

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4272205号  
(P4272205)

(45) 発行日 平成21年6月3日(2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月6日(2009.3.6)

(51) Int.Cl. F I  
**B 2 9 C 45/77 (2006.01)** B 2 9 C 45/77  
**B 2 9 C 45/50 (2006.01)** B 2 9 C 45/50

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2005-505302 (P2005-505302)	(73) 特許権者	000002107
(86) (22) 出願日	平成16年4月7日(2004.4.7)		住友重機械工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2004/005002		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02004/089599	(74) 代理人	100070150
(87) 国際公開日	平成16年10月21日(2004.10.21)		弁理士 伊東 忠彦
審査請求日	平成17年9月28日(2005.9.28)	(72) 発明者	金野 武司
(31) 優先権主張番号	特願2003-102981 (P2003-102981)		日本国千葉県千葉市稲毛区山王町78
(32) 優先日	平成15年4月7日(2003.4.7)	(72) 発明者	天野 光昭
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		日本国千葉県千葉市稲毛区山王町78
(31) 優先権主張番号	特願2003-125640 (P2003-125640)	(72) 発明者	佐藤 洋
(32) 優先日	平成15年4月30日(2003.4.30)		日本国千葉県千葉市稲毛区山王町94
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	保倉 行雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 射出成形機の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スクリュの移動により射出圧力を制御する射出成形機の制御方法であって、  
 射出工程において前記スクリュが前進移動する際に発生する射出圧力を検出し、  
 射出圧力の検出時点から予め設定されたスクリュの減速度でスクリュを減速させる場合  
 の上昇射出圧力  $P$  を予測し、

検出した射出圧力  $P_{fb}$  に予測した上昇射出圧力  $P$  を加算した値  $P_a$  と予め設定された  
 圧力  $P$  とを比較し、

該値  $P_a$  が該圧力  $P$  以上となった場合に予め設定された減速度で前記スクリュを減速さ  
 せる

ことを特徴とする射出成形機の制御方法。

【請求項2】

請求項1記載の制御方法であって、

前記上昇射出圧力  $P$  の予測を、  
 $P = dP \cdot (V_0 / k)$  (但し、 $dP$  は単位時間での射出圧力変化、 $V_0$  はスクリュの前進速度、 $k$  は係数) で表される演算式に基づいて行  
 なうことを特徴とする制御方法。

【請求項3】

請求項2記載の制御方法であって、

少なくとも1ショットの成形により得られた各種実績値を前記演算式に当てはめること  
 により、前記演算式における定数部分である係数  $k$  を理想的な係数  $k_{model}$  として逆算し

、  
 以後の成形において前記理想的な係数  $k_{model}$  を反映させて成形を行うことを特徴とする制御方法。

【請求項 4】

請求項 3 記載の制御方法であって、

前記係数  $k$  の逆算において前記上昇射出圧力  $P$  として予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した圧力を用い、

前記予測後上昇圧力は、前記 1 ショットの成形において得られた最大射出圧力  $P_{max}$  から、前記予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した値が前記最大射出圧力と一致しないと判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  を減算した値 ( $P_{max} - P_{fb1}$ ) で与えられ、

前記予測遅れ圧力は、前記不一致が判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  に、その時点で予測された上昇射出圧力  $P$  を加算し、この加算値から前記設定圧力  $P_{ref}$  を減算した値 ( $P_{fb1} + P - P_{ref}$ ) で与えられる

ことを特徴とする制御方法。

【請求項 5】

請求項 2 記載の制御方法であって、

実際の成形を行ない、操作者が成形品を良否であると判断したときの前記係数  $k$  の値を理想的な係数  $K_{model}$  として用いることを特徴とする制御方法。

【請求項 6】

請求項 2 記載の制御方法であって、

前記係数  $k$  は  $2 \cdot dV$  (但し、 $dV$  は前記予め設定された減速度) であることを特徴とする制御方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の制御方法であって、

少なくとも 1 ショットの成形にて得られた実績値より求まる前記係数  $k$  を用いて前記予め設定された減速度を補正することを特徴とする制御方法。

【請求項 8】

請求項 6 記載の制御方法であって、

少なくとも 1 ショットの成形にて得られた実績値より求まる前記係数  $k$  を用いて減速開始の時点の補正することを特徴とする制御方法。

【請求項 9】

請求項 6 記載の制御方法であって、

前記係数  $k$  の逆算において前記上昇射出圧力  $P$  として予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した圧力を用い、

前記予測後上昇圧力は、前記 1 ショットの成形において得られた最大射出圧力  $P_{max}$  から、前記予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した値が前記最大射出圧力と一致しないと判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  を減算した値 ( $P_{max} - P_{fb1}$ ) で与えられ、

前記予測遅れ圧力は、前記不一致が判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  に、その時点で予測された上昇射出圧力  $P$  を加算し、この加算値から前記設定圧力  $P_{ref}$  を減算した値 ( $P_{fb1} + P - P_{ref}$ ) で与えられる

ことを特徴とする制御方法。

【請求項 10】

請求項 6 記載の制御方法であって、

前記予め設定された圧力  $P$  を超えていると判断したときの検出圧力を用いて、前記係数  $k$  を求めることを特徴とする制御方法。

【請求項 11】

請求項 2 記載の制御方法であって、

試し成形を複数ショット行い、これにより得られる複数の係数  $k$  の逆算値の平均値を前記係数  $k_{model}$  として用いることを特徴とする制御方法。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

請求項 2 記載の制御方法であって、  
前記複数ショットの試し成形を、前回のショットで得られた前記係数  $k$  の逆算値を反映させながら行なうことを特徴とする制御方法。

【請求項 1 3】

請求項 2 記載の制御方法において、  
実成形に入ってから前記複数ショットと同じ複数ショット分の複数の係数  $k$  の逆算値の移動平均値を前記係数  $k_{model}$  として算出することを特徴とする制御方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 記載の制御方法であって、  
前記上昇射出圧力  $P$  の予測および前記判定を任意の時間間隔で繰り返すことを特徴とする制御方法。 10

【請求項 1 5】

請求項 1 記載の制御方法であって、  
少なくとも 1 ショットの成形にて得られた実績値を用いて前記予め設定された減速度を補正することを特徴とする制御方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 記載の制御方法であって、  
少なくとも 1 ショットの成形にて得られた実績値を用いて減速開始の時点を補正することを特徴とする制御方法。

【請求項 1 7】 20

請求項 1 記載の制御方法であって、  
少なくとも 1 ショットの成形で検出された最大射出圧力と前記予め設定された圧力  $P$  との偏差を求め、該求められた偏差を用いて前記予め設定された圧力  $P$  を補正することを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は射出成形機の制御方法に係り、特にスクリュの移動により熔融樹脂を金型に注入する射出成形機の制御方法に関する。

【背景技術】 30

【0002】

射出成形機における成形サイクルについて簡単に説明する。

【0003】

(1) 可塑化 / 計量工程においては、スクリュ回転用のサーボモータによってスクリュが回転される。スクリュは加熱シリンダ内に配置されている。ホッパから加熱シリンダ内のスクリュ後部に樹脂が供給される。スクリュ後部に供給された樹脂は、スクリュの回転により、加熱熔融されながら加熱シリンダの先端部に一定量送り込まれる。この際、加熱シリンダの先端部に溜まってゆく熔融樹脂の圧力 (背圧) を受けながらスクリュは後退する。

【0004】 40

スクリュの後端部には射出軸が直結されている。射出軸はベアリングを介してプレッシャプレートに回転自在に支持されている。射出軸はプレッシャプレートを移動させる射出用のサーボモータにより軸方向に駆動される。プレッシャプレートは、ボールネジを介して射出用のサーボモータによって、ガイドバーに沿って前後進する。前述の熔融樹脂の背圧は、後述するように、ロードセルによって検出し、フィードバック制御ループで制御する。

【0005】

(2) 次に、充填工程においては、射出用のサーボモータの駆動によってプレッシャプレートを前進させ、スクリュ先端部をピストンにして、熔融樹脂を金型内に充填する。この時のスクリュ前部の樹脂圧力は射出圧力として検出される。 50

## 【 0 0 0 6 】

( 3 ) 充填工程の終了時には、溶融樹脂が金型のキャビティ内に充填する。その時スクリュの前進運動は、速度制御から圧力制御に切り換えられる。この切り換えは、V ( 速度 ) / P ( 圧力 ) 切り換えと呼ばれており、成形品の品質を左右する。

## 【 0 0 0 7 】

( 4 ) V / P 切り換えの後、金型のキャビティ内の樹脂は設定された圧力のもとに次第に冷却される。この段階は、保圧工程と称される。保圧工程においては、射出圧力は前述した背圧制御と同様にフィードバック制御ループで制御される。

## 【 0 0 0 8 】

射出装置においては、( 4 ) の保圧工程以後、( 1 ) の可塑化 / 計量工程に戻って次の成形サイクルに入る。一方、型締装置においては( 1 ) の可塑化 / 計量工程の後、金型から冷却固化した製品をエジェクトするためのエジェクト動作を行う。エジェクト動作においては、金型を開いてエジェクト機構によって冷却固化した製品を排出した後、金型を閉じて( 2 ) の充填工程に入る。

## 【 0 0 0 9 】

次に、図 1 を参照しながら、サーボモータ駆動による射出装置を備えた電動式射出成形機のうち、特に射出装置側の部分について説明する。図 1 において、射出用のサーボモータ 1 1 の回転はボールネジ 1 2 に伝えられる。ボールネジ 1 2 の回転により前後進するナット 1 3 はプレッシャプレート 1 4 に固定されている。プレッシャプレート 1 4 は、ベースフレーム ( 図示せず ) に固定されたガイドバー 1 5、1 6 に沿って移動可能である。プレッシャプレート 1 4 の前後進運動は、ベアリング 1 7、ロードセル 1 8、射出軸 1 9 を介してスクリュ 2 0 に伝えられる。スクリュ 2 0 は、加熱シリンダ 2 1 内に回転可能に、しかも軸方向に移動可能に配置されている。スクリュ 2 0 の後部に対応する加熱シリンダ 2 1 には、樹脂供給用のホッパ 2 2 が設けられている。射出軸 1 9 には、ベルトやプーリ等の連結部材 2 3 を介してスクリュ回転用のサーボモータ 2 4 の回転運動が伝達される。すなわち、スクリュ回転用のサーボモータ 2 4 により射出軸 1 9 が回転駆動されることにより、スクリュ 2 0 が回転する。

## 【 0 0 1 0 】

可塑化 / 計量工程においては、加熱シリンダ 2 1 の中をスクリュ 2 0 が回転しながら後退することにより、スクリュ 2 0 の前部、すなわち加熱シリンダ 2 1 のノズル 2 1 - 1 側に溶融樹脂が貯えられる。充填工程においては、スクリュ 2 0 の前方に貯えられた溶融樹脂を金型内に充填し、加圧することにより成形が行われる。この時、樹脂を押し力がロードセル 1 8 により反力として検出される。つまり、スクリュ前部における樹脂圧力が検出される。検出された圧力は、ロードセル増幅器 2 5 により増幅されてコントローラ 2 6 に入力される。

## 【 0 0 1 1 】

プレッシャプレート 1 4 には、スクリュ 2 0 の移動量を検出するための位置検出器 2 7 が取り付けられている。位置検出器 2 7 の検出信号は増幅器 2 8 により増幅されてコントローラ 2 6 に入力される。この検出信号は、スクリュ 2 0 の移動速度を検出するためにも使用される。

## 【 0 0 1 2 】

コントローラ 2 6 は、入力装置 3 5 を通してオペレータによりあらかじめ設定された各種設定値に応じて前に述べた複数の各工程に応じた電流 ( トルク ) 指令をサーボ増幅器 2 9、3 0 に出力する。サーボ増幅器 2 9 ではサーボモータ 1 1 の駆動電流を制御してサーボモータ 1 1 の出力トルクを制御する。サーボ増幅器 3 0 ではサーボモータ 2 4 の駆動電流を制御してサーボモータ 2 4 の回転数を制御する。サーボモータ 1 1、2 4 にはそれぞれ、回転数を検出するためのエンコーダ 3 1、3 2 が備えられている。エンコーダ 3 1、3 2 で検出された回転数はそれぞれコントローラ 2 6 に入力される。

## 【 0 0 1 3 】

なお、図 1 に示す成形機の構成はあくまでも射出成形機の概略を説明するための便宜上

10

20

30

40

50

のものであり、射出成形機の一例にすぎない。

【0014】

上述のように、射出成形機では、樹脂を加熱溶融させながら計量し、それを金型内に押し出すことで製品を成形する。ここで、金型内へ樹脂を押し出す際に発生する圧力を所望の圧力に制御することが、製品の良し悪しを決定する非常に重要な要因となる。

【0015】

スクリュ20の前部に計量された溶融樹脂は、スクリュ20が前進することにより金型内へ押し出される。このとき、スクリュ20の前部に発生する圧力の制御方式には、主に以下の2つの方式が知られている。

【0016】

第1の方式は圧力切り換え制御方式であり、図1の射出成形機に適用した場合について説明する。

【0017】

図2Aを参照すると、圧力切り換え制御方式では、射出工程において始めは予め決められた速度V1でスクリュ20を前進させる。このとき、コントローラ26はロードセル18、ロードセル増幅器25を通してスクリュ20に作用している圧力の検出信号を受け取り、検出圧力が予め設定された設定圧力P1に到達したら、スクリュ20を停止させると共に検出圧力が設定圧力P1を維持するような圧力制御に切り換える。つまり、速度制御によってスクリュ20を前進させているときに、検出圧力が設定圧力P1に到達すると、コントローラ26はV/P切り換えを行うべくスクリュ20を停止させる。

【0018】

しかしながら、検出圧力が設定圧力P1に到達してからスクリュ20を停止させるのでは、図2Bに示すように、その減速中に射出圧力が上昇してしまう現象が起こる(射出圧力のオーバーシュート)。

【0019】

この現象はスクリュ20の前進速度が速くなればなるほど、減速を開始してから停止に至るまでの時間が延びるので、それだけ上昇してしまう圧力も大きくなる。このオーバーシュートが大きくなると、金型内の樹脂は過充填状態となり、成形品にバリが発生するようになる。

【0020】

次に、第2の方式の位置切り換え制御方式について説明する。

【0021】

位置切り換え制御方式では、V/P切り換えを行うタイミングを規定するスクリュ位置が予め設定される。これにより、射出工程において始めスクリュ20は予め決められた速度で前進される。コントローラ26は、位置検出器27、増幅器28を通して得られるスクリュ位置の検出信号を受け取り、スクリュ20が予め設定された位置に到達したら圧力制御に切り換える(例えば、特許文献1参照)。

【特許文献1】特開平6-170909号公報(図1、第4頁)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0022】

しかし、位置切り換え制御方式によっても、結局、スクリュ20が減速を開始してから停止するまでの時間は射出圧力が上昇してしまうので、制御したい圧力に落ち着くまでに意図しない圧力上昇が起こって、それが製品に悪影響を及ぼす。

【課題を解決するための手段】

【0023】

本発明の総括的な目的は、上述の問題を解決した改良された有用な射出成形機の制御方法を提供することである。

【0024】

本発明のより具体的な目的は、溶融樹脂を金型内に押し込む際の最高圧力を制御するこ

10

20

30

40

50

とのできる射出成形機の制御方法を提供することである。

【0025】

本発明の他の目的は、溶融樹脂を金型内に押し込む際の射出圧力を簡易的にモデル化した演算式に基づいて予測し、射出時の最高圧力を制御することのできる射出成形機の制御方法を提供することである。

【0026】

本発明の更に他の目的は、条件によって複雑に変化してしまう上昇射出圧力の予測を適切に行うことができる射出成形機の制御方法を提供することである。

【0027】

上述の目的を達成するために、本発明によれば、スクリュの移動により射出圧力を制御する射出成形機の制御方法であって、射出工程において前記スクリュが前進移動する際に発生する射出圧力を検出し、射出圧力の検出時点から予め設定されたスクリュの減速度でスクリュを減速させる場合の上昇射出圧力  $P$  を予測し、検出した射出圧力  $P_{fb}$  に予測した上昇射出圧力  $P$  を加算した値  $P_a$  と予め設定された圧力  $P$  とを比較し、該値  $P_a$  が該圧力  $P$  以上となった場合に予め設定された減速度で前記スクリュを減速させることを特徴とする射出成形機の制御方法が提供される。

10

【0028】

上述の制御方法において、上昇射出圧力  $P$  の予測を、 $P = dP \cdot (V_0 / k)$  (但し、 $dP$  は単位時間での射出圧力変化、 $V_0$  はスクリュの前進速度、 $k$  は係数) で表される演算式に基づいて行なうことが好ましい。

20

【0029】

また、上述の制御方法において、少なくとも1ショットの成形により得られた各種実績値を演算式に当てはめることにより、演算式における定数部分である係数  $k$  を理想的な係数  $k_{model}$  として逆算し、以後の成形において理想的な係数  $k_{model}$  を反映させて成形を行うこととしてもよい。

【0030】

さらに、上述の制御方法において、係数  $k$  の逆算において上昇射出圧力  $P$  として予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した圧力を用い、予測後上昇圧力は、1ショットの成形において得られた最大射出圧力  $P_{max}$  から、予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した値が最大射出圧力と一致しないと判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  を減算した値 ( $P_{max} - P_{fb1}$ ) で与えられ、予測遅れ圧力は、不一致が判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  に、その時点で予測された上昇射出圧力  $P$  を加算し、この加算値から設定圧力  $P_{ref}$  を減算した値 ( $P_{fb1} + P - P_{ref}$ ) で与えられることとしてもよい。さらに、予め設定された圧力  $P$  を超えていると判断したときの検出圧力を用いて、係数  $k$  を求めることとしてもよい。

30

【0031】

また、上述の制御方法において、実際の成形を行ない、操作者が成形品を良否であると判断したときの係数  $k$  の値を理想的な係数  $K_{model}$  として用いることとしてもよい。さらに、上述の制御方法において、係数  $k$  は  $2 \cdot dV$  (但し、 $dV$  は前記予め設定された減速度) であることとしてもよい。

40

【0032】

また、上述の制御方法において、少なくとも1ショットの成形にて得られた実績値より求まる係数  $k$  を用いて予め設定された減速度を補正することとしてもよい。あるいは、少なくとも1ショットの成形にて得られた実績値より求まる係数  $k$  を用いて減速開始の時点

【0033】

また、上述の制御方法において、係数  $k$  の逆算において上昇射出圧力  $P$  として予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した圧力を用い、予測後上昇圧力は、1ショットの成形において得られた最大射出圧力  $P_{max}$  から、予測後上昇圧力と予測遅れ圧力とを加算した値が最大射出圧力と一致しないと判定された時点での射出圧力  $P_{fb1}$  を減算した値 ( $P_{max}$

50

- P fb1) で与えられ、予測遅れ圧力は、不一致が判定された時点での射出圧力 P fb1に、その時点で予測された上昇射出圧力 P を加算し、この加算値から設定圧力 P ref を減算した値 ( P fb1 + P - P ref ) で与えられることとしてもよい。

【 0 0 3 4 】

さらに、上述の制御方法において、試し成形を複数ショット行い、これにより得られる複数の係数 k の逆算値の平均値を係数 k model として用いることとしてもよい。この制御方法において、複数ショットの試し成形を、前回のショットで得られた係数 k の逆算値を反映させながら行なうこととしてもよい。また、実成形に入ってから複数ショットと同じ複数ショット分の複数の係数 k の逆算値の移動平均値を前記係数 k model として算出することとしてもよい。

10

【 0 0 3 5 】

また、本発明による制御方法において、上昇射出圧力 P の予測および判定を任意の時間間隔で繰り返すこととしてもよい。

【 0 0 3 6 】

本発明による制御方法において、少なくとも1ショットの成形にて得られた実績値を用いて予め設定された減速度を補正することとしてもよい。あるいは、少なくとも1ショットの成形にて得られた実績値を用いて減速開始の時点を見逃すことを補正することとしてもよい。さらに、少なくとも1ショットの成形で検出された最大射出圧力と前記予め設定された圧力 P との偏差を求め、該求められた偏差を用いて予め設定された圧力 P を補正することとしてもよい。

20

【発明の効果】

【 0 0 3 7 】

上述の本発明によれば、熔融樹脂を金型内に押し込む際の最高圧力を圧力のオーバーシュートを抑制した状態で設定圧力に近づけるように制御することができ、過充填によるバリの発生を防止することができる。また、スクリュを一旦停止させるので、その後の圧力制御（保圧工程）の挙動を安定化することができる。

【 0 0 3 8 】

また、本発明によれば、演算式における定数部分である係数が理想的な値に近づくように修正することにより、上昇射出圧力の予測を的確に行なうことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【 0 0 3 9 】

本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 4 0 】

まず、本発明の第1実施例による射出成形機の制御方法について、図3A, 3Bを参照しながら説明する。以下の説明は、本実施例による制御方法が図1に示す射出成形機に適用された場合を想定しているが、本実施例による制御方法は図1に示す電動式射出成形機に限られず、他の様々な成形機に適用可能である。

【 0 0 4 1 】

本実施例による制御方法において、スクリュ20が前進している間に、現時点でスクリュ20が予め設定された減速度で減速を開始して停止すると、樹脂圧力（つまり、射出圧力）はどれだけ上昇するかを予測する。そして、検出された射出圧力に予測した射出圧力を加算した値が、予め設定された設定圧力を越えると判定されたときにスクリュ20の作動を停止する。

40

【 0 0 4 2 】

図3A, 3Bは本実施例による制御方法を説明するための図であり、図3Aはスクリュ速度 - 時間特性を示すグラフであり、図3Bは射出圧力 - 時間特性を示すグラフである。図3Aにおいて、変数 P fbはロードセル18で検出される検出圧力、変数 P は予測上昇圧力、変数 d P / d t は射出圧力の微分値を表す。また、図3Bにおいて、変数 V 0はスクリュ20の前進速度、変数 a はスクリュ20の停止処理中加速度（つまり、減速度）、変数 S はスクリュ20が減速を開始してから停止するまでにかかる速度面積（図3Aに

50

示された斜線部分の面積 = スクリュ 20 の移動距離 ) を表す。

【 0 0 4 3 】

予測上昇圧力、つまり圧力変化  $P$  は速度面積  $S$  と相関がある。その関係は定数  $k$  を用いて、 $P = \cdot S$  と表すことができる。

【 0 0 4 4 】

速度面積  $S$  は、 $S = V_0 \cdot (V_0 / a) / 2 = V_0^2 / 2 a$  で表すことができるので、予測上昇圧力  $P$  は以下の式 ( 1 ) のように表すことができる。

【 0 0 4 5 】

【 数 1 】

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{\alpha V_0^2}{2a} = \frac{\alpha V_0^2}{2(dV/dt)} = \frac{\alpha V_0^2 dt}{2dV} \\ &= \alpha V_0 dt \cdot \frac{V_0}{2dV} = dP \cdot \frac{V_0}{2dV} \end{aligned} \quad (1)$$

10

但し、 $dP/dt = \alpha V_0$

20

ここで、式 ( 1 ) の予測上昇圧力  $P$  を得るための複数の要素のうち、要素  $dP$  は単位時間での圧力変化であり、検出圧力  $P_{fb}$  を用いて算出することができる。要素  $V_0$  はスクリュ 20 の前進速度として検出することができる。要素  $dV$  は単位時間当たりのスクリュ 20 の速度変化であり、減速度  $a$  としてあらかじめ設定される。

【 0 0 4 6 】

コントローラ 26 は、上記の各要素を用いて式 1 の演算を行う。特に、コントローラ 26 は、スクリュ 20 の前進中に微小時間 (つまり、制御サンプリング時間) 間隔で上記演算を行い予測上昇圧力  $P$  を算出する。

【 0 0 4 7 】

上記演算を行なうためのコントローラ 26 の 1 ショットにおける制御動作について、図 4 を参照しながら説明する。図 4 はコントローラ 26 の 1 ショットにおける制御動作のフローチャートである。

30

【 0 0 4 8 】

図 4 を参照すると、まず、ステップ S 1 の射出工程において、コントローラ 26 は、予め決められた速度によってスクリュ 20 を前進させる。これにより樹脂充填が開始される。次に、ステップ S 2 において、コントローラ 26 は、サンプリング時間間隔で検出される圧力検出値を用いて、式 ( 1 ) に基づいて予測上昇圧力  $P$  を算出する。

【 0 0 4 9 】

そして、ステップ S 3 において、コントローラ 26 は、予測を行なう時点での検出圧力  $P_{fb}$  と算出した予測上昇圧力  $P$  との和 (  $P_{fb} + P$  ) が予め設定された設定圧力  $P_1$  を越えるか否かを判定する。 (  $P_{fb} + P$  ) が設定圧力  $P_1$  を越えると判定された場合には、処理はステップ S 4 に進み、コントローラ 26 は、予め設定された減速度  $a$  によってスクリュ 20 を減速させ停止させる。一方、 (  $P_{fb} + P$  ) が設定圧力  $P_1$  を越えないと判定された場合は、処理はステップ S 2 に戻る。

40

【 0 0 5 0 】

なお、上述のステップ S 1 ~ S 3 の処理は、微小時間 (制御サンプリング時間) 間隔で繰り返し行なわれる。また、ステップ S 3 において (  $P_{fb} + P$  ) が設定圧力  $P_1$  を越えないと判定された場合、すなわち、図 5 B に示すようにスクリュの減速を開始する時刻  $T_1$  になっても (  $P_{fb} + P$  ) が設定圧力  $P_1$  に到達しないと判定された場合には、到達するまでステップ S 3 と S 2 を繰り返し、やがて (  $P_{fb} + P$  ) が設定圧力  $P_1$  に到達す

50

ると減速が開始される。この場合、結果として、図 5 A に示すように減速開始時刻 T 1 を遅延させる制御が行なわれる。

【 0 0 5 1 】

以上の制御動作により、本実施例によれば、溶融樹脂を金型内に押し込む際の最高圧力を予め設定された設定圧力 P 1 に制御することができる。

【 0 0 5 2 】

以上、本実施例による制御方法を図 1 に示す構成の射出成形機に適用した場合について説明したが、本実施例による制御方法は図 1 に示す射出成形機に限定されないことは前述した通りである。例えば、検出圧力 P fb は、加熱シリンダのヘッド側に樹脂圧力センサが設けられる場合にはこの検出値を用いても良い。また、スクリュの速度は射出用サーボモータに設けられたエンコーダの検出信号を用いて算出することとしてもよい。また、本実施例による制御方法は、電動式の射出成形機に限らず、油圧式の射出成形機にも適用可能である。この場合、射出圧力は、例えば射出シリンダの油圧センサにより検出される。

10

【 0 0 5 3 】

上述のように、本発明の第 1 実施例による制御方法によれば、溶融樹脂を金型内に押し込む際の最高圧力を圧力のオーバーシュートを抑制した状態で設定圧力に近づけるように制御することができ、過充填によるバリの発生を防止することができる。また、スクリュの速度を一旦 0 とする、すなわち、スクリュを一旦停止させるので、その後の圧力制御（保圧工程）の挙動を安定化することができる。

【 0 0 5 4 】

次に、本発明の第 2 実施例による成形機の制御方法について説明する。

20

【 0 0 5 5 】

本発明の第 2 実施例による制御方法では、溶融樹脂を金型に押し込む際に発生する射出圧力、特に最高圧力を制御できるようにするために、スクリュを予め設定した減速度で停止させる。この場合に、減速開始から停止までの射出圧力の上昇値を予測上昇圧力として予測し、予測した予測上昇圧力と現在の射出圧力との和が、予め設定された圧力を超過するかを判定する。して、超過すと判定された時点で、予め設定されたスクリュの減速度でスクリュを減速させ、スクリュ速度制御によって圧力制御を行なう。

【 0 0 5 6 】

これは、以下の理由による。すなわち、射出速度が高速になるとリアルタイムな圧力検出による圧力フィードバック制御が困難になる。これは圧力フィードバック制御の応答性が低下するからである。そこで、圧力フィードバック制御ではなく、速度フィードバック制御を採用することが好ましい。これは、速度フィードバック制御によれば高応答性でスクリュ速度を制御できるからである。

30

【 0 0 5 7 】

特に、予測上昇圧力の予測にはモデル化した演算式が用いられる。この演算式にはスクリュ速度と射出圧力を結び付けるための定数部分である係数が存在する。本実施例ではこの係数を理想的な数値に修正する。

【 0 0 5 8 】

本実施例による制御方法は、図 1 に示す射出成形機に適用可能であり、本実施例では図 1 の構成の射出成形機に適用した場合について説明するが、本発明は図 1 に示される射出成形機に限定されるものではない。

40

【 0 0 5 9 】

V / P 切換えに際して予め設定した減速度でスクリュを停止させる場合の予測上昇圧力 P は、以下の式（ 2 ）によってモデル化することができる。

【 0 0 6 0 】

## 【数 2】

$$\Delta P = dP \cdot (V0 / 2 dV) \quad (2)$$

式(2)において、 $dP$ は単位時間での射出圧力変化であり、これは射出圧力の検出値を用いることで実現できる。 $V0$ はスクリュの前進速度でこれもスクリュ速度の検出値を用いる。 $dV$ は単位時間での速度変化であって予め設定される減速度であり、任意に設定できる。図1で言えば、射出圧力の検出値にはロードセル18の検出値を、スクリュ速度の検出値には位置検出器27の検出値あるいはエンコーダ31の検出値をそれぞれ用いることができる。また、予め設定される減速度は入力装置35により設定されるものであり、以下で述べられる各種設定値もまた入力装置35により設定されるものである。そして、コントローラ26がこれらの値を用いて以下の処理を行なう。

10

## 【0061】

但し、式(2)では $dP = k \cdot V0 dt$ として、射出圧力とスクリュ速度の結合を係数 $k$ によって行っているの、パラメータ、つまり予め設定された減速度である $2 dV$ と一緒にして、 $P$ を式(3)で表すものとする。

## 【0062】

## 【数 3】

$$\Delta P = dP \cdot (V0 / k) \quad (3)$$

20

コントローラ26は、射出工程において所定のサンプリング周期で上記の演算を繰り返して行い、演算毎に演算結果を用いて後述の判定を行なう。

## 【0063】

上記モデルの通りに振る舞えば、 $k = 2 dV$ とみなして式(2)をモデル化した演算式として用いることに問題はないが、実際には成形される樹脂の粘弾性や機械の摺動抵抗などが関係し、モデル通りに振る舞うことは少なく、圧力の勾配は常に一定にはならない。

30

## 【0064】

そこで、本実施例では、実際に試し成形を少なくとも1ショット行い、計量した樹脂を金型に押し込んだときに得られる各種実績値を用いて、コントローラ26において係数 $k$ として理想的な係数 $k_{model}$ を算出し、この係数 $k_{model}$ を式(3)の係数 $k$ と置き換えて使用する。

## 【0065】

上記の試し成形により、実際に計量した樹脂を金型内に押し込んだときに発生する各種実績値と、予測上昇圧力を予測するモデルとは、図6A、6Bに示すような関係となる。図6Bにおいて、太い実線で示す波形は射出圧力の実績値、つまり検出圧力 $P_{fb}$ を示す波形である。

40

## 【0066】

1. 超過予測時検出圧力( $P_{fb1}$ ): 予測上昇圧力 $P$ を算出し、得られた予測上昇圧力 $P$ と、この予測時に得られた検出圧力 $P_{fb}$ とを加算した圧力( $P_{fb} + P$ )が予め設定された設定圧力 $P_{ref}$ を越えていると判断したときの検出圧力である。

## 【0067】

2. 予測上昇圧力( $P$ ): 式(3)に基づいて算出される。

## 【0068】

3. 予測最大圧力( $P_{fb} + P$ ): 式(3)に基づく算出は、各ショット毎に必ずしも圧力勾配が一定とならないので、( $P_{fb} + P$ )が設定圧力 $P_{ref}$ と一致したかどうかを

50

判別するのは難しい。実際に得られる値は次の圧力誤差を考慮した値とならざるを得ない。

【 0 0 6 9 】

4 . 圧力誤差 (  $P_{fb1} + P - P_{ref}$  ) : 予測最大圧力が、設定圧力  $P_{ref}$  からどの程度ずれているのかを表す。

【 0 0 7 0 】

5 . 最大圧力 (  $P_{max}$  ) : 上述したようにモデル通りに振る舞わないことにより上昇してしまう場合の最高圧力である。

【 0 0 7 1 】

6 . 設定圧力 (  $P_{ref}$  )

7 . 予測後上昇圧力 (  $P_{max} - P_{fb1}$  )

10

上述の相関を用いて、コントローラ 2 6 は、1 ショット成形時の各種実績値を用いて、以下の式 ( 4 ) から理想的な係数  $k_{model}$  を逆算する。また、このときの予測後上昇圧力にはサンプリングによる遅れ分などによる誤差を吸収するため、圧力誤差を追加する。

【 0 0 7 2 】

【 数 4 】

$$\begin{aligned} k_{model} &= dP \cdot \frac{V0}{\text{予測後上昇圧力} + \text{圧力誤差}} \\ &= \frac{dP \cdot V0}{P_{max} - P_{fb1} + P_{fb1} + \Delta P - P_{ref}} \\ &= \frac{dP \cdot V0}{P_{max} + \Delta P - P_{ref}} \end{aligned}$$

20

但し、 $dP$  は超過を予測した時点での射出圧力微分値  
 $V0$  は超過を予測した時点でのスクリュ速度  
 $P_{max}$  は最大圧力  
 $\Delta P$  は超過を予測した時点での予測上昇圧力  
 $P_{ref}$  は設定圧力

(4)

30

以下に、作用について説明する。

【 0 0 7 3 】

式 ( 3 ) において、適当な係数  $k$  を設定した後で 1 ショットだけ試し成形を行なう。なお、係数  $k$  は、式 ( 2 ) のモデルに基づいて  $k = 2 dV$  を設定しても良い。

【 0 0 7 4 】

この設定による 1 ショット成形で得られる各種実績値 (  $dP$ 、 $V0$ 、 $P_{max}$ 、 $P$  ) および設定圧力 (  $P_{ref}$  ) から、式 ( 4 ) に基づいて理想的な係数  $k_{model}$  を算出する。算出後、これを次回以降の実成形ショット時の係数に反映させる。

40

【 0 0 7 5 】

反映のさせ方としては、以下の 1 ~ 3 の方法が適用できる。

【 0 0 7 6 】

1 . 得られた係数を直ちに次回ショット時に使用する。

【 0 0 7 7 】

2 . 数ショット分の試し成形、あるいは前回ショットで得られた係数を反映させながら数ショット分の成形を行い、それぞれで得られた係数の平均値を利用する (ただし、成形条件 (設定) が変わった場合には除外する)。この方法は、実成形に入ってから継続し

50

て用いることとしても良い。

【0078】

3. 前回ショットで得られた係数を反映させながら数ショット分の成形を行い、それぞれで得られた係数を逐次リングバッファに格納する。以後、実成形においても移動平均値を算出し続けてこれを実係数として用いる。

【0079】

リングバッファというのは、図7に示すように、任意の複数の変数を格納できる複数の領域を持つメモリを用意し、そのメモリの各領域に順番に算出された係数 ( $k_{model}$ ) を格納し、一杯になったらまた最初の領域に一番新しい係数を入れるものである。これを繰り返すと同時に、1つの係数が新たに格納される毎に複数の領域全てに格納された係数の平均値を求める。すなわち、図7に示す例では、絶えず最新6個分の係数の平均値を算出し、それを次回ショットに用いる方法である。

10

【0080】

モデルと実績の乖離は良く起こることで、それに対してさらにモデルを追求することにはある程度の限界がある。まして、プラスチック樹脂のように粘弾性を持った流体では、そのモデル化が非常に難しい。但し、限定された条件下では確実に理想的な係数 ( $k_{model}$ ) が存在するので、本発明のようにこれを逆算することで多種多様な状態に対応できるようになる。

【0081】

本実施例による制御方法においては、射出工程においてスクリュが前進する際に発生する射出圧力  $P_{fb}$  を検出し、その検出時点から予め設定されたスクリュの減速度でスクリュを停止させる場合の上昇射出圧力  $P$  を予測する。そして、予測した上昇射出圧力  $P$  と現在の射出圧力  $P_{fb}$  との和が、予め設定された圧力  $P_{ref}$  を超過するかを判定し、超過すると判定された時点で、予め設定されたスクリュの減速度でスクリュを減速させることにより、スクリュ速度制御によって圧力制御を行なう。スクリュ速度制御によって圧力制御を実現する区間は、図6Aにおいてスクリュ速度  $V_0$  が減少しはじめてから実際の圧力制御に切り換えられるまでの間に相当する。

20

【0082】

その結果、射出圧力の最高圧力を、図6Bのように設定圧力  $P_{ref}$  を大きく越えてしまうことなく、設定圧力  $P_{ref}$  に近付けるように制御することができる。

30

【0083】

以上、本実施例による制御方法を図1に示す構成の射出成形機に適用した場合について説明したが、本実施例による制御方法は図1に示す射出成形機に限定されないことは前述した通りである。例えば、検出圧力  $P_{fb}$  は、加熱シリンダのヘッド側に樹脂圧力センサが設けられる場合にはこの検出値を用いても良い。また、スクリュの速度は射出用サーボモータに設けられたエンコーダの検出信号を用いて算出することとしてもよい。また、本実施例による制御方法は、電動式の射出成形機に限らず、油圧式の射出成形機にも適用可能である。この場合、射出圧力は、例えば射出シリンダの油圧センサにより検出される。

【0084】

上述の如く、本実施例によれば、溶融樹脂を金型内に押し込む際の射出圧力をモデル化した演算式に基づいて予測することで射出圧力の最高圧力を設定圧力に近付けるように制御することができ、過充填によるバリの発生を防止することができる。加えて、上記演算式における定数部分である係数を理想的な値に近付けるよう修正可能にしたことにより上昇射出圧力の予測を適切に行なうことができる。

40

【0085】

次に、本発明の第3実施例による制御方法について説明する。

【0086】

本実施例による制御方法では、スクリュの減速開始時点以降のスクリュの減速度 ( $dV$  又は  $k$ ) を変化させる。図8は本発明による制御方法においてスクリュの減速度を変化させる処理のフローチャートである。

50

## 【0087】

図8において、まずステップS11において実際に成形機を作動させて最初のショット(1回目のショット)を行なう。次に、ステップS12において射出樹脂の予測上昇圧力 $P$ と係数 $k$ により減速開始時点 $T_1$ を算出する。続いて、ステップS13において、2回目のショットを行なう。そして、ステップS14において、2回目のショットにおいて減速開始時点 $T_1$ での $P_{fb} + P$ が設定圧力 $P_1$ を超えたか否かを判定する。

## 【0088】

ステップS14において、図9Bに示すように、減速開始時点 $T_1$ において $P_{fb} + P$ で求める設定圧力 $P_1$ を最大圧力 $P_{max}$ が超えていないと判定された場合は、処理はステップS15に進む。ステップS15では、スクリュの減速度 $dV$ (又は $k$ )を減少させてスクリュを減速する。すなわち、図9Aの粗い点線で示すように、減速度の勾配を緩い勾配に設定してスクリュを減速する。これにより、スクリュの減速開始時点 $T_1$ 以降の樹脂圧力の上昇が大きくなり、実際の樹脂の最大圧力を目標の設定圧力に近づけることができる。

10

## 【0089】

一方、ステップS14において、減速開始時点 $T_1$ において $P_{fb} + P$ で求める設定圧力 $P_1$ を最大圧力 $P_{max}$ が超えたと判定された場合は、処理はステップS16に進む。ステップS16では、スクリュの減速度 $dV$ (又は $k$ )を増大させてスクリュを減速する。すなわち、図9Aの細かい点線で示すように、減速度の勾配をより急な勾配に設定してスクリュを減速する。これにより、スクリュの減速開始時点 $T_1$ 以降の樹脂圧力の上昇が小さくなり、実際の樹脂の最大圧力を目標の設定圧力に近づけることができる。

20

## 【0090】

次に、本発明の第4実施例による制御方法について説明する。

## 【0091】

本実施例による制御方法では、検出された樹脂の最大圧力 $P_{max}$ と設定圧力とを比較し、設定圧力 $P_1$ を補正することにより、樹脂の最大圧力 $P_{max}$ を制御して目標の設定圧力 $P_1$ に近づける。図10は本発明による制御方法において設定圧力 $P_1$ を補正する処理のフローチャートである。

## 【0092】

図10において、まずステップS21において実際に成形機を作動させて最初のショット(1回目のショット)を行なう。次に、ステップS22において射出樹脂の予測上昇圧力 $P$ と係数 $k$ を算出する。続いて、ステップS23において、2回目のショットを行ない、実際の樹脂の最大圧力 $P_{max}$ を検出する。そして、ステップS24において、2回目のショットにおいて最大圧力 $P_{max}$ が設定圧力 $P_1$ (すなわち予測最大圧力( $P_{fb} + P$ ))を超えたか否かが判定される。

30

## 【0093】

ステップS24において、図11Aに示すように、2回目のショットにおいて実際に検出した最高圧力 $P_{max}$ が設定圧力 $P_1$ を超えたと判定された場合は、処理はステップS25に進む。ステップS25では、設定圧力 $P_1$ の値を $P$ の誤差 $P_E$ だけ減少させる処理を行なう。すなわち、実際に検出した最高圧力 $P_{max}$ が予測最大圧力( $P_{fb} + P$ )を超過した分だけ $P$ の値を減少させて、設定圧力 $P_2$ とする。これにより、 $P_E$ だけ補正した後のショットにおけるスクリュの減速開始時点 $T_1$ 以降の樹脂圧力の上昇が小さくなり、実際の樹脂の最大圧力を目標の設定圧力に近づけることができる。

40

## 【0094】

一方、ステップS24において、実際に検出した最高圧力 $P_{max}$ が設定圧力 $P_1$ を超えないと判定された場合は、処理はステップS26に進む。ステップS26では、設定圧力 $P_1$ の値を $P$ の誤差 $P_E$ だけ増大させる処理を行なう。すなわち、実際に検出した最高圧力 $P_{max}$ が予測最大圧力( $P_{fb} + P$ )に足りない分だけ、 $P$ の値を増大させる。これにより、 $P_E$ だけ補正した後のショットにおけるスクリュの減速開始時点 $T_1$ 以降の樹脂圧力の上昇が大きくなり、実際の樹脂の最大圧力を目標の設定圧力 $P_1$ に近づけ

50

ることができる。

【0095】

尚、第2実施例で示した P の補正方法を、第1、第3、第4実施例で適用することも可能である。

【0096】

本発明は上述の具体的に開示された実施例に限られず、本発明の範囲内において様々な変形例及び改良例がなされるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】従来の電動式射出成形機の射出装置側の部分の構成を示す図である。 10

【図2A】射出工程におけるスクリュの速度 - 時間特性を示すグラフである。

【図2B】射出工程における射出圧力の変化を示すグラフである。

【図3A】本発明の第1実施例による制御方法により制御したスクリュ速度の変化を示すグラフである。

【図3B】本発明の第1実施例による制御方法により制御した射出圧力の変化を示すグラフである。

【図4】本発明の第1実施例による制御方法を行なうためにコントローラが行なう処理のフローチャートである。

【図5A】減速開始時刻になっても予測射出圧力が設定圧力に到達しない場合に設定されるスクリュ速度を示すグラフである。 20

【図5B】減速開始時刻になっても予測射出圧力が設定圧力に到達しない場合を示すグラフである。

【図6A】本発明の第2実施例による制御方法により制御したスクリュ速度の変化を示すグラフである。

【図6B】本発明の第2実施例による制御方法により制御した射出圧力の変化を示すグラフである。

【図7】リングバッファを説明するための図である。

【図8】本発明の第3実施例による制御方法における減速度の変更処理のフローチャートである。

【図9A】減速度の変更を示すグラフである。 30

【図9B】検出した最大圧力が設定圧力に到達しない場合の射出圧力の変化を示すグラフである。

【図10】本発明の第4実施例による制御方法における設定圧力の補正処理のフローチャートである。

【図11A】検出した最大圧力が設定圧力を越えた場合の射出圧力の変化を示すグラフである。

【図11B】設定圧力の補正を示すグラフである。

【符号の説明】

【0098】

1 1 サーボモータ 40

1 2 ボールネジ

1 3 ナット

1 4 プレッシャプレート

1 5 , 1 6 ガイドバー

1 7 ベアリング

1 8 ロードセル

1 9 射出軸

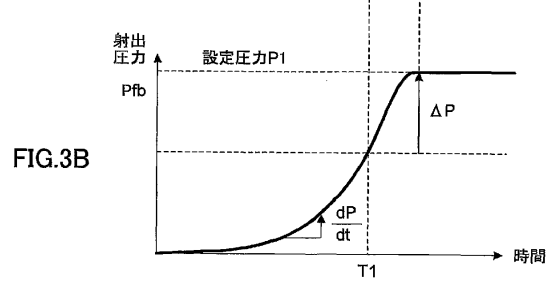
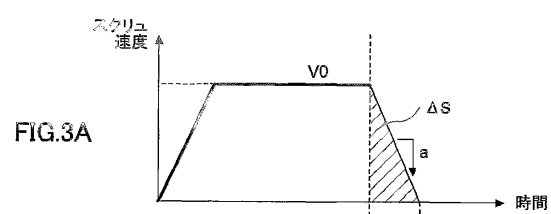
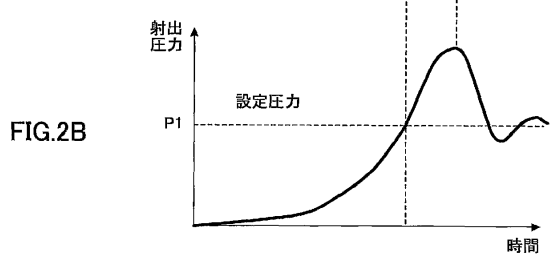
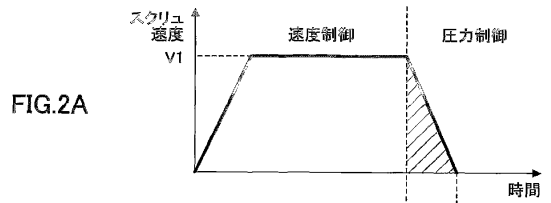
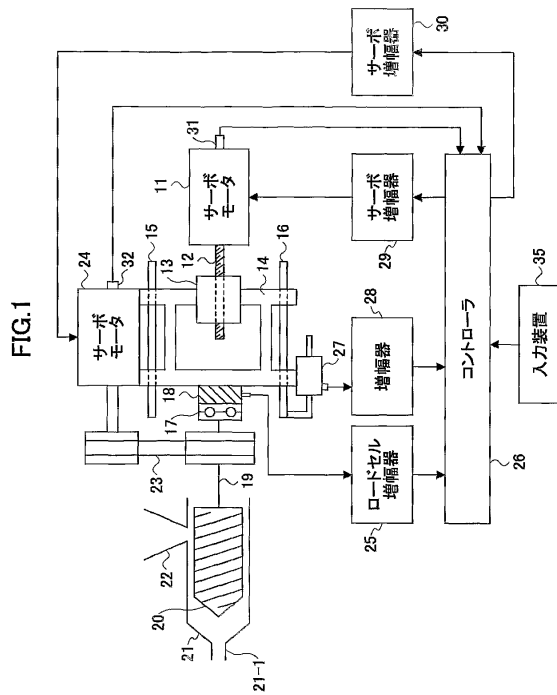
2 0 スクリュ

2 1 加熱シリンダ

2 4 サーボモータ 50

- 2 5 ロードセル増幅器
- 2 6 コントローラ
- 2 7 位置検出器
- 2 8 増幅器
- 2 9 , 3 0 サーボ増幅器
- 3 1 , 3 2 エンコーダ

【 図 1 】



【 図 4 】

FIG.4

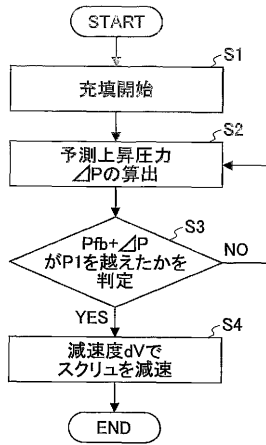


FIG.5A

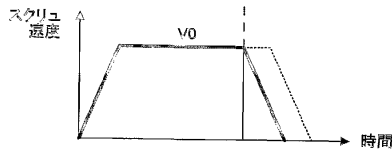
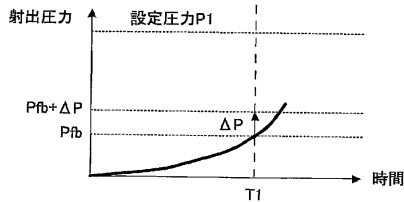
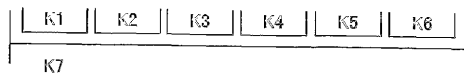


FIG.5B



【 図 7 】

FIG.7



【 図 8 】

FIG.8

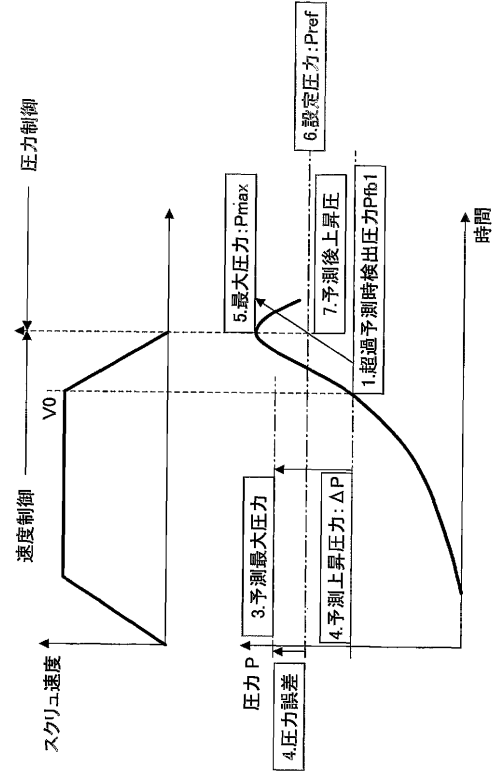
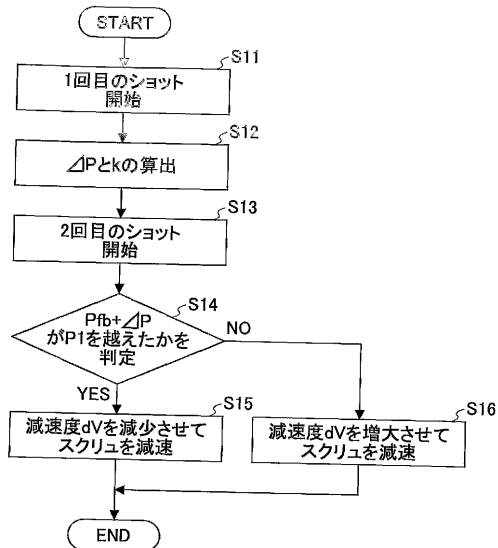


FIG.6A

FIG.6B

FIG.9A

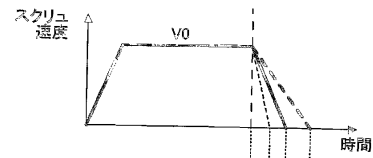
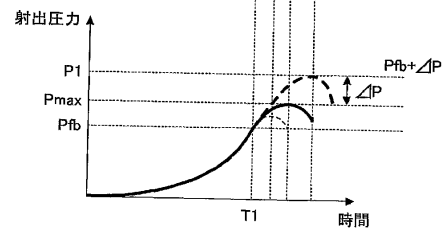


FIG.9B



【図10】

FIG.10

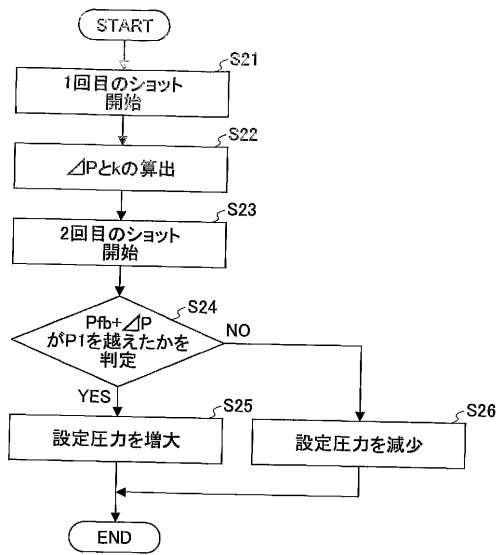


FIG.11A

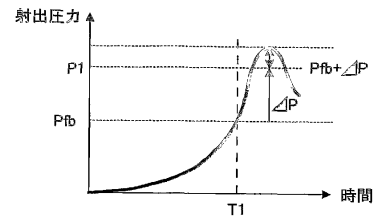
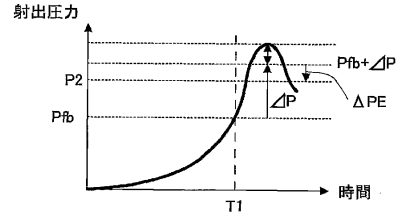


FIG.11B



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平04 - 339631 (JP, A)  
特開平07 - 125024 (JP, A)  
特開平08 - 090619 (JP, A)  
特開平09 - 011290 (JP, A)  
特開2002 - 052582 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B29C45/00 ~ 45/84