

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4610710号
(P4610710)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011. 1. 12)

(24) 登録日 平成22年10月22日(2010. 10. 22)

(51) Int.Cl. F I
FO2C 7/18 (2006.01) FO2C 7/18 E
FO1D 5/30 (2006.01) FO1D 5/30

請求項の数 6 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-297784 (P2000-297784)
(22) 出願日 平成12年9月29日(2000. 9. 29)
(65) 公開番号 特開2001-207862 (P2001-207862A)
(43) 公開日 平成13年8月3日(2001. 8. 3)
審査請求日 平成19年9月28日(2007. 9. 28)
(31) 優先権主張番号 09/410239
(32) 優先日 平成11年9月30日(1999. 9. 30)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、リバーロード、1 番
(74) 代理人 100137545
弁理士 荒川 聡志
(72) 発明者 リチャード・ウィリアム・ジェンドリック
ス
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
ィ、ヒルクレスト・ドライブ、446 番

審査官 石黒 雄一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービンホイール空洞をパージする方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主ガス流と流体連通状態にあるホイール空洞(52)に隣接したタービンロータ(40)であって、
中心軸(17)の周りを回転できるロータディスク(42)であって、円周方向に交互に
その周縁に配置された複数のダブテールスロット(62)とディスクポスト(64)を有
するロータディスク(42)と、
各々上記ダブテールスロット(62)に配置されたダブテール部(68)と該ダブテール
部(68)から延びるシャंक部(70)とを有する複数のブレード(44)と、
ダブテールスロット(62)とダブテール部(68)により画定される複数の軸方向に延
びるプレナム(84)であって、エンジンの運転中に冷却空気を受入れるとともにブレード(44)の内部冷却通路と流体連通しているプレナム(84)と、
ロータディスク(42)に取付けられたリテーナ(46)であって、ブレード(44)と
ディスクポスト(64)に接する外側縁(80)を有するリテーナ(46)と、
複数の軸方向に延びるプレナム(84)からホイール空洞(52)へ空気を導くためのパ
ージスロット(88)と
を含み、
前記パージスロット(88, 188, 288)の各々が、中心軸(17)から引かれる半
径に対して平行でなく円周回転方向の角度をもって配置されていることを特徴とする、ター
ビンロータ(40)。

10

20

【請求項 2】

各パージスロット(88)が、各ブレード(44)の前部表面に形成され、かつリテーナ(46)に面しており、各パージスロット(88)がリテーナ(46)の外側縁(80)を半径方向に横切っている、請求項1記載のタービンロータ(40)。

【請求項 3】

各パージスロット(288)が、各ブレード(44)の後部表面に形成され、かつリテーナ(48)に面しており、各パージスロット(288)がリテーナ(48)の外側縁(81)を半径方向に横切っている、請求項1記載のタービンロータ(40)。

【請求項 4】

各パージスロット(188)が、各ディスクポスト(64)の前部表面に形成され、かつリテーナ(46)に面しており、各パージスロット(188)がリテーナ(46)の外側縁(80)を半径方向に横切っている、請求項1記載のタービンロータ(40)。

10

【請求項 5】

各パージスロット(288)が、各ディスクポスト(64)の後部表面に形成され、かつリテーナ(48)に面しており、各パージスロット(288)がリテーナ(48)の外側縁(81)を半径方向に横切っている、請求項1記載のタービンロータ(40)。

【請求項 6】

少なくとも1つのディスクスロット(62)が形成されたロータディスク(42)と、該ディスクスロット(62)に配置され、内部冷却通路を有するブレード(44)と、タービンロータ(40)に隣接し、主ガス流と流体連通状態にあるホイール空洞(52)とを含むタービンロータ(40)を有するガスタービンエンジンにおいて、ホイール空洞(52)をパージする方法であって、ディスクスロット(62)とブレード(44)の間に、ブレードの内部冷却通路と流体連通したプレナム(84)を形成する段階と、プレナム(84)に冷却空気を供給する段階と、中心軸(17)から引かれる半径に対して平行でなく円周回転方向の角度をもって配置されているパージスロット(88)を通して、プレナム(84)からホイール空洞(52)に冷却空気を導く段階とを含んでなる、方法。

20

【発明の詳細な説明】

30

【0001】**【発明の属する技術の分野】**

本発明は、概してガスタービンエンジンに関するものであり、具体的にはガスタービンエンジンのタービン部の前部又は後部のホイール空洞のパージに関する。

【0002】**【従来の技術】**

航空機が飛行中動力を得るのに使用する高バイパス比のターボファンエンジンは典型的には、軸流方向に並んだ、ファン、低圧圧縮機或いはブースタ、高圧圧縮機、燃焼器、高圧タービン及び低圧タービンを含む。エンジンに入る空気の一部はファン、ブースタ及び高圧圧縮機を通して流れ、各構成部品で順次加圧される。高圧圧縮機を出る加圧空気は一般に主ガス流或いはコアガス流と呼ばれ、次ぎに燃焼器に入り、そこで加圧空気は燃料と混合され燃焼されて高エネルギーガス流を生み出す。しかしながら、燃焼器に入る前に主ガス流或いはコアガス流の一部は進路をそらされて、高圧タービンの構成部品などの種々の高温構成部品のための冷却空気源となる。燃焼器を出た後、高エネルギーガス流は高圧タービンを通りながら膨張し、エネルギーが抽出されて高圧タービンと駆動自在に結合されている高圧圧縮機を作動させる。主ガス流は次に低圧タービンに入り、そこでさらに膨張し、エネルギーが抽出されて低圧タービンと駆動自在に結合されているファンとブースタを作動させる。エンジンに入る残りの空気流(主空気流以外)は、ファンを通り、環状ダクトと排気ノズルを備える装置を通してエンジンから放出され、これによってエンジン推力の大部分を生み出す。

40

50

【 0 0 0 3 】

高圧タービンは一般的には1つ又は2つの段を含み、一方低圧タービンは通常はより多い数の段を持つ。各段は一般的にロータとステータとを備えている。ロータは、エンジンの中心軸の周りを回転し、かつ主ガス流の中へと半径方向に延びる複数のブレードを支持しているロータディスクを含んでいる。ステータは、主ガス流をロータブレードが仕事をするように導く静止ノズル列を含む。多段タービンでは、ある段のブレードはその段のノズルの下流直近に位置し、次の段のノズルは前の段のブレードの下流直近に位置している。しかしながら、二重反転エンジン（即ち、高圧タービンと低圧タービンが互いに反対の方向に回転するエンジン）は、一般的には最終段高圧ロータと初段低圧ロータとの間に位置するノズルの段が無い。

10

【 0 0 0 4 】

高圧及び低圧タービンにおいて、主ガス流から上記の冷却空気をシールするためには通常回転ラビリンスシールが用いられる。回転ラビリンスシールはエンジンの回転する部分から半径方向に延びる多数の薄い歯のような突起で構成され、突起の固定されていない方の端部がエンジンの静止部分又は反対方向に回転している部分とシール係合している。しかしながら、一般にホイール空洞と呼ばれるロータディスクの前部及び後部のシールされていないスペースは、主ガス流と流体連通状態にあるので、空洞をパージし高熱ガスの吸い込みを防ぐために空洞内に入る冷却空気の流れが必要である。適切なパージの流れを保たないと、周辺の構成部品に著しい部品寿命の減少をもたらすことになる。

20

【 0 0 0 5 】

従来型エンジンでは、ホイール空洞にパージ空気を供給するために、ラビリンスシールの漏洩と隣接するエンジン部品のエアホールを使うことに頼っている。しかしながら、エアホールに係わる応力の集中が、エンジン回転部品の割れや早期故障の潜在的可能性を生じる。また、エアホールを形成するために必要な機械加工は、部品の製作費用の増加をもたらす。

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従って、エアホールを使わないでタービン部のホイール空洞を適切にパージする手段が求められている。

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

上記の必要性は、タービンロータに隣接するホイール空洞を有するタービンロータを提供する本発明によって満たされる。タービンロータは、その中に形成された少なくとも1つのディスクスロットを有するロータディスクとディスクスロット内に配置されたブレードを含んでいる。ディスクスロットとブレードは冷却空気プレナムを画定しており、プレナムからホイール空洞に空気を導くための手段が設けられている。好ましくは、ホイール空洞に空気を導くための手段はブレード又はディスクの前部又は後部表面に形成されたスロットである。

30

【 0 0 0 8 】

本発明とその従来技術に対する利点は、添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明と特許請求の範囲を読むことによって明白となる。

40

【 0 0 0 9 】

【 発明の実施の形態 】

本発明とみなされる主題は、本明細書の冒頭部分に具体的に指摘され明確に請求されている。しかしながら、本発明は、添付の図面とともに以下の説明を参照することにより最もよく理解できよう。

【 0 0 1 0 】

各図を通して、同一の参照番号は同一の構成部品を示している図面を参照する。図1は、縦方向の中心軸17に沿って軸流方向に並んで配置された、燃焼器12、高圧タービン14、二重反転の低圧タービン16を含むガスタービンエンジンの一部10を示す。高圧タ

50

ービン１４は従来型の高圧圧縮機（図示せず）に駆動自在に結合され、低圧タービン１６は従来型のブースタとファン（図示せず）に駆動自在に結合されている。本発明の発明概念の開示を容易にするために例として二重反転エンジンが用いられているが、本発明はパージを必要とするホイール空洞を持つどのような種類のガスタービンエンジンにでも応用可能であることを認識すべきである。

【００１１】

高圧タービン１４は、複数のノズル２０（図１には１つのみを示す）を含むステータ１８とステータ１８の後方に位置するロータ２２を備える単段タービンである。ロータ２２は、中心軸１７の周りを回転するロータディスク２４、ディスク２４から半径方向外方に延びる複数のタービンブレード２６（図１には１つのみ示す）、前部リテーナ２８、及び後部リテーナ３０を含む。前部リテーナ２８は実質的に環状の部材であり、ブレード２６が軸方向前方に動くのを防ぐように周知の方法で前記ロータディスク２４に取り付けられる。同様に、後部リテーナ３０は、ブレード２６が軸方向後方に動くのを防ぐ環状の部材である。回転ラビリンスシール３２は、前部リテーナ２８と高圧ステータ１８の静止支持構造物３４との間に配置され、例えばエンジンの高圧圧縮機のような空気源からロータ２２とステータ１８の間に位置しかつ主ガス流と流体連通状態にあるホイール空洞３６に流れ出る望ましくない冷却空気の流れを防いでいる。前部リテーナ２８とロータディスク２４は冷却空気が導かれるプレナム３８を画定する。この冷却空気は、以下に説明する目的とともに従来のやり方でブレード２６を冷却する目的にも用いられる。

【００１２】

低圧タービン１６は、高圧ロータ２２の直後に位置して高圧ロータ２２と反対方向に回転するロータ４０を備える第１段を含む多段タービンである。低圧ロータ４０は、中心軸１７の周りを回転するロータディスク４２、ディスク４２から半径方向外方に延びる複数のタービンブレード４４（図１には１つのみ示す）、前部リテーナ４６及び後部リテーナ４８を含む。前部リテーナ４６は環状の部材であり、ブレード４４が軸方向前方に動くのを防ぐように周知の方法でロータディスク４２に取り付けられる。同様に、後部リテーナ４８はブレード４４が軸方向後方に動くのを防ぐ環状の部材である。回転ラビリンスシール５０は、前部リテーナ４６と反対方向に回転する高圧ロータ２２との間に配置され、望ましくない冷却空気の流れが、高圧ロータ２２と第１段低圧ロータ４０の間に位置しかつ主ガス流と流体連通状態にあるホイール空洞５２に入るのを防いでいる。前部リテーナ４６とロータディスク４２は、冷却空気が導かれるプレナム５４を画定する。この冷却空気は、以下に説明する目的とともに、従来のやり方でブレード４４を冷却する目的にも用いられる。低圧タービン１６は、その各段が複数のノズル５８（図１には１つのみ示す）を含むステータ５６とステータ５６の後方に位置し駆動自在に第１段低圧ロータ４０に結合しているロータ６０を備えた後続の段をさらに含んでいる。

【００１３】

ここで図２及び図３に移ると、本発明のホイール空洞パージ装置が第１段低圧ロータ４０に関して詳細に示されている。しかしながら、本発明は、エンジン１０の他の部分、例えば高圧ロータ２２にも同様に適用可能であることを認識すべきである。上記の説明通り、低圧ロータ４０はそこから半径方向外方に延びる複数のタービンブレード４４を備えたロータディスク４２を含む。ロータディスク４２は円周方向に交互に配置された複数のダブテールスロット６２とポスト６４を備え、各スロット６２は隣接のポスト６４によって画定されている。各ディスクのダブテールスロット６２は、ブレード４４の１つの対応するダブテール部６８を受入れる。図示されているディスクスロット６２とダブテール部６８はいわゆるもみの木形をしているが、従来技術で知られている他のブレードとディスクの結合も用いることができる。ブレード４４は軸方向に延びるディスクスロット６２に軸方向に嵌められている。このディスクスロット６２とダブテール部６８との相互補完的結合形状のために、ブレード４４は半径方向にロータディスク４２に保持される。ダブテール部６８に加えて、各ブレード４４はダブテール部６８から半径方向外方に延びるシャンク部７０、シャンク部７０の外側端に取り付けられた板状ブラットホーム７２及びブラット

10

20

30

40

50

ホーム 72 から半径方向外側に主ガス流の中に延びる翼形部 74 を含んでいる。隣接するブレード 44 のブレードプラットホーム 72 は互いに接合し合って主ガス流の半径方向内側の境界面を形成している。

【 0 0 1 4 】

前部リテーナ 46 は、ロータディスク 40 の前部表面に形成された半径方向に延びる肩部 78 に嵌るように形成された、半径方向に延びる環状のフランジ 76 を備えている。フランジ 76 が肩部 78 に嵌ることでディスク 40 に対して前部リテーナ 46 を固定する。前部リテーナ 46 の外縁 80 は、各ブレードのダブテール部 68 とディスクポスト 64 の前部表面と接してブレード 44 が軸方向前方に動くことを防いでいる。ロータディスク 40 には肩部 78 の後方にディスクスロット 62 の底部と交叉するカットバック部 82 が設けられており、それによってプレナム 54 と、ディスクスロット 62 の底部とブレードダブテール部 68 の半径方向内側の表面 86 によって画定される複数の軸方向に延びるプレナム 84 のそれぞれとの流体連通状態をもたらしている。

10

【 0 0 1 5 】

各ブレード 44 には、その前部表面に実質的に半径方向に延びるパージスロット 88 が設けられ、パージスロット 88 は前部リテーナ 46 に面している。具体的には、各パージスロット 88 は対応するブレード 44 のダブテール部 68 とシャंक部 70 の前部表面に形成されている。各パージスロット 88 の第 1 の端部はダブテール部 68 の半径方向内側表面 86 (或いは少なくとも前方リテーナ 46 の外側縁 80 から半径方向内側の個所) に位置し、プレナム 84 の対応する 1 つと流体連通状態にある。各パージスロット 88 の第 2 の端部は、外側縁 80 から半径方向外側にあるシャंक部 70 の前部表面上のある個所に位置し、高圧ロータ 22 と第 1 段低圧ロータ 40 との間に位置するホイール空洞 52 と流体連通状態になっている。従って、パージスロット 88 は前部リテーナ 46 の外側縁 80 を半径方向に横切り、またプレナム 84 とホイール空洞 52 の間を流体連通状態にする。

20

【 0 0 1 6 】

エンジン 10 の作動中には、冷却空気は従来の方式通り空気源からプレナム 54 に導かれる。この空気源としては、エンジン 10 の高圧圧縮機を含み得るが、それに限定されるものではない。冷却空気はプレナム 54 から半径方向外側に流れ軸方向に延びるプレナム 84 内に流れる。業界ではよく知られているように、各プレナム 84 に流入する冷却空気の一部は、ブレード 44 の冷却のために対応するブレード 44 の内部冷却通路 (図示せず) に導かれる。冷却空気の別の一部は対応するパージスロット 88 を通ってホイール空洞 52 に流入する。この個所では冷却空気は主ガス流よりも高圧なので、冷却空気はホイール空洞 52 から流出し主ガス流に流入する。このようにして、パージスロット 88 を流れる空気流は、ラビリンスシール 50 を通り抜ける全ての漏洩空気との組合せでホイール空洞 52 をパージし高温ガスの吸い込みを防止する。

30

【 0 0 1 7 】

全てのパージスロット 88 を流れる全空気量は、ホイール空洞 52 を適切にパージするのに十分な量であるが、過大なパージの流れはエンジンの全体的な性能を害するので必要以上であるべきではない。従って、パージスロット 88 は適切な水準のパージの流れを確保する寸法にする。典型的には、パージスロット 88 は約 50 ~ 100 ミリの深さを持つ。好ましくは、ただし必ずしも絶対ではないが、追加的な機械加工の作業を避けるために、パージスロット 88 をブレード鋳造の一部として形成することができる。

40

【 0 0 1 8 】

各ブレード 44 にパージスロット 88 を設けることは必ずしも必要ではないことに注意すべきである。例えば、パージスロットの寸法がホイール空洞に十分なパージの流れを供給する限り、ブレード 44 の 1 つおきにスロットを設けることもできる。しかしながら、各ブレード 44 にパージスロット 88 を設けることによって、ロータ 40 を完成するのにブレードの形状が 1 種類 (スロット付き) しか必要でなくなる。

【 0 0 1 9 】

図 3 に見られるように、パージスロット 88 はエンジンの中心軸 17 から引かれる半径に

50

対してある角度をもって配置されるのが好ましい。パージスロット 88 をロータ 40 の円周回転方向に角度を持たせることによって、パージスロット 88 から吐出される冷却空気は旋回流を与えられ、この旋回流によってホイール空洞 52 内で風摩擦熱を受けることが減少し高圧ロータに対して反力を与える。

【0020】

図 4 には、本発明の別の実施形態が示される。この場合には、ブレード 44 に形成されるスロットの代わりに、各ディスクポスト 64 がその前部表面に形成されかつ前部リテーナ 46 に面する実質的に半径方向に延びるパージスロット 188 を有する。各パージスロット 188 の第 1 の端部は、前部リテーナ 46 の外側縁 80 の半径方向内側でかつ隣接するディスクスロット 62 に隣接する個所に位置し、プレナム 84 の対応する 1 つと流体連通状態になっている。各パージスロット 188 の第 2 の端部は外側縁 80 の半径方向外側に（好ましくはディスク周縁 66 に）位置し、ホイール空洞 52 と流体連通状態になっている。従って、パージスロット 188 は前部リテーナ 46 の外側縁 80 を半径方向に横切ってプレナム 84 とホイール空洞 52 の間に流体連通状態をもたらす。第 1 の実施形態のように、パージスロット 188 は円周方向でロータ回転方向に傾けるのが好ましい。エンジン作動中に、プレナム 54 からの冷却空気はプレナム 84 内へと導かれ、この空気の一部はパージスロット 188 を通りホイール空洞 52 内に流れ、そこで空気はラビリンスシール 50 を通り抜ける全ての漏洩との組み合わせでホイール空洞 52 をパージし高温ガス吸い込みを防止する。

【0021】

図 5 に移ると、本発明のさらに別の実施形態が示されている。ここでは、各ブレード 44 はその後部表面に形成された実質的に半径方向に延びるパージスロット 288 を持ち、パージスロット 288 は後部リテーナ 48 に面している。具体的には、各パージスロット 288 は対応するブレード 44 のダブテール部 68 及びシャंक部 70 の後部表面に形成される。各パージスロット 288 の第 1 の端部は、後部リテーナ 48 の外側縁 81 の半径方向内側のある個所に位置し、後部リテーナ 48 とロータディスク 42 の間に形成される環状の空隙 90 を通してプレナム 84 の対応する 1 個と流体連通状態になっている。各パージスロット 288 の第 2 の端部は、外側縁 81 の半径方向外側のシャंक部 70 の後部表面上のある個所に位置し、第 1 段低圧ロータ 40 と低圧ステータ 56 の間に位置するホイール空洞 92 と流体連通している。従って、パージスロット 288 は後部リテーナ 48 の外縁 81 を半径方向に横切り、プレナム 84 とホイール空洞 92 との間に流体連通状態をもたらす。前に示した実施形態と同様に、パージスロット 288 は円周方向でロータ回転方向に角度を持たせるのが好ましい。エンジン作動中は、プレナム 54 からの冷却空気はプレナム 84 に導かれ、この空気の一部は空隙 90 とパージスロット 288 を通してホイール空洞 92 に流入し、そこで全てのシール漏洩空気との組み合わせでホイール空洞 92 をパージし高温ガスの吸い込みを防止する。さらに、パージスロット 288 はブレード 44 の代わりにディスクポスト 64 の後部表面に形成することもできる。

【0022】

本発明の種々の実施形態でパージスロットをブレード又はディスクポストの軸方向の表面に設ける例を説明してきたが、パージスロットは代わりに前部又は後部リテーナの外側縁に形成できることを留意すべきである。さらに、本発明は第 1 段低圧タービンロータ 40 について詳しく説明してきたが、本発明は例えば高圧ロータ 22 のような他のタービンロータにも同様に適用できることが理解されるべきである。高圧ロータ 22 において、パージスロットをブレード 26 或いはロータディスク 24 のディスクポストの前部表面に形成し、プレナム 38 からの冷却空気が上記の説明と同様の方法で高圧ロータ 22 と高圧ステータ 18 の間に位置するホイール空洞 36 に導かれるようにすることができる。さらに、パージスロットをブレード 26 或いはロータディスク 24 のディスクポストの後部表面に形成し、プレナム 38 からの冷却空気が後部リテーナ 30 を通り抜けて高圧ロータ 22 と低圧ロータ 40 の間に位置するホイール空洞 52 の中に導かれるようにすることができる。

【 0 0 2 3 】

前記説明は隣接するホイール空洞を適切にパージするための冷却空気の流れを提供するタービンロータを説明してきた。本発明の具体的な実施形態を説明してきたが、特許請求の範囲に特定する本発明の技術思想と技術的範囲から離れることなく種々の変更がなされ得ることは当業者には明白であろう。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のホイール空洞パージシステムを有するガスタービンエンジンの軸方向断面部分図。

【図 2】 図 1 のガスタービンエンジンの低圧タービンの詳細断面図。

【図 3】 低圧タービンの前方から後方に向って見た端面部分図。

10

【図 4】 ホイール空洞パージシステムの別の実施形態を示す低圧タービンの前方から後方に向って見た端面部分図。

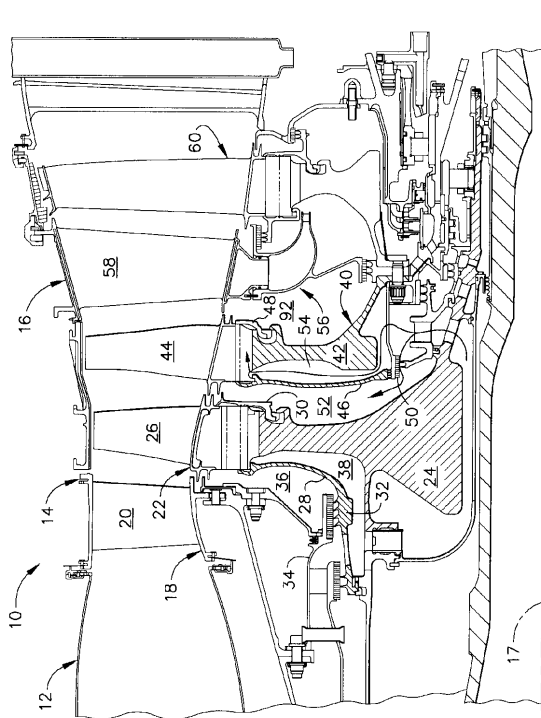
【図 5】 ホイール空洞パージシステムのさらに別の実施形態を示す低圧タービンの詳細断面図。

【符号の説明】

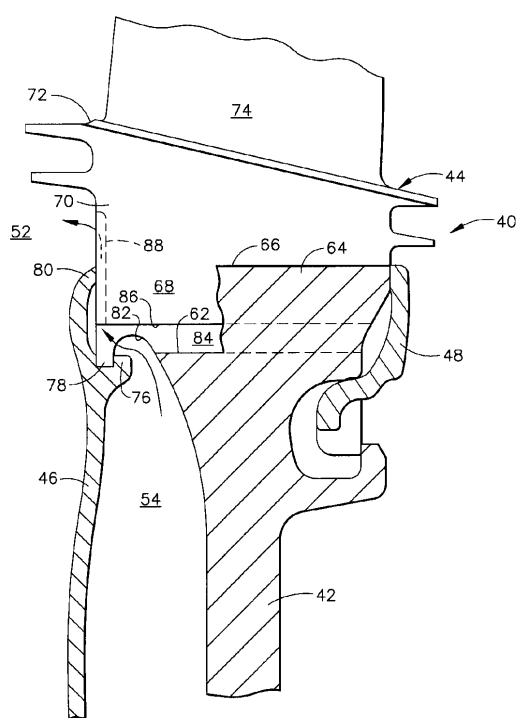
1 0	エンジン	
1 2	燃焼器	
1 4	高圧タービン	
1 6	低圧タービン	
1 7	中心軸	20
1 8	ステータ	
2 0	ノズル	
2 2	ロータ	
2 4	ロータディスク	
2 6	ブレード	
2 8	前部リテーナ	
3 0	後部リテーナ	
3 2	ラビリンスシール	
3 4	静止支持構造物	
3 6	ホイール空洞	30
3 8	ブレナム	
4 0	低圧ロータ	
4 2	低圧ロータディスク	
4 4	ブレード	
4 6	前部リテーナ	
4 8	後部リテーナ	
5 0	ラビリンスシール	
5 2	ホイール空洞	
5 4	ブレナム	
5 6	ステータ	40
5 8	ノズル	
6 0	ロータ	
6 2	ダブテールスロット	
6 4	ポスト	
6 6	ディスク周縁	
6 8	ダブテール部	
7 0	シャंक部	
7 2	ブラットホーム	
7 4	翼形部	
7 6	環状フランジ	50

- 7 8 肩部
- 8 0 4 6 の外側縁
- 8 2 カットバック部
- 8 4 軸方向プレナム

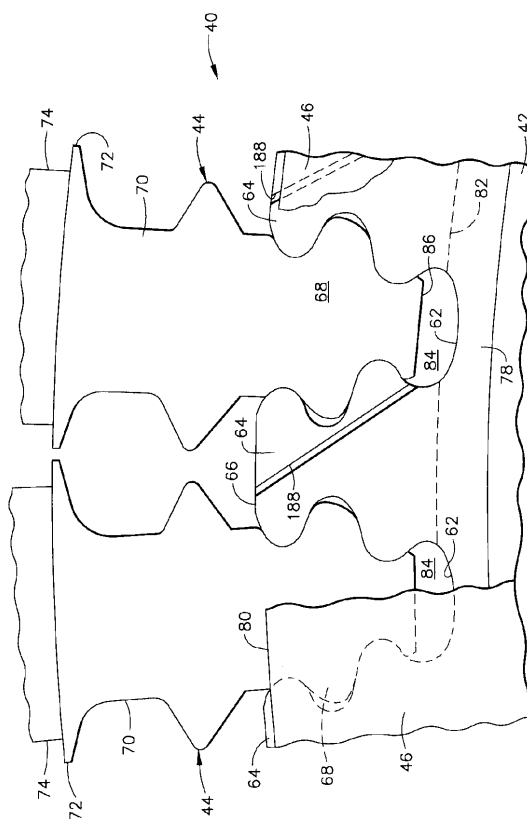
【図 1】



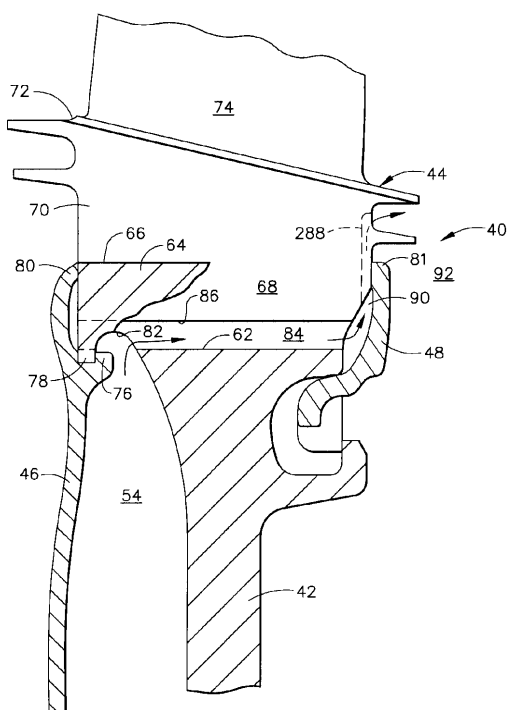
【図 2】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 0 4 7 0 0 3 (J P , A)
米国特許第 0 5 5 0 3 5 2 8 (U S , A)
米国特許第 0 5 2 8 1 0 9 7 (U S , A)
米国特許第 0 4 4 5 7 6 6 8 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F02C 1/00- 9/58

F23R 3/00- 7/00

F01D 1/00-11/24