

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7280763号  
(P7280763)

(45)発行日 令和5年5月24日(2023.5.24)

(24)登録日 令和5年5月16日(2023.5.16)

(51)国際特許分類 F I  
F 1 6 H 55/22 (2006.01) F 1 6 H 55/22  
F 1 6 H 1/16 (2006.01) F 1 6 H 1/16 Z

請求項の数 7 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-119919(P2019-119919)	(73)特許権者	000000929 K Y B 株式会社 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号
(22)出願日	令和1年6月27日(2019.6.27)	(74)代理人	110002468 弁理士法人後藤特許事務所
(65)公開番号	特開2021-4667(P2021-4667A)	(72)発明者	増田 大輝 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号世界貿易センタービル K Y B 株式会社内
(43)公開日	令和3年1月14日(2021.1.14)	(72)発明者	稲場 義昌 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号世界貿易センタービル K Y B 株式会社内
審査請求日	令和3年12月21日(2021.12.21)	審査官	畔津 圭介

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ウォームシャフト、ウォーム減速機及びウォームシャフトの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の軸受によって先端側及び基端側が回転自在に支持され、円盤状のウォームホイールに噛み合う歯部を有するウォームシャフトであって、  
前記先端側に形成され、前記軸受に挿入される挿入部と、  
前記挿入部の端部から径方向外側に立ち上がるように形成される壁面と、  
前記壁面から前記基端側に向かうにしたがって径が大きくなるように形成されるテーパ部と、  
前記テーパ部から前記基端側に向かって延在する本体部と、を備え、  
前記ウォームホイールは、前記ウォームシャフトと並んで配置されて前記ウォームシャフトの回転に伴い周方向に回転し、

10

前記歯部は、前記ウォームシャフトの略周方向に形成されるとともに、前記歯部の歯底が前記ウォームシャフトの回転中心軸と平行かつ前記壁面と前記テーパ部との境界を通る直線よりも径方向外側に位置するように、前記本体部及び前記テーパ部に形成されていることを特徴とするウォームシャフト。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のウォームシャフトであって、  
前記ウォームシャフトの回転中心軸に対する前記テーパ部の外周面の傾斜角度は、4 5 度以下であることを特徴とするウォームシャフト。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のウォームシャフトであって、  
前記ウォームシャフトの回転中心軸に対する前記テーパ部の外周面の傾斜角度は、30 度以上である  
ことを特徴とするウォームシャフト。

## 【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載のウォームシャフトと、  
前記ウォームシャフトの歯部に噛み合う前記ウォームホイールと、を備える  
ことを特徴とするウォーム減速機。

## 【請求項 5】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載のウォームシャフトの製造方法であって、  
前記テーパ部を有する棒状の素材に対して、前記テーパ部及び前記テーパ部から延在する前記本体部に歯切り加工を施すことにより、前記歯部を形成する歯部形成工程を備え、  
前記歯部形成工程では、円板の外周に歯が形成された工具により前記歯部が形成され、  
前記歯部形成工程において、前記ウォームシャフトの中心軸と、前記工具と、が成す鋭角は、前記ウォームシャフトの中心軸と、前記テーパ部の垂線と、が成す鋭角よりも大きいことを特徴とするウォームシャフトの製造方法。

10

## 【請求項 6】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載のウォームシャフトの製造方法であって、  
前記テーパ部を有する棒状の素材に対して、前記テーパ部及び前記テーパ部から延在する前記本体部に歯切り加工を施すことにより、前記歯部を形成する歯部形成工程と、  
前記本体部に形成された前記歯部を仕上げる仕上げ工程と、を備える  
ことを特徴とするウォームシャフトの製造方法。

20

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載のウォームシャフトの製造方法であって、  
前記歯部形成工程に先立って、棒状の素材に前記テーパ部を形成するテーパ部形成工程をさらに備える  
ことを特徴とするウォームシャフトの製造方法。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ウォームシャフト、ウォーム減速機及びウォームシャフトの製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

電動モータに連結されるウォームシャフトと、ウォームシャフトに噛み合うウォームホイールと、ウォームシャフトを回転可能に支持する一対の軸受と、を備えるウォーム減速機が知られている（特許文献 1 参照）。特許文献 1 に記載のウォームシャフト 18 には、その先端側に軸受 34 の内輪 40 の一方の端面に当接する位置決め段部 42 が形成されている（特許文献 1 の図 2 参照）。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【文献】特開 2017-211000 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献 1 に記載のウォームシャフト 18 の位置決め段部 42 は、ウォームシャフト 1

50

8が軸受34の外輪43と接触しないように、歯部18cの外径よりも小径に形成されている。位置決め段部42と歯部18cとの間には、円柱部と、円柱部と歯部18cとを接続するテーパ部と、が形成されている。

【0005】

このようなウォーム減速機では、ウォームシャフトは、ハウジングの開口部からその軸方向に沿って挿入され、ウォームホイールに噛み合いながら組み付けられる。このため、ウォームシャフトの歯部の長さは、ウォームシャフトの組み付けが可能な長さに設定される。したがって、ウォーム減速機によっては、ウォームシャフトの先端部に設けられるテーパ部まで歯部が形成される場合がある。

【0006】

しかしながら、テーパ部まで歯部を形成する場合、テーパ部においてバリが発生するおそれがある。バリが発生すると、バリを取り除くための処理を行う必要があり、製造に手間がかかり、製造コストが増加してしまうという問題がある。

【0007】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、ウォームシャフトの製造コストの低減を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、一对の軸受によって先端側及び基端側が回転自在に支持され、円盤状のウォームホイールに噛み合う歯部を有するウォームシャフトであって、先端側に形成され、軸受に挿入される挿入部と、挿入部の端部から径方向外側に立ち上がるように形成される壁面と、壁面から基端側に向かうにしたがって径が大きくなるように形成されるテーパ部と、テーパ部から基端側に向かって延在する本体部と、を備え、ウォームホイールは、ウォームシャフトと並んで配置されてウォームシャフトの回転に伴い周方向に回転し、歯部は、ウォームシャフトの略周方向に形成されるとともに、歯部の歯底がウォームシャフトの回転中心軸と平行かつ壁面とテーパ部との境界を通る直線よりも径方向外側に位置するように、本体部及びテーパ部に形成されていることを特徴とする。

【0009】

この発明では、壁面から基端側に向かうにしたがって径が大きくなるようにテーパ部が形成されているため、ウォームシャフトの回転中心軸に対するテーパ部の外周面の傾斜角度を小さく抑えることができる。これにより、テーパ部に歯部を形成する際に、テーパ部でのバリの発生を抑制することができる。

【0010】

本発明は、ウォームシャフトの回転中心軸に対するテーパ部の外周面の傾斜角度が、45度以下であることを特徴とする。

【0011】

この発明では、テーパ部に歯部を形成する際に、テーパ部でのバリの発生を効果的に抑制できる。

【0012】

本発明は、ウォームシャフトの回転中心軸に対するテーパ部の外周面の傾斜角度が、30度以上であることを特徴とする。

【0013】

この発明では、ウォームシャフトの軸長を短くすることができる。

【0014】

本発明は、ウォームシャフトの歯部に噛み合う前記ウォームホイールと、を備えることを特徴とするウォーム減速機である。

【0015】

この発明では、製造コストの低減を図ることのできるウォーム減速機を提供することができる。

【0016】

10

20

30

40

50

本発明は、上記ウォームシャフトの製造方法であって、テーパ部を有する棒状の素材に対して、テーパ部及びテーパ部から延在する本体部に歯切り加工を施すことにより、歯部を形成する歯部形成工程を備え、歯部形成工程では、円板の外周に歯が形成された工具により歯部が形成され、歯部形成工程において、ウォームシャフトの中心軸と、工具と、が成す鋭角は、ウォームシャフトの中心軸と、テーパ部の垂線と、が成す鋭角よりも大きいことを特徴とする。また、本発明は、上記ウォームシャフトの製造方法であって、テーパ部を有する棒状の素材に対して、テーパ部及びテーパ部から延在する本体部に歯切り加工を施すことにより、歯部を形成する歯部形成工程と、本体部に形成された歯部を仕上げる仕上げ工程と、を備えることを特徴とする。

【0017】

本発明は、歯部形成工程に先立って、棒状の素材にテーパ部を形成するテーパ部形成工程をさらに備えることを特徴とする。

【0018】

これらの発明では、テーパ部に歯部を形成する際に、テーパ部でのバリの発生を抑制可能なウォームシャフトの製造方法を提供することができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、ウォームシャフトの製造コストの低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態に係るウォーム減速機を備えたパワーステアリング装置の構成図である。

【図2】本発明の実施形態に係るウォーム減速機を備えたパワーステアリング装置の断面図である。

【図3】ウォームシャフトの製造手順について示すフローチャートである。

【図4】ウォームシャフトの素材の側面図である。

【図5】テーパ部を有する素材の側面図であり、素材の歯切り加工に用いられる工具を二点鎖線で示す。

【図6】ウォームシャフトの側面図である。

【図7】本実施形態に係るウォームシャフトの先端部を拡大して示す拡大図であり、本実施形態の比較例に係るウォームシャフトを二点鎖線で示す。

【発明を実施するための形態】

【0021】

図面を参照して、本発明の実施形態に係るウォーム減速機を備えたパワーステアリング装置について説明する。パワーステアリング装置は、車両に搭載されドライバーが操舵ハンドルに加える操舵力を補助する装置である。

【0022】

図1及び図2に示すように、パワーステアリング装置10は、ウォーム減速機100と、駆動源としての電動モータ7と、を備える。ウォーム減速機100は、電動モータ7の出力シャフト7aに連結され電動モータ7の駆動に伴って回転するウォームシャフト2と、ウォームシャフト2の歯部129に噛み合うウォームホイール1と、ウォームシャフト2及びウォームホイール1を収容するギヤケース3と、を備える。ウォームシャフト2と電動モータ7の出力シャフト7aとは、軸ずれを許容する軸連結器19によって連結される。

【0023】

操舵ハンドル16にはステアリングシャフト20が連結され、ステアリングシャフト20は操舵ハンドル16の回転に伴って回転する。ステアリングシャフト20は、操舵ハンドル16に連係する入力軸21と、ラック軸8に連係する出力軸22と、入力軸21と出力軸22を連結するトーションバー23と、を備える。ウォームホイール1は出力軸22に設けられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 4 】

パワーステアリング装置 1 0 は、運転者によるステアリング操作に伴う入力軸 2 1 と出力軸 2 2 との相対回転によってトーションバー 2 3 に作用する操舵トルクを検出するトルクセンサ 2 4 と、トルクセンサ 2 4 にて検出された操舵トルクに基づいて電動モータ 7 の駆動を制御するコントローラ 2 5 と、をさらに備える。電動モータ 7 から出力されたトルクは、ウォームシャフト 2 からウォームホイール 1 に伝達されて出力軸 2 2 にアシストトルクとして付与される。このように、パワーステアリング装置 1 0 は、トルクセンサ 2 4 の検出結果に基づいて電動モータ 7 の駆動をコントローラ 2 5 にて制御して運転者のステアリング操作を補助する。

## 【 0 0 2 5 】

ウォーム減速機 1 0 0 は、電動モータ 7 の駆動に伴ってウォームシャフト 2 が回転すると、ウォームシャフト 2 の回転を減速してウォームホイール 1 に伝達する。これにより、ウォームホイール 1 が設けられる出力軸 2 2 が、車輪 6 を転舵するラック軸 8 に電動モータ 7 の回転力を伝達する。

## 【 0 0 2 6 】

図 2 に示すように、ウォームシャフト 2 は金属製のギヤケース 3 に收容され、電動モータ 7 はギヤケース 3 に取り付けられる。ウォームシャフト 2 には、ウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 に噛み合う歯部 1 2 9 が形成される。ギヤケース 3 には歯部 1 2 9 に対応する位置に開口部 3 c が形成され、その開口部 3 c を通じてウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 とウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 とが噛み合う。

## 【 0 0 2 7 】

ウォーム減速機 1 0 0 は、ウォームシャフト 2 の基端側（電動モータ 7 側）を回転自在に支持する第 1 軸受 4 と、ウォームシャフト 2 の先端側（電動モータ 7 側とは反対側）を回転自在に支持する第 2 軸受 1 1 と、第 2 軸受 1 1 を介して、ウォームシャフト 2 をウォームホイール 1 へ向けて付勢する付勢部材としてのコイルスプリング 1 2 と、を備える。つまり、ウォームシャフト 2 は、ギヤケース 3 内において、一对の軸受（第 1 軸受 4 及び第 2 軸受 1 1）によって回転自在に支持される。以下、ウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0（図 6 参照）に沿う方向を単に軸方向と記し、ウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 を中心とする放射方向を径方向と記す。

## 【 0 0 2 8 】

第 1 軸受 4 は、環状の外輪と内輪の間に転動体としてのボール（玉）が介在される深溝玉軸受である。第 1 軸受 4 の外輪は、ギヤケース 3 に形成された段部 3 a とギヤケース 3 内に締結されたロックナット 5 との間で軸方向に挟持される。第 1 軸受 4 の内輪は、ウォームシャフト 2 の段部 2 b とウォームシャフト 2 に接続された軸連結器 1 9 のウォーム側ジョイント 9 との間で軸方向に挟持される。

## 【 0 0 2 9 】

第 2 軸受 1 1 は、環状の外輪 1 4 1 と内輪 1 4 2 の間に転動体としてのボール（玉）1 4 3 が介在される深溝玉軸受である。第 2 軸受 1 1 は、ギヤケース 3 の底部に収装される。

## 【 0 0 3 0 】

ウォームシャフト 2 は、その先端側に形成され第 2 軸受 1 1 の内輪 1 4 2 に挿入される円柱形状の挿入部 1 1 1 と、挿入部 1 1 1 の基端部から径方向外側に向かって垂直に立ち上がるように形成され第 2 軸受 1 1 の内輪 1 4 2 に当接可能な壁面 1 2 1 と、壁面 1 2 1 からウォームシャフト 2 の基端側（図示右側）に向かうにしたがって径が大きくなるように形成されるテーパ部 1 1 2 と、テーパ部 1 1 2 からウォームシャフト 2 の基端側（図示右側）に向かって延在する本体部 1 1 3 と、を備える。

## 【 0 0 3 1 】

ギヤケース 3 の外周面には、端面 1 7 a が平面状のフランジ部 1 7 が突出して形成される。フランジ部 1 7 には、第 2 軸受 1 1 の外周面に臨んで開口する貫通孔 1 3 が形成される。フランジ部 1 7 の端面 1 7 a に開口する貫通孔 1 3 の開口部はプラグ 1 4 によって閉塞される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 2 】

コイルスプリング 1 2 は、貫通孔 1 3 において、プラグ 1 4 の先端面と第 2 軸受 1 1 の外周面との間で圧縮された状態で収装される。コイルスプリング 1 2 は、ウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 とウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 との隙間が小さくなる方向に、つまりウォームシャフト 2 がウォームホイール 1 に噛み合う方向に、第 2 軸受 1 1 を付勢する。

## 【 0 0 3 3 】

ギヤケース 3 における第 2 軸受 1 1 の外周面を囲う内周面 3 b は、第 2 軸受 1 1 がコイルスプリング 1 2 の付勢力によってウォームホイール 1 に向けて移動できるように、互いに平行な一対の平面部を有する長穴形状に形成される。なお、内周面 3 b は、第 2 軸受 1 1 が内周面 3 b の内側で移動できる限り、どのような形状であってもよい。例えば、内周面 3 b は、その内径が第 2 軸受 1 1 の外径よりも大きい丸穴形状であってもよく、互いに平行な一対の平面部が形成されている必要はない。

10

## 【 0 0 3 4 】

ギヤケース 3 内へのウォームシャフト 2 の組み付けが完了した初期時点では、第 2 軸受 1 1 は、コイルスプリング 1 2 の付勢力によってウォームホイール 1 側に付勢され、ウォームシャフト 2 とウォームホイール 1 との間のバックラッシュ（隙間）がない状態となる。この状態では、ウォームシャフト 2 は、コイルスプリング 1 2 の付勢力によって第 1 軸受 4 を支点として傾く。

## 【 0 0 3 5 】

パワーステアリング装置 1 0 では、使用が継続されることに伴って、ウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 とウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 の摩耗が進む。本実施形態では、歯部 1 1 9 , 1 2 9 の摩耗が進んだ場合であっても、コイルスプリング 1 2 の付勢力によって第 2 軸受 1 1 がギヤケース 3 の長穴内を移動し、ウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 とウォームホイール 1 との歯部 1 1 9 のバックラッシュが低減する。このため、本実施形態に係るウォーム減速機 1 0 0 では、使用が継続され歯部 1 1 9 , 1 2 9 の摩耗が進んだ場合であっても、ウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 とウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 の歯打ち音が抑制される。

20

## 【 0 0 3 6 】

本実施形態に係るウォームシャフト 2 では、歯部 1 2 9 は、その歯底 1 2 9 a がウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 と平行かつ壁面 1 2 1 とテーパ部 1 1 2 との境界を通る直線 S L よりも径方向外側に位置するように、本体部 1 1 3 及びテーパ部 1 1 2 に形成されている。また、歯部 1 2 9 は、その歯底 1 2 9 a の軸方向端部がテーパ部 1 1 2 の外周面、すなわち壁面 1 2 1 の外周縁と本体部 1 1 3 の外周縁との間の部分に位置するように形成される。このように、本体部 1 1 3 だけでなく、テーパ部 1 1 2 に歯部 1 2 9 を形成することにより、ウォームシャフト 2 の軸長を抑えつつ、歯部 1 2 9 の長さを確保することができる。ここで、歯部 1 2 9 を本体部 1 1 3 にのみ形成し、テーパ部 1 1 2 には形成しない場合、歯部 1 2 9 の長さが不足することがある。

30

## 【 0 0 3 7 】

本実施形態に係るウォーム減速機 1 0 0 では、ギヤケース 3 にウォームホイール 1 を組み付けた後、ウォームシャフト 2 がギヤケース 3 の開口部からその軸方向に沿って挿入され、ウォームホイール 1 に噛み合いながら組み付けられる。このため、歯部 1 2 9 の長さが十分でない場合、ウォームシャフト 2 を組み付ける際に、ウォームシャフト 2 がウォームホイール 1 と干渉し、ウォームシャフト 2 を適切に組み付けることができないおそれがある。したがって、ウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 の長さは、ウォームシャフト 2 の組み付けが可能な長さに設定する必要がある。

40

## 【 0 0 3 8 】

なお、ウォームシャフト 2 の軸長を十分に長くすることにより、本体部 1 1 3 にのみ歯部 1 2 9 を形成する場合であっても、歯部 1 2 9 の長さを確保することができる。しかしながら、この場合、第 2 軸受 1 1 の位置が図 2 に示す位置よりも左側（ギヤケース 3 の底部側）に位置することになる。つまり、第 1 軸受 4 と第 2 軸受 1 1 との間の距離が大きく

50

なる。その結果、コイルスプリング 1 2 の付勢力により付勢される第 2 軸受 1 1 の可動量が大きくなってしまい、ウォームシャフト 2 の歯部 1 2 9 とウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 の歯打ち音が大きくなってしまふおそれがある。

【 0 0 3 9 】

これに対して、本実施形態では、本体部 1 1 3 だけでなく、テーパ部 1 1 2 にも歯部 1 2 9 を形成することにより、ウォームシャフト 2 の軸長を長くすることなく、ウォームシャフト 2 の組み付けが可能な歯部 1 2 9 の長さを確保することができる。このため、本実施形態では、第 2 軸受 1 1 の可動量の増加を抑えることができ、歯打ち音の発生を抑制することができる。

【 0 0 4 0 】

壁面 1 2 1 は、挿入部 1 1 1 の外周面とテーパ部 1 1 2 の外周面との間に形成された段差面であり、円環状に形成される。本実施形態では、本体部 1 1 3 の外径は、外輪 1 4 1 の内径よりも大きい。このため、仮に、壁面 1 2 1 の外径が、本体部 1 1 3 の外径と同一の場合、壁面 1 2 1 が外輪 1 4 1 に当接してしまうおそれがある。本実施形態では、円環状の壁面 1 2 1 の外径は、内輪 1 4 2 の内径よりも大きく、外輪 1 4 1 の内径よりも小さい。つまり、壁面 1 2 1 の外径は、壁面 1 2 1 が第 2 軸受 1 1 の内輪 1 4 2 にのみ当接可能な外径に設定されている。

【 0 0 4 1 】

本実施形態では、ウォーム減速機 1 0 0 が動作しているときに、壁面 1 2 1 が第 2 軸受 1 1 の内輪 1 4 2 に当接している。なお、ウォーム減速機 1 0 0 が動作しているときに、壁面 1 2 1 が第 2 軸受 1 1 の内輪 1 4 2 に当接していなくてもよい。第 2 軸受 1 1 が位置ずれしたときなどに、壁面 1 2 1 が第 2 軸受 1 1 に当接し、その移動を規制可能な構成であればよい。

【 0 0 4 2 】

次に、ウォームシャフト 2 の製造方法の一例について説明する。図 3 に示すように、ウォームシャフト 2 の製造方法は、準備工程 S 1 1 0 と、テーパ部形成工程 S 1 2 0 と、歯部形成工程 S 1 3 0 と、仕上げ工程 S 1 4 0 と、を備える。ウォームシャフト 2 の製造方法では、図示するように、準備工程 S 1 1 0、テーパ部形成工程 S 1 2 0、歯部形成工程 S 1 3 0、仕上げ工程 S 1 4 0 をこの順で行う。

【 0 0 4 3 】

準備工程 S 1 1 0 では、図 4 に示すように、棒状の素材 1 0 2 A を準備する。素材 1 0 2 A は、その先端部に形成された円柱形状の小径円柱部 1 1 1 A と、小径円柱部 1 1 1 A から軸方向に延在する円柱形状の大径円柱部 1 1 3 A と、を有する。大径円柱部 1 1 3 A の外径は、小径円柱部 1 1 1 A の外径よりも大きい。

【 0 0 4 4 】

テーパ部形成工程 S 1 2 0 では、棒状の素材 1 0 2 A の基端側を旋盤のチャックに支持させ、切削工具により、棒状の素材 1 0 2 A に対して切削加工を施すことにより、大径円柱部 1 1 3 A の先端部にテーパ部 1 1 2 B ( 図 5 参照 ) を形成する。

【 0 0 4 5 】

図 5 に示すように、テーパ部形成工程 S 1 2 0 により、テーパ部 1 1 2 B を有する素材 1 0 2 B が作製される。なお、テーパ部 1 1 2 B は、円錐台形状であり、上記ウォームシャフト 2 のテーパ部 1 1 2 の歯部形成前の部位に相当する。テーパ部 1 1 2 B から延在する大径円柱部 1 1 3 B は、円柱形状であり、上記ウォームシャフト 2 の本体部 1 1 3 の歯部形成前の部位に相当する。

【 0 0 4 6 】

テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 について説明する。なお、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 とは、ウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 に対する傾斜角度のことを指す。

【 0 0 4 7 】

ここで、実験により、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 が 4 5 度より

10

20

30

40

50

も大きいと、後述する歯部形成工程 S 1 3 0 においてバリが発生しやすいことがわかった。このため、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 は、4 5 度以下の角度に設定することが好ましい。テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 が 4 5 度以下の角度である場合、後述する歯部形成工程 S 1 3 0 において、効果的にバリが発生することを抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

一方、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 が 3 0 度未満であると、ウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 に噛み合う歯部 1 2 9 の有効ねじ部の長さ ( 有効長 ) を十分に確保できないおそれがある。有効長を確保するために、ウォームシャフト 2 の軸長を長くする場合、上述のとおり、第 2 軸受 1 1 の可動量が増加し、歯打ち音が大きくなってしまいうおそれがある。また、ウォームシャフト 2 の軸長が長くなることで、ウォーム減速機 1 0 0 が大型化してしまうおそれもある。このため、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面の傾斜角度 は、3 0 度以上の角度に設定することが好ましい。これにより、ウォームシャフト 2 の軸長を短くすることができ、歯打ち音の低減及びウォーム減速機 1 0 0 の小型化を図ることができる。

10

【 0 0 4 9 】

このように、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面は、その傾斜角度 が、3 0 度以上 4 5 度以下の角度に設定することが好ましい。また、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) の外周面は、その傾斜角度 が 3 5 度以上 4 0 度以下となるように形成することが、より好ましい。

20

【 0 0 5 0 】

歯部形成工程 S 1 3 0 では、テーパ部形成工程 S 1 2 0 によって形成されたテーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) 及びテーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) から延在する大径円柱部 1 1 3 B ( 本体部 1 1 3 ) に歯部 1 2 9 ( 図 6 参照 ) を形成する。本実施形態では、ウォーム盤等の歯切り加工装置によって、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) を有する棒状の素材 1 0 2 B に対して、歯切り加工を施すことにより、歯部 1 2 9 を形成する。歯切り加工装置は、図 5 において、二点鎖線で模式的に示すように、円板の外周に粗削り用の歯が形成された一枚歯の工具 1 9 0 を有する。

【 0 0 5 1 】

歯切り加工では、高速回転する工具 1 9 0 によって素材 1 0 2 B が切削される。また、素材 1 0 2 B は、その回転中心軸 9 0 を中心に低速で回転するとともに、回転中心軸 9 0 に沿う方向に低速で移動する。これにより、螺旋状の歯部 1 2 9 ( 図 6 参照 ) が形成される。なお、歯部 1 2 9 は、その歯底円直径が、円環状の壁面 1 2 1 の外径よりも大きくなるように形成される。歯切り加工は、素材 1 0 2 B の基端側 ( 図示右端側 ) の歯切り開始点 P 1 から素材 1 0 2 B の先端側 ( 図示左端側 ) の歯切り終点 P 2 までの所定幅 L 1 の範囲で行われる。歯切り開始点 P 1 とは、工具 1 9 0 による歯切り加工を開始する位置であり、歯切り終点 P 2 とは、工具 1 9 0 による歯切り加工を終了する位置である。図示するように、歯切り終点 P 2 は、テーパ部 1 1 2 B ( 1 1 2 ) に設定されている。

30

【 0 0 5 2 】

図 6 に示すように、仕上げ工程 S 1 4 0 では、所定幅 L 1 の歯部形成範囲の内側の所定幅 L 2 において、仕上げ加工が施される。本実施形態では、本体部 1 1 3 に形成された歯部 1 2 9 のみを仕上げるように、仕上げ加工が施される。仕上げ加工では、シェーピングカッターを備える工具によって、本体部 1 1 3 における所定幅 L 2 の歯部 1 2 9 に対して、シェーピング加工を施すことにより、歯部 1 2 9 が仕上げられる。

40

【 0 0 5 3 】

なお、シェーピング加工に代えて、一对のロールダイスを備えた転造装置 ( 不図示 ) によって、転造加工を施すようにしてもよい。転造加工では、外周に仕上げ用の成形刃を有する一对のロールダイス間に素材を挟み込みつつ、一对のロールダイスを回転させ、素材を変形させることにより、歯部 1 2 9 が仕上げられる。仕上げ加工が施された所定幅 L 2 の歯部 ( ねじ部 ) が、ウォームホイール 1 の歯部 1 1 9 と噛み合う有効ねじ部となる。

50

## 【 0 0 5 4 】

本実施形態により得られる作用効果を本実施形態の比較例と比較して説明する。図 7 は、ウォームシャフト 2 の先端部を拡大して示す拡大図である。図 7 では、本実施形態に係るウォームシャフト 2 の先端部を実線で示し、本実施形態の比較例に係るウォームシャフトの先端部を二点鎖線で示している。

## 【 0 0 5 5 】

図 7 に示すように、本実施形態の比較例に係るウォームシャフトでは、挿入部 1 1 1 とテーパ部 9 1 2 との間に、円柱部 9 1 5 が形成されている。なお、本実施形態における壁面 1 2 1 から本体部 1 1 3 までの距離は、比較例における壁面 1 2 1 から本体部 1 1 3 までの距離と同一である。

## 【 0 0 5 6 】

このため、本実施形態の比較例では、壁面 1 2 1 とテーパ部 9 1 2 とが円柱部 9 1 5 の軸方向長さの分だけ離れている。これに対して、本実施形態に係るウォームシャフト 2 では、壁面 1 2 1 がテーパ部 1 1 2 の外周面に直接接続されている。

## 【 0 0 5 7 】

このため、本実施形態のテーパ部 1 1 2 の外周面の傾斜角度は、比較例のテーパ部 9 1 2 の外周面の傾斜角度に比べて小さくなる。比較例では、テーパ部 9 1 2 の外周面の傾斜角度が 4 5 度よりも大きく、歯切り加工における歯切り終点近傍の歯が鋭利となるため、歯切り終点近傍においてバリが発生するおそれがある。これに対して、本実施形態では、テーパ部 1 1 2 の外周面の傾斜角度が、比較例のテーパ部 9 1 2 の外周面の傾斜角度に比べて小さく形成されている（例えば、傾斜角度は 3 5 度程度）ので、歯切り終点 P 2 近傍の歯が鋭利になることが抑制され、歯の剛性が確保される。このため、本実施形態では、歯切り終点 P 2 近傍においてバリが発生することが抑制される。つまり、本実施形態によれば、比較例に対して、軸長を長くすることなく、バリの発生を抑制することができる。

## 【 0 0 5 8 】

また、歯底 1 2 9 a がウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 と平行かつ壁面 1 2 1 とテーパ部 1 1 2 との境界を通る直線 S L よりも径方向内側に位置する場合であって、歯底 1 2 9 a の軸方向端部が壁面 1 2 1 に位置する場合は、歯切り終点が設定される壁面 1 2 1 の傾斜角度が 9 0 度であるため、歯切り終点近傍においてバリが発生するおそれがある。これに対して、本実施形態では、歯部 1 2 9 は、その歯底 1 2 9 a がウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 と平行かつ壁面 1 2 1 とテーパ部 1 1 2 との境界を通る直線 S L よりも径方向外側に位置するように、本体部 1 1 3 及びテーパ部 1 1 2 に形成され、歯底 1 2 9 a の軸方向端部がテーパ部 1 1 2 の外周面に位置しているためバリの発生を抑制することができる。

## 【 0 0 5 9 】

上述した実施形態によれば、次の作用効果を奏する。

## 【 0 0 6 0 】

ウォームシャフト 2 は、壁面 1 2 1 からウォームシャフト 2 の基端側に向かうにしたがって外径が大きくなるように形成されるテーパ部 1 1 2 と、テーパ部 1 1 2 からウォームシャフト 2 の基端側に向かって延在する本体部 1 1 3 と、を備え、歯部 1 2 9 が、その歯底 1 2 9 a がウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 と平行かつ壁面 1 2 1 とテーパ部 1 1 2 との境界を通る直線 S L よりも径方向外側に位置するように、本体部 1 1 3 及びテーパ部 1 1 2 に形成されている。壁面 1 2 1 と、テーパ部 1 1 2 の外周面とが直接接続される構成であるため、ウォームシャフト 2 の軸長を長くすることなく、テーパ部 1 1 2 の外周面の傾斜角度を小さく抑えることができる。

## 【 0 0 6 1 】

したがって、テーパ部 1 1 2 を有する棒状の素材 1 0 2 B に対して歯切り加工を施すことにより、歯部 1 2 9 を形成する際に、テーパ部 1 1 2 でのバリの発生を抑制することができる。このため、バリを取り除くための処理を省略あるいは簡略化することができるの

10

20

30

40

50

で、ウォームシャフト 2 の製造コストの低減を図ることができる。つまり、本実施形態によれば、テーパ部 1 1 2 に歯部 1 2 9 を形成する際に、テーパ部 1 1 2 でのバリの発生を抑制可能なウォームシャフト 2 の製造方法を提供することができる。さらに、製造コストの低減を図ることのできるウォームシャフト 2 及びウォーム減速機 1 0 0 を提供することができる。

【 0 0 6 2 】

次のような変形例も本発明の範囲内であり、変形例に示す構成と上述の実施形態で説明した構成を組み合わせたたり、以下の異なる変形例で説明する構成同士を組み合わせたたりすることも可能である。

【 0 0 6 3 】

< 変形例 1 >

上記実施形態では、歯部形成工程 S 1 3 0 に先立って、テーパ部形成工程 S 1 2 0 を行う例について説明したが、本発明はこれに限定されない。予め、テーパ部 1 1 2 を有する棒状の素材 1 0 2 B を準備し、テーパ部 1 1 2 及び本体部 1 1 3 に対して歯部 1 2 9 を形成するようにしてもよい。本変形例によれば、上記実施形態と同様、テーパ部 1 1 2 に歯部 1 2 9 を形成する際に、テーパ部 1 1 2 でのバリの発生を抑制可能なウォームシャフト 2 の製造方法を提供することができる。

【 0 0 6 4 】

< 変形例 2 >

上記実施形態では、歯部形成工程 S 1 3 0 において、外周に粗削り用の歯が形成された円板状の工具 1 9 0 を高速回転させることによって、素材 1 0 2 B に歯切り加工を施す例について説明したが、本発明はこれに限定されない。円板状の工具 1 9 0 に代えて、内周に粗削り用の歯が形成された円環状の工具を高速回転させることによって、素材 1 0 2 B に歯切り加工を施してもよい。

【 0 0 6 5 】

< 変形例 3 >

上記実施形態では、パワーステアリング装置 1 0 のウォーム減速機 1 0 0 に本発明を適用する例について説明したが、コンベア、ウィンチ、工作機械、建設機械等、種々の機械のウォーム減速機に本発明を適用することができる。

【 0 0 6 6 】

以上のように構成された本発明の実施形態の構成、作用、および効果をまとめて説明する。

【 0 0 6 7 】

ウォームシャフト 2 は、一对の軸受 4 , 1 1 によって先端側及び基端側が回転自在に支持され、ウォームホイール 1 に噛み合う歯部 1 2 9 を有するウォームシャフトであって、先端側に形成され、軸受 1 1 に挿入される挿入部 1 1 1 と、挿入部 1 1 1 の端部から径方向外側に立ち上がるように形成される壁面 1 2 1 と、壁面 1 2 1 から基端側に向かうにしたがって径が大きくなるように形成されるテーパ部 1 1 2 と、テーパ部 1 1 2 から基端側に向かって延在する本体部 1 1 3 と、を備え、歯部 1 2 9 は、歯部 1 2 9 の歯底 1 2 9 a がウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 と平行かつ壁面 1 2 1 とテーパ部 1 1 2 との境界を通る直線 S L よりも径方向外側に位置するように、本体部 1 1 3 及びテーパ部 1 1 2 に形成されている。

【 0 0 6 8 】

この構成では、壁面 1 2 1 から基端側に向かうにしたがって径が大きくなるようにテーパ部 1 1 2 が形成されているため、ウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 に対するテーパ部 1 1 2 の外周面の傾斜角度 を小さく抑えることができる。これにより、テーパ部 1 1 2 に歯部 1 2 9 を形成する際に、テーパ部 1 1 2 でのバリの発生を抑制することができる。したがって、ウォームシャフト 2 の製造コストの低減を図ることができる。

【 0 0 6 9 】

ウォームシャフト 2 は、ウォームシャフト 2 の回転中心軸 9 0 に対するテーパ部 1 1 2

10

20

30

40

50

の外周面の傾斜角度 が、45度以下である。

【0070】

この構成では、テーパ部112に歯部129を形成する際に、テーパ部112でのバリの発生を効果的に抑制できる。

【0071】

ウォームシャフト2は、ウォームシャフト2の回転中心軸90に対するテーパ部112の外周面の傾斜角度 が、30度以上である。

【0072】

この構成では、ウォームシャフト2の軸長を短くすることができる。

【0073】

ウォーム減速機100は、ウォームシャフト2の歯部129に噛み合う前記ウォームホイール1と、を備える。

【0074】

この構成では、製造コストの低減を図ることのできるウォーム減速機100を提供することができる。

【0075】

上記ウォームシャフト2の製造方法は、テーパ部112(112B)を有する棒状の素材102Bに対して、テーパ部112(112B)及びテーパ部112(112B)から延在する本体部113(大径円柱部113B)に歯切り加工を施すことにより、歯部129を形成する歯部形成工程S130と、本体部113(大径円柱部113B)に形成された歯部129を仕上げる仕上げ工程S140と、を備える。

【0076】

上記ウォームシャフト2の製造方法は、歯部形成工程S130に先立って、棒状の素材102Aにテーパ部112(112B)を形成するテーパ部形成工程S120をさらに備える。

【0077】

これらの構成では、テーパ部112(112B)に歯部129を形成する際に、テーパ部112(112B)でのバリの発生を抑制可能なウォームシャフト2の製造方法を提供することができる。

【0078】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

【符号の説明】

【0079】

1・・・ウォームホイール、2・・・ウォームシャフト、4・・・第1軸受(軸受)、11・・・第2軸受(軸受)、90・・・回転中心軸、100・・・ウォーム減速機、102A, 102B・・・素材、111・・・挿入部、112, 112B・・・テーパ部、113・・・本体部、113B・・・大径円柱部(本体部)、121・・・壁面、129・・・歯部、129a・・・歯底、142・・・内輪、S120・・・テーパ部形成工程、S130・・・歯部形成工程、S140・・・仕上げ工程、SL・・・直線、・・・傾斜角度

10

20

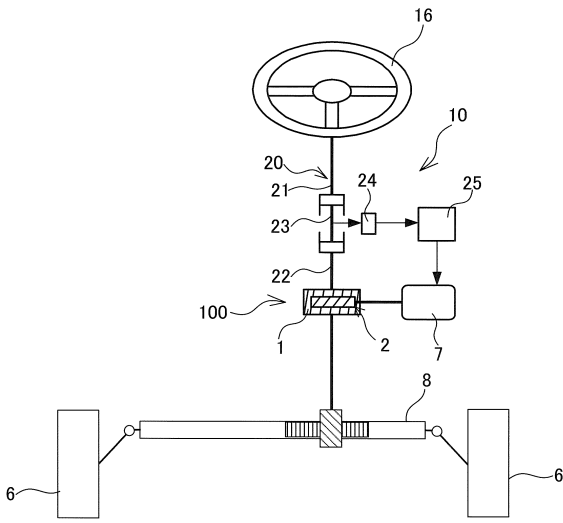
30

40

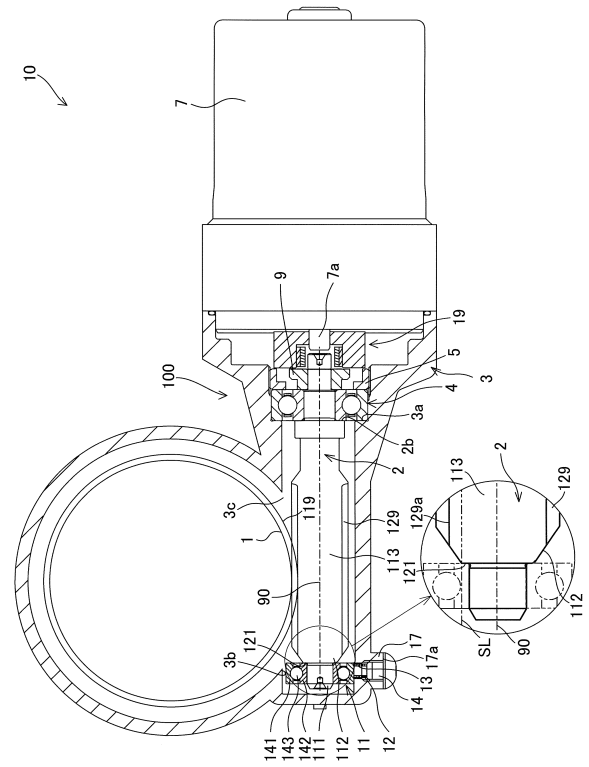
50

【図面】

【図 1】



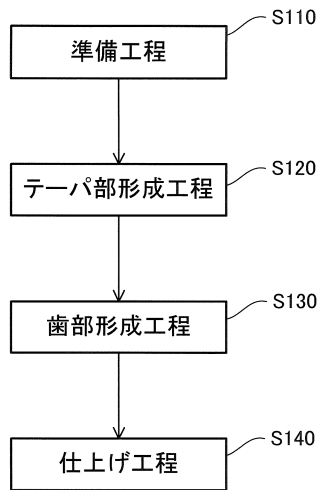
【図 2】



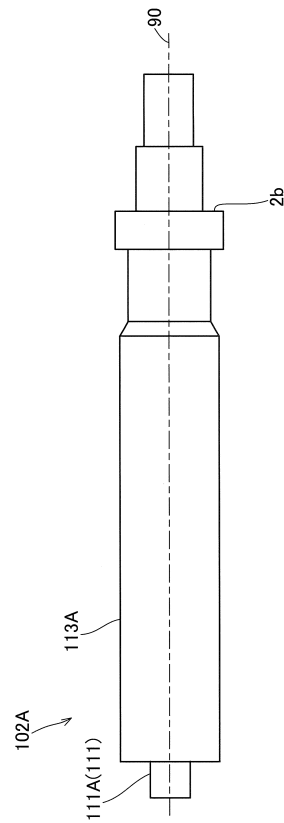
10

20

【図 3】



【図 4】

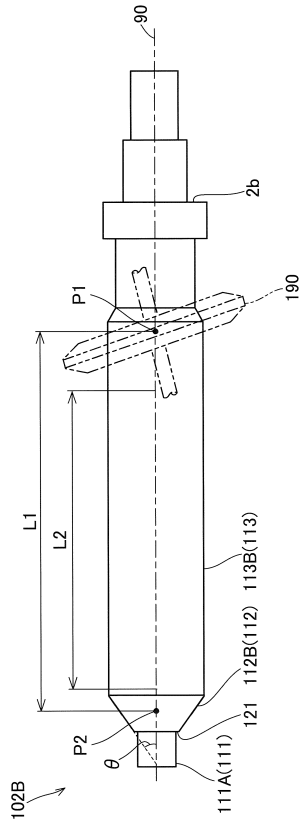


30

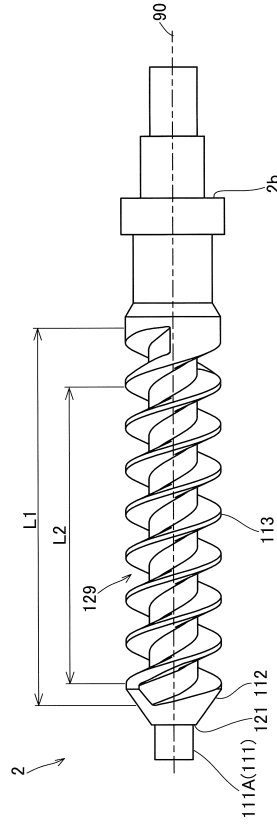
40

50

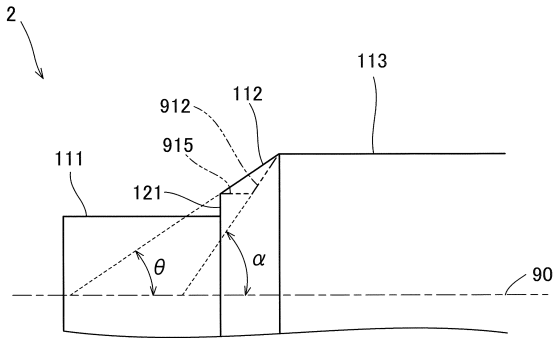
【図5】



【図6】



【図7】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 3 2 2 5 5 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 5 - 1 5 5 7 4 5 ( J P , A )  
特開 2 0 1 4 - 2 3 8 1 4 1 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 1 7 3 3 8 0 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- F 1 6 H 5 5 / 2 2  
F 1 6 H 1 / 1 6