(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2004-301321
(P2004-301321A)
(43)公開日　平成16年10月28日(2004.10.28)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
F16C 33/62	F16C 33/62		3J101
F02B 63/04	F02B 63/04	Z	
F16C 33/32	F16C 33/32		
F16C 33/34	F16C 33/34		
F16C 33/64	F16C 33/64		

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 20 頁）

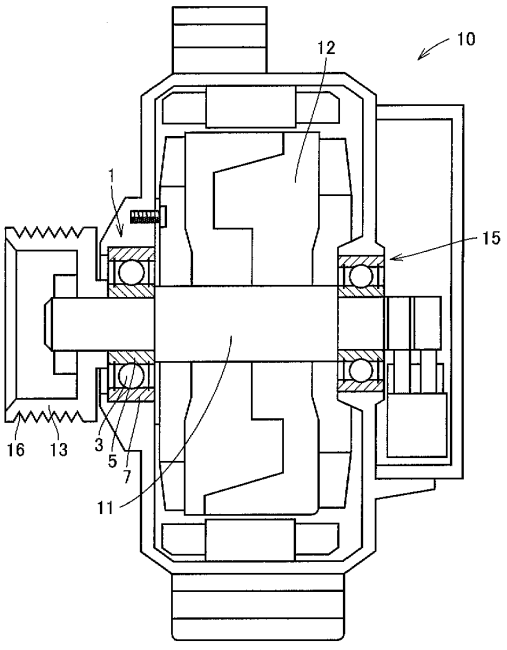
(21)出願番号　特願2004-13413(P2004-13413)
(22)出願日　平成16年1月21日(2004.1.21)
(31)優先権主張番号　特願2003-70508(P2003-70508)
(32)優先日　平成15年3月14日(2003.3.14)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(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　100064746
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　將行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】オルタネータ用軸受およびプーリ用軸受

(57)【要約】
【課題】　使用条件が過酷なためにグリースなどから水素が発生し、荷重条件が水素脆性剥離を生じやすい使用環境下で用いられても、その水素脆性剥離を抑制することができるオルタネータ用軸受およびプーリ用軸受を提供する。
【解決手段】　転動体３、内輪５および外輪７を備える軸受において、これら転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の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る。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ロータ軸の一方の端にベルトが掛け回されるプーリが配置され、ロータを前記ベルトから前記プーリに伝達される駆動力によって回転させるロータ軸を支持する軸受であって、
転動体、内輪および外輪を備え、前記転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の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る、オルタネータ用軸受。
【請求項２】
ロータ軸の一方の端にベルトが掛け回されるプーリが配置され、ロータを前記ベルトから前記プーリに伝達される駆動力によって回転させるロータ軸を支持する軸受であって、
転動体、内輪および外輪を備え、前記転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の破壊応力値が２６５０ＭＰａ以上である、オルタネータ用軸受。
【請求項３】
ロータ軸の一方の端にベルトが掛け回されるプーリが配置され、ロータを前記ベルトから前記プーリに伝達される駆動力によって回転させるロータ軸を支持する軸受であって、
転動体、内輪および外輪を備え、前記転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が０．５ｐｐｍ以下である、オルタネータ用軸受。
【請求項４】
前記窒素富化層を有する部材の表層部における球状炭化物の面積率が１０％以上である、請求項１～３のいずれかに記載のオルタネータ用軸受。
【請求項５】
ベルトが掛け回されるプーリの内側において回転軸を貫通させ、その回転軸と前記プーリとの間に介在する軸受であって、
転動体、内輪および外輪を備え、前記転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の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る、プーリ用軸受。
【請求項６】
ベルトが掛け回されるプーリの内側において回転軸を貫通させ、その回転軸と前記プーリとの間に介在する軸受であって、
前記転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の破壊応力値が２６５０ＭＰａ以上である、プーリ用軸受。
【請求項７】
ベルトが掛け回されるプーリの内側において回転軸を貫通させ、その回転軸と前記プーリとの間に介在する軸受であって、
前記転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が０．５ｐｐｍ以下である、プーリ用軸受。
【請求項８】
前記窒素富化層を有する部材の表層部における球状炭化物の面積率が１０％以上である、請求項５～７のいずれかに記載のプーリ用軸受。
【請求項９】
前記少なくとも一つの部材がＪＩＳ規格ＳＵＪ２の鋼材から形成されている、請求項１～４のいずれかに記載のオルタネータ用軸受または請求項５～８のいずれかに記載のプーリ用軸受。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、オルタネータ用軸受およびプーリ用軸受に関し、より具体的には水素環境下で白層を伴なう水素による脆性剥離を生じにくいオルタネータ用軸受およびプーリ用軸受

に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
オルタネータまたはプーリに用いられるころがり軸受では、損傷起点に白層を伴なった特異な剥離部が認められる場合が多い。この白層の形態は、転動疲労によって生じるＷＥＣ(White Etching Constituent)や非金属介在物周りに発生するバタフライとは異なり、転動方向に対して方向性を持たないことが特徴である。起点に白層を含む損傷が発生した軸受では、明らかに鋼中水素量が増加しており、白層内に存在する亀裂が結晶粒界に沿って非常に長く内部にまで進展している。このため、上記損傷の発生に水素が関与しているとされている。以後、この白層を伴なう特異な剥離を水素脆性剥離と称する。
【０００３】
水素脆性剥離は転動時に発生した化学的に活性な金属新生面の触媒作用で潤滑剤が分解し、発生した水素が鋼中に侵入することにより生じると考えられる。そのため、水素脆性剥離の対策として、（ａ1）化学的に分解しにくい潤滑剤への変更や、（ａ2）金属新生面を出にくくする黒染処理などが有効とされてきた。
【０００４】
上記の（ａ1）に関して、次のような軸受の提案がなされている。アルキルジフェニルエーテル油とポリαオレフィン油を、２０：８０～８０：２０の重量比で配合した基油に、増稠剤として芳香族ジウレア化合物、または芳香族ウレア・ウレタン化合物を５～４０重量％配合し、さらに不動態化酸化剤および有機スルホン酸塩を添加したグリース組成物をころがり軸受内に封入してなるオルタネータ用グリース封入軸受（特許文献１）。
【０００５】
また、上記（ａ2）に関して、次のような軸受の提案がなされている。軸受内にグリースを封入したグリース封入軸受において、軌道輪の転走面に厚さ０．１～２．５μｍの酸化皮膜を形成したグリース封入軸受（特許文献２）。
【０００６】
上記の提案は、この業界において実際に、延命効果が確認されている。
【特許文献１】特開平５－２６３０９１号公報
【特許文献２】特開平２－１９０６１５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかし、近年、オルタネータ用軸受やプーリ用軸受の使用環境が益々苛酷化しており、上記対策だけでは不十分な場合が生じてきた。このため、水素脆性剥離寿命のさらなる延命対策が求められている。
【０００８】
本発明は、使用条件が過酷なためにグリースなどから水素が発生し、荷重条件が水素脆性剥離を生じやすい使用環境下で用いられても、その水素脆性剥離を抑制することができるオルタネータ用軸受およびプーリ用軸受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】
本発明のオルタネータ用軸受は、ロータ軸の一方の端にベルトが掛け回されるプーリが配置され、ロータを前記ベルトから前記プーリに伝達される駆動力によって回転させるロータ軸を支持する軸受である。このオルタネータ用軸受は、転動体、内輪および外輪を備え、これら転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の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る。ここで、オーステナイト結晶粒とは、焼入れ加熱中に相変態したオーステナイト結晶粒のことであり、上記の焼入れ冷却によりマルテンサイトへ変態した後も、過去の履歴として残存しているものをいう。
【００１０】

上記の部材のオーステナイト粒の粒度番号を１０番を超えるほど微細化することにより、窒素富化層との組み合わせにより、飛躍的に水素脆性剥離を抑制する効果が向上する。その理由はあくまで推測であるが、次の理由によると考えられる。１つの結晶粒内で水素脆性剥離する結晶面は決まっており、隣接する結晶粒には亀裂はそのまま進展してゆかない。隣接する結晶粒に亀裂を発生させるにはあらためて亀裂発生のエネルギを蓄積する必要がある。エネルギの蓄積、たとえば水素原子の所定部分への蓄積には時間を要し、このため、水素脆性剥離における亀裂進展の速度を遅くすることができると考えられる。

【００１１】

上記のオーステナイト結晶粒度は、ＪＩＳに規定されている通常の方法で求めてもよいし、上記結晶粒度番号に対応する平均粒径を切片法などにより求めて換算してもよい。上記のオーステナイト結晶粒径は微細なほど望ましく、オーステナイト結晶粒度番号１１番以上であればより好ましい。また、平均結晶粒径を６μｍ以下としてもよい。なお、上記のオーステナイト結晶粒度番号は、窒素富化層において満たされればよい。しかし、通常の場合、窒素富化層より内側の鋼材本体においても、上記のオーステナイト結晶粒微細化の基準は満たされる。

【００１２】

上記オーステナイト結晶粒は、対象とする部材の金相試料に対してエッチングなど、粒界を顕出する処理を施して観察することができる粒界であればよい。低温焼入れ直前の加熱された時点での粒界という意味で、旧オーステナイト粒と呼ぶ場合がある。測定は、上述のようにＪＩＳ規格の粒度番号の平均値から平均粒径に換算して求めてもよいし、切片法などにより金相組織に重ねたランダム方向の直線が粒界と会合する間の間隔長さの平均値をとり、補正係数をかけて２次元から３次元の間隔長さにしてもよい。

【００１３】

なお、上記窒素富化層は、あとで説明するように、浸炭窒化処理により形成されるが、上記窒素富化層に炭素が富化されていてもよいし、富化されていなくてもよい。

【００１４】

なお、上記のような微細なオーステナイト粒は、軸受部品用の鋼をＡ1変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、Ａ1変態点未満の温度に冷却し、その後にＡ1変態点以上Ａ3変態点未満の温度域で、浸炭窒化処理温度より低いの焼入れ温度域に再加熱し焼入れを行うことにより得ることができる。この熱処理方法を低温２次焼入れと呼ぶ。この製造方法については、実施の形態において詳しく説明する。

【００１５】

同じ用途に用いられる本発明の別のオルタネータ用軸受では、転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の破壊応力値が２６５０ＭＰａ以上である。

【００１６】

本願発明者らは、上記の熱処理方法により、浸炭窒化処理層を有する鋼の破壊応力値を、従来では得られなかった２６５０ＭＰａ以上にできることを見出した。これにより、強度の高い転がり軸受を得ることができ、オルタネータ用軸受におけるラジアル荷重とモーメント荷重とが重畳された荷重形態にも、優れた耐久性を示すことができる。

【００１７】

同じ用途に用いられる本発明のさらに別のオルタネータ軸受は、転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が０．５ｐｐｍ以下である。

【００１８】

上記の熱処理方法（低温２次焼入れ方法）によれば、オルタネータに使用する前の鋼部材が含有する水素含有率を低くすることができる。このため、鋼に侵入する水素が亀裂発生の臨界値に達するまでの時間を長くすることができ、その他、未解明の理由と重なって、水素脆性剥離を生じ難くすることができる。

【００１９】

水素量は低いほうが望ましい。しかし、０．３ｐｐｍ未満に減らすためには、長時間の加熱が必要になり、オーステナイト粒径が粗大化し、かえって靭性が劣化してしまう。このため、より望ましい水素水素量は０．３～０．５ｐｐｍの範囲である。さらに望ましくは、０．３５～０．４５ｐｐｍの範囲である。

【００２０】

なお、上記の水素含有率は、拡散性水素は測定の対象にはせず、所定温度以上で鋼から放出される非拡散性水素のみを測定の対象とするものである。拡散性水素量は、サンプルサイズが小さければ、常温でもサンプルから放出され散逸してしまうので、測定の対象から外している。非拡散性水素は、鋼中の欠陥部などにトラップされており、所定の加熱温度以上ではじめてサンプルから放出される水素である。この非拡散性水素に限定しても、水素含有率は、測定方法によって大きく変動する。上記の水素含有率範囲は熱伝導度法による測定方法による範囲である。さらに、後記するように、ＬＥＣＯ社製ＤＨ－１０３型水素分析装置またはそれに準じる測定装置を用いて測定することが望ましい。

【００２１】

上述の本発明のすべてのオルタネータ用軸受において、上記の窒素富化層を有する部材の表層部における球状炭化物の面積率を１０％以上としてもよい。

【００２２】

表層部における球状炭化物の面積率を１０％以上とすることにより、オルタネータ用軸受の水素脆性剥離に対する耐性を、さらに高めることができる。

【００２３】

本発明のプーリ用軸受は、ベルトが掛け回されるプーリの内側において回転軸を貫通させ、その回転軸とプーリとの間に介在する軸受である。この軸受は、転動体、内輪および外輪を備え、転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、その部材の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る。

【００２４】

自動車に用いられるプーリは小型化、高荷重化が強力に推し進められており、そのため、回転軸の高速回転の傾向が著しく、グリースなどから水素を発生しやすい使用条件になっている。上記のプーリ用軸受が配置されるプーリでは、軸受の中央部に対してベルト幅の中心がずれて配置されて駆動される場合がある。このため、上記の軸受では、ラジアル荷重に加えてモーメント荷重が負荷され、プーリ用軸受の部品には、周期的に引張応力成分が負荷され、発生した水素の鋼中への侵入を誘発する。

【００２５】

しかしながら、上述のように、上記部材のオーステナイト粒の粒度番号を１０番を超えるほど微細化することにより、窒素富化層との組み合わせにより、オルタネータ用軸受に限らずプーリ用軸受においても、飛躍的に水素脆性剥離を抑制することができる。また、上記部材の破壊応力値を２６５０ＭＰａ以上とする効果、または上記部材の水素含有率を０．５ｐｐｍ以下とする効果についても、オルタネータ用軸受と同様に考えることができる。

【００２６】

上述した本発明のすべてのプーリ用軸受において、窒素富化層を有する部材の表層部における球状炭化物の面積率を１０％以上としてもよい。

【００２７】

プーリ用軸受においても、表層部における球状炭化物の面積率を１０％以上とすることにより、水素脆性剥離に対する耐性を、さらに高めることができる。

【００２８】

上記のオルタネータ用軸受またはプーリ用軸受において、上記の少なくとも一つの部材がＪＩＳ規格ＳＵＪ２の鋼材から形成されるようにできる。このＳＵＪ２の鋼材からなる軸受部材に対して、上記の低温２次焼入れ法を適用することにより、上記のように微細なオーステナイト結晶粒、高度な破壊応力値および低い水素含有率を、容易に得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】
【００２９】
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オルタネータ用軸受を含むオルタネータを示す図である。オルタネータ１０において、オルタネータ用軸受１，１５にシャフト１１が挿入され、突き出た端部にプーリ１３が取り付けられている。プーリ１３には、図示していない伝動ベルトが掛けられる係合溝１６が設けられる。
【００３０】
オルタネータ用軸受１は、シャフト１１の中央部に固定されたロータ１２と、プーリ１３との間に位置し、フロント軸受と呼ばれる。また、他のオルタネータ用軸受１５は、上記のロータ１２と他端に位置し、リア軸受と呼ばれる。フロント軸受およびリア軸受ともに、ハウジングに取り付けられている。本発明が対象とする軸受は、フロント軸受でもリア軸受でもよいが、水素脆性剥離が生じやすいのは、プーリ１３とロータ１２との間に位置して曲げモーメントなどの応力が大きいフロント軸受のオルタネータ用軸受１である。
【００３１】
図２は、図１におけるフロント軸受のオルタネータ用軸受１の拡大図である。フロント軸受のオルタネータ用軸受１は、内輪５、外輪７、転動体３およびシール８から構成されている。内輪５と外輪７にはそれぞれ転走面５ａ，７ａを設けており、これら転走面５ａと７ａとの間に転動体３を有している。転動体の材質は鋼でもよいしセラミックスでもよい。内輪５がシャフト１１に圧入されて、シャフト１１が回転可能に支持されている。また、転動体３は図示しない保持器によって保持されるとともに、内輪５と外輪７との間の両端にシール８,８を配置して軸受内部を密封し、その密封された軸受内部の空間にグリースが封入されている。
【００３２】
また、図３は、本発明の実施の形態におけるプーリ用軸受２１を含むプーリ２０を示す図である。プーリ２０は、プーリ本体１９がプーリ用軸受２１の外輪７に外嵌されており、ベルト掛け回し部１８にベルトが掛けられている。プーリ用軸受２１は、内輪５、外輪７、転動体３およびシール８から構成されている。内輪５と外輪７にはそれぞれ転走面５ａ，７ａを設けており、これら転走面５ａと７ａとの間に転動体３を有している。外輪７に外嵌されたプーリ本体１９が回転可能に支持されている。また、転動体３は図示しない保持器によって保持されているとともに、内輪５と外輪７との間の両端にシール８，８を配置して軸受内部を密封し、その密封された軸受内部の空間にグリースが封入されている。
【００３３】
また、図３において、内輪５はプーリ２０を相手部材に取り付けるための軸と一体であってもよい。すなわち軸外径に溝がある軸溝タイプを含むものであってもよい。
【００３４】
上記の軸受の外輪７、内輪５および転動体３のうち少なくともいずれか一つの部材は、窒素富化層を有する鋼を含み、かつその部材の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る。あるいは、外輪７、内輪５および転動体３のうち少なくともいずれか一つの部材は、窒素富化層を有する鋼を含み、かつ破壊応力値が２６５０ＭＰａ以上である。また、あるいは、外輪７、内輪５および転動体３のうち少なくともいずれか一つの部材は、窒素富化層を有する鋼を含み、かつ鋼中の水素含有率が０．５ｐｐｍ以下である。
【００３５】
上記の軸受内の上記部材は、グリースが封入された上述の高速、高面圧の使用条件下において、水素脆性剥離を生じ難くなり、長寿命を得ることができる。
【００３６】
次に、これら転がり軸受の外輪、内輪および転動体の少なくとも１つの軸受部品に行う浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。

【００３７】
図４および図５に、本発明の実施の形態における熱処理方法を示す。図４は１次焼入れおよび２次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図５は焼入れ途中で材料をＡ1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る方法を示す熱処理パターンである。どちらも本発明の実施の態様例である。これらの図において、処理Ｔ1では鋼の素地に炭素や窒素を拡散させ、また炭素の溶け込みを十分に行なった後、Ａ1変態点未満に冷却する。次に、図中の処理Ｔ2において、処理Ｔ1よりも低温に再加熱し、そこから油焼入れを施す。
【００３８】
上記の２つの熱処理のいずれによっても、その中の浸炭窒化処理によって、「浸炭窒化処理層」である窒素富化層が形成される。浸炭窒化処理において素材となる鋼の炭素濃度が高いため、通常の浸炭窒化処理の雰囲気から炭素が鋼の表面に侵入しにくい場合がある。たとえば炭素濃度が高い鋼の場合（１ｗｔ％程度の鋼）、それ以上高い炭素濃度の浸炭層が生成する場合もあるし、それ以上高い炭素濃度の浸炭層は生成しにくい場合がある。しかし、窒素濃度は、Ｃｒ濃度などにも依存するが、通常の鋼では最大限０．０２５ｗｔ％程度以下と低いので、素材の鋼の炭素濃度によらず窒素富化層が明瞭に生成される。上記窒素富化層には炭素が富化されていてもよいことはいうまでもない。
【００３９】
上記の熱処理を普通焼入れ、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することができる。上述したように、上記の熱処理方法によれば、オーステナイト結晶粒の粒径を従来の２分の１以下となるミクロ組織を得ることができる。上記の熱処理を受けた軸受部品は、転動疲労特性が長寿命であり、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。さらに、水素脆性剥離に対して大きな耐久性を示す。
【００４０】
上記図４に示す熱処理パターンを適用した軸受鋼のオーステナイト結晶粒を図６（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を図６（ｂ）に示す。また、図７（ａ）および図７（ｂ）に、上記図６（ａ）および図６（ｂ）を図解したオーステナイト結晶粒を示す。これらオーステナイト結晶粒を示す組織より、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、また本発明による熱処理方法によれば、たとえば１２番の細粒を得ることができる。また、図６（ａ）の平均粒径は、切片法で測定した結果、５．６μｍであった。
【実施例】
【００４１】
次に本発明の実施例について説明する。
【００４２】
（実施例１）
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、本発明の実施例１を行なった。表１に示した各試料の製造履歴を以下に示す。
【００４３】

【表１】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭窒化処理品	普通焼入品
二次焼入温度(℃)	780[1)]	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
ｼｬﾙﾋﾟｰ衝撃値(J/cm^2)	−	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_{10})	−	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

【００４４】
（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４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１次焼入れを行ない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域７８０℃～８３０℃に加熱して２次焼入れを行なった。ただし、２次焼入温度７８０℃の試料Ａは焼入不足のため試験の対象から外した。
（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、２次焼入れ温度を浸炭窒素処理温度８５０℃以上の８５０℃～８７０℃で行なった。
（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、２次焼入れは行わなかった。
（普通焼入れ品；比較例）：浸炭窒化処理を行なわずに、８５０℃に加熱して焼き入れた。２次焼入れは行わなかった。
【００４５】
上記の試料に対して、（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。次にこれらの試験方法について説明する。
【００４６】
Ｉ　実施例１の試験方法
（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。
【００４７】
分析範囲：０．０１～５０．００ｐｐｍ
分析精度：±０．１ｐｐｍまたは±３％Ｈ（いずれか大なるほう）
分析感度：０．０１ｐｐｍ
検出方式：熱伝導度法
試料重量サイズ：１０ｍｇ～３５ｇ（最大：直径１２ｍｍ×長さ１００ｍｍ）
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４０ＰＳＩ（２．８ｋｇｆ／ｃｍ^2）である。

【００４８】

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。

【００４９】

（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。

【００５０】

（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（ＪＩＳ３号試験片）を用いた。

【００５１】

（４）破壊応力値の測定

図８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８に示す試験片に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

【００５２】

図８の試験片の凸表面における繊維応力をσ_1、凹表面における繊維応力をσ_2とすると、σ_1およびσ_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、κは曲がり梁の断面係数である。

【００５３】

$$\sigma_1=(N/A)+\{M/(A\rho_0)\}\,[1+e_1/\{\kappa(\rho_0+e_1)\}]$$
$$\sigma_2=(N/A)+\{M/(A\rho_0)\}\,[1-e_2/\{\kappa(\rho_0-e_2)\}]$$
$$\kappa=-(1/A)\int_A\{\eta/(\rho_0+\eta)\}\,dA$$

（５）転動疲労試験

転動疲労寿命試験の試験条件を表２に示す。また、図９は、転動疲労寿命試験機の概略図である。図９(ａ)は正面図であり、図９(ｂ)は側面図である。図９（ａ）および（ｂ）において、転動疲労寿命試験片６１は、駆動ロール５１によって駆動され、ボール５３と接触して回転している。ボール５３は、（3/4）”のボールであり、案内ロール５２にガイドされて、転動疲労寿命試験片６１との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。

【００５４】

ＩＩ　実施例１の試験結果

（１）水素量

表１によれば、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_3）が分解して水素が鋼中に侵入したためと考えられる。これに対して、試料Ｂ～Ｄは、水素量は０．３７～０．４０ｐｐｍと半分近くにまで減少している。この水素量は普通焼入れ品と同じレベルである。

【００５５】

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。

【００５６】

（２）結晶粒度

表１によれば、結晶粒度は２次焼入れ温度が、浸炭窒化処理時の焼入れ（１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。

【００５７】

（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^{2}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^{2}と高い値が得られている。この中でも、２次焼入れ温度が低いほうがシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。普通焼入品のシャルピー衝撃値は６．７０Ｊ／ｃｍ^{2}と高い。

【００５８】

（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る。普通焼入品の破壊応力値は２７７０ＭＰａであり、試料Ｂ～Ｆの破壊応力値と同等である。このような、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。

【００５９】

（５）転動疲労試験

表１によれば、普通焼入品は窒素富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。本発明の試料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。

【００６０】

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。

【００６１】

（実施例２）

次に実施例２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き入れる（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４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。

【００６２】

（１）転動疲労寿命

転動疲労寿命試験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９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。

【００６３】
【表２】

試験片	φ12×L22 円筒試験片
試験数	10 個
相手鋼球	3/4″(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

【００６４】
【表３】

材質	寿命(負荷回数)		L_{10}の比
	L_{10}(×10^4回)	L_{10}(×10^4回)	
X材	8017	18648	1.0
Y材	24656	33974	3.1
Z材	43244	69031	5.4

【００６５】
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_{10}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。
【００６６】
（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ＪＩＳＺ２２４２に準じた方法により行なった。試験結果を表４に示す。
【００６７】
【表４】

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

【００６８】
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。
【００６９】
（３）静的破壊靭性値の試験
図１０は、静的破壊靭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導入した後に、３点曲げによる静的荷重を加え、破壊荷重Ｐを求めた。破壊靭性値（ＫIc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。

$KIc=(PL\sqrt{a}/BW^2)\{5.8-9.2(a/W)+43.6(a/W)^2-75.3(a/W)^3+77.5(a/W)^4\}$ ・・・・・・・・・・・・・（Ｉ）

【００７０】

【表５】

材質	試験数	K_1C(MPa$\sqrt{m}$)	K_1Cの比
Ｘ材	３個	16.3	1.0
Ｙ材	３個	16.1	1.0
Ｚ材	３個	18.9	1.2

【００７１】

予亀裂深さが窒素富化層深さよりも大きくなったため、比較例のＸ材とＹ材とには違いはない。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。

【００７２】

（４）静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）

静圧壊強度試験片は、上述のように図８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。

【００７３】

【表６】

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

【００７４】

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。

【００７５】

（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（０．１ｍｍ深さ）と併せて表７に示す。

【００７６】

【表７】

材質	試験数	表面硬度 (HRC)	残留γ量(%)	寸法変化率 ($\times10^{-5}$)	寸法変化率の比*)
Ｘ材	３個	62.5	9.0	18	1.0
Ｙ材	３個	63.6	28.0	35	1.9
Ｚ材	３個	60.0	11.3	22	1.2

＊：小さい方が優れている

【００７７】

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。

【００７８】

（６）異物混入潤滑下における寿命試験

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

【００７９】

【表８】

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービン56　油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径100～180μm、硬さHv800

【００８０】

【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	74	37

【００８１】

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３．７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、窒素の侵入と微細化されたミクロ組織の影響により長寿命が得られている。

【００８２】

上記の結果より、本発明例のＺ材、すなわち本発明の熱処理方法によって製造された軸受部品は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転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。

【００８３】

（実施例３）

上述の水素脆性剥離を発生しにくくさせる本発明例の鋼材として、図１１（ａ），（ｂ）に示す２種類の処理を施したＳＵＪ２を準備した。

【００８４】

図１１（ａ）に示す本発明例Ｖ1の処理では、１．３～１．６という高いＣＰ(Carbon Potential)値で浸炭窒化処理を行なった後に、その温度から油冷により焼き入れる。このような高いＣＰ値の雰囲気で浸炭窒化処理することにより、表層部における球状化炭化物の面積率を確実に１０％以上にすることができる。その後、１８０℃で焼き戻す。

【００８５】

図１１（ｂ）に示す本発明例Ｖ2の処理では、比較例１(図１１(ｃ)参照)における浸炭窒化処理および焼入処理の後に、Ｔ1℃（８４５℃）－α℃という最初の焼入れ温度よりα℃低い温度に加熱して油焼入れする。この（Ｔ1－α）℃という温度は、Ａ1点以上であって、その前の浸炭窒化処理および焼入温度より低い温度である。図示しているように、浸炭窒化処理の温度から焼入れを行なうので、焼入れ温度と浸炭窒化処理温度とは同じである。本説明において、この（Ｔ1－α）℃に加熱して焼き入れる処理を低温焼入れと呼ぶこととする。この低温焼入れの後、１８０℃で焼き戻す。

【００８６】

また、比較例の鋼材として、図１１（ｃ）に示す処理を施したＳＵＪ２、ＳＵＪ２の普通焼入材、ＳＵＪ２黒染処理材、１３％Ｃｒ鋼の４つの鋼材を用いて、比較のための評価を行なった。表１０に評価を行なった鋼材の一覧を示す。

【００８７】

【表１０】

評価対象の一覧

	鋼種	処理	備考
本発明例 V1	JIS-SUJ2	図１参照	多量の球状化炭化物
本発明例 V2	JIS-SUJ2	図１参照	微細な結晶粒 ＋多量の球状化炭化物
比較例 C1	JIS-SUJ2	図１参照	窒化層
比較例 C2	JIS-SUJ2	普通焼入	-
比較例 C3	JIS-SUJ2	普通焼入＋黒染処理	酸化膜
比較例 C4	13%Cr 鋼	普通焼入	不働態皮膜(酸化膜)

【００８８】

水素脆性剥離の評価試験には、図１２に示すラジアル荷重試験機を用いた。試験軸受７１ａ，７１ｂは、中央部に取り付けられたサポート軸受７３によって支持された主軸の両側の２箇所に組み込まれ、プーリを介してサーボモータ駆動により回転する。また、試験軸受は、サポート軸受７３に負荷されたラジアル荷重による軸撓みによってラジアル偏荷重を受ける。上記試験軸受７１ａ，７１ｂは、さらに、軸受ハウジングに取り付けられたカートリッジヒータ７２ａ，７２ｂにより温度制御される。この評価試験に用いた試験体の軸受７１ａ，７１ｂは、外径３２ｍｍ×内径２４ｍｍ×長さ１９．８ｍｍのラジアルニードル軸受である。上記試験における試験条件を表１１に示す。

【００８９】

【表１１】

試験条件

接触面圧(GPa)　内輪側/外輪側	2.61/2.26
回転速度(rpm)	500←→3000 の急加減速
試験温度(℃)	100
潤滑油	水グリコール系難燃性作動油
潤滑条件	油浴潤滑

【００９０】

表１１に示す試験条件は、急加減速を行なうことにより、再現性よく水素脆性剥離を発生させることができる。この試験条件下で試験した試験結果を表１２に示す。

【００９１】

【表１２】

試験結果

	鋼種	処理	N数	L_{10}寿命(h)	L_{10}寿命比
本発明例V1	JIS-SUJ2	図１参照	10	54.3	4.6
本発明例V2	JIS-SUJ2	図１参照	10	>122.2*1	>10.3
比較例C1	JIS-SUJ2	図１参照	10	32.6	2.7
比較例C2	JIS-SUJ2	普通焼入	10	11.9	1.0
比較例C3	JIS-SUJ2	普通焼入＋黒染処理	6	62.5*2	5.3
比較例C4	13%Cr鋼	普通焼入	6	70.6*2	5.9

*1：剥離数が１ヶのみであったので、その寿命を示した。

*2：水素脆性剥離の特徴である白層は観察されなかった。

【００９２】

図１３（ａ），（ｂ）に比較例Ｃ1において発生した水素脆性剥離を含む断面を示す。図１３（ａ）は破面写真であり、図１３（ｂ）はその模式図である。上記の試験条件において水素脆性剥離を誘起させていることが分る。

【００９３】

表１２の試験結果によれば、従来品の比較例に比べ、本発明例のものは、いずれも長寿命を示すことが分る。とくに、本発明例Ｖ2では、耐水素脆性剥離性が向上する比較例Ｃ2の黒染処理材、および比較例Ｃ3の１３％Ｃｒ鋼の黒染処理材の両方よりも、さらに長寿命になることが分る。

【００９４】

本発明例Ｖ2が特に長寿命となった原因を調査するために、本発明例Ｖ1～Ｖ2、および、従来品の比較例Ｃ1～Ｃ2の鋼材における表層部の球状化炭化物の面積率、およびオーステナイト結晶粒のＪＩＳ規格での粒度番号を測定した。その結果を表１３に示す。

【００９５】

【表１３】

球状化炭化物の面積率、オーステナイト結晶粒の平均粒径

	鋼種	処理	面積率(%)	JIS結晶粒度
本発明例V1	JIS-SUJ2	図１参照	12.9	10.1番
本発明例V2	JIS-SUJ2	図１参照	13.2	12.7番
比較例C1	JIS-SUJ2	図１参照	7.6	10番
比較例C2	JIS-SUJ2	普通焼入	7.9	10.2番

【００９６】

本発明例Ｖ1の球状化炭化物の面積率が比較例Ｃ1より大きく、ＪＩＳ結晶粒度は比較例と比べて大きな相違はない。また、本発明例Ｖ2では、球状化炭化物の面積率が比較例より大きく、またＪＩＳ結晶粒度は比較例より微細化されている。

【００９７】

比較例Ｃ1に比べて比較例Ｃ2は長寿命であり、また、本発明例Ｖ1は比較例Ｃ2より、また、本発明例Ｖ2は本発明例Ｖ1より更に長寿命化されていることから、次の３つの要因が耐水素脆性剥離の抑制に効果があることが分る。

(１)窒素富化層を有すること。

(２)球状化炭化物の面積率が１０％以上であること。

(３)オーステナイト結晶粒がＪＩＳ規格の粒度番号で１０番を超えること。

【００９８】

本発明例Ｖ2は、上記３つの要因をすべて兼ね備えたために非常に長寿命を示したものである。上記の項目（１）のみでも耐水素脆性剥離の効果は認められるが、その延命効果は小さいため、少なくとも、本発明例Ｖ1のように、(１)および（２）の２つの要件をともに備えることにより水素環境下で、水素脆性剥離割れを生じにくいころがり軸受を形成することができる。

【００９９】

上記において、本発明の実施の形態について説明を行ったが、上記に開示された本発明の実施の形態は、あくまで例示であって、本発明の範囲はこれらこれら発明の実施の形態に限定されない。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【産業上の利用可能性】

【０１００】

本発明のオルタネータ用軸受、およびプーリ用軸受を用いることにより、使用条件が過酷なためにグリースなどから水素が発生し、荷重条件が水素脆性剥離を生じやすい使用環境下で用いられても、その水素脆性剥離を抑制することができるので、当該分野の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】

【０１０１】

【図１】本発明の実施の形態におけるオルタネータ用軸受を含むオルタネータを示す図である。

【図２】図１におけるオルタネータ用軸受の拡大図である。

【図３】本発明のプーリ用軸受を示す図である。

【図４】本発明の実施の形態におけるオルタネータ用軸受およびプーリ用軸受の転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材に適用される熱処理の一例を示す図である。

【図５】オルタネータ用軸受およびプーリ用軸受の転動体、内輪および外輪のうちの少なくとも一つの部材に適用される熱処理の他の例を示す図である。

【図６】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）は従来の軸受部品である。

【図７】（ａ）は図６（ａ）を図解したオーステナイト粒を示し、（ｂ）は図６（ｂ）を図解したオーステナイト粒を示す。

【図８】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９】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１０】静的破壊靭性試験の試験片を示す図である。

【図１１】本発明の実施例における処理を示す図であり、（ａ）は本発明例１の処理、（ｂ）は本発明例２の処理、（ｃ）は比較例１の処理を示す図である。

【図１２】水素脆性剥離を再現する試験装置を示す図である。

【図１３】水素脆性剥離を示す図であり、（ａ）は破面の写真であり、（ｂ）はその模式図である。

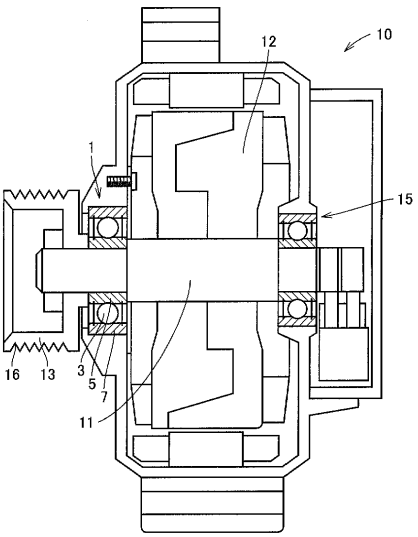
【符号の説明】

【０１０２】

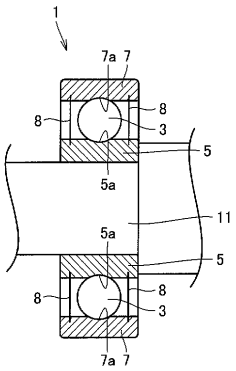
１　フロント軸受（オルタネータ用軸受）、３　転動体、５　内輪（軌道輪）、５ａ　転走面、７　外輪（軌道輪）、７ａ　転走面、８　シール、１０　オルタネータ、１１　シャフト、１２　ロータ、１３　プーリ、１５　リア軸受（オルタネータ用軸受）、１６　プーリ係合溝、１８　ベルト掛回し部、１９　プーリ本体、２０　プーリ、２１　プーリ用軸受、２４　破面、２６　白点、５１　駆動ボール、５２　案内ロール、５３　ボール、６１　転動疲労寿命試験片、７１ａ，７１ｂ　試験軸受、７２ａ，７２ｂ　カートリ

ッジヒータ、７３　サポート軸受。

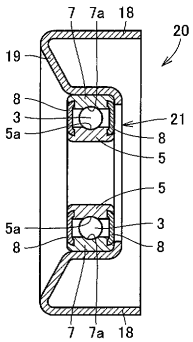
【図１】



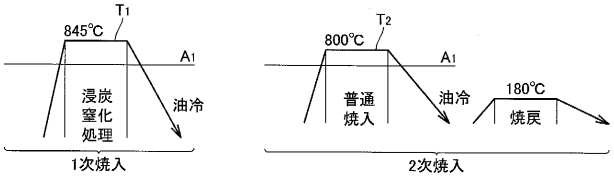
【図２】



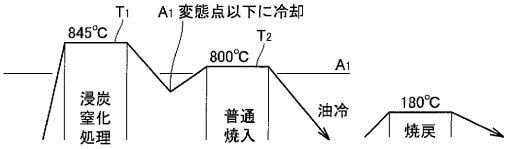
【図３】



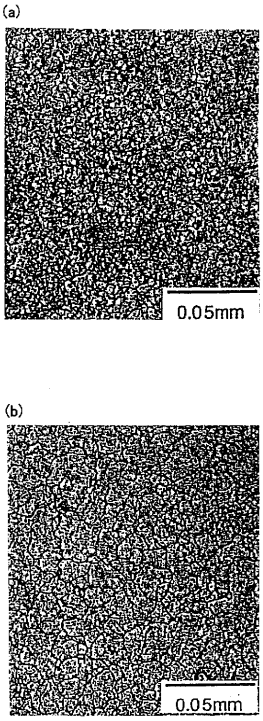
【図４】



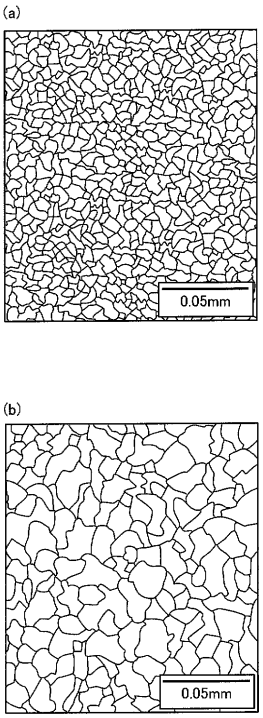
【図５】



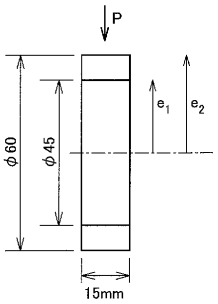
【図６】



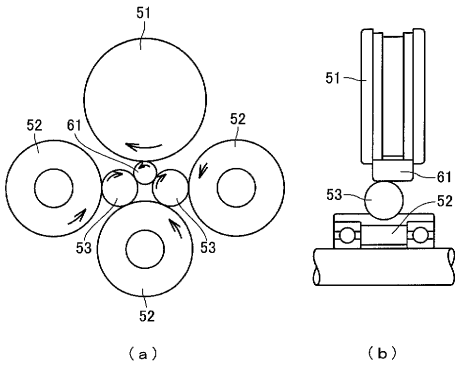
【図７】



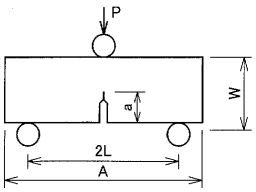
【図８】



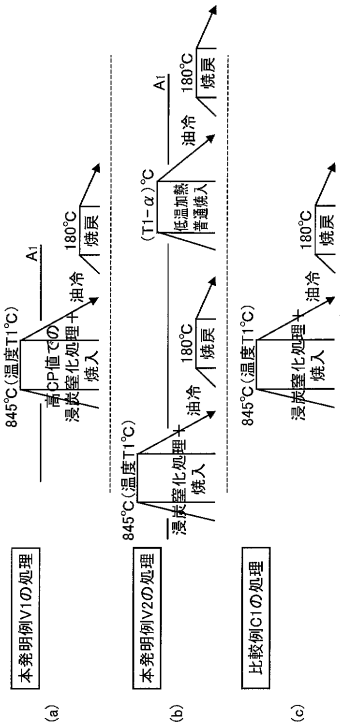
【図９】



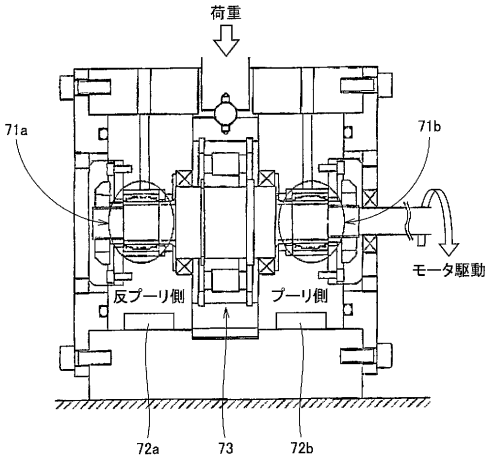
【図１０】



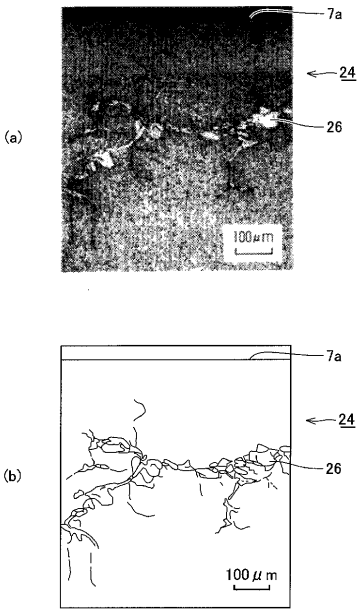
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(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３０６６ ＮＴＮ株式会社内
(72)発明者 後藤 友彰
静岡県磐田市東貝塚１５７８番地 ＮＴＮ株式会社内

Ｆターム(参考) 3J101 AA02 AA32 AA42 AA62 BA10 BA70 DA02 DA05 EA02 EA41
EA78 FA31 GA24