

(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2009-222139

(P2009-222139A)

(43) 公開日 平成21年10月1日(2009.10.1)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 C 33/64 (2006.01)	F 1 6 C 33/64	3 J 0 1 2
F 1 6 C 19/06 (2006.01)	F 1 6 C 19/06	3 J 7 0 1
F 1 6 C 23/08 (2006.01)	F 1 6 C 23/08	
F 1 6 C 33/66 (2006.01)	F 1 6 C 33/66	
F 1 6 C 33/32 (2006.01)	F 1 6 C 33/32	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-67494 (P2008-67494)	(71) 出願人	000004204
(22) 出願日	平成20年3月17日 (2008.3.17)		日本精工株式会社
			東京都品川区大崎1丁目6番3号
		(74) 代理人	100066980
			弁理士 森 哲也
		(74) 代理人	100075579
			弁理士 内藤 嘉昭
		(74) 代理人	100103850
			弁理士 崔 秀▲てつ▼
		(72) 発明者	大井 三佳
			神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号
			日本精工株式会社内
		Fターム(参考)	3J012 AB03 BB01 DB02 FB10 HB01
		最終頁に続く	

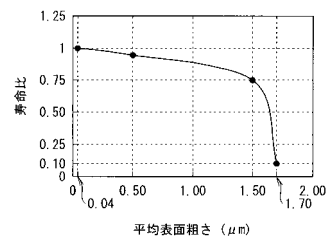
(54) 【発明の名称】 転がり軸受、調心輪付き転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】耐食性が高く、高荷重下での転がり寿命の長い転がり軸受と、スムーズな調心性を確保しながら安価に製造できる調心輪付き転がり軸受を提供する。

【解決手段】Ni - Cr - Al合金製または析出硬化型ステンレス鋼製の内輪1および外輪2の軌道面の平均表面粗さ(Ra)を、0.04 μm以上1.50 μm以下にする。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Cr (クロム) 含有率が 30.0 質量%以上 45.0 質量%以下、Al (アルミニウム) 含有率が 1.5 質量%以上 5.0 質量%以下、残部が不可避免の不純物および Ni (ニッケル) からなる Ni - Cr - Al 合金で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 55 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm 以上 1.50 μm 以下とされた内輪および外輪と、

セラミックス製転動体と、を備えた転がり軸受。

【請求項 2】

Si (珪素) 含有率が 3.0 質量%以上 5.0 質量%以下、C (炭素) 含有率が 0.05 質量%以下、Mn (マンガン) 含有率が 2.0 質量%以下、Ni (ニッケル) 含有率が 5.0 質量%以上 10.0 質量%以下、Cr (クロム) 含有率が 6.0 質量%以上 12.0 質量%未満であり、残部が、析出硬化に寄与する元素からなる添加物、不可避免の不純物、および Fe (鉄) である析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 54 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm 以上 1.50 μm 以下とされた内輪および外輪と、

セラミックス製転動体と、を備えた転がり軸受。

【請求項 3】

球面状外周面を有する外輪と、この外輪の外周面に外嵌する球面状内周面を有する調心輪と、を備えた調心輪付き転がり軸受であって、

前記調心輪の内周面には、幅方向の中心より一方の側に、周方向で等間隔に外輪挿入用の切欠きを有し、

前記調心輪の球面状内周面の曲率半径と前記外輪の球面状外周面の曲率半径は同じであり、前記調心輪の球面状内周面の平均表面粗さ (Ra) と前記外輪の球面状外周面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm 以上 1.50 μm 以下である調心輪付き転がり軸受。

【請求項 4】

請求項 3 記載の調心輪付き転がり軸受であって、

内輪および外輪は、Cr (クロム) 含有率が 30.0 質量%以上 45.0 質量%以下、Al (アルミニウム) 含有率が 1.5 質量%以上 5.0 質量%以下、残部が不可避免の不純物および Ni (ニッケル) からなる Ni - Cr - Al 合金で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 55 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm 以上 1.50 μm 以下であり、転動体はセラミックス製である調心輪付き転がり軸受。

【請求項 5】

請求項 3 記載の調心輪付き転がり軸受であって、

内輪および外輪は、Si (珪素) 含有率が 3.0 質量%以上 5.0 質量%以下、C (炭素) 含有率が 0.05 質量%以下、Mn (マンガン) 含有率が 2.0 質量%以下、Ni (ニッケル) 含有率が 5.0 質量%以上 10.0 質量%以下、Cr (クロム) 含有率が 6.0 質量%以上 12.0 質量%未満であり、残部が、析出硬化に寄与する元素からなる添加物、不可避免の不純物、および Fe (鉄) である析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 54 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm 以上 1.50 μm 以下であり、転動体はセラミックス製である調心輪付き転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、転がり軸受と調心輪付き転がり軸受に関する。

【背景技術】

【0002】

下記の特許文献 1 には、耐食性と耐久性に優れた転がり軸受として、内輪と外輪と転動体の少なくとも一つがオーステナイト系ステンレス鋼で構成され、且つその表面に Hv 650 以上の浸炭硬化層が形成されたものが記載されている。また、この浸炭硬化層をオー

10

20

30

40

50

ステナイト系ステンレス鋼表面のCr酸化膜（不動態）を除去した後に形成することで、優れた耐食性と耐久性が同時に得られると記載されている。

【0003】

下記の特許文献2には、より厳しい荷重条件でも高い耐食性を得るために、内輪と外輪を、Cr（クロム）含有率が30.0質量%以上45.0質量%以下、Al（アルミニウム）含有率が1.5質量%以上5.0質量%以下、残部が不可避的不純物およびNi（ニッケル）からなるNi-Cr-Al合金で形成して、その硬さをHRC55以上とし、転動体の転動面にポリテトラフルオロエチレンからなる樹脂被膜を形成することが記載されている。しかし、特許文献2に記載された転がり軸受には、転がり寿命の点で改善の余地がある。

10

【0004】

下記の特許文献3には、より厳しい荷重条件でも高い耐食性を得るために、内輪と外輪を、0.05%以下の炭素と、3.0~5.0%の珪素と、2%以下のマンガンと、5~10%のニッケルと、6~12%（ただし12%を除く）のクロムと、0.2~1%のモリブデンと、0.5~3%の銅と、残部鉄とからなる析出硬化型高珪素二相ステンレス鋼を用いて形成し、転動体をこの析出硬化型高珪素二相ステンレス鋼もしくはセラミックスで形成し、保持器を金属製または耐熱合成樹脂製とすることが記載されている。

この析出硬化型高珪素二相ステンレス鋼は、珪素系の微細な金属酸化物を熱処理（時効硬化）により析出させることで硬さを向上させている。よって、析出物の大きさや形状または析出物間距離などが不揃いな不均一組織となる場合が多く、特許文献3に記載された転がり軸受には、転がり寿命の点で改善の余地がある。

20

【0005】

下記の特許文献4には、球面状外周面を有する外輪と、この外輪の外周面に外嵌する球面状内周面を有する調心輪と、を備えた調心輪付き転がり軸受に関して、前記外輪の球面状外周面の曲率半径を、前記調心輪の球面状内周面の曲率半径の95~99%に設定することが記載されている。このように設定することにより、荷重負荷時であっても容易且つ確実に調心することができると記載されている。

しかし、この場合には、外輪と調心輪が点接触になるため、接触点の面圧が高くなって局部的な摩耗が生じ易い。また、外輪の球面状外周面の曲率半径と調心輪の球面状内周面の曲率半径が異なることが、製造コストを上昇させる要因となっている。

30

【特許文献1】特開2001-330038号公報

【特許文献2】特開2005-172056号公報

【特許文献3】特許第2993829号公報

【特許文献4】特開2006-214467号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、耐食性が高く、高荷重下での転がり寿命の長い転がり軸受を提供することと、スムーズな調心性を確保しながら安価に製造できる調心輪付き転がり軸受を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は、Cr（クロム）含有率が30.0質量%以上45.0質量%以下、Al（アルミニウム）含有率が1.5質量%以上5.0質量%以下、残部が不可避的不純物およびNi（ニッケル）からなるNi-Cr-Al合金で形成された後、熱処理されて硬さがHRC55以上とされ、軌道面の平均表面粗さ（Ra）が0.04μm以上1.50μm以下とされた内輪および外輪と、セラミックス製転動体と、を備えた転がり軸受を提供する。

【0008】

本発明は、また、Si（珪素）含有率が3.0質量%以上5.0質量%以下、C（炭素

50

含有率が 0.05 質量%以下、Mn (マンガン) 含有率が 2.0 質量%以下、Ni (ニッケル) 含有率が 5.0 質量%以上 10.0 質量%以下、Cr (クロム) 含有率が 6.0 質量%以上 12.0 質量%未満であり、残部が、析出硬化に寄与する元素からなる添加物、不可避的不純物、および Fe (鉄) である析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 54 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μ m 以上 1.50 μ m 以下とされた内輪および外輪と、セラミックス製転動体と、を備えた転がり軸受を提供する。

【0009】

析出硬化型ステンレス鋼は、アルミニウム、銅などの元素 (析出硬化に寄与する元素) を少量添加し、熱処理によってこれらの元素の化合物などを析出させて硬化する性質をもたせたステンレス鋼であり、析出硬化に寄与する元素としては、モリブデン (Mo)、銅 (Cu)、ニオブ (Nb)、チタン (Ti)、タンタル (Ta) などが挙げられる。すなわち、析出硬化に寄与する元素は、所定の硬さを得るために適宜組み合わせ母材 (主な構成成分である Si、C、Mn、Ni、Cr、Fe の混合物) に添加される添加物である。また、前記主な構成成分と不可避的不純物だけでも熱処理されて硬さが HRC 54 以上となる場合には、析出硬化に寄与する元素を添加する必要がない。

【0010】

本発明は、また、球面状外周面を有する外輪と、この外輪の外周面に外嵌する球面状内周面を有する調心輪と、を備えた調心輪付き転がり軸受であって、前記調心輪の内周面には、幅方向の中心より一方の側に、周方向で等間隔に外輪挿入用の切欠きを有し、前記調心輪の球面状内周面の曲率半径と前記外輪の球面状外周面の曲率半径は同じ (製造許容差があるため、実際には、調心輪の球面状内周面の曲率半径 R_1 より外輪の球面状外周面の曲率半径 R_2 が小さい場合も含む。例えば、 $0.99R_1 \leq R_2 \leq R_1$) であり、前記調心輪の球面状内周面の平均表面粗さ (Ra) と前記外輪の球面状外周面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μ m 以上 1.50 μ m 以下である調心輪付き転がり軸受を提供する。

【0011】

本発明の調心輪付き転がり軸受は、Cr (クロム) 含有率が 30.0 質量%以上 45.0 質量%以下、Al (アルミニウム) 含有率が 1.5 質量%以上 5.0 質量%以下、残部が不可避的不純物および Ni (ニッケル) からなる Ni-Cr-Al 合金で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 55 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μ m 以上 1.50 μ m 以下とされた内輪および外輪と、セラミックス製の転動体とで構成することができる。

【0012】

本発明の調心輪付き転がり軸受は、また、Si (珪素) 含有率が 3.0 質量%以上 5.0 質量%以下、C (炭素) 含有率が 0.05 質量%以下、Mn (マンガン) 含有率が 2.0 質量%以下、Ni (ニッケル) 含有率が 5.0 質量%以上 10.0 質量%以下、Cr (クロム) 含有率が 6.0 質量%以上 12.0 質量%未満であり、残部が、析出硬化に寄与する元素からなる添加物、不可避的不純物、および Fe (鉄) である析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、熱処理されて硬さが HRC 54 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μ m 以上 1.50 μ m 以下であり内輪および外輪と、セラミックス製の転動体とで構成することができる。

【0013】

本発明の転がり軸受および調心輪付き転がり軸受を構成するセラミックス製の転動体としては、窒化珪素製、炭化珪素製、ジルコニア製の転動体が挙げられる。

保持器を備えている場合には、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (PFA)、テトラフルオロエチレン-エチレン共重合体 (ETFE)、ポリビニリデンフルオライド (PVDF)、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (FEP)、ポリクロロトリフルオロエチレン (PCTFE)、クロロトリフルオロエチレン-エチレン共重合体 (ECTFE)、ポリエーテルニトリル (PEN)、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK) などが挙げられる。

10

20

30

40

50

ＥＫ）、ポリエーテルエーテルケトンとポリベンゾイミダゾールとのコポリマー（ＰＥＥＫ－ＰＢＩ）、熱可塑性ポリイミド（ＴＰＩ）、熱可塑性芳香族ポリアミドイミド（ＴＰＡＩ）等の高分子材料からなるものが好ましい。

【００１４】

これらのうち、テトラフルオロエチレン－パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（ＰＦＡ）、テトラフルオロエチレン－エチレン共重合体（ＥＴＦＥ）、ポリビニリデンフルオライド（ＰＶＤＦ）、ポリエーテルエーテルケトン（ＰＥＥＫ）、ポリエーテルエーテルケトンとポリベンゾイミダゾールとのコポリマー（ＰＥＥＫ－ＰＢＩ）は、自己潤滑性に優れているために、腐食環境下で使用する場合に特に好ましい。

これらの高分子材料に固体潤滑剤（ＰＴＦＥ粉末、黒鉛、六方晶窒化ホウ素、フッ素雲母、メラミンヌレート、Ｎ－ラウロ・Ｌ－リジン、フッ化黒鉛、フッ化ピッチ、二硫化モリブデン等）や繊維状充填材が添加された樹脂組成物で形成された保持器を使用すると、自己潤滑性や耐久性に優れたものとなるため、より好ましい。

【発明の効果】

【００１５】

本発明の転がり軸受によれば、Ｎｉ－Ｃｒ－Ａｌ合金製または析出硬化型ステンレス鋼製の内輪および外輪の軌道面の平均表面粗さを０．０４μｍ以上１．５０μｍ以下とすることで、耐食性を高く、高荷重下での転がり寿命を長くすることができる。

本発明の調心輪付き転がり軸受によれば、調心輪の球面状内周面の曲率半径と前記外輪の球面状外周面の曲率半径を同じにして、調心輪の球面状内周面の平均表面粗さ（Ｒ_a）と前記外輪の球面状外周面の平均表面粗さ（Ｒ_a）を０．０４μｍ以上１．５０μｍ以下とすることで、スムーズな調心性を確保しながら安価に製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

以下、本発明の実施形態について説明する。

〔第１実施形態〕

図１はこの実施形態の転がり軸受を示す断面図である。この転がり軸受は、内輪１と、外輪２と、玉（転動体）３と、冠形の保持器４とからなる。

内輪１と外輪２は、Ｃｒ（クロム）含有率が３８．０質量％、Ａｌ（アルミニウム）含有率が３．８質量％、残部が不可避的不純物およびＮｉ（ニッケル）からなるＮｉ－Ｃｒ－Ａｌ合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがＨＲＣ５９とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ（Ｒ_a）が０．０４μｍ、０．５０μｍ、または１．５０μｍとされたものである。玉３は窒化珪素製であり、冠形の保持器４はＥＴＦＥ製である。

【００１７】

また、比較例として、内輪１および外輪２の軌道面を含む全表面の平均表面粗さ（Ｒ_a）を１．７０μｍとした以外は同じ構成として、転がり軸受を組み立てた。

このようにして組み立てた、内輪１および外輪２の平均表面粗さ（Ｒ_a）のみが異なる転がり軸受（呼び番号６００１）について、水道水中で回転試験（試験条件：荷重Ｆ_a＝１４．７Ｎ（１．５ｋｇｆ）、Ｆ_r＝２９．４Ｎ（３ｋｇｆ）、回転速度＝１８００ｍｉｎ⁻¹）を行い、振動値が初期値の３倍となるまでの回転時間を測定して、これを寿命とした。各値について、平均表面粗さ（Ｒ_a）が０．０４μｍの時の値を「１」とした寿命比を算出し、その結果を図２にグラフで示す。

【００１８】

この結果から分かるように、内輪１および外輪２の平均表面粗さ（Ｒ_a）が１．５０μｍ以下の転がり軸受では、寿命比が０．７５以上であったのに対して、内輪１および外輪２の平均表面粗さ（Ｒ_a）が１．７０μｍの転がり軸受では、寿命比が０．１０と低く、寿命が短かった。

したがって、窒化珪素製玉３と、ＥＴＦＥ製の冠形の保持器４を用い、Ｃｒ（クロム）含有率が３８．０質量％、Ａｌ（アルミニウム）含有率が３．８質量％、残部が不可避的不純物およびＮｉ（ニッケル）からなるＮｉ－Ｃｒ－Ａｌ合金で形成された後、時効処理

10

20

30

40

50

が施されて硬さがHRC59とされた内輪1および外輪2を用いた転がり軸受では、内輪1および外輪2の平均表面粗さ(Ra)を $1.50\mu\text{m}$ 以下とすることで、水道水中での転がり軸受の寿命を著しく長くできることが分かる。

【0019】

また、サンプルNo. 1-1として、図3に示す、内輪1と、外輪2と、玉(転動体)3と、波形の保持器4とからなる転がり軸受を作製した。内輪1と外輪2は、上記と同じNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.04\mu\text{m}$ とされたものを使用し、玉3は窒化珪素製のものを使用し、波形の保持器4はSUS304製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

10

【0020】

また、サンプルNo. 1-2として、図1に示す、内輪1と、外輪2と、玉(転動体)3と、冠形の保持器4とからなる転がり軸受を作製した。内輪1と外輪2は、上記と同じNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.04\mu\text{m}$ とされたものを使用し、玉3は炭化珪素製のものを使用し、冠形の保持器4はETFE製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

【0021】

また、サンプルNo. 1-3として、図1に示す、内輪1と、外輪2と、玉(転動体)3と、冠形の保持器4とからなる転がり軸受を作製した。内輪1と外輪2は、上記と同じNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が $1.50\mu\text{m}$ とされたものを使用し、玉3はジルコニア製のものを使用し、冠形の保持器4はPEEK製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

20

【0022】

また、サンプルNo. 1-4として、図3に示す、内輪1と、外輪2と、玉(転動体)3と、波形の保持器4とからなる転がり軸受を作製した。内輪1と外輪2は、上記と同じNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.50\mu\text{m}$ とされたものを使用し、玉3はSUS440C製のものを使用し、波形の保持器4はSUS304製で表面にPTFEがコーティングされたものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

30

【0023】

また、サンプルNo. 1-5として、図1に示す、内輪1と、外輪2と、玉(転動体)3と、冠形の保持器4とからなる転がり軸受を作製した。内輪1と外輪2は、SUS630製で、通常の熱処理が施されて硬さがHRC40とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.50\mu\text{m}$ とされたものを使用し、玉3は窒化珪素製のものを使用し、冠形の保持器4はETFE製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

このようにして測定した水道水中での各寿命値について、No. 1-2の値を「1」とした寿命比を算出した結果、各寿命比は、No. 1-1で0.50であり、No. 1-3で0.75であり、No. 1-4で0.15であり、No. 1-5で0.25であった。

40

【0024】

したがって、窒化珪素、炭化珪素、またはジルコニア製の玉3と、ETFEまたはPEEK製の冠形の保持器4あるいはSUS304製の波形の保持器4を用い、Cr(クロム)含有率が38.0質量%、Al(アルミニウム)含有率が3.8質量%、残部が不可避的不純物およびNi(ニッケル)からなるNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされて、平均表面粗さ(Ra)を $1.50\mu\text{m}$ 以下とした内輪1および外輪2を用いた転がり軸受(No. 1-1~1-3)は、上記と同じNi-Cr-Al合金で形成され硬さがHRC59とされて平均表面粗さ(Ra)を 0.50μ

50

mとした内輪1および外輪2とSUS440Cの玉3とSUS304製でPTFEコーティングされた波形の保持器4を用いた転がり軸受(No. 1-4)およびSUS630製で平均表面粗さ(Ra)を $0.50\mu\text{m}$ とした内輪1および外輪2と窒化珪素製の玉3とETFE製の冠形の保持器4を用いた転がり軸受(No. 1-5)よりも、水道水中での転がり軸受の寿命を著しく長くできることが分かる。

【0025】

さらに、上記と同じNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされ、表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.04\mu\text{m}$ 、 $1.50\mu\text{m}$ 、 $2.00\mu\text{m}$ とされた試験片(No. 1-6~8)と、通常の熱処理が施されて硬さがHRC40とされ、SUS630製で表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.04\mu\text{m}$ とされた試験片(No. 1-9)を用意した。

10

これらの試験片No. 1-6~1-9を濃度1質量%の塩酸に24時間浸漬した前後の質量変化を測定して、質量減少量を算出し、No. 1-9を「1」とした質量減少量比を算出した。その結果、質量減少量比はNo. 1-6で0.1、No. 1-7で0.5で、No. 1-8で1.0であった。

【0026】

したがって、Cr(クロム)含有率が38.0質量%、Al(アルミニウム)含有率が3.8質量%、残部が不可避的不純物およびNi(ニッケル)からなるNi-Cr-Al合金で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC59とされた試験片では、平均表面粗さ(Ra)を $1.50\mu\text{m}$ 以下とすることで、酸溶液中での質量減少量をSUS630製の試験片よりも著しく少なくできることが分かる。

20

【0027】

[第2実施形態]

図3に示す、内輪1と、外輪2と、玉(転動体)3と、波形の保持器4とからなる転がり軸受を以下の方法で作製した。

内輪1と外輪2は、Si(珪素)含有率が3.6質量%、C(炭素)含有率が0.02質量%、Mn(マンガン)含有率が1.0質量%、Ni(ニッケル)含有率が6.5質量%、Cr(クロム)含有率が10.5質量%、Mo(モリブデン)含有率が1.0質量%、Co(コバルト)含有率が5.0質量%、Ti(チタン)含有率が0.3質量%、残部が不可避的不純物およびFe(鉄)である析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC54.0とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が $0.04\mu\text{m}$ 、 $0.50\mu\text{m}$ 、または $1.50\mu\text{m}$ とされたものである。玉3は窒化珪素製であり、波形の保持器4はSUS304製である。

30

【0028】

また、比較例として、内輪1および外輪2の軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)を $1.70\mu\text{m}$ とした以外は同じ構成として、転がり軸受を組み立てた。

このようにして組み立てた、内輪1および外輪2の平均表面粗さ(Ra)のみが異なる転がり軸受(呼び番号6001)について、水道水中で回転試験(試験条件:荷重 $F_a = 14.7\text{N}$ (1.5kgf)、 $F_r = 29.4\text{N}$ (3kgf)、回転速度 $= 1800\text{min}^{-1}$)を行い、振動値が初期値の3倍となるまでの回転時間を測定して、これを寿命とした。各値について、平均表面粗さ(Ra)が $0.04\mu\text{m}$ の時の値を「1」とした寿命比を算出し、その結果を図4にグラフで示す。

40

この結果から分かるように、内輪1および外輪2の平均表面粗さ(Ra)が $1.50\mu\text{m}$ 以下では0.75以上の寿命比が得られたのに対して、 $1.70\mu\text{m}$ では寿命比が0.10程度と低かった。

【0029】

また、Si(珪素)含有率が3.6質量%、C(炭素)含有率が0.02質量%、Mn(マンガン)含有率が1.0質量%、Ni(ニッケル)含有率が6.5質量%、Cr(クロム)含有率が10.5質量%、Mo(モリブデン)含有率が1.0質量%、Cu(銅)含有率が4.0質量%、Nb(ニオブ)含有率が1.0質量%、Ta(タンタル)含有率

50

が 1.0 質量%、残部が不可避的不純物および Fe (鉄)である析出硬化型ステンレス鋼からなる素材を用意した。この素材で内輪 1 および外輪 2 を形成した後、処理温度および処理時間を変化させて時効処理を施して、硬さを HRC 50.0、51.5、52.0、53.0、54.0、55.0、56.0 の各値とし、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ (Ra) を 0.04 μm とした。これらの各内輪 1 および外輪 2 と窒化珪素製の玉 3 と SUS 304 製の波形の保持器 4 を用いて、図 3 に示す転がり軸受を組み立てた。

【0030】

このようにして組み立てた、内輪 1 および外輪 2 の硬さ (HRC) のみが異なる転がり軸受 (呼び番号 6001) について、水道水中で回転試験 (試験条件: 荷重 $F_a = 14.7\text{N}$ (1.5 kgf)、 $F_r = 29.4\text{N}$ (3 kgf)、回転速度 = 1800min^{-1}) を行い、振動値が初期値の 3 倍となるまでの回転時間を測定して、これを寿命とした。各値について、硬さ (HRC) が 54.0 の時の値を「1」とした寿命比を算出し、その結果を図 5 にグラフで示す。

この結果から分かるように、内輪 1 および外輪 2 の硬さ (HRC) が 54.0 以上になると、水道水中での寿命の上昇度合いが飽和する。

【0031】

したがって、窒化珪素製の玉 3 と、SUS 304 製の波形の保持器 4 を用い、前述の各析出硬化型ステンレス鋼 (主な構成成分の組成は同じで、添加した析出硬化に寄与する元素の組成が異なる) で形成された後、時効処理が施されて硬さが HRC 54.0 以上とされた内輪 1 および外輪 2 を用いた転がり軸受では、内輪 1 および外輪 2 の平均表面粗さ (Ra) を 1.50 μm 以下とすることで、水道水中での転がり軸受の寿命を著しく長くできることが分かる。

【0032】

また、サンプル No. 2-1 として、図 3 に示す、内輪 1 と、外輪 2 と、玉 (転動体) 3 と、波形の保持器 4 とからなる転がり軸受を作製した。

内輪 1 と外輪 2 用として、Si (珪素) 含有率が 3.6 質量%、C (炭素) 含有率が 0.02 質量%、Mn (マンガン) 含有率が 1.0 質量%、Ni (ニッケル) 含有率が 6.5 質量%、Cr (クロム) 含有率が 10.5 質量%、Mo (モリブデン) 含有率が 0.2 質量%、Cu (銅) 含有率が 1.0 質量%、Ti (チタン) 含有率が 0.3 質量%、残部が不可避的不純物および Fe (鉄)である析出硬化型ステンレス鋼からなる素材を用意した。内輪 1 と外輪 2 は、この素材で形成された後、時効処理が施されて硬さが HRC 54 とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm とされたものを使用し、玉 3 は窒化珪素製のものを使用し、波形の保持器 4 は SUS 304 製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

【0033】

また、サンプル No. 2-2 として、図 1 に示す、内輪 1 と、外輪 2 と、玉 (転動体) 3 と、冠形の保持器 4 とからなる転がり軸受を作製した。

内輪 1 と外輪 2 用として、Si (珪素) 含有率が 3.6 質量%、C (炭素) 含有率が 0.02 質量%、Mn (マンガン) 含有率が 1.0 質量%、Ni (ニッケル) 含有率が 6.5 質量%、Cr (クロム) 含有率が 10.5 質量%、Mo (モリブデン) 含有率が 0.5 質量%、Ti (チタン) 含有率が 0.3 質量%、Co (コバルト) 含有率が 5.0 質量%、Ta (タンタル) 含有率が 2.0 質量%、Nb (ニオブ) 含有率が 0.5 質量%、残部が不可避的不純物および Fe (鉄)である析出硬化型ステンレス鋼からなる素材を用意した。内輪 1 と外輪 2 は、この素材で形成された後、時効処理が施されて硬さが HRC 54 とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm とされたものを使用し、玉 3 は炭化珪素製のものを使用し、冠形の保持器 4 は ETFE 製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

【0034】

また、サンプル No. 2-3 として、図 1 に示す、内輪 1 と、外輪 2 と、玉 (転動体) 3 と、冠形の保持器 4 とからなる転がり軸受を作製した。

内輪 1 と外輪 2 用として、S i (珪素) 含有率が 3 . 6 質量 %、C (炭素) 含有率が 0 . 0 2 質量 %、M n (マンガン) 含有率が 1 . 0 質量 %、N i (ニッケル) 含有率が 6 . 5 質量 %、C r (クロム) 含有率が 1 0 . 5 質量 %、M o (モリブデン) 含有率が 0 . 5 質量 %、T i (チタン) 含有率が 0 . 3 質量 %、C o (コバルト) 含有率が 5 . 0 質量 %、T a (タンタル) 含有率が 1 . 0 質量 %、残部が不可避的不純物および F e (鉄) である析出硬化型ステンレス鋼からなる素材を用意した。内輪 1 と外輪 2 は、この素材で形成された後、時効処理が施されて硬さが H R C 5 4 とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ (R a) が 1 . 5 0 μ m とされたものを使用し、玉 3 はジルコニア製のものを使用し、冠形の保持器 4 は P E E K 製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

10

【 0 0 3 5 】

また、サンプル No. 2 - 4 として、図 1 に示す、内輪 1 と、外輪 2 と、玉 (転動体) 3 と、冠形の保持器 4 とからなる転がり軸受を作製した。内輪 1 と外輪 2 は、S U S 6 3 0 製で、通常の熱処理が施されて硬さが H R C 4 0 とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ (R a) が 0 . 0 4 μ m とされたものを使用し、玉 3 は窒化珪素製のものを使用し、冠形の保持器 4 は E T F E 製のものを使用した。このサンプルについて上記と同じ方法で水道水中での寿命を測定した。

このようにして測定した水道水中での各寿命値について、No. 2 - 1 の値を「 1 」とした寿命比を算出した結果、各寿命比は、No. 2 - 2 で 2 . 0 であり、No. 2 - 3 で 1 . 5 0 であり、No. 2 - 4 で 0 . 5 0 であった。

20

【 0 0 3 6 】

したがって、窒化珪素、炭化珪素、またはジルコニア製の玉 3 と、E T F E または P E E K 製の冠形の保持器 4 あるいは S U S 3 0 4 製の波形の保持器 4 を用い、前述の各析出硬化型ステンレス鋼 (主な構成成分の組成は同じで、添加した析出硬化に寄与する元素の組成が異なる) で形成された後、時効処理が施されて硬さが H R C 5 4 とされて、平均表面粗さ (R a) を 1 . 5 0 μ m 以下とした内輪 1 および外輪 2 を用いた転がり軸受 (No. 2 - 1 ~ 2 - 3) は、S U S 6 3 0 製で平均表面粗さ (R a) を 0 . 0 4 μ m とした内輪 1 および外輪 2 と窒化珪素製の玉 3 と E T F E 製の保持器 4 を用いた転がり軸受 (No. 2 - 4) よりも、水道水中での転がり軸受の寿命を著しく長くできることが分かる。

30

【 0 0 3 7 】

さらに、S i (珪素) 含有率が 3 . 6 質量 %、C (炭素) 含有率が 0 . 0 2 質量 %、M n (マンガン) 含有率が 1 . 0 質量 %、N i (ニッケル) 含有率が 6 . 5 質量 %、C r (クロム) 含有率が 1 0 . 5 質量 %、M o (モリブデン) 含有率が 5 . 0 質量 %、C o (コバルト) 含有率が 5 . 0 質量 %、T i (チタン) 含有率が 0 . 3 質量 %、N b (ニオブ) 含有率が 0 . 5 質量 %、残部が不可避的不純物および F e (鉄) である析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、時効処理が施されて硬さが H R C 5 4 とされ、表面の平均表面粗さ (R a) が 0 . 0 4 μ m、1 . 5 0 μ m、2 . 0 0 μ m とされた試験片 (No. 2 - 6 ~ 8) と、通常の熱処理が施されて硬さが H R C 4 0 とされ、S U S 6 3 0 製で表面の平均表面粗さ (R a) が 0 . 0 4 μ m とされた試験片 (No. 2 - 9) を用意した。

40

【 0 0 3 8 】

これらの試験片 No. 2 - 6 ~ 2 - 9 を濃度 1 質量 % の塩酸に 2 4 時間浸漬した前後の質量変化を測定して、質量減少量を算出し、No. 2 - 9 を「 1 」とした質量減少量比を算出した。その結果、質量減少量比は No. 2 - 6 で 0 . 1、No. 2 - 7 で 0 . 5、No. 2 - 8 で 1 . 0 であった。

したがって、上記の析出硬化型ステンレス鋼で形成された後、時効処理が施されて硬さが H R C 5 4 とされた試験片では、平均表面粗さ (R a) を 1 . 5 0 μ m 以下とすることで、酸溶液中での質量減少量を S U S 6 3 0 製の試験片よりも著しく少なくできることが分かる。

【 0 0 3 9 】

[第 3 実施形態]

50

図 6 は、本発明の実施形態に相当する調心輪付き転がり軸受を示す断面図である。図 7 は調心輪を示す正面図であり、図 6 の断面は図 7 の A - A 断面に対応する。

この調心輪付き転がり軸受は、内輪 1 と、外輪 2 と、玉（転動体）3 と、保持器 4 と、調心輪 5 とからなり、外輪 2 の外周面 2 1 は球面状に形成されている。調心輪 5 は、外輪 2 の外周面 2 1 に外嵌する球面状内周面 5 1 を有する。調心輪 5 の内周面 5 1 には、幅方向の中心より一方の側に、直径方向で対向する位置に（周方向で等間隔に）外輪 2 挿入用の切欠き 5 2 が形成されている。調心輪 5 の球面状内周面 5 1 の曲率半径と外輪 2 の球面状外周面 2 1 の曲率半径は同じであり、調心輪 5 の球面状内周面 5 1 の平均表面粗さ（ R_a ）と外輪 2 の球面状外周面 2 1 の平均表面粗さ（ R_a ）は $0.04 \mu m$ 以上 $1.50 \mu m$ 以下の範囲にある。

10

【0040】

図 8 に示すように、調心輪 5 の球面状内周面 5 1 の曲率半径 R_1 と外輪 2 の球面状外周面 2 1 の曲率半径 R_2 を同じにして、調心性の荷重 F を加え、調心輪 5 および外輪 2 の球面状内周面 5 1、2 1 の平均表面粗さ（ R_a ）を変えて調心性の変化を調べたところ、平均表面粗さ（ R_a ）が $1.50 \mu m$ を超えると調心性が極端に悪くなることが分かった。平均表面粗さ（ R_a ）が $0.04 \mu m$ 未満でも調心性は良好であるが、平均表面粗さを極端に小さくすると製造コストがかさむため、最低値を $0.04 \mu m$ とした。

また、調心輪 5 の内径寸法から外輪 1 の外径寸法を引いた隙間の寸法（ ）を、調心輪 5 の内径寸法の 0.0001 倍以上 0.003 倍以下とすることで、よりスムーズな調心性が得られる。

20

【0041】

さらに、図 9 に調心輪 5 の断面図を示すが、調心輪 5 の径方向の最大厚さを T_1 、切欠き 5 2 位置を除いた部分での最小厚さを T_2 とし、外径を D としたとき、調心輪 5 の有効厚さ（ T_y ）は $T_1 - (T_1 - T_2) / 3$ で表される。この有効厚さ T_y の外径 D に対する比（調心輪有効肉厚比： T_y / D ）を 0.05 以上とすることで、調心輪 5 がオーステナイト系ステンレス鋼（ $SUS304$ 等）製やマルテンサイト系ステンレス鋼（ $SUS440C$ ）製の場合でも、変形を抑えて寸法精度が確保できる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】本発明の実施形態の転がり軸受を示す断面図である。

30

【図 2】第 1 実施形態の転がり軸受の内輪および外輪の平均表面粗さ（ R_a ）と水道水中での寿命との関係を示すグラフである。

【図 3】本発明の実施形態の転がり軸受を示す断面図である。

【図 4】第 2 実施形態の転がり軸受の内輪および外輪の平均表面粗さ（ R_a ）と水道水中での寿命との関係を示すグラフである。

【図 5】第 2 実施形態の転がり軸受の内輪および外輪の硬さ（ HRC ）と水道水中での寿命との関係を示すグラフである。

【図 6】本発明の第 3 実施形態の調心輪付き転がり軸受を示す断面図である。

【図 7】本発明の第 3 実施形態の調心輪を示す正面図である。

【図 8】調心輪に調心性の荷重 F を加えた状態を示す、調心輪付き転がり軸受を示す断面図である。

40

【図 9】調心輪の寸法を示す断面図である。

【符号の説明】

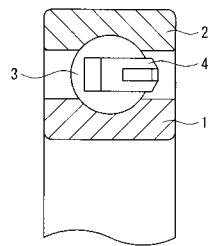
【0043】

- 1 内輪
- 2 外輪
- 2 1 外輪の外周面
- 3 玉（転動体）
- 4 保持器
- 5 調心輪

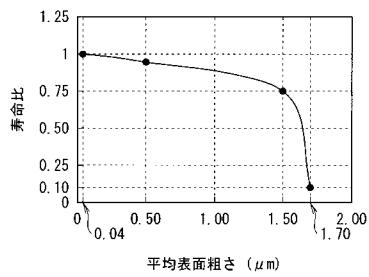
50

- 5 1 調心輪の球面状内周面
5 2 調心輪の切欠き

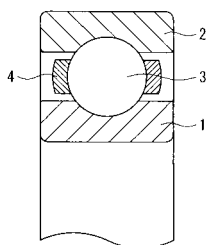
【図 1】



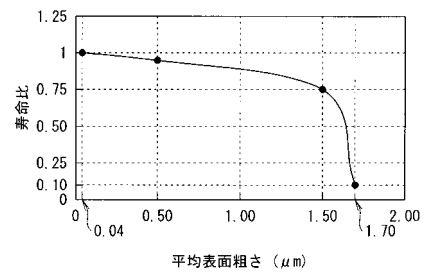
【図 2】



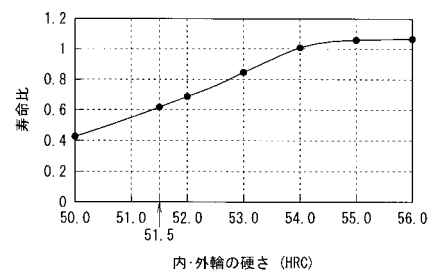
【図 3】



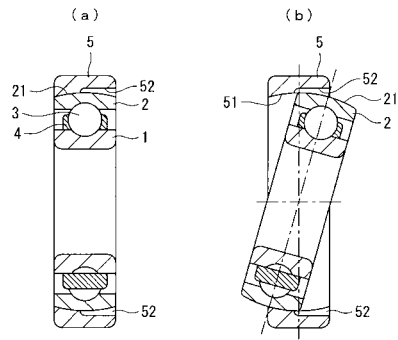
【図 4】



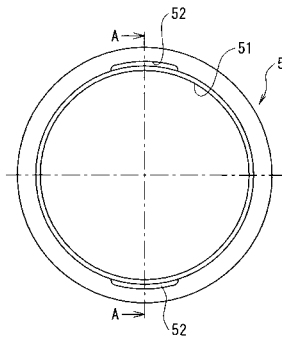
【図 5】



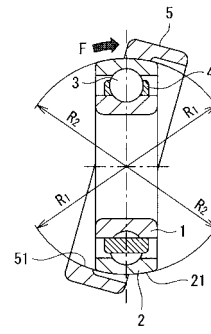
【図 6】



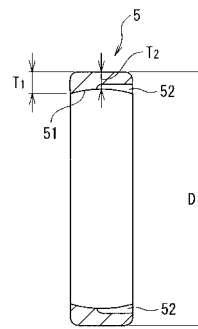
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3J701 AA03 AA32 AA42 AA52 AA62 BA10 BA69 BA70 EA06 EA10
EA41 FA08 FA31 FA42 FA44 XB01 XB03 XB12 XB31 XB33
XB42 XE13 XE30