

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5318709号  
(P5318709)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月19日(2013.7.19)

(51) Int.Cl. F 1  
**B 2 9 B 7/48 (2006.01)** B 2 9 B 7/48  
**B 2 9 C 47/60 (2006.01)** B 2 9 C 47/60

請求項の数 4 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-195962 (P2009-195962)	(73) 特許権者	390006323 ポリプラスチックス株式会社 東京都港区港南二丁目18番1号
(22) 出願日	平成21年8月26日(2009.8.26)	(74) 代理人	100106002 弁理士 正林 真之
(65) 公開番号	特開2011-46079 (P2011-46079A)	(74) 代理人	100120891 弁理士 林 一好
(43) 公開日	平成23年3月10日(2011.3.10)	(72) 発明者	平郡 元一 静岡県富士市宮島973番地 ポリプラスチックス株式会社内
審査請求日	平成23年11月8日(2011.11.8)	(72) 発明者	平田 邦紘 静岡県富士市宮島973番地 ポリプラスチックス株式会社内
		審査官	奥野 剛規

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スクリューエレメントピース及びスクリュー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに回転して噛み合うn条のスクリュー（nは1以上の整数）を備えた二軸以上のスクリュー式押出機用のスクリューエレメントピースであって、

軸方向断面視において、n条のスクリューの少なくとも一つのフライト部の頂部は所定の曲率半径を有する円弧であり、

前記所定の曲率半径がスクリューを配設するためのシリンダにおける前記フライト部の頂部と対向する内壁の曲率半径より小さくなり、前記フライト部の頂部とシリンダの前記内壁との間に間隙が生じるように設計され、

軸方向断面視において、前記フライト部は前記円弧の両端に連結された該円弧の曲率半径より大きな曲率半径を有する第一の円弧と第二の円弧とを備え、

前記円弧は、前記第一の円弧と前記第二の円弧に内接する真円の円弧であり、

軸方向断面視において、前記内接する円の中心はシリンダの中心から前記フライト部が延びる方向に所定距離ずれた位置にあり、

前記互いに回転して噛み合うスクリュー間の距離をC1、

シリンダの半径をRd、

角度を $\cos^{-1}(C1/2Rd)$ 、

角度を $/n-2$ （nは1以上の整数である）、

前記シリンダの中心と前記内接する円の中心とを結ぶ直線を前記シリンダの中心を中心に $(2(n-1) + (2n-1)/2 \cdot )$ 回転させた直線Aと前記シリンダの外周と

10

20

の交点を点 p、前記シリンダの中心と前記内接する円の中心とを結ぶ直線を前記シリンダの中心を中心に  $-(2(n-1) + (2n-1)/2 \cdot )$  回転させた直線を直線 B と前記シリンダの外周との交点を点 q としたとき、

前記第一の円弧は、前記点 p を中心とする半径 C 1 の円弧であり、

前記第二の円弧は、前記点 q を中心とする半径 C 1 の円弧であるスクリュウエレメントピース。

【請求項 2】

互いに回転して噛み合う n 条のスクリュウ ( n は 1 以上の整数 ) を備えた二軸以上のスクリュウ式押出機用のスクリュウエレメントピースであって、

軸方向断面視において、n 条のスクリュウの少なくとも一つのフライト部の頂部は所定の曲率半径を有する円弧であり、

前記所定の曲率半径がスクリュウを配設するためのシリンダにおける前記フライト部の頂部と対向する内壁の曲率半径より小さくなり、前記フライト部の頂部とシリンダの前記内壁との間に隙が生じるように設計され、

軸方向の断面形状が、回転方向又は逆回転方向に連続的に擦れ、

前記シリンダの半径 R d と、リード長 L とが下記関係式 ( 1 ) を満たすスクリュウエレメントピース。

$$4 R d \quad L \quad 2 0 R d \cdot \cdot \cdot ( 1 )$$

【請求項 3】

複数のニーディングディスクを、前記スクリュウの軸方向に配設してなる請求項 1 又は 2 に記載のスクリュウエレメントピース。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載のエレメントピースを備えるスクリュウ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スクリュウエレメントピース及びスクリュウに関する。

【背景技術】

【0002】

同方向完全噛み合い型二軸押出機は、二本のシャフトにスクリュウエレメントを装着し、八の字の穴が貫通したバレルのシリンダにスクリュウを通し、同方向に回転させる押出機である。この同方向完全噛み合い型二軸押出機は、その機械特性から搬送能力、溶融・混練能力、分離 ( 脱水 ) 能力に優れる。この同方向完全噛み合い型二軸押出機は、連続的に材料の処理も可能であるため、樹脂製品の製造プロセスの有力な合理化手段として多用されている。

【0003】

上記同方向完全噛み合い型二軸押出機は、樹脂用混練・造粒機として工業化された。スクリュウエレメントピースの軸方向直角断面形状は、完全噛み合い性を維持する場合、バレル内径と隣り合うシャフトの芯間距離により幾何的に形状が決定され、スクリュウ軸上のどの位置の断面形状も同一である ( 非特許文献 1 ) 。

【0004】

スクリュウエレメントピースは、上記の通り、軸直角方向に同一の断面形状であり、フライトの数を意味する条数と軸方向直角断面形状がシャフトを中心として回転する擦れ角の度合いによってスクリュウエレメントピースに固有の機能が生じる。シャフトを中心として連続的に回転する擦れ角を持ち、搬送能力のあるスクリュウエレメントピース又はその集合体をフライトスクリュウ、あるいはロータと称する。また、擦れ角がなく板状のディスクで構成されるスクリュウエレメントピース又はその集合体をニーディングスクリュウと称している。上記同方向完全噛み合い型二軸押出機のスクリュウは、フライトスクリュウ、ロータ、ニーディングディスクで構成されている。

【0005】

10

20

30

40

50

上記同方向完全噛み合い型二軸押出機においては、溶融、混練の際に樹脂にかかるせん断力による樹脂の温度上昇により、樹脂の温度がその樹脂の分解温度を超える場合があり問題となっている。樹脂の温度が樹脂の分解温度以上に上昇すると、解重合又は樹脂の主鎖切断が起こり、樹脂製品の品質は劣化する。このため、近年、部分的に完全噛み合い性の機能を無くすことで、特徴的な機能を有するスクリーが開発されている。例えば、過大なせん断応力が発生せず、反応に必要な時間を大きくする目的で、ひとつのフライトとバレルのシリンダとのクリアランスを大きくしたスクリーが考案されている（特許文献1）。特許文献1に記載のスクリーによれば、同方向噛み合い型二軸押出機において、溶融、混練の際の樹脂の温度上昇を抑えることができる。その結果、特許文献1に記載の技術によれば、溶融、混練の際の樹脂の分解等を防ぐことができ、樹脂製品の品質低下を抑えることができる。

10

## 【0006】

ところで、上記同方向完全噛み合い型二軸押出機内、又は同方向噛み合い型二軸押出機内での反応による樹脂の機能改善を行おうとする場合、押出機内で反応を促進する必要がある。反応を促進するためには、所定の時間で混練混合を行うことが必要であるが、混練混合の際に、せん断応力が発生し、結果として温度が上昇する。このため、上記同方向完全噛み合い型二軸押出機には、溶融、混練の際の樹脂の温度上昇を抑え、樹脂の分解による樹脂製品の品質の低下を抑えるとともに、押出機内での樹脂の反応を促進できる技術が求められている。

## 【先行技術文献】

20

## 【特許文献】

## 【0007】

【特許文献1】国際公開第00/47393号パンフレット

## 【非特許文献】

## 【0008】

【非特許文献1】Geometry of Fully Wiped Twin-screw Equipment; Poly. Eng. Sci., 973, 12(18), 1978

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

30

## 【0009】

本発明は以上の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、噛み合い型の多軸押出機を用いる樹脂製品の製造において、溶融、混練の際の樹脂の温度上昇を抑えることにより、樹脂の分解による樹脂製品の品質の低下を抑えるとともに、押出機内での樹脂の反応を促進できる技術を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究を重ねた。その結果、互いに回転して噛み合うn条のスクリーを備えた二軸以上のスクリー式押出機用のスクリーエレメントピースであって、軸方向断面視において、n条のスクリーの少なくとも一つのフライト部の頂部は所定の曲率半径を有する円弧であり、上記所定の曲率半径がスクリーを配設するためのシリンダにおける上記フライト部の頂部と対向する内壁の曲率半径より小さくなり、上記フライト部の頂部とシリンダの上記内壁との間に間隙が生じるように設計されたスクリーエレメントピースを用いることで上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成するに至った。より具体的には、本発明は以下のものを提供する。

40

## 【0011】

(1) 互いに回転して噛み合うn条のスクリーを備えた二軸以上のスクリー式押出機用のスクリーエレメントピースであって、軸方向断面視において、n条のスクリー(nは1以上の整数)の少なくとも一つのフライト部の頂部は所定の曲率半径を有する円弧であり、前記所定の曲率半径がスクリーを配設するためのシリンダにおける前記フ

50

ライト部の頂部と対向する内壁の曲率半径より小さくなり、前記フライト部の頂部とシリンダの前記内壁との間に間隙が生じるように設計されたスクリューエレメントピース。

【0012】

(2) 軸方向断面視において、前記フライト部は前記円弧の両端に連結された該円弧の曲率半径より大きな曲率半径を有する第一の円弧と第二の円弧とを備え、前記円弧は、前記第一の円弧と前記第二の円弧に内接する真円の円弧である(1)に記載のスクリューエレメントピース。

【0013】

(3) 軸方向断面視において、前記内接する円の中心はシリンダの中心から前記フライト部が延びる方向に所定距離ずれた位置にあり、前記互いに回転して噛み合うスクリュー間の距離を  $C1$ 、シリンダの半径を  $Rd$ 、角度を  $\cos^{-1}(C1/2Rd)$ 、角度を  $\theta/n-2$  ( $n$  は 1 以上の整数)、前記シリンダの中心と前記内接する円の中心とを結ぶ直線を前記シリンダの中心を中心に  $(2(n-1)\theta + (2n-1)/2 \cdot \theta)$  回転させた直線 A と前記シリンダの外周との交点を点 p、前記シリンダの中心と前記内接する円の中心とを結ぶ直線を前記シリンダの中心を中心に  $-(2(n-1)\theta + (2n-1)/2 \cdot \theta)$  回転させた直線を直線 B と前記シリンダの外周との交点を点 q としたとき、前記第一の円弧は、前記点 p を中心とする半径  $C1$  の円弧であり、前記第二の円弧は、前記点 q を中心とする半径  $C1$  の円弧である(2)に記載のスクリューエレメントピース。

10

【0014】

(4) 軸方向の断面形状が、回転方向又は逆回転方向に連続的に擦れ、前記シリンダの半径  $Rd$  と、リード長  $L$  とが下記関係式(1)を満たす(1)から(3)のいずれかに記載のスクリューエレメントピース。

20

【数1】

$$4Rd \leq L \leq 20Rd \cdots (1)$$

【0015】

(5) 複数のネーディングディスクを、前記スクリューの軸方向に配設してなる(1)から(3)のいずれかに記載のスクリューエレメントピース。

【0016】

(6) (1)から(5)のいずれかに記載のエレメントピースを備えるスクリュー。

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、少なくとも一つのフライト部の頂部の所定の曲率半径が、スクリューを配設するためのシリンダの半径より小さくなり、上記フライト部の頂部とシリンダの内壁との間に間隙が生じるように設計されている。その結果、上記間隙においては、先端に向かうほど、間隙が狭まるため、伸張圧縮効果がより高くなる。また、上記間隙の狭まり方が連続であるので、スムーズに溶融樹脂が上記間隙を通過する。また、本発明は、流路体積がより大きいため流速は遅くなり、滞留時間も長くなる。高い伸張圧縮効果、間隙における溶融樹脂のスムーズな移送、そして、流速が遅くなり、滞留時間が長くなるという効果により、同方向完全噛み合い型の多軸押出機を用いる樹脂製品の製造において、溶融、混練の際の樹脂の分解による樹脂製品の品質の低下を抑えるとともに、押出機内での樹脂の反応を促進できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】シリンダに装着された条数が  $2(n=2)$  の場合の本発明の第一実施形態のスクリューエレメントピースの軸方向の断面を示す図である。

【図2】条数が  $2(n=2)$  の場合の従来技術のスクリューエレメントピースを示す図である。

【図3】条数が  $2(n=2)$  の場合の図1とは別の第二実施形態のスクリューエレメントピースを示す図である。

50

【図4】第三実施形態において条数が2（即ち $n = 2$ ）のスクリュウエレメントピースを示す図である。

【図5】図4に示すスクリュウエレメントピースにおいて、第一フライト部の先端の真円の円弧の中心の位置 $b$ 、半径 $r$ について説明するための図である。

【図6(a)】第三実施形態の条数が3（ $n = 3$ ）の場合のスクリュウエレメントピースをシリンダに配設した状態のスクリュウ軸方向断面図である。

【図6(b)】図6(a)のスクリュウエレメントピース1、1をさらに説明するための図である。

【図6(c)】第一フライト部11と第三フライト部13がシリンダ外周との間にクリアランスを持つ条数が3（ $n = 3$ ）のスクリュウエレメントピースを示す図である。

10

【図7】図6に示すスクリュウエレメントピースにおいて、第一フライト部の先端の真円の円弧の中心の位置 $b$ 、半径 $r$ について説明するための図である。

【図8】第三実施形態において条数が1（即ち $n = 1$ ）のスクリュウエレメントピースを示す図である。

【図9】複数のネーディングディスクを、スクリュウの軸方向に配設してなるスクリュウエレメントピースを示す図である。

【図10】一枚のディスク内でスクリュウが回転する方向又は回転する方向と逆方向に連続的に扱れるネーディングディスクを用いた場合のスクリュウエレメントピースを示す図である。

【図11】全く扱れないネーディングディスクであるスクリュウエレメントピースを示す図である。

20

【図12】実施例の解析モデル及び比較例1、2の解析モデルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、本発明は以下に記載される発明に限定されない。

【0020】

<スクリュウエレメントピース>

本発明のスクリュウピースは、互いに回転して噛み合う $n$ 条のスクリュウを備えた二軸以上のスクリュウ式押出機用のスクリュウエレメントピースであって、スクリュウの軸方向断面視において、 $n$ 条のスクリュウの少なくとも一つのフライト部の頂部は所定の曲率半径を有する円弧であり、上記所定の曲率半径はスクリュウを配設するためのシリンダにおける上記フライト部の頂部と対向する内壁の曲率半径より小さくなり、上記フライト部の頂部とシリンダの上記内壁との間に隙が生じるように設計されたスクリュウエレメントピースである。以下、本発明のスクリュウエレメントピースについて、図面を参照しながら具体例を用いてさらに詳細に説明する。具体的には、噛み合い型二軸押出機に用いるスクリュウエレメントピースを例に説明する。

30

【0021】

図1は、シリンダに装着された本発明の第一実施形態のスクリュウエレメントピースの軸方向の断面を示す図である。図1(a)は、軸方向の断面の全体図であり、図1(b)はフライト部の周辺を拡大した図である。

40

【0022】

図1に示すように、本発明のスクリュウエレメントピース1、1は対になって、パレル2のシリンダ21、21に配設される。具体的には、一对のスクリュウエレメントピース1、1が、隣り合い回転自在にシリンダ21、21に配設される。このように、一对のスクリュウエレメントピース1、1は同じ形状であるため、以下の説明においては一方のスクリュウエレメントピースを例に説明する。

【0023】

図1に示すスクリュウエレメントピース1は、二条のスクリュウであり、第一フライト部11、第二フライト部12を備える。

50

第一フライト部 1 1 は、頂部が曲率半径  $R a$  の円弧である。また、シリンダ 2 1 の中心から第一フライト部 1 1 の頂部までの長さは  $Y 1$  である。

第二フライト部 1 2 は、頂部がシリンダ 2 1 の内壁とほぼ接するフライト部である。シリンダ 2 1 の中心から第二フライト部 1 2 の頂部までの長さは  $Y 2$  である。

そして、上記長さ  $Y 2$  は、シリンダ 2 1 の中心から第一フライト部 1 1 の頂部までの長さ  $Y 1$  よりも長い。

【 0 0 2 4 】

バレル 2 は、スクリュウエレメントピース 1、1 を配設するためのシリンダ 2 1、2 1 を備える。

シリンダ 2 1、2 1 は、図 1 ( a ) に示すように、スクリュウの軸方向の断面が、一対の円を両円の間で互いに円周の一部が重なりあうような形状である。また、シリンダ 2 1、2 1 は、図 1 ( a ) に示すように、中心間距離が  $C 1$  であり、シリンダ 2 1、2 1 の半径 ( 軸方向断面視においてシリンダ 2 1 の中心からそのシリンダ 2 1 の内壁までの距離 ) はともに  $R d$  である。シリンダ 2 1、2 1 は、一対のスクリュウエレメントピース 1、1 が噛み合いながら回転自在に配設できるものであれば特に限定されない。

【 0 0 2 5 】

シリンダ 2 1、2 1 の半径  $R d$  は、シリンダ 2 1 の中心から第一フライト部 1 1 の頂部までの長さ  $Y 1$  よりも長い。その結果、第一フライト部 1 1 の先端とシリンダ 2 1 との間には間隙が存在する。間隙は、図 1 ( b ) に示すように第一フライト部 1 1 の頂部へ向かうほど狭まる ( 例えば、図 1 ( b ) 中の  $Y a > Y b > Y c$  ) 。このように、間隙は、第一フライト部 1 1 の頂部へ向かうほど狭まるが、連続的に狭まるようにすることが本発明の特徴の一つである。

上記の通り、第二フライト部 1 2 の頂部はシリンダ 2 1 の内壁とほぼ接する。従って、シリンダ 2 1 の半径  $R d$  とシリンダ 2 1 の中心から第二フライト部 1 2 の頂部までの長さ  $Y 2$  は、ほぼ同じ長さになるが、第二フライト部 1 2 とシリンダ 2 1 の内壁との接触を防ぐために  $0.1 \text{ mm}$  から  $0.9 \text{ mm}$  だけ  $Y 2$  の方が短くなる。

【 0 0 2 6 】

本実施形態によれば、以下の作用、効果が奏される。

第一フライト部 1 1 の頂部の曲率半径  $R a$  は、シリンダ 2 1 の半径  $R d$  より小さい。従って、図 1 ( b ) に示すように、第一フライト部 1 1 の頂部とシリンダ 2 1 の内壁との間に形成される間隙は、第一フライト部 1 1 の頂部に向かうほど連続的に狭まる。その結果、伸張圧縮効果が高まる。そして、連続的に間隙の幅が狭まるためスムーズに溶融樹脂が移送される。

さらに、本発明では、上記長さ  $Y 1$  が上記長さ  $Y 2$  よりも短くなっている分だけ、溶融樹脂の流路体積が大きくなる。その結果、溶融樹脂の流速は早くなり、滞留時間も長くなる。

上記のような間隙が形成されるスクリュウエレメントピース 1 であれば、溶融樹脂の流速は、上記の通り遅くなるものの溶融樹脂内での分子の移動距離は大きくなる。その結果、押出機内での反応を伴う溶融、混練の場合には、反応を促進することができる。

上記のような間隙が形成されるスクリュウエレメントピース 1 であれば、押出機内に溶融樹脂を十分に分配することができる。この高い分配性能のため、押出機内での反応を伴う溶融、混練の場合には、反応を促進することができる。

上記のような間隙を形成することにより、溶融、混練の際の発熱で樹脂温度が上昇し過ぎることを抑えることができるとともに、押出機内で反応を伴う溶融、混練の場合には反応を促進することができる。

一般的に、2 軸押出機内で、反応を促進させる場合、ニーディングディスクで混練混合を行うが、リードの小さいフライトスクリュウを使用することもある。フライトスクリュウは、ニーディングディスクと比較し、混合効率は低下するが、リードを小さくすることで、滞留時間が増加し、発熱が小さくなる利点がある。本発明は、ニーディングディスク、ロータ、及びフライトスクリュウに適應できる。

10

20

30

40

50

## 【0027】

これに対して、図2(a)に示すような、同方向完全噛み合い型のスクリュエメントピース(従来技術)の場合には、フライト部とシリンダとの間に隙間がほとんど無いため樹脂に対して強いせん断力がかかり、樹脂の温度が上昇しやすい。その結果、樹脂の温度が樹脂の分解温度を超えやすく、樹脂製品の品質の低下につながる。

また、図2(b)に示すような、特許文献1に記載のスクリュエメントピースの場合には、スクリュエの軸方向断面視において、一方のフライト部とシリンダとの間に隙間を備えるため、熔融、混練の際の樹脂の温度上昇を抑えることができる。しかし、特許文献1に記載のスクリュエメントピースには、本発明のスクリュエメントピースのような、押出機内で反応を伴う熔融、混練の場合に、押出機内での反応を促進する効果は本発明よりも劣る。図2(b)に示すスクリュエメントピースは、軸心(シリンダの中心)から所定の曲率半径でリカットされており、カットされたフライト部とシリンダの内壁との隙間は一定だからである。

10

## 【0028】

次いで、第二実施形態のスクリュエメントピース1について説明する。

図3には、図1とは別の第二実施形態のスクリュエメントピースを示す。図3(a)は、第二実施形態のスクリュエメントピースをシリンダに配設した状態のスクリュエ軸方向断面図であり、図3(b)は、図3(a)のスクリュエメントピースのフライト部周辺を拡大した図である。以下において、第一実施形態に対応する構成については、適宜その説明を省略する。

20

## 【0029】

図3(a)に示すように、本実施形態のスクリュエメントピース1、1は、第一実施形態の場合と同様に、対になってバレル2のシリンダ21、21に配設される。

## 【0030】

図3に示す第二実施形態のスクリュエメントピース1は、二条のスクリュエであり、第一実施形態の場合と同様に、第一フライト部11、第二フライト部12を備える。

第一実施形態と異なる点は、第一フライト部11である。第二実施形態の第一フライト部11は、図3(b)に示すように、真円の円弧111、第一円弧112、第二円弧113を備える。

第二フライト部12は、第一実施形態のものと同様である。

30

シリンダ21は、第一実施形態と同様であり、一对のスクリュエメントピース1、1が噛み合いながら回転自在に配設できるものであれば特に限定されない。

## 【0031】

円弧111は、第一フライト部11の頂部に位置する真円の円弧である。円弧111の曲率半径 $R_a$ (真円の半径 $R_a$ )は、第一円弧112、第二円弧113の曲率半径よりも小さい。また、上記半径 $R_a$ はシリンダ21の半径 $R_d$ よりも小さい。

第一円弧112、第二円弧113は、第一円弧112と第二円弧113とで円弧111を挟むように位置する。そして、第一円弧112、第二円弧113は、円弧111が第一円弧112、第二円弧113に内接するように円弧111を挟む。第一円弧112の曲率半径と第二円弧113の曲率半径とは等しい。そして、第一円弧112、第二円弧113の曲率半径は、円弧111の曲率半径よりも大きい。

40

## 【0032】

第二実施形態によれば、第一フライト部11の頂部の円弧111が真円であり、第一フライト部11の頂部の円弧111の曲率半径 $R_a$ を、シリンダ21の半径 $R_d$ より小さくして、第一フライト部11の頂部とシリンダ21との間に形成される隙間を、第一フライト部11の頂部に向かうほど連続的に狭まるようにする。このように第一フライト部11を設計することで、押出機内での反応を伴う熔融、混練の場合には、反応をさらに促進することができる。

## 【0033】

次いで、第三実施形態のスクリュエメントピース1について説明する。以下におい

50

て、第一実施形態、第二実施形態に対応する構成については、適宜その説明を省略する。

【0034】

第三実施形態のスクリーエレメントピースは、第二実施形態と同様に、少なくとも一つのフライト部が真円の円弧111、第一円弧112、第二円弧113を有する。そして、真円の円弧111は第一円弧112と第二円弧113とに挟まれ、第一円弧112、第二円弧113に内接する。

第三実施形態のスクリーエレメントピースの特徴は、軸方向断面視において、上記円弧111の真円の中心はシリンダ21の中心oから第一フライト部11が延びる方向に所定距離ずれた位置にあり、互いに回転して噛み合うスクリーエレメントピース1、1間の距離をC1、シリンダ21の半径をRd、角度を $\cos^{-1}(C1/2Rd)$ 、角度を $/n-2$  (nは1以上の整数である)、シリンダ21の中心oと円弧111の真円の中心とを結ぶ直線をシリンダ21の中心oを中心に $(2(n-1) + (2n-1)/2 \cdot )$ 回転させた直線Aと前記シリンダの外周との交点を点p、前記シリンダの中心と前記内接する円の中心とを結ぶ直線を前記シリンダの中心を中心に $-(2(n-1) + (2n-1)/2 \cdot )$ 回転させた直線を直線Bとし、直線Bとシリンダ21の外周との交点を点qとしたとき、上記第一円弧112は、点pを中心とする半径C1の円弧であり、第二円弧113は、点qを中心とする半径C1の円弧であることにある。

10

【0035】

即ち、第三実施形態のスクリーエレメントピース1、1は、シリンダ21の半径Rd、一对のスクリーエレメントピース1、1の中心間距離C1、スクリーエレメントピース1、1の条数を定めることで円弧111の形状、第一円弧112の形状、第二円弧113の形状が決まる点が構成上の特徴である。また、このような構成にすることにより、後述する通り、本発明の効果はさらに高まる。

20

【0036】

n = 2の場合について説明する。

図4には、第三実施形態において条数が2 (即ちn = 2) のスクリーエレメントピース1、1を示す。図4(a)は、第三実施形態のスクリーエレメントピース1、1をシリンダ21、21に配設した状態のスクリー軸方向断面図であり、図4(b)は、図4(a)のスクリーエレメントピース1、1をさらに説明するための図である。

30

【0037】

上記の通り、スクリーエレメントピース1、1の中心間距離C1、シリンダ21、21の半径Rdを決めると $\theta$ が決まる。また、n = 2の場合、 $\theta$ と $\phi$ の間には $2\theta = 4\phi + 8\phi$ の関係がある。シリンダ21は、それぞれ、図4(b)に示すように軸方向の断面形状は円である。この円は、図4(b)に示すように、中心角が $\theta$ の扇型と中心角が $2\phi$ の扇型が交互に並ぶように放射状にシリンダ21の中心oから分割することができる。

【0038】

n = 2の場合、フライト部の数は2である。第一フライト部11が延びる方向に第一フライト部11を二分割する直線が、中心角が $\theta$ の扇型を中心角が $\theta/2$ の二つの扇型に分割する直線Cと重なるように第一フライト部11を設ける。直線Cと後述する円弧111との交点をfとする。また、第一フライト部11と同じ方向に延びる中心角 $\theta$ の扇型を形成する直線と円弧111との交点をn、eとする。

40

次いで、第二フライト部12の位置について説明する。第二フライト部12が延びる方向に第二フライト部12を二分割する直線が、直線Cをシリンダ21の中心oを中心に $(2\theta + 4\phi)$ 回転した直線Dと重なるように第二フライト部12を設ける。また、第二フライト部12と同じ方向に延びる中心角 $\theta$ の扇型を形成する直線とシリンダ21の外周との交点をi、hとする。

【0039】

第一フライト部11、第二フライト部12のいずれか一方の頂部の円弧が、第一円弧と第二円弧とに挟まれる真円の円弧であり、頂部の円弧が第一円弧と第二円弧とに内接する真円の円弧であればよい。ここでは、第一フライト部11の頂部に上記円弧を設ける場合

50

について説明する。

【 0 0 4 0 】

第一フライト部 1 1 は、円弧 1 1 1 と第一円弧 1 1 2 と第二円弧 1 1 3 とを備える。

円弧 1 1 1 は真円の円弧であり、第一フライト部 1 1 の頂部に位置する。その真円の中心  $b$  は、第一フライト部 1 1 が延びる方向に所定距離ずれた位置にある。即ち、その中心  $b$  は直線  $C$  上に存在する。そして、真円の半径  $r$  は、中心  $b$  から第一円弧 1 1 2 又は第二円弧 1 1 3 に垂線を引いたときのその垂線の長さである。第一円弧 1 1 2 に対して中心  $b$  から引いた垂線と第一円弧 1 1 2 との交点を  $c 1$ 、第二円弧 1 1 3 に対して中心  $b$  から引いた垂線と第二円弧 1 1 3 との交点を  $c 2$  とする。  $c 1$  から  $c 2$  までの円弧が円弧 1 1 1 である。また、点  $b$  から点  $c 1$  までの距離又は点  $b$  から点  $c 2$  までの距離が真円の半径  $r$  である。第一フライト部 1 1 の頂部に位置する円弧 1 1 1 とシリンダ 2 1 との間には間隙が存在する。

10

次いで、第一円弧 1 1 2 について説明する。直線  $C$  をシリンダ 2 1 の中心  $o$  を中心に  $(2 + 3 / 2)$  回転させた直線を直線  $A$  とし、直線  $A$  とシリンダ 2 1 の外周との交点を点  $p$  とする。第一円弧 1 1 2 は、図 4 ( b ) に示すように、点  $p$  を中心とする半径  $C 1$  の円弧である。

次いで、第二円弧 1 1 3 について説明する。直線  $C$  をシリンダ 2 1 の中心  $o$  を中心に  $-(2 + 3 / 2)$  回転させた直線を直線  $B$  とし、直線  $B$  とシリンダ 2 1 の外周との交点を点  $q$  とする。第二円弧は、図 4 ( b ) に示すように、点  $q$  を中心とする半径  $C 1$  の円弧である。

20

【 0 0 4 1 】

第一フライト部 1 1 と第二フライト部 1 2 との間にある中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とスクリーエレメントピース 1 の外周との交点をそれぞれ、  $l$ 、  $m$ 、  $j$ 、  $d$  とする。これらの中心角  $\theta$  の扇型の円弧は、半径  $R s$  の真円の円弧である。なお、この半径  $R s$  を谷径と呼ぶ。

したがって第一円弧 1 1 2 は  $d$  から  $c 1$  までの円弧であり、第二円弧 1 1 3 は  $m$  から  $c 2$  までの円弧である。

即ち、第一円弧 1 1 2 は点  $u$  をシリンダ 2 1 の中心  $o$  を中心に  $(2 + 2)$  回転させた点  $p$  を中心とした半径  $C 1$  の真円の円弧である。また、第二円弧 1 1 3 は、点  $t$  をシリンダ 2 1 の中心  $o$  を中心に  $-(2 + 2)$  回転させた点  $q$  を中心とした半径  $C 1$  の真円の円弧である。

30

【 0 0 4 2 】

次いで、第二フライト部 1 2 について説明する。第二フライト部 1 2 も第一フライト部 1 1 と同様に三つの円弧を備える。具体的には、  $i$ 、  $h$  間の円弧 1 2 1 と  $i$ 、  $j$  間の円弧 1 2 2 と  $h$ 、  $l$  間の円弧 1 2 3 とを備える。また、第一フライト部 1 1 と第二フライト部 1 2 との間にある中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とシリンダ 2 1 の外周との交点は  $p$ 、  $q$ 、  $s$ 、  $g$  である。

$i$ 、  $h$  間の円弧 1 2 1 は、中心角が  $\theta$  であり、半径が  $R d$  より  $0.1 \text{ mm}$  から  $0.9 \text{ mm}$  程度小さい真円の円弧である。  $i$ 、  $j$  間の円弧 1 2 2 は、  $g$  を中心とする半径  $C 1$  の真円の円弧である。  $h$ 、  $l$  間の円弧 1 2 3 は、  $s$  を中心とする半径  $C 1$  の真円の円弧である。

40

$i$ 、  $j$  間の円弧 1 2 2 は、点  $g$  (点  $i$  をシリンダ 2 1 の中心  $o$  を中心に  $-(2 + 2)$  回転させた点) を中心とする半径  $C 1$  の真円の円弧である。また、  $h$ 、  $l$  間の円弧 1 2 3 は、点  $s$  (点  $h$  をシリンダ 2 1 の中心  $o$  を中心に  $(2 + 2)$  回転させた点) を中心とする半径  $C 1$  の円弧である。

このように円弧を挟む両端の円弧については、第一フライト部 1 1、第二フライト部 1 2 とともに、フライト部と同じ方向に延びる中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とシリンダ 2 1 の外周との交点を所定の角度、点  $o$  を中心に回転移動させた点を中心とする半径  $C 1$  の円弧である。

【 0 0 4 3 】

50

上記の通り、円弧 1 1 1 は真円の円弧であり、この真円は、第一円弧 1 1 2 と第二円弧 1 1 3 に内接する。真円の半径 r はシリンダ 2 1 の半径 R d よりも小さい。したがって、第一フライト部 1 1 の頂部とシリンダ 2 1 との間に形成される間隙は、第一フライト部 1 1 の頂部に向かうほど連続的に狭まる。その結果、第一実施形態、第二実施形態のスクリュウエレメントピースの場合と同様に、溶融、混練の際の発熱で樹脂温度が上昇し過ぎることを抑えることができるとともに、押出機内で反応を伴う溶融、混練の場合には反応を促進することができる。本実施形態のような第一フライト部 1 1 にすることで、上記の効果はさらに高まる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態の特徴は、真円の円弧 1 1 1 にある。そこで、その真円の中心の位置、半径

10

【 0 0 4 5 】

上記真円の中心の位置 b、半径 r について図 5 を参照しながら説明する。

o p b を とする ( 0 < < )

上記の通り、第一円弧 1 1 2 は半径 C 1 の真円の円弧である。そして、点 b と点 c 1 との間の距離は r である。したがって、点 p と点 b との間の距離は、C 1 - r である。

また、 p o b は、図 5 に示すように、

$$p o b = p o g + g o e + e o b = \quad + 2 \quad + \quad / 2 = 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad \cdot \cdot \cdot ( I )$$

である。

20

また、

$$o b p = \quad - \quad o p b - \quad p o b = \quad - \quad - ( 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad ) \cdot \cdot \cdot ( I I )$$

である。

また、

$$( \text{点 b と点 p との間の距離 ( 図では b p と示す) } ) / \sin ( \quad p o b ) = ( \text{点 o と点 p との間の距離 ( 図では o p と示す) } ) / \sin ( \quad o b p ) \cdot \cdot \cdot ( I I I )$$

である。

ここで、式 ( I I I ) に式 ( I ) 及び式 ( I I ) を代入すると、

$$( C 1 - r ) / \sin ( 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad ) = R d / \sin ( \quad - ( \quad + 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad ) ) \text{ となり、さらに変形すると、}$$

30

$$( C 1 - r ) / \sin ( 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad ) = R d / \sin ( \quad + 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad )$$

以上より、円弧の半径  $r = C 1 - R d ( \sin ( 2 \quad + 3 / 2 \cdot \quad ) ) / \sin ( \quad + 2 \quad + 3 / 2 \cdot \quad )$  となる。

【 0 0 4 6 】

次いで、シリンダ 2 1 の中心 o から点 b までの距離の導出を行う。

$$( \text{中心 o から点 b までの距離 ( 図中では o b と示す) } ) / \sin ( \quad o p b ) = ( \text{中心 o と点 p との間の距離 ( 図中では o p と示す) } ) / \sin ( \quad o b p ) \cdot \cdot \cdot ( I V )$$

式 ( I V ) に式 ( I I ) を代入すると、

$$( \text{中心 o から点 b までの距離} ) / \sin ( \quad ) = R d / \sin ( \quad - ( \quad + 3 / 2 \cdot \quad + 2 \quad ) ) \text{ となり、}$$

40

$$( \text{中心 o から点 b までの距離} ) = R d ( \sin \quad / \sin ( \quad + 2 \quad + 3 / 2 \quad ) ) \text{ となる。}$$

【 0 0 4 7 】

次いで、n = 3 の場合について、図 6 を参照しながら説明する。

図 6 ( a ) は、第三実施形態の n = 3 の場合のスクリュウエレメントピースをシリンダに配設した状態のスクリュウ軸方向断面図であり、図 6 ( b ) は、図 6 ( a ) のスクリュウエレメントピース 1、1 をさらに説明するための図である。

n = 3 の場合、と との間には  $2 \quad = 6 \quad + 1 2 \quad$  の関係がある。したがって、図 6 ( a ) に示すように、n = 2 の場合と同様に中心角が の扇型と中心角が 2 の扇型が交互に並ぶように放射状にシリンダ 2 1 の中心 o から分割することができる。

50

## 【 0 0 4 8 】

$n = 3$  の場合、フライト部の数は 3 である。したがって、スクリューエレメントピース 1 は、図 6 ( a )、( b ) に示すように、第一フライト部 1 1 と第二フライト部 1 2 と第三フライト部 1 3 とを備える。

図 6 ( b ) に示すように、第一フライト部 1 1 が延びる方向に第一フライト部 1 1 を二分割する直線が、中心角  $\theta$  の扇型を中心角  $\theta / 2$  の二つの扇型に分割する直線 C と重なるように第一フライト部 1 1 を設ける。直線 C と後述する円弧 1 1 1 との交点を f とする。また、第一フライト部 1 1 と同じ方向に延びる中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線と円弧 1 1 1 との交点を n、e とする。

次いで、第二フライト部 1 2 の位置について図 6 ( b ) を参照しながら説明する。第二フライト部 1 2 が延びる方向に第二フライト部 1 2 を二分割する直線が、直線 C をシリンダ 2 1 の中心 o を中心に  $( 2 + 4 )$  回転した直線 D と重なるように第二フライト部 1 2 を設ける。また、第二フライト部 1 2 と同じ方向に延びる中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とスクリューエレメントピース 1 の外周との交点を g、p とする。

次いで、第三フライト部 1 3 の位置について説明する。第三フライト部 1 3 が延びる方向に第三フライト部 1 3 を二分割する直線が、直線 D をシリンダ 2 1 の中心 o を中心に  $( 2 + 4 )$  回転した直線 E と重なるように第三フライト部 1 3 を設ける。また、第三フライト部 1 3 と同じ方向に延びる中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とスクリューエレメントピース 1 の外周との交点を q、s とする。

即ち、以上の通り、第二フライト部 1 2 は直線 C をシリンダ 2 1 の中心 o を中心に  $( 2 + 4 )$  回転した直線 D と重なるように設け、第三フライト部 1 3 は直線 C をシリンダ 2 1 の中心 o を中心に  $\{ 2 \times ( 2 + 4 ) \}$  回転した直線 E と重なるように設ける。

## 【 0 0 4 9 】

第一フライト部 1 1、第二フライト部 1 2、第三フライト部 1 3 の少なくとも一つのフライト部の頂部の円弧が、第一円弧と第二円弧とに挟まれる真円の円弧であり、上記頂部の円弧が第一円弧と第二円弧とに内接する真円の円弧であればよい。ここでは、第一フライト部 1 1 の頂部に上記円弧を設ける場合について説明する。

## 【 0 0 5 0 】

第一フライト部 1 1 は、円弧 1 1 1 と第一円弧 1 1 2 と第二円弧 1 1 3 とを備える。

円弧 1 1 1 は真円の円弧であり、第一フライト部 1 1 の頂部に位置する。その真円の中心 b は、第一フライト部 1 1 が延びる方向に所定距離ずれた位置 ( 点 b ) にある。即ち、その中心は直線 C 上に存在する。そして、真円の半径 r は、中心 b から第一円弧 1 1 2 又は第二円弧 1 1 3 に垂線を引いたときの垂線と同じ長さである。第一円弧 1 1 2 に対して中心 b から引いた垂線と第一円弧 1 1 2 との交点を c 1、第二円弧 1 1 3 に対して中心 b から引いた垂線と第二円弧 1 1 3 との交点を c 2 とする。したがって、点 b から点 c 1 までの距離又は点 b から点 c 2 までの距離が半径 r であり、c 1 から c 2 までの円弧が円弧 1 1 1 である。また、第一フライト部 1 1 の頂部に位置する円弧 1 1 1 とシリンダ 2 1 との間には間隙が存在する。間隙の最も狭い部分は第一フライト部 1 1 の頂部の点 f からシリンダ 2 1 までの最短距離である。

次いで、第一円弧 1 1 2 について説明する。直線 C をシリンダ 2 1 の中心 o を中心に  $( 4 + 5 / 2 \cdot )$  回転させた直線とシリンダ 2 1 の外周との交点を点 p とする。第一円弧 1 1 2 は、図 6 ( b ) に示すように、点 p を中心とする半径 C 1 の円弧である。

次いで、第二円弧 1 1 3 について説明する。直線 C をシリンダ 2 1 の中心 o を中心に  $( 4 + 5 / 2 \cdot )$  回転させた直線とシリンダ 2 1 の外周との交点を点 q とする。第二円弧は、図 6 ( b ) に示すように、点 q を中心とする半径 C 1 の円弧である。

以上の通り、 $n = 3$  の場合の第一フライト部 1 1 は、 $n = 2$  の場合の第一フライト部と同様に考えることができる。

## 【 0 0 5 1 】

第一フライト部 1 1 と第二フライト部 1 2 との間にある中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とスクリューエレメントピース 1 の外周との交点をそれぞれ、l、m とする。この中心角

の扇型の円弧は、半径  $R_s$  の真円の円弧であり、この半径を谷径と呼ぶ。第二フライト部 1 2 と第三フライト部 1 3 との間、第三フライト部 1 3 と第一フライト部 1 1 との間も同様に考えることができる。なお、第二フライト部 1 2 と第三フライト部 1 3 との間、にある中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とスクリュウエレメントピース 1 の外周との交点を  $d$ 、 $j$  とする。

したがって、第一円弧 1 1 2、第二円弧 1 1 3 についても  $n = 2$  の場合と同様に半径  $R_s$  の真円の円弧の一端から円弧 1 1 1 の一端までの円弧である。

以上の通りフライト部とフライト部との間に形成される円弧についても  $n = 2$  の場合と同様に考えることができる。

【 0 0 5 2 】

10

次いで、第二フライト部 1 2、第三フライト部 1 3 について説明する。第二フライト部 1 2 と第三フライト部 1 3 とは、同じ形状であるため、第二フライト部 1 2 についてのみ説明する。第二フライト部 1 2 も第一フライト部 1 1 と同様に三つの円弧を備える。具体的には、 $g$ 、 $p$ 間の円弧 1 2 1 と  $g$ 、 $m$ 間の円弧 1 2 2 と  $p$ 、 $d$ 間の円弧 1 2 3 とを備える。

$g$ 、 $p$ 間の円弧 1 2 1 は、中心角  $\theta$  の半径がおよそ  $R_d$  ( $R_d$ より  $0.1\text{ mm}$ から  $0.9\text{ mm}$ 短い。)の円の円弧である。 $g$ 、 $m$ 間の円弧 1 2 2 は、 $s$ を中心とする半径  $C_1$ の真円の円弧である。 $p$ 、 $d$ 間の円弧 1 2 3 は、 $t'$ を中心とする半径  $C_1$ の真円の円弧である。なお、 $t'$ は  $o$ と  $t'$ を結ぶ直線とシリンダ 2 1 の外周との交点である。

以上の通り、第二フライト部 1 2 についても  $n = 2$  の場合と同様に設けることができる。また、図 7 に示すように、第二フライト部 1 2 も第三フライト部 1 3 も、頂部は中心角  $\theta$ 、半径がおよそ  $R_d$ の円弧である。そして、頂部の円弧を挟む円弧については、フライト部と同じ方向に延びる中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線とシリンダ 2 1 の外周との交点を所定の角度、点  $o$  を中心に回転移動させた点を中心とする半径  $C_1$ の円弧である。

20

【 0 0 5 3 】

次に、円弧 1 1 1 の真円の中心の位置、半径について、図 7 を参照しながらさらに詳細に説明する。 $n = 2$  の場合と同様に考えることができるため適宜説明を省略する。

$o p b$ を ( $0 < \theta < 2\theta$ ) とすると、図 7 に示すように、 $n = 2$  の場合と同様に点  $p$  と点  $b$  との間の距離は、 $C_1 - r$  であり、式 (V)、式 (VI)、式 (VII) が成立する。

30

$$o p b = 5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta \quad \dots (V)$$

$$o b p = C_1 - R_d - (5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta) \quad \dots (VI)$$

$$( \text{点 } b \text{ と点 } p \text{ との間の距離 ( 図では } b p \text{ と示す) } ) / \sin ( \theta - o p b ) = ( \text{点 } o \text{ と点 } p \text{ との間の距離 ( 図では } o p \text{ と示す) } ) / \sin ( \theta - o b p ) \quad \dots (VII)$$

である。

ここで、式 (VII) に式 (V) 及び式 (VI) を代入すると、

$$( C_1 - r ) / \sin ( \theta - ( 5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta ) ) = R_d / \sin ( \theta - ( \theta + 5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta ) )$$

$$( C_1 - r ) / \sin ( 5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta ) = R_d / \sin ( \theta + 5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta )$$

以上より、

40

$$\text{円弧の半径 } r = C_1 - R_d ( \sin ( 4 \theta + 5 / 2 \cdot \theta ) / \sin ( \theta + 4 \theta + 5 / 2 \cdot \theta ) )$$

【 0 0 5 4 】

次いで、シリンダ 2 1 の中心  $o$  から点  $b$  までの距離の導出を行う。

$$( \text{中心 } o \text{ から点 } b \text{ までの距離 ( 図中では } o b \text{ と示す) } ) / \sin ( \theta - o p b ) = ( \text{中心 } o \text{ と点 } p \text{ との間の距離 ( 図中では } o p \text{ と示す) } ) / \sin ( \theta - o b p ) \quad \dots (VIII)$$

式 (VIII) に式 (VI) を代入すると、

$$( \text{中心 } o \text{ から点 } b \text{ までの距離} ) / \sin ( \theta ) = R_d / \sin ( \theta - ( \theta + 5 / 2 \cdot \theta + 4 \theta ) )$$

50

(中心oから点bまでの距離) =  $R d \left( \sin \frac{\theta}{2} / \sin \left( \frac{\theta}{2} + 4 \frac{\pi}{2} \right) \right)$ となる。

【0055】

以上の  $n = 3$  の場合の説明では、第一フライト部 11 のみがシリンダ外周との間にクリアランスを持つ。本願発明においては他のフライト部も第一フライト部と同様の形状にしてもよい。例えば、図6(c)に示すような、第一フライト部 11 と第三フライト部 13 がシリンダ外周との間にクリアランスを持つ形状にしてもよい。

【0056】

$n = 1$  の場合について説明する。 $n = 2, 3$  のものが好ましいが、 $n = 1$  の場合でも本発明の効果は奏される。

図8には、第三実施形態において条数が1(即ち  $n = 1$ ) のスクリュウエレメントピース1を示す。図8(a)は、第三実施形態のスクリュウエレメントピース1をシリンダ21に配設した状態のスクリュウ軸方向断面図であり、図8(b)は、図8(a)のスクリュウエレメントピース1をさらに説明するための図である。

【0057】

上記の通り、スクリュウエレメントピース1、1の中心間距離  $C1$ 、シリンダ21、21の半径  $Rd$  を決めると  $\theta$  が決まる。また、 $n = 1$  の場合、 $\theta$  と  $\theta$  の間には  $2\theta = 2\pi + 4\pi$  の関係がある。シリンダ21は、それぞれ、図8(b)に示すように軸方向の断面形状は円である。この円は、図8(b)に示すように、中心角が  $\theta$  の扇型と中心角が  $2\theta$  の扇型が交互に並ぶように放射状にシリンダ21の中心oから分割することができる。

【0058】

$n = 1$  の場合、フライト部の数は1である。第一フライト部 11 が延びる方向に第一フライト部 11 を二分割する直線が、中心角が  $\theta$  の扇型を中心角が  $\theta/2$  の二つの扇型に分割する直線Cと重なるように第一フライト部 11 を設ける。直線Cと後述する円弧111との交点をfとする。また、第一フライト部 11 と同じ方向に延びる中心角  $\theta$  の扇型を形成する直線と円弧111との交点をn、eとする。

次いで、直線Cをシリンダ21の中心oを中心に  $(1/2)\theta$  回転した直線Aとシリンダ外周との交点を、p、iとする。直線Cをシリンダ21の中心oを中心に  $-(1/2)\theta$  回転した直線Bとシリンダ外周との交点を、q、hとする。

【0059】

第一フライト部 11 の頂部の円弧は、第一円弧と第二円弧とに挟まれる真円の円弧であり、頂部の円弧が第一円弧と第二円弧とに内接する真円の円弧であればよい。

【0060】

第一フライト部 11 は、円弧111と第一円弧112と第二円弧113とを備える。

円弧111は真円の円弧であり、第一フライト部 11 の頂部に位置する。その真円の中心bは、第一フライト部 11 が延びる方向に所定距離ずれた位置にある。即ち、その中心bは直線C上に存在する。そして、真円の半径rは、中心bから第一円弧112又は第二円弧113に垂線を引いたときのその垂線の長さである。第一円弧112に対して中心bから引いた垂線と第一円弧112との交点をc1、第二円弧113に対して中心bから引いた垂線と第二円弧113との交点をc2とする。c1からc2までの円弧が円弧111である。また、点bから点c1までの距離又は点bから点c2までの距離が真円の半径rである。第一フライト部 11 の頂部に位置する円弧111とシリンダ21との間には間隙が存在する。

次いで、第一円弧112について説明する。直線Cをシリンダ21の中心oを中心に  $(1/2)\theta$  回転させた直線を直線Aとし、直線Aとシリンダ21の外周との交点を点pとする。第一円弧112は、図8(b)に示すように、点pを中心とする半径  $C1$  の円弧である。

次いで、第二円弧113について説明する。直線Cをシリンダ21の中心oを中心に  $-(1/2)\theta$  回転させた直線を直線Bとし、直線Bとシリンダ21の外周との交点を点qとする。第二円弧は、図8(b)に示すように、点qを中心とする半径  $C1$  の円弧である

10

20

30

40

50

。

【0061】

図8(b)に示すように、直線Aとスクリーピースとの交点がe、l、シリンダ21の外周との交点がp、iである。また、直線Bとスクリーピースとの交点がn、m、シリンダ21の外周との交点をh、qである。円弧lmは、中心角の扇型円弧で、半径Rsの真円の円弧である。なお、この半径Rsを谷径と呼ぶ。

したがって第一円弧112はlからc1までの円弧であり、第二円弧113はmからc2までの円弧である。

【0062】

上記の通り、円弧111は真円の円弧であり、この真円は、第一円弧112と第二円弧113に内接する。真円の半径rはシリンダ21の半径Rdよりも小さい。したがって、第一フライト部11の頂部とシリンダ21との間に形成される間隙は、第一フライト部11の頂部に向かうほど連続的に狭まる。その結果、第一実施形態、第二実施形態のスクリーエレメントピースの場合と同様に、熔融、混練の際の発熱で樹脂温度が上昇し過ぎることを抑えることができるとともに、押出機内で反応を伴う熔融、混練の場合には反応を促進することができる。本実施形態のような第一フライト部11にすることで、上記の効果はさらに高まる。

10

【0063】

本実施形態の特徴は、真円の円弧111にある。そこで、その真円の中心の位置、半径についてさらに詳細に説明する。

20

【0064】

上記真円の中心の位置b、半径rについて図8(b)を参照しながら説明する。

opbをとする(0 < < / 2)

上記の通り、第一円弧112は半径C1の真円の円弧である。そして、点bと点c1との間の距離はrである。したがって、点pと点bとの間の距離は、C1 - rである。

また、pobは、図8に示すように、

pob = 1 / 2 \* ... (IX)

また、

obp = - opb - pob = - - (1 / 2 \* ) ... (X)

30

また、

(点bと点pとの間の距離(図ではbpと示す)) / sin(pob) = (点oと点pとの間の距離(図ではopと示す)) / sin(obp) ... (XI)

である。

ここで、式(XI)に式(IX)及び式(X)を代入すると、

(C1 - r) / sin(1 / 2 \* ) = Rd / sin( - ( + 1 / 2 \* ) ) となり、さらに変形すると、

(C1 - r) / sin(1 / 2 \* ) = Rd / sin( + 1 / 2 \* )

以上より、

円弧の半径r = C1 - Rd ( sin(1 / 2 \* ) / sin( + 1 / 2 \* ) ) となる。

40

【0065】

次いで、シリンダ21の中心oから点bまでの距離の導出を行う。

(中心oから点bまでの距離(図中ではobと示す)) / sin(opb) = (中心oと点pとの間の距離(図中ではopと示す)) / sin(obp) ... (XII)

式(XII)に式(X)を代入すると、

(中心oから点bまでの距離) / sin( ) = Rd / sin( - ( + 1 / 2 \* ) ) となり、

(中心oから点bまでの距離) = Rd ( sin / sin( + 1 / 2 \* ) ) となる。

【0066】

続いて、n条の場合(n = nの場合)について簡単に説明する。

頂部が真円で、外周部とクリアランスを持つフライトの円弧の半径は、

50

円弧の半径  $r = Cl - Rd \left( \sin \left( 2(n-1) + (2n-1)/2 \cdot \right) / \sin \left( + (2(n-1) + (2n-1)/2 \cdot \right) \right)$  となる。

円弧の中心  $b$  とシリンダの中心  $o$  との距離

(中心  $o$  から点  $b$  までの距離)  $= Rd \left( \sin / \sin \left( + 2(n-1) + (2n-1)/2 \right) \right)$  となる。

【0067】

次いで、スクリーエレメントピース全体の形状について説明する。

本発明のスクリーエレメントピースは、軸直角方向に同一の上記断面形状であれば特に限定されない。

【0068】

スクリーは、複数のスクリーエレメントピースの組み合わせで構成される。例えば、材料を移送するためのスクリーエレメントピース、材料を溶融、混練するためのスクリーエレメントピース等、用途に応じて様々な形状のスクリーエレメントピースを用いる。また、スクリーエレメントピースの長さも適宜好ましい長さに設定する。本明細書において、スクリーエレメントピースとは、上記のようなスクリーを構成する独立した一部品を指す。上記の通り、本発明のスクリーエレメントピースは、溶融、混練の際の発熱で樹脂温度が上昇し過ぎることを抑えることができるとともに、押出機内で反応を伴う溶融、混練の場合には反応を促進することができることが特徴である。以下、スクリーエレメントピースについて、具体例を示しながらさらに説明する。

【0069】

例えば、スクリーが回転する方向又は回転する方向と逆方向に連続的に擦れるスクリーエレメントピースが挙げられる。スクリーが擦れてから一回転(360°回転)するまでスクリー軸方向の長さを  $L$  とする。一般的に上記のようなスクリーは、押出機内で材料を移送するため利用される。しかし、長さ  $L$  を  $4Rd - L - 20Rd$  に調整する場合、材料を押し潰し溶融、混練するスクリーにもなる。したがって、スクリーが回転する方向又は回転する方向と逆方向に連続的に擦れるスクリーエレメントピースの場合には、 $4Rd - L - 20Rd$  を満たすように調整されたスクリーエレメントピースに好ましく本発明を適用することができる。

【0070】

また、本発明のスクリーエレメントピースの一例として、図9に示すような、複数のニーディングディスクを、スクリーの軸方向に配設してなるスクリーエレメントピースが挙げられる。ニーディングスクリーはその回転により樹脂材料に強いせん断力を加え、樹脂材料を溶融、混練するためのスクリーとして用いられる。上記の通り、本発明の特徴は、溶融、混練の際の発熱で樹脂温度が上昇し過ぎることを抑えることができるとともに、押出機内で反応を伴う溶融、混練の場合には反応を促進することができることである。したがって、図9に示すようなスクリーエレメントに対して本発明を好ましく適用することができる。

【0071】

また、複数のニーディングディスクを、スクリーの軸方向に配設してなるスクリーエレメントピースとしては、図9に示すようなスクリーエレメントピースの他に、図10に示すようなスクリーエレメントピースが挙げられる。図10に示すスクリーエレメントピースは、一枚のディスク内でスクリーが回転する方向又は回転する方向と逆方向に連続的に擦れる点で、図9に示すスクリーエレメントピースと異なる。なお、図10に示すような連続的に擦れる場合の他に段階的に擦れるものであってもよい。

【0072】

また、本発明において、スクリーエレメントピースとは、上記の通り、スクリーを構成する部品である。したがって、独立した部品であれば、図11に示すような、全く擦れないニーディングディスクも本発明のスクリーエレメントピースに含まれる。

【0073】

<スクリー>

10

20

30

40

50

本発明のスクリーエレメントピースを備えるスクリーは、上述の通り、熔融、混練の際の発熱で樹脂温度が上昇し過ぎることを抑えることができるとともに、押出機内で反応を伴う熔融、混練の場合には反応を促進することができる。

【実施例】

【0074】

以下、実施例及び比較例を示し、本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0075】

2軸押出機内3次元流動解析ソフト(アールフロー社製 Screw Flow - Multi)を用いて同方向完全噛み合い型2軸押出機内の樹脂挙動を解析した。

10

解析の際に用いた支配方程式は、連続式(A)、ナビエ-ストークス式(B)、温度バランス式(C)である。なお、下記式(A)から(E)は、J.M.Ottino(Ottino, J.M.: The Kinematics of Mixing Stretching, Chaos and Transport (1989), Cambridge University Press, Cambridge)、Yao, Weiguang(Seikei-Kakou, vol.10, No.3 (1998))に記載されている。

【数2】

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{v} = 0$$

... (A)

20

【数3】

$$-\nabla p + \nabla \cdot \vec{\tau} = 0 \dots (B)$$

【数4】

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \vec{v} \cdot \nabla T = k \nabla^2 T + Q \dots (C)$$

【0076】

30

解析仮定として、非圧縮性流体で、完全熔融・完全充満とした。また、粘度近似式はアレニウス近似及びWLF近似を使用した。解析手法は、有限体積法、SOR法、SIMPLEアルゴリズムであり、計算としては、まず定常解析を行い、これを初期値として、非定常解析を行った。非定常解析の後、トレーサー粒子を配置(約5000個)して、トレーサー粒子にかかる局所情報を収集した。(粒子追跡解析)

反応の進行に影響する平均伸張歪は、以下の式(D)、(E)により、各粒子にかかる混合効率を求め、平均した値である。

【数5】

$$\text{(局所混合効率)} \quad e_{\eta} = -\frac{D:nn}{\sqrt{D:D}} \dots (D)$$

40

D:変形速度テンソル、n:界面の配向ベクトル

## 【数 6】

$$(積分混合効率) \quad M_{eff} = \frac{1}{t} \int_0^{t_{res}} |e_{\eta}| dt \quad \dots (E)$$

$t_{res}$  : 粒子の滞留時間

## 【0077】

解析モデルを図12に示す。

解析モデル1(実施例): スクリューの軸方向の断面形状が図5に示す形状である複数のニーディングディスクをスクリー軸方向に配設してなるスクリーエレメントピースである(図12(a))。各ニーディングディスク間の擦れ角(位相角)は90°である。

また、バレル内径は69mmで、第一フライト部11の頂部からシリンダ21までの最短距離は、5.305mmである。

## 【0078】

解析モデル2(比較例1): スクリューの軸方向の断面形状が図2(a)に示す形状である複数のニーディングディスクをスクリー軸方向に配設してなるスクリーエレメントピースである。各ニーディングディスク間の擦れ角(位相角)は90°である(図12(b))。バレル内径は69mmで、フライト部の先端部とシリンダとの間の間隔は等間隔であり、その大きさは0.75mmである(間隔が非常に狭いため、図2(a)では、フライト部の先端部とシリンダの内壁とが接するように記載されている)。

## 【0079】

解析モデル3(比較例2): スクリューの軸方向の断面形状が図2(b)に示す形状である複数のニーディングディスクをスクリー軸方向に配設してなるスクリーエレメントピースである。各ニーディングディスク間の擦れ角(位相角)は90°である。バレル内径は69mmで、フライト部の先端部とシリンダとの間の間隔は等間隔(図2(b)中の矢印部分間の長さ)であり、その大きさは5.305mmである。

## 【0080】

上記の解析モデルについて、0.5D×4ピース分の2D分の各種モデルと、本発明の3D分、4D分のモデルを解析した。なおDはシリンダの直径(D=2Rd)である。結果を示す表1中にはL/Dとして示した。Lは上記の通り、スクリーが擦れてから一回転(360°回転)するまでスクリー軸方向の長さである。

## 【0081】

境界条件は、押出量と流入面における流路断面積とから求めた流入速度を固定し、温度初期値として、樹脂の流入初期温度200、バレル温度180とした。

## 【0082】

解析条件であるが、押出機は、バレル内径69mmの同方向完全噛み合い型2軸押出機で、流量Q=600kg/hr、スクリー回転数Ns=300rpmの条件で、樹脂は、POMのDuracón M90-44を用いた。解析結果を表1に示した。

## 【表1】

	L/D	平均滞留時間 (秒)	平均伸張歪み 履歴(-)	平均粒子移動量 (m)	流出面平均樹脂温度 (°C)
実施例	2	2.84	109	1.67	226
	3	4.24	148	2.50	233
	4	5.71	211	3.37	239
比較例1	2	2.37	112	1.61	233
比較例2	2	2.44	86	1.46	225

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

実施例の解析モデルと、比較例 1 の解析モデルを比較した場合（同一の L / D について）、分配指標とされる「伸張歪み」と衝突回数に関する指標としての押出機内の「粒子移動量」は、ほぼ同等である。しかし、実施例の解析モデルの場合、流出面の温度が低下しており、滞留時間は 1 2 0 % に増加している。これは、本発明は、攪拌及び分配効果においては、比較例 1 と同等であるが、樹脂温度の上昇が抑えられ、滞留時間も長くなっており、非常に反応に適した特徴を有しているといえる。流出面の樹脂温度制限があり、比較例 1 と実施例とが同じ流出面温度になるようにすると、本発明は、比較例 1 の 1 8 0 % の滞留時間を持つことが可能である。

【 0 0 8 4 】

一方、実施例の解析モデルと比較例 2 の解析モデルとを比較した場合（同一の L / D について）、流出面の樹脂温度は同等であるものの、比較例 2 では攪拌及び分配効果においては劣り、滞留時間も小さくなることから、発明が、より反応に適しているといえる。

【符号の説明】

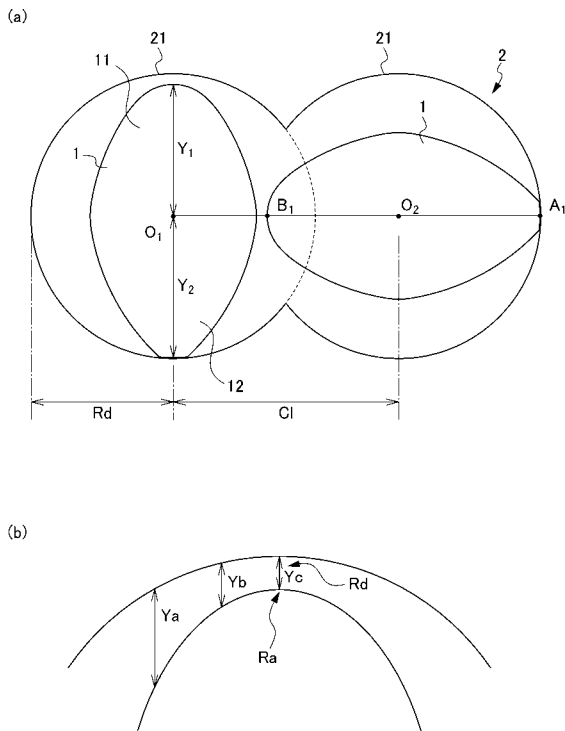
【 0 0 8 5 】

- 1 スクリューエレメントピース
- 1 1 第一フライト部
- 1 1 1 円弧
- 1 1 2 第一円弧
- 1 1 3 第二円弧
- 1 2 第二フライト部
- 2 バレル
- 2 1 シリンダ

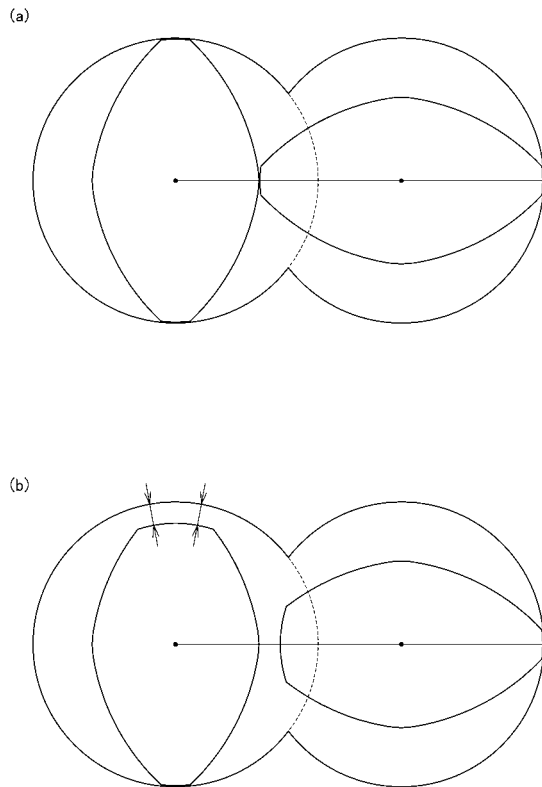
10

20

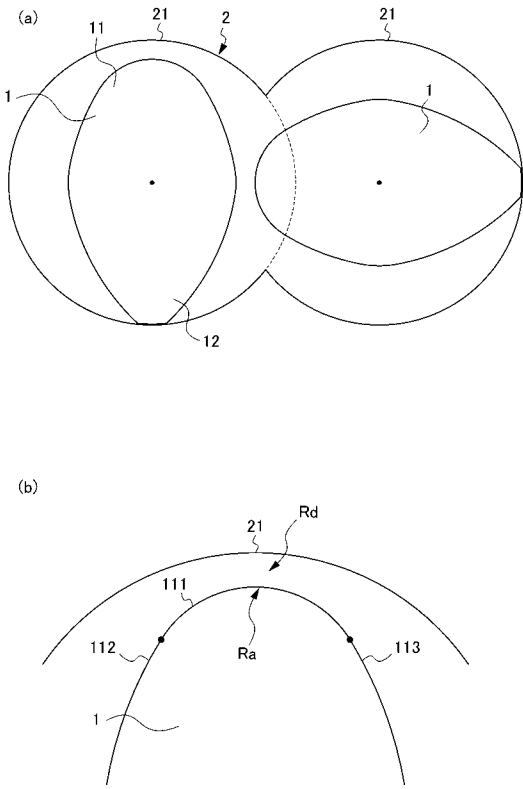
【 図 1 】



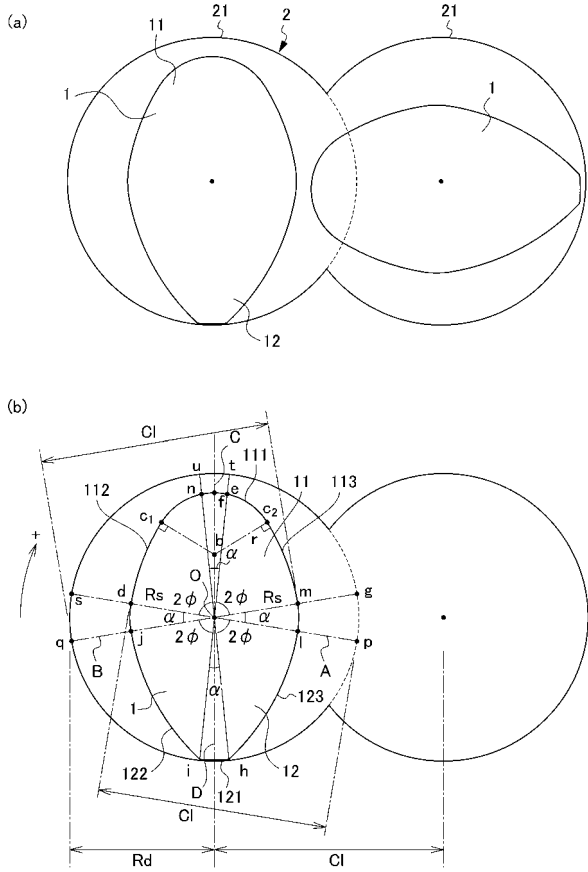
【 図 2 】



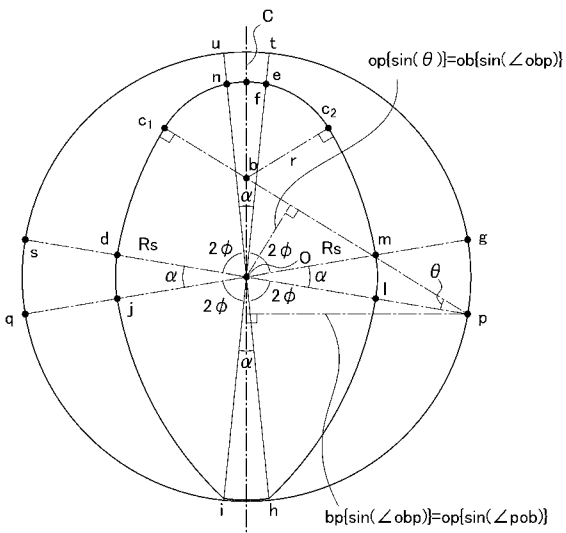
【 図 3 】



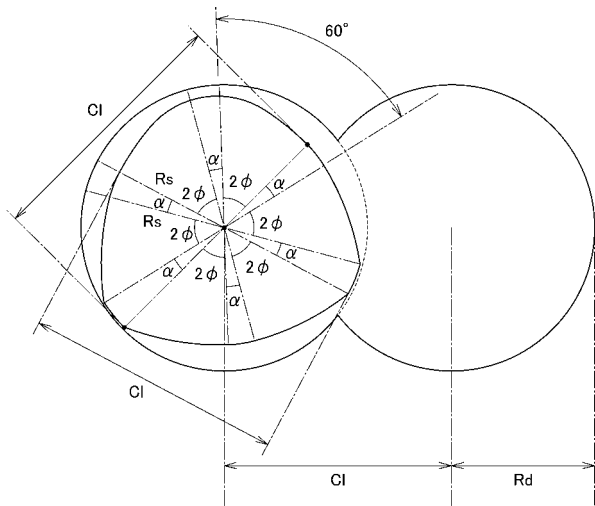
【 図 4 】



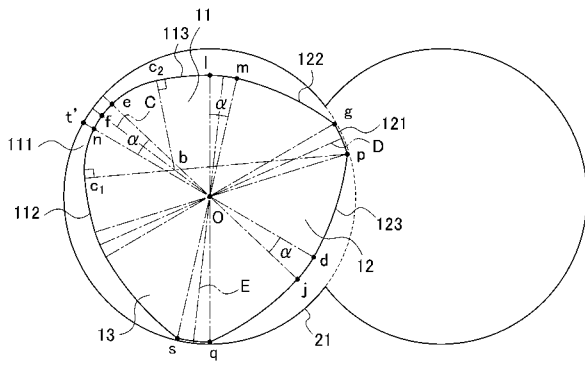
【 図 5 】



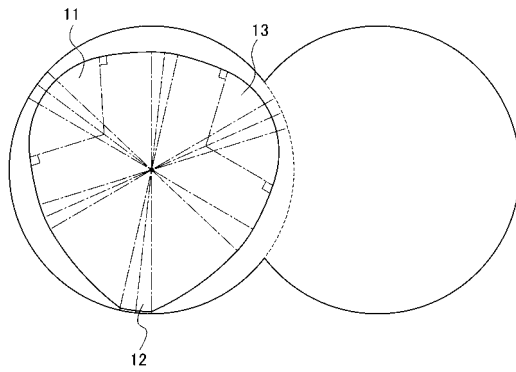
【 図 6 ( a ) 】



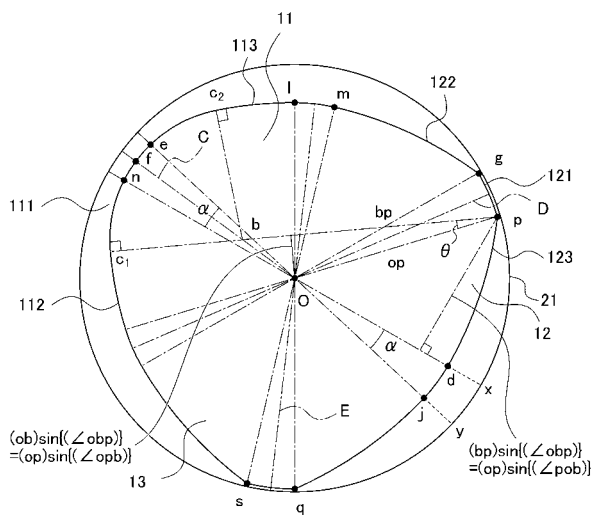
【 図 6 ( b ) 】



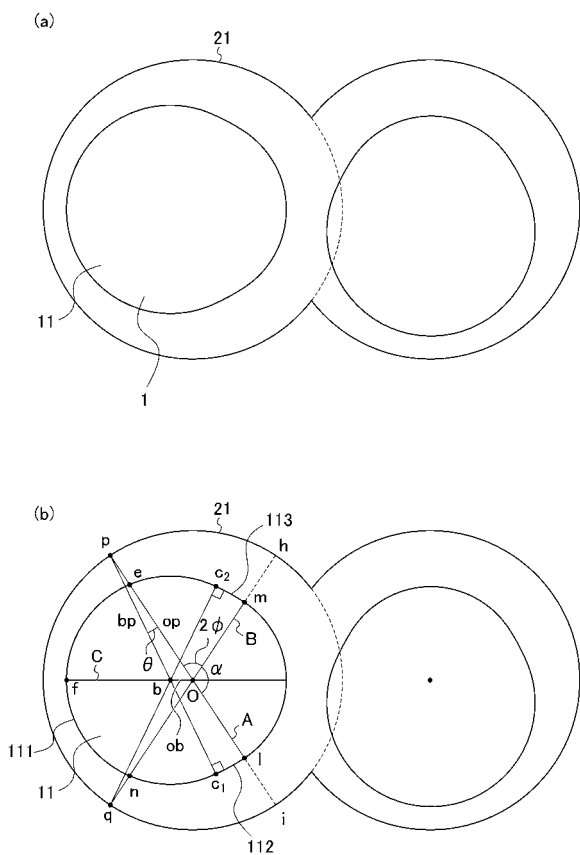
【 図 6 ( c ) 】



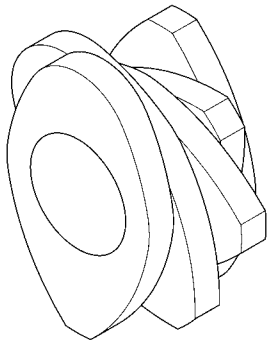
【 図 7 】



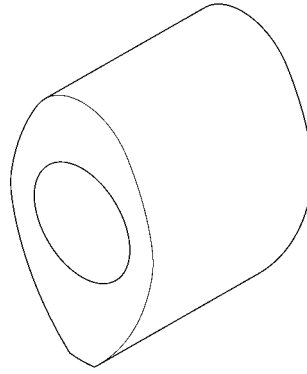
【 図 8 】



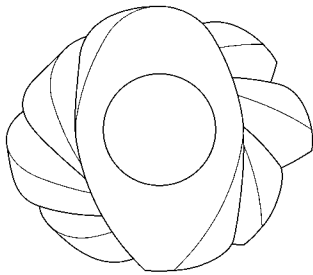
【 9 】



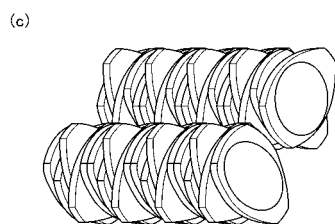
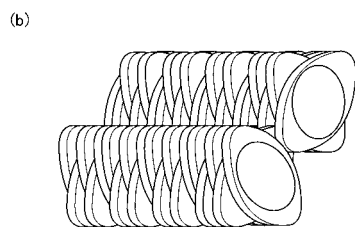
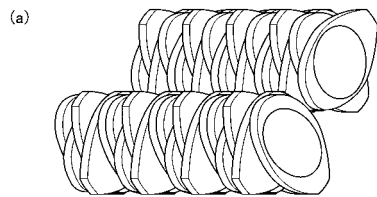
【 1 1 】



【 1 0 】



【 1 2 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2009/152947(WO, A1)  
特表2011-524278(JP, A)  
特開2002-086541(JP, A)  
特開昭60-208209(JP, A)  
米国特許第04131371(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29B 7/00 - 7/94  
B29C 47/00 - 47/96