

(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2013-194694  
(P2013-194694A)

(43) 公開日 平成25年9月30日(2013.9.30)

| (51) Int.Cl.                | F I          | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|--------------|-------------|
| <b>FO1D 5/14 (2006.01)</b>  | FO1D 5/14    | 3G202       |
| <b>FO2C 7/00 (2006.01)</b>  | FO2C 7/00 D  | 4E068       |
| <b>FO1D 5/28 (2006.01)</b>  | FO1D 5/28    | 4E081       |
| <b>FO1D 25/00 (2006.01)</b> | FO1D 25/00 X |             |
| <b>B23K 9/04 (2006.01)</b>  | B23K 9/04 S  |             |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-65614 (P2012-65614)  
(22) 出願日 平成24年3月22日 (2012.3.22)

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号  
(74) 代理人 110001092  
特許業務法人サクラ国際特許事務所  
(72) 発明者 前田 秀幸  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
(72) 発明者 高久 歴  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
(72) 発明者 澤 徹  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

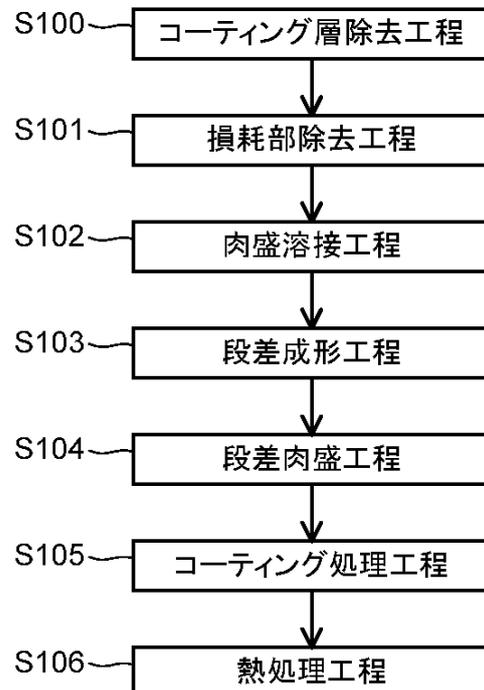
(54) 【発明の名称】 ガスタービン動翼の補修方法およびガスタービン動翼

(57) 【要約】

【課題】 基材部の肉厚を減少させることなくガスタービン動翼を補修することができるガスタービン動翼の補修方法およびガスタービン動翼を提供する。

【解決手段】 実施形態のガスタービン動翼の補修方法は、翼先端10aの損耗部を除去し、翼先端10aを平面13に加工する工程と、平面13上に肉盛溶接をして、所定の高さおよび厚さの肉盛部14を形成する工程とを備える。肉盛部14の先端部を、当初の翼先端10aの形状と同一の形状に加工し、肉盛部14の外側面20が、翼先端10aを構成する基材部11の外側面21よりも、ガスタービン動翼10の内部側となるように段差23を形成する工程と、肉盛部14の外側面21に肉盛処理を施し、肉盛部14の外側面21と基材部11の外側面21との段差をなくし、当初の翼先端10aの形状と同一の形状とする工程と、溶体化熱処理および時効熱処理を行う工程とを備える。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ガスタービン動翼の翼先端を補修するガスタービン動翼の補修方法において、  
前記翼先端の損耗部を除去し、前記翼先端を平面に加工する損耗部除去工程と、  
平面に加工された前記翼先端に肉盛溶接をして、所定の高さおよび所定の厚さの肉盛部  
を形成する肉盛溶接工程と、

前記肉盛部の先端部および内側部を、損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形  
状に加工するとともに、前記肉盛部の外側面が、前記翼先端を構成する基材部の外側面よ  
りも、ガスタービン動翼の内部側となるように前記肉盛部を加工して段差を形成する段差  
成形工程と、

前記肉盛部の外側面に肉盛処理を施し、前記肉盛部の外側面と前記基材部の外側面との  
段差をなくし、損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形状とする段差肉盛工程と

、  
溶体化熱処理および時効熱処理を行う熱処理工程と  
を具備することを特徴とするガスタービン動翼の補修方法。

## 【請求項 2】

ガスタービン動翼の翼先端を補修するガスタービン動翼の補修方法において、  
前記翼先端の損耗部を除去し、前記翼先端を平面に加工する損耗部除去工程と、  
平面に加工された前記翼先端に肉盛溶接をして、所定の高さおよび所定の厚さの肉盛部  
を形成する肉盛溶接工程と、

前記肉盛部の先端部および内側部を、損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形  
状に加工するとともに、前記肉盛部の外側面が、前記翼先端を構成する基材部の外側面よ  
りも、ガスタービン動翼の外部側となるように前記肉盛部を加工して段差を形成する段差  
成形工程と、

前記基材部の外側面に肉盛処理を施し、前記基材部の外側面と前記肉盛部の外側面との  
段差をなくす段差肉盛工程と、

前記基材部の外側面に形成された基材肉盛部および前記肉盛部を加工し、損耗する前の  
当初の前記翼先端の形状と同一の形状とする外側面形成工程と、

溶体化熱処理および時効熱処理を行う熱処理工程と  
を具備することを特徴とするガスタービン動翼の補修方法。

## 【請求項 3】

ガスタービン動翼の翼先端を補修するガスタービン動翼の補修方法において、  
前記翼先端の損耗部を除去し、前記翼先端を平面に加工する損耗部除去工程と、  
加工された前記翼先端の平面上に、損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形状  
を直接形成する翼先端形成工程と、

溶体化熱処理および時効熱処理を行う熱処理工程と  
を具備することを特徴とするガスタービン動翼の補修方法。

## 【請求項 4】

前記翼先端形成工程において、  
損耗および損耗部除去工程で加工された部分における当初の前記翼先端の形状と同一の  
形状に、予め別個に形成された構成部材を、前記翼先端の平面上に接合することを特徴と  
する請求項 3 記載のガスタービン動翼の補修方法。

## 【請求項 5】

前記翼先端形成工程において、  
前記翼先端の平面上に、マイクロスパークコーティングによって肉盛り、損耗する前の  
当初の前記翼先端の形状と同一の形状の肉盛部を形成することを特徴とする請求項 3 記載  
のガスタービン動翼の補修方法。

## 【請求項 6】

前記翼先端形成工程において、  
損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形状の成形型を設置し、前記成形型の内

10

20

30

40

50

部で肉盛溶接を行い、前記翼先端の平面上に、当初の前記翼先端の形状と同一の形状の肉盛部を形成することを特徴とする請求項3記載のガスタービン動翼の補修方法。

【請求項7】

前記ガスタービン動翼の翼面にコーティング層が形成されている場合において、前記損耗部除去工程の前に、前記コーティング層を除去するコーティング層除去工程と

、前記熱処理工程の直前に、前記ガスタービン動翼の翼面にコーティング層を形成するコーティング処理工程と

をさらに具備することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項記載のガスタービン動翼の補修方法。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか1項記載のガスタービン動翼の補修方法によって補修されたことを特徴とするガスタービン動翼。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、ガスタービン動翼の補修方法およびこの補修方法によって補修されたガスタービン動翼に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンにおいては、燃焼ガス温度を高温化することにより熱効率の向上を図ることができる。そのため、従来のガスタービンでは、第1段の静翼における入口ガス温度が1100であるものが主流であったが、近年では、その温度が1300、1500であるものも開発されている。

【0003】

ガスタービン動翼の翼先端部は、1000以上の高温の燃焼ガスに曝される。そのため、ガスタービン動翼の翼先端部は、高温の燃焼ガスによる酸化や、ガスタービン動翼を通過する燃焼ガスからの浸食により、損耗（減肉）が進行する。また、ガスタービン動翼の翼先端部は、対向配置されるシュラウドセグメントと摺れることによって損耗（減肉）する。

【0004】

ガスタービン動翼にこのような損耗が生じた場合、肉盛溶接によって補修されるのが一般的である。この補修では、翼先端部を肉盛溶接しやすい形状に形成し、肉盛溶接を行い、機械加工や砥石などによる仕上げ処理を行い、損耗する前の当初の翼形状に成形する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-620号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記した、従来における、ガスタービン動翼の翼先端部の補修方法において、肉盛溶接後の仕上げ処理では、翼表面における作動流体の流れをスムーズにするため、肉盛溶接部と基材部の境界を凹凸などが無いように滑らかに仕上げる必要がある。そのため、仕上げ処理では、基材部の表面も若干削られる。

【0007】

このような、補修を複数回行った場合、基材部の肉厚が薄くなり、運転中に翼先端部が割れ易くなったり、補修中に許容肉厚以下となって廃却となることがある。また、補修を複数回行ったタービン動翼の形状と、設計翼の形状との差異が大きくなり、性能が低下することもある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 8 】

本発明が解決しようとする課題は、基材部の肉厚を減少させることなくガスタービン動翼を補修することができるガスタービン動翼の補修方法およびこの補修方法によって補修されたガスタービン動翼を提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 9 】

実施の形態のガスタービン動翼の補修方法では、ガスタービン動翼の翼先端を補修する。ガスタービン動翼の補修方法では、前記翼先端の損耗部を除去し、前記翼先端を平面に加工する損耗部除去工程と、平面に加工された前記翼先端に肉盛溶接をして、所定の高さおよび所定の厚さの肉盛部を形成する肉盛溶接工程とを備える。

10

## 【 0 0 1 0 】

さらに、ガスタービン動翼の補修方法では、前記肉盛部の先端部および内側部を、損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形状に加工するとともに、前記肉盛部の外側面が、前記翼先端を構成する基材部の外側面よりも、ガスタービン動翼の内部側となるように前記肉盛部を加工して段差を形成する段差成形工程と、前記肉盛部の外側面に肉盛処理を施し、前記肉盛部の外側面と前記基材部の外側面との段差をなくし、損耗する前の当初の前記翼先端の形状と同一の形状とする段差肉盛工程と、溶体化熱処理および時効熱処理を行う熱処理工程とを備える。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 1 】

20

【図 1】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法によって補修される、翼先端が損耗したガスタービン動翼を示す斜視図である。

【図 2】図 1 の A - A 断面であり、ガスタービン動翼の翼先端の断面を示す図である。

【図 3】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を示す図である。

【図 4】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 5】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 6】レーザ溶接法を説明するための図である。

【図 7】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

30

【図 8】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 9】第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 1 0】第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を示す図である。

【図 1 1】第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 1 2】第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

40

【図 1 3】第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 1 4】第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 1 5】第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 1 6】第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を示す図である。

【図 1 7】第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の損耗部除去工程後における、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 1 8】第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の翼先端形成工程を説明する

50

ための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 19】第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の翼先端形成工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【図 20】第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の翼先端形成工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。

【0013】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法によって補修される、翼先端 10a が損耗したガスタービン動翼 10 を示す斜視図である。図 2 は、図 1 の A - A 断面であり、ガスタービン動翼 10 の翼先端 10a の断面を示す図である。図 3 は、第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を示す図である。図 4 ~ 図 5、図 7 ~ 図 9 は、第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。図 6 は、レーザ溶接法を説明するための図である。なお、図 1 ~ 図 2、図 4 ~ 図 5 では、損耗された部分を破線で示している。

【0014】

なお、第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の説明では、ガスタービン動翼 10 として、翼先端 10a がスキラ部で構成されたものを例示して説明するが、この構成以外のガスタービン動翼に対しても第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法は適用することができる。

【0015】

図 1 および図 2 に示すように、ガスタービン動翼 10 の翼先端 10a は、燃焼ガスによる酸化や、ガスタービン動翼 10 を通過する燃焼ガスからの侵食を受けて損耗し、凹凸形状となる。また、ガスタービン動翼 10 の翼先端 10a は、対向配置されるシュラウドセグメントと摺れることによって損耗する。ここで、損耗としては、例えば、減肉などが挙げられる。

【0016】

このように、ガスタービン動翼 10 の翼先端 10a が損耗した場合、図 3 に示す各工程の処理を施すことによって、補修処理が行われる。具体的な補修方法について説明する。

【0017】

まず、補修されるガスタービン動翼 10 は、目視観察、蛍光浸透探傷検査 (FPT) などを施し、損耗の個所などを調べる。続いて、溶接性改善のために、補修されるガスタービン動翼 10 を、例えば 1120 ~ 1320 程度の温度に所定時間保持し、溶体化熱処理を行う。これらの受け入れ処理を行ったのち、次に示す補修工程が行われる。

【0018】

図 2 に示すような翼先端 10a に損耗が生じたガスタービン動翼 10 の翼面に、コーティング層 15 が形成されている場合には、このコーティング層 15 を除去し、基材部 11 を露出させる (コーティング層除去工程 S100)。

【0019】

コーティング層 15 は、例えば、基材部 11 や肉盛部 14 の表面に形成された金属材料からなる耐食コーティング層、およびこの耐食コーティング層の表面に積層して形成されたセラミックス材料からなる遮熱コーティング層で構成される。これらのコーティング層 15 は、例えば、ブラスト処理や、熱酸性溶液のような化学薬品を使用した化学的処理などによって除去される。なお、ガスタービン動翼 10 の翼面に、コーティング層 15 が形成されていない場合には、コーティング層除去工程 S100 は不要となる。

【0020】

続いて、図 4 に示すように、例えば、グラインダなどの研磨機などにより、翼先端 10a の損耗部 12 を除去し、翼先端 10a を平面 13 に加工する (損耗部除去工程 S101)

10

20

30

40

50

)。

【0021】

ここでは、翼先端10aの平面13を、図4に示すように、減肉する前の当初の翼先端の端面と平行な平面となるように加工した一例を示している。

【0022】

続いて、平面13に加工された翼先端10aに、所定の高さおよび所定の厚さの肉盛部14を形成する(肉盛溶接工程S102)。

【0023】

この肉盛溶接では、例えば、図6に示すように、翼先端10aの平面13に沿ってガスタービン動翼10のキャンパーライン方向(図6では、左右方向)に、レーザトーチ110から照射されるレーザ光111を走査するとともに、肉盛材料の粉末112を粉末供給装置113からレーザ光111の前方に供給する。供給された肉盛材料の粉末112は、レーザ光111の熱で溶融し、翼先端10aの平面13に溶着する。このレーザ溶接を繰り返し行い、溶接ビード114を多層に積層して肉盛して、図5に示す肉盛部14を形成する。

10

【0024】

なお、レーザトーチ110を、ガスタービン動翼10のキャンパーラインに垂直な方向(図6では、紙面に垂直な方向)に走査しながら、溶接ビードを多層に肉盛して、肉盛部14を形成してもよい。

【0025】

レーザ溶接に使用するレーザとして、例えば、CO<sub>2</sub>レーザやYAGレーザなどを使用することができる。供給する肉盛材料の粉末112の供給量は、レーザの出力、すなわちレーザ光111のエネルギーに依存し、レーザの出力が大きいほど多量の粉末112を供給して、溶接することが可能となる。

20

【0026】

ここで、溶接時の凝固割れを防ぐためには、レーザの出力を極力低下させて、溶接時の入熱を押さえることが重要である。そのため、肉盛材料の粉末112を溶融できる程度の最小限のエネルギーを有するレーザ光111を照射しながら、肉盛溶接を繰り返し行い、溶接ビード114を積層して肉盛することが好ましい。このように、レーザの出力を調整して、肉盛材料の粉末112を溶融できる程度の最小限のエネルギーを有するレーザ光111を照射することで、溶接時の熱ひずみの蓄積による溶接界面での割れの発生を抑制することができる。

30

【0027】

ガスタービン動翼10は、例えば、IN738(商品名)やGTD111(商品名)などのNi基耐熱合金で形成されている。肉盛部14を構成する肉盛材料は、これらのガスタービン動翼10を形成するNi基耐熱合金と同じ材料、または耐酸化性が同程度であって、溶接性に優れた材料であることが好ましい。肉盛材料として、具体的には、IN625(商品名)やIN600(商品名)などを使用することができる。

【0028】

なお、肉盛部14の形成方法は、上記した方法に限られず、ガスタービン動翼10の補修において使用されている公知な方法を使用してもよい。

40

【0029】

肉盛部14は、図5に示すように、損耗する前の当初の翼先端の形状(図5で破線で示された部分)よりも、ガスタービン動翼10の、高さ方向および厚さ方向である周方向(ガスタービン動翼10の外部側および内部側)に突出するように形成される。

【0030】

続いて、図7に示すように、肉盛部14の先端部および内側部を、損耗する前の当初の翼先端10aの形状と同一の形状に加工する。これによって、肉盛部14の外周端面24および内側面25が形成される。

【0031】

50

さらに、肉盛部 14 の外側面 20 が、翼先端 10 a を構成する基材部 11 の外側面 21 よりも、ガスタービン動翼の内部側となるように肉盛部 14 を加工して段差 23 を形成する（段差成形工程 S 103）。すなわち、図 7 に示すように、肉盛部 14 の外側面 20 は、基材部 11 の外側面 21 よりもガスタービン動翼の内部側に窪んだ状態に構成される。なお、肉盛部 14 の加工は、例えば、グラインダなどの研磨機などを使用して行われる。

【0032】

続いて、図 8 に示すように、肉盛部 14 の外側面 20 に肉盛処理を施して肉盛部 30 を形成し、肉盛部 14 の外側面 20 と基材部 11 の外側面 21 との段差 23 をなくし、損耗する前の当初の翼先端 10 a の形状と同一の形状とする（段差肉盛工程 S 104）。

【0033】

これにより、肉盛部 14 の外側面 20 に肉盛された肉盛部 30 の外側面 31 は、基材部 11 の外側面 21 と滑らかにつながる面となる。

【0034】

段差肉盛工程 S 104 において、肉盛部 30 は、例えば、溶射、コールドスプレー、拡散ロウ付けなどによって形成される。ここで、拡散ロウ付けにおける肉盛を行う場合には、段差 23 からロウ材が流出しないように、例えば、成形型などが用いられる。この際、肉盛部 30 から成形型を容易に離脱するために、ロウ材との接合性が悪い高純度アルミナ、ジルコニア、ムライトなどのセラミック板で製作された成形型を用いることが好ましい。なお、翼先端部にかかる遠心応力は小さいため、段差 23 を埋める材料には、強度は要求されない。

【0035】

肉盛部 30 を構成する肉盛材料としては、例えば、肉盛部 14 を構成する肉盛材料と同じ材料や、耐酸化コーティング材料である MCrAlY（M が Co および Ni からなる、CoNiCrAlY や NiCoCrAlY など）を使用することができる。

【0036】

続いて、図 9 に示すように、ガスタービン動翼 10 に、公知なコーティング処理を施して、ガスタービン動翼 10 の翼面にコーティング層 15 を形成する（コーティング処理工程 S 105）。なお、ガスタービン動翼 10 の翼面に、コーティング層 15 を形成しない場合には、コーティング処理工程 S 105 は不要となる。

【0037】

コーティング層 15 は、前述したように、例えば、基材部 11 や肉盛部 14 の表面に形成された金属材料からなる耐食コーティング層、およびこの耐食コーティング層の表面に積層して形成されたセラミックス材料からなる遮熱コーティング層で構成される。これらの耐食コーティング層および遮熱コーティング層を備えるコーティング層 15 を有するガスタービン動翼 10 は、広く一般的に使用されている。

【0038】

耐食コーティング層は、例えば、高速フレイム溶射（HVOF）、真空プラズマ溶射（VPS）、電子ビーム物理蒸着（EB-PVD）などによって形成され、遮熱コーティング層は、例えば、大気プラズマ溶射（APS）などによって形成される。

【0039】

なお、図 8 では、肉盛部 14 の外周端面 24 にコーティング層 15 を形成していない一例を示しているが、外周端面 24 にコーティング層 15 を形成してもよい。

【0040】

続いて、溶体化熱処理および時効熱処理を行う（熱処理工程 S 106）。溶体化熱処理は、溶接歪みの開放や溶接時に析出した  $\gamma'$  相の  $\gamma$  相中への固溶のために行われ、ガスタービン動翼 10 を 1120 ~ 1320 程度の温度に所定時間保持する。また、時効熱処理は、 $\gamma'$  相を析出し、材料を強化するために行われ、ガスタービン動翼 10 を 700 ~ 900 程度に加熱し、所定時間保持する。

【0041】

なお、熱処理されたガスタービン動翼 10 は、目視観察、蛍光浸透探傷検査（FPT）

10

20

30

40

50

などを施し、損耗の有無などの最終検査が行われる。

【0042】

上記した補修工程を経て、翼先端10aの損耗が補修されたガスタービン動翼10が得られる。

【0043】

上記したように、第1の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法によれば、肉盛部14の外側面20に段差23を形成し、この段差23に肉盛をして、基材部11の外側面21と滑らかにつながる面を形成することができる。すなわち、基材部11と肉盛部30との境界は、凹凸などなく滑らかに仕上げられる。このように、基材部11の肉厚を減少させることなく、ガスタービン動翼10を補修することができる。

10

【0044】

(第2の実施の形態)

図10は、第2の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を示す図である。なお、第1の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の場合と同様に、翼面にコーティング層15を有しないガスタービン動翼10の補修の場合には、コーティング層除去工程S110およびコーティング処理工程S116は不要となる。

【0045】

図11～図15は、第2の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を説明するための、図1のA-A断面に相当する断面を示す図である。

【0046】

ここで、受け入れ処理、コーティング層除去工程S110および損耗部除去工程S111、肉盛溶接工程S112の工程は、第1の実施の形態における、受け入れ処理、コーティング層除去工程S100、損耗部除去工程S101および肉盛溶接工程S102の工程と同じ処理である。図11には、肉盛溶接工程S112後の構成が示されている。

20

【0047】

肉盛溶接工程S112後、図12に示すように、肉盛部14の先端部および内側部を、損耗する前の当初の翼先端10aの形状と同一の形状に加工する。これによって、肉盛部14の外周端面24および内側面25が形成される。

【0048】

さらに、肉盛部14の外側面20が、翼先端10aを構成する基材部11の外側面21よりも、ガスタービン動翼の外部側となるように肉盛部14を加工して段差40を形成する(段差成形工程S113)。すなわち、図12に示すように、肉盛部14の外側面20は、基材部11の外側面21よりもガスタービン動翼の外部側に突出した状態に構成される。

30

【0049】

なお、肉盛部14の厚さは、少なくともこの段差40を形成できる程度の厚さに形成されている。また、肉盛部14の加工は、例えば、グラインダなどの研磨機などを使用して行われる。

【0050】

続いて、図13に示すように、基材部11の外側面21に肉盛処理を施して基材肉盛部41を形成し、基材部11の外側面21と肉盛部14の外側面20との段差40をなくす(段差肉盛工程S114)。

40

【0051】

なお、肉盛処理は、第1の実施の形態の段差肉盛工程S104における肉盛処理と同じ処理である。基材肉盛部41を構成する肉盛材料としては、例えば、耐酸化コーティング材料であるMCrAlYを使用することができる。

【0052】

続いて、図14に示すように、基材部11の外側面21に形成された基材肉盛部41および肉盛部14を加工し、損耗する前の当初の翼先端10aの形状と同一の形状とする(外側面形成工程S115)。

50

## 【 0 0 5 3 】

この際、肉盛部 1 4 の一部および基材肉盛部 4 1 は、例えば、グラインダなどの研磨機などにより、削り取られる。これにより、基材部 1 1 の外側面 2 1 は、肉盛部 1 4 の外側面 2 0 と滑らかにつながる面となる。また、この工程において、基材肉盛部 4 1 は、削り取られるが、基材部 1 1 自体は削られることはない。

## 【 0 0 5 4 】

以降の、コーティング処理工程 S 1 1 6 および熱処理工程 S 1 1 7 は、第 1 の実施の形態のコーティング処理工程 S 1 0 5 および熱処理工程 S 1 0 6 と同じ処理である。なお、熱処理されたガスタービン動翼 1 0 は、第 1 の実施の形態と同様に、最終検査が行われる。

10

## 【 0 0 5 5 】

上記した補修工程を経て、図 1 5 に示すように、翼先端 1 0 a の損耗が補修されたガスタービン動翼 1 0 が得られる。

## 【 0 0 5 6 】

上記したように、第 2 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法によれば、基材部 1 1 の外側面 2 1 に段差 4 0 を形成し、この段差 4 0 に肉盛をし、基材肉盛部 4 1 とともに、肉盛部 1 4 の一部を削り取ることができる。これにより、基材部 1 1 の外側面 2 1 は、肉盛部 1 4 の外側面 2 0 と滑らかにつながる面となる。すなわち、基材部 1 1 と肉盛部 1 4 との境界は、凹凸などなく滑らかに仕上げられる。このように、基材部 1 1 の肉厚を減少させることなく、ガスタービン動翼 1 0 を補修することができる。

20

## 【 0 0 5 7 】

( 第 3 の実施の形態 )

図 1 6 は、第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の工程を示す図である。なお、第 1 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の場合と同様に、翼面にコーティング層 1 5 を有しないガスタービン動翼 1 0 の補修の場合には、コーティング層除去工程 S 1 2 0 およびコーティング処理工程 S 1 2 3 は不要となる。

## 【 0 0 5 8 】

図 1 7 は、第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の損耗部除去工程後における、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。図 1 8 ~ 図 2 0 は、第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法の翼先端形成工程を説明するための、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

30

## 【 0 0 5 9 】

ここで、受け入れ処理、コーティング層除去工程 S 1 2 0 および損耗部除去工程 S 1 2 1 の工程は、第 1 の実施の形態における、受け入れ処理、コーティング層除去工程 S 1 0 0 および損耗部除去工程 S 1 0 1 の工程と同じ処理である。

## 【 0 0 6 0 】

損耗部除去工程 S 1 2 1 後 ( 図 1 7 参照 )、加工された翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状を直接形成する ( 翼先端形成工程 S 1 2 2 )。

## 【 0 0 6 1 】

ここで、翼先端形成工程 S 1 2 2 について説明する。

40

## 【 0 0 6 2 】

翼先端形成工程 S 1 2 2 において、図 1 8 に示すように、損耗および損耗部除去工程 S 1 2 1 で加工された部分における当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状に、予め別個に形成された構成部材 5 0 を、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に接合する。構成部材 5 0 は、例えば、IN738 ( 商品名 ) や GTD111 ( 商品名 ) などの Ni 基耐熱合金などの材料で構成される。

## 【 0 0 6 3 】

構成部材 5 0 は、例えば、TIG 溶接、ロウ付けなどによって、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に接合される。ここで、ロウ付け用合金は、その固相線温度が、基材の溶体化熱処理

50

温度よりも高いものである。

【 0 0 6 4 】

例えば、翼先端部に冷却孔を有するガスタービン動翼においては、構成部材 5 0 に予め冷却孔を加工することができるため、複雑な冷却孔の加工も容易となる。

【 0 0 6 5 】

また、翼先端形成工程 S 1 2 2 において、図 1 9 に示すように、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に、マイクロスパークコーティングによって肉盛り、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状の肉盛り部 6 1 を形成してもよい。このマイクロスパークコーティングでは、Ni 基粉末などの材料を含む電極を用いて放電加工することで、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に、コーティング層 6 0 を形成することができる。そして、肉盛り部 6 1 は、このコーティング層 6 0 を積層することで形成される。

10

【 0 0 6 6 】

マイクロスパークコーティングでは、直径がミクロンレベルの微細なパルス状の放電が、局所的に繰り返し生じることで、溶融接合するため、基材部 1 1 の収縮がごく限られた範囲となる。そのため、基材部 1 1 の変形を極めて小さく抑えることができる。また、コーティング層 6 0 は、溶融接合するため、剥離することがない。

【 0 0 6 7 】

さらに、翼先端形成工程 S 1 2 2 において、図 2 0 に示すように、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状の成型型 7 0 を設置する。そして、成型型 7 0 の内部で肉盛り溶接を行い、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状の肉盛り部 1 4 を形成してもよい。

20

【 0 0 6 8 】

なお、肉盛り溶接は、例えば、第 1 の実施の形態の肉盛り溶接工程 S 1 0 2 における肉盛り溶接と同様である。また、翼先端形成工程 S 1 2 2 の後、成型型 7 0 は離脱される。肉盛り部 1 4 から成型型 7 0 を容易に離脱するために、補修材との接合性が悪い高純度アルミナ、ジルコニア、ムライトなどのセラミック板で製作された成型型を用いることが好ましい。

【 0 0 6 9 】

また、翼先端形成工程 S 1 2 2 において、図 2 0 に示すように、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状の成型型 7 0 を設置する。そして、成型型 7 0 の内部でロウ付けによる肉盛りを行い、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状の肉盛り部を形成してもよい。なお、翼先端形成工程 S 1 2 2 の後、成型型 7 0 は離脱される。

30

【 0 0 7 0 】

ここで、ロウ付け用合金は、その固相線温度が、基材の溶体化熱処理温度よりも高いものを用い、ロウ材との接合性が悪い高純度アルミナ、ジルコニア、ムライトなどのセラミック板で製作された成型型に充填することで肉盛りを行う。

【 0 0 7 1 】

上記した各翼先端形成工程 S 1 2 2 の後に表面を仕上げ処理する必要がない。そのため、基材部 1 1 の肉厚は減少しない。

【 0 0 7 2 】

以降の、コーティング処理工程 S 1 2 3 および熱処理工程 S 1 2 4 は、第 1 の実施の形態のコーティング処理工程 S 1 0 5 および熱処理工程 S 1 0 6 と同じ処理である。なお、熱処理されたガスタービン動翼 1 0 は、第 1 の実施の形態と同様に、最終検査が行われる。

40

【 0 0 7 3 】

上記した補修工程を経て、翼先端 1 0 a の損耗が補修されたガスタービン動翼 1 0 が得られる。

【 0 0 7 4 】

上記したように、第 3 の実施の形態のガスタービン動翼の補修方法によれば、翼先端 1 0 a の平面 1 3 上に、損耗する前の当初の翼先端 1 0 a の形状と同一の形状を直接形成す

50

ることができる。そのため、翼先端形成工程 S 1 2 2 の後に表面を仕上げ処理する必要がなく、基材部 1 1 の肉厚を減少させることなくガスタービン動翼 1 0 を補修することができる。また、翼先端形成工程 S 1 2 2 において形成された形成部と、基材部 1 1 との境界は、凹凸などなく滑らかに仕上げられる。

【 0 0 7 5 】

以上説明した実施形態によれば、基材の肉厚を減少させることなくガスタービン動翼を補修することが可能となる。

【 0 0 7 6 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

10

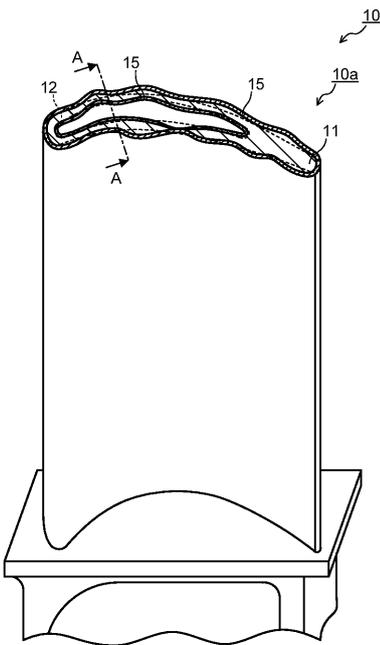
【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

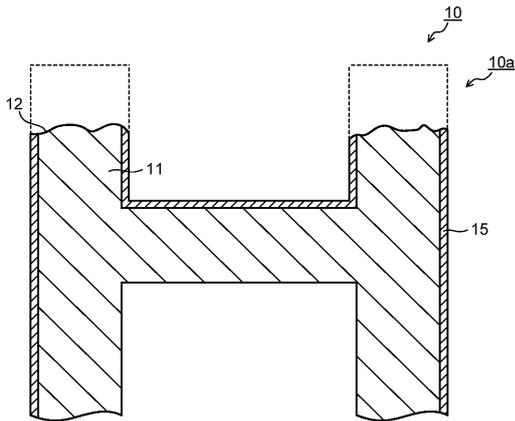
1 0 ... ガスタービン動翼、 1 0 a ... 翼先端、 1 1 ... 基材部、 1 2 ... 損耗部、 1 3 ... 平面、 1 4 , 3 0 , 6 1 ... 肉盛部、 1 5 , 6 0 ... コーティング層、 2 0 , 2 1 ... 外側面、 2 3 , 4 0 ... 段差、 2 4 ... 外周端面、 2 5 ... 内側面、 4 1 ... 基材肉盛部、 5 0 ... 構成部材、 7 0 ... 成型型、 1 1 0 ... レーザトーチ、 1 1 1 ... レーザ光、 1 1 2 ... 粉末、 1 1 3 ... 粉末供給装置、 1 1 4 ... 溶接ビード。

20

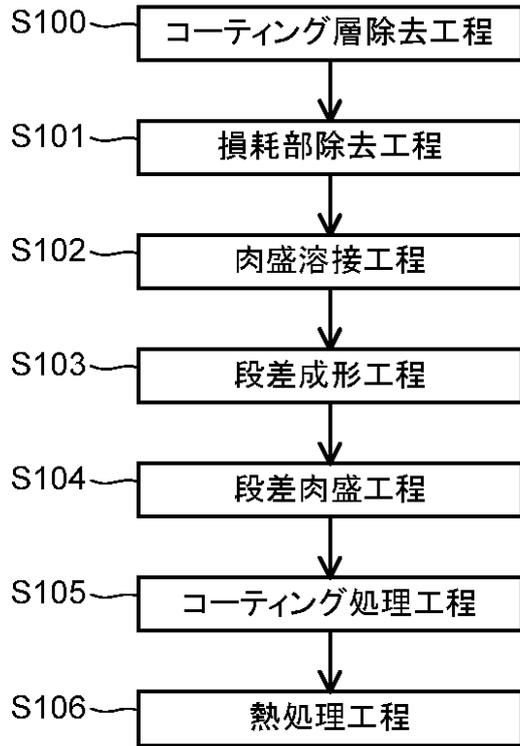
【 図 1 】



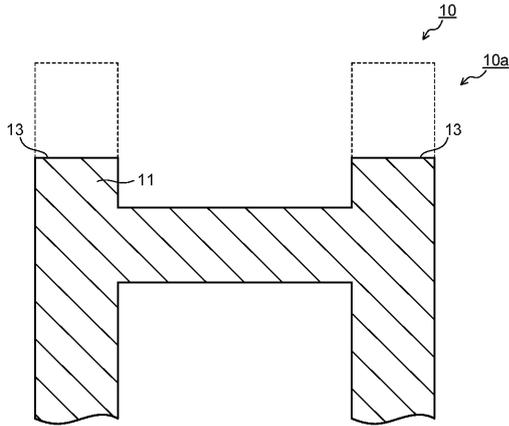
【 図 2 】



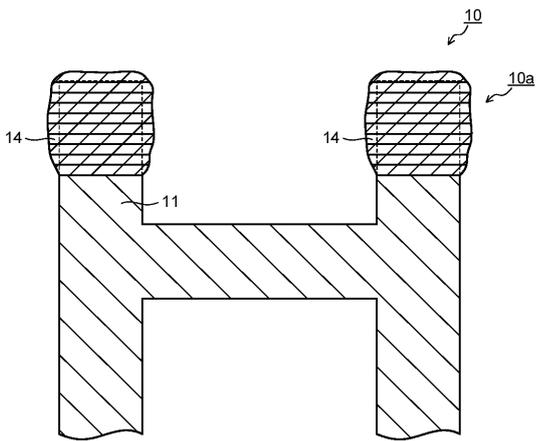
【 図 3 】



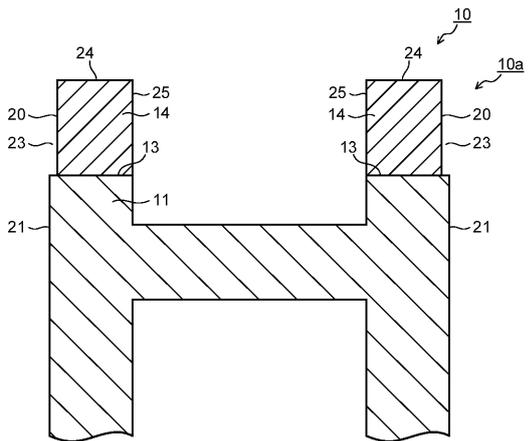
【 図 4 】



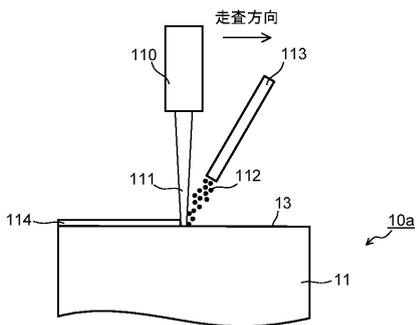
【 図 5 】



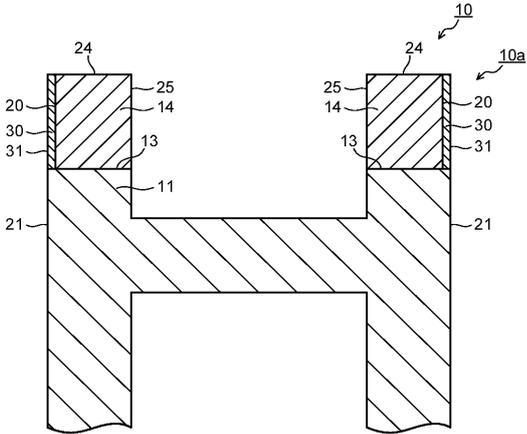
【 図 7 】



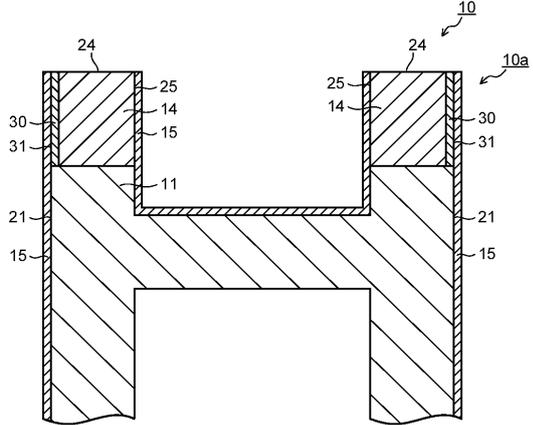
【 図 6 】



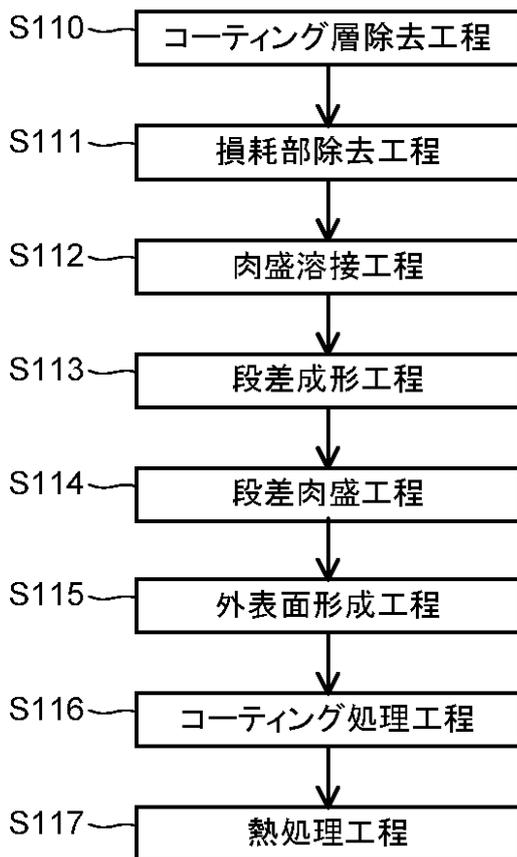
【 図 8 】



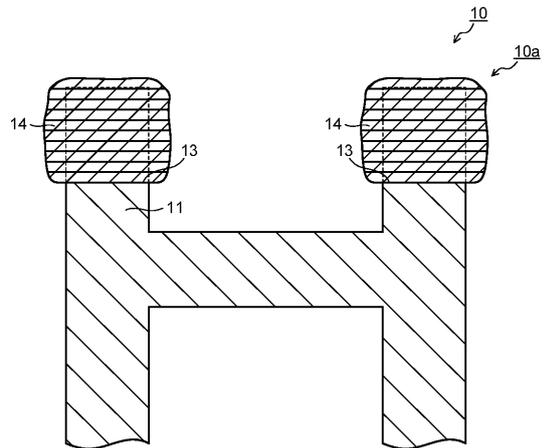
【 図 9 】



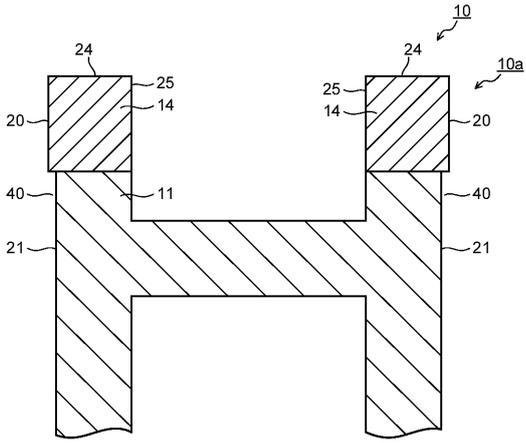
【 図 1 0 】



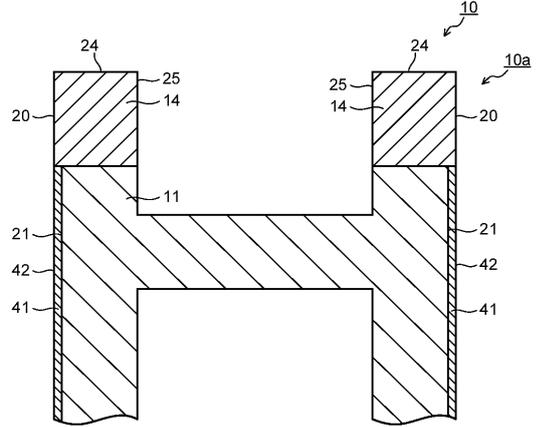
【 図 1 1 】



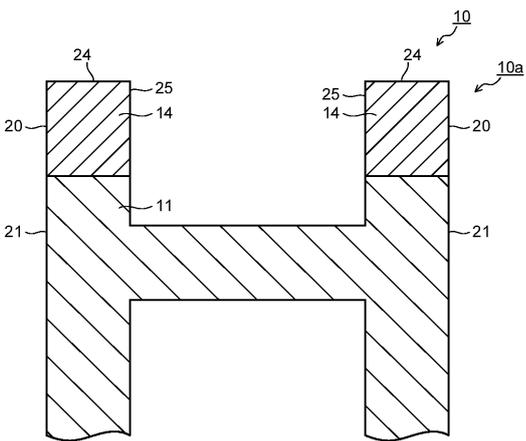
【 図 1 2 】



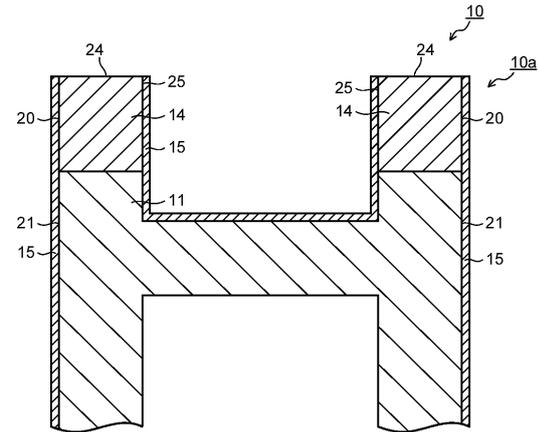
【 図 1 3 】



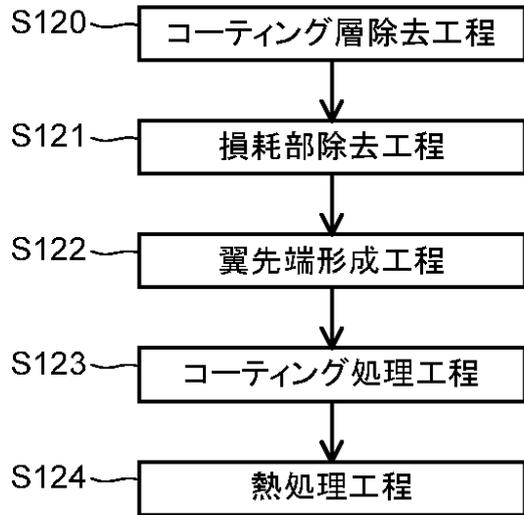
【 図 1 4 】



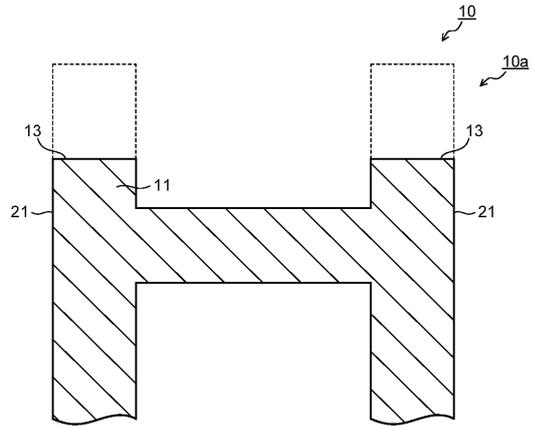
【 図 1 5 】



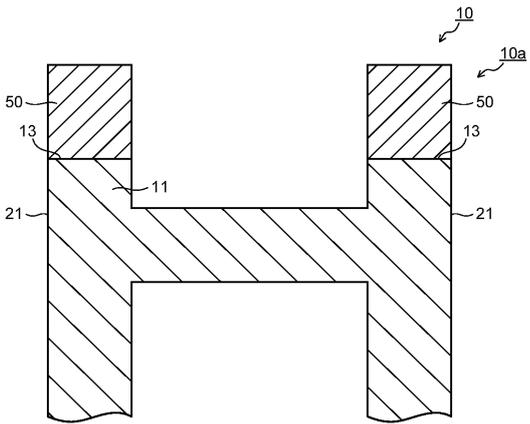
【図16】



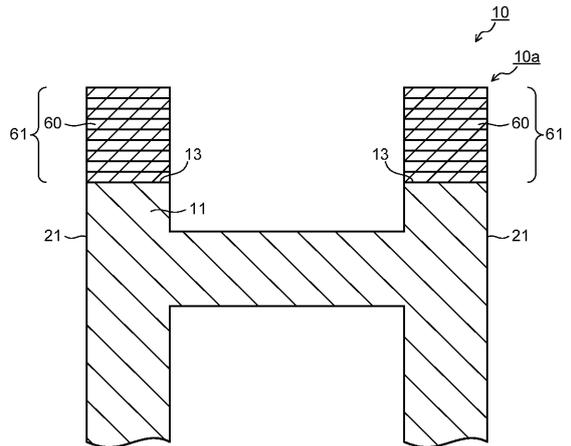
【図17】



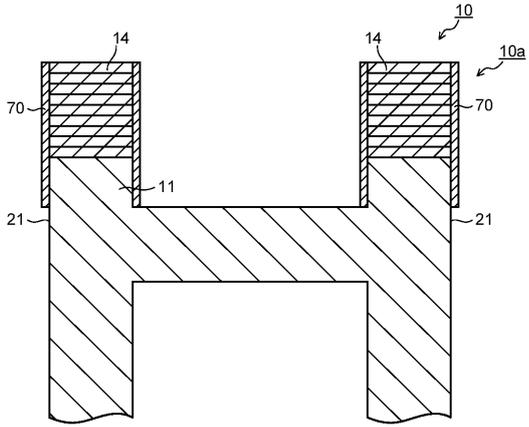
【図18】



【図19】



【 図 2 0 】



---

 フロントページの続き

| (51)Int.Cl.          |                  |  | F I           |         |   | テーマコード(参考) |
|----------------------|------------------|--|---------------|---------|---|------------|
| <b>B 2 3 K 9/00</b>  | <b>(2006.01)</b> |  | B 2 3 K 9/04  |         | N |            |
| <b>B 2 3 K 26/34</b> | <b>(2006.01)</b> |  | B 2 3 K 9/00  | 5 0 1 G |   |            |
| <b>B 2 3 K 1/00</b>  | <b>(2006.01)</b> |  | B 2 3 K 26/34 |         |   |            |
| <b>B 2 3 K 31/00</b> | <b>(2006.01)</b> |  | B 2 3 K 1/00  | 3 3 0 P |   |            |
|                      |                  |  | B 2 3 K 31/00 |         | D |            |

Fターム(参考) 3G202 BA06 BA07 BA10 BB00 BB04 EA05 EA06 EA07  
 4E068 AA03 AA04 AJ01 AJ04 BA06 BB01 CA16 CA17 DA02 DB02  
 4E081 YG03 YX02 YX05 YX07 YX15