

(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 16 H 1/32 (2006.01)
B 25 J 17/00 (2006.01)

F 1

F 16 H 1/32
B 25 J 17/00B
E

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-184663 (P2016-184663)
 (22) 出願日 平成28年9月21日 (2016.9.21)
 (65) 公開番号 特開2018-48699 (P2018-48699A)
 (43) 公開日 平成30年3月29日 (2018.3.29)
 審査請求日 令和1年7月25日 (2019.7.25)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100091292
 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部材に対して回動する第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觸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。

【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

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

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。

【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

10

20

30

40

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。

【0003】

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、固体潤滑剤が固定されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 349681 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

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。

【0006】

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】

【0007】

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 部材に対して回動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。

【0008】

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

【0009】

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。

【0010】

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】

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。20

【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】

10

20

30

40

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。

【0020】

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。

【0021】

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、

10

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】

20

【0022】

【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。

30

【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。

40

【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】

【0023】

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。

【0024】

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。

【0025】

50

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る部分である。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っ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】

10

20

30

40

50

2. 齒車装置

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の良好な撓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。

【0042】

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32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33を剛性歯車2の内歯23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。

【0043】

本実施形態では、波動発生器4は、本体部41と、本体部41の外周に装着されているペアリング42と、を有している。本体部41は、軸線aまわりに回転する軸部411と、軸部411の一端部から外側に突出しているカム部412と、を有している。ここで、カム部412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。ペアリング42は、可撓性の内輪421および外輪423と、これらの間に配置されている複数のボール422と、を有している。ここで、内輪421は、本体部41のカム部412の外周面に嵌め込まれ、カム部412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423も楕円形または長円形に弾性変形している。また、内輪421の外周面および外輪423の内周面は、それぞれ、複数のボール422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422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。

【0044】

このような波動発生器4は、本体部41の軸線aまわりの回転に伴って、カム部412の向きが変わり、それに伴って、外輪423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。

【0045】

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。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。

【0046】

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）。

【0047】

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311および波動発生器4の外周面424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311(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312および第1凸部313を有する。すなわち、内周面311には、第1凹部312および第1凸部313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424(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425および第2凸部426を有する。すなわち、外周面424には、第2凹部425および第2凸部426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312および第1凸部313で構成されている第1凹凸パターン、および、第2凹部425および第2凸部426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311(第1面)および波動発生器4の外周面424(第2面)が接触するとき、図8に示すように、第1凸部313および第2凸部426が互いに接触することとなり、内周面311と外周面424との間に第1凹部312および第2凹部425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311(第1面)および波動発生器4の外周面424(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ができる。そのため、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し、可撓性歯車3の内周面311(第1面)と波動発生器4の外周面424(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312Xおよび第1凸部313Xで構成されている第1凹凸パターン、および、第2凹部425および第2凸部426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313Xが第2凹部425内に入り込むとともに、第2凸部426が第1凹部312X内に入り込んでしまう。そのため、内周面311と外周面424との間に形成される隙間Gが小さくなり、第1凹部312X内および第2凹部425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312および第1凸部313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425および第2凸部426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、異なっていてもよい。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、異なっていてもよい。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るてもよい。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の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。3040

【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のうちの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、0.1μm以上100μm以下であることが好ましく、10μm以上50μm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、
10
例えば、0.05μm以上50μm以下であることが好ましく、5μm以上25μm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、鍛鉄、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。
20

【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メート、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て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ます。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ます。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、シリコー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て用いることができる。
30

【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、焼き付きやスカッティング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。
40

【0065】

50

20

30

40

50

(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11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。

【0066】

歯車装置1は、前述したように、互いに内外に配置され、互いに接觸と離間を繰り返す筒状の「第1面」である内周面311および「第2面」である外周面424を有する。この歯車装置1の製造方法は、図11に示すように、加工工程S10と、組立工程S20と、を有する。加工工程S10では、前述したような内周面311および外周面424を形成する。すなわち、加工工程S10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312および第1凸部313を有する内周面311(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425および第2凸部426を有する外周面424(第2面)を形成する。その後、組立工程S20では、外周面424を内周面311内に挿入し、内周面311および外周面424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

【0067】

ここで、加工工程S10において、内周面311および外周面424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312、第1凸部313、第2凹部425および第2凸部426を形成することができる。
20

【0068】

<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。

【0069】

図12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。

【0070】

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

【0071】

本実施形態の歯車装置では、「第1面」である内周面311Aが第1凹部312Aおよび第1凸部313Aを有する。この第1凹部312Aおよび第1凸部313Aが沿う螺旋状の向きが、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状の向きと同じであるが、第1凹部312Aおよび第1凸部313Aが沿う螺旋状のピッチP1が、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状のピッチP2と異なっている。ここで、ピッチP1、P2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P1がピッチP2よりも大きい。これにより、第1凹部312Aおよび第1凸部313Aで構成されている第1凹凸パターン、および、第2凹部425および第2凸部426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

【0072】

このように、第1凹部312Aまたは第1凸部313Aが「第1ピッチ」であるピッチP1の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がピッチP1とは異なる「第2ピッチ」であるピッチP2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。

【0073】

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

【0074】

<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。

【0075】

図13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。

【0076】

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。

【0077】

本実施形態の歯車装置では、「第1面」である内周面311Bが第1凹部312Bおよび第1凸部313Bを有する。この第1凹部312Bおよび第1凸部313Bが沿う螺旋状の向きが、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状の向きと同じであるが、第1凹部312Bおよび第1凸部313Bが沿う螺旋状のピッチP1が、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状のピッチP2と異なっている。特に、本実施形態では、ピッチP1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P1が互いに異なるピッチP11、P12を有する。なお、ピッチP1は、連続的に変化してもよいし、段階的に変化してもよいし、異なるピッチが繰り返すように変化してもよい。

【0078】

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

【0079】

<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。

【0080】

図14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。

【0081】

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。

【0082】

本実施形態の歯車装置では、「第1面」である内周面311Cがメッシュ状をなす第1凹部312Ca、Cbおよび第1凸部313Ca、Cbを有する。この第1凹部312Cbおよび第1凸部313Cbが沿う螺旋状の向きが、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状の向きと同じであるが、第1凹部312Caおよび第1凸部313Caが沿う螺旋状の向きが、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状の向きと異なっている。すなわち、内周面311Cには、螺旋状に沿って伸びている第1凹部312Caおよび第1凸部313Caと、第1凹部312Caおよび第1凸部313Caとは逆向きの螺旋状に沿って伸びていて第1凹部312Caおよび第1凸部313Caと交差する第1凹部312Cbおよび第1凸部313Cbと、が形成されている。このような第1凹部312Ca、Cbおよび第1凸部313Ca、Cbは、内周面311Cをホーニング加工することできることで得ることができる。

【0083】

ここで、第1凹部312Caおよび第1凸部313Caが沿う螺旋状のピッチP1a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312Cbおよび第1凸部313Cbが沿う螺旋状のピッチP1bは、前述した第2、第3実施形態と同様、第2凹部425および第2凸部426が沿う螺旋状のピッチP2と異なっていることが好ましい。

【0084】

10

20

30

40

50

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】

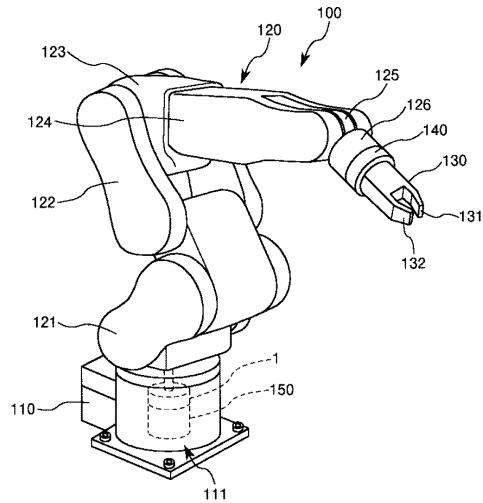
また、本発明は、前述した実施形態の波動歯車装置に限定されず、互いに内外に配置され、作動に伴って互いに接触と離間を繰り返す第1面および第2面を有する各種歯車装置に適用可能である。

【符号の説明】

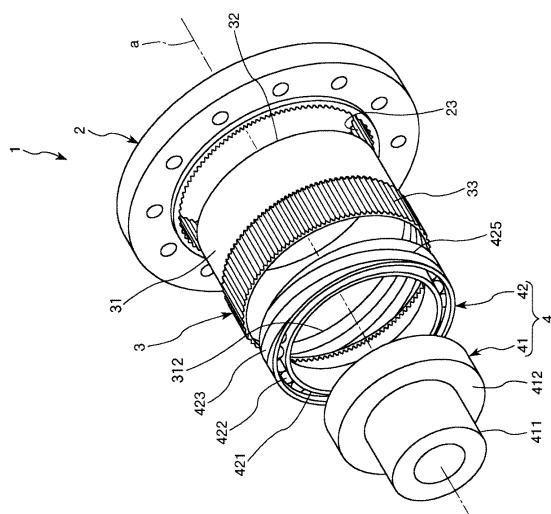
【0089】

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…ペアリング、
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、3
12A…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、32
2…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

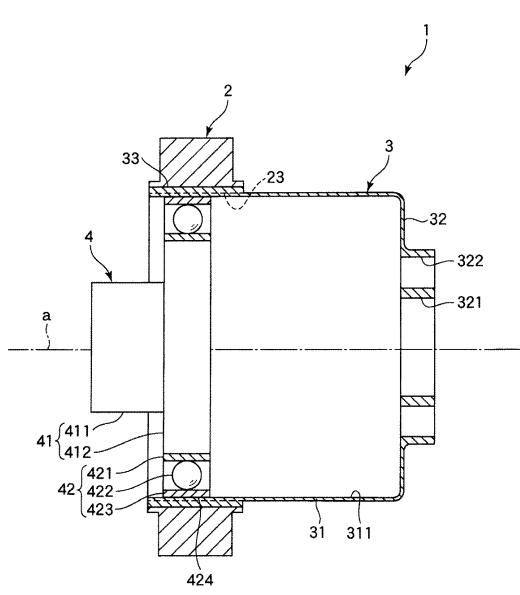
【図1】



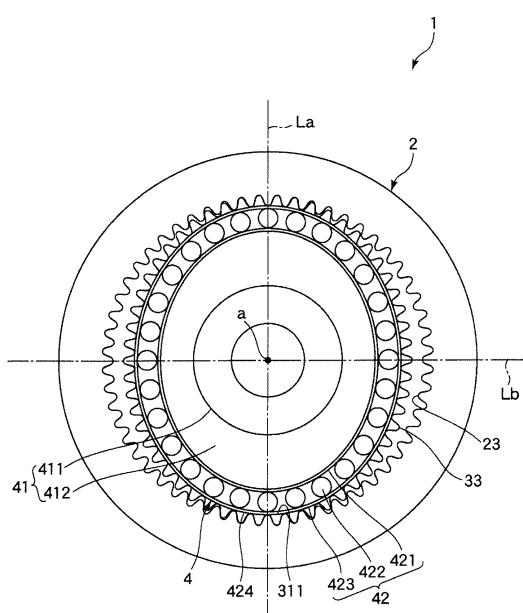
【図2】



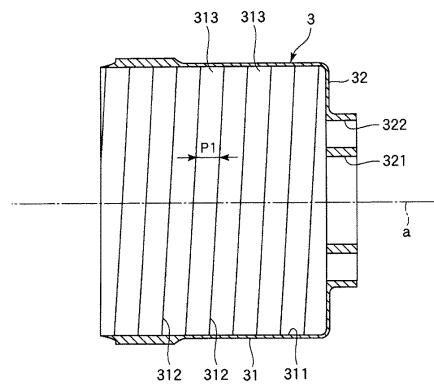
【図3】



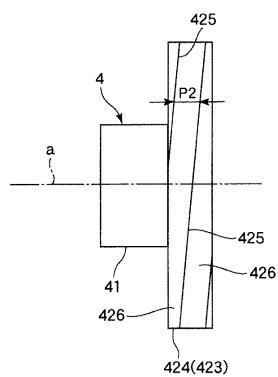
【図4】



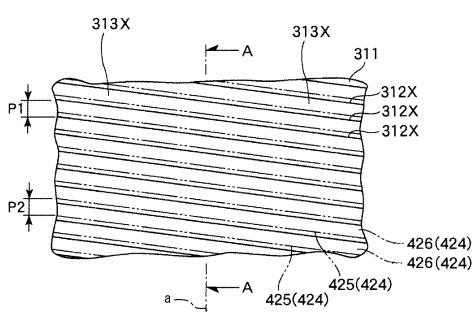
【図5】



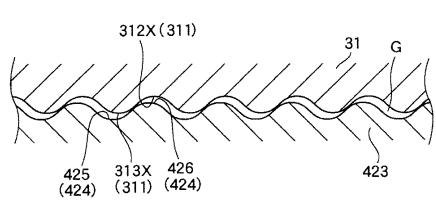
【図6】



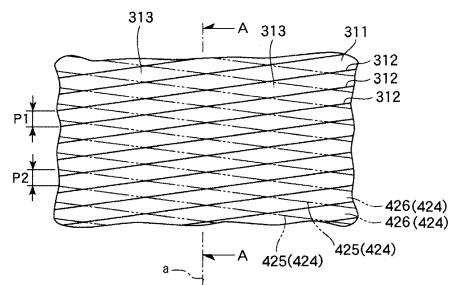
【図9】



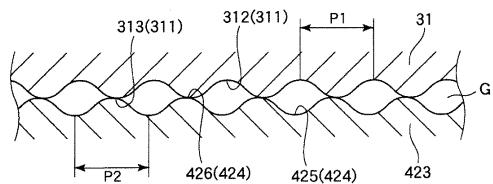
【図10】



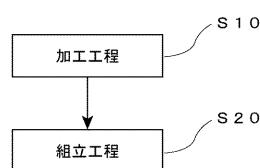
【図7】



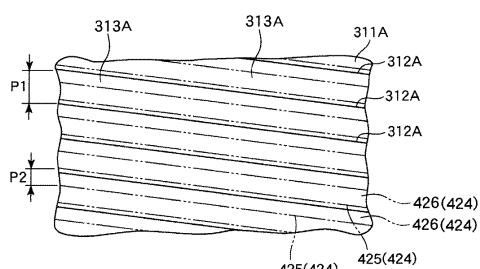
【図8】



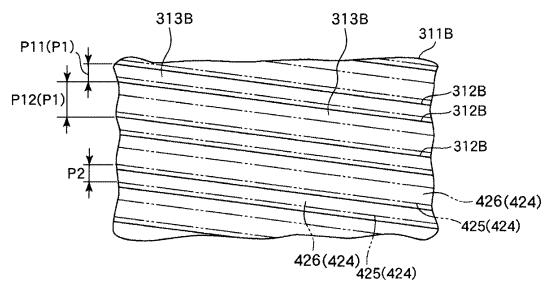
【図11】



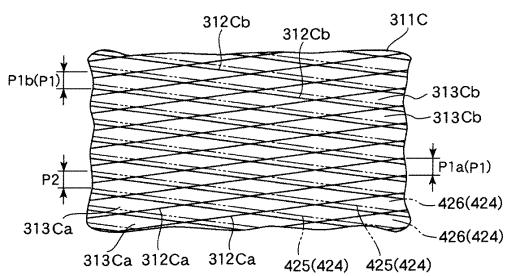
【図12】



【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)

F 16 H 1 / 32
B 25 J 17 / 00