

(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2006-281402

(P2006-281402A)

(43) 公開日 平成18年10月19日(2006. 10. 19)

|                                |                |             |
|--------------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int. Cl.                  | F I            | テーマコード (参考) |
| <b>B 2 4 B 5/18 (2006.01)</b>  | B 2 4 B 5/18 D | 3 C 0 3 4   |
| <b>B 2 4 B 49/10 (2006.01)</b> | B 2 4 B 49/10  | 3 C 0 4 3   |

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

|           |                              |          |                                |
|-----------|------------------------------|----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2005-107070 (P2005-107070) | (71) 出願人 | 000114019                      |
| (22) 出願日  | 平成17年4月4日(2005. 4. 4)        |          |                                |
|           |                              | (74) 代理人 | 110000073                      |
|           |                              |          | 特許業務法人プロテック                    |
|           |                              | (72) 発明者 | 善本 淳一                          |
|           |                              |          | 山形県山形市蔵王上野578番地の2 ミ            |
|           |                              |          | クロン精密株式会社内                     |
|           |                              | (72) 発明者 | 武田 勝幸                          |
|           |                              |          | 山形県山形市蔵王上野578番地の2 ミ            |
|           |                              |          | クロン精密株式会社内                     |
|           |                              | Fターム(参考) | 3C034 AA05 BB91 CA24 CB13 DD18 |
|           |                              |          | 3C043 AA08 CC03 DD06           |

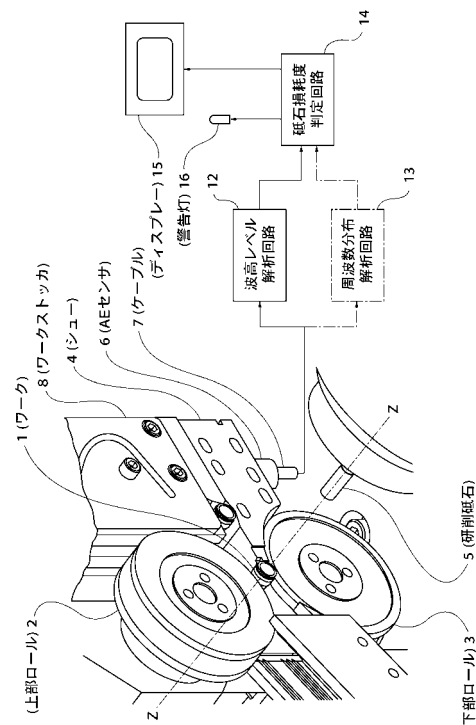
(54) 【発明の名称】 研削作業の状態を判定する方法及び同装置、並びに研削作業の制御方法

(57) 【要約】

【課題】 研削盤が正常に運転されているか否か、研削作動の進捗状態はどうか、および研削砥石5が使用に伴って損耗したか否かについて、作業員に別段の知識や熟練を要せずに判定できるようにする。

【解決手段】 円柱状のワーク1を支持している静止部材(本例ではシュー4)にAEセンサ6を装着して、研削音を検出する。検出した電氣的信号を波高レベル解析回路12および/または周波数解析回路13を経て砥石損耗度判定回路14に与え、研削砥石5の損耗状態を判定する。判定結果はディスプレイ15に表示され、異常が発生したときや、砥石の損耗が所定の程度に達したら警告灯16が点灯される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材であるロール（２，３）と、静止部材であるシュー（４）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（５）を接触させて研削する内面研削盤において、上記のシューにＡＥセンサ（６）が装着されていて、研削によって放射される超音波振動を電気信号として検出し得るようになっており、

かつ、検出した電気信号を解析して、研削作業の異状発生の有無、研削ステップの進捗状態、及び研削砥石の損耗状態の少なくとも何れか一つを判定する演算回路を備えていることを特徴とする、研削作業の状態を判定する装置。

## 【請求項 2】

10

円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材である調整砥石（９）と、静止部材であるブレード（１０）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（１１）を接触させて研削するセンタレス研削機において、

上記のブレードにＡＥセンサ（６）が装着されていて、研削によって放射される超音波振動を電気信号として検出し得るようになっており、

かつ、検出した電気信号を解析して、研削作業に異状発生の有無、研削ステップの進捗状態、及び研削砥石の損耗状態を判定する演算回路を備えていることを特徴とする、研削砥石の損耗状態を判定する装置。

## 【請求項 3】

前記の演算回路が、波高レベル解析回路（１２）と砥石損耗度判定回路（１４）とを有しており、 20

かつ、上記判定回路は、特定の周波数範囲の超音波波高を閾値と比較する機能を有するものであることを特徴とする、請求項 1 または請求項 2 に記載した研削作業の状態を判定する装置。

## 【請求項 4】

前記の演算回路が、周波数解析回路（１３）と砥石損耗度判定回路（１４）とを有しており、

かつ、上記判定回路は、「損耗した砥石が放射する超音波の周波数分布特性」を記憶していて、「解析回路から出力された周波数分布状態」を上記の「記憶している周波数分布特性」と比較する機能を有するものであることを特徴とする、請求項 1 または請求項 2 に記載した研削作業の状態を判定する装置。 30

## 【請求項 5】

円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材であるロール（２，３）と、静止部材であるシュー（４）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（５）を接触させて研削する方式の内面研削盤において、

上記のシューにＡＥセンサ（６）を装着しておき、

研削によって放射される超音波振動を上記ＡＥセンサ６により電気信号として検出し、

検出した電気信号を解析して研削作業の状態を自動的に判定することを特徴とする、研削作業の状態を判定する方法。

## 【請求項 6】

40

円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材である調整砥石（９）と、静止部材であるブレード（１０）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（１１）を接触させて研削するセンタレス研削機において、

上記のブレードにＡＥセンサ（６）を装着しておき、

研削によって放射される超音波振動を上記ＡＥセンサ６により電気信号として検出し、

検出した電気信号を解析して、研削作業の状態を自動的に判定することを特徴とする、研削作業の状態を判定する方法。

## 【請求項 7】

研削によって放射される超音波の波高レベルを、損耗の程度に対応せしめて実測しておき、

50

検出された超音波の波高を、上記の実測値と比較して研削作業状態を自動的に判定することを特徴とする、請求項 5 または請求項 6 に記載した研削作業の状態を判定する方法。

【請求項 8】

研削によって放射される超音波の周波数分布を、損耗の程度に対応せしめて実測しておき、

検出された超音波の周波数分布を、上記の実測値と比較して研削作業状態を自動的に判定することを特徴とする、請求項 5 または請求項 6 に記載した研削作業の状態を判定する方法。

【請求項 9】

円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材であるロール（２，３）と、静止部材であるシュー（４）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（５）を接触させて研削する方式の内面研削盤、または、円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材である調整砥石（９）と、静止部材であるブレード（１０）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（１１）を接触させて研削するセンタレス研削機において、

上記のシューまたはブレードにＡＥセンサ（６）を装着しておき、

研削によって放射される超音波振動を上記ＡＥセンサ（６）により電気信号として検出し、

検出した電気信号を解析して研削作業状態を判定し、これを研削作業機器にフィードバックして、研削力を常に一定ならしめるように切り込み制御を行なうことを特徴とする、研削作業の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、研削作業が正常に進行しているか否かを自動的に判定し、適正に管理するための判定方法および同装置にするものである。

上記の判定結果の信号を研削機器にフィードバックすることにより、研削作業状態を自動的に制御し、とりわけ研削力を定常化して高い加工精度を保つことができる。

【背景技術】

【０００２】

最近の研削盤は高度に自動化されているので、一人の作業員が多数の研削盤を監視・管理しなければならない。

このため、研削作業が異状無く良好な状態で進行しているか否かを自動的に判定する技術が必要とされる。

良好な研削作業を遂行するには、次に説明するように積極的な面の管理と消極的な面の管理との両方が必要である。

すなわち、積極的な面では適応制御研削を図り、消極的な面では部材損傷の未然防止を図らねばならない。

【０００３】

前記の適応制御研削について考察する。

研削作業において重要な管理項目の一つに、研削砥石の切込み速度が有る。ところが、砥石軸系の剛性の関係から、設定切込み速度に対する被加工物の寸法変化の応答性が良くない場合がある。

このため応答の過渡的状态が発生し、この過渡時間が秒単位に及ぶことも珍しくない。

過渡時間の短縮と精度安定とを目的として、研削抵抗を直接あるいは間接的に検出し、この検出値に基づいて切込み操作を制御する方法を適応制御研削という。

適応研削の一つの方式として、切込み台を一定の油圧で送り駆動する定圧力研削（ＣＦ研削）が広く知られている。

また、砥石軸を送り駆動するモータの消費電力を検出して、該電力を一定に保持するように切込み台を制御する方法を定電力研削といい、これも広く知られている。

【０００４】

10

20

30

40

50

次に、部材損傷の未然防止について考察すると、研削機における重要な損耗部材は研削砥石である。

研削機に万一の故障が発生したり、調整状態が狂ったりしたときは、即時に発見して対処しなければならないのは勿論であるが、別段の故障が発生しなくても、研削砥石は使用に伴って損耗する。

損耗した砥石で研削作業を行なうと、作業能率が悪くなるのみでなく、研削仕上げ面の品質が低下する。このため、研削砥石が損耗したならば適時にドレッシングし、または新品と交換しなければならない。

上記のドレッシングまたは交換は、適時であることが大切である。遅すぎると、製品の品質を損じるが、さりとて早きに失すると却って作業能率を低下させ、加工コストを増加させてしまう。 10

ところが研削砥石の損耗は、その形態が複雑である上に、その進行速度に影響する要因が多いので、ドレッシング（または交換）の時機判定が難しい。

#### 【0005】

研削砥石の損耗態様を大別すると次の三つになる。

イ．目づまり…砥石の気孔に、切子などの異物が詰まった状態。

ロ．目つぶれ…砥粒の角が磨り減って丸くなった状態。

ハ．目こぼれ…バインダのブリッジが壊れて砥粒が脱落した状態。

これらの損耗形態は複合して発生し、進行する場合が少なくない。

損耗の進行は研削作業条件によって著しく異なり、理論的計算によって算出することは一般に不可能である。つまり、実績データを参照して推測する他に、実用的な手段は知られていなかった。 20

消極的な観点から「微小な異常を即時かつ自動的に判定する」という技術は、積極的に「判定信号をフィードバックして最良の状態では研削作業を遂行する」ことに繋がる。

本発明において、「微小異常の自動的判定」と「高精度の維持」とは、技術的思想として表裏一体を為すものである。

#### 【0006】

砥石の損耗状態を間接的に推測する技術として、特開昭63-174872号公報、および特開平7-171742号公報が提案されている。これらの技術は、研削反力を電動機負荷として検出するものである。 30

これらは、10年昔においては新規性、進歩性を有する新鋭の技術であり、研削機械産業の発展に寄与するところ多大であった。しかし今日、惜しむらくはIT革命に取り残されて陳腐化したことを否めない。

#### 【0007】

砥石の損耗ではなく、切削工具（例えばドリル）の損耗を検出する手段として超音波を利用しようという研究も、非特許文献1に示したように為されている。この技術はドリルユニットにAEセンサを装着している。

上記のAEとはAcoustic Emissionの略であって、AEセンサとは、固体材料が微視的な損傷を生じたり、該微視的な損傷が成長する際に発生する超音波を受信する検出器をいう。 40

上記の研究において、ドリルの折損をAEセンサで検出できた旨が報告されている。

【特許文献1】特開昭63-174872号 公報

【特許文献2】特開平4-8474号 公報

【特許文献3】特開平7-148661号 公報

【特許文献4】特開平7-171742号 公報

【特許文献5】特許第1875518号 公報

【非特許文献1】茨城県工業技術センター研究報告 第16号 小径ドリルによる加工情報センシング技術に関する研究（第1報） 報告者・小石川 勝 （昭和42年度技術開発研究費補助金による研究であるが、発表の日付は不詳）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は以上に述べた事情に鑑みて為されたものであって、その目的とするところは、研削作業の状態電子技術的に検出して、作業員に別段の知識や熟練を要せず、研削作業の状態を自動的に監視・管理して異状発生に即応することができ、さらに、研削砥石のドレッシング（交換）時期を正確に判定し得る方法、および同装置、並びに、上記の判定を自動的にフィードバックして高い加工精度を維持するように制御する技術を提供するにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

次に本発明の基本的な原理を、その1実施形態に対応する図1を参照して略述すると、円柱面を有するワーク1が、その外周面を2個のロール2、3と1個のシュー4とによって無心的に支持され、図に現れていない駆動手段によってZ軸周りに回転駆動されている。符号5は、砥石車である研削砥石であって、前記ワーク1の内周面を研削加工する。

従来、この研削砥石5から発生する各種の振動（可聴音波及び超音波を含む）を検出して該研削砥石の状態を検出しようと試みられたが、回転に伴う雑音が入るので、正確な判定が困難であった。

本発明は、回転雑音が入らないように、静止部材であるシュー4に、AEセンサ6を装着して「研削音」を検出する。詳しくは、研削音の内の超音波成分を検出して解析する。

図1と異なる実施形態（後掲の図3）として、シューに代えてブレードにAEセンサを装着することもできる。これらを総合して本発明の特徴は、AEセンサを回転部材に装着せず（直接、間接を問わず、回転部材には装着しないで）、静止部材に装着する。

詳しくは、被加工物に摺動接触してこれを支持している静止部材にAEセンサを装着する。静止部材の名称は、シューであっても、ブレードであっても、ストッパであっても、ガイドであっても、何であってもよい。

【0010】

以上に述べた原理に基づく具体的な構成として請求項1に係る発明装置の構成は、（図1参照）円柱面を有するワーク（1）の外周を、回転部材であるロール（2、3）と、静止部材であるシュー（4）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（5）を接触させて研削する内面研削盤において、

上記のシューにAEセンサ（6）が装着されていて、研削によって放射される超音波振動を電気信号として検出し得るようになっており、

かつ、検出した電気信号を解析して、研削作業に異状発生の有無、研削ステップの進捗状態、及び研削砥石の損耗状態の少なくとも何れか一つを判定する演算回路を備えていることを特徴とする。

【0011】

以上に説明した請求項1の発明装置は内面研削盤に適用され、研削音がAEセンサで検出される。

研削音は研削作業の状態によって種々に変化し、例えば研削砥石の損耗状態によっても変化するので、これを利用して研削作業の状態、特に研削砥石の損耗状態を正確に判定することができる。

しかも、AEセンサが「静止部材であるシュー」に装着されているので、回転雑音の混入が少なく、電気的信号の伝送が容易である（回転部材から電気的信号を取り出そうとすると、電線が振れないよう、ワイヤレスにしなければならない。このため構造が複雑となり、信号の減衰が多めで、コスト高になる）。

上述のごとく本発明装置を適用すると、研削状態をAE監視することによって、適応制御研削にけると同様な効果を奏する。

【0012】

請求項2に係る発明装置の構成は、（図3参照）円柱面を有するワーク（1）の外周を、回転部材である調整砥石（9）と、静止部材であるブレード（10）とによって無心

10

20

30

40

50

的に支持し、上記ワークに研削砥石（１１）を接触させて研削する方式のセンタレス研削機において、

上記のブレードにＡＥセンサ（６）が装着されていて、研削によって放射される超音波振動を電気信号として検出し得るようになっており、

かつ、検出した電気信号を解析して、研削作業に異状発生の有無、研削ステップの進捗状態、及び研削砥石の損耗状態を判定する演算回路を備えていることを特徴とする。

【００１３】

以上に説明した請求項２の発明装置はセンタレス研削機に適用され、研削音がＡＥセンサで検出される。

研削音は研削作業状態によって種々に変化し、特に研削砥石の損耗状態によって変化するので、これを利用して研削作業状態を正確に判定することができる。 10

しかも、ＡＥセンサが「静止部材であるブレード」に装着されているので、回転雑音の混入が少なく、電氣的信号の伝送が容易である（回転部材から電氣的信号を取り出そうとすると、電線が振れないよう、ワイヤレスにしなければならない。このため構造複雑、減衰多大、コスト高になる）。

【００１４】

請求項３に係る発明装置の構成は、前記請求項１または請求項２の発明装置の構成要件に加えて、前記の演算回路が、波高レベル解析回路（１２）と砥石損耗度判定回路（１４）とを有しており、

かつ、上記判定回路は、特定の周波数範囲の超音波波高を閾値と比較する機能を有するものであることを特徴とする。 20

【００１５】

以上に説明した請求項３の発明装置によると、研削状態に異状が発生したり研削砥石の損耗が進行したりすると超音波波高が大きくなる現象を利用して、予め設定された閾値と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング（交換）を行なうことができる。

【００１６】

請求項４に係る発明装置の構成は、前記請求項１または請求項２の発明装置の構成要件に加えて、 30

前記の演算回路が、周波数解析回路（１３）と砥石損耗度判定回路（１４）とを有しており、

かつ、上記判定回路は、「損耗した砥石が放射する超音波の周波数分布特性」を記憶していて、「解析回路から出力された周波数分布状態」を上記の「記憶している周波数分布特性」と比較する機能を有するものであることを特徴とする。

【００１７】

以上に説明した請求項４の発明装置によると、研削砥石の損耗が進行すると超音波の周波数分布が変化する現象を利用して、予め設定された周波数分布形態と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング（交換）を行なうことができる。 40

【００１８】

請求項５に係る発明方法の構成は、（図１参照）円柱面を有するワーク（１）の外周を、回転部材であるロール（２，３）と、静止部材であるシュー（４）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（５）を接触させて研削する方式の内面研削盤において、

上記のシューにＡＥセンサ（６）を装着しておき、

研削によって放射される超音波振動を上記ＡＥセンサ６により電気信号として検出し、検出した電気信号を解析して、前記研削作業の状態を判定することを特徴とする。

【００１９】

以上に説明した請求項５の発明方法は内面研削盤に適用され、研削音をＡＥセンサで検出する。

研削音は研削作業の異常発生や研削砥石の損耗進行によって変化するので、これを利用して研削作業の状態を正確に判定することができる。

しかも、A Eセンサを「静止部材であるシュー」に装着するので、回転雑音の混入が少なく、電氣的信号の伝送が容易である（センサを回転部材に装着すると、電氣的信号の取り出しが非常に厄介である）。

すなわち、本請求項5の発明方法を適用してA Eセンサをシューに装着すると、該A Eセンサから解析回路までを有線で接続しても振れないので、簡単に安価な部材を用いて、電気信号をほとんど減衰させずに伝送することができる。

以上に述べたように、本発明方法を適用すると、研削音をA E監視することにより、適応制御研削におけると同様な効果が得られる。

10

#### 【0020】

請求項6に係る発明方法の構成は、（図3参照）円柱面を有するワーク（1）の外周を、回転部材である調整砥石（9）と、静止部材であるブレード（10）とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石（11）を接触させて研削するセンタレス研削機において、上記のブレードにA Eセンサ（6）を装着しておき、

研削によって放射される超音波振動を上記A Eセンサ6により電気信号として検出し、検出した電気信号を解析して、前記研削作業の状態を判定することを特徴とする。

#### 【0021】

以上に説明した請求項6の発明方法はセンタレス研削機に適用され、研削音をA Eセンサで検出する。

20

研削音は研削作業の状態や削砥石の損耗によって変化するので、これを利用して研削作業の状態を正確に判定することができる。

しかも、A Eセンサを「静止部材であるブレード」に装着するので、回転雑音の混入が少なく、電氣的信号の伝送が容易である（センサを回転部材に装着すると、電氣的信号の取り出しが非常に厄介である）。

すなわち、本請求項6の発明方法を適用してA Eセンサをブレードに装着すると、該A Eセンサから解析回路までを有線で接続しても振れないので、簡単に安価な部材を用いて、電気信号をほとんど減衰させずに伝送することができる。

#### 【0022】

請求項7に係る発明方法の構成は、前記請求項5または請求項6の発明方法の構成要件に加えて、研削砥石が放射する超音波の波高レベルを、損耗の程度に対応させて予め実測しておき、

30

検出された超音波の波高を、上記の実測値と比較して損耗状態を判定することを特徴とする。

#### 【0023】

以上に説明した請求項7の発明方法によると、「研削砥石の損耗が進行すると、進行に応じて超音波波高が大きくなる現象」を利用して、予め設定された閾値と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング（交換）を行なうことができる。

#### 【0024】

40

請求項8に係る発明方法の構成は、前記請求項5または請求項6の発明方法の構成要件に加えて、研削砥石が放射する超音波の周波数分布を、損耗の程度に対応させて予め実測しておき、

検出された超音波の周波数分布を、上記の実測値と比較して損耗状態を判定することを特徴とする。

#### 【0025】

以上に説明した請求項8の発明方法によると、「研削砥石の損耗が進行すると、進行に応じて超音波の周波数分布が変化する現象」を利用して、予め測定された周波数分布と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング（交換）を行なうことができる

50

。

#### 【0026】

請求項9に係る発明方法の構成は、円柱面を有するワーク(1)の外周を、回転部材であるロール(2, 3)と、静止部材であるシュー(4)とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石(5)を接触させて研削する方式の内面研削盤、または、円柱面を有するワーク(1)の外周を、回転部材である調整砥石(9)と、静止部材であるブレード(10)とによって無心的に支持し、上記ワークに研削砥石(11)を接触させて研削するセンタレス研削機において、

上記のシューまたはブレードにAEセンサ(6)を装着しておき、

研削によって放射される超音波振動を上記AEセンサ(6)により電気信号として検出し、

検出した電気信号を解析して研削作業状態を判定し、これを研削作業機器にフィードバックして、研削力を常に一定ならしめるように切り込み制御を行なうことを特徴とする。

#### 【0027】

以上に説明した請求項9の発明方法は無心型の内面研削盤、又はセンタレス研削盤に適用され、研削状態の微小な変化を即時かつ鋭敏に検出することができるので、これを研削機器にフィードバックして研削条件を制御し、とりわけ研削力を一定に保つように自動制御して高品質の研削作業を遂行することができる。

以上に述べたように、本請求項9の発明方法をセンタレス研削に適用すると、研削音をAE監視することによって、適用制御研削におけると同様な効果を奏する。

#### 【発明の効果】

#### 【0028】

請求項1の発明装置は内面研削盤に適用され、研削音がAEセンサで検出される。

研削音は研削作業の状態、特に砥石の損耗状態によって変化するので、これを利用して研削作業状態を正確に判定することができる。

しかも、AEセンサが「静止部材であるシュー」に装着されているので、回転部材から発生する雑音の混入が少なく、しかも電氣的信号の伝送が容易である(回転部材から電氣的信号を取り出そうとすると、電線が振れないよう、ワイヤレスにしなければならず、このため構造複雑、減衰多大、コスト高になる)。

#### 【0029】

請求項2の発明装置はセンタレス研削機に適用され、AEセンサによって研削音が検出される。

研削音は研削作業状態、特に砥石の損耗状態によって変化するので、これを利用して研削作業状態を正確に判定することができる。

しかも、AEセンサが「静止部材であるブレード」に装着されているので、回転部材から発生する雑音の混入が少なく、しかも電氣的信号の伝送が容易である(回転部材から電氣的信号を取り出そうとすると、電線が振れないよう、ワイヤレスにしなければならず、このため構造複雑、減衰多大、コスト高になる)。

#### 【0030】

請求項3の発明装置によると、「研削砥石の損耗が進行すると超音波波高が大きくなる現象」を利用して、検出された超音波の波高を、予め設定された閾値と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング(交換)を行なうことができる。

#### 【0031】

請求項4の発明装置によると、「研削砥石の損耗が進行すると超音波の周波数分布が変化する現象」を利用して、検出された超音波の周波数分布を、予め設定された周波数分布形態と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング(交換)を行なうことができる。

10

20

30

40

50



## 【0032】

請求項5の発明方法は内面研削盤に適用され、研削音をA Eセンサで検出する。

研削音は研削砥石の損耗状態によって変化するので、これを利用して研削作業の状態正確に判定することができる。

しかも、A Eセンサを「静止部材であるシュー」に装着するので、回転雑音の混入が少なく、電氣的信号の伝送が容易である（センサを回転部材に装着すると、電氣的信号の取り出しが非常に厄介である）。

すなわち、本請求項5の発明方法を適用してA Eセンサをシューに装着すると、該A Eセンサから解析回路までを有線で接続しても振れないので、簡単に安価な部材を用いて、電気信号をほとんど減衰させずに伝送することができる。

10

## 【0033】

請求項6の発明方法はセンタレス研削機に適用され、研削音をA Eセンサで検出する。

研削音は研削砥石の損耗状態によって変化するので、これを利用して研削作業の状態正確に判定することができる。

しかも、A Eセンサを「静止部材であるブレード」に装着するので、回転雑音の混入が少なく、電氣的信号の伝送が容易である（センサを回転部材に装着すると、電氣的信号の取り出しが非常に厄介である）。

すなわち、本請求項6の発明方法を適用してA Eセンサをブレードに装着すると、該A Eセンサから解析回路までを有線で接続しても振れないので、簡単に安価な部材を用いて、電気信号をほとんど減衰させずに伝送することができる。

20

## 【0034】

請求項7の発明方法によると、「研削砥石の損耗が進行すると、進行に応じて超音波波高が大きくなる現象」を利用して、予め設定された閾値と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング（交換）を行なうことができる。

## 【0035】

請求項8の発明方法によると、「研削砥石の損耗が進行すると、進行に応じて超音波の周波数分布が変化する現象」を利用して、予め測定された周波数分布と比較することにより、作業員に別段の知識や熟練を要せず、迅速に、かつ正確に、研削作業の状態を判定して、適正な時機に研削砥石のドレッシング（交換）を行なうことができる。

30

## 【0036】

請求項9の発明方法は無心型の内面研削盤、又はセンタレス研削盤の何れにも適用することができ、研削状態の微小な変化を即時かつ鋭敏に検出し得るので、これを研削機器にフィードバックして研削条件を制御し、とりわけ研削力を一定に保つように自動制御して高品質の研削作業を遂行することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0037】

図1は、本発明を内面研削盤（ミクロン精密株式会社製）に適用した実施形態における要部斜視図である。

筒状のワーク1は、上部ロール2と下部ロール3とシュー4とによって、その外周を無心的に支持され、図に現れていない駆動手段で回転せしめられる。

40

研削砥石5は砥石車であって、中心線Zに沿って前進し、前記ワーク1の内周面を研削する。

研削を終えたワークは図の左下方へ排出され、自重で転がって行く。次サイクルの加工対象であるワークは、ワークストッカ8から供給される。

## 【0038】

前記のシュー4に、A Eセンサ6を装着してある。

本実施形態においては、ドイツ製A Eセンサシステムに用いられているA Eセンサ（単品）を用いた。

この機器は、オネジを備えていて、被装着部材のメネジ穴に螺着できるようになってい

50

る。検出された電気信号は、ケーブル7によって伝送される。

上記のように、静止部材（例えばシュー）にAEセンサを装着すると、電線を振らせる虞れ無くケーブルで検出信号を伝送することができるので、

- a. 伝送された電気信号が減衰せず、
- b. 伝送機構が簡単で、作動信頼性が高く、小形軽量であり、
- c. 製造コストが低廉である。

その上、AEセンサが静止部材に装着されているので、回転部材からの雑音が混入しにくく、研削音を感知し易い。

#### 【0039】

次に、本発明の応用例について述べる。以上に説明した図1の例はワーク1を無心的に 10  
支承しているので、静止部材であるシュー4にAEセンサを装着したが、該ワークを主軸  
にチャックして研削砥石5で研削する場合は「ワークに接触している静止部材」が無い。

このような場合は、「ワークに接触している、砥石以外の部材（この例では主軸）」に  
AEセンサを装着すれば良い。すなわち、静止部材を広義に解すれば「ワークに接触して  
いる、砥石以外の部材」となる。

#### 【0040】

図2は、AEセンサによって検出された信号波形の1例を示すグラフである。

AE信号波形は研削作業の状態の応じて種々に変化する。このため、検出された信号波  
形の特徴を捕らえれば、研削状態を高い確率でリアルタイムで推定することができる。

特徴を読み取る為のパラメータとしては、図示のような1群の波形が現れるサイクル、 20  
持続時間、ピーク値、立上がり時間、及び持続時間内におけるピークの数などがある。

これらの値を自動的に評価して判定するには、この信号波形を周波数分析することや、  
閾値を設定しておいて比較演算することが有効である。

本発明を実施する際は、予め各種の状態について（例えば良好な研削中の状態、ワーク  
が研削位置に着座した瞬間、研削砥石がワークに接触した瞬間、研削砥石が目こぼれした  
とき、同じく目つぶれしたとき、同じく目詰まりしたとき、同じく微小亀裂を生じたとき  
などについて）AE波形を計測し、かつ、それぞれの場合について波形のパラメーター変  
化を算出して演算回路に記憶させておくことが望ましい。

#### 【0041】

AEセンサ6で検出された電気信号はケーブル7を経て、実線矢印で示したように波高 30  
レベル解析回路12へ入力される。

上記の波高レベル解析回路は、超音波領域全部を平均した波高レベルを算出して砥石損  
耗度判定回路14に出力する。

研削砥石5の損耗が進むと、超音波の研削音が増大する。この現象を利用して砥石損耗  
度判定回路14は、「入力された波高レベル」と「予め設定された閾値」とを比較して、  
入力波高が閾値の何パーセントであるかを算出する。

#### 【0042】

上記のパーセンテージは、研削砥石5の寿命消費の目安になるので、これをディスプレ  
ー15に表示する。

また、上記のパーセンテージが100パーセントに達したら警告灯16を点灯させる。 40

前記の波高レベル解析回路12に代えて、鎖線で示した矢印のように周波数解析回路1  
3へ検出信号を入力させてもよい。また、波高レベル解析回路12と周波数解析回路13  
とを併設することも推奨される。

上記周波数解析回路13の構成と作用とについては、図3を参照して、次に詳述する。

#### 【0043】

図3は、本発明をセンタレス研削機に適用した実施形態を描いた模式図である。

センタレス研削機は一般に、砥石車である調整砥石9と、静止部材であるブレード10  
とによって、円柱状のワーク1を支持し、上記のワークに研削砥石11を接触させて研削  
する。

調整砥石9は、慣習的に砥石と呼ばれているが、その役目は「ブレードと協働してワー 50

クを支承することであり、研作削除作用は果たさない。従って調整砥石は、先に述べた広義の静止部材（ワークに接触している、砥石以外の部材）である。

本例では、前記のブレード 10 に A E センサ 6 を装着してある。応用例として、調整砥石の砥石台（図外）に装着しても、該 A E センサが回転雑音を拾いにくいという長所がある。

#### 【0044】

本図 3 の実施形態に示したブレード 10 は、前述の実施形態（図 1）におけるシュー 4 と同様に純粹の（狭義の）静止部材であるから前記実施形態におけると同様に、ケーブル 7 によって検出信号を伝送することができ、

- a. 伝送された電気信号が減衰せず、
- b. 伝送機構が簡単で、作動信頼性が高く、小形軽量であり、
- c. 製造コストが低廉である。

その上、A E センサが静止部材に装着されているので、回転部材からの雑音が混入しにくく、研削音を感知し易い。

#### 【0045】

本例では、A E センサ 6 で検出された電気信号を、実線矢印のように周波数解析回路 13 へ入力させる。

研削砥石の損耗形態は、先に説明したように、目づまり（気孔に異物が詰まる）、目つぶれ（砥粒が丸くなる）、および目こぼれ（砥粒の脱落）に大別されるが、それぞれの損耗態様に対応して特有周波数の超音波が放射される。

このため、検出された超音波を周波数解析すると、損耗の形態及びその進行程度が分かる。

周波数解析回路 13 は、予め実験的に求められた知見に基づいて、目づまりによって発生する周波数帯の超音波のエネルギーレベルと、目つぶれによって発生する周波数帯の超音波のエネルギーレベルと、目こぼれによって発生する周波数帯の超音波のエネルギーレベルとを出力する。

以上に述べた研削砥石の損耗は正常な研削作業においても進行するが、万一、微小亀裂の発生サンプルと同様の波形が検知されたときは、研削盤の運転を緊急停止させて不具合の拡大を防止する。

#### 【0046】

上記の出力信号（各周波数帯のエネルギーレベル）を入力された砥石損耗度判定回路 14 は、目づまりの進行程度と、目つぶれの進行程度と、目こぼれの進行程度とを、それぞれディスプレイ 15 に表示する。

損耗の程度が所定の値に達すると、警告灯 16 が点灯され、作業員に注意を促すようになっている。

これによって作業員は、別段に高度の知識や熟練を要せず、容易に、確実に、かつ即時的に、研削砥石の損耗の程度を正確に認識することができる。

その結果、研削砥石のドレッシング（交換）時機を失して研削品質を損なう虞れが無く、また、過早にドレッシング（交換）を行なって研削作業コストを増大させるといった不具合を招く虞れも無い。

#### 【0047】

研削作業において、被加工物の材質や熱処理状態によっては研磨割れや研磨焼けと呼ばれる異常が発生する場合がある。これらの場合も、それぞれ特有の周波数帯の超音波が放射されるから、本発明装置を利用して不具合を検知することができる。

この場合、予め、研磨割れ時に発生する超音波の周波数帯や、研磨焼け時に発生する超音波の周波数帯を実験的に把握しておき、

周波数解析回路 13 に、これらの不具合時の周波数帯を記憶させておいて、この周波数帯の超音波レベルを出力させ、砥石損耗度判定回路 14 でその程度を判定させる。

#### 【0048】

本図 3 のようにしてセンタレス研削する場合、図外の搬送機構が設けられていて、多数

10

20

30

40

50

のワーク 1 が順次に搬入され搬出される。このため、研削作業を監視・管理するには、ワークが搬入されて研削位置に着座したこと、切込み作動が終わってスパークアウト（取代が無くなって火花が出なくなる）したこと、及び、順調に研削されていることなどを時々刻々に検知することが望ましい。

このため、理想的に良好な研削状態である場合の A E 波形を計測し記憶させておいて、センタレス研削機が稼働しているときに検出された A E 波形を比較すると、その時の研削状態に異常が無い場合は「異常無し」と判定することができる。

また、仮に異常な波形が現れて、そのサイクルが研削砥石の回転速度と一致したときは、研削砥石に何らかの損傷を生じたことが推定される。

予め、研削砥石に関する各種損傷、損耗のサンプル波形を得ておけば、上記損傷の種類や程度が相当詳細に判明する。 10

#### 【0049】

A E センサは従来例において専ら異常検出に用いられたが、本発明においては上述の実施形態について説明したように、単なる故障・破損の検知に留まらず、研削作業が正常に進行しているとき、研削ステップ（工程細目）の進捗状態を常に把握して自動的に監視・管理することができる。

状態把握がリアルタイムであるから、万一の不具合発生に際しては即時に対応することができるので、加工不良品を大量に作ってしまう虞れがなく、また、研削盤に発生した微小破損が拡大する虞れも無い。

#### 【0050】

図 3 に示したセンタレス研削においても、前掲の図 1 に示した内面研削の場合と同様に、判定回路 14 の出力信号を研削砥石 11 の駆動機構（図外）にフィードバックして切込み制御（切込み速度・切込み量の制御）を行なって、研削力が一定となるように自動制御し、高精度を保たしめることができる。 20

#### 【0051】

図 4 は本発明の 1 実施形態における制御系統図である。この実施形態は、内面研削機に本発明を適用し、内面研削における切込速度（矢印  $v$ ）を自動的に制御することにより、良好な研削状態を維持して、研削作業の高効率と製品の高品質とを確保するとともに、工具の損傷を未然に防止したものである。

ワーク 1 は、前掲の図 1 におけると同様に 2 ロール 1 シューによって無心的に支承されて回転しており、砥石スピンドル 18 は研削砥石 5 を支持して回転させている。 30

A E センサ 6 は、前掲の図 1 におけると同様に内面研削機の静止部材に装着され、A E 信号  $s$  を A E 波検出部 20 に与えている。

#### 【0052】

予め、実験的に良好な研削作業を試行し、そのときの A E 波レベルを測定して、A E 波レベルの目標値を設定する。

上記の A E 波レベル目標値を、目標 A E レベル設定部 22 に記憶させる。

一方、A E 波検出部 20 は、A E 信号  $s$  を解析して実測 A E 波レベルを算出する。

切込速度演算部 21 は、「A E 波検出部 20 で算出された実測 A E 波レベル」と、「目標 A E 波レベル設定部 22 に記憶されていた A E 波レベル目標値」とを比較演算して、その時点における研削状態の評価をリアルタイムで判定し、判定結果に基づいて切込部制御部 23 に制御指令を与える。 40

切込部制御部 23 は切込駆動モータ 19 を自動的に制御して「前記の良好な研削作業状態」を再現させるように、砥石スピンドル 18 の切込速度  $v$  を制御する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0053】

【図 1】本発明の請求項 1 および請求項 2 に対応する実施形態を示し、模式的に描いた斜視図

【図 2】A E センサで検出された信号波形の 1 例を示すグラフ

【図 3】本発明の請求項 2 および請求項 6 に対応する実施形態を示し、模式的に描いた正 50

面図

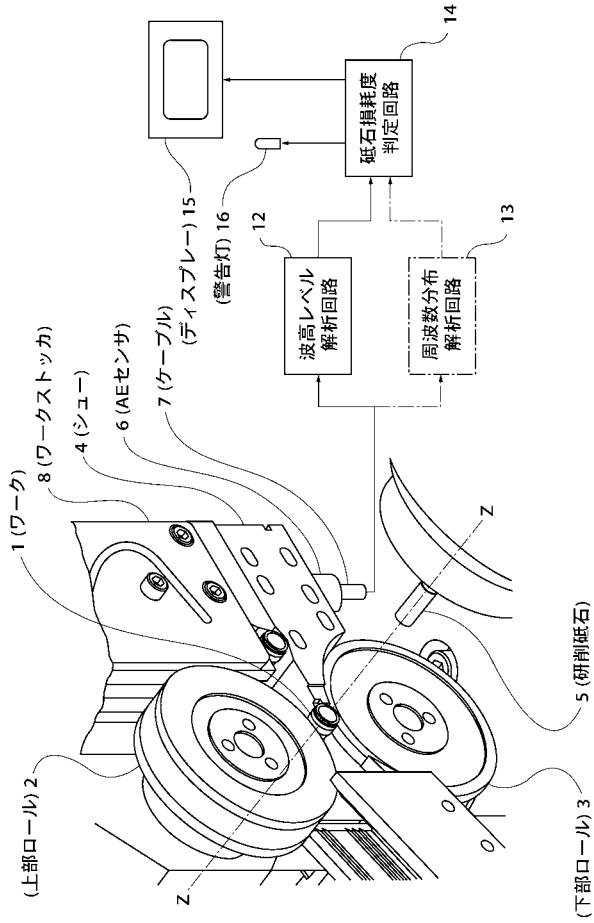
【図 4】本発明の 1 実施形態における制御系統図

【符号の説明】

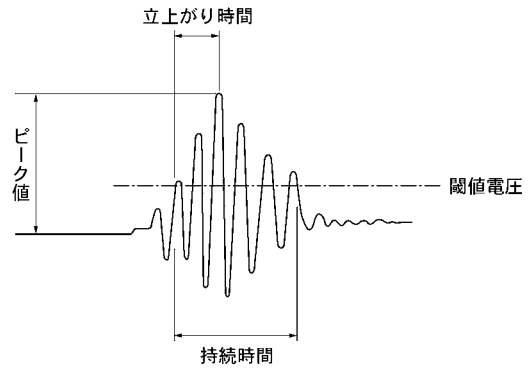
【0054】

- 1 … ワーク
- 2 … 上部ロール
- 3 … 下部ロール
- 4 … シュー
- 5 … 研削砥石
- 6 … A E センサ 10
- 7 … ケーブル
- 8 … ワークストッカ
- 9 … 調整砥石
- 10 … ブレード
- 11 … 研削砥石
- 12 … 波高レベル解析回路
- 13 … 周波数解析回路
- 14 … 砥石損耗度判定回路
- 15 … ディスプレー
- 16 … 警告灯 20
- 18 … 砥石スピンドル
- 19 … 切込駆動モータ
- 20 … A E 波検出部
- 21 … 切込速度演算部
- 22 … 目標 A E 波レベル設定部
- 23 … 切込軸制御部
- s … 切込み速度
- Z … 研削砥石の中心線

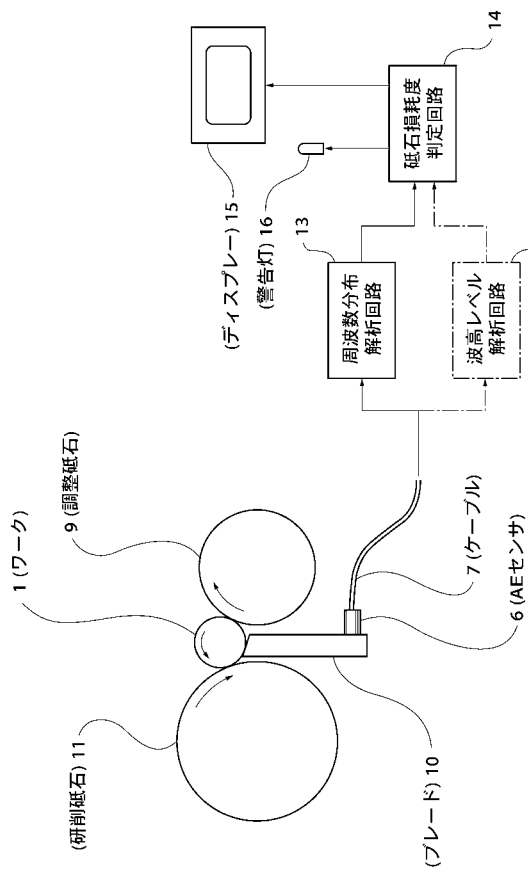
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

