

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3794252号
(P3794252)**

(45) 発行日 平成18年7月5日(2006.7.5)

(24) 登録日 平成18年4月21日(2006.4.21)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 9 C 45/50 (2006.01)
B 2 9 C 45/77 (2006.01)

B 2 9 C 45/50
B 2 9 C 45/77

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-225952 (P2000-225952)
(22) 出願日 平成12年7月26日(2000.7.26)
(65) 公開番号 特開2002-36317 (P2002-36317A)
(43) 公開日 平成14年2月5日(2002.2.5)
審査請求日 平成16年4月8日(2004.4.8)

(73) 特許権者 000003458
東芝機械株式会社
東京都中央区銀座4丁目2番11号
(74) 代理人 100094053
弁理士 佐藤 隆久
(72) 発明者 松林 治幸
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械
株式会社内
(72) 発明者 飯村 幸生
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械
株式会社内
(72) 発明者 山崎 隆
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械
株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動式射出成形機および電動式射出成形機の射出制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

成形材料の成形型への射出を電動モータの駆動力によって行う電動式射出機構部と、射出速度が所定の成形条件に基づく射出速度指令に追従するように前記射出用モータを駆動制御するサーボ制御手段と、前記電動式射出機構部を前記成形条件にしたがって駆動制御した際の射出圧力に対する射出速度の変動特性が、成形材料の成形型への射出を油圧駆動系によって行う油圧式射出機構部における射出圧力に対する射出速度の変動特性に近似するように、前記油圧駆動系の特性に基づいて前記射出速度指令を補正する補正手段とを有する電動式射出成形機。

【請求項2】

射出圧力を検出する射出圧力検出手段をさらに有し、前記補正手段は、検出した射出圧力に基づいて、前記射出速度指令を補正する請求項1に記載の電動式射出成形機。

【請求項3】

前記補正手段は、検出された射出圧力および/またはその単位時間当たりの変動量に対して前記油圧駆動系の特性から推定される射出速度の減速値を算出する減速値算出部と、算出した射出速度の減速値によって前記射出速度指令を補正する指令補正部とを有する請求項2に記載の電動式射出成形機。

【請求項4】

10

20

前記減速値算出部は、前記油圧駆動系の射出圧力に対する射出速度の変動特性を規定する要素毎に用意された射出速度の減速値を定量化する減速値算出式によって前記射出速度の減速値を算出し、

前記指令補正部は、算出された前記要素毎の減速値によって前記射出速度指令を補正する請求項3に記載の電動式射出成形機。

【請求項5】

成形材料の成形型への射出を電動モータの駆動力によって行う電動式射出機構部と、射出速度が所定の成形条件に基づく射出速度指令に追従するように前記射出用モータを駆動制御するサーボ制御手段とを備える電動式射出成形機の射出制御方法であって、

前記電動式射出機構部を前記成形条件にしたがって駆動制御した際の射出圧力に対する射出速度の変動特性が、成形材料の成形型への射出を油圧駆動系によって行う油圧式射出機構部における射出圧力に対する射出速度の変動特性に近似するように、前記油圧駆動系の特性に基づいて前記射出速度指令を補正することを特徴とする

電動式射出成形機の射出制御方法。

【請求項6】

射出圧力を検出し、検出した射出圧力に基づいて、前記射出速度指令を補正する

請求項5に記載の電動式射出成形機の射出制御方法。

【請求項7】

検出された射出圧力および/またはその単位時間当たりの変動量に対して前記油圧駆動系の特性から推定される射出速度の減速値を算出し、算出した射出速度の減速値によって前記射出速度指令を補正する

請求項6に記載の電動式射出成形機の射出制御方法。

【請求項8】

前記油圧駆動系の射出圧力に対する射出速度の変動特性特性を規定する要素毎に用意された射出速度の減速値を定量化する減速値算出式によって前記射出速度の減速値を算出し、算出された前記要素毎の減速値によって前記射出速度指令を補正する

請求項7に記載の電動式射出成形機の射出制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電動式射出成形機およびその射出制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

サーボモータの駆動力によって成形材料の射出を行う電動式射出成形機の射出制御は、サーボモータが制御指令に対して精度よく追従するため、射出速度や射出圧力を応答性良く制御でき、安定した成形精度の維持が可能である等の特徴を有する。

一方、油圧によって成形材料の射出を行う油圧式射出成形機では、油圧作動油の油温の変化が機械の動作特性に影響を与えるため安定した成形精度の維持が難しく、また、作動油の粘弾性（圧縮性）や油圧機器の特性が無視できる大きさではなく、制御指令と実際の射出速度や射出圧力との間に非線形を生じ、制御性が悪い等の問題点がある。

このような背景から、油圧式射出成形機から電動式射出成形機への移行が進んでいる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、同様の成形品を成形するのに、油圧式射出成形機から電動式射出成形機へ移行させるには種々の問題がある。

たとえば、油圧式射出成形機に対して設定した良好な成形品質の得られる成形条件（射出速度パターン）を電動式射出成形機に対してそのまま与えても、同様な品質が得られるとは限らない。これは、油圧式射出成形機と電動式射出成形機とでは、指令に対する実際の射出速度や射出圧力の応答特性が異なるからである。このため、油圧式射出成形機に対して設定した成形条件（射出速度パターン）をそのまま電動式射出成形機に移植することは

10

20

30

40

50

困難であり、油圧式射出成形機において蓄積した成形条件を電動式射出成形機において有効に利用することが難しかった。

また、油圧式射出成形機で設定した成形条件（射出速度パターン）を電動式射出成形機で使用し、たとえば、複数のキャビティをもつ金型を用いて射出成形すると、複数の成形品間の重量のばらつきが大きくなるという問題がある。

油圧式射出成形機では、作動油の圧縮性やリリーフバルブ、油圧ポンプ等の油圧機器の特性により成形材料が金型のゲートを通じた際の射出圧力の上昇に対して射出速度が減速するため、射出速度および射出圧力を緻密に制御しなくても成形材料が複数のゲートを比較的バランス良く通過しやすく、複数の成形品間の重量のばらつきが比較的小さい。

一方、電動式射出成形機では、射出速度が指令に追従するように制御する射出速度制御中において成形材料が金型のゲートを通じた際の射出圧力の上昇に対して射出速度が減速しないため、成形材料の多くは金型内で一番流れ易い経路に向かいキャビティ間の充填量がばらつく。電動式射出成形機において複数の成形品間で重量のばらつきを小さくする成形条件（射出速度パターン）を設定することは可能であるが、このような成形条件を決定するのは非常に難しく、また、成形条件を細かに設定して射出速度を緻密に制御する必要があり、成形条件の設定に時間および労力を要する。

10

【0004】

本発明は、上述の問題に鑑みて成されたものであって、その目的は、油圧式射出成形機における成形条件を電動式射出成形機にそのまま移植しても、成形品の品質を維持できる電動式射出成形機およびその射出制御方法を提供することにある。

20

本発明の他の目的は、複数のキャビティをもつ金型における各キャビティで成形された成形品の重量のばらつきを抑制できる電動式射出成形機およびその射出制御方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明の電動式射出成形機は、成形材料の成形型への射出を電動モータの駆動力によって行う電動式射出機構部と、射出速度が所定の成形条件に基づく射出速度指令に追従するように前記射出用モータを駆動制御するサーボ制御手段と、前記電動式射出機構部を前記成形条件にしたがって駆動制御した際の射出圧力に対する射出速度の変動特性が、成形材料の成形型への射出を油圧駆動系によって行う油圧式射出機構部における射出圧力に対する射出速度の変動特性に近似するように、前記油圧駆動系の特性に基づいて前記射出速度指令を補正する補正手段とを有する。

30

【0006】

本発明の電動式射出成形機は、好適には、射出圧力を検出する射出圧力検出手段をさらに有し、前記補正手段は、検出した射出圧力に基づいて、前記射出速度指令を補正する。

【0007】

前記補正手段は、検出された射出圧力および/またはその単位時間当たりの変動量に対して前記油圧駆動系の特性から推定される射出速度の減速値を算出する減速値算出部と、算出した射出速度の減速値によって前記射出速度指令を補正する指令補正部とを有する。

【0008】

前記減速値算出部は、前記油圧駆動系の射出圧力に対する射出速度の変動特性を規定する要素毎に用意された射出速度の減速値を定量化する減速値算出式によって前記射出速度の減速値を算出し、前記指令補正部は、算出された前記要素毎の減速値によって前記射出速度指令を補正する。

40

【0009】

本発明の電動式射出成形機の射出制御方法は、成形材料の成形型への射出を電動モータの駆動力によって行う電動式射出機構部と、射出速度が所定の成形条件に基づく射出速度指令に追従するように前記射出用モータを駆動制御するサーボ制御手段とを備える電動式射出成形機の射出制御方法であって、前記電動式射出機構部を前記成形条件にしたがって駆動制御した際の射出圧力に対する射出速度の変動特性が、成形材料の成形型への射出を

50

油圧駆動系によって行う油圧式射出機構部における射出圧力に対する射出速度の変動特性に近似するように、前記油圧駆動系の特性に基づいて前記射出速度指令を補正することを特徴とする。

【0010】

本発明の電動式射出成形機の射出制御方法は、好適には、射出圧力を検出し、検出した射出圧力に基づいて、前記射出速度指令を補正する。

【0011】

本発明の電動式射出成形機の射出制御方法は、さらに好適には、検出された射出圧力および/またはその単位時間当たりの変動量に対して前記油圧駆動系の特性から推定される射出速度の減速値を算出し、算出した射出速度の減速値によって前記射出速度指令を補正する。

10

【0012】

本発明の電動式射出成形機の射出制御方法は、前記油圧駆動系の射出圧力に対する射出速度の変動特性を規定する要素毎に用意された射出速度の減速値を定量化する減速値算出式によって前記射出速度の減速値を算出し、算出された前記要素毎の減速値によって前記射出速度指令を補正する。

【0013】

本発明は、電動式射出成形機における射出圧力に対する射出速度の変動特性が、油圧式射出成形機における射出圧力に対する射出速度の変動特性に近似するように、油圧駆動系の特性に基づいて射出速度指令を補正する。このため、本発明の電動式射出成形機を油圧式射出成形機に対する成形条件で駆動制御した場合に、射出圧力に対する射出速度の変動特性が油圧駆動系の特性に近似する。

20

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

図1は、本発明が適用される電動式射出成形機の電動式射出機構部の一例を示す構成図である。

図1において、電動式射出機構部1は、先端に射出ノズル3を備えた射出シリンダ2と、この射出シリンダ2内に移動自在に内蔵された射出スクリー4と、射出ノズル3内に成形材料を供給するホッパ5と、射出スクリー4を回転駆動する可塑化用モータ9と、射出スクリー4を直動させる射出用モータ15とを備える。

30

【0015】

射出シリンダ2は、ホッパ5から供給される、たとえば、ゴム材料や樹脂材料からなる成形材料Mを加熱溶融させるための図示しない加熱手段を備えている。射出シリンダ2の先端に設けられた射出ノズル3は、加熱溶融された成形材料Mを射出スクリー4の直動に応じて図示しない成形型に射出する。

【0016】

射出スクリー4の後端部には、プーリ6が固定されており、このプーリ6は可塑化用モータ9の回転軸9aに固定されたプーリ7とタイミングベルト8によって連結されている。したがって、可塑化用モータ9の回転は、タイミングベルト8によって射出スクリー4に伝達され、射出スクリー4が回転する。

40

射出スクリー4が回転すると、射出シリンダ2に供給され加熱溶融した成形材料Mは、図示しない逆流防止弁を通して射出シリンダ2の射出ノズル3側に蓄積される。この蓄積によって、射出スクリー4は後退する。

可塑化用モータ9には、たとえば、光学式のロータリエンコーダからなる回転位置検出器10が設けられており、回転位置検出器10の検出信号は制御装置31に入力される。

【0017】

射出スクリー4の後側には、プレッシャープレート11が射出スクリー4の軸方向に沿って移動可能に設けられており、このプレッシャープレート11にボールねじ軸20が螺合している。ボールねじ軸20は、後端部にプーリ12が固定されており、このプーリ

50

12は、射出用モータ15の回転軸15aに固定されたプーリ13とタイミングベルト14によって連結されている。

射出用モータ15の回転は、タイミングベルト14によってボールねじ軸20に伝達され、ボールねじ軸20の回転によってプレッシャープレート11が直動する。プレッシャープレート11が射出シリンダ2側に移動すると、プレッシャープレート11は射出スクリーユ4が射出ノズル3側に移動するように押圧する。射出スクリーユ4の移動により、射出ノズル3から成形材料が射出される。

【0018】

射出用モータ15には、たとえば、光学式のロータリエンコーダからなる回転位置検出器16が設けられており、回転位置検出器16の検出信号は制御装置31に入力される。なお、回転位置検出器16の検出位置から、射出スクリーユ4の位置および射出速度を算出することができる。

10

【0019】

プレッシャープレート11とボールねじ軸20の間には、プレッシャープレート11に作用する押圧力を検出する、たとえば、ロードセルからなる圧力検出器21が設けられている。圧力検出器21の検出信号は、制御装置31に入力される。

なお、圧力検出器21の検出した圧力から、射出スクリーユ4の射出圧力を算出することができる。

【0020】

制御装置31は、本発明のサーボ制御手段の一実施態様である。回転位置検出器10、16が検出した位置情報や圧力検出器21の検出した圧力等に基づいて、射出機構部1や図示しない型締装置を閉ループ制御する。制御装置31は、特に、射出用モータ15を射出速度指令に追従するようにサーボ制御する。なお、制御装置31の具体的構成については後述する。

20

【0021】

上記構成の電動式射出機構部1では、成形材料Mを射出シリンダ2に供給し、これを加熱溶融しながら射出スクリーユ4を回転させて所定量の成形材料Mを射出シリンダ2の先端部に蓄積したのち、射出スクリーユ4を設定された射出速度パターンにしたがって前進させ、射出ノズル3から成形材料Mの射出を行う。

【0022】

図2は、油圧式射出成形機の油圧式射出機構部の概略構成の一例を示す図である。

図2において、油圧式射出機構部101は、射出シリンダ102と、この射出シリンダ102に移動自在に内蔵された射出スクリーユ104と、この射出スクリーユ104を直動させる油圧シリンダ105と、この油圧シリンダ105に作動油を供給する油圧回路部110とを備えている。

30

なお、図2において図示しないが、油圧式射出機構部101は成形材料を供給するホッパや射出スクリーユ104を回転させる回転駆動源を備えている。

【0023】

油圧シリンダ105は、ピストン106を内蔵しており、このピストン106に連結されたピストンロッド107が射出スクリーユ104と連結されている。したがって、ピストンロッド107の伸縮によって射出スクリーユ104は射出シリンダ102内を移動する。

40

【0024】

油圧回路部110は、油圧ポンプ111と、この油圧ポンプ111と管路114によって接続されたサーボ弁113と、このサーボ弁113と油圧ポンプ111との間の管路114に設けられたリリーフ弁112とを有する。

【0025】

油圧ポンプ111は、設定された圧力の油圧をサーボ弁113に供給する。

サーボ弁113は、図示しない制御装置からの指令にしたがって、射出速度が指令に追従するように、油圧シリンダ105へ供給する作動油の流量をコントロールする。

50

リリーフ弁 112 は、管路 114 内の作動油の圧力が設定圧力以上になったときに、この作動油をタンクに逃がす役割を果たす。

【0026】

上記構成の油圧式射出機構部 101 では、上述した電動式射出機構部 1 と同様に、成形材料 M を射出シリンダ 102 に供給し、これを加熱溶融しながら射出スクリー 104 を回転させて所定量の成形材料 M を射出シリンダ 102 の先端部に蓄積したのち、射出スクリー 104 を設定された射出速度パターンにしたがって前進させ、射出シリンダ 102 の先端から成形材料 M の射出を行う。

【0027】

電動式射出機構部 1 と油圧式射出機構部 101 との射出特性の違いについて説明する。図 3 は電動式射出機構部 1 によって成形材料 M を成型型に射出したときの射出速度および射出圧力の波形を示すグラフであり、図 4 は油圧式射出機構部 101 によって成形材料 M を成型型に射出したときの射出速度および射出圧力の波形を示すグラフである。なお、図 3 および図 4 における射出制御は、電動式射出機構部 1 および油圧式射出機構部 101 の双方に同じ射出速度指令 V_r を与えて射出速度を制御している。

【0028】

図 3 に示すように、電動式射出機構部 1 では、射出速度 V が射出速度指令 V_r に正確に追従しており、実際の射出圧力 P が変動しても射出速度 V が変動しないことがわかる。一方、図 4 に示すように、油圧式射出機構部 101 では、実際の射出速度 V は射出圧力 P の値が上昇する位置 P_a や P_b の付近で減速するのがわかる。すなわち、油圧式射出機構部 101 では、射出圧力 P の値が上昇すると、射出速度 V は減速し、射出速度指令 V_r に追従しない。すなわち、油圧式射出機構部 101 では、射出圧力 P の値が上昇すると射出速度 V が減速するため、射出圧力 P および射出速度 V が急激に変動しにくい特性をもつ。このような特性は、精密成形においては不利となる反面、射出圧力 P および射出速度 V が急激に変化しないため、成形材料 M の流動に急激な変化が発生しにくく、成形品の品質を良好にしやすい。

【0029】

ここで、上記の油圧式射出機構部 101 において発生する射出圧力 P の上昇に対して射出速度 V を減速させる要素について説明する。

油圧式射出機構部 101 において、射出圧力の上昇に対して射出速度を減速させる要素は、たとえば、作動油の圧縮性や、油圧ポンプの容積効率の変動、リリーフ弁 112 のオーバーライド特性、サーボ弁 113 等での作動油の漏れなどの油圧機器の特性等が挙げられる。

【0030】

たとえば、作動油は、射出圧力 P が上昇すると圧縮され、その圧縮量は射出圧力の変動量に比例する。射出圧力 P の上昇により作動油が圧縮されると、この作動油の圧縮量の分だけ油圧ポンプ 111 の吐出量が見かけ上減り、射出速度 V が減速する。

作動油の圧縮量を V_c [mm^3]、作動油が存在する配管 114 および油圧シリンダ 105 の容積を V_0 [mm^3]、射出圧力 P の変動量を P [MPa]、作動油の圧縮率を (7×10^{-4}) [$1/\text{MPa}$] とすると、圧縮量 V_c は次式で表される。

【0031】

【数 1】

$$V_c = V_0 \times P \times \dots (1)$$

【0032】

配管 114 の容積は一定であるが、油圧シリンダ 105 の容積は射出スクリー 104 の位置により変化する。このため、配管 114 の容積と油圧シリンダ 105 の容積とを分けて考えると、配管 114 の容積を V_1 とすると、配管 114 内での作動油の圧縮量 V_1 は次式 (2) で表される。

【0033】

【数 2】

10

20

30

40

50

$$V_1 = V_1 \times P \times \dots (2)$$

【0034】

油圧シリンダ105の容積を V_2 、射出スクリュウ104のストローク量を S_M 〔mm〕、射出スクリュウ104の位置を S_P 〔mm〕とすると、油圧シリンダ105内での作動油の圧縮量 V_2 は次式(3)で表される。

【0035】

【数3】

$$V_2 = V_2 \times P \times (S_M - S_P) / S_M \dots (3)$$

【0036】

したがって、作動油の総圧縮量 V_C は、次式(4)で表される。

10

【0037】

【数4】

$$V_C = V_1 + V_2 \dots (4)$$

【0038】

この作動油の総圧縮量 V_C によって、減速する射出速度 V の減速値 V_S は、次式(5)によって定量化することができる。なお、 A_1 は油圧シリンダ105の断面積である。

【0039】

【数5】

$$V_S = V_C / A_1 \times 1000 \dots (5)$$

【0040】

20

このように、射出速度 V を減速させる要素のひとつとしての作動油の圧縮性の影響による射出速度 V の減速値 V_S を定量化することができる。

【0041】

射出速度 V を減速させる他の要素として、リリーフ弁112のオーバーライド特性が挙げられる。

リリーフ弁112のオーバーライド特性とは、たとえば、図5に示すように、リリーフ弁112は回路圧力が設定圧力に到達する前に、作動油のタンクへの放出を開始する特性である。

このため、作動油の量は、リリーフ弁112が作動油のタンクへの放出を開始した時点から低下するため、射出速度 V も減速を始める。

30

このリリーフ弁112のオーバーライド特性による射出速度 V の減速値も、図5に示したような関係から定量化が可能である。

【0042】

射出速度 V を減速させるさらに他の要素として、油圧ポンプ111の容積効率の変化が挙げられる。

油圧ポンプ111の吐出流量は、たとえば、図6に示すように、油圧ポンプ111の吐出圧力が上昇すると減少する。これは、油圧ポンプ111の内部で油の漏れが発生するためである。これにより、射出速度 V は射出圧力 P が上がると低下することになる。

このような油圧ポンプ111の特性は、油圧ポンプ111の理論吐出流量(無付加時の吐出流量)と実際の吐出流量との比である容積効率によって規定される。

40

油圧ポンプ111の容積効率 η は、射出圧力 P の上昇に応じて変化する。

【0043】

油圧ポンプ111の容積効率 η の変化による射出速度 V の減速値を V_0 〔mm/s〕、射出速度指令値を V_r 〔mm/s〕、最大射出圧力を P_M 〔MPa〕、最大射出圧力時の容積効率 η_M とすると、減速値 V_p は次式(6)で表すことができる。

【0044】

【数6】

$$V_p = V_r \times P / P_M \times (1 - \eta_M) \dots (6)$$

【0045】

以上のように説明した要素以外にも、油圧式射出機構部101において、射出圧力の上昇

50

に対して射出速度を減速させる要素は存在するが、これらの各要素の影響による射出速度 V の減速値の定量化は可能である。

【 0 0 4 6 】

図 7 は本発明の一実施形態に係る制御装置 3 1 の機能ブロック図である。

図 7 において、制御装置 3 1 は、射出速度パターン入力部 3 2 と、射出速度指令生成部 3 3 と、射出速度指令データ記憶部 3 4 と、減速値算出部 3 5 と、指令補正部 3 6 と、射出制御部 3 7 と、サーボドライバ 3 8 と、変動量算出部 3 9 と、射出圧力算出部 4 0 と、パラメータ記憶部 4 1 と、射出速度算出部 4 2 と、スクリュー位置換算部 4 3 と、計量制御部 4 4 と、サーボドライバ 4 5 とを有する。

なお、減速値算出部 3 5 は本発明の減速値算出部の一実施態様であり、指令補正部 3 6 は本発明の指令補正部の一実施態様である。 10

【 0 0 4 7 】

射出速度パターン入力部 3 2 は、射出スクリュー 4 のストローク位置に応じた射出速度パターンを設定する。

射出速度パターン入力部 3 2 で設定される射出速度パターンは、たとえば、図 9 に示すようなものであって、射出成形機のユーザ側のオペレータが簡単な操作設定（多くても十数点の設定）により、操作画面上で適宜入力できるように構成されている。

図 9 に示す射出速度パターンは、射出スクリュー 4 のストローク位置 $S_1 \sim S_6$ の間で射出速度がそれぞれ $V_1 \sim V_5$ に設定されている。

射出速度パターンは、射出成形する成形品の形状、成形材料の種類等の種々の条件に応じて最適なものが存在し、通常は、ある程度の試行錯誤によって、最適な射出速度パターンを見つけ出す必要があり、射出成形機のユーザ側のオペレータの熟練に負うところが大きい。 20

【 0 0 4 8 】

図 9 に示した射出速度パターンは、射出速度の実際の波形を設定するものではなく、上述したオペレータの操作によって設定されるものであり、射出速度がストローク位置 $S_1 \sim S_6$ に対して細かに設定されておらず、射出速度を緻密に制御するためのものではない。このように図 4 に示した射出速度 V の実波形と比べれば大まかに設定された射出速度パターンは、上記した油圧式射出機構部 1 0 1 に与えるのに適している。大まかに設定された射出速度パターンを油圧式射出機構部 1 0 1 に与えた場合、油圧駆動系は射出圧力の変動 30 に対して射出速度が変動する特性をもっているため、実際の射出速度は設定した射出速度パターンに正確には追従せず、射出速度や射出圧力が急激に変動することがない。このため、油圧制御機では、大まかに設定された射出速度パターンによって良好な品質の成形品を得ることが比較的容易である。

一方、上記した電動式射出機構部 1 に大まかに設定された射出速度パターンを与えると、電動式射出機構部 1 は射出速度パターンに追従するように駆動制御されるため、射出圧力が上昇しても射出速度が変動せず、射出速度や射出圧力の急激な変動が発生し、成形材料 M の流動に変化が発生しやすく良好な品質の成形品を得られるとは限らない。

このため、本実施形態では、後述するように、大まかに設定された射出速度パターンを電動式射出機構部 1 に与えても、良好な品質の成形品が得られるように、電動式射出機構部 40 1 の射出圧力に対する射出速度の変動特性が油圧式射出機構部における射出圧力に対する射出速度の変動特性に近似するように補正する。

【 0 0 4 9 】

射出速度指令生成部 3 3 は、射出速度パターン入力部 3 2 で設定された射出速度パターンから、単位時間毎、たとえば、1 m s 毎の射出スクリュー 4 の移動量、すなわち、射出速度指令値を算出する。なお、単位時間は射出速度指令値を出力する周期である。

図 9 に示したような射出速度パターンについて射出速度指令値を算出すると、算出した射出速度指令値のデータ量が膨大になる。

このため、射出速度指令生成部 3 3 では、図 1 0 に示すように、単位時間 t と、各ストローク位置間における射出速度指令値 $S_{12} \sim S_{56}$ と、各ストローク位置間の射出速度 50

指令値データのデータ数 $N_{12} \sim N_{56}$ をそれぞれセットにしたデータに変換する。なお、図 10 において、 S_0 は、射出速度指令を算出したときに発生する端数である。この端数 S_0 を考慮しないと、射出スクリー 4 のストローク位置が正確に目標のストローク位置に一致しなくなるためである。

【0050】

射出速度指令データ記憶部 34 は、射出速度指令生成部 33 で生成した図 10 に示したような射出速度指令値データを記憶保持する。

【0051】

射出圧力算出部 40 は、電動式射出機構部 1 に設けられた圧力検出器 21 の検出した圧力から、射出圧力 P を算出し、変動量算出部 39 および減速値算出部 35 に出力する。

10

【0052】

変動量算出部 39 は、射出圧力算出部 40 から逐次入力される射出圧力 P の単位時間当たりの変動量 \dot{P} を算出し、減速値算出部 35 に出力する。

【0053】

減速値算出部 35 は、検出された射出圧力 P および / またはその単位時間当たりの変動量 \dot{P} に対して、上記の油圧式射出駆動部 101 の油圧駆動系の特性から推定される射出速度 V の減速値を算出する。

具体的には、減速値算出部 35 は、上述した油圧式射出機構部 101 において発生する射出圧力 P に対して射出速度 V を減速させる各要素毎に射出速度 V の減速値を定量化する減速値算出式を保持しており、これら減速値算出式にしたがって、射出速度 V の減速値を算出する。減速値算出式は、たとえば、上記の (1) ~ (6) 式である。

20

したがって、減速値算出部 35 では、各要素毎に射出速度 V の減速値が算出され、この減速値を指令補正部 36 に逐次出力する。

なお、減速値算出部 35 には、射出速度 V を減速させる複数の要素の減速値算出式を用意しておくことが、油圧式駆動系の特性を正確に特定する上で好ましいが、用意された減速値算出式のうち任意のものを選択して使用する構成とすることも可能である。

この場合には、後述するパラメータ記憶部 41 において使用する減速値算出式を特定するパラメータを設定すればよい。

また、本実施形態では、減速値算出部 35 において減速値算出式を用いて減速値を逐次算出する構成としたが、計算量を減らすために、射出圧力 P および変動量 \dot{P} に対応した減速値を予めテーブルとして保持しておき、このテーブルから減速値を選択する構成とすることも可能である。

30

【0054】

指令補正部 36 は、射出速度指令データ記憶部 34 から逐次入力される射出速度指令 $S_{12} \sim S_{56}$ を、減速値算出部 35 から逐次入力される減速値で補正する。

たとえば、射出速度指令データ記憶部 34 から射出速度指令 S が読みだされ、減速値算出部 35 から油圧ポンプ 111 の容積効率 η の変化による射出速度 V の減速値 V_p および作動油の圧縮性の影響による射出速度 V の減速値 V_s が入力されると、指令補正部 36 は、射出速度指令 S を次式 (7) のように補正する。なお、 S_m は、補正後の射出速度指令値である。

40

【0055】

【数7】

$$S_m = S - V_s - V_p \dots (7)$$

【0056】

指令補正部 36 は、補正後の射出速度指令値 S_m を射出制御部 37 に出力する。

【0057】

スクリー位置換算部 43 は、射出用モータ 15 に設けられた回転位置検出器 16 の検出した回転位置が入力され、この回転位置情報から射出スクリー 4 のストローク位置 S_p を逐次算出し、射出速度算出部 42 に出力する。

【0058】

50

射出速度算出部 4 2 は、スクリュウ位置換算部 4 3 から逐次入力される射出スクリュウ 4 のストローク位置 S_p を時間微分して、射出スクリュウ 4 の速度、すなわち、射出速度 V を算出し、射出制御部 3 7 に出力する。

【 0 0 5 9 】

射出制御部 3 7 は、補正後の射出速度指令値 S_m を入力とし、射出速度 V をフィードバック値として、速度ループおよび電流ループを構成する。

速度ループは、補正後の射出速度指令値 S_m と射出速度 V のサンプリング時間毎の偏差に比例動作および積分動作を施してトルク指令とし、これを電流ループに出力する。電流ループは、たとえば、各射出用モータ 1 5 の駆動電流から換算した射出用モータ 1 5 の出力トルク信号と上記トルク指令との偏差に比例動作を施して電流指令とし、これをサーボ

10

【 0 0 6 0 】

サーボドライバ 3 8 は、射出制御部 3 7 からの電流指令に基づいて増幅した駆動電流を射出用モータ 1 5 に出力する。これにより、射出用モータ 1 5 は、駆動電流に応じて駆動される。

【 0 0 6 1 】

パラメータ記憶部 4 1 は、制御装置 3 1 の各種制御に必要なパラメータを記憶保持している。

たとえば、パラメータ記憶部 4 1 は、図 1 1 に示すように、指令補正部 3 6 において補正を行うかを規定するパラメータや、減速値算出部 3 5 における各減速値算出式用のパラメータや、複数の要素の減速値算出式のうち使用する算出式を選択するパラメータ等を記憶保持している。

20

なお、上記の指令補正部 3 6 は、補正の有無を規定するパラメータを読み出し、補正有の場合のみ射出速度指令の補正を行う。

【 0 0 6 2 】

計量制御部 4 4 およびサーボドライバ 4 5 は、可塑化用モータ 9 の駆動制御を行う。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、制御装置 3 1 のハードウェア構成の一例を示す図である。

図 7 において説明した制御装置 3 1 の各機能は、図 8 に示すようなハードウェアによって実現される。

30

図 8 において、マイクロプロセッサ 5 1 は、ROM (Read Only Memory) 5 2、RAM (Random Access Memory) 5 3、インターフェース回路 5 7、5 8、5 9 グラフィック制御回路 5 4、表示装置 5 5、キーボード 5 6 等とバスを介して接続されている。

【 0 0 6 4 】

マイクロプロセッサ 5 1 は、ROM 5 2 に格納されたシステムプログラムにしたがって、制御装置 3 1 全体を制御する。

【 0 0 6 5 】

ROM 5 2 は、射出制御部 3 7、減算値算出部 3 5、指令補正部 3 6 等の処理を行うためのプログラムや、図示しない型締装置の型締制御や、各種データの演算処理を行うためのプログラムを記憶保持している。

40

【 0 0 6 6 】

RAM 5 3 は、射出速度パターン入力部 3 2 に入力された射出速度パターンデータや各種演算に必要な変数 (たとえば、射出圧力 P や変動量 ΔP) 等を一時的に記憶したり、また、RAM 5 3 は、射出速度指令データ記憶部 3 4、パラメータ記憶部 4 1 等を構成している。

【 0 0 6 7 】

インターフェース回路 5 7 は、マイクロプロセッサ 5 1 から出力された制御指令を所定の信号に変換してサーボドライバ 3 8 に出力する。また、インターフェース回路 5 7 は、射出用モータ 1 5 に備わった回転位置検出器 1 6 の検出パルスを逐次カウントし、所定のデジタル信号に変換してマイクロプロセッサ 5 1 に出力する。

50

インターフェース回路 5 8 は、圧力検出器 2 1 の検出信号を所定のデジタル信号に変換してマイクロプロセッサ 5 1 に出力する。

インターフェース回路 5 9 は、マイクロプロセッサ 5 1 から出力された制御指令を所定の信号に変換してサーボドライバ 4 5 に出力する。また、インターフェース回路 5 9 は、計量用モータ 9 に備わった回転位置検出器 1 0 の検出パルスを逐次カウントし、所定のデジタル信号に変換してマイクロプロセッサ 5 1 に出力する。

【 0 0 6 8 】

グラフィック制御回路 5 4 は、デジタル信号を表示用の信号に変換し、表示装置 5 5 に与える。

表示装置 5 5 には、例えば、C R T 表示装置や液晶表示装置が使用される。表示装置 5 5 は、キーボード 5 6 を用いてオペレータが対話形式でマニュアル操作によって射出速度パターンを作成していくときに、各種の情報を表示する。オペレータは、表示装置 5 5 に表示される内容（対話形データ入力画面）にしたがってデータを入力することにより、射出速度パターンを作成することができる。

【 0 0 6 9 】

次に、上記構成の制御装置 3 1 による本発明の電動式射出成形機の射出制御方法について図 1 2 および図 1 3 に示すフローチャートを参照して説明する。なお、上記の減速値算出部 3 5 において射出速度 V を減速させる要素として、作動油の圧縮性および油圧ポンプを考慮した場合について説明する。

まず、図 9 に示したような射出速度パターンを制御装置 3 1 に入力する（ステップ S 1 ）。この射出速度パターンは、たとえば、油圧式射出成形機に対して設定したものをそのまま使用してもよい。

【 0 0 7 0 】

次いで、入力した射出速度パターンから、射出速度指令生成部 3 3 において、射出速度指令を算出し（ステップ S 2 ）、単位時間 t 毎の射出速度指令データとそのデータ数 N を算出する。このとき端数処理も同時に行う（ステップ S 3 ）。算出された射出速度指令データは、射出速度指令データ記憶部 3 4 に記憶される。

【 0 0 7 1 】

この状態で、成形型が型締され、射出シリンダ 4 に所定量の成形材料 M が供給されたのち、射出制御が開始される（ステップ S 4 ）。

射出制御が開始されると、射出スクリュウ 4 の駆動により成形材料 M を成形型に充填するために、射出速度指令データ記憶部 3 4 からデータが読みだされ、制御装置 3 1 の R A M 5 3 に規定されたカウンタ C に、射出速度指令データのデータ数 N がセットされる（ステップ S 5 ）。なお、射出速度指令データ記憶部 3 4 に記憶された端数データ S_0 による端数処理が最初に行われる。

【 0 0 7 2 】

次いで、圧力検出器 2 1 からの圧力が検出され、射出圧力算出部 4 0 によって射出圧力 P が算出される（ステップ S 6 ）。さらに、今回算出された射出圧力 P と前回算出された射出圧力 P とから、射出圧力 P の変動量 ΔP が算出される（ステップ S 7 ）。

【 0 0 7 3 】

減速値算出部 3 5 では、検出した射出圧力 P から、上記の（ 6 ）式によって、油圧ポンプ 1 1 1 の特性により推定される射出速度 V の減速値 V_p を算出する（ステップ S 8 ）。さらに、算出された変動量 ΔP から、上記の（ 1 ）～（ 5 ）式によって、作動油の圧縮性から推定される射出速度 V の減速値 V_s を算出する（ステップ S 9 ）。

【 0 0 7 4 】

次いで、指令補正部 3 6 において、算出された減速値 V_s および減速値 V_p を用いて、射出速度指令データ記憶部 3 4 から読みだされた射出速度指令値 S が上記（ 7 ）式によって補正され（ステップ S 1 0 ）、補正した射出速度指令値 S_m が得られる。

【 0 0 7 5 】

補正した射出速度指令値 S_m は、射出制御部 3 7 に出力される（ステップ S 1 1 ）。

これにより、射出スクリー４の射出速度 V が、補正した射出速度指令値 S_m にしたがって制御される。

【 0 0 7 6 】

補正した射出速度指令値 S_m が射出制御部 3 7 に出力された後、カウンタ C の値がデクリメントされ（ステップ $S 1 2$ ）、カウンタ C の値が 0 になるまで、ステップ $S 6 \sim S 1 2$ の処理が繰り返し行われる（ステップ $S 1 3$ ）。

カウンタ C の値が 0、すなわち、一のストローク位置間の射出速度指令データの読み出しが完了したら、次のストローク位置間の射出速度指令データの読み出しが行われ、全ての射出速度指令データが読み出されたら、射出スクリー 4 により成形材料 M の成形型への充填が完了する。

10

【 0 0 7 7 】

図 1 4 は、本実施形態の射出制御方法により成形材料 M を成形型へ充填したときの射出圧力 P と射出速度 V の波形を示すグラフである。なお、図 1 4 のデータの成形条件は、図 3 および図 4 に示したデータと同じ成形条件である。

図 1 4 から分かるように、射出速度 V は、射出圧力 P が上昇する位置 $P a$ や $P b$ の付近で減速しており、この部分の射出圧力 P に対する射出速度 V の変動特性は、図 4 で説明した油圧式射出機構部 1 0 1 における射出圧力 P に対する射出速度 V の変動特性に近似している。

【 0 0 7 8 】

また、図 4 において、射出速度 V は射出圧力 P が上昇する位置 $P a$ や $P b$ の付近以外でも変動しているが、図 1 4 では射出圧力 P が上昇する位置 $P a$ や $P b$ 以外では殆ど変動していないのがわかる。

20

本実施形態に係る射出制御方法では、油圧駆動系の特性を全て近似するのではなく、油圧駆動系のもつ射出圧力 P に対する射出速度 V の変動特性のみを近似している。すなわち、本実施形態に係る射出制御方法では、油圧駆動系のもつ成形品の品質に好ましい影響を与える特性のみを抽出し、この特性を電動式射出機構部 1 の射出特性に反映させている。このため、本実施形態によれば、電動式射出機構部 1 のもつ高応答性を生かしつつ、油圧駆動系のもつ射出圧力 P および射出速度 V が急激に変動しない特性を電動式射出機構部 1 に持たせることが可能となる。

【 0 0 7 9 】

また、本実施形態によれば、電動式射出機構部 1 に、油圧式射出成形機と同様の射出速度パターンを与えた場合に、油圧式射出成形機と同様に射出圧力 P および射出速度 V が急激に変動することを抑制することができ、油圧式射出成形機と同様の品質の成形品を得ることが可能となる。

30

【 0 0 8 0 】

さらに、油圧式射出成形機では、油圧駆動系の射出圧力の上昇によって射出速度が減速する特性により、比較的大まかな射出速度パターンの設定によって良好な品質の成形品を得ることが可能であるが、電動式射出成形機では高応答性をもつがゆえに、大まかな射出速度パターンの設定によっては良好な品質の成形品を得ることが困難である。

本実施形態によれば、比較的大まかな射出速度パターンを電動式射出成形機に与え、これを油圧駆動系の特性に基づいて補正することで、油圧式射出成形機と同様の射出速度パターンで射出制御を行うことができ、その結果、射出速度パターンの作成を簡易に行うことができる。

40

【 0 0 8 1 】

図 1 5 は、2つのキャビティをもつ成形型に本実施形態に係る電動式射出成形機を用いて射出成形を行ったときの、2つの製品間の重量のばらつきを測定した実験結果を示すグラフである。

なお、図 1 5 において、従来制御とは、指令補正部 3 6 で射出速度指令値の補正を行わない制御である。従来制御は、パラメータ記憶部 4 1 の所定のパラメータを補正無とすることで、制御装置 3 1 によって行うことができる。また、図 1 5 において、横軸は一方の製

50

品の重量を示しており、縦軸は2つの製品間の重量差を示している。

図15からわかるように、本実施形態に係る電動式射出成形機は、従来制御に比べて、製品間の重量のばらつきを小さくできる。

すなわち、本実施形態に係る電動式射出成形機は、油圧式射出成形機の油圧駆動系の特性を備えているため、作動油の圧縮性やリリーフバルブ、油圧ポンプ等の油圧機器の特性により成形材料が金型のゲートを通過した際の射出圧力の上昇に対して射出速度が減速する。このため、射出速度および射出圧力を緻密に制御しなくても成形材料が複数のゲートを比較的バランス良く通過しやすく、複数の成形品間の重量のばらつきを従来制御に比べて小さくできる。

【0082】

10

【発明の効果】

本発明によれば、油圧式射出成形機に対する成形条件をそのまま電動式射出成形機に与えて射出成形しても、油圧式射出成形機と同様の品質の成形品を得ることが可能となる。

また、本発明によれば、油圧式射出成形機に対する成形条件（射出速度パターン）と同様の成形条件（射出速度パターン）を設定すれば、油圧式射出成形機と同様の品質の成形品を得ることが可能であり、成形条件の設定が簡易となる。

さらに、本発明によれば、電動式射出成形機に油圧式射出成形機の油圧駆動系の特性を取り込むことで、複数のキャピティをもつ成型型を用いて射出成形を行った場合に、製品間の重量のばらつきを小さくできる。

【図面の簡単な説明】

20

【図1】本発明が適用される電動式射出成形機の電動式射出機構部の構成の一例を示す図である。

【図2】油圧式射出成形機の射出機構部の構成の一例を示す図である。

【図3】電動式射出機構部1によって成形材料Mを成型型に射出したときの射出速度および射出圧力の波形を示すグラフである。

【図4】油圧式射出機構部101によって成形材料Mを成型型に射出したときの射出速度および射出圧力の波形を示すグラフである。

【図5】リリーフ弁112のオーバーライド特性を示すグラフである。

【図6】油圧ポンプ111の容積効率の変動特性を示すグラフである。

【図7】本発明の一実施形態に係る制御装置31の機能ブロック図である。

30

【図8】制御装置31のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図9】射出速度パターン入力部32で設定される射出速度パターンの一例を示す図である。

【図10】射出速度指令生成部33で生成される射出速度指令データの一例を示す図である。

【図11】パラメータ記憶部41で規定されるパラメータの一例を示す図である。

【図12】本発明の電動式射出成形機の射出制御方法を説明するためのフローチャートである。

【図13】図12に続く処理を示すフローチャートである。

【図14】本発明の一実施形態に係る射出制御方法により成形材料Mを成型型へ充填したときの射出圧力Pと射出速度Vの波形を示すグラフである。

40

【図15】2つのキャピティをもつ成型型に本発明の電動式射出成形機を用いて射出成形を行ったときの、2つの製品間の重量のばらつきを測定した実験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

1 ... 射出機構部

2 ... 射出シリンダ

4 ... 射出スクリュー

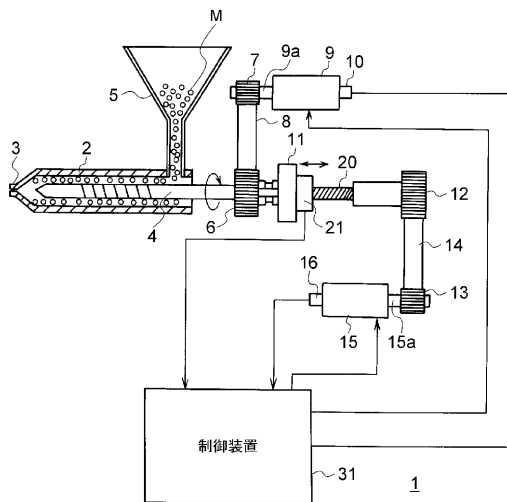
5 ... ホッパ

11 ... プレッシャープレート

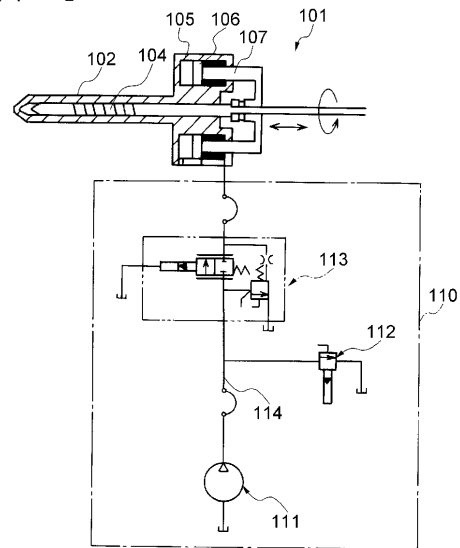
50

- 1 5 ... 射出用モータ
- 2 1 ... 圧力検出器
- 3 1 ... 制御装置
- 3 2 ... 射出速度パターン入力部
- 3 3 ... 射出速度指令生成部
- 3 4 ... 射出速度指令データ記憶部
- 3 5 ... 減速値算出部
- 3 6 ... 指令補正部
- 3 7 ... 射出制御部
- 3 8 ... サーボドライバ
- 3 9 ... 変動量算出部
- 4 0 ... 射出圧力算出部
- 4 1 ... パラメータ記憶部
- 4 2 ... 射出速度算出部
- 4 3 ... スクリュー位置換算部
- 4 4 ... 計量制御部
- 4 5 ... サーボドライバ

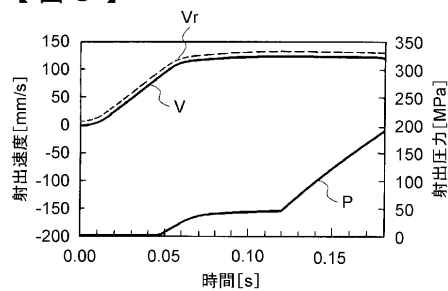
【 図 1 】



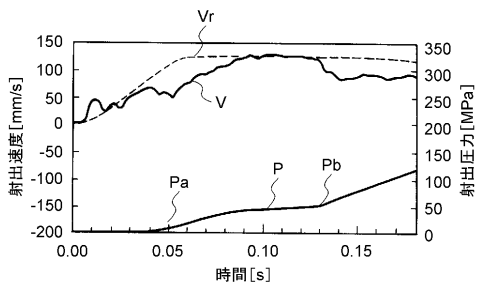
【 図 2 】



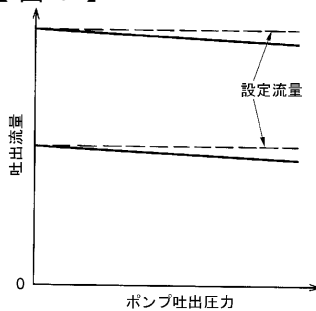
【 図 3 】



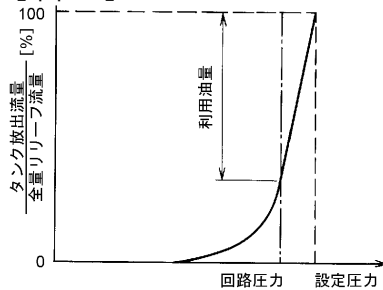
【 図 4 】



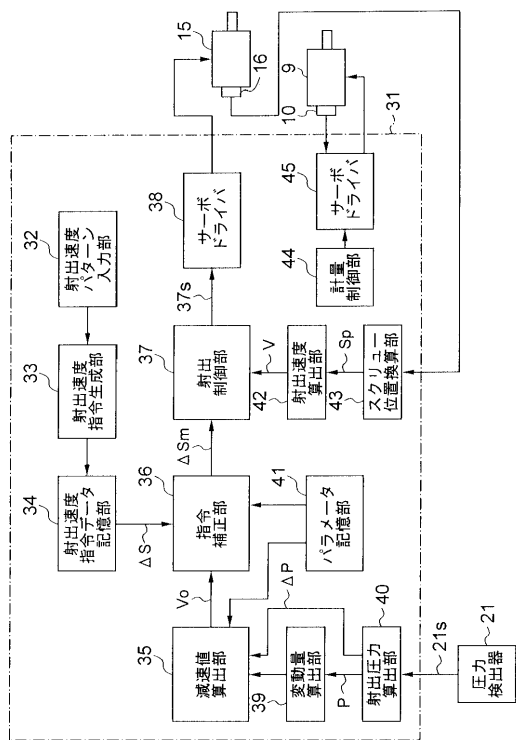
【 図 6 】



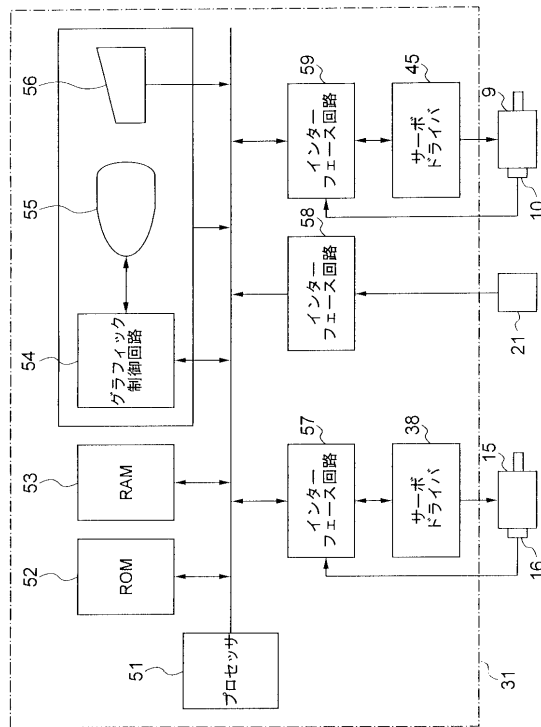
【 図 5 】



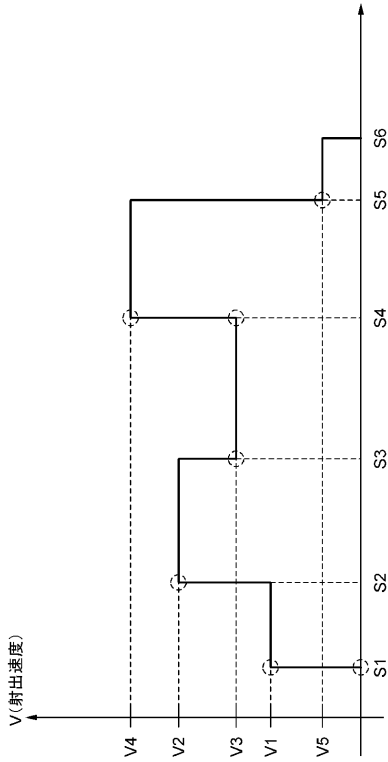
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



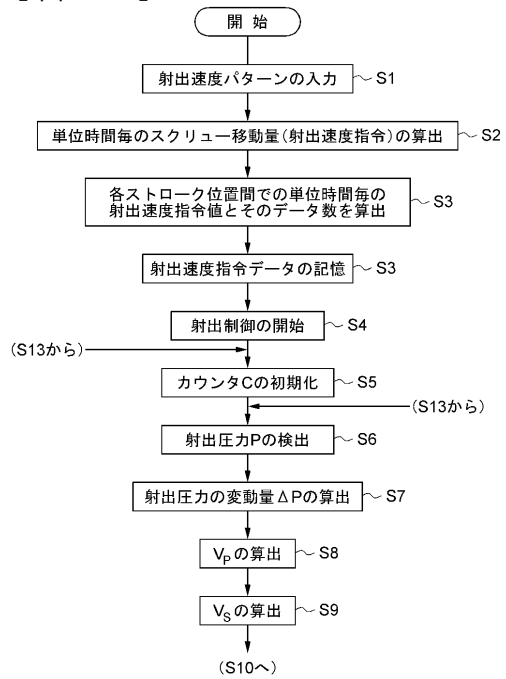
【 図 10 】

$\Delta t, \Delta S_0, N_0$
$\Delta t, \Delta S_{12}, N_{12}$
$\Delta t, \Delta S_{23}, N_{23}$
$\Delta t, \Delta S_{34}, N_{34}$
$\Delta t, \Delta S_{45}, N_{45}$
$\Delta t, \Delta S_{56}, N_{56}$

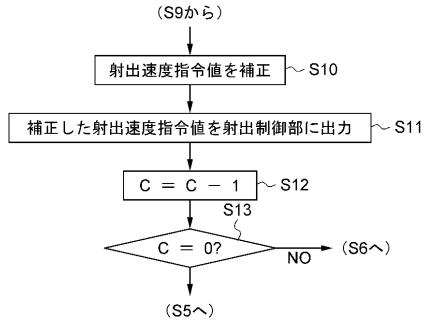
【 図 11 】

補正制御有無
算出式パラメータ1
算出式パラメータ2
⋮
⋮
⋮
⋮
要素選択パラメータ

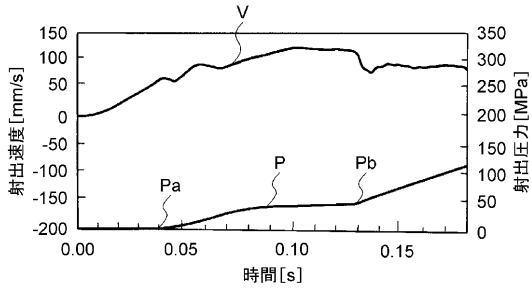
【 図 12 】



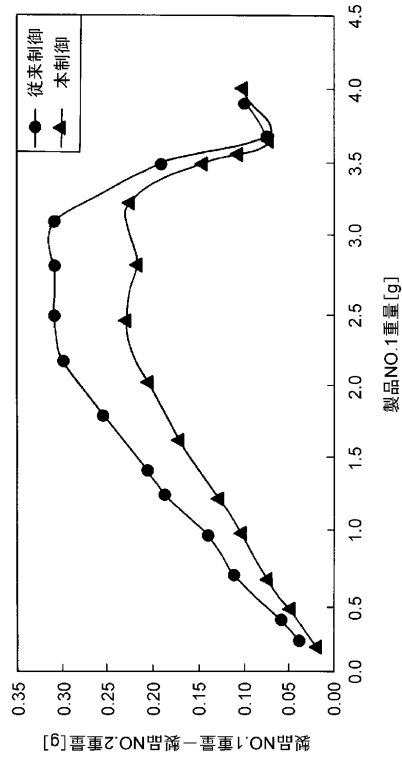
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 神田 明
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械株式会社内
- (72)発明者 山下 隆充
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械株式会社内
- (72)発明者 山口 穰
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械株式会社内
- (72)発明者 鈴木 正光
静岡県沼津市大岡2068-3 東芝機械株式会社内

審査官 杉江 渉

- (56)参考文献 特開昭63-069618(JP,A)
特開平05-077300(JP,A)
特開平05-293868(JP,A)
特開平02-128821(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C 45/50
B29C 45/77