

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

円環状の軌道を有する軌道部材と、
前記軌道部材に接触し、円環状の前記軌道上に転動自在に配置された複数の転動体とを
備え、

前記軌道部材および前記転動体のうち少なくとも 1 つの軸受部材は、J I S 規格 S U J
2 からなり、

前記軸受部材は焼入れされており、かつ

前記軸受部材は窒化処理された転走面を有しており、

前記軸受部材に直径 19 . 05 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 3 . 18
k N で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより前記軸受部材に形成される圧
痕の深さが 0 . 2 μ m 以下であり、

前記転走面のロックウェル C スケール硬さが H R C 6 1 . 2 以上 H R C 6 3 . 3 以下で
ある、転がり軸受。

【請求項 2】

前記転走面の表面窒化濃度が 0 . 05 質量 % 以上 0 . 4 質量 % 以下である、請求項 1 に
記載の転がり軸受。

【請求項 3】

前記転動体は、窒化処理されていない J I S 規格 S U J 2 からなり、

前記転動体に直径 19 . 05 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 1 . 97 k
N で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより前記転動体に形成される圧痕の
深さが 0 . 2 μ m 以下である、請求項 1 または 2 に記載の転がり軸受。

【請求項 4】

前記転動体全体のロックウェル C スケール硬さが H R C 5 7 . 0 以上 H R C 5 8 . 9 以
下である、請求項 3 に記載の転がり軸受。

【請求項 5】

前記転動体がセラミックスを含む材質よりなる、請求項 1 または 2 に記載の転がり軸受
。

【請求項 6】

前記転動体を保持するための保持器をさらに備え、

前記保持器が金属を含む材質よりなる、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の転がり軸受。

【請求項 7】

円環状の軌道を有する軌道部材と、前記軌道部材に接触し、円環状の前記軌道上に転動
自在に配置された複数の転動体とを備えた転がり軸受の製造方法であって、

前記軌道部材および前記転動体のうち少なくとも 1 つの軸受部材を、J I S 規格 S U J
2 の材質からなるように準備する工程と、

前記軸受部材の転走面に窒化処理を施して焼入れする工程と、

焼入れられた前記軸受部材を 240 以上 300 以下で焼戻しする工程とを備えた、
転がり軸受の製造方法。

【請求項 8】

前記窒化処理は 850 の温度で R X ガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中で行わ
れる、請求項 7 に記載の転がり軸受の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、転がり軸受に関し、特に、軌道部材および転動体のうち少なくとも 1 つの軸
受部材が J I S 規格 S U J 2 からなる転がり軸受および転がり軸受の製造方法に関するも
のである。

【背景技術】**【0002】**

10

20

30

40

50

水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などで転がり軸受が使用されると、水または潤滑剤が分解して発生した水素が軌道部材および転動体の鋼中に侵入することにより早期はく離が起きることがある。水素は鋼の疲労強度を著しく低下させるため、軌道部材および転動体の接触要素間が油膜で分断される弾性流体潤滑と考えられる条件でも、接触要素の交番せん断応力が最大になる転がり表層内部に亀裂が発生することがある。この亀裂が伝播して早期はく離に至ることがある。今後、コンパクト化や省エネ化に対応するため、水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下など転がり軸受の使用条件はますます厳しくなる傾向にある。そのため、耐水素脆性に優れた転がり軸受が必要になると予想される。

【 0 0 0 3 】

転がり軸受の耐水素脆性を向上させる従来技術として、たとえば特開 2 0 0 0 - 2 8 2 1 7 8 号公報（特許文献 1）には、鉄鋼材料中の C r（クロム）含有率を所定の値にして不動態膜であるクロム酸化膜を所定の厚さで形成することにより、鉄鋼材料中への水素の侵入を抑制することが開示されている。

【 0 0 0 4 】

また、鋼の強化のために窒化処理が有効であることが知られている。たとえば、論文「鋼中窒素濃度を正確に管理した浸炭窒化 S U J 2 鋼の人工痕付与による圧痕起点型はく離寿命評価」（非特許文献 1）には、窒素濃度を正確に管理した鋼の圧痕起点型はく離寿命評価が開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 0 - 2 8 2 1 7 8 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 非特許文献 1 】 大木ら、「鋼中窒素濃度を正確に管理した浸炭窒化 S U J 2 鋼の人工痕付与による圧痕起点型はく離寿命評価」、鉄と鋼、2 0 0 9 年 1 0 月、V o l . 9 5、N o . 1 0、p p . 6 9 5 - 7 0 3

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

上記公報では、C r 含有率を所定の値にするために C r を多く添加することで炭化物が粗大化し、それが応力集中源となって早期はく離が起きることがある。また、不動態膜には、水素の拡散を遅くする効果があるが、発生した水素が鋼表面に吸着するのを促進する効果もある。したがって、間欠的に使われる転がり軸受の場合には、停止時に水素が散逸するため、不動態膜によって鋼中への水素の侵入を遅らせることは、早期はく離の抑制に有効と考えられる。しかしながら、連続して使われる転がり軸受の場合には、不動態膜が多くの水素を吸着するため、鋼中に侵入する水素量が増すので、早期はく離が発生する可能性が高くなる。今後、無人で連続稼動される転がり軸受が増えることが予想される。従来技術では、特にそのような用途に対して早期はく離の抑制が不十分である。

【 0 0 0 8 】

また、C r の含有率を所定の値にした特殊鋼材は、コストが高くなるという問題がある。また、C r の含有率を所定の値にした特殊鋼材は、海外で調達することが困難であるという問題がある。

【 0 0 0 9 】

また、上記論文では、耐水素脆性については検討されていないため、対水素脆性を向上させることはできない。

【 0 0 1 0 】

また、軸受の発熱は、軸の熱膨張をもたらし、加工精度悪化の原因の 1 つとなる。たとえばマシニングセンタなどの工作機械において高速回転で使用する工作機械主軸用転が

10

20

30

40

50

り軸受では、高速回転時の発熱を避けるため低トルク化することが重要である。このため、工作機械主軸用転がり軸受は、発熱の原因となる軸受の摩擦トルクを低減するため潤滑油量を極限まで少なくしている。そのため、十分な潤滑油が供給される場合と比較して、油膜厚さが減少するので、すべりによる潤滑油のせん断応力が大きくなることから、水素が発生しやすくなると推定される。また、工作機械主軸用転がり軸受には、特にアンギュラ玉軸受が多用されている。アンギュラ玉軸受では、転動体（玉）と軌道部材（軌道輪）との間には必ずすべりが生じている。さらに、実際の使用においては、軌道部材および転動体へのクーラントの浸入が避けられない。水溶性クーラントの場合、クーラントの進入は、水が混入することに他ならない。したがって、工作機械主軸用転がり軸受では、水素が鋼中に侵入することにより早期はく離が発生しやすい。

10

【0011】

本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであり、その目的は、水素脆性起因の早期はく離を抑制できる転がり軸受を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者は、鋭意検討した結果、軌道部材および転動体のうち少なくとも1つの軸受部材の転走面の窒化処理および軸受部材の焼戻温度の最適化によって、塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることにより、転がり軸受の耐水素脆性が向上することを見出した。本発明者は、軌道部材および転動体のうち少なくとも1つの軸受部材として、素材のコストと調達性を鑑み、転がり軸受に最もよく用いられる高炭素クロム軸受鋼SUJ2（JIS規格）を選択した。

20

【0013】

本発明者は、軸受部材の転走面に窒化処理を施して焼入した後、耐水素脆性を向上するために焼戻温度を最適化した。軸受部材の転走面に窒化処理を施すことによって軸受部材が塑性変形しにくくなる。本発明者は、軸受部材の転走面に窒化処理を施すことによって軸受部材が塑性変形しにくくなることで軸受部材の耐水素脆性が向上することを見出した。

【0014】

焼戻温度の最適化の根拠は、水素脆化機構として有力な水素助長ひずみ誘起空孔理論に基づいている。塑性変形により原子空孔が増加するが、水素が関与すると原子空孔密度の増大を助長することを系統だった実験によって見出したことがこの理論の根拠となっている。本発明者は、この理論に着目し、焼戻温度の最適化によって耐水素脆性が向上することを見出した。

30

【0015】

本発明の転がり軸受は、円環状の軌道を有する軌道部材と、軌道部材に接触し、円環状の軌道上に転動自在に配置された複数の転動体とを備えている。軌道部材および転動体のうち少なくとも1つの軸受部材は、JIS規格SUJ2からなっている。軸受部材は焼入れされている。軸受部材は窒化処理された転走面を有している。軸受部材に直径19.05mmのSUJ2製標準転がり軸受用鋼球を荷重3.18kNで押し付け、10秒間保持した後に除荷することにより軸受部材に形成される圧痕の深さが0.2μm以下である。転走面のロックウェルCスケール硬さがHRC61.2以上HRC63.3以下である。

40

【0016】

軸受部材の転走面に窒化処理を施すことによって軸受部材が塑性変形しにくくなる。軸受部材の転走面に窒化処理を施すことによって軸受部材が塑性変形しにくくなることで、軸受部材の耐水素脆性が向上する。

【0017】

また、塑性変形により原子空孔密度は増大する。圧痕深さによって塑性変形しにくさが示される。つまり圧痕深さが小さければ塑性変形しにくいといえる。圧痕深さは、目安として0.2μm以下であれば塑性変形しにくいといえる。そこで、焼戻温度と圧痕深さとの関係を詳細に調査したところ、240 以上300 以下で焼戻処理を施せば、軸受部

50

材に直径 19.05 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 3.18 kN で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより軸受部材に形成される圧痕の深さが 0.2 μ m 以下となることがわかった。

【0018】

また、焼戻温度 240 以上 300 以下の範囲における軸受部材の転走面のロックウェル C スケール硬さは、HRC 61.2 以上 HRC 63.3 以下となることがわかった。

【0019】

したがって、窒化処理された転走面を有する軸受部材に焼戻温度 240 以上 300 以下で焼戻しを施すことにより、塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。これにより、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

10

【0020】

上記の転がり軸受において好ましくは、転走面の表面窒化濃度が 0.05 質量% 以上 0.4 質量% 以下である。

【0021】

転走面の表面窒化濃度は 0.05 質量% 未満では窒化による寿命向上の効果が十分に得られない。転走面の表面窒化濃度が 0.4 質量% より大きいと Cr 炭窒化物が多く生成されるため焼入性に寄与する Cr 量が欠乏する。そのため、十分な焼入性が確保できない。よって、転走面の表面窒化濃度が 0.05 質量% 以上 0.4 質量% 以下とすることで、窒化による寿命向上の効果を十分に得ることができ、十分な焼入性を確保することもできる。

20

【0022】

本発明者は転動体として、生産性を鑑み、窒化処理されていない J I S 規格 S U J 2 を選択した。圧痕深さは、目安として 0.2 μ m 以下であれば塑性変形しにくいといえる。そこで、焼戻温度と圧痕深さとの関係を詳細に調査したところ、240 以上 280 以下で焼戻処理を施せば、転動体に直径 19.05 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 1.97 kN で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより転動体に形成される圧痕の深さが 0.2 μ m 以下となることがわかった。したがって、焼戻温度を 240 以上 280 以下で焼戻しを施すことにより、塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。これにより、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

30

【0023】

上記の転がり軸受において好ましくは、転動体全体のロックウェル C スケール硬さが HRC 57.0 以上 HRC 58.9 以下である。焼戻温度 240 以上 280 以下の範囲における転動体全体のロックウェル C スケール硬さは、HRC 57.0 以上 HRC 58.9 以下である。

【0024】

上記の転がり軸受において好ましくは、転動体がセラミックスを含む材質よりなっている。本発明の転がり軸受によれば、転動体が水素脆性を示さないセラミックスを含む材質よりなっているため、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

40

【0025】

上記の転がり軸受において好ましくは、転動体を保持するための保持器をさらに備え、保持器が金属を含む材質よりなっている。本発明の転がり軸受によれば、通電が起きる条件下では、金属保持器の方が樹脂保持器よりも水素脆性起因の早期はく離が起きにくいので、水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【0026】

本発明の転がり軸受の製造方法によれば、円環状の軌道を有する軌道部材と、軌道部材に接触し、円環状の軌道上に転動自在に配置された複数の転動体とを備え、以下の工程を有している。軌道部材および転動体のうち少なくとも 1 つの軸受部材を、J I S 規格 S U

50

J 2 の材質からなるように準備する。軸受部材の転走面に窒化処理を施して焼入れする。焼入れられた軸受部材を 240 以上 300 以下で焼戻しする。

【0027】

軸受部材の転走面に窒化処理を施して焼入れすることにより軸受部材が塑性変形しにくくする。軸受部材の転走面に窒化処理を施して軸受部材が塑性変形しにくくなることで、軸受部材の耐水素脆性が向上する。

【0028】

焼入れられた軸受部材を 240 以上 300 以下で焼戻しすることにより、軸受部材を塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。これにより、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

10

【0029】

上記の転がり軸受の製造方法において好ましくは、窒化処理は 850 の温度で R X ガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中で行われる。これにより、軸受部材の転走面に十分な窒化処理を施して軸受部材が塑性変形しにくくなることで、軸受部材の耐水素脆性を向上することができる。

【0030】

上記の転がり軸受において好ましくは、モータの主軸と、主軸の外周面に対向するように配置されるハウジングとをさらに備え、主軸をハウジングに対して回転可能に支持する。

20

【0031】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なモータ用転がり軸受を提供することができる。

【0032】

上記の転がり軸受において好ましくは、工作機械の主軸と、主軸の外周面に対向するように配置されるハウジングとをさらに備え、主軸をハウジングに対して回転可能に支持する。

【0033】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命な工作機械主軸用転がり軸受を提供することができる。また、高速回転時の発熱の原因となる軸受の摩擦トルクを低減するため潤滑油の油膜厚さを減少させた使用条件下においても長寿命な工作機械主軸用転がり軸受を提供することができる。

30

【0034】

上記の転がり軸受において好ましくは、車輪の回転側部材と、回転側部材の外周面に対向するように配置される固定側部材とをさらに備え、回転側部材を固定側部材に対して回転可能に支持する。

【0035】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命な車輪用転がり軸受を提供することができる。また、軸受が振動する条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命な車輪用転がり軸受を提供することができる。

40

【0036】

上記の転がり軸受において好ましくは、オルタネータの主軸と、主軸の外周面に対向するように配置されるハウジングとをさらに備え、主軸をハウジングに対して回転可能に支持する。

【0037】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下に

50

においても長寿命なオルタネータ用転がり軸受を提供することができる。特に急加減速条件下で接触要素間にすべりが生じる影響により水素脆性起因の早期はく離が起きやすい使用条件下において、水素脆性起因の早期はく離を抑制することにより長寿命なオルタネータ用転がり軸受を提供することができる。また、サーペントイン化に伴う負荷荷重の増加および荷重変動の増大によって従来よりもすべりが誘発される条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命なオルタネータ用転がり軸受を提供することができる。

【 0 0 3 8 】

上記の転がり軸受において好ましくは、主軸と、主軸の外周面に対向するように配置されるプーリ本体とをさらに備え、主軸をプーリ本体に対して回転可能に支持する。

10

【 0 0 3 9 】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なプーリ用転がり軸受を提供することができる。また、サーペントイン化に伴う負荷荷重の増加および荷重変動の増大によって従来よりもすべりが誘発される条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命なプーリ用転がり軸受を提供することができる。

【 0 0 4 0 】

上記の転がり軸受において好ましくは、カーエアコン電磁クラッチプーリと、カーエアコン電磁クラッチプーリの内周面に対向するように配置されるプーリ用軸受支持部材とをさらに備え、カーエアコン電磁クラッチプーリをプーリ用軸受支持部材に対して回転可能に支持する。

20

【 0 0 4 1 】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受を提供することができる。また、サーペントイン化に伴う負荷荷重の増加および荷重変動の増大によって従来よりもすべりが誘発される条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命なカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受を提供することができる。

【 0 0 4 2 】

30

上記の転がり軸受において好ましくは、無段変速機のプーリ軸と、プーリ軸の外周面に対向するように配置されるハウジングとをさらに備え、プーリ軸をハウジングに対して回転可能に支持する。

【 0 0 4 3 】

本発明の転がり軸受によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命な無段変速機用転がり軸受を提供することができる。また、軸受のアキシヤルすきまを抑えるために軸受内外輪の溝曲率が小さく設定されたことにより軸受運転時の差動すべりが大きくなる条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命な無段変速機用転がり軸受を提供することができる。

40

【 0 0 4 4 】

上記の転がり軸受において好ましくは、転がり軸受は、シェル形針状ころ軸受である。シェル形針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下、特に、電磁クラッチの切り替えにより急加減速する自動車のエアコンプレッサの支持に用いられる場合、始動時の加速が早いABS (Anti-lock Brake System) ポンプの支持に用いられる場合、汎用エンジンのコンロッドの大端に用いられる場合などに、転動体にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。

【 0 0 4 5 】

本発明の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命なシェル形針状ころ軸受を提供することができる。

50

【 0 0 4 6 】

上記の転がり軸受において好ましくは、転がり軸受は、ソリッド形針状ころ軸受である。ソリッド形針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下、特に、電磁クラッチの切り替えにより急加減速する自動車のエアコンプレッサの支持に用いられる場合、始動時の加速が早いトランスミッションの支持に用いられる場合、汎用エンジンのコンロッドの大端に用いられる場合などに、接触要素間にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。

【 0 0 4 7 】

本発明の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命なソリッド形針状ころ軸受を提供することができる。

10

【 0 0 4 8 】

上記の転がり軸受において好ましくは、転がり軸受は、スラスト針状ころ軸受である。スラスト針状ころ軸受は、転動体内外の周速差により、運転中は絶えず転動輪との間にすべりが生じており、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。スラスト針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下でも水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。本発明の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命なスラスト針状ころ軸受を提供することができる。

【 0 0 4 9 】

上記の転がり軸受において好ましくは、転がり軸受は、保持器を含んでいる。保持器付き針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下、特に、始動時の加速が速い自動車のトランスミッションのアイドル軸受として用いられる場合、CVT (Continuously Variable Transmission) の遊星ピニオン支持軸受として用いられる場合、二輪エンジンや汎用エンジンのコンロッドの大端用軸受として用いられる場合などに、転動体にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。本発明の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命な保持器付き針状ころ軸受を提供することができる。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 5 0 】

以上説明したように、本発明の転がり軸受および転がり軸受の製造方法によれば、水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 1 】

【 図 1 】 本発明の一実施の形態における転がり軸受を備えたモータの構成を示す概略断面図である。

【 図 2 】 本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受の構成を示す概略断面図である。

【 図 3 】 図 2 の要部を拡大して示した概略部分断面図である。

【 図 4 】 本発明の一実施の形態における転がり軸受の製造方法の概略を示す図である。

【 図 5 】 本発明の一実施の形態における転がり軸受の製造方法に含まれる熱処理工程を説明するための図である。

40

【 図 6 】 本発明の一実施の形態における工作機械主軸用転がり軸受を備えた工作機械の主軸周辺の構成を示す概略断面図である。

【 図 7 】 本発明の一実施の形態における工作機械主軸用転がり軸受としてのアンギュラ玉軸受の構成を示す概略断面図である。

【 図 8 】 本発明の一実施の形態における工作機械主軸用転がり軸受としての円筒ころ軸受の構成を示す概略断面図である。

【 図 9 】 本発明の一実施の形態における工作機械主軸用転がり軸受としての少量の潤滑油で潤滑する転がり軸受を備えた潤滑装置の概略部分断面図である。

【 図 10 】 本発明の一実施の形態における工作機械主軸用転がり軸受としての別の少量の潤滑油で潤滑する転がり軸受を備えた潤滑装置の概略部分断面図である。

50

【図 1 1】本発明の一実施の形態における車輪用転がり軸受を備えた車輪の構成を示す概略断面図である。

【図 1 2】本発明の一実施の形態における車輪用転がり軸受としての複列アンギュラ玉軸受の構成を示す概略断面図である。

【図 1 3】本発明の一実施の形態におけるオルタネータ用転がり軸受を備えたオルタネータの構成を示す概略断面図である。

【図 1 4】本発明の一実施の形態におけるプーリ用転がり軸受を備えたプーリの構成を示す概略断面図である。

【図 1 5】本発明の一実施の形態におけるカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受を備えたカーエアコン電磁クラッチプーリ機構付きコンプレッサの構成を示す概略断面図である。

10

【図 1 6】本発明の一実施の形態における無段変速機用転がり軸受を備えた無断変速機の構成を示す概略断面図である。

【図 1 7】本発明の一実施の形態におけるシェル形針状ころ軸受の構成を示す概略断面図である。

【図 1 8】本発明の一実施の形態におけるソリッド形針状ころ軸受の構成を示す概略断面図である。

【図 1 9】本発明の一実施の形態におけるスラスト針状ころ軸受の構成を示す概略断面図である。

【図 2 0】本発明の一実施の形態における金属材料製保持器付き針状ころ軸受の構成を示す概略断面図である。

20

【図 2 1】本発明の一実施の形態における高分子材料製保持器付き針状ころ軸受の構成を示す概略断面図である。

【図 2 2】本発明の実施例 1 の圧痕付け試験における焼戻温度と圧痕深さとの関係を示す図である。

【図 2 3】本発明の実施例 1 の H R C 硬さ試験における焼戻温度と H R C 硬さとの関係を示す図である。

【図 2 4】本発明の実施例 1 の表面窒化濃度測定試験における試験片が樹脂に埋め込まれた状態を示す模式図である。

【図 2 5】本発明の実施例 1 の表面窒化濃度測定試験における表面からの深さと窒素濃度との関係を示す図である。

30

【図 2 6】本発明の実施例 1 の水混入油中での転がり疲労試験におけるテーパ形状外輪試験片を示す概略側面図である。

【図 2 7】本発明の実施例 1 の水混入油中での転がり疲労試験におけるテーパ形状外輪試験片にアンギュラ玉軸受の内輪と鋼球とを組み合わせた状態を示す概略断面図である。

【図 2 8】本発明の実施例 2 の圧痕付け試験における焼戻温度と圧痕深さとの関係を示す図である。

【図 2 9】本発明の実施例 2 の H R C 硬さ試験における焼戻温度と H R C 硬さとの関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0052】

以下、本発明の一実施の形態について図に基づいて説明する。

まず、本発明の一実施の形態における転がり軸受を備えたモータの構成について説明する。

【0053】

図 1 を参照して、本発明の一実施の形態におけるモータ 9 0 は、円盤状の形状を有し、コイルを備えたロータ 9 1 と、ロータ 9 1 を取り囲むように配置されたフレーム（ハウジング）9 3 と、ロータ 9 1 の中心（回転軸）を含む部位に接続されるとともにフレーム 9 3 を貫通し、ロータ 9 1 と一体に軸まわりに回転可能に構成された主軸 9 2 とを備えている。そして、主軸 9 2 の外周面 9 2 A と、フレーム 9 3 において主軸 9 2 の外周面 9 2 A

50

に対向する部分との間には、モータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受 1 が嵌め込まれている。すなわち、グリース封入深溝玉軸受 1 は、モータ 90 の主軸 92 を、主軸 92 の外周面 92A に対向するように配置されるフレーム 93 に対して回転自在に支持するモータ用転がり軸受である。

【0054】

さらに、モータ 90 は、フレーム 93 の内部において、ロータ 91 の外周面に対向するようにフレーム 93 に対して固定して配置された磁石を含むステータ 96 と、ロータ 91 において、ロータ 91 から見て主軸 92 がフレーム 93 の外部に突出する側とは反対側の部位に接続され、ロータ 91 と一体に回転可能に構成された整流子 94 と、整流子 94 に接触するようにフレーム 93 に対して固定して配置されたブラシ 95 とを備えている。

10

【0055】

次に、上記グリース封入深溝玉軸受 1 について説明する。

図 2 および図 3 を参照して、グリース封入深溝玉軸受 1 は、第 1 軌道部材としての外輪 11 と、第 2 軌道部材としての内輪 12 と、複数の転動体としての玉 13 と、保持器 14 と、シール部材 15 とを備えている。外輪 11 の内周面には、円環状の第 1 転走面としての外輪転走面 11A が形成されている。内輪 12 の外周面には、外輪転走面 11A に対向する円環状の第 2 転走面としての内輪転走面 12A が形成されている。また、複数の玉 13 には、転動体転走面としての玉転走面 13A (玉 13 の表面) が形成されている。そして、当該玉 13 は、外輪転走面 11A および内輪転走面 12A の各々に玉転走面 13A において接触し、円環状の保持器 14 により周方向に所定のピッチで配置されることにより、円環状の軌道上に転動自在に保持されている。

20

【0056】

1 対のシール部材 15 は、外輪 11 および内輪 12 に挟まれる空間、より具体的には外輪転走面 11A および内輪転走面 12A に挟まれる空間である軌道空間を閉じるように、外輪 11 と内輪 12 との間において、外輪 11 および内輪 12 の幅方向の両端部のそれぞれに配置されている。以上の構成により、グリース封入深溝玉軸受 1 の外輪 11 および内輪 12 は、互いに相対的に回転可能となっている。また、上記軌道空間には、グリース組成物 16 が封入されている。

【0057】

軌道部材としての外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 のうち少なくとも 1 つの軸受部材は、JIS 規格 SUJ2 からなっている。軌道部材としての外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 のうち少なくとも 1 つの軸受部材は、焼入れされている。軌道部材としての外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 のうち少なくとも 1 つの軸受部材は、窒化処理された転走面 11A、12A、13A を有している。窒化処理された領域 NR は、外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 の表面から内側に向かって形成されている。なお、以降の図では窒化処理された領域 NR は図示されていないが、同様に外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 の表面から内側に向かって形成されている。

30

【0058】

軌道部材としての外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 のうち少なくとも 1 つの軸受部材に直径 19.05 mm の SUJ2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 3.18 kN で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより軸受部材に形成される圧痕の深さが 0.2 μ m 以下となっている。その軸受部材の転走面のロックウェル C スケール硬さが HRC 61.2 以上 HRC 63.3 以下となっている。

40

【0059】

また、軌道部材としての外輪 11、内輪 12 および転動体としての玉 13 のうち少なくとも 1 つの軸受部材の転走面 11A、12A、13A の表面窒化濃度が 0.05 質量% 以上 0.4 質量% 以下となっている。

【0060】

また、転動体としての玉 13 は、窒化処理されていない JIS 規格 SUJ2 が選択され

50

てもよい。この場合、玉 13 に直径 19 . 05 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 1 . 97 k N で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより軸受部材に形成される圧痕の深さが 0 . 2 μ m 以下となっている。

【0061】

また、転動体全体のロックウェル C スケール硬さが H R C 57 . 0 以上 H R C 58 . 9 以下となっている。

【0062】

また、転動体としての玉 13 は、セラミックスを含む材質よりなることが好ましい。セラミックスとしては、窒化珪素やサイアロンなどが適用され得る。

【0063】

セラミックスがサイアロンの 1 つである β サイアロンを主成分とする焼結体である場合には、低圧（たとえば 1 M P a 以下）の圧力で焼結されるため、10 M P a 以上の圧力下で加圧焼結する窒化けい素を主成分とする焼結体よりも低コストで製造できる。

【0064】

β サイアロンを主成分とする焼結体は、β サイアロンが主成分であり、残部が不純物からなる焼結体である。β サイアロンは、 $S i_{6-Z} A l_Z N_{8-Z}$ の組成式で表され、Z が 0 . 1 Z 3 . 5 の範囲を満たすように構成されている。不純物は、原料に由来するもの、または製造工程において混入するものを含み、不可避的不純物も含む。焼結助剤としては、マグネシウム (M g)、アルミニウム (A l)、珪素 (S i)、チタン (T i)、希土類元素の酸化物、窒化物、酸窒化物のうち少なくとも 1 種類以上を採用することができる。焼結助剤は、焼結体のうち 20 質量 % 以下とすることが望ましい。

【0065】

また、転動体としての玉 13 を保持するための保持器 14 は、金属を含む材質よりなることが好ましい。

【0066】

次に、モータ 90 の動作について説明する。図 1 を参照して、図示しない電源から配線を介してブラシ 95 に供給された電流は、整流子 94 を介してロータ 91 のコイルを流れる。このとき、ロータ 91 のコイルを流れる電流と、磁石を含むステータ 96 により形成される磁界とにより生じる電磁力により、ロータ 91 は主軸 92 の軸まわりに、フレーム 93 に対して回転する。さらに、ロータ 91 が所定の角度回転すると、整流子 94 およびブラシ 95 のはたらきにより、ロータ 91 のコイルを流れる電流の向きが逆になり、さらにロータ 91 が回転する。これが繰り返されることにより、ロータ 91 はハウジングに対して連続的に回転し、当該回転は主軸 92 により外部に取り出される。

【0067】

次に、本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の製造方法について説明する。

【0068】

図 4 を参照して、まず工程 (S 100) において、J I S 規格 S U J 2 から構成される鋼材を準備する鋼材準備工程が実施される。具体的には、たとえば J I S 規格 S U J 2 から構成される棒鋼や鋼線などが準備される。

【0069】

次に工程 (S 200) において、上記鋼材を成形することにより、モータ用転がり軸受の軸受部材の概略形状に成形された鋼製部材を作製する成形工程が実施される。具体的には、たとえば上記棒鋼や鋼線などに対して鍛造、旋削などの加工が実施されることにより、図 2 および図 3 に示される外輪 11、内輪 12、玉 13 などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。上記工程 (S 100) および (S 200) は、モータ用転がり軸受の軸受部材の概略形状に成形された鋼製部材が準備される鋼製部材準備工程を構成する。

【0070】

次に、工程 (S 300) において、鋼製部材に対して、A 1 点以上の温度から M S 点以下の温度に冷却されることにより、当該鋼製部材が焼入硬化される焼入硬化工程が実施さ

10

20

30

40

50

れる。その後、工程（Ｓ４００）において、焼入硬化された鋼製部材が、２４０ 以上３００ 以下の温度域に加熱されて焼戻される焼戻工程が実施される。上記工程（Ｓ３００）および（Ｓ４００）は、鋼製部材が熱処理される熱処理工程を構成する。この熱処理工程の詳細については後述する。

【００７１】

次に工程（Ｓ５００）において、仕上げ工程が実施される。具体的には、熱処理工程が実施された鋼製部材に対して研削加工などの仕上げ加工が実施されることにより、外輪１１、内輪１２、玉１３などが仕上げられる。これにより、本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の軸受部材の製造方法が完了し、モータ用転がり軸受の軸受部材としての外輪１１、内輪１２、玉１３などが完成する。

10

【００７２】

さらに、工程（Ｓ６００）において、組立て工程が実施される。具体的には、工程（Ｓ１００）～（Ｓ５００）において作製された外輪１１、内輪１２、玉１３と、別途準備された保持器１４などが組合わされて、本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受１が組立てられる。これにより、本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の製造方法が完了し、モータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受１が完成する。

【００７３】

次に、熱処理工程の詳細について説明する。図５において、横方向は時間を示しており右に行くほど時間が経過していることを示している。また、図５において、縦方向は温度を示しており上に行くほど温度が高いことを示している。

20

【００７４】

図５を参照して、工程（Ｓ２００）において作製された鋼製部材は、まず、Ａ１点以上の温度である温度Ｔ１に加熱され、時間ｔ１だけ保持される。このとき、鋼製部材は、たとえばＲＸガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中において加熱される。これにより、軸受部材の転走面となる鋼製部材の表面に窒化処理が施される。その後、鋼製部材が、たとえば油中に浸漬されることにより（油冷）、Ａ１点以上の温度からＭＳ点以下の温度に冷却されて、焼入が完了する。以上の手順により、焼入硬化工程が完了する。

【００７５】

さらに、焼入硬化された鋼製部材がＡ１点以下の温度である温度Ｔ２に加熱され、ｔ２だけ保持された後、たとえば室温まで空冷（放冷）されることにより焼戻工程が実施される。以上の工程により、本発明の一実施の形態における熱処理工程が完了する。

30

【００７６】

ここで、温度Ｔ１は、たとえば８５０ の温度である。一方、時間ｔ１は、たとえば１８０分間である。

【００７７】

また、温度Ｔ２は、たとえば２４０ 以上３００ 以下の温度である。一方、時間ｔ２は、たとえば１２０分間である。

【００７８】

ここで、Ａ１点とは、鋼を加熱するときに、鋼の組織がフェライトからオーステナイトへ変態を開始する温度に相当する点を示す。また、ＭＳ点とは、オーステナイト化した鋼を冷却するときに、鋼の組織がマルテンサイトへ変態を開始する温度に相当する点を示す。

40

【００７９】

上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の軸受部材の製造方法では、鋼製部材準備工程において、素材のコストと調達性を鑑みてＪＩＳ規格ＳＵＪ２からなる鋼製部材が準備される。そして、焼入硬化工程において、窒化処理として８５０ の温度でＲＸガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中で焼入が施された上で、焼戻工程において鋼製部材が２４０ 以上３００ 以下に加熱されて焼戻が実施される。その結果、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の軸受部材の製造方法によれば、モータ

50

用転がり軸受の軸受部材を構成する鋼において、塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。

【0080】

転動体は生産性を鑑みて、窒化処理されていないJIS規格SUJ2からなっているもよい。続いて、窒化処理されていないJIS規格SUJ2からなる転動体を有するモータ用転がり軸受の製造方法について説明する。

【0081】

図4を参照して、まず工程(S100)において、JIS規格SUJ2から構成される鋼材を準備する鋼材準備工程が実施される。具体的には、たとえばJIS規格SUJ2から構成される棒鋼や鋼線などが準備される。

10

【0082】

次に工程(S200)において、上記鋼材を成形することにより、モータ用転がり軸受の転動体の概略形状に成形された鋼製部材を作製する成形工程が実施される。具体的には、たとえば上記棒鋼や鋼線などに対して鍛造、旋削などの加工が実施されることにより、図2および図3に示される玉13の概略形状に成形された鋼製部材が作製される。上記工程(S100)および(S200)は、モータ用転がり軸受の軸受部材の概略形状に成形された鋼製部材が準備される鋼製部材準備工程を構成する。

【0083】

次に、工程(S300)において、鋼製部材に対して、A1点以上の温度からMS点以下の温度に冷却されることにより、当該鋼製部材が焼入硬化される焼入硬化工程が実施される。その後、工程(S400)において、焼入硬化された鋼製部材が、240℃以上280℃以下の温度域に加熱されて焼戻される焼戻工程が実施される。上記工程(S300)および(S400)は、鋼製部材が熱処理される熱処理工程を構成する。この熱処理工程の詳細については後述する。

20

【0084】

次に工程(S500)において、仕上げ工程が実施される。具体的には、熱処理工程が実施された鋼製部材に対して研削加工などの仕上げ加工が実施されることにより、玉13が仕上げられる。これにより、本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の玉13が完成する。

【0085】

30

さらに、工程(S600)において、組立て工程が実施される。具体的には、工程(S100)～(S500)において作製された玉13と、別途準備された外輪11、内輪12、保持器14などが組合わされて、本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受1が組立てられる。これにより、本発明の一実施の形態における窒化処理されていないJIS規格SUJ2からなる転動体を有するモータ用転がり軸受の製造方法が完了し、モータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受1が完成する。

【0086】

次に、熱処理工程の詳細について説明する。図5において、横方向は時間を示しており右に行くほど時間が経過していることを示している。また、図5において、縦方向は温度を示しており上に行くほど温度が高いことを示している。

40

【0087】

図5を参照して、工程(S200)において作製された鋼製部材は、まず、A1点以上の温度である温度T1に加熱され、時間t1だけ保持される。このとき、鋼製部材は、たとえばRXガス雰囲気中において加熱される。その後、鋼製部材が、たとえば油中に浸漬されることにより(油冷)、A1点以上の温度からMS点以下の温度に冷却されて、ずば焼入が完了する。以上の手順により、焼入硬化工程が完了する。

【0088】

さらに、焼入硬化された鋼製部材がA1点以下の温度である温度T2に加熱され、t2だけ保持された後、たとえば室温まで空冷(放冷)されることにより焼戻工程が実施され

50

る。以上の工程により、本発明の一実施の形態における熱処理工程が完了する。

【0089】

ここで、温度 T_1 は、たとえば850の温度である。一方、時間 t_1 は、たとえば80分間である。

【0090】

また、温度 T_2 は、たとえば240以上280以下の温度である。一方、時間 t_2 は、たとえば120分間である。

【0091】

なお、上記では、本発明の一実施の形態の転がり軸受の一例としてグリース深溝玉軸受について説明した。また、本発明の一実施の形態の転がり軸受が適用される装置の一例として、モータについて説明した。本発明の一実施の形態の転がり軸受は、上記に限定されず、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受などであってもよい。また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、工作機械主軸用転がり軸受に適用されてもよい。以下、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例としてアンギュラ玉軸受および円筒ころ軸受について説明し、これらを備えた工作機械の構成について説明する。

【0092】

図6を参照して、本発明の一実施の形態における工作機械100は、円筒状の形状を有する主軸101と、主軸101の外周面を取り囲むハウジング102と、外輪の外周面がハウジングの内壁102Aに接触するとともに、内輪の内周面が主軸101の外周面101Aに接触するように、主軸101とハウジング102との間に嵌め込まれて配置された工作機械主軸用転がり軸受としてのアンギュラ玉軸受10（フロント軸受）および円筒ころ軸受20（リア軸受）を備えている。これにより、主軸101は、ハウジング102に対して軸まわりに回転自在に支持されている。

【0093】

また、主軸101には、外周面101Aの一部を取り囲むようにモータロータ103Bが設置されており、ハウジング102の内壁102Aには、モータロータ103Bに対向する位置にモータステータ103Aが設置されている。このモータステータ103Aおよびモータロータ103Bは、モータ103（ビルトインモータ）を構成している。これにより、主軸101は、モータ103の動力によって、ハウジング102に対して相対的に回転可能となっている。

【0094】

すなわち、アンギュラ玉軸受10および円筒ころ軸受20は、主軸101が回転することにより被加工物を加工する工作機械100において、回転駆動される主軸101を、主軸101に隣接して配置される部材であるハウジング102に対して回転自在に支持する工作機械主軸用転がり軸受である。

【0095】

次に、上記アンギュラ玉軸受10について説明する。

図7を参照して、アンギュラ玉軸受10は、工作機械主軸用転がり軸受の軸受部材である第1軌道部材としての外輪11と、第2軌道部材としての内輪12と、複数の転動体としての玉13と、保持器14とを備えている。外輪11には、円環状の第1転走面としての外輪転走面11Aが形成されている。内輪12には、外輪転走面11Aに対向する円環状の第2転走面としての内輪転走面12Aが形成されている。また、複数の玉13には、転動体転走面としての玉転走面13A（玉13の表面）が形成されている。そして、当該玉13は、外輪転走面11Aおよび内輪転走面12Aの各々に玉転走面13Aにおいて接触し、円環状の保持器14により周方向に所定のピッチで配置されることにより円環状の軌道上に転動自在に保持されている。これにより、外輪11と内輪12とは互いに相対的に回転可能となっている。

【0096】

ここで、アンギュラ玉軸受10においては、玉13と外輪11との接触点と、玉13と内輪12との接触点とを結ぶ直線は、ラジアル方向（アンギュラ玉軸受10の回転軸に垂

10

20

30

40

50

直な方向)に対して角度をなしている。そのため、ラジアル方向の荷重が負荷されると、アキシャル方向(アンギュラ玉軸受10の回転軸の方向)への分力が生じる。図6を参照して、本発明の一実施の形態の工作機械100では、前方側(主軸101の先端101B側)に同じ向き(アンギュラ玉軸受10)を2つ配置するとともに、後方側(モータロータ103B側)には、前方側とは逆向きのアンギュラ玉軸受10を2つ配置することにより、当該分力を相殺している。

【0097】

次に、上記円筒ころ軸受20について説明する。

図8を参照して、円筒ころ軸受20は、基本的には上述のアンギュラ玉軸受10と同様の構成を備えており、同様の効果を有している。しかし、円筒ころ軸受20は、軌道部材および転動体の構成において、アンギュラ玉軸受10とは異なっている。

10

【0098】

すなわち、円筒ころ軸受20は、工作機械主軸用転がり軸受の軸受部材である第1軌道部材としての外輪11と、第2軌道部材としての内輪12と、複数の転動体としての円筒ころ23と、保持器14とを備えている。外輪11には、円環状の第1転走面としての外輪転走面11Aが形成されている。内輪12には、外輪転走面11Aに対向する円環状の第2転走面としての内輪転走面12Aが形成されている。また、複数の円筒ころ23には、転動体転走面としてのころ転走面23A(円筒ころ23の外周面)が形成されている。そして、当該円筒ころ23は、外輪転走面11Aおよび内輪転走面12Aの各々にくるころ転走面23Aにおいて接触し、円環状の保持器14により周方向に所定のピッチで配置されることにより円環状の軌道上に転動自在に保持されている。これにより、外輪11と内輪12とは互いに相対的に回転可能となっている。

20

【0099】

次に、工作機械100の動作について説明する。図6を参照して、モータ103のモータステータ103Aに図示しない電源から電力が供給されることにより、モータロータ103Bを軸まわりに回転させる駆動力が発生する。これにより、ハウジング102に対してアンギュラ玉軸受10および円筒ころ軸受20により回転自在に支持されている主軸101は、モータロータ103Bとともにハウジング102に対して相対的に回転する。このように、主軸101が回転することにより、主軸101の先端101Bに取り付けられた図示しない工具が被加工物を切削、研削等して、被加工物を加工することができる。

30

【0100】

本発明の一実施の形態における工作機械主軸用転がり軸受の製造方法は、上記モータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図7および図8に示される外輪11、内輪12、玉13、円筒ころ13などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【0101】

続いて、本発明の一実施の形態の工作機械主軸用転がり軸受の別の一例としての少量の潤滑油で潤滑する転がり軸受を備えた潤滑装置について説明する。

【0102】

なお、上述した本発明の一実施の形態の構成と同一の要素については同一の符号を付し、説明を繰り返さない。

40

【0103】

図9を参照して、この潤滑装置40は、アンギュラ玉軸受30と、潤滑油導入部材31と、蓋部材32と、内輪間座33とを主に備えている。なお、図9では見やすくするため、潤滑油が導入される部分の周辺を図示し、この潤滑装置40が適用される主軸、ハウジングなどは図示していない。

【0104】

アンギュラ玉軸受30の内輪12は、潤滑油導入部材31から吐出される潤滑油を受ける油受け円周溝34を有している。油受け円周溝34は、潤滑油導入部材31に隣接する端面に設けられている。内輪12の外径面には、その内輪転走面12A側が大径となる斜

50

面部 1 2 B が形成されている。斜面部 1 2 B は、油受け円周溝 3 4 内に溜まる潤滑油を、この潤滑油に作用する遠心力と表面張力とで内輪 1 2 の内輪転走面 1 2 A に導くように形成されている。

【 0 1 0 5 】

潤滑油導入部材 3 1 は、側面からアンギュラ玉軸受 3 0 に向けて軸方向に延びる鏝状部 3 1 a を有している。鏝状部 3 1 a の先端にはシール部 3 1 b が形成されている。シール部 3 1 b は、保持器 1 4 の内径面と内輪 1 2 の間における玉 1 3 の近傍に配置されている。シール部 3 1 b は、内径面が内輪 1 2 の斜面部 1 2 B と同一角度 α の傾斜面に形成されている。このシール部 3 1 b は、内輪 1 2 の斜面部 1 2 B に隙間 δ を持って配置されている。潤滑油導入部材 3 1 は、潤滑油供給路 3 1 c と吐出口 3 1 d とを有している。潤滑油供給路 3 1 c と吐出口 3 1 d とは連通している。吐出口 3 1 d は、内輪 1 2 の油受け円周溝 3 4 に対向して開口している。

10

【 0 1 0 6 】

潤滑油導入部材 3 1 における鏝状部 3 1 a のシール部 3 1 b よりも基端側の部分には、内径側に向けて開口する排油円周溝 3 1 e が形成されている。この排油円周溝 3 1 e は図示しない排油回収路に連通している。排油回収路を通して排油が回収されるよう構成されている。

【 0 1 0 7 】

この潤滑装置 4 0 では、潤滑油導入部材 3 1 の吐出口 3 1 d から吐出される油のうち、極微量がアンギュラ玉軸受 3 0 の潤滑油として使用され、大半量は内輪 1 2 の冷却に供される。内輪 1 2 の油受け円周溝 3 4 に吐出された油のうちの極微量は、内輪 1 2 の回転に伴う遠心力と油の表面張力により、斜面部 1 2 B に沿ってアンギュラ玉軸受 3 0 内に導入され、潤滑油として使用される。

20

【 0 1 0 8 】

この潤滑油として、たとえば ISO VG 2 相当のごく低粘度の潤滑油が使用される。

この少量の潤滑油で潤滑する転がり軸受の製造方法は、上記モータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図 9 に示される外輪 1 1、内輪 1 2、玉 1 3 などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【 0 1 0 9 】

この潤滑装置 4 0 では、油量を削減しつつ、さらに低粘度の潤滑油を使用しているため、低トルク化は達成され得る。

30

【 0 1 1 0 】

さらに、別の少量の潤滑油で潤滑する転がり軸受を備えた潤滑装置について説明する。

なお、上述した本発明の一実施の形態の構成と同一の要素については同一の符号を付し、説明を繰り返さない。

【 0 1 1 1 】

図 1 0 を参照して、この潤滑装置 6 0 は、アンギュラ玉軸受 5 0 と、間座 6 1 と、グリース溜まり形成部材 6 2 とを主に有している。なお、図 1 0 では見やすくするため、潤滑油が導入される部分の周辺を図示し、この潤滑装置 6 0 が適用される主軸、ハウジングなどは図示していない。

40

【 0 1 1 2 】

アンギュラ玉軸受 5 0 の外輪 1 1 には、段差面 1 1 b が、玉 1 3 から離れる外輪 1 1 の外径側に延びるように設けられている。

【 0 1 1 3 】

グリース溜まり形成部材 6 2 は、内部にグリースを溜めるためのグリース溜まり部 6 3 を形成したリング状の部材である。

【 0 1 1 4 】

間座 6 1 とグリース溜まり形成部材 6 2 とで挟まれる内部空間がグリース溜まり部 6 3 を構成している。グリース溜まり形成部材 6 2 は、グリース溜まり部 6 3 にグリースを封

50

入した後に、グリース溜まり形成部材 6 2 の側壁部の外側を間座 6 1 の側壁部の内側に当接させることにより、間座 6 1 に対して図示しない主軸の軸方向に位置決めされている。

【0115】

間座 6 1 とグリース溜まり形成部材 6 2 との間には図示しない密封材が介在されている。この密封材によりグリース漏れ防止が図られている。

【0116】

グリース溜まり形成部材 6 2 の先端部 6 2 a は、外輪 1 1 の内径面に沿って配置されている。先端部 6 2 a の先端が段差面 1 1 b に対向して配置されている。先端部 6 2 a と外輪 1 1 との間に流路 6 4 および隙間 6 5 が形成されている。

【0117】

先端部 6 2 a の周壁と、これに対面する外輪 1 1 の内径面部分とで流路 6 4 が形成されている。先端部 6 2 a の端面と、これに対面する段差面 1 1 b とで図示しない主軸の軸方向に微小なギャップ量 Δ となる隙間 6 5 が形成されている。隙間 6 5 は、流路 6 4 に連通し、外輪転走面の縁部に開口している。隙間 6 5 のギャップ量 Δ は、たとえば 0.05 ~ 0.1 mm に構成されている。

【0118】

先端部 6 2 a の端面に続く内径面は、玉 1 3 に近接したテーパ面 6 6 を有しており、このテーパ面 6 6 と玉 1 3 との間に潤滑油が溜まり易くなるように構成されている。テーパ面 6 6 と玉 1 3 との距離は、テーパ面 6 6 に付着した油が玉 1 3 の表面に転移可能な大きさの極小隙間とすることが好ましく、たとえば 0.2 mm 以下に構成されている。

【0119】

この別の少量の潤滑油で潤滑する転がり軸受の製造方法は、上記モータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図 10 に示される外輪 1 1、内輪 1 2、玉 1 3 などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【0120】

この潤滑装置 6 0 では、グリース溜まり部 6 3 から毛細管現象を利用して微量の基油がアンギュラ玉軸受 5 0 内部に導入されている。この方法では、グリースの増ちょう剤を保持器 1 4 などで攪拌することによるトルクが発生しないため、低発熱となるので高速運転が可能である。

【0121】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、車輪用転がり軸受に適用されてもよい。以下、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例として車輪用転がり軸受について説明し、これを備えた車輪の構成について説明する。

【0122】

図 11 および図 12 を参照して、車輪用転がり軸受である複列アンギュラ玉軸受 1 1 0 は、ホイール 1 1 1 とタイヤ 1 1 2 よりなる車輪 1 2 0 (駆動輪) を支持するハブ輪 1 1 3 などの回転側部材を、ナックル 1 1 4 などの固定側部材に対して回転可能に支持するものである。

【0123】

この複列アンギュラ玉軸受 1 1 0 は、外輪 1 1 と、内輪 1 2 と、玉 1 3 と、保持器 1 4 と、シール部材 1 5 と、磁気エンコーダ 1 1 5 とを主に有している。内輪 1 2 はハブ輪 1 1 3 の外周面に嵌合されており、外輪 1 1 はナックル 1 1 4 の内周面に嵌合されている。

【0124】

外輪 1 1 は 1 つの部材から構成されている。内輪 1 2 は 2 つの部材から構成されている。複数の玉 1 3 は、複列に配置されている。複数の玉 1 3 は、外輪転走面 1 1 A および内輪転走面 1 2 A の各々に玉転走面 1 3 A において接触し、くし型形状の保持器 1 4 により周方向に所定のピッチで配置されることにより円環状の軌道上に転動自在に保持されている。これにより、外輪 1 1 と内輪 1 2 とは互いに相対的に回転可能となっている。

【0125】

10

20

30

40

50

玉 1 3 と外輪 1 1 との接触点と、玉 1 3 と内輪 1 2 との接触点とを結ぶ直線は、ラジアル方向（複列アンギュラ玉軸受 1 1 0 の回転軸に垂直な方向）に対して角度をなしている。そのため、ラジアル方向の荷重が負荷されると、アキシャル方向（複列アンギュラ玉軸受 1 1 0 の回転軸の方向）への分力が生じる。隣り合う玉 1 3 の玉 1 3 と外輪 1 1 との接触点と玉 1 3 と内輪 1 2 との接触点とを結ぶ直線は、分力を相殺するように逆向きに配置されている。

【 0 1 2 6 】

外輪 1 1 の内径と内輪 1 2 の外径にはシール部材 1 5 が挿入されている。このシール部材 1 5 により、複列アンギュラ玉軸受内からの油の漏れや複列アンギュラ玉軸受外からの異物や水分の侵入を防止することができる。

【 0 1 2 7 】

磁気エンコーダ 1 1 5 は、内輪 1 2 の端部外径に圧入されており、その状態で周方向に多極磁化された磁性部材が、ナックル 1 1 4 に固定された磁気センサ 1 1 6 と近接対峙している。これにより、車輪の回転速度を高精度に検出することができる。

【 0 1 2 8 】

次に、車輪 1 2 0 の動作について説明する。ナックル 1 1 4 などの固定側部材に対して、ハブ輪 1 1 3 などの回転側部材が回転することにより、車輪 1 2 0 が回転する。

【 0 1 2 9 】

本発明の一実施の形態における車輪用転がり軸受の製造方法は、上記モータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図 1 2 に示される外輪 1 1 、内輪 1 2 、玉 1 3 、などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【 0 1 3 0 】

なお、上記本発明の一実施の形態においては、一例として、モータ用転がり軸受、工作機械主軸用転がり軸受、車輪用転がり軸受、グリース深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受、複列アンギュラ玉軸受およびこれらが備える軌道部材および転動体について説明した。本発明の転がり軸受およびその軸受部材は、これらに限られず、他の形態の転がり軸受およびそれが備える軌道部材および転動体であってもよい。たとえば、他の形態の転がり軸受は、ラジアル軸受であってもよく、スラスト軸受であってもよい。軌道部材は、外輪、内輪などを含む。また、転動体は、内輪、外輪、軌道盤との間で転走面を成しているてもよい。転動体は、玉、円筒ころ、円錐ころなどを含む。

【 0 1 3 1 】

なお、軌道部材としての外輪、内輪および転動体としての玉の素材として、J I S 規格 S U J 2 で説明したが、J I S 規格 S U J 2 の相当材である 5 2 1 0 0 (A I S I または S A E 規格) 、 1 0 0 C r 6 (D I N 規格) 、 G C r 1 5 (G S B 規格) も適用することができる。

【 0 1 3 2 】

さらに、本発明の一実施の形態の別の例について説明する。

本発明の一実施の形態の転がり軸受は、オルタネータ用転がり軸受に適用されてもよい。以下、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例としてオルタネータ用転がり軸受について説明し、これを備えたオルタネータの構成について説明する。

【 0 1 3 3 】

図 1 3 を参照して、本発明の一実施の形態におけるオルタネータ 2 0 0 は、シャフト（主軸） 2 0 1 と、ロータ 2 0 2 と、ステータ 2 0 3 と、プーリ 2 0 4 と、ハウジング 2 0 5 と、オルタネータ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 とを主に有している。

【 0 1 3 4 】

ロータ 2 0 2 を取り囲むようにハウジング 2 0 5 が配置されている。ロータ 2 0 2 の中央部を貫通し、ハウジング 2 0 5 の壁面を貫通するようにシャフト 2 0 1 が配置されている。ハウジング 2 0 5 の内部において、ロータ 2 0 2 の外周面に対向するようにステータ 2 0 3 が配置されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 5 】

シャフト 2 0 1 の一方端部の外周面の一部と対向するようにハウジング 2 0 5 が配置されている。シャフト 2 0 1 とハウジング 2 0 5 との間にはオルタネータ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 が配置されている。グリース封入深溝玉軸受 1 によってシャフト 2 0 1 がハウジング 2 0 5 に対して回転可能に支持されている。シャフト 2 0 1 の一方端部の先端部には、ハウジング 2 0 5 の外部において、円環状の形状を有するプーリ 2 0 4 が取り付けられている。プーリ 2 0 4 の外周面には、図示していない伝動ベルトが掛けられる係合溝 2 0 6 が設けられている。

【 0 1 3 6 】

このオルタネータ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受 1 と同様の構成を有している。

【 0 1 3 7 】

オルタネータ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 は、図示しないエンジンなどの動力源で発生した動力を利用して動作するオルタネータ 2 0 0 において、この動力により回転駆動されるシャフト 2 0 1 を隣接して配置されるハウジング 2 0 5 に対して回転自在に支持する、たとえば自動車用の電装・補機用転がり軸受である。

【 0 1 3 8 】

なお、一般的に、ロータ 2 0 2 とプーリ 2 0 4 との間において、シャフト 2 0 1 の一方端部に配置されたグリース封入深溝玉軸受 1 は、フロント軸受と呼ばれる。また、シャフト 2 0 1 の他方端部に配置されたグリース封入深溝玉軸受 1 は、リア軸受と呼ばれる。曲げモーメントなどの応力が大きいフロント軸受のグリース封入深溝玉軸受 1 のほうが、リア軸受のグリース封入深溝玉軸受 1 より、水素脆性はく離が生じやすい。

【 0 1 3 9 】

次にオルタネータ 2 0 0 の動作について説明する。係合溝 2 0 6 の形成されたプーリ 2 0 4 の外周面には、図示しないエンジンなどの動力源からの動力によって回転する図示しない伝達ベルトが掛けられる。この伝達ベルトが回転することにより、プーリ 2 0 4 は、ハウジング 2 0 5 に対してグリース封入深溝玉軸受 1 により軸支されたシャフト 2 0 1 と一体に、シャフト 2 0 1 の軸まわりに回転する。ロータ 2 0 2 は、シャフト 2 0 1 と一体にシャフト 2 0 1 の軸まわりに回転する。このとき、ロータ 2 0 2 は、ロータ 2 0 2 の外周面に対向し、ハウジング 2 0 5 に固定されて配置されたステータ 2 0 3 に対して相対的に回転する。その結果、ロータ 2 0 2 とステータ 2 0 3 との間の電磁誘導作用によりステータ 2 0 3 のコイルに起電力が発生する。

【 0 1 4 0 】

このオルタネータ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受 1 の製造方法と同様である。

【 0 1 4 1 】

オルタネータ用転がり軸受は、急加減速条件下で接触要素間にすべりが生じる影響により水素脆性起因の早期はく離が起きやすい。また、通電の影響で水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。また、昨今の省スペース化に伴い、オルタネータを含む電装補機部品を駆動するベルトはサーペンタイン化されている。ここでサーペンタイン化とは、一本のベルトで複数の補機部品が駆動されることをいう。サーペンタイン化することにより、補機部品毎に別のベルトは不要になるため省スペース化が可能となる。サーペンタイン化に伴い、負荷荷重が増加する傾向および荷重変動が大きくなる傾向であるため、従来よりもすべりが誘発されやすくなる。

【 0 1 4 2 】

オルタネータ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 は、内輪回転で使用されるため、外輪 1 1 の一部の負荷回転が多い。そのため、その外輪 1 1 の一部に水素脆性起因の早期はく離が起きやすいので、外輪 1 1 に本発明の一実施の形態の軸受部材が適用され

10

20

30

40

50

ることが好ましい。

【0143】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、プーリ用転がり軸受に適用されてもよい。以下、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例としてプーリ用転がり軸受について説明し、これを備えたプーリの構成について説明する。

【0144】

図14を参照して、本発明の一実施の形態におけるプーリ210は、プーリ本体211と、プーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1とを主に有している。

【0145】

プーリ本体211は、円環状の形状を有している。プーリ本体211の外周面には、図示していない伝動ベルトが掛けられる伝動ベルト掛けまわし部212が設けられている。プーリ本体211の内径側の中央部に、シャフト（主軸）218が貫通するための貫通孔213が形成されている。この貫通孔213の内周面とグリース封入深溝玉軸受1の外輪11とが接触するように、プーリ本体211にグリース封入深溝玉軸受1が嵌め込まれている。

10

【0146】

より具体的には、プーリ本体211は、内周面に貫通孔を有する円筒状の内周円筒部214と、内周円筒部214の幅方向（軸方向）における一方の端部から径方向外側に延びるフランジ部215と、フランジ部215から幅方向（軸方向）に延びる外周円筒部216と、内周円筒部214の幅方向（軸方向）における他方の端部から径方向内側に延びる

20

【0147】

また、グリース封入深溝玉軸受1の内輪12には、シャフト218が嵌め込まれることにより取り付けられている。

【0148】

このプーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受1と同様の構成を有している。

【0149】

プーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1は、図示しないエンジンなどの動力源で発生した動力を利用して動作するプーリ210において、この動力により回転駆動されるプーリ本体211をプーリ210を貫通して配置されるシャフト218に対して回転自在に支持する、たとえば自動車用の電装・補機用転がり軸受である。

30

【0150】

次にプーリ210の動作について説明する。伝動ベルト掛けまわし部212の形成されたプーリ本体211の外周面には、図示しないエンジンなどの動力源からの動力によって回転する図示しない伝達ベルトが掛けられる。この伝達ベルトが回転することにより、プーリ210は、グリース封入深溝玉軸受1により軸支されたシャフト218と一体に、シャフト218の軸まわりに回転する。これにより、プーリ210は、伝動ベルトが掛けられる軸同士の距離が固定されているような場合に、伝動ベルトに張力を与えるテンショナーとしての機能を果たし得る。また、これにより、プーリ210は、障害となるエンジンルームないの各種装置との接触の回避などの目的で伝動ベルトの走行方向を変えるためのアイドルとしての機能を果たし得る。

40

【0151】

このプーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受1の製造方法と同様である。

【0152】

プーリ用転がり軸受は、特にすべりや通電の影響で水素脆性起因の早期はく離が起きる

50

ことがある。また、昨今の省スペース化に伴い、プーリを含む電装補機部品を駆動するベルトはサーペンタイン化されている。負荷荷重が増加する傾向および荷重変動が大きくなる傾向にあって、サーペンタイン化によって従来よりもすべりが誘発されやすくなる。

【 0 1 5 3 】

プーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 は、外輪回転で使用されるため、内輪 1 2 の一部の負荷回転が多い。そのため、その内輪 1 2 の一部に水素脆性起因の早期はく離が起きやすいので、内輪 1 2 に本発明の一実施の形態の軸受部材が適用されることが好ましい。

【 0 1 5 4 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、カーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受に適用されてもよい。以下、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例としてカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受について説明し、これを備えたカーエアコン電磁クラッチプーリ機構付きコンプレッサの構成について説明する。

【 0 1 5 5 】

図 1 5 を参照して、このコンプレッサは、片斜板タイプの斜板式コンプレッサ 2 2 0 とコンプレッサ用プーリ機構 2 3 0 とを備えている。

【 0 1 5 6 】

まず、片斜板タイプの斜板式コンプレッサ 2 2 0 について説明する。

片斜板タイプの斜板式コンプレッサ 2 2 0 は、ハウジング 2 2 1 と、そのハウジング 2 2 1 にたとえばねじ止め固定されたプーリ用軸受支持部材 2 3 4 と、主軸 2 2 3 と、その主軸 2 2 3 に取り付けられた回転部材 2 2 5 と、その回転部材 2 2 5 の回転に伴って揺動運動をする斜板 2 2 2 と、その斜板 2 2 2 に連結されたピストンロッド 2 2 6 と、そのピストンロッド 2 2 6 の反対側に連結されたピストン 2 2 4 とを有している。

【 0 1 5 7 】

回転部材 2 2 5 とプーリ用軸受支持部材 2 3 4 との間には、スラスト荷重を受ける支持構造として複列のスラスト針状ころ軸受よりなる回転部材・プーリ支持部材軸受 2 3 1 が配置されている。また斜板 2 2 2 と回転部材 2 2 5 との間には、スラスト荷重を受ける支持構造として複列のスラスト針状ころ軸受よりなる斜板支持軸受 2 3 3 が配置されている。

【 0 1 5 8 】

このコンプレッサ 2 2 0 では、主軸 2 2 3 の回転に伴って回転部材 2 2 5 が回転し、それにより斜板 2 2 2 が揺動運動する。この斜板 2 2 2 の揺動運動によりピストンロッド 2 2 6 が往復運動して、ピストンロッド 2 2 6 に連結されたピストン 2 2 4 がシリンダ内を往復運動する。

【 0 1 5 9 】

次に、コンプレッサ用プーリ機構 2 3 0 について説明する。

コンプレッサ 2 2 0 のハウジング 2 2 1 にプーリ用軸受支持部材 2 3 4 がねじ止め固定されている。また、プーリ用軸受支持部材 2 3 4 にクラッチ用電磁石 2 3 5 が固着されている。他方、主軸 2 2 3 の軸端に動力伝達部材 2 3 6 が嵌着されている。プーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 の外周にカーエアコン電磁クラッチプーリ 2 3 7 が嵌合されている。

【 0 1 6 0 】

主軸 2 2 3 とプーリ用軸受支持部材 2 3 4 との間には、主軸支持軸受 2 3 2 が配置されている。またカーエアコン電磁クラッチプーリ 2 3 7 の内周面とプーリ用軸受支持部材 2 3 4 との間には、カーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 が配置されている。

【 0 1 6 1 】

このカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受 1 と同様の構成を有している。

10

20

30

40

50

【0162】

このプリー機構230では、クラッチ用電磁石235を励磁または非励磁にすることによって、図示していない駆動力によって回転しているカーエアコン電磁クラッチプリー237の回転駆動力が主軸223に伝達されてコンプレッサが動作したり、またはカーエアコン電磁クラッチプリー237の回転駆動力が主軸223に伝達されなくなってコンプレッサが動作を停止したりする。

【0163】

次に、コンプレッサ用軸受について説明する。

コンプレッサ用軸受は、コンプレッサ220に使用されるコンプレッサ用軸受とプリー機構230に使用されるコンプレッサ用軸受とに大別される。

10

【0164】

コンプレッサ220に使用されるコンプレッサ用軸受には、斜板222と回転部材225とを回転自在に支持する斜板支持軸受233、および回転部材225とプリー用軸受支持部材234とを回転自在に支持する回転部材・プリー支持部材軸受231が該当する。

【0165】

また、プリー機構230に使用されるコンプレッサ用軸受には、主軸223とプリー用軸受支持部材234とを回転自在に支持する主軸支持軸受232、およびカーエアコン電磁クラッチプリー237とプリー用軸受支持部材234とを回転自在に支持するカーエアコン電磁クラッチプリー用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1が該当する。

【0166】

20

回転部材・プリー支持部材軸受231および斜板支持軸受233には、スラスト針状ころ軸受が使用されている。このスラスト針状ころ軸受として、後述する図19に示すスラスト針状ころ軸受270が使用されてもよい。主軸支持軸受232には、針状ころ軸受または円筒ころ軸受が使用されている。この円筒ころ軸受として、図8に示す円筒ころ軸受20が使用されてもよい。カーエアコン電磁クラッチプリー用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1には、図2に示すグリース封入深溝玉軸受が使用されている。カーエアコン電磁クラッチプリー用転がり軸受には複列アンギュラ玉軸受が使用されてもよい。複列アンギュラ玉軸受として、図12に示す複列アンギュラ玉軸受110が使用されてもよい。

【0167】

30

コンプレッサ220に使用されるコンプレッサ用軸受には、ピストン224の衝撃に耐えるために、ころ径の大きいスラスト針状ころ軸受が使用されている。また、スラスト針状ころ軸受では、針状ころと軌道面とが線接触する構造であって、針状ころと転がり線接触する軌道面は、軸受の回転中心から外径側に向かうほど周速度は大きくなる。

【0168】

コンプレッサ220に使用されるコンプレッサ用軸受であるスラスト針状ころ軸受は、通常の軸受のような軌道盤を有していないで、複数の針状ころが保持器に保持されて軌道面に線接触して回転する。斜板支持軸受233においては、斜板222および回転部材225がそれぞれ軌道面を有する部材となり、回転部材・プリー支持部材軸受231においては、回転部材225およびプリー用軸受支持部材234がそれぞれ軌道面を有する部材となる。

40

【0169】

このカーエアコン電磁クラッチプリー用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受1の製造方法と同様である。

【0170】

カーエアコン電磁クラッチプリー用転がり軸受は、特にすべりの影響で水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。また、昨今の省スペース化に伴い、カーエアコンを含む電装補機部品を駆動するベルトはサーペンタイン化されている。負荷荷重が増加する傾向および荷重変動が大きくなる傾向にあって、サーペンタイン化によって従来よりもすべり

50

が誘発されやすくなる。

【0171】

カーエアコン電磁クラッチプリー用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1は、外輪回転で使用されるため、内輪12の一部の負荷回転が多い。そのため、その内輪12の一部に水素脆性起因の早期はく離が起きやすいので、内輪12に本発明の一実施の形態の軸受部材が適用されることが好ましい。

【0172】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、無段変速機用転がり軸受に適用されてもよい。以下、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例として無段変速機用転がり軸受について説明し、これを備えた無断変速機の構成について説明する。

10

【0173】

図16を参照して、本発明の一実施の形態における無段変速機の一例として、ベルト式無段変速機240について説明する。ベルト式無段変速機240は、プライマリプリー軸(プリー軸)241と、プライマリプリー242と、セカンダリプリー軸243と、セカンダリプリー(プリー軸)244と、無端ベルト245と、ケーシング(ハウジング)246と、無段変速機用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1とを主に有している。

【0174】

プライマリプリー軸241にはプライマリプリー242が設けられている。プライマリプリー242はプライマリプリー固定シブ242aとプライマリプリー可動シブ242bとを有している。プライマリプリー固定シブ242aはプライマリプリー軸241と一体に構成されている。プライマリプリー可動シブ242bは、プライマリプリー軸241に貫通されており、プライマリプリー軸241の軸方向にスライド可能に構成されている。プライマリプリー軸241の一方端は図示しないクラッチに接続されている。プライマリプリー軸241の他方端はケーシング246に固定された無段変速機用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1に回転可能に支持されている。

20

【0175】

セカンダリプリー軸243にはセカンダリプリー244が設けられている。セカンダリプリー244はセカンダリプリー固定シブ244aとセカンダリプリー可動シブ244bとを有している。セカンダリプリー固定シブ244aはセカンダリプリー軸243と一体に構成されている。セカンダリプリー可動シブ244bは、セカンダリプリー軸243に貫通されており、セカンダリプリー軸243の軸方向にスライド可能に構成されている。セカンダリプリー軸243は、図示しない歯車機構の歯車に取り付けられた一方端を別の軸受で支持されている。セカンダリプリー軸243の他方端はケーシング246に固定された無段変速機用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受1に回転可能に支持されている。

30

【0176】

プライマリプリー242とセカンダリプリー244との間にはV字状の無端ベルト245が張り渡されている。プライマリプリー242は、プライマリプリー可動シブ242bがスライドすることによりプライマリプリー固定シブ242aとプライマリプリー可動シブ242bとの幅(プライマリプリー幅)が変動可能に構成されている。

40

【0177】

セカンダリプリー244は、セカンダリプリー可動シブ244bがスライドすることによりセカンダリプリー固定シブ244aとセカンダリプリー可動シブ244bとの幅(セカンダリプリー幅)が変動可能に構成されている。プライマリプリー幅およびセカンダリプリー幅が変動することにより、プライマリプリー242およびセカンダリプリー244は、無端ベルト245が張り渡されているそれぞれの径方向の位置が変動するように構成されている。

【0178】

次に、ベルト式無段変速機240の動作について説明する。プライマリプリー軸241に図示しないエンジンからクラッチを介して駆動力が伝達される。プライマリプリー幅お

50

よびセカンダリプリー幅が変動されることにより、無端ベルト 2 4 5 が張り渡されているそれぞれの径方向の位置が変動される。これにより、プライマリプリー軸 2 4 1 の駆動力がセカンダリプリー軸 2 4 3 に無段変速で伝達される。セカンダリプリー軸 2 4 3 から歯車機構とデファレンシャルを介して車軸に駆動力が伝達される。これにより、無段変速が達成される。

【 0 1 7 9 】

この無段変速機用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受としてのグリース封入深溝玉軸受 1 の製造方法と同様である。

【 0 1 8 0 】

無段変速機用転がり軸受については、プリー部の回転精度を確保するため、軸受のガタ（アキシャルすきま）を抑えることが重要であり、従来は、軸受内外輪の溝曲率を小さくし、軸受のアキシャルすきまを抑える手法が採用されてきた。しかし軸受内外輪の溝曲率が小さく設定されると軸受運転時の差動すべりが大きくなり、その影響で水素脆性起因の早期はく離が起きやすくなる。

【 0 1 8 1 】

無段変速機用転がり軸受であるグリース封入深溝玉軸受 1 は、内輪回転で使用されるため、外輪 1 1 の一部の負荷回転が多い。そのため、その外輪 1 1 の一部に水素脆性起因の早期はく離が起きやすいので、外輪 1 1 に本発明の一実施の形態の軸受部材が適用されることが好ましい。

【 0 1 8 2 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、針状ころ軸受に適用されてもよい。針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下で使用されると、潤滑剤が分離して水素が発生し、それが鋼中に侵入することで早期はく離が起こることがある。今後、コンパクト化や省エネ化に対応するため、針状ころ軸受の使用条件はますます厳しくなる傾向にあり、耐水素ぜい性に優れたものが必要になると予想される。

【 0 1 8 3 】

本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例である針状ころ軸受の一例としてシェル形針状ころ軸受について説明する。

【 0 1 8 4 】

図 1 7 を参照して、シェル形針状ころ軸受 2 5 0 は、軌道部材としてのシェル外輪 2 5 1 と、複数の転動体としての針状ころ 2 5 2 と、保持器 2 5 3 とを備えている。シェル外輪 2 5 1 は内径面に軌道面を有している。シェル外輪 2 5 1 は軸方向の両端部に、径方向の内径側に突出する鏝部 2 5 1 a を有している。針状ころ 2 5 2 は軌道面に沿って配置されている。保持器 2 5 3 は隣接する針状ころ 2 5 2 の間隔を保持するように構成されている。保持器 2 5 3 はシェル外輪 2 5 1 の鏝部 2 5 1 a の軸方向の内側に配置されている。なお、シェル外輪 2 5 1 はオープンエンド形であってもよく、またクローズエンド形であってもよい。

【 0 1 8 5 】

本発明の一実施の形態におけるシェル形針状ころ軸受 2 5 0 の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図 1 7 に示されるシェル外輪 2 5 1、針状ころ 2 5 2、保持器 2 5 3 などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【 0 1 8 6 】

シェル形針状ころ軸受は、特に、電磁クラッチの切り替えにより急加減速する自動車のエアーコンプレッサの支持に用いられる場合、始動時の加速が早い A B S ポンプの支持に用いられる場合、汎用エンジンのコンロッドの大端に用いられる場合などに、転動体にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。

【 0 1 8 7 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例である針状ころ軸受の一例としてソリッド形針状ころ軸受について説明する。

【0188】

図18を参照して、ソリッド形針状ころ軸受260は、軌道部材としての外輪261と、複数の転動体としての針状ころ252と、保持器253とを備えている。外輪261は肉厚に形成され、かつ軸方向の両端部に、径方向の内径側に突出する鏝部261aを有している。保持器253は外輪261の鏝部261aの径方向の内径側に配置されている。

【0189】

本発明の一実施の形態におけるソリッド形針状ころ軸受260の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図18に示される外輪261、針状ころ252、保持器253などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【0190】

ソリッド形針状ころ軸受は、特に、電磁クラッチの切り替えにより急加減速する自動車のエアコンプレッサの支持に用いられる場合、始動時の加速が早いトランスミッションの支持に用いられる場合、汎用エンジンのコンロッドの大端に用いられる場合などに、接触要素間にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。

【0191】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受の別の例である針状ころ軸受の一例としてスラスト針状ころ軸受について説明する。

【0192】

図19を参照して、スラスト針状ころ軸受270は、軌道部材としての軌道盤271と、複数の転動体としての針状ころ252と、保持器253とを備えている。軌道盤271の外形側には針状ころ252が転走する軌道盤外径部271aが形成されている。軌道盤271の先端部には径方向の内径側に突出する軌道盤突出部271bが形成されている。軌道盤突出部271bの軸方向の内側に保持器253の先端部が配置されることにより、スラスト針状ころ軸受270は針状ころ252および保持器253が軌道盤271と分離しないように構成されている。針状ころ252は軌道面に沿って径方向に配置されている。保持器253は隣接する針状ころ252の間隔を周方向に保持するように構成されている。

【0193】

本発明の一実施の形態におけるスラスト針状ころ軸受270の製造方法は、上記本発明の一実施の形態におけるモータ用転がり軸受の製造方法と成形工程を除き同様である。成形工程では、図19に示される軌道盤271、針状ころ252、保持器253などの概略形状に成形された鋼製部材が作製される。これ以外の製造方法については説明を繰り返さない。

【0194】

スラスト針状ころ軸受は、転動体内外の周速差により、運転中は絶えず転動輪との間にすべりが生じており、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。

【0195】

また、本発明の一実施の形態の針状ころ軸受は、保持器付き針状ころ軸受であってもよい。図20を参照して、保持器付き針状ころ軸受280の保持器253は金属材料で構成されていてもよい。金属材料製の保持器253は高い強度を有している。また、図21を参照して、保持器付き針状ころ軸受280の保持器253は高分子材料で構成されていてもよい。高分子材料製の保持器253は形状の自由度が高く、組み込みが容易である。

【0196】

保持器付き針状ころ軸受は、特に、始動時の加速が速い自動車のトランスミッションのアイドル軸受として用いられる場合、CVTの遊星ピニオン支持軸受として用いられる場合、二輪エンジンや汎用エンジンのコンロッドの大端用軸受として用いられる場合など

10

20

30

40

50

に、転動体にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。

【0197】

次に本発明の一実施の形態の作用効果について説明する。

本発明の一実施の形態の転がり軸受は、円環状の軌道を有する軌道部材としての外輪11、内輪12と、軌道部材としての外輪11、内輪12に接触し、円環状の軌道上に転動自在に配置された複数の転動体としての玉13とを備えている。軌道部材としての外輪11、内輪12および転動体としての玉13、円筒ころ14のうち少なくとも1つの軸受部材は、JIS規格SUJ2からなっている。

【0198】

本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、軌道部材としての外輪11、内輪12および転動体としての玉13のうち少なくとも1つの軸受部材は、焼入れされている。軌道部材としての外輪11、内輪12および転動体としての玉13のうち少なくとも1つの軸受部材は、窒化処理された転走面11A、12A、13Aを有している。軸受部材の転走面11A、12A、13Aに窒化処理を施すことによって軸受部材が塑性変形しにくくなる。軸受部材の転走面11A、12A、13Aに窒化処理を施すことによって軸受部材が塑性変形しにくくなることで、軸受部材の耐水素脆性が向上する。

【0199】

本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、軌道部材としての外輪11、内輪12および転動体としての玉13のうち少なくとも1つの軸受部材に直径19.05mmのSUJ2製標準転がり軸受用鋼球を荷重3.18kNで押し付け、10秒間保持した後に除荷することにより軸受部材に形成される圧痕の深さが0.2μm以下である。圧痕深さは、目安として0.2μm以下であれば塑性変形しにくいといえる。そこで、焼戻温度と圧痕深さとの関係を詳細に調査したところ、240以上300以下で焼戻処理を施せば、軸受部材に直径19.05mmのSUJ2製標準転がり軸受用鋼球を荷重3.18kNで押し付け、10秒間保持した後に除荷することにより軸受部材に形成される圧痕の深さが0.2μm以下となることがわかった。

【0200】

本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、軌道部材としての外輪11、内輪12および転動体としての玉13のうち少なくとも1つの軸受部材の転走面のロックウェルCスケール硬さがHRC61.2以上HRC63.3以下である。焼戻温度240以上300以下の範囲における軸受部材の転走面のロックウェルCスケール硬さは、HRC61.2以上HRC63.3以下となることがわかった。

【0201】

したがって、窒化処理された転走面11A、12A、13Aを有する軸受部材に焼戻温度240以上300以下で焼戻しを施すことにより、塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。これにより、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【0202】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、転走面11A、12A、13Aの表面窒化濃度が0.05質量%以上0.4質量%以下である。

【0203】

転走面11A、12A、13Aの表面窒化濃度は0.05質量%未満では窒化による寿命向上の効果が十分に得られない。転走面11A、12A、13Aの表面窒化濃度が0.4質量%より大きいとCr炭窒化物が多く生成されるため焼入性に寄与するCr量が欠乏する。そのため、十分な焼入性が確保できない。転走面11A、12A、13Aの表面窒化濃度が0.05質量%以上0.4質量%以下とすることで、窒化による寿命向上の効果を十分に得ることができ、十分な焼入性を確保することもできる。

【0204】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、転動体として玉13は、窒化処理されていないJIS規格SUJ2であってもよい。この場合、玉13に直径19.05m

10

20

30

40

50

mのS U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 1 . 9 7 k N で押し付け、1 0 秒間保持した後に除荷することにより玉 1 3 に形成される圧痕の深さが 0 . 2 μ m 以下である。圧痕深さは、目安として 0 . 2 μ m 以下であれば塑性変形しにくいといえる。そこで、焼戻温度と圧痕深さとの関係を詳細に調査したところ、2 4 0 以上 2 8 0 以下で焼戻処理を施せば、軸受部材に直径 1 9 . 0 5 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を荷重 1 . 9 7 k N で押し付け、1 0 秒間保持した後に除荷することにより玉 1 3 に形成される圧痕の深さが 0 . 2 μ m 以下となることがわかった。

【 0 2 0 5 】

したがって、窒化処理された転走面 1 3 A を有していない玉 1 3 に焼戻温度を 2 4 0 以上 2 8 0 以下で焼戻しを施すことにより、塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。これにより、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【 0 2 0 6 】

上記の転がり軸受において好ましくは、転動体全体のロックウェル C スケール硬さが H R C 5 7 . 0 以上 H R C 5 8 . 9 以下である。焼戻温度 2 4 0 以上 2 8 0 以下の範囲における転動体全体のロックウェル C スケール硬さは、H R C 5 7 . 0 以上 H R C 5 8 . 9 以下である。

【 0 2 0 7 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、転動体がセラミックスを含む材質よりなっているため、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【 0 2 0 8 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、転動体を保持するための保持器をさらに備え、保持器が金属を含む材質よりなっているため、これにより、通電が起きる条件下では、金属保持器の方が樹脂保持器よりも水素脆性起因の早期はく離が起きにくいので、水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【 0 2 0 9 】

本発明の一実施の形態の転がり軸受の製造方法によれば、円環状の軌道を有する軌道部材としての外輪 1 1、内輪 1 2 と、軌道部材としての外輪 1 1、内輪 1 2 に接触し、円環状の軌道上に転動自在に配置された複数の転動体としての玉 1 3 とを備え、以下の工程を有している。軌道部材としての外輪 1 1、内輪 1 2 および転動体としての玉 1 3 のうち少なくとも 1 つの軸受部材を、J I S 規格 S U J 2 の材質からなるように準備する。軸受部材の転走面 1 1 A、1 2 A、1 3 A に窒化処理を施して焼入れする。焼入れられた軸受部材を 2 4 0 以上 3 0 0 以下で焼戻しする。

【 0 2 1 0 】

軸受部材の転走面 1 1 A、1 2 A、1 3 A に窒化処理を施して焼入れすることにより軸受部材としての外輪 1 1、内輪 1 2、玉 1 3 が塑性変形しにくくする。軸受部材の転走面 1 1 A、1 2 A、1 3 A に窒化処理を施して軸受部材が塑性変形しにくくなることで、軸受部材の耐水素脆性が向上する。

【 0 2 1 1 】

焼入れられた軸受部材を 2 4 0 以上 3 0 0 以下で焼戻しすることにより、軸受部材を塑性変形しにくくして原子空孔を生成しにくくすることができる。これにより、耐水素脆性を向上することができるので水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【 0 2 1 2 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受の製造方法によれば、窒化処理は 8 5 0 の温度で R X ガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中で行われる。これにより、軸受部材の転走面 1 1 A、1 2 A、1 3 A に十分な窒化処理を施して軸受部材が塑性変形しにくくなることで、軸受部材の耐水素脆性を向上することができる。

【 0 2 1 3 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図 1 に示すように、モータ 90 の主軸 92 と、主軸 92 の外周面に対向するように配置されるハウジング 93 とをさらに備え、主軸 92 をハウジング 93 に対して回転可能に支持してもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なモータ用転がり軸受を提供することができる。

【0214】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図 6 に示すように、工作機械 100 の主軸 101 と、主軸 101 の外周面に対向するように配置されるハウジング 102 とをさらに備え、主軸 101 をハウジング 102 に対して回転可能に支持してもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命な工作機械主軸用転がり軸受を提供することができる。また、高速回転時の発熱の原因となる軸受の摩擦トルクを低減するため潤滑油の油膜厚さを減少させた使用条件下においても長寿命な工作機械主軸用転がり軸受を提供することができる。

【0215】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、一般的なグリース潤滑やエアオイル潤滑の場合でも有効であるが、少量の潤滑油で潤滑することにより軌道部材と転動体との間の油膜が薄い場合には特に有効である。

【0216】

上記の油量を削減しつつ、さらに低粘度の潤滑油を使用する潤滑装置 40 では、高速回転する工作機械主軸用転がり軸受で一般的に使用されるエアオイル潤滑よりさらに高速で運転されるためスターベーションが発生しやすい。そのためエアオイル潤滑に比べて油膜は薄くなっている。このため、この潤滑装置 40 では、水素が侵入しやすくなるので水素脆性起因の早期はく離の可能性が高くなる。しかしながら、本発明の一実施の形態の転がり軸受を適用することで、水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【0217】

また、上記の毛細管現象を利用する潤滑装置 60 では、通常のグリース潤滑以上の速度で運転する場合にはスターベーションが発生しやすい。このため、この潤滑装置 60 でも水素が侵入しやすくなるので水素脆性起因の早期はく離が発生する可能性が高くなる。しかしながら、本発明の一実施の形態の転がり軸受を適用することで、水素脆性起因の早期はく離を抑制できる。

【0218】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図 11 に示すように、車輪 120 の回転側部材と、回転側部材の外周面に対向するように配置される固定側部材とをさらに備え、回転側部材を固定側部材に対して回転可能に支持していてもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命な車輪用転がり軸受を提供することができる。また、軸受が振動する条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命な車輪用転がり軸受を提供することができる。

【0219】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図 13 に示すように、オルタネータ 200 の主軸 201 と、主軸 201 の外周面に対向するように配置されるハウジング 205 とをさらに備え、主軸 201 をハウジング 205 に対して回転可能に支持していてもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なオルタネータ用転がり軸受を提供することができる。特に急加減速条件下で接触要素間にすべりが生じる影響により水素脆性起因の早期はく離が起きやすい使用条件下において、水素脆性起因の早期はく離を抑制することにより長寿命なオルタネータ用転がり軸受を提供することができる。また、サーペンタイン化に伴う負荷荷重の増加および荷重変動

の増大によって従来よりもすべりが誘発される条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命なオルタネータ用転がり軸受を提供することができる。

【0220】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図14に示すように、主軸218と、主軸218の外周面に対向するように配置されるプーリ本体211とをさらに備え、主軸218をプーリ本体211に対して回転可能に支持していてもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なプーリ用転がり軸受を提供することができる。また、サーペントイン化に伴う負荷荷重の増加および荷重変動の増大によって従来よりもすべりが誘発される条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命なプーリ用転がり軸受を提供することができる。

10

【0221】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図15に示すように、カーエアコン電磁クラッチプーリ237と、カーエアコン電磁クラッチプーリ237の内周面に対向するように配置されるプーリ用軸受支持部材234とをさらに備え、カーエアコン電磁クラッチプーリ237をプーリ用軸受支持部材234に対して回転可能に支持していてもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命なカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受を提供することができる。また、サーペントイン化に伴う負荷荷重の増加および荷重変動の増大によって従来よりもすべりが誘発される条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、長寿命なカーエアコン電磁クラッチプーリ用転がり軸受を提供することができる。

20

【0222】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、図16に示すように、無段変速機240のプーリ軸241と、プーリ軸241の外周面に対向するように配置されるハウジング246とをさらに備え、プーリ軸241をハウジング246に対して回転可能に支持していてもよい。これにより、水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので、軸受に水が混入する条件下、すべりを伴う条件下、通電が起きる条件下などの厳しい使用条件下においても長寿命な無段変速機用転がり軸受を提供することができる。また、軸受のアキシアルすきまを抑えるために軸受内外輪の溝曲率が小さく設定されたことにより軸受運転時の差動すべりが大きくなる条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命な無段変速機用転がり軸受を提供することができる。

30

【0223】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、図17に示すように、シェル形針状ころ軸受250であってもよい。シェル形針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下、特に、電磁クラッチの切り替えにより急加減速する自動車のエアーコンプレッサの支持に用いられる場合、始動時の加速が早いABSポンプの支持に用いられる場合、汎用エンジンのコンロッドの大端に用いられる場合などに、転動体にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命なシェル形針状ころ軸受250を提供することができる。

40

【0224】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、図18に示すように、ソリッド形針状ころ軸受260であってもよい。ソリッド形針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下、特に、電磁クラッチの切り替えにより急加減速する自動車のエアーコンプレッサの支持に用いられる場合、始動時の加速が早いトランスミッションの支持に用いられる場合、汎用エンジンのコンロッドの大端に用いられる場合などに、接触要素間にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命なソリッド形針状ころ軸受260を提供することができる。

50

【 0 2 2 5 】

また、本発明の一実施の形態の転がり軸受は、図 1 9 に示すように、スラスト針状ころ軸受 2 7 0 であってもよい。スラスト針状ころ軸受は、転動体内外の周速差により、運転中は絶えず転動輪との間にすべりが生じており、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。スラスト針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下でも水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命なスラスト針状ころ軸受 2 7 0 を提供することができる。

【 0 2 2 6 】

また、本発明の一実施の形態の針状ころ軸受は、図 2 0 および図 2 1 に示すように、保持器 2 5 3 を含んでいてもよい。保持器付き針状ころ軸受は、急加減速などのすべりを伴う条件下、特に、始動時の加速が速い自動車のトランスミッションのアイドル軸受として用いられる場合、C V T の遊星ピニオン支持軸受として用いられる場合、二輪エンジンや汎用エンジンのコンロッドの大端用軸受として用いられる場合などに、転動体にすべりが生じやすく、水素脆性起因の早期はく離が起きることがある。本発明の一実施の形態の転がり軸受によれば、このような条件下においても水素脆性起因の早期はく離を抑制できるので長寿命な保持器付き針状ころ軸受 2 8 0 を提供することができる。

【実施例】

【 0 2 2 7 】

以下、本発明の実施例について説明する。

(実施例 1)

本発明の転がり軸受の軌道部材および転動体の機械的特性を評価するため、下記の試験を行なった。以下、各試験の試験手順、試験条件、試験結果について説明する。本発明の S U J 2 は、J I S 規格 S U J 2 の化学成分を有してればよいが、本実施例では一例として表 1 に示す化学成分を有する S U J 2 を試験片とした。本実施例の S U J 2 には化学成分として、C (炭素)、S i (珪素)、M n (マンガン)、P (リン)、S (硫黄)、C r (クロム)、M o (モリブデン)、N i (ニッケル)、C u (銅)、A l (アルミニウム)、T i (チタン)、O (酸素) が含まれている。

【 0 2 2 8 】

【表 1】

(単位:質量%)

C	Si	Mn	P	S	Cr
1.00	0.17	0.38	0.014	0.005	1.37
Mo	Ni	Cu	Al	Ti	O
0.03	0.07	0.12	0.012	0.0018	0.0004

【 0 2 2 9 】

(1) 圧痕付け試験

直径 1 2 m m、幅 2 m m で幅面が粒径 1 μ m のダイヤモンドペーストで鏡面に最終仕上げされた円板状の複数の試験片を作成した。熱処理は、複数の試験片に対して、それぞれ 8 5 0 の R X ガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中で 1 8 0 分間加熱し窒化処理を施して焼入した。その後、各試験片に対して、それぞれ 1 8 0 から 3 2 0 の複数の焼戻温度で 1 2 0 分間の焼戻を施した。その後、各試験片の幅面の平面部分に直径 1 9 . 0 5 m m の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を弾性ヘルツ接触計算で最大接触面圧が 4 . 4 G P a となる荷重 3 . 1 8 k N で押し付け、1 0 秒間保持した後に除荷することにより試験片に形成された圧痕の深さを測定した。なお、弾性ヘルツ接触計算では、S U J 2 のヤング率とポアソン比とは、実測値で焼戻温度に依存しなかった 2 0 4 G P a と 0 . 3 とを用いた。S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球のヤング率とポアソン比も、2 0 4 G P a と 0

．３とを用いた。表２および図２２に試験結果を示し、焼戻温度と圧痕深さとの関係を示す。

【０２３０】

【表２】

焼戻温度[°C]	圧痕深さ[μm]
180	0.826
200	0.524
220	0.328
240	0.19
260	0.141
280	0.134
300	0.186
320	0.244

10

【０２３１】

図２２を参照して、２６０ 付近の焼戻で最も圧痕が浅くなった。すなわち、転がり軸受の軌道部材と転動体との接触要素間に作用する実用最大接触面圧以下では、焼戻温度２６０ 付近で最も塑性変形しにくくなるといえる。目安として、圧痕深さが０．２μm以下となる焼戻温度である、２４０ 以上３００ 以下の範囲であれば塑性変形しにくいといえる。原子空孔は塑性変形によって、つまり転位の相互作用で生成するので、塑性変形しにくい方が耐水素脆性に優れる。したがって、２４０ 以上３００ 以下の範囲で耐水素脆性に優れていることがわかった。

20

【０２３２】

（２）ＨＲＣ（ロックウェルＣスケール）硬さ試験

硬さは焼戻温度の上昇につれて低下するのは周知のことであるが、これは硬さ測定では極めて大きな塑性変形を与えるからである。たとえば、鋼のＨＲＣ（ロックウェルＣスケール）硬さ測定（先端半径０．２mmの円錐ダイヤモンド圧子、押し込み荷重は１５０kgf）における弾性ヘルツ接触計算での最大接触面圧は６３．８GPaにもなる。なお、弾性ヘルツ接触計算では、鋼のヤング率とポアソン比は２０４GPaと０．３とを用い、圧子のヤング率とポアソン比とは１１４１GPaと０．０７とを用いた。

30

【０２３３】

上記（１）圧痕付け試験と同じ寸法であり、かつ同じ条件で熱処理された試験片のＨＲＣ硬さを測定した。表３および図２３に試験結果を示し、焼戻温度とＨＲＣ硬さとの関係を示す。

【０２３４】

【表 3】

焼戻温度[°C]	硬度[HRC]
180	64.5
200	63.9
220	63.8
240	63.3
260	62.9
280	61.8
300	61.2
320	60.4
340	59.7

10

【0235】

図23を参照して、焼戻温度が240 以上300 以下の範囲におけるHRC硬さはHRC61.2以上HRC63.3以下となった。

【0236】

(3) 表面窒化濃度測定試験

20

表面窒化濃度についてElectron Probe Micro Analyzer (EPMA)によって測定した。具体的には表4に示す測定条件で測定した。つまり、測定機器の型式として島津製作所製EPMA-1600を用いて、加速電圧15kV、スポット径2 μ m、測定間隔2 μ m、測定時間1sec(秒)で測定した。

【0237】

【表 4】

型式	島津製作所製 EPMA-1600
加速電圧	15kV
スポット径	2 μ m
測定間隔	2 μ m
測定時間	1sec

30

【0238】

測定方法としては、上記(1)圧痕付け試験と同じ寸法であり、かつ同じ条件で熱処理された試験片を表面と内部とが断面に現れるように切断した。切断された試験片TPを図24に示すように樹脂REに埋め込み、鏡面研磨を行った。続いて、研磨した表面を脱脂した。その後、図24中矢印方向(試験片の表面側TPSから内部に向かう方向)にEPMAによって鋼中の窒素濃度分布を測定した。これにより、転走面に相当する試験片において表面からの深さ方向の窒素濃度分布を測定した。表5および図25に試験結果を示し、窒素濃度と表面からの深さとの関係を示す。なお表5および図25は、便宜のため測定された値の一部で作成されている。

40

【0239】

【表 5】

表面からの深さ (mm)	窒素濃度 (質量%)	表面からの深さ (mm)	窒素濃度 (質量%)	表面からの深さ (mm)	窒素濃度 (質量%)
0.00	0.3561	0.19	0.0687	0.40	0.0158
0.006	0.3991	0.20	0.0527	0.41	-0.0032
0.01	0.3225	0.21	0.0713	0.42	-0.0122
0.02	0.3209	0.22	0.0617	0.43	0.0013
0.03	0.2318	0.23	0.0305	0.44	0.0145
0.04	0.1699	0.24	0.0536	0.45	-0.0019
0.048	0.2045	0.25	0.0337	0.46	-0.0109
0.05	0.1403	0.26	0.0341	0.47	0.0058
0.06	0.1201	0.27	0.0280	0.48	0.0019
0.07	0.1506	0.28	0.0119	0.49	-0.0225
0.08	0.1397	0.29	0.0402	0.50	0.0013
0.09	0.1278	0.30	0.0174	0.55	0.0010
0.10	0.1195	0.31	0.0097	0.60	0.0003
0.11	0.1140	0.32	0.0016	0.65	-0.0260
0.12	0.0941	0.33	-0.0038	0.70	0.0016
0.13	0.0883	0.34	0.0109	0.75	-0.0061
0.14	0.0886	0.35	0.0013	0.80	-0.0045
0.15	0.0963	0.36	0.0292	0.85	-0.0151
0.16	0.0992	0.37	-0.0042	0.89	-0.01025
0.17	0.0575	0.38	0.0241	0.892	-0.0070
0.18	0.0581	0.39	0.0193		

10

20

30

【0240】

表5および図25を参照して、この試験片では表面の窒素濃度は、0.4質量%程度となった。ここで、表面とは表面からの深さが0から0.01mmまでの範囲である。窒素濃度は、表面から深くなるにつれて小さくなる。窒化濃度は、表面からの深さが0.048mmで0.2質量%程度となり、表面からの深さが0.31mmで0.0097質量%と非常に小さくなり、表面からの深さが0.41mm以上では略0になった。

【0241】

(4) 水混入油中での転がり疲労試験

水が混入する転がり接触条件下では水が分解することにより水素が発生し、それが鋼中に侵入して早期はく離が起きる。そこで水混入油中での転がり疲労試験を行った。

40

【0242】

図26を参照して、テーパ形状外輪試験片80を作成した。テーパ形状外輪試験片80の寸法は、幅W14mm(公差+0、-0.01mm)、外径ODφ72mm(公差+0、-0.01mm)、テーパ形状が狭まる側の内径ID1φ51.19mm(公差±0.025mm)、テーパ形状が広がる側の内径ID2φ67.12mm(公差±0.025mm)およびテーパ形状間の対向する角度A59.3°(公差±0.5°)である。熱処理後は研削仕上げを行い、内径軌道面は面粗さRq(二乗平均粗さ)0.03μmに超仕上げを行った。

50

【 0 2 4 3 】

熱処理は、850 のRXガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中で180分間加熱し窒化処理を施して焼入した。その後、実施例では、上記(1)圧痕付け試験で最も圧痕が付きにくかった焼戻温度である260で120分間の焼戻を施した。一方、実施例と比較するための比較例では、標準焼戻温度である180で120分間の焼戻を施した。

【 0 2 4 4 】

図27を参照して、試験は、テーパ形状外輪試験片80にアンギュラ玉軸受(JIS規格7306B)の内輪81、13個の鋼球82、保持器83を組み合わせて行った。アンギュラ玉軸受の内輪81と鋼球82とはSUJ2標準焼入焼戻品である。水混入油は、ISO VG100の無添加タービン油(密度 0.887 g/cm^3 、40での動粘度 $100.9\text{ mm}^2/\text{s}$ 、100での動粘度 $11.68\text{ mm}^2/\text{s}$)に7質量%(公差 ± 0.01 質量%)の純水を混入して作成した。水混入油作成後、水が蒸発しないように食品包装用の薄いフィルムで封をし、2時間以上スターラーで攪拌した。その後、その水混入油で試験を行なった。水混入油は60mL注入した。図27に示すようにテーパ形状のため図中矢印Yの方向に水混入油の流れが生じる。図示しないハウジングに設けた水混入油の出入口をナイロンチューブでつないで水混入油を循環させた。

【 0 2 4 5 】

アキシャル荷重 F_a (2.94kN)のみを作用させ、1分間に2733回転の回転数で内輪を回転させた。このときの弾性ヘルツ接触計算での外輪と鋼球間の最大接触面圧は3GPaである。なお、弾性ヘルツ接触計算では、テーパ形状外輪試験片80およびSUJ2製鋼球82のヤング率とポアソン比は、204GPaと0.3とした。水混入を無視した弾性流体潤滑計算での外輪と鋼球間の油膜パラメータは約3である。ただし、鋼球の面粗さは、実測値 R_q で $0.0178\text{ }\mu\text{m}$ で一定とした。テーパ形状外輪試験片80単体の計算寿命 L_{10h} は、2円筒モデルに変換して計算すると2611時間である。ただし、すべりの影響は無視した。はく離の検出は振動計で行った。試験は20時間行い、その間にはく離しなければ、新たに作製した水混入油に交換した。はく離が生じるまで、20時間の試験と水混入油の交換を繰り返した。

【 0 2 4 6 】

試験は実施例、比較例ともに5個ずつ行った。はく離はすべてテーパ形状外輪試験片80に生じ、すべて表層内部を起点とする形態であった。SUJ2製鋼球82は標準焼入焼戻品だが、はく離は生じなかった。これはテーパ形状外輪試験片80に比べて鋼球82は有効負荷体積が大きいためと考えられる。

【 0 2 4 7 】

表6に試験結果を示し、実施例と比較例のはく離寿命を2母数ワイブル分布に当てはめて求めた L_{10} 、 L_{50} およびワイブルスロープ(形状母数) e を示す。

【 0 2 4 8 】

【表6】

	実施例	比較例
L_{10} (時間)	560.3	42.8
L_{50} (時間)	1310.6	90.4
e	2.22	2.52

【 0 2 4 9 】

比較例の L_{10} は42.8時間であり、計算寿命 L_{10h} である2611時間の約60分の1であった。それに対し、実施例の L_{10} は、560.3時間と計算寿命 L_{10h} にはおおよばなかったものの、比較例に対して約13倍の長寿命を示した。このことから実施例は水素脆性起因の早期はく離を起きにくくする効果を有することがわかった。

【 0 2 5 0 】

(実施例 2)

本発明の転がり軸受の J I S 規格 S U J 2 からなる転動体が窒化処理されていない場合の転動体の機械的特性を評価するため、以下、各試験の試験手順、試験条件、試験結果について説明する。なお、上記の実施例 1 と同様の事項について、下記に示す以外の事項は説明を繰り返さない。本発明の転がり軸受の転動体を構成する S U J 2 は、J I S 規格 S U J 2 の化学成分を有してればよいが、本実施例では一例として表 1 に示す化学成分を有する S U J 2 を試験片とした。

【0251】

(1) 圧痕付け試験

直径 12 mm、幅 2 mm で幅面が粒径 1 μ m のダイヤモンドペーストで鏡面に最終仕上げされた円板状の複数の試験片を作成した。熱処理は、複数の試験片に対して、それぞれ 850 の R X ガス雰囲気中で 80 分間加熱してずば焼入を施した。その後、各試験片に対して、それぞれ 180 から 350 の複数の焼戻温度で 120 分間の焼戻を施した。その後、各試験片の幅面の平面部分に直径 19.05 mm の S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球を弾性ヘルツ接触計算で最大接触面圧が 3.8 G P a となる荷重 1.97 k N で押し付け、10 秒間保持した後に除荷することにより試験片に形成された圧痕の深さを測定した。なお、弾性ヘルツ接触計算では、S U J 2 のヤング率とポアソン比とは、実測値で焼戻温度に依存しなかった 204 G P a と 0.3 とを用いた。S U J 2 製標準転がり軸受用鋼球のヤング率とポアソン比も、204 G P a と 0.3 とを用いた。表 7 および図 28 に試験結果を示し、焼戻温度と圧痕深さとの関係を示す。

【0252】

【表 7】

焼戻温度[°C]	圧痕深さ[μ m]
180	0.355
200	0.262
240	0.173
260	0.17
280	0.196
300	0.238
350	0.507

【0253】

図 28 を参照して、260 付近の焼戻で最も圧痕が浅くなった。すなわち、転がり軸受の軌道部材と転動体との接触要素間に作用する実用最大接触面圧以下では、焼戻温度 260 付近で最も塑性変形しにくくなるといえる。目安として、圧痕深さが 0.2 μ m 以下となる焼戻温度である、240 以上 280 以下の範囲であれば塑性変形しにくいといえる。原子空孔は塑性変形によって、つまり転位の相互作用で生成するので、塑性変形しにくい方が耐水素脆性に優れる。したがって、240 以上 280 以下の範囲で耐水素脆性に優れていることがわかった。

【0254】

(2) H R C (ロックウェル C スケール) 硬さ試験

上記 (1) 圧痕付け試験と同じ寸法であり、かつ同じ条件で熱処理された試験片の H R C 硬さを測定した。表 8 および図 29 に試験結果を示し、焼戻温度と H R C 硬さとの関係を示す。

【0255】

【表 8】

焼炭温度[°C]	硬度[HRC]
180	61.8
200	60.5
240	58.9
260	57.8
280	57.0
350	54.0

10

【0256】

図29を参照して、焼炭温度が240 以上280 以下の範囲におけるHRC硬さはHRC57.0以上HRC58.9以下となった。

【0257】

(3) 水混入油中での転がり疲労試験

図26に示すテーパ形状外輪試験片80を作成した。実施例1とは熱処理が異なっている。熱処理は、850 のRXガス雰囲気中で80分間加熱してすぐ焼入を施した。その後、実施例では、上記(1)圧痕付け試験で最も圧痕が付きにくかった焼炭温度である260 で120分間の焼炭を施した。一方、実施例と比較するための比較例では、標準焼炭温度である180 で120分間の焼炭を施した。

20

【0258】

実施例1と同様に、図26を参照して、試験は、テーパ形状外輪試験片80にアンギュラ玉軸受(JIS規格7306B)の内輪81、13個の鋼球82、保持器83を組み合わせて行った。これらを用いて、実施例1と同様の試験を行った。本実施例では5質量%(公差 ± 0.01 質量%)の純水を混入して水混入油を作成した。これ以外については実施例1と同様の条件で試験を行った。

【0259】

表9に試験結果を示し、本実施例と比較例のはく離寿命を2母数ワイブル分布に当てはめて求めた L_{10} 、 L_{50} およびワイブルスロープ(形状母数)eを示す。

30

【0260】

【表 9】

	実施例	比較例
L_{10} (時間)	517.3	33.7
L_{50} (時間)	1268.2	84.1
e	2.10	2.06

40

【0261】

比較例の L_{10} は33.7時間であり、計算寿命 L_{10h} である2611時間の約100分の1であった。それに対し、本実施例の L_{10} は、517.3時間と計算寿命 L_{10h} には及ばなかったものの、比較例に対して約15倍の長寿命を示した。このことから本実施例は水素脆性起因の早期はく離を起きにくくする効果を有することがわかった。

【0262】

なお、JIS規格SUJ2に規定された範囲の化学成分を有するSUJ2において、実施例1および実施例2と同様の試験結果が得られることを確認した。

【0263】

上記の本発明の一実施の形態は適時組み合わせられる。

50

今回開示された実施の形態および実施例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を意図される。

【産業上の利用可能性】

【0264】

本発明は、軌道部材および転動体のうち少なくとも1つの軸受部材がJIS規格S U J 2からなる転がり軸受および転がり軸受の製造方法に特に有利に適用され得る。

【符号の説明】

【0265】

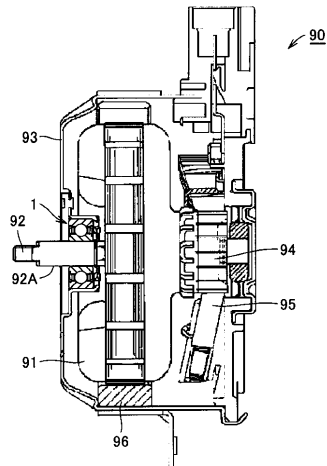
1 グリース封入深溝玉軸受、10, 30, 50 アンギュラ玉軸受、11, 261 外輪、11A 外輪転走面、11b 段差面、12 内輪、12A 内輪転走面、12B 斜面部、13 玉、13A 玉転走面、14, 253 保持器、15 シール部材、16 グリース組成物、20 円筒ころ軸受、23A ころ転走面、31 潤滑油導入部材、31a 鏝状部、31b シール部、31c 潤滑油供給路、31d 吐出口、31e 排油円周溝、32 蓋部材、33 内輪間座、34 油受け円周溝、40, 60 潤滑装置、61 間座、62 グリース溜まり形成部材、62a 先端部、63 グリース溜まり部、64 流路、65 隙間、66 テーパ面、80 テーパ形状外輪試験片、81 内輪、82 鋼球、83 保持器、90, 103 モータ、91 ロータ、92, 101, 223 主軸、92A 外周面、93 フレーム、94 整流子、95 ブラシ、96 ステータ、100 工作機械、101A 外周面、101B 先端、102, 221 ハウジング、102A 内壁、103A モータステータ、103B モータロータ、110 複列アンギュラ玉軸受、111 ホイール、112 タイヤ、113 ハブ輪、114 ナックル、115 磁気エンコーダ、116 磁気センサ、120 車輪、200 オルタネータ、201, 218 シャフト、202 ロータ、203 ステータ、204 プーリ、205 ハウジング、210 プーリ、211 プーリ本体、220 コンプレッサ、222 斜板、224 ピストン、225 回転部材、226 ピストンロッド、230 コンプレッサ用プーリ機構、231 回転部材・プーリ支持部材軸受、232 主軸支持軸受、233 斜板支持軸受、234 プーリ用軸受支持部材、235 クラッチ用電磁石、236 動力伝達部材、237 カーエアコン電磁クラッチプーリ、240 ベルト式無段変速機、241 プライマリプーリ軸、242 プライマリプーリ、242a プライマリプーリ固定シープ、242b プライマリプーリ可動シープ、243 セカンダリプーリ軸、244 セカンダリプーリ、244a セカンダリプーリ固定シープ、244b セカンダリプーリ可動シープ、245 無端ベルト、246 ケーシング、250 シェル形針状ころ軸受、251 シェル外輪、251a 鏝部、252 針状ころ、260 ソリッド形針状ころ軸受、270 スラスト針状ころ軸受、271 軌道盤、271a 軌道盤外径部、271b 軌道盤突出部、280 保持器付き針状ころ軸受。

10

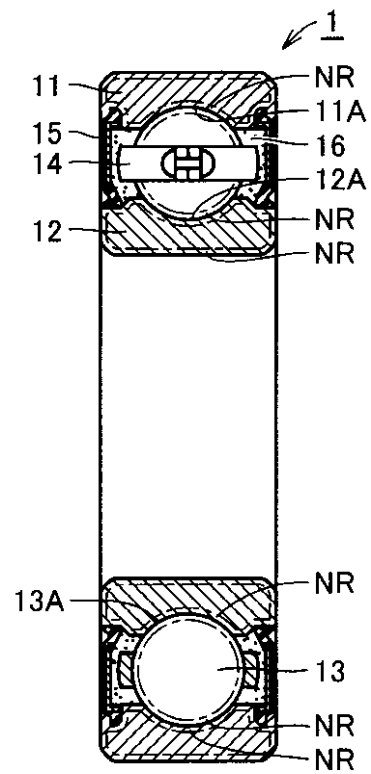
20

30

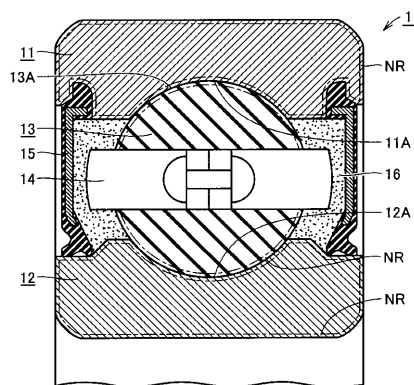
【図 1】



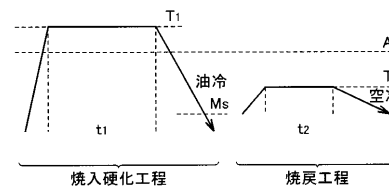
【図 2】



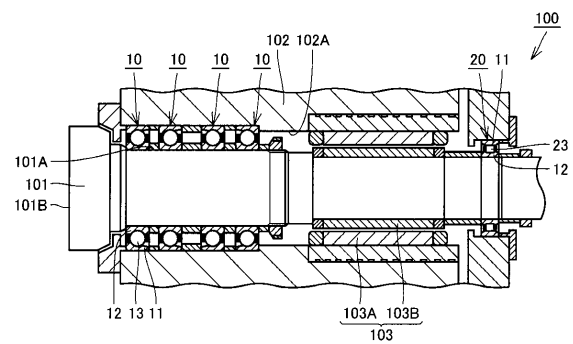
【図 3】



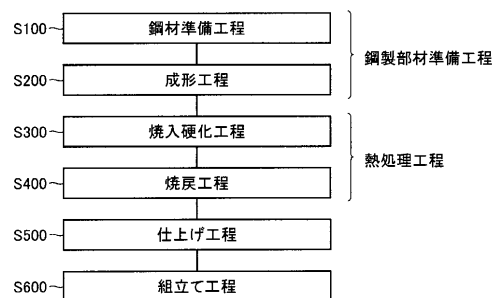
【図 5】



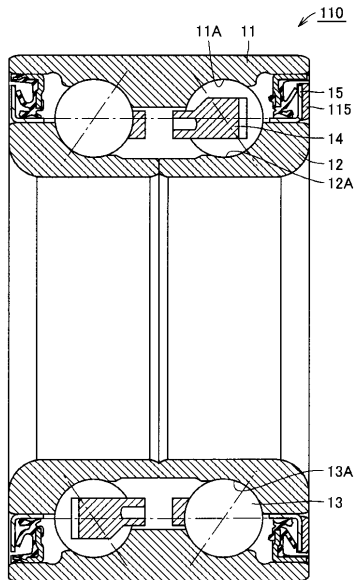
【図 6】



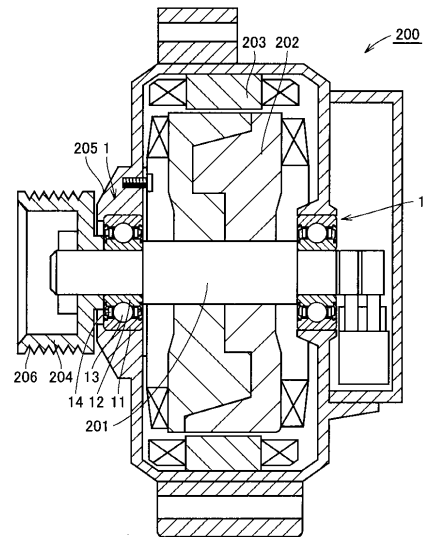
【図 4】



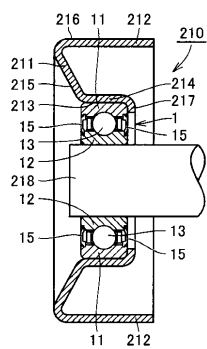
【図 1 2】



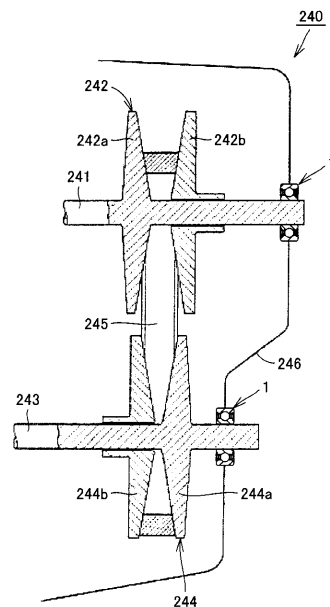
【図 1 3】



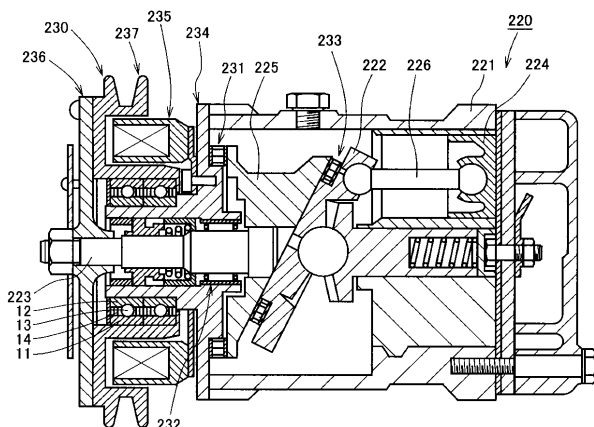
【図 1 4】



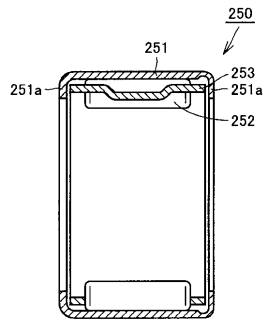
【図 1 6】



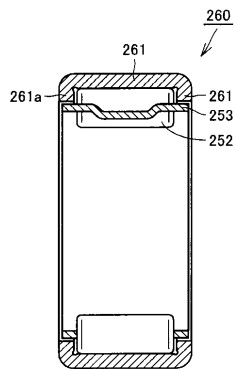
【図 1 5】



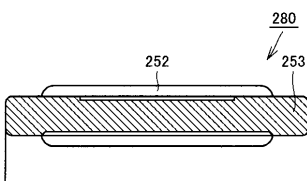
【図 17】



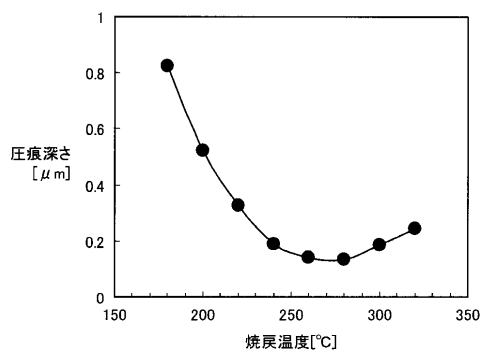
【図 18】



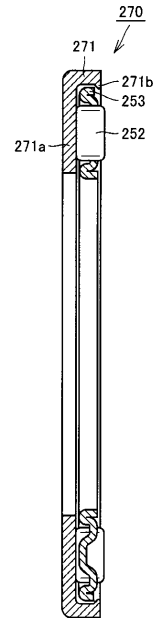
【図 21】



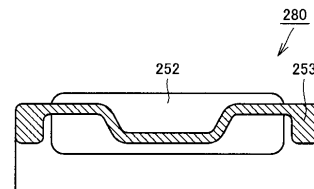
【図 22】



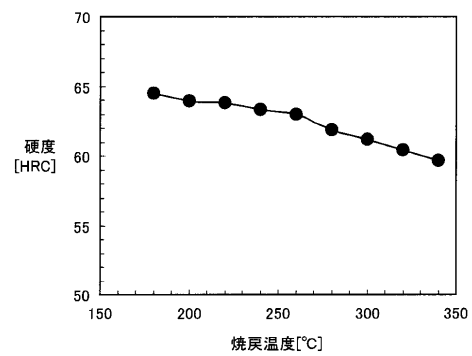
【図 19】



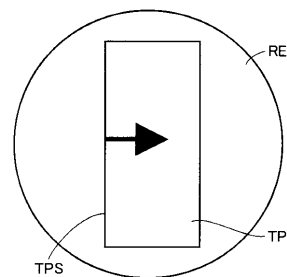
【図 20】



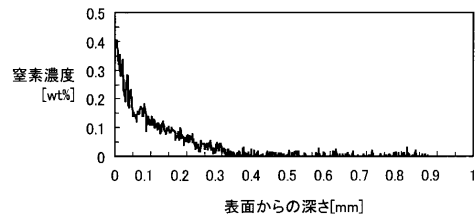
【図 23】



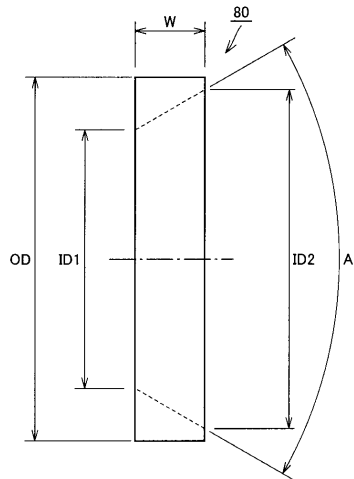
【図 24】



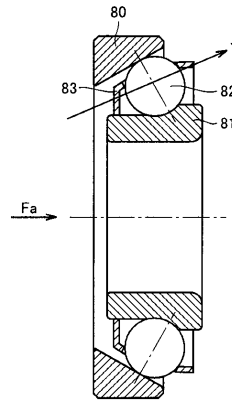
【図 25】



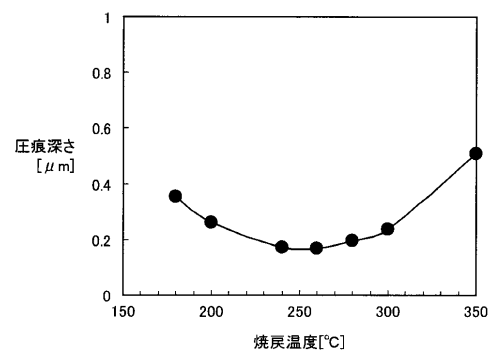
【図 26】



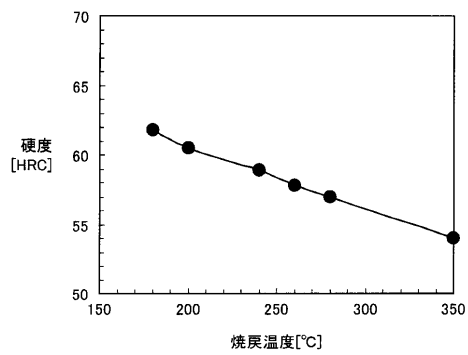
【図 27】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
C 2 1 D	9/40	(2006.01)	C 2 1 D	9/40	A			
C 2 1 D	1/06	(2006.01)	C 2 1 D	1/06	A			
C 2 1 D	1/76	(2006.01)	C 2 1 D	1/76	M			
F 1 6 C	33/62	(2006.01)	F 1 6 C	33/62				
F 1 6 C	19/22	(2006.01)	F 1 6 C	19/22				

F ターム(参考)	3J701	AA03	AA13	AA32	AA42	AA43	AA52	AA53	AA54	AA62	BA09
		BA10	BA34	BA44	DA02	EA03	EA10	EA41	EA63	FA31	GA24
		GA29	GA31	XB01	XB34	XB42	XE01	XE17	XE30		
	4K042	AA22	BA02	BA03	BA08	CA15	DA01	DA02	DA06	DC02	DC03
		DC04	DD03	DE02							