

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4540351号  
(P4540351)

(45) 発行日 平成22年9月8日(2010.9.8)

(24) 登録日 平成22年7月2日(2010.7.2)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>F 1 6 C</b>	<b>33/62</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 C 33/62
<b>C 2 1 D</b>	<b>1/06</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 1 D 1/06 A
<b>C 2 1 D</b>	<b>9/40</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 1 D 9/40 A
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C 38/00 3 O 1 Z
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/18</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C 38/18

請求項の数 3 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-7568 (P2004-7568)	(73) 特許権者	000102692
(22) 出願日	平成16年1月15日(2004.1.15)		N T N株式会社
(65) 公開番号	特開2005-201349 (P2005-201349A)		大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(43) 公開日	平成17年7月28日(2005.7.28)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成18年10月31日(2006.10.31)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100098316
			弁理士 野田 久登
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼の熱処理方法および軸受部品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

重量比で炭素：0.8～1.5%、Si：0.4～1.2%、Mn：0.8～1.5%およびCr：0.5～1.8%を含み、焼入性試験(JIS G 0561)でHRC50となる位置が焼入端から12.7mm以上である鋼から構成される部品を、810～950 で浸炭窒化処理または窒化処理した後、焼入し、その後焼戻処理を施し、その後、A1変態点以上で前記浸炭窒化処理または窒化処理の温度未満である焼入温度域に再加熱して焼き入れる、鋼の熱処理方法。

【請求項2】

前記A1変態点以上で前記浸炭窒化処理または窒化処理の温度未満の焼入温度域が、750～810 である、請求項1に記載の鋼の熱処理方法。

【請求項3】

請求項1または2に記載の鋼の熱処理方法を用いた軸受部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

転動疲労に対し長寿命が要求され、かつ、経年寸法変化率の抑制が必要とされる部位に用いる転がり軸受および鋼の熱処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

転動疲労に対して長寿命でかつ高強度となる軸受部品を得るために、結晶粒の微細化を目的に次の熱処理方法が提案されている。すなわち、焼入れ加熱時の雰囲気ガス中に $\text{NH}_3$ ガスを含ませて、表層に浸炭窒化して、一度A1変態点未満に冷却し、次いでその浸炭窒化処理時の温度より低い温度に再加熱して焼入れすることによりオーステナイト結晶粒を $8\ \mu\text{m}$ 以下にする熱処理法が開示されている（特許文献1参照）。この熱処理法では、焼入れ時の加熱温度を浸炭窒化温度よりも下げるため、焼入において十分な硬化させることを目的に冷却速度を大きくするなど、焼入れに特別な冷却方法を用いることが必要であった。

【特許文献1】特開2003-226918号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、上記のように、焼入処理において特別な方法を用いても、肉厚などサイズの大きな軸受部品では安定した材質が得られないなどの課題があり、上記提案の優れた熱処理法を大きなサイズの軸受部品に適用できる方法が要望されていた。

【0004】

本発明は、部品サイズによらず転動疲労に対して長寿命でありかつ割れ強度の低下、経年寸法変化率の増大がなく、またサイズが所定サイズ以下の部品では一層の結晶粒微細化による高強度化を得ることができる転がり軸受および鋼の熱処理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】

【0005】

本発明の転がり軸受は、軌道輪と転動体とを含み、その軌道輪および転動体の少なくとも一つの部材が、その表層に窒素富化層を有し、表層部のオーステナイト結晶粒度番号が11番以上であり、その部材を構成する鋼では、焼入性試験（JISG0561）でHRC50となる位置が焼入端から12.7mm（8/16インチ）以上の距離にある。

【0006】

本発明の他の転がり軸受は、軌道輪と転動体とを含み、その軌道輪および転動体の少なくとも一つの部材が、重量比で炭素：0.8～1.5%、Si：0.4～1.2%、Mn：0.8～1.5%およびCr：0.5～1.8%を含む鋼から構成され、その表層に窒素富化層を有し、表層部のオーステナイト結晶粒度番号が11番以上である。

【0007】

本発明の鋼の熱処理方法は、重量比で炭素：0.8～1.5%、Si：0.4～1.2%、Mn：0.8～1.5%およびCr：0.5～1.8%を含み、焼入性試験（JISG0561）でHRC50となる位置が焼入端から12.7mm以上である鋼から構成される部品に用いる。この方法では、上記鋼の部品を、810～950で浸炭窒素処理または窒化処理した後、焼入し、その後焼戻処理を施し、その後、A1変態点以上で前記浸炭窒素処理または窒化処理の温度未満の焼入温度域に再加熱して焼き入れる。

【0008】

上記の構成により、微細なオーステナイト粒径を得た上で、大サイズと小サイズとを問わず軸受部品のサイズによらず安定して十分良好な焼入れ硬化組織を得て、転動疲労に対して長寿命でありかつ高強度の性能を得ることが可能になる。また、上記の鋼は、焼入性が良好であるため硬化が不十分であった大きなサイズの軸受部品に適用することができる。また、上記の鋼は、焼入性だけでなく化学成分の特有の効果によっても転動疲労を長寿命化し、耐割れ性能や耐経年寸法変化率をさらに向上させることができる。

【0009】

上記において、鋼の焼入性試験（JISG0561）は国際規格ISO 642のSteel-Hardenability test by end quenching（Jominy test：ジョミニ試験）と整合が図られており、同じ試験方法と考えることができる。上記試験法では試験片の直径25mm程度、長さ100mm程度のサイズが必要であり、たとえば転がり軸受の部品の形状にした後

10

20

30

40

50

では上記焼入性試験の試験片のサイズを確保することができない。このため、焼入性試験は部品形状に加工する前の素材の状態の鋼について行なう。

【0010】

上記焼入性試験においてHRC50となる位置が12.7mm未満では焼入性が不足して肉厚が厚い部品に適用した場合、部品中心部では十分硬化しないので硬度が低くなり、所定の負荷を受けることができない。

【0011】

焼入性は、主に鋼の化学組成によって決まり、また焼入性試験の際のオーステナイト結晶粒径の影響を受ける。本発明の場合、オーステナイト粒径は11番以上と微細なレベルに揃えてあるので、化学組成の範囲を限定することによって鋼の焼入性を所定の範囲にすることができ、化学組成の範囲の設定は、焼入性の確保だけでなく、上述のように、各化学成分特有の効果が各性能に対してあるので、それも考慮している。

10

【0012】

C : 0.8 ~ 1.5 %

Cは焼入性向上に大きく寄与し、低い温度からの焼入れに対し硬度を確保するには一定量必要であり、結晶粒を細かくする上で有効なオーステナイト核発生サイトとなる炭化物を作る必要があるので、下限を0.8%にする。一方、多すぎると加工性を損なったり、浸炭窒化時に炭化物が粗大化するので、1.5%を上限とする。

【0013】

Si : 0.4 ~ 1.2 %

Siは転動時の長寿命を確保するには必要であり、0.4%以上含まれないとその効果が明瞭でないので、下限を0.4%とする。一方、多すぎるとフェライトを強化し、加工性を著しく損なうとともに浸炭窒化時の炭素や窒素の侵入を妨げるので1.2%を上限とする。

20

【0014】

Mn : 0.8 ~ 1.5 %

MnもSiと同様、転動時の長寿命を確保するには必須である。さらにMnは鋼の焼入性向上に著しく影響するので、大きなサイズの軸受部品にはとくに不可欠の元素である。転動寿命および焼入性確保の点から下限を0.8%とするが、多すぎると加工性を損なったり、焼入れにおいて残留オーステナイトが多くなりすぎて、必要硬さを確保できなくなるため1.5%を上限とする。

30

【0015】

Cr : 0.5 ~ 1.8 %

Crは一定量必要であり、結晶粒を細かくするために、オーステナイト核発生サイトとなる炭化物を作る必要があるので、下限を0.5%にする。一方、多すぎると浸炭窒化時に炭化物が粗大化するので、1.8%を上限とする。

【0016】

上記の表層の窒素濃度が、重量比で0.05 ~ 0.7%とすることができる。この構成により表層の硬さを十分高くすることができる。

【実施例1】

40

【0017】

次に本発明の実施例について説明する。本実施例で評価した転がり軸受部品は、重量比にして、C : 1.0%、Si : 0.5%、Mn : 1.0%およびCr : 1.0%を含有する鋼に対して、図1(a)または(b)に示す熱処理方法を用いたものである。図1(a)に示す熱処理法は1次焼入および2次焼入の2回の焼入を行なう方法であり、また図1(b)に示す熱処理法は浸炭窒化処理温度Aに加熱した後に、焼き入れることなくA1変態点未満の温度に冷却し、次いでA1変態点以上で浸炭窒化処理の温度未満の焼入温度Bに再加熱して焼き入れる方法である。いずれの場合も浸炭窒化処理温度Aは810 ~ 950の温度域であり、最終の焼入温度Bは750 ~ 810である。浸炭窒化処理ではなく窒化処理を施す場合も加熱温度は、同じとする。図1(a)および(b)に示すように

50

、焼入は油焼入れを施し、油冷の後に180 での焼戻処理を施す。

【0018】

上記図1(a)に示す熱処理法を適用した従来の転がり軸受部品(特開2003-226918号公報)のミクロ組織を図2に示す。また、図1(a)に示す熱処理法を適用した本発明例の軸受部品のミクロ組織を図3に示す。これらのミクロ組織から、ともにJIS規格G0551の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に従う粒度番号で12番に相当する微細粒であり、平均粒径6 $\mu$ m以下となっている。測定は、所定領域の結晶粒数をカウントして粒度番号に対応させた。上記JIS規格では本発明の実施例ほど微細な結晶粒は、予定していないので上記JIS規格における算定式を拡張して適応した。

【0019】

本発明例の鋼を用いて作製した部品の転動疲労寿命および材料特性を調査するため、熱処理後の硬度、円筒型試験片を用いた転動疲労試験および静圧壊強度、経年寸法変化率の測定を行なった。比較例として従来の鋼を用い、同様の熱処理法を適用した部品の試験も行なった。以下では、軸受鋼2種(JISSUJ2)に図1(a)の熱処理を施したものをA材(比較例)、上述のC:1.0%、Si:0.5%、Mn:1.0%およびCr:1.0%を含有する鋼に図1(a)の熱処理を施したものをB材(本発明例)、さらにB材を用い図1(a)に示す二次焼入温度を780 に低下させて処理したものをBL材(本発明例)と表記する。それぞれのオーステナイト結晶粒度は、A、B材がともに12番、BL材が13番であった。

【0020】

1. 硬度

図4に、各種形状の部品の各比表面積(表面積/体積)における表面から0.05mm深さ位置での硬度測定結果を示す。比表面積の値は数値が小さいほど肉厚などのサイズが大きく、焼入れにおいて表面からの抜熱量が小さくなる。B材(本発明例)はA材(比較例)に比べて比表面積が1/2以下であるにも拘わらず、A材(比較例)で硬度が低下している比表面積の領域またはそれより小さい領域でも安定して高い表層硬度を有している。すなわち、本発明例のB材は、化学組成上、比較例のA材よりも高い焼入性を確保していることを反映した結果が得られている。

【0021】

2. 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験条件を表1に、また転動疲労試験機の略図を図5(a)および(b)に示す。図5(a)は転動疲労試験機の側面図であり、図5(b)はその正面図である。図5(a)および(b)によれば、試験体1は、上ロール5と下ロール6とによって圧力を加えられるシリンダ4に上下から挟まれる。上記シリンダ4は駆動ロール2により回転駆動され、試験体1に押し当たりながら試験体を回転させる。回転する試験体1を安定に支持するために、支持ロール3が駆動ロールとの間に試験体1を挟むように試験体に接触して支持する。試験の間、潤滑油が上ロール5と駆動ロール2との間から試験体に向かうように供給される。試験体が破損すると回転運動に異常が生じるので、それを検知する。

【0022】

## 【表 1】

表 1 試験条件

試験片	φ12×L12、R480
試験数	10 個
相手試片	φ12 製品ころ (SUJ2)
接触面圧	4.16GPa
負荷速度	20400rpm
潤滑油	タービン VG68 強制循環給油

10

## 【0023】

試験結果を表 2 に示す。B 材は A 材の  $L_{10}$  寿命（試験片 10 個中 1 個が破損する寿命）の 1.2 倍の長寿命を示している。A、B 材よりも結晶粒の小さい BL 材はさらに長寿命である。

## 【0024】

## 【表 2】

表 2 試験結果

材質	寿命(負荷回数)		$L_{10}$ の比
	$L_{10} (\times 10^4 \text{ 回})$	$L_{50} (\times 10^4 \text{ 回})$	
A 材(比較例)	4290	8259	1.0
B 材(本発明例)	5206	9325	1.2
BL 材(本発明例)	6341	10520	1.5

20

## 【0025】

## 3. 静圧壊強度試験

図 6 に静圧壊試験の試験片を示す。図 6 に示す試験片の 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 3 に示す。本発明例の B 材は、比較例の A 材と遜色ないレベルである。一方、本発明例の BL 材は A 材よりも高強度になっている。

30

## 【0026】

## 【表 3】

表 3 試験結果

鋼	試験数	静圧壊強度(kgf)	静圧壊強度の比
A 材(比較例)	5 個	3900	1.00
B 材(本発明例)	5 個	3765	0.97
BL 材(本発明例)	5 個	4150	1.04

40

## 【0027】

## 4. 経年寸法変化率

表 4 に、保持温度 120、保持時間 500 時間における経年寸法変化率の測定結果を示す。表 4 には、経年寸法変化率のほかに表面硬度、表面から深さ 0.1 mm 位置の残留オーステナイト量が併せて表示されている。本実施の形態では、残留オーステナイト量が多いにもかかわらず、比較例 A 材の経年寸法変化率に比べて、本発明例の B 材や BL 材の経年寸法変化率は、その 1/3 以下に抑制されている。

## 【0028】

## 【表4】

表4 試験結果

鋼	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 <sup>※)</sup>
A材(比較例)	2個	63.2	15.3	22	1.0
B材(本発明例)	2個	63.4	17.6	6.5	0.3
BL材(本発明例)	2個	63	15.6	5.5	0.3

※)小さいほうがより優れている

10

## 【0029】

## 5. 異物混入潤滑下における寿命試験

玉軸受6206(JIS)を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入潤滑下で転動疲労寿命を評価した。試験条件を表5に、また試験結果を表6に示す。

## 【0030】

## 【表5】

表5 異物混入潤滑下での転動疲労試験条件

過重	Fr=17.64kN
接触面圧	Pmax=2.6GPa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービンVG56 油浴給油
異物量	1g/1000cc
異物	粒径100~180 $\mu$ m、硬さHv800

20

## 【0031】

## 【表6】

表6 異物混入潤滑下での寿命試験結果

鋼	L <sub>10</sub> 寿命 (h)	L <sub>10</sub> の比
A材(比較例)	119.9	1.0
B材(本発明例)	111.1	0.9
BL材(本発明例)	143.8	1.2

30

## 【0032】

比較例A材に比べ、本発明例のB材の転動疲労寿命はその約0.9倍であり、A材とほぼ同程度の長寿命であった。一方、本発明例のBL材は比較例A材の1.2倍と長寿命となった。

40

## 【0033】

以上の結果により、C:1.0%、Si:0.5%、Mn:1.0%およびCr:1.0%を含む鋼に図1(a)に示す熱処理を施した鋼は、軸受鋼2種に図1(a)の熱処理を施した比較例A材と同等の材質を得ることができ、かつ割れ強度、転動疲労寿命の低下を防ぎ、経年寸法変化率の軽減を同時に満足できることがわかった。さらに焼入性が高い利点を生かし、焼入温度を下げ一層の微細結晶粒にした場合は、各特性を一層優れたものにできることがわかった。

## 【0034】

## 6. 焼入性試験

50

本実施例では、上記の微細結晶粒に起因する良好な特性を維持しながら大きなサイズまで十分な硬化組織を得るか、またはサイズは従来と同等の小サイズであるが結晶粒を一層微細化して強度をさらに向上させる。このために、化学成分を変化させたサンプルを試作し、焼入温度、硬度および結晶粒の関係を調べた。このとき鋼の焼入性の尺度として、上述の焼入性試験でHRC50となる焼入端からの距離（ジョミニ値と略称）で整理した。結果を表7に示す。

【0035】

【表7】

No.	化学組成				ジョミニ値 (HRC50となる位置の 焼入端からの距離)(mm)	800°C焼入		780°C焼入		備考
	C	Si	Mn	Cr		表面硬度 (HV)	結晶粒度 番号	表面硬度 (HV)	結晶粒度 番号	
1	1.0	0.5	1.0	1.0	23	750	12	720	13	本発明例
2	0.8	0.5	1.1	0.6	13	735	12	705	13	
3	1.2	1.0	0.8	1.5	78	770	12	730	13	
4	1.0	0.5	0.8	1.0	17	740	11	710	13	
15	0.8	0.4	1.1	0.8	12.7	740	11	715	13	
16	1.0	0.8	0.4	1.0	12	670	11	610	13	
5	1.0	0.2	0.3	1.4	8	650	11	600	13	比較例
6	0.8	0.3	0.5	0.5	5	620	12	580	13	

注(i) ジョミニ値は化学成分からの推定値（結晶粒度No.10として算出）

(ii) 表面硬度は肉厚15mmの試験片（外径85mm、内径55mm、幅30のリング）での実測値

10

20

30

40

50

## 【0036】

表7を参照して、本発明例の試験体1～4、15のように、HRC50となる位置が焼入端から12.7mm(8/16インチ)以上であれば、厚肉の部品でも焼入処理において十分硬化でき、安定的に長寿命化できる。また、所定サイズ以下の部品では、より低い焼入温度での焼入処理によって、さらに結晶粒を微細化することができる。これに対して比較例の試験体5、6、16では、十分硬化することができず、表層硬度を十分高いものにすることができない。

## 【0037】

本発明の鋼は、微細な結晶粒を維持しながら焼入性を向上することを目的に、上記の化学成分範囲内で、上記焼入性試験法(JISG0561)でHRC50となる位置(ジョミニ値)が焼入端から12.7mm(8/16インチ)以上になる焼入性を有し、またそれを保証する化学組成を有する。このような焼入性の高い鋼を用いれば、厚肉品によらず、薄肉品でも焼入速度や焼入温度をさらに低くすることができるので、焼入れ変形の防止や残留オーステナイトの増加など、軸受精度や転動寿命などの軸受品質を安定して向上させることができる。

10

## 【0038】

次に、上記本発明の実施例も含めて、本発明の実施の形態を羅列的に説明する。

## 【0039】

上記本発明の鋼の部品において、表面積/体積で表される比表面積の値を0.6以下とすることができる。この構成により、十分大きなサイズの塊状の部品に対して本発明を適用して、長い転動疲労寿命と高い強度とを確保することができる。

20

## 【0040】

上記の鋼の熱処理方法において、A1変態点以上で浸炭窒素処理または窒化処理の温度未満である焼入温度域を、750～810とすることができる。

## 【0041】

この構成により、良好な焼入性を確保した上で超微細なオーステナイト粒径を得ることができ、長い転動疲労寿命および高強度を得ることが可能になる。

## 【0042】

上記の熱処理方法は、表層に浸炭窒化層または窒素富化層を有する鋼であれば軸受部品に限定されず、どのような鋼部品に適用してもよい。また、上記窒素富化層は、炭素との共存の有無によらず、窒素が富化されていれば浸炭窒化処理によって形成された表層であってもよい。

30

## 【0043】

また、上記焼入処理における焼入温度は、完全にオーステナイト化した状態から焼き入れることにはならないが、上記の焼入温度では一部にセメントナイトなどが残る可能性があるがほとんど完全にオーステナイト化している。このため、焼き入れの結果得られるミクロ組織も完全にオーステナイト化した状態から焼き入れた組織と変わらず十分硬化しており、そのミクロ組織をエッチング顕出することによりオーステナイト結晶粒度を測定することができる。上記本発明におけるオーステナイト結晶粒については、本発明の意義を考慮して解釈すべきである。

40

## 【0044】

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。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0045】

本発明の転がり軸受および鋼の熱処理方法によれば、微細な結晶粒を維持した上で、製品肉厚などのサイズが大きくなっても硬化させることができ、またサイズが所定サイズ以下の場合には焼入温度を低くしてさらに結晶粒を微細化できる。このため、転がり軸受な

50

ど窒素富化層を有する鋼製の部品の耐久性を著しく向上させることができるので、自動車部品関連など多くの鋼部品に広く用いられることが期待される。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の実施例における熱処理方法を説明する図であり、(a)は2回の焼入を行なう方法を、また(b)は1回の焼入を行なう方法を示す図である。

【図2】従来例の鋼のミクロ組織を示す図である。

【図3】本発明例の鋼のミクロ組織を示す図である。

【図4】比表面積と表層硬度との関係を示す図である。

【図5】転動疲労試験機を示す図であり、(a)は側面図であり、(b)は正面図である

10

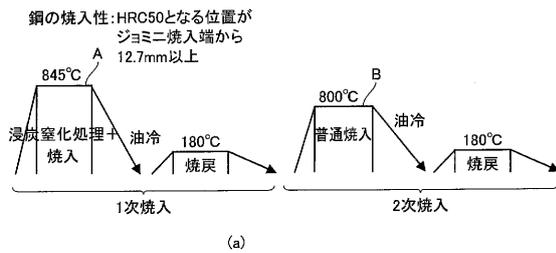
【図6】静圧壊強度試験片を示す図である。

【符号の説明】

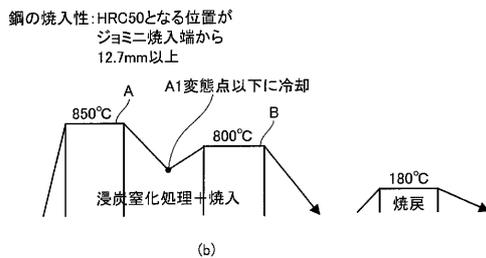
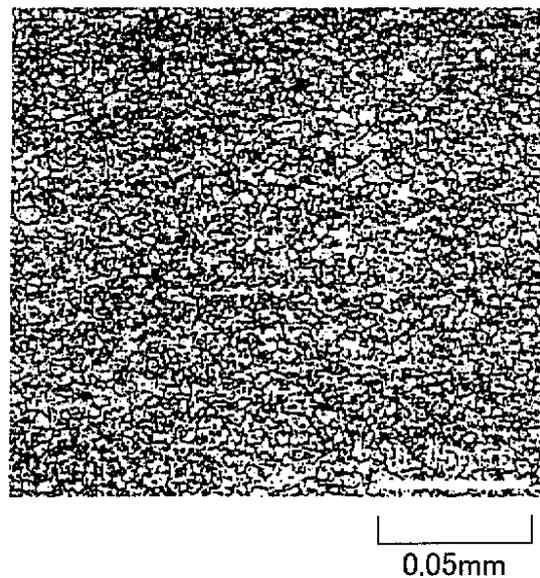
【0047】

1 試験体、2 駆動ロール、3 支持ロール、4 シリンダ、5 上ロール、6 下ロール、A 浸炭窒化処理(温度)、B 焼入(温度)。

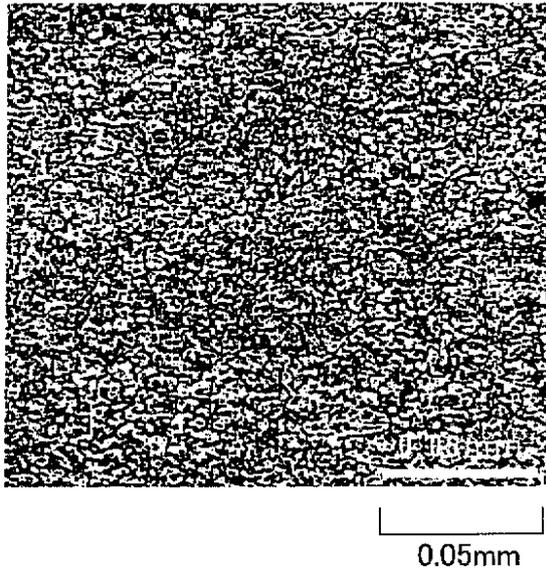
【図1】



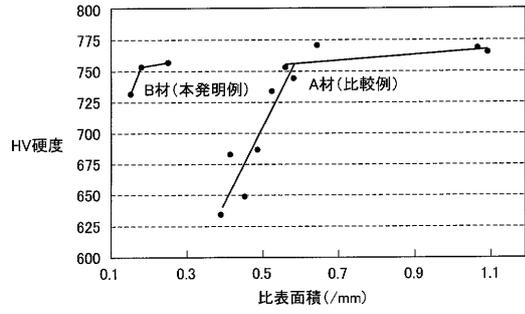
【図2】



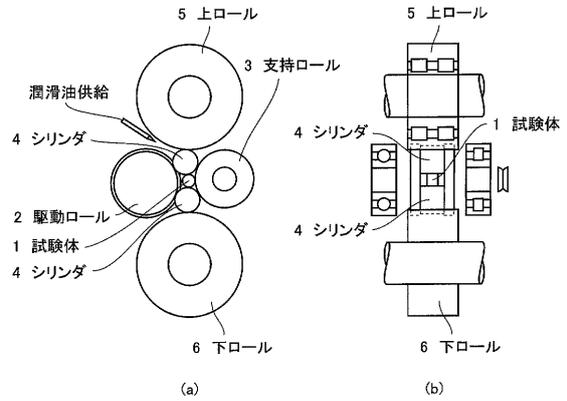
【 図 3 】



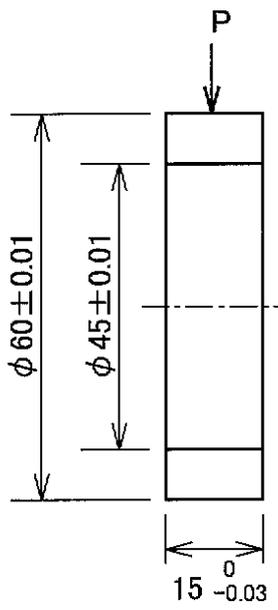
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 3 C 8/26 (2006.01) C 2 3 C 8/26  
F 1 6 C 33/32 (2006.01) F 1 6 C 33/32  
F 1 6 C 33/34 (2006.01) F 1 6 C 33/34

(74)代理人 100111936  
弁理士 渡辺 征一

(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 藤田 康平  
岡山県備前市畠田 5 0 0 番地の 1 NTN株式会社内

審査官 佐藤 高弘

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 2 6 9 1 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 1 2 3 2 4 4 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 3 0 3 8 7 4 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
F 1 6 C 3 3 / 6 2  
C 2 1 D 1 / 0 6  
C 2 1 D 9 / 4 0  
C 2 2 C 3 8 / 0 0  
C 2 2 C 3 8 / 1 8  
C 2 3 C 8 / 2 6  
F 1 6 C 3 3 / 3 2  
F 1 6 C 3 3 / 3 4