

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6617035号
(P6617035)

(45) 発行日 令和1年12月4日 (2019. 12. 4)

(24) 登録日 令和1年11月15日 (2019. 11. 15)

(51) Int. Cl.	F 1
F 1 6 H 55/17 (2006. 01)	F 1 6 H 55/17 Z
F 1 6 H 57/04 (2010. 01)	F 1 6 H 57/04 D
B 2 3 F 5/20 (2006. 01)	B 2 3 F 5/20
F 1 6 H 1/28 (2006. 01)	F 1 6 H 1/28

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-6847 (P2016-6847)	(73) 特許権者	303025663
(22) 出願日	平成28年1月18日 (2016. 1. 18)		株式会社日立ニコトランスミッション
(65) 公開番号	特開2017-129159 (P2017-129159A)		埼玉県さいたま市北区吉野町一丁目405番地の3
(43) 公開日	平成29年7月27日 (2017. 7. 27)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	平成30年9月5日 (2018. 9. 5)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
		(72) 発明者	炭 竈 美穂
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	平野 正博
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内歯車、遊星歯車機構、歯車機構、及び内歯車の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円筒部と、
前記円筒部の内周面に形成された歯と、
前記円筒部の回転軸方向の一端側に設けられ当該円筒部を軸に固定するための軸固定部と、
前記円筒部の回転軸方向の他端側に開口した開口部とを備え、
前記歯は、前記円筒部の前記開口部側の歯形成部に設けられ、前記円筒部の前記軸固定部側の歯不形成部には不備であり、
前記歯不形成部から前記歯形成部の前記歯の歯底にかけて歯すじ方向に前記円筒部の回転の際の遠心力方向を下として前記開口部側に連続的に下り傾斜していることを特徴とする内歯車。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内歯車と、
前記内歯車と噛み合う遊星歯車と、
前記遊星歯車と噛み合う太陽歯車とを備えたことを特徴とする遊星歯車機構。

【請求項 3】

前記遊星歯車を軸支するキャリアと、
前記キャリアから前記内歯車内に単独で延び出して潤滑油を噴出するノズルとを備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の遊星歯車機構。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の内歯車と、
前記内歯車と噛み合う外歯車とを備えたことを特徴とする歯車機構。

【請求項 5】

前記外歯車を軸支するキャリアと、
前記キャリアから前記内歯車内に単独で延び出して潤滑油を噴出するノズルとを備えたことを特徴とする請求項 4 に記載の歯車機構。

【請求項 6】

内歯車用のギヤブランクの内周面を歯切りして歯を形成する歯切工程と、
前記歯切工程後に、前記歯の歯底を加工して当該歯底が傾斜しているようにする歯底加工工程とを備え、

前記歯切工程では、前記歯は前記ギヤブランクの内周面における当該ギヤブランクの開口部側の歯形成部に形成し、前記内周面における前記ギヤブランクの軸固定部側の歯不形成部には不形成とし、

前記歯底加工工程では、前記歯不形成部から前記歯形成部の前記歯の歯底にかけて歯すじ方向に円筒部の回転の際の遠心力方向を下として前記開口部側に連続的に下り傾斜するように前記傾斜を形成することを特徴とする内歯車の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内歯車、遊星歯車機構、歯車機構、及び内歯車の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

本技術分野の背景技術として、国際公開第 2015/050116 号（特許文献 1）がある。この公報には、「遊星歯車装置（1）は、サンギヤ（2）と、サンギヤ（2）に噛合する複数のプラネットギヤ（3）と、隣接するプラネットギヤ（3）間の周方向の隙間に配置されたバッフルユニット（5）とを備える。バッフルユニット（5）は、径方向内方に向かって開口し、サンギヤ（2）およびプラネットギヤ（3）の歯面（2a, 3a）を潤滑した後の潤滑油（OL）をバッフルユニット（5）内に導入する第 1 導入開口部（25）と、第 1 導入開口部（25）の軸方向の一端を形成する端壁（30）と、バッフルユニット（5）内の潤滑油（OL）を排出開口部（26）と、バッフルユニット（5）におけるサンギヤ（2）の少なくとも回転方向後続側の側部に設けられて第 1 導入開口部（25）を周方向から覆い、潤滑油（OL）を隣接するプラネットギヤ（3）の外周に導くガイド部（27A, 27B）とを有する。」と記載されている（要約参照）。

【0003】

また、他の背景技術として、三菱重工技報に掲載の「高周速歯車の動力損失予測手法の開発」（非特許文献 1）がある。この技報には、「（歯車が）高周速になると、これまでの損失予測式で無視されていた要因があると考え、当社では理論解析と実物実験データに基づく動力損失予測式を新たに導くことに成功し、高速下での損失主因は軸受損失と歯車の噛み合いによる潤滑油加速仕事であることを明らかにした」と記載されている（緒言参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】 国際公開第 2015/050116 号

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】 松本将、外 4 名、「高周速歯車の動力損失予測手法の開発」、三菱重工技報、三菱重工業株式会社、Vol.24、No.2(1987-03)、p.120-124

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記非特許文献1には、潤滑油加速仕事について記載されている。すなわち、歯車と歯車とのかみ込み部に潤滑油が流入したとき、歯車は回転しているので、入ってきた潤滑油は歯車の速度まで急激に加速される。これにより潤滑油を加速する仕事（潤滑油加速仕事）が歯車に発生するので、もって歯車には熱が発生する。これが歯車に発生する熱の主たる要因である。

【0007】

しかしながら、内歯車を備えた従来の遊星歯車機構等の歯車機構においては、潤滑油が内歯車の回転速度まで加速される前に当該潤滑油を排出させて、潤滑油加速仕事による熱が発生するのを防止する工夫がなされていなかった。

そこで、本発明は、潤滑油が内歯車の回転速度まで加速される前に当該潤滑油を排出させて、潤滑油加速仕事による熱が発生するのを防止することができる内歯車、遊星歯車機構、歯車機構、及び内歯車の製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明は、円筒部と、前記円筒部の内周面に形成された歯と、前記円筒部の回転軸方向の一端側に設けられ当該円筒部を軸に固定するための軸固定部と、前記円筒部の回転軸方向の他端側に開口した開口部とを備え、前記歯は、前記円筒部の前記開口部側の歯形成部に設けられ、前記円筒部の前記軸固定部側の歯不形成部には不備であり、前記歯不形成部から前記歯形成部の前記歯の歯底にかけて歯すじ方向に前記円筒部の回転の際の遠心力方向を下として前記開口部側に連続的に下り傾斜していることを特徴とする。

別の本発明は、内歯車用のギヤブランクの内周面を歯切りして歯を形成する歯切工程と、前記歯切工程後に、前記歯の歯底を加工して当該歯底が傾斜しているようにする歯底加工工程とを備え、前記歯切工程では、前記歯は前記ギヤブランクの内周面における当該ギヤブランクの開口部側の歯形成部に形成し、前記内周面における前記ギヤブランクの軸固定部側の歯不形成部には不形成とし、前記歯底加工工程では、前記歯不形成部から前記歯形成部の前記歯の歯底にかけて歯すじ方向に円筒部の回転の際の遠心力方向を下として前記開口部側に連続的に下り傾斜するように前記傾斜を形成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、潤滑油が内歯車の回転速度まで加速される前に当該潤滑油を排出させて、潤滑油加速仕事による熱が発生するのを防止することができる内歯車、遊星歯車機構、歯車機構、及び内歯車の製造方法を提供することができる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明の実施例1である遊星歯車機構の縦断面図である。

【図2】図2は、本発明の実施例1である遊星歯車機構の内歯車における内周面の部分拡大斜視図である。

【図3】図3は、本発明の実施例1である内歯車の製造方法における製造工程を説明する説明図である。図3(a)～図3(b)は、それぞれ図4のS1～S3に対応している。

【図4】図4は、本発明の実施例1である内歯車の製造方法を説明するフローチャートである。

【図5】図5は、本発明の実施例1である遊星歯車機構の内歯車の一つの歯を切り出した拡大断面図である。

【図6】図6は、本発明の実施例1である遊星歯車機構の内歯車の一つの歯を切り出し歯底に存在する潤滑油にかかる遠心力Fについて説明する拡大断面図である。

【図7】図7は、図5における頂げきについて説明する説明図である。図7(a)におい

10

20

30

40

50

ては、ラック工具を歯に見立てて歯の噛み合いを示している説明図である。図 7 (b) は、図 7 (a) の例の頂げきを図 6 の紙面側からみた図であり、図 7 (c) は、図 7 (b) の頂げきの X-X' 断面図である。

【図 8】図 8 は、本発明の実施例 2 である遊星歯車機構の内歯車における内周面の部分拡大斜視図である。

【図 9】図 9 は、本発明の実施例 3 である遊星歯車機構の内歯車における内周面の部分拡大斜視図である。

【図 10】図 10 は、本発明の実施例 4 である遊星歯車機構の内歯車における内周面の部分拡大斜視図である。

【図 11】図 11 は、本発明の実施例 5 である歯車機構の縦断面図である。

10

【図 12】図 12 は、比較例である遊星歯車機構の縦断面図である。

【図 13】図 13 は、比較例である遊星歯車機構の縦断面図である。

【図 14】図 14 は、本発明の実施例の課題について説明する比較例の説明図である。

【図 15】図 15 は、比較例である遊星歯車機構の下半分の拡大斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

【実施例 1】

【0012】

(遊星歯車機構の全体構成について)

20

図 1 は、本発明の実施例 1 である遊星歯車機構の縦断面図である。この遊星歯車機構 (歯車機構) 1 は、主に、内歯車 11、太陽歯車 51、遊星歯車 61、キャリア 71 から構成される。

【0013】

内歯車 11 は、円筒部 12 と、円筒部 12 の内周面 13 に形成された歯 14 とを備えている。また、内歯車 11 は、円筒部 12 の回転軸方向の一端側 (図 1 で右側) に設けられ、当該円筒部 12 を出力軸 (軸) 81 に固定するための軸固定部 15 を備えている。すなわち、軸固定部 15 の回転中心部には孔 16 が形成されていて、この孔 16 に出力軸 81 の先端部が差し込まれた状態で固定されている。円筒部 12 の回転軸方向の他端側 (図 1 で左側) は、カップ状の内歯車 11 が開口した開口部 17 をなしている。また、内歯車 11 の歯 14 は、内周面 13 の開口部 17 側の歯形成部 18 に形成され、内周面 13 の軸固定部 15 側の歯不形成部 19 には不形成である。

30

【0014】

内歯車 11 の歯 14 には、例えば内歯車 11 の回転中心を中心に互いに均等な間隔で円筒部 12 内に配置されている 3 個の遊星歯車 61 の歯 62 が噛み合っている。遊星歯車 61 は、内歯車 11 の開口部 17 側に位置する円板状のキャリア 71 に一端が固定されている遊星軸 63 に、軸受 64 を介して回転自在に軸支されている。

太陽歯車 51 は、その歯 52 が、円筒部 12 内に配置されている遊星歯車 61 の歯 62 と噛み合っている。太陽歯車 51 は、出力軸 81 と同軸の入力軸 82 の一端に固定されている。入力軸 82 は、円板状のキャリア 71 の中心を貫通する孔 72 内を挿し通されて、太陽歯車 51 の固定側が円筒部 12 内に延びている。

40

【0015】

遊星歯車機構 1 の下部には、潤滑油 100 が貯留されたオイルタンク 101 が配置されている。オイルタンク 101 内の潤滑油 100 は、供給管 102 を介してポンプ 103 により、供給管 104 に供給される。供給管 102 に設けられたフィルタ 105 は、潤滑油 100 中の不純物を除去する。供給管 104 の先端側はキャリア 71 を貫いて内歯車 11 の円筒部 12 内に延びており、その先端部 107 は太陽歯車 51 の下方に位置している。当該先端部 107 には上向きのノズル 106 が設けられていて、ポンプ 103 により供給管 104 に供給された潤滑油 100 は、ノズル 106 から太陽歯車 51 と遊星歯車 61 との噛み合い部に向けて噴射される。

50

(遊星歯車機構の課題について)

【0016】

このような構成の遊星歯車機構1に関し、前記非特許文献1には、潤滑油加速仕事について記載されている。すなわち、歯車と歯車とのかみ込み部に潤滑油が流入したとき、歯車は回転しているので、入ってきた潤滑油は歯車の速度まで急激に加速される。これにより潤滑油を加速する仕事(潤滑油加速仕事)が歯車に発生するので、もって、歯車には熱が発生する。これが歯車に発生する熱の主たる要因である。

しかしながら、従来の遊星歯車機構等の歯車機構においては、潤滑油が内歯車の回転速度まで加速される前に当該潤滑油を排出させて、潤滑油加速仕事による熱が発生するのを防止する工夫がなされていなかった。

10

【0017】

また、別の課題として、内歯車11の内部で潤滑油100を噴出するので、当該潤滑油100は内歯車11の内部にたまりやすいため、この潤滑油100の排出性を高める必要があるということがある。

すなわち、例えば、遊星歯車機構1がガスタービン用である場合は、図示しないガスタービンによって入力軸82が回転駆動されるため、遊星歯車機構1が高速で運転されるという特徴がある。そのため、太陽歯車51、遊星歯車61、内歯車11のピッチ円周速(歯車のピッチ点の速度)は、他の産業用の遊星歯車機構に比して非常に大きく、これに起因してこれら歯車からの発熱量が大きい。

【0018】

20

遊星歯車機構1の発熱は、非特許文献1に記載のように、歯車の噛み合いによる摩擦仕事(歯車が噛み合う際に微小な滑りが発生して生じる摩擦で使われる仕事)が主要因子となって発生する。また、遊星歯車機構1の発熱は、潤滑油のかみ込みポンプ仕事(潤滑油が歯車の噛み合い部に入って、この部分の面圧が高くなって急激に潤滑油が圧縮されるときに使われる仕事)も主要因子となって発生する。さらに、遊星歯車機構1の発熱は、風損(歯車が回転する際に空気の抵抗を受けることで発する熱)、潤滑油加速仕事(前記のとおり)、軸受損(軸受の部分で潤滑油を剪断することで発する熱)も主要因子となって発生する。上記因子の中で、潤滑油加速仕事と軸受損とが前記発熱に占める割合が大きい。これらは歯車のピッチ円周速の増加に伴い増加するため、ピッチ円周速が大きいガスタービン用の遊星歯車機構は発熱量が大きい。

30

【0019】

歯車機構内部で発生した熱は、オイルタンクで冷却された潤滑油が発熱部に供給され、流れることで、持ち去られる。図14に示すように、一般的な平行軸歯車機構801の場合、給油ノズル802から供給された潤滑油803は、歯車対804、805のかみ合い部に流入し、すぐにオイルタンク806に落ちるため、潤滑油803の排出性が良く、昇温しにくい。

【0020】

一方、図15に示す比較例の遊星歯車機構901の場合、後述する本実施例の歯底14aの構成を備えていない場合、ノズル106から供給された潤滑油100(矢印109)は太陽歯車51と遊星歯車61との噛み合い部に流入し、遊星歯車61によって掻き上げられ(矢印110)、内歯車11にも供給される。その後、潤滑油100は内歯車11の外部に排出されてオイルタンク101に落ちるもの(矢印107)と、内歯車11の内部に停留するもの(矢印108)と分かれる。そのため、遊星歯車機構901は平行軸歯車機構801と比して、潤滑油100の排出性が悪く、昇温しやすいという課題がある。

40

【0021】

これに対して、前記特許文献1においては、内歯車であるリングギヤ4の内側に設けられたバッフルユニット5に排出開口部26を設け、さらにリングギヤ4に導出孔23を設けて、潤滑油OLの排出を促進している。これにより、潤滑油加速仕事により発生する熱を持った潤滑油OLを歯車機構から速やかに排出して、歯車機構を冷却することが可能となる。

50

しかしながら、かかる特許文献１の技術はバッフルユニット５に相当するような部材を備えた歯車機構にしか適用できない。

【００２２】

図１２、図１３は、図１の遊星歯車機構１に前記のバッフルユニット５に類似の部材としてキャリアの足１１１を設けた例を示す比較例となる遊星歯車機構６０１、７０１の縦断面図である。図１２、図１３において、キャリアの足１１１は、基端部側がキャリア７１に固定され、先端部側が遊星歯車５１の下を通過して、さらに遊星歯車５１の側部に延び出している。これらキャリアの足１１１は、供給管１０４の先端部１０７を支持している。また、図１２の例と、図１３の例との違いは、前者は遊星軸６３をキャリア７１とキャリアの足１１１とで両持ち支持しているのに対して、後者は遊星軸６３をキャリア７１のみの片持ち支持としているという点である。なお、図１２、図１３において、図１と同一符号の部材等は図１の例と同様であるため、詳細な説明は省略する。

10

【００２３】

このような、キャリアの足１１１を設けた構成であれば、キャリアの足１１１に前記特許文献１の排出開口部２６に相当する開口部を設けることが可能であるが、図１の本実施例では、キャリアの足１１１を設けていないので、このような開口部を設けることはできない。また、図１の本実施例でも、歯不形成部１９に前記特許文献１の導出孔２３に相当する孔を設けることは可能かもしれないが、歯不形成部１９を貫通する孔を設けるだけでは、潤滑油１００の内歯車１１内からの積極的な排出には不十分である。

【００２４】

20

このように、遊星歯車機構１では、潤滑油１００が内歯車１１の回転速度まで加速される前に潤滑油１００を排出させて、潤滑油加速仕事による熱が発生するのを防止したい。また、キャリアの足１１１を設けなくても、潤滑油１００の内歯車１１からの積極的な排出を図れるようにしたい。しかも、これらの技術課題を、簡易な製造技術により製造できるようにしたい。以下では、かかる各技術課題の解決が可能な内歯車１１の歯１４の構成について説明する。

【００２５】

（内歯車について）

図２は、前記内歯車１１の内周面１３の部分拡大斜視図である。前記の各課題を解決するために、本実施例では、歯１４の歯底１４ａが、歯すじ方向βに平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなして傾斜している構成としている。歯すじ方向βに平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなしているとは、歯底１４ａには、歯すじ方向βに油溜まりとなるような凹形状が形成されていないことである。そして、潤滑油１００の排出を促進できるように、歯底１４ａは、歯すじ方向βに傾斜している。

30

具体的には、図２の例では、歯底１４ａは、軸固定部１５側から開口部１７側に向かって（図２で右側から左側に向かって）、円筒部１２の回転の際の遠心力方向（図２で下方向）を下として下り傾斜している。

【００２６】

（内歯車の製造方法）

前記した構成の内歯車１１の製造方法について説明する。図３は、内歯車１１の製造工程を説明する説明図であり、図４は、同フローチャートである。まず、例えば、機械構造用炭素鋼や、機械構造用合金鋼などの柱管を用いて、内歯車１１製造用のギヤブランク１１１を製造する（図３（ａ））（Ｓ１）。なお、図３の各図は、ギヤブランク１１１（内歯車１１）を半分に切断して、その内周面１３を示した斜視図である。次に、例えば、ホブ切り、ラックカッタ（ラック工具）、ピニオンカッタなどによる歯切りを行うことで、ギヤブランク１１１の内周面に歯１４を形成する（図３（ｂ））（Ｓ２）（歯切り工程）。そして、必要に応じて所定の工作機械を用いて歯底１４ａを加工し、前記した歯底１４ａの形状を形成する（図３（ｃ））（Ｓ３）（歯底加工工程）。その後、ギヤブランク１１１（内歯車１１）に窒化、調質などの熱処理を行なう（Ｓ４）。そして、最後に、ギヤブランク１１１（内歯車１１）に、研削やラッピングなどの仕上げ加工を、その歯１４の

40

50

歯面に施す（S5）。なお、S4、S5の工程は適宜省略してもよい。

【0027】

以上の加工工程においては、歯切工程では、歯14はギヤブランク111の内周面における当該ギヤブランク111の開口部17側の歯形成部18に形成し、内周面13におけるギヤブランク111の軸固定部15側の歯不形成部19には不形成とする。また、歯底加工工程（S3）で、歯底14aが歯すじ方向 β （図1参照）に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなして傾斜しているようにする。具体的に、本実施例では、歯底加工工程では、歯底14aを軸固定部15側から開口部17側（図1参照）に向かってギヤブランク111における円筒部12（図1参照）の回転の際の遠心力方向を下として下り傾斜しているように形成する。

10

【0028】

（作用効果）

次に、前記の内歯車の製造方法により製造された内歯車11、及び前記の遊星歯車機構1、並びに内歯車の製造方法の作用効果について説明する。

遊星歯車機構1がガスタービン用である例で説明すると、図示しないガスタービンと連結している入力軸82が当該ガスタービンにより回転駆動されると、これと一体となっている太陽歯車51も同時に回転し、これと噛み合う遊星歯車61が回転駆動される。さらに、遊星歯車61と噛み合う内歯車11が回転駆動され、これと一体の出力軸81が回転駆動される。出力軸81は、図示しない発電機に接続され、図示しないガスタービンにより遊星歯車機構1を介して図示しない発電機を駆動することが可能となる。入力軸82の回転方向（図1の矢印83方向）に対して出力軸81の回転方向（矢印84方向）は逆になり、入力軸82の回転角速度と出力軸81の回転角速度とは異なる。すなわち、遊星歯車機構1は減速機として機能する。

20

【0029】

遊星歯車機構1内部で発生した熱は、オイルタンク101で冷却された潤滑油100が発熱部に供給され、流れることで、持ち去られる。ノズル106から供給された潤滑油100は、太陽歯車51と遊星歯車61との噛み合い部に流入し、遊星歯車61によって掻き上げられて内歯車11にも供給される。

【0030】

図5は、内歯車11の一つの歯14を切り出した拡大断面図であり、歯14の、歯先14b、ピッチ円14c、噛み合っている相手歯車（遊星歯車61）の歯先62a、歯底14a、頂げき14dを示している。本実施例では、歯底円直径 $2R-d$ を歯すじ方向 β に線形的に変化させ、歯底14aに勾配 θ を設けている。すなわち、歯底14aは、軸固定部15側から開口部17側に向かって（図5で右側から左側に向かって）、円筒部12の回転の際の遠心力方向（図5で下方向）を下として下り傾斜している（傾斜角 θ ）。言い換えると、内歯車11の回転中心Oから歯底14aまでの歯底円半径 $R-d$ を歯すじ方向 β に線形的に変化させ、歯底14aに勾配 θ を設けている。

30

【0031】

図6は、図5と同様の図において、歯底14aに存在する潤滑油100にかかる遠心力Fについて説明する説明図である。また、図7は、図5における頂げき14dについて説明する説明図である。図7（a）においては、歯14の代わりに、前記S2（図4）で歯14を歯切りで形成するためのラック工具（ラックカッタ）121を、便宜上、歯14に見立てて図示している。また、別のラック工具（ラックカッタ）122は、遊星歯車61を歯切りする工具であり、便宜上、当該遊星歯車61の歯62に見立てて図示している。図7（b）は、図7（a）の例の頂げき14dを図6の紙面側からみた図であり、図7（c）は、図7（b）の頂げき14dのX-X'断面図である。

40

【0032】

ここで、本実施例の内歯車11の歯底14aを前記の形状とすることで、以下のような効果が得られ、歯車11を効果的に冷却することができる。

すなわち、頂げき14dに潤滑油が流入すると、図6に示すように潤滑油に遠心力Fが

50

かかる。遠心力 F の大きさを (1) 式に示す。

【0033】

【数1】

$$F = \rho V R_d \omega^2 \quad \dots(1)$$

ただし、 ρ は潤滑油 100 の密度、 V は頂げき 14 d に流入した油量、 ω は内歯車 11 の角速度である。歯底 14 a に前記の勾配 θ を設けると、潤滑油 100 に遠心力の分力 F_p (図 6 参照) がかかる。 F_p を (2) 式に示す。

【0034】

【数2】

$$F_p = F \sin \theta \quad \dots(2)$$

【0035】

分力 F_p がかかるため、潤滑油 100 が頂げき 14 d から流出する。歯車が本実施例の内歯車 11 のように平歯車の場合に流出し得る最大の潤滑油 100 の油量につき図 7 を用いて説明する。歯車 14 と 62 の噛み合いをラック工具 121 と 122 の噛み合いに近似する。すると、頂げき 14 d は、歯切り (図 4 の S2) によって形成される頂げき 14 d1 と、歯底加工工程 (図 4 の S3) によって形成される頂げき 14 d2 から構成される図形に近似される。図 7 (c) の X-X' 断面図における歯切りによって形成される頂げき 14 d1 の断面積を A_0 とすると、断面積 A_0 は (3) 式のように表わされる。

【0036】

【数3】

$$A_0 = \{m - (2m + C_0) \tan \alpha\} C_0 \quad \dots(3)$$

ただし、 m はモジュール (歯 14 の大きさを表す指標)、 α は圧力角 (ラック工具の台形形状の傾き)、 C_0 は歯切りによって形成される頂げき 14 d1 の高さである。断面積 A_0 を用いると、頂げき 14 d の体積 V_{max} は (4) 式のようになる。

【0037】

【数4】

$$V_{max} = A_0 b + \frac{b^2}{2} \tan \theta \quad \dots(4)$$

ただし、 b は歯 14 の歯幅、 θ は歯底 14 a の勾配 (傾斜角) である。噛み合う歯 14 の枚数を n とすると、歯 14 から流出し得る最大の油量 Q_{max} は (5) 式のように表される。

【0038】

【数5】

$$Q_{max} = n V_{max} \quad \dots(5)$$

10

20

30

40

50

【0039】

(5) 式に示す油量 Q_{max} の潤滑油 100 に遠心力の分力 F_p がかることで、頂げき 14d を流れる潤滑油 100 の油量は増加し、これによって潤滑油 100 の排出性が向上し（図 1 の矢印 91 のように開口部 17 から排出される）、内歯車 11、ひいては遊星歯車機構 1 が冷却される。この潤滑油 100 の排出性の向上のために、遊星歯車機構 1 にキャリアの足 111（図 12、図 13）を設ける必要もない。

【0040】

また、次のような効果も得られる。すなわち、前記のように、遊星歯車機構 1 からの発熱は前記の潤滑油加速仕事为主要因となって発生する（前記の非特許文献 1 を参照）。ここで、潤滑油加速仕事は、歯車の噛み合い時に頂げきやバックラッシュに流入した潤滑油が瞬間的にピッチ円周速まで加速されることによって発生する。これは、回転方向加速仕事（歯車の回転方向に潤滑油が動いて発生する仕事） L_{AR} 、軸方向加速仕事（歯車の軸方向に潤滑油が動いて発生する仕事） L_{AA} に分けられ、本実施例に即して説明すると、それぞれ（6）式、（7）式のように表わされる。

【0041】

【数 6】

$$L_{AR} = 9.81 \times 10^{-6} \rho Q' v_p^2 / g \quad \dots(6)$$

【0042】

【数 7】

$$L_{AA} = k \cos \beta L_{AR} \quad \dots(7)$$

ただし、（6）式の Q' は（8）式で表わされる歯 14 における加速油量（内歯車 11 の回転で加速される潤滑油 100 の量）、 v_p はピッチ円周速、 g は重力加速度、 k は加速油量のうちの頂げき 14d の油量の割合、 β はねじれ角（歯 14 が斜めに切られている場合の角度）である。

【0043】

【数 8】

$$Q' = \min \{ Q, V_{\max} \} \quad \dots(8)$$

ただし、 Q は給油量である。

【0044】

ここで、本実施例の遊星歯車機構 1 では、内歯車 11 の歯底 14a の形状が前記のとおり傾斜角 θ で開口部 17 側に向かって傾斜しているため、潤滑油 100 が頂げき部 14d に停留しづらい。よって、潤滑油 100 は、図 1 の矢印 91 に示すように開口部 17 を出口として速やかに内歯車 11 内から排出され（加速される前に排出されやすい）、（6）式及び（7）式で表わされる潤滑油加速仕事を減少させることができる。これにより、遊星歯車機構 1 の発熱量が減少し、その昇温を防ぐことができる。

【0045】

さらに、本実施例の遊星歯車機構 1 では、内歯車 11 の歯形成部 18 の歯底 14a にのみ前記の傾斜角 θ の傾斜を前記 S3（図 4）により形成し、歯不形成部 19 には傾斜をつけなくてよい。そのため、歯不形成部 19 にも傾斜をつける場合（後述の実施例 2）に比べて、製造が容易となる。

その上、内歯車の製造方法では、前記の歯切り工程（S2）の後に前記の歯底加工工程（S3）（図4）を行っているので、歯切り工程（S2）では形成が困難な傾斜を歯底14aに形成することができる。

【0046】

一方、本実施例の内歯車11を用いる際には、以下の点に留意することが望ましい。すなわち、本実施例の内歯車11は、歯底円直径の変化に伴い、歯たけが増加する。そのため、歯たけが大きい部分での歯14の曲げ強度に留意するのが良い。例えば、頂げき14dを0.25mから0.5m（mは前記のモジュール）という一般的な頂げき量の範囲で変化させるとし、それぞれの頂げき量の場合の歯14の強度を考える。この場合の曲げ応力の計算は、日本歯車工業会規格（JGMA 401-01-1974）に沿って行う。簡単のため、本実施例の内歯車11のような変化のある歯底形状ではなく、歯底円直径が一定の場合を考える。すると、頂げき14dが0.5mの場合の曲げ応力 σ_F' は、0.25mの場合の曲げ応力 σ_F に対して、以下のように増加する。まず、頂げき14dが0.25mの場合の曲げ応力 σ_F は（9）式のように表される。

【0047】

【数9】

$$\sigma_F = \frac{F_t}{mb} Y_F Y_\varepsilon Y_\beta \left(\frac{K_v K_0}{K_L K_{FX}} \right) S_F \quad \dots(9) \quad 20$$

ただし、 F_t はピッチ円状の呼び接線力、 Y_F は（10）式に示す歯形係数、 Y_ε は荷重分配係数、 Y_β はねじれ角係数、 K_L は寿命係数、 K_{FX} は歯元応力に対する寸法係数、 K_v は動荷重係数、 K_0 は過負荷係数、 S_F は安全率である。

【0048】

【数10】

$$Y_F = \frac{6(h_{Fe} / m) \cos \alpha_{Fen}}{(S_{Fn} / m)^2 \cos \alpha} \quad \dots(10) \quad 30$$

ただし、 h_{Fe} は30°接線法から算出した危険断面から負荷円までの距離（1.25m）、 S_{Fn} は危険断面における歯厚、 α_{Fen} は歯面に垂直に作用する荷重が歯の中心線に垂直な線となす角である。

【0049】

頂げき14dが0.5mの場合、危険断面から負荷円までの距離 h_{Fe}' が増加し、当該距離 h_{Fe}' は1.5mとなるため、歯形係数 Y_F' は（11）式、曲げ応力 σ_F' は（12）式のようになる。

【0050】

【数11】

$$Y_F' = \frac{6(h_{Fe}' / m) \cos \alpha_{Fen}}{(S_{Fn} / m)^2 \cos \alpha} = 1.2 Y_F \quad \dots(11) \quad 50$$

【0051】

【数12】

$$\sigma_F' = \frac{F_t}{mb} Y_F' Y_\varepsilon Y_\beta \left(\frac{K_v K_0}{K_L K_{FX}} \right) S_F = 1.2 \sigma_F \quad \cdots (12)$$

【0052】

10

(12)式に示すように、頂げき14dが0.25mから0.5mに増加すると、歯14の曲げ応力が1.2倍になるため、内歯車11の形成には、歯14の曲げ強度が大きい鋼材を使用するか、熱処理によって鋼材の曲げ強度を増加させることが望ましい。

【実施例2】

【0053】

図8は、本実施例の遊星歯車機構201における内歯車11の内周面13の部分拡大斜視図である。本実施例の遊星歯車機構201が前記実施例1の遊星歯車機構1と相違する点の1つは、内歯車11の内周面13の形状にある。その他の遊星歯車機構201の全体構成は、図1を参照して説明した前記の遊星歯車機構1と同様であり、同一の部材等には同一符号を用い、詳細な説明は省略する。

20

【0054】

実施例1では、歯形成部18の歯底14aにのみ形成されていた、歯すじ方向に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなしている傾斜は、本実施例では、歯不形成部19から前記歯形成部18にかけて形成されている。

より具体的には、この傾斜は、歯不形成部19から歯形成部18にかけて円筒部12の回転の際の遠心力方向（図8で下方向）を下として連続的に下り傾斜している（傾斜角 θ ）。

【0055】

本実施例の遊星歯車機構201が前記実施例1の遊星歯車機構1と相違する点の他の1つは、図4の歯底加工工程（S3）にある。すなわち、当該相違点は、歯底14aを軸固定部15側から開口部17側に向かって（図8で右側から左側に向かて）、ギヤブランク111（内歯車11）における円筒部12の回転の際の遠心力方向を下として下り傾斜しているように形成する点である。この場合に、歯14の歯底14aを加工して、当該歯底14aが歯すじ方向 β に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなして傾斜しているようにすることは、実施例1と共通である。また、S1、S2、S4、S5の処理も実施例1と同様であるため詳細な説明は省略する。

30

【0056】

本実施例によれば、実施例1同様、(5)式に示す油量 Q_{max} の潤滑油100に遠心力の分力 F_p がかかり、頂げき14dを流れる潤滑油100の油量は増加し、これによって潤滑油100の排出性が向上し（図1の矢印91のように開口部17から排出される）、内歯車11、ひいては遊星歯車機構201が冷却される。この潤滑油100の排出性の向上のために、遊星歯車機構201にキャリアの足111（図12、図13）を設ける必要もない。

40

しかも、歯底14aと同じ傾斜が歯不形成部19にも形成され、歯不形成部19と歯形成部18とで連続的な傾斜となっているため、歯不形成部19にある潤滑油100の排出性も向上する。そのため、内歯車11、ひいては遊星歯車機構1の冷却が十分に行われる。

【0057】

また、本実施例の遊星歯車機構201では、内歯車11の歯底14aの形状が前記のとおり傾斜角 θ で開口部17側に向かって下り傾斜しているため、潤滑油100が頂げき部

50

14dに停留しづらく、(6)式及び(7)式で表わされる潤滑油加速仕事を減少させることができる。これにより、遊星歯車機構201の発熱量が減少し、その昇温を防ぐことができる。

【0058】

さらに、内歯車の製造方法では、前記の歯切り工程(S2)の後に前記の歯底加工工程(S3)(図4)を行ない、この歯底加工工程で歯不形成部19の傾斜も形成するので、歯切り工程(S2)では形成が困難な傾斜を歯底14aに形成することができる。

なお、本実施例では、軸固定部15側から開口部17側に向かって内周面13が下り傾斜しているが、開口部17側から軸固定部15側に向かって内周面13が下り傾斜しているようにしてもよい。あるいは、後述の実施例3の歯形成部18に形成した傾斜を、歯形成部18、歯不形成部19の全体に設けるようにしてもよい。

10

【実施例3】

【0059】

図9は、本実施例の遊星歯車機構301における内歯車11の内周面13の部分拡大斜視図である。本実施例の遊星歯車機構301が前記実施例1の遊星歯車機構1と相違する点の1つは、内歯車11の歯底14aの形状にある。その他の遊星歯車機構301の全体構成は、図1を参照して説明した前記の遊星歯車機構1と同様であり、同一の部材等には同一符号を用い、詳細な説明は省略する。

【0060】

歯形成部18の歯底14aに形成されている、歯すじ方向に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなしている傾斜は、本実施例では次のような構成である。すなわち、歯底14aは、歯形成部18の歯すじ方向 β の中央部302が凸状で、歯すじ方向 β の軸固定部15側の部分303及び開口部17側の部分304に向かって夫々円筒部12の回転の際の遠心力方向(図9の下方向)を下として下り傾斜している。

20

【0061】

本実施例の遊星歯車機構301が前記実施例1の遊星歯車機構1と相違する点の他の1つは、図4の歯底加工工程(S3)にある。すなわち、歯形成部18の歯すじ方向 β の中央部302が凸状で、歯すじ方向 β の軸固定部15側の部分303及び開口部17側の部分304に向かってギヤブランク111(内歯車11)における円筒部12の回転の際の遠心力方向を下として夫々下り傾斜しているように形成する点である。この場合に、歯14の歯底14aを加工して、当該歯底14aが歯すじ方向 β に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなして傾斜しているようにすることは、実施例1と共通である。また、S1、S2、S4、S5の処理も実施例1と同様であるため詳細な説明は省略する。

30

【0062】

本実施例によれば、内歯車11の歯底14aの形状が前記のとおり軸固定部15側及び開口部17側に向かって下り傾斜しているため、潤滑油100が頂げき部14dに停留しづらく、(6)式及び(7)式で表わされる潤滑油加速仕事を減少させることができる。これにより、遊星歯車機構301の発熱量が減少し、その昇温を防ぐことができる。

【0063】

また、歯底14aの部分304においては、実施例1と同様、潤滑油100に遠心力の分力 F_p がかかり、頂げき14dを流れる潤滑油100の油量は幾分増加する。そして、これによって潤滑油100の排出性が幾分向上し(図1の矢印91のように開口部17から排出される)、内歯車11、ひいては遊星歯車機構301が冷却される。この潤滑油100の排出性の向上のために、遊星歯車機構301にキャリアの足111(図12、図13)を設ける必要もない。

40

【0064】

さらに、本実施例の遊星歯車機構1では、内歯車11の歯形成部18の歯底14aにのみ前記の傾斜を前記S3(図4)により形成し、歯不形成部19には傾斜をつけなくてよい。そのため、歯不形成部19にも傾斜をつける場合(前記の実施例2)に比べて、製造が容易となる。

50

その上、内歯車の製造方法では、前記の歯切り工程（S2）の後に前記の歯底加工工程（S3）（図4）を行ない、歯切り工程（S2）では形成が困難な傾斜を歯底14aに形成することができる。

【実施例4】

【0065】

図10は、本実施例の遊星歯車機構401における内歯車11の内周面13の部分拡大斜視図である。本実施例の遊星歯車機構401が前記実施例1の遊星歯車機構1と相違する点の1つは、内歯車11の歯底14aの形状にある。その他の遊星歯車機構401の全体構成は、図1を参照して説明した前記の遊星歯車機構1と同様であり、同一の部材等には同一符号を用い、詳細な説明は省略する。

10

歯形成部18の歯底14aに形成されている、歯すじ方向に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなしている傾斜は、本実施例では、歯底14aは、開口部17側から軸固定部15側に向かって（左側から右側へ）円筒部12の回転の際の遠心力方向（図10の下側）を下として下り傾斜している。

【0066】

本実施例の遊星歯車機構401が前記実施例1の遊星歯車機構1と相違する点の他の1つは、図4の歯底加工工程（S3）にある。すなわち、歯底14aを開口部17側から軸固定部15側に向かってギヤブランク111（内歯車11）における円筒部12の回転の際の遠心力方向を下として下り傾斜しているように形成する点が相違する。この場合に、歯14の歯底14aを加工して、当該歯底14aが歯すじ方向 β に平坦形状及び凸形状の少なくとも一方をなして傾斜しているようにすることは、実施例1と共通である。また、S1、S2、S4、S5の処理も実施例1と同様であるため詳細な説明は省略する。

20

【0067】

本実施例によれば、内歯車11の歯底14aの形状が前記のとおり開口部17側から軸固定部15側に向かって下り傾斜しているため、潤滑油100が頂げき部14dに停留しづらく、（6）式及び（7）式で表わされる潤滑油加速仕事を減少させることができる。これにより、遊星歯車機構401の発熱量が減少し、その昇温を防ぐことができる。

【0068】

さらに、本実施例の遊星歯車機構401では、内歯車11の歯形成部18の歯底14aにのみ前記の傾斜を前記S3（図4）により形成し、歯不形成部19には傾斜をつけなくてよい。そのため、歯不形成部19にも傾斜をつける場合（前記の実施例2）に比べて、製造が容易となる。

30

その上、内歯車の製造方法では、前記の歯切り工程（S2）の後に前記の歯底加工工程（S3）（図4）を行ない、歯切り工程（S2）では形成が困難な傾斜を歯底14aに形成することができる。

【実施例5】

【0069】

図11は、本実施例の歯車機構501の縦断面図である。歯車機構501が実施例1の遊星歯車機構1と相違する点は、太陽歯車51の代わりに一般的な外歯車502を用い、外歯車502と内歯車11とが噛み合うようにして（符号503が外歯車502の歯である）、遊星歯車61は設けていない点にある。さらに、遊星歯車61を設けていないことに伴い、キャリア71も設けていない。図11において、図1と同一の部材等は、図1と同様の符号を用い、詳細な説明は省略する。

40

【0070】

本実施例において、内歯車11の歯底14aの形状（実施例1、3、4）、あるいは、内周面13の形状（実施例2）は、前記した実施例1～4のいずれか1つと同様である。そのため、内歯車11に関して前記した実施例1～4のいずれか1つと同様の作用効果を奏することができる。

また、内歯車11を製造するための内歯車の製造方法も、実施例1～4のいずれか1つと同様である。そのため、内歯車の製造方法に関して前記した実施例1～4のいずれか1

50

つと同様の作用効果を奏することができる。

【0071】

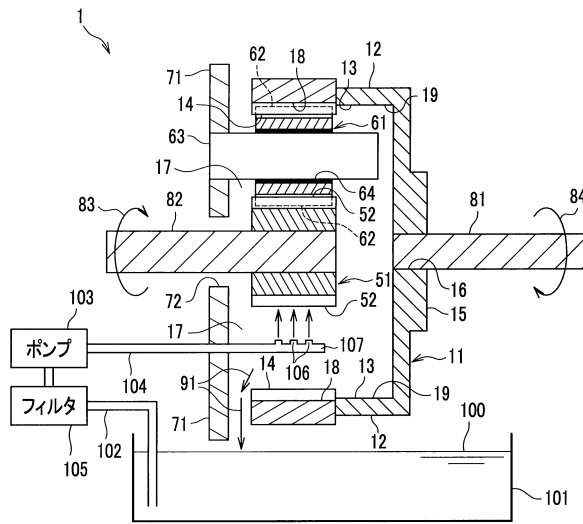
なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

【符号の説明】

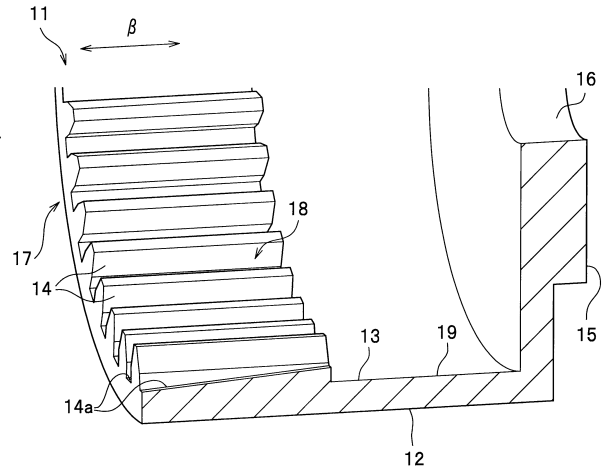
【0072】

1	遊星歯車機構（歯車機構）	
1 2	円筒部	
1 3	内周面	
1 4	歯	
1 4 a	歯底	
1 4	内歯車	
1 5	軸固定部	
1 7	開口部	
1 8	歯形成部	
1 9	歯不形成部	20
6 1	遊星歯車	
5 1	太陽歯車	
7 1	キャリア	
8 1	出力軸（軸）	
1 0 6	ノズル	
1 1 1	ギヤブランク	
3 0 2	歯すじ方向中央部	
3 0 3	歯すじ方向の軸固定部側	
3 0 4	歯すじ方向の開口部側	
5 0 1	歯車機構	30
S 2	歯切り工程	
S 3	歯底加工工程	
β	歯すじ方向	

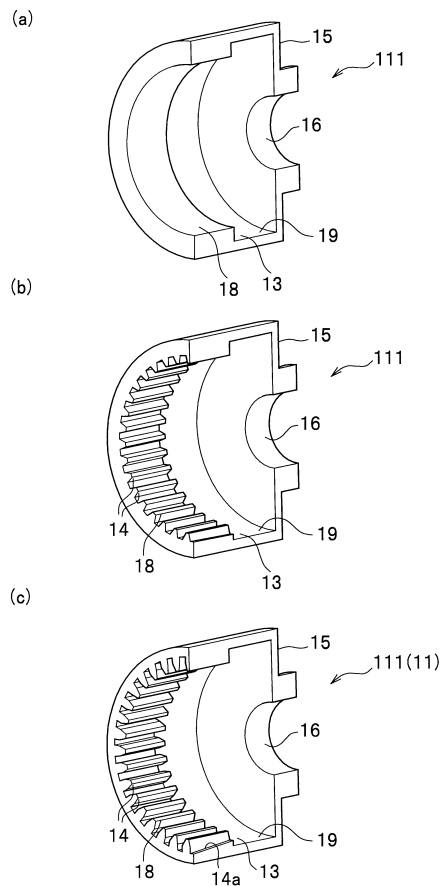
【図 1】



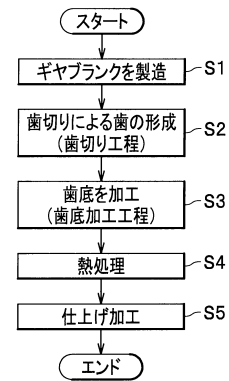
【図 2】



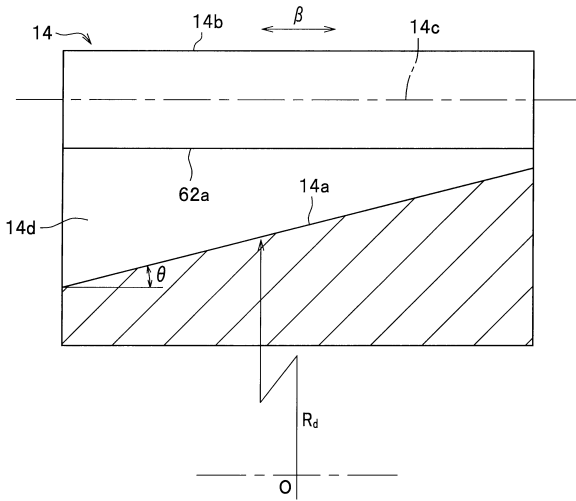
【図 3】



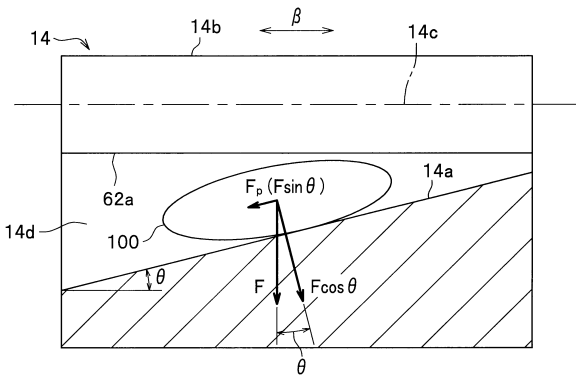
【図 4】



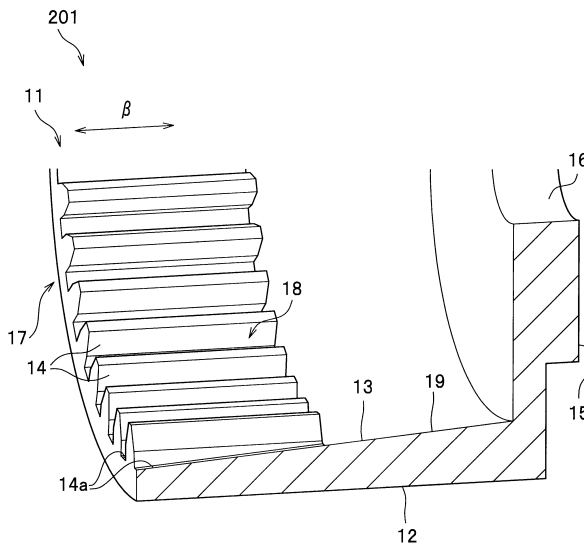
【図 5】



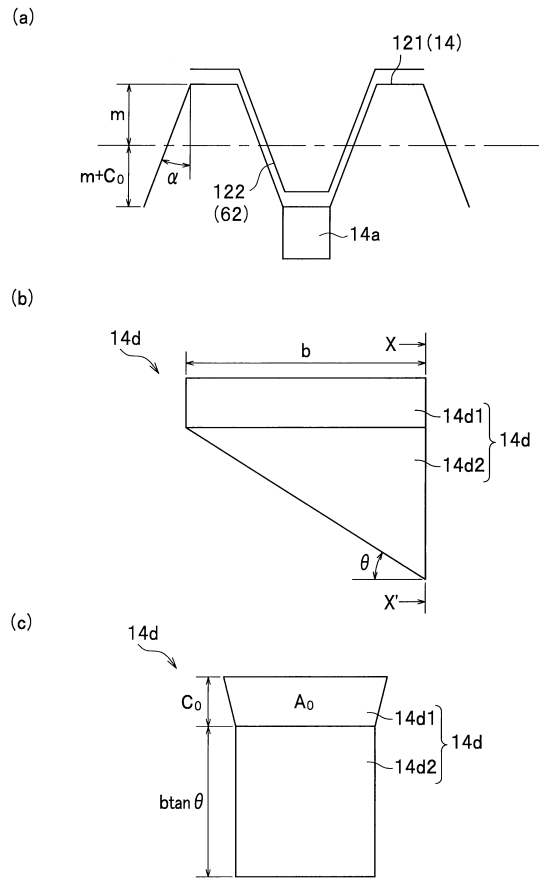
【図 6】



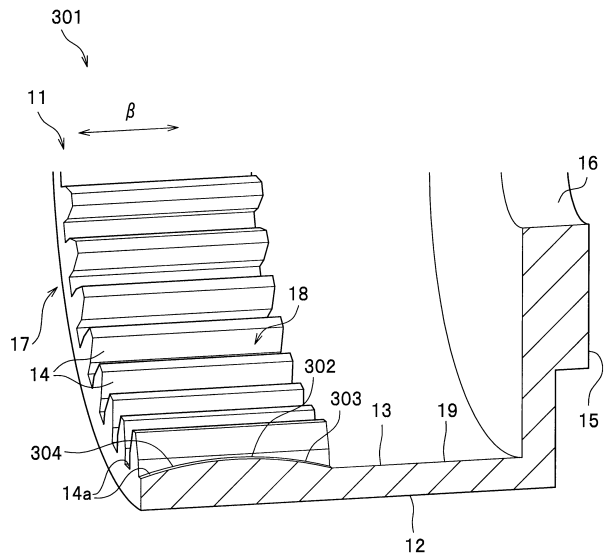
【図 8】



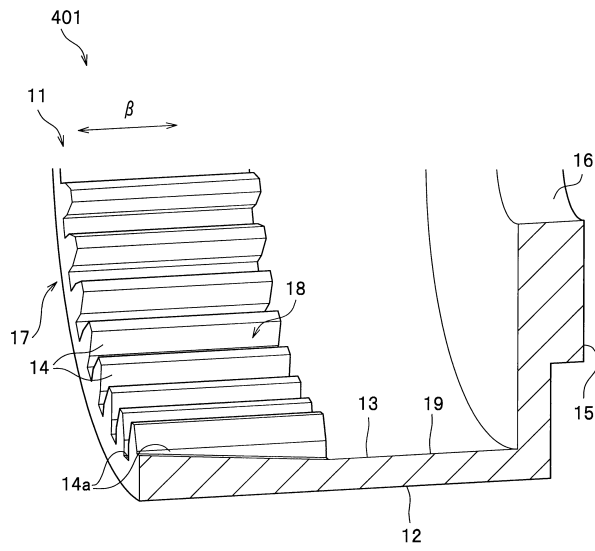
【図 7】



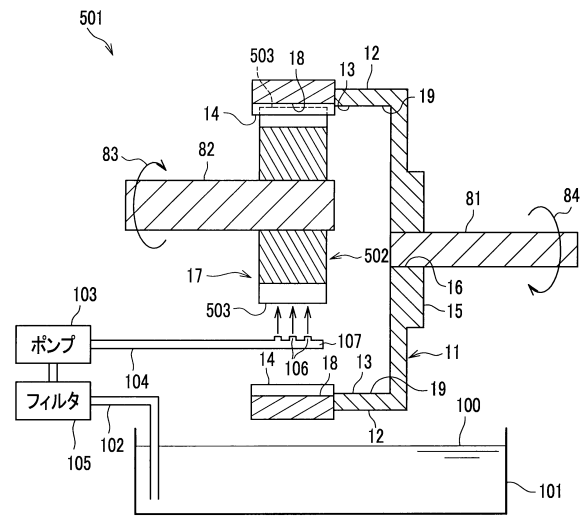
【図 9】



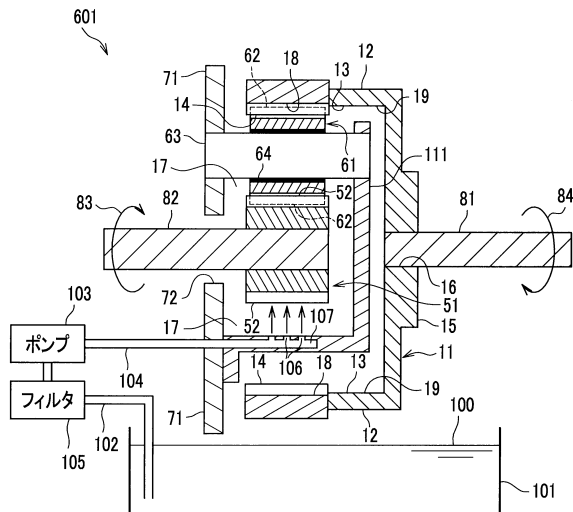
【図 10】



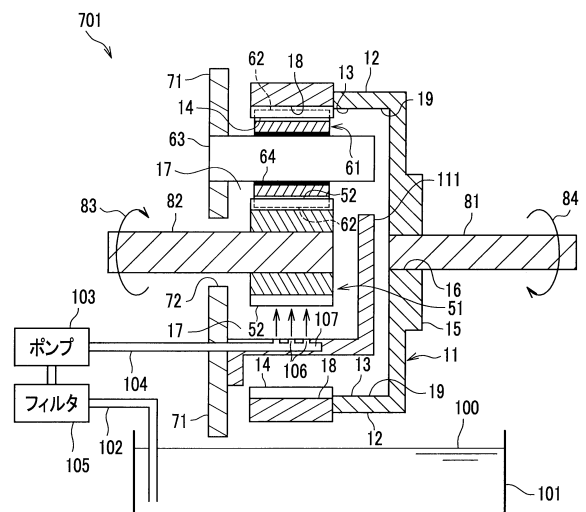
【図 11】



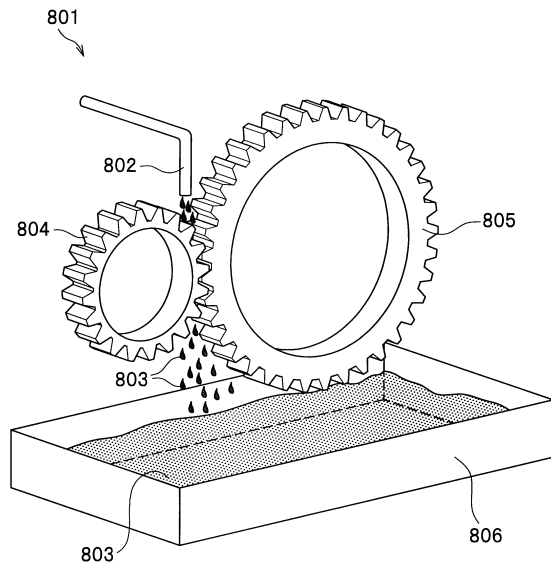
【図 12】



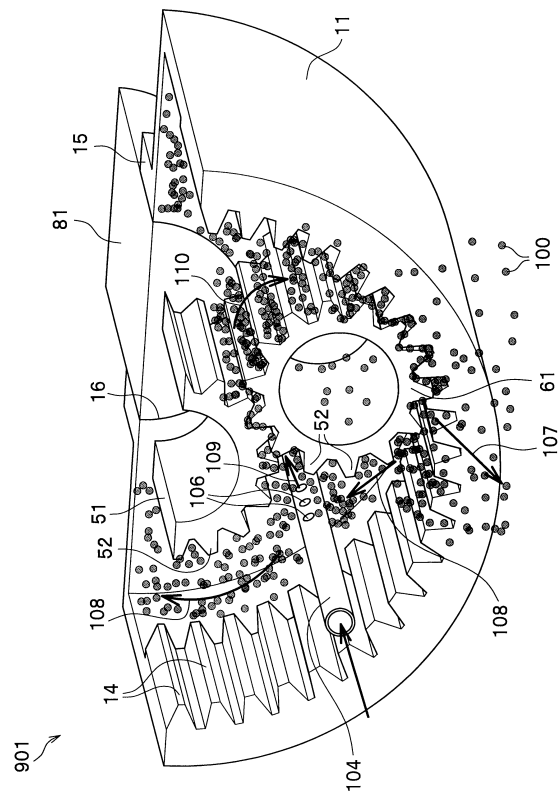
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 岩本 安弘

埼玉県さいたま市北区吉野町一丁目405番地3 株式会社日立ニコトランスミッション内

審査官 岡本 健太郎

(56)参考文献 特開2012-145122 (JP, A)

国際公開第2015/050116 (WO, A1)

特表平09-507284 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16H 55/17

B23F 5/20

F16H 1/28

F16H 57/04