

(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 16 C 33/64 (2006.01)	F 16 C 33/64	3 J 0 1 2
F 16 C 19/06 (2006.01)	F 16 C 19/06	3 J 7 0 1
F 16 C 23/08 (2006.01)	F 16 C 23/08	
F 16 C 33/66 (2006.01)	F 16 C 33/66	
F 16 C 33/32 (2006.01)	F 16 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 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22) 出願日	平成20年3月17日 (2008.3.17)	(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

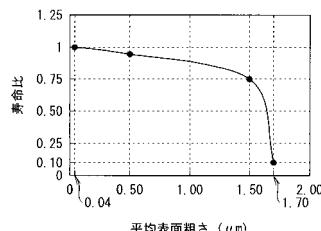
(54) 【発明の名称】 転がり軸受、調心輪付き転がり軸受

(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(R_a)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】

C r (クロム) 含有率が 30.0 質量% 以上 45.0 質量% 以下、A l (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N i (ニッケル) からなるN i - C r - A l 合金で形成された後、熱処理されて硬さがH R C 55 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (R a) 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】

S i (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、M n (マンガン) 含有率が 2.0 質量% 以下、N i (ニッケル) 含有率が 5.0 質量% 以上 10.0 質量% 以下、C r (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F e (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H R C 54 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (R a) 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 (R a) と前記外輪の球面状外周面の平均表面粗さ (R a) 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、C r (クロム) 含有率が 30.0 質量% 以上 45.0 質量% 以下、A l (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N i (ニッケル) からなるN i - C r - A l 合金で形成された後、熱処理されて硬さがH R C 55 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (R a) 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、S i (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、M n (マンガン) 含有率が 2.0 質量% 以下、N i (ニッケル) 含有率が 5.0 質量% 以上 10.0 質量% 以下、C r (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F e (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H R C 54 以上とされ、軌道面の平均表面粗さ (R a) 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】

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

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H v 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-

10

20

30

40

50

ステナイト系ステンレス鋼表面のCr酸化膜(不働態)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つ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 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て母材 (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、0.99 R_1 R_2 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 μm 以上 1.50 μm 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 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 μm 以上 1.50 μm 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 (PE

10

20

30

40

50

E K)、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 (P E E K - P B I)、熱可塑性ポリイミド (T P I)、熱可塑性芳香族ポリアミドイミド (T P A I) 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 (P F A)、テトラフルオロエチレン - エチレン共重合体 (E T F E)、ポリビニリデンフルオライド (P V D F)、ポリエーテルエーテルケトン (P E E K)、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 (P E E K - P B I) 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 (P T F E 粉末、黒鉛、六方晶窒化ホウ素、フッ素雲母、メラミンアヌレート、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) や纖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 0.04 μm 以上 1.50 μm 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と同じにして、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) を 0.04 μm 以上 1.50 μm 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 HRC 59 とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ (Ra) が 0.04 μm、0.50 μm、または 1.50 μm 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 E T F E 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 (Ra) を 1.70 μm 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 $F_a = 14.7 \text{ N}$ (1.5 kgf)、 $F_r = 29.4 \text{ N}$ (3 kgf)、回転速度 = 1800 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 μm 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 (Ra) が 1.50 μm 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 (Ra) が 1.70 μm 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、E T F E 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(R_a)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。

【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-A1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0.04 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-A1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0.04 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。

【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-A1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1.50 μm 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-A1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0.50 μm 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(R_a)が0.50 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、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。

30

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、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%、A1(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-A1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(R_a)を1.50 μm 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-A1合金で形成され硬さがHRC59とされて平均表面粗さ(R_a)を0.50 μ

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0.50μm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0.04μm、1.50μm、2.00μm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0.04μm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1.50μm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0.04μm、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、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1.70μm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(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Fa=14.7N(1.5kgf)、Fr=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(Ra)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1.50μm以下では0.75以上の寿命比が得られたのに対して、1.70μm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変化させて時効処理を施して、硬さをHRC50.0、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0.04μm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SUS304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Fa=14.7N(1.5kgf)、Fr=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、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、SUS304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HRC54.0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1.50μm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HRC54とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が0.04μm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。

【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HRC54とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が0.04μm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。

10

20

30

40

50

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。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HRC54とされ、軌道面を含む全表面の平均表面粗さ(Ra)が1.50μm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。

10

【0035】

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、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0.04μm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.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1.50であり、No.2-4で0.50であった。

20

【0036】

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、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HRC54とされて、平均表面粗さ(Ra)を1.50μm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、SUS630製で平均表面粗さ(Ra)を0.04μm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

【0037】

さらに、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%、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%、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で形成された後、時効処理が施されて硬さがHRC54とされ、表面の平均表面粗さ(Ra)が0.04μm、1.50μm、2.00μm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HRC40とされ、SUS630製で表面の平均表面粗さ(Ra)が0.04μmとされた試験片(No.2-9)を用意した。

40

【0038】

これらの試験片No.2-6～2-9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.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HRC54とされた試験片では、平均表面粗さ(Ra)を1.50μm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。

【0039】

[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21は球面状に形成されている。調心輪5は、外輪2の外周面21に外嵌する球面状内周面51を有する。調心輪5の内周面51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52が形成されている。調心輪5の球面状内周面51の曲率半径と外輪2の球面状外周面21の曲率半径は同じであり、調心輪5の球面状内周面51の平均表面粗さ(R_a)と外輪2の球面状外周面21の平均表面粗さ(R_a)は0.04μm以上1.50μm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51の曲率半径 R_1 と外輪2の球面状外周面21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51, 21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1.50μm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0.04μm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0.04μm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52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以上にすることで、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(SUS400C)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

21 外輪の外周面

3 玉(転動体)

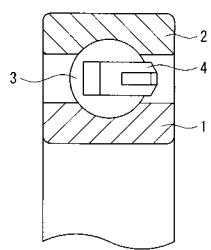
4 保持器

5 調心輪

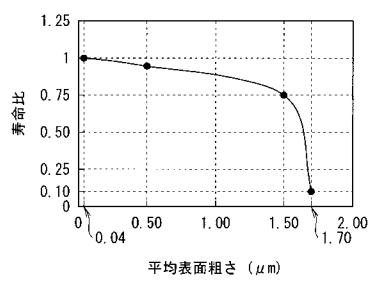
50

- 5 1 調心輪の球面状内周面
 5 2 調心輪の切欠き

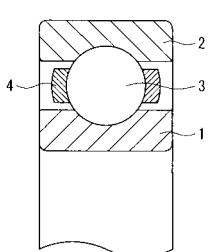
【図 1】



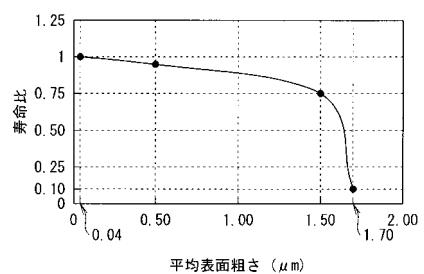
【図 2】



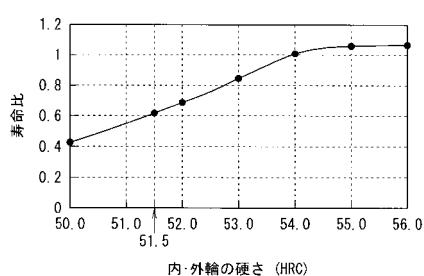
【図 3】



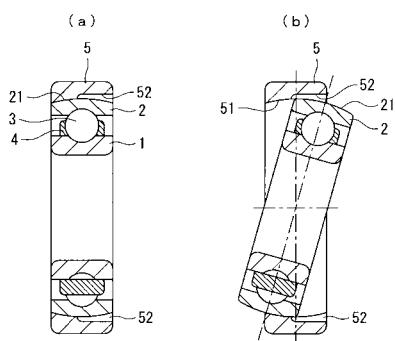
【図 4】



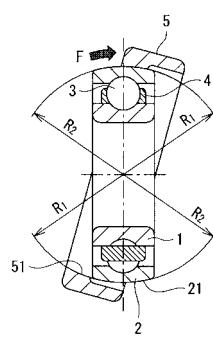
【図 5】



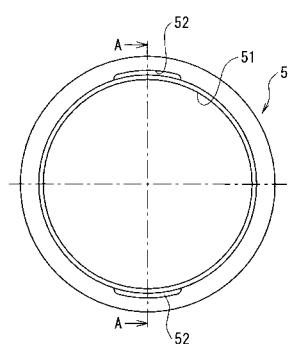
【図6】



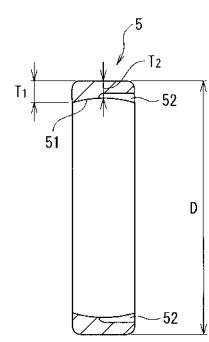
【図8】



【図7】



【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