

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5899264号
(P5899264)

(45) 発行日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月11日(2016.3.11)

(51) Int.Cl.	F 1
F 2 3 R 3/42 (2006.01)	F 2 3 R 3/42 A
F 0 2 C 7/18 (2006.01)	F 0 2 C 7/18 C
F 0 2 C 7/00 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 D
F 2 3 R 3/06 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 F
B 2 3 K 26/384 (2014.01)	F 2 3 R 3/06

請求項の数 14 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-92185 (P2014-92185)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成26年4月28日(2014.4.28)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2014-219002 (P2014-219002A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成26年11月20日(2014.11.20)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成26年4月28日(2014.4.28)		番
(31) 優先権主張番号	13/875, 150	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成25年5月1日(2013.5.1)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成形冷却孔を備えた基材及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

成形冷却アパーチャを備えた燃焼器ライナであって、
 入口面と出口面とを有する燃焼器ライナと、
 第 1 の曲線セグメント、第 2 の曲線セグメント、及び少なくとも 2 つの線形セグメント
 を有する入口と、
 前記入口のアパーチャから前記出口面に向かって移行点まで延びるボアと、
 前記移行点から前記出口面まで延び、第 1 の曲線セグメント、第 2 の曲線セグメント、
 及び少なくとも 2 つの線形セグメントを有する出口と、
 を備え、前記入口が第 1 の面積を有し、前記出口が第 2 の面積を有し、前記第 2 の面積が
 前記第 1 の面積よりも大きく、
 前記出口が、前記入口と比べて 2 つの方向で拡大しており、該 2 つの方向が、1 つの寸法
 に沿っている、燃焼器ライナ。

【請求項 2】

前記ボアが、前記出口面に対して 5 度よりも大きく 5 0 度未満の角度で配置される、請
 求項 1 に記載の成形冷却アパーチャを備えた燃焼器ライナ。

【請求項 3】

前記ボアが、前記出口面に対して 2 0 度の角度で配置される、請求項 1 に記載の成形冷
 却アパーチャを備えた燃焼器ライナ。

【請求項 4】

前記冷却アパーチャが、実質的に Y 字形である、請求項 1 に記載の成形冷却アパーチャを備えた燃焼器ライナ。

【請求項 5】

航空機エンジン構成要素であって、

空気流に隣接して位置付けられ、入口面、出口面、及び冷却アパーチャを有する基材を備え、前記入口面が、第 1 の曲線セグメントと、第 2 の曲線セグメントと、前記第 1 及び第 2 の曲線セグメント間に延びる第 1 及び第 2 の線形セグメントとによって定められる入口を有し、

前記航空機エンジン構成要素が更に、

前記入口から前記出口面に向かって予め選択された角度で延びたボアと、

前記出口面に形成され、第 1 の曲線セグメントと、第 2 の曲線セグメントと、前記第 1 及び第 2 の曲線セグメント間に延びる第 1 及び第 2 の線形セグメントとによって定められる出口と、

を備え、前記入口が第 1 の面積を定め、前記出口が第 2 の面積を定め、前記第 1 の面積が前記第 2 の面積よりも小さく、前記第 2 の面積は、前記第 1 の面積から前記第 2 の面積まで単一の寸法で拡大している、航空機エンジン構成要素。

【請求項 6】

前記ボアが、前記第 1 の面積が増大し始める移行点を有する、請求項 5 に記載の冷却アパーチャを備える航空機エンジン構成要素。

【請求項 7】

前記冷却アパーチャが、前記移行点と前記出口との間にウィングを有する、請求項 6 に記載の冷却アパーチャを備える航空機エンジン構成要素。

【請求項 8】

前記入口が、実質的に長円形状である、請求項 5 に記載の冷却アパーチャを備える航空機エンジン構成要素。

【請求項 9】

前記出口が、実質的に長円形状である、請求項 8 に記載の冷却アパーチャを備える航空機エンジン構成要素。

【請求項 10】

燃焼器ライナにおいて成形冷却孔を形成する方法であって、

レーザを用いて中心位置において中心ボアを出口から入口に向けてドリル加工するステップと、

前記レーザを前記中心位置の第 1 の側に移動させる間に 1 回目として前記レーザをパルス化して送るステップと、

前記第 1 のパルス化を停止し、前記レーザを前記中心位置に移動させるステップと、

前記レーザを前記中心位置の第 2 の側に移動させる間に 2 回目として前記レーザをパルス化して送るステップと、

前記第 2 のパルス化を停止し、前記レーザを前記中心位置に移動させるステップと、

前記レーザで孔開けし、冷却孔のサイズ及び形状を制御するステップと、

を含み、

前記入口が、第 1 の曲線セグメント、第 2 の曲線セグメント、及び少なくとも 2 つの線形セグメントを有し且つ第 1 の面積を有するよう形成され、

前記出口が、第 1 の曲線セグメント、第 2 の曲線セグメント、及び少なくとも 2 つの線形セグメントを有し且つ第 2 の面積を有し、該第 2 の面積が前記第 1 の面積よりも大きく、該出口が前記入口と比べて 2 つの方向で拡大しており、該 2 つの方向が 1 つの寸法に沿うよう形成される

ことを特徴とする、方法。

【請求項 11】

冷却アパーチャを形成する方法であって、

中心ボアを予め選択した角度で出口面から入口面に向かって基材を貫通してドリル加工

10

20

30

40

50

するステップと、

レーザ及び前記基材の一方を前記ボアの中心線に対して第 1 の方向で移動させる間に前記レーザを第 1 の連続列でパルス化して送るステップと、

前記第 1 の連続列での前記レーザのパルス化を停止し、前記レーザ及び前記基材の一方を移動させるステップと、

前記レーザ及び前記基材の一方を前記ボアの中心線に対して第 2 の方向で移動させる間に前記レーザを第 2 の連続列でパルス化して送るステップと、

前記第 2 の連続列での前記レーザのパルス化を停止し、前記レーザ及び前記基材の一方を移動させるステップと、

前記レーザで孔開けし、実質的に長円形状の入口を形成するステップと、
を含む、方法。

10

【請求項 1 2】

実質的に長円形状の出口を形成するステップを更に含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記長円形状の出口が、前記長円形状の入口よりも大きな面積を有して形成される、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記ボア内に移行点を形成するステップを含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明の技術分野は、全体的にタービンに関し、より詳細には、ガスタービンの燃焼器ライナの製造及びノ又は冷却における特定の新規の有用な進歩に関し、以下は、その明細書であり、本明細書の一部を形成する添付図面を参照して説明する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンの燃焼器は、燃料の燃焼が生じ、エミッション及びノ又は燃料効率を含む様々なエンジン特性に影響を及ぼす構成要素又は領域である。燃焼器の目的は、燃料と空気の燃焼を調節して高温ガスの形態のエネルギーを生成することであり、このガスは、エンジン又は発電機タービンを回転させ、及びノ又は排気ノズルを通して送ることができる。燃焼器は、ホットスポットがタービン又は燃焼器を損傷しないように均一な出口温度プロファイルを維持すること、及び低エミッションの汚染物質で作動することを含む、様々な設計考慮事項の影響を受ける。従って、燃焼プロセスを含み且つ種々の空気流を燃焼ゾーン内に導入する燃焼器ライナは、高温に耐えるように構築されている。一部の燃焼器ライナは、熱障壁コーティング(「TBC」)によって断熱されるが、ほとんどは、ライナ温度を低下させるための様々なタイプの空気冷却に依存している。例えば、フィルム冷却は、燃焼器ライナの内部にわたって薄い一面の冷却空気を噴出し、他方、エフュージョン冷却は、燃焼器ライナにおいて狭間隔で配置された離散的細孔又は孔から形成される格子部を通して冷却空気を通過させる。2つの手法のうちエフュージョン冷却は、使用する空気が少なく、フィルム冷却よりも均一な温度プロファイルを生成する傾向がある。

30

40

【0003】

図 1 4 は、従来の円形フィルム冷却孔 1 2 0 を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図である。図 1 5 は、線 A - A' から見た、図 1 4 の従来の円形フィルム冷却孔 1 2 0 の別の断面図である。図 1 6 は、線 B - B' から見た、図 1 5 の従来の円形フィルム冷却孔 1 2 0 の別の断面図である。

【0004】

図 1 7 は、従来の円錐フィルム冷却孔 1 3 0 を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図である。図 1 8 は、線 A - A' から見た、図 1 7 の従来の円錐フィルム冷却孔 1 3 0 の別の断面図である。図 1 9 は、線 B - B' から見た、図 1 7 の従

50

来の円錐フィルム冷却孔 130 の別の断面図である。

【0005】

図20は、従来の「3D」フィルム冷却孔140を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図である。図21は、線A-A'から見た、図20の従来の「3D」フィルム冷却孔140の別の断面図である。図22は、線B-B'から見た、図20の従来の「3D」フィルム冷却孔140の別の断面図である。

【0006】

図23は、従来の「ファン」フィルム冷却孔150を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図である。図24は、線A-A'から見た、図23の従来の「ファン」フィルム冷却孔150の別の断面図である。図25は、線B-B'から見た、図23の従来の「ファン」フィルム冷却孔150の別の断面図である。

10

【0007】

図15～25を参照すると、各従来の冷却孔120、130、140、及び150は、基材100においてある角度を付けて形成される。基材100は、熱障壁コーティング101でコーティングされる。熱障壁コーティング101は、ボンドコート103でコーティングされる。各冷却孔120、130、140、及び150は、基材100の一方の側に形成された入口113と、基材100の反対側に形成されたより大きな出口111とを有する。各冷却孔120、130、140、及び150は、入口113と連通し及び/又はその一部を形成するポア112を有する。ポア112は、ほぼ円筒形である。円形の冷却孔120では、ポア112の直径114は、入口113と出口111との間で均一である。冷却孔130、140、及び150では、ポア112の直径114は、出口111の近傍で大きくなる。

20

【0008】

しかしながら、従来の冷却孔120、130、140、及び150の各々には、少なくとも1つの欠点がある。例えば、円錐フィルム冷却孔130及び「ファン」フィルム冷却孔150を分析すると、対流冷却において欠点があることが明らかになった。図示のような「3D」フィルム冷却孔140は、下流側方向の全ての側部で3次元拡散に移行する円筒形ポア112を有する。しかしながら、このタイプのエフュージョン冷却配列は、燃焼器ライナに好適ではない傾向があり、これは、このような3次元の下流側拡散によって、有意な量の熱障壁コーティング(「TBC」)が燃焼器ライナから取り除かれ、ここでの放射が熱負荷のかなりの部分を占める燃焼器における欠点となるためである。

30

【0009】

エフュージョン冷却での実施は、それぞれの空気流の結合が連続した保護フィルムになるのを確保し、また、あらゆる場所でポア対流冷却が確実に存在するように、多孔アレイの軸方向及び半径方向間隔を約6.5直径にまで制限する。この間隔は、単位面積当たりの最小冷却流が一定であることを意味する。しかしながら、技術が進歩するにつれて、NOxエミッション低減のための冷却流の低減及び空気の解放、効率の向上、及び/又は良好なタービン冷却に対する強い要求がある。

【0010】

同様に、過剰な応力集中を避けるため、多孔アレイの軸方向及び接線方向の間隔に対しての最小4又は5直径に制限される。この間隔は、単位面積当たりの最大冷却流が一定であることを意味する。しかしながら、燃焼器内の局所的流れ特性によってフィルムの蓄積が妨害されるある特定の位置では、ライナ寿命が短くなるのを避けるために、冷却流を局所的に増大させる強い要求がある。側方方向で入口調量孔を拡大することにより、形状ウイングに対し最良の空気供給をもたらす、調量孔直径を単に拡大するよりも良好なポア冷却表面積を与える。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】米国特許第6,655,149号明細書

50

【発明の概要】

【0012】

本明細書で図示及び説明され、請求項に記載されたように、ボア対流冷却の損失がほとんどない改善されたフィルム効果を有する、ガスタービンの燃焼器ライナなどのエフュージョン冷却構成要素で使用する成形冷却孔、並びにその形成方法の実施形態が提供される。成形冷却孔の実施形態の種々の特徴及び利点は、添付図面と共に以下の説明を参照することにより明らかになるであろう。

【0013】

一部の実施形態によれば、成形冷却アパーチャを有する燃焼器ライナは、入口面と出口面とを有する燃焼器ライナと、第1の曲線セグメント、第2の曲線セグメント、及び少なくとも2つの線形セグメントを有する入口と、入口のアパーチャから出口面に向かって移行点まで延びるボアと、移行点から出口面まで延び、第1の曲線セグメント、第2の曲線セグメント、及び少なくとも2つの線形セグメントを有する出口と、を備え、入口は第1の面積を有し、出口は第2の面積を有し、該第2の面積が第1の面積よりも大きい。

10

【0014】

更に別の実施形態によれば、冷却アパーチャを有する航空機エンジン構成要素は、空気に隣接して位置付けられ、入口面、出口面、及び冷却アパーチャを有する基材を備え、該入口面が、第1の曲線セグメントと、第2の曲線セグメントと、前記第1及び第2の曲線セグメント間に延びる第1及び第2の線形セグメントとによって定められる入口を有し、航空機エンジン構成要素が更に、入口から出口面に向かって予め選択された角度で延びたボアと、出口面に形成され、第1の曲線セグメントと、第2の曲線セグメントと、第1及び第2の曲線セグメント間に延びる第1及び第2の線形セグメントとによって定められる出口と、を備え、入口が第1の面積を定め、出口が第2の面積を定め、第1の面積が第2の面積よりも小さく、第2の面積は、第1の面積から第2の面積まで単一の寸法で拡大している。

20

【0015】

別の実施形態によれば、燃焼器ライナにおいて成形冷却孔を形成する方法は、レーザを用いて中心位置において中心ボアを出口から入口に向けてドリル加工するステップと、レーザを中心位置の第1の側に移動させる間に1回目として前記レーザをパルス化して送るステップと、第1のパルス化を停止し、レーザを中心位置に移動させるステップと、レーザを中心位置の第2の側に移動させる間に2回目としてレーザをパルス化して送るステップと、第2のパルス化を停止し、レーザを中心位置に移動させるステップと、レーザで孔開けし、冷却孔のサイズ及び形状を制御するステップと、を含む。

30

【0016】

更に別の実施形態によれば、冷却アパーチャを形成する方法は、中心ボアを予め選択した角度で出口面から入口面に向かって基材を貫通してドリル加工するステップと、レーザ及び基材の一方をボアの中心線に対して第1の方向で移動させる間にレーザを第1の連続列でパルス化して送るステップと、第1の連続列でのレーザのパルス化を停止し、レーザ及び基材の一方を移動させるステップと、レーザ及び基材の一方をボアの中心線に対して第2の方向で移動させる間にレーザを第2の連続列でパルス化して送るステップと、第2の連続列でのレーザのパルス化を停止し、レーザ及び前記基材の一方を移動させるステップと、レーザで孔開けし、実質的に楕円形状の入口を形成するステップと、を含む。

40

【0017】

次に、添付図面について概略的に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】成形冷却孔の1つの実施形態の断面図。

【図2A】線A-A'から見た、図1の成形冷却孔の別の断面図。

【図2B】線B-B'から見た、図1の成形冷却孔の別の断面図。

【図3】ドリル加工及びその後のコーティング及び清浄プロセスによって作製される、図

50

1及び2の成形冷却孔の1つの実施形態を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図。

【図4】線A-A'から見た、図3の成形冷却孔の別の断面図。

【図5】線B-B'から見た、図3の成形冷却孔の別の断面図。

【図6】成形冷却孔のアレイを形成させた基材の一部を示す概略図。

【図7】各成形冷却孔によって提供される幅広の出口を示す、所定角度で成形冷却孔のアレイを形成させた基材の出口面の上面図。

【図8】成形冷却孔の入口を示す、図7の金属クーポンの反対の入口面の上面図。

【図9】図1、2、3、4、及び5の成形冷却孔の1つの実施形態に関する、製造方法を例示した概略図。

10

【図10】図9の製造方法を更に示すフローチャート。

【図11】図1、2A、2B、3、4、5及び9に示した成形冷却孔のような1つ又はそれ以上の成形冷却孔を形成する別の方法の1つの実施形態のフローチャート。

【図12】1つ又はそれ以上の成形冷却孔を製造するのに使用されるシステムの1つの実施形態の概略図。

【図13】図12に示したような、基材内に1つ又はそれ以上の成形冷却孔を製造する方法を更に示したフローチャート。

【図14】従来の円形フィルム冷却孔を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図。

【図15】線A-A'から見た、図14の従来の円形フィルム冷却孔の別の断面図。

20

【図16】線B-B'から見た、図15の従来の円形フィルム冷却孔の別の断面図。

【図17】従来の円錐フィルム冷却孔130を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図。

【図18】線A-A'から見た、図17の従来の円錐フィルム冷却孔の別の断面図。

【図19】線B-B'から見た、図17の従来の円錐フィルム冷却孔の別の断面図。

【図20】従来の「3D」フィルム冷却孔を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図。

【図21】線A-A'から見た、図20の従来の「3D」フィルム冷却孔の別の断面図。

【図22】線B-B'から見た、図20の従来の「3D」フィルム冷却孔の別の断面図。

【図23】従来の「ファン」フィルム冷却孔を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図。

30

【図24】線A-A'から見た、図23の従来の「ファン」フィルム冷却孔の別の断面図。

。

【図25】線B-B'から見た、図23の従来の「ファン」フィルム冷却孔の別の断面図。

。

【図26】成形冷却孔の代替の実施形態の断面図。

【図27】線A-A'から見た、図26の成形冷却孔の別の断面図。

【図28】線B-B'から見た、図26の成形冷却孔の別の断面図。

【図29】図26の例示的な成形冷却孔の上面図。

【図30】基材の出口面の上面図。

40

【図31】基材の入口面の上面図。

【図32】製造方法を例示した、図26の冷却孔の概略図。

【図33】冷却孔を形成する方法を示したフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0019】

同じ参照符号は、別途記載のない限り縮尺取りではない複数の図面を通じて、同一又は対応する構成要素及びユニットを指す。

【0020】

図1は、所定角度で形成され且つコーティング及びその後のドリル加工プロセスによって作製される成形冷却孔の1つの実施形態を有する、1つ又はそれ以上の層27及び/又

50

は28でコーティングされた基材20の側断面図である。限定ではなく例証として、基材20の出口面37に対するボア53の所定角度は、約20度～30度の範囲とすることができる。図2Aは、線A-A'から見た、図1の成形冷却孔の別の断面図である。図2Bは、線B-B'から見た、図1の成形冷却孔の別の断面図である。図3は、ドリル加工及びその後のコーティング及び清浄プロセスによって作製される、図1及び2の成形冷却孔が形成された1つの実施形態を有する、熱障壁コーティングでコーティングされた基材の側断面図である。図4は、線A-A'から見た、図3の成形冷却孔の別の断面図である。図5は、線B-B'から見た、図3の成形冷却孔の別の断面図である。

【0021】

図1、2A、2B、3、4、及び5を参照すると、成形冷却孔10のボア53は、基材20の第1の側部36上に形成された入口13から、基材20の第2の側部37上に形成された成形冷却孔10の出口11まで延びている。図示のように、出口11は、入口13よりも大きな寸法を有する。ボア53の直径14(図2A、2B、4及び5)は、入口13から成形冷却孔10の移行点115まで円筒形である。成形冷却孔10の移行点115付近からは、ボア53の直径14は、1つの寸法でのみ(例えば、単一の寸法に沿って2つの方向で)拡大し、成形冷却孔の長手方向中心軸線35の周りで対称的な第1のウィング31と第2のウィング33(図A、2B、4及び5で示すように)とを有するようになる。

10

【0022】

図1、2A及び2Bにおいて、成形冷却孔10がレーザドリル加工される前に層27、28が基材20上でコーティングされるので、ボア63内にオーバーフローは存在しない。層27は、基材20の出口面37に取り付けられる。任意選択的に、別の層28、すなわち、第2の層28が層27に取り付けられる。1つの実施形態において、層27は熱障壁コーティング(TBC)であり、層28は、別の熱障壁コーティングか又はボンドコート何れかである。別の実施形態において、層27は、非熱障壁コーティングであり、層28は熱障壁コーティングである。実施形態によっては、成形冷却孔10の1つ又はそれ以上の寸法は、基材20の厚み30、基材20と層27の全体厚み51、又は基材20、層27及び層28の全体厚み52に対応するようにスケール調整又は修正することができる。

20

【0023】

図2A及び図4を参照すると、成形冷却孔10は、入口13から出口11まで貫通して延びるボア53を有する。出口11は、冷却孔10の中心長手方向軸線35の周りに対称的な対向するウィング31、33を有し、且つ1つの寸法でのみ拡大又は広がった成形部分を有する。図1及び図4の断面図は、「Y」字形を有する成形冷却孔10の実施形態を参照するベースを提供する。

30

【0024】

図2Bは、線B-B'から見た、図2Aの成形冷却孔10の別の断面図である。換言すると、この図は、出口11(図2A)から入口13(図2A)に向かって見たときの成形冷却孔10の断面図である。図5は、出口(図4)から入口14(図4)に向かって見たときの成形冷却孔10の断面図である。従って、図2B及び図5は、成形部分、又はウィング31、33、円筒形ボア53を有する成形冷却孔10を示している。

40

【0025】

図3、4、及び5は、図1の成形冷却孔10の第2の実施形態を描いている。この第2の実施形態において、成形冷却孔10は、最初に、所定角度にて基材20内にドリル加工される。その後、基材20は、所望の材料からなる少なくとも1つの層27でコーティングされる。このコーティングの結果として、層27を形成する所望の材料の一部は、出口11の一部内でオーバーフロー29を生じることができる。軟質層28の何らかのオーバーフローは、ボア53を通じて研磨剤をブラスト処理することにより除去される。

【0026】

図6は、成形冷却孔10のアレイ25を形成させた基材20の一部を示す概略図である

50

。この特定の非限定的な実施例において、基材 20 は、ガスタービンの燃焼器ライナである。成形冷却孔 10 のアレイ 25 は、列内に所定の列間隔 21 a と所定の孔間隔 21 b とを有する。加えて、1 つの実施形態において、成形冷却孔 10 の隣接する列は、所定量 23 だけオフセットされている。

【0027】

図 7 は、各成形冷却孔 10 によって提供される幅広の出口 11 を示す、所定角度で成形冷却孔 10 のアレイ 25 を形成させた基材 20 の出口面 37 の上面図である。図 8 は、成形冷却孔 10 の入口 13 を示す、図 7 の金属クーボンの反対の入口面の上面図である。図 7 及び 8 において、基材 20 は、任意選択的に 1 つ又はそれ以上の層でコーティングされた金属クーボンである。このような層は、図 3 を参照して説明した層 27 及び 28 とすることができる。

10

【0028】

(本発明の実施形態に関連する例示的な恩恵)

本明細書で説明されるように、成形冷却孔 10 の実施形態は、1 つ又はそれ以上の例示的で非限定的な恩恵を提供する。

【0029】

再度図 1、2、及び 3 を参照し、従来使用されていた円形及びノ又は円錐形冷却孔と比較すると、成形冷却孔 10 の実施形態は、1 つの寸法にのみ出口 11 が延びて、これらの長さの約半分ではほぼ円筒形のままであり、これにより高いボア冷却速度が維持される。しかしながら、高いボア冷却速度はボア 53 を通って維持されるが、成形冷却孔 10 の実施形態は、冷却流の速度は、成形冷却孔 10 の幅広の形状部分に流入したときに低下するので、出口 11 における冷却剤の流れの流出モーメントが低下する傾向となる。従って、各成形冷却孔 10 を通る冷却剤の流れは、入口 13 を通る第 1 の(流入)モーメントと、出口 11 における低下した第 2 の(流出)モーメントとを有することになる。この低下した第 2 のモーメントは、流体ジェットが近傍表面に付着する傾向であるコアンダ効果と組み合わせさせて、望ましくないブローオフが低減される。そのため、成形冷却孔 10 の実施形態は、従来の円形孔 120 でこれまで達成できるものよりも大きな、冷却剤の流れの均一で幅広く薄いフィルム(以下「冷却フィルム」)を提供する。

20

【0030】

従って、1 つの実施形態において、成形冷却孔 10 は、入口 13 から移行点 15 まで延びた円筒形ボア 53 を有し、また、移行点 15 から延びた出口 11 を有し、該出口は、1 つの寸法でだけ、例えば、1 つの寸法に沿って少なくとも 1 つの方向で拡大して、基材 20 の出口面 37 に付加される層 27 の減少を最小限にし、成形冷却孔 10 を通って流れる冷却流体の冷却フィルムを拡散して、冷却流体が結合し、冷却剤終端間の高温ギャップを低減するようにする。従って、成形冷却孔 10 の実施形態を用いると、従来の円形フィルム冷却孔 120、従来の円錐フィルム冷却孔 130、従来の「3D」フィルム冷却孔 140 又は従来の「ファン」フィルム冷却孔 150 の他のタイプの出口形状に伴う悪影響無しで、この拡張出口 11 が提供される。

30

【0031】

その上、成形冷却孔 10 のアレイは、幾何学的対象範囲の改善、及び低いブローオフモーメントをもたらすことが分かっている。これらの作用を組み合わせ、従来のタイプのフィルム冷却孔 120、130、140、及び 150 のアレイで達成できるものよりも良好な冷却フィルムを基材 20 の出口面上に確立することができる。加えて、成形冷却孔 10 の出口 11 から流出する改善された冷却フィルム流体は、基材 20 の出口面 37 及びノ又は熱障壁コーティング(TBC)のような層 27 及びノ又は 28 を円形孔 120 の場合よりも良好に過剰温度から保護するが、成形冷却孔 10 のボア 53 が形成される材料は、基材 20 の出口面 37 から入口面 36 に向けて熱を奪うことを促進する対流熱伝達係数を有する。長さに沿って高い平均速度を維持することにより、「Y」字形孔 10 は、従来の孔 130、140、又は 150 よりも良好な対流冷却を提供する。また、成形冷却孔 10 は、従来の孔 130 又は 140 よりも熱障壁 28 をそのまま残すことができる。従って、

40

50

冷却孔のアレイにおいて、成形冷却孔 10 は、従来の冷却孔と比べて、出口 11 での冷却流体の低温の薄いフィルムを確立するのにより少ない列を使用している。成形冷却孔 10 の出口 11 での冷却流体の低温の薄いフィルムは、従来の冷却孔を用いて現行で得ることができるよりもより低い温度を基材 20 の出口面 37 上に提供する。これは、現行の冷却レベルで部品寿命を向上させ、及び / 又は表面温度限度内でより厚みのある層 27、28 を可能にする。

【0032】

要約すると、本明細書で記載される成形冷却孔 10 のアレイを有する基材 20 は、熱障壁コーティング及び / 又はボンドコートのような、基材 20 に既に施工されている層の温度を低下させ、及び / 又は従来のタイプの冷却孔 120、130、140、及び 150 と比べて、基材 20 を形成する下にある材料の温度を低下させることが分かった。これらの恩恵の何れか又は両方は、現行の冷却レベルで部品寿命を向上させ、及び / 又は表面温度限度内で、熱障壁コーティング及び / 又は他のタイプのコーティングのような層をより厚みのあるものにすることができる。航空機エンジン及び他のガスタービンの顧客は、より高い圧力比サイクル、次のオーバーホールまでの耐用期間がより長いこと、及び低エミッションといった燃料燃焼上の利点を求めているので、このような恩恵は重要なことである。しかしながら、このような相反する要件では、最少量の冷却流から最大の冷却上の恩恵を得ることが求められる。また、従来の孔 120、130、140、及び 150 に比べて、成形孔 10 にはコスト上の利点が存在する場合がある。除去される材料の量は、孔 130、140、又は 150 の場合よりも少なくなる。所望の流れ特性の維持は、孔 130 又は 150 の場合よりも円筒部分が限定されるのでより容易である。最後に、以下で説明するように、孔 130 又は 140 よりもレーザ合焦、レーザヘッド移動、又は部品移動の操作がより簡単である迅速なレーザプロセスによって形状を形成することができる。本明細書で記載される成形冷却孔 10 の実施形態は、これら及び / 又は他の問題に対処するので、限定ではないが、エンジン及びタービン、及び / 又はこれらの構成要素のような機械の最適設計において重要な役割を果たす。

【0033】

(製造及び / 又は使用方法)

成形冷却孔 10 を製造するのに様々な方法が用いられる。1つのこのような方法は、貫通孔をレーザドリル加工し、次いで、貫通孔の対向する両側に一致する、様々な深さの平行ショットを開始することを含む。別のこのような方法は、基材 20 (図 1) を回転させ、リードアンドラグ (進み及び遅れ) を伴うオンザフライでレーザドリル加工することを含む。何れの方法においても、基材は、レーザドリル加工の前又は後に 1 つ又はそれ以上のコーティングを施すことができる。

【0034】

図 9 は、図 1、2、3、4、及び 5 の成形冷却孔 10 の 1 つの実施形態に関する、製造方法を例示した概略図である。図 10 は、図 9 の製造方法を更に示すフローチャートである。

【0035】

図 9 において、基材 20 に形成された成形冷却孔 10 が示されている。基材 20 は、レーザ光源 60 から離間して配置される。レーザ光源 60 は、汎用又は専用のコンピュータとすることができるコントローラ 61 と結合される。任意選択的に、基材 20 は、固定又は可動支持体 57 上に支持される。支持体 57 が移動可能である場合には、該支持体はモータ 58 と結合される。このような実施形態において、モータ 58 は、コントローラ 61 と結合され、レーザ光源 60 によって照射される 1 つ又はそれ以上のレーザビーム 50 に対して 1 つ又はそれ以上の次元で、コントローラ 61 から出力されてモータ 58 により受け取られる 1 つ又はそれ以上の信号に従って基材 20 が移動して、成形冷却孔 10 が形成されるようにすることができる。コントローラ 61 は、ユーザインタフェース 67 と結合することができる。ユーザインタフェースの非限定的な実施例には、タッチスクリーン、キーボード、コンピュータマウス、及び同様のものが挙げられる。

【 0 0 3 6 】

1つの実施形態において、レーザ光源60は、レーザ発生器65と、レンズ64と、レーザ光源60の一部を形成するモータ63とを備える。1つの実施形態において、モータ63は、レンズ64及びコントローラ61と結合され、レーザ光源60から照査される1つ又はそれ以上のレーザビーム50が、コントローラ61から出力されてモータ63により受け取られる1つ又はそれ以上の信号に従って移動及び/又は合焦され、成形冷却孔10が形成されることになる。

【 0 0 3 7 】

或いは、レーザ光源60は、レーザ発生器65及びレンズ64を備え、レーザ光源60はまた、任意選択的に支持体62と結合され、或いは支持体62によって支持される。このような実施形態において、支持体62は、レーザ光源60の一部を形成するものではないがコントローラ61と結合されるモータ66と結合され、該モータ66によって移動する。

10

【 0 0 3 8 】

何れの実施形態においても、レンズ64は、1つ又はそれ以上のレンズを含み、複数のレンズを有するレンズ組立体を構成し、このレンズの1つ又はそれ以上が移動可能であり、1つ又はそれ以上のモータと結合することができる。

【 0 0 3 9 】

コントローラ61は、何らかのタイプのコンピュータ可読メモリのようなコンピュータ可読媒体上に格納された1つ又はそれ以上のコンピュータ可読命令を実行するよう構成されている。コンピュータ可読命令は、レーザ光源60及び/又はモータ58、63及び66の1つ又はそれ以上を作動させて基材20に成形冷却孔10を形成するよう、コントローラ61を設定する。従って、1つの実施形態において、コンピュータ可読命令は、レーザ光源60及び/又はモータ58、63及び66の1つ又はそれ以上を作動させて、図10に記載した方法ステップの1つ又はそれ以上を実施するようにコントローラ61を設定する。

20

【 0 0 4 0 】

図9及び10を参照すると、方法70は、以下のステップ71、72、73、74、75、及び76の1つ又はそれ以上を含み、これらは、別途指示されていない限り、あらゆる好適な順序及び/又は組み合わせで実施することができる。例証として、方法70の1つの実施形態は、ガスタービン用の燃焼器ライナのような基材20に衝突するレーザショット50の所定のシーケンス及び/又はパターンを開始するステップ71から始まる。1つの実施形態において、レーザショット50は互いに平行である。レーザショット50のこの所定のシーケンスは、成形冷却孔10の中心長手方向軸線35に沿ってボア53をドリル加工するステップ72と、次いで、ステップ73、74、75、及び76の1つ又はそれ以上のシーケンスを実施することを含むことができる。ボア53は、基材20(図1)の入口面か又は出口面の何れかからドリル加工される。

30

【 0 0 4 1 】

例えば、ボア53をドリル加工するステップ72の後、方法70は更に、ボア53の一方側に隣接する基材20にレーザショット55の第1のシーケンスを加えることにより、成形冷却孔10の出口(図1)の成形部分の第1のウィング31をドリル加工するステップ73を含む。このレーザショット55の第1のシーケンスは、中心長手方向軸線35又はボア53から又はその近傍で始まり、中心長手方向軸線35から離れて外向きに進む。レーザショット55の第1のシーケンスにおける各レーザショットは、前のショットからのビーム直径よりも小さくドリル加工され、ショットの重なり部分がウィングの端部におけるよりもボアにより近接して貫通するようになる。これに加えて、又は代替として、レーザショット55の第1のシーケンスにおける各レーザショットは、中心長手方向軸線35に対して角度が付けられる。上述のように、レーザショット55の第1のシーケンスのタイミング、深さ、焦点、幅、角度、及び/又はパターンは、コンピュータ可読命令によって制御及び決定付けられ、該コンピュータ可読命令は、コントローラ61によって読み

40

50

出されて実行され、及び/又はレーザ光源 60 及び/又はモータ 58、63、及び 66 の 1 つ又はそれ以上に出力される信号に変換される。成形冷却孔 10 の第 1 のウイング 31 をドリル加工するステップ 73 の後、方法 70 は、任意選択的に、ボア 53 を再照射するステップ 74 を含む。或いは、方法 70 は更に、ボア 53 の第 2 の側に隣接する基材 20 にレーザショット 56 の第 2 のシーケンスを加えることにより、成形冷却孔 10 の成形部分の第 2 のウイング 33 をドリル加工するステップ 75 を含む。このレーザショット 56 の第 2 のシーケンスは、中心長手方向軸線 35 又はボア 53 から又はその近傍で始まり、中心長手方向軸線 35 から離れて外向きに且つ第 1 のウイング 31 と反対方向に進む。レーザショット 56 の第 2 のシーケンスにおける各レーザショットは、前のショットからのビーム直径よりも小さくドリル加工され、ショットの重なり部分がウイングの端部におけるよりもボアにより近接して貫通するようになる。これに加えて、又は代替として、レーザショットの第 2 のシーケンスにおける各レーザショットは、中心長手方向軸線 35 に対して角度が付けられる。上述のように、レーザショット 56 の第 2 のシーケンスのタイミング、深さ、焦点、幅、角度、及び/又はパターンは、コンピュータ可読命令によって制御及び決定付けられ、該コンピュータ可読命令は、コントローラ 61 によって読み出されて実行され、及び/又はレーザ光源 60 及び/又はモータ 58、63、及び 66 の 1 つ又はそれ以上に出力される信号に変換される。成形冷却孔 10 の第 2 のウイング 33 をドリル加工するステップ 76 の後、方法 70 は、任意選択的に、ボア 53 を再照射して、ウイングのドリル加工中に堆積したあらゆる材料を清浄化するステップ 74 を含むことができる。1 つの実施形態において、レーザショット 55 の第 1 のシーケンス及びレーザショット 56 の第 2 のシーケンスは、基材 20 (図 1) の出口面からウイング 31、33 をそれぞれドリル加工するよう構成される。その後、方法 70 は終了することができ、モータ 66 又は 58 によってレーザ又は基材 20 を移動させて、パターン内の次の孔と整列させることができ、基材 20 内の所望の孔全てのドリル加工が完了するまで、方法 70 が繰り返される。

【0042】

図 11 は、図 1、2A、2B、3、4、5 及び 9 に示した成形冷却孔 10 のような 1 つ又はそれ以上の成形冷却孔を形成する別の方法 1100 の 1 つの実施形態のフローチャートである。上記の各図を参照すると、方法 1100 は、円形貫通孔のボア 53 をパーカッションレーザドリル加工するステップ 1101 で始まる。方法 1100 は更に、1 つの直径の周りでボア 53 の一方側又はウイング 31 へ移動する間にレーザショットをパルス化して送るステップ 1102 を含む。本方法は更に、中心まで戻る間にレーザショットのパルス化を停止するステップ 1103 を含む。本方法は更に、1 つの直径の周りでボア 53 の反対側又はウイング 33 へ移動する間にレーザショットをパルス化して送るステップ 1104 を含む。方法 1100 は更に、中心まで戻る間にレーザショットのパルス化を停止するステップ 1105 を含む。本方法 1100 は更に、1 つ又はそれ以上のレーザショットを照射してボア 53 を清浄化するステップ 1106 を含む。

【0043】

実施形態によっては、従来の円形フィルム冷却孔を形成するのと比べて、各成形冷却孔 10 を形成するために約 2 倍の数のレーザショットを必要とする場合がある。加えて、ウイング 31 及び 33 (図 9) は、基材 20 の表面 (例えば、図 2 の出口面 37) に対して所定の角度で揺動しながらレーザショット 50 (図 9) をパルス化して送ることにより、形成することができることが明らかになった。しかしながら、この手法は、レーザショット及び各成形冷却孔 10 の表面位置の詳細な追跡が必要となる。加えて、成形冷却孔 10 を形成する少なくとも 1 つの実施形態で使用されるレーザドリル加工は、TBC コーティングした基材又はベアメタルを通して実施することができる。

【0044】

図 12 は、1 つ又はそれ以上の成形冷却孔 10 を製造するのに使用されるシステム 1200 の 1 つの実施形態の概略図である。システム 1200 は、ブレース 82 から離間して配置されたレーザ光源 60 を含み、該ブレースは、ガスタービンの燃焼器ライナのような

10

20

30

40

50

基材 20 を保持及び / 又は支持するよう構成され、その結果、ブレース 82 と結合されたシャフト 81 がモータ 80 によって転回されたときに、基材 20 が矢印 90 で示すように時計回り又は反時計回りに回転できるようにする。レーザ光源 60 は、モータ 63、レンズ 64、及びレーザ発生器 65 (図 9) を備えることができる。コントローラ 61 は、モータ 80 と結合され、該モータ 80 が基材 20 を回転させる。コントローラ 61 はまた、レーザ光源 60 と結合され、該レーザ光源 60 は、1 つ又はそれ以上のレーザショット 91 を発生する。1 つの実施形態において、センサ 83 は、システム 120 の 1 つ又はそれ以上の構成要素に関するデータをコントローラ 61 に提供する。例えば、1 つ又はそれ以上のセンサ 83 は、シャフト 81 及び / 又は基材 20 の 1 分当たりの回転数を測定する回転センサとすることができる。1 つ又はそれ以上のセンサ 83 はまた、1 つ又はそれ以上の成形冷却孔 10 が 1 つ又はそれ以上のレーザショット 91 によってドリル加工されたときに、1 つ又はそれ以上の成形冷却孔 10 の間隔及び / 又は深さを測定するセンサを含むことができる。

10

【 0045 】

コントローラ 61 は、何れかのタイプのコンピュータ可読メモリのようなコンピュータ可読媒体内又はコンピュータ可読媒体上に格納された 1 つ又はそれ以上のコンピュータ可読命令を読み出して実行するよう構成される。コンピュータ可読命令は、レーザ光源 60 及びモータ 80 を作動させて基材 20 に 1 つ又はそれ以上の成形冷却孔 10 を形成するよう、コントローラ 61 を設定する。従って、1 つの実施形態において、コンピュータ可読命令は、レーザ光源 60 及びモータ 80 の作動を同期させて、図 12 に記載した方法ステップの 1 つ又はそれ以上を実施するようにコントローラ 61 を設定する。例えば、コントローラ 61 によって出力されるコマンドは、レーザ光源 60 により生成される 1 つ又はそれ以上のレーザショット 91 のタイミング、持続時間、及び / 又は出力とモータ 80 の速度及び / 又は基材 20 の回転周波数とを同期させ、1 つ又はそれ以上の成形冷却孔 10 が基材 20 内及び / 又は基材 20 を貫通して形成されるようにすることができる。

20

【 0046 】

図 13 は、図 12 に示したような、基材 20 内に 1 つ又はそれ以上の成形冷却孔を製造する方法 1300 を更に示したフローチャートである。図 12 及び 13 を参照すると、方法 1300 は、所定速度又は回転周波数で基材 20 を移動又は回転させるステップ 1301 で始まる。方法 1300 は更に、レーザショット 91 の第 1 のシーケンスを開始して、各々所定の角度で基材 20 内に 1 つ又はそれ以上のボア 53 (図 9) をドリル加工するステップ 1302 を含む。方法 1300 は更に、レーザショット 91 の第 1 のシーケンスの基材 20 上の同じ位置の通過を所定の時間インクリメントだけリード (進み) 又はラグ (遅れ) させるためにレーザショット 91 の第 2 のシーケンスのタイミングを調整するステップ 1303 を含む。タイミングは、部分的に重なり合うレーザショット 91 が扇形状の部分を生じ、その各々が 1 つ又はそれ以上のボア 53 (図 9) のそれぞれのボアにわたって延びるように、回転速度に関連して指定される。従って、方法 1300 は更に、回転速度に関連して指定されたリードアンドラグ (進み及び遅れ) のタイミングの様々な度合いでレーザショット 91 の第 2 のシーケンスを開始し、部分的に重なり合うレーザショット 91 が回転方向に対して接線方向の 1 つの次元で扇形状の部分 (例えば、ウィング 31 及び 33) を生じ、その各々が 1 つ又はそれ以上のボア 53 (図 9) のそれぞれのボアにわたって延びるようにするステップ 1304 を含む。次いで、コントローラ 61 は、扇形状が完成したかどうかを判定する (1305) 。完成していない場合、方法 1300 は、ループバックし、ステップ 1303 及び 1304 を繰り返す。方法 1300 は、1 つ又はそれ以上の成形冷却孔 10 の各々の出口 11 が完成し、プラス及び / 又はマイナスの回転方向にのみ延びたときに終了する。

30

40

【 0047 】

基材 20 は、図 10 の方法 70、図 11 の方法 1100、又は図 13 の方法 1300 の実施の前又は後に TBC をコーティングすることができる。レーザドリル加工の前に基材に TBC をコーティングすることにより、TBC が成形冷却孔を確実に充填及び / 又は閉

50

塞しないようにする。レーザドリル加工の後にTBCが施工される場合には、成形冷却孔は、グリット及びノ又はレーザショットで更に処理し、成形冷却孔に侵入した何らかのコーティングを除去する必要がある。或いは、基材20は、TBCのコーティングと清浄化を同時に行い、TBCが成形冷却孔を確実に閉塞しないようにすることができる。このような実施形態において、回転している基材20(図11)の一方側がTBCを受け取り、他方側が成形冷却孔を通してグリッドブラスト処理し、成形冷却孔の開放状態を維持するようにする。このようなプロセスは、成形冷却孔の「ウイング」からTBCを除去又は実質的に除去した状態にすることができることが実験的に示されている。

【0048】

(実験)

本明細書に記載される成形冷却孔10の実施形態の風洞試験では、従来のタイプの冷却孔120、130、140、及び150を用いて達成されるよりもより低い熱障壁コーティング(TBC)温度及びより低い裏面温度など、成形冷却孔の実施形態に関連する1つ又はそれ以上の恩恵が実証された。

【0049】

試験中、約600°Fの高温空気と、約80°Fの低温空気とを基材及び対照基材上及びノ又はその近傍に流した。対照基材には、複数の従来の円形フィルム冷却孔120が形成されていた。対照基材の一方の表面(例えば、正面)にはTBCがコーティングされた。対照基材の反対の面(例えば、裏面)にはコーティングされなかった。

【0050】

試験基材には、複数の成形冷却孔10(図1、2、3、4、5、及び9)が形成されていた。試験基材の一方の表面(例えば、正面)にはTBCがコーティングされた。試験基材の反対の面(例えば、裏面)にはコーティングされなかった。

【0051】

シミュレーションする除去条件下でのTBC温度を測定するために、試験中に対照基材のTBC側部と試験基材のTBC側の赤外線画像を撮影した。熱電対を用いて試験基材及び対照基材両方の裏面温度を測定した。赤外画像及び熱電対からの温度データを分析し、本明細書に記載される成形冷却孔10の実施形態を用いることにより有意に低いTBC温度及び裏面温度が得られることが分かった。

【0052】

試験は更に、これらの冷却上の恩恵は、様々な動作条件、製造技術及び部品毎のばらつきに対して堅牢であることを実証した。例えば、ある試験では、成形冷却孔10の実施形態がドリル加工された試験基材の裏面温度は、円形冷却孔120がドリル加工された対照基材の裏面温度よりも平均して約50°F(10)低温であることが示された。

【0053】

ここで図26を参照すると、1つ又はそれ以上の層227、228がコーティングされた基材220の側面図は、基材220を貫通して予め選択された角度で形成された成形冷却孔を含む。図示の代替の実施形態は、コーティング及びドリル加工のプロセスによって上述したように作製することができる。しかしながら、上述のように、本実施形態はまた、最初に予め選択された角度で成形冷却孔を形成した後、少なくとも1つの層227を基材にコーティングすることにより利用することができる。別の代替形態として、少なくとも1つの層227のコーティングは任意選択とすることもできる。非限定的な実施例として、予め定められた角度シータ()は、冷却孔210のボア253と出口面237の相対角として描かれている。基材220は、入口面236及び出口面237を含む。冷却空気は、基材220の入口面側から冷却孔210を通過して出口面側に流れる。予め選択された角度は、出口面237に対して約5度~最大で約50度の範囲とすることができる。一部の実施形態によれば、予め選択された角度は、約20度である。

【0054】

1つの実施形態によれば、基材220は、燃焼器ライナとすることができる。図示の実施形態は、出口面237に沿って、又は1つ又はそれ以上の層227(例えば、熱障壁コ

10

20

30

40

50

ーティング(「TBC」)に沿って移動する冷却フィルムの性能を改善する。この改善は、より高い流量のスロット又は冷却孔210を生成するために上述の実施形態と比べて入口213を拡大することにより、基材及び少なくとも1つのコーティング227の出口側に沿って良好な冷却性能を提供する。成形冷却孔210は、単位面積当たりにより高いレベルの流量を提供し、例えば、蓄積した冷却フィルムが燃焼器の空気力学によって剥離する燃焼器ライナにおいて利用することができる。

【0055】

冷却孔210は、基材220の第1の又は入口側236に形成された入口213から延びる。冷却孔は、基材220を通して、第2の又は出口側237に形成された出口211に向かって延びる。本明細書で更に説明するように、入口213は、出口開口の第1の面積寸法を有し、出口211は、第2の面積寸法を有し、第1の入口面積は第2の出口面積よりも小さい。

10

【0056】

少なくとも1つの層227が出口基材上に描かれ、熱障壁コーティングによって定められる。基材220は更に、少なくとも1つの層227を覆って配置される第2の層228を含むことができる。第2の層228は、別の熱障壁コーティングとすることができ、或いは、代替としてボンドコートとすることができ、何らかの他の代替の実施形態によれば、層227は、非熱障壁コーティングであり、第2の層228は、熱障壁コーティングである。層227、228の各々は、対応する厚み251、252を有する。これらの厚み251、252は、入口面236から測定したもものとして表されるが、図示の基材の厚み230を差し引くことにより決定することもできる。加えて、上述のように、図示の層227、228は任意選択とすることができる。

20

【0057】

ここで図27を参照すると、線A-A(図26)から見た断面図が示される。入口端部213は、入口端部213は、入口213の断面と一致するような形状に全体的にされたボア253と流れ連通している。例えば、本実施形態において、ボアは、実質的に楕円形状である。ボア253は、入口から成形冷却孔210の移行点215まで延びる。移行点215から、ボア253の形状は、1つの寸法で、すなわち、単一の寸法に沿って2つの方向で全体的に拡大し、冷却孔210が拡大して、第1のウィング231及び第2のウィング233を形成するようになる。ウィング231、233は、冷却孔210の中心軸線235の周りに対称とすることができ、或いは、非対称であってもよい。対称的な適用では、ウィング231、233は、単一の寸法の2つの方向で等しく拡大することができる。非対称的な適用では、ウィングは、単に第1の方向でのみ、又は第2の反対方向以外の1つの方向でのみ拡大することができる。本図で良好に分かるように、入口213は第1の面積があり、部分的に描かれた出口211には第2の面積がある。入口213の第1の面積は、出口211の第2の面積よりも小さい。

30

【0058】

ここで図28を参照すると、冷却孔210の端面図が、線B-B(図27)に沿って描かれている。本図は、入口213及び出口211における面積の比較を明確に描いている。本図は、2つのほぼ楕円形の開口を描いており、小さい方の開口が入口213に対応し、大きい方の開口が出口211に対応する。最初に入口213を参照すると、開口は、第1の線形セグメント281と、対向する第2の線形セグメント282とによって定められる。これらの線形セグメントの各々は、第1及び第2の端部を有し平行であり、これらの各々は、対向する曲線セグメント283、284の端部に接続される。曲線セグメント283、284の各々は、その端部にて、線形セグメント281、282の端部に接続される。

40

【0059】

出口211は、第1の曲線セグメント285と、第2の対向する曲線セグメント286とを含む。セグメント285、286の各々は、第1及び第2の端部を有する。セグメント285、286は、第1及び第2の線形セグメント287、288によって端部にて接

50

続される。図 28 に描いた見通し線で示されるように、入口及び出口アパーチャの両方は、ほぼ楕円形状である。入口 213 の面積は、出口 211 の面積よりも小さな寸法である。加えて、出口アパーチャ 211 は、2つの方向に沿って単一の寸法で拡大し、出口アパーチャ 211 の大きな寸法を提供する。別に記載されるように、線形セグメント 287、288 は、単一の寸法で拡大し、2つの方向がウイング 231、233 を定める。

【0060】

ここで図 29 を参照すると、入口 213 が図示される。加えて、第 1 及び第 2 の線形セグメント 281、282 が、第 1 及び第 2 の曲線セグメント 283、284 と共に図示される。冷却アパーチャ 210 は更に、入口 213 から移行部 215 に向かって延びたボア 253 を備えて図示される。入口 213 の反対側には出口 211 がある。入口 213 は、
10
上述のようにほぼ楕円形状以外のある形状であるように見られ、このような形状は単に、入口 213 が入口面 236 を通過する角度に起因するものに過ぎない。

【0061】

ここで図 30 を参照すると、出口面 237 の上面図が描かれている。基材 220 の出口面 237 は、基材 220 の表面 237 に沿って熱障壁又は冷却フィルムを確立する複数の出口アパーチャ 211 を有する。各出口アパーチャ 211 は、予め選択された角度にて基材 220 内に延び、予め定められた孔間隔で配置される。孔 211 の数は、追加の冷却が必要とされる前の実施形態のより小さな孔の値とは異なり、本実施形態の追加の冷却を提供するように構成することができる。試験により、実質的に楕円形のアパーチャ 211 の領域が約 200 ° F で基材 237 の冷却を提供できることが示された。
20

【0062】

図 31 を参照すると、反対側の入口面 236 の上面図が描かれている。入口面は、出口面 237 にて追加の冷却を必要とすることができる区域に対応した、ある数の小さな入口アパーチャ及び大きな入口アパーチャ 213 を利用する。入口アパーチャ 213 に流入し、冷却孔 210 を通って出口 211 (図 30) に流れる空気流の基材 220 に沿った方向を示す方向性空気流の矢印が示されている。図 30、31 に描かれた冷却孔 210 のアレイは、図示の図面の双方の寸法における予め選択された距離の間隔を有することができる。様々なサイズの入口が図示されているが、当業者であれば、対応する出口 211 (図 30) は、図示のように全てが同じサイズのものですることができ、又は、基材表面の寸法制約によって許容される異なるサイズのものであってもよいことは理解されるはずである
30

【0063】

ここで図 32、33 を参照すると、1つ又はそれ以上のステップ 1401、1402、1403、1404、1405、及び 1406 から構成される方法であって、これらステップは、別途指示されていない限り、あらゆる好適な順序及び/又は組み合わせで実施することができる。本方法の1つの実施形態は、ガスタービン用の燃焼器ライナのような基材 220 に衝突するレーザショット 254、255、256 の所定のシーケンス及びパターンを開始するステップから始まる。図示の実施形態によれば、レーザショットは、全体的に互いに平行であり、レーザショットのシーケンスは、中心ボア 253 並びにウイング 231、233 を形成する。ボア 253 は、一部の実施形態に従って、出口面 237 から
40
よる基材 220 を通って形成されるが、代替として、基材 220 の入口面 236 から形成されてもよい。

【0064】

最初に、図 32 を参照すると、入口 213、ボア 253、及び出口 211 を有する成形冷却孔 210 の1つの実施形態の概略図が描かれている。孔の上方には複数の矢印 255、256 が描かれている。矢印 255、256 は、冷却孔 210 を形成するのに利用されるレーザショットを表している。以下の説明は、方法 1400 を説明する図 33 に記載したステップと組み合わせて行う。ステップ 1401 において、パーカッションレーザドリル加工を利用して、基材 220 (図 6) に貫通孔を形成する。パーカッションドリル加工は、レーザによる複数のショット 254 を含むことができる。次に、ステップ 1402 に
50

において、形成される貫通孔の第1の側に向けてレーザを移動する間に、一連のレーザショット255をパルス化して送る。ステップ1403において、レーザを中心部に移動させる。次に、ステップ1404において、パルス化したレーザは、移動中に孔の第2の側に向けて一連のショット256を発射する。次いで、ステップ1405において、レーザが中心に戻る。基材220を部分的にのみ通過するようにレーザのパルス化を制御することにより、ステップ1402、1404中にウイング231、233が形成される。ウイング231、233は、中心ボア253に対して角度が付けられたラインで描かれている。一つには、レーザショット255、256がボア253に隣接する基材220と部分的にのみ重なり合うことに起因して、移行点と出口211との間の移行角が生成され、ウイング231、233において一様でないアブレーション及び角度付き面が生じることになる。次に、ステップ1406において、プログラムされた経路に沿った孔開け移動中にレーザがパルス化され、最終アパーチャのサイズ及び形状を制御するようにする。孔開け移動は、プログラムされた経路に沿って移動している間にレーザをパルス化して送るものである。勿論、基材の移動中にレーザをパルス化することができることは、本実施形態の範囲内にある。経路は、所望の程度の制御を達成することが要求される場合には複数回の通過を含むことができる。経路はまた、プログラムされた位置においてドエルを含むことができる。プロセスは、ステップ1406の後終了する。

【0065】

(幾つかのタイプの基材及び/又はこれを含む物体)

実施形態によっては、上記で参照した基材20は、燃焼器ライナ、タービン用の燃焼器ライナ、ガスタービン用の燃焼器ライナ、ガスタービンエンジン用の燃焼器ライナ、燃焼器ライナ「缶」、アフターバーナーライナ、金属試験クーボン、又は同様のもののうちの1つである。従って、請求項に記載された本発明の実施形態は、このような個々の品目の何れかを含む。請求項に記載された本発明の実施形態はまた、限定ではないが、1つ又はそれ以上の成形冷却孔が形成された基材の要素又は構成要素を有する、エンジン、タービン、又は移動体などの品目を含む。

【0066】

1つの実施形態において、タービンはガスタービンである。このようなガスタービンは、ガスタービンエンジン又はガス発生器コアの何れかである。ガスタービンエンジンの非限定的な実施例は、ターボジェット、ターボファン、ターボプロップ、及びターボシャフトである。ガス発生器コアの非限定的な実施例は、タービン発電機、ターボ水ポンプ、ジェット乾燥器、融雪装置、ターボ圧縮機、及び同様のものである。

【0067】

請求項に記載された本発明の実施形態はまた、1つ又はそれ以上の成形冷却孔が形成された基材の要素又は構成要素を有する、タービンを備えた移動体を含む。このような実施形態において、タービンは、限定ではないが、ターボジェット、ターボファン、ターボプロップ、及びターボシャフトのようなガスタービンエンジンである。ガスタービンエンジンを有する移動体の実施例は、限定ではないが、航空機、ホバークラフト、列車、船舶、地上車、及び同様のものを含む。

【0068】

本明細書で使用する場合に、前に数詞のない要素又はステップの表現は、そうではないことを明確に述べていない限り複数のそのような要素又はステップの存在を排除するものではないと理解されたい。更に、本発明の「1つの実施形態」という表現は、記載した特徴を同様に組み入れた付加的な実施形態の存在を排除するものとして解釈されることを意図するものではない。

【0069】

本明細書は、最良の形態を含む実施例を用いて本発明を開示し、更に、本発明を当業者が実施及び利用することを可能にする。本発明の特許保護される範囲は、請求項によって定義され、当業者であれば想起される他の実施例を含むことができる。このような他の実施例は、請求項の文言と差違のない構成要素を有する場合、或いは、請求項の文言と僅か

10

20

30

40

50

な差違を有する均等な構造要素を含む場合には、本発明の範囲内にあるものとする。

【 0 0 7 0 】

本発明の特定の特徴は一部の図面において示され、他の図面では示されていないが、これは、各特徴は本発明による他の特徴の何れか又は全てと組み合わせることができるので、便宜上のことに過ぎない。本明細書で用いる場合の「備える」「含む」「有する」及び「持つ」という用語は、広く且つ包括的に解釈されるべきであり、どのような物理的相互結合にも限定されるものではない。その上、本明細書に開示したあらゆる実施形態は、唯一の実施可能な実施形態と解釈すべきではない。他の実施形態は、当業者には想定され、添付の請求項の範囲内にある。詳細には、レーザパルスを用いて、本明細書に記載され、図示され、及び/又は請求項に記載された成形冷却孔の実施形態をドリル加工する特定の 10
方法に関して特許請求しているが、放電加工、水ジェット、又は他の材料除去機構を用いた他の方法が、実質的に同じ機能及び/又は結果を達成する代替の方法であることは理解される。

【符号の説明】

【 0 0 7 1 】

2 1 0	冷却孔又はスロット	
2 1 1	出口	
2 1 3	入口	
2 1 5	移行点	
2 2 0	基材	20
2 2 7	層	
2 2 8	層	
2 3 0	基材厚み	
2 3 1	第 1 のウィング	
2 3 3	第 2 のウィング	
2 3 5	中心軸線	
2 3 6	入口面	
2 3 7	出口面	
2 5 1	厚み	
2 5 2	厚み	30
2 5 3	ボア	
2 5 4	レーザショット	
2 5 5	レーザショット	
2 5 6	レーザショット	
2 8 1	第 1 の線形セグメント	
2 8 2	第 2 の線形セグメント	
2 8 3	曲線セグメント	
2 8 4	曲線セグメント	
2 8 5	第 1 の曲線セグメント	
2 8 6	第 2 の曲線セグメント	40
2 8 7	第 1 の線形セグメント	
2 8 8	第 2 の線形セグメント	
1 4 0 1	ステップ	
1 4 0 2	ステップ	
1 4 0 3	ステップ	
1 4 0 4	ステップ	
1 4 0 5	ステップ	
1 4 0 6	ステップ	

【 図 1 】

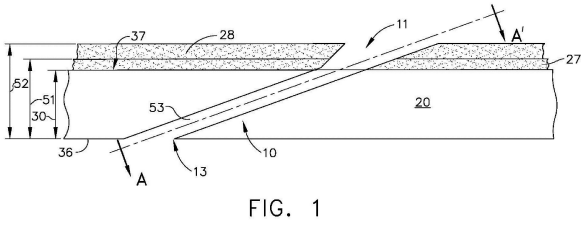


FIG. 1

【 図 2 B 】

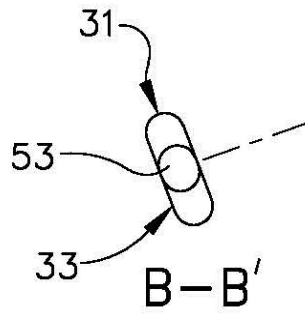


FIG. 2B

【 図 2 A 】

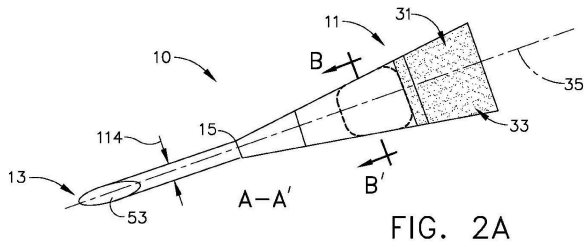


FIG. 2A

【 図 3 】

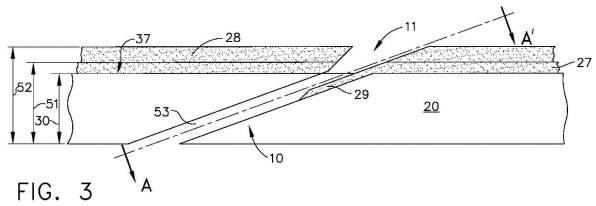


FIG. 3

【 図 4 】

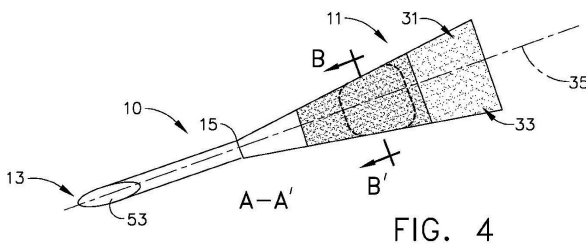


FIG. 4

【 図 6 】

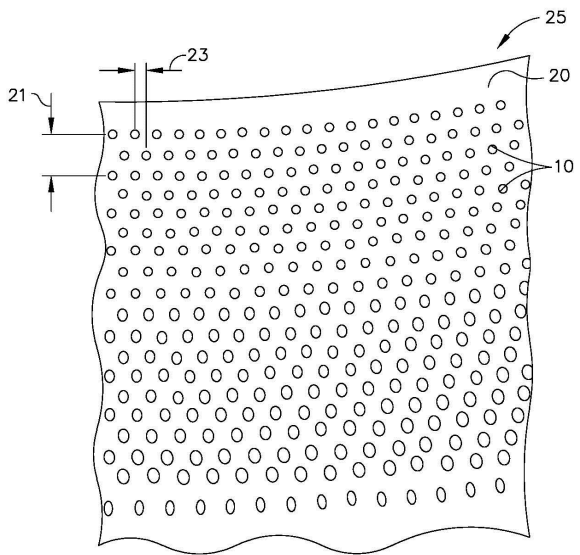


FIG. 6

【 図 5 】

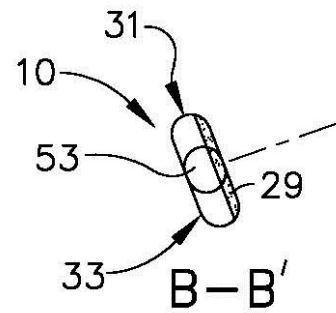


FIG. 5

【図7】

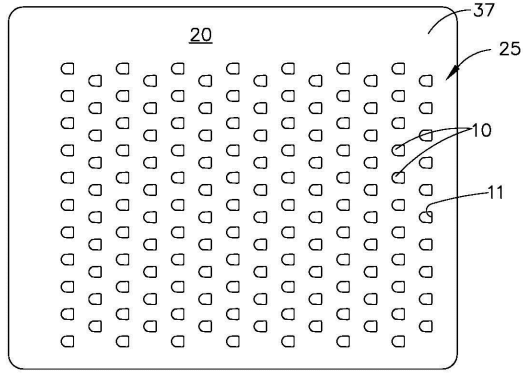


FIG. 7

【図8】

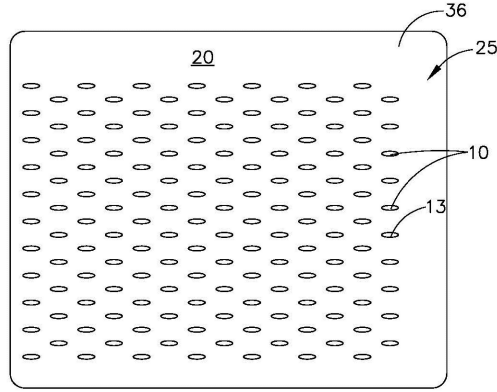


FIG. 8

【図9】

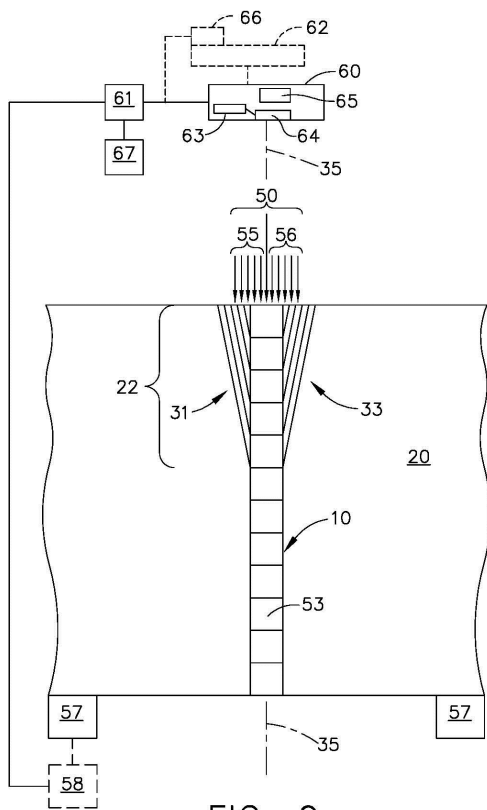


FIG. 9

【図10】

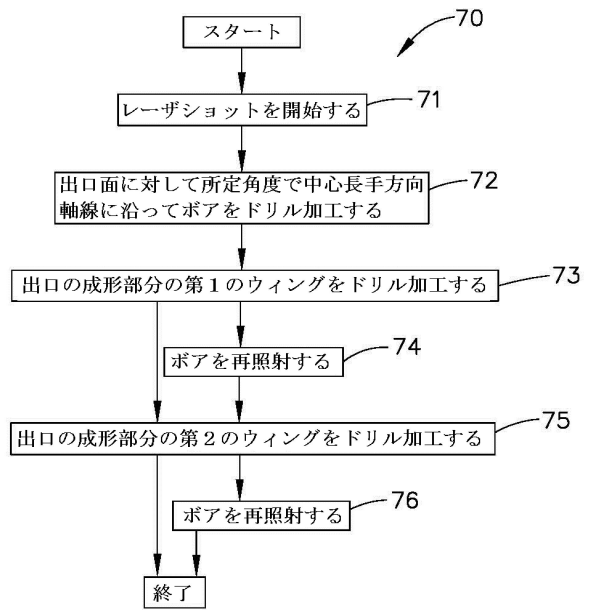


FIG. 10

【図 11】

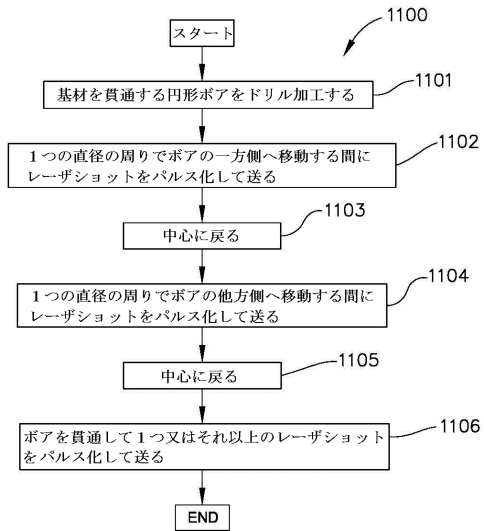


FIG. 11

【図 12】

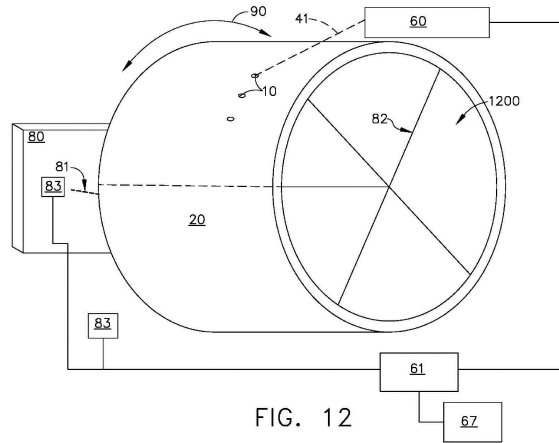


FIG. 12

【図 13】

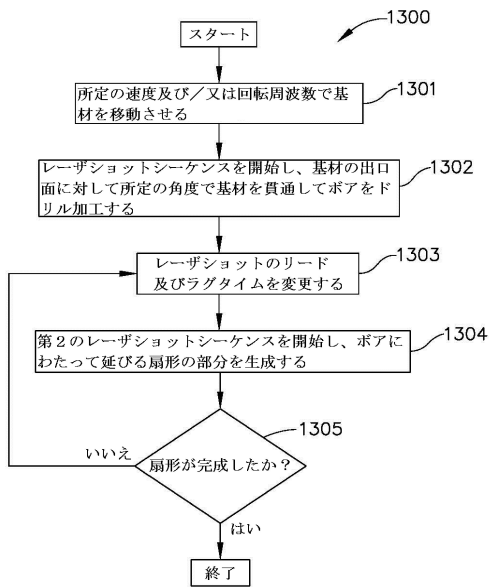


FIG. 13

【図 14】

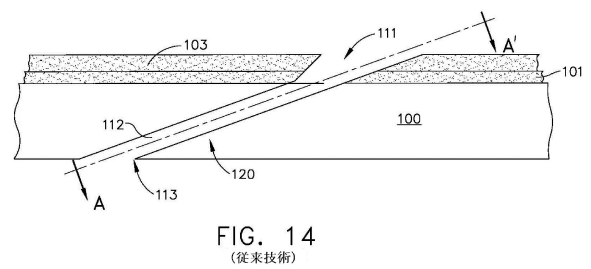


FIG. 14
(従来技術)

【図 15】

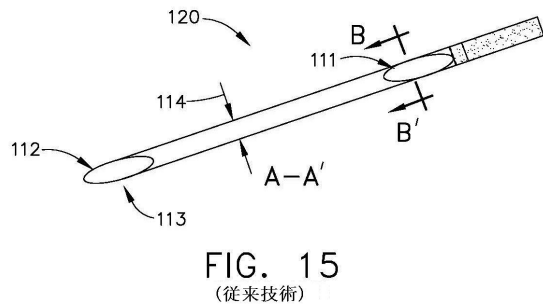


FIG. 15
(従来技術)

【図16】

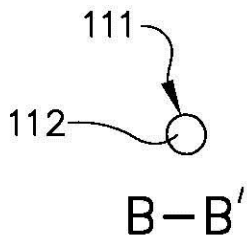


FIG. 16
(従来技術)

【図18】

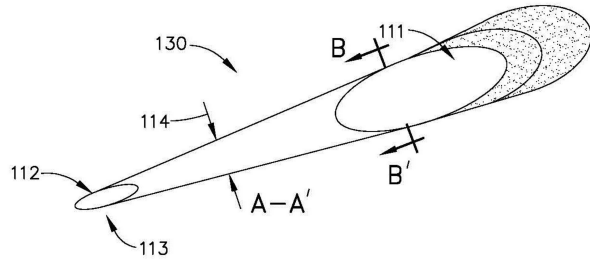


FIG. 18
(従来技術)

【図17】

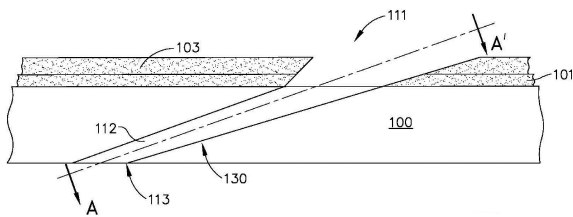


FIG. 17
(従来技術)

【図21】

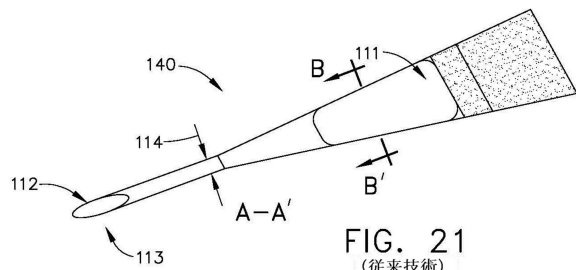


FIG. 21
(従来技術)

【図19】

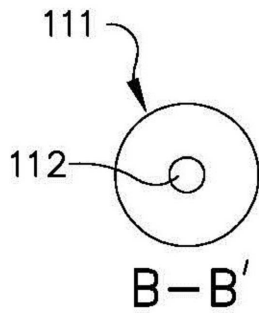


FIG. 19
(従来技術)

【図22】

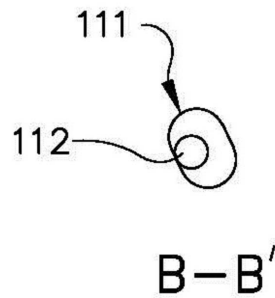


FIG. 22
(従来技術)

【図20】

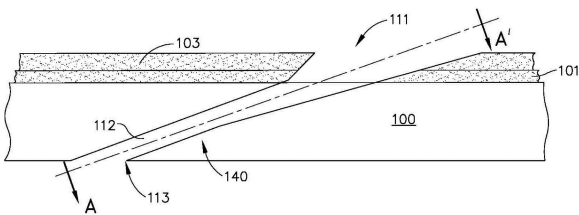


FIG. 20
(従来技術)

【図 23】

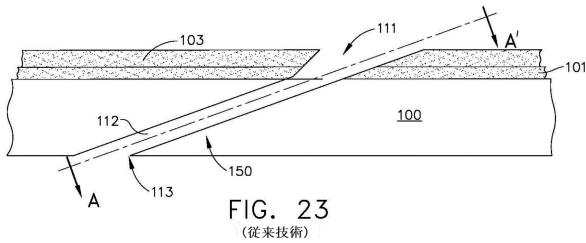


FIG. 23
(従来技術)

【図 25】

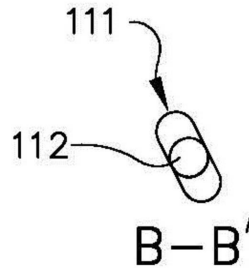


FIG. 25
(従来技術)

【図 24】

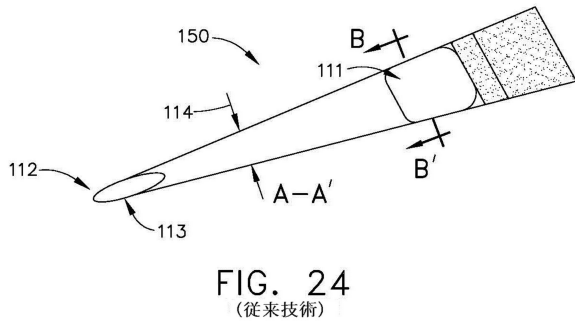


FIG. 24
(従来技術)

【図 26】

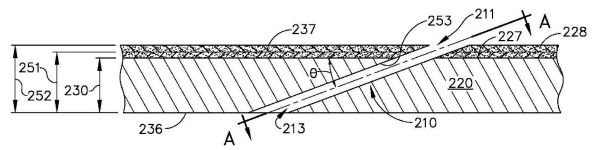


FIG. 26

【図 27】

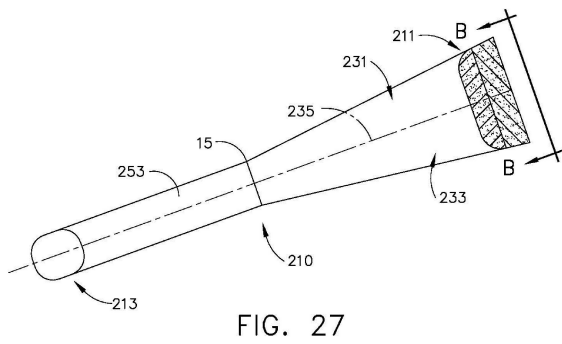


FIG. 27

【図 28】

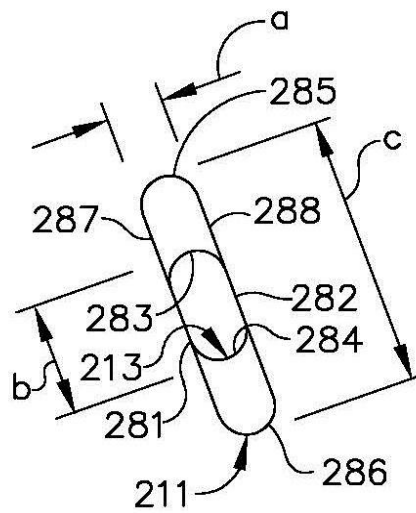


FIG. 28

【 図 2 9 】

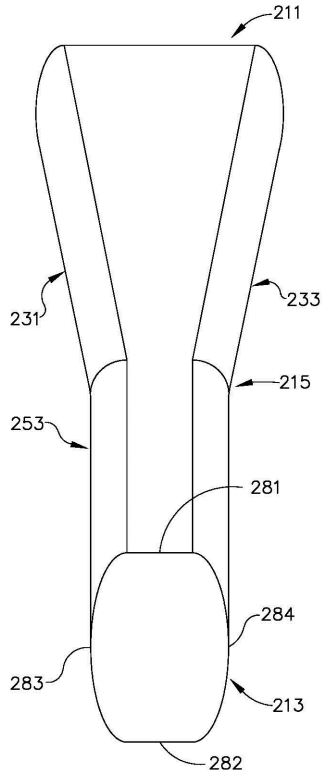


FIG. 29

【 図 3 0 】

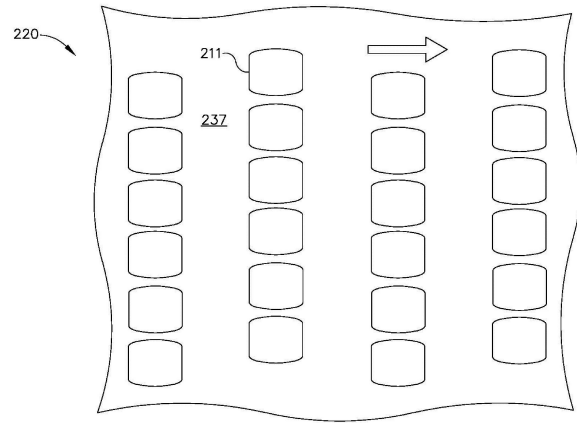


FIG. 30

【 図 3 1 】

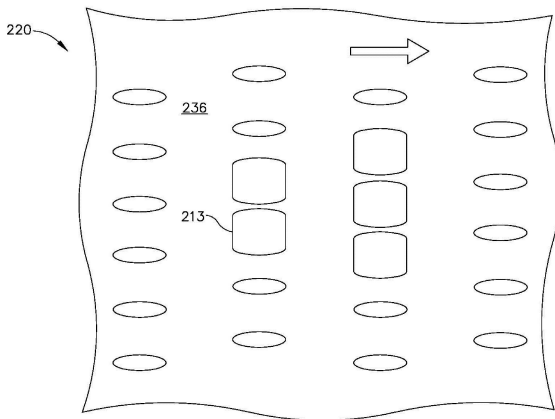


FIG. 31

【 図 3 2 】

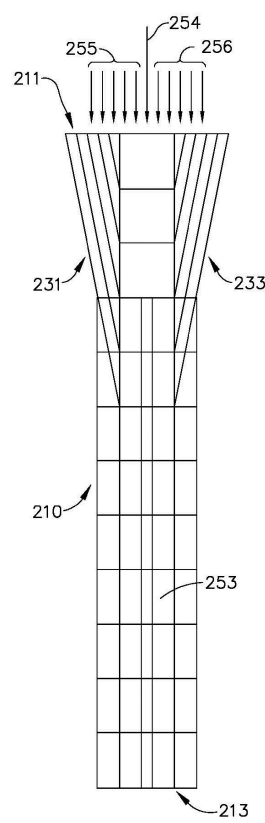


FIG. 32

【図33】

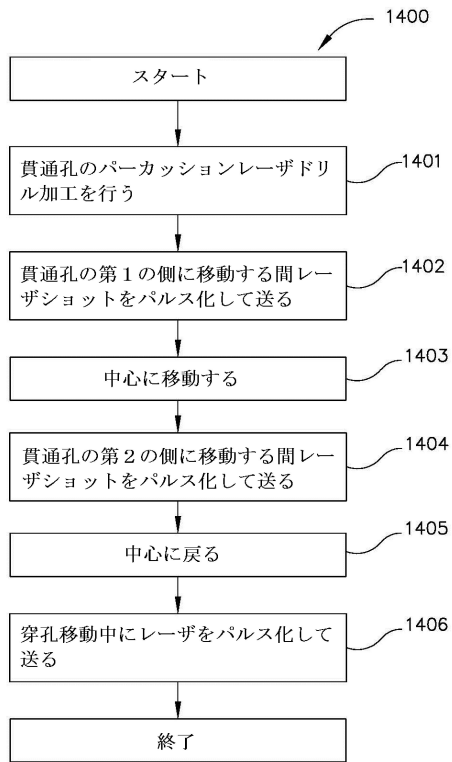


FIG. 33

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 3 K 26/384

- (72)発明者 ジョン・ハワード・スタークウェザー
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、ワン・ニューマン・ウェイ
- (72)発明者 ウィリアム・ベネット
アメリカ合衆国、オハイオ州・ウエスト・チェスター、アビエイション・ウェイ、6380番
- (72)発明者 ジョン・ギボンズ
アメリカ合衆国、インディアナ州、テレ・ホイテ、サウス・サード・ストリート、333番
- (72)発明者 アンソニー・アーバンスキ
アメリカ合衆国、インディアナ州、テレ・ホイテ、サウス・サード・ストリート、333番

審査官 瀬戸 康平

- (56)参考文献 特開平07-158403(JP,A)
国際公開第2012/057908(WO,A2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|---|
| B 2 3 K | 2 6 / 3 8 4 |
| F 0 1 D | 5 / 1 2 , 5 / 3 0 , 9 / 0 0 , 1 1 / 0 0 |
| F 0 2 C | 7 / 0 0 |
| F 2 3 R | 3 / 0 6 , 3 / 4 2 |