

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5329334号
(P5329334)

(45) 発行日 平成25年10月30日 (2013. 10. 30)

(24) 登録日 平成25年8月2日 (2013. 8. 2)

(51) Int. Cl.

F 1

F O 1 D 5/16 (2006.01)

F O 1 D 5/16

請求項の数 12 外国語出願 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-180588 (P2009-180588)	(73) 特許権者	590005438
(22) 出願日	平成21年8月3日 (2009. 8. 3)		ロールス - ロイス、パブリック、リミテッ ド、カンパニー
(65) 公開番号	特開2010-38165 (P2010-38165A)		ROLLS-ROYCE PUBLIC LIMITED COMPANY
(43) 公開日	平成22年2月18日 (2010. 2. 18)		イギリス国ロンドン、バッキンガム、ゲイ ト 65
審査請求日	平成24年5月24日 (2012. 5. 24)	(74) 代理人	100075812
(31) 優先権主張番号	0814018.8		弁理士 吉武 賢次
(32) 優先日	平成20年8月1日 (2008. 8. 1)	(74) 代理人	100091982
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 永井 浩之
		(74) 代理人	100096895
			弁理士 岡田 淳平
		(74) 代理人	100117787
			弁理士 勝沼 宏仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動ダンパー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半径方向に延びる複数のブレードを持つ少なくとも一つのタービンロータを含み、各ブレードは、エアロホイルと、このエアロホイルの半径方向内方に配置されたプラットホームと、このプラットホームの半径方向内方に配置されたステムとを有する、ターボマシンで使用するための振動ダンパーにおいて、

隣接したブレードプラットホームに設けられた夫々の接触面と係合するように形成された一対のシール面を含むシール領域と、前記シール領域から半径方向内方に延び、隣接したブレードステムの間の位置で終端するように形成されたマス領域とを含み、

前記シール領域は、前記対をなしたシール面のうちの第1シール面が、前記ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、前記隣接したブレードプラットホームのうちの一方の半径方向接触面と係合するように形成されている、振動ダンパー。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、

前記マス領域は全体に細長い形態である、振動ダンパー。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、

前記マス領域は、前記シール領域と隣接した比較的狭い区分と、その半径方向内方の比較的大きな区分とを有する、振動ダンパー。

【請求項 4】

10

20

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
重心が、実質的に前記マス領域内に、又は前記マス領域とほぼ隣接して配置されている、振動ダンパー。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記シール領域は、前記シール面が前記ロータに対して半径方向外方で先細になるように形成されており、前記隣接したブレードプラットホームの同様に先細になる接触面と係合する、振動ダンパー。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記シール面は互いに鋭角をなす、振動ダンパー。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記ロータの回転中に前記ダンパーに作用する遠心力の線が、前記対をなしたシール面のうちの第 2 シール面の中央弦領域を通過する質量分布を持つように形成されている、振動ダンパー。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記シール領域は保持突出部を有し、この保持突出部は、前記振動ダンパーに作用する遠心力が、前記シール面を押圧して前記接触面と係合させるには不十分である場合に、隣接したブレードプラットホームのうちの一方に形成された対応する保持凹所内に緩く係合し、前記保持凹所内に保持される形体を備えている、振動ダンパー。

20

【請求項 9】

請求項 1 に記載の複数の振動ダンパーが、隣接したタービンブレード間に設けられた少なくとも一つのタービンロータを持ち、

前記ロータの各ブレードの前記プラットホームは、前記エアロホイルの一方の側に第 1 接触面を形成し、前記エアロホイルの反対側に第 2 接触面を形成するような形体を有し、

前記プラットホームは、前記第 2 接触面の実質的に半径方向内方に配置された突出部を含み、前記第 2 接触面と前記突出部との間に凹所を形成し、

振動ダンパーのシール領域は、前記凹所内に配置されている、ターボマシン。

30

【請求項 10】

請求項 9 に記載のターボマシンにおいて、
前記第 1 接触面は、前記ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、前記第 2 接触面は、前記半径方向の平面に対して鋭角をなす平面内にある、ターボマシン。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のターボマシンにおいて、
前記第 1 接触面は前記エアロホイルの吸引側に設けられ、前記第 2 接触面は前記エアロホイルの圧力側に設けられる、ターボマシン。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のターボマシンにおいて、
各ダンパーは、そのシール領域が、実質的に、一方のブレードの前記第 1 接触面と、隣接したブレードの前記第 2 接触面との間に形成された空間内に配置されるように形成されている、ターボマシン。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は振動ダンパーに関し、更に詳細には、ガスタービンやスチームタービン等のターボマシンのタービンブレードの隣接したプラットホーム区分間で使用される振動ダンパーに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

ガスタービンエンジン等の代表的なターボマシンは、複数のタービンブレードがロータホイール又はディスクの周囲に、近接して、半径方向に間隔が隔てられた関係で取り付けられた多数のタービン区分を含む。タービンブレードは、作用ガス流の運動エネルギーを機械の回転エネルギーに変換するため、高温のガス流中に突出するように構成されている。各ロータブレードは、ディスクに形成された相補的凹所に受け入れられる根部と、エアロホイールと、根部区分とエアロホイール区分との間に配置されたプラットホームとを含む。ブレードのプラットホームは横方向に延びており、エンジンを通るコア流路の半径方向最内面を集合的に形成する。この種の全体構成を図 1 に例として示す。図 1 は、二つの隣接したタービンブレード 1、2 を示す。これらのタービンブレードは、各々、「モミの木(fir-tree)」形体断面の根部領域 3 を有する。各タービンブレード 1、2 のモミの木状根部 3 は、中央ロータディスク 5 に設けられた相補的凹所 4 内に受け入れられる。

10

【 0 0 0 3 】

各ロータブレード 1、2 は、モミの木状根部 3 から半径方向外方に延びるに従って、広幅になるステム領域 6 を有し、この領域の外側には、横方向に延びるプラットホーム 7 が夫々設けられている。プラットホーム 7 の半径方向外側にはエアロホイール領域 8 が配置されている。このエアロホイール領域には、図示の構成では、全体に従来の方法で複数の冷却穴 9 が設けられている。

【 0 0 0 4 】

エンジンの作動中、代表的には、タービンブレード 1、2 間とロータディスク 5 との間、及びタービンブレード 1、2 それ自体の間で振動が発生する。この振動は、抑制されていない場合には、タービンブレードの疲労をもたらし、そのため、これらの振動のエネルギーを放散するための構成を設けることが必要とされる。これは、一般的には、隣接したタービンブレード間に振動ダンパーを挿入することによって行われる。これらのダンパーは、図 1 に示す先細の接触面 10、11 等の隣接したプラットホーム 7 の向き合った接触面に当接するように構成されている。

20

【 0 0 0 5 】

この種の代表的な振動ダンパーを図 2 に参照番号 12 で示す。この振動ダンパー 12 は、更に、この図でわかるように、図 2 に概略に示す作動位置において、隣接したブレードプラットホーム 7 間の小さな隙間 13 をシールする二次的機能を果たす。隣接したタービンブレード間の隙間 13 をこのようにシールすることにより、エンジンを通る作動流体流の高温のガスがプラットホーム 7 の下を流れないようにし、これによって、ガスタービンエンジンを非効率にする原因をなくす。更に、隣接したプラットホーム 7 間の隙間 13 をシールすることにより、冷却ガスをエンジンの高温の作用ガス流中に漏出することなく、ステム 6 間の間隔を通して冷却ガス流を供給できる。

30

【 0 0 0 6 】

各振動ダンパー 12 は、エンジンの作動中にダンパー 12 に遠心力による負荷が加わったとき、ブレードプラットホーム 7 の先細の接触面 10、11 に押し付けられてこれと密封係合する一対の先細の平らなシール面 14、15 を持つように構成されている。ダンパー 12 のシール面 14、15 とブレードプラットホーム 7 の接触面 10、11 とが接触したとき、隣接したタービンブレード間の相対的移動により、接触面 10、11 とシール面 14、15 との間に摺動移動が生じ、これにより振動エネルギーを放散する。

40

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上文中に説明した一般的な種類の従来提案された振動ダンパー 12 には多くの欠点があったことがわかっている。例えば、従来のダンパーは、減衰を効果的に行う上で質量が不十分であった。更に、上文中に説明した種類の振動ダンパーは、多くの場合、隣接したタービンブレード間の主要な半径方向相対移動(primary radial relative movement)により発生する振動の場合には、特に効果的な減衰を提供しない。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

50

【 0 0 0 8 】

従って、本発明の目的は、ターボマシンで使用するための改良振動ダンパーを提供することである。本発明の別の目的は、このような改良振動ダンパーを組み込んだターボマシンを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

従って、本発明の第1の特徴は、半径方向に延びる複数のブレードを持つ少なくとも一つのタービンロータを含み、各ブレードは、エアロホイルと、このエアロホイルの半径方向内方に配置されたプラットホームと、このプラットホームの半径方向内方に配置されたステムとを有する、ターボマシンで使用するための振動ダンパーであって、隣接したブレードプラットホームに設けられた夫々の接触面と係合するように形成された一対のシール面を含むシール領域を含み、シール領域から半径方向内方に延び、隣接したブレードステムの間の位置で終端するように形成されたマス領域を含むことを特徴とする振動ダンパーを提供する。

10

【 0 0 1 0 】

好ましくは、マス領域は全体に細長い形態であり、シール領域と隣接した比較的狭い区分と、その半径方向内方の比較的大きな区分とを含んでいてもよい。

【 0 0 1 1 】

別の好ましい構成では、振動ダンパーは、重心が、実質的にマス領域内に、又はマス領域とほぼ隣接して配置される。

20

【 0 0 1 2 】

振動ダンパーのシール領域は、シール面がロータに対して半径方向外方で先細になるように形成されていてもよく、隣接したブレードプラットホームの同様に先細になる接触面と係合する。

【 0 0 1 3 】

好ましくは、シール面は互いに鋭角をなす。

【 0 0 1 4 】

シール領域は、好ましくは、対をなしたシール面のうちの第1シール面が、ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、隣接したブレードプラットホームのうちの一方の半径方向接触面と係合するように形成されていてもよい。

30

【 0 0 1 5 】

振動ダンパーは、ロータの回転中にダンパーに作用する遠心力の線が、前記対をなしたシール面のうちの第2シール面の中央弦領域を通過する質量分布を持つように形成されていてもよい。

【 0 0 1 6 】

好ましい実施形態では、振動ダンパーのシール領域は保持突出部を有し、この保持突出部は、振動ダンパーに作用する遠心力が、シール面を押圧してブレードプラットホームの接触面と係合させるには不十分である場合に、隣接したブレードプラットホームのうちの一方に形成された対応する保持凹所内に緩く係合し、前記保持凹所内に保持される形体を備えている。

40

【 0 0 1 7 】

本発明の別の特徴によれば、隣接したタービンブレード間に上文中に説明した種類の複数の振動ダンパーが設けられた少なくとも一つのタービンロータを持つターボマシンが提供される。

【 0 0 1 8 】

ターボマシンの好ましい実施形態では、ロータの各ブレードは、エアロホイルと、このエアロホイルの半径方向内方に配置されたプラットホームと、このプラットホームの半径方向内方に配置されたステムとを有し、プラットホームは、エアロホイルの一方の側に第1接触面を形成し、エアロホイルの反対側に第2接触面を形成する形体を有し、第1接触面は、ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、第2接触面は、半径方向の平面

50

に対して鋭角をなす平面内にある。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、前記第 1 接触面はエアロホイルの吸引側に設けられ、前記第 2 接触面はエアロホイルの圧力側に設けられる。

【 0 0 2 0 】

更に、各ロータブレードのブラットホームは、第 2 接触面と突出部との間に凹所を形成するため、好ましくは、第 2 接触面の実質的に半径方向内方に配置された突出部を含む。

【 0 0 2 1 】

各振動ダンパーは、そのシール領域が、実質的に、一方のブレードの第 1 接触面と、隣接したブレードの第 2 接触面との間に形成された空間内に配置されるように形成されている。遠心力が加わっていない場合でも振動ダンパーをこの位置に保持するため、振動ダンパーのシール領域の一部が前記凹所内に延びており、この凹所内に緩く配置される。

10

【 0 0 2 2 】

次に、本発明の実施形態について添付図面を参照して例として説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図 1】図 1 は、ロータディスクを中心として半径方向に配置された隣接したタービンプレードの従来の構成をおおまかに示す図である。

【図 2】図 2 は、(上述した) 従来技術の振動ダンパー構成を示す図である。

【図 3】図 3 は、特定の振動モードについての、隣接したブレードブラットホームの接触面間の角度に対するタービンプレードのチップの変位のプロットを示す図である。

20

【図 4】図 4 は、本発明による振動ダンパーを示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

上述のように、ガスタービンエンジン用振動ダンパーは、タービンの回転中にダンパーに遠心力による負荷が加わったとき、二つの隣接したタービンプレードブラットホームに設けられた角度をなした表面と接触するように構成された一对の先細の平らな表面を持つ中実のマス形態をとる。従って、このような構成は、ブレードのエアロホイル区分の両側に接触面を持つタービンプレードを設けることを必要とするということは明らかである。これらの接触面は、両方とも、半径方向の平面に対して角度をなしている。このような構成には、多くの欠点があるということがわかっている。

30

【 0 0 2 5 】

これらの欠点のうちの第 1 の欠点は、図 1 及び図 2 を考慮することにより明らかであり、これらの図から、この種の形体の構成を提供するためには、必要な接触面を形成するため、ブラットホームの両側に材料除去作業を行わなければならないということがわかる。このことは、ブレード鋳造体の現在の形態により、利用可能なブラットホーム下空間が制限されるため、ダンパーを既存のブレード設計に合わせて改造する必要がある場合に特に問題となる。このような場合には、タービンプレードの両側でブラットホームに適当なキャビティを機械加工する上で、費用上の理由により、及び構造に機械的応力が発生するため、問題となる。

40

【 0 0 2 6 】

更に、振動により、隣接したタービンプレード間で主要な半径方向相対移動が発生する場合には、隣接したタービンプレードの隣接した先細の接触面間の角度が小さくなった場合(即ち、一对の隣接したタービンプレードの接触面又はこれらの接触面の少なくとも一方が、タービンロータに対して半径方向に向かって移動する場合) に、振動エネルギーを更に効果的に放散できる。この効果を図 3 に示す。図 3 は、隣接した先細の接触面間の「ルーフ角度」に対するブレードチップ変位のプロットを示す。わかるように、「ルーフ角度」が小さくなると、振動中のチップ変位のレベルが低下する。

【 0 0 2 7 】

図 4 は、一对の隣接したタービンプレード 1 6、1 7 を示す、本発明による構成を示す

50

。これらのタービンブレードは、最大弦深さ点(points of maximum chord depth) を通る断面で示してある。各ブレードは圧力側 P 及び吸引側 S を有し、ロータディスク 19 に形成された相補的凹所の夫々内に係合する半径方向最内モミの木状根部を有する。わかるように、作動中、ロータディスクは、かくして、図 4 に示すように、反時計廻り方向 R に回転する。

【0028】

各タービンブレード 16、17 は、更に、モミの木状根部 18 から半径方向外方に延びるステム領域 20 を夫々有する。ステム領域はブラットホーム 21 を支持し、このブラットホームを越えて夫々のエアロホイール区分 22 がロータ 19 に関して全体に半径方向に延びている。各ブラットホーム 21 は、ブレード軸線 23 の吸引側に第 1 接触面 24 を形成し、ブレード軸線 23 の圧力側に第 2 接触面 25 を形成する。

10

【0029】

各タービンブレード 16、17 の第 1 接触面 24 は、ロータ 19 に対して実質的に半径方向の平面内にあるように配置される。しかしながら、各タービンブレードの第 2 接触面 25 は、第 1 接触面 24 に対して鋭角 をなす平面内にある。

【0030】

各ブラットホーム領域 21 には、更に、(ロータ 19 に対して全体に横方向に延びる) 小さな突出部 26 が、角度をなした第 2 接触面 25 の半径方向内方に間隔が隔てられた位置に設けられている。かくして、突出部 26 と角度をなした第 2 接触面 25 との間に凹所 27 が形成される。凹所 27 は、かくして、ブレードの圧力側 P で、ブラットホーム 21 に設けられる。これは、凹所 27 をブレードの吸引側 S に切り込む実施形態よりも好ましい。これは、図 4 でわかるように、最大弦深さ位置で、ブレードの吸引面がブラットホームの縁部の非常に近くに配置されるためである。かくして、ブレードの吸引側 S に切り込んだ凹所 27 は、遠心力による負荷がブラットホーム 21 を通して伝達される経路に非常に近い。この経路を、図 4 にハッチングを施した領域で示す。凹所 27 をブレードの圧力側 P でブラットホームに切り込むことによって、凹所がこの負荷経路と干渉することがないようにする。更に、タービンブレードは、代表的には、吸引側 S が負荷の比較的多くを支持するように設計されている。これは、通常は、前縁及び後縁が比較的高温であり、冷却穴が設けられており、一般的にデブリによる衝撃を被り易いためである。

20

【0031】

隣接したタービンブレード 16、17 間に振動ダンパー 28 を設ける。振動ダンパー 28 は、半径方向最外シール領域 29 及び半径方向最内マス領域 30 を持つものと考えられる。シール領域及びマス領域は、比較的狭いネック領域 31 によって相互連結されている。図 4 でわかるように、シール領域 29 は、使用時に、ほぼ、隣接したタービンブレードのブラットホーム領域 21 間に配置される。これに対し、半径方向内方に延びるマス領域 30 は、隣接したタービンシステム 20 間に形成された空間 32 内に配置される。

30

【0032】

ダンパーのシール領域 29 は第 1 シール面 33 を形成し、この第 1 シール面は、ロータ 19 に対して実質的に半径方向の平面内にあり、及びかくして隣接したブレード 17 の第 1 接触面 24 と密封係合するように示してある。シール領域 29 には、第 2 シール面 34 もまた設けられており、この第 2 シール面 34 は、第 1 シール面 33 に対して鋭角 をなす平面内にある。このようにして、第 2 シール面 34 は、隣接したタービンブレード 16 の第 2 接触面 25 と密封係合するように形成されている。

40

【0033】

図 4 からわかるように、ダンパー 28 の比較的狭いネック領域 31 は、シール領域 29 から半径方向内方に延び、一方のタービンブレード 16 の突出部 26 と、隣接したタービンブレード 17 の第 1 接触面 24 の最も下の領域との間の比較的狭い空間を通過する。シール領域 29 は、かくして、段状突出領域 35 を形成するものと考えられる。この段状突出領域は、ネック領域 31 に対して外方に延びており、二つのブレード間に形成された凹所 27 内に受け入れられる。このようにして、ダンパー 28 のシール領域 29 は

50

、隣接したブレードプラットホーム 21 間に形成された空間内に緩く捕捉された状態で保持される。このことは、ターボマシンが作動しておらず、ロータ 19 が静止している場合、ロータの周囲に設けられた最も上側のダンパー 28 は、重力の作用で吊り下げられているだけであって、これらのダンパーの段状突出領域 35 は夫々の突出部 26 と係合しており、これによって各ダンパーのシール領域を隣接したブレードプラットホーム 21 間のスロット状空間内に保持するということを意味し、これに続いてターボマシンを始動し、遠心力がダンパー 28 に作用したとき、そのシール面 33、34 が遠心力による負荷の作用でブレードの接触面 24、25 と密封係合した状態に正しく押し込まれるように正しく整合するということを意味する。

【0034】

10

上文中に論じたように、角度をなした第 2 接触面 25 及び関連した凹所 27 が各ブレードプラットホーム 21 の圧力側に設けられる。ロータディスクがエンジンの始動中に回転を（図 4 に示すように反時計回り方向に）最初に開始するとき、凹所 27 は、ダンパーを効果的に案内する。このことは、最初に、ダンパーの第 1 シール面 33 が、隣接したブレードの第 1 接触面 24 に負荷を加えるということを意味する。これにより、ダンパーを、ダンパーが角度をなした接触面 25 に押し付けられている場合よりも容易に、両ブレードの向き合った接触面 24、25 と適正に密封係合するまで半径方向外方に摺動できる。

【0035】

ダンパーのマス領域 30 は、隣接したブレードのステム 20 の間の位置で、拡大領域で終端する全体に細長いテールの形態をとるものと考えることができる。マス領域 30 は、その質量の大部分がダンパーの段状領域 35 と同じ側にあるように賦形されている。この構成は、全体に参照番号 36 を付した振動ダンパー 28 全体の重心が、ダンパーの第 2 シール面 34 に沿って中央弦点(mid-chord point) の実質的に半径方向下方に配置されるようにする上で効果的である。好ましくは、重心は、ダンパーのマス領域 30 内に、又は少なくともダンパーのマス領域 30 と隣接して配置される。このようにして、ダンパー 28 の質量分布は、ロータの回転中にダンパー 28 に遠心力が加わったとき、ダンパーに作用する遠心力の線が、実質的に、第 2 シール面 34 の中央弦点を通過するようにする上で有効である。これは、第 2 シール面 34 が第 2 接触面 25 に押し付けられてこの第 2 接触面と密封係合するとき、負荷が第 2 シール面 34 に亘って均等に分布するのを補助するため、望ましい。ロータの回転中にダンパーに作用する遠心力の線が、角度をなした第 2 接触面 25 の縁部の近くに作用するようにダンパーの質量分布がなされている場合、負荷は接触面 25 に亘って不均等に分配され、これにより、提供されるシールの品質に悪影響が及ぼされる。

20

30

【0036】

上文中に説明し、図 4 に示した種類の振動ダンパーは、上文中に説明した従来技術の種類の構成を越える多くの利点を提供する。第 1 に、本発明の振動ダンパー 28 は、角度をなした接触面 25 を形成するためにプラットホームの一方の側だけにアンダーカットが形成された隣接したタービンブレードとともに使用できる。第 2 に、ダンパーは比較的小さな、特定的には鋭角の「ルーフ角度」を有し、これにより、隣接したブレード間の半径方向移動に関する振動減衰が改善される。

40

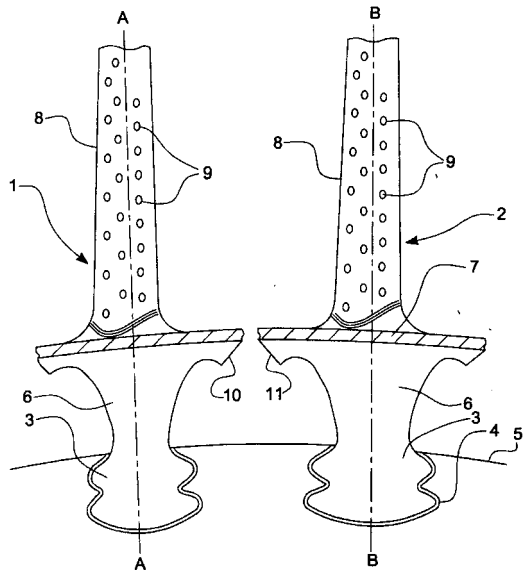
【0037】

更に、半径方向内方に延びるマス領域 30 により、上文中に説明した種類のマス領域を持たない従来技術の構成に対し、ダンパーの全体質量を大幅に増大できる。効果的減衰作用を確保するのに十分な質量をダンパーに提供する余地が与えられる。

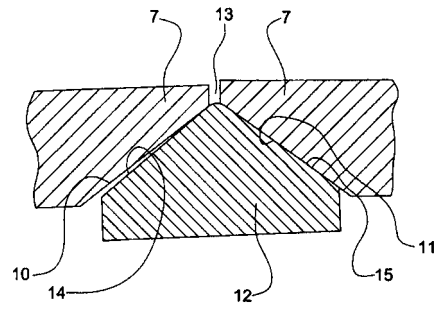
【0038】

本発明を上文中に説明した例示の実施形態と関連して説明したけれども、本開示により、当業者には、多くの等価の変形及び変更が明らかになるであろう。従って、上文中に説明した例示の実施形態は例示であって、限定でないと考えられる。本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、上述の実施形態に対する様々な変更を行うことができる。

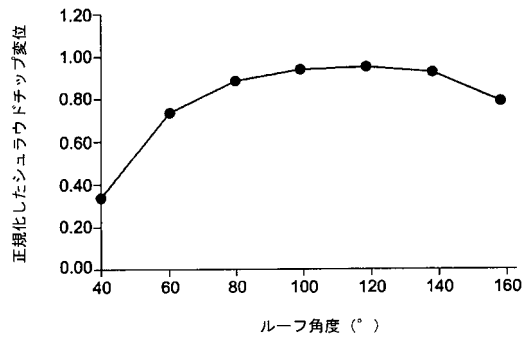
【図 1】



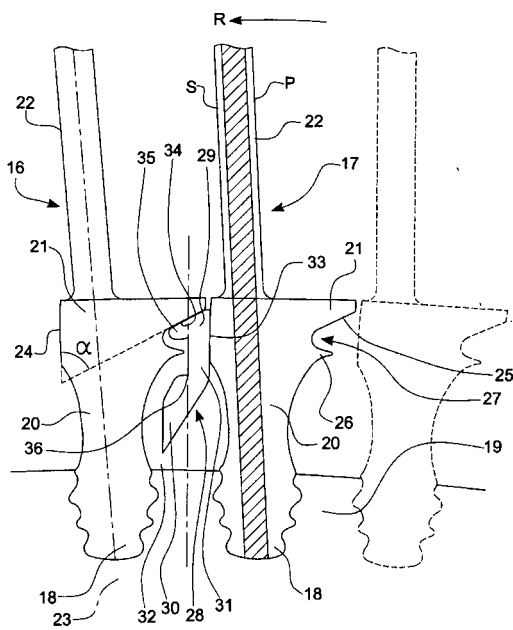
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100107537

弁理士 磯貝 克臣

(74)代理人 100105795

弁理士 名塚 聡

(72)発明者 デイビッド、ジョン、ハント

イギリス国ドロイトウィッチ、オンバーズリー、ラインホルト、リス、コテッジ

(72)発明者 ウェズリー、ジョン、ピアース

イギリス国ダービー、ステンソン、フィールズ、ゲアロック、クローズ、18

(72)発明者 ロバート、エリオット

イギリス国ダービー、ミッケルオーバー、オルトン、ロード、32

審査官 瀬戸 康平

(56)参考文献 米国特許出願公開第2001/0024614(US, A1)

特開2007-154898(JP, A)

特開2000-8804(JP, A)

米国特許第5478207(US, A)

特開平2-211302(JP, A)

米国特許第3610778(US, A)

特開昭58-167804(JP, A)

米国特許第3666376(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/00