(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2011-196980
(P2011-196980A)
(43)公開日　平成23年10月6日(2011.10.6)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G01N 27/83 (2006.01)	G01N 27/83	2G053

審査請求 未請求　請求項の数 16　ＯＬ　（全 19 頁）

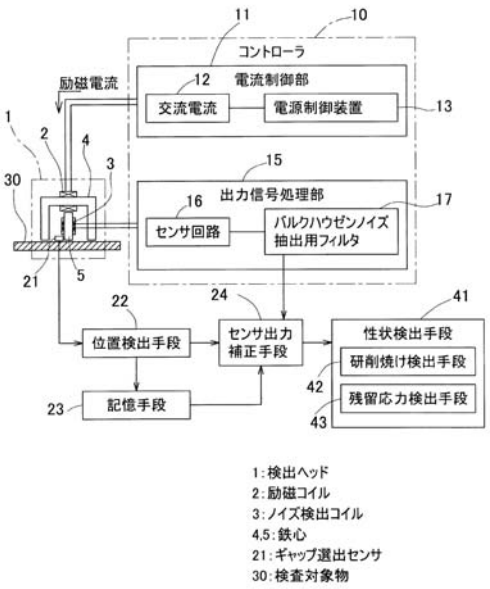
(21)出願番号　特願2010-67450(P2010-67450)
(22)出願日　平成22年3月24日(2010.3.24)

(71)出願人　000102692
ＮＴＮ株式会社
大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７号
(74)代理人　100086793
弁理士　野田　雅士
(74)代理人　100087941
弁理士　杉本　修司
(72)発明者　水谷　政敏
静岡県磐田市東貝塚１５７８番地　ＮＴＮ株式会社内
(72)発明者　鈴木　健一
静岡県磐田市東貝塚１５７８番地　ＮＴＮ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】バルクハウゼンノイズ検査装置

(57)【要約】
【課題】　バルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサや検査対象物の変位による影響を受けずに、高精度の検査が可能なバルクハウゼンノイズ検査装置を提供する。
【解決手段】　検査対象物３０を磁化する励磁コイル２と、磁化された検査対象物３０が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサ３と、励磁コイル２に磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源１２とを備える。ノイズ検出センサ３と検査対象物３０の間のギャップを検出するギャップ検出センサ２１を設ける。このギャップ検出センサ２１の出力に基づきノイズ検出センサ３の出力をセンサ出力補正手段２４で補正する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された前記検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサと、前記励磁コイルに磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源とを備えたバルクハウゼンノイズ検査装置において、
前記ノイズ検出センサと前記検査対象物の間のギャップを検出するギャップ検出センサと、このギャップ検出センサの出力に基づき前記ノイズ検出センサの出力を補正するセンサ出力補正手段とを設けたことを特徴とするバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項２】
請求項１において、前記ギャップ検出センサの出力と前記ノイズ検出センサの出力との関係を記憶する記憶手段を設け、前記センサ出力補正手段は、前記ギャップ検出センサの出力と前記記憶手段の記憶するデータとから前記ノイズ検出センサの出力を補正するものとしたバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項３】
請求項１または請求項２において、前記ギャップ検出センサが電磁誘導を利用した磁気式センサであるバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項４】
請求項１または請求項２において、前記ギャップ検出センサがホール効果を利用した磁気式センサであるバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項５】
請求項１または請求項２において、前記ギャップ検出センサが光学式センサであるバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項６】
請求項１または請求項２において、前記ギャップ検出センサが静電容量式センサであるバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項７】
検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された前記検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサと、前記励磁コイルに磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源とを備え、前記ノイズ検出センサを鉄心とこの鉄心に巻かれるノイズ検出用コイルとで構成したバルクハウゼンノイズ検査装置において、
前記ノイズ検出センサと前記検査対象物の間のギャップを検出するギャップ検出センサを設け、このギャップ検出センサを前記ノイズ検出センサと兼用の鉄心とこの鉄心に巻かれるギャップ検出用コイルとで構成したことを特徴とするバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項８】
請求項７において、前記ギャップ検出センサの出力に基づき前記ノイズ検出センサの出力を補正するセンサ出力補正手段を設けたバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項９】
請求項８において、前記ギャップ検出センサの出力と前記ノイズ検出センサの出力との関係を記憶する記憶手段を設け、前記センサ出力補正手段は、前記ギャップ検出センサの出力と前記記憶手段の記憶するデータとから前記ノイズ検出センサの出力を補正するものとしたバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１０】
請求項７ないし請求項９のいずれか１項において、前記ギャップ検出用コイルを前記ノイズ検出用コイルの外径側に配置したバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１１】
請求項７ないし請求項９のいずれか１項において、前記ギャップ検出用コイルと前記ノイズ検出用コイルとを軸方向に並べて配置したバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１２】
請求項７ないし請求項１１のいずれか１項において、前記ギャップ検出用コイルと前記

ノイズ検出用コイルを直列に接続したバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１３】
請求項７ないし請求項９のいずれか１項において、同一のコイルを前記ノイズ検出用コイルと前記ギャップ検出用コイルに兼用したバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１４】
請求項１ないし請求項１３のいずれか１項において、前記ノイズ検出センサが検出したバルクハウゼンノイズから前記検査対象物の研削焼けの検出を行う研削焼け検出手段を設けたバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１５】
請求項１ないし請求項１４のいずれか１項において、前記ノイズ検出センサが検出したバルクハウゼンノイズから前記検査対象物の表面の残留応力の検出を行う残留応力検出手段を設けたバルクハウゼンノイズ検査装置。
【請求項１６】
請求項１ないし請求項１５のいずれか１項において、前記検査対象物が、転動体を有する装置である転動装置、またはこの転動装置の部品となる転動装置部品であるバルクハウゼンノイズ検査装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、バルクハウゼンノイズを利用して非破壊検査を行うバルクハウゼンノイズ検査装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
強磁性体の金属材料が磁化する過程では、金属材料中に混在する非磁性体や内部欠陥などにピンニングされて磁壁の移動が不連続性を有することで、バルクハウゼンノイズが発生する。このバルクハウゼンノイズの大きさは、金属材料の硬度や残留応力などと相関を持つため、バルクハウゼンノイズを測定することで、金属材料からなる検査対象物を破壊することなく金属組織推定に用いることができる情報を得ることが可能となる。
【０００３】
このバルクハウゼンノイズを利用した非破壊検査装置として、測定者が検出ヘッドを検査対象物に押し当てて検査するバルクハウゼンノイズ検査装置が知られている（例えば特許文献１）。検出ヘッドには、検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出する検出コイルが含まれる。特許文献１に開示のバルクハウゼンノイズ検査装置では、予め検査対象物の材質ごとにバルクハウゼンノイズの大きさと材料の硬度との関係性を測定しておいて、検出されるバルクハウゼンノイズの大きさから検査対象物の表面における研削焼けによる異常箇所を検出する。この場合、検査対象物が大量生産品であると、その全数検査では、摩耗等の問題が生じないように検査対象物に対して検出ヘッドを非接触で測定する必要がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開平０２－２６２９５８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかし、上記したように検査対象物に対して検出ヘッドを非接触状態で検査する場合には、検査対象物と検出ヘッドの間のギャップが変動すると、バルクハウゼンノイズの大きさも変動するので、誤検出の原因となる。
【０００６】
そこで、例えば、検査対象物と検出ヘッドの間のギャップをギャップセンサで検出し、

その出力をフィードバックして検出ヘッドを定置制御する方法が考えられる。
しかし、この場合、検出ヘッドの追従性が遅く、ギャップ変動の影響が残るという問題がある。また、小寸法の材料を検査対象物とする場合には小型の検出ヘッドが要求されるが、上記した方法のようにギャップセンサを新たに配置すると検出ヘッドが大型化してしまい、小寸法の検査対象物の検査が困難になるという問題も生じる。

【０００７】

この発明の目的は、バルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサや検査対象物の変位による影響を受けることなく、高精度の検査が可能なバルクハウゼンノイズ検査装置を提供することである。
この発明の他の目的は、検出部を大型化させることなく、検査対象物とノイズ検出センサの間のギャップを検出するギャップ検出センサを配置することができるバルクハウゼンノイズ検査装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

この発明の第１の構成にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置は、検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された前記検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサと、前記励磁コイルに磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源とを備えたバルクハウゼンノイズ検査装置において、前記ノイズ検出センサと前記検査対象物の間のギャップを検出するギャップ検出センサと、このギャップ検出センサの出力に基づき前記ノイズ検出センサの出力を補正するセンサ出力補正手段とを設けたことを特徴とする。
この構成によると、ノイズ検出センサの出力を、センサ出力補正手段が、ギャップ検出センサの出力に基づき補正するようにしているので、ノイズ検出センサと検査対象物の間のギャップがどのように変動しても、常にギャップが一定の状態でのバルクハウゼンノイズと同等に補正されたバルクハウゼンノイズを検出することができる。そのため、検査条件が均一化され、検出されるバルクハウゼンノイズに検査対象物やノイズ検出センサの変位による影響が生じるのを排除できて、検出精度が向上する。また、ノイズ検出センサを検査対象物と非接触とするため、摩耗の問題が生じず、検査対象物の生産過程でその全数検査を効率良く行うことができる。

【０００９】

この発明において、前記ギャップ検出センサの出力と前記ノイズ検出センサの出力との関係を記憶する記憶手段を設け、前記センサ出力補正手段は、前記ギャップ検出センサの出力と前記記憶手段の記憶するデータとから前記ノイズ検出センサの出力を補正するものとしても良い。
前記記憶手段には、例えばギャップ検出センサの検出するギャップが所定値より大きい値のとき、これに対応して所定値より小さい値のバルクハウゼンノイズが記憶され、この場合の補正係数として実際のバルクハウゼンノイズ測定値を増加側に補正する値が記憶される。逆に、ギャップ検出センサの検出するギャップが所定値より小さい値のとき、これに対応して所定値より大きい値のバルクハウゼンノイズが記憶され、この場合の補正係数として実際のバルクハウゼンノイズ測定値を減少側に補正する値が記憶される。これにより、センサ出力補正手段は、ギャップ検出センサの検出するギャップに対応する補正係数を記憶手段から読み出して、ギャップ検出センサの出力をギャップが一定の状態での値に補正することができる。なお、この明細書において「所定値」とは定められた値を言う。

【００１０】

この発明において、前記ギャップ検出センサは、電磁誘導を利用した磁気式センサ、ホール効果を利用した磁気式センサ、光学式センサ、静電容量式センサのいずれであっても良い。

【００１１】

この発明の第２の構成にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置は、検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された前記検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出するノ

イズ検出センサと、前記励磁コイルに磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源とを備え、前記ノイズ検出センサを鉄心とこの鉄心に巻かれるノイズ検出用コイルとで構成したバルクハウゼンノイズ検査装置において、前記ノイズ検出センサと前記検査対象物の間のギャップを検出するギャップ検出センサを設け、このギャップ検出センサを前記ノイズ検出センサと兼用の鉄心とこの鉄心に巻かれるギャップ検出用コイルとで構成したことを特徴とする。

ギャップ検出センサを設けたこのバルクハウゼンノイズ検査装置では、ギャップ検出センサの出力を用いて、例えば上記した第１の構成のように、ノイズ検出センサの出力を補正することで、検出されるバルクハウゼンノイズに検査対象物やノイズ検出センサの変位による影響が生じるのを排除できて、検出精度の向上が可能となる。とくに、このバルクハウゼンノイズ検査装置では、ギャップ検出センサをノイズ検出センサと兼用の鉄心とこの鉄心に巻かれるギャップ検出用コイルとで構成しているので、検出部を大型化させることなくギャップ検出センサを配置することができる。

【００１２】

この発明の第２の構成において、前記ギャップ検出センサの出力に基づき前記ノイズ検出センサの出力を補正するセンサ出力補正手段を設けても良い。

この構成の場合、ノイズ検出センサと検査対象物の間のギャップがどのように変動しても、常にギャップが一定の状態でのバルクハウゼンノイズを検出することができる。そのため、検査条件が均一化され、検出されるバルクハウゼンノイズに検査対象物やノイズ検出センサの変位による影響が生じるのを排除できて、検出精度が向上する。

【００１３】

この発明の第２の構成において、さらに、前記ギャップ検出センサの出力と前記ノイズ検出センサの出力との関係を記憶する記憶手段を設け、前記センサ出力補正手段は、前記ギャップ検出センサの出力と前記記憶手段の記憶するデータとから前記ノイズ検出センサの出力を補正するものとしても良い。

この構成の場合、センサ出力補正手段は、ギャップ検出センサの検出するギャップに対応する補正用データを記憶手段から読み出して、ギャップ検出センサの出力をギャップが一定の状態での値に補正することができる。

【００１４】

この発明の第２の構成において、前記ギャップ検出用コイルを前記ノイズ検出用コイルの外径側に配置しても良い。

【００１５】

この発明の第２の構成において、前記ギャップ検出用コイルと前記ノイズ検出用コイルとを軸方向に並べて配置しても良い。

ギャップ検出用コイルがノイズ検出用コイルの外径側に配置され、しかも検査対象物の近傍に配置される場合、検査対象物からのバルクハウゼンノイズ信号がギャップ検出用コイルの電磁シールド効果により減衰してしまう。この観点から、ギャップ検出用コイルは、検査対象物からなるべく離して配置することが好ましい。ギャップ検出用コイルを、ノイズ検出用コイルよりも検査対象物から離れた位置でノイズ検出用コイルと軸方向に並べて配置すると、バルクハウゼンノイズ信号を減衰させることなく、ギャップを検出することが可能となる。また、検出部のさらなる小型化も可能となる。

【００１６】

この発明の第２の構成において、前記ギャップ検出用コイルと前記ノイズ検出用コイルを直列に接続しても良い。

【００１７】

この発明の第２の構成において、同一のコイルを前記ノイズ検出用コイルと前記ギャップ検出用コイルに兼用しても良い。この構成の場合、専用のギャップ検出用コイルが省略されるので、検出部のさらなる小型化が可能となる。

【００１８】

この発明の第１および第２の構成において、バルクハウゼンノイズ検査装置は、前記ノ

イズ検出センサが検出したバルクハウゼンノイズから検査対象物の研削焼けの検出を行う研削焼け検出手段を設けても良い。

また、この発明の第１および第２の構成において、バルクハウゼンノイズ検査装置は、前記ノイズ検出センサが検出したバルクハウゼンノイズから検査対象物の表面の残留応力の検出を行う残留応力検出手段を設けても良い。

【００１９】

この発明の第１および第２の構成において、前記検査対象物が転動装置または転動装置部品であっても良い。例えば、転動装置または転動装置部品の表面の残留応力や研削焼けを前記残留応力検出手段や研削焼け検出手段で検出するものであっても良い。転動装置は、部品間にボールやころ等の転動体を介在させた装置であり、転がり軸受、ボールねじ、ボールジョイント等が該当する。転動装置部品は、前記転動装置を構成する部品であり、その転動体が接する軌道面を有する部品や転動体等である。

【発明の効果】

【００２０】

この発明の第１の構成にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置は、検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された前記検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサと、前記励磁コイルに磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源とを備えたバルクハウゼンノイズ検査装置において、前記ノイズ検出センサと前記検査対象物の間のギャップを検出するギャップ検出センサと、このギャップ検出センサの出力に基づき前記ノイズ検出センサの出力を補正するセンサ出力補正手段とを設けたため、バルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサや検査対象物の変位による影響を受けることなく、高精度の検査が可能となる。

この発明の第２の構成にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置は、検査対象物を磁化する励磁コイルと、磁化された前記検査対象物が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサと、前記励磁コイルに磁化のための交流磁界を発生させる交流電流を供給する電源とを備え、前記ノイズ検出センサを鉄心とこの鉄心に巻かれるノイズ検出用コイルとで構成したバルクハウゼンノイズ検査装置において、前記ノイズ検出センサと前記検査対象物の間のギャップを検出するギャップ検出センサを設け、このギャップ検出センサを前記ノイズ検出センサと兼用の鉄心とこの鉄心に巻かれるギャップ検出用コイルとで構成したため、検出部を大型化させることなく前記ギャップ検出センサを配置することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】この発明の一実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図２】この発明の他の実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図３】この発明のさらに他の実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図４】この発明のさらに他の実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図５】この発明のさらに他の実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図６】この発明のさらに他の実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図７】この発明のさらに他の実施形態にかかるバルクハウゼンノイズ検査装置の概略構成図である。

【図８】同バルクハウゼンノイズ検査装置の一使用例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

この発明の一実施形態を図１と共に説明する。このバルクハウゼンノイズ検査装置は、バルクハウゼンノイズを利用して非破壊検査を行う装置であって、励磁コイル２と、ノイズ検出用コイル３と、コントローラ１０と、ギャップ検出センサ２１と、位置検出手段２２と、記憶手段２３と、センサ出力補正手段２４とを備える。励磁コイル２、ノイズ検出用コイル３、およびギャップ検出センサ２１は、一つの検出ヘッド１として一体化して設けられる。検出ヘッド１は、各コイル２，３、ギャップ検出センサ２１等の構成部品を樹脂製等のケース（図示せず）内に収容したものとされる。なお、この明細書で言う「一体化」とは、互いに一つの部品として移動させることができるように組まれていることを言い、一体化された個々の部品が、破損を生じることなく分離することが不能とされていても、また分離可能とされていても良い。

【００２３】

励磁コイル２は、検査対象物３０を磁化するためのコイルであって、磁心となる鉄心４に巻かれている。また、ノイズ検出用コイル３は、磁化された前記検査対象物３０が発するバルクハウゼンノイズを検出するノイズ検出センサとなるコイルであって、磁心となる鉄心５に巻かれている。具体的には、ノイズ検出用コイル３は検査対象物３０の表面磁束を検出する。前記各鉄心４，５は、フェライトなどの磁性酸化物や積層ケイ素鋼板などからなる。検査時には、摩耗等の観点から、前記検出ヘッド１は検査対象物３０に対して非接触状態とされる。

【００２４】

コントローラ１０は、励磁コイル２に励磁用の交流電流を供給する交流電源１２を含む電流制御部１１と、ノイズ検出用コイル３の出力信号を処理する出力信号処理部１５とを備える。電流制御部１１は、交流電源１２のほか、前記ノイズ検出用コイル３が検出する磁束の強さに基づき前記交流電源１２の交流電流を制御して、検査対象物３０を励磁する磁束を一定に保つ電源制御装置１３を有する。

【００２５】

出力信号処理部１５は、ノイズ検出用コイル３の検出信号を増幅する増幅器などを含むセンサ回路１６と、センサ回路１６で処理された検出信号から特定の周波数のバルクハウゼンノイズを抽出するバルクハウゼンノイズ抽出用フィルタ１７とを有する。

【００２６】

ギャップ検出センサ２１は、ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップを検出するセンサであり、ノイズ検出用コイル３の近傍に配置される。ギャップ検出センサ２１としては、電磁誘導を利用した渦電流センサなどの磁気式センサ、リラクタンス検知式センサ、ホール効果を利用した磁気式センサ、静電容量式センサ、光学式センサなどが使用される。この場合、ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップとは、ノイズ検出用コイル３の巻かれた鉄心５の一端とこれに対向する検査対象物３０の表面との間のギャップである。ギャップ検出センサ２１は、励磁コイル２およびノイズ検出用コイル３と共に、検出ヘッド１に一体化して設けられている。励磁コイル２の鉄心４はコ字状のものであり、この鉄心４の両端およびノイズ検出用コイル３の鉄心５の一端が検出ヘッド１における検査対象物３０の表面に対向させる平坦面とされた検出面と同一平面上に位置するように、励磁コイル２およびノイズ検出用ヘッド３の各鉄心４，５が検出ヘッド１内に配置される。これにより、ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップが一定値に調整されたとき、励磁コイル２と検査対象物３０の間のギャップも同一値に調整される。ギャップ検出センサ２１も、検出ヘッド１の検出面と面一となるように検出ヘッド１内に配置される。

【００２７】

位置検出手段２２は、ギャップ検出センサ２１の検出信号からノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップを出力する。記憶手段２３には、予め測定されたギャップ検出センサ２１の出力（ギャップ）とノイズ検出用コイル３の出力（バルクハウゼンノイズ）との関係が記憶されると共に、ギャップに対するバルクハウゼンノイズの補正係数も記憶されている。すなわち、定性的に言えば、例えばギャップ検出センサ２１の検出する

ギャップが所定値（定められた値のこと）より大きい値のとき、これに対応して所定値より小さい値のバルクハウゼンノイズが記憶され、この場合の補正係数として実際のバルクハウゼンノイズ測定値を増加側に補正する値が記憶される。逆に、ギャップ検出センサ２１の検出するギャップが所定値より小さい値のとき、これに対応して所定値より大きい値のバルクハウゼンノイズが記憶され、この場合の補正係数として実際のバルクハウゼンノイズ測定値を減少側に補正する値が記憶される。なお、記憶手段２３に記憶される前記の予め測定されたギャップ検出センサ２１の出力とノイズ検出用コイル３の出力との関係は、例えば、このバルクハウゼンノイズ検査装置の実用化よりも前に、試験として測定された関係である。

【００２８】

センサ出力補正手段２４は、ギャップ検出センサ２１の出力に基づきノイズ検出用コイル３の出力を、前記記憶手段２３のギャップ検出センサ２１の出力とノイズ検出用コイル３の出力との関係や、バルクハウゼンノイズの補正係数等の記憶データに従って補正する。センサ出力補正手段２４の次段には、その補正されたバルクハウゼンノイズから、検査対象物３０の各種性状を検出する性状検出手段４１が接続されている。性状検出手段４１は、検査対象物３０における研削焼けを検出する研削焼け検出手段４２と、検査対象物３０における残留応力を検出する残留応力検出手段４３を有する。これら研削焼け検出手段４２および残留応力検出手段４３は、それぞれ、センサ出力補正手段２４で補正されたバルクハウゼンノイズの大きさ等を、設定値（定められた値）と比較して研削焼けの有無の検出、所定値（定められた値）以上の残留応力の有無を判定するものであっても、また研削焼けの深さや範囲、残留応力の大きさを測定するものであっても良い。

【００２９】

次に、このバルクハウゼンノイズ検査装置の動作を説明する。検出ヘッド１は、その検出面が検査対象物３０の表面に対向するように配置する。この配置状態で、ギャップ検出センサ２１がノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップを検出する。上記したように、励磁コイル２の鉄心４はその両端が検出ヘッド２の検出面に同一平面となるように、またノイズ検出用コイル３の鉄心５はその一端が検出ヘッド２の検出面に同一平面となるように設けられているので、ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップが一定値に保たれた状態では、励磁コイル２と検査対象物３０の間のギャップも同時に一定値に保たれる。

【００３０】

一方、励磁コイル２の鉄心３と検査対象物３０の間には前記ギャップを介して磁気閉回路が構成される。励磁コイル２は交流電源１２から交流電流を供給されて交流磁界を発生させ、これにより検査対象物３０が磁化する。ノイズ検出用コイル３は、磁化された検査対象物３０の表面磁束を検出する。ノイズ検出用コイル３の検出信号が入力される出力信号処理部１５では、その検出信号から、所定の周波数のバルクハウゼンノイズを抽出する。

【００３１】

センサ出力補正手段２４は、上記したようにギャップ検出センサ２１の出力に基づき、ノイズ検出用コイル３の出力、より具体的にはその出力を出力信号処理部１５で処理して得られるバルクハウゼンノイズを補正する。その補正では、ギャップ検出センサ２１の出力と記憶手段２３の記憶するデータとが用いられる。すなわち、先ず、ギャップ検出センサ２１の出力は位置検出手段２２で処理されて、このときのノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップが得られる。センサ出力補正手段２４は、位置検出手段２２の出力に基づき、記憶手段２３から読み出されるこのときのギャップに対応する補正係数を用いて、前記出力信号処理部１５を経て得られるバルクハウゼンノイズの値を補正する。これにより、補正されたバルクハウゼンノイズの値は、ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップが一定の状態にあるときの値となる。つまり、ギャップがどのように変動しても、常にギャップが一定の状態でのバルクハウゼンノイズが得られる。さらに、センサ出力補正手段２４の次段の性状検出手段４１では、補正されたバルクハウゼンノ

イズから、検査対象物３０における研削焼けと残留応力を、検出焼け検出手段４２および残留応力検出手段４３により検出する。

【００３２】

この構成のバルクハウゼンノイズ検査装置によると、ノイズ検出センサであるノイズ検出用コイル３の検出信号から得られるバルクハウゼンノイズを、センサ出力補正手段２４が、ギャップ検出センサ２１の出力に基づき補正するようにしているので、ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップがどのように変動しても、常にギャップが一定の状態でのバルクハウゼンノイズを検出することができ、検査条件が均一化され、抽出されるバルクハウゼンノイズに検査対象物３０やノイズ検出用コイル３の変位による影響が生じるのを排除でき、検出精度を向上させることができる。また、ノイズ検出センサであるノイズ検出用コイル３を検査対象物３０と非接触とするため、摩耗の問題が生じず、検査対象物３０の生産過程でその全数検査を効率良く行うことができる。

【００３３】

図２は、この発明の他の実施形態を示す。このバルクハウゼンノイズ検査装置では、図１に示す実施形態において、鉄心５に巻いたノイズ検出用コイル３に代えて磁気センサ６を設け、この磁気センサ６をノイズ検出センサとギャップ検出センサとに共用することで、専用のギャップ検出センサを省略している。磁気センサ６としては、例えばホールセンサ、ＭＲセンサ（磁気抵抗素子を用いたセンサ）、ＧＭＲセンサ、ＭＩセンサ（磁気インピーダンス効果を用いたセンサ）などが使用される。この場合、磁気センサ６は、その検出面が検出ヘッド１の検出面と同一平面となるように検出ヘッド１内に配置される。

【００３４】

出力信号処理部１５におけるバルクハウゼンノイズ抽出用フィルタ１７に入力する前の出力は、検査対象物３０の表面の洩れ磁束とバルクハウゼンノイズを含んだ信号である。この場合、前記出力に占めるバルクハウゼンノイズの大きさは洩れ磁束と比較して非常に小さいため、その出力は磁気センサ６による洩れ磁束の検出値とみなすことができる。また、磁気センサ６の検出する洩れ磁束の大きさは、ノイズ検出センサとなる磁気センサ６と検査対象物３０の間のギャップを反映した値となるので、ここではその出力をギャップ検出センサの検出信号とみなして位置検出手段２２に入力している。この場合、専用のギャップ検出センサを省略できるので、装置を安価にかつコンパクトに構成できる。その他の構成および作用効果は図１の実施形態の場合と同様である。

【００３５】

図３は、この発明のさらに他の実施形態を示す。このバルクハウゼンノイズ検査装置では、図１に示す実施形態において、検出ヘッド１を省略して励磁コイル２とノイズ検出用コイル３を別体として設けている。検査対象物３０は、励磁コイル２の磁心となるコ字状の鉄心４の両端部４ａ，４ａで挟まれる位置に配置する。これにより、検査対象物３０の全体が励磁コイル２の発生する交流磁界によって磁化される。その他の構成および作用効果は図１の実施形態の場合と同様である。

【００３６】

図４は、この発明のさらに他の実施形態を示す。このバルクハウゼンノイズ検査装置では、図１に示す実施形態において、ノイズ検出用コイル３と兼用の鉄心５と、この鉄心５に巻かれるギャップ検出用コイル７とで、ギャップ検出センサ２１を構成している。ここでは、ギャップ検出用コイル７をノイズ検出用コイル３の外径側にこれと同軸に配置している。その他の構成は図１の実施形態の場合と同様である。

【００３７】

この場合のギャップ検出センサ２１は、具体的には磁気誘導型センサの１つである渦電流式センサであって、前記ギャップ検出用コイル７と図示しないコンデンサとで共振回路を形成し、ギャップ変化（コイル７のインダクタンス変化）による共振周波数の変化を利用し、共振回路に入力した搬送波の振幅が変動することを利用している。一般にバルクハウゼンノイズは高周波域（数１０ｋＨｚ）のノイズであるため、ギャップ検出用の搬送波を数ｋＨｚ以下に設定し、位置検出手段２２に形成した図示しないローパスフィルタによ

って、ギャップ変動を検出することが可能となる。

【００３８】

この実施形態では、ノイズ検出用コイル３と兼用の鉄心５にギャップ検出用コイル７を巻くことでノイズ検出用コイル３と同軸のギャップ検出センサ２１を構成しているので、検出ヘッド１を小型化することができる。ノイズ検出用コイル３と検査対象物３０の間のギャップがどのように変動しても、常にギャップが一定の状態でのバルクハウゼンノイズを検出することができ、検出精度を向上させることができる効果は、図１の実施形態の場合と同様である。

【００３９】

なお、この実施形態では、ギャップ検出センサ２１の出力を、ノイズ検出用コイル３の出力として得られるバルクハウゼンノイズの補正に利用する構成例の場合を示しているが、このほかギャップ検出センサ２１の出力をフィードバック信号として、検出ヘッド１の位置を定置制御する構成例のものにおいて、前記ギャップ検出センサ２１の構成を採用しても、同様に検出ヘッドの小型化が可能となる。

【００４０】

図５は、この発明のさらに他の実施形態を示す。このバルクハウゼンノイズ検査装置では、図４に示す実施形態において、ギャップ検出センサ２１を構成するギャップ検出用コイル７が、ノイズ検出用コイル３よりも検査対象物３０から離れた位置でノイズ検出用コイル３と軸方向に並べて配置されて鉄心５に同軸に巻かれている。なお、この実施形態において、ノイズ検出用コイル３とギャップ検出用コイル３を直列に接続しても良い。その他の構成は、図４の実施形態の場合と同様である。

【００４１】

図４の実施形態の場合のように、ギャップ検出用コイル７がノイズ検出用コイル３の外径側に配置され、しかも検査対象物３０の近傍に配置される場合、検査対象物３０からのバルクハウゼンノイズ信号がギャップ検出用コイル７の電磁シールド効果により減衰してしまう。この観点から、ギャップ検出用コイル７は、検査対象物３０からなるべく離して配置することが好ましい。この実施形態では、ギャップ検出用コイル７が、ノイズ検出用コイル３よりも検査対象物３０から軸方向に離れた位置でノイズ検出用コイル３と同軸に鉄心５に巻かれているので、バルクハウゼンノイズ信号を減衰させることなく、ギャップを検出することが可能となる。また、検出ヘッド１のさらなる小型化も可能となる。その他の効果は、図１の実施形態の場合と同様である。

【００４２】

図６は、この発明のさらに他の実施形態を示す。このバルクハウゼンノイズ検査装置では、例えば図４に示す実施形態において、ノイズ検出用コイル３をギャップ検出用コイルに兼用して、専用のギャップ検出用コイルを省略している。この場合、専用のギャップ検出用コイルが省略されるので、検出ヘッド１のさらなる小型化が可能となる。その他の効果は、図１の実施形態の場合と同様である。

【００４３】

図７は、この発明のさらに他の実施形態を示す。このバルクハウゼンノイズ検査装置では、例えば図５に示す実施形態において、検出ヘッド１を省略して鉄心３に巻かれたノイズ検出用コイル３およびギャップ検出用コイル７と、励磁コイル２とを別体として設けている。検査対象物３０は、励磁コイル２の磁心となるコ字状の鉄心４の両端部４ａ，４ａで挟まれる位置に配置する。これにより、検査対象物３０の全体が励磁コイル２の発生する交流磁界によって磁化される。その他の構成および作用効果は図５の実施形態の場合と同様である。

【００４４】

図８は、図１～図７に示したバルクハウゼンノイズ検査装置を使用して行う非破壊検査の一例を示す。ここでは、軸受の内輪３１の転走面３１ａの研削焼けを検出する。バルクハウゼンノイズ検査装置の検出ヘッド１は、ヘッド位置決め用アクチュエータ２９のヘッド支持部３２に支持され軸受内輪３１の転走面３１ａに垂直姿勢で対向配置されており、

ヘッド支持部３２の移動により転走面３１ａの表面に沿って移動しながら異常箇所を検出する。軸受内輪３１は回転軸３３の外径面に嵌着されており、回転軸３３を回転させることで、軸受内輪３１の転走面３１ａの全周面に沿って前記検出ヘッド１を移動させて研削焼けを検査することができる。

軸受内輪３１等の転動装置部品の製造ライン上で、このようにバルクハウゼンノイズ検査装置を使用すると、軸受内輪３１の転走面３１ａの研削焼けを正確に全数検査することができ、品質保証能力を高めることができる。

【００４５】

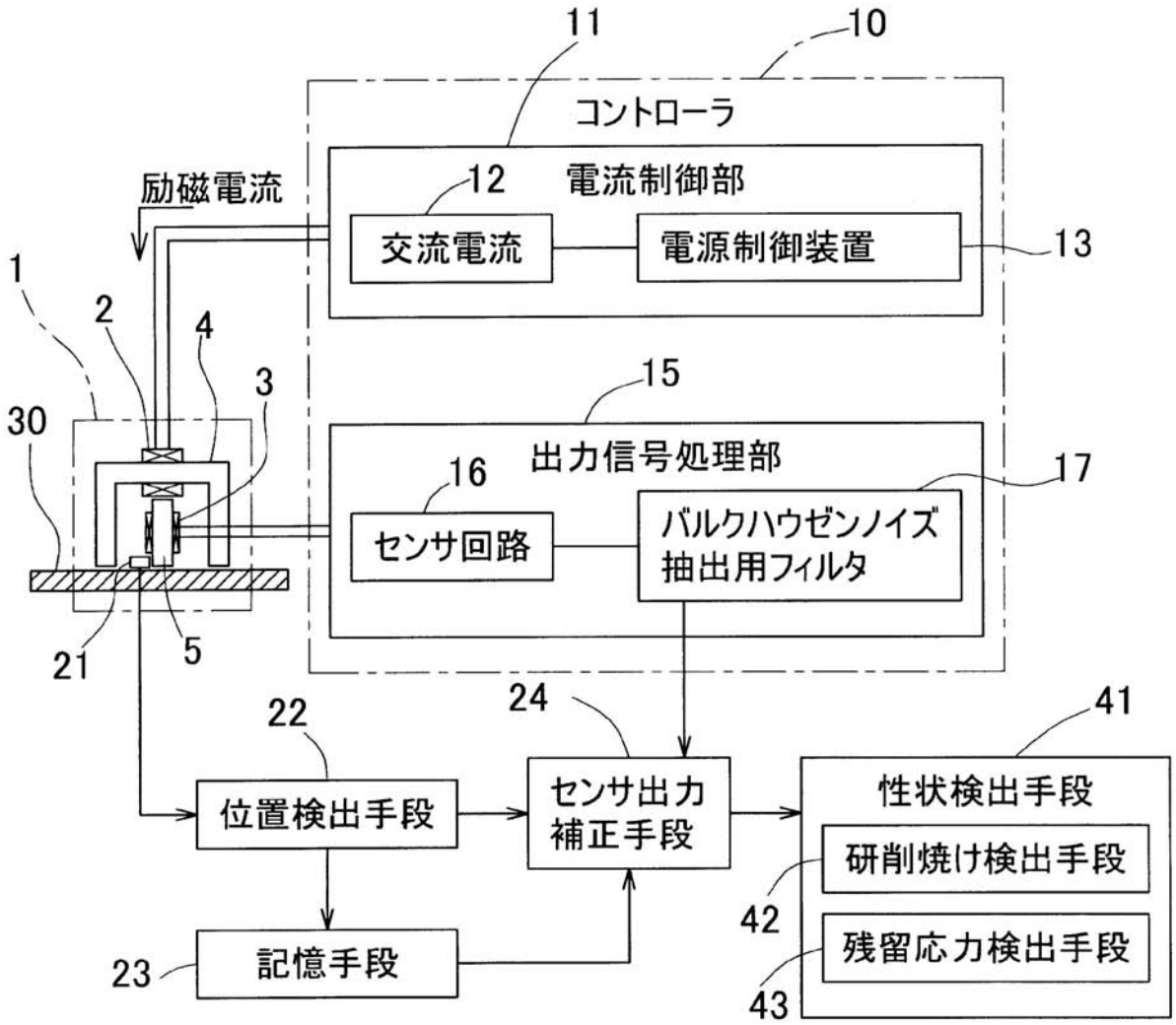
図８では、前記バルクハウゼンノイズ検査装置を軸受内輪３１の転走面３１ａにおける研削焼けの検査に用いた例を示したが、検出する表面情報は残留応力や欠陥であっても良い。また検査対象物は軸受部品である内輪３１に限らず、例えば軸受そのものの表面情報を検出するものとしても良い。また、検査対象物は軸受に限らず他の転動装置や転動装置部品であっても良く、この場合にもその転動装置や転動装置部品の表面情報を高い精度で検出することができる。

【符号の説明】

【００４６】

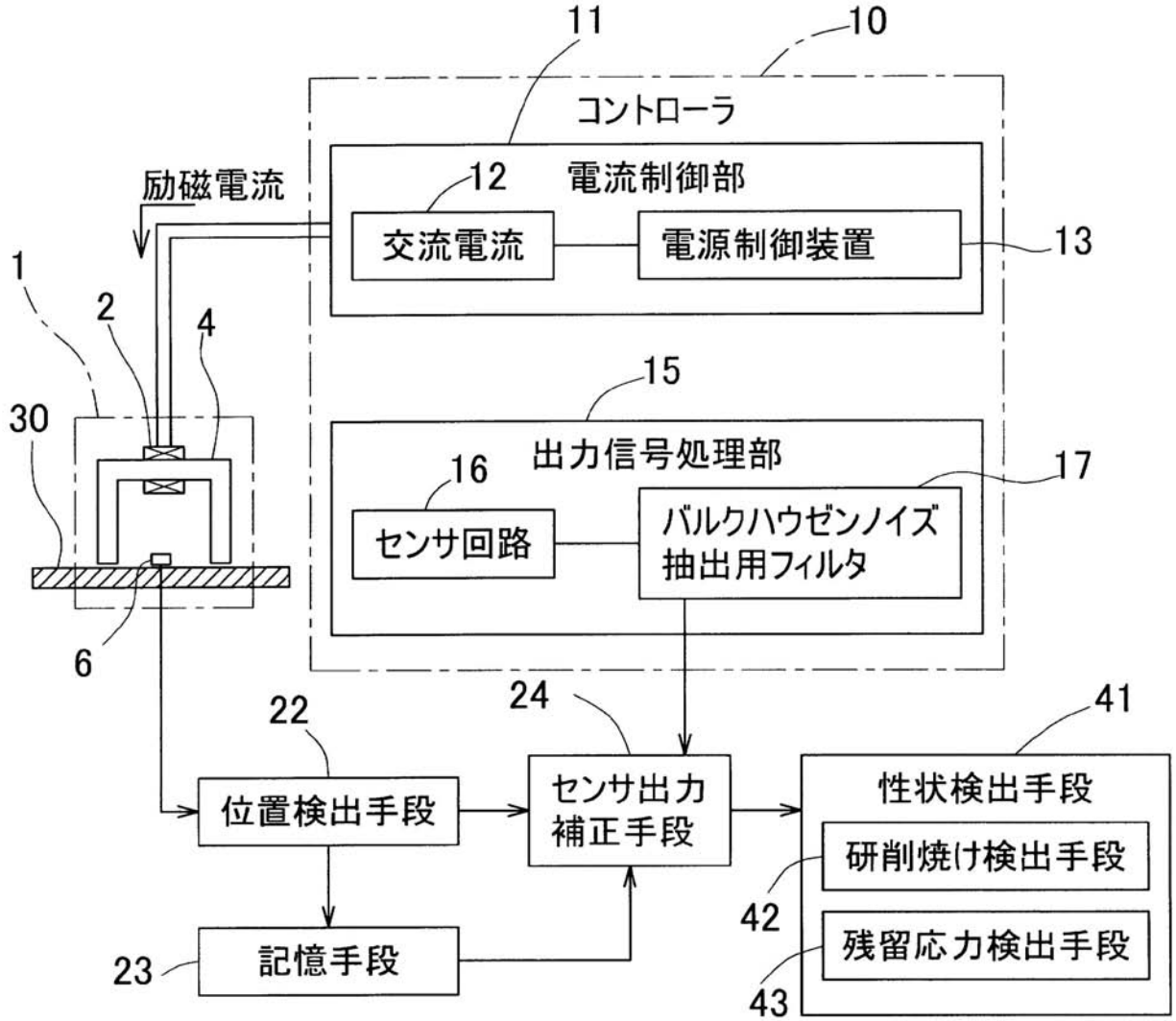
１…検出ヘッド
２…励磁コイル
３…ノイズ検出用コイル（ノイズ検出センサ）
５…鉄心
６…磁気センサ（ノイズ検出センサ，ギャップ検出センサ）
７…ギャップ検出用コイル
１２…交流電源
２１…ギャップ検出センサ
２３…記憶手段
２４…センサ出力補正手段
３０…検査対象物
３１…軸受内輪
４２…研削焼け検出手段
４３…残留応力検出手段

【図１】



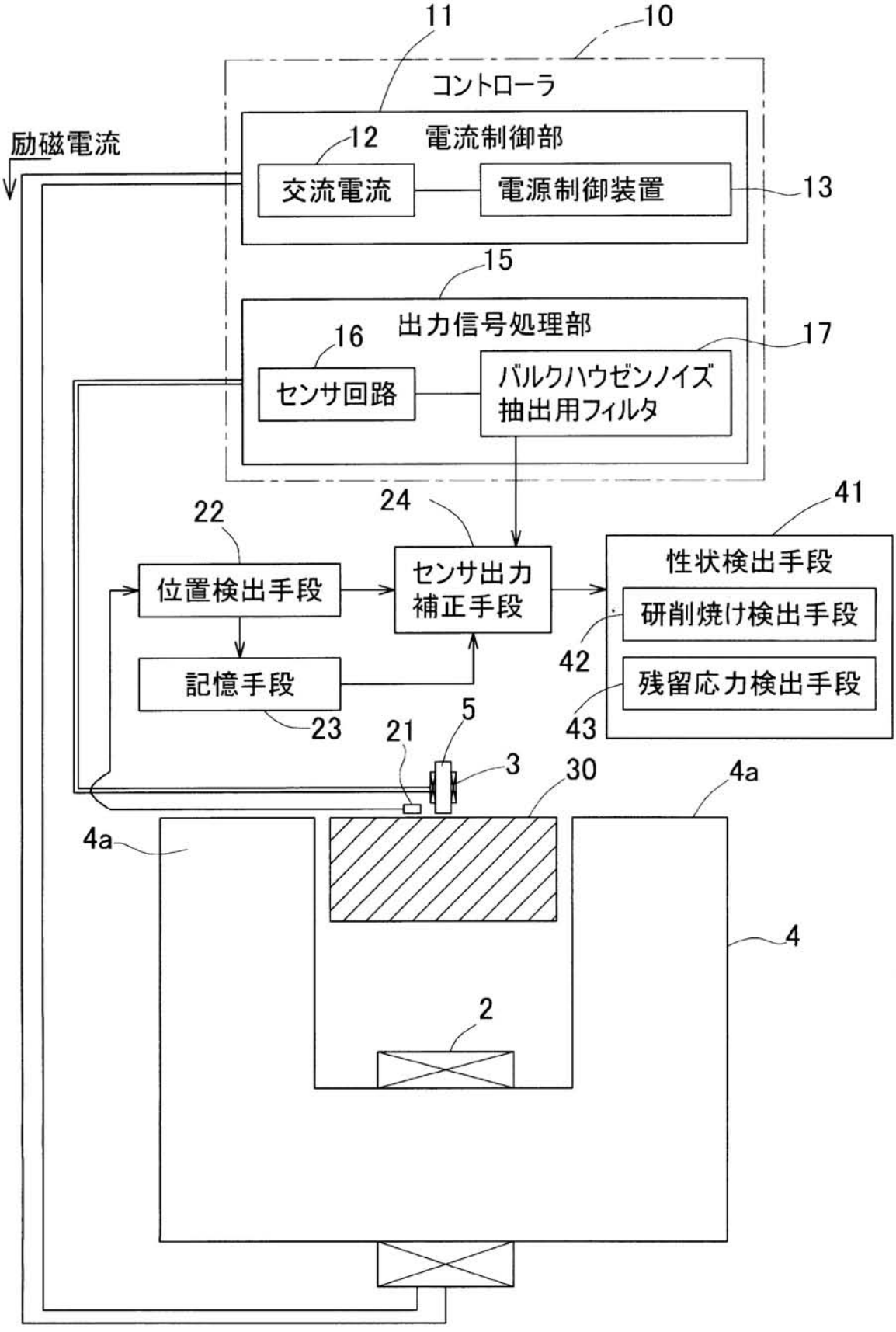
1：検出ヘッド
2：励磁コイル
3：ノイズ検出コイル
4,5：鉄心
21：ギャップ選出センサ
30：検査対象物

【図２】

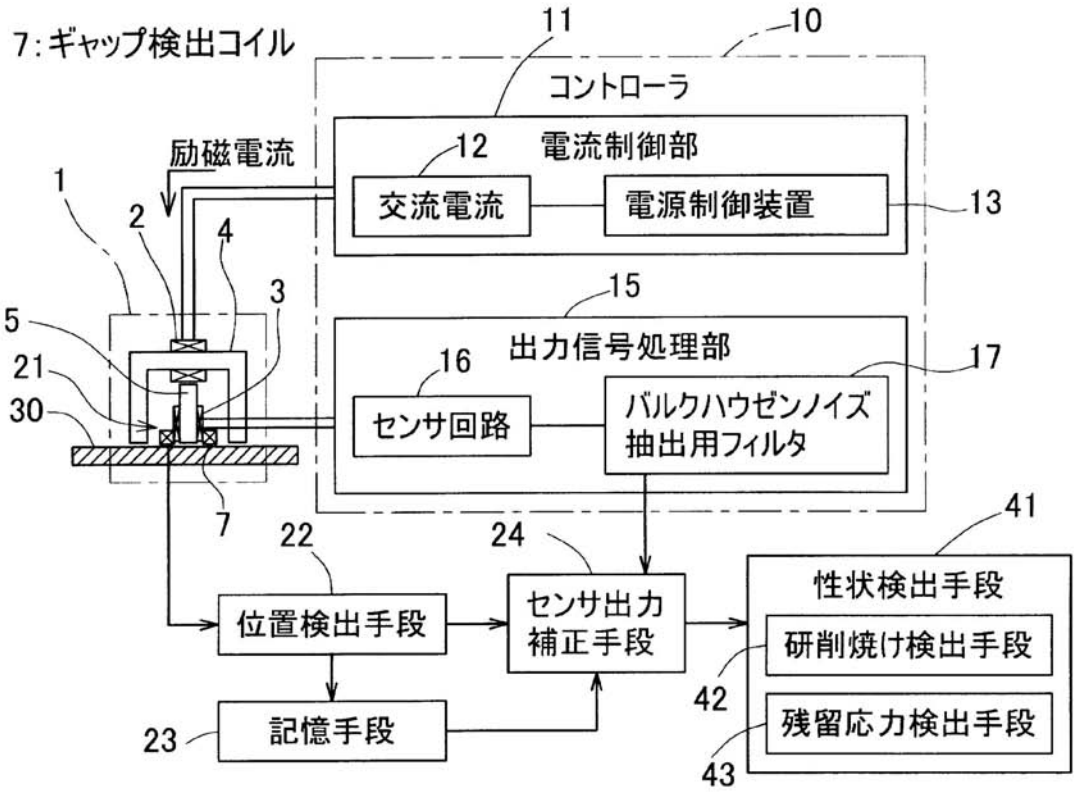

11
10
コントローラ
12
電流制御部
励磁電流
交流電流
電源制御装置
13
1
2
4
30
15
出力信号処理部
16
17
センサ回路
バルクハウゼンノイズ
抽出用フィルタ
6
24
41
22
位置検出手段
センサ出力
補正手段
性状検出手段
研削焼け検出手段
42
残留応力検出手段
23
記憶手段
43

6：磁気センサ

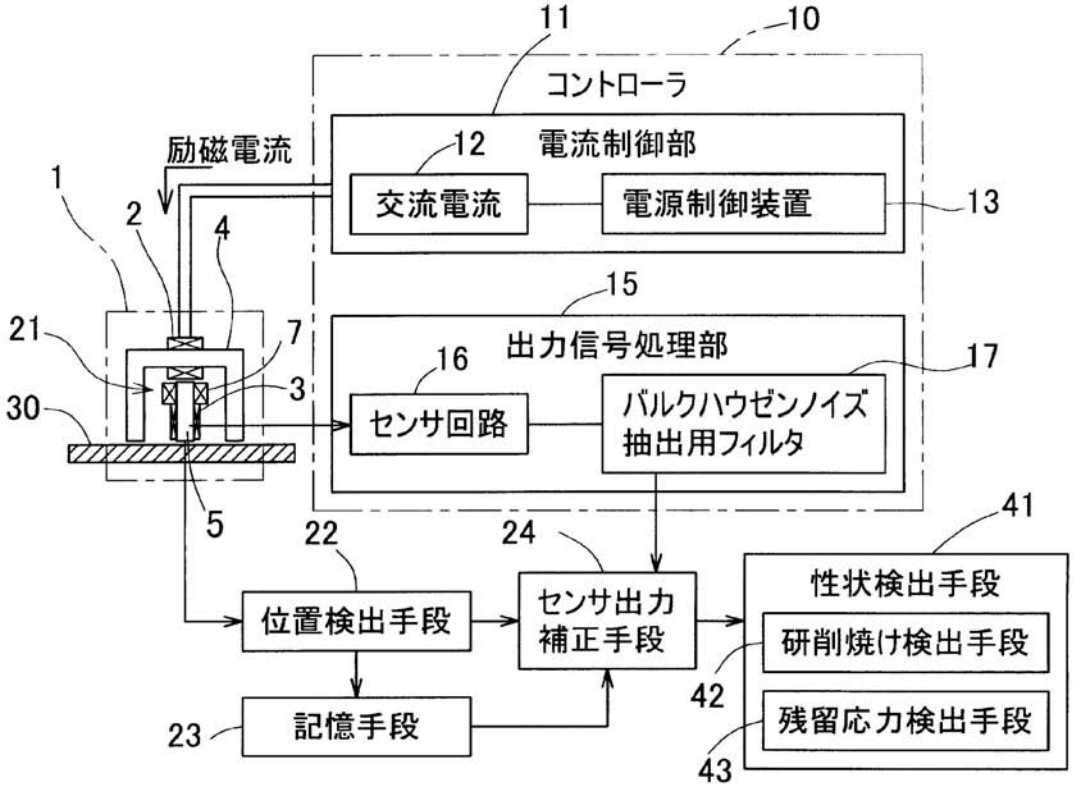
【図３】


11
10
コントローラ
12
電流制御部
励磁電流
交流電流
電源制御装置
13
15
出力信号処理部
16
17
センサ回路
バルクハウゼンノイズ
抽出用フィルタ
22
24
41
位置検出手段
センサ出力
補正手段
性状検出手段
研削焼け検出手段
42
残留応力検出手段
記憶手段
23
43
5
21
3
30
4a
4a
4
2

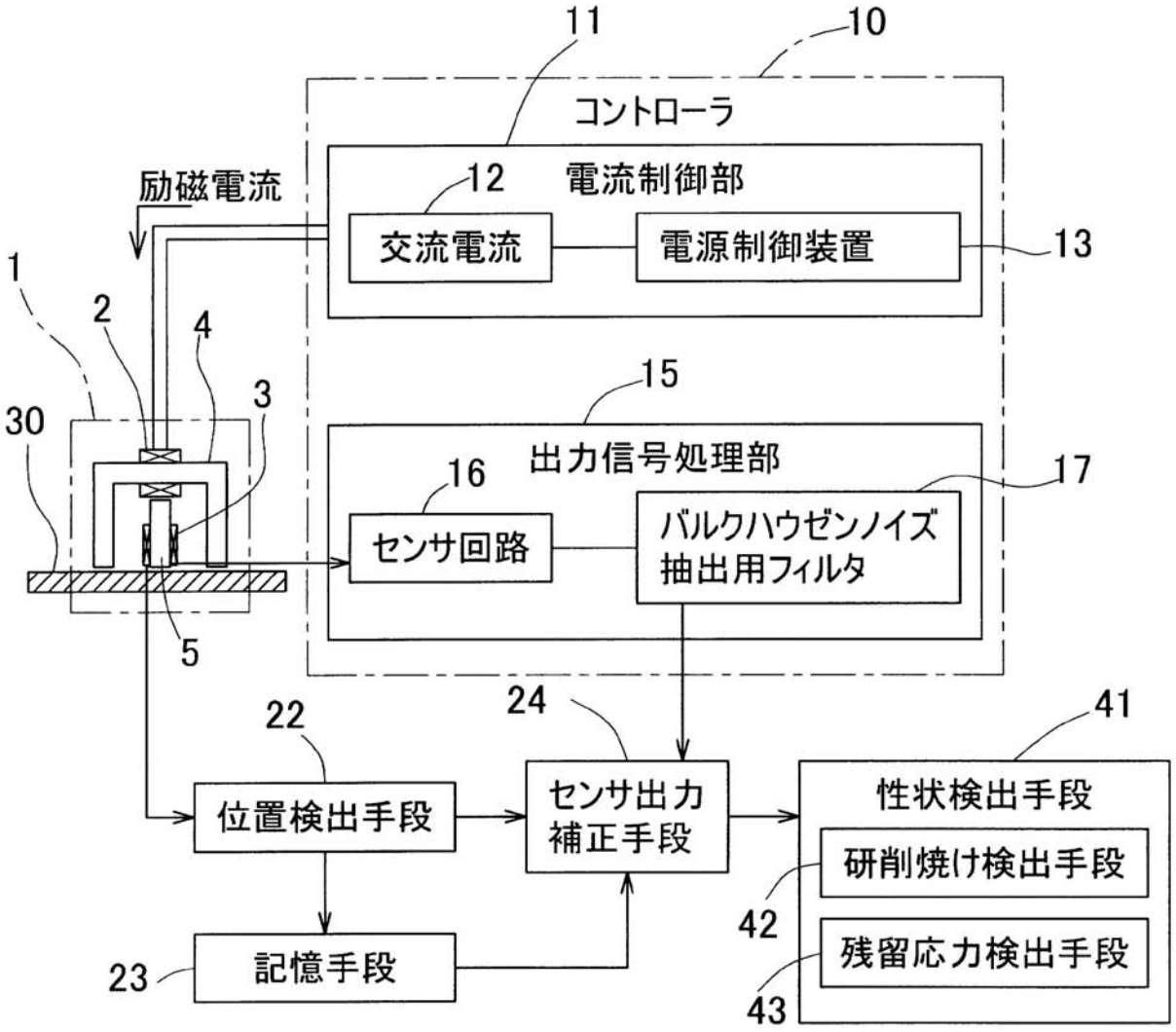
【図４】


7:ギャップ検出コイル
11
10
コントローラ
12
電流制御部
励磁電流
交流電流
電源制御装置
13
1
2
4
3
5
15
出力信号処理部
21
16
17
30
センサ回路
バルクハウゼンノイズ
抽出用フィルタ
7
41
22
24
性状検出手段
位置検出手段
センサ出力
補正手段
研削焼け検出手段
42
残留応力検出手段
23
記憶手段
43

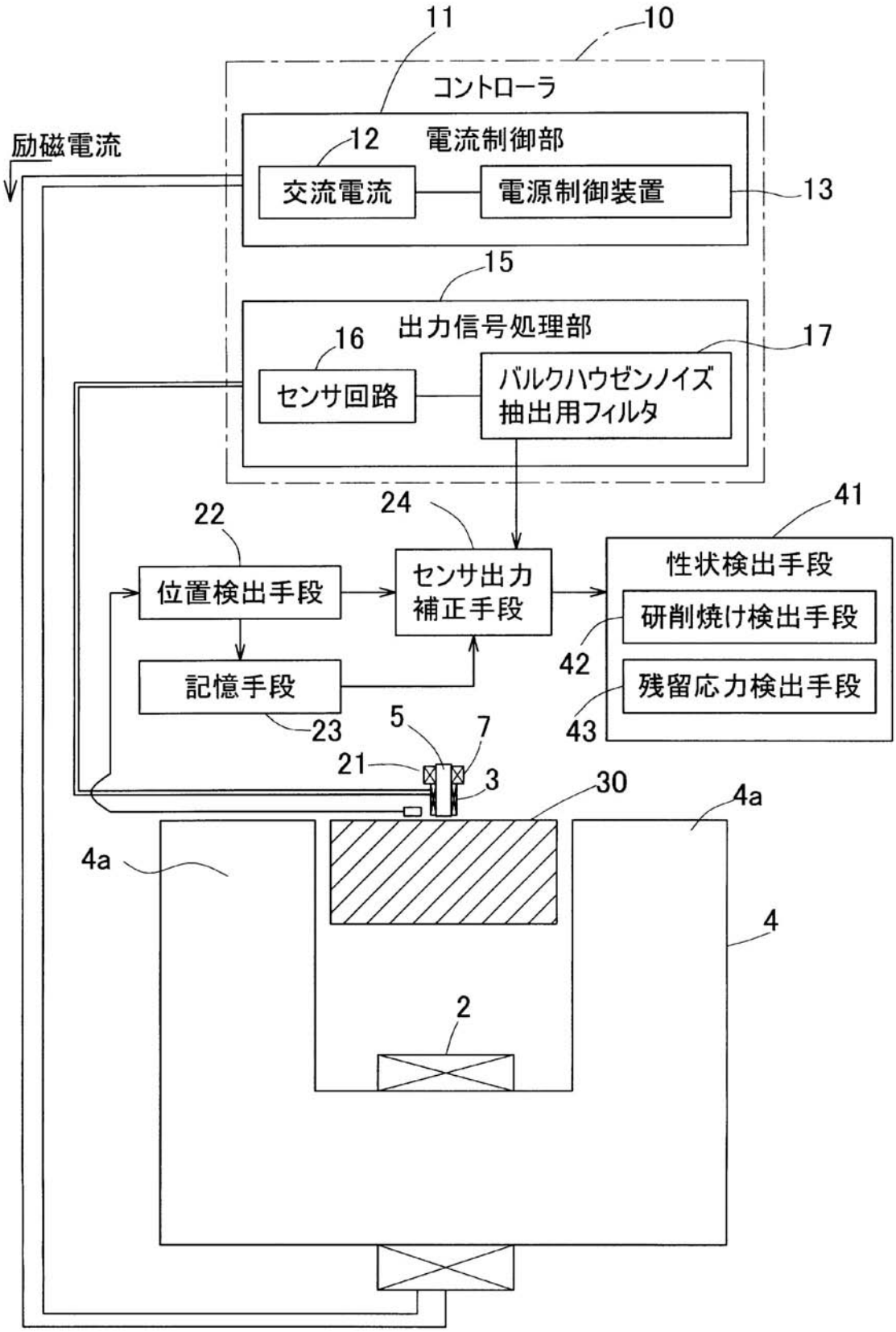
【図５】


11
10
コントローラ
12
電流制御部
励磁電流
交流電流
電源制御装置
13
1
2
4
15
出力信号処理部
21
7
16
17
3
30
センサ回路
バルクハウゼンノイズ
抽出用フィルタ
5
41
22
24
性状検出手段
位置検出手段
センサ出力
補正手段
研削焼け検出手段
42
残留応力検出手段
23
記憶手段
43

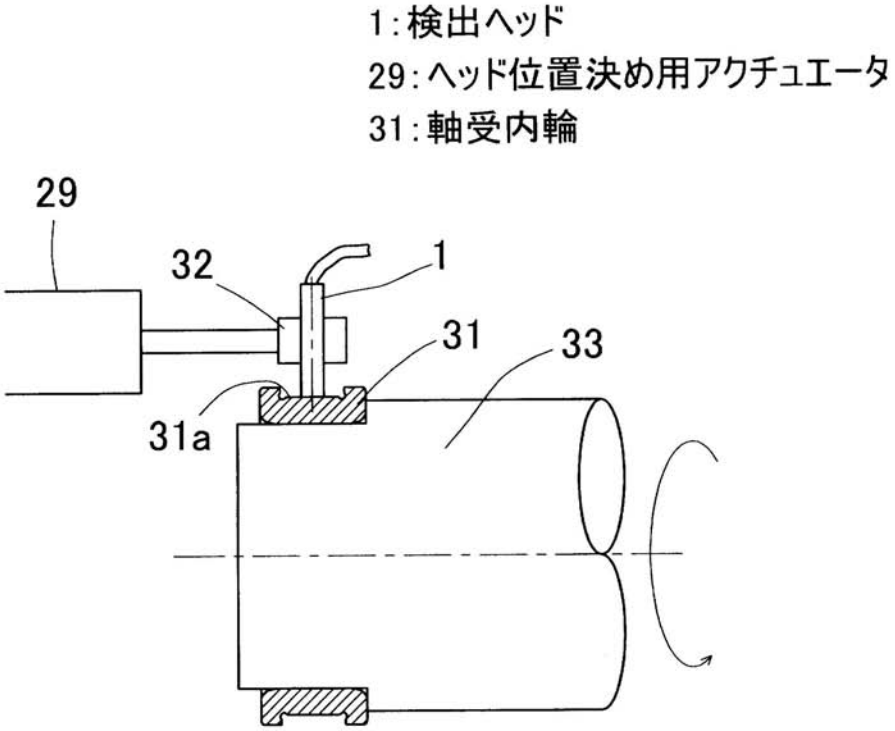
【図６】


11
10
コントローラ
12
電流制御部
励磁電流
交流電流
電源制御装置
13
1
2
4
3
30
15
出力信号処理部
16
17
センサ回路
バルクハウゼンノイズ
抽出用フィルタ
5
22
24
41
位置検出手段
センサ出力
補正手段
性状検出手段
研削焼け検出手段
42
残留応力検出手段
23
記憶手段
43

【図７】


11
10
コントローラ
12
電流制御部
励磁電流
交流電流
電源制御装置
13
15
出力信号処理部
16
17
センサ回路
バルクハウゼンノイズ
抽出用フィルタ
24
41
22
センサ出力
補正手段
性状検出手段
位置検出手段
研削焼け検出手段
42
記憶手段
残留応力検出手段
43
23
5
7
21
3
30
4a
4a
4
2

【図８】



フロントページの続き

(72)発明者　増田　唯
静岡県磐田市東貝塚１５７８番地　ＮＴＮ株式会社内

Ｆターム(参考) 2G053 AA11 AB20 BC03 BC14 CA03 CB01 CC01 DB06