

(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
2018年4月12日(12.04.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/066644 A1

(51) 国際特許分類:

F02C 7/00 (2006.01) *F01D 25/00* (2006.01)
B23K 1/00 (2006.01) *C22C 19/05* (2006.01)
C23C 4/06 (2006.01) *C22F 1/00* (2006.01)
C23C 4/073 (2006.01) *C22F 1/10* (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036267

(22) 国際出願日: 2017年10月5日(05.10.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

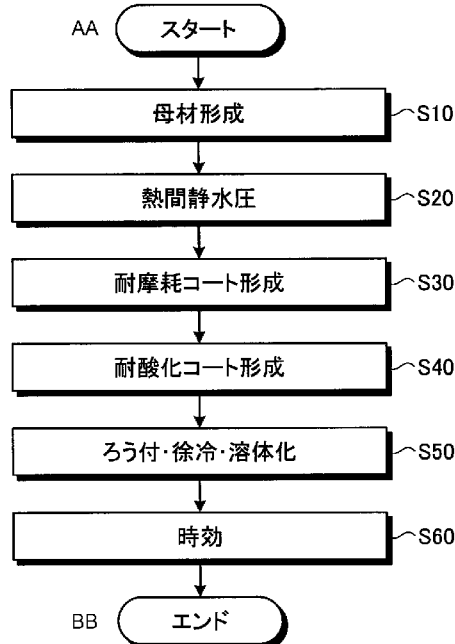
(30) 優先権データ:
特願 2016-198776 2016年10月7日(07.10.2016) JP

(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: 吉田 大助 (YOSHIDA, Daisuke); 〒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). 西澤 和人(NISHIZAWA, Kazuto); 〒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). 種池 正樹(TANEIKE, Masaki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 永野 一郎(NAGANO, Ichiro); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING TURBINE VANE

(54) 発明の名称: タービン翼の製造方法



S10 Formation of substrate
S20 Hot isostatic pressing
S30 Formation of anti-wear coating
S40 Formation of anti-oxidation coating
S50 Brazing, annealing and solid solution treatment
S60 Aging
AA Start
BB End

(57) Abstract: This method for producing turbine vane includes a brazing step in which, in a state in which the substrate of a turbine vane having a brazing material positioned thereupon is positioned within a predetermined furnace having a heater, the heater is operated to heat the substrate to a first temperature, thereby melting the brazing material and bonding the same to the substrate; an annealing step performed after the brazing step, in which the heater is stopped, thereby lowering the furnace temperature and cooling the substrate; and a solid solution treatment step performed after the annealing step,



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). 岡矢 尚俊(OKAYA, Naotoshi); 〒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). 井上 義之(INOUE, Yoshiyuki); 〒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). 河合 久孝(KAWAI, Hisataka); 〒5330005 大阪府大阪市東淀川区瑞光四丁目 4 番 2 8 号 大阪冶金興業株式会社内 Osaka (JP). 北垣 壽(KITAGAKI, Hisashi); 〒5330005 大阪府大阪市東淀川区瑞光四丁目 4 番 2 8 号 大阪冶金興業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三井ビルディング 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

in which the substrate is heated to a second temperature lower than the first temperature, to improve the ductility of the substrate.

(57) 要約: ヒータを有する所定の加熱炉内にろう材が配置されたタービン翼の母材を配置した状態でヒータを作動させて第1温度で加熱し、ろう材を溶融させて母材に接合するろう付け処理を行うことと、ろう付け処理の後、ヒータを停止させることで炉内温度を低下させて母材を冷却する徐冷を行うことと、徐冷の後、母材を第1温度よりも低い第2温度で加熱して母材の延性を高める溶体化処理を行うこととを含む。

明 細 書

発明の名称：タービン翼の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、タービン翼の製造方法に関する。

背景技術

[0002] ガスタービンは、圧縮機と燃焼器とタービンとを有している。圧縮機は、空気を取り込んで圧縮し、高温高压の圧縮空気とする。燃焼器は、この圧縮空気に対して燃料を供給して燃焼させる。タービンは、車室内に複数の静翼及び動翼が交互に配置されている。タービンは、圧縮空気の燃焼により発生した高温高压の燃焼ガスによって動翼が回転する。この回転により、熱エネルギーが回転エネルギーに変換される。

[0003] 静翼や動翼といったタービン翼は、高温下に曝されるため、耐熱性の高い金属材料を用いて形成される。タービン翼を製造する場合、例えば特許文献1に記載のように、鋳造や鍛造等によって母材を形成した後、母材に対して所定の加熱処理を行う（例えば、特許文献1参照）。また、母材にろう付け処理を行う場合、つまり、母材にろう材を配置して加熱することでろう材を溶融させて接合する処理を行う場合には、ろう付け処理の後、母材を冷却し、その後母材に対して所定の加熱処理を行う（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-34853号公報

特許文献2：特開2002-103031号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献2に記載の製造方法では、ろう付け処理の後、母材に対して冷却用の気体を供給することにより、所定の冷却温度まで急激に低下させている（急冷）。しかしながら、この急冷によるろう材の急激な凝固収縮によっ

てろう付け部にボイド等が生じる場合がある。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、ろう付け部分の品質向上を図ることが可能なタービン翼の製造方法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

[0007] 本発明に係るタービン翼の製造方法は、ヒータを有する所定の加熱炉内にろう材が配置されたタービン翼の母材を配置した状態で前記ヒータを作動させて第1温度で加熱し、前記ろう材を溶融させて前記母材に接合するろう付け処理を行うことと、前記ろう付け処理の後、前記ヒータを停止させることで炉内温度を低下させて前記母材を冷却する徐冷を行うことと、前記徐冷の後、前記母材を前記第1温度よりも低い第2温度で加熱して前記母材の溶体化処理を行うこととを含む。

[0008] 本発明によれば、ろう付け処理を行った後、徐冷によって母材を冷却するため、ろう付け部分にボイド等が生じることを抑制できる。これにより、ろう付け部分の品質向上を図ることができる。また、徐冷によって母材を冷却することにより、析出する γ' 相を十分に成長させることができ、かつ γ' 相が成長し過ぎることを抑制できる。これにより、母材の強度及び延性の低下を抑制できる。

[0009] また、前記母材のうち前記タービン翼のコンタクト面に相当する部分に前記母材よりも耐摩耗性の高い金属材料を用いて第1コートを形成することと、前記母材よりも耐酸化性の高い金属材料を用いて前記母材の表面に第2コートを形成することと、をさらに含み、前記ろう付け処理は、前記第1コート又は前記第2コートを形成した後に行ってもよい。

[0010] 本発明によれば、ろう付け処理及び溶体化処理が、第1コート及び第2コートを構成する原子を拡散させることで密着性を向上させる拡散処理を兼ねた処理として行うことができる。これにより、加熱処理の効率化を図ることができる。

[0011] また、前記徐冷によって前記炉内温度が所定温度に到達した後、前記加熱炉内に冷却用の気体を供給することで前記母材を冷却する急冷を行うことを

さらに含み、前記溶体化処理は、前記急冷の後に行ってもよい。

[0012] 本発明によれば、徐冷によってボイド等の発生が抑制された状態で急冷を行うため、ろう付け部分の品質を維持しつつ、冷却時間の短縮化を図ることができる。

[0013] また、前記母材のうち前記タービン翼のコンタクト面に相当する部分に前記母材よりも耐摩耗性の高い金属材料を用いて第1コート进行形成することと、前記母材よりも耐酸化性の高い金属材料を用いて前記母材の表面に第2コート进行形成することと、前記徐冷によって前記炉内温度が所定温度に到達した後、前記加熱炉内に冷却用の気体进行供給することて前記母材を冷却する急冷を行うことと、をさらに含み、前記第1コート及び前記第2コートの形成は、前記ろう付け処理と、前記徐冷と、前記急冷とを行った後に行い、前記溶体化処理は、前記第1コート及び前記第2コートを形成した後に行ってもよい。

[0014] 本発明によれば、ろう付け処理を行った後、徐冷によって母材を冷却してから溶体化処理を行うため、ろう付け部分にボイド等が生じることを抑制できる。これにより、ろう付け部分の品質向上を図ることができる。また、徐冷の後、所定温度に到達した後、急冷で冷却することにより、冷却処理が短時間で行われることになる。

[0015] また、前記母材の表面に、前記第2コートとしてアンダーコート进行形成することと、前記アンダーコート进行形成した後、前記アンダーコートの表面にトップコート进行形成することと、をさらに含み、前記トップコートの形成は、前記ろう付け処理及び前記溶体化処理を行った後に行ってもよい。

[0016] 本発明によれば、アンダーコート进行形成した後、ろう付け処理及び溶体化処理がトップコートの形成前に行うため、加熱処理を短時間で効率的に行うことができると共に、トップコートの割れ进行抑制できる。

[0017] また、前記アンダーコートの形成は、前記ろう付け処理及び前記溶体化処理を行った後に行ってもよい。

[0018] 本発明によれば、ろう付け処理及び溶体化処理を行った後にアンダーコー

トを形成し、その後、トップコートを形成することになる。このように、アンダーコートを形成してからトップコートを形成するまでに、熱処理等の他のプロセスを行わないため、アンダーコートの表面に異物等が付着することを抑制できる。異物等が表面に付着するとアンダーコートのアンカー効果が低下する。これに対して、本変形例では、異物等の付着を抑制することでアンカー効果の低下を抑制できる。これにより、アンダーコートとトップコートの密着性が低下するのを防止できる。

[0019] また、前記溶体化処理の後、前記母材を加熱して時効処理を行うことをさらに含み、前記トップコートの形成は、前記時効処理の後に行ってもよい。

[0020] 本発明によれば、トップコートを形成する場合において、トップコートに斑点やクラック等が形成されることを抑制しつつ、ろう付け部分の品質向上を図ることが可能となる。

[0021] また、前記徐冷によって前記炉内温度が前記第2温度よりも低い第3温度に到達した後、前記ヒータを作動させて前記炉内温度を前記第2温度まで上昇させる調整処理を行うことをさらに含んでもよい。

[0022] 本発明によれば、第1温度から第2温度を経て第3温度に変化する連続した加熱処理を効率的に行うことができる。

[0023] また、前記溶体化処理の後、前記母材を加熱して時効処理を行うことと、前記時効処理の後、前記第2コートの表面にトップコートを形成することと、をさらに含んでもよい。

[0024] 本発明によれば、トップコートを形成する場合において、トップコートに斑点やクラック等が形成されることを抑制しつつ、ろう付け部分の品質向上を図ることが可能となる。

[0025] また、前記徐冷は、 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上、 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以下の温度低下速度で前記母材の温度を低下させることを含んでもよい。

[0026] 本発明によれば、徐冷において、 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上の温度低下速度で母材の温度を低下させるため、母材の強度の低下を抑制しつつ、処理時間の長時間化を抑制することができる。また、 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以下の温度低加速度で

母材の温度を低下させるため、ろう付け部分の品質低下を抑制しつつ、母材の延性の低下を抑制することができる。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、ろう付け部分の品質向上を図ることが可能なタービン翼の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、第1実施形態に係るタービン翼の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図2]図2は、ろう付け処理及び溶体化処理を連続して行う場合の加熱温度の時間変化の一例を示すグラフである。

[図3]図3は、第2実施形態に係るタービン翼の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、ろう付け処理における加熱温度の時間変化の一例を示すグラフである。

[図5]図5は、変形例に係るタービン翼の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図6]図6は、変形例に係るタービン翼の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、比較例1に係るタービン翼の母材について γ' 相の析出状態を示す顕微鏡写真を示す図である。

[図8]図8は、比較例2に係るタービン翼の母材について γ' 相の析出状態を示す顕微鏡写真を示す図である。

[図9]図9は、実施例に係るタービン翼の母材について γ' 相の析出状態を示す顕微鏡写真を示す図である。

[図10]図10は、比較例2に係るタービン翼の母材のろう付け部分及びその近傍を示す顕微鏡写真を示す図である。

[図11]図11は、比較例2に係るタービン翼の母材のろう付け部分を拡大して示す顕微鏡写真を示す図である。

[図12]図12は、実施例に係るタービン翼の母材のろう付け部分及びその近傍を示す顕微鏡写真を示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明に係るタービン翼の製造方法の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

[0030] <第1実施形態>

図1は、第1実施形態に係るタービン翼の製造方法の一例を示すフローチャートである。図1に示すように、第1実施形態に係るタービン翼の製造方法は、例えばガスタービンの静翼や動翼といったタービン翼の母材を形成する工程（ステップS10）と、母材に対して熱間静水圧処理を行う工程（ステップS20）と、母材の表面に耐摩耗コート（第1コート）を形成する工程（ステップS30）と、母材及び耐摩耗コートの表面に耐酸化コート（第2コート）を形成する工程（ステップS40）と、母材にろう付け処理及び溶体化処理を行う工程（ステップS50）と、母材に時効処理を行う工程（ステップS60）とを含む。

[0031] ステップS10では、静翼や動翼等のタービン翼を構成する母材が形成される。このようなタービン翼の一例として、例えばシュラウド付き動翼等が挙げられる。シュラウド付き動翼は、所定方向、例えばタービンのロータの回転方向に複数並んで配置されており、コンタクト面を有している。

[0032] タービン翼は、ガスタービンにおいて高温下に曝される。このため、タービン翼を構成する母材は、耐熱性に優れた合金、例えばNi基合金等の材料を用いて形成される。Ni基合金としては、例えばCr：12.0%以上14.3%以下、Co：8.5%以上11.0%以下、Mo：1.0%以上3.5%以下、W：3.5%以上6.2%以下、Ta：3.0%以上5.5%以下、Al：3.5%以上4.5%以下、Ti：2.0%以上3.2%以下、C：0.04%以上0.12%以下、B：0.005%以上0.05%以

下、を含有し、残部がN i および不可避不純物からなる組成のN i 基合金等が挙げられる。また、上記組成のN i 基合金に、Z r : 0. 0 0 1 p p m以上5 p p m以下を含有してもよい。また、上記組成のN i 基合金に、M g および／またはC a : 1 p p m以上1 0 0 p p m以下を含有してもよく、さらにP t : 0. 0 2 %以上0. 5 %以下、R h : 0. 0 2 %以上0. 5 %以下、R e : 0. 0 2 %以上0. 5 %以下のうちの1 種または2 種以上を含有してもよく、これら双方を含有してもよい。

[0033] 母材は、上記材料を用いて鋳造や鍛造などによって形成される。鋳造によって母材を形成する場合、例えば普通鋳造材 (Conventional Casting : C C)、一方向凝固材 (Directional Solidification : D S)、単結晶材 (Single Crystal : S C) 等の母材を形成することができる。以下、母材として普通鋳造材が用いられる場合を例に挙げて説明するが、これに限定するものではなく、母材が一方向凝固材又は単結晶材であってもよい。

[0034] ステップS 2 0における熱間静水圧処理 (Hot Isostatic Pressing : H I P) は、母材をアルゴンガスの雰囲気中に配置した状態で、例えば1 1 8 0℃以上1 2 2 0℃以下の温度で加熱する。これにより、母材の全表面に対して等しく圧力が加えられた状態で加熱される。熱間静水圧処理が完了した後、加熱を停止する (徐冷) ことにより母材の温度を低下させる。なお、ステップS 2 0の後に、後述する溶体化処理と同様の処理を行ってもよい。

[0035] ステップS 3 0では、母材のうち、例えば図2に示す動翼1のコンタクト面3に相当する部分に耐摩耗コート (第1コート) を形成する。耐摩耗コートとしては、例えばトリバロイ (登録商標) 8 0 0等のコバルト基耐摩耗材を用いることができる。ステップS 3 0では、例えば大気圧プラズマ溶射、高速フレイム溶射、減圧プラズマ溶射、雰囲気プラズマ溶射等の手法により、母材のうちコンタクト面3に相当する部分に上記材料の層を形成することができる。

[0036] ステップS 4 0では、母材の表面に耐酸化コート (第2コート) を形成する。耐酸化コートの材料としては、例えば母材よりも耐酸化性の高いM C r

A I Y等の合金材料を用いることができる。ステップS 4 0では、例えば母材の表面を加熱した後、上記合金材料等を母材の表面に溶射することで耐酸化コートを形成する。

[0037] ステップS 5 0では、母材にろう付け処理を行い、徐冷した後に溶体化処理を行う。ろう付け処理は、母材にろう材を配置した状態で加熱することにより、ろう材を母材に溶融させて接合する処理である。ろう材としては、例えばアムドライ（登録商標）D F - 6 A等の材料が用いられる。この場合、ろう材の液相線温度は、例えば1 1 5 5℃程度である。ろう付け処理に用いられるろう材の量については、実験等を行うことで予め調整しておく。ろう付け処理では、ろう材を溶融させることが可能な第1温度（T 1）、例えば1 1 7 5℃以上、1 2 1 5℃以下の温度で加熱処理を行うことができる。

[0038] 溶体化処理は、母材を加熱することにより、母材において金属間化合物である γ' 相を固溶及び成長させる処理である。溶体化処理では、例えばろう付け処理における加熱温度よりも低い第2温度（T 2）、例えば1 1 0 0℃以上、1 1 4 0℃以下の温度で加熱処理を行うことができる。

[0039] 図2は、ステップS 5 0の加熱処理における加熱温度の時間変化の一例を示すグラフである。図2の横軸は時間を示し、縦軸は温度を示している。ステップS 5 0では、まず、ろう付け処理を行う。ろう付け処理は、母材にろう材を配置した状態で所定の加熱炉に投入し、加熱炉のヒータを作動させて加熱を開始する（時刻t 1）。加熱炉の炉内温度（加熱温度）が上記の第1温度T 1に到達した場合（時刻t 2）、炉内温度の上昇を停止し、当該第1温度T 1で所定時間、加熱処理を行う。これにより、ろう材が溶融して母材に接合される。

[0040] なお、母材を加熱炉に投入した後、炉内温度を所定の予熱温度にまで上昇させて、所定時間、当該予熱温度での加熱処理（予熱処理）を行ってもよい。この場合の予熱温度は、ろう材の液相線温度よりも低い温度に設定され、例えば1 1 0 0℃とすることができる。予熱処理を行うことにより、母材及びろう材の温度が全体的に均一に上昇し、各部位における温度差が低減する

。予熱処理を所定時間行った場合、予熱処理後に炉内温度を第1温度 T_1 まで上昇させてろう付け処理を行う。

[0041] ろう付け処理が所定時間行われた後（時刻 t_3 ）、例えばヒータを停止させることにより母材の温度を $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上、 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以下程度の温度低下速度で、溶体化処理における第2温度 T_2 よりも低い第3温度 T_3 まで低下させる（徐冷）。なお、徐冷において、例えば加熱炉内に冷却用の気体を供給することで温度低下速度を調整してもよい。第3温度 T_3 としては、例えば 980°C 以上、 1020°C 以下の温度とすることができる。徐冷で冷却することにより、ろう付け部分にボイド等が生じることが抑制される。

[0042] 徐冷により炉内温度が第3温度 T_3 に到達した後、炉内温度を上昇させる調整処理を行う（時刻 t_4 ）。調整処理は、ヒータを作動させることにより、炉内温度を第2温度 T_2 まで上昇させる。炉内温度が第2温度 T_2 まで上昇した場合（時刻 t_5 ）、炉内温度の上昇を停止させ、加熱炉内を第2温度 T_2 とした状態で溶体化処理を行う。溶体化処理が所定時間行われた後、例えばヒータを停止させ、加熱炉内に冷却用の気体を供給する（時刻 t_6 ）。冷却用の気体を供給することにより、母材の温度を例えば $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 程度の温度低下速度で所定の冷却温度まで急激に低下させる（急冷）。この急冷処理により、 γ' 相の状態（粒径等）が保持される。炉内温度が所定の温度になった後（時刻 t_7 ）、加熱炉内から母材を取り出すことで、ステップS50が終了する。

[0043] なお、ステップS50の加熱処理により、耐摩耗コート及び耐酸化コート母材の表面に拡散され、母材の表面と各コートとの間の密着性が向上する。

[0044] ステップS60における時効処理は、溶体化処理を行った母材を加熱することにより、母材において、溶体化処理で成長した γ' 相をさらに成長させると共に、当該溶体化処理で生じた γ' 相よりも小径の γ' 相を析出させる。この小径の γ' 相は、母材の強度を増加させる。したがって、時効処理は、小径の γ' 相を析出させ、母材の強度を高めることにより、最終的に母材

の強度及び延性を調整する。時効処理では、例えば830℃以上、870℃以下の温度とすることができる。時効処理を所定時間行った後、加熱炉のヒータを停止させ、加熱炉内に冷却用の気体を供給することにより母材の温度を例えば30℃／min程度の温度低下速度で急激に低下させる（急冷）。

[0045] 以上のように、本実施形態に係るタービン翼の製造方法は、ろう付け処理を行った後、徐冷によって母材を冷却してから溶体化処理を行うため、ろう付け部分にボイド等が生じることを抑制できる。これにより、ろう付け部分の品質向上を図ることができる。また、本実施形態に係るタービン翼の製造方法は、ろう付け処理及び溶体化処理を連続して行うため、加熱処理の時間短縮及び工程の簡素化を図ることができる。

[0046] <第2実施形態>

図3は、第2実施形態に係るタービン翼の製造方法における拡散処理の一例を示すフローチャートである。第2実施形態に係るタービン翼の製造方法は、ろう付け処理の順序が第1実施形態とは異なっている。

[0047] 図3に示すように、本実施形態に係るタービン翼の製造方法は、タービン翼の母材を形成する工程（ステップS110）と、母材に対して熱間静水圧処理を行う工程（ステップS120）と、母材にろう付け処理を行う工程（ステップS130）と、母材の表面に耐摩耗コート（第1コート）を形成する工程（ステップS140）と、母材及び耐摩耗コートの表面に耐酸化コート（第2コート）を形成する工程（ステップS150）と、母材に溶体化処理を行う工程（ステップS160）と、母材に時効処理を行う工程（ステップS170）とを含む。ステップS110及びステップS120は、第1実施形態におけるステップS10及びステップS20と同様であるため、説明を省略する。

[0048] 図4は、ステップS130の加熱処理における加熱温度の時間変化の一例を示すグラフである。図4の横軸は時間を示し、縦軸は温度を示している。ステップS130では、第1実施形態におけるろう付け処理及び徐冷と同様の処理を行う（時刻t1からt3）。徐冷で冷却することにより、ろう付け

部分にボイド等が生じることが抑制される。その後、母材温度が例えば第3温度T3（例えば980℃以上、1020℃以下の温度）に到達した場合に、加熱炉内に冷却用の気体を供給することにより母材の温度を例えば30℃/min程度の温度低下速度で急激に低下させる（急冷）。急冷で冷却することにより、冷却処理が短時間で行われることになる。炉内温度が所定の温度になった後（時刻t8）、加熱炉内から母材を取り出すことで、ステップS130が終了する。

[0049] その後、ステップS140及びステップS150は、第1実施形態におけるステップS30及びS40と同様の処理を行う。

[0050] ステップS160では、耐酸化コートを形成した後の母材を所定の加熱炉に投入し、第1実施形態と同様に第2温度T2（例えば1100℃以上、1140℃以下の温度）で溶体化処理を行う。溶体化処理において母材が加熱されることにより、 γ' 相が固溶及び成長する。また、耐摩耗コート及び耐酸化コートを母材の表面に拡散され、母材の表面と各コートとの間の密着性が向上する。溶体化処理の後、加熱炉のヒータを停止させ、加熱炉内に冷却用の気体を供給することにより母材の温度を例えば30℃/min程度の温度低下速度で急激に低下させる（急冷）。

[0051] ステップS170は、第1実施形態におけるステップS60と同様の処理を行う。

[0052] 以上のように、本実施形態に係るタービン翼の製造方法は、ろう付け処理を行った後、徐冷によって母材を冷却してから溶体化処理を行うため、ろう付け部分にボイド等が生じることが抑制できる。これにより、ろう付け部分の品質向上を図ることができる。また、徐冷の後、所定温度（例えば、第3温度T3）に到達した後、急冷で冷却することにより、冷却処理が短時間で行われることになる。

[0053] 本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更を加えることができる。例えば、上記実施形態では、トップコートが形成されない場合を例に挙げて説明したが、これに

限定するものではなく、トップコートを形成する場合についても本発明の適用が可能である。

[0054] 図5は、変形例に係るタービン翼の製造方法の一例を示すフローチャートである。図5に示すように、変形例に係るタービン翼の製造方法は、普通鋳造材を用いて母材を形成する工程（ステップS210）と、母材に対して熱間静水圧処理を行う工程（ステップS220）と、母材の表面に耐摩耗コートを形成する工程（ステップS230）と、母材及び耐摩耗コートの表面にアンダーコートを形成する工程（ステップS240）と、母材にろう付け処理及び溶体化処理を行う工程（ステップS250）と、母材に時効処理を行う工程（ステップS260）と、母材にトップコートを形成する工程（ステップS270）とを含んでいる。ステップS210からステップS230は、第1実施形態におけるステップS10及びステップS20と同様であるため、説明を省略する。

[0055] ステップS240では、母材の表面にアンダーコートを形成する。アンダーコートは、タービン翼を高温から保護するための遮熱コーティング（Thermal Barrier Coating：TBC）の一部である。アンダーコートは、母材の酸化を防止すると共にトップコートの密着性を向上させる。アンダーコートの材料としては、例えば母材よりも耐酸化性の高いMCrAlY等の合金材料を用いることができる。ステップS240では、例えば母材の表面を加熱した後、上記合金材料等を母材の表面に溶射することでアンダーコートを形成する。なお、母材の表面にアンダーコートを形成する前に、例えば母材の表面にアルミナ（ Al_2O_3 ）を吹き付けることにより、母材表面を粗面化させてもよい。これにより、アンカー効果によって、母材とアンダーコートの密着性が向上する。なお、ブラスト処理の後、母材の表面を洗浄するクリーニング処理を行ってもよい。

[0056] その後、ステップS250及びステップS260は、第1実施形態におけるステップS250及びS260と同様の処理を行う。ステップS250及びステップS260の加熱処理を行うことにより、アンダーコートが粗面化

された母材の表面に拡散され、母材の表面とアンダーコートとの間の密着性が向上する。

[0057] ステップS 2 7 0では、アンダーコートの表面にトップコートを形成する。トップコートは、上記遮熱コーティングの一部であり、母材の表面を高温から保護する。トップコートの材料としては、セラミック等の熱伝導率の小さい材料が用いられる。セラミックとしては、例えばジルコニアを主成分とする材料等が用いられる。ステップS 2 7 0では、例えば上記材料をアンダーコートの表面に大気プラズマ溶射することにより形成される。

[0058] 上記タービン翼の製造方法は、母材にトップコートを形成する前にろう付け処理、溶体化処理及び時効処理を行うため、トップコートに斑点やクラック等が生じることを抑制できる。これにより、遮熱コーティングに斑点やクラック等が生じることを抑制しつつ、ろう付け部分の品質向上を図ることが可能となる。

[0059] また、図5の例では、アンダーコートを形成した後にろう付け処理及び溶体化処理を行う場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではない。図6は、変形例に係るタービン翼の製造方法を示すフローチャートである。図6に示すように、変形例に係るタービン翼の製造方法は、ステップS 2 1 0からステップS 2 3 0については図5に示す例と同様であるが、ステップS 2 3 0の後にろう付け処理及び溶体化処理を行い（ステップS 2 5 0 A）、ろう付け処理及び溶体化処理の後にアンダーコートを形成する（ステップS 2 4 0 A）という点で、図5に示す例とは異なっている。アンダーコートを形成した後は、熱処理を行うことなく、トップコートを形成する（ステップS 2 7 0 A）。また、トップコートを形成した後は、図5に示す例と同様、時効処理を行う（ステップS 2 6 0 A）。

[0060] 図6に示す例のように、アンダーコートを形成した後、トップコートを形成する前に、熱処理等の他のプロセスを行わないようにすることで、アンダーコートの表面に異物等が付着することを抑制できる。異物等が表面に付着するとアンダーコートのアンカー効果が低下する。これに対して、本変形例

では、異物等の付着を抑制することでアンカー効果の低下を抑制できる。これにより、アンダーコートとトップコートの密着性が低下するのを防止できる。

実施例

[0061] 次に、本発明の実施例を説明する。本実施例では、上記実施形態で説明した組成のNi基合金を用いてタービン翼の母材を複数鋳造した。複数の母材は、普通鋳造材（CC材）として形成した。この複数の母材のうち、第1実施形態において図2に示す温度変化でろう付け処理及び溶体化処理を連続して行ったものを実施例とした。実施例は、第1温度T1を1195℃とし、第2温度T2を1120℃とし、第3温度T3を1000℃とした。また、時効処理を850℃で行った。

[0062] また、複数の母材のうち、熱間静水圧処理を行った後、ろう付け処理を行わずに溶体化処理を行い、各コートを形成した後に、時効処理を行ったものを比較例1とした。比較例では、溶体化処理をそれぞれ1120℃で行った。また、時効処理を850℃で行った。溶体化処理、時効処理の後、それぞれ急冷にて冷却を行った。

[0063] また、複数の母材のうち、熱間静水圧処理（及び溶体化処理）を行い、ろう付け処理を行った後、溶体化処理及び時効処理を行ったものを比較例2とした。比較例2は、ろう付け処理を1195℃で行い、溶体化処理を1120℃で行い、時効処理を850℃で行った。また、ろう付け処理、溶体化処理及び時効処理の後、それぞれ急冷にて冷却を行った。

[0064] 図7は、比較例1に係るタービン翼の母材について γ' 相の析出状態を示す顕微鏡写真である。図8は、比較例2に係るタービン翼の母材について γ' 相の析出状態を示す顕微鏡写真である。図9は、実施例に係るタービン翼の母材について γ' 相の析出状態を示す顕微鏡写真である。

[0065] 図7に示すように、比較例1に係る母材においては、溶体化処理によって成長した γ' 相と、時効処理において析出した小径の γ' 相とがバランスよく存在している。これに対して、図8に示すように、比較例2に係る母材に

おいては、比較例 1 に係る母材に比べて、溶体化処理において成長した γ' 相の径が小さく、母材の延性を十分に確保できない状態となっている。なお、 γ' 相は、ろう付け処理の冷却時に析出及び成長する。しかしながら、比較例 2 ではろう付け処理の冷却が急冷であるため、 γ' 相が十分に成長せず、径が小さくなっている。

[0066] 一方、図 9 に示すように、実施例に係る母材においては、比較例 1 と同様に、溶体化処理によって析出して成長した γ' 相と、時効処理において析出した小径の γ' 相とがバランスよく存在している。実施例 1 では、ろう付け処理の冷却が徐冷であり、比較例 1 における熱間静水圧処理後の冷却と同様である。したがって、 γ' 相は、比較例 1 と同様にバランスよく存在することになる。

[0067] したがって、本実施例によれば、ろう付け処理の後、徐冷によって母材を冷却することにより、ろう付け部分の品質向上を図ることができることに加えて、ろう付け処理後の徐冷によって析出し溶体化処理で成長した γ' 相と、時効処理で析出した小径の γ' 相とがバランスよく含まれることになる。

[0068] 図 10 は、比較例 2 に係るタービン翼の母材のろう付け部分及びその近傍を示す顕微鏡写真である。図 11 は、比較例 2 に係るタービン翼の母材のろう付け部分を拡大して示す顕微鏡写真である。図 12 は、実施例に係るタービン翼の母材のろう付け部分及びその近傍を示す顕微鏡写真である。

[0069] 図 10 及び図 11 に示すように、比較例 2 に係るタービン翼の母材のろう付け部分は、ボイドが多く形成されている。これに対して、図 12 に示すように、実施例に係るタービン翼の母材のろう付け部分にはボイドがほとんど見られない。このように、本実施例によれば、ろう付け部分の品質向上を図ることができる。

符号の説明

- [0070] 1 動翼
2 シュラウド
3 コンタクト面

T 1 第 1 温度

T 2 第 2 温度

T 3 第 3 温度

請求の範囲

- [請求項1] ヒータを有する所定の加熱炉内にろう材が配置されたタービン翼の母材を配置した状態で前記ヒータを作動させて第1温度で加熱し、前記ろう材を溶融させて前記母材に接合するろう付け処理を行うことと、
- 前記ろう付け処理の後、前記ヒータを停止させることで炉内温度を低下させて前記母材を冷却する徐冷を行うことと、
- 前記徐冷の後、前記母材を前記第1温度よりも低い第2温度で加熱して前記母材の溶体化処理を行うことと
- を含むタービン翼の製造方法。
- [請求項2] 前記母材のうち前記タービン翼のコンタクト面に相当する部分に前記母材よりも耐摩耗性の高い金属材料を用いて第1コートを形成することと、
- 前記母材よりも耐酸化性の高い金属材料を用いて前記母材の表面に第2コートを形成することと、をさらに含み、
- 前記ろう付け処理は、前記第1コート又は前記第2コートを形成した後に行う請求項1に記載のタービン翼の製造方法。
- [請求項3] 前記徐冷によって前記炉内温度が所定温度に到達した後、前記加熱炉内に冷却用の気体を供給することで前記母材を冷却する急冷を行うことをさらに含み、
- 前記溶体化処理は、前記急冷の後に行う請求項1又は請求項2に記載のタービン翼の製造方法。
- [請求項4] 前記母材のうち前記タービン翼のコンタクト面に相当する部分に前記母材よりも耐摩耗性の高い金属材料を用いて第1コートを形成することと、
- 前記母材よりも耐酸化性の高い金属材料を用いて前記母材の表面に第2コートを形成することと、
- 前記徐冷によって前記炉内温度が所定温度に到達した後、前記加熱

炉内に冷却用の気体を供給することで前記母材を冷却する急冷を行うことと、をさらに含み、

前記第 1 コート及び前記第 2 コートの形成は、前記ろう付け処理と、前記徐冷と、前記急冷とを行なった後に行い、

前記溶体化処理は、前記第 1 コート及び前記第 2 コートを形成した後に行う請求項 1 に記載のタービン翼の製造方法。

[請求項5] 前記母材の表面に、前記第 2 コートとしてアンダーコートを形成することと、

前記アンダーコートを形成した後、前記アンダーコートの表面にトップコートを形成することと、をさらに含み、

前記トップコートの形成は、前記ろう付け処理及び前記溶体化処理を行なった後に行う請求項 2 又は請求項 4 に記載のタービン翼の製造方法。

[請求項6] 前記アンダーコートの形成は、前記ろう付け処理及び前記溶体化処理を行なった後に行う請求項 5 に記載のタービン翼の製造方法。

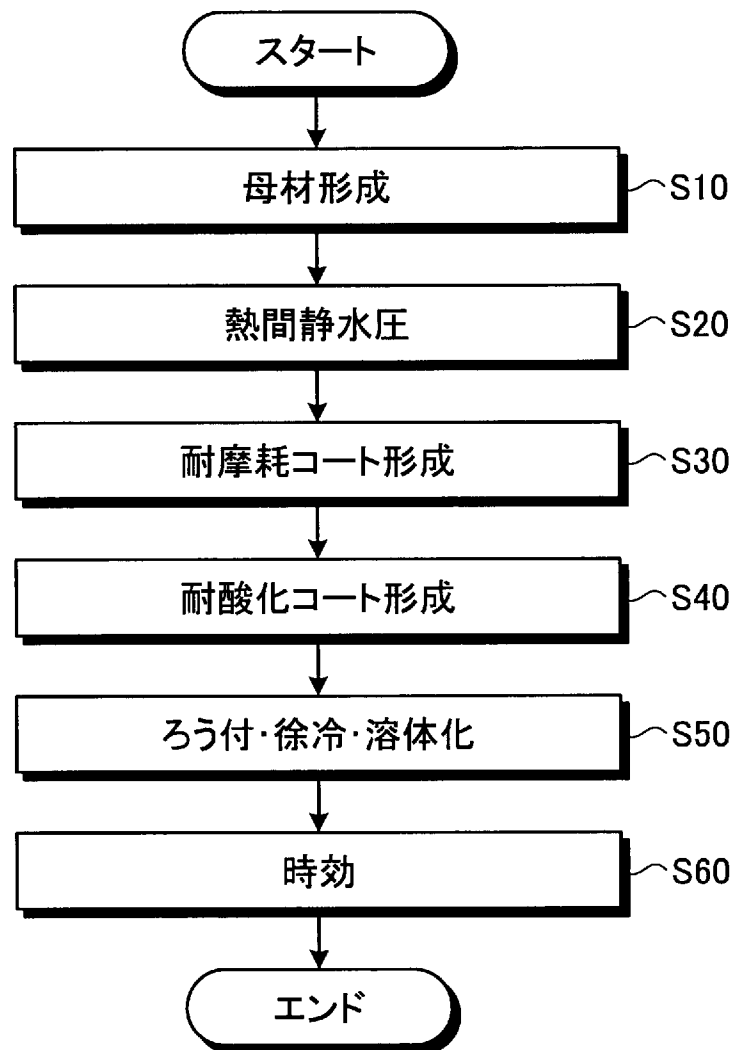
[請求項7] 前記溶体化処理の後、前記母材を加熱して時効処理を行うことをさらに含み、

前記トップコートの形成は、前記時効処理の後に行う請求項 5 に記載のタービン翼の製造方法。

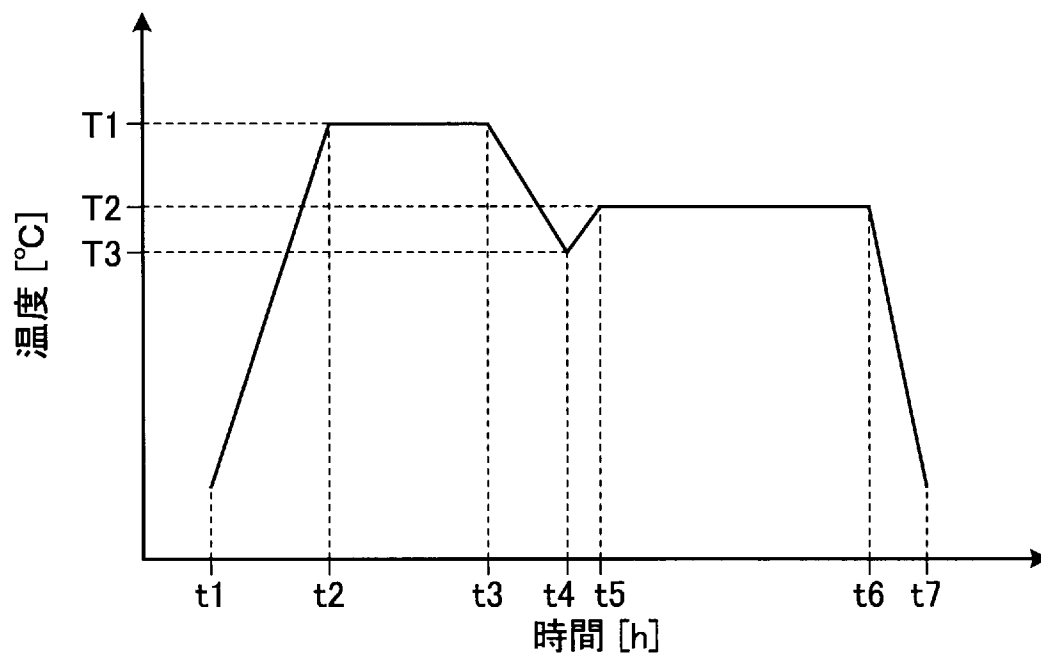
[請求項8] 前記徐冷によって前記炉内温度が前記第 2 温度よりも低い第 3 温度に到達した後、前記ヒータを作動させて前記炉内温度を前記第 2 温度まで上昇させる調整処理を行うことをさらに含む請求項 1 又は請求項 2 に記載のタービン翼の製造方法。

[請求項9] 前記徐冷は、 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上、 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以下の温度低下速度で前記母材の温度を低下させることを含む請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のタービン翼の製造方法。

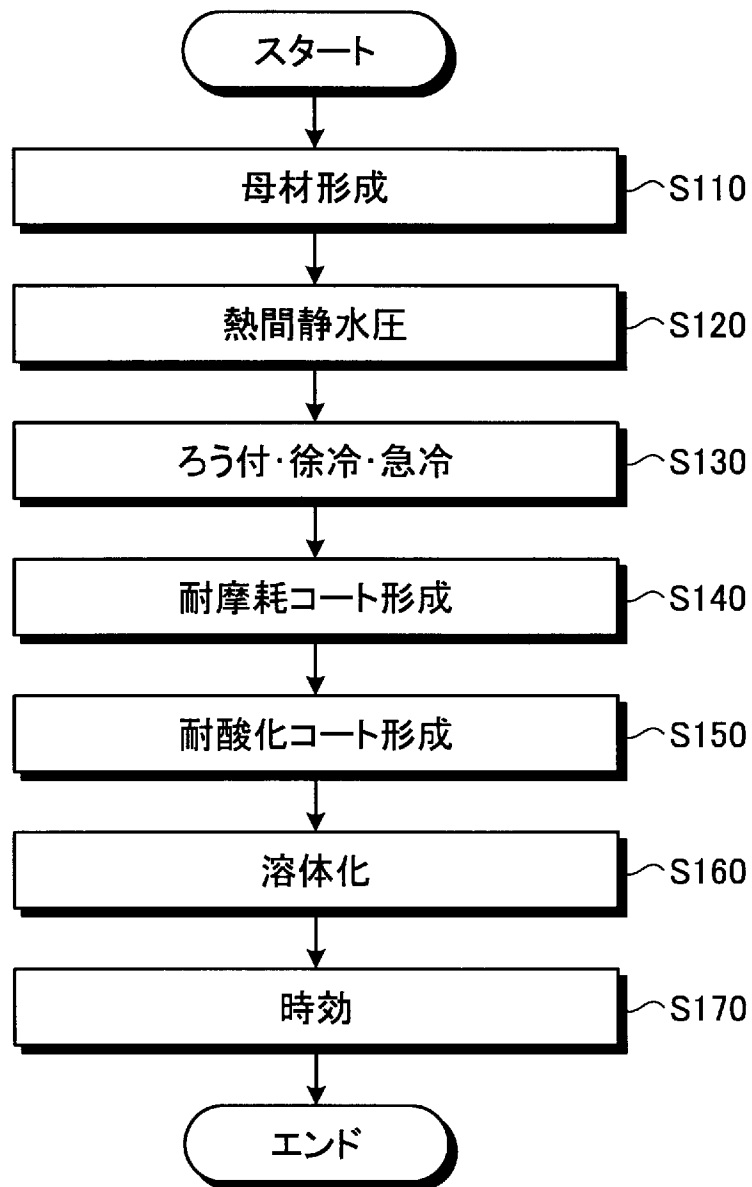
[図1]



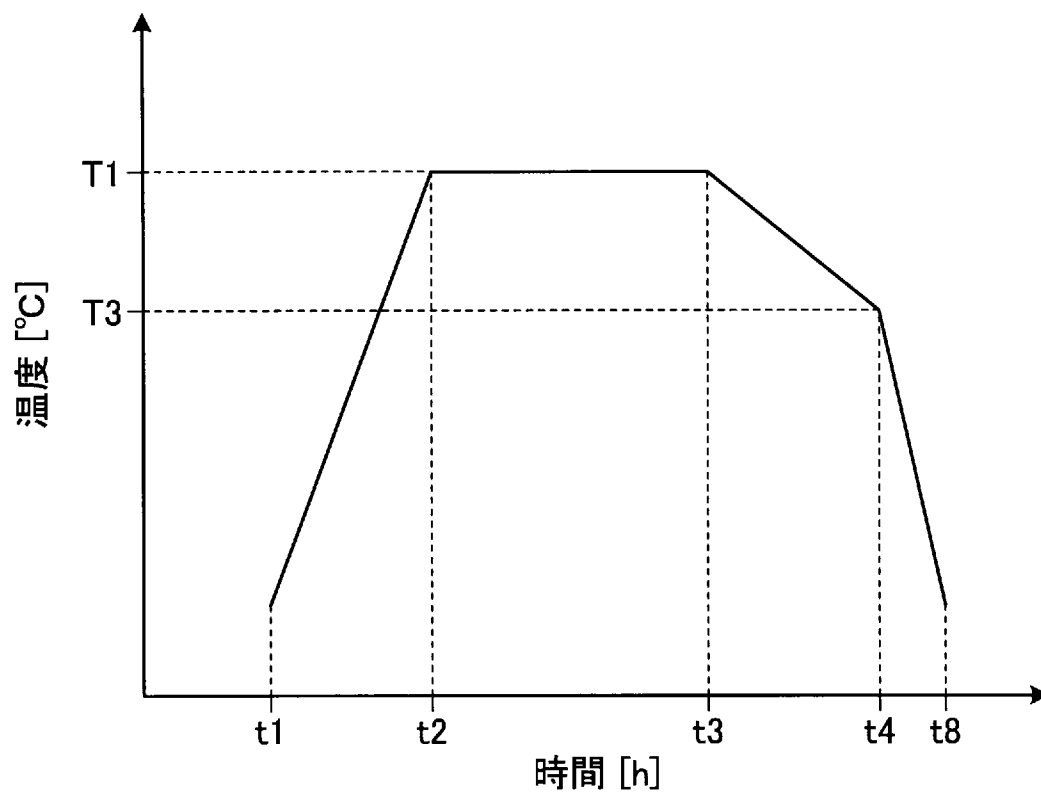
[図2]



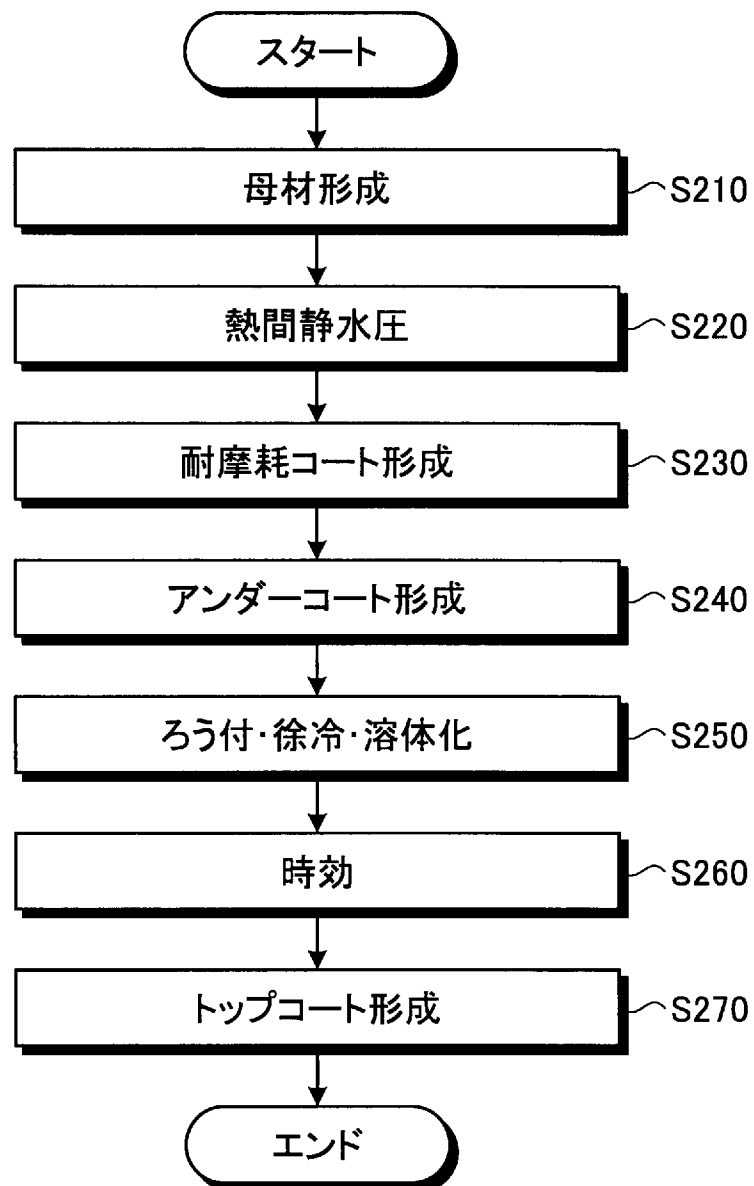
[図3]



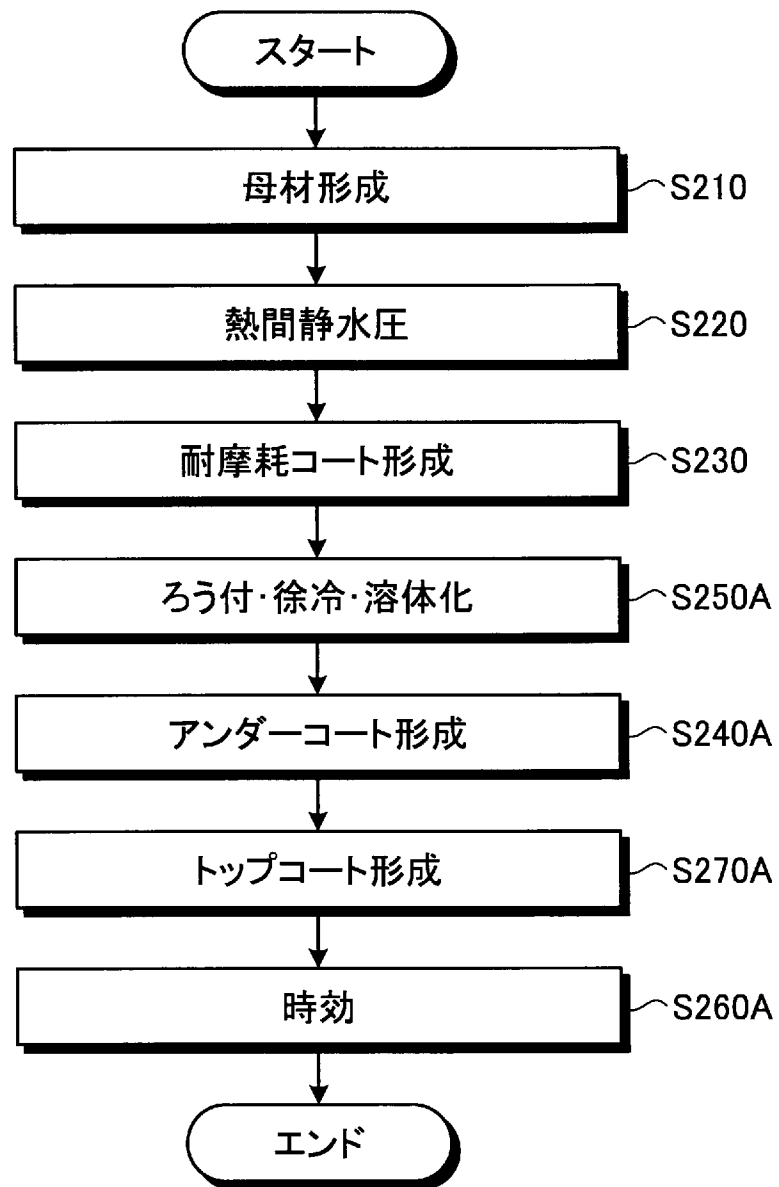
[図4]



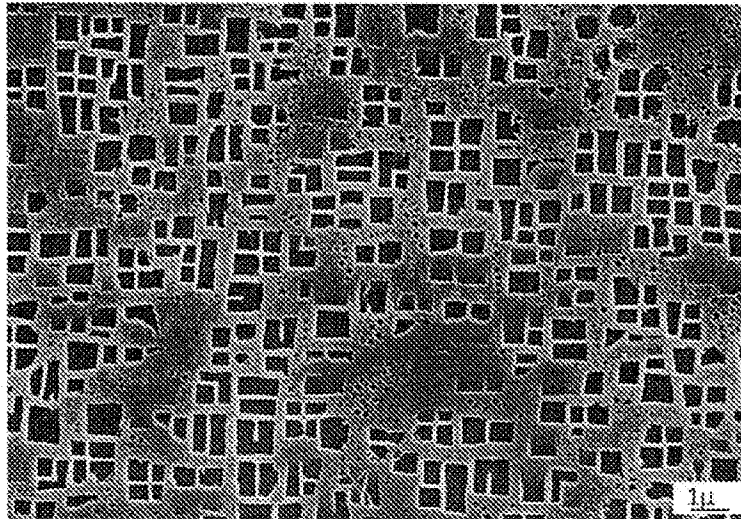
[図5]



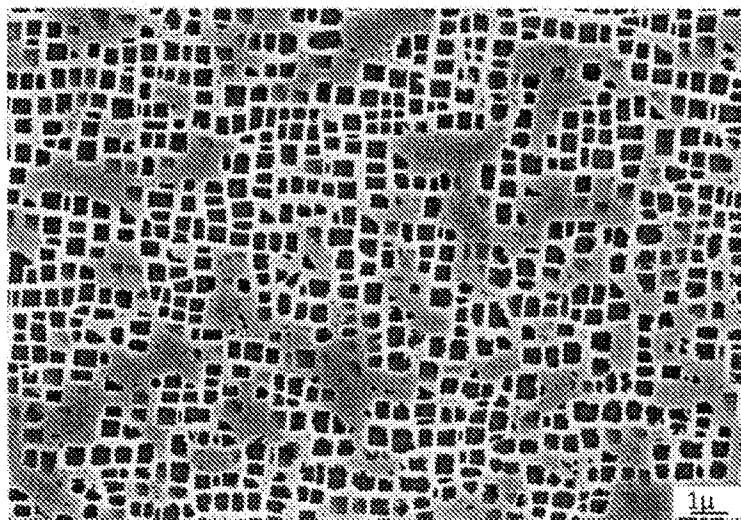
[図6]



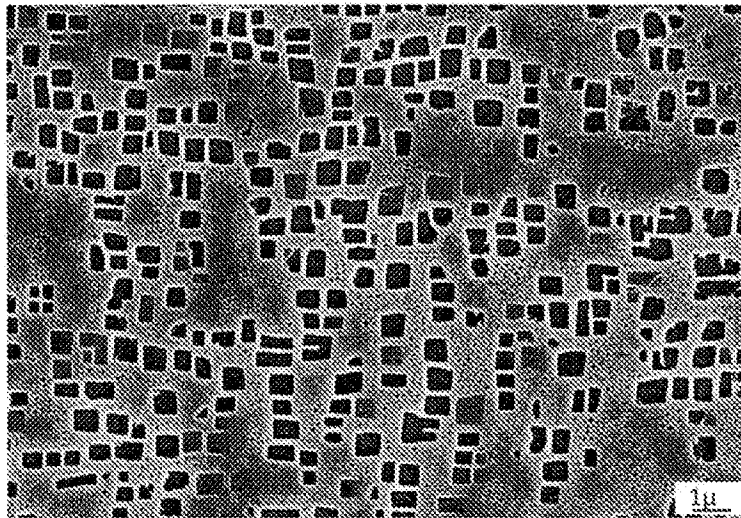
[図7]



[図8]



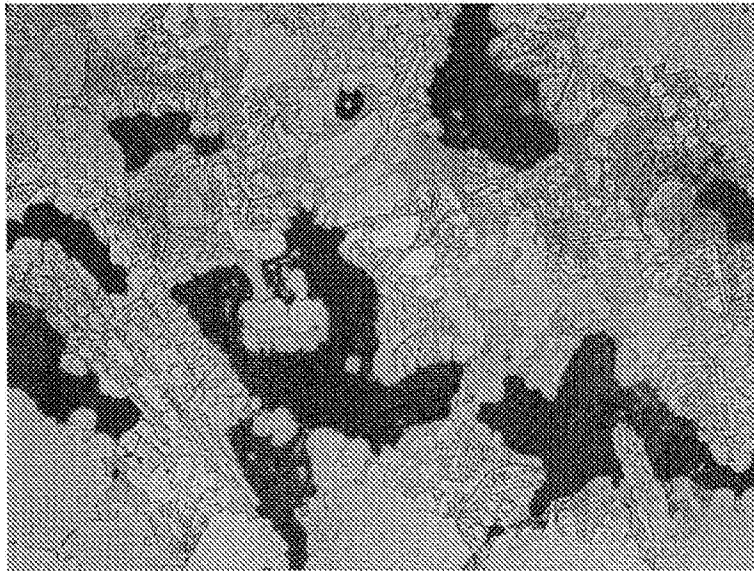
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036267

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02C7/00(2006.01)i, B23K1/00(2006.01)i, C23C4/06(2016.01)i, C23C4/073(2016.01)i, F01D5/28(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, C22C19/05(2006.01)n, C22F1/00(2006.01)n, C22F1/10(2006.01)n

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, B23K1/00, C23C4/06, C23C4/073, F01D5/28, F01D25/00, C22C19/05, C22F1/00, C22F1/10

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

DWPI (Derwent 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 2002-103031 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 April 2002 (09.04.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2003-49253 A (Alstom (Switzerland) Ltd.), 21 February 2003 (21.02.2003), entire text; all drawings & US 2003/0066177 A1 entire text; all drawings & EP 1258545 A1 & CA 2385821 A1	1-9
A	JP 2014-55543 A (Toshiba Corp.), 27 March 2014 (27.03.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☒ 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
31 October 2017 (31.10.17)

Date of mailing of the international search report
14 November 2017 (14.11.17)

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/JP2017/036267

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-739 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 January 2012 (05.01.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2003-34853 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 07 February 2003 (07.02.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2006-299410 A (Osaka-Fu), 02 November 2006 (02.11.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2006-299378 A (Independent Administrative Institution National Institute for Materials Science), 02 November 2006 (02.11.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	WO 2014/136235 A1 (Hitachi, Ltd.), 12 September 2014 (12.09.2014), entire text; all drawings & US 2016/0024637 A1 entire text; all drawings & EP 2966190 A1	1-9

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, B23K1/00(2006.01)i, C23C4/06(2016.01)i, C23C4/073(2016.01)i,
F01D5/28(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, C22C19/05(2006.01)n, C22F1/00(2006.01)n,
C22F1/10(2006.01)n

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, B23K1/00, C23C4/06, C23C4/073, F01D5/28, F01D25/00, C22C19/05, C22F1/00, C22F1/10

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 (Derwent 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 2002-103031 A (三菱重工業株式会社) 2002.04.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2003-49253 A (アルストム (スウィツァーランド) リミテッド) 2003.02.21, 全文, 全図 & US 2003/0066177 A1, 全文, 全図 & EP 1258545 A1 & CA 2385821 A1	1-9
A	JP 2014-55543 A (株式会社東芝) 2014.03.27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9

☑ 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

の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

31.10.2017

国際調査報告の発送日

14.11.2017

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)

瀬戸 康平

3 S

3 2 1 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

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
A	JP 2012-739 A (三菱重工業株式会社) 2012. 01. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2003-34853 A (三菱重工業株式会社) 2003. 02. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2006-299410 A (大阪府) 2006. 11. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2006-299378 A (独立行政法人物質・材料研究機構) 2006. 11. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	WO 2014/136235 A1 (株式会社日立製作所) 2014. 09. 12, 全文, 全図 & US 2016/0024637 A1, 全文, 全図 & EP 2966190 A1	1-9