

(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  
2012年8月30日(30.08.2012)



(10) 国際公開番号  
WO 2012/114404 A1

- (51) 国際特許分類:  
B23K 31/02 (2006.01) F04D 29/60 (2006.01)  
B23K 1/00 (2006.01) B23K 103/04 (2006.01)  
F04D 29/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/006500
- (22) 国際出願日: 2011年11月22日(22.11.2011)
- (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 2011-035308 2011年2月22日(22.02.2011) JP  
特願 2011-035309 2011年2月22日(22.02.2011) 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): 横尾 和俊 (YOKO, Kazutoshi) [JP/JP]; 〒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). 田中 大助 (TANAKA, Daisuke) [JP/JP]; 〒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). 川田 大介

(KAWADA, Daisuke) [JP/JP]; 〒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). 新原 光史郎 (NIIHARA, Koshiro) [JP/JP]; 〒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). 高木 裕基 (TAKAGI, Hiroki) [JP/JP]; 〒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). 渡部 裕二郎 (WATANABE, Yujiro) [JP/JP]; 〒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). 中嶋 宏 (NAKAJIMA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒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).

- (74) 代理人: 大場 充, 外 (OBA, Mitsuru et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町1丁目4番3号 KMビル8階 大場国際特許事務所 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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING IMPELLER

(54) 発明の名称: インペラの製造方法

[図3]

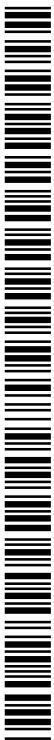
CC	BB 昇温過程				FF 昇温速度				II 昇温速度				KK 昇温速度				LL 昇温速度	MM 昇温速度	NN 昇温速度	OO 昇温速度
	温度	時間	温度	時間	温度	時間	温度	時間	温度	時間	温度	時間	温度	時間						
1	—	—	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	450	4	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	550	4	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	650	4	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	750	4	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	850	4	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	900	4	—	—	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	900	4	800	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	900	4	700	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	900	4	600	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	900	4	500	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	900	4	400	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	900	4	300	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14	900	4	200	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15	900	4	100	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
16	900	4	0	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
17	900	4	0	4	125	60	1300	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
18	600	4	900	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
19	600	4	800	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	600	4	700	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21	600	4	600	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
22	600	4	500	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
23	600	4	400	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
24	600	4	300	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
25	600	4	200	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
26	600	4	100	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	600	4	0	4	90	60	1000	1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

FIG. 3:  
AA Temperature rising process  
BB First intermediate retention  
CC Temperature  
DD Retention time  
EE Second intermediate retention  
FF Temperature rising rate  
GG Before second intermediate retention  
HH After second intermediate retention  
II Retention process (solid solution heat treatment)  
JJ Time  
KK Temperature dropping process  
LL Temperature dropping rate  
MM Retention during temperature dropping  
NN Brazing evaluation  
OO Note  
PP First intermediate retention, evaluation of temperature  
QQ Second intermediate retention, evaluation of temperature  
RR Temperature rising rate before second intermediate retention  
SS Temperature rising rate after second intermediate retention  
TT Temperature dropping process, evaluation of temperature dropping rate

(57) Abstract: The present invention relates to a method of manufacturing an impeller, comprising subjecting an assembly, which comprises at least two impeller constituent members and a brazing material comprising a Ni-containing Au alloy and arranged at a joint part between the impeller constituent members, to a thermal cycle. In the present invention, for the purpose of manufacturing an impeller by a brazing process while securing the toughness of a joint part, the temperature rising process in the thermal cycle is so adapted that the temperature rising rate is 20-100°C/hr. and a first intermediate retention and a second intermediate retention each retaining the temperature at a specific temperatures are involved, wherein the first intermediate retention is carried out in a temperature range of 500-850°C, the second intermediate retention is carried out in a temperature range of 850-950°C (but 850°C is excluded), and the temperature rising after the second intermediate retention and in a temperature range higher than 950°C is carried out at a rate that is lower than that employed before the second intermediate retention.

(57) 要約: 本発明は、少なくとも2つのインペラ構成部材の接合部分にNiを含有するAu合金からなるろう材を配置した組付け体に熱サイクルを施すインペラの製造方法に関する。継手部分の靱性を確保しながらインペラをろう付け法により得るために、本発明では、当該熱サイクルの昇温過程を、昇温速度が20~100°C/hr.であると

もに、温度を維持する第1の中間保持と第2の中間保持が備えられ、第1の中間保持は500~850°Cの温度域で行われ、第2の中間保持は850~950°Cの温度域(ただし、850°Cを含まず)で行われ、また、第2の中間保持の後の950°Cを超える温度域では、第2の中間保持の前よりも遅い速度で昇温が行われる昇温過程とした。



WO 2012/114404 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, RW, 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： インペラの製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、遠心圧縮機、その他の回転機械に用いられるインペラ（回転翼）の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 例えば遠心圧縮機のインペラ10は、図7（a）（b）に示すように、図示しない遠心圧縮機の回転主軸に内周側に設けられる軸孔16を介して固着され、片面が先薄に湾曲するディスク11と、ディスク11の湾曲面と対峙する形状のカバー12と、ディスク11とカバー12の湾曲面間を渦形に仕切るように設けられる多数のブレード13とにより構成されている。

このインペラ10は、ディスク11と、カバー12と、ブレード13とを、個別に製作し相互に接合し組付ける3ピース型と呼ばれるもの、カバー12とブレード13（または、ディスク11とブレード13）とを一体に作製し、これとは個別に作製されたディスク11（または、カバー12）とを接合する2ピース型と呼ばれるものがある。3ピース型及び2ピース型のいずれのインペラ10も、接合は溶接又はろう付けにより行われる。接合を溶接又はろう付けのいずれかで行うかは、インペラ10のサイズ、強度等によって定められる。なお、図7（a）（b）に示すインペラ10は、2ピース型を示しており、ディスク11と、ブレード13と一体に作製されたカバー12とが、ろう付け部14により接合されている例を示している。

[0003] ろう付けによる接合は、接合すべき部材間（例えば、ディスク11とブレード13の間）に、例えばAu-Ni合金からなるろう材を介在させた状態で、ろう材の溶融温度以上のろう付け温度まで昇温し、定められた時間の保持を経て冷却する、という熱サイクルを有している。

ろう付けによる接合には以下の利点がある。

ろう付け温度とインペラ10を構成する材料（析出硬化型ステンレス鋼）

の固溶化熱処理の温度を同温度域とすることができるので、ろう付けのための熱処理と固溶化熱処理とを兼ねることができる。

また、溶接により作製されるインペラ10に比較し、変形が少なく、アンバランスも少ない。

さらに、真空下でろう付け処理がなされるため、処理後のインペラ10の表面は清浄化され、後に酸化皮膜を除去する工程を削減できるとともに、要求される寸法精度を確保しやすい。

[0004] このような利点を有するろう付けによるインペラの製造方法が、特許文献1に開示されている。

ろう材の液相よりもわずかに低い温度で焼入れ処理を始めていたが、これではろう付け接合部の強度が不十分であり、その結果、ろう付け接合部にクラックが入ることがある、というそれまでのろう付け方法の問題を解消することを、特許文献1は目的としている。

特許文献1は、その図1に代表例が示されるろう付け熱サイクルを提案している。当該図1において、ろう材の液相または液相線温度、約華氏1850度(1010℃)まで約6時間かけてろう付けされる組付け体を加熱し、その温度で約1時間保持する。この昇温の過程の華氏1200度(650℃)の温度で約1時間の保持を行っている。さらに、ろう付け組付け体を約2時間かけて約華氏1300度(704.4℃)まで冷却し、その後、組付け体を約華氏350度(176.7℃)の温度まで1時間かけて下げてガス焼入れする。この熱サイクルにより、回転翼組付け体は熱誘導歪みを示さず、ろう付け接合部すべてが堅固であり、クラックが生じなかったことを、特許文献1は述べている。なお、特許文献1は、インペラの各部材を構成するステンレス鋼としてJIS SUS630を、また、ろう材として80%~85%の金(Au)と15%~20%のニッケル(Ni)とを含有する合金(以下、Ni-Au合金と略記することがある)を推奨している。本願明細書において、%は質量を意味する。

**先行技術文献**

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特表2003-531731号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 以上のように、特許文献1によると、クラックを生じさせることなくインペラをろう付け法により作製できるとされている。

ところが、特許文献1の熱サイクルによるろう付けを行った場合に、ろう材を介して接合されているはずのディスク11とブレード13の間に熱処理中の発生温度差によりギャップが生じる可能性があることが判明した。このギャップが生じている部分はろう材を介した接合がなされていない（ろう付け不良）ことになるので、ギャップの発生が顕著なインペラは不良品として扱われるか、改めてろう付けが行われる。

本発明は、このような課題に基づいてなされたもので、ろう付け不良を低減できるインペラ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] 本発明者らはろう付け不良の原因を究明するために、いくつかの方向から検討を行った。そうしたところ、ろう付けの熱サイクルの過程において、インペラに温度分布が生じていることが確認された。インペラ内に温度分布が生じると、それに応じて生じた熱変形量の差異によって接合界面の間隙が拡張されることがある。熱サイクルで溶融したろう材は毛細管現象により当該間隙に保持されるが、この間隙が拡がりすぎると、保持がかなわなくなったろう材が外部に漏れ出てしまう。

そこで本発明者らは、当該間隙の拡張を抑えることに着目して検討を加えることで、以下の通りの本発明を着想した。

[0008] 第1の発明は、少なくとも2つのインペラ構成部材の接合部分にろう材を介在させた組付け体に熱サイクルを施して接合するインペラの製造方法に関するものであり、この熱サイクルに特徴を有している。

第1の発明による熱サイクルは、保持温度まで温度を上げる昇温過程Ⅰと、ろう材の溶融温度以上の温度域の保持温度で保持を行う保持過程ⅠⅠと、保持温度から室温まで温度を下げる降温過程ⅠⅠⅠと、を備えている。

昇温過程は、昇温速度を $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{h r.}$ とする。

昇温過程において、温度を維持する、第1の中間保持と第2の中間保持を設ける。第1の中間保持は $500\sim 850^{\circ}\text{C}$ の温度域で行われる。第2の中間保持は $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ の温度域（ただし、 $850^{\circ}\text{C}$ を含まず）で行なわれる。

また、昇温過程において、第2の中間保持の後の $950^{\circ}\text{C}$ を超える温度域では、第2の中間保持の前よりも遅い速度で昇温を行う。ただし、このときの速度も $20\sim 200^{\circ}\text{C}/\text{h r.}$ の範囲内にあることを前提とする。

第1の発明の保持過程における保持温度は、 $1000\sim 1050^{\circ}\text{C}$ の範囲から選択される。

[0009] 第1の発明の降温過程において、降温速度を $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{h r.}$ とし、保持温度から $950^{\circ}\text{C}$ までは、それ以下の降温速度よりも遅い速度で降温されることが、第1の発明の目的を達成する上で好ましい。

[0010] また、本発明者は、接合界面の間隙の拡張を抑えることに着目してさらに検討を加えたところ、インペラの温度分布は、主にインペラの内周側と外周側とで生じていることがわかった。具体的には、インペラの内周側の温度が、外周側の温度よりも低くなっている。これは、通常、インペラをろう付けする加熱炉には加熱炉の内側にのみヒータが備えられているため、ヒータから遠いインペラの内周側はヒータから近い外周側に比べて温度が上昇しにくいからである。また、ろう付け熱サイクルに要する時間を短縮することが望まれる。そこで本発明者は、インペラ（組付け体）の内周側の温度上昇を補完しつつ、ろう付け熱サイクルの時間を短縮するべく以下の通りの本発明を着想した。

[0011] 第2の発明は、少なくとも2つのインペラ構成部材の接合部分にろう材を配置した組付け体に、保持温度まで温度を上げる昇温過程Ⅰと、ろう材の溶

融温度以上の温度域の保持温度で保持を行う保持過程 I I と、保持温度から室温まで温度を下げる降温過程 I I I とを備える熱サイクルを施して接合するインペラの製造方法に関するものであり、組付け体の内周側から組付け体を加熱する第 1 加熱体を配置した状態で熱サイクルを施すことに特徴を有している。

組付け体の内周側から組付け体を加熱する第 1 加熱体を配置することで、組付け体の内周側と外周側の温度分布が低減され、接合界面の間隙の拡張を抑えることができる。したがって第 2 の発明によると、ろう付けを良好に行うことが可能となる。

[0012] 第 2 の発明の第 1 加熱体は、組付け体を鉛直方向の下方から支持する第 2 加熱体と一体的に設けられていることが好ましい。

組付け体の内周側に加えて、熱サイクルの過程でヒータからの熱を受けにくい組付け体の下面側へ積極的に熱を供給するための第 2 加熱体を用いることが好ましいが、この第 2 加熱体と第 1 加熱体とを一体的に構成することにより、組付け体に対して第 1 加熱体及び第 2 加熱体を配置する作業が容易になる。

[0013] 組付け体に対して第 1 加熱体の高さが低ければ、第 1 加熱体から組付け体に与えられる熱量が少ないために、温度分布低減の効果が十分に得られなくなるおそれがある。一方、組付け体に対して第 1 加熱体の高さが高すぎても、温度分布低減の効果をそれ以上得ることができない。そこで、第 2 の発明の第 1 加熱体は、 $0.5 h_2 \leq h_1 \leq 2.0 h_2$  を満足することが好ましい。但し、 $h_1$  は第 1 加熱体の高さ、 $h_2$  は組付け体の高さとする。

### 発明の効果

[0014] 第 1 の発明によれば、ろう付け熱サイクルの昇温過程の昇温速度を制御するとともに、中間保持を設けることで、構成部材の熱変形によるろう付け界面にギャップが生じるのを回避し、ろう材不良を抑制する。

また、第 2 の発明によれば、インペラの構成部材からなる組付け体にろう付け熱サイクルを施す際に、組付け体を内周側から加熱する加熱体を配置し

ておくことで、構成部材の熱変形によりろう付け界面の間隔が広がるのを抑え、ろう材不良を抑制する。また、加熱体を配置してろう付け熱サイクルを施すことにより、昇温過程の昇温速度を増加させることが可能となり、ろう付け熱サイクルを短時間で行うことができる。

### 図面の簡単な説明

- [0015] [図1]第1実施形態および第2実施形態におけるインペラの製造工程を示すフローチャートである。
- [図2]第1実施形態におけるろう付け（固溶化熱処理）時の熱サイクルの1パターンを示す図である。
- [図3]第1実施形態におけるろう付け（固溶化熱処理）時の熱サイクルを変動させて得た試料のろう付け状況の観察結果を示す表である。
- [図4]第2実施形態における加熱炉内に収容された組付け体と加熱治具を示す断面図である。
- [図5]第2実施形態におけるろう付け（固溶化熱処理）時の熱サイクルの1パターンを示す図である。
- [図6]第2実施形態におけるろう付け（固溶化熱処理）時の熱サイクルを変動させて得た試料のろう付け状況の観察結果を示す表である。
- [図7]遠心圧縮機のインペラの一例を示し、（a）は平面図、（b）はインペラのブレード沿いの半断面図である。

### 発明を実施するための形態

- [0016] 以下、実施形態に基づいて詳細に説明する。なお、以下説明する一連の工程を図1に示しているので、参照願いたい。

本実施形態は、第1実施形態および第2実施形態ともに、図7（a）（b）に示す2ピース型のインペラを例にして説明する。ただし、ブレード13をディスク11と一体に形成される2ピース型のインペラ、あるいはブレード13とディスク11とカバー12が個別に作製された後に相互が接合される3ピース型のインペラを製造する場合にも本発明を適用できることは言うまでもない。



## [0017] 1. 第1実施形態

## ＜カバー用、ディスク用の素材＞

ディスク11用、カバー12用の素材が各々用意される。この素材は、棒状の鋼材として提供される。この素材は、基本的にはSUS630で規定される以下の化学組成（質量％）を有している。SUS630は、固溶化熱処理によりCuを基地中に固溶させ、その後の時効硬化熱処理により微細なCu-Ni金属間化合物を析出させることにより鋼の強度を向上させる析出硬化型のステンレス鋼である。なお、以下の元素以外に、SUS630の特性を向上させ得る元素を含んでいてもよい。

## [0018] ＜SUS630 化学組成（参考値）＞

Cr ; 15.5%～17.5%（好ましくは15.5%～17.0%）

Ni ; 3.0%～5.0%（好ましくは3.5%～4.5%）

Cu ; 3.0%～5.0%（好ましくは3.0%～4.0%）

Nb+Ta ; 0.15%～0.40%（好ましくは0.3%～0.40%

）

C ; 0.07%以下

Si ; 1.0%以下

Mn ; 1.0%以下

P ; 0.004%以下

S ; 0.03%以下

残部 ; Feおよび不可避不純物

## [0019] ＜鍛造一切削＞

ディスク11用、カバー12用の素材は、各々鍛造、切削により、ディスク11、カバー12の形状に加工される。ディスク11の径方向の中心には、軸孔16が形成される。例えば、遠心圧縮機の回転主軸がこの軸孔16に嵌合される。カバー12はブレード13を一体的に備えているものであるから、ブレード13を形成するために切削加工が施される。

## [0020] ＜組付け＞

各々作製されたディスク11と、ブレード13が一体のカバー12と、を各々の接合面側を突き合わせて組付け体を得る。なお、カバー12はブレード13側をディスク11の接合面側に対向させる。この突合せ面には、ろう材を配置させる。この際、ろう付け後のろう材の厚さを確保するために、ディスク11とカバー12の突合せ面における間隔を保持するように治具を用いることができる。

[0021] <ろう材>

本実施の形態で用いられるろう材は、AuをベースとしてNiを含む合金である。この金ろう材は、15~20%のNiを含み、残部がAu及び不可避不純物からなる。この組成範囲とすることにより、母材（ディスク11及びブレード13）に対する濡れ性が良好であり、かつ、高い接合強度を得ることができる。この金ろう材は、融点（液相線温度）がSUS630の固溶化熱処理の保持温度よりも低い900~1050℃程度のものを用いる。この金ろう材は、好ましくは16~19%Ni-81~84%Au、より好ましくは17.5~18.5%Ni-81.5~82.5%Auの化学組成を有する。この金ろう材は、典型的には18%のNi-Auの組成を有し、900~1000℃程度の融点を有している。

ディスク11とカバー12の突合せ面に介在されるろう材の形態は任意である。例えば、薄片、薄帯、線状材、粉末、ペーストの形態など、ろう付けにおいて公知のいずれのものであってもよい。ただし、継手部分の靱性を確保するために設定されるろう付け後のろう材の厚さを満足できるものである必要がある。

[0022] <熱処理（ろう付け熱サイクル）>

ディスク11とカバー12（ブレード13）をろう材を介して組み付けた後に、組付け体を加熱炉内に挿入して熱処理を行う。熱処理は、図1にも示されるように、固溶化熱処理と時効硬化熱処理の2段からなり、真空下で行われる。ろう付け熱サイクルは、この固溶化熱処理と兼ねて行われる。以下では、ろう付け熱サイクルと総称する。時効硬化熱処理は、ろう付け熱サイ

クル（固溶化熱処理）が終了した後に行うことができるし、ろう付け熱サイクルの降温過程で行うこともできる。以下、一連の熱処理の好適な条件を説明する。

[0023] [ろう付け熱サイクル]

ろう付け熱サイクルは、図2に示すように、昇温過程（I）、保持過程（II）及び降温過程（III）に区分することができる。

昇温過程は、通常、室温から開始され、保持温度まで炉内（組付け体）の温度を上げる。

[昇温過程]

第1実施形態は、この昇温過程の昇温速度を $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ とする。昇温過程に組付け体の中に温度分布を生じさせないか、生じたとしてもろう材が接合界面から漏れ出さない程度に抑えるためである。

組付け体に温度分布を生じさせないためには昇温速度を遅くすればいいが、遅すぎるとろう付け熱サイクルに時間がかかりすぎてインペラ10の製造コストを上げてしまう。また、遅い昇温速度を制御するのは容易ではなく、加熱炉を高価なものにする必要がある。したがって、昇温速度は $20^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ 以上とする。好ましい昇温速度の下限は $30^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ 、さらに好ましい昇温速度の下限は $50^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ である。

一方、昇温速度が速くなると、組付け体に生じる温度分布が大きくなるので、第1実施形態では昇温速度の上限を $100^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ 以下に設定する。好ましい昇温速度の上限は $80^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ 、さらに好ましい昇温速度の上限は $70^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ である。

昇温過程に要する時間は、昇温速度、次に説明する中間保持に要する時間、あるいはインペラ10のサイズに起因するので一義的に定めることはできないが、インペラ10の製造コストをも考慮すると、50時間以下にすることが望まれる。

[0024] 以上の昇温速度は、昇温過程の全域に適用されるものである。つまり、昇温を開始した時点から、保持温度（保持過程）に達するまでの間に適用され

る。ただし、この昇温速度は、次に説明する中間保持の間は適用されない。また、昇温速度は一定である必要はなく、 $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ の範囲で変動させることができる。典型的には、 $900^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ を超える温度域では、それ以下の温度域よりも遅い昇温速度を選択すること、が掲げられる。

[0025] [中間保持]

昇温過程において、温度を維持する、第1の中間保持と第2の中間保持を設ける。なお、第1の中間保持と第2の中間保持を、中間保持、と総称する。第1の中間保持は $500\sim 850^{\circ}\text{C}$ の温度域で行われる。第2の中間保持は $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ の温度域（ただし、 $850^{\circ}\text{C}$ を含まず）で行われる。なお、第1の中間保持と第2の中間保持を合わせて、中間保持、と総称する。

上述したように、昇温過程において組付け体に温度分布を生じさせないために、昇温速度を $100^{\circ}\text{C}/\text{hr.}$ 以下に設定するが、これだけでは温度分布を回避するには十分では

ない。そこで第1実施形態では、中間保持を導入して、組付け体を均一な温度分布に近づける。

[0026] 第1実施形態では、中間保持を第1の中間保持と第2の中間保持から構成する。このように二段階の中間保持を設けるのは、いずれか一方のみでは、ろう付け不良の抑制が不十分なためである。すなわち、昇温過程において、相対的に温度が高くなるほど組付け体に生じる温度分布は大きくなるので、高い温度域に中間保持を設けることは組付け体の温度均一化にとって有効である。しかし、相対的に低い温度域で組付け体に温度分布が生じてしまうと、その時点で接合界面にギャップが生じてしまい、高い温度域で温度均一化を図ったとしても、昇温工程における変形によりろう付け面ギャップの増大および設置ろう材の位置ずれ等により、適正なろう付けが行えないこととなる可能性がある。特に、SUS630のように析出硬化型のステンレス鋼は、時効温度を超えると急激に強度が低下して変形しやすくなるので、昇温過程で時効温度を通過する際に、ギャップが拡大するおそれがある。第1実施形態は、このような観点から、第1の中間保持と第2の中間保持を二段階に

している。

[0027] 第1の中間保持は、500℃未満の温度では組付け体の温度分布が小さいために、中間保持を行ってもそれに見合う効果が得られない。また、850℃を超えてしまうと、上述した相対的に低い温度でのギャップ低減の効果が得られない。そこで、第1の中間保持は500～850℃の温度域で行う。第1の中間保持は、好ましくは550～750℃の温度域で行い、さらに好ましくは550～700℃の温度域で行う。

第1の中間保持における保持時間は、組付け体のサイズなどに応じて定められるべきであるが、短時間では温度均一化の効果が不十分であり、また、温度均一化はインペラの単位板厚当たりに対してほぼ一定の時間で達成されることから、インペラの厚さを考慮し1～10時間程度に設定している。この保持時間は、第2の中間保持についても同様である。

第1の中間保持は、異なる温度で2段階又はそれ以上の保持を行うことを許容する。また、第1の中間保持を行うことを前提として、500℃未満の温度域で保持を行うことを第1実施形態では許容する。

[0028] 第2の中間保持は、850℃以下の温度では上述した相対的に高い温度でのギャップ低減の効果が得られない。また、950℃を超えてしまうと、ろう材の溶融が始まってしまい、保持をする意味が小さくなる。そこで、第2の中間保持は850～950℃の温度域（ただし、850℃を含まず）で行う。第2の中間保持は、好ましくは860～940℃の温度域で行い、さらに好ましくは880～920℃の温度域で行う。

第2の中間保持も、異なる温度で2段階又はそれ以上の保持を行うことを許容する。

[0029] [徐加熱]

第2の中間保持の後から保持過程に移行するまでは、昇温速度を、第2の中間保持より前の昇温速度よりも遅くする。第2の中間保持の後にはろう材が溶融し始めているので、組付け体に温度分布を生じさせないために、できるだけ昇温速度を抑えるのである。ただし、この場合の昇温速度も20～10

0°C/h r.の範囲から選択されることは守られる。

[0030] [保持過程（固溶化熱処理）]

保持過程は、母材（インペラ10）を保持して固溶化熱処理する機能とともに、ろう材を溶融させる機能を備えている。

保持過程における保持温度は、1000～1050°Cの範囲から選択される。この保持温度の範囲は、基本的には、SUS630の熱処理を規定するJIS G4303に準じている。

[0031] [降温過程]

保持過程の後の降温過程（冷却過程）は、昇温過程と同様に組付け体の温度分布を抑えるために、20～100°C/h r.の範囲の速度とすることが好ましい。また、この冷却速度であれば、SUS630においてCuを基地中に固溶させるという固溶化熱処理の目的を達成できる。

この降温過程において、保持温度から950°Cまでは、それ以下の降温速度よりも遅い速度で降温されることが好ましい。これは、昇温過程において、950°Cを超える温度域でそれ以前よりも遅い速度で昇温することと同じ趣旨である。この趣旨をより明確にするために、950°C近傍、具体的には900～1000°Cの範囲で0.5～2時間の保持を設けることもできる。

また、降温過程において、発生応力が、ろう材強度以下となり、損傷無く、変形が許容内となる温度域（たとえば600°C以下）まで温度が下がった後には、冷却用のガスを供給するなどして、降温速度を100°C/h r.以上にすることもできる。

[0032] 上述した金ろう材は、融点が900～1050°Cであるから、降温過程も含めた固溶化熱処理の過程で、ろう材は溶融・凝固してディスク11とカバー12をろう付けする。なお、組織をマルテンサイト化するためにはMf点（マルテンサイト変態終了温度）まで低下させる必要があり、その温度は組成及び冷却速度に依存するがMf点は約32°Cであり、保持後はこの温度Mf点以下に冷却する必要がある。

[0033] <時効硬化熱処理>

以上で、ろう付け（固溶化熱処理）が終わると、次いで、時効硬化熱処理を行う。

時効硬化熱処理は、JIS G4303に準じて行う。JIS G4303は、得たい引張強度、耐力に応じて時効硬化熱処理の温度を区分しているが、本発明はいずれの温度も採用できるし、JIS G4303で規定される温度域の間の温度を採用することもできる。

[0034] <実験例>

図7(a)(b)に示す形態のディスク11と、ブレード13が一体的に形成されたカバー12とを用意し、ディスク11とブレード13との間にろう材（厚さ：100 $\mu$ m）を介在させて、種々の条件でろう付け（固溶化熱処理）を行い、その後、ろう付けの状態を水深超音波探傷で確認し、以下の基準で評価した。

○：ろう付け不良観察されず           △：ろう付け不良が点在

×：ろう付け不良が散在

用いたディスク11、カバー12（ブレード13）を構成する鋼材の化学組成及びろう材の組成は以下の通りである。また、ろう付け（真空下）の条件は、図3に示すとおりである。

[0035] 鋼材の化学組成（JIS SUS630準拠）：

Cr；15.5%、Ni；4.3%、Cu；3.5%、Nb+Ta；0.35%  
C；0.05% Si；0.25%、Mn；0.8%、P；0.0035%、S；0.007%

残部；Feおよび不可避不純物

ろう材の組成：18%Ni－82%Au

[0036] 以上の結果に基づいて、本発明者らは、ろう付け（固溶化熱処理）時の熱サイクルの条件を本発明のように特定した。

[0037] 2. 第2実施形態

次に、第2実施形態について、添付図面に基づいて説明するが、上述の第1実施形態と同一又は同様な部材、部分には同一の符号を用いて説明を省略

する。

[0038] <組付け体と加熱治具>

第1実施形態と同様の材料を用いて、第1実施形態と同様の方法で形成されたディスク11とカバー12（ブレード13）をろう材を介して組み付けて組付け体15を得る。組付け体15は、図4に示すように、加熱治具20に配置された状態で、熱処理を行う加熱炉1に收容される。なお、本実施の形態において、以下に記載される組付け体15の軸孔16は、ディスク11の軸孔16と同じものである。また、組付け体15の軸孔16に近い側が組付け体15における内周側であり、遠い側が外周側である。

[0039] 加熱治具20は、図4に示すように、組付け体15の軸孔16に挿入される円筒状の第1加熱部（第1加熱体）21と、第1加熱部21と一体的に設けられ、組付け体15を鉛直方向の下方から支持する円盤状の第2加熱部（第2加熱体）22と、からなる。

加熱治具20は、熱伝導率の高いカーボンにより構成され、後述する熱サイクルの際に加熱炉1の内側炉壁2に設けられたヒータ（図示無し）から発生される熱により加熱される。加熱された第1加熱部21は、組付け体15を内周側から加熱する。

加熱治具20は、第1加熱部21と第2加熱部22をそれぞれ別個に作製しておき、後にこれらを接合して一体化することもできるし、第1加熱部21と第2加熱部22とを当初から一体として作製することもできる。

また、加熱治具20を構成する材料として、カーボンの他に1000℃以上の耐熱性を有する金属材料を用いることもできる。

[0040] 加熱治具20のサイズは、配置される組付け体15のサイズによって適宜調整されるが、第1加熱部21の高さ（ $h_1$ ）が、組付け体15の鉛直方向高さ（ $h_2$ ）の0.5倍以上であることが好ましい。 $h_1$ が $h_2$ の0.5未満であると、加熱炉1のヒータの熱が組付け体15に遮られ第1加熱部21の温度が上昇しにくく、組付け体15を内周側から十分に加熱することができない。



これに対して、 $h_1$ を高くして、例えば、図4に示すように、第1加熱部21を組付け体15の軸孔16から突出するように構成すると、加熱炉1のヒータから熱を直接的に受けるため、第1加熱部21がより高温に加熱される。加熱された第1加熱部21は、組付け体15を内周側から加熱する。このように、第1加熱部21が組付け体15の内周側を加熱することにより、組付け体15の内周側と、加熱炉1のヒータにより加熱される組付け体15の外周側との温度分布をより均一なものとすることができる。温度分布がより均一となることで、組付け体15における熱変形量の差異が低減され、ディスク11とカバー12（ブレード13）の接合界面の間隙の拡張が抑制される。その結果、ろう材をその接合界面に維持することが可能となり、ディスク11とカバー12を良好にろう付けすることができる。また、第1加熱部21より組付け体15を内周側から加熱するため、熱サイクルの昇温速度を速くしても、組付け体15に温度分布が生じにくい。したがって、熱サイクルの昇温速度を速めることができ、熱サイクル全体の所要時間が短縮されるため、製造コストを削減することができる。

ただし、第1加熱部21が高すぎても、温度分布低減の効果をそれ以上得ることができない。また、組付け体15を加熱治具20に配置する作業が容易でなくなるとともに、加熱治具20自体の製造コストも上昇する。したがって、第1加熱部21の高さは、 $0.5h_2 \leq h_1 \leq 20h_2$ 、より好ましくは $h_2 \leq h_1 \leq 10h_2$ を満たすように構成するのがよい。

[0041] また、第1加熱部21は、組付け体15の軸孔16に挿入されたときに、組付け体15に接触しないように構成することが好ましい。第1加熱部21が組付け体15に接触すると、第1加熱部21を構成するカーボンなどの材料が組付け体15の表層に移動して、組付け体15に組成変化が生じる恐れがあるためである。一方で、第1加熱部21の径が小さすぎると、加熱炉1のヒータに露出される第1加熱部21の表面積も小さくなり、組付け体15を内周側から十分に加熱することができない。したがって、第1加熱部21の径方向のサイズは、第1加熱部21の径を $R_1$ 、軸孔16の径を $R_2$ とする

と、 $0.4 R_2 \leq R_1 < R_2$ 、より好ましくは、 $0.8 R_2 \leq R_1 < 0.95 R_2$ を満たすように構成するのがよい。

[0042] 第2加熱部22は、組付け体15の外径と同じか、それ以上の径を有するように構成することが好ましい。これにより、組付け体15を安定的に支持するとともに、組付け体15の外周側の熱変形（反り）を一定程度抑えることが可能となる。第2加熱部22の厚さは、第1加熱部21の高さ（ $h_1$ ）および加熱炉1のサイズに応じて適宜調整される。

[0043] <組付け体の加熱治具への配置>

組付け体15の軸孔16に加熱治具20の第1加熱部21を挿入し、組付け体15を加熱治具20に配置する。このとき、第2加熱部22と組付け体15との間には、後述する保持温度で安定的なセラミック等からなるスペーサ（図示無し）を介在させることができる。組付け体15を第2加熱部22に直接載置すると、第2加熱部22を構成するカーボンなどの材料が組付け体15の表層に移動して、組付け体15の組織（組成）変化が生じる恐れがあるためである。

なお、組付け体15は、ディスク11側が上方に位置するように加熱治具20に配置されるが、カバー12側が上方に位置するようにしてもよい。

[0044] <熱処理（ろう付け熱サイクル）>

このように加熱治具20に配置された組付け体15を加熱炉1内に挿入し、熱処理を開始する。熱処理は、図1にも示されるように、固溶化熱処理と時効硬化熱処理の2段からなり、第2実施形態における固溶化熱処理は真空下、時効硬化熱処理は真空または大気圧相当で行われる。ろう付け熱サイクルは、この固溶化熱処理と兼ねて行われる。以下では、ろう付け熱サイクルと総称する。時効硬化熱処理は、ろう付け熱サイクル（固溶化熱処理）が終了した後に行うことができる。以下、第2実施形態における一連の熱処理の好適な条件を説明する。

[0045] [ろう付け熱サイクル]

ろう付け熱サイクルは、図5に示すように、昇温過程（I）、保持過程（I

I) 及び降温過程 (III) に区分することができる。

昇温過程は、通常、室温から開始され、保持温度まで加熱炉 1 内 (組付け体 15 および加熱治具 20) の温度を上げる。

[昇温過程]

第 2 実施形態は、加熱治具 20 を用いることにより、第 1 実施形態の昇温過程の昇温速度の範囲よりも高い  $100 \sim 400^\circ\text{C}/\text{hr.}$  の範囲で昇温速度を設定しても、昇温過程に組付け体 15 の中に温度分布を生じさせないか、生じたとしてもろう材が接合界面から漏れ出さない程度に抑えることができる。また、昇温過程の昇温速度は、好ましくは  $120 \sim 380^\circ\text{C}/\text{hr.}$ 、さらに好ましくは  $140 \sim 360^\circ\text{C}/\text{hr.}$  とすることができる。

昇温過程に要する時間は、昇温速度、次に説明する中間保持に要する時間、あるいはインペラ 10 のサイズに起因するので一義的に定めることはできないが、インペラ 10 の製造コストをも考慮すると、30 時間以下にすることが望まれる。

[0046] 以上の昇温速度は、昇温過程の全域に適用されるものである。つまり、昇温を開始した時点から、保持温度 (保持過程) に達するまでの間に適用される。ただし、この昇温速度は、次に説明する中間保持の間は適用されない。また、昇温速度は一定である必要はなく、 $100 \sim 400^\circ\text{C}/\text{hr.}$  の範囲で変動させることができる。典型的には、 $950^\circ\text{C}$  を超える温度域では、それ以下の温度域よりも遅い昇温速度を選択すること、が掲げられる。

[0047] [中間保持]

昇温過程において、温度を維持する、中間保持を設けることができる。中間保持を設けることにより、組付け体 15 の温度分布をより均一に近づけることができる。中間保持は  $500 \sim 950^\circ\text{C}$  の温度域で行うことができる。

また、第 2 実施形態では、第 1 実施形態と同様に、中間保持を 2 段に分けて行うことを許容する (以下、1 段目の中間保持を第 1 の中間保持、2 段目の中間保持を第 2 の中間保持と記載する)。

第 1 の中間保持は、 $500 \sim 850^\circ\text{C}$  の温度域で行うことができる。第 1

の中間保持をこの温度域とすることができる理由は、第1実施形態で説明したとおりである。ろう材が溶融する温度域（950℃前後）の手前で行うことで、相対的に低い温度でのギャップ低減の効果が得られる。第1の中間保持は、好ましくは550～750℃の温度域で行い、さらに好ましくは550～700℃の温度域で行うことができる。

第2の中間保持は、850～950℃（ただし、850℃を含まず）の温度域で行うことができる。第2の中間保持をこの温度域とすることができる理由は、第1実施形態で説明したとおりである。昇温過程において、相対的に温度が高くなるほど組付け体15に生じる温度分布は大きくなるため、高い温度域に第2の中間保持を設けることで、組付け体15の温度をさらに均一化することができる。第2の中間保持は、好ましくは860～940℃の温度域で行い、さらに好ましくは880～920℃の温度域で行うことができる。

[0048] 第1の中間保持における保持時間は、組付け体15のサイズなどに応じて定められるべきであるが、短時間では温度均一化の効果が不十分であり、また、温度均一化は一定の時間で達成されることから、1～10時間とするのが好ましい。より好ましい保持時間は、2～8時間である。この保持時間は、第2の中間保持についても同様である。

[0049] [徐加熱]

第1の中間保持の後から保持過程に移行するまでは、昇温速度を、第1の中間保持より前の昇温速度よりも遅くすることができる。第2の中間保持の後にはろう材が溶融し始めているので、組付け体15に温度分布を生じさせないために、できるだけ昇温速度を抑えるのである。ただし、この場合の昇温速度も100～400℃/hr.の範囲から選択されることが好ましい。なお、第2の中間保持の後から保持過程に移行するまでの昇温速度についても、同様とすることができる。

[0050] [保持過程（固溶化熱処理）]

保持過程は、母材（インペラ10）を保持して固溶化熱処理する機能とと

もに、ろう材を溶融させる機能を備えている。

保持過程における保持温度は、1000～1050℃の範囲から選択することができる。この保持温度の範囲は、基本的には、SUS630の熱処理を規定するJIS G4303に準じている。この温度の保持時間は、好ましくは0.5～3時間の範囲から選択することができる。

[0051] [降温過程]

保持過程の後の降温過程は、組付け体15の温度分布を抑えるために、20～100℃/hr.の範囲の速度とすることが好ましい。また、この降温速度であれば、SUS630においてCuを基地中に固溶させるという固溶化熱処理の目的を達成できる。

この降温過程において、保持温度から950℃までは、それ以下の降温速度よりも遅い速度で降温されることが好ましい。これは、昇温過程において、950℃を超える温度域でそれ以前よりも遅い速度で昇温することと同じ趣旨である。この趣旨をより明確にするために、950℃近傍、具体的には930～970℃の範囲で0.5～2時間の保持を設けることもできる。

また、降温過程において、600℃以下まで温度が下がった後には、冷却用のガスを供給するなどして、降温速度を100℃/hr.以上にすることもできる。

[0052] 上述した金ろう材は、融点が900～1050℃であるから、降温過程も含めた固溶化熱処理の過程で、溶融・凝固してディスク11とカバー12をろう付けする。なお、組織をマルテンサイト化するためにはMf点（マルテンサイト変態終了温度）まで低下させる必要があり、その温度は組成及び冷却速度に依存するがMf点は約32℃であり、保持後はこの温度以下に冷却する必要がある。

[0053] [保持過程（時効硬化熱処理）]

以上で、ろう付け（固溶化熱処理）が終わると、次いで、時効硬化熱処理を行う。

時効硬化熱処理は、JIS G4303に準じて行う。JIS G430

3は、得たい引張強度、耐力に応じて時効硬化熱処理の温度を区分しているが、第2実施形態ではいずれの温度も採用できるし、JIS G4303で規定される温度域の間の温度を採用することもできる。

[0054] <実験例>

図7(a)(b)に示す形態のディスク11と、ブレード13が一体的に形成されたカバー12とを用意し、ディスク11とブレード13との間にろう材(厚さ:100 $\mu$ m)を介在させて組付け体15を得た。組付け体15をカーボン製の加熱治具20に配置した状態で、種々の条件でろう付け(固溶化熱処理)を行い、その後、ろう付けの状態を水深超音波探傷で確認し、以下の基準で評価した。

○:ろう付け不良観察されず           △:ろう付け不良が点在

×:ろう付け不良が散在

用いたディスク11、カバー12(ブレード13)を構成する鋼材の化学組成及びろう材の組成は以下の通りである。また、加熱治具20の第1加熱部21の高さ( $h_1$ )およびろう付け(真空下)の条件は、図6に示すとおりである。

[0055] 鋼材の化学組成(JIS SUS630準拠):

Cr;15.5%、Ni;4.3%、Cu;3.5%、Nb+Ta;0.35%

C;0.05% Si;0.25%、Mn;0.8%、P;0.0035%、S;0.007%

残部;Feおよび不可避不純物

ろう材の組成:18%Ni-82%Au

[0056] 図6に示すように、試料No.1~9により、第1加熱部21を設けて熱処理を行うことにより、ろう付けが良好に行われることが明らかとなった。また、第1実施形態の昇温過程における昇温速度の範囲よりも高い範囲の昇温速度で熱処理を行っても、ろう付けが良好に行われることが明らかとなった。さらに、試料No.10および11により、昇温速度を速めた場合、第

1加熱部21の高さ( $h_1$ )がより高い方が、ろう付けがより良好に行われることが判明した。

[0057] なお、上記の第2実施形態では、加熱炉1のヒータから生じた熱により第1加熱部21の温度を上昇させ、組付け体15の内周側を加熱していたが、この構成に限られない。例えば、第1加熱部21としてそれ自体が発熱する円筒状のカーボンヒータを用いることができる。または、第1加熱部21だけではなく、第2加熱部22も含む加熱治具20全体をそれ自体が発熱するヒータとすることができる。

また、上記の第1実施形態においても、第2実施形態と同様に、第1加熱部21(加熱治具20)を配置して組付け体15にろう付け熱サイクルを施すことができることは言うまでもない。

これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施の形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

### 符号の説明

- [0058] 10 インペラ  
11 ディスク  
12 カバー  
13 ブレード  
14 ろう付け部  
15 組み付け体  
16 軸孔

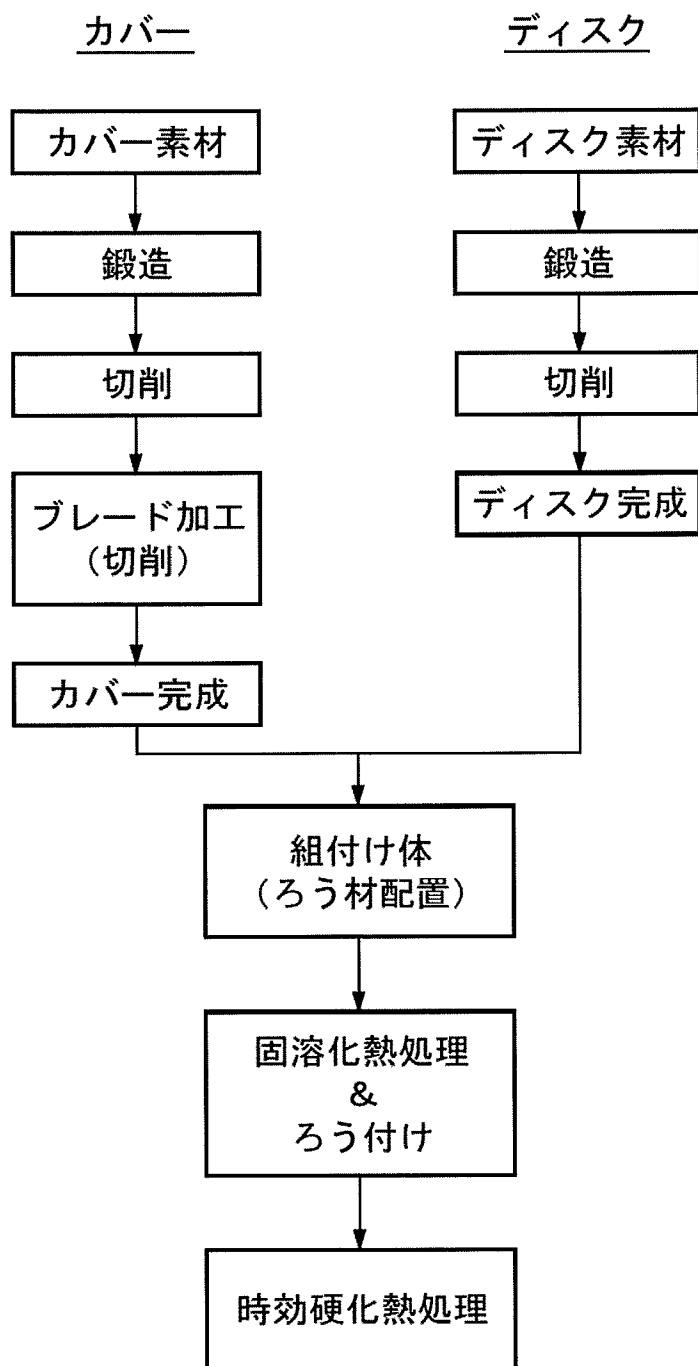
## 請求の範囲

- [請求項1]           少なくとも2つのインペラ構成部材の接合部分にろう材を介在させた組付け体に熱サイクルを施して接合するインペラの製造方法であって、
- 前記熱サイクルは、
- 保持温度まで温度を上げる昇温過程と、
- 前記ろう材の溶融温度以上の温度域の保持温度で保持を行う保持過程と、
- 前記保持温度から室温まで温度を下げる降温過程と、を備え、
- 前記昇温過程は、
- 昇温速度が $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ .であるとともに、
- 温度を維持する、第1の中間保持と第2の中間保持を備え、
- 前記第1の中間保持は $500\sim 850^{\circ}\text{C}$ の温度域で行われ、
- 前記第2の中間保持は $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ の温度域（ただし、 $850^{\circ}\text{C}$ を含まず）で行われ、
- 前記第2の中間保持の後の $950^{\circ}\text{C}$ を超える温度域では、前記第2の中間保持の前よりも遅い速度で昇温が行われ、
- 前記保持過程における保持温度は $1000\sim 1050^{\circ}\text{C}$ の範囲から選択される、
- ことを特徴とするインペラの製造方法。
- [請求項2]           前記降温過程において、
- 降温速度が $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ .であり、
- 前記保持温度から $950^{\circ}\text{C}$ までは、それ以下の降温速度よりも遅い速度で降温される、請求項1に記載のインペラの製造方法。
- [請求項3]           前記熱サイクルは、
- 前記組付け体の内周側から前記組付け体を加熱する第1加熱体に前記組付け体を配置して施される、請求項1に記載のインペラの製造方法。

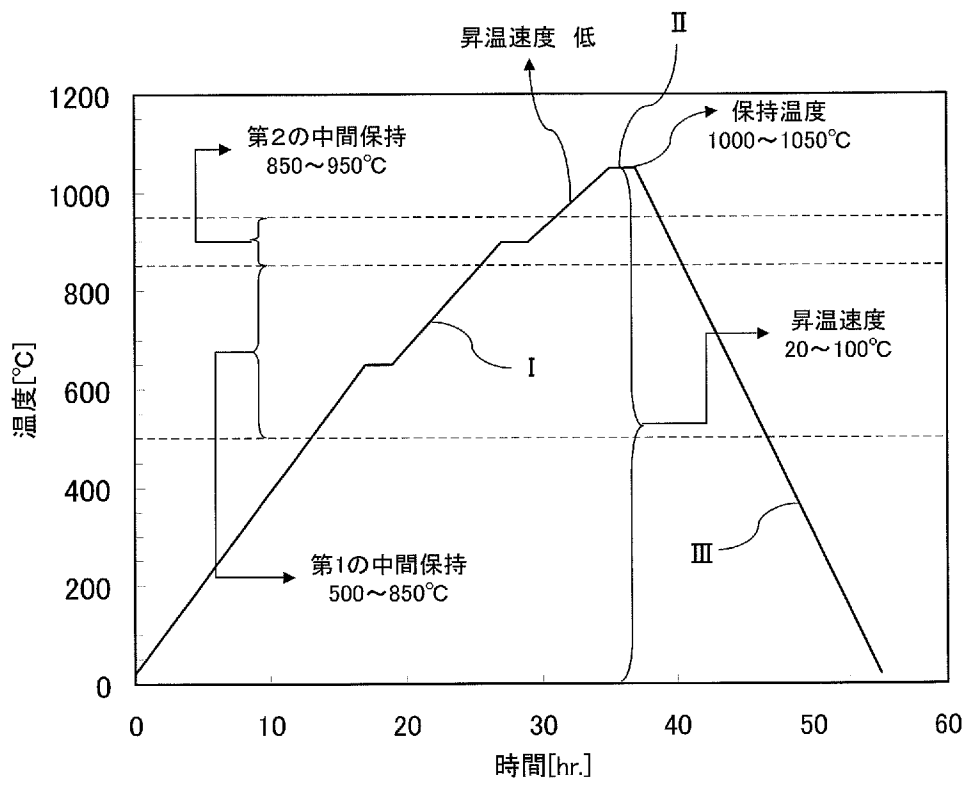


- [請求項4]           少なくとも2つのインペラ構成部材の接合部分にろう材を配置した組付け体にろう材を介在させた組付け体に熱サイクルを施して接合するインペラの製造方法であって、
- 前記熱サイクルは、
- 保持温度まで温度を上げる昇温過程と、
- 前記ろう材の溶融温度以上の温度域の保持温度で保持を行う保持過程と、
- 前記保持温度から室温まで温度を下げる降温過程と、を備え、
- 前記熱サイクルは、
- 前記組付け体の内周側から前記組付け体を加熱する第1加熱体に前記組付け体を配置して施されることを特徴とするインペラの製造方法。
- 。
- [請求項5]           前記第1加熱体は、前記組付け体を鉛直方向の下方から支持する第2加熱体と一体的に設けられる、
- 請求項1に記載のインペラの製造方法。
- [請求項6]           前記第1加熱体は、
- $0.5 h_2 \leq h_1 \leq 2.0 h_2$
- を満足する、
- 請求項1又は2に記載のインペラの製造方法。
- 但し、 $h_1$ は前記第1加熱体の高さ、 $h_2$ は前記組付け体の高さとする。

[図1]



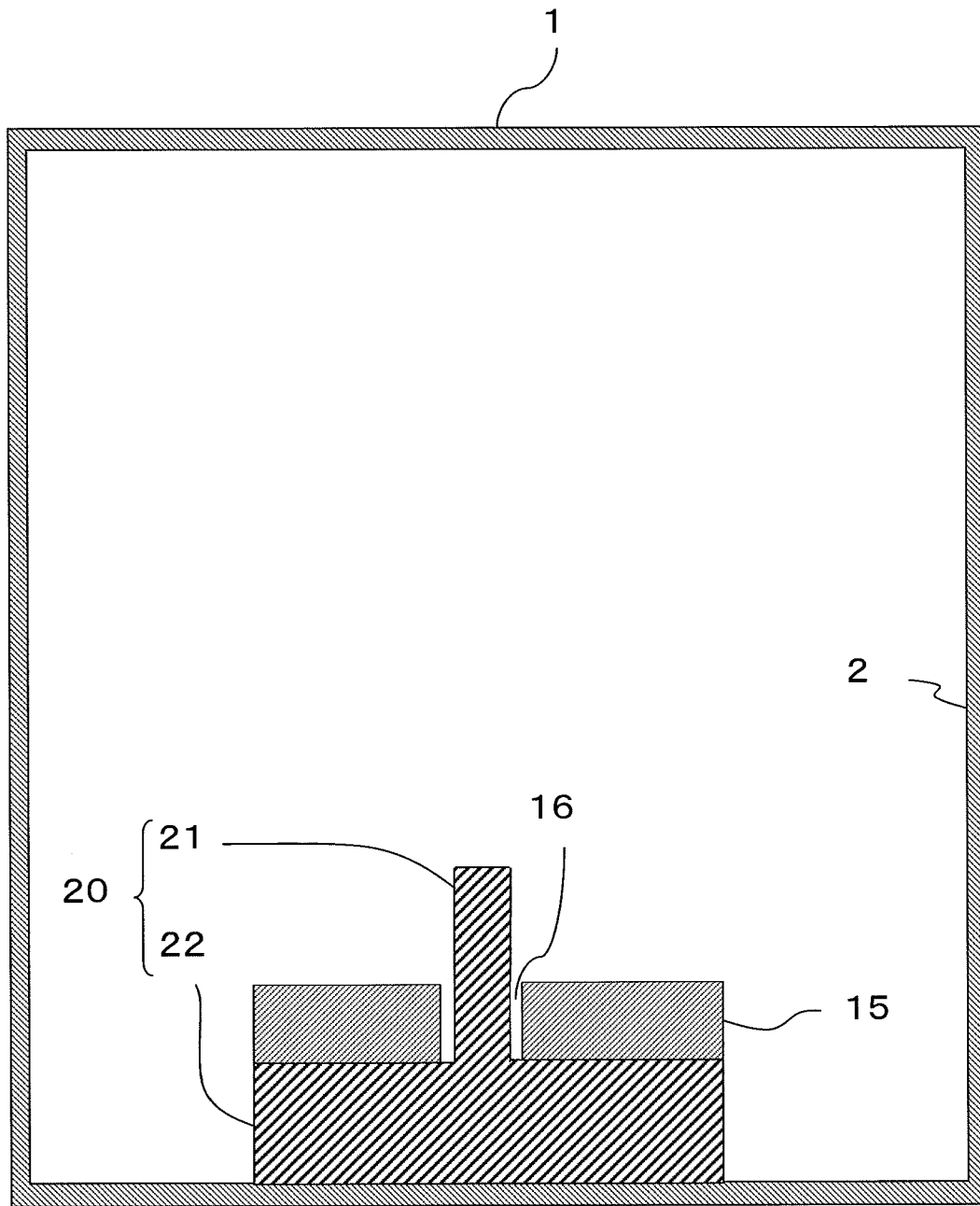
[図2]



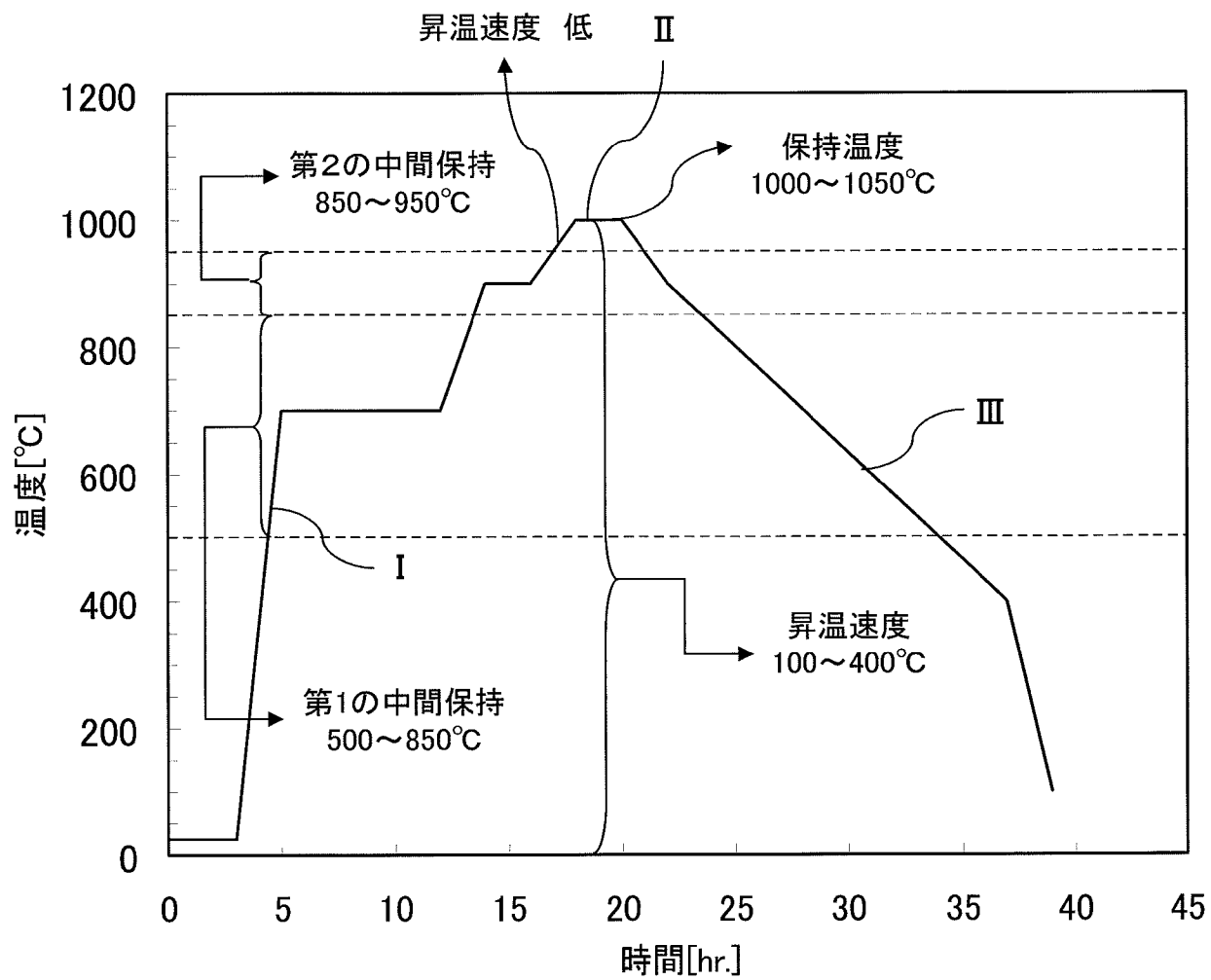
[図3]

	昇温過程						保持過程(固溶化熱処理)			降溫過程		備考
	第1の中間保持		第2の中間保持		昇温速度		温度 [°C]	時間 [hr.]	降溫速度 [°C/hr.]	降溫時 保持	ろう付け 評価	
	温度 [°C]	保持時間 [hr.]	温度 [°C]	保持時間 [hr.]	第2の中間保持前 [°C/hr.]	第2の中間保持後 [°C/hr.]						
1	—	—	900	4	80	60	1030	1	60	—		×
2	450	4	900	4	80	60	1030	1	60	—	△	
3	550	4	900	4	80	60	1030	1	60	—	○	
4	650	4	900	4	80	60	1030	1	60	—	○	
5	750	4	900	4	80	60	1030	1	60	—	○	
6	850	4	900	4	80	60	1030	1	60	—	○	
7	600	4	—	—	80	60	1030	1	60	—	×	第2の中間保持 温度評価
8	600	4	800	4	80	60	1030	1	60	—	△	
9	600	4	850	4	80	60	1030	1	60	—	○	
10	600	4	875	4	80	60	1030	1	60	—	○	
11	600	4	900	4	80	60	1030	1	60	—	○	
12	600	4	950	4	80	60	1030	1	60	—	○	
13	600	4	900	4	25	25	1030	1	60	—	○	第2の中間保持前 昇温速度
14	600	4	900	4	50	40	1030	1	60	—	○	
15	600	4	900	4	75	60	1030	1	60	—	○	
16	600	4	900	4	100	60	1030	1	60	—	○	
17	600	4	900	4	125	60	1030	1	60	—	×	
18	600	4	900	4	50	40	1030	1	60	—	○	第2の中間保持後 昇温速度
19	600	4	900	4	65	70	1030	1	60	—	×	
20	600	4	900	4	85	95	1030	1	60	—	×	
21	600	4	875	4	80	60	1030	1	25	—	○	降溫過程 降溫速度速度評価
22	600	4	875	4	80	60	1030	1	50	—	○	
23	600	4	875	4	80	60	1030	1	75	—	○	
24	600	4	875	4	80	60	1030	1	100	—	○	
25	600	4	875	4	80	60	1030	1	60	950°C×1hr	○	

[図4]



[図5]



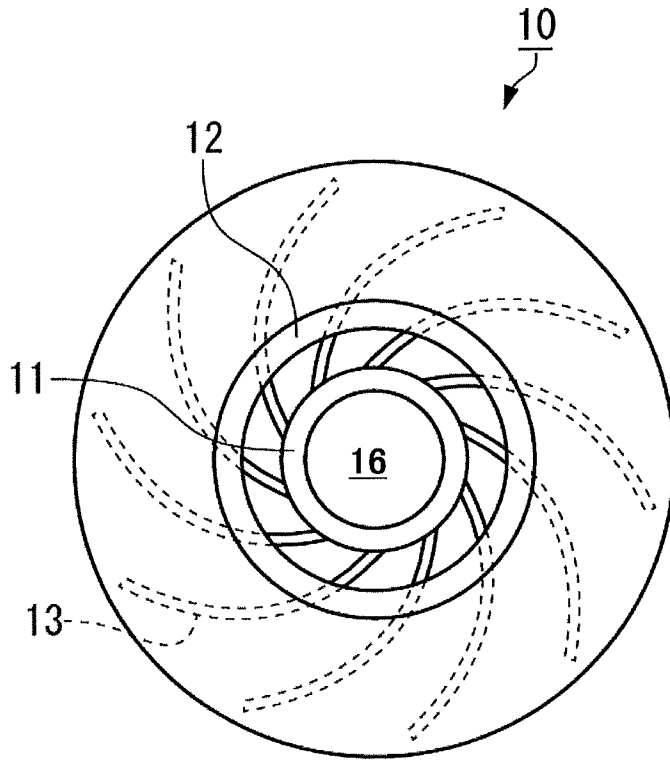
[図6]

試料No.	第1加熱部の高さ(h <sub>1</sub> ) (h <sub>2</sub> =組付け体の高さ)	昇温過程				保持過程(固溶化熱処理)				降温過程		備考
		第1の中間保持 温度 [°C]	第1の中間保持 保持時間 [hr]	第2の中間保持 温度 [°C]	第2の中間保持 保持時間 [hr]	昇温速度 [°C/hr]	温度 [°C]	時間 [hr]	降温 速度 [°C/hr]	降温時 保持	ろう付け 評価	
1	0	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	x	第1加熱部の高さ の評価
2	0.5h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	△	
3	h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
4	2h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
5	3h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
6	5h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
7	7h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
8	10h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
9	20h <sub>2</sub>	600	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
10	0.5h <sub>2</sub>	800	4	-	-	350	1010	1	60	-	△	
11	3h <sub>2</sub>	800	4	-	-	350	1010	1	60	-	○	
12	3h <sub>2</sub>	480	4	-	-	250	1010	1	60	-	△	
13	3h <sub>2</sub>	500	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
14	3h <sub>2</sub>	550	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
15	3h <sub>2</sub>	700	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
16	3h <sub>2</sub>	750	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
17	3h <sub>2</sub>	850	4	-	-	250	1010	1	60	-	○	
18	3h <sub>2</sub>	700	3	845	2	250	1010	1	60	-	△	
19	3h <sub>2</sub>	700	3	850	2	250	1010	1	60	-	○	
20	3h <sub>2</sub>	700	3	880	2	250	1010	1	60	-	○	
21	3h <sub>2</sub>	700	3	920	2	250	1010	1	60	-	○	
22	3h <sub>2</sub>	700	3	940	2	250	1010	1	60	-	○	
23	3h <sub>2</sub>	700	3	950	2	250	1010	1	60	-	○	
24	3h <sub>2</sub>	600	3	900	2	65	1010	1	60	-	△	
25	3h <sub>2</sub>	600	3	900	2	430	1010	1	60	-	△	
26	3h <sub>2</sub>	600	3	875	2	250	1030	1	25	-	○	
27	3h <sub>2</sub>	600	3	875	2	250	1030	1	50	-	○	
28	3h <sub>2</sub>	600	3	875	2	250	1030	1	75	-	○	
29	3h <sub>2</sub>	600	3	875	2	250	1030	1	100	-	○	
30	3h <sub>2</sub>	600	3	875	2	250	1030	1	200	-	△	
31	3h <sub>2</sub>	600	3	875	2	250	1030	1	60	950°C × 1hr	○	

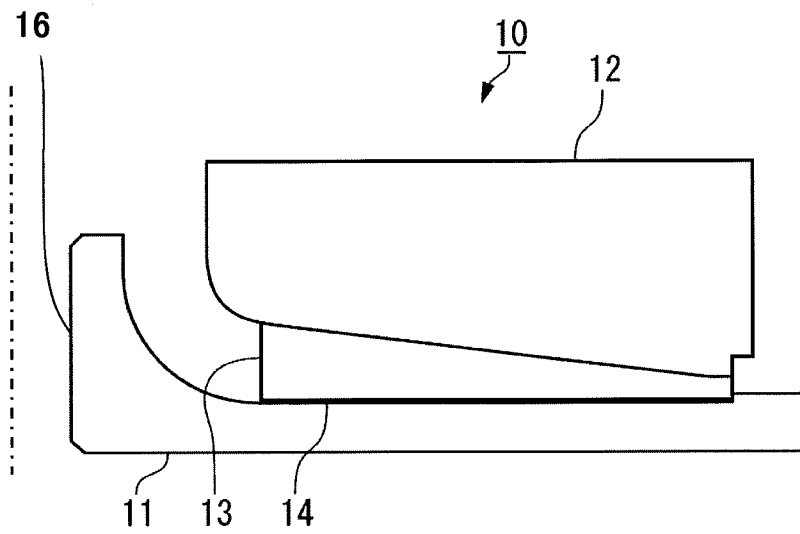
昇温速度を上昇させた  
ときの第1加熱部の  
高さの評価第1の中間保持  
温度評価第2の中間保持  
温度評価保持過程までの  
昇温速度の評価降温過程  
降温速度評価

[図7]

(a)



(b)





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006500

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K31/02(2006.01)i, B23K1/00(2006.01)i, F04D29/28(2006.01)i, F04D29/60(2006.01)i, B23K103/04(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)

B23K31/02, B23K1/00, F04D29/28, F04D29/60, B23K103/04

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 2003-531731 A (Elliott Turbomachinery Co., Ltd.), 28 October 2003 (28.10.2003), entire text; drawings & US 2003/0057263 A1 & EP 1294528 A & WO 2001/083157 A1 & CN 1426338 A	1-6
E, A	JP 2011-241704 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 01 December 2011 (01.12.2011), entire text; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 4-138869 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 13 May 1992 (13.05.1992), entire text; drawings (Family: none)	1-6

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  
20 February, 2012 (20.02.12)

Date of mailing of the international search report  
28 February, 2012 (28.02.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/006500

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 58-151958 A (Yugen Kaisha Nippon Netsu Shori Kogyosho), 09 September 1983 (09.09.1983), entire text; drawings (Family: none)	1-6

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/006500

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

The special technical feature of the invention in claim 1 is "that in a temperature rising process, a temperature rising speed is 20 to 100°C/hr., and a first intermediate holding and a second intermediate holding, during which a temperature is held, are provided; the first intermediate holding is performed in a temperature zone of 500 to 850°C; the second intermediate holding is performed in a temperature zone of 850 to 950°C (exclusive of 850°C); temperature rising in a temperature zone which exceeds 950°C and appears after the second intermediate holding is performed at a speed slower than temperature rising before the second intermediate holding; and a temperature held in a temperature holding process is selected from a range of 1000 to 1050°C".

The special technical feature of the invention in claim 4 is "that a thermal cycle is subjected to a structure where an assembly body is disposed on a first heat generating body for heating the assembly body from the inner peripheral side of the assembly body".

Consequently, claims include the following two inventions.

Invention 1: Claims 1-3, 5 and 6

A method for manufacturing an impeller, wherein in a temperature rising process, a temperature rising speed is 20 to 100°C/hr., and a first intermediate holding and a second intermediate holding, during which a temperature is held, are provided; the first intermediate holding is performed in a temperature zone of 500 to 850°C; the second intermediate holding is performed in a temperature zone of 850 to 950°C (exclusive of 850°C); temperature rising in a temperature zone which exceeds 950°C and appears after the second intermediate holding is performed at a speed slower than temperature rising before the second intermediate holding; and a temperature held in a temperature holding process is selected from a range of 1000 to 1050°C.

Invention 2: Claim 4

A method for manufacturing an impeller, wherein a thermal cycle is subjected to a structure where an assembly body is disposed on a first heat generating body for heating the assembly body from the inner peripheral side of the assembly body.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K31/02(2006.01)i, B23K1/00(2006.01)i, F04D29/28(2006.01)i, F04D29/60(2006.01)i, B23K103/04(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. B23K31/02, B23K1/00, F04D29/28, F04D29/60, B23K103/04

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
A	JP 2003-531731 A (エリオット ターボマシナリー カンパニー インコーポレイテッド) 2003. 10. 28, 全文及び図面 & US 2003/0057263 A1 & EP 1294528 A & WO 2001/083157 A1 & CN 1426338 A	1-6
E, A	JP 2011-241704 A (三菱重工業株式会社) 2011. 12. 01, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6

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

20.02.2012

国際調査報告の発送日

28.02.2012

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

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

3P

4025

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 4-138869 A (アイシン精機株式会社) 1992.05.13, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 58-151958 A (有限会社日本熱処理工業所) 1983.09.09, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
  
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
  
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。  
特別ページを参照されたい。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項1に係る発明の特別な技術的特徴は、「昇温過程は、昇温速度が $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ .であるとともに、温度を維持する、第1の中間保持と第2の中間保持を備え、第1の中間保持は $500\sim 850^{\circ}\text{C}$ の温度域で行われ、第2の中間保持は $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ の温度域(ただし、 $850^{\circ}\text{C}$ を含まず)で行われ、第2の中間保持の後の $950^{\circ}\text{C}$ を超える温度域では、第2の中間保持の前よりも遅い速度で昇温が行われ、保持過程における保持温度は $1000\sim 1050^{\circ}\text{C}$ の範囲から選択されること」である。

また、請求項4に係る発明の特別な技術的特徴は、「熱サイクルは、組付け体の内周側から組付け体を加熱する第1加熱体に組付け体を配置して施されること」である。

よって、請求の範囲には、以下に示す2の発明が含まれる。

(発明1) 請求項1-3,5,6: 昇温過程は、昇温速度が $20\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ .であるとともに、温度を維持する、第1の中間保持と第2の中間保持を備え、第1の中間保持は $500\sim 850^{\circ}\text{C}$ の温度域で行われ、第2の中間保持は $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ の温度域(ただし、 $850^{\circ}\text{C}$ を含まず)で行われ、第2の中間保持の後の $950^{\circ}\text{C}$ を超える温度域では、第2の中間保持の前よりも遅い速度で昇温が行われ、保持過程における保持温度は $1000\sim 1050^{\circ}\text{C}$ の範囲から選択されるインペラの製造方法。

(発明2) 請求項4: 熱サイクルは、組付け体の内周側から組付け体を加熱する第1加熱体に組付け体を配置して施されるインペラの製造方法。