

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年8月4日(04.08.2016)



(10) 国際公開番号

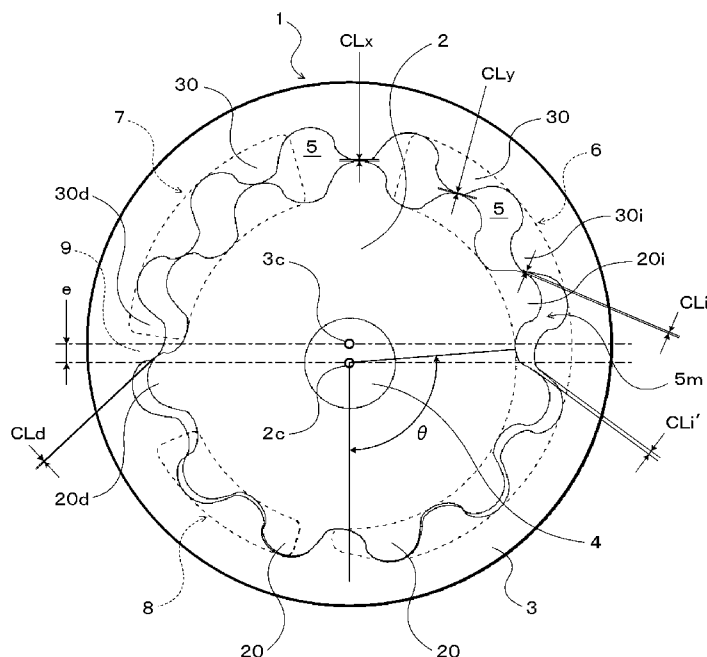
WO 2016/121291 A1

- (51) 国際特許分類:
F04C 2/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/086533
- (22) 国際出願日: 2015年12月28日(28.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-017762 2015年1月30日(30.01.2015) JP
- (71) 出願人: アイシン機工株式会社(AISIN KIKO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4440504 愛知県西尾市吉良町友国池上70-6 Aichi (JP). アイシン・エイ・ダブリュ株式会社(AISIN AW CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根10番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 木村 雅幸(KIMURA, Masayuki); 〒4440504 愛知県西尾市吉良町友国池上70-6 アイシン機工株式会社内 Aichi (JP). 服部 雅士(HATTORI, Masashi); 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内 Aichi (JP). 武田 光博(TAKEDA, Mitsuhiko); 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人アイテック国際特許事務所 (ITEC INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1410031 東京都品川区西五反田2-19-3 五反田第一生命ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: GEAR PUMP AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: ギヤポンプおよびその製造方法



(57) Abstract: A plurality of external teeth 20 of an inner rotor 2 are formed such that the intake-side clearance CL_i is greater than the discharge-side clearance CL_d, where the intake-side clearance is the minimum value of clearance CL_i between external teeth 20_i and internal teeth 30_i delineating an inter-tooth chamber 5 that is in communication with an intake port 6 and will demonstrate the largest change in volume when the inner rotor 2 rotates by a unit angle, and the discharge-side clearance CL_d is the minimum value of clearance CL_d between external teeth 20_d and internal teeth 30_d delineating an inter-tooth chamber 5 at least partially overlapping a partition wall 9 between first and second discharge ports 7, 8 when the change in volume per unit angle is largest.

(57) 要約: インナーロータ2の複数の外歯20は、吸入ポート6に連通すると共にインナーロータ2が単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室5を画成する外歯20_iと内歯30_iとのクリアランスの最小値CL_iを吸入側クリアランスとし、単位角度あたりの容積変化量が最大となる際に第1および第2吐出ポート7, 8の間で隔壁9と少なくとも部分的に重なり合う歯間室5を画成する外歯20_dと内歯30_dとのクリアランスの最小値CL_d

を吐出側クリアランスとしたときに、吸入側クリアランスCL_iが吐出側クリアランスCL_dより大きくなるように形成される。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： ギヤポンプおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、複数の外歯を有するインナーロータと、複数の内歯を有すると共にインナーロータに対して偏心するように配置されるアウターロータとを含むギヤポンプおよびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、ギヤポンプとして、外歯歯車の外歯と内歯歯車の内歯とにより画成されるポンプ室のうち、両歯車の回転により容積が増加するポンプ室（歯間室）に連通する1つの吸入ポートと、両歯車の回転により容積が減少するポンプ室に連通する2つの吐出ポートとを有するものが知られている（例えば、特許文献1参照）。このギヤポンプは、外歯歯車および内歯歯車が径方向の相反する方向に押圧された状態で、2つの吐出ポートを仕切る隔壁上に位置する外歯と内歯との最小隙間が0.020mm以上かつ0.110mm以下になるように設計されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5469875号公報

発明の概要

[0004] 2つの吐出ポートを仕切る隔壁上に位置する外歯と内歯との最小隙間を上記従来のギヤポンプのように設定すれば、高圧側の一方の吐出ポートに連通するポンプ室から低圧側の他方の吐出ポートに連通するポンプ室への作動油の漏出を低減させてポンプの容積効率を改善することができるであろう。しかしながら、隔壁上に位置する外歯と内歯との最小隙間を小さくすると、吸入ポートに連通するポンプ室に流体が流入する際にキャビテーションが発生してしまい、それにより容積効率が低下してしまったり、ノイズや振動が発生してしまったりするおそれがある。

[0005] そこで、本開示の発明は、容積効率の向上を図りつつ、キャビテーションの発生を抑制することができるギャポンプおよびその製造方法の提供を主目的とする。

[0006] 本開示のギャポンプは、複数の外歯を有するインナーロータと、前記インナーロータの前記外歯よりも多い複数の内歯を有すると共に該インナーロータに対して偏心するように配置されるアウターロータと、隣り合う2つの前記外歯と隣り合う2つの前記内歯とにより画成される複数の歯間室とを含むギャポンプにおいて、前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が増加する前記歯間室に連通する1つの吸入ポートと、隔壁により仕切られて互いに独立しており、それぞれ前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が減少する前記歯間室に連通する第1および第2吐出ポートとを備え、前記吸入ポートに連通すると共に前記インナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吸入側クリアランスとし、前記単位角度あたりの前記容積変化量が最大となる際に前記第1および第2吐出ポートの間で前記隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吐出側クリアランスとしたときに、前記吸入側クリアランスが前記吐出側クリアランスよりも大きいことを特徴とする。

[0007] このギャポンプにおいて、インナーロータは、吸入ポートに連通すると共にインナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値が、単位角度あたりの容積変化量が最大になる際に隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値よりも大きくなるように形成される。このように、吸入ポートに連通する歯間室の容積変化を考慮して、隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値を基に、容積変化量が最大となる歯間室におけるクリアランスの最小値が大きくなるようにインナーロータを形成することで、第1およ

び第2吐出ポート間での流体の流通を規制して容積効率の向上を図りつつ、吸入ポートに連通する歯間室でのキャビテーションの発生を抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示のギヤポンプを示す概略構成図である。

[図2]本開示のギヤポンプに含まれるアウターロータの内歯の創成手順を示す模式図である。

[図3]本開示のギヤポンプに含まれるインナーロータの外歯を示す概略構成図である。

[図4]本開示のギヤポンプに含まれるインナーロータの外歯の創成手順を示す模式図である。

[図5]インナーロータの回転中心周りの回転角度と、外歯および内歯のクリアランスの最小値との関係を例示する図表である。

[図6]インナーロータの回転中心周りの回転角度と、1つの歯間室の容積および容積変化率との関係を例示する図表である。

[図7]容積変化率が最大となる歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値と、隔壁と重なり合う外歯と内歯とのクリアランスの最小値を例示する概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 次に、図面を参照しながら、本開示の発明を実施するための形態について説明する。

[0010] 図1は、本開示の一実施形態に係るギヤポンプ1を示す概略構成図である。同図に示すギヤポンプ1は、例えば図示しない車両に搭載されるオイルポンプとして構成され、オイルパンに貯留されている作動油（ATF）を吸引して油圧制御装置（何れも図示省略）へと圧送するものである。ギヤポンプ1は、例えば自動変速機の変速機ケースに固定されるポンプボディと当該ポンプボディに締結されるポンプカバーとにより構成されるポンプハウジング（何れも図示省略）と、当該ポンプハウジングにより画成される図示しない

ギヤ収容室内にそれぞれ回転自在に配置されるインナーロータ（ドライブギヤ）2およびアウターロータ（ドリブンギヤ）3とを含む。なお、ギヤポンプ1は、変速機用の作動油を圧送するオイルポンプ以外の車載ポンプ（例えば、エンジンオイルポンプ）として構成されてもよく、車載ポンプ以外の用途に適用されてもよい。

[0011] インナーロータ2は、車両に搭載されたエンジンのクランクシャフト（何れも図示省略）に連結される回転軸4に固定され、当該回転軸4に付与される動力により回転駆動される。また、インナーロータ2の外周には、複数（本実施形態では、例えば11歯）の外歯20が形成されている。一方、アウターロータ3の内周には、インナーロータ2の外歯20の総数よりも1つ多い数（本実施形態では、例えば12歯）の内歯30が形成されている。アウターロータ3は、図1における下側に位置する複数の内歯30がインナーロータ2の対応する外歯20に噛合すると共に、インナーロータ2に対して偏心した状態で上記ギヤ収容室内に回転自在に配置される。更に、インナーロータ2とアウターロータ3との間には、隣り合う2つの外歯20と隣り合う2つの内歯30とにより複数の歯間室（ポンプ室）5が形成される。

[0012] これにより、回転軸4からの動力によりインナーロータ2が図1における太線矢印方向に回転すると、アウターロータ3は、複数の内歯30の一部が複数の外歯20の一部に噛合することで、インナーロータ2の回転中心2cから偏心量eだけ離間した回転中心3cの周りにインナーロータ2と共に同方向に回転する。インナーロータ2およびアウターロータ3が回転する際、両者の回転方向（図1における太線矢印参照）における後側の領域、すなわち図1における主に右側半分の領域では、インナーロータ2等の回転に伴って各歯間室5の容積が増加（歯間室5が膨張）する。また、インナーロータ2およびアウターロータ3が回転する際、インナーロータ2等の回転方向における前側の領域、すなわち図1における主に左側半分の領域では、インナーロータ2等の回転に伴って各歯間室5の容積が減少（歯間室5が収縮）する。

[0013] また、ギヤポンプ 1 の図示しないポンプハウジングには、外歯 20 と内歯 30 とにより画成される複数の歯間室 5 のうちのインナーロータ 2 およびアウターロータ 3 の回転に伴って容積が増加する歯間室 5 と連通（対向）するように略円弧状に延在する吸入ポート 6 や、それぞれ複数の歯間室 5 のうちのインナーロータ 2 およびアウターロータ 3 の回転に伴って容積が減少する歯間室 5 と連通（対向）するように略円弧状に延在する第 1 吐出ポート 7 および第 2 吐出ポート 8 が形成されている。第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 は、図示するように、隔壁 9 により仕切られて互いに独立している。本実施形態では、インナーロータ 2 等の回転方向における後側に位置する第 1 吐出ポート 7 が低圧ポートとされ、当該回転方向における前側に位置する第 2 吐出ポート 8 が高圧ポートとされる。

[0014] なお、第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 は、互いに異なる油路に接続されてもよく、共通の油路に接続されてもよい。また、吸入ポート 6、第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 は、インナーロータ 2 およびアウターロータ 3 の軸方向における両側（ポンプボディおよびポンプカバーの双方）に形成されてもよく、インナーロータ 2 およびアウターロータ 3 の軸方向における片側（ポンプボディおよびポンプカバーの一方）に形成されてもよい。また、例えば、吸入ポート 6 がインナーロータ 2 等の軸方向における一方側に形成されてもよく、第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 がインナーロータ 2 等の軸方向における他方側に形成されてもよい。更に、第 1 吐出ポート 7 がインナーロータ 2 等の軸方向における一方側に形成されてもよく、第 2 吐出ポート 8 がインナーロータ 2 等の軸方向における他方側に形成されてもよい。

[0015] 図 2 は、ギヤポンプ 1 に含まれるアウターロータ 3 の内歯 30 の創成手順を示す模式図である。同図に示すように、複数の内歯 30 により画成されるアウターロータ 3 の歯形（輪郭）は、インナーロータ 2 の回転中心 2c をアウターロータ 3 の回転中心 3c を中心とする直径 $2 \cdot e + t$ の円周上で所定角度 δ ずつ 1 周公転させると共に、回転中心 2c が所定角度 δ だけ公転する際にインナーロータ 2 を回転角度 δ / N だけ自転させることにより得られる

複数の歯形線（インナーロータ 2 の輪郭、図 3 における二点鎖線参照）に対して描かれる包絡線に基づいて定められる。ただし、“t” は、インナーロータ 2 の回転中心 2 c、アウターロータ 3 の回転中心 3 c、外歯 2 0 の歯先部 2 1 の頂部 2 1 t および内歯 3 0 の歯先部の頂部が一直線上に位置する際の頂部 2 1 t と内歯 3 0 の頂部とのクリアランス（チップクリアランス）であり、例えば、0.03～0.07 mm 程度の値とされる。これにより、インナーロータ 2 と適正に噛合可能なアウターロータ 3 を容易に得ることが可能となる。ただし、アウターロータ 3 の歯形（輪郭）は、上記包絡線自体であってもよく、当該包絡線よりも外側に位置するように定められてもよい。また、アウターロータ 3 の内歯は、インナーロータ 2 と概ね同一の形状を有する歯切工具を用いて創成されてもよい。

[0016] 図 3 は、インナーロータ 2 の外歯 2 0 を示す概略構成図であり、図 4 は、外歯 2 0 の創成手順を示す模式図である。これらの図面に示すように、インナーロータ 2 の各外歯 2 0 は、凸曲面状の歯先部 2 1 と、凹曲面状の歯底部 2 2 と、歯先部 2 1 よりもインナーロータ 2 の回転方向（図 3 における太線矢印参照）における前側で当該歯先部 2 1 と歯底部 2 2 との間に位置する第 1 中間部 2 3 と、歯先部 2 1 よりもインナーロータ 2 の回転方向における後側で当該歯先部 2 1 と歯底部 2 2 との間に位置する第 2 中間部 2 4 とを含む。図示するように、外歯 2 0 は、歯先部 2 1 の最も径方向外側に位置する頂部 2 1 t とインナーロータ 2 の回転中心 2 c を通る歯形中心線 L c に関して左右非対称に形成される。

[0017] 歯先部 2 1 は、図 4 に示すように、第 1 の描画点の半径 r_{de} を外転円 C o の半径 r_e で除して得られるトロコイド係数が値 1 よりも大きい（例えば 1.2 程度の値）エピトロコイド曲線により凸曲面状に形成される。歯先部 2 1 を形成するエピトロコイド曲線は、第 1 の描画点の半径 r_{de} を第 1 の値 R_{de} （一定値）に保つと共に当該第 1 の値 R_{de} よりも小さい半径 r_e を有する外転円 C o をインナーロータ 2 の回転中心 2 c と中心 O を共通にする基礎円 B C t に外接させながら滑りなく転動させることにより得られる。

[0018] 歯底部22は、第2の描画点の半径 r_{dh} を内転円 C_i の半径 r_h で除して得られるトロコイド係数が値1よりも大きいハイポトロコイド曲線により凹曲面状に形成される。歯底部22を形成するハイポトロコイド曲線は、歯先部21を形成するエピトロコイド曲線と基礎円 BC_t を共通にするものであり、図4に示すように、第2の描画点の半径 r_{dh} を第2の値 R_{dh} （一定値）に保つと共に当該第2の値 R_{dh} よりも小さい半径 r_h を有する内転円 C_i を上記基礎円 BC_t に内接させながら滑りなく転動させることにより得られる。

[0019] また、歯底部22は、外歯20の一歯分に対応した角度 ϕ （ $360^\circ / \text{外歯20の歯数}$ ）の二分の1（ $\phi / 2$ ）だけ歯形中心線 L_c から上記回転方向の前側または後側に回転させられた線分 L_e との交差部22xを境に、歯先部21よりもインナーロータ2の回転方向における前側に位置する第1歯底部22aと、歯先部21よりもインナーロータ2の回転方向における後側に位置する第2歯底部22bとに区分される。そして、インナーロータ2では、図3および図4に示すように、歯形中心線 L_c を挟む2つの交差部22x間の範囲が外歯20の一歯分の範囲とされる。第2歯底部22bは、図3および図4に示すように、インナーロータ2の回転方向における後側の第1歯底部22aに連続する。

[0020] また、本実施形態において、歯先部21を形成するエピトロコイド曲線を描画するための第1の描画点の半径 r_{de} すなわち第1の値 R_{de} と、歯底部22を形成するハイポトロコイド曲線を描画するための第2の描画点の半径 r_{dh} すなわち第2の値 R_{dh} とは、同一の値 R_d に定められている。同様に、外転円 C_o の半径 r_e および内転円 C_i の半径 r_h も同一の値 R に定められている。従って、インナーロータ2では、 $R_{de} = R_{dh} = R_d$ 、 $r_e = r_h = R$ 、歯丈 $= R_{de} + r_e + R_{dh} + r_h = 2 \cdot e$ という関係が成立する。

[0021] 第1中間部23は、図3および図4に示すように、歯先部21と歯底部22の第1歯底部22aとの間に形成され、歯先部21側に位置する外側中間

部 2 3 o と、第 1 歯底部 2 2 a 側に位置する内側中間部 2 3 i とを含む。本実施形態において、外側中間部 2 3 o は、歯先部 2 1 のインナーロータ 2 の回転方向における前側の端部 2 1 f での接線が当該端部 2 1 f での上記エピトロコイド曲線の接線と共通になるように定められたインボリュート曲線により形成される。これにより、端部 2 1 f において歯先部 2 1 と外側中間部 2 3 o とを滑らかに連続させることができる。また、内側中間部 2 3 i は、第 1 歯底部 2 2 a のインナーロータ 2 の回転方向における後側の端部 2 2 r で当該第 1 歯底部 2 2 a に滑らかに連続すると共に外側中間部 2 3 o との境界部 2 3 x で当該外側中間部 2 3 o と滑らかに連続する滑らかな曲線（例えば円弧）により形成される。図示するように、内側中間部 2 3 i を形成する曲線は、外側中間部 2 3 o を形成するインボリュート曲線よりもできるだけ短くなるように選択されるとよい。

[0022] なお、第 1 中間部 2 3 は、上記エピトロコイド曲線およびハイポトロコイド曲線の基礎円 B C t と中心 O を共通にする基礎円を用いて得られるインボリュート曲線（特開 2 0 1 4 - 1 8 1 6 2 0 号公報参照）により形成されてもよい。この場合、第 1 中間部 2 3 を形成するインボリュート曲線の基礎円の直径を“ $R b i$ ”とし、歯先部 2 1 を形成するエピトロコイド曲線および歯底部 2 2 を形成するハイポトロコイド曲線の基礎円 B C t の直径を“ $R b t$ ”としたときに、直径 $R b t$ 、 $R b i$ は、 $R b i \leq R b t$ という関係を満たすように選択されるとよい。また、この場合、第 1 中間部 2 3 は、当該インボリュート曲線により形成される部分の内側（前側）および外側（後側）に滑らかな曲線（例えば円弧）により形成される中継面を含むとよい。

[0023] 第 2 中間部 2 4 は、図 3 および図 4 に示すように、歯先部 2 1 と歯底部 2 2 の第 2 歯底部 2 2 b との間に形成され、上記基礎円 B C t との交差部 2 4 x よりも歯先部 2 1 側に位置する外側中間部 2 4 o と、交差部 2 4 x よりも第 2 歯底部 2 2 b 側に位置する内側中間部 2 4 i とを含む。本実施形態において、外側中間部 2 4 o、すなわち交差部 2 4 x から歯先部 2 1 のインナーロータ 2 の回転方向における後側の端部（境界）2 1 r までの範囲は、図 4

に示すように、上記第1描画点の半径（図中点線参照）を変化させながら基礎円BCtに外接する外転円Coを滑りなく転動させて得られる第1の曲線により形成される。また、内側中間部24i、すなわち交差部24xから第2歯底部22bのインナーロータ2の回転方向における前側の端部（境界）22fまでの範囲は、図4に示すように、上記第2描画点の半径（図中二点鎖線参照）を変化させながら基礎円BCtに内接する内転円Ciを滑りなく転動させて得られる第2の曲線により形成される。なお、外転円Coや内転円Ciの第1または第2描画点の半径を変化させる手順については、特開2014-181619号公報を参照されたい。

[0024] ここで、第1および第2吐出ポート7, 8を有するギヤポンプ1では、第1および第2吐出ポート7, 8間での作動油の流通を規制して容積効率を向上させるために、当該ギヤポンプ1の軸方向からみて隔壁9と重なり合う外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値をできるだけ小さくする必要がある。これに対して、吸入ポート6に連通する歯間室5に関しては、当該吸入ポート6からの作動油の流入（吸入）に伴うキャビテーションの発生を抑制する観点から、外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値を大きくして互いに隣り合う歯間室5間の作動油の流通を許容し、それにより吸入ポート6から流入する作動油の流速を低下させる必要がある。そこで、本発明者らは、第1および第2吐出ポート7, 8間における外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値や、吸入ポート6側における外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値の適正化を図るべく鋭意研究を行った。その結果、本発明者らは、インナーロータ2が単位角度だけ回転する際の吸入ポート6に連通する歯間室5の容積Vの変化量（単位角度あたりの容積変化量、以下、「容積変化率 ΔV 」という）に着目するに至った。

[0025] すなわち、吸入ポート6に連通すると共に容積変化率 ΔV が最大となる歯間室5では、容積変化率 ΔV が最大となる際に内圧が大きく低下し、内圧の低下に起因して吸入ポート6から高い流速で作動油が流入することによりキャビテーションが発生しやすくなってしまう。そして、吸入ポート6に連通

すると共に容積変化率 ΔV が最大となる歯間室5を画成する外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値（以下、適宜「吸入側クリアランス」という）が小さいほど、当該歯間室5内の圧力の低下量（負圧）は、容積変化率 ΔV が最大になる際に大きくなる。

[0026] これを踏まえて、インナーロータ2の複数の外歯20は、理想中心状態で、容積変化率 ΔV 量が最大になる際に隔壁9と重なり合う外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値（以下、適宜「吐出側クリアランス」という）よりも上記吸入側クリアランスが大きくなるように、それぞれ歯形中心線Lcに関して非対称に形成される。“理想中心状態”は、インナーロータ2の回転中心cと当該インナーロータ2に固定された回転軸4の回転中心とが一致すると共に、アウターロータ3の回転中心cと当該アウターロータ3が収容されるギヤ収容室の中心とが一致する状態をいう。

[0027] 上記吸入側クリアランスを吐出側クリアランスよりも大きくするために、第1中間部23を形成する曲線の長さ、すなわち歯先部21の端部21fから第1歯底部22aの端部22rまでの長さは、第2中間部24を形成する曲線の長さ、すなわち歯先部21の端部21rから第2歯底部22bの端部22fまでの長さよりも長く定められる。更に、第1歯底部22aを形成するハイポトロコイド曲線の長さ、すなわち第1歯底部22aの端部22rから交差部22xまでの長さは、第2歯底部22bを形成するハイポトロコイド曲線の長さ、すなわち第2歯底部22bの端部22fから交差部22xまでの長さよりも短く定められる。このように、第1中間部23を形成する曲線の長さを第2中間部24を形成する曲線の長さよりも長くし、更に第1歯底部22aを形成するハイポトロコイド曲線の長さを第2歯底部22bを形成するハイポトロコイド曲線の長さよりも短くすることで、図3に示すように、歯先部21を形成するエピトロコイド曲線の回転方向後側の端部21rを第2歯底部22bにより近接させると共に、当該エピトロコイド曲線の回転方向前側の端部21fをインナーロータ2の径方向における外側に寄せることができる。

[0028] そして、歯先部 21 を形成するエピトロコイド曲線の回転方向後側の端部 21 r を第 2 歯底部 22 b により近接させることで、第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 に連通する歯間室 5 を画成する外歯 20 と内歯 30 とのクリアランスの最小値を全体に小さくすることができる。また、歯先部 21 を形成するエピトロコイド曲線の回転方向前側の端部 21 f をインナーロータ 2 の径方向における外側に寄せることで、吸入ポート 6 に連通する歯間室 5 を画成する外歯 20 と内歯 30 とのクリアランスの最小値を全体に大きくすることができる。この結果、第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 を仕切る隔壁 9 の位置すなわち第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 からの吐出流量の分配比を定める際の自由度を向上させつつ、隔壁 9 と重なり合う外歯 20 と内歯 30 とのクリアランスの最小値（吐出側クリアランス）をより小さくし、かつ容積変化量 ΔV が最大となる歯間室 5 におけるクリアランスの最小値（吸入側クリアランス）を十分に大きくして当該歯間室 5 でのキャビテーションの発生を良好に抑制することが可能となる。

[0029] また、ギヤポンプ 1 では、インナーロータ 2 およびアウターロータ 3 が理想中心状態から偏心した状態で回転している際、上死点に達した歯間室 5 のインナーロータ 2 の回転方向における後側に位置する何れか 1 つの外歯 20 が対応する内歯 30 と接触している間に、当該何れか 1 つの外歯 20 よりもインナーロータ 2 の回転方向における 1 つ後側に位置する外歯 20 が対応する内歯 30 と接触するように、インナーロータ 2 の複数の外歯 20 が形成される。すなわち、上死点を経て外歯 20 の歯先頂部 21 t と内歯 30 の歯先頂部とが一直線上で対向する位置（図 7 における吸入ポート 6 と第 1 吐出ポート 7 との間の位置参照）に最接近した何れか 1 つの外歯 20 が対応する内歯 30 と接触している間に、当該何れか 1 つの外歯 30 よりもインナーロータ 2 の回転方向における 1 つ後側に位置する外歯 20 が対応する内歯 30 と接触することになる。かかる条件を満たすように歯先部 21、第 1 および第 2 歯底部 22 a, 22 b、第 1 および第 2 中間部 23, 24 の諸元を定めることにより、ギヤポンプ 1 の作動中におけるインナーロータ 2 およびアウタ

ーロータ 3 の挙動を安定化させて振動やノイズを低減化することが可能となる。なお、“上死点”は、インナーロータ 2 等の回転に伴って増加する歯間室 5 の容積が最大となる位置（図 1 における吸入ポート 6 と第 1 吐出ポート 7 との間の位置）をいう。また、“理想中心状態から偏心した状態”とは、インナーロータ 2 の回転中心 c と回転軸 4 の回転中心とのズレ、およびアウターロータ 3 の回転中心 c とギヤ収容室の中心とのズレの少なくとも何れか一方が発生した状態をいう。

[0030] 図 5 に、ギヤポンプ 1 におけるインナーロータ 2 の回転中心 2 c 周りの回転角度 θ と、外歯 20 および内歯 30 のクリアランスの最小値との関係を例示し、図 6 に、インナーロータ 2 の回転中心 2 c 周りの回転角度 θ と、1 つの歯間室 5 の容積 V および容積変化率 ΔV との関係を例示する。

[0031] 図 5 および図 6 は、インナーロータ 2 の歯底円の直径を例えば 20 ~ 80 mm の範囲、アウターロータの歯底円の直径を例えば 25 ~ 110 mm の範囲、偏心量 e を例えば 1.05 ~ 5.00 mm の範囲、 $Rde = Rdh = Rd$ を例えば 0.55 ~ 3.00 mm の範囲、 $re = rh = R$ を例えば 0.5 ~ 2.0 mm の範囲内からそれぞれ選択したギヤポンプ 1 についての解析結果を示すものである。外歯 20 と内歯 30 とのクリアランスの最小値は、理想中心状態で、図 7 に示すように互いに最近接した外歯 20 と内歯 30 との歯面に対する法線方向において測定される間隔である。また、インナーロータ 2 の回転中心 2 c 周りの回転角度 θ は、ある外歯 20 の歯底部 22 の最底部（最深部）と回転中心 2 c とを結ぶ線部の回転中心 2 c 周りの回転角度であり、インナーロータ 2 の回転中心 2 c の図中真下に当該外歯 20 の歯底部 22 の最底部が位置する状態を 0° として図 7 中反時計周りに測定される。更に、図 5 における範囲 A は、上記外歯 20 の歯底部 22 の最底部が隔壁 9 と重なる範囲を示す。また、図 6 に示す容積 V は、回転角度 θ の測定対象である歯底部 22 を挟んで隣り合う 2 つの外歯 20 と、それらに対応した 2 つの内歯 30 とにより画成される歯間室 5 の容積である。更に、図 6 に示す容積変化率 ΔV は、回転角度 θ が例えば 5° だけ変化（増加）する際の容積

Vの変化量である。

[0032] 図5に示す解析結果より、ギヤポンプ1では、第1および第2吐出ポート7, 8に連通する歯間室5を画成する外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値を全体に小さくし、かつ吸入ポート6に連通する歯間室5を画成する外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値を全体に大きくし得ることが理解されよう。また、上述のような諸元のギヤポンプ1では、図6に示すように、インナーロータ2の回転角度 θ が 90° から 95° に変化する際に図7に示す歯間室5mの容積変化率 ΔV が最大となり、歯間室5mを画成する外歯20および30のクリアランス CL_i および CL_i' のうち小さい方、すなわち図7に示す外歯20iと内歯30iとのクリアランスの最小値 CL_i が上記吸入側クリアランスとなる。更に、歯間室5mの容積変化率 ΔV が最大になる際、隔壁9と重なり合う外歯20dと内歯30dとのクリアランスの最小値 CL_d が上記吐出側クリアランスとなる。そして、図5に示すように、外歯20iと内歯30iとのクリアランスの最小値 CL_i （吸入側クリアランス）は、隔壁9と重なり合う外歯20dと内歯30dとのクリアランスの最小値 CL_d （図5における範囲A内の値）の9～10倍程度の大きさとなる。かかる解析結果より、ギヤポンプ1では、隔壁9と重なり合う外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値（吐出側クリアランス）をより小さくし、かつ容積変化量 ΔV が最大となる歯間室5におけるクリアランスの最小値（吸入側クリアランス）を十分に大きくして当該歯間室5でのキャビテーションの発生を良好に抑制し得ることが理解されよう。

[0033] なお、図5に示すクリアランスの最小値は、理想中心状態での設計値（解析値）であり、製品としてのギヤポンプ1における外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値は、製造公差等により変動する。この点に関し、本発明者らの実験・解析によれば、製品における上記吸入側クリアランス（ CL_i ）が吐出側クリアランス（ CL_d ）の少なくとも3倍以上になっていれば、隔壁9と重なり合う外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値を実用上十分に小さくしつつ、容積変化率 ΔV が最大となる歯間室5におけるクリ

アランスの最小値を実用上十分な大きさにし得ることが確認されている。そして、ギヤポンプ 1 は、上死点に最接近した何れか 1 つの外歯 20 が対応する内歯 30 と接触している間に、当該何れか 1 つの外歯 20 の回転方向における 1 つ後側に位置する外歯 20 が対応する内歯 30 と接触するように構成されるが、かかる条件を満たすようにインナーロータ 2 の複数の外歯 20 を設計することで、上記吸入側クリアランス (CL_i) の上限が定まることになる。

[0034] また、ギヤポンプ 1 では、図 7 に示す歯間室 5 m の容積変化率 ΔV が最大になる際に 1 組の外歯 20 d および内歯 30 d が隔壁 9 と重なることから、当該外歯 20 d と内歯 30 d とのクリアランスの最小値 CL_d が上記吐出側クリアランスとされるが、必ずしもこれに限られるものではない。すなわち、ギヤポンプ 1 は、歯間室 5 m の容積変化率 ΔV が最大になる際に 2 組の外歯 20 および内歯 30 が隔壁 9 と重なり合うように構成されてもよく、この場合には、2 組の外歯 20 および内歯 30 のクリアランスの最小値のうち、小さい方が上記吐出側クリアランスとされればよい。つまり、吐出側クリアランスは、容積変化率 ΔV が最大となる際に第 1 および第 2 吐出ポート 7, 8 の間で隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室 5 を画成する外歯 20 と内歯 30 とのクリアランスの最小値とされてもよい。

[0035] 更に、インナーロータ 2 およびアウターロータ 3 が理想中心状態から偏心した状態で回転している際、上死点に最接近した何れか 1 つの外歯 20 が対応する内歯 30 と接触している間に、当該何れか 1 つの外歯 20 よりも回転方向における 1 つ後側に位置する外歯 20 を対応する内歯 30 に接触させるためには、理想回転状態での上死点における外歯 30 と内歯 20 とのチップクリアランス CL_x (図 7 参照) を、上死点上の外歯 30 よりも回転方向における 1 つ後側に位置する外歯 30 の駆動歯面とそれに対応した内歯 30 の被駆動歯面とのクリアランスの理想中心状態での最小値 CL_y (図 7 参照) 以上にするとよい。また、理想中心状態での上死点における外歯 30 と内歯 20 とのチップクリアランス CL_x は、 $200\ \mu m$ 以下にするとよい。これ

により、吐出側クリアランスが大きくなってしまふのを抑制し、第1吐出ポート7から第2吐出ポート8への作動油の漏出を規制して容積効率を向上させることが可能となる。なお、理想中心状態でのチップクリアランス CL_x の下限値は、製造公差を考慮して、 $5\mu m$ 以上とすればよい。

[0036] 上述のように、ギヤポンプ1では、吸入ポート6に連通する歯間室5の容積変化を考慮して、隔壁9と重なり合う外歯20と内歯30とのクリアランスの最小値を基に、容積変化率 ΔV が最大となる歯間室5におけるクリアランスの最小値が大きくなるようにインナーロータ2の各外歯20が非対称化される。これにより、第1および第2吐出ポート7, 8間での作動油の流通を規制して容積効率の向上を図りつつ、吸入ポート6に連通する歯間室5でのキャビテーションの発生を抑制することが可能となる。

[0037] また、ギヤポンプ1において、インナーロータ2の各外歯20の歯先部21は、トロコイド係数が値1よりも大きいエピトロコイド曲線のループ部以外の部分により形成され、歯底部22は、当該エピトロコイド曲線と基礎円 BC_t を共通にすると共にトロコイド係数が値1よりも大きいハイポトロコイド曲線のループ以外の部分により形成される。これにより、外転円 C_o や内転円 C_i の半径 r_e , r_h ($\propto$ 基礎円 BC_t の半径/歯数)を小さく保ったまま第1および第2の描画点の半径 r_{de} , r_{dh} すなわち第1および第2の値 R_{de} , R_{dh} を大きくすることで、1つの基礎円 BC_t を用いて歯先部21および歯底部22の形状を定めると共に当該基礎円 BC_t の外径すなわちインナーロータ2の外径を小さく保ったまま歯丈を容易に高くすることが可能となる。

[0038] 更に、ギヤポンプ1では、歯先部21のインナーロータ2の回転方向における前側に位置する第1中間部23がインボリュート曲線により形成される。これにより、インナーロータ2の外歯20とアウターロータ3の内歯30とをよりスムーズに噛み合わせると共にインナーロータ2とアウターロータ3との回転速度比を一定にすることが可能となる。ただし、第1中間部23は、例えば n 次関数(ただし、“ n ”は値1以上の整数である。)、円弧、

任意の多項式、三角関数、緩和曲線、更にはこれらの組み合わせといったインボリュート曲線以外の曲線により形成されてもよいことはいうまでもない。

[0039] また、ギヤポンプ 1 では、第 2 中間部 2 4 の基礎円 BC_t との交差部 2 4 x から歯先部 2 1 の端部 2 1 r までの範囲が外転円 C_o の描画点の半径を変化させながら基礎円 BC_t に外接する当該外転円 C_o を滑りなく転動させて得られる第 1 の曲線により形成される。更に、第 2 中間部 2 4 の基礎円 BC_t との交差部 2 4 x から第 2 歯底部 2 2 b の端部 2 2 f までの範囲は、内転円 C_i の描画点の半径を変化させながら基礎円 BC_t に内接する当該内転円 C_i を滑りなく転動させて得られる第 2 の曲線により形成される。これにより、歯先部 2 1 のインナーロータの回転方向における後側の端部 2 1 r を第 2 歯底部 2 2 b にできるだけ近接させつつ、歯先部 2 1 と第 2 歯底部 2 2 b とを滑らかに繋ぐ第 2 中間部 2 4 を構成することが可能となる。ただし、第 2 中間部 2 4 も、例えば n 次関数（ただし、“ n ” は値 1 以上の整数である。）、円弧、任意の多項式、三角関数、緩和曲線、更にはこれらの組み合わせといったインボリュート曲線以外の曲線により形成されてもよいことはいうまでもない。

[0040] 以上説明したように、本開示のギヤポンプは、複数の外歯を有するインナーロータと、前記インナーロータの前記外歯よりも多い複数の内歯を有すると共に該インナーロータに対して偏心するように配置されるアウターロータと、隣り合う 2 つの前記外歯と隣り合う 2 つの前記内歯とにより画成される複数の歯間室とを含むギヤポンプにおいて、前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が増加する前記歯間室に連通する 1 つの吸入ポートと、隔壁により仕切られて互いに独立しており、それぞれ前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が減少する前記歯間室に連通する第 1 および第 2 吐出ポートとを備え、前記吸入ポートに連通すると共に前記インナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値

を吸入側クリアランスとし、前記単位角度あたりの前記容積変化量が最大となる際に前記第1および第2吐出ポートの間で前記隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吐出側クリアランスとしたときに、前記吸入側クリアランスが前記吐出側クリアランスよりも大きいことを特徴とする。

[0041] このギヤポンプは、1つの吸入ポートと、隔壁により仕切られて互いに独立した第1および第2吐出ポートとを有するものである。このようなギヤポンプでは、第1および第2吐出ポートの間で隔壁と重なり合う外歯と内歯とのクリアランスの最小値をより小さくすることで、第1および第2吐出ポート間での流体の流通を規制して容積効率を向上させることができる。これに対して、吸入ポートに連通する歯間室に関しては、当該吸入ポートからの流体の流入（吸入）に伴うキャビテーションの発生を抑制する観点から、外歯と内歯とのクリアランスの最小値を大きくする必要がある。特に、吸入ポートに連通すると共にインナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室では、単位角度あたりの容積変化量が最大となる際に内圧が大きく低下し、内圧の低下に起因して吸入ポートから高い流速で流体が流入することによりキャビテーションが発生しやすくなってしまう。そして、吸入ポートに連通すると共にインナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値、すなわち吸入側クリアランスが小さいほど、当該歯間室内の圧力の低下量（負圧）は、単位角度あたりの容積変化量が最大になる際に大きくなる。これを踏まえて、このギヤポンプのインナーロータは、吸入側クリアランスが、単位角度あたりの容積変化量が最大となる際に隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値、すなわち吐出側クリアランスよりも大きくなるように形成される。このように、吸入ポートに連通する歯間室の容積変化を考慮して、隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値を基に、容積変化量が最大となる歯間室におけるクリアランスの最小値が大き

くなるようにインナーロータを形成することで、第1および第2吐出ポート間での流体の流通を規制して容積効率の向上を図りつつ、吸入ポートに連通する歯間室でのキャビテーションの発生を抑制することが可能となる。

[0042] また、前記複数の外歯は、それぞれ歯形中心線に関して非対称に形成されてもよい。これにより、吸入側クリアランスを吐出側クリアランスよりも容易に大きくすることが可能となる。なお、歯形中心線は、歯先部の頂部とインナーロータの回転中心とを結ぶ直線であってもよい。

[0043] 更に、前記吸入側クリアランスは、前記吐出側クリアランスの少なくとも3倍以上であってもよい。このように、吸入側クリアランスが吐出側クリアランスの3倍以上となるように複数の外歯をそれぞれ歯形中心線に関して非対称に形成すれば、隔壁と重なり合う外歯と内歯とのクリアランスの最小値を実用上十分に小さくしつつ、容積変化量が最大となる歯間室におけるクリアランスの最小値を実用上十分に大きくすることができる。これにより、容積効率をより向上させつつ、吸入ポートに連通する歯間室でのキャビテーションの発生を良好に抑制することが可能となる。

[0044] また、前記インナーロータおよび前記アウターロータが回転している際、前記外歯の歯先頂部と前記内歯の歯先頂部とが一直線上で対向する位置に最接近した何れか1つの前記外歯が対応する前記内歯と接触している間に、該何れか1つの前記外歯よりも前記インナーロータの回転方向における1つ後側に位置する前記外歯が対応する前記内歯と接触してもよい。これにより、ギヤポンプの作動中におけるインナーロータおよびアウターロータの挙動を安定化させて振動やノイズを低減化することが可能となる。

[0045] 更に、何れか1つの前記外歯およびそれに対応した前記内歯の歯先頂部が一直線上に位置する際の前記外歯と前記内歯とのチップクリアランスは、前記何れか1つの前記外歯よりも前記インナーロータの回転方向における1つ後側に位置する前記外歯の駆動歯面とそれに対応した前記内歯の被駆動歯面とのクリアランスの最小値以上であってもよい。これにより、インナーロータおよびアウターロータが回転する際、外歯の歯先頂部と内歯の歯先頂部と

が一直線上で対向する位置に最接近した何れか1つの外歯が対応する内歯と接触している間に、当該何れか1つの外歯よりも回転方向における1つ後側に位置する外歯を対応する内歯に接触させることが可能となる。

[0046] また、前記何れか1つの前記外歯と、それに対応した前記内歯との前記チップクリアランスは、 $200\mu\text{m}$ 以下であってもよい。これにより、吐出側クリアランスが大きくなってしまふのを抑制し、第1および第2吐出ポート間での流体の流通を規制して容積効率を向上させることが可能となる。

[0047] 更に、前記インナーロータの前記外歯のそれぞれは、描画点の半径よりも小さい半径を有する外転円を基礎円に外接させながら滑りなく転動させて得られるエピトロコイド曲線により形成された歯先部と、描画点の半径よりも小さい半径を有する内転円を前記エピトロコイド曲線と共通の前記基礎円に内接させながら滑りなく転動させて得られるハイポトロコイド曲線により形成されると共に、前記歯先部よりも前記インナーロータの回転方向における前側に位置する第1歯底部と、前記内転円を前記基礎円に内接させながら滑りなく転動させて得られるハイポトロコイド曲線により形成されると共に、前記回転方向における後側の前記第1歯底部に連続する第2歯底部と、任意の曲線により形成されると共に、前記歯先部と前記第1歯底部との間に位置する第1中間部と、任意の曲線により形成されると共に、前記歯先部と前記第2歯底部との間に位置する第2中間部とを含んでもよく、前記第1中間部を形成する曲線の長さは、前記第2中間部を形成する曲線の長さよりも長くてもよい。

[0048] このようにインナーロータの外歯を構成することにより、隔壁と重なり合う外歯と内歯とのクリアランスの最小値をより小さくしつつ、容積変化量が最大となる歯間室におけるクリアランスの最小値をより大きくすることが可能となる。すなわち、第1中間部を形成する曲線の長さを第2中間部を形成する曲線の長さよりも長くすることで、歯先部を形成するエピトロコイド曲線の回転方向後側の端部を第2歯底部により近接させると共に、当該エピトロコイド曲線の回転方向前側の端部をインナーロータの径方向における外側

に寄せることができる。そして、歯先部を形成するエピトロコイド曲線の回転方向後側の端部を第2歯底部により近接させることで、第1および第2吐出ポートに連通する歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値を全体に小さくすることができる。また、歯先部を形成するエピトロコイド曲線の回転方向前側の端部をインナーロータの径方向における外側に寄せることで、吸入ポートに連通する歯間室を画成する外歯と内歯とのクリアランスの最小値を全体に大きくすることができる。この結果、第1および第2吐出ポートを仕切る隔壁の位置すなわち第1および第2吐出ポートからの吐出流量の分配比を定める際の自由度を向上させつつ、隔壁と重なり合う外歯と内歯とのクリアランスの最小値をより小さくし、かつ容積変化量が最大となる歯間室におけるクリアランスの最小値を十分に大きくして当該歯間室でのキャビテーションの発生を良好に抑制することが可能となる。加えて、外転円や内転円の半径(∞ 基礎円の半径/歯数)を小さく保ったままエピトロコイド曲線やハイポトロコイド曲線の描画点半径を大きくすることで、1つの基礎円を用いて歯先部および歯底部の形状を定めると共に当該基礎円の外径すなわちインナーロータの外径を小さく保ったまま外歯の歯丈を容易に高くすることができる。

[0049] また、前記第1中間部は、少なくともインボリュート曲線により形成されてもよい。これにより、外歯と内歯とをよりスムーズに噛み合わせると共にインナーロータとアウターロータとの回転速度比を一定にすることが可能となる。

[0050] 更に、前記第2中間部の前記基礎円との交差部から前記歯先部との境界までの範囲は、前記外転円の前記描画点の半径を変化させながら前記基礎円に外接する該外転円を滑りなく転動させて得られる第1の曲線により形成されてもよく、前記第2中間部の前記基礎円との交差部から前記第2歯底部との境界までの範囲は、前記内転円の前記描画点の半径を変化させながら前記基礎円に内接する該内転円を滑りなく転動させて得られる第2の曲線により形成されてもよい。これにより、歯先部のインナーロータの回転方向における

後側の端部を第2歯底部にできるだけ近接させつつ、歯先部と第2歯底部とを滑らかに繋ぐ第2中間部を構成することが可能となる。

[0051] また、前記複数の内歯により画成される前記アウターロータの歯形は、前記インナーロータの回転中心に対する前記アウターロータの回転中心の偏心量を“ e ”とし、前記インナーロータの回転中心、前記アウターロータの回転中心、前記外歯の歯先部の頂部および前記内歯の歯先部の頂部が一直線上に位置する際の該外歯の歯先部と該内歯の歯先部とのクリアランスを“ t ”としたときに、前記インナーロータの回転中心を前記アウターロータの回転中心を中心とする直径 $2 \cdot e + t$ の円周上で所定角度ずつ公転させると共に、前記インナーロータの回転中心が所定角度だけ公転する際にインナーロータを前記所定角度および前記インナーロータの歯数に応じた回転角度だけ自転させることにより得られる複数の歯形線に対して描かれる包絡線に基づいて定められてもよい。これにより、上述のようなインナーロータと適正に噛合可能なアウターロータを容易に得ることが可能となる。

[0052] 本開示のギヤポンプの製造方法は、複数の外歯を有するインナーロータと、前記インナーロータの前記外歯よりも多い複数の内歯を有すると共に該インナーロータに対して偏心するように配置されるアウターロータと、隣り合う2つの前記外歯と隣り合う2つの前記内歯とにより画成される複数の歯間室と、前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が増加する前記歯間室に連通する1つの吸入ポートと、隔壁により仕切られて互いに独立しており、それぞれ前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が減少する前記歯間室に連通する第1および第2吐出ポートとを備えたギヤポンプの製造方法であって、前記吸入ポートに連通すると共に前記インナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吸入側クリアランスとし、前記単位角度あたりの前記容積変化量が最大となる際に前記第1および第2吐出ポートの間で前記隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を

吐出側クリアランスとしたときに、前記吸入側クリアランスが前記吐出側クリアランスよりも大きくなるように、前記インナーロータを形成するステップを含むものである。

[0053] この方法により製造されたギヤポンプでは、第1および第2吐出ポート間での流体の流通を規制して容積効率の向上を図りつつ、吸入ポートに連通する歯間室でのキャビテーションの発生を抑制することが可能となる。

[0054] そして、本開示の発明は上記実施形態に何ら限定されるものではなく、本開示の外延の範囲内において様々な変更をなし得ることはいうまでもない。更に、上記発明を実施するための形態は、あくまで発明の概要の欄に記載された発明の具体的な一形態に過ぎず、発明の概要の欄に記載された発明の要素を限定するものではない。

産業上の利用可能性

[0055] 本開示の発明は、ギヤポンプの製造産業において利用可能である。

請求の範囲

【請求項1】 複数の外歯を有するインナーロータと、前記インナーロータの前記外歯よりも多い複数の内歯を有すると共に該インナーロータに対して偏心するように配置されるアウターロータと、隣り合う2つの前記外歯と隣り合う2つの前記内歯とにより画成される複数の歯間室とを含むギヤポンプにおいて、

前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が増加する前記歯間室に連通する1つの吸入ポートと、

隔壁により仕切られて互いに独立しており、それぞれ前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が減少する前記歯間室に連通する第1および第2吐出ポートとを備え、

前記吸入ポートに連通すると共に前記インナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吸入側クリアランスとし、前記単位角度あたりの前記容積変化量が最大となる際に前記第1および第2吐出ポートの間で前記隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吐出側クリアランスとしたときに、前記吸入側クリアランスが前記吐出側クリアランスよりも大きいギヤポンプ。

【請求項2】 請求項1に記載のギヤポンプにおいて、前記複数の外歯は、それぞれ歯形中心線に関して非対称に形成されるギヤポンプ。

【請求項3】 請求項1または2に記載のギヤポンプにおいて、
前記吸入側クリアランスは、前記吐出側クリアランスの少なくとも3倍以上であるギヤポンプ。

【請求項4】 請求項1から3の何れか一項に記載のギヤポンプにおいて、
前記インナーロータおよび前記アウターロータが回転している際、前記外歯の歯先頂部と前記内歯の歯先頂部とが一直線上で対向する位置に最接近した何れか1つの前記外歯が対応する前記内歯と接触して

いる間に、該何れか1つの前記外歯よりも前記インナーロータの回転方向における1つ後側に位置する前記外歯が対応する前記内歯と接触するギヤポンプ。

[請求項5] 請求項1から4の何れか一項に記載のギヤポンプにおいて、
 何れか1つの前記外歯およびそれに対応した前記内歯の歯先頂部が一直線上に位置する際の前記外歯と前記内歯とのチップクリアランスは、前記何れか1つの前記外歯よりも前記インナーロータの回転方向における1つ後側に位置する前記外歯の駆動歯面とそれに対応した前記内歯の被駆動歯面とのクリアランスの最小値以上であるギヤポンプ。

[請求項6] 請求項5に記載のギヤポンプにおいて、
 前記何れか1つの前記外歯と、それに対応した前記内歯との前記チップクリアランスは、 $200\mu\text{m}$ 以下であるギヤポンプ。

[請求項7] 請求項1から6の何れか一項に記載のギヤポンプにおいて、
 前記インナーロータの前記外歯のそれぞれは、
 描画点の半径よりも小さい半径を有する外転円を基礎円に外接させながら滑りなく転動させて得られるエピトロコイド曲線により形成された歯先部と、

 描画点の半径よりも小さい半径を有する内転円を前記エピトロコイド曲線と共通の前記基礎円に内接させながら滑りなく転動させて得られるハイポトロコイド曲線により形成されると共に、前記歯先部よりも前記インナーロータの回転方向における前側に位置する第1歯底部と、

 前記内転円を前記基礎円に内接させながら滑りなく転動させて得られるハイポトロコイド曲線により形成されると共に、前記回転方向における後側の前記第1歯底部に連続する第2歯底部と、

 任意の曲線により形成されると共に、前記歯先部と前記第1歯底部との間に位置する第1中間部と、

任意の曲線により形成されると共に、前記歯先部と前記第2歯底部との間に位置する第2中間部とを含み、

前記第1中間部を形成する曲線の長さは、前記第2中間部を形成する曲線の長さよりも長いギヤポンプ。

[請求項8] 請求項7に記載のギヤポンプにおいて、前記第1中間部は、少なくともインボリュート曲線により形成されるギヤポンプ。

[請求項9] 請求項7または8に記載のギヤポンプにおいて、

前記第2中間部の前記基礎円との交差部から前記歯先部との境界までの範囲は、前記外転円の前記描画点の半径を変化させながら前記基礎円に外接する該外転円を滑りなく転動させて得られる第1の曲線により形成されると共に、前記第2中間部の前記基礎円との交差部から前記第2歯底部との境界までの範囲は、前記内転円の前記描画点の半径を変化させながら前記基礎円に内接する該内転円を滑りなく転動させて得られる第2の曲線により形成されるギヤポンプ。

[請求項10] 請求項1から9の何れか一項に記載のギヤポンプにおいて、

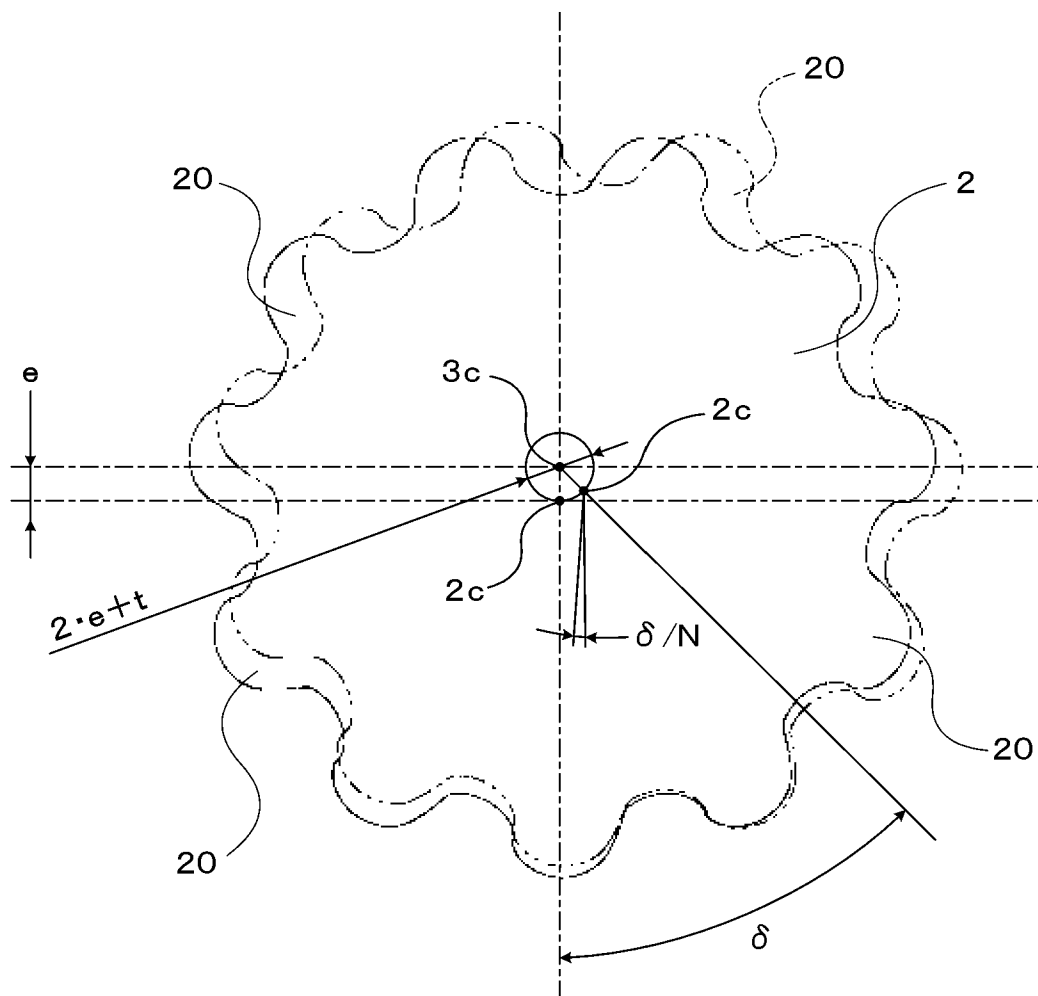
前記複数の内歯により画成される前記アウターロータの歯形は、前記インナーロータの回転中心に対する前記アウターロータの回転中心の偏心量を“ e ”とし、前記インナーロータの回転中心、前記アウターロータの回転中心、前記外歯の歯先部の頂部および前記内歯の歯先部の頂部が一直線上に位置する際の該外歯の歯先部と該内歯の歯先部とのクリアランスを“ t ”としたときに、前記インナーロータの回転中心を前記アウターロータの回転中心を中心とする直径 $2 \cdot e + t$ の円周上で所定角度ずつ公転させると共に、前記インナーロータの回転中心が所定角度だけ公転する際にインナーロータを前記所定角度および前記インナーロータの歯数に応じた回転角度だけ自転させることにより得られる複数の歯形線に対して描かれる包絡線に基づいて定められるギヤポンプ。

[請求項11] 複数の外歯を有するインナーロータと、前記インナーロータの前記

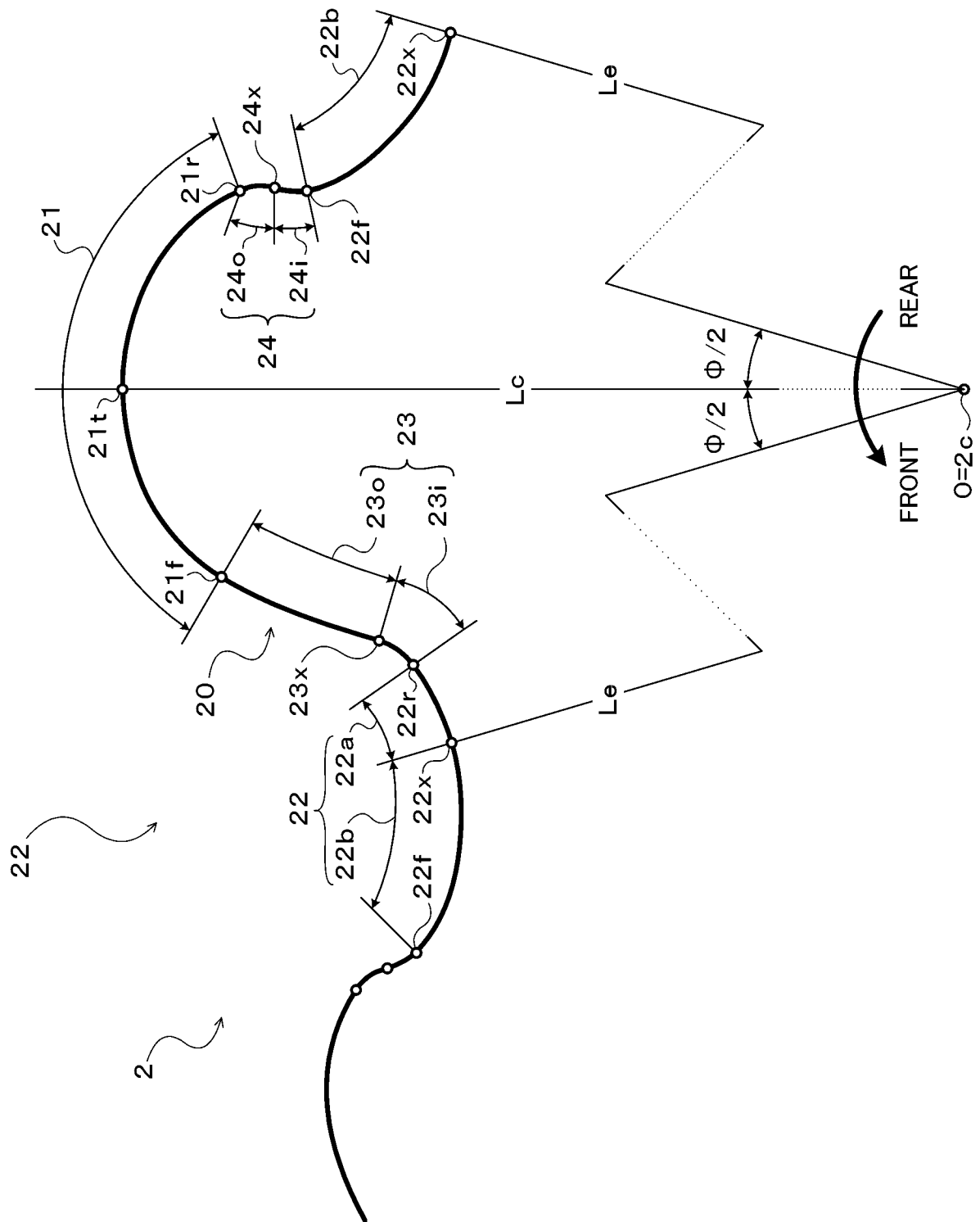
外歯よりも多い複数の内歯を有すると共に該インナーロータに対して偏心するように配置されるアウターロータと、隣り合う2つの前記外歯と隣り合う2つの前記内歯とにより画成される複数の歯間室と、前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が増加する前記歯間室に連通する1つの吸入ポートと、隔壁により仕切られて互いに独立しており、それぞれ前記インナーロータおよび前記アウターロータの回転に伴って容積が減少する前記歯間室に連通する第1および第2吐出ポートとを備えたギヤポンプの製造方法であって、

前記吸入ポートに連通すると共に前記インナーロータが単位角度だけ回転する際の容積変化量が最大となる歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吸入側クリアランスとし、前記単位角度あたりの前記容積変化量が最大となる際に前記第1および第2吐出ポートの間で前記隔壁と少なくとも部分的に重なり合う歯間室を画成する前記外歯と前記内歯とのクリアランスの最小値を吐出側クリアランスとしたときに、前記吸入側クリアランスが前記吐出側クリアランスよりも大きくなるように、前記インナーロータを形成するステップを含むギヤポンプの製造方法。

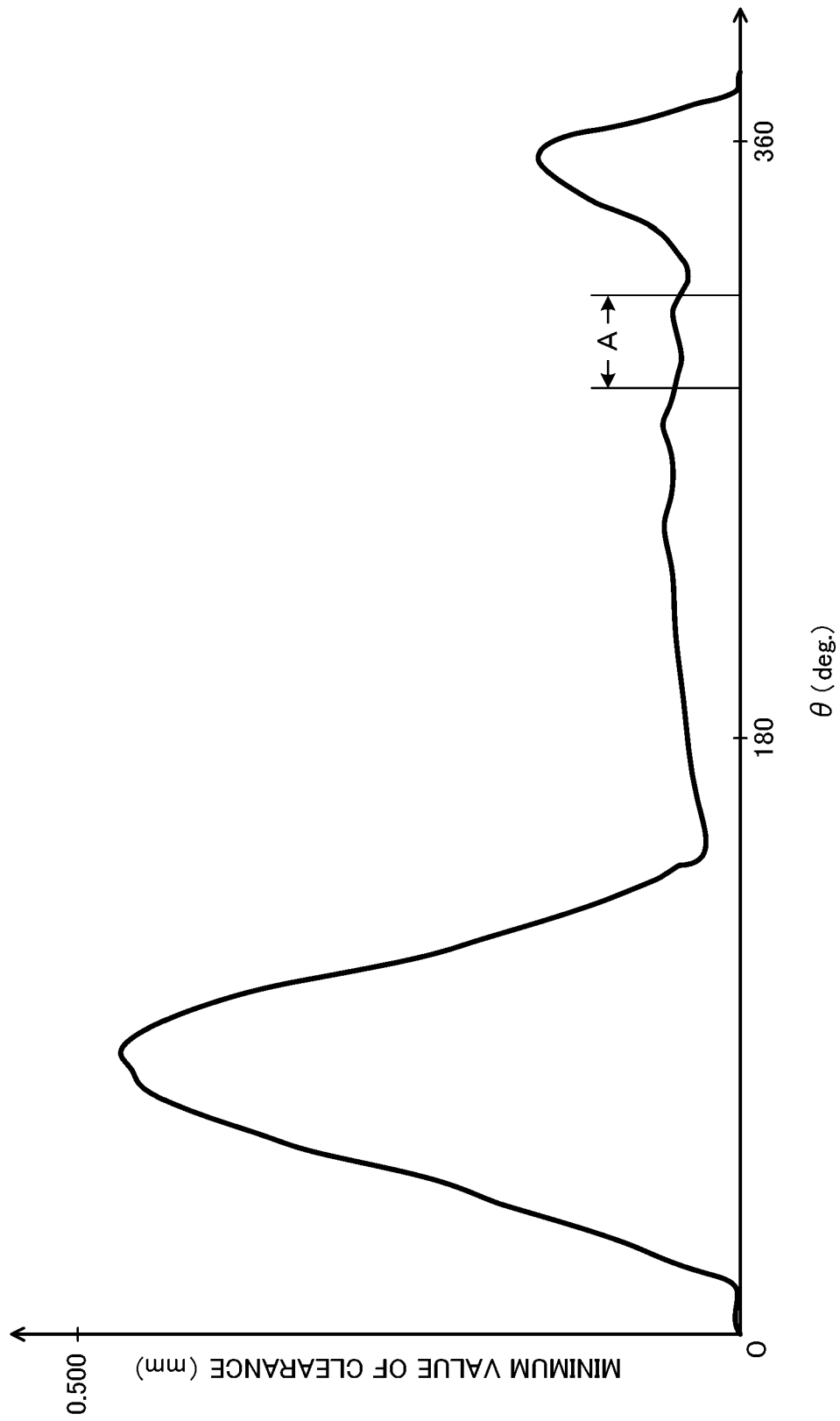
[図2]



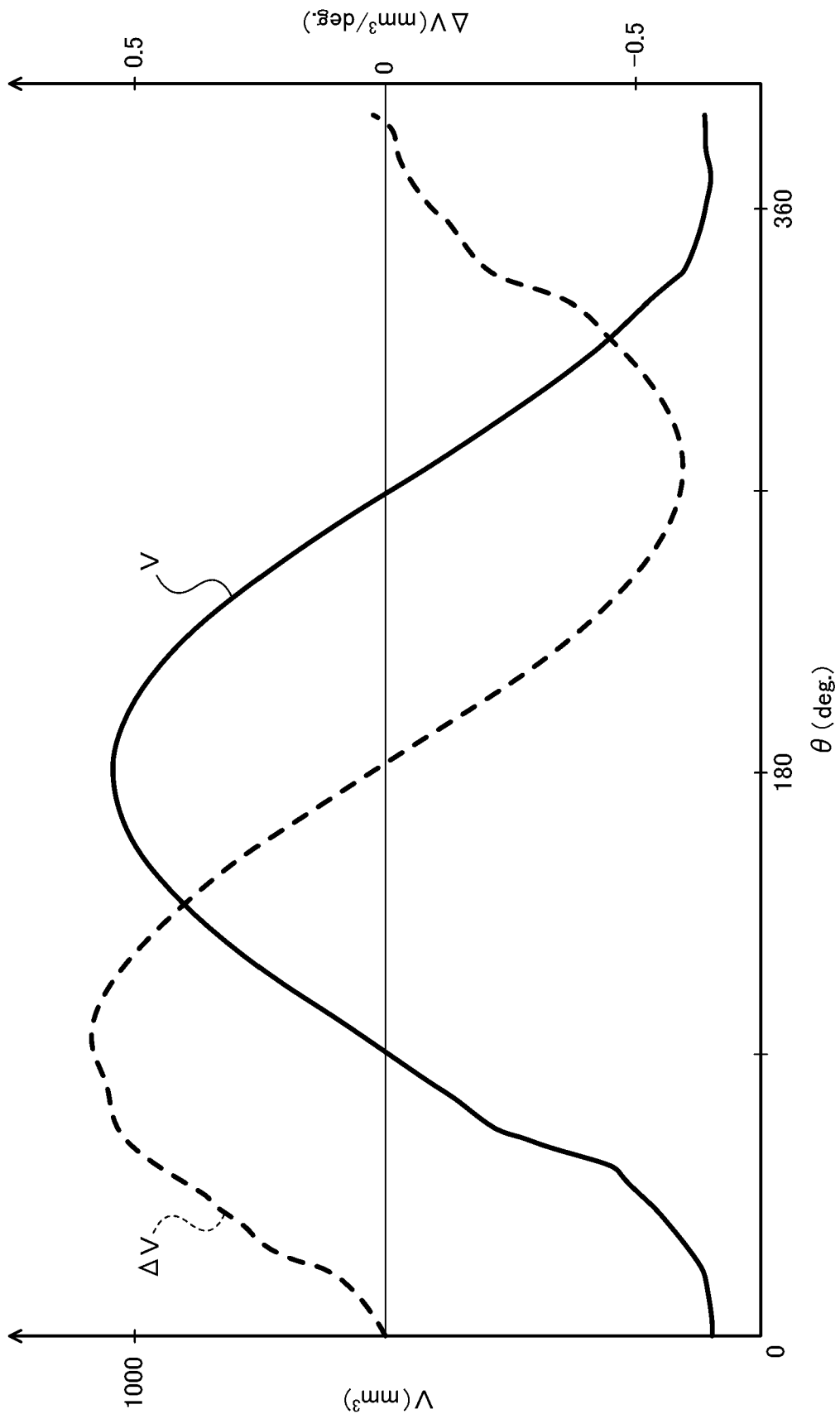
[図3]



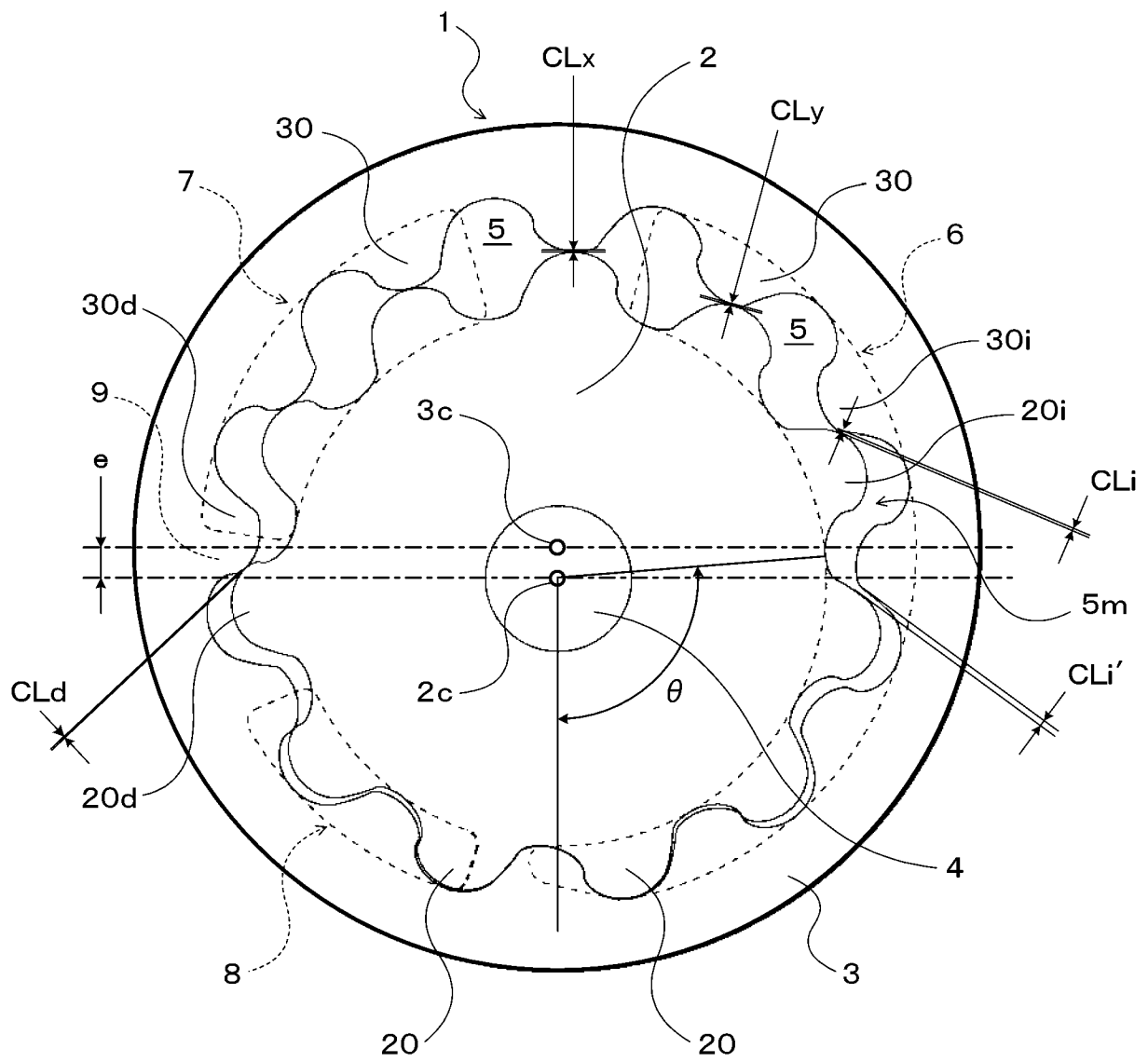
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/086533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04C2/10(2006.01)i

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)

F04C2/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5469875 B2 (Toyooki Kogyo Co., Ltd.), 16 April 2014 (16.04.2014), paragraph [0016]; fig. 2 & JP 2010-185297 A	1-11
A	JP 2008-128041 A (Sumitomo Electric Sintered Alloy, Ltd.), 05 June 2008 (05.06.2008), paragraph [0025]; fig. 1 (Family: none)	1-11
P, A	JP 2015-94252 A (Toyooki Kogyo Co., Ltd.), 18 May 2015 (18.05.2015), paragraphs [0015], [0016]; fig. 1 (Family: none)	1-11

☐ 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 application or patent 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
24 March 2016 (24.03.16)

Date of mailing of the international search report
05 April 2016 (05.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04C2/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04C2/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 5469875 B2 (豊興工業株式会社) 2014.04.16, 段落 [0016], 図2 & JP 2010-185297 A	1-11
A	JP 2008-128041 A (住友電工焼結合金株式会社) 2008.06.05, 段落 [0025], 図1 (ファミリーなし)	1-11
P, A	JP 2015-94252 A (豊興工業株式会社) 2015.05.18, 段落 [0015] [0016], 図1 (ファミリーなし)	1-11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.03.2016

国際調査報告の発送日

05.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田谷 宗隆

30

3518

電話番号 03-3581-1101 内線 3358