

(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
2017年10月26日(26.10.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/183063 A1

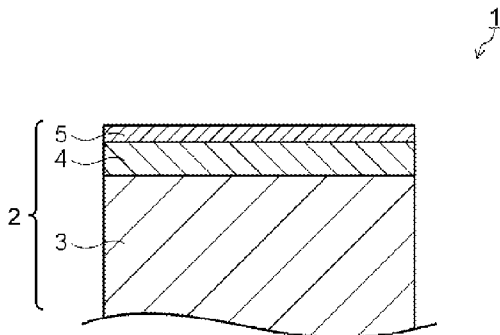
- (51) 国際特許分類:
F01D 25/00 (2006.01) *F02C 7/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/002156
- (22) 国際出願日: 2016年4月22日(22.04.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 日野 武久 (HINO, Takehisa); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 今井 潔 (IMAI, Kiyoshi); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 斎藤 大蔵 (SAITO, Daizo); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝

知的財産室内 Tokyo (JP). 高久 歴 (TAKAKU, Reki); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 前田 秀幸 (MAEDA, Hideyuki); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 佐藤 岩太郎 (SATO, Iwataro); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 志場 亮郎 (SHIBA, Akio); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人サクラ国際特許事務所 (SAKURA PATENT OFFICE, P.C.); 〒1010047 東京都千代田区内神田一丁目18番14号 ヨシザワビル6階 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,

(54) Title: TURBINE COMPONENT, AXIAL FLOW TURBINE, AND METHOD FOR MANUFACTURING TURBINE COMPONENT

(54) 発明の名称: タービン部品、軸流タービン、およびタービン部品の製造方法



(57) Abstract: The turbine component according to an embodiment comprises a base material configured from an Fe-based alloy containing at least one element selected from the group consisting of Cr, Si, and Al. The base material has, from the interior of the base material toward the surface: a base material section; a composition section which is formed on the surface of the base material section, and which contains a crystal composition comprising crystal grain sizes of the Fe-based alloy that are smaller than the crystal grain sizes of the Fe-based alloy in the base material section; and a carburizing-resistant protective film section which is formed on the surface of the composition section, and which contains at least one element selected from the group consisting of Cr, Si, and Al.

(57) 要約: 実施の形態のタービン部品は、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むFe基合金から構成される基材からなる。そして、前記基材は、前記基材の内部から表面に向かって、基材部と、前記基材部の表面に形成され、前記基材部における前記Fe基合金の結晶粒径よりも小さい前記Fe基合金の結晶粒径からなる結晶組織を含む組織部と、前記組織部の表面に形成され、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含む耐浸炭性保護皮膜部とを有する。

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, JP, 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), ヨーロッパ (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：

タービン部品、軸流タービン、およびタービン部品の製造方法

技術分野

[0001] 本発明の実施の形態は、タービン部品、軸流タービン、およびタービン部品の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 最近、二酸化炭素を作動流体として使用するタービンが開発されている。このタービンは、メタンを主成分とする天然ガスや、一酸化炭素と水素とを主成分とする石炭ガス化ガスなどの燃料を酸素で燃焼させて発生する二酸化炭素によって駆動する。そして、タービンの排ガスに含まれる二酸化炭素は、抽気によって容易に回収される。このタービンは、発電と二酸化炭素の回収とを同時に実現できるため、地球温暖化抑制などの耐環境性に優れている。

[0003] 二酸化炭素を作動流体として用いるタービンの稼動時において、タービン内の二酸化炭素は超臨界状態である。タービンを構成するタービン部品は、このような浸炭雰囲気中に長時間曝されている。そのため、タービン部品は浸炭することがある。タービン部品が浸炭すると、タービン部品の表面に浸炭層が形成されて、タービン部品は脆化する。脆化が進むと、タービン部品の表面にき裂が入ることがある。

[0004] ところで、基材上に Cr_2O_3 や SiO_2 などの皮膜を形成することによって、基材の浸炭を抑制することが検討されている。800℃～1200℃で予酸化した後、950℃で浸炭処理を行った低合金鋼について、CrやSiの添加量の高い低合金鋼ほど浸炭が抑制される。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：「肌焼鋼のガス浸炭性に及ぼす酸化層の影響」、電気製鋼、第

84巻1号、2013年、p. 21-29

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記のように、低合金鋼からなる基材を1000℃程度の高温で加熱処理することによって、基材の浸炭を抑制することができる。その一方で、上述したタービンを構成するタービン部品の使用時の温度は設置場所によって異なるが、例えば使用時のタービンロータの温度は500℃以下である。また、タービン部品には、浸炭を抑制する皮膜を形成する成分であるCrやSiのような元素の含有量の少ない低合金鋼が用いられる。したがって、500℃以下の温度域では、タービン部品中の原子の拡散速度が遅く、タービン部品の表面に拡散する原子の量が少ない。そのため、タービンの使用時の温度領域では、浸炭を抑制する皮膜をタービン部品の表面に均一に形成することが困難である。

[0007] 本発明が解決しようとする課題は、タービンの使用温度域で形成する耐浸炭性保護皮膜部を有し、浸炭を抑制することができるタービン部品、軸流タービン、およびタービン部品の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 実施の形態のタービン部品は、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むFe基合金から構成される基材からなる。そして、前記基材は、前記基材の内部から表面に向かって、基材部と、前記基材部の表面に形成され、前記基材部における前記Fe基合金の結晶粒径よりも小さい前記Fe基合金の結晶粒径からなる結晶組織を含む組織部と、前記組織部の表面に形成され、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含む耐浸炭性保護皮膜部とを有する。

発明の効果

[0009] タービンの使用温度域で形成する耐浸炭性保護皮膜部を有し、浸炭を抑制することができるタービン部品、軸流タービン、およびタービン部品の製造

方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1の実施の形態のタービン部品を備える軸流タービンを模式的に示す子午断面図である。

[図2]第1の実施の形態のタービン部品を模式的に示す断面図である。

[図3]第1の実施の形態のタービン部品を構成する基材に組織部を形成する方法の一例を示す概略図である。

[図4]第1の実施の形態のタービン部品を構成する基材に組織部を形成する方法の他の例を示す概略図である。

[図5]第1の実施の形態のタービン部品を構成する基材に組織部を形成する方法の他の例を示す概略図である。

[図6]第2の実施の形態のタービン部品を構成する基材に組織部を形成する方法を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、実施の形態について図面を参照して説明する。

[0012] (第1の実施の形態)

図1は、第1の実施の形態のタービン部品を備える軸流タービン10を模式的に示す子午断面図である。なお、図1に示した軸流タービン10として、例えば、ガスタービンやCO₂タービンなどが挙げられる。CO₂タービンでは、燃焼器で生成した二酸化炭素(CO₂)の一部を超臨界流体に昇圧して作動流体の系統に循環させており、作動流体は二酸化炭素である。

[0013] 図1に示すように、軸流タービン10は、外部ケーシング11と、この外部ケーシング11の内部に設けられた内部ケーシング12とから構成される二重構造のケーシングを備える。内部ケーシング12は、例えば、静翼13および動翼14を備えるタービン段落を包囲する内部ケーシング12a、12bと、最終段のタービン段落を通過した作動流体が流入する排気室15の一部を構成する内部ケーシング12cとを備える。

[0014] 下流側における外部ケーシング11の下半側には、作動流体を排出するた

めに、下方に延設された管形状部 11a が設けられる。

[0015] 内部ケーシング 12 内には、動翼 14 を植設しているタービンロータ 16 が貫設されている。このタービンロータ 16 は、ロータ軸受（図示しない）によって回転可能に支持されている。

[0016] 内部ケーシング 12a、12b の内面には、タービンロータ軸方向に動翼 14 と交互になるように静翼 13 が配設されている。なお、静翼 13 と、この静翼 13 の直下流の動翼 14 とでタービン段落を構成する。

[0017] 内部ケーシング 12c に隣接する内部ケーシング 12b の外周面には、例えば、周方向に亘って半径方向外側に突出する環状壁 12d が設けられている。この環状壁 12d の外周面は、例えば、外部ケーシング 11 の内周に接している。そして、この環状壁 12d によって、外部ケーシング 11 と内部ケーシング 12 との間に形成される空間は区画されている。

[0018] タービンロータ 16 と外部ケーシング 11 との間、およびタービンロータ 16 と内部ケーシング 12a との間には、作動流体の外部への漏洩を防止するために、シール部 17 が設けられている。

[0019] 最終段のタービン段落の下流側には、排気室 15 が設けられている。排気室 15 は、最終段のタービン段落を通過した作動流体が流れる環状の内部ケーシング 12c と、この内部ケーシング 12c の下半側に設けられた管形状部 18 とを備える。環状の内部ケーシング 12c 内には、環状通路 19 が形成されている。

[0020] 環状通路 19 は、タービンロータ 16 の周囲に形成される。また、環状通路 19 は、最終段のタービン段落を通過した作動流体を管形状部 18 に導く。

[0021] 管形状部 18 は、外部ケーシング 11 の管形状部 11a の内部に、管形状部 11a に沿って下方に延設されている。管形状部 18 を通過した作動流体は、管形状部 11a を介して、外部ケーシング 11 の外部に排出される。

[0022] また、軸流タービン 10 には、燃焼器（図示しない）から流入する作動流体を初段のタービン段落に排出するトランジションピース 20 を備える。ト

ランジションピース20からタービン段落に排出した作動流体は、膨張仕事をしながら内部ケーシング12a、12b内を流動し、最終段のタービン段落を通過する。

[0023] 軸流タービン10において、第1の実施の形態のタービン部品は、外部ケーシング11、タービンロータ16に適用することができる。そして、これらのタービン部品の表面の少なくとも一部に、耐浸炭性保護皮膜部が形成されている。例えば、第1の実施の形態のタービン部品が外部ケーシング11に適用される場合には、タービン部品を構成する基材の内面に、耐浸炭性保護皮膜部が形成されている。タービン部品がタービンロータ16に適用される場合には、タービン部品を構成する基材の側面に、耐浸炭性保護皮膜部が形成されている。

[0024] 次に、第1の実施の形態のタービン部品について詳しく説明する。

[0025] 図2は、第1の実施の形態のタービン部品1を模式的に示す断面図である。図2に示すように、タービン部品1は、基材2からなる。

[0026] 基材2は、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むFe基合金から構成される。基材2を構成するFe基合金は、これらの元素に加えて、MoやVなどを含んでもよい。Fe基合金としては、例えば、炭素鋼、低合金鋼、特殊鋼、耐熱鋼などが挙げられる。これらの中でも、強度や耐熱性が良好であることから、低合金鋼、12Cr鋼、CrMoV鋼、2.25Cr-1Moや改良9Cr-1Mo（9Cr-1Mo-Nb-V）のようなCrMo鋼が好ましい。

[0027] また、基材2は、基材2の内部から表面に向かって、基材部3と、基材部3の表面に形成される組織部4と、組織部4の表面に形成される耐浸炭性保護皮膜部5とを有する。

[0028] 基材部3は、基材2の内部を構成する。すなわち、基材部3は、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むFe基合金からなる。

[0029] 基材部3の表面に形成される層状の組織部4は、基材部3と同様に、Cr

、S i、およびA lからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むF e基合金からなる。また、組織部4は、基材部3におけるF e基合金の結晶粒径よりも小さいF e基合金の結晶粒径からなる結晶組織を含む。組織部4内において、基材部3と組織部4との界面から組織部4の表面に向かって、F e基合金の結晶粒径は小さくなり、F e基合金の結晶組織は微細になる。

[0030] 組織部4の表面に形成される層状の耐浸炭性保護皮膜部5は、C r、S i、およびA lからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含む。また、耐浸炭性保護皮膜部5の組織を構成する結晶相は、基材部3および組織部4と異なる。後述するように、組織部4を有する基材2を加熱することによって、耐浸炭性保護皮膜部5が形成される。耐浸炭性保護皮膜部5に含まれるC r、S i、およびA lは、基材2の外部から供給されるものではなく、基材2を構成する基材部3および組織部4に含まれるC r、S i、およびA lの外方拡散によって供給されたものである。したがって、耐浸炭性保護皮膜部5は、基材2の表面上に別途設けられるものではなく、基材2の表面が改質してできたものである。

[0031] 耐浸炭性保護皮膜部5は、基材部3および組織部4の内部から組織部4の表面に拡散したC r、S i、およびA lと、空気中の酸素および組織部4の表面から内部に拡散した酸素との反応によって生じるクロミア、シリカ、アルミナなどの酸化物から構成される。

[0032] また、耐浸炭性保護皮膜部5は、優れた耐浸炭性を有する。基材部3や組織部4に比べて、耐浸炭性保護皮膜部5内を拡散する炭素の拡散速度は遅い。二酸化炭素や一酸化炭素などの浸炭雰囲気において、耐浸炭性保護皮膜部5は組織部4および基材部3への炭素の侵入を抑制するため、タービン部品1の表面における浸炭層の形成が抑制される。こうして、耐浸炭性保護皮膜部5は、軸流タービン10の使用時において、タービン部品1の浸炭を抑制することができる。そして、浸炭雰囲気におけるタービン部品1の脆化は抑制される。

[0033] また、組織部4におけるF e基合金の平均結晶粒径は、20 μ m以下であ

ることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。組織部4内のFe基合金の平均結晶粒径がこのような範囲であると、Cr、Si、およびAlは組織部4内をより低温で拡散できる。そのため、組織部4内を外方拡散するこれらの原子の量が多くなり、耐浸炭性保護皮膜部5の形成速度は速くなる。

[0034] Fe基合金の平均結晶粒径は、メディアン径である。また、Fe基合金の平均結晶粒径は、例えば、レーザ回折散乱法などによって測定される。

[0035] 次に、第1の実施の形態のタービン部品1の製造方法について説明する。第1の実施の形態のタービン部品1の製造方法は、基材2の内部におけるFe基合金の結晶粒径よりも小さいFe基合金の結晶粒径からなる結晶組織を含む組織部4を基材2の表面に形成する工程（以下、第1の形成工程ともいう）と、基材2を加熱して、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含む耐浸炭性保護皮膜部5を組織部4の表面に形成する工程（以下、第2の形成工程ともいう）とを有する。

[0036] 第1の形成工程では、Cr、Si、およびAlからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むFe基合金から構成される基材2の表面に層状の組織部4を形成する。組織部4におけるFe基合金の結晶粒径は、基材2の内部、すなわち基材部3におけるFe基合金の結晶粒径よりも小さい。第1の形成工程において、基材2の表面に残留応力を与えて、組織部4を基材2の表面に形成する。こうして、基材2は、基材2の内部から表面に向かって、基材部3と、基材部3の表面に均一に形成される組織部4とを有する。

[0037] 図3は、第1の実施の形態のタービン部品1を構成する基材2に組織部4aを形成する方法の一例を示す概略図である。図3に示すように、矢印Aに沿ってピーニングハンマー30を移動させながら、ピーニングハンマー30で基材2の表面を叩く。こうして、基材2の表面にハンマーピーニング処理を施して、基材2の表面に機械的に残留応力を与える。残留応力が与えられた基材2の表面および表面近傍内部では、組織部4aが形成される。こうして、基材2は、基材部3と、基材部3の表面に均一に形成される組織部4a

とを有する。組織部 4 a の厚さや、組織部 4 a 内の F e 基合金の結晶粒径の大きさは、基材 2 の表面を叩く強さおよび叩く時間に応じて適宜調整することができる。

[0038] 図 4 は、第 1 の実施の形態のタービン部品 1 を構成する基材 2 に組織部 4 b を形成する方法の他の例を示す概略図である。図 4 に示すように、矢印 A に沿ってショットピーニング装置 4 0 を移動させながら、ショットピーニング装置 4 0 で粒子 4 1 を基材 2 の表面に吹き付ける。こうして、基材 2 の表面にショットピーニング処理を施して、基材 2 の表面に機械的に残留応力を与える。残留応力が与えられた基材 2 の表面および表面近傍内部では、組織部 4 b が形成される。こうして、基材 2 は、基材部 3 と、基材部 3 の表面に均一に形成される組織部 4 b とを有する。組織部 4 b の厚さや、組織部 4 b 内の F e 基合金の結晶粒径の大きさは、粒子 4 1 の種類、粒子 4 1 の吹き付け速度や吹き付け時間などに応じて適宜調整することができる。

[0039] 図 5 は、第 1 の実施の形態のタービン部品 1 を構成する基材 2 に組織部 4 c を形成する方法の他の例を示す概略図である。図 5 に示すように、矢印 A に沿って切削工具 5 0 を移動させながら、切削工具 5 0 で基材 2 の表面を切削加工する。こうして、基材 2 の表面に機械加工処理を施して、基材 2 の表面に機械的に残留応力を与える。例えば、旋盤を用いて基材 2 の加工を行うときに、基材 2 の通常の加工に比べて、基材 2 の表面の最終加工における追い込み量を 5 0 % ~ 7 0 % 増加させることで、基材 2 の表面に機械的に残留応力を与えることができる。残留応力が与えられた基材 2 の表面および表面近傍内部では、組織部 4 c が形成される。こうして、基材 2 は、基材部 3 と、基材部 3 の表面に均一に形成される組織部 4 c とを有する。組織部 4 c の厚さや、組織部 4 c 内の F e 基合金の結晶粒径の大きさは、切削加工の深さなどに応じて適宜調整することができる。

[0040] 第 2 の形成工程では、基材部 3 の表面に形成された組織部 4 を有する基材 2 を加熱することによって、組織部 4 の表面および表面近傍内部に層状の耐浸炭性保護皮膜部 5 を形成する。こうして、基材 2 は、基材 2 の内部から表

面に向かって、基材部 3 と、基材部 3 の表面に形成される組織部 4 と、組織部 4 の表面に均一に形成される耐浸炭性保護皮膜部 5 とを有する。

[0041] 第 2 の形成工程における基材 2 の加熱温度は、400℃以上500℃以下であることが好ましい。この温度範囲は、軸流タービン 10 の使用温度域に相当する。

[0042] 組織部 4 を有する基材 2 を加熱すると、以下のような反応によって耐浸炭性保護皮膜部 5 が形成されと考えられる。組織部 4 を有する基材 2 を加熱すると、基材部 3 および組織部 4、主に組織部 4 を構成する Fe 基合金中の Cr、Si、および Al の少なくとも 1 種の原子は、組織部 4 内の結晶粒界に沿って組織部 4 の表面に拡散する。組織部 4 の表面に外方拡散したこれらの原子は、空気中の酸素および組織部 4 の表面から内部に内方拡散した酸素と反応して、酸化物が生じ、薄く不均一な耐浸炭性保護皮膜部 5 が形成される。その後、組織部 4 の内部から組織部 4 および耐浸炭性保護皮膜部 5 の界面に外方拡散したこれらの原子と、耐浸炭性保護皮膜部 5 の表面から、耐浸炭性保護皮膜部 5 内を拡散し、組織部 4 および耐浸炭性保護皮膜部 5 の界面に内方拡散した酸素とが反応して、所定の厚さを有し均一で耐浸炭性に優れた耐浸炭性保護皮膜部 5 が形成される。

[0043] 一般的に、加熱温度が高いほど、物質中の原子の拡散速度は速くなる。ここで、基材部 3 に比べて、組織部 4 内の Fe 基合金の結晶粒径は小さい。換言すると、基材部 3 に比べて、組織部 4 内の Fe 基合金の組織は微細である。そのため、基材部 3 に比べて、組織部 4 には多くの結晶粒界が存在する。そして、結晶粒界が多いほど、結晶粒界を拡散する原子の量は多くなる。

[0044] すなわち、Fe 基合金の結晶粒径が小さい組織部 4 では、基材部 3 よりも、結晶粒界に沿って表面へ外方拡散する原子の量は多い。そして、組織部 4 の表面に拡散した多量の原子が酸素と反応するため、耐浸炭性保護皮膜部 5 がより低温で短時間に形成される。このように、基材部 3 の表面に組織部 4 が形成されることによって、従来よりも低い加熱温度、例えば 400℃以上500℃以下のような軸流タービン 10 の使用温度域であっても、基材 2 の

表面に耐浸炭性保護皮膜部5を均一に形成することができる。

[0045] このように、組織部4内において、外方拡散したC r、S i、およびA lが内方拡散した酸素と反応することによって、耐浸炭性保護皮膜部5が組織部4の表面に形成される。すなわち、基材部3および組織部4以外から、言い換えると基材2の外部からC r、S i、およびA lが組織部4の表面に供給されることなく、基材部3および組織部4、主に組織部4に含まれるC r、S i、およびA lが組織部4の表面に拡散することによって、耐浸炭性保護皮膜部5は形成される。このように、耐浸炭性保護皮膜部5は、基材2の表面の改質によって形成されるため、組織部4と耐浸炭性保護皮膜部5との密着性は非常に強く、組織部4からの耐浸炭性保護皮膜部5の剥離は抑制される。

[0046] 耐浸炭性保護皮膜部5の厚さは、組織部4の厚さや組織部4内のF e基合金の結晶粒径の大きさ、第2の形成工程における基材2の加熱温度や加熱時間などに応じて適宜調整することができる。

[0047] また、第1の実施の形態のタービン部品1の製造方法は、第2の形成工程の前に、第2の形成工程における基材2の加熱温度よりも高い温度で基材2を加熱して、F e基合金の結晶を相変態する工程（以下、相変態工程ともいう）を有してもよい。相変態工程では、組織部4を有する基材2を第2の形成工程よりも高い温度で加熱することによって、基材部3および組織部4を構成するF e基合金の相がオーステナイトに相変態する。

[0048] F e基合金の相がオーステナイトに相変態すると、基材部3および組織部4では再結晶が起こるので、基材部3および組織部4内のF e合金の組織はさらに微細になる。そして、組織部4にはさらに多くの結晶粒界が生じる。そのため、第2の形成工程における加熱温度をより低温にして、耐浸炭性保護皮膜部5を形成することができる。

[0049] 相変態工程における基材2の加熱温度は、800℃以上1100℃以下であることが好ましく、900℃以上1000℃以下であることがより好ましい。このような温度範囲で基材2を加熱すると、組織部4内のF e合金の組

織がより微細化される。

[0050] 上記したように、第1の実施の形態のタービン部品およびタービン部品の製造方法によれば、基材部3よりも結晶粒界の多い組織部4内では、基材部3よりも多くの原子が外方拡散する。このとき、基材2の加熱温度が従来より低くても、多くの量の原子が組織部4内を拡散する。そのため、従来よりも低温で、耐浸炭性に良好な耐浸炭性保護皮膜部5を形成することができる。そして、軸流タービン10の使用時において、タービン部品1の浸炭を抑制することができるので、タービン部品1の寿命を向上させることができる。

[0051] (第2の実施の形態)

図6は、第2の実施の形態のタービン部品を構成する基材2に組織部4dを形成する方法を示す概略図である。なお、以下に示す実施の形態において、第1の実施の形態の構成と同一の構成部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略または簡略する。

[0052] 第2の実施の形態のタービン部品の製造方法において、組織部4dを形成する方法が異なる以外は、第1の実施の形態のタービン部品の製造方法と基本的に同じである。そのため、ここでは、その異なる構成について主に説明する。

[0053] 第2の実施の形態のタービン部品の製造方法では、第1の形成工程において、基材2の表面を溶融して、組織部4dを基材2の表面に形成する。

[0054] 図6に示すように、半導体レーザなどのレーザ装置60を矢印Aに沿って移動させながらレーザ装置60でレーザ光61を基材2の表面に照射して、基材2の表面を溶融する。溶融して冷えた基材2の表面および表面近傍内部では、微細な柱状のセル組織が形成される。この柱状のセル組織は、基材2の内部から表面に向かって延びる。そして、基材2を溶融して、基材2の表面に複数の微細なセル組織を層状に形成することによって、複数のセル組織を有する組織部4dが基材2の表面および表面近傍内部に形成される。こうして、基材2は、基材部3と、基材部3の表面に均一に形成される組織部4

dとを有する。組織部4 dの厚さや、組織部4 d内のF e基合金の結晶粒径の大きさは、レーザ光6 1の照射強度やレーザ光6 1の照射時間に応じて適宜調整することができる。

[0055] 組織部4 dを有する基材2を加熱すると、基材部3および組織部4 d、主に組織部4 dを構成するF e基合金中のC r、S i、およびA lの少なくとも1種の原子は、組織部4 d内の微細なセル組織の間に形成された結晶粒界に沿って組織部4 dの表面に拡散する。組織部4 dの表面に外方拡散したこれらの原子は、空気中の酸素および組織部4 dの表面から内部に内方拡散した酸素と反応して、不均一な耐浸炭性保護皮膜部5が形成される。その後、組織部4 dの内部から組織部4 dおよび耐浸炭性保護皮膜部5の界面に外方拡散したこれらの原子と、耐浸炭性保護皮膜部5の表面から、耐浸炭性保護皮膜部5内を拡散し、組織部4 dおよび耐浸炭性保護皮膜部5の界面に内方拡散した酸素とが反応して、所定の厚さを有し均一で耐浸炭性に優れた耐浸炭性保護皮膜部5が形成される。

[0056] 上記したように、第2の実施の形態のタービン部品およびタービン部品の製造方法によれば、基材2の表面を溶融することによって、微細なセル組織を有する組織部4 dが形成される。組織部4 d内では、多くの量の原子がセル組織間の結晶粒界に沿って拡散する。そのため、従来よりも低温で、耐浸炭性に良好な耐浸炭性保護皮膜部5を形成することができ、タービン部品1の浸炭を抑制することができる。

実施例

[0057] 以下、実施例を参照して詳細に説明する。なお、本発明は、これらの実施例によって何ら限定されない。

[0058] (実施例1)

基材として、C r-M o-V鋼(1% C r-1.5% M o-0.3% V)を用意した。この基材の表面にハンマーピーニング処理を施して、基材の表面に組織部を形成した。続いて、組織部が形成された基材の表面をバーナーで900℃に加熱した後、急冷することによって、組織部の結晶組織を相変

態して微細化した。続いて、基材を500℃に加熱することによって、組織部の表面に耐浸炭性保護皮膜部を形成した。こうして、基材の内部から表面に向かって基材部、組織部、耐浸炭性保護皮膜部を有する基材からなるタービン部品を製造した。

[0059] (実施例2)

実施例1において、基材の表面にショットピーニング処理を施して、基材の表面に組織部を形成した以外は、実施例1と同じ方法でタービン部品を製造した。

[0060] (実施例3)

実施例1において、基材の表面に機械加工処理を施して、基材の表面に組織部を形成し、組織部が形成された基材の表面を高周波誘導加熱装置で900℃に加熱した以外は、実施例1と同じ方法でタービン部品を製造した。機械加工処理では、切削工具を用い、基材の通常の加工に比べて、基材の表面の最終加工における追い込み量を50%～70%増加させることによって、基材の表面に残留応力を与えた。

[0061] (実施例4)

基材として、Cr-Mo-V鋼を用意した。この基材の表面に半導体レーザを用いてレーザ光を照射し、基材の表面を溶融して、基材の表面に組織部を形成した。続いて、基材を500℃に加熱することによって、組織部の表面に耐浸炭性保護皮膜部を形成した。こうして、タービン部品を製造した。

[0062] (比較例1)

基材として、Cr-Mo-V鋼を用意した。続いて、基材を500℃に加熱した。こうして、タービン部品を製造した。なお、比較例1で製造したタービン部品には、組織部および耐浸炭性保護皮膜部が形成されていない。

[0063] 実施例1～4および比較例1で製造したタービン部品について、耐浸炭性の評価を行った。実施例1～4および比較例1で製造したタービン部品を、二酸化炭素の雰囲気下において、500℃で100時間加熱した。そして、タービン部品の断面を観察した。

[0064] 比較例１のタービン部品の表面には、浸炭層が形成されていた。一方、実施例１～４のタービン部品には、浸炭層が形成されておらず、耐浸炭性に優れたタービン部品を製造することができた。

[0065] 実施例１～４によれば、タービンの使用温度域で形成する耐浸炭性保護皮膜部を有し、浸炭を抑制することができるタービン部品、軸流タービン、およびタービン部品の製造方法を提供することができる。

[0066] 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。

符号の説明

[0067] １…タービン部品、２…基材、３…基材部、４，４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄ…組織部、５…耐浸炭性保護皮膜部、１０…軸流タービン、１１…外部ケーシング、１１ａ…管形状部、１２，１２ａ，１２ｂ，１２ｃ…内部ケーシング、１２ｄ…環状壁、１３…静翼、１４…動翼、１５…排気室、１６…タービンロータ、１７…シール部、１８…管形状部、１９…環状通路、２０…トランジションピース、３０…ピーニングハンマー、４０…ショットピーニング装置、４１…粒子、５０…切削工具、６０…レーザ装置、６１…レーザ光。

請求の範囲

- [請求項1] C r、S i、およびA lからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むF e基合金から構成される基材からなるタービン部品であって、
- 前記基材は、前記基材の内部から表面に向かって、
- 基材部と、
- 前記基材部の表面に形成され、前記基材部における前記F e基合金の結晶粒径よりも小さい前記F e基合金の結晶粒径からなる結晶組織を含む組織部と、
- 前記組織部の表面に形成され、C r、S i、およびA lからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含む耐浸炭性保護皮膜部とを有することを特徴とするタービン部品。
- [請求項2] 請求項1に記載のタービン部品を備え、作動流体が二酸化炭素であることを特徴とする軸流タービン。
- [請求項3] C r、S i、およびA lからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含むF e基合金から構成される基材からなるタービン部品の製造方法であって、
- 前記基材の内部における前記F e基合金の結晶粒径よりも小さい前記F e基合金の結晶粒径からなる結晶組織を含む組織部を前記基材の表面に形成する工程と、
- 前記基材を加熱して、C r、S i、およびA lからなる群より選ばれる少なくとも1つの元素を含む耐浸炭性保護皮膜部を前記組織部の表面に形成する工程とを有することを特徴とするタービン部品の製造方法。
- [請求項4] 前記組織部を形成する工程において、前記基材の表面に残留応力を与えて、前記組織部を前記基材の表面に形成することを特徴とする請求項3に記載のタービン部品の製造方法。
- [請求項5] 前記基材の表面にハンマーピーニング処理、ショットピーニング処

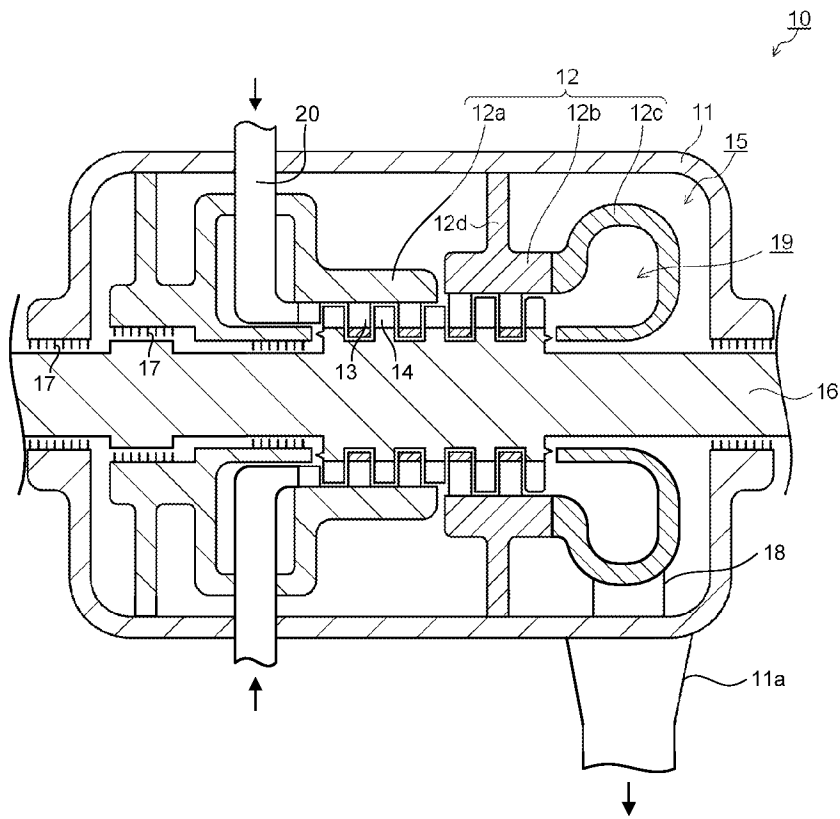
理、または機械加工処理を施して、前記基材の表面に前記残留応力を与えることを特徴とする請求項4に記載のタービン部品の製造方法。

[請求項6] 前記組織部を形成する工程において、前記基材の表面を溶融して、前記組織部を前記基材の表面に形成することを特徴とする請求項3に記載のタービン部品の製造方法。

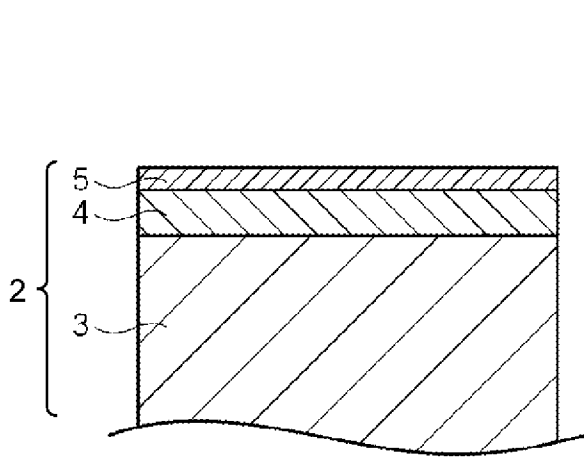
[請求項7] 前記基材の表面にレーザ光を照射して、前記基材の表面を溶融することを特徴とする請求項6に記載のタービン部品の製造方法。

[請求項8] 前記耐浸炭性保護皮膜部を形成する工程の前に、前記耐浸炭性保護皮膜部を形成する工程における加熱温度よりも高い温度で前記基材を加熱して、前記Fe基合金の結晶を相変態する工程を有することを特徴とする請求項3乃至7のいずれか1項に記載のタービン部品の製造方法。

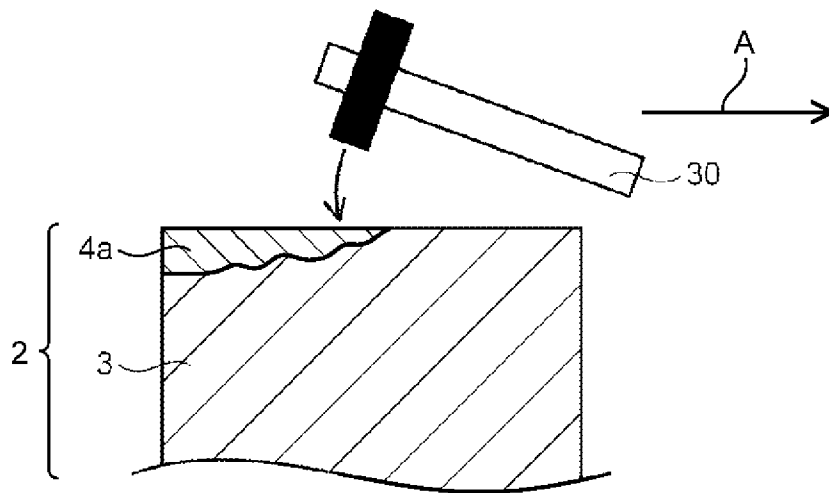
[図1]



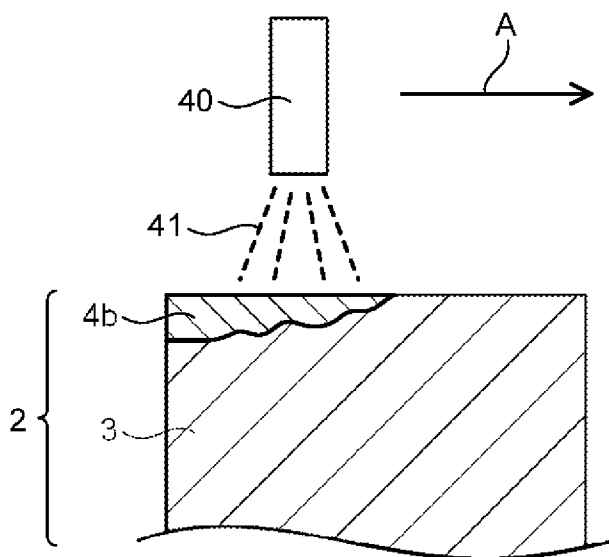
[図2]



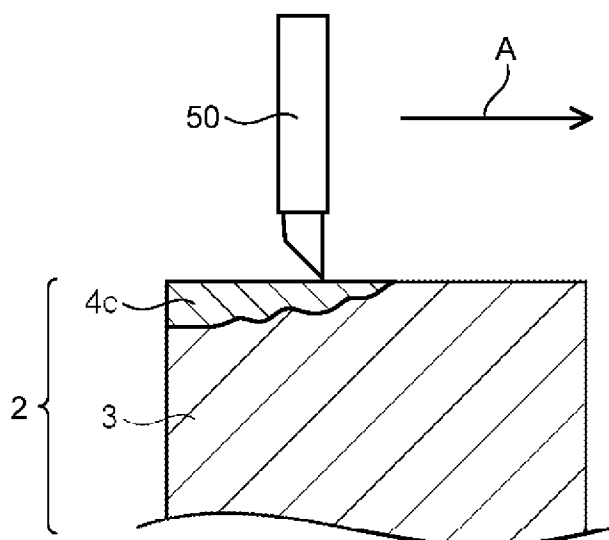
[図3]



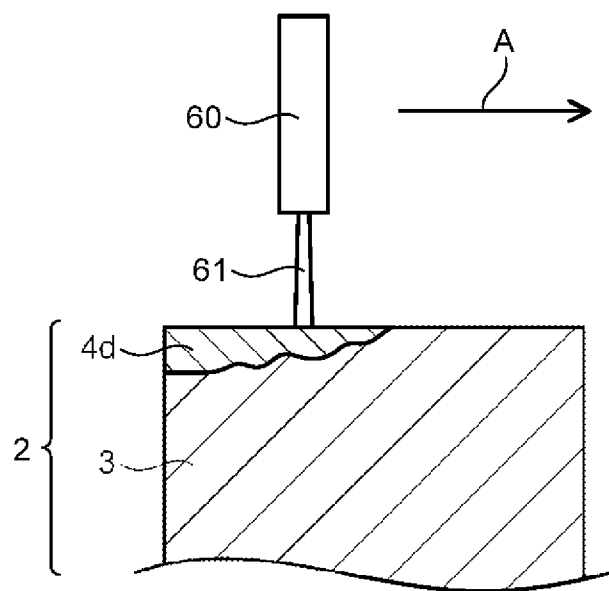
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/002156

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(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)

F01D25/00, F02C7/00

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	1996-2016
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.
A	JP 2004-522889 A (Neomet Ltd.), 29 July 2004 (29.07.2004), entire text; drawings & US 6485025 B1 & WO 2002/042610 A2	1-8
A	JP 2014-176877 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 September 2014 (25.09.2014), entire text; drawings (Family: none)	1-8

☐ 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
08 June 2016 (08.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(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. F01D25/00, F02C7/00

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	1971-2016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
A	JP 2004-522889 A（ネオメット リミテッド） 2004.07.29, 全文及び図面 & US 6485025 B1 & WO 2002/042610 A2	1-8
A	JP 2014-176877 A（三菱重工業株式会社） 2014.09.25, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-8

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

08.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

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）

山崎 孔徳

3 S

4 0 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3391