

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4052363号
(P4052363)

(45) 発行日 平成20年2月27日(2008.2.27)

(24) 登録日 平成19年12月14日(2007.12.14)

(51) Int.Cl.	F 1
F 2 3 R 3/42 (2006.01)	F 2 3 R 3/42 Z
F 0 2 C 7/00 (2006.01)	F 2 3 R 3/42 E
B 2 3 K 20/00 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 D
	F 0 2 C 7/00 C
	B 2 3 K 20/00 3 4 0

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願平9-166927	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成9年6月24日(1997.6.24)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開平10-115425		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成10年5月6日(1998.5.6)		MPANY
審査請求日	平成16年5月12日(2004.5.12)		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	08/669069		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成8年6月24日(1996.6.24)	(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	アン・メリンダ・リター
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、オーバ
			ニー、プロビデンス・プレイス、4番
		(72) 発明者	ジョン・レイモンド・ヒューズ
			アメリカ合衆国、ニューヨーク、スコティ
			ア、グレン・テラス、3番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却用通路を有する円筒状構造の製造法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに独立した複数の一体内部通路を有する二重壁構造(40, 52, 64, 92)を作る方法であって、

内壁(44, 56, 68, 86)と、通路形成手段(48, 58, 80)と、通路充填犠牲手段(50, 82, 84)と、外壁(42, 54, 66, 88)とからなる二重壁集成体を組立てる工程であって、内壁と外壁とは互いに相補的であって、両者の間に配置され接触する前記通路形成手段により隔てられて複数の通路を画成し、前記通路充填犠牲手段は前記通路形成手段に相補的であって前記通路を充填するために前記通路形成手段内に配置されて、実質的に中実な構造からなる二重壁集成体を組立てる工程、

前記内壁と前記外壁と前記通路形成手段を互いに冶金学的に結合させるのに十分な温度及び時間で前記二重壁集成体をホットプレスする工程、

次いで、前記通路充填犠牲手段を除去する工程からなり、前記二重壁集成体を組立てる工程が、各通路を通る流体流の乱流を促進するための少なくとも一つの階段状オフセットを形成することを含む、方法。

【請求項2】

外壁の材料が、ステンレス鋼、Ni基合金、Co基合金、Fe基合金、Ti基合金、Cr基合金又は複合合金、FeCrAlY-W合金、及びNb基合金からなる群から選択することからなる請求項1記載の方法。

【請求項3】

内壁の材料が、ステンレス鋼、Ni基合金、Co基合金、Fe基合金、Ti基合金、Cr基合金又は複合合金、FeCrAlY-W合金、及びNb基合金からなる群から選択することからなる請求項1記載の方法。

【請求項4】

通路形成手段の材料が、ステンレス鋼、Ni基合金、Co基合金、Fe基合金、Ti基合金、及びNb基合金からなる群から選択することからなる請求項1記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願】

本出願は、特開平10-38276号、及び特開平特開平10-76335号に関連し、
その記載をここに参考にする。 10

【0002】

【発明の背景】

本願発明は、冷却用通路を有する円筒状構造の製造方法に関し、特に、冷却用通路を有するガスタービン燃焼器及び/又は遷移部材の製造方法に関し、特に具体的には、フィルム冷却が極端に制限されるか、できないかもしれない場合に利用される冷却用通路を有する改良された燃焼器及び/又は遷移部材の製造方法に関する。

【0003】

従来のガスタービン燃焼器は燃料と空気が別々に燃焼室に入る拡散（即ち、非予混合）火炎を用いる。混合及び燃焼の過程で華氏3900度を超える火炎温度を生じる。ライナーを有する従来の燃焼器及び/又は遷移部材は一般に最高温度華氏1500度位で約10,000時間耐えることができるから、燃焼器及び/又は遷移部材のライナーを保護する手段が取られなければならない。これは典型的にはフィルム冷却によっていたが、これは燃焼器の外側を囲むプレナムに比較的冷たい圧縮空気を導入するものである。この従来の構成では、プレナムからの空気は燃焼器ライナーのルーバーを通り、それから、燃焼器ライナーの内側表面上をフィルムとして通過し、これにより燃焼器ライナーの形状を保持する。 20

【0004】

2個の原子からなる窒素は3000°F（約1650°C）を越える温度で急速に分解するので、高温の拡散燃焼は比較的多くのNO_x排出をもたらす。NO_x排出を減少させる方法の一つはできうる限り最大の量の圧縮空気を燃料と予混合することである。その結果の希薄な予混合の燃焼はより低い火炎温度を生じ、従って、NO_x排出は低くなる。希薄な予混合燃焼は拡散燃焼より温度が低い、依然として火炎温度は従来の燃焼器ライナーには高すぎて耐えられない。 30

【0005】

しかも、先進の燃焼器は、NO_xを減少させるさせるために、できうる限り最大の量の空気を燃料と予混合するので、冷却空気はほとんど、或いは全く利用できず、燃焼器ライナーのフィルム冷却を不可能にする。従って、「背面」冷却と関連して熱障壁被覆のような手段が、燃焼器ライナーを高熱による破壊から保護する為に考えられた。背面冷却は、空気を燃料と予混合する前に燃焼器ライナーの外側表面の上に圧縮空気を通過させるものである。 40

【0006】

希薄予混合燃焼は、より低い温度の炎を発生することによりNO_x排出を減少させるものである。しかし、低温にするほど、特に燃焼器ライナーの内側表面或いは壁に沿って、一酸化炭素及び不燃焼炭化水素の酸化を抑制する傾向があり、これらの物質の許容できない排出をもたらす。一酸化炭素及び不燃焼炭化水素の酸化をするために、表面温度が十分に高く一酸化炭素及び不燃焼炭化水素の完全な燃焼を保証するようにライナーは極端な厚さ（50-100ミル）の熱障壁被覆を必要とする。この温度は典型的な長さ及び流れ条件の燃焼器に対して約1800-2000°Fのボンディングコート温度で且つ約2200°F TBC（Thermal Barrier Coating：熱障壁被覆）温度に 50

なる。しかし、従来のガスタービン構成部材の寿命に対しこれらの熱障壁被覆の厚さ及び温度は現在の材料の既知の性能を越えている。これらの温度で、公知の熱障壁被覆は許容できない短い時間に劣化し、且つ、その厚さの被覆は剥離しやすい。

【0007】

現在開発中の先進の冷却技術思想は薄壁構造に複雑な冷却通路を作ることが要請されている。これらの構造が複雑であるほど、鑄造のような従来の技術を用いて作ることが更に難しくなる。これらの構造が複雑であり、且つ、壁の寸法が最新の超合金の鑄造出来る範囲を越えるであろうし、又、鑄造に用いる脆いセラミック型芯の破損及び変形の観点に於いてその性能を越えるであろうので、これらの限界に打ち勝つ新しい製造法が開発されなければならない。先進の冷却法に可能な形状寸法が米国出願番号60/019503に記載されているのでここに参考に挙げる。

10

【0008】

冷却用特徴部の配置及び厚さの精度がセラミック型芯鑄造よりもかなり高いので、ここに参考に挙げる特許文献1及び特許文献2に記載されているパウダー・foil法(powder foil process)が壁寸法の公差をかなり減少するであろう。これらの性能は翼とは異なる円筒形に出来る燃焼器、又遷移部材のようなより不規則形状の構成部材を作る場合に又重要である。これらの構造では、鍛練用合金を用いることが出来るが、かなりの(衝突スリーブのような)冷却特徴部の鑄接且つ/又溶接を要する。これら冷却特徴部の配置の精度並びに溶接中の強超合金の機械的挙動を維持すること及び構造的破損を避けることは、考慮しなければならない材料に対する厳しい制限となるであろう。

20

【特許文献1】

米国特許第5,427,736号

【特許文献2】

米国特許第5,480,468号

【0009】

より効率的な冷却用構造は金属温度を増加させずにかなり冷却流を減少、多分60%まで、させるであろう。これらの減少は、新しい冷却用構造と他のシステム/サイクルの変化と組み合わせることで実現することもできるであろう。

従って、フィルム冷却なしに、しかも火炎の安定性を保ち、低排出(特にNO_x排出)の燃焼器及び遷移部材に対する先進の冷却技術思想のように、一酸化炭素及び未燃焼炭化水素を燃やし尽くすことができる燃焼器/遷移部材のようなガスタービン構成部材を作る新しい改良された方法が必要とされている。その構造、例えば、燃焼器/遷移部材、は薄壁構造内に冷却通路をもたらし、この冷却通路が燃焼器/遷移部材の内面を妥当な金属温度に維持するものでなければならない。効率的な冷却用燃焼器/遷移部材は、燃焼器の内側表面の金属温度を増加させずに、約35%から約60%の冷却流の減少をもたらさなければならない。且つ、現在鑄造で製造出来るものより更に鋭い内部縁を有しなければならない乱流促進器のような内部特徴部を有しなければならない。冷却用特徴部の配置及び厚さの精度がセラミック型芯鑄造よりもかなり高いので、パウダー・foil法の使用は壁厚の公差をかなり減少させ、且つ、鋭い縁の内部特徴部を製造できるものとなるであろう。

30

【0010】

【発明の概要】

好適な方法で本発明を実施するに当たり、一体の内部通路を有する二重壁構造を作る方法が次の工程からなる：内壁、通路形成手段、通路充填犠牲手段、及び外壁からなる二重壁集成体を組立て、内壁と外壁とは互いに相補的であり、両者の間に配置され接触する通路形成手段により隔てられて少なくとも一つの通路を画成し、通路充填犠牲手段は通路形成手段に相補的であり、少なくとも一つの通路を充填するために通路形成手段内に配置されて、二重壁集成体を実質的に中実な構造からなるようにされ；内壁、外壁、及び通路形成手段を互いに冶金学的に結合させるのに十分な温度及び時間で二重壁集成体をホットプレスし；そして、通路充填犠牲手段を除去する。

40

【0011】

50

本発明の特定の方法を用いて、円周方向に延在する複雑な内部冷却通路を有するリングを、HIP予成形体を熱間圧延し、引き続き冷間リングローリングし、金属変形の間の冷却通路を維持するのに用いられた犠牲材を化学的除去して製造される。

本発明の特定の方法を用いて、直線状通路と共に複雑な内部冷却通路を有するパネルをステンレス鋼の通路配列と犠牲芯のHIPにより製造する。

【0012】

本発明の他の目的及び利点は、図面及び特許請求の範囲と共に、次の記載から明らかになるであろう。

【0013】

【発明の詳しい説明】

図1はガスタービン10の模式図である。運転にあたり、典型的なガスタービン10は燃料からの燃焼ガスによって駆動されるが、ここで、高エネルギーを有する流れ媒体、即ち燃焼ガス、はロータ上に装着された動翼輪によって偏向される結果、回転動力を生じる。動作において、圧縮機16は新しい空気を引き込み圧縮して約50 - 75 lb/in²の代表的な圧力とし、空気は圧縮機16により熱交換器32を通るように押しやられ、ここでタービン部22から出てくる排出燃焼ガスにまだ存在する熱により予熱され、最後に、予熱された空気は燃焼部18の燃焼室に導入される。燃焼室で、燃料が燃やされ、これにより、約1500°C又は約2730°Fの温度のガスを発生する。これら燃焼ガスは高速でタービン部22に入り、それを駆動する。

【0014】

図示のように、タービン22、圧縮機16、及び発電機14は全て単一軸24に装着される。周知のように、タービンは動力出力の全部を発電機へ送達できないが、それはかなりの部分が圧縮機16を駆動するのに必要だからである。タービン部22は電動機12の助けを借りて始動するが、電動機は、最初、圧縮空気を発生するため圧縮機を動作させ、燃焼ガスを形成することができるようにするために圧縮空気を燃焼室に供給する。その時になって、タービンは運転を開始することができる。

【0015】

図1に簡略に示されているように、燃焼室36を含む燃焼部18は燃焼部18からタービン入り口30への燃焼ガス28の流れを生ずる。遷移部材38はタービン入り口と燃焼部18を接続する。

燃焼ガスの温度が約1500°Cかそれを越えるような燃焼器又は燃焼器部分及び遷移部材を製造する場合、何らかの冷却を形成することなく、そのような強烈な熱の環境に残れることのできる材料は知られていない。

【0016】

発明の背景の項に記載した様にNO_x排出を減少させる要請と組み合わせたガスタービンの各種の構成部材の冷却法が、ガスタービンの各種の構成部材の新しい製造法の開発につながった。

ここで新規な方法は、例えば、内壁、通路形成手段、通路充填犠牲手段、及び外壁からなる二重壁集成体を組立て、内壁と外壁とは互いに相補的であり、両者の間に配置され接触する通路形成手段により隔てられて少なくとも一つの通路を画成し、通路充填犠牲手段は通路形成手段に相補的であり少なくとも一つの通路を充填するために通路形成手段内に配置されて、二重壁集成体を実質的に中実な構造からなるようにされ；内壁、外壁、及び通路形成手段を互いに冶金学的に結合させるのに十分な温度及び時間で二重壁集成体をホットプレスし；そして、通路充填犠牲手段を除去する、方法を包含する。

【0017】

これらの方法で用いられる外壁の材料は、ステンレス鋼、Ni基合金、Co基合金、Fe基合金、Ti基合金、Cr基合金又は複合合金、FeCrAlY-W合金、及びNb基合金からなる群から選択することが出来る。

これらの方法で用いられる内壁の材料は、ステンレス鋼、Ni基合金、Co基合金、Fe基合金、Ti基合金、Cr基合金又は複合合金、FeCrAlY-W合金、及びNb基

10

20

30

40

50

金からなる群から選択することが出来る。

【 0 0 1 8 】

これらの方法で用いられる通路形成手段の材料は、ステンレス鋼、Ni 基合金、Co 基合金、Fe 基合金、Ti 基合金、及びNb 基合金からなる群から選択することが出来る。

これらの方法で用いられる通路充填手段は、Ni 及びCu を含む合金、グラファイト、炭素鋼、他の炭素質材料からなる群であり、ガラス又は塩であって、HIP 加工温度で固体で、後にエッチングされるものを含む、ものから選択することが出来る。

【 0 0 1 9 】

これらの方法で用いられるホットプレスは熱間静水圧圧縮成形を含み、具体的には、二重壁集成体を缶に入れ、ホットプレス加工の前に缶に入れた集成体を排気する。ホットプレスの工程では粉末圧縮も含めることが出来る。

これらの方法で用いられる通路充填手段は、通路充填手段の化学的エッチング、通路充填手段の熱分解、通路充填手段の融解及びその融解物の排除からなる群から選択される除去方法によって行うことが出来る。

【 0 0 2 0 】

これらの方法で用いられる通路充填手段の除去方法は、壁通路材料に関して攻撃的でない液体内で通路充填手段を溶解することからなる群から選択される除去方法によって行うことが出来る。

これらの方法で用いられる通路形成手段は内部に少なくとも一つの通路を形成する単一物品を含む。

【 0 0 2 1 】

これらの方法で用いられる少なくとも一つの通路は、ある用途では、通路を通る流体流の乱流を促進するための少なくとも一つの階段状オフセットを有する。これらの方法で用いられる通路形成手段は互いに連通して少なくとも一つの通路を形成する複数の構成要素を含む。

使用される一方法は、更に、二重壁集成体を組み立てる工程の前に、内壁を貫通し少なくとも一つの通路に延びる複数の穴を作る工程を有し、二重壁集成体は組み立て工程中、穴に挿入される穴充填手段も含む。

【 0 0 2 2 】

使用される一方法は、更に、ホットプレス加工後であって通路充填手段の除去前に、内壁を貫通し少なくとも一つの通路に延びる複数の穴を作る工程を有する。

使用される一方法は、更に、通路充填手段の除去後に、内壁を貫通し少なくとも一つの通路に延びる複数の穴を作る工程を有する。

【 0 0 2 3 】

前記したように、フィルム冷却が可能でないか、或いは選択できるものではないような場合に、高温壁表面と低温壁表面との間に冷却通路を作った燃焼器及び遷移部材が増大した熱伝達を有して必要な冷却をもたらす。そのような燃焼器及び遷移部材が下記の実施例に示す方法により作ることが出来る。

実施例 1 (製作したが、試験はしていない)

図 7 の約 1.1 / 4 インチ x 約 3.1 / 2 インチのパネル 9 2 を製作した。ステンレス鋼通路の形状は下記実施例と同様であり、犠牲材片は下記実施例のようなモネルの代わりに低炭素鋼から作った。底壁 8 6 は下記のようにステンレス鋼の板から作った。しかし上壁はパウダー・フォイル法で作った。この方法は高強合金から箔を作るのに用いた。

【 0 0 2 4 】

パネル 9 2 に関して、約 0.02 インチの厚さのステンレス鋼箔を鋼通路集成体 9 0 の上にタック溶接し、ステンレス鋼箔と HIP 缶壁との間に空隙を残して、HIP 缶内に置いた。集成体 9 0 は部片 8 0、8 2、8 4、及び 8 6 からなる。それから前記空隙に NiCrAlY 粉末を充填した。この粉末は HIP 工程中、ステンレス鋼通路集成体上の約 0.02 インチの厚さの上壁 8 8 に合体した。下記のパネルでしたように、HIP 缶と犠牲部片は HIP 工程後にエッチング除去された。最初の粉末箔構造は、HIP 加工に於いて 8 0

10

20

30

40

50

個の冷間圧延された鋼ブロック 8 2 に支持され、16 個の冷間圧延された溝付き鋼部片 8 4 によって分離された 80 個のステンレス鋼 U 字通路 8 0 を含んでいた (図 7)。これらの部片は 0.02 インチのステンレス箔の上に組み立てられ、他方の面上に Ni 合金粉末を付して HIP 加工して 0.02 インチの外壁を作った。鋼を除去するためにエッチングした後、ステンレス及び Ni 合金の両外壁 8 6、8 8 の間に、図 7 に示すようなパターンで垂直のステンレス仕切り壁からなる空間が構成された。

【 0 0 2 5 】

この最初のパネルは異なる部分の組成を異なる熱或いは機械的要件に合わせる事が出来る方法であることを実証した。

実施例 2 (製作し、且つ、試験した)

ジグザグ冷却通路を持ち、約 6.44 インチ × 約 4.14 インチのパネル 5 2 を 304 ステンレス鋼から HIP 製造した。HIP 加工後のパネルの寸法及び内部構造は図 4 に示されている。パネル 5 2 はそれぞれ厚さが約 1/16 インチ及び約 3/16 インチのステンレス鋼上板 5 4 及び底板 5 6 から構成された。ステンレス鋼 U 字通路 5 8 は上壁が約 0.040 インチ厚さであり、側壁が約 0.080 インチの厚さであった。通路は約 0.410 インチの幅であり、側壁から側壁までの開口は約 0.250 インチであった。通路内の上から底までの開口は約 0.160 インチであった。通路間の間隔は約 0.250 インチであり、通路間の上から底までの寸法は約 0.200 インチであった。

【 0 0 2 6 】

パネル 52 の構成にあたり、通路 5 8 は、実施例 1 の部片 8 4 と同様にジグザグである犠牲材モネル片 (図示せず) の上に強固に取り付けた。全集成体を冷間圧延した HIP 缶内に置き、排気した。

約 15 ksi 且つ約 1150 °C で HIP 加工後、缶と犠牲モネル材は約 45% 硝酸 / 約 5% の硫酸 / 約 50% の水の溶液でエッチング除去した。それから、ステンレス集成体の底板 5 6 を貫通する衝突冷却用の一連の約 0.060 インチ径の穴 (図 5 で 6 2) をドリル加工した。穴は薄い側壁にも内部冷却通路壁にも接触しない。

【 0 0 2 7 】

図 5 のドリル加工したパネルの X 線像は冷却通路と壁に対するドリル加工された穴 6 2 の位置を示している。図 5 で白く見える 6 個の中央通路には像の見えない穴もある。

この方法を用いて、直線状冷却通路 (図 6) を持つ、寸法及び壁厚さが同じのパネルも製作し、次いで穴をドリル加工して図 8 のパネルを作った。

【 0 0 2 8 】

それから、これら二つのパネルは下記の熱伝達試験で評価した。これらパネルからのデータは性能が本質的に同様であることを示した。しかし、簡易の衝撃冷却法と比較すると、熱伝達性能は、低レイノルズ数の状態で約 22% から約 28% だけ改善され、高レイノルズ数の状態で約 10% から約 18% だけ改善された。

【 0 0 2 9 】

二つのパネルを試験した目的は、共に衝撃通路として特徴付けられる二つの冷却形状の熱伝達性能を評価するためであった。これらの通路は、直線状か、ある形状での蛇行形状であるが、冷却流管又は通路で構成され、これらに一つの壁を貫通して衝撃ジェットが供給される。このような通路の目的は、冷却の要請に従って流れを向けさせる形ではあるが、衝撃に関連して高熱伝達性能の利点を得るためである。理想的には、衝撃と対流導管熱伝達を上手く組み合わせれば、衝撃が対流導管熱伝達か、それら自体に優る結果が得られるであろう。更に、粗い横断素子、ギザギザの蛇行形状、或いは他の手段を用いて、対流熱伝達を高めた幾何形状を見分ける事が出来るであろう。しかし、最適な形状を決めるのは、衝撃の多くのファクタ、対流のファクタ、と同様にこれら二つの相互作用により生じるファクタに依存する。

【 0 0 3 0 】

試験は上述した二つのパネル 7 0 と 5 2 に関する。図 8 に示すベースライン・パネル 7 0 は通路中心線に沿って規則的に間隔を置いた衝撃ジェットを有する直線状通路で形成され

10

20

30

40

50

る。二つめのパネル52は図9に示されるように、ジグザグ通路と言われる蛇行形状である。図9において、衝撃ジェットは図8のように間隔と寸法が同じであるが、中心線に対してずれている。図に示す寸法のこれらの装置に対して、全熱伝達性能を、圧力降下も試験した。これらの試験の結果を比較し、又、結合リブのない平行板の簡易衝撃の場合と比較する。

【0031】

【試験の構成】

図10及び11は各装置に対して用いる試験の構成を示す。適度の圧力空気が、ワーthington (Worthington) コンプレッサーから約75 psig、70°Fでフローベンチュリーに供給された。流量は入り口圧力、差圧、及び温度のインライン・ベンチュリー測定から決定した。試験部分の流れ及び圧力は、ベンチュリーの上流のボール弁、ベンチュリーの下流のニードル弁、試験部分の出口下流のボール弁、の3個の手動弁を用いて確定した。

10

【0032】

各パネル52、70は13×8ジェットの配列を有している、即ち、中央の13の通路のそれぞれに等間隔の8ジェットがあり、ほかの通路には試験では流れはない。図11に示すように、パネル52、70は入り口プレナム94と出口プレナム96に同じ様に固定した。入り口プレナム94は全衝撃ジェットに均一な空気の分布が確実となるのに十分な大きさとした。出口プレナム96は、背圧による流れの不均一な分布を最小にするために通路から広がり出る(拡大)ようにした。温度と静圧は入り口プレナム94と一つの出口プレナム96(二つの出口は対称な流れと仮定)で測定した。別に熱電対が各出口プレナム96の出口におかれた。

20

【0033】

各試験部分の衝撃表面(板)は機械加工した溝に2個の熱電対がしっかりと取り付けられた。熱電対の一つは流通路の上に配置される様にし、他方の熱電対は分離用リブの上にあるようにしたものである。衝撃表面への熱入力には厚い銅ブロックを介したが、それには小型の加熱棒が5個埋め込まれていた。装置の最大加熱速度は約7170 btu/hr (2100 W)であった。銅ブロック温度も監視した。銅ブロックとステンレス鋼試験表面との熱接触はサーマルグリースと万力クランプにより促進した。集成体全体を絶縁物で覆った。

30

【0034】

試験条件

表1はこれらの装置に対して計画された初期の試験範囲のマトリックスである。各種のジェットRe対しこの表は関連する衝撃圧力比及び関わる差圧を示している。

表1 通路装置に対する初期の試験マトリックス

次のマトリックスは近似的な数を含む。これらの範囲を確定する基準は1) 衝撃圧力比Pratを1.10以下に保ち、2) ジェット・マッハ数を0.030以下のMjの非圧縮範囲に保った。これらの基準は試験を代表的な範囲に保って実際のハードウェアを単量化するためである。530Rの入力温度が仮定された。装置を通る全質量流量は、0.060インチの直径の衝撃穴が13×8の配列で、空気を流体に使い、平均吐出係数を0.8と仮定している。

40

【0035】

【表1】

入口 P_s psia	衝突後 P_e psia	ΔP psid	Pr_{rat}	Rho lbm/ft ³	G_j lbm/ft ² /s	Re_j	m lbm/s
16.2	14.7	1.5	1.10	.0825	27.0	11000	.042
32.4	29.4	3.0	1.10	.165	54.3	22000	.085
	30.9	1.5	1.05		38.4	15600	0.60
	31.4	1.0	1.03		31.4	12700	.049
60.0	54.8	5.3	1.09	.306	97.5	40000	.199
	57.0	3.0	1.05		73.0	30000	.149
	58.5	1.5	1.03		51.0	21000	.105
79.7	71.8	7.9	1.11	.406	138.0	56600	.282
	74.7	5.0	1.07		110.0	45000	.224
	76.7	3.0	1.04		85.3	35000	.174
	78.2	1.5	1.02		60.9	25000	.125

600 psia、850 °Fでの蒸気冷却に対し、1.015の Pr_{rat} で、仮定した設計点は $Re_j = 56600$ 且つ $G_j = 207 \text{ lbm/ft}^2/\text{sec}$ (これは衝撃圧力降下 9 psid に基づいている。)

試験は約 63 psia の一つの入力圧力に限定した。各装置に対して3個の Re 数、3個の異なる加熱速度で試験を行った。この3個の Re 数の場合、表1の60 psia レベルの値とほぼ同じである。加熱速度は略 1700、2700、及び 4400 btu/hr (500、800、及び 1300 W) であった。これらの試験の組み合わせのすべてが、所定の流量及び加熱速度に対して、流体および金属温度ともに定常状態を得るために行われた。

平行板衝撃性能

これらの評価は、「横断流を伴うジェット配列衝撃に対するストリーム様流れ及び熱伝達分布」フロシュエツ (Florschuetz)、トルウマン (Truman)、メツツア (Metzger)、1981年、ジャーナル・オブ・ヒート・トランスファ (Journal of Heat Transfer) Vol. 103、pp. 337-342、によって与えられた相関に基づいて行われた。この研究は通路内のジェットではなく、インライン及びジグザグの両方のジェット配列に対するものである。これらの概算は、試験した衝撃通路と比較するための「増強」されていない衝撃熱伝達を提供するのである。

【0036】

この試験の通路形状に対し、

$$d = 0.060 \text{ インチ} \times / d = 7y / d = 4.17 (z/d)_{ave} = 3Pr = 0.68$$

$Gc = 0$ として、最初のジェット $Nu_1 = 0.0641 Re_j^{0.727}$ 、そしてあい次ぐジェットは

$$\text{インライン配列に対し、} Nu_d = Nu_1 \{ 1 - 0.684 (Gc/Gj)^{0.561} \}$$

$$\text{ジグザグ配列に対し、} Nu_d = Nu_1 \{ 1 - 0.969 (Gc/Gj)^{0.660} \}.$$

この形状に対し、最大横断流係数は約 $Gc/Gj = 0.22$ 、であり、4個のジェット流領域に対し平均の Nu は

$$Nu_{ave} = 0.829 Nu_1 \quad \text{インライン} \quad (1)$$

$$Nu_{ave} = 0.799 Nu_1 \quad \text{ジグザグ} \quad (2)$$

である。

【 0 0 3 7 】

本試験において、作動冷却通路の上にある加熱面積として選んだ作動表面積は約 0.107 ft^2 である。表 2 の概要は、式 (2) の熱伝達係数と、 Re の範囲及び 3 個の異なる壁 - 流体温度ポテンシャルに対する加熱速度を示し、これらはすべて冷却材の供給は 70° F である。この相関は断熱壁温度の使用に基づくもので、ジェット入力温度に基づくものではないことに注意されたい。

【 0 0 3 8 】

表 2 平行板に対する加熱速度及びヌッセルト数の概算

【 0 0 3 9 】

【表 2】

Re_j	Nu_{ave}	h_{ave} btu/hr/ft ² /F	Q_{ave} btu/hr
$DT=T_{wall\ ave}-T_{air\ in}=50^\circ \text{ F}$		$k_{air}= .0157 \text{ btu/hr/ft/F}$	
20000	68.7	216	1156
30000	92.3	290	1552
40000	113.7	357	1910
50000	133.7	420	2247
$DT=T_{wall\ ave}-T_{air\ in}=100^\circ \text{ F}$		$k_{air}= .0162 \text{ btu/hr/ft/F}$	
20000	68.7	223	2386
30000	92.3	299	3199
40000	113.7	368	3938
50000	133.7	433	4633
$DT=T_{wall\ ave}-T_{air\ in}=150^\circ \text{ F}$		$k_{air}= .0168 \text{ btu/hr/ft/F}$	
20000	68.7	231	3708
30000	92.3	310	4976
40000	113.7	382	6131
50000	133.7	449	7207

装置試験結果

表 3 及び 4 はそれぞれベースラインパネル 7 0 及びジグザグパネル 5 2 の試験データを示す。これらの表において、空気出口温度は 3 個の出口熱電対の平均であり、壁平均温度は 2 個の金属表面熱電対の平均であり、 DT_f は入力と平均出口の流体温度差、出力はヒーターへ供給されるもの全部である。

表 3 直線状通路パネル 7 0 (ベースライン)

【 0 0 4 0 】

【表 3】

10

20

30

40

		$P_{atm}=14.54 \text{ psia}$		$T_{atm}=72^\circ \text{ F}$			
$T_{air \text{ in}}$	$T_{air \text{ out}}$	ave DT_f	$T_{wall \text{ ave}}$	$P_{air \text{ in}}$	$P_{air \text{ out}}$	DP_f	Power
(F)	(F)	(F)	(F)	(psia)	(psia)	(psid)	(btu/h)
r)							
$R_{jet}=22620$							
70	87	17	125.5	48.15	46.66	1.49	1721
70	98	28	161.0	48.39	46.98	1.41	2773
71	117	46	225.0	48.34	46.94	1.40	4616
$R_{jet}=31900$							
70	82	12	117.5	48.38	45.31	3.07	1704
71	90	19	147.5	48.53	45.51	3.02	2786
71	103	32	194.5	48.48	45.39	3.09	4514
$R_{jet}=41640$							
69	78	9	108.5	48.25	42.78	5.47	1711
69	84	15	135.5	48.19	42.71	5.48	2803
70	94	24	177.5	48.29	42.81	5.48	4517

10

20

表4 ジグザグパネル装置52

【0041】

【表4】

$P_{atm}=14.79 \text{ psia}$ $T_{atm}=71^\circ \text{ F}$

$T_{air \text{ in}}$ (F)	$T_{air \text{ out}}$ (F)	ave DT_f (F)	$T_{wall \text{ ave}}$ (F)	$P_{air \text{ in}}$ (psia)	$P_{air \text{ out}}$ (psia)	DP_f (psid)	Power (btu/h)
-----------------------------	------------------------------	-------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	------------------	------------------

r)

Rejet = 2 2 6 7 0

69	87	18	125.0	48.20	46.66	1.54	1722
71	100	29	160.5	48.28	46.69	1.59	2763
73	120	47	219.0	48.20	46.59	1.61	4531

10

Rejet = 3 2 3 0 0

66	79	13	114.0	48.50	45.19	3.31	1712
66	86	20	141.5	48.84	45.56	3.28	2756
66	99	33	184.5	48.81	45.53	3.28	4473

Rejet = 4 1 7 2 0

67	77	10	106.0	48.23	42.50	5.73	1728
66	82	16	129.5	48.19	42.44	5.75	2774
65	91	26	165.5	48.21	42.44	5.77	4439

20

これら 2 つの試験条件は非常に類似していた。結果を比較するとジグザグパネル 5 2 のベースラインパネル 7 0 に対する改善は非常に少なく、実際、全く実験の不確定さの範囲にある。ベースラインパネルからジグザグパネルへ行くにつれ圧力降下は確実に増加する様に見えるが、これも不確定さの範囲内である。

【 0 0 4 2 】

これらの結果を先に示した平行板相関と更に比較するため、装置の周囲への熱損失を決定した。一つの装置は数時間 3 個の異なる出力レベルで加熱され、各出力 供給 / 損失に対する定常温度を決定した。熱損失は次のように要約される。

30

【 0 0 4 3 】

【表 5】

T_{wall} (F)	$T_{wall} - T_{atm}$ (F)	Q_{loss} (btu/hr)
9 9	2 8	3 5
1 3 7	6 6	6 8
1 6 8	9 7	1 0 3

これらの損失は装置の特定の温度レベルに対して、全出力入力から除去した。

40

【 0 0 4 4 】

下に二つの場合、約 4 1 7 0 0 の高 Re で高加熱速度の場合と、約 2 2 6 5 0 の低 Re で高加熱速度の場合が比較されている。ここで have が壁平均対流体温ポテンシャル (流体入口と出口の平均) を用いて決められる。

【 0 0 4 5 】

【表 6】

	ベースライン 70		ジグザグ 52	
Re	h of Eq.(1) (btulhr/ft ² /F)	h _{ave}	h _{ave}	
22650	262	320	335	
41700	393	432	463	

この比較によると、インラインジェットの良い簡易な場合に対して、衝撃パネル（52、70）の熱伝達性能は低 Re のとき約 22 - 28 % 大きく、高 Re のとき約 10 - 18 % 大きい。

【0046】

結論

同じジェット配列形状に対して及び平均流体温度に基づいて、衝撃パネル 52、70 の全熱伝達特性を簡易衝撃のそれと比較すると、10 - 30 % くらいの改善が見られた。

ベースラインの直線状衝撃通路をジグザグ蛇行形状衝撃通路 52 と比較すると、後者の全熱伝達性能のわずかな改善は実験の不確定さの範囲内である。又、ジグザグパネルのわずかの圧力降下の増加は測定精度の範囲内であるが、熱伝達の増加と整合した。

【0047】

前述した熱伝達の増加は、製造又は費用の考慮に優先して重要な改善を表わしている。通路を追加すれば通路間で流体の動き及び分布を行うことが出来る。これは利用出来る内部熱伝達表面積も増加するが、圧力降下も増加するであろう。

多くの形状パラメータを別として、通路リップの存在は衝撃表面から主要な熱伝達表面の効果減じるという事実には打ち勝たねばならない。通路壁を使用して、内部表面積或いは内部熱伝達係数を増加することは、高温壁からリップへ効果的なエネルギーの伝達を伴わなければならない。材料はこの効果に大きな役割を果たす。この試験のステンレス鋼は超合金と同じような低熱伝導度であり、エネルギーを通路リップへ運ばない。熱勾配は関連した問題である。伝導度が 2 乃至 4 倍高い NiAl のようなより高い電導度の材料は本通路と同じような設計に対して、熱性能が計算上かなりの利点があることを示した。

【0048】

本試験は可能な寸法形状（流体及び構造）の出発点を表わすにすぎない。パラメータの最適化によりかなり大きな熱伝達性能が得られるであろう。

共に通路内の衝撃を有する、ベースライン直線状通路パネル 70 及び蛇行形状ジグザグ通路パネル 52 の作られた 2 つの装置に対する上記の試験報告から、これらの装置を平行板間の簡易ジェット配列衝撃と比較すると、いずれも全熱伝達はかなり増強されると結論される。しかしこれらの 2 つの装置の構成の結果は、それらを互いに比較すると、実験の不確定さの範囲内である。簡易衝撃に対し 10 - 30 % 以上の増強が実現出来るかもしれないので、同様な冷却形状のある形を調べる価値がある。

【0049】

実施例 3（製作したが試験せず）

約 1・1 / 2 インチ × 7・1 / 2 インチの板予成形体 40 を、約 0・04 インチ厚 HA 214 上面 42 及び底面 44、約 0・005 インチ厚 304 ステンレス鋼箔分離板 46、及び犠牲モネル片 50 の周りの 304 ステンレス鋼 U 字通路 48 からなる約 0・2 インチ厚の内部コアから作った。板 40 の断面は図 2 に示されている。通路及びモネル片はその板の下方に連続して延在している。通路はジグザグに構成されたが、乱流を増加する構造で熱伝達を増大する設計思想である。板は缶に入れられ、約 1150、約 4 時間、約 15 ksi で HIP 加工された。HIP 加工後、約 75 % の全圧下げ量を得るため板 40 は約 950 まで加熱され、それから、熱間圧延された。次いで、約 24 インチの長さの部材片が約 7・1 / 2 径まで冷間フープロールされた。このリングを約 45 % の硝酸、約 5 % の硫酸、約 50 % の水からなる高温溶液中でエッチングし、炭素鋼の HIP 缶と U 字通路

10

20

30

40

50

内の犠牲モネル片50を除去した。

【0050】

モネルの除去により、図3bに示すように、二重壁構造64が、約0.05インチ高の冷却空洞74と内部304ステンレス鋼の仕切り壁76によって分離された約0.011インチ厚のHA214の壁66、68を有して残された。鋼の缶をエッチングで除去する際に、冷間加工の部分的な弛緩により巻かれたリングが開いた。このことは、エッチングの前に、部材片の拘束及び応力弛緩により避けることが出来る。

【0051】

上記の方法はガスタービンに用いる燃焼器及び遷移部材のような構造を製造するに用いることが出来るし、外壁としてより強い合金のような異なる材料を用いて製作することも可能である。高強度の超合金の箔は得られないであろうから、予成形体の上面及び底面は超合金粉末の工程中HIP圧密化を用いて作ることが出来る。使う材料の種類によるが、構造は冷間の代わりに、熱間リングロールすることが出来る。

10

【0052】

冷却通路を持つ円筒構造、例えば、複数の冷却通路を持つ二重壁を有するガスタービン用燃焼器/遷移部材を作る上記した方法は、構造の内側部材と外側部材との間に配置され冷却空気をもたらす軸方向及び/又は円周方向横断流流路を作るのに用いることが出来る。冷却通路は、構造の内側部材と外側部材との間の領域に形成することが出来る。構造を通る流れの方向に対して、流路は好ましくは軸方向及び/又は円周方向に延在する。軸方向流路は一端から他端まで完全に延在し、円周方向流路は構造の周囲の周りに延在する。

20

【0053】

ここに記載した方法は、内部特徴部、簡単な或いは高度に複雑な蛇行形状流路、各種の厚さの壁、所望の場合は流れ入り口及び出口を含む接近可能にして、かつ空気力学的に要求される構造に従う3D通路を有する構造を作るにも用いることが出来る。実施例が示すことは、この技術は、冷却を増強する用途を持つ構造、例えば、ガスタービンを製造するのに応用することが出来るが、同じ方法で中実の構成部材に代える二層又は多層構造の航空機エンジン用途の重量の減少した構成部材を製造するのに用いることが出来る。

【0054】

ここに記載した方法は、本発明の好ましい実施例であるが、本発明は開示した詳細な方法に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した本発明の範囲内で様々な改変が可能であることを理解されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】代表的なガスタービンの模式図。

【図2】本願発明の一方法によるHIP加工された板の予成形体の断面図。

【図3】図3aは本願発明の一方法により作られた全リングローリングされた構造のマクロ図。図3bは本願発明の一方法により作られた全リングローリングされた図3aの構造の断面図のマクロ図。

【図4】本願発明の一方法により作られた冷却流の能力が向上したステンレス鋼の例示用パネルを示す図。

【図5】冷却流の能力が向上したステンレス鋼の例示用パネルをHIP加工しエッチングしたものの図4の0.75倍のX線写真像である。

40

【図6】図4の冷却流の能力が向上したステンレス鋼の例示用パネルと比較するための、直線状冷却流を有するパネルを示す図。

【図7】HIP加工に於いて80個の冷間圧延された鋼ブロックに支持され、16個の冷間圧延された溝付き鋼部片によって分離された80個のステンレス鋼U字通路を含む最初の粉末箔構造を示す図。

【図8】図9の冷却流の能力が向上したステンレス鋼の例示用パネルと比較するためのもので、冷却流の能力が向上したドリル加工の穴パターンを有する直線状冷却流用の構成要素を示す図。

【図9】ジグザグパターンを有する冷却流の能力を向上させたパネルを示す図。

50

【図10】図8及び9の冷却用構成要素を試験するための試験用構成を示す略図。

【図11】図8及び9の冷却用構成要素を試験するための試験用構成図の斜視図。

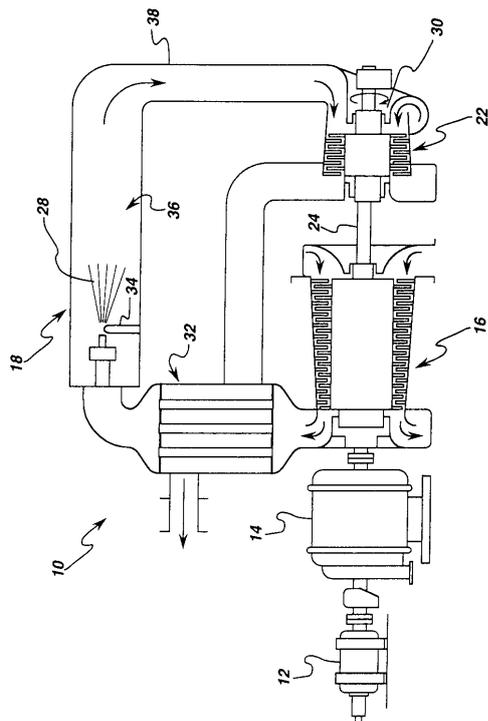
【符号の説明】

10：ガスタービン

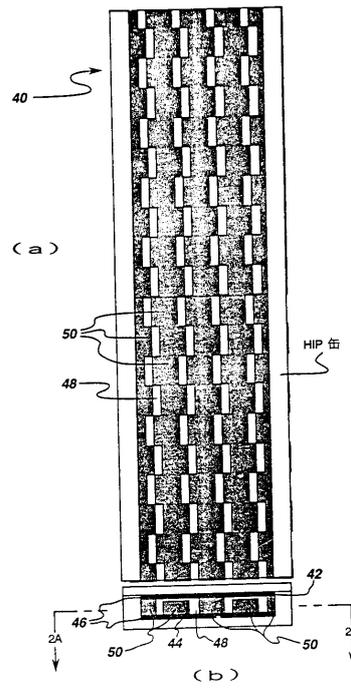
36：燃焼室

38：遷移部材

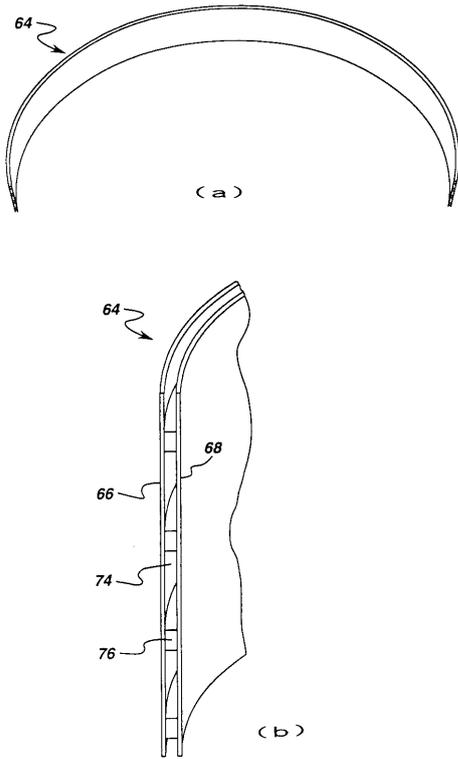
【図1】



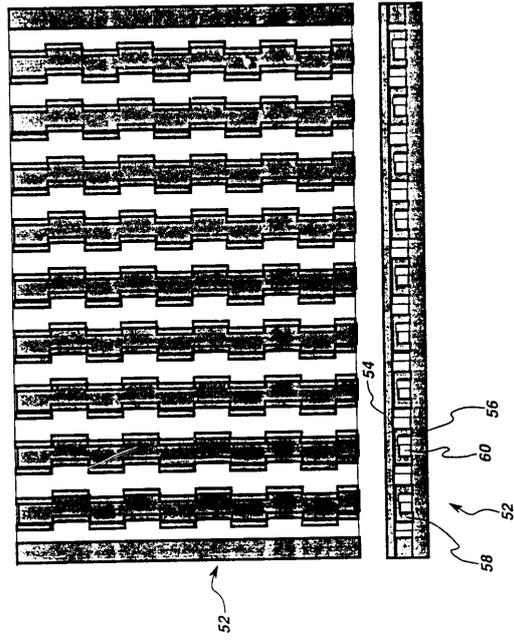
【図2】



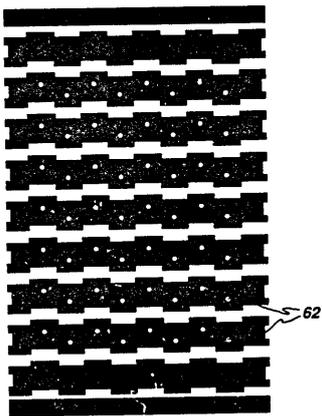
【 図 3 】



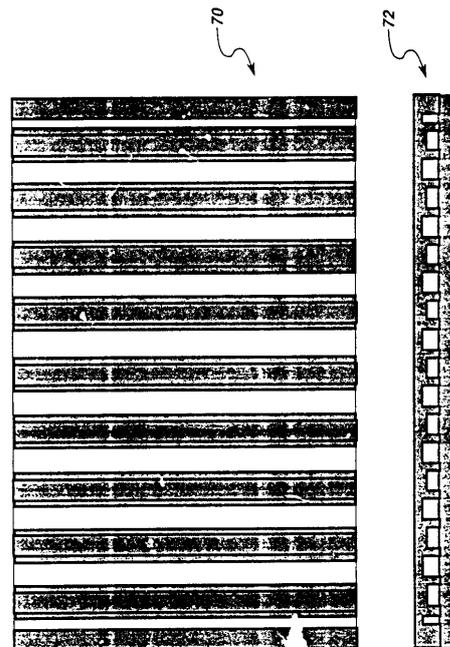
【 図 4 】



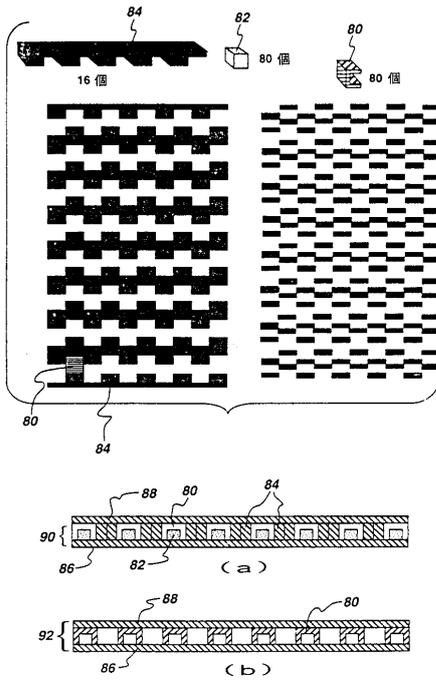
【 図 5 】



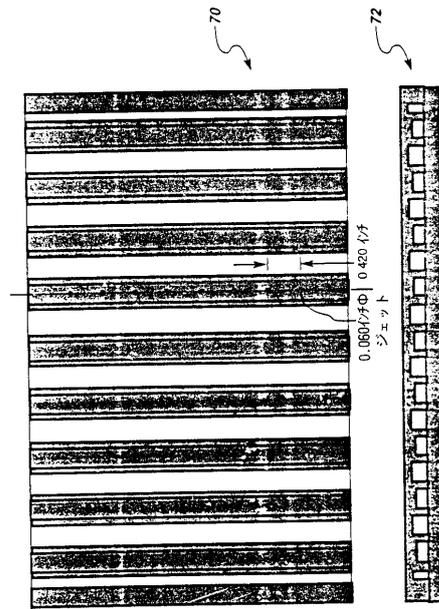
【 図 6 】



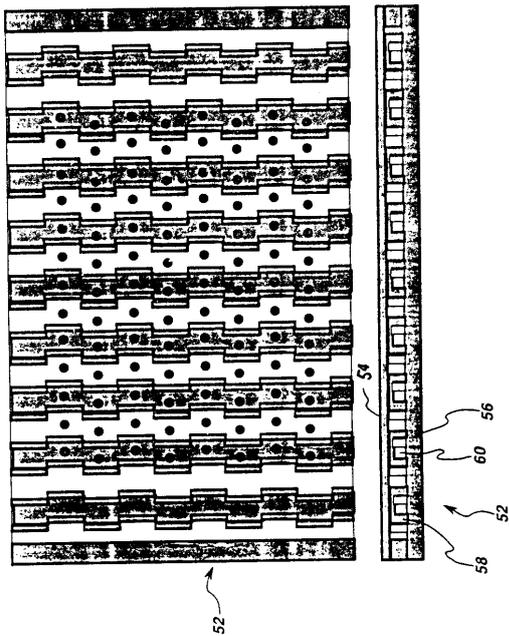
【図7】



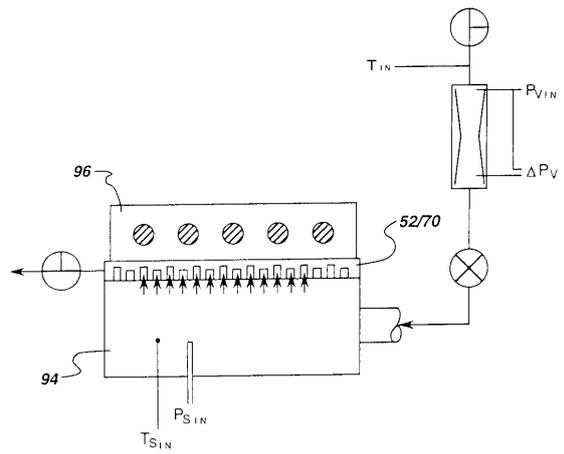
【図8】



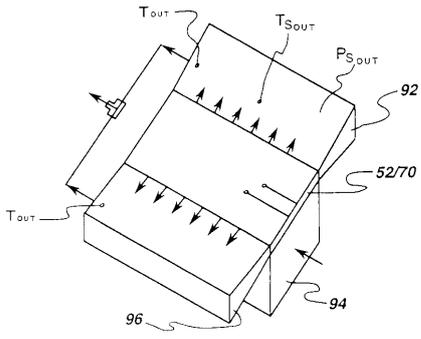
【図9】



【図10】



【 1 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 メルビン・ロバート・ジャクソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ニスカユナ・ドライブ、2208番
- (72)発明者 フランシス・ローレンス・カークパトリック
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ギャルウェイ、ルート・29、1274番
- (72)発明者 フランシスコ・ジョセ・テンレイロ・カンハ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、フォックスファイヤー・ベンド、7番
- (72)発明者 ネシム・アブアフ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデイ、バレンシア・ロード、1532番
- (72)発明者 ロナルド・スコット・バンカー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、クリフトン・パーク・ロード、1372番

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特開平06-201131(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F23R 3/42

F02C 7/00

B23K 20/00