

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号  
特許第7309094号  
(P7309094)

(45)発行日 令和5年7月14日(2023.7.14)

(24)登録日 令和5年7月6日(2023.7.6)

(51)国際特許分類 F I  
 B 2 3 B 5/18 (2006.01) B 2 3 B 5/18  
 B 2 3 B 1/00 (2006.01) B 2 3 B 1/00 N

請求項の数 7 (全21頁)

(21)出願番号	特願2023-513445(P2023-513445)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和4年2月3日(2022.2.3)	(73)特許権者	000146847 DMG森精機株式会社 奈良県大和郡山市北郡山町106番地
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/004194	(74)代理人	100118762 弁理士 高村 順
審査請求日	令和5年2月24日(2023.2.24)	(72)発明者	加藤 勇太 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
早期審査対象出願		(72)発明者	上原 正也 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 DMG森精機株式会社内
		(72)発明者	種本 穰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御装置、及びこれを備えた工作機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークを保持して回転させる主軸と、工具を保持する工具保持部と、前記主軸を回転させる主軸駆動部と、前記工具保持部及び前記主軸を、前記主軸の軸線に一致するZ軸、該Z軸に直交するX軸、前記X軸及び前記Z軸に直交するY軸に沿って相対的に移動させる送り駆動部とを備えた工作機械の、前記主軸駆動部及び前記送り駆動部の作動を制御する制御装置であって、

前記主軸駆動部及び前記送り駆動部を制御する制御部と、

前記主軸に保持された前記ワークの、前記主軸の中心から径方向に偏位した位置に設けられた偏心体を加工する偏心切削制御部と、

を備え、

前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記主軸を回転させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした後、前記主軸の中心から前記偏心体の中心までの距離である偏心量をRとし、前記偏心体の中心の前記X軸を基準とした前記主軸軸線周りの回転角度を $\theta$ として、前記主軸の回転に同期させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした位置に対して次式(1)及び次式(2)となる値の円弧軌跡を描く円弧運動の移動量を算出し、算出した前記円弧運動の移動量となるように、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させながら、前記工具保持部及び前記主軸を前記Z軸方向に相対的に移動させるように構成され、

前記偏心体は、前記Z軸方向に沿ったリードである場合に、

前記偏心切削制御部は、前記偏心体の前記Z軸方向の長さを  $LengZ$  とし、該Z軸方向における偏心の位相増減値を  $Q$  とし、前記制御部と連携し、更に、単位時間当たりのZ軸方向の送り量  $Z$  に同期させて、単位時間当たりの位相変化値 を次式(3)として、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させるように構成されていることを特徴とする制御装置。

$$X = R \cos \quad \dots (1)$$

$$Y = R \sin \quad \dots (2)$$

【数1】

$$\Delta\phi = Q \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \quad \dots (3)$$

10

【請求項2】

ワークを保持して回転させる主軸と、工具を保持する工具保持部と、前記主軸を回転させる主軸駆動部と、前記工具保持部及び前記主軸を、前記主軸の軸線に一致するZ軸、該Z軸に直交するX軸、前記X軸及び前記Z軸に直交するY軸に沿って相対的に移動させる送り駆動部とを備えた工作機械の、前記主軸駆動部及び前記送り駆動部の作動を制御する制御装置であって、

前記主軸駆動部及び前記送り駆動部を制御する制御部と、

20

前記主軸に保持された前記ワークの、前記主軸の中心から径方向に偏位した位置に設けられた偏心体を加工する偏心切削制御部と、

を備え、

前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記主軸を回転させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした後、前記主軸の中心から前記偏心体の中心までの距離である偏心量を  $R$  とし、前記偏心体の中心の前記X軸を基準とした前記主軸軸線周りの回転角度を  $\theta$  とし、前記主軸の回転に同期させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした位置に対して次式(4)及び次式(5)となる値の円弧軌跡を描く円弧運動の移動量を算出し、算出した前記円弧運動の移動量となるように、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させながら、前記工具保持部及び前記主軸を前記Z軸方向に相対的に移動させるように構成され、

30

前記偏心体は、前記Z軸方向に沿ったリードである場合に、

前記偏心切削制御部は、前記偏心体の前記Z軸方向の長さを  $LengZ$  とし、該Z軸方向における偏心量増減値を  $K$  とし、前記制御部と連携し、更に、単位時間当たりのZ軸方向の送り量  $Z$  に同期させて、前記偏心量  $R$  を次式(6)として、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させるように構成されていることを特徴とする制御装置。

$$X = R \cos \quad \dots (4)$$

$$Y = R \sin \quad \dots (5)$$

【数2】

$$R = R + K \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \quad \dots (6)$$

40

【請求項3】

前記制御部は、前記主軸を定められた回転速度で回転させる速度制御モード、前記主軸をその軸線周りの定められた回転角度位置に位置決めする位置制御モード、及び前記主軸駆動部の動作と前記送り駆動部の動作とを同期させる同期制御モードの3つの制御モードを実行可能に構成され、

前記偏心切削制御部は、前記制御部を前記同期制御モードに移行させることにより、前

50

記主軸駆動部の動作と前記送り駆動部の動作とを同期させるように構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御装置。

【請求項 4】

前記制御装置は、少なくとも前記制御部を介して、前記主軸駆動部の動作と前記送り駆動部の動作との同期を伴わない旋削加工を実行するように構成され、

前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記送り駆動部に対してフィードフォワード制御を行うように構成されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記送り駆動部の送り速度と、前記円弧運動における角速度との合成速度を、予め定めた制限速度以下に制御するように構成され、

前記合成速度は、前記送り駆動部における負荷が許容負荷を超えない範囲で設定されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記円弧運動における等速円運動の加速度を予め定めた制限加速度以下に制御するように構成され、

前記制限加速度は、前記送り駆動部における負荷が許容負荷を超えない範囲で設定されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

【請求項 7】

ワークを保持して回転させる主軸と、工具を保持する工具保持部と、前記主軸を回転させる主軸駆動部と、前記工具保持部及び前記主軸を、前記主軸の軸線に一致する Z 軸、該 Z 軸に直交する X 軸、前記 X 軸及び前記 Z 軸に直交する Y 軸に沿って相対的に移動させる送り駆動部と、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の制御装置と、  
を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】

本開示は、ワークを旋削加工するように構成された工作機械の制御装置であって、より詳しくは、主軸の中心から径方向に偏位した位置に偏心体を有するワークの、当該偏心体を加工するための制御装置、及びこれを備えた工作機械に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、円柱状をした基部と、該基部の端面から基部の中心軸に沿って外方に突出し、且つ中心軸から径方向に偏位した位置に設けられた偏心体と、を有するワークを加工する方法であって、当該偏心体を加工する加工方法として、従来、特許文献 1 に開示された方法が知られている。

【0003】

特許文献 1 に記載された加工方法では、旋盤の主軸に、主軸軸線から径方向に偏位（シフト）した位置にワークを把持する把持部を有する偏心チャックを装着し、偏心体の軸線が主軸軸線と同軸となるように、偏心チャックにワークを把持させる。そして、この状態で主軸を回転させて適宜工具を用いて偏心体の外周部を加工する。

【0004】

また、特許文献 2 には、クランク軸の偏心軸を旋削加工する方法が開示されている。特許文献 2 に記載の加工方法では、クランク軸の一方端を主軸により把持し、他方を心押軸により支持した状態でクランク軸を回転させるとともに、偏心軸の半径を  $r$  として、当該クランク軸の回転周期に同期させて、工具を  $2r$  のストロークで上下方向（Y 軸方向）、及び前後方向（Z 軸方向）に送り移動させる。この Y 軸方向の送り及び Z 軸方向の送りの合成送りによって、工具に半径  $r$  の円運動を行わせ、これによって偏心軸の外周が旋削加

10

20

30

40

50

工される。

【0005】

また、特許文献3にも同様の加工方法が提案されている。特許文献3に記載の加工方法は、基部の端面から基部の中心軸に沿って外方に突出した第1の偏心軸と、この第1の偏心軸から更に外方に突出した第2の偏心軸との2つ偏心軸と、を加工するというものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2003-236701号公報

10

特開昭54-94185号公報

特開2017-209779号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上述した特許文献1から3に開示された方法は、いずれも、主軸にワークを保持させたときの偏心体の位置であって、主軸の軸線を中心とした偏心体の周方向の角度位置(位相)については、何ら考慮されていない。このため、これらの方法では、偏心体の位相が定められた基準位相となるように、当該ワークを主軸に保持させた状態で、ワークの加工を開始する必要があるものと思われる。

20

【0008】

ところが、偏心体を除くその他の加工部位の関係から、当該ワークを主軸に保持させたときの偏心体の位相が、それぞれのワークによって異なる場合があり、この場合には、当該ワークを主軸に保持させたときの偏心体の位相を基準位相にすることができない。そこで、このようなワークの場合には、それぞれ異なる位相にある状態で、当該偏心体の加工を開始することができれば、便利である。

【0009】

また、偏心体を有する加工品としては、上述したクランク軸および偏心ピンが例示される。この他に、偏心体を有する加工品として、くさび効果により、小さな締めつけトルクで大きなクランプ力を得る倍力装置に用いられる偏心ネジ、定量且つ脈動なくさまざまな液体を移送でき、水状の液体から高粘度液、固形物、粉体まで効率的に移送可能な回転容積式一軸偏心ネジポンプに用いられる当該一軸偏心ネジなど、様々な形状のものがある。そこで、このような様々な形状の偏心体を特殊な専用の工作機械および専用のチャックを用いることなく、汎用の工作機械および汎用のチャックを用いて加工できれば、設備コスト上有利である。

30

【0010】

また、上述した加工方法では、主軸の回転速度に同期させた状態で、送り軸を高速に動作させることによって円運動を実現しているため、特に送りモータの負荷が高くなるという問題がある。そこで、送りモータに作用する負荷が許容負荷を超えないように主軸モータの回転速度を制御すれば、送りモータが損傷するのを未然に防止することができる。

40

【0011】

本開示は以上の実情に鑑みなされたものであって、偏心体が任意の位相に位置する状態で旋削加工を開始することができる制御装置及びこれを備えた工作機械の提供を一の目的とし、また、多様な形状の偏心体を加工することができる制御装置及びこれを備えた工作機械の提供を他の目的とし、また、偏心体を加工する際に、送りモータに作用する負荷が許容負荷を超えないようにすることができる制御装置及びこれを備えた工作機械の提供を更に他の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するための本開示は、ワークを保持して回転させる主軸と、工具を保持

50

する工具保持部と、前記主軸を回転させる主軸駆動部と、前記工具保持部及び前記主軸を、前記主軸の軸線に一致するZ軸、該Z軸に直交するX軸、前記X軸及び前記Z軸に直交するY軸に沿って相対的に移動させる送り駆動部とを備えた工作機械の、前記主軸駆動部及び前記送り駆動部の作動を制御する制御装置であって、前記主軸駆動部及び前記送り駆動部を制御する制御部と、前記主軸に保持された前記ワークの、前記主軸の中心から径方向に偏位した位置に設けられた偏心体を加工する偏心切削制御部と、を備え、前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記主軸を回転させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした後、前記主軸の中心から前記偏心体の中心までの距離である偏心量をRとし、前記偏心体の中心の前記X軸を基準とした前記主軸軸線周りの回転角度を  $\theta$  として、前記主軸の回転に同期させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした位置に対して次式(1)及び次式(2)となる値の円弧軌跡を描く円弧運動の移動量を算出し、算出した前記円弧運動の移動量となるように、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させながら、前記工具保持部及び前記主軸を前記Z軸方向に相対的に移動させるように構成され、前記偏心体は、前記Z軸方向に沿ったリードである場合に、前記偏心切削制御部は、前記偏心体の前記Z軸方向の長さを  $LengZ$  とし、該Z軸方向における偏心の位相増減値をQとして、前記制御部と連携し、更に、単位時間当たりのZ軸方向の送り量  $Z$  に同期させて、単位時間当たりの位相変化値  $\Delta\phi$  を次式(3)として、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させるように構成された制御装置に係るものである。

10

【0013】

$$X = R \cos \theta \quad \dots (1)$$

$$Y = R \sin \theta \quad \dots (2)$$

【0014】

【数1】

$$\Delta\phi = Q \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \quad \dots (3)$$

20

【0015】

この制御装置によれば、偏心切削制御部は、制御部と連携して、主軸を回転させて、偏心体の中心位置がX軸上に位置するように位置決めするとともに、工具を、X軸、Y軸及びZ軸によって形成される3次元空間内において、旋削開始位置に移動させる。このとき、工具刃先はワークと非接触の状態にあり、且つ後述のZ軸方向の移動によって、偏心体の外周面に定められた切り込み深さで接触可能な状態にある。

30

【0016】

次に、主軸の中心から前記偏心体の中心までの距離である偏心量をRとし、偏心体の中心のX軸を基準とした主軸軸線周りの回転角度を  $\theta$  として、主軸の回転(位相  $\theta$ )に同期させて、X軸方向の位置X、及びY軸方向の位置Yが半径Rの円弧軌跡を描く円弧運動となるように、工具を相対移動させながら、Z軸方向に相対移動させる。

【0017】

主軸の回転(位相  $\theta$ )に同期させて、位置  $X = R \cos \theta$ 、位置  $Y = R \sin \theta$  となるように工具を相対移動させることにより、主軸の軸線を中心に回転する偏心体の外周面に、当該偏心体の回転に追従させて、工具を接触させることができる。そして、この状態で工具をZ軸方向に移動させることで、当該偏心体の外周を加工することができる。

40

【0018】

このように、本開示に係る制御装置によれば、ワークを主軸に保持させたときの偏心体の位相が、それぞれのワークによって異なる場合でも、偏心体の中心位置がX軸上に位置するように位置決めした後に、加工を開始することができる。したがって、従来の加工方法のように、ワークを、その偏心体の位相が定められた基準位相となるように、主軸に保持させる必要はなく、主軸にワークを保持させる際に、煩わしい調整作業を行うことなく

50

、多様なワークを加工することができる。また、このようにすることで、当該加工を行うためのNC ( Numerical Control ) 加工プログラムを、加工上の基準位置をX軸上に設定した加工プログラムとすることができる。

【 0 0 1 9 】

また、工作機械及びワークを保持する保持装置には、汎用の物を適用することができる。

【 0 0 2 0 】

さらに、この態様の制御装置によれば、偏心体の長手方向がZ軸方向である場合に、その外周面を加工することができる。尚、リード軸としてはネジなどを例示することができる。

【 0 0 2 1 】

また、本開示は、ワークを保持して回転させる主軸と、工具を保持する工具保持部と、前記主軸を回転させる主軸駆動部と、前記工具保持部及び前記主軸を、前記主軸の軸線に一致するZ軸、該Z軸に直交するX軸、前記X軸及び前記Z軸に直交するY軸に沿って相対的に移動させる送り駆動部とを備えた工作機械の、前記主軸駆動部及び前記送り駆動部の作動を制御する制御装置であって、前記主軸駆動部及び前記送り駆動部を制御する制御部と、前記主軸に保持された前記ワークの、前記主軸の中心から径方向に偏位した位置に設けられた偏心体を加工する偏心切削制御部と、を備え、前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記主軸を回転させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした後、前記主軸の中心から前記偏心体の中心までの距離である偏心量をRとし、前記偏心体の中心の前記X軸を基準とした前記主軸軸線周りの回転角度を  $\theta$  として、前記主軸の回転に同期させて、前記偏心体の中心位置が前記X軸上に位置するように位置決めした位置に対して次式(4)及び次式(5)となる値の円弧軌跡を描く円弧運動の移動量を算出し、算出した前記円弧運動の移動量となるように、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させながら、前記工具保持部及び前記主軸を前記Z軸方向に相対的に移動させるように構成され、前記偏心体は、前記Z軸方向に沿ったリードである場合に、前記偏心切削制御部は、前記偏心体の前記Z軸方向の長さをLengZとし、該Z軸方向における偏心量増減値をKとして、前記制御部と連携し、更に、単位時間当たりのZ軸方向の送り量  $\Delta Z$  に同期させて、前記偏心量Rを次式(6)として、前記工具保持部及び前記主軸を相対的に移動させるように構成された制御装置に係るものである。

【 0 0 2 2 】

$$X = R \cos \theta \quad \dots (4)$$

$$Y = R \sin \theta \quad \dots (5)$$

【 0 0 2 3 】

【数2】

$$R = R + K \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \quad \dots (6)$$

【 0 0 2 4 】

この態様の制御装置によっても、偏心体の長手方向がZ軸方向である場合に、その外周面を加工することができる。

【 0 0 2 5 】

尚、本開示では、前記制御部は、前記主軸を定められた回転速度で回転させる速度制御モード、前記主軸をその軸線周りの定められた回転角度位置に位置決めする位置制御モード、及び前記主軸駆動部の動作と前記送り駆動部の動作とを同期させる同期制御モードの3つの制御モードを実行可能に構成されるとともに、前記偏心切削制御部は、前記制御部を前記同期制御モードに移行させることにより、前記主軸駆動部の動作と前記送り駆動部の動作とを同期させるように構成された態様を採ることができる。

【 0 0 2 6 】

また、本開示における前記制御装置は、少なくとも前記制御部を介して、前記主軸駆動

10

20

30

40

50

部の動作と前記送り駆動部の動作との同期を伴わない旋削加工を実行するように構成された態様を採ることができる。

【0027】

また、本開示における前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記送り駆動部に対してフィードフォワード制御を行うように構成された態様を採ることができる。

【0028】

また、本開示における前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記送り駆動部の送り速度と、前記円弧運動における角速度との合成速度を、予め定めた制限速度以下に制御するように構成され、前記合成速度は、前記送り駆動部における負荷が許容負荷を超えない範囲で設定された態様を採ることができる。

10

【0029】

この態様の制御装置によれば、送り駆動部における負荷が許容負荷を超えないように制御されるので、当該送り駆動部が損傷するのを未然に防止することができる。

【0030】

また、本開示における前記偏心切削制御部は、前記制御部と連携して、前記円弧運動における等速円運動の加速度を予め定めた制限加速度以下に制御するように構成され、前記制限加速度は、前記送り駆動部における負荷が許容負荷を超えない範囲で設定された態様を採ることができる。

【0031】

この態様の制御装置によれば、送り駆動部が、作用する負荷が許容負荷を超えない範囲で、円弧運動における等速円運動の加速度が定められた制限加速度以下となるように制御されるので、当該送り駆動部を安定した状態で動作させることができるとともに、当該送り駆動部が損傷するのを未然に防止することができる。

20

【0032】

また、本開示は、ワークを保持して回転させる主軸と、工具を保持する工具保持部と、前記主軸を回転させる主軸駆動部と、前記工具保持部及び前記主軸を、前記主軸の軸線に一致するZ軸、該Z軸に直交するX軸、前記X軸及び前記Z軸に直交するY軸に沿って相対的に移動させる送り駆動部と、上述したいずれかの制御装置と、を備えた工作機械に係るものである。

【発明の効果】

30

【0033】

以上のように、本開示に係る制御装置、及びこれを備えた工作機械によれば、ワークを主軸に保持させたときの偏心体の位相が、それぞれのワークによって異なる場合でも、偏心体の中心位置がX軸上に位置するように位置決めした後に、加工を開始することができるので、従来のように、ワークを主軸に保持させる際に、煩わしい調整作業を行う必要はなく、多様なワークを効率的に加工することができる。

【0034】

また、工作機械およびワークを保持する保持装置には、汎用の物を適用することができるので、設備コストの低廉化を図ることができ、また、専用の段取り（調整作業）が不要であるため生産性を向上させることができる。

40

【0035】

また、リード軸など、多様な形状、形態の偏心体の加工を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本開示の一実施形態に係る工作機械を用いた偏心体の加工方法の一例を説明するための説明図

【図2】本実施形態に係る工作機械の概略構成の一例を示すブロック図

【図3】本実施形態に係る偏心切削の概要の一例を示す説明図

【図4】本実施形態に係るNCプログラムの一例を示す説明図

【図5】本実施形態の偏心切削制御部及び制御部における処理の一例を示すフローチャート

50

【図 6】本実施形態に係る他のワークの加工例を示す斜視図

【図 7】本実施形態の変形例 1 に係る偏心切削の概要の一例を示す説明図

【図 8】変形例 1 に係る NC プログラムの一例を示す説明図

【図 9】変形例 1 の偏心切削制御部及び制御部における処理の一例を示すフローチャート

【図 10】本実施形態の変形例 2 に係る偏心切削の概要の一例を示す説明図

【図 11】変形例 2 に係る NC プログラムの一例を示す説明図

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下、本開示の具体的な実施形態について、図面を参照しながら説明する。図 1 は、本開示の一実施形態に係る工作機械を用いた偏心体の加工方法の一例を説明するための説明図である。図 2 は、本実施形態に係る工作機械の概略構成の一例を示すブロック図である。尚、図 1 に示すように、本例の加工対象物であるワーク W は、円柱状をした基部 W a、及びこの基部 W a の前端面から前方に突出し、且つ基部 W a の軸線から径方向に距離 R だけ偏位した位置に、半径 r の円柱状をした偏心体 W b を備えている。

10

【0038】

図 1 及び図 2 に示すように、本例の工作機械 1 は、主軸 2、この主軸 2 に装着された状態でワーク W の基部 W a を把持するチャック 3、工具 T を保持する刃物台 4、駆動部 10、この駆動部 10 を制御する制御装置 20、並びに入出力装置 30 を備える。

【0039】

尚、本例の工作機械 1 は、汎用の横形の NC 旋盤であるが、本開示に適用可能な工作機械はこれに限られるものではなく、立形の NC 旋盤の他、旋削加工とミーリング加工とを行うことができるように構成された複合加工型の工作機械など、各種の工作機械を適用することができる。

20

【0040】

駆動部 10 は、主軸 2 を回転させる主軸モータを駆動、制御する主軸駆動部 15 と、刃物台 4 を移動させる送り装置のモータを駆動、制御する送り駆動部 11 と、を備える。送り駆動部 11 は、刃物台 4 を X 軸方向に移動させる X 軸送り装置のモータを駆動、制御する X 軸送り駆動部 12、同じく Y 軸方向に移動させる Y 軸送り装置のモータを駆動、制御する Y 軸送り駆動部 13、並びに同じく Z 軸方向に移動させる Z 軸送り装置のモータを駆動、制御する Z 軸送り駆動部 14 を備える。また、本例では、Z 軸は主軸 2 の軸線と同軸に設定され、X 軸は、Z 軸と水平に直交し、Y 軸は、X 軸及び Z 軸の双方に直交している。

30

【0041】

斯くして、送り駆動部 11 により駆動、制御される X 軸送り装置、Y 軸送り装置、及び Z 軸送り装置の動作によって、刃物台 4 が X 軸、Y 軸及び Z 軸方向に移動する。これにより、工具 T が X 軸、Y 軸及び Z 軸で定義される 3 次元空間内で移動する。また、主軸 2 は、主軸駆動部 15 によって駆動、制御される主軸モータにより駆動されて、その軸線を中心として回転する。

【0042】

入出力装置 30 は、例えば、タッチパネル等の入力機能付きディスプレイ、データなどを入出力するための入出力インターフェースなどを備えている。言うまでもないことではあるが、入力機能付きディスプレイには、画像、文字情報などが表示され、また、入力機能を介した入力が可能になっている。

40

【0043】

制御装置 20 は、NC プログラム記憶部 21、プログラム解析部 22、制御部 23、パラメータ記憶部 26 及び偏心切削制御部 27 を備える。

【0044】

尚、制御装置 20 は、数値制御装置であり、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) などを含むコンピュータから構成され、プログラム解析部 22、制御部 23、及び偏心切削制御部 27 は、コンピュータプログラムによってその機能が実現され、後述する処理を実行する。ま

50

た、NCプログラム記憶部21及びパラメータ記憶部26はRAMなどの記憶媒体から適宜構成される。

【0045】

NCプログラム記憶部21は、NC制御用のNCプログラム(加工プログラム)を記憶する機能部であり、例えば、入出力装置30から入力されたNCプログラムを記憶する。また、パラメータ記憶部26は、偏心切削におけるパラメータである偏心クランプ速度、偏心クランプ加速度及び偏心フィードフォワードゲインなどの設定値を記憶する機能部であり、例えば、入出力装置30から入力された各パラメータを記憶する。

【0046】

プログラム解析部22は、NCプログラム記憶部21に格納されたNCプログラムの中から、実行するNCプログラムについて、これを構成するブロックごとに順次読み出して、当該ブロック中に含まれるNCコードを処理する。プログラム解析部22は、送り制御に関するNCコードを処理する際には、当該NCコードに係る指令を制御部23に送信する。プログラム解析部22は、回転制御に関するNCコードを処理する際には、当該NCコードに係る指令を制御部23に送信する。

10

【0047】

また、プログラム解析部22は、偏心切削指令とその他の指令とを判別する。プログラム解析部22は、偏心切削指令の場合には、偏心切削に必要な指令を偏心切削制御部27及び制御部23に送信する。プログラム解析部22は、偏心切削指令以外の場合には、これに応じた指令を制御部23に送信する。

20

【0048】

制御部23は、送り制御部24及び主軸制御部25を有する。送り制御部24は、X軸送り駆動部12、Y軸送り駆動部13及びZ軸送り駆動部14を介して、それぞれX軸送り装置、Y軸送り装置及びZ軸送り装置の動作を制御する機能部である。送り制御部24は、プログラム解析部22から送り制御に係る指令を受信して、受信した指令に応じた速度でX軸送り装置、Y軸送り装置及びZ軸送り装置が動作するように、X軸送り駆動部12、Y軸送り駆動部13及びZ軸送り駆動部14を制御する。

【0049】

また、主軸制御部25は、主軸駆動部15を介して主軸モータの回転動作を制御する機能部である。主軸制御部25は、プログラム解析部22から回転制御に係る指令を受信し、受信した指令に応じた回転方向及び回転速度で、主軸モータが回転するように、主軸駆動部15を制御する。

30

【0050】

制御部23は、プログラム解析部22からの指令に応じて、主軸制御部25に対して、速度制御モード、及び位置制御モードの2つの処理モードで動作させるとともに、主軸制御部25及び送り制御部24に対して、同期制御モードで動作させることができる。速度制御モードは、主軸モータを定められた回転速度で回転させるモードである。位置制御モードは、主軸モータをその軸線周りの定められた回転角度位置に位置決めするモードである。同期制御モードは、主軸モータの動作と、X軸送り装置、Y軸送り装置、及びZ軸送り装置の動作とを同期させるモードである。

40

【0051】

そして、主軸制御部25は、速度制御モードでは、プログラム解析部22から送信される主軸回転速度指令に応じて、主軸モータをその回転速度で回転させるための角度位置データを主軸駆動部15に出力する。主軸制御部25は、位置制御モードでは、プログラム解析部22から送信される角度位置指令に応じて、主軸モータをその軸線周りの指令された角度位置に位置決めするための角度位置データを主軸駆動部15に出力する。また、主軸制御部25は、同期制御モードでは、プログラム解析部22又は偏心切削制御部27から送信される同期指令に応じて、主軸モータの動作と、X軸送り装置、Y軸送り装置、及びZ軸送り装置の動作とを同期させる。

【0052】

50

偏心切削制御部 27 は、プログラム解析部 22 から偏心切削指令を受信して、制御部 23 に偏心切削に関する指令を送信し、制御部 23 と連携して駆動部 10 に偏心切削を実行させる。

【0053】

図 3 は、本実施形態に係る偏心切削の概要の一例を示す説明図である。図 4 は、本実施形態に係る NC プログラムの一例を示す説明図である。図 3 に示すように（図 1 も参照）、偏心体 Wb は、その軸心が、ワーク W の軸心（即ち、主軸 2 の軸心）から X 軸方向に距離 R（以下において、偏心量 R という）だけ偏心している。また、偏心体 Wb の X 軸のプラス側の軸を基準軸とした、主軸軸線を中心とした時計回りの方向の角度位置（位相）を C とする。角度位置 C は、ワーク W が主軸 2 に取り付けられたときの偏心体 Wb の角度位置、すなわち偏心体 Wb の造形位置を決めるための主軸 2 の割り出し位置を示している。また、加工処理の際に主軸 2 が回転することによって偏心体 Wb の位置も主軸軸線を中心に回転する。偏心体 Wb の主軸回転指令に対する、任意時刻での、X 軸のプラス側の軸を基準軸とした主軸軸線周りの回転角度を  $\theta$  とする。尚、以下では、偏心切削特有の NC コードについて主に説明する。

10

【0054】

図 4 において、コード「M45」は、位置制御モードへの移行指令であり、M45 に係る指令はプログラム解析部 22 から制御部 23 に送信され、この指令を受信して、主軸制御部 25 は位置制御モードに移行する。

【0055】

コード「G128」は、偏心切削制御に関するコードであり、「P」はその有効、無効を定義し、「P1」は偏心切削制御有効、「P0」は偏心切削制御無効を意味する。また、「R」は偏心量であり、「C」は偏心体 Wb の位相（偏心位相）である。そして、これらのコードがプログラム解析部 22 によって認識されると、偏心切削開始に係る指令及び偏心切削に係る情報が偏心切削制御部 27 に送信され、制御部 23 との連携の下で、後述する図 5 に示した処理が実行される。

20

【0056】

また、コード「G50」は、主軸モータの最高回転速度を制限する（即ち、クランプする）指令であり、コード「G96」は、周速を一定に制御する指令である。また、「S」は速度指令である。

30

【0057】

次に、偏心切削制御部 27 及び制御部 23 の連携の下で実行される偏心切削制御について、図 5 に基づいて詳しく説明する。図 5 は、本実施形態の偏心切削制御部及び制御部における処理の一例を示すフローチャートである。

【0058】

制御部 23 は、まず、プログラム解析部 22 から受信した偏心量 R に基づいて、当該偏心量 R（= 10 mm）を X 軸のオフセットに加算した偏心オフセットを算出し、この偏心オフセットに基づいて、以降の機械座標の制御を行う（ステップ S1）。

【0059】

次に、偏心切削制御部 27 は、プログラム解析部 22 から受信した偏心位相 C（= 90°）に係る指令を制御部 23 に送信して、主軸制御部 25 及び主軸駆動部 15 による制御の下で、主軸モータを偏心位相 C の角度（90°）だけ逆方向に回転させて、偏心体 Wb の中心位置が X 軸上に位置するように位置決めさせる（ステップ S2）。つまり、偏心位相 C の位置に、C 軸（この場合には主軸 2 の軸心周りの位置を位置決めする。これにより、偏心体 Wb の造形位置が決定される。尚、このとき、制御部 23 はプログラム解析部 22 からコード「M45」に係る位置制御モードの指令を受信しており、既に、主軸制御部 25 の処理モードを位置制御モードに移行させている。また、上記の例では、主軸モータを偏心位相 C の角度（90°）だけ逆方向に回転させているが、偏心位相の角度 C（90°） $\pm 360^\circ \times n$ （ただし n は 0 または自然数）だけ回転させてもよい。要するに、偏心体 Wb の中心が X 軸上に位置するように回転させればよい。ただし、n は小さい値であれ

40

50

ばあるほど、加工時間を短くすることができる。

【0060】

次に、偏心切削制御部27は、制御部23に同期制御モードに関する指令を送信して、主軸制御部25及び送り制御部24を同期制御モードに移行させる(ステップS3)。斯くして、以上のシーケンスを実行することにより、偏心切削制御状態となる。

【0061】

ついで、偏心切削制御部27は、プログラム解析部22から送信された速度指令Sおよび主軸オーバーライド等から主軸回転速度を算出するとともに、パラメータ記憶部26を参照して、偏心クランプ加速度から算出した回転速度、またはG50指令の回転速度を超過しないように主軸回転速度をクランプ(制限)する(ステップS4)。

10

【0062】

偏心切削制御では、工具TをX軸-Y軸平面内で、主軸回転速度Sに同期させて偏心量Rの偏心円弧運動を行わせる。この偏心円弧運動におけるX軸及びY軸の各指令位置X、Yは、主軸2の角速度を $\omega$ とし、時間をtとすると、それぞれ次式(7)及び次式(8)によって表される。尚、 $\theta$ は、主軸2の回転角度に対応する。

【0063】

$$X = R \cos(\theta) \cdots (7)$$

$$Y = R \sin(\theta) \cdots (8)$$

【0064】

そして、(7)式および(8)式において、等速円運動の最大加速度をAとすると、当該最大加速度Aは、次式(9)で表される。

20

【0065】

$$A = R \omega^2 = R (2\pi S)^2 \cdots (9)$$

【0066】

斯くして、この最大加速度Aを偏心クランプ加速度に設定することで、次式(10)によってクランプ主軸回転速度 $S_{clamp}$ を設定することができる。

【0067】

$$S_{clamp} = (1 / (2\pi)) \times (A / R)^{1/2} \cdots (10)$$

【0068】

次に、偏心切削制御部27は、ステップS4で設定したクランプ主軸回転速度 $S_{clamp}$ により制限された主軸回転速度から、X軸-Y軸平面内における偏心円弧移動量を算出する(ステップS5)。制御単位時間T当たりの主軸回転角度を $\theta$ とすると、X軸及びY軸の偏心円弧移動量 $X$ 、 $Y$ は次式(11)及び次式(12)によって算出される。尚、偏心クランプ加速度は、X軸送り装置及びY軸送り装置における負荷が許容負荷を超えない範囲で設定されるのが好ましい。このようにすれば、X軸送り装置及びY軸送り装置が損傷するのを未然に防止することができる。

30

【0069】

$$X = R \cos(\theta) \cdots (11)$$

$$Y = R \sin(\theta) \cdots (12)$$

【0070】

そして、偏心切削制御部27は、以上のようにして、制御単位時間T間隔で偏心円弧移動量 $X$ 、 $Y$ を算出し、算出した偏心円弧移動量 $X$ 、 $Y$ を制御部23に逐次送信する。

40

【0071】

そして、制御部23では、送り制御部24及び主軸制御部25による連携の下で、主軸モータをクランプ主軸回転速度 $S_{clamp}$ 以下で回転させるとともに、その回転角度位置に同期させて、偏心切削制御部27から送信される偏心円弧移動量 $X$ 、 $Y$ で工具Tが移動するように、X軸送り駆動部12及びY軸送り駆動部13を介して、X軸送り装置及びY軸送り装置を駆動する。尚、送り制御部24は、プログラム解析部22から送信されるX軸、Y軸方向の移動量に、これらの偏心円弧移動量 $X$ 、 $Y$ を加えることによってそ

50

の移動量を補正する。

【 0 0 7 2 】

また、X軸送り装置及びY軸送り装置を用いた円弧運動を制御する場合、位置ループゲインに起因した応答遅れによって内回りが発生し、実際の加工位置が指定した偏心量Rよりも小さくなるという現象が生じる。そこで、偏心切削制御部27は、パラメータ記憶部26に格納された偏心フィードフォワードゲインを、偏心円弧移動量 X, Yに適用して、内回りを抑制する。即ち、偏心切削制御部27は、制御部23と連携して、送り駆動部11に対してフィードフォワード制御を行う。

【 0 0 7 3 】

制御部23は、プログラム解析部22から通常の旋削指令を受信したかを判定する(ステップS6)。制御部23は、プログラム解析部22から通常の旋削指令を受信した場合(ステップS6でありの場合)、この指令に基づいた各送り装置についての移動量を算出する(ステップS7)。この旋削指令には、早送り指令または切削指令だけでなく、ねじ切りといった旋削指令も含まれる。

10

【 0 0 7 4 】

ここで、制御部23は、通常の旋削指令の移動量が、パラメータ記憶部26に格納された偏心クランプ速度を超過しないようにクランプする。偏心円弧移動量 X, Yは、NCプログラムの指令値とは別に常に補正されるため、通常の旋削指令との合成速度が早送りまたは切削送りのクランプ速度を超過するためである。従って、早送りまたは切削送りのクランプ速度から偏心クランプ速度を減算した速度から求めた移動量でクランプする(ステップS8)。つまり、偏心切削制御部27は、制御部23と連携して、送り駆動部11の送り速度と、円弧運動における角速度との合成速度を、予め定めた制限速度以下に制御するように構成される。尚、合成速度は、送り駆動部11における負荷が許容負荷を超えない範囲で設定されていることが好ましい。

20

【 0 0 7 5 】

次に、制御部23は、プログラム指令位置に対して偏心量Rと、偏心クランプ速度を考慮して求めた通常指令の移動量、及び偏心円弧移動量 X, Yとを加算して、駆動部10に位置指令として出力することで偏心体Wbの加工を実現する(ステップS9)。

【 0 0 7 6 】

即ち、図3に示すように、ワークWが右回りに回転速度Sで回転しているとして、その回転に同期して工具Tが右回りに偏心円弧運動し、これにより、偏心体Wbの外周面に工具Tが接触した状態が実現される。

30

【 0 0 7 7 】

斯くして、工具Tを、その刃先が偏心体Wbの端面からZ軸プラス方向に定められた距離だけ離れた位置、且つ、偏心体Wbの外周に対して、X軸方向に定められた切り込み深さで切り込んだ状態となる位置に位置決めした後、工具Tを、ワークWの回転に同期させ、半径Rで円弧運動させながら、Z軸方向に移動させることで、偏心体Wbの外周面が工具Tによって旋削される。

【 0 0 7 8 】

尚、制御部23での加減速処理は通常指令の移動量に対してのみ行う。これは、偏心円弧移動量 X, Yは主軸回転速度の加減速に同期しているからであり、内回りを抑制する観点からも加減速処理は不要である。

40

【 0 0 7 9 】

次に、偏心切削制御部27及び制御部23は、プログラム解析部22から偏心切削終了に係る指令を受信したかを判定する(ステップS10)。偏心切削制御部27及び制御部23は、プログラム解析部22から偏心切削終了に係る指令を受信すると(ステップS10でありの場合)、偏心切削制御部27は偏心円弧移動量 X, Yの算出を中止するとともに(ステップS11)、制御部23は同期制御モードを解除した後(ステップS12)、処理を終了する。ステップS12で、同期制御モードが解除されると、制御装置20は、少なくとも制御部23を介して、主軸駆動部15の動作と送り駆動部11の動作との

50

同期を伴わない旋削加工を実行する。

【0080】

一方、ステップS10において、偏心切削制御部27及び制御部23が、プログラム解析部22から偏心切削終了に係る指令を受信していない場合（ステップS10でなしの場合）には、偏心切削制御部27及び制御部23は、ステップS4からS9の処理を繰り返して実行する。

【0081】

また、ステップS6において、通常の旋削指令を受信していないと認識される場合（ステップS6でなしの場合）に、偏心切削制御部27及び制御部23は、プログラム解析部22から偏心切削制御に係る指令を受信したかを判定する（ステップS13）。再度、偏心切削制御に係る指令を受信した場合（ステップS13でありの場合）、制御部23は、まず、プログラム解析部22から新たに受信した偏心量Rに基づいて、偏心オフセットの変更を行うとともに（ステップS14）、前回の偏心位相と今回の偏心位相との位相差を算出した後（ステップS15）、ステップS4以降の処理を実行する。そして、ステップS4において、位相差を0とするように主軸モータの加減速処理を行うことで、一度の偏心切削制御で複数の偏心体Wbを任意の位置に造形でき、クランクピンなどの加工をより効率的に行うことができる。また、ステップS13において、偏心切削制御に係る指令を受信していないと認識された場合（ステップS13でなしの場合）も、ステップS4以降の処理を実行する。

【0082】

以上のように構成された本例の工作機械1によれば、ワークWをチャック3（主軸2）に保持させたときの偏心体Wbの偏心位相Cが、それぞれのワークWによって異なる場合でも、偏心体Wbの中心位置がX軸上に位置するように位置決めした後、加工を開始することができるので、従来の加工方法のように、ワークWを、その偏心体Wbの偏心位相Cが定められた基準位相となるように、チャック3（主軸2）に保持させる必要はなく、したがって、チャック3（主軸2）にワークWを保持させる際に、煩わしい調整作業を行うことなく、多様なワークWを加工することができる。

【0083】

また、工作機械1の駆動部10およびチャック3は、従来、一般的に汎用されている構造の物を採用することができる。

【0084】

尚、この実施形態において、図6に示すようなワークW<sub>1</sub>を加工することができる。図6は、本実施形態に係る他のワークの加工例を示す斜視図である。このワークW<sub>1</sub>は、基部Wa<sub>1</sub>からZ軸方向に突出する偏心体Wb<sub>1</sub>のZ軸方向における偏心量Rは一定であるが、半径rが突出方向で変化する態様である。図6に示した態様では、半径rが突出方向に増大している。半径rは、偏心体Wb<sub>1</sub>の中心位置からプログラムによって指令されるX軸の座標指令の距離である。したがって、通常の旋削指令によりX軸とZ軸の位置を指定することで、偏心量Rを基準として半径rが突出方向で変化する任意の形状を造形することができる。

【0085】

変形例1

次に、上述した実施形態の変形例1について説明する。図7は、本実施形態の変形例1に係る偏心切削の概要の一例を示す説明図である。この変形例1では、図7に示したワークW<sub>2</sub>を加工する。このワークW<sub>2</sub>は、円柱状をした基部Wa<sub>2</sub>と、その前端面からZ軸方向に突出し、且つ基部Wa<sub>2</sub>の軸線から径方向に偏心量Rだけ偏位した位置に形成された偏心体Wb<sub>2</sub>を備え、偏心体Wb<sub>2</sub>は、その軸線が基部Wa<sub>2</sub>の軸線側に傾いた（シフトした）形状を有している。

【0086】

図8は、変形例1に係るNCプログラムの一例を示す説明図である。図8では、ワークW<sub>2</sub>の偏心体Wb<sub>2</sub>を加工するNCプログラムの一例が示されている。図8に示すように、

この例では、図 4 に示した NC プログラムと比べて、シーケンス N 0 8 における指令が、「G 1 2 8 P 2 Z - 3 0 . K 1 0 . F 2 .」となっている点で異なっている。コード「G 1 2 8 P 2」は、偏心切削制御位相シフト指令であり、「Z」はリード軸の移動量（本例では Z 軸方向に 3 0 mm ）、 「K」は偏心量の径方向への変化量（本例では 1 0 mm ）、 「F」は同期送り速度（本例では 2 mm / 回転）を定義している。尚、偏心量の径方向への変化量、即ち偏心変化量「K」は偏心の偏心量増減値である。

【 0 0 8 7 】

この NC プログラムでは、偏心切削制御部 2 7 及び制御部 2 3 の連携の下、図 9 に示した処理が実行される。図 9 は、変形例 1 の偏心切削制御部及び制御部における処理の一例を示すフローチャートである。尚、図 9 に示した処理は、図 5 に示した処理のステップ S 1 3 に続いて、ステップ S 1 6 及び S 1 7 の処理を実行するもので、他の処理は、図 5 に示した処理と同じである。したがって、以下では、ステップ S 1 6 及び S 1 7 の処理についてのみ説明し、他の処理については、その説明を省略する。

10

【 0 0 8 8 】

ステップ S 1 3 において、偏心切削制御に係る指令を受信していないと認識された場合（ステップ S 1 3 でなしの場合）、制御部 2 3 は、プログラム解析部 2 2 から、偏心切削制御位相シフト指令及びこれに関する情報を受信しているかを判定する（ステップ S 1 6 ）。プログラム解析部 2 2 から、偏心切削制御位相シフト指令及びこれに関する情報を受信していることが認識されない場合（ステップ S 1 6 でなしの場合）、ステップ S 4 以降の処理を実行する。

20

【 0 0 8 9 】

また、プログラム解析部 2 2 から、偏心切削制御位相シフト指令及びこれに関する情報を受信していることが認識されると（ステップ S 1 6 でありの場合）、偏心切削制御部 2 7 は、シフト制御下における偏心円弧移動量を算出して、制御部 2 3 に送信する（ステップ S 1 7 ）。具体的には、偏心切削制御部 2 7 は、偏心円弧動作増減値を算出し、ステップ S 5 で算出した偏心円弧移動量に偏心円弧動作増減値を加算した最終的な偏心円弧移動量を算出し、制御部 2 3 に送信する。

【 0 0 9 0 】

そして、偏心円弧移動量  $X$  ,  $Y$  は、リード軸の移動量  $Z$  、 偏心変化量  $K$  及び同期送り速度  $F$  から、以下のようにして算出される。

30

【 0 0 9 1 】

まず、偏心量  $R$  の単位時間当たりの変化量  $\dot{R}$  は次式 ( 1 3 ) によって表される。ただし、 $Z$  は、制御単位時間  $T$  当たりのリード軸の移動量であり、同期送り速度  $F$  から算出される。

【 0 0 9 2 】

【数 3】

$$\Delta R = K \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \quad \cdots (13)$$

40

【 0 0 9 3 】

これによって、( 1 1 ) 式及び ( 1 2 ) 式で使用される偏心量  $R$  は、次式 ( 1 4 ) で示されるように、Z 軸方向における偏心変化量  $K$  を考慮した偏心量  $R$  となる。

【 0 0 9 4 】

【数 4】

$$R = R + \Delta R$$

$$= R + K \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \quad \cdots (14)$$

50

【0095】

したがって、偏心円弧移動量  $X$  ,  $Y$  は、(1.1)式及び(1.2)式ではなく、次式(1.5)及び次式(1.6)によって算出することができる。

【0096】

$$X = (R + R) \cos(\quad) \cdots (1.5)$$

$$Y = (R + R) \sin(\quad) \cdots (1.6)$$

【0097】

偏心切削制御部27は、制御部23と連携し、(1.4)式で示される偏心量  $R$  を用いて工具  $T$  を相対移動させる。斯くして、この変形例1によれば、図7に示すようなワーク  $W_2$  の偏心体  $W_{b2}$  を加工することができる。

10

【0098】

変形例2

次に変形例2について説明する。この変形例2では、図10に示したワーク  $W_3$  を加工する。図10は、本実施形態の変形例2に係る偏心切削の概要の一例を示す説明図である。このワーク  $W_3$  は、円柱状をした基部  $W_{a3}$  と、その前端面から  $Z$  軸方向に突出し、且つ基部  $W_{a3}$  の軸線から径方向に偏心量  $R$  だけ偏位した位置に形成された偏心体  $W_{b3}$  を備え、偏心体  $W_{b3}$  は、その軸線が  $Z$  軸方向に沿って螺旋状にねじれた形状、即ち、偏心位相が  $Z$  軸方向で増減する形状を有している。このワーク  $W_3$  は、回転容積式一軸偏心ネジポンプに用いられる部品である。

【0099】

20

図11は、変形例2に係るNCプログラムの一例を示す説明図である。図10のワーク  $W_3$  の偏心体  $W_{b3}$  を加工するNCプログラムの一例が図11に示されている。図11に示すように、この例では、図4に示したNCプログラムと比べて、シーケンスN08における指令が、「G128 P2 Z-90 Q1080 F2 .」となっている点で異なっている。コード「G128 P2」は、偏心切削制御位相シフト指令であり、「Z」はリード軸の移動量(本例では  $Z$  軸方向に  $90\text{ mm}$ )、「Q」は偏心位相の変化量(本例では  $1080^\circ$  (3ピッチ分))、「F」は同期送り速度(本例では  $2\text{ mm/回転}$ )を定義している。尚、偏心位相の変化量「Q」は偏心の位相増減値である。

【0100】

このNCプログラムでは、偏心切削制御部27及び制御部23の連携の下、図9に示したステップS17の処理において、偏心切削制御部27により、シフト制御下における偏心円弧移動量が算出され、制御部23に送信される。

30

【0101】

即ち、偏心円弧移動量  $X$  ,  $Y$  は、リード軸の移動量  $LengZ$ 、偏心位相変化量  $Q$  及び同期送り速度  $F$  から、以下のようにして算出される。

【0102】

まず、制御単位時間  $T$  当たりの位相変化値は次式(1.7)によって表される。尚、 $Z$  は、制御単位時間  $T$  当たりのリード軸の移動量であり、同期送り速度  $F$  から算出される。

【0103】

40

【数5】

$$\Delta\phi = Q \times \frac{\Delta Z}{LengZ} \cdots (17)$$

【0104】

そして、(1.1)式および(1.2)式における偏心体  $W_{b3}$  の位相は、次式(1.8)に示されるように、制御単位時間  $T$  当たりの主軸回転角度と、単位時間当たりの位相変化値との和となるため、偏心円弧移動量  $X$  ,  $Y$  は、次式(1.8)及び次式(1.9)によって算出され、制御部23に送信される。

50

## 【 0 1 0 5 】

$$X = R \cos \left( \quad + \quad \right) \cdots (18)$$

$$Y = R \sin \left( \quad + \quad \right) \cdots (19)$$

## 【 0 1 0 6 】

尚、主軸回転速度指令  $S$  に対する、任意時刻での、 $X$  軸上からの角度は であり、主軸回転速度指令  $S$  に対する、制御単位時間  $T$  当たりの主軸回転角度は である。制御単位時間  $T$  当たりの  $X$   $Y$  の移動量は、( 1 1 ) 式及び( 1 2 ) 式で表される。単位時間当たりの位相変化値 は、( 1 7 ) 式で表され、単位時間当たりの位相変化値 を加えた移動量は、( 1 8 ) 式及び( 1 9 ) 式で表される。以上より、( 1 ) 式及び( 2 ) 式で表された偏心円弧運動における  $X$  軸及び  $Y$  軸の各指令位置  $X$  ,  $Y$  は、次式( 2 0 ) 及び次式( 2 1 ) で表される。

10

## 【 0 1 0 7 】

## 【数 6】

$$X = R \cos \theta = R \cos(\theta + \phi) = R \cos \left( \theta + Q \times \frac{Z}{\text{Leng}Z} \right) \cdots (20)$$

## 【数 7】

$$Y = R \sin \theta = R \sin(\theta + \phi) = R \sin \left( \theta + Q \times \frac{Z}{\text{Leng}Z} \right) \cdots (21)$$

20

## 【 0 1 0 8 】

斯くして、この変形例 2 によれば、図 1 0 に示すようなワーク  $W_3$  の偏心体  $W_{b3}$  を加工することができる。

## 【 0 1 0 9 】

以上のように、偏心切削制御の指令時に決定した偏心条件だけでなく、 $Z$  軸方向の移動と同期して偏心条件を変更することで、図 6、図 7 及び図 1 0 に示すようなワーク  $W_1$ 、 $W_2$  及び  $W_3$  の加工を容易に実現することができる。このような偏心条件の変更は、制御上、偏心切削制御指令に加え、偏心切削制御シフト指令を指令することで実現することができる。

30

## 【 0 1 1 0 】

以上、本開示の具体的な実施形態について説明したが、本開示が採り得る態様は、何ら上例のものに限定されるものではない。

## 【 0 1 1 1 】

また、上例では、偏心切削に関する情報の一部を NC コードとしたが、これに限られるものではなく、パラメータとして設定して、パラメータ記憶部 2 6 に格納する態様としてもよい。

## 【 0 1 1 2 】

また、上例では、NC プログラム中に指令されたコード「M 4 5」により位置制御モードに移行させるようにしたが、制御部 2 3 が自律的に位置制御モードに切換えて、位置決めを行うようにしてもよい。

40

## 【 0 1 1 3 】

繰返しになるが、上述の実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではない。当業者にとって変形および変更が適宜可能である。一例では、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。本開示の範囲は、上述の実施形態ではなく、請求の範囲によって示される。さらに、本開示の範囲には、請求の範囲内と均等の範囲内での実施形態からの変更が含まれる。

## 【符号の説明】

50

【 0 1 1 4 】

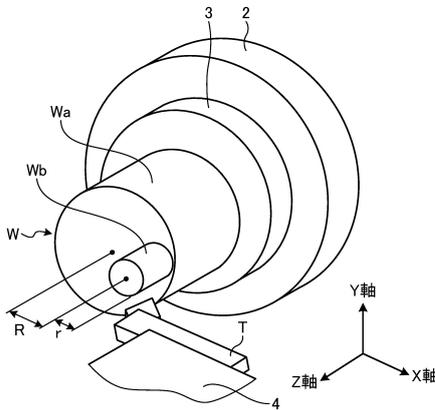
1 工作機械、2 主軸、3 チャック、4 刃物台、10 駆動部、11 送り駆動部、  
 12 X軸送り駆動部、13 Y軸送り駆動部、14 Z軸送り駆動部、15 主軸駆動部  
 、20 制御装置、21 NCプログラム記憶部、22 プログラム解析部、23 制御部  
 、24 送り制御部、25 主軸制御部、26 パラメータ記憶部、27 偏心切削制御部  
 、30 入出力装置。

【要約】

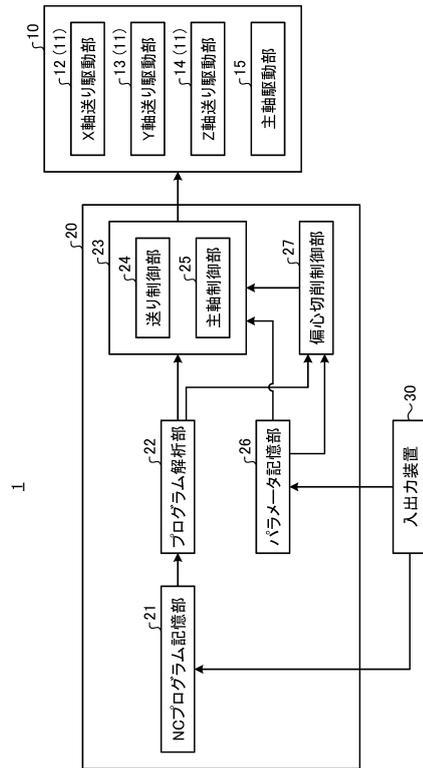
制御装置(20)は、偏心体を加工するための偏心切削制御部(27)を備える。偏心  
 切削制御部(27)は、制御部(23)と連携して、主軸を回転させて、偏心体の中心位  
 置がX軸上に位置するように位置決めした後、ワークの基部の中心から偏心体の中心まで  
 の距離である偏心量をRとし、偏心体の中心のX軸を基準とした主軸軸線周りの回転角度  
 をとして、主軸の回転に同期させて、X軸方向の位置 $X = R \cos$ 、及びY軸方向の  
 位置 $Y = R \sin$  とする円弧軌跡を描くように、工具を相対移動させながら、Z軸方向  
 に相対移動させる。

【図面】

【図1】



【図2】



10

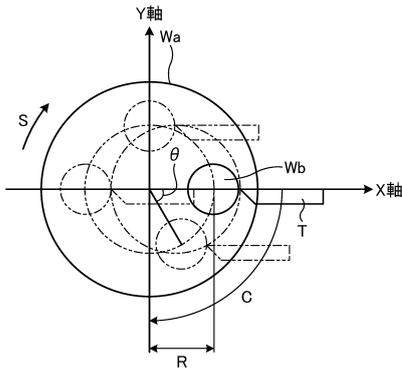
20

30

40

50

【 図 3 】

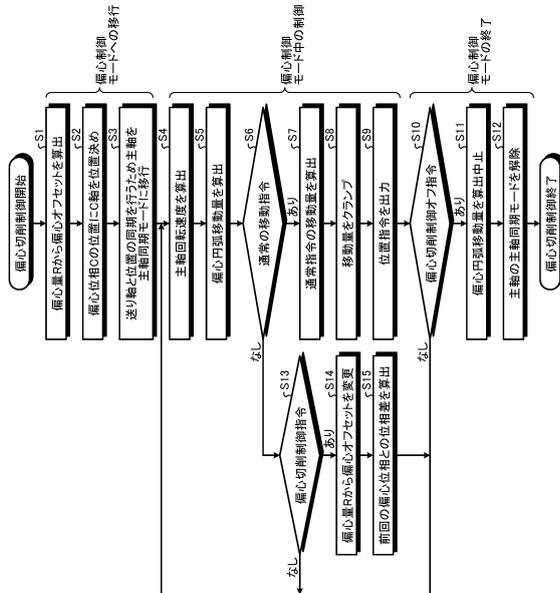


【 図 4 】

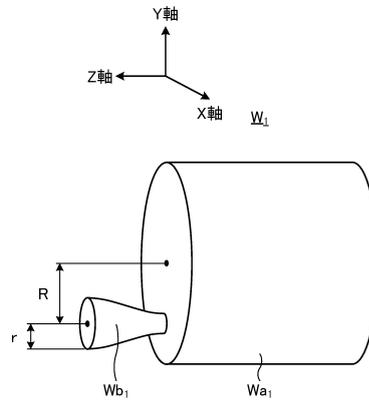
N01 G54 T0101; ...C軸 (位置制御モード)オン  
 N02 M45; ...C軸 (位置制御モード)オン  
 N03 G0 X60. Z5; ...偏心切削制御オン (偏心量10mm、偏心位相90度)  
 N04 G128 P1 R10. C90; ...主軸回転速度クランプ指令  
 N05 G50 S400; ...周速一定制御と主軸正転指令  
 N06 G96 S100 M3; ...主軸停止指令  
 N07 G0 X20. Z2; ...偏心切削制御指令オフ  
 N08 G1 Z-30. F2; ...主軸停止指令  
 N09 G0 X60. Z20; ...偏心切削制御指令オフ  
 N10 M5; ...主軸停止指令  
 N11 G128 P0; ...偏心切削制御指令オフ  
 M30

10

【 図 5 】



【 図 6 】



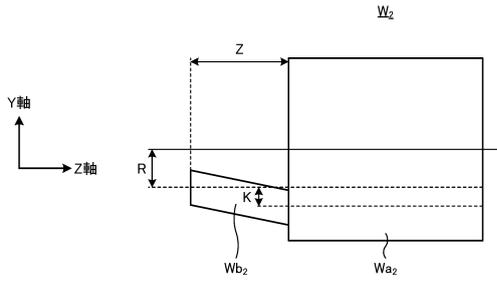
20

30

40

50

【 図 7 】

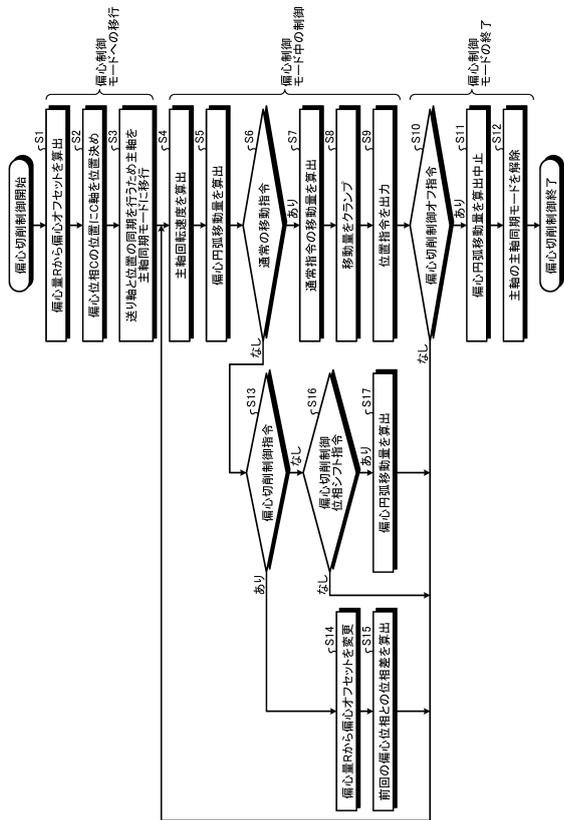


【 図 8 】

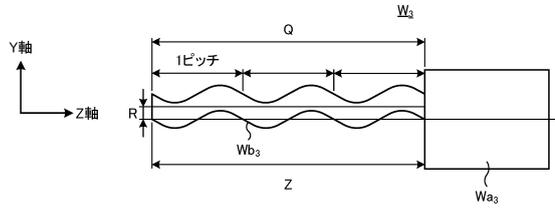
- N01 G54 T0101; ...C軸 (位置制御モード)オン
- N02 M45; ...主軸 (位置制御モード)オン
- N03 G0 X60. Z5.; ...主軸回転速度クランプ指令
- N04 G128 P1 R10. C90.; ...偏心切削制御オン (偏心量10mm、偏心位相90度)
- N05 G50 S400; ...周速一定制御と主軸正転指令
- N06 G96 S100 M3; ...周速一定制御と主軸正転指令
- N07 G0 X20. Z2.; ...偏心切削制御位相シフト指令 (リード軸移動量30mm、偏心量変化量10mm)
- N08 G128 P2 Z-30. K10. F2.; ...偏心切削制御位相シフト指令 (リード軸移動量30mm、偏心量変化量10mm)
- N09 G0 X60. Z20. ...主軸停止指令
- N10 M5; ...主軸停止指令
- N11 G128 P0; ...偏心切削制御オフ
- M30

10

【 図 9 】



【 図 10 】



20

30

40

50

【 図 1 1 】

N01 G54 T0101; ...C軸 (位置制御モード)オン  
N02 M45;  
N03 G0 X15. Z5.; ...偏心切削制御オン (偏心量5mm、偏心位相90度)  
N04 G128 P1 R5. C90.; ...主軸回転速度クランプ指令  
N05 G50 S400; ...周速一定制御と主軸正転指令  
N06 G96 S100 M3;  
N07 G0 X20. Z2.; ...偏心切削制御位相シフト指令  
N08 G128 P2 Z-90. Q1080. F2.; (リード軸移動量90mm、偏心位相変化量1080度.3ピッチ)  
N09 G0 X60. Z20.  
N10 M5; ...主軸停止指令  
N11 G128 P0; ...偏心切削制御オフ  
M30

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 DMG森精機株式会社内  
(72)発明者 飯山 浩司
- 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 DMG森精機株式会社内  
(72)発明者 小川 哲男
- 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 DMG森精機株式会社内  
(72)発明者 多田 敦史
- 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 DMG森精機株式会社内  
(72)発明者 中東 恒人
- 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 DMG森精機株式会社内  
審査官 亀田 貴志
- (56)参考文献 特開2003-266202(JP,A)  
特開平05-305501(JP,A)  
特開平05-185303(JP,A)  
特開2017-209779(JP,A)  
米国特許第04375670(US,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B23B 5/18  
B23B 1/00  
B23G 1/00 - 11/00