

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-192463  
(P2002-192463A)

(43) 公開日 平成14年7月10日 (2002.7.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)	
B 2 4 B	49/08	B 2 4 B	49/08	3 C 0 2 9
B 2 3 Q	17/22	B 2 3 Q	17/22	D 3 C 0 3 4
B 2 4 B	49/10	B 2 4 B	49/10	
	49/12		49/12	

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-392759(P2000-392759)

(22) 出願日 平成12年12月25日 (2000.12.25)

(71) 出願人 592032636  
学校法人トヨタ学園  
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1

(71) 出願人 000002853  
ダイキン工業株式会社  
大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号  
梅田センタービル

(72) 発明者 古谷 克司  
愛知県名古屋市天白区島田黒石418-23

(72) 発明者 大黒 徳之  
愛知県名古屋市緑区鳴丘1-603-202

(74) 代理人 100062144  
弁理士 青山 稜 (外1名)

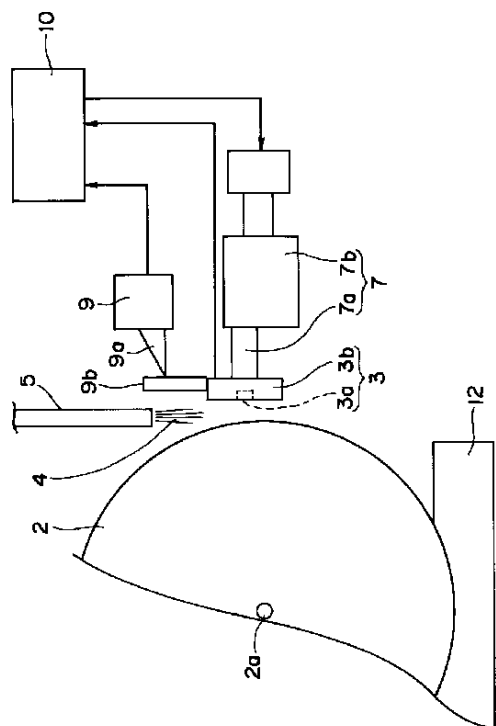
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 砥石のインプロセス測定装置と測定方法および研削装置

(57) 【要約】

【課題】 簡単かつ正確に砥石の寸法を計測できるインプロセス測定装置を提供すること。

【解決手段】 軸2 a 回りに回転する砥石2の研削面に近接して対向する圧力センサ部3を備え、砥石2と圧力センサ部3との間に研削液4を供給する。圧力センサ部3を微動機構7 a と粗動機構7 b からなる変位手段7で支持する。制御装置10は、圧力センサ部3に設けられた圧力センサ3 a による研削液4の動圧の測定圧力が、所定の値になるように圧力センサ部3を変位させて、レーザ変位計9で測定する圧力センサ部3の変位量に基づいて、砥石2の寸法を算出する。砥石2が摩耗して径が小さくなっても、砥石2と圧力センサ部3との間の距離が所定の距離に保持されるので、圧力センサ3 a は動圧を正確に測定できて、砥石2の寸法が正確に測定される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転する砥石と、上記砥石に対向して配置された圧力センサと、上記砥石と圧力センサとの間に流体を供給する流体供給手段と、上記圧力センサを変位させる変位手段と、上記圧力センサの検出圧が所定値になるように圧力センサを変位させるように上記変位手段を制御する制御手段と、上記圧力センサの変位量を検知する変位検出手段とを備えることを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサの検出圧の周波数分布を求める周波数解析手段を有することを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記流体は、研削液であることを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記変位検出手段は、レーザ変位計、渦電流式変位計、静電容量式変位計、光ファイバ式変位計、レーザ干渉式変位計、および、リニアエンコーダのいずれか 1 つであることを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記変位手段は、粗動機能と微動機能とを有する機構からなることを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサは、砥石の研削面の運動方向と交差する方向に複数設けられていることを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサと、流体供給手段と、変位手段と、変位検出手段とからなる測定機構が、上記砥石の研削面の回りに複数設けられていることを特徴とする砥石のインプロセス測定装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 つに記載の砥石のインプロセス測定装置を有し、上記変位検出手段によって検出された値に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の値にする切込み量制御手段を有することを特徴とする研削装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の研削装置において、上記切込み量制御手段は、砥石の回転軸を移動させる砥石軸送り機構を含むことを特徴とする研削装置。

【請求項 10】 回転する砥石に流体を吹き付ける工程

と、圧力センサを上記砥石に対向させて、上記流体の圧力を検出する工程と、上記流体の圧力の検出値が所定の値になるように上記圧力センサを変位させる工程と、上記圧力センサの変位量を測定する工程と、上記圧力センサの変位量に基づいて、上記砥石の寸法を算出する工程とを備えることを特徴とする砥石のインプロセス測定方法。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の砥石のインプロセス測定方法において、上記流体の圧力の周波数分布を求める工程と、上記周波数分布に基づいて、上記砥石の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれの少なくとも 1 つを判定する工程とを備えることを特徴とする砥石のインプロセス測定方法。

【請求項 12】 請求項 10 または 11 に記載の砥石のインプロセス測定方法による工程を有し、上記砥石の寸法に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の値にする工程を備えることを特徴とする研削方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、砥石のインプロセス測定装置および測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、シリコンなどの脆性材料からなる被加工物を、回転する砥石によって研削する際、延性モード加工が行われている。この延性モード加工は、上記被加工物への砥石の切込み量を微小にして、被加工物の連続した切りくずを生成するものである。上記砥石の被加工物への切込み量は、研削加工中に上記砥石が摩擦して砥石の径が減少することによって減少する。したがって、研削加工中に、上記砥石の寸法の変化をインプロセスで測定して、この砥石の寸法の変化に対応して、砥石の摩耗量に相当する被加工物への切込み量を補償する必要がある。

【0003】研削加工中における砥石のインプロセス測定方法として、レーザ変位計を用いた方法が提案されている（大和田優、鶴岡光義、宮原克敏、太田稔：加工現象計測システムの開発－基本システムとレーザ変位計による砥石形状計測への応用－、砥粒加工学会誌、39 巻 1 号、pp. 46-50 p (1995)）。この砥石のインプロセス測定方法は、研削液を用いない乾式の砥石による研削加工において、砥石の寸法の変化をレーザ変位計によって計測している。しかし、このレーザ変位計を用いた砥石のインプロセス測定方法は、研削液を用いた湿式の研削加工には適用できない。なぜならば、研削液によってレーザ変位計のレーザ光の光路が乱されたり、研削液の流れの変動によってレーザ光に対する研削

液の屈折率が変化するので、レーザ光によって砥石の形状を正確に計測できないからである。また、研削液は不透明な場合があるので、砥石に照射すべきレーザ光が不透明な研削液によって散乱されて、安定して砥石を計測できないことがある。

【0004】そこで、研削液を用いる湿式の研削加工において、砥石の摩耗量を測定するインプロセス測定方法が提案されている（古谷克司、加藤知尚、毛利尚武：動圧を利用した湿式研削における砥石磨耗のインプロセス測定（第1報）－測定原理－、精密工学会誌、66巻、1号、pp. 127-131（2000））。この砥石の測定方法は、砥石に対向して配置された圧力センサによって、上記砥石が回転することによって砥石と圧力センサとの間の研削液に生じる動圧を計測し、この動圧に基づいて上記砥石と圧力センサとの間の距離を求めて、上記砥石の寸法の変化を測定している。上記圧力センサは、上記砥石に近接して、研削装置に固定している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の砥石のインプロセス測定方法は、上記圧力センサは研削装置に固定されているので、上記砥石が摩耗して径が小さくなると、砥石と圧力センサとの間の距離が大きくなる。これに伴って、上記砥石とセンサとの間の研削液の動圧が小さくなる。この研削液の動圧が小さくなると、誤差やノイズが相対的に大きくなるので、上記圧力センサによって正確に計測できなくなるという問題がある。すなわち、上記砥石による研削加工を続けるにつれて、砥石の寸法の計測値が不正確になるという問題がある。

【0006】さらに、上記圧力センサは研削装置に固定されているので、砥石を交換すると、上記センサと砥石との間の距離が変わる。したがって、上記センサと砥石との間の距離と、上記センサによる研削液の動圧の測定値との関係を、砥石を交換する度に校正する必要があるので、手間がかかるという問題がある。

【0007】そこで、本発明の目的は、簡単かつ正確に砥石の寸法を計測できるインプロセス測定装置および測定方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明の砥石のインプロセス測定装置は、回転する砥石と、上記砥石に対向して配置された圧力センサと、上記砥石と圧力センサとの間に流体を供給する供給手段と、上記圧力センサを変位させる変位手段と、上記圧力センサの検出圧が所定値になるように圧力センサを変位させるように上記変位手段を制御する制御手段と、上記圧力センサの変位量を検知する変位検出手段とを備えることを特徴としている。

【0009】請求項1の砥石のインプロセス測定装置によれば、上記回転する砥石と圧力センサとの間に供給さ

れる流体に関して、上記圧力センサの検出圧が所定値になるように、上記変位手段によって上記圧力センサが変位させられる。上記流体の上記圧力センサによる検出圧は、この圧力センサと砥石との間の距離に対応するので、上記圧力センサの検出圧が所定の値になるように上記圧力センサを変位させることによって、上記圧力センサと砥石との間の距離が所定の距離に保たれる。したがって、上記変位検出手段によって検出される上記圧力センサの変位量は、この圧力センサが対向する位置における砥石の変位量と略等しいから、上記圧力センサの変位量から砥石の寸法ひいては形状が得られる。これによって、上記砥石による研削加工を続けて砥石の径が小さくなくても、従来におけるように圧力センサと砥石との間の距離が大きくなるから、圧力センサの検出値が不正確になることがない。その結果、研削加工の継続時間中の全ての時点において、上記砥石の寸法が正確にインプロセスで計測される。

【0010】また、上記砥石のインプロセス測定装置は、上記圧力センサの検出圧が所定の値になるように圧力センサが変位させられるので、従来の移動しない圧力センサを有する砥石のインプロセス測定装置におけるように、砥石を交換する毎に、砥石と圧力センサとの間の距離と、圧力センサの検出圧とを校正する必要がない。したがって、上記砥石のインプロセス測定装置は、簡単に操作される。

【0011】請求項2の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1に記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサの検出圧の周波数分布を求める周波数解析手段を有することを特徴としている。

【0012】請求項2の砥石のインプロセス測定装置によれば、上記圧力センサによって検出された流体の圧力について、上記周波数解析手段によって周波数分布が求められる。上記流体の圧力の周波数分布は、上記圧力センサに対向する砥石の面の状態と相関関係を有する。したがって、上記周波数分布から、上記砥石の上記圧力センサが対向する面における目詰まり、目こぼれおよび目つぶれ等が、インプロセスで検知される。

【0013】請求項3の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1または2に記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記流体は、研削液であることを特徴としている。

【0014】上記砥石と圧力センサとの間に供給される流体は、研削液であり、湿式の研削において必要である研削液を共用して砥石の寸法が測定されるので、砥石の寸法の測定のみを使用する流体を用いるよりも、効率良く砥石が測定される。ここで、上記研削液は、水、有機溶剤および油のいずれか1つ、または、2つ以上からなる液であり、要は、砥石や被加工物を冷却する流体、または、砥石をドレッシングする流体であればよい。

【0015】請求項4の砥石のインプロセス測定装置

は、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記変位検出手段は、レーザ変位計、渦電流式変位計、静電容量式変位計、光ファイバ式変位計、レーザ干渉式変位計、および、リニアエンコーダのいずれか1つであることを特徴としている。

【0016】請求項4の砥石のインプロセス測定装置によれば、上記圧力センサの変位は、上記レーザ変位計、渦電流式変位計、静電容量式変位計、光ファイバ式変位計、レーザ干渉式変位計、および、リニアエンコーダのいずれか1つによって検出されるので、上記圧力センサの変位、すなわち、上記砥石の寸法ひいては形状が、正確に測定される。

【0017】請求項5の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至4のいずれか1つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記変位手段は、粗動機能と微動機能とを有する機構からなることを特徴としている。

【0018】請求項5の砥石のインプロセス測定装置によれば、上記圧力センサを変位させる変位手段は、粗動機能および微動機能を有する機構からなるので、研削の開始時には上記粗動機能によって上記圧力センサが迅速に所定の位置に移動させられ、また、研削加工中には上記微動機能によって上記圧力センサが微小に、かつ、高精度に変位させられる。したがって、迅速かつ高精度な測定ができる。

【0019】請求項6の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至5のいずれか1つによる砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサは、砥石の研削面の運動方向と交差する方向に複数設けられていることを特徴としている。

【0020】請求項6の砥石のインプロセス測定装置によれば、上記複数のセンサによって、上記砥石と複数の圧力センサとの間の流体が、この砥石の運動方向と交差する方向において計測される。したがって、上記砥石の運動方向に加えて、砥石の運動方向と交差する方向の砥石の寸法ひいては形状が、インプロセスで測定される。これによって、研削加工中の上記砥石の寸法および形状が正確に把握される。

【0021】請求項7の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至6のいずれか1つによる砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサと、流体供給手段と、変位手段と、変位検出手段とからなる測定機構が、上記砥石の研削面の回りに複数設けられていることを特徴としている。

【0022】請求項7の砥石のインプロセス測定装置によれば、上記砥石の研削面の回りに複数設けられた測定機構によって、各々の測定機構位置における砥石の被計測面の変位が求められる。これによって、上記砥石の形状および寸法に加えて、上記砥石の振れ回りがインプロセスで測定される。

【0023】請求項8の研削装置は、請求項1乃至7のいずれか1つに記載の砥石のインプロセス測定装置を有し、上記変位検出手段によって検出された値に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の値にする切込み量制御手段を有することを特徴としている。

【0024】請求項8の研削装置によれば、上記変位検出手段によって求められた圧力センサの変位量から砥石の形状および寸法が算出されて、上記切込み量制御手段によって、上記砥石の形状および寸法に基づいて砥石の被加工物への切込み量が所定の量になるように制御される。したがって、研削加工において、上記砥石が摩耗して寸法が変化しても、この砥石の被加工物への切込み量が変わらないので、上記被加工物が高い精度で研削加工される。

【0025】請求項9の研削装置は、請求項8に記載の研削装置において、上記切込み量制御手段は、砥石の回転軸を移動させる砥石軸送り機構を含むことを特徴としている。

【0026】請求項9の研削装置によれば、上記砥石軸送り機構によって砥石の回転軸が移動されて、上記砥石の被加工物への切込み量が、確実に所定の量になる。

【0027】請求項10の砥石のインプロセス測定方法は、回転する砥石に流体を吹き付ける工程と、圧力センサを上記砥石に対向させて、上記流体の圧力を検出する工程と、上記流体の圧力の検出値が所定の値になるように上記圧力センサを変位させる工程と、上記圧力センサの変位量を測定する工程と、上記圧力センサの変位量に基づいて、上記砥石の形状および寸法を算出する工程とを備えることを特徴としている。

【0028】請求項10の砥石のインプロセス測定方法によれば、上記回転する砥石と、この砥石に対向する圧力センサとの間に供給される流体（ここでいう流体とは、液体または気体またはそれらの組み合わせ、あるいは微量の固体を含む流体をも意味する）に関して、この流体の圧力を上記圧力センサによって検出する。この検出圧が所定の値になるように、上記圧力センサを変位させて、この圧力センサの変位量を測定する。上記流体の上記圧力センサによる検出圧は、上記砥石と圧力センサとの間の距離と相関を有する。したがって、上記圧力センサは上記砥石に対して所定の距離を有するように変化することになるから、上記圧力センサの変位量は、上記砥石の上記圧力センサに対向する位置の変位量と略等しい。すなわち、上記圧力センサの変位量から、上記砥石の寸法が求められる。上記圧力センサは、上記砥石に対して所定の距離を有するように変位させられるから、この圧力センサと砥石との間の距離が大きくなって上記流体の検出圧が不正確になることがない。

【0029】請求項11の砥石のインプロセス測定方法は、請求項10に記載の砥石のインプロセス測定方法において、上記流体の圧力の周波数分布を求める工程と、

上記周波数分布に基づいて、上記砥石の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれの少なくとも1つを判定する工程とを備えることを特徴としている。

【0030】請求項11の砥石のインプロセス測定方法によれば、上記回転する砥石と圧力センサとの間の流体に関して、上記圧力センサによる測定圧力から周波数分布が求められる。上記周波数分布は、上記圧力センサが対向する位置の砥石の面の状態に対応するので、この周波数分布から、砥石の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれの少なくとも1つが判定される。これによって、上記砥石をドレッシングすべき時期や、砥石を交換すべき時期などが適切に判断される。

【0031】請求項12の研削方法は、請求項10または11に記載の砥石のインプロセス測定方法による工程を有し、上記砥石の寸法に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の値にする工程を備えることを特徴としている。

【0032】請求項12の研削方法によれば、上記圧力センサの変位量から求められた砥石の寸法に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量が所定の値にされる。例えば、摩耗した砥石の摩耗量だけ上記砥石を正規な位置から被加工物側に移動させて、上記砥石の摩耗量に相当する補償量を得る。これによって、研削加工中に摩耗等によって砥石の形状および寸法が変わっても、上記砥石の被加工物への切込み量が所定の値にされて、上記砥石による被加工物の研削精度が良好に保たれる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

【0034】図1は、本発明の第1実施形態の砥石のインプロセス測定装置を示す図である。この砥石のインプロセス測定装置1は、軸2a回りに回転する砥石2と、この砥石2に近接する圧力センサ部3を備える。この圧力センサ部3は、圧力センサ3aがホルダ3bに取付けられてなり、上記ホルダ3bの砥石2に対向する面と、上記圧力センサ3aの受圧面とが略同一面に形成されている。上記圧力センサ部3は、上記圧力センサ3aの受圧面を、砥石2の研削面である周面に対向させている。上記圧力センサ部3に近接して、上記砥石2と圧力センサ部3との間に流体の一例としての研削液4を供給する供給手段としてのノズル5が設けられている。上記圧力センサ部3は、微動機構7aと粗動機構7bからなる変位手段7の上記微動機構7aの砥石側端に固定されている。このインプロセス測定装置1は、上記圧力センサ部3の変位を計測する変位検出手段としてのレーザ変位計9を備える。このレーザ変位計9は、レーザ光9aを、上記圧力センサ部3のホルダ3bの図1における上端に設けられた受光部9bに向って照射して、上記受光部9bの変位量を計測することによって、圧力センサ部3の変位を検出するようになっている。上記圧力センサ3a

と、レーザ変位計9と、変位手段7とは、信号線で制御装置10に接続していて、この制御装置10は、上記圧力センサ3aおよびレーザ変位計9からの信号に基づいて、上記変位手段7を制御するようになっている。この砥石のインプロセス測定装置1は、研削装置に設けられている。

【0035】上記構成の砥石のインプロセス測定装置1は、以下のように動作する。上記砥石2が軸2a回りに回転して、砥石2の図1において下側に配置された被加工物12に、砥石2の研削面が切込んで研削加工する。砥石2の回転が開始すると共に、上記変位手段7の粗動機構7bによって、上記微動機構7aおよび圧力センサ部3が移動させられて、上記圧力センサ3aが上記砥石2の研削面に近接して対向するように位置させられる。続いて、上記ノズル5から、研削液4が上記砥石2と圧力センサ部3との間に供給される。この研削液4により、上記砥石2と圧力センサ3部との間に動圧が生じる。上記圧力センサ3aは、上記研削液4の動圧を検知して、この動圧の測定値を示す信号を制御装置10に送る。上記制御装置10は、上記研削液4の動圧の測定値と、予め設定された設定圧力値とを比較して、上記測定値が設定値と異なる場合は、上記変位手段7を制御して上記圧力センサ3aからの測定値が上記設定値になるようにする。より詳しくは、上記圧力センサ3aからの測定値が上記設定値よりも小さい場合、上記変位手段7に制御信号を出力して、微動手段7aによって上記圧力センサ部3を上記砥石2側に変位させて、上記センサ3aと砥石1との間の距離を小さくして、上記研削液4の動圧を上昇させる。一方、上記圧力センサ3aからの測定値が上記設定値よりも大きい場合、上記変位手段7に制御信号を出力して、上記微動手段7aによって上記圧力センサ3aを上記砥石2から遠ざけるように変位させて、上記研削液4の動圧を下降させる。このようにして移動する圧力センサ部3の移動量を、上記レーザ変位計9によって測定する。上記研削液4の動圧の測定値が設定値になるように移動する圧力センサ部3の移動量は、圧力センサ3aに対向する位置の砥石2の研削面の摩耗量や振り回り量に略等しいので、上記レーザ変位計9で上記圧力センサ部3の移動量を計測することによって、上記砥石2の寸法ひいては形状が測定できる。

【0036】以上のようにして、上記砥石2と圧力センサ3aとの間の距離を所定の距離に保持しているため、研削加工によって砥石2が摩耗して砥石2の径が小さくなくても、従来におけるように圧力センサと砥石との間の距離が大きくなるから、圧力センサ3aの測定値が不正確になることがない。したがって、上記砥石のインプロセス測定装置1は、研削加工の継続時間中の全ての時点において、上記砥石2の寸法を正確にインプロセスで測定できる。

【0037】さらに、上記砥石のインプロセス測定装置

1は、上記圧力センサ3aが上記変位手段7によって移動させられるので、例えば砥石を交換して上記センサ3aと砥石との間の距離が変わっても、従来におけるように圧力センサと砥石との間の距離と、研削液の動圧の測定値との関係を校正する必要がない。したがって、本発明によるインプロセス測定装置は、高い精度で砥石2の形状および寸法を測定できるにもかかわらず、容易に操作できる。

【0038】本発明の砥石のインプロセス測定装置によって砥石の形状および寸法を計測する方法を、以下に詳しく説明する。

【0039】図2は、砥石102と、圧力センサ部103と、研削液104とを模式的に示す図である。図2において、上記砥石102は表面部分のみを示して、この砥石の表面102aは直線であると仮定する。なお、上記砥石の表面102aは、図1における砥石2の研削面に対応する。図2に示すように、圧力センサ部103が、圧力センサ103aを上記砥石の表面102a側に向けて、この砥石の表面102aに対して所定の角度をなして配置されていると仮定する。上記砥石の表面102aと、上記圧力センサ部103との間の距離は、圧力センサ部103の図2における左側端部がh1であり、圧力センサ部103の図2における右側端部がh2である。上記砥石の表面102aを直線に仮定しているため、砥石102の回転は、上記砥石の表面102aの矢印A方向への移動とみなすことができる。上記砥石の\*

\*表面102aが矢印A方向に移動すると、この砥石の表面102aに供給されている研削液104が、砥石の表面102aと圧力センサ部103との間に引き込まれて、研削液104の粘性によって動圧が発生する。上記砥石の幅が無限であると仮定すると、上記圧力センサ103aにおける動圧pmは、下記の式1で表される。

【0040】

【数1】

$$p_m = p_a + 3\mu U \frac{h_1 - h_2}{2 \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot (h_1 + h_2)} \dots (1)$$

ここにおいて、paは大気圧、μは研削液の粘性、Uは砥石の周速度である。

【0041】研削加工中は、砥石102の回転数と、研削液104の粘性および供給量は一定であるので、上記圧力センサ103aにおける動圧pmは、砥石の表面102aと圧力センサ部103との間の距離であるh1およびh2のみに依存する。上記圧力センサ部103が移動しない場合、圧力センサ部103と砥石102の回転軸との間の距離は変わらないので、動圧pmの変化は、砥石102の寸法の変化によって生じる。ここで、上記砥石102の回転軸から砥石表面102aまでの距離、すなわち半径をRとして、上記砥石102が摩耗して砥石の半径がΔR減少したとすると、動圧の変化量Δpは、下記の式2で表される。

【0042】

【数2】

$$\Delta p = -3\mu \left[ \frac{U}{R} \cdot \frac{(h_1 - h_2) \{ (h_1 + h_2)^2 + h_1 \cdot h_2 \}}{2 \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot (h_1 + h_2)^2} \right] \cdot \Delta R \dots (2)$$

式2において、第1項は、砥石102の半径Rの減少による砥石102の周速度Uの変化を表す項である。第2項は、砥石の表面102aと圧力センサ部103との間の距離h1およびh2について、これらの距離の差の影響を表す項である。通常の研削加工においては、上記かかって内の第1項の値は第2項の値に比べて無視できる程に小さい。したがって、動圧の変化量Δpとして式2の第2項のみを考えると、動圧の変化量Δpから砥石102の半径の減少量ΔRが求められることが分かる。上記砥石102の半径の減少量ΔRは、上記砥石の表面102aと圧力センサ部103との間の距離の減少量であるから、研削液104の動圧は、上記砥石の表面102aと圧力センサ部103との間の距離と、相関関係を有すると言える。

【0043】さらに、上記圧力センサ部103が砥石102に対して移動できる場合、圧力センサ部103を移動させることによって、研削液104の動圧の変化量Δpを0にする場合を考える。このとき、上記式2のΔRが0になる。ΔRは、上記砥石の表面102aと圧力センサ部103との間の距離の減少量であるから、このΔRが0になることは、上記砥石の表面102aと圧力セ

ンサ部103との間の距離が一定であることを意味する。すなわち、上記砥石102が摩耗した状態で、上記砥石の表面102aと圧力センサ部103との間の距離が一定になるので、上記圧力センサ部103の移動量が、上記砥石102の砥石の表面102aの摩耗と略等しくなる。したがって、上記圧力センサ部103の移動量を計測することによって、砥石の表面102aの摩耗量、すなわち、砥石102の寸法ひいては形状が検知できるのである。

【0044】図3は、本発明の第2実施形態の研削装置を示す図である。この研削装置20は、研削液を用いる湿式の研削装置であり、砥石2が被加工物を研削する研削位置に、研削液24を供給するノズル25が設けられている。この研削装置20には、図1に示した第1実施形態の砥石のインプロセス測定装置1が設けられている。更に、この研削装置20は、被加工物12を支持して水平方向に移動させる送りテーブル27と、上記砥石2の軸2aを鉛直方向に移動させる砥石軸送り機構としての軸送り装置28を備える。上記砥石のインプロセス測定装置1の制御装置10は、上記送りテーブル27および軸送り装置28にも信号線によって接続していて、

上記送りテーブル 27 の動作を制御する送りテーブル制御回路と、上記軸送り装置 28 の動作を制御する軸送り装置制御回路とを有する。上記軸送り装置 28 と、軸送り装置制御回路とで、切込み量制御手段を構成している。さらに、上記制御装置 10 は、上記圧力センサ 3 a による検出圧に基づいて、研削液 4 の動圧の周波数分布を解析する周波数解析手段を有する。この周波数解析手段によって解析された周波数分布は、上記制御装置 10 に接続した CRT に表示するようになっている。

【0045】また、上記制御装置 10 は、軸送り装置 28 による砥石 2 の回転軸 2 a の移動量を制御して、砥石 2 の研削面の被加工物 1 2 への切込み量が、所定の切込み量になるようにしている。制御装置 10 は、被加工物 1 2 の延性・脆性遷移点値  $d_c$  を入力するようになっていて、砥石 2 の被加工物 1 2 への切込み量が、上記延性・脆性遷移点値  $d_c$  より小さい所定の値になるように、上記軸送り装置 28 を制御する。これによって、砥石 2 による被加工物 1 2 の研削が、延性モード加工になるようにしている。

【0046】上記構成の研削装置 20 は、以下のように動作する。まず、シリコンなどの脆性材料からなる被加工物 1 2 を送りテーブル 27 に固定して、この被加工物 1 2 の研削加工を開始する。制御装置 10 の制御の下で、上記送りテーブル 27 が水平方向に移動して、被加工物 1 2 を所定の研削位置に移動させる。続いて、砥石 2 が回転し、制御装置 10 の制御の下で、軸送り装置 28 が砥石 2 の回転軸 2 a を被加工物 1 2 側に移動する。上記軸送り装置 28 によって砥石 2 が移動させられて、砥石 2 の研削面が被加工物 1 2 に所定の切込み量で切込んで、被加工物 1 2 が研削される。上記砥石 2 の研削面が被加工物 2 3 に切込む位置には、上記ノズル 25 から所定の流量の研削液 2 4 が供給される。制御装置 10 の制御の下で、上記送りテーブル 27 によって被加工物 1 2 を水平方向に移動して、かつ、上記軸送り装置 28 によって砥石 2 の被加工物 1 2 への切込み量を所定の値にして、上記被加工物 1 2 の所定の領域を、延性モード研削する。

【0047】上記被加工物 1 2 の研削を継続すると、上記砥石 2 が摩耗して、砥石 2 の寸法が変化する。この砥石の寸法の変化は、砥石のインプロセス測定装置 1 のレーザ変位計 9 による測定値に基づいて検知される。上記制御装置 10 は、検知した上記砥石 2 の寸法に基づいて、軸送り装置 28 を以下のように制御する。すなわち、摩耗した砥石 2 の摩耗量だけ、上記砥石 2 を正規の位置から被加工物 1 2 側に移動させる。これによって、上記砥石 2 の摩耗位置において、砥石 2 の摩耗量に相当する補償量を得る。この研削装置 20 は、砥石 2 の寸法をインプロセスで測定して、研削加工中に、常に、砥石 2 の摩耗に対応する切込み量を補償する。その結果、砥石 2 が摩耗しても、被加工物 1 2 を所定の切込み量で研

削できて、被加工物 1 2 の所定の領域に延性モード研削を確実に施すことができる。

【0048】この研削装置 20 は、さらに、上記 CRT に表示される周波数分布によって、上記砥石 2 の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれをインプロセスで判定することができる。上記 CRT に表示される周波数分布は、砥石 2 と圧力センサ部 3 との間の研削液 4 に生じる動圧の測定値の周波数分布であり、この動圧の周波数分布は、上記圧力センサ部 3 に対向する砥石 2 の面の状態と相関関係を有する。これは、以下のような理由による。砥石 2 の圧力センサ部 3 に対向する面、すなわち研削面において、砥粒が、砥粒を固定している結合材から突出する距離や、砥粒の間に保持される空気の気泡の量などに応じて、研削液 4 の流れに起こる乱流の程度が変化する。上記砥粒の結合材からの突出距離や、砥粒の間に保持される空気の量は、砥石 2 の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれに相関する。上記研削液 4 の乱流の程度が変化すると、研削液 4 の動圧の周波数分布が変化するから、この周波数分布の変化によって、砥石 2 の研削面の状態の変化を判断できるのである。

【0049】図 4 (a) は、上記研削液 4 の動圧の周波数分布によって、砥石 2 の状態を判定する工程を示した工程図である。図 4 (a) に示すように、まず、圧力センサ 3 a によって研削液 4 の動圧を測定する (S1)。次に、制御装置 10 の周波数解析手段によって、上記動圧の測定値を FFT (高速フーリエ変換) 解析する (S2)。続いて、上記 FFT 解析結果から、高周波成分を抽出する (S3)。そして、上記高周波成分の出力を計算して (S4)、得られた出力の値を、予め定められた閾値と比較して、砥石 2 の研削面の状態を判定する (S5)。

【0050】また、上記周波数解析手段は、上記 FFT 解析以外の例えばウェーブレット変換などによって、動圧の周波数分布を求めてもよい。図 4 (b) は、ハードウェアによるフィルタを用いて周波数分布を求めて、砥石 2 の状態を判定する工程を示した工程図である。図 4 (b) に示すように、まず、圧力センサ 3 a によって研削液 4 の動圧を測定する (S11)。次に、上記動圧の測定値から、ハイパスフィルタによって高周波成分を抽出する (S12)。上記ハイパスフィルタはデジタルフィルタとアナログフィルタのいずれでもよい。続いて、上記高周波成分を、所定の時間領域において、絶対値平均、あるいは 2 乗平均して平均化する (S13)。この平均値を予め定められた閾値と比較して、砥石 2 の研削面の状態を判定する (S14)。

【0051】上記 S2 乃至 S4 の工程は、制御装置 10 に設けられた周波数解析手段によって実行する。この周波数解析手段は、制御装置 10 に設けられた記憶装置および演算装置であり、上記記憶装置に予め格納したソフトウェアを上記演算装置で実行して、周波数分布を算出

している。

【0052】また、上記S12乃至S13の工程は、上記制御装置10に設けられた周波数解析手段としてのフィルタ回路によって実行する。

【0053】以上のように、上記制御装置10に設けられた周波数解析手段は、予めソフトウェアを格納した記憶装置とこのソフトウェアを実行する演算装置でもよく、あるいは、フィルタ回路や周波数分布計算回路などのハードウェアであってもよい。

【0054】図5(a)は、CRTに表示される周波数分布の1例を示した図であり、砥石2をドレッシングした直後における砥石2とセンサ部3との間の研削液4の動圧の周波数分布である。図5(b)は、砥石2によって被加工物12を0.1mm研削した後の上記研削液4の動圧の周波数分布である。被加工物12を0.1mm研削した後の上記砥石2は、研削面の砥粒が目つぶれして、ドレッシングが必要な状態である。図5(a)、(b)において、横軸は周波数(Hz)であり、縦軸は、周波数に対応する圧力センサ3aの出力(V)である。図5(a)、(b)から分かるように、砥石2の研削面の砥粒が目つぶれると、研削液4の動圧の周波数分布において、約300Hzから約800Hzの間の高周波成分が増加する。つまり、研削加工中に、CRTに表示される周波数分布を観察して、所定の高周波成分が所定の閾値よりも増加すると、砥石2のドレッシングをする必要があると判断できる。上記所定の高周波成分および閾値は、研削液4の種類および砥石2の材料によって異なる。したがって、異なる種類および材料の研削液および砥石について、砥石の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれの程度と、周波数分布についての対応を予め定めておく必要がある。

【0055】以上のように、研削装置20のCRTに表示される周波数分布によって、砥石2の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれを判定して、上記砥石2をドレッシングすべき時期や、砥石2を交換すべき時期などを適切に判断することができる。

【0056】図6は、本発明の第3実施形態の砥石のインプロセス測定装置を示す図である。この砥石のインプロセス測定装置30は、圧力センサがホルダに取付けられてなる圧力センサ部3と、研削液4を供給するノズル5と、変位手段7と、上記圧力センサ部3の変位を計測するレーザ変位計9とからなる測定機構31を、砥石2の研削面の回りに3つ有する。上記3つの測定機構31、31、31は、図示しない制御装置に各々接続されており、各々の測定機構31、31、31位置における砥石2の被計測面の変位を測定するようになっている。

【0057】この砥石のインプロセス測定装置30は、上記3つの位置で砥石2の被計測面の変位を測定することによって、上記砥石2の形状および寸法に加えて、上記砥石2の振れ回りをインプロセスで測定する。これに

よって、上記砥石2の摩耗に加えて砥石2の振れ回りに起因する砥石2の被加工物12への切込み量の変化を測定できる。したがって、このインプロセス測定装置30を備える研削装置は、砥石2の被加工物12への切込み量を高精度に定めることができ、その結果、脆性材料からなる被加工物12を確実に延性モード加工できる。

【0058】図7は、本発明の第4実施形態の砥石のインプロセス測定装置を示す図である。この砥石のインプロセス測定装置40は、カップ砥石42を用いた研削装置に設けられていて、上記カップ砥石42の研削面43に、圧力センサ部3の圧力センサ3aを近接して配置している。このインプロセス測定装置40は、カップ砥石42の回転軸42aと略同一方向に、上記圧力センサ部3を変位手段7によって変位させる。上記圧力センサ部3の圧力センサ3aによって、カップ砥石42の研削面と圧力センサ部3との間に供給される研削液4の動圧を測定して、この動圧の測定値が所定の値になるように上記圧力センサ部3を変位手段7によって変位させる。そして、図示しない変位検出手段によって上記圧力センサ部3の変位量を測定して、これに基づいて上記カップ砥石42の研削面43の寸法をインプロセスで測定する。このインプロセス測定装置40は、砥石42の回転軸42aに略直交する研削面について、寸法については形状をインプロセスで正確に測定できる。

【0059】上記実施形態において、砥石のインプロセス測定装置1、30、40の圧力センサ部3は、砥石2の研削面に対向する1つの圧力センサ3aを有する圧力センサ部3であるが、図8(a)、(b)、(c)に示すような圧力センサ部203であってもよい。図8

(a)は、砥石2の径方向断面における砥石2の一部および圧力センサ部203を示す図であり、図8(b)は、図8(a)の圧力センサ部203および砥石2を図示しない変位手段側から見た平面図であり、図8(c)は、上記圧力センサ部203および砥石2の一部を側面から見た図である。上記圧力センサ部203には、複数の圧力センサ203a、203a、・・・を、砥石2の径方向に移動可能に設けている。上記圧力センサ203a、203a、・・・は、砥石2の周方向にずらして配置することによって、砥石2の幅方向に、この圧力センサ203a、203a、・・・の径よりも小さい間隔を置いて配置している。

【0060】上記圧力センサ203a、203a、・・・は、各々が計測する研削液4の動圧に基づいて、図示しない変位手段によって砥石2の径方向に各々変位させられる。上記圧力センサ203a、203a、・・・の変位量を、図示しない変位検出手段によって検出して、上記砥石2の形状および寸法をインプロセスで測定する。

【0061】上記圧力センサ部203によれば、複数の上記圧力センサ203a、203a、・・・は、砥石2の幅方向において複数の位置の動圧を測定でき、かつ、



別個に変位可能であるので、砥石2の寸法が幅方向において大きく異なる場合であっても、上記砥石2の寸法を精密に計測できる。

【0062】また、上記実施形態において、上記研削装置20は、砥石の結合材を電解して砥石をドレッシングするELID（電解インプロセスドレッシング）研削装置であってもよい。この場合、ドレッシング用電極に関して砥石の運動方向の下流側にインプロセス測定装置の測定機構を配置して、ドレッシング直後の砥石の寸法を測定することができる。

【0063】また、上記実施形態において、上記研削液4は、液体以外の流体であってもよく、例えば冷風研削において使用される気体であってもよい。要は、上記砥石2と圧力センサ部3、203との間で動圧が生じる流体であれば何でもよい。

【0064】

【発明の効果】以上より明らかなように、請求項1の発明の砥石のインプロセス測定装置は、回転する砥石と、上記砥石に対向して配置された圧力センサと、上記砥石と圧力センサとの間に流体を供給する供給手段と、上記圧力センサを変位させる変位手段と、上記圧力センサの検出圧が所定値になるように圧力センサを変位させるように上記変位手段を制御する制御手段と、上記圧力センサの変位量を検知する変位検出手段とを備えるので、上記流体に関する上記圧力センサの検出圧が所定値になるように、上記変位手段によって上記圧力センサを変位させ、この圧力センサの変位量を上記変位検出手段によって検出することによって、上記砥石の寸法がインプロセスで測定できる。この砥石のインプロセス測定装置は、研削加工によって砥石の径が小さくなくても、従来におけるように圧力センサと砥石との間の距離が大きくなって圧力センサの検出値が不正確になることがないから、研削加工の全ての工程において、上記砥石の寸法を正確に計測できる。

【0065】また、上記砥石のインプロセス測定装置は、上記圧力センサの検出圧が所定の値になるように圧力センサが変位させられるので、砥石を交換する毎に、砥石と圧力センサとの間の距離と、圧力センサの検出圧とを校正する必要がないから、簡単に操作できる。

【0066】請求項2の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1に記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサの検出圧の周波数分布を求める周波数解析手段を有するので、上記圧力センサによる流体の検出圧力の周波数分布を周波数解析手段によって求めて、この周波数分布から上記砥石の上記圧力センサに対向する面の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれ等を、インプロセスで検知できる。

【0067】請求項3の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1または2に記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記流体は、研削液であるので、湿式の

研削において必要である研削液を共用して砥石の寸法を測定できるから、砥石の寸法の測定のみを使用する流体を用いるよりも、効率良く砥石を測定できる。

【0068】請求項4の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記変位検出手段は、レーザ変位計、渦電流式変位計、静電容量式変位計、光ファイバ式変位計、レーザ干渉式変位計、および、リニアエンコーダのいずれか1つであるので、上記圧力センサの変位、すなわち、上記砥石の寸法を、正確に測定できる。

【0069】請求項5の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至4のいずれか1つに記載の砥石のインプロセス測定装置において、上記変位手段は、粗動機能と微動機能とを有する機構からなるので、研削の開始時には上記粗動機能によって上記センサを迅速に所定の位置に移動できて、また、研削加工中には上記微動機能によって上記センサを微小に、かつ、高精度に変位できるから、迅速かつ高精度に砥石の寸法を測定できる。

【0070】請求項6の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至5のいずれか1つによる砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサは、砥石の研削面の運動方向と交差する方向に複数設けられているので、上記砥石の運動方向と交差する方向において上記流体を計測できるから、上記砥石の運動方向と交差する方向の砥石の寸法をインプロセスで測定できて、砥石の寸法を更に正確に把握できる。

【0071】請求項7の砥石のインプロセス測定装置は、請求項1乃至6のいずれか1つによる砥石のインプロセス測定装置において、上記圧力センサと、流体供給手段と、変位手段と、変位検出手段とからなる測定機構が、上記砥石の研削面の回りに複数設けられているので、上記測定機構位置における砥石の被計測面の変位が求められるから、上記砥石の形状および寸法に加えて、上記砥石の振れ回をインプロセスで測定できる。

【0072】請求項8の研削装置は、請求項1乃至7のいずれか1つに記載の砥石のインプロセス測定装置を有し、上記変位検出手段によって検出された値に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の値にする切込み量制御手段を有するので、上記変位検出手段によって求められた圧力センサの変位量に基づいて測定された砥石の形状および寸法に対応して、上記切込み量制御手段によって、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の量になるように制御できるから、上記砥石が摩耗して形状や寸法が変化しても、この砥石の被加工物への切込み量を変えることなく上記被加工物を高い精度で研削加工できる。

【0073】請求項9の研削装置は、請求項8に記載の研削装置において、上記切込み量制御手段は、砥石の回転軸を移動させる砥石軸送り機構を含むので、上記砥石

10

20

30

40

50

軸送り機構によって砥石の回転軸を移動できて、上記砥石の被加工物への切込み量を、確実に所定の量にできる。

【0074】請求項10の砥石のインプロセス測定方法は、回転する砥石に流体を吹き付ける工程と、圧力センサを上記砥石に対向させて、上記流体の圧力を検出する工程と、上記流体の圧力の検出値が所定の値になるように上記圧力センサを変位させる工程と、上記圧力センサの変位量を測定する工程と、上記圧力センサの変位量に基づいて、上記砥石の形状および寸法を算出する工程とを備えるので、上記回転する砥石と、この砥石に対向する圧力センサとの間に供給される流体の検出圧が所定の値になるように上記圧力センサを変位させて、上記圧力センサと砥石との間の距離が殆ど変わらないようにするから、上記流体の圧力が正確に測定できて、その結果、上記砥石の寸法を正確に測定できる。

【0075】請求項11の砥石のインプロセス測定方法は、請求項10に記載の砥石のインプロセス測定方法において、上記流体の圧力の周波数分布を求める工程と、上記周波数分布に基づいて、上記砥石の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれの少なくとも1つを判定する工程とを備えるので、砥石の目詰まり、目こぼれおよび目つぶれの少なくとも1つをインプロセスで容易に判定できるから、上記砥石をドレッシングすべき時期や、砥石を交換すべき時期などを適切に判断できる。

【0076】請求項12の研削方法は、請求項10または11に記載の砥石のインプロセス測定方法による工程を有し、上記砥石の形状および寸法に基づいて、上記砥石の被加工物への切込み量を所定の値にする工程を備えるので、摩耗等によって砥石の寸法が変わっても、上記砥石の被加工物への切込み量を変えないで、上記砥石による被加工物の研削精度を良好に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態の砥石のインプロセス測定装置を示した図である。

【図2】 砥石102と、圧力センサ部103と、研削液104とを模式的に示した図である。

【図3】 本発明の第2実施形態の研削装置を示す図で

ある。

【図4】 図4(a)は、上記研削液4の動圧の周波数分布によって砥石2の状態を判定する工程を示した工程図であり、図4(b)は、ウェーブレット解析を用いて周波数分布を求めて、砥石2の状態を判定する工程を示した工程図である。

【図5】 図5(a)は、砥石2をドレッシングした直後における研削液4の動圧の周波数分布を示した図であり、図5(b)は、砥石2によって被加工物12を0.1mm研削した後の研削液4の動圧の周波数分布を示す図である。

【図6】 本発明の第3実施形態の砥石のインプロセス測定装置を示す図である。

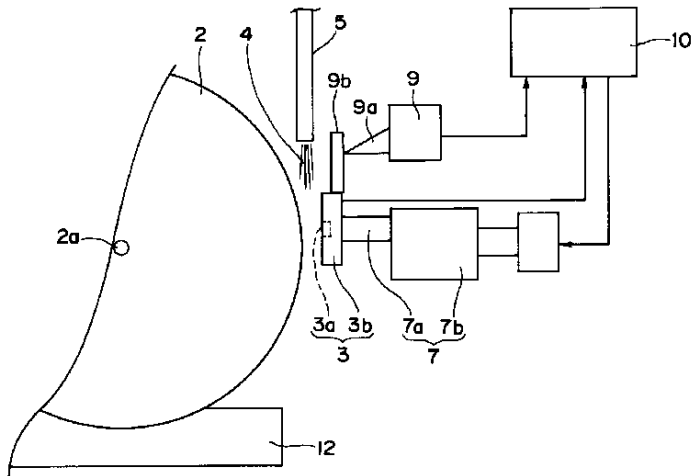
【図7】 本発明の第4実施形態の砥石のインプロセス測定装置を示す図である。

【図8】 図8(a)は、砥石2の径方向断面における砥石2の一部および圧力センサ部203を示す図であり、図8(b)は、上記圧力センサ部203および砥石2を図示しない変位手段側から見た平面図であり、図8(c)は、上記圧力センサ部203および砥石2の一部を側面から見た図である。

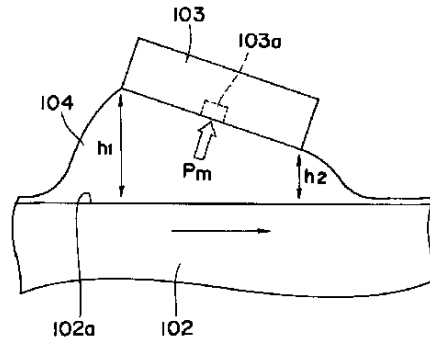
【符号の説明】

- 1 砥石のインプロセス測定装置
- 2 砥石
- 2a 砥石の軸
- 3 圧力センサ部
- 3a 圧力センサ
- 3b ホルダ
- 4 研削液
- 5 ノズル
- 7 変位手段
- 7a 微動機構
- 7b 粗動機構
- 9 レーザ変位計
- 9a レーザ光
- 9b 受光部
- 10 制御装置

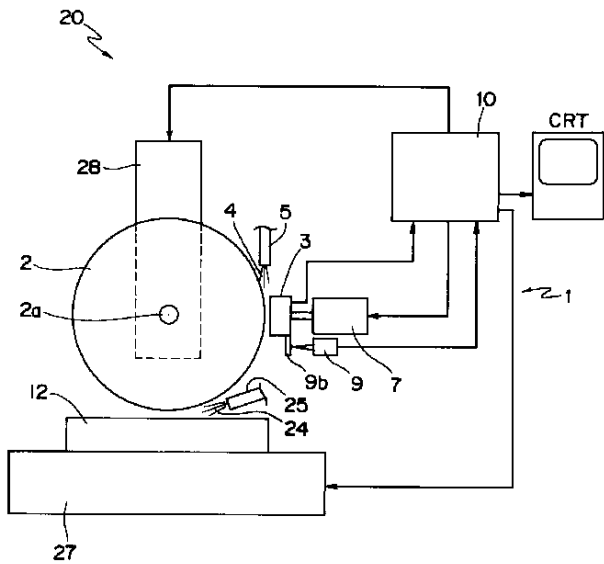
【図1】



【図2】

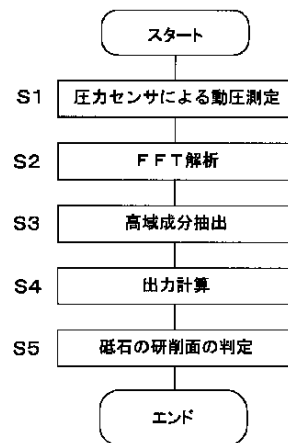


【図3】

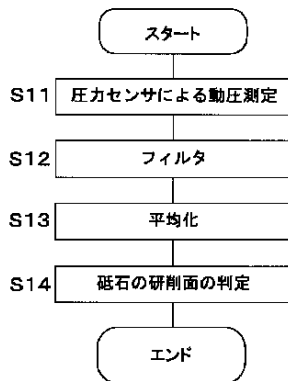


【図4】

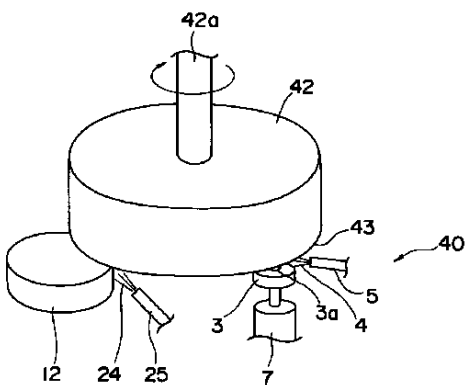
(a)



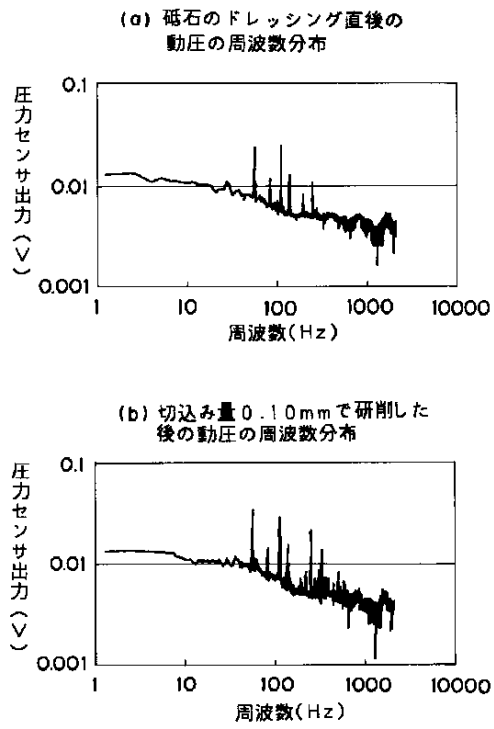
(b)



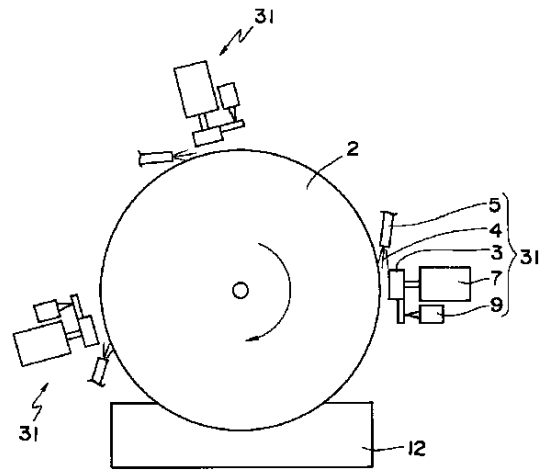
【図7】



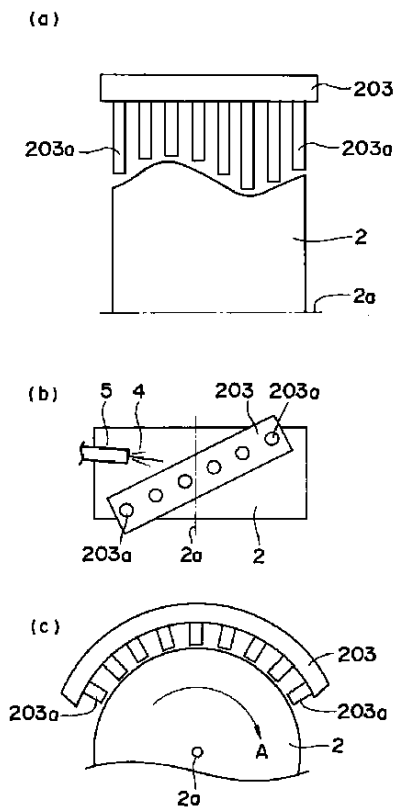
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C029 AA06 AA40  
3C034 BB92 BB93 BB94 CA08