

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-69435
(P2018-69435A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.
B23F 5/16 (2006.01)

F1
B23F 5/16

テーマコード(参考)
3C025

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2016-216680 (P2016-216680)
(22) 出願日 平成28年11月4日(2016.11.4)

(71) 出願人 000001247
株式会社ジェイテクト
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(74) 代理人 100089082
弁理士 小林 脩
(74) 代理人 100130188
弁理士 山本 喜一
(74) 代理人 100190333
弁理士 木村 群司
(72) 発明者 張 琳
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 大谷 尚
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

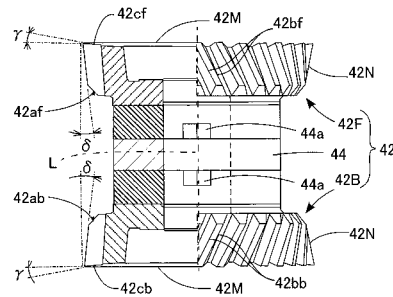
(54) 【発明の名称】 歯車加工装置及び歯車加工方法

(57) 【要約】

【課題】 歯車の回転軸線方向の一方側及び他方側にそれぞれ設けられるねじれ角が異なる歯面を高効率且つ高精度に加工できる歯車加工装置及び方法を提供する。

【解決手段】 歯車加工装置(1)において、加工用工具(42)は、すくい面(42cf)が加工用工具の回転軸線L方向の一方側を向く第一工具刃(42af)と、すくい面(42cb)が加工用工具の回転軸線(L)方向の他方側を向く第二工具刃(42ab)とを有し、第一工具刃は、加工用工具を加工物(115)の回転軸線(Lw)方向の他方側に相対的に移動操作させて、加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる従となる歯面(121f, 122f)を加工し、第二工具刃は、加工用工具を加工物の回転軸線方向の一方側に相対的に移動操作させて、加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる従となる歯面(121b, 122b)を加工する。

【選択図】 図5B



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

加工物の回転軸線に対し傾斜した回転軸線を有する加工用工具を用い、前記加工用工具を前記加工物と同期回転させながら前記加工物の回転軸線方向に相対的に移動操作して歯車を加工する歯車加工装置であって、

前記歯車の歯の側面は、主となる歯面に対しねじれ角が異なる複数の従となる歯面を、前記側面における前記加工物の回転軸線方向の一方側及び他方側にそれぞれ有し、

前記加工用工具は、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の一方側を向く第一工具刃と、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の他方側を向く第二工具刃とを有し、

前記第一工具刃は、前記加工用工具を前記加工物の回転軸線方向の他方側に相対的に移動操作させて、前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる前記従となる歯面を加工する場合に用いられ、

前記第二工具刃は、前記加工用工具を前記加工物の回転軸線方向の一方側に相対的に移動操作させて、前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる前記従となる歯面を加工する場合に用いられる、歯車加工装置。

【請求項 2】

前記歯車の歯の側面は、主となる第一歯面、前記第一歯面における前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる従となる第二歯面、及び前記第一歯面における前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる従となる第三歯面を有し、

前記第一工具刃の刃すじは、予め加工された前記第一歯面に対し前記第二歯面を加工可能なように、前記第二歯面のねじれ角及び前記加工物の回転軸線と前記加工用工具の回転軸線との交差角に基づいて設定されたねじれ角を有し、

前記第二工具刃の刃すじは、予め加工された前記第一歯面に対し前記第三歯面を加工可能なように、前記第三歯面のねじれ角及び前記加工物の回転軸線と前記加工用工具の回転軸線との交差角に基づいて設定されたねじれ角を有する、請求項 1 に記載の歯車加工装置。

【請求項 3】

前記歯車の歯の一方側の側面は、主となる第一歯面、前記第一歯面における前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる従となる第二歯面、及び前記第一歯面における前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる従となる第三歯面を有し、

前記歯車の歯の他方側の側面は、主となる第四歯面、前記第四歯面における前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる従となる第五歯面、及び前記第四歯面における前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる従となる第六歯面を有し、

前記第一工具刃の一方側の刃すじは、予め加工された前記第一歯面に対し前記第二歯面を加工可能なように、前記第二歯面のねじれ角及び前記加工物の回転軸線と前記加工用工具の回転軸線との前記第二歯面用の交差角に基づいて設定されたねじれ角を有し、

前記第一工具刃の他方側の刃すじは、前記第一工具刃の一方側の刃すじのねじれ角と同一角度のねじれ角を有し、

前記第二工具刃の一方側の刃すじは、予め加工された前記第一歯面に対し前記第三歯面を加工可能なように、前記第三歯面のねじれ角及び前記加工物の回転軸線と前記加工用工具の回転軸線との前記第三歯面用の交差角に基づいて設定されたねじれ角を有し、

前記第二工具刃の他方側の刃すじは、前記第二工具刃の一方側の刃すじのねじれ角と同一角度のねじれ角を有し、

前記加工用工具は、予め加工された前記第一歯面に対し前記第一工具刃で前記第二歯面を加工する際、前記第二歯面用の交差角に設定され、予め加工された前記第四歯面に対し前記第一工具刃で前記第六歯面を加工する際、前記第六歯面のねじれ角及び前記第一工具刃の他方側の刃すじのねじれ角とに基づいて求まる前記第六歯面用の交差角に設定され、

前記加工用工具は、予め加工された前記第一歯面に対し前記第二工具刃で前記第三歯面を加工する際、前記第三歯面用の交差角に設定され、予め加工された前記第四歯面に対し前記第二工具刃で前記第五歯面を加工する際、前記第五歯面のねじれ角及び前記第二工具

10

20

30

40

50

刃の他方側の刃すじのねじれ角とに基づいて求まる前記第五歯面用の交差角に設定される、請求項 1 に記載の歯車加工装置。

【請求項 4】

前記歯車は、シンクロメッシュ機構のスリーブであり、

前記従となる歯面は、前記スリーブの内周歯に設けられるギヤ抜け防止部の歯面である、請求項 1 - 3 の何れか一項に記載の歯車加工装置。

【請求項 5】

前記第一工具刃の刃すじと前記第二工具刃の刃すじは、同一角度のねじれ角を有する、請求項 1 - 4 の何れか一項に記載の歯車加工装置。

【請求項 6】

加工物の回転軸線に対し傾斜した回転軸線を有する加工用工具で歯車を切削加工する歯車加工方法であって、

前記歯車の歯の側面は、主となる歯面に対しねじれ角が異なる複数の従となる歯面を、前記側面における歯車の回転軸線方向の一方側及び他方側にそれぞれ有し、

前記加工用工具は、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の一方側を向く第一工具刃と、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の他方側を向く第二工具刃とを有し、

前記歯車加工方法は、

前記加工用工具を前記加工物と同期回転させながら前記加工物の回転軸線方向の他方側にて当該回転軸線方向に相対的に移動操作して、前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる前記従となる歯面を前記第一工具刃で加工する第一工程と、

前記加工用工具を前記加工物と同期回転させながら前記加工物の回転軸線方向の一方側にて当該回転軸線方向に相対的に移動操作して、前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる前記従となる歯面を前記第二工具刃で加工する第二工程と、を備える歯車加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工用工具及び加工物を同期回転させて切削加工により歯車を加工する歯車加工装置及び歯車加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

車両に用いられるトランスミッションには、円滑な変速操作を行うためにシンクロメッシュ機構が設けられる。図 17 に示すように、キー式のシンクロメッシュ機構 110 は、メインシャフト 111、メンドライブシャフト 112、クラッチハブ 113、キー 114、スリーブ 115、メンドライブギヤ 116、クラッチギヤ 117、シンクロナイザーリング 118 等を備える。なお、メンドライブギヤ 116、クラッチギヤ 117、シンクロナイザーリング 118 は、スリーブ 115 を挟んで両側に配置される。

【0003】

メインシャフト 111 とメンドライブシャフト 112 は、同軸配置される。メインシャフト 111 には、クラッチハブ 113 がスプライン嵌合され、メインシャフト 111 とクラッチハブ 113 は共に回転する。クラッチハブ 113 の外周の 3 か所には、キー 114 が図略のスプリングで支持される。スリーブ 115 の内周には、内歯（スプライン）115a が形成され、スリーブ 115 はキー 114 とともにクラッチハブ 113 の外周に形成される図略のスプラインに沿って回転軸線 LL 方向に摺動する。

【0004】

メンドライブシャフト 112 には、メンドライブギヤ 116 が嵌合され、メンドライブギヤ 116 のスリーブ 115 側には、テーパコーン 117b が突設されたクラッチギヤ 117 が一体形成される。スリーブ 115 とクラッチギヤ 117 の間には、シンクロナイザーリング 118 が配置される。クラッチギヤ 117 の外歯 117a 及びシンクロナイザーリング 118 の外歯 118a は、スリーブ 115 の内歯 115a と噛み合わせ可能

10

20

30

40

50

に形成される。シンクロナイザーリング 118 の内周は、テーパコーン 117 b の外周と摩擦係合可能なテーパ状に形成される。

【0005】

次に、シンクロメッシュ機構 110 の図 17 の左方に動作する場合を説明するが、図 17 の右方に動作する場合も同様である。図 18 A に示すように、図略のシフトレバーの操作により、スリーブ 115 及びキー 114 が図示矢印の回転軸線 LL 方向に移動する。キー 114 は、シンクロナイザーリング 118 を回転軸線 LL 方向に押し、シンクロナイザーリング 118 の内周をテーパコーン 117 b の外周に押し付ける。これにより、クラッチギヤ 117、シンクロナイザーリング 118 及びスリーブ 115 は、同期回転を開始する。

10

【0006】

そして、図 18 B に示すように、キー 114 は、スリーブ 115 に押し下げられてシンクロナイザーリング 118 を回転軸線 LL 方向にさらに押し付けるので、シンクロナイザーリング 118 の内周とテーパコーン 117 b の外周との密着度は増し、強い摩擦力が発生してクラッチギヤ 117、シンクロナイザーリング 118 及びスリーブ 115 は同期回転する。クラッチギヤ 117 の回転数とスリーブ 115 の回転数が完全に同期すると、シンクロナイザーリング 118 の内周とテーパコーン 117 b の外周との摩擦力が消滅する。

【0007】

そして、スリーブ 115 及びキー 114 が図示矢印の回転軸線 LL 方向にさらに移動すると、キー 114 はシンクロナイザーリング 118 の溝 118 b に嵌って止まるが、スリーブ 115 はキー 114 の凸部 114 a を越えて移動し、スリーブ 115 の内歯 115 a がシンクロナイザーリング 118 の外歯 118 a と噛み合う。そして、図 18 C に示すように、スリーブ 115 は図示矢印の回転軸線 LL 方向にさらに移動し、スリーブ 115 の内歯 115 a がクラッチギヤ 117 の外歯 117 a と噛み合う。以上により変速が完了する。

20

【0008】

以上のようなシンクロメッシュ機構 110 においては、走行中におけるクラッチギヤ 117 の外歯 117 a とスリーブ 115 の内歯 115 a とのギヤ抜け防止のため、図 19 及び図 20 に示すように、スリーブ 115 の内歯 115 a におけるスリーブ 115 の回転軸線 LL 方向の一方側（以下、単に、回転軸線一方側 D b という）及び他方側（以下、単に、回転軸線他方側 D f という）には、テーパ状のギヤ抜け防止部 120 B, 120 F が設けられ、各クラッチギヤ 117 の外歯 117 a, 117 a には、ギヤ抜け防止部 120 B, 120 F とテーパ嵌合するテーパ状のギヤ抜け防止部 117 c, 117 c が設けられる。

30

【0009】

なお、図 20 では、クラッチギヤ 117 の外歯 117 a は、ギヤ抜け防止部 120 F 側のみを示す。本例のギヤ抜け防止部 120 B, 120 F は、内歯 115 a の頂面におけるスリーブ 115 の回転軸線 LL 方向の中央の仮想点に対し点対称形状で形成される。以下の説明では、スリーブ 115 の内歯 115 a の図示左側の側面 115 A を左側面 115 A といひ、スリーブ 115 の内歯 115 a の図示右側の側面 115 B を右側面 115 B といひ。

40

【0010】

そして、スリーブ 115 の内歯 115 a の左側面 115 A は、左歯面 115 b（本発明の「第一歯面」に相当）及び左歯面 115 b とねじれ角が異なるように左側面 115 A の回転軸線他方側 D f に設けられる歯面 121 f（以下、他方側左テーパ歯面 121 f という、本発明の「第二歯面」に相当）、及び左歯面 115 b とねじれ角が異なるように左側面 115 A の回転軸線一方側 D b に設けられる歯面 122 b（以下、一方側左テーパ歯面 122 b という、本発明の「第三歯面」に相当）を有する。

【0011】

50

また、スリーブ115の内歯115aの右側面115Bは、右歯面115c（本発明の「第四歯面」に相当）及び右歯面115cとねじれ角が異なるように右側面115Bの回転軸線一方側Dbに設けられる歯面121b（以下、一方側右テーパ歯面121bという、本発明の「第五歯面」に相当）、及び右歯面115cとねじれ角が異なるように右側面115Bの回転軸線他方側Dfに設けられる歯面122f（以下、他方側右テーパ歯面122fという、本発明の「第六歯面」に相当）を有する。

【0012】

本例では、左歯面115bのねじれ角は0度、他方側左テーパ歯面121f及び一方側右テーパ歯面121bのねじれ角はf度である。また、右歯面115cのねじれ角は0度、一方側左テーパ歯面122b及び他方側右テーパ歯面122fのねじれ角はb度である。そして、他方側左テーパ歯面121f及びこの他方側左テーパ歯面121fと左歯面115bを繋ぐ歯面121af（以下、他方側左サブ歯面121afという）、並びに他方側右テーパ歯面122f及びこの他方側右テーパ歯面122fと右歯面115cを繋ぐ歯面122af（以下、他方側右サブ歯面122afという）が、ギヤ抜け防止部120Fを構成する。

10

【0013】

そして、一方側左テーパ歯面122b及びこの一方側左テーパ歯面122bと左歯面115bを繋ぐ歯面122ab（以下、一方側左サブ歯面122abという）、並びに一方側右テーパ歯面121b及びこの一方側右テーパ歯面121bと右歯面115cを繋ぐ歯面121ab（以下、一方側右サブ歯面121abという）が、ギヤ抜け防止部120Bを構成する。なお、ギヤ抜け防止は、他方側左テーパ歯面121fとギヤ抜け防止部117cとがテーパ嵌合することにより、また、一方側右テーパ歯面121bとギヤ抜け防止部117cとがテーパ嵌合することにより達成される。

20

【0014】

このように、スリーブ115の内歯115aの構造は複雑であり、また、スリーブ115は大量生産が必要な部品であるため、一般的に、スリーブ115の内歯115aは、ブローチ加工やギヤシェーパ加工等により形成され、ギヤ抜け防止部120F、120Bは、ローリング加工（特許文献1、2参照）により形成される。しかし、ローリング加工は塑性加工であるため、ギヤ抜け防止部120F、120Bの加工精度は低くなる傾向にある。

30

【0015】

加工精度を高めるには、切削加工が望ましい。しかし、上述のように、ギヤ抜け防止部120B、120Fは、スリーブ115の内歯115aの回転軸線一方側Db及び回転軸線他方側Dfに設けられる。このため、歯車加工装置においては、回転軸線一方側Dbのギヤ抜け防止部120Bを加工するための加工用工具と、回転軸線他方側Dfのギヤ抜け防止部120Fを加工するための加工用工具とを工具交換し、さらに工具毎に位置合わせを行う必要がある。よって、加工時間が長く、また加工精度が低くなる傾向にある。

【0016】

特許文献3、4には、2つの刃を備える加工用工具が記載されているが、一方の刃は荒加工用であり、他方の刃は仕上げ加工用であるため、1つの当該加工用工具で上述の構成のギヤ抜け防止部120B、120Fを加工することはできない。また、特許文献5には、加工用工具を前進及び後退させてそれぞれ加工を行うことが記載されているが、同一の歯に対して加工を行うものであり、1つの当該加工用工具で上述の構成の2つのギヤ抜け防止部120B、120Fを加工することはできない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0017】

【特許文献1】実開平6-61340号公報

【特許文献2】特開2005-152940号公報

【特許文献3】特開2015-217485号公報

50

【特許文献4】特開2004-160645号公報

【特許文献5】特開2014-172112号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

上述のように、歯車加工装置においては、回転軸線一方側D bのギヤ抜け防止部120 Bを加工するための加工用工具と、回転軸線他方側D fのギヤ抜け防止部120 Fを加工するための加工用工具とを工具交換し、さらに工具毎に位置合わせを行う必要がある。よって、加工時間が長く、また加工精度が低くなる傾向にある。

【0019】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、歯車の回転軸線方向の一方側及び他方側にそれぞれ設けられるねじれ角が異なる歯面を高効率且つ高精度に加工できる歯車加工装置及び歯車加工方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明の歯車加工装置は、加工物の回転軸線に対し傾斜した回転軸線を有する加工用工具を用い、前記加工用工具を前記加工物と同期回転させながら前記加工物の回転軸線方向に相対的に移動操作して歯車を加工する歯車加工装置であって、前記歯車の歯の側面は、主となる歯面に対しねじれ角が異なる複数の従となる歯面を、前記側面における前記加工物の回転軸線方向の一方側及び他方側にそれぞれ有し、前記加工用工具は、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の一方側を向く第一工具刃と、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の他方側を向く第二工具刃とを有し、前記第一工具刃は、前記加工用工具を前記加工物の回転軸線方向の他方側に相対的に移動操作させて、前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる前記従となる歯面を加工する場合に用いられ、前記第二工具刃は、前記加工用工具を前記加工物の回転軸線方向の一方側に相対的に移動操作させて、前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる前記従となる歯面を加工する場合に用いられる。

【0021】

これにより、歯車加工装置は、1つの加工用工具で加工物の両端面側にそれぞれねじれ角が異なる複数の歯面を形成できるので、従来必要であった2つの加工用工具の工具交換や位置合わせを行う必要はなく、加工効率を向上でき、加工精度を高めることができる。

【0022】

本発明の歯車加工方法は、加工物の回転軸線に対し傾斜した回転軸線を有する加工用工具で歯車を切削加工する歯車加工方法であって、前記歯車の歯の側面は、主となる歯面に対しねじれ角が異なる複数の従となる歯面を、前記側面における歯車の回転軸線方向の一方側及び他方側にそれぞれ有し、前記加工用工具は、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の一方側を向く第一工具刃と、すくい面が前記加工用工具の回転軸線方向の他方側を向く第二工具刃とを有し、前記歯車加工方法は、前記加工用工具を前記加工物と同期回転させながら前記加工物の回転軸線方向の他方側にて当該回転軸線方向に相対的に移動操作して、前記加工物の回転軸線方向の他方側に設けられる前記従となる歯面を前記第一工具刃で加工する第一工程と、前記加工用工具を前記加工物と同期回転させながら前記加工物の回転軸線方向の一方側にて当該回転軸線方向に相対的に移動操作して、前記加工物の回転軸線方向の一方側に設けられる前記従となる歯面を前記第二工具刃で加工する第二工程と、を備える。これにより、上述した歯車加工装置における効果と同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施の形態に係る歯車加工装置の全体構成を示す図である。

【図2】図1の制御装置による工具設計処理を説明するためのフローチャートである。

【図3】図1の制御装置による工具状態設定処理を説明するためのフローチャートである

10

20

30

40

50

。

【図 4 A】図 1 の制御装置による加工制御処理を説明するためのフローチャートである。

【図 4 B】図 1 の制御装置による加工制御処理を説明するための図 4 A のフローの続きを示すフローチャートである。

【図 5 A】加工用工具の概略構成を工具端面側から回転軸線方向に見た図である。

【図 5 B】図 5 A の加工用工具の概略構成を径方向に見た一部断面図である。

【図 5 C】図 5 B の加工用工具の工具刃の拡大図である。

【図 6】加工用工具を構成するカラーを示す斜視図である。

【図 7】加工用工具を工具ホルダ及び回転主軸に組み付けた状態を示す図である。

【図 8 A】加工用工具の第一工具を設計する際の加工用工具と加工物との寸法関係を示す第一の図である。

【図 8 B】加工用工具の第一工具を設計する際の加工用工具と加工物との位置関係を示す第一の図である。

【図 8 C】加工用工具の第一工具を設計する際の加工用工具と加工物との寸法関係を示す第二の図である。

【図 8 D】加工用工具の第一工具を設計する際の加工用工具と加工物との位置関係を示す第二の図である。

【図 9】加工用工具の刃先幅及び刃厚を求める際に使用する加工用工具の各部位を示す図である。

【図 10】加工用工具の第一工具（第二工具）の概略構成を径方向に見た図である。

【図 11 A】加工用工具の回転軸線の方向の工具位置を変更するときの加工用工具と加工物との位置関係を示す図である。

【図 11 B】軸線方向位置を変更したときの加工状態を示す第一の図である。

【図 11 C】軸線方向位置を変更したときの加工状態を示す第二の図である。

【図 11 D】軸線方向位置を変更したときの加工状態を示す第三の図である。

【図 12 A】加工物の回転軸線に対する加工用工具の回転軸線の傾斜を表す交差角を変更するときの加工用工具と加工物との位置関係を示す図である。

【図 12 B】交差角を変更したときの加工状態を示す第一の図である。

【図 12 C】交差角を変更したときの加工状態を示す第二の図である。

【図 12 D】交差角を変更したときの加工状態を示す第三の図である。

【図 13 A】加工用工具の回転軸線方向位置及び交差角を変更するときの加工用工具と加工物との位置関係を示す図である。

【図 13 B】軸線方向位置及び交差角を変更したときの加工状態を示す第一の図である。

【図 13 C】軸線方向位置及び交差角を変更したときの加工状態を示す第二の図である。

【図 14 A】他方側左テーパ歯面を加工する前の加工用工具の位置を径方向に見た図である。

【図 14 B】他方側左テーパ歯面を加工するときの加工用工具の位置を径方向に見た図である。

【図 14 C】他方側左テーパ歯面を加工した後の加工用工具の位置を径方向に見た図である。

【図 15 A】加工用工具の第二工具を設計する際の加工用工具と加工物との寸法関係を示す第二の図である。

【図 15 B】加工用工具の第二工具を設計する際の加工用工具と加工物との位置関係を示す第二の図である。

【図 16 A】一方側左テーパ歯面を加工する前の加工用工具の位置を径方向に見た図である。

【図 16 B】一方側左テーパ歯面を加工するときの加工用工具の位置を径方向に見た図である。

【図 16 C】一方側左テーパ歯面を加工した後の加工用工具の位置を径方向に見た図である。

10

20

30

40

50

【図 17】加工物であるスリーブを有するシンクロメッシュ機構を示す断面図である。

【図 18 A】図 17 のシンクロメッシュ機構の作動開始前の状態を示す断面図である。

【図 18 B】図 17 のシンクロメッシュ機構の作動中の状態を示す断面図である。

【図 18 C】図 16 のシンクロメッシュ機構の作動完了後の状態を示す断面図である。

【図 19】加工物であるスリーブのギヤ抜け防止部を示す斜視図である。

【図 20】図 18 のスリーブのギヤ抜け防止部を径方向から見た図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

(1. 歯車加工装置の機械構成)

本実施形態では、歯車加工装置の一例として、5軸マシニングセンタを例に挙げ、図1を参照して説明する。つまり、当該歯車加工装置1は、駆動軸として、相互に直交する3つの直進軸(X, Y, Z軸)及び2つの回転軸(X軸線に平行なA軸、A軸線に直角なC軸)を有する装置である。

10

【0025】

ここで、背景技術で述べたように、ギヤ抜け防止部120B, 120Fは、ブローチ加工やギヤシェーパ加工等により形成されたスリーブ115の内歯115aに対し、2つの加工用工具で切削加工を行うことで形成されるため、工具交換及び工具毎の位置合わせが必要となり、加工時間が長く、また加工精度が低くなる傾向にある。そこで、上述の歯車加工装置1では、先ず、ブローチ加工やギヤシェーパ加工等によりスリーブ115の内歯115aを形成し、次に、後述する2つの工具刃(第一工具刃42af, 第二工具刃42ab(図5B参照))を有する1つの加工用工具42による切削加工でスリーブ115の内歯115aに対しギヤ抜け防止部120F, 120Bをそれぞれ形成する。

20

【0026】

すなわち、内歯115aが形成されたスリーブ115と加工用工具42とを同期回転させ、加工用工具42の第一工具刃42afを回転軸線他方側Dfから回転軸線一方側Dbに加工物Wの回転軸線Lw方向に送って切削加工することによりギヤ抜け防止部120Fを形成し、加工用工具42の第二工具刃42abを回転軸線一方側Dbから回転軸線他方側Dfに加工物Wの回転軸線Lw方向に送って切削加工することによりギヤ抜け防止部120Bを形成する。これにより、工具交換及び工具毎の位置合わせが不要となり、ギヤ抜け防止部120F, 120Bの加工時間を従来より短縮でき、ギヤ抜け防止部120F, 120Bの加工精度を従来より向上できる(図19及び図20参照)。

30

【0027】

図1に示すように、歯車加工装置1は、ベッド10と、コラム20と、サドル30と、回転主軸40と、テーブル50と、チルトテーブル60と、ターンテーブル70と、加工物保持具80と、制御装置100等とから構成される。なお、図示省略するが、ベッド10と並んで既知の自動工具交換装置が設けられる。

【0028】

ベッド10は、ほぼ矩形状からなり、床上に配置される。このベッド10の上には、コラム20をX軸線に平行な方向に駆動するための、図略のX軸ボールねじが配置される。そして、ベッド10には、X軸ボールねじを回転駆動するX軸モータ11cが配置される。

40

【0029】

コラム20のY軸線に平行な側面(摺動面)20aには、サドル30をY軸線に平行な方向に駆動するための、図略のY軸ボールねじが配置される。そして、コラム20には、Y軸ボールねじを回転駆動するY軸モータ23cが配置される。

【0030】

回転主軸40は、加工用工具42を支持し、サドル30内に回転可能に支持され、サドル30内に収容された主軸モータ41により回転される。加工用工具42は、図略の工具ホルダに保持されて回転主軸40の先端に固定され、回転主軸40の回転に伴って回転する。また、加工用工具42は、コラム20及びサドル30の移動に伴ってベッド10に対

50

して X 軸線に平行な方向及び Y 軸線に平行な方向に移動する。なお、加工用工具 4 2 の詳細は後述する。

【 0 0 3 1 】

さらに、ベッド 1 0 の上面には、テーブル 5 0 を Z 軸線に平行な方向に駆動するための、図略の Z 軸ボールねじが配置される。そして、ベッド 1 0 には、Z 軸ボールねじを回転駆動する Z 軸モータ 1 2 c が配置される。

【 0 0 3 2 】

テーブル 5 0 の上面には、チルトテーブル 6 0 を支持するチルトテーブル支持部 6 3 が設けられる。そして、チルトテーブル支持部 6 3 には、チルトテーブル 6 0 が A 軸線に平行な軸線回りで回転（揺動）可能に設けられる。チルトテーブル 6 0 は、テーブル 5 0 内に収容された A 軸モータ 6 1 により回転（揺動）される。

10

【 0 0 3 3 】

チルトテーブル 6 0 には、ターンテーブル 7 0 が C 軸線に平行な軸線回りで回転可能に設けられる。ターンテーブル 7 0 には、加工物としてスリーブ 1 1 5 を保持する加工物保持具 8 0 が装着される。ターンテーブル 7 0 は、スリーブ 1 1 5 及び加工物保持具 8 0 とともに C 軸モータ 6 2 により回転される。

【 0 0 3 4 】

制御装置 1 0 0 は、加工制御部 1 0 1 と、工具設計部 1 0 2 と、工具状態演算部 1 0 3 と、記憶部 1 0 4 等とを備える。ここで、加工制御部 1 0 1、工具設計部 1 0 2、工具状態演算部 1 0 3 及び記憶部 1 0 4 は、それぞれ個別のハードウェアにより構成することもできるし、ソフトウェアによりそれぞれ実現する構成とすることもできる。

20

【 0 0 3 5 】

加工制御部 1 0 1 は、主軸モータ 4 1 を制御して、加工用工具 4 2 を回転させ、X 軸モータ 1 1 c、Z 軸モータ 1 2 c、Y 軸モータ 2 3 c、A 軸モータ 6 1 及び C 軸モータ 6 2 を制御して、スリーブ 1 1 5 と加工用工具 4 2 とを X 軸線に平行な方向、Z 軸線に平行な方向、Y 軸線に平行な方向、A 軸線に平行な軸線回りに及び C 軸線に平行な軸線回りに相対移動することにより、スリーブ 1 1 5 の切削加工を行う。

【 0 0 3 6 】

工具設計部 1 0 2 は、詳細は後述するが、加工用工具 4 2 の第一工具刃 4 2 a f 及び第二工具刃 4 2 a b のねじれ角、本例では第一工具刃 4 2 a f 及び第二工具刃 4 2 a b は同一形状であり同一ねじれ角（図 5 C 参照）等を求めて加工用工具 4 2 を設計する。詳細は後述するが、加工用工具 4 2 は、第一工具刃 4 2 a f を有する第一工具 4 2 F 及び第一工具 4 2 F と同一形状の第二工具刃 4 2 a b を有する第二工具 4 2 B を一体化して構成される。

30

工具状態演算部 1 0 3 は、詳細は後述するが、スリーブ 1 1 5 に対する加工用工具 4 2 の相対的な位置及び姿勢である工具状態を演算する。

【 0 0 3 7 】

記憶部 1 0 4 には、第一工具 4 2 F 及び第二工具 4 2 B に関する工具データ、すなわち刃先円直径 d_a 、基準円直径 d 、刃末のたけ h_a 、モジュール m 、転位係数、圧力角、正面圧力角 t 及び刃先圧力角 a 、及びスリーブ 1 1 5 の切削加工を行うための加工データは予め記憶される。また、記憶部 1 0 4 は、第一工具 4 2 F 及び第二工具 4 2 B を設計する際に入力される第一工具刃 4 2 a f 及び第二工具刃 4 2 a b の刃数 Z 等を記憶し、また、工具設計部 1 0 2 で設計された第一工具 4 2 F 及び第二工具 4 2 B の形状データや工具状態演算部 1 0 3 で演算された工具状態を記憶する。

40

【 0 0 3 8 】

（ 2 . 加工用工具 ）

図 5 A 及び図 5 B に示すように、加工用工具 4 2 は、第一工具 4 2 F、第二工具 4 2 B 及び第一工具 4 2 F と第二工具 4 2 B に挟持されるカラー 4 4 を備え、本例では第一工具 4 2 F 及び第二工具 4 2 B は同一形状の工具である。加工用工具 4 2 は、第一工具 4 2 F の第一工具刃 4 2 a f のすくい面 4 2 c f が加工用工具 4 2 の工具軸線（回転軸線）L 方

50

向の一方側を向くように第一工具 4 2 F を配置するとともに、第二工具 4 2 B の第二工具刃 4 2 a b のすくい面 4 2 c b が加工用工具 4 2 の工具軸線 L 方向の他方側を向くように第二工具 4 2 B を配置し、第一工具 4 2 F と第二工具 4 2 B の間にカラー 4 4 を配置した構成となっている。

【 0 0 3 9 】

図 5 A に示すように、加工用工具 4 2 を第一工具 4 2 F の工具端面 4 2 M 側から工具軸線 L 方向に見たときの第一工具刃 4 2 a f (第二工具刃 4 2 a b) の形状は、本例ではインポリュート曲線形状と同一形状に形成される。そして、図 5 B に示すように、第一工具 4 2 F の第一工具刃 4 2 a f 及び第二工具 4 2 B の第二工具刃 4 2 a b には、工具端面 4 2 M 側に工具軸線 L と直角な平面に対し、角度 傾斜したすくい角が設けられ、工具周面 4 2 N 側に工具軸線 L と平行な直線に対し、角度 傾斜した前逃げ角が設けられる。そして、図 5 C に示すように、第一工具刃 4 2 a f (第二工具刃 4 2 a b) の刃すじ 4 2 b f (4 2 b b) は、工具軸線 L と平行な直線に対し、角度 傾斜したねじれ角を有する。

10

【 0 0 4 0 】

図 6 に示すように、カラー 4 4 は、円筒状に形成され、カラー 4 4 の両端面には、1 8 0 度間隔で径方向に延びる直方体状の回り止め用の 2 つのキー 4 4 a がそれぞれ設けられる。図 7 に示すように、加工用工具 4 2 を工具ホルダ 4 5 に組み付けるときは、先ず、工具ホルダ 4 5 の先端側の工具取付軸 4 5 a に、第二工具 4 2 B を第二工具刃 4 2 a b が工具ホルダ 4 5 の本体 4 5 b 側を向くように挿入し、次にカラー 4 4 を挿入する。

20

【 0 0 4 1 】

次に、第一工具 4 2 F を第一工具刃 4 2 a f が工具取付軸 4 5 a の先端側 (外側) を向くように挿入し、最後に工具取付軸 4 5 a の先端に設けられるねじ穴 4 5 c にワッシャ付きボルト 4 5 d を締結する。このとき、カラー 4 4 の各キー 4 4 a は、第一工具 4 2 F の軸部 4 2 d f に設けられるキー溝 4 2 e f 及び第二工具 4 2 B の軸部 4 2 d b に設けられるキー溝 4 2 e b に嵌め込まれる。これにより、第一工具 4 2 F の第一工具刃 4 2 a f 及び第二工具 4 2 B の第二工具刃 4 2 a b は、同位相で回転可能となる。

【 0 0 4 2 】

加工用工具 4 2 が取り付けられた工具ホルダ 4 5 は、自動工具交換装置の工具ストッカに格納され、加工開始前に自動工具交換装置の工具交換アームで工具ストッカから取り出されて回転主軸 4 0 に取り付けられる。このとき、工具ホルダ 4 5 に設けられるキー 4 5 e は、回転主軸 4 0 に設けられるキー溝 4 0 a に嵌め込まれる。工具ホルダ 4 5 のキー 4 5 e と回転主軸 4 0 のキー溝 4 0 a との間にはガタがあるが、工具交換アームで加工用工具 4 2 が取り付けられた工具ホルダ 4 5 を保持したまま回転主軸 4 0 を回転させることで、上記ガタが詰まって加工用工具 4 2 の回転主軸 4 0 に対する回転位相が設定される。その後、回転主軸 4 0 において工具ホルダ 4 5 をクランプし、工具交換アームによる工具ホルダ 4 5 の保持を解除する。

30

【 0 0 4 3 】

ここで、第一工具 4 2 F (第二工具 4 2 B) でねじれ角が異なる他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (一方側右テーパ歯面 1 2 1 b) 及び他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (一方側左テーパ歯面 1 2 2 b) を切削加工する場合、第一工具刃 4 2 a f (第二工具刃 4 2 a b) の左刃面と右刃面のねじれ角が異なる加工用工具 4 2 を用いる方法と、第一工具刃 4 2 a f (第二工具刃 4 2 a b) の左刃面と右刃面のねじれ角が同一の加工用工具 4 2 を用いる方法が考えられる。

40

【 0 0 4 4 】

本例では、第一工具刃 4 2 a f (第二工具刃 4 2 a b) の左刃面と右刃面のねじれ角が同一の加工用工具 4 2 を用いて切削加工する場合を説明する。この場合、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (一方側右テーパ歯面 1 2 1 b) を切削加工するときの第一工具 4 2 F (第二工具 4 2 B) の交差角 α と、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (一方側左テーパ歯面 1 2 2 b) を切削加工するときの第一工具 4 2 F (第二工具 4 2 B) の交差角 β を異ならせる必要がある。以下では、第一工具 4 2 F を設計する場合について説明するが、第二工具 4

50

2 Bを設計する場合も同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0045】

上述のように、スリーブ115の他方側左テーパ歯面121fは、既に形成されたスリーブ115の内歯115aに対し、第一工具42Fで切削加工を行うことで形成される。このため、第一工具42Fの第一工具刃42afは、内歯115aを切削加工中に隣り合う内歯115aに干渉せずに、他方側左サブ歯面121afを含む他方側左テーパ歯面121fを確実に切削加工できる形状にすることが必要となる。

【0046】

具体的には、図8Aに示すように、第一工具刃42afが、他方側左テーパ歯面121fの歯すじ長ff分だけ切削したとき、第一工具刃42afの刃先幅Saが、他方側左サブ歯面121afの歯すじ長gfより大きく、且つ第一工具刃42afの基準円Cb上の刃厚Ta（図9参照）が、他方側左テーパ歯面121fとこの他方側左テーパ歯面121fに対向する他方側右テーパ歯面122fの開放端部との距離Hf（以下、歯面間隔Hfという）より小さくなるように第一工具刃42afを設計することが必要となる。このとき、第一工具刃42afの耐久性、例えば欠損等も考慮して第一工具刃42afの刃先幅Sa及び第一工具刃42afの基準円Cb上の刃厚Taを設定する。

10

【0047】

この第一工具刃42afの設計には、図8Bに示すように、先ず、他方側左テーパ歯面121fのねじれ角 ϕ と第一工具刃42afのねじれ角 ϕ_1 との差で表される交差角 ϕ_2 （以下、加工用工具42の交差角 ϕ_2 という）を設定する必要がある。他方側左テーパ歯面121fのねじれ角 ϕ は、既知の値であり、加工用工具42の交差角 ϕ_2 は、歯車加工装置1によって設定可能範囲が設定されているので、作業者は任意の交差角 ϕ_2 を暫定的に設定する。

20

【0048】

次に、既知の他方側左テーパ歯面121fのねじれ角 ϕ 及び設定した加工用工具42の交差角 ϕ_2 から第一工具刃42afのねじれ角 ϕ_1 を求め、第一工具刃42afの刃先幅Sa及び第一工具刃42afの基準円Cb上の刃厚Taを求める。以上の処理を繰り返すことで、他方側左テーパ歯面121fを切削加工するための最適の第一工具刃42afを有する第一工具42Fを設計する。以下に、第一工具刃42afの刃先幅Sa及び第一工具刃42afの基準円Cb上の刃厚Taを求めるための演算例を説明する。

30

【0049】

図9に示すように、第一工具刃42afの刃先幅Saは、刃先円直径da及び刃先円刃厚の半角 α で表される（式（1）参照）。

【0050】

【数1】

$$Sa = \psi_a \cdot da \quad \dots(1)$$

【0051】

刃先円直径daは、基準円直径d及び刃末のたけhaで表され（式（2）参照）、さらに、基準円直径dは、第一工具刃42afの刃数Z、第一工具刃42afの刃すじ42bfのねじれ角 ϕ 及びモジュールmで表され（式（3）参照）、刃末のたけhaは、転位係数 β 及びモジュールmで表される（式（4）参照）。

40

【0052】

【数2】

$$da = d + 2 \cdot ha \quad \dots(2)$$

【0053】

【数3】

$$d = Z \cdot m / \cos \beta \quad \dots(3)$$

50

【 0 0 5 4 】

【 数 4 】

$$h_a = 2 \cdot m(1 + \lambda) \dots (4)$$

【 0 0 5 5 】

刃先円刃厚の半角 α は、第一工具刃 4 2 a f の刃数 Z 、転位係数 λ 、圧力角 α 、正面圧力角 α_t 及び刃先圧力角 α_a で表される（式（5）参照）。なお、正面圧力角 α_t は、圧力角 α 及び第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f のねじれ角 β で表すことができ（式（6）参照）、刃先圧力角 α_a は、正面圧力角 α_t 、刃先円直径 d_a 及び基準円直径 d で表すことができる（式（7）参照）。

10

【 0 0 5 6 】

【 数 5 】

$$\psi_a = \pi / (2 \cdot Z) + 2 \cdot \lambda \cdot \tan \alpha / Z + (\tan \alpha_t - \alpha_t) - (\tan \alpha_a - \alpha_a) \dots (5)$$

【 0 0 5 7 】

【 数 6 】

$$\alpha_t = \tan^{-1}(\tan \alpha / \cos \beta) \dots (6)$$

【 0 0 5 8 】

【 数 7 】

$$\alpha_a = \cos^{-1}(d \cdot \cos \alpha_t / d_a) \dots (7)$$

20

【 0 0 5 9 】

また、第一工具刃 4 2 a f の刃厚 T_a は、基準円直径 d 及び刃厚 T_a の半角 ψ_a で表される（式（8）参照）。

【 0 0 6 0 】

【 数 8 】

$$T_a = \psi_a \cdot d_a \dots (8)$$

【 0 0 6 1 】

30

基準円直径 d は、第一工具刃 4 2 a f の刃数 Z 、第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f のねじれ角 β 及びモジュール m で表される（式（9）参照）。

【 0 0 6 2 】

【 数 9 】

$$d = Z \cdot m / \cos \beta \dots (9)$$

【 0 0 6 3 】

刃厚 T_a の半角 ψ_a は、第一工具刃 4 2 a f の刃数 Z 、転位係数 λ 及び圧力角 α で表される（式（10）参照）。

【 0 0 6 4 】

【 数 10 】

$$\psi_a = \pi / (2 \cdot Z) + 2 \cdot \lambda \cdot \tan \alpha / Z \dots (10)$$

40

【 0 0 6 5 】

以上により、図 10 に示すように、第一工具 4 2 F は、工具端面 4 2 M を図示下方に向けて工具軸線 L に直角な方向から見たとき、第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f は、左下方から右上方に傾斜するねじれ角 β を有するように設計される。以上の第一工具 4 2 F 及び第二工具 4 2 B の設計は、制御装置 1 0 0 の工具設計部 1 0 2 において行われるものであり、その処理の詳細は後述する。

【 0 0 6 6 】

50

(3 . 歯車加工装置における加工用工具の工具状態)

次に、設計した加工用工具 4 2 を歯車加工装置 1 に適用し、加工用工具 4 2 の工具状態として加工用工具 4 2 の工具軸線 L の方向の工具位置（以下、加工用工具 4 2 の軸線方向位置という）や加工用工具 4 2 の交差角 f を変化させて、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を切削加工したときの加工精度について検討する。なお、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f を切削加工したときの加工精度も同様であるので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 7 】

例えば、図 1 1 A に示すように、加工用工具 4 2 の軸線方向位置、すなわち加工用工具 4 2 の工具端面 4 2 M と工具軸線 L との交点 P が、スリーブ 1 1 5 の回転軸線 L w 上に位置する場合（オフセット量 0）、加工用工具 4 2 の工具軸線 L 方向に距離 + d だけオフセットした場合（オフセット量 + d）、及び加工用工具 4 2 の工具軸線 L 方向に距離 - d だけオフセットした場合（オフセット量 - d）で他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を加工した。なお、加工用工具 4 2 の交差角 f は全て一定とした。

10

【 0 0 6 8 】

その結果、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の加工状態は、図 1 1 B、図 1 1 C、図 1 1 D に示すようになった。なお、図中、太い実線 E は、設計上の他方側左テーパ歯面 1 2 1 f のインボリュート曲線を直線に変換して表したもので、ドット部分 D は、切削除去部分を表す。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 B に示すように、オフセット量 0 では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に近い形状で加工される。一方、図 1 1 C に示すように、オフセット量 + d では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に対し、図示右方向（点線矢印方向）、すなわち時計回りのピッチ円方向にずれた形状で加工され、図 1 1 D に示すように、オフセット量 - d では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に対し、図示左方向（点線矢印方向）、すなわち反時計回りのピッチ円方向にずれた形状で加工される。よって、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の形状は、加工用工具 4 2 の工具軸線 L 方向位置を変更することにより、ピッチ円方向にずらすことができる。

20

【 0 0 7 0 】

また、例えば、図 1 2 A に示すように、加工用工具 4 2 の交差角が、角度 f 、 b 、 c の各場合で他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を加工した。なお、各角度の大小関係は、 $f > b > c$ である。その結果、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の加工状態は、図 1 2 B、図 1 2 C、図 1 2 D に示すようになった。

30

【 0 0 7 1 】

図 1 2 B に示すように、交差角 f では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に近い形状で加工される。一方、図 1 2 C に示すように、交差角 b では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に対し、歯先の幅がピッチ円方向（実線矢印方向）に狭まり、歯元の幅がピッチ円方向（実線矢印方向）に広がった形状で加工され、図 1 2 D に示すように、交差角 c では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に対し、歯先の幅がピッチ円方向（実線矢印方向）にさらに狭まり、歯元の幅がピッチ円方向（実線矢印方向）にさらに広がった形状で加工される。よって、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の形状は、加工用工具 4 2 の交差角を変更することにより、歯先のピッチ円方向の幅及び歯元のピッチ円方向の幅を変更できる。

40

【 0 0 7 2 】

また、例えば、図 1 3 A に示すように、加工用工具 4 2 の軸線方向位置、すなわち加工用工具 4 2 の工具端面 4 2 M と工具軸線 L との交点 P が、スリーブ 1 1 5 の回転軸線 L w 上に位置し（オフセット量 0）、且つ加工用工具 4 2 の交差角が、 f の場合、及び加工用工具 4 2 の工具軸線 L 方向に距離 + d だけオフセットし（オフセット量 + d）、且つ交差角 b の場合で他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を加工した。その結果、他方側左テーパ歯

50

面 1 2 1 f の加工状態は、図 1 3 B、図 1 3 C に示すようになった。

【 0 0 7 3 】

図 1 3 B に示すように、オフセット量 0 且つ交差角 f では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に近い形状で加工される。一方、図 1 3 C に示すように、オフセット量 + d 且つ交差角 b では、加工された他方側左テーパ歯面 1 2 1 f は、設計上のインボリュート曲線に対し、図示右方向（点線矢印方向）、すなわち時計回りのピッチ円方向にずれ、且つ歯先の幅がピッチ円方向（実線矢印方向）に狭まり、歯元の幅がピッチ円方向（実線矢印方向）に広がった形状で加工される。よって、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の形状は、加工用工具 4 2 の軸線方向位置、及び加工用工具 4 2 の交差角を変更することにより、ピッチ円方向にずらし、歯先の周方向の幅及び歯元のピッチ円方向の幅を変更できる。

10

【 0 0 7 4 】

以上により、加工用工具 4 2 は、歯車加工装置 1 においてオフセット量 0 且つ交差角 f でセットされることで、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を高精度に切削加工できる。加工用工具 4 2 の工具状態の設定は、制御装置 1 0 0 の工具状態演算部 1 0 3 において行われるものであり、その処理の詳細は後述する。

【 0 0 7 5 】

（ 4 . 制御装置の工具設計部による処理 ）

次に、制御装置 1 0 0 の工具設計部 1 0 2 による第一工具 4 2 F の設計処理について、図 2、図 8 A、図 8 B、図 8 C 及び図 8 D を参照して説明する。なお、ギヤ抜け防止部 1 2 0 F に関するデータ、すなわち他方側左テーパ歯面 1 2 1 f のねじれ角 f 及び歯すじ長 $f f$ 、他方側左サブ歯面 1 2 1 a f の歯すじ長 $g f$ 及び歯面間隔 $H f$ と、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f のねじれ角 b 及び歯すじ長 $f r$ 、他方側右サブ歯面 1 2 2 a f の歯すじ長 $g r$ 及び歯面間隔 $H r$ は、記憶部 1 0 4 に予め記憶されているものとする。さらに、第一工具 4 2 F に関するデータ、すなわち刃数 Z 、刃先円直径 $d a$ 、基準円直径 d 、刃末のたけ $h a$ 、モジュール m 、転位係数、圧力角、正面圧力角 t 及び刃先圧力角 a は記憶部 1 0 4 に予め記憶されているものとする。

20

【 0 0 7 6 】

制御装置 1 0 0 の工具設計部 1 0 2 は、記憶部 1 0 4 から他方側左テーパ歯面 1 2 1 f のねじれ角 f を読み込む（図 2 のステップ S 1）。そして、工具設計部 1 0 2 は、作業者により入力される他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を切削加工するときの加工用工具 4 2 の交差角 f と、読み込んだ他方側左テーパ歯面 1 2 1 f のねじれ角 f との差を、第一工具 4 2 F の第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f のねじれ角 f として求める（図 2 のステップ S 2）。

30

【 0 0 7 7 】

工具設計部 1 0 2 は、記憶部 1 0 4 から第一工具 4 2 F の刃数 Z 等を読み込み、読み込んだ第一工具 4 2 F の刃数 Z 等及び求めた第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f のねじれ角 f に基づいて、第一工具刃 4 2 a f の刃先幅 $S a$ 及び刃厚 $T a$ を求める（図 2 のステップ S 3）。そして、工具設計部 1 0 2 は、記憶部 1 0 4 から他方側左サブ歯面 1 2 1 a f の歯すじ長 $g f$ を読み出し、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃先幅 $S a$ が他方側左サブ歯面 1 2 1 a f の歯すじ長 $g f$ より大きいかな否かを判断する（図 2 のステップ S 4）。

40

【 0 0 7 8 】

工具設計部 1 0 2 は、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃先幅 $S a$ が他方側左サブ歯面 1 2 1 a f の歯すじ長 $g f$ 以下のときは、ステップ S 2 に戻って上述の処理を繰り返す。一方、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃先幅 $S a$ が他方側左サブ歯面 1 2 1 a f の歯すじ長 $g f$ より大きくなったら、記憶部 1 0 4 から歯面間隔 $H f$ を読み出し、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃厚 $T a$ が他方側左テーパ歯面 1 2 1 f 側の歯面間隔 $H f$ より小さいかな否かを判断する（図 2 のステップ S 5）。

【 0 0 7 9 】

工具設計部 1 0 2 は、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃厚 $T a$ が他方側左テーパ歯面 1 2

50

1 f 側の歯面間隔 H_f 以上のときは、ステップ S 2 に戻って上述の処理を繰り返す。一方、工具設計部 1 0 2 は、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃厚 T_a が他方側左テーパ歯面 1 2 1 f 側の歯面間隔 H_f より小さくなったら、記憶部 1 0 4 から他方側右テーパ歯面 1 2 2 f のねじれ角 b を読み込む (図 2 のステップ S 6)。そして、工具設計部 1 0 2 は、ステップ S 2 で求めた第一工具 4 2 F の第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f のねじれ角と、読み込んだ他方側右テーパ歯面 1 2 2 f のねじれ角 b との差を、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f を切削加工するときの加工用工具 4 2 の交差角 b として求める (図 2 のステップ S 7)。

【0080】

工具設計部 1 0 2 は、記憶部 1 0 4 から他方側右サブ歯面 1 2 2 a f の歯すじ長 g_r を読み出し、ステップ S 3 3 で求めた第一工具刃 4 2 a f の刃先幅 S_a が他方側右サブ歯面 1 2 2 a f の歯すじ長 g_r より大きいか否かを判断する (図 2 のステップ S 8)。工具設計部 1 0 2 は、刃先幅 S_a が他方側右サブ歯面 1 2 2 a f の歯すじ長 g_r 以下のときは、ステップ S 2 に戻って上述の処理を繰り返す。一方、刃先幅 S_a が他方側右サブ歯面 1 2 2 a f の歯すじ長 g_r より大きくなったら、記憶部 1 0 4 から歯面間隔 H_r を読み出し、刃厚 T_a が他方側右テーパ歯面 1 2 2 f 側の歯面間隔 H_r より小さいか否かを判断する (図 2 のステップ S 9)。

10

【0081】

工具設計部 1 0 2 は、刃厚 T_a が他方側右テーパ歯面 1 2 2 f 側の歯面間隔 H_r 以上のときは、ステップ S 2 に戻って上述の処理を繰り返す。一方、刃厚 T_a が他方側右テーパ歯面 1 2 2 f 側の歯面間隔 H_r より小さくなったら、求めた第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f のねじれ角等に基づいて、第一工具 4 2 F の形状を決定し (図 2 のステップ S 1 0)、決定した第一工具 4 2 F の形状データを記憶部 1 0 4 に記憶し (図 2 のステップ S 1 1)、全ての処理を終了する。以上により、最良の第一工具刃 4 2 a f を有する第一工具 4 2 F (第二工具刃 4 2 a b を有する第二工具 4 2 B) が設計される。

20

【0082】

(5. 制御装置の工具状態演算部による処理)

次に、制御装置 1 0 0 の工具状態演算部 1 0 3 による処理について、図 3 を参照して説明する。この処理は、公知の歯車の創成理論に基づいて、第一工具 4 2 F の第一工具刃 4 2 a f の軌跡を演算するシミュレーション処理であるため、実加工は不要であり、低コスト化を図ることができる。

30

【0083】

制御装置 1 0 0 の工具状態演算部 1 0 3 は、記憶部 1 0 4 から他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の切削加工を行うときの加工用工具 4 2 の軸線方向位置等の工具状態を読み込み (図 3 のステップ S 1 1)、シミュレーション回数 n として 1 回目であることを記憶部 1 0 4 に記憶し (図 3 のステップ S 1 2)、加工用工具 4 2 を読み込んだ工具状態に設定する (図 3 のステップ S 1 3)。

【0084】

そして、工具状態演算部 1 0 3 は、記憶部 1 0 4 から読み込んだ第一工具 4 2 F の形状データに基づいて、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f を加工するときの工具軌跡を求め (図 3 のステップ S 1 4)、加工後の他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の形状を求める (図 3 のステップ S 1 5)。そして、工具状態演算部 1 0 3 は、求めた加工後の他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の形状と、設計上の他方側左テーパ歯面 1 2 1 f の形状とを比較し、形状誤差を求めて記憶部 1 0 4 に記憶し (図 3 のステップ S 1 6)、シミュレーション回数 n に 1 を加算する (図 3 のステップ S 1 7)。

40

【0085】

そして、工具状態演算部 1 0 3 は、シミュレーション回数 n が予め設定した回数 n_n に達したか否かを判断し (図 3 のステップ S 1 8)、シミュレーション回数 n が設定回数 n_n に達していないときは、加工用工具 4 2 の工具状態のうち例えば加工用工具 4 2 の軸線方向位置を変更し (図 3 のステップ S 1 9)、ステップ S 1 4 に戻って上述の処理を繰り返す。

50

返す。一方、シミュレーション回数 n が設定回数 n_n に達したときは、工具状態演算部 103 は、記憶した形状誤差のうち最小の誤差となる加工用工具 42 の軸線方向位置を選択して記憶部 104 に記憶し（図 3 のステップ S20）、全ての処理を終了する。

【0086】

なお、上述の処理では、複数回のシミュレーションを行って最小の誤差となる加工用工具 42 の軸線方向位置を選択するようにしたが、予め許容形状誤差を設定しておき、ステップ S16 において算出した形状誤差が許容形状誤差以下となったときの加工用工具 42 の軸線方向位置を選択してもよい。また、ステップ S19 においては、加工用工具 42 の軸線方向位置を変更する代わりに、加工用工具 42 の交差角を変更し、もしくは加工用工具 42 の軸線回り方向位置を変更し、又は、交差角、軸線方向位置、軸線回り方向位置の任意の組み合わせを変更するようにしてもよい。

10

【0087】

（6．制御装置の加工制御部による処理）

次に、制御装置 100 の加工制御部 101 による処理について、図 4 A 及び図 4 B を参照して説明する。ここで、作業者は、工具設計部 102 で設計した第一工具 42 F 及び第二工具 42 B の各形状データに基づいて、第一工具 42 F 及び第二工具 42 B を製作し、工具ホルダ 45 に組み付けて歯車加工装置 1 の自動工具交換装置の工具ストッカに格納しているものとする。また、スリーブ 115 は、歯車加工装置 1 の加工物保持具 80 に装着され、旋削加工もしくはブローチ加工などにより内歯 115 a が形成されているものとする。

20

【0088】

制御装置 100 の加工制御部 101 は、自動工具交換装置で前の加工工程（旋削加工もしくはブローチ加工など）の加工用工具を加工用工具 42 に交換する（図 4 A のステップ S21）。そして、加工制御部 101 は、工具状態演算部 103 で求めたスリーブ 115 の他方側左テーパ歯面 121 f を加工する際の加工用工具 42 の工具状態となるように加工用工具 42 及びスリーブ 115 を配置する（図 4 A のステップ S22）。具体的には、図 8 B に示すように、回転主軸 40 に保持された加工用工具 42 の第一工具 42 F が、加工物保持具 80 に保持されたスリーブ 115 と対向し、且つ加工用工具 42 が、工具状態演算部 103 で求めた他方側左テーパ歯面 121 f を形成するときの加工用工具 42 の軸線方向位置（例えばオフセット量 0）及び交差角 f となるように配置する。

30

【0089】

加工制御部 101 は、加工用工具 42 をスリーブ 115 と同期回転させながら第一工具 42 F 側をスリーブ 115 に向かってスリーブ 115 の回転軸線 L_w 方向に送り操作し、内歯 115 a を切削加工して内歯 115 a に他方側左サブ歯面 121 a f を含む他方側左テーパ歯面 121 f を形成する（図 4 A のステップ S23）。

【0090】

すなわち、図 14 A - 図 14 C に示すように、第一工具 42 F は、スリーブ 115 の回転軸線 L_w 方向への 1 回もしくは複数回の切削動作で、内歯 115 a に他方側左サブ歯面 121 a f を含む他方側左テーパ歯面 121 f を形成する。このときの第一工具 42 F は、送り動作及び送り動作と反対方向の戻し動作を行う必要があるが、図 14 C に示すように、この反転動作は慣性力が働く。このため、第一工具 42 F の送り動作は、他方側左サブ歯面 121 a f を含む他方側左テーパ歯面 121 f を形成できる他方側左テーパ歯面 121 f の歯すじ長 f_f より所定長短い点 Q において終了し、戻し動作に移行する。この送り終了点 Q は、センサなどによって計測して求めることができるが、必要な加工精度に対して、送り量の精度が十分な場合には、計測しなくても送り量で調整することができる。つまり、点 Q まで加工できるように送り量などを調整して、切削加工をすることで、精度良く加工できる。

40

【0091】

そして、加工制御部 101 は、他方側左テーパ歯面 121 f の切削加工が完了したら（図 4 A のステップ S24）、工具状態演算部 103 で求めたスリーブ 115 の他方側右テ

50

ーパ歯面 1 2 2 f を加工する際の加工用工具 4 2 の工具状態となるように加工用工具 4 2 及びスリーブ 1 1 5 を配置する（図 4 A のステップ S 2 5）。具体的には、図 8 D に示すように、回転主軸 4 0 に保持された加工用工具 4 2 の第一工具 4 2 F が、加工物保持具 8 0 に保持されたスリーブ 1 1 5 と対向し、且つ加工用工具 4 2 が、工具状態演算部 1 0 3 で求めた他方側右テーパ歯面 1 2 2 f を形成するときの加工用工具 4 2 の軸線方向位置（例えばオフセット量 0）及び交差角 β となるように配置する。

【 0 0 9 2 】

加工制御部 1 0 1 は、加工用工具 4 2 をスリーブ 1 1 5 と同期回転させながら第一工具 4 2 F 側をスリーブ 1 1 5 に向かってスリーブ 1 1 5 の回転軸線 L w 方向に送り操作し、内歯 1 1 5 a を切削加工して内歯 1 1 5 a に他方側右サブ歯面 1 2 2 a f を含む他方側右テーパ歯面 1 2 2 f を切削形成する（図 4 A のステップ S 2 6）。

10

【 0 0 9 3 】

そして、加工制御部 1 0 1 は、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f の切削加工が完了したら（図 4 A のステップ S 2 7）、スリーブ 1 1 5 の一方側のギヤ抜け防止部 1 2 0 B の加工が完了したか否かを判断する（図 4 A のステップ S 2 8）。そして、加工制御部 1 0 1 は、スリーブ 1 1 5 の一方側のギヤ抜け防止部 1 2 0 B の加工が完了したと判断したら全ての処理を終了する。一方、加工制御部 1 0 1 は、スリーブ 1 1 5 の一方側のギヤ抜け防止部 1 2 0 B の加工が完了していないと判断したら、加工用工具 4 2 をスリーブ 1 1 5 の回転軸線 L w 方向に送り操作し、スリーブ 1 1 5 の内周を通過させ（図 4 A のステップ S 2 9）、図 4 B のステップ S 3 0 に進む。

20

【 0 0 9 4 】

そして、加工制御部 1 0 1 は、工具状態演算部 1 0 3 で求めたスリーブ 1 1 5 の一方側右テーパ歯面 1 2 1 b を加工する際の加工用工具 4 2 の工具状態となるように加工用工具 4 2 及びスリーブ 1 1 5 を配置する（図 4 B のステップ S 3 0）。具体的には、図 1 5 A に示すように、回転主軸 4 0 に保持された加工用工具 4 2 の第二工具 4 2 B が、加工物保持具 8 0 に保持されたスリーブ 1 1 5 と対向し、且つ加工用工具 4 2 が、工具状態演算部 1 0 3 で求めた一方側右テーパ歯面 1 2 1 b を形成するときの加工用工具 4 2 の軸線方向位置（例えばオフセット量 0）及び交差角 β となるように配置する。

【 0 0 9 5 】

加工制御部 1 0 1 は、加工用工具 4 2 をスリーブ 1 1 5 と同期回転させながら第二工具 4 2 B 側をスリーブ 1 1 5 に向かってスリーブ 1 1 5 の回転軸線 L w 方向に戻し操作し、内歯 1 1 5 a を切削加工して内歯 1 1 5 a に一方側右サブ歯面 1 2 1 a b を含む一方側右テーパ歯面 1 2 1 b を形成する（図 4 B のステップ S 3 1）。

30

【 0 0 9 6 】

すなわち、図 1 6 A - 図 1 6 C に示すように、第二工具 4 2 B は、スリーブ 1 1 5 の回転軸線 L w 方向への 1 回もしくは複数回の切削動作で、内歯 1 1 5 a に一方側右サブ歯面 1 2 1 a b を含む一方側右テーパ歯面 1 2 1 b を形成する。このときの第二工具 4 2 B は、戻し動作及び送り動作を行う必要があるが、図 1 6 C に示すように、この反転動作は慣性力が働く。このため、第二工具 4 2 B の戻し動作は、一方側右サブ歯面 1 2 1 a b を含む一方側右テーパ歯面 1 2 1 b を形成できる一方側右テーパ歯面 1 2 1 b の歯すじ長 $f f$ より所定長短い点 R において終了し、送り動作に移行する。この戻し終了点 R は、センサなどによって計測して求めることができるが、必要な加工精度に対して、送り量の精度が十分な場合には、計測しなくても送り量で調整することができる。つまり、点 R まで加工できるように送り量などを調整して、切削加工をすることで、精度良く加工できる。

40

【 0 0 9 7 】

そして、加工制御部 1 0 1 は、一方側右テーパ歯面 1 2 1 b の切削加工が完了したら（図 4 B のステップ S 3 2）、工具状態演算部 1 0 3 で求めたスリーブ 1 1 5 の一方側左テーパ歯面 1 2 2 b を加工する際の加工用工具 4 2 の工具状態となるように加工用工具 4 2 及びスリーブ 1 1 5 を配置する（図 4 B のステップ S 3 3）。具体的には、図 1 5 B に示すように、回転主軸 4 0 に保持された加工用工具 4 2 の第二工具 4 2 B が、加工物保持具

50

80に保持されたスリーブ115と対向し、且つ加工用工具42が、工具状態演算部103で求めた一方側左テーパ歯面122bを形成するときの加工用工具42の軸線方向位置（例えばオフセット量0）及び交差角 b となるように配置する。

【0098】

加工制御部101は、加工用工具42をスリーブ115と同期回転させながら第二工具42B側をスリーブ115に向かってスリーブ115の回転軸線Lw方向に戻し操作し、内歯115aを切削加工して内歯115aに一方側左サブ歯面122abを含む一方側左テーパ歯面122bを切削形成する（図4BのステップS34）。そして、加工制御部101は、一方側左テーパ歯面122bの切削加工が完了したら（図4BのステップS35）、スリーブ115の他方側のギヤ抜け防止部120Fの加工が完了したか否かを判断する（図4BのステップS36）。そして、加工制御部101は、スリーブ115の他方側のギヤ抜け防止部120Fの加工が完了していないと判断したら、加工用工具42をスリーブ115の回転軸線Lw方向に送り操作し、スリーブ115の内周を通過させ（図4BのステップS37）、図4AのステップS22に進む。一方、加工制御部101は、スリーブ115の他方側のギヤ抜け防止部120Fの加工が完了したと判断したら、全ての処理を終了する。

10

【0099】

（7.その他）

上述の例では、第一工具42F及び第二工具42Bを別々に形成し、第一工具42Fと第二工具42Bの間にカラー44を挟持して加工用工具42としたが、第一工具刃42af及び第二工具刃42abを有する同一材の加工用工具42としてもよい。これにより、当該加工用工具42の工具ホルダ45への組み付けが容易となる。

20

【0100】

また、上述の例では、ギヤ抜け防止部120F、120Bは、加工用工具42による切削加工でスリーブ115の既加工済みの内歯115aに対し形成する場合を説明した。しかし、ギヤ抜け防止部120F、120Bは、ローリング加工でスリーブ115の既加工済みの内歯115aに対し仕上げ代を残して荒加工した後、加工用工具42で仕上げ代を切削加工して仕上げ加工することで形成するようにしてもよい。よって、加工用工具42は、ギヤ抜け防止部120F、120Bを高精度に切削加工できる。

【0101】

30

また、上述の例では、スリーブ115の内歯115aをブローチ加工やギヤシェーパ加工等により形成する場合を説明したが、内歯115aの形成が可能な加工用工具及び加工用工具42による切削加工でスリーブ115の内歯115a及びギヤ抜け防止部120F、120Bを全て形成するようにしてもよい。また、内歯に対し加工する場合を説明したが、外歯に対しても同様に加工可能である。また、加工物としてシンクロメッシュ機構110のスリーブ115としたが、円筒形状、円盤形状の加工物でよく、内周（内歯）、外周（外歯）のいずれか一方又は両方に複数の歯面（異なる複数の歯すじ、歯形（歯先、歯元））を同様に加工可能である。また、クラウニング、レリービングなどの連続変化する歯すじ、歯形（歯先、歯元）も同様に加工可能である。

【0102】

40

また、上述の例では、5軸マシニングセンタである歯車加工装置1は、スリーブ115をA軸旋回可能とするものとした。これに対して、5軸マシニングセンタは、縦形マシニングセンタとして、加工用工具42をA軸旋回可能とする構成としてもよい。また、本発明をマシニングセンタに適用する場合を説明したが、歯車加工の専用機に対しても同様に適用可能である。

【0103】

（実施形態の効果）

本実施形態の歯車加工装置1は、加工物（スリーブ115）の回転軸線Lwに対し傾斜した回転軸線Lを有する加工用工具42を用い、加工用工具42を加工物115と同期回転させながら加工物115の回転軸線L方向に相対的に移動操作して歯車を加工する歯車

50

加工装置 1 であって、歯車の歯 1 1 5 a の左側面 1 1 5 A、右側面 1 1 5 B (側面) は、左歯面 1 1 5 b、右歯面 1 1 5 c (主となる歯面) に対しねじれ角が異なる複数の他方側左テーパ歯面 1 2 1 f、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f、一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (従となる歯面) を、左側面 1 1 5 A、右側面 1 1 5 B (側面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の一方側及び他方側にそれぞれ有し、加工用工具 4 2 は、すくい面 4 2 c f が加工用工具 4 2 の回転軸線 L 方向の一方側を向く第一工具刃 4 2 a f と、すくい面 4 2 c b が加工用工具 4 2 の回転軸線 L 方向の他方側を向く第二工具刃 4 2 a b とを有する。

【0104】

そして、第一工具刃 4 2 a f は、加工用工具 4 2 を加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の他方側に相対的に移動操作させて、加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の他方側に設けられる他方側左テーパ歯面 1 2 1 f、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (従となる歯面) を加工する場合に用いられ、第二工具刃 4 2 a b は、加工用工具 4 2 を加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の一方側に相対的に移動操作させて、加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の一方側に設けられる一方側左テーパ歯面 1 2 2 b、一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (従となる歯面) を加工する場合に用いられる。

10

【0105】

これにより、歯車加工装置 1 は、1 つの加工用工具 4 2 で加工物 1 1 5 の両端面側にそれぞれねじれ角が異なる他方側左テーパ歯面 1 2 1 f、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f、一方側右テーパ歯面 1 2 1 b、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (複数の歯面) を形成できるので、従来必要であった 2 つの加工用工具の工具交換や位置合わせを行う必要はなく、加工効率を向上でき、加工精度を高めることができる。

20

【0106】

また、歯車の歯 1 1 5 a の左側面 1 1 5 A、右側面 1 1 5 B (側面) は、主となる左歯面 1 1 5 b (第一歯面)、左歯面 1 1 5 b (第一歯面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の他方側に設けられる従となる他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面)、及び左歯面 1 1 5 b (第一歯面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の一方側に設けられる従となる一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) を有し、第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f は、予め加工された左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に対し他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) を加工可能なように、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) のねじれ角 α 及び加工物 1 1 5 の回転軸線 L w と加工用工具 4 2 の回転軸線 L との交差角 β に基づいて設定されたねじれ角 α を有し、第二工具刃 4 2 a b の刃すじ 4 2 b b は、予め加工された左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に対し一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) を加工可能なように、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) のねじれ角 β 及び加工物 1 1 5 の回転軸線 L w と加工用工具 4 2 の回転軸線 L との交差角 β に基づいて設定されたねじれ角 β を有する。

30

【0107】

これにより、第一工具刃 4 2 a f は、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) の加工の際に、加工対象の左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に隣接する歯 1 1 5 a と干渉しない形状に設計でき、第二工具刃 4 2 a b は、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) の加工の際に、加工対象の左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に隣接する歯 1 1 5 a と干渉しない形状に設計できる。

40

【0108】

また、歯車の歯 1 1 5 a の左側面 1 1 5 A (一方側の側面) は、主となる左歯面 1 1 5 b (第一歯面)、左歯面 1 1 5 b (第一歯面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の一方側に設けられる従となる他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面)、及び左歯面 1 1 5 b (第一歯面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の他方側に設けられる従となる一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) を有し、歯車の歯の右側面 1 1 5 B (他方側の側面) は、主となる右歯面 1 1 5 c (第四歯面)、右歯面 1 1 5 c (第四歯面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の一方側に設けられる従となる一方側右テーパ歯面

50

1 2 1 b (第五歯面)、及び右歯面 1 1 5 c (第四歯面) における加工物 1 1 5 の回転軸線 L w 方向の他方側に設けられる従となる他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (第六歯面) を有する。

【 0 1 0 9 】

そして、第一工具刃 4 2 a f の一方側の刃すじ 4 2 b f は、予め加工された左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に対し他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) を加工可能なように、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) のねじれ角 α 及び加工物 1 1 5 の回転軸線 L w と加工用工具 4 2 の回転軸線 L との第二歯面 1 2 1 f 用の交差角 β に基づいて設定されたねじれ角 α を有し、第一工具刃 4 2 a f の他方側の刃すじ 4 2 b f は、第一工具刃 4 2 a f の一方側の刃すじ 4 2 b f のねじれ角 α と同一角度のねじれ角 α を有し、第二工具刃 4 2 a b の一方側の刃すじ 4 2 b b は、予め加工された左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に対し一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) を加工可能なように、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) のねじれ角 β 及び加工物 1 1 5 の回転軸線 L w と加工用工具 4 2 の回転軸線 L との一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) 用の交差角 β に基づいて設定されたねじれ角 β を有し、第二工具刃 4 2 a b の他方側の刃すじ 4 2 b b は、第二工具刃 4 2 a b の一方側の刃すじ 4 2 b b のねじれ角 β と同一角度のねじれ角 β を有する。

10

【 0 1 1 0 】

そして、加工用工具 4 2 は、予め加工された左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に対し第一工具刃 4 2 a f で他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) を加工する際、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) 用の交差角 α に設定され、予め加工された右歯面 1 1 5 c (第四歯面) に対し第一工具刃 4 2 a f で他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (第六歯面) を加工する際、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (第六歯面) のねじれ角 β 及び第一工具刃 4 2 a f の他方側の刃すじ 4 2 b f のねじれ角 α とに基づいて求まる他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (第六歯面) 用の交差角 β に設定され、加工用工具 4 2 は、予め加工された左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に対し第二工具刃 4 2 a b で一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) を加工する際、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) 用の交差角 β に設定され、予め加工された右歯面 1 1 5 c (第四歯面) に対し第二工具刃 4 2 a b で一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (第五歯面) を加工する際、一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (第五歯面) のねじれ角 α 及び第二工具刃 4 2 a b の他方側の刃すじ 4 2 b b のねじれ角 β とに基づいて求まる一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (第五歯面) 用の交差角 α に設定される。

20

30

【 0 1 1 1 】

これにより、第一工具刃 4 2 a f は、他方側左テーパ歯面 1 2 1 f (第二歯面) の加工の際に、加工対象の左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に隣接する歯 1 1 5 a と干渉しない形状に設計できるとともに、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f (第六歯面) の加工の際に、加工対象の右歯面 1 1 5 c (第四歯面) に隣接する歯 1 1 5 a と干渉しない形状に設計できる。第二工具刃 4 2 a b は、一方側左テーパ歯面 1 2 2 b (第三歯面) の加工の際に、加工対象の左歯面 1 1 5 b (第一歯面) に隣接する歯 1 1 5 a と干渉しない形状に設計できるとともに、一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (第五歯面) の加工の際に、加工対象の右歯面 1 1 5 c (第四歯面) に隣接する歯 1 1 5 a と干渉しない形状に設計できる。

40

【 0 1 1 2 】

また、歯車は、シンクロメッシュ機構 1 1 0 のスリーブ 1 1 5 であり、従となる歯面は、スリーブ 1 1 5 の内周歯に設けられるギヤ抜け防止部 1 2 0 F, 1 2 0 B の他方側左テーパ歯面 1 2 1 f, 一方側左テーパ歯面 1 2 2 b、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f, 一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (歯面) である。これにより、ギヤ抜け防止部 1 2 0 F, 1 2 0 B を構成する他方側左テーパ歯面 1 2 1 f, 一方側左テーパ歯面 1 2 2 b、他方側右テーパ歯面 1 2 2 f, 一方側右テーパ歯面 1 2 1 b (歯面) は、切削加工により加工精度が高くなるので、ギヤ抜けを確実に防止できる。

【 0 1 1 3 】

また、第一工具刃 4 2 a f の刃すじ 4 2 b f と第二工具刃 4 2 a b の刃すじ 4 2 b b は、同一角度のねじれ角 α を有するので、工具コストを低減できる。また、加工用工具 4 2

50

の交差角を変更するのみで、ねじれ角が異なる歯面を形成できる。

【0114】

また、加工物115の回転軸線Lwに対し傾斜した回転軸線Lを有する加工用工具42で歯車を切削加工する歯車加工方法であって、歯車の歯の左側面115A、右側面115B（側面）は、左歯面115b、右歯面115c（主となる歯面）に対しねじれ角が異なる複数の他方側左テーパ歯面121f、一方側左テーパ歯面122b、他方側右テーパ歯面122f、一方側右テーパ歯面121b（従となる歯面）を、左側面115A、右側面115B（側面）における歯車の回転軸線Lw方向の一方側及び他方側にそれぞれ有し、加工用工具42は、すくい面42cfが加工用工具42の回転軸線L方向の一方側を向く第一工具刃42afと、すくい面42cbが加工用工具42の回転軸線L方向の他方側を向く第二工具刃42abとを有する。

10

【0115】

そして、歯車加工方法は、加工用工具42を加工物115と同期回転させながら加工物115の回転軸線Lw方向の他方側にて当該回転軸線Lw方向に相対的に移動操作して、加工物115の回転軸線Lw方向の他方側に設けられる他方側左テーパ歯面121f、他方側右テーパ歯面122f（従となる歯面）を第一工具刃42afで加工する第一工程と、加工用工具42を加工物115と同期回転させながら加工物115の回転軸線Lw方向の一方側にて当該回転軸線Lw方向に相対的に移動操作して、加工物115の回転軸線Lw方向の一方側に設けられる一方側左テーパ歯面122b、一方側右テーパ歯面121b（従となる歯面）を第二工具刃42abで加工する第二工程と、を備える。これにより、上述の歯車加工装置1と同様の効果が得られる。

20

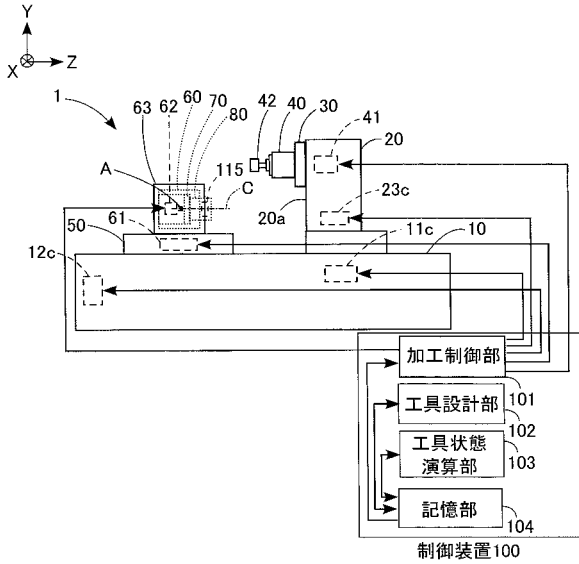
【符号の説明】

【0116】

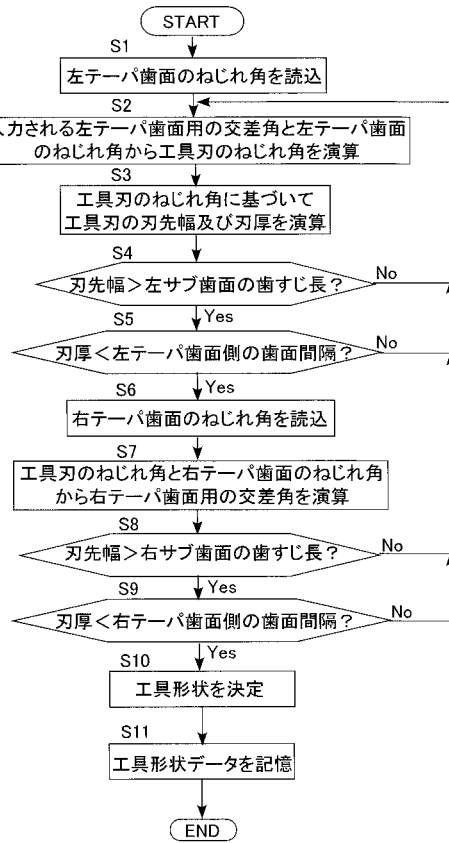
1：歯車加工装置、42：加工用工具、42F：第一工具、42B：第二工具、42af：第一工具刃、42ab：第二工具刃、42bf、42bb：刃すじ、100：制御装置、101：加工制御部、102：工具設計部、103：工具状態演算部、104：記憶部、115：スリーブ（加工物）、115a：歯、115A：左側面、115B：右側面、115b：左歯面（主となる歯面、第一歯面）、115c：右歯面（主となる歯面、第四歯面）、121f：他方側左テーパ歯面（従となる歯面、第二歯面）、122f：他方側右テーパ歯面（従となる歯面、第六歯面）、121b：一方側右テーパ歯面（従となる歯面、第五歯面）、122b：一方側左テーパ歯面（従となる歯面、第三歯面）、 α ：刃すじのねじれ角、 β 、 γ ：歯面のねじれ角、 δ 、 ϵ ：交差角

30

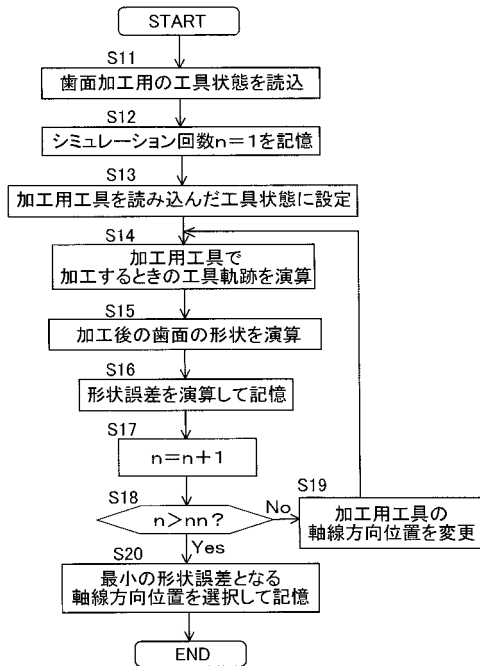
【 図 1 】



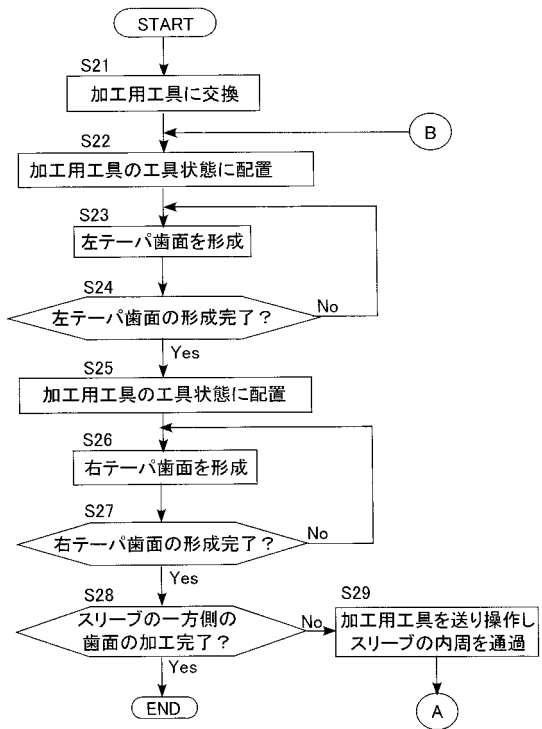
【 図 2 】



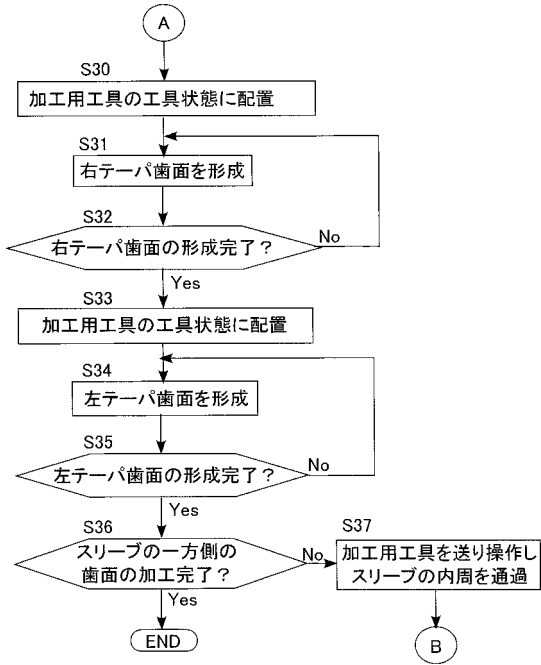
【 図 3 】



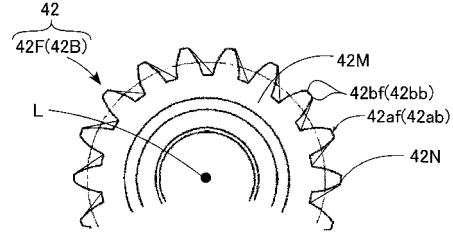
【 図 4 A 】



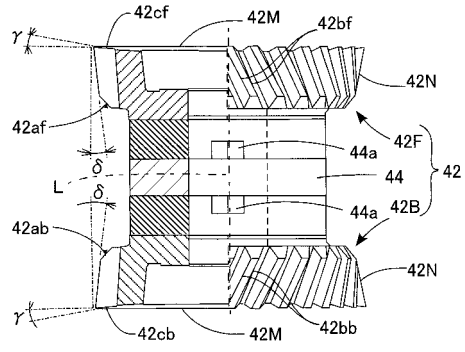
【図4B】



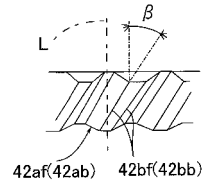
【図5A】



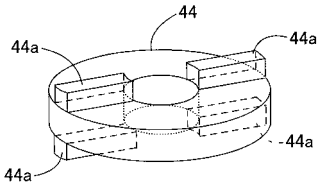
【図5B】



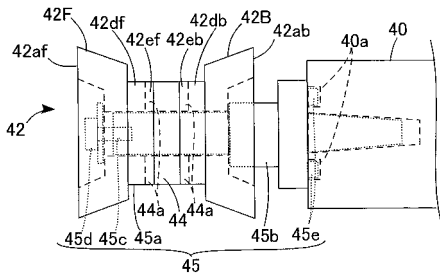
【図5C】



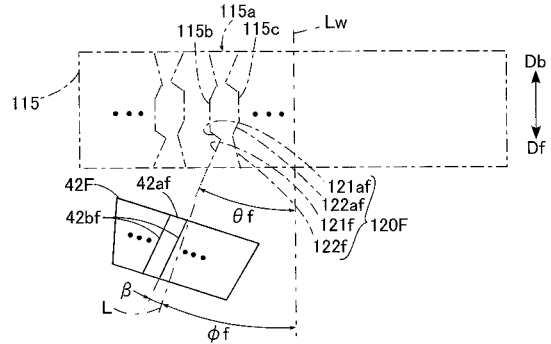
【図6】



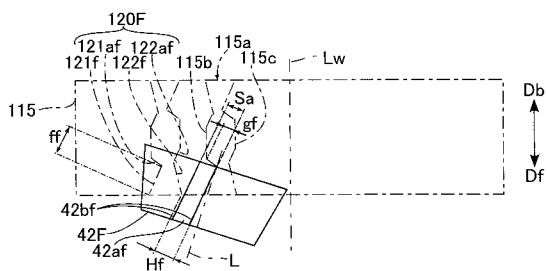
【図7】



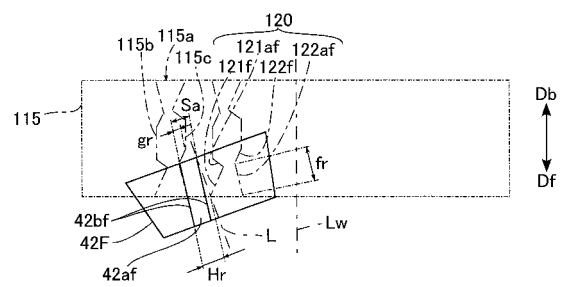
【図8B】



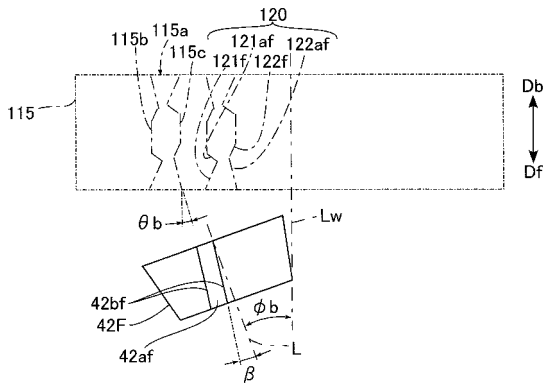
【図8A】



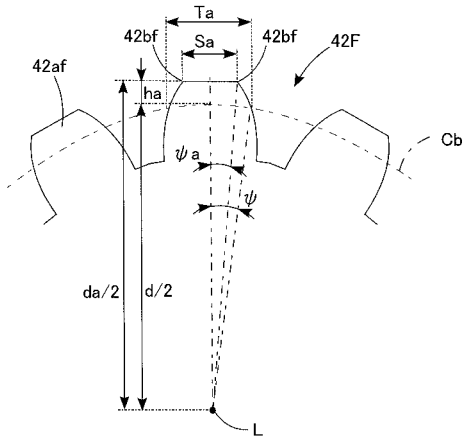
【図8C】



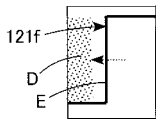
【 図 8 D 】



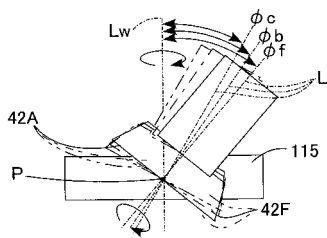
【 図 9 】



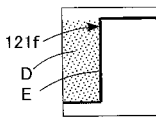
【 図 1 1 D 】



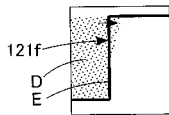
【 図 1 2 A 】



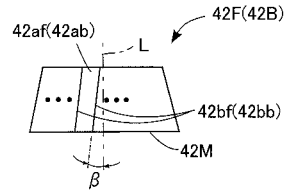
【 図 1 2 B 】



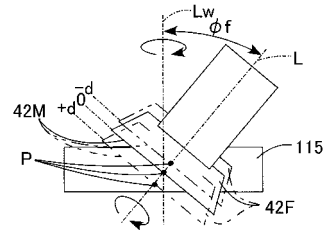
【 図 1 2 C 】



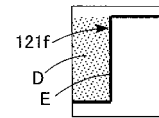
【 図 1 0 】



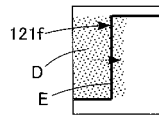
【 図 1 1 A 】



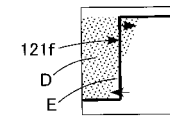
【 図 1 1 B 】



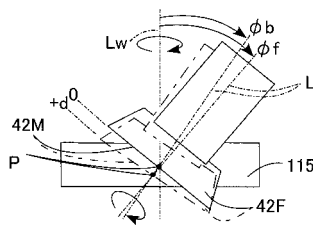
【 図 1 1 C 】



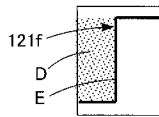
【 図 1 2 D 】



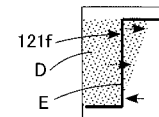
【 図 1 3 A 】



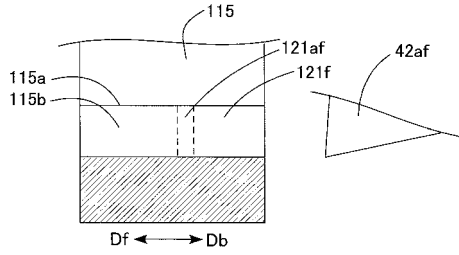
【 図 1 3 B 】



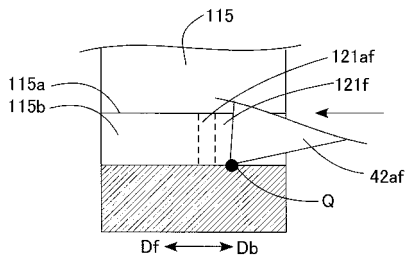
【 図 1 3 C 】



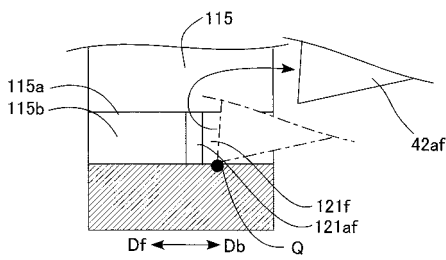
【図 14 A】



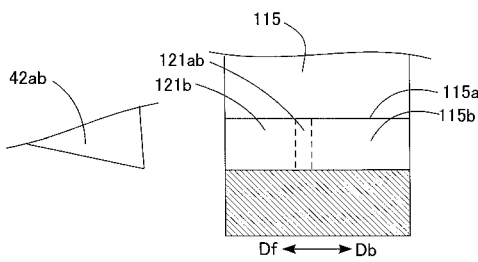
【図 14 B】



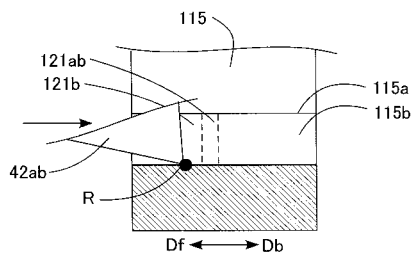
【図 14 C】



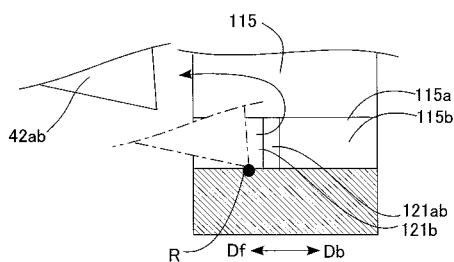
【図 16 A】



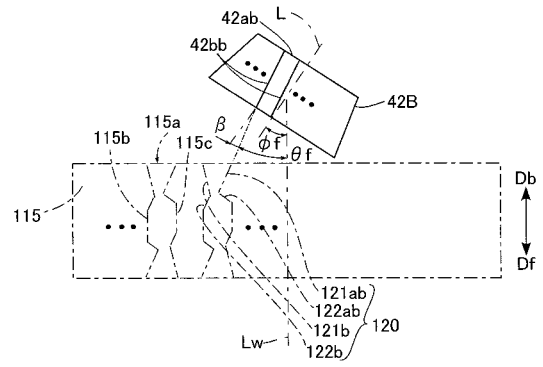
【図 16 B】



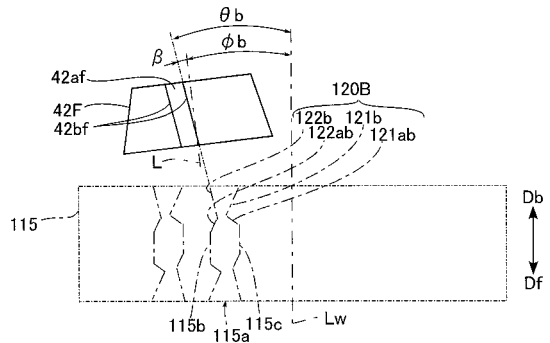
【図 16 C】



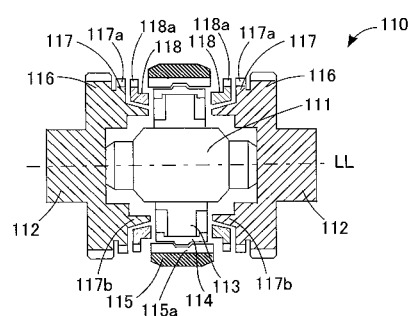
【図 15 A】



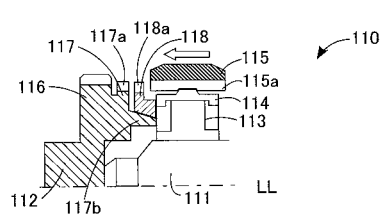
【図 15 B】



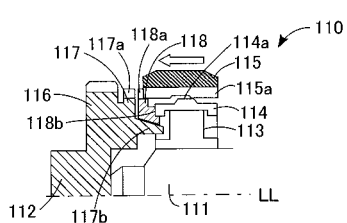
【図 17】



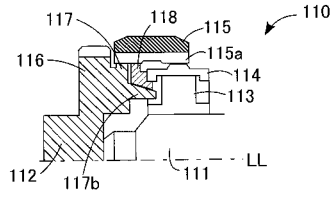
【図 18 A】



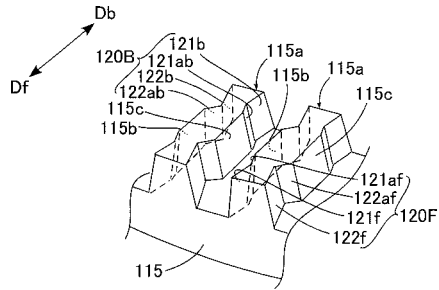
【図 18 B】



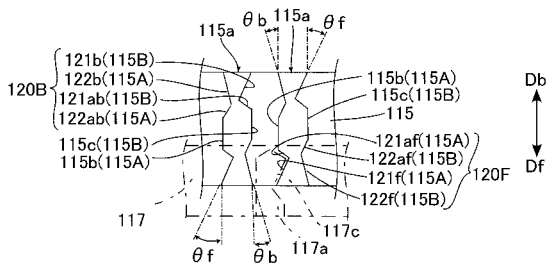
【 図 18 C 】



【 図 19 】



【 図 20 】



フロントページの続き

(72)発明者 中野 浩之

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

Fターム(参考) 3C025 AA01 AA12