

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6790648号
(P6790648)

(45) 発行日 令和2年11月25日 (2020. 11. 25)

(24) 登録日 令和2年11月9日 (2020. 11. 9)

(51) Int. Cl.	F 1
F 1 6 H 1/32 (2006. 01)	F 1 6 H 1/32 B
B 2 5 J 17/00 (2006. 01)	B 2 5 J 17/00 E

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-184663 (P2016-184663)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成28年9月21日 (2016. 9. 21)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-48699 (P2018-48699A)		東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
(43) 公開日	平成30年3月29日 (2018. 3. 29)	(74) 代理人	100091292
審査請求日	令和1年7月25日 (2019. 7. 25)		弁理士 増田 達哉
		(74) 代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72) 発明者	楠本 浩之
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	長清 吉範

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット、歯車装置および歯車装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 部材と、

前記第 1 部材に対して回転する第 2 部材と、

前記第 1 部材および前記第 2 部材の一方側から他方側へ駆動力を伝達する歯車装置と、
を備え、

前記歯車装置は、

軸線まわりの筒状をなし、互いに内外に配置され、前記歯車装置の作動に伴って互いに
接触と離間を繰り返す第 1 面および第 2 面を有し、前記第 1 面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸
線に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部および第 1
凸部を有し、前記第 2 面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸
線に沿った方向に交互に並ぶことで前記第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを
構成している第 2 凹部および第 2 凸部を有し、

前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が第 1 ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有し

、
前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの螺旋状に沿
って延びている部分を有することを特徴とするロボット。

【請求項 2】

10

20

前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が延びている方向、および、前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が延びている方向のうちの少なくとも一方が前記軸線に沿った方向成分を含んでいる請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 3】

前記歯車装置は、
内歯車と、
前記内歯車に部分的に噛み合う可撓性の外歯車と、
前記外歯車を撓めて前記内歯車と前記外歯車との噛み合い位置を周方向に移動させる波動発生器と、を有し、
前記外歯車の内周面が前記第 1 面であり、
前記波動発生器の外周面が前記第 2 面である請求項 1 または 2 に記載のロボット。

10

【請求項 4】

軸線まわりの筒状をなし、互いに内外に配置され、作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す第 1 面および第 2 面を有し、
前記第 1 面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸線に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部および第 1 凸部を有し、
前記第 2 面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸線に沿った方向に交互に並ぶことで前記第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを構成している第 2 凹部および第 2 凸部を有し、
前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が第 1 ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有し

20

、
前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有することを特徴とする歯車装置。

【請求項 5】

前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が螺旋状に沿って延びている部分を有し、
前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が前記第 1 凹部または前記第 1 凸部とは逆向きの螺旋状に沿って延びている部分を有する請求項 4 に記載の歯車装置。

【請求項 6】

互いに内外に配置され、作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す筒状の第 1 面および第 2 面を有する歯車装置の製造方法であって、
第 1 軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記第 1 軸線に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部および第 1 凸部を有する前記第 1 面、および、第 2 軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記第 2 軸線に沿った方向に交互に並ぶことで前記第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを構成している第 2 凹部および第 2 凸部を有する前記第 2 面を形成する加工工程と、
前記第 1 面および前記第 2 面を互いに内外に配置する組立工程と、を含み、
前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が第 1 ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有し

30

、
前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有することを特徴とする歯車装置の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット、歯車装置および歯車装置の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

少なくとも 1 つのアームを含んで構成されたロボットアームを備えるロボットでは、例えば、ロボットアームの関節部をモーターにより駆動するが、一般に、そのモーターから

50

の駆動力を減速機により減速することが行われている。このような減速機として、例えば、特許文献 1 に記載されている波動歯車装置のような歯車装置が知られている。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 に記載の波動歯車装置は、環形状をした剛性の内歯歯車と、環形状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向にて内歯歯車に部分的に噛み合わせるとともに当該噛み合わせ位置を円周方向に移動させる波動発生器と、を備える。また、外歯歯車と波動発生器との摩擦接触部分を潤滑するために、当該接触部分に隣接した外歯歯車内周面の部分に、固形潤滑剤が固定されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 3 4 9 6 8 1 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

従来、特許文献 1 に記載の波動歯車装置のような歯車装置をロボットに用いた場合、外歯歯車と波動発生器との摩擦接触部分の潤滑が不足し、焼き付きや摩耗等が比較的早期に生じやすいという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、歯車装置の寿命を長くすることができるロボット、歯車装置および歯車装置の製造方法を提供することにある。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

上記目的は、下記の本発明により達成される。

本発明のロボットは、第 1 部材と、

前記第 1 部材に対して回転可能に設けられた第 2 部材と、

前記第 1 部材および前記第 2 部材の一方側から他方側へ駆動力を伝達する歯車装置と、を備え、

前記歯車装置は、

軸線まわりの筒状をなし、互いに内外に配置され、前記歯車装置の作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す第 1 面および第 2 面を有し、

30

前記第 1 面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸線に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部および第 1 凸部を有し、

前記第 2 面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸線に沿った方向に交互に並ぶことで前記第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを構成している第 2 凹部および第 2 凸部を有することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

このようなロボットによれば、第 1 凹凸パターンおよび第 2 凹凸パターンが互いに異なるため、第 1 面および第 2 面が互いに接触と離間を繰り返したときに、第 1 凸部が第 2 凹部内に入り込んだり、第 2 凸部が第 1 凹部内に入り込んだりするのを低減することができる。そのため、第 1 凹部内および第 2 凹部内から潤滑剤が流出するのを低減し、第 1 面と第 2 面との間の潤滑剤による潤滑性を長期にわたり良好に維持することができる。その結果、歯車装置の寿命を長くすることができる。

40

【 0 0 0 9 】

本発明のロボットでは、前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が延びている方向、および、前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が延びている方向のうちの少なくとも一方が前記軸線に沿った方向成分を含んでいることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

このような場合、第 1 凸部が第 2 凹部内に入り込んだり、第 2 凸部が第 1 凹部内に入り

50

込んだりすると、第1凹部内または第2凹部内の潤滑剤が第1面または第2面の軸線方向に流出しやすく、第1面と第2面との間の潤滑剤による潤滑性が早期に損なわれてしまう。したがって、このような場合において、本発明を適用すると、その効果が顕著となる。

【0011】

本発明のロボットでは、前記第1凹部および前記第2凹部のうちの少なくとも一方が螺旋状に沿って延びていることが好ましい。

【0012】

このような場合、本発明を適用すると、第1凸部が第2凹部内に入り込んだり、第2凸部が第1凹部内に入り込んだりするのを低減することで、第1凹部内および第2凹部内から潤滑剤が流出するのを低減するだけでなく、第1凹部や第2凹部を通じて第1面と第2面との間に潤滑剤が導入されやすくなるという利点がある。

10

【0013】

本発明のロボットでは、前記歯車装置は、
内歯車と、
前記内歯車に部分的に噛み合う可撓性の外歯車と、
前記外歯車を撓めて前記内歯車と前記外歯車との噛み合い位置を周方向に移動させる波動発生器と、を有し、
前記外歯車の内周面が前記第1面であり、
前記波動発生器の外周面が前記第2面であることが好ましい。

【0014】

20

このような歯車装置（波動歯車装置）では、外歯車の内周面（第1面）は、波動発生器の回転に伴って変形しながら、波動発生器の外周面（第2面）に対して接触と離間とを繰り返す。このような外歯車は、薄くしなければならないため、潤滑剤による潤滑性が低下すると、損傷しやすい。したがって、このような歯車装置に本発明を適用すると、本発明の効果が顕著となる。

【0015】

本発明の歯車装置は、軸線まわりの筒状をなし、互いに内外に配置され、作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す第1面および第2面を有し、

前記第1面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸線に沿った方向に交互に並ぶことで第1凹凸パターンを構成している第1凹部および第1凸部を有し、

30

前記第2面は、前記軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記軸線に沿った方向に交互に並ぶことで前記第1凹凸パターンとは異なる第2凹凸パターンを構成している第2凹部および第2凸部を有することを特徴とする。

【0016】

このような歯車装置によれば、第1凹凸パターンおよび第2凹凸パターンが互いに異なるため、第1面および第2面が互いに接触と離間を繰り返したときに、第1凸部が第2凹部内に入り込んだり、第2凸部が第1凹部内に入り込んだりするのを低減することができる。そのため、第1凹部内および第2凹部内から潤滑剤が流出するのを低減し、第1面と第2面との間の潤滑剤による潤滑性を長期にわたり良好に維持することができる。その結果、歯車装置の寿命を長くすることができる。

40

【0017】

本発明の歯車装置では、前記第1凹部または前記第1凸部が第1ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有し、

前記第2凹部または前記第2凸部が前記第1ピッチとは異なる第2ピッチの螺旋状に沿って延びている部分を有することが好ましい。

【0018】

これにより、互いに異なる第1凹凸パターンおよび第2凹凸パターンを容易に実現することができる。

【0019】

50

本発明の歯車装置では、前記第 1 凹部または前記第 1 凸部が螺旋状に沿って延びている部分を有し、

前記第 2 凹部または前記第 2 凸部が前記第 1 凹部または前記第 1 凸部とは逆向きの螺旋状に沿って延びている部分を有することが好ましい。

【 0 0 2 0 】

これにより、互いに異なる第 1 凹凸パターンおよび第 2 凹凸パターンを容易に実現することができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の歯車装置の製造方法は、互いに内外に配置され、作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す筒状の第 1 面および第 2 面を有する歯車装置の製造方法であって、

第 1 軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記第 1 軸線に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部および第 1 凸部を有する前記第 1 面、および、第 2 軸線まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに前記第 2 軸線に沿った方向に交互に並ぶことで前記第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを構成している第 2 凹部および第 2 凸部を有する前記第 2 面を形成する加工工程と、

前記第 1 面および前記第 2 面を互いに内外に配置する組立工程と、を含むことを特徴とする。

このような歯車装置の製造方法によれば、長寿命な歯車装置を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 2 】

【図 1】本発明のロボットの実施形態の概略構成を示す図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態に係る歯車装置を示す分解斜視図である。

【図 3】図 2 に示す歯車装置の縦断面図である。

【図 4】図 2 に示す歯車装置の正面図である。

【図 5】図 2 に示す歯車装置が備える外歯車（可撓性歯車）の内周面に形成された第 1 凹部を模式的に示す図である。

【図 6】図 2 に示す歯車装置が備える波動発生器の外周面に形成された第 2 凹部を模式的に示す図である。

【図 7】図 5 に示す第 1 凹部による第 1 凹凸パターンと図 6 に示す第 2 凹部による第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【図 8】図 7 中の A - A 線断面図である。

【図 9】第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとが同一パターンである場合のこれらのパターンの重なった状態を説明するための模式図である。

【図 10】図 9 中の A - A 線断面図である。

【図 11】図 2 に示す歯車装置の製造方法を説明するフローチャートである。

【図 12】本発明の第 2 実施形態に係る歯車装置における第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【図 13】本発明の第 3 実施形態に係る歯車装置における第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【図 14】本発明の第 4 実施形態に係る歯車装置における第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明のロボット、歯車装置および歯車装置の製造方法を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 2 4 】

1. ロボット

まず、本発明のロボットの実施形態について説明する。

【 0 0 2 5 】

図１は、本発明のロボットの実施形態の概略構成を示す図である。

図１に示すロボット１００は、精密機器やこれを構成する部品（対象物）の給材、除材、搬送および組立等の作業を行うことができる。

【００２６】

ロボット１００は、６軸の垂直多関節ロボットであり、基台１１１と、基台１１１に接続されたロボットアーム１２０と、ロボットアーム１２０の先端部に設けられた力検出器１４０およびハンド１３０と、を有する。また、ロボット１００は、ロボットアーム１２０を駆動させる動力を発生させる複数の駆動源（モーター１５０および歯車装置１を含む）を制御する制御装置１１０と、を有している。

【００２７】

基台１１１は、ロボット１００を任意の設置箇所に取り付け部分である。なお、基台１１１の設置箇所は、特に限定されず、例えば、床、壁、天井、移動可能な台車上などが挙げられる。

【００２８】

ロボットアーム１２０は、第１アーム１２１（アーム）と、第２アーム１２２（アーム）と、第３アーム１２３（アーム）と、第４アーム１２４（アーム）と、第５アーム１２５（アーム）と、第６アーム１２６（アーム）とを有し、これらが基端側から先端側に向けてこの順に連結されている。第１アーム１２１は、基台１１１に接続されている。第６アーム１２６の先端には、例えば、各種部品等を把持するハンド１３０（エンドエフェクター）が着脱可能に取り付けられている。このハンド１３０は、２本の指１３１、１３２を有しており、指１３１、１３２で例えば各種部品等を把持することができる。

【００２９】

基台１１１には、第１アーム１２１を駆動するサーボモーター等のモーター１５０および歯車装置１（減速機）を有する駆動源が設けられている。また、図示しないが、各アーム１２１～１２６にも、それぞれ、モーターおよび減速機を有する複数の駆動源が設けられている。そして、各駆動源は、制御装置１１０により制御される。

【００３０】

このようなロボット１００では、歯車装置１が、基台１１１（第１部材）および第１アーム１２１（第２部材）の一方側から他方側へ駆動力を伝達する。より具体的には、歯車装置１が、第１アーム１２１を基台１１１に対して回動させる駆動力を基台１１１側から第１アーム１２１側へ伝達する。ここで、歯車装置１が減速機として機能することにより、駆動力を減速して第１アーム１２１を基台１１１に対して回動させることができる。なお、「回動」とはある中心点に対して一方向またはその反対方向を含めた双方向に動くこと、および、ある中心点に対して回転することを含むものである。

【００３１】

このように、ロボット１００は、「第１部材」である基台１１１と、基台１１１に対して回動可能に設けられた「第２部材」である第１アーム１２１と、基台１１１（第１部材）および第１アーム１２１（第２部材）の一方側から他方側へ駆動力を伝達する歯車装置１と、を備えている。なお、第２～第６アーム１２２～１２６のうち第１アーム１２１側から順次任意の数選択したアームを「第２部材」と捉えてもよい。すなわち、第１アーム１２１、および、第２～第６アーム１２２～１２６のうち第１アーム１２１側から順次任意の数選択したアームからなる構造体が「第２部材」であるとも言える。例えば、第１、第２アーム１２１、１２２からなる構造体が「第２部材」であるとも言えるし、ロボットアーム１２０全体が「第２部材」であるとも言える。また、「第２部材」がハンド１３０を含んでいてもよい。すなわち、ロボットアーム１２０およびハンド１３０からなる構造体が「第２部材」であるとも言える。

【００３２】

以上説明したようなロボット１００は、以下に説明するような歯車装置１を備えることにより、歯車装置１に用いる潤滑剤の潤滑寿命を効果的に向上させることができる。

【００３３】

２．歯車装置

以下、本発明の歯車装置の実施形態について説明する。

【００３４】

< 第１実施形態 >

図２は、本発明の第１実施形態に係る歯車装置を示す分解斜視図である。図３は、図２に示す歯車装置の縦断面図である。図４は、図２に示す歯車装置の正面図である。なお、各図では、説明の便宜上、必要に応じて各部の寸法を適宜誇張して図示しており、各部間の寸法比は実際の寸法比とは必ずしも一致しない。

【００３５】

図２ないし図４に示す歯車装置１は、波動歯車装置であり、例えば減速機として用いられる。この歯車装置１は、内歯車である剛性歯車２と、剛性歯車２の内側に配置されているカップ型の外歯車である可撓性歯車３と、可撓性歯車３の内側に配置されている波動発生器４と、を有している。

10

【００３６】

この歯車装置１では、可撓性歯車３の横断面が波動発生器４により楕円形または長円形に変形した部分を有し、当該部分の長軸側の両端部において可撓性歯車３が剛性歯車２と噛み合っている。そして、剛性歯車２および可撓性歯車３の歯数が互いに異なっている。

【００３７】

このような歯車装置１において、例えば、波動発生器４に駆動力（例えば、前述したモーター１５０からの駆動力）が入力されると、剛性歯車２および可撓性歯車３は、互いの噛み合い位置が周方向に移動しながら、歯数差に起因して軸線aまわりに相対的に回転する。これにより、駆動源から波動発生器４に入力された駆動力を減速して可撓性歯車３から出力することができる。すなわち、波動発生器４を入力軸側、可撓性歯車３を出力軸側とする減速機を実現することができる。

20

【００３８】

以下、歯車装置１の構成を簡単に説明する。

図２ないし図４に示すように、剛性歯車２は、径方向に実質的に撓まない剛体で構成された歯車であって、内歯２３を有するリング状の内歯車である。本実施形態では、剛性歯車２が、平歯車である。すなわち、内歯２３は、軸線aに対して平行な歯スジを有する。なお、内歯２３の歯スジは、軸線aに対して傾斜していてもよい。すなわち、剛性歯車２は、ハスバ歯車またはヤマバ歯車であってもよい。

30

【００３９】

可撓性歯車３は、剛性歯車２の内側に挿通されている。この可撓性歯車３は、径方向に撓み変形可能な可撓性を有する歯車であって、剛性歯車２の内歯２３に噛み合う外歯３３（歯）を有する外歯車である。また、可撓性歯車３の歯数は、剛性歯車２の歯数よりも少ない。このように可撓性歯車３および剛性歯車２の歯数が互いに異なることにより、減速機を実現することができる。

【００４０】

本実施形態では、可撓性歯車３は、一端が開口したカップ状をなし、その開口側の端部に外歯３３が形成されている。ここで、可撓性歯車３は、軸線aまわりの筒状（より具体的には円筒状）の胴部３１（筒部）と、胴部３１の軸線a方向での一端部側に接続されている底部３２と、を有する。これにより、胴部３１の底部３２とは反対側の端部を径方向に撓み易くすることができる。そのため、剛性歯車２に対する可撓性歯車３の良好な噛み噛み合いを実現することができる。また、胴部３１の底部３２側の端部の剛性を高めることができる。そのため、底部３２に入力軸または出力軸を安定的に接続することができる。

40

【００４１】

また、図３に示すように、底部３２には、軸線aに沿って貫通した孔３２１と、孔３２１の周囲において貫通した複数の孔３２２と、が形成されている。孔３２１には、出力側の軸体を挿通することができる。また、孔３２２には、出力側の軸体を底部３２に固定す

50

るためのネジを挿通するネジ孔として用いることができる。なお、これらの孔は、適宜設ければよく、省略することもできる。

【 0 0 4 2 】

図 4 に示すように、波動発生器 4 は、可撓性歯車 3 の内側に配置され、軸線 a まわりに回転可能である。そして、波動発生器 4 は、可撓性歯車 3 の底部 3 2 とは反対側の部分の横断面を長軸 L a および短軸 L b とする楕円形または長円形に変形させて外歯 3 3 を剛性歯車 2 の内歯 2 3 に噛み合わせる。ここで、可撓性歯車 3 および剛性歯車 2 は、同一の軸線 a まわりに回転可能に互いに内外で噛み合わされることとなる。

【 0 0 4 3 】

本実施形態では、波動発生器 4 は、本体部 4 1 と、本体部 4 1 の外周に装着されているベアリング 4 2 と、を有している。本体部 4 1 は、軸線 a まわりに回転する軸部 4 1 1 と、軸部 4 1 1 の一端部から外側に突出しているカム部 4 1 2 と、を有している。ここで、カム部 4 1 2 の外周面は、軸線 a に沿った方向から見たときに、楕円形または長円形をなしている。ベアリング 4 2 は、可撓性の内輪 4 2 1 および外輪 4 2 3 と、これらの間に配置されている複数のボール 4 2 2 と、を有している。ここで、内輪 4 2 1 は、本体部 4 1 のカム部 4 1 2 の外周面に嵌め込まれ、カム部 4 1 2 の外周面に沿って楕円形または長円形に弾性変形している。それに伴って、外輪 4 2 3 も楕円形または長円形に弾性変形している。また、内輪 4 2 1 の外周面および外輪 4 2 3 の内周面は、それぞれ、複数のボール 4 2 2 を周方向に沿って案内させつつ転動させる軌道面となっている。また、図示しないが、複数のボール 4 2 2 は、互いの周方向での間隔を一定に保つように保持器により保持されている。

【 0 0 4 4 】

このような波動発生器 4 は、本体部 4 1 の軸線 a まわりの回転に伴って、カム部 4 1 2 の向きが変わり、それに伴って、外輪 4 2 3 の外周面も変形し、剛性歯車 2 および可撓性歯車 3 の互いの噛み合い位置を周方向に移動させる。

【 0 0 4 5 】

以上、歯車装置 1 の構成を簡単に説明した。このような歯車装置 1 では、前述したように、例えば、波動発生器 4 に駆動力（例えば、前述したモーター 1 5 0 からの駆動力）が入力されると、剛性歯車 2 および可撓性歯車 3 は、互いの噛み合い位置が周方向に移動しながら、歯数差に起因して軸線 a まわりに相対的に回転する。その際、可撓性歯車 3 は、繰り返し変形するとともに、波動発生器 4 に対して接触と離間とを繰り返す。そのため、可撓性歯車 3 と波動発生器 4 との間には、摩擦を低減するため、潤滑剤が用いられる。歯車装置 1 は、この潤滑剤を良好な状態で長期にわたり保持するために、以下に述べるような構成を有する。

【 0 0 4 6 】

図 5 は、図 2 に示す歯車装置が備える外歯車（可撓性歯車）の内周面に形成された第 1 凹部を模式的に示す図である。図 6 は、図 2 に示す歯車装置が備える波動発生器の外周面に形成された第 2 凹部を模式的に示す図である。図 7 は、図 5 に示す第 1 凹部による第 1 凹凸パターンと図 6 に示す第 2 凹部による第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。図 8 は、図 7 中の A - A 線断面図である。図 9 は、第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとが同一パターンである場合のこれらのパターンの重なった状態を説明するための模式図である。なお、説明の便宜上、図 5 では、第 1 凹部を実線で模式的に示し、同様に、図 6 では、第 2 凹部を実線で模式的に示している。また、図 7 および図 9 では、それぞれ、第 1 凹部を実線で示し、第二凹部を二点鎖線で模式的に示している。ここで、これらの実線または二点鎖線の太さ（幅）が第 1 凹部または第 2 凹部の幅を示しているわけではなく、また、凹部および凸部の実際のピッチは図示とは異なる（図 2 も同様）。

【 0 0 4 7 】

前述したように、歯車装置 1 は、「内歯車」である剛性歯車 2 と、剛性歯車 2 に部分的に噛み合う可撓性の「外歯車」である可撓性歯車 3 と、可撓性歯車 3 を撓めて剛性歯車 2

10

20

30

40

50

と可撓性歯車 3 との噛み合い位置を周方向に移動させる波動発生器 4 と、を有する。ここで、可撓性歯車 3 の内周面 3 1 1 および波動発生器 4 の外周面 4 2 4 は、軸線 a まわりの筒状（円弧状）をなし、互いに内外に配置され、歯車装置 1 の作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す「第 1 面」および「第 2 面」である。

【0048】

そして、図 5 に示すように、可撓性歯車 3 の内周面 3 1 1（第 1 面）は、軸線 a まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに軸線 a に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部 3 1 2 および第 1 凸部 3 1 3 を有する。すなわち、内周面 3 1 1 には、第 1 凹部 3 1 2 および第 1 凸部 3 1 3 が螺旋状に沿ってかつ軸線 a の方向に交互に形成されている。

10

【0049】

また、図 6 に示すように、波動発生器 4 の外周面 4 2 4（第 2 面）は、軸線 a まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに軸線 a に沿った方向に交互に並ぶことで前述した第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを構成している第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 を有する。すなわち、外周面 4 2 4 には、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が螺旋状に沿ってかつ軸線 a の方向に交互に形成されている。

【0050】

このような、第 1 凹部 3 1 2 および第 1 凸部 3 1 3 で構成されている第 1 凹凸パターン、および、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 で構成されている第 2 凹凸パターンは、図 7 に示すように、互いに異なる。これにより、可撓性歯車 3 の内周面 3 1 1（第 1 面）および波動発生器 4 の外周面 4 2 4（第 2 面）が接触するとき、図 8 に示すように、第 1 凸部 3 1 3 および第 2 凸部 4 2 6 が互いに接触することとなり、内周面 3 1 1 と外周面 4 2 4 との間に第 1 凹部 3 1 2 および第 2 凹部 4 2 5 による隙間 G を形成することができる。

20

【0051】

このようにして、可撓性歯車 3 の内周面 3 1 1（第 1 面）および波動発生器 4 の外周面 4 2 4（第 2 面）が歯車装置 1 の作動に伴って互いに接触と離間を繰り返したときに、第 1 凸部 3 1 3 が第 2 凹部 4 2 5 内に入り込んだり、第 2 凸部 4 2 6 が第 1 凹部 3 1 2 内に入り込んだりするのを低減することができる。そのため、第 1 凹部 3 1 2 内および第 2 凹部 4 2 5 内から潤滑剤が流出するのを低減し、可撓性歯車 3 の内周面 3 1 1（第 1 面）と波動発生器 4 の外周面 4 2 4（第 2 面）との間の潤滑剤による潤滑性を長期にわたり良好に維持することができる。その結果、歯車装置 1 の寿命を長くすることができる。

30

【0052】

特に、波動歯車装置である歯車装置 1 では、前述したように、可撓性歯車 3 の内周面（第 1 面）は、波動発生器 4 の回転に伴って変形しながら、波動発生器 4 の外周面（第 2 面）に対して接触と離間とを繰り返す。このような可撓性歯車 3 は、薄くしなければならないため、潤滑剤による潤滑性が低下すると、損傷しやすい。したがって、このような歯車装置 1 に前述した構成を適用すると、前述した効果がより顕著となる。

【0053】

これに対し、図 9 に示すように、第 1 凹部 3 1 2 X および第 1 凸部 3 1 3 X で構成されている第 1 凹凸パターン、および、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 で構成されている第 2 凹凸パターンが互いに同じである場合、図 10 に示すように、第 1 凸部 3 1 3 X が第 2 凹部 4 2 5 内に入り込むとともに、第 2 凸部 4 2 6 が第 1 凹部 3 1 2 X 内に入り込んでしまう。そのため、内周面 3 1 1 と外周面 4 2 4 との間に形成される隙間 G が小さくなり、第 1 凹部 3 1 2 X 内および第 2 凹部 4 2 5 内から潤滑剤が流出することとなる。

40

【0054】

なお、「第 1 凹凸パターン」は、第 1 凹部 3 1 2 および第 1 凸部 3 1 3 で形成される平面的な模様（例えば、凹部または凸部に沿った線分により表される線図）であり、同様に、「第 2 凹凸パターン」は、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 で形成される平面的な模様である。そして、「第 1 凹凸パターンおよび第 2 凹凸パターンが互いに異なる」とは

50

、第1凹凸パターンおよび第2凹凸パターンの平面的な模様が異なる（模様が完全に一致しない）ことを言い、具体的には凹部または凸部の並びのピッチが異なったり並びの方向が異なったりすることを言い、特に、第1凹凸パターンおよび第2凹凸パターンの形状が互いに対向したときに相補的な関係とならないことを言う。

【0055】

ここで、第1凹部312および第1凸部313は、例えば、旋削等の機械加工を用いて可撓性歯車3を製造した際に、その機械加工の加工痕（例えば切削痕）として形成される。同様に、第2凹部425および第2凸部426も、例えば、旋削等の機械加工を用いて波動発生器4を製造した際に、その機械加工の加工痕（例えば切削痕）として形成される。

10

【0056】

したがって、第1凹部312および第1凸部313は、それぞれ、軸線aを中心とする螺旋状（弦巻線状）に沿って延びている。同様に、第2凹部425および第2凸部426も、それぞれ、軸線aを中心とする螺旋状に沿って延びている。本実施形態では、第1凹部312および第1凸部313が沿う螺旋状の向きと、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状の向きとが互いに逆になっている。なお、図示では、第1凹部312および第1凸部313が沿う螺旋状のピッチP1と、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状のピッチP2とは、互いに等しいが、異なってもよい。また、第1凹部312または第1凸部313の周方向に対する傾斜角度と、第2凹部425または第2凸部426に対する傾斜角度とは、互いに等しいが、異なってもよい。また、これらの凹部または凸部は、軸線aまわりの周方向成分を有する方向に延びる複数の凹部または複数の凸部で構成されていてもよい。すなわち、これらの凹部または凸部は、断続的に形成されているものであってもよい。

20

【0057】

このように、第1凹部312または第1凸部313が螺旋状に沿って延びている部分を有し、第2凹部425または第2凸部426が第1凹部312または第1凸部313とは逆向きの螺旋状に沿って延びている部分を有する。これにより、互いに異なる第1凹凸パターンおよび第2凹凸パターンを容易に実現することができる。

【0058】

また、第1凹部312または第1凸部313が延びている方向、および、第2凹部425または第2凸部426が延びている方向のそれぞれが軸線aに沿った方向成分を含んでいる。このような場合、仮に、第1凸部313が第2凹部425内に入り込んだり、第2凸部426が第1凹部312内に入り込んだりすると、第1凹部312内または第2凹部425内の潤滑剤が軸線aに沿った方向に流出しやすく、可撓性歯車3の内周面311と波動発生器4の外周面424との間の潤滑剤による潤滑性が早期に損なわれてしまう。したがって、このような場合において、本発明を適用して、第1凸部313が第2凹部425内に入り込んだり、第2凸部426が第1凹部312内に入り込んだりするのを低減すると、その効果が顕著となる。なお、第1凹部312または第1凸部313が延びている方向、および、第2凹部425または第2凸部426が延びている方向のうち少なくとも一方が軸線aに沿った方向成分を含んでいる場合に、前述したように本発明の効果が顕著となる。

30

40

【0059】

特に、第1凹部312および第2凹部425のそれぞれが螺旋状に沿って延びている。このような場合、第1凸部313が第2凹部425内に入り込んだり、第2凸部426が第1凹部312内に入り込んだりするのを低減することで、第1凹部312内および第2凹部425内から潤滑剤が流出するのを低減するという前述した効果だけでなく、第1凹部312や第2凹部425を通じて可撓性歯車3の内周面311と波動発生器4の外周面424との間に潤滑剤が導入されやすくなるという利点がある。なお、第1凹部312および第2凹部425のうち少なくとも一方が螺旋状に沿って延びていれば、前述した利点が得られる。

50

【0060】

また、第1凹部312および第1凸部313が沿う螺旋状のピッチP1、および、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状のピッチP2は、それぞれ、特に限定されないが、例えば、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。これにより、可撓性歯車3および波動発生器4の寸法精度を優れたものとしつつ、第1凹部312内または第2凹部425内に潤滑剤を好適に保持することができる。なお、ピッチP1、P2は、それぞれ、軸線aに沿った方向における凹凸の平均間隔(Sm)として表すことができる。

【0061】

また、第1凹部312および第2凹部425のそれぞれの幅は、特に限定されないが、例えば、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。これにより、可撓性歯車3および波動発生器4の寸法精度を優れたものとしつつ、第1凹部312内または第2凹部425内に潤滑剤を好適に保持することができる。なお、かかる幅は、それぞれ、軸線aに沿った方向における算術平均粗さ(Ra)として表すことができる。

【0062】

また、剛性歯車2、可撓性歯車3および波動発生器4は、それぞれ、金属材料で構成されていることが好ましく、特に、機械的特性および加工性に優れ、かつ、比較的安価であることから、鉄系材料を用いることが好ましい。かかる鉄系材料としては、特に限定されないが、例えば、鋳鉄、ニッケルクロムモリブデン鋼、クロムモリブデン鋼(SCM)、マルエージング鋼および析出硬化型ステンレス鋼のうちのいずれか1つであることが好ましい。なお、剛性歯車2および波動発生器4は、それぞれ、実質的な剛体であるため、セラミックス材料等で構成することも可能であるが、可撓性歯車3との強度のバランスから、金属材料を用いることが好ましい。これらの部材の強度差が大きすぎると、強度の低い側の部材が極端に摩耗しやすくなり、その結果、歯車装置1の寿命が短くなってしまう。

【0063】

また、可撓性歯車3と波動発生器4との間に配置される潤滑剤は、潤滑油、グリース、固体潤滑剤のいずれであってもよい。グリースは、基油および増ちょう剤を含んで構成される。増ちょう剤としては、例えば、カルシウム石けん、カルシウム複合石けん、ナトリウム石けん、アルミニウム石けん、リチウム石けん、リチウム複合石けん等の石けん系、また、ポリウレア、ナトリウムテレフタレート、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、有機ベントナイト、シリカゲル等の非石けん系等が挙げられ、これらのうちの1種を単独でまたは2種以上を組み合わせる用いることができるが、リチウム石けんを用いることが好ましい。増ちょう剤としてリチウム石けんを用いることにより、グリースのせん断安定性を優れたものとすることができる。また、グリースの潤滑剤としての特性のバランスを優れたものとすることができる。また、基油としては、例えば、パラフィン系、ナフテン系等の鉱油(精製鉱物油)、ポリオレフィン、エステル、シリコン等の合成油が挙げられ、これらのうちの1種を単独でまたは2種以上を組み合わせる用いることができる。

【0064】

また、グリースは、酸化防止剤、極圧剤、防錆剤等の添加剤、また、黒鉛、硫化モリブデン、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)等の固体潤滑剤等を含んでいることが好ましく、特に、極圧剤を含んでいることが好ましい。これにより、潤滑対象部が極圧潤滑状態となっても、焼き付きやスカuffingを効果的に防止することができる。特に、極圧剤として、有機モリブデン化合物、ジアルキルジチオリン酸亜鉛を用いることが好ましい。グリースが有機モリブデン化合物を含んでいることにより、潤滑対象部における摩擦を効果的に低減することができる。特に、有機モリブデンは、二硫化モリブデンと同等の極圧性および耐摩耗性を発揮し、しかも、二硫化モリブデンに比べて酸化安定性に優れる。そのため、グリースの長寿命化を図ることができる。

【0065】

(歯車装置の製造方法)

以下、前述した歯車装置 1 の製造方法を簡単に説明する。

図 1 1 は、図 2 に示す歯車装置の製造方法を説明するフローチャートである。

【 0 0 6 6 】

歯車装置 1 は、前述したように、互いに内外に配置され、互いに接触と離間を繰り返す筒状の「第 1 面」である内周面 3 1 1 および「第 2 面」である外周面 4 2 4 を有する。この歯車装置 1 の製造方法は、図 1 1 に示すように、加工工程 S 1 0 と、組立工程 S 2 0 と、を有する。加工工程 S 1 0 では、前述したような内周面 3 1 1 および外周面 4 2 4 を形成する。すなわち、加工工程 S 1 0 では、「第 1 軸線」である軸線 a まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに軸線 a に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンを構成している第 1 凹部 3 1 2 および第 1 凸部 3 1 3 を有する内周面 3 1 1 (第 1 面) 、および、「第 2 軸線」である軸線 a まわりの周方向成分を有する方向に延びているとともに軸線 a に沿った方向に交互に並ぶことで第 1 凹凸パターンとは異なる第 2 凹凸パターンを構成している第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 を有する外周面 4 2 4 (第 2 面) を形成する。その後、組立工程 S 2 0 では、外周面 4 2 4 を内周面 3 1 1 内に挿入し、内周面 3 1 1 および外周面 4 2 4 を互いに内外に配置する。このような歯車装置 1 の製造方法によれば、前述したような長寿命な歯車装置 1 を製造することができる。

10

【 0 0 6 7 】

ここで、加工工程 S 1 0 において、内周面 3 1 1 および外周面 4 2 4 の形成は、旋削等の機械加工を用いて行うことができ、例えば、旋削の送り速度、回転速度、回転方向等を適宜設定することで、所望のピッチおよび向き等の第 1 凹部 3 1 2 、第 1 凸部 3 1 3 、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 を形成することができる。

20

【 0 0 6 8 】

< 第 2 実施形態 >

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。

【 0 0 6 9 】

図 1 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る歯車装置における第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【 0 0 7 0 】

なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

30

【 0 0 7 1 】

本実施形態の歯車装置では、「第 1 面」である内周面 3 1 1 A が第 1 凹部 3 1 2 A および第 1 凸部 3 1 3 A を有する。この第 1 凹部 3 1 2 A および第 1 凸部 3 1 3 A が沿う螺旋状の向きが、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状の向きと同じであるが、第 1 凹部 3 1 2 A および第 1 凸部 3 1 3 A が沿う螺旋状のピッチ P 1 が、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状のピッチ P 2 と異なっている。ここで、ピッチ P 1 、P 2 は、互いに整数倍の関係とならないことが好ましい。図示ではピッチ P 1 がピッチ P 2 よりも大きい。これにより、第 1 凹部 3 1 2 A および第 1 凸部 3 1 3 A で構成されている第 1 凹凸パターン、および、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 で構成されている第 2 凹凸パターンが互いに異なっている。

40

【 0 0 7 2 】

このように、第 1 凹部 3 1 2 A または第 1 凸部 3 1 3 A が「第 1 ピッチ」であるピッチ P 1 の螺旋状に沿って延びている部分を有し、第 2 凹部 4 2 5 または第 2 凸部 4 2 6 がピッチ P 1 とは異なる「第 2 ピッチ」であるピッチ P 2 の螺旋状に沿って延びている部分を有する。これにより、互いに異なる第 1 凹凸パターンおよび第 2 凹凸パターンを容易に実現することができる。

【 0 0 7 3 】

以上説明したような第 2 実施形態によっても、歯車装置の寿命を長くすることができる。

50

【 0 0 7 4 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。

【 0 0 7 5 】

図 1 3 は、本発明の第 3 実施形態に係る歯車装置における第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【 0 0 7 6 】

なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【 0 0 7 7 】

本実施形態の歯車装置では、「第 1 面」である内周面 3 1 1 B が第 1 凹部 3 1 2 B および第 1 凸部 3 1 3 B を有する。この第 1 凹部 3 1 2 B および第 1 凸部 3 1 3 B が沿う螺旋状の向きが、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状の向きと同じであるが、第 1 凹部 3 1 2 B および第 1 凸部 3 1 3 B が沿う螺旋状のピッチ P 1 が、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状のピッチ P 2 と異なっている。特に、本実施形態では、ピッチ P 1 は、ピッチが途中で変化している部分を有する。図示では、ピッチ P 1 が互いに異なるピッチ P 1 1、P 1 2 を有する。なお、ピッチ P 1 は、連続的に変化していてもよいし、段階的に変化していてもよいし、異なるピッチが繰り返すように変化していてもよい。

【 0 0 7 8 】

以上説明したような第 3 実施形態によっても、歯車装置の寿命を長くすることができる。

【 0 0 7 9 】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。

【 0 0 8 0 】

図 1 4 は、本発明の第 4 実施形態に係る歯車装置における第 1 凹凸パターンと第 2 凹凸パターンとの重なった状態を説明するための模式図である。

【 0 0 8 1 】

なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【 0 0 8 2 】

本実施形態の歯車装置では、「第 1 面」である内周面 3 1 1 C がメッシュ状をなす第 1 凹部 3 1 2 C a、C b および第 1 凸部 3 1 3 C a、C b を有する。この第 1 凹部 3 1 2 C b および第 1 凸部 3 1 3 C b が沿う螺旋状の向きが、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状の向きと同じであるが、第 1 凹部 3 1 2 C a および第 1 凸部 3 1 3 C a が沿う螺旋状の向きが、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状の向きと異なっている。すなわち、内周面 3 1 1 C には、螺旋状に沿って延びている第 1 凹部 3 1 2 C a および第 1 凸部 3 1 3 C a と、第 1 凹部 3 1 2 C a および第 1 凸部 3 1 3 C a とは逆向きの螺旋状に沿って延びていて第 1 凹部 3 1 2 C a および第 1 凸部 3 1 3 C a と交差する第 1 凹部 3 1 2 C b および第 1 凸部 3 1 3 C b と、が形成されている。このような第 1 凹部 3 1 2 C a、C b および第 1 凸部 3 1 3 C a、C b は、内周面 3 1 1 C をホーニング加工することで得ることができる。

【 0 0 8 3 】

ここで、第 1 凹部 3 1 2 C a および第 1 凸部 3 1 3 C a が沿う螺旋状のピッチ P 1 a は、前述した第 1 実施形態と同様であることが好ましく、また、第 1 凹部 3 1 2 C b および第 1 凸部 3 1 3 C b が沿う螺旋状のピッチ P 1 b は、前述した第 2、第 3 実施形態と同様、第 2 凹部 4 2 5 および第 2 凸部 4 2 6 が沿う螺旋状のピッチ P 2 と異なっていることが好ましい。

【 0 0 8 4 】

以上説明したような第4実施形態によっても、歯車装置の寿命を長くすることができる。なお、内周面311Cと同様に、外周面424に、メッシュ状の凹部または凸部を設けてもよい。

【0085】

以上、本発明のロボット、歯車装置および歯車装置の製造方法を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

【0086】

前述した実施形態では、ロボットが備える基台が「第1部材」、第1アームが「第2部材」であり、第1部材から第2部材へ駆動力を伝達する歯車装置について説明したが、本発明は、これに限定されず、第n（nは1以上の整数）アームが「第1部材」、第（n+1）アームが「第2部材」であり、第nアームおよび第（n+1）アームの一方から他方へ駆動力を伝達する歯車装置についても適用可能である。また、第2部材から第1部材へ駆動力を伝達する歯車装置についても適用可能である。

【0087】

また、前述した実施形態では、6軸の垂直多関節ロボットについて説明したが、本発明は、可撓性歯車を有する歯車装置を用いるものであれば、これに限定されず、例えば、ロボットの関節数は任意であり、また、水平多関節ロボットにも適用可能である。

【0088】

また、本発明は、前述した実施形態の波動歯車装置に限定されず、互いに内外に配置され、作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す第1面および第2面を有する各種歯車装置に適用可能である。

【符号の説明】

【0089】

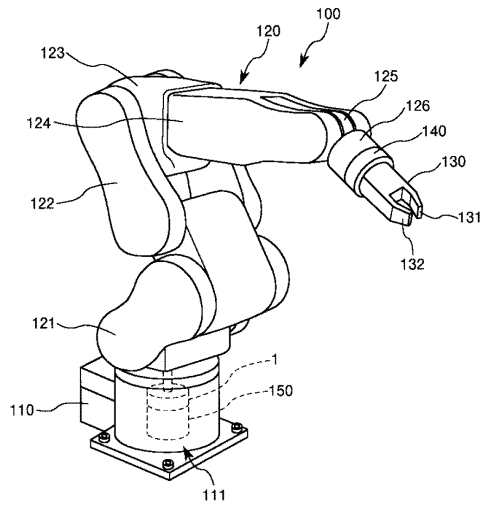
1...歯車装置、2...剛性歯車（内歯車）、3...可撓性歯車（外歯車）、4...波動発生器、
23...内歯、31...胴部、32...底部、33...外歯、41...本体部、42...ベアリング、
100...ロボット、110...制御装置、111...基台、120...ロボットアーム、121...第1アーム、
122...第2アーム、123...第3アーム、124...第4アーム、125...第5アーム、126...第6アーム、
130...ハンド、131...指、132...指、140...力検出器、150...モーター、311...内周面（第1面）、
311A...内周面（第1面）、311B...内周面（第1面）、311C...内周面（第1面）、312...第1凹部、
312A...第1凹部、312B...第1凹部、312Ca...第1凹部、312Cb...第1凹部、312X...第1凹部、
313...第1凸部、313A...第1凸部、313B...第1凸部、313Ca...第1凸部、313Cb...第1凸部、
313X...第1凸部、321...孔、322...孔、411...軸部、412...カム部、421...内輪、422...ボール、
423...外輪、424...外周面（第2面）、425...第2凹部、426...第2凸部、G...隙間、La...長軸、
Lb...短軸、P1...ピッチ、P11...ピッチ、P12...ピッチ、P1a...ピッチ、P1b...ピッチ、
P2...ピッチ、S10...加工工程、S20...組立工程、a...軸線

10

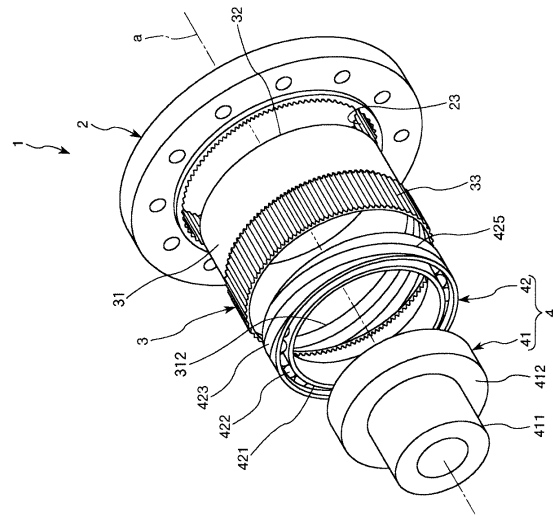
20

30

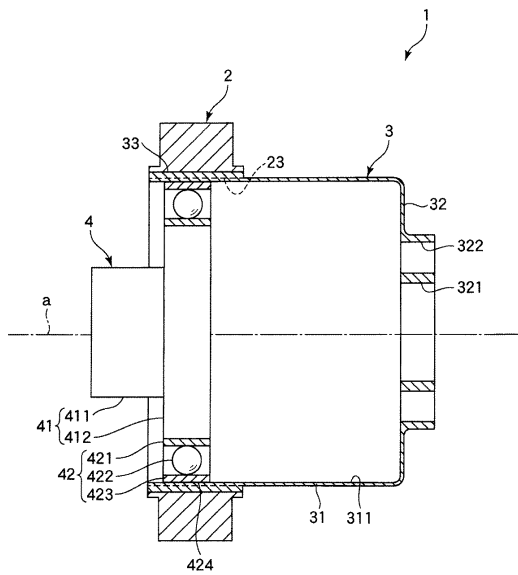
【図 1】



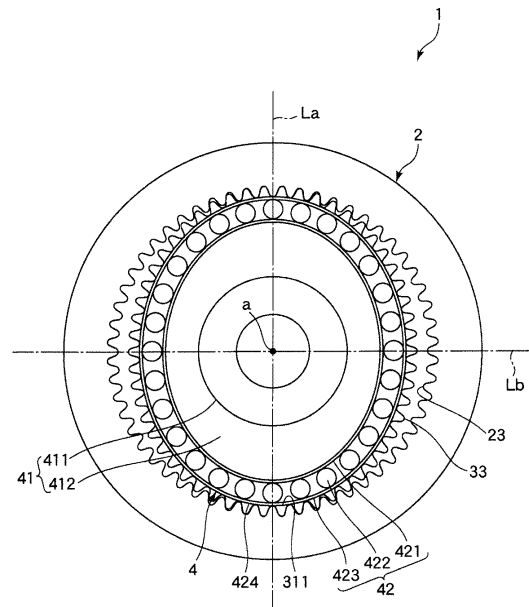
【図 2】



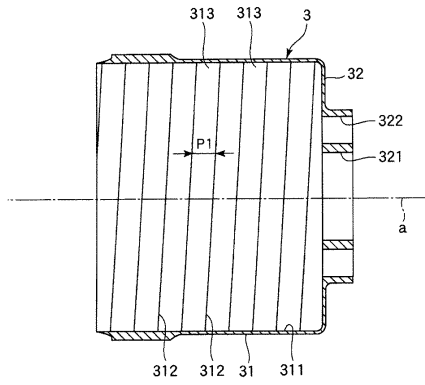
【図 3】



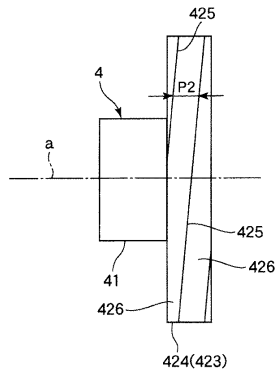
【図 4】



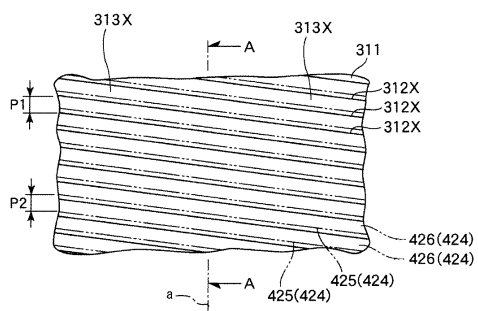
【図 5】



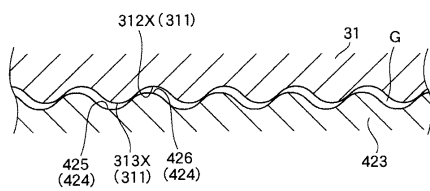
【図 6】



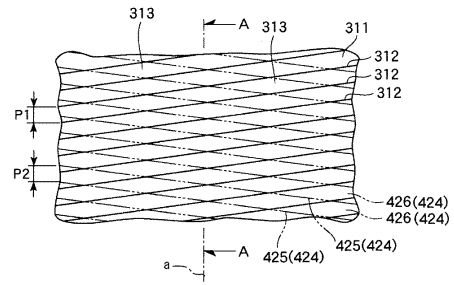
【図 9】



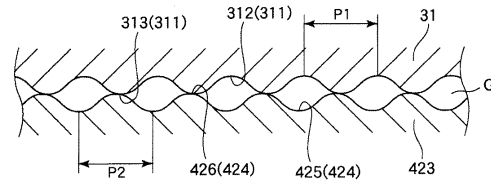
【図 10】



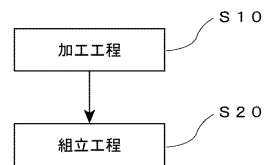
【図 7】



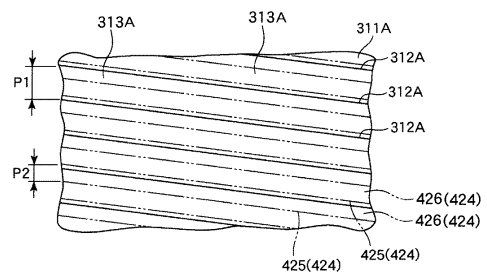
【図 8】



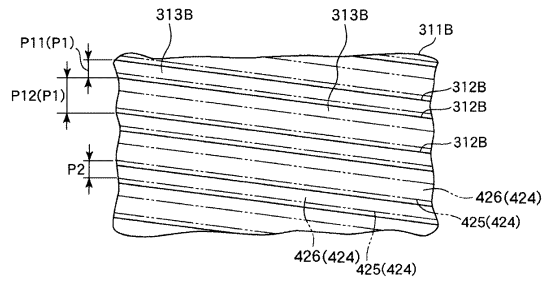
【図 11】



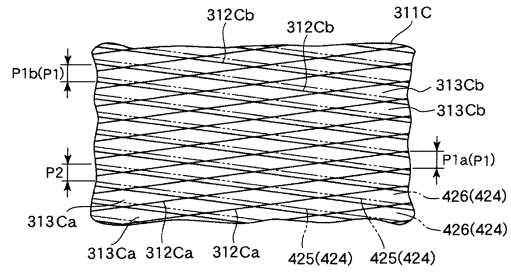
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 実開昭60-65451(JP,U)
特開2015-102181(JP,A)
実開昭62-131116(JP,U)
特開2002-372039(JP,A)
特開2006-132770(JP,A)
特開2002-286027(JP,A)
特開2016-105005(JP,A)
特開2005-291390(JP,A)
実開昭60-129546(JP,U)
実開平2-87152(JP,U)
実開平2-87153(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16H 1/32
B25J 17/00