(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2017-191076
(P2017-191076A)
(43)公開日　平成29年10月19日(2017.10.19)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G01N 29/265 (2006.01)	G01N 29/265	2G047

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 22 頁）

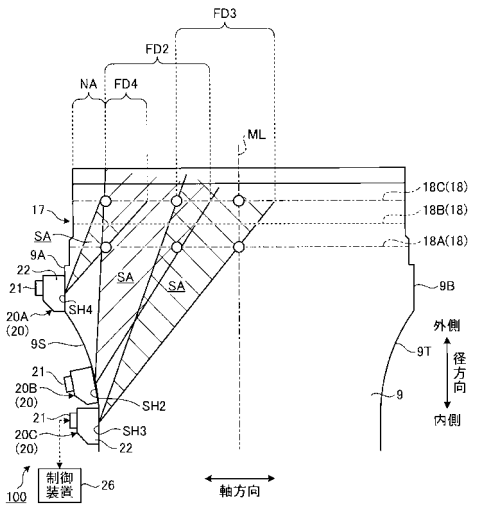
(21)出願番号　特願2016-82186(P2016-82186)
(22)出願日　平成28年4月15日(2016.4.15)

(71)出願人　514030104
三菱日立パワーシステムズ株式会社
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目３番１号
(74)代理人　110002147
特許業務法人酒井国際特許事務所
(72)発明者　浦田　幹康
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　増田　拓郎
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目３番１号　三菱日立パワーシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波探傷装置及び超音波探傷方法

(57)【要約】
【課題】動翼の抜き取り作業を伴わずに翼溝を低コストで高精度に非破壊検査できるタービンロータの超音波探傷装置を提供する。
【解決手段】超音波探傷装置は、翼溝を有するタービンロータのロータディスクを非破壊検査する。ロータディスクは、タービンロータの回転軸と平行な軸方向を向き翼溝の開口が設けられるディスク面と、ディスク面よりも回転軸の径方向内側に配置され、ディスク面よりも軸方向に凹む曲面を含む設置面と、を有する。超音波探傷装置は、ロータディスクに超音波ビームを発信して、ロータディスクで反射したエコーを受信するフェイズドアレイ探触子と、フェイズドアレイ探触子が設置面に設けられるようにフェイズドアレイ探触子を支持する支持装置と、を備える。支持装置は、フェイズドアレイ探触子から発信される超音波ビームが翼溝に照射されるようにフェイズドアレイ探触子を支持して回転軸の周方向に移動する。
【選択図】図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
翼溝を有するタービンロータのロータディスクを非破壊検査する超音波探傷装置であって、
前記ロータディスクは、前記タービンロータの回転軸と平行な軸方向を向き前記翼溝の開口が設けられるディスク面と、前記ディスク面よりも前記回転軸の径方向内側に配置され、前記ディスク面よりも前記軸方向に凹む曲面を含む設置面と、を有し、
前記ロータディスクに超音波ビームを発信して、前記ロータディスクで反射したエコーを受信するフェイズドアレイ探触子と、
フェイズドアレイ探触子が前記設置面に設けられるように前記フェイズドアレイ探触子を支持する支持装置と、を備え、
前記支持装置は、前記フェイズドアレイ探触子から発信される前記超音波ビームが前記翼溝に照射されるように前記フェイズドアレイ探触子を支持して前記回転軸の周方向に移動する、
超音波探傷装置。
【請求項２】
前記フェイズドアレイ探触子と接続されるウェッジ部材を備え、
前記支持装置は、前記ウェッジ部材の表面と前記設置面とが対向するように前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材を支持し、
前記ウェッジ部材の表面は、前記設置面に向かって突出する曲面を含む、
請求項１に記載の超音波探傷装置。
【請求項３】
前記支持装置は、前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材を移動可能に支持するジンバル機構を有する、
請求項２に記載の超音波探傷装置。
【請求項４】
前記支持装置は、前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材を保持する保持部材と、前記保持部材に設けられ前記設置面と接触した状態で回転可能なベアリングと、を有する、
請求項２又は請求項３に記載の超音波探傷装置。
【請求項５】
前記保持部材に設けられたマグネットを有する、
請求項４に記載の超音波探傷装置。
【請求項６】
前記支持装置は、前記回転軸の径方向における前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材の位置を調整可能な位置調整機構を有する、
請求項２から請求項５のいずれか一項に記載の超音波探傷装置。
【請求項７】
前記ウェッジ部材の表面と前記設置面との間隙に接触媒質を供給する供給装置を備える、
請求項２から請求項６のいずれか一項に記載の超音波探傷装置。
【請求項８】
翼溝を有するタービンロータのロータディスクを非破壊検査する超音波探傷方法であって、
前記ロータディスクは、前記タービンロータの回転軸と平行な軸方向を向き前記翼溝の開口が設けられるディスク面と、前記ディスク面よりも前記回転軸の径方向内側に配置され、前記ディスク面よりも前記軸方向に凹む曲面を含む設置面と、を有し、
前記ロータディスクに超音波ビームを発信して、前記ロータディスクで反射したエコーを受信するフェイズドアレイ探触子を前記設置面に設けるステップと、
前記フェイズドアレイ探触子から発信された前記超音波ビームを前記翼溝に照射するス

テップと、
前記フェイズドアレイ探触子を前記回転軸の周方向に移動するステップと、
を含む超音波探傷方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、タービンロータの超音波探傷装置及び超音波探傷方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
蒸気タービンは、タービンロータと、タービンロータのロータディスクに接続される動翼とを有する。動翼として、所謂クリスマスツリー形状の翼根部を有するサイドエントリー型動翼、アルファベットのＴ字形状の翼根部を有するＴルート型動翼、及びカーチス型動翼等が知られている。ロータディスクは、動翼の翼根部が配置される翼溝を有する。動翼の翼根部がロータディスクの翼溝に配置され、ロータディスクと動翼とが固定されることによって、タービンロータと動翼とは一体で回転することができる。
【０００３】
タービンロータは、高い温度条件で運転される。そのため、長期間の使用により、ロータディスクのうち繰り返し応力が作用する部位に応力腐食割れ（Stress Corrosion Crack:ＳＣＣ）が発生する可能性がある。サイドエントリー型動翼が固定されるロータディスクの場合、翼溝の最深部において亀裂が発生する可能性が高い。サイドエントリー型のロータディスクの亀裂状態を検査する場合、従来の検査方法においては、翼溝から翼根部を抜き取った後にロータディスクの亀裂状態が検査される。しかし、従来の検査方法は、翼溝から翼根部を抜き取る作業、及び抜き取った動翼を翼溝に再び挿入する作業等、多大な付帯作業を要する。そのため、翼溝から翼根部を抜き取ることなくロータディスクの亀裂状態を検査できる技術の開発が要望される。
【０００４】
翼溝から翼根部を抜き取ることなくロータディスクの亀裂状態を検査する非破壊検査技術として、超音波探傷検査技術が知られている。特許文献１には、複数の超音波振動子を含む探触子を用いるフェイズドアレイ探傷法によりタービンロータを検査する超音波探傷装置が開示されている。特許文献２には、２つの探触子を用いるピッチキャッチ探傷法によりタービンロータを検査する超音波探傷装置が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００９－２４４０７９号公報
【特許文献２】特開２０１３－０５７６８１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
翼溝の幾何学的形状又はロータディスクに発生した亀裂の位置によっては、翼溝の全体を高精度に検査することが困難な可能性がある。例えば大型のタービンロータの場合、そのタービンロータの翼溝の寸法は大きい。翼溝の寸法が大きく検査部位の範囲が広いと、探触子から発信された超音波ビームが減衰して、超音波ビームが照射されない不感帯領域が生成され、検査精度が低下する可能性が高い。
【０００７】
本発明は、動翼の抜き取り作業を伴わずに翼溝を低コストで高精度に非破壊検査できるタービンロータの超音波探傷装置及び超音波探傷方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明は、翼溝を有するタービンロータのロータディスクを非破壊検査する超音波探傷

装置であって、前記ロータディスクは、前記タービンロータの回転軸と平行な軸方向を向き前記翼溝の開口が設けられるディスク面と、前記ディスク面よりも前記回転軸の径方向内側に配置され、前記ディスク面よりも前記軸方向に凹む曲面を含む設置面と、を有し、前記ロータディスクに超音波ビームを発信して、前記ロータディスクで反射したエコーを受信するフェイズドアレイ探触子と、フェイズドアレイ探触子が前記設置面に設けられるように前記フェイズドアレイ探触子を支持する支持装置と、を備え、前記支持装置は、前記フェイズドアレイ探触子から発信される前記超音波ビームが前記翼溝に照射されるように前記フェイズドアレイ探触子を支持して前記回転軸の周方向に移動する、超音波探傷装置を提供する。

【０００９】

本発明によれば、ディスク面に翼溝の開口が設けられるサイドエントリー型のロータディスクにおいて、ディスク面よりも径方向内側に配置される設置面がディスク面よりも凹む曲面を含む場合、その設置面にフェイズドアレイ探触子が設けられた状態でフェイズドアレイ探触子から発信された超音波ビームを翼溝に照射するとともに、そのフェイズドアレイ探触子を周方向に移動することにより、翼溝のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域を低減することができる。したがって、翼溝を広範囲に亘って高精度に検査することができる。

【００１０】

本発明において、前記フェイズドアレイ探触子と接続されるウェッジ部材を備え、前記支持装置は、前記ウェッジ部材の表面と前記設置面とが対向するように前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材を支持し、前記ウェッジ部材の表面は、前記設置面に向かって突出する曲面を含むことが好ましい。

【００１１】

フェイズドアレイ探触子と接続されるウェッジ部材が設けられる場合において、設置面に向かって突出する曲面を含むウェッジ部材の表面と設置面とを対向させた状態でフェイズドアレイ探触子から超音波ビームを発信することにより、翼溝のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域を低減することができる。

【００１２】

本発明において、前記支持装置は、前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材を移動可能に支持するジンバル機構を有することが好ましい。

【００１３】

フェイズドアレイ探触子及びウェッジ部材がジンバル機構により移動可能に支持されることにより、ウェッジ部材が設置面を移動するとき、ウェッジ部材を設置面の形状に追従させることができる。

【００１４】

本発明において、前記支持装置は、前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材を保持する保持部材と、前記保持部材に設けられ前記設置面と接触した状態で回転可能なベアリングと、を有することが好ましい。

【００１５】

保持部材にベアリングが設けられることにより、ウェッジ部材は設置面を円滑に移動することができる。

【００１６】

本発明において、前記保持部材に設けられたマグネットを有することが好ましい。

【００１７】

マグネットの磁力により、保持部材に保持されたウェッジ部材は、設置面から離れることなく設置面を移動することができる。これにより、フェイズドアレイ探触子から発信された超音波ビームはロータディスクに安定して照射される。

【００１８】

本発明において、前記支持装置は、前記回転軸の径方向における前記フェイズドアレイ探触子及び前記ウェッジ部材の位置を調整可能な位置調整機構を有することが好ましい。

【００１９】
位置調整機構が設けられることにより、超音波ビームの照射領域と翼溝との相対位置と調整することができ、超音波ビームが照射されない不感帯領域の生成を抑制することができる。
【００２０】
本発明において、前記ウェッジ部材の表面と前記設置面との間隙に接触媒質を供給する供給装置を備えることが好ましい。
【００２１】
ウェッジ部材の表面とそのウェッジ部材の表面と間隙を介して対向する設置面との間に水又は油のような接触媒質が供給されることにより、ウェッジ部材の表面から射出された超音波ビームは、ロータディスクに効率良く伝達される。
【００２２】
本発明は、翼溝を有するタービンロータのロータディスクを非破壊検査する超音波探傷方法であって、前記ロータディスクは、前記タービンロータの回転軸と平行な軸方向を向き前記翼溝の開口が設けられるディスク面と、前記ディスク面よりも前記回転軸の径方向内側に配置され、前記ディスク面よりも前記軸方向に凹む曲面を含む設置面と、を有し、前記ロータディスクに超音波ビームを発信して、前記ロータディスクで反射したエコーを受信するフェイズドアレイ探触子を前記設置面に設けるステップと、前記フェイズドアレイ探触子から発信された前記超音波ビームを前記翼溝に照射するステップと、前記フェイズドアレイ探触子を前記回転軸の周方向に移動するステップと、を含む超音波探傷方法が提供される。
【００２３】
本発明によれば、ディスク面に翼溝の開口が設けられるサイドエントリー型のロータディスクにおいて、ディスク面よりも径方向内側に配置される設置面がディスク面よりも凹む曲面を含む場合、その設置面にフェイズドアレイ探触子が設けられた状態でフェイズドアレイ探触子から発信された超音波ビームを翼溝に照射するとともに、そのフェイズドアレイ探触子を周方向に移動することにより、翼溝のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域を低減することができる。したがって、翼溝を広範囲に亘って高精度に検査することができる。
【発明の効果】
【００２４】
本発明によれば、動翼の抜き取り作業を伴わずに翼溝を低コストで高精度に非破壊検査できるタービンロータの超音波探傷装置及び超音波探傷方法が提供される。
【図面の簡単な説明】
【００２５】
【図１】図１は、本実施形態に係る回転機械の一例を模式的に示す図である。
【図２】図２は、本実施形態に係る動翼の一例を示す斜視図である。
【図３】図３は、本実施形態に係る動翼及びロータディスクの一部を示す図である。
【図４】図４は、本実施形態に係る動翼及びロータディスクの一部を示す図である。
【図５】図５は、本実施形態に係る翼根部及び翼溝を示す図である。
【図６】図６は、本実施形態に係る超音波探傷装置一例を示す模式図である。
【図７】図７は、超音波探傷装置一例を示す模式図である。
【図８】図８は、本実施形態に係る超音波探傷装置一例を示す図である。
【図９】図９は、本実施形態に係る超音波探傷装置一例を示す図である。
【図１０】図１０は、本実施形態に係る支持装置を示す斜視図である。
【図１１】図１１は、本実施形態に係る支持装置を示す正面図である。
【図１２】図１２は、本実施形態に係る支持装置を示す側面図である。
【図１３】図１３は、本実施形態に係るセンサ部材及びセンサ部材を保持する保持部材を示す斜視図である。
【図１４】図１４は、本実施形態に係るセンサ部材及びセンサ部材を保持する保持部材を

示す側面図である。
【図１５】図１５は、本実施形態に係るセンサ部材及びセンサ部材を保持する保持部材を示す背面図である。
【図１６】図１６は、本実施形態に係るセンサ部材のウェッジ部材を示す側面図である。
【図１７】図１７は、本実施形態に係るセンサ部材及びセンサ部材を保持する保持部材を示す斜視図である。
【図１８】図１８は、本実施形態に係るセンサ部材及びセンサ部材を保持する保持部材を示す側面図である。
【図１９】図１９は、本実施形態に係るセンサ部材のウェッジ部材を示す側面図である。
【発明を実施するための形態】
【００２６】
以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。また、以下で説明する実施形態における構成要素は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。
【００２７】
［回転機械］
図１は、本実施形態に係る回転機械１の一例を模式的に示す図である。本実施形態においては、回転機械１が蒸気タービンである例について説明する。なお、回転機械１はガスタービンでもよいし圧縮機でもよい。
【００２８】
図１に示すように、蒸気タービン１は、回転軸ＡＸを中心に回転可能なタービンロータ２と、タービンロータ２に固定される動翼５と、タービンロータ２の周囲に配置されるステータ３とを備える。タービンロータ２は、回転軸ＡＸを中心に回転可能な軸部材４と、軸部材４に固定されるロータディスク９とを有する。ステータ３は、ケーシング６と、ケーシング６に設けられた静翼７とを有する。
【００２９】
以下の説明においては、タービンロータ２の回転軸ＡＸと平行な方向を適宜、幅方向、と称し、タービンロータ２の回転軸ＡＸに対する放射方向を適宜、径方向、と称し、タービンロータ２の回転軸ＡＸを中心とする回転方向を適宜、周方向、と称する。また、径方向において回転軸ＡＸから遠い位置又は離れる方向を適宜、径方向外側、と称し、径方向において回転軸ＡＸに近い位置又は近付く方向を適宜、径方向内側、と称する。
【００３０】
タービンロータ２は、軸受８を介してケーシング６に回転可能に支持される。タービンロータ２の少なくとも一部は、ケーシング６の内側に配置される。動翼５は、タービンロータ２のロータディスク９に固定される。動翼５は、周方向に複数配置される。また、動翼５は、軸方向に複数段配置される。
【００３１】
静翼７は、周方向に複数配置される。また、静翼７は、軸方向に複数段配置される。動翼５は、軸方向において所定間隔で複数段配置される。静翼７は、軸方向において動翼５の間に配置されるように複数段配置される。
【００３２】
ケーシング６は、動翼５及び静翼７が配置される蒸気通路１０と、蒸気通路１０に蒸気を供給する蒸気供給口１１と、蒸気通路１０の蒸気を排出する蒸気排出口１２とを有する。蒸気供給口１１から供給された蒸気は、動翼５及び静翼７と接触しながら、蒸気通路１０を流れる。蒸気が動翼５と接触すると、タービンロータ２が中心軸ＡＸを中心に回転する。タービンロータ２が回転すると、軸部材４と接続された発電機が駆動される。蒸気通路１０を流れた蒸気は、蒸気排出口１２から排出される。
【００３３】
［動翼及びロータディスク］
図２は、本実施形態に係る動翼５の一例を示す斜視図である。図２に示すように、動翼

５は、ロータディスク９に固定される翼根部１３と、翼根部１３よりも径方向外側に設けられるプラットフォーム１４と、プラットフォーム１４よりも径方向外側に設けられる翼部１５とを有する。

【００３４】

本実施形態において、動翼５は、所謂クリスマスツリー形状の翼根部１３を有するサイドエントリー型動翼である。翼根部１３は、径方向に配置される複数の歯部１６を有する。本実施形態において、歯部１６は、複数の歯部１６のうち最も径方向内側に配置される第１歯部１６Ａと、第１歯部１６Ａに次いで径方向内側に配置される第２歯部１６Ｂと、最も径方向外側に配置される第３歯部１６Ｃとを含む。第１歯部１６Ａ、第２歯部１６Ｂ、及び第３歯部１６Ｃはそれぞれ、翼根部１３から周方向の両側に突出するように２つずつ設けられる。

【００３５】

図３及び図４は、本実施形態に係る動翼５及びロータディスク９の一部を示す図である。図３は、回転軸ＡＸと直交する動翼５及びロータディスク９の一部を示す図である。図４は、動翼５及びロータディスク９の一部を模式的に示す側面図である。

【００３６】

図３及び図４に示すように、ロータディスク９は、翼根部１３が配置される翼溝１７を有する。翼溝１７は、径方向に配置される複数の凹部１８を有する。翼根部１３の歯部１６は、翼溝１７の凹部１８に配置される。凹部１８は、第１歯部１６Ａが配置される第１凹部１８Ａと、第２歯部１６Ｂが配置される第２凹部１８Ｂと、第３歯部１６Ｃが配置される第３凹部１８Ｃとを有する。動翼５の翼根部１３がロータディスク９の翼溝１７に配置され、ロータディスク９と動翼５とが固定されることによって、タービンロータ２と動翼５とは一体で回転することができる。

【００３７】

本実施形態において、ロータディスク９は、サイドエントリー型動翼を支持する。ロータディスク９は、軸方向の一方側を向くディスク面９Ａと、軸方向の他方側を向くディスク面９Ｂとを有する。翼溝１７は、ディスク面９Ａとディスク面９Ｂとを貫くように軸方向に形成される。翼溝１７の一方の開口１７Ａがディスク面９Ａに設けられ、翼溝１７の他方の開口１７Ｂがディスク面９Ｂに設けられる。本実施形態において、ディスク面９Ａ及びディスク面９Ｂはそれぞれ、実質的に回転軸ＡＸと直交する平坦面である。歯部１６と凹部１８とが位置合わせされた状態で、翼根部１３は、翼溝１７の開口１７Ａ又は開口１７Ｂから翼溝１７に挿入される。

【００３８】

図５は、本実施形態に係る翼根部１３及び翼溝１７を示す図である。翼溝１７は、径方向に配置される第１凹部１８Ａと第２凹部１８Ｂと第３凹部１８Ｃとを有する。第１凹部１８Ａ、第２凹部１８Ｂ、及び第３凹部１８Ｃのうち、第１凹部１８Ａが最も径方向内側に配置され、第１凹部１８Ａに次いで第２凹部１８Ｂが径方向内側に配置され、第３凹部１８Ｃが最も径方向外側に配置される。第１凹部１８Ａ、第２凹部１８Ｂ、及び第３凹部１８Ｃはそれぞれ、翼溝１７から周方向の両側に凹むように２つずつ設けられる。

【００３９】

周方向において、一方の第１凹部１８Ａの最深部と他方の第１凹部１８Ａの最深部とは、距離Ｗ１だけ離れている。周方向において、一方の第２凹部１８Ｂの最深部と他方の第２凹部１８Ｂの最深部とは、距離Ｗ２だけ離れている。周方向において、一方の第３凹部１８Ｃの最深部と他方の第３凹部１８Ｃの最深部とは、距離Ｗ３だけ離れている。距離Ｗ１、距離Ｗ２、及び距離Ｗ３のうち、距離Ｗ３が最も長く、距離Ｗ３に次いで距離Ｗ２が長く、距離Ｗ１が最も短い。

【００４０】

ロータディスク９に応力腐食割れ（Stress Corrosion Crack:ＳＣＣ）が発生する可能性がある。例えば、図５に示すように、凹部１８の最深部を起点として、ロータディスク９に亀裂１９が発生する可能性がある。亀裂１９は、凹部１８の最深部から径方向外側

に成長する可能性が高い。
【００４１】
本実施形態においては、超音波探傷装置１００を用いて、ロータディスク９に生成された亀裂１９の状態を非破壊検査する。本実施形態において、超音波探傷装置１００は、フェイズドアレイ探傷法によりロータディスク９の亀裂１９の状態を検査する。
【００４２】
［超音波探傷装置の概要：第１実施例］
次に、本実施形態に係る超音波探傷装置１００の概要の第１実施例について説明する。図６は、第１実施例に係る超音波探傷装置１００の一例を示す模式図である。図６に示すように、超音波探傷装置１００は、ロータディスク９の探傷部位に超音波ビームを発信して、ロータディスク９の探傷部位で反射したエコーを受信するフェイズドアレイ探触子２１と、フェイズドアレイ探触子２１を制御する制御装置２６とを備える。
【００４３】
本実施形態において、超音波探傷装置１００は、フェイズドアレイ探触子２１と接続されるウェッジ部材２２を備える。以下の説明においては、フェイズドアレイ探触子２１、及びフェイズドアレイ探触子２１と接続されるウェッジ部材２２を合わせて適宜、センサ部材２０、と称する。
【００４４】
フェイズドアレイ探触子２１は、複数の超音波振動子を含む。制御装置２６は、フェイズドアレイ探触子２１の複数の超音波振動子のそれぞれに励磁電圧を印加して、１つのフェイズドアレイ探触子２１で、垂直探傷、斜角探傷、及びフォーカス探傷等、複数の探傷モードで探傷可能である。
【００４５】
フェイズドアレイ探触子２１は、超音波ビームを発信する。フェイズドアレイ探触子２１から発信された超音波ビームは、ウェッジ部材２２を介して、ロータディスク９に照射される。制御装置２６は、フェイズドアレイ探触子２１の複数の超音波振動子に印加する励磁電圧を制御して、フェイズドアレイ探触子２１から発信される超音波ビームを走査する。図６に示すように、フェイズドアレイ探触子２１は、回転軸ＡＸを通る平面に沿って超音波ビームを走査する。超音波探傷装置１００は、超音波ビームを走査して、放射状（扇状）の検出領域ＳＡを形成する。検出領域ＳＡは、センサ部材２０から発信された超音波ビームが通過する領域である。
【００４６】
ロータディスク９は、ディスク面９Ａよりも径方向内側に配置され、軸方向の一方側を向く設置面９Ｓと、ディスク面９Ｂよりも径方向内側に配置され、軸方向の他方側を向く設置面９Ｔとを有する。
【００４７】
設置面９Ｓは、翼溝１７及びディスク面９Ａよりも径方向内側に配置される。設置面９Ｓは、ディスク面９Ａよりも軸方向に凹む曲面を含む。図６に示すように、設置面９Ｓは、径方向外側に向かって中心線ＭＬから離れるように傾斜する。
【００４８】
設置面９Ｔは、翼溝１７及びディスク面９Ｂよりも径方向内側に配置される。設置面９Ｔは、ディスク面９Ｂよりも軸方向に凹む曲面を含む。図６に示すように、設置面９Ｔは、径方向外側に向かって中心線ＭＬから離れるように傾斜する。
【００４９】
中心線ＭＬは、回転軸ＡＸの放射線のうち軸方向におけるロータディスク９の中心を通る仮想線である。
【００５０】
センサ部材２０は、径方向に移動可能である。図６に示す例において、センサ部材２０は、ディスク面９Ａ及び設置面９Ｓと対向するように配置される。センサ部材２０は、翼溝１７よりも径方向内側に配置される。センサ部材２０のフェイズドアレイ探触子２１は

、径方向外側に向かって超音波ビームを発信する。
【００５１】
ディスク面９Ａに配置されるセンサ部材２０Ａは、翼溝１７の第４範囲ＦＤ４を検査する。設置面９Ｓのうち径方向内側の内側領域ＳＨ３に配置されるセンサ部材２０Ｃは、翼溝１７の第３範囲ＦＤ３を検査する。設置面９Ｓのうち外側領域ＳＨ３よりも径方向外側の中間領域ＳＨ２に配置されるセンサ部材２０Ｂは、翼溝１７の第２範囲ＦＤ２を検査する。第４範囲ＦＤ４は、翼溝１７の軸方向の一方側の端部に近い領域である。第３範囲ＦＤ３は、翼溝１７の軸方向の中央部を含む領域である。第２範囲ＦＤ２は、翼溝１７の軸方向の一方側の端部と中央部との間の領域である。
【００５２】
センサ部材２０が径方向に移動することにより、翼溝１７と検出領域ＳＡとの相対位置が変化する。軸方向における検出領域ＳＡの寸法は、翼溝１７の寸法よりも小さい。センサ部材２０が径方向に移動することにより、小さい検出領域ＳＡで、翼溝１７の軸方向の広い範囲を検査することができる。
【００５３】
また、センサ部材２０がディスク面９Ａ又は設置面９Ｓにおいて周方向に移動することにより、周方向に配置されている翼溝１７のそれぞれについて検査することができる。
【００５４】
本実施形態において、センサ部材２０のうちウェッジ部材２２の表面と、ロータディスク９のディスク面９Ａ及び設置面９Ｓとが間隙を介して対向する。ウェッジ部材２２の表面は、設置面９Ｓと対向し設置面９Ｓに向かって突出する曲面を含む。凹んでいる設置面９Ｓと突出するウェッジ部材２２の表面とが対向することにより、設置面９Ｓとウェッジ部材２２の表面との間隙の寸法は、実質的に一定となる。
【００５５】
なお、図６は、センサ部材２０がディスク面９Ａ及び設置面９Ｓに設けられる例を示す。センサ部材２０がディスク面９Ｂ又は設置面９Ｔに設けられ、そのセンサ部材２０が径方向に移動することにより、翼溝１７の軸方向の他方側の端部と中央部との間の領域に超音波ビームが照射される。また、センサ部材２０がディスク面９Ｂ又は設置面９Ｔにおいて周方向に移動することにより、周方向に配置されている翼溝１７のそれぞれについて検査することができる。
【００５６】
一方、図６に示すように、径方向におけるセンサ部材２０とロータディスク９との相対位置によっては、翼溝１７のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域ＮＡが生成される可能性がある。
【００５７】
［超音波探傷装置の概要：第２実施例］
次に、本実施形態に係る超音波探傷装置１００の概要の第２実施例について説明する。図７は、第２実施例に係る超音波探傷装置１００の一例を示す模式図である。図７に示すように、径方向におけるセンサ部材２０とロータディスク９との相対位置が調整されることにより、翼溝１７のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域ＮＡを低減することができる。
【００５８】
図７に示す例では、センサ部材２０は、設置面９Ｓと対向するように配置される。図７に示す例では、センサ部材２０は、ディスク面９Ａには配置されない。設置面９Ｓにおいて、センサ部材２０は、翼溝１７よりも径方向内側に配置される。センサ部材２０のフェイズドアレイ探触子２１は、径方向外側に向かって超音波ビームを発信する。
【００５９】
センサ部材２０は、径方向に移動可能である。設置面９Ｓのうち径方向外側の外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０Ａは、翼溝１７の第１範囲ＦＤ１を検査する。設置面９Ｓのうち径方向内側の内側領域ＳＨ３に配置されるセンサ部材２０Ｃは、翼溝１７の第

３範囲ＦＤ３を検査する。設置面９Ｓのうち内側領域ＳＨ１と外側領域ＳＨ３との間の中間領域ＳＨ２に配置されるセンサ部材２０Ｂは、翼溝１７の第２範囲ＦＤ２を検査する。第１範囲ＦＤ１は、翼溝１７の軸方向の一方の端部を含む領域である。第３範囲ＦＤ３は、翼溝１７の軸方向の中央部を含む領域である。第２範囲ＦＤ２は、翼溝１７の軸方向の一方の端部と中央部との間の領域である。

【００６０】

設置面９Ｓにおいてセンサ部材２０が径方向に移動することにより、翼溝１７の軸方向の一方の端部と中央部との間の領域の全部に超音波ビームが照射される。軸方向における検出領域ＳＡの寸法は、翼溝１７の寸法よりも小さい。設置面９Ｓにおいてセンサ部材２０が径方向に移動することにより、小さい検出領域ＳＡで、翼溝１７の軸方向の一方の端部と中央部との間の領域の全部を探傷することができる。

【００６１】

また、センサ部材２０がディスク面９Ｓにおいて周方向に移動することにより、周方向に配置されている翼溝１７のそれぞれについて検査することができる。

【００６２】

センサ部材２０のうちウェッジ部材２２の表面と、ロータディスク９の設置面９Ｓとが間隙を介して対向する。ウェッジ部材２２の表面は、設置面９Ｓと対向し設置面９Ｓに向かって突出する曲面を含む。凹んでいる設置面９Ｓと突出するウェッジ部材２２の表面とが対向することにより、設置面９Ｓとウェッジ部材２２の表面との間隙の寸法は、実質的に一定となる。

【００６３】

なお、図７は、センサ部材２０が設置面９Ｓに設けられている例を示す。センサ部材２０が設置面９Ｔに設けられ、そのセンサ部材２０が設置面９Ｔにおいて径方向に移動することにより、翼溝１７の軸方向の他方の端部と中央部との間の領域の全部に超音波ビームが照射される。また、センサ部材２０が設置面９Ｔにおいて周方向に移動することにより、周方向に配置されている翼溝１７のそれぞれについて検査することができる。

【００６４】

［超音波探傷装置の具体例］

次に、本実施形態に係る超音波探傷装置１００の具体例について説明する。図８及び図９は、本実施形態に係る超音波探傷装置１００の一例を示す図である。図８は、センサ部材２０が設置面９Ｓの外側領域ＳＨ１及び設置面９Ｔの外側領域ＳＨ１のそれぞれに配置されている例を示す。図９は、センサ部材２０が設置面９Ｓの内側領域ＳＨ３及び設置面９Ｔの内側領域ＳＨ３のそれぞれに配置されている例を示す。

【００６５】

本実施形態において、外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０のウェッジ部材２２の形状と、内側領域ＳＨ３及び中間領域ＳＨ２に配置されるセンサ部材２０のウェッジ部材２２の形状とは異なる。

【００６６】

本実施形態において、ロータディスク９の外側領域ＳＨ１の形状（曲率）と、内側領域ＳＨ３の形状（曲率）とは異なる。本実施形態においては、外側領域ＳＨ１の形状に基づいて、第１範囲ＦＤ１が目標範囲になるように、外側領域ＳＨ１に配置されるウェッジ部材２２の形状が定められている。また、内側領域ＳＨ３の形状に基づいて、第３範囲ＦＤ３が目標範囲になるように、内側領域ＳＨ３に配置されるウェッジ部材２２の形状が定められている。

【００６７】

図８及び図９に示すように、超音波探傷装置１００は、フェイズドアレイ探触子２１がロータディスク９の設置面９Ｓに設けられるようにフェイズドアレイ探触子２１を支持する支持装置３０を備えている。支持装置３０は、センサ部材２０のウェッジ部材２２とロータディスク９の設置面９Ｓとが対向するように、センサ部材２０を支持する。支持装置３０は、フェイズドアレイ探触子２１から発信される超音波ビームが翼溝１７に照射され

るように、フェイズドアレイ探触子２１及びウェッジ部材２２を含むセンサ部材２０を支持して周方向に移動する。

【００６８】

同様に、超音波探傷装置１００は、センサ部材２０のウェッジ部材２２とロータディスク９の設置面９Ｔとが対向するように、センサ部材２０を支持した状態で周方向に移動する支持装置３０を備える。

【００６９】

図１０は、本実施形態に係る支持装置３０を示す斜視図である。図１１は、本実施形態に係る支持装置３０を示す正面図である。図１２は、本実施形態に係る支持装置３０を示す側面図である。

【００７０】

図８、図９、図１０、図１１、及び図１２に示すように、支持装置３０は、タービンロータ２の軸部材４に支持される本体部材３２と、径方向におけるセンサ部材２０の位置を調整可能な位置調整機構３４と、軸方向におけるセンサ部材２０の位置を調整可能な位置調整機構３６と、センサ部材２０を保持する保持部材５０を支持する支持部材３８とを有する。図１０から図１２においては、センサ部材２０及び保持部材５０は図示されていない。

【００７１】

本体部材３２は、径方向に延在する一対のフレーム部材３２Ａ，３２Ｂと、フレーム部材３２Ａとフレーム部材３２Ｂとを連結する連結部材３３とを有する。

【００７２】

位置調整機構３４は、フレーム部材３２Ａ，３２Ｂに設けられているガイド部３４Ｇと、ガイド部３４Ｇにガイドされながら径方向に移動可能な可動部材４０とを有する。径方向において可動部材４０が任意の位置に配置された場合、固定ノブ４２が操作され、可動部材４０とフレーム部材３２Ａ，３２Ｂとが固定される。これにより、径方向における可動部材４０の位置が固定される。

【００７３】

位置調整機構３６は、可動部材４０に設けられているガイド部３６Ｇと、ガイド部３６Ｇにガイドされながら軸方向に移動可能なシャフト部材４４とを有する。図１０に示すように、シャフト部材４４は３本設けられる。軸方向においてシャフト部材４４が任意の位置に配置された場合、固定ノブ４６が操作され、シャフト部材４４と可動部材４０とが固定される。これにより、軸方向におけるシャフト部材４４の位置が固定される。

【００７４】

支持部材３８は、シャフト部材４４の先端部に接続される。センサ部材２０を保持する保持部材５０が支持部材３８に接続される。位置調整機構３６のシャフト部材４４が軸方向に移動すると、支持部材３８及びセンサ部材２０が、シャフト部材４４と一緒に軸方向に移動する。位置調整機構３４の可動部材４０が径方向に移動すると、シャフト部材４４、支持部材３８、及びセンサ部材２０が、可動部材４０と一緒に径方向に移動する。センサ部材２０は、位置調整機構３４の作動及び位置調整機構３６の作動により、径方向及び軸方向に移動可能である。位置調整機構３４及び位置調整機構３６により、径方向及び軸方向におけるセンサ部材２０とロータディスク９との相対位置が調整される。

【００７５】

また、支持装置３０は、本体部材３２を移動可能に支持するローラ４８と、ローラ４８を駆動するアクチュエータユニット及びローラ４８の回転量を検出するエンコーダユニットを含むドライブユニット７０とを有する。図８及び図９に示すように、本体部材３２は、ローラ４８を介して軸部材４に支持される。ドライブユニット７０の作動によりローラ４８が回転することにより、本体部材３２は、軸部材４の周囲において周方向に移動する。本体部材３２が周方向に移動すると、センサ部材２０が、本体部材３２と一緒に周方向に移動する。ローラ４８及びドライブユニット７０により、周方向におけるセンサ部材２０とロータディスク９との相対位置が調整される。

【００７６】
次に、本実施形態に係るセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０について説明する。図１３から図１６は、本実施形態に係るセンサ部材２０及び保持部材５０のうち外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す。図１７から図１９は、本実施形態に係るセンサ部材２０及び保持部材５０のうち内側領域ＳＨ３に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す。
【００７７】
図１３は、外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す斜視図である。図１４は、外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す側面図である。図１５は、外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す背面図である。図１６は、外側領域ＳＨ１に配置されるセンサ部材２０のウェッジ部材２２を示す側面図である。
【００７８】
図１７は、内側領域ＳＨ３に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す斜視図である。図１８は、内側領域ＳＨ３に配置されるセンサ部材２０及びそのセンサ部材２０を保持する保持部材５０を示す側面図である。図１９は、内側領域ＳＨ３に配置されるセンサ部材２０のウェッジ部材２２を示す側面図である。
【００７９】
図１３から図１９に示すように、支持装置３０は、センサ部材２０を保持する保持部材５０を有する。センサ部材２０は、フェイズドアレイ探触子２１と、フェイズドアレイ探触子２１と接続されるウェッジ部材２２とを有する。
【００８０】
保持部材５０は、支持部材３８に支持される。保持部材５０は、支持部材３８と連結される第１部材５６と、第１部材５６と連結される第２部材５８とを含む。
【００８１】
支持装置３０は、本体部材３２とセンサ部材２０との間に設けられ、センサ部材２０を移動可能に支持するジンバル機構５４を有する。本実施形態において、ジンバル機構５４は、保持部材５０に設けられる。
【００８２】
第１部材５６は、支持部材３８に対して相対移動可能である。第２部材５８は、第１部材５６に対して相対移動可能である。ジンバル機構５４は、支持部材３８と第１部材５６とを相対回転可能に連結する第１連結部５４Ａと、第１部材５６と第２部材５８とを相対回転可能に連結する第２連結部５４Ｂとを含む。
【００８３】
第１連結部５４Ａは、第１部材５６が支持部材３８に対してロール軸ＲＸ１を中心に回転するように、第１部材５６と支持部材３８とを連結する。第２連結部５４Ｂは、第２部材５８が第１部材５６に対してピッチ軸ＲＸ２を中心に回転するように、第２部材５８と第１部材５６とを連結する。ロール軸ＲＸ１とピッチ軸ＲＸ２とは直交する。
【００８４】
本実施形態において、保持部材５０は、設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）と接触した状態で回転可能なベアリング６０を有する。ベアリング６０は、第２部材５８に回転可能に支持されたローラを含む。ベアリング６０により、保持部材５０は、設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）を周方向に走行可能である。また、ベアリング６０と設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）とが接触することにより、ウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）とは間隙を介して対向する。
【００８５】
また、保持部材５０は、マグネット６２を有する。マグネット６２は、設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）と対向するように、第２部材５８に設けられる。

【００８６】
また、保持部材５０は、ウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）との間隙に接触媒質を供給する供給装置６６を備える。供給装置６６は、保持部材５０に設けられた供給部６４を介して、ウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）との間隙に接触媒質を供給する。供給部６４は、パイプ部材を含む。供給部６４の上端部は、接触媒質の供給装置６６と接続される。供給部６４の下端部から、ウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）との間隙に接触媒質が供給される。
【００８７】
図１６及び図１９は、本実施形態に係るウェッジ部材２２を示す模式図である。ウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓ（又は設置面９Ｔ）とは、例えば０．５［ｍｍ］程度の間隙を介して対向する。その間隙に接触媒質が供給される。表面２２Ｓを含むウェッジ部材２２の形状は、外側領域ＳＨ１又は内側領域ＳＨ３に基づいて定められる。
【００８８】
次に、本実施形態に係るロータディスク９を非破壊検査する超音波探傷方法について説明する。まず、設置面９Ｓの外側領域ＳＨ１にセンサ部材２０を配置して亀裂１９の状態を検査する場合について説明する。
【００８９】
図１３から図１６を参照して説明したようなフェイズドアレイ探触子２１及びウェッジ部材２２を含むセンサ部材２０が支持装置３０に支持される。位置調整機構３４及び位置調整機構３６の作動により、ベアリング６０が設置面９Ｓと接触し、センサ部材２０のウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓの外側領域ＳＨ１とが規定値（例えば０．５［ｍｍ］）の間隙を介して対向するように、センサ部材２０とロータディスク９との相対位置が調整される。センサ部材２０は、ジンバル機構５４を介して支持装置３０に支持されているため、設置面９Ｓの形状に追従して移動可能である。
【００９０】
供給装置６６からウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓの外側領域ＳＨ１との間隙に接触媒質が供給される。制御装置２６は、フェイズドアレイ探触子２１を作動して、フェイズドアレイ探触子２１から超音波ビームを発信する。フェイズドアレイ探触子２１から発信された超音波ビームは、ウェッジ部材２２及び接触媒質を介して、ロータディスク９の探傷部位である翼溝１７に照射される。翼溝１７で反射したエコーは、フェイズドアレイ探触子２１に受信される。制御装置２６は、フェイズドアレイ探触子２１で受信した受信信号に基づいて、亀裂１９の状態を検出する。
【００９１】
ドライブユニット７０の作動によりローラ４８が作動し、支持装置３０が周方向に移動する。制御装置２６は、周方向における支持装置３０の移動と並行して、フェイズドアレイ探触子２１から超音波ビームを発信する。センサ部材２０は、ジンバル機構５４を介して支持装置３０に支持されているため、設置面９Ｓの形状に追従して移動可能である。また、保持部材５０にマグネット６２が設けられている。マグネット６２の磁力により、センサ部材２０とロータディスク９とが離れてしまうことが抑制される。センサ部材２０は、ロータディスク９との間隙を維持したまま、周方向に移動可能である。
【００９２】
次に、設置面９Ｓの内側領域ＳＨ３にセンサ部材２０を配置して亀裂１９の状態を検査する場合について説明する。図１７から図１９を参照して説明したようなフェイズドアレイ探触子２１及びウェッジ部材２２を含むセンサ部材２０が支持装置３０に支持される。位置調整機構３４及び位置調整機構３６の作動により、ベアリング６０が設置面９Ｓと接触し、センサ部材２０のウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓの内側領域ＳＨ３とが規定値（例えば０．５［ｍｍ］）の間隙を介して対向するように、センサ部材２０とロータディスク９との相対位置が調整される。センサ部材２０は、ジンバル機構５４を介して支持装置３０に支持されているため、設置面９Ｓの形状に追従して移動可能である。

【００９３】
供給装置６６からウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓの内側領域ＳＨ３との間隙に接触媒質が供給される。制御装置２６は、フェイズドアレイ探触子２１を作動して、フェイズドアレイ探触子２１から超音波ビームを発信する。フェイズドアレイ探触子２１から発信された超音波ビームは、ウェッジ部材２２及び接触媒質を介して、ロータディスク９の探傷部位である翼溝１７に照射される。翼溝１７で反射したエコーは、フェイズドアレイ探触子２１に受信される。制御装置２６は、フェイズドアレイ探触子２１で受信した受信信号に基づいて、亀裂１９の状態を検出する。
【００９４】
ドライブユニット７０の作動によりローラ４８が作動し、支持装置３０が周方向に移動する。制御装置２６は、周方向における支持装置３０の移動と並行して、フェイズドアレイ探触子２１から超音波ビームを発信する。センサ部材２０は、ジンバル機構５４を介して支持装置３０に支持されているため、設置面９Ｓの形状に追従して移動可能である。また、保持部材５０にマグネット６２が設けられている。マグネット６２の磁力により、センサ部材２０とロータディスク９とが離れてしまうことが抑制される。センサ部材２０は、ロータディスク９との間隙を維持したまま、周方向に移動可能である。
【００９５】
以上、設置面９Ｓの外側領域ＳＨ１及び内側領域ＳＨ３にセンサ部材２０を配置して亀裂１９の状態を検査する例について説明した。設置面９Ｓの中間領域ＳＨ２にセンサ部材２０を配置して亀裂１９の状態を検査する手順と、設置面９Ｔの外側領域ＳＨ１、中間領域ＳＨ２、及び内側領域ＳＨ３のそれぞれにセンサ部材２０を配置して亀裂１９の状態を検査する手順とは、上述の手順と同様であるため、その説明を省略する。
【００９６】
［作用及び効果］
以上説明したように、本実施形態によれば、ディスク面９Ａ，９Ｂに翼溝１７の開口１７Ａ，１７Ｂが設けられるサイドエントリー型のロータディスク９において、ディスク面９Ａ，９Ｂよりも径方向内側に配置される設置面９Ｓ，９Ｔがディスク面９Ａ，９Ｂよりも凹む曲面を含む場合、その設置面９Ｓ，９Ｔにフェイズドアレイ探触子２１が設けられた状態でフェイズドアレイ探触子２１から発信された超音波ビームを翼溝１７に照射するとともに、そのフェイズドアレイ探触子２１を周方向に移動することにより、翼溝１７のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域ＮＡを低減することができる。したがって、翼溝１７の亀裂１９の状態を広範囲に亘って高精度に検査することができる。
【００９７】
また、フェイズドアレイ探傷子２１は、翼溝１７よりも径方向内側に配置され、翼溝１７に向けて、径方向外側に超音波ビームを発信する。したがって、距離Ｗ１，Ｗ２，Ｗ３が異なる第１，第２，第３凹部１８Ａ，１８Ｂ，１８Ｃが翼溝１７に設けられる場合においても、フェイズドアレイ探傷子２１から発信された超音波ビームは、第１，第２，第３凹部１８Ａ，１８Ｂ，１８Ｃのそれぞれに照射される。例えば、フェイズドアレイ探傷子２１から発信された超音波ビームは、第１，第２凹部１８Ａ，１８Ｂに遮られることなく、最も径方向外側に配置されている第３凹部１８Ｃに円滑に照射される。これにより、検査精度の低下が抑制される。
【００９８】
また、フェイズドアレイ探触子２１と接続されるウェッジ部材２２が設けられる場合において、設置面９Ｓ，９Ｔと対向するウェッジ部材２２の表面２２Ｓが、設置面９Ｓ，９Ｔに向かって突出する曲面を含むことにより、フェイズドアレイ探触子２１から発信された超音波ビームは、翼溝１７に十分に行き渡る。これにより、翼溝１７のうち超音波ビームが照射されない不感帯領域ＮＡを低減することができる。
【００９９】
また、フェイズドアレイ探触子２１及びウェッジ部材２２を含むセンサ部材２０がジンバル機構５４により揺動可能に支持されることにより、ウェッジ部材２２が設置面９Ｓ，

９Ｔを移動するとき、ウェッジ部材２２を設置面９Ｓ，９Ｔの形状に追従させることができる。

【０１００】

また、保持部材５０にベアリング６０が設けられることにより、ウェッジ部材２２は設置面９Ｓ，９Ｔと間隙を介して対向した状態で設置面９Ｓ，９Ｔを円滑に移動することができる。

【０１０１】

また、保持部材５０にマグネット６２が設けられることにより、そのマグネット６２の磁力によって、保持部材５０に保持されたセンサ部材２０は、設置面９Ｓ，９Ｔから離れることなく、規定値の間隙を維持したまま設置面９Ｓ，９Ｔを移動することができる。これにより、フェイズドアレイ探触子２１から発信された超音波ビームはロータディスク９に安定して照射される。

【０１０２】

また、位置調整機構３４，３６が設けられることにより、超音波ビームの照射領域である検出領域ＳＡと翼溝１７との相対位置と調整することができ、超音波ビームが照射されない不感帯領域ＮＡの生成を抑制することができる。

【０１０３】

また、供給装置６６からウェッジ部材２２の表面２２Ｓと設置面９Ｓ，９Ｔとの間隙に接触媒質が供給されることにより、ウェッジ部材２２の表面２２Ｓから射出された超音波ビームは、ロータディスク９に効率良く伝達される。

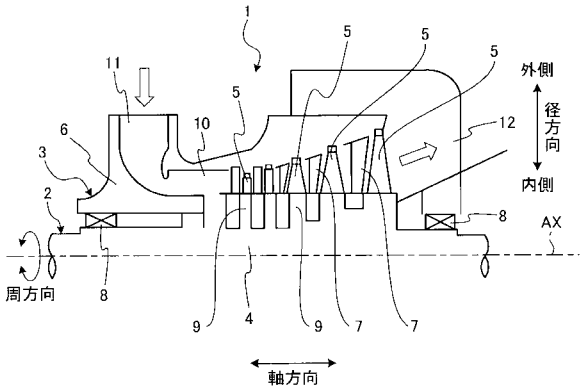
【符号の説明】

【０１０４】

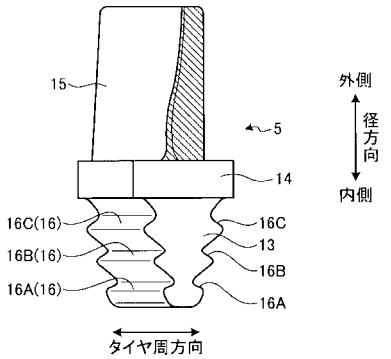
１　回転機械
２　タービンロータ
３　ステータ
４　軸部材
５　動翼
６　ケーシング
７　静翼
８　軸受
９　ロータディスク
９Ａ　ディスク面
９Ｂ　ディスク面
９Ｓ　設置面
９Ｔ　設置面
１０　蒸気流路
１１　蒸気供給口
１２　蒸気排出口
１３　翼根部
１４　プラットフォーム
１５　翼部
１６　歯部
１６Ａ　第１歯部
１６Ｂ　第２歯部
１６Ｃ　第３歯部
１７　翼溝
１７Ａ　開口
１７Ｂ　開口
１８　凹部
１８Ａ　第１凹部

１８Ｂ　第２凹部
１８Ｃ　第３凹部
１９　亀裂
２０　センサ部材
２１　フェイズドアレイ探触子
２２　ウェッジ部材
２２Ｓ　表面
２６　制御装置
３０　支持装置
３２　本体部材
３２Ａ　フレーム部材
３２Ｂ　フレーム部材
３３　連結部材
３４　位置調整機構
３４Ｇ　ガイド部
３６　位置調整機構
３６Ｇ　ガイド部
３８　支持部材
４０　可動部材
４２　固定ノブ
４４　シャフト部材
４６　固定ノブ
４８　ローラ
５０　保持部材
５４　ジンバル機構
５４Ａ　第１連結部
５４Ｂ　第２連結部
５６　第１部材
５８　第２部材
６０　ベアリング
６２　マグネット
６４　供給部
６６　供給装置
７０　ドライブユニット
１００　超音波探傷装置
ＡＸ　回転軸
ＦＤ１　第１範囲
ＦＤ２　第２範囲
ＦＤ３　第３範囲
ＮＡ　不感帯領域
ＲＸ１　ロール軸
ＲＸ２　ピッチ軸
ＳＨ１　外側領域
ＳＨ２　中間領域
ＳＨ３　内側領域

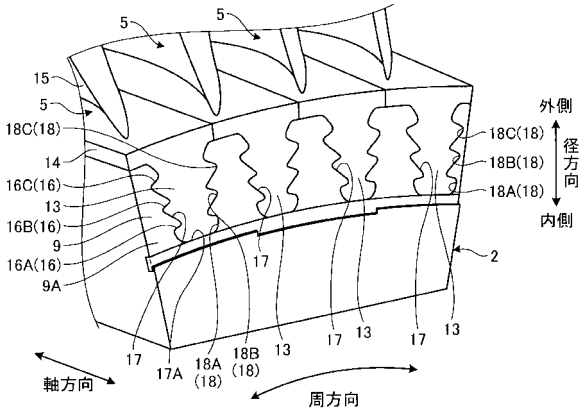
【図１】


1
5
5
5
11
5
外側
径方向
内側
6
10
12
3
2
8
AX
周方向
8
9
4
9
7
7
軸方向

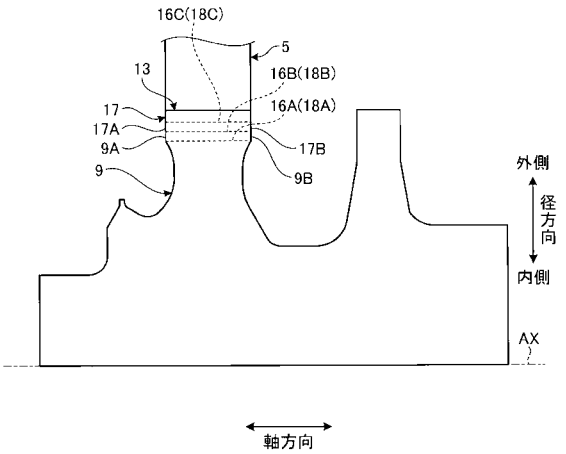
【図２】


15
外側
径方向
内側
5
14
16C(16)
16C
13
16B(16)
16B
16A(16)
16A
タイヤ周方向

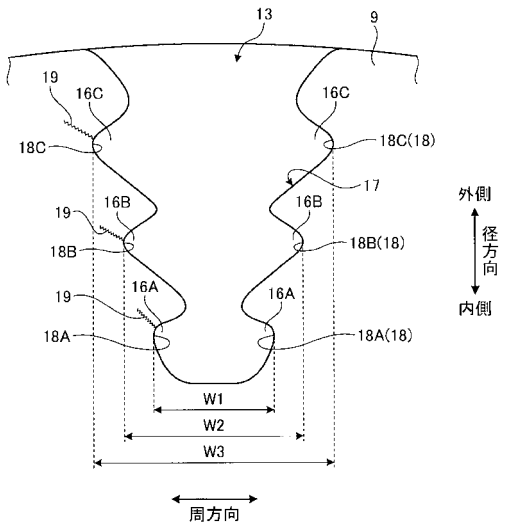
【図３】


5
5
15
5
18C(18)
14
16C(16)
13
16B(16)
9
16A(16)
9A
外側
径方向
内側
18C(18)
18B(18)
18A(18)
17
2
17
17A
18A
(18)
18B
(18)
13
17
13
17
13
軸方向
周方向

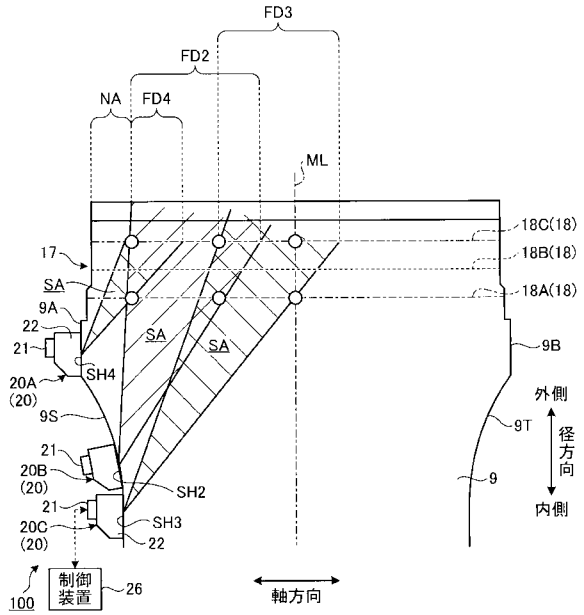
【図４】


16C(18C)
5
13
16B(18B)
16A(18A)
17
17A
9A
17B
9
9B
外側
径方向
内側
AX
軸方向

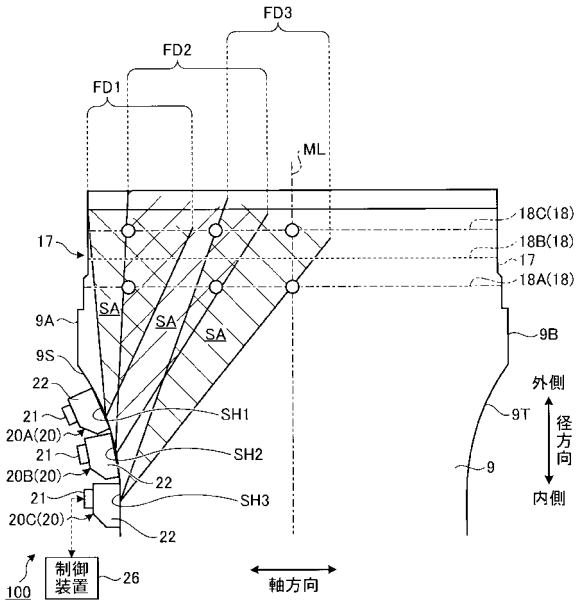
【図５】


13
9
19
16C
16C
18C
18C(18)
17
外側
径方向
内側
19
16B
16B
18B
18B(18)
19
16A
16A
18A
18A(18)
W1
W2
W3
周方向

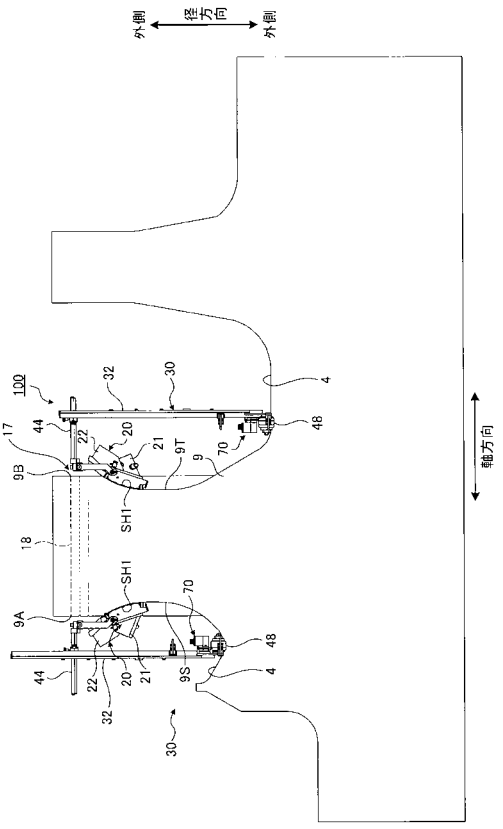
【図６】


FD3
FD2
NA
FD4
ML
18C(18)
18B(18)
18A(18)
17
SA
9A
22
21
SH4
20A
(20)
9S
9B
外側
9T
径方向
内側
9
21
20B
(20)
SH2
21
20C
(20)
SH3
22
100
制御
装置
26
軸方向

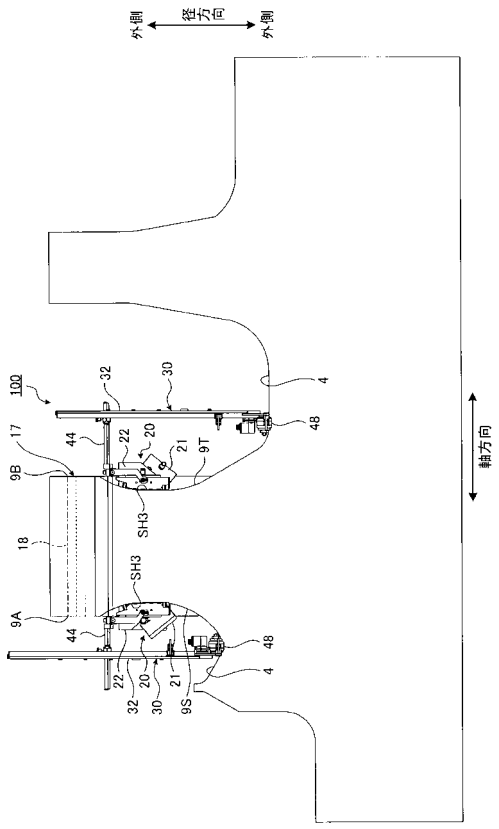
【図７】


FD3
FD2
FD1
ML
18C(18)
18B(18)
17
18A(18)
17
SA
9A
SA
SA
9B
9S
外側
22
9T
径方向
21
SH1
20A(20)
21
SH2
20B(20)
22
21
SH3
20C(20)
22
9
内側
100
制御
装置
26
軸方向

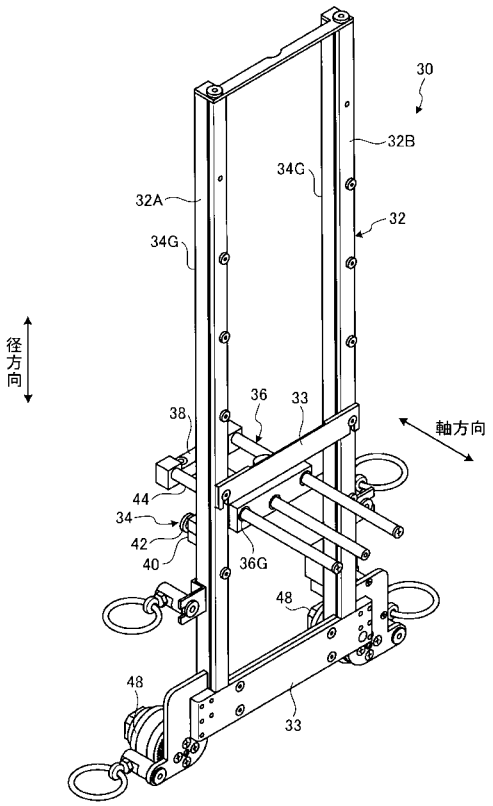
【図８】


外側
径方向
外側
軸方向

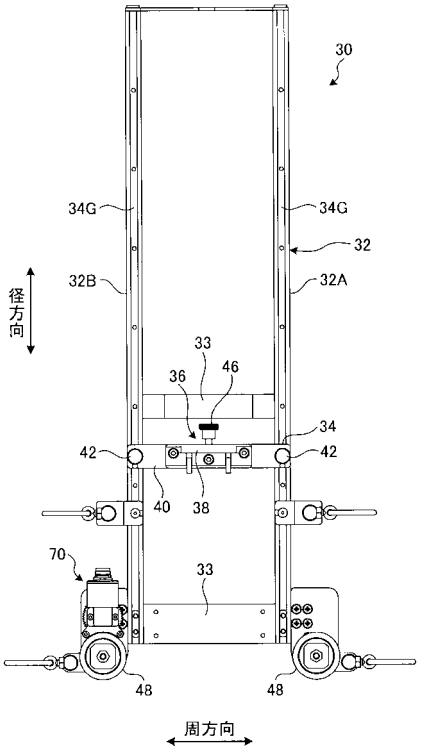
【図９】


外側
径方向
外側
軸方向

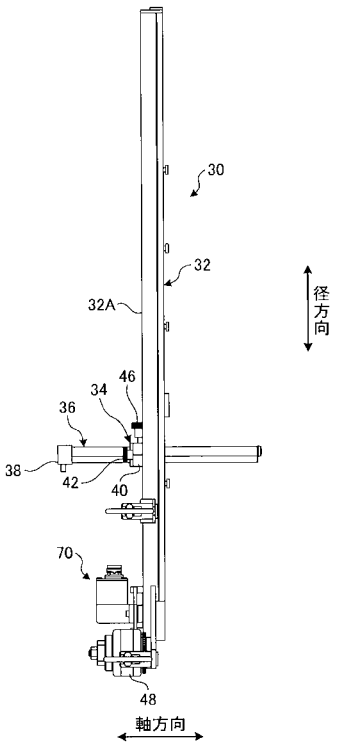
【図１０】



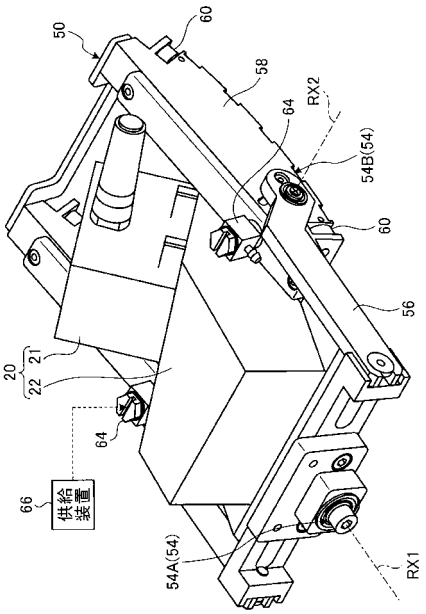
【図１１】



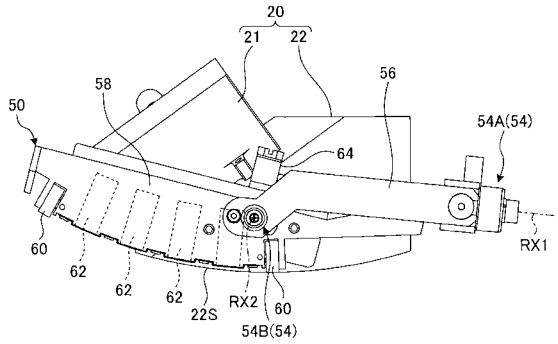
【図１２】



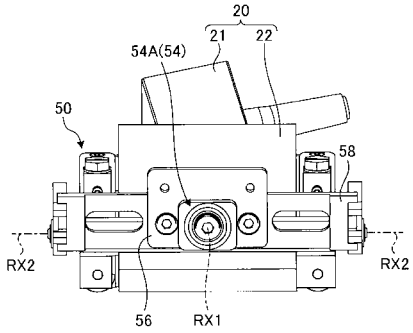
【図１３】



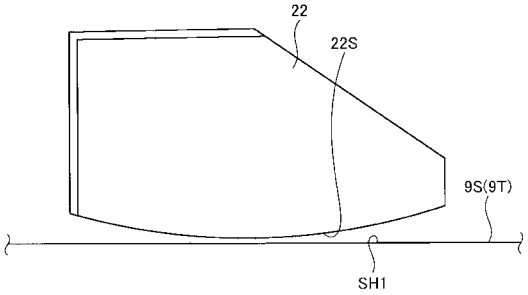
【図１４】



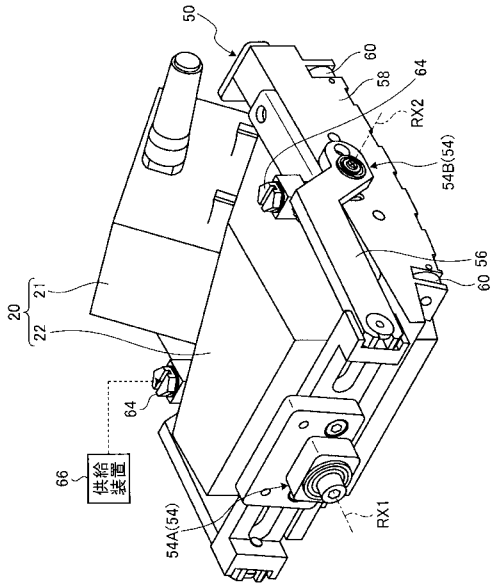
【図１５】



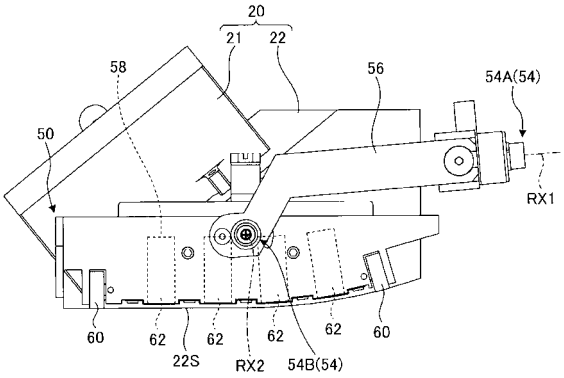
【図１６】



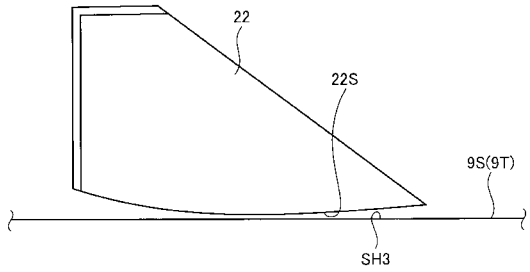
【図１７】



【図１８】



【図１９】



フロントページの続き

(72)発明者　浦田　直矢
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目３番１号　三菱日立パワーシステムズ株式会社内
(72)発明者　坂上　和彦
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

Ｆターム(参考) 2G047 AA05　AC06　BA03　BB01　BB02　BC09　BC11　DB17　GB02　GB27