

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-133921

(P2005-133921A)

(43) 公開日 平成17年5月26日(2005.5.26)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 1 6 C 33/64  
 F 1 6 C 33/32  
 F 1 6 C 33/34  
 F 1 6 C 33/62

F I

F 1 6 C 33/64  
 F 1 6 C 33/32  
 F 1 6 C 33/34  
 F 1 6 C 33/62

テーマコード (参考)

3 J 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2004-12146 (P2004-12146)  
 (22) 出願日 平成16年1月20日 (2004.1.20)  
 (31) 優先権主張番号 特願2003-352994 (P2003-352994)  
 (32) 優先日 平成15年10月10日 (2003.10.10)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000102692  
 NTN株式会社  
 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号  
 (74) 代理人 100064584  
 弁理士 江原 省吾  
 (74) 代理人 100093997  
 弁理士 田中 秀佳  
 (74) 代理人 100101616  
 弁理士 白石 吉之  
 (74) 代理人 100107423  
 弁理士 城村 邦彦  
 (74) 代理人 100120949  
 弁理士 熊野 剛  
 (74) 代理人 100121186  
 弁理士 山根 広昭

最終頁に続く

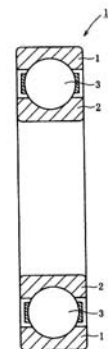
(54) 【発明の名称】 鋼製機械部品および転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】寸法安定性を有し、転動疲労寿命に優れた鋼製機械部品を提供する。

【解決手段】外輪1、内輪2および複数の転動体3を有する転がり軸受10の場合、外輪1、内輪2および転動体3のうち少なくとももいずれか一つの部材が、オーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にあり、かつ、残留オーステナイト量が11~25%の範囲にある。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

オーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にあり、かつ、残留オーステナイト量が 11 ~ 25 % の範囲にあることを特徴とする、鋼製機械部品。

## 【請求項 2】

外輪、内輪および複数の転動体を有する転がり軸受において、前記外輪、内輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が、オーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にあり、かつ、残留オーステナイト量が 11 ~ 25 % の範囲にある、転がり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

10

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、減速機、ドライブピニオン、トランスミッションなどに用いられる転がり軸受や、カムシャフト、クランクシャフト、トランスミッションシャフト等の自動車や各種産業機械用の鋼製機械部品に関するものである。以下では主として転がり軸受を例にとって説明する。

## 【背景技術】

## 【0002】

軸受部品の転動疲労に対して長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気 R X ガス中に、さらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部品の表層部に浸炭窒化処理を施す方法がある（たとえば特開平 8 - 4774 号公報、特開平 11 - 101247 号公報）。この浸炭窒化処理を用いることにより、表層部を硬化させ、さらに、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命を向上させることができる。

20

【特許文献 1】特開平 8 - 4774 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 101247 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

浸炭窒化処理は拡散処理のため、長時間高温に保持する必要があるため、組織が粗大化する等して割れ強度の向上を図ることは困難であり、改善の余地がある。また、残留オーステナイトの増加による経年寸法変化率の増大についても改善の余地がある。

30

## 【0004】

一方、転動疲労に対して長寿命を確保し、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率の増大を防ぐには、鋼の合金設計によって行なうことが可能である。しかし、合金設計によると、原材料コストが高くなるなどの問題点が発生する。

## 【0005】

今後の軸受部品には、使用環境の高荷重化、高温化に伴い、従来よりも、大きな荷重条件で、かつ、より高温で使用できる特性を備えることが要求される。このため、転動疲労特性が長寿命で、高度の割れ強度と寸法安定性とを有する軸受部品が必要になる。

## 【0006】

40

本発明は、寸法安定性とを有し、転動疲労寿命に優れた鋼製機械部品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】

本発明は、オーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にあり、かつ、残留オーステナイト量が 11 ~ 25 % の範囲にあることを特徴とする、鋼製機械部品である。たとえば転がり軸受の場合、外輪、内輪および複数の転動体を有する転がり軸受において、前記外輪、内輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が、オーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にあり、かつ、残留オーステナイト量が 11 ~ 25 % の範囲にあることを特徴とするものである。

50

## 【0008】

オーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超え、オーステナイト粒径が微細であることにより、転動疲労寿命を大幅に改良することができる。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、転動疲労寿命は大きく改善されないため、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、上記の軸受部品のオーステナイト粒は、表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。ここで、オーステナイト結晶粒は、焼入れ処理を行なった後も焼入れ直前のオーステナイト結晶粒界の痕跡が残っており、その痕跡に基づいた結晶粒をいう。

10

## 【0009】

残留オーステナイト量が11%程度になると異物混入潤滑寿命が低下し、11%未満になるとさらに低下する傾向にある。一方、残留オーステナイト量が25%より多いと、残留オーステナイト量が通常の浸炭窒化処理と差異がなくなってしまうため、経年寸法変化を抑制できなくなる。軌道輪については、残留オーステナイト量は研削後の軌道面の表層50 $\mu$ mにおける値であって、例えばX線回折によるマルテンサイト(211)と残留オーステナイト(220)の回折強度の比較で測定することができる。

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明の鋼製機械部品は、オーステナイト粒径を粒度番号で11番以上に微細化し、さらに残留オーステナイト量を11~25%の範囲としたことにより、高度の耐割れ強度や耐経年寸法変化を発揮し、たとえば転がり軸受の場合には転動疲労寿命が大きく改善される。

20

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0011】

次に、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の実施の形態における転がり軸受を示す概略断面図である。図1において、この転がり軸受10は、外輪1と、内輪2と、転動体3とを主に有している。図面はラジアル玉軸受を表しているが、玉軸受、円すいころ軸受、円筒ころ軸受、針状ころ軸受も同様に本発明の実施の形態の対象になる。転動体3は、外輪1と内輪2との間に配置された保持器により転動可能に支持されている。

30

## 【0012】

これら転がり軸受の外輪1、内輪2および転動体3の少なくとも1つの軸受部品は窒素富化層を有する。窒素富化層を形成させるための処理の具体例として浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。図2は、本発明の実施の形態における転がり軸受の熱処理方法を説明する図であり、また、図3は、その変形例を説明する図である。図2は一次焼入れおよび二次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図3は焼入れ途中で材料を $A_1$ 変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れする方法を示す熱処理パターンである。これらの図において、処理 $T_1$ では鋼の素地に炭素や窒素を拡散させたまま炭素の溶け込みを十分に行なった後、 $A_1$ 変態点未満に冷却する。次に、図中の処理 $T_2$ において、 $A_1$ 変態点温度以上かつ処理 $T_1$ よりも低温に再加熱し、そこから油焼入れを施す。

40

## 【0013】

上記の熱処理では、従来の浸炭窒化焼入れすなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま1回焼入れするよりも、表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率を減少させることができる。図2または図3の熱処理パターンによって製造された本発明の転がり軸受は、オーステナイト結晶粒の粒径が従来の2分の1以下となるミクロ組織を有している。上記の熱処理を受けた軸受部品は、転動疲労に対して長寿命であり、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率も減少させることができる。

## 【0014】

50

図4は、軸受部品のマクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。図4(a)は本発明例の軸受部品であり、図4(b)は従来の軸受部品である。すなわち、上記図2に示す熱処理パターンを適用した本発明の実施の形態である転がり軸受の軌道輪のオーステナイト結晶粒度を図4(a)に示す。また、比較のため、従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(b)に示す。また、図5(a)および図5(b)に、上記図4(a)および図4(b)を図解したオーステナイト結晶粒度を示す。これらオーステナイト結晶粒度を示す組織より、従来のオーステナイト粒径はJIS規格の粒度番号で10番であり、図2または図3の熱処理方法によれば12番の細粒を得ることができる。また、図4(a)の平均粒径は、切片法で測定した結果、5.6 μmであった。

【実施例】

10

【0015】

次に、本発明の実施例について説明する。

【0016】

(実施例I)

JIS規格SUJ2材(1.0重量% C - 0.25重量% Si - 0.4重量% Mn - 1.5重量% Cr)を用いて、(1)水素量の測定、(2)結晶粒度の測定、(3)シャルピー衝撃試験、(4)破壊応力値の測定、(5)転動疲労試験、の各試験を行なった。表1にその結果を示す。

【0017】

20

【表1】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭 窒化処理	普通焼入 れ
二次焼入れ 温度(°C)	780	800	815	830	850	870	-	-
水素量 (ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度 (JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピー 衝撃値(J/cm <sup>2</sup> )	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値 (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労寿命 比(L <sub>10</sub> )	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

30

40

【0018】

各試料の製造履歴は次のとおりである。

【0019】

試料A~D(本発明例):浸炭窒化処理850、保持時間150分間。雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図2に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度850から一次焼入れをおこない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度

50

域 780 ~ 830 に加熱して二次焼入れを行なった。ただし、二次焼入れ温度 780 の試料 A は焼入れ不足のため試験の対象から外した。

【0020】

試料 E, F (比較例) : 浸炭窒化処理は、本発明例 A ~ D と同じ履歴で行ない、二次焼入れ温度を浸炭窒化処理温度 850 以上の 850 ~ 870 で行なった。

【0021】

従来浸炭窒化処理品 (比較例) : 浸炭窒化処理 850、保持時間 150 分間。雰囲気は、RX ガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。浸炭窒化処理温度からそのまま焼入れを行ない、二次焼入れは行なわなかった。

【0022】

普通焼入れ品 (比較例) : 浸炭窒化処理を行なわずに、850 に加熱して焼入れした。二次焼入れは行なわなかった。

【0023】

次に、試験方法について説明する。

【0024】

(1) 水素量の測定

水素量は、LECO 社製 DH-103 型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定してない。この LECO 社製 DH-103 型水素分析装置の仕様を下記に示す。

【0025】

分析範囲 : 0.01 ~ 50.00 ppm

分析精度 : ± 0.1 ppm または ± 3% H (いずれが大なる方)

分析感度 : 0.01 ppm

検出方式 : 熱伝導度法

試料重量サイズ : 10 mg ~ 35 mg (最大 : 直径 12 mm x 長さ 100 mm)

加熱炉温度範囲 : 50 ~ 1100

試薬 : アンハイドロン  $Mg(ClO_4)_2$ 、アスカライト NaOH

キャリアガス : 窒素ガス、ガスドージングガス : 水素ガス、いずれのガスも純度 99.99% 以上、圧力 40 psi (2.8 kgf/cm<sup>2</sup>) である。

【0026】

測定手順の概要は以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごと上記の水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取り出し、抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

【0027】

(2) 結晶粒度の測定

結晶粒度の測定は、JIS G 0551 の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に基づいて行なった。

【0028】

(3) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242 の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行なった。試験片は、JIS Z 2202 に示された U ノッチ試験片 (JIS 3 号試験片) を用いた。

【0029】

(4) 破壊応力値の測定

図 6 は、静圧壊強度試験 (破壊応力値の測定) の試験片を示す図である。図中の P 方向に荷重を負荷して破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図 6 に示す試験片

10

20

30

40

50

に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

【0030】

図6の試験片の凸表面における繊維応力を $\sigma_1$ 、凹表面における繊維応力を $\sigma_2$ とすると、 $\sigma_1$ および $\sigma_2$ は下記の式によって求められる(機械工学便覧A4編材料力学A4-40)。ここで、Nは円環状試験片の軸を含む断面の軸力、Aは横断面積、 $e_1$ は外半径、 $e_2$ は内半径を表す。また、 $K$ は曲がり梁の断面係数である。

$$\sigma_1 = (N/A) + \{M/(A \cdot r_0)\} [1 + e_1 / \{r_0 + e_1\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + \{M/(A \cdot r_0)\} [1 - e_2 / \{r_0 - e_2\}]$$

$$= - (1/A) \cdot A \{K / (r_0 + e_1)\} d A$$

(5) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験条件を表2に示す。また、図7は、転動疲労寿命試験機の概略図である。図7(a)は正面図であり、図7(b)は側面図である。図7(a)および図7(b)において、転動疲労寿命試験片21は、駆動ロール11によって駆動され、ボール13と接触して回転している。ボール13は、3/4インチのボールであり、案内ロール12にガイドされて、転動疲労寿命試験片21との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。

10

【0031】

表1に示した試験結果を説明するならば次のとおりである。

【0032】

(1) 水素量

浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品は、0.72ppmと非常に高い値となっている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア(NH<sub>3</sub>)が分解して水素が鋼中に浸入したためと考えられる。これに対し、試料B~Dは、水素量は0.37~0.40ppmと半分近くまで減少している。この水素量は普通焼入れ品と同レベルである。

20

【0033】

上記の水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料B~Dのシャルピー衝撃値は大きく改善されている。

【0034】

(2) 結晶粒度

結晶粒度は二次焼入れ温度が、浸炭窒化処理時の焼入れ(一次焼入れ)の温度より低い場合、すなわち試料B~Dの場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号11~12と顕著に微細化されている。試料EおよびFならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入れ品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号10であり、本発明例の試料B~Dより粗大な結晶粒となっている。

30

【0035】

(3) シャルピー衝撃試験

表1によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は5.33J/cm<sup>2</sup>であるのに比して、本発明例の試料B~Dのシャルピー衝撃値は6.30~6.65J/cm<sup>2</sup>と高い値が得られている。この中でも、二次焼入れ温度が低い方がシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。普通焼入れ品のシャルピー衝撃値は6.70J/cm<sup>2</sup>と高い。

40

【0036】

(4) 破壊応力値の測定

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表1によれば、従来浸炭窒化処理品は2330MPaの破壊応力値となっている。これに比して、試料B~Dの破壊応力値は2650~2840MPaと改善された値が得られている。普通焼入れ品の破壊応力値は2770MPaであり、試料B~Dの改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

【0037】

50

## (5) 転動疲労試験

表1によれば、普通焼入れ品は浸炭窒化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命 $L_{10}$ は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は3.1倍となる。試料B～Dの転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向上する。試料E、Fは、従来浸炭窒化処理品とほぼ同等である。

## 【0038】

上記をまとめると、本発明例の試料B～Dは、水素含有率が低下し、オーステナイト結晶粒度が11番以上に微細化され、シャルピー衝撃値、耐割れ強度および転動疲労寿命も改善される。

## 【0039】

## (実施例II)

次に実施例IIについて説明する。下記のX材、Y材およびZ材について、一連の試験を行なった。熱処理用素材には、JIS規格SUJ2材(1.0重量% C - 0.25重量% Si - 0.4重量% Mn - 1.5重量% Cr)を用い、X材～Z材に共通とした。X材～Z材の製造履歴は次のとおりである。

X材(比較例)：普通焼入れのみ(浸炭窒化処理せず)。

Y材(比較例)：浸炭窒化処理後にそのまま焼入れ(従来の浸炭窒化焼入れ)。浸炭窒化処理温度845、保持時間150分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RXガス+アンモニアガスとした。

Z材(本発明例)：図2の熱処理パターンを施した軸受鋼。浸炭窒化処理温度845、保持時間150分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RXガス+アンモニアガスとした。最終焼入れ温度は800とした。

## 【0040】

## (1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命の試験条件および試験装置は、上述したように、表2および図7に示すとおりである。この転動疲労寿命試験結果を表3に示す。

## 【0041】

## 【表2】

試験片	φ12×L22円筒試験片
試験数	10
相手鋼球	3/4インチ(19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービンVG68 強制循環給油

## 【0042】

10

20

30

40

【表 3】

材質	寿命 (負荷回数)		L <sub>10</sub> の比
	L <sub>10</sub> (×10 <sup>4</sup> 回)	L <sub>50</sub> (×10 <sup>4</sup> 回)	
X材	8017	18648	1.0
Y材	24656	33974	3.1
Z材	43244	69031	5.4

10

## 【0043】

表3によれば、比較例のY材は、同じく比較例で普通焼入れのみを施したX材のL<sub>10</sub>寿命(試験片10個中1個が破損する寿命)の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のZ材は、Y材の1.74倍、またX材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

## 【0044】

## (2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJIS Z 2242に準じた方法により行なった。試験結果を表4に示す。

20

## 【0045】

## 【表 4】

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	衝撃値の比
X材	6.7	1.0
Y材	5.3	0.8
Z材	6.7	1.0

30

## 【0046】

浸炭窒化処理を行なったY材(比較例)のシャルピー衝撃値は、普通焼入れのX材(比較例)より高くないが、Z材はX材と同等の値が得られた。

40

## 【0047】

## (3) 静的破壊靱性値の試験

図8は、静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。この試験片のノッチ部に、予き裂を約1mm導入した後、3点曲げによる静的荷重を加え、破壊荷重Pを求めた。破壊靱性値(K<sub>1c</sub>値)の算出には次に示す(I)式を用いた。また、試験結果を表5に示す。

$$K_{1c} = (PL / BW^2) \{ 5.8 - 9.2(a/W) + 43.6(a/W)^2 - 75.3(a/W)^3 + 77.5(a/W)^4 \} \cdots (I)$$

## 【0048】



【表 5】

材質	試験数	$K_{1C}$ (MPa $\sqrt{m}$ )	$K_{1C}$ の比
X材	3	16.3	1.0
Y材	3	16.1	1.0
Z材	3	18.9	1.2

10

## 【0049】

予き裂深さが浸炭窒化層深さよりも大きくなったため、比較例のX材とY材とは違はない。しかし、本発明例のZ材は比較例に対して約1.2倍の値を得ることができた。

## 【0050】

## (4) 静圧壊強度試験

静圧壊強度試験片は、上述のように図6に示す形状のものを用いた。図中、P方向に荷重を付加して、静圧壊強度試験を行なった。試験結果を表6に示す。

20

## 【0051】

## 【表 6】

材質	試験数	静圧壊強度 (kgf)	静圧壊強度の比
X材	3	4200	1.00
Y材	3	3500	0.84
Z材	3	4300	1.03

30

## 【0052】

浸炭窒化処理を行なっているY材は普通焼入れのX材よりもやや低い値である。しかしながら、本発明例のZ材は、Y材よりも静圧壊強度が向上し、X材と遜色ないレベルが得られている。

## 【0053】

## (5) 経年寸法変化率

保持温度130、保持時間500時間における経年寸法変化率の測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量(50 $\mu$ m深さ)と併せて表7に示す。

40

## 【0054】

【表 7】

材質	試験数	表面硬度 (HRC)	残留 $\gamma$ 量 (%)	寸法変化率 ( $\times 10^{-5}$ )	寸法変化率 の比
X材	3	62.5	8.8	18	1.0
Y材	3	63.6	30.5	35	1.9
Z材	3	60.0	11.8	22	1.2

10

## 【0055】

残留オーステナイト量の多いY材の寸法変化率に比べて、本発明例のZ材は2分の1以下に抑制されていることがわかる。

## 【0056】

(6) 異物混入下における転動寿命試験

玉軸受6206を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表8に、試験結果を表9に示す。

## 【0057】

【表 8】

荷重	$F_r = 6.86 \text{ kN}$
接触面圧	$P_{\max} = 3.2 \text{ GPa}$
回転速度	2000 rpm
潤滑	タービン56 油浴給油
異物量	0.4 g / 1000 cc
異物	粒径100~180 $\mu\text{m}$ 、硬さHv800

20

## 【0058】

【表 9】

材質	$L_{10}$ 寿命 (h)	$L_{10}$ の比
X材	20.0	1.0
Y材	50.2	2.5
Z材	45.8	2.3

30

40

## 【0059】

X材に比べ、従来の浸炭窒化処理を施したY材は約2.5倍になり、また、本発明例のZ材は約2.3倍の長寿命が得られた。本発明例のZ材は、比較例のY材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の浸入と微細化されたミクロ組織の影響でほぼ同等の長寿命が得られている。

## 【0060】

上記の結果より、Z材、すなわち本発明例は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転

50

動疲労寿命の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の3項目を同時に満足することができることがわかった。

【0061】

(実施例III)

表10に、窒素含有量と異物混入条件下の転動寿命との関係について行なった試験の結果を示す。なお、比較例1は標準焼入れ品、比較例2は標準の浸炭窒化品である。比較例3は本発明実施例と同様の処理を施したものの窒素量のみ過多の場合である。試験条件は次のとおりである。

供試軸受：円すいころ軸受30206（内・外輪、ころ共にJISによる高炭素クロム軸受鋼2種（SUJ2）製）

ラジアル荷重：17.64kN

アキシャル荷重：1.47kN

回転速度：2000rpm

硬質の異物混入1g/L

【0062】

【表10】

No.	窒素含有量(%)	オーステナイト結晶粒度(JIS)	残留オーステナイト(%)	硬度(Hv)	異物混入下の転動寿命(h)	備考
1	0.11	11.8	14	725	321	実施例1
2	0.16	12.0	18	735	378	実施例2
3	0.18	11.9	20	730	362	実施例3
4	0.32	12.1	22	730	396	実施例4
5	0.61	12.2	24	715	434	実施例5
6	0	9.8	8	770	72	比較例1
7	0.32	10.0	32	710	155	比較例2
8	0.72	12.0	31	700	123	比較例3

【0063】

実施例IIおよびIIIより、転動寿命向上のためには、オーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超え、残留オーステナイト量は11~25%の範囲がよいことが分かる。残留オーステナイト量は例えばX線回折によるマルテンサイト(211)と残留オーステナイト(220)の回折強度の比較で測定する。軌道輪や転動体の研削後の表層50μm深さにおける値をとる。

【0064】

また、表10より、実施例1~5に関しては、窒素含有量と異物混入下における転動寿命はほぼ比例関係にあることがわかる。ただし、窒素含有量が0.72の比較例3では異物混入下における転動寿命が極端に低下していることに照らし、窒素含有量は0.7を上限とするのがよい。

【0065】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され

、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】本発明の実施の形態における転がり軸受を示す概略断面図である。

【図2】本発明の実施の形態における転がり軸受の熱処理方法を説明する図である。

【図3】本発明の実施の形態における転がり軸受の熱処理方法の変形例を説明する図である。

【図4】軸受部品のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。(a)は本発明例の軸受部品であり、(b)は従来品の軸受部品である。

【図5】(a)は図4(a)を図解したオーステナイト粒界を示し、(b)は図4(b)を図解したオーステナイト粒界を示す。

【図6】静圧壊強度試験(破壊応力値の測定)の試験片を示す図である。

【図7】転動疲労寿命試験機の概略図である。(a)は正面図であり、(b)は側面図である。

【図8】静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。

【符号の説明】

【0067】

1 外輪

2 内輪

3 転動体

10 転がり軸受

11 駆動ロール

12 案内ロール

13 ボール

21 転動疲労寿命試験片

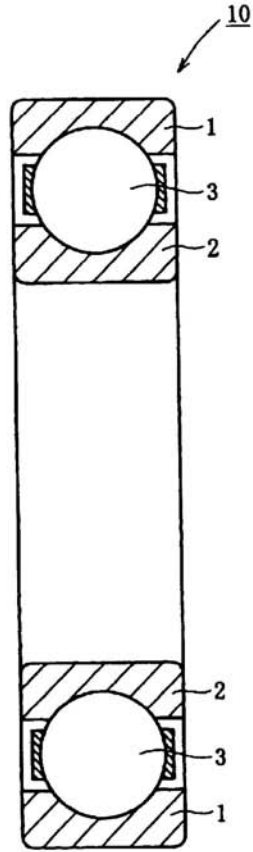
T<sub>1</sub> 浸炭窒化処理温度

T<sub>2</sub> 焼入れ加熱温度

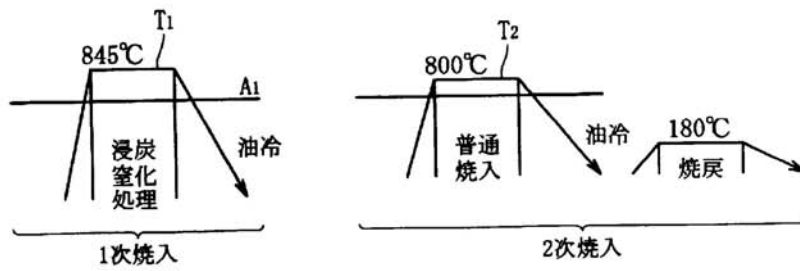
10

20

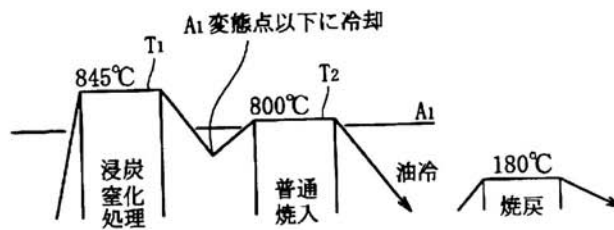
【 图 1 】



【 图 2 】

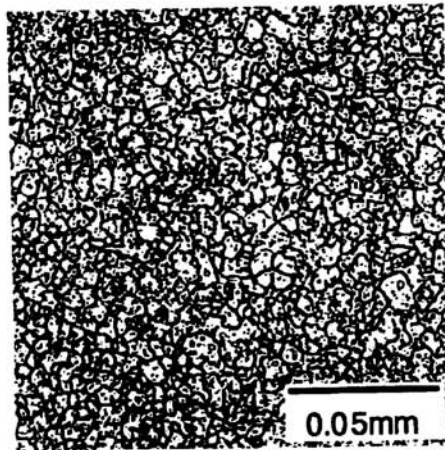


【 图 3 】

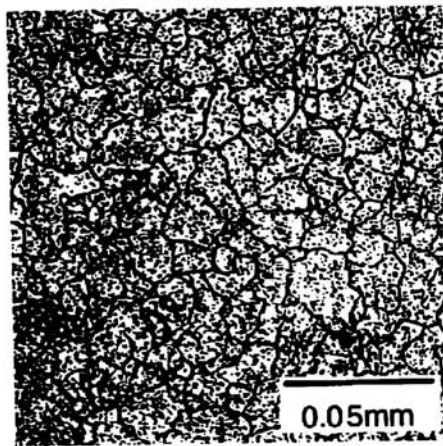


【 図 4 】

(a)

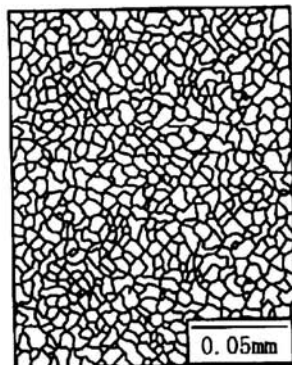


(b)

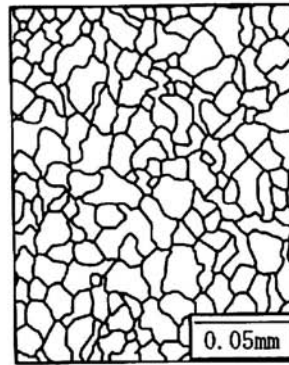


【 図 5 】

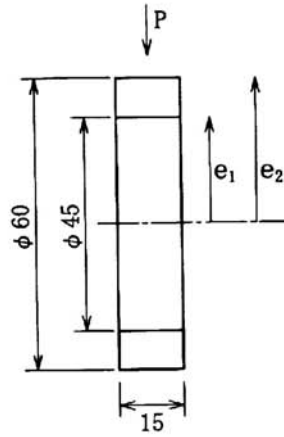
(a)



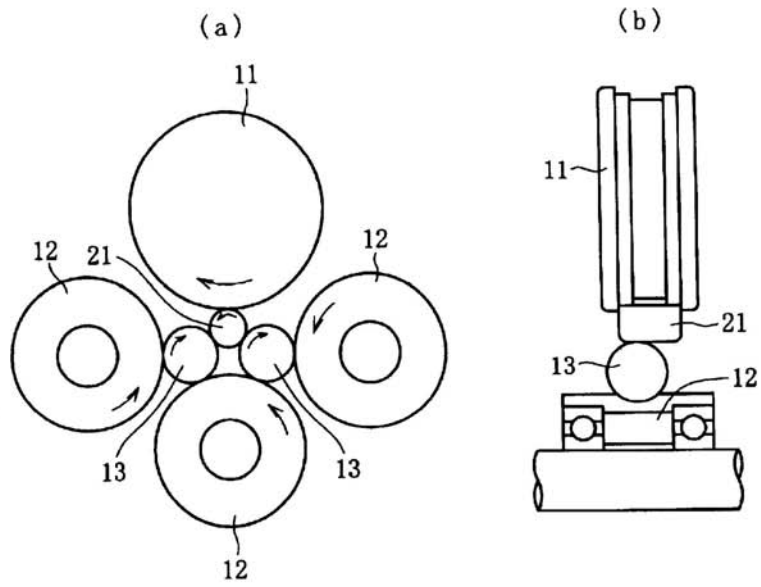
(b)



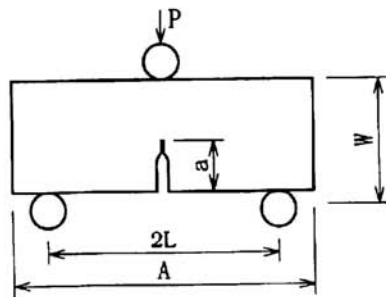
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大木 力

三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 NTN株式会社内

(72)発明者 前田 喜久男

三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 NTN株式会社内

Fターム(参考) 3J101 AA02 AA12 BA10 BA70 DA02 EA02 FA15 FA31 GA02 GA11  
GA21