

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 10 月 12 日(12.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/175756 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 33/58 (2006.01) *C21D 9/40* (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01) *F16C 33/62* (2006.01)
C21D 1/64 (2006.01) *F16C 33/64* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/014073
- (22) 国際出願日: 2017 年 4 月 4 日(04.04.2017)
- (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 2016-075753 2016 年 4 月 5 日(05.04.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社ジェイテクト(JTEKT CORPORATION) [JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 健介(SUZUKI, Kensuke); 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP). 吉田 亘(YOSHIDA, Wataru); 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP). バルビ ニコラ ヴィンセン(BARBI, Nicolas Vincent); 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 株式会社ジェイ

テクト内 Osaka (JP). 三上 剛(MIKAMI, Tsuyoshi); 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 株式会社ジェイテクト内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 上野 英樹(UENO, Hideki); 〒1700013 東京都豊島区東池袋 1-28-1-901 U P S C 上野特許事務所 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, 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, 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.

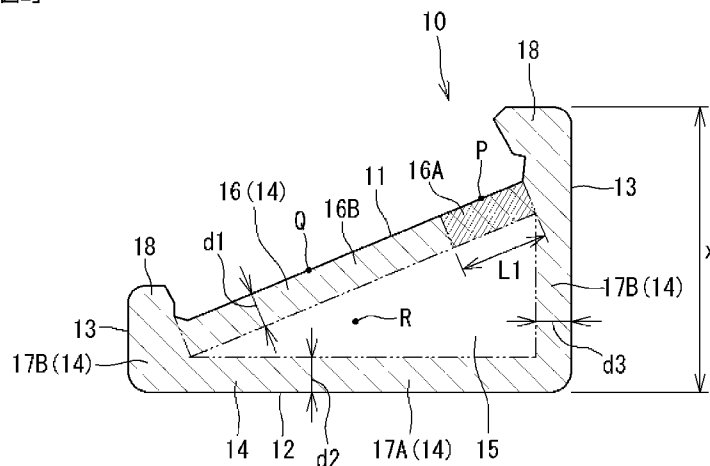
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: RACE FOR ROLLER BEARINGS, PRODUCTION METHOD FOR RACE FOR ROLLER BEARINGS, AND ROLLER BEARING

(54) 発明の名称: ころ軸受用軌道輪、ころ軸受用軌道輪の製造方法及びころ軸受

[図2]



(57) Abstract: The present invention pertains to a race for roller bearings, having: an inner layer section (15) comprising tempered martensite or sorbite; and a surface layer section (14) encircling the entire perimeter of the inner layer section (15), having a surface Vicker's hardness that is greater than that of the inner layer section (15), and comprising tempered martensite. The surface layer section (14) comprises: a race section (16) having a race surface (11) that comes in rolling contact with bearings (30); and non-race sections (17A, 17B) other than the race section (16). The race section (16) comprises: a first race section (16A) having a relatively high compressive residual stress for the race surface (11); and a second race section (16B) having a lower compressive residual stress than the first race section (16A). The race surface (11) of the first race section (16A) has a section that comes in contact with at least one axial direction end section (31a) of the rolling surface (31) of the bearings (30).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/175756 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、焼戻しマルテンサイト又はソルバイトからなる内層部 (15) と、前記内層部 (15) の周囲全体を包囲し、かつ表面のビッカース硬さが前記内層部 (15) よりも高く、焼戻しマルテンサイトからなる表層部 (14) とを有し、前記表層部 (14) は、ころ (30) と転がり接触する軌道面 (11) を有する軌道部 (16) と前記軌道部 (16) 以外の非軌道部 (17A, 17B) とからなり、前記軌道部 (16) は、前記軌道面 (11) の圧縮残留応力が相対的に高い第 1 軌道部 (16A) と、前記圧縮残留応力が前記第 1 軌道部 (16A) に比べて低い第 2 軌道部 (16B) とを備え、前記第 1 軌道部 (16A) の軌道面 (11) は、前記ころ (30) の転動面 (31) の少なくとも一方の軸方向端部 (31a) と接触する部分を有する、ころ軸受用軌道輪に関する。

明 細 書

発明の名称：

ころ軸受用軌道輪、ころ軸受用軌道輪の製造方法及びころ軸受

技術分野

[0001] 本発明の一態様は、ころ軸受用軌道輪及びその製造方法、並びに、上記ころ軸受用軌道輪を備えたころ軸受に関する。

背景技術

[0002] 自動車、産業機械等に用いられるころ軸受を構成するころ軸受用軌道輪は、転動体（ころ）との間で相対的に転がり接触をする軌道部を有している。上記軌道部は、転動体との転がり接触によって転動体からの荷重を受ける部分であり、軌道部の機械的特性は、ころ軸受の転動疲労寿命に大きく影響する。

[0003] そこで、上記軌道部の機械的特性を改善し、ころ軸受の転動疲労寿命を向上する手法が検討されている。

例えば、軌道部（軌道面）の高硬度化を図り、ころ軸受の転動疲労寿命を向上させる手法として、浸炭窒化処理が施された軸受用鋼をころ軸受軌道輪の鋼材として使用することが知られている。

また、例えば、特許文献1には、S U J 2（J I S（Japanese Industrial Standards） G 4 8 0 5）などの高炭素クロム軸受鋼を調質した後、表面のみ高周波焼入れを行うことにより、表面を7 0 0 H v以上の硬さとし、かつ内部硬さを3 4 0～4 9 0 H vと低硬度とした軸受軌道輪が提案されており、この軸受軌道輪を用いることによって軸受の転がり寿命を向上させる手法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2 0 1 3－2 3 8 2 7 4号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した手法によればころ軸受の転動疲労寿命は改善することが可能である。しかしながら、上記転動疲労寿命については更なる向上が望まれていた。

また、浸炭窒化処理は、長時間の熱処理を必要としており、この熱処理によるコスト増加は避けることができなかった。そのため、低コストでころ軸受の転動疲労寿命を向上させる手法が望まれていた。

一方、ころ軸受用軌道輪の軌道部には、当該軌道部の一部にころの転動面の端部から高荷重を受けて、ころとの接触圧力の高くなる部位（所謂、エッジロード）が生じており、ころ軸受の転動疲労寿命は、軌道部の高荷重を受ける部位の寿命に依存していた。

[0006] 本発明者らは、このような事情に鑑みて転動疲労寿命に優れたころ軸受を提供すべく鋭意検討を行い、その結果、ころ軸受用軌道輪の軌道部に高い圧縮残留応力を有する部位を設けることにより、このころ軸受用軌道輪を用いたころ軸受の転動疲労寿命を向上させることができることを見出し、本発明を完成した。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪は、高炭素クロム軸受鋼からなる環状のころ軸受用軌道輪であって、

焼戻しマルテンサイト又はソルバイトからなり、かつビッカース硬さが450HV以上、550HV未満である内層部と、

上記内層部の周囲全体を包囲し、かつ表面のビッカース硬さが700HV以上、800HV未満であり、焼戻しマルテンサイトからなる表層部とを有し、

上記表層部は、ころと転がり接触する軌道面を有する軌道部と上記軌道部以外の非軌道部とからなり、

上記軌道部は、軌道面の圧縮残留応力が相対的に高い第1軌道部と、上記圧縮残留応力が上記第1軌道部に比べて低い第2軌道部とを備え、

上記第1軌道部の軌道面は、上記ころの転動面の少なくとも一方の軸方向端部と接触する部分を有する。

[0008] 本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪は、特定の組成及び硬さを有する内層部と、その周囲全体を包囲し、表面の硬さが上記内層部より硬く、特定の組成を有する表層部とを備えている。そのため、上記ころ軸受用軌道輪を用いることにより、ころ軸受の破壊強度と耐衝撃性とを向上させることができる。

更に、上記ころ軸受用軌道輪は、上記表層部を構成する軌道部の一部に、軌道部の他の部分に比べて軌道面の圧縮残留応力が高い第1軌道部を有している。ここで、上記第1軌道部は、軌道面が、上記ころの転動面の少なくとも一方の軸方向端部と接触する部分を有する位置に設けられている。そのため、上記ころ軸受用軌道輪を用いたころ軸受では、上記ころ軸受用軌道輪の軌道面において、ころから高荷重を受けて、ころの転動面との接触圧力が高くなる部位（以下、エッジロード部位ともいう）の圧縮残留応力が高くなっている。その結果、上記ころ軸受用軌道輪を用いたころ軸受では、転動疲労寿命の長寿命化を達成することができる。

[0009] 上記ころ軸受用軌道輪において、上記第1軌道部の軌道面の圧縮残留応力は、250MPa以上が好ましい。この場合、上記ころ軸受用軌道輪を用いたころ軸受は、浸炭窒化処理されたころ軸受用軌道輪を用いたころ軸受と比べて遜色のない転動疲労寿命を達成することができる。

上記第1軌道部の軌道面の圧縮残留応力は、320MPa以上がより好ましい。この場合、上記ころ軸受用軌道輪を用いたころ軸受において、格別優れた転動疲労寿命を達成することができる。

[0010] 本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪の製造方法は、上記ころ軸受用軌道輪を製造する方法であって、

(A) 高炭素クロム軸受鋼からなる環状のワークに焼入れ処理を施す工程、

(B) 焼入れ処理されたワークに焼戻し処理を施す工程であって、上記ワーク全体を冷却液に浸漬し、この状態で上記ワークを加熱する工程、及び、

(C) 焼戻し処理されたワークに仕上げ加工を施す工程、
を含み、

上記工程 (B) は、上記焼入れ処理されたワークが浸漬された冷却液内に、上記ワークの上記第 1 軌道部が形成される部分に冷却液が集まるような冷却液の流れを発生させた状態で行う。

[0011] 本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪の製造方法では、ワークを冷却液に浸漬した状態で焼戻し処理を行うため、焼戻し時におけるワークの内部温度は表面温度よりも高くなる。そのため、内層部とその周囲を覆う表層部とを有し、それぞれが所定の組織及び硬度を有する本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪を製造することができる。また、上記焼戻し処理では、ワークの表層側には体積収縮の小さい低温焼戻しが施され、内部には体積収縮の大きい高温焼戻しが施されることになる。そのため、体積収縮の差によって、得られたころ軸受用軌道輪の表層部には圧縮残留応力を付与することができる。

[0012] 更に、上記焼戻し処理は、上記ワークが浸漬された冷却液内に、上記ワークの上記第 1 軌道部が形成される部分に冷却液が集まるような冷却液の流れを発生させた状態で行う。そのため、上記焼戻し処理では、上記第 1 軌道部が形成される部分が他の部分に比べて高い冷却能で冷却されることになる。その結果、形成された第 1 軌道部の軌道面は、他の部分に比べて高い圧縮残留応力を有することになる。

このような製造方法によれば、本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪を製造することができる。

[0013] 上記ころ軸受用軌道輪の製造方法では、上記工程 (B) において、冷却液を噴射する噴射ノズルを使用し、上記噴射ノズルの噴射口を上記第 1 軌道部が形成される部分に対向させ、上記噴射口から第 1 軌道部が形成される部分に向かって冷却液を噴射することが好ましい。

この場合、上記噴射ノズルから噴射される冷却液によって、上記ワークが浸漬された冷却液内に、上記第 1 軌道部が形成される部分に冷却液が集まる

ような冷却液の流れを効率的に発生させることができ、上記第 1 軌道部が形成される部分を他の部分に比べて高い冷却能で冷却するのに特に適している。

[0014] 本発明の一態様に係るころ軸受は、外周面に軌道部を有する内輪と、内周面に軌道部を有する外輪と、上記内外輪の両軌道部の間に配置された複数個のころとを備えたころ軸受であって、

上記内輪及び上記外輪うちの少なくとも一方が本発明の一態様に係るころ軸受用軌道輪である。

本発明の一態様に係るころ軸受は、転動疲労寿命に優れる。

発明の効果

[0015] 本発明の一態様によれば、転動疲労寿命に優れるころ軸受を低コストで提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図 1 は、本発明の実施形態に係る円錐ころ軸受を示す要部断面図である。

[図2]図 2 は、図 1 に示した円錐ころ軸受の内輪の要部断面図である。

[図3]図 3 (a) ～ 3 (e) は、図 2 に示した内輪の製造方法の工程図である。

[図4]図 4 (a) , 4 (b) は、図 3 (c) , 3 (d) に示した焼入れ処理及び焼戻し処理を説明するための工程図である。

[図5]図 5 (a) は、本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪の製造方法で使用する熱処理装置の一例を示す概略説明図であり、図 5 (b) は、図 5 (a) の要部拡大図である。

[図6]図 6 は、本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪の製造方法で使用する熱処理装置の別の一例を示す要部拡大図である。

[図7]図 7 は、実施例 1 における熱処理条件を示す線図である。

[図8]図 8 は、比較例 1 における熱処理条件を示す線図である。

[図9]図 9 は、比較例 2 における熱処理条件を示す線図である。

[図10]図10は、比較例3における熱処理条件を示す線図である。

[図11]図11は、比較例4における熱処理条件を示す線図である。

発明を実施するための形態

[0017] [ころ軸受]

まず、本発明の実施形態に係るころ軸受を説明する。

以下においては、上記ころ軸受の一例として円錐ころ軸受を挙げて説明する。図1は、本発明の実施形態に係る円錐ころ軸受を示す要部断面図である。

[0018] 本実施形態に係る円錐ころ軸受1は、外周に円錐面からなる内輪軌道面11を有する内輪10と、内周に円錐面からなる外輪軌道面21を有する外輪20と、外周に円錐面からなる転動面31を有するとともに両軌道面11、21の相互間に転動自在に配置された複数の円錐ころ30と、この複数の円錐ころ30を周方向に所定の間隔で保持している保持器40とを備えている。

内輪10、外輪20及び円錐ころ30は、高炭素クロム軸受鋼からなる。高炭素クロム軸受鋼としては、例えば、SUJ2、SUJ3（JIS G 4805）等が挙げられる。

[0019] 円錐ころ軸受1では、円錐ころ30の転動面31が、内輪軌道面11及び外輪軌道面21のそれぞれと転がり接触している。このとき、円錐ころ30の転動面31は、転動面31のころ端面32、33とのエッジ部31a、31b（転動面31の軸方向両端部）で内輪軌道面11及び外輪軌道面21と高い接触圧力で接触しており、エッジ部31a、31b付近にエッジロードが生じている。

特に、円錐ころ軸受1の内輪10側では、転動面31の大径側のエッジ部31aと、内輪10の内輪軌道面11との接触圧力が大きくなっている。

[0020] これに対して、円錐ころ軸受1では、内輪10、外輪20のうちの少なくとも一方が、軌道部に高い圧縮残留応力を有する第1軌道部を備えた本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪で構成されている。そのため、円錐ころ

軸受 1 は、転動疲労寿命が長く、更に、十分な耐衝撃性及び圧壊強度が確保されている。

[0021] [ころ軸受用軌道輪]

次に、本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪について説明する。ここでは、図 1 に示した円錐ころ軸受 1 の内輪 10 を例に説明する。図 2 は、図 1 に示した円錐ころ軸受の内輪の要部断面図である。

なお、本明細書において、「ビッカース硬さ」は、ころ軸受用軌道輪（例えば、内輪）の表面又は当該ころ軸受用軌道輪を径方向に沿って切断したときの切断面にビッカース圧子を当てて測定した値をいう。

[0022] 図 2 に示す内輪 10 は、内層部 15 と、内層部 15 の周囲全体を包囲する表層部 14 とを有し、表層部 14 が内層部 15 に比べて相対的に高硬度（ビッカース硬さ基準）となるように構成されている。そのため、内輪 10 は、圧壊強度と耐衝撃性とに優れる。

[0023] 内層部 15 は、焼戻しマルテンサイトからなる組織又はソルバイトからなる組織を有する。また、内層部 15 は、ビッカース硬さが 450HV 以上、550HV 未満である。内輪 10 は、このような内層部 15 を備えることにより、十分な圧壊強度と耐衝撃性とを確保することができる。

内層部 15 のビッカース硬さが 450HV 未満では、圧壊強度が不十分となる。一方、上記ビッカース硬さが 550HV 以上では、耐衝撃性が不十分となる。

[0024] 表層部 14 は、内層部 15 の周囲全体を囲むように形成されており、焼戻しマルテンサイトからなる組織を有する。

表層部 14 は、表面のビッカース硬さが 700HV 以上、800HV 未満である。表層部 14 の表面のビッカース硬さが 700HV 未満では転動疲労寿命が短くなる。一方、上記ビッカース硬さが 800HV 以上では耐衝撃性が低下してしまう。

表層部 14 のビッカース硬さは、表面のビッカース硬さが上記範囲にあり、かつ内層部 15 のビッカース硬さよりも硬ければよく、表層部 14 の表面

から内層部 15 に向かって徐々に硬度が低くなってもよい。

[0025] 表層部 14 は、円錐ころ 30 と転がり接触する内輪軌道面 11 を表面とする軌道部 16 と、内輪 10 の内周面 12 を表面とする非軌道部 17 A 及び内輪 10 の鍔部 18 の表面および側面 13 を表面の一部とする非軌道部 17 B とを有する。

表層部 14（軌道部 16、非軌道部 17 A、17 B）は、表面のビッカース硬さが上記範囲にあることに加えて、表面から内層部 15 に向ってビッカース硬さが 700HV 以上の領域（以下、高硬度表面層ともいう（図 2 中、斜線部分参照。なお、斜線部分は高硬度表面層の深さを説明するために模式的に示したものであり、高硬度表面層の実寸法を必ずしも反映したものではない。））を所定の深さで有していることが好ましい。

[0026] 軌道部 16 における高硬度表面層の深さ d_1 は、内輪 10 を使用する際の最大せん断応力深さ Z_0 に対して、下記不等式（1）

$$3Z_0 \leq d_1 < 8Z_0 \cdots (1)$$

を満足することが好ましい。上記深さ d_1 が、最大せん断応力深さ Z_0 の 3 倍未満では、表面の疲労強度が低下し、内輪 10 の転動疲労寿命が低下することがある。一方、上記深さ d_1 が、最大せん断応力深さ Z_0 の 8 倍以上では、表面に比べて柔らかい組織からなる領域の占める割合が減少し、内輪 10 の靱性が不十分になることがある。

なお、本実施形態において、ころ軸受用軌道輪を使用する際の最大せん断応力深さ Z_0 は、定格荷重によって異なるものの、概ね 0.1～0.2mm 程度である。

[0027] 非軌道部 17 A における高硬度表面層の深さ d_2 、及び、非軌道部 17 B における高硬度表面層の深さ d_3 は、いずれも内輪 10 における径方向の最大肉厚 x に対する比（ d_2/x 、 d_3/x ）で、下記不等式（2）

$$0.02 < (d_2/x, d_3/x) \leq 0.04 \cdots (2)$$

を満足することが好ましい。上記高硬度表面層の深さ d_2 、 d_3 の上記最大肉厚 x に対する比が、0.02 以下では、圧壊強度が不十分になることがあ

り、一方、0.04を超えると、高硬度表面層の占める割合が多くなり、耐衝撃性が不十分になることがある。

[0028] 軌道部16は、円錐ころ軸受1において、円錐ころ30の転動面31との接触圧力が高くなる部分（エッジロード部位）を含むように設けられた第1軌道部16Aと、第1軌道部16A以外の第2軌道部16Bとを備える。

第1軌道部16Aは、表面（軌道面）の圧縮残留応力及びビッカース硬さがいずれも第2軌道部16Bの表面（軌道面）の圧縮残留応力及びビッカース硬さよりも高くなっている。これにより、第1軌道部16Aの機械的特性を高め、内輪10を用いたころ軸受の転動疲労寿命の高寿命化を図ることができる。

[0029] 第1軌道部16Aの表面の圧縮残留応力は250MPa以上が好ましい。これにより内輪10はより破損しにくくなり、転動疲労寿命の高寿命化を効果的に達成することができる。

第1軌道部16Aの表面の圧縮残留応力は、更なる高寿命化を達成できる点で320MPa以上がより好ましい。

一方、第1軌道部16Aの表面の圧縮残留応力の上限は特に限定されないが、1000MPaが好ましい。上記圧縮残留応力が高すぎると、引張残留応力の極値が発生したり、塑性変形による脆い組織となったりすることがある。

第1軌道部16Aでは、表面から深さZ0までの領域の圧縮残留応力が250MPa以上であることが好ましい。上記転動疲労寿命の高寿命化により適しているからである。

[0030] 第2軌道部16Bの表面の圧縮残留応力は50MPa以上が好ましい。上記転動疲労寿命の高寿命化に適しているからである。

一方、第2軌道部16Bの表面の圧縮残留応力は、上記第1軌道部の表面の圧縮残留応力より低ければ、その上限は特に限定されないが、上記第1軌道部の表面の圧縮残留応力と同様、高すぎると引張残留応力の極値が発生したり、塑性変形による脆い組織となったりすることがある。

第2軌道部16Bでは、表面から深さZ0までの領域の圧縮残留応力が50MPa以上であることが好ましい。これにより、上記転動疲労寿命の更なる高寿命化を図ることができる。

[0031] 内輪10の軌道部16において、第1軌道部16Aの軸方向の長さL1は、円錐ころ30のころ幅L2（図1参照）の10～30%が好ましい。

上記長さL1がころ幅L2の10%未満では、第1軌道部16Aが確実にエッジロード部位に設けられるように位置合わせをすることが容易ではなく、一方、30%を超えると、250MPaを超えるような高い圧縮残留応力を付与することが難しくなる。

[0032] このような内輪10では、軌道面の圧縮残留応力の高い第1軌道部16Aが軌道部16における円錐ころ30との接触圧力の高いエッジロード部位を含む位置に設けられている。そのため、内輪10を用いたころ軸受は、転動疲労寿命に優れる。

[0033] （その他）

内輪10では、軌道部16の大径側（図2中、右側）に高い圧縮残留応力を有する第1軌道部16Aが設けられている。

一方、円錐ころ軸受では、上述したように、円錐ころの軸方向両端側にエッジロード部位が生じることがある。そのため、本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪では、圧縮残留応力の高い第1軌道部16Aを軌道部16の大径側及び小径側の2箇所にも設けても良い。

なお、円錐ころ軸受では、円錐ころの大径側に生じたエッジロード部位の方が、小径側に生じたエッジロードより接触圧力が高いことが一般的である。そのため、内輪10のような大径側の1箇所に第1軌道部16Aが設けられたものであっても、十分に転動疲労寿命の高寿命化を図ることができる。

[0034] 本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪は、円錐ころ軸受の内輪に限定されるわけではなく、外輪であってもよい。また、円筒ころ軸受、針状ころ軸受等の他のころ軸受の内輪や外輪であってもよい。

[0035] 〔ころ軸受用軌道輪の製造方法〕

次に、本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪の製造方法について、内輪 10 の製造方法を例に説明する。

図 3 (a) ~ 3 (e) は、図 2 に示した内輪の製造方法の工程図である。図 4 (a) , 4 (b) は、図 3 (a) ~ 3 (e) に示した製造工程の焼入れ処理及び焼戻し処理を説明するための工程図である。

[0036] まず、上記高炭素クロム軸受鋼鋼材から形成された環状素材 W1 (図 3 (a) 参照) を製造する。次に、得られた環状素材 W1 に、切削加工等を施して、所定形状に加工して、内輪軌道面 11、内周面 12 及び側面 13 に対応する部分を有する内輪 10 の素形材 (ワーク) W2 を得る前加工を行う (図 3 (b) 参照)。

[0037] 次に、得られたワーク W2 に対して、焼入れ処理 (図 3 (c)、図 4 (a) 参照) を施す。

上記焼入れ処理は、焼入れ処理後のワークについて、全体がマルテンサイトからなり、かつ、不完全焼入れ組織 (微細パーライト) が 5 % 以下となるように、全体を均一に加熱した後、急冷することが好ましい。上記不完全焼入れ組織が 5 % を超えると、製造した内輪 10 の硬度が不足し、転動疲労寿命が短くなることがある。

上記焼入れ処理の方法は特に限定されず、高周波焼入れ、ズブ焼入れ等の方法を採用することができる。

[0038] 上記焼入れ処理は、例えば、ワーク W2 を、810 ~ 850 °C の焼入れ温度で 0.5 ~ 2 時間加熱し、急冷する条件で行なうことができる。

焼入れ温度は、十分な焼入性確保の観点から、好ましくは 820 °C 以上であり、結晶粒の粗大化防止の観点から、好ましくは 840 °C 以下である。

加熱時間は、部材の均熱化の観点から、好ましくは 0.5 時間以上であり、結晶粒の粗大化防止の観点から、好ましくは 1.5 時間以下である。

急冷は、例えば、冷却油の油浴中における油冷等により行われる。冷却油の油浴温度は、通常、60 ~ 180 °C である。

[0039] 次に、焼入れ処理後の素形材 (ワーク) W2 に焼戻し処理を施して、中間

素材W3を得る（図3（d）、図4（b）参照）。

上記焼戻し処理は、ワークW2を冷却液中に浸漬した状態で、誘導加熱により所定時間加熱し、その後、例えば上記冷却液中でワークW2を冷却することにより行う。なお、上記ワークW2の冷却は、例えば、空冷、放冷等によって行うこともできる。

これにより、上記焼戻し処理では、図4（b）に示すように、焼入れ処理後のワークW2の表面の焼戻し温度（図4（b）中、「表面温度A」参照）を当該ワークW2の内部の焼戻し温度（図4（b）中、「内部温度B」参照）よりも低い温度とすることができる。

[0040] 上記焼戻し処理では、上記表面温度Aを上記内部温度Bよりも低い温度とすることにより、耐衝撃性を得るのに適した硬さの内層部を形成することができる。加えて、上記の条件で焼戻し処理を行うことにより、焼戻し処理時における残留オーステナイト量の減少を抑制し、かつ圧縮応力を増加させることができる。

このとき、上記表面温度Aと上記内部温度Bとの差（内部温度B－表面温度A）は、40℃以上とすることが好ましい。所定の内層部15及び表層部14を有する内輪10を得るのにより適しているからである。

上記表面温度Aと上記内部温度Bとの差（内部温度B－表面温度A）は、600℃以下が好ましい。600℃を超えるとワークW2に割れが生じるおそれがある。

[0041] また、上記焼戻し処理において、焼戻し時間（図4（b）中、「焼戻し時間T」参照）は、20秒間以下が好ましい。これにより、ワークW2に十分な圧縮残留応力を付与することができる。より好ましくは18秒間以下である。

上記焼戻し時間Tは、温度ムラの発生を抑制して内輪の品質を安定化させる観点からは、2秒間以上が好ましく、3秒間以上がより好ましい。

なお、本実施形態において、「焼戻し時間」とは、誘導加熱時の通電時間をいう。

[0042] 上記焼戻し処理の具体的な温度は、表面温度が170～290℃で、内部温度が320～715℃となるように調整して行うことが好ましい。

上記表面温度は、ころ軸受の転動疲労寿命を確保する観点から、275℃以下が好ましい。

上記内部温度は、耐衝撃性確保の観点から、365℃以上がより好ましく、450℃以上が更に好ましい。また、圧壊強度確保の観点から、575℃以下がより好ましい。内部温度が450～575℃である場合、長い転動疲労寿命及び高い耐衝撃性を確保することができ、かつ高い圧壊強度を確保するのに更に好適である。

なお、本実施形態において、上記表面温度とは、ワークW2の表面の第2軌道部16Bが形成される部分の温度をいう。また、上記表面温度及び上記内部温度は、Kタイプの熱電対により計測することができる。

また、上記焼戻し温度の調整は、誘導加熱時の周波数や出力、焼戻し時間等により調整することができる。

[0043] 本実施形態において、上記焼戻し処理は、例えば、下記の熱処理装置を用いて行えばよい。

図5(a)は、本実施形態で使用する熱処理装置の一例を示す概略説明図であり、図5(b)は、図5(a)の要部拡大図である。

図5(a)、5(b)に示す熱処理装置100は、環状のワーク（熱処理方法された素形材）W2を内部にセットし、ワークW2に熱処理を施す処理槽101と、ワークW2を保持する保持治具102と、ワークW2の外周側にワークW2を包囲して配置され、ワークW2を誘導加熱する誘導加熱コイル103と、ワークW2の内周側に設置されたセンターコア104と、処理槽101内に貯留され、ワークW2を冷却する冷却媒体としての冷却液105と、ワークW2に冷却液105を噴射する噴射ノズル106と、噴射ノズル106及び処理槽101内に冷却液105を供給するための供給管107A、107Bとを備えている。

[0044] 処理槽101は、冷却液105を貯留することが可能な有底円環状の容器

であり、円筒状のインナーケース１０１Ａと円筒状のアウトターケース１０１Ｂとからなる。処理槽１０１を構成する上記容器は、電気絶縁性のセラミックスまたは電気絶縁性の合成樹脂からなる。このように、熱処理装置１００は、電気絶縁性のセラミックスまたは電気絶縁性の合成樹脂からなる容器を処理槽１０１として有するため、熱処理装置１００自体の加熱を抑制することができる。

容器の大きさは、熱処理装置１００の用途、ワークＷ２の大きさ等によって適宜設定することができる。

処理槽１０１内には、冷却液１０５が貯留されている。また、処理槽１０１には、余剰の冷却液１０５を処理槽１０１の外部に排出するための排出口１０８が設けられている。

かかる処理槽１０１の内部には、冷却液１０５中に浸漬するようにワークＷ２がセットされる。

[0045] 保持治具１０２は、治具本体１０２ａと、ワークＷ２の下面を点接触で受け止める支持部（第１支持部）１０２ｂと、ワークＷ２の水平方向への移動を抑制する支持部（第２支持部）１０２ｃとを有している。保持治具１０２は、ワークＷ２を点接触で保持しつつ、ワークＷ２の水平方向への移動を抑制する。このとき、支持部１０２ｃはワークＷ２と接触していてもよいし、ワークＷ２との間に最大０．５ｍｍ程度の隙間が形成されていてもよい。上記隙間を設けると、加熱時にワークＷ２が熱膨張してもワークＷ２の表面が支持部１０２ｃで押圧されることを回避することができる。

[0046] 支持部１０２ｂ、１０２ｃはいずれも球状体である。そのため、ワークＷ２と支持部１０２ｂ、１０２ｃとが接触した場合、両者の接触は点接触となる。そのため、ワークＷ２から支持部１０２ｂ、１０２ｃへの熱伝導が抑制され、ワークＷ２の温度が不均一になることを防止することができる。また、冷却液１０５によるワークＷ２の冷却が支持部１０２ｂ、１０２ｃによって阻害され難いので、冷却不足によるワークＷ２の過熱を防止することができる。支持部１０２ｂ、１０２ｃの個数は、それぞれ平面視円周方向に３

個以上であればよく、通常、3～6個程度であり、等間隔に3個設けられていることが好ましい。

また、保持治具102は、電気絶縁性のセラミックスまたは電気絶縁性の合成樹脂からなる。これにより、保持治具102自体の加熱やワークW2の表面温度のバラつきを抑制することができる。

[0047] 誘導加熱コイル103は、アウターケース101Bの外側に設置されている。誘導加熱コイル103は、アウターケース101Bの外径よりも大きい内径を有する螺旋状のものである。

センターコア104は、インナーケース101Aの内側に設置されている。センターコア104は、インナーケース101Aの内径よりも小さい外径を有する棒状体であり、ケイ素鋼からなる。

熱処理装置100では、誘導加熱コイル103に高周波電流を供給することにより、ワークW2の全体を所望の温度に誘導加熱することができる。

なお、誘導加熱コイル103及びセンターコア104は、処理槽101内に設置されていてもよい。

[0048] 冷却液105は、ワークW2の表面を冷却可能な液体であればよい。冷却液105としては、例えば、水、油、水溶性ポリマー等が挙げられる。

上記油としては、例えば、焼入油等が挙げられる。

上記水溶性ポリマーとしては、例えば、PAG（ポリアルキレングリコール）等が挙げられる。上記水溶性ポリマーは、水に溶解させた水溶液として用いることができる。この場合、水への水溶性ポリマーの配合量は、水溶性ポリマーの種類等に応じて適宜設定することができる。

冷却液105は、ワークW2の表面を効率よく冷却する観点から、熱伝達率が高いものであることが好ましく、かつ取扱いが容易なものがより好ましい。

[0049] 噴射ノズル106は、冷却液105を処理槽101に供給するための供給管107Aの先端部に取り付けられている。噴射ノズル106は、ワークW2の周方向に沿って所定間隔毎に複数個設けられている。各噴射ノズル10

6は、ワークW2の内輪軌道面11に対向するように配置された噴射口106aを有する。噴射口106aは、ワークW2の上記第1軌道部が形成される部分（図5（b）斜線部分）に近接して対向するように配置されている。

なお、供給管107Aには、流量調整弁及び圧力調整弁（ともに図示せず）が設けられている。これにより、冷却液の供給条件を調整することができる。

[0050] 熱処理装置100では、供給管107A、107Bを介して供給された冷却液105が処理槽101内に貯留され、余剰の冷却液105は排出口108から排出される。

なお、熱処理装置100は、排出された冷却液105を処理槽101内に再供給するための循環路（図示せず）を備えていてもよい。

[0051] その他、熱処理装置100は、図示していないものの、誘導加熱に必要な電源、整合器、冷却剤の温度を制御するための温調部材等、必要な部材を備えている。

また、熱処理装置100は、加熱時等にワークW2を軸心回りに回転させるための機構を備えていてもよい。

[0052] このような熱処理装置100を使用した焼戻し処理では、上述したようにワークW2を処理槽101内に設置し、冷却液105に浸漬した状態で加熱することにより行う。

このとき、処理槽101内に貯留された冷却液105には、ワークW2の第1軌道部16Aが形成される部分に冷却液105が集まるような冷却液105の流れを発生させた状態で誘導加熱を行う。

具体的には、複数の噴射ノズル106の噴射口106aから第1軌道部16Aが形成される部分に向かって冷却液105をジェット噴射で供給しつつ誘導加熱を行えばよい。これにより、ワークW2の第1軌道部16Aが形成される部分を他の部分に比べて高い冷却能で冷却することができる。そのため、後工程を経て完成した内輪10の第1軌道部16Aに、他の部分（第2軌道部16B）より高い圧縮残留応力を付与することができる。

また、この手法を採用すれば、内輪 10 の他の軌道部 16（第 2 軌道部 16 B）にも第 1 軌道部 16 A に比べれば低いものの圧縮残留応力を付与することができる。

[0053] 上記誘導加熱の際の周波数及び出力は、ワーク W2 の形状やサイズ、冷却液の冷却能等に応じて適宜設定することができる。

噴射ノズル 106 から冷却液 105 をジェット噴射により供給する際の冷却液 105 の供給量は、噴射ノズル 106 の個数や、ワーク W2 の形状やサイズ、冷却液の冷却能等にもよるが、例えば、8～80 L/min とすれば良い。

また、噴射ノズル 106 から供給する冷却液 105 の温度は、ワーク W2 の形状やサイズ、冷却液の冷却能等にもよるが、例えば、5～80℃ とすればよい。

[0054] 最後に、焼戻し工程後の中間素材 W3 について、内輪軌道面 11 に対応する部分などに対して、研磨加工等の仕上げ加工を施す（図 3（e）参照）。

このような工程を経ることにより、内輪 10（ころ軸受用軌道輪）を製造することができる。

[0055]（その他）

本発明の実施形態に係る軸受軌道輪の製造方法において、噴射ノズルを介してジェット噴射により冷却液を供給する場合、冷却液中に、ワーク W2 の第 1 軌道部 16 A が形成される部分に冷却液が集まるような冷却液の流れを発生させることができれば、噴射ノズルは必ずしも噴射口がワーク W2 の第 1 軌道部 16 A が形成される部分に対向するように配置されていなくても良い。

[0056] 図 6 は、本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪の製造方法で使用する熱処理装置の別の一例を示す要部拡大図である。

本発明の実施形態に係るころ軸受用軌道輪の製造方法では、図 6 に示したような熱処理装置 200 を用いて、焼戻し処理を行っても良い。熱処理装置 200 は、噴射ノズル 206 の取り付け向きが異なる以外は、図 5（a）、

(b) に示した熱処理装置 100 と同様の構成を備えている。熱処理装置 200 において、熱処理装置 100 と同様の部材については、熱処理装置 100 と同一の符号を付している。

[0057] 熱処理装置 200 を使用した焼戻し処理は、熱処理装置 100 を使用する場合と同様、ワーク W2 が冷却液 105 に浸漬した状態となるように処理槽 101 内に設置し、ワーク W2 の第 1 軌道部 16A が形成される部分に、冷却液 105 が集まるような冷却液 105 の流れを発生させた状態で誘導加熱することにより行う。

このとき、複数の噴射ノズル 206 は、噴射ノズル 206 の噴射口 206a からジェット噴射により供給された冷却液 105 が、ワーク W2 の外周側に位置するアウターケース 101B の内壁面で反射してワーク W2 の第 1 軌道部 16A が形成される部分に向かうように設置しておく。

これにより、熱処理装置 200 を用いて焼戻し処理を行う場合も、噴射ノズル 206 から冷却液 105 を供給しつつ誘導加熱を行うことにより、ワーク W2 の第 1 軌道部 16A が形成される部分を他の部分に比べて高い冷却能で冷却することができる。

そのため、熱処理装置 200 を用いた場合も、後工程を経て完成した内輪 10 の第 1 軌道部 16A に、他の部分（第 2 軌道部 16B）より高い圧縮残留応力を付与することができる。さらに、内輪 10 の他の軌道部 16（第 2 軌道部 16B）にも第 1 軌道部 16A に比べれば低いものの圧縮残留応力を付与することができる。

[0058] 熱処理装置 200 を使用する場合も熱処理装置 100 を用いる場合と同様、誘導加熱の際の周波数及び出力は、ワーク W2 の形状やサイズ、冷却液の冷却能等に応じて適宜設定することができる。

また、噴射ノズル 206 から冷却液 105 をジェット噴射により供給する際の冷却液 105 の供給量や、冷却液 105 の温度は、熱処理装置 100 を使用する場合と同程度の条件を採用することができる。

[0059] また、熱処理装置 100、200 では、ワーク W2 の内側にセンターコア

が設けられているが、センターコアに代えて、ワークW2の内側にも誘導加熱コイルを設けてもよい。この場合もワーク全体を加熱することができる。

実施例

[0060] 以下、実施例等により本発明の実施形態の作用効果を検証する。本発明の実施形態は、以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例1)

S U J 2 からなる鋼材から環状素材を製造し、得られた環状素材に切削加工を施して、所定形状に加工して、内輪用のワーク（外径：53 mm、最大肉厚 $\times$ （図2参照）：12.0 mm）を得た。次に、得られたワークに、表1及び図7に示した熱処理条件による焼入れ処理及び焼戻し処理を施した後、研磨加工を施し、軸受（型番：T R A O 6 0 7）用の内輪の試験片を得た。

ここで、焼入れ処理は、雰囲気熱処理炉を用いて行い、焼戻し処理は、図5（a）、5（b）に示した熱処理装置100を用いて行った。

図7は、実施例1における熱処理条件を示す線図である。

本実施例では、図7に示すように、ワークを830℃で0.5時間加熱して全体焼入れを行なった後、80℃に油冷した。

その後、ワークを図5（a）、5（b）に示した熱処理装置100内にセットし、当該ワークの表面を冷却しながら周波数1560 Hz及び出力185 kWで5秒間誘導加熱し、第1軌道部が形成される部分の表面温度（以下、実施例／比較例の説明では、単に第1軌道部の表面温度という） t_1 を253℃、第2軌道部が形成される部分の表面温度（実施例／比較例の説明では、単に第2軌道部の表面温度という） t_2 を240℃、内層部となる部分の温度（実施例／比較例の説明では、単に内部温度という） t_3 を542℃として焼戻しを行った。

上記焼戻し処理は、焼入れ処理されたワークを25℃の水（冷却液）に浸漬した状態で行い、このとき、噴射ノズル106からは加熱開始と同時に10 L / m i n の流量で冷却水をジェット噴射した。

なお、第1軌道部の表面温度 t_1 は、第1軌道部の表面における軸方向の中央部（図2中、P参照）で測定し、第2軌道部の表面温度 t_2 は、第2軌道部の表面における軸方向の中央部（図2中、Q参照）で測定し、内部温度 t_3 は、ワークを径方向に沿って切断した場合に生じる切断面（図2参照）において、軌道面における軸方向の中央部から径方向内部側に当該部分の肉厚の $1/2$ の部分まで入り込んだ位置（図2中、R参照）で測定した。

[0061]（実施例2～8）

焼戻し時の誘導加熱の条件（周波数及び出力）、並びに、噴射ノズル106からジェット噴射する冷却水の流量を、表1に示したように変更した以外は、実施例1と同様にして、内輪の試験片を得た。

また、各実施例における焼戻し温度（第1軌道部の表面温度 t_1 、第2軌道部の表面温度 t_2 及び内部温度 t_3 ）は、表1に示した通りである。

[0062]（比較例1）

焼戻し炉を用いて焼戻し処理を行い、その条件を図8に示した条件とした以外は、実施例1と同様にして、内輪の試験片を得た。

図8は、比較例1における熱処理条件を示す線図である。比較例1では、ワークを830℃で0.5時間加熱して全体焼入れを行なった後、80℃に油冷し、その後、ワークを180℃（軌道部の表面温度 t_2 及び内部温度 t_3 とともに180℃）で1.5時間加熱して焼戻しを行った。

なお、軌道部の表面温度は、実施例1の第2軌道部の表面温度と同様の箇所測定した。

[0063]（比較例2）

実施例1と同様にしてSUJ2からなる内輪用のワークを得た。

次に、得られたワークをカーボンポテンシャルが1.1、アンモニアガス濃度が6体積%の浸炭窒化雰囲気中において図9に示した熱処理条件による浸炭窒化焼入れ処理を行い、その後、比較例1と同様の焼戻し処理を施した後、研磨加工を施し、軸受（型番：TRA0607）用の内輪の試験片を得た。

図9は、比較例2における熱処理条件を示す線図である。比較例2では、ワークを、840℃で4時間加熱して浸炭窒化焼入れを行なった後、80℃に油冷し、その後、180℃で1.5時間加熱して焼戻しを行った。

[0064] (比較例3)

SAE (Society of Automotive Engineers) 5120からなる鋼材から環状素材を製造し、得られた環状素材に切削加工を施して、所定形状に加工して、内輪用のワーク（外径：53mm、最大肉厚x：12.0mm）を得た。次に、得られたワークをカーボンポテンシャル1.1の雰囲気中で図10に示した熱処理条件による浸炭焼入れ処理を行い、その後、比較例1と同様の焼戻し処理を施した後、研磨加工を施し、軸受（型番：TRA0607）用の内輪の試験片を得た。

図10は、比較例3における熱処理条件を示す線図である。比較例3では、ワークを、850℃で5時間加熱して浸炭焼入れを行なった後、80℃に油冷し、その後、180℃で1.5時間加熱して焼戻しを行った。

[0065] (比較例4)

焼戻し処理時の誘導加熱の条件（周波数及び出力）を表2に示したように変更するとともに、噴射ノズル106を用いた冷却水のジェット噴射を行わなかった以外は、実施例1と同様にして、内輪の試験片を得た。

図11は、比較例4における熱処理条件を示す線図である。比較例4では、ワークを830℃で0.5時間加熱して全体焼入れを行なった後、80℃に油冷し、その後、ワークを熱処理装置100内にセットして、冷却液中に浸漬させつつ、噴射ノズル106を介した冷却水の供給は行わず、周波数1210Hz及び出力200kWで5秒間誘導加熱し、軌道部が形成される部分の表面温度（実施例／比較例の説明では、単に軌道部の表面温度という） t_2 を280℃、内部温度 t_3 を485℃として焼戻しを行った。なお、軌道部の表面温度は、実施例1の第2軌道部の表面温度と同様の箇所で測定した。

[0066] (比較例5～11)

焼戻し処理時の誘導加熱の条件（周波数及び出力）を表 2 に示したように変更した以外は、比較例 4 と同様にして、内輪の試験片を得た。

また、各比較例における焼戻し温度（軌道部の表面温度 t_2 及び内部温度 t_3 ）は、表 2 に示した通りである。

[0067]（比較例 1 2 ～ 1 5）

焼戻し処理時の誘導加熱の条件（周波数及び出力）、並びに、噴射ノズル 1 0 6 からジェット噴射する冷却水の流量を、表 2 に示したように変更した以外は、実施例 1 と同様にして、内輪の試験片を得た。

また、各比較例における焼戻し温度（第 1 軌道部の表面温度 t_1 、第 2 軌道部の表面温度 t_2 及び内部温度 t_3 ）は、表 2 に示した通りである。

[0068]

[表1]

	鋼種	熱処理	焼入れ 条件	焼戻し条件					ジェット噴流による 冷却液の流量 (L/min)
				周波数 (Hz)	出力 (kW)	軌道部 (第2軌道部)の 表面温度(°C)	第1軌道部の 表面温度(°C)	内部温度 (°C)	
実施例1	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1560	185	240°C-5sec	253°C-5sec	542°C-5sec	10
実施例2	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	430	210	235°C-5sec	199°C-5sec	478°C-5sec	10
実施例3	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	430	240	210°C-5sec	165°C-5sec	550°C-5sec	20
実施例4	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	430	210	215°C-5sec	168°C-5sec	460°C-5sec	20
実施例5	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	430	210	195°C-5sec	146°C-5sec	475°C-5sec	40
実施例6	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	430	210	180°C-5sec	135°C-5sec	470°C-5sec	60
実施例7	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1560	195	249°C-5sec	279°C-5sec	553°C-5sec	10
実施例8	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	580	200	210°C-5sec	165°C-5sec	470°C-5sec	20

[0069]

[表2]

	鋼種	熱処理	焼入れ条件	焼戻し条件				ジェット噴流による冷却液の流量 (L/min)
				周波数 (Hz)	出力 (kW)	軌道部 (第2軌道部) の表面温度 (°C)	第1軌道部の表面温度 (°C)	内部温度 (°C)
比較例1	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	-	-	180°C-1.5h	-	180°C-1.5h
比較例2	SUJ2	浸炭窒化 焼入れ焼戻し	840°C-4h	-	-	180°C-1.5h	-	-
比較例3	SAE5120	浸炭 焼入れ焼戻し	850°C-5h	-	-	180°C-1.5h	-	-
比較例4	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1210	200	280°C-5sec	-	485°C-5sec
比較例5	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	430	202	120°C-5sec	-	480°C-5sec
比較例6	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1210	210	255°C-5sec	-	565°C-5sec
比較例7	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1210	190	225°C-5sec	-	405°C-5sec
比較例8	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1210	140	220°C-5sec	-	370°C-5sec
比較例9	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1210	215	220°C-5sec	-	575°C-5sec
比較例10	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1210	210	220°C-5sec	-	485°C-5sec
比較例11	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1560	140	220°C-5sec	-	480°C-5sec
比較例12	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	1560	175	249°C-5sec	249°C-5sec	580°C-5sec
比較例13	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	580	195	210°C-5sec	165°C-5sec	550°C-5sec
比較例14	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	580	210	205°C-5sec	160°C-5sec	545°C-5sec
比較例15	SUJ2	焼入れ焼戻し	830°C-0.5h	580	190	190°C-5sec	135°C-5sec	410°C-5sec

[0070] (試験片の評価)

ビッカース硬さ試験機を用いて実施例1～8及び比較例1～15の内輪の試験片における断面の硬さの分布を求めた。この断面の硬さの分布の測定において、実施例の試験片では、表層部の断面のビッカース硬さが、最表面か

ら内層部に向って徐々に低硬度となっていることが明らかとなった。なお、この硬さの分布は後述する高硬度表面層の深さの算出にも使用した。

[0071] また、実施例 1 ～ 8 及び比較例 1 ～ 15 の内輪の試験片の軌道部（第 1 軌道部及び第 2 軌道部）の表面のビッカース硬さ、内層部の硬さ、高硬度表面層の深さ、圧縮残留応力、転動疲労寿命、シャルピー衝撃値、圧壊強度及び製造コストを調べた。さらに、実施例 1 ～ 8 及び比較例 1 ～ 15 の内輪の試験片の表層部及び内層部それぞれの組織を光学顕微鏡にて観察した。

[0072] 軌道部の表面のビッカース硬さは、各内輪の試験片の軌道部（第 1 軌道部及び第 2 軌道部）の表面における軸方向の中央部にビッカース圧子をあてて測定した。

内層部の硬さは、各内輪の試験片を径方向に沿って切断した切断面（図 2 参照）において、軌道面における軸方向の中央部から径方向内部側に当該部分の肉厚の $1/2$ の部分まで入り込んだ位置にビッカース圧子をあてて測定した硬さを内層部の硬さとした。

高硬度表面層の深さは、ヘルツ接触理論により最大せん断応力深さを算出し、この最大せん断応力深さと上述したビッカース硬さの分布とに基づいて算出した。

圧縮残留応力は、残留応力測定装置によって、X線回折法を行なうことによって測定した。

転動疲労寿命は、ラジアル型転動疲労寿命試験を行なうことによって測定した。

[0073] シャルピー衝撃値は、JIS K 7111-1 にしたがって測定した。

圧壊強度は、内輪の試験片の周方向の第 1 の箇所と、上記周方向の第 1 の箇所とは 180° 周方向に移動した箇所である第 2 の箇所とを、アムスラー試験機で径方向に挟み、第 1 の箇所と第 2 の箇所とを結ぶ試験片の軸線と垂直な方向に沿って、第 1 の箇所と第 2 の箇所とが 0.5 mm/min の速度で近接するよう移動させることで試験片を変形させ、破壊させ、破壊した時のラジアル荷重を評価することによって測定した。

これらの結果を表 3、4 に示す。なお、転動疲労寿命、シャルピー衝撃値及び圧壊強度については、比較例 1 の測定値に対する相対値として算出した。また、表中、コストにおける丸印は、比較例 1 の内輪の評価数値と同等以下の数値であることを意味し、×印は、比較例 1 の内輪の評価数値より大きい数値であることを意味する。

[0074]

[表3]

	表層部の 主たる 組織	内層部の 主たる 組織	表面硬さ(HV)		内層部 硬さ (HV)	高硬度表面層の 深さ		圧縮残留応力 (MPa)		転動 疲労 寿命 (相対値)	シャルピー 衝撃値 (相対値)	圧壊 強度 (相対値)	コスト
			第2 軌道部	第1 軌道部		第2 軌道部	第1 軌道部	第2 軌道部	第1 軌道部				
実施例1	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	729	745	458	3.3Z0	3.4Z0	238	265	1.21	1.10	1.00	○
実施例2	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	729	745	538	4.0Z0	4.1Z0	212	255	1.20	1.00	1.00	○
実施例3	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	729	766	459	3.6Z0	3.7Z0	276	315	1.21	1.00	1.00	○
実施例4	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	749	766	535	4.8Z0	5.1Z0	256	300	1.24	1.00	1.00	○
実施例5	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	752	780	540	4.6Z0	4.8Z0	301	320	1.35	1.00	1.10	○
実施例6	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	760	798	538	4.7Z0	4.9Z0	317	350	1.50	1.00	1.10	○
実施例7	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	745	765	507	3.0Z0	3.1Z0	220	240	1.18	1.00	1.00	○
実施例8	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	735	755	510	4.4Z0	4.7Z0	221	241	1.18	1.00	1.00	○

[0075]

[表4]

	表層部の 主たる 組織	内層部の 主たる 組織	表面硬さ(HV)		内層部 硬さ (HV)	高硬度表面層の 深さ		圧縮残留応力 (MPa)		転動 疲労 寿命 (相対値)	シャルピー 衝撃値 (相対値)	圧壊 強度 (相対値)	コスト
			第2 軌道部	第1 軌道部		第2 軌道部	第1 軌道部	第2 軌道部	第1 軌道部				
比較例1	高炭素 マルテンサイト	高炭素 マルテンサイト	740	-	740	-	-	0	0	1.00	1.00	1.00	○
比較例2	高炭素 マルテンサイト	高炭素 マルテンサイト	783	-	782	-	-	0	0	1.20	1.00	1.20	×
比較例3	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	753	-	550	6.3Z0	←	207	-	1.00	2.00	0.80	×
比較例4	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	681	-	540	3.1Z0	3.2Z0	182	-	0.80	1.20	1.00	○
比較例5	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	854	-	535	7.4Z0	7.8Z0	241	-	1.00	0.80	1.00	○
比較例6	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	735	-	412	3.1Z0	3.2Z0	182	-	1.00	1.20	0.80	○
比較例7	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	739	-	555	5.3Z0	5.4Z0	169	-	1.00	0.97	1.00	○
比較例8	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	742	-	589	5.8Z0	5.9Z0	165	-	1.00	0.87	1.00	○
比較例9	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	722	-	435	1.4Z0	1.7Z0	184	-	0.80	1.10	0.90	○
比較例10	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	788	-	542	4.6Z0	9.8Z0	180	-	1.00	0.70	1.00	○
比較例11	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	721	-	540	3.8Z0	3.9Z0	180	-	1.10	1.00	1.00	○
比較例12	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	729	745	439	3.0Z0	3.1Z0	242	276	1.20	1.10	0.90	○
比較例13	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	719	766	435	3.4Z0	3.7Z0	276	310	1.20	1.10	0.80	○
比較例14	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	722	760	431	3.2Z0	3.4Z0	321	345	1.25	1.10	0.80	○
比較例15	高炭素 マルテンサイト	低炭素 マルテンサイト	765	790	565	6.4Z0	6.7Z0	289	301	1.30	0.90	1.00	○

[0076] 表3、4に示した結果から、焼戻しマルテンサイトからなり、かつビッカース硬さが450HV以上、550HV未満である内層部と、この内層部を包囲し、かつ表面のビッカース硬さが700HV以上、800HV未満であり、焼戻しマルテンサイトからなる表層部とを有し、軌道部に圧縮残留応力

が局所的に高い第1軌道部を備えたるころ軸受用軌道輪（実施例1～8）は、従来の手法で作製した試験片（比較例1）と比べて、優れた転動疲労寿命を達成することができることが明らかとなった。

[0077] また、上記第1軌道部の圧縮残留応力を250MPa以上とすることで、浸炭窒化処理を行ったころ軸受用軌道輪と同等の転動疲労寿命を達成することができ、低コストで製造することができることが明らかとなった。

更に、上記第1軌道部の圧縮残留応力を320MPa以上とすることで、格別優れた転動疲労寿命を達成することができることが明らかとなった。

これらのことから、本発明の実施形態によれば、転動疲労寿命に優れるころ軸受（ころ軸受用軌道輪）を低コストで提供することができることが明らかとなった。

[0078] 本出願は、2016年4月5日出願の日本特許出願（特願2016-075753）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

[0079] 1：円錐ころ軸受1、10：内輪、11：内輪軌道面、12：内周面、13：側面、14：表層部、15：内層部、16：軌道部、16A：第1軌道部、16B：第2軌道部、17A、17B：非軌道部、18：鍔部、20：外輪、21：外輪軌道面、30：円錐ころ、31：転動面、31a、31b：エッジ部、32、33：ころ端面、40：保持器、100、200：熱処理装置、101：処理槽、101A：インナーケース、101B：アウターケース、102：保持治具、103：誘導加熱コイル、104：センターコア、105：冷却液、106、206：噴射ノズル、107A、107B：供給管、108：排出口、W1：環状素材、W2：素形材（ワーク）、W3：中間素材

請求の範囲

- [請求項1] 高炭素クロム軸受鋼からなる環状のころ軸受用軌道輪であって、
焼戻しマルテンサイト又はソルバイトからなり、かつビッカース硬さが450HV以上、550HV未満である内層部と、
前記内層部の周囲全体を包囲し、かつ表面のビッカース硬さが700HV以上、800HV未満であり、焼戻しマルテンサイトからなる表層部と
を有し、
前記表層部は、ころと転がり接触する軌道面を有する軌道部と前記軌道部以外の非軌道部とからなり、
前記軌道部は、軌道面の圧縮残留応力が相対的に高い第1軌道部と、前記圧縮残留応力が前記第1軌道部に比べて低い第2軌道部とを備え、
前記第1軌道部の軌道面は、前記ころの転動面の少なくとも一方の軸方向端部と接触する部分を有する、ころ軸受用軌道輪。
- [請求項2] 前記第1軌道部の軌道面の圧縮残留応力は、250MPa以上である請求項1に記載のころ軸受用軌道輪。
- [請求項3] 前記第1軌道部の軌道面の圧縮残留応力は、320MPa以上である請求項1に記載のころ軸受用軌道輪。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれかに記載のころ軸受用軌道輪を製造する方法であって、
(A) 高炭素クロム軸受鋼からなる環状のワークに焼入れ処理を施す工程、
(B) 焼入れ処理されたワークに焼戻し処理を施す工程であって、前記ワーク全体を冷却液に浸漬し、この状態で前記ワークを加熱する工程、及び、
(C) 焼戻し処理されたワークに仕上げ加工を施す工程、
を含み、

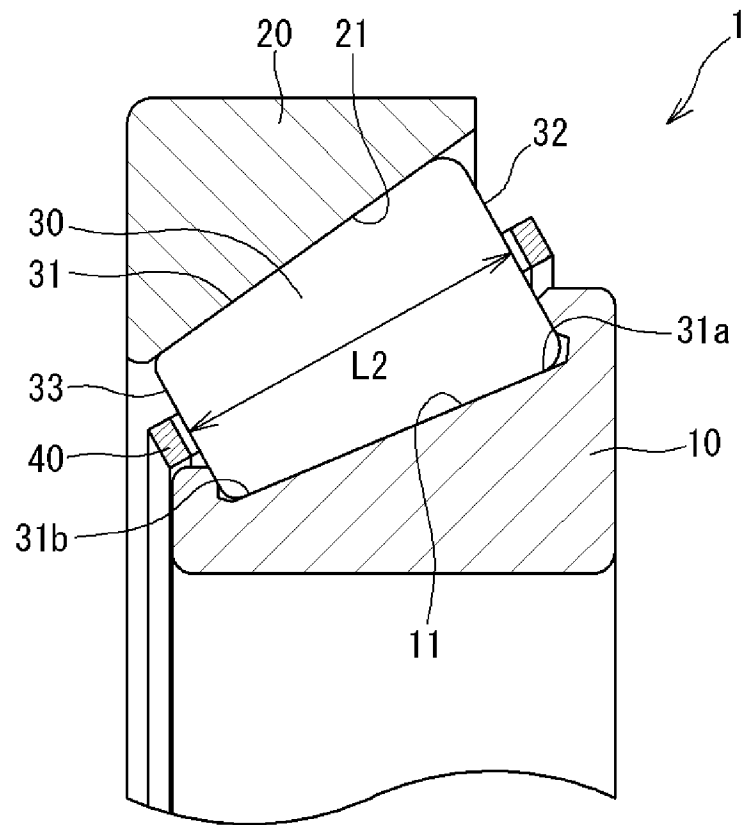
前記工程（Ｂ）は、前記焼入れ処理されたワークが浸漬された冷却液内に、前記ワークの前記第１軌道部が形成される部分に冷却液が集まるような冷却液の流れを発生させた状態で行う、ころ軸受用軌道輪の製造方法。

[請求項5] 前記工程（Ｂ）において、冷却液を噴射する噴射ノズルを使用し、前記噴射ノズルの噴射口を前記第１軌道部が形成される部分に対向させ、前記噴射口から前記第１軌道部が形成される部分に向かって冷却液を噴射する請求項４に記載のころ軸受用軌道輪の製造方法。

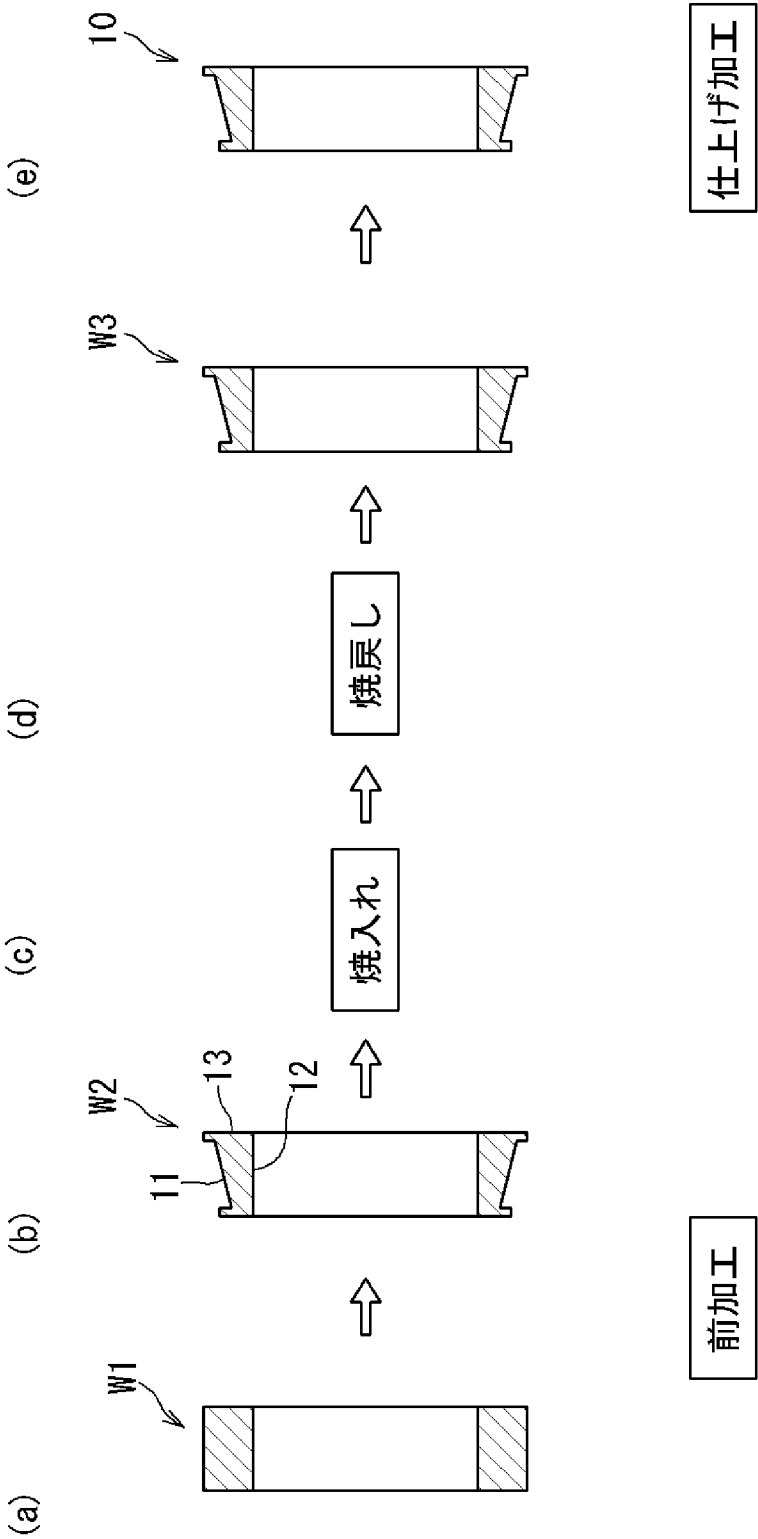
[請求項6] 外周面に軌道部を有する内輪と、内周面に軌道部を有する外輪と、前記内外輪の両軌道部の間に配置された複数個のころとを備えたころ軸受であって、

前記内輪及び前記外輪うちの少なくとも一方が請求項１～３のいずれかに記載のころ軸受用軌道輪である、ころ軸受。

[図1]



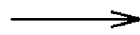
[図3]



[図4]

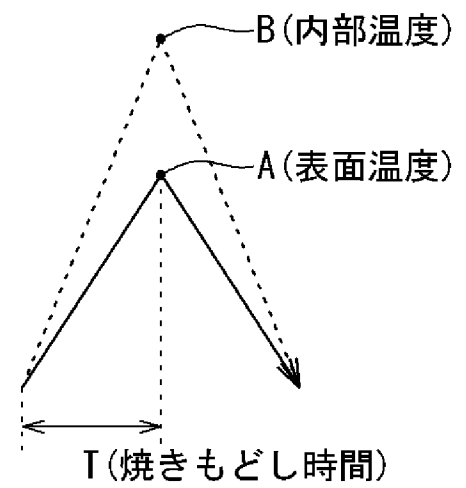
(a)

焼入れ



(b)

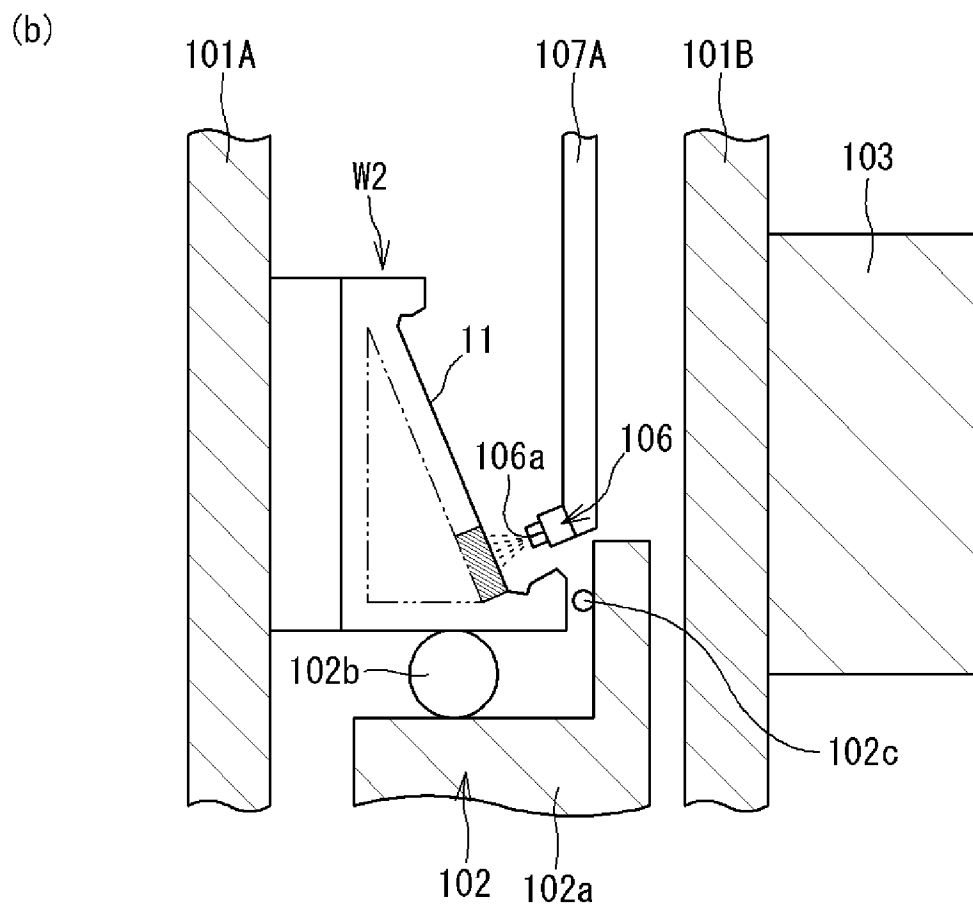
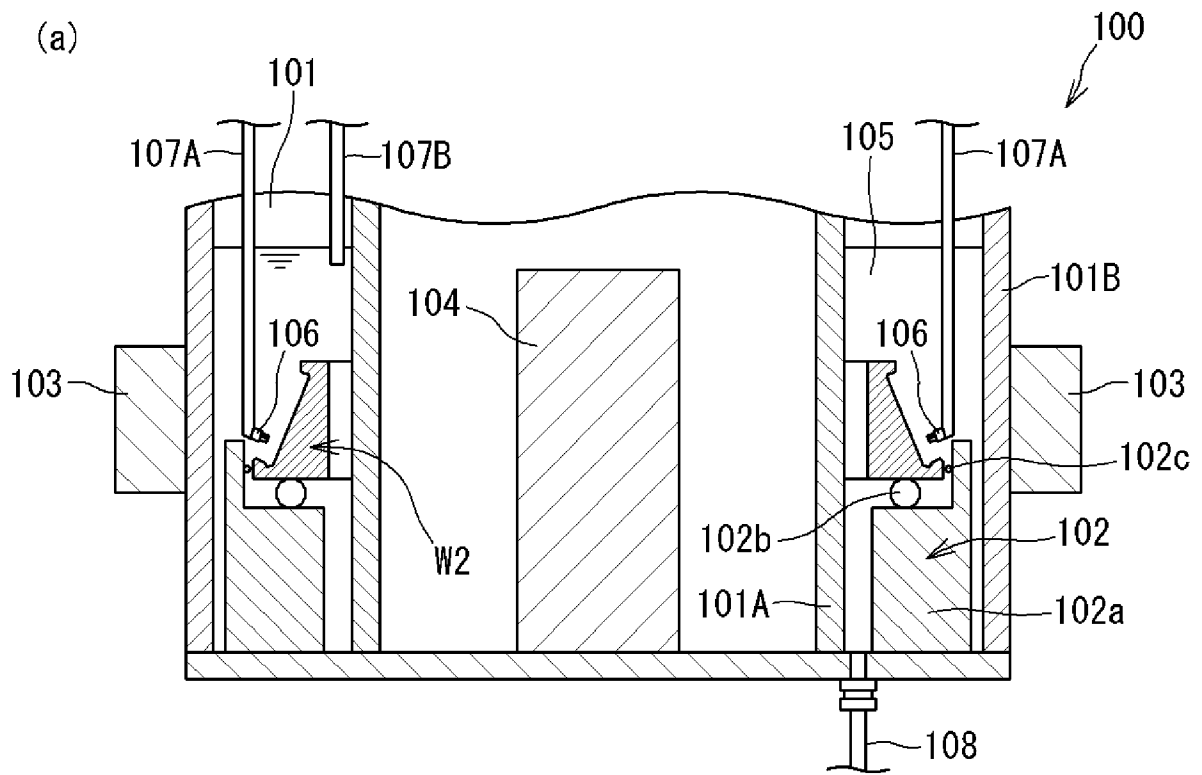
焼戻し



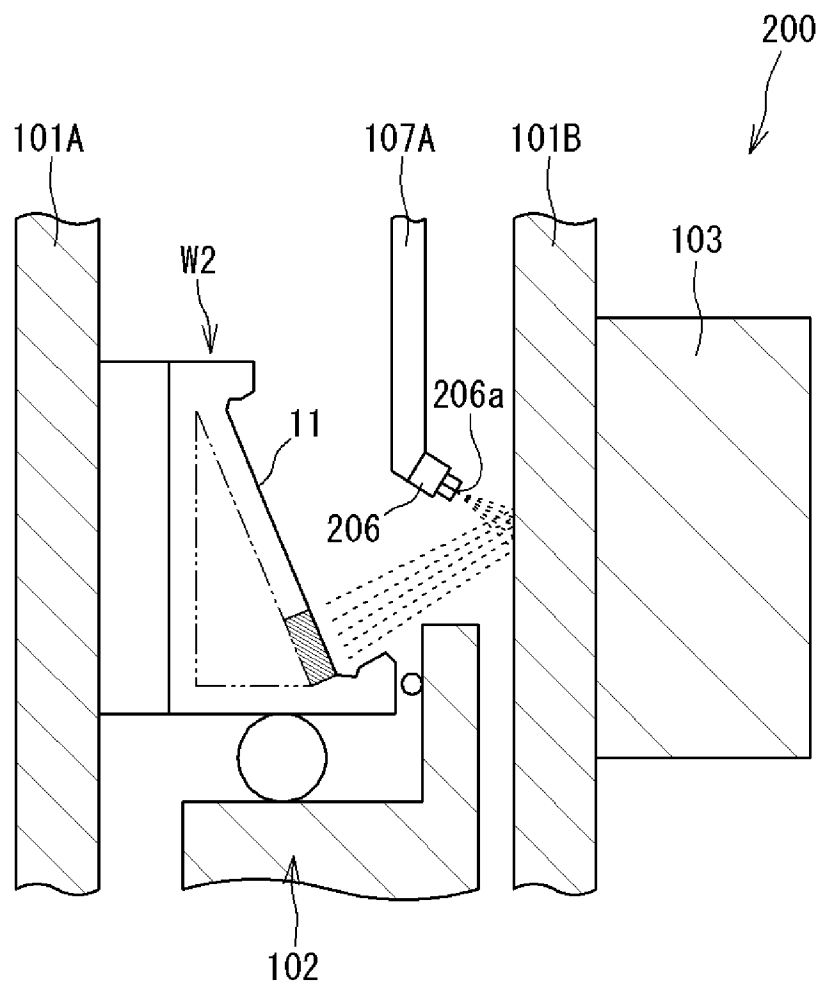
$$B-A \geq 40^{\circ}\text{C}$$

$$T \leq 20\text{sec}$$

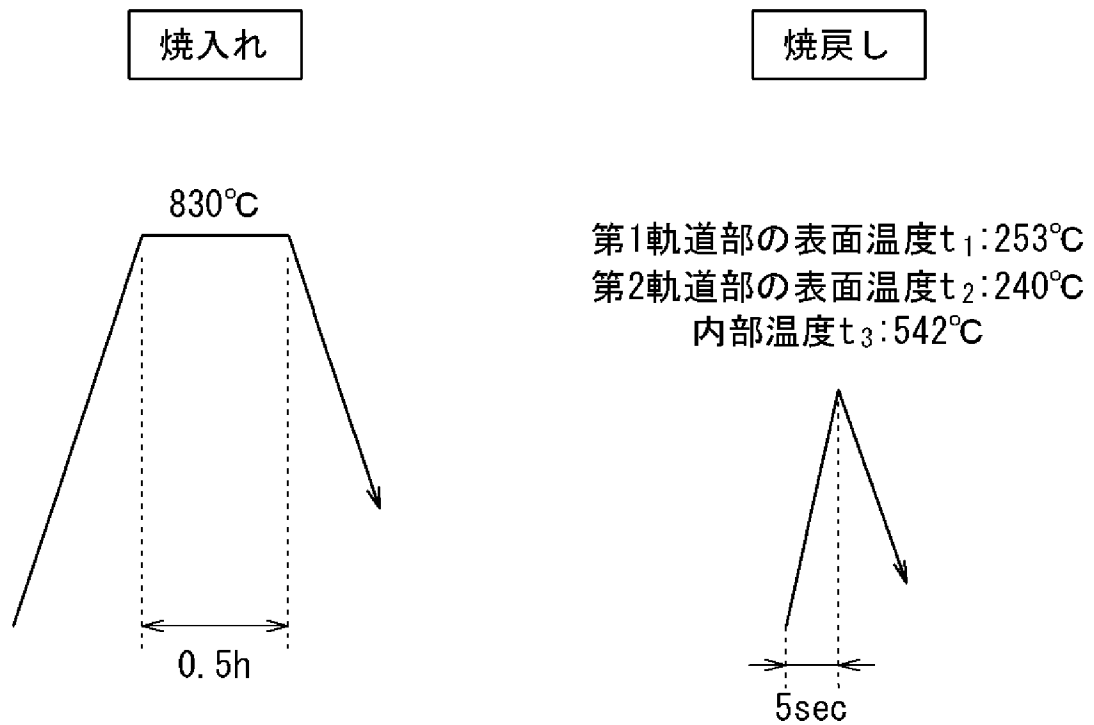
[図5]



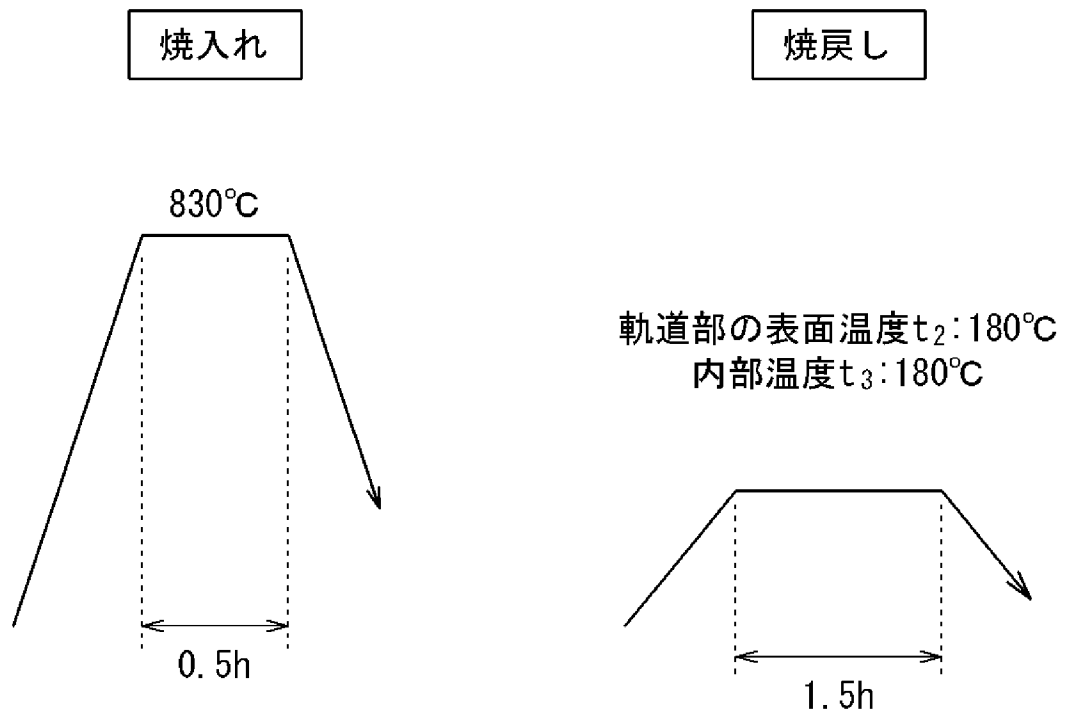
[図6]



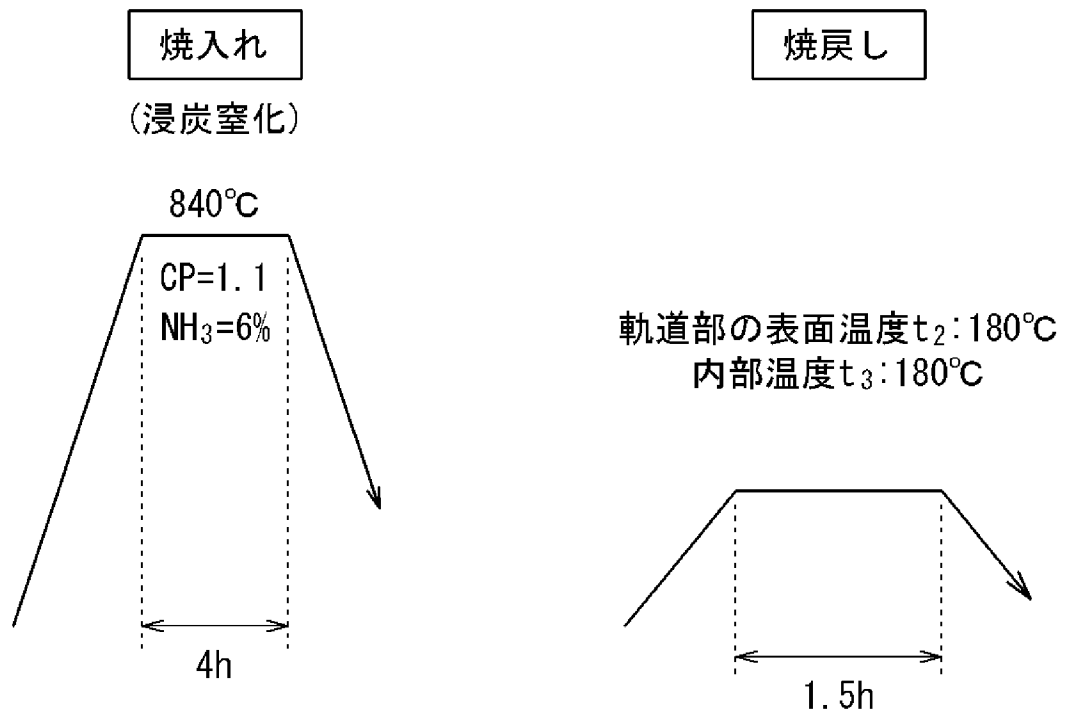
[図7]



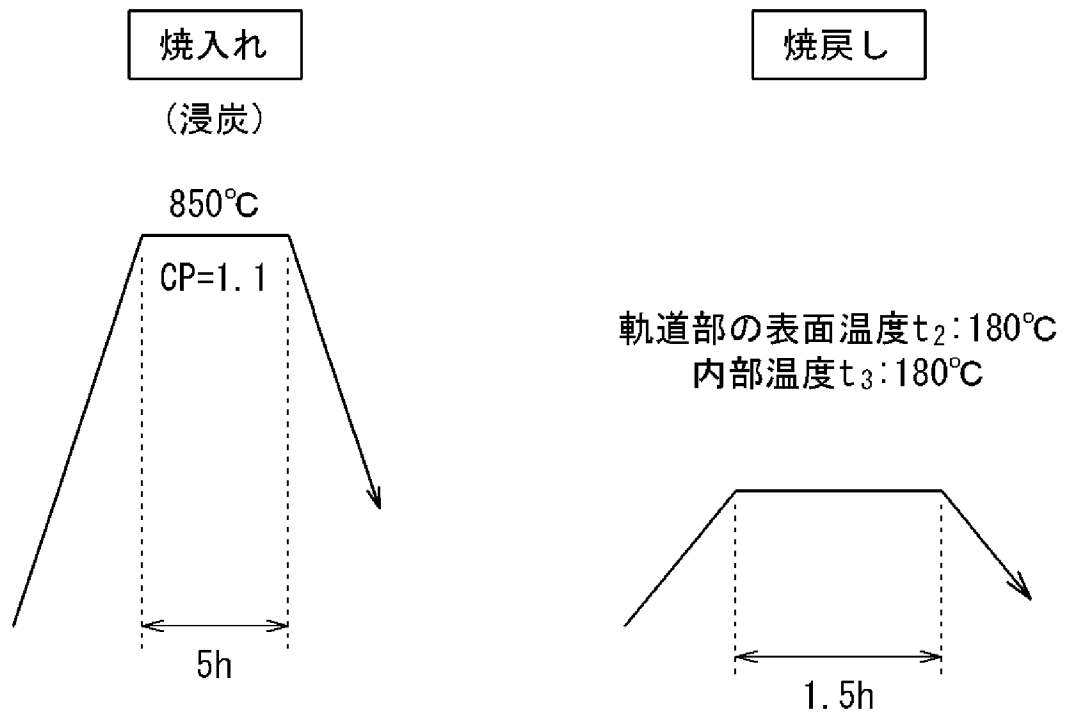
[図8]



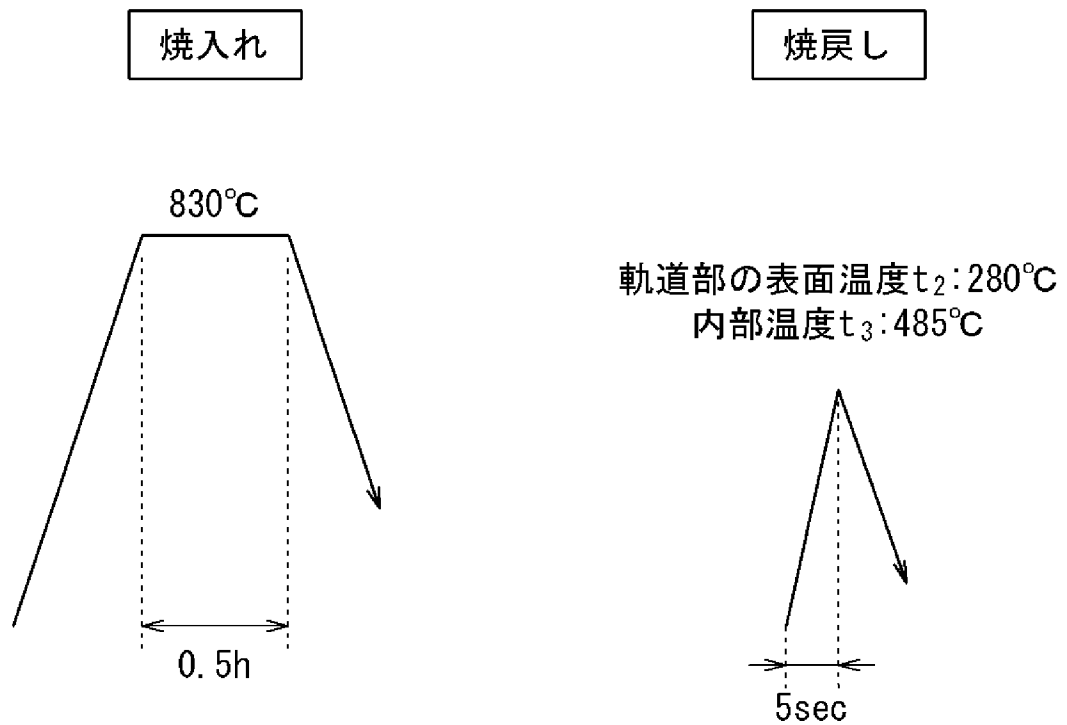
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014073

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C33/58(2006.01)i, C21D1/18(2006.01)i, C21D1/64(2006.01)i, C21D9/40(2006.01)i, F16C33/62(2006.01)i, F16C33/64(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)

F16C33/58, C21D1/18, C21D1/64, C21D9/40, F16C33/62, F16C33/64

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-509547 A (SKF Engineering & Research Centre B.V.), 24 July 2001 (24.07.2001), entire text; all drawings & US 6585834 B1 entire text; all drawings & WO 1999/002744 A1 & CN 1262709 A	1-6
A	JP 2006-71022 A (NSK Ltd.), 16 March 2006 (16.03.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2007-182926 A (NTN Corp.), 19 July 2007 (19.07.2007), entire text; all 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
29 June 2017 (29.06.17)

Date of mailing of the international search report
11 July 2017 (11.07.17)

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/JP2017/014073

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 2013-238274 A (JTEKT Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2014-105824 A (NSK Ltd.), 09 June 2014 (09.06.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16C33/58(2006.01)i, C21D1/18(2006.01)i, C21D1/64(2006.01)i, C21D9/40(2006.01)i,
F16C33/62(2006.01)i, F16C33/64(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16C33/58, C21D1/18, C21D1/64, C21D9/40, F16C33/62, F16C33/64

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）

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 2001-509547 A（エスケイエフ エンジニアリング アンド リサーチ センター ビービー）2001.07.24, 全文, 全図 & US 6585834 B1, 全文, 全図 & WO 1999/002744 A1 & CN 1262709 A	1-6
A	JP 2006-71022 A（日本精工株式会社）2006.03.16, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-6
A	JP 2007-182926 A（NTN株式会社）2007.07.19, 全文, 全図 （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	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

29.06.2017

国際調査報告の発送日

11.07.2017

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）

日下部 由泰

3 J

4 4 8 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

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 2013-238274 A (株式会社ジェイテクト) 2013. 11. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 2014-105824 A (日本精工株式会社) 2014. 06. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 6