

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5423460号
(P5423460)

(45) 発行日 平成26年2月19日(2014.2.19)

(24) 登録日 平成25年12月6日(2013.12.6)

(51) Int.Cl. F I
B 2 3 F 15/00 (2006.01) B 2 3 F 15/00
F 1 6 H 1/32 (2006.01) F 1 6 H 1/32 C

請求項の数 15 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2010-29172 (P2010-29172)	(73) 特許権者	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成22年2月12日(2010.2.12)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(65) 公開番号	特開2011-161592 (P2011-161592A)	(74) 代理人	100089082 弁理士 小林 脩
(43) 公開日	平成23年8月25日(2011.8.25)	(74) 代理人	100130188 弁理士 山本 喜一
審査請求日	平成25年1月22日(2013.1.22)	(72) 発明者	安藤 善昭 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	竹島 雅之 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 揺動歯車の加工方法および加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

凹歯と凸歯が周方向に連続して形成され、当該凹歯が相手歯車の凸歯に噛合することにより前記相手歯車との間で動力伝達可能な揺動歯車の加工方法であって、

前記相手歯車と加工対象となる前記揺動歯車との間で動力を伝達する際における、前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の基準軸の相対動作軌跡を抽出する軌跡抽出工程と

、
前記凹歯の加工前の前記揺動歯車である円盤状ワークの凹歯形成面に対して前記揺動歯車の凹歯を加工する際に、前記円盤状ワークに対する加工工具の相対動作軌跡が前記軌跡抽出工程にて抽出された前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡に一致するように、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させる加工工程と、

を備え、

前記基準軸は、前記相手歯車の凸歯の歯厚中心面と基準円錐面との交線に平行な軸であることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項2】

請求項1において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項3】

請求項 1 または 2 において、
前記相手歯車の凸歯の数と前記揺動歯車の凹歯の数が異なることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の何れか一項において、

前記相手歯車は、前記凸歯を一体形成する相手歯車本体、または、前記凸歯と別体形成され前記凸歯を支持する前記相手歯車本体を備え、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成されていることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記加工工具は、円盤状工具であり、

前記加工工程は、前記円盤状工具の中心軸を前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向にずらした複数箇所にて切り込む動作により、前記円盤状工具により前記相手歯車の凸歯を擬似的に表現して、前記揺動歯車の凹歯を前記円盤状工具にて加工することを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記加工方法は、

前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させて加工シミュレーションを行うシミュレーション工程と、

予め設定された理想形状モデルと、前記加工シミュレーションの結果の形状とを比較して、前記円盤状工具の中心軸を前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向にずらして切り込み動作の位置を算出する切り込み位置算出工程と、

を備え、

前記加工工程は、前記切り込み位置算出工程にて算出された切り込み動作の位置に基づいて、前記揺動歯車の凹歯の加工を行うことを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記切り込み位置算出工程は、前記加工シミュレーションの結果の形状と前記理想形状モデルとの誤差が設定された許容値以内にしつつ、加工時間が最も短くなるような前記切り込み動作の位置を算出することを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 8】

請求項 4 において、

前記加工工具は、前記相手歯車の凸歯の外周形状に一致または相似するピン形状に形成され、ピン中心軸回りに回転することを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 9】

請求項 4 において、

前記加工工具は、回転するベルト状の工具であって、回転方向に直線部を有することを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 の何れか一項において、

前記加工方法は、前記軌跡抽出工程にて抽出された前記揺動歯車に対する前記凸歯の相對動作軌跡を座標変換することにより、ワーク座標系における前記加工工具の動作軌跡を算出する座標変換工程を備え、

前記加工工程は、前記座標変換工程にて算出された前記加工工具の動作軌跡に基づいて前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 11】

請求項 10 において、

10

20

30

40

50

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相対動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交する方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記相手歯車の凸歯の歯長さが無限長と考えた場合に、前記第二直動軸における前記相手歯車の凸歯の基準位置の動作を前記第三直動軸の上にて行うとした場合における前記第一直動軸、前記第三直動軸、前記第四回転軸、前記第五回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 12】

請求項 10 において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相対動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交する方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記相手歯車の凸歯の歯長さが無限長と考えた場合に、前記第三直動軸における前記相手歯車の凸歯の基準位置の動作を前記第二直動軸の上にて行うとした場合における前記第一直動軸、前記第二直動軸、前記第四回転軸、前記第五回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 13】

請求項 10 において、

10

20

30

40

50

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相対動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交する方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記第五回転軸における前記相手歯車の凸歯の基準位置の動作を、前記第一直動軸と前記第二直動軸の動作に分解して、前記第一直動軸、前記第二直動軸、前記第三直動軸、前記第四回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 14】

請求項 10において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相対動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交する方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記第四回転軸を前記第六割出軸に一致させた場合における前記第一直動軸、前記第二直動軸、前記第三直動軸、前記第五回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることを特徴とする揺動歯車の加工方法。

【請求項 15】

凹歯と凸歯が周方向に連続して形成され、当該凹歯が相手歯車の凸歯に噛合することにより前記相手歯車との間で動力伝達可能な揺動歯車の加工装置であって、

10

20

30

40

50

前記相手歯車と加工対象となる前記揺動歯車との間で動力を伝達する際における、前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の基準軸の相対動作軌跡を抽出する軌跡抽出手段と

、
前記凹歯の加工前の前記揺動歯車である円盤状ワークの凹歯形成面に対して前記揺動歯車の凹歯を加工する際に、前記円盤状ワークに対する加工工具の相対動作軌跡が前記軌跡抽出工程にて抽出された前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡に一致するように、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させる加工手段と、

を備え、

前記基準軸は、前記相手歯車の凸歯の歯厚中心面と基準円錐面との交線に平行な軸であることを特徴とする揺動歯車の加工装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、揺動歯車の加工方法および加工装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

減速機の一つとして、揺動型歯車装置がある。この揺動型歯車装置は、例えば、特許文献1の図3などに記載されている。すなわち、揺動型歯車装置は、同一の回転中心軸を有する第一歯車、第二歯車および入力軸と、第一歯車と第二歯車との間にて揺動しながら差動回転する揺動歯車とから構成される。揺動歯車は、入力軸によって傾斜した回転中心軸の回りに回転可能に支持されている。さらに、揺動歯車は、入力軸が回転することによって傾斜した回転中心軸が第一歯車の回転中心軸の回りに相対回転することで、第一歯車および第二歯車に対して揺動する。そして、揺動歯車のうち第一歯車側の面には、第一歯車に噛合する第一揺動歯が形成され、揺動歯車のうち第二歯車側の面には、第二歯車に噛合する第二揺動歯が形成されている。そして、揺動歯車が揺動することで、第一歯車と揺動歯車との間、もしくは、第二歯車と揺動歯車との間で、差動回転が行われる。つまり、入力軸に対して、第二歯車を出力軸とした場合に、大きな減速比によって減速することができる。

20

【0003】

30

この揺動歯車は、第一歯車または第二歯車との噛み合い面が非常に複雑であるため、加工が容易ではない。この揺動歯車の加工装置として、例えば、特許文献1～4に記載されたものがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-272497号公報

【特許文献2】特開2006-315111号公報

【特許文献3】特開平10-235519号公報

【特許文献4】特公平7-56324号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、平歯車やかさ歯車などの歯車の加工は、種々の加工方法が提案され、実現されている。揺動歯車の加工についても、特許文献1～4に記載されているように専用機を用いて実現されている。しかし、平歯車、かさ歯車および揺動歯車などの凹凸歯車の加工は、特殊な加工装置を用いたり特殊な技能を要したり、容易とは言えない。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、揺動歯車の加工方法および加工装置として新しい加工方法および加工装置を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、本発明は、差動回転する際における相手歯車の凸歯と加工対象である揺動歯車の凹歯との相対動作軌跡を抽出しておき、円盤状ワークに揺動歯車の凹歯を加工する際に加工工具と円盤状ワークとの相対動作軌跡が、抽出された相手歯車の凸歯と揺動歯車との相対動作軌跡に一致するように、加工工具と円盤状ワークを移動させることとした。

【0008】

請求項1に係る発明の特徴は、

凹歯と凸歯が周方向に連続して形成され、当該凹歯が相手歯車の凸歯に噛合することにより前記相手歯車との間で動力伝達可能な揺動歯車の加工方法であって、

前記相手歯車と加工対象となる前記揺動歯車との間で動力を伝達する際における、前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の基準軸の相対動作軌跡を抽出する軌跡抽出工程と

、
前記凹歯の加工前の前記揺動歯車である円盤状ワークの凹歯形成面に対して前記揺動歯車の凹歯を加工する際に、前記円盤状ワークに対する加工工具の相対動作軌跡が前記軌跡抽出工程にて抽出された前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡に一致するように、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させる加工工程と、

を備え、

前記基準軸は、前記相手歯車の凸歯の歯厚中心面と基準円錐面との交線に平行な軸であることである。

【0009】

請求項2に係る発明の特徴は、請求項1において、前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であることである。

請求項3に係る発明の特徴は、請求項1または2において、前記相手歯車の凸歯の数と前記揺動歯車の凹歯の数が異なることである。

【0010】

請求項4に係る発明の特徴は、請求項1～3の何れか一項において、前記相手歯車は、前記凸歯を一体形成する相手歯車本体、または、前記凸歯と別体形成され前記凸歯を支持する前記相手歯車本体を備え、前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成されていることである。

【0011】

請求項5に係る発明の特徴は、請求項4において、前記加工工具は、円盤状工具であり、前記加工工程は、前記円盤状工具の中心軸を前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向にずらした複数箇所にて切り込む動作により、前記円盤状工具により前記相手歯車の凸歯を擬似的に表現して、前記揺動歯車の凹歯を前記円盤状工具にて加工することである。

【0012】

請求項6に係る発明の特徴は、請求項5において、

前記加工方法は、

前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させて加工シミュレーションを行うシミュレーション工程と、

予め設定された理想形状モデルと、前記加工シミュレーションの結果の形状とを比較して、前記円盤状工具の中心軸を前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向にずらして切り込み動作の位置を算出する切り込み位置算出工程と、

を備え、

前記加工工程は、前記切り込み位置算出工程にて算出された切り込み動作の位置に基づいて、前記揺動歯車の凹歯の加工を行うことである。

【0013】

請求項7に係る発明の特徴は、請求項6において、前記切り込み位置算出工程は、前記

10

20

30

40

50

加工シミュレーションの結果の形状と前記理想形状モデルとの誤差が設定された許容値以内にしつつ、加工時間が最も短くなるような前記切り込み動作の位置を算出することである。

【0014】

請求項8に係る発明の特徴は、請求項4において、前記加工工具は、前記相手歯車の凸歯の外周形状に一致または相似するピン形状に形成され、ピン中心軸回りに回転することである。

請求項9に係る発明の特徴は、請求項4において、前記加工工具は、回転するベルト状の工具であって、回転方向に直線部を有することである。

【0015】

請求項10に係る発明の特徴は、請求項1～9の何れか一項において、

前記加工方法は、前記軌跡抽出工程にて抽出された前記揺動歯車に対する前記凸歯の相對動作軌跡を座標変換することにより、ワーク座標系における前記加工工具の動作軌跡を算出する座標変換工程を備え、

前記加工工程は、前記座標変換工程にて算出された前記加工工具の動作軌跡に基づいて前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることである。

【0016】

請求項11に係る発明の特徴は、請求項10において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相對動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交する方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記相手歯車の凸歯の歯長さが無限長と考えた場合に、前記第二直動軸における前記相手歯車の凸歯の基準位置の動作を前記第三直動軸の上にて行うとした場合における前記第一直動軸、前記第三直動軸、前記第四回転軸、前記第五回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相對動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相對動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることである。

【0017】

請求項12に係る発明の特徴は、請求項10において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相對動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交す

10

20

30

40

50

る方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記相手歯車の凸歯の歯長さが無限長と考えた場合に、前記第三直動軸における前記相手歯車の凸歯の基準位置の動作を前記第二直動軸の上にて行うとした場合における前記第一直動軸、前記第二直動軸、前記第四回転軸、前記第五回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることである。

【0018】

請求項13に係る発明の特徴は、請求項10において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相対動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交する方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記第五回転軸における前記相手歯車の凸歯の基準位置の動作を、前記第一直動軸と前記第二直動軸の動作に分解して、前記第一直動軸、前記第二直動軸、前記第三直動軸、前記第四回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることである。

【0019】

請求項14に係る発明の特徴は、請求項10において、

前記揺動歯車は、前記相手歯車の回転中心軸に対して交差する交差軸を中心として回転する歯車であり、

前記相手歯車の凸歯の外周面における当該凸歯の基準軸直交方向の断面形状は、円弧状に形成され、

前記軌跡抽出工程にて抽出される前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の相対動作軌跡は、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面に直交す

10

20

30

40

50

る方向に移動させる第一直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記揺動歯車の凹歯の歯溝方向に移動させる第二直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を、前記円盤状ワークの凹歯形成面に接する面上であって、前記第二直動軸に直交する方向に移動させる第三直動軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第一直動軸の回りに回転させる第四回転軸と、

前記相手歯車の凸歯の基準位置を前記第三直動軸の回りに回転させる第五回転軸と、

前記揺動歯車の回転中心軸に一致し前記揺動歯車の回転位相を割り出す第六割出軸と、に分解され、

前記座標変換工程は、

前記第四回転軸を前記第六割出軸に一致させた場合における前記第一直動軸、前記第二直動軸、前記第三直動軸、前記第五回転軸および前記第六割出軸による前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡を算出し、

前記加工工程は、算出された前記相対動作軌跡に基づいて、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させることである。

【0020】

請求項15に係る発明の特徴は、

凹歯と凸歯が周方向に連続して形成され、当該凹歯が相手歯車の凸歯に噛合することにより前記相手歯車との間で動力伝達可能な揺動歯車の加工装置であって、

前記相手歯車と加工対象となる前記揺動歯車との間で動力を伝達する際における、前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の基準軸の相対動作軌跡を抽出する軌跡抽出手段と

前記凹歯の加工前の前記揺動歯車である円盤状ワークの凹歯形成面に対して前記揺動歯車の凹歯を加工する際に、前記円盤状ワークに対する加工工具の相対動作軌跡が前記軌跡抽出工程にて抽出された前記揺動歯車に対する前記相手歯車の凸歯の前記相対動作軌跡に一致するように、前記円盤状ワークおよび前記加工工具の少なくとも一方を移動させる加工手段と、

を備え、

前記基準軸は、前記相手歯車の凸歯の歯厚中心面と基準円錐面との交線に平行な軸であることである。

【発明の効果】

【0021】

上記のように構成した請求項1に係る発明によれば、NC工作機械を用いて、揺動歯車の凹歯を加工することが可能となる。つまり、種々の形状の揺動歯車に対して、同一のNC工作機械で加工することができる。具体的には、軌跡抽出工程にて抽出された相対動作軌跡に基づいてNCプログラムを生成し、当該NCプログラムを用いて加工工程にて揺動歯車の凹歯を加工することができるようになる。このように、非常に容易に揺動歯車の凹歯を加工することができる。

【0022】

ここで、相手歯車に対して交差軸を中心として回転する揺動歯車（以下、「交差軸を有する揺動歯車」とも称する）において、相手歯車と揺動歯車との噛み合い率は高くなる。そのため、小型化、高強度化および静粛性を図ることが可能となる。一方で、良好な歯当たりを実現するためには、非常に高い精度の歯面形状を形成する必要があり、歯面形状の加工が容易ではないという問題がある。これに対して、請求項2に係る発明によれば、交差軸を有する揺動歯車の凹歯を、容易にかつ高精度に形成することができる。その結果、本発明によれば、従来と同程度の精度にする場合には加工コストを低減することができる。

さらに、揺動歯車と相手歯車との相対的な動きは、三次元的な複雑な動きであるが、基準軸を用いることで、確実に相対移動軌跡を把握することができる。ここで、基準円錐面とは、各断面の基準ピッチ円を通る面である。円錐角が0°の場合や180°の場合を含

10

20

30

40

50

む。また、相手歯車の凸歯の歯厚中心面とは、それぞれの凸歯の周方向幅の中心面を意味する。

【 0 0 2 3 】

請求項 3 に係る発明によれば、相手歯車の歯数と揺動歯車の歯数が異なるため、相手歯車と揺動歯車とが差動回転しながら動力伝達可能な構成となる。そして、両者の歯数が異なるため、揺動歯車の凹歯の形状が非常に複雑な形状となる。このような場合であっても、本発明を適用することで、確実に揺動歯車の凹歯を加工することができる。なお、相手歯車の歯数と揺動歯車の歯数が同一である場合、すなわち同じ回転数で回転しながら動力伝達する場合にも、本発明の加工方法を適用できることは言うまでもない。

【 0 0 2 5 】

請求項 4 に係る発明によれば、相手歯車の凸歯の基準軸直交方向の断面形状を円弧状にしている。このようにすることで、相手歯車と揺動歯車とは非常に滑らかに動力伝達することが可能となる。その一方で、揺動歯車の凹歯の加工が複雑となる。相手歯車の凸歯の基準軸直交方向の断面形状が円弧状であるため、揺動歯車の凹歯は、全体的には円弧凹状に近似した断面形状からなり、詳細には円弧凹状の開口縁部分が垂れた断面形状を有する。このように、揺動歯車の凹歯が複雑な形状であっても、本発明を適用することで、確実に高精度に加工することができる。その結果、低コストで高性能な揺動歯車を形成することができる。なお、相手歯車の凸歯をピン形状以外の形状とした場合であっても、本発明の加工方法を適用することができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 5 に係る発明によれば、円盤状工具を用いてピン形状の凸歯を擬似的に表現することにより、確実に揺動歯車の凹歯を加工できる。さらに、円盤状工具を用いることで、工具剛性を高めることができ、高精度な加工が可能となる。

請求項 6 に係る発明によれば、理想形状モデルとシミュレーションモデルを比較によって得られた切り込み動作の位置に基づいて加工を行うことで、高精度な揺動歯車の凹歯を形成することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 7 に係る発明によれば、加工精度を許容値以内に確保しつつ、最短時間の加工条件を算出することができる。

請求項 8 に係る発明によれば、加工工具を相手歯車の凸歯に一致または相似する形状とすることで、加工工具の動作を相手歯車の凸歯と同様の動作とすることで、最適な揺動歯車の凹歯を形成することができる。

請求項 9 に係る発明によれば、ベルト状の工具の直線部により相手歯車の凸歯を表現することが容易に可能となる。従って、ベルト状の工具の直線部の動作を、相手歯車の凸歯と同様の動作とすることで、最適な揺動歯車の凹歯を形成することができる。

【 0 0 2 8 】

請求項 1 0 に係る発明によれば、相手歯車の凸歯の相対動作軌跡をワーク座標系における加工工具の動作に変換している。ここで、軌跡抽出工程においては、動力伝達する際における揺動歯車に対する相手歯車の凸歯の相対動作軌跡を抽出している。そして、加工工具の種類に応じて、軌跡抽出工程において抽出される相対動作軌跡とワーク座標系からなる加工工具の動作軌跡とは相違する。つまり、本発明により、加工工具の種類に応じた NC プログラムの生成が可能となる。

【 0 0 2 9 】

請求項 1 1 に係る発明によれば、第二直動軸の動作を省略して、5つの軸によって加工ができる。

請求項 1 2 に係る発明によれば、第三直動軸の動作を省略して、5つの軸によって加工ができる。

請求項 1 3 に係る発明によれば、第五回転軸を省略して、5つの軸によって加工ができる。この場合には、加工工具として円盤状工具を用いて、擬似的な相手歯車の凸歯を形成することが好ましい。

10

20

30

40

50

請求項 1 4 に係る発明によれば、第四回転軸の動作を省略して、5つの軸によって加工ができる。

【0030】

請求項 1 5 に係る発明によれば、請求項 1 に係る加工方法の発明と同一の効果を奏する。また、加工装置の発明において、上述した加工方法に関する他の特徴についても加工装置として適用することができる。この場合、それぞれの特徴に応じた効果と同一の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図 1】揺動型歯車装置の軸方向断面図である。(a)は凸歯ピンが固定軸本体および出力軸本体に対して別体に形成されている場合を示し、(b)は凸歯ピンが固定軸本体および出力軸本体に対して一体に形成されている場合を示す。

10

【図 2】凸歯ピン(凸歯)と揺動歯車の噛み合い部の拡大図であって、凸歯ピンの軸方向から見た図である。(a)は凸歯ピンが固定軸に対して別体形成されている場合を示し、(b)は凸歯ピンが固定軸に対して一体形成されている場合を示す。

【図 3】揺動凹歯の斜視図である。

【図 4】(a)は、揺動凹歯を揺動歯車の径方向外方から見た図である。(b)は、揺動凹歯を揺動歯車の回転中心軸方向から見た図である。

【図 5】第一実施形態における処理を示すフローチャートである。

【図 6】揺動歯車の揺動凹歯と凸歯ピン(凸歯)との相対的な動作を示す図である。(a1)は、凸歯ピンが揺動凹歯に噛み合う前の状態の両者の相対位置における揺動歯車の回転中心軸方向から見た図である。(a2)は、(a1)の右側から見た図である。(b1)は、凸歯ピンが揺動凹歯に噛み合っている状態の両者の相対位置における揺動歯車の回転中心軸方向から見た図である。(b2)は、(b1)の右側から見た図である。(c1)は、凸歯ピンが揺動凹歯に対して噛み合い状態から離れた時の状態の両者の相対位置における揺動歯車の回転中心軸方向から見た図である。(c2)は、(c1)の右側から見た図である。図 5 において、凸歯ピンの基準軸(凸歯ピンの長手方向の一点鎖線)および凸歯ピンの中心位置(黒丸)を示す。

20

【図 7】(a)は、揺動歯車の回転中心軸方向から見た場合における、揺動歯車に対する凸歯ピンの基準軸および凸歯ピンの中心位置の動作軌跡を示す図である。(b)揺動歯車の径方向から見た場合における、揺動歯車に対する凸歯ピンの基準軸および凸歯ピンの中心位置の動作軌跡を示す図である。丸の中の数字は、軸番号に一致する。

30

【図 8】トロイダル砥石(円盤状工具)を示す図である。(a)は、トロイダル砥石を当該回転軸方向から見た図であり、(b)は、径方向から見た図である。

【図 9】加工工具としての回転ベルト砥石を示し、(a)は、回転ベルト砥石の回転軸方向から見た図であり、(b)は、(a)の A - A 断面図である。

【図 10】第一実施形態において、必要とする工作機械の軸構成を説明する図である。(a)は第二直動軸および第三直動軸に平行な平面における工作機械の軸構成を示し、(b)は、第一直動軸および第二直動軸に平行な平面における工作機械の軸構成を示す。丸の中の数字は、軸番号に一致する。

40

【図 11】第二実施形態において、第四回転軸の動作を第六割出軸と第三直動軸に分解する場合の説明図である。つまり、凸歯ピンの中心位置を第三直動軸の上に移動させる場合の図である。

【図 12】第三実施形態において、第四回転軸の動作を第六割出軸と第二直動軸に分解する場合の説明図である。つまり、凸歯ピンの中心位置を第二直動軸の上に移動させる場合の図である。

【図 13】第四実施形態において、第二直動軸の動作を第一直動軸と第三直動軸に分解する場合の概念説明図である。(a)は、第二直動軸と第三直動軸を通る平面における図である。(b)は、第一直動軸と第二直動軸を通る平面における図である。

【図 14】第四実施形態において、(a)は、第二直動軸と第三直動軸を通る平面にお

50

る凸歯ピンの中心位置を成分分解する場合の図であり、(b)は、第一直動軸と第二直動軸を通る平面における凸歯ピンの中心位置を成分分解する場合の図である。

【図15】第四実施形態において、必要とする工作機械の軸構成を説明する図である。(a)は第二直動軸および第三直動軸に平行な平面における工作機械の軸構成を示し、(b)は、第一直動軸および第二直動軸に平行な平面における工作機械の軸構成を示す。丸の中の数字は、軸番号に一致する。

【図16】第五実施形態において、第三直動軸の動作を第一直動軸と第二直動軸に分解する場合の概念説明図である。(a)は、第二直動軸と第三直動軸を通る平面における図である。(b)は、第一直動軸と第二直動軸を通る平面における図である。

【図17】第五実施形態において、(a)は、第二直動軸と第三直動軸を通る平面における凸歯ピンの中心位置を成分分解する場合の図であり、(b)は、第一直動軸と第二直動軸を通る平面における凸歯ピンの中心位置を成分分解する場合の図である。

【図18】第五実施形態において、必要とする工作機械の軸構成を説明する図である。(a)は第二直動軸および第三直動軸に平行な平面における工作機械の軸構成を示し、(b)は、第一直動軸および第二直動軸に平行な平面における工作機械の軸構成を示す。丸の中の数字は、軸番号に一致する。

【図19】第六実施形態において、第一直動軸と第二直動軸に平行な平面において、トロイダル砥石の回転軸の移動を示す図である。

【図20】第六実施形態において、トロイダル砥石を揺動凹歯の歯溝方向に対して1箇所の切り込み位置にて切り込み動作を行った場合における揺動凹歯の加工形状を示す図である。(a)は、揺動歯車の回転中心軸方向から見た図であり、(b)は、(a)の右側から見た図である。

【図21】第六実施形態において、トロイダル砥石を揺動凹歯の歯溝方向に対して3箇所の切り込み位置にて切り込み動作を行う場合の説明図である。

【図22】第六実施形態における処理を示すフローチャートである。

【図23】第七実施形態において、交差軸を有する揺動歯車により構成される動力伝達装置の断面図である。(a)は凸歯ピンが入力軸本体に対して別体に形成されている場合を示し、(b)は凸歯ピンが入力軸本体に対して一体に形成されている場合を示す。

【図24】その他の変形態様における凸歯を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の揺動歯車の加工方法および加工装置を具体化した実施形態について図面を参照しつつ説明する。ここで、揺動歯車の回転中心軸と相手歯車の回転中心軸とが交差する場合における揺動歯車と相手歯車との関係を2組有するものが、揺動歯車装置となる。本実施形態においては、揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置を例に挙げて説明する。なお、以下の説明において、固定軸12および出力軸13が本発明の「相手歯車」に相当する。

【0033】

<第一実施形態：6軸構成(3直動軸、3回転軸)>

第一実施形態の揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置について、図1～図10を参照して説明する。本実施形態における加工装置は、3つの直交する直動軸と、3つの回転軸を有する6軸構成の場合を示している。

【0034】

(1)揺動型歯車装置の構成

本発明の加工対象である揺動歯車が用いられる揺動型歯車装置の構成について、図1～図4を参照して説明する。ここで、図1(a)は、凸歯ピン12b, 13bが、固定軸本体12aおよび出力軸本体13aに対して別体形成されている場合を示し、図1(b)は、凸歯ピン12b, 13bが、固定軸本体12aおよび出力軸本体13aに対して一体形成されている場合を示す。なお、以下において、主として図1(a)を参照して説明し、図1(b)については、図1(a)と相違する点のみについて説明する。

【0035】

揺動型歯車装置は、減速機として用いられ、非常に大きな減速比を得ることができる減速機として注目されている。この揺動型歯車装置は、図1(a)に示すように、主として、入力軸11と、固定軸12(本発明の「相手歯車」に相当)と、出力軸13(本発明の「相手歯車」に相当)と、外輪14と、内輪15(本発明の「揺動歯車」に相当)と、転動体16とを備えている。

【0036】

入力軸11は、モータ(図示せず)のロータを構成し、モータが駆動することで回転する軸である。この入力軸は、円筒状をなしており、回転中心軸A(図1(a)に示す)の回りに回転する。入力軸11の内周面には、傾斜面11aが形成されている。この傾斜面11aは、回転中心軸Aに対して僅かな角度だけ傾斜した軸線Bを中心軸とする円筒内周面である。

10

【0037】

固定軸12(本発明の「相手歯車」に相当する)は、図示しないハウジングに固定されている。固定軸12は、固定軸本体12aと、複数の凸歯ピン12bとから構成される。固定軸本体12a(本発明の「相手歯車本体」に相当する)は、軸線Aを回転中心軸とする円筒状の部材である。凸歯ピン12b(本発明の「相手歯車の凸歯」に相当する)は、固定軸本体12aの軸方向端面に、回転中心軸Aの周方向に等間隔に複数(G1)個支持されている。そして、それぞれの凸歯ピン12bは、円柱状または円筒状に形成されており、当該凸歯ピン12bが放射状に配置されるようにその両端を固定軸本体12aに支持されている。さらに、それぞれの凸歯ピン12bは、凸歯ピン12bの軸方向(基準軸方向)で、かつ、固定軸本体12aの径方向の軸を中心として回転可能となるように、固定軸本体12aに支持されている。さらに、凸歯ピン12bの一部は、固定軸本体12aの軸方向端面から突出している。つまり、固定軸12は、歯数Z1の凸歯を有する歯車として機能する。

20

【0038】

また、上記説明においては、図1(a)および図2(a)に示すように、固定軸12の凸歯ピン12bは、固定軸本体12aに対して別体形成し、固定軸本体12aに支持されるようにした。この他に、図1(b)および図2(b)に示すように、凸歯ピン12bを、固定軸本体12aに一体形成することもできる。この場合、一体形成した凸歯ピン12bは、別体形成された場合における凸歯ピン12bの固定軸本体12aの軸方向端面から突出している部分と同様に、固定軸本体12aに相当する部分の軸方向端面から突出している。

30

【0039】

出力軸13(本発明の「相手歯車」に相当する)は、図示しないハウジングに対して回転中心軸Aの回りに回転可能に支持され、図示しない出力部材に連結されている。出力軸13は、出力軸本体13aと、複数の凸歯ピン13bとから構成される。出力軸本体13a(本発明の「相手歯車本体」に相当する)は、軸線Aを回転中心軸とする円筒状の部材である。つまり、出力軸本体13aは、入力軸11および固定軸本体12aと同軸状に設けられている。

40

【0040】

凸歯ピン13b(本発明の「相手歯車の凸歯」に相当する)は、出力軸本体13aの軸方向端面に、回転中心軸Aの周方向に等間隔に複数(G4)個支持されている。そして、それぞれの凸歯ピン13bは、円柱状または円筒状に形成されており、当該凸歯ピン13bが放射状に配置されるようにその両端を出力軸本体13aに支持されている。さらに、それぞれの凸歯ピン13bは、凸歯ピン13bの軸方向(基準軸方向)で、かつ、出力軸本体13aの径方向の軸を中心として回転可能となるように、出力軸本体13aに支持されている。さらに、出力軸本体13aのうち凸歯ピン13bを支持する軸方向端面は、固定軸本体12aのうち凸歯ピン12bを支持する軸方向端面に対して、軸方向所定距離だけ離隔して対向するように設けられている。さらに、凸歯ピン13bの一部は、出力軸本

50

体 1 3 a の軸方向端面から突出している。つまり、出力軸 1 3 は、歯数 Z 4 の凸歯を有する歯車として機能する。

【 0 0 4 1 】

また、上記説明においては、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b は、出力軸本体 1 3 a に対して別体形成し、出力軸本体 1 3 a に支持されるようにした。この他に、図 1 (b) および図 2 (b) に相当するように、凸歯ピン 1 3 b を、出力軸本体 1 3 a に一体形成することもできる。この場合、一体形成した凸歯ピン 1 3 b は、別体形成された場合における凸歯ピン 1 3 b の出力軸本体 1 3 a の軸方向端面から突出している部分と同様に、出力軸本体 1 3 a に相当する部分の軸方向端面から突出している。

【 0 0 4 2 】

外輪 1 4 は、内周面に軌道面を有する円筒状に形成されている。この外輪 1 4 は、入力軸 1 1 の傾斜面 1 1 a に圧入嵌合されている。つまり、外輪 1 4 は、入力軸 1 1 と一体的となり、回転中心軸 B の回りに回転可能となる。

【 0 0 4 3 】

内輪 1 5 (本発明の「揺動歯車」に相当する) は、ほぼ円筒状に形成されている。この内輪 1 5 の外周面には、転動面 1 5 a が形成されている。さらに、内輪 1 5 の軸方向一方 (図 1 (a) の右側) の端面には、周方向に等間隔に複数 (G 2) 個の揺動凹歯 1 5 b が形成されている。また、内輪 1 5 の軸方向他方 (図 1 (a) の左側) の端面には、周方向に等間隔に複数 (G 3) 個の揺動凹歯 1 5 c が形成されている。

【 0 0 4 4 】

この内輪 1 5 は、外輪 1 4 の径方向内方に離隔して配置され、複数の転動体 (球体) 1 6 を挟んでいる。つまり、内輪 1 5 は、回転中心軸 A に対して傾斜した回転中心軸 B を有する。従って、内輪 1 5 は、入力軸 1 1 に対して、回転中心軸 B の回りに回転可能となる。さらに、内輪 1 5 は、モータ駆動により入力軸 1 1 が回転中心軸 A の回りに回転することに伴って、回転中心軸 A の回りに回転可能となる。

【 0 0 4 5 】

さらに、内輪 1 5 は、固定軸 1 2 と出力軸 1 3 との軸方向の間に配置されている。具体的には、内輪 1 5 は、固定軸本体 1 2 a のうち凸歯ピン 1 2 b を支持する軸方向端面と、出力軸本体 1 3 a のうち凸歯ピン 1 3 b を支持する軸方向端面との間に配置されている。そして、内輪 1 5 の一方の揺動凹歯 1 5 b は、固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b に噛合する。また、内輪 1 5 の他方の揺動凹歯 1 5 c は、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b に噛合する。

【 0 0 4 6 】

そして、内輪 1 5 は、固定軸 1 2 に対して回転中心軸 A の回りに揺動するため、内輪 1 5 の一方の揺動凹歯 1 5 b の一部 (図 1 (a) の上側の部分) は、固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b に噛合しているが、当該一方の揺動凹歯 1 5 b の他の一部 (図 1 (a) の下側の部分) は、固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b から離間している。また、内輪 1 5 は、出力軸 1 3 に対して回転中心軸 A の回りに揺動するため、内輪 1 5 の他方の揺動凹歯 1 5 c の一部 (図 1 (a) の下側の部分) は、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b に噛合しているが、当該他方の揺動凹歯 1 5 c の他の一部 (図 1 (a) の上側の部分) は、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b から離間している。

【 0 0 4 7 】

そして、例えば、固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b の歯数 Z 1 が、内輪 1 5 の一方の揺動凹歯 1 5 b の歯数 Z 2 より少なく設定されており、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b の歯数 Z 4 と内輪 1 5 の他方の揺動凹歯 1 5 c の歯数 Z 3 とが同一に設定されている。これにより、入力軸 1 1 の回転に対して、出力軸 1 3 は減速 (差動回転) することになる。つまり、この例では、内輪 1 5 と固定軸 1 2 との間で差動回転がされるのに対して、内輪 1 5 と出力軸 1 3 との間では差動回転がされない。ただし、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b の歯数 Z 4 と内輪 1 5 の他方の揺動凹歯 1 5 c の歯数 Z 3 とを異なるように設定することで、両者の間に差動回転が生じるようにすることもできる。これらは適宜、減速比に応じて設定可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

図 1 (a) に示す揺動型歯車装置において、差動回転を生じる固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b と内輪 1 5 の一方の揺動凹歯 1 5 b との噛合部分は、図 2 (a) に示すようになる。また、図 1 (b) に示す揺動型歯車装置において、差動回転を生じる固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b と内輪 1 5 の一方の揺動凹歯 1 5 b との噛合部分は、図 2 (b) に示すようになる。ここで、図 2 (a) は、固定軸 1 2 における凸歯ピン 1 2 b が、固定軸本体 1 2 a に対して別体形成されている場合を示す。図 2 (b) は、固定軸 1 2 における凸歯ピン 1 2 b が、固定軸本体 1 2 a に一体形成されている場合を示す。図 2 (a) (b) のどちらの場合も、本実施形態を適用できる。なお、出力軸 1 3 と内輪 1 5 との間で差動回転を生じる場合には、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b と内輪 1 5 の他方の揺動凹歯 1 5 c との噛合部分についても、図 2 (a) (b) と同様となる。そして、以下の説明においては、固定軸 1 2 と揺動歯車 1 5 との噛合部分のみについて説明する。

10

【 0 0 4 9 】

ここで、揺動凹歯 1 5 b は、図 3 および図 4 に示すような形状となる。つまり、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向に直交する方向の断面形状は、全体的には、図 2 および図 4 (a) に示すように、ほぼ半円弧凹状をなしている。詳細には、当該断面形状は、円弧凹状の開口縁部分が垂れた形状をなしている。さらに、揺動凹歯 1 5 b は、図 3 および図 4 (b) に示すように、歯溝方向の両端側に向かって溝幅が広がるような形状をなしている。これは、凸歯ピン 1 2 b の歯数 Z_1 と揺動凹歯 1 5 b の歯数 Z_2 とが相違するためである。

20

【 0 0 5 0 】

(2) 揺動歯車の加工方法および加工装置

(2 . 1) 揺動歯車の加工方法の基本概念

次に、上述した揺動型歯車装置における内輪 1 5 (以下、「揺動歯車」と称する) の揺動凹歯 1 5 b の加工方法について説明する。なお、揺動歯車 1 5 の揺動凹歯 1 5 c の加工方法についても同様である。まず、加工方法の処理手順について、図 5 を参照して説明する。図 5 に示すように、揺動歯車 1 5 および凸歯ピン 1 2 b の三次元 C A D のモデルまたは数式モデルを生成する (S 1) 。このモデルは、揺動歯車 1 5 と固定軸 1 2 とが差動回転する動作モデルである。

【 0 0 5 1 】

続いて、両者が差動回転する際における、揺動凹歯 1 5 b に対する凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡を抽出する (S 2) (本発明の「軌跡抽出工程」、「軌跡抽出手段」に相当する) 。この相対動作軌跡の抽出に際しては、揺動凹歯 1 5 b を固定したと考えて、凸歯ピン 1 2 b が揺動凹歯 1 5 b に対して移動するとして、凸歯ピン 1 2 b の動作軌跡を抽出する。そして、この凸歯ピン 1 2 b の動作軌跡には、凸歯ピン 1 2 b の中心軸 1 2 X (以下、「基準軸」と称する) 、および、凸歯ピン 1 2 b の中心軸方向の中心の点 1 2 C (以下、「ピン中心点」と称する) の動作軌跡が含まれる。なお、凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X とは、凸歯ピン 1 2 b の歯厚中心面と基準円錐面との交線に平行な軸に相当する。

30

【 0 0 5 2 】

続いて、抽出された揺動歯車 1 5 に対する凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡を座標変換することにより、加工工具の動作軌跡である N C プログラムを生成する (S 3) (本発明の「座標変換工程」、「座標変換手段」に相当する) 。この N C プログラムは、ワーク座標系における揺動凹歯 1 5 b を加工するための加工工具の動作軌跡に相当する。この詳細は、後述する。

40

【 0 0 5 3 】

続いて、生成された N C プログラムに基づいて、円盤状ワークおよび加工工具の少なくとも一方を移動させる (S 4) (本発明の「加工工程」、「加工手段」に相当する) 。つまり、円盤状ワークに対する加工工具の相対動作軌跡がステップ S 2 において抽出された凸歯ピン 1 2 b の動作軌跡に一致するように、円盤状ワークおよび加工工具の少なくとも一方を移動させる。ここで、円盤状ワークとは、揺動凹歯 1 5 b の加工前における揺動歯車 1 5 の形状をなす材料である。

50

【 0 0 5 4 】

以下、軌跡抽出工程と、座標変換工程および加工工程について詳細に説明する。

（ 2 . 2 ）軌跡抽出工程（軌跡抽出手段）

軌跡抽出工程について、図 6（ a 1 ）（ a 2 ）（ b 1 ）（ b 2 ）（ c 1 ）（ c 2 ）を参照して説明する。図 6 の各図において、凸歯ピン 1 2 b の形状は、図 2（ a ）（ b ）にて示す固定軸 1 2 の固定軸本体 1 2 a に対して突出している凸歯ピン 1 2 b の部分のみについて示す。つまり、図 6 の各図においては、凸歯ピン 1 2 b は、図 2（ a ）（ b ）に示す凸歯ピン 1 2 b の共通する部分を示している。

【 0 0 5 5 】

凸歯ピン 1 2 b が揺動凹歯 1 5 b に噛み合う前の状態では、図 6（ a 1 ）に示すように、揺動歯車 1 5 の回転中心軸方向（図 1（ a ）（ b ）の「 B 」）から見た場合には、凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X は、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X に対して図 6（ a 1 ）の右側に傾斜している。さらに、図 6（ a 2 ）に示すように、揺動凹歯 1 5 b の基準円錐面の接面のうち歯溝方向 1 5 X に直交する方向から見た場合には、凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X は、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X に対して図 6（ a 2 ）の左側に傾斜している。そして、両図において、凸歯ピン 1 2 b のピン中心点 1 2 C は、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X からずれた位置に位置している。

10

【 0 0 5 6 】

次に、凸歯ピン 1 2 b が揺動凹歯 1 5 b に噛み合っている状態では、図 6（ b 1 ）（ b 2 ）に示すように、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X と凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X とが一致している。当然に、凸歯ピン 1 2 b のピン中心点 1 2 C も、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X に一致している。

20

【 0 0 5 7 】

次に、凸歯ピン 1 2 b が揺動凹歯 1 5 b に対して噛み合い状態から離れた時の状態では、図 6（ c 1 ）に示すように、揺動歯車 1 5 の回転中心軸方向（図 1（ a ）（ b ）の「 B 」）から見た場合には、凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X は、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X に対して図 6（ c 1 ）の左側に傾斜している。さらに、図 6（ c 2 ）に示すように、揺動凹歯 1 5 b の基準円錐面の接面のうち歯溝方向 1 5 X に直交する方向から見た場合には、凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X は、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X に対して図 6（ c 2 ）の左側に傾斜している。そして、両図において、凸歯ピン 1 2 b のピン中心点 1 2 C は、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向 1 5 X からずれた位置に位置している。

30

【 0 0 5 8 】

つまり、凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X の動作軌跡およびピン中心点 1 2 C の動作軌跡は、図 7 に示すようなものになる。この基準軸 1 2 X の動作軌跡は、第一直動軸、第二直動軸、第三直動軸、第四回転軸、第五回転軸および第六割出軸に分解して表すことができる。ここで、図 7 および以下の図において、の中の数字が、当該各軸の番号に一致する。例えば、の中の数字が「 1 」で示される軸は、第一直動軸となる。

【 0 0 5 9 】

つまり、第一直動軸とは、凸歯ピン 1 2 b の基準位置（所定位置）を、円盤状ワーク（揺動歯車 1 5 ）の凹歯形成面（本実施形態においては「軸方向端面」である）に接する面に直交する方向に移動させる軸である。第二直動軸とは、凸歯ピン 1 2 b の基準位置を、円盤状ワーク（揺動歯車 1 5 ）の凹歯形成面に接する面上であって、揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向に移動させる軸である。第三直動軸とは、凸歯ピン 1 2 b の基準位置を、円盤状ワーク（揺動歯車 1 5 ）の凹歯形成面に接する面上であって、第二直動軸に直交する方向に移動させる軸である。

40

【 0 0 6 0 】

第四回転軸とは、凸歯ピン 1 2 b の基準位置を第一直動軸の回りに回転させる軸である。第五回転軸とは、凸歯ピン 1 2 b の基準位置を第三直動軸の回りに回転させる軸である。ここで示す第四回転軸および第五回転軸は、凸歯ピン 1 2 b のピン中心点 1 2 C を中心に回転する軸である。第六割出軸とは、揺動歯車 1 5 の回転中心軸 B（図 1（ a ）（ b ）

50

に示す)に一致し揺動歯車15の回転位相を割り出す軸である。

【0061】

(2.3)座標変換工程(座標変換手段)

ここで、本実施形態における工作機械は、第一～第六の軸を有する機械構成を対象としている。つまり、本実施形態におけるNCプログラムは、上述した凸歯ピン12bの動作軌跡と同様に、3つの直動軸と3つの回転軸とにより表されている。つまり、当該座標変換工程においては、凸歯ピン12bの動作軌跡と実質的に同様の動作を行うように、3つの直動軸と3つの回転軸とを含むNCプログラムが生成される。

【0062】

(2.4)加工工程(加工手段)

本実施形態における、加工工具としては、凸歯ピン12bの外周形状を表現することができる工具であれば何でもよい。第一の加工工具としては、凸歯ピン12bの外周形状に一致または小さく相似する円柱状のピン形状の工具であって、ピン中心軸回りに回転する工具である。また、第二の加工工具としては、図8(a)(b)に示すようなトロイダル砥石30である。トロイダル砥石30は、図8(a)に示すような円盤状工具であって、その外周縁形状が例えば図8(b)に示すような円弧凸状をなしている。このトロイダル砥石30の図8(b)に示す幅は、凸歯ピン12bの直径以下とする。このトロイダル砥石30の中心軸を凹歯15bの歯溝方向にずらした複数箇所にて切り込む動作により、トロイダル砥石30により凸歯ピン12bを擬似的に表現する。また、図9に示すような回転するベルト状の工具を用いることもできる。このベルト状の工具とは、図9に示すように、回転方向に直線部を有する。そして、この直線部の外周側の形状が、凸歯ピン12bの外周形状の一部に一致または相似する。

【0063】

そして、当該加工工程では、座標変換工程にて座標変換されたNCプログラムに基づいて加工が行われる。つまり、図10に示すように、第一直動軸、第二直動軸、第三直動軸、第四回転軸(ピン中心点12C回り)、第五回転軸(ピン中心点12C回り)および第六割出軸(揺動歯車15の回転中心軸Bの回り)からなる6つの軸により、円盤状ワークと加工工具とを相対的に移動させることにより揺動凹歯15bが加工される。つまり、加工工具がピン形状の加工工具の場合には、当該ピン形状の加工工具を、凸歯ピン12bと同様の動作を行うように移動させている。また、回転ベルト状の工具の場合には、当該工具の直線部をピン形状の加工工具と同様の動作をさせることになる。なお、トロイダル砥石30の場合についての動作は、後述する他の実施形態において詳細に説明する。

【0064】

(3)第一実施形態の効果

本実施形態によれば、6軸構成のNC工作機械を用いて、揺動歯車15の揺動凹歯15bを加工することが可能となる。つまり、揺動歯車15の外径が異なる場合や、揺動凹歯15bの形状が異なる場合にも、同一のNC工作機械で揺動凹歯15bを加工することができる。

【0065】

また、揺動歯車15は、相手歯車(固定軸12または出力軸13)に対して交差軸を中心として回転する揺動歯車である。このような構成であるため、両者の歯車の噛み合い率は高くなる。そのため、小型化、高強度化および静粛性を図ることが可能となる。一方で、良好な歯当たりを実現するためには、非常に高い精度の歯面形状を形成する必要がある。歯面形状の加工が容易ではないという問題がある。これに対して、本実施形態の加工方法を適用することにより、交差軸を有する揺動歯車15の揺動凹歯15b、15cを、容易にかつ高精度に形成することができる。その結果、従来と同程度の精度にする場合には加工コストを低減することができる。

【0066】

ここで、凸歯ピン12bの歯数Z1と揺動凹歯15bとの歯数Z2が異なるため、固定軸12と揺動歯車15とが確実に差動回転可能な構成となる。そして、両者の歯数が異な

10

20

30

40

50

るため、図2～図4に示すように、揺動凹歯15bの形状が非常に複雑な形状となる。

【0067】

さらに、凸歯ピン12bの基準軸直交方向の断面形状を円弧状にしている。このようにすることで、固定軸12と揺動歯車15とは非常に滑らかに差動回転することが可能となる。その一方で、揺動歯車15の揺動凹歯15bの加工が複雑となる。凸歯ピン12bの基準軸直交方向の断面形状を円弧状であるため、揺動凹歯15bは、全体的には円弧凹状に近似した断面形状からなり、詳細には円弧凹状の開口縁部分が垂れた断面形状を有する。このように、揺動凹歯15bが複雑な形状であっても、本実施形態によれば、確実に高精度に加工することができる。その結果、低コストで高性能な揺動歯車15を形成することができる。

10

【0068】

また、揺動歯車15と固定軸12との相対的な動きは、三次元的な複雑な動きであるが、凸歯ピン12bの基準軸12Xを用いることで、確実に凸歯ピン12bの相対動作軌跡を把握することができる。

【0069】

また、加工工具を凸歯ピン12bに一致または相似する形状とした場合には、加工工具の動作を凸歯ピン12bと実質的に同様の動作とすることで、最適な揺動凹歯15bを形成することができる。加工工具として、回転ベルト状の工具を用いた場合にも同様である。

【0070】

また、凸歯ピン12bの相対動作軌跡をワーク座標系における加工工具の動作に変換している。本実施形態においては、凸歯ピン12bの動作とピン形状からなる加工工具の動作とが実質的に一致するようにしている。従って、軌跡抽出工程にて抽出された凸歯ピン12bの動作軌跡とNCプログラムとは、実質的に大きく異なるものではない。ただし、加工工具の種類に応じて、軌跡抽出工程において抽出される相対動作軌跡とワーク座標系からなる加工工具の動作軌跡とは相違することがある。つまり、座標変換工程を設けることにより、加工工具の種類に応じたNCプログラムの生成が可能となる。この点は、特に他の実施形態に有効である。

20

【0071】

<第二実施形態：5軸構成（3直動軸、2回転軸）（第四回転軸削除の第1例）>

第二実施形態の揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置について、図11を参照して説明する。本実施形態における加工装置は、3つの直交する直動軸と、2つの回転軸を有する5軸構成の場合を示している。第一実施形態における第四回転軸を削除している。具体的には、第一実施形態にて説明した第四回転軸の動作を第六割出軸と第三直動軸に分解している。

30

【0072】

ここで、本実施形態において、第一実施形態における「モデルの生成」(S1)および「軌跡抽出工程」(S2)は同一である。つまり、軌跡抽出工程において抽出された凸歯ピン12bの動作軌跡は、3つの直動軸と3つの回転軸とにより表されている。

【0073】

続いて、座標変換工程において、まず、第四回転軸の動作を第六割出軸と第三直動軸に分解して、第四回転軸の動作を削除する処理を行っている。ここで、第四回転軸は、第六割出軸に平行な軸の回りに回転する軸である。そこで、図11に示すように、第四回転軸の中心、すなわち凸歯ピン12bのピン中心点12Cを、第六割出軸の回転中心（揺動歯車15の回転中心軸B）に一致させるようにする。このとき、凸歯ピン12bのピン中心点12Cを移動させる際に、凸歯ピン12bの基準軸12X上としている。つまり、凸歯ピン12bの歯長さを無限長と考えて、移動させた第四回転軸の回転中心は、第三直動軸上を移動するようにしている。このように第四回転軸を、第六割出軸と第三直動軸とに分解することで、第四回転軸の動作を削除することができる。結果として、凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、3つの直動軸と2つの回転軸とにより表されることになる。

40

50

【 0 0 7 4 】

さらに続けて、座標変換工程にて、算出された第一直動軸、第二直動軸および第三直動軸の3つの直動軸と、第五回転軸および第六割出軸の2つの回転軸の動作軌跡に基づいて、3つの直動軸と2つの回転軸とにより表されるNCプログラムを生成する。なお、本実施形態における工作機械は、第一～第三，第五，第六の軸を有する機械構成を対象としている。

【 0 0 7 5 】

続いて、加工工程において、加工工具としては、第一実施形態と同様に、凸歯ピン12bの外周形状に一致するピン形状の工具を対象として考える。そして、当該加工工程では、座標変換工程にて座標変換された5軸構成のNCプログラムに基づいて加工が行われる。つまり、図11に示すように、第一直動軸、第二直動軸、第三直動軸、第五回転軸（ピン中心点12C回り）および第六割出軸（揺動歯車15の回転中心軸Bの回り）からなる5つの軸により、円盤状ワークと加工工具とを相対的に移動させることにより揺動凹歯15bが加工される。

10

【 0 0 7 6 】

このように、本実施形態によれば、第四回転軸の動作を省略して、5つの軸によって加工ができる。従って、揺動凹歯15bを加工できる工作機械の構成軸数を削減できるため、工作機械の低コスト化を図ることができる。

【 0 0 7 7 】

< 第三実施形態：5軸構成（3直動軸、2回転軸）（第四回転軸削除の第2例） >

20

第三実施形態の揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置について、図12を参照して説明する。本実施形態における加工装置は、3つの直交する直動軸と、2つの回転軸を有する5軸構成の場合を示している。第一実施形態における第四回転軸を削除している。具体的には、第一実施形態にて説明した第四回転軸の動作を第六割出軸と第二直動軸に分解している。

【 0 0 7 8 】

ここで、本実施形態において、第一実施形態における「三次元CADのモデルの生成」（S1）および「軌跡抽出工程」（S2）は同一である。つまり、軌跡抽出工程において抽出された凸歯ピン12bの動作軌跡は、3つの直動軸と3つの回転軸とにより表されている。

30

【 0 0 7 9 】

続いて、座標変換工程において、まず、第四回転軸の動作を第六割出軸と第二直動軸に分解して、第四回転軸の動作を削除する処理を行っている。ここで、第四回転軸は、第二実施形態においても説明したように、第六割出軸に平行な軸の回りに回転する軸である。そこで、図12に示すように、第四回転軸の中心、すなわち凸歯ピン12bのピン中心点12Cを、第六割出軸の回転中心（揺動歯車15の回転中心軸B）に一致させるようにする。このとき、凸歯ピン12bのピン中心点12Cを移動させる際に、凸歯ピン12bの基準軸12X上としている。つまり、移動させた第四回転軸の回転中心は、第二直動軸上を移動するようにしている。このように第四回転軸を、第六割出軸と第二直動軸とに分解することで、第四回転軸の動作を削除することができる。結果として、凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、3つの直動軸と2つの回転軸とにより表されることになる。

40

【 0 0 8 0 】

さらに続けて、座標変換工程にて、算出された第一直動軸、第二直動軸および第三直動軸の3つの直動軸と、第五回転軸および第六割出軸の2つの回転軸の動作軌跡に基づいて、3つの直動軸と2つの回転軸とにより表されるNCプログラムを生成する。なお、本実施形態における工作機械は、第一～第三，第五，第六の軸を有する機械構成を対象としている。

【 0 0 8 1 】

続いて、加工工程において、加工工具としては、第一実施形態と同様に、凸歯ピン12bの外周形状に一致するピン形状の工具を対象として考える。そして、当該加工工程では

50

、座標変換工程にて座標変換された5軸構成のNCプログラムに基づいて加工が行われる。つまり、図12に示すように、第一直動軸、第二直動軸、第三直動軸、第五回転軸（ピン中心点12C回り）および第六割出軸（揺動歯車15の回転中心軸Bの回り）からなる5つの軸により、円盤状ワークと加工工具とを相対的に移動させることにより揺動凹歯15bが加工される。

【0082】

このように、本実施形態によれば、第四回転軸の動作を省略して、5つの軸によって加工ができる。従って、揺動凹歯15bを加工できる工作機械の構成軸数を削減できるため、工作機械の低コスト化を図ることができる。

【0083】

<第四実施形態：4軸構成（2直動軸、2回転軸）（第二直動軸、第四回転軸削除）>
第四実施形態の揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置について、図11、図13～図15を参照して説明する。本実施形態における加工装置は、2つの直交する直動軸と、2つの回転軸を有する4軸構成の場合を示している。第一実施形態における第四回転軸と第二直動軸を削除している。具体的には、第一実施形態にて説明した第四回転軸の動作を第六割出軸と第三直動軸に分解し、第二直動軸を第一直動軸と第三直動軸に分解している。

【0084】

ここで、本実施形態において、第一実施形態における「モデルの生成」（S1）および「軌跡抽出工程」（S2）は同一である。つまり、軌跡抽出工程において抽出された凸歯ピン12bの動作軌跡は、3つの直動軸と3つの回転軸とにより表されている。

【0085】

続いて、座標変換工程において、まず、第二実施形態にて説明したように、図11に示すように、軌跡抽出工程において、第四回転軸の動作を第六割出軸と第三直動軸に分解して、第四回転軸の動作を削除する処理を行っている。つまり、この時点において、凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、3つの直動軸と2つの回転軸とにより表されることになる。

【0086】

さらに、本実施形態では、座標変換工程において、第二直動軸の動作を削除する処理を行っている。この処理の概要について図13(a)(b)を参照して説明する。図13(a)(b)に示すように、凸歯ピン12bの歯長さを無限長と考えると、凸歯ピン12bのピン中心点12Cを、凸歯ピン12bの基準軸12X上で移動させる。さらに、凸歯ピン12bのピン中心点12Cを、第一直動軸と第三直動軸とを通る平面上に移動させる。この点についての詳細は、図14(a)(b)に示すようになる。それぞれのピン中心点12Cは、それぞれ第一直動軸と第三直動軸とを通る平面上に移動させる。このように、第二直動軸の動作を第一直動軸と第三直動軸とに分解することで、第二直動軸の動作を削除することができる。

【0087】

なお、上記においては、説明の容易化のために、まず第四回転軸を削除して、その後第二直動軸を削除する処理方法について説明したが、両者の削除処理を逆に行うこともでき、同一の結果を得ることができる。また、処理としては、第四回転軸の削除処理と、第二直動軸の削除処理とを同時に行うこともできる。

【0088】

従って、本実施形態においては、凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、第一実施形態に対して第四回転軸と第二直動軸が削除されている。つまり、最終的に得られる凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、図15(a)(b)に示すように、第一直動軸および第三直動軸の2つの直動軸と、第五回転軸および第六割出軸の2つの回転軸とにより表されることになる。

【0089】

さらに続けて、座標変換工程にて、算出された第一直動軸および第三直動軸の2つの直動軸と、第五回転軸および第六割出軸の2つの回転軸の動作軌跡に基づいて、2つの直動

10

20

30

40

50

軸と2つの回転軸とにより表されるNCプログラムを生成する。なお、本実施形態における工作機械は、第一、第三、第五、第六の軸を有する機械構成を対象としている。

【0090】

続いて、加工工程において、加工工具としては、第一実施形態と同様に、凸歯ピン12bの外周形状に一致するピン形状の工具を対象として考える。そして、当該加工工程では、座標変換工程にて座標変換された4軸構成のNCプログラムに基づいて加工が行われる。つまり、図15に示すように、第一直動軸、第三直動軸、第五回転軸（ピン中心点12C回り）および第六割出軸（揺動歯車15の回転中心軸Bの回り）からなる4つの軸により、円盤状ワークと加工工具とを相対的に移動させることにより揺動凹歯15bが加工される。

10

【0091】

このように、本実施形態によれば、第四回転軸の動作および第二直動軸の動作を省略して、4つの軸によって加工ができる。従って、揺動凹歯15bを加工できる工作機械の構成軸数を削減できるため、工作機械の低コスト化を図ることができる。

【0092】

<第五実施形態：4軸構成（2直動軸、2回転軸）（第三直動軸、第四回転軸削除）>
第五実施形態の揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置について、図12、図16～図18を参照して説明する。本実施形態における加工装置は、2つの直交する直動軸と、2つの回転軸を有する4軸構成の場合を示している。第一実施形態における第四回転軸と第三直動軸を削除している。具体的には、第一実施形態にて説明した第四回転軸の動作を第六割出軸と第二直動軸に分解し、第三直動軸を第一直動軸と第二直動軸に分解している。

20

【0093】

ここで、本実施形態において、第一実施形態における「モデルの生成」（S1）および「軌跡抽出工程」（S2）は同一である。つまり、軌跡抽出工程において抽出された凸歯ピン12bの動作軌跡は、3つの直動軸と3つの回転軸とにより表されている。

【0094】

続いて、座標変換工程において、まず、第三実施形態にて説明したように、図12に示すように、軌跡抽出工程において、第四回転軸の動作を第六割出軸と第二直動軸に分解して、第四回転軸の動作を削除する処理を行っている。つまり、この時点において、凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、3つの直動軸と2つの回転軸とにより表されることになる。

30

【0095】

さらに、本実施形態では、座標変換工程において、第三直動軸の動作を削除する処理を行っている。この処理の概要について図16(a)(b)を参照して説明する。図16(a)(b)に示すように、凸歯ピン12bの歯長さを無限長と考えて、凸歯ピン12bのピン中心点12Cを、凸歯ピン12bの基準軸12X上で移動させる。さらに、凸歯ピン12bのピン中心点12Cを、第一直動軸と第二直動軸とを通る平面上に移動させる。この点についての詳細は、図17(a)(b)に示すようになる。それぞれのピン中心点12Cは、それぞれ第一直動軸と第二直動軸とを通る平面上に移動させる。このように、第三直動軸の動作を第一直動軸と第二直動軸とに分解することで、第三直動軸の動作を削除することができる。

40

【0096】

なお、上記においては、説明の容易化のために、まず第四回転軸を削除して、その後第三直動軸を削除する処理方法について説明したが、両者の削除処理を逆に行うこともでき、同一の結果を得ることができる。また、処理としては、第四回転軸の削除処理と、第三直動軸の削除処理とを同時に行うこともできる。

【0097】

従って、本実施形態においては、凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、第一実施形態に対して第四回転軸と第三直動軸が削除されている。つまり、最終的に得られる凸歯ピン12bの相対動作軌跡は、図18(a)(b)に示すように、第一直動軸および第二直動軸の

50

2つの直動軸と、第五回転軸および第六割出軸の2つの回転軸とにより表されることになる。

【0098】

さらに続けて、座標変換工程にて、算出された第一直動軸および第二直動軸の2つの直動軸と、第五回転軸および第六割出軸の2つの回転軸の動作軌跡に基づいて、2つの直動軸と2つの回転軸とにより表されるNCプログラムを生成する。なお、本実施形態における工作機械は、第一、第二、第五、第六の軸を有する機械構成を対象としている。

【0099】

続いて、加工工程において、加工工具としては、第一実施形態と同様に、凸歯ピン12bの外周形状に一致するピン形状の工具を対象として考える。そして、当該加工工程では、座標変換工程にて座標変換された4軸構成のNCプログラムに基づいて加工が行われる。つまり、図18に示すように、第一直動軸、第二直動軸、第五回転軸（ピン中心点12C回り）および第六割出軸（揺動歯車15の回転中心軸Bの回り）からなる4つの軸により、円盤状ワークと加工工具とを相対的に移動させることにより揺動凹歯15bが加工される。

10

【0100】

このように、本実施形態によれば、第四回転軸の動作および第二直動軸の動作を省略して、4つの軸によって加工ができる。従って、揺動凹歯15bを加工できる工作機械の構成軸数を削減できるため、工作機械の低コスト化を図ることができる。

【0101】

<第六実施形態：4軸構成（3直動軸、1回転軸）+トロイダル砥石>

第六実施形態の揺動型歯車装置の揺動歯車の加工方法および加工装置について、図8、図11、図12、図19～図22を参照して説明する。本実施形態における加工装置は、3つの直交する直動軸と、1つの回転軸を有する4軸構成の場合を示している。第一実施形態における第四回転軸と第五回転軸を削除している。具体的には、第一実施形態にて説明した第四回転軸の動作を第六割出軸と第二直動軸に分解し、第五回転軸を第一直動軸と第二直動軸に分解している。これに加えて、加工工具として、トロイダル砥石（円盤状工具）を用いることとしている。

20

【0102】

（4）揺動歯車の加工方法および加工装置

（4.1）揺動歯車の加工方法の基本概念

揺動型歯車装置における揺動歯車15の揺動凹歯15bの加工方法の基本概念について説明する。本実施形態における加工方法においては、図8に示すようなトロイダル砥石30を用いる。トロイダル砥石30は、図8(a)に示すような円盤状工具であって、その外周縁形状が図8(b)に示すような円弧凸状をなしている。

30

【0103】

このトロイダル砥石30を用いて揺動凹歯15bを加工する場合には、図19に示すような動作が可能となる。つまり、第一実施形態における第五回転軸を、トロイダル砥石30によって第一直動軸と第二直動軸とにより表すことができる。しかし、揺動凹歯15bに対してトロイダル砥石30の連続した動作（凸歯ピン12bの動作軌跡に相当する動作）を1回行った場合には、図20(a)(b)に示すように、揺動凹歯15bに削り残しが生じてしまう。

40

【0104】

そこで、図21に示すように、トロイダル砥石30の中心軸を揺動凹歯15bの歯溝方向にずらした複数箇所にて切り込む動作により、トロイダル砥石30により凸歯ピン12bを擬似的に表現している。その結果、揺動凹歯15bの削り残しを低減することができる。図21においては、切り込み動作は、3箇所の位置にて行っている例を示している。このように、複数の切り込み動作の位置にて、トロイダル砥石30の連続動作を行わせることで、より高精度な揺動凹歯15bの加工が可能となる。

【0105】

50

この基本概念を踏まえて、本実施形態の加工方法の処理手順について、図 2 2 を参照して説明する。図 2 2 に示すように、揺動歯車 1 5 および凸歯ピン 1 2 b の三次元 C A D のモデルを生成する (S 1 1)。このモデルは、揺動歯車 1 5 と固定軸 1 2 とが差動回転する動作モデルである。

【 0 1 0 6 】

続いて、両者が差動回転する際における、揺動凹歯 1 5 b に対する凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡を抽出する (S 1 2) (本発明の「軌跡抽出工程」、「軌跡抽出手段」に相当する)。この相対動作軌跡の抽出に際しては、まずは、第一実施形態の軌跡抽出工程における処理と同一の処理を行う。つまり、軌跡抽出工程にて、揺動歯車 1 5 に対する凸歯ピン 1 2 b の基準軸 1 2 X およびピン中心点 1 2 C の相対動作軌跡を抽出する。すなわち、この時点においては、軌跡抽出工程において抽出された凸歯ピン 1 2 b の動作軌跡は、3 つの直動軸と 3 つの回転軸とにより表されている。

10

【 0 1 0 7 】

続いて、抽出された揺動歯車 1 5 に対する凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡を座標変換することにより、トロイダル砥石 3 0 の動作軌跡である N C プログラムを生成する (S 1 3) (本発明の「座標変換工程」、「座標変換手段」に相当する)。

【 0 1 0 8 】

まず、座標変換工程においては、第二実施形態または第三実施形態にて説明したように、図 1 1 または図 1 2 に示すように、第四回転軸の動作を第六割出軸と第三直動軸 (または第二直動軸) に分解して、第四回転軸の動作を削除する処理を行っている。つまり、この時点において、凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡は、3 つの直動軸と 2 つの回転軸とにより表されることになる。

20

【 0 1 0 9 】

さらに、本実施形態では、座標変換工程において、第五回転軸の動作を削除する処理を行っている。この処理については上述したように、トロイダル砥石 3 0 を用いることで達成している。つまり、この時点において、凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡は、3 つの直動軸と 1 つの回転軸とにより表されることになる。ここで、この時点においては、トロイダル砥石 3 0 の歯溝方向の切り込み動作の位置を 1 箇所としている。さらに続けて、算出された揺動歯車 1 5 に対する凸歯ピン 1 2 b の相対動作軌跡を座標変換することにより、加工工具の動作軌跡である N C プログラムを生成する。

30

【 0 1 1 0 】

続いて、トロイダル砥石 3 0 と円盤状ワーク (揺動歯車 1 5) を相対移動させて加工シミュレーションを行う (S 1 4) (本発明の「シミュレーション工程」、「シミュレーション手段」に相当する)。つまり、揺動凹歯 1 5 b が加工される前の円盤状ワークに対して、トロイダル砥石 3 0 を生成された N C プログラムに従って移動させることで、加工後の円盤状ワークの形状を加工シミュレーションにて生成する。

【 0 1 1 1 】

続いて、予め設定された理想形状モデルと、加工シミュレーションの結果の形状とを比較し、誤差を算出する (S 1 5)。続いて、算出された誤差が予め設定された許容値以内であるか否かを判定する (S 1 6)。

40

【 0 1 1 2 】

そして、算出された誤差が許容値を超えている場合には (S 1 6 : N)、トロイダル砥石 3 0 の中心軸を揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向にずらして切り込み動作の位置を算出する (S 1 7) (本発明の「切り込み位置算出工程」に相当する)。ここでは、例えば、トロイダル砥石 3 0 の中心軸を揺動凹歯 1 5 b の歯溝方向に 2 箇所にもずらして切り込む動作を行うようにする。ここで、この切り込み位置算出工程においては、加工シミュレーションの結果の形状と理想形状モデルとの誤差が小さくなるように、且つ、加工時間が短くなるような切り込み動作の位置を算出する。

【 0 1 1 3 】

切り込み動作の位置の算出が終わると、ステップ S 1 3 に戻り、算出された切り込み動

50

作の位置に基づいて再び座標変換処理が行われる。つまり、ステップ S 1 3 ~ S 1 7 を繰り返すことにより、切り込み位置算出工程においては、加工シミュレーションの結果の形状と理想形状モデルとの誤差が設定された許容値以内にしつつ、加工時間が最も短くなるような切り込み動作の位置を算出することになる。

【 0 1 1 4 】

そして、算出された誤差が許容値以内となると (S 1 6 : Y)、生成された N C プログラムに基づいて、円盤状ワークおよびトロイダル砥石 3 0 の少なくとも一方を移動させる (S 1 8) (本発明の「加工工程」、「加工手段」に相当する)。

【 0 1 1 5 】

このように、本実施形態によれば、トロイダル砥石 3 0 を用いることにより、第四回転軸の動作および第五回転軸の動作を省略して、4 つの軸によって加工ができる。従って、揺動凹歯 1 5 b を加工できる工作機械の構成軸数を削減できるため、工作機械の低コスト化を図ることができる。ただし、トロイダル砥石 3 0 を用いることにより却って、幾何学的な誤差、すなわち削り残しが発生してしまう。そこで、加工シミュレーションを行い、理想形状モデルと比較することによって、確実に高精度な揺動凹歯 1 5 b を形成することができる。さらに、最短時間の加工条件を算出することもできる。

【 0 1 1 6 】

なお、本実施形態にて説明した 3 つの直動軸と 1 つの回転軸とからなる 4 軸構成を少なくとも有するのであれば、トロイダル砥石 3 0 を用いて揺動歯車 1 5 の揺動凹歯 1 5 b を加工することができる。すなわち、第一実施形態 (6 軸構成) および第二実施形態 (3 つの直動軸と 2 つの回転軸とからなる 5 軸構成) においても、トロイダル砥石 3 0 を用いた加工ができる。

【 0 1 1 7 】

< 第七実施形態 >

上記第一 ~ 第六実施形態においては、揺動型歯車装置の揺動歯車を加工対象としての加工方法について説明した。揺動型歯車装置は、それぞれの回転中心軸が交差する揺動歯車と相手歯車との関係を 2 組有する構成である。このような揺動歯車と相手歯車との関係を 1 組有する構成からなる動力伝達装置について図 2 3 (a) (b) を参照して説明する。

【 0 1 1 8 】

ここで、図 2 3 (a) は、凸歯ピン 1 1 2 b が、入力軸本体 1 1 2 a に対して別体形成されている場合を示し、図 2 3 (b) は、凸歯ピン 1 1 2 b が、入力軸本体 1 1 2 a に対して一体形成されている場合を示す。

【 0 1 1 9 】

図 2 3 (a) (b) に示すように、動力伝達装置は、入力軸 1 1 2 と出力軸 1 1 5 とから構成される。入力軸 1 1 2 (本発明の「相手歯車」に相当する) は、第一実施形態における出力軸 1 3 とほぼ同様の構成からなる。入力軸 1 1 2 は、入力軸本体 1 1 2 a と、複数の凸歯ピン 1 1 2 b とから構成される。入力軸本体 1 1 2 a (本発明の「相手歯車本体」に相当する) は、軸線 A を回転中心軸とする円筒状の部材である。そして、入力軸本体 1 1 2 a は、軸受を介して、図示しないハウジングに対して回転中心軸 A の回りに回転可能に支持されている。

【 0 1 2 0 】

出力軸 1 1 5 (本発明の「揺動歯車」に相当する) は、第一実施形態における内輪 (揺動歯車) 1 5 のうち一方の端面形状がほぼ共通する。つまり、出力軸 1 1 5 の軸方向一方 (図 2 3 (a) (b) の左側) の端面には、周方向に等間隔に複数 (G 2) 個の凹歯 1 1 5 b が形成されている。この出力軸 1 1 5 は、回転中心軸 A に対して傾斜した回転中心軸 B を中心に回転可能となるように、軸受を介して図示しないハウジングに支持されている。そして、出力軸 1 1 5 の軸方向他方 (図 2 3 (a) (b) の右側) は、他の動力伝達部材に連結される。

【 0 1 2 1 】

このように、入力軸 1 1 2 の回転中心軸 A に対して交差する回転中心軸 B を中心に回転

10

20

30

40

50

する出力軸 1 1 5 の凹歯を加工対象とした場合に、上述した実施形態における加工方法を同様に適用できる。そして、同様の効果を奏する。

【 0 1 2 2 】

<その他>

また、上記実施形態においては、凸歯ピン 1 2 b の基準軸直交方向の断面形状が円弧状であるとして説明したが、この他に、図 2 4 に示すように、凸歯ピン 1 2 b が、台形状、インポリュート形状などの場合にも適用できる。

【 0 1 2 3 】

また、上記実施形態においては、固定軸 1 2 の凸歯ピン 1 2 b と揺動凹歯 1 5 b との関係について説明したが、出力軸 1 3 の凸歯ピン 1 3 b と揺動凹歯 1 5 c との関係について

10

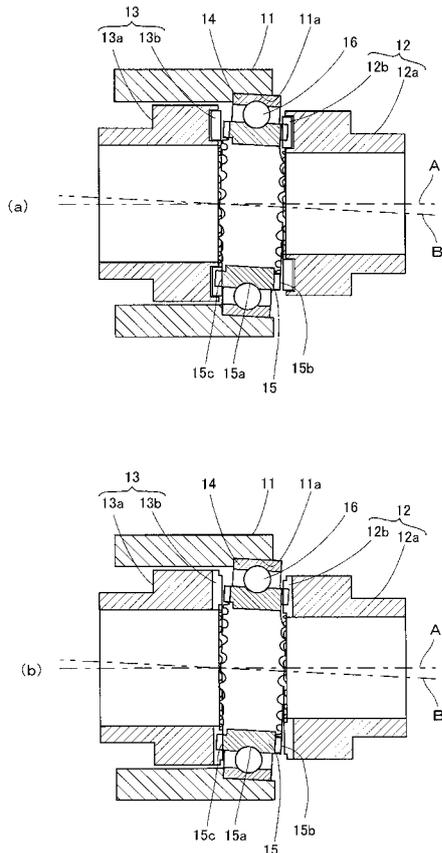
【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

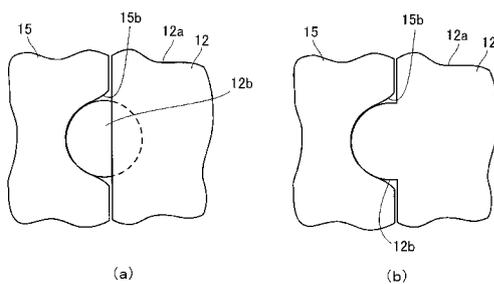
- 1 1 : 入力軸、 1 1 a : 傾斜面
- 1 2 : 固定軸、 1 2 a : 固定軸本体、 1 2 b : 凸歯ピン
- 1 2 C : ピン中心点、 1 2 X : 基準軸
- 1 3 : 出力軸、 1 3 a : 出力軸本体、 1 3 b : 凸歯ピン
- 1 4 : 外輪
- 1 5 : 内輪（揺動歯車）、 1 5 a : 転動面、 1 5 b , 1 5 c : 揺動凹歯
- 1 5 X : 歯溝方向
- 1 6 : 転動体
- 3 0 : トロイダル砥石

20

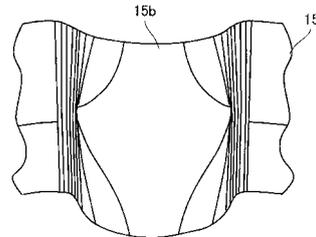
【 図 1 】



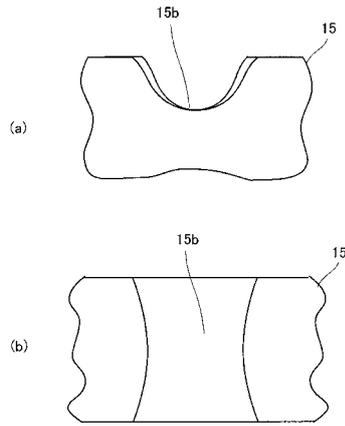
【 図 2 】



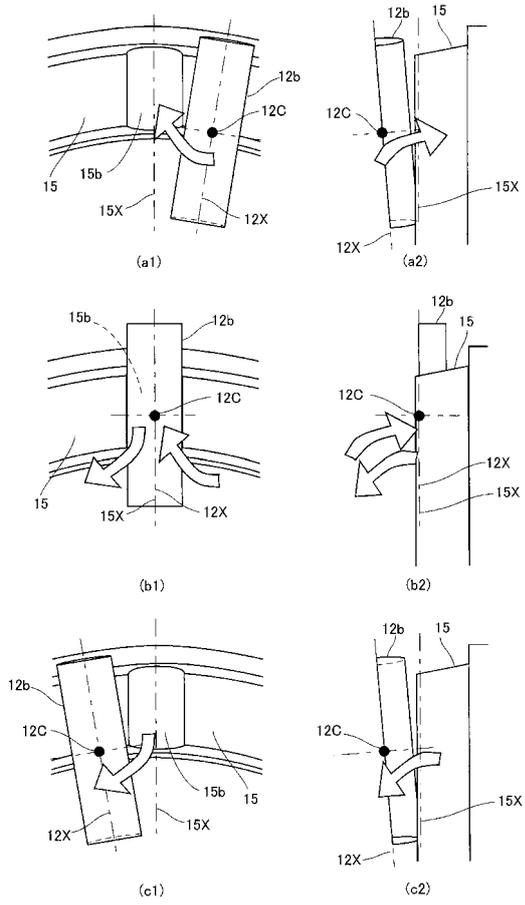
【 図 3 】



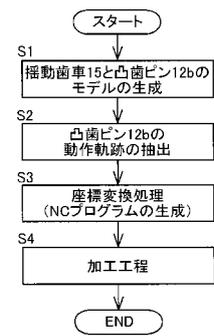
【図4】



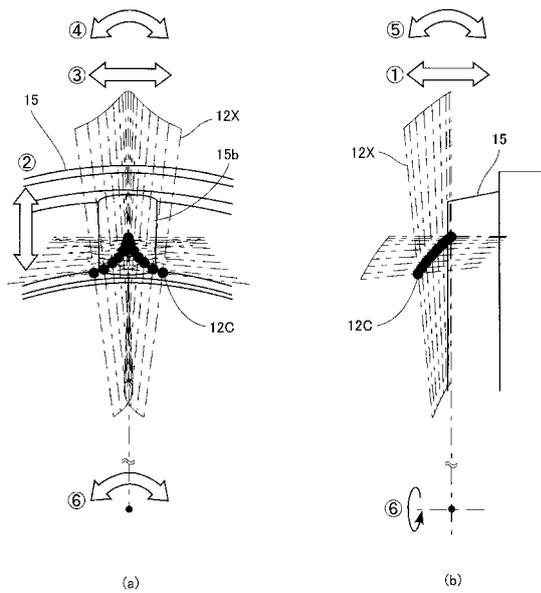
【図6】



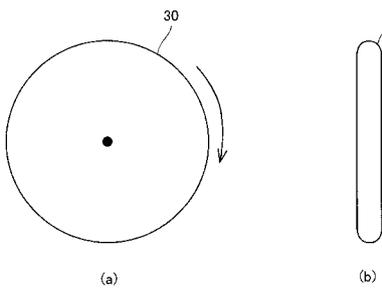
【図5】



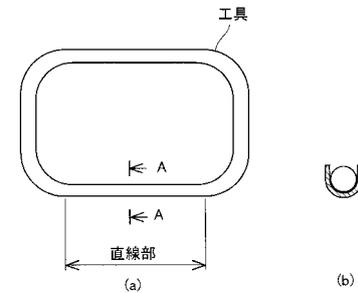
【図7】



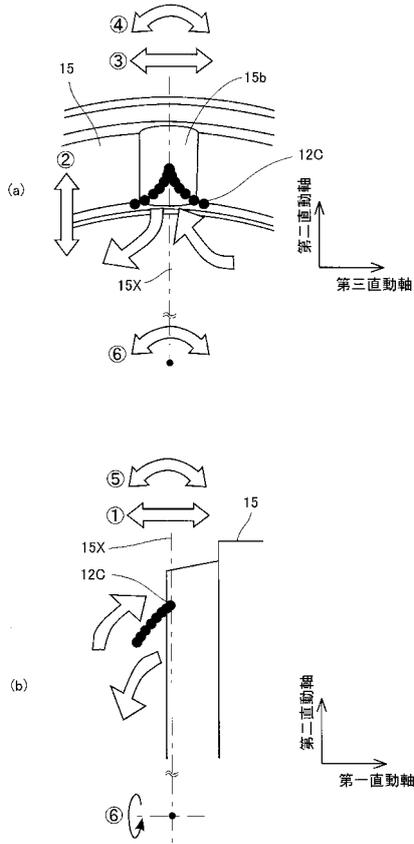
【図8】



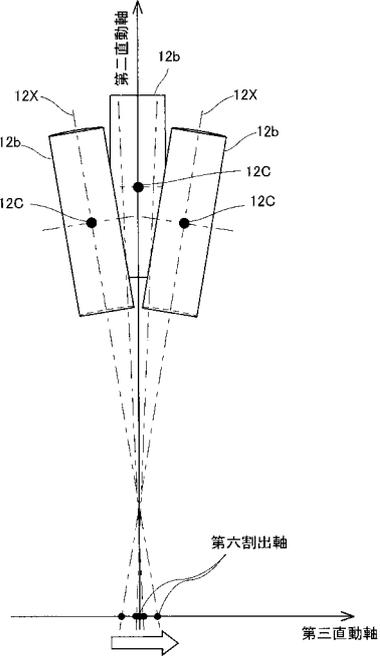
【図9】



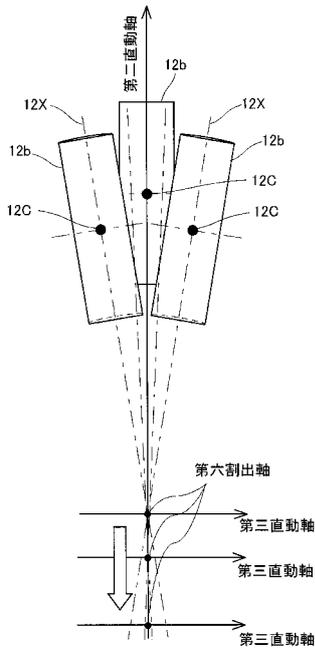
【圖 10】



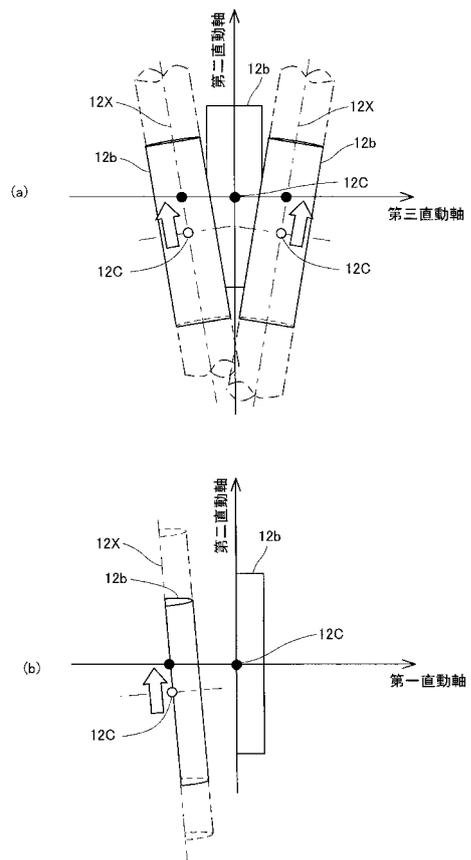
【圖 11】



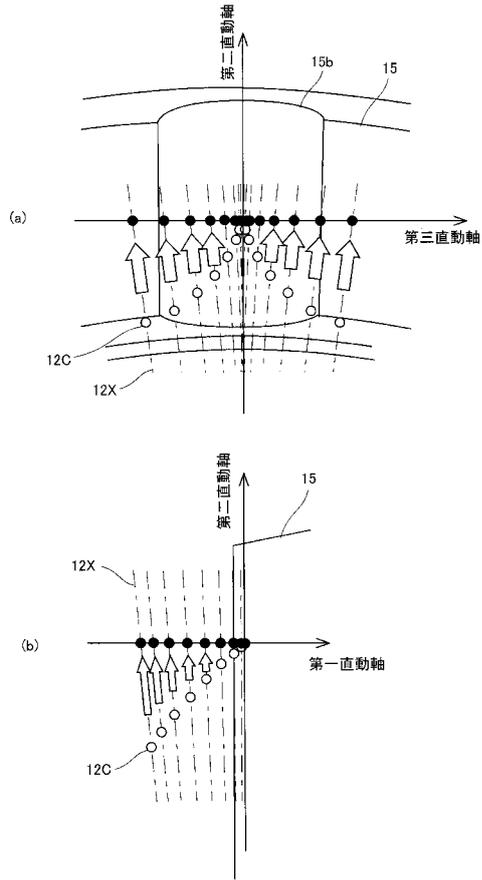
【圖 12】



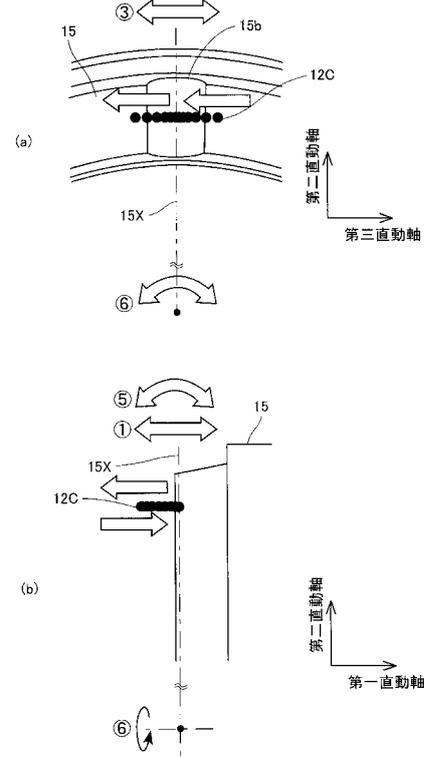
【圖 13】



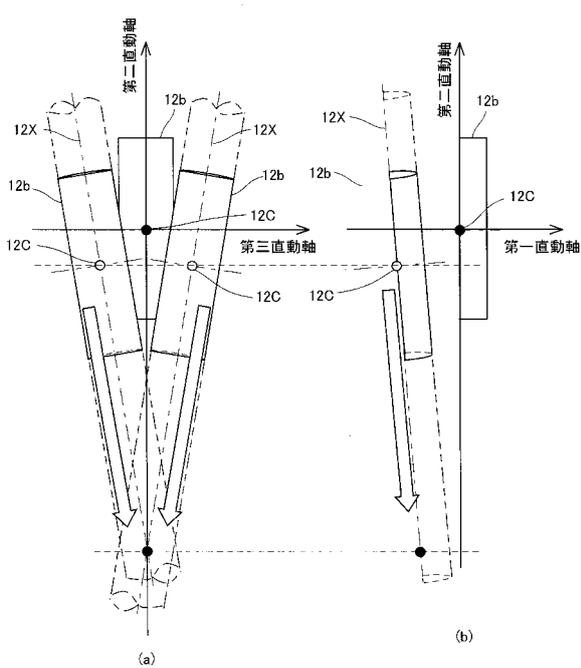
【 図 1 4 】



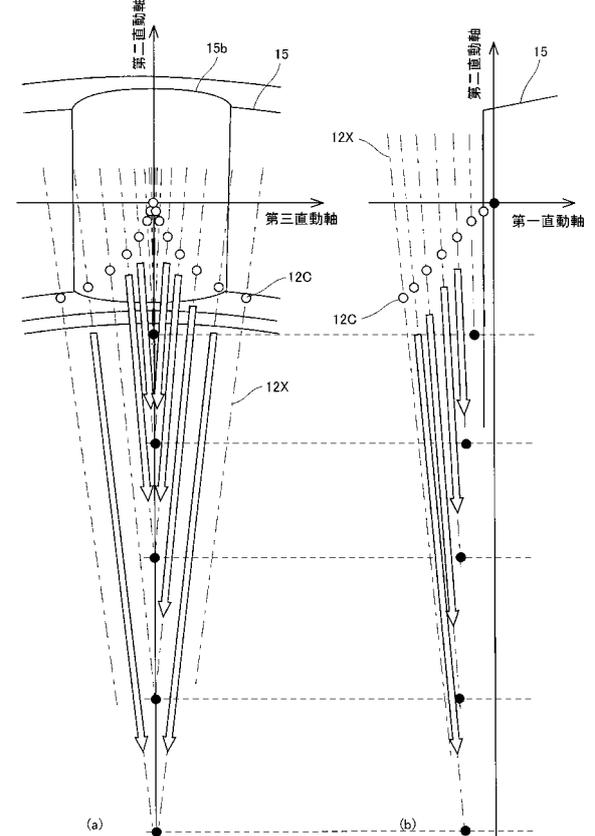
【 図 1 5 】



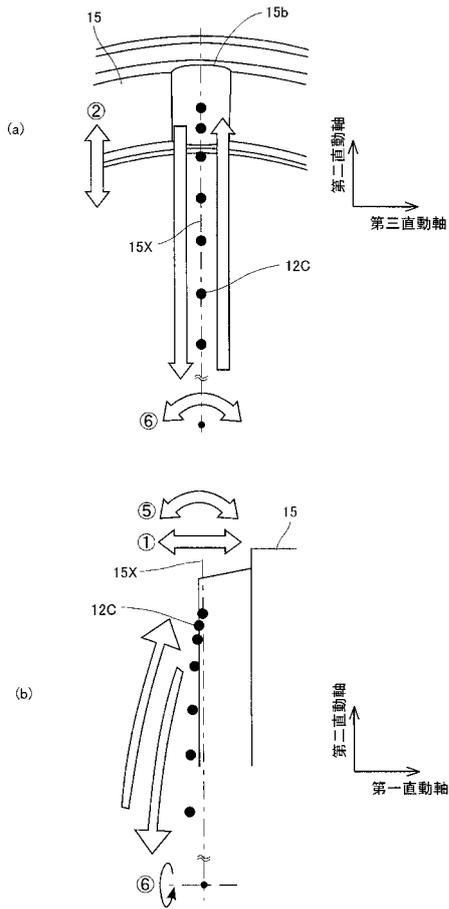
【 図 1 6 】



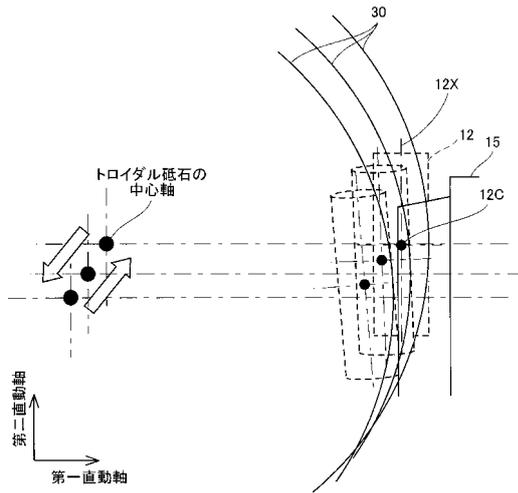
【 図 1 7 】



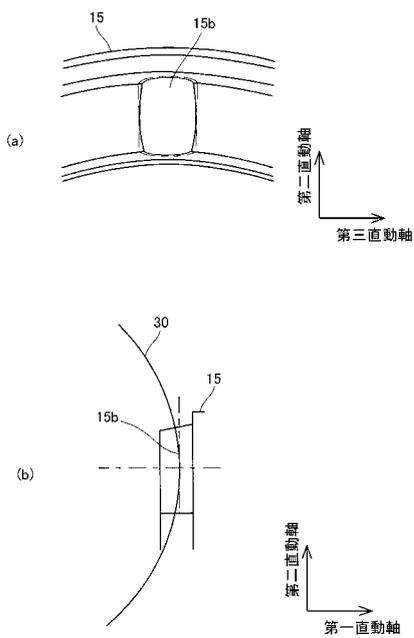
【図18】



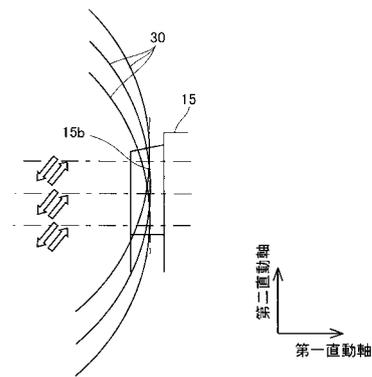
【図19】



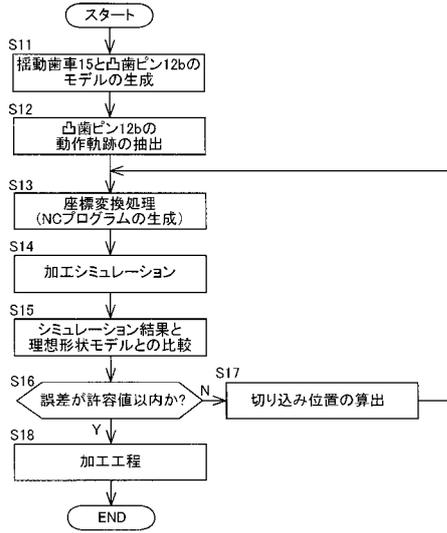
【図20】



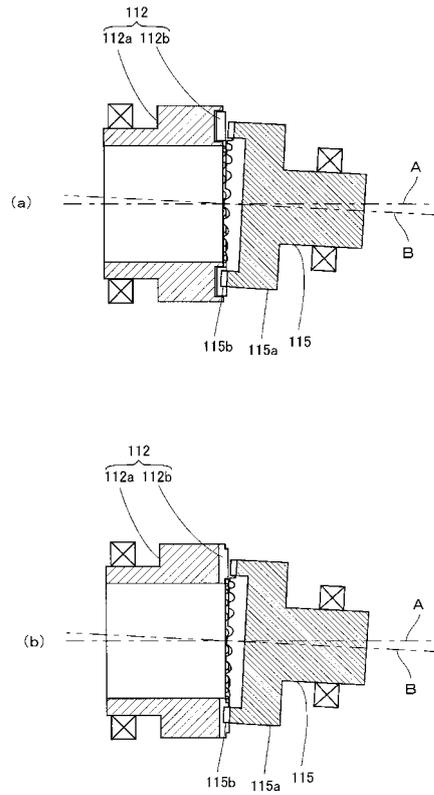
【図21】



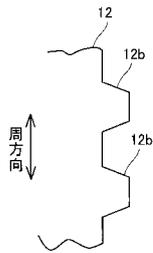
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 廣 田 育子
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

審査官 中村 泰二郎

(56)参考文献 特開2000-205379(JP,A)
特開2006-272497(JP,A)
特開2006-315111(JP,A)
特開平10-235519(JP,A)
特開平01-229165(JP,A)
特開昭58-057544(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23F 1/00 - 23/12
F16H 1/32