

(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2014-4672

(P2014-4672A)

(43) 公開日 平成26年1月16日(2014.1.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 4 B 49/16 (2006.01)</b>	B 2 4 B 49/16	3 C 0 3 4
<b>B 2 4 B 49/04 (2006.01)</b>	B 2 4 B 49/04	Z 3 C 0 4 3
<b>B 2 4 B 49/10 (2006.01)</b>	B 2 4 B 49/10	
<b>B 2 4 B 7/04 (2006.01)</b>	B 2 4 B 7/04	A

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-143923 (P2012-143923)  
 (22) 出願日 平成24年6月27日 (2012. 6. 27)

(71) 出願人 000152675  
 コマツNTC株式会社  
 富山県南砺市福野100番地  
 (74) 代理人 110000279  
 特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所  
 (72) 発明者 杓子 徹夫  
 石川県小松市符津町ツ23 コマツNTC  
 株式会社粟津工場内  
 Fターム(参考) 3C034 AA08 BB37 CA12 CA18 CB01  
 CB08 DD07  
 3C043 BA03 BA12 BA15 CC04 DD03  
 EE00

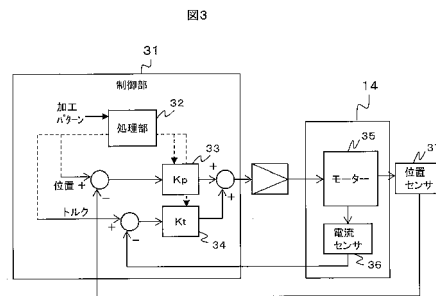
(54) 【発明の名称】 研削加工装置およびその制御方法

(57) 【要約】

【課題】機構内に弾性変形が生じるような加工力を要する場合にもワークピースを高精度で研削することを可能にする技術を提供する。

【解決手段】送り手段は、砥石とワークピースのいずれか一方または両方を送り方向に可動に支持し、研削加工時にワークピースと砥石を接近、接触、および離間させる。加工力検出手段は、送り手段により砥石がワークピースに押し当てられる力である加工力を検出する。位置検出手段は、ワークピースの取り付け位置に対する砥石の送り方向における位置である砥石位置を検出する。制御手段は、位置検出手段で検出される砥石位置を所望位置に制御する位置決め制御の制御量と、加工力検出手段で検出される加工力を所望加工力に制御する加工力制御の制御量とを所定の比率で合成して実行する。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

砥石とワークピースを相対的に回転させながら接触させることにより前記ワークピースの被研削面を平面に研削する研削加工装置であって、

前記砥石と前記ワークピースのいずれか一方または両方を送り方向に可動に支持し、前記ワークピースと前記砥石を接近、接触、および離間させる送り手段と、

前記送り手段により前記砥石が前記ワークピースに押し当てられる力である加工力を検出する加工力検出手段と、

前記ワークピースの取り付け位置に対する前記砥石の前記送り方向における位置である砥石位置を検出する位置検出手段と、

前記位置検出手段で検出される前記砥石位置を所望位置に制御する位置決め制御の制御量と、前記加工力検出手段で検出される前記加工力を所望加工力に制御する加工力制御の制御量とを所定の比率で合成して実行する制御手段と、を有する研削加工装置。

**【請求項 2】**

前記制御手段は、前記研削加工時における砥石位置と加工速度との関係を示す加工パターンを予め設定しておき、前記加工パターンに従って前記送り手段を制御するとき、前記加工パターンに従った研削加工の進行に合わせて前記位置決め制御の制御量と前記加工力制御の制御量の比率を変化させる、請求項 1 に記載の研削加工装置。

**【請求項 3】**

前記加工パターンは、所定の第 1 加工速度で研削を行う第 1 工程と、前記第 1 加工速度よりも遅い第 2 加工速度で研削を行う第 2 工程とを含み、

前記制御手段は、前記第 2 工程では、前記第 1 工程と比べて、前記位置決め制御の比率を高く、前記加工力制御の比率を低く設定する、請求項 2 に記載の研削加工装置。

**【請求項 4】**

前記制御手段は、前記加工力検出手段で検出される前記加工力と前記所望加工力の差と、前記位置検出手段で検出される前記砥石位置と前記所望位置の差とを合成してフィードバックするフィードバック制御を行うものであり、前記加工力のフィードバックゲインと前記砥石位置のフィードバックゲインとの両方または一方を変化させることにより、前記位置決め制御と前記加工力制御の比率を変化させる、請求項 2 に記載の研削加工装置。

**【請求項 5】**

前記制御手段は、前記加工力を一定の前記所望加工力に制御する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

**【請求項 6】**

前記加工力が前記所望加工力であるときに、前記砥石の研削面と前記ワークピースの被研削面とが平行となるように、前記砥石と前記ワークピースとの相対的な角度関係を調整する調整手段を更に有する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

**【請求項 7】**

前記加工力検出手段は、前記ワークピースを回転させる回転軸の部材または前記砥石を回転させる回転軸の部材に作用する力を前記加工力として計測する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

**【請求項 8】**

前記加工力検出手段は、前記ワークピースを回転させる回転軸の部材を支える構造物または前記砥石を回転させる回転軸の部材を支える構造物に加わる力を計測し、計測値に基づいて間接的に前記加工力を判断する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

**【請求項 9】**

前記加工力検出手段は、前記ワークピースを回転させる回転軸の部材を支える構造物または前記砥石を回転させる回転軸の部材の所定部分の変位を計測し、計測値に基づいて間接的に前記加工力を判断する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

**【請求項 10】**

10

20

30

40

50

前記送り手段は、前記ワークピースまたは前記砥石をボールねじで前記送り方向に移動させる送り機構を有し、

前記加工力検出手段は、前記送り機構のボールねじを駆動するトルクを計測し、計測値に基づいて間接的に前記加工力を判断する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

【請求項 1 1】

入力された電流で駆動されて前記砥石を回転させる砥石回転機構と、入力された電流で駆動されて前記ワークピースを回転させるワーク回転機構とを更に有し、

前記加工力検出手段は、前記砥石回転機構と前記ワーク回転機構の両方または一方における前記電流と回転数とに基づいて前記加工力を算出する、請求項 1 に記載の研削加工装置。

10

【請求項 1 2】

砥石とワークピースのいずれか一方または両方を送り方向に可動に支持し、前記ワークピースと前記砥石を接近、接触、および離間させる送り手段を有し、前記砥石と前記ワークピースを相対的に回転させながら接触させることにより前記ワークピースの被研削面を平面に研削する研削加工装置の制御方法であって、

前記送り手段により前記砥石が前記ワークピースに押し当てられる力である加工力を検出し、

前記ワークピースの取り付け位置に対する前記砥石の前記送り方向における位置である砥石位置を検出し、

検出される前記砥石位置を所望位置に制御する位置決め制御の制御量と、検出される前記加工力を所望加工力に制御する加工力制御の制御量とを所定の比率で合成して実行する、研削加工装置の制御方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、砥石によってワークを研削する研削加工装置の制御に関する。

【背景技術】

【0002】

ワークピース（被加工物）の表面を砥石によって平面に研削する研削加工装置がある。この種の研削加工装置は、ワークピースの被研削面と砥石の研削面が平行になるようにワークピースの回転中心線と砥石の回転中心線を平行にし、それぞれ回転させながら送り機構によってワークピースと砥石を接触させることにより、ワークピースの被研削面を平面に研削する。

30

例えば、特許文献 1 に記載の研削加工装置では、ワークピースの回転中心軸を調整するための機構と、砥石の回転中心軸を調整するための機構とを設け、ワークピースの被研削面と砥石の研削面の平行度を高精度に調整できるようにし、高精度の研削を可能にしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0003】

【特許文献 1】特許第 3 9 7 8 0 0 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、サファイヤのように大きな加工力で砥石を押し当てなければ研削できない場合がある。このような場合、砥石をワークピースに押し当てると、ワーク可動機構や砥石可動機構など研削加工装置の機構が弾性変形することにより、十分な加工力を得られない状態になる。そのため、位置制御によってワークピースの厚さを所望の厚さまで研削しようとするとき、送りは進んでいるが、その送り距離の大部分は弾性変形に費やされ、

50

加工力が不十分で、研削が進行しなくなる可能性があった。

【0005】

また、弾性変形により、ワークピースの被研削面と砥石の研削面が平行でなくなったり、砥石の研削面とワークピースの被研削面が接触面内方向に互いにずれたりするとワークピースの中心部と外縁部とで不均衡が生じ、GBIR (Global Back Ideal Range) 等で評価されるワークピースの表面形状の平坦性が損なわれる。このような弾性変形をも想定し、ワーク可動機構や砥石可動機構を有し調整可能としているが、加工力が変化することによる弾性変形量の変化は、加工毎にGBIRの値を変化させる要因となる。

【0006】

本発明の目的は、研削加工装置の機構内に弾性変形が生じるような加工力を要する場合にもワークピースを高精度で研削することを可能にする技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様による研削加工装置は、砥石とワークピースを相対的に回転させながら接触させることにより前記ワークピースの被研削面を平面に研削する研削加工装置であって、前記砥石と前記ワークピースのいずれか一方または両方を送り方向に可動に支持し、前記ワークピースと前記砥石を接近、接触、および離間させる送り手段と、前記送り手段により前記砥石が前記ワークピースに押し当てられる力である加工力を検出する加工力検出手段と、前記ワークピースの取り付け位置に対する前記砥石の前記送り方向における位置である砥石位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段で検出される前記砥石位置を所望位置に制御する位置決め制御の制御量と、前記加工力検出手段で検出される前記加工力を所望加工力に制御する加工力制御の制御量とを所定の比率で合成して実行する制御手段と、を有している。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、機構内に弾性変形が生じるような加工力を要する場合にも、位置決め制御と加工力制御を適切に制御することにより、ワークを高精度で研削することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態による研削加工装置の概略の研削構成を示す図である。

【図2】砥石11とワークピース12の関係を説明するための図である。

【図3】研削加工装置の制御に関する構成を示すブロック図である。

【図4】本実施形態における研削加工の加工パターンについて説明するための図である。

【図5】研削加工時の砥石11とワークピース12との相対位置関係について説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0011】

図1は、本実施形態による研削加工装置の概略の研削構成を示す図である。本実施形態の研削加工装置は、一例として、ワークピースを固定しておき、砥石をそのワークピースの方向に移動させ、接触させることにより、ワークピースの被加工面を研削する装置である。

【0012】

図1を参照すると、研削加工装置は、研削加工装置の研削構成の共通的な土台をなすベッド18上に砥石送り機構14とワーク支持機構17が配設されている。

【0013】

砥石送り機構14は、ベッド18に固定された固定部14aと、固定部14aに対して

10

20

30

40

50

送り方向 100 に往復移動が可能な可動部 14 b とを含んでいる。送り方向は、砥石 11 とワークピース 12 とを接近、接触、離間させる方向であり、図中では横方向（水平方向）である。

【0014】

砥石送り機構 14 の可動部 14 b には砥石回転機構 15 が取り付けられている。可動部 14 b が送り方向 100 に移動すると、それと共に砥石回転機構 15 も送り方向 100 に移動する。これにより、研削加工時に、ワークピース 12 と砥石 11 とが接近、接触、および離間する。砥石回転機構 15 はモータ駆動により回転する回転軸の先端に砥石 11 が取り付けられており、モータの回転により砥石 11 を回転させる。

【0015】

ワーク支持機構 17 はベッド 18 に対して固定され、ワーク支持機構 17 にはワーク回転機構 16 が取付けられている。ワーク回転機構 16 はモータ駆動により回転する回転軸の先端にチャック 13 を有している。ワークピース 12 は、そのチャック 13 のワーク取付面に取り付け、また取り外すことができる。すなわち、チャック 13 は真空ポンプによる負圧でワーク取付面にワークピース 12 を吸着し、またその吸着を解除することができる。

【0016】

上述の構成による研削加工装置において、砥石回転機構 15 が砥石 11 を回転させ、ワーク回転機構 16 がワークピース 12 を回転させている状態で、砥石送り機構 14 が砥石 11 を送り方向 100 においてワークピース 12 に接近するように移動させ、接触させることにより、ワークピース 12 が砥石 11 で研削される。

【0017】

図 2 は、砥石 11 とワークピース 12 の関係を説明するための図である。

【0018】

砥石回転機構 15 に取り付けられた砥石 11 と、チャック 13 に取り付けられたワークピース 12 は互いの回転軸がずれた状態で平行に向き合っている。砥石 11 の外縁がワークピース 12 の中心（回転軸）21 と略一致するように位置決めされている。研削加工時には、砥石 11 とワークピース 12 は互いに逆方向に回転しながら、所望の加工力で押しつけられるように接触する。ここでいう加工力は、砥石 11 がワークピース 12 に押しあてられる力のことである。

【0019】

図 3 は、研削加工装置の制御に関する構成を示すブロック図である。図 3 を参照すると、研削加工装置は、電流センサ 36、位置センサ 37、および制御部 31 を有している。

【0020】

電流センサ 36 は、砥石送り機構 14 内にあり、砥石送り機構 14 のモータ 35 に流れる電流を検知し、その値を制御部 31 に通知する。モータ 35 を流れる電流の値は、ワークピース 12 に砥石 11 が押しつけられる加工力と等価である。本実施形態では、一例として、ワークピース 12 に砥石 11 が押しつけられる加工力として、モータ 35 を流れる電流の値を用いている。

【0021】

位置センサ 37 は複数の位置センサ群からなり、例えば砥石 11 の研削面の位置（砥石位置）とチャック 13 のワーク取付面の位置を検知し、それらを制御部 31 に通知する。あるいは、位置センサ 37 は、砥石 11 の研削面の位置とチャック 13 のワーク取付面の位置との差分をワークピース 12 の厚さとして制御部 31 に通知する。すなわち、ワークピース 12 の取り付け位置に対する砥石 11 の研削面の位置の情報が制御部 31 に通知される。研削加工中であればワークピース 12 の被研削面の位置と砥石 11 の研削面の位置とは略一致しており、等価である。ワークピース 12 の取り付け位置は、ワークピース 12 が研削されることにより変化しないワークピース 12 の所定の位置、またはワークピース 12 を保持するチャック 13 の所定の位置である。例えば、チャック 13 のワーク取付面の位置をワークピース 12 の取り付け位置とすることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 2 】

制御部 3 1 は、位置センサ 3 7 から通知された砥石 1 1 の研削面の位置を所望位置に制御する位置決め制御の制御量と、電流センサ 3 6 で検出される電流値で示された加工力を所望加工力に制御する加工力制御の制御量とを所定の比率（以下「制御比」という）で合成して実行する。具体的には、電流センサ 3 6 で検出される電流（加工力に相当）と所望加工力の差と、位置センサ 3 7 で検出される位置と所望位置の差とを合成してフィードバックするフィードバック制御を行うものである。電流センサ 3 6 で検出される電流と所望加工力の差、および位置センサ 3 7 で検出される位置と所望位置の差とがここでいう制御量である。ゲイン設定部 3 3 における位置決め制御のフィードバックゲインと、ゲイン設定部 3 4 における加工力制御のフィードバックゲインの両方または一方を変化させ、適切に設定することにより、制御比を設定することができる。

10

## 【 0 0 2 3 】

上述のように、ワークピース 1 2 がサファイヤのような材料である場合、大きな加工力で砥石 1 1 を押し当てなければ研削できない。大きな加工力で砥石 1 1 をワークピース 1 2 に押し当てると、ワーク支持機構 1 7 や砥石送り機構 1 4 など研削加工装置の機構が弾性変形する。しかしながら、本実施形態では、位置決め制御と加工力制御とを併用し、かつそれらの制御比を適切な値に設定することができる。そのため、機構に弾性変形が生じるといった加工力を要する場合にも、位置決め制御と加工力制御を適切に制御することにより、研削が進まなくなったり、研削し過ぎたりするのを抑制し、ワークピース 1 2 を高精度で研削することが可能である。

20

## 【 0 0 2 4 】

図 4 は、本実施形態における研削加工の加工パターンについて説明するための図である。加工パターンは、砥石 1 1 の位置と加工速度との関係を示す情報であり、予め設定されている。図 4 を参照すると、時間の経過と共に進行するワークピース 1 2 の厚さ（破線）と、砥石送り機構 1 4 における機械位置と（実線）が示されている。機械位置は、砥石 1 1 の移動分に加えて、機構の弾性変形分も移動が生じる部位の位置である。例えば、砥石送り機構 1 4 の固定部 1 4 a に可動部 1 4 b を駆動する駆動機構があるとすれば、その駆動機構の移動量には、可動部 1 4 b、砥石回転機構 1 5、砥石 1 1 などの弾性変形分が含まれている。

30

## 【 0 0 2 5 】

図 4 の加工パターンでは、研削加工の前半では、荒加工（第 1 工程）として、単位時間当たりの進行距離すなわち加工速度が速い加工で効率良く研削を進め、後半では、仕上げ加工（第 2 工程）として、加工速度を遅そめて位置決め精度および研削面の平面の精度を高めている。

## 【 0 0 2 6 】

本実施形態では制御部 3 1 は、研削加工時におけるワークピース 1 2 に対する砥石 1 1 の位置と加工速度との関係を示す例えば図 4 のような加工パターンを予め設定しておいても良い。その場合、制御部 3 1 は、加工パターンに従って砥石送り機構 1 4 を制御するとき、その加工パターンに従った研削加工の工程の進行に合わせて位置決め制御と加工力制御の比率を変化させてもよい。加工パターンに従って、研削加工の各段階によって加工速度を変化させる場合にも、各工程における加工を所望の精度で行うことが可能となる。

40

## 【 0 0 2 7 】

例えば、加工パターンが与えられた処理部 3 2 が時間の経過に応じて所望位置と所望加工力（図 3 では一例としてトルク）を設定すると共に、その加工パターンの進行に伴って、ゲイン設定部 3 3、3 4 に適切なフィードバックゲインを設定することにすればよい。

## 【 0 0 2 8 】

例えば、荒加工時にはウェハの基本的な形状の加工（G B I R に影響する加工）が行われるため、加工力制御を行い、できるだけ加工力を一定に保つようにする。仕上げ加工時には、表面の性状（粗さ）を低減するために送り速度を優先し、遅い送り速度で、加工を行うようにする。このように、研削加工の各段階に適した加工を行い、効率や精度を高め

50

ることができる。

【0029】

図5は、研削加工時の砥石11とワークピース12との相対位置関係について説明するための図である。ワークピース12の被研削面の平面度、特にGBIRは研削加工時の砥石11とワークピース12の相対的な位置関係に影響を受ける。

【0030】

砥石11の研削面とワークピース12の被研削面とが平行でないと、ワークピース12の被研削面において中央付近と外縁付近とで厚さに違いが生じてしまう。特に、所定の加工力を加えてワークピース12を研削しているときには研削加工装置の機構に弾性変形が生じているので、加工力が加わっていないときは、砥石11とワークピース12との相対位置関係、特に相対的な角度が異なっていることがあり得る。

10

【0031】

そこで、本実施形態では、図5に示しように、研削加工時の所定の加工力が加わった状態において、砥石11の研削面とワークピース12の被研削面とが平行となるように、砥石11とワークピース12との相対的な角度関係を予め調整しておくことにする。調整された加工力において、砥石11をワークピース12に適切な相対的な角度関係で接触させることができ、高精度の加工が可能となる。実際の装置は調整機構としては様々な箇所での調整が可能ないように構成されている。例えば、ベッド18上に配置された砥石送り機構14にある調整機構により、砥石回転機構15の回転軸の角度を調整しても良く、砥石回転機構15にある調整機構によりその回転軸の角度を調整しても良い。また、ワーク支持機構17にある調整機構によりワーク回転機構16の回転軸の角度を調整しても良く、ワーク回転機構16にある調整機構により、その回転軸の角度を調整しても良い。更には、砥石回転機構15の回転軸の角度と、ワーク回転機構16の回転軸の角度の両方を調整しても良い。

20

【0032】

また、砥石11とワークピース12との接触面における相対的な位置も予め調整しておくことにしても良い。具体的には、所定の加工力が加わったときに砥石11の縁がワークピース12の被研削面の中心21と一致するように調整しておくことよい。

【0033】

なお、本実施形態では、加工力を検出する手段として、モータに流れる電流を計測する電流センサ36を用いている。しかしながら、本発明がそれに限定されることはなく、様々な箇所から直接的あるいは間接的に加工力を検出することができる。

30

【0034】

例えば、ワークピース12を回転させるワーク回転機構16の回転軸の部材、または砥石11を回転させる砥石回転機構15の回転軸の部材に作用する力を加工力として計測することにしてもよい。ワークピース12と砥石11が接触していないときと、接触しているときとでは、ワーク回転機構16や砥石回転機構15の回転軸をなす部材に作用する力が変化する。また、その回転軸の部材に作用する力は加工力に応じて変化する。そのため、回転軸の部材に作用する力と加工力との関係を既知の情報として予め設定しておくことにより、回転軸の部材に作用する力から間接的に加工力を求めることができる。回転軸の部材に作用する力と加工力との関係は数式あるいはテーブルによって設定すればよい。

40

【0035】

また、ワークピース12を回転させる回転軸の部材を支える構造物、または砥石11を回転させる砥石軸の部材を支える構造物に加わる力を計測し、計測値に基づいて加工力を判断しても良い。ワークピース12を回転させる回転軸を支える構造物としては、回転軸を回転可能に支持する、ワーク回転機構16における回転しない側の構成部品がある。また、砥石11を回転させる回転軸を支える構造物としては、回転軸を回転可能に支持する、砥石回転機構15における回転しない側の構成部品がある。構造物に加わる力と加工力との関係を既知の情報として予め設定しておくことにより、構造物に加わる力から間接的に加工力を求めることができる。また同様に、ワークピース12を回転させる回転軸を支

50

える構造物の所定部位のベッド 18 を基準とした変位、あるいは砥石 11 を回転させる回転軸のベッド 18 を基準とした変位を計測し、計測値に基づいて間接的に加工力を判断することにしてもよい。また同様に、ストレンゲージによって上記構造物や回転軸の歪を測定し、計測値に基づいて間接的に加工力を判断することにしてもよい。

【 0 0 3 6 】

また、砥石送り機構 14 は、砥石 11 をボールねじによって送り方向に移動させる送り機構を有する構成であっても良い。その場合、送り機構のボールねじを駆動するトルクを計測し、計測値に基づいて間接的に加工力を判断することにしても良い。トルクと加工力の関係を既知の情報として予め設定しておくことにより、トルクから間接的に加工力を求めることができる。

10

【 0 0 3 7 】

また、砥石回転機構 15 で砥石 11 を回転させ、ワーク回転機構 16 でワークピース 12 を回転させている状態で砥石 11 とワークピース 12 を接触させると、ワークピース 12 と砥石 11 が互いに押し合う加工力に応じて生じる回転方向の力によって、それぞれの回転数が低下する。すなわち、加工力が大きくなると、砥石回転機構 15 やワーク回転機構 16 のモータに流れている電流に対する、砥石 11 やワークピース 12 の回転数の割合が低下する。よって、電流に対する回転数の割合と、加工力との関係を既知の情報として予め設定しておくことにより、電流に対する回転数の割合から間接的に加工力を求めることができる。

【 0 0 3 8 】

20

例えば、砥石回転機構 15 は、印加された電圧で駆動されたモータにより砥石 11 を回転させる機構であり、ワーク回転機構 16 は、印加された電圧で駆動されたモータによりワークピース 12 を回転させる機構であっても良い。その場合、砥石回転機構 15 とワーク回転機構 16 の両方または一方におけるモータに流れる電流と回転数とに基づいて加工力を算出することにしてもよい。砥石回転機構 15 とワーク回転機構 16 の両方を用いるのは誤差を低減する目的であり、いずれか一方だけを用いても加工力の算出は可能である。つまり、砥石回転機構 15 におけるモータに流れる電流と砥石 11 の回転数とから加工力を算出することができる。同様に、ワーク回転機構 16 におけるモータに流れる電流と、ワークピース 12 の回転数とから加工力を算出することができる。更には、砥石回転機構 15 におけるモータに流れる電流と砥石 11 の回転数とワーク回転機構 16 を駆動するためのモータ電流とワークピース 12 の回転数とをパラメータとして、より高い精度で加工力を算出することができる。具体的な演算の例としては、砥石回転機構 15 側のデータから算出した加工力と、ワーク回転機構 16 側のデータから算出した加工力との平均値を用いることにしても良い。

30

【 0 0 3 9 】

一般化すれば、砥石回転機構 15 のモータ電流を  $I_G$  とし、ワーク回転機構 16 のモータ電流を  $I_W$  とし、砥石 11 の回転数を  $N_G$  とし、ワークピース 12 の回転数を  $N_W$  とすると、加工力  $F_{WB}$  は、パラメータ  $I_G$ 、 $I_W$ 、 $N_G$ 、および  $N_W$  の関数  $f(I_G, I_W, N_G, N_W)$  と表わすことができる。

【 0 0 4 0 】

40

なお、本実施形態では、位置決め制御と加工力制御とを 1 つのフィードバック制御機構に合成し、そのフィードバックゲインによって制御比を調整する構成を示したが、本発明がこれに限定されることは無い。他の例として、位置決め機構と加工力制御機構とを別個に設けることにしても良い。例えば、所望位置と被加工面の位置との差分をフィードバックして位置決め制御を行う位置決め機構に、電圧を力に変換する圧電素子（ピエゾ素子）等により構成した加工力制御機構を直列に付加した制御構成を採用しても良い。その場合、位置決め機構のフィードバックゲインと、圧電素子への入力電圧とを調整することにより、位置決め制御と加工力制御の制御比を調整することができる。

【 0 0 4 1 】

また、本実施形態では、ワークピース 12 を研削している間は常に加工力を所望の加工

50



力に制御する例を示したが、本発明がこれに限定されることは無い。他の例として、制御部 3 1 は、複数の工程からなる加工パターンの特定の工程の間だけ、位置決め制御と加工力制御の制御比を所定の比率に制御することにしても良い。その場合、制御部 3 1 は、それ以外の工程では位置決め制御のみ、または加工力制御のみを実施することにしても良く、あるいは位置決め制御と加工力制御を併用するが、その制御比を特定の比率に調整するような制御を行わないことにしても良い。

【 0 0 4 2 】

また、本実施形態では、加工パターンに基づき加工速度を変化させ、また加工パターンの進行に応じて加工力を変化させる例を示したが、本発明はこれに限定されることは無く、位置決め制御と加工力制御とを所定の制御比に調整しさえすれば良い。例えば、制御部 3 1 は、加工力については一定の所望加工力に制御し、位置決め制御によって制御比を調整することにしてもよい。

10

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態では、ワークピース 1 2 を固定しておき、砥石 1 1 を移動させる構成を採用した例を示したが、本発明がこれに限定されることは無い。他の例として、ベッド 1 8 に対する砥石 1 1 の位置を固定し、ワークピース 1 2 を送り機構によって砥石 1 1 に向けて移動させるものであっても良い。更には、ワークピース 1 2 と砥石 1 1 の両方に送り機構を設け、それらの送り機構によって、ワークピース 1 2 と砥石 1 1 とを相対的に移動させるものであっても良い。

20

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態では、砥石 1 1 を移動させる送り方向が横方向（水平方向）に伸びている装置構成を例示したが、本発明はそれとは異なり、送り方向は縦方向（垂直方向）に伸びていても良い。例えば、下側に砥石 1 1 を固定する機構を備え、上側に上下に移動することが可能な機構を備えた構成にも、本発明を適用することができ、同様の効果を得ることができる。

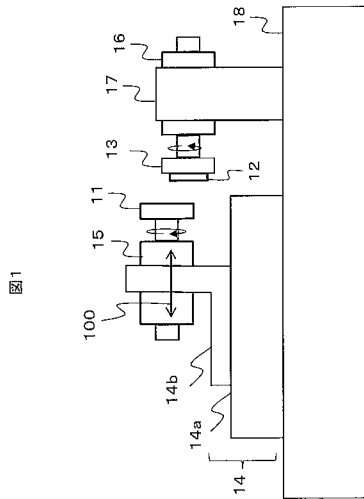
【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

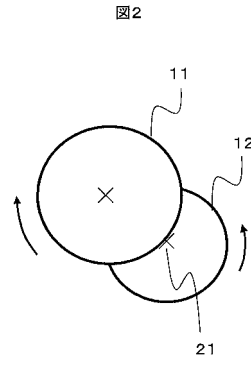
1 1 ... 砥石、 1 2 ... ワークピース、 1 3 ... チャック、 1 4 ... 砥石送り機構、 1 4 a ... 固定部、 1 4 b ... 可動部、 1 5 ... 砥石回転機構、 1 6 ... ワーク回転機構、 1 7 ... ワーク支持機構、 1 8 ... ベッド、 3 1 ... 制御部、 3 2 ... 処理部、 3 3 ... ゲイン設定部、 3 4 ... ゲイン設定部、 3 5 ... モータ、 3 6 ... 電流センサ、 3 7 ... 位置センサ

30

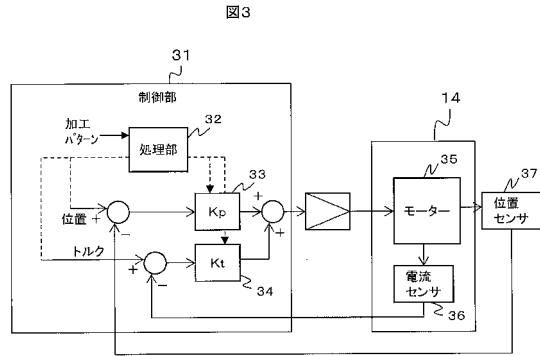
【 図 1 】



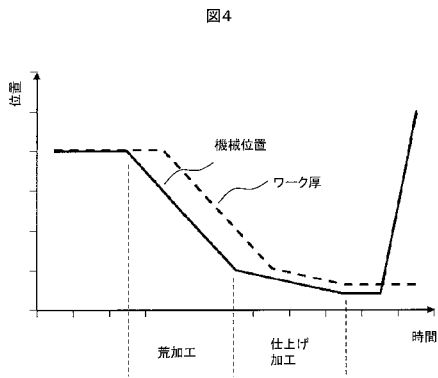
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

