

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5251432号
(P5251432)

(45) 発行日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

| | | |
|----------------------|------------------|---------------|
| (51) Int.Cl. | | F 1 |
| F 1 6 C 33/58 | (2006.01) | F 1 6 C 33/58 |
| F 1 6 C 19/26 | (2006.01) | F 1 6 C 19/26 |
| F 1 6 C 19/36 | (2006.01) | F 1 6 C 19/36 |

請求項の数 2 (全 8 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-280179 (P2008-280179) | (73) 特許権者 | 000004204 |
| (22) 出願日 | 平成20年10月30日(2008.10.30) | | 日本精工株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2010-106975 (P2010-106975A) | | 東京都品川区大崎1丁目6番3号 |
| (43) 公開日 | 平成22年5月13日(2010.5.13) | (74) 代理人 | 100105647 |
| 審査請求日 | 平成23年10月28日(2011.10.28) | | 弁理士 小栗 昌平 |
| | | (74) 代理人 | 100105474 |
| | | | 弁理士 本多 弘徳 |
| | | (74) 代理人 | 100108589 |
| | | | 弁理士 市川 利光 |
| | | (72) 発明者 | 田上 泰資 |
| | | | 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 |
| | | (72) 発明者 | 柴崎 健一 |
| | | | 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 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内周面に外輪軌道面が形成された外輪と、外周面に内輪軌道面が形成された内輪と、前記外輪軌道面と内輪軌道面との間に転動自在に配設された複数のころと、を備える転がり軸受であって、

前記ころの転動面には、円弧曲線によるクラウニングを施し、

前記外輪軌道面及び内輪軌道面の少なくとも一方には、前記転がり軸受が使用される環境下で、弾性変形により接触が予想される最大の落ち量である必要落ち量を確保する有効クラウニング長の範囲に対して、中央部は円弧曲線、前記有効クラウニング長の範囲内で前記中央部の両側の端部領域は円弧曲線と対数曲線との合成曲線で構成される円弧対数クラウニングを施し、

且つ、前記有効クラウニング長の範囲の外側となる軌道面両端部に対しては、前記合成曲線に滑らかに繋がる直線又は円弧曲線によるクラウニングを施すことで、軌道面端部における落ち量を、前記必要落ち量～100μmの範囲にしたことを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】

前記円弧対数クラウニングの形状が、下記の式(1)に基づいて決められることを特徴とする請求項1に記載の転がり軸受。

【数 1】

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - x^2} + \text{if}(x > L_1, \frac{D_2}{\ln(1-k)} \ln\left(1 - k \frac{(x-L_1)^2}{L_2^2}\right), 0) \dots (1)$$

10

なお、関数 $\text{if}(a, b, c)$ は、条件式 a が成立する場合には、式 b に置き換えられ、不成立の場合には、式 c で置き換えられる関数である。

ここに、

中央部長さ L_1 : $L_1 = r_1 \times (l_e / 2)$

端部長さ L_2 : $L_2 = (l_e / 2) - L_1$

中央部円弧半径 R : $R = (D_1^2 + L_1^2) / (2 \times D_1)$

x : 中央を原点とする座標

l_e : 有効クラウニング長

r_1 : 有効クラウニング長に対する中央部長さの比 ($2L_1 / l_e$)

D_1 : 中央部と端部とのつなぎ目における落ち量

D_2 : 有効クラウニング長の端における落ち量の対数曲線成分

k : 対数部の丸みを調整するためのパラメータ ($0 < k < 1$)

20

【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、より詳細には、エッジロード（集中荷重）の発生を防止して軸受寿命を長期化することができ、しかもクラウニングの加工面における目残りや形状崩れによって性能が損なわれることがないように、改良されたクラウニングが施された転がり軸受に関する。

30

【背景技術】

【0002】

円筒ころ軸受や円すいころ軸受等の転がり軸受において、ころに作用する接触面圧が偏り無く均一になるように、ころや軌道輪の接触面にクラウニングを施すことがある。

ここに、クラウニングとは、軌道輪ところとの接触部に生ずるエッジロードを防ぐことを主な目的として、軌道面又はころの母線にごくわずかに曲率をもたせることをいう。通常、このようなクラウニングは、内外輪の軌道面又はころの何れか一方、もしくはその両方に施される。

【0003】

これまで、上記クラウニングの形状を示すクラウニング曲線として、ころを垂直に軌道輪に所定の荷重で押し付けたときに発生する応力を軸方向に均一にできる対数曲線を用いた転がり軸受が知られている。

40

一方、転がり軸受に作用する荷重は、転がり軸受の回転に伴って高荷重、軽荷重、モーメント荷重等と種々に変動するので、一般に、転がり接触部の塑性変形を防止するため、最も厳しい荷重条件のときの最大接触面圧が一定値以下になるように、対数クラウニングの落ち量（クラウニング量）を大きくしたクラウニング形状が用いられる。

【0004】

しかし、このようなクラウニングは、中央部での落ち量が大きいため、使用頻度が高い軽荷重～中荷重の条件下では接触長さが短くなり、中央部から早期に剥離が生じて軸受寿命が低下する問題があった。

50

そこで、この問題を解決するため、中央部を直線とし、端部を対数曲線とした組み合わせ曲線からなるクラウニング形状の転がり軸受が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

【特許文献1】特開2005-155763号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところが、特許文献1に記載の転がり軸受のクラウニング形状は、中央部の直線と端部の対数曲線とが組み合わされた曲線となっているので、直線と対数曲線とのつなぎ目を滑らかに連続させることが難しく、つなぎ目において接触圧力のピークが発生する問題があり、その結果、高荷重作用条件において前記つなぎ目にエッジロードが発生して軸受寿命の低下を招くという問題があった。

10

また、軽荷重～中荷重の条件においても、接触有効長さを有効に活かして軸受寿命の長寿命化を可能にするために、更なる改善が要望されていた。

【0007】

更に、特許文献1に記載の転がり軸受のクラウニング形状を外輪軌道面もしくは内輪軌道面に適用した場合に、軌道面端部の対数曲線によるクラウニング形状における落ち量増加が著しい場合には、そのクラウニング面を超仕上げ加工した際に、それ以前の荒仕上げ加工時の目が残ってしまう、所謂、目残りという不都合が発生する虞があった。目残りは、外観を低下させると共に、表面粗さの低下した部分が音響特性や振動特性に悪影響を及ぼす虞があった。

20

【0008】

また、目残りを避けるように超仕上げ時の研磨加工量を増やす等の加工条件の変更を行うと、それにより、肩部（研削加工領域の境界部分）に形状崩れを招いて、想定していたクラウニングによる性能が発揮出来なくなる虞があった。

【0009】

本発明は上記課題を解消することを目的とし、高荷重条件でのエッジロードの発生防止と、軽荷重～中荷重条件での軸受寿命の低下防止と、を両立させることができ、しかも、軌道面端部における落ち量が過大になることを防止して、軌道面端部における目残り、あるいは形状崩れ等の不都合の発生を防止することができる転がり軸受を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的は下記構成により達成される。

(1) 内周面に外輪軌道面が形成された外輪と、外周面に内輪軌道面が形成された内輪と、前記外輪軌道面と内輪軌道面との間に転動自在に配設された複数のころと、を備える転がり軸受であって、

前記ころの転動面には、円弧曲線によるクラウニングを施し、

前記外輪軌道面及び内輪軌道面の少なくとも一方には、前記転がり軸受が使用される環境下で、弾性変形により接触が予想される最大の落ち量である必要落ち量を確保する有効クラウニング長の範囲に対して、中央部は円弧曲線、前記有効クラウニング長の範囲内で前記中央部の両側の端部領域は円弧曲線と対数曲線との合成曲線で構成される円弧対数クラウニングを施し、

40

且つ、前記有効クラウニング長の範囲の外側となる軌道面両端部に対しては、前記合成曲線に滑らかに繋がる直線又は円弧曲線によるクラウニングを施すことで、軌道面端部における落ち量を、前記必要落ち量～100μmの範囲にしたことを特徴とする転がり軸受。

【0011】

(2) 前記円弧対数クラウニングの形状が、下記の式(1)に基づいて決められること

50

を特徴とする上記(1)に記載の転がり軸受。

【0012】

【数1】

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - x^2} + \text{if} \left(x > L_1, \frac{D_2}{\ln(1-k)} \ln \left(1 - k \frac{(x-L_1)^2}{L_2^2} \right), 0 \right) \dots (1)$$

10

【0013】

なお、関数if(a,b,c)は、条件式aが成立する場合には、式bに置き換えられ、不成立の場合には、式cで置き換えられる関数である。

ここに、

中央部長さ L_1 : $L_1 = r_1 \times (l_e / 2)$

端部長さ L_2 : $L_2 = (l_e / 2) - L_1$

中央部円弧半径 R : $R = (D_1^2 + L_1^2) / (2 \times D_1)$

x : 中央を原点とする座標

l_e : 有効クラウニング長

r_1 : 有効クラウニング長に対する中央部長さの比 ($2L_1 / l_e$)

D_1 : 中央部と端部とのつなぎ目における落ち量

D_2 : 有効クラウニング長の端における落ち量の対数曲線成分

k : 対数部の丸みを調整するためのパラメータ ($0 < k < 1$)

である。

【発明の効果】

【0014】

本発明の転がり軸受では、外輪軌道面もしくは内輪軌道面に施されるクラウニングは、必要落ち量を確保する有効クラウニング長の範囲に対して、中央部が円弧曲線であり、端部が円弧曲線と対数曲線との合成曲線である円弧対数クラウニングであるため、中央部が直線形状となるクラウニングが施された従来の転がり軸受の場合と比較すると、中央部と端部とのつなぎ目をピークのない滑らかなつなぎ目にすることができ、つなぎ目での接触圧力ピークの発生を防止することができる。また、中央部のクラウニング形状を円弧曲線としているため、中央部まで対数曲線で形成するものと比較すると、中央部での落ち量が過大になることを抑えて、使用頻度が高い軽荷重～中荷重の条件下における接触長さを長くすることができる。

30

なお、「必要落ち量」とは、軸受が使用される環境下で、弾性変形により接触が予想される最大の落ち量のことである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明に係る転がり軸受の好適な実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

40

本実施の形態の転がり軸受10は、内周面に外輪軌道面11aが形成された外輪11と、外周面に内輪軌道面12aが形成された内輪12と、外輪軌道面11aと内輪12軌道面12aとの間に転動自在に配設された複数の転動体であるころ13と、を備えている。

【0016】

ころ13には、円すいころ、又は円筒ころが使用される。また、ころ13の転動面13aには、円弧曲線によるクラウニングが施される。

【0017】

本実施の形態の転がり軸受10の場合、外輪軌道面11a及び内輪軌道面12aの少な

50

くとも一方には、図2に示すように、必要落ち量H1を確保する有効クラウニング長（有効軌道長さ） l_e の範囲に対して、中央部（図中の L_1 領域）は円弧曲線f1、有効クラウニング長 l_e の範囲内で中央部 L_1 の両側の端部領域 L_2 は円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2で構成される円弧対数クラウニングを施している。

【0018】

また、図2に示すように、上記の有効クラウニング長 l_e の範囲の外側となる軌道面両端部（図中の L_3 領域）に対しては、円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2に滑らかに繋がる直線f3によるクラウニングを施すことで、軌道面端部 L_3 における落ち量H2を、 $100\mu\text{m}$ 以内にしている。好ましくは、落ち量H2を、必要落ち量H1～ $100\mu\text{m}$ の範囲にすると良い。

【0019】

図2では、符号Gで示す位置が、円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2と直線f3とのつなぎ目である。

【0020】

なお、本実施の形態で、図2に示した有効クラウニング長 l_e の範囲に施す円弧対数クラウニングの形状は、例えば、下記の式(1)に基づいて決められる。

【0021】

【数1】

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - x^2} + \text{if} \left(x > L_1, \frac{D_2}{\ln(1-k)} \ln \left(1 - k \frac{(x - L_1)^2}{L_2^2} \right), 0 \right) \dots (1)$$

【0022】

なお、上記の式(1)において、関数 $\text{if}(a, b, c)$ は、条件式aが成立する場合には、式bに置き換えられ、不成立の場合には、式cで置き換えられる関数である。

ここに、

有効クラウニング長の範囲内の中央部長さ L_1 : $L_1 = r_1 \times (l_e / 2)$

有効クラウニング長の範囲内の端部長さ L_2 : $L_2 = (l_e / 2) - L_1$

前記中央部の円弧半径 R : $R = (D_1^2 + L_1^2) / (2 \times D_1)$

x : クラウニング中心を原点とする座標

l_e : 有効クラウニング長

r_1 : 有効クラウニング長に対する中央部長さの比 ($2L_1 / l_e$)

D_1 : 中央部と端部とのつなぎ目における落ち量

D_2 : 有効クラウニング長の端における落ち量の対数曲線成分

k : 対数部の丸みを調整するためのパラメータ ($0 < k < 1$)

である。

【0023】

なお、上記の式(1)により形成されるクラウニング形状について、図3を使って補足説明する。

式(1)の円弧式部分（式(1)の前半部分）から図3の円弧曲線Aが求められ、対数式部分（式(1)の後半部分）から図3の対数曲線Bが求められる。

本発明の円弧対数曲線Cは、円弧曲線Aと対数曲線Bの和として求められる。

【0024】

図2に示した例では、中央部長さ L_1 の範囲内のクラウニング形状f1は図3の円弧曲線Aによるものであり、端部長さ L_2 の範囲内のクラウニング形状f2は図3の円弧対数曲線Cによるものとなっている。

10

20

30

40

50

また、図2において、つなぎ目Gから延びる破線の対数曲線f4は、円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2の延長線である。

【0025】

以上に説明したように、本実施の形態の転がり軸受10では、外輪軌道面11aもしくは内輪軌道面12aに施されるクラウニングは、必要落ち量H1を確保する有効クラウニング長leの範囲に対して、中央部が円弧曲線f1であり、端部が円弧曲線f1と対数曲線との合成曲線f2である円弧対数クラウニングであるため、中央部が直線形状となるクラウニングが施された従来の転がり軸受の場合と比較すると、中央部と端部とのつなぎ目をピークのない滑らかなつなぎ目にすることができ、つなぎ目での接触圧力ピークの発生を防止することができる。また、中央部のクラウニング形状を円弧曲線f1としているため、中央部まで対数曲線で形成するものと比較すると、中央部での落ち量が過大になることを抑えて、使用頻度が高い軽荷重～中荷重の条件下における接触長さを長くすることができる。

10

従って、軸受に高荷重が作用したときにエッジロードの発生を防止することができ、更に、軽荷重～中荷重条件での軸受寿命低下を防止することができる。

【0026】

また、必要落ち量H1を確保する有効クラウニング長leの範囲の外側となる軌道面両端部(図2のL3領域)に対して、仮に、破線の対数曲線f4によるクラウニングを施した場合には、軌道面端部の対数曲線f4による落ち量増加が著しく、端部での落ち量は直線f3による落ち量H2を大きく超えてしまい、中央部との落ち量差が過大になるために、そのクラウニング面を超仕上げ加工した際に、それ以前の荒仕上げ加工時の目が残ってしまう、所謂、目残りという不都合が発生し易くなる。

20

【0027】

また、軌道面両端部(図2のL3領域)に対して、図2の破線の対数曲線f4によるクラウニングを施した場合には、目残りを避けるように超仕上げ時の研磨加工量を増やして、図4に示すように、曲線f3を矢印Jで示すように平行移動した曲線f5を最終の仕上げ面とすることも考えられる。

しかし、このような対応を行うと、曲線f5と円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2との交点Kの付近に形状崩れが発生する虞があり、交点K付近のクラウニング形状が想定外の形状となる為、想定した通りの寿命や剛性が得られなくなる虞がある。

30

【0028】

ところが、本実施の形態の転がり軸受10の場合、必要落ち量H1を確保する有効クラウニング長leの範囲の外側となる軌道面両端部(図2のL3領域)に対しては、円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2に滑らかに繋がる直線f3によるクラウニングを施すことで、軌道面端部における落ち量H2を100μm以内にしたため、上記の目残りや形状崩れと言った不都合の発生を回避できる。

即ち、本実施の形態の転がり軸受10では、軌道面端部における落ち量H2を100μm以内に抑えて、軌道面端部における落ち量H2が過大になることを防止することができるため、クラウニング面を超仕上げ加工した際に、それ以前の荒仕上げ加工時の目が残ってしまう、所謂、目残りが発生しない。また、目残りを回避するために過大な研削加工等を実施する必要がなくなるため、過度の研削等によって肩部に形状崩れが発生することもない。

40

従って、目残りや形状崩れ等に起因した外観の低下や機能の低下を防止することもできる。

【0029】

なお、本発明に係る転がり軸受において、有効クラウニング長leの範囲の外側となる軌道面両端部に施すクラウニングは、上記実施の形態で示した直線の代わりに、円弧曲線と対数曲線との合成曲線f2に滑らかに繋がる円弧曲線にすることで、軌道面端部における落ち量を、100μm以内に抑えるようにしても、上記実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明に係る転がり軸受の一実施の形態の縦断面図である。

【図2】転がり軸受の外輪軌道面及び内輪軌道面の少なくとも一方に施すクラウニング形状の説明図である。

【図3】円弧対数クラウニング形状を構成する円弧曲線と対数曲線との合成曲線の説明図である。

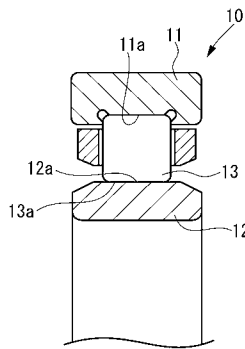
【図4】超仕上げ時の研磨加工量を増やしたときに発生する形状崩れの説明図である。

【符号の説明】

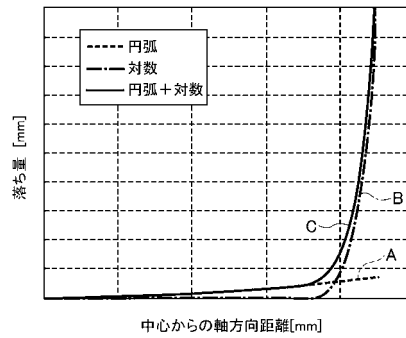
【0031】

- 10 転がり軸受
- 11 外輪
- 11a 外輪軌道面
- 12 内輪
- 12a 内輪軌道面
- 13 ころ
- 13a 転動面
- f1 円弧曲線
- f2 合成曲線

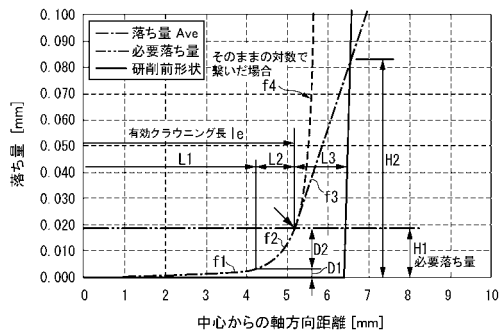
【図1】



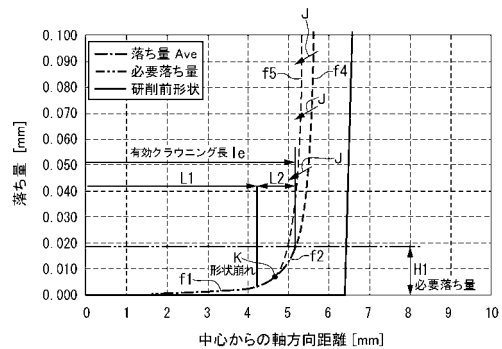
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

審査官 小川 克久

- (56)参考文献 特開2008-248993(JP,A)
特開2007-051702(JP,A)
特開2002-323049(JP,A)
特開2008-164105(JP,A)
特開2006-064037(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 19/00 - 19/56
F16C 33/30 - 33/66