

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4980031号
(P4980031)

(45) 発行日 平成24年7月18日 (2012. 7. 18)

(24) 登録日 平成24年4月27日 (2012. 4. 27)

(51) Int.Cl. F 1
F 1 6 C 33/34 (2006. 01) F 1 6 C 33/34
F 1 6 C 33/58 (2006. 01) F 1 6 C 33/58

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-305426 (P2006-305426)	(73) 特許権者	000102692
(22) 出願日	平成18年11月10日 (2006. 11. 10)		N T N株式会社
(65) 公開番号	特開2008-121769 (P2008-121769A)		大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号
(43) 公開日	平成20年5月29日 (2008. 5. 29)	(74) 代理人	100093997
審査請求日	平成21年10月5日 (2009. 10. 5)		弁理士 田中 秀佳
		(74) 代理人	100101616
			弁理士 白石 吉之
		(74) 代理人	100107423
			弁理士 城村 邦彦
		(74) 代理人	100120949
			弁理士 熊野 剛
		(72) 発明者	藤原 宏樹
			三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6
			N T N株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ころ軸受のクラウニングの設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内輪軌道面と外輪軌道面の間に複数のころが介在されたころ軸受について、上記内輪軌道面、外輪軌道面及びころ転動面のうちの少なくとも1つに形成するクラウニングの設計方法であって、

上記ころの呼び寸法と設計荷重に基づいて、上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量を求め、

上記ころの有効長さの端におけるドロップ量を、母線方向の複数位置に対応する複数のドロップ量が無次元量で表されたテーブルに適用して、母線方向の複数位置における複数のドロップ量を特定し、

上記特定された複数のドロップ量から、外輪軌道面、内輪軌道面及びころ転動面のうちの少なくとも1つに形成するクラウニングの輪郭線を定めることを特徴とするころ軸受のクラウニングの設計方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、

上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量を、下記の式 (1) を用いて求めることを特徴とするころ軸受のクラウニングの設計方法。

【数 1】

$$z_m = (0.0051x + 0.2721) \cdot (d + L) + (0.0415x - 0.3443) \cdots (1)$$

但し、 z_m (μm) はころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量、 x (%) は基本動定格荷重に対する設計荷重の割合、 d (mm) はころの直径、 L (mm) はころの有効長さである。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、

上記テーブルは、下記の表 1 に記載された値を含むことを特徴とするころ軸受のクラウニングの設計方法。 10

【表 1】

母線方向位置 (無次元量)	ドロップ量 (無次元量)
0—0.50	0
0.55	0.002
0.60	0.015
0.65	0.043
0.70	0.086
0.75	0.147
0.80	0.229
0.85	0.340
0.90	0.489
0.95	0.696
1.00	1.000

【請求項 4】

請求項 2 に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、

上記式 (1) の x の値を 25 以上 35 以下として、上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量を求めることを特徴とするころ軸受のクラウニングの設計方法。 40

【請求項 5】

請求項 1 に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、

上記特定された複数のドロップ量を、上記内輪軌道面又は外輪軌道面のドロップ量と上記ころ転動面のドロップ量とに分配して、上記内輪軌道面又は外輪軌道面と、上記ころ転動面とに形成するクラウニングの輪郭線を定めることを特徴とするころ軸受のクラウニングの設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

30

50

本発明は、ころ軸受の内輪軌道面、外輪軌道面及びころ転動面のうちの少なくとも1つに形成するクラウニングの設計方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ころ軸受では、外輪軌道面、内輪軌道面又はころ転動面にクラウニングを形成し、軌道面と転動面との接触部の端部におけるエッジロードの発生を防止して、ころ軸受の疲労寿命の延長を図っている。

【0003】

ころ軸受に形成するクラウニングの形状には、対数関数で表された曲線が用いられる場合があり、この対数関数で表されたクラウニング曲線としては、Lundbergによって提唱されたものが広く知られている（非特許文献1：Lundberg, G., Elastic Contact Between Two Semi-Infinite Bodies, Forschung auf den Gebiete des Ingenieurwesen, 5(1939), pp.201-211.参照）。また、このクラウニング曲線を実用的に改良したものとして、Johns-Goharの式（非特許文献2：Johns, P. M. and Gohar, R., Roller bearings under radial and eccentric loads, Tribology International, 14(1981), pp.131-136.参照）が知られている。

10

【0004】

しかしながら、Johns-Goharの式によるクラウニング曲線は、クラウニングの形成部分の端部における軌道面と転動面との接触圧力が多少高くなり、エッジロードの防止が不十分となる傾向があった。

20

【0005】

そこで、従来、本発明者は、軌道面と転動面との間の接触圧力の均一化を図るため、Johns-Goharの式に新たな設計パラメータを導入したクラウニング曲線を提案している（特許文献1：特開2006-52790号公報参照）。このクラウニング曲線を適用したころ軸受の設計では、上記設計パラメータの初期値探索範囲と分割数を定め、初期値探索範囲と分割数によって得られる設計パラメータの組合せについて目的関数を求める。この目的関数が最適となる設計パラメータの組合せを初期値として採用し、数理的最適化手法によってさらに厳密に最適化して、クラウニング曲線を特定して、ころ軸受のクラウニングを設計する。

【非特許文献1】Lundberg, G., Elastic Contact Between Two Semi-Infinite Bodies, Forschung auf den Gebiete des Ingenieurwesen, 5(1939), pp.201-211.

30

【非特許文献2】Johns, P. M. and Gohar, R., Roller bearings under radial and eccentric loads, Tribology International, 14(1981), pp.131-136.

【特許文献1】特開2006-52790号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来のころ軸受のクラウニングの設計方法では、設計パラメータの初期値を定めるための最適化計算をコンピュータで行う。しかしながら、この最適化計算は、設計パラメータの初期値探索範囲に含まれる条件について大量の演算が必要となる。したがって、上記従来設計方法は、多大な時間と手間を要するという問題がある。

40

【0007】

そこで、本発明の目的は、設計にかかる時間と手間を大幅に削減できるころ軸受のクラウニングの設計方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、請求項1のころ軸受のクラウニングの設計方法は、内輪軌道面と外輪軌道面の間に複数のころが介在されたころ軸受について、上記内輪軌道面、外輪軌道面及びころ転動面のうちの少なくとも1つに形成するクラウニングの設計方法であって、上記ころの呼び寸法と設計荷重に基づいて、上記ころの有効長さの端におけるクラウ

50

ニングのドロップ量を求め、上記ころの有効長さの端におけるドロップ量を、母線方向の複数位置に対応する複数のドロップ量が無次元量で表されたテーブルに適用して、母線方向の複数位置における複数のドロップ量を特定し、上記特定された複数のドロップ量から、外輪軌道面、内輪軌道面及びころ転動面のうちの少なくとも1つに形成するクラウニングの輪郭線を定めることを特徴としている。

【0009】

本発明者は、従来の対数関数によるクラウニング曲線について、所定の設計パラメータを用いた目的関数の最適化計算を行ったところ、ころの呼び寸法及び設計荷重と、ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量との間に相関関係があることを発見した。この発見に基づいて、本発明がなされたものである。

10

【0010】

請求項1の発明によれば、上記ころの呼び寸法と設計荷重に基づいて、上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量が求められる。このころの有効長さの端におけるドロップ量を、上記テーブルに適用することにより、母線方向の複数位置における複数のドロップ量を特定することができる。この特定されたドロップ量から、外輪軌道面、内輪軌道面及びころ転動面のうちの少なくとも1つに形成するクラウニングの輪郭線を定めることができる。このように、本発明によれば、大量のパラメータの値について最適化計算を行う必要がない。したがって、ころ軸受のクラウニングの設計にかかる時間と手間を従来よりも大幅に削減することができる。

【0011】

20

なお、上記クラウニングのドロップ量とは、クラウニングが施される軌道面又は転動面の母線から、クラウニング面までの母線直交方向の距離をいう。

【0012】

請求項2の発明は、請求項1に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量を、下記の式(2)を用いて求めることを特徴としている。

【数2】

$$z_m = (0.0051x + 0.2721) \cdot (d + L) + (0.0415x - 0.3443) \cdots (2)$$

30

但し、 z_m (μm) はころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量、 x (%) は基本動定格荷重に対する設計荷重の割合、 d (mm) はころの直径、 L (mm) はころの有効長さである。

【0013】

請求項2の発明によれば、ころの呼び寸法としての直径 d と有効長 L との和と、設計荷重としての基本動定格荷重に対する設計荷重の割合 x を代入するだけで、容易にころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量 z_m が得られる。

【0014】

請求項3の発明は、請求項1に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、上記テーブルは、下記の表2に記載された値を含むことを特徴としている。

40

【表 2】

母線方向位置 (無次元量)	ドロップ量 (無次元量)
0－0.50	0
0.55	0.002
0.60	0.015
0.65	0.043
0.70	0.086
0.75	0.147
0.80	0.229
0.85	0.340
0.90	0.489
0.95	0.696
1.00	1.000

【0015】

請求項3の発明によれば、ころの有効長さの端におけるドロップ量を、上記表2のドロップ量の無次元値に乘じるだけで、各母線方向位置におけるドロップ量を特定することができる。

【0016】

なお、上記表2において、母線方向位置の値は、ころの有効長さの半分の値 ($L/2$) で無次元化した値であり、ドロップ量の値は、ころの有効長さの端におけるドロップ量 (z_m) で無次元化した値である。

【0017】

請求項4の発明は、請求項2に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、上記式(2)の x の値を25以上35以下として、上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量を求めることを特徴としている。

【0018】

請求項4の発明によれば、ころ軸受の現実の使用状態に対応したクラウニング曲線を設計できる。ここで、 x の値が25よりも小さいと、クラウニング曲線によるエッジロードの発生の防止が不十分となる。一方、 x の値が35よりも大きいと、クラウニングの作製時の加工量が増大し、製造コストの増大を招く。

【0019】

請求項5の発明は、請求項1に記載のころ軸受のクラウニングの設計方法において、上記特定された複数のドロップ量を、上記内輪軌道面又は外輪軌道面のドロップ量と上記ころ転動面のドロップ量とに分配して、上記内輪軌道面又は外輪軌道面と、上記ころ転動面とに形成するクラウニングの輪郭線を定めることを特徴としている。

【0020】

請求項5の発明によれば、特定された複数のドロップ量を、母線方向の各位置において

、内輪軌道面又は外輪軌道面のドロップ量と、ころ転動面のドロップ量とに分配する。この分配されたドロップ量から、内輪軌道面又は外輪軌道面に形成するクラウニングの輪郭線と、ころ転動面に形成するクラウニングの輪郭線とを定めることができる。これにより、上記内輪軌道面又は外輪軌道面と、上記ころ転動面との両方に形成するクラウニングの設計を行うことができる。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、ころの呼び寸法と設計荷重に基づいて、ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量を求め、このドロップ量を所定の無次元テーブルに適用することによってクラウニングの輪郭線を定めるので、大量のパラメータの値について最適化計算を行う必要が無く、したがって、ころ軸受のクラウニングの設計にかかる時間と手間を大幅に削減することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明のころ軸受のクラウニングの設計方法の実施形態を、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0023】

図1は、本発明の実施形態の設計方法によるクラウニングが施される円筒ころ軸受を示す断面図である。この円筒ころ軸受は、図1に示すように、内輪11と、外輪12と、内輪軌道面11a及び外輪軌道面12aの相互間に転動自在に介在させる複数の円筒ころ13, 13, …と、軸受周方向に所定の間隔を隔てて円筒ころ13, 13, …を保持する保持器14とを備える。この実施形態では、各円筒ころ13, 13, …の転動面13a, 13a, …にカットクラウニング13b, 13cを設け、内輪11の軌道面11a及び外輪12の軌道面12aはそれぞれ円筒面状に形成してある。

20

【0024】

図2は、円筒ころ13の母線の延在方向をy軸とし、母線直交方向（ころの径方向）をz軸とするy-z座標系上に、円筒ころ13のクラウニングを示した図である。このy-z座標系は、円筒ころ13の母線上であって、内輪11又は外輪12と、円筒ころ13との有効接触部の中央を原点Oとしている。有効接触部とは、円筒ころ13にカットクラウニング13b, 13cを形成しないと想定した場合の内輪11又は外輪12と円筒ころ13との接触部位である。また、円筒ころ13, 13, …の各クラウニング13b, 13cは、通常、有効接触部の中央を通るz軸に関して線対称に形成されるので、図2では、一方のクラウニング13bのみを示している。

30

【0025】

上記クラウニング13bは、対数関数を用いて下記の式(3)のように表すことができる。

【数3】

$$z(y) = K_1 A \ln \frac{1}{1 - \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{z_m}{K_1 A} \right) \right\} \left(\frac{y-a}{K_2 a} + 1 \right)^2} \quad \cdots (3)$$

40

【0026】

但し、 K_1 はクラウニングの曲率の程度を表すパラメータである。 A は、 $2Q/\pi L E'$ で表され、 Q は荷重、 L は有効接触部の母線方向長さ、 E' は等価弾性係数である。また、 z_m はころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量であり、クラウニング13bの最大ドロップ量を意味する。図2中の P_1 点が、クラウニング13bの最大ドロップ量 z_m を示す位置である。 a は原点Oから有効接触部の端までの長さである。 K_2 は上記 a に対するクラウニング長さの割合を表すパラメータである。図2のクラウニング13

50

bでは、原点Oは有効接触部の中央であるので、 $a = L/2$ となる。また、クラウニング13bの始点O₁の座標は $(a - K_2 a, 0)$ であるから、式(3)におけるyの範囲は、 $y > (a - K_2 a)$ である。

【0027】

式(3)の $z(y)$ は、円筒ころ13の母線方向位置yにおけるクラウニング13bのドロップ量である。式(3)において、Q、L、E'及びaの値は設計条件として与えられる。また、原点Oからクラウニング13bの始点O₁までの領域は、円筒面状に形成されるストレート部であるから、 $0 \leq y \leq (a - K_2 a)$ のとき、 $z(y) = 0$ となる。なお、 $K_2 = 1$ の場合、始点O₁が原点Oと一致するので、式(3)はストレート部のないフルクラウニングを表すことになる。

10

【0028】

従来のクラウニングの設計方法では、式(3)に、荷重Q等の設計条件と、適当な設計パラメータ K_1 、 K_2 、 z_m を与えることにより、クラウニング曲線を特定していた。この設計パラメータ K_1 、 K_2 、 z_m を特定するには、各パラメータが取りうる範囲内で、目的関数の最適化計算を行う。したがって、設計を行う円筒ころ軸受ごとに、大量の最適化計算を行う必要があり、多大な手間と時間を要していた。

【0029】

これに対して、本実施形態では、ころの呼び寸法と設計荷重を変数とする関数を用いて、上記ころの有効長さの端におけるクラウニングのドロップ量 z_m を求め、このドロップ量 z_m を所定のテーブルに適用することにより、クラウニング全体の形状を特定する。

20

【0030】

上記関数は、以下のようにして求める。

【0031】

まず、数理的最適化手法によって上述のパラメータを最適化する。このパラメータの最適化において、ころにチルトを与えた場合、ほとんどの条件で $K_2 = 1$ となり、フルクラウニングに近いほど面圧又はミーゼスの相当応力が小さくなる。一方、円筒ころは、製造上の理由により、全長に対して少なくとも50%程度のストレート部を持つことが望ましい。そこで、本実施形態では K_2 は最適化せず、ストレート部が全長の50%となるように K_2 を固定する。

【0032】

30

続いて、寸法が $\phi 5 \times 5 \sim \phi 24 \times 38$ のころについて、従来と同様にクラウニング曲線の最適化計算を行う。最適化の目的関数には、接触部近傍のミーゼスの相当応力の最大値を採用した。設計条件については、ころのチルトを1/1000（内輪及び外輪のミスアライメントでは2/1000に相当する値である）とする。設計荷重は、1個のころと内輪との接触荷重について設定する。この接触荷重は、軸受に作用する荷重が基本動定格荷重C_rの20%以上50%以下であるときの最大転動体荷重に設定する。以下、軸受に基本動定格荷重C_rのx%の荷重を作用させたときの最大転動体荷重を設計荷重とする設計条件を、x% C_r設計という。なお、最適化を行う目的関数としては、内輪軌道面、外輪軌道面又はころ転動面に受ける最大接触圧力、ミーゼスの相当応力の最大値、トレスカの相当応力の最大値、転動疲労寿命のうちの少なくとも1つを使用することができる。最大接触圧力、ミーゼスの相当応力の最大値又はトレスカの相当応力の最大値を目的関数とする場合は、これらの値が最小になるように設計パラメータを決定する。転動疲労寿命を目的関数とする場合は、転動疲労寿命が最長になるように設計パラメータを決定する。

40

【0033】

図3は、各設計条件についてミーゼスの相当応力の最大値を目的関数として最適化を行った結果から、有効長さの端におけるドロップ量 z_m の計算結果を抽出して示した図である。図3において、横軸はころの直径d (mm)と有効長さL (mm)の和であり、縦軸は有効長さの端におけるドロップ量 z_m (μm)である。図3には、25% C_r設計と35% C_r設計について $\phi 24$ 以下の64種類の寸法のころの最適化結果を示しており、30% C_r設計と、40% C_r設計と、50% C_r設計については、 $\phi 24$ 以下の64種類

50

の寸法のうち、20種類の寸法のころの最適化結果を抜粋して示している。図3から分かるように、いずれの荷重条件においても、ころの直径 d と有効長さ L との和と、ころの有効長さの端におけるドロップ量 z_m との間に、相関係数が0.997以上の線形関係がある。

【0034】

図3に示した計算結果から、各荷重条件における $d+L$ (mm)と z_m (μm)との関係が、下記の式(4)～(8)のように表される。

【数4】

$$z_m = 0.3983(d+L) + 0.6600 \quad \cdots(4) \quad 10$$

【数5】

$$z_m = 0.4313(d+L) + 0.8945 \quad \cdots(5)$$

【数6】

$$z_m = 0.4560(d+L) + 1.0270 \quad \cdots(6)$$

【数7】

$$z_m = 0.4654(d+L) + 1.5259 \quad \cdots(7) \quad 20$$

【数8】

$$z_m = 0.5330(d+L) + 1.6352 \quad \cdots(8)$$

ここで、式(4)が25%Cr設計であり、式(5)が30%Cr設計であり、式(6)が35%Cr設計であり、式(7)が40%Cr設計であり、式(8)が50%Cr設計である。

30

【0035】

さらに上記式(4)～(8)を、 $z_m = a(d+L) + b$ の形式に一般化したときの定数部 a 及び b が、荷重と線形の関係にあると考えると、 a 及び b は下記の式(9)及び(10)のように近似できる。

【数9】

$$a = 0.0051x + 0.2721 \quad \cdots(9)$$

【数10】

$$b = 0.0415x + 0.3443 \quad \cdots(10) \quad 40$$

【0036】

図4は、上記式(9)及び(10)を座標上に重ねて示した図である。図4において、横軸は、設計荷重の基本動定格荷重に対する割合 x (%)であり、縦軸は、 a 及び b である。上記式(9)及び(10)を用いて式(4)～(8)を一般化すると、下記の式(11)のようになる。

【数 1 1】

$$z_m = (0.0051x + 0.2721) \cdot (d + L) + (0.0415x - 0.3443) \cdots (11)$$

【0 0 3 7】

上記式 (11) により、 z_m (μm) の最適値を、ころの呼び寸法としての $d + L$ (mm) と、設計荷重としての割合 x (%) とから求めることができる。

【0 0 3 8】

次に、クラウニングの全体形状を特定するためのテーブルを作成する。

【0 0 3 9】

まず、クラウニング曲線の最適化計算の結果を、母線方向位置の値を有効長さ L の半分で除して無次元化すると共に、各母線方向位置におけるドロップ量の値を、有効長さの端におけるドロップ量 z_m で除して無次元化する。図 5 A 乃至 5 E は、無次元化後のクラウニング曲線を、荷重条件毎に示した図である。図 5 A 乃至 5 E において、横軸は無次元母線方向位置であり、縦軸は無次元ドロップ量である。無次元母線方向の位置 0 は、ころの中心を示す。

【0 0 4 0】

図 5 A 乃至 5 E は、径が $\phi 24$ 以下の 64 種類の設計寸法のころに関する最適化結果を重ねて示した図であり、設計荷重以外の設計条件は互いに同一である。設計荷重は、図 5 A が 25% Cr であり、図 5 B が 30% Cr であり、図 5 C が 35% Cr であり、図 5 D が 40% Cr であり、図 5 E が 50% Cr である。

【0 0 4 1】

図 A 乃至 5 E から分かるように、いずれの荷重条件のクラウニング曲線も、無次元化して示すと、概ね同一の形状に表される。図 6 は、図 5 A 乃至 5 E の全てのクラウニング曲線のうち、最大値を示す曲線と最小値を示す曲線とを抜き出して示した図である。図 6 から分かるように、ころの寸法や荷重条件にかかわらず、比較的狭い領域から無次元曲線を特定して、クラウニングを設計することができる。

【0 0 4 2】

図 7 は、 K_1 と z_m をパラメータとして、最適化計算の目的関数であるミーゼスの相当応力の最大値の分布を示す図である。図 7 から分かるように、パラメータ K_1 の値を最適線 L_b よりも大きくすることが、ミーゼスの相当応力の最大値が低減する傾向にある点で好ましい。ここで、パラメータ K_1 が増大すると、クラウニング曲線の曲率が減少する。したがって、図 6 に示した曲線の最大値と最小値との間の領域から、幅広い条件に適合するクラウニング曲線を選択するならば、全ての母線方向位置においてドロップ量が最大値となる曲線を選択するのが好ましい。このような曲線上の点は、母線方向位置とドロップ量との無次元量で表すと、下記の表 3 のようになる。

10

20

30

【表 3】

母線方向位置 (無次元量)	ドロップ量 (無次元量)
0-0.50	0
0.55	0.002
0.60	0.015
0.65	0.043
0.70	0.086
0.75	0.147
0.80	0.229
0.85	0.340
0.90	0.489
0.95	0.696
1.00	1.000

表 3 全母線方向位置においてドロップ量が最大値となる曲線上の点

【0043】

上記表 3 に、上述の式 (11) によって求めたドロップ量 z_m を適用することにより、クラウニング全体の形状を特定することができる。すなわち、母線方向位置の欄の無次元量に、ころの有効長さの半分である $L/2$ の値を乗じると共に、ドロップ量の欄の無次元量に、上記ドロップ量 z_m を乗じる。これにより、ころの母線方向 (y 軸) と母線直交方向 (z 軸) とで形成される $y-z$ 座標系上の点を特定することができる。この点を通る曲線を設定することにより、クラウニング曲線を特定できるのである。

【0044】

本実施形態のクラウニングの設計方法は、設計を行う度にクラウニング曲線の最適化計算を行う必要がない。したがって、従来のように設計パラメータが取りうる条件について大量の演算を行う必要がないので、クラウニングの設計にかかる手間と時間を効果的に削減できる。

【0045】

上記実施形態において、高荷重の場合は、エッジロードの防止効果の点で z_m が大きい方がよいが、ドロップ量 z_m を必要以上に大きくするとクラウニング製作時の加工量が大きくなり、不経済である。また、実際の殆どの使用条件では、荷重は基本動定格荷重の 25% 以下であり、35% を超えることは極めて稀である。したがって、式 (11) において、 x は 25 以上 35 以下とするのが好ましい。

【0046】

また、クラウニングは、ころの転動面と外輪又は内輪の軌道面とのいずれに設けてもよい。ころの転動面と外輪又は内輪の軌道面との両方にクラウニングを形成する場合、上記各母線方向位置におけるドロップ量を、転動面側と軌道面側とに分配して、各面に形成するクラウニング曲線を特定すればよい。

【0047】

なお、上記母線方向位置とドロップ量との無次元量を示す表3において、母線方向位置を0.05おきに示したが、母線方向位置の特定間隔は、0.05以外の他の値であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】本発明の実施形態の設計方法によるクラウニングが施される円筒ころ軸受を示す断面図である。

【図2】円筒ころのクラウニングの輪郭を $y-z$ 座標系上に示した図である。

【図3】最適化計算の結果から、有効長さの端におけるドロップ量 z_m を抽出して示した図である。

10

【図4】有効長さの端におけるドロップ量 z_m の一般化式の定数 a 、 b と、設計荷重の基本動定格荷重に対する割合 x との関係を示した図である。

【図5A】設計荷重が基本動定格荷重の25%の場合のクラウニング形状の最適化結果を示す図である。

【図5B】設計荷重が基本動定格荷重の30%の場合のクラウニング形状の最適化結果を示す図である。

【図5C】設計荷重が基本動定格荷重の35%の場合のクラウニング形状の最適化結果を示す図である。

【図5D】設計荷重が基本動定格荷重の40%の場合のクラウニング形状の最適化結果を示す図である。

20

【図5E】設計荷重が基本動定格荷重の50%の場合のクラウニング形状の最適化結果を示す図である。

【図6】図5A乃至5Eの全てのクラウニング曲線のうち、最大値を示す曲線と最小値を示す曲線とを抜き出して示した図である。

【図7】 K_1 と z_m をパラメータとして、ミーゼスの相当応力の最大値の分布を示す図である。

【符号の説明】

【0049】

11 内輪

30

11a 内輪軌道面

12 外輪

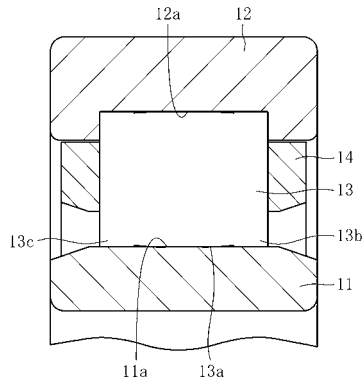
12a 外輪軌道面

13 円筒ころ

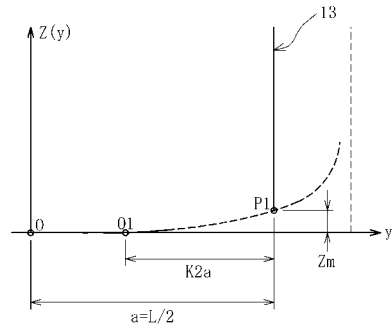
13a 円筒ころ転動面

13b, 13c カットクラウニング

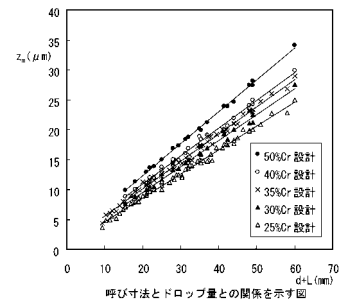
【図 1】



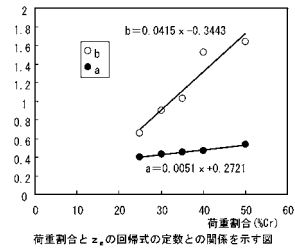
【図 2】



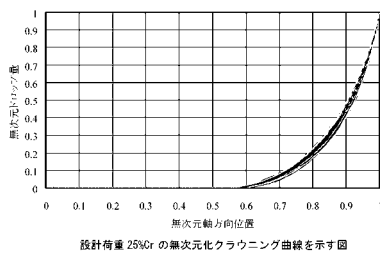
【図 3】



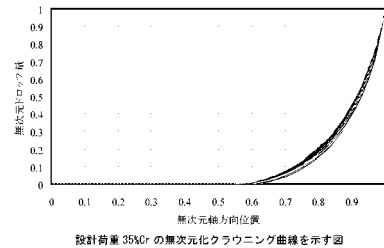
【図 4】



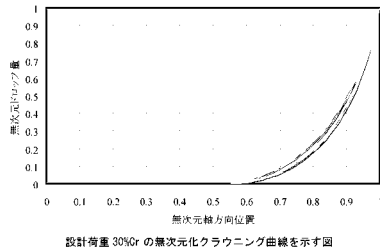
【図 5 A】



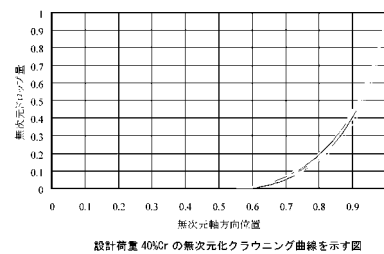
【図 5 C】



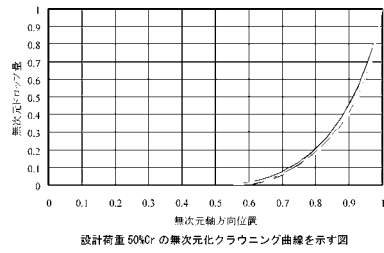
【図 5 B】



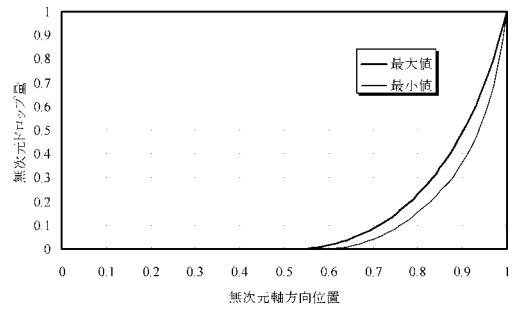
【図 5 D】



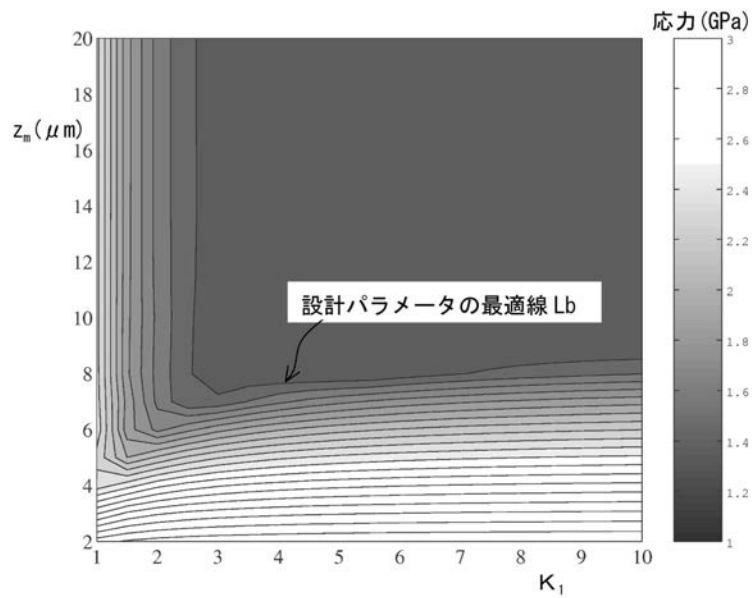
【図 5 E】



【図 6】



【図 7】



ミーゼスの相当応力の最大値の分布を示す図

フロントページの続き

審査官 西堀 宏之

- (56)参考文献 特開2006-52790 (JP, A)
特開2001-65574 (JP, A)
特開2001-124089 (JP, A)
特開2004-353744 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16C 19/00-19/56
F16C 33/30-33/66