

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7208151号
(P7208151)

(45)発行日 令和5年1月18日(2023.1.18)

(24)登録日 令和5年1月10日(2023.1.10)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 3 Q	1/48 (2006.01)	B 2 3 Q	1/48	F
B 2 3 Q	1/26 (2006.01)	B 2 3 Q	1/26	Z

請求項の数 1 (全10頁)

(21)出願番号	特願2019-556031(P2019-556031)	(73)特許権者	000154990 株式会社牧野フライス製作所 東京都目黒区中根2丁目3番19号
(86)(22)出願日	平成29年11月22日(2017.11.22)	(74)代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(86)国際出願番号	PCT/JP2017/042076	(74)代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
(87)国際公開番号	WO2019/102561	(74)代理人	100147555 弁理士 伊藤 公一
(87)国際公開日	令和1年5月31日(2019.5.31)	(74)代理人	100160705 弁理士 伊藤 健太郎
審査請求日	令和2年3月6日(2020.3.6)	(72)発明者	高橋 維玖馬 神奈川県愛甲郡愛川町中津4023番地 株式会社牧野フライス製作所内
		審査官	中川 康文

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 工作機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

工具の姿勢を制御する2つの回転送り軸と、工具に対してワークの位置を相対的に移動する直線送り軸とを有し、加工プログラムの指令で工具姿勢を変化させる工作機械において、

先端部に工具を装着する主軸と、

前記主軸を主軸回転軸線周りに回転可能に支持する主軸頭と、

前記主軸頭を前記主軸回転軸線に対して垂直に延びる第1の軸線周りに回転可能に支持するC軸旋回軸と、

前記C軸旋回軸に設けられ、前記主軸頭を前記第1の軸線周りに回転送りする第1の回転送り軸装置と、

前記C軸旋回軸を前記第1の軸線に対して垂直、かつ、鉛直方向に対して所定の傾斜角で交差する第2の軸線周りに回転可能に支持するZ軸スライダと、

前記Z軸スライダを鉛直方向に往復可能に取り付けたサドルと、

前記サドルを左右方向に移動可能に支持するコラムと、

前後方向に移動可能に設けられワークWが固定されるテーブルと、

前記Z軸スライダに設けられ、前記C軸旋回軸を前記第2の軸線周りに回転送りする第2の回転送り軸装置と、

前記主軸回転軸線が前記第2の軸線に平行ではなく或いは一致せず、かつ前記主軸回転軸線が鉛直方向に対して形成する角度が、鉛直方向に対する前記第2の軸線の傾斜角より

10

20

も小さくなる範囲に、前記第 1 の回転送り軸装置の回転送り範囲を制限するリミットスイッチと、

を具備することを特徴とした工作機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工具の姿勢を制御する 2 つの回転送り軸と、工具に対してワークの位置を相対的に移動する 3 つの直線送り軸とを有した工作機械に関する。

【背景技術】

【0002】

直交 3 軸の直線送り軸に加えて 2 つの回転送り軸を有した 5 軸の工作機械では、機械の動作範囲中に特異点が存在する。送り軸が特異点を通過する際、加工プログラムが指令する工具姿勢変化が小さくとも、実際には工具姿勢が大きく変化し、回転送り軸および直線送り軸の速度が急激に高くなることがある。

【0003】

特許文献 1 には、工具姿勢制御において特異点を通過すると判断した場合には、特異点における回転軸の速度や加速度の非常に大きな移動を回避可能な 5 軸加工機用数値制御装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2010 - 140312 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の 5 軸加工機用数値制御装置は、加工プログラムの指令ブロック始点での指令と指令ブロック終点での指令に基づく計算によって、工具を回転する主軸が特異点を通過するか否か、または特異点近傍を通過するか否かを判断し、主軸が該特異点または該特異点近傍を通過すると判断された場合には、該特異点および該特異点近傍で工具経路を変更することによって、ソフトウェア的に特異点を回避するようになっている。然しながら、特許文献 1 の発明では、特異点または特異点近傍で工具経路を変更してしまうので、加工面が所望形状とはことなる形状となり得る問題がある。

【0006】

本発明は、こうした従来技術の問題を解決することを技術課題としており、ソフトウェア的に特異点の問題を解決するのではなく、ハードウェア的に特異点の問題を解決した工作機械を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述の目的を達成するために、本発明によれば、工具の姿勢を制御する 2 つの回転送り軸と、工具に対してワークの位置を相対的に移動する直線送り軸とを有し、加工プログラムの指令で工具姿勢を変化させる工作機械において、先端部に工具を装着する主軸と、前記主軸を主軸回転軸線周りに回転可能に支持する主軸頭と、前記主軸頭を前記主軸回転軸線に対して垂直に延びる第 1 の軸線周りに回転可能に支持する C 軸旋回軸と、前記 C 軸旋回軸に設けられ、前記主軸頭を前記第 1 の軸線周りに回転送りする第 1 の回転送り軸装置と、前記 C 軸旋回軸を前記第 1 の軸線に対して垂直、かつ、鉛直方向に対して所定の傾斜角で交差する第 2 の軸線周りに回転可能に支持する Z 軸スライダと、前記 Z 軸スライダを鉛直方向に往復可能に取り付けたサドルと、前記サドルを左右方向に移動可能に支持するコラムと、前後方向に移動可能に設けられワーク W が固定されるテーブルと、前記 Z 軸スライダに設けられ、前記 C 軸旋回軸を前記第 2 の軸線周りに回転送りする第 2 の回転送り軸装置と、前記主軸回転軸線が前記第 2 の軸線に平行ではなく或いは一致せず、かつ前記

10

20

30

40

50

主軸回転軸線が鉛直方向に対して形成する角度が、鉛直方向に対する前記第 2 の軸線の傾斜角よりも小さくなる範囲に、前記第 1 の回転送り軸装置の回転送り範囲を制限するリミットスイッチとを具備する工作機械が提供される。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、主軸の回転軸線が、主軸頭の回転軸である第 1 の軸線に対して垂直、かつ、鉛直方向に対して所定の傾斜角で交差する第 2 の軸線に平行または一致しないように、主軸頭の回転送り範囲を制限する制限手段を設け、ハードウェア的に特異点の問題を解決したので、特異点における工具姿勢が大きく変化し、回転送り軸および直線送り軸の速度が急激に高くなることが防止され、加工面に加工痕が形成されることが防止されると共に、加工プログラムに特異点を通過する指令が含まれない場合には、回転送り軸装置が円滑に動作し、良好な加工面が得られる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】本発明の好ましい実施形態による工作機械の一部を破断して示す側面図である。

【図 2】図 1 の工作機械の正面図である。

【図 3】原点位置にある A 軸および C 軸の回転送り軸の部分拡大断面図である。

【図 4】A 軸が最大回転位置にあるときの図 3 と同様の部分拡大断面図である。

【図 5】A 軸が最小回転位置にあるときの図 3 と同様の部分拡大断面図である。

【図 6】A 軸および C 軸の回転送り軸が原点位置にあるときの工具の先端方向を示すベクトルを示した略図である。

20

【図 7】A 軸の回転送り軸の可動範囲を示した図 6 と同様の略図である。

【図 8】A 軸および C 軸の回転送り軸の可動範囲を示した図 6 と同様の略図である。

【図 9】本実施形態における、工具の先端を配置可能な範囲を示した略図である。

【図 10】他の実施形態による制限手段を示した図 3 と同様の部分拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の好ましい実施形態を説明する。

図 1、2 を参照すると、工具の姿勢を制御する 2 つの回転送り軸と、工具に対してワークの位置を相対的に移動する 3 つの直線送り軸とを有した工作機械の一例が示されている。工作機械 10 は、工場の床面に固定された基台としてのベッド 12、ベッド 12 の後端側（図 1 では右側）で同ベッド 12 の上面に立設、固定されたコラム 14、ベッド 12 の前方部分（図 1 では左側）の上面で前後方向または Y 軸方向（図 1 では左右方向）に移動可能に設けられワーク W が固定されるテーブル 26、テーブル 26 の上方に設けられ主軸 24 を回転可能に支持する主軸頭 22、コラム 14 の頂部で左右方向または X 軸方向（図 1 では紙面に垂直な方向）に移動可能に設けられたサドル 16、サドル 16 に設けられ主軸頭 22 を回転軸線 Oa を中心として回転可能に支持する主軸頭支持部 60 を具備している。主軸頭支持部 60 は、サドル 16 の前面で上下方向または Z 軸方向に移動可能に取り付けられた Z 軸スライダ 18 と、Z 軸スライダ 18 に第 2 の回転軸線としての傾斜軸線 Oc を中心として C 軸方向に回転可能に支持された C 軸旋回軸 20 とを具備している。

30

40

【0011】

コラム 14 の上端部には一対の X 軸ガイドレール 28 が水平な X 軸方向（図 1 の紙面に垂直な方向）に延設されており、コラム 14 には、該 X 軸ガイドレール 28 上を摺動可能なガイドブロック 30 が取り付けられている。サドル 16 を X 軸ガイドレール 28 に沿って往復駆動する X 軸送り装置として、X 軸方向に延設されたボールねじ 32 と、該ボールねじの一端に連結された X 軸サーボモータ 34 が設けられており、サドル 16 には、ボールねじ 32 に係合するナット（図示せず）が取り付けられている。また、コラム 14 の上端には傾斜面 14a が形成されている。傾斜面 14a は X 軸に対して平行に工作機械 10 の前面側から背面側へ斜め上方に延びている。傾斜面 14a の角度は、例えば水平面（X-Y 平面）に対して 45° とすることができる。

50

【 0 0 1 2 】

サドル 1 6 の前面には、一対の Z 軸ガイドレール 3 6 が鉛直方向である Z 軸方向に（図 1、2 では上下方向）に延設されており、Z 軸スライダ 1 8 には、該 Z 軸ガイドレール 3 6 上を摺動可能なガイドブロック 3 8 が取り付けられている。サドル 1 6 には、Z 軸スライダ 1 8 を Z 軸ガイドレール 3 6 に沿って往復駆動する Z 軸送り装置として、Z 軸方向に延設されたボールねじ 4 0 と、該ボールねじ 4 0 の一端に連結された Z 軸サーボモータ 4 4 が設けられており、Z 軸スライダ 1 8 には、ボールねじ 4 0 に係合するナットが取り付けられている（図 1 には、該ナットを取り付けるブラケット 4 2 が図示されている）。

【 0 0 1 3 】

Z 軸スライダ 1 8 の下端部には、C 軸旋回軸 2 0 が軸受 5 0 によって傾斜軸線 Oc を中心として回転可能に支持されている。傾斜軸線 Oc は、X 軸に対して垂直に工作機械 1 0 の前面側から背面側へ斜め上方に、傾斜面 1 4 a に対して略平行に延びている。傾斜軸線 Oc と傾斜面 1 4 a は同じ方向に傾斜していればよいが、平行に近い方が一層効果的である。Z 軸スライダ 1 8 は、また、C 軸旋回軸 2 0 を回転駆動する C 軸送り装置または第 2 の回転送り軸装置として C 軸サーボモータ 5 2 を内蔵している。C 軸旋回軸 2 0 の正面側の先端部には、傾斜軸線 Oc に対して平行に延びる左右一対の腕部 2 0 a、2 0 b が形成されている。なお、C 軸旋回軸 2 0 は傾斜軸線 Oc を中心として所定の角度範囲、例えば、C 軸送り装置の原点を中心として $\pm 60^\circ$ の回転角度範囲で回転可能となっている。

10

【 0 0 1 4 】

主軸頭 2 2 は、主軸 2 4 を主軸軸線 Os 周りに回転可能に支持し、該主軸 2 4 の先端部に工具 T が装着される。C 軸旋回軸 2 0 の左右一対の腕部 2 0 a、2 0 b の間に主軸頭 2 2 が配設される。主軸頭 2 2 は、両側部に形成された A 軸旋回軸 2 2 a、2 2 b によって、傾斜軸線 Oc に対して垂直な第 1 の回転軸線としての回転軸線 Oa を中心として A 軸方向に回転可能に主軸頭支持部 6 0 の C 軸旋回軸 2 0 の腕部 2 0 a、2 0 b に支持される。A 軸送り装置または第 1 の回転送り軸装置として、腕部 2 0 a、2 0 b の一方（本実施形態では腕部 2 0 a）に A 軸旋回軸 2 2 a、2 2 b の一方（本実施形態では A 軸旋回軸 2 2 a）に結合された A 軸サーボモータ 2 1 が組み込まれている。

20

【 0 0 1 5 】

なお、傾斜軸線 Oc は、主軸 2 4 の主軸軸線 Os と回転軸線 Oa との交点 O の近傍を通過する。また、図 2 に示すように、回転軸線 Oa が水平の X 軸と平行となる C 軸送り装置の回転位置を C 軸の原点位置とする。更に、C 軸が原点位置にあるとき、主軸 2 4 の主軸軸線 Os が鉛直となる（Z 軸に平行になる）A 軸送り装置の回転位置を A 軸の原点位置とする。A 軸が原点位置にあるとき、主軸 2 4 は、テーブル 2 6 に対面するように下方に向けられている。

30

【 0 0 1 6 】

A 軸および C 軸が原点位置にあるとき、主軸 2 4 端面および該主軸 2 4 に装着された工具 T は、ワーク（図示せず）を取り付けるテーブル 2 6 に対面する。ベッド 1 2 の上面には、一対の Y 軸ガイドレール 4 6 が水平な Y 軸方向（図 1 の左右方向）に延設されており、テーブル 2 6 には、該 Y 軸ガイドレール 4 6 上を摺動可能なガイドブロック 4 8 が取り付けられている。ベッド 1 2 には、また、テーブル 2 6 を Y 軸ガイドレール 4 6 に沿って往復駆動する Y 軸送り装置として、Y 軸方向に延設されたボールねじ（図示せず）と、該ボールねじの一端に連結された Y 軸サーボモータ（図示せず）が設けられており、テーブル 2 6 には、前記ボールねじに係合するナット（図示せず）が取り付けられている。好ましくは、サドル 1 6 の前面に凹部 1 6 b を形成し、該凹部 1 6 b 内に Z 軸のボールねじ 4 0 を配置するようにできる。

40

【 0 0 1 7 】

X 軸サーボモータ 3 4、Y 軸サーボモータ、Z 軸サーボモータ 4 4、A 軸サーボモータ 2 1 および C 軸サーボモータ 5 2 は、工作機械 1 0 の NC 装置 1 0 0（図 2）に接続されており、該 NC 装置 1 0 0 によって制御される。

【 0 0 1 8 】

50

工作機械 10 では、C 軸回転軸 20 をコラム 14 側に傾斜させたことによって、A 軸送り装置と C 軸送り装置の 2 つの回転送り軸と、主軸頭 22 とを含めた移動体のコラム 14 に対するオーバーハングを小さくすることが可能となり、該移動体の重心位置をコラム 14 側にシフトすることが可能となる。これによって、コラム 14 や、サドル 16 の変形を低減可能となる。また、前記移動体を送るとき、加減速時にサドル 16 や Z 軸スライダ 18 の変形が低減される。また、主軸頭支持部 60 の少なくとも一部をサドル 16 の凹部 16 b 内に配置するようである。これによって、前記移動体のコラム 14 に対するオーバーハングを一層小さくすることが可能となる。

【0019】

ここで、主軸軸線 O_s が C 軸回転軸 20 の回転軸線である傾斜軸線 O_c と一致すると、加工プログラムが指令する工具姿勢変化が小さくとも、実際には工具姿勢が大きく変化し、回転送り軸および直線送り軸の速度が急激に高くなることがある。こうした問題は、一般に工作機械の特異点問題と称される。本発明では、こうした特異点問題をハードウェア的に回避するために、A 軸の回転送り範囲を制限する制限手段が設けられている。既述の実施形態では、工作機械 10 は、主軸軸線 O_s と C 軸回転軸 20 の回転軸線である傾斜軸線 O_c とが一致しないように制限する制限手段として、C 軸回転軸 20 に設けられた停止部 54 を具備している。

【0020】

図 3 ~ 図 5 を参照すると、工作機械 10 は、A 軸の回転範囲を制限する制限手段として C 軸回転軸 20 に設けられた停止部 54 を更に具備している。停止部 54 は、A 軸の正の方向の回転範囲を制限する第 1 の当接面 54 a と、A 軸の負の方向の回転範囲を制限する第 2 の当接面 54 b とを有している。図 3 ~ 図 5 の例では、A 軸の回転角度を θ として、A 軸が原点 ($\theta = 0$) から正の方向に角度 $\theta = \theta_1$ (図 4) の回転位置にあるとき、停止部 54 の第 1 の当接面 54 a が主軸頭 22 の側面に当接して、主軸頭 22 の回転動作を停止させ、A 軸の回転動作の上限が規定され、反対に A 軸が原点 ($\theta = 0$) から負の方向に角度 $\theta = -\theta_2$ (図 5) の回転位置にあるとき、停止部 54 の第 2 の当接面 54 a が主軸頭 22 の側面に当接して、主軸頭 22 の回転動作を停止させ、A 軸の回転動作の下限が規定され、こうして、A 軸は θ_1 から θ_2 の範囲で主軸頭 22 を回転駆動する。こうして、主軸頭 22 は、A 軸方向に第 1 の回転位置 ($\theta = \theta_1$) と、第 2 の回転位置 ($\theta = -\theta_2$) との間で回転送りされる。

【0021】

本実施形態では、A 軸の回転中心である第 1 の回転軸線としての回転軸線 O_a が傾斜軸線 O_c と交差しているために、 $\theta_1 = \theta_2$ となると、主軸軸線 O_s と傾斜軸線 O_c とが一致するが、回転軸線 O_a が傾斜軸線 O_c と交差していない場合には、主軸軸線 O_s が傾斜軸線 O_c に一致することはない。こうした場合には、制限手段としての停止部 54 は、主軸軸線 O_s が傾斜軸線 O_c に平行となることを防止するように形成される。

【0022】

なお、本実施形態では、図 3 に示すように、主軸 24 の工具 T が装着される端面がテーブル 26 に対面するように下方に向けられている A 軸の原点から、図 4 に示すように、工具 T が工作機械 10 の前方 (図 3 ~ 図 5 では左方) に上動するように回転する方向 (図 3 ~ 図 5 では時計回りの方向) を A 軸の正の方向とする。

【0023】

ここで、図 6 を参照すると、A 軸の回転中心である第 1 の回転軸線としての回転軸線 O_a は X 軸に平行に延び、C 軸の回転中心である第 2 の回転軸線としての傾斜軸線 O_c は、回転軸線 O_a に対して垂直で、かつ、鉛直方向である Z 軸に対して傾斜角 α を以て傾斜している。つまり、図 6 では、左側が工作機械 10 の前方であり、上側が工作機械 10 のテーブル 26 に向かう方向である。C 軸の傾斜角は、例えば $30^\circ < \alpha < 45^\circ$ とすることができる。なお、図 6 ~ 図 8 において、矢印は、工具 T の先端方向を正の方向とする主軸軸線 O_s に沿う単位ベクトルを示している。

【0024】

10

20

30

40

50

図 7 を参照すると、A 軸の回転送り範囲は、原点（鉛直方向である Z 軸）を挟んで $\theta_1 + \theta_2$ となっている。A 軸の原点から正の方向への最大の回転角度 θ_1 と、負の方向への最大の回転角度 θ_2 は異なる値とすることができるが、 $\theta_1 = \theta_2$ としてもよい。一例として、 $\theta_1 = \theta_2 = 30^\circ$ とすることができる。この場合、A 軸の回転送り範囲は、 $-30^\circ \sim 30^\circ$ となる。

【0025】

更に、図 8 を参照すると、ベクトル V1 は、A 軸が $\theta = 0$ となる原点にあり、かつ、C 軸が最小の回転角度位置にあるときの工具 T の先端方向を示し、ベクトル V2 は、A 軸が $\theta = 0$ となる原点にあり、かつ、C 軸が最大の回転角度位置にあるときの工具 T の先端方向を示し、ベクトル V3 は、A 軸が最小の回転角度位置または $\theta = -\theta_2$ となる第 2 の回転位置にあり、かつ、C 軸が最小の回転角度位置にあるときの工具 T の先端方向を示し、ベクトル V4 は、A 軸が最小の回転角度位置または $\theta = -\theta_2$ となる第 2 の回転位置にあり、かつ、C 軸が最大の回転角度位置にあるときの工具 T の先端方向を示し、ベクトル V5 は、A 軸が最大の回転角度位置または $\theta = \theta_1$ となる第 1 の回転位置にあり、かつ、C 軸が最大の回転角度位置にあるときの工具 T の先端方向を示している。なお、A 軸が最大の回転角度位置または $\theta = \theta_1$ となる第 1 の回転位置にあり、かつ、C 軸が最小の回転角度位置にあるときの工具 T の先端方向を示すベクトルは、図面を明瞭に示すために図 8 では省略されている。こうして、本実施形態における、工具 T の先端を配置可能な範囲は図 9 において範囲 R で示される。

【0026】

既述の実施形態では、テーブル 26 は、C 軸旋回軸 20 の下側に配置されているので、工具 T は傾斜軸線 Oc の下側に配置されている。従って、 $\theta_1 < \theta_2$ となるように、停止部 54 の第 1 の当接面 54a を形成すれば、特異点の問題を生じることはない。

【0027】

既述の実施形態では、制限手段は C 軸旋回軸 20 に設けた停止部 54 を具備しているが、本発明はこれに限定されない。制限手段は、例えば C 軸旋回軸 20 に設けられ NC 装置 100 に接続されたりミットスイッチ 56（図 10）を具備していてもよい。この場合、C 軸送り装置が $\theta = \theta_1$ および $\theta = \theta_2$ の回転位置にあるとき、リミットスイッチ 56 からの信号に基づいて、工作機械 10 の NC 装置 100 が C 軸サーボモータ 52 の動作を停止するようにできる。

【0028】

既述の実施形態において、C 軸送り装置の回転送りの上限または第 1 の回転位置を規定する角度 θ_1 は、傾斜軸線 Oc の傾斜角 α に近い方が工具 T の先端を配置可能な範囲 R を広くすることができ、実験等によって特異点問題を生じない範囲で予め決定することができる。

【符号の説明】

【0029】

- 10 工作機械
- 12 ベッド
- 14 コラム
- 14a 傾斜面
- 16 サドル
- 16b 凹部
- 18 Z 軸スライダ
- 20 C 軸旋回軸
- 20a 腕部
- 20b 腕部
- 21 A 軸サーボモータ
- 22 主軸頭
- 22a A 軸旋回軸

10

20

30

40

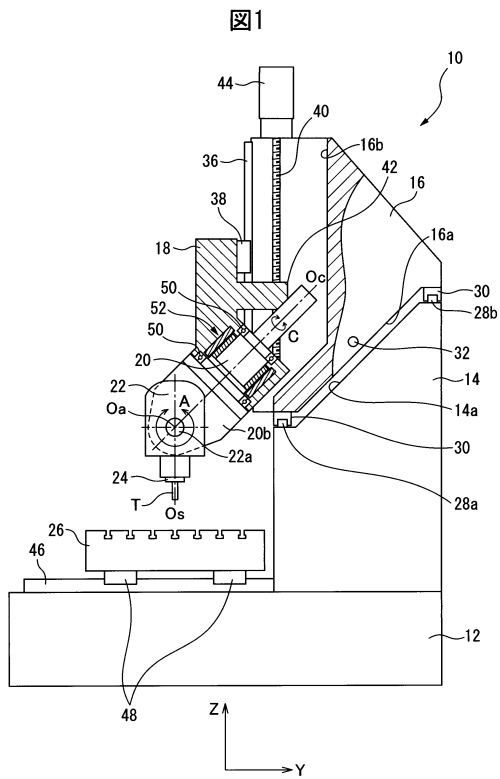
50

- 2 2 b A 軸回転軸
- 2 4 主軸
- 2 6 テーブル
- 2 8 X 軸ガイドレール
- 3 4 X 軸サーボモータ
- 3 6 Z 軸ガイドレール
- 4 2 ブラケット
- 4 4 Z 軸サーボモータ
- 4 6 Y 軸ガイドレール
- 5 0 軸受
- 5 2 C 軸サーボモータ
- 5 4 停止部
- 5 6 リミットスイッチ
- 6 0 主軸頭支持部

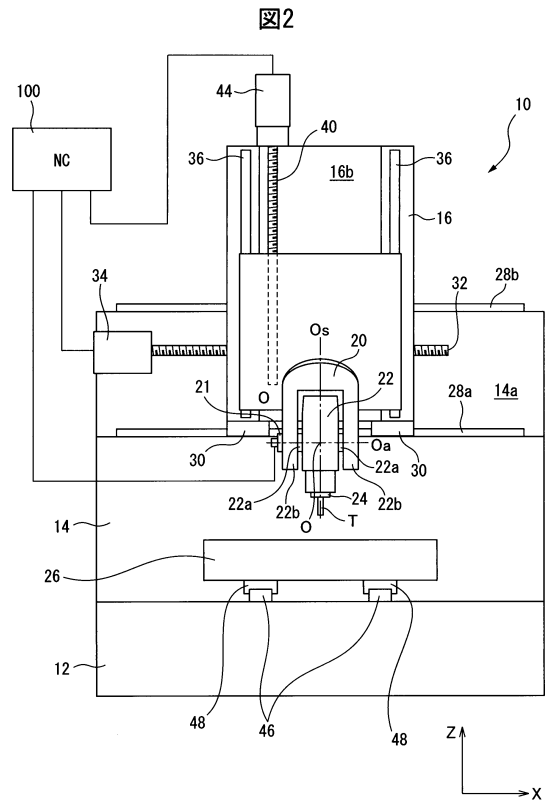
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



20

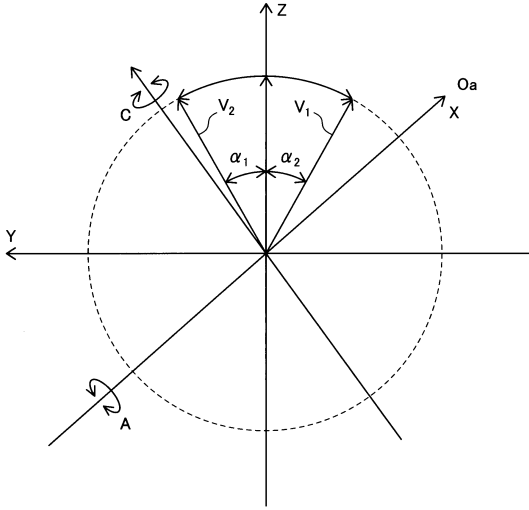
30

40

50

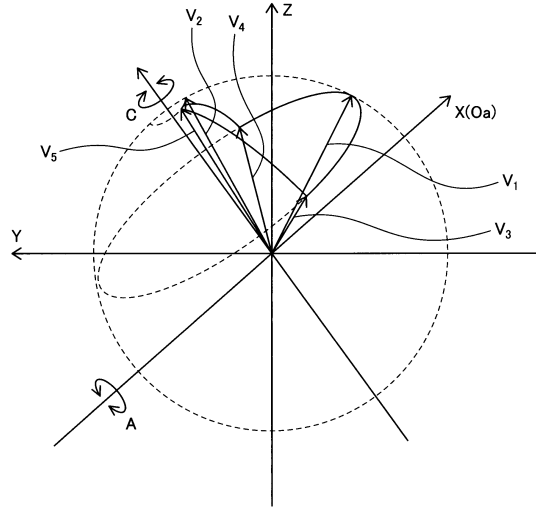
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8

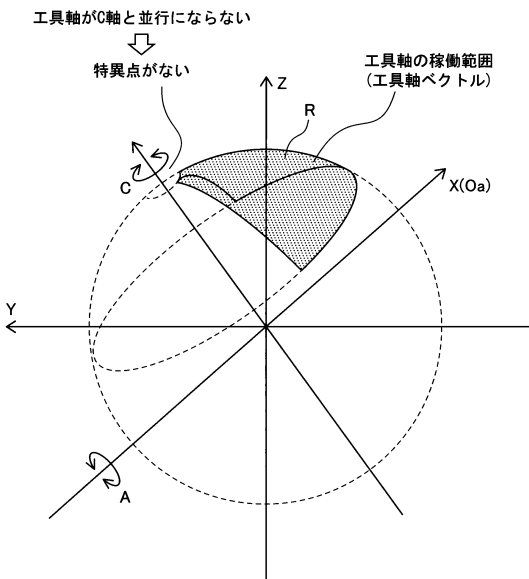


10

20

【 図 9 】

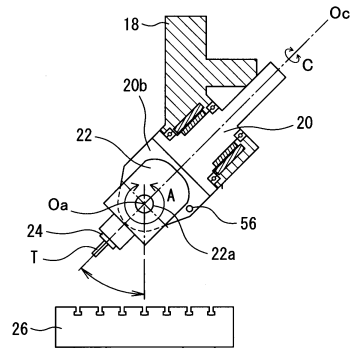
図9



30

【 図 10 】

図10



40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2009/144831(WO, A1)
特開2012-125875(JP, A)
国際公開第2016/059738(WO, A1)
特開2016-087707(JP, A)
特開2013-065254(JP, A)
特開平11-077459(JP, A)
特開2015-157336(JP, A)
特開2010-140312(JP, A)
国際公開第2011/064816(WO, A1)
特開2008-232197(JP, A)
特開2007-072278(JP, A)
特開2007-144542(JP, A)
特開2013-058035(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B23Q 1/00 - 1/76
B23Q 15/00 - 15/28
G05B 19/18 - 19/416