

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4875563号
(P4875563)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl. F I
F 1 6 H 1/32 (2006.01) F 1 6 H 1/32 A
F 1 6 H 55/08 (2006.01) F 1 6 H 55/08 Z

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2007-191020 (P2007-191020)	(73) 特許権者	000000974
(22) 出願日	平成19年7月23日 (2007.7.23)		川崎重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2009-24841 (P2009-24841A)		兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(43) 公開日	平成21年2月5日 (2009.2.5)	(74) 代理人	100107825
審査請求日	平成22年7月21日 (2010.7.21)		弁理士 細見 吉生
		(72) 発明者	掃部 雅幸
			兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
		(72) 発明者	小山 雅隆
			兵庫県明石市川崎町1番1号 川重テクノサービス株式会社内
		審査官	小林 忠志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トロコイド歯車および減速機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外歯車と内歯車とが噛み合うトロコイド歯車であって、
 外歯車が、歯先部は円弧曲線であり歯元部はエピトロコイド曲線であって、これら二つの曲線が共通接線にて滑らかに連結された歯形を有して、
 内歯車が、歯先部は円弧曲線であり歯元部はハイポトロコイド曲線であって、これら二つの曲線が共通接線にて滑らかに連結された歯形を有していること
 を特徴とするトロコイド歯車。

【請求項2】

外歯車および内歯車において、上記各二つの曲線の連結部分が、エピトロコイド曲線またはハイポトロコイド曲線のうちトルク伝達効率の最大点付近に一致することを特徴とする請求項1に記載のトロコイド歯車。

10

【請求項3】

外歯車と内歯車とが噛み合う領域の中央部分から180°離れた部分において、外歯車と内歯車との凸点同士が接するように寸法および歯数が定められていることを特徴とする請求項1または2に記載のトロコイド歯車。

【請求項4】

外歯車と内歯車とが噛み合う領域の中央部分から180°離れた部分において、外歯車と内歯車との凸点同士が接するように寸法および歯数が定められたうえ、歯先の面取りによって、当該凸点同士が接することがないようにされていることを特徴とする請求項3に

20

記載のトロコイド歯車。

【請求項 5】

外歯車と内歯車とのうち少なくとも一方が、潤滑油を含浸されたダクタイル鋳鉄で形成され、または、表面にダイヤモンドライクカーボン皮膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のトロコイド歯車。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のトロコイド歯車を有することを特徴とする減速機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

請求項に係る発明は、減速機やギヤポンプ等において内接嚙合式遊星歯車として使用されるトロコイド歯車、およびそれを使用する減速機に関するものである。

【背景技術】

【0002】

内接嚙合式遊星歯車においては、従来、エピトロコイド歯形の外歯車（外歯歯車）と、複数の円柱状のピン（またはローラ）を回転（自転）可能なようにホルダーに取り付けた内歯車（内歯歯車。ピン分離型）とによって内接嚙み合いを実現している。そうした遊星歯車を有する減速機では、外歯車は内歯車よりも歯数が 1 だけ少なく、減速比は、内歯車とする上記ピンの数に相当する。そのようなピンを有するトロコイド歯車やそれを利用する減速機の例は、たとえば下記の特許文献 1 ~ 2 に示されている。

なお、「エピトロコイド」とは、図 7（の上部）のように基円の外側を滑らずに転がる円上の一点が描く軌跡をいう。また、後述の「ハイポトロコイド」とは、図 7（の下部）のように基円の内側を滑らずに転がる円上の一点が描く軌跡をいう。

【0003】

上のような減速機において大きな減速比を得るためには、内歯車のホルダーに多数のピンを取り付ける必要があり、部品数が多くなるとともに組み立てが煩雑になって製造コストが上昇するため、ピンとホルダーとを一体化した内歯車を採用する例が多くなった。しかし、トロコイド歯車は、嚙み合い時の相対滑りが大きいいため、ピンをホルダーに一体化させた内歯車に従来と同様のトルク（ピン分離型の内歯車にて伝達可能であったトルク）を負荷すると、摩耗が増大し、伝達効率が低下し、または焼き付きが発生する等、不具合が生じがちである。

【0004】

下記の特許文献 3 ~ 5 には、そうした不具合を一部解消することのできる歯車が提案されている。

【特許文献 1】特開昭 61 - 136041 号公報

【特許文献 2】特開平 4 - 282047 号公報

【特許文献 3】特公昭 63 - 4056 号公報

【特許文献 4】特開平 6 - 50394 号公報

【特許文献 5】特開平 4 - 29645 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 3・4 に記載の技術は、図 8（a）に示す遊星歯車減速機において b - b 断面の部分に使用される図 8（b）のようなトロコイド歯車に関するもので、内歯車としてピンとホルダーとを一体化したものを採用した例である。そして、外歯車 2' には従来のエピトロコイド歯形を採用し、内歯車 3' は、歯先部を円弧にし、歯元部は外歯車歯形の包絡曲線にて形成している。これによれば、トルク伝達に大きく寄与する重要な領域では、内外各歯車 2'・3' における各歯が、歯先部と歯元部との両方で相手歯車と接触することになり、接触点での面圧低下が期待でき、上記不具合の一部を解消することができる。

【0006】

10

20

30

40

50

しかし、遊星運動する外歯車歯形（エピトロコイド曲線）の包絡曲線を設計することは容易ではない。その設計のためには、たとえばCAD上で、遊星運動時の歯先点（トロコイド曲線の凸点）の軌跡を求め、さらにそこから少し歯元側の点の軌跡を求め、これを繰り返し実施して、全ての軌跡の最も外側の領域だけを取り出す、といった作業が必要になる。その場合、噛み合い理論に基づいた設計が展開できず、また設計に要する時間や手間も膨大となる。

【0007】

また、特許文献5に記載の技術は、外歯車・内歯車のいずれか一方または両方にあらかじめオイルを含浸させるものである。この技術によっても前述の摩耗等の課題を一部解消することが可能だが、これによる場合には、金属粉末焼結材のような多孔質材を使用する
10

【0008】

請求項に係る発明は、以上の点を考慮してなしたもので、ピンとホルダーとが一体化された内歯車を採用しながら、特別に材料を限定することなく摩耗等の不具合を解消でき、しかも設計が容易なトロコイド歯車等を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項に係る発明のトロコイド歯車は、外歯車と内歯車（たとえば外歯車より歯数が1だけ多いもの）とが噛み合うトロコイド歯車であって、

イ) 外歯車が、歯先部は円弧曲線であり歯元部はエピトロコイド曲線であって、これら二つの曲線が共通接線にて滑らかに連結された歯形を有していること、および、
20

ロ) 内歯車が、歯先部は円弧曲線であり歯元部はハイポトロコイド曲線であって、これら二つの曲線が共通接線にて滑らかに連結された歯形を有していること

を特徴とする。

【0010】

図6(a)はエピトロコイド曲線の外歯車と分離型内歯車との噛み合いを示し、図6(b)はハイポトロコイド曲線の内歯車と分離型外歯車との噛み合いを示している。いずれも、内歯車の中心を遊星運動する外歯車が、右側に偏心している状態を描いている。このような状態では、トルク伝達に大きく寄与する歯の噛み合いは、右半分に集中している
30

ところで、(a)・(b)いずれの歯車も、すべての歯が相手歯車と噛み合っている。ここで、噛み合いの状態を詳細に観察すると、以下がわかる。

(a)の外歯車は、右側で歯底部が、左側で歯先部が相手歯車と噛み合っている。

(a)の内歯車は、全周に渡って、歯先部が相手歯車と噛み合っている。

(b)の外歯車は、全周に渡って、歯先部が相手歯車と噛み合っている。

(b)の内歯車は、右側で歯底部が、左側で歯先部が相手歯車と噛み合っている。

このことから、歯底部がエピトロコイド曲線で、歯先部が円弧曲線の外歯車と、歯底部がハイポトロコイド曲線で、歯先部が円弧曲線の内歯車を噛み合わせれば、トルク伝達に大きく寄与する範囲（図の略右側）では、歯底部と歯先部の両方が相手歯車と噛み合い、トルク伝達にあまり寄与しない範囲（図の略左側）では、噛み合いが生じない歯車が成立
40

そこで、上記イ)ロ)のように形成した内外歯車を噛み合わせた絵を図1に示す。この図に示されるように、両歯車の噛み合う領域において、外歯車の歯元部（エピトロコイド曲線の部分）と内歯車の歯先部（円弧曲線の部分）とが接触する（図中の小さな丸で示す接触部4a）とともに、外歯車の歯先部（円弧曲線の部分）と内歯車の歯元部（ハイポトロコイド曲線の部分）とが接触する（図中の大きな丸で示す接触部4b）。しかも、こうして外歯車と内歯車とが噛み合うのは、トルク伝達に大きく寄与する、すべり速度の小さい領域（図中の楕円で囲まれた部分等）においてのみである。これらの点から、この歯車では、トルク伝達の際の面圧が小さく、歯面の摩耗や伝達効率、焼き付き等のトラブル発生等、種々の点で利点がもたらされるといえる。
50

前述した特許文献3・4の歯車と比べると、外歯車の歯形を全域でエピトロコイド曲線とするのではなく、歯先部分を円弧曲線にした点で相違する。外歯車が円弧曲線であるとき、その包絡曲線はハイポトロコイド曲線となる。そのため、この発明によると、内歯車・外歯車の各歯形を数学的に定式化することができ、歯形設計が容易になる。エピトロコイド噛み合い、ハイポトロコイド噛み合いは、いずれも、歯車理論が確立された周知の事実であり、より熟考を施した設計が可能となる。なお、発明のトロコイド歯車は、引用文献3・4の歯車と同様に、図8(a)に示す遊星歯車減速機(そのb-b断面の部分)やギヤポンプ本体(図示せず)等に採用することができる。

【0011】

外歯車および内歯車において、上記各二つの曲線(外歯車では円弧曲線とエピトロコイド曲線との二つをさし、内歯車では円弧曲線とハイポトロコイド曲線との二つをさす)の連結部分は、エピトロコイド曲線またはハイポトロコイド曲線のうちトルク伝達効率の最大点付近に一致するようにするのが好ましい。具体的には、外歯車と内歯車との間の偏心量を適切に定めることによって、連結部分がトルク伝達効率の最大点に一致するようにするとよい。

二つの歯車が噛み合うときのトロコイド曲線と円弧との接触点は噛み合い運動によって変化し、接触点が歯先点から最も離れたとき、内外歯車間でのトルクの伝達効率は最大となる。すなわち、内外歯車間が噛み合う領域内のうち最も端にある接触点(図1における符号Xの部分)がトルク伝達効率の最大点である。上記各二つの曲線の連結部分を、エピトロコイド曲線またはハイポトロコイド曲線のうちこうしたトルク伝達効率最大点付近に一致させると、相手側歯車における接触点が円弧曲線の範囲内のみでの変化にとどまり、ハイポトロコイド曲線またはエピトロコイド曲線の範囲にまでは移動しない。そのため、この歯車によれば、外歯車と内歯車との噛み合いがとくに安定的になるという効果が得られる。

【0012】

上記のように構成した歯車において、とくに、外歯車と内歯車とが噛み合う領域の中央部分から180°離れた部分で外歯車と内歯車との凸点同士が接するように構成するのも好ましい。

つまり、図1のように、トルク伝達に大きく寄与する領域(図中の楕円で囲まれた部分等)のほかに、その領域の中央部分から180°離れた部分(図中の符号Yの部分)でも外歯車と内歯車との凸点同士が接するように、内・外歯車間の偏心量や、内・外歯車のPCD、円弧径、歯数を定めるのである。外歯車と内歯車とは、トルク伝達に寄与する上記の領域と、符号Yの部分の一点とのみで接触する。この場合、歯形の設計と製作がとくに簡単化され容易になる点で有利である。

【0013】

その一方、上記のように(つまり、外歯車と内歯車とが噛み合う領域の中央部分から180°離れた部分において外歯車と内歯車との凸点同士が接するように)寸法および歯数を定め、歯先の面取りによって、当該凸点同士が接することがないように構成するのもよい。

そうすれば、トルク伝達に寄与する上記の領域以外の部分において歯先の干渉を回避することができる。トルク伝達に全く寄与しない凸点同士の噛み合いを回避できるので、無駄な摩擦や伝達効率のロス削減することができる。図5はその例を示している。

【0014】

さらに、外歯車と内歯車とのうち少なくとも一方について、潤滑油を含浸されたダクタイル鋳鉄で形成し、または、表面にダイヤモンドライクカーボン皮膜を形成することとするのも有意義である。

上述したトロコイド歯車にこうした特徴を付加すると、歯面の摩擦や伝達効率の低下といった前述の課題がさらに解消される。内外各歯車におけるそれぞれの歯を歯元部と歯先部との両方で相手歯車と接触させることで噛み合い時の面圧を減らすとともに、各歯車の表面にこうして自己潤滑性をもたせることにより摩擦を低減させると、摩擦の程度等は相

10

20

30

40

50

乗的に減少するからである。

なお、以上に示したトロコイド歯車は、減速機に組み込んで使用するのが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

請求項に係る発明のトロコイド歯車によると、トルク伝達に大きく寄与する重要な領域では、内外各歯車における一つの歯が歯元部と歯先部との両方で相手歯車と接触する。トルク伝達の際の面圧が小さく、歯面の摩耗や伝達効率、焼き付き等のトラブル発生等、種々の点で利点もたらされる。また、内歯車・外歯車の各歯形を数学的に定式化することができ、歯形設計が容易になり、より熟考を施した設計が可能になる。

外歯車および内歯車において、各二つの曲線の連結部分をトルク伝達効率の最大点付近に一致するようにすると外歯車と内歯車との噛み合いがとくに安定する。

【0016】

また、外歯車と内歯車とが噛み合う領域の中央部分から180°離れた部分で外歯車と内歯車との凸点同士が接するように構成すると、歯形の設計と製作がとくに簡単化され容易になる。

そうしたうえで、歯先の負転位または歯先の面取りによって当該凸点同士が接することがないように構成すると、歯形の設計・製作が容易になるとともに簡便な方法で歯先の干渉を回避でき、もって無駄な摩耗や伝達効率のロスを削減できる。

外歯車と内歯車とのうち少なくとも一方を、潤滑油を含浸されたダクタイル鋳鉄で形成し、または、表面にダイヤモンドライクカーボン皮膜を形成すると、歯面の摩耗や伝達効率の低下といった前述の課題がさらに解消されやすくなる。

上記のトロコイド歯車を組み込んだ減速機においても、上記の各特徴に基づく利点もたらされる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

発明の実施に関する形態を、図面を用いて説明する。図1～図5に示すトロコイド歯車（歯車対）1は、ともにトロコイド曲線を含む外歯車2と内歯車3とが噛み合うもので、内歯車3と、それよりも歯数が1だけ少ない外歯車2とを、たとえば図8(a)に示す遊星歯車減速機10（のb-b断面の部分）に組み込んで使用する。図示の減速機10に使用する場合には、入力軸11にまず偏心体12を取り付け、その偏心体12を介して偏心回転可能なように複数枚の外歯車2を設ける。そして、その外歯車2と内接噛合するように内歯車3を設けて固定配置するとともに、支軸13を介して外歯車2の自転成分のみを伝達するように出力軸14を取り付ける。こうすると、入力軸11・出力軸14間に、内歯車の歯数に等しい減速比が得られる。

【0018】

図1(a)・(b)のトロコイド歯車（ハイブリッドトロコイド歯車）1は、図2に示す歯形を有するものである。すなわち、外歯車2（図示右側）においては、歯先部が円弧曲線2aであり歯元部がエピトロコイド曲線2bであって、これら二つの曲線が共通接線にて滑らかに連結されて歯形が形成されている。一方、内歯車3（図示左側）は、歯先部が円弧曲線3aであり歯元部がハイポトロコイド曲線3bであって、これら二つの曲線が共通接線にて滑らかに連結されている。

【0019】

こうした一対の外歯車2と内歯車3は、両者間を適切に偏心させて噛み合わせるとき、図1に示す好ましい噛み合いをなす。すなわち、トルク伝達に大きく寄与する重要な領域（噛み合い領域。図のように楕円で囲んだb部など）において、内外各歯車2・3における一つの歯が、歯元部と歯先部との両方で相手歯車と接触する。外歯車2の歯元部（エピトロコイド曲線の部分）と内歯車3の歯先部（円弧曲線の部分）とが図(b)中の小さな丸の部分4aで接触するとともに、外歯車2の歯先部（円弧曲線の部分）と内歯車3の歯元部（ハイポトロコイド曲線の部分）とが図(b)中の大きな丸の部分4bで接触するのである。噛み合い時の弾性変形を考慮すると、巨視的には外歯車2と内歯車3とが面で接

10

20

30

40

50

触するとも期待される。こうした点から、トロコイド歯車 1 では、トルク伝達の際の面圧が小さくなり歯面の摩耗が減少する、といった効果がもたらされる。

【 0 0 2 0 】

図 1 のトロコイド歯車 1 においては、上記した噛み合い領域以外の部分では外歯車 2 と内歯車 3 とが一般的には接触しない。仮に噛み合い領域以外の領域で両歯車が接触するとすれば、当該接触部分ではすべり速度が大きくて摩耗の進行が甚だしいうえ、そうした接触はトルク伝達にほとんど寄与しない。したがって図 1 の歯車 1 においては、伝達効率が改善し焼付きが防止される点でむしろ有利だといえる。

【 0 0 2 1 】

トロコイド歯車 1 については、外歯車 2 の中心偏心率 ec と内歯車 3 の歯数 $n1$ 、内歯車円弧中心のPCDである ae とから、 $\text{トロコイド係数} = ec \cdot n1 / ae$ によってトロコイド係数が算出される。トロコイド係数が 1 に近いとトロコイド曲線はサイクロイド曲線に近くなり、 $\text{トロコイド係数} < 1$ 小さいとトロコイド曲線はサイクロイド曲線から離れた曲線となる。

このトロコイド係数が大きいと、歯元部のすべり速度が小さくなって効率のよいトルク伝達が行えるが、同係数が大きすぎると、二つの曲線の連結点がトルク伝達効率最大点を追い越してしまい、両歯の噛み合いが不安定になる。また、図 3 (a) ・ (b) および図 4 (a) ・ (b) に示すように (図 3 の例ではトロコイド係数が 0 . 9 6 、図 4 の例では同係数が 0 . 7 4 。歯数はいずれも 8 0) 同係数が大きいと噛み合い領域も狭くなる (図 3 の例では同領域が 8 ° で、図 4 の例の 3 5 ° よりもかなり狭い) 。そのため、適度な噛み合い領域を有するとともに連結点がちょうどトルク伝達効率最大点に一致するよう、トロコイド係数 および偏心率 ec を設定するのが好ましい。

【 0 0 2 2 】

外歯車 2 と内歯車 3 とは、上記した噛み合い領域の中央部分から 1 8 0 ° 離れた部分 (図 1 の符号 Y の部分) においても両者の凸点同士が接するように各部の寸法および歯数を定めると、設計・製作を簡単化できる利点がある。しかし、歯先の摩耗を減らして伝達効率を改善する意味では、歯先の干渉を防止するのが好ましい。図 5 (a) ・ (b) ・ (c) ・ (d) は、外歯車 2 および内歯車 3 の各歯先に面取り部分 2 c ・ 3 c を設けることにより歯先の干渉を回避する例である。

【 0 0 2 3 】

以上に示したトロコイド歯車 1 では、外歯車歯形の包絡曲線がハイポトロコイド曲線となることから、外歯車 2 および内歯車 3 の各歯形を数学的に定式化することができ、歯形設計が容易である。すなわち、たとえば以下のようにして歯形曲線を定式化することができる。

【 0 0 2 4 】

エピトロコイド中心曲線の式は、以下のようである。

$$cev = \{cex, cey\};$$

ここで、 cex はエピトロコイド中心曲線の x 座標、 cey はその y 座標である。

$$cex = ec \cos[q] + ae \cos[q/n1]; \quad cey = ec \sin[q] + ae \sin[q/n1];$$

ae : 内歯円弧中心のPCD、 ec : 外歯車の中心偏心率、 re : 内歯円弧の半径、 q : 媒介変数 ($q=2\pi n1$ で一周期)。なお、 π は π を表す。

$$n0 : \text{外歯の歯数、} n1 : \text{内歯の歯数 (ここでは、} n1 = n0 + 1)$$

内歯車と噛み合わせるため、この曲線を中心方向に内歯円弧径分オフセットさせると、外歯車の歯形曲線が成立する。

$$sev = \{sex, sey\};$$

ここで、 sex は平行曲線の x 座標、 sey はその y 座標である。

$$sev = cev + re * \{ \cos[\pi/2], -\sin[\pi/2], \sin[\pi/2], \cos[\pi/2] \} \cdot \{ dex, dey \} / der;$$

$$der = \sqrt{dex^2 + dey^2}; \quad dex = D[cex, q]; \quad dey = D[cey, q];$$

初期点 (歯先凸点) の座標は、 $sev(0) = \{ae + ec - re, 0\}$ である。

なお、 $D[f(q), q]$ は、 $f(q)$ の q による微分を示す。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

ハイポトロコイド中心曲線chv、および、ハイポトロコイド平行曲線shvは、同様に、以下のようである。

$$chv=\{chx, chy\};$$

ここで、chxはハイポトロコイド中心曲線のx座標、chyはそのy座標である。

$$chx=-ec \cos[q]+ah \cos[q/n1]; \quad chy=+ec \sin[q]+ah \sin[q/n1];$$

ah : 外歯円弧中心のPCD、ec : 外歯車の中心偏心率、rh : 外歯円弧の半径、q : 媒介変数($q=2\pi n1$ で一周期)

n1 : 外歯の歯数、n2 : 内歯の歯数(ここでは、 $n2=n0+2$)

$$shv=\{shx, shy\};$$

ここで、shxは平行曲線のx座標、shyはそのy座標である。

$$shv=chv+rh*\{\cos[\pi/2], \sin[\pi/2]\}, \{-\sin[\pi/2], \cos[\pi/2]\}\} \cdot \{dhx, dhy\}/dhr;$$

$$dhr=\sqrt{dhx^2+dhy^2}; \quad dhx=D[chx, q]; \quad dhy=D[chy, q];$$

【0026】

トロコイド曲線と噛み合う円弧の接触点は、噛み合い運動により変化する。接触点が歯先点から最も離れるとき、内・外歯車間でのトルクの伝達効率が最大となる。この点と噛み合うトロコイド曲線上の点をトルク伝達効率最大点と呼び、以下で定式化できる。

エピトロコイドのトルク伝達効率最大点 : $qem=\pi n1/n0-n1/n0 \arccos[(ec n1)/a]$ a];

ハイポトロコイドのトルク伝達効率最大点 : $qhm=\pi n1/n2-n1/n2 \arccos[(ec n1)/a]$ a];

なお、 $\arccos[x]$ は、xの逆余弦関数である。

【0027】

外歯車の歯先部を円弧で置き換え、エピトロコイド平行曲線と滑らかに連結させることを考える。

円弧半径をrh、円弧中心位置を(ae+ec-re+dela-rh,0)とするとき、エピ曲線と円弧曲線の逸脱長delreは以下で求められる。

$$delre=(sex-(ae+ec-re+dela-rh))^2+sey^2-rh^2$$

二つの曲線の連結点qcで、二つ曲線は接するので、 $\{delre(qc)=0, D[delre, q](qc)=0\}$ の二式から、二曲線が滑らかに連結するための条件qcとrhが求められる。

ここで、 $de1a=0$ のとき、円弧はエピ曲線の凸点とも接する。外歯と内歯が全周に渡って干渉しないためには、 $de1a=0$ の条件がある。de1aは、外・内歯先間のクリアランスに相当する。

また、qcで円弧rhとエピ平行曲線sevが接するので、qcに限り、delreはエピ中心曲線で書き換えることができる。

$$delre=(cex-(ae+ec+de1a-re-rh))^2+cex^2-(re+rh)^2$$

$$=(cex-(ae+ec+dela-rw))^2+cex^2-rw^2$$

$$\text{where } rw=re+rh$$

方程式の求解には、こちらを利用する方が、計算負荷低減に有利である。

得られたrwから $rh=rw-re$ により、ハイポ曲線の外歯円弧径が定まる。また、 $ah=ae+ec-rw-de1a$ により、外歯円弧中心のPCDが定まる。すなわち、エピ曲線の歯形パラメータae, ec, re, n0と歯先間クリアランスde1aを定めればこのエピ曲線と噛み合う、ハイポ曲線の歯形パラメータah, ec, rh, noが、自動的に求められる。

【0028】

$=ec n1/ae$ をトロコイド係数と呼び、 $=1$ のとき二つのトロコイド曲線は共にサイクロイド曲線となる。この場合には、歯元部も円弧になる。

トロコイド係数が大きければ、歯元部のすべり速度が小さくなり、効率の良いトルク伝達が行える。

しかし、トロコイド係数が大きくなると、二つの曲線の連結点がトルク伝達効率最大点を追い越してしまい、両歯の噛み合いが不安定になる。また、噛み合い領域も狭くなる。

そのため、連結点がちょうどトルク伝達効率最大点に一致するよう、偏心率ecを設定する設計が効果的である。

10

20

30

40

50

また、二つの円弧径 r_e, r_h は、 $r_w=r_e+r_h$ の条件式より、大小の配分に自由度がある。よって、どちらか一方が極端に小さい設計よりも、両者をほぼ同等値にした設計、すなわち、面圧過大により、エピ歯面が劣化するときには、同時に、ハイポ歯面も劣化することを狙った設計が、有効である。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】発明の実施に係るトロコイド歯車1について、外歯車2と内歯車3との噛み合いを示す図である。図1(a)の歯車1におけるb部の詳細図を図1(b)に示している。

【図2】外歯車2および内歯車3の歯形曲線を説明する図である。

【図3】トロコイド係数と、外歯車2・内歯車3の噛み合い領域等との関係を示す図である。図1(a)の歯車1におけるb部の詳細図を図1(b)に示している。

10

【図4】トロコイド係数と、外歯車2・内歯車3の噛み合い領域等との関係を示す図である。図1(a)の歯車1におけるb部の詳細図を図1(b)に示している。

【図5】図5(a)・(b)は、歯先の干渉を防止するために歯先に面取り部分を設けた例を示している。また図5(c)・(d)のそれぞれは、図5(a)・(b)におけるc部およびd部の詳細図である。

【図6】図6(a)はエピトロコイド曲線の外歯車と分離型内歯車との噛み合いを示し、図6(b)はハイポトロコイド曲線の内歯車と分離型外歯車との噛み合いを示す。

【図7】エピトロコイドおよびハイポトロコイドを示す概念図である。

【図8】図8(a)は遊星歯車減速機10を示す断面図、同(b)はそのような減速機に使用される従来のトロコイド歯車を示す図であって、同(a)におけるb-b断面図である。なお、同(a)・(b)は、ともに特許文献3に記載された図である。

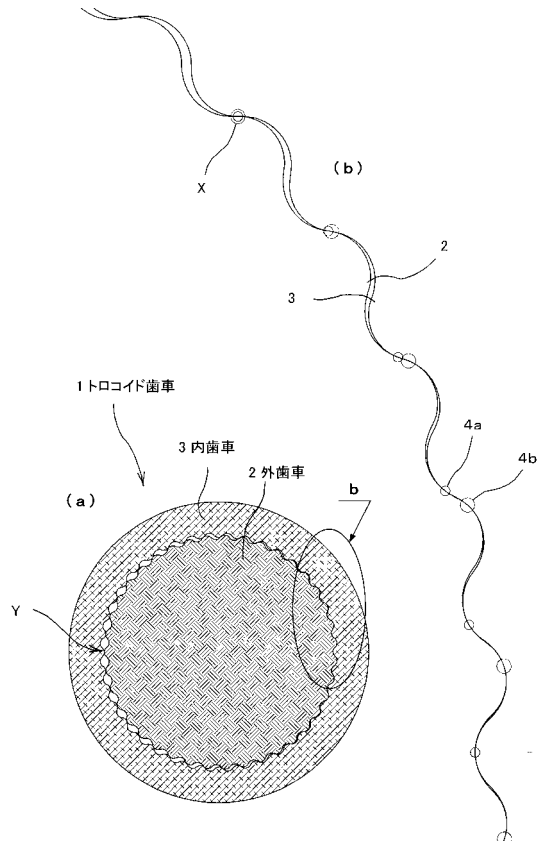
20

【符号の説明】

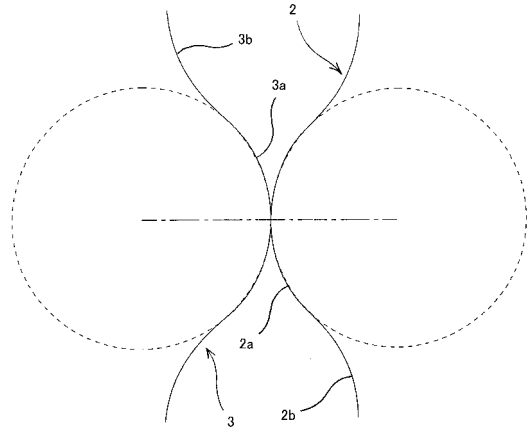
【0030】

- 1 トロコイド歯車
- 2 外歯車
- 3 内歯車
- 10 遊星歯車減速機

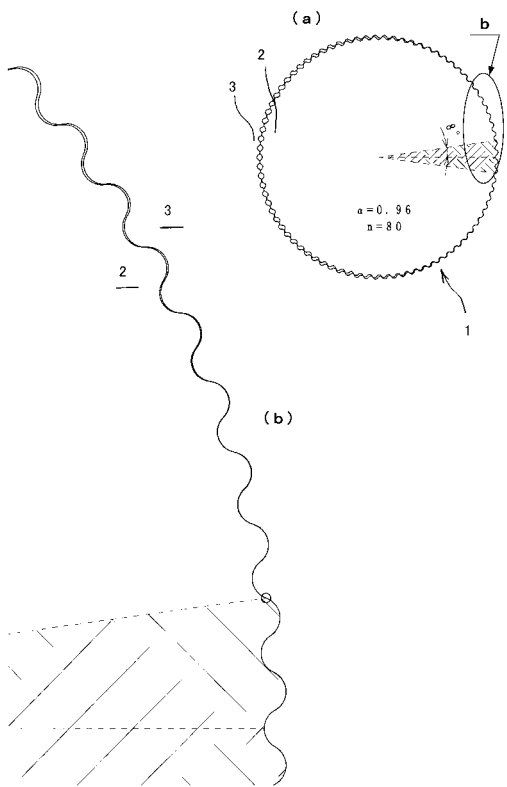
【図1】



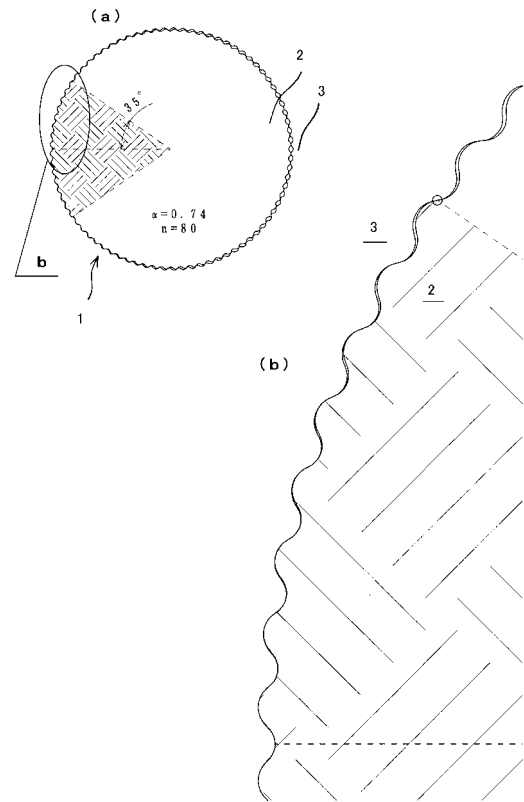
【図2】



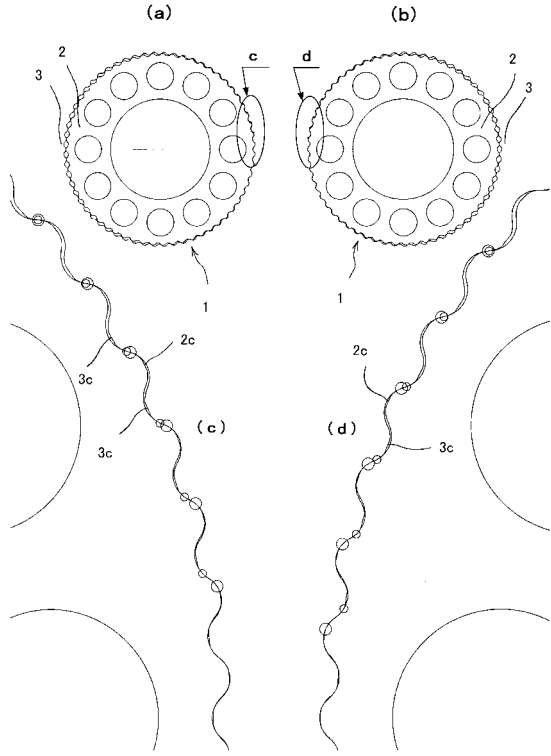
【図3】



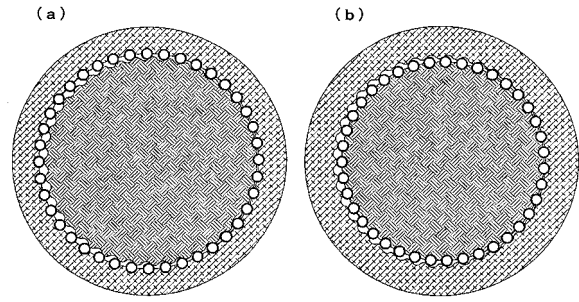
【図4】



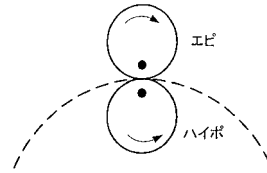
【図5】



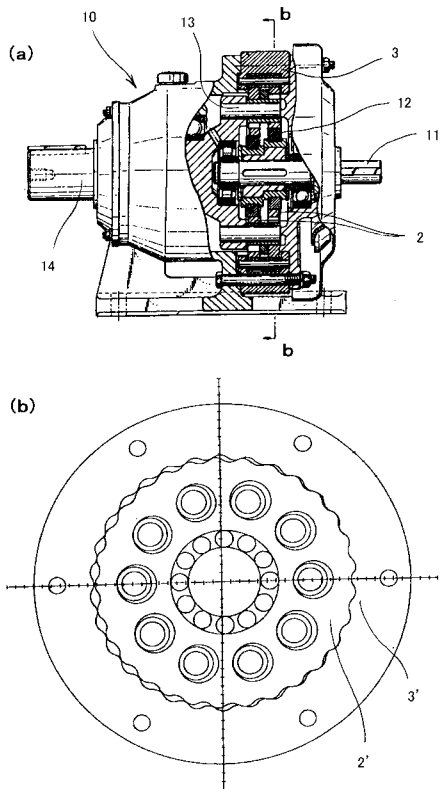
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-036735(JP,A)
特開2003-056473(JP,A)
特開平03-181641(JP,A)
特開2007-127093(JP,A)
特開2006-022894(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16H 1/28 - 1/48
F16H 48/00 - 48/30
F16H 51/00 - 55/30