

明 細 書

発明の名称：軸受部品

技術分野

[0001] 本発明は、針状軸受（ニードルベアリング）、ころ軸受などの軸受部品に関するものである。

本願は、2014年1月10日に、日本に出願された特願2014-3338号及び2014年4月16日に、日本に出願された特願2014-84952に基づき優先権を主張し、これらの内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 針状軸受、ころ軸受、玉軸受などの軸受部品は、潤滑油にバリや摩耗粉などの異物が混入した状態、すなわち異物混入環境下でも継続して使用される。そのため、異物混入環境における、軸受部品の転動疲労寿命の向上は重要である。異物混入環境において、軸受部品の転動疲労寿命を向上するためには、残留オーステナイトを増加させることが有効であることが知られている。そのため、軸受部品用鋼材に対して、浸炭処理や窒化処理などの表面処理が行われている。

[0003] しかしながら、軸受部品用鋼材の浸炭処理や窒化処理などの表面処理は、コストが高だけでなく、処理雰囲気の影響を受けて、品質のばらつきが生じるという問題がある。そのため、例えば、特許文献1には、浸炭処理及び窒化処理を省略し、焼入れ及び焼戻し処理によって、残留オーステナイトが多く含まれる軸受用鋼材が開示されている。特許文献1にて開示されている軸受部品は、鋼中に、C、Mn、Ni又はMoを添加し、マルテンサイト変態開始温度（Ms点）を下げることで、残留オーステナイトの量を確保している。しかし、残留オーステナイトの量を確保するために、Mnの鋼への添加量を増加させると、軸受部品用鋼材の焼入れ性が高くなる。その結果、熱間圧延後の冷却時に、マルテンサイトなどの過冷組織が生成し、軸受部品の加工性および延性、靱性が低下する。

[0004] また、特許文献2には、球状セメンタイトを用いて、結晶粒径の粗大化を抑制し、残留オーステナイトを生成させる方法が開示されている。しかしながら、特許文献2にて開示されている方法では、高温でかつ長時間の球状化熱処理を行っている。その結果、Cがオーステナイト相中に固溶し、球状セメンタイトの個数密度が不十分となっていた。さらに、旧オーステナイトの平均粒径が粗大化して、十分な転動疲労寿命の改善効果が得られなかった。

[0005] 球状化熱処理の処理時間は長いため、処理回数が増加すると、生産コストが嵩み、生産効率が悪化することが知られている。この問題に対し、例えば、特許文献3には、本発明者らの一部によって発明された、球状化熱処理を施すことなく、伸線加工が可能な、軸受部品用高炭素鋼圧延線材が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：日本国特開2004-124215号公報

特許文献2：日本国特開2007-077432号公報

特許文献3：国際公開WO2013-108828号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1のように、鋼中のMnの添加量を増加させると、上述の理由から、球状化熱処理を省略して軸受部品用鋼材を加工することが困難になることがわかった。また、特許文献3の素材を利用して、異物混入環境下での転動疲労寿命に優れる軸受部品を製造するためには、伸線加工と、焼入れ温度を制御した焼入れ処理とによる組織制御が必要であることがわかった。

[0008] 本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、優れた伸線加工性を確保するために、Mnの含有量を抑制し、球状化熱処理を施すことなく、異物混入環境下での転動疲労寿命に優れた軸受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

[0009] 本発明者らは、旧オーステナイトの平均粒径を $8.0\mu\text{m}$ 以下に微細化することによって、残留オーステナイトの量を体積%で、 $15\sim 25\%$ に制御できることを見出した。さらに、円相当径で $0.02\mu\text{m}$ 以上 $3.0\mu\text{m}$ 以下のボイドの個数密度を $2000\text{個}/\text{mm}^2$ 以下とすることにより、異物混入環境下であっても、軸受部品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た。

[0010] 本発明の要旨は以下の通りである。

[0011] (1) 本発明の一実施態様に係る軸受部品は、化学成分が、質量%で、C： $0.95\sim 1.10\%$ 、Si： $0.10\sim 0.70\%$ 、Mn： $0.20\sim 1.20\%$ 、Cr： $0.90\sim 1.60\%$ 、Al： $0.010\sim 0.100\%$ 、N： $0.003\sim 0.030\%$ を含有し、P： 0.025% 以下、S： 0.025% 以下、O： 0.0010% 以下に制限し、任意に、Mo： 0.25% 以下、B： 0.0050% 以下、Cu： 1.0% 以下、Ni： 3.0% 以下、Ca： 0.0015% 以下を含有し、残部がFe及び不純物からなり、金属組織が、残留オーステナイト、球状セメンタイト及びマルテンサイトであり、前記残留オーステナイトの量が、体積%で、 $15\sim 25\%$ であり、かつ旧オーステナイトの平均粒径が $8.0\mu\text{m}$ 以下であり、前記金属組織において、円相当径で $0.02\mu\text{m}$ 以上 $3.0\mu\text{m}$ 以下のボイドの個数密度が $2000\text{個}/\text{mm}^2$ 以下である。

(2) 上記(1)に記載の軸受部品では、前記化学成分が、質量%で、Mo： $0.01\sim 0.25\%$ 、B： $0.0001\sim 0.0050\%$ 、Cu： $0.1\sim 1.0\%$ 、Ni： $1.0\sim 3.0\%$ 、Ca： $0.0001\sim 0.0015\%$ の1種以上を含有してもよい。

(3) 上記(1)または(2)に記載の軸受部品は、ビッカース硬さが 750Hv 以上であり、 $750\text{Hv}\sim 800\text{Hv}$ の硬さを有する粒径が $100\mu\text{m}\sim 180\mu\text{m}$ である鉄粉を、潤滑油 1L に対して 1g 混入した環境下であ

る異物混入環境下での転動疲労寿命が 5.0×10^6 以上であってもよい。

発明の効果

[0012] 本発明の上記態様によれば、旧オーステナイトの平均粒径や残留オーステナイトの量、所定の大きさのボイドの個数密度を制御することで、異物混入環境下であっても、優れた転動疲労寿命を有する軸受部品を得ることができる。そして、自動車や産業用機械などに上記態様の軸受部品を適用することで、機械の長寿命化を達成することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]軸受部品の金属組織を示す図である。

[図2]旧オーステナイトの平均粒径と残留オーステナイトの量との関係を示す図である。

[図3]残留オーステナイトの量と異物混入環境下での転動疲労寿命との関係を示す図である。

[図4]円相当径で $0.02 \mu\text{m}$ 以上 $3.0 \mu\text{m}$ 以下のボイドの個数密度と異物混入環境下での転動疲労特性との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 異物混入環境下での転動疲労寿命の向上には、残留オーステナイトの量の増加及び所定の大きさのボイドの個数密度の低下が有効である。本発明者らは、適正な残留オーステナイトの量、及び、残留オーステナイトの量を制御する製造条件について検討し、以下の知見を得た。なお、残留オーステナイトの量（体積％）は、例えばX線回折によるマルテンサイト α （211）の回折強度と残留オーステナイト γ （220）の回折強度との比から測定することができる。残留オーステナイトの量は、例えば、リガク社製のRINT2500を用いて求めることができる。

[0015] 残留オーステナイトの量の増加に伴い、異物混入環境下であっても、転動疲労寿命が向上する。安定的にこの効果を得るために、必要な残留オーステナイトの量は、体積％で、15％以上である。一方、残留オーステナイトの量が、体積％で、25％を超えると、例えば、ビッカース硬さで750HV

未満となるなど硬さが低下し、軸受部品の強度が低下する。また、寸法の経年変化（経年劣化）が大きくなり、軸受部品としての機能低下を招く。従って、異物混入環境下での転動疲労寿命の向上のためには、残留オーステナイトの量を、体積％で、１５％～２５％に制御することが必要である。

[0016] 焼入れ処理の際、残留オーステナイトの量を増加させるためには、オーステナイト相を安定化させることが必要である。また、マルテンサイト変態温度（ M_s 点）の低温化が有効である。 M_s 点は、オーステナイト相中のC、Si、Mnなどの元素の固溶量に影響を受け、特にオーステナイト相中に固溶しているC量に大きく影響される。しかしながら、固溶しているC量を増加させるために、焼入れ処理の加熱温度を高くすると、旧オーステナイトの平均粒径が粗大化する。さらに、焼入れ処理後のマルテンサイトに固溶しているC量が増加する。このため、軸受部品の転動疲労寿命及び靱性が低下する。

[0017] そこで、本発明者らは、結晶粒の微細化によるオーステナイト相の安定化に着目した。検討を行った結果、パーライト組織の軸受部品用鋼材（パーライト鋼）を伸線加工し、導入された加工ひずみと、焼入れ処理の加熱温度とを適正化することによって、旧オーステナイトの平均粒径を微細化できることがわかった。そして、残留オーステナイトの量が体積％で、１５％～２５％に制御された、軸受部品の旧オーステナイトの平均粒径は、 $8.0\mu m$ 以下であるという知見を得た。

なお、旧オーステナイトの平均粒径は、次の方法により得られる。まず、軸受部品の長手方向の中心において、長手方向に垂直なC断面を研磨・腐食により、旧オーステナイト粒界を現出させる。次に、C断面の中心から半径3mmの範囲を中心部とし、その中心部を光学顕微鏡を用いて400倍の視野で撮影する。そして、撮影した画像からJIS G 0551に規定された計数方法により測定する。なお、サンプルごとに4視野ずつ測定し、得られた4視野の旧オーステナイト粒径の平均値を、旧オーステナイトの平均粒径とする。

[0018] 旧オーステナイトの平均粒径を微細化するためには、伸線加工時の総減面率及び焼入れ処理の加熱温度を制御することが好ましい。初析セメンタイトの面積率を5%以下に抑制したパーライト鋼に、総減面率50%以上の伸線加工を施し、さらに820℃以上890℃以下に加熱して冷却する焼入れを行うことによって、旧オーステナイトの平均粒径を8.0 μm以下に抑制でき、かつ、残留オーステナイトの量を体積%で、15%～25%に制御することができる。

[0019] 伸線加工時の総減面率が50%未満では、焼入れ処理時の加熱によって、旧オーステナイトの平均粒径が粗大化し、8.0 μmを超える場合がある。また、焼入れ処理の加熱温度が820℃未満では、旧オーステナイトの平均粒径が微細化しても、固溶したC量が低下することにより、残留オーステナイトの量が体積%で、15%未満となる場合がある。一方、焼入れ処理の加熱温度が890℃を超えると、セメンタイトが分解し、Cの固溶が促進される。その結果、粒成長の抑制が不十分になって旧オーステナイトの平均粒径が8.0 μmを超える。また、固溶したC量の増加に起因して、残留オーステナイトの量が体積%で、25%を超える場合がある。

[0020] 図2に、旧オーステナイトの平均粒径と残留オーステナイトの量との関係を示し、図3に、残留オーステナイトの量と異物混入環境下での転動疲労寿命との関係を示す。

図2に示すように、旧オーステナイトの平均粒径が8.0 μm以下であると、残留オーステナイトの量は体積%で、15%以上となる。一方、旧オーステナイトの平均粒径が8.0 μmを超えると、残留オーステナイトの量は体積%で、15%未満に減少している。また、図3に示すように、残留オーステナイトの量が体積%で、15%以上になると、異物混入環境下での転動疲労寿命は良好である。しかしながら、残留オーステナイトの量が体積%で、15%未満であると、異物混入環境下での転動疲労寿命は低下している。

[0021] 次に、ボイドの個数密度を低下させる方法について検討を行った。本実施形態に係る軸受部品の金属組織において、円相当径でのボイドの大きさは、

0.02 μm 以上3.0 μm 以下である。円相当径でボイドの大きさが0.02 μm 未満であると、SEMを用いた2000倍の観察では、観測できない。また、ボイドの大きさが3.0 μm を超えると、加工時に、割れの起点となり、本実施形態に係る軸受部品を製造できない。そのため、円相当径でボイドの大きさは、0.02 μm 以上3.0 μm 以下とする。

ボイドは、通常、球状化熱処理後の伸線加工によって、球状セメンタイトと母地組織であるフェライトとの境界に生成される。そして、ボイドは、焼入れ及び焼戻し処理後の軸受部品にも残存している。また、ボイドは、異物混入環境下での軸受部品の転動疲労寿命や衝撃特性を損なわせる。本発明者らの検討の結果、異物混入環境下での転動疲労寿命を改善するためには、金属組織における所定の大きさのボイドの個数密度を2000個/ mm^2 以下にすることが重要であることがわかった。より好ましくは1500個/ mm^2 以下である。

[0022] そこで、本発明者らは、ボイドの発生機構に着目し、ボイドの発生の抑制を鋭意検討した。その結果、球状化熱処理を行った鋼や、初析セメンタイトの面積率が5%を超えるパーライト鋼に対して、伸線加工を施すと、粗大なボイドが大量に発生することがわかった。一方、伸線加工に具すパーライト鋼を、初析セメンタイトの面積率を5%以下に抑制したパーライト鋼とすることで、伸線加工時のボイドの生成が抑制されて、軸受部品に生成したボイドの個数密度を、2000個/ mm^2 以下に抑制できることがわかった。

したがって、素材を初析セメンタイトの面積率を5%以下に抑制したパーライト鋼とし、素材に伸線加工を施した後、焼入れ処理をすることで、軸受部品の旧オーステナイトの平均粒径を8.0 μm 以下に抑制できる。

なお、所定の大きさのボイドの個数密度は、次のように求める。軸受部品を長手方向中心において、長手方向に平行な断面で切断する。切断したL断面を鏡面研磨して、走査電子顕微鏡（SEM）で、L断面の中心部を2000倍で観察し、10視野の写真を撮影する。そして、各視野で所定の大きさのボイドの個数を測定して、その個数を視野面積で除することで、ボイドの

個数密度は求められる。なお、L断面の中心部とは、L断面の長手方向における中心線を中心として6mmの幅領域とし、観察視野は、 0.02 mm^2 である。

[0023] 図4に、所定の大きさのボイドの個数密度と異物混入環境下での転動疲労寿命との関係を示す。図4に示すように、大きさが円相当径で $0.02\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下のボイドの個数密度が $2000\text{ 個}/\text{mm}^2$ 以下であると、異物混入環境下での転動疲労寿命は良好である。しかしながら、ボイドの個数密度が $2000/\text{mm}^2$ を超えると、異物混入環境下での転動疲労寿命は低下する。

ここで、異物混入環境とは、例えば、 $750\text{ Hv}\sim 800\text{ Hv}$ の硬さを有する、粒径 $100\text{ }\mu\text{m}\sim 180\text{ }\mu\text{m}$ の鉄粉を、潤滑油1Lに対して1g混入させた環境であり、異物環境下での転動疲労寿命は、ラジアル型疲労試験機を用いて試験を行うことができる。

なお、上記異物混入環境下での転動疲労寿命は、 5.0×10^6 回以上が好ましい。混入環境下での転動疲労寿命が、 5.0×10^6 回未満であると、機械の長寿命化を達成することができない場合がある。

[0024] 次に、本実施形態に係る軸受部品の金属組織について説明する。本実施形態に係る軸受部品の金属組織は、残留オーステナイト、球状セメンタイト及びマルテンサイトである。図1に、本実施形態に係る軸受部品の金属組織のSEM写真を示す。図1のSEM写真は、マルテンサイト1に、球状セメンタイト2が析出するとともに、ボイド3が生成した組織である。残留オーステナイトは、SEMでは観察できないため、X線回折法(XRD)を用いて、マルテンサイトとの回折強度の比によって求められる。

[0025] 以下、本実施形態に係る軸受部品の基本元素の化学組成について、数値限定範囲とその限定理由とについて説明する。ここで、記載する%は、質量%である。

[0026] C : $0.95\%\sim 1.10\%$

C(炭素)は、強度を高める元素である。C含有量が 0.95% 未満では

、軸受部品の強度及び転動疲労寿命を向上させることができない。一方、C含有量が1.10%を超えると、炭化物が粗大化し、また、残留オーステナイトの量が過多になり、軸受部品の硬さが低下するだけでなく、寸法の経年変化（経年劣化）が大きくなる。そのため、C含有量を0.95%~1.10%とする。より確実に、転動疲労寿命を低下させないために、C含有量は、0.96%~1.05%であることが好ましい。さらに好ましくは、0.97%~1.03%である。

[0027] Si : 0.10%~0.70%

Si（ケイ素）は、脱酸剤として機能する元素である。Si含有量が0.10%未満では、これらの効果を得ることが出来ない。一方、Si含有量が0.70%を超えると、鋼材中にSiO₂系介在物が生じて、軸受部品の転動疲労寿命が低下する。そのため、Si含有量を0.10%~0.70%とする。より確実に、転動疲労寿命を低下させないために、Si含有量は、0.12%~0.56%であることが好ましい。さらに好ましくは、0.15%~0.50%である。

[0028] Mn : 0.20%~1.20%

Mn（マンガン）は、脱酸剤及び脱硫剤として機能する元素である。さらに、鋼の焼入れ性や残留オーステナイトの量を確保するために有用な元素である。Mn含有量が0.20%未満では、脱酸が不十分となってしまう、炭化物が生成して、軸受部品の転動疲労寿命が低下する。一方、Mn含有量が1.20%を超えると、熱間圧延後の冷却時にマルテンサイトなどの過冷組織が生じることによって、伸線加工時にボイドが生成する原因となる。さらに、Mn含有量が1.20%を超えると、残留オーステナイトの量が過多となり、軸受部品の硬さが低下する。そのため、Mn含有量を0.20%~1.20%とする。より確実に脱酸し、転動疲労寿命を低下させないために、Mn含有量は0.21%~1.00%であることが好ましい。さらに好ましくは、0.25%~0.80%である。

[0029] Cr : 0.90%~1.60%

Cr（クロム）は、鋼材の焼入れ性を向上させる元素である。さらに、炭化物の球状化を促進させ、かつ、炭化物量も増加させる極めて有効な元素である。Cr含有量が0.90%未満であると、固溶するC量が増加して、残留オーステナイトが過剰に生成する。一方、Cr含有量が1.60%を超えると、焼入れ時に炭化物の溶け込みが不足し、残留オーステナイトの量の低下や軸受部品の硬さの低下を招く。そのため、Cr含有量を0.90%～1.60%とする。より確実に軸受部品の転動疲労寿命を向上させるために、Cr含有量は、0.91%～1.55%であることが好ましい。さらに好ましくは、1.10%～1.50%である。最も好ましくは、1.30%～1.50%である。

[0030] Al：0.010%～0.100%

Al（アルミニウム）は脱酸元素である。Al含有量が0.010%未満であると、脱酸が不十分となり、酸化物が析出することによって、軸受部品の転動疲労寿命が低下する。一方、Al含有量が0.100%を超えると、Al₂O₃系介在物が発生し、軸受部品用圧延鋼材の伸線加工性の低下や軸受部品の転動疲労寿命が低下する。そのため、Al含有量を0.010%～0.100%とする。より確実に転動疲労寿命を低下させないために、Al含有量は、0.015%～0.078%であることが好ましい。さらに好ましくは、0.018%～0.050%である。

[0031] N：0.003%～0.030%

Nは、AlやBと窒化物を形成し、これらの窒化物がピン止め粒子として機能して結晶粒を細粒化する。それゆえ、N（窒素）は結晶粒の粗大化を抑制する元素である。N含有量が0.003%未満であると、この効果を得ることができない。一方、N含有量が0.030%を超えると、粗大な介在物が生成して、転動疲労寿命が低下する。そのため、N含有量を0.003%～0.030%とする。より確実に転動疲労寿命を低下させないために、N含有量は、0.005%～0.029%が好ましい。さらに好ましくは、0.009%～0.020%である。

[0032] P : 0.025%以下

P（リン）は不可避免的に含有される不純物である。P含有量が0.025%を超えると、オーステナイト粒界に偏析して、旧オーステナイト粒界を脆化させて、軸受部品の転動疲労寿命を低下させる。そのため、P含有量を0.025%以下に制限する。より確実に転動疲労寿命を低下させないために、P含有量を0.020%以下、さらに0.015%以下に制限してもよい。また、P含有量は少ないほど望ましいので、上記制限範囲に0%が含まれる。ただし、P含有量を0%にするのは、技術的に容易ではない。そのため、製鋼コストの観点から、P含有量の下限値は0.001%としてもよい。通常の操業条件を考慮すると、P含有量は、0.004%～0.012%が好ましい。

[0033] S : 0.025%以下

S（硫黄）は不可避免的に含有される不純物である。S含有量が0.025%を超えると、粗大なMnSが形成され、軸受部品の転動疲労寿命を低下させる。そのため、S含有量を0.025%以下に制限する。より確実に転動疲労寿命を低下させないために、S含有量を0.020%以下、さらに0.015%以下に制限してもよい。S含有量は少ないほど望ましいので、上記制限範囲に0%が含まれる。ただし、S含有量を0%にするのは、技術的に容易ではない。そのため、製鋼コストの観点から、S含有量の下限値は0.001%としてもよい。通常の操業条件を考慮すると、S含有量は、0.003%～0.011%が好ましい。

[0034] O : 0.0010%以下

O（酸素）は不可避免的に含有される不純物である。O含有量が0.0010%を超えると、酸化物系介在物が形成されて、軸受部品の転動疲労寿命が低下する。そのため、O含有量を0.0010%以下に制限する。O含有量は少ないほど望ましいので、上記制限範囲に0%が含まれる。ただし、O含有量を0%にするのは、技術的に容易ではない。そのため、製鋼コストの観点から、O含有量の下限値は0.0001%としてもよい。通常の操業条件

を考慮すると、O含有量は、0.0005%~0.0010%が好ましい。

[0035] 上記した基本成分及び不純物元素の他に、本実施形態に係る軸受部品には、さらに、選択的にMo、B、Cu、Ni及びCaのうちの少なくとも1つ以上を添加してもよい。この場合、焼入れ性を向上させるためのMo、B、Cu及びNi及び介在物を微細化させるためのCaのうち1つ以上を選択できる。

以下に、これら成分の数値限定範囲とその限定理由とについて説明する。
ここで、記載する%は、質量%である。

[0036] Mo : 0.25%以下

Moは、焼入れ性を向上させる元素である。また、焼入れを施した鋼材の粒界強度を高めて、靱性を向上させる作用を有する。より確実に、焼入れ性と靱性とを確保したい場合には、Mo含有量を0.01%以上とすることが好ましい。しかしながら、Mo含有量が0.25%を超えると、これらの効果は飽和する。そのため、Mo含有量は、0.01%~0.25%が好ましい。より好ましくは、Mo含有量は、0.01%~0.23%である。さらに好ましくは、0.10%~0.23%である。

[0037] B : 0.0050%以下

Bは、微量で焼入れ性を向上させる元素である。また、焼入れ時の旧オーステナイト粒界におけるPやSの偏析を抑制する効果も有す。このような効果を得たい場合には、B含有量を0.0001%以上とすることが好ましい。しかしながら、B含有量が0.0050%を超えると、これらの効果は飽和する。そのため、B含有量は、0.0001%~0.0050%が好ましい。より好ましくは、B含有量は、0.0003%~0.0050%である。さらに好ましくは、0.0005%~0.0025%であり、最も好ましくは、0.0010%~0.0025%である。

[0038] Cu : 1.0%以下

Cuは、焼入れ性を向上させる元素である。より確実に焼入れ性を確保したい場合には、Cu含有量を0.05%以上とすることが好ましい。しかし

ながら、Cu含有量が1.0%を超えると、この効果が飽和し、さらに熱間加工性が低下する。そのため、Cu含有量は、0.05%~1.0%が好ましい。より好ましくは、Cu含有量は、0.10%~0.50%である。さらに好ましくは、0.19%~0.31%である。

[0039] Ni : 3.0%以下

Niは、焼入れ性を向上させる元素である。また、焼入れを施した鋼材の靱性を向上させる作用を有する。より確実に焼入れ性と靱性とを確保したい場合には、Ni含有量を0.05%以上とすることが好ましい。しかしながら、Ni含有量が3.0%を超えると、この効果は飽和する。そのため、Ni含有量は、0.05%~3.0%が好ましい。より好ましくは、Ni含有量は、0.10%~1.5%である。さらに好ましくは、0.21%~1.2%である。最も好ましくは、0.21%~1.0%である。

[0040] Ca : 0.0015%以下

Caは、硫化物中に固溶しCaSを形成し、硫化物を微細化させる元素である。硫化物の微細化により、転動疲労寿命をさらに向上させたい場合には、Ca含有量を0.0003%以上とすることが好ましい。しかしながら、Ca含有量が0.0015%を超えると、この効果が飽和する。さらに、酸化物系介在物が粗大化することによって、転動疲労寿命の低下を招く。そのため、Ca含有量は、0.0003%~0.0015%が好ましい。より好ましくは、Ca含有量は、0.0003%~0.0011%である。さらに好ましくは、0.0005%~0.0011%である。

[0041] 本実施形態に係る軸受部品は上記成分を含有し、化学組成の残部は、実質的にFe及び不可避免的な不純物で構成される。

[0042] 次に、軸受部品の素材となる鋼材（熱間圧延線材）について説明する。

[0043] 素材となる鋼材（熱間圧延線材）は、軸受部品と同一の化学組成を有する。そして、面積率で90%以上のパーライトと、面積率で5%以下の初析セメントライトとを含む組織を有することが好ましい。なお、パーライトブロックの平均粒径（円相当径）は15 μm 以下であり、初析セメントライト厚さは

1. $0\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。また、素材となる鋼材（熱間圧延線材）は、組織として、マルテンサイトを有しないことが好ましい。

[0044] 鋼材（熱間圧延線材）の組織に、マルテンサイトなどの過冷組織が存在すると、伸線加工時に均一に変形することができず、断線の要因となることがある。そのため、鋼材の主な組織は、パーライトが好ましい。

また、パーライトブロックの大きさは延性と非常に強い相関関係がある。つまり、パーライトを微細化することによって、伸線加工性が向上する。そのため、パーライトブロックの平均粒径（円相当径）を $15\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。パーライトブロックの平均粒径が、 $15\ \mu\text{m}$ を超えると、伸線加工性の向上効果が得られない場合がある。一方、パーライトブロックの平均粒径を $1\ \mu\text{m}$ 以下とすることは、工業的に難しい場合がある。そのため、パーライトブロックの平均粒径は、 $1\ \mu\text{m}\sim 15\ \mu\text{m}$ とすることが好ましい。より好ましくは、 $1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ である。

なお、パーライトブロックの平均粒径（円相当径）は、電子後方散乱回折装置（EBSD）を用いて測定することができる。

[0045] 初析セメンタイトは、塑性変形能が小さい。そのため、伸線加工によって分断され、ボイドを形成する要因となる。しかしながら、初析セメンタイトの面積率が低く、厚さが小さければ、伸線加工性は阻害されない。したがって、初析セメンタイトの面積率は5%以下、厚さは $1.0\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。より好ましくは、初析セメンタイトの面積率は3%以下、厚さは $0.8\ \mu\text{m}$ 以下である。

初析セメンタイトの面積率及び厚さは、SEM観察によって測定することができる。

[0046] 次に、本実施形態に係る軸受部品の好ましい製造方法について説明する。

[0047] 本実施形態に係る軸受部品の素材となる鋼材（熱間圧延線材）は、例えば、以下のようにして製造することができる。以下の製造方法によって、軸受部品の素材となる鋼材（熱間圧延線材）を、初析セメンタイト面積率を5%以下に抑制したパーライト鋼とすることができる。

[0048] 熱間圧延に供する材料は、通常の製造条件を採用することができる。例えば、常法で成分組成を調整した鋼を溶製、鑄造し、必要に応じてソーキング処理、分塊圧延を施し、鋼片とする。次に、得られた鋼片を加熱し、熱間圧延を施す。そして、リング状に巻き取った後、冷却する。

以上の工程を経て、本実施形態に係る軸受部品の素材となる鋼材（熱間圧延線材）は、製造することができる。

[0049] 鑄造工程において、鑄造方法は特に限定されるものではなく、真空鑄造法や連続鑄造法等を用いれば良い。

また、必要に応じて、鑄造工程後の鑄片に対して施す、ソーキング処理（均熱拡散処理）は、鑄造などで発生する偏析を軽減させるための熱処理である。これらの工程を経て得られた鋼片は、一般的にビレットと呼ばれる。

なお、ソーキング処理の加熱温度は 1100°C ～ 1200°C が好ましい。また、保持時間は10時間～20時間が好ましい。

[0050] 次に、熱間圧延前の加熱工程として、鋼片を加熱する。鋼片の加熱温度は、 900°C ～ 1300°C とすることが好ましい。

[0051] その後、熱間圧延工程として、上記鋼片に対して、熱間圧延を行う。熱間圧延工程において、仕上圧延温度を 850°C 以下とすることが好ましい。

仕上圧延温度を 850°C 以下とすることにより、初析セメンタイトを分散して析出させることにより、初析セメンタイト厚さを低下させることができる。かつ、変態時のパーライトの核生成サイトを増加させて、パーライトブロックを微細化することができる。より好ましい仕上圧延温度は、 800°C 以下である。なお、熱間圧延中の鋼片の温度は、放射温度計によって測定することができる。

軸受部品の素材となる、熱間圧延工程を経た鋼材、すなわち仕上圧延後の鋼材は、一般的に熱間圧延線材と呼ばれる。

[0052] 熱間圧延工程終了後、すなわち仕上圧延後、 800°C 以下で熱間圧延線材を、リング状へと巻取る。この工程は、一般的に巻取工程と呼ばれる。

巻取工程において、巻取温度が高いと、オーステナイトが粒成長し、パー

ライトブロックが粗大になることがある。そのため、巻取温度は、 800°C 以下が好ましい。より好ましい巻取温度は、 770°C 以下である。

なお、熱間圧延工程終了後に、必要に応じて冷却を行う巻取前冷却工程を有してもよい。

[0053] 巻取工程後、熱間圧延線材を 600°C まで冷却する。この工程は、一般的に冷却工程と呼ばれる。

600°C までの冷却速度は、 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 3.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とすることが好ましい。

圧延線材を巻取り後、 600°C まで冷却すると、パーライトへの変態が完了する。巻取り後の冷却速度は、オーステナイトからパーライトへの変態に影響する場合がある。そのため、マルテンサイトやベイナイトなどの過冷組織の析出を抑制するために、巻取り後の冷却速度は $3.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下が好ましい。より好ましくは、 $2.3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下である。一方、巻取り後の冷却速度は、初析セメンタイトの析出にも影響する場合がある。そのため、初析セメンタイトの過剰な析出や粗大化を抑制するために、巻取り後の冷却速度は $0.5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上とすることが好ましい。より好ましくは、 $0.8^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上である。

[0054] 通常の軸受部品の製造方法は、伸線加工前に、球状化熱処理工程を有するが、本実施形態に係る軸受部品は、素材となる鋼材に対して、伸線加工、焼入れ処理、焼戻し処理を施して、得ることができる。

具体的には、素材となる鋼材に球状化熱処理を施さず、総減面率 50% 以上の伸線加工を施す。その後、焼入れ処理、焼戻し処理を行う。

[0055] 素材となる鋼材に対して、総減面率 50% 以上の伸線加工を行うと、導入された歪みによって、焼入れ時に、セメンタイトの固溶及び球状化が促進される。よって、残留オーステナイトの量が確保でき、旧オーステナイトの平均粒径を微細化することができる。

総減面率が 50% 未満であると、所定量の残留オーステナイトを確保できず、また、セメンタイトの球状化が不十分となって、旧オーステナイトの平

均粒径を微細化することが出来ない場合がある。一方、総減面率が97%を超えると、伸線加工時に断線が発生する虞がある。そのため、総減面率は、50%～97%とすることが好ましい。

[0056] 伸線加工後の焼入れ処理における、焼入れの加熱温度は、セメントaitを分解し、Cをオーステナイトに固溶させるため、820℃以上とすることが好ましい。焼入れの加熱温度が820℃未満であると、オーステナイトに固溶するC量が少なく、硬さや疲労寿命が低下する場合がある。一方、焼入れの加熱温度が890℃を超えると、旧オーステナイトの平均粒径が粗大化する虞がある。そのため、焼入れの加熱温度は、820℃～890℃とすることが好ましい。

[0057] 焼戻し処理における、焼戻し温度は、靱性の確保や硬さ調整のために、150℃以上で行うことが好ましい。焼戻し温度が150℃未満であると、軸受部品の靱性が確保できない場合がある。一方、焼戻し温度が250℃を超えると、軸受製品の硬さが低下し、転動疲労寿命が低下する虞がある。そのため、焼戻し温度は150℃～250℃とすることが好ましい。

実施例

[0058] 以下、本発明の軸受部品の実施例を挙げ、本実施形態に係る軸受部品の効果をより具体的に説明する。ただし、実施例における条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、下記実施例に限定されるものではない。本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能である。よって、本発明は、種々の条件を採用し得、それらは何れも本発明の技術的特徴に含まれるものである。

[0059] 表1及び表2に示す成分を有する線材及び棒材に対して、熱処理や熱間鍛造を施すことによって、表3及び表4に記載の組織を有する素材とした。次に、その素材を用いて、冷間で、直径が $\phi 12.5$ mmとなるまで、伸線加工を行った。次に、伸線加工で得られた素材を、25 m長さに切断して、焼入れ処理及び焼戻し処理を施した。

そして、得られた素材を $\phi 12\text{ mm} \times 22\text{ mm}$ に成形して、仕上加工を施して、軸受部品を製造した。

なお、焼入れ処理は、加熱温度 $800^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ で30分間保持した後、 50°C で油冷して行った。

その後、焼戻し温度 170°C で30分間焼戻しを行った。

[0060] 軸受部品の組織評価は、次の方法で行った。

まず、SEM及びX線回折法を用いて、旧オーステナイトの平均粒径(μm)、残留オーステナイトの量(体積%)、所定の大きさのボイド個数密度(個/ mm^2)を測定した。

軸受部品の硬さは、長手方向中心において、長手方向に垂直なC断面で切断して、中央C断面を研磨により現出させた後、中央C断面において、中心から半径 6 mm とする中心部をビッカース硬度計で3点測定した平均値で評価した。

なお、ビッカース硬さは、 750 Hv 以上を良好と評価した。

軸受部品の転動疲労寿命は、次の異物混入環境下で測定した。ラジアル型疲労試験機を用いて、 $750\text{ Hv} \sim 800\text{ Hv}$ の硬さを有する粒径 $100\text{ }\mu\text{m} \sim 180\text{ }\mu\text{m}$ の鉄粉を、潤滑油 1 L に対して 1 g 混入させた異物混入環境下で転動疲労寿命を測定した。

そして、測定した転動疲労寿命を、ワイブル統計処理により、累積破損確率 10% で求め、その値にて評価した。

[0061]

[表1]

No.	化学組成(質量%)														備考
	C	Si	Mn	Cr	P	S	Al	N	O	Mo	B	Cu	Ni	Ca	
A1	1.01	0.25	0.35	1.41	0.007	0.005	0.018	0.005	0.0009	—	—	—	—	—	実施例
A2	1.05	0.15	0.30	1.40	0.008	0.004	0.020	0.012	0.0010	—	—	—	—	0.0003	実施例
A3	1.00	0.20	0.50	1.10	0.008	0.005	0.015	0.013	0.0008	0.03	—	—	0.21	—	実施例
A4	0.97	0.12	0.21	0.91	0.010	0.009	0.078	0.012	0.0005	0.05	0.0001	—	0.50	—	実施例
A5	1.05	0.54	1.15	1.55	0.008	0.005	0.032	0.018	0.0007	0.01	—	—	—	—	実施例
A6	0.98	0.15	0.99	1.50	0.006	0.011	0.025	0.011	0.0006	—	0.0002	—	—	0.0006	実施例
A7	1.00	0.56	0.25	1.41	0.004	0.005	0.023	0.014	0.0006	0.23	—	—	—	—	実施例
A8	1.01	0.24	0.28	1.38	0.011	0.008	0.019	0.029	0.0008	—	0.0021	0.31	—	—	実施例
A9	0.99	0.26	0.34	1.40	0.007	0.008	0.021	0.012	0.0009	—	—	0.19	—	—	実施例
A10	1.00	0.26	0.37	1.41	0.007	0.009	0.018	0.014	0.0008	—	—	—	1.20	—	実施例
A11	1.03	0.25	0.35	1.44	0.012	0.010	0.019	0.013	0.0007	—	—	—	—	0.0011	実施例
A12	0.96	0.21	0.33	1.36	0.009	0.006	0.019	0.015	0.0008	—	—	—	—	—	実施例
A13	1.00	0.25	0.34	1.41	0.007	0.003	0.019	0.009	0.0007	—	—	—	—	—	実施例
A14	1.00	0.25	0.34	1.41	0.007	0.003	0.019	0.009	0.0007	—	—	—	—	—	実施例
A15	1.00	0.25	0.34	1.41	0.007	0.003	0.019	0.009	0.0007	—	—	—	—	—	実施例
A16	1.00	0.25	0.34	1.41	0.007	0.003	0.019	0.009	0.0007	—	—	—	—	—	実施例
A17	1.00	0.25	0.34	1.41	0.007	0.003	0.019	0.009	0.0007	—	—	—	—	—	実施例

[0062]

[表2]

No.	化学組成 (質量%)														備考
	C	Si	Mn	Cr	P	S	Al	N	O	Mo	B	Cu	Ni	Ca	
A18	0.91	0.25	0.35	1.40	0.005	0.005	0.011	0.012	0.0006	-	0.0020	-	-	-	比較例
A19	1.19	0.25	0.28	1.43	0.006	0.006	0.021	0.011	0.0005	-	-	-	-	-	比較例
A20	1.06	0.83	0.29	1.35	0.008	0.005	0.011	0.013	0.0008	0.05	-	-	-	-	比較例
A21	0.96	0.18	1.56	1.44	0.007	0.005	0.030	0.012	0.0006	-	0.0002	-	-	0.0005	比較例
A22	0.99	0.25	0.06	1.45	0.007	0.005	0.029	0.014	0.0010	-	0.0001	-	-	-	比較例
A23	1.05	0.35	0.35	0.80	0.008	0.004	0.021	0.013	0.0008	-	-	-	-	-	比較例
A24	1.05	0.25	0.36	1.46	0.006	0.006	0.190	0.012	0.0005	-	-	-	-	-	比較例
A25	1.05	0.50	0.23	1.63	0.011	0.008	0.016	0.011	0.0005	-	-	-	-	-	比較例
A26	1.00	0.28	0.34	1.40	0.006	0.031	0.050	0.014	0.0007	0.21	-	-	-	-	比較例
A27	1.00	0.27	0.35	1.41	0.029	0.007	0.051	0.014	0.0007	-	-	-	-	-	比較例
A28	1.02	0.25	0.35	1.39	0.008	0.010	0.008	0.011	0.0012	-	0.0002	-	-	-	比較例
A29	1.00	0.26	0.36	1.37	0.007	0.011	0.015	0.001	0.0007	-	0.0020	-	-	-	比較例
A30	1.01	0.24	0.34	1.41	0.009	0.009	0.016	0.041	0.0009	-	-	-	-	-	比較例
A31	1.00	0.24	0.34	1.41	0.008	0.005	0.021	0.010	0.0007	-	-	-	-	-	比較例
A32	1.00	0.24	0.34	1.41	0.008	0.005	0.021	0.010	0.0007	-	-	-	-	-	比較例
A33	1.00	0.24	0.34	1.41	0.008	0.005	0.021	0.010	0.0007	-	-	-	-	-	比較例
A34	1.00	0.24	0.34	1.41	0.008	0.005	0.021	0.010	0.0007	-	-	-	-	-	比較例
A35	1.01	0.24	0.35	1.41	0.009	0.006	0.021	0.008	0.0007	-	-	-	-	-	比較例
B1	1.01	0.25	0.35	1.41	0.007	0.005	0.018	0.005	0.0009	-	-	-	-	-	比較例
B2	1.04	0.25	1.01	0.91	0.007	0.005	0.018	0.005	0.0009	0.20	0.0020	-	1.00	0.0015	比較例

[0063]

[表3]

No.	熱間圧 延線材	軸受部品の製造方法			軸受部品				ピッカース 硬さ	転動疲労 寿命 ($\times 10^6$ 回)	備考
		伸線 加工 時の 総減 面率 (%)	焼入れ 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	焼戻し 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	組織	旧オー ステナ イトの 平均 粒径 (μm)	残留 オース テナイ トの量 (%)	ボイドの 個数 密度 (個/ mm^2)			
A1	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.1	16.4	1059	778	6.4	実施例
A2	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	6.9	17.3	874	784	7.0	実施例
A3	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.2	22.8	1096	764	7.8	実施例
A4	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	5.7	18.3	1222	763	6.9	実施例
A5	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	6.5	23.8	1519	762	7.1	実施例
A6	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.3	20.5	1222	768	6.8	実施例
A7	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.1	18.2	1407	774	6.5	実施例
A8	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	5.9	19.6	481	786	6.6	実施例
A9	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.0	18.0	1333	779	5.7	実施例
A10	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.8	22.9	1567	765	7.0	実施例
A11	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.5	18.4	1481	776	5.4	実施例
A12	P+ θ	75	830	170	残留 γ +球状 θ +M	6.2	16.8	1074	775	5.8	実施例
A13	P+ θ	61	830	170	残留 γ +球状 θ +M	6.4	15.6	889	773	5.4	実施例
A14	P+ θ	75	830	170	残留 γ +球状 θ +M	5.3	22.4	1148	759	7.3	実施例
A15	P+ θ	61	870	170	残留 γ +球状 θ +M	7.1	15.8	1000	794	5.8	実施例
A16	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	6.4	20.2	630	764	7.4	実施例
A17	P+ θ	80	870	170	残留 γ +球状 θ +M	7.3	21.8	1148	769	7.1	実施例

[0064]

[表4]

No.	熱間圧延線材組織	軸受部品の製造方法			軸受部品				ビッカース硬さ	転動疲労寿命 ($\times 10^6$ 回)	備考
		伸線加工時の総減面率 (%)	焼入れ温度 (°C)	焼戻し温度 (°C)	組織	旧オーステナイトの平均粒径 (μm)	残留オーステナイトの量 (%)	ボイドの個数密度 (個/ mm^2)			
A18	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	6.4	13.4	1074	726	2.5	比較例
A19	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	6.3	23.4	1834	798	3.5	比較例
A20	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	7.1	18.4	1778	801	1.3	比較例
A21	P+ θ +M	44	850	170	残留 γ +球状 θ +M	8.6	26.6	4634	727	4.3	比較例
A22	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	6.8	12.5	1444	785	2.1	比較例
A23	P+ θ	75	850	170	残留 γ +球状 θ +M	6.3	25.9	1519	724	6.2	比較例
A24	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	7.5	15.6	1962	786	0.4	比較例
A25	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	7.4	10.5	1153	739	0.5	比較例
A26	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	5.8	18.3	2253	785	1.6	比較例
A27	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	6.2	17.8	1584	777	1.8	比較例
A28	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	8.5	13.9	2667	768	2.5	比較例
A29	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	8.2	14.7	1296	788	4.2	比較例
A30	P+ θ	75	870	170	残留 γ +球状 θ +M	5.7	19.3	1593	784	0.6	比較例
A31	P+ θ	20	850	170	残留 γ +球状 θ +M	10.5	8.5	1185	756	3.4	比較例
A32	P+ θ	46	850	170	残留 γ +球状 θ +M	8.6	14.7	1407	764	4.5	比較例
A33	P+ θ	75	800	170	残留 γ +球状 θ +M	4.8	8.7	1444	723	3.8	比較例
A34	P+ θ	75	900	170	残留 γ +球状 θ +M	10.4	26.8	1037	716	4.4	比較例
A35	P+ θ +M	61	870	170	残留 γ +球状 θ +M	9.7	10.5	4268	765	0.6	比較例
B1	球状 θ + α	61	870	170	残留 γ +球状 θ +M	10.5	4.7	3963	786	3.4	比較例
B2	球状 θ + α	75	830	170	残留 γ +球状 θ +M	7.4	18.5	4148	778	4.5	比較例

[0065] 表3及び表4に、素材の組織、製造方法、軸受部品の組織、硬さ及び転動疲労寿命の製造結果及び評価結果を示す。表1～表4において、本発明範囲

から外れる数値には、アンダーラインを付している。また、表3及び表4において、Pはパーライト、 θ はセメンタイト、Mはマルテンサイト、 α はフェライト、 γ はオーステナイトを意味する。

[0066] A1～A17は本発明例である。なお、本発明例は、表において、実施例として記載されている。A1～A17は、化学組成が、本発明の適正範囲内であった。また、旧オーステナイトの平均粒径、残留オーステナイトの量及び所定の大きさのボイドの個数密度も、本発明の条件を満たしており、異物混入環境下で 5.0×10^6 回以上の優れた転動疲労寿命を有していた。さらに、A1～A17は、素材の組織において、初析セメンタイト面積率がいずれも5%以下であった。また、A1～A17において、軸受部品の組織は、いずれも残留オーステナイト、球状セメンタイト及びマルテンサイトであった。

[0067] 一方、A18～A35、B1、B2は比較例である。A18～A35、B1、B2は、本発明で規定する化学組成及び軸受部品の組織の何れかまたは両方を満足していないため、本発明例と比較して、異物混入環境下での転動疲労寿命が劣っていた。

[0068] A18～A30は、化学組成が本発明例の範囲外であった。A18はC含有量が少ないため、残留オーステナイトの量が不足して、異物混入環境下での転動疲労特性が低下していた。A22はMn含有量が少ないため、残留オーステナイトの量が不足して、異物混入環境下での転動疲労寿命が低下していた。A25はCr含有量が過剰なため、炭化物を生じて、残留オーステナイトの量が不足していた。そのため、異物混入環境下での転動疲労特性が低下した。A19はC含有量が過剰なため、粗大な炭化物の生成に起因し、転動疲労寿命が低下していた。A26はS含有量が過剰なため、硫化物の生成に起因し、転動疲労寿命が低下していた。A30はN含有量が過剰なため、窒化物の生成に起因し、転動疲労寿命が低下していた。A20はSi含有量が過剰なため、介在物の生成に起因して、転動疲労寿命が低下していた。A24はAl含有量が過剰なため、介在物の生成に起因して、転動疲労寿命が

低下していた。A 2 8はO含有量が過剰なため、介在物の生成に起因して、転動疲労寿命が低下していた。

[0069] A 2 1はMn含有量が多く、素材にマルテンサイトが生成していた。そのため、伸線加工性の低下によって、旧オーステナイトの平均粒径の粗大化やボイド個数密度が増加してしまい、転動疲労寿命が低下していた。また、A 2 1は、Mn含有量が多いため、Ms点が低下して、残留オーステナイトの量が過剰になり、結果として、硬さが低下していた。A 2 3はCr含有量が少ないため、残留オーステナイトの量が過剰になり、硬さが低下していた。A 2 7はP含有量が過剰で粒界が脆化し、転動疲労寿命が低下していた。A 2 9はN含有量が不足して、旧オーステナイトの平均粒径が粗大になっていた。よって、残留オーステナイトの量が不足して、異物混入環境下での転動疲労寿命が低下していた。

[0070] A 3 1～A 3 5は、成分は本発明の範囲内であるが、軸受部品の組織が本発明の範囲外となったため、転動疲労寿命が低下していた。A 3 1及びA 3 2は、伸線加工の総減面率が低いため、旧オーステナイトの平均粒径が粗大になっていた。そのため、残留オーステナイトの量が不足して、異物混入環境下での転動疲労寿命が低下していた。A 3 3は、焼入れの加熱温度が低いため、残留オーステナイトの量が不足して、転動疲労寿命が低下していた。A 3 4は、焼入れの加熱温度が高いため、セメンタイトが過剰に固溶していた。そのため、固溶したC含有量が増加することで、残留オーステナイトの量が過剰になり、硬さが低下していた。

[0071] A 3 5は素材の製造方法において、巻取り後の冷却速度が速いために、素材にマルテンサイトが生じていた。そのため、所定の大きさのボイドの個数密度が増加して、異物混入環境下での転動疲労寿命が低下していた。B 1及びB 2は、球状化熱処理を施した例であり、球状化セメンタイトに起因して、所定の大きさのボイドの個数密度が増加し、異物混入環境下での転動疲労寿命が低下していた。

産業上の利用可能性

[0072] 本発明の上記態様によれば、優れた伸線加工性を確保するために、Mnの含有量を抑制して、球状化熱処理を施すことなく、軸受部品を得ることができる。その結果、異物混入環境下であっても、転動疲労寿命に優れた軸受部品を得ることができるため、産業上の利用可能性が高い。

符号の説明

- [0073]
- 1 マルテンサイト
 - 2 球状セメンタイト
 - 3 ボイド

請求の範囲

[請求項1]

化学成分が、質量%で、

C : 0.95%~1.10%、

Si : 0.10%~0.70%、

Mn : 0.20%~1.20%、

Cr : 0.90%~1.60%、

Al : 0.010%~0.100%、

N : 0.003%~0.030%

を含有し、

P : 0.025%以下、

S : 0.025%以下、

O : 0.0010%以下

に制限し、

任意に、

Mo : 0.25%以下、

B : 0.0050%以下、

Cu : 1.0%以下、

Ni : 3.0%以下、

Ca : 0.0015%以下

を含有し、

残部がFe及び不純物からなり、

金属組織が、残留オーステナイト、球状セメンタイト及びマルテンサイトであり、前記残留オーステナイトの量が、体積%で、15%~25%であり、かつ、旧オーステナイトの平均粒径が $8.0\mu\text{m}$ 以下であり、

前記金属組織において、円相当径で $0.02\mu\text{m}$ 以上 $3.0\mu\text{m}$ 以下のボイドの個数密度が $2000\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とする軸受部品。

[請求項2] 前記化学成分が、質量%で、
Mo : 0.01%~0.25%、
B : 0.0001%~0.0050%、
Cu : 0.1%~1.0%、
Ni : 1.0%~3.0%、
Ca : 0.0001%~0.0015%

の1種以上を含有する

ことを特徴とする請求項1に記載の軸受部品。

[請求項3] ビッカース硬さが750Hv以上であり、750Hv~800Hvの硬さを有する粒径が100 μ m~180 μ mである鉄粉を、潤滑油1Lに対して1g混入した環境下である異物混入環境下での転動疲労寿命が 5.0×10^6 以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載の軸受部品。