異なる位相とすることができる。（又は、歯車は、全て同じ位相とすることができる）。例えば、本明細書に示されるように12個の歯車を有する実施形態では、それぞれ6個の二組の歯車を存在させること、例えば第2の歯車ごとに一組にすることができ、又は12個全ての歯車が任意の所与の瞬間に異なる噛合位相にあるようにすることができる。これは、歯車噛合による、又は異なる歯車が同じように整列される不完全性による力の変化を分散させ、よって、力の変化が同時に生じない。

【0126】

図54～図56に示される実施形態では、二重軸受は、軸方向中心平面の各側上の固定リング歯車と出力リング歯車との間に含まれる。軸受は、それぞれが、各角度接触軸受であり、内側シム186及び外側シム188を使用して予負荷を与えることができる。内側シム186と外側シム188との間の幅の差を使用して、軸受に予負荷を与えることができ、内側シム186及び外側シム188の両方の幅を等しく増加又は低減させることを使用して、固定リング歯車と出力リング歯車との間の軸方向分離を決定することができる。この配置は、良好な安定性を有する。軸方向中心平面の各側上の複数組の軸受は、別個に予負荷を与えることができる。反対側上の一組は、軸方向中心平面に関して、内側シム186及び外側シム188に対称のシムを使用して、予負荷を与えることができる。

【0127】

一実施形態において、軸受は、プラスチックから作製することができる。これは、金属軸受と比較して、軸受の重量の低減を可能にする。

【0128】

この実施形態では、図54は、等角切欠図を示し、図55は、等角図を示す。図56は、軸方向端面図を示す。

【0129】

図57～図59は、図54～図56である場合の差動遊星歯車ボックスの例示的な遊星を示す。図57及び図58は、等角図を示し、図59は、軸方向端面図を示す。

【0130】

したがって、ピニオンのID上の駆動太陽入力と、ピニオンのOD上の1つ以上の固定リング歯車と、ピニオンのOD上の1つ以上の出力リング歯車と、を有し、5個、6個、7個、8個、9個、10個、11個、12個、13個、14個、15個、16個、17個、18個、19個、20個のピニオンを超えるピニオンの数を有し、ピニオン及び／又は内側リング歯車又は外側リング歯車を有し、0.10を超える降伏強度と剛性との比を有し、プレーン又は繊維強化ポリマー樹脂で作製され、ピニオンが、1未満のねじりツイスト剛性と曲げ剛性の比を提供するように、内側歯車と外側歯車との間にねじれ可撓性断面を有する、差動歯車ボックスを提供する。ねじれ可撓性を増加させるために、軸方向スロット又は螺旋スロットを円筒区間に存在させることができる。固定リング歯車及び／又は出力リング歯車のための軸方向シムを入れること、又は他の固定位置決め手段によってバックラッシュ調整を可能にする、対称に対向するテーパ付きピニオンを存在させることができる。歯車は、直線状又は螺旋状とすることができる。ハウジング及び出力リング歯車に一体化された二組の対向する軸受レースを存在させることができる。

【0131】

【例示的な遊星駆動アクチュエータ】

図60～図67に示される例示的なアクチュエータの実施形態は、2つの固定子を有する直接駆動モータに結合された一体型対称差動歯車ボックスを含む。図60の四角い箱は、（軸中心の）出力歯車及び（出力歯車の上側及び下側の）固定歯車軸方向に対して軸方向に対応する歯車ボックスの複数部分を示す。例示的なアクチュエータの実施形態は、別体の回転磁石キャリアを必要とすることなく、回転子の目的にかなう永久磁石キャリアとしてのピニオンの使用を更に含む。構成要素は、封止ハウジング212内に封入することができ、参照番号290によって示される共通軸を中心に回転させることができ、かつ参照

10

20

30

40

50

番号 292 によって示される軸方向中心平面について対称とすることができる。1 つ以上の電磁固定子は、入力トルクを歯車ボックスに提供し、かつ装置の軸方向中心平面 292 から外方に位置させることができる。空気コイル（すなわち、軟磁性コアを伴わない電磁コイル）は、固定子内で使用することができ、また、ピニオン歯車の中へ挿入された永久磁石に作用するように整流される。ピニオン歯車は、図 61 に示される浮動転がり接触太陽リング 294 によって、半径方向に予負荷を与えることができる。ピニオン歯車の歯は、螺旋状、テーパ状、又はインボリュートプロファイルを有するもの、のうちの 1 つ以上とすることができる、2 つの対称な歯プロファイルを有する。装置の軸中心に位置し、内側ピニオン歯 201 と称されるピニオン歯は、装置の軸方向中心平面において出力歯車 211 の出力リング歯車の歯 274 と噛合する。装置の軸中心から外方に位置し、外側ピニオン歯 202 と称されるピニオン歯は、装置の軸中心から軸方向外方に位置する 2 つの固定入力リング歯車 210 の歯 276 と噛合する。固定リング歯車 210 は、装置の軸中心などを通して一緒に固定される。ピニオンと固定リング歯車との間、及びピニオンと出力リング歯車との間の異なる歯車の歯の比は、ピニオンの軌道周回速度に対して低減させた速度で、出力リングを回転させるものである。本明細書に示される非限定的で例示的な実施形態は、10 : 1 の比を有し、それに応じて、異なる用途に対して複数の比を提供するようにスケーリングすることができる。図 62 は、モータ入力構成要素を伴わない装置を示す。

【0132】

本明細書に示される非限定的で例示的な実施形態は、太陽歯車入力を有しない 8 つの遊星歯車を備える。多数の遊星ピニオン歯車 223 は、装置からの大きいトルク容量を可能にする。負荷分担は、転がり接触自由回転太陽リング 294 と一緒に、ピニオン 223 に磁力を直接印加することによって達成され、これは、固定リング 210 及び出力リング 211 に対してピニオンに予負荷を与えて、一方で、各ピニオンが理想的な円周方向位置見出すことを可能にし、全てのピニオンは、電磁固定子を通してトルクが印加されるときに、適度に等しく負荷される。ピニオンは、装置の半径方向の中心に最も近い転がり接触太陽リング 294 を使用することによって、外側リング 210 及び 211 との歯車係合状態を保つ。2 つの固定リング歯車 210 は、この実施形態では、アクチュエータの大きい中央貫通孔を通して固定リング歯車を接続する円筒部材 296 によって一体型であるかのように互いに取り付けられることに留意されたい。転がり接触太陽リング 294 とピニオン 223 との間のトラクションインターフェースの使用は、ピニオン 223 が、それぞれ、固定歯車リング及び出力歯車リングに対する個々の位置を見出すことを可能にする。これは、各ピニオンが、例えば、内側リングが歯車付である場合よりも、装置のトルク伝達によって生じる負荷をより均等に分担することを可能にすることができる。

【0133】

遊星歯車 223 の回転は、永久磁石 300 に作用する、電磁導体コイル 298 によって生成される電磁力の影響によって達成され、永久磁石は、遊星を中心とする、限定されないが鋼又は鉄などの鉄系シリンダ 302 に対する誘引磁力によって、歯車の両方の軸方向端部を通してピニオン歯車 223 に固定される。非限定的な実施形態では、モータ固定子は、バックアイアン 304 と組み合わせた空気コイル 298、及び磁石とバックアイアンとの間の空隙を使用し、バックアイアンは、適度に高いトルクを達成することができ、一方で、同時に、固定子内に鋼製ポストが存在しないことによる受動コギングの影響を排除する。異なるトルク効果のために、鋼製ポストも同様に使用することができる。代替的に、電磁石は、軟磁性ポスト（図示せず）を有することができる。空気コイルを使用する場合、又は異常に小さい軟磁性ポストを有する電磁石を使用する場合、固定子は、コギングを殆ど又は全く伴うことなく電磁コイルの効率をさせるために、軟磁性材料のバックアイアンを使用することができる。

【0134】

モータ固定子内の積層バックアイアン 304 は、積層体の交互層及び固定入力リング歯車 210 / ハウジングの開口部を通して延在する突出したアルミニウムフィン 306 で作製

することができる。バックアイアン304は、螺旋状の鋼で作製され（上部モータの構成要素の上面図を示す図63の同心リングによって表される）、かつ極区間のいかなる整列も必要としないので、製造が単純化される。同心巻線の（2層ごとなどの）周期的層は、鋼製とすることができ、また、空気コイルの間の光束経路としての役割を果たすことができるが、好ましくは、硬質の陽極酸化アルミニウム、又は限定されないがアルミニウムなどのいくつかの他の高熱伝導率材料である。

【0135】

この非限定的な構成では、アルミニウムは、コイルからアクチュエータの外側の熱抽出面への直接の熱経路を提供する。熱は、空気コイル298の銅導体からバックアイアン304に伝達され、空気がフィン306を通過するときに、ハウジングの開口部において放散される。図65に最良に示されるように、蛇行パターンで形成された押出物312を有する空気フェンス構成要素308は、ハウジング内の開口部310と重なって、入力からの空気を、フィン306を過ぎて、装置の外へ案内する。矢印316は、空気フェンス308の空洞を通る気流を示す。

【0136】

図64は、上部モータの構成要素の底面図を示す。図64は、空気フェンス308によってアルミニウムフィン306の上側に画定された空洞の円周方向オフセットを示す。

【0137】

製造を単純にするために、遊星歯車は、プラスチックなどからの、射出成形可能なものとする。遊星歯車の構成は、射出成形を容易にするために、図66に示されるようにアンダーカットを伴わない遊星歯車の軸に沿った螺旋歯などの連続特徴を含むことができる。

【0138】

図67は、図60の歯車ボックスの上半部の分解図を示す。

【0139】

次いで、射出成形に必要とされるテーパは、遊星歯車の軸方向外側区間の最大歯先直径が、軸方向内側区間の最小歯先直径よりも小さくしなければならないことが必要である。遊星歯車の好ましい実施形態は、軸方向内側歯車の歯の数の倍数又は同数のいずれかになるように、軸方向外側区間にいくつかの歯を含む。射出成形可能な遊星歯車を伴う一実施形態では、歯車付浮動内側リングを使用して、ピニオン歯車に予負荷を与え、ピニオン歯車が外側リングと係合した状態を保つことができる。歯車付浮動内側リングは、高い磁力下にあるピニオンから、EM力入力の位相の間にあるピニオンへとトルクを伝達するといった利点を有することができる。軸方向外側断面の歯の数が軸方向内側断面の歯の数の倍数であるとしても、歯車全体は、依然として、軸方向外側の歯と整列しない軸方向内側区間の歯の開始時に工程を変更することによって射出成形することができることに留意されたい。

【0140】

実施形態は、内側構成要素を塵及び微粒子から保護するために、モータの入力及び出力に沿って加えられたシールを含む。

【0141】

テーパ付き歯車は、射出金型又は粉末状の金属などの圧縮粉末プロセスなどの他のプロセスから、歯車付部品を取り出すことを可能にする。テーパは、各歯車の歯の前端面及び後端面に異なる螺旋角、及び／又は歯先及び歯元のテーパを有することができ、よって、結合することなく歯車を金型から解放する。テーパ付き歯車設計の他の特性は、インボリュート形状を正しく動作させることを可能にする。

【0142】

転がり特徴（例えば円筒区間）を、ピニオン223の内側歯車と外側歯車との間に存在させることができる。これは、転がり太陽リング294によって提供される予負荷の中央力の位置を提供する。

【0143】

これはまた、プラスチックピニオンレース（転がり特徴）の太陽リング294の転がり接

10

20

30

40

50

触が、鋼製コアの 3 0 2 いずれかの端部の磁石 3 0 0 ではなく鋼製ピニオンコア 3 0 2 に圧縮負荷を伝達するように、十分に広く（軸方向に十分に長く）することを可能にする。鋼は、典型的な P M 磁石材料よりもはるかに良好な強度及び耐久性を有し、これは、耐用年数の長期化に寄与する。

【 0 1 4 4 】

磁石 3 0 0 は、好ましくは太陽リング 2 9 4 の予負荷によって応力を受けず、P M 磁石は、プラスチックピニオン歯車の端部の I D に接触することなく、鋼製コアの軸方向端部に磁氣的に吸引され、したがって、そこに取り付けられ得る。P M の内側軸方向端部の円筒ボスは、鋼製コアの端部の円形孔部に嵌合して、P M をセンタリングする。

【 0 1 4 5 】

P M 3 0 0 は、電磁固定子と相互作用するためのより大きい磁極を提供するために、ピニオン 2 2 3 の軸方向端部を越える、より大きい O D を有することができる。

【 0 1 4 6 】

アセンブリシーケンスは、以下のとおりとすることができ、また、対称の分割出力リング 2 1 0 によって可能である。

【 0 1 4 7 】

事前の工程としてピニオン 2 2 3 をリング歯車の中に配置する場合は、太陽リングの接触がピニオンに干渉し、太陽リングの組み立てを妨げる。同様に、最初に太陽リング及びピニオンを組み立てる場合は、出力リングがピニオンに干渉し、組み立てを妨げる。しかしながら、分割出力リング歯車 2 1 0 を使用することによって、最初にピニオン 2 2 3 及び太陽リング 2 9 4 又は太陽リングアセンブリを組み立てて、次いで、2 つの出力リング歯車の半部 2 1 1 の各々と一緒に中心平面に向かって組み立てることが可能である。次いで、2 つのテーパ付き固定歯車リング 2 1 0 を組み立てる。これは、組み立て中のあらゆる干渉を防止し、ゼロバックラッシュという最終結果を可能にする。

【 0 1 4 8 】

出力リング歯車 2 1 1 アセンブリに対する固定リング 2 1 0 の軸方向位置を調整することができるのであれば、真のゼロバックラッシュの最終アセンブリを達成することに留意されたい。その解決策に関する問題は、固定リングと出力リングとの間の一体型軸受レース 3 1 4 の実装を非常に困難にすることである。代わりに、一実施形態は、下に示されるように拡張可能な太陽リング 3 1 8 を使用し、これは、ピニオン中心軸のある範囲の半径方向位置において歯車予負荷を提供することができる。図 6 8 は、例えば図 6 9 に示されるように拡張可能な太陽リング 3 1 8 と共に使用するのに好適な形状を有する遊星 2 2 3 を示す。遊星 2 3 2 は、磁石と遊星歯車の歯の一部分との間、及び磁石と鋼製コア 3 0 2 の半径方向に分離された部分との間に離間距離 3 2 0 を伴って配設された磁石 3 0 0 を有することができる。線 3 2 2 は、内側 2 0 1 及び外側 2 0 2 の歯の歯角度を示す。

【 0 1 4 9 】

中心平面での 2 つの出力リング歯車の半部の互いに対する相対的な軸方向位置を調整するために、アセンブリでは、交換可能な／調整可能なシム（図示せず）がこれらの半部の間に提供される。このシムは、組み立て中に挿入することができる交換可能なリング又はリング区間とすることができ、又はシムは、全ての構成要素の組み立て後であるが、2 つの出力リングの半部がボルトで互いに締め付けることなどによって一緒に固定される前に、アクチュエータ中心軸の周りを回転することを介して調整することができるランプ又はスレッドを有する回転リングとすることができる。出力リング歯車 2 1 0 がバックラッシュを有するようにアセンブリを作成することによって、最大シム調整厚さであるときに、固定リング歯車 2 1 0 及び出力リング歯車 2 1 1、並びにピニオン 2 2 3 及び拡張可能な太陽歯車 3 1 8 は、緩く配設することができるが、それらの最終位置の近くに組み立てることができる。この時点で、太陽リング 3 1 8 の予負荷が、バックラッシュを伴うことなく、外側ピニオン歯車 2 0 2 及び固定リング歯車 2 1 0 の歯を押し込み、係合させる。次いで、出力歯車リング 2 1 1 間の軸方向距離を短くすることで、内側歯車 2 0 1 及び出力リング 2 1 1 からバックラッシュを取り除く。単一のシムを（出力リング歯車の 2 つの半部

10

20

30

40

50

のみの間に) 積み重ねることを可能にして、固定歯車及び出力歯車の噛合時のバックラッシュを調整するためには、膨張太陽リング 3 1 8 の結果としてピニオンを外向きに移動させることができること、及びピニオン 2 2 3 の内側歯車 2 0 1 (及び出力歯車 2 1 1) のテーパがより大きいテーパ角度であること、が必要である。このように、出力リング歯車 2 1 1 の軸方向調整は、外側の歯 2 0 2 と固定歯車 2 1 0 との間での外側歯車の噛合よりも、内側の歯 2 0 1 と出力歯車 2 1 1 との間での内側歯車の噛合に対してより大きい影響を及ぼす。その結果、端部の固定リング歯車 2 1 0 と、その端部の出力リング歯車 2 1 1 の半部との相対位置を変化させる必要はない。これは、バックラッシュの調整中にこの相対位置のいかなる変化も必要とされないので、軸受レース 3 1 4 を固定歯車及び出力歯車に鑄造又は機械加工することを可能にする。この調整戦略において考慮しなければならない唯一のことは、2 つの固定リング歯車 2 1 0 の互いに対する相対位置は、2 つの出力リング歯車 2 1 1 を調整するときに、シムを入れる／同時に調整することが必要であることである。しかしながら、この調整は、接続部分 2 9 6 を介することを含む、2 つの固定リング 2 1 0 を一緒に支持及び固定するハウジング 2 1 2 の対応性の結果であり得る。

【0 1 5 0】

機械ばね (又は磁石リングの反発) によって 2 部品の太陽リングを軸方向にばね付勢することを介した、調整可能な太陽リング圧力は、熱膨張及び歯車表面の摩耗を補償し、一方で、バックラッシュを低減又は排除する。これは、太陽リングの直径及びピニオン接触レースの直径に関するより大きい許容範囲、並びに歯車レースの許容度を可能にする。

【0 1 5 1】

軸方向に拡張可能な太陽リング 3 1 8 は、図 6 9 に示されるように、ピニオンレースに対する太陽リングレースの予負荷力を調整する能力を提供する。これは、例えば、下に示すように、軸方向に拡張可能な太陽リングアセンブリの両方の軸方向端部の磁気コイル 3 2 4 を含む、いくつかの手段によって行うことができる。この実施例の電磁コイルは、アクチュエータハウジングに固定される。アクチュエータの出力トルクに比例するレベルまで電磁コイルに給電することによって、ピニオン及びリング歯車の予負荷を常に調整して、ゼロバックラッシュ歯車インターフェース及び可能な最も低い摩擦を確実にすることができる。

【0 1 5 2】

図 7 0 に示される一実施形態では、以下のように電源遮断安全ブレーキが歯車ボックスに一体化される。分離ばね 3 2 6 は、太陽リング 3 1 8 とピニオン接触面 3 2 8 との間に高レベルの摩擦を生じさせるのに十分な強さである。この摩擦はまた、歯車の噛合面間により高い摩擦ももたらし、超歯車ボックスの逆駆動を困難又は不可能にする。これは、電力を喪失したときにアクチュエータが回転するのを防止する、電源遮断ブレーキをもたらし。ブレーキを解除するには、電磁コイル 3 2 4 などの作動手段が、反対方向の力を及ぼす。次いで、不必要な摩擦を排除するためにばね力が十分に軽減されるが、任意の所与のトルク出力時にバックラッシュを生じさせるほどではないように、この力のレベルを調整することができる。明確にするため、太陽リングアセンブリに対する EM 力が大きくなるにつれて、ピニオンに対する予負荷の力が低くなる。アクチュエータへの電力を喪失するときに、EM コイルは無給電状態になり、機械ばねが予負荷力を提供し、次いで、この予負荷力を、歯車ボックスの逆駆動を少なく、又は完全になくすように十分高くする。

【0 1 5 3】

この遊星駆動アクチュエータの実施形態の特徴としては、以下を挙げることができる：固定リング歯車が、装置の軸中心を通すことなどによって、一緒に固定される；遊星歯車が、軸方向内側歯車の歯の数の倍数又は同数のいずれかになるように、軸方向外側区間にいくつかの歯を含む；空気が中心軸から外向きに流れるときに、蛇行する空気フェンスが、空気に冷却フィンの間を円周方向に通過させる；歯車なし太陽リングが、ピニオンに予負荷を与えるが、等しいトルクの伝達のためにピニオンを浮動させることを可能にする；太陽リングを、歯車付とすることができる；太陽リングが、更に、いくつかのピニオンが固定子に沿って引っ張られていないときに、ピニオン間でトルクを分配する；及びブレーキ

10

20

30

40

50

装置（図示せず）を用いて（歯車の有無にかかわらず）太陽リングに制動力を印加することによって、太陽リングをブレーキ部材（図示せず）として使用することができる。太陽リングを使用する代替的なブレーキを図 70 に示す。

【0154】

〔遊星軸受〕

回転子は、歯車ボックスに結合することができ、遊星歯車を軸受と太陽とのインターフェースとして使用することができる。遊星が軸受として作用することができるような歯車の構成を例証するために、歯車ボックスの 6 つの非限定的な構成（71～78）を示す。これは、3 つを超える任意の数の遊星について機能することができる。図 71～図 78 は、数多くの可能な歯車比の軸方向内側又は軸方向外側太陽インターフェースを伴う、対称の遊星歯車ボックスの構成を網羅する。この原理は、遊星歯車の対向する半径方向側（例えば、図 71～図 78 の遊星歯車の左側及び右側）に入力歯車及び固定歯車を有する、任意の遊星システムにおいて機能する。

10

【0155】

図 71～図 78 の各々は、それぞれの実施形態の 2D 断面図を示す。単純にするため、歯車の歯は示さない。各図は、入力歯車 402、固定歯車 404、及び出力歯車 406 と連動する遊星 400 を示す。破線 408 は、入力歯車及び出力歯車が回転する中心軸を示す。

【0156】

図 71 は、軸方向内側遊星歯車の歯と連動する太陽入力 402、及び軸方向外側遊星歯車の歯と連動する外側固定歯車 404 を使用する実施形態を示す。

20

【0157】

図 72 は、軸方向内側（又は外側）遊星歯車の歯と連動する入力リング歯車 402、及び軸方向外側遊星歯車の歯と連動する固定太陽歯車 404（及び外向きに湾曲して、入力リング歯車の周りをループする）、及び軸方向内側遊星歯車の歯と連動する出力太陽歯車 406 を示す。図 72 は、図 71 と同じであるが、半径方向内側にあるもの及び半径方向外側にあるものが逆である。

【0158】

図 73 は、軸方向外側遊星歯車の歯と連動する太陽入力 402、及び軸方向外側遊星歯車の歯と連動する外側固定 404 を示す。

【0159】

図 74 は、図 73 と同じであるが、半径方向内側にあるもの及び半径方向外側にあるものが逆である。

30

【0160】

図 75 及び図 76 は、可動部品によって取り囲まれた固定部分を有する。これは、連続運動に対しては機能しないが、制限された範囲又は運動ジョイントに対しては完全に許容可能である。すなわち、可動部品は、固定部品を接地することを可能にする外周の周りのスロット部を有する。これらはまた、軸方向内側遊星歯車が軸方向外側遊星歯車よりも大きい場合に、増速機にもなる。これはまた、逆転させて減速機に変化させることもできるが、それは、遊星歯車の製造／組み立てをより困難にし得る。

【0161】

図 75 は、軸方向内側遊星歯車の歯と連動する外側入力歯車 402、及び軸方向内側遊星歯車の歯と連動する固定太陽歯車 404 を示す。

40

【0162】

図 76 は、軸方向内側遊星歯車の歯と連動する外側入力歯車 402、及び軸方向外側遊星歯車の歯と連動する固定太陽歯車 404 を示す。

【0163】

図 77 は、軸方向外側遊星歯車の歯と連動する外側入力歯車 402、及び軸方向内側遊星歯車の歯と連動する固定太陽歯車 404 を示す。

【0164】

図 78 は、軸方向外側遊星歯車の歯と連動する外側入力歯車 402、及び軸方向外側遊星

50

歯車の歯と連動する固定太陽歯車 4 0 4 を示す。

【位相が異なる歯車】

【0 1 6 5】

差動歯車ボックスを使用するときの 1 つの潜在的な欠点は、3 つ又は 4 つの遊星システムと比較したときの追加的な歯車の噛合である。遊星が全て同じ位相であるときに、歯車は、次の歯と同時に接触し、追加的な遊星によって、ノイズ及び振動の潜在性が増加する。遊星の位相を異なるように保つことによって、追加的な最初の歯の接触をより均等に分配することができ、位相が同じシステムの「コギング感覚」を大幅に低減する。例示的な一実施形態では、1 4 個の遊星が存在し、したがって、1 4 の最初の接触が存在する。単一位相のシステムでは、ある時点においてこれらの接触の全てが生じ、一方で、7 つの位相のシステムでは、単一の時点において 2 つの接触のみが生じるが、接触は、7 倍も頻繁に生じる。

10

【0 1 6 6】

図 7 9 及び図 8 0 に示される一実施形態では、太陽 1 1 4 の周りに均等に位置決めされた 1 4 個の遊星 1 2 3 が存在する。各遊星は、同じであり、7 つの固有の遊星の位相が存在する。対向する遊星は、同じ位相である。歯車直径及び歯数を表 3 に提供する。

【0 1 6 7】

【表 3】

表 3

	スケーリング 直径	歯
太陽	8 9 . 1 8	1 1 4
外側リング	1 2 9 . 8 6	1 6 6
固定子リング	1 2 6 . 4 7	1 9 4
遊星大	2 0 . 3 4	2 6
遊星小	1 6 . 9 5	2 6
太陽 2	9 2 . 5 7	1 4 2

20

【0 1 6 8】

これは、2 つの従来の遊星歯車セット、すなわち、内側歯車セット 5 0 0 及び外側歯車セット 5 0 2 に分離することができ、それぞれが、太陽歯車と、遊星歯車と、リング歯車と、を有する。各歯車セットは、他の歯車セットと異なり得る一定のピッチ又はモジュールを有する。差動歯車セットは、外側歯車セットの太陽歯車を使用しないことに留意されたい。仮想太陽歯車は、システムに嵌合するが、システムのバランスのよい性質のため、必要とされない。

30

【0 1 6 9】

【表 4】

表 4

	内側歯車セット		外側歯車セット	
	直径	歯	直径	歯
太陽	8 9 . 1 8	1 1 4	9 2 . 5 7	1 4 2
リング	1 2 9 . 8 6	1 6 6	1 2 6 . 4 7	1 9 4
遊星	2 0 . 3 4	2 6	1 6 . 9 5	2 6

40

【0 1 7 0】

2 つの歯車セットは、システム内で直径及び歯数に互換性があるように設計される。

一遊星の数

50

－遊星の半径方向及び接線方向位置

－遊星の位相

【0171】

個々に、歯車セットは、遊星歯車トレインに対する既知の規則に従い、太陽歯車及びリング歯車の歯の総数は、遊星の数で均等に割り切れる。これは、遊星が太陽の周りに均等に離間されることを確実にする。

【数1】

$$\text{内側歯車セット} \rightarrow \frac{114+166}{14} = 20$$

$$\text{外側歯車セット} \rightarrow \frac{142+194}{14} = 24$$

10

【0172】

遊星の半径方向位置は、2つの歯車セットの相対スケールによって制御され、遊星歯車軸が同じ半径となることを確実にする。

【0173】

遊星の位相は、2つの歯車セットが同じ数の固有の位相を有することを確実にすることによって、互換性が保たれる。システムにおける固有の位相の数は、遊星の数を、太陽歯車の歯の数、リング歯車の歯の数、及び遊星の数の最大公約数で除算することによって計算される。

20

【数2】

$$\text{内側歯車セット} \rightarrow \frac{14}{\text{GCF}(114,166,14)} = \frac{14}{2} = 7$$

$$\text{外側歯車セット} \rightarrow \frac{14}{\text{GCF}(142,194,14)} = \frac{14}{2} = 7$$

【0174】

位相は、類似する遊星位相が太陽の周りに均等に分配されるように構成される。上の実施例では、各固有の位相について2つの遊星が存在する。1つの位相の2つの遊星は、互いから180°に位置する。

30

【0175】

システムは、同じ数及び位置の固有の歯車位相によって動作することができる。位置のみに互換性がある場合、システムは、それぞれの歯車位置について指定される遊星の構成が存在する場合にのみ動作することができる。各遊星の構成は、同じ歯車を使用するが、内側歯車と外側歯車との間の回転整列は、各位相について固有である。

【0176】

一実施形態では、遊星歯車の歯の数は、等しくすることができ、又は一方の遊星の歯の数を、他方の遊星の歯の数の整数倍とすることができる。これは、いくつかの利点を提供する。

40

【0177】

第1に、遊星は、射出成形が挙げられるがこれに限定されない方法を使用して、単一片としてより容易に製造することができる。システム内の負荷分担機構をより良好に可能にするために、遊星を単一片として有することが有益である。例示的なシステムが依存する負荷分担機構の1つは、太陽リング及び外側リングの歯車の歯の接触を確実にするための、遊星の半径方向の圧縮である。圧縮を生じさせることを確実にするための方法の1つは、いくらかの追加的な半径方向の可撓性を可能にするように、大きな貫通孔を遊星に含むことである。遊星が複数の小片で構築されている場合、その小片を一緒に締結する方法は、非常に多くの材料を必要とし、したがって、かなり高い剛性をもたらす。

50

【0178】

第2に、本システムは、単一片として遊星と共に組み立てることができる。任意の遊星歯車セットでは、歯車の1つ以上を軸方向に挿入しなければならない。1つのプロセスでは、遊星は、太陽の周りに半径方向に配置することができ、外側リングは、遊星の周りに軸方向に挿入することができる。差動歯車ボックスの場合は、2つの遊星歯車セットが軸方向に結合され、遊星が単一片である場合は、組み立て方法に対する制限が存在する。遊星歯車の歯の数を抑制することによって、組み立てることができる、かなり多くの構成が存在する。この制限がなければ、外側遊星歯車の歯が歯車を内側歯車セットに軸方向に挿入するのを妨げるので、いくつかの構成は、組み立てることができない。これは、平歯車及び螺旋歯車の歯にも当てはまる。異なる構成のイメージ（太陽入力、リング入力、など）については、本明細書と共に出願された追加的な明細書を参照されたい。

10

【0179】

大部分の適正な歯車比について、2つの遊星の直径は、同程度でなければならない。より小さい遊星歯車の歯先が、より大きい歯車の歯元よりも大きい場合は、アンダーカットが存在し、これは、歯車を、内側歯車セットの位置へ軸方向に挿入することができないことを意味する。

【0180】

図81では、示される2つの遊星の位相が異なることが明らかである。歯車中心軸と装置の中心軸との間を走るそれぞれの線504は、最も近い歯の異なる位置で歯車の歯506と交差し、左側の歯車では太陽の歯の中央近くにあり、右側の歯車では太陽の歯の片側にある。

20

【0181】

上で説明した原理を使用することによって、差動歯車ボックスに使用することができるいくつかの固有の解が存在する。これらの解のリストを下に示すが、特許請求の範囲に記載の範囲は、これらの固有の解に限定されない。異なる数の歯車の歯を伴う追加的な解が存在し、各解は、任意の直径に適するように幾何学的にスケーリングし、歯の数を一定に保つことができる。特定の構成は、本開示の原理に従って適用される既知の式の解によって決定することができる。

【0182】

30

40

50

【表5 - 1】

表5 歯車比	遊星の 数	太陽の直径	外側リングの 直径	固定子リングの 直径	遊星大の 直径	遊星小の 直径	太陽2の 直径	太陽の 歯	外側 リングの歯	固定子 リングの歯	遊星大の 歯	遊星小の 歯	太陽 2の歯
7. 220339	26	137. 6667	165. 6667	161. 6667	14	10	141. 6667	118	142	194	12	12	170
3. 61017	26	196. 6667	236. 6667	226. 6667	20	10	206. 6667	118	142	272	12	12	248
2. 707627	26	255. 6667	307. 6667	291. 6667	26	10	271. 6667	118	142	350	12	12	326
13. 23729	26	118	142	140	12	10	120	118	142	168	12	12	144
4. 211864	26	177	213	205	18	10	185	118	142	246	12	12	222
2. 922518	26	236	284	270	24	10	250	118	142	324	12	12	300
2. 54049	26	275. 3333	331. 3333	313. 3333	28	10	293. 3333	118	142	376	12	12	352
3. 20904	26	216. 3333	260. 3333	248. 3333	22	10	228. 3333	118	142	298	12	12	274
5. 214689	26	157. 3333	189. 3333	183. 3333	16	10	163. 3333	118	142	220	12	12	196
5. 253687	25	150. 6667	182. 6667	176. 6667	16	10	156. 6667	113	137	212	12	12	188
3. 233038	25	207. 1667	251. 1667	239. 1667	22	10	219. 1667	113	137	287	12	12	263
2. 559489	25	263. 6667	319. 6667	301. 6667	28	10	281. 6667	113	137	362	12	12	338
13. 33628	25	113	137	135	12	10	115	113	137	162	12	12	138
4. 243363	25	169. 5	205. 5	197. 5	18	10	177. 5	113	137	237	12	12	213
2. 944374	25	226	274	260	24	10	240	113	137	312	12	12	288
2. 727876	25	244. 8333	296. 8333	280. 8333	26	10	260. 8333	113	137	337	12	12	313
3. 637168	25	188. 3333	228. 3333	218. 3333	20	10	198. 3333	113	137	262	12	12	238
7. 274336	25	131. 8333	159. 8333	155. 8333	14	10	135. 8333	113	137	187	12	12	163
4. 569328	24	173. 9231	211. 9231	203. 9231	19	11	181. 9231	119	145	241	13	13	215
2. 893908	24	247. 1539	301. 1539	285. 1539	27	11	263. 1539	119	145	337	13	13	311
2. 70775	24	265. 4615	323. 4615	305. 4615	29	11	283. 4615	119	145	361	13	13	335
3. 89916	24	192. 2308	234. 2308	224. 2308	21	11	202. 2308	119	145	265	13	13	239
14. 62185	24	119	145	143	13	11	121	119	145	169	13	13	143
3. 452381	24	210. 5385	256. 5385	244. 5385	23	11	222. 5385	119	145	289	13	13	263
7. 920168	24	137. 3077	167. 3077	163. 3077	15	11	141. 3077	119	145	193	13	13	167
3. 133253	24	228. 8462	278. 8462	264. 8462	25	11	242. 8462	119	145	313	13	13	287
5. 686275	24	155. 6154	189. 6154	183. 6154	17	11	161. 6154	119	145	217	13	13	191
13. 44444	24	108	132	130	12	10	110	108	132	156	12	12	132
7. 333333	24	126	154	150	14	10	130	108	132	180	12	12	156
5. 296296	24	144	176	170	16	10	150	108	132	204	12	12	180
4. 277778	24	162	198	190	18	10	170	108	132	228	12	12	204
3. 666667	24	180	220	210	20	10	190	108	132	252	12	12	228
3. 259259	24	198	242	230	22	10	210	108	132	276	12	12	252
2. 968254	24	216	264	250	24	10	230	108	132	300	12	12	276
2. 75	24	234	286	270	26	10	250	108	132	324	12	12	300
2. 580247	24	252	308	290	28	10	270	108	132	348	12	12	324

(表5の続き)

10

20

30

40

50

【表 5 - 2】

(表 5 の続き)		太陽の直径	外側リングの直径	固定子リングの直径	遊星大の直径	遊星小の直径	太陽2の直径	太陽の歯	外側リングの歯	固定子リングの歯	遊星大の歯	遊星小の歯	太陽2の歯
歯車比	遊星の数												
13. 44444	26	108	132	130	12	10	110	117	143	169	13	13	143
7. 333333	26	126	154	150	14	10	130	117	143	195	13	13	169
5. 296296	26	144	176	170	16	10	150	117	143	221	13	13	195
4. 277778	26	162	198	190	18	10	170	117	143	247	13	13	221
3. 666667	26	180	220	210	20	10	190	117	143	273	13	13	247
3. 259259	26	198	242	230	22	10	210	117	143	299	13	13	273
2. 968254	26	216	264	250	24	10	230	117	143	325	13	13	299
2. 75	26	234	286	270	26	10	250	117	143	351	13	13	325
2. 580247	26	252	308	290	28	10	270	117	143	377	13	13	351
13. 55357	25	103. 3846	127. 3846	125. 3846	12	10	105. 3846	112	138	163	13	13	137
2. 601191	25	241. 2308	297. 2308	279. 2308	28	10	259. 2308	112	138	363	13	13	337
2. 772321	25	224	276	260	26	10	240	112	138	338	13	13	312
2. 992347	25	206. 7692	254. 7692	240. 7692	24	10	220. 7692	112	138	313	13	13	287
3. 285714	25	189. 5385	233. 5385	221. 5385	22	10	201. 5385	112	138	288	13	13	262
3. 696429	25	172. 3077	212. 3077	202. 3077	20	10	182. 3077	112	138	263	13	13	237
4. 3125	25	155. 0769	191. 0769	183. 0769	18	10	163. 0769	112	138	238	13	13	212
5. 339286	25	137. 8462	169. 8462	163. 8462	16	10	143. 8462	112	138	213	13	13	187
7. 392857	25	120. 6154	148. 6154	144. 6154	14	10	124. 6154	112	138	188	13	13	162
7. 398058	23	120. 1667	148. 1667	144. 1667	14	10	124. 1667	103	127	173	12	12	149
3. 699029	23	171. 6667	211. 6667	201. 6667	20	10	181. 6667	103	127	242	12	12	218
2. 774272	23	223. 1667	275. 1667	259. 1667	26	10	239. 1667	103	127	311	12	12	287
13. 56311	23	103	127	125	12	10	105	103	127	150	12	12	126
4. 315534	23	154. 5	190. 5	182. 5	18	10	162. 5	103	127	219	12	12	195
2. 994452	23	206	254	240	24	10	220	103	127	288	12	12	264
2. 603021	23	240. 3333	296. 3333	278. 3333	28	10	258. 3333	103	127	334	12	12	310
3. 288026	23	188. 8333	232. 8333	220. 8333	22	10	200. 8333	103	127	265	12	12	241
5. 343042	23	137. 3333	169. 3333	163. 3333	16	10	143. 3333	103	127	196	12	12	172
3. 181598	24	210. 7143	260. 7143	246. 7143	25	11	224. 7143	118	146	314	14	14	286
4. 639831	24	160. 1429	198. 1429	190. 1429	19	11	168. 1429	118	146	242	14	14	214
14. 84746	24	109. 5714	135. 5714	133. 5714	13	11	111. 5714	118	146	170	14	14	142
2. 938559	24	227. 5714	281. 5714	265. 5714	27	11	243. 5714	118	146	338	14	14	310
3. 959322	24	177	219	209	21	11	187	118	146	266	14	14	238
2. 749529	24	244. 4286	302. 4286	284. 4286	29	11	262. 4286	118	146	362	14	14	334
8. 042373	24	126. 4286	156. 4286	152. 4286	15	11	130. 4286	118	146	194	14	14	166
3. 50565	24	193. 8571	239. 8571	227. 8571	23	11	205. 8571	118	146	290	14	14	262
5. 774011	24	143. 2857	177. 2857	171. 2857	17	11	149. 2857	118	146	218	14	14	190
2. 757202	22	240. 9231	298. 9231	280. 9231	29	11	258. 9231	108	134	332	13	13	306
3. 190476	22	207. 6923	257. 6923	243. 6923	25	11	221. 6923	108	134	288	13	13	262

【0183】

歯車ボックスのこれらのパラメータは、自分から円周を見るときに交互する（A、B、A、B、A...）2つのサイズの半径方向の外側遊星を使用し、一方で、半径方向の内側遊星の各々が同じサイズであることで機能すると考えられる（P＝遊星、R＝リング、i n＝内側、o u t＝外側）。

【0184】

10

20

30

40

50

【表 6 - 1】

解	遊星数	直径		太陽		外側R	P外側	P外側2	P内側	太陽	外側R	P外側	P外側2	P内側	ピッチ	比	総誤差
		太陽	直徑	太陽	直徑												
1	14	105	105	168	21.9	18.6	18.6	18.6	18.6	350	560	73	62	62	3.33	2.67	0.102
2	10	98	98	161	29.4	23.1	23.1	23.1	17.5	140	230	42	33	25	1.43	2.56	0.144
3	14	114.8	114.8	173.6	12.2	10.4	10.4	10.4	28	574	868	61	52	140	5	2.95	0.156
4	10	79.9	79.9	159.8	27.5	22.3	22.3	22.3	23.78	215	430	74	60	64	2.69	2	0.193
5	10	86	86	172	29.6	24	24	24	25.6	215	430	74	60	64	2.5	2	0.198
6	16	103.2	103.2	163.2	19.8	18.3	18.3	18.3	16.5	344	544	66	61	55	3.33	2.72	0.202
7	16	103.2	103.2	163.2	19.8	18.3	18.3	18.3	16.5	344	544	66	61	55	3.33	2.72	0.202
8	10	81.35	81.35	162.7	28	22.7	22.7	22.7	24.22	215	430	74	60	64	2.64	2	0.203
9	16	116.8	116.8	156.8	15.8	14.4	14.4	14.4	13.8	584	784	79	72	69	5	3.92	0.227
10	16	116.8	116.8	156.8	15.8	14.4	14.4	14.4	13.8	584	784	79	72	69	5	3.92	0.227
11	12	105.6	105.6	172.8	15.4	13.6	13.6	13.6	30	528	864	77	68	150	5	2.57	0.253
12	18	126.9	126.9	189	20.4	18.9	18.9	18.9	17.4	423	630	68	63	58	3.33	3.04	0.255
13	18	126.9	126.9	189	20.4	18.9	18.9	18.9	17.4	423	630	68	63	58	3.33	3.04	0.255
14	18	126.9	126.9	172.8	14.1	12.3	12.3	12.3	17.4	423	576	47	41	58	3.33	3.76	0.255
15	18	126.9	126.9	172.8	14.1	12.3	12.3	12.3	17.4	423	576	47	41	58	3.33	3.76	0.255
16	18	132.75	132.75	180	14	12.5	12.5	12.5	18.5	531	720	56	50	74	4	3.81	0.265
17	18	132.75	132.75	180	14	12.5	12.5	12.5	18.5	531	720	56	50	74	4	3.81	0.265
18	24	150.6	150.6	194.4	16.5	9.9	9.9	9.9	15	502	648	55	33	50	3.33	4.44	0.267
19	24	150.6	150.6	194.4	16.5	9.9	9.9	9.9	15	502	648	55	33	50	3.33	4.44	0.267
20	14	119	119	173.6	15.8	11.6	11.6	11.6	24.2	595	868	79	58	121	5	3.18	0.273
21	10	104	104	196	24.4	20.8	20.8	20.8	36.4	260	490	61	52	91	2.5	2.13	0.273
22	22	116.8	116.8	158.4	13.2	9.4	9.4	9.4	14.4	584	792	66	47	72	5	3.81	0.281
23	12	104.4	104.4	183.6	21.3	20.1	20.1	20.1	28.2	348	612	71	67	94	3.33	2.32	0.31
24	26	121.2	121.2	156	11.4	9.9	9.9	9.9	10.8	404	520	38	33	36	3.33	4.48	0.324
25	26	121.2	121.2	156	11.4	9.9	9.9	9.9	10.8	404	520	38	33	36	3.33	4.48	0.324
26	20	146.02	146.02	189	18.9	12.5	12.5	12.5	14.02	479	620	62	41	46	3.28	4.4	0.327

10

20

30

40

50

【表 6 - 2】

(表 6 の続き)

解	直径		菌										比	総誤差
	遊星数	太陽	外側R	P外側	P外側2	P内側	太陽	外側R	P外側	P外側2	P内側	ピッチ		
27	20	146.02	189	18.9	12.5	14.02	479	620	62	41	46	3.28	4.4	0.327
28	20	143.7	186	18.6	12.3	13.8	479	620	62	41	46	3.33	4.4	0.332
29	20	143.7	186	18.6	12.3	13.8	479	620	62	41	46	3.33	4.4	0.332
30	20	141.38	183	18.3	12.1	13.58	479	620	62	41	46	3.39	4.4	0.336
31	20	141.38	183	18.3	12.1	13.58	479	620	62	41	46	3.39	4.4	0.336
32	12	100.56	161.5	24.3	17.2	19.44	269	432	65	46	52	2.67	2.65	0.342
33	24	118.2	158.4	13.5	12	11.4	394	528	45	40	38	3.33	3.94	0.343
34	24	118.2	158.4	13.5	12	11.4	394	528	45	40	38	3.33	3.94	0.343
35	12	99.47	160	13.6	11.2	28.53	373	600	51	42	107	3.75	2.64	0.344
36	12	111.9	180	15.3	12.6	32.1	373	600	51	42	107	3.33	2.64	0.344
37	12	124.33	200	17	14	35.66	373	600	51	42	107	3	2.64	0.344
38	12	113.05	180.6	24.5	16.8	24.5	323	516	70	48	70	2.86	2.67	0.347
39	12	107.6	172.8	26	18.4	20.8	269	432	65	46	52	2.5	2.65	0.348
40	10	120	195	21	15.5	37.5	240	390	42	31	75	2	2.6	0.353
41	10	96	156	16.8	12.4	30	240	390	42	31	75	2.5	2.6	0.353
42	20	127.08	169	20.8	11.7	11.7	391	520	64	36	36	3.08	4.03	0.358
43	20	127.08	169	20.8	11.7	11.7	391	520	64	36	36	3.08	4.03	0.358
44	20	146.63	195	24	13.5	13.5	391	520	64	36	36	2.67	4.03	0.358
45	20	146.63	195	24	13.5	13.5	391	520	64	36	36	2.67	4.03	0.358
46	20	136.85	182	22.4	12.6	12.6	391	520	64	36	36	2.86	4.03	0.358
47	20	136.85	182	22.4	12.6	12.6	391	520	64	36	36	2.86	4.03	0.358
48	20	117.3	156	19.2	10.8	10.8	391	520	64	36	36	3.33	4.03	0.358
49	20	117.3	156	19.2	10.8	10.8	391	520	64	36	36	3.33	4.03	0.358
50	12	106.56	183.4	22.5	20.8	26.32	251	432	53	49	62	2.36	2.39	0.367
51	14	101.2	162.4	21.2	16.8	18.8	253	406	53	42	47	2.5	2.65	0.369
52	12	100.4	172.8	21.2	19.6	24.8	251	432	53	49	62	2.5	2.39	0.371
53	12	117	180	18.3	13.2	28.8	390	600	61	44	96	3.33	2.86	0.379

10

20

30

40

50

【表 6 - 3】

(表 6 の続き)

解	直径		歯								比	総誤差		
	遊星数	太陽	外側R	P外側	P外側2	P内側	太陽	外側R	P外側	P外側2			P内側	ピッチ
54	8	87.96	158.9	22.7	18.8	32.63	248	448	64	53	92	2.82	2.24	0.38
55	16	124.8	163.2	17.7	14.7	13.2	416	544	59	49	44	3.33	4.25	0.381
56	16	124.8	163.2	17.7	14.7	13.2	416	544	59	49	44	3.33	4.25	0.381
57	8	101.53	183.4	26.2	21.7	37.66	248	448	64	53	92	2.44	2.24	0.381
58	12	107.45	155.4	22.4	14.7	17.85	307	444	64	42	51	2.86	3.24	0.389
59	12	122.8	177.6	25.6	16.8	20.4	307	444	64	42	51	2.5	3.24	0.389
60	12	138.15	199.8	28.8	18.9	22.95	307	444	64	42	51	2.22	3.24	0.389
61	20	116.68	167	16.7	15.6	13.84	531	760	76	71	63	4.55	3.32	0.389
62	20	116.68	167	16.7	15.6	13.84	531	760	76	71	63	4.55	3.32	0.389
63	12	91.8	158.4	21.3	18.3	21.6	306	528	71	61	72	3.33	2.38	0.391
64	12	104.7	169.2	15	10.8	30.6	349	564	50	36	102	3.33	2.62	0.401
65	12	122.15	197.4	17.5	12.6	35.7	349	564	50	36	102	2.86	2.62	0.401
66	20	125	161	16.1	12.3	10.73	559	720	72	55	48	4.47	4.47	0.401
67	20	125	161	16.1	12.3	10.73	559	720	72	55	48	4.47	4.47	0.401
68	12	117	180	24.5	21	20.5	234	360	49	42	41	2	2.86	0.409
69	12	122.77	187.7	23.7	10.9	29.39	259	396	50	23	62	2.11	2.89	0.409
70	12	129.85	193.2	23.8	13.3	28.35	371	552	68	38	81	2.86	3.05	0.41
71	12	111.3	165.6	20.4	11.4	24.3	371	552	68	38	81	3.33	3.05	0.41
72	12	103.6	158.4	20	9.2	24.8	259	396	50	23	62	2.5	2.89	0.41
73	12	129.5	198	25	11.5	31	259	396	50	23	62	2	2.89	0.41
74	12	110.33	168.7	21.3	9.8	26.41	259	396	50	23	62	2.35	2.89	0.411
75	20	154.5	199	19.9	15.2	13.27	559	720	72	55	48	3.62	4.47	0.411
76	20	154.5	199	19.9	15.2	13.27	559	720	72	55	48	3.62	4.47	0.411
77	24	133.5	165.6	12.9	8.7	11.4	445	552	43	29	38	3.33	5.16	0.414
78	24	133.5	165.6	12.9	8.7	11.4	445	552	43	29	38	3.33	5.16	0.414
79	12	86.1	162	21	19.8	24.6	287	540	70	66	82	3.33	2.13	0.414
80	12	100.45	189	24.5	23.1	28.7	287	540	70	66	82	2.86	2.13	0.414

10

20

30

40

50

【表 6 - 4】

(表 6 の続き)

解	遊星数	直径		歯									ピッチ	比	総誤差
		太陽	外側R	P外側	P外側2	P内側	太陽	外側R	P外側	P外側2	P内側				
81	12	131.2	198.4	24	17.6	27.21	246	372	45	33	51	1.88	2.95	0.415	
82	12	114.8	173.6	21	15.4	23.8	246	372	45	33	51	2.14	2.95	0.415	
83	12	123	186	22.5	16.5	25.5	246	372	45	33	51	2	2.95	0.415	
84	12	106.6	161.2	19.5	14.3	22.1	246	372	45	33	51	2.31	2.95	0.415	
85	12	105.2	177.6	20.4	18.8	26.4	263	444	51	47	66	2.5	2.45	0.417	
86	12	130	187.2	27.6	11.2	25.6	325	468	69	28	64	2.5	3.27	0.419	
87	20	137.5	185	20	15	13	550	740	80	60	52	4	3.89	0.419	
88	20	137.5	185	20	15	13	550	740	80	60	52	4	3.89	0.419	
89	20	129.25	173.9	18.8	14.1	12.22	550	740	80	60	52	4.26	3.89	0.419	
90	20	129.25	173.9	18.8	14.1	12.22	550	740	80	60	52	4.26	3.89	0.419	
91	20	134.75	181.3	19.6	14.7	12.74	550	740	80	60	52	4.08	3.89	0.419	
92	20	134.75	181.3	19.6	14.7	12.74	550	740	80	60	52	4.08	3.89	0.419	
93	20	126.5	170.2	18.4	13.8	11.96	550	740	80	60	52	4.35	3.89	0.419	
94	20	126.5	170.2	18.4	13.8	11.96	550	740	80	60	52	4.35	3.89	0.419	
95	20	148.5	199.8	21.6	16.2	14.04	550	740	80	60	52	3.7	3.89	0.419	
96	20	148.5	199.8	21.6	16.2	14.04	550	740	80	60	52	3.7	3.89	0.419	
97	20	123.75	166.5	18	13.5	11.7	550	740	80	60	52	4.44	3.89	0.419	
98	20	123.75	166.5	18	13.5	11.7	550	740	80	60	52	4.44	3.89	0.419	
99	20	143	192.4	20.8	15.6	13.52	550	740	80	60	52	3.85	3.89	0.419	
100	20	143	192.4	20.8	15.6	13.52	550	740	80	60	52	3.85	3.89	0.419	

【0185】

歯車ボックスのこれらのパラメータは、半径方向内側遊星が全て同じサイズであり、必ずしも内側と同じではないが、半径方向外側遊星が全て同じサイズである場合に機能すると考えられる。

【0186】

10

20

30

40

50

【表 7 - 1】

表 7 直径 解	遊星の数	太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	太陽	歯	外側リング	遊星外側	遊星内側	ピッチ	比	総誤差
1	25	165.00	195.00	9.90	13.80	550	太陽	650	33	46	3.33	6.50	0.028
2	22	137.18	184.90	12.20	17.35	506		682	45	64	3.69	3.87	0.028
3	18	115.20	172.80	18.40	15.73	432		648	69	59	3.75	3.00	0.030
4	18	129.60	194.40	20.70	17.70	432		648	69	59	3.33	3.00	0.030
5	25	144.00	180.00	8.40	15.60	600		750	35	65	4.17	5.00	0.031
6	25	156.00	195.00	9.10	16.90	600		750	35	65	3.85	5.00	0.031
7	22	115.82	156.10	10.30	14.65	506		682	45	64	4.37	3.88	0.036
8	22	110.00	167.20	15.80	16.20	550		836	79	81	5.00	2.92	0.038
9	22	118.35	179.90	17.00	17.43	550		836	79	81	4.65	2.92	0.040
10	19	142.50	180.50	13.00	15.50	570		722	52	62	4.00	4.75	0.056
11	22	118.80	167.20	9.20	19.60	594		836	46	98	5.00	3.45	0.058
12	39	129.62	168.50	11.30	9.97	390		507	34	30	3.01	4.33	0.063
13	39	143.38	186.40	12.50	11.03	390		507	34	30	2.72	4.33	0.066
14	38	159.60	199.50	9.80	12.95	456		570	28	37	2.86	5.00	0.068
15	38	136.80	171.00	8.40	11.10	456		570	28	37	3.33	5.00	0.068
16	42	123.20	156.80	10.40	8.00	462		588	39	30	3.75	4.67	0.072
17	42	138.60	176.40	11.70	9.00	462		588	39	30	3.33	4.67	0.072
18	42	154.00	196.00	13.00	10.00	462		588	39	30	3.00	4.67	0.072
19	34	142.80	163.20	9.00	6.00	476		544	30	20	3.33	8.00	0.073
20	34	166.60	190.40	10.50	7.00	476		544	30	20	2.86	8.00	0.073
21	32	136.00	184.00	15.00	11.50	544		736	60	46	4.00	3.83	0.081
22	32	122.40	165.60	13.50	10.35	544		736	60	46	4.44	3.83	0.081
23	17	132.60	198.90	15.60	24.97	170		255	20	32	1.28	3.00	0.083
24	17	129.20	193.80	15.20	24.33	170		255	20	32	1.32	3.00	0.083
25	17	115.60	173.40	13.60	21.77	170		255	20	32	1.47	3.00	0.083
26	17	119.00	178.50	14.00	22.41	170		255	20	32	1.43	3.00	0.083
27	17	122.40	183.60	14.40	23.05	170		255	20	32	1.39	3.00	0.083

10

20

30

40

50

【表 7 - 2】

(表 7 の続き)

直 径	遊星の数	太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	遊星外側	遊星内側	ピッチ	比	総誤差
28	17	125.80	188.70	14.80	23.69	170	255	20	32	255	32	1.35	3.00	0.083
29	17	108.80	163.20	12.80	20.49	170	255	20	32	255	32	1.56	3.00	0.083
30	17	112.20	168.30	13.20	21.13	170	255	20	32	255	32	1.52	3.00	0.083
31	17	105.40	158.10	12.40	19.85	170	255	20	32	255	32	1.61	3.00	0.083
32	30	132.00	180.00	12.40	14.40	330	450	31	36	450	36	2.50	3.75	0.086
33	30	129.87	177.10	12.20	14.17	330	450	31	36	450	36	2.54	3.75	0.088
34	22	130.90	161.70	11.90	10.50	374	462	34	30	462	30	2.86	5.25	0.089
35	22	149.60	184.80	13.60	12.00	374	462	34	30	462	30	2.50	5.25	0.089
36	18	132.30	182.70	10.50	22.75	378	522	30	65	522	65	2.86	3.63	0.089
37	18	113.40	156.60	9.00	19.50	378	522	30	65	522	65	3.33	3.63	0.089
38	18	119.70	165.30	9.50	20.58	378	522	30	65	522	65	3.16	3.63	0.089
39	18	138.60	191.40	11.00	23.83	378	522	30	65	522	65	2.73	3.63	0.089
40	18	126.00	174.00	10.00	21.66	378	522	30	65	522	65	3.00	3.63	0.089
41	30	134.13	182.90	12.60	14.63	330	450	31	36	450	36	2.46	3.75	0.089
42	19	117.93	179.70	13.30	22.76	399	608	45	77	608	77	3.38	2.91	0.096
43	23	138.00	172.50	15.90	7.50	460	575	53	25	575	25	3.33	5.00	0.097
44	23	155.36	194.20	17.90	8.45	460	575	53	25	575	25	2.96	5.00	0.098
45	17	107.93	166.80	20.20	14.42	187	289	35	25	289	25	1.73	2.83	0.184
46	17	126.63	195.70	23.70	16.92	187	289	35	25	289	25	1.48	2.83	0.185
47	22	126.50	187.00	14.50	20.00	506	748	58	80	748	80	4.00	3.09	0.105
48	22	143.00	176.00	15.50	8.50	286	352	31	17	352	17	2.00	5.33	0.107
49	22	158.68	195.30	17.20	9.43	286	352	31	17	352	17	1.80	5.33	0.109
50	22	155.92	191.90	16.90	9.27	286	352	31	17	352	17	1.83	5.33	0.109
51	22	130.08	160.10	14.10	7.73	286	352	31	17	352	17	2.20	5.33	0.109
52	22	127.32	156.70	13.80	7.57	286	352	31	17	352	17	2.25	5.33	0.109
53	25	137.20	176.40	9.80	14.90	350	450	25	38	450	38	2.55	4.50	0.112
54	25	140.00	180.00	10.00	15.20	350	450	25	38	450	38	2.50	4.50	0.112

10

20

30

40

50

【表 7 - 3】

(表 7 の続き)

直径 解	歯												
	遊星の数	太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	ピッチ	比	総誤差	
55	25	138.60	178.20	9.90	15.05	350	450	25	38	2.53	4.50	0.112	
56	25	135.80	174.60	9.70	14.75	350	450	25	38	2.58	4.50	0.112	
57	25	134.40	172.80	9.60	14.59	350	450	25	38	2.60	4.50	0.112	
58	25	154.00	198.00	11.00	16.72	350	450	25	38	2.27	4.50	0.112	
59	25	155.40	199.80	11.10	16.87	350	450	25	38	2.25	4.50	0.112	
60	25	126.00	162.00	9.00	13.68	350	450	25	38	2.78	4.50	0.112	
61	25	148.40	190.80	10.60	16.11	350	450	25	38	2.36	4.50	0.112	
62	25	151.20	194.40	10.80	16.42	350	450	25	38	2.31	4.50	0.112	
63	25	152.60	196.20	10.90	16.57	350	450	25	38	2.29	4.50	0.112	
64	25	149.80	192.60	10.70	16.27	350	450	25	38	2.34	4.50	0.112	
65	25	133.00	171.00	9.50	14.44	350	450	25	38	2.63	4.50	0.112	
66	25	124.60	160.20	8.90	13.53	350	450	25	38	2.81	4.50	0.112	
67	25	123.20	158.40	8.80	13.38	350	450	25	38	2.84	4.50	0.112	
68	25	121.80	156.60	8.70	13.23	350	450	25	38	2.87	4.50	0.112	
69	25	127.40	163.80	9.10	13.83	350	450	25	38	2.75	4.50	0.112	
70	25	128.80	165.60	9.20	13.99	350	450	25	38	2.72	4.50	0.112	
71	25	131.60	169.20	9.40	14.29	350	450	25	38	2.66	4.50	0.112	
72	25	130.20	167.40	9.30	14.14	350	450	25	38	2.69	4.50	0.112	
73	25	141.40	181.80	10.10	15.35	350	450	25	38	2.48	4.50	0.112	
74	25	142.80	183.60	10.20	15.51	350	450	25	38	2.45	4.50	0.112	
75	25	144.20	185.40	10.30	15.66	350	450	25	38	2.43	4.50	0.112	
76	25	145.60	187.20	10.40	15.81	350	450	25	38	2.40	4.50	0.112	
77	25	147.00	189.00	10.50	15.96	350	450	25	38	2.38	4.50	0.112	
78	25	142.50	187.50	12.90	14.40	475	625	43	48	3.33	4.17	0.113	
79	25	125.93	165.70	11.40	12.73	475	625	43	48	3.77	4.17	0.115	
80	21	130.13	185.90	18.00	14.76	441	630	61	50	3.39	3.33	0.116	
81	19	140.18	185.40	11.90	19.04	589	779	50	80	4.20	4.10	0.119	
82	35	175.00	192.50	8.50	8.00	350	385	17	16	2.00	11.00	0.119	

10

20

30

40

50

【表 7 - 4】

直径 解	遊星の数	歯										比	総誤差
		太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	太陽	外側リング	遊星外側	遊星内側	ピッチ			
83	34	150.09	180.10	10.30	8.54	510	612	35	29	3.40	6.00	0.121	
84	19	117.80	155.80	10.00	16.00	589	779	50	80	5.00	4.10	0.122	
85	20	117.59	170.30	14.80	16.42	580	840	73	81	4.93	3.23	0.124	
86	34	153.00	183.60	10.50	8.70	510	612	35	29	3.33	6.00	0.124	
87	20	116.00	168.00	14.60	16.20	580	840	73	81	5.00	3.23	0.125	
88	32	172.80	192.00	8.40	9.60	576	640	28	32	3.33	10.00	0.125	
89	23	138.67	184.90	10.30	18.34	552	736	41	73	3.98	4.00	0.126	
90	24	116.72	158.40	13.20	11.46	336	456	38	33	2.88	3.80	0.127	
91	24	124.67	169.20	14.10	12.24	336	456	38	33	2.70	3.80	0.127	
92	24	125.56	170.40	14.20	12.33	336	456	38	33	2.68	3.80	0.127	
93	24	126.44	171.60	14.30	12.42	336	456	38	33	2.66	3.80	0.127	
94	24	120.25	163.20	13.60	11.81	336	456	38	33	2.79	3.80	0.127	
95	24	122.91	166.80	13.90	12.07	336	456	38	33	2.73	3.80	0.127	
96	24	117.60	159.60	13.30	11.55	336	456	38	33	2.86	3.80	0.127	
97	24	115.83	157.20	13.10	11.38	336	456	38	33	2.90	3.80	0.127	
98	24	114.95	156.00	13.00	11.29	336	456	38	33	2.92	3.80	0.127	
99	24	123.79	168.00	14.00	12.16	336	456	38	33	2.71	3.80	0.127	
100	24	121.14	164.40	13.70	11.90	336	456	38	33	2.77	3.80	0.127	

10

20

30

40

【0187】

材料の選択によるか、剛性を低減する形状特徴によるか、又はこれらの両方によるかにかかわらず、遊星歯車は、内側及び外側歯車が歯車のあらゆる製造許容度に対応するために、かつ内側及び外側両方の歯車セットの適切な歯車の歯の接触を確実にするために十分ねじれ撓曲することができ、一方で、システム内で内側及び外側遊星歯車が軸方向に整列した状態を保ち、かつ歯車システムの意図した最大トルクに相関する大きさの局所トルクを伝達することを可能にするために十分なねじり剛性を保持するように、ねじり剛性を有しなければならない。加えて、遊星歯車の曲げ剛性は、遊星の曲げ偏向による歯車の歯の滑りを防止するのに十分でなければならない。

50

【 0 1 8 8 】

特許請求の範囲において、「備える (comprising)」という語は、その包括的な意味において使用され、他の要素が存在することを排除しない。特許請求項の特徴の前の不定冠詞「a」及び「an」は、1つを超える特徴が存在することを排除しない。本明細書に記載される個々の特徴のそれぞれは、1つ以上の実施形態において使用することができ、また、本明細書に記載されているということのみの理由で、特許請求の範囲によって定義されるように全ての実施形態にとって必須であるものと解釈されるべきではない。

【 図面 】

【 図 1 】

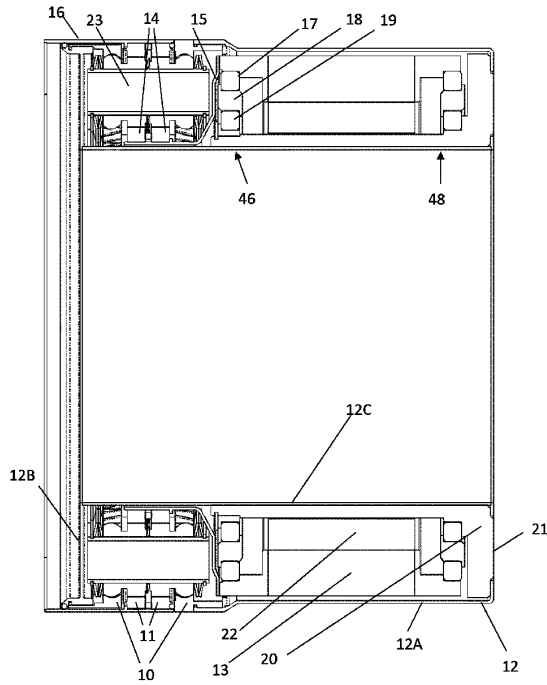


Fig. 1

【 図 2 】

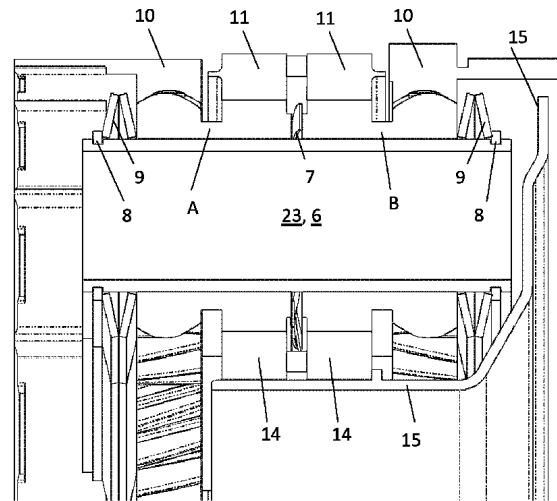


Fig. 2

10

20

30

40

50

【図 3】

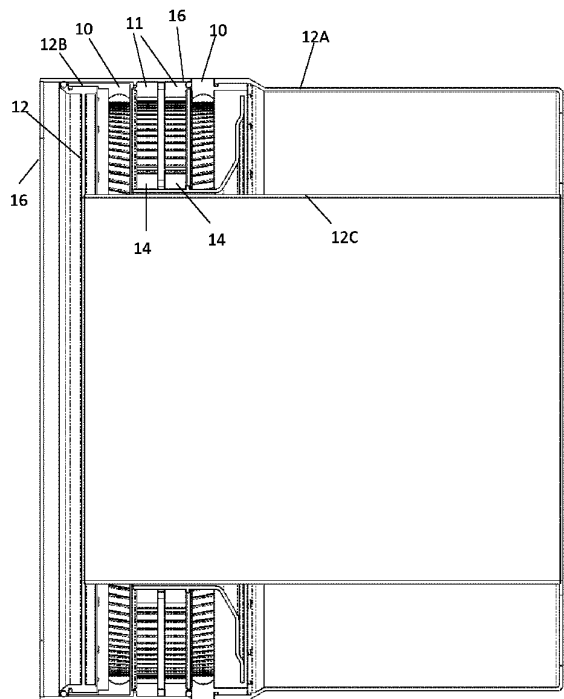


Fig. 3

【図 4】

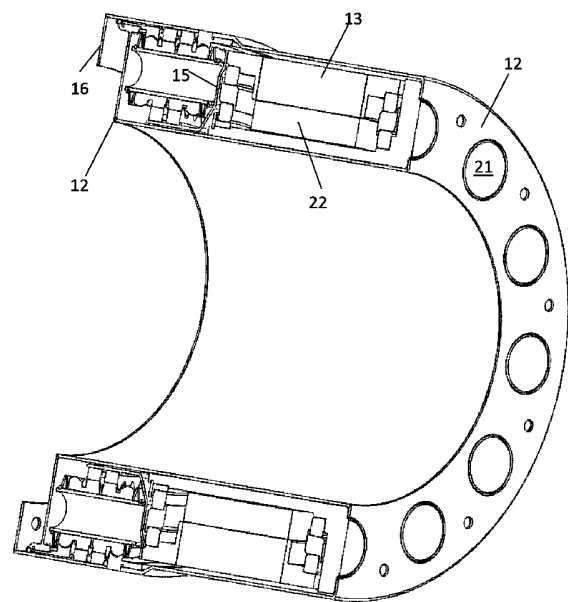


Fig. 4

【図 5】

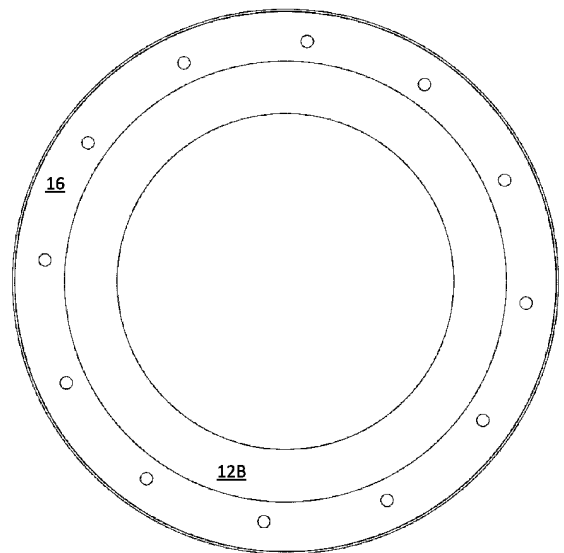


Fig. 5

【図 6】

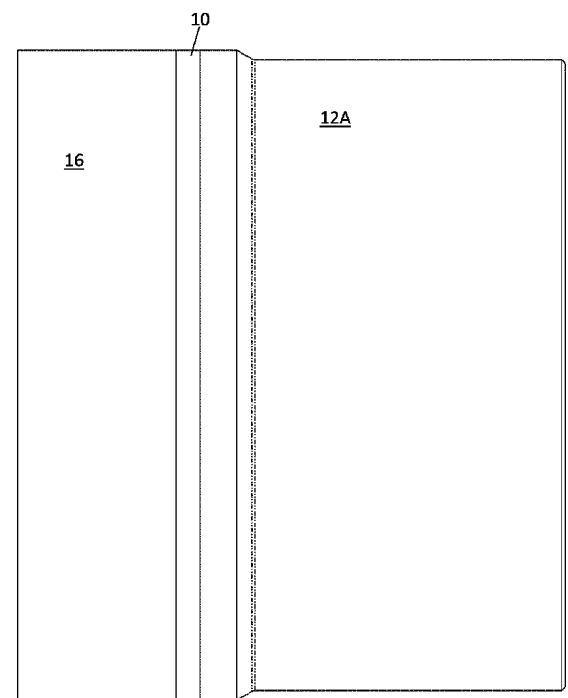


Fig. 6

10

20

30

40

50

【図 7】

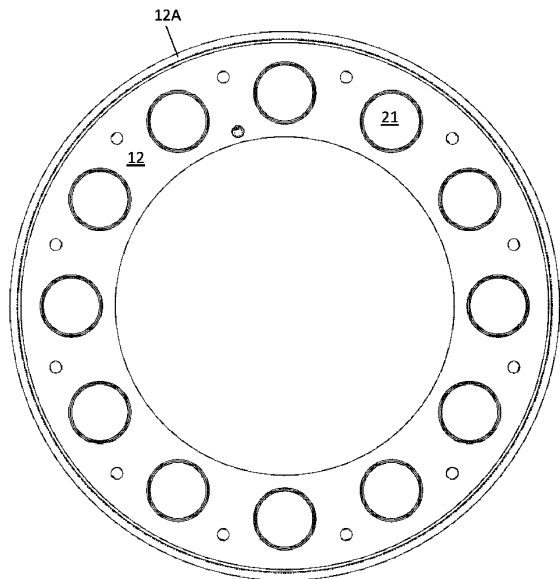


Fig. 7

【図 8】

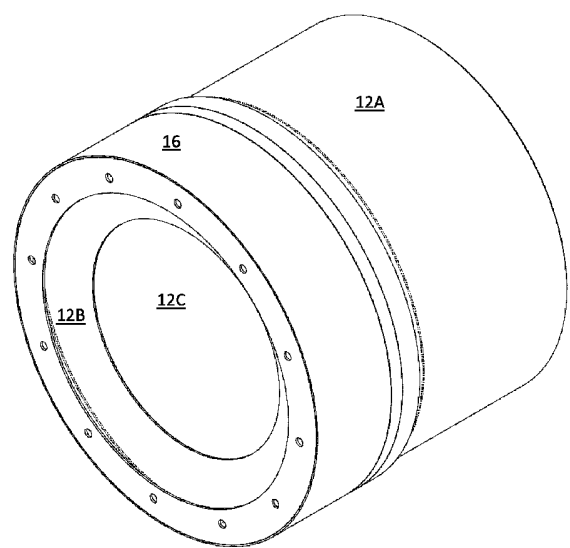


Fig. 8

【図 9】

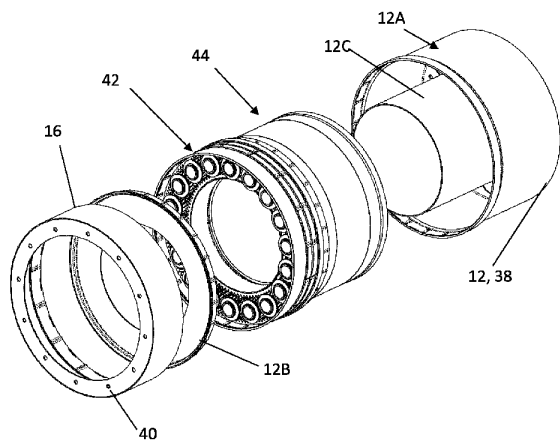


Fig. 9

【図 10】

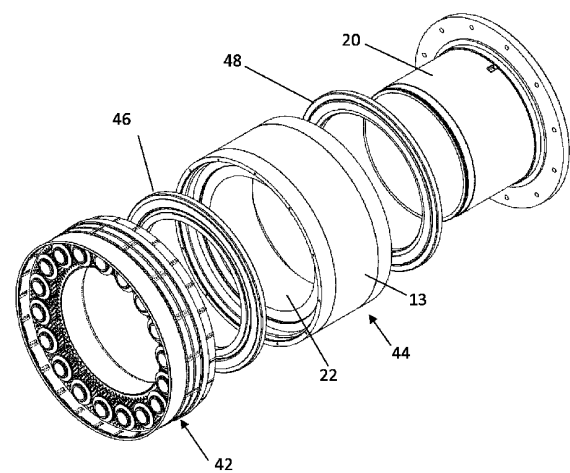


Fig. 10

10

20

30

40

50

【図 1 1】

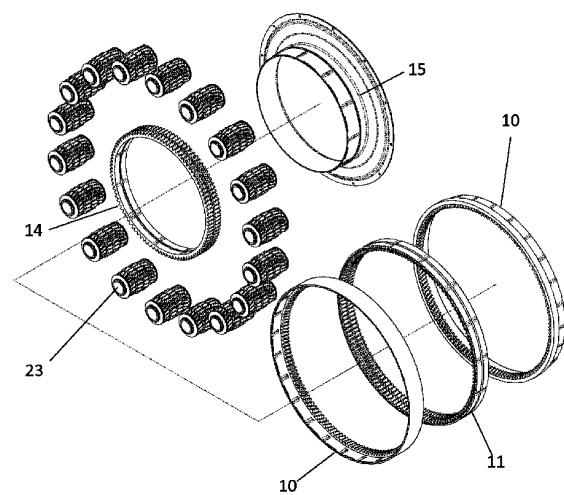


Fig. 11

【図 1 2】

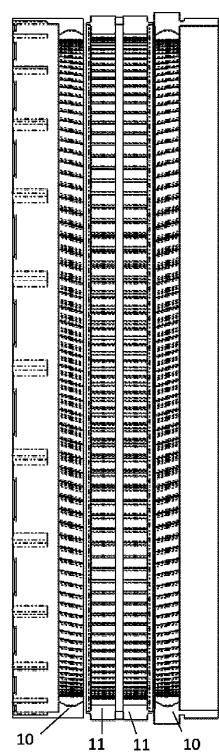


Fig. 12

【図 1 3】

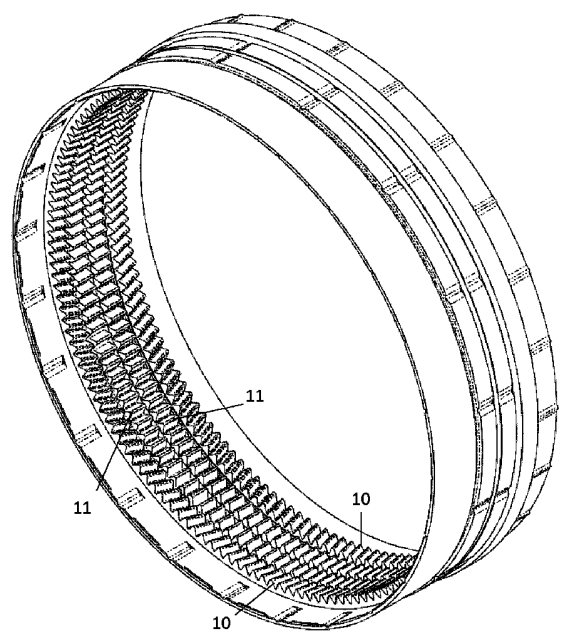


Fig. 13

【図 1 4】

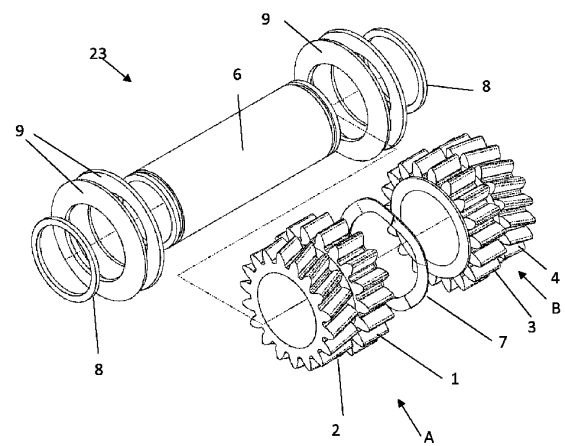


Fig. 14

10

20

30

40

50

【図 15】

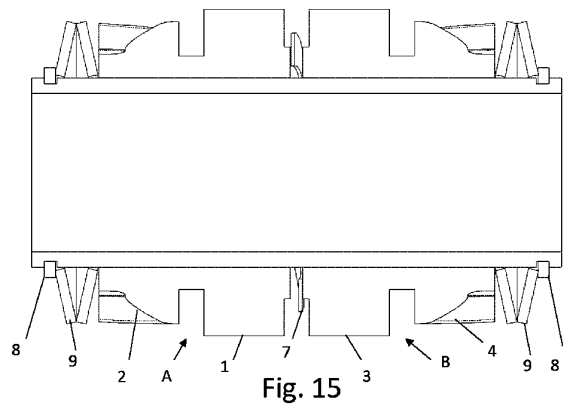


Fig. 15

【図 16】

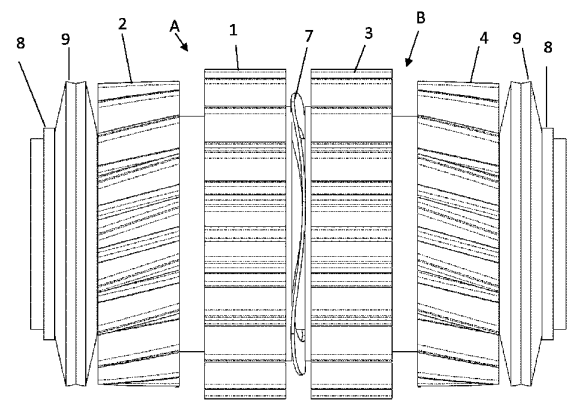


Fig. 16

【図 17】

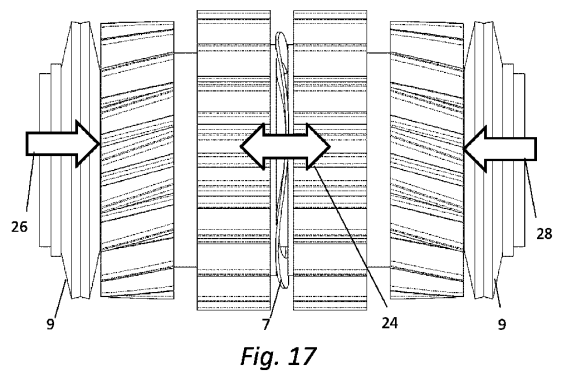


Fig. 17

【図 18】

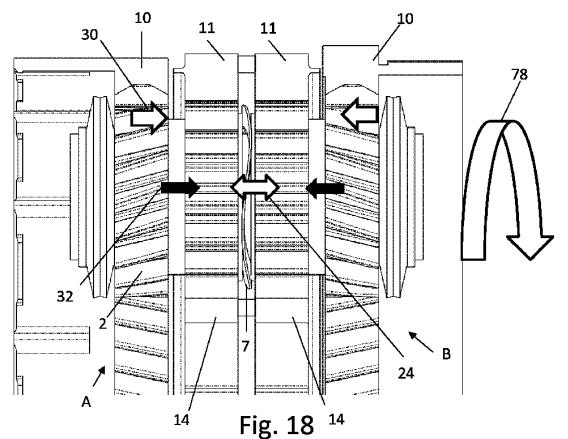


Fig. 18

10

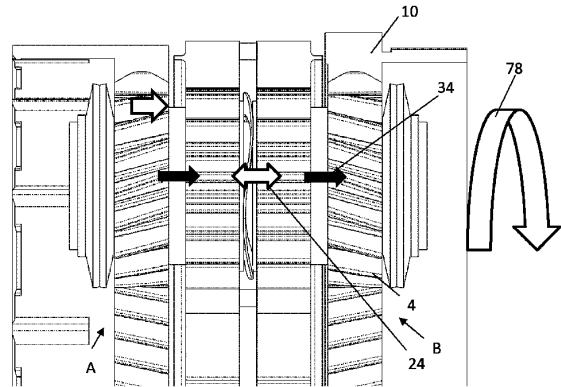
20

30

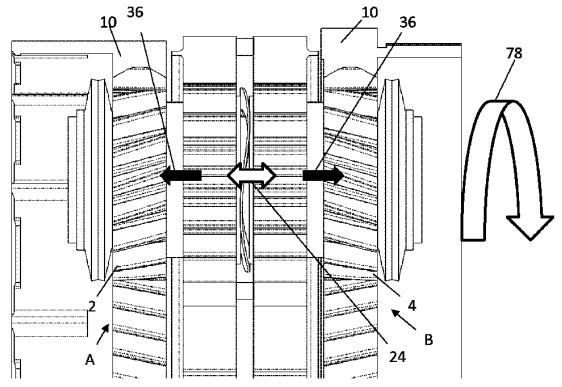
40

50

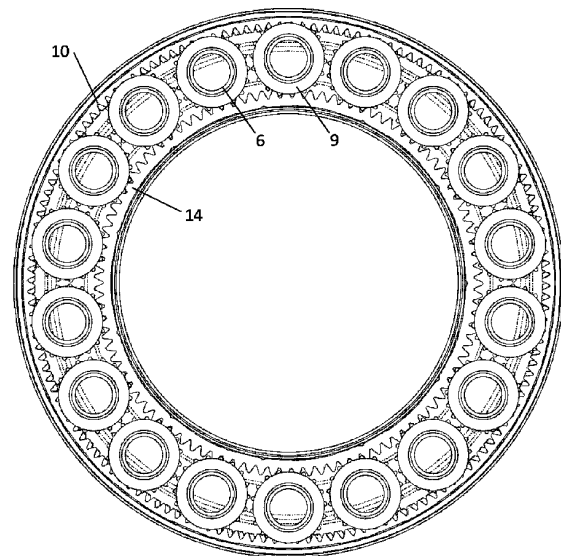
【図 19】



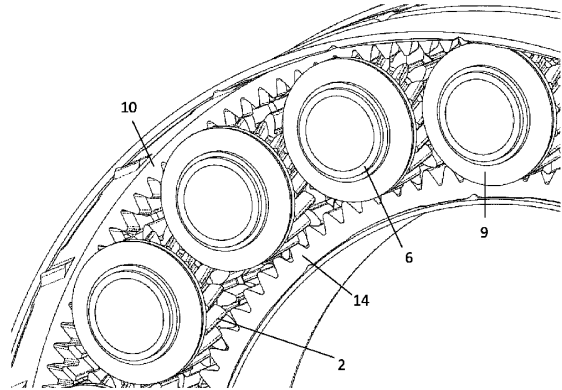
【図 20】



【図 21】



【図 22】



10

20

30

40

50

【図 2 3】

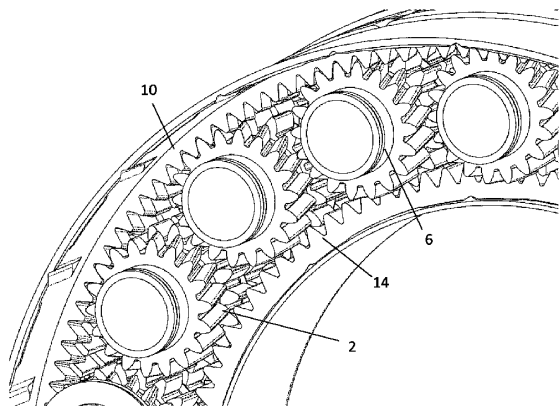


Fig. 23

【図 2 4】

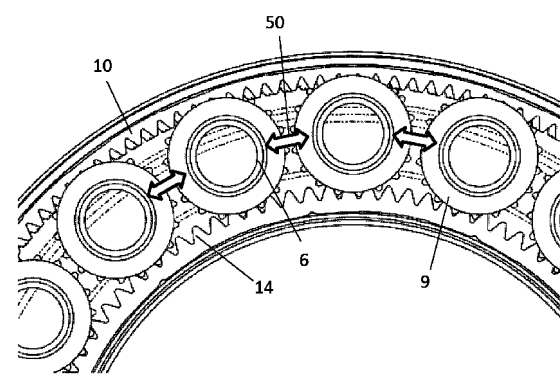


Fig. 24

【図 2 5】

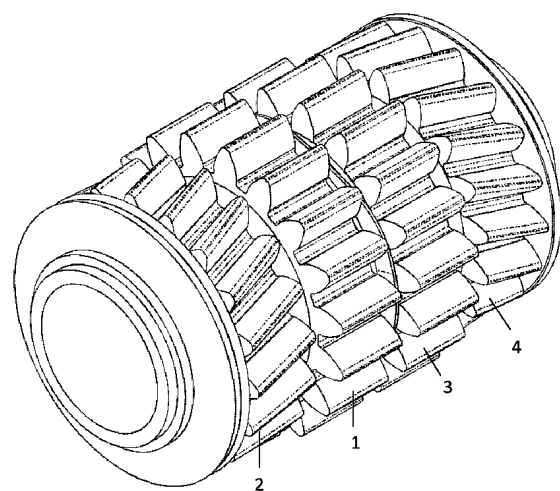


Fig. 25

【図 2 6】

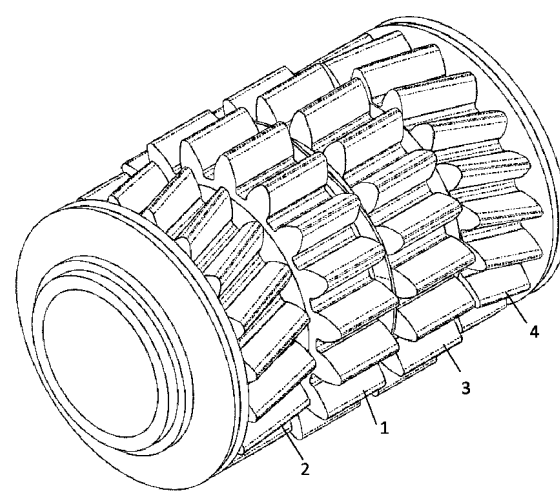


Fig. 26

10

20

30

40

50

【図 2 7】

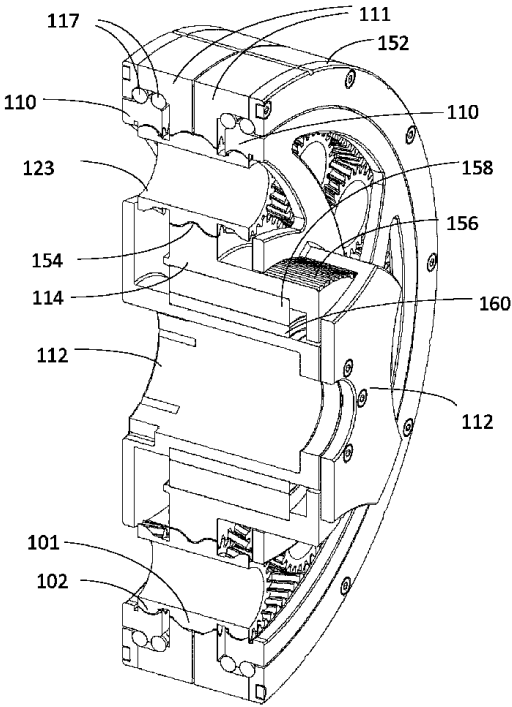


Fig. 27

【図 2 8】

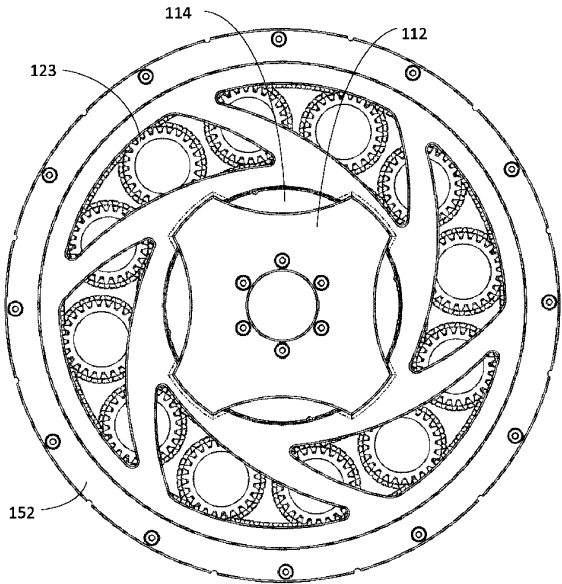


Fig. 28

【図 2 9】

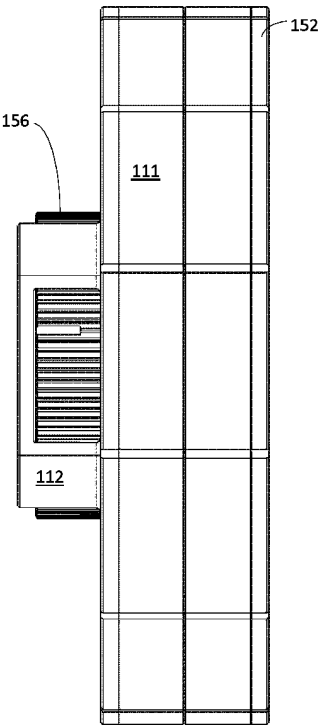


Fig. 29

【図 3 0】

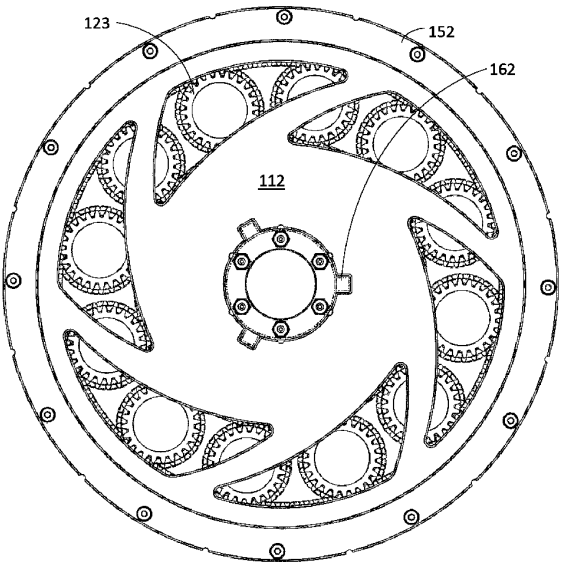


Fig. 30

10

20

30

40

50

【図 3 1】

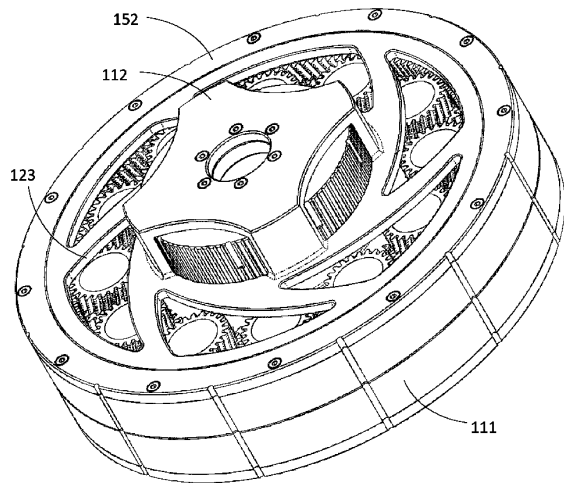


Fig. 31

【図 3 2】

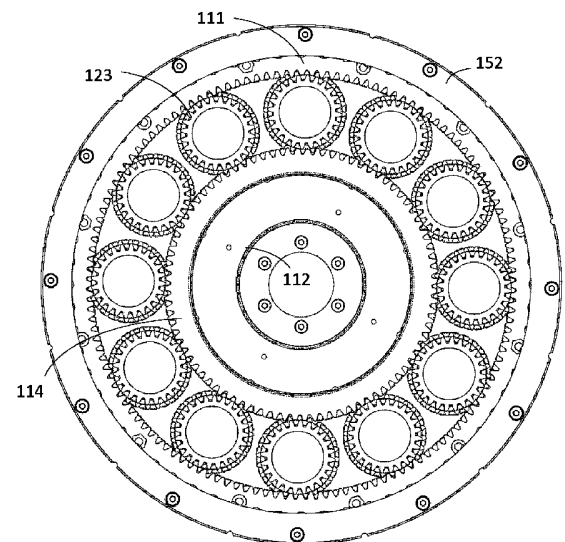


Fig. 32

【図 3 3】

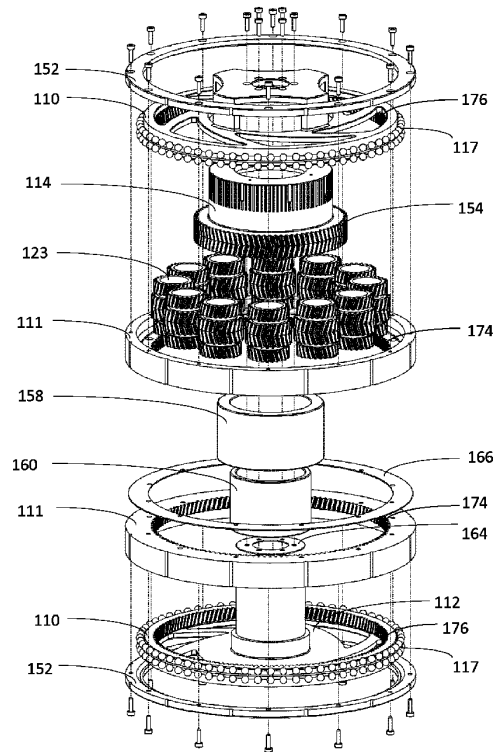


Fig. 33

【図 3 4】

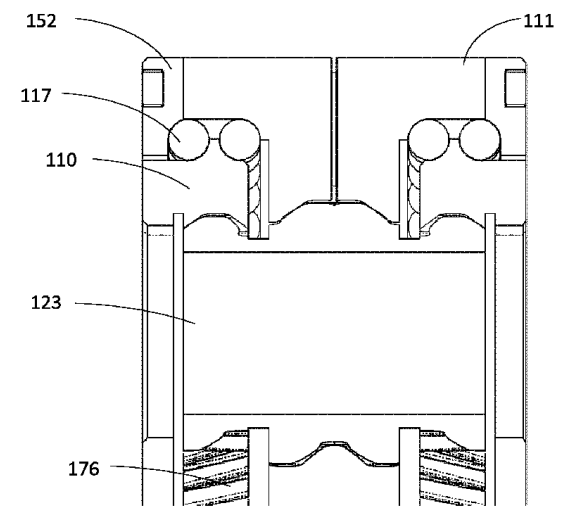


Fig. 34

10

20

30

40

50

【図 3 5】

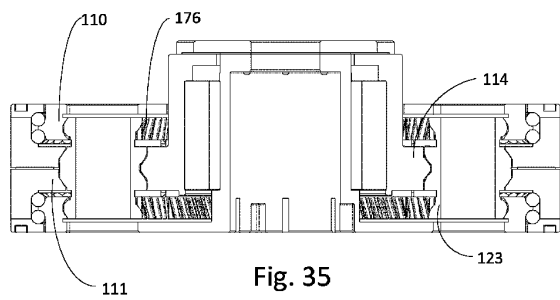


Fig. 35

【図 3 6】

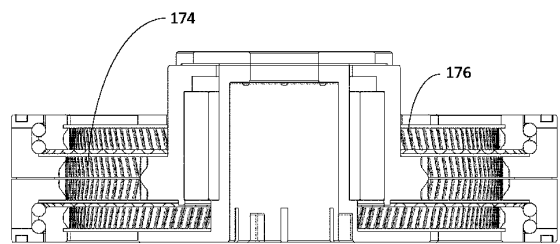


Fig. 36

10

【図 3 7】

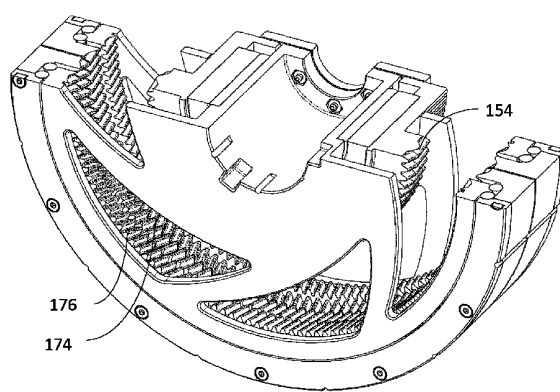


Fig. 37

【図 3 8】

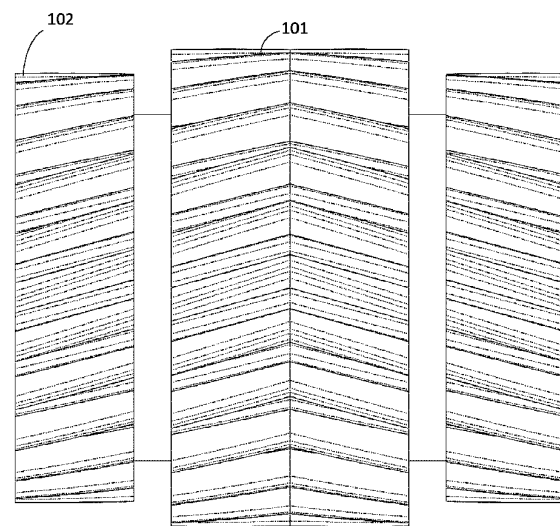


Fig. 38

20

30

40

50

【図 3 9】

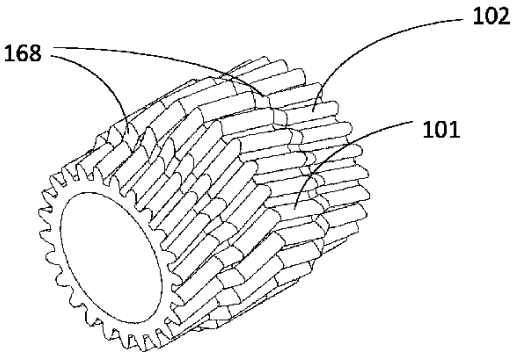


Fig. 39

【図 4 0】

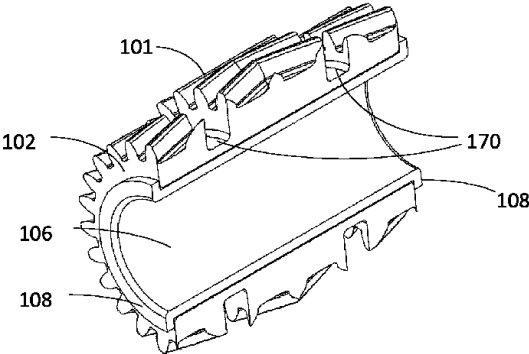


Fig. 40

10

【図 4 1】

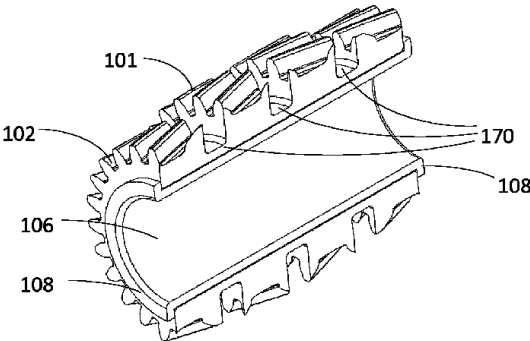


Fig. 41

【図 4 2】

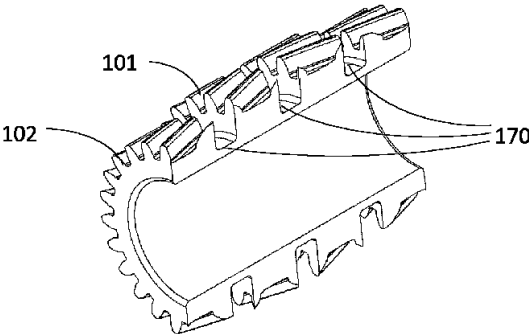


Fig. 42

20

30

40

50

【図 4 3】

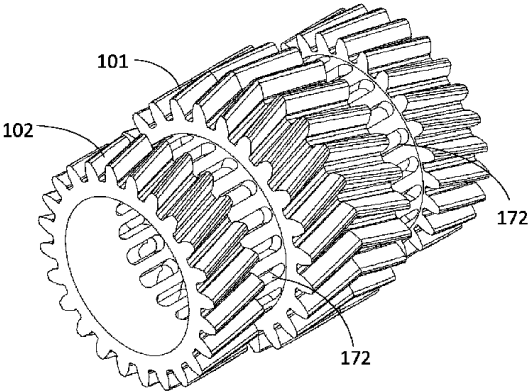


Fig. 43

【図 4 4】

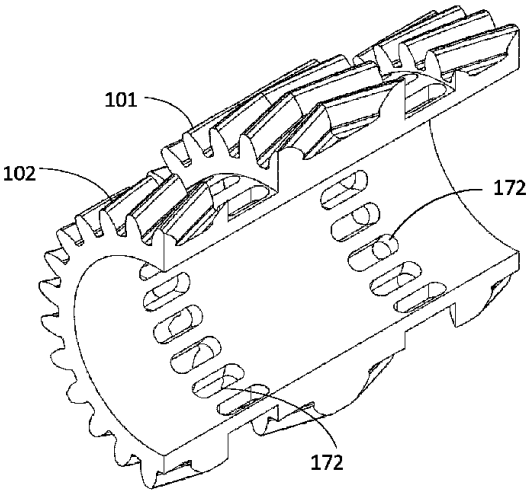


Fig. 44

【図 4 5】

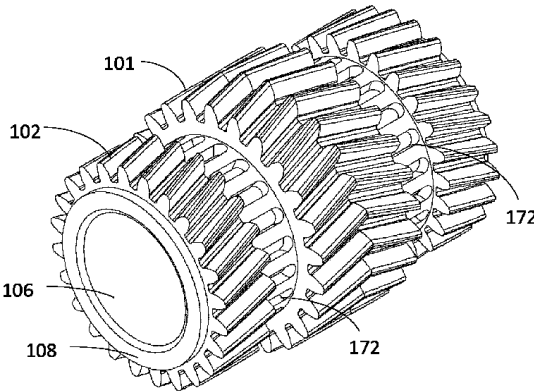


Fig. 45

【図 4 6】

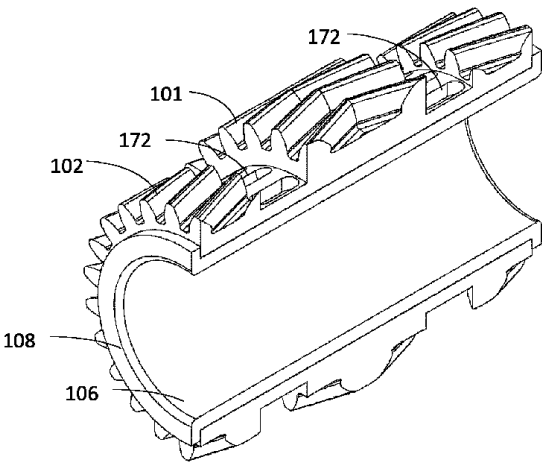


Fig. 46

10

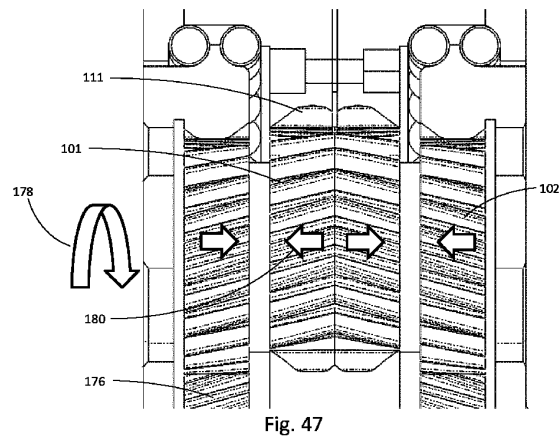
20

30

40

50

【図 4 7】



【図 4 8】

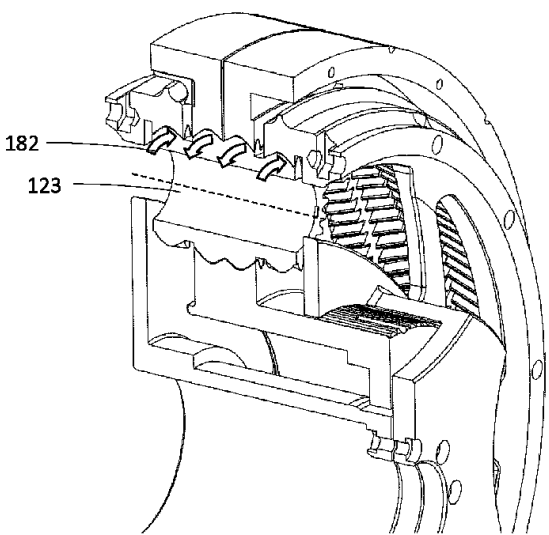
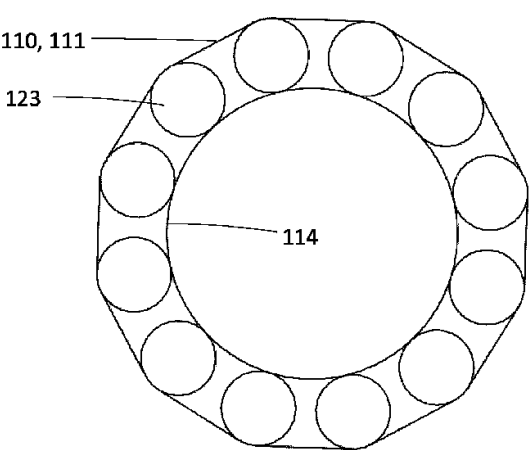
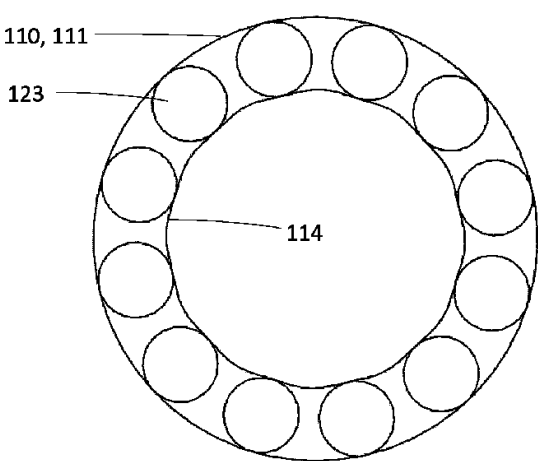


Fig. 48

【図 4 9】



【図 5 0】



10

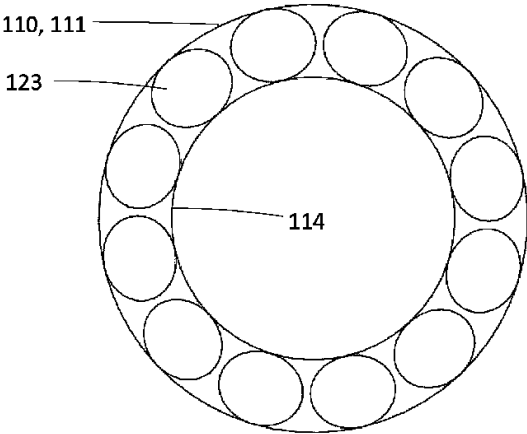
20

30

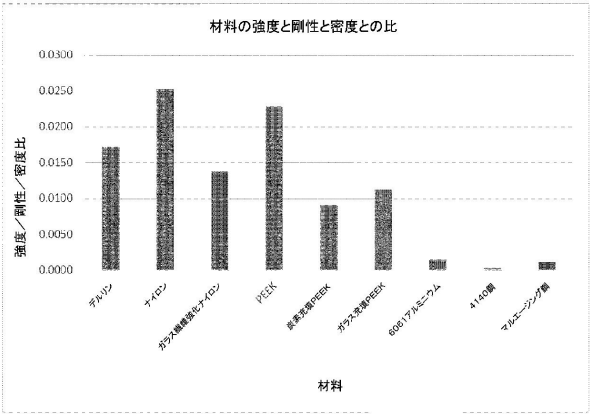
40

50

【図 5 1】

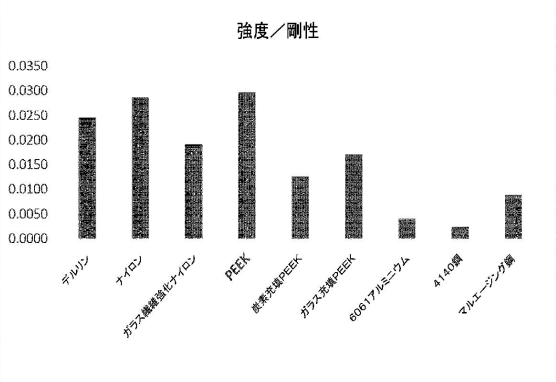


【図 5 2】

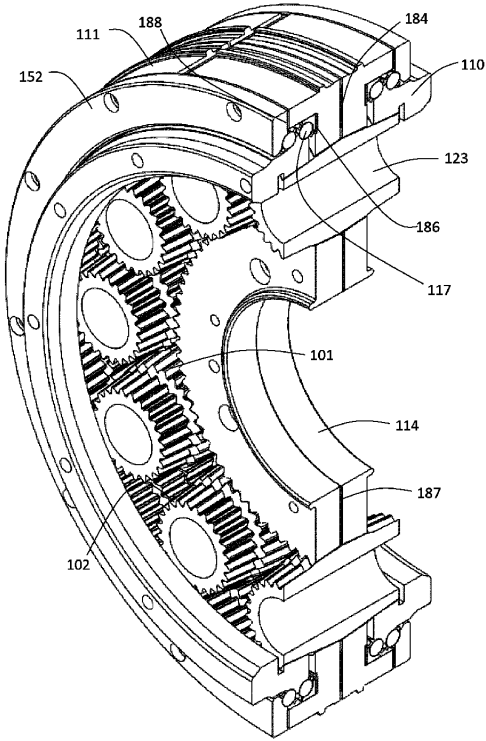


10

【図 5 3】



【図 5 4】



20

30

40

50

【図 5 5】

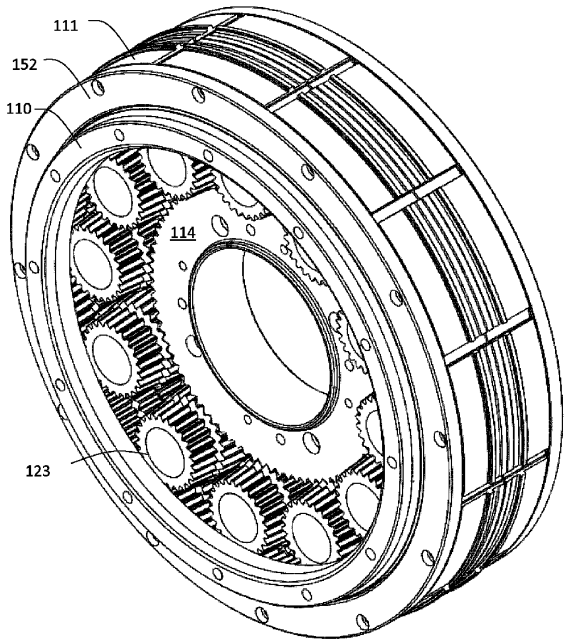


Fig. 55

【図 5 6】

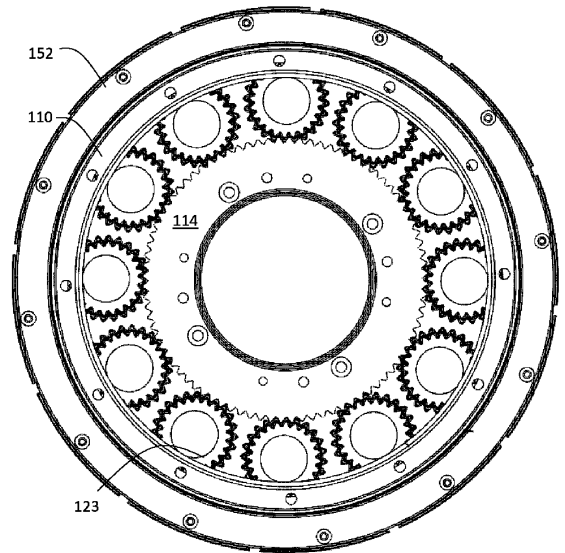


Fig. 56

【図 5 7】

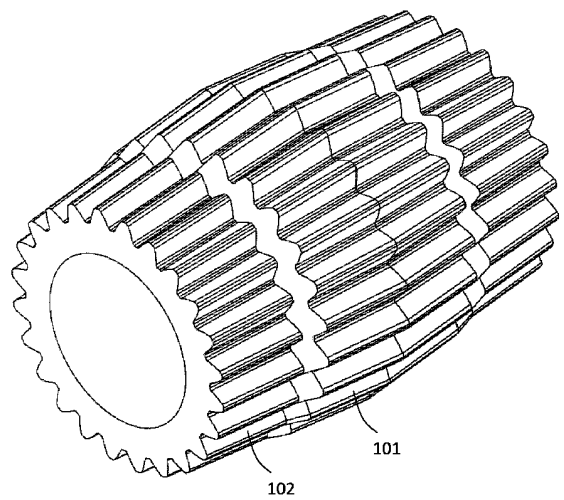


Fig. 57

【図 5 8】

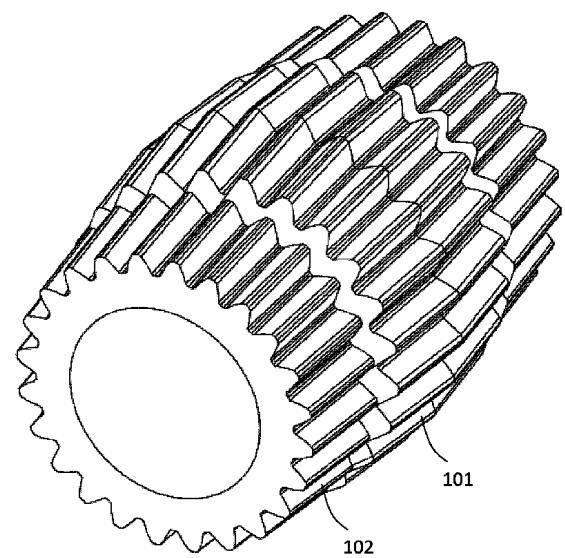


Fig. 58

10

20

30

40

50

【図 5 9】

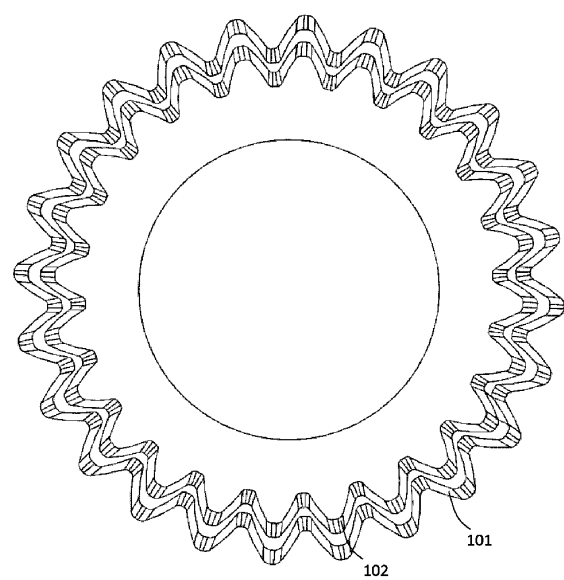


Fig. 59

【図 6 0】

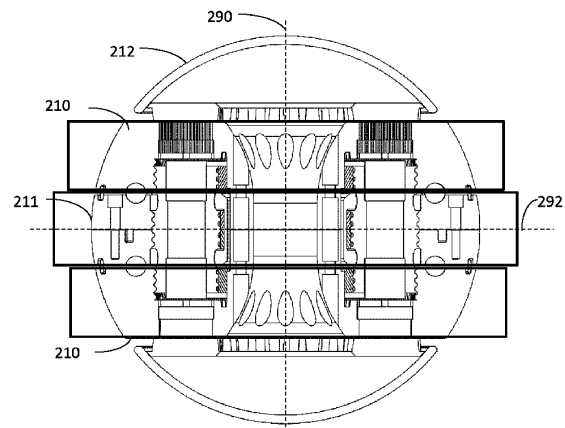


Fig. 60

【図 6 1】

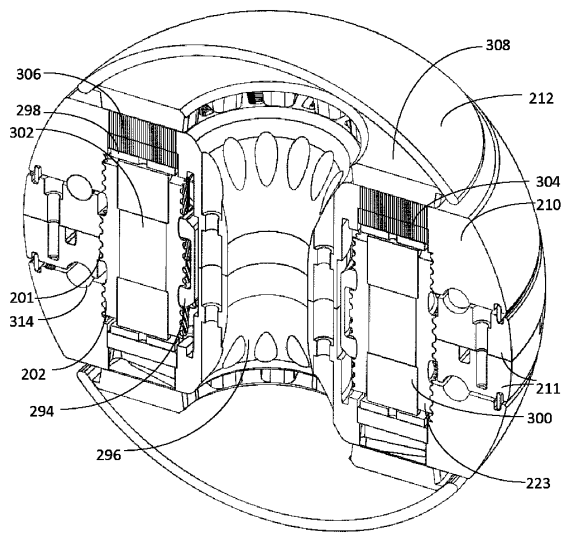


Fig. 61

【図 6 2】

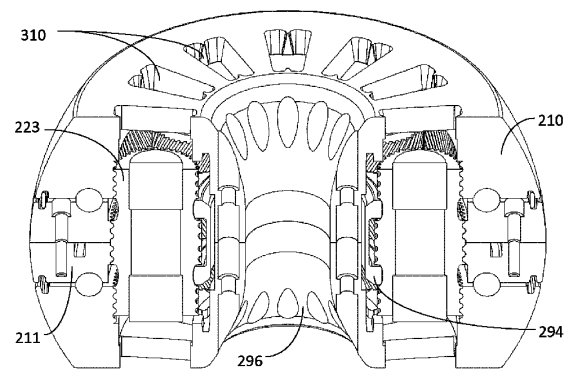


Fig. 62

10

20

30

40

50

【図 6 3】

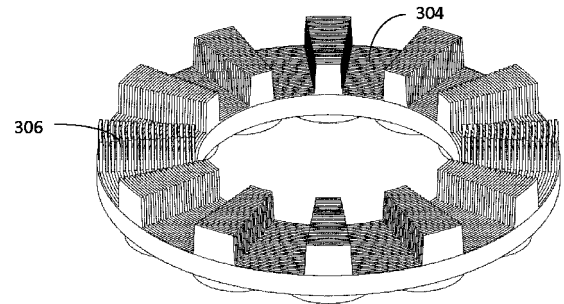


Fig. 63

【図 6 4】

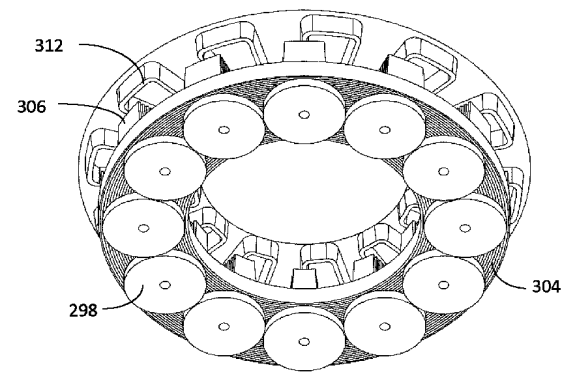


Fig. 64

【図 6 5】

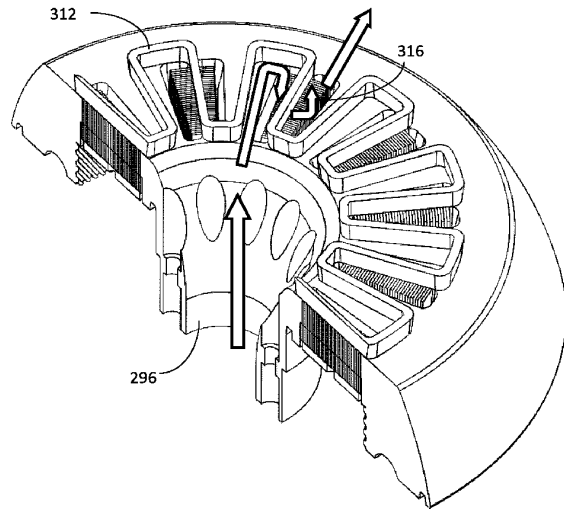


Fig. 65

【図 6 6】

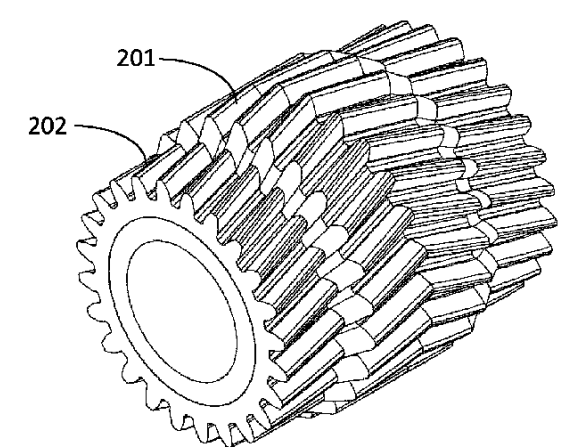


Fig. 66

10

20

30

40

50

【図 6 7】

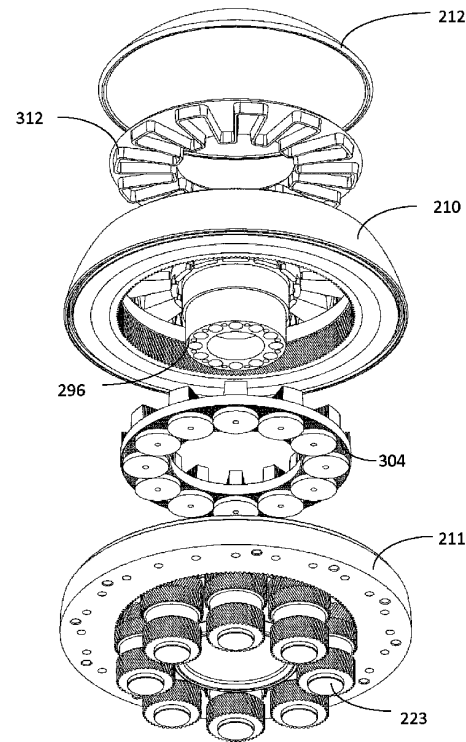


Fig. 67

【図 6 8】

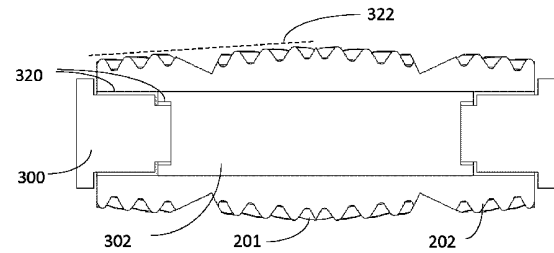


Fig. 68

10

20

【図 6 9】

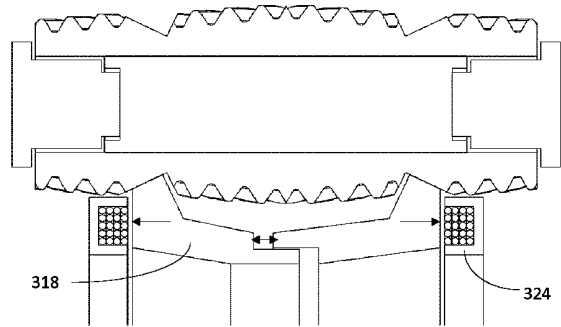


Fig. 69

【図 7 0】

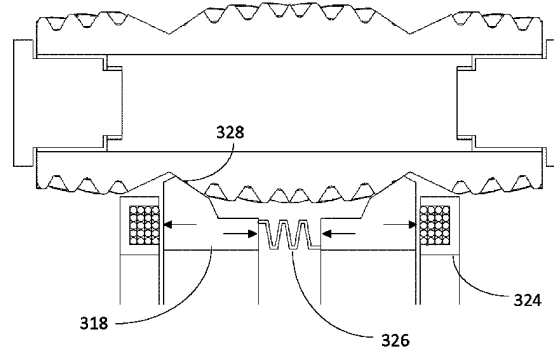


Fig. 70

30

40

50

【図 7 1】

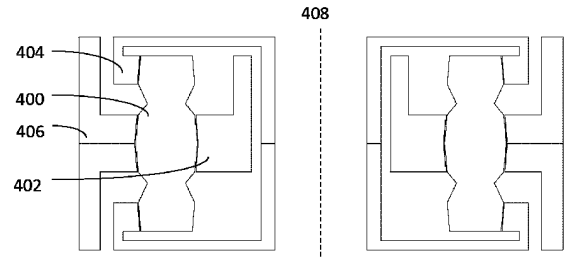


Fig. 71

【図 7 2】

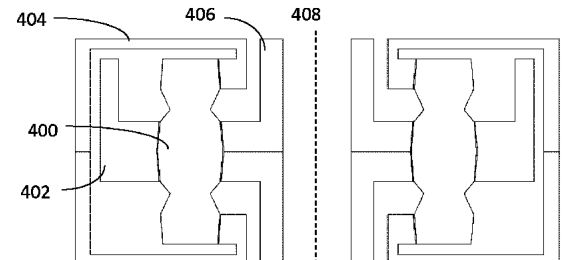


Fig. 72

10

【図 7 3】

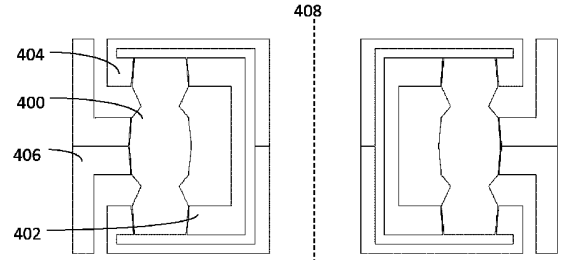


Fig. 73

【図 7 4】

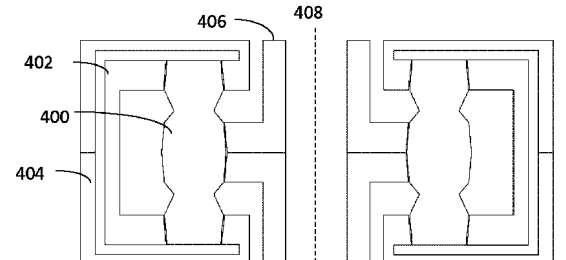


Fig. 74

20

【図 7 5】

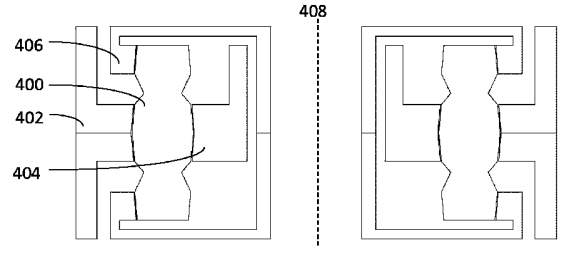


Fig. 75

【図 7 6】

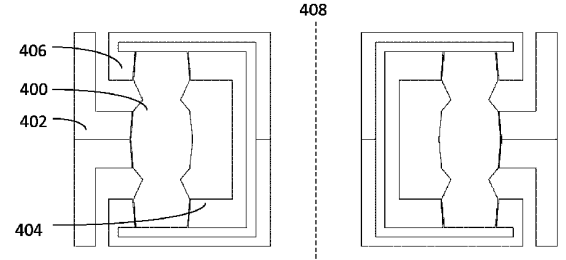


Fig. 76

30

40

50

【図 7 7】

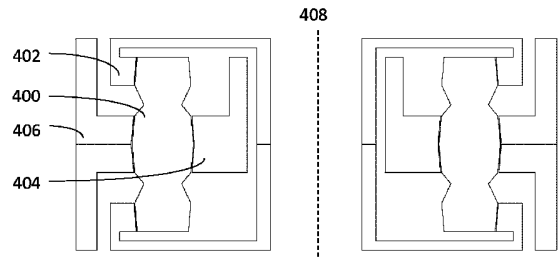


Fig. 77

【図 7 8】

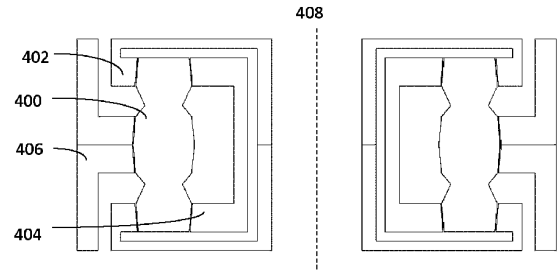


Fig. 78

10

【図 7 9】

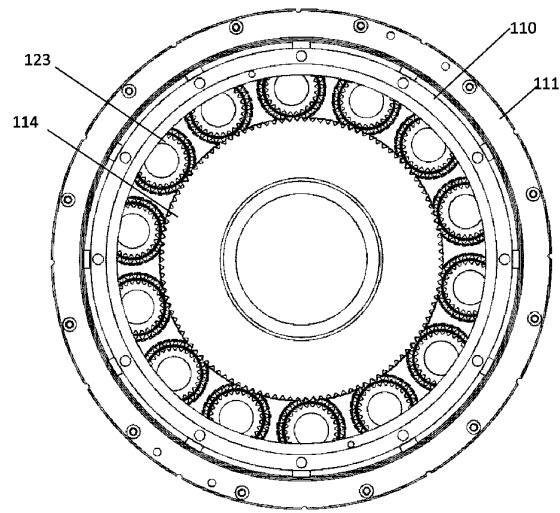


Fig. 79

【図 8 0】

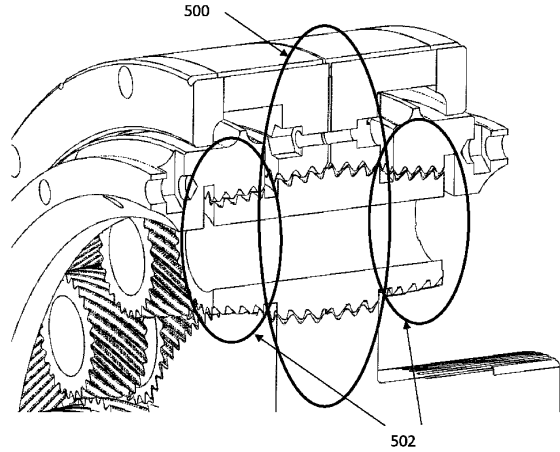


Fig. 80

20

30

40

50

【図 8 1】

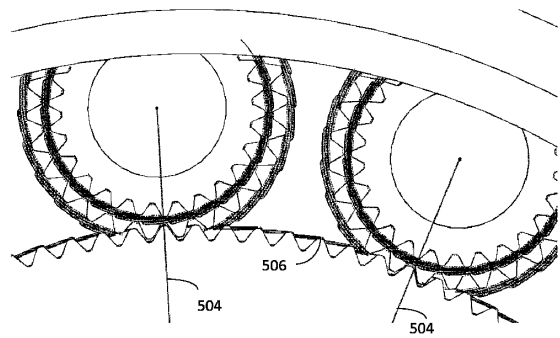


Fig. 81

【図 8 2】

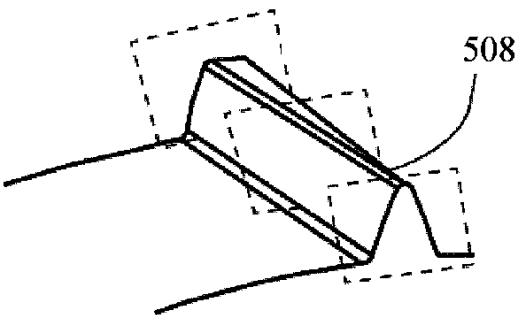


Fig. 82

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/576,067

(32)優先日 平成29年10月23日(2017.10.23)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/590,568

(32)優先日 平成29年11月25日(2017.11.25)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/591,162

(32)優先日 平成29年11月27日(2017.11.27)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/593,860

(32)優先日 平成29年12月1日(2017.12.1)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/622,105

(32)優先日 平成30年1月25日(2018.1.25)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/630,759

(32)優先日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/717,763

(32)優先日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

弁理士 倉澤 伊知郎

(74)代理人 100130937

弁理士 山本 泰史

(74)代理人 100128428

弁理士 田巻 文孝

(72)発明者 クラッセン ジェイムズ ブレント

カナダ ヴィ4エヌ 6ケイ3 ブリティッシュコロンビア サレー 68エイ アベニュー 1950
5 #58

(72)発明者 ボス リチャード

カナダ ヴィ3エス 8エス8 ブリティッシュコロンビア サレー 64エイ アベニュー 18518

審査官 鷺巣 直哉

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0354668 (US, A1)

米国特許出願公開第2013/0203553 (US, A1)

韓国公開特許第10-2015-0009320 (KR, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F16H 1/28

H02K 7/116