

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5520374号  
(P5520374)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl. F 1  
**F 1 6 H 55/08 (2006.01)** F 1 6 H 55/08 Z

請求項の数 9 (全 17 頁)

|   |  |
|---|--|
| <p>(21) 出願番号 特願2012-521181 (P2012-521181)<br/>                 (86) (22) 出願日 平成22年12月27日 (2010.12.27)<br/>                 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/007540<br/>                 (87) 国際公開番号 W02011/161742<br/>                 (87) 国際公開日 平成23年12月29日 (2011.12.29)<br/>                 審査請求日 平成24年11月27日 (2012.11.27)<br/>                 (31) 優先権主張番号 特願2010-140565 (P2010-140565)<br/>                 (32) 優先日 平成22年6月21日 (2010.6.21)<br/>                 (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> | <p>(73) 特許権者 390035770<br/>                 大岡技研株式会社<br/>                 愛知県豊田市高岡町秋葉山1番地の1<br/>                 (74) 代理人 100068663<br/>                 弁理士 松波 祥文<br/>                 (72) 発明者 大岡 三茂<br/>                 愛知県豊田市高岡町秋葉山1番地の1<br/>                 (72) 発明者 川▲崎▼ 芳樹<br/>                 愛知県豊田市高岡町秋葉山1番地の1<br/>                 (72) 発明者 下村 満彦<br/>                 愛知県豊田市高岡町秋葉山1番地の1<br/>                 審査官 広瀬 功次</p> |
|---|--|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自由曲面歯車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

歯面は、噛み合いピッチ点近傍における曲率半径の中での最小曲率半径を極大化する自由曲面から構成され、かつ、歯底面は、歯元近傍における曲率半径の中での最小曲率半径を極大化する自由曲面から構成されることを特徴とする変速機用歯車。

【請求項2】

前記歯面は、スパア歯車又はヘリカル歯車を構成することを特徴とする請求項1記載の変速機用歯車。

【請求項3】

前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、  
 或いはこれらにインボリュートヘリコイド曲面を含めた何れか3種を組み合わせた複合曲面から構成されることを特徴とする請求項1記載の変速機用歯車。

【請求項4】

前記歯面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、ペリトロコイド曲面、円弧曲面又はリマソン曲面の夫々単独の曲面から構成され、  
 或いはこれらにインボリュート曲面を含めた何れか3種を組み合わせた複合曲面から構成されることを特徴とする請求項1記載の変速機用歯車。

【請求項5】

10

20

前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、かつ、バイアス修正を施した螺旋曲面から構成されることを特徴とする請求項 1 記載の変速機用歯車。

【請求項 6】

前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、かつ、中膨らみのクラウニングが施され、  
 或いは歯先面の幅が歯筋方向で先細りのテーパが施されることを特徴とする請求項 1 記載の変速機用歯車。

10

【請求項 7】

前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、かつ、中窪みのクラウニングが施されることを特徴とする請求項 1 記載の変速機用歯車。

【請求項 8】

前記歯底は、円弧曲面から構成されることを特徴とする請求項 1 記載の変速機用歯車。

【請求項 9】

熱間鍛造によって成形される請求項 1 記載の変速機用歯車。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、自動車、建設機械、産業機械等に使用される変速機用の歯車であって、スパー歯車又はヘリカル歯車の歯面形状に関する。スパー歯車の場合、その歯面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、ペリトロコイド曲面、円弧曲面、リマソン曲面の夫々単独の曲面から構成され、或いはこれらにインポリュート曲面を含めた中から選んだ曲面を組み合わせた複合の曲面から構成される。また、ヘリカル歯車の場合、その歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、或いはこれらにインポリュートヘリコイド曲面を含めた中から選んだ曲面を組み合わせた複合の曲面から構成される。一方、歯面の T I F (後述する) 以下の歯底面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、ペリトロコイド曲面、円弧曲面、リマソン曲面の夫々単独から構成される。これ等の歯面又は歯底を構成する単独の曲面、或いは複合の曲面を総称して以下自由曲面と称する。本願発明は、自由曲面が熱間鍛造或いは冷間鍛造によって形成され、先ず、歯面の噛み合いピッチ円近傍における最小曲率半径を極大化して面圧疲労強度を向上させるとともに、歯元近傍における最小曲率半径を極大化して曲げ疲労強度を向上させた変速機用の歯車に関するものである。

30

40

【0002】

ところで前述した歯車用語について図 1 2 を参照しながら説明する。歯形を拡大して斜視図として示し、各部位の名称を以下の通り定義する。ヘリカル歯 1 は、符号 A ~ A' 間で示す歯先面 1 1、その左右に符号 A ~ B 間で示す歯面 1 2、符号 B ~ B' 間で示す歯底面 1 3、他に歯端面 1 4 及び歯元 1 6 から構成される。ここで、符号 A、A' は歯車同士の噛み合い終わりの点で、歯面 1 2 と歯先面 1 1 との境界点であり、また符号 B、B' は歯車同士の噛み合い初めの点で歯元 1 6 に相当し、歯面 1 2 と歯底面 1 3 との境界点である。歯面の符号 A ~ B 間に噛み合いピッチ点 P があり、夫々の歯形の噛み合いピッチ点 P を結ぶ円弧が噛み合いピッチ円径 (Mating Pitch Circle Dia) で、以下 P C D と称する。また、歯底面 1 3 の符号 B、B' 間の最も凹んだ点を符号 D とし、

50

夫々の歯形の符号D点を連続して結ぶ円弧を歯底径Rと称する。また、夫々の歯元の符号B、B'を連続して結ぶ円弧が最小噛み合いインボリュート径( True Involute Fillet Dia )で、以下TIFと称する。ところで、他に類似の刻みピッチ円径という用語があって、これは歯車固有のもので歯車単体の歯数に軸直角モジュールを乗じたもので、相手の歯車とは関係ない個別の用語である。これに対して、PCDは、噛み合う相互歯車の中心間距離を歯数比の逆比率で配分した点を連続して結んだ線であり、このPCD上の噛み合いピッチ点Pにおいて、歯車同士が噛み合って転がり運動によって相互の歯車が回転し、滑り運動は生じない。この噛み合いピッチ点Pにおいて歯車同士が噛み合う際に面圧が最も高くなり、延いてはピッチング等の微小な剥離が生じて歯車の寿命を短くする。また、最小曲率半径とは、噛み合いピッチ点Pの近傍を構成する複数の曲面の中で、夫々の曲率半径の最小のものである。他に、歯根元の符号Bと歯底の符号Dとの間の曲面を歯元近傍と呼ぶ。

10

#### 【0003】

従来、歯車は切削工法によって歯形が形成され、その当初は、ホイヘンスの振り子時計の発明による回転角度誤差の少ないサイクロイド曲面を有する歯車が伝達機構の分野において採用された。しかしながら、このサイクロイド歯車は回転の角度誤差が少なく時計歯車に好適であるという長所を有するものの複雑な曲面からなるので切削工具の形状が複雑となり、しかも一歯毎の歯切りに時間を要した。時代は進み産業革命によって動力伝達用に大量の歯車が必要となるにつれ、量産性のないサイクロイド歯車は消滅していった。そこで、量産加工に適した直線刃創成切削工法による歯切りが開発され、その歯面はインボリュート曲面からなり、歯底はトロコイド曲面からなる歯車が得られるようになった。この歯車の軸直角断面図を図13に示す。現在、実用化されている歯車の大部分はこの工法によるものであり、工具は簡単な直線状のラックカッターである故に、その加工された歯面はインボリュート曲面に、歯底はトロコイド曲面に夫々固定され、他の曲面を得ることができなかつた。直線刃創成切削工法による従来の歯車の製法を以下に整理すると、カッターの切込み量を調整することにより歯厚を容易に変更することができ、歯元強度のコントロールが可能となる。更に、製作が容易な直線状のラックカッターによりインボリュート曲面を加工できる。この得られたインボリュート歯車は組み合わせる歯車の中心間距離にばらつきがあってもバックラッシュを一定にすることができ、振動、音の衝撃を緩和することができる。そして、法線ピッチが同じであれば歯車仕様の制約がなく自由に組み合わせができる。また、インボリュート曲面からなる歯車は、使用に際し転位が可能で歯車の軸間距離を多少変更することによって歯車同士を正しく噛み合わせることができる等の長所を有する。しかしながら、インボリュート曲面を有する歯車同士の噛み合いの際は転がりと滑りとで回転運動が構成されるので、滑りの有る回転をする時に回転角度誤差が生じるとともに、インボリュート曲面同士の滑りのためノイズが発生し易い。そして、歯面がインボリュート曲面なので噛み合い点近傍におけるヘルツ応力を極小にすることができず、面圧疲労強度が弱い等の問題が残る。その他、直線刃創成切削工法によるインボリュート歯車では歯底がトロコイド曲面に固定されるので歯元近傍の曲率半径を大きくするには幾何学的に限界がある。特に、自動車用変速機の歯車には歯元強度が要求されるので、この歯元部に応力が集中する理由により直線刃創成切削工法による歯車では変速機の小型化、軽量化に対応することは困難になった。一方、近代におけるNC加工技術の進歩をもってしても、インボリュート或いはトロコイド以外の曲面を得るための切削歯切り工具を製作することが困難であった。しかしながら、鍛造成形によって歯形を形成するという視点へと変えれば、NC加工技術の進歩によって如何なる形状の曲面を有する金型であっても製作可能であり、この金型を使用する鍛造成形によってインボリュート曲面或いはトロコイド曲面以外の自由曲面、或いは3次元の曲面をも得ることができるようになった。この他、時計用の歯車は歯面、歯底ともサイクロイド曲面から形成されている。また、ポンプ用の歯車は歯面、歯底ともトロコイド曲面から形成されている。

20

30

40

#### 【0004】

近代におけるNC技術による金型製作技術の進歩を背景に、歯車の強度を向上させるため

50

に歯面又は歯底の形状を工夫した以下のような提案がなされた。例えば、インボリュート歯車において、その回転伝達機能を損なうことなく、その歯の強度を向上させるもので、各歯面の全体領域を、歯面同士の接触点の軌跡を含んでそれに沿って延びる帯状の接触領域と、その外側に位置する非接触領域とに仕切る。接触領域は、インボリュートヘリコイドとして形成し、相手歯車の歯面に対する歯当たり面として機能させる。非接触領域は、相手歯車の歯面に接触しない形状であって、前記全体領域がインボリュートヘリコイドとして形成された場合の基本歯面形状に対し、当該インボリュート歯車における歯の強度が直接にまたは間接に向上する向きに変更された形状を与える。例えば、歯先を歯幅方向の両側において基本歯先形状に対して欠落させるとともに、歯底を歯幅方向の両側において基本歯底形状に対して隆起させる（特許文献1参照）。また、他に歯底形状について以下のような提案がある。歯元部分の強度が優れた高強度歯車を提供せんことを目的とし、その第1の要旨は、インボリュート歯車等において、歯元部分の形状が、歯形創成理論に基づいた形状でない歯形に形成されていることである。また、第2の要旨は、歯底が、歯形創成理論外の歯底曲面により応力集中を回避し得る歯底面に形成されていることである。また、第3の要旨は、前記歯形が鍛造工法の後、圧造工法、サイジング工法等により形成されたものであることである。また、第4の要旨は、前記歯形が、歯形中心または歯底中心に対し左右非対称に形成されていることである。また、第5の要旨は、歯底が、歯形中心または歯底中心に対し左右異なる形状に形成されていることである。また、第6の要旨は、前記歯形内部に、前記鍛造工法、圧造工法、サイジング工法等により連続したファイバーフロー（繊維組織）が形成されていることである（特許文献2参照）。

10

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004 360877号公報

【特許文献2】特開平8 105513号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

以上の通りであって、まとめると従来の歯車には以下のような問題点がある。

【0007】

インボリュート歯車の歯面に視点を向けると、歯車同士の噛み合いの際インボリュート曲面同士が滑りながらの回転をするために回転角度誤差が生じるとともに、インボリュート曲面同士が滑るためにノイズが発生し易く、又摩耗が発生し易い。他に、歯面がインボリュート曲面なので曲率半径を大きくできず噛み合い点近傍におけるヘルツ応力が極大化するため、面圧疲労強度が低い等の問題が残った。一方、インボリュート歯車の歯底に視点を向けると、トロコイド曲面なので歯底部の曲率半径を大きくするには幾何学的な限界があり、歯元部に応力が集中するので曲げ疲労強度が低下する。これらの二つの理由のため、直線刃創成切削工法によるインボリュート歯車では変速機の小型化、軽量化に対応することは困難であり、更にギャノイズの減少に対応することも困難であった。

30

【0008】

そこで、本願発明は以上のような課題に着目してなされたもので、近代のNC加工技術を駆使することによって自由曲面を有する鍛造金型を製作することに辿り着き、これを生産性に優れた鍛造成形に適用させることによって、歯面にインボリュート曲面、歯底面にトロコイド曲面ではなく、これらの面に自由曲面を実現させた歯車であって、歯面の噛み合い点近傍におけるヘルツ応力を減少させることによって面圧疲労強度を向上させるとともに、歯底面の歯元部における曲げ応力を減少させることによって曲げ疲労強度を向上させ、かつ、ギャノイズの発生を抑えた変速機用の歯車を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

近年ではNC加工技術の進歩によって如何なる曲面の金型でも得ることができ、この金型

50

を鍛造成形に適用させることによって、自由曲面を有する歯車を得ることに着目した。更に本願発明者等は、歯面の噛み合いピッチ円近傍の曲面の最小曲率半径、或いは歯底面の最小曲率半径を極大にするために試行錯誤を繰り返し、歯形の部位に最適な面圧強度及び曲げ強度に優れる歯車を実現させた。本願発明の変速機用歯車はかかる知見を基に具現化したもので、請求項1の発明は、歯面は、噛み合いピッチ点近傍における曲率半径の中での最小曲率半径を極大化する自由曲面から構成され、かつ、歯底面は、歯元近傍における曲率半径の中での最小曲率半径を極大化する自由曲面から構成されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項2の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯面は、スパーク歯車又はヘリカル歯車を構成することを特徴とする変速機用歯車である。請求項3の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、或いはこれらにインボリュートヘリコイド曲面を含めた何れか3種を組み合わせた複合曲面から構成されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項4の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、ペリトロコイド曲面、円弧曲面又はリマソン曲面の夫々単独の曲面から構成され、或いはこれらにインボリュート曲面を含めた何れか3種を組み合わせた複合曲面から構成されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項5の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、かつ、パイアス修正を施した螺旋曲面から構成されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項6の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、かつ、中膨らみのクラウニングが施され、或いは歯先面の幅が歯筋方向で先細りのテーパが施されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項7の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成され、かつ、中窪みのクラウニングが施されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項8の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、前記歯底は、円弧曲面から構成されることを特徴とする変速機用歯車である。請求項9の発明は、前記請求項1の特徴に加えて、熱間及び冷間鍛造によって成形されることを特徴とする変速機用歯車である。

【発明の効果】

【0010】

歯車の歯面に単独或いは複合の自由曲面を適用させ、歯面におけるヘルツ応力を減少させることによって面圧疲労強度を改善し、かつ、歯底面における応力集中を回避させることによって曲げ疲労強度を改善した。また、歯面に単独或いは複合の自由曲面を適用させることによってノイズを解消するとともに、噛み合いピッチ円近傍の歯面の最小曲率半径を極大化できるので、歯面のピッチング或いは剥離が減少する。即ち、自由曲面を自由に選択、組み合わせることによって、歯面の最小曲率半径を極大にするとともに、歯底の最小曲率半径を極大にすることが可能となり、歯面の面圧疲労強度とともに歯底の曲げ疲労強度を向上させた。一方、生産性からは、この歯車に適用させる熱間及び冷間鍛造成形工法は生産性に優れ、大量生産に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1におけるヘリカル歯車を示す斜視図である。

【図2】同上、単独の自由曲面から構成される歯面及び歯底面の断面図である。

【図3】実施例2における複合した自由曲面から構成される歯面及び歯底面の断面図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 4】実施例 3 における歯面にバイアスをかけた自由曲面から構成される歯形の斜視図である。

【図 5】同上、歯面をバイアスさせた自由曲面から構成される歯形の斜視図である。

【図 6】実施例 4 における歯面に中膨らみを施した中凸クラウニング歯形の斜視図である。

【図 7】実施例 5 における歯先面にテーパを施したテーパリード歯形の斜視図である。

【図 8】実施例 6 における歯面に中窪みを施した中凹クラウニング歯形の斜視図である。

【図 9】実施例 7 における外周にヘリカル歯と内側にドッグクラッチ歯を有する変速機用歯車の斜視図である。

【図 10】同上、変速機用歯車の製造過程を示す工程図である。

【図 11】同上、熱間鍛造によって歯形を成形するための実施形態を示す模式図である。

【図 12】歯車用語の説明図である。

【図 13】従来例による歯形の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本願発明の実施の形態を、添付図面に例示した本願発明の実施例に基づいて以下に具体的に説明する。

【実施例 1】

【0013】

本実施例は、スパー歯車又はヘリカル歯車を対象とし、図 1、2 を参照しながら説明する。図 1 は、本実施例における変速機用歯車の斜視図である。図 2 は、単独の自由曲面から構成される歯形の断面図である。

【0014】

本実施例における変速機用歯車を図 1 に示し、以下に歯車の各部の名称を以下に説明する。変速機用歯車 W の外周のヘリカル歯 1 は、歯筋方向に歯先面 11、その左右に歯面 12、これらを立ち上げる歯底面 13 及び歯筋方向上下の歯端面 14、14 及び歯元 16 から構成される。ここでは、歯筋方向が歯車の回転軸方向に対して抜れたヘリカル歯 1 の歯面について説明する。

【0015】

外周のヘリカル歯 1 の歯形のノルマル断面を図 2 に示し、歯面及び歯底は夫々単独の自由曲面 1 から構成され、全体の歯形は複合の自由曲面から構成される。図 1 で説明した歯車各部の名称と、本図 2 の記号を対応させると以下ようになる。符号 A ~ A' 間で示す歯筋方向の歯先面 11、その左右に符号 A ~ B 間で示す歯面 12、歯元の符号 B ~ B' 間で示す歯底面 13 から構成される。ここで、符号 A、A' は歯車同士が噛み合い終わる点で歯面 12 と歯先面 11 との境界点に相当し、また符号 B、B' は歯車同士が噛み合い初めの点で歯元 16 に相当し、歯面 12 と歯底面 13 との境界点である。本自由曲面 1 の歯形曲面は、符号 A ~ B 間は単独のサイクロイドヘリコイド曲面から構成され、符号 B ~ B' 間の歯底面 13 は単独の円弧から構成される。なお、サイクロイドヘリコイド曲面と円弧曲面のつなぎは接線を共有し、変曲点の無い連続した線を保持するようにする。しかしながら、歯元の符号 B、B' を結ぶ線 TIF (図 12 参照) よりも低い歯底において、歯元が肉薄になるアンダーカット気味になっても、或いは非連続性を有するようになって最も小曲率半径が極大になることを優先する。歯形の軸直角断面がこの様な曲面から構成される本歯車では、以下のような作用効果を有する。まず、円弧曲面から構成される歯底面においては、曲率半径が極大になるので応力集中が回避されて曲げ強度が向上する。同様に、歯面が転がりの回転運動を生むサイクロイドヘリコイド曲面なので、歯面における噛み合いが非常にスムーズになる。また、歯面の曲率半径が大きくヘルツ応力が減少するので、噛み合いピッチ点 P の近傍におけるピッチング強度或いは面圧疲労強度が向上し、この近傍で歯面の陥没、剥離等が発生し難い。ギヤノイズの点では、従来インボリュートヘリコイド曲面の場合と同等であるが使用上は問題ない。

10

20

30

40

50

## 【0016】

前段落において説明した歯形とは異なり、歯面が他の自由曲面から構成される歯形を、同様に図2を参照しながら説明する。本自由曲面2の歯形曲面は、符号A～B間は単独のトロコイドヘリコイド曲面から構成され、符号B～B'間の歯底面13は単独の円弧曲面から構成される。この他、歯面は円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面の夫々単独の曲面から構成される。また、スパー歯車の場合は、歯面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、ペリトロコイド曲面、円弧曲面、リマソン曲面の夫々単独の曲面から構成される。なお、歯底面13は単独の円弧曲面から構成され、以下の実施例についても同様である。歯形の断面がこの様な曲面から構成される本歯車では、以下のような作用効果を有する。先ず、円弧曲面から構成される歯元において

10

## 【実施例2】

## 【0017】

本実施例は、スパー歯車又はヘリカル歯車を対象とし、図3を参照しながらスパー歯車の場合について説明する。本実施例の実施例1との相違点は、歯面が複合した自由曲面から構成されるところにある。以下実施例1と相違する箇所について主に説明する。図2とは異なる軸直角断面を図3に示し、歯面は複合の自由曲面から、歯底は単独の自由曲面から夫々構成され、全体の歯形は複合の自由曲面3から構成される。本自由曲面3の歯形曲面の中、歯面は三種の複合曲面から構成され、符号A～C間はエピトロコイド曲面、符号C～C'間はサイクロイド曲面、符号C'～B間はトロコイド曲面から夫々構成される。一方、符号B～B'間の歯底は単独の円弧から構成される。ここで、符号A～C間は歯先側でありアデンダム曲面と称し、符号C～C'間は噛み合いピッチ点近傍と称し、符号C'～B間は歯元側でありディデンダム曲面とする。歯面は曲面なので、歯面を直線長さで表す全展開長さ(Length of Point Contact、以下LPC)で表現し、符号A～B間のLPCを符号Lとする。ここで、噛み合いピッチ点近傍を以下の通り

20

30

## 【0018】

同じく歯面は複合の自由曲面からなり、前段落における歯形とは異なり、歯面が他の自由曲面から構成される歯形を、同様に図3を参照しながら説明する。本自由曲面4の歯形曲面は、符号A～C間はトロコイド曲面、符号C～C'間はサイクロイド曲面、符号C'～B間はエピトロコイド曲面から夫々構成される。一方、符号B～B'間の歯底面は単独の円弧曲面から構成される。歯形の軸直角断面がこの様な曲面から構成される本歯車では、以下のような作用効果を有する。先ず、円弧から構成される歯底面においては、歯底部の曲率半径が極大になるので耐曲げ強度に非常に優れる。噛み合いピッチ点Pの近傍における耐ピッチング強度の点では従来のインボリュート曲面の場合と同等であり使用上問題ない。同様に、歯面における噛み合いの点では従来のインボリュート曲面と同等であり使用上問題ない。噛み合いのスムーズさの点では、歯面がトロコイド曲面から構成されるので従来のインボリュート曲面より劣る。

40

50

は従来のインボリュート曲面の場合と同等であるが使用上は問題ない。

【 0 0 1 9 】

また、同じく歯面は複合の自由曲面からなり、前段落における歯形とは異なり、歯面が他の自由曲面から構成される歯形を、同様に図3を参照しながら説明する。本自由曲面5の歯形曲面は、符号A～C間はインボリュート曲面、符号C～C'間はサイクロイド曲面、符号C'～B間はトロコイド曲面から夫々構成される。一方、符号B～B'間の歯底面は単独の円弧曲面から構成される。歯形の軸直角断面がこの様な曲面から構成される本歯車では、以下のような作用効果を有する。先ず、円弧曲面から構成される歯底面においては、歯底部の曲率半径が極大になるので耐曲げ強度に非常に優れる。同様に、歯面が転がりの回転運動を生むサイクロイド曲面なので、歯面における噛み合いが非常にスムーズになる。また、歯面の曲率半径が大きくヘルツ応力が下がるので、噛み合いピッチ点Pの近傍における耐ピッチング強度に優れ、この近傍で歯面の陥没、剥離等が発生し難い。同様に、歯面の歯先側がインボリュートなのでギヤノイズの点で優れる。この他、歯面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、インボリュート曲面を含み、ペリトロコイド曲面、円弧曲面、リマソン曲面の中から選んだ何れか3種の曲面を組み合わせた複合曲面から構成される。また、ヘリカル歯車の場合は、歯面は、サイクロイドヘリコイド曲面、トロコイドヘリコイド曲面、インボリュートヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の何れか3種の曲面を組み合わせた複合曲面から構成される。

10

【 0 0 2 0 】

以上、歯形の断面を図2及び3に示し、夫々の歯形の特徴を説明した。歯面が単独の曲面から構成される図2より、歯面が複合の曲面から構成される図3の方が歯車の実用性の上から好ましい。

20

【 実施例 3 】

【 0 0 2 1 】

本実施例はヘリカル歯車を対象とする。歯面にバイアス修正をかけ、擦れ角を有する螺旋曲面を備えている。図4、5を参照しながら説明する。本実施例の実施例1又は実施例2との相違点は、歯面にバイアス修正をかけたところにある。図4は、歯面をバイアスインさせた自由曲面から構成される歯形の斜視図である。図5は、歯面をバイアスアウトさせた自由曲面から構成される歯形の斜視図である。

30

【 0 0 2 2 】

歯形の説明の前に歯車用語について説明する。歯面を擦じるには二方法があり、バイアスイン或いはバイアスアウトの考え方がある。バイアスインの歯車は、鈍角側を歯先下がりになるようにするとともに、鋭角側を歯先上がりになるように擦じり修正を加えることによって得られる。この歯車は、D I N規格7～9級レベルの精度が悪い歯車に適用される。一方、バイアスアウトの歯車は、鋭角側を歯先下がりになるようにするとともに、鈍角側を歯先上がりになるように擦じり修正を加えることによって得られる。この歯車は、D I N規格4～6級レベルの精度が良い歯車に適用される。

【 0 0 2 3 】

先ず、外周のヘリカル歯1にバイアス修正を施した歯面を図4に示し、歯形はバイアスインと称する自由曲面6から構成される。図中の二点鎖線は、バイアス修正を加えない歯形である。実線が本実施例のバイアスインの曲面であり、符号A1、A2、B2、B1で囲まれた歯面が、修正なしの二点鎖線の歯形にバイアス修正を加えたバイアスイン歯車の歯面である。また、符号A1側が歯先下がり鋭角になり、符号A2側が歯先上がり鈍角になるようにバイアス修正を加える。本図4の自由曲面6の歯形曲面の中、歯面は単独の自由曲面から構成され、符号A1、A2、B2、B1で囲まれた歯面がサイクロイドヘリコイド曲面である。このバイアスインの歯車の特徴は、歯面におけるギヤノイズの点で非常に優れることである。本バイアスインと称する自由曲面6は本願発明の実施例1及び2よりギヤノイズ特性に優れ、中でもサイクロイドヘリコイド曲面が好ましい。その理由は、歯車同士の噛み合いの際に全歯面が転がりの回転運動をして滑りが無いからである。ま

40

50



た、バイアスインの歯車は、歯面の精度は劣るが後述する熱間鍛造或いは冷間鍛造により実用的な歯面を形成することができる。この他、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、カムフェースに採用される三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面でもよい。このことは、次の図5に示すバイアスアウトの歯面についても同様である。

#### 【0024】

次に、外周のヘリカル歯1にバイアス修正を施した歯面を図5に示し、歯形はバイアスアウトと称する自由曲面7から構成される。図中の二点鎖線は、バイアス修正を加えない歯形である。実線が本実施例のバイアスアウトの曲面であり、符号A1、A2、B2、B1で囲まれた曲面が、修正なしの二点鎖線の歯形にバイアス修正を加えたバイアスアウト歯車の歯面である。また、符号A1側が歯先下がりで鈍角になるようにするとともに、符号A2側が歯先上がりで鋭角になるように掠じりの修正を加える。本自由曲面7の歯形曲面の中、歯面は単独の自由曲面から構成され、符号A1、A2、B2、B1で囲まれた歯面がサイクロイドヘリコイド曲面である。本実施例のバイアスアウトの歯形は、歯形の精度をよくするために場合によっては研磨によって歯形の仕上げをする。歯面研削を施して歯形の精度を上げた場合は、このバイアスアウト歯車の特徴は、歯面におけるギヤノイズの点で非常に優れる。

#### 【0025】

以上、実施例1及び2の歯面にバイアス修正を施した実施例3において、自由曲面からなる歯形について説明した。本願発明を適用する自動車の変速機用の分野では、ギヤノイズの低減が長年の課題である。この課題は実施例1の歯面にバイアス修正をかけることによって、変速機ケースの剛性不足を補うとともに、軸アライメント誤差を吸収し、或いは歯車同士の噛み合い変動を吸収し、回転のスムーズさ並びにギヤノイズの低減をすることができる。ところで、バイアスイン歯形とバイアスアウトの歯形を選択するにあたっては以下のことを考慮する。バイアスインの歯形は、歯面の精度が悪く、常に噛み合う歯数の噛み合い率が低く、変速機ケースの剛性が低い場合に適合し、実用化可能である。一方、バイアスアウトの歯形は、歯面の精度が良く、噛み合い率が高く、変速機ケースの剛性が高い場合に適合する。以上を考慮すると実施例1、実施例2及び実施例3の中で、本実施例のバイアスインの歯形がギヤノイズを解決する最も理想的な歯形であり、このバイアスイン歯形に後述する熱間鍛造或いは冷間鍛造を適用させることによって量産が可能となり、実用的な変速機用の歯車を実現することができた。他に、この歯面を有する歯車を使用することによって、荷重変動が少なくなるので歯車の軸を支持する軸受にかかる振動が減少してギヤノイズが低減する。また、荷重変動が少なくなることによって、歯面における耐ピッチング及び歯元近傍における曲げ強度に優れる。

#### 【実施例4】

#### 【0026】

本実施例は、スーパー歯車又はヘリカル歯車を対象とし、図6を参照しながら説明する。本実施例の実施例1、2又は実施例3との相違点は、歯面に中膨らみのクラウニングを施したところにある。図6は、歯面が中膨らみの中凸クラウニング歯形の斜視図である。

#### 【0027】

中凸のクラウニング修正を施したヘリカル歯車の歯面を図6に示し、自由曲面8から構成される。図中の二点鎖線は、中凸のクラウニング修正を加えない歯形である。実線が本実施例の中凸クラウニングの歯面であり、符号A1、A2、B2、B1で囲まれた曲面である。ここで、本図の噛み合いピッチ円P、Pを結ぶ線上において、膨らみ量Mは例えば1~50 $\mu$ mである。本自由曲面8の歯形曲面の中、歯面は単独の自由曲面から構成され、符号A1、A2、B2、B1で囲まれた歯面がサイクロイドヘリコイド曲面である。この他、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、カムフェースに採用される三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面の夫々単独の曲面から構成される。また、スーパー歯車の場合の歯面は、サイクロイド曲面、トロコイド曲面、エピトロコイド曲面、ペリトロコイド曲面、円弧曲面、

10

20

30

40

50

リマソン曲面の夫々単独の曲面から構成される。次の実施例 5 におけるスーパー歯車又はヘリカル歯車についても同様に、これらの曲面によって歯形が構成される。歯面に膨らみを施した中凸クラウニング歯形を構成する本自由曲面 8 では、従来のインボリュート曲面の歯車対比、噛み合いピッチ点の近傍における耐ピッチング強度の点で優れる。詳しくは、歯面では、噛み合いピッチ点 P での曲率半径を極大化することによって、ヘルツ応力を下げることができ、耐ピッチング強度に効果がある。一方、歯底では、歯底面での最小曲率半径を極大化するには本自由曲面 8 の円弧がベストであり、歯元近傍における曲げ強度に優れる。また、中凸クラウニング歯車同士の噛み合いの場合、歯面同士のエッジコンタクト（以下片当り）を防ぐことができるので、振動が少なくなりギヤノイズが減少する。他に、歯車の軸を支持する軸受の荷重変動を軽減することができるので、レーシング等用の特殊車用途として衝撃強度或いは共振動の面で優位となる。更に、四輪駆動車或いは電気自動車の用途では高減速比となって、歯面にかかる衝撃荷重が大きくなるので片当たりを嫌う。この場合、本自由曲面 8 の中凸クラウニングを採用することによって片当たりの修正を行うことができる。

【実施例 5】

【0028】

本実施例は、スーパー歯車又はヘリカル歯車を対象とし、図 7 を参照しながら説明する。本実施例の実施例 4 との相違点は、歯先面にテーパを施したところにある。図 7 は、歯先面の幅寸法が先細りに傾斜したテーパリード歯形の斜視図である。

【0029】

歯先面にテーパを施したヘリカル歯車の場合の歯面を図 7 に示し、歯形はテーパリード歯と称する自由曲面 9 から構成される。ここで、テーパは一般的には対称であるが、非対称のテーパを有する歯形も含む。図中の二点鎖線は、テーパを加えない歯形である。実線が本実施例のテーパリード歯形であり、符号 A 1、A 2、B 2、B 1 で囲まれた歯面がサイクロイドヘリコイド曲面である。ここで、歯先面 1 1 には歯筋方向手前から奥側へ先細りになるようにテーパを施しており、手前側の大幅 S 1 と奥側の小幅 S 2 の差は例えば  $1 \mu\text{m} \sim 0.5 \text{mm}$  である。従来のインボリュート曲面の歯車同士の噛み合いに比べて、本自由曲面 9 のテーパを施したテーパリードのヘリカル歯車とストレートのヘリカル歯車との噛み合いの場合、ケース剛性不足による片当たりを避け、歯当りが中央に寄るので耐曲げ強度は優位になる。

【実施例 6】

【0030】

本実施例はヘリカル歯車を対象とする。歯面に中凹のクラウニングを施し、かつ、擦れ角を有する螺旋曲面を備え、図 8 を参照しながら説明する。本実施例の実施例 4 又は 5 との相違点は、噛み合う歯車対の夫々の回転軸が平行ではなく、交差するところにある。本図は、歯面に中窪みを施した中凹クラウニング歯形の斜視図である。

【0031】

中窪みを施した歯面を図 8 に示し、歯形は中凹クラウニング歯と称する自由曲面 10 から構成される。図中の二点鎖線は、中窪み修正を加えない歯形である。実線が本実施例の中凹クラウニングの歯面であり、符号 A 1、A 2、B 2、B 1 で囲まれた曲面が歯面である。ここで、本図の噛み合いピッチ円 P、P を結ぶ線上において、窪み量 N は例えば  $1 \mu\text{m} \sim 0.5 \text{mm}$  である。本自由曲面 10 は単独の自由曲面から構成され、中でもサイクロイドヘリコイド曲面が好ましい。その他、トロコイドヘリコイド曲面、円弧ヘリコイド曲面、リマソンヘリコイド曲面、カムフェースに採用される三次元座標曲面、エピトロコイドヘリコイド曲面、ペリトロコイドヘリコイド曲面でもよい。従来のインボリュート曲面の歯車同士の噛み合いに比べて、本実施例の中凹クラウニングの歯車と中凸クラウニングの歯車との噛み合いの場合、歯当たりを大きくとることによって伝達効率を向上させるとともに、噛み合いの際の変動荷重を少なくして伝達力のロスを低減できる。

【0032】

なお、実施例 1、2、3、4、5、6 及び 7 において採用した自由曲面を以下のとおり定

10

20

30

40

50

義する。自由曲面 1 は、図 2 に示すサイクロイドヘリコイド曲面と円弧曲面から構成される。自由曲面 2 は、同図に示すトロコイドヘリコイド曲面と円弧曲面から構成される。自由曲面 3 は、図 3 に示すエピトロコイド曲面、サイクロイド曲面、トロコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 4 は、同図に示すトロコイド曲面、サイクロイド、エピトロコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 5 は、同図に示すインボリュート曲面、サイクロイド曲面、トロコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 6 は、バイアスインの歯車であって、図 4 に示すサイクロイドヘリコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 7 は、バイアスアウトの歯車であって、図 5 に示すサイクロイドヘリコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 8 は、中凸クラウニングの歯車であって、図 6 に示すサイクロイドヘリコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 9 は、テーパリードの歯車であって、図 7 に示すサイクロイドヘリコイド曲面及び円弧曲面から構成される。自由曲面 10 は、中凹クラウニングの歯車であって、図 8 に示すサイクロイドヘリコイド曲面及び円弧曲面から構成される。

10

#### 【実施例 7】

#### 【0033】

本実施例では、実施例 1、2、3、4、5、又は 6 で述べた各種自由曲面の歯形を変速機用歯車に適用させ、図 9 ~ 11 を参照しながら説明する。また、本実施例における熱間鍛造は半密閉工法を意味し、冷間鍛造はサイジング工法又はコイニング工法を意味する。図 9 は、外周にヘリカル歯と内側にドッグクラッチ歯を有する変速機用の沈みヘリカル歯車の斜視図である。図 10 は、沈みヘリカル歯車の製造過程を示す工程図である。図 11 は、熱間鍛造によって歯形を成形するための実施形態を示す模式図である。ここで、沈みヘリカル歯車とは、本出願人が開発し、内側のドッグクラッチ歯の歯根元が軸方向に対して外周のヘリカル歯の歯端面より沈んだ歯車である。

20

#### 【0034】

歯形に自由曲面を適用させた沈みヘリカル歯車の鍛造について以下に述べる。本実施例の沈みヘリカル歯車の詳細形状を図 9 に示し、外周のヘリカル歯 1 は、歯筋が軸方向に対して捩れて形成され、この内周側にドッグクラッチ歯 2 が形成される。ここで、ヘリカル歯 1 及びドッグクラッチ歯 2 の夫々において、歯車の各部位の名称を次の通り定義する。まず、ヘリカル歯 1 は、歯筋方向に歯先面 11、その左右に歯面 12、12、これらを立ち上げる歯底面 13 及び歯筋方向上下の歯端面 14、14 及び歯元 16 から構成される。次に、ドッグクラッチ歯 2 は、歯筋方向に歯先面 21、その左右に歯面 22、22、先端が尖ったチャンファ 23 等から構成される。ヘリカル歯 1 とドッグクラッチ歯 2 との間には窪んだ沈み溝 4 が同心円状に形成され、ドッグクラッチ歯 2 の歯根元 24 は沈み溝 4 の底面まで沈み直立して形成されている。即ち、ヘリカル歯 1 と同心円状に配設された内側のドッグクラッチ歯 2 は軸方向に対してヘリカル歯 1 の歯端面 14 より沈んで形成される。ドッグクラッチ歯 2 の内周側には円錐台状のコーン 5 が同軸状に突設され、この内周は上下に軸孔 3 が貫通する。外周のヘリカル歯 1 と沈み溝 4 と内側のドッグクラッチ歯 2 及びこの内周側のコーン 5 は、夫々同軸上に熱間鍛造及び冷間鍛造によって一体成形される。

30

#### 【0035】

以上の沈みヘリカル歯車の製造プロセスを、図 10 の工程図に基づき説明する。まず、工程 (1) に示すように、歯車に適した円柱素材を所定の軸長に例えばビレットシャーによって切断した素材 W1 を得る。この場合、素材の材質として、例えば、SC 鋼、SCR 鋼、SCM 鋼、SNC 鋼、SNCM 鋼等を使用することができる。次に、工程 (2) に示すように、素材 W1 を例えば 1150 に加熱して熱間鍛造を施すことによって下側に出張った凸部 W21 を有する円盤状の素材 W2 を得る。次に、工程 (3) に示すように、素材 W2 上段の大径部 D1 の部位に熱間鍛造を施して軸方向に対して捩じれた荒ヘリカル歯 10 が荒形成され、同時に下段の小径部 D2 の部位にコーン 50 を形成するとともに外周の荒ヘリカル歯 10 と内周のコーン 50 との間に同心円状に荒沈み溝 40 が形成される。その他、コーン 50 の内周に断面円形に凹んだ内径部 W31 が形成され、荒ヘリカル歯 10 の形成によって上面外周に円板状にはみ出し鏢状のバリ W32 を有する素材 W3 が得ら

40

50

れる。次に、工程（４）に示すように、同じく熱間鍛造によってコーン５０の外周に凹んだ沈み溝４を仕上げ形成し、同時にこの底面に歯根元が立設する荒ドッグクラッチ歯２０が形成された素材Ｗ４を得る。次に、工程（５）に示すように、素材Ｗ４の上面のバリＷ３２の一部と内径部の中バリを打ち抜いて荒軸孔３０貫通した素材Ｗ５を得る。工程（６）において、素材Ｗ５の上面のバリＷ３２を旋削し除去するとともに、焼きならしの熱処理、ショットブラスト処理及び潤滑剤を塗布するボンデライト処理を施して素材Ｗ６を得る。次いで工程（７）において、外周の荒ヘリカル歯１０は冷間しごき及び冷間コイニング成形によって歯面がストレートに仕上げ形成され、かつ、歯端面の稜線部にＲ面取りが施される。一方、内周の荒ドッグクラッチ歯２０はコイニング成形によって歯面がストレートに形成され、かつ、歯先にチャンファが形成された素材Ｗ７を得る。次の工程（８）において、外側の荒ヘリカル歯に冷間しごき及び冷間コイニング成形による冷間鍛造によって歯面にクラウニングが施され、かつ、歯端面の稜線部にＲ面取りが施されてヘリカル歯１が完成する。最後に工程（９）において、工程（７）でストレートに成形された荒ドッグクラッチ歯に冷間鍛造によってチャンファから歯根元に向かって細くなる逆テーパ状に加工が施されてドッグクラッチ歯２が完成する。以上の工程をまとめると、工程（２）、（３）、（４）及び（５）は熱間鍛造であり、工程（７）、（８）及び（９）は冷間しごき及び冷間コイニング成形による冷間鍛造である。なお、後述する熱間鍛造による工程（３）及び工程（４）の歯形成の詳細については図８を参照しながら更に後述する。

#### 【００３６】

ここで、工程（３）における歯形成の詳細について図１１を参照しながら説明する。この工程では自由曲面を有する歯形を形成するために熱間鍛造が施される。熱間鍛造とは、密閉された金型内の空間に素材を閉じ込め、この素材にパンチを押し込んで所望の歯形を有する歯車の鍛造方法であり、以下に沈みヘリカル歯車の成形についてその詳細を説明する。素材Ｗ２を金型にセットして熱間鍛造によりヘリカル歯を成形する工程（３）を示す。上段右半分の図（ａ）に上パンチＰ１とこの内側において単独で上下するマンドレルＰ２を示し、右半分の図（ｂ）に素材Ｗ２を示し、右半分の図（ｃ）にダイＱ１とこの内周にダイＱ２を示す。ダイＱ１の上面ＱＴは段差を持って高く突き出しており、上パンチＰ１が下降して素材Ｗ２を圧潰する時は、素材Ｗ２はダイＱ１と上パンチＰ１によって閉塞された状態になる。上パンチＰ１、マンドレルＰ２は下方の窪んだダイＱ１、ダイＱ２の真上に位置する。ダイＱ１の上段にヘリカル歯を形成する歯型Ｔ１を備え、素材Ｗ２をダイＱ１とダイＱ２の組型にセットし、上方から上パンチＰ１を下降させて素材Ｗ２を圧潰する。この際、素材Ｗ２の外径部Ｄ１がヘリカル歯形成用の歯型Ｔ１に押し込まれて荒ヘリカル歯１０が成形される。この時、歯型Ｔ１には自由曲面が設けられており、この自由曲面が素材Ｗ２に転写されて荒ヘリカル歯１０が形成される。即ち、熱間鍛造によって荒ヘリカル歯１０に自由曲面が形成される。この工程（３）において、荒ヘリカル歯１０の内側に同心円状に荒沈み溝４０が窪んだ状態で形成され、素材Ｗ３を得る。次の工程（４）において荒ドッグクラッチ歯２０が成形され、この荒沈み溝４０は、素材Ｗ４において外周の荒ヘリカル歯１０と内周の荒ドッグクラッチ歯２０との間に同軸状に窪んで形成される。

#### 【００３７】

荒ヘリカル歯１０がストレートの場合はダイＱ１の外へ抜き出すことができるが、挟まれたヘリカル１０の歯の部分はダイＱ１に対して相対的な回転を必要とするため真上へ抜き出すことができない。ここで、ダイＱ１と内側のダイＱ２の下方にエジェクタＰ５を出没可能に備え、この外周に上記のヘリカル歯の歯型Ｔ１とリードを同じくするヘリカルガイドＴ３を有する。本実施例では、ダイＱ１の下方からエジェクタＰ５を回転させ、かつ、スクリュウ運動をさせながら昇降するようにし、成形された荒ヘリカル歯１０を強制的に回転させると効率良く取り出すことができる。以上、工程（３）における荒ヘリカル歯１０を形成する過程で、熱間鍛造によってヘリカル歯に希望する自由曲面を形成することができる。なお、後の工程（８）において、外側の荒ヘリカル歯１０に冷間サイジング及び冷間コイニング成形による冷間鍛造によって自由曲面を有する歯形が仕上げられる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0038】

本願発明の自由曲面歯車は、自動車の変速機の用途に限らずギヤポンプ、時計の他、建設機械、産業機械等各種動力伝達機構の歯車用途に適用できる。

## 【符号の説明】

## 【0039】

A、A'、B、B'、C、D、A1、A2、B1、B2、L 符号

M 膨らみ量

N 窪み量

S1 大幅、S2 小幅

P 噛み合いピッチ点

PCD 噛み合いピッチ円径

R 歯底径

TIF 最小噛み合いインボリュート径

LPC 全展開長さ

D1 大径部、D2 小径部

BR R面取り

P1、P3 上パンチ、P2、P4 マンドレル、P5 エジェクタ

Q1、Q2、Q3、Q4 ダイ

T1、T2 歯型

W 変速機用歯車

W1、W2、W3、W4、W5、W6、W7、W8 素材

W21 凸部、W31 内径部、W32 端面バリ、W33 中バリ

1 ヘリカル歯、10 荒ヘリカル歯

11 歯先面

12 歯面、13 歯底面、14 歯端面、15 クラウニング、16 歯元

2 ドッグクラッチ歯、20 荒ドッグクラッチ歯

23 チャンファ

3、3' 軸孔、30 荒軸孔

4 沈み溝、40 荒沈み溝、41、42 溝開き角度

5、5' コーン、50 荒コーン、51、51' 先端面

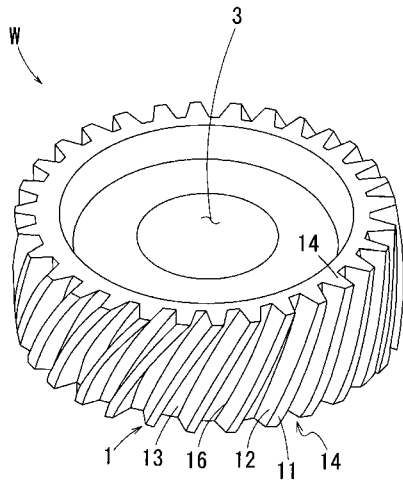
8 フランジ

10

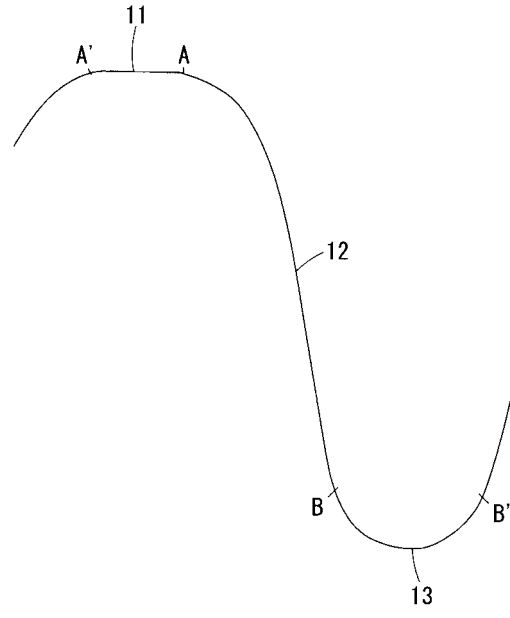
20

30

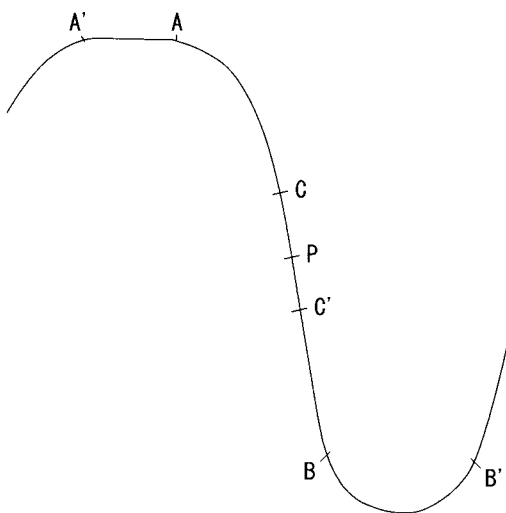
【図 1】



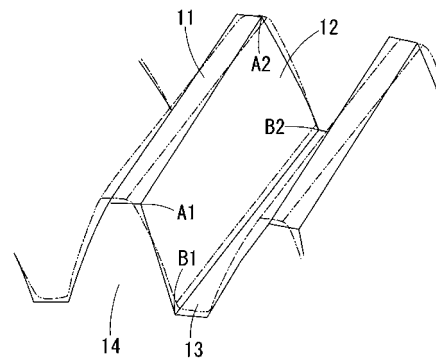
【図 2】



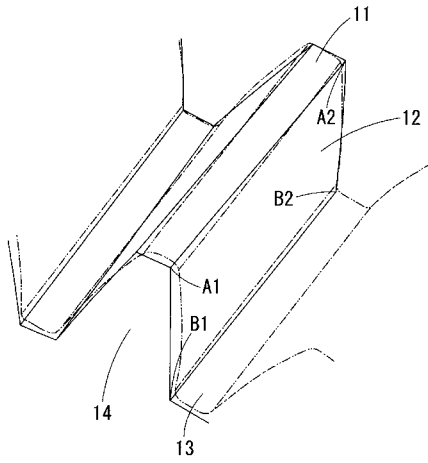
【図 3】



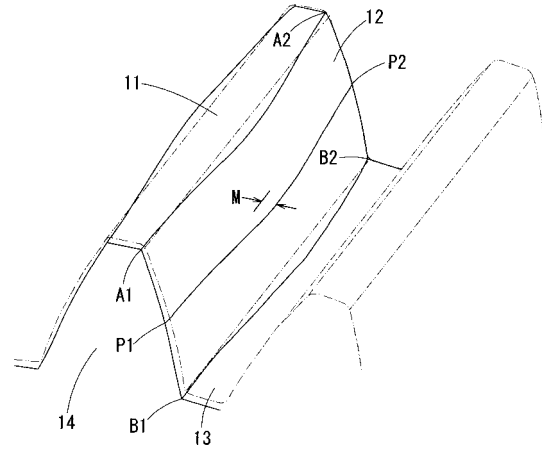
【図 4】



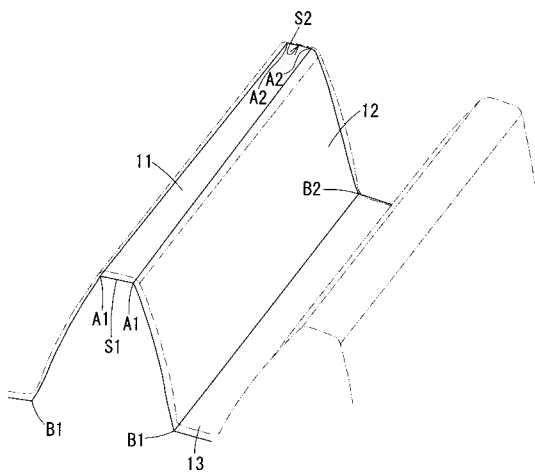
【図5】



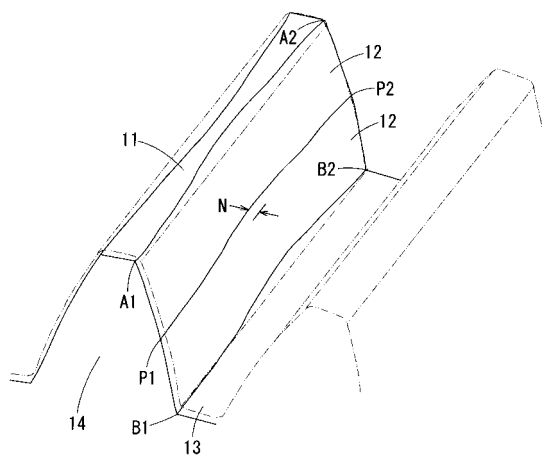
【図6】



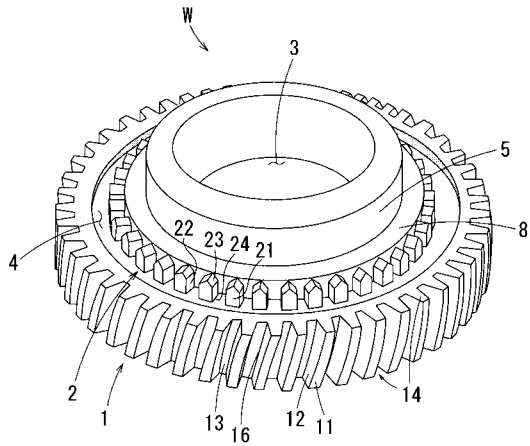
【図7】



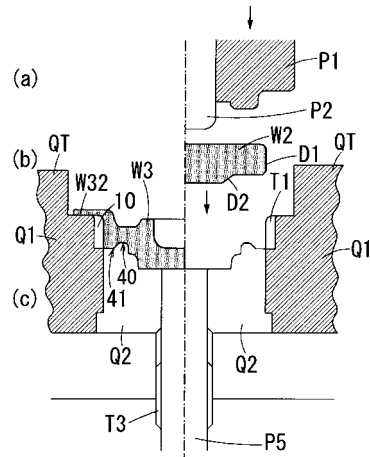
【図8】



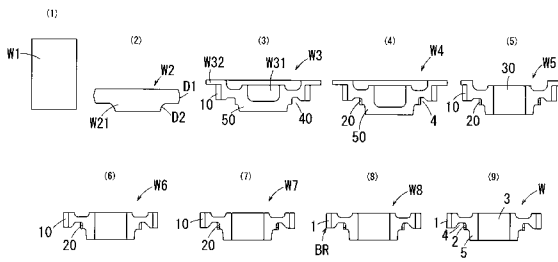
【 図 9 】



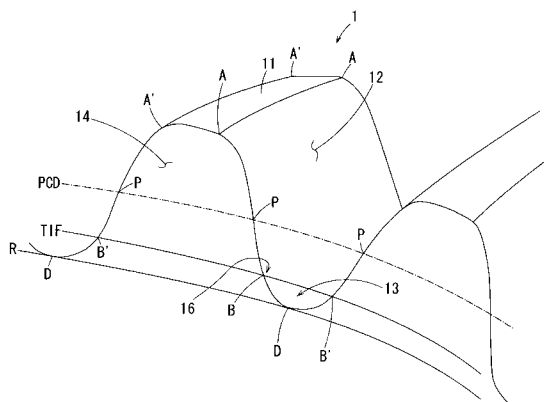
【 図 1 1 】



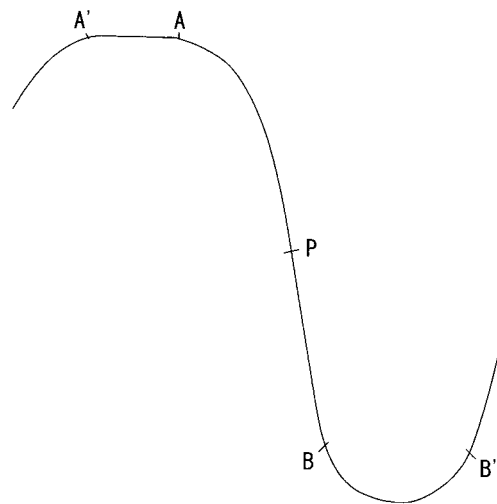
【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭53-016154(JP,A)  
特開平08-105513(JP,A)  
登録実用新案第3155682(JP,U)  
特開2008-240793(JP,A)  
特開昭61-088071(JP,A)  
特開昭55-132459(JP,A)  
特開昭52-054854(JP,A)  
特開2004-360877(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16H 55/00-55/30