

(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2012-61527
(P2012-61527A)

(43) 公開日 平成24年3月29日(2012.3.29)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B23Q 3/157 (2006.01) B23Q 3/157 F 3C002
 B23Q 3/157 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2010-205545 (P2010-205545)
 (22) 出願日 平成22年9月14日(2010.9.14)

(71) 出願人 000005267
 ブラザー工業株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号
 (74) 代理人 100104503
 弁理士 益田 博文
 (72) 発明者 栗林 裕
 名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内
 (72) 発明者 入江 武志
 名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内
 Fターム(参考) 3C002 AA03 BB02 DD13 GG03 HH03
 KK01 LL01

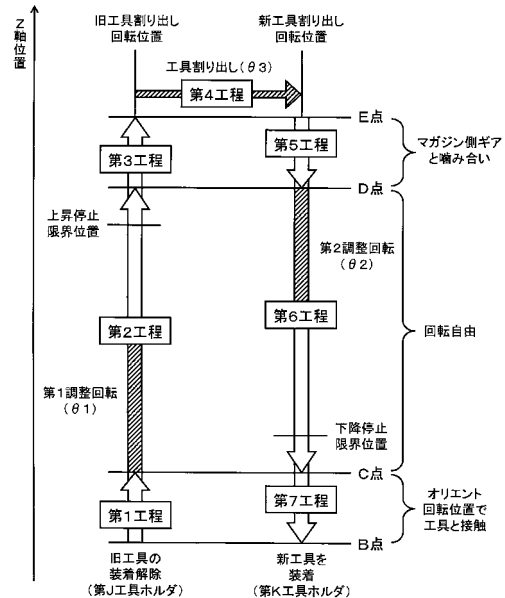
(54) 【発明の名称】 工作機械

(57) 【要約】

【課題】 マガジン側ギヤから伝達する回転駆動力の減速において、汎用の減速機を用い、コストダウンを図る。

【解決手段】 主軸22の外周部に設けられ、主軸モータ23の駆動により主軸22とともに回転する主軸側ギヤ31と、主軸22と工具マガジン8との間で受け渡し可能なB点と、工具マガジン8が回転可能なE点とに、位置決め可能なZ軸移動装置5と、主軸ヘッド6がB点に位置するときに主軸側ギヤ31に噛合して主軸22の回転により工具マガジン8を周方向に回転させるマガジン側ギヤ32と、を備えた工作機械1であって、主軸ヘッド6がZ軸移動装置5によりB点とE点との間を移動するとき、少なくともE点において、予め定めたオリエン特回転方向位置となるように、主軸22の回転方向位置の位置決めを行う。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工具を着脱可能に保持する主軸と、
 前記主軸を回転駆動する主軸モータと、
 前記主軸モータを保持し、上下動可能な主軸ヘッドと、
 前記主軸の外周部に設けられ、前記主軸モータの駆動により前記主軸とともに回転する
 主軸側ギヤと、

前記工具を保持する工具保持部を周方向複数箇所に備えた回転型マガジンと、
 前記主軸ヘッドを移動させ、前記工具を前記主軸と前記回転型マガジンの前記工具保持
 部との間で受け渡し可能な工具装着位置と、前記回転型マガジンが回転可能なマガジン回
 転位置とに、位置決め可能な移動機構と、

前記主軸ヘッドが前記マガジン回転位置に位置するときに前記主軸側ギヤに噛合して前
 記主軸の回転により前記回転型マガジンを前記周方向に回転させるマガジン側ギヤと、

前記主軸と前記回転型マガジンの前記工具保持部との間で前記工具を授受可能な工具交
 換機構と、

を備えた工作機械において、

前記主軸の回転方向位置を検出する位置検出手段と、

前記位置検出手段の検出結果に基づき、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガ
 ジン回転位置と前記工具装着位置との間を移動するとき、少なくとも前記工具装着位置に
 おいて、予め定めた第 1 回転方向位置となるように、前記主軸モータを制御し前記主軸の
 回転方向位置の位置決めを行う主軸制御手段と、を備える

ことを特徴とする工作機械。

【請求項 2】

請求項 1 記載の工作機械において、

前記主軸制御手段は、

前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置と前記工具装着位置との間
 を移動するとき、少なくとも前記マガジン回転位置において、前記主軸側ギヤが前記マガ
 ジン側ギヤと噛合可能な第 2 回転方向位置となるように、前記主軸モータを制御し前記主
 軸の回転方向位置の位置決めを行う

ことを特徴とする工作機械。

【請求項 3】

請求項 2 記載の工作機械において、

前記主軸ヘッドが前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へ移動する際に前記位置
 検出手段が検出した前記主軸の回転方向位置を、前記第 2 回転方向位置として記憶する記
 憶手段をさらに備え、

前記主軸制御手段は、

少なくとも前記主軸ヘッドが前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へ移動する際
 、前記主軸の回転方向位置を前記記憶手段に記憶した前記第 2 回転方向位置となるよう
 に、前記主軸モータを制御する

ことを特徴とする工作機械。

【請求項 4】

請求項 2 記載の工作機械において、

前記第 2 回転方向位置が複数ある場合、前記主軸ヘッドが前記マガジン回転位置から前
 記工具装着位置へ移動する際に前記位置検出手段が検出した前記主軸の回転方向位置に最
 も近い前記第 2 回転方向位置を、目標第 2 回転方向位置として決定する第 1 噛合位置決定
 手段をさらに備え、

前記主軸制御手段は、

少なくとも前記主軸ヘッドが前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へ移動する際
 、前記主軸の回転方向位置を前記第 1 噛合位置決定手段が決定した前記目標第 2 回転方向
 位置となるように、前記主軸モータを制御する

10

20

30

40

50

ことを特徴とする工作機械。

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の工作機械において、

前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へ第 1 速度で移動する場合、前記マガジン回転位置に前記主軸ヘッドが到達するまでに前記主軸が前記主軸制御手段の制御により前記第 1 回転方向位置から前記第 2 回転方向位置まで回転可能か否かを判定する第 1 判定手段と、

前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へ前記第 1 速度で移動する場合、前記工具装着位置に前記主軸ヘッドが到達するまでに前記主軸が前記主軸制御手段の制御により前記第 2 回転方向位置から前記第 1 回転方向位置まで回転可能か否かを判定する第 2 判定手段と、

前記第 1 判定手段又は第 2 判定手段で前記主軸が回転可能であると判定されなかった場合、前記主軸ヘッドの移動速度を前記第 1 速度よりも遅い第 2 速度に減速するように前記移動機構を減速制御する減速制御手段と、

をさらに備えることを特徴とする工作機械。

【請求項 6】

請求項 5 記載の工作機械において、

前記減速制御手段により前記移動機構を減速制御しているとき、前記主軸制御手段の制御によって前記第 2 回転方向位置から前記第 1 回転方向位置に位置決めが終了した場合又は前記第 1 回転方向位置から前記第 2 回転方向位置に位置決めが終了した場合には、前記減速制御手段は、前記移動機構に対する前記減速制御を解除する

ことを特徴とする工作機械。

【請求項 7】

請求項 5 又は請求項 6 記載の工作機械において、

前記マガジン回転位置よりも前記工具装着位置側に所定長さ離れたマガジン側限界位置と、

前記工具装着位置よりも前記マガジン回転位置側に所定長さ離れた装着側限界位置とを設定し、

前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へと移動開始した後、前記主軸ヘッドが前記マガジン側限界位置に到達したとき、前記主軸が前記主軸制御手段の制御による前記第 1 回転方向位置から前記第 2 回転方向位置までの回転が完了したか否かを判定する第 1 回転判定手段と、

前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へと移動開始した後、前記主軸ヘッドが前記装着側限界位置に到達したとき、前記主軸が前記主軸制御手段の制御による前記第 2 回転方向位置から前記第 1 回転方向位置までの回転が完了したか否かを判定する第 2 回転判定手段と、

前記第 1 回転判定手段又は第 2 回転判定手段により前記主軸の回転が完了していないと判定された場合、前記主軸ヘッドの移動を停止するように前記移動機構を停止制御する、停止制御手段と、

をさらに備えることを特徴とする工作機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の工具保持部を有する工具マガジンを回転可能に設け、主軸モータの回転駆動により工具マガジンの回転を行う工作機械に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械の一種として、周方向複数箇所に工具を保持可能な回転型マガジンを備えたタレット式工作機械がある。工作機械は、主軸ヘッドに設けた主軸の下端に工具を着脱可能に装着する。工作機械は、主軸の上端に連結された主軸モータの回転により被加工物の切

10

20

30

40

50

削加工を行う。工具交換の際には、回転型マガジンを回転させることで目的の工具を所定の割り出し位置に位置させる一方、昇降移動機構によって主軸ヘッドをZ軸方向の所定位置に昇降移動させる。工具交換機構は、主軸の下端に保持している工具と、上記割り出し位置に保持されている工具とを交換する。

【0003】

特許文献1の自動工具交換装置は、回転型マガジンの回転を主軸モータの駆動により行う。自動工具交換装置は、主軸が上記工具交換位置とは異なる別のZ軸位置（以下、マガジン回転駆動位置と称す）に位置した際に、主軸に設けた主軸側ギヤと回転型マガジンに設けたマガジン側ギヤとを噛み合わせる。自動工具交換装置は、主軸側ギヤとマガジン側ギヤとが噛み合っている際に主軸モータを駆動させることで、回転型マガジンを回転させて目的の工具を上記割り出し位置に位置決めする。その後、自動工具交換装置は、主軸ヘッドをZ軸方向に昇降移動させて工具交換位置に位置させることで、工具交換を行う。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-123116号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

工具は、周方向の所定箇所にキー溝を形成している。このため、工具交換の際は、工具交換位置において、主軸下端部に設けたドライブキーが上記工具のキー溝に係合可能な所定の回転位置に、主軸を位置決めする必要がある。一方、工具を割り出す際は、マガジン回転駆動位置において、主軸側ギヤのギヤ歯とマガジン側ギヤのギヤ歯とが噛み合可能な所定の回転位置に、主軸を位置決めする必要がある。

20

【0006】

特許文献1の自動工具交換装置は、主軸の回転と回転型マガジンとの回転との間に、固有の対応関係を持たせている。この対応関係は、主軸側ギヤとマガジン側との間のギヤ比及び工具の本数に基づき、専用の減速機を用いている。自動工具交換装置は、主軸を昇降移動させるだけで、工具交換位置でのドライブキーとキー溝との係合及びマガジン回転駆動位置での主軸側ギヤとマガジン側ギヤとの噛み合が、ともに可能となる構造を実現している。

30

【0007】

しかしながら、上記装置では、工具保持数の異なる種々の回転型マガジンを用いる場合、各回転型マガジンが保持する工具の数によって、主軸側ギヤとマガジン側との間のギヤ比が変わるため、工具の本数毎に専用の減速機を製作する必要がある。上記装置では、回転側マガジンを交換する際には減速機も同時に交換しなければならず、製造コスト及び運用コストを増大させる要因となっていた。

【0008】

本発明の目的は、専用の減速機を用いず、確実に回転型マガジンの工具保持部と主軸との間で工具の受け渡しを行うことができる工作機械を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、第1の発明は、工具を着脱可能に保持する主軸と、前記主軸を回転駆動する主軸モータと、前記主軸モータを保持し、上下動可能な主軸ヘッドと、前記主軸の外周部に設けられ、前記主軸モータの駆動により前記主軸とともに回転する主軸側ギヤと、前記工具を保持する工具保持部を周方向複数箇所に備えた回転型マガジンと、前記主軸ヘッドを移動させ、前記工具を前記主軸と前記回転型マガジンの前記工具保持部との間で受け渡し可能な工具装着位置と、前記回転型マガジンが回転可能なマガジン回転位置とに、位置決め可能な移動機構と、前記主軸ヘッドが前記マガジン回転位置に位置するときに前記主軸側ギヤに噛み合して前記主軸の回転により前記回転型マガジンを前記周

50

方向に回転させるマガジン側ギヤと、前記主軸と前記回転型マガジンの前記工具保持部との間で前記工具を授受可能な工具交換機構と、を備えた工作機械において、前記主軸の回転方向位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段の検出結果に基づき、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置と前記工具装着位置との間を移動するとき、少なくとも前記工具装着位置において、予め定めた第1回転方向位置となるように、前記主軸モータを制御し前記主軸の回転方向位置の位置決めを行う主軸制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0010】

本願第1発明の工作機械は、主軸制御手段を設けている。主軸制御手段は、主軸モータを制御することで、主軸の回転方向の位置決めを行う。主軸制御手段は、主軸の回転方向位置を、少なくとも工具装着位置において第1回転方向位置となるように位置決め制御する。工作機械は、周方向に工具保持部を複数箇所備える種々の回転型マガジンのいずれを用いる場合であっても、確実に工具装着位置において主軸との間で工具の受け渡しを行うことができる。また、主軸の回転と回転型マガジンの回転との間に固有の対応関係を与える必要がないので、従来構造のように専用の減速機を用いる必要がない。それ故、工作機械は、汎用の減速機を用いることができ、コストダウンを図ることができる。

10

【0011】

第2発明は、上記第1発明において、前記主軸制御手段は、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置と前記工具装着位置との間を移動するとき、少なくとも前記マガジン回転位置において、前記主軸側ギヤが前記マガジン側ギヤと噛合可能な第2回転方向位置となるように、前記主軸モータを制御し前記主軸の回転方向位置の位置決めを行うことを特徴とする。

20

【0012】

本願第2発明の工作機械では、主軸制御手段は、主軸の回転方向位置を、少なくともマガジン回転位置において第2回転方向位置となるように位置決め制御する。主軸制御手段は、主軸の回転位置を、工具装着位置で工具の受け渡しを行った第1回転方向位置から第2回転方向位置へと変化させる。この結果、工作機械は、マガジン回転位置において主軸側ギヤとマガジン側ギヤとを確実に噛合させることができる。

【0013】

第3発明は、上記第2発明において、前記主軸ヘッドが前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へ移動する際に前記位置検出手段が検出した前記主軸の回転方向位置を、前記第2回転方向位置として記憶する記憶手段をさらに備え、前記主軸制御手段は、少なくとも前記主軸ヘッドが前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へ移動する際、前記主軸の回転方向位置を前記記憶手段に記憶した前記第2回転方向位置となるように、前記主軸モータを制御することを特徴とする。

30

【0014】

本願第3発明の工作機械は、記憶手段を備えている。主軸制御手段は、記憶手段が記憶した、上記離脱時の第2回転方向位置となるように、主軸モータを制御する。工作機械は、主軸の回転方向位置を前回の離脱時と同じ位置とすることで、マガジン回転位置において主軸側ギヤとマガジン側ギヤとを確実に噛合させることができる。

40

【0015】

第4発明は、上記第2発明において、前記第2回転方向位置が複数ある場合、前記主軸ヘッドが前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へ移動する際に前記位置検出手段が検出した前記主軸の回転方向位置に最も近い前記第2回転方向位置を、目標第2回転方向位置として決定する第1噛合位置決定手段をさらに備え、前記主軸制御手段は、少なくとも前記主軸ヘッドが前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へ移動する際、前記主軸の回転方向位置を前記第1噛合位置決定手段が決定した前記目標第2回転方向位置となるように、前記主軸モータを制御することを特徴とする。

【0016】

本願第4発明の工作機械は、第1噛合位置決定手段を備える。第1噛合位置決定手段は

50

、複数の第2回転方向位置のうち、前回離脱時の回転方向位置から最も近い第2回転方向位置を、目標第2回転方向位置とする。主軸制御手段は、その目標第2回転方向位置となるように、主軸モータを制御する。工作機械は、主軸の回転方向位置を前回の離脱時と同じ回転方向位置としなくても、マガジン回転位置において主軸側ギヤとマガジン側ギヤとを確実に噛み合わせることができる。工作機械は、複数の第2回転方向位置のうち前回離脱時の回転方向位置から最も近い位置を目標とすることで、主軸の回転方向位置の位置決め制御を簡単且つ確実に行うことができる。

【0017】

第5発明は、上記第3又は第4発明のいずれかにおいて、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へ第1速度で移動する場合、前記マガジン回転位置に前記主軸ヘッドが到達するまでに前記主軸が前記主軸制御手段の制御により前記第1回転方向位置から前記第2回転方向位置まで回転可能か否かを判定する第1判定手段と、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へ前記第1速度で移動する場合、前記工具装着位置に前記主軸ヘッドが到達するまでに前記主軸が前記主軸制御手段の制御により前記第2回転方向位置から前記第1回転方向位置まで回転可能か否かを判定する第2判定手段と、前記第1判定手段又は第2判定手段で前記主軸が回転可能であると判定されなかった場合、前記主軸ヘッドの移動速度を前記第1速度よりも遅い第2速度に減速するように前記移動機構を減速制御する、減速制御手段と、をさらに備えることを特徴とする。

10

【0018】

本願第5発明は、第1判定手段及び第2判定手段に基づいて減速制御手段が移動機構を減速制御し、主軸ヘッドの上記移動を減速させる。工作機械は、主軸ヘッドが工具装着位置とマガジン回転位置との間を移動する間に、確実に主軸の回転が完了できる。

20

【0019】

第6発明は、上記第5発明において、前記減速制御手段により前記移動機構を減速制御しているとき、前記主軸制御手段の制御によって前記第2回転方向位置から前記第1回転方向位置に位置決めが終了した場合又は前記第1回転方向位置から前記第2回転方向位置に位置決めが終了した場合には、前記減速制御手段は、前記移動機構に対する前記減速制御を解除することを特徴とする。

【0020】

本願第6発明の工作機械では、減速制御手段は、主軸の回転が完了した場合には、主軸ヘッドの移動の減速制御を解除する。工作機械は、必要以上の無駄な減速制御を回避して主軸ヘッドの移動速度を通常通りに戻すことができる。工作機械は、作業効率の低下を防止することができる。

30

【0021】

第7発明は、上記第5又は第6発明において、前記マガジン回転位置よりも前記工具装着位置側に所定長さ離れたマガジン側限界位置と、前記工具装着位置よりも前記マガジン回転位置側に所定長さ離れた装着側限界位置とを設定し、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記工具装着位置から前記マガジン回転位置へと移動開始した後、前記主軸ヘッドが前記マガジン側限界位置に到達したとき、前記主軸が前記主軸制御手段の制御による前記第1回転方向位置から前記第2回転方向位置までの回転が完了したか否かを判定する第1回転判定手段と、前記主軸ヘッドが前記移動機構により前記マガジン回転位置から前記工具装着位置へと移動開始した後、前記主軸ヘッドが前記装着側限界位置に到達したとき、前記主軸が前記主軸制御手段の制御による前記第2回転方向位置から前記第1回転方向位置までの回転が完了したか否かを判定する第2回転判定手段と、前記第1回転判定手段又は第2回転判定手段により前記主軸の回転が完了していないと判定された場合、前記主軸ヘッドの移動を停止するように前記移動機構を停止制御する、停止制御手段と、をさらに備えることを特徴とする。

40

【0022】

本願第7発明は、第1回転判定手段及び第2回転判定手段に基づいて、主軸の回転が完

50

了したか否かを判定する。主軸が回転完了していないと判定した場合には、停止制御手段が移動機構による主軸ヘッドの移動を停止する。工作機械は、主軸が回転完了しないままマガジン回転位置又は工具装着位置に達するのを防止することができる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、専用の減速機を用いず、確実に回転型マガジンの工具保持部と主軸との間で工具の受け渡しを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の一実施の形態の工作機械の全体構成を表す側面図である。

10

【図2】工作機械の電氣的構成を示す図である。

【図3】主軸及び工具マガジンの構成を詳細に示す縦断面図である。

【図4】(a)は、工具ホルダの側面図、(b)は、工具ホルダの平面図である。

【図5】主軸の工具装着部が工具ホルダを取り外してから工具マガジンを回転させて工具ポットを交換するまでの工程を説明する図である。

【図6】工具交換の工程だけをまとめて表した図である。

【図7】主軸側ギヤとマガジン側ギヤとの噛合構成を示す図である。

【図8】第1調整回転の設定を説明する図である。

【図9】第2調整回転の設定を説明する図である。

【図10】第1～第3工程において数値制御装置のCPUによって実行される制御内容を表すフローチャートである。

20

【図11】上昇速度の減速が不要な場合における主軸の上昇制御の具体的内容を示すタイムチャートである。

【図12】上昇速度の減速が必要な場合における主軸の上昇制御の具体的内容を示すタイムチャートである。

【図13】緊急停止が必要な場合における主軸の上昇制御の具体的内容を示すタイムチャートである。

【図14】第5～第7工程において数値制御装置のCPUによって実行される制御内容を表すフローチャートである。

【図15】オリент回転方向位置の近傍で主軸側ギヤとマガジン側ギヤを噛合させる第1調整回転を行った後の噛合構成例を示す図である。

30

【図16】オリент回転方向位置の近傍で主軸側ギヤとマガジン側ギヤを噛合させる第1調整回転の設定を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の一実施の形態を図面を参照しつつ説明する。以下の説明では、図1の紙面左方、右方、表面、背面を、夫々工作機械1の前方、後方、左方、右方とする。

【0026】

図1に示すように、工作機械1は、XY軸移動装置(図示省略)と、Z軸移動装置5(移動機構)と、主軸駆動装置20と、工具交換装置2(工具交換機構)と、ベース7等から構成されている。

40

【0027】

XY軸移動装置(図示省略)は、ワーク(図示省略)を保持したテーブル135を直交するX軸方向(左右方向)とY軸方向(前後方向)とに移動する。XY軸移動装置は、X軸モータ131(図2参照)及びY軸モータ132(図2参照)を備えている。コラム3は、ベース7後方に立設している。コラム3は、その上方において前方に延びる一对のフレーム4を支持している。一对のフレーム4は、その前端部に工具交換装置2を支持している。主軸ヘッド6は、一对のフレーム4の間に配置している。主軸ヘッド6は、コラム3に沿ってZ軸方向(上下方向)に昇降移動可能に設けてある。

【0028】

50

Z軸移動装置5は、Z軸モータ15を備えている。Z軸モータ15は、主軸ヘッド6をZ軸方向に昇降移動させる。主軸ヘッド6は、その内部に鉛直方向に主軸22を回転自在に設けている。主軸駆動装置20は、主軸モータ23を備えている。主軸モータ23は、主軸22を回転させる。

【0029】

工具交換装置2は、回転型の工具マガジン8（回転型マガジン）を備えている。工具マガジン8は、主軸22の中心軸に対して所定の角度をなす回転軸で回転可能である。工具交換装置2は、工具マガジン8のグリップアーム27と主軸22との間で、工具ホルダ75（図4参照）を受け渡す。工作機械1は、これら複数の移動機構及び駆動機構の動作を夫々数値制御する数値制御装置9をコラム3の背面に設けている。

10

【0030】

図2を参照して、数値制御装置9の電氣的構成について説明する。数値制御装置9は、制御回路110と、各種駆動回路121～125とを有している。制御回路110は、後述するROM112に記憶した制御プログラム等を実行することで、工作機械1の加工動作及び工具交換動作等を制御する。制御回路110は、CPU111、ROM112及びRAM113（記憶手段）からなるマイクロコンピュータと、入力インターフェース114及び出力インターフェース115とを基本に構成されている。

【0031】

入力インターフェース114には、工作機械1の前面に設けた操作パネル（図示省略）のキーボード130が電氣的に接続されている。出力インターフェース115には、X軸モータ131を駆動する駆動回路121と、Y軸モータ132を駆動する駆動回路122と、Z軸モータ15を駆動する駆動回路123と、主軸モータ23を駆動する駆動回路124と、上記操作パネルに設けたCRT133を駆動するための駆動回路125とが、各々電氣的に接続されている。

20

【0032】

X軸モータ131は、テーブル135のX軸方向の位置を検出するエンコーダ131aを備えている。Y軸モータ132は、テーブル135のY軸方向の位置を検出するエンコーダ132aを備えている。Z軸モータ15は、主軸ヘッド6のZ軸方向の位置を検出するエンコーダ6aを備えている。主軸モータ23は、主軸22の回転方向位置を検出するエンコーダ6b（位置検出手段）を備えている。これらエンコーダ131a、132a、6a、6bは、マガジン側ギヤ32（図3参照）の回転方向位置を検出するエンコーダ6cとともに、入力インターフェース114に接続されている。

30

【0033】

図3に示すように、主軸22は、主軸ヘッド6の上部に配設した主軸モータ23（図1参照）にカップリング24を介して連結されている。主軸22は、主軸モータ23の駆動力により回転する。主軸22は、その下端部の内周に工具装着部21を備えている。主軸22は、その下端部の外周に主軸側ギヤ31を備えている。

【0034】

工具装着部21は、切削工具74（図4参照）を装着した工具ホルダ75の上部を嵌挿可能になっている。工具装着部21は、その上方にホルダ挟持部25を有する。ホルダ挟持部25は、工具ホルダ75の上端に設けられているプルスタッド75d（図4参照）を把持することで工具装着部21に工具ホルダ75を装着でき、また把持を解除することで工具ホルダ75の取り外しができる。

40

【0035】

工具マガジン8は、マガジン側ギヤ32と、ボールスプライン33と、中間ギヤ34～36とを備えている。工具マガジン8は全体が略円盤状に形成してある。工具マガジン8は、回転軸8Aを中心に回転可能である。工具マガジン8は、その周方向の均等な間隔位置に複数のグリップアーム27を備えている。各グリップアーム27は、一端部に工具ホルダ75を保持する二股状の工具保持部28を有し、且つ工具マガジン8に対して回動可能である。

50

【0036】

マガジン側ギヤ32は、工具マガジン8の回転軸8Aと平行且つ下方に回転可能に設けてある。マガジン側ギヤ32は、主軸ヘッド6が最も上方に位置した状態で主軸側ギヤ31と噛合可能である。マガジン側ギヤ32は、その回転力を、ボールスプライン33を介して中間ギヤ34に伝達する。中間ギヤ34は別の中間ギヤ35と噛合している。中間ギヤ35は工具マガジンの回転軸8Aに設けた回転軸ギヤ36と噛合している。主軸側ギヤ31とマガジン側ギヤ32とが噛合している状態で、主軸モータ23は、主軸22を回転させることにより、主軸側ギヤ31、マガジン側ギヤ32、ボールスプライン33、中間ギヤ34及び中間ギヤ35を介して回転軸ギヤ36に駆動力を伝達する。工具マガジン8は回転軸ギヤ36の回転によって回転軸8Aを中心に回転する。

10

【0037】

図4に示すように、工具ホルダ75は、その下端に切削工具74を装着する工具装着部75aと、その上部に位置する鏝状部75bと、更にその上部に位置するテーパ部75cと、最も上端部に位置するプルスタッド75dとが一体に形成されている。上面図である図4(b)に示すように、鏝状部75bの外周上で180°対向する2箇所には、当該工具ホルダ75自体の回転方向の位置決めと主軸22の回転力を滑りなく工具ホルダ75に伝達することを目的とした、キー溝75eが凹設されている。

【0038】

工具ホルダ75がグリップアーム27の工具保持部28に保持されている際には、鏝状部75bから上方の部分が露出する状態となる。一方のキー溝75eは、工具保持部28が有するキー(図示省略)と係合することで工具ホルダ75自体の回転方向の位置決めが行われる。

20

【0039】

主軸22は、その下端に工具ホルダ75のキー溝75eと係合可能なドライブキー26を設けている(図5参照)。工具ホルダ75を装着する際、主軸22は主軸側ギヤ31の回転方向位置を工具ホルダ75のキー溝75eとドライブキー26とを係合可能な360°中の所定の1箇所に位置決めする必要がある。この主軸側ギヤ31の回転方向位置をオリエント回転方向位置とする。

【0040】

尚、以下の説明では、説明の便宜と発明の理解の容易のために、前述したマガジン側ギヤ32、ボールスプライン33、中間ギヤ34、及び中間ギヤ35を介し回転軸ギヤ36へ回転駆動力が伝達されるときの場合を例にとって説明する。

30

【0041】

図5を参照して、主軸22の工具装着部21に装着した切削工具74を交換する際に行う工程を説明する。尚、図中では関係する部分だけを模式的なモデル図で示しており、特に理解が容易なように、マガジン側ギヤ32の中心軸と工具マガジン8の回転軸8Aを同一軸で構成し、且つそれらを主軸22と平行に配置して示している。

【0042】

図5(a)に示すように、所定の切削工具74による切削加工を行った後、主軸ヘッド6は上昇移動してZ軸原点(後述のB点)で静止する。該切削工具74を保持するグリップアーム27は、主軸ヘッド6の上昇移動に伴って主軸22側に回動する。このときの工具マガジン8及びマガジン側ギヤ32の回転方向位置は、割り出し回転方向位置である。主軸22はオリエント回転方向位置にある。工具装着部21は、工具ホルダ75の鏝状部75bより上方部分を収納している。ドライブキー26は、工具ホルダ75のキー溝75eに係合している。

40

【0043】

図5(b)に示すように、Z軸モータ15の駆動により主軸ヘッド6が上昇することで、主軸22のドライブキー26と工具ホルダ75のキー溝75eとの係合は解除され且つグリップアーム27の工具保持部28に工具ホルダ75が受け渡される。このときの主軸ヘッド6のZ軸方向位置をC点とする。

50

【 0 0 4 4 】

図 5 (c) に示すように、更に主軸ヘッド 6 が上昇することで、主軸側ギヤ 3 1 の上面はマガジン側ギヤ 3 2 の下面に一致する。前述の状態では、主軸 2 2 が回転しても工具マガジン 8 は回転しない。このときの主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置を D 点とする。

【 0 0 4 5 】

図 5 (d) に示すように、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 の夫々のギヤ歯が互いに噛合可能にギヤ歯位相が一致している場合、そのまま主軸ヘッド 6 が上昇することで、2 つのギヤ 3 1、3 2 は噛合する。このときの主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置を E 点とする。この状態は主軸ヘッド 6 が最も上昇した位置である。

【 0 0 4 6 】

E 点では、主軸モータ 2 3 の駆動により主軸 2 2 を回転させることで、2 つのギヤ 3 1、3 2 を介して工具マガジン 8 を回転することができる。工具マガジン 8 は、次に装着する予定の工具ホルダ 7 5 を保持したグリップアーム 2 7 を、上述した主軸 2 2 の下方延長線上に割り出すための工具割り出しを行うことができる。次の工具割り出しを行った後は、上記の工程を逆の順で実行することで次の工具ホルダ 7 5 を主軸 2 2 の工具装着部 2 1 に取り付けることができる。

【 0 0 4 7 】

図 6 に示すように、B 点で主軸 2 2 はオリエント回転方向位置に位置決めされる。主軸ヘッド 6 は上昇を開始し、C 点を通る。この B 点から C 点までの間に、工具ホルダ 7 5 は、主軸 2 2 からグリップアーム 2 7 の工具保持部 2 8 に受け渡される。この工程を、以下「第 1 工程」という。

【 0 0 4 8 】

更に主軸ヘッド 6 が上昇移動を継続し、C 点を通過後 D 点に到達するまでの間の工程を、以下「第 2 工程」という。C 点通過直後、主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置はオリエント回転方向位置である。このため、第 2 工程では D 点に到達するまでに、2 つのギヤ 3 1、3 2 が噛合可能な位置に主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置を調整する必要がある。第 2 工程中において、主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置を調整するために主軸 2 2 を回転させることを、以下「第 1 調整回転」という。

【 0 0 4 9 】

更に主軸ヘッド 6 が上昇移動して D 点を通り、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 との噛合が完了する E 点に到達するまでの間の工程を、以下「第 3 工程」という。この第 3 工程中においては、2 つのギヤ 3 1、3 2 が噛合途中の状態にあるため、基本的に主軸 2 2 は回転しない。

【 0 0 5 0 】

主軸ヘッド 6 が E 点に到達すると、主軸ヘッド 6 の上昇移動が停止する。このとき、工具マガジン 8 のマガジン側ギヤ 3 2 は、割り出し回転方向位置に位置する。この状態から主軸 2 2 は回転駆動し、マガジン側ギヤ 3 2 は工具マガジン 8 を回転させることで、次に使用する予定の工具ホルダ 7 5 のグリップアーム 2 7 を割り出し回転方向位置に位置させる。この工具割り出しを行う工程を以下「第 4 工程」という（上記図 5 (d) 参照）。

【 0 0 5 1 】

第 4 工程が完了した後、主軸ヘッド 6 は下降移動し、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 の噛合が解除され (D 点)、工具割り出し後の次に使用する工具の工具ホルダ 7 5 を主軸 2 2 の工具装着部 2 1 に装着し始める (C 点)。その後、主軸ヘッド 6 が Z 軸原点まで下降移動して、次に使用する工具の工具ホルダ 7 5 を保持していたグリップアーム 2 7 は、回動を開始し始め、工具ホルダ 7 5 の受け渡しを完了する (B 点)。この間の E 点から D 点までの工程を以下「第 5 工程」と称し、D 点から C 点までの工程を以下「第 6 工程」と称し、C 点から B 点までの工程を以下「第 7 工程」と称する。

【 0 0 5 2 】

第 6 工程の開始時には、上記第 4 工程の工具割り出しによって主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置がオリエント回転方向位置からずれた状態となっている。このため、C 点に到達す

10

20

30

40

50

るまでには、主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置をオリエン特回転方向位置にする必要がある。このように第 6 工程中において、主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置がオリエン特回転方向位置になるまで主軸 2 2 を回転させることを、以下「第 2 調整回転」という。

【 0 0 5 3 】

第 7 工程中においては、主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置がオリエン特回転方向位置であり、主軸 2 2 側のドライブキー 2 6 と工具ホルダ 7 5 のキー溝 7 5 e とが係合する。その後、ホルダ挟持部 2 5 が工具ホルダ 7 5 側のプスタッド 7 5 d を把持して工具ホルダ 7 5 を装着し、工具交換の工程が終了する。

【 0 0 5 4 】

工具交換の工程において、第 1 ~ 第 3 工程での主軸ヘッド 6 の上昇移動は比較的速い第 1 上昇速度でできるだけ移動させ、第 1 調整回転が間に合わない場合には一時的に第 1 上昇速度より遅い第 2 上昇速度で移動させる。同様に、第 5 ~ 第 7 工程での主軸ヘッド 6 の下降移動は比較的速い第 1 下降速度でできるだけ移動させ、第 2 調整回転が間に合わない場合には一時的に第 1 下降速度より遅い第 2 下降速度で移動させる。尚、これら第 1 上昇速度、第 2 上昇速度、第 1 下降速度及び第 2 下降速度での移動は、夫々等速度移動である。

10

【 0 0 5 5 】

第 1 調整回転と、第 2 調整回転との夫々で、制御不調等の偶発的要因により調整回転が間に合わない場合がある。そのために主軸ヘッド 6 の昇降移動を緊急停止するか否かを最終的に判断する停止限界位置が設定されている。図 6 に示すように、第 2 工程中における D 点の近傍には上昇停止限界位置が設定されている。第 6 工程中における C 点の近傍には下降停止限界位置が設定されている。

20

【 0 0 5 6 】

上昇停止限界位置は、主軸ヘッド 6 が第 1 の上昇速度で上昇移動している場合でも、当該上昇停止限界位置から移動停止動作を開始することで、D 点に到達する直前に主軸ヘッド 6 の上昇移動を完全に停止できる位置である。下降停止限界位置は、主軸ヘッド 6 が第 1 の下降速度で下降移動している場合でも、当該下降停止限界位置から移動停止動作を開始することで、C 点に到達する直前に主軸ヘッド 6 の下降移動を完全に停止できる位置である。

30

【 0 0 5 7 】

尚、B 点における主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置が各請求項記載の工具装着位置に相当し、E 点における主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置がマガジン回転位置に相当し、主軸側ギヤ 3 1 のオリエン特回転方向位置が第 1 回転方向位置に相当する。また、第 1 上昇速度及び第 1 下降速度が各請求項記載の第 1 速度に相当し、第 2 上昇速度及び第 2 下降速度が各請求項記載の第 2 速度に相当する。また、上昇停止限界位置が各請求項記載のマガジン側限界位置に相当し、下降停止限界位置が各請求項記載の装着側限界位置に相当する。

【 0 0 5 8 】

図 7 に示すように、第 0 割り出しマーキング M 0 は、第 0 番目（図中では # 0 と略記）のグリップアーム 2 7 の割り出し位置に対応する指標である。この第 0 割り出しマーキング M 0 が、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 との夫々の回転中心を結ぶ中心間基準線 L と重なった際には、第 0 番目のグリップアーム 2 7 が割り出し位置に位置するとともに、当該マガジン側ギヤ 3 2 が回転方向基準位置（0°位置）に位置している。本実施形態では、この第 0 割り出しマーキング M 0 が中心間基準線 L となす反時計方向の角度（図 7 中の左側の延矢印参照）を、その時点でのマガジン側ギヤ 3 2 の回転方向位置とする。尚、この第 0 割り出しマーキング M 0 がマガジン側ギヤ 3 2 のある一つの歯底の中央に配置されている。

40

【 0 0 5 9 】

主軸側ギヤ 3 1 においては上記オリエン特回転方向位置を、当該主軸側ギヤ 3 1 の回転方向基準位置とする。図 7 に示す例では、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 とは夫々が回転方向基準位置に位置している。

50

【 0 0 6 0 】

図 7 に示すように、オリентマーキング M R は、主軸側ギヤ 3 1 のオリент回転方向位置に対応する指標である。このオリентマーキング M R が中心間基準線 L と重なった際には、当該主軸側ギヤ 3 1 はオリент回転方向位置に位置する。本実施形態では、このオリентマーキング M R が中心間基準線 L となす時計方向の角度位置（図 7 中の右側の延矢印参照）を、その時点での主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置とする。尚、マガジン側ギヤ 3 2 の第 0 割り出しマーキング M 0 に対応して、オリентマーキング M R がある一つの歯先の中央に配置されている。また、オリентマーキング M R は主軸側ギヤ 3 1 の全周のうちで一箇所にはしか配置されない。

【 0 0 6 1 】

尚、上記主軸モータ 2 3 は正転と逆転の両方で回転駆動可能であり、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 との間にはバックラッシュはないものとする。主軸側ギヤ 3 1 の歯数を S、マガジン側ギヤ 3 2 の歯数を M、工具マガジン 8 が備えるグリップアーム 2 7 の数を P とすると、主軸側ギヤ 3 1 のギヤ歯ピッチ角は $360^\circ / S$ 、マガジン側ギヤ 3 2 のギヤ歯ピッチ角は $360^\circ / M$ 、マガジン側ギヤ 3 2 のグリップアームピッチ角は $360^\circ / P$ 、マガジン側ギヤ 3 2 における各グリップアーム間の 1 ピッチ当たりのギヤ歯数は M / P となる。

【 0 0 6 2 】

図 8 を参照して、第 2 工程における第 1 調整回転について説明する。ある工具交換の工程での第 1 調整回転を開始するにあたっては、その前回の工具交換工程での第 4 工程で割り出したマガジン側ギヤ 3 2 の割り出し回転方向位置を考慮する必要がある。例えば、現時点で主軸 2 2 が装着している第 J 番目の工具ホルダ 7 5 のグリップアーム 2 7 を前回の第 4 工程での工具割り出しによって図 8 (a) に示す位置に割り出したとする。尚、このときのマガジン側ギヤ 3 2 の回転方向位置を、第 J 割り出し回転方向位置とする。

【 0 0 6 3 】

このとき、主軸側ギヤ 3 1 の回転方向位置、つまりオリентマーキング M R が中心間基準線 L に対してなす相対角度は、 x である。ここで、第 4 工程の工具割り出しにおいては工具保持部 2 8 の選択次第で主軸側ギヤ 3 1 を 360° 以上回転させる場合があるが、 x は工具割り出しが完了した時点での中心間基準線 L とオリентマーキング M R の間の相対角度であり、ここでは $0^\circ < x < 360^\circ$ の範囲で表す。

【 0 0 6 4 】

第 5 ~ 第 7 工程によって主軸ヘッド 6 は下降移動し、主軸側ギヤ 3 1 は主軸 2 2 の第 2 調整回転によってオリент回転方向位置に戻り、第 J 番目の工具ホルダ 7 5 を主軸に装着する。その後、第 J 番目の工具ホルダ 7 5 を装着した主軸 2 2 によってワークに対する切削加工を終え、次の工具ホルダ 7 5 に交換するべく第 1 工程開始前の B 点に位置した際、主軸側ギヤ 3 1 は図 8 (b) に示す状態となる。

【 0 0 6 5 】

本実施形態では、図 8 (c) に示すように、第 2 工程における第 1 調整回転において、主軸側ギヤ 3 1 を上記 x だけ正方向に回転させるため第 1 調整回転角 θ_1 は $\theta_1 = x$ となる。これにより、第 2 工程では主軸側ギヤ 3 1 をオリент回転方向位置から上記図 8 (a) の状態と同じ回転方向位置に戻すことができる。主軸側ギヤ 3 1 は第 J 割り出し回転方向位置に位置するマガジン側ギヤ 3 2 に対して次の第 3 工程で確実に噛合することができる。

【 0 0 6 6 】

以上において、主軸 2 2 がオリент回転方向位置から第 1 調整回転角 θ_1 だけ調整回転した結果、主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 と噛合可能となった回転方向位置が、各請求項記載の第 2 回転方向位置に相当する。

【 0 0 6 7 】

尚、本実施形態の工作機械 1 では、主軸 2 2 を逆転させることも可能であるため、 $180^\circ < x$ である場合を考慮し、さらに $x = x - 360^\circ$ で置き換えて $-180^\circ <$

10

20

30

40

50

x 180°の範囲で設定してもよい。

【0068】

図9を参照して、第6工程における第2調整回転について説明する。まず、今回の第4工程では、マガジン側ギヤ32が図9(a)に示す第K割り出し回転方向位置に割り出されたとする。このとき、主軸側ギヤ31の回転方向位置、つまりオリエンタマーキングMRが中心間基準線Lに対してなす相対角度は x である。

【0069】

図9(b)に示すように、第6工程における第2調整回転では、主軸側ギヤ31の回転方向位置をオリエンタ回転方向位置に合わせる。この場合、主軸側ギヤ31を上記 x だけ逆方向に回転させるため、第2調整回転角 2 は $2 = -x$ となる。これにより、第6工程では主軸側ギヤ31をオリエンタ回転方向位置に合わせることができる。次の第7工程で主軸22側のドライブキー26は工具ホルダ75のキー溝75eと確実に係合可能となる。

【0070】

尚、この場合においても、上記 x は $0^\circ < x < 360^\circ$ の範囲で設定してもよいし、 $x = x - 360^\circ$ で置き換えて図示する例のように $-180^\circ < x < 180^\circ$ の範囲で設定してもよい。

【0071】

尚、特に図示しないが、今回の第4工程における工具割り出しにおいて、マガジン側ギヤ32を第J割り出し回転方向位置から第K割り出し回転方向位置に割り出す場合、マガジン側ギヤ32における各グリッパーム27間の1ピッチ当たりのギヤ歯数が M/P であり、主軸側ギヤ31のギヤ歯ピッチ角は $360^\circ/S$ であることから、この工具割り出しに必要となる主軸22の絶対割り出し回転角 3 は、

$$3 = (K - J) \times M/P \times 360^\circ / S$$

となる。ここで $(K - J)$ はグリッパーム移動数であり、 $1 \leq (K - J) \leq (P - 1)$ の範囲となる。 $(K - J)$ を $(K - J - P)$ に置き換えて、 $-P/2 < (K - J - P) < P/2$ の範囲で設定してもよい。

【0072】

絶対割り出し回転角 3 の絶対値が 360° 以上となる場合は、第4工程の工具割り出しの実行前後の時点で夫々の主軸側ギヤ31の回転方向位置の間になす相対角度を、相対割り出し回転角 m (相対噛合中回転角) とすると、

$$m = (K - J) \times M/P \times 360^\circ / S - \text{Rounddown}((K - J) \times M/P \times 360^\circ / S) / 360^\circ \times 360^\circ \cdots (1)$$

となる。Rounddownは、小数点以下を切捨てる関数である。

【0073】

図10を参照して、第1～第3工程について数値制御装置9のCPU111によって実行される制御手順を説明する。尚、このフローは主軸ヘッド6がZ軸方向のB点に位置し、工具交換指令を実行する際に、開始する。但し、図中の符号 S_i ($i = 5, 10 \cdots$) は各ステップである。

【0074】

S_5 において、CPU111は、第1調整回転角 1 を算出する。これは図8で説明したように、前回の第4工程完了時の主軸側ギヤ31の回転方向位置 x に基づいて、第1調整回転角 $1 = x$ とする。尚、主軸側ギヤ31の回転方向位置 x は、前回の工具交換工程において第2調整回転角 2 を算出(後述の図14の S_{105} 参照)した際に予めRAM113に記憶した回転方向位置 x を用いる。

【0075】

次に S_{10} へ移り、CPU111は、主軸側ギヤ31を第1調整回転角 1 だけ回転させるのに必要な第1調整回転必要時間 T_{u1} と、主軸ヘッド6を第1上昇速度で上昇移動させた場合にC点からD点まで到達するのに必要な時間である第2工程最短必要時間 T_{u2} とを算出する。尚、第1調整回転必要時間 T_{u1} と第2工程最短必要時間 T_{u2} を算出

10

20

30

40

50

する際、主軸 2 2 の回転速度と第 1 上昇速度とを用いるが、両速度は、予め ROM 1 1 2 に記憶されている。

【 0 0 7 6 】

次に S 1 5 へ移り、CPU 1 1 1 は、Z 軸モータ 1 5 の駆動により主軸ヘッド 6 を第 1 上昇速度で上昇移動開始させる。

【 0 0 7 7 】

次に S 2 0 へ移り、CPU 1 1 1 は、Z 軸モータ 1 5 のエンコーダ 6 a からの検出信号に基づいて、主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置が C 点に到達したか否かを判定し、到達したと判定されるまでループ待機する。

【 0 0 7 8 】

この S 2 0 の判定が満たされた際、S 2 5 へ移り、CPU 1 1 1 は、主軸モータ 2 3 の駆動により主軸 2 2 を第 1 調整回転角 1 の回転量を回転させる。

【 0 0 7 9 】

次に S 3 0 へ移り、CPU 1 1 1 は、上記 S 1 0 で算出した第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x 以上であるか否かを判定する。尚、この所定の余裕時間 T_x は、上昇停止限界位置から D 点までの間に主軸ヘッド 6 が第 1 上昇速度で上昇移動する際に必要とする時間である。判定が満たされる場合、CPU 1 1 1 は処理を次の S 4 0 へ移す。判定が満たされない場合、CPU 1 1 1 は処理を S 3 5 へ移し、主軸ヘッド 6 の上昇速度を第 2 上昇速度に減速してから S 4 0 へ移す。

【 0 0 8 0 】

次の S 4 0 において、CPU 1 1 1 は、Z 軸モータ 1 5 のエンコーダ 6 a からの検出信号に基づいて、主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置が上昇停止限界位置に到達したか否かを判定する。判定が満たされない場合、次の S 5 0 へ移る。判定が満たされる場合、CPU 1 1 1 は処理を S 4 5 へ移し、主軸ヘッド 6 の上昇移動を緊急停止してこのフローを終了する。

【 0 0 8 1 】

次の S 5 0 において、CPU 1 1 1 は、主軸モータ 2 3 のエンコーダ 6 b からの検出信号に基づいて、第 1 調整回転が終了したか否かを判定する。判定が満たされた場合、CPU 1 1 1 は処理を次の S 5 5 へ移す。判定が満たされなかった場合、CPU 1 1 1 は処理を S 4 0 へ戻し、同様の手順を繰り返す。

【 0 0 8 2 】

次の S 5 5 において、CPU 1 1 1 は、上記 S 3 0 と同様に、第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x 以上であるか否かを判定する。判定が満たされる場合、CPU 1 1 1 は処理をそのまま次の S 6 5 へ移す。判定が満たされない場合、CPU 1 1 1 は処理を S 6 0 へ移し、主軸ヘッド 6 の上昇速度を第 1 上昇速度に戻してから S 6 5 へ移す。

【 0 0 8 3 】

次の S 6 5 において、CPU 1 1 1 は、主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置が E 点前停止位置に到達したか否かを判定する。この E 点前停止位置は、主軸ヘッド 6 が第 1 上昇速度で移動している場合でも、当該 E 点前停止位置からの移動停止動作によって主軸ヘッド 6 を E 点で完全に停止できる位置である（後述の図 1 1、図 1 2 参照）。主軸ヘッド 6 がこの E 点前停止位置判定に到達したと判定されるまで、CPU 1 1 1 は S 6 5 を繰り返してループ待機し、判定が満たされた場合には次の S 7 0 へ処理を移す。

【 0 0 8 4 】

次の S 7 0 において、CPU 1 1 1 は、Z 軸モータ 1 5 を停止して主軸ヘッド 6 を E 点に停止させ、このフローを終了する。

【 0 0 8 5 】

以上のフローによって第 1 ~ 第 3 工程に行われる主軸制御の具体的内容を、以下にタイムチャートを用いて説明する。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

図 1 1 を参照して、上昇速度の減速が不要な場合である第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x1 以上の場合における主軸ヘッド 6 の上昇制御について説明する。

【 0 0 8 7 】

C P U 1 1 1 は、Z 軸モータ 1 5 に対して第 1 工程の開始時から第 1 上昇速度で主軸ヘッド 6 を上昇移動させる上昇速度指令を出力する。主軸ヘッド 6 は、初動で所定の加速期間を経てから第 1 上昇速度に到達し、そのまま主軸ヘッド 6 が等速度で上昇移動し続ける。C 点を通過して第 2 工程に移行した際には、C P U 1 1 1 は主軸モータ 2 3 を制御して第 1 調整回転を開始する。ここで、第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x1 以上であるため、主軸ヘッド 6 が上昇停止限界位置に到達する前に第 1 調整回転は完了する。

10

【 0 0 8 8 】

主軸ヘッド 6 の Z 軸方向位置が D 点を通過して第 3 工程に移行した後、E 点前停止位置に到達した時点で、C P U 1 1 1 は上昇速度指令の出力を停止する。主軸ヘッド 6 は所定の減速期間を経てから E 点で停止し、第 3 工程を終了する。

【 0 0 8 9 】

次に、図 1 2 を参照して、主軸ヘッド 6 の上昇速度が減速する場合について説明する。

【 0 0 9 0 】

第 1 工程では、上記図 1 1 の場合と同様に主軸ヘッド 6 を第 1 上昇速度で上昇移動させる。第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x1 より小さいため、C 点を通過して第 2 工程に移行した際には、C P U 1 1 1 は Z 軸モータ 1 5 に出力する上昇速度指令を第 2 上昇速度に変更する。これにより、主軸ヘッド 6 は所定の減速期間を経て第 2 上昇速度に減速する。この減速の開始と同時に C P U 1 1 1 は主軸モータ 2 3 を制御して第 1 調整回転を開始する。

20

【 0 0 9 1 】

この第 1 調整回転が完了した時点で、C P U 1 1 1 は Z 軸モータ 1 5 に出力する上昇速度指令を第 1 上昇速度に戻す。これにより、主軸ヘッド 6 は所定の加速期間を経て第 1 上昇速度に戻る。その後、主軸ヘッド 6 が D 点を通過して第 3 工程に移行した後は、上記図 1 1 と同様に C P U 1 1 1 は E 点前停止位置で上昇速度指令の出力を停止し、主軸ヘッド 6 を E 点で停止させて第 3 工程を終了する。

30

【 0 0 9 2 】

次に、図 1 3 を参照して、緊急停止が必要な場合について説明する。尚、図示する例では、上記図 1 1 と同様に第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x1 以上である場合を示している。

【 0 0 9 3 】

第 1 工程では、上記図 1 1 の場合と同様に主軸ヘッド 6 を第 1 上昇速度で上昇移動させる。主軸ヘッド 6 が C 点を通過して第 2 工程に移行した際には、主軸ヘッド 6 が第 1 上昇速度で上昇移動を続けたまま第 1 調整回転を開始する。しかし、通常では主軸ヘッド 6 が上昇停止限界位置に到達する前に第 1 調整回転が完了するところ、制御不調等の何らかの偶発的要因により第 1 調整回転が間に合わない場合がある。

40

【 0 0 9 4 】

主軸ヘッド 6 が上昇停止限界位置に到達した時点でも第 1 調整回転が完了していないと判定された場合、直ちに C P U 1 1 1 は上昇速度指令の出力と第 1 調整回転を停止する。これにより、主軸ヘッド 6 は所定の減速期間を経てから D 点の直前で緊急停止し、工具交換の工程を中断する。尚、上記の上昇停止限界位置は第 1 上昇速度に対応して設定されているが、第 2 工程最短必要時間 T_{u2} と第 1 調整回転必要時間 T_{u1} との差が所定の余裕時間 T_x1 より短く減速が必要な場合には、第 2 上昇速度に対応した上昇停止限界位置を設定してもよい。

【 0 0 9 5 】

図 1 4 を参照して、第 5 ~ 第 7 工程について数値制御装置 9 の C P U 1 1 1 によって実

50

行される制御手順を説明する。尚、このフローは上記図 10 による第 1 ~ 3 工程の後、第 4 工程での工具割り出しが完了した際に、開始する。この図 14 に示すフローは、概略的には上記図 10 のフローと同等であり、以下においては主に異なる手順のみ説明し、その他同等の手順については適宜省略する。

【0096】

尚、工具割り出しは、工具交換前に割り出されたグリップアーム 27 から次に装着する予定の工具ホルダ 75 を保持したグリップアーム 27 までのピッチ数に基づいて CPU 111 が主軸モータ 23 を駆動して行う。

【0097】

S 105 において、CPU 111 は、第 2 調整回転角 θ_2 を算出する。これは上記図 9 で説明したように、その直前の第 4 工程完了時の主軸側ギヤ 31 の回転方向位置 x を算出し、第 2 調整回転角 $\theta_2 = -x$ とする。尚、主軸側ギヤ 31 の回転方向位置 x は、次の工具交換工程における第 1 調整回転角 θ_1 の算出（上記図 10 の S 5 参照）に利用するため RAM 113 に記憶する。

【0098】

次に S 110 へ移り、CPU 111 は、主軸側ギヤ 31 を第 2 調整回転角 θ_2 だけ回転させるのに必要な第 2 調整回転必要時間 T_{d1} と、主軸ヘッド 6 を第 1 下降速度で下降移動させた場合に主軸ヘッド 6 が D 点から C 点まで到達するのに必要な時間である第 6 工程最短必要時間 T_{d2} とを算出する。

【0099】

S 115 以降の手順は、主軸ヘッド 6 を D 点、下降停止限界位置、C 点を経過して B 점에位置決めする。S 125 では第 1 調整回転に代えて第 2 調整回転を行う。S 115、S 135、S 160 では第 1 上昇速度及び第 2 上昇速度に代えて第 1 下降速度及び第 2 下降速度での速度制御を行う。所定の余裕時間 T_x は下降停止限界位置から C 点までの間に主軸ヘッド 6 が第 1 下降速度で下降移動する際に必要とする時間で求めて、上記図 10 のフローと同等の手順を行えばよい。

【0100】

第 5 ~ 7 工程に行われる主軸制御の具体的内容については、各用語を置き換えるとともに Z 軸位置の変化が上下逆転するだけであり、それ以外は上記図 11 ~ 図 13 の夫々の場合に対応してほぼ同等となるため図示を省略する。

【0101】

以上において、上記図 10 のフローにおける S 5、S 25 の手順及び上記図 14 のフローにおける S 105、S 125 の手順が、主軸制御手段として機能する。また、S 30 の手順が、第 1 判定手段として機能し、S 130 の手順が、第 2 判定手段として機能する。また、S 35、S 60、S 135、S 160 の手順が、減速制御手段として機能する。また、S 40 の手順が、第 1 回転判定手段として機能し、S 140 の手順が第 2 回転判定手段として機能し、S 45、S 145 の手順が停止制御手段として機能する。

【0102】

以上説明したように、本実施形態においては、第 4 工程において、主軸側ギヤ 31 及びマガジン側ギヤ 32 の噛合により工具割り出しを行い、次に使用する予定の工具ホルダ 75 のグリップアーム 27 を、割り出し回転方向位置に位置させる。その後、第 6 工程の第 2 調整回転により、主軸側ギヤ 31 の回転方向位置がオリент回転方向位置となるように位置決め制御される。これにより、工具割り出しによって主軸側ギヤ 31 は必ずオリент回転方向位置となり、ドライブキー 26 とキー溝 75 e とを確実に係合させ、切削工具 74 の受け渡しを行うことができる。この結果、周方向にグリップアーム 27 を複数箇所備える種々の工具マガジン 8 のいずれを用いる場合であっても、主軸 22 との間で工具の受け渡しを行うことができる。また、主軸 22 の回転と工具マガジン 8 の回転との間に固有の対応関係を与える必要がないので、従来構造のように、工具マガジン 8 へマガジン側ギヤ 32 から伝達する回転駆動力を特定の減速比で減速する特別な減速機や、主軸側ギヤ 31 及びマガジン側ギヤ 32 の特定のギヤ比の組み合わせを用いる必要がない。この結

10

20

30

40

50

果、マガジン側ギヤ32から伝達する回転駆動力の減速において、汎用の減速機を用いることができ、コストダウンを図ることができる。

【0103】

R A M 1 1 3は、工具マガジン8の割り出し回転を終了して主軸側ギヤ31がマガジン側ギヤ32から離脱するときの、主軸側ギヤ31の回転方向位置 x を記憶する。そして、第2工程で、主軸モータ23はR A M 1 1 3に記憶した上記離脱時の回転方向位置 x となるように、主軸22を制御する。このように、主軸側ギヤ31の回転方向位置を前回の離脱時と同じ回転方向位置 x とすることにより、第3工程で主軸側ギヤ31とマガジン側ギヤ32とを確実に噛み合わせることができる。

【0104】

第2工程を実行している間、図10のS30で、第2工程最短必要時間 $T u 2$ と第1調整回転必要時間 $T u 1$ との差を判定する。この差が所定の余裕時間 $T x 1$ 未満であると判定した場合に、S35でZ軸モータ15が減速制御され、主軸ヘッド6の上昇移動が減速される。これにより、主軸ヘッド6の上昇移動中に、確実に主軸22の第1調整回転を完了させることができる。同様に、第6工程を実行している間、図14のS130で、第6工程最短必要時間 $T d 2$ と第2調整回転必要時間 $T d 1$ との差を判定する。この差が所定の余裕時間 $T x 2$ 未満であると判定した場合には、S135でZ軸モータ15が減速制御され、主軸ヘッド6の下降移動が減速される。これにより、主軸ヘッド6の下降移動中に、確実に主軸22の第2調整回転を完了させることができる。

【0105】

S35又はS135において減速制御中に主軸22の第1調整回転又は第2調整回転が完了した場合には、S60又はS160で、それまで行っていた減速制御を解除する。これにより、必要以上の無駄な減速制御を回避することができる。

【0106】

第2工程で主軸ヘッド6が上昇停止限界位置に到達した際、主軸22が第1調整回転を完了したか否かが判定される。主軸22が第1調整回転を完了していなかった場合には、S45でZ軸モータ15による主軸ヘッド6の移動を停止する。これにより、主軸22が第1調整回転を完了しないままD点に達するのを防止することができる。同様に、主軸ヘッド6が下降停止限界位置に到達した際、主軸22が第2調整回転を完了したか否かが判定される。主軸22が第2調整回転を完了していなかった場合には、S145でZ軸モータ15による主軸ヘッド6の移動を停止する。これにより、主軸22が第2調整回転を完了しないまま主軸ヘッド6がC点に達するのを防止することができる。

【0107】

尚、本発明は、上記実施形態に限られるものではなく、その趣旨及び技術的思想を逸脱しない範囲内で種々の変形が可能である。以下、その変形例を説明する。

【0108】

(1) オリエント回転方向位置の近傍の回転方向位置で主軸側ギヤ31とマガジン側ギヤ32を噛み合わせる場合

上記実施形態では、第2工程の第1調整回転において、主軸22をオリエント回転方向位置から、その前回の第4工程で工具割り出し回転を行った際の主軸22の回転方向位置 x まで調整回転させていたが、本発明はこれに限られない。第1調整回転では、実質的に主軸側ギヤ31をマガジン側ギヤ32に噛み合わせられるよう回転させるだけでよいため、オリエント回転方向位置の近傍の回転方向位置に調整回転させ、第1調整回転角 $\theta 1$ を小さくしてもよい。

【0109】

図15を参照して、本変形例による第1調整回転を行った後の主軸側ギヤ31とマガジン側ギヤ32との噛み合わせ構成例を説明する。

【0110】

図15に示すように、マガジン側ギヤ32は第J割り出し回転方向位置に位置している。上記図7に示すようにマガジン側ギヤ32が回転方向基準位置、つまり第0割り出し回

10

20

30

40

50

転方向位置に位置している際には、中心間基準線 L 上にマガジン側ギヤ 3 2 の歯底の中央と重なっていた。しかし、図 1 5 に示す例では、第 J 割り出し回転方向位置に位置している際に、マガジン側ギヤ 3 2 の歯先の角が中心間基準線 L に位置している。上記図 7 に示した実施形態の例にならって、マガジン側ギヤ 3 2 の歯底の中央をギヤ歯位相の 0 基準とした場合、マガジン側ギヤ 3 2 が図 1 5 に示す第 J 割り出し回転方向位置に位置した際には、中心間基準線 L 上でギヤ歯位相差 m が生じる。

【0 1 1 1】

これは、マガジン側ギヤ 3 2 の全ギヤ歯数 M が全工具ポット数 P の整数倍でない場合に、工具ポット間の 1 ピッチ当たりのギヤ歯数 M / P に小数点以下の端数が生じるためである。尚、全ギヤ歯数 M が全工具ポット数 P の整数倍でない場合でも、マガジン側ギヤ 3 2 が所定の工具割り出し回転方向位置に位置した際にギヤ歯位相差 m が 0 になる場合もあり得る。

10

【0 1 1 2】

ここで、マガジン側ギヤ歯位相差 m は、マガジン側ギヤ 3 2 のギヤ歯ピッチ角を 1 単位とした場合の小数点以下の数字 $0 < m < 1$ で表され、つまりマガジン側ギヤ 3 2 が上記図 7 に示した状態の回転方向基準位置から図 1 5 に示した状態の第 J 割り出し回転方向位置まで回転した際に、中心間基準線 L を通過したギヤ歯数の小数点以下の端数と等価である。従って、マガジン側ギヤ歯位相差 m は具体的に、

$$m = J \times M / P - \text{Round down} (J \times M / P)$$

となる。

20

【0 1 1 3】

一方、主軸側ギヤ 3 1 においては、上記図 7 に示した実施形態の例にならって主軸側ギヤ 3 1 の歯先の中央をギヤ歯位相の 0 基準とした場合、上記マガジン側ギヤ歯位相差 m と同様に設定した主軸側ギヤ 3 1 におけるギヤ歯位相差を s とする。図 1 5 に示すように、主軸側ギヤ 3 1 がマガジン側ギヤ 3 2 に噛合するためには、 $m = s$ となるよう主軸側ギヤ 3 1 を調整回転させればよい。主軸 2 2 は逆転させることが可能であるため、 $0 < s < 0.5$ である場合を考慮して $s = s - 1$ で置き換え、 $-0.5 < s < 0.5$ の範囲で設定してもよい。

【0 1 1 4】

主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 がこのような噛合構成となっていることで、本変形例においては第 2 工程における第 1 調整回転を図 1 6 に示すように行う。例えば、現時点で主軸 2 2 が装着している第 J 番目の工具ホルダ 7 5 のグリップアーム 2 7 を、前回の第 4 工程での工具割り出し回転によって図 1 6 (a) に示すように割り出したとする。このときの中心間基準線 L 上における主軸側ギヤ歯位相差 s と一致する主軸側ギヤ 3 1 の噛合可能方位位置 3 7 は、各ギヤ歯周期ごとに 1 箇所ずつ存在することになり、つまり全ギヤ歯数 S と同じ数だけ存在する。

30

【0 1 1 5】

図示する例では、主軸側ギヤ 3 1 の全ギヤ歯数 $S = 16$ の場合を示しており、第 J 割り出し回転方向位置にあるマガジン側ギヤ 3 2 と噛合できる主軸側ギヤ 3 1 の噛合可能方位位置 3 7 は、均等な角度間隔で 16 箇所存在する。つまり、主軸側ギヤ 3 1 は、これら 16 箇所の噛合可能方位位置 3 7 のいずれかが中心間基準線 L 上に位置する回転方向位置 (第 2 回転方向位置) で、マガジン側ギヤ 3 2 と噛合できる。

40

【0 1 1 6】

図示する例では、主軸側ギヤ 3 1 のオリエントマーキング MR がいずれの噛合可能方位位置 3 7 にも重なっていないため、主軸側ギヤ 3 1 が B 点でオリエント回転方向位置に位置した際には、図 1 6 (b) に示すように、何れの噛合可能方位位置 3 7 も中心間基準線 L から外れた配置となる。このとき、オリエントマーキング MR 及び中心間基準線 L に対して最も近い噛合可能方位位置 3 7 がなす角度を第 1 調整回転角 θ_1 として、第 2 工程の第 1 調整回転を行えばよい。これにより、図 1 6 (c) に示すように当該噛合可能方位位置 3 7 を中心間基準線 L 上に位置させることができ、第 J 割り出し回転方向位置にあるマ

50

マガジン側ギヤ 3 2 に主軸側ギヤ 3 1 を噛み合わせることを可能にする。つまり最小の第 1 調整回転角 θ_1 で第 1 調整回転を行うことができる。

【0117】

上述したようにマガジン側ギヤ歯位相差 m 及び主軸側ギヤ位相差 s は、それぞれのギヤ歯ピッチ角を 1 単位とした場合の小数点以下の数字である。また上述したように主軸側ギヤ 3 1 をマガジン側ギヤ 3 2 に噛み合わせるためには、上記噛み合わせ可能方位位置 3 7 における主軸側ギヤ歯位相差 s が、中心間基準線 L 上におけるマガジン側ギヤ歯位相差 m と一致する必要がある。これにより、具体的に第 1 調整回転角 θ_1 は、

$$\begin{aligned}\theta_1 &= s \times 360^\circ / S \\ &= m \times 360^\circ / S \\ &= (J \times M / P - \text{Rounddown}(J \times M / P)) \times 360^\circ / S\end{aligned}$$

となる。このような、オリントマーキング MR 及び中心間基準線 L に対して最も近い噛み合わせ可能方位位置 3 7 に対応する回転方向位置（目標第 2 回転方向位置）の選択決定と、上記第 1 調整回転角 θ_1 の算出を、上記図 10 のフローにおけるステップ S 5 の手順（第 1 噛み合わせ位置決定手段に相当）で行えばよい。

【0118】

オリントマーキング MR 及び中心間基準線 L に最も近い噛み合わせ可能方位位置 3 7 以外でも、他の噛み合わせ可能方位位置 3 7 を中心間基準線 L 上に位置させるよう調整回転してマガジン側ギヤ 3 2 に主軸側ギヤ 3 1 を噛み合わせる。この場合、第 1 調整回転角 θ_1 は、

$$\begin{aligned}\theta_1(n) &= m \times 360^\circ / S + n \times 360^\circ / S \\ &= (m + n) \times 360^\circ / S \\ &= (J \times M / P - \text{Rounddown}(J \times M / P) + n) \times 360^\circ / S \cdot\end{aligned}$$

・ ・ (2)

(但し n は整数)

と表すことができる。この第 1 調整回転角 $\theta_1(n)$ で、 $n = 0$ とした場合には、主軸側ギヤ 3 1 の正回転方向（時計方向）でオリントマーキング MR 及び中心間基準線 L から最も近い噛み合わせ可能方位位置 3 7 が選択されることになる（図 16 (b)、(c) 参照）。また、 $n = -1$ とした場合には、主軸側ギヤ 3 1 の逆回転方向（反時計方向）でオリントマーキング MR 及び中心間基準線 L から最も近い噛み合わせ可能方位位置 3 7 が選択されることになる。この $\theta_1(n)$ は、 $0 \leq s < 1$ と $-0.5 < s < 0.5$ のどちらの範囲設定にも対応可能な汎用性を有する。

【0119】

本変形例は、上記実施形態の図 10 のフローにおけるステップ S 5 の手順で、この第 1 調整回転角 $\theta_1(n)$ を求め、以下同様の手順を実行すればよい。

【0120】

以上説明したように、本変形例においては、主軸側ギヤ 3 1 の各ギヤ歯周期毎に噛み合わせ可能方位位置 3 7 が 1 箇所ずつ存在する。主軸 2 2 の回転方向位置を、これら複数の噛み合わせ可能方位位置 3 7 の何れかを中心間基準線 L 上に位置させる回転方向位置（第 2 回転方向位置）とすることで、前回の離脱時と同じ回転方向位置としなくても、D 点から E 点の範囲において主軸側ギヤ 3 1 とマガジン側ギヤ 3 2 とを確実に噛み合わせることができる。複数の噛み合わせ可能方位位置 3 7 の内オリントマーキング MR に最も近い噛み合わせ可能方位位置 3 7 を目標とすることで、簡素で確実な主軸 2 2 の回転方向位置決め制御を行うことができる。

【0121】

(2) 実施形態では、各グリッパーム 2 7 が回動可能となっているが、該グリッパームを工具マガジン 8 に対して回動可能になっている。本発明は、特許文献 1 に記載された工具交換装置にも適用できる。即ち、グリッパームを工具マガジンに固定し、工具マガジン自身が回動可能に構成するようにしてもよい。

【符号の説明】

【0122】

10

20

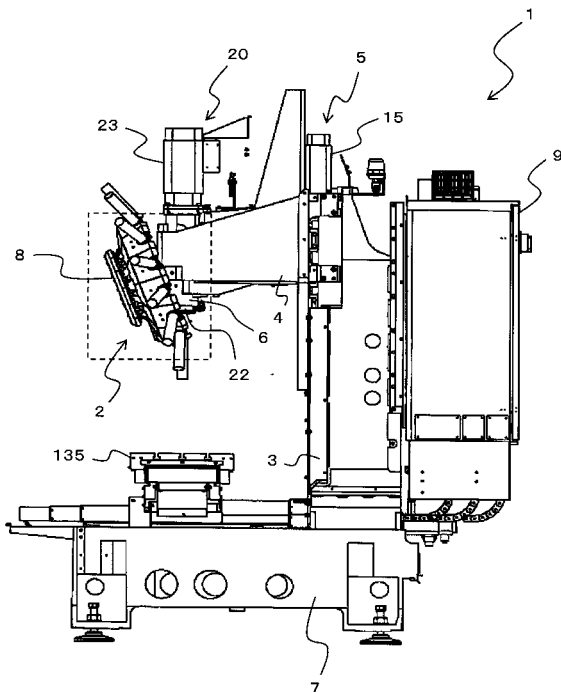
30

40

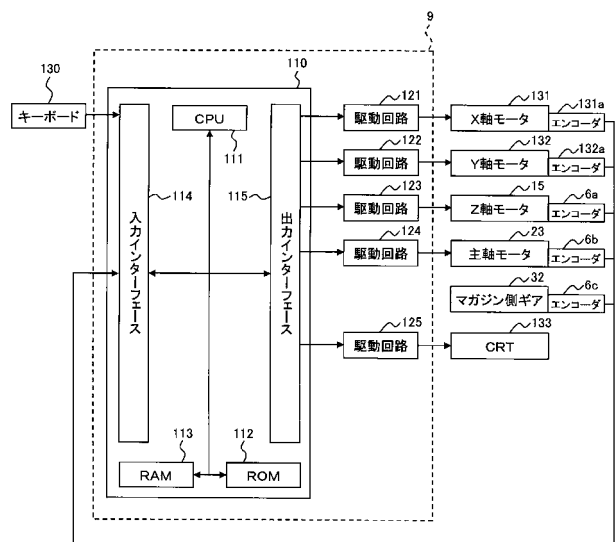
50

- 1 工作機械
- 2 工具交換装置（工具交換機構）
- 5 Z軸移動装置（移動機構）
- 6 主軸ヘッド
- 8 工具マガジン
- 9 数値制御装置
- 15 Z軸モータ
- 20 主軸駆動装置
- 22 主軸
- 23 主軸モータ
- 28 工具保持部
- 31 主軸側ギヤ
- 32 マガジン側ギヤ
- 37 噛合可能方位位置
- 74 切削工具（工具）
- 75 工具ホルダ
- L 中心間基準線
- MR オリентマーキング
- M0 第0割り出しマーキング

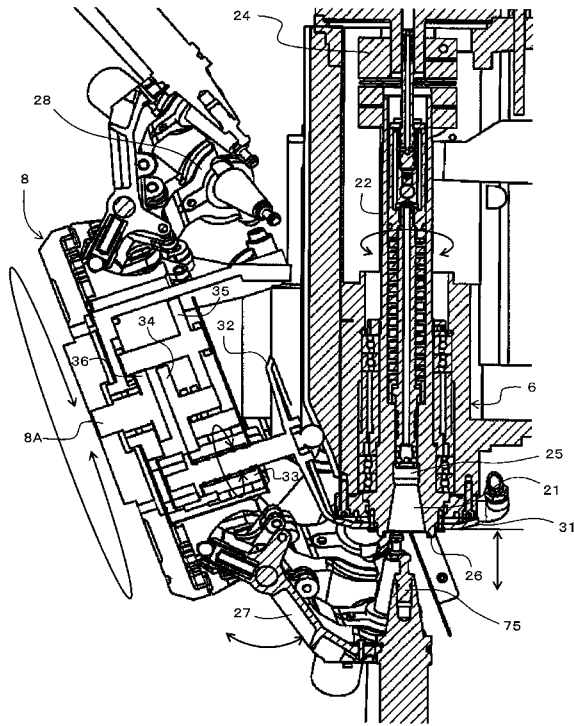
【図1】



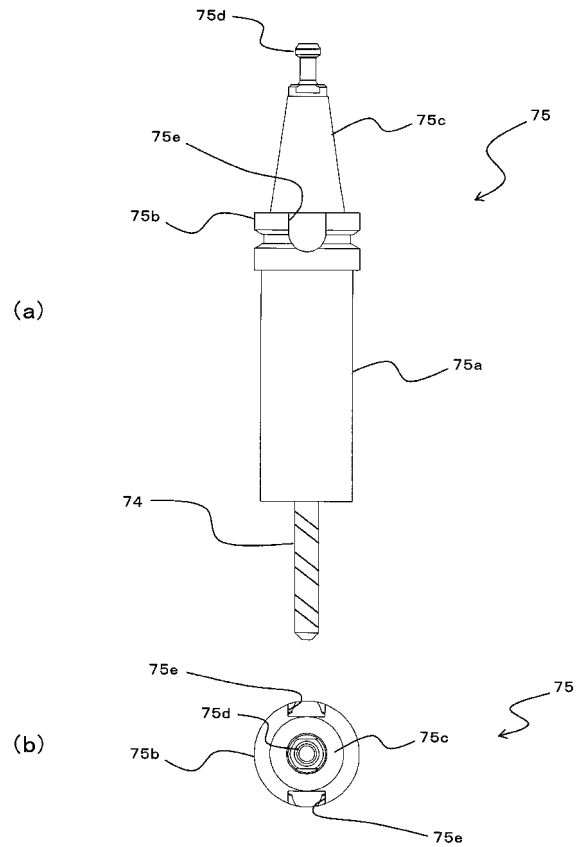
【図2】



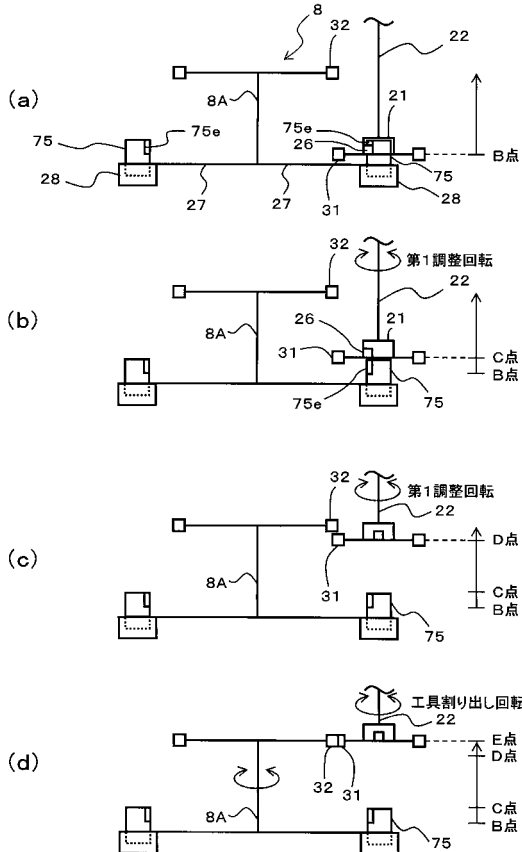
【 図 3 】



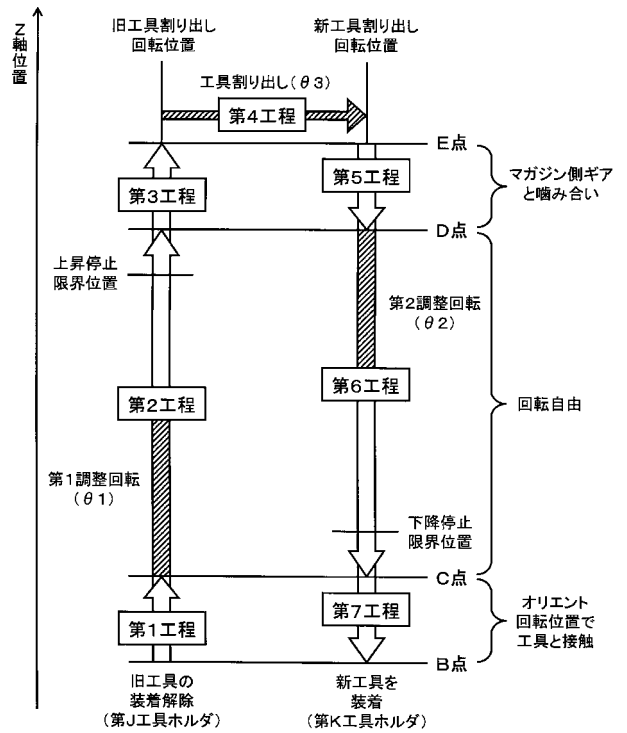
【 図 4 】



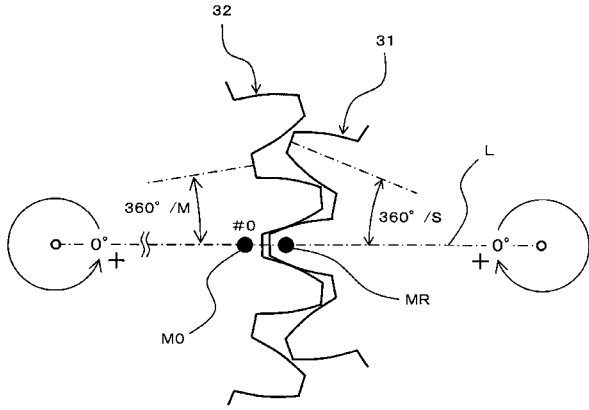
【 図 5 】



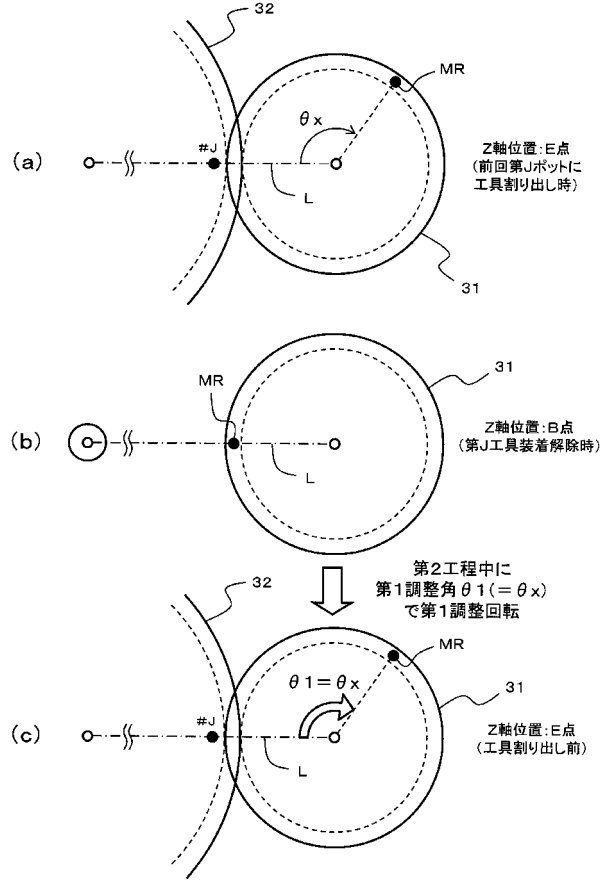
【 図 6 】



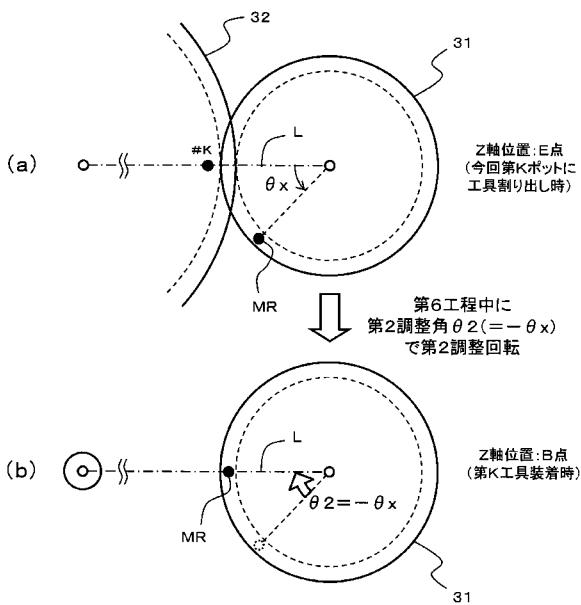
【 図 7 】



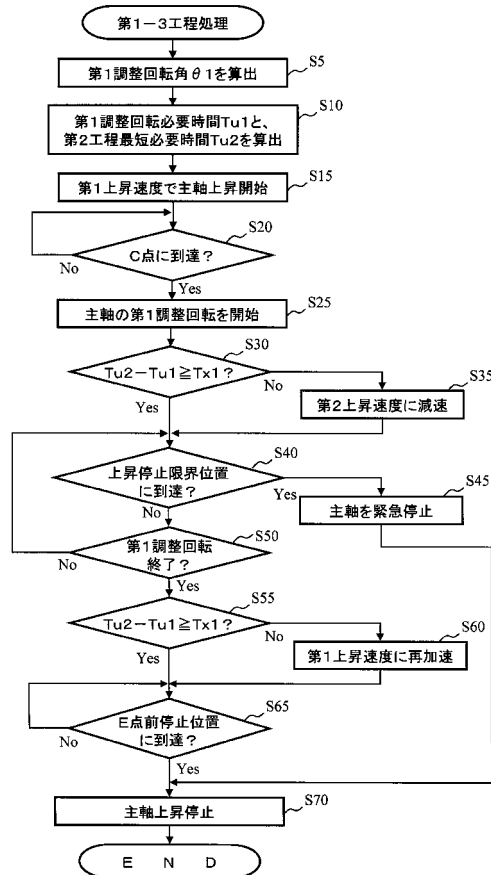
【 図 8 】



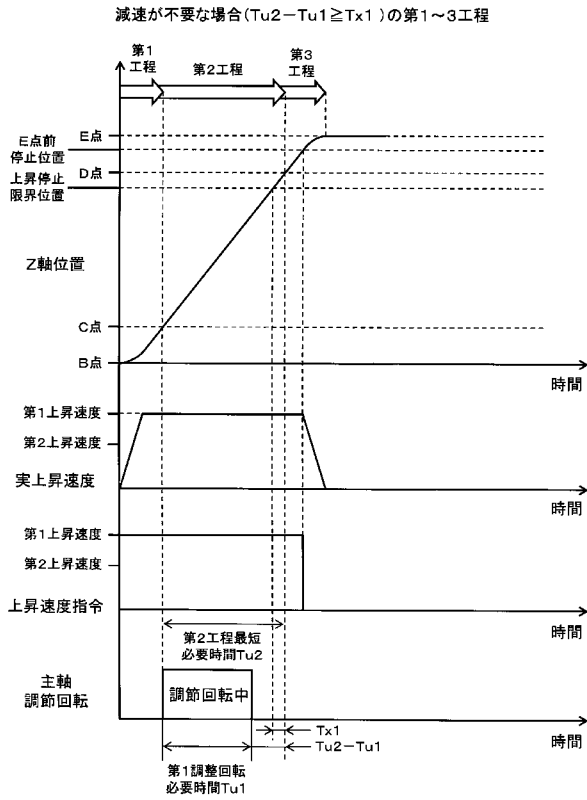
【 図 9 】



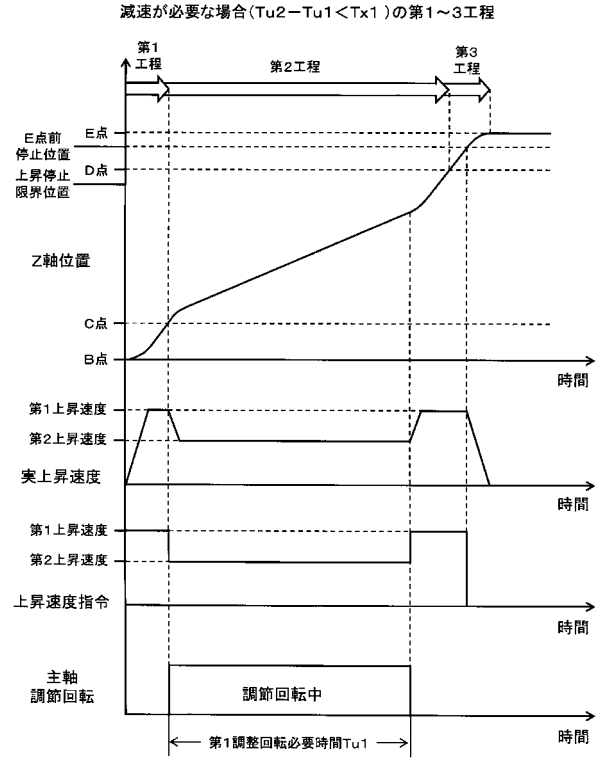
【 図 10 】



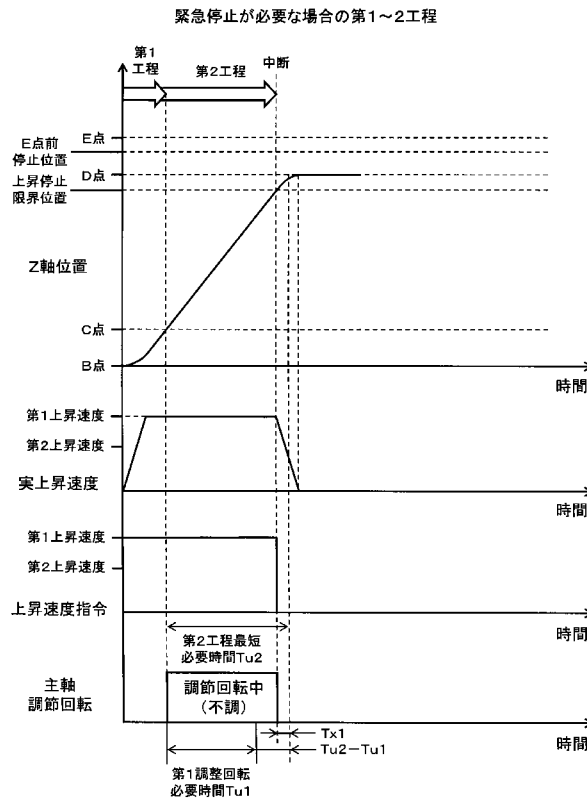
【図 1 1】



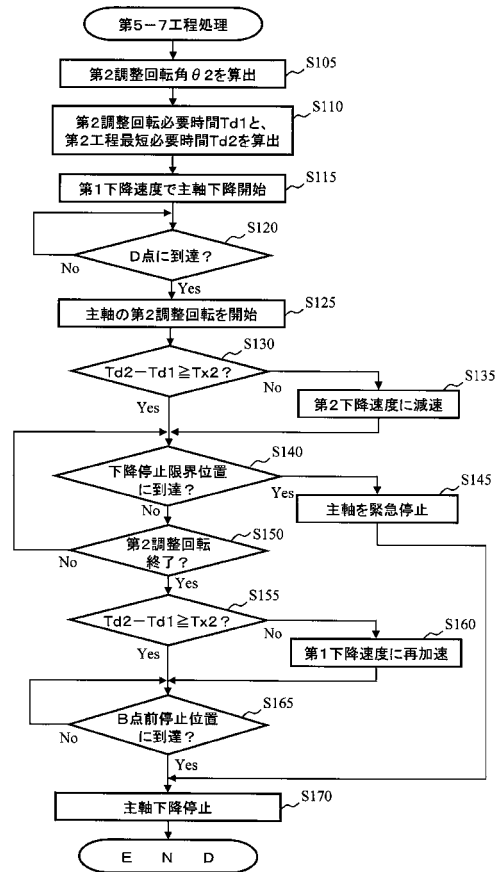
【図 1 2】



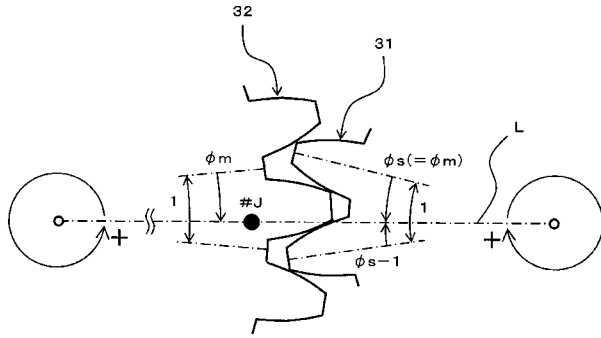
【図 1 3】



【図 1 4】



【図15】



【図16】

