(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4897610号
(P4897610)
(45)発行日　平成24年3月14日(2012.3.14)　(24)登録日　平成24年1月6日(2012.1.6)

(51)Int.Cl.　F I
F16H 1/32 (2006.01)　F16H 1/32 B

請求項の数 8　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2007-206781(P2007-206781)
(22)出願日　平成19年8月8日(2007.8.8)
(65)公開番号　特開2009-41655(P2009-41655A)
(43)公開日　平成21年2月26日(2009.2.26)
審査請求日　平成22年5月13日(2010.5.13)

(73)特許権者　390040051
株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
東京都品川区南大井６丁目２５番３号
(74)代理人　100090170
弁理士　横沢　志郎
(72)発明者　小林　優
長野県安曇野市穂高牧１８５６－１　株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ穂高工場内

審査官　鈴木　充

最終頁に続く

(54)【発明の名称】波動発生器、波動歯車装置および波動歯車装置の効率低下防止方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
波動歯車装置の波動発生器であって、
楕円形輪郭の剛性カム板と、
この剛性カム板の外周面に装着されているウエーブベアリングとを有し、
このウエーブベアリングは、半径方向に撓み可能な外輪および内輪と、これらの間に転動可能な状態で挿入されている複数個の転動体とを備え、前記剛性カム板によって前記外輪および前記内輪は楕円形に撓められており、
前記剛性カム板は、当該剛性カム板における楕円形の短軸の両端に位置する短軸側外周端部分を含む短軸側部分が、当該剛性カム板における残りの部分に比べて線膨張率の大きな素材から形成されていることを特徴とする波動歯車装置の波動発生器。
【請求項２】
請求項１に記載の波動歯車装置の波動発生器において、
前記短軸側部分は、前記剛性カム板の中心軸線の方向から見た場合に、前記短軸の両端を中心として円周方向に延びる三日月形状をしていることを特徴とする波動歯車装置の波動発生器。
【請求項３】
請求項１に記載の波動歯車装置の波動発生器において、
前記短軸側部分は、前記短軸の両端を中心として円周方向に沿って左右に５５度の角度範囲内の領域に形成されていることを特徴とする波動歯車装置の波動発生器。

【請求項４】
請求項１に記載の波動歯車装置の波動発生器において、
前記剛性カム板は、前記短軸側部分を除き、鋼素材から形成されており、
前記短軸側部分は、アルミニウム合金、６０／４０黄銅、ベリリウム銅、または、ＳＵＳ３０５から形成されていることを特徴とする波動歯車装置の波動発生器。
【請求項５】
可撓性外歯歯車、剛性内歯歯車、および波動発生器を有する波動歯車装置において、
前記波動発生器は、請求項１ないし４のうちのいずれかの項に記載の波動発生器であることを特徴とする波動歯車装置。
【請求項６】
可撓性外歯歯車、剛性内歯歯車および波動発生器を有する波動歯車装置の効率低下防止方法であって、
前記波動発生器として、請求項１ないし４のうちのいずれかの項に記載の波動発生器を採用し、
前記剛性カム板の回転数の上昇に伴って当該剛性カム板の温度が上昇すると、前記短軸側部分の熱膨張によって、前記ウエーブベアリングの転動体の転動をロックして、当該ウエーブベアリングを前記剛性カム板と一体回転するロック状態にし、
前記転動体の転動によって生ずる潤滑剤による攪拌抵抗を低減して、攪拌抵抗に起因するトルク伝達効率の低下を抑制することを特徴とする波動歯車装置の効率低下防止方法。
【請求項７】
請求項６に記載の波動歯車装置の効率低下防止方法において、
前記短軸側部分の形状および形成領域、並びに、当該短軸側部分を形成している素材の線膨張率のいずれか一つを変更することにより、前記ウエーブベアリングがロック状態に切り替わる時点の運転条件を変更することを特徴とする波動歯車装置の効率低下防止方法。
【請求項８】
請求項７に記載の波動歯車装置の効率低下防止方法において、
前記運転条件には、前記剛性カム板の回転数および前記剛性カム板の温度上昇値の少なくとも一方が含まれていることを特徴とする波動歯車装置の効率低下防止方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、波動歯車装置の波動発生器に関し、特に、高速回転時における波動発生器による潤滑剤攪拌抵抗に起因する効率低下を防止するための技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
波動歯車装置は、剛性内歯歯車、可撓性外歯歯車および波動発生器を備えており、波動発生器によって可撓性外歯歯車を半径方向に撓めて剛性内歯歯車に部分的に噛み合わせ、波動発生器を回転させることにより両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させて両歯車の間に、それらの歯数差に起因する相対回転を発生させる。
【０００３】
一般的な波動発生器は楕円形輪郭の剛性カム板と、この外周面に装着したウエーブベアリングとを備えている。ウエーブベアリングは、半径方向に撓み可能な外輪および内輪と、これらの間に転動可能な状態で装着されている複数個のボールなどの転動体とを備えており、剛性カム板によって楕円形に撓められている。ウエーブベアリングは可撓性外歯歯車の内側にはめ込まれ、可撓性外歯歯車と剛性カム板を相対回転可能な状態に保持している。
【０００４】
波動歯車装置は、波動発生器の剛性カム板が回転入力要素とされ、剛性内歯歯車あるいは可撓性外歯歯車が減速回転出力要素とされる。剛性カム板は、ウエーブベアリングおよ

び可撓性外歯歯車の各部分は繰り返し半径方向に変位させながら回転する。ウエーブベアリングの内輪が剛性カム板と共に高速回転し、その外輪が可撓性外歯歯車と一体となって回転し、これら内外輪の間に挿入されているボールが、これら外輪および内輪の軌道面に沿って転動することにより、剛性カム板および可撓性外歯歯車が小さなトルクでスムーズに相対回転可能である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

ここで、多数個のボールが高速で転動すると、潤滑剤による大きな攪拌抵抗が各ボールに作用する。このため、高速回転が入力される運転状態での波動歯車装置のトルク伝達効率が低下するという問題点がある。

【０００６】

本発明の課題は、このような効率低下を防止あるいは抑制可能な波動歯車装置の波動発生器を提案することにある。

【０００７】

また、本発明の課題は、かかる新たな波動発生器を備えた波動歯車装置を提案することにある。

【０００８】

さらに、本発明の課題は、かかる新たな波動発生器を備えた波動歯車装置の効率低下防止方法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

上記の課題を解決するために、本発明の波動歯車装置の波動発生器は、

楕円形輪郭の剛性カム板と、

この剛性カム板の外周面に装着されているウエーブベアリングとを有し、

このウエーブベアリングは、半径方向に撓み可能な外輪および内輪と、これらの間に転動可能な状態で挿入されている複数個の転動体とを備え、前記剛性カム板によって前記外輪および前記内輪は楕円形に撓められており、

前記剛性カム板は、当該剛性カム板における楕円形の短軸の両端に位置する短軸側外周端部分を含む短軸側部分が、当該剛性カム板における残りの部分に比べて線膨張率の大きな素材から形成されていることを特徴としている。

【００１０】

ここで、前記短軸側部分を、前記短軸を中心として前記剛性カム板の外周面に沿って延びる三日月形状の領域とすることができる。

【００１１】

また、前記短軸側部分は、前記短軸を中心として円周方向に沿って左右に５５度の角度の範囲内の領域に形成しておくことができる。

【００１２】

さらに、前記剛性カム板は、一般的に、前記短軸側部分を除き、鋼素材から形成される。この場合には、前記短軸側部分は、アルミニウム合金、６０／４０黄銅、ベリリウム銅、または、ＳＵＳ３０５とすることができる。

【００１３】

次に、本発明の波動歯車装置は、上記構成の波動発生器を備えていることを特徴としている。

【００１４】

一方、本発明の波動歯車装置の効率低下防止方法は、波動発生器として上記構成のものを採用し、剛性カム板の回転数の上昇に伴って当該剛性カム板の温度が上昇すると、前記短軸側部分の熱膨張によって、前記ウエーブベアリングの転動体の転がり運動をロックして、当該ウエーブベアリングが前記剛性カム板と一体回転するロック状態を形成し、前記転動体の転がり運動によって生ずる潤滑剤の攪拌抵抗を低減し、攪拌抵抗に起因するトル

ク伝達効率の低下を抑制することを特徴としている。

【００１５】

ここで、前記短軸側部分の形状および形成領域、ならびに、当該短軸側部分を形成している素材の線膨張率のいずれか一つを変更することにより、前記ウエーブベアリングがロック状態に切り替わる時点の運転条件を変更することができる。

【００１６】

また、前記運転条件としては、前記剛性カム板の回転数および前記剛性カム板の温度上昇値を挙げることができる。

【発明の効果】

【００１７】

本発明の波動発生器では、ウエーブベアリングは剛性カム板によって楕円形に撓められており、楕円形の長軸両端に位置している転動体は内外輪の間にタイトに挟まれ、内外輪軌道部と点接触し転動する状態になっている。長軸両端以外の部分に位置している残りの転動体は内外輪の間において隙間があり転動自在の状態に保持されている。

【００１８】

波動発生器が高速回転して加熱されると、波動発生器の各部分が熱膨張する。剛性カム板の短軸側部分は線膨張率の大きな素材から形成されているので、この部分の膨張量が長軸側の部分よりも大きい。

【００１９】

このため、剛性カム板の短軸側部分の熱膨張によって、短軸両端部分におけるウエーブベアリングの内輪軌道部、転動体、外輪軌道部の隙間が狭くなり、内外輪の間にタイトに挟まれる転動体の個数が温度上昇に伴って増加する。転動自在の状態に保持されている転動体の数が所定以下の個数になると、ウエーブベアリングの内外輪が相対回転不可のロック状態に陥る。

【００２０】

ウエーブベアリングがロック状態になると、ウエーブベアリングは剛性カム板と一体回転する。高速回転時には、ウエーブベアリングの外輪と可撓性外歯歯車の間には十分な潤滑油膜が形成されているので、ウエーブベアリングは剛性カム板と一体にスムーズに回転することができる。

【００２１】

したがって、本発明の波動発生器では、高速回転時に、転動体が高速で転動しないようにロックできるので、転動体の高速転がり運動による潤滑油の攪拌抵抗が発生せず、あるいは攪拌抵抗が低減される。よって、本発明によれば、高速回転時のトルク伝達効率の低下を抑制あるいは防止できる。

【００２２】

ここで、高速回転時にウエーブベアリングをロック状態にするためには、剛性カム板の全体をウエーブベアリングの内外輪に比べて高線膨張率の素材から形成しておくことが考えられる。しかしながら、剛性カム板の全体を高線膨張率の素材から形成しておくと、高速回転時の加熱によって、剛性カム板の楕円形の長軸寸法が熱膨張によって大きく変化してしまう。この結果、可撓性外歯歯車を適正な楕円形状に撓めて剛性内歯歯車に適切に噛み合わせることができなくなる可能性がある。

【００２３】

本発明の波動発生器では、剛性カム板の長軸方向の熱膨張による伸び量は少なく、加熱状態においても長軸両端部における可撓性外歯歯車と剛性内歯歯車の適切な噛み合い状態が維持される。よって、両歯車の適切な噛み合い状態を維持しながら、ウエーブベアリングをロック状態にして、潤滑油の攪拌抵抗に起因するトルク伝達効率の低下を防止あるいは抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２４】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した波動歯車装置の実施の形態を説明する。

【００２５】
図１は本実施の形態に係る波動歯車装置の縦断面図であり、図２は波動歯車装置の噛み合い状態を示す模式図である。波動歯車装置１は、剛性内歯歯車２と、この内側に配置されているカップ型の可撓性外歯歯車３と、この内側に嵌め込まれている楕円形輪郭の波動発生器４を有している。円形の可撓性外歯歯車３における外歯３ａが形成されている部分は、波動発生器４によって楕円形に撓められている。外歯３ａにおける楕円形の長軸Ｌｍａｘ方向の両端部分が、円形の剛性内歯歯車２の内歯２ａに噛み合っている。
【００２６】
波動発生器４にはモータ軸などの高速回転入力軸が連結されている。波動発生器４が回転すると、両歯車２、３の噛み合い位置が円周方向に移動して、両歯車２、３の間には、それらの歯数差に起因する相対回転が発生する。例えば、剛性内歯歯車２が回転しないように固定され、可撓性外歯歯車３が負荷側の部材に連結され、可撓性外歯歯車３から減速回転が取り出されて負荷側の部材に伝達される。
【００２７】
図３は波動発生器４を示す正面図である。図１、３を参照して説明すると、波動発生器４は、楕円形輪郭の剛性カム板５と、この外周面６に装着したウエーブベアリング７とを備えている。ウエーブベアリング７は、半径方向に撓み可能な円形の内輪８および外輪９と、これらの間に転動可能な状態で装着されている複数個のボール１０とを備えている。
【００２８】
ウエーブベアリング７は剛性カム板５によって楕円形に撓められた状態で可撓性外歯歯車３の内側に嵌め込まれ、可撓性外歯歯車３と、高速回転入力軸に連結されている剛性カム板５を相対回転可能な状態に保持している。すなわち、楕円形に撓められた内輪８および外輪９の間に挿入されているボール１０が、これら内外輪８、９の軌道面に沿って転がり運動を行うことにより、剛性カム板５および可撓性外歯歯車３が小さなトルクでスムーズに相対回転可能である。
【００２９】
詳細に説明すると、ウエーブベアリング７は剛性カム板５によって楕円形に撓められており、楕円形の長軸Ｌｍａｘの両端に位置する１個あるいは複数個のボール１０ａは内外輪８、９の間にタイトに挟まれ、内外輪軌道部と点接触し転がり運動する状態になっている。長軸Ｌｍａｘの両端以外の部分に位置している残りのボール１０は内外輪８、９の間において、隙間があり、転がり運動が自在な状態に保持されている。したがって、内外輪８、９の間に挿入されているボール１０は内外輪の軌道面に沿って転がり運動を行い、剛性カム板５および可撓性外歯歯車３が小さなトルクでスムーズに相対回転可能である。
【００３０】
ここで、剛性カム板５は、その短軸Ｌｍｉｎの両端５１ａ、５２ａを含む短軸側部分５１、５２を除き、内外輪８、９とほぼ同一の線膨張率を備えた素材から形成されている。短軸側部分５１、５２は、それよりも線膨張率の大きな素材から形成されている。図３においては短軸側部分５１、５２を斜線で示してある。
【００３１】
本例の短軸側部分５１、５２は、剛性カム板５の中心軸線（装置軸線）１ａの方向から見た場合に、短軸Ｌｍｉｎの両端５１ａ、５２ａ中心として外周面６に沿って左右に５５度の角度を張る三日月形状をしている。すなわち、剛性カム板５の楕円形輪郭を規定している短軸両端部分の１１０度の角度を張る円弧６ａ、６ｂと、これよりも曲率の小さな円弧６１、６２とによって囲まれる領域が短軸側部分５１、５２とされている。
【００３２】
剛性カム５は一般に鋼が用いられている。短軸側部分５１、５２には、アルミニウム合金、６０／４０黄銅、ベリリウム銅、または、ＳＵＳ３０５を用いることができる。これらの素材の線膨張係数を以下に示す。

材質	線膨張係数／℃（０～１００℃）
鋼	０．０００００１１２

アルミニウム合金	０．０００００２３
６０／４０黄銅	０．０００００２０８
ベリリウム銅	０．０００００１７８
ＳＵＳ３０５	０．０００００１７３

【００３３】

この構成の波動歯車装置１の波動発生器４の入力回転数が増加すると、波動歯車装置１の内部温度が徐々に上昇する。図４のグラフには、型番の違う３種類の波動歯車装置における入力回転数の増加と内部温度の上昇値との関係を示してある。この図に示すように、入力回転数の増加と内部温度の上昇値とはほぼ比例関係になる。

【００３４】

内部温度が上昇すると、それに伴って、剛性カム板５の短軸Ｌｍｉｎの両端５１ａ、５２ａを含む短軸側部分５１、５２が、それ以外の部分に比べて、大きく熱膨張する。温度上昇に伴う剛性カム板５の熱膨張によって、ウエーブベアリング７における内外輪８、９とボール１０との隙間が徐々に少なくなる。この結果、ウエーブベアリング７の長軸Ｌｍａｘの両端に位置するボール１０ａだけでなく、これらのボール１０ａに隣接しているボールも内外輪８、９の間にタイトに挟まれた状態になる。また、温度上昇に連れて、タイト状態のボール１０の数が徐々に増加する。短軸Ｌｍｉｎの両端に位置している数個のボール１０ｂを除くボール１０がタイト状態になると、ウエーブベアリング７がロック状態に陥り、剛性カム板５と一体となって回転し始める。

【００３５】

図５のグラフは、本例の波動歯車装置１における内外輪８、９とボール１０の間の残留隙間と、転がり運動可能なボール（ルーズボール）との関係を示してある。室温（２０℃）の状態ではルーズボール数が約１４個であり、ウエーブベアリング７は円滑に回転する。これに対して、残留隙間が減少して（温度が上昇して）ルーズボール数が９個程度まで減少すると、ウエーブベアリング７が回りにくくなる。そして、さらに残留隙間が減少してルーズボール数が５個程度まで少なくなると、ウエーブベアリング７は回転せずにロック状態に陥る。

【００３６】

ここで、短軸側部分５１、５２の形成領域、当該部分の線膨張率の値を調整することにより、内部温度が所定量だけ上昇した段階でウエーブベアリング７をロック状態にすることができる。例えば、高速回転時の温度上昇値が約３５℃以上になるとウエーブベアリング７をロック状態にできるように、線膨張率を選択し、また、短軸側部分５１、５２の形成領域、形状を定めればよい。

【図面の簡単な説明】

【００３７】

【図１】本発明を適用した波動歯車装置の縦断面図である。

【図２】図１の波動歯車装置の噛み合い状態を示す模式図である。

【図３】図１の波動発生器を示す正面図である。

【図４】波動歯車装置における入力回転数と温度上昇値の関係を示すグラフである。

【図５】波動歯車装置における残留隙間とルーズボールの関係を示すグラフである。

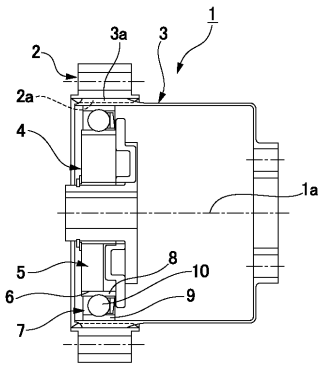
【符号の説明】

【００３８】

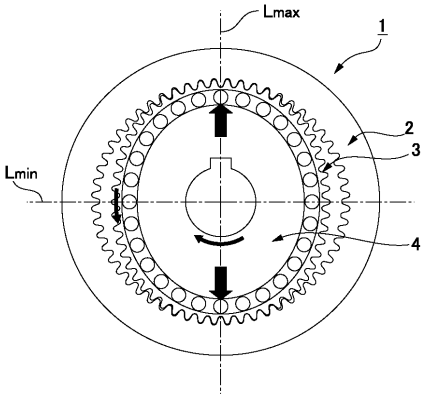
１　波動歯車装置
２　剛性内歯歯車
３　可撓性外歯歯車
４　波動発生器
５　剛性カム板
６　外周面
６ａ、６ｂ　円弧
７　ウエーブベアリング

８　　内輪
９　　外輪
１０　ボール
１０ａ　短軸両端に位置するボール
１０ｂ　長軸両端に位置するボール
５１、５２　短軸側部分
５１ａ、５２ａ　短軸の両端部分
６１、６２　円弧
Ｌｍａｘ　長軸
Ｌｍｉｎ　短軸

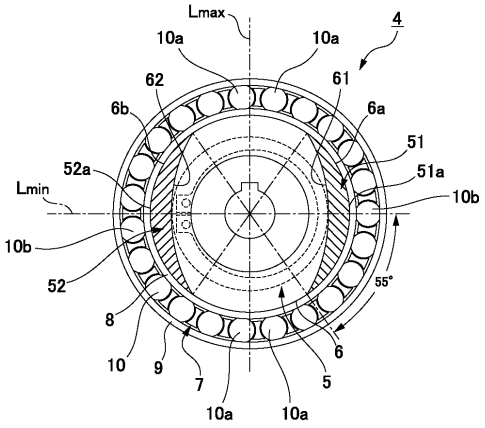
【図１】



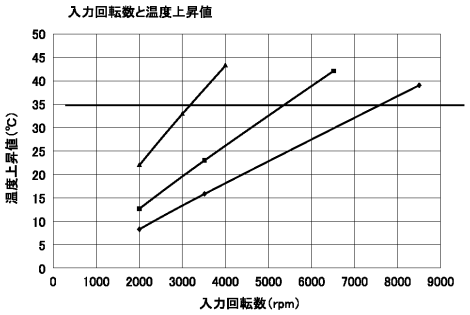
【図２】



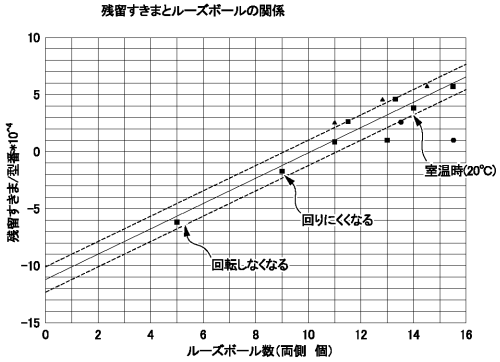
【図３】



【図４】



【図５】


残留すきまとルーズボールの関係
残留すきま/型番*10^-4
ルーズボール数(両側 個)
室温時(20℃)
回りにくくなる
回転しなくなる

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２００２－３３３０５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３４９６４５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ１６Ｈ　　１／３２