

(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
2016年8月18日(18.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/129375 A1

- (51) 国際特許分類:
F02C 7/24 (2006.01) F01D 9/04 (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01) F02C 7/00 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01) F02C 7/18 (2006.01)
F01D 9/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052026
- (22) 国際出願日: 2016年1月25日(25.01.2016)
- (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 2015-026468 2015年2月13日(13.02.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社
(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 小藪 豪通(KOYABU Hidemichi); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 岡嶋 芳史(OKAJIMA Yoshifumi); 〒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). 桑原 正

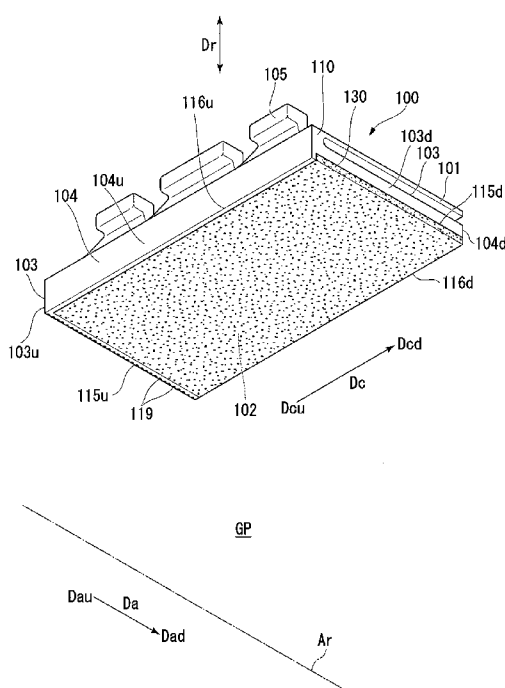
光(KUWABARA Masamitsu); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 由里 雅則(YURI Masanori); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 森 隆一郎, 外(MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: GAS TURBINE COMPONENT, INTERMEDIATE STRUCTURE OF GAS TURBINE COMPONENT, GAS TURBINE, METHOD OF MANUFACTURING GAS TURBINE COMPONENT, AND METHOD OF REPAIRING GAS TURBINE COMPONENT

(54) 発明の名称: ガスタービン部品、ガスタービン部品の中間構造体、ガスタービン、ガスタービン部品の製造方法、及びガスタービン部品の修理方法



(57) Abstract: This gas turbine component comprises a metal intermediate structure (110) and a ceramic layer (130). A gas path surface (102) which faces toward a combustion gas flow path (GP) side in a radial direction (Dr), and a pair of side surfaces (103) which oppose one another in a circumferential direction Dc are formed in the intermediate structure (110). The ceramic layer (130) is formed on the gas path surface (102) of the intermediate structure (110). However, the ceramic layer (130) is not formed on a rotationally upstream corner portion (115u) between the rotationally upstream side surface (103u), on the upstream side in the direction of rotation of a rotor, from among the pair of side surfaces (103), and the gas path surface (102).

(57) 要約: ガスタービン部品は、金属製の中間構造体(110)とセラミックス層(130)とを有する。中間構造体(110)は、径方向(Dr)で燃焼ガス流路(GP)側を向くガスパス面(102)と周方向Dcで互に対向する一対の側面(103)とが形成されている。セラミックス層(130)は、中間構造体(110)のガスパス面(102)上に形成されている。但し、このセラミックス層(130)は、一対の側面(103)のうち、ロータの回転方向における上流側の回転上流側面(103u)とガスパス面(102)との回転上流角部(115u)には、形成されていない。



ロツパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, 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：

ガスタービン部品、ガスタービン部品の中間構造体、ガスタービン、ガスタービン部品の製造方法、及びガスタービン部品の修理方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガスタービン内で燃焼ガス流路を画定するガスタービン部品、ガスタービン部品の中間構造体、ガスタービン、ガスタービン部品の製造方法、及びガスタービン部品の修理方法に関する。

本願は、2015年2月13日に、日本国に出願された特願2015-026468号に基づき優先権を主張し、この内容をここに援用する。

背景技術

[0002] ガスタービンは、圧縮空気を生成する圧縮機と、この圧縮空気中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器と、燃焼ガスにより駆動するタービンと、を備えている。タービンは、軸線を中心として回転するタービンロータと、タービンロータを覆うタービンケーシングと、を有している。タービンロータは、軸線を中心として、軸線が延びる軸方向に延在するロータ軸と、このロータ軸に固定されている複数の動翼列と、を有している。複数の動翼列は、軸方向で互いに離間してロータ軸に固定され、軸線を基準とした周方向に並ぶ複数の動翼を有している。タービンは、さらに、各動翼列の上流側に配置されている静翼列と、軸線を中心として環状を成し、径方向で動翼列と対向する分割環と、を有している。

[0003] タービンを構成する部品のうち、動翼、静翼、及び分割環は、いずれも高温の燃焼ガスに曝される高温部品を成す。これらの高温部品は、いずれも高温の燃焼ガスによる損傷を軽減するための冷却手段を有している。例えば、特許文献1では、冷却通路が内部に形成された分割環が開示されている。

[0004] また、上記の高温部品は、金属製の母材の表面に遮熱コーティング（Thermal Barrier Coating：TBC）層が施されている。この遮熱コーティング層に

関しては、例えば、特許文献2に記載されている。この遮熱コーティング層は、C o N i C r A l Y等の金属で形成されるボンドコート層と、Z r O 2系のセラミックで形成されるセラミックス層とを有している。ボンドコート層は、母材の表面に形成される。セラミックス層は、このボンドコート層の表面に形成される。ボンドコート層は、セラミックス層の熱膨張量と母材の熱膨張量との差を緩和し、母材とセラミックス層との間の密着性を確保する役目を主として担っている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-031753号公報

特許文献2：特開2007-270245号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、燃焼ガスが流れる流路には、燃焼ガスと共に、微細な金属粉等の異物が流れる。この異物が高温部品に衝突すると、この高温部品の表層を形成する遮熱コーティング層中のセラミックス層の一部にエロージョンによる減肉が生じる。すなわち、セラミックス層の一部が剥離する。一旦、セラミックス層の一部が剥離すると、この剥離した箇所からエロージョンによる減肉が進行する。このため、セラミックス層の剥離を抑制する必要がある。

[0007] そこで、本発明は、ガスタービン内で燃焼ガス流路を画定するガスタービン部品におけるセラミックス層の剥離を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 前記目的を達成するための発明に係る第一態様としてのガスタービン部品は、

ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成するガスタービン部品において、前記燃焼ガス流路側を向くガスパス面と、前記軸線を基準とした周方向で互いに対

向する一对の側面と、前記軸線の方角で互いに対向する一对の軸方角端面とが形成されている金属製の間接構造体と、前記一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方角における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方角端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部を残し、前記間接構造体の前記ガスパス面を被覆するセラミックス層と、を備える。

[0009] 脆性材料であるセラミックスで形成された部材は、その表面对する異物等の衝突角度が 90° に近づくに連れて次第にエロージョン速度が高まる。一方、延性材料である金属で形成された部材は、その表面对する異物等の衝突角度が 90° に近づくに連れて次第にエロージョン速度が低下する。このため、衝突角度が 90° に近い角度では、セラミックス部材よりも金属部材の方が遥にエロージョン速度が低い。

[0010] ガスタービン部品では、回転上流側面とガスパス面との回転上流角部や、軸上流端面と前記ガスパス面との軸上流角部には、燃焼ガス等中の異物が 90° に近い衝突角度で衝突する。当該ガスタービン部品では、ガスタービン部品の角部になる間接構造体の角部の表面对には、セラミックス層が形成されておらず、金属が露出している。このため、当該ガスタービン部品では、この角部のエロージョンを抑えることができる。さらに、当該ガスタービン部品では、エロージョンによるセラミックス層の剥離を抑えることができる。

[0011] 前記目的を達成するための発明に係る第二態様としてのガスタービン部品は、

前記第一態様の前記ガスタービン部品において、前記セラミックス層は、少なくとも前記回転上流角部を残し、前記ガスパス面を被覆し、前記回転上流角部には、前記燃焼ガス流路側に向かうにつれて前記回転方角における下流側に傾斜する回転上流側テーパ面が形成されてもよい。

[0012] 前記目的を達成するための発明に係る第三態様としてのガスタービン部品は、

前記第一又は前記第二態様の前記ガスタービン部品において、前記セラミックス層は、少なくとも前記軸上流角部を残し、前記ガスパス面を被覆し、前記軸上流角部には、前記燃焼ガス流路側に向かうにつれて前記軸線の方角で前記燃焼ガス流路の下流側に傾斜する軸上流側テーパ面が形成されてもよい。

[0013] 当該ガスタービン部品の角部中のテーパ面は、金属の面である。このテーパ面に対して、異物等が 90° に近い衝突角度で衝突する。前述したように、延性材料である金属で形成された部材は、その表面に対する異物等の衝突角度が 90° に近づくに連れて次第にエロージョン速度が低下する。このため、当該ガスタービン部品では、角部のエロージョンを抑えることができる。

[0014] 前記目的を達成するための発明に係る第四態様としてのガスタービン部品は、

前記第一又は第二態様の前記ガスタービン部品において、前記セラミックス層は、前記軸上流角部と前記回転上流角部とを残し、前記ガスパス面を被覆してもよい。

[0015] 前記目的を達成するための発明に係る第五態様としてのガスタービン部品は、

前記第一から第四態様のいずれかの前記ガスタービン部品において、前記中間構造体に対する前記セラミックス層の熱膨張量差を緩和する金属製のボンドコート層を備え、前記回転上流角部と前記回転上流角部とのうち、少なくとも一方の角部には、前記ボンドコート層が形成されてもよい。

[0016] ボンドコート層は、中間構造体に対するセラミックス層の熱膨張量差を緩和する金属で形成されている。この金属は、耐酸化性の高い金属である。このため、当該ガスタービン部品では、金属が露出している角部の酸化を抑えることができる。

[0017] 前記目的を達成するための発明に係る第六態様としてのガスタービン部品は、

前記第一から第五態様のいずれかの前記ガスタービン部品において、前記中間構造体には、前記回転上流角部又は前記軸上流角部から前記燃焼ガス流路内に空気を噴出する冷却空気孔が形成されてもよい。

[0018] 当該ガスタービン部品では、冷却空気孔を流れる冷却空気により角部を冷却することができる。しかも、当該ガスタービン部品では、冷却空気孔から噴出する冷却空気により、この部分への異物の衝突を抑えることができ、この部分のエロージョンを抑えることができる。

[0019] 前記目的を達成するための発明に係る第七態様としてのガスタービン部品は、

前記第一から第六態様のいずれかの前記ガスタービン部品において、前記ガスタービンの動翼と径方向で対向し、前記環状の燃焼ガス流路における外周側を画定する分割環を成してもよい。

[0020] 前記目的を達成するための発明に係る第八態様としてのガスタービン部品は、

前記第一から第六態様のいずれかの前記ガスタービン部品において、前記環状の燃焼ガス流路における外周側を画定し、前記ガスタービンの静翼における外側シュラウドを成してもよい。

[0021] 前記目的を達成するための発明に係る第九態様としてのガスタービンは、
前記第一から第八態様のいずれかの前記ガスタービン部品と、前記ロータと、を備える。

[0022] 前記目的を達成するための発明に係る第十態様としてのガスタービン部品の中間構造体は、

ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成する中間構造体において、金属で形成され、前記燃焼ガス流路側を向くガスパス面と、前記軸線を基準にした周方向で互いに対向する一对の側面と、前記軸線の方角で互いに対向する一对の軸方角端面とが形成され、前記ガスパス面は、セラミックス層で被覆されない縁側ガスパス面とセラミックス層で被覆される主ガスパス面とを有し、前記

一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部に含まれるガスパス面が、前記縁側ガスパス面を成し、残りのガスパス面が前記主ガスパス面を成し、前記縁側ガスパス面は、前記主ガスパス面よりも、前記軸線に対する径方向における前記燃焼ガス流路側に位置している。

[0023] 前記目的を達成するための発明に係る第十一態様としてのガスタービン部品の製造方法は、

ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成するガスタービン部品の製造方法において、前記軸線に対する径方向で前記燃焼ガス流路側を向くガスパス面と、前記軸線を基準にした周方向で互いに対向する一对の側面と、前記軸線の方で互いに対向する一对の軸方向端面とが形成されている金属製の中間構造体を製造する中間構造体製造工程と、前記ガスパス面と、前記一对の側面と前記ガスパス面との角部の表面と、前記一对の軸方向端面と前記ガスパス面との角部の表面と、をセラミックス層で覆う被覆工程と、前記一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部における前記セラミックス層を除去する部分除去工程と、を実行する。

[0024] 前記目的を達成するための発明に係る第十二態様としてのガスタービン部品の修理方法は、

ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成するガスタービン部品の修理方法におい

て、前記燃焼ガス流路側を向きセラミックス層が形成されているガスパス面と、前記軸線を基準にした周方向で互いに対向する一对の側面と、前記軸線の方
向で互いに対向する一对の軸方向端面とが形成されている金属製の中間構造体から、前記セラミックス層を除去する第一除去工程と、前記ガスパス面と、前記一对の側面と前記ガスパス面との角部の表面と、前記一对の軸方向端面と前記ガスパス面との角部の表面と、をセラミックス層で覆う被覆工程と、前記一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部における前記セラミックス層を除去する第二除去工程と、を実行する。

発明の効果

[0025] 本発明の一態様によれば、ガスタービン部品におけるセラミックス層の剥離を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明に係る一実施形態におけるガスタービンの要部切欠全体側面図である。

[図2]本発明に係る一実施形態におけるガスタービンの要部断面図である。

[図3]本発明に係る第一実施形態におけるガスタービン部品としての分割環の斜視図である。

[図4]本発明に係る第一実施形態における分割環を径方向内側から見た図である。

[図5]図4におけるV-V線断面図である。

[図6]図4におけるVI-VI線断面図である。

[図7]本発明に係る第一実施形態におけるガスタービン部品としての分割環の製造手順を示すフローチャートである。

[図8]本発明に係る第一実施形態におけるガスタービン部品としての分割環の

修理手順を示すフローチャートである。

[図9]異物等の衝突角度とエロージョン速度との関係を示すグラフである。

[図10]本発明に係る第二実施形態におけるガスタービン部品としての外側シュラウドの斜視図である。

[図11]本発明に係る第二実施形態における外側シュラウドを径方向内側から見た図である。

[図12]本発明に係る第二実施形態における外側シュラウドの要部断面図である。

[図13]本発明に係る第一変形例におけるガスタービン部品の要部断面図である。

[図14]本発明に係る第二変形例におけるガスタービン部品の要部断面図である。

[図15]本発明に係る第三変形例におけるガスタービン部品の要部断面図である。

[図16]本発明に係る第四変形例におけるガスタービン部品の要部断面図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明に係る各種実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0028] 「ガスタービンの実施形態」

本発明に係るガスタービンの一実施形態について、図1及び図2を参照して説明する。

[0029] 本実施形態のガスタービンは、図1に示すように、空気を圧縮する圧縮機10と、圧縮機10で圧縮された圧縮空気中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器20と、燃焼ガスにより駆動するタービン30と、を備えている。

[0030] 圧縮機10は、軸線Arを中心として回転する圧縮機ロータ11と、圧縮機ロータ11を覆う圧縮機ケーシング15と、を有する。タービン30は、

軸線A_rを中心として回転するタービンロータ31と、タービンロータ31を覆うタービンケーシング35と、を有する。燃焼器20は、タービンケーシング35に固定されている。

[0031] 圧縮機ロータ11とタービンロータ31とは、同一軸線A_r上に位置して互いに連結されてガスタービンロータ1を成す。また、圧縮機ケーシング15とタービンケーシング35とは、互いに連結されてガスタービンケーシング5を成す。なお、以下では、軸線A_rが延びている方向を軸方向D_a、この軸方向D_aでタービン30に対して圧縮機10が存在する側を軸上流側D_{au}、反対側を軸下流側D_{ad}とする。また、軸線A_rを基準とした周方向D_cで、回転するガスタービンロータ1の回転方向における上流側を回転上流側D_{cu}、その反対側を回転下流側D_{cd}とする。さらに、軸線A_rに対する径方向を単に径方向D_rとする。

[0032] 図2に示すように、タービンロータ31は、その軸線A_rを中心として軸方向D_aに延びるロータ軸32と、このロータ軸32に取り付けられている複数の動翼列33と、を有する。各動翼列33は、軸方向D_aで互いに離間してロータ軸32に取り付けられている。各動翼列33は、いずれも周方向D_cで互いに離間した複数の動翼34で構成されている。動翼34は、径方向D_rに延びる翼体34aと、この翼体34aの径方向D_r内側に設けられているプラットフォーム34bと、を有する。

[0033] タービン30は、さらに、各動翼列33の軸上流側D_{au}に配置されている静翼列43と、径方向D_rで動翼列33と対向する複数の分割環53と、を有する。静翼列43は、周方向D_cで互いに離間した複数の静翼44を有している。静翼44は、径方向D_rに延びる翼体44aと、この翼体44aの径方向D_r内側に設けられている内側シュラウド44bと、この翼体44aの径方向D_r外側に設けられている外側シュラウド44cと、を有する。複数の静翼44の各内側シュラウド44b及び各外側シュラウド44cは、周方向D_cに並び軸線D_aを中心として環状の環体を構成する。また、複数の分割環53も、周方向D_cに並び軸線D_aを中心として環状の環体を構成

する。

[0034] タービンケーシング35内には、軸線A_rを中心として環状の燃焼ガス流路GPが形成されている。この環状の燃焼ガス流路GPは、外周側が静翼44の外側シュラウド44cと分割環53とで画定され、内周側が静翼44の内側シュラウド44bと動翼34のプラットフォーム34bで画定される。この燃焼ガス流路GPには、燃焼器20からの燃焼ガスGが流れる。動翼34、静翼44及び分割環53は、いずれも、高温の燃焼ガスGに曝されるガスタービン部品である。

[0035] 「ガスタービン部品の第一実施形態」

本発明に係るガスタービン部品の第一実施形態について、図3～図9を参照して説明する。図3に示す本実施形態のガスタービン部品は、前述した分割環である。

[0036] 図3に示すように、本実施形態の分割環100は、軸方向D_a及び周方向D_cに広がる流路形成体101と、この流路形成体101をタービンケーシング35の内周側に固定するためのフック105と、を有する。フック105は、流路形成体101の径方向D_r外側に設けられている。

[0037] 図5及び図6に示すように、分割環100は、ニッケル基合金等の母材で形成された中間構造体110と、中間構造体110の表面の一部を覆う金属製のボンドコート層120と、ボンドコート層120の表面の一部を覆うセラミックス層130と、で形成されている。中間構造体110の表面の一部を覆うボンドコート層120及びセラミックス層130は、遮熱コーティング層を形成する。ボンドコート層120は、高い耐酸化性を有すると共に、セラミックス層130の熱膨張量と中間構造体110の熱膨張量との差を緩和し、中間構造体110とセラミックス層130との間の密着性を確保できる材料で形成されている。このため、ボンドコート層120は、例えば、M₂CrAlY合金で形成される。ここで、Mは、NiとCoとFeとのうち、少なくとも一種の金属元素を含む金属である。また、セラミックス層130は、例えば、ZrO₂系のセラミックで形成される。なお、図3～図6で、

複数のドットが付されている領域は、セラミックス層 130 が形成された領域である。

[0038] 中間構造体 110 には、図 3 及び図 4 に示すように、径方向 D_r で燃焼ガス流路 GP 側を向くつまり径方向 D_r 内側の向くガスパス面 102 と、周方向 D_c で互いに対向する一対の側面 103 と、軸方向 D_a で互いに対向する一対の軸方向端面 104 と、が形成されている。ボンドコート層 120 は、ガスパス面 102 上に形成されると共に、一対の側面 103 内及び一対の軸方向端面 104 内の径方向 D_r におけるガスパス面 102 側の部分に形成されている。

[0039] ここで、中間構造体 110 の一対の側面 103 のうち、回転上流側 D_{cu} に位置する側面 103 を回転上流側面 103u とし、その反対側を回転下流側面 103d とする。また、中間構造体 110 の一対の軸方向端面 104 のうち、軸上流側 D_{au} に位置する軸方向端面 104 を軸上流端面 104u とし、その反対側を軸下流端面 104d とする。さらに、ガスパス面 102 と回転上流側面 103u との角部を回転上流角部 115u、ガスパス面 102 と回転下流側面 103d との角部を回転下流角部 115d、ガスパス面 102 と軸上流端面 104u との角部を軸上流角部 116u、ガスパス面 102 と軸下流端面 104d との角部を軸下流角部 116d とする。

[0040] 図 5 及び図 6 に示すように、中間構造体 110 のガスパス面 102 は、回転上流角部 115u 及び軸上流角部 116u に含まれる縁側ガスパス面 112b と、この縁側ガスパス面 112b を除くガスパス面 102 である主ガスパス面 112a とを有する。縁側ガスパス面 112b は、主ガスパス面 112a よりも、燃焼ガス流路 GP 側つまり径方向 D_r 内側に位置している。より具体的には、本実施形態では、中間構造体 110 の縁側ガスパス面 112b は、主ガスパス面 112a からほぼセラミックス層 130 の厚さ T_c 分だけ、径方向 D_r 内側に位置している。

[0041] ここで、ガスパス面 102 と、このガスパス面 102 に隣接する各面で形成される角部について説明する。

[0042] 図5に示すように、本実施形態の回転上流角部115uは、この角部115uを形成する縁側ガスパス面112bと、これに隣接する回転上流側面103uとの交線lを基準に定義される。回転上流角部115uは、ガスパス面102上であって、交線lから所定の距離Lcの位置までの部分と、このガスパス面102に隣接する回転上流側面103u上であって、同じく交線lから距離Lcの位置までの部分とで形成される部分である。同様に、図6に示すように、本実施形態の軸上流角部116uは、この角部116uを形成する縁側ガスパス面112bと軸上流端面104uとの交線を基準に定義される。すなわち、本実施形態の軸上流角部116uは、この交線からガスパス面102上の所定の距離の位置までの部分と、この交線から軸上流端面104u上の所定の距離の位置までの部分とで形成される部分である。

[0043] 中間構造体110の主ガスパス面112aの全面には、ボンドコート層120及びセラミックス層130が形成されている。中間構造体110の回転上流角部115uの表面には、図5に示すように、セラミックス層130が形成されておらず、ボンドコート層120が形成されている。すなわち、回転上流角部115uに含まれる縁側ガスパス面112b及び回転上流側面103uには、ボンドコート層120が露出している。この回転上流角部115uの表面には、冷却空気孔119の開口が形成されている。この冷却空気孔119は、径方向Dr成分を有する方向の延び、分割環100の径方向Dr外側に存在する冷却空気を前述の開口から燃焼ガス流路GP内に噴出する。

[0044] また、図6に示すように、中間構造体110の軸上流角部116uの表面にも、セラミックス層130が形成されておらず、ボンドコート層120が形成されている。すなわち、軸上流角部116uに含まれる縁側ガスパス面112b及び軸上流端面104uには、ボンドコート層120が露出している。一方、中間構造体110の軸下流角部116dの表面及び回転下流角部115dの表面には、ボンドコート層120及びセラミックス層130が形成されている。

[0045] なお、本実施形態、後述する第二実施形態及び各種変形例では、いずれも中間構造体の軸上流角部及び回転上流角部には、セラミックス層が形成されない。このため、本実施形態、後述する第二実施形態及び各種変形例における中間構造体の軸上流角部及び回転上流角部は、完成品であるガスタービン部品の軸上流角部又は回転上流角部でもある。よって、この軸上流角部又は回転上流角部の表面には、金属製の部材が露出している。

[0046] ボンドコート層 120 で表面がセラミックス層 130 で覆われていない部分の厚さ $Tb2$ は、ボンドコート層 120 で表面がセラミックス層 130 で覆われている部分の厚さ $Tb1$ より厚くてもよい。

[0047] 次に、以上で説明した分割環 100 の製造手順について、図 7 に示すフローチャートに従って説明する。

[0048] まず、中間構造体 110 を製造する（S1：中間構造体製造工程）。この中間構造体製造工程（S1）では、例えば、ニッケル基合金等の母材がほぼ目的の形状になるように鋳造等で成形する。続いて、必要に応じて機械加工して形状を整える。つぎに、ガスパス面 102 にボンドコート層 120 を形成すると共に、一对の側面 103 及び一对の軸方向端面 104 内の径方向 D_r におけるガスパス面 102 側の部分にボンドコート層 120 を形成する（S2：ボンドコート層形成工程）。ボンドコート層 120 は、前述の $MCrAlY$ 合金等の溶射粉を中間構造体 110 の表面に溶射することで形成される。なお、ボンドコート層 120 は、中間構造体 110 の表面に $MCrAlY$ 合金等を溶接することで形成してもよい。

[0049] 次に、中間構造体 110 の表面のうち、セラミックス層 130 を形成する部分を含む領域に、前述の ZrO_2 系等のセラミック溶射粉を溶射する（S3：被覆工程）。この際、セラミックス層 130 の厚さが目的の厚さよりも若干厚くなるよう、セラミック溶射粉を溶射する。

[0050] 次に、被覆工程（S3）で形成したセラミックス層 130 の表層部分を研削又は研磨等で除去する（S4：部分除去工程）。被覆工程（S3）では、中間構造体 110 の表面のうちでセラミックス層 130 を形成すべき面であ

る主ガスパス面 112a 上のみならず、セラミックス層 130 を形成しない縁側ガスパス面 112b 上にもセラミックス層 130 が形成される。そこで、ここでは、縁側ガスパス面 112b を成すボンドコート層 120 の表面が露出するまで、被覆工程 (S3) で形成したセラミックス層 130 の表層部分を研削又は研磨する。

[0051] 以上のように、本実施形態では、被覆工程 (S3) で目的の厚さよりも厚くなるようセラミックス層 130 を形成した後、部分除去工程 (S4) で縁側ガスパス面 112b を成すボンドコート層 120 の表面が露出するまで、被覆工程 (S3) で形成したセラミックス層 130 の表層部分を研削又は研磨する。このため、本実施形態では、主ガスパス面 112a 上のセラミックス層 130 の表面と縁側ガスパス面 112b を成すボンドコート層 120 の表面とを容易に面一にすることができる。

[0052] 次に、分割環 100 の修理手順について、図 8 に示すフローチャートに従って説明する。

[0053] まず、修理対象の分割環 100 の表面を研削又は研磨し、少なくともセラミックス層 130 を全て除去する (S11 : 第一除去工程)。この第一除去工程 (S11) では、このセラミックス層 130 の除去に伴いボンドコート層 120 全て又は一部を除去してもよい。

[0054] 次に、セラミックス層 130 が除去された分割環 100 の表面にボンドコート層 120 を追加形成すると共に、その上にセラミックス層 130 を形成する (S12 : 被覆工程)。セラミックス層 130 形成の際には、前述の被覆工程 (S3) と同様、セラミックス層 130 の厚さが目的の厚さよりも若干厚くなるよう、セラミックス溶射粉を溶射する。

[0055] 次に、被覆工程 (S12) で形成したセラミックス層 130 の表層部分を研削又は研磨等で除去する (S13 : 第二除去工程)。この第二除去工程 (S13) では、前述の部分除去工程 (S4) と同様、縁側ガスパス面 112b を成すボンドコート層 120 の表面が露出するまで、被覆工程 (S12) で形成したセラミックス層 130 の表層部分を研削又は研磨する。従って、

主ガスパス面 1 1 2 a 上のセラミックス層 1 3 0 の表面と縁側ガスパス面 1 1 2 b 上のボンドコート層 1 2 0 の表面とを容易に面一にすることができる。

[0056] 次に、以上で説明した分割環 1 0 0 の作用効果について説明する。

[0057] 図 4 に示すように、燃焼ガス流路 G P 内で、静翼 4 4 から動翼 3 4 に流れる燃焼ガス G の流れ G 1 は、軸下流側 D a d に向かいつつ回転下流側 D c d に向かう流れである。このため、燃焼ガス G 中に金属粉等の異物が含まれている場合、分割環 1 0 0 の回転上流側 D c u の部分に対して、この異物が 9 0° に近い角度で衝突する。

[0058] また、分割環 1 0 0 の軸上流側 D a u に配置されている静翼 4 4 の外側シュラウド 4 4 c には、軸下流側 D a d に冷却空気を噴出するものがある。この冷却空気中にも金属粉等の異物が含まれることがある。この場合には、分割環 1 0 0 の軸上流側 D a u に部分に対して、冷却空気中の異物が 9 0° に近い角度で衝突する。

[0059] また、分割環 1 0 0 の回転上流側 D c u に配置されている他の分割環 1 0 0 には、その回転下流側面 1 0 3 d から回転下流側 D c d に冷却空気を噴出するものがある。この冷却空気中にも金属粉等の異物が含まれることがある。この場合には、分割環 1 0 0 の回転上流側 D c u に部分に対して、冷却空気中の異物が 9 0° に近い角度で衝突する。

[0060] このため、仮に、分割環 1 0 0 の軸上流側 D a u の部分及び回転上流側 D c u の部分にセラミックス層 1 3 0 が形成されていると、これらの部分に衝突する異物により、セラミックス層 1 3 0 の一部が剥離する可能性が高まる。一旦、セラミックス層 1 3 0 の一部が剥離すると、この剥離した箇所からエロージョンによる減肉が進行する。

[0061] そこで、本実施形態では、分割環 1 0 0 の軸上流側 D a u の部分及び回転上流側 D c u の部分、より具体的には、分割環 1 0 0 の中間構造体 1 1 0 における軸上流角部 1 1 6 u の表面、及びこの中間構造体 1 1 0 における回転上流角部 1 1 5 u の表面には、セラミックス層 1 3 0 を形成せずに、金属製

のボンドコート層 120 を露出させている。

[0062] 図 9 に示すように、脆性材料であるセラミックスで形成された部材は、その表面に対する異物等の衝突角度が 90° に近づくに連れて次第にエロージョン速度が高まる。このため、異物の衝突角度が 90° に近い、分割環 100 における軸上流角部 116 u の表面、及び回転上流角部 115 u の表面にセラミックス層 130 が形成されていると、この部分のエロージョン速度が他の部分のエロージョン速度よりも高くなる。一方、延性材料である金属で形成された部材は、その表面に対する異物等の衝突角度が 20° 程度の場合、エロージョン速度が高いものの、衝突角度が 20° 程度から 90° に近づくに連れて次第にエロージョン速度が低下する。このため、衝突角度が 90° に近い角度では、セラミックス部材よりも金属部材の方が遥にエロージョン速度が低い。

[0063] したがって、本実施形態では、前述したように、分割環 100 における軸上流角部 116 u の表面、及び回転上流角部 115 u の表面には、セラミックス層 130 が形成されておらず、金属製のボンドコート層 120 が露出しているため、この部分のエロージョンを抑えることができる。さらに、本実施形態では、エロージョンによるセラミックス層 130 の剥離を抑えることができる。

[0064] また、本実施形態では、分割環 100 における軸上流角部 116 u の表面、及び回転上流角部 115 u の表面で露出しているボンドコート層 120 は、耐酸化性の高い金属で形成されているため、この部分における酸化を抑えることができる。しかも、本実施形態では、軸上流角部 116 u の表面、及び回転上流角部 115 u の表面で露出しているボンドコート層 120 の厚さ $Tb2$ が、表面上にセラミックス層 130 が形成されているボンドコート層 120 の厚さ $Tb1$ より厚いため、より耐酸化性を高めることができる。

[0065] さらに、本実施形態では、回転上流角部 115 u の表面に冷却空気孔 119 の開口が形成され、この開口から冷却空気が噴出するので、セラミックス層 130 が形成されていないこの部分を冷却することができる。なお、本実

施形態では、回転上流角部 115 u の表面に冷却空気孔 119 の開口が形成されているが、軸上流角部 116 u の表面に冷却空気孔の開口が形成されていてもよい。また、本実施形態では、回転上流角部 115 u における軸方向 D a の全体にセラミックス層 130 が形成されておらず、ボンドコート層 120 が露出しているが、回転上流角部 115 u における軸方向 D a の上流側ではボンドコート層 120 を露出させ、下流側ではセラミックス層 130 を形成してもよい。

[0066] ここで、図 4 に示す燃焼ガスの流れ G 1 と燃焼ガスの流れ G 2 について説明する。動翼 34 から静翼 44 に流れる燃焼ガスの流れ G 2 の周方向 D c 成分の速度は、静翼 44 から動翼 34 に流れる燃焼ガス G の流れ G 1 の周方向 D c 成分の速度よりも小さい。このため、回転上流角部 115 u における軸下流側 D a d の領域に対する異物の衝突速度は、この回転上流角部 115 u における軸上流側 D a u の領域に対する異物の衝突速度よりも小さい。したがって、回転上流角部 115 u における軸下流側 D a d には、前述したように、セラミックス層 130 を施してもよい。

[0067] また、本実施形態では、軸上流角部及び回転上流角部の両角部には、セラミックス層が形成されておらず、延性材料である金属が露出しているが、軸上流角部と回転上流角部とのうち、一方の角部にはセラミックス層が形成され、他方の角部では延性材料である金属が露出してもよい。例えば、軸上流角部にはセラミックス層が形成され、回転上流角部では延性材料である金属が露出してもよい。

[0068] 「ガスタービン部品の第二実施形態」

本発明に係るガスタービン部品の第二実施形態について、図 10～図 12 を参照して説明する。本実施形態のガスタービン部品は、静翼の外側シュラウドである。

[0069] 図 10 に示すように、本実施形態の外側シュラウド 200 は、軸方向 D a 及び周方向 D c に広がる流路形成体 201 と、この外側シュラウド 200 をタービンケーシング 35 の内周側に固定するためのフック 205 と、を有す

る。フック205は、流路形成体201の径方向Dr外側に設けられている。また、静翼の翼体44aは、流路形成体201の径方向Dr内側に設けられている。

[0070] この外側シュラウド200も、前述の分割環100と同様、図12に示すように、金属で形成されている中間構造体210と、中間構造体210の表面の一部を覆う金属製のボンドコート層120と、中間構造体210の表面の一部を覆うセラミックス層130と、で形成されている。中間構造体210の表面の一部を覆うボンドコート層120及びセラミックス層130は、遮熱コーティング層を形成する。

[0071] 中間構造体210には、径方向Drで燃焼ガス流路GP側を向くつまり径方向Dr内側の向くガスパス面202と、周方向Dcで互いに対向する一对の側面203と、軸方向Daで互いに対向する一对の軸方向端面204と、が形成されている。ボンドコート層120は、ガスパス面202上に形成されると共に、一对の側面203内及び一对の軸方向端面204内の径方向Drにおけるガスパス面202側の部分に形成されている。

[0072] ここで、中間構造体210の一对の側面203のうち、回転上流側Dcuに位置する側面203を回転上流側面203uとし、その反対側を回転下流側面203dとする。また、中間構造体210の一对の軸方向端面204のうち、軸上流側Da uに位置する軸方向端面204を軸上流端面204uとし、その反対側を軸下流端面204dとする。さらに、ガスパス面202と回転上流側面203uとの角部を回転上流角部215u、ガスパス面202と回転下流側面203dとの角部を回転下流角部215d、ガスパス面202と軸上流端面204uとの角部を軸上流角部216u、ガスパス面202と軸下流端面204dとの角部を軸下流角部216dとする。

[0073] 中間構造体210のガスパス面202は、軸上流角部216u及び回転上流角部215uに含まれる縁側ガスパス面212bと、この縁側ガスパス面212bを除くガスパス面202である主ガスパス面212aと、を有する。縁側ガスパス面212bは、ほぼセラミックス層130の厚さTc分だけ

、主ガスパス面 2 1 2 a よりも、燃焼ガス流路 G P 側につまり径方向 D r 内側に位置している。

[0074] 中間構造体 2 1 0 の主ガスパス面 2 1 2 a の全面には、ボンドコート層 1 2 0 及びセラミックス層 1 3 0 が形成されている。中間構造体 2 1 0 の回転上流角部 2 1 5 u の表面には、セラミックス層 1 3 0 が形成されておらず、ボンドコート層 1 2 0 が形成されている。すなわち、回転上流角部 2 1 5 u に含まれる縁側ガスパス面 2 1 2 b 及び回転上流側面 2 0 3 u には、ボンドコート層 1 2 0 が露出している。中間構造体 2 1 0 の軸上流角部 2 1 6 u の表面にも、ボンドコート層 1 2 0 が露出している。すなわち、軸上流角部 2 1 6 u に含まれる縁側ガスパス面 2 1 2 b 及び軸上流端面 2 0 4 u には、セラミックス層 1 3 0 が形成されておらず、ボンドコート層 1 2 0 が形成されている。一方、中間構造体 2 1 0 の軸下流角部 2 1 6 d の表面及び回転下流角部 2 1 5 d の表面には、ボンドコート層 1 2 0 及びセラミックス層 1 3 0 が形成されている。

[0075] なお、本実施形態におけるセラミックス層 1 3 0 の厚さ、ボンドコート層 1 2 0 の厚さは、第一実施形態と同じである。また、本実施形態における角部の定義も第一実施形態の角部の定義と同じである。

[0076] 以上で説明した外側シュラウド 2 0 0 は、前述の分割環 1 0 0 の製造方法と同様に製造される。また、この外側シュラウド 2 0 0 は、前述の分割環 1 0 0 の修理方法と同様に修理される。但し、外側シュラウド 2 0 0 は、これのみが単独で製造又は修理されるのではなく、翼体及び内側シュラウドと一体で製造又は修理される。

[0077] 次に、以上で説明した外側シュラウド 2 0 0 の作用効果について説明する。

[0078] 図 1 1 に示すように、燃焼ガス流路 G P 内で、動翼 3 4 から静翼 4 4 に流れる燃焼ガスの流れ G 2 は、軸下流側 D a d に向かいつつ周方向 D c に向かう流れである。このため、燃焼ガス G 中に金属粉等の異物が含まれている場合、外側シュラウド 2 0 0 の軸上流側 D a u の部分に対して、この異物が 9

0°に近い角度で衝突する。燃焼ガス流路G P内で、静翼44から動翼34に流れる燃焼ガスの流れG1は、軸下流側D a dに向かいつつ回転下流側D c dに向かう流れである。このため、燃焼ガスG中に金属粉等の異物が含まれている場合、外側シュラウド200の回転上流側D c uの部分に対して、この異物が90°に近い角度で衝突する。

[0079] また、外側シュラウド200の軸上流側D a uの分割環54には、軸下流側D a dに冷却空気を噴出するものがある。この冷却空気中にも金属粉等の異物が含まれることがある。この場合には、外側シュラウド200の軸上流側D a uの部分に対して、冷却空気中の異物が90°に近い角度で衝突する。

[0080] また、外側シュラウド200の回転上流側D c uに配置されている他の外側シュラウド200には、その回転下流側面203 dから回転下流側D c dに冷却空気を噴出するものがある。この冷却空気中にも金属粉等の異物が含まれることがある。この場合には、外側シュラウド200の回転上流側D c uの部分に対して、冷却空気中の異物が90°に近い角度で衝突する。

[0081] このため、仮に、外側シュラウド200の軸上流側D a uの部分及び回転上流側D c uの部分にセラミックス層130が形成されていると、これらの部分に衝突する異物により、セラミックス層130の一部が剥離する可能性が高まる。そこで、本実施形態でも、第一実施形態の分割環100と同様、外側シュラウド200の軸上流側D a uの部分及び回転上流側D c uの部分、より具体的には、外側シュラウド200の中間構造体210における軸上流角部216 uの表面、及びこの中間構造体210における回転上流角部215 uの表面には、セラミックス層130を形成せずに、金属製のボンドコート層120を露出させている。

[0082] したがって、本実施形態でも、第一実施形態の分割環100と同様、外側シュラウド200の中間構造体210における軸上流角部216 u、及びこの中間構造体210における回転上流角部215 uのエロージョンを抑えることができる。さらに、本実施形態でも、エロージョンによるセラミックス

層 1 3 0 の剥離を抑えることができる。

[0083] また、本実施形態でも、外側シュラウド 2 0 0 の中間構造体 2 1 0 における軸上流角部 2 1 6 u の表面、及びこの中間構造体 2 1 0 における回転上流角部 2 1 5 u の表面で露出しているボンドコート層 1 2 0 は、耐酸化性の高い金属で形成されているので、この部分における酸化を抑えることができる。

[0084] なお、本実施形態では、回転上流角部 2 1 5 u における軸方向 D a の全体にセラミックス層 1 3 0 が形成されておらず、ボンドコート層 1 2 0 が露出しているが、回転上流角部 2 1 5 u における軸方向 D a の下流側ではボンドコート層 1 2 0 を露出させ、上流側ではセラミックス層 1 3 0 を形成してもよい。図 1 1 に示す燃焼ガスの流れ G 2 の周方向 D c 成分の速度は、燃焼ガスの流れ G 1 の周方向 D c 成分の速度よりも小さい。このため、回転上流角部 2 1 5 u における軸上流側 D a u の領域に対する異物の衝突速度は、この回転上流角部 2 1 5 u における軸上流側 D a u の領域に対する異物の衝突速度よりも小さい。したがって、回転上流角部 2 1 5 u における軸上流側 D a u には、前述したように、セラミックス層 1 3 0 を形成してもよい。

[0085] なお、本実施形態において、回転上流角部 2 1 5 u の表面や軸上流角部 1 1 6 u の表面に冷却空気孔の開口を形成してもよい。また、後述の各変形例においても、回転上流角部の表面や軸上流角部の表面に、冷却空気孔の開口を形成してもよい。

[0086] 「ガスタービン部品の第一変形例」

以上で説明した第一及び第二実施形態におけるガスタービン部品の第一変形例について、図 1 3 を参照して説明する。なお、以下で説明する各変形例におけるガスタービン部品は、いずれもガスタービンの分割環又は静翼の外側シュラウドである。

[0087] 本変形例のガスタービン部品 3 0 0 も、以上の各実施形態と同様、図 1 3 に示すように、金属で形成されている中間構造体 1 1 0 h と、中間構造体 1 1 0 h の表面の一部を覆う金属製のボンドコート層 1 2 0 h と、中間構造体

110hの表面の一部を覆うセラミックス層130と、で形成されている。

[0088] この中間構造体110hにも、径方向Drで燃焼ガス流路GP側を向くガスパス面102と、周方向Dcで互いに対向する一对の側面103と、軸方向Daで互いに対向する一对の軸方向端面104と、が形成されている。

[0089] ガスパス面102は、中間構造体110hの回転上流角部115u及び軸上流角部116uに含まれる縁側ガスパス面112bと、この縁側ガスパス面112bを除くガスパス面102である主ガスパス面112aと、を有する。縁側ガスパス面112bは、ほぼセラミックス層130の厚さTc分だけ、主ガスパス面112aよりも、燃焼ガス流路GP側つまり径方向Dr内側に位置している。

[0090] ボンドコート層120hは、中間構造体110hの主ガスパス面112a上と、中間構造体110hの軸下流角部の表面、中間構造体110hの回転下流角部の表面に形成されている。ボンドコート層120hは、中間構造体110hの軸上流角部116uの表面、中間構造体110hの回転上流角部115uの表面には形成されていない。

[0091] セラミックス層130は、ボンドコート層120hの全表面上に形成され、ボンドコート層120hが形成されていない領域には形成されていない。このため、ボンドコート層120hが形成されていない中間構造体110hの軸上流角部116uの表面、中間構造体110hの回転上流角部115uの表面には、セラミックス層130は形成されていない。よって、本変形例では、中間構造体110hの軸上流角部116uがガスタービン部品300の軸上流角部を成し、この表面には、金属製の中間構造体110hが露出している。また、本変形例では、中間構造体110hの回転上流角部115uがガスタービン部品300の回転上流角部を成し、この表面には、金属製の中間構造体110hが露出している。

[0092] 従って、本変形例でも、エロージョンによるセラミックス層130の剥離を抑えることができる。

[0093] 「ガスタービン部品の第二変形例」

以上で説明した第一及び第二実施形態におけるガスタービン部品の第二変形例について、図14を参照して説明する。

[0094] 以上の各実施形態では、中間構造体110の縁側ガスパス面112bを中間構造体110の主ガスパス面112aよりも燃焼ガス流路GP側に位置させている。すなわち、中間構造体110の縁側ガスパス面112bは、中間構造体110の主ガスパス面112aに対して不連続である。

[0095] 本変形例のガスタービン部品400では、中間構造体110iの主ガスパス面112aiに対して、中間構造体110iの縁側ガスパス面112biを面一にしている。すなわち、縁側ガスパス面112biは、主ガスパス面112aiに対して連続である。このため、本変形例では、中間構造体110iの縁側ガスパス面112bi上のボンドコート層120iの厚さをほぼセラミックス層130の厚さにすることで、ガスタービン部品400のガスパス面402における主ガスパス面402aと縁側ガスパス面402bとを面一にしている。なお、ガスタービン部品400の主ガスパス面402aとは、ガスタービン部品400のガスパス面402中で、中間構造体110iの主ガスパス面112ai上のガスパス面である。また、ガスタービン部品400の縁側ガスパス面402bとは、ガスタービン部品400のガスパス面402中で、中間構造体110iの縁側ガスパス面112bi上のガスパス面である。

[0096] よって、本変形例では、中間構造体110iのガスパス面102iを形成する過程で、主ガスパス面112aiと縁側ガスパス面112biとを不連続に形成する必要が無く、中間構造体110iを容易に形成でき、中間構造体110iの形成コストを抑えることができる。

[0097] 「ガスタービン部品の第三変形例」

以上で説明した第一及び第二実施形態におけるガスタービン部品の第三変形例について、図15を参照して説明する。

[0098] 本変形例のガスタービン部品500は、中間構造体110jの軸上流角部116u及び回転上流角部115uにテーパ面117, 118を形成したも

のである。本変形例の中間構造体 110j の軸上流角部 116u 及び回転上流角部 115u の表面には、以上の各実施形態と同様、ボンドコート層 120j が形成されている。よって、中間構造体 110j の軸上流角部 116u 及び回転上流角部 115u におけるテーパ面 117, 118 上に形成されているボンドコート層 120j の表面も、同様に傾斜したテーパ面 117j, 118j を成す。

[0099] 軸上流角部 116u のテーパ面 118 は、径方向 Dr で燃焼ガス流路 GP 側に向かうに連れて次第に軸下流側 Dad に向かう。このテーパ面 118 の軸方向 Da の幅 Wt 及び径方向 Dr の幅 Wt は、以下の通りである。

$$0.5Tc \leq Wt < Lc$$

なお、Tc はセラミックス層 130 の厚さであり、Lc は第一実施形態で定義した角部幅である。また、テーパ面 118 の幅の基点は、角部を形成する二つの面のそれぞれの延長面の交線 I である。また、テーパ面 118 の軸方向 Da の幅 Wt と径方向 Dr の幅 Wt とは、上記式を満たす値であれば、互いに異なる値であってもよい。

[0100] また、回転上流角部 115u のテーパ面 117 は、径方向 Dr で燃焼ガス流路 GP 側に向かうに連れて次第に回転下流側 Dcd に向かう。このテーパ面 117 の周方向 Dc の幅 Wt 及び径方向 Dr の幅 Wt は、上記式で示す値と同じである。

[0101] 図 9 を用いて前述したように、延性材料である金属で形成された部材は、その表面に対する異物等の衝突角度が 20° 程度から 90° に近づくに連れて次第にエロージョン速度が低下する。本変形例では、以上で説明したように、金属製の中間構造体 110j の軸上流角部 116u 及び回転上流角部 115u にテーパ面 117j, 118j が形成されている。異物は、金属製のテーパ面 117j, 118j に対して 90° に近い衝突角度で衝突する。このため、本変形例では、ガスタービン部品 500 の軸上流角部及び回転上流角部におけるエロージョンを抑えることができる。

[0102] なお、本変形例は、第一及び第二実施形態のガスタービン部品に適用した

例であるが、他の変形例に適用してもよい。

[0103] 「ガスタービン部品の第四変形例」

以上で説明した第一及び第二実施形態におけるガスタービン部品の第四変形例について、図 16 を参照して説明する。

[0104] 以上の各実施形態では、ガスタービン部品の縁側ガスパス面とガスタービン部品の主ガスパス面とが面一である。なお、ガスタービン部品の縁側ガスパス面及びガスタービン部品の主ガスパス面の定義は、いずれも、ガスタービン部品の第二変形例で説明した定義と同じである。本変形例のガスタービン部品 600 は、このガスタービン部品 600 の縁側ガスパス面 602 b を、ガスタービン部品 600 の主ガスパス面 602 a よりも径方向 D_r における燃焼ガス流路 GP 側に位置させたものである。本変形例の中間構造体 110 k の軸上流角部 116 u 及び回転上流角部 115 u の表面には、以上の各実施形態と同様、ボンドコート層 120 k が形成され、このボンドコート層 120 k が露出している。

[0105] 軸上流側 Da_u 又は回転上流側 Dc_u からの異物は、ガスタービン部品 600 の縁側ガスパス面 602 b の存在より、ガスタービン部品 600 の主ガスパス面 602 a 上で縁側ガスパス面 602 b 寄りの部分にはほとんど衝突しない。このため、本変形例では、セラミックス層 130 の縁側ガスパス面 602 b 寄りの部分のエロージョンを抑えることができる。

[0106] ところで、分割環のガスパス面と、この分割環に径方向 D_r で対向する動翼の径方向 D_r 外側端との径方向 D_r の間隔であるチップクリアランスは、ガスタービンの性能に影響を与える寸法であるため、極めて厳格に管理されている。

[0107] ここで、本変形例のガスタービン部品 600 が分割環であり、この分割環における回転上流角部 115 u の縁側ガスパス面 602 b を、主ガスパス面 602 a よりも径方向 D_r における燃焼ガス流路 GP 側に位置させた場合について考察する。

[0108] 上記の場合、分割環における回転上流角部 115 u の縁側ガスパス面 60

2 bと動翼の径方向D r外側端との径方向D rの間隔は、主ガスパス面6 0 2 aと動翼の径方向D r外側端との径方向D rの間隔よりも狭くなる。この場合、縁側ガスパス面6 0 2 bと動翼の径方向D r外側端との径方向D rの間隔を前述のチップクリアランスとして扱うと、主ガスパス面6 0 2 aと動翼の径方向D r外側端との径方向D rの間隔がこのチップクリアランスより広いため、ガスタービンの性能が低下する。逆に、主ガスパス面6 0 2 aと動翼の径方向D r外側端との径方向D rの間隔を前述のチップクリアランスとして扱うと、縁側ガスパス面6 0 2 bと動翼の径方向D r外側端との径方向D rの間隔がこのチップクリアランスより狭いため、動翼が縁側ガスパス面6 0 2 bに接触するおそれがある。

[0109] そこで、本変形例のガスタービン部品6 0 0が分割環である場合には、分割環の縁側ガスパス面6 0 2 bのうち、動翼の径方向D r端部と対向しない領域の縁側ガスパス面6 0 2 bのみを、主ガスパス面6 0 2 aよりも径方向D rにおける燃焼ガス流路G P側に位置させることが好ましい。この観点から、分割環の軸上流角部1 1 6 uを含む縁側ガスパス面6 0 2 bは、主ガスパス面6 0 2 aよりも径方向D rにおける燃焼ガス流路G P側に位置させてもよい。また、分割環の回転上流角部1 1 5 uを含む縁側ガスパス面6 0 2 bに関しては、動翼の径方向D r端部と対向しない軸上流側D a u及び軸下流側D a dの部分のみ、主ガスパス面6 0 2 aよりも径方向D rにおける燃焼ガス流路G P側に位置させてもよい。

[0110] なお、本変形例は、第一及び第二実施形態のガスタービン部品に適用した例であるが、他の変形例に適用してもよい。

[0111] 「ガスタービン部品のその他の変形例」

[0112] 以上で説明した各実施形態及び各変形例のガスタービン部品では、軸上流角部及び回転上流角部の両角部にはセラミックス層が形成されておらず、延性材料である金属が露出している。しかしながら、軸上流角部と回転上流角部とのうち、一方の角部にはセラミックス層が形成され、他方の角部では延性材料である金属が露出してもよい。例えば、軸上流角部にはセラミックス

層が形成され、回転上流角部では延性材料である金属が露出してもよい。また、回転上流角部にはセラミックス層が形成され、軸上流角部では延性材料である金属が露出してもよい。

[0113] 以上で説明した各実施形態及び各変形例のガスタービン部品は、いずれも、環状の燃焼ガス流路G Pの外周側を画定するガスタービン部品、つまり静翼の外側シュラウド及び分割環に本発明を適用した例である。しかしながら、環状の燃焼ガス流路G Pの内周側を画定するガスタービン部品、つまり静翼の内側シュラウド及び動翼のプラットフォームに本発明を適用してもよい。

産業上の利用可能性

[0114] 本発明の一態様によれば、ガスタービン部品におけるセラミックス層の剥離を抑制できる。

符号の説明

[0115] 1 : ガスタービンロータ、5 : ガスタービンケーシング、10 : 圧縮機、11 : 圧縮機ロータ、15 : 圧縮機ケーシング、20 : 燃焼器、30 : タービン、31 : タービンロータ、32 : ロータ軸、34 : 動翼、34a : 翼体、34b : プラットフォーム、35 : タービンケーシング、44 : 静翼、44a : 翼体、44b : 内側シュラウド、44c, 200 : 外側シュラウド、53, 100 : 分割環、110, 110h, 110i, 110j, 110k, 210 : 中間構造体、102, 202, 402, 602 : ガスパス面、112a, 212a, 402a, 602a : 主ガスパス面、112b, 212b, 402b, 602b : 縁側ガスパス面、103, 203 : 側面、103u, 203u : 回転上流側面、103d, 203d : 回転下流側面、104, 204 : 軸方向端面、104u, 204u : 軸上流端面、104d, 204d : 軸下流端面、115u, 215u : 回転上流角部、115d, 215d : 回転下流角部、116u, 216u : 軸上流角部、116d, 216d : 軸下流角部、117, 117j, 118, 118j : テーパ面、120, 120h, 120i, 120j, 120k : ボンドコート層、130 : セラミ

ックス層、３００，４００，５００，６００：ガスタービン部品

請求の範囲

- [請求項1] ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成するガスタービン部品において、
- 前記燃焼ガス流路側を向くガスパス面と、前記軸線を基準とした周方向で互いに対向する一対の側面と、前記軸線の方で互いに対向する一対の軸方向端面とが形成されている金属製の中間構造体と、
- 前記一対の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一対の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部を残し、前記中間構造体の前記ガスパス面を被覆するセラミックス層と、
- を備えるガスタービン部品。
- [請求項2] 請求項1に記載のガスタービン部品において、
- 前記セラミックス層は、少なくとも前記回転上流角部を残し、前記ガスパス面を被覆し、
- 前記回転上流角部には、前記燃焼ガス流路側に向かうにつれて前記回転方向における下流側に傾斜する回転上流側テーパ面が形成されている、
- ガスタービン部品。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載のガスタービン部品において、
- 前記セラミックス層は、少なくとも前記軸上流角部を残し、前記ガスパス面を被覆し、
- 前記軸上流角部には、前記燃焼ガス流路側に向かうにつれて前記軸線の方で前記燃焼ガス流路の下流側に傾斜する軸上流側テーパ面が形成されている、
- ガスタービン部品。

- [請求項4] 請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のガスタービン部品において、
- 前記セラミックス層は、前記軸上流角部と前記回転上流角部とを残し、前記ガスパス面を被覆する、
- ガスタービン部品。
- [請求項5] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のガスタービン部品において、
- 前記中間構造体に対する前記セラミックス層の熱膨張量差を緩和する金属製のボンドコート層を備え、
- 前記回転上流角部と前記回転上流角部とのうち、少なくとも一方の角部には、前記ボンドコート層が形成されている、
- ガスタービン部品。
- [請求項6] 請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のガスタービン部品において、
- 前記中間構造体には、前記回転上流角部又は前記軸上流角部から前記燃焼ガス流路内に空気を噴出する冷却空気孔が形成されている、
- ガスタービン部品。
- [請求項7] 請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のガスタービン部品において、
- 前記ガスタービンの動翼と前記軸線に対する径方向で対向し、前記環状の燃焼ガス流路における外周側を画定する分割環を成す、
- ガスタービン部品。
- [請求項8] 請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のガスタービン部品において、
- 前記環状の燃焼ガス流路における外周側を画定し、前記ガスタービンの静翼における外側シュラウドを成す、
- ガスタービン部品。
- [請求項9] 請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のガスタービン部品と

、
前記ロータと、
を備えるガスタービン。

[請求項10] ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成する中間構造体において、金属で形成され、

前記燃焼ガス流路側を向くガスパス面と、前記軸線を基準にした周方向で互いに対向する一对の側面と、前記軸線の方で互いに対向する一对の軸方向端面とが形成され、

前記ガスパス面は、セラミックス層で被覆されない縁側ガスパス面とセラミックス層で被覆される主ガスパス面とを有し、

前記一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部に含まれるガスパス面が、前記縁側ガスパス面を成し、残りのガスパス面が前記主ガスパス面を成し、

前記縁側ガスパス面は、前記主ガスパス面よりも、前記軸線に対する径方向における前記燃焼ガス流路側に位置している、

中間構造体。

[請求項11] ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成するガスタービン部品の製造方法において、

前記軸線に対する径方向で前記燃焼ガス流路側を向くガスパス面と、前記軸線を基準にした周方向で互いに対向する一对の側面と、前記軸線の方で互いに対向する一对の軸方向端面とが形成されている金属製の中間構造体を製造する中間構造体製造工程と、

前記ガスパス面と、前記一对の側面と前記ガスパス面との角部の表面と、前記一对の軸方向端面と前記ガスパス面との角部の表面と、をセラミックス層で覆う被覆工程と、

前記一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部における前記セラミックス層を除去する部分除去工程と、

を実行するガスタービン部品の製造方法。

[請求項12]

ガスタービン内で、軸線を中心として環状の燃焼ガス流路を画定し、前記軸線を基準として環状の環体を構成するガスタービン部品の修理方法において、

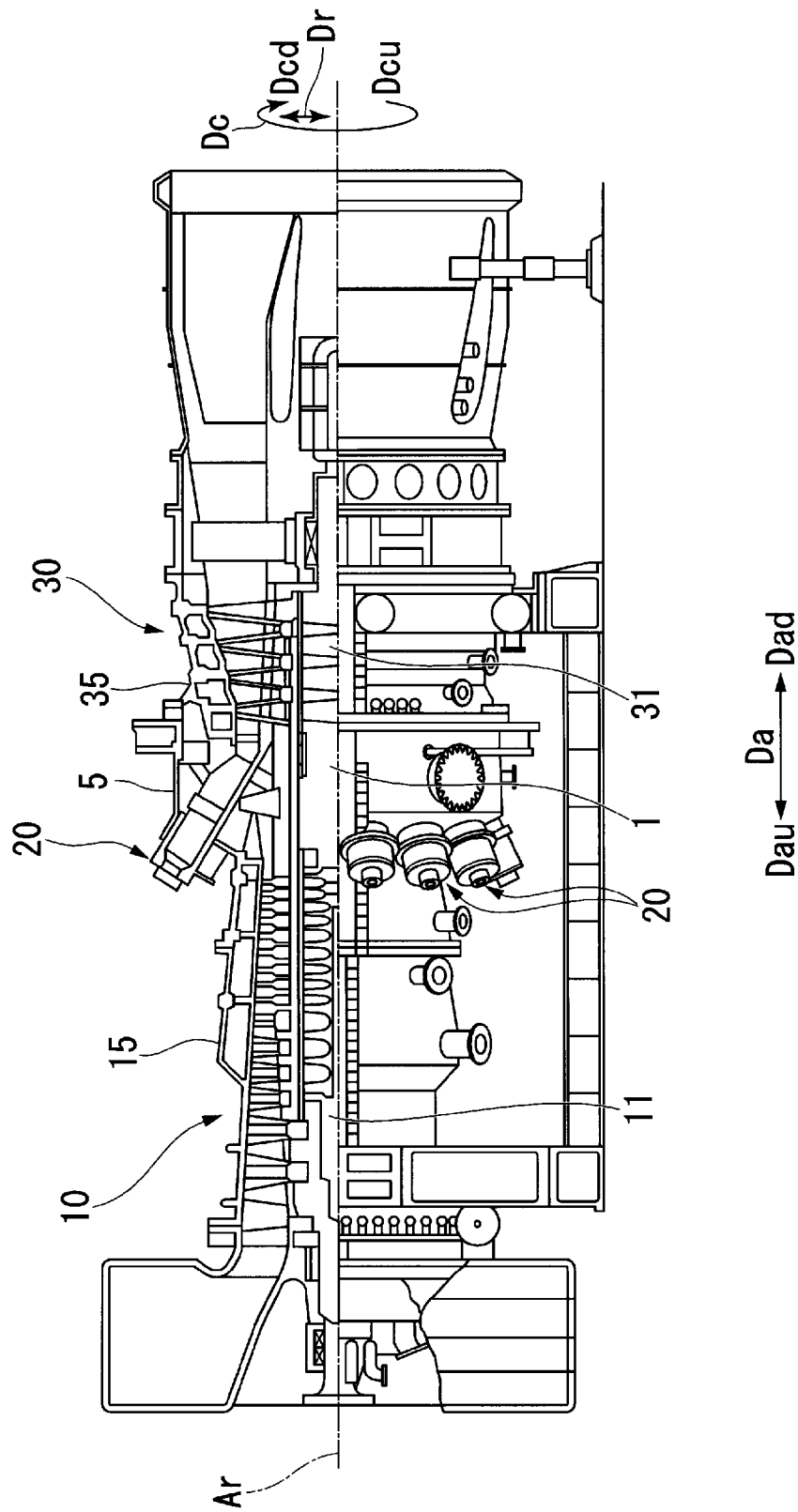
前記燃焼ガス流路側を向きセラミックス層が形成されているガスパス面と、前記軸線を基準にした周方向で互いに対向する一对の側面と、前記軸線の方で互いに対向する一对の軸方向端面とが形成されている金属製の中間構造体から、前記セラミックス層を除去する第一除去工程と、

前記ガスパス面と、前記一对の側面と前記ガスパス面との角部の表面と、前記一对の軸方向端面と前記ガスパス面との角部の表面と、をセラミックス層で覆う被覆工程と、

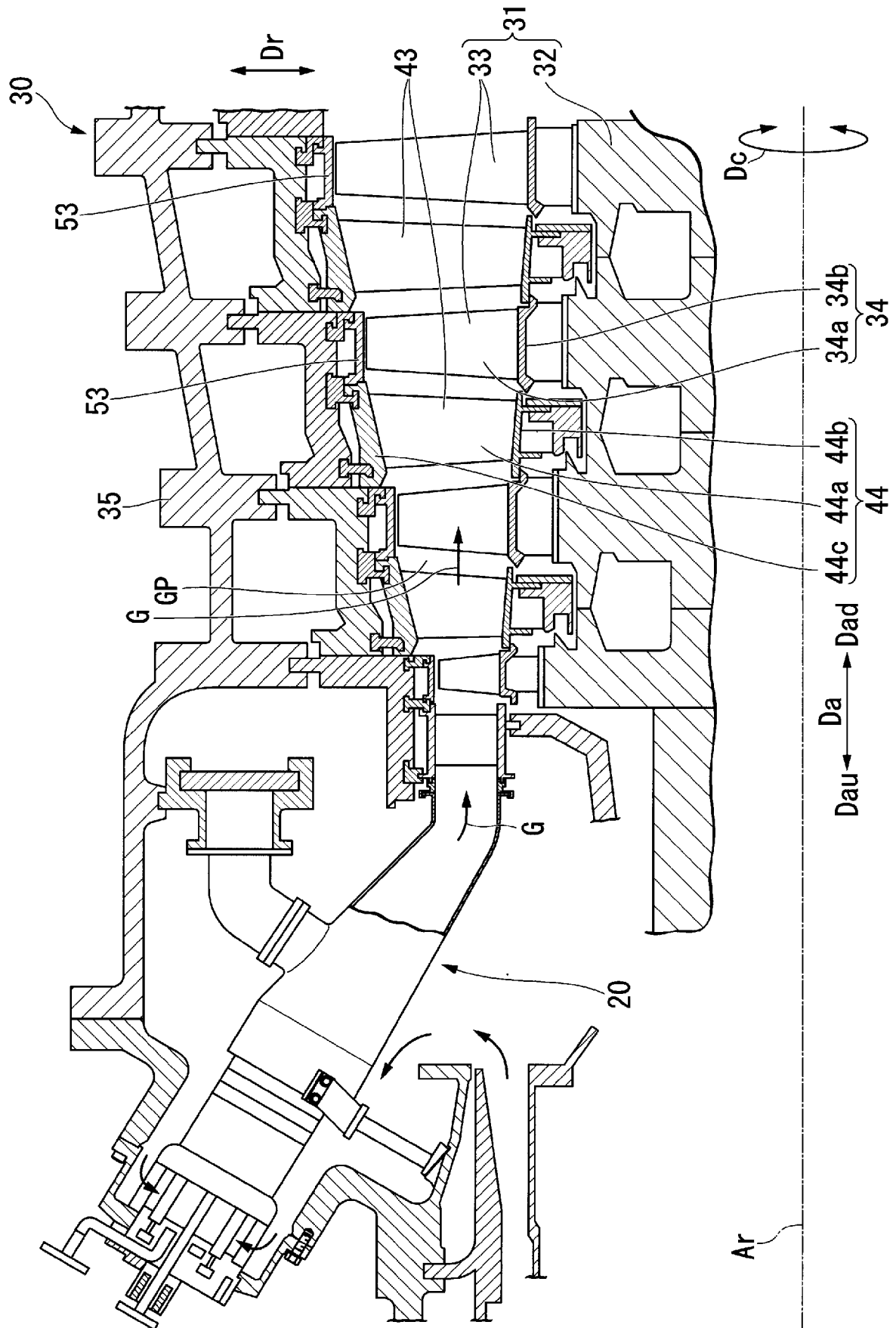
前記一对の側面のうち、前記軸線を中心として回転する前記ガスタービンのロータの回転方向における上流側にある回転上流側面と前記ガスパス面とから成る回転上流角部と、前記一对の軸方向端面のうち、前記燃焼ガス流路の上流側にある軸上流端面と前記前記ガスパス面とから成る軸上流角部とのうち、少なくとも一方の角部における前記セラミックス層を除去する第二除去工程と、

を実行するガスタービン部品の修理方法。

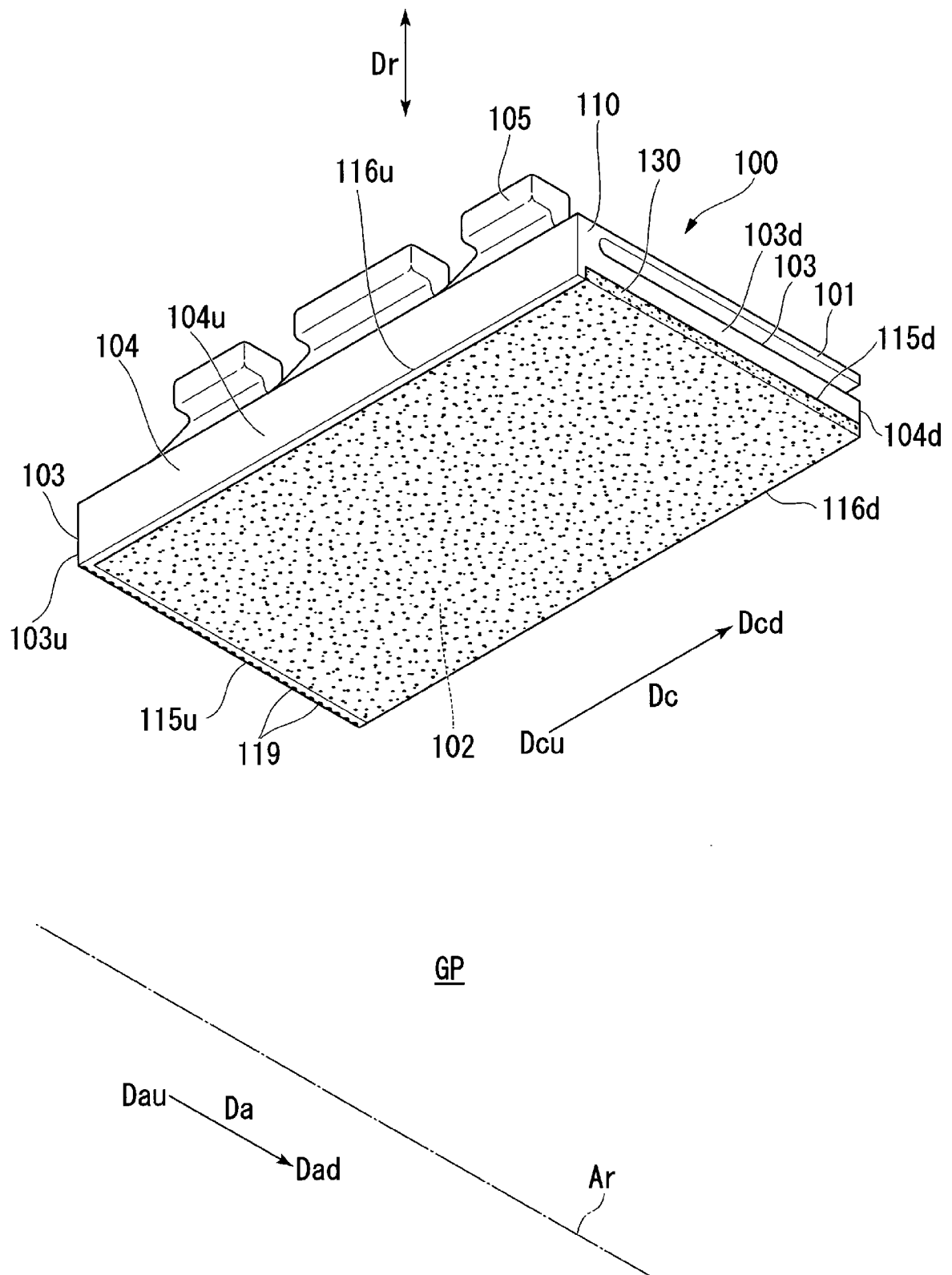
[図1]



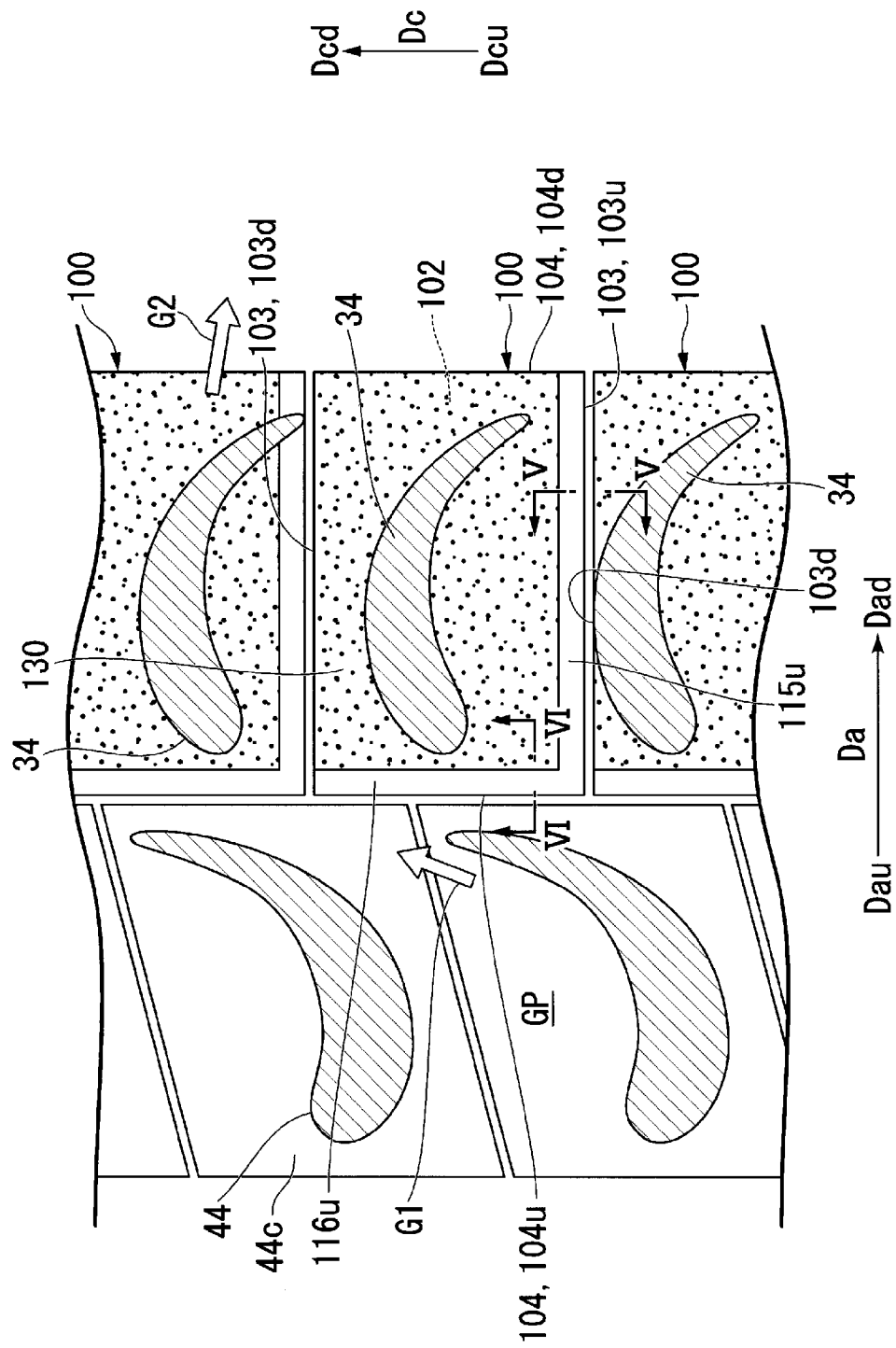
[図2]



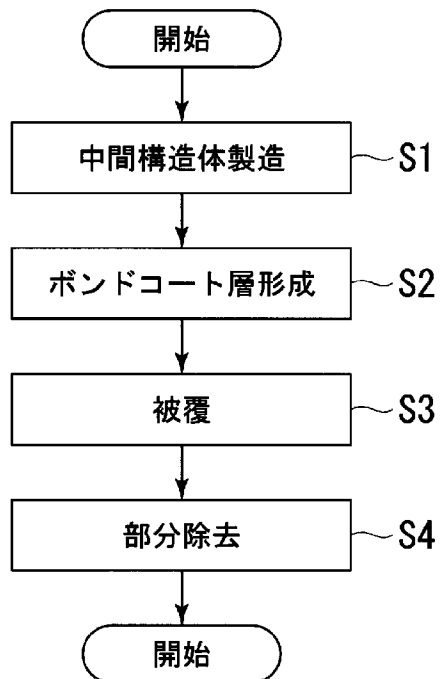
[図3]



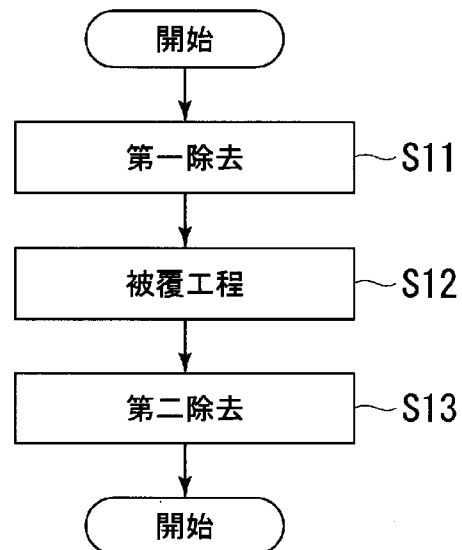
[図4]



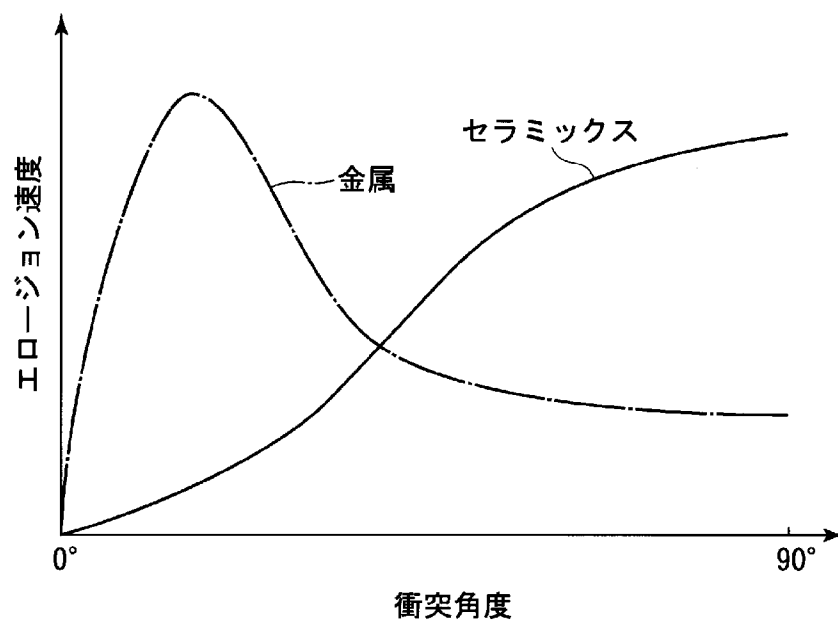
[図7]



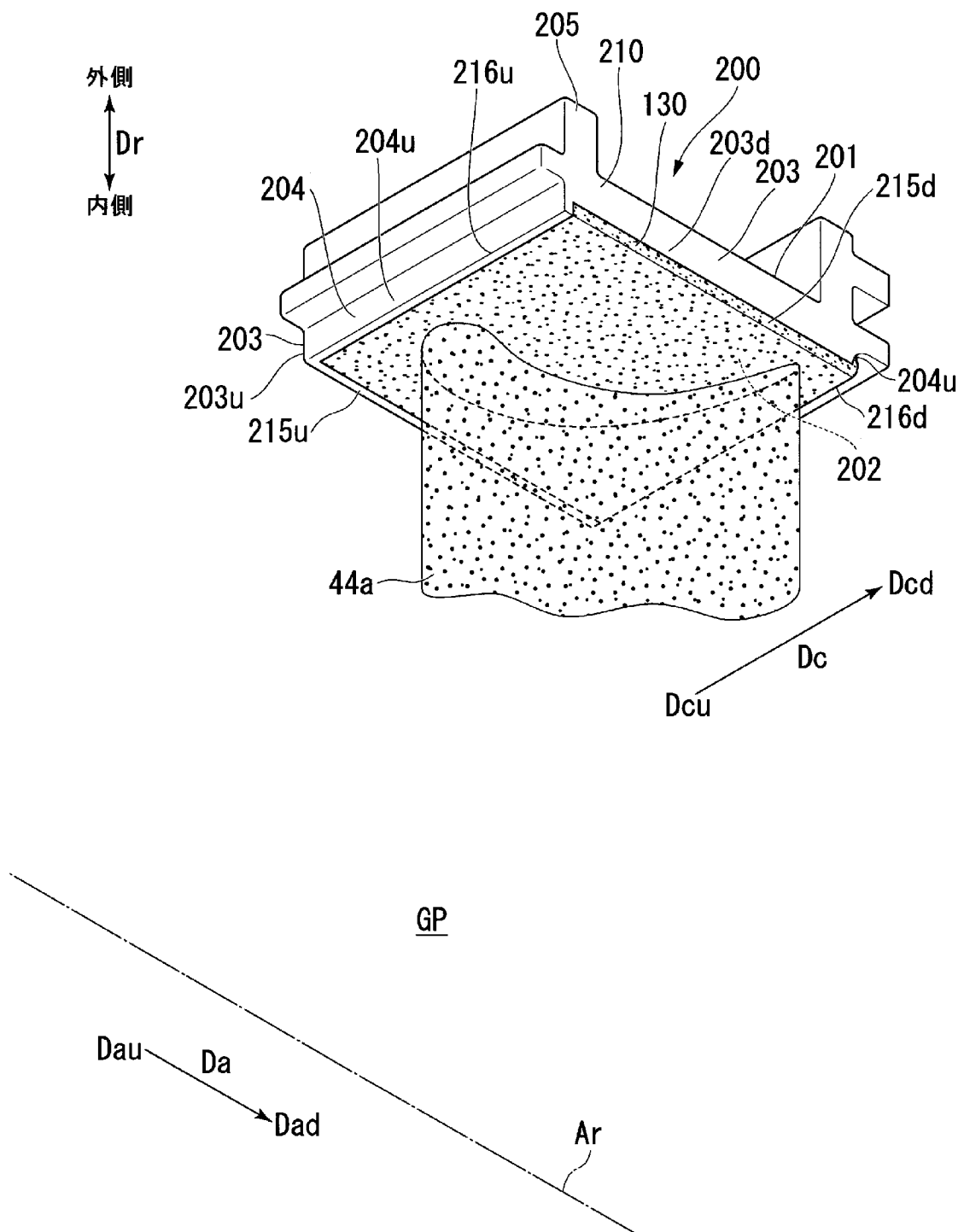
[図8]

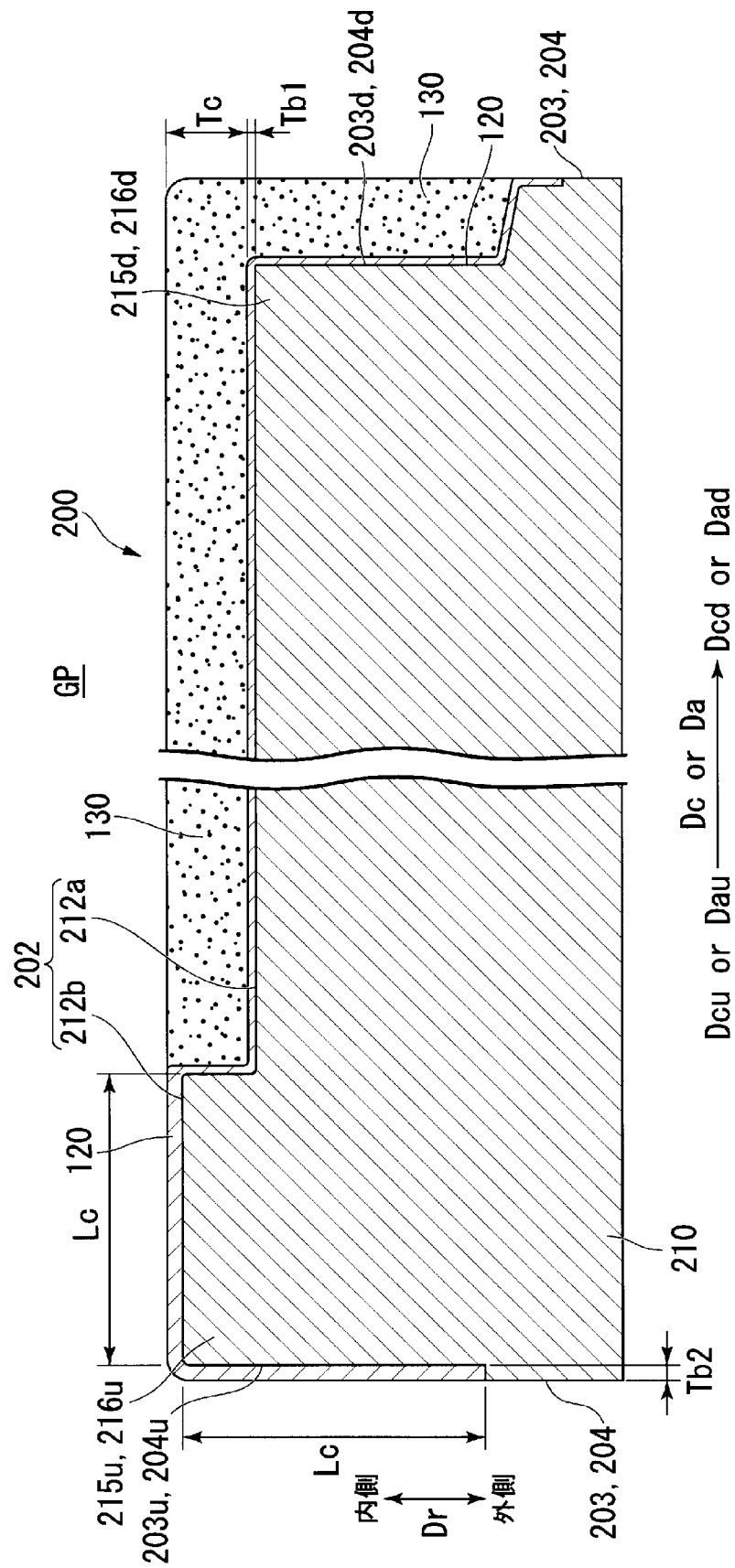


[図9]

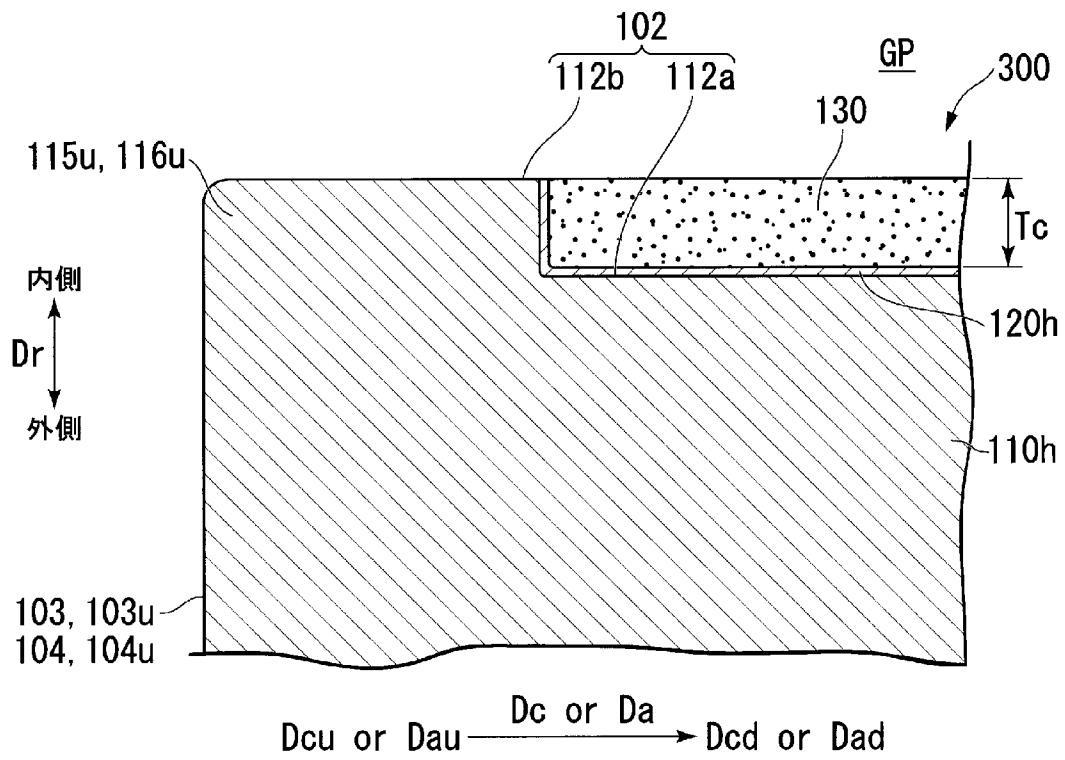


[図10]

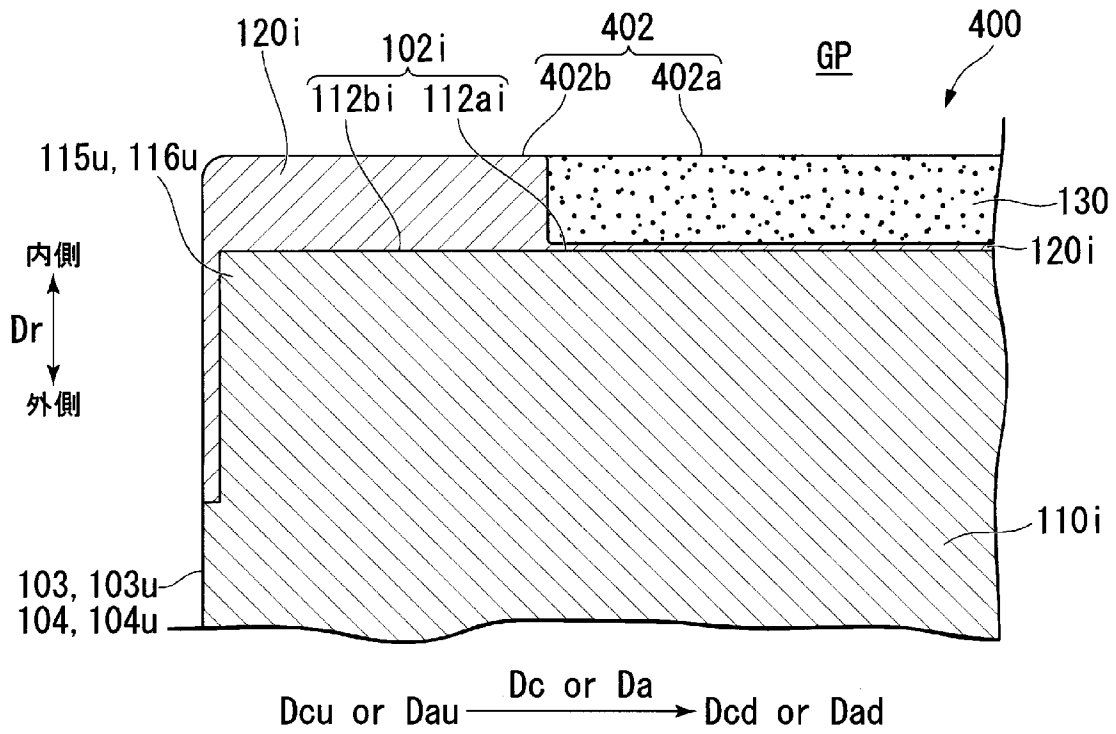




[図13]



[図14]



[illegible]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02C7/24(2006.01)i, F01D5/18(2006.01)i, F01D5/28(2006.01)i, F01D9/02(2006.01)i, F01D9/04(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i, F02C7/18(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)

F02C7/24, F01D5/18, F01D5/28, F01D9/02, F01D9/04, F02C7/00, F02C7/18

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

DWPI (Thomson Innovation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-92824 A (Hitachi, Ltd.), 17 May 2012 (17.05.2012), paragraphs [0039], [0045] to [0049]; fig. 9 to 11 & US 2012/0107103 A1 paragraphs [0046], [0050] to [0054]; fig. 8 to 10 & EP 2434102 A2	1, 5, 7, 9, 11 3, 6, 12 2, 4, 8, 10
Y A	JP 2014-199059 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 23 October 2014 (23.10.2014), paragraphs [0026], [0032]; fig. 1 to 4 (Family: none)	3 2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 March 2016 (15.03.16)

Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052026

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-107517 A (General Electric Co.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraph [0015]; fig. 4 & US 2007/0086883 A1 paragraph [0018]; fig. 4 & EP 1775423 A2 & CN 1948718 A & CA 2555395 A1	3 2
Y	JP 2007-46604 A (General Electric Co.), 22 February 2007 (22.02.2007), paragraphs [0009] to [0012]; fig. 2 & US 2007/0031240 A1 paragraphs [0014] to [0017]; fig. 2 & EP 1749975 A2 & CA 2552794 A1	6
Y	JP 2004-100682 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 April 2004 (02.04.2004), paragraphs [0026] to [0029]; fig. 1 to 2 & US 2004/0047725 A1 paragraphs [0053] to [0059]; fig. 1 to 2	6
Y	JP 2008-82331 A (United Technologies Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), paragraph [0015] & US 2008/0081172 A1 paragraph [0015] & EP 1908925 A2 & SG 141298 A1	12
Y	JP 2007-113458 A (Hitachi, Ltd.), 10 May 2007 (10.05.2007), paragraph [0013] (Family: none)	12
A	JP 2008-544127 A (Siemens AG.), 04 December 2008 (04.12.2008), paragraph [0053] & US 2009/0053069 A1 paragraph [0074] & WO 2006/133980 A1 & EP 1734145 A1 & CN 101198713 A	1-12
A	JP 2002-277383 A (Toshiba Corp.), 25 September 2002 (25.09.2002), paragraph [0055] (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F02C7/24(2006.01)i, F01D5/18(2006.01)i, F01D5/28(2006.01)i, F01D9/02(2006.01)i, F01D9/04(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i, F02C7/18(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. F02C7/24, F01D5/18, F01D5/28, F01D9/02, F01D9/04, F02C7/00, F02C7/18

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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)

DWPI (Thomson Innovation)

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
X Y A	JP 2012-92824 A (株式会社日立製作所) 2012.05.17, 段落[0039],[0045]-[0049], 図9-11 & US 2012/0107103 A1, 段落[0046],[0050]-[0054], 図8-10 & EP 2434102 A2	1, 5, 7, 9, 11 3, 6, 12 2, 4, 8, 10
Y A	JP 2014-199059 A (三菱重工業株式会社) 2014.10.23, 段落[0026],[0032], 図1-4 (ファミリーなし)	3 2

☑ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

15.03.2016

国際調査報告の発送日

29.03.2016

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)

佐藤 健一

3G

6210

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

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 2007-107517 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー)	3
A	2007.04.26, 段落[0015], 図 4 & US 2007/0086883 A1, 段落[0018], 図 4 & EP 1775423 A2 & CN 1948718 A & CA 2555395 A1	2
Y	JP 2007-46604 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2007.02.22, 段落[0009]-[0012], 図 2 & US 2007/0031240 A1, 段落[0014]-[0017], 図 2 & EP 1749975 A2 & CA 2552794 A1	6
Y	JP 2004-100682 A (三菱重工業株式会社) 2004.04.02, 段落[0026]-[0029], 図 1-2 & US 2004/0047725 A1, 段落[0053]-[0059], 図 1-2	6
Y	JP 2008-82331 A (ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイション) 2008.04.10, 段落[0015] & US 2008/0081172 A1, 段落[0015] & EP 1908925 A2 & SG 141298 A1	12
Y	JP 2007-113458 A (株式会社日立製作所) 2007.05.10, 段落[0013] (ファミリーなし)	12
A	JP 2008-544127 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト) 2008.12.04, 段落[0053] & US 2009/0053069 A1, 段落[0074] & WO 2006/133980 A1 & EP 1734145 A1 & CN 101198713 A	1-12
A	JP 2002-277383 A (株式会社東芝) 2002.09.25, 段落[0055] (ファミリーなし)	1-12