

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5893214号
(P5893214)

(45) 発行日 平成28年3月23日(2016.3.23)

(24) 登録日 平成28年3月4日(2016.3.4)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 9 C 45/60 (2006.01)	B 2 9 C 45/60
B 2 9 C 45/18 (2006.01)	B 2 9 C 45/18
B 2 9 C 45/76 (2006.01)	B 2 9 C 45/76
B 2 9 K 105/08 (2006.01)	B 2 9 K 105:08
B 2 9 K 105/12 (2006.01)	B 2 9 K 105:12

請求項の数 19 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2015-512204 (P2015-512204)
 (86) (22) 出願日 平成25年11月6日(2013.11.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/006530
 (87) 国際公開番号 W02014/170932
 (87) 国際公開日 平成26年10月23日(2014.10.23)
 審査請求日 平成27年7月23日(2015.7.23)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-84564 (P2013-84564)
 (32) 優先日 平成25年4月15日(2013.4.15)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 505139458
 三菱重工プラスチックテクノロジー株式会社
 愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地
 (74) 代理人 100100077
 弁理士 大場 充
 (74) 代理人 100136010
 弁理士 堀川 美夕紀
 (74) 代理人 100130030
 弁理士 大竹 夕香子
 (72) 発明者 苅谷 俊彦
 愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地
 三菱重工プラスチックテクノロジー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 射出成形装置、及び、射出成形方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

前方側に吐出ノズルが形成されたシリンダと、
 前記シリンダの内部に回転および回転軸方向に移動可能に設けられたスクリュと、
 樹脂原料を前記シリンダ内に供給する樹脂供給部と、
 前記樹脂供給部よりも前方側に設けられ、強化繊維を前記シリンダ内に供給する繊維供給部と、
 を備え、

前記スクリュは、
 後方側に位置し、第1供給部と第1圧縮部を備え、前記樹脂原料を溶融する第1ステージと、

前方側に位置するとともに、前記第1ステージに連結された第2供給部と第2圧縮部を備え、溶融された前記樹脂原料と前記強化繊維を混合する第2ステージと、

前記第2供給部が前記繊維供給部から前記強化繊維を供給される繊維受け領域と、を備え、

前記第2ステージに設けられる前記繊維受け領域における第2フライトのリードL2が、前記シリンダの内径をDとすると、 $1.2 \times D \sim 2.0 \times D$ であり、

前記第1ステージに設けられる第1フライトのリードL1は、 $0.4 \times L2 \sim 0.8 \times L2$ である、

ことを特徴とする繊維強化樹脂の射出成形装置。

【請求項 2】

前記繊維受け領域における前記第 2 フライトの幅 W_2 は、
 $0.01 \times L_2 \sim 0.3 \times L_2$ である、
 請求項 1 に記載の射出成形装置。

【請求項 3】

前記第 2 供給部は、前記第 1 ステージに直接的あるいは絞り流路を介して間接的に連結される、
 請求項 1 又は請求項 2 に記載の射出成形装置。

【請求項 4】

射出工程中に、前記繊維供給部から前記シリンダ内に所定量の前記強化繊維が供給される、
 請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載の射出成形装置。 10

【請求項 5】

前記第 2 ステージは、
 前記繊維受け領域よりも先端側の一部又は全部に、前記第 2 フライトを備えていない、
 請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の射出成形装置。

【請求項 6】

前記第 2 ステージは、
 前記繊維受け領域よりも先端側の所定の領域に、ミキシング機構を備える、
 請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の射出成形装置。 20

【請求項 7】

前記第 2 ステージは、
 前記繊維受け領域よりも先端側の所定の領域における前記第 2 フライトのリード L_3 が
 $1.2 \times D$ 以下である、
 請求項 2 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の射出成形装置。

【請求項 8】

前記第 2 ステージの圧縮比は、
 $1.0 \sim 2.0$ である、
 請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか一項に記載の射出成形装置。

【請求項 9】

前記第 2 ステージの前記第 2 フライトの外径 D_2 は、
 前記スクリュの最大外径 D_{max} より小さい、
 請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか一項に記載の射出成形装置。 30

【請求項 10】

前記繊維供給部から供給される前記強化繊維を加熱する加熱手段を備える、
 請求項 1 ~ 請求項 9 のいずれか一項に記載の射出成形装置。

【請求項 11】

前記繊維供給部から供給される前記強化繊維は、
 ロービング状態あるいはチョップドストランド状態のいずれか一方あるいは両方を混合
 したものである、
 請求項 1 ~ 請求項 10 のいずれか一項に記載の射出成形装置。 40

【請求項 12】

前記繊維供給部から供給される前記強化繊維は、
 粉状あるいはペレット状の前記樹脂原料を混合して含むものである、
 請求項 1 ~ 請求項 10 のいずれか一項に記載の射出成形装置。

【請求項 13】

前記第 2 フライトが 2 条のフライトである。
 請求項 1 ~ 請求項 12 のいずれか一項に記載の射出成形装置。

【請求項 14】

前記第 2 フライトのフライト幅 W_2 が、 $0.01 \times L_2 \sim 0.15 \times L_2$ である、 50

請求項 13 に記載の射出成形装置。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 請求項 14 のいずれか一項に記載の射出成形装置の前記樹脂供給部に、前記樹脂原料を供給し、

前記繊維供給部に、ローピング状態あるいはチョップドストランド状態のいずれか一方あるいは両方を混合した前記強化繊維を供給するとともに、前記繊維供給部から前記強化繊維を前記スクリュの前記第 1 ステージに設けられた前記第 1 フライトのリード L1 より大きいフライトリードを有する前記第 2 ステージに設けられた前記第 2 フライトのリード L2 部に供給して、繊維強化樹脂を成形する、
ことを特徴とする射出成形方法。

10

【請求項 16】

前記強化繊維を少なくとも可塑化工程と射出工程で供給して、前記繊維強化樹脂を成形する、

請求項 15 に記載の射出成形方法。

【請求項 17】

前記繊維供給部から供給される前記強化繊維は、加熱されている、

請求項 15 又は請求項 16 に記載の射出成形方法。

【請求項 18】

前記繊維供給部から供給される前記強化繊維は、

粉状あるいはペレット状の前記樹脂原料を混合して含むものである、

請求項 15 ~ 請求項 17 のいずれか一項に記載の射出成形方法。

20

【請求項 19】

前記繊維供給部からの前記強化繊維の供給量を、可塑化工程における前記スクリュの回転数または前記スクリュの後退速度の変化を元に制御する、

請求項 15 ~ 請求項 17 のいずれか一項に記載の射出成形方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、強化繊維を含む樹脂の射出成形に関する。

【背景技術】

30

【0002】

強化繊維を含有させることにより強度を高めた繊維強化樹脂の成形品が各種の用途に用いられている。その成形品を射出成形で得るには、可塑化装置であるシリンダ内でスクリュの回転により熱可塑性樹脂を熔融し、それに繊維を混練した後に、射出成形装置の金型に射出される。

【0003】

強化繊維による強度向上の効果を得るためには、強化繊維が樹脂の中に均一に分散していることが望まれる。均一分散を果たすためには、混練の条件を厳しくすればよいが、逆に、混練物へのせん断力が高まり、これにより、強化繊維が切断されてしまう。そうすると、当初の繊維長よりも成形後の繊維長が大幅に短くなってしまい、得られた繊維強化樹脂成形品は、所望の特性を満足することができなくなるおそれがある（特許文献 1）。したがって、混練時に適度なせん断力が得られる射出成形の条件を選択することが必要になる。

40

また、可塑化工程における繊維の切断を防ぐために、シリンダに熱可塑性樹脂原料を供給するための供給口、繊維材料を供給するための供給口、樹脂中に含まれるガス分を除去するためのベント口をそれぞれ設けたシリンダとスクリュを備えた可塑化装置が提案されている（特許文献 2）。

繊維強化樹脂の可塑化工程における繊維の切断は、主に可塑化装置の前半、すなわち樹脂ペレットの供給部及び圧縮部で発生するため、可塑化装置においては繊維材料の供給口を、熱可塑性樹脂が十分に熔融する、圧縮部以降に設けている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-56173号公報

【特許文献2】特開平3-76614号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明者は、射出成形の条件、加えられる強化繊維の仕様を選択することにより、強化繊維を相当程度に均一に分散できることを確認している。一方で、特に特許文献2に示された可塑化装置に類似する、熱可塑性樹脂原料を供給するための供給口と、繊維材料を供給するための供給口とをそれぞれ個別に有するシリンダおよびスクリュを用いた成形において、均一に分散された他の領域に比べて強化繊維の含有量が明らかに少ない領域が、繊維強化樹脂成形品の不特定箇所が生じることを経験した。一つの成形品内において強化繊維の含有量の分布にバラツキがあると、局部的に強度の低い箇所が発生し、その成形品は設計上の強度が得られない虞があるととも、冷却固化時の樹脂の収縮度合いが安定せず、大きな反りやヒケなどの成形不良が発生する虞がある。

10

本発明は、強化繊維の含有量のバラツキを防止あるいは抑制し、安定した成形品質が得られる、強化繊維を含む樹脂材料の射出成形装置及び射出成形方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

本発明者らは、強化繊維の含有量が明らかに少ない領域が生じる原因を調査した結果、熱可塑性樹脂が溶融した後の射出工程と、熱可塑性樹脂を溶融させる可塑化工程と、が関与していることを知見した。つまり、射出工程は、スクリュの回転を停めたままでスクリュを前進させて、強化繊維を含む溶融樹脂を金型に向けて吐出するものである。通常、強化繊維は可塑化装置であるシリンダの上部に設けたホッパから供給されるが、スクリュの回転が停止されているので、強化繊維は自重によってスクリュのフライト間の溝を下方に向けて自然落下により移動することになる。ところが、強化繊維は原料ホッパ内で絡み合い易い。特に繊維長が2mm以上になると自然落下しにくい傾向が出始め、繊維長が4mm以上では、強化繊維がホッパ内に充満されていると、強化繊維のスクリュ溝内への自然落下が困難になる。このため、高速でフライトが通過してホッパ孔を封鎖する射出工程中は、繊維がスクリュ内に落下できない。また高速で通過するフライトの間を通過してスクリュの溝内に強化繊維が落下したとしても、フライト間の溝には溶融した樹脂が付着しているため、溶融樹脂が抵抗となり強化繊維をスクリュ溝内に充満させることは容易でない。したがって、射出工程の間、フライト間の溝領域、特にスクリュの下方領域には強化繊維の含有量の少ない領域が生じるのである。

30

また可塑化工程においてはスクリュが回転するので、フライトが通過してホッパ孔を封鎖するため、フライトが繊維のスクリュ内への落下の障害となり、特に繊維長が2mm以上になると強化繊維のスクリュ溝内の落下が不安定になり易い。このため成形品中に強化繊維の含有量が少ない領域が生じることが分かった。

40

【0007】

本発明の繊維強化樹脂の射出成形装置は、前方側に吐出ノズルが形成されたシリンダと、シリンダの内部に回転可能に設けられた(単軸の)スクリュと、樹脂原料をシリンダ内に供給する樹脂供給部と、樹脂供給部よりも前方側に設けられ、強化繊維をシリンダ内に供給する繊維供給部と、を備える。

本発明におけるスクリュは、後方側に位置し、第1供給部と第1圧縮部を備え、樹脂原料を溶融する第1ステージと、前方側に位置するとともに、第1ステージに連結された第2供給部と第2圧縮部を備え、溶融された樹脂原料と強化繊維を混合する第2ステージと、第2供給部が前記繊維供給部から強化繊維を供給される繊維受け領域と、を備え、第2ステージに設けられる繊維受け領域における第2フライトのリードL2が、シリンダの内

50

径をDとすると、 $1.2 \times D \sim 2.0 \times D$ であり、第1ステージに設けられる第1フライトのリードL1は、 $0.4 \times L2 \sim 0.8 \times L2$ である、ことを特徴とする。

本発明は、第2フライトのリードL2、つまり、隣接する第2フライトの間の溝幅を大きくして、強化繊維が落下して充填できる空隙を大きくすることに加えて、第2フライトのリードL2を大きくすることによって繊維供給部とスクリュ先端間の単位距離当たりのフライト山数を少なくして、射出工程時においては、スクリュの前進時にベント孔が第2フライトに遮られる回数が少なくなる。また可塑化工程時においては、繊維供給部とスクリュ先端間の単位距離当たりのフライト山数が少ないので、スクリュが回転し熔融樹脂を計量することによってスクリュが後退する際に、ベント孔が第2フライトに遮られる回数が少なくなる。したがって、射出工程時のスクリュの前進中でも、あるいは可塑化工程時のスクリュ後退中でも、強化繊維の落下が第2フライトで止まることなく連続して溝内に落とすことができる。

10

また第2フライトのリードL2を大きくすることによって、第2フライト領域でのフライト間の溝に熔融した樹脂が付着していない領域を増大できるので、スクリュに付着した樹脂に遮られることなく、強化繊維をスクリュの下方にも行き渡らせることができる。これらによって、特に長さが2mm以上の強化繊維を供給する場合であっても、強化繊維の含有量の少ない領域が生じるのを防ぐことができる。

【0008】

本発明の射出成形機において、繊維受け領域における第2フライトの幅W2が、 $0.01 \times L2 \sim 0.3 \times L2$ であることが好ましい。

20

また、本発明の射出成形機において、第2供給部は、第1ステージに直接的あるいは絞り流路を介して間接的に連結されることが好ましい。

【0009】

本発明における第2ステージについて、以下説明するように、いくつかの要素を付加することができる。

つまり、本発明の射出成形機において、第2ステージには、繊維受け領域よりも先端側の一部又は全部に、第2フライトのない領域を備えることができる。

また、本発明の射出成形機において、第2ステージが、繊維受け領域よりも先端側の所定の領域に、ミキシング機構を備えることができる。

また、本発明の射出成形機において、第2ステージが、繊維受け領域よりも先端側の所定の領域に、リードL3が $1.2 \times D$ 以下の第3フライトを備えることができる。

30

また、本発明の射出成形機において、第2ステージの圧縮比を、 $1.0 \sim 2.0$ にすることができる。

また、本発明の射出成形機において、第2ステージの第2フライトの一部または全部の外径D2が、スクリュの最大外径Dmaxより小さくすることができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、第2フライトのリードL2を大きくすることにより、射出工程においてあるいは可塑化工程において供給された強化繊維がスクリュ溝内に充填が容易になるので、強化繊維量が少ないスクリュ溝の領域を低減できる。したがって、本発明によると、成形品内に強化繊維の含有量の少ない領域が生じるのを防止できる。また、これにより、安定した成形品質を得ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る射出成形装置の構成を示す図である。

【図2】本実施形態における射出成形の各手順の樹脂の熔融状態を模式的に示す図であり、(a)は可塑化開始当初、(b)は可塑化完了時、(c)は射出完了時、及び(d)は次のサイクルのための可塑化開始時を示している。

【図3】従来の射出成形の手順の樹脂の熔融状態を模式的に示す図であり、(a)は図2の(c)に対応する射出完了時、(b)は射出時の問題点を示す図、(c)は図2の(d)

50

)に対応する可塑化開始時を示している。

【図4】本実施形態における射出成形を示し、(a)は図3の(b)に対応し、(b)は本実施形態において好ましいスクリュ溝の進行速度を説明する図である。

【図5】本実施形態のスクリュを示す図である。

【図6】本実施形態に係る可塑化ユニットの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳細に説明する。

[第1実施形態]

本実施形態に係る射出成形機1は、図1に示すように、型締ユニット100と、可塑化

10

ユニット200と、これらのユニットの動作を制御する制御部50と、を備えている。

以下、型締ユニット100の構成と動作、可塑化ユニット200の構成と動作の概略について説明し、次いで、射出成形機1による射出成形の手順について説明する。

【0013】

[型締ユニットの構成]

型締ユニット100は、ベースフレーム101上に固設されるとともに固定金型103

20

が取り付けられた固定ダイプレート105と、油圧シリンダ113の作動によってレール

や摺動板などの摺動部材107上を図中左右方向に移動するとともに可動金型109が

取り付けられた可動ダイプレート111と、固定ダイプレート105と可動ダイプレート1

111とを連結する複数のタイバー115とを備えている。固定ダイプレート105には、

各タイバー115と同軸に型締め用の油圧シリンダ117が設けられており、各タイバー

115の一端は当該油圧シリンダ117のラム119に接続されている。

これらの各要素は制御部50の指示にしたがって必要な動作を行なう。

【0014】

[型締ユニットの動作]

型締ユニット100の概略の動作は以下の通りである。

まず、型開閉用の油圧シリンダ113の作動により可動ダイプレート111を図中の二

点鎖線の位置まで移動させて可動金型109を固定金型103に当接させる。次いで、各

タイバー115の雄ねじ部121と可動ダイプレート111に設けられた半割りナット1

23を係合させて、可動ダイプレート111をタイバー115に固定する。そして、油圧

シリンダ117内の可動ダイプレート111側の油室の作動油の圧力を高めて、固定金型

103と可動金型109とを締め付ける。このようにして型締めを行った後に、可塑化

ユニット200から金型のキャビティ内に熔融樹脂Mを射出して成形品を成形する。

なお、本実施形態のスクリュ10は後述するように熱可塑性の樹脂ペレットPと強化

繊維Fをスクリュ長手方向に個別に供給する方式であるため、スクリュ10の全長もしくは

可塑化ユニット200の全長が長くなりやすい。このため、本実施形態は、トグルリンク

方式や可動ダイプレートの背面に型締めシリンダを備えた方式の型締め装置が設置でき

ないような狭いスペースでも、設置ができる省スペース化が可能な前述した構成を有する

型締ユニット100を示した。しかし、ここで示した型締ユニット100の構成はあくまで

一例に過ぎず、他の構成を適用し、あるいは置換することを妨げない。例えば、本実施

形態では型開閉用のアクチュエータとして油圧シリンダ113を示したが、型開閉用のアク

チュエータをボールねじやラック・アンド・ピニオンなどの回転運動を直線運動に変換さ

せる部材とサーボモータや誘導モータなどの電動モータとの組み合わせに代えてもよい。

また、電動駆動あるいは油圧駆動によるトグルリンク式型締ユニットに代えてもよいこと

は言うまでもない。

【0015】

[可塑化ユニットの構成]

可塑化ユニット200は、筒型の加熱シリンダ201と、加熱シリンダ201の前方側

に設けた吐出ノズル203と、加熱シリンダ201の内部に設けられたスクリュ10と、

強化繊維Fが供給される繊維供給装置213と、樹脂ペレットPが供給される樹脂供給ホ

50

ッパ207とを備えている。繊維供給装置213は、樹脂供給ホッパ207よりも前方側に設けられているベント孔206に連結されている。

可塑化ユニット200は、スクリュ10を前進又は後退させる第1電動機209と、スクリュ10を正転又は逆転が可能な第2電動機211と、樹脂供給ホッパ207に対して樹脂ペレットPを供給するペレット供給装置215と、を備えている。これらの各要素は制御部50の指示にしたがって必要な動作を行なう。なお、可塑化ユニット200において、溶融樹脂Mが射出される側を前、原料（強化繊維、樹脂ペレット）が供給される側を後とする。

【0016】

スクリュ10は、いわゆるガスベント式スクリュと同様の2ステージ型のデザインとなっている。具体的にはスクリュ10の後方側に、供給部23、圧縮部24を備えた第1ステージ21と、第1ステージ21に連結した供給部25、圧縮部26を備えた第2ステージ22を有するデザインとなっている。第1ステージ21で樹脂を溶融（溶融樹脂M）し、第2ステージ22で溶融樹脂Mと強化繊維Fを混合、分散させる。第1ステージ21の終端部（前側端）で圧縮により高圧となっている加熱シリンダ201内の溶融樹脂Mの圧力を、強化繊維Fを充填するために第1ステージ21の終端（前側端）に第2ステージ22の深溝部である供給部25を直接的あるいは更に絞り流路を介して間接的に連結させて減圧することを目的としている。

【0017】

スクリュ10は、第1ステージ21が備える第1フライト27及び第2ステージ22が備える第2フライト28が、以下の条件を満足する。なお、図5を参照願いたい。

はじめに、第2ステージ22の第2フライト28のリードL2が、第1フライト27のリードL1より大きく設定されている。これは以下の理由による。第2ステージ22は可塑化工程時および射出工程時にその後端側で強化繊維Fの供給を受けるが、リードL2が大きいと、第2フライト28の間の溝幅が大きく、強化繊維Fが落下して充填できる空隙が大きくなる。加えて、リードL2が大きいと、可塑化工程時のスクリュ10の後退時および射出工程時のスクリュ10の前進時にベント孔206が第2フライト28に遮られる回数が少なくなる。したがって、スクリュ10の後退中または前進中でも、強化繊維Fの落下が第2フライト28で止まることなく連続して強化繊維Fを溝内に落とすことができる。また、強化繊維Fを充填する溝の一部には溶融樹脂Mが既に入っているが、可塑化工程が終了しスクリュ10の回転が止まると溝内の溶融樹脂Mは自重で下方に垂れ落ちて、スクリュ10の上方面の溶融樹脂Mと加熱シリンダ201の内壁面の間に隙間ができる。そうすると、溝内の溶融樹脂Mが射出工程時のスクリュ10の前進に伴いベント孔206を通過しても強化繊維Fをこの隙間に入れることができる。結果的に、スクリュ10の溝内に強化繊維Fを落とすことができる。このため、リードL2が大きいと、溶融樹脂Mが溝内に入っても溶融樹脂Mが自重により下方に垂れ落ちることにより空いたスクリュ上方の空隙に強化繊維Fを充填することができる溝幅は、溶融樹脂Mが入っている領域を無視して溝幅の全域を使うことができる。よって、強化繊維Fを射出工程中にスクリュ溝内に充填することが容易となる。またリードL2を大きくすることは強化繊維Fの折損抑制に有効である。具体的にはスクリュ先端部までのスクリュ溝の螺旋状の溝長さが短くできるため、可塑化工程時にスクリュの回転によって強化繊維Fを含有した溶融樹脂Mが、スクリュ溝内での旋回流動による剪断力を受ける距離または時間を短縮できるためである。

【0018】

第2フライト28のリードL2は、以上の趣旨に基づいて、 $1.2 \times D$ 以上にすることが好ましく、更に $1.4 \times D$ 以上にすることがより好ましい。そうすることで、射出工程中に、安定して強化繊維Fをスクリュ10の溝内に落下させることができる。なお、Dは加熱シリンダ201の内径である。

ただし、リードL2が大きくなりすぎると、溶融樹脂Mを搬送する力が弱くなり、通常の可塑化に要する背圧（5～10MPa）程度でも、溶融樹脂Mの搬送が不安定となり、

10

20

30

40

50

背圧による溶融樹脂Mがベント孔206に逆流してベントアップが発生しやすくなる。したがって、リードL2は、 $2.0 \times D$ 以下にすることが好ましく、更に $1.7 \times D$ 以下にすることがより好ましい。つまり、第2フライト28のリードL2は、 $1.2 \times D \sim 2.0 \times D$ とすることが好ましく、更に $1.4 \times D \sim 1.7 \times D$ とすることがより好ましい。

また、第2フライト28のフライトの幅W2は、リードL2の $0.01 \sim 0.3$ 倍($0.01 \times L2 \sim 0.3 \times L2$)とする。フライトの幅W2がリードL2の 0.01 倍より小さいと第2フライト28の強度が不十分となり、フライトの幅W2がリードL2の 0.3 倍を超えると、スクリュ溝幅が小さくなり繊維がフライト頂部に引っかかって溝内に落ちにくくなるからである。

ここでは、第2フライト28が1条の例を示しているが、本発明は2条のフライトを備えることもできる。この場合は、フライト幅はリードL2の $0.01 \sim 0.15$ 倍と幅狭のフライトにすることが好ましい。

なお、以上のように、第2フライト28のリードL2を第1フライト27のリードL1より大きくするのは、第2ステージ22の全域である必要はない。第2ステージ22の中で、ベント孔206から供給される強化繊維Fを受ける領域において、第2フライト28のリードL2が大きくされていれば、目的を達成できるからである。一つの指針として、第1ステージ21と第2ステージ22の境界部分から、第2ステージ22側の少なくとも $2.0 \times D$ の範囲において、第2フライト28のリードL2を大きくする。

【0019】

第1ステージ21は、溶融樹脂Mの搬送速度及び可塑化能力を確保するために、リードL1をリードL2よりも小さくする。第1ステージ21の第1フライト27のリードL1は、第2フライト28のリードL2の $0.4 \sim 0.8$ 倍とすることが好ましく、 $0.5 \sim 0.7$ 倍とすることがより好ましい。リードL1がリードL2の 0.4 倍より小さくなると、第1ステージ21における溶融樹脂Mの搬送速度が遅くなり滞留熱劣化や気泡の発生に繋がりやすくなるとともに、可塑化能力が小さく生産性を悪化させるおそれがある。また、リードL1がリードL2の 0.8 倍よりも大きくなると、第2ステージ22に流入する溶融樹脂Mの量が多くなるため、強化繊維Fが充填される空隙が少なくなり、必要な量の強化繊維Fを充填しにくくなる。

【0020】

[可塑化ユニットの動作]

可塑化ユニット200の概略の動作は以下の通りである。なお、図1を参照願いたい。

加熱シリンダ201の内部に設けられたスクリュ10が回転されると、繊維供給装置213からベント孔206を介して供給された強化繊維F、および、樹脂供給ホッパ207から供給された熱可塑性樹脂からなるペレット(樹脂ペレットP)は、加熱シリンダ201の前方側の吐出ノズル203側へ送り出される。この過程において、搬送部から加熱され、徐々に溶融し始めた樹脂ペレットP(溶融樹脂M)は強化繊維Fと混練された後に、型締ユニット100の固定金型103と可動金型109の間に形成されるキャビティへ所定量だけ射出される。なお、樹脂ペレットPの溶融に伴いスクリュ10が背圧を受けながら後退した後に、前進することで射出を行なうというスクリュ10の基本動作を伴うことは言うまでもない。また、加熱シリンダ201の外側には、樹脂ペレットPの溶融のためにヒータを設けるなど、他の構成を適用し、あるいは置換することを妨げない。

【0021】

[射出成形の手順]

以上の要素を備える射出成形機1は、以下の手順で射出成形を行なう。

射出成形は、よく知られているように、可動金型109と固定金型103を閉じて高圧で型締めする型締工程と、樹脂ペレットPを加熱シリンダ201内で加熱、溶融して可塑化させる可塑化工程と、可塑化された溶融樹脂Mを、可動金型109と固定金型103により形成されるキャビティに射出、充填する射出工程と、キャビティに充填された溶融樹脂Mが固化するまで冷却する保持工程と、金型を開放する型開き工程と、キャビティ内で冷却固化された成形品を取り出す取り出し工程と、を備え、上述した各工程をシーケンシ

10

20

30

40

50

ヤルに、あるいは一部平行させて実施して1サイクルが完了する。

【0022】

続いて、本実施形態が関連する可塑化工程と射出工程について、図2(a)(b)(c)(d)を参照しつつ、順に説明する。

[可塑化工程]

可塑化工程では、樹脂ペレットPを加熱シリンダ201の後方の樹脂供給ホッパ207から供給する。可塑化開始当初ではスクリュ10は、加熱シリンダ201の前方に位置しており、その初期位置からスクリュ10を回転させながら後退させる(図2(a)「可塑化開始」)。スクリュ10を回転させることで、スクリュ10と加熱シリンダ201の間に供給された樹脂ペレットPは、せん断力を受けて加熱されながら徐々に溶融して、前方に向けて搬送される。なお、本発明では可塑化工程におけるスクリュ10の回転(向き)を正転とする。溶融樹脂Mが繊維供給装置213まで搬送されたならば、強化繊維Fを繊維供給装置213から供給する。スクリュ10の回転に伴い、強化繊維Fは溶融樹脂Mに混練、分散して溶融樹脂Mとともに前方に搬送される。樹脂ペレットP、強化繊維Fの供給を継続するとともに、スクリュ10を回転し続けると、加熱シリンダ201の前方に搬送され、溶融樹脂Mがスクリュから吐出されスクリュ10の前方に溜まる。スクリュ10の前方に溜まった溶融樹脂Mの樹脂圧力とスクリュ10の後退を抑制する背圧とのバランスによってスクリュ10を後退させる。このときスクリュ10の回転および後退によりフライトが断続的にベント孔206を封鎖するものの、スクリュ10は、第2ステージ22の第2フライト28のリードL2が前述したように大きく設定されているので、スクリュ10溝内に強化繊維Fを充填することが容易となる。この後、必要な量の溶融樹脂Mが溜まったところで、スクリュ10の回転及び後退を停止する(図2(b)「可塑化完了」)。

10

20

【0023】

図2(b)は、樹脂(樹脂ペレットP、溶融樹脂M)と強化繊維Fの状態を、「未溶融樹脂」、「樹脂溶融」、「繊維分散」及び「繊維分散完了」の4段階に模式的に区別して示している。「可塑化完了」の段階では、スクリュ10よりも前方の「繊維分散完了」は、溶融樹脂Mの中に強化繊維Fが分散され、射出に供される状態を示し、「繊維分散」は、スクリュ10の回転に伴い、供給された強化繊維Fが溶融樹脂Mに分散されていることを示す。また、「樹脂溶融」は、樹脂ペレットPがせん断力を受けることで徐々に溶融し、「未溶融樹脂」はせん断力を受けるが、未だ溶融するには到っていないことを示している。

30

可塑化工程完了時は、図2(b)に示す樹脂溶融領域は、強化繊維Fを供給する繊維供給装置213よりも後方にあるため、この領域のスクリュ10の溝には強化繊維Fは供給されていない状態である。

【0024】

[射出工程]

射出工程に入ると、図2(c)に示すように、スクリュ10を前進させる。そうすると、スクリュ10の先端部に備えられている図示しない逆流防止弁が閉鎖することで、スクリュ10の前方に溜まった溶融樹脂Mの圧力(樹脂圧力)が上昇し、溶融樹脂Mは吐出ノズル203からキャビティに向けて吐出される。

40

本実施形態では、射出工程中においても、繊維供給装置213によって加熱シリンダ201内に強化繊維Fを供給する。以下、この点において説明する。

【0025】

図2(b)の位置から、図2(c)の位置あるいは図3(a)の位置にまでスクリュ10は前進する。このとき、図2(b)に示す樹脂溶融領域のスクリュ10の溝内に、強化繊維Fは充填されていない。

従来、強化繊維Fは投入口であるベント孔206に取り付けられた原料ホッパ内で絡み合い易いため、スクリュ10の長手方向に並んでいるフライトがベント孔206を高速で断続的に通過してベント孔206を略封鎖する射出工程中は、強化繊維Fをスクリュ10

50

内に充填できない。また、高速で通過するフライトの間を通過してスクリュ10の溝内に強化繊維Fが落下しても、スクリュ10の周囲には、熔融樹脂Mが付着しているため、図3(b)に示すように、繊維供給装置213から供給された強化繊維Fが熔融樹脂Mに貼り付いてしまう。供給された強化繊維Fはスクリュ10の上部に貼り付いたままで、スクリュ10の溝内を伝って下方に充填するのは困難である。あるいは、スクリュ回転による熔融樹脂Mの搬送ができずに、スクリュ10の溝内の熔融樹脂Mは重力によってスクリュ10の下方に垂れ落ちて加熱シリンダ201との間に溜まる。このため、供給された強化繊維Fは垂れ落ちた熔融樹脂Mに塞がれてスクリュ10の下方に充填するのは困難である。したがって、図2(b)に示した樹脂熔融領域のスクリュ10の溝内には強化繊維Fが十分充填されないままスクリュ10が前進し、射出工程中に樹脂熔融領域は繊維供給装置213を通過して、更に前方に達する。そうすると、図3(a)に示すように、加熱シリンダ201の下方の熔融樹脂Mには、強化繊維Fが含まれずに、射出工程が終了することになる。

10

【0026】

[射出工程中の強化繊維供給]

射出工程が終了して、次の成形サイクルのために可塑性ユニット200により可塑性を進めると、図3(c)に示すように、強化繊維Fを含まない部分Nが生じてしまう。

なお、樹脂ペレットPを供給する領域では、この問題は生じない。当該領域は、樹脂ペレットPが熔融しておらず、かつ、スクリュ10の表面温度も樹脂ペレットPが熔融する温度よりも十分低いため、スクリュ10の周囲に熔融樹脂Mが存在しない(図2(b)の右側)。したがって、樹脂ペレットPは自重によりスクリュ10の溝内、特にスクリュ10の下方に流れ落ちることができる。

20

【0027】

これに対して、本実施形態では、射出工程中に繊維供給装置213によって強化繊維Fをスクリュ内に供給する。そうすると、加熱シリンダ201の下方にも、強化繊維Fを送り届けることができる。つまり、スクリュ10のフライトが断続的にベント孔206を封鎖するものの、あるいは、スクリュ10の全周囲には熔融樹脂Mが付着しているものの、あるいは、熔融樹脂Mがスクリュ10の下方に溜まっているものの、繊維供給装置213から所定の量だけ供給される強化繊維Fがスクリュ10の溝内に充填されるので、スクリュ10の周囲に強化繊維Fを行き渡らせることができる。しかも、スクリュ10は、第2ステージ22の第2フライト28のリードL2が前述したように大きく設定されているので、スクリュ10の溝内において強化繊維Fの充填の障害となる熔融樹脂Mが付着していない領域が大きく、より確実にスクリュ10の周囲に強化繊維Fを行き渡らせることができる。

30

【0028】

したがって、図2(d)に示すように、本実施形態によると、繊維供給装置213よりも前方の領域に、強化繊維Fを漏れなく含ませることができる。

射出工程中の繊維供給装置213からの強化繊維Fの供給は、射出工程の全期間に亘って行うことが好ましいが、断続的に供給するなど、一部の期間だけ停止させてもよいし、供給速度を連続的あるいは段階的に変化させてもよい。また、安定して良品成形を行うことを容易にするために、繊維供給装置213からの供給のタイミングと供給量をタイマー(図示しない)や、スクリュ位置センサー、第1電動機209および第2電動機211に備えた回転エンコーダなどの各種センサーを用いて高精度に制御してもよい。

40

【0029】

[繊維供給装置の形態]

強化繊維Fを加熱シリンダ201内に供給する繊維供給装置213は、スクリュ式あるいはピストン式などの計量フィーダーを用いることができる。この場合、加熱シリンダ201に繊維供給装置213を直接連結させ、加熱シリンダ201内に直接強化繊維Fを供給してもよいし、ベント孔206に繊維供給用ホッパ205を設けて、繊維供給装置213から強化繊維Fを繊維供給用ホッパ205に供給してもよい。

50

【 0 0 3 0 】

計量フィーダーを加熱シリンダ 2 0 1 に直接連結する場合は、計量フィーダーによって強化繊維 F を強制的に加熱シリンダ 2 0 1 内に充填することができるので、ベント孔 2 0 6 内で強化繊維 F が絡み合ったとしても所定の供給量で、強化繊維 F をスクリュ 1 0 の溝内に充填できる。これにより、スクリュ 1 0 の溝内で溶融樹脂 M と混合する強化繊維 F の含有量（率）を任意にかつ容易に管理できる。またこのとき、ベント孔 2 0 6 の清掃などのメンテナンスのために、計量フィーダーと加熱シリンダ 2 0 1 を簡易脱着可能な構造にしておくことが好ましい。

スクリュ式計量フィーダーを用いる場合は、スクリュが 1 本の単軸型のフィーダーでもスクリュが複数本の複数軸型フィーダーを用いることができる。溶融樹脂 M への混合率を所定の値にするために強化繊維 F を計量し安定して供給する搬送力が強く強化繊維 F とフィーダー間の滑りを抑制できる複数軸型フィーダーが好ましく、特に構造がシンプルな 2 軸型フィーダーがコスト的にも設計的にも制御的にも好ましい。

【 0 0 3 1 】

そこで、本実施形態は、図 1 に示すように、2 軸型スクリュフィーダー 2 1 4 を加熱シリンダ 2 0 1 に設け、強化繊維 F をスクリュ 1 0 の溝内に強制的に供給する。なお、加熱シリンダ 2 0 1 に直接連結する場合においても単軸型のスクリュフィーダーを用いても支障がないことは言うまでもない。

また、強化繊維 F 表面の樹脂の濡れ性を大きくするために、スクリュフィーダーを図示しないヒータによって加熱してもよい。これにより、スクリュフィーダー内の強化繊維 F の温度が上昇し、溶融樹脂 M が強化繊維 F に接触したときに、溶融樹脂 M が温度低下して固化あるいは粘度が増大し、強化繊維 F の塊の中に溶融樹脂 M が浸入しにくくなるのを防止できる。これにより、強化繊維 F の繊維間に溶融樹脂 M が入り、繊維の束が解けて強化繊維 F の溶融樹脂 M 中への分散を促進できる。また強化繊維 F の温度を高温にすることにより溶融樹脂 M が強化繊維 F に付着しやすくなるので、可塑化工程時のスクリュ 1 0 によって溶融樹脂 M が搬送される力あるいは回転される力を、または射出工程時のスクリュ 1 0 と共に溶融樹脂が前進する力を、強化繊維 F をベント孔 2 0 6 からシリンダ内に引き込む力として利用することも可能となる。この場合、フィーダーの加熱温度は、樹脂のガラス転移点以上、加熱シリンダの設定温度以下とすることが好ましい。樹脂の金属に対する摩擦係数はガラス転移点近傍から急激に上昇するため、強化繊維 F の温度を樹脂のガラス転移点以上とすることにより、溶融樹脂 M の温度が強化繊維 F と接触により温度低下しても、摩擦係数の大きい下限値であるガラス転移点を下回らないため、溶融樹脂 F により強化繊維 F の引き込み効果が大きくできる。また、フィーダー加熱温度を加熱シリンダ温度以下とすることにより、溶融樹脂 M の過度の温度上昇により熱劣化を防止することができる。

また、2 軸型スクリュフィーダー 2 1 4 への強化繊維 F の供給方法は、2 軸型スクリュフィーダー 2 1 4 に連続繊維、いわゆるローピング状態の繊維（以下、ローピング繊維という）を直接投入してもよいし、予め所定長さに切断されたチョップドストランド状態の繊維（以下、チョップド繊維という）を投入してもよい。あるいは、ローピング繊維とチョップド繊維を所定の割合で混合して投入してもよい。ローピング繊維を直接投入する場合は、切断されていない状態の長い繊維をスクリュに投入できるため、最終的に射出される溶融樹脂中に長い繊維を残すことができる。チョップド繊維を投入する場合は、繊維の絡み合いにより互いに拘束し合うため、繊維間の滑りが抑制され、フィーダーによる繊維の搬送が安定する。またチョップド繊維とローピング繊維を混合して投入する場合は、ローピング繊維による長い繊維を得られると共に、チョップド繊維の絡み合いに起因したフィーダーによる繊維の搬送が安定するという両方の効果を得ることができる。

チョップド繊維を投入する場合は、計量フィーダーの繊維投入口付近までローピング繊維で搬送し、繊維投入口付近でローピング繊維を切断した直後に上記の計量フィーダーに投入してもよい。これにより、飛散しやすいチョップド繊維を成形機投入まで暴露することがないので作業性を向上できる。

本実施形態では、2軸型スクリュフィーダー214の繊維投入口付近に、ロービングカッター218を設ける。ロービングカッター218により、ロービング繊維を切断し、チョップド繊維にしてから2軸型スクリュフィーダー214に供給する。

【0032】

また、ロービングカッター218は、2軸型スクリュフィーダー214に向けて回転する回転式カッターのものを使用する。これにより、切断したチョップド繊維をカッターの回転力を利用して、ホッパなどの強化繊維Fの貯留部材を介することなく、直接2軸型スクリュフィーダー214のスクリュ溝内に投入できる。これにより、切断直後の絡み合いの少ない状態のままチョップド繊維を2軸型スクリュフィーダー214に投入できるので、2軸型スクリュフィーダー214に効率よくチョップド繊維を食い込ませて、2軸型スクリュフィーダー214から安定してスクリュ10の溝内にチョップド繊維を供給できる。

10

なお、複数軸型のフィーダーにおいてスクリュ式の計量フィーダーを用いる場合は、スクリュのフライトと溝が互いに噛み合う、いわゆる、2軸押出成形機式のフィーダースクリュでも、隔壁により独立した、あるいは、隔壁が無いが互いに干渉することなく独立したフィーダースクリュでもよい。2軸押出成形機式のフィーダースクリュを用いる場合のスクリュの回転方向は、同方向でも異方向でもよい。

【0033】

また、図6(a)に示すように、単軸型スクリュフィーダー216をベント孔206に連通して設けて強化繊維Fを供給することもできる。単軸型スクリュフィーダー216によっても、強化繊維Fはスクリュ10の溝内に強制的に供給される。

20

また、通常、強化繊維と樹脂との密着性を増強するために、特にポリプロピレンやポリエチレンなどの非極性樹脂にマレイン酸などの添加剤が含有されている場合があるが、この添加剤は原料樹脂の熔融時に揮発し易い。よって、この添加剤の揮発成分がベント孔206から加熱シリンダ201の外部に漏れ出してしまうないように、ベント孔206が直接外部と連通しないような簡易式あるいは高度な気密が可能な密閉構造とするか、またはベント孔206内に窒素ガスなどの不活性ガスを封入しておくことが好ましい。ベント孔206内に不活性ガスを封入することは、樹脂の酸化劣化の原因である加熱シリンダ201の周辺空気が、加熱シリンダ201の内部に入り込むのを防止する観点からも好ましい。

【0034】

30

[可塑化工程時の強化繊維の供給量の決定手法]

次に可塑化工程時に供給する強化繊維Fの供給量の決定の手法の一例を説明する。

第1ステップで、強化繊維Fを繊維供給装置213から供給することなく、樹脂ペレットPのみを加熱シリンダ201の後方の樹脂供給ホッパ207から供給し可塑化を行い、所定量の樹脂を計量完了後に射出を行う。

第2ステップで、射出した樹脂の重量を測定する。

第3ステップで、測定した樹脂の重量に対し所望の強化繊維含有率を積算し、所望の強化繊維重量を算出する。

第4ステップで、算出した強化繊維重量と可塑化に要した時間から、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216から加熱シリンダ201に供給する単位時間当たりの強化繊維F供給量を決定する。

40

【0035】

第5ステップで、第4ステップで算出した可塑化工程時に2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216から供給する強化繊維Fの供給量あるいは供給速度の基準値に補正係数を掛け合わせて、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216から可塑化工程時に供給する強化繊維Fの供給量の運転条件値を決定する。

このとき、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216からの強化繊維Fの供給量は、スクリュ10の回転数または後退速度に同期させて制御してもよい。また、可塑化工程のスクリュ10の回転数が複数段制御の場合は、回転数に対

50

して補正係数を掛け合わせて強化繊維Fの供給量の運転条件値を決定し、回転数を切り替える毎にフィーダーからの強化繊維Fの供給量も切り替える。

なお、上記の補正係数は理論的に求めても、実験に基づいて求めてもどちらでもよい。また、可塑化工程におけるスクリュ10の回転数が複数段制御の場合は、補正係数を各回転数に対してそれぞれ別個に設定してもよいし、同一値でもよい。

またスクリュ10の後退により原料ホッパからスクリュ先端までの距離である、いわゆる有効スクリュ長が短縮する。これによりスクリュ回転による原料樹脂の搬送力が低下するため、スクリュ10の後退量につれてスクリュ後退速度が低下していく。このときスクリュ10内を搬送されている熔融樹脂Mの流量も低下している。スクリュ10内の熔融樹脂Mの搬送流量が低下した場合でも強化繊維Fの供給量を一定値で供給すると、スクリュ10内の熔融樹脂Mに含有される強化繊維Fの含有率が所望の値よりも大きくなる虞がある。この熔融樹脂Mの搬送流量はスクリュ10の後退速度に略比例しているため、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216からの強化繊維Fの供給量をスクリュ10の後退速度に同期させて変化させることで、所望の強化繊維Fの含有率を維持することができる。また、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216からの強化繊維Fの供給量をスクリュ10の後退速度の検知タイミングに対して、時間的な速度の差を考慮してフィーダーからの強化繊維Fの供給量を制御しても良い。スクリュ後退は繊維供給部の下流であるスクリュ先端から吐出される熔融樹脂Mの流量によってスクリュ後退速度が決まることが広く知られている。しかし、スクリュ先端から吐出される熔融樹脂Mの流量は、強化繊維Fが供給されたスクリュ10の略中央部からみて下流の流量である。つまりスクリュ先端部の熔融樹脂Mの流量は強化繊維Fの供給部から見たら既に過去に通過した樹脂の流量である。よって、スクリュ10の後退はこの過去に通過した樹脂の流量による結果である。つまり、スクリュ10の後退量が多い場合は前述の通りスクリュ後退速度が低下するため、強化繊維Fの供給部においてスクリュ10内を送られている熔融樹脂の流量は、スクリュの先端部の流量よりも少ない場合がある。よって、スクリュ後退速度にオンタイムでフィーダーからの強化繊維Fの供給量を制御すると、強化繊維Fの供給部における熔融樹脂Mへの強化繊維Fの含有率が所望の含有率よりも大きくなる場合がある。これに対して、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216からの強化繊維Fの供給量をスクリュ10の後退速度の検知タイミングに対して、時間的な速度の差を考慮してフィーダーからの強化繊維Fの供給量を制御することで、強化繊維Fを所望の含有率にすることができる。この時間的な速度の差を考慮する方法として、制御部50が事前に1サイクル中のスクリュ後退速度のプロファイルを測定によって学習し、そのプロファイルを元にスクリュの後退速度プロファイルに対して時間的に遡った形態の、フィーダーからの強化繊維Fの供給プロファイルを作成して、これにより2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216を制御しても良い。

【0036】

[射出工程時の強化繊維の供給量の決定手法]

次に、上記のとおり強制的に強化繊維Fをスクリュ10の溝内に供給する場合において、2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィーダー216から射出工程時に供給する強化繊維Fの供給量の決定の手法の一例を説明する。

第1ステップとして、図示しないスクリュ位置センサーで検知したスクリュ10の位置変化情報から可塑化工程におけるスクリュ10の後退速度を算出する。

第2ステップで、射出工程におけるスクリュの前進速度と第1ステップで算出したスクリュ10の後退速度との比を算出する。射出工程が複数段速度制御の場合は、各速度に対して第1ステップで算出した可塑化工程時のスクリュ10の後退速度との比を算出する。

【0037】

第3ステップで、第2ステップで算出した可塑化工程と射出工程のスクリュ10の後退速度の比と、成形品が所望の繊維含有率となるように、上述の要領にて決定され予め設定されている可塑化工程時に2軸型スクリュフィーダー214あるいは単軸型スクリュフィー

10

20

30

40

50

ーダー 216 から供給される強化繊維 F の供給量あるいは供給速度を掛け合わせて、射出工程時に 2 軸型スクリュフィーダー 214 あるいは単軸型スクリュフィーダー 216 から供給する強化繊維 F の供給量あるいは供給速度の基準値を算出する。

【0038】

第 4 ステップで、第 3 ステップで算出した射出工程時に 2 軸型スクリュフィーダー 214 あるいは単軸型スクリュフィーダー 216 から供給する強化繊維 F の供給量あるいは供給速度の基準値に補正係数を掛け合わせて、2 軸型スクリュフィーダー 214 あるいは単軸型スクリュフィーダー 216 から射出工程時に供給する強化繊維 F の供給量の運転条件値を決定する。射出工程が複数段速度制御の場合は、各速度に対して補正係数を掛け合わせて強化繊維 F の供給量の運転条件値を決定し、射出速度を切り替える毎にフィーダーからの強化繊維 F の供給量も切り替える。なお、上記の補正係数は理論的に求めても、実験に基づいて求めてもどちらでもよい。また、射出工程が複数段速度制御の場合は、補正係数を各速度に対してそれぞれ別個に設定してもよいし、同一値でもよい。

10

【0039】

また、2 軸型スクリュフィーダー 214 あるいは単軸型スクリュフィーダー 216 から供給する強化繊維 F の供給量は、補正係数を用いずに直接強化繊維 F の供給量を決定してもよいし、あるいは成形品内の強化繊維の含有分布バラツキを実験により求め、実験結果に基づき成形品内の強化繊維の含有分布バラツキが所望の含有率許容範囲に入るように、射出行程中に 2 軸型スクリュフィーダー 214 から強化繊維 F をスクリュ 10 に供給する供給量の運転条件値を決定してもよい。

20

なお、2 軸型スクリュフィーダー 214 あるいは単軸型スクリュフィーダー 216 から射出工程時に供給する強化繊維 F の供給量の決定手法は、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記の決定手法を取捨選択したり、他の手法に適宜変更することが可能である。

【0040】

一方、繊維供給用ホッパ 205 を使用する場合は、繊維供給装置 213 として、例えば図 6 (b) に示すように、ベルトフィーダ 217 を用いることができる。ベルトフィーダ 217 の搬送速度を調節することにより、強化繊維 F を所定の量だけ繊維供給用ホッパ 205 に供給できる (図 6 (b))。

ここで、繊維供給装置 213 から繊維供給用ホッパ 205 に強化繊維 F を供給する場合は、ベント孔 206 内で強化繊維 F が絡み合わない程度の供給量、具体的にはベント孔 206 を充満させない程度に強化繊維 F の供給量に制限することによって、ベント孔 206 内を閉塞させることなく、強化繊維 F をスクリュ 10 内に充填できる。これにより、強化繊維 F に負荷を与えることなく、スクリュ 10 の溝内に供給できるので、スクリュ 10 の溝内に投入する前の繊維折損を抑制できる。

30

【0041】

[第 2 実施形態]

本実施形態は、第 1 実施形態の射出成形機 1 を用いて、更に強化繊維 F の供給を円滑に行なうために、射出工程の間、スクリュ 10 を逆転させる。以下では、第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0042】

従来、射出工程の間はスクリュ 10 の回転を停止させていた。ところが、これでは強化繊維 F を円滑に供給できない場合がある。つまり、第 1 実施形態で示した繊維供給装置 213 を用いても、繊維供給装置 213 の供給力が小さい場合などは、スクリュ 10 の溝内の樹脂抵抗を乗り越えられず、射出工程の間、強化繊維 F はスクリュ 10 の下方に充填することができない。

40

【0043】

これに対して、射出工程中にスクリュ 10 を逆転させる本実施形態によると、図 4 (a) に示すように、スクリュ 10 を逆転させることで、溶融樹脂 M に貼り付いた強化繊維 F もスクリュ 10 の溝内に押込まれながら、加熱シリンダ 201 の下方に向けて搬送される。あるいは、スクリュ 10 の下方に溜まった溶融樹脂 M がスクリュ 10 を回転させること

50

で、スクリュ１０の溝内を搬送されスクリュ１０の下方の溝内に強化繊維Ｆの入り込める隙間を発生させることができる。よって、スクリュ１０を前進させながら逆転させることで、スクリュ１０の周囲に強化繊維Ｆを行き渡らせることができる。この間、強化繊維Ｆを溶融樹脂Ｍに混練させているということもできる。したがって、第２実施形態によると、繊維供給装置２１３よりも前方の領域は、強化繊維Ｆを漏れなく含むことになる。

なお、射出工程中のスクリュ１０の回転は、射出工程の全期間に亘って行うことが好ましいが、断続的に逆転するなど、一部の期間だけ停止させてもよいし、逆転と正転を交互に切り替えたり、回転速度を連続的あるいは段階的に変化させてもよい。また、安定して良品成形を行うことを容易にするために、スクリュ１０の逆転は、回転のタイミングと速度を図示しないタイマーや、スクリュ位置センサー、第１電動機２０９および第２電動機

10

【００４４】

スクリュ１０を逆転させる好ましい条件は以下の通りである。なお、好ましい条件を実現するには、制御部５０が、スクリュ１０を前進又は後退させる第１電動機２０９と、スクリュ１０を正転又は逆転させる第２電動機２１１と、を同期して制御すればよい。

スクリュ１０を逆転させる場合、スクリュ１０を前進させる速度（前進速度）を V_1 、スクリュ１０を逆転させる速度（回転速度）を V_2 とする。また、スクリュ１０の第２フライト２８のリード角を θ_1 とする。この場合、図４（ｂ）に示すように、前進速度 V_1 と回転速度 V_2 から規定されるスクリュ溝の進行速度 V_3 のなす角度 θ_2 をリード角 θ_1 と一致させることが好ましい。この条件を満足すれば、繊維供給装置２１３から強化繊維

20

Ｆが供給されるベント孔２０６に対する第２フライト２８の相対的な位置（あるいはベント孔２０６から見える第２フライト２８の位置）を一定にすることができる。そうすれば、強化繊維Ｆをスクリュ１０の溝にむらなく連続的に押込むことができる。

前進速度 V_1 と回転速度 V_2 は以下により特定することができる一方、リード角 θ_1 は既知であるから、前進速度 V_1 と回転速度 V_2 を調整することにより、好ましい条件を設定できる。

D_2 = スクリュ１０の第２フライト２８の外径（mm）

$a D_2$ = スクリュ１０の第２フライト２８のリード L_2 （mm）

$n D_2$ = 射出ストローク（mm）

射出時間 = t （sec）

30

上記のようにすると、 $\tan \theta_1 = a D_2 / n D_2$ 、 $\tan \theta_2 = V_1 / V_2$ と表されるので、 $\theta_1 = \theta_2$ となる逆転速度 V_{20} は、 $V_{20} = V_1 / a$ となる。

なお、スクリュ１０におけるベント孔２０６の投影面に対応する領域が、本発明における繊維受け領域を構成する。

【００４５】

他の好ましい条件として、可塑化工程時のスクリュ溝の進行速度を V_4 とすると、スクリュ溝の進行速度 V_3 を、大きさは進行速度 V_4 と同じにするが、向きを逆（ 180° 反転）にしてもよい。そうすれば、可塑化工程でスクリュ溝に供給されたのと等量の強化繊維Ｆを供給できる。

また、高速で前進する射出工程において、スクリュ１０の前進速度 V_1 と回転速度 V_2 を $\theta_1 = \theta_2$ となるように制御することは電動サーボモータによる駆動など、高精度な駆動制御系を必要とする。しかし、油圧駆動など高精度な駆動制御系を有しない射出成形機においては、ベント孔２０６の投影領域にある、つまりベント孔２０６から見える、スクリュ１０の第２フライト２８が射出工程中に第２フライト２８の１リード長分を超えて移動しないように、スクリュ１０の逆転速度で回転制御してもよい。

40

【００４６】

スクリュ１０を逆転してベント孔２０６から見えるスクリュ１０の第２フライト２８が射出工程中に第２フライト２８の１リード長分を超えて移動しないようにするスクリュ１０の逆回転速度は、下記の通り求めることができる。

スクリュ１０が前進速度 V_1 で第２フライト２８の１リード分前進する時間 t_0 は、 t

50

$0 = a D / V_1$ と表される。

時間 t_0 の間にベント孔 206 から見えるスクリュ 10 の第 2 フライト 28 の位置が変わらないように見える逆転速度は、時間 t_0 の間にスクリュが 1 周する速度である。そして、これは、 $V_1 = 2$ となる速度であり $V_2 = 2$ である。

時間 t_0 の間にスクリュ 10 が 2 周すれば、ベント孔 206 から見えるスクリュ 10 の第 2 フライト 28 が射出工程中に第 2 フライト 28 の 1 リード長分だけ後方に移動するように見える。

よって、時間 t_0 の間にスクリュが 2 周する逆転速度 $V_2 = 1$ は、 $V_2 = 2 \times V_2 = 2$ と表される。

また、時間 t_0 の間にスクリュ 10 が半周しかしなければ、ベント孔 206 から見えるスクリュ 10 の第 2 フライト 28 が射出工程中に第 2 フライト 28 の 1 リード長分だけ前方に移動するように見える。

よって、時間 t_0 の間にスクリュ 10 が半周する逆転速度 $V_2 = 2$ は、 $V_2 = V_2 / 2$ と表すことができる。

したがって、ベント孔 206 から見えるスクリュ 10 の第 2 フライト 28 が射出工程中に第 2 フライト 28 の移動量が 1 リード長分以下であるように見える、スクリュ 10 の逆転速度範囲は、時間 t_0 の間にスクリュが半周する逆転速度以上で、かつ、時間 t_0 の間にスクリュ 10 が 2 周する逆転速度以下になる。

【0047】

そうすると、ベント孔 206 から見えるスクリュ 10 の第 2 フライト 28 の、射出工程中の移動量が 1 リード長分以下となる、スクリュ 10 の回転速度 V_2 の範囲は、 $V_2 = 1 \sim 2$ である。

したがって、 $V_1 / 2 \sim V_2 \sim V_1 / a$ の範囲で運転することで、ベント孔 206 の下を通過するスクリュ溝を、連続した溝としてベント孔 206 に対向させることのできるの、強化繊維 F が充填されない領域の発生を防止あるいは抑制できる。

【0048】

また、ベント孔 206 に真空ポンプなどの負圧発生装置を連通させてベント孔 206 の内部を負圧とすれば、強化繊維 F と共に加熱シリンダ 201 の内部に入り込んだ外気、または樹脂および樹脂の添加剤からの揮発するガスを加熱シリンダ 201 の外部に排出できるので、シルバーやボイド、および樹脂の酸化劣化による黒点異物などの成形不良や金型の汚れを防止することが出来る。また、強化繊維 F と共に加熱シリンダ 201 の内部に入り込んだ外気、または樹脂および樹脂の添加剤からの揮発するガスを加熱シリンダ 201 の外部に排出するために、強化繊維 F を供給するためのベント孔 206 よりも前方に、更に加熱シリンダ 201 の外周面から内周面に至る貫通孔を設けてもよい。

【0049】

以上、本発明を実施形態に基づいて説明したが、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施の形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

例えば、スクリュ 10 については、図 5 (b) ~ (e) に示す形態を単独であるいは取捨選択により組み合わせることで採用することができる。

図 5 (b) に示すスクリュ 10 は、第 2 ステージ 22 であって、スクリュ 10 の先端側にフライトのない領域 A1 を設けている。領域 A1 では、加熱シリンダ 201 の内径面近傍の強化繊維 F を含んだ熔融樹脂 M がスクリュ回転時にフライトに掻き取られることによりフライトの側面に沿ってスクリュ溝底方向に流動することによるスクリュ溝内の溝幅方向の旋回が発生することがない。したがって、強化繊維 F は、旋回流動による剪断力が負荷されないために、折損が抑制される。なお、図 5 (b) に示す領域 A1 は、スクリュ 10 の先端側に連続して設けられているが、断続的に複数箇所に分けて設けてもよい。

図 5 (c) に示すスクリュ 10 は、第 2 ステージ 22 であって、スクリュ 10 の先端側にミキシング機構を備える領域 A2 を設けている。この領域 A2 を通過する過程で、熔融樹脂 M に含まれる強化繊維 F の解繊、分散を促進させることができる。

【0050】

10

20

30

40

50

図5(d)に示すスクリュ10は、第2ステージ22であって、スクリュ10の先端側に、リードL2よりも小さいリードL3の領域を設けている。そうすることで、スクリュ先端部のスクリュ式ポンプとしての昇圧能力が増大するので、スクリュ背圧(先端部樹脂圧)に負けることなく、熔融樹脂Mを先端側に搬送することが容易になる。リードL3は、 $1.2 \times D$ 以下である。

図5(e)は、第2ステージ22の圧縮比を小さく、具体的には1.0~2.0としたスクリュ10を示している。第2ステージ22の圧縮比を小さく抑えることによって、スクリュ先端部の圧力を低く抑えられるので、昇圧能力が低いリードの大きい第2フライト28でも熔融樹脂Mの搬送が容易となり、スクリュ溝内の熔融樹脂Mの搬送速度を増大できる。これにより、熔融樹脂Mに混合された強化繊維Fがスクリュ溝内で剪断を受ける時間が短縮されるので、強化繊維Fの折損を抑えることができる。

また、図示を省略するが、第2ステージ22の第2フライト28の外径(D2)は、スクリュ10の最大外径(Dmax)より小さくすることができる。そうすると、第2フライト28の外周と加熱シリンダ201の内周との間に隙間ができるので、供給された強化繊維Fがこの隙間に入ることができるので強化繊維Fを加熱シリンダ201内に充填しやすくできる。また、強化繊維Fがスクリュ10のフライト頂部と加熱シリンダ201の内径面の間に挟み込まれて折損するのを防止できる。また、可塑化工程中のスクリュ10の回転によって、スクリュ10が回転する向き前方である押し側のフライト側面近傍に存在する熔融樹脂Mが第2フライト28を乗り越えて後方のスクリュ溝に逆流する。したがって、第2フライト28より当該回転の向きの後方である引き側のフライト側面近傍に存在する強化繊維Fの塊に熔融樹脂Mが早期に含浸して、強化繊維Fの分散に有効である。

【0051】

また、第2実施形態に示した射出工程時のスクリュ10の回転は、逆転に限らず正転であっても、スクリュ10の下方に位置する溝領域をベント孔206に対向する位置に位相置換させることができる。したがって、上記の実施形態と同様の強化繊維Fが充填されていない領域を低減できる効果を得ることができる。

ところで、射出工程時に逆転する場合は、スクリュ10の逆転によりスクリュ10の先端部の溝内の熔融樹脂Mが後部側に逆流搬送されることになり、スクリュ10の先端部の熔融樹脂Mの圧力が低下する。このとき、樹脂の種類や逆転の条件によっては、熔融樹脂M中に気泡が発生し成形品表面に現れて成形不良となる場合がある。しかし、射出工程時にスクリュ10を正転させる場合は、スクリュ10の先端部の圧力を低下させることなく、ベント孔206下部のスクリュ10の溝内に強化繊維Fを充填できる効果も得ることができる。

なお、このスクリュ10の正転に伴うスクリュ10の先端部の熔融樹脂Mの圧力上昇によって、スクリュ10の先端部に備えられた図示しない逆流防止弁の閉鎖が遅れる場合は、正転開始をスクリュ10の前進開始から遅延することが有効であると考えられる。スクリュ10の正転開始の遅延制御としては、タイマーのタイムアップやスクリュ10の前進量の所定値への到達や射出のための電動モータトルクや油圧力の所定値への到達を検知するなどが考えられる。

【0052】

本発明の可塑化ユニット200は、繊維供給装置213及び樹脂供給ホッパ207を加熱シリンダ201に対して固定させているが、スクリュ10の軸方向に移動する可動式のホッパにすることができる。特に繊維供給装置213に複数軸型の計量フィーダーを用いた場合は、スクリュ10の長手方向に複数のフィーダーを平行に連結配置し、可塑化工程において強化繊維Fを供給するフィーダーを切り替えて使用してもよい。具体的には可塑化工程開始時は、スクリュ10の先端側に配置したフィーダーから強化繊維Fを供給し、可塑化工程においてスクリュ10が後退するのに伴い、スクリュ10と繊維が吐出してくるフィーダースクリュとの相対位置が変化しないように、強化繊維Fを供給するフィーダーを後方側に順々に切り替えていってもよい。これによって、スクリュ10の後退および射出時のスクリュ10の前進による、加熱シリンダ201とスクリュ10の相対位置の変

化にかかわらず、スクリュ 10 に対する強化繊維 F の供給位置を一定とすることができる。

具体的には、可塑化が完了したときの繊維供給フィーダースクリュの位置、つまり、強化繊維 F が充填されている最後部のスクリュ溝の位置を、射出により前進したスクリュ位置において、次の可塑化開始時の繊維供給フィーダースクリュの位置と一致させることができるので、繊維供給装置 213 より前方のスクリュ溝に連続して強化繊維 F を供給でき、繊維供給装置 213 より前方のスクリュ 10 の溝内で強化繊維 F が充填されていない領域の発生の防止あるいは抑制に有効である。

また、フィーダースクリュの切り替え方は、単なる ON/OFF 制御でもよいし、隣り合うスクリュフィーダーの回転数を連携して変化させてもよい。具体的にはスクリュの後退に伴い前方側のスクリュフィーダーの回転数を徐々に低下させるとともに後方側のスクリュフィーダーの回転数を徐々に増加させてもよい。

また強化繊維 F の加熱シリンダ 201 への供給は、射出工程や可塑化工程のみでなく、例えば保圧工程や射出待機工程（可塑化工程完了から射出工程開始までの間）においても行ってよい。保圧工程中や射出待機工程中は、スクリュ 10 が回転および前進あるいは後退を行わないので、フライトの移動によってベント孔が断続的に封鎖されることがない。このため安定して強化繊維をスクリュ 10 の溝内に供給することができるので、図 2 (b) に示す強化繊維 F が充填されていない樹脂溶融領域を縮小させることができる。

また繊維供給装置 213 には、強化繊維 F のみでなく、粉状あるいはペレット状の原料樹脂を混合した強化繊維 F を供給してもよい。この場合、強化繊維 F 間に溶融樹脂 M が浸入しにくくても、混合した原料樹脂が強化繊維 F の塊中で溶融し、繊維束の中に入り込んで繊維束の解繊を促進できる。また、強化繊維 F の繊維間に、または強化繊維 F とフィーダーの間に、粉状あるいはペレット状の原料樹脂が介在することによって、強化繊維 F の繊維間の、または強化繊維 F とフィーダーの間の滑りが抑制され、フィーダーによる繊維の搬送が安定する。

【0053】

また、本発明に適用される樹脂、強化繊維は、特に限定されるものでなく、ポリプロピレンやポリエチレンなどの汎用樹脂や、ポリアミドやポリカーボネートなどのエンジニアリングプラスチックなどの公知の樹脂、およびガラス繊維、炭素繊維、竹繊維、麻繊維などの公知の強化繊維など、公知の材質を広く包含している。

【符号の説明】

【0054】

- 1 射出成形機
- 10 スクリュ
- 21 第1ステージ
- 22 第2ステージ
- 23, 25 供給部
- 24, 26 圧縮部
- 27 第1フライト
- 28 第2フライト
- 50 制御部
- 100 型締ユニット
- 103 固定金型
- 109 可動金型
- 111 可動ダイブレード
- 113 油圧シリンダ
- 115 タイバー
- 117 油圧シリンダ
- 200 可塑化ユニット
- 201 加熱シリンダ

10

20

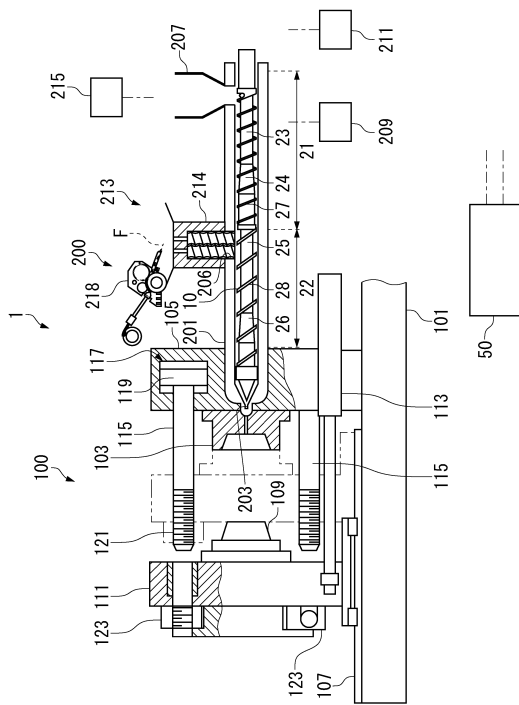
30

40

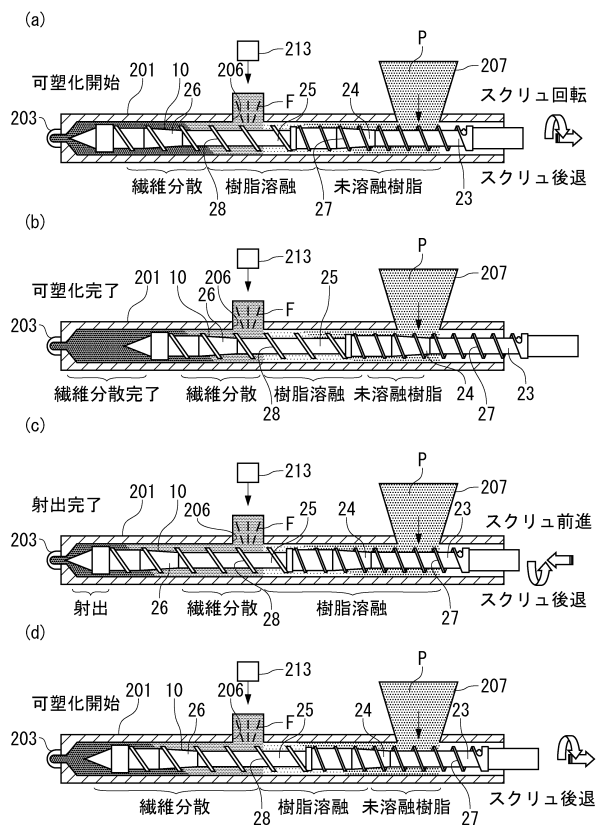
50

- 205 繊維供給用ホッパ
- 206 ベント孔
- 207 樹脂供給ホッパ
- 209 第1電動機
- 211 第2電動機
- 213 繊維供給装置
- 214 2軸型スクリュフィーダー
- 215 ペレット供給装置
- 216 単軸型スクリュフィーダー
- 217 ベルトフィーダ
- 218 ローピングカッター
- F 強化繊維
- L1, L2, L3 リード
- M 熔融樹脂
- P 樹脂ペレット

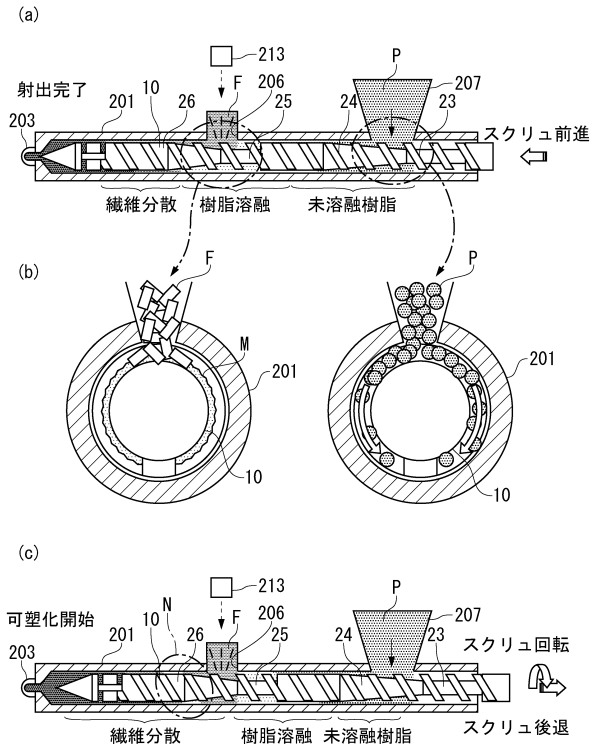
【図1】



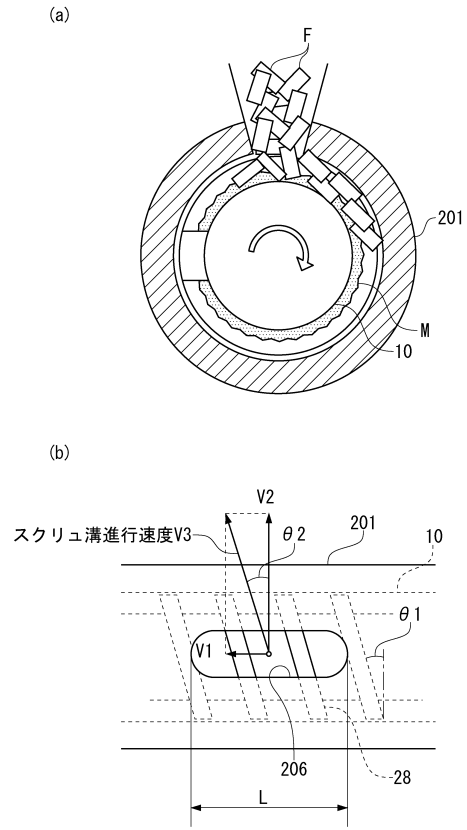
【図2】



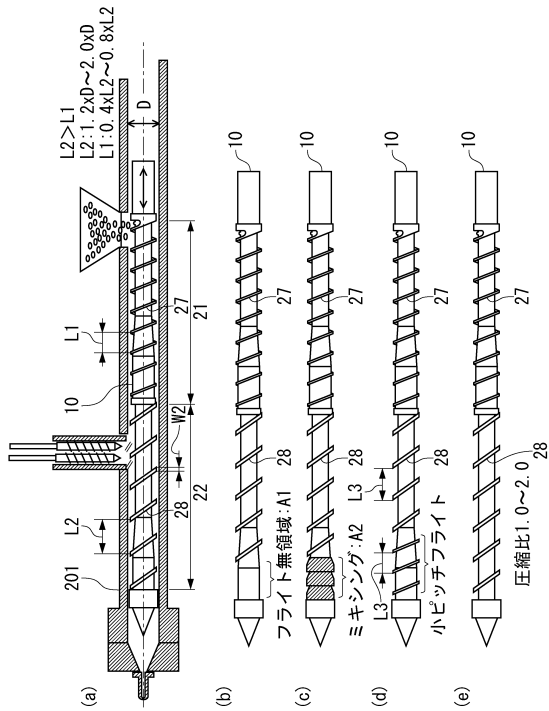
【図3】



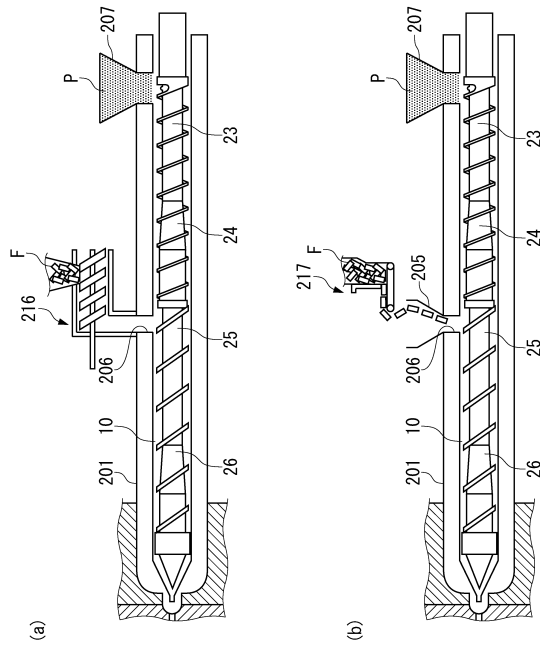
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 戸田 直樹
愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工プラスチックテクノロジー株式会社内
- (72)発明者 信田 宗宏
愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工プラスチックテクノロジー株式会社内
- (72)発明者 木下 清
愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工プラスチックテクノロジー株式会社内
- (72)発明者 山口 雄志
愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工プラスチックテクノロジー株式会社内
- (72)発明者 池田 航介
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工工業株式会社内
- (72)発明者 鈴村 祐司
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工工業株式会社内
- (72)発明者 大沼 均
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工工業株式会社内
- (72)発明者 岡部 良次
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工工業株式会社内
- (72)発明者 高橋 正徳
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工工業株式会社内

審査官 井上 由美子

- (56)参考文献 特開平02-153714(JP,A)
特開2001-038782(JP,A)
特開平10-071630(JP,A)
再公表特許第2009/084264(JP,A1)
特開平06-218781(JP,A)
国際公開第2012/056565(WO,A1)
特開2002-283421(JP,A)
特開平10-296807(JP,A)
特公昭44-025911(JP,B1)
特開2003-181877(JP,A)
特表2012-511445(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 45/00 - 45/84
B29C 47/00 - 47/96
B29B 7/00 - 7/94
B29K 105/08
B29K 105/12