

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4480244号
(P4480244)

(45) 発行日 平成22年6月16日 (2010.6.16)

(24) 登録日 平成22年3月26日 (2010.3.26)

(51) Int.Cl.

F I

F O 1 D 5/08 (2006.01)

F O 1 D 5/08

請求項の数 13 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2000-269441 (P2000-269441)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成12年9月6日 (2000.9.6)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2001-132404 (P2001-132404A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成13年5月15日 (2001.5.15)		MPANY
審査請求日	平成19年9月5日 (2007.9.5)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	09/391305		クタデイ、リバーロード、1 番
(32) 優先日	平成11年9月7日 (1999.9.7)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(72) 発明者	アーロン・マイケル・ドズィエヒ
			アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
			ィ、セカンド・フロアー、マディソン・ロ
			ード、2749番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却空気を供給するボルト止めフランジアセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線 (A) のまわりに円周方向に配置され軸線方向に離間した前部及び後部ディスク (16, 20) を備えるガスタービンエンジン・ロータアセンブリ (10) であって、
 前部ディスク (16) が後方に延在する環状前部アーム (58) を有し、
 後部ディスク (20) が前方に延在する環状後部アーム (60) を有し、
 前部及び後部アーム (58, 60) の前端及び後端 (70, 72) に前部及び後部フランジ (64, 68) がそれぞれ設けられ、
 前部及び後部フランジ (64, 68) に一連 (76, 78) の互いに心合わせされた前部及び後部ボルト穴 (80, 82) が軸線方向に貫通し、
 スカロップ型環状リング (88) が複数の円周方向に離間したタブ (83) 及びタブ間の空所 (84) を有し、前部及び後部フランジ (64, 68) 間に配置され、
 複数の円周方向に離間したタブ (83) に複数のリングボルト穴 (86) が軸線方向に貫通し、リングボルト穴 (86)、前部ボルト穴 (80) 及び後部ボルト穴 (82) の対応するものが軸線方向に心合わせされ、
 前記フランジの少なくとも片方に一連 (90) の第1アパーチャ (94) が軸線方向に貫通し、
 空所 (84) がアパーチャ (94) の対応するものと流体連通している、
 ガスタービンエンジン・ロータアセンブリ (10)。

【請求項 2】

10

20

前記フランジの他方に一連(92)の第2アパーチャ(96)が軸線方向に貫通し、空所(84)が第2アパーチャ(96)の対応するものと流体連通している、請求項1記載のアセンブリ。

【請求項3】

ガスタービンエンジン・タービンロータアセンブリ(10)であって、

軸線(A)のまわりに円周方向に配置され軸線方向に離間した前部及び後部ディスク(16, 20)であって、前部及び後部環状ウェブ(30, 34)によって前部及び後部環状ボア(38, 42)に取り付けられた前部及び後部環状外側リム(26, 28)を有する前部及び後部ディスク(16, 20)と、

前部ディスク(16)と後部ディスク(20)の間に延在する環状段間シール(118)と、

前部ウェブ(30)から後方に延在する環状前部アーム(58)と、

後部ウェブ(34)から前方に延在する環状後部アーム(60)と、

前部及び後部アーム(58, 60)の前端及び後端(70, 72)にそれぞれ互いに着脱自在に取り付けられる前部及び後部フランジ(64, 68)であって、前部及び後部フランジ(64, 68)と段間シール(118)との間に半径方向に延在する半径方向外方環状段間空間(108)を画定するとともに、前部及び後部フランジ(64, 68)の半径方向内方に延在する半径方向内方環状段間空間(106)を画定する前部及び後部フランジ(64, 68)と、

冷却空気を前部及び後部フランジ(64, 68)間に内方環状段間空間(106)から外方環状段間空間(108)に流す手段とを備えるガスタービンエンジン・タービンロータアセンブリ(10)。

【請求項4】

当該アセンブリが、前部及び後部フランジ(64, 68)を軸線方向に貫通する一連(76, 78)の心合わせされた前部及び後部ボルト穴(80, 82)をさらに備えており、

冷却空気を前部及び後部フランジ(64, 68)間に流す前記手段が、

複数の円周方向に離間したタブ(83)とタブ間の空所(84)を有するスカロップ型環状リング(88)であって、前部及び後部フランジ(64, 68)間に配置されたスカロップ型環状リング(88)と、

上記複数の円周方向に離間したタブ(83)の各々を軸線方向に貫通する複数のリングボルト穴(86)であって、リングボルト穴(86)、前部ボルト穴(80)及び後部ボルト穴(82)の対応するものが軸線方向に心合わせされているリングボルト穴(86)と、

前記フランジの少なくとも片方を軸線方向に貫通する一連(90, 92)のアパーチャ(94, 96)と

を備えており、空所(84)がアパーチャ(94, 96)の対応するものと流体連通している、請求項3記載のアセンブリ。

【請求項5】

前記一連(90, 92)のアパーチャ(94, 96)のそれぞれが円周方向に、前部及び後部ボルト穴(80, 82)のうち2つの間に配置されている、請求項4記載のアセンブリ。

【請求項6】

当該アセンブリが、後部リム(28)の外周のまわりに装着された複数の冷却可能なタービンブレード(22)をさらに備えており、

各ブレード(18)が後部リム(28)に装着された根元(12)と、根元(12)に取り付けられたプラットホーム(15)から半径方向外方に延在する冷却可能なエアホイル(14)とを有し、さらに

冷却空気を外方環状段間空間(108)から冷却可能なエアホイル(14)に流す冷却通路手段(35)を備える、

10

20

30

40

50

請求項 5 記載のアセンブリ。

【請求項 7】

冷却通路手段 (3 5) が、外方環状段間空間 (1 0 8) から後部リム (2 8) のスロット (1 7) に配置された根元 (1 2) までつながる前部環状スペース (3 1) を含む、請求項 6 記載のアセンブリ。

【請求項 8】

一連 (9 0 , 9 2) のアパーチャ (9 4 , 9 6) のそれぞれが円周方向に、前部及び後部ボルト穴 (8 0 , 8 2) のうち 2 つの間に配置されている、請求項 2 又は請求項 7 記載のアセンブリ。

【請求項 9】

さらに、複数のボルト (1 0 0) がそれぞれがリングボルト穴、前部ボルト穴 (8 0) 及び後部ボルト穴 (8 2) の対応するものに貫通配置されている、請求項 8 記載のアセンブリ。

【請求項 1 0】

前部及び後部ボルト穴 (8 0 , 8 2) の少なくとも一方がアパーチャ (9 4 , 9 6) とは異なり、ボルト (1 0 0) をアパーチャ (9 4 , 9 6) に挿入できない、請求項 9 記載のアセンブリ。

【請求項 1 1】

さらに、フランジの片方及び他方間に配置されたラベットジョイント (6 9) を備える、請求項 1 0 記載のアセンブリ。

【請求項 1 2】

前記スカロップ型リングが 2 個以上の円周方向に延在するセグメント (1 9 0) を有するセグメント化スカロップ型環状リング (1 8 8) である、請求項 9 記載のアセンブリ。

【請求項 1 3】

前部及び後部フランジ (6 4 , 6 8) の片方が前部及び後部ボルト穴 (8 0 , 8 2) のそれぞれのまわりに凹所 (1 4 4) を有し、ボルト (1 0 0) が溝 (1 4 2) を有し、C 形クリップ (1 4 0) が溝に配置された、請求項 9 記載のアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【技術分野】

この発明は、航空機のガスタービンエンジン・タービンロータ及びディスクに関し、特に隣り合うタービンロータディスクのフランジのボルト止め構造に関する。

【 0 0 0 2】

【背景技術】

ガスタービンエンジンには多段タービンロータを用いるものが多く、隣り合うタービンディスクを互いにボルト止めしてタービンロータを形成している。高圧タービンロータでは、冷却空気をタービンディスクのリムを通してタービンブレードの根元に供給しなければならない。隣り合うディスクは、端部にフランジを設けた円錐形アームを有し、普通フランジを互いにボルト締結して円錐形壁アセンブリを形成し、冷却空気がリム及びタービンブレード根元に達するには、この円錐形壁アセンブリを乗り越えなければならない。

【 0 0 0 3】

通常、ディスクのアームに穴 (ホール) を設け、冷却空気がアームを横切って流れるようにしている。ディスクのアームに穴を設けるとディスクの強度を弱め、寿命を制限するので、ディスクのアームに貫通する穴をなくするのが望ましい。

【 0 0 0 4】

【発明の概要】

この発明の好適な実施例によるガスタービンエンジン・ロータアセンブリは、軸線のまわりに円周方向に配置され、軸線方向に離間された前部及び後部ディスクを有する。前部ディスクは後方に延在する環状前部アームを有し、後部ディスクは前方に延在する環状後部アームを有する。前部及び後部アームの前端及び後端に前部及び後部フランジがそれぞれ

10

20

30

40

50

設けられる。一連の互いに心合わせされた前部及び後部ボルト穴が前部及び後部フランジに軸線方向に貫通する。スカロップ型環状リングが複数の円周方向に離間されたタブ及びタブ間の空所を有し、前部及び後部フランジ間に配置されている。複数の円周方向に離間されたタブに複数のリングボルト穴が軸線方向に貫通し、ここでリングボルト穴、前部ボルト穴及び後部ボルト穴の対応するものが軸線方向に心合わせされている。一連の前部及び後部アパーチャが前部及び後部フランジに軸線方向に貫通し、前記空所が前部及び後部アパーチャの対応するものと流体連通している。一連のアパーチャのそれぞれが円周方向に、前部及び後部ボルト穴のうち２つの間に配置されているのが好ましい。複数のボルトを用いて前部及び後部フランジを互いに装着するのが好ましく、各ボルトがリングボルト穴、前部ボルト穴及び後部ボルト穴の対応するものに貫通配置されている。前部及び後部ボルト穴の少なくとも一方がアパーチャと異なり、ボルトをアパーチャに挿入できないようにする。

10

【 0 0 0 5 】

本発明の具体的な実施例によるガスタービンエンジン・タービンロータアセンブリは、前部及び後部ディスク間に延在する環状段間シールを含む。前部及び後部ディスクは、その前部及び後部環状外側リムが、前部及び後部環状ウェブにより前部及び後部環状ボアに連結された構成である。環状前部アームは前部ウェブから後方に延在し、環状後部アームは後部ウェブから前方に延在する。前部及び後部フランジが前部及び後部アームの前端及び後端で互いに着脱自在に取り付けられ、かくして前部及び後部フランジと段間シールとの間に半径方向に延在する半径方向外方環状段間空間を画定するとともに、前部及び後部フランジより半径方向内方に延在する半径方向内方環状段間空間を画定する。本発明はさらに、冷却空気を前部及び後部フランジ間に内方環状段間空間から外方環状段間空間に流す手段を備える。複数の冷却可能なタービンブレードが後部リムの外周のまわりに装着される。各ブレードは後部リムに装着された根元と、この根元に取り付けられたプラットホームから半径方向外方に延在する冷却可能なエアーホイールとを有する。冷却通路を用いて冷却空気を外方環状段間空間から冷却可能なエアーホイールに流す。冷却通路は、外方環状段間空間から冷却可能なブレードの根元及びエアーホイールまでつながる、後部リムに形成された冷却空気通路を含む。

20

【 0 0 0 6 】

【 好適な実施態様 】

30

本発明を特徴付けると考えられる新規な構成要素は特許請求の範囲に記載したとおりである。本発明の構成、目的及び効果を、添付の図面を参照しながら以下に詳述する。

【 0 0 0 7 】

図 1 に、本発明の実施例として、ガスタービンエンジンの軸線 A のまわりに円周方向に配置された高圧タービンロータアセンブリ 10 を示す。第 1 段又は前部ディスク 16 は、その外周まわりに円周方向に離間された複数の第 1 段ブレード 18 を有し、第 2 段又は後部ディスク 20 は、その外周まわりに円周方向に離間された複数の第 2 段ブレード 22 を有する。前部及び後部ディスク 16 及び 20 はそれぞれ、環状外側前部及び後部ディスクリム 26 及び 28 が、環状前部及び後部ディスクウェブ 30 及び 34 により環状前部及び後部ディスクボア 38 及び 42 に取り付けられた構成である。

40

【 0 0 0 8 】

第 1 段及び第 2 段ブレード 18 及び 22 はそれぞれ、根元 12 及びエアーホイール 14 を有し、プラットホーム 15 が両者間に配置されこれらと一体になっている。根元 12 は後部ディスクリム 28 の相補形状のスロット 17 内に配置され、スロット 17 は後部ディスク 20 の前面 33 から後面 39 まで後部リムを軸線方向に貫通する。スロット 17 はディスク前面 33 上の前部環状スペース 31 に開口している。冷却空気を前部環状スペース 31 からスロット 17 に通し、ついで根元 12 の冷却通路を経てエアーホイール 14 内の冷却回路に供給し、エアーホイールを冷却するのに使用する。

【 0 0 0 9 】

前部及び後部ディスク 16 及び 20 はエンジンシャフト（図示せず）に連結されている。

50

この連結には、通常、スプラインアセンブリ（図示せず）を使用して前部及び後部ディスク１６及び２０をエンジンシャフトに取り付ける。前部及び後部ディスク１６及び２０は、フランジ付きの前部及び後部環状アーム５８及び６０を含む。

【００１０】

図２、図３及び図４に、前部及び後部アーム５８及び６０及びその前端７０及び後端７２に配置され、一体に形成された前部及び後部フランジ６４及び６８を詳細に示す。ラベットジョイント（さねはぎ）６９を用いて前部及び後部フランジ６４及び６８を連結する。ラベットジョイント６９は、後部フランジ６８の第１半径方向内端７７にラベット７３を含み、軸線方向に延在する環状レッグ７９を有し、この環状レッグ７９が前部フランジ６４の第２半径方向内端８１と半径方向に接触している。前部及び後部フランジ６４及び６８は互いにボルトその他の手段で、好ましくは７５で総称するボルト止めアセンブリを用いて、着脱自在に連結される。

【００１１】

ボルト止めアセンブリ７５では、一連（７６，７８）の心合わせされた前部及び後部ボルト穴８０及び８２がそれぞれ前部及び後部フランジ６４及び６８に軸線方向に貫通している。また、一連（９０，９２）の、好ましくは軸線方向に心合わせされた前部及び後部アパーチャ９４及び９６がそれぞれ前部及び後部フランジ６４及び６８に貫通している。前部及び後部アパーチャ９４及び９６が前部及び後部ボルト穴８０及び８２と円周方向に整列され、ボルト穴８０及び８２間で等間隔に配置されているのが好ましい。図面では、前部及び後部アパーチャ９４及び９６はそれぞれ、前部及び後部ボルト穴８０及び８２のうち円周方向に隣接する２つのボルト穴間に配置されている。前部及び後部アパーチャ９４及び９６は、前部及び後部フランジ６４及び６８におけるフープ応力を緩和あるいは軽減するのに用いられる。前部及び後部アパーチャ９４及び９６は、前部及び後部環状アーム５８及び６０のボルト止めアセンブリを通して冷却空気を送るのにも用いられる。複数の円周方向に離間されたタブ８３を有し、タブ間に空所８４が介在するスカロップ型環状リング８８が、前部及び後部フランジ６４及び６８間に配置されている。複数の円周方向に離間されたタブ８３それぞれに複数のリングボルト穴８６が軸線方向に貫通し、ここでリングボルト穴８６、前部ボルト穴８０及び後部ボルト穴８２の対応するものが軸線方向に心合わせされている。空所８４は前部及び後部アパーチャ９４及び９６の対応するものと流体連通している。

【００１２】

複数のボルト１００が、リングボルト穴８６、前部ボルト穴８０及び後部ボルト穴８２の対応するものに貫通配置されている。ボルト１００はナット１０２で所定位置に固定される。前部及び後部ボルト穴８０及び８２は前部及び後部アパーチャ９４及び９６とは形状及び／又は寸法が異なるので、ボルト１００をボルト穴ではなくアパーチャに誤って挿入することはない。Ｃ形クリップ１４０がボルト１００のまわりのリング溝１４２にぴったりはまり、前部及び後部ディスク１６及び２０及び前部及び後部フランジ６４及び６８の組み立て又ははめ合わせ時に、スカロップ型環状リング８８を所定位置に保持する。クリップ１４０は、前部及び後部フランジ６４及び６８をはめ合わせる際に、前部ボルト穴８０のまわりの前部フランジ６４の軸線方向に面する表面に設けた環状凹所１４４に收容されている。ボルト１００は、平坦部１０５を有するＤ形ヘッド１０４を有し、平坦部１０５が後部アーム６０に係合して、ナット１０２をボルトに締め付ける際にボルトが回転するのを防止する。

【００１３】

スカロップ型環状リング８８は、このリング自体に半径方向に向いた通路を有し、フランジに軸線方向に面する平滑面を用いるのを可能にする。このことは、アセンブリの強度に有効な作用をなし、フランジ及びディスクアームを小さくし、エンジン重量を小さくする設計を可能にする。また、フランジに半径方向通路を設けた場合に起こる可能性のあるこすれによる摩耗を軽減することにより、アセンブリの部材の寿命が長くなる。凹所は、前部フランジ及びスカロップ型環状リング８８の軸線方向に面する平滑表面が最大接触面積

10

20

30

40

50

にて当接するのに有効で、これにより強固なボルト止めアセンブリを実現する。

【 0 0 1 4 】

図 1 に戻ると、環状段間シール 1 1 8 は、前部及び後部ディスク 1 6 及び 2 0 間に延在し、環状外側シェル 1 2 0 を含み、そこからシールウェブ 1 2 4 及びシールボア 1 2 6 が半径方向内方に垂下している。シェル 1 2 0 は、シール歯 1 3 4 を支持する円筒形中間部分 1 3 2 と、前部及び後部ディスク 1 6 及び 2 0 にそれぞれ連結された前部及び後部シールアーム 1 2 8 及び 1 3 0 とを含む。シェル 1 2 0 の前部及び後部シールアーム 1 2 8 及び 1 3 0 はそれぞれ、半径方向に延在するブレード保持リム 1 3 6 を有する。差し込み連結部 1 3 8 で前部シールアーム 1 2 8 を前部ディスク 1 6 に連結し、リング連結部 1 3 9 で後部シールアーム 1 3 0 を後部ディスク 2 0 に連結する。環状段間シール 1 1 8 が画定する半径方向外方の環状段間空間 1 0 8 は、半径方向には環状前部及び後部アーム 5 8 及び 6 0 のボルト止めアセンブリと段間シール 1 1 8 との間に延在し、軸線方向には前部及び後部ディスク 1 6 及び 2 0 間に延在する。

10

【 0 0 1 5 】

冷却空気を、ガスタービンエンジンの圧縮機段から、前部ディスクボア 3 8 と環状冷却空気配管 5 4 シャフトとの間の環状通路 1 0 7 を通して、半径方向内方環状段間空間 1 0 6 (前部及び後部ディスク 1 6 及び 2 0 間に軸線方向に延在し、前部及び後部環状アーム 5 8 及び 6 0 のボルト止めアセンブリの半径方向内方に位置する) に供給する。つぎに、冷却空気を、ボルト止めアセンブリ 7 5、前部及び後部アパーチャ 9 4 及び 9 6、ついで空所 8 4 を経て、前部及び後部環状アーム 5 8 及び 6 0 間のボルト止めアセンブリより半径方向外方の環状段間空間 1 0 8 に流量調整しながら通す。冷却空気は、外方環状段間空間 1 0 8 からディスク前面 3 3 の前部環状スペース 3 1 を通過し、ついで前述したように、スロット 1 7 を経て根元 1 2 に流れる。冷却空気は根元 1 2 の空気通路を経てエアーホイール 1 4 の内部に流れる。圧縮機からタービン段への冷却空気の供給は当業界で周知である。

20

【 0 0 1 6 】

図 5 に、図 2 ~ 4 に示した単一部材のスカロップ型環状リング 8 8 に代わる、セグメント化されたスカロップ型環状リング 1 8 8 を示す。セグメント化されたスカロップ型環状リング 1 8 8 は、基本的には単一スカロップ型環状リング 8 8 と同じ方法で使用し、装填する。リングを 2 個、3 個、4 個又はそれ以上のセグメント 1 9 0 に分割することができ、各セグメントに同じ数のタブ 8 3 及び空所 8 4 を設ける必要はない。セグメント化されたスカロップ型環状リング 1 8 8 は、単一スカロップ型環状リング 8 8 を破砕、破壊するおそれのあるフープ応力を回避する。

30

【 0 0 1 7 】

以上、本発明を好適な実施例と考えられるものについて説明したが、以上の教示内容から当業者には本発明の他の変更が明らかである。本発明は、このような変更例のすべてをその要旨の範囲内に含まれるものとして包含する。

【 0 0 1 8 】

したがって、米国特許証にて保護されるべき対象は特許請求の範囲に記載、差別化した通りの発明である。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】ガスタービンエンジンの 2 段高压タービンロータ区分及び本発明の冷却通路内蔵ボルト止めアセンブリの線図的断面図である。

【図 2】図 1 のボルト止めアセンブリの分解斜視図である。

【図 3】図 2 の 3 - 3 線方向に見たボルト止めアセンブリのボルト穴を貫通する断面図である。

【図 4】図 2 の 4 - 4 線方向に見たボルト止めアセンブリのボルト穴を貫通する断面図である。

【図 5】図 1 のボルト止めアセンブリに用いる別のセグメント化されたスカロップ型環状リングの正面図である。

50

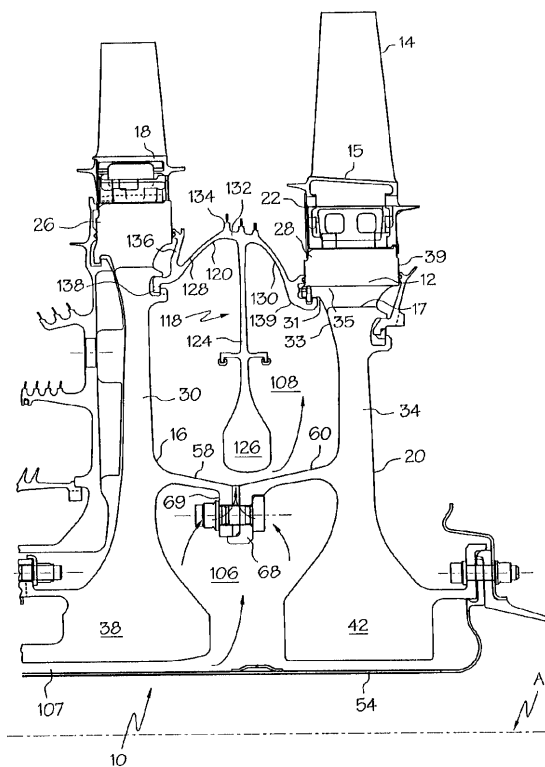
【符号の説明】

1 0	タービンロータアセンブリ	
1 2	根元	
1 4	エアーホイル	
1 5	ブラットホーム	
1 6	第 1 段又は前部ディスク	
1 7	スロット	
1 8	第 1 段ブレード	
2 0	第 2 段又は後部ディスク	
2 2	第 2 段ブレード	10
2 6	前部ディスクリム	
2 8	後部ディスクリム	
3 0	前部ディスクウェブ	
3 1	前部環状スペース	
3 3	ディスク前面	
3 4	後部ディスクウェブ	
3 5	冷却空気通路	
3 8	前部ディスクボア	
3 9	ディスク裏面	
4 2	後部ディスクボア	20
5 4	環状支持部材	
5 8	前部アーム	
6 0	後部アーム	
6 4	前部フランジ	
6 8	後部フランジ	
6 9	ラベットジョイント	
7 0	前端	
7 2	後端	
7 3	ラベット	
7 5	ボルト止めアセンブリ	30
7 6	前一連	
7 7	内端	
7 8	後一連	
7 9	環状レッグ	
8 0	前部ボルト穴	
8 1	内端	
8 2	後部ボルト穴	
8 3	タブ	
8 4	空所	
8 6	リングボルト穴	40
8 8	環状リング	
9 0	前一連	
9 2	後一連	
9 4	前アパーチャ	
9 6	後アパーチャ	
1 0 0	ボルト	
1 0 2	ナット	
1 0 4	D 形ヘッド	
1 0 5	平坦部	
1 0 6	内方環状段間空間	50

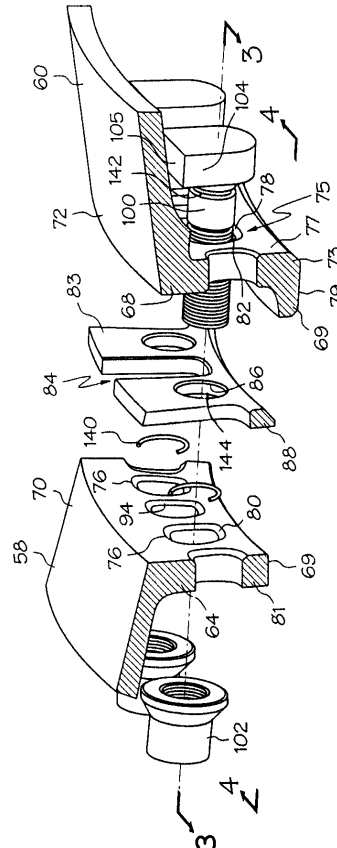
- 107 環状通路
- 108 外方環状段間空間
- 118 段間シール
- 120 外側シエル
- 124 シールウェブ
- 126 シールボア
- 128 前部シールアーム
- 130 後部シールアーム
- 132 中間部分
- 134 シール歯
- 136 保持リム
- 138 差込連結部
- 140 クリップ
- 142 リング溝
- 144 凹所
- 188 セグメント化スカロップ型環状リング
- 190 セグメント
- A 軸線

10

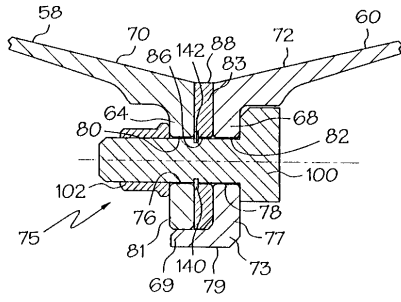
【図1】



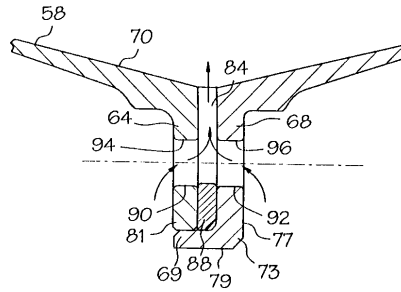
【図2】



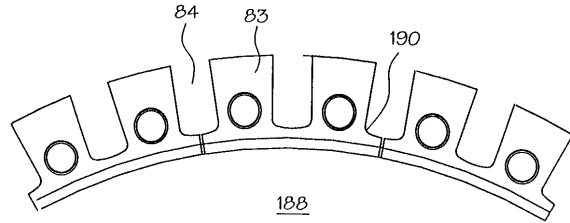
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 ダニエル・イー・レイセノアー
アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、ヘリテッジ・ドライブ、7192番
- (72)発明者 ウィリアム・ザチャリー・ボルト
アメリカ合衆国、オハイオ州、フェアフィールド、グロセスター・ドライブ、1782番
- (72)発明者 リチャード・ウィリアム・アルブレヒト、ジュニア
アメリカ合衆国、オハイオ州、フェアフィールド、パーク・メドウズ・コート、5番
- (72)発明者 スティーブン・ダグラス・ワード
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ウッドモント・アベニュー、5905番

審査官 栗倉 裕二

- (56)参考文献 米国特許第5350278(US, A)
米国特許第5052891(US, A)
米国特許第5232339(US, A)
米国特許第4468148(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/06

F01D 5/08