

(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2020-44593

(P2020-44593A)

(43) 公開日 令和2年3月26日(2020.3.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 F 5/16 (2006.01)	B 2 3 F 5/16	3 C 0 2 5
B 2 3 F 21/10 (2006.01)	B 2 3 F 21/10	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2018-173214 (P2018-173214)	(71) 出願人	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成30年9月18日 (2018.9.18)	(74) 代理人	110000604 特許業務法人 共立
		(72) 発明者	高須 俊太郎 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	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
		(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
		Fターム(参考)	3C025 AA03 AA11

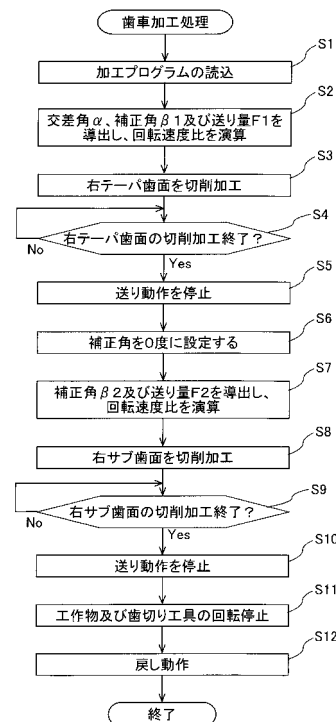
(54) 【発明の名称】 歯車加工装置及び歯車加工方法

(57) 【要約】

【課題】歯車の歯の側面に対してねじれ角の異なる複数の歯面を切削加工で形成する場合において、複数の歯面を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。

【解決手段】工作物Wの軸線Lwの平行線に対して歯切り工具40の軸線Lを傾斜させた状態で、歯切り工具40と工作物Wとを同期回転させつつ、工作物Wの軸線L方向に沿って歯切り工具40を工作物Wに対して相対的に送ることにより、工作物Wを切削加工し、歯車を創成する歯車加工装置1であって、一回の送り動作の中で第一歯面及び第二歯面を連続して切削加工すると共に、第一歯面の切削加工時と第二歯面の切削加工時とで補正角を変更する、歯車加工装置1及び歯車加工方法。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

工作物の軸線の平行線に対して歯切り工具の軸線を傾斜させた状態で、歯切り工具と工作物を同期回転させつつ、前記工作物の軸線方向に沿って前記歯切り工具を前記工作物に対して相対的に送ることにより、前記工作物を切削加工し、歯車を創成する歯車加工装置であって、

前記歯車が有する複数の歯の各々の側面は、

第一歯面と、

前記第一歯面に連続して形成され、前記第一歯面とはねじれ角が異なる第二歯面と、

を備え、

前記歯車加工装置は、前記工作物及び前記歯切り工具の回転を制御すると共に、前記工作物に対する前記歯切り工具の相対的な送り動作を制御する加工制御部を備え、

前記各々の側面に対して前記歯切り工具が切削する切削点とし、切削加工を開始した時点での前記切削点を始点とし、前記始点から前記歯切り工具を所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を移動点と定義し、

所定の基準同期回転状態で前記工作物及び前記歯切り工具を回転させながら、前記始点から前記所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を基準移動点と定義し、

前記始点から前記歯切り工具を前記所定の送り量だけ送る際に、前記基準移動点に対して前記移動点の位相をずらすときに設定する前記工作物の周方向一方側への位相ずれ角度を補正角と定義すると、

前記加工制御部は、一回の前記送り動作の中で前記第一歯面及び前記第二歯面を連続して切削加工すると共に、前記第一歯面の切削加工時と前記第二歯面の切削加工時とで前記補正角を変更する、歯車加工装置。

【請求項 2】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削加工を終了してから前記第二歯面の切削加工を開始するまでの間、前記送り動作を一時停止する、請求項 1 に記載の歯車加工装置。

【請求項 3】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削加工を終了してから前記第二歯面の切削加工を開始するまでの間、前記送り動作を減速しながら行う、請求項 1 に記載の歯車加工装置。

【請求項 4】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削加工を開始してから前記第二歯面の切削加工を終了するまでの間、前記送り動作を一定速度で行う、請求項 1 に記載の歯車加工装置。

【請求項 5】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削加工を終了してから前記第二歯面の切削加工を開始するまでの間、前記補正角を 0 度に設定する、請求項 2 - 4 の何れか一項に記載の歯車加工装置。

【請求項 6】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削時及び前記第二歯面の切削時の何れか一方において前記補正角を正の角度に設定しつつ、前記第一歯面の切削時及び前記第二歯面の切削時の何れか他方において前記補正角を負の角度に設定する、請求項 1 - 5 の何れか一項に記載の歯車加工装置。

【請求項 7】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削加工時と前記第二歯面の切削加工時とで前記歯切り工具に対する前記工作物の回転速度比を変更する、請求項 1 - 6 の何れか一項に記載の歯車加工装置。

【請求項 8】

前記加工制御部は、前記第一歯面の切削加工時と前記第二歯面の切削加工時とで、前記工作物及び前記歯切り工具の何れか一方の回転速度を一定としつつ、前記工作物及び前記歯切り工具の何れか他方の回転速度を変更する、請求項 7 に記載の歯車加工装置。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

工作物の軸線の平行線に対して歯切り工具の軸線を傾斜させた状態で、歯切り工具と工作物を同期回転させつつ、前記工作物の軸線方向に沿って前記歯切り工具を前記工作物に対して相対的に送ることにより、前記工作物を切削加工し、歯車を創成する歯車加工方法であって、

前記歯車が有する複数の歯の各々の側面は、

第一歯面と、

前記第一歯面に連続して形成され、前記第一歯面とはねじれ角が異なる第二歯面と、
を備え、

前記各々の側面に対して前記歯切り工具が切削する切削点とし、切削加工を開始した時点での前記切削点を始点とし、前記始点から前記歯切り工具を所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を移動点と定義し、

所定の基準同期回転状態で前記工作物及び前記歯切り工具を回転させながら、前記始点から前記所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を基準移動点と定義し、

前記始点から前記歯切り工具を前記所定の送り量だけ送る際に、前記基準移動点に対して前記移動点の位相をずらすときに設定する前記工作物の周方向一方側への位相ずれ角度を補正角と定義すると、

前記歯車加工方法は、一回の送り動作の中で前記第一歯面及び前記第二歯面を連続して切削加工し、前記第一歯面の切削加工時と前記第二歯面の切削加工時とで前記補正角を変更する、歯車加工方法。

【請求項 10】

前記歯車加工方法は、

前記補正角を第一角度に設定した状態で、前記第一歯面を切削する第一切削工程と、

前記工作物及び前記歯切り工具を回転させながら、前記補正角を前記第一角度から第二角度へ変更する補正角変更工程と、

前記補正角を前記第二角度に設定した状態で、前記第二歯面を切削する第二切削工程と

を備える、請求項 9 に記載の歯車加工方法。

【請求項 11】

前記補正角変更工程は、前記送り動作を停止した状態で行う、請求項 10 に記載の歯車加工方法。

【請求項 12】

前記補正角変更工程は、前記送り動作を減速させながら行う、請求項 10 に記載の歯車加工方法。

【請求項 13】

前記補正角変更工程は、前記送り動作を前記第一切削工程及び前記第二切削工程と同じ速度に設定した状態で行う、請求項 10 に記載の歯車加工方法。

【請求項 14】

前記補正角変更工程は、前記補正角の 0 度に設定した状態で行う、請求項 11 - 13 の何れか一項に記載の歯車加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、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 9 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

10

20

30

40

50

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 117b の外周と摩擦係合可能なテーパ状に形成される。

10

【0005】

次に、シンクロメッシュ機構 110 の図 9 の左方に動作する場合を説明するが、図 9 の右方に動作する場合も同様である。図 10A に示すように、スリーブ 115 及びキー 114 は、図略のシフトレバーの操作により、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 方向に押して、シンクロナイザーリング 118 の内周をテーパコーン 117b 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。

20

【0006】

図 10B 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 117b 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 117b の外周との摩擦力が消滅する。

30

【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 118b に嵌って止まるが、スリーブ 115 はキー 114 の凸部 114a を越えて移動し、スリーブ 115 の内歯 115a がシンクロナイザーリング 118 の外歯 118a と噛み合う。

【0008】

図 10C 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 115a がクラッチギヤ 117 の外歯 117a と噛み合う。以上により変速が完了する。以上のようなシンクロメッシュ機構 110 では、走行中におけるクラッチギヤ 117 の外歯 117a とスリーブ 115 の内歯 115a とのギヤ抜けを防止するギヤ抜け防止部 120 が設けられている。

40

【0009】

具体的には、図 11 及び図 12 に示すように、スリーブ 115 の内歯 115a には、テーパ状のギヤ抜け防止部 120 が設けられる。一方、破線で示す各クラッチギヤ 117 の外歯 117a には、ギヤ抜け防止部 120 にテーパ嵌合するテーパ状のギヤ抜け防止部 117c が設けられる。

【0010】

なお、図 12 では、クラッチギヤ 117 の外歯 117a は、ギヤ抜け防止部 120 側のみを示す。また、図 12 に示すギヤ抜け防止部 120 は、内歯 115a の頂面におけるス

50

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、図 12 に示すスリーブ 115 の内歯 115 a の左側の側面を「左側面 115 A」と称し、スリーブ 115 の内歯 115 a の右側の側面を「右側面 115 B」と称す。

【0011】

左側面 115 A は、左歯面 115 b と、左歯面 115 b よりもスリーブ 115 の回転軸線一方側 Df に設けられる左テーパ歯面 121 と、左歯面 115 b と左テーパ歯面 121 との間に設けられる左サブ歯面 121 a とを備える。左テーパ歯面 121 は、左歯面 115 b とはねじれ角が異なる歯面である。左サブ歯面 121 a は、左歯面 115 b 及び左テーパ歯面 121 に連続する歯面であり、左サブ歯面 121 a のねじれ角は、左歯面 115 b 及び左テーパ歯面 121 とは異なる。

10

【0012】

同様に、右側面 115 B は、右歯面 115 c と、右歯面 115 c よりもスリーブ 115 の回転軸線一方側 Df に設けられる右テーパ歯面 122 と、右歯面 115 c と右テーパ歯面 122 との間に設けられる右サブ歯面 122 a とを備える。右テーパ歯面 122 は、右歯面 115 c とはねじれ角が異なる歯面である。右サブ歯面 122 a は、右歯面 115 c 及び右テーパ歯面 122 に連続する歯面であり、右サブ歯面 122 a のねじれ角は、右歯面 115 c 及び右テーパ歯面 122 とは異なる。

【0013】

そして、左テーパ歯面 121、左サブ歯面 121 a、右テーパ歯面 122 及び右サブ歯面 122 a が、ギヤ抜け防止部 120 を構成する。なお、ギヤ抜け防止は、左テーパ歯面 121 とギヤ抜け防止部 117 c 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 115 a の構造は、複雑である。一方、スリーブ 115 は、大量生産が必要な部品である。そのため、一般的に、スリーブ 115 の内歯 115 a は、ブローチ加工やギヤシェーパ加工等により形成されるのに対し、ギヤ抜け防止部 120 は、ローリング加工（特許文献 1 及び 2 参照）により形成される。しかし、ローリング加工は、塑性加工であり、加工精度が低くなる傾向にある。よって、加工精度を高めるには、切削加工が望ましい。この点に関し、特許文献 3 には、ギヤ抜け防止部 120 を切削加工により形成する技術が開示されている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0015】

【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 2018 - 79558 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

特許文献 3 に記載の技術において、左サブ歯面 121 a（右サブ歯面 122 a）は、左テーパ歯面 121（右テーパ歯面 122）に対する切削動作を行った後、工具を左側面 115 A（右側面 115 B）から離す際に自ずと形成される。その結果、切削加工でギヤ抜け防止部 120 を形成した場合に、ローリング加工でギヤ抜け防止部 120 を形成した場合と比べて、左サブ歯面 121 a 及び右サブ歯面 122 a のねじれ角が大きくなる。この点に関し、従来において、左サブ歯面 121 a 及び右サブ歯面 122 a は、左テーパ歯面 121 及び右テーパ歯面 122 と比べて、ねじれ角の寸法管理が重要視されていなかった。

40

【0017】

しかしながら、左サブ歯面 121 a（右サブ歯面 122 a）のねじれ角が大きすぎる場合に、シンクロメッシュ機構が円滑に動作せず、不良品となるおそれがあることが判明した。そこで、ギヤ抜け防止部 120 を切削加工で形成する場合に、左サブ歯面 121 a（

50

右サブ歯面 1 2 2 a) についても寸法管理を行いたいとの要請がある。

【 0 0 1 8 】

本発明は、歯車の歯の側面に対してねじれ角の異なる複数の歯面を切削加工で形成する場合において、複数の歯面を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】

【 0 0 1 9 】

本発明の歯車加工装置は、工作物の軸線の平行線に対して歯切り工具の軸線を傾斜させた状態で、歯切り工具と工作物とを同期回転させつつ、前記工作物の軸線方向に沿って前記歯切り工具を前記工作物に対して相対的に送ることにより、前記工作物を切削加工し、歯車を創成する歯車加工装置である。前記歯車が有する複数の歯の各々の側面は、第一歯面と、前記第一歯面に連続して形成され、前記第一歯面とはねじれ角が異なる第二歯面とを備える。前記歯車加工装置は、前記工作物及び前記歯切り工具の回転を制御すると共に、前記工作物に対する前記歯切り工具の相対的な送り動作を制御する加工制御部を備える。

10

【 0 0 2 0 】

前記各々の側面に対して前記歯切り工具が切削する切削点とし、切削加工を開始した時点での前記切削点を始点とし、前記始点から前記歯切り工具を所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を移動点と定義し、所定の基準同期回転状態で前記工作物及び前記歯切り工具を回転させながら、前記始点から前記所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を基準移動点と定義し、前記始点から前記歯切り工具を前記所定の送り量だけ送る際に、前記基準移動点に対して前記移動点の位相をずらすときに設定する前記工作物の周方向一方側への位相ずれ角度を補正角と定義すると、前記加工制御部は、一回の前記送り動作の中で前記第一歯面及び前記第二歯面を連続して切削加工すると共に、前記第一歯面の切削加工時と前記第二歯面の切削加工時とで前記補正角を変更する。

20

【 0 0 2 1 】

また、本発明の歯車加工方法は、工作物の軸線の平行線に対して歯切り工具の軸線を傾斜させた状態で、歯切り工具と工作物とを同期回転させつつ、前記工作物の軸線方向に沿って前記歯切り工具を前記工作物に対して相対的に送ることにより、前記工作物を切削加工し、歯車を創成する歯車加工方法である。前記歯車が有する複数の歯の各々の側面は、第一歯面と、前記第一歯面に連続して形成され、前記第一歯面とはねじれ角が異なる第二歯面とを備える。

30

【 0 0 2 2 】

前記各々の側面に対して前記歯切り工具が切削する切削点とし、切削加工を開始した時点での前記切削点を始点とし、前記始点から前記歯切り工具を所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を移動点と定義し、所定の基準同期回転状態で前記工作物及び前記歯切り工具を回転させながら、前記始点から前記所定の送り量だけ送った時点での前記切削点を基準移動点と定義し、前記始点から前記歯切り工具を前記所定の送り量だけ送る際に、前記基準移動点に対して前記移動点の位相をずらすときに設定する前記工作物の周方向一方側への位相ずれ角度を補正角と定義すると、前記歯車加工方法は、一回の送り動作の中で前記第一歯面及び前記第二歯面を連続して切削加工し、前記第一歯面の切削加工時と前記第二歯面の切削加工時とで前記補正角を変更する。

40

【 0 0 2 3 】

本発明の歯車加工装置及び歯車加工方法によれば、加工制御部は、一回の送り動作の中で第一歯面及び第二歯面を連続して切削加工する。そして、加工制御部は、第一歯面の切削加工時と第二歯面の切削加工時とで補正角を変更する。これにより、歯車加工装置 1 は、第一歯面及び第二歯面の双方について寸法管理を行うことができるので、第一歯面及び第二歯面を高精度に加工することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

50

- 【図 1】本発明の一実施形態に係る歯車加工装置の斜視図である。
- 【図 2】歯切り工具の概略構成を径方向から見た図であり、一部を断面で示す。
- 【図 3】加工制御部のブロック図である。
- 【図 4 A】斜め上方から見たスプライン歯を部分的に示した図である。
- 【図 4 B】軸線方向から工作物を部分的に示した図である。
- 【図 5】右テーパ歯面及び右サブ歯面を切削加工する際の工作物の回転速度設定値と送り速度設定値との関係を示すグラフである。
- 【図 6】スプライン歯を径方向から見た状態を模式的に表した図である。
- 【図 7 A】工作物に対する歯切り工具の相対位置を模式的に表した図であり、右テーパ歯面の切削加工を開始する前の状態を示す。
- 【図 7 B】工作物に対する歯切り工具の相対位置を模式的に表した図であり、右テーパ歯面の切削加工が終了した時点の状態を示す。
- 【図 7 C】工作物に対する歯切り工具の相対位置を模式的に表した図であり、右サブ歯面の切削加工が終了した時点の状態を示す。
- 【図 8】加工制御部により実行される特殊歯形加工処理を示すフローチャートである。
- 【図 9】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 10 A】図 9 に示す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 10 B】図 9 に示す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 10 C】図 9 に示す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 11】スリーブのギヤ抜け防止部を示す斜視図である。
- 【図 12】図 11 に示すスリーブのギヤ抜け防止部を径方向から状態を模式的に表した図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0025】

(1. 歯車加工装置 1 の概略構成)

以下、本発明に係る歯車加工装置及び歯車加工方法を適用した実施形態について、図面を参照しながら説明する。まず、図 1 を参照して、本発明の一実施形態における歯車加工装置 1 の概略構成を説明する。

【0026】

図 1 に示すように、歯車加工装置 1 は、相互に直交する 3 つの直進軸 (X 軸、Y 軸及び Z 軸) と 2 つの回転軸 (A 軸及び C 軸) を駆動軸として有するマシニングセンタである。歯車加工装置 1 は、ベッド 10 と、工具保持装置 20 と、工作物保持装置 30 と、加工制御部 100 とを主に備える。

【0027】

ベッド 10 は、床上に配置される。ベッド 10 の上面には、X 軸方向へ延びる一对の X 軸ガイドレール 11 と、Z 軸方向へ延びる一对の Z 軸ガイドレール 12 とが設けられる。工具保持装置 20 は、コラム 21 と、X 軸駆動装置 22 (図 3 参照) と、サドル 23 と、Y 軸駆動装置 24 (図 3 参照) と、工具主軸 25 と、工具主軸モータ 26 (図 3 参照) とを備える。なお、図 1 では、X 軸駆動装置 22、Y 軸駆動装置 24、及び、工具主軸モータ 26 の図示が省略されている。

【0028】

コラム 21 は、一对の X 軸ガイドレール 11 に案内されながら X 軸方向へ移動可能に設けられる。X 軸駆動装置 22 は、ベッド 10 に対し、コラム 21 を X 軸方向へ送るねじ送り装置である。また、コラム 21 の側面には、Y 軸方向に沿って延びる一对の Y 軸ガイドレール 27 が設けられ、サドル 23 は、コラム 21 に対し、一对の Y 軸ガイドレール 27 に案内されながら Y 軸方向へ移動可能に設けられる。Y 軸駆動装置 24 は、サドル 23 を Y 軸方向へ送るねじ送り装置である。

【0029】

工具主軸 25 は、サドル 23 に対し、Z 軸方向に平行な軸線まわりに回転可能に支持される。工具主軸 25 の先端には、工作物 W の加工に用いる歯切り工具 40 が着脱可能に装

着される。歯切り工具 40 は、コラム 21 の移動に伴って X 軸方向へ移動し、サドル 23 の移動に伴って Y 軸方向へ移動する。工具主軸モータ 26 は、工具主軸 25 を回転させるための駆動力を付与するモータであり、サドル 23 の内部に収容される。

【0030】

工作物保持装置 30 は、送り台 31 と、Z 軸駆動装置 32 (図 3 参照) と、チルト装置 33 と、工作物回転装置 34 とを備える。なお、図 1 では、Z 軸駆動装置 32 の図示が省略されている。送り台 31 は、ベッド 10 に対し、一对の Z 軸ガイドレール 12 に案内されながら Z 軸方向へ移動可能に設けられる。Z 軸駆動装置 32 は、送り台 31 を Z 軸方向へ送るねじ送り装置である。

【0031】

チルト装置 33 は、一对のテーブル支持部 35 と、チルトテーブル 36 と、A 軸モータ 37 (図 3 参照) とを備える。一对のテーブル支持部 35 は、送り台 31 の上面に設置され、チルトテーブル 36 は、一对のテーブル支持部 35 に対し、X 軸に平行な A 軸まわりに揺動可能に支持される。A 軸モータ 37 は、チルトテーブル 36 を A 軸まわりに揺動させるための駆動力を付与するモータであり、テーブル支持部 35 の内部に収容される。

【0032】

工作物回転装置 34 は、回転テーブル 38 と、C 軸モータ 39 (図 3 参照) とを備える。回転テーブル 38 は、チルトテーブル 36 の底面に対し、A 軸に直交する C 軸まわりに回転可能に設置される。そして、回転テーブル 38 には、工作物 W を固定する保持部 38a が設けられる。C 軸モータ 39 は、回転テーブル 38 を回転させるための駆動力を付与するモータであり、チルトテーブル 36 の下面に設けられる。

【0033】

歯車加工装置 1 は、歯車加工を行う際に、チルトテーブル 36 を揺動させることにより、工作物 W の軸線 Lw の平行線に対して歯切り工具 40 の軸線 L を傾斜させる。その状態で、歯車加工装置 1 は、歯切り工具 40 と工作物 W とを同期回転させつつ、工作物 W の軸線 Lw 方向への歯切り工具 40 の相対的な送り動作を行うことにより、工作物 W に切削加工し、歯車を創成する。

【0034】

(2. 歯切り工具 40 の概略構成について)

次に、図 2 を参照して、歯切り工具 40 の概略構成について説明する。図 2 に示すように、歯切り工具 40 は、ねじれ角を有する複数の工具刃 41 を備える。複数の工具刃 41 は、歯切り工具 40 の軸線 L 方向から見た形状がインボリュート曲線形状に形成される。各々の工具刃 41 には、歯切り工具 40 の先端側 (図 2 下側) を向く端面 42 に、歯切り工具 40 の軸線 L 方向に直交する平面に対して角度 θ だけ傾斜したすくい角を有するすくい面 43 が設けられる。また、各々の工具刃 41 は、歯切り工具 40 の軸線 L と平行な直線に対し、角度 ϕ だけ傾斜した前逃げ角が設けられる。

【0035】

(3. 加工制御部 100)

次に、図 3 を参照して、加工制御部 100 について説明する。加工制御部 100 は、工作物 W 及び歯切り工具 40 の回転を制御すると共に、工作物 W に対する歯切り工具 40 の相対的な送り動作を行う。図 3 に示すように、加工制御部 100 は、工具回転制御部 101 と、工作物回転制御部 102 と、チルト制御部 103 と、位置制御部 104 と、加工プログラム記憶部 105 と、演算部 106 とを備える。

【0036】

工具回転制御部 101 は、工具主軸モータ 26 の駆動制御を行い、工具主軸 25 に装着された歯切り工具 40 を回転させる。工作物回転制御部 102 は、C 軸モータ 39 の駆動制御を行い、回転テーブル 38 に固定された工作物 W を軸線 Lw 周り (C 軸周り) に回転させる。チルト制御部 103 は、A 軸モータ 37 の駆動制御を行い、チルトテーブル 36 を揺動させる。これにより、回転テーブル 38 に固定された工作物 W は、A 軸まわりに揺動し、歯切り工具 40 の軸線 L が工作物 W の軸線 Lw の平行線に対して傾斜する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

位置制御部 1 0 4 は、X 軸駆動装置 2 2 の駆動制御を行い、コラム 2 1 を X 軸方向へ移動させると共に、Y 軸駆動装置 2 4 の駆動制御を行い、サドル 2 3 を Y 軸方向へ移動させる。これにより、工具保持装置 2 0 に保持された歯切り工具 4 0 は、工作物保持装置 3 0 に保持された工作物 W に対し、X 軸方向及び Y 軸方向へ相対移動する。また、位置制御部 1 0 4 は、Z 軸駆動装置 3 2 の駆動制御を行い、送り台 3 1 を Z 軸方向へ移動させる。これにより、工作物保持装置 3 0 に保持された工作物 W は、工具保持装置 2 0 に保持された歯切り工具 4 0 に対して Z 軸方向へ相対移動し、工作物 W に対する歯切り工具 4 0 の相対的な送り動作が行われる。

【 0 0 3 8 】

加工プログラム記憶部 1 0 5 は、切削加工に用いる加工プログラムを記憶する。演算部 1 0 6 は、加工プログラム記憶部 1 0 5 に記憶された加工プログラムに基づき、工作物 W に対して歯切り工具 4 0 が切削加工を行う加工軌跡を特定する。

【 0 0 3 9 】

演算部 1 0 6 は、特定した加工軌跡に基づき、交差角、補正角、及び、工作物 W に対する歯切り工具 4 0 の相対的な送り量 F を導出する。なお、交差角は、工作物 W の軸線 L w に対する歯切り工具 4 0 の軸線 L の傾斜角度であり、工作物 W に形成する歯面の形状や工具刃 4 1 のねじれ角等に基づいて決定される。そして、チルト制御部 1 0 3 は、演算部 1 0 6 が演算した交差角に基づき、工作物 W の軸線 L w に対する歯切り工具 4 0 の軸線 L の傾斜角度が交差角となるようにチルトテーブル 3 6 を揺動させる。

【 0 0 4 0 】

(4 . 補正角)

次に、補正角について説明する。本実施形態において、補正角は、以下のように定義される。即ち、歯切り工具 4 0 が工作物 W を切削する位置を「切削点 C」とした場合、切削加工を開始する時点での切削点 C を「始点 S」とし、始点 S から歯切り工具 4 0 を所定の送り量 F だけ送った時点での切削点 C を「移動点 M」と定義する。また、所定の基準同期回転状態で工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させながら、始点 S から所定の送り量 F だけ送った時点での切削点 C を「基準移動点 M R」と定義する。そして、始点 S から歯切り工具 4 0 を所定の送り量 F だけ送る際に、基準移動点 M R に対して移動点 M の位相をずらすときに設定する工作物 W の周方向一方側への位相ずれ角度を「補正角」と定義する。

【 0 0 4 1 】

ここで、「基準同期回転状態」とは、送り動作に伴って移動する切削点 C が、工作物 W に形成する歯車の歯のねじれ方向に沿って移動するように、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を同期回転させた状態のことである。即ち、工作物 W にはずば歯車を形成する場合、基準同期回転状態とは、工作物 W に形成する歯車のねじれ方向に沿って切削点 C が移動するように工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を同期回転させた状態のことである。一方、工作物 W に平歯車を形成する場合、基準同期回転状態とは、工作物 W の軸線 L w 方向に沿って切削点 C が移動するように工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を同期回転させた状態のことである。

【 0 0 4 2 】

つまり、加工制御部 1 0 0 は、基準同期回転状態で工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させながら送り動作を行うことで、工作物 W に形成する歯車の歯すじ方向に沿って切削点 C を移動させることができる。これに対し、加工制御部 1 0 0 は、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を基準同期回転状態とは異なる回転速度比で回転させた状態で送り動作を行うことで、切削点 C を歯すじ方向とは異なる方向へ移動させることができる。

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態において、加工制御部 1 0 0 は、歯切り工具 4 0 の回転速度を一定としつつ、工作物 W の回転速度を変えることにより、工作物 W と歯切り工具 4 0 との回転速度比（以下において単に「回転速度比」と称す）を変更する。この場合、加工制御部 1 0 0 は、基準同期回転状態よりも工作物 W の回転速度を上げることで、移動点 M の位相を、

10

20

30

40

50

基準移動点MRの位相よりも工作物Wの周方向一方側へずらすことができる。その一方、加工制御部100は、基準同期回転状態よりも工作物Wの回転速度を下げることで、移動点Mの位相を、基準移動点MRの位相よりも工作物Wの周方向他方側へずらすことができる。

【0044】

このように、加工制御部100は歯切り工具40の回転速度を一定としつつ、工作物Wの回転速度を変えることで、回転速度比の変更を円滑に行うことができる。なお、本実施形態では、歯切り工具40の回転速度を一定としつつ、工作物Wの回転速度を変えているが、工作物Wの回転速度を一定としつつ、歯切り工具40の回転速度を変えてもよい。

【0045】

またこの場合、送り動作での送り量Fが大きくなるほど、基準移動点MRに対する移動点Mの位相ずれ角度が大きくなる。従って、回転速度比は、補正角と送り量Fとに基づいて決定する必要がある。このように、加工制御部100は、加工プログラムに基づいて加工軌跡を特定した後、加工軌跡から補正角及び送り量Fを導出し、補正角及び送り量Fを用いて回転速度比を演算により求める。

【0046】

続いて、図4A及び図4Bを参照しながら補正角についての具体例を説明する。ここでは、図11及び図12に示すギヤ抜け防止部120の右テーパ歯面122及び右サブ歯面122aを形成する場合について説明する。

【0047】

図4A及び図4Bには、工作物Wの内周面にスプライン歯115a0を形成した後の状態が図示されている。このスプライン歯115a0には、左側面115A及び右側面115Bの全域に亘って左歯面115b及び右歯面115cが形成されている。そして、歯車加工装置1は、一点鎖線で示す加工軌跡に沿って切削点Cを移動させることにより、スプライン歯115a0の右歯面115cに右テーパ歯面122及び右サブ歯面122aを形成する。なお、図4A及び図4Bでは、図面を見やすくするために工作物Wの端面にハッチングを付している。

【0048】

図4A及び図4Bに示すように、スプライン歯115a0の歯すじ方向は、工作物Wの軸線Lwに平行である。加工軌跡は、右テーパ歯面122を形成するときに切削点Cが移動する第一軌跡P1と、右サブ歯面122aを形成するときに切削点Cが移動する第二軌跡P2とを含み、第一軌跡P1及び第二軌跡P2は、工作物Wの軸線Lwに対して傾斜している。

【0049】

そこで、演算部106は、まず、第一軌跡P1を切削加工する際の回転速度比を演算により求める。具体的に、演算部106は、第一軌跡P1を特定した後、第一軌跡P1に基づいて始点S1及び移動点M1を導出する。そして、演算部106は、始点S1及び移動点M1に基づき、第一軌跡P1に沿って切削点Cを移動させる際の送り量F1を導出し、始点S1及び送り量F1に基づいて基準移動点MR1を導出する。その後、演算部106は、基準移動点MR1と移動点M1とに基づいて補正角 θ_1 を導出する。なお、移動点M1は、基準移動点MR1よりも工作物Wにおける周方向一方側(図4B左側)に位置するので、補正角 θ_1 は、正の値となる。その後、演算部106は、補正角 θ_1 及び送り量Fを用いて回転速度比を演算により求める。

【0050】

同様に、演算部106は、第二軌跡P2を形成する際の回転速度比を演算する。この場合、演算部106は、第二軌跡P2に基づいて第二軌跡P2の始点S2及び移動点M2を特定する。なお、第二軌跡P2において、始点S2は、第一軌跡P1の移動点M1と同位置である。そして、演算部106は、基準移動点MR2と移動点M2とに基づいて補正角 θ_2 を導出すると共に、始点S2と移動点M2とに基づいて送り量F2を導出する。なお、移動点M2は、基準移動点MR2よりも工作物Wにおける周方向他方側(図4B右側)に

10

20

30

40

50

位置するので、補正角 θ_2 は、負の値となる。その後、演算部 106 は、補正角 θ_2 及び送り量 F_2 を用いて回転速度比を演算により求める。

【0051】

(5. 歯車加工装置 1 の動作)

ここで、図 5 から図 7 B を参照して、右テーパ歯面 115c に右テーパ歯面 122 及び右サブ歯面 122a を形成する際の歯車加工装置 1 の動作を説明する。なお、図 5 に示すグラフの横軸は、送り動作を開始してからの経過時間を示す。また、 t_1 は、右テーパ歯面 122 を切削加工する際の送り動作を終了した時間を示し、 t_2 は、右サブ歯面 122a を切削加工する際の送り動作を開始した時間を示す。

【0052】

また、図 6 には、スプライン歯 115a0 が形成された後の工作物 W を図示している。なお、図 6 には、一部のスプライン歯 115a0 のみを図示し、右テーパ歯面 122 及び右サブ歯面 122a を形成する際の加工軌跡である第一軌跡 P1 及び第二軌跡と、左テーパ歯面 121 及び左サブ歯面 121a を形成する際の加工軌跡である第三軌跡 P3 及び第四軌跡 P4 とを一点鎖線で図示する。

【0053】

図 5 及び図 7 A に示すように、右テーパ歯面 122 を形成する際に、加工制御部 100 は、演算部 106 が予め演算した回転速度比で工作物 W 及び歯切り工具 40 を回転させながら、工作物 W における回転軸線一方側 Df から回転軸線他方側 Db への送り動作を行い、切削点 C を始点 S1 から移動点 M1 に移動させる。なお、補正角 θ_1 が正の値であるため、工作物回転制御部 102 は、工作物 W の回転速度 V_w1 を、基準同期回転状態での回転速度 V_w0 よりも高速にする。またこのとき、加工制御部 100 は、送り速度を一定 (V_f) にする。

【0054】

図 5 及び図 7 B に示すように、加工制御部 100 は、右テーパ歯面 122 の切削加工する際の送り動作を終了した時点 (図 5 に示す時間 t_1) で、送り動作を一旦停止し、工作物 W の回転速度を V_w0 に設定する。つまり、歯車加工装置 1 は、工作物 W 及び歯切り工具 40 を基準同期回転状態とする。そして、演算部 106 は、第二軌跡 P2 に沿って切削点 C を移動させるための回転速度比を演算により求める。

【0055】

図 5 及び図 7 C に示すように、加工制御部 100 は、回転速度比の演算が終了した時点 (図 5 に示す t_2) で、演算により求めた回転速度比に基づき、工作物 W の回転速度を V_w0 から V_w2 に変更する。そして、加工制御部 100 は、回転軸線一方側 Df から回転軸線他方側 Db への送り動作を再開し、切削点 C を移動点 M2 に移動させる。なお、補正角の値 θ_2 が負の値であるため、工作物回転制御部 102 は、工作物 W の回転速度 V_w2 を基準同期回転状態での回転速度 V_w0 よりも低速にする。またこのとき、加工制御部 100 は、送り速度を一定 (V_f) にする。

【0056】

そして、右サブ歯面 122a の切削加工が終了すると、加工制御部 100 は、工作物 W 及び歯切り工具 40 の回転を一旦停止し、歯切り工具 40 の戻し動作を行う。つまり、加工制御部 100 は、回転軸線一方側 Df から回転軸線他方側 Db への歯切り工具 40 を送り、左テーパ歯面 121 及び左サブ歯面 121a を形成する際の切削開始へ移動させる。そして、加工制御部 100 は、工作物 W に形成されたスプライン歯 115a0 と歯切り工具 40 の工具刃 41 との位相合わせを行った後に、右テーパ歯面 122 及び右サブ歯面 122a の切削加工と同様の手順で、左テーパ歯面 121 及び左サブ歯面 121a を切削加工する。

【0057】

このように、加工制御部 100 は、一回の送り動作の中で右テーパ歯面 122 及び右サブ歯面 122a を連続して切削加工する。そして、加工制御部 100 は、右テーパ歯面 122 の切削加工時と右サブ歯面 122a の切削加工時とで補正角 θ を変更する。これによ

10

20

30

40

50

り、歯車加工装置 1 は、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a の双方について寸法管理を行うことができるので、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を高精度に加工することができる。

【 0 0 5 8 】

またこの場合において、加工制御部 1 0 0 は、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させた状態で、補正角 θ の変更を行う。よって、歯車加工装置 1 は、例えば、歯切り工具 4 0 を工作物 W から離して工作物 W 及び歯切り工具 4 0 の回転を一旦停止し、再度位相合わせを行うような場合と比べて、サイクルタイムの短縮を図ることができる。

【 0 0 5 9 】

(6 . 特殊歯形加工処理)

次に、図 8 に示すフローチャートを参照して、加工制御部 1 0 0 により実行される特殊歯形加工処理について説明する。特殊歯形加工処理は、工作物 W の内周面にスプライン歯 1 1 5 a 0 を形成した後、右側面 1 1 5 B に右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を形成する際に実行される処理である。

【 0 0 6 0 】

図 8 に示すように、特殊歯形加工処理において、加工制御部 1 0 0 は、最初に、加工プログラム記憶部 1 0 5 に記憶された加工プログラムを読み込む (S 1) 。そして、加工制御部 1 0 0 は、加工プログラムに基づいて第一軌跡 P 1 及び第二軌跡 P 2 を特定する。その後、加工制御部 1 0 0 は、第一軌跡 P 1 に基づいて交差角 α 、補正角 θ_1 及び送り量 F 1 を導出すると共に、回転速度比を演算により求める (S 2) 。その後、加工制御部 1 0 0 は、演算により求めた回転速度比で工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させながら、回転軸線一方側 D f から回転軸線他方側 D b への送り動作を行い、右テーパ歯面 1 2 2 を切削加工する (S 3 : 第一切削工程) 。

【 0 0 6 1 】

S 4 の処理は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工が終了したか否かの判定を行う処理であり、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工が終了していなければ (S 4 : No) 、 S 4 の処理を反復して実行する。そして、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工が終了した場合 (S 4 : Yes) 、加工制御部 1 0 0 は、送り動作を停止し (S 5) 、補正角を 0 度に設定する (S 6) 。つまり、 S 5 及び S 6 の処理は、歯車加工装置 1 は、回転軸線他方側 D b から回転軸線一方側 D f への送り動作を停止した状態で、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を基準同期回転状態で回転させる処理である。そして、加工制御部 1 0 0 は、第二軌跡 P 2 に基づいて補正角 θ_2 及び送り量 F 2 を導出すると共に、回転速度比を演算により求める (S 7 : 補正角変更工程) 。なおこのとき、工作物 W の軸線 L w に対する歯切り工具 4 0 の軸線 L の傾斜角度は、交差角 α のまま維持される。

【 0 0 6 2 】

このように、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工を終了してから右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工を開始するまでの間、補正角を 0 度にする。これにより、歯車加工装置 1 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工が終了してから右サブ歯面 1 2 2 a を開始するまでの間に、歯切り工具 4 0 が隣接する内歯 1 1 5 a に干渉することを防止できる。また、歯車加工装置 1 は、切削点 C が加工軌跡から工作物 W の周方向へ逸れた位置に相対移動することを抑制できるので、加工精度の向上を図ることができる。またこのとき、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工を終了してから右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工を開始するまでの間、送り動作を一時停止する。これにより、歯車加工装置 1 は、切削点 C が加工軌跡から工作物 W の軸線 L w 方向へ逸れた位置に相対移動することを抑制できる。

【 0 0 6 3 】

S 7 の処理が終了すると、加工制御部 1 0 0 は、演算により求めた回転速度比で工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させながら、回転軸線一方側 D f から回転軸線他方側 D b への送り動作を行い、右サブ歯面 1 2 2 a を切削加工する (S 8 : 第二切削工程) 。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

S 9 の処理は、右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工が終了したか否かの判定を行う処理であり、加工制御部 1 0 0 は、右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工が終了していなければ (S 9 : N o)、S 9 の処理を反復して実行する。一方、右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工が終了した場合 (S 9 : Y e s)、加工制御部 1 0 0 は、送り動作を停止し (S 1 0)、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 の回転を停止する (S 1 1)。その後、加工制御部 1 0 0 は、回転軸線他方側 D b から回転軸線一方側 D f への戻し動作を行い (S 1 2)、本処理を終了する。

【 0 0 6 5 】

上記した特殊歯形加工処理が終了すると、加工制御部 1 0 0 は、工作物 W に形成されたスプライン歯 1 1 5 a 0 と歯切り工具 4 0 の工具刃 4 1 との位相合わせを行う。その後、加工制御部 1 0 0 は、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工時とは反対方向へ回転させながら、左テーパ歯面 1 2 1 及び左サブ歯面 1 2 1 a を切削加工する。なお、左テーパ歯面 1 2 1 及び左サブ歯面 1 2 1 a の切削加工は、特殊歯形加工処理と同様の処理により実行される。

10

【 0 0 6 6 】

このように、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を連続して切削加工した後、左テーパ歯面 1 2 1 及び左サブ歯面 1 2 1 a の切削加工を連続して行うので、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 の回転を停止させる回数を少なくすることができる。よって、歯車加工装置 1 は、右側面 1 1 5 B に対してねじれ角の異なる 2 つの歯面 (右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a) を切削加工で形成する場合においても、効率よく切削加工を行うことができるので、サイクルタイムの短縮を図ることができる。

20

【 0 0 6 7 】

なお、上記した特殊歯形加工処理において、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a が一回の送り動作で切削加工される場合を例に挙げて説明したが、複数回の送り動作で右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を行ってもよい。また、上記の例では、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を形成した後に、左テーパ歯面 1 2 1 及び左サブ歯面 1 2 1 a を形成する場合について説明したが、左テーパ歯面 1 2 1 及び左サブ歯面 1 2 1 a を形成した後に右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を形成してもよい。この場合においても、加工制御部 1 0 0 は、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 の回転を停止させる回数を少なくすることができるので、サイクルタイムの短縮を図ることができる。

30

【 0 0 6 8 】

ここで、歯車加工装置 1 は、歯切り工具 4 0 を用いてスプライン歯 1 1 5 a 0 の加工を行うことも可能である。この場合、歯車加工装置 1 は、ブローチ加工やギヤシェーパ加工でスプライン歯 1 1 5 a 0 を形成する場合と比べて、工作物 W の移動を不要とすることができる。即ち、歯車加工装置 1 は、スプライン歯 1 1 5 a 0 を形成した後、工作物保持装置 3 0 から工作物 W を取り外さずにギヤ抜け防止部 1 2 0 の加工に移行できるので、ギヤ抜け防止部 1 2 0 の切削加工を開始する前の心出し作業を不要とすることができる。その結果、歯車加工装置 1 は、サイクルタイムの短縮を図ることができると共に、加工精度の向上を図ることができる。

【 0 0 6 9 】

またこの場合、歯車加工装置 1 は、スプライン歯 1 1 5 a 0 を切削加工する際の交差角を、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を切削加工する際の歯切り工具 4 0 の交差角 と同一角度に設定することができる。この場合、加工制御部 1 0 0 は、上記した特殊歯形加工処理の S 2 の処理の中で行った交差角の演算を、スプライン歯 1 1 5 a 0 を切削加工する前に行う。これにより、歯車加工装置 1 は、スプライン歯 1 1 5 a 0 の切削加工した後、工作物 W の軸線 L w に対する歯切り工具 4 0 の軸線 L の傾斜角度を変更する作業を不要にできるので、サイクルタイムの短縮を図ることができる。

40

【 0 0 7 0 】

以上説明したように、加工制御部 1 0 0 は、スプライン歯 1 1 5 a 0 の右側面 1 1 5 B に右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を形成する場合に、一回の送り動作の中で

50

右テーパ歯面 1 2 2 と右サブ歯面 1 2 2 a とを連続して切削加工する。つまり、歯車加工装置 1 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工時と右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工時との双方において、送り動作を行いながら切削加工を行う。

【 0 0 7 1 】

そして、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工時と右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工時とで補正角 を変更する。これにより、歯車加工装置 1 は、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a の双方について寸法管理を行うことができるので、右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を高精度に加工することができる。

【 0 0 7 2 】

また、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工時と右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工時とで歯切り工具 4 0 に対する工作物 W の回転速度比を変更することにより、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させた状態を維持しながら、ねじれ角の異なる右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を連続して切削加工することができる。

10

【 0 0 7 3 】

そして、加工制御部 1 0 0 は、一回の送り動作の中で右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を連続して切削加工を行う際に、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工が終了した時点で補正角 を変更する。この場合において、加工制御部 1 0 0 は、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を回転させた状態で、補正角 の変更を行う。よって、歯車加工装置 1 は、例えば、歯切り工具 4 0 を工作物 W から一旦離し、工作物 W 及び歯切り工具 4 0 を一時停止させる場合と比べて、サイクルタイムの短縮を図ることができる。

20

【 0 0 7 4 】

また、右テーパ歯面 1 2 2 は、工作物 W の軸線 L w に対して工作物 W の周方向一方側へ傾斜するのに対し、右サブ歯面 1 2 2 a は、軸線 L w に対して工作物 W の周方向他方側へ傾斜する。このような特殊歯形を歯車加工装置 1 で形成する場合において、加工制御部 1 0 0 は、一回の送り動作の中で右テーパ歯面 1 2 2 及び右サブ歯面 1 2 2 a を連続して切削加工を行い、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工が終了した時点で補正角 を変更する。そして、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削時において補正角 を正の角度に設定しつつ、右サブ歯面 1 2 2 a の切削時において補正角 を負の角度に設定する。よって、加工制御部 1 0 0 は、内歯 1 5 1 が特殊な歯形を有する場合であっても、サイクルタイムの短縮を図ることができると共に、加工精度の向上を図ることができる。

30

【 0 0 7 5 】

(6 . その他)

以上、上記実施形態に基づき本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に何ら限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の変形改良が可能であることは容易に推察できるものである。また、上記実施形態では、スプライン歯 1 1 5 a 0 にギヤ抜け防止部 1 2 0 を形成する場合に本発明を適用する場合について説明したが、ギヤ抜け防止部 1 2 0 を形成する場合以外にも本発明を適用することが可能である。

【 0 0 7 6 】

例えば、本実施形態では、第一歯面 (右テーパ歯面 1 2 2) と第二歯面 (右サブ歯面 1 2 2 a) とでねじれ方向が異なるについて説明したが、これに限られるものではない。即ち、第一歯面と第二歯面とのねじれ方向が同一である場合であっても、本発明を適用することができる。この場合、加工制御部 1 0 0 は、第一歯面を形成する場合と第二歯面を形成する場合の双方において、補正角を正の値又は負の値に設定しつつ、第一歯面を形成する場合と第二歯面を形成する場合とで回転速度比を変更することで、ねじれ角の異なる第一歯面及び第二歯面を高精度且つ効率的に形成することができる。

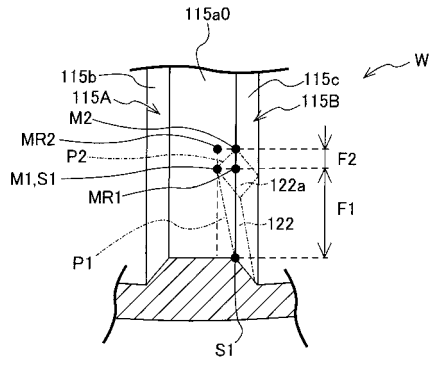
40

【 0 0 7 7 】

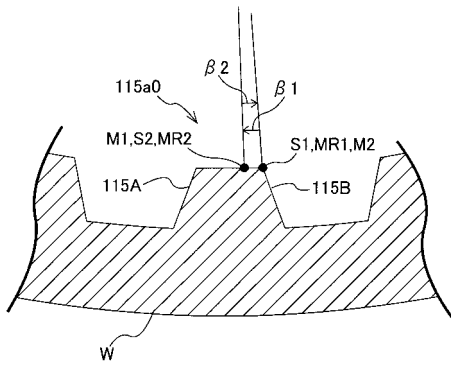
上記実施形態において、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工を終了してから右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工を開始するまでの間、送り動作を一時停止する場合について説明したが、これに限られるものではない。即ち、加工制御部 1 0 0 は、右テーパ歯面 1 2 2 の切削加工を終了してから右サブ歯面 1 2 2 a の切削加工を開始するまでの

50

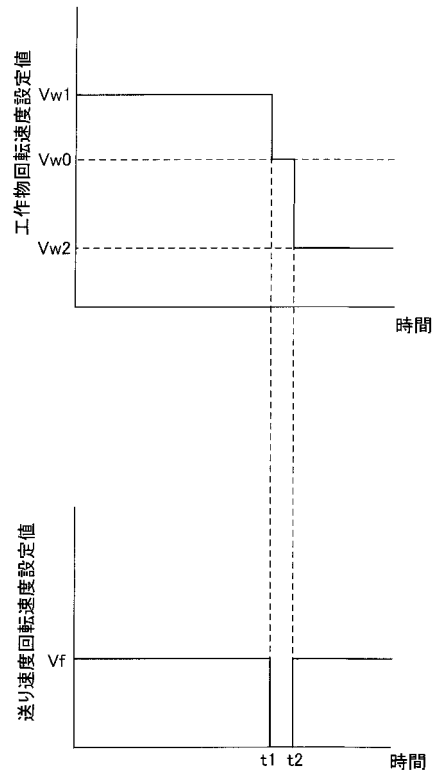
【 図 4 A 】



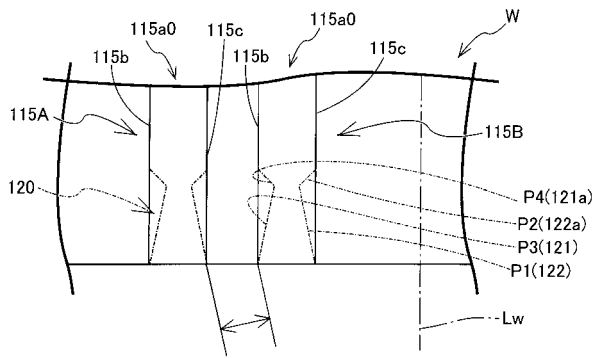
【 図 4 B 】



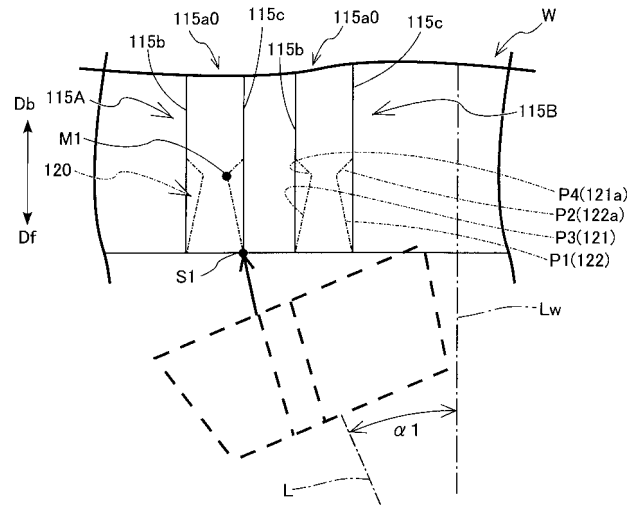
【 図 5 】



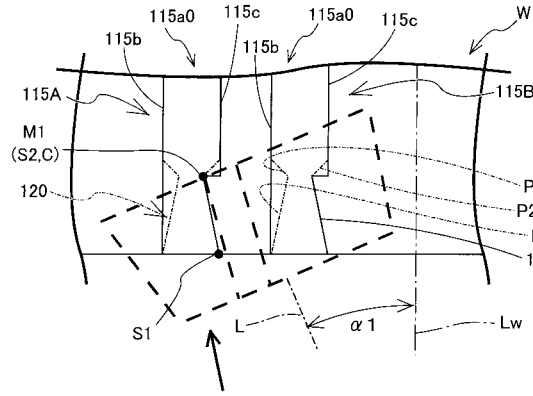
【 図 6 】



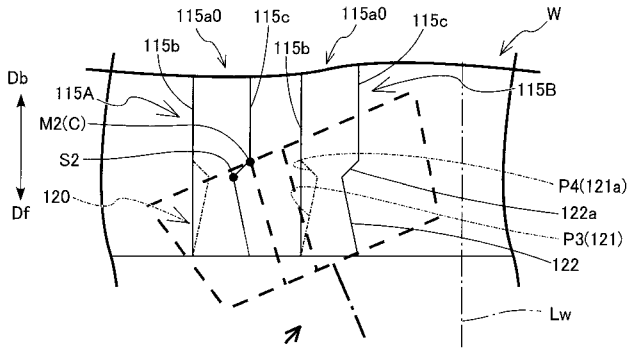
【 図 7 A 】



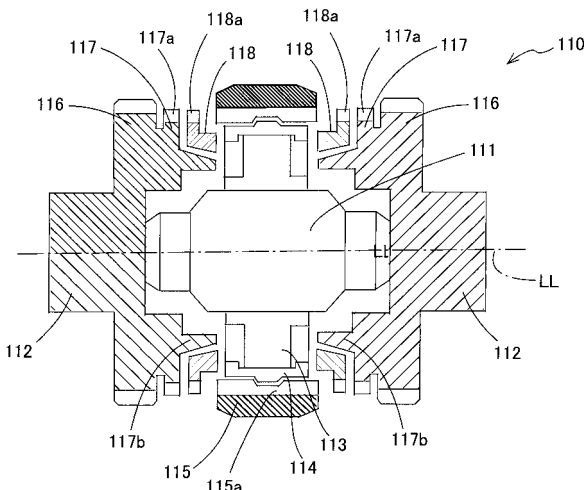
【図7B】



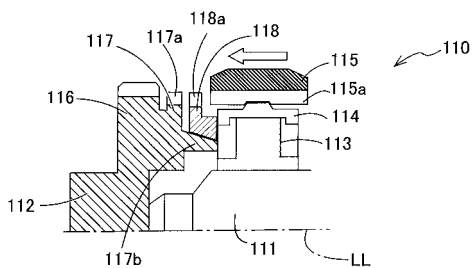
【図7C】



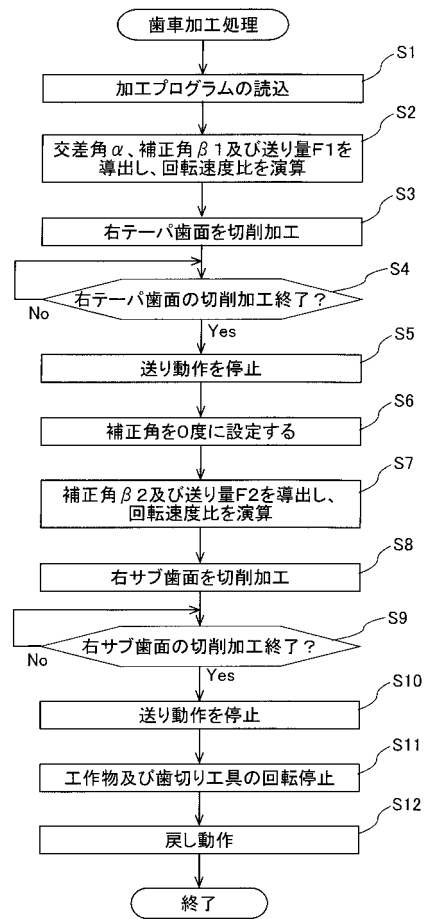
【図9】



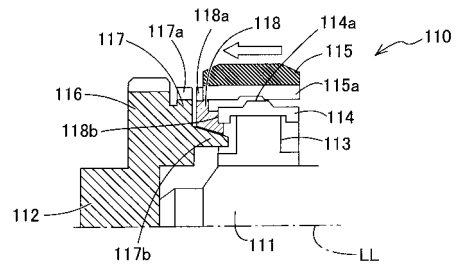
【図10A】



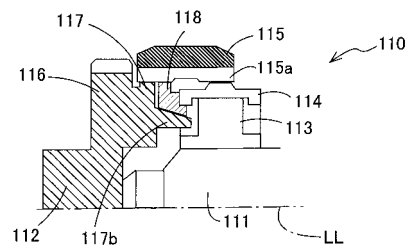
【図8】



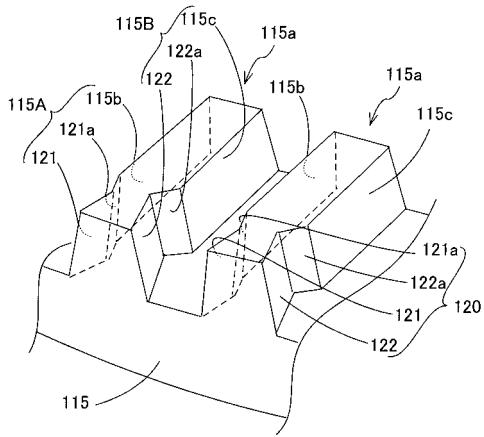
【図10B】



【図10C】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

