

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3725930号
(P3725930)

(45) 発行日 平成17年12月14日(2005.12.14)

(24) 登録日 平成17年9月30日(2005.9.30)

(51) Int.Cl.⁷

F I

F O 1 D 5/08

F O 1 D 5/08

F O 1 D 5/18

F O 1 D 5/18

F O 1 D 25/12

F O 1 D 25/12

E

F O 2 C 7/18

F O 2 C 7/18

A

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願平8-78609	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成8年4月1日(1996.4.1)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開平9-13902		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成9年1月14日(1997.1.14)		MPANY
審査請求日	平成15年2月28日(2003.2.28)		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	08/414695		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成7年3月31日(1995.3.31)	(74) 代理人	100093908
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 松本 研一
		(72) 発明者	ダイエサー・ユーセビオ・カレノ
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
			クタデイ、テラス・ロード、414番
		(72) 発明者	アルバート・マイヤーズ
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、アムス
			テルダム、アッパー・バン・ダイク・イク
			ステンション、197番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸線を持つと共に、複数段のタービン・バケットを取付けるリムを持つ複数個のタービン・ホイール(38,40,42,44)、及びリム(104)を持つスペーサ円板(39,41,43)を含み、該スペーサ円板が前記ホイールの間に交互に配置されて、その間にホイール空所(84,86)を限定し、前記ホイール及びスペーサ円板が互いに固着されている多段回転子と、

該回転子に冷却媒質を供給する貯蔵槽(96)と、

前記冷却媒質を供給する貯蔵槽(96)に連通すると共に、ホイール及びスペーサ円板のリムを軸方向に通り返けて、前記回転子の少なくとも1段のタービン・バケットに冷却媒質を供給する複数個の全体的に軸方向に伸びる通路(106)と、

前記1段のタービン・バケットと連通している複数個の半径方向内向きの溝孔(129)と、

使用済みの冷却媒質を流すため、前記溝孔(129)と連通している軸方向に伸びる戻り通路(120)とを有するタービン。

【請求項2】

前記軸方向に伸びる通路が、少なくとも1つのスペーサ円板の両側にあるタービン・ホイールのリムに入口及び出口(108,110)を含み、該入口及び出口は、前記入口からの冷却媒質を前記1つのスペーサ円板の片側に沿って半径方向内向きに流れさせ、且つ前記出口へ流れる様に、前記スペーサ円板の反対側に沿って半径方向外向きに流れさせる様に位置決めされている請求項1記載のタービン。

10

20

【請求項 3】

前記ホイールのリムの間を半径方向外向きに伸びる半径方向外向き溝孔(115)を有し、半径方向外向き溝孔が前記ホイール空所を介して前記軸方向に伸びる通路と連通し、かつ前記軸方向に伸びる通路と連通して、前記ホイール空所及び軸方向に伸びる通路からの冷却媒質をタービン・バケットに差し向ける請求項 1 又は請求項 2 記載のタービン。

【請求項 4】

前記タービン・ホイールのリムの間供給高圧室(117)と前記ホイールのリムの間を半径方向外向きに伸びる半径方向外向き溝孔(115)があり、前記半径方向外向きの溝孔(115)が前記ホイール空所を介して前記軸方向に伸びる通路と連通し、かつ前記軸方向に伸びる通路(106)と連通して、前記ホイール空所及び軸方向通路からの冷却媒質を、前記タービン・バケットへ流れる様に前記供給高圧室へ差し向ける請求項 1 又は請求項 2 記載のタービン。

10

【請求項 5】

前記タービン・ホイールのリムの間にある戻り高圧室(123, 125)が前記タービン・バケットと連通して、使用済みの冷却媒質を受取り、少なくとも 1 つの戻り通路が前記回転子によって担持されており、前記溝孔が前記戻り高圧室と連通して、該戻り高圧室からの使用済み冷却媒質を前記戻り通路へ差し向け、前記供給高圧室及び戻り高圧室は、前記タービン・ホイールのリムの間にあるスペーサ円板の両面に形成されている請求項 1 記載のタービン。

【請求項 6】

前記タービン・バケットは、燃焼室に一番近い第 1 及び第 2 の段のバケットである請求項 3, 請求項 4 又は請求項 5 に記載のタービン。

20

【請求項 7】

前記タービン・バケットと組合せて、前記 1 段を形成する 1 つのスペーサ円板及びホイールの間にあるスペーサ板が前記軸方向に伸びる通路及び前記軸方向に伸びる通路と連通する複数の冷却媒質流れポートを持ち、前記バケットは、その中に冷却媒質を通す為に、前記スペーサ板のポートと整合した複数の冷却媒質ポートを持ち、更に、前記スペーサ板及び前記バケットのポートの間を密封して、冷却媒質がその中を流れることが出来る様にする移行集成体を有し、各々の移行集成体は、バケット及びスペーサ板の継目で、一端が前記整合するポートに密封して固定された一対の筒形ブッシング(144, 146)を含み、前記一端から遠い場所にあるブッシングは前記ポートの内壁から隔たっており、更に、同軸の筒形要素(148)が前記ブッシング内及び該ブッシングの間を伸びて、それが終端する端が前記ブッシングと係合して、前記バケット及びスペーサ板の間の熱的な不整合による応力を減少して、冷却媒質が前記筒形要素を通してポートを流れることが出来る様にする封じを形成している請求項 1 記載のタービン。

30

【請求項 8】

前記軸方向に伸びる通路が、少なくとも 1 つのスペーサ円板の両側にある隣接したホイール・リムに円周方向に相隔たる複数の入口及び出口を含んでおり、前記入口及び出口は、前記入口からの冷却媒質を前記 1 つのスペーサ円板の片側(84)に沿って全体的に内向きに流れさせると共に、前記 1 つのスペーサ円板の反対側(86)に沿って全体的に外向きに流れて出口に流れる様にし、こうして前記流路及び前記内向き及び外向きの流れが全体的に蛇行通路を形成している請求項 1 記載のタービン。

40

【請求項 9】

タービン・バケットと組合せて、前記 1 段のホイールを形成する部分が、前記軸方向に伸びる通路及び前記軸方向に伸びる通路と連通する複数の冷却媒質流れポートを持ち、前記バケットが、その中に冷却媒質が流れる様に、前記ホイールのポートと整合する複数の冷却媒質ポートを持ち、前記ホイール及びバケットのポートの間を密封して、その中を冷却媒質が流れることが出来る様にする移行集成体(206)が設けられ、

各々の移行集成体は、バケット及びホイールの接続部に隣接して前記ホイールの整合するポートに摺動自在に且つ密封して固着された筒形ブッシング、該ブッシングを前記バケ

50

ットに向かって移動する様に偏圧するばね(212)、その一端で前記ブッシングによって担持された球形封じ面(208)、及びその整合するポート内に前記バケットによって担持された座を含んでおり、前記ブッシングは、前記バケットがホイールと摺動係合する時に、前記ばねの偏圧に逆らって、バケットから遠ざかる向きにホイールのポート内で摺動自在であると共に、前記バケットが前記ホイール上に最終的に位置ぎめされたことに応答して、ブッシングの球形面及び前記座を互いに密封する様に前記ばねの偏圧のもとに前記バケットに向かう方向に摺動自在である請求項1記載のタービン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は全般的にタービン、特に高温ガス通路部品の閉回路蒸気冷却又は開放又は閉回路空冷の何れをも用いる陸上用ガスタービンに関する。更に具体的に云うと、この発明はタービン回転子を空冷及び蒸気冷却の間で転換することが出来る様にする、タービンの回転部品の閉回路蒸気冷却又は開放或いは閉回路空冷に関する。

【0002】

【背景】

ガスタービンの高温ガス通路部品は、高い温度に晒される面を冷却する為に空気対流及び空気境界膜技術を用いるのが典型的である。普通、高圧空気が圧縮機から抽出され、空気が冷却に使われた後、この空気を圧縮するエネルギーが失われる。例えば複合サイクル発電所の熱回収形蒸気発生器並びに/又は蒸気タービン部品から利用し得る蒸気を用いた高温ガス通路部品の蒸気冷却が提案されている。ガスタービン部品に対する冷却材として蒸気が使われる場合、蒸気タービンを駆動するエネルギーを供給する代わりに、蒸気を冷却材として使うことに伴う損失を埋め合わせる以上には(典型的には開放サイクル形式で)冷却用に圧縮機抽出空気を抽出しないことによって、利得が実現されるので、正味の効率利得があるのが典型的である。蒸気冷却材が閉回路で得られ、この為、ガスタービン部品を冷却する時に蒸気に加えられた熱エネルギーが、蒸気タービンを駆動する上での有効仕事としても回収される時、蒸気冷却は更に有利である。

【0003】

空気と蒸気の間には熱伝達特性に違いがある為、こう云う冷却媒質を利用する様に設計されたタービン部品が異なる構造であることが予想される。例えば、開放回路の空冷によって冷却される様に設計されたタービン・バケットは、閉回路蒸気によって冷却される様に設計されたタービン・バケットとは実質的に異なると予想される。蒸気冷却の場合、冷却材がタービン・バケットから回収されて、他の場所で有効仕事をする。空冷の場合、典型的には空気はバケットから高温ガス通路に放出される。回転する高温ガス通路部品に対する冷却回路を作る内部通路は、典型的には異なる形に設計されると予想される。

【0004】

ガスタービンが(以下説明するこの発明の特徴であるが)空気でも蒸気でも冷却出来る融通性を持つ様にする為には、両方の冷却媒質に合う様に冷却回路を設計することが必要である。例えば、単純サイクル・ガスタービン発電所を買う顧客は、別の冷却材の源が利用出来ない場合、タービン部品を空気で冷却する様にする必要がある。しかし、後になって、顧客が自分のプラントを高級な複合サイクル・プラントに拡張する場合、冷却材として蒸気が容易に利用出来る様になり、効率の観点からすれば、タービンを冷却するのにこの蒸気を利用するのが有利であろう。その為、この発明で取り上げる問題は、ガスタービンの回転部品に、冷却媒質として空気又は蒸気の何れを使ってでもこう云う部品を冷却する様に容易に転換することの出来る冷却回路を提供することである。

【0005】

【発明の開示】

説明の便宜の為、こゝで説明し図示するこの発明のタービンは、内側殻体の中に第1段及び第2段ノズルと第1段及び第2段シュラウドを取付け、外側殻体に第3段及び第4段ノズル及びシュラウドを取付けた4段で構成されることが好ましい。しかし、ター

10

20

30

40

50

ビン段の数をこれより多くしても少なくともよいし、内側及び外側殻体によって支持されるノズル段及びシュラウドの数がこれと違っていてもよいことを承知されたい。空冷タービンを設ける場合、不動部品、例えば第１段及び第２段ノズルに、圧縮機からの高圧空気の一部として冷却空気が供給されることが理解されよう。冷却空気は開放回路で供給され、第１段及び第２段ノズルの仕切り壁又はベーンを出て境界冷却をし、高温ガス流の中に入る。同様に、冷却空気は配管によって直接的に外側殻体を通して第３段ノズルに送ることが出来、これに対して第４段ノズルは冷却されないまゝであってもよい。タービンの回転部品、即ちバケットにも、普通の様に空冷の開放回路が設けられる。

【０００６】

タービンに対する閉回路蒸気冷却装置では、内側殻体を通して仕切り壁に結合されると共に、その外側端で外側殻体に解放自在に結合された別々の蒸気供給及び使用済み冷却蒸気出口管によって、第１段及び第２段の各々のノズル仕切り壁に冷却蒸気が供給される。この発明は第１段及び第２段のバケットと、回転子ホイール空所及び回転子のリムに冷却媒質（蒸気又は空気）を送り出す為の、タービン回転子に対する閉回路蒸気冷却供給及び使用済み冷却蒸気戻り導管並びに開放回路空冷導管を特に取り上げるものである。

10

【０００７】

このタービンの開発状態をまとめて云うと、空冷及び蒸気冷却の間で転換することの出来るタービンの不動部品を支持する為に内側及び外側殻体を使うことが、係属中の米国特許出願通し番号 08 / 414698、発明の名称「バケット先端すき間制御を備えた着脱自在の内側タービン殻体」（出願人控え番号 839 - 346）に記載されている。蒸気冷却バケットの完全な説明については、係属中の米国特許出願通し番号 08 / 414700、発明の名称「閉回路蒸気冷却バケット」（出願人控え番号 839 - 352）を参照されたい。固定子ベーン及び関連する外側及び内側壁を含む蒸気冷却の第１段及び第２段ノズルの完全な説明については、係属中の米国特許出願通し番号 08 / 414697、発明の名称「組合せ空気及び蒸気冷却回路を持つタービン固定子ベーン・セグメント」（出願人控え番号 839 - 354）を参照されたい。空冷バケットは周知であり、例えば米国特許第 5340274 号、第 5259730 号、第 5232343 号を参照されたい。従って、個別のタービンで空冷及び蒸気冷却の間で転換を行う為には、タービン回転子に対する冷却回路が、回転子及びタービン・バケットに対する空冷及び蒸気冷却の両方に対処するように設計されていなければならないことが理解されよう。

20

30

【０００８】

この発明では、こう云う目的を達成する為、タービンが、冷却供給用円板モジュール及び後側タービン・ホイール、例えば第４段タービン・ホイールの間の第１の後側ホイール空所に冷却媒質を供給する為に、後側回転子の周りに高圧室を構成するハウジングを有する。（この明細書で云う「後側」と云う言葉は、タービンを通る高温ガス流の下流側に向かう方向にあるタービンの部品を指す。）円周方向に相隔たって軸方向に伸びる複数の開口又は穿孔がホイール、並びに該ホイールの間のスペーサ円板のリムに設けられ、軸方向に伸びる冷却媒質供給通路とする。こう云う軸方向に伸びる通路の内のあるもの、例えば、好ましくは 24 個の通抜けの孔の内 12 個には、管が設けられる。これらの管は別々の流路を構成する様に縦筋をつけることが好ましい。こう云う流路を通る流れが、ホイール空所と直列に、全体的に蛇行通路（流路を含む）として、第１段及び第２段バケットに対する冷却媒質を供給する。この為、管の縦筋と開口の壁の間に構成されたこう云う流路が、隣接したホイールの間にあるホイール円板の両側にある環状空所に冷却媒質を供給し、第１段及び第２段ホイールの間に配置された内側供給高圧室に流れる様にすると共に、更に第１及び第２のバケットに流れる様にする。ホイール及びスペーサ円板のリムに沿った残りの 12 個の通路が回転子の略全長にわたって伸びる通抜けの軸方向の穿孔となり、軸方向の通路に沿って直接的に内側供給高圧室に冷却媒質を供給する。冷却媒質を供給する 2 つの流れ、即ち、軸方向の流れと蛇行の流れが、内側供給高圧室で一緒になって、半径方向外向きに溝孔を通して外側供給高圧室へ流れる。この外側供給高圧室が、第１段及び第２段のバケットに冷却媒質を供給する。

40

50

【 0 0 0 9 】

閉回路冷却装置が使われる時、縦筋を設けた管を通る中心通路により、冷却媒質の戻りの流れが作られる。即ち、冷却媒質として蒸気が利用される閉回路冷却装置では、蒸気が後側高圧室から後側ホイール空所へ流れ、軸方向の通路及び蛇行通路を流れる様に分割され、内側供給高圧室で再び一緒になり、半径方向外向きに外側供給高圧室へ、そして第 1 段及び第 2 段バケットへ半径方向外向きに流れる。戻り蒸気は第 1 段及び第 2 段バケットから、第 1 段及び第 2 段ホイールの間にある戻り高圧室へ流れ、この高圧室から溝孔に沿って半径方向内向きに、縦筋を設けた管の中心戻り通路へ流れ、その後回転子の後端で更に半径方向内向きに流れ、同軸の通路を介して吐出される。

【 0 0 1 0 】

空冷では、蒸気冷却装置で使われたのと同じ部品を空冷装置でも使うことが出来る。空冷装置では、蒸気供給回路の場合と同様に、空気がホイール及びディスクのリムと、第 1 段及び第 2 段バケットに供給される。即ち、空気が最初は、ホイール及び円板のリムを通る通路に沿った軸方向の流れと、ホイール空所を通る蛇行した流れの通路とに分割され、これらの流れが内側供給高圧室で再び一緒になり、外側供給高圧室へ流れる。空気が、前に説明した蒸気戻り通路で第 1 段及び第 2 段バケットに供給される。即ち、管の中心通路と冷却媒質戻り高圧室から、第 1 段及び第 2 段バケットに流れる。この為、蒸気冷却回路の戻り通路が空冷回路の供給通路として使われる。

【 0 0 1 1 】

この発明の別の一面では、熱的に不整合になるかも知れない回転部品の隣接部分の間での冷却媒質の移行の為に、冷却回路にスプーリが設けられる。蒸気冷却では、隣接する回転部品の間の漏れ区域を介して蒸気が高温ガス通路へ漏れないことが重要である。典型的には、漏れは、隣接する部品の熱成長率が異なる所で起こる。異なる熱成長率に対処する為、これらの部品の間にスプーリを位置ぎめして、熱的な不整合によって起こり得る漏れを生ぜずに、こう云う移行区域に冷却媒質を流れさせることが出来る様にする。この為、スプーリが、2つの回転部品の間のこう云う移行区域を実効的に密封する。

【 0 0 1 2 】

この発明の好ましい実施例では、軸線を持つと共に、タービン・バケットを取付けるリムを持つ複数個のタービン・ホイール、及びリムを持つスペーサ円板を含み、スペーサ円板がホイールの間に交互に配置されていて、その間にホイール空所を構成し、ホイール及びスペーサ円板が互いに固着されている様な多段回転子と、回転子に冷却媒質を供給する貯蔵槽と、ホイール及びスペーサ円板のリムを通ると共に、冷却媒質を供給する貯蔵槽と連通して、回転子の少なくとも 1 段のタービン・バケットに冷却媒質を供給する全体的に軸方向に伸びる複数個の通路とを有するタービンが提供される。回転子が冷却媒質を供給する貯蔵槽と連通する通路を持っていて、冷却媒質をホイール空所に供給すると共に、そこから冷却媒質を 1 段のタービン・バケットに通過させる。

【 0 0 1 3 】

この発明の別の好ましい実施例では、軸線を持つと共に、タービン・バケットを取付けるリムを持つ複数個のタービン・ホイール、及びリムを持つスペーサ円板を含み、スペーサ円板がホイールの間に交互に配置されていてその間にホイール空所を構成し、ホイール及びスペーサ円板が互いに固着されている多段回転子と、この回転子に冷却媒質を供給する貯蔵槽と、冷却媒質を供給する貯蔵槽と連通すると共に、ホイール及びスペーサ円板のリムを軸方向に通抜けて、回転子の少なくとも 1 段のタービン・バケットに冷却媒質を供給する全体的に軸方向に伸びる複数個の通路と、1 段のタービン・バケットと連通して、使用済みの冷却媒質を軸方向に伸びる戻り通路に流れさせる半径方向内向きの複数個の通路とを有するタービンが提供される。

【 0 0 1 4 】

この発明の更に別の好ましい実施例では、隣接した別々の第 1 及び第 2 の部品の整合するポートの間を密封して、これらの部品の間を冷却媒質が流れることが出来る様にする移行集成体が提供される。移行集成体は、第 1 及び第 2 の部品の継目で、一端が夫々ポートに

10

20

30

40

50

密封して固定されて夫々部品の中に入り込み、この一端から離れた場所では、当該ブッシングが夫々ポートの内壁から隔たっている様な筒形ブッシングと、ブッシング内及びブッシングの間を伸びていて、その終端する端がブッシングと係合して、第1及び第2の部品の間の熱的な不整合による応力を減少して、冷却媒質が当該筒形要素を通して部品の間を流れることが出来る様にする封じを形成する同軸の筒形要素とを有する。

【0015】

従って、この発明の主な目的は、開放回路空気冷却及び閉回路蒸気冷却の間の転換が出来る様な、タービン回転子に対する新規で改良された冷却回路を提供することである。

【0016】

【この発明を実施する最善の態様】

図1はこの発明を用いた単純サイクル単軸ヘビーデューティ・ガスタービン10の略図である。このガスタービンは、回転子軸14を持つ多段軸流圧縮機12で構成されていると見なすことが出来る。空気が16の所で圧縮機の入口に入り、軸流圧縮機12によって圧縮され、その後燃焼器18に吐出され、そこで天然ガスの様な燃料を燃焼して、タービン20を駆動する高エネルギー燃焼ガスを発生する。タービン20では、高温ガスのエネルギーが仕事に変換され、その仕事の一部分を使って、軸14を介して圧縮機12を駆動し、残りは電力を発生する為に、回転子軸24を介して発電機22の様な負荷を駆動する為の有効仕事に利用することが出来る。典型的な単純サイクル・ガスタービンは、燃料入力30乃至35%を軸出力に変換する。残りの1乃至2%を除いた全部は、廃熱の形であり、これが26の所でタービン20を出て行く。タービンの排気流のエネルギーを別の有効仕事に変換する複合サイクル形式でガスタービン10を利用することにより、一層高い効率を達成することが出来る。

【0017】

図2は最も簡単な形の複合サイクルを示す。26の所でタービン20を出て行く排ガスが熱回収形蒸気発生器28に入り、そこでボイラ式に水を蒸気に変換する。こうして発生された蒸気が蒸気タービン30を駆動し、ここで別の仕事を抽出して、軸32を介して、別の電力を発生する第2の発電機34の様な別の負荷を駆動する。ある形式では、タービン20、30が共通の発電機を駆動する。電力だけを発生する複合サイクルは、高級なガスタービンを使うと、熱効率が50乃至60%の範囲内である。

【0018】

図3は、この発明の焦点であり、図2の複合サイクル形式で使うことが好ましいガスタービンを更に詳しく示す。圧縮機12からの空気が燃焼器18を構成する燃焼缶に吐出される。燃焼缶が普通の様子に、回転子14の周りに円周方向に配置されていて、この様な1つの「缶」を36に示してある。燃焼の後、その結果生じた燃焼ガスを使ってタービン部分20を駆動する。このタービン部分は、この例では、タービン回転子を構成する4つのホイール38、40、42、44で表した相次ぐ4段を持っており、これらが回転子軸14に装着されてそれと一緒に回転する。各々のホイールが、羽根46、48、50、52で夫々表した1列のバケットを担持している。これらの羽根が、夫々ベーン54、56、58、60で表した固定ノズルの間に交互に配置されている。回転子は、バケット・ホイールの間に交互に配置されたスペーサ円板39、41、43をも含む。従って、4段タービンが示されていることが理解されよう。第1段はノズル54とバケット46で構成され、第2段はノズル56とバケット48、第3段はノズル58とバケット50、第4段はノズル60とバケット52で構成される。前に引用した係属中の米国特許出願に於ける様に、第1段及び第2段ノズル54、56が、内側殻体72に取付けられ、この殻体が、第3段及び第4段ノズルを取付けた外側殻体にピン留めされている。外側殻体は、外側殻体をタービン・ハウジング部分77、79に夫々ボルト止めしているボルト・フランジ74、75の所で取外し自在であり、この為、上側の外側殻体及び内側殻体72がタービンから取外し自在であって、高温ガス通路部品への接近が出来る。

【0019】

図4について説明すると、渡り円板76及び末端円板78が、タービン回転子の両端に配

10

20

30

40

50

置されている。冷却供給円板モジュール 80 も後端円板 78 と第 4 段ホイール 44 の間に配置されている。ホイール及び円板はさねはぎ継ぎで同心に保たれており、タービン回転子集成体の全体が、ホイール及び円板の軸方向に隣接するリムを通抜ける、円周方向に相隔たって軸方向に伸びる一連のボルト 82 によってまとめて保持されている。ホイール及びスペーサ円板のリムの間の突合せ継目に封じが設けられていること、並びに各々のスペーサ円板 39、41、43 の両側には、夫々の隣接するホイールとの間に環状空所 84、86 が形成されていることが理解されよう。

【0020】

外側軸 90 及び同心に配置された内側軸 92 を含んでいて、その間に環状通路 94 を形成している後側回転子軸集成体 88 が、後端円板 78 にボルト止めされている。軸 90、92 がタービン回転子と一緒に回転する。タービンの不動部分を形成するハウジング 95 が外側軸 90 の周りに環状高圧室 96 を構成し、夫々軸 90、92 の周りに軸受 97、98 を有する。高圧室 96 は、軸 90、92 の間の通路 94、並びに末端円板 78 より後方の後側環状高圧室 100 に流れる冷却媒質の貯蔵槽となる。高圧室 96 に供給される冷却媒質は、タービンの蒸気冷却又は空気冷却のどちらが必要であるかに応じて、蒸気でも空気でもよいことが理解されよう。円周方向に相隔たる複数個の通路 102 が後側高圧室 100 と一番後側の空所 86 の間を連通させる。

【0021】

次に図 8 について説明すると、ホイール 38、40、42 又は 44 のリム 104 の一部分の拡大簡略断面図が示されている。ボルト 82 に対するボルト円開口 81 が、タービン・ホイール及びスペーサ円板のリムに沿った円周方向に相隔たる開口の外側リングとして示されている。内側の一連の円周方向に相隔たって軸方向に伸びる穿孔 106 が、ホイール 40、42、44 及びスペーサ円板 39、41、43 のリムを通して設けられ、回転子の最初のホイール 38 の後面に隣接して終端する。即ち、孔 106 は、第 1 段ホイール 38 を除いて、各々のホイールのリム及びスペーサ円板のリムを通抜ける。任意の数の穿孔を使うことが出来るが、24 個の穿孔が好ましい。ある数の穿孔 106a、例えば、24 個の穿孔の内の 12 個は、中に何もなく、冷却媒質をホイール及び円板のリムに沿って軸方向に、これから説明する内側冷却媒質供給高圧室まで直接的に通す通抜けの通路を構成する。交互の穿孔 106b は夫々細長い管 112 を持ち、この管は、穿孔の壁に締め付けられて接触していて、管 112 の周りの相隔たる円周方向の場所に半径方向外向きに突出するスポーク又は縦筋 114 を有する。図から判る様に、縦筋 114 が、各々の管 112 の外面の周りに別々の通路 118 を形成する。しかし、円筒形又はその他の断面形の管を使うことが出来ることが以下の説明から明らかになる。更に、穿孔 106a、106b の後端が供給円板モジュール 80 の前面に形成された半径方向の溝孔を介して、後側空所 86 と連通する。

【0022】

各々のホイール 40、42、44 はホイールの両側に、穿孔 106b 及び隣接する環状空所 84、86 と連通する全体的に半径方向の入口及び出口を持つ。出口 110 が図 8 に示されている。即ち、ホイール 44 の穿孔 106b がモジュール 80 の溝孔と連通していて、後側ホイール空所 86 からの冷却媒質をホイール 44 のリムに沿って軸方向に供給する。ホイール 44 は、穿孔 106b、及びスペーサ円板 43 とホイール 44 の間のホイール空所 84 と連通する出口 110 をも持っている。同様に、ホイール 42 が、穿孔 106b と、円板 43 及びホイール 42 の間の空所 86 と連通する入口 108、及び穿孔 106b と、ホイール 42 及び円板 41 の間の空所 84 と連通する出口 110 を持っている。同じく、ホイール 40 が、穿孔 106b と、円板 41 及びホイール 40 の間の空所 86 と連通する入口、及び穿孔 106b とホイール 40 及び円板 39 の間の空所 84 と連通する出口を持っている。第 1 段ホイール 38 が、円板 39 及びホイール 38 の間の空所 86 と連通する内側冷却媒質環状供給高圧室 109 (図 9) を有する。以下の説明から判るが、縦筋が各々の管 112 の外面の周りに別々の通路 118 を形成する。更に具体的に云うと、各々の管 112 の縦筋 114 及び穿孔 106b の内壁の間の通路 118 が、夫々入口及び出

10

20

30

40

50

口 1 0 8、1 1 0、及びタービン・ホイール - 円板空所 8 4、8 6 と直列に冷却媒質を供給するのに専用の供給モジュールの溝孔と連通する軸方向に伸びる通路を構成する。後で説明するが、穿孔 1 0 6 b 内にある各々の管 1 1 2 の中心通路 1 2 0 が、タービンが蒸気冷却である時の使用済み冷却媒質の戻り、並びにタービンが空冷である時の冷却空気の供給の為に閉回路戻り通路として作用する。閉回路蒸気冷却では、蒸気供給通路 1 1 8 が回転子ホイール及びスペーサ円板のリム構造を、中心通路 1 2 0 の中を流れる使用済みの高温の戻り蒸気から隔離することに注意されたい。

【 0 0 2 3 】

通路 1 1 8 はスペーサ円板がある軸方向の場所で塞がれ又は閉塞され、この為、最初の後側空所 8 6 から通路 1 1 8 へ、そして円板とホイールの間の空所への直列の流れが、図 5 に蛇行する矢印で示す様に得られることが理解されよう。この為、冷却媒質の蛇行する直列の向きの流れが、高圧室 9 6 から、通路 9 4、後側高圧室 1 0 0 及び通路 1 0 2 を介してホイール空所 8 4、8 6 に供給され、最終的には冷却媒質が回転子ホイール 3 8 と円板 3 9 の間の空所 8 6 に入り、好ましくは第 1 段ホイール 3 8 とスペーサ円板 3 9 の間にある供給高圧室 1 0 9 に流れ込む。ホイール空所に於ける冷却媒質のこの蛇行する流れは、円板にわたる温度勾配があっても、それを最小限に抑え、こうして回転子の歪みを防止する。管 1 1 2 は、スペーサ円板 3 9 と第 2 段ホイール 4 0 の間のスペーサ板 1 2 4 (図 9) に隣接して終端し、通路 1 1 8 が流れを第 2 段ホイール 4 0 の最後の出口 1 0 8 に連通させる。この為冷却媒質はホイール及びスペーサ円板のリムに沿って軸方向に通路又は穿孔 1 0 6 a を介して内側冷却媒質供給高圧室 1 0 9 へ流れ (破線の矢印)、これに対して縦筋つきの管 1 1 2 及び穿孔 1 0 6 b によって構成された通路 1 1 8 から供給された冷却媒質 (実線の矢印) は、ホイール空所に直列に入ったり出たりし、全体的に蛇行する流れ通路を形成し、最終的には一番前側のホイール空所 8 6 に入り、内側冷却媒質供給高圧室 1 0 9 へ流れ込む。この為、軸方向の流れ (破線の矢印) 及び蛇行する流れ (実線の矢印) が内側冷却媒質供給高圧室 1 0 9 で再び一緒になる。

【 0 0 2 4 】

次に図 9、1 0 A 及び 1 0 B を参照して、内側冷却媒質供給高圧室 1 0 9 から第 1 段及び第 2 段バケットへの流れ、及び閉回路冷却形式で戻る時のバケットからの流れの移行について説明する。図 9 に示す様に、スペーサ板 1 2 2 が第 1 段ホイール 3 8 とスペーサ円板 3 9 の前面の間に配置されている。前に述べた様に、スペーサ板 1 2 4 が第 2 段ホイール 4 0 の前面とスペーサ円板 3 9 の後面の間に配置されている。これらのスペーサ板 1 2 2、1 2 4 は高圧室 1 0 9 からの冷却媒質を第 1 段及び第 2 段バケットのあり溝に流す前側及び後側冷却媒質入口通路 1 1 1 f、1 1 1 a を有する。更に、スペーサ板 1 2 2、1 2 4 は、閉回路でバケットからの使用済み冷却媒質を戻す前側及び後側出口 1 1 3 f、1 1 3 a を夫々持っている。後で説明するが、バケットのあり溝とスペーサ板の夫々入口並びに出口 1 1 1、1 1 3 の間で流れを移行させる為の「スプーリ」が設けられている。タービン・バケットにある冷却媒質通路について詳しいことは、係属中の米国特許出願通し番号 0 8 / 4 1 4 7 0 0、発明の名称「閉回路蒸気冷却バケット」(出願人控え番号 8 3 9 - 3 5 2) を参照されたい。

【 0 0 2 5 】

次に図 9 及び 1 0 について説明すると、スペーサ円板 3 9 の前面は円周方向に相隔たった、半径方向外向きの複数個の溝孔 1 1 5 を持ち、これはその半径方向の一番内側の端で内側高圧室 1 0 9 と連通し、その外側の端で外側環状冷却媒質供給高圧室 1 1 7 と連通している。図 9 に示す様に、外側高圧室 1 1 7 が、スペーサ板 1 2 2 を介して入口 1 1 1 f と連通し、冷却媒質をバケットのあり溝に供給する。スペーサ板 1 2 2 がスペーサ円板 3 9 の前面に重なって半径方向の溝孔 1 1 5 を閉じ、内側及び外側高圧室 1 0 9、1 1 7 の間の連通が出来る様にしていることが理解されよう。

【 0 0 2 6 】

スペーサ円板 3 9 の後面が図 1 0 B に示されている。図 1 0 B では、円周方向に相隔たる複数個の開口 1 1 9 が、外側供給高圧室 1 1 7 と、円板 3 9 の後面に形成された別の外側

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

10

【 0 0 2 8 】

20

【 0 0 2 9 】

30

【 0 0 3 0 】

50

って半径方向外向きに飛ばされるのに対し、蒸気圧力は、蒸気が空所を全体的に蛇行通路に沿って流れる時、蒸気が半径方向内向き及び外向きに流れる様に強制し、この為、実質的にこう云う不純物のない蒸気が第1段及び第2段バケットに供給される。この過程が3つの空所84の各々で繰り返され、こうして回転子の内部で蒸気をきれいにする。更に、冷却蒸気の一部が通路118を通る時、こう云う一層低温の通路がホイール及び円板のリム構造を高温の戻り蒸気から絶縁する。

【0031】

空冷タービンを必要とする場合、蒸気冷却の為に設けられたのと同じの構造を、タービンの回転部品の空冷に使うことが出来る。蒸気冷却の為に供給及び戻り回路の両方を使って、冷却空気を第1段及び第2段バケットに供給する。即ち、空気は、第1段及び第2段タービン・バケットへ流れる蒸気について上に述べた様に、これらのバケットに流れる様に内側高圧室109を介して供給することが出来る。空気は、前に述べた蛇行供給通路を介しても高圧室109に供給される。更に空気が、縦筋つきの管112内の通路120、溝孔129、高圧室125、出口113及び113aを介して第1段及び第2段バケットに供給される。空冷回路は開放しており、空気はタービン・バケットへ流れてから、バケットの境膜冷却の為に高温ガス通路へ出て行くので、空気に対して戻り通路は必要ではない。

次に図11について説明する。スペーサ板122、124及び第1段並びに第2段バケットの間に軸方向移行部があることが認められよう。これらの部分は、熱成長又は膨張率が異なる為に、相対的な移動が起こることがある。蒸気が高温ガス通路に漏れることによって性能が劣化することがあるので、こう云う移行区域に於ける相対的な熱成長を吸収して、有効な封じを設けることが重要である。図11には、冷却媒質の流れをスペーサ板122、124と夫々のバケットの間で渡らせる為の「スプーリ」集成体が表示されている。即ち、図11ではタービン・バケットが140に示されており、スペーサ板122が表示されている。スペーサ板122にある冷却供給通路は矢印で示してある。軸方向スプーリは、スペーサ板122、バケット140にある整合する凹部に受け入れられた1対のブッシング144、146で構成される。スプーリ装置が、スペーサ板の通路と関連するバケットの各々の継目に使われることを承知されたい。ブッシング144、146は筒形であって、それらの隣接端は夫々フランジ145、147が設けられ、対応する溝と締めりばめになっている。ブッシングはフランジを設けた端から半径方向内向きにテーパがついていて、ブッシングを凹部の壁から隔てている。他の点では、ブッシングはスペーサ板122及びバケット140に固定されていない。スプーリ148は球根状の端150、152を持つ軸方向に伸びる管で構成されている。球根状の端150、152が、ブッシング144、146の夫々の自由端に隣接して締めりばめになり、こうして密封する。ブッシングの目的は、スプーリとその支持構造の間の熱的不整合を最小限に抑え、こうして相対的な摺動による疲労の大きさを減ずることである。スプーリとの界面に於けるブッシングの支持長を同じに近いか又は一層小さいスチフネスにすることにより、スプーリ148とブッシングの界面に於ける支承応力も減少する。スプーリ集成体は、遠心荷重によるスプーリ/ブッシングの支承応力を減少する為、並びにスプーリ/構造間の熱的な均衡によるスプーリ/ブッシング界面に於ける疲労を減少する為、出来るだけ可撓性を持つ様に構成される。スプーリ及びブッシングは、ニッケルを基本とした合金で形成することが好ましい。

【0032】

図12Aには、スペーサ板とバケットの間で冷却媒質の流れを移行させ、その間の熱的不整合があってもそれを補償する別の形のスプーリ集成体が表示されている。図12Aでは、刃先150を持つ円筒形ナイフ148が、スペーサ122にある凹部内に配置された閉塞リム152によって担持されている。刃先150が温度に対して抵抗力を持つ軟質金属合金リング154の中に埋設され、それと共に封じを形成する。

【0033】

図12Bのスプーリ集成体では、圧縮ばね160がバケット140にある凹部の底に接し、他端では膨張リング162に接する。リング162が、環状密封プラグ164の球形面

10

20

30

40

50

と密封する様に界面接触する平坦なテーパつきの面を有する。密封プラグ 164 が他端に球形密封面 166 を持ち、これがスペーサ板 122 の凹部に取付けられた凸の球形閉塞リング 168 と密封係合する。

【0034】

図 13 には、スペーサ 122 とタービン・バケット 140 の間の移行の為に別の形のスプーリ集成体が示されている。この形式では、熱的に平衡したスプーリ及びスリーブ集成体が提供される。即ち、フランジ 172 を持つ筒形ブッシング 170 が、冷却通路の外側端に隣接してスペーサ板 122 に接続され、同様なブッシング 174 がフランジ 176 によってバケット 140 の入口端に接続される。フランジ 172、176 が、他の点では支持されていないスプーリ集成体をバケットとスペーサ板の継目で支持する。スリーブ 178 がフランジ 172 から伸びていて、通路及びブッシング 170 の壁の間に隔たっており、その入口端では、一連の開口 182 を持つ半径方向内向きの球根状部分 180 に終端する。フランジ 172 に隣接するスリーブ 178 の端に複数個の開口 184 が設けられる。同じ様に構成されたスリーブ 184 が、バケットの入口端に配置され、ブッシング 174 をバケットの入口の壁から隔てると共に、開口 188 を持つ半径方向内向きの球根状の端 186 で終端する。フランジ 176 に隣接したスリーブ 184 の端に複数個の開口 189 が設けられている。半径方向外向きの球根状の端 192、194 を持つ筒形スプーリ 190 がブッシング 170、174 の内側に配置され、それに対して締めきりになっている。この為、矢印で示す様に、冷却媒質がスリーブ 178 の両側を流れ、開口 182 を介して再び主流に入りスリーブ 178、ブッシング 170 及びスプーリ 190 の前後で熱的な平衡を持たせる。スプーリ集成体の出口端では、冷却媒質がブッシング 174 とスリーブ 184 の間を流れ、開口 189 を通って、ブッシング 184 と入口開口の壁の間の空間に入り、開口 188 から主入口通路へと半径方向内向きに流れる。この為、熱的な不整合によってスペーサ板とタービン・バケットの間の相対的な移動が起こっても、スプーリ集成体によって対処できる。

【0035】

図 14 には、冷却媒質をホイールのリムから半径方向外向きにタービン・バケットへと流れさせ、この媒質に対する戻り通路を作り、そこで蒸気冷却を利用する半径方向スプーリ装置が示されている。タービン・バケットに軸方向延長部 198 を設け、冷却媒質を受入れる半径方向内向きの開口 200 を設ける。タービン・バケットの軸方向反対側にも、バケットから出で行く蒸気に対し、又はバケットに空気を供給する為に、同様な開口 202 が設けられる。半径方向スプーリを使う場合、このようなスプーリは、バケットの取付け及び取外しの時、バケット・ホイールに対するタービン・バケットの摺動に対処しなければならないと同時に、取付けの後には、熱的な成長が封じに影響しない様に、2つの部品の間に適当な封じを施すことが必要であることが理解されよう。

【0036】

この目的の為に、図 14 及び 15 について説明すると、バケット入口 200 が外向きにテーパのついた平坦な密封面 204 に終端する。スプーリ 206 は、その半径方向外側端で密封関係を持って平坦なテーパ面 204 と係合する凸の球面 208 に終端する全体的に筒形の要素で構成される。筒形スプーリ 206 がホイールのリムの開口 210 に入り込み、ばね 212 によって半径方向外向きに移動する様に偏圧される。ばねが密封リング 214 に接し、このリングが筒形スプーリ 206 の外側の縁に沿って形成された相補形の面と係合する密封面 216 を有する。これらの部分が協力して、筒形スプーリ 206 と開口 210 を構成する内壁の間に封じを形成する。ストッパ・リング 220 がスプーリ 206 の半径方向外側の上側部分の周りに配置されて、スプーリの半径方向外側の端をバケットの界面より下方に位置づける為に、筒形スプーリ 206 が半径方向内向きに変位した時に、肩 222 に係合する様にする。突起 226 を持つ 2 叉状要素 224 がリング 220 の上方に配置され、ばね 212 の偏圧に逆らって筒形スプーリ 206 を半径方向内向きに変位させる道具として作用し、バケットが、バケットとホイールの間の典型的な舌片と溝形の接続部に沿って、スプーリの上を摺動することが出来る様にする。その後、この道具を解

10

20

30

40

50

放して、スプーリを半径方向外向きに変位させ、球形の支承面 208 をバケットのテーパ付きの密封面 204 と係合させることが出来る。こうして、熱的な不整合による部品の間の動きの影響を実効的になくす半径方向スプーリを使って、バケット・ホイールとバケットの間の封じが施される。

【0037】

次に図 16 及び 17 には、別個の配管及び回転子の中心を通る蒸気冷却を使う戻り通路を用いたタービン回転子に対する別の形式の蒸気冷却回路が示されている。更に、ホイール空所は加圧せず、冷却媒質はホイール円板と接触しない。この形式では、後側高圧室 100 に、後側スパーサ 242 及び末端円板 78 の間を半径方向外向きに伸びる円周方向に相隔たった複数個のパイプ接続部 240 を設ける。パイプ 240 が、前側スパーサ円板 250 内の位置まで、スパーサ円板及びホイールの中を軸方向に通る。パイプは、冷却媒質を第 1 段及び第 2 段バケットに軸方向に送り出す為に、略「Y」字形接続部の形に分割される。この後、流れは第 1 段及び第 2 段バケット内で半径方向に転じ、バケットに沿った冷却用の流れとなる。軸方向スプーリを使って、冷却パイプとバケットの間の移行にしていることが理解されよう。同様な軸方向戻りスプーリを使って、バケットから戻りパイプ 252 への渡りを行う。戻りパイプ 252 は戻りスプーリと直接的に連通し、使用済みの冷却用の流れを回転子の中心まで半径方向内向きに差し向ける。回転子の中心部分が、機械と同軸の軸方向管 256 によって構成される。この回転子形式では、両方のパイプ 240、252 を介して空気を供給することにより、空冷も使うことが出来る。

【0038】

この発明を最も实际的で好ましい実施例と現在考えられるものについて説明したが、この発明がここに例示された実施例に制限されるものではなく、むしろ特許請求の範囲内に含まれる種々の変形及び均等物をカバーするものであることを承知されたい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明に用いられるガスタービンの略図。

【図 2】効率を一層高める為にガスタービン及び熱回収形蒸気発生器を使ってこの発明に用いられる複合サイクル装置の略図。

【図 3】ガスタービンの一部分の断面図で、その燃焼、圧縮機、及びタービン回転子の各部分を例示する。

【図 4】後側回転子装置の部分を含むタービン回転子部分の略図で、タービン回転子に対する冷却回路を示す。

【図 5】後側回転子装置の部分を含むタービン回転子部分の略図で、タービン回転子に対する冷却回路を示す。

【図 6】後側回転子装置の部分を含むタービン回転子部分の略図で、タービン回転子に対する冷却回路を示す。

【図 7】後側回転子装置の部分を含むタービン回転子部分の略図で、タービン回転子に対する冷却回路を示す。

【図 8】回転子ホイールのリムの一部分の部分的な拡大断面図。

【図 9】回転子の軸平面で切った部分的な拡大断面図で、バケットとの間で冷却媒質を流す為の、第 1 及び第 2 のホイール円板の間の冷却媒質供給及び戻り通路を例示している。

【図 10】A は、図 9 の線 6A - 6A で切った部分的な断面図。B は、図 9 の線 6B - 6B で切った部分的な断面図。

【図 11】回転子集成体の隣接部品の間で冷却媒質を移行させる為の軸方向「スプーリ」の実施例の拡大断面図。

【図 12】図 A、B は、回転子集成体の隣接部品の間で冷却媒質を移行させる為の軸方向「スプーリ」の実施例の拡大断面図。

【図 13】別の形式の軸方向スプーリの拡大断面図。

【図 14】ホイールのリムに取付けられたバケットの簡略拡大図で、冷却媒質を流す為の半径方向スプーリ装置を示す。

【図 15】図 14 に示したスプーリの一部分の拡大断面図。

10

20

30

40

50

【図 16】タービン回転子に対する別の形式の冷却回路の簡略拡大図。

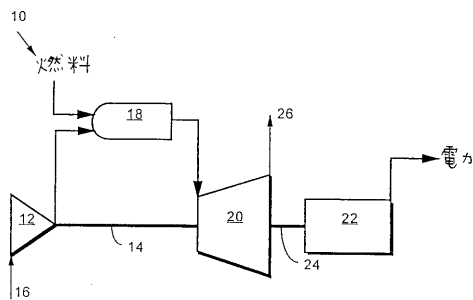
【図 17】図 16 に示す冷却回路の部分的な拡大端面図。

【主な符号の説明】

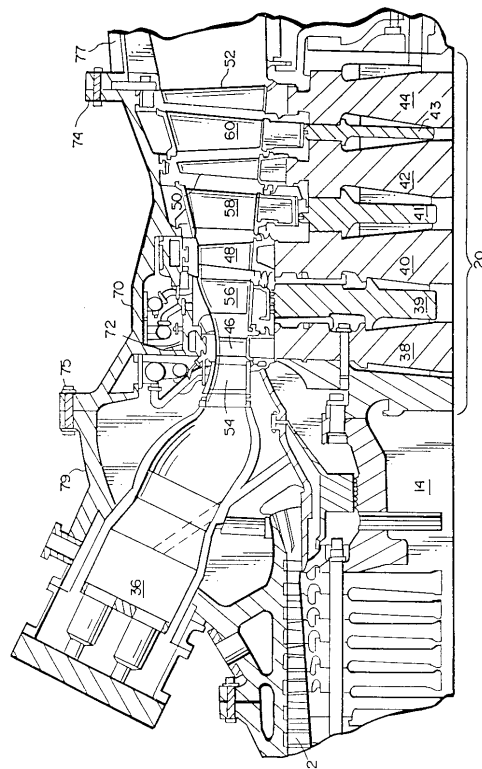
- 14 回転子軸
- 38、40、42、44 タービン・ホイール
- 39、41、43 スペーサ円板
- 46、48、50、62 タービン・バケット
- 84、86 ホイール空所
- 96 環状高压室
- 104 リム
- 106a 穿孔（通路）
- 106b 穿孔（通路）
- 108 （ホイールにある）入口
- 109 内側供給高压室
- 110 （ホイールにある）出口
- 112 管
- 117 外側供給高压室
- 118 通路
- 120 中心通路

10

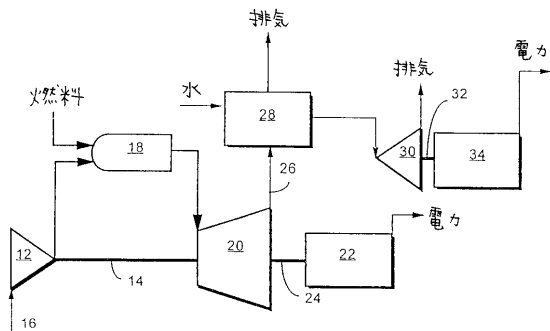
【図 1】



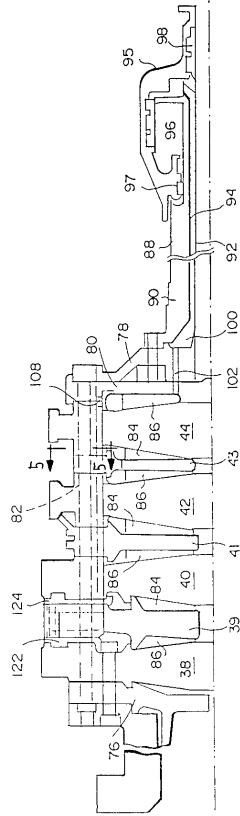
【図 3】



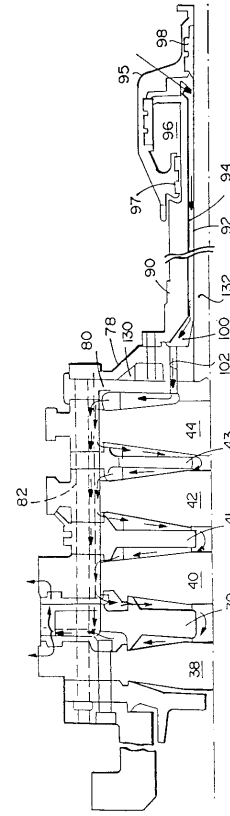
【図 2】



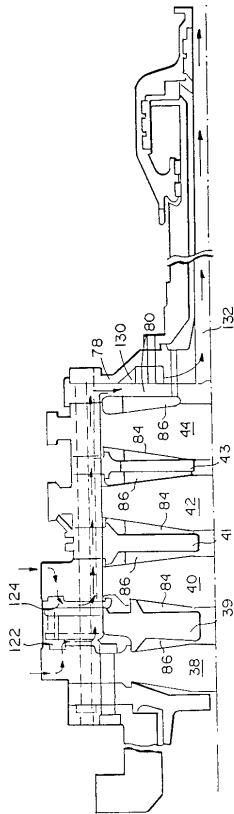
【 図 4 】



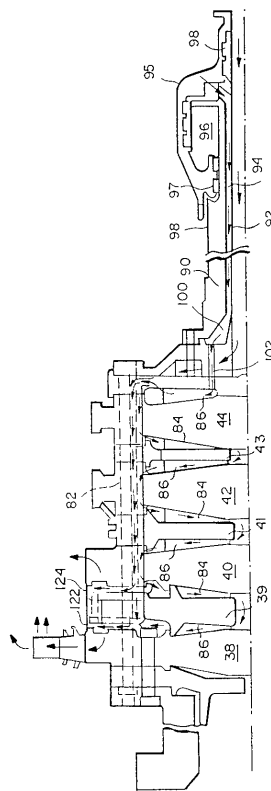
【 図 5 】



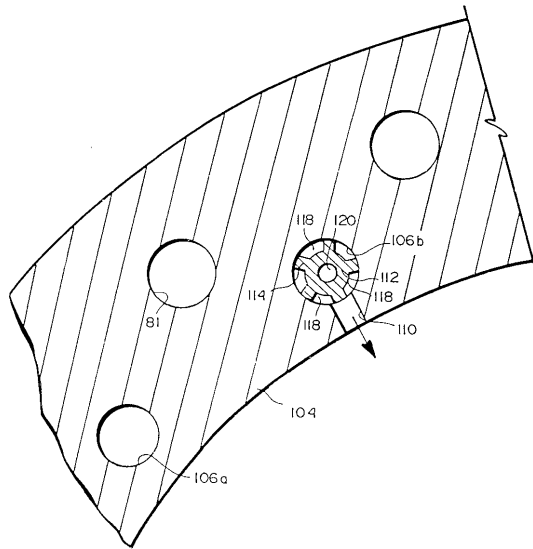
【 図 6 】



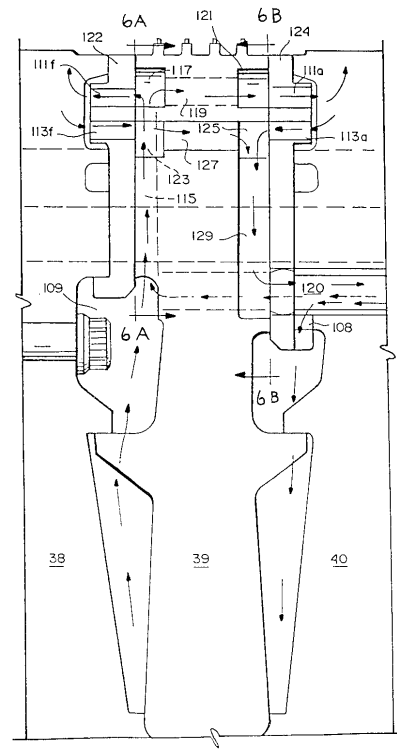
【 図 7 】



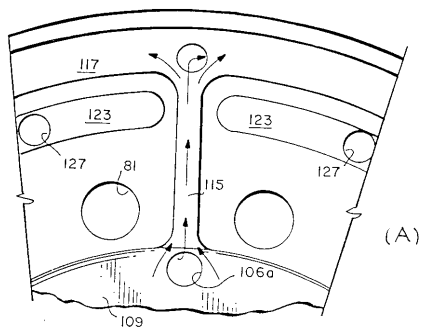
【図 8】



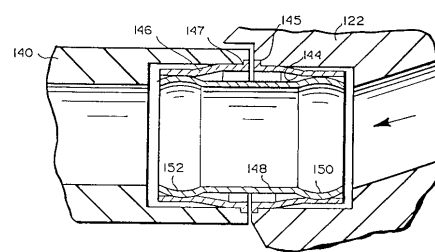
【図 9】



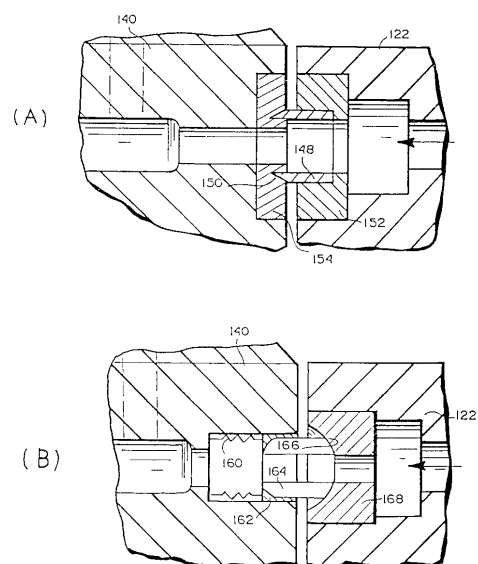
【図 10】



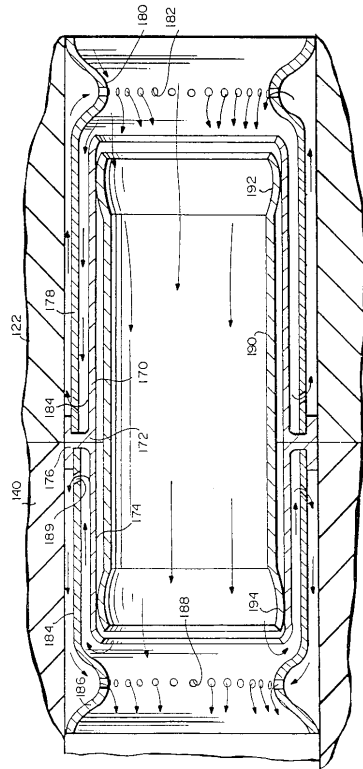
【図 11】



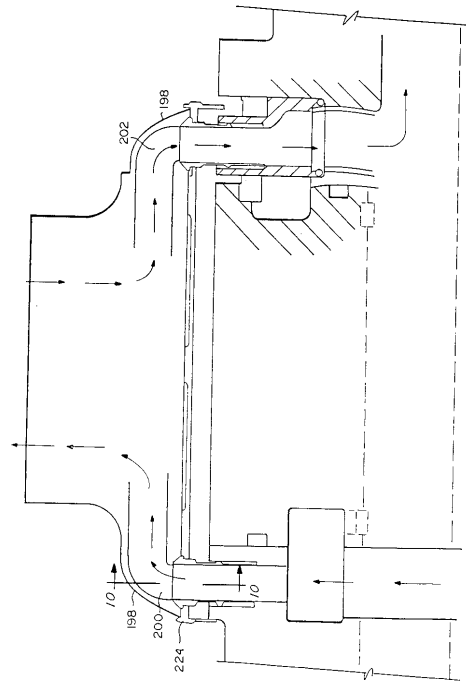
【図 12】



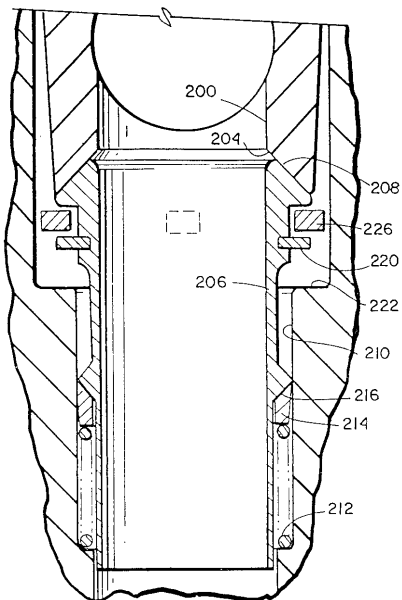
【図 13】



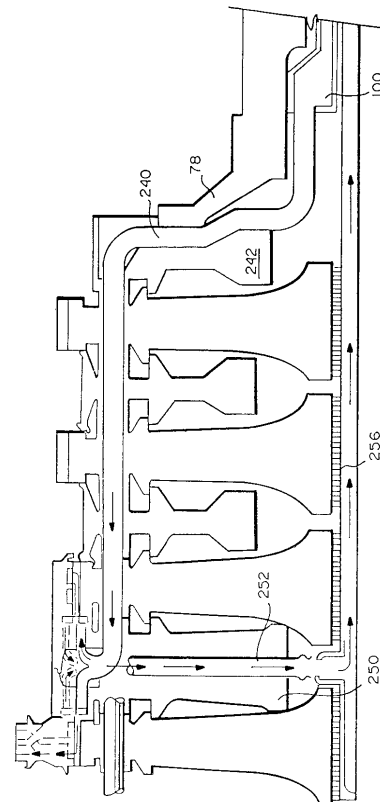
【図 14】



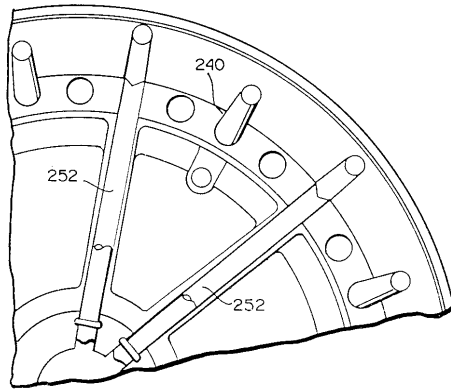
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジーン・デイビッド・パーマー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ジンガム・アベニュー、 87番
- (72)発明者 フィリップ・エム・カルソ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、セルカーク、ドーチェスター・アベニュー、 62番
- (72)発明者 イアン・デイビッド・ウィルソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、マン・ブルバード、 18番
- (72)発明者 マーティン・カール・ヘムズワース
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、サウス・クリッピンガー・ドライブ、 8040番

審査官 藤原 直欣

- (56)参考文献 英国特許出願公開第 6 6 4 6 2 8 (GB, A)
米国特許第 3 3 4 3 8 0 6 (US, A)
特開昭 5 4 - 7 1 2 1 4 (JP, A)
特開平 7 - 2 6 9 0 3 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

F01D 5/08

F01D 5/18

F01D 25/12

F02C 7/18