

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年9月4日(04.09.2014)



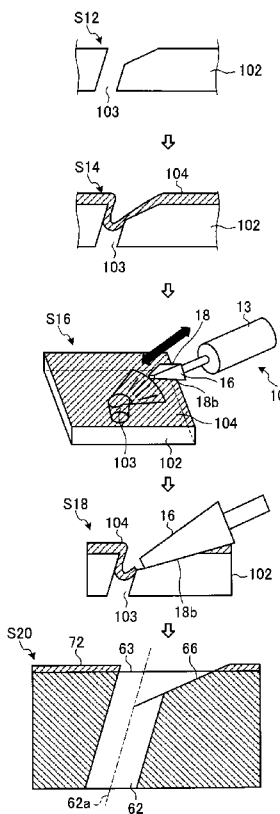
(10) 国際公開番号  
WO 2014/132797 A1

- (51) 国際特許分類:  
F02C 7/00 (2006.01) F01D 9/02 (2006.01)  
B24B 19/14 (2006.01) F01D 25/00 (2006.01)  
F01D 5/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/053196
- (22) 国際出願日: 2014年2月12日(12.02.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2013-036458 2013年2月26日(26.02.2013) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 園尾 知己 (SONOO, Tomomi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明, 外 (SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: TURBINE BLADE MACHINING METHOD, MACHINING TOOL, AND TURBINE BLADE

(54) 発明の名称: タービン翼の加工方法、加工工具及びタービン翼



(57) Abstract: Provided are a turbine blade machining method, a machining tool, and a turbine blade, with which a through-hole running from the surface of the turbine blade to the interior thereof can be machined efficiently. This turbine blade machining method, whereby a through-hole is machined in a turbine blade wherein a protective film has been formed on a substrate surface, has: an insertion step, wherein a machining tool, at the tip of which a grinding region is provided, is inserted into the through-hole, with an orientation such that the grinding region faces the surface of the through-hole; and a removal step, wherein the protective film that has accumulated in the through-hole is ground by the grinding region of the machining tool inserted into the through-hole, thereby removing the protective film that has accumulated in the through-hole.

(57) 要約: タービン翼の表面から内部に貫通する貫通孔を効率よく加工することができるタービン翼の加工方法、加工工具及びタービン翼を提供することにある。基体の表面に保護膜が形成されたタービン翼の貫通孔を加工するタービン翼の加工方法であって、先端に研磨領域が設けられた加工工具を、研磨領域が貫通孔の表面と対面する向きで貫通孔に挿入する挿入工程と、貫通孔に挿入した加工工具の研磨領域で、貫通孔に積層された保護膜を研磨して、貫通孔に積層された保護膜を除去する除去工程と、を有する。

WO 2014/132797 A1

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：タービン翼の加工方法、加工工具及びタービン翼  
**技術分野**

[0001] 本発明は、貫通孔が形成されたタービン翼の加工方法、加工工具及びタービン翼の加工方法または加工工具で加工されたタービン翼に関するものである。

### 背景技術

[0002] ガスタービンや蒸気タービン等は、流体（燃焼ガスや蒸気）が流通する経路にタービン静翼とタービン動翼とが配置されている。静翼は、車室等の固定側の部材に支持されており、タービン動翼は、回転軸等、回転側の部材に支持されている。

[0003] タービン静翼とタービン動翼とを含むタービン翼は、表面に内部の空間まで繋がった貫通孔を設ける場合がある。この貫通孔は、例えば、内部から冷却用の空気を排出させることで、タービン翼をフィルム冷却するフィルム冷却孔である。

[0004] このタービン翼に貫通孔を形成する方法（タービン翼の加工方法）としては、種々の方法が提案されている（特許文献1、2参照）。例えば特許文献1には、翼基材にボンドコートを施し、フィルム冷却孔を穿孔し、トップコートを形成し、冷却孔列を含む領域のトップコートをエアブラスト若しくはウォータージェットで除去する方法が記載されている。また、特許文献2には、調量孔と冷却孔出口とトラフ部とからなる冷却孔を有するガスタービンエンジンの金属部品に遮熱コーティングを施し、ウォータージェット若しくはレーザーにより先ず調量孔に付着したコーティングを除去し、次に冷却孔出口に付着分を除去し、最後にトラフ部のコーティングを除去する方法が記載されている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-82700号公報

特許文献2：特開2012-140952号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1及び2に示すように、タービン翼は、貫通孔が形成された基体（基材）の表面に溶射等により保護膜（例えば耐熱機能を向上させる膜）を積層させて、保護膜により貫通孔が塞がらないように、保護膜のうち、貫通孔に積層されたり、貫通孔の内部に入ったりした部分を除去する。ここで、特許文献1及び2では、エアブラスト、ウォータージェット及びレーザにより、貫通孔に影響のある保護膜を除去している。

[0007] しかしながら、エアブラストやウォータージェットを用いる場合は、貫通孔を加工できるように貫通孔のパターンを形成したマスク（遮蔽板）を使用する必要があったり、基体への影響を抑制するために加工条件を調整したりする必要がある。また、加工時の付与する力を小さくすると加工に時間がかかり、加工時の付与する力を大きくすると基体に影響を与えてしまう恐れが大きくなる。また、レーザを用いる場合、貫通孔の形状に沿った加工条件の制定が困難であり、加工の効率の向上に限界がある。

[0008] 本発明は上述した課題を解決するものであり、タービン翼の表面から内部に貫通する貫通孔を効率よく加工することができるタービン翼の加工方法、加工工具及びタービン翼を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成するための本発明のタービン翼の加工方法は、基体の表面に保護膜が形成されたタービン翼の貫通孔を加工するタービン翼の加工方法であって、先端に研磨領域が設けられた加工工具を、前記研磨領域が前記貫通孔の表面と対面する向きで前記貫通孔に挿入する挿入工程と、前記貫通孔に挿入した加工工具の前記研磨領域で、前記貫通孔に積層された保護膜を研磨して、前記貫通孔に積層された保護膜を除去する除去工程と、を有することを特徴とする。

- [0010] 従って、研磨領域を設けた加工工具を貫通孔に挿入し研磨して貫通孔に重なった保護膜を除去することで、貫通孔に重なった保護膜を選択的に除去することができる。また、加工工具を用いた研磨により保護膜を除去することで、保護膜の除去の状態を確認しながら作業が可能となるため、効率よく加工を行うことができる。これにより、タービン翼の表面から内部に貫通する貫通孔を効率よく加工することができる。
- [0011] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記加工工具は、前記研磨領域が、前記基体の表面から見た前記貫通孔の形状に沿った形状であることを特徴とする。
- [0012] 従って、加工工具の研磨領域を貫通孔の形状に沿った形状とすることで、貫通孔の基体を保護しつつ、加工を行うことができる。また、貫通孔に重なった保護膜を効率よく除去することができる。
- [0013] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記加工工具は、前記研磨領域が、先端に向かうにしたがって、細くなる角錐形状の少なくとも1面に形成されていることを特徴とする。
- [0014] 従って、研磨領域を先端に行くほど細くなり平坦な面とすることができ、研磨領域の一部が貫通孔の基体と接触して、溝等が形成されてしまうことを抑制することができる。これにより、貫通孔を保護しつつ、加工を行いやすくすることができる。
- [0015] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記除去工程は、加振部により前記加工工具を振動させることにより、前記研磨領域で前記保護膜を研磨することを特徴とする。
- [0016] 従って、加振部により振動させることで、研磨処理を効率よく実行することができる。
- [0017] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記加振部は、前記研磨領域を、前記貫通孔への挿入方向に沿って往復移動させることを特徴とする。
- [0018] 従って、前記貫通孔への挿入方向に沿って往復移動させることで、貫通孔の基体等を保護しつつ、加工を行うことができる。

- [0019] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記挿入工程の前に、先端に棒状の研磨領域が設けられた棒状加工工具を、前記研磨領域が前記貫通孔の表面と対面する向きで前記貫通孔に挿入し、前記貫通孔に挿入した加工工具の前記研磨領域を回転させつつ前記保護膜に接触させて前記保護膜を研磨して、前記貫通孔に積層された保護膜の一部を除去する前処理工程をさらに有することを特徴とする。
- [0020] 従って、挿入工程前に、保護膜の一部を除去することで、効率よく保護膜を除去することができる。
- [0021] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記除去工程の後に、先端に棒状の研磨領域が設けられた棒状加工工具を、前記研磨領域が前記貫通孔の表面と対面する向きで前記貫通孔に挿入し、前記貫通孔に挿入した加工工具の前記研磨領域で、前記貫通孔に積層された保護膜を研磨して、前記貫通孔に積層された保護膜を除去する後処理工程をさらに有することを特徴とする。
- [0022] 従って、後処理工程により、貫通孔に保護膜が残った場合も好適に除去を行うことができる。
- [0023] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記保護膜は、前記基体の表面に溶射で形成されていることを特徴とする。
- [0024] 従って、溶射で形成された保護膜を好適に除去することができる。
- [0025] 本発明のタービン翼の加工方法では、前記加工工具は、前記研磨領域にダイヤモンドの粒子が接合されていることを特徴とする。
- [0026] 従って、保護膜を好適に除去することができる。
- [0027] 上記の目的を達成するための本発明の加工工具は、ダイヤモンドの粒子が接合された研磨領域が形成された研磨面を少なくとも1面備える先端部と、前記先端部の一方の端部に連結された支持部と、を有し、前記研磨面は、前記支持部で支持されている端部とは反対側の端部である前記先端部に向かうにしたがって、幅が狭くなる面であることを特徴とする。
- [0028] 従って、研磨面を貫通孔に好適に接触させることができ、研磨しやすくなる。これにより、タービン翼の表面から内部に貫通する貫通孔を効率よく加

工することができる。

[0029] 本発明の加工工具では、前記研磨面は、前記支持部で支持されている端部と前記先端部とを結ぶ方向に直交する断面が直線となることを特徴とする。

[0030] 従って、研磨面を平坦な面とすることで、平坦な面が形成された貫通孔に積層された保護膜を好適に除去することができる。

[0031] 本発明の加工工具では、前記研磨面は、前記支持部で支持されている端部と前記先端部とを結ぶ方向に直交する断面が内側に凸となる曲線となることを特徴とする。

[0032] 従って、研磨面を内側に凸となる曲面とすることで、外側に盛り上がっている曲面が形成された貫通孔に積層された保護膜を好適に除去することができる。

[0033] 本発明の加工工具では、前記支持部に連結され、前記支持部を介して、前記先端部を、前記支持部で支持されている端部と前記先端部とを結ぶ方向に往復運動させる加振部をさらに有することを特徴とする。

[0034] 従って、支持部で支持されている端部と先端部とを結ぶ方向に往復移動させることで、加工対象の貫通孔の基体等を保護しつつ、加工を行うことができる。

[0035] 上記の目的を達成するための本発明のタービン翼は、上記のいずれかに記載のタービン翼の加工方法で貫通孔が加工されたことを特徴とする。

[0036] 従って、貫通孔をより高い精度の形状とすることができ、タービン翼の性能をより高くすることができる。

[0037] 上記の目的を達成するための本発明のタービン翼は、上記のいずれかに記載の加工工具で貫通孔が加工されたことを特徴とする。

[0038] 従って、貫通孔をより高い精度の形状とすることができ、タービン翼の性能をより高くすることができる。

### 発明の効果

[0039] 本発明のタービン翼の加工方法及び加工工具によれば、タービン翼の表面から内部に貫通する貫通孔を効率よく加工することができる。本発明のター

ビン翼によれば、貫通孔をより高い精度の形状とすることができ、タービン翼の性能をより高くすることができる。

### 図面の簡単な説明

- [0040] [図1]図 1 は、本実施例に係る加工工具の概略構成を示す斜視図である。
- [図2A]図 2 A は、工具本体の概略構成を示す上面図である。
- [図2B]図 2 B は、図 2 A に示す工具本体の概略構成を示す側面図である。
- [図2C]図 2 C は、図 2 A に示す工具本体の概略構成を示す正面図である。
- [図3A]図 3 A は、変形例の工具本体の概略構成を示す上面図である。
- [図3B]図 3 B は、図 3 A に示す工具本体の概略構成を示す側面図である。
- [図4]図 4 は、変形例の工具本体の概略構成を示す正面図である。
- [図5]図 5 は、タービン静翼の一例の概略構成を示す横断面図である。
- [図6A]図 6 A は、図 5 に示すタービン静翼の冷却孔の概略構成を示す斜視図である。
- [図6B]図 6 B は、図 6 A に示す冷却孔の概略構成を示す正面図である。
- [図6C]図 6 C は、図 6 A に示す冷却孔の概略構成を示す断面図である。
- [図7]図 7 は、タービン翼の加工方法の一例を説明するための説明図である。
- [図8]図 8 は、タービン翼の加工方法の他の例を説明するための説明図である。
- 。

### 発明を実施するための形態

- [0041] 以下に添付図面を参照して、本発明に係るタービン翼の加工方法及び加工工具の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせ構成するものも含むものである。

### 実施例

- [0042] 図 1 は、本実施例に係る加工工具の概略構成を示す斜視図である。図 2 A は、工具本体の概略構成を示す上面図である。図 2 B は、図 2 A に示す工具本体の概略構成を示す側面図である。図 2 C は、図 2 A に示す工具本体の概略構成を示す正面図である。加工工具 10 は、工具本体 12 と加振部 13 と

を有する。

[0043] 工具体 12 は、図 1 及び図 2 A ~ 図 2 C に示すように、支持部 14 と支持部 14 の一方の端部に固定された先端部 16 とを有する。支持部 14 は、棒状の部材であり、先端部 16 が固定されていない側の端部が加振部 13 に装着されている。先端部 16 は、先端に向かうにつれて、つまり支持部 14 と連結している部分から、反対側の端部に向かうにつれて、断面が小さくなる形状である。

[0044] 先端部 16 は、先端側の一定範囲が研磨領域 18 となる。研磨領域 18 は、表面にダイヤモンドの粒子が接合されている。ダイヤモンドの粒子は、先端部 16 に電着等で接合させる。先端部 16 の研磨領域 18 は、四角錐形状となる。なお、本実施例の先端部 16 は、正確には、四角錐の先端が切り落とされた形状、つまり、先端が面となる形状である。したがって、研磨領域 18 も先端に向かうにつれて、つまり支持部 14 と連結している部分から、反対側の端部に向かうに従って、断面が小さくなる形状である。研磨領域 18 は、面積が最も広い一方の面を上面 18 a とし、上面 18 a とは反対側の面を底面 18 b とし、上面 18 a と底面 18 b とで挟まれて、支持部 14 の延在方向に延在する面を側面 18 c とし、先端の面を先端 18 d とする。本実施例の研磨領域 18 は、図 2 A に示すように上面 18 a 及び底面 18 b が、先端 18 d に向うにつれて幅が狭くなる台形形状である。上面 18 a 及び底面 18 b は、等方台形であり、斜辺のなす角が  $\theta 1$  となる。上面 18 a は、支持部 14 の延在方向に平行な面であり、底面 18 b は、支持部 14 の延在方向に対して所定の角度傾斜している面である。これにより、上面 18 a と底面 18 b とは、先端 18 d から離れるにつれて間隔が広くなる。また、上面 18 a と底面 18 b とは、それぞれ、支持部 14 の延在方向に直交する断面が直線の平坦な面（平面）となる。

[0045] 加振部 13 は、工具体 12 を延在方向（矢印 A の方向）に振動させる機器である。延在方向とは、支持部 14 が伸びている方向であり、先端部 16 の先端（支持部 14 と連結している端部と反対側の細くなっている部分）と

支持部 14 と連結している端部とを結んだ方向である。加振部 13 としては、種々の駆動源を用いることができ、例えば電動研磨機（電動で加工工具を往復運動させる機械）、超音波研磨機の加振源、を用いることができる。

[0046] 加工工具 10 は、以上のような構成であり、工具本体 12 の先端部 16 の先端側に研磨領域 18 を形成し、研磨する対象に研磨領域 18 を接触させ、摺動させることで、研磨する対象を研磨することができる。ここで、本実施例の研磨領域 18 は、主として底面 18b が研磨する対象に接触させる面つまり研磨面となる。

[0047] また、加工工具 10 は、研磨領域 18 の研磨面である底面 18b を先端 18d から離れるにつれて、幅が大きくなる形状、つまり先細り形状であり、かつ、面（本実施例では平坦な面）とすることで、先端 18d が細くなり、平坦な面の形状の加工対象を好適に加工することができる。また加工工具 10 は、研磨面を用いて好適に加工を行うことができるため、工具の寿命も長くすることができる。

[0048] また、加工工具 10 は、加振部 13 で、工具本体 12 を延在方向に振動させることで、研磨領域 18 を延在方向に振動させることができる。加工工具 10 は、研磨領域 18 を研磨する対象に接触させつつ、加振部 13 で研磨領域 18 を延在方向に振動させることで、研磨する対象に対して、研磨領域 18 を好適に振動させることができる。これにより、研磨を効率よく実行することができる。また、加振部 13 で研磨領域 18 を延在方向に振動させることで、研磨する対象が先端に向かうほど細くなる形状である場合に、当該研磨する対象の側壁等に研磨領域 18 が接触することを抑制することができる。

[0049] ここで、加工工具 10 の工具本体 12 の形状、より具体的には研磨領域 18 の研磨面の形状は、これに限定されない。研磨面は、先細り形状であり、かつ、面であればよい。図 3A は、変形例の工具本体の概略構成を示す上面図である。図 3B は、図 3A に示す工具本体の概略構成を示す側面図である。図 3A 及び図 3B に示す工具本体 22 は、支持部 24 と先端部 26 とを有

する。先端部 26 には、研磨領域 28 が設けられている。図 3 A 及び図 3 B に示す研磨領域 28 は、上面 28 a 及び底面 28 b（研磨面）が先端に向かうにつれて幅が狭くなる台形形状である。また、上面 28 a 及び底面 28 b は、等方台形であり、斜辺のなす角が  $\theta 2$  となる。ここで、 $\theta 2$  は、 $\theta 1$  よりも小さい角度である。このように、加工工具 10 は、研磨面の先細り形状の角度を種々の角度とすることができる。例えば、 $\theta 1$  を  $30^\circ$  とし、 $\theta 2$  を  $15^\circ$  とした場合、工具本体 12、22 のいずれを用いても加工対象を好適に加工することができる。

[0050] 次に、図 4 は、変形例の工具本体の概略構成を示す正面図である。図 4 に示す工具本体 32 の研磨領域 38 は、上面 38 a、側面 38 c 及び先端部 38 d が平坦な面で形成されている。また、研磨領域 38 の底面 38 b は、延在方向に直交する断面（支持部で支持されている端部と先端部とを結ぶ方向に直交する断面）が内側に凸となる曲線となる。このように、工具本体 32 は、底面 38 b、つまり研磨面を曲面形状としてもよい。このように内側に凸となる曲面形状とすることで、外側に盛り上がっている曲面が形成された加工対象を好適に研磨することができる。

[0051] また、本実施例では、研磨面を面とするため、先端部 16（研磨領域 18）を四角錐形状、四角錐の一面が曲面となる形状としたが、これに限定されない。例えば、先端部 16（研磨領域）18 は、三角錐、六角形の角錐等、多角形の角錐とすることで、研磨面を形成することができる。なお、四角錐とすることで、加工対象の側壁に与える影響を少なくすることができる。

[0052] また、本実施例の加工工具 10 は、加振部 13 を用いて工具本体 12 を延在方向に振動させることで、上述したように好適な加工を行うことができるがこれに限定されない。加工工具 10 は、工具本体 12 を延在方向に直交する方向に振動させてもよいし、回転させてもよい。また、種々の方向への振動を組み合わせてもよい。また、加工工具 10 は、工具本体 12 を振動させる駆動源を備えていなくてもよい。具体的には、手動で加工対象に対して研磨領域 18 を摺動させるようにしてもよい。

[0053] また、加工工具 10 は、タービン翼の貫通孔、例えばフィルム冷却孔を好適に加工することができる。より具体的には、加工工具 10 は、貫通孔を備えるタービン翼の作成時に、タービン翼の基体の表面に保護膜、例えば TBC (Thermal Barrier Coating、ガスタービン用高性能遮熱コーティング) を形成した後、貫通孔に重なった部分に形成された保護膜や、貫通孔の内部に形成された保護膜を除去する処理に好適に用いることができる。

[0054] 次に、図 5 から図 8 を用いて、タービン翼の加工方法について説明する。

[0055] まず、図 5、図 6 A から図 6 C を用いて、加工対象となるタービン翼の貫通孔について説明する。図 5 は、タービン静翼の一例の概略構成を示す横断面図である。図 6 A は、図 5 に示すタービン静翼の冷却孔の概略構成を示す斜視図である。図 6 B は、図 6 A に示す冷却孔の概略構成を示す正面図である。図 6 C は、図 6 A に示す冷却孔の概略構成を示す断面図である。なお、以下では、タービン静翼に設けた冷却孔について、説明するがタービン動翼の場合も同様である。つまり、タービン翼は、タービン静翼とタービン動翼の両方を含む。

[0056] タービン静翼 43 は、翼本体 (翼構造部) 44 を有する。また翼本体 44 は、長手方向 (ロータの径方向) における一端部 (径方向の外側) に外側シュラウド (端壁構造部) が固定され、他端部 (径方向の内側) に内側シュラウド (端壁構造部) が固定されている。

[0057] 翼本体 44 は、中空形状をなし、燃焼ガスの流動方向の上流側 (図 5 にて、左側) が湾曲断面形状をなし、燃焼ガスの流動方向の下流側 (図 5 にて、右側) が先細断面形状をなしている。そして、翼本体 44 は、内部が 2 つの隔壁 51 により 3 つの空間部に区画されている。また、翼本体 44 は、所定の位置にそれぞれ内部と外部を貫通する冷却孔 52 が複数形成されている。

[0058] 翼本体 44 は、その内側に仕切板 55 a、55 b、55 c が固定されている。この仕切板 55 a、55 b、55 c は、筒形状をなし、各シュラウド側の端部が拡径してこの各シュラウドに固定されている。翼本体 44 は、内側にこの仕切板 55 a、55 b、55 c が固定されることで、キャビティ 62

が区画形成されている。仕切板 55 a、55 b、55 c は、その全域にわたってほぼ均等間隔で多数の貫通孔 59 が形成されている。

[0059] タービン静翼 43 は、冷却通路からの冷却空気（冷却媒体）が供給されると、この冷却空気が、まず、翼本体 44 の内側、つまり、仕切板 55 の内側に導入される。そして、仕切板 55 内の冷却空気は、次に、この仕切板 55 に形成された多数の貫通孔 59 を通してキャビティ 58 に噴射され、ここで、翼本体 44 の内壁面をインピンジメント冷却する。その後、キャビティ 58 の冷却空気は、多数の冷却孔 52 を通して外部（燃焼ガス通路）へ排出され、翼本体 44、背側プロファイル 45、腹側プロファイル 46 の外壁面に沿って流れることで、この外壁面を膜冷却（フィルム冷却）する。

[0060] 次に、冷却孔（貫通孔）52 について説明する。冷却孔 52 は、上述したように翼本体 44 に形成されている。ここで、翼本体 44 は、基体 70 の表面に保護膜 72 が形成されている。保護膜 72 は、翼本体 44 の表面の冷却孔 52 が形成されていない領域に設けられている。保護膜 72 は、基体 70 の表面を保護する機能を備える膜であり、例えば、TBC で形成されている。翼本体 44 は、保護膜 72 が配置されていることで、表面の耐久性を向上させることができ、タービン静翼としての耐久性を高くすることができる。

[0061] 冷却孔 52 は、翼本体 44 の内部から表面（保護膜が形成されている面）に対して、傾斜した円筒部 62 を有し、円筒部 62 の表面側の端部が開口部 63 となる。円筒部 62 は、中心軸 62 a が、表面に直交する方向に対して傾斜している。冷却孔 52 は、開口部 63 のうち、翼本体 44 の内部から表面に流れる冷却空気の下流側、つまり、傾斜している円筒部 62 の垂線に対して傾いている側の端部に拡張部 66 が形成されている。

[0062] 拡張部 66 は、図 6 A 及び図 6 B に示すように、表面に直交する方向とのなす角が、円筒部 62 よりも大きくなる、つまり傾斜が緩やかになる面が形成されている。拡張部 66 は、面が平面となっている。また、拡張部 66 は、開口部分が図 6 B に示すように、開口部 63 から離れるにしたがって、幅が広がる形状である。

- [0063] タービン静翼43は、冷却孔52を円筒部62と拡張部66とを繋げた形状とすることで、翼本体44の内部から表面に排出された冷却空気を翼本体44の表面に沿って流しやすくすることができる。
- [0064] 次に、図7を用いて、タービン翼の加工方法、具体的には、タービン静翼の冷却孔を上述した冷却孔に加工する方法について説明する。図7は、タービン翼の加工方法の一例を説明するための説明図である。
- [0065] 本実施例の加工方法は、ステップS12に示すように、冷却孔となる貫通孔103が形成された基体102を作成し、ステップS14に示すように、基体102の表面に保護膜104を形成する。ここで、保護膜104は、例えば溶射で基体102の表面に形成することができる。このとき、加工方法は、基体102の表面に一様に保護膜104を形成するため、貫通孔103と重なる領域にも保護膜104が形成される。
- [0066] 次に、加工方法は、ステップS16に示すように、貫通孔103が形成されている領域に加工工具10の先端部16を挿入する（挿入工程）。このとき、先端部16の研磨領域18の底面18b（研磨面）が貫通孔103（貫通孔103と重なる保護膜104）と対面する向きで先端部16を挿入する。加工方法は、先端部16を挿入させる際に、加振部13により先端部16を振動させる。このとき、挿入前から振動させておいても、挿入後に振動させてもよい。加工方法は、ステップS18に示すように、先端部16の研磨領域18を貫通孔103と重なる保護膜104と接触させつつ、加振部13により先端部16を振動させることで、貫通孔103と重なる保護膜104を研磨し、除去する（除去工程）。
- [0067] 加工方法は、加工工具10を用いて、貫通孔103に重なる保護膜104を除去することで、ステップS20に示すように、円筒部62の開口部63及び拡張部66に重ならない位置に保護膜72が形成されたタービン静翼を作成することができる。
- [0068] 以上のように、本実施例の加工方法は、加工工具10を用いた研磨により、貫通孔103に重なる保護膜104を除去することで、効率よく、冷却孔

52が保護膜72で覆われていない状態とすることができる。

[0069] また、加工工具10の研磨面を、貫通孔103の形状に沿った、平坦かつ先細り形状とすることで、貫通孔103と研磨面とを略平行とすることができる。加工時に研磨面が貫通孔103と接触し、貫通孔103を削ることを抑制することができる。また、貫通孔103のうち同時に加工できる範囲をより広くすることができるため、保護膜104の除去にかかる時間を短くすることができる。

[0070] また、上述したように、研磨面を延在方向に移動させることで、貫通孔103の傾斜方向（先細りになっている形状）に沿って研磨面を移動させることができる。これにより、貫通孔103の側壁等に研磨面が接触することを抑制することができる。

[0071] 加工方法は、本実施例のように、冷却孔52の基体102を保護しつつ、効率よく加工を行うことができるため、上述した形状の加工工具10、具体的には、研磨面が面形状でありかつ先細り形状の加工工具を用いることが好ましいが、これに限定されない。保護膜を研磨する工具の形状は種々の形状とすることができる。例えば、先端部が円柱、円錐形状の工具本体を用いてもよいし、先端部が平板形状の工具本体を用いてもよい。また、種々の形状の工具本体を組み合わせてもよい。

[0072] 次に、図8を用いて、加工方法の他の例について説明する。なお、図8に示す処理のうち、図7に示す処理と同様の工程については、詳細な説明を省略する。

[0073] 図8に示す加工方法は、ステップS12に示すように、冷却孔となる貫通孔103が形成された基体102を作成し、ステップS14に示すように、基体102の表面に保護膜104を形成する。

[0074] 次に、加工方法は、ステップS32に示すように、貫通孔103が形成されている領域に加工工具90の先端部92を挿入し、先端部92の研磨領域を貫通孔103と重なる保護膜104と接触させつつ、加振部により先端部92を振動させることで、貫通孔103と重なる保護膜104を研磨し、一

部を除去する（前処理工程）。ここで、加工工具90は、先端部92の研磨領域が、円柱形状となる。また、加工工具90は、振動させずに、ポータブルグラインダ等の回転機器で先端部92を回転させてもよい。

[0075] 次に、加工方法は、ステップS18に示すように、加工工具10の先端部16の研磨領域18の底面18bが貫通孔103と対面する向きで先端部16を挿入し、研磨領域18を貫通孔103と重なる保護膜104と接触させつつ、加振部13により先端部16を振動させる、つまり、研磨領域18の底面18bを挿入方向に沿って往復運動させることで、貫通孔103と重なる保護膜104を研磨し、除去する（挿入工程、除去工程）。

[0076] 次に、ステップS33に示すように、貫通孔103が形成されている領域に、より具体的には円筒部が形成されている領域に加工工具90の先端部92aを挿入し、先端部92aの研磨領域を貫通孔103と重なる保護膜104と接触させつつ、加振部により先端部92を振動させることで、貫通孔103と重なる保護膜104を研磨し、除去する（後処理工程）。先端部92aは、研磨領域が、円筒部より径の小さい円柱形状である。加工方法は、先端部92aを円筒部に挿入して、貫通孔103と重なる保護膜104を研磨し、除去することで、円筒部の内部に付着した保護膜104をより確実に除去することができる。

[0077] 加工方法は、このように、加工工具10、90を用いて、貫通孔103に重なる保護膜104を除去することで、ステップS20に示すように、円筒部62の開口部63及び拡張部66に重ならない位置に保護膜72が形成されたタービン静翼を作成することができる。

[0078] 図8に示す加工方法は、加工工具90を用いて、貫通孔103に重なる保護膜104を除去し（荒加工し）、加工工具10を用いて、面が平坦になる拡張部に相当する領域に重なる保護膜104を除去し、加工工具90を用いて、円筒部に付着した保護膜104を除去することができる。これにより、効率よく、かつ、高い精度で冷却孔から保護膜104を除去することができる。また、保護膜104の除去を複数の工程に分けることで、各部の加工に

適した工具を用いることができる。これにより、貫通孔103を研磨することを抑制しつつ、加工を行うことができる。

[0079] また、上述した加工工具で加工を行い製造したタービン翼、また、上述した加工方法で加工を行い製造したタービン翼は、より高い精度で冷却孔等の貫通孔がされているため、貫通孔の性能をより高くすることができる。これによりタービン翼の性能を高くすることができる。具体的には、タービン翼は、貫通孔103の内部に悪影響を与えることを抑制しつつ溶射膜等の保護膜104を除去されている。これにより保護膜104が適切に形成されていることで耐久性を高くすることができ、貫通孔103の形状を維持しつつ保護膜104が高い精度で除去されているため、貫通孔103を冷却孔として用いた場合の冷却性能を高くすることができる。

### 符号の説明

- [0080] 10 加工工具
- 12、22 工具本体
  - 13 加振部
  - 14、24 支持部
  - 16、26 先端部
  - 18、28 研磨領域
  - 18a 上面
  - 18b 底面（研磨面）
  - 18c 側面
  - 18d 先端
- 43 タービン静翼（タービン翼）
- 44 翼本体
  - 52 冷却孔（貫通孔）
  - 70 基体
  - 72 保護膜
  - 102 基体

1 0 3 貫通孔

1 0 4 保護膜

## 請求の範囲

- [請求項1] 基体の表面に保護膜が形成されたタービン翼の貫通孔を加工するタービン翼の加工方法であって、
- 先端に研磨領域が設けられた加工工具を、前記研磨領域が前記貫通孔の表面と対面する向きで前記貫通孔に挿入する挿入工程と、
- 前記貫通孔に挿入した加工工具の前記研磨領域で、前記貫通孔に積層された保護膜を研磨して、前記貫通孔に積層された保護膜を除去する除去工程と、を有することを特徴とするタービン翼の加工方法。
- [請求項2] 前記加工工具は、前記研磨領域が、前記基体の表面から見た前記貫通孔の形状に沿った形状であることを特徴とする請求項1に記載のタービン翼の加工方法。
- [請求項3] 前記加工工具は、前記研磨領域が、先端に向かうにしたがって、細くなる角錐形状の少なくとも1面に形成されていることを特徴とする請求項2に記載のタービン翼の加工方法。
- [請求項4] 前記除去工程は、加振部により前記加工工具を振動させることにより、前記研磨領域で前記保護膜を研磨することを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載のタービン翼の加工方法。
- [請求項5] 前記加振部は、前記研磨領域を、前記貫通孔への挿入方向に沿って往復移動させることを特徴とする請求項4に記載のタービン翼の加工方法。
- [請求項6] 前記挿入工程の前に、先端に研磨領域が設けられた棒状加工工具を、前記研磨領域が前記貫通孔の表面と対面する向きで前記貫通孔に挿入し、前記貫通孔に挿入した加工工具の前記研磨領域を回転させつつ前記保護膜に接触させて前記保護膜を研磨して、前記貫通孔に積層された保護膜の一部を除去する前処理工程をさらに有することを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載のタービン翼の加工方法。
- [請求項7] 前記除去工程の後に、先端に研磨領域が設けられた棒状加工工具を、前記研磨領域が前記貫通孔の表面と対面する向きで前記貫通孔に挿

入し、前記貫通孔に挿入した加工工具の前記研磨領域で、前記貫通孔に積層された保護膜を研磨して、前記貫通孔に積層された保護膜を除去する後処理工程をさらに有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のタービン翼の加工方法。

[請求項8] 前記保護膜は、前記基体の表面に溶射で形成されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のタービン翼の加工方法。

[請求項9] 前記加工工具は、前記研磨領域にダイヤモンドの粒子が接合されていることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のタービン翼の加工方法。

[請求項10] ダイヤモンドの粒子が接合された研磨領域が形成された研磨面を少なくとも 1 面備える先端部と、  
前記先端部の一方の端部に連結された支持部と、を有し、  
前記研磨面は、前記支持部で支持されている端部とは反対側の端部である先端に向かうにしたがって、幅が狭くなる面であることを特徴とする加工工具。

[請求項11] 前記研磨面は、前記支持部で支持されている端部と前記先端とを結ぶ方向に直交する断面が直線となることを特徴とする請求項 10 に記載の加工工具。

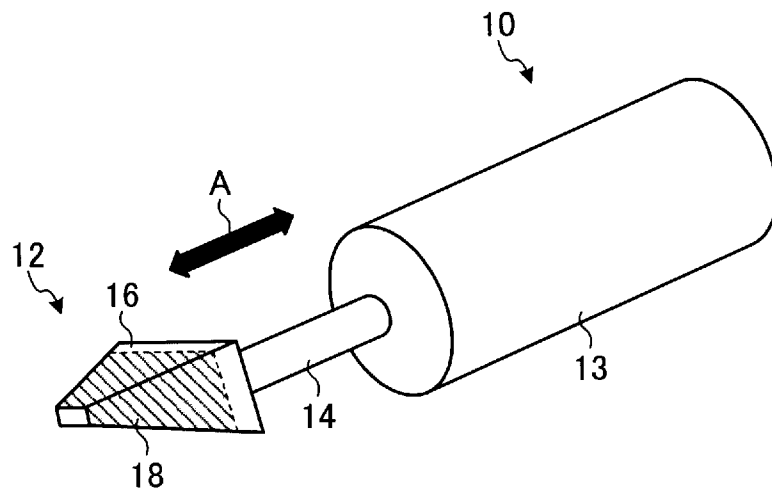
[請求項12] 前記研磨面は、前記支持部で支持されている端部と前記先端とを結ぶ方向に直交する断面が内側に凸となる曲線となることを特徴とする請求項 10 に記載の加工工具。

[請求項13] 前記支持部に連結され、前記支持部を介して、前記先端部を、前記支持部で支持されている端部と前記先端とを結ぶ方向に往復運動させる加振部をさらに有することを特徴とする請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の加工工具。

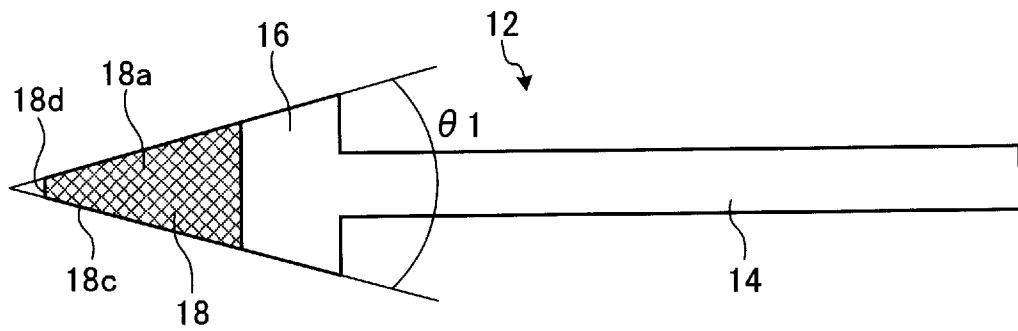
[請求項14] 請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のタービン翼の加工方法で貫通孔が加工されたことを特徴とするタービン翼。

[請求項15]           請求項10から13のいずれか一項に記載の加工工具で貫通孔が加工されたことを特徴とするタービン翼。

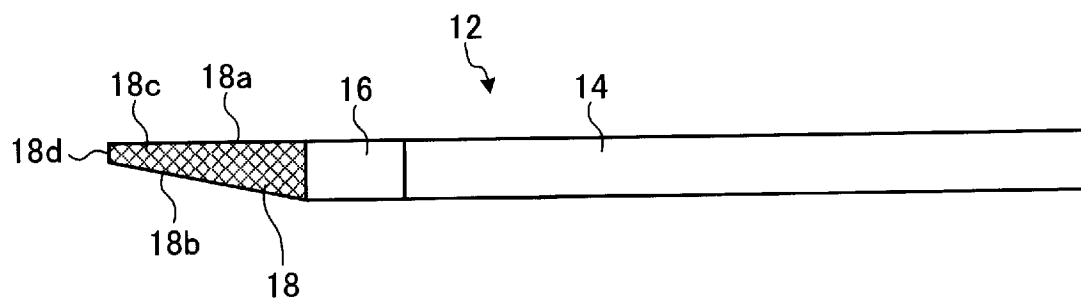
[図1]



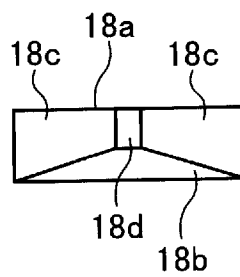
[図2A]



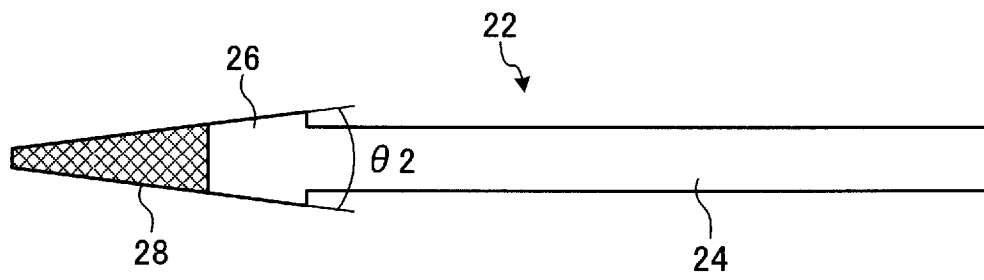
[図2B]



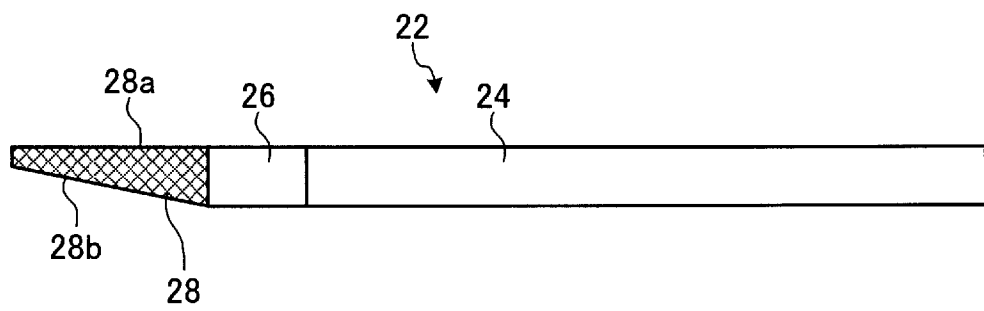
[図2C]



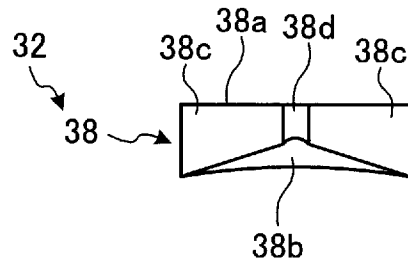
[図3A]



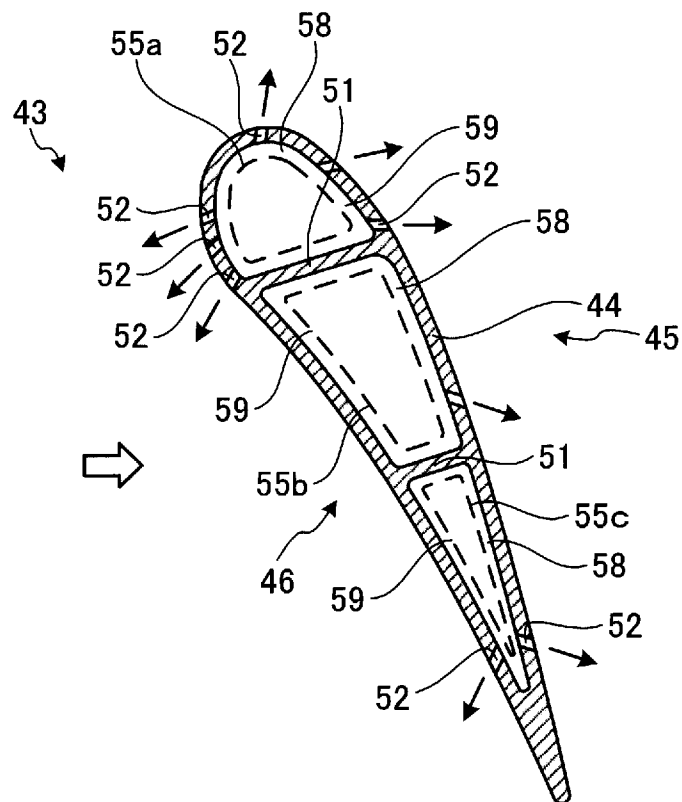
[図3B]



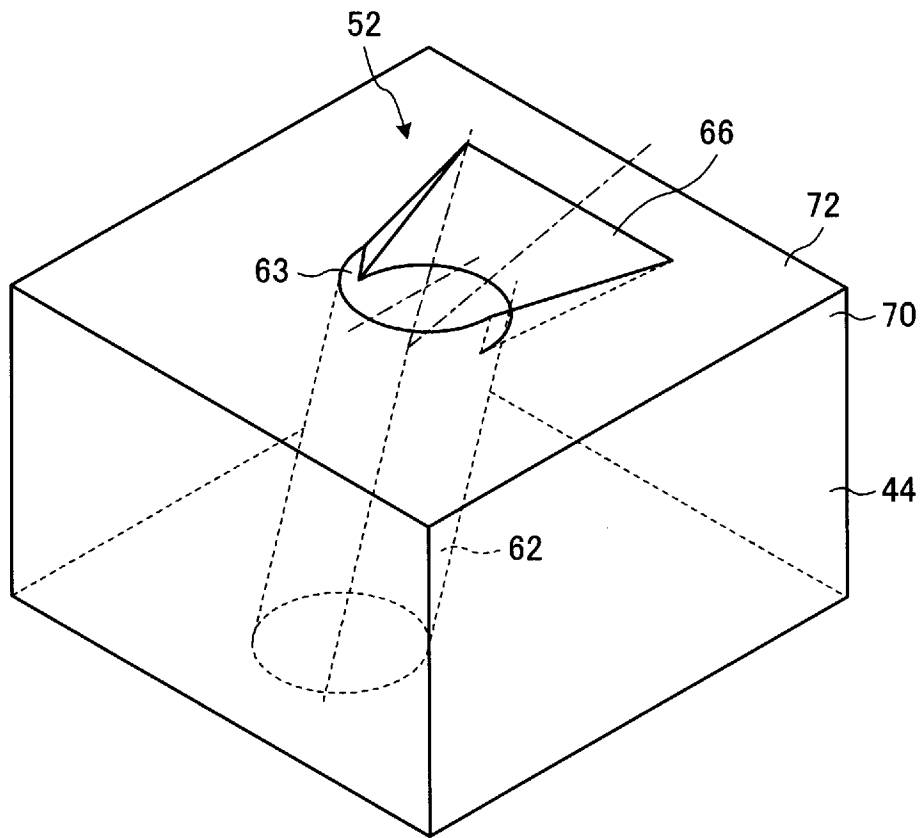
[図4]



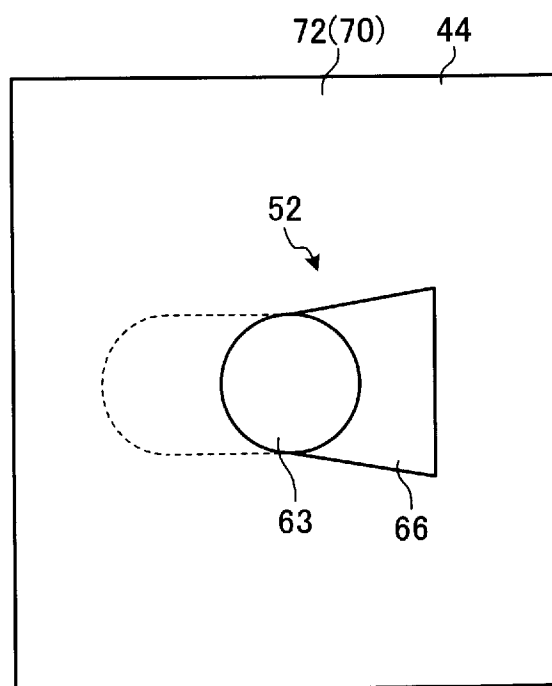
[図5]



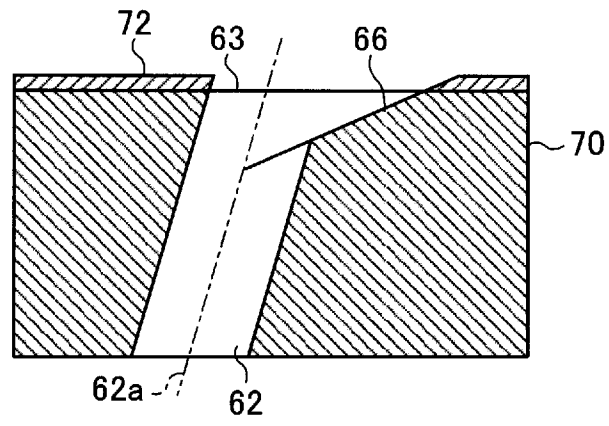
[図6A]



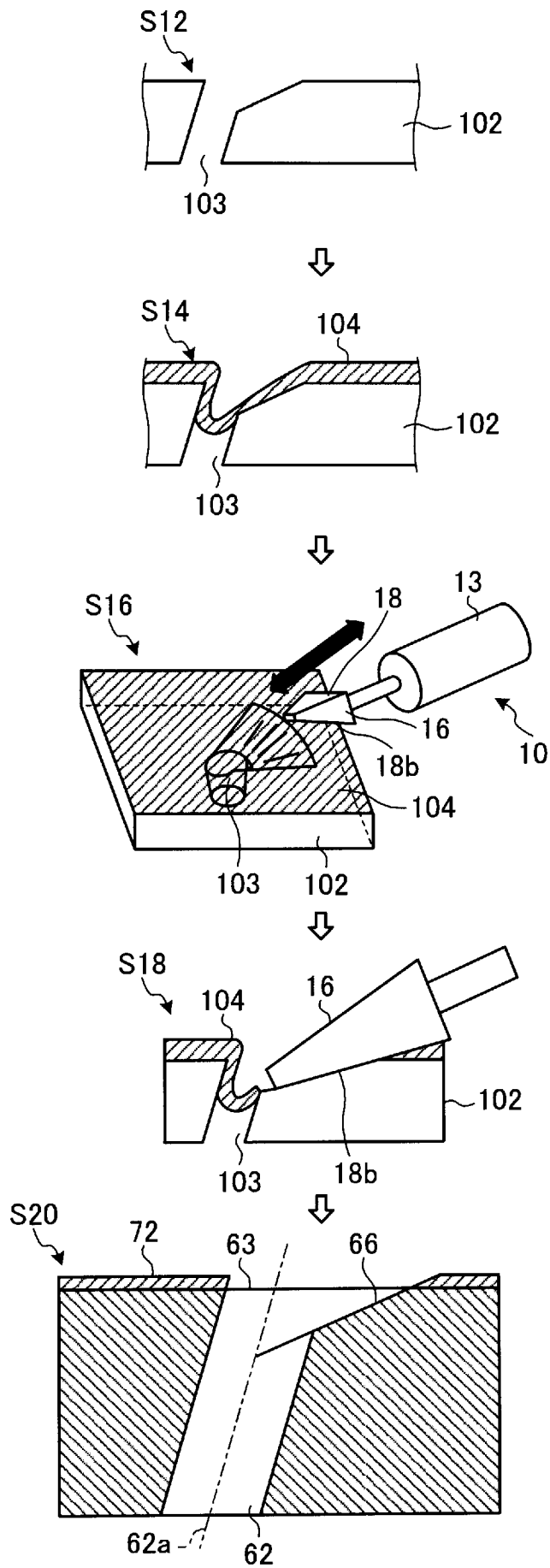
[図6B]



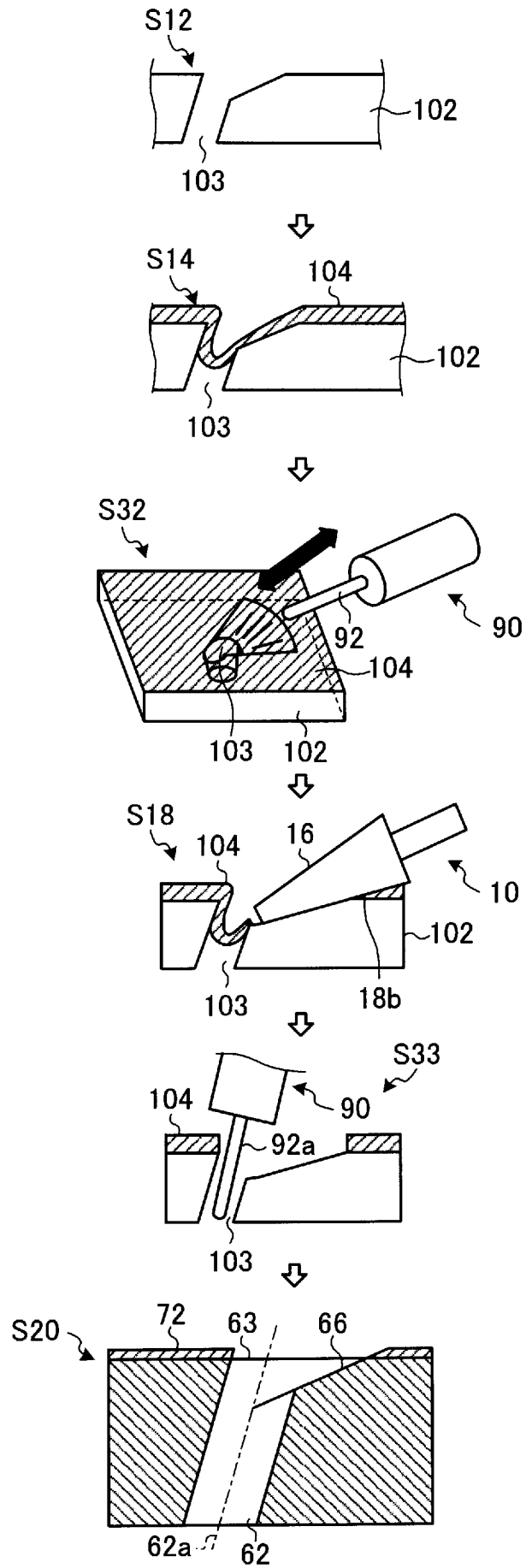
[図6C]



[図7]



[図8]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No. PCT/JP2014/053196
--

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*F02C7/00(2006.01)i, B24B19/14(2006.01)i, F01D5/18(2006.01)i, F01D9/02(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
*F02C7/00, B24B19/14, F01D5/18, F01D9/02, F01D25/00*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-510302 A (Siemens AG.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0003], [0031] to [0050]; fig. 1 to 5 & US 2009/0220349 A1 & EP 1767743 A1 & WO 2007/036437 A1	1-5, 8, 9, 14 6, 7
Y A	JP 4-30956 A (Nippon Electric Industry Co., Ltd.), 03 February 1992 (03.02.1992), page 1, right column, lines 6 to 16; fig. 5 (Family: none)	1-5, 8, 9, 14 6, 7

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 April, 2014 (18.04.14)	Date of mailing of the international search report 28 April, 2014 (28.04.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/053196

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-256808 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 11 September 2002 (11.09.2002), paragraph [0004] & US 2004/0096318 A1 & EP 1365107 A1 & WO 2002/068799 A1 & CA 2407544 A1 & CN 1457384 A	9, 14
Y	JP 2002-105666 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 April 2002 (10.04.2002), paragraph [0004] (Family: none)	9, 14
Y	JP 63-216676 A (YK Trading Kabushiki Kaisha), 08 September 1988 (08.09.1988), column of "Prior Art" (Family: none)	9-11, 13, 14
X A	JP 3-234451 A (Research Development Corp. of Japan), 18 October 1991 (18.10.1991), page 4, lower left column, lines 3 to 7; fig. 4(e) (Family: none)	10, 11 12, 13, 15
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 28048/1985 (Laid-open No. 144947/1986) (Honda Motor Co., Ltd.), 06 September 1986 (06.09.1986), page 3, line 10 to page 4, line 6; fig. 2 to 3 (Family: none)	10, 11, 13 12, 15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. F02C7/00(2006.01)i, B24B19/14(2006.01)i, F01D5/18(2006.01)i, F01D9/02(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. F02C7/00, B24B19/14, F01D5/18, F01D9/02, F01D25/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2014年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2014年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2009-510302 A（シーメンス アクチエンゲゼルシヤフト）2009.03.12, 段落【0003】、【0031】-【0050】、図1-5 & US 2009/0220349 A1 & EP 1767743 A1 & WO 2007/036437 A1	1-5, 8, 9, 14 6, 7
Y A	JP 4-30956 A（日本電気精器株式会社）1992.02.03, 第1頁右欄第6-16行, 第5図（ファミリーなし）	1-5, 8, 9, 14 6, 7

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー  
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 18.04.2014	国際調査報告の発送日 28.04.2014
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 寺町 健司 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G	3727
--	---	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-256808 A (三菱重工業株式会社) 2002.09.11, 段落【0004】 & US 2004/0096318 A1 & EP 1365107 A1 & WO 2002/068799 A1 & CA 2407544 A1 & CN 1457384 A	9, 14
Y	JP 2002-105666 A (三菱重工業株式会社) 2002.04.10, 段落【0004】 (ファミリーなし)	9, 14
Y	JP 63-216676 A (ワイケートレーディング株式会社) 1988.09.08, [従来の技術] 欄 (ファミリーなし)	9-11, 13, 14
X A	JP 3-234451 A (新技術事業団) 1991.10.18, 第4頁左下欄第3-7行, 第4図(e) (ファミリーなし)	10, 11 12, 13, 15
Y A	日本国実用新案登録出願 60-28048 号(日本国実用新案登録出願公開 61-144947 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (本田技研工業株式会社) 1986.09.06, 第3頁第10行-第4頁第6行, 第2-3図 (ファミリーなし)	10, 11, 13 12, 15