

(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
2011 年 11 月 17 日(17.11.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/142423 A1

- (51) 国際特許分類:
C21D 9/00 (2006.01) F04D 29/28 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01) F04D 29/66 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/060949
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 12 日(12.05.2011)
- (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 2010-111204 2010 年 5 月 13 日(13.05.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩▲崎▼修吾(IWASAKI Shugo) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 山田 義和(YAMADA Yoshikazu) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二

丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 得山 伸一郎(TOKUYAMA Shinichiro) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 大沢立弥(OSAWA Tatsuya) [JP/JP]; 〒3770007 群馬県渋川市石原 5 0 0 大同特殊鋼株式会社 渋川工場内 Gunma (JP). 鎌水 誠一(YARIMIZU Seichi) [JP/JP]; 〒5410043 大阪府大阪市中央区高麗橋 4 丁目 1 番 1 号 大同特殊鋼株式会社 素形材事業部内 Osaka (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).

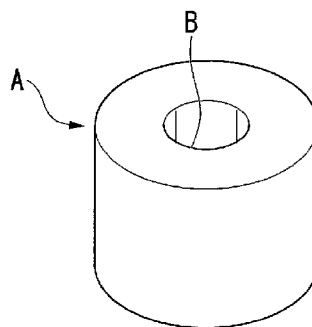
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING RAW MATERIAL FOR ROTARY MACHINE PART, METHOD FOR MANUFACTURING ROTARY MACHINE PART, RAW MATERIAL FOR ROTARY MACHINE PART, ROTARY MACHINE PART, AND CENTRIFUGAL COMPRESSOR

(54) 発明の名称: 回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機

[図4]



(57) Abstract: Provided is a method for manufacturing a raw material (A) for a rotary machine part, by performing at least a solution treatment on a raw material comprising two-phase stainless steel. In the solution treatment, the raw material is heated to a temperature of 950°C to 1100°C, and the raw material is then cooled to 700°C at an average cooling rate of 20°C/min or greater.

(57) 要約: この回転機械部品用素材の製造方法は、二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも溶体化処理を施して回転機械部品用素材 (A) を製造する方法であり、前記溶体化処理は、素材を 950℃～1100℃の範囲の温度に加熱した後、この温度から 700℃迄の平均冷却速度を 20℃/min 以上として冷却する。



WO 2011/142423 A1



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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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：

回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機

技術分野

[0001] 本発明は、回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機に関する。

本願は、2010年5月13日に、日本に出願された特願2010-111204号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、例えば、遠心圧縮機等の回転機械は、ガスタービンにおけるタービンへのガスの供給や、油田からの原油採掘の際に地中にガスを注入する処理等に使用される。このような回転機械に用いられる部品には大きな負荷が作用するため、例えば、インペラ等の回転機械部品の材質には高強度の金属材料が用いられる。

[0003] 一方、油井環境などで使用される遠心圧縮機においては、供給流体であるプロセスガス中に、金属材料の腐食を促進させる成分、例えば、硫化水素（ H_2S ）、二酸化炭素（ CO_2 ）あるいは塩素（ Cl ）等が多く含まれており、これらのガスが溶解した腐食水溶液にインペラが接触する。このため、遠心圧縮機の駆動時に大きな負荷が掛かるインペラでは、上述のような腐食成分によって腐食が生じ、ひいては応力腐食割れが発生して破断に至る可能性がある。

[0004] 上述のような油井環境に耐え得る材料としては、例えば、オーステナイト系ステンレス鋼やNi基合金等が挙げられ、これらの金属材料が油井管等に用いられている。しかしながら、これらの材料は強度が低いため、遠心圧縮機のインペラ等、回転機械に用いられる部品には適用できないという問題がある。

このため、従来、遠心圧縮機のインペラ用の材料としては、例えば、17-4PH等の析出硬化マルテンサイト系ステンレス鋼や、SUSF6NM等のマルテンサイト系ステンレス鋼等が適用されている。しかしながら、これらの材料も、耐食性は決して高くなく、上記同様、腐食成分によって腐食や応力腐食割れが発生する可能性がある。

[0005] また、インペラに用いる金属材料として、耐食性を有するSUS329J4Lに類似する材料等を採用することが提案されている（例えば、非特許文献1を参照）。しかしながら、非特許文献1に記載されたような材料を用いたとしても、流体中に含まれる腐食成分の割合が高くなった場合には、上記同様、腐食や応力腐食割れが発生する可能性がある。

また、インペラの材料として、耐食性と強度を兼備するInconel718等の析出硬化Ni基合金を採用することも考えられる。しかしながら、上述のような析出硬化Ni基合金は高価であり、製造コストが上昇するという問題がある。

[0006] ここで、二相ステンレス鋼は、実用上、十分な耐食性及び強度を有し、比較的安価な金属材料として知られている（例えば、特許文献1～3を参照）。このため、近年、遠心圧縮機のインペラ等の回転機械部品用の材料として、二相ステンレス鋼が好適に用いられるようになっている。

しかしながら、上述のような二相ステンレス鋼をインペラ等の回転機械部品に用いた場合、以下に説明するような問題がある。

[0007] まず、二相ステンレス鋼では、部品製造時の溶接処理や各種熱処理工程等において、450～1000℃程度の温度で等温保持あるいは徐冷した場合に、475℃ぜい性や σ ぜい性が生じる。このため、素材の靱性が低下し、当該部品の製造工程や、遠心圧縮機等の回転機械の運転時、割れが発生し易くなるという問題がある。

[0008] また、二相ステンレス鋼からなる素材に溶体化処理を施し、次いで、部品製造時の溶接処理や機械加工処理を行った後に行なう焼鈍処理においては、残留応力を効果的に除去するため、一般に、可能な限り高温で加熱すること

が好適であることが知られている。

しかしながら、二相ステンレス鋼素材を高温で保持した場合、 475°C ぜい性や σ ぜい性が生じるため、上記同様、当該部品の製造工程や回転機械の運転時に割れが発生し易くなるという問題がある（図9のグラフも参照）。このため、従来、溶接処理や機械加工処理後に行なう焼鈍処理においては、通常の熱処理時間では残留応力の除去に不十分な $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ の温度で熱処理が行なわれている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特公昭58-053062号公報

特許文献2：特公昭59-014099号公報

特許文献3：日本国特許第3227734号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：Francois Millet 他、SUPERDUPL
X STAINLESS STEEL USE IN MANUFACTU
RING HIGHLY SOUR GAS CENTRIFUGAL C
OMPRESSORS、「THE AMERICAN SOCIETY O
F MECHANICAL ENGINEERS」、アメリカ合衆国、19
96年、96-GT-272

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] ここで、本発明者等が鋭意研究したところ、図9のグラフに示すように、 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ の温度で二相ステンレス鋼の焼鈍処理を行なった場合には、高い靱性（グラフ中の実線を参照）が得られる一方で、残留応力（グラフ中の破線を参照）が除去され難くなることが明らかとなった。このため、上記条件で焼鈍処理が施されたインペラ等の回転機械部品は、内部に高い残留応力が保持された状態となり、回転機械の運転時に亀裂や疲労破壊等が生じ

る可能性があった。

これに対し、400℃以上の温度で二相ステンレス鋼の焼鈍処理を行なった場合には、残留応力が十分に低減される一方で靱性が低下する。このため、上記条件で焼鈍処理が施されたインペラ等の回転機械部品は、上記同様、当該部品の製造工程や回転機械の運転時に割れが発生し易くなるという問題があった。

[0012] また、従来、回転機械部品を製造する際は、素材供給元において金属材料素材を鋳造及び鍛造処理することで、一旦、丸棒状のブルームを製造する。その後、部品加工元において、ブルームに対して自由鍛造及び型鍛造等を施すことにより、インペラ形状等の回転機械部品に形成している。ここで、ブルームの径が大き過ぎる場合、溶体化処理において厚肉素材の中心付近における冷却速度が遅くなるため、二相ステンレス鋼ではぜい化相が析出する可能性がある。このため、一般に、ブルームの最大径は300mm程度とし、素材表面から中心部までの寸法を一定以下とすることで冷却速度を確保し、溶体化処理におけるぜい化相の析出を防止していた。しかしながら、上述のように、ブルームの径を300mm以下とした場合には、部品加工元において、鍛造処理によって形成されるインペラの形状が制約を受けるという問題があった。

[0013] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、低い残留応力と高い靱性とが両立でき、腐食成分が含まれた流体が供給された場合であっても、腐食や応力腐食割れが生じるのが抑制された回転機械部品を製造することが可能な回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機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

[0014] 上記課題を解決するため、本発明では以下の構成を採用した。

即ち、本発明の第1の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法は、二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも溶体化処理を施して回転機械部品用素材を製造する方法であって、前記溶体化処理は、前記素材を950～1

100℃の範囲の温度に加熱した後、この温度から700℃迄の平均冷却速度を20℃/min以上として冷却することを特徴とする。

また、前記回転機械部品用素材の製造方法においては、前記平均冷却速度を30℃/min以上とすることがより好ましい。

[0015] 係る構成の回転機械部品用素材の製造方法によれば、溶体化処理を上記条件として行なうことにより、ぜい化相の析出を抑制し、高い靱性を備える回転機械部品用素材を製造することができる。

[0016] また、本発明の第2の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法は、前記素材に対して前記溶体化処理、機械加工及び熱処理を施した後、さらに、530～570℃の範囲の温度で焼鈍処理を施すことを特徴とする。

また、本発明の第3の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法は、前記焼鈍処理の時間を1～12h、より好ましくは4～8hの範囲とすることを特徴とする。

係る構成の回転機械部品用素材の製造方法によれば、上記条件の焼鈍処理を行なうことにより、素材の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有する回転機械部品用素材を製造することができる。

[0017] また、本発明の第4の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法は、前記素材が円板状素材であり、厚さ寸法が300mm以下であることを特徴とする。

また、本発明の第5の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法は、前記円板状の素材に厚さ方向で貫通孔を形成した後、前記溶体化処理を施すことを特徴とする。

係る構成の回転機械部品用素材の製造方法によれば、二相ステンレス鋼材料である鋳塊から、回転機械部品に近似した寸法形状まで直接鍛造して素材形成することで、ぜい化相の析出が抑制されて靱性に優れ、厚肉且つ大径の回転機械部品を構成することが可能な回転機械部品用素材を製造することができる。

[0018] また、本発明の第6の態様に係る回転機械部品用素材は、上記製造方法に

よって製造されることを特徴とする。

また、本発明の第 7 の態様に係る回転機械部品は、上記回転機械部品素材に所定の加工処理を施すことによって得られることを特徴とする。

係る構成の回転機械部品用素材並びに回転機械部品によれば、上記製造方法によって得られる回転機械部品用素材であり、また、この回転機械部品用素材を使用して得られる回転機械部品なので、低い残留応力と高い靱性との両立が可能となる。

[0019] また、本発明の第 8 の態様に係る回転機械部品の製造方法は、二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも所定の温度で溶体化処理を施した後、所定の加工処理を施して回転機械部品を製造する方法であって、前記溶体化処理は、前記素材を $950 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度に加熱した後、この温度から 700°C 迄の平均冷却速度を $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上として冷却することを特徴とする。

また、前記回転機械部品の製造方法においては、前記平均冷却速度を $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上とすることがより好ましい。

[0020] 係る構成の回転機械部品の製造方法によれば、上記同様、溶体化処理を上記条件として行なうことにより、ぜい化相の析出を抑制し、高い靱性を備える回転機械部品を製造することができる。

[0021] また、本発明の第 9 の態様に係る回転機械部品の製造方法は、前記素材に対して機械加工並びに必要に応じて溶接処理を施した後、さらに、 $530 \sim 570^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度で焼鈍処理を施すことを特徴とする。

また、本発明の第 10 の態様に係る回転機械部品の製造方法は、前記焼鈍処理の時間を $1 \sim 12 \text{ h}$ の範囲とすることを特徴とする。

係る構成の回転機械部品の製造方法によれば、上記条件の焼鈍処理を行なうことにより、上記同様に、素材の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有する回転機械部品を製造することができる。

[0022] また、本発明の第 11 の態様に係る回転機械部品の製造方法は、前記素材が円板状素材であり、厚さ寸法が 300 mm 以下であることを特徴とする。

また、本発明の第 12 の態様に係る回転機械部品の製造方法は、前記円板状の素材に厚さ方向で貫通孔を形成した後、前記溶体化処理を施すことを特徴とする。

係る構成の回転機械部品の製造方法によれば、上記同様、二相ステンレス鋼材料である鋳塊から、回転機械部品に近似した寸法形状まで直接鍛造して素材を形成した後、各種加工処理を施すことで、ぜい化相の析出が抑制されて靱性に優れ、厚肉且つ大径の回転機械部品を構成することが可能となる。

[0023] また、本発明の第 13 の態様に係る回転機械部品は、上記製造方法によって製造されることを特徴とする。

係る構成の回転機械部品によれば、上記製造方法によって得られるので、低い残留応力と高い靱性との両立が可能となる。

[0024] また、本発明の第 14 の態様に係る回転機械は、上記回転機械部品が備えられていることを特徴とする。

また、本発明の第 15 の態様に係る遠心圧縮機は、上記回転機械部品がインペラであり、該インペラが備えられていることを特徴とする。

係る構成の回転機械並びに遠心圧縮機によれば、上記製造方法によって得られる回転機械部品（インペラ）が備えられているので、腐食成分によって生じる腐食や応力腐食割れが抑制され、運転時における割れ等の発生を防止することが可能となる。

発明の効果

[0025] 本発明の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法によれば、上記構成により、ぜい化相の析出を抑制し、高い靱性を備える回転機械部品用素材及びそれを用いる回転機械部品を製造することが可能となる。またさらに、上記構成の製造方法によって焼鈍処理を施した場合には、素材の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有する回転機械部品用素材及びそれを用いる回転機械部品を製造することが可能となる。

また、本発明の態様に係る回転機械並びに遠心圧縮機によれば、上記製造方法によって得られる回転機械部品、インペラが用いられているので、腐食

成分によって生じる腐食や応力腐食割れが抑制され、機械運転時における割れ等の発生を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、回転機械部品の一例であるインペラが用いられてなる遠心圧縮機を示す概略断面図である。

[図2]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、図1に示す遠心圧縮機に備えられ、回転機械部品の一例であるインペラの間製品状態を示す概略斜視図である。

[図3]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、焼鈍温度に対する素材の靱性及び残留応力の関係を表すグラフである。

[図4]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、鋼材鋳塊から回転機械部品に近似した寸法形状まで直接鍛造して形成した場合の回転機械部品用素材を示す概略断面図である。

[図5]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、回転機械部品用素材を水冷した際の処理時間と温度との関係を示す冷却曲線（冷却速度）グラフである。

[図6]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、溶体化処理における平均冷却速度と素材の σ 相（ぜい化相）面積比率との関係を示すグラフである。

[図7]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、1050℃から700℃の間の必要冷却速度及び熱処理最大厚みと、耐孔食性指数（P. I. 値）との関係を示すグラフである。

[図8]本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機の一例を模式的に説明する図であり、焼鈍温度と素材のシャルピー衝撃値との関係を表すグラフである。

[図9]従来の回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法を説明する図であり、焼鈍温度に対する素材の靱性及び残留応力の関係を表すグラフである。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品並びに遠心圧縮機について、遠心圧縮機に用いられるインペラの製造方法を例にして、図1～図8を適宜参照しながら説明する。

なお、以下の説明において参照する各図面は、主として、遠心圧縮機に用いられるインペラ（回転機械部品）を説明するための図面であり、図示される各部の大きさや厚さや寸法等は、実際の寸法関係とは異なっていることがある。

[0028] [遠心圧縮機（回転機械）]

図1は、本実施形態の製造方法によって得られるインペラ（回転機械部品）1が用いられてなる遠心圧縮機の一例を示す断面図である。この遠心圧縮機10は、流体であるプロセスガスGを圧縮する。遠心圧縮機10は、外郭をなすケーシング11と、該ケーシング11に回転可能に支持されて図示略の駆動部によって回転するロータ12と、ケーシング11内部でロータ12に同軸に取り付けられた複数のインペラ1とを備える。ここで、ロータ12

を回転させる駆動部としては、電動モータや、タービンなど、用途により様々なものが選択可能である。

[0029] 図 1 に示す例の遠心圧縮機 10 は、ケーシング 11 の両側に、それぞれジャーナル軸受 11a 及びスラスト軸受 11b が設けられている。ロータ 12 の回転軸 12a は、これらジャーナル軸受 11a 及びスラスト軸受 11b に回転可能に支持されている。また、ケーシング 11 は、ロータ 12 及びインペラ 1 の周囲に各インペラ 1 との間に連続した複数の作動室 11c を形成するとともに、その両側には、作動室 11c と連通するようにして、プロセスガス G が流入する吸込口 11d と、流出する吐出口 11e とが設けられている。

上記構成とされた遠心圧縮機 10 においては、回転運動によってプロセスガス G を圧縮するインペラ 1 が、吸込口 11d から流入したプロセスガス G 並びに該プロセスガス G が溶解した水溶液等に接触する構成とされている。

[0030] 『インペラ（回転機械部品）』

インペラ 1 は、図 1 に示す例においては、略円板状の本体部 1a に複数の羽根 1b が放射状に立設され、該羽根 1b の先端にシュラウド 1c が取り付けられて構成されている。

そして、本体部 1a と、シュラウド 1c と、隣り合う羽根 1b 同士とにより形成される流路 1d によって、圧縮対象の流体であるプロセスガス G を、径方向内側で軸方向に流入させ、径方向外側に向かって排出することが可能となっている。

[0031] インペラ 1 を形成するインペラ材料としては、プロセスガス G を圧縮する際に大きな負荷が作用するため、一般に、ステンレス鋼等の高強度の金属材料が選択される。また、後述するように、プロセスガス G に腐食成分が含まれているような油井環境下において使用する場合には、二相ステンレス鋼等の強度及び耐食性の両方を有する金属材料を採用することが好ましい。なお、本実施形態において用いられる二相ステンレス鋼としては、例えば、SUS329J1、SUS329J3L、並びに、SUS329J4L 相当材等

が挙げられる。

本実施形態のインペラ 1 は、後述の製造方法によって得られる回転機械部品用素材に対し、少なくとも機械加工並びに必要な応じて溶接処理を施すか、あるいは、後述の回転機械部品の製造方法によって得られる。

[0032] [回転機械部品用素材の製造方法]

以下に、本実施形態の回転機械部品用素材の製造方法について、上述のインペラ 1 を形成するための素材を例に説明する。

本実施形態の回転機械部品用素材（図 4 の符号 A を参照）の製造方法は、二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも溶体化処理を施す方法である。該溶体化処理は、前記素材を $950 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度に加熱した後、この温度から 700°C 迄の平均冷却速度を $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上として冷却する方法である。

[0033] 本実施形態の製造方法で用いる二相ステンレス鋼からなる素材としては、特に限定されないが、上述したような、SUS329J1、SUS329J3L 並びに SUS329J4L 相当材等からなる素材を用いることが、強度及び耐食性の点から好ましい。

[0034] 本実施形態の製造方法は、まず、上記金属材料からなる鑄塊から、例えば、ブルームと呼ばれる棒状の素材、あるいは、後述するような、厚さが規定範囲とされた円筒状の素材を形成する。そして、この素材に対し、以下に説明するような各種熱処理を施すことにより、その機械的特性を改善する。

[0035] ここで、本実施形態において説明する溶体化処理とは、合金固有の温度に高温加熱した後、急冷する処理を行なうことにより、低温において通常は析出する合金元素を基本金属元素に固溶させたままの状態とすることで、合金の機械的特性を高める処理である。この溶体化処理は、固溶化処理あるいは焼入れ処理とも呼ばれる。このような溶体化処理を行なうことにより、金属材料の靱性を向上させることが可能となる。

なお、ステンレス鋼の場合、溶体化処理における高温加熱温度は、一般に $950 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ の範囲とされ、概ね 1050°C の温度がより好適とされ

る。本実施形態の製造方法においては、素材を上記温度で加熱して溶体化処理を行なうことにより、素材に 475°C ぜい性や σ ぜい性等のぜい化相が析出するのが抑制され、高い靱性を備える回転機械部品用素材を製造することができる。溶体化処理における加熱温度が上記温度範囲を外れると、上述したような焼入れ効果が得られ難くなる可能性がある。

[0036] また、本実施形態の溶体化処理においては、上記温度に高温加熱した素材を、この温度から 700°C まで冷却する際、平均冷却速度を $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上とすることが好ましく、 $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上とすることがより好ましい。溶体化処理における平均冷却速度を上記速度とすることにより、平均冷却速度が遅い場合に比べて σ ぜい化相の析出を効果的に抑制することができ、素材の靱性を向上させることが可能となる（図6及び図7に示すグラフも参照）。この際の冷却方法としては、水冷による方法を何ら制限無く採用することができる。

溶体化処理における平均冷却速度が $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 未満だと、素材中に析出する σ ぜい化相が増加し、素材の靱性が低下してしまう。

[0037] また、本実施形態の回転機械部品用素材の製造方法においては、素材に対して上記条件の溶体化処理を施した後、さらに、 $530\sim 570^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度で焼鈍処理を施すことがより好ましい。素材に対し、上記温度条件による焼鈍処理を施すことにより、素材の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有する回転機械部品用素材を製造することが可能となる。

[0038] 本発明者等は、回転機械部品用素材の製造工程における焼鈍処理について、鋭意検討を行なった。この結果、図3のグラフに示すように、焼鈍処理における温度を $530\sim 570^{\circ}\text{C}$ の範囲とすることにより、高い素材靱性が確保できるとともに、残留応力が十分に低減されることを見出した。

焼鈍処理の温度が 530°C 未満だと、図3に示すように、素材の靱性は高くなるものの、残留応力が低減されず、強度特性の低い素材となる可能性がある。また、焼鈍処理の温度が 570°C を超えると、素材中の残留応力は低減されるものの、靱性も低下するため、製造工程や運転時において割れ等が

生じ易くなる可能性がある。

また、焼鈍処理における温度は、概ね550℃程度とすることが、上記効果がより安定的に得られる点から好適である。

[0039] また、上記温度条件で焼鈍処理を行なう時間としては、1～12hの範囲とすることが好ましく、4～8hの範囲とすることがより好ましい。温度を上記範囲とし、さらに、処理時間を上記範囲として焼鈍処理を行なうことにより、上述のような、素材中における残留応力の低減と、靱性向上の両方の効果が安定的に得られる。また、上記温度条件で焼鈍処理を行なう時間としては、概ね4h程度とすることがより好ましい。

[0040] また、本実施形態では、上記金属材料からなる素材が円板状素材であり、厚さ寸法が300mm以下であることがより好ましい（図4中の回転機械部品用素材Aを参照）。

本実施形態で説明する遠心圧縮機用のインペラ等のような、回転機械に用いられる回転機械部品は、通常、回転軸方向における厚さが概ね300mm以下とされている。本実施形態では、まず、二相ステンレス鋼材料である鋳塊から、インペラ（回転機械部品）1に近似した寸法形状まで直接鍛造して素材形成した後、上記条件の溶体化処理を施すことにより、上述した溶体化（焼入れ）効果がより得られやすくなる。これにより、ぜい化相の析出が抑制されて靱性に優れ、厚肉且つ大径のインペラ（回転機械部品）を構成することが可能な回転機械部品用素材Aを製造することができる。

[0041] 従来、回転機械部品を製造する際は、鍛造や機械加工等で成形した薄肉の部材を、各々溶接で接合することで製造していた。このような場合には、薄板や小径棒状のブルームを素材として用いるため、素材の鍛造や熱処理段階において、ぜい化相が析出する可能性は低かった。一方、大径のインペラや、流路穴が加工される一体型のインペラにおいては厚肉の素材が必要となるが、このような場合、溶体化処理において厚肉素材の中心付近における冷却速度が遅くなるため、ぜい化相が析出してしまふ。このため、回転機械部品の靱性が低下し、製造時や完成後の運転時に割れ等が発生する可能性があっ

た。

本実施形態の製造方法では、まず、溶体化処理における平均冷却速度を、ぜい化相の析出を効果的に防止できる速度に規定している。そして、本実施形態では、上記平均冷却速度を規定したうえで、水冷等による焼入れ（溶体化処理における冷却）において上記平均冷却速度を満たすことが可能な肉厚として、素材の最大肉厚を300mmに制限することがより好ましい。このような素材を用いることにより、ぜい化相が析出せず、且つ、高い靱性を有するインペラ（回転機械部品）を製造することが可能となる。

[0042] またさらに、本実施形態では、図4に示す例のように、上記寸法並びに形状とされた円板状の素材Aに対し、厚さ方向で貫通孔（ボス孔）Bを形成した後、上記条件の溶体化処理を施すことがさらに好ましい。このように、予め、円板状の素材Aに貫通孔Bを形成することにより、図5のグラフに示すように、溶体化処理における冷却速度が向上するので、上述のような、ぜい化相析出の抑制効果がより安定的に得られる。なお、図5のグラフにおいては、貫通孔B有りの場合と貫通孔無しの場合の各々において2つの曲線を示しているが、これは、回転機械部品用素材の厚さ方向で測定位置を変えた場合について示すものである。

[0043] [インペラ（回転機械部品）の製造方法]

以下に、本実施形態のインペラ（回転機械部品）の製造方法について、上記同様に、遠心圧縮機10に用いられるインペラ1を形成する場合を例に説明する。なお、以下の説明において、例えば各種熱処理条件等、上述した本実施形態の回転機械部品用素材の製造方法と共通する構成については、その詳しい説明を省略する。

[0044] 本実施形態のインペラ（図1中のインペラ1及び図2のインペラ中間品1Aを参照）の製造方法は、二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも溶体化処理を施した後、機械加工並びに必要な応じて溶接処理を施す方法である。前記溶体化処理は、素材を950～1100℃の範囲の温度に加熱した後、この温度から700℃迄の平均冷却速度を20℃/min以上として冷

却する方法である。

[0045] 本実施形態のインペラの製造方法における溶体化処理は、上述した回転機械部品用素材の製造方法と同様の条件としている。本実施形態では、上記同様の条件で素材に溶体化処理を施した後、所定の加工処理、例えば、機械加工、塑性加工又は溶接処理等を適宜施してインペラ 1 を形成する方法とすることで、素材に 475°C ぜい性や σ ぜい性等のぜい化相が析出するのが抑制され、高い靱性を備えるインペラ 1 を製造することができる。また、本実施形態においては、溶体化処理における平均冷却速度を $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上とすることがより好ましい。

[0046] また、本実施形態では、溶体化処理後の素材に対して上述のような所定の加工処理を施した後、さらに、上述した回転機械部品用素材の製造方法と同様の条件である、 $530\sim 570^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度で焼鈍処理を施すことがより好ましい。また、上記温度による焼鈍処理の時間を $1\sim 12\text{ h}$ の範囲とすることがさらに好ましい。

このような方法とすることにより、インペラ 1 をなす素材内部の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有するインペラ 1 を製造することが可能となる。

[0047] またさらに、本実施形態では、上述した回転機械部品用素材の製造方法と同様、素材を円板状素材とし、その厚さ寸法を 300 mm 以下とすることがより好ましい。本実施形態では、金属材料の鋳塊から、途中冷却を行わずに、直接、インペラ 1 の形状に近い円板状まで鍛造処理して厚さ方向の寸法が最大 300 mm の素材とした後、溶体化処理や各種加工処理を施して回転機械部品を製造する方法なので、径方向の形状が制約されることなくインペラ形状を形成することが可能となる。また、本実施形態によれば、上記同様、溶体化処理における冷却速度や温度分布にばらつきが無く、ぜい化相の析出が抑制されて優れた靱性を備えたインペラ（回転機械部品）1 を製造することが可能となる。

[0048] またさらに、本実施形態では、上記同様、図 4 に示す例のように、円板状

の素材Aに厚さ方向で貫通孔Bを形成した後、上記条件の溶体化処理を施すことがより好ましい。このような方法とすることにより、上記同様、溶体化処理における冷却速度が向上するので、上述のような、ぜい化相析出の抑制効果がより安定的に得られる。

[0049] 本実施形態のインペラ1の製造方法においては、上述のような工程により、二相ステンレス鋼からなる素材に対し、各種熱処理の他、機械加工、塑性加工又は溶接処理等の加工処理を施すことで粗加工し、図2に示すようなインペラ中間品1Aを製造することができる。

そして、本発明の実施の形態に係る製造方法においては、上記方法で得られるインペラ中間品1Aの超音波探傷試験（UT：ultrasonic test）、並びに、磁気探傷試験（MT：magnetic test）を行なう。そして、インペラ中間品1Aに対し、さらに、ガス流路放電加工及び仕上げ研磨を行った後に外周加工を施すことで、図1中に示すようなインペラ1を形成する。そして、このインペラ1に対して、再度、上述のような磁気探傷試験（MT）を行なった後、最終試験としてバランススピントテストを行なう。本発明の実施の形態に係る製造方法においては、インペラ中間品1Aに対して行なう上記各工程及び試験については、従来公知の方法を採用することが可能である。

[0050] 以上、本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品、回転機械並びに遠心圧縮機について、図面を参照して詳述したが、本発明における具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

[0051] また、本実施形態では、回転機械部品用素材及び回転機械部品として、上述のような遠心圧縮機用のインペラを例に説明するとともに、回転機械として遠心圧縮機を説明しているが、本発明はこれらには限定されない。例えば、各種コンプレッサポンプに備えられるインペラやロータ等においても、本発明を適用することが可能である。

[0052] 以上説明したように、本発明の実施の形態に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法によれば、ぜい化相の析出を抑制し、高い靱性を備える回転機械部品用素材及びそれを用いる回転機械部品を製造することが可能となる。またさらに、上記製造方法によって焼鈍処理を施した場合には、素材の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有する回転機械部品用素材及びそれを用いる回転機械部品を製造することが可能となる。

また、本発明の実施の形態に係る回転機械並びに遠心圧縮機によれば、上記製造方法によって得られる回転機械部品、インペラが用いられたものなので、腐食成分によって生じる腐食や応力腐食割れが抑制され、機械運転時における割れ等の発生を防止することができる。

実施例

[0053] 以下、実施例を示して、本発明の回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法、回転機械部品用素材、回転機械部品を更に詳しく説明するが、本発明はこの実施例に限定されるものではない。

[0054] [回転機械部品用素材（回転機械部品）のサンプル製造]
(実施例 1)

実施例 1 では、まず、二相ステンレス鋼として SUS 329J1、SUS 329J3L、SUS 329J4L 相当材（何れも大同特殊鋼株式会社製）を準備し、この鋳塊に対して各々鍛造処理を施し、直径が 300mm の丸棒状のブルームを製造した。そして、このブルームに対し、溶体化処理として、まず、1050℃の温度に加熱した後、1050℃から 700℃迄の平均冷却速度を、30℃/min 以上となる 31℃/min で水冷して、回転機械部品用素材のサンプルを製造した。

[0055] (実施例 2)

実施例 2 では、まず、上記実施例 1 と同様に、二相ステンレス鋼として SUS 329J1、SUS 329J3L、SUS 329J4L 相当材（何れも大同特殊鋼株式会社製）を準備し、この鋳塊に対して各々鍛造処理を施して、厚さ寸法が 300mm の円板状素材からなる回転機械部品用素材のサンプル

ルを製造した。

[0056] (実施例 3)

実施例 3 では、まず、二相ステンレス鋼として SUS 329J4L 相当材 (大同特殊鋼株式会社製) を準備し、この鋳塊に対して鍛造処理を施して、直径が 300mm の丸棒状のブルームを製造した。そして、上記実施例 1 と同様、このブルームに対し、溶体化処理として、まず、1050℃の温度に加熱した後、1050℃から 700℃迄の平均冷却速度を 30℃/min 以上となる 31℃/min で水冷した。次いで、このブルームを 550℃の温度で 4 時間保持することで、応力除去のための焼鈍処理を行ない、回転機械部品用素材のサンプルを製造した。

[0057] (実施例 4)

実施例 4 では、まず、二相ステンレス鋼として SUS 329J4L 相当材 (大同特殊鋼株式会社製) を準備し、この鋳塊に対して鍛造処理を施して、厚さ寸法が 300mm の円板状素材を製造した。そして、上記実施例 1 と同様、このブルームに対し、溶体化処理として、まず、1050℃の温度に加熱した後、1050℃から 700℃迄の平均冷却速度を 30℃/min 以上となる 31℃/min で水冷した。次いで、各種機械加工並びに溶接による粗加工を施すことにより、図 2 に示すようなインペラ中間品を形成した。そして、このインペラ中間品を、550℃の温度で 4 時間保持することで、応力除去のための焼鈍処理を行ない、インペラ (回転機械部品) を製造した。

[0058] (比較例 1 ~ 4)

比較例 1 ~ 4 では、まず、上記各実施例と同様に、二相ステンレス鋼として SUS 329J4L 相当材を準備し、この鋳塊に対して鍛造処理を施して、直径が 300mm の丸棒状のブルームを製造した。そして、このブルームに対し、溶体化処理として、まず、1050℃の温度に加熱した後、1050℃から 700℃迄の平均冷却速度を、各々、20℃/min、25℃/min、及び、10℃/min、15℃/min、として水冷して、各比較

例の回転機械部品用素材のサンプルを製造した。

[0059] [評価試験項目]

上記手順によって作製した実施例 1～4 及び比較例 1～4 のサンプルについて、適宜、以下に説明するような残留応力、 σ 相面積率、靱性の評価試験を行った。

[0060] (残留応力の評価)

残留応力は、X線装置を用いたX線回折により、各実施例及び比較例のサンプルに残留した応力を解析することによって評価した。

[0061] (金属組織の評価： σ 相面積率)

σ 相面積率は、光学顕微鏡によるミクロ組織観察及び画像解析によって調査した。

[0062] (靱性の評価：シャルピー衝撃値)

靱性を表す指標として、以下に説明するようなシャルピー衝撃試験を行った。まず、2 mm V ノッチのシャルピー試験片をサンプルから採取した。そして、J I S Z 2242の方法に準じ、試験温度を室温（23℃）として吸収エネルギーを測定し、吸収エネルギーをノッチ底の断面積で除して衝撃値 [J/cm^2] を求めた。

[0063] [評価結果]

上記評価試験の結果、各実施例の回転機械部品用素材並びにインペラ（回転機械部品）のサンプルは、以下に説明するように、それぞれ、残留応力が低減され、また、靱性に優れていることが確認された。

実施例 1 においては、ぜい化相析出を確実に抑制できる本発明の溶体化処理の規定を適用し、また、素材径を、上記規定を満たす最大の素材肉厚である 300 mm とした。これにより、図 6 及び図 7 のグラフに示すように、ぜい化相が低減され、靱性の高い回転機械部品用素材が得られた。このような回転機械部品用素材を用いることにより、靱性に優れたインペラ等の回転機械部品を製造できることが明らかである。

[0064] また、実施例 2 においては、鋳塊から途中冷却せずに、直接、インペラ等

の回転機械部品形状に近い円板まで鍛造する方法であるため、靱性に優れるとともに、部品外径を制約することのない素材が得られることが明らかである。

[0065] 実施例 3 においては、上記溶体化処理に加え、さらに、適性温度による焼鈍処理を施していることから、焼鈍前後の素材の残留応力および組織形態を調査したところ、溶体化処理の時点で存在した外面圧縮や内面引張による残留応力がほぼ 0（ゼロ）まで低減した。

また、焼鈍処理後のぜい化相の析出も、 475°C ぜい化相及び σ ぜい化相の何れも無いことが確認でき、図 8 のグラフに示すように、焼鈍後のシャルピー衝撃値が約 250 (J/cm^2) と優れた靱性を示した。

[0066] 実施例 4 においては、実施例 3 と同様、上記溶体化処理に加え、さらに、適性温度による焼鈍処理を施していることから、焼鈍前後の素材の残留応力および組織形態を調査し、溶接時に存在した外面圧縮や内面引張による残留応力がほぼ 0（ゼロ）まで低減した。また、焼鈍処理後のぜい化相の析出も、 475°C ぜい化相及び σ ぜい化相の何れも無いことが確認できた。

[0067] また、比較例 1～4 のサンプルは、溶体化処理における平均冷却速度を変化させた例である。これらの内、比較例 1、2 は、平均冷却速度がそれぞれ $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とされた本発明の規定を満たす本発明例データであり、比較例 3、4 は、平均冷却速度がそれぞれ $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とされた従来例データである。ここで、図 6 のグラフに示すように、溶体化処理における平均冷却速度が本発明の規定を満たす比較例 1、2 のサンプルは、何れも σ ぜい化相の面積率が 0.10% 以下と低く抑えられた組織となり、靱性に優れたものであることが確認できた。これに対し、溶体化処理における平均冷却速度が本発明の規定範囲外である比較例 3、4 のサンプルは、比較例 1、2 に比べて σ 相面積率が大きい結果となり、靱性に劣るものであることが確認された。

[0068] ここで、図 7 のグラフは、同じ二相ステンレス鋼であっても成分の異なる SUS329J1、J3L 及び J4L の P.I. 値（耐孔食性指数、 $\text{PI} =$

C r + 3 . 3 M o + 1 6 N %) と、ぜい化防止のため必要な冷却速度の最小値並びに最大肉厚との関係を示すグラフである。図 7 に示すように、S U S 3 2 9 J 1 はぜい化が生じにくく、冷却速度が 1 0 °C / 分以上ならぜい化しないが、S U S 3 2 9 J 3 L 及び J 4 L は 2 0 °C / 分以上、より好ましくは 3 0 °C / 分以上で冷却する必要があることがわかる。

[0069] 以上説明した各評価試験の結果により、本発明に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法によって得られる回転機械部品用素材及び回転機械部品が、低い残留応力と高い靱性とが両立できることが明らかである。また、この回転機械部品が用いられる回転機械並びに遠心圧縮機が、腐食成分が含まれた流体が供給された場合であっても、腐食や応力腐食割れが生じるのが抑制できることが明らかである。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明の態様に係る回転機械部品用素材の製造方法及び回転機械部品の製造方法によれば、ぜい化相の析出を抑制し、高い靱性を備える回転機械部品用素材及びそれを用いる回転機械部品を製造することが可能となる。またさらに、上記構成の製造方法によって焼鈍処理を施した場合には、素材の残留応力が低減され、且つ、高い靱性を有する回転機械部品用素材及びそれを用いる回転機械部品を製造することが可能となる。

また、本発明の態様に係る回転機械並びに遠心圧縮機によれば、上記製造方法によって得られる回転機械部品、インペラが用いられているので、腐食成分によって生じる腐食や応力腐食割れが抑制され、機械運転時における割れ等の発生を防止することができる。

符号の説明

[0071] 1 インペラ（回転機械部品）
 1 0 遠心圧縮機
 A 回転機械部品用素材
 B 貫通孔

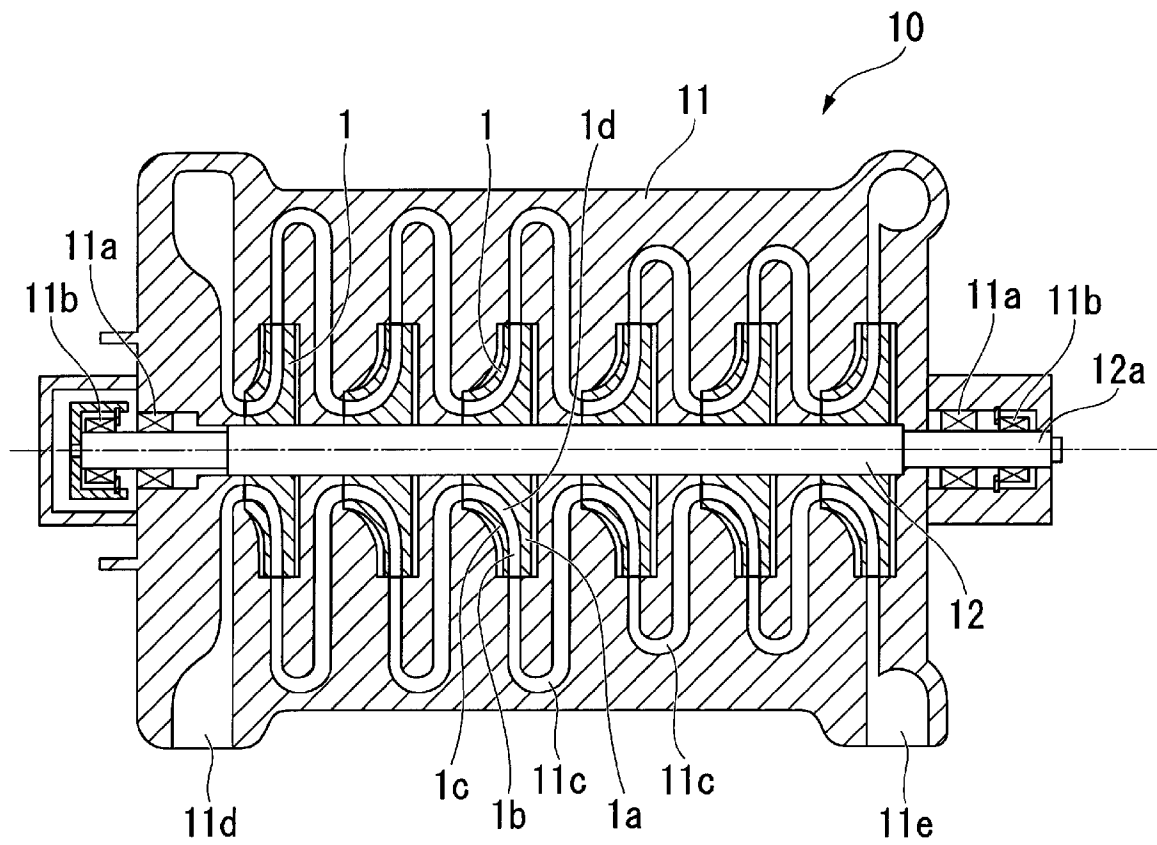
請求の範囲

- [請求項1] 二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも溶体化処理を施して回転機械部品用素材を製造する方法であって、
- 前記溶体化処理は、前記素材を $950 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度に加熱した後、この温度から 700°C 迄の平均冷却速度を $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上として冷却する回転機械部品用素材の製造方法。
- [請求項2] 前記溶体化処理における平均冷却速度が $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上である請求項1に記載の回転機械部品用素材の製造方法。
- [請求項3] 前記素材に対して前記溶体化処理、機械加工及び熱処理を施した後、さらに、 $530 \sim 570^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度で焼鈍処理を施す請求項1又は請求項2に記載の回転機械部品用素材の製造方法。
- [請求項4] 前記焼鈍処理の時間を $1 \sim 12\text{ h}$ の範囲とする請求項3に記載の回転機械部品用素材の製造方法。
- [請求項5] 前記素材が円板状素材であり、厚さ寸法が 300 mm 以下である請求項1～請求項4の何れか1項に記載の回転機械部品用素材の製造方法。
- [請求項6] 前記円板状の素材に厚さ方向で貫通孔を形成した後、前記溶体化処理を施す請求項5に記載の回転機械部品用素材の製造方法。
- [請求項7] 請求項1～請求項6の何れか1項に記載の製造方法によって製造される回転機械部品用素材。
- [請求項8] 請求項7に記載の回転機械部品素材に、所定の加工処理を施すことによって得られる回転機械部品。
- [請求項9] 二相ステンレス鋼からなる素材に、少なくとも溶体化処理を施した後、所定の加工処理を施して回転機械部品を製造する方法であって、
- 前記溶体化処理は、前記素材を $950 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度に加熱した後、この温度から 700°C 迄の平均冷却速度を $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上として冷却する回転機械部品の製造方法。
- [請求項10] 前記溶体化処理における平均冷却速度が $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上である

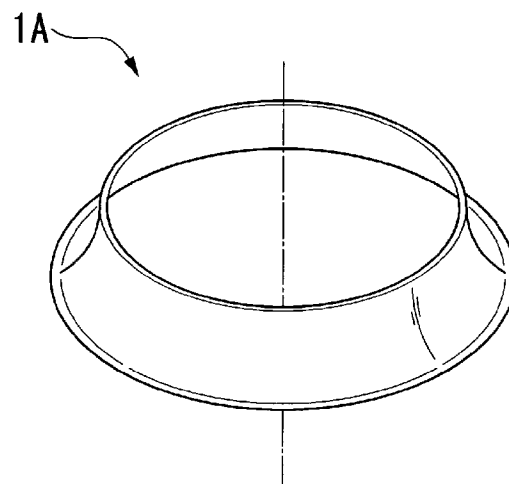
請求項 9 に記載の回転機械部品の製造方法。

- [請求項11] 前記素材に対して所定の加工処理を施した後、さらに、530～570℃の範囲の温度で焼鈍処理を施す請求項 9 又は請求項 10 に記載の回転機械部品の製造方法。
- [請求項12] 前記焼鈍処理の時間を 1～12 h の範囲とする請求項 11 に記載の回転機械部品の製造方法。
- [請求項13] 前記素材が円板状素材であり、厚さ寸法が 300 mm 以下である請求項 9～請求項 12 の何れか 1 項に記載の回転機械部品の製造方法。
- [請求項14] 前記円板状の素材に厚さ方向で貫通孔を形成した後、前記溶体化処理を施す請求項 13 に記載の回転機械部品の製造方法。
- [請求項15] 請求項 9～請求項 14 の何れか 1 項に記載の製造方法によって製造される回転機械部品。
- [請求項16] 請求項 8 又は請求項 15 に記載の回転機械部品が備えられている回転機械。
- [請求項17] 請求項 8 又は請求項 15 に記載の回転機械部品がインペラであり、該インペラが備えられている遠心圧縮機。

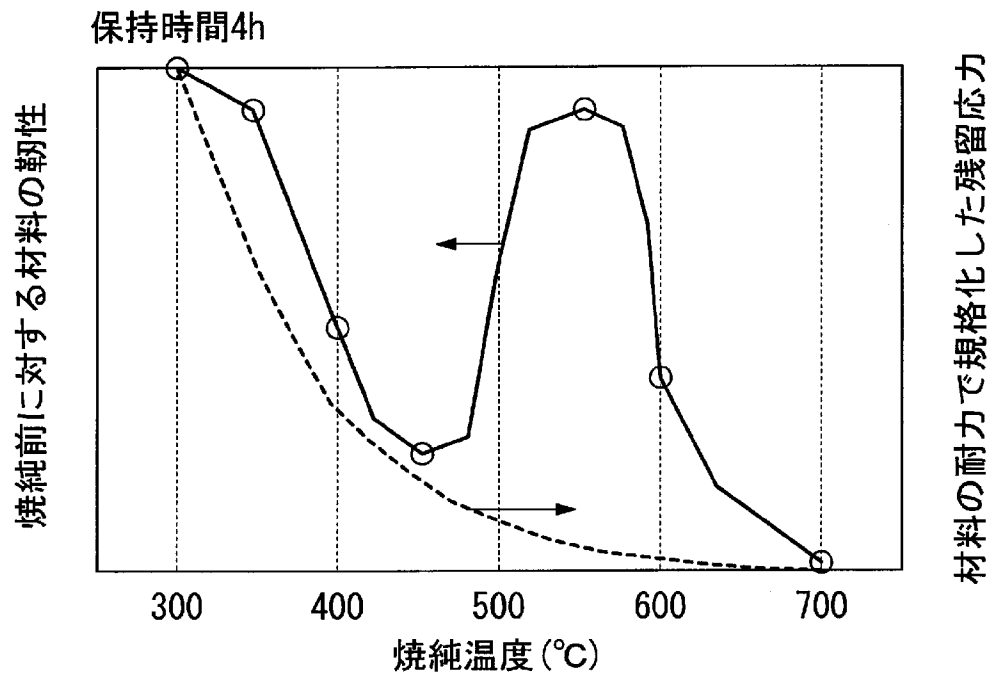
[図1]



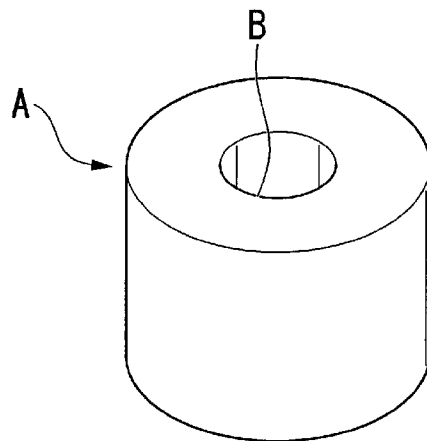
[図2]



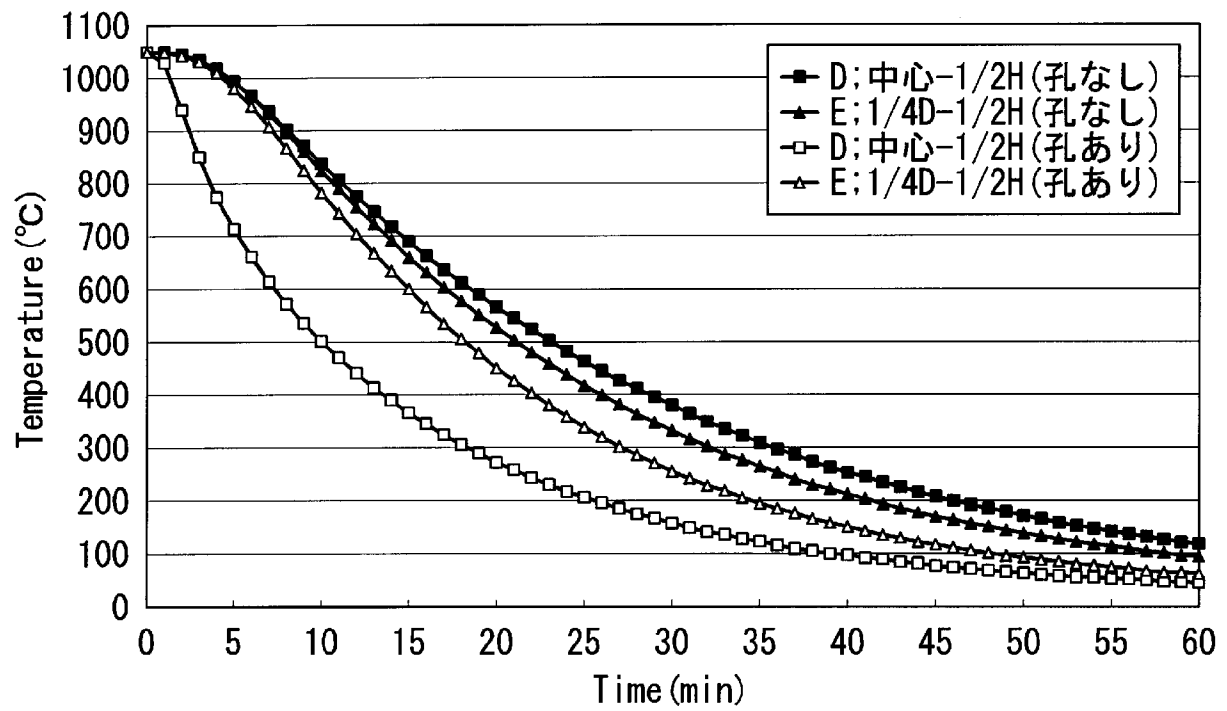
[図3]



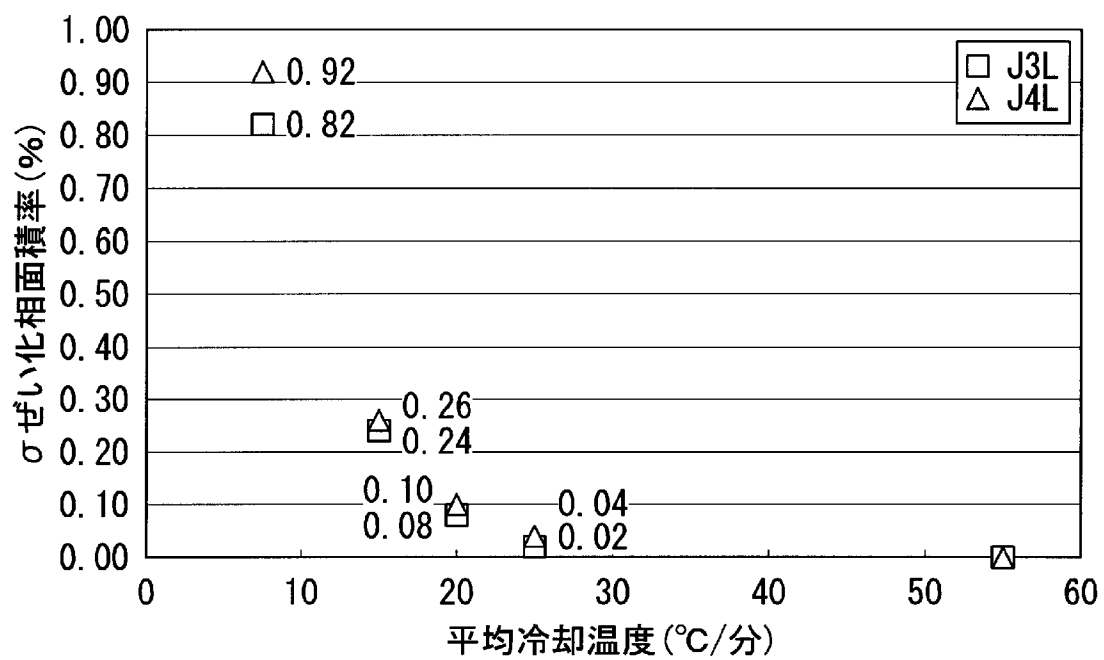
[図4]



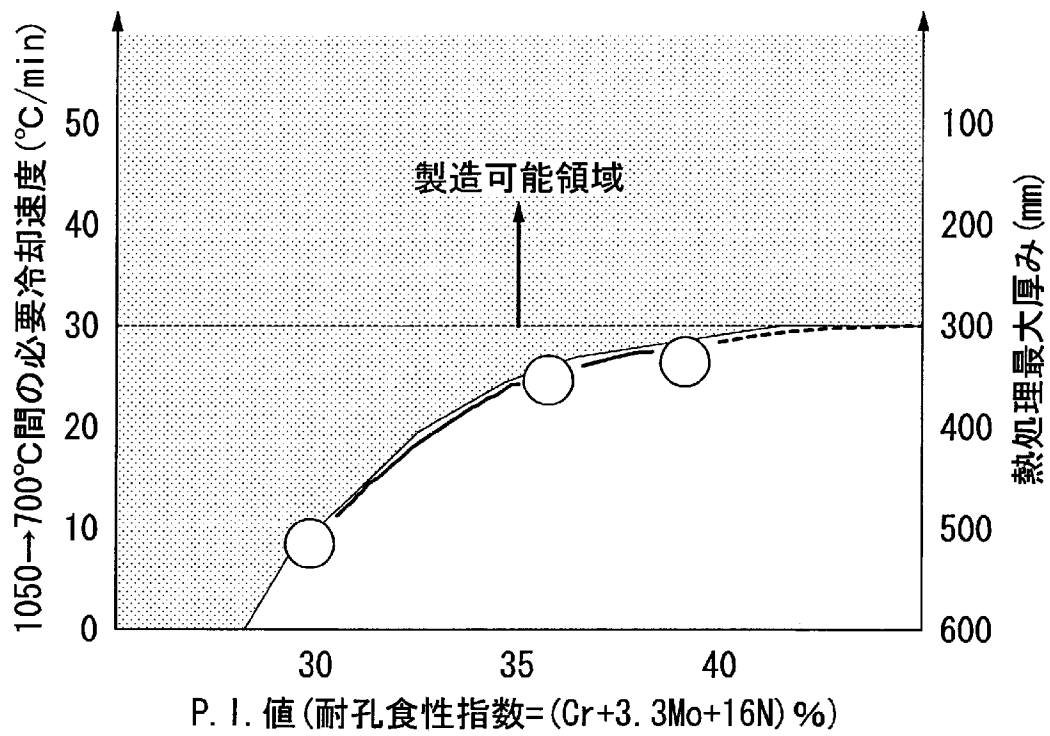
[図5]



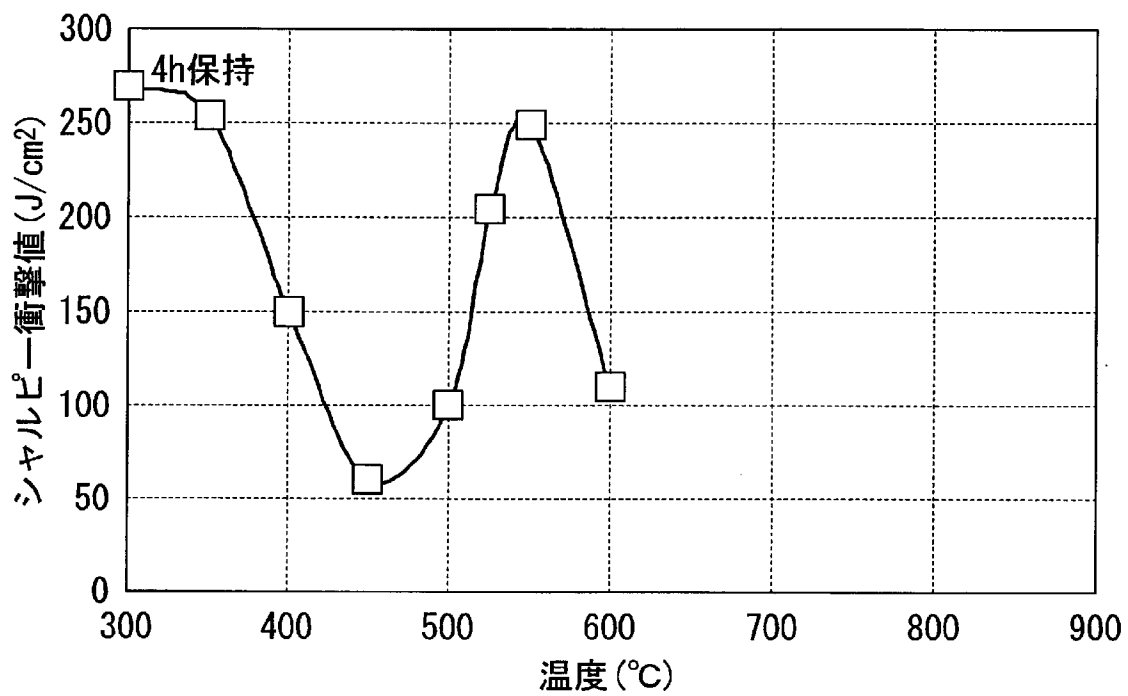
[図6]



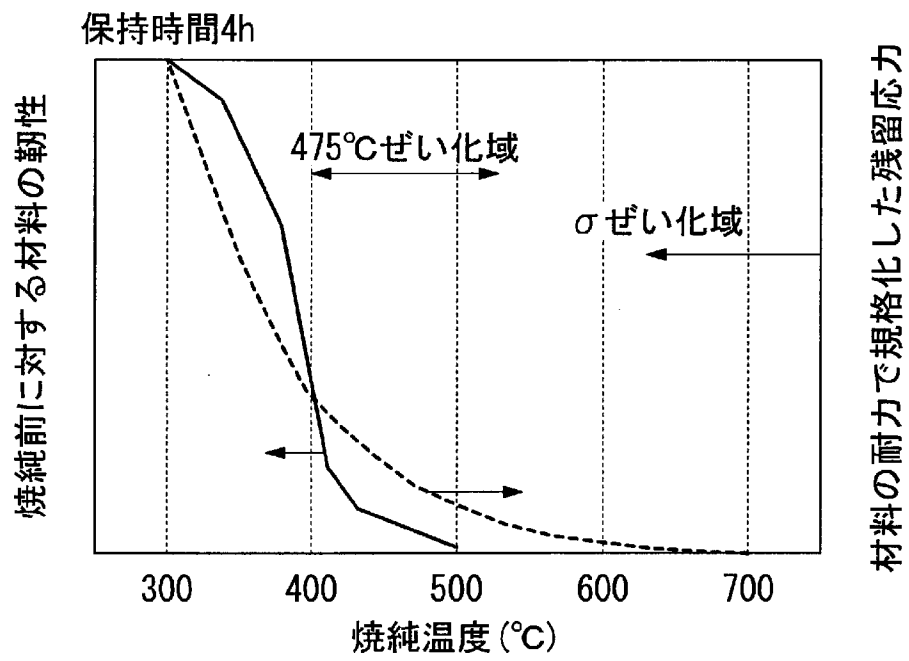
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060949

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D9/00(2006.01)i, C21D6/00(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, F04D29/28
(2006.01)i, F04D29/66(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)
C21D9/00, C21D6/00, C22C38/00, F04D29/28, F04D29/66

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5-302118 A (Kubota Corp.), 16 November 1993 (16.11.1993), claims; paragraphs [0004], [0031] (Family: none)	1, 2, 7-10, 15, 16
A		3-6, 11-14, 17
Y	JP 1-142019 A (Kubota Tekko Kabushiki Kaisha), 02 June 1989 (02.06.1989), claims; page 1, left column, lines 15 to 17; page 3, lower left column, line 8 to lower right column, line 16; table 2 (Family: none)	1-4, 7-12, 15, 16
A		5, 6, 13, 14, 17



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
02 August, 2011 (02.08.11)Date of mailing of the international search report
16 August, 2011 (16.08.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060949

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 56-108859 A (Kubota Tekko Kabushiki Kaisha), 28 August 1981 (28.08.1981), claims; page 1, left column, lines 14, 15; page 2, lower left column, line 3 to page 3, upper right column, line 5 (Family: none)	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17
Y A	JP 5-247592 A (Kubota Corp.), 24 September 1993 (24.09.1993), claims; paragraphs [0001], [0022] (Family: none)	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17
Y A	JP 3-122256 A (Hitachi Metals, Ltd.), 24 May 1991 (24.05.1991), claims; page 1, left column, line 15 to page 2, upper left column, line 1; page 3, upper right column, line 9 to lower left column, line 8 (Family: none)	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17
Y	JP 2004-520491 A (Research Institute of Industrial Science & Technology), 08 July 2004 (08.07.2004), claims 1, 14; paragraph [0095]; table 9 & US 2004/0050463 A1 & WO 02/088411 A1 & KR 2002-0083493 A & CN 1462318 A	1-4, 7-12, 15, 16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. C21D9/00(2006.01)i, C21D6/00(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, F04D29/28(2006.01)i, F04D29/66(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（I P C）） Int.Cl. C21D9/00, C21D6/00, C22C38/00, F04D29/28, F04D29/66			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X A	JP 5-302118 A（株式会社クボタ）1993.11.16, 【特許請求の範囲】、【0004】、【0031】（ファミリーなし）	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17	
Y A	JP 1-142019 A（久保田鉄工株式会社）1989.06.02, 特許請求の範囲、第1頁左欄第15-17行、第3頁左下欄第8行-右下欄第16行、第2表（ファミリーなし）	1-4, 7-12, 15, 16 5, 6, 13, 14, 17	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 0 2 . 0 8 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 1 6 . 0 8 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 相澤 啓祐 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	4 K 4 0 3 7

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 A	JP 56-108859 A (久保田鉄工株式会社) 1981. 08. 28, 特許請求の範囲、第 1 頁左欄第 1 4, 1 5 行、第 2 頁左下欄第 3 行―第 3 頁右上欄第 5 行 (ファミリーなし)	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17
Y A	JP 5-247592 A (株式会社クボタ) 1993. 09. 24, 【特許請求の範囲】、【0001】、【0022】 (ファミリーなし)	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17
Y A	JP 3-122256 A (日立金属株式会社) 1991. 05. 24, 特許請求の範囲、第 1 頁左欄第 1 5 行―第 2 頁左上欄第 1 行、第 3 頁右上欄第 9 行―左下欄第 8 行 (ファミリーなし)	1, 2, 7-10, 15, 16 3-6, 11-14, 17
Y	JP 2004-520491 A (リサーチ インスティテュート オブ インダストリアル サイエンス アンド テクノロジー) 2004. 07. 08, 【請求項 1】、【請求項 1 4】、【0095】、【表 9】 & US 2004/0050463 A1 & WO 02/088411 A1 & KR 2002-0083493 A & CN 1462318 A	1-4, 7-12, 15, 16