

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-229841

(P2008-229841A)

(43) 公開日 平成20年10月2日(2008.10.2)

(51) Int.Cl.

**B23H 9/14 (2006.01)**  
**C25F 3/00 (2006.01)**  
**C25F 7/00 (2006.01)**  
**B23H 3/04 (2006.01)**  
**F01D 5/18 (2006.01)**

F 1

B 23 H 9/14  
C 25 F 3/00  
C 25 F 7/00  
B 23 H 3/04  
F 01 D 5/18

テーマコード(参考)

3 C 059  
3 G 002

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-68684 (P2008-68684)  
(22) 出願日 平成20年3月18日 (2008.3.18)  
(31) 優先権主張番号 11/726,424  
(32) 優先日 平成19年3月22日 (2007.3.22)  
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542  
ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
GENERAL ELECTRIC COMPANY  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番  
(74) 代理人 100093908  
弁理士 松本 研一  
(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 100137545  
弁理士 荒川 聰志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービュレータ付き冷却孔を形成するための方法及びシステム

## (57) 【要約】

【課題】対象物内に孔を形成する方法を提供する。

【解決手段】本方法は、対象物内にスタート孔を形成する段階と、それを実質的に囲む少なくとも1つの絶縁セクションと少なくとも1つの非絶縁セクションとを有する電解加工電極を準備する段階と、第1の断面積を有する少なくとも1つの第1のセクションと第2の断面積を有する少なくとも1つの第2のセクションとによって形成された孔を形成するのを可能にするようスタート孔内に電極を挿入する段階とを含む。

【選択図】 図1

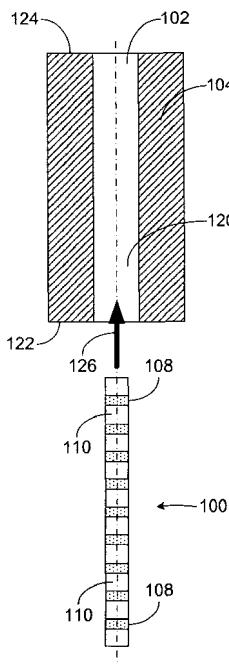


Fig. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

対象物内に孔を形成する方法であって、  
 前記対象物内にスタート孔を形成する段階と、  
 それを実質的に囲む少なくとも 1 つの絶縁セクションと少なくとも 1 つの非絶縁セクションとを有する電解加工電極を準備する段階と、  
 第 1 の断面積を有する少なくとも 1 つの第 1 のセクションと第 2 の断面積を有する少なくとも 1 つの第 2 のセクションとによって形成された孔を形成するのを可能にするように前記スタート孔内に前記電極を挿入する段階と、  
 を含む方法。

10

**【請求項 2】**

前記スタート孔内に前記電極を挿入する段階が、各第 1 のセクションが一対の隣接する第 2 のセクション間に形成されるように複数の第 1 のセクション及び複数の第 2 のセクションを形成するように前記スタート孔内に前記電極を挿入する段階をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 3】**

前記電解加工電極を準備する段階が、前記電極を実質的に囲みかつ該電極の非絶縁セクションによって分離された複数の絶縁セクションを有する電解加工電極を準備する段階をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

20

**【請求項 4】**

前記スタート孔内に前記電極を挿入する段階が、前記電極の非絶縁セクションから放電された電流を用いて前記孔の各第 2 のセクションを形成する段階をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 5】**

前記スタート孔内に前記電極を挿入する段階が、前記孔の第 1 のセクションの断面積よりも大きい断面積を有する前記孔の第 2 のセクションを形成する段階を含む、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 6】**

前記電極を通して電解質流体を循環させて前記スタート孔から材料を取り除くのを可能にする段階をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

30

**【請求項 7】**

前記スタート孔内に前記電極を挿入する段階が、タービンエンジン構成部品内に冷却孔を形成する段階をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 8】**

少なくとも 1 つの非絶縁セクションを備えた電極と、  
 前記電極の少なくとも 1 つのセクションを実質的に囲む絶縁材と、を含み、  
 前記電極がスタート孔内に挿入されて、第 1 の断面積を有する少なくとも 1 つの第 1 のセクションと第 2 の断面積を有する少なくとも 1 つの第 2 のセクションとによって形成された孔を形成する、  
 電解加工 (E C M) 装置。

40

**【請求項 9】**

前記電極が、該電極を実質的に囲んだ複数の絶縁セクションをさらに含み、  
 前記電極の非絶縁セクションが、該電極の各一対の隣接する絶縁セクション間で延びる  
 、  
 請求項 8 記載の E C M 電極。

**【請求項 10】**

前記電極が、複数の第 1 のセクションと複数の第 2 のセクションとを有する孔を形成し  
 、  
 各第 1 のセクションが、一対の隣接する第 2 のセクション間に形成される、  
 請求項 8 記載の E C M 電極。

50

**【請求項 1 1】**

前記電極が、該電極の非絶縁セクションから放電された電流を用いて前記孔の各第2のセクションを形成する、請求項8記載のE C M電極。

**【請求項 1 2】**

前記電極が、前記孔の第1セクションの断面積よりも大きい断面積を有する該孔の第2のセクションを形成する、請求項8記載のE C M電極。

**【請求項 1 3】**

前記電極が、その中を通して電解質流体を循環させて前記スタート孔から材料を取り除くのを可能にする、請求項8記載のE C M電極。

**【請求項 1 4】**

前記電極が、タービンエンジン構成部品内に冷却孔を形成するように構成される、請求項8記載のE C M電極。

10

**【請求項 1 5】**

タービンエンジン構成部品内に孔を機械加工するためのシステムであって、

電解加工(E C M)装置を含み、該電解加工(E C M)装置が、

少なくとも1つの非絶縁セクションを備えた電極と、

前記電極の少なくとも1つのセクションを実質的に囲む絶縁材と、を含み、

前記電極がスタート孔内に挿入されて、第1の断面積を有する少なくとも1つの第1のセクションと第2の断面積を有する少なくとも1つの第2のセクションとによって形成された孔を形成する、

20

システム。

**【請求項 1 6】**

前記電極が、該電極を実質的に囲んだ複数の絶縁セクションをさらに含み、

前記電極の非絶縁セクションが、該電極の各一対の隣接する絶縁セクション間で延びる、

請求項15記載のシステム。

**【請求項 1 7】**

前記電極が、複数の第1のセクションと複数の第2のセクションとを有する孔を形成し、

各第1のセクションが、一対の隣接する第2のセクション間に形成される、  
請求項15記載のシステム。

30

**【請求項 1 8】**

前記電極が、該電極の非絶縁セクションから放電された電流を用いて前記孔の各第2のセクションを形成する、請求項15記載のシステム。

**【請求項 1 9】**

前記電極が、前記孔の第1セクションの断面積よりも大きい断面積を有する該孔の第2のセクションを形成する、請求項15記載のシステム。

**【請求項 2 0】**

前記電極が、その中を通して電解質流体を循環させて前記スタート孔から材料を取り除くのを可能にする、請求項15記載のシステム。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、総括的には電解加工(E C M)に関し、より具体的には、タービンエンジン翼形部内に冷却孔を形成するための方法及びシステムに関する。

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

少なくとも幾つかの公知のタービンエンジン構成部品は、その中に形成された冷却孔を含む。一般的に、そのような冷却孔は、エンジン内の冷却空気がエンジン構成部品を通して流れ対流冷却を行うことを可能にする。従って、そのような冷却孔は、タービンエン

50

ジンの寿命スパンを増大させ、かつ／又はタービンエンジンの保守整備と関連する費用を低減することができる。

#### 【0003】

電解加工及び／又は成形管電解加工（ＳＴＥＭ）は通常、タービンエンジン構成部品内に冷却孔を形成するために使用される。ＥＣＭ工程の間に、機械加工される被加工物は、DC電源のプラス端子に結合され、また電極はDC電源のマイナス端子に結合される。電解質流体が、電極と被加工物との間に流される。例えば、電解質流体は、酸性溶液又は塩水溶液とすることができます。機械加工工程の間に、被加工物は、制御電解反応によって溶解されて冷却孔を形成する。一般的に、このような機械加工工程では、ほぼ円形の断面積と5よりも大きい長さ対直径比を有する冷却孔が形成される。さらに、この種の孔は、ほぼ同じ形状でありかつほぼ均一な表面粗さを有する。しかしながら、そのような冷却孔は、該冷却孔がその構成部品との間での対流冷却を増大させることができると充分な量の粗さ又は不連続部を有しないので、不充分な対流冷却量しかもたらさない場合が多い。

10

【特許文献1】米国特許第6,824,360号公報

【特許文献2】米国特許第6,539,627号公報

【特許文献3】米国特許第6,416,283号公報

【特許文献4】米国特許第6,387,242号公報

【特許文献5】米国特許第6,339,879号公報

【特許文献6】米国特許第6,290,461号公報

【特許文献7】米国特許第6,264,822号公報

20

【特許文献8】米国特許第6,234,752号公報

【特許文献9】米国特許第5,413,463号公報

【特許文献10】米国特許第4,995,949号公報

#### 【発明の開示】

##### 【課題を解決するための手段】

#### 【0004】

1つの実施形態では、対象物内に孔を形成する方法を提供する。本方法は、対象物内にスタート孔を形成する段階と、それを実質的に囲む少なくとも1つの絶縁セクションと少なくとも1つの非絶縁セクションとを有する電解加工電極を準備する段階と、第1の断面積を有する少なくとも1つの第1のセクションと第2の断面積を有する少なくとも1つの第2のセクションとによって形成された孔を形成するのを可能にするようにスタート孔内に電極を挿入する段階とを含む。

30

#### 【0005】

別の実施形態では、電解加工（ＥＣＭ）装置を提供する。本装置は、少なくとも1つの非絶縁セクションを備えた電極と、電極の少なくとも1つのセクションを実質的に囲む絶縁材とを含む。電極は、スタート孔内に挿入されて、第1の断面積を有する少なくとも1つの第1のセクションと第2の断面積を有する少なくとも1つの第2のセクションとによって形成された孔を形成する。

40

#### 【0006】

さらに別の実施形態では、タービンエンジン構成部品内に孔を機械加工するためのシステムを提供する。本システムは、電解加工（ＥＣＭ）装置を含み、ＥＣＭ装置は、少なくとも1つの非絶縁セクションを備えた電極と、電極の少なくとも1つのセクションを実質的に囲む絶縁材とを含む。電極は、スタート孔内に挿入されて、第1の断面積を有する少なくとも1つの第1のセクションと第2の断面積を有する少なくとも1つの第2のセクションとによって形成された孔を形成する。

50

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0007】

本発明は、タービンエンジン翼形部内に薄い後縁冷却孔を機械加工するために使用することができるシステムを提供する。本システムは、それを通って流れる電解質流体を有する中空の電解加工（ＥＣＭ）電極を使用する。例えば、電解質流体は、酸性溶液又は塩水

50

溶液とすることができます。機械加工に先立って、翼形部は、DC電源のプラス端子に結合され、また電極は、DC電源のマイナス端子に結合される。電極と翼形部と間に電解液(電解質流体)を流しながら、翼形部は、制御電解反応によって溶解されて冷却孔を形成する。

#### 【0008】

機械加工の間、電解質流体は、中空の電極を通って流れ翼形部から材料を取り除く電流を放電するのを可能にする。この例示的な実施形態では、電極は、第1の断面積で形成された少なくとも1つの第1のセクションと第2の断面積で形成された少なくとも1つの第2のセクションとを備えた冷却孔を形成する。さらに、この例示的な実施形態では、冷却孔の各第1のセクションは、該冷却孔の隣接する第2のセクション間に配向される。

10

#### 【0009】

本発明はタービン翼形部内に冷却孔を形成することについて説明しているが、当業者には分かるよう、本発明はまた、例えばそれに限定されないが、タービンケーシング、排気管及びダクトのような、エンジンの他の構成部品及び/又は冷却孔を必要とする可能性があるあらゆる他のシステムの構成部品内に冷却孔を形成することにも適用可能とすることができる。さらに、本発明を電解加工について説明しているが、当業者には分かるよう、本発明は、冷却孔を形成する他の方法にも適用可能とすることができる。

#### 【0010】

図1は、タービンエンジン翼形部104内に形成したスタート孔102を通して挿入される例示的な電解加工(ECM)電極100の断面図を示す。図2は、スタート孔102内に挿入した後の電極100を示す。図3は、機械加工工程が完了し、その中に冷却孔106が形成された後の翼形部104の断面図を示す。この例示的な実施形態では、電極100は、ほぼ円筒形かつ中空であり、またそれを通して電解質流体を搬送するように構成される。当技術分野では公知であるように、電解質流体は、電気化学的溶解用の媒体としての働きをして機械加工される部品から材料を取り除く。電解質流体はまた、機械加工ゾーンから溶解した材料を除去する。当業者には分かるよう、電極100は、その意図する機能及び/又は意図する作動電極100の結果に基づいてあらゆる好適な形状を有することができる。

20

#### 【0011】

さらに、この例示的な実施形態では、電極100は、該電極100を実質的に囲む絶縁材によって形成された複数の絶縁セクション108を含む。下記に詳細に説明するように、絶縁セクション108は、所望の冷却孔寸法及び形状を得ることができるように、材料溶解を所望の領域に制限するのを可能にする。当業者には分かるよう、電極100は、該電極100が本明細書で説明するように機能するのを可能にするあらゆる好適な数の絶縁セクション108を含むことができる。この例示的な実施形態では、電極100はまた、複数の非絶縁セクション110を含む。当業者には分かるよう、電極100は、該電極100が本明細書で説明するように機能するのを可能にするあらゆる数の非絶縁セクション110を含むことができる。この例示的な実施形態では、非絶縁セクション110は、各隣接する絶縁セクション108間に配向される。別の実施形態では、非絶縁セクション110及び絶縁セクション108の構成は、意図する電極100の機能及び/又は意図する作動電極100の結果に基づいて可変に選択される。

30

#### 【0012】

機械加工工程の間、また具体的には電極100の作動に先立って、翼形部104内にスタート孔102が形成される。この例示的な実施形態では、スタート孔102は、電解加工電極、放電加工電極及び/又はレーザのうちの少なくとも1つを使用して穿孔される。さらに、この例示的な実施形態では、スタート孔102は、翼形部後縁内に形成される。さらに、この例示的な実施形態では、スタート孔102は、該スタート孔102全体を通してほぼ一定である第1の断面積120を有する状態で形成される。例えば、この例示的な実施形態では、断面積120はほぼ円形である。当業者には分かるよう、別の実施形態では、第1の断面積120は、タービュレータ付き(乱流型)冷却孔106を形成する

40

50

のを可能にするあらゆる形状を有する状態で形成することができる。さらに、この例示的な実施形態では、スタート孔 102 は、それに限定されないが、翼形部 104 の第 1 の表面 122 に対して計測して、約 0°、約 90°、又は 0° ~ 90° のあらゆる斜角度を含む様々な角度で形成することができる。

#### 【0013】

機械加工工程の間、また具体的には電極 100 の作動中に、電極 100 は、図 1 において矢印 126 で示すように、翼形部 104 の第 1 の表面を通してスタート孔 102 内に挿入され、該翼形部 104 の対向する第 2 の表面 124 に向かって導かれる。作動中、電解質流体が電極 100 を通って流れて、該電極 100 に誘起された電流 128 を導く。この例示的な実施形態では、電流 128 は、複数の非絶縁セクション 110 から放電されてスタート孔 102 の一部分から材料を取り除いて冷却孔 106 を形成するのを可能にする。この例示的な実施形態では、材料は、電気化学溶解によってスタート孔 102 から取り除かれる。この例示的な実施形態では、電極の非絶縁セクションから放電された電流 128 により、スタート孔 102 から材料が取り除かれて、第 1 の断面積 120 よりも大きい複数の第 2 の断面積 130 を形成する。例えば、この例示的な実施形態では、第 2 の断面積 130 はほぼ円形である。当業者には分かるように、別の実施形態では、断面積 130 は、タービュレータ付き冷却孔 106 を形成するのに好適なあらゆる形状を有することができる。

10

#### 【0014】

機械加工工程の間に、電流 128 は、電極 100 の絶縁セクション 108 からは放電されない。従って、スタート孔 102 の一部分は、機械加工工程の間に電流 128 に曝されない。このようにして、電極 100 の非絶縁セクション 110 から放電された電流 128 に曝されなかった複数の第 1 のセクション 140 と該電流 128 に曝された複数の第 2 のセクション 142 とを有するタービュレータ付き冷却孔 106 が形成される。この例示的な実施形態では、各第 1 のセクション 140 は、第 1 の断面積 120 を有する状態で形成され、また各第 2 のセクション 142 は、第 2 の断面積 130 を有する状態で形成される。さらに、この例示的な実施形態では、各冷却孔の第 1 のセクション 140 は、一対の隣接する冷却孔の第 2 のセクション 142 間で延びる。

20

#### 【0015】

従って、電極 100 は、それを通して異なる断面積 120 及び 130 を有するタービュレータ付き冷却孔 106 を形成するのを可能にする。具体的には、完全に形成されると、冷却孔 106 は、それぞれの冷却孔セクション 140 及び 142 内に形成された異なる断面積 120 及び 130 を有する。この例示的な実施形態では、断面積 120 及び 130 は、滑らかな表面仕上げ、粗面の表面仕上げ及び / 又は波形の表面仕上げの少なくとも 1 つを有する状態で形成することができる。

30

#### 【0016】

このようにして、電極 100 は、冷却孔 106 内に不連続な及び / 又は粗面の表面を形成するのを可能にする。従って、冷却孔 106 を通る冷却空気の流れは乱される。その結果、冷却空気は、増大した乱流及び冷却孔 106 の内表面 144 とのより多くの接触量を有することが可能になる。従って、冷却孔 106 内での対流冷却量を増大させることが可能になる。さらに、乱流型（タービュレータ付き）冷却孔 106 は、該冷却孔 106 の下流でのフィルム冷却を高めるのを可能にする。

40

#### 【0017】

1 つの実施形態では、対象物内にタービュレータ付き冷却孔を形成する方法を提供する。本方法は、対象物内にスタート孔を形成する段階を含む。本方法はまた、それを実質的に囲む少なくとも 1 つの絶縁セクションと少なくとも 1 つの非絶縁セクションとを有する電解加工電極を準備する段階を含む。冷却孔の形成時に、電極は、スタート孔内に挿入されて、第 1 の断面積で形成された少なくとも 1 つの第 1 のセクションと第 2 の断面積で形成された少なくとも 1 つの第 2 のセクションとを備えたタービュレータ付き冷却孔を形成するのを可能にする。1 つの実施形態では、本方法は、第 1 の断面積を有する複数の冷却

50

孔第1のセクションと第2の断面積を有する複数の冷却孔第2のセクションとを形成して、各冷却孔第1のセクションが一対の隣接する冷却孔第2のセクション間で延びるようにする段階を含む。

#### 【0018】

別の実施形態では、本方法は、それを実質的に囲む複数の絶縁セクションを有する電解加工電極を準備し、該電極の非絶縁セクションが該電極の各一対の隣接する絶縁セクション間に配向されるようにする段階を含む。さらに別の実施形態では、本方法は、電極の非絶縁セクションから放電された電流を用いて冷却孔の各第2のセクションを形成する段階を含む。1つの実施形態では、本方法は、冷却孔の第1のセクションの直径よりも大きい直径を有する冷却孔の第2のセクションを形成する段階を含む。別の実施形態では、本方法はまた、電極を通して電解質流体を循環させてスタート孔から材料を取り除くのを可能にする段階を含む。この例示的な実施形態では、本方法は、タービンエンジン翼形部内に冷却孔を形成する段階を含む。

10

#### 【0019】

上述したシステム及び方法により、電極がタービンエンジン構成部品内にタービュレータ付き冷却孔を形成するのを可能にする。形成された冷却孔は、該冷却孔を通る冷却空気の流れを乱して該冷却空気の乱流を増大させると共に該冷却空気が冷却孔の内表面との間で有する接触量を増大させるのを可能にする。従って、冷却孔内での対流冷却量が増大させることができることが可能になる。さらに、タービュレータ付き冷却孔は、該冷却孔の下流でのフィルム冷却を高めるのを可能にする。従って、上記のシステム及び方法は、タービンエンジンの寿命スパンを増大させかつ／又はタービンエンジンの保守整備と関連する費用を低減するのを可能にする。

20

#### 【0020】

本明細書で使用する場合に、単数で表わしたまたその前に数詞がない要素又は段階は、そのような除外を明確に記載していない限り、複数のそのような要素又は段階を除外するものではないと理解されたい。さらに、本発明の「1つの実施形態」を参照するというのは、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除外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。

20

#### 【0021】

以上、翼形部内にタービュレータ付き冷却孔を形成するためのシステム及び方法の例示的な実施形態を詳細に説明している。例示したシステム及び方法は、本明細書に記載した特定の実施形態に限定されるものでなく、むしろ、本システムの構成要素は、本明細書に記載した他の構成要素から独立してかつ別個に利用することができる。さらに、本方法において説明した段階は、本明細書に記載した他の段階から独立してかつ別個に利用することができる。

30

#### 【0022】

様々な特定の実施形態に関して本発明を説明してきたが、本発明が特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内の変更で実施することができることは当業者には分かるであろう。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0023】

【図1】タービンエンジン翼形部におけるスタート孔内に挿入される例示的な電解加工（E C M）電極の断面図。

【図2】図1に示しかつ図1に示す翼形部内に挿入される電極の断面図。

【図3】図1に示しかつそれを貫通して形成された冷却孔を含む翼形部の拡大断面図。

#### 【符号の説明】

#### 【0024】

100 電解加工（E C M）電極

102 スタート孔

104 翼形部

50

- 1 0 6 冷却孔  
 1 0 8 絶縁セクション  
 1 1 0 非絶縁セクション  
 1 2 0 第1の断面積  
 1 2 2 第1の表面  
 1 2 4 第2の表面  
 1 2 6 矢印  
 1 2 8 電流  
 1 3 0 第2の断面積  
 1 4 0 第1のセクション  
 1 4 2 第2のセクション  
 1 4 4 内表面

10

【図1】

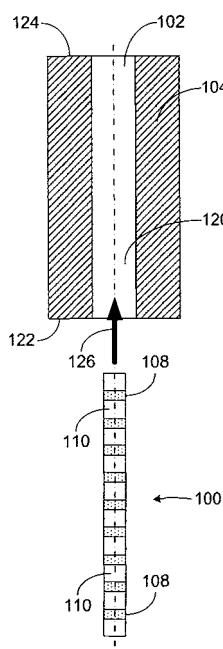


Fig. 1

【図2】

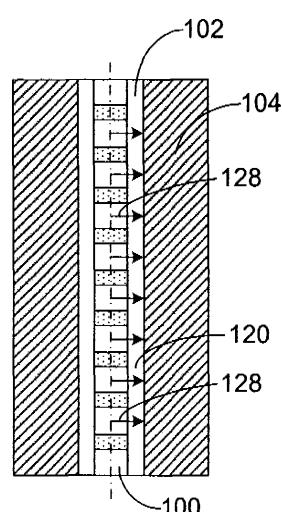


Fig. 2

【図3】

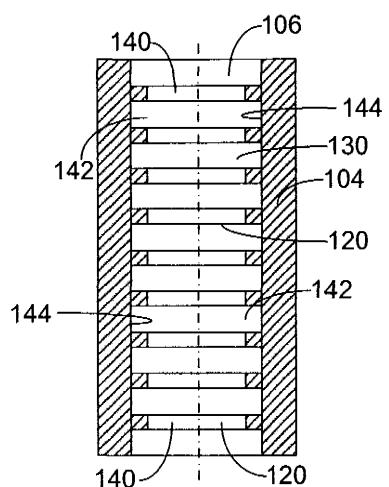


Fig. 3

---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 01 D 9/02 (2006.01)	F 01 D 9/02	102
F 02 C 7/00 (2006.01)	F 02 C 7/00	D
F 02 C 7/18 (2006.01)	F 02 C 7/18	A

(72)発明者 チン - パン・リー  
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、カマルゴ・パインズ・レーン、12番

(72)発明者 ピン・ウェイ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、メカニックヴィル、ダンフォース・ロード、8番

(72)発明者 チェン - ユ・ジャック・チョウ  
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ヒースコック・コート、7414番

F ターム(参考) 3C059 AA02 DA03 HA13 HA14  
3G002 CA06 CA07 CA11 CB01 GA07 GA08 GA17 GB01