

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5178542号
(P5178542)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int.Cl.

F 1 6 H 1/32 (2006.01)

F 1

F 1 6 H 1/32

B

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2009-4452 (P2009-4452)
(22) 出願日 平成21年1月13日(2009.1.13)
(65) 公開番号 特開2010-164068 (P2010-164068A)
(43) 公開日 平成22年7月29日(2010.7.29)
審査請求日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(73) 特許権者 390040051
株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
東京都品川区南大井6丁目25番3号
(74) 代理人 100090170
弁理士 横沢 志郎
(72) 発明者 張 新月
長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
穂高工場内
(72) 発明者 山岸 俊実
長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
穂高工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波動歯車装置の波動発生器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円環状の剛性内歯歯車(2)の内側に配置された可撓性外歯歯車(3)を非円形に撓めて剛性内歯歯車(2)に部分的に噛み合わせ、これら両歯車(2,3)の噛み合い位置を円周方向に移動させ、両歯車(2,3)の間に両歯車(2,3)の歯数差に起因する相対回転を発生させる波動歯車装置(1)の波動発生器(4)であって、

剛性プラグ(5)と、

この剛性プラグ(5)の非円形外周面(5a)によって非円形に撓められている円環状の可撓性ベアリング(6)とを有し、

この可撓性ベアリング(6)は、半径方向に撓み可能な円環状の可撓性外輪(12)および可撓性内輪(11)を備えた深みぞ玉軸受であり、

この可撓性ベアリング(6)のボール径Daは、各型番の現行品寸法に対して5~15%大きい寸法に設定され、

可撓性内輪(11)の軌道面半径roとボール径Daの比ro/Da、および、可撓性外輪(12)の軌道面半径riとボール径Daの比ri/Daは共に、各型番の現行品における各比に対して、0.8~2%小さくなるように、これら内外輪の軌道面半径ro、riの寸法が設定されていることを特徴とする波動歯車装置(1)の波動発生器(4)。

【請求項 2】

ボール径Daは、各型番の現行品寸法に対して11%大きい寸法に設定されており、

比ro/Daおよびri/Daは、それぞれ、各型番の現行品における各比に対して、

10

20

1. 2%小さくなるように、内外輪の軌道面半径 r_o 、 r_i の寸法が設定されていることを特徴とする請求項1に記載の波動歯車装置(1)の波動発生器(4)。

【請求項3】

剛性プラグ(5)は楕円形外周面(5a)を備えており、

可撓性ベアリング(6)および可撓性外歯車(3)は楕円形に撓められることを特徴とする請求項1または2に記載の波動歯車装置(1)の波動発生器(4)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は波動歯車装置の波動発生器に関し、更に詳しくは、波動歯車装置の長寿命化を達成するために不可欠な波動発生器の可撓性ベアリングの長寿命化を実現するための技術に関する。

10

【背景技術】

【0002】

波動歯車装置は、剛性内歯車と、この内側に配置された可撓性外歯車と、この可撓性外歯車を楕円状に撓めて剛性内歯車に部分的に噛み合わせる波動発生器とを備えている。波動発生器をモータなどによって回転すると、両歯車の噛み合い位置が周方向に移動し、両歯車の歯数差に応じて減速された相対回転が両歯車の間に発生する。一方の歯車を回転しないように固定しておくことにより、他方の歯車から減速回転を出力して負荷側に伝達することができる。

20

【0003】

波動発生器は、モータ回転軸などに取り付けられる剛性プラグと、この剛性プラグの楕円形外周面に装着された可撓性ベアリングとを備えている。可撓性ベアリングは、一般のラジアル玉軸受と同一の構造であるが、内外輪が半径方向に撓み可能な可撓性軌道輪となっている。可撓性ベアリングは剛性プラグの楕円形外周面と可撓性外歯車の内周面の間に装着され、可撓性ベアリングによって、剛性プラグと可撓性外歯車は相対回転可能な状態に保持されている。

【0004】

波動歯車装置は、その可撓性外歯車の形状に応じて、フラット型、カップ型およびシルクハット型と呼ばれる三種類の形式に分類することができる。特許文献1、2および3

30

には、各形式の波動歯車装置が開示されている。

【特許文献1】特開平05-172195号公報

【特許文献2】特開平08-166052号公報

【特許文献3】実開平02-91238号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

波動歯車装置は、部品点数が少なく、回転伝達精度が高く、高減速比であるので、ロボットアームなどの駆動機構に組み込まれて使用される。近年においては、ロボットの高性能化、高速化に対する要求がますます強まっており、これに伴って、波動歯車装置の高性能化、特に長寿命化に対する要求が強まっている。波動歯車装置の高寿命化を達成するためには、可撓性外歯車を撓めながら回転運動を行う波動発生器の可撓性ベアリングの長寿命化が不可欠である。

40

【0006】

しかしながら、今まで、内外輪が半径方向に撓みながら回転する可撓性ベアリングについては、その長寿命化に対する考察がなされていない。すなわち、波動歯車装置が実用化されて数十年経過するが、可撓性ベアリングの各部の寸法はその間変更されることなくそのまま使用されているに過ぎない。

【0007】

本発明の課題は、波動歯車装置における半径方向に撓められながら回転する可撓性ベア

50

リングを改良して、その長寿命化を達成することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決するために、本発明は、円環状の剛性内歯歯車の内側に配置された可撓性外歯歯車を非円形に撓めて前記剛性内歯歯車に部分的に噛み合わせ、これら両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させ、両歯車の間に両歯車の歯数差に起因する相対回転を発生させる波動歯車装置の波動発生器において、

剛性プラグと、

この剛性プラグの非円形外周面によって非円形に撓められている円環状の可撓性ベアリングとを有し、

前記可撓性ベアリングは、半径方向に撓み可能な円環状の可撓性外輪および可撓性内輪を備えた深みぞ玉軸受であり、

当該可撓性ベアリングのボール径 D_a は、各型番の現行品寸法に対して 5 ~ 15 % 大きい寸法に設定され、

内輪の軌道面半径 r_o とボール径 D_a の比 r_o / D_a 、および、外輪の軌道面半径 r_i とボール径 D_a の比 r_i / D_a は、共に、各型番の現行品における各比に対して、0.8 ~ 2 % 小さくなるように、内外輪の軌道面半径 r_o 、 r_i の寸法が設定されていることを特徴としている。

【0009】

ここで、ボール径 D_a は、各型番の現行品寸法に対して 11 % 大きい寸法に設定されており、

比 r_o / D_a および r_i / D_a は、それぞれ、各型番の現行品における各比に対して、1.2 % 小さくなるように、内外輪の軌道面半径 r_o 、 r_i の寸法が設定されていることが望ましい。

【0010】

また、一般的には、前記剛性プラグは楕円形外周面を備えており、前記可撓性ベアリングおよび前記外歯歯車は楕円形に撓められる。

【発明の効果】

【0011】

本発明者等は、現行の波動歯車装置について、各型番および各形式のものについて、その波動発生器の可撓性ベアリングのボール径およびコンフォミティ (r_o / D_a 、 r_i / D_a) を変えて定格寿命の変化を調べた。この結果、ボール径を各型番の現行品寸法に対して 5 ~ 15 % 大きくすると共に、コンフォミティを 0.8 % ~ 2 % 小さくなるように内外輪の軌道面半径 r_o 、 r_i の寸法を設定することにより、定格寿命を約 5 倍以上にできることが確認された。

【0012】

特に、ボール径を各型番の現行品寸法に対して約 11 % 大きくすると共に、コンフォミティを約 1.2 % 小さくなるように 軌道面半径を設定すると、定格寿命を少なくとも 6 倍以上にできることが確認された。

【0013】

したがって、本発明によれば、波動発生器の可撓性ベアリングの長寿命化を達成できるので、従来に比べて波動歯車装置の大幅な長寿命化を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した波動歯車装置における波動発生器の長寿命可撓性ベアリングについて説明する。

【0015】

図 1 は本発明を適用可能な波動歯車装置の一例を示す説明図である。この図に示す波動歯車装置 1 はカップ型のものであり、剛性内歯歯車 2 と、この内側に配置されたカップ形状の可撓性外歯歯車 3 と、この可撓性外歯歯車 3 を楕円状に撓めて剛性内歯歯車 2 に部分

10

20

30

40

50

的に噛み合わせる波動発生器 4 とを備えている。両歯車 2、3 の歯数差は $2n$ 枚 (n は正の整数) であり、一般的には 2 枚とされており、剛性内歯歯車 2 の方が歯数が多い。

【0016】

波動発生器 4 を不図示のモータなどによって高速回転すると、両歯車 2、3 の噛み合い位置が周方向に移動し、両歯車 2、3 の歯数差に応じて減速された相対回転が両歯車 2、3 の間に発生する。一方の歯車を回転しないように固定しておくことにより、他方の歯車から減速回転を出力して負荷側に伝達することができる。

【0017】

波動発生器 4 は、剛性プラグ 5 と、この剛性プラグ 5 の楕円形外周面 5a に装着された可撓性ベアリング 6 とを備えている。剛性プラグ 5 はハブ 7 に一体回転するように取り付けられており、ハブ 7 がモータ回転軸などに連結固定される。可撓性ベアリング 6 は、一般の深みぞ玉軸受と同一の構造であるが、内輪 11 および外輪 12 が半径方向に撓み可能な可撓性軌道輪となっており、これらの間に形成されている軌道に沿ってボール 13 が転動可能である。この可撓性ベアリング 6 は剛性プラグ 5 の楕円形外周面 5a と可撓性外歯歯車 3 の外歯形成部分の内周面 3a との間に装着される。可撓性ベアリング 6 によって、剛性プラグ 5 と可撓性外歯歯車 3 は相対回転可能な状態に保持されている。

【0018】

図 2 は可撓性ベアリング 6 の部分断面図である。この図に示すように、可撓性ベアリング 6 の基本構造は一般の深みぞ玉軸受と同一であるが、ボール径とコンフォミティ (内外輪の軌道面半径とボール径との比) が現行品寸法とは相違している。

【0019】

図 2 に示すように、ボール径を D_a 、内輪 11 の軌道面 11a の軌道面半径を r_o 、外輪 12 の軌道面 12a の軌道面半径を r_i とすると、可撓性ベアリング 6 に組み込まれているボール 13 のボール径 D_a は、各型番の現行品のボール径に対して 11% 大きい寸法に設定してある。また、内輪 11 の側のコンフォミティ (内輪軌道面半径 r_o とボール径 D_a の比 r_o/D_a)、および、外輪 12 の側のコンフォミティ (外輪軌道面半径 r_i とボール径 D_a の比 r_i/D_a) を、共に、各型番の現行品における各比に対して、1.2% 小さくなるように、内外輪 11、12 の軌道面半径 r_o 、 r_i の寸法を設定してある。

【0020】

ここで、現行品の各型番におけるボール径は次の通りであり、コンフォミティの最小値は 51%、最大値 53%、平均値は 52% である。

型番	ボール径 (mm)
8	2.000
11	2.381
14	3.175
17	4.000
20	4.763
25	5.556
32	7.144
40	9.525
45	11.000
50	11.906
58	13.494
65	14.288
80	19.050
90	21.431
100	23.813

【0021】

図 3 は、本発明者等が行った可撓性ベアリングの疲労寿命試験結果の一例を示すグラフである。疲労寿命試験は、現行品、比較例 1、比較例 2、および本発明品について同一条件

10

20

30

40

50

件で運転したときの破損時間を測定したものである。現行品の可撓性ベアリングのボール径、コンフォミティに対して、比較例 1 ではコンフォミティのみを 1 . 2 % 小さくなるように内外の軌道面半径を設定し、比較例 2 では現行品に対してボール径のみを 1 1 % 大きくし、本発明品ではコンフォミティを 1 . 2 % 小さくすると共にボール径を 1 1 % 大きくしてある。その他の条件は同一であり、使用材質も同一である。

【 0 0 2 2 】

このグラフにおいて、横線 A は現行品の平均寿命であり、横線 B は比較例 1 の平均寿命であり、横線 C は比較例 2 の平均寿命であり、横線 D は本発明品の平均寿命である。比較例 1、2 では平均寿命がそれぞれ 3 . 5 倍、2 . 5 倍に増加しているが、本発明品では平均寿命が 6 . 8 倍に増加している。したがって、本発明によれば、可撓性ベアリング 6 の寿命を大幅に長くすることが可能であることが分かる。

10

【 0 0 2 3 】

図 4 は、上記の 4 種類の可撓性ベアリングについての疲労寿命試験結果を、縦軸を破損率 (%)、横軸を寿命 (時間) とした座標軸を用いて表したグラフである。直線 a ~ d は、それぞれ、現行品、比較例 1、比較例 2 および本発明品について求めた運転時間に対する破損率を示す近似直線である。本発明品は、現行品、比較例 1、比較例 2 に対して、定格寿命 L_{10} が大幅に改善されることが分かる。また、比較例 1、2 に比べて、運転時間に対する破損率の増加率も少ない。

【 0 0 2 4 】

本発明者等の実験によれば、ボール径を 5 ~ 1 5 % 大きくし、コンフォミティを 0 . 8 2 % 小さくすることにより、可撓性ベアリングの寿命を現行品に対して 5 倍以上の長寿命にできることが確認された。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】本発明を適用可能なカップ型の波動歯車装置の説明図である。

【図 2】図 1 の波動歯車装置の可撓性ベアリングの部分断面図である。

【図 3】本発明による可撓性ベアリングの耐久試験結果を示すグラフである。

【図 4】本発明による可撓性ベアリングの耐久試験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

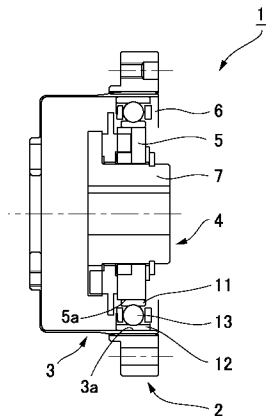
【 0 0 2 6 】

30

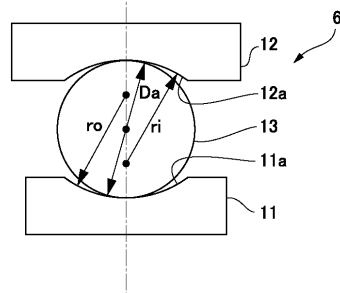
- 1 波動歯車装置
- 2 剛性内歯歯車
- 3 可撓性外歯歯車
- 4 波動発生器
- 5 剛性プラグ
- 5 a 楕円形外周面
- 6 可撓性ベアリング
- 7 ハブ
- 1 1 内輪
- 1 1 a 軌道面
- 1 2 外輪
- 1 2 a 軌道面
- 1 3 ボール
- D a ボール径
- r o 内輪の軌道面半径
- r i 外輪の軌道面半径

40

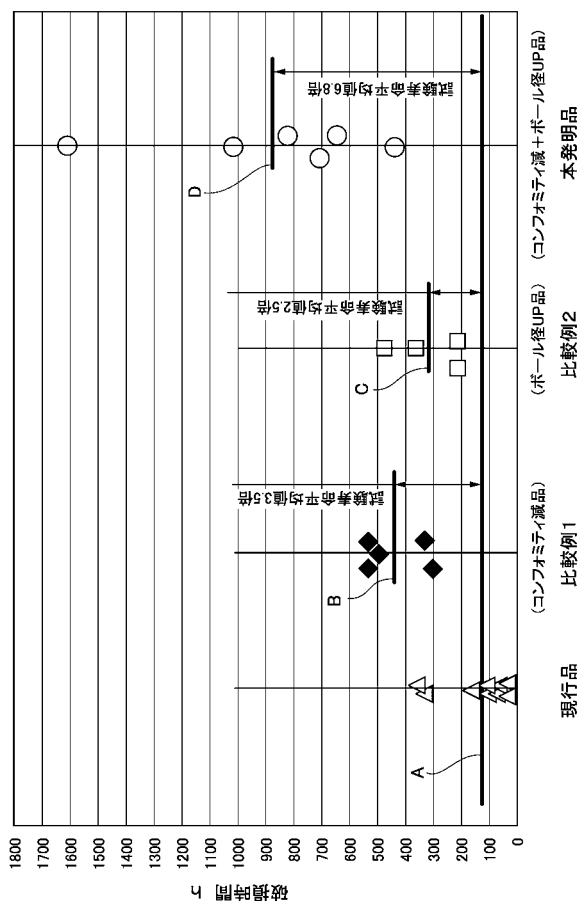
【図 1】



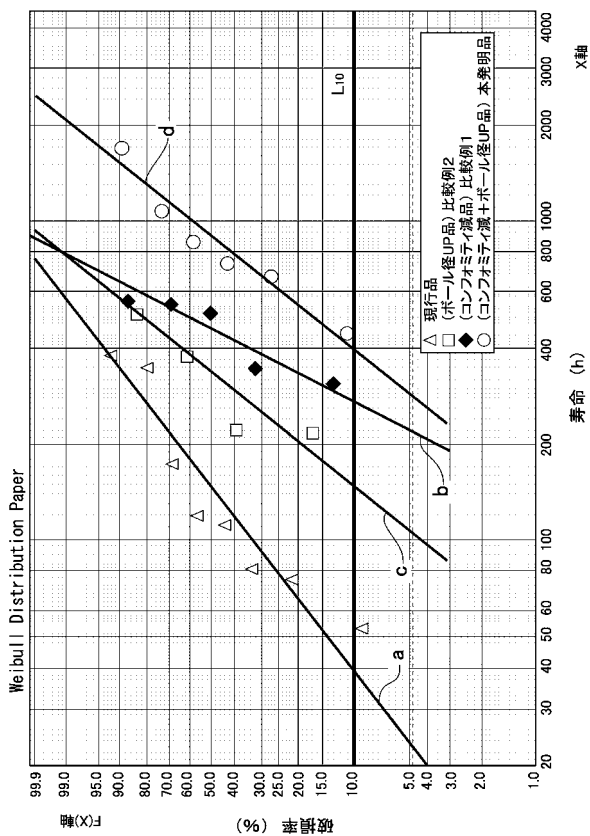
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 上浦 啓次

長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ 穂高工場内

審査官 高吉 統久

(56)参考文献 特開2005-016608(JP,A)

特開2004-232683(JP,A)

特開2002-349645(JP,A)

特開2005-100818(JP,A)

特開平10-271745(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 33/58

F16H 1/32