

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-517954

(P2013-517954A)

(43) 公表日 平成25年5月20日 (2013.5.20)

(51) Int.Cl.
B23F 5/27 (2006.01)F1
B23F 5/27

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2012-551303 (P2012-551303)
 (86) (22) 出願日 平成23年1月28日 (2011.1.28)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年7月27日 (2012.7.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/022858
 (87) 国際公開番号 W02011/094492
 (87) 国際公開日 平成23年8月4日 (2011.8.4)
 (31) 優先権主張番号 61/299,386
 (32) 優先日 平成22年1月29日 (2010.1.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500094370
 ザ グリーソン ワークス
 アメリカ合衆国、ニューヨーク、ロチェス
 ター、 ユニバーシティ アベニュー 1
 〇〇〇
 (74) 代理人 110000855
 特許業務法人浅村特許事務所
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100089897
 弁理士 田中 正
 (74) 代理人 100123180
 弁理士 白江 克則

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 正面歯車を製造する連続方法

(57) 【要約】

歯車セット (例えば、正面歯車セット) の相手ピニオン部材の圧力角と等しい角度で正面歯車ワークピースに対して配向することができ、且つ、仮想ピニオン軸の周囲を回転させて前記ワークピースに歯面を創成させることができる、面を表現するツールを利用して正面歯車を製造する連続方法。ツールは正面カッタであり、カッタ及びワークピース (例えば、正面歯車) の等しい向きの回転により連続割出し運動を行い、これによって、運動の内サイクロイド経路と、正面歯車の面幅に沿った直線を生じるワークピース歯車の1回転中のカッタの2回転の割出し比とを描く。

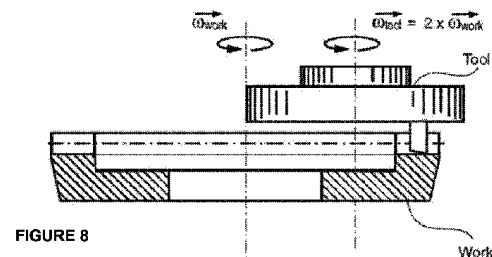


FIGURE 8

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予め決められた歯数を有する正面歯車を製造する連続割出し方法であって、前記正面歯車が複数の歯みぞを有し、各々の歯みぞが対向する第 1 及び第 2 の歯面を備え、

回転軸を有する正面歯車ワークピースを供給する工程と、

回転軸を有し、自身の面に配置された 1 つ又はそれ以上の切削ブレードを規定する 1 つ又はそれ以上の切刃を有するディスク本体を備える切削ツールを供給する工程と、

前記切削ツール及び前記ワークピースを、前記ワークピースの 1 回転あたり前記切削ツールの 2 回転の比で回転させる工程と、

前記切削ツール及び前記ワークピースをかみ合わせる工程と、

前記ツール及びワークピースを互いに対して移動させることによって、前記ワークピースに前記歯面を創成する工程とを有し、

前記創成する工程が、前記切削ツールを、前記正面歯車ワークピースとかみ合う仮想ピニオンの回転軸の周りで回転させる工程をさらに有し、前記切削ツールが創成転がりを描き、前記切刃が、前記創成する工程中、前記正面歯車ワークピースとかみ合って回転する前記仮想ピニオンの刃の転がり運動をエミュレートする、方法。

【請求項 2】

前記ワークピースが偶数の歯数を有し、前記歯数が前記切削ツールの条数の 2 倍である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ワークピース及び前記切削ツールがこれらの個々の回転軸の周囲を同じ方向に回転する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記切削ツールが前記ワークピースに関して傾斜している、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記切刃が内切刃及び外切刃を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 の歯面が前記ワークピースの面幅の方向で真っ直ぐである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ワークピースの歯面が圧力角で配向されており、前記ツールの切刃が前記ワークピースの圧力角と等しい圧力角で配向されている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記切刃がインボリュート形をしている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記創成転がりが非一定創成転がり関係である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記正面歯車が 90 度のピッチ角を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記正面歯車が 90 度未満のピッチ角を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記正面歯車が内正面歯車を備える、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、歯車の製造を対象とし、より詳細には、正面歯車を製造する方法及びツールを対象とする。

【背景技術】

【0002】

正面歯車は、当該正面歯車とその相手部材との間の軸角に等しい面角（及び歯底角）を

10

20

30

40

50

有する輪歯車である。相手部材は、正則円筒平ピニオン又ははすばピニオンである。一般的な正面歯車は、90度の面角を有し、その面角は、やはり90度の軸角に対応する（このような90度歯車は「冠」歯車としても知られる）。

【0003】

現在まで、正面歯車を製造する方法は複雑化しており、単一の設計専用の特別なツールが、通常は修正された円筒歯車製造機械である工作機械に用いられる。このような正面歯車のソフト製造方法は、以下を含む。

【0004】

円筒ホブ盤で特定業務の特別なホブを使用するホブ切り。前記ホブは、ホブ盤の最下周辺部分（垂直ホブ盤軸）での切断を可能にするために修正されている。

10

【0005】

相手円筒ピニオンを表現するシェーパ・カッタと、正面歯車セットの歯底角（一般に90度）だけ（正則円筒歯車形削り盤に対して）回転する作業台を有する形削り盤とを使用する形削り。

【0006】

5軸マシニング・センタでエンド・ミルを使用する万能ミリング方法。

【0007】

ハード仕上げ部分で後述する研削方法を使用する固体からの研削。

【0008】

今日の既知の正面歯車のハード仕上げ方法は、以下を含む。

20

【0009】

正面歯車セットのピニオン歯形と同じねじ基準形状を有するねじ状研削ホイールを、一般に1.5乃至2.5のねじ山回転を有する小さい幅で大きい直径のホイール上で使用する連続研削（国際公開公報第98/02268号、米国特許第6,390,894号公報、及び米国特許第6,951,501号公報を参照されたい。これらの開示が参照により本明細書に組み込まれる）。

【0010】

正面歯車セットのピニオン歯形と同一のホイール形状による単一割出し創成研削。

【0011】

シェーパ・カッタ又は特別なホブを使用するスカイピング。

30

【0012】

5軸マシニング・センタでエンド・ミルを使用するスカイピング。

【0013】

研磨層を有する変更したピニオンを歯面上に使用するホーニング。

【0014】

現在、正面歯車ソフト機械加工方法は、特定業務の特別なツールに依存し、前記ツールは、高価であり、他の業務又は最適化にこれらを使用することに関して柔軟ではない。正面歯車の加工時間は、一般に、同等の円筒又はかさ輪歯車の切削時間より有意に長い。

【0015】

より一般的な正面歯車ハード仕上げ方法の2つは、ドレスするのが困難で長いドレッシング時間を必要とする非常に複雑なツール・ジオメトリを使用するか（ねじ状ホイール研削）、複雑で時間がかかる創成転がりを、面幅方向の送り運動と組み合わせて使用する（単一割出し創成研削）。

40

【0016】

カーバイド材料で作られた特別なホブ又はシェーパ・カッタによるスカイピングは、妥当な切削時間を提供するが、高価だけでなく、容易に利用できない又はまったく利用できないツールを必要とする。

【0017】

正面歯車のホーニングは、例えば、熱処理され、研削され、立方晶窒化ホウ素（CBN）で覆われたピニオンを必要とし、このピニオンは、高価であり、柔軟でなく、良好なチ

50

ップ除去のためにある程度大きいピニオン・オフセット（正面歯車と相手円筒ピニオンとの間に必要なオフセットに等しい）に依存し、用途をこのような高いオフセットを有する歯車セットに限定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0018】

【特許文献1】国際公開公報第98/02268号

【特許文献2】米国特許第6,390,894号公報

【特許文献3】米国特許第6,951,501号公報

【特許文献4】米国特許第4,981,402号公報

【特許文献5】米国特許第6,712,566号公報

【特許文献6】米国特許第5,580,298号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、歯車セット（例えば、正面歯車セット）の相手ピニオン部材の圧力角と等しい角度でワークピース（例えば、正面歯車）に対して配向することができ、且つ、仮想ピニオン軸の周囲を回転させて前記ワークピースに歯面を創成させることができる、面を表現するツールを対象とする。本発明のツールは正面カッタであり、カッタ及びワークピース（例えば、正面歯車）の等しい向きの回転により連続割出し運動を行い、これによって、運動の内サイクロイド経路と、ワークの面幅に沿った直線を生じるワーク歯車の1回転中のカッタの2回転の割出し比とを描く。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】正面歯車及びその相手円筒平ピニオンの2次元横断面図である。

【図2A】球ホブ切りツール及び円筒ホブ切り盤を示す図である。

【図2B】球ホブ切りツール及び円筒ホブ切り盤を示す図である。

【図3】図1のピニオンをシェパ・カッタと交換した正面歯車を示す図である。

【図4】軸面横断面で図2Aのホブ切りツールの形状を複製するようにドレスされるねじ状研削ホイールの3次元図である。

【図5】正面歯車相手ピニオン歯形を複製する研削形状を有する周辺ディスク研削ホイールを示す図である。

【図6】正面歯車及び研削ホイールの2次元横断面図（正面歯車軸は横断面平面内にあり、横断面平面は仮想ピニオン軸と垂直である）であり、研削ホイールの周囲の分解立体図も含む。

【図7】ハイポサイクリック運動の原理を示す図であり、開始切削位置で、観測されるブレード先端はワークの内側で切削を開始する。ツールが $\Delta\phi_{Tool}$ で回転する間、ワークは $\Delta\phi_{Work} = 0.5\Delta\phi_{Tool}$ で回転する。ツールとワークとの間の相対経路を、点「切削開始」から「切削終了」及び最終的に「外側の行程超過」まで直線として示す。

【図8】2次元横断面側面図、すなわち、ワーク、ツール及び仮想創成ピニオン間の配置を示す図である。

【図9】2次元横断面上面図、すなわち、ワーク、ツール及び仮想創成ピニオン間の配置を示す図であり、仮想ピニオンの軸は創成歯車軸である。カッタ及びワークが（ハイポサイクリック原理を使用して真っ直ぐな歯面線確立のために）高速割出し運動を行っている間、ツールは第2の軸である創成歯車軸の周囲を回転しなければならない、この軸は仮想ピニオンの軸と等しい。点線のツール輪郭は、逆方向運動中の切断又は溝内のブレードの逆運動を回避するために傾斜したツールを示す。

【図10】創成インボリュート対創成面を示す図であり、ブレードの切刃を、製造すべき正面歯車歯面とかみ合うべきオリジナル・ピニオン歯面のインボリュートと同じに成形することができる。

10

20

30

40

50

【図 1 1】 6 軸自由形状加工機のカッタ・ディスクと正面歯車との間の配置を示す図である。

【図 1 2】 90 度のピッチ角を有する仮想補助正面歯車に関連して位置する 90 度未満のピッチ角を有するワーク歯車を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明のすべての特徴及び少なくとも 1 つの構成を詳細に説明する前に、本発明はその用途において、以下の記載で述べられた、又は、図面に例示された構成及び構成要素の配置の細部に限定されないことを理解すべきである。本発明を、他の構成とすることができ、種々の方法で実施又は実行することができる。また、本明細書で使用した表現及び用語は、説明の目的のためであり、限定とみなされるべきではないことを理解すべきである。

10

【0022】

本明細書の「含む」、「有する」及び「備える」、並びにこれらの変形は、その後に列挙された項目と、それらの等価物と、同様に追加の項目とを含むことを意味する。方法又はプロセスの要素を識別するための文字の使用は、単純に識別のためであり、要素を特定の順序で実行すべきであることを示すことを意味しない。

【0023】

以下に、図面を説明する際に、上部、下部、上方、下方、後方、上面、下面、前面、背面等のような方向への言及が行われるかもしれないが、言及は、（通常見られるように）図面に対して便宜上行われる。これらの方向は、文字通りに取られること、すなわち、本発明をすべての方向又は形状に限定することを意図していない。

20

【0024】

ある用途のための正面歯車の使用は、効率的且つ経済的な製造プロセスの利用可能性に大きく依存する。現在まで、正面歯車のための経済的なソフト機械加工又はハード仕上げプロセスは利用不可能であった。

【0025】

図 1 は、正面歯車及びその相手円筒平ピニオンの 2 次元横断面図を示す。正面歯車軸とピニオン軸との間の軸角は、本実例では 90 度である。軸角が 90 度より大きいと、正面歯車は内輪歯車になる。0 度の軸角の特別な場合では、正面歯車対は円筒輪歯車に変化する。

30

【0026】

図 2 A は、球ホブ切りツールを示す。ホブの切刃（切歯）は、それらが（3 歯から構成される部分で）円筒ピニオン本体の周囲にグループ化されるようにして、平ピニオンの歯を表現する。図 2 B は、また、ホブの下面部分で正面歯車の歯を切ることを可能にする変形したホブヘッドを有する円筒ホブ盤を示す。一般に、ホブの回転ごとに 1 ピッチのワーク回転を必要とする 1 条ホブが使用される。ホブは、正面歯車の外側から内側に送り込まれる。ツール送り中、ツール・リード角に依存するワーク回転の補償量を考慮しなければならない。

【0027】

図 3 は、図 1 のピニオンをシェーパ・カッタに交換した正面歯車を示す。シェーパ・カッタは、正面歯車の相手ピニオンと等しい（仮想ピニオンとも等しい）多数の切歯を有する。シェーパ・カッタ軸と垂直な平面内の切削輪郭は、仮想ピニオンの面輪郭を正確に複製する。シェーパ・カッタが正面歯車とかみ合って回転する間、軸カッタ方向のストローク運動が、チップ除去作用のために必要である。

40

【0028】

図 4 は、軸面横断面で図 1 のホブ切りツールの形状を複製するようにドレスされるねじ状研削ホイールの 3 次元図を示す。研削ホイールが回転する間、研削ねじ形状の湾曲した方向は、研削ホイール軸及びストローク方向によって規定される平面の位置での回転仮想ピニオン形状に近づく。仮想ピニオンの全幅をシミュレートするために、研削ホイールは仮想ピニオン軸方向に、正面歯車の面幅に沿って横断しなければならない。1 条ねじ状研

50

削ホイールの場合、ワークはホイールの回転ごとに1ピッチ回転しなければならない。横断プロセス中、ワークの回転にはリード補償値が重ね合わされる。

【0029】

図5は、周辺ディスク研削ホイールを示す。研削輪郭は、正面歯車相手ピニオン歯形を複製する。この輪郭は、研削ホイールの各々の側に正面歯車輪郭の1つの点（1つの転がり位置及び1つの面幅位置）を形成する。ホイールが仮想ピニオンの方向でストロークすると、仮想ピニオンと正面歯車との間に（創成された輪郭の各々の側で）1つの接触線が形成される。正面歯車歯形全体を形成するために、研削ホイールは（それがストロークしている間）仮想ピニオン軸の周囲を回転しなければならない。ストローク運動が非常に速かったか、前記仮想ピニオン軸の周囲の回転が非常に遅かった場合、正面歯車歯面の数学的に完全な対が発生する。図5の研削ホイール位置は、創成転がりプロセスの中心転がり位置を表す。

10

【0030】

図6は、正面歯車の2次元横断面図を示す（正面歯車軸は横断面平面内にあり、横断面平面は仮想ピニオン軸と垂直である）。図は、研削ホイールの周辺にも向けられており、研削ホイールを図5のように中心転がり位置では示さないが、開始及び終了転がり位置で示す。

【0031】

上述したように、確認された先行技術の正面歯車のソフト及びハード機械加工方法は、特定業務の複雑で特別なツールに依存し、前記ツールは、高価であり、他の業務又は最適化にこれらを使用することに関して柔軟でない。加えて、加工時間及び／又はドレッシング時間は、長く、複雑である。

20

【0032】

発明者は、切削ブレードを有するツール・ディスクが、カッタ回転がワーク回転の値の2倍である場合、連続割出し運動の場合のワーク歯車座標系の平面を表すことを発見しており、このツール・ディスクでは、切削ブレードがツール・ディスクの面上で配向され、ブレードの切刃がカッタ・ディスクの回転軸に対してある角度で配向されている。ワークピース及びツールの回転の向きは同じでなければならない。第2の不要な干渉区域での切断を回避するために、カッタをワークピース（正面歯車）に対してある角度で配向させることができる。

30

【0033】

上述したハイポサイクリカル運動は、ツール切刃の同一の鏡像である歯形を有する平坦な創成歯車を形成するであろう。自身の軸の周囲を回転するカッタを、仮想ピニオン軸の周囲を追加して回転させることができ、これはワークピース上で一方又は両方の歯車歯面の創成を生じさせることがわかった。図7は、切削ディスクを示す。このディスクはその面に、（相対切削速度方向と垂直な面に投影された）相手ピニオンの圧力角と等しいカッタ・ディスク軸方向に対してある角度がついた切刃を有する。ツールは、交互に内側及び外側のブレードを有してもよい。内側及び外側ブレードの切刃は、中心転がり位置で仮想ピニオンのピッチ線を完全に表現する創成歯車の1つの歯を形成する。ツール・ディスクは、仮想ピニオン軸の周囲をすべての新たな転がり位置に、仮想ピニオンの歯数で除算し、増分のワーク歯車回転角を乗算し、小さい追加の回転量を加算して正面歯車の歯数から計算された角度だけ回転しなければならない、前記小さい追加の回転量は、ディスクを、この特定の転がり位置でインボリュートと共通線を有するように配置する。

40

【0034】

図9は、正面歯車及びツール・ディスクの2次元図を示す。ツール・ディスクは、中心転がり位置に示されている。上述した仮想円筒ピニオンは、その輪郭でのみ示されている。仮想ピニオンの中心は、図の面と垂直の創成歯車軸の位置である。点線のツール輪郭は、切削ブレードの逆運動中の切断又はツール接触を回避するために必要なツールの傾斜配置を示す。逆運動の入口点も図9で示されている。例えば図7に示すように、空間内のツール傾斜角は、軸の周囲のツールの回転における歯形歪み及び歯底線変化を最小にするた

50

めに、まがりばかさ歯車及びハイポイド歯車と同様に計算されることは、当業者には理解されるであろう。

【0035】

本発明のプロセスについて、正面歯車の歯数はカッタの条数の2倍であることが望ましい。カッタでは2分の1（又は4分の1、8分の1等）の数のブレードを使用することもできる。しかしながら、最小のカッタ条数は1であり、結果として生産性が低くなるが非常に万能なカッタとなる。正面歯車の歯数を、正確な比をもたらすカッタ条数を得るために、2で割らなければならない。これは、正面歯車の歯数は好適には偶数であることを意味する。奇数の正面歯車歯数の場合、この新たな数を2で割れるようにして整数のカッタ条数を得るために、1つの歯を加える又は減じることができる。例えば、41の正面歯車の歯の場合、これは $42/2 = 21$ を意味する。カッタ条数は、2で割ることができない整数の結果となる21である。したがって、可能なカッタ条数は、カッタの各回転に関して21又は1である。丸めの利点は、カッタの条及び正面歯車の歯が公分母を持たないことである（ハンチング歯原理）。丸めの欠点は、内サイクロイドが正確な直線から逸脱することである。この逸脱は、ほぼ円周長のクラウニングを発生させ、これは一方の歯面に対して正であり、他方の歯面に対して負である。負のクラウニングが許容できないとわかった場合、2つの対向する歯面を、両方の歯面での正の長さのクラウニングの効果を利用して、正面歯車の反対の位置で切削することができるが、これは2重の回転サイクルを必要とする。

【0036】

ブレードを、正面歯車セットの相手ピニオン部材の圧力角と等しい角度で研削することができる。好適には、ブレードを、（例えば、速度方向が面に沿って絶えず変わるため、中心面幅に基づいて）ツールとワークとの間の相対運動方向に関してツール・ディスクの面上で配向する。しかしながら、これは、90度の面角を有する正面歯車の場合、ツール軸をワーク軸と共線にすることを必要とする。共線軸配置は、すでに切削された歯みぞの切断が（例えば、これらの2回目の面幅の交差中に）生じるかもしれない。10度までのわずかな角度間の小さいカッタ傾斜角を（等価のブレード角補正と共に）用いて、どのような切断も回避することができる。カッタ傾斜の副作用は、歯面表面の不整合であり、どちらかは許容できる、又は、所望の歯面補正の要素として利用できる。

【0037】

創成ピニオン及びワーク歯車が、最終用途（例えば、ギヤボックス）での正面歯車及びその相手円筒ピニオンと同じ関係のようである場合、創成円筒ピニオン（創成ピニオン）を表現するために、開示が参照により本明細書に組み込まれる米国特許第4,981,402号公報又は第6,712,566号公報に記載されているように、仮想ピニオン軸を、仮想又は理論上のかさ歯車創成基本機械内に配置することができる。カッタが仮想ピニオン軸の周囲を回転する間、ワークはピニオンと正面歯車との間の比（すなわち、転がりの比（ R_a ））に従ってその軸の周囲を回転しなければならない。

【0038】

すなわち、

【数1】

$$Ra = \frac{Z_{\text{Cylindrical Pinion}}}{Z_{\text{Face Gear}}} \quad (1)$$

である。ここで、 $Z_{\text{Cylindrical Pinion}}$ = ピニオンの歯数であり、 $Z_{\text{Face Gear}}$ = 正面歯車の歯数である。

【0039】

上述したように、カッタブレードが角形ラックの両方の歯面を表すため、ピニオン歯面の正確な創成インボリュートをまだ複製していない（図10、創成インボリュート対創成

面)。これを、製造すべき正面歯車歯面を相手とすべきオリジナル・ピニオン歯面のインボリュートと同じブレードの切刃を成形することによって達成することができる。単純化された万能の直線刃切削ツールの使用を可能にする他の可能性は、1つの歯面を創生する間、或いは、開示が参照により本明細書に組み込まれる米国特許第5,580,298号公報に記載されているような1つ又はそれ以上の能動的な機械設定を使用する間の、一定でない創成転がり関係（例えば、変更された転がり）の導入である。4次又はそれ以上の転がり角に関する係数を、仮想創成ピニオンのインボリュートの良好な近似を達成する創成ピニオンとワーク歯車（正面歯車）との間の転がりの一定の基本比と乗算する。

【0040】

$$Ra = Ra_0 + Ra_1 \cdot q + Ra_2 \cdot q^2 + Ra_3 \cdot q^3 + Ra_4 \cdot q^4 \dots \quad (2) \quad 10$$

ここで、 Ra ... 転がりの比（定数でない）

q ... 転がりの中心からの転がり角の距離

Ra_0 ... 転がりの基本比（定数）

Ra_1 ... 転がりの中心からの転がり角の距離を乗算した1次係数

Ra_2 ... 転がりの中心からの転がり角の距離の2乗を乗算した2次係数

Ra_3 ... 転がりの中心からの転がり角の距離の3乗を乗算した3次係数

Ra_4 ... 転がりの中心からの転がり角の距離の4乗を乗算した4次係数

である。

【0041】

インボリュート曲率半径を、創成ピニオン形状に沿った点の数で計算することができる。2次係数 Ra_2 は、ピッチ点でのインボリュートの曲率を基本的に規定する。3次係数 Ra_3 は、歯底と歯先との間の、曲率の一定の変化を考慮する。一定でないインボリュート曲率の変化の最大の部分を、4次係数 Ra_4 を規定することによって達成することができる。最適な係数を計算する好適な方法は、回帰計算を使用することであり、これは、例えば、非線形転がり比によってインボリュート形状をシミュレートするために、「最小二乗誤差法」を用いて、正確なインボリュートと転がり運動への係数の影響との間の差を最小にする。4より高次を用いてインボリュート精度を改善することができ、又は、インボリュートの数学関数を機械運動学に直接用いることができる。直線とインボリュートとの間の補正量の計算の一例を図10に示す。

【0042】

図10は、2次元グラフィックでブレードの図を示し、また、仮想ピニオン軸の位置と、底、中心及び頂点転がり位置を表す3つの接触位置とを示す。仮想ピニオンの正確なインボリュートは、インボリュートが中心転がり位置の接触点（接触線）で創成面と接触する場合、ブレードの内側に描かれる。インボリュート関数を、圧力角及びピッチ直径のような仮想ピニオン情報で計算することができる。ディスクの創成表面上の点を、仮想ピニオン軸の位置を表す点に原点がある円を有するインボリュートで接続することができる。ピッチ点（中心転がり位置）でのみ、弧長はゼロになる。すべての他の位置での弧は、変更された転がり係数（式2）を規定するために用いられるべき、又は、創成転がり中の仮想ピニオン軸の周囲のツール・ディスクの回転に重ねられるべき、小さな追加の回転量（角 $\Delta\phi$ ）の正確な値を表す。ツール軸に垂直な直線の代わりに、インボリュートの形状に正確に外側輪郭を与えることもできる。この場合、補正回転を用いる必要はない。

【0043】

本発明の仕組み及び運動学的関係は、上述したような仮想かさ歯車創成基本機械に基づくことができ、又は、同様に適用可能な他のモデル若しくは手順に基づくことができる。図8及び9での関係は、クレードル式かさ歯車創成盤に直接対するワークとツールの間の上述した割出し比と同様に、その座標系と、ツール、ワーク及び創成歯車軸の相対的位置と相互に関係する。

【0044】

仮想基本機械から、正面歯車切削プロセスを好適な機械的な機械の設定に変換すること

ができる。本発明のプロセスの好適実施例のように、仮想基本機械（又は任意の他のモデル）を図 11 に示すような自由成形 5 又は 6 軸機械（例えば、米国特許第 4, 981, 402 号公報及び第 6, 712, 566 号公報）の軸位置及び／又は運動のテーブルに変換することもできる。図 11 は、6 軸自由成形機械のカッタ・ディスクと正面歯車との間の配置を示す。図 8 及び 9 の図は創成転がり比を加えて、軸位置テーブルを計算するためのすべての情報を表す。当業者は、正確な歯面形状を生じさせるために、回転の小さな追加量 $\Delta\phi$ をツール回転に重ねなければならないことを理解するであろう。

【0045】

本発明の方法の他の態様は、カッタ・ディスクが、その軸面上の回転対称な表面のみを形成することである。これは、平ピニオン歯面のインボリュートの近似を可能にする。はすば歯車の歯面は、ピニオン基礎円筒の周囲をらせんのように巻きつく。ワーク歯車に対して直線をたどるブレードを有する回転切削ディスクを使用してらせん形状を近似することはできず、これは本発明の方法を、相手部材として平ピニオンを使用する正面歯車に限定する。きわめて小さいねじれ角（例えば、5 度未満）を有するはすば歯車は、小さい歯面及び歯底の偏差のみを示し、この偏差を少なくとも部分的に補正することができる。

【0046】

正面歯車と相手ピニオンとの間の 0 度（正面歯車が円筒歯車に変化する）から 90 度より上（正面歯車が内輪歯車になる）の間の軸角は、本発明の方法で可能である。内正面歯車は、ある制限内のカッタ傾斜（最大 10 度の傾斜角）によって回避することができる起りうる切断によって制限される。この種類のツール傾斜を図 9 では点線のツール輪郭として示す。また、正面歯車と相手ピニオンとの間の軸オフセットを、本発明の方法によって実現することができる。

【0047】

加えて、90 度に等しくないが 90 度から 0 度の間のピッチ角を有する歯車は、これらが円錐型であるにもかかわらず、しばしば正面歯車と呼ばれる。理由は、真の正面歯車のように、これらは相手部材として円筒歯車とかみ合っているからである。非 90 度ピッチ角正面歯車の製造も、本発明の方法を用いて行うことができる。図 12 は、90 度未満のピッチ角を有するワーク歯車を示す。歯車は、仮想補助歯車（90 度のピッチ角を有する）と関係して配置される。図 12 は、ワーク歯車が、そのピッチ円錐が補助歯車のピッチ面と接するように配置されることを示す。ワーク歯車及び補助歯車は、互いの上へこれらのピッチ要素によりすべりなしで転がる。その原理は、カッタ及びワークの角速度の関係につながる。

【0048】

すなわち、

【数 2】

$$\frac{\omega_{\text{work}}}{\omega_{\text{Aux}}} = \frac{\sin \gamma_{\text{Aux}}}{\sin \gamma_{\text{work}}} \rightarrow \omega_{\text{Aux}} = \omega_{\text{Work}} \frac{\sin \gamma_{\text{work}}}{\sin \gamma_{\text{Aux}}} \quad (3)$$

$\omega_{\text{tool}} = 2 \omega_{\text{Aux}}$ 且つ $\gamma_{\text{Aux}} = 90^\circ$ の場合、

$$\omega_{\text{tool}} = 2 \omega_{\text{work}} \sin \gamma_{\text{work}} \quad (4)$$

となる。

ここで、 ω_{work} = ワーク歯車の角速度、

ω_{Aux} = 補助正面歯車の角速度、

ω_{tool} = ツールの角速度、

γ_{work} = ワーク歯車のピッチ角、

γ_{Aux} = 補助正面歯車のピッチ角である。

【0049】

本発明を好適実施例に関係して説明したが、本発明はその詳細に限定されないことを理解すべきである。本発明は、当業者に明らかであり添付した請求項の精神及び範囲から逸

脱せずに主題が関係する変更を含むものである。

【図 11】

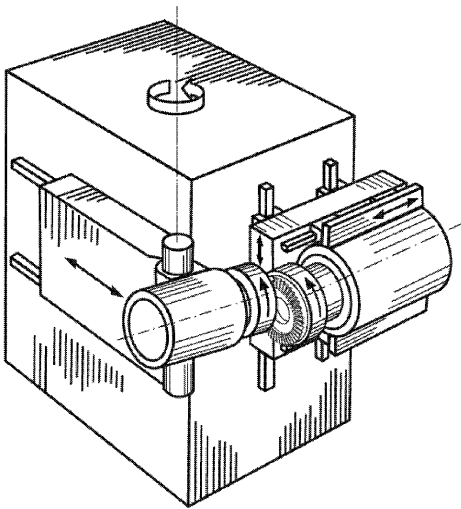
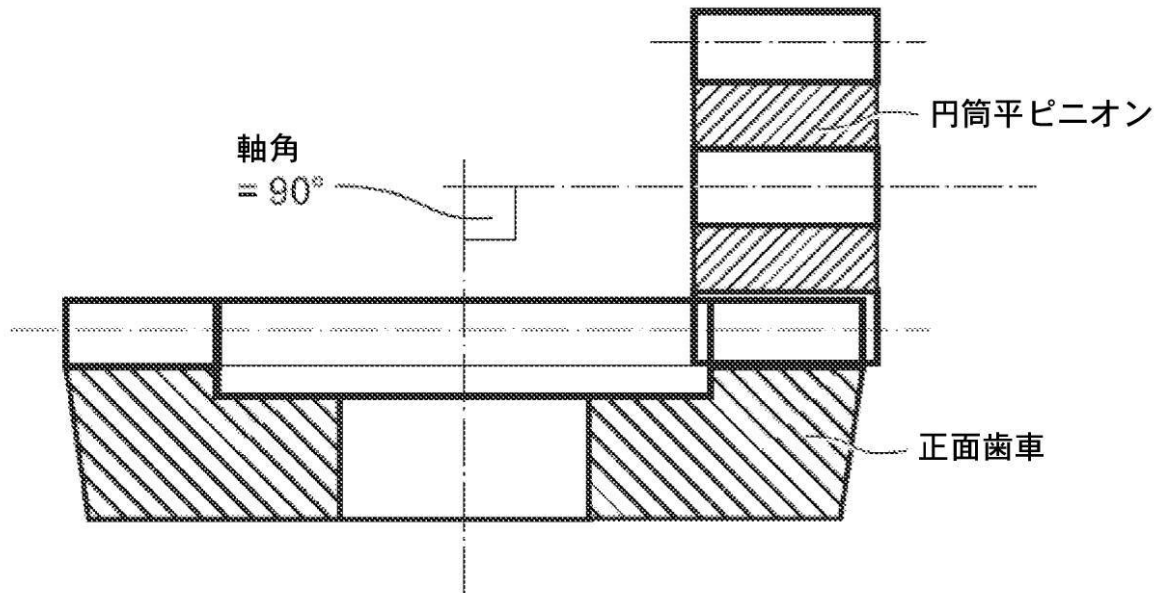
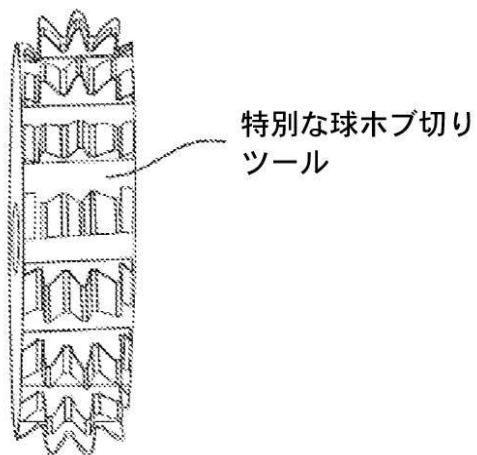


FIGURE 11

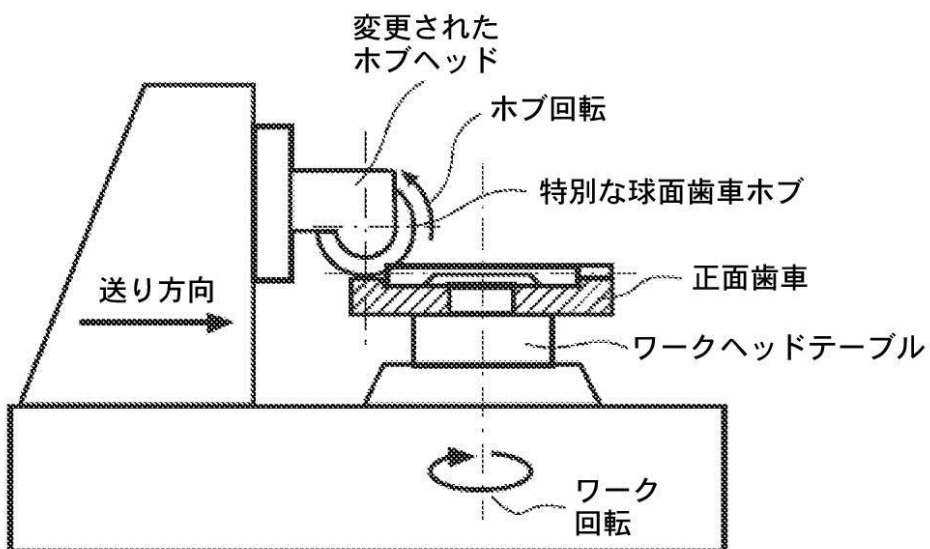
【図 1】



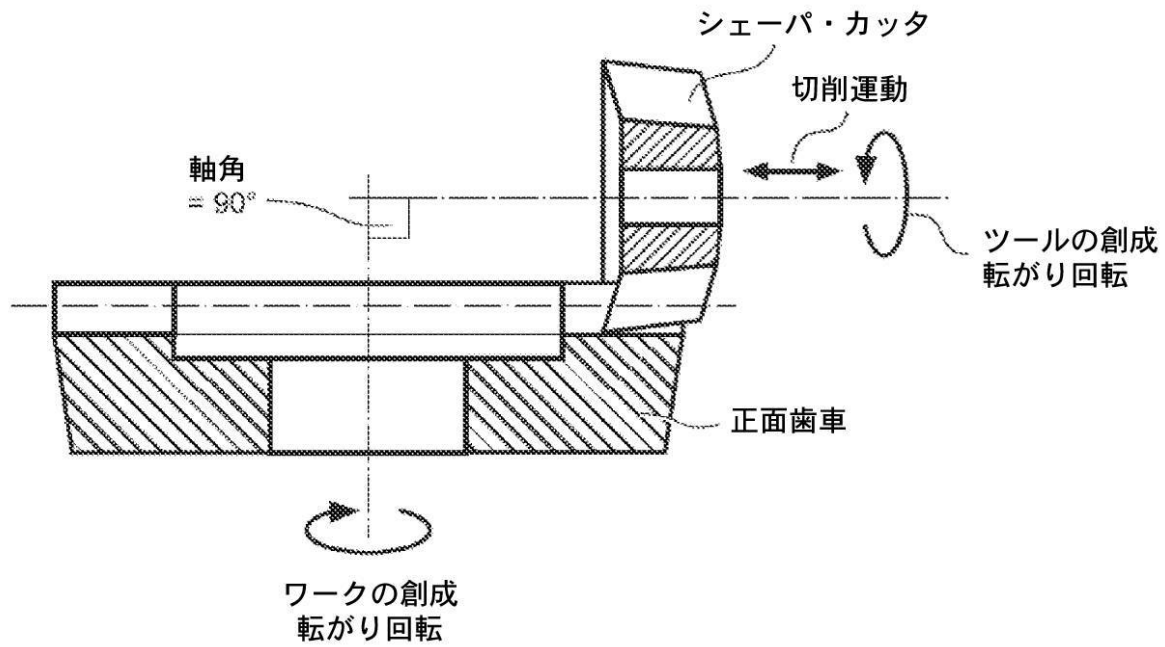
【図 2 A】



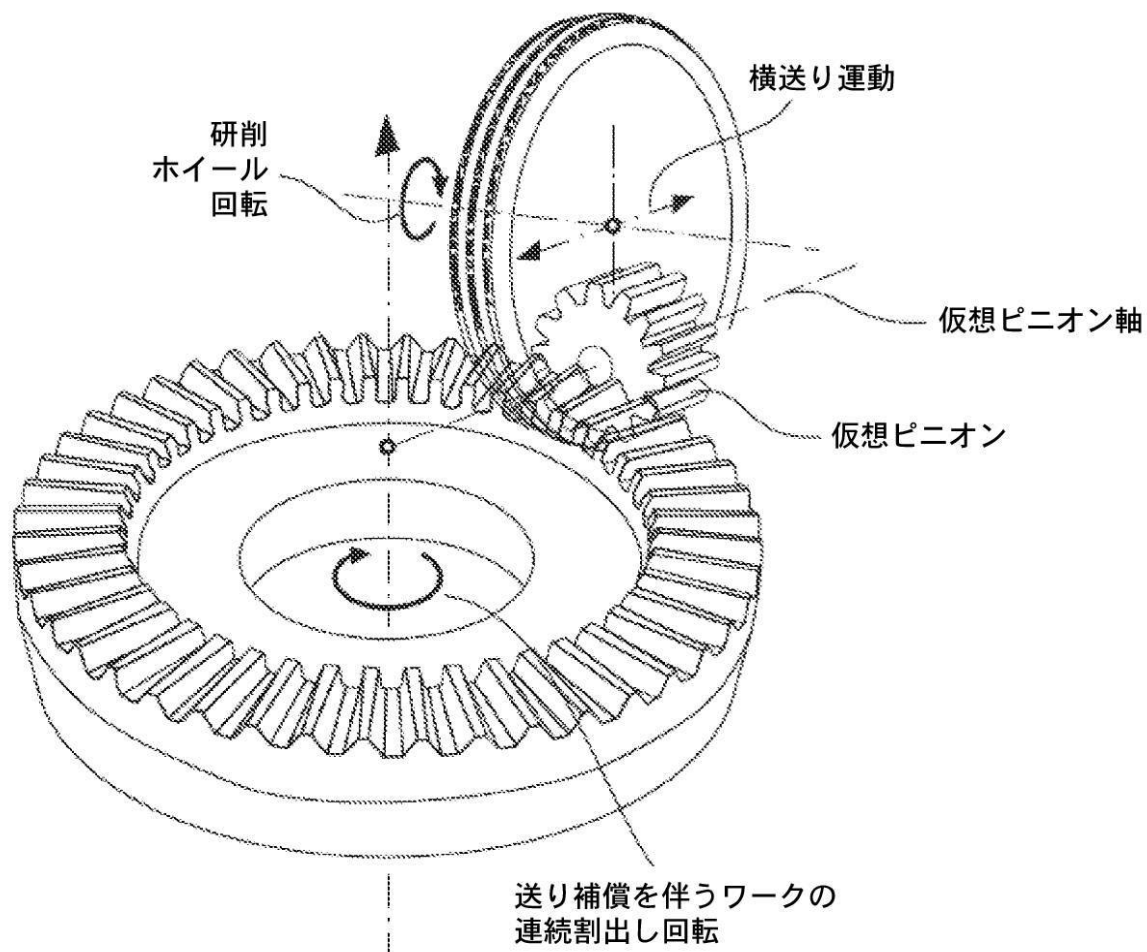
【図 2 B】



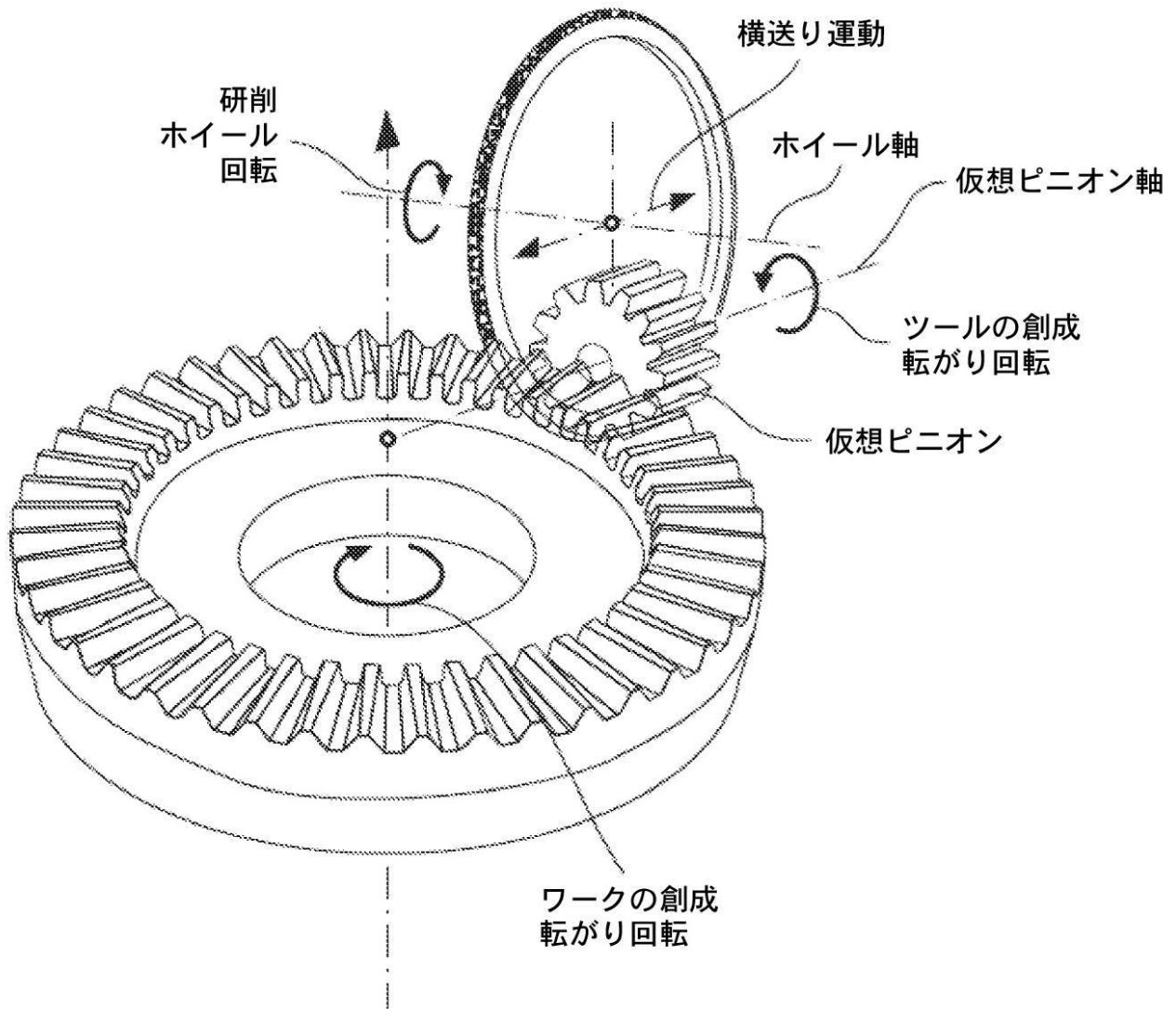
【図 3】



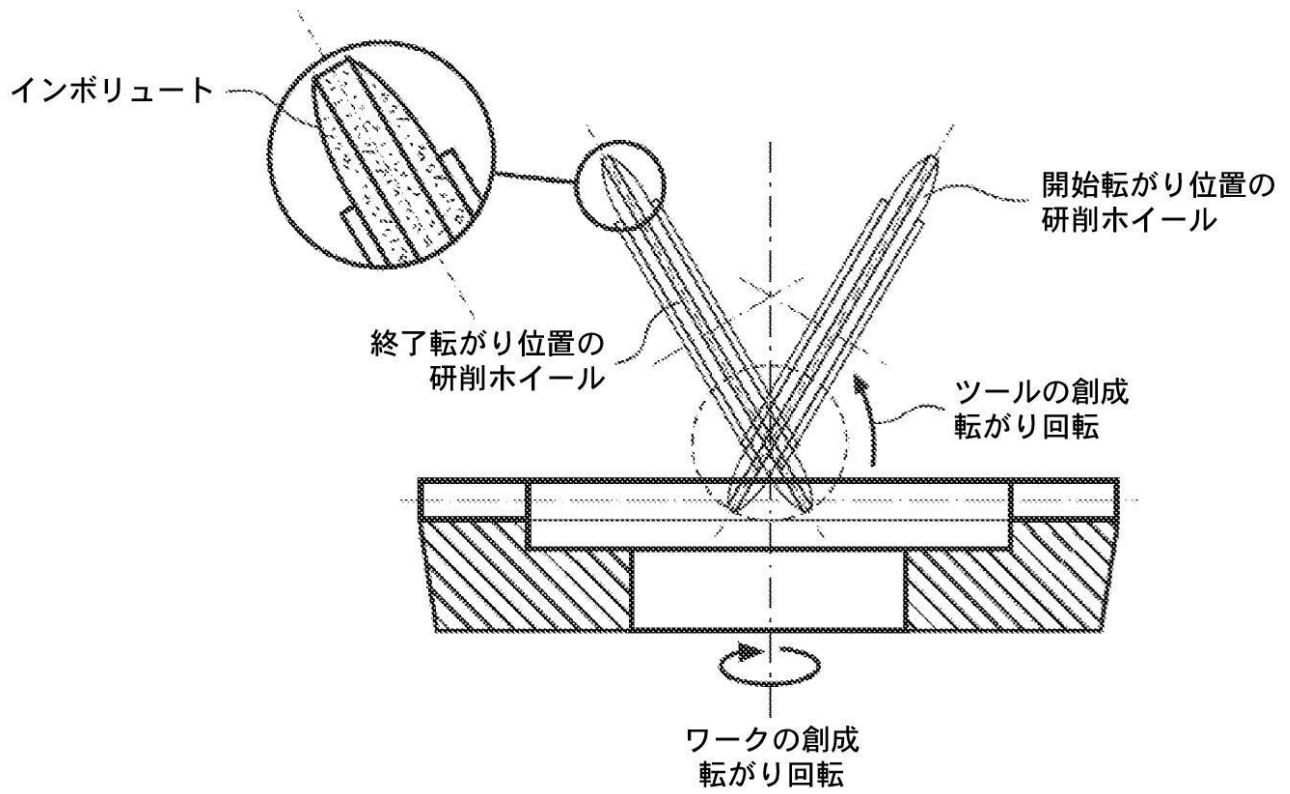
【図 4】



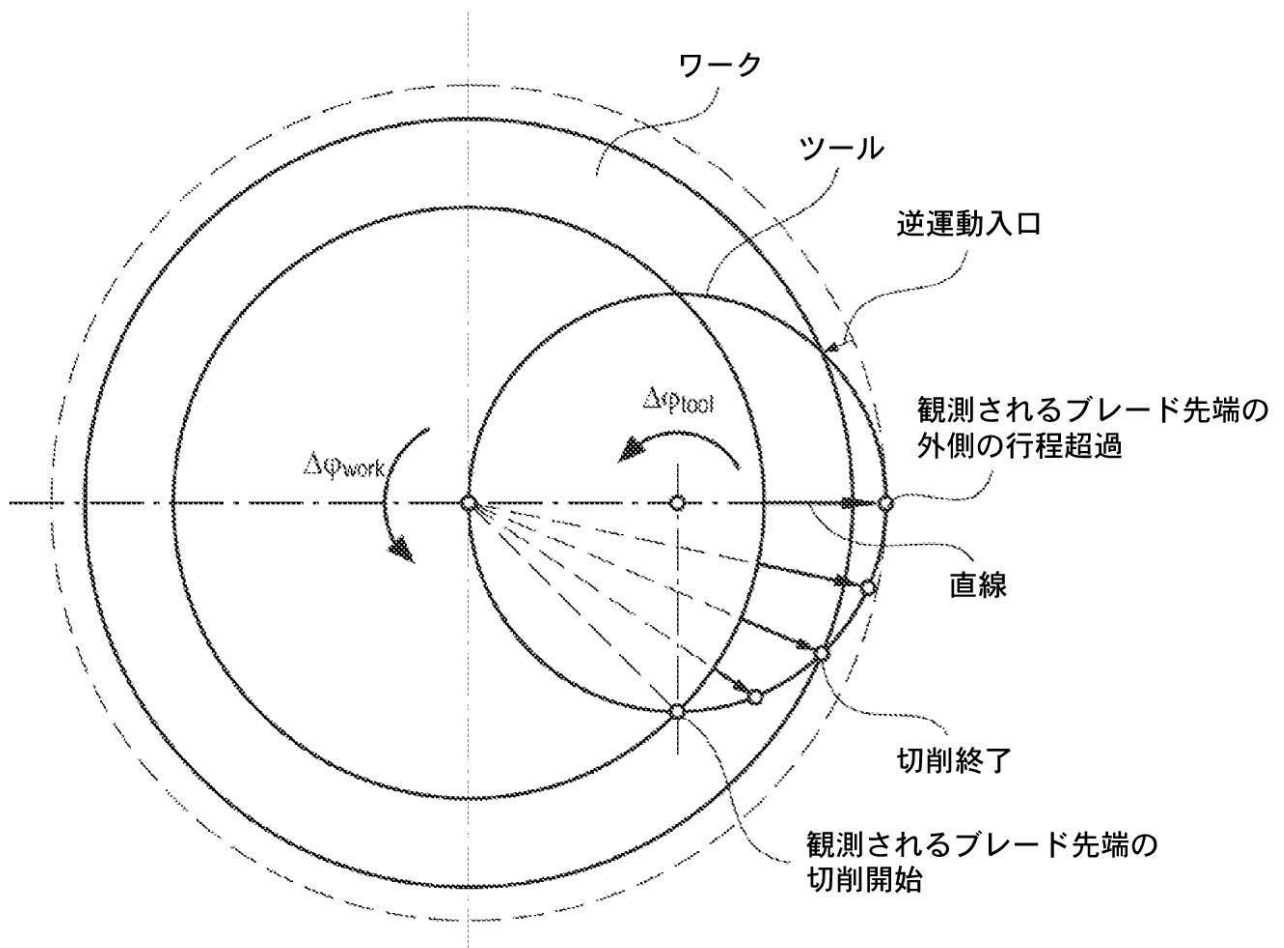
【図 5】



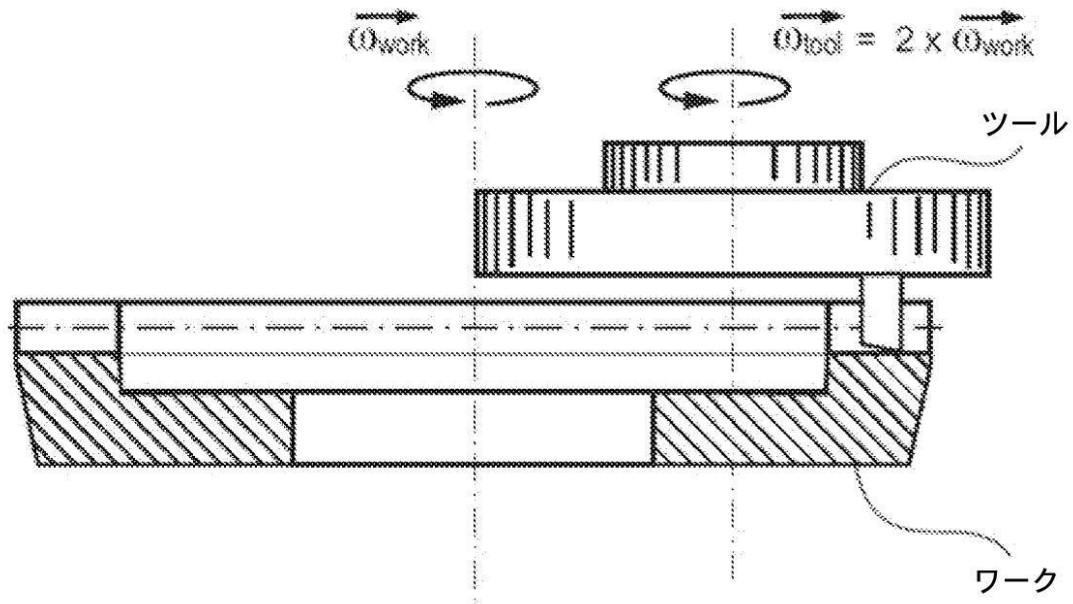
【図 6】



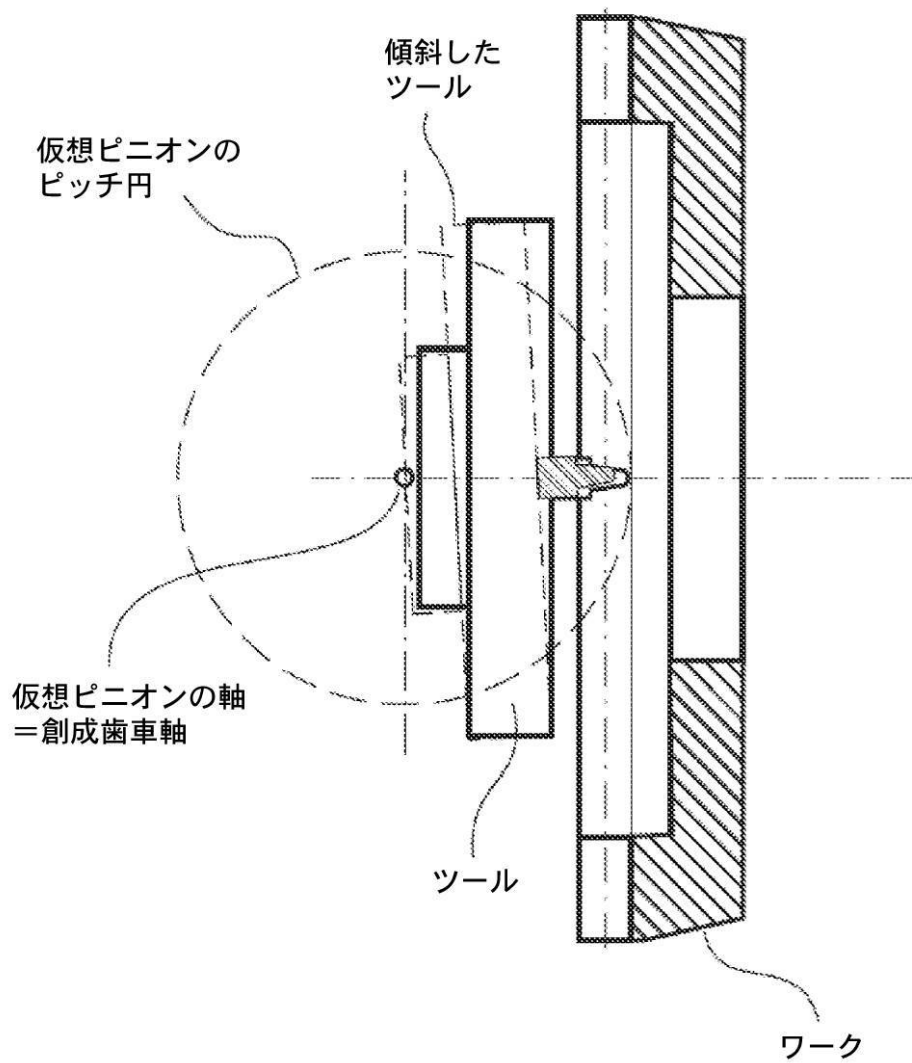
【図 7】



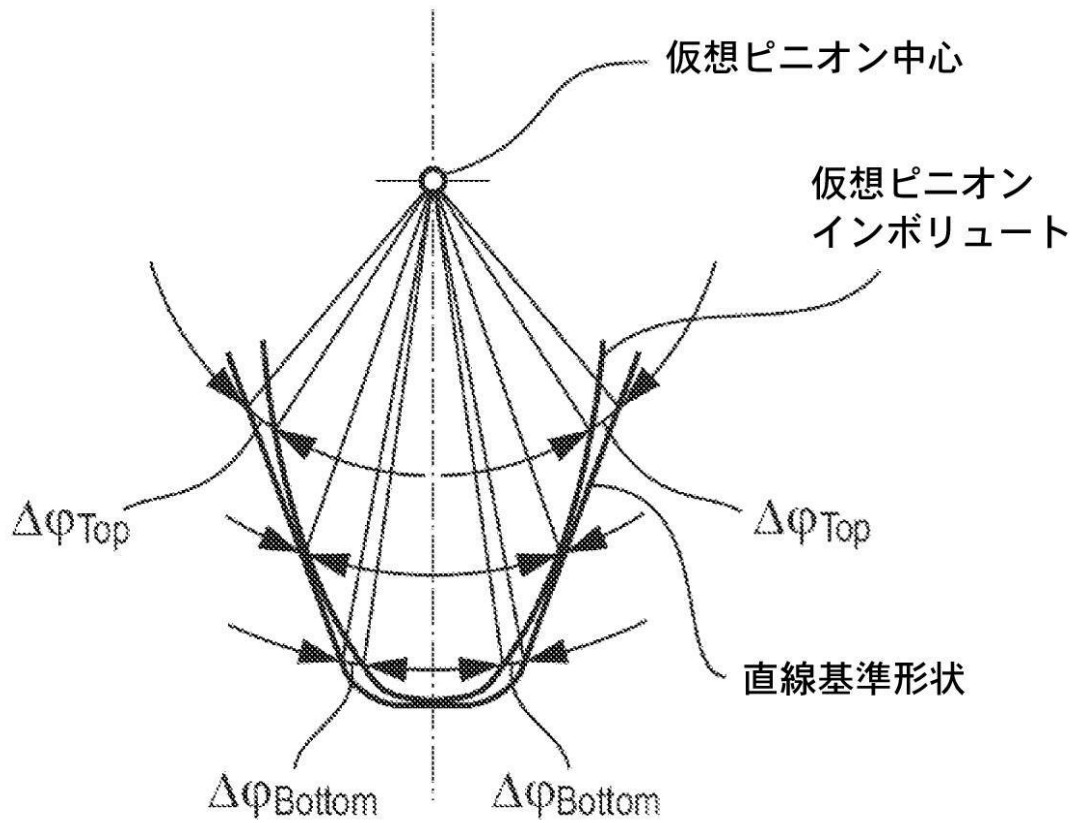
【図 8】



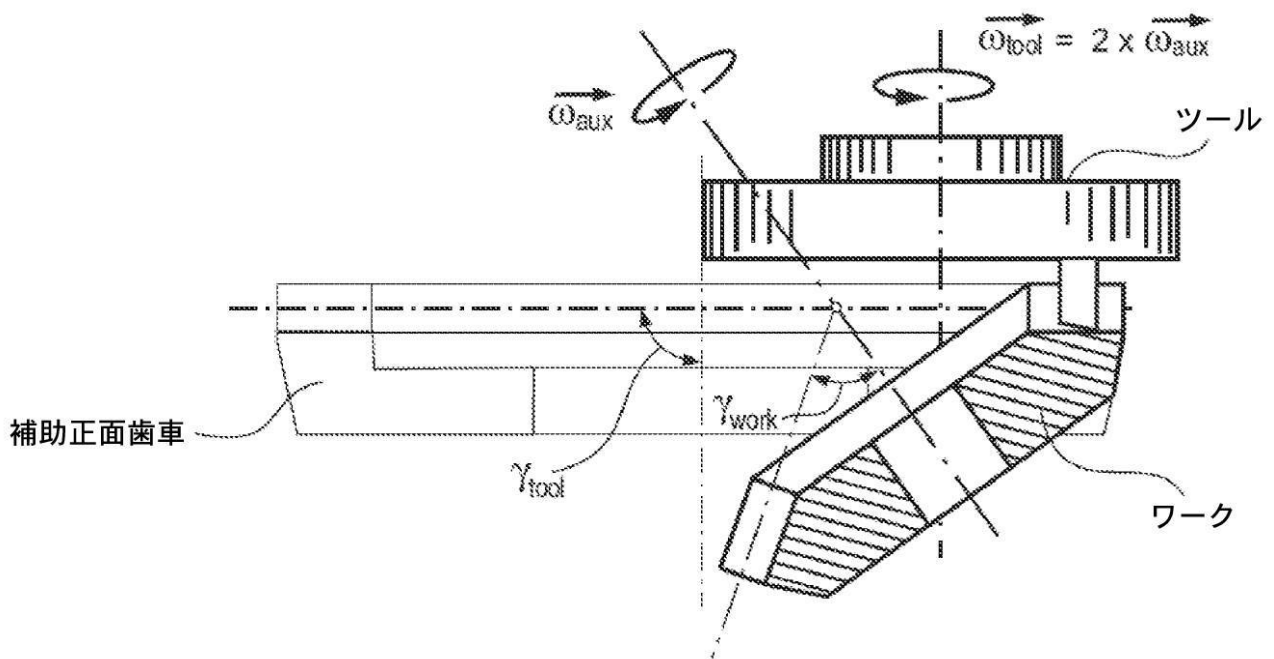
【図 9】



【図 10】



【図 12】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2011/022858

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B23F15/06

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 712 566 B2 (STADTFELD HERMANN J [DE] ET AL) 30 March 2004 (2004-03-30) cited in the application the whole document -----	1-12
A	BASSTEIN G ET AL: "NEW DEVELOPMENTS IN DESIGN, MANUFACTURING AND APPLICATIONS OF CYLKRO (FACE) GEARS", AGMA TECHNICAL PAPER, XX, XX, 1 October 1993 (1993-10-01), pages 1-12, XP008002398, page 7 - page 11 -----	1-12
A	US 6 951 501 B2 (TAN JIE [US]) 4 October 2005 (2005-10-04) cited in the application the whole document -----	1-12
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 June 2011

Date of mailing of the international search report

14/06/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Watson, Stephanie

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2011/022858

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 941 124 A (TAN JIE [US]) 24 August 1999 (1999-08-24) column 6, line 22 - column 7, line 65 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2011/022858

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6712566	B2	30-03-2004	US	2002154961 A1	24-10-2002

US 6951501	B2	04-10-2005	CA	2366715 A1	03-07-2002
			US	2003207650 A1	06-11-2003
			US	2002119737 A1	29-08-2002

US 5941124	A	24-08-1999	AU	7161698 A	25-10-1999
			DE	69838820 T2	30-10-2008
			EP	1066479 A1	10-01-2001
			WO	9951890 A1	14-10-1999

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 シュタットフェルト、ハーマン、ジェイ。

アメリカ合衆国、ニューヨーク、ウェブスター、メイプル ドライブ 910