

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-188627

(P2008-188627A)

(43) 公開日 平成20年8月21日(2008.8.21)

(51) Int.Cl.

B 2 2 D 17/32 (2006.01)

F 1

B 2 2 D 17/32

A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2007-25487 (P2007-25487)
 (22) 出願日 平成19年2月5日 (2007.2.5)

(71) 出願人 000222587
 東洋機械金属株式会社
 兵庫県明石市二見町福里字西之山523番
 の1
 (74) 代理人 110000442
 特許業務法人 武和国際特許事務所
 (72) 発明者 谷口 吉哉
 兵庫県明石市二見町福里字西之山523番
 の1 東洋機械金属株式会社内

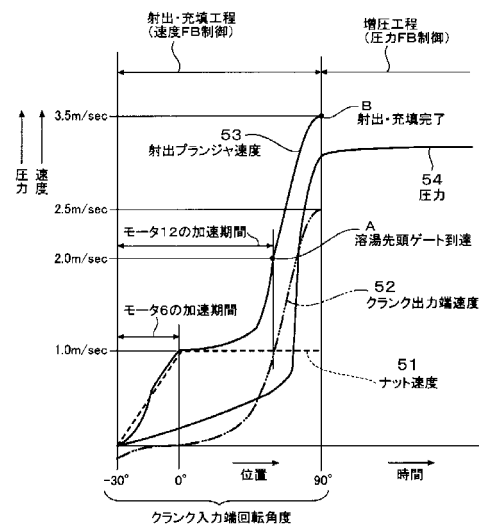
(54) 【発明の名称】 ダイカストマシンの制御方法

(57) 【要約】

【課題】 射出・充填の駆動源として電動サーボモータを用いるダイカストマシンにおいて、高速の射出速度への立ち上げが、迅速かつ円滑に行えるダイカストマシンを実現すること。

【解決手段】 射出スリーブから金型のキャビティ内に金属溶湯を射出・充填する駆動源として電動サーボモータを用いるダイカストマシンにおいて、射出スリーブ内の金属溶湯をキャビティ内に射出・充填する射出部材の速度を、金属溶湯が金型のゲートに達する手前から金属溶湯が金型のゲートを通過し始める過程において、折れ線特性ではない滑らかな速度特性カーブで加速制御する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

射出スリーブから金型のキャビティ内に金属溶湯を射出・充填するダイカストマシンにおいて、

前記射出スリーブ内の金属溶湯をキャビティ内に射出・充填する射出部材の速度を、金属溶湯が金型のゲートに達する手前から金属溶湯が金型のゲートを通過し始める過程において、折れ線特性ではない滑らかな速度特性カーブで加速制御することを特徴とするダイカストマシンの制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のダイカストマシンの制御方法において、

10

前記射出スリーブから金型のキャビティ内に金属溶湯を射出・充填する駆動源として電動サーボモータを用いることを特徴とするダイカストマシンの制御方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のダイカストマシンの制御方法において、

金属溶湯が金型のゲートに達するタイミングにおける前記射出部材の速度を、 1.5 m/s 以上としたことを特徴とするダイカストマシンの制御方法。

【請求項 4】

請求項 2 また 3 に記載のダイカストマシンの制御方法において、

前記電動サーボモータで駆動されるクランク機構を少なくとも用いて前記射出部材を前後進させるようにし、金属溶湯が金型のゲートに達するまでに前記電動サーボモータの加速を完了させ、金属溶湯が金型のゲートに達した後の前記射出部材の加速を、前記クランク機構の速比特性にしながら行うようにしたことを特徴とするダイカストマシンの制御方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、金属溶湯を金型内に射出・充填するダイカストマシンの制御方法に係り、特に、射出・充填を電動サーボモータで行うダイカストマシンにおける射出制御にかかわる技術に関する。

【背景技術】

30

【0002】

溶融金属材料を射出スリーブから金型のキャビティ内に射出・充填して製品を得るコールドチャンバー式のダイカストマシンはよく知られており、このダイカストマシンにおいては、溶解炉で溶融した金属材料（例えば、Al 合金、Mg 合金など）を 1 ショット毎にラドルで計量して汲み上げ、汲み上げた金属溶湯（溶融金属材料）を射出スリーブ内に注ぎ込んで、これを射出プランジャの前進動作によって金型のキャビティ内に射出・充填するようにしている。

【0003】

ダイカストマシンによる鑄造過程には、一般的に、低速射出工程およびこれに引き続く高速射出工程からなる射出・充填工程と、高速射出工程に引き続く増圧工程とが含まれており、高速射出工程ではプラスチック射出成形よりも高速の射出速度が要求されることから、射出 / 増圧の駆動源としては、従来は一般的に油圧駆動源が用いられていた。これは、射出 / 増圧の駆動源として電動サーボモータを用いると、小型の電動サーボモータの加速性能では、ダイカストマシンで要求される高速速度への急速な立ち上げ性能を満足させることが困難であるためであり、かと言って、大型で高出力の電動サーボモータを用いると、大幅なコストアップに繋がるからである。

40

【0004】

ところで、近時は、油圧式のダイカストマシンは油による汚損の虞があるため、クリーンな電動式のダイカストマシンへの要望が高まりつつあり、このような電動式のダイカストマシンの開発が進みつつある。射出 / 増圧の駆動源を電動サーボモータとしたダイカス

50

トマシンの従来技術としては、特許第3247086号明細書（特許文献1）に記載のダイカストマシンが挙げられる。この特許文献1のダイカストマシンにおいては、回転エネルギーを蓄勢するフライホイール装置を設けて、射出／増圧の動作に先立って射出用電動サーボモータ（射出／増圧用電動サーボモータ）によりフライホイール装置を回転駆動することで、フライホイール装置に回転エネルギーを蓄勢し、射出・充填工程の高速射出工程の初期および増圧工程（昇圧・保圧工程）の初期に、射出用電動サーボモータによる駆動力にフライホイール装置からの動力を補給（付加）するようにしている。

【0005】

図11は、特許文献1に示されたダイカストマシンにおける射出・充填工程と増圧工程（昇圧・保圧工程）の様子を示す図で、同図において横軸は時間、縦軸は速度と圧力である。図11に示すように、高速射出工程の初期と増圧工程の初期にフライホイール装置からの動力を付加する期間を設けて、高速射出速度への立ち上げ時間を短くし、また、増圧圧力への立ち上げ時間を短くするようにしている。

【0006】

なお、図11に示すように、従来は射出・充填工程を低速射出工程と高速射出工程とに明確に区分し、低速射出工程と高速射出工程との境目Mでの速度設定を、折れ線特性となるように設定していた。上記の低速射出工程と高速射出工程との境目M（低速射出工程の終了タイミング）は、ガス抜きが完了して金属溶湯の先頭が金型のゲートまで到達したタイミングに相当し、このタイミング以降に速度（射出プランジャの速度）を急速に立ち上げるようにしている。

【特許文献1】特許第3247086号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記したように、従来は、射出・充填工程を低速射出工程と高速射出工程とに明確に区分し、低速射出工程と高速射出工程との境目Mでの速度設定を、折れ線特性となるように設定していた。このため、高速射出速度への立ち上げ時間を短くするために、特許文献1に示された技術では、フライホイール装置に蓄勢した回転エネルギーを利用するようにしているが、フライホイール装置に蓄勢した回転エネルギーを利用するためには、ON/OFF制御されるクラッチを必要とし、クラッチのON動作の時間（クラッチの応答遅延時間）だけ、高速の速度への立ち上げの過渡応答性が鈍くなる。また、そもそも、一定速の低速から高速へと、いきなり急速に速度を立ち上げようとしているため、サーボ制御の過渡応答性の改善には自ずと限界があり、つまり、金属溶湯が金型のキャビティ内に射出・充填され始める過程で電動サーボモータの加速制御を行うと、高速達成までの時間短縮には自ずと限界がある。さらには、従来は、低速射出工程と高速射出工程との境目M（低速射出工程の終了タイミング）での速度は、 0.7 m/sec 以下程度の値に設定されていたので、このような速度値から高速速度まで立ち上げるためには、所定の時間を要する。

【0008】

なお、射出／増圧の駆動源として油圧駆動源を用いたダイカストマシンにおいては、図12に示すように、高速応答の油圧サーボバルブを用いて、射出・充填工程の低速射出工程を等加速制御することで、低速射出工程の速度を徐々に上げるようにしたマシンが知られているが、この図12に示した制御においても、低速射出工程と高速射出工程との境目Nでの速度設定は、折れ線特性となるように設定されており、また、低速射出工程と高速射出工程との境目N（低速射出工程の終了タイミング）での速度は、 0.7 m/sec 以下程度の値に設定されていたので、たとえ、油圧式のダイカストマシンであっても、程度の違いこそあれ、上述と同様の課題があることは否めない。

【0009】

本発明は上記の点に鑑みなされたもので、その目的とするところは、射出・充填の駆動源として電動サーボモータを用いるダイカストマシンにおいて、高速の射出速度への立ち上げが、迅速かつ円滑に行えるダイカストマシンを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は上記した目的を達成するために、射出スリーブから金型のキャビティ内に金属溶湯を射出・充填する駆動源として電動サーボモータを用いるダイカストマシンにおいて、射出スリーブ内の金属溶湯をキャビティ内に射出・充填する射出部材の速度を、金属溶湯が金型のゲートに達する手前から金属溶湯が金型のゲートを通過し始める過程において、折れ線特性ではない滑らかな速度特性カーブで加速制御する。

また、金属溶湯が金型のゲートに達するタイミングにおける射出部材の速度を、 1.5 m/sec 以上とする。

また、電動サーボモータで駆動されるクランク機構を少なくとも用いて射出部材を前後進させるようにし、金属溶湯が金型のゲートに達するまでに電動サーボモータの加速を完了させ、金属溶湯が金型のゲートに達した後の射出部材の加速を、クランク機構の速比特性に仕掛けて行う。

【発明の効果】

【0011】

本発明では、射出・充填の駆動源として電動サーボモータを用いるダイカストマシンにおいて、射出スリーブ内の金属溶湯をキャビティ内に射出・充填する射出部材の速度を、金属溶湯が金型のゲートに達する手前から金属溶湯が金型のゲートを通過し始める過程において、折れ線特性ではない滑らかな速度特性カーブで加速制御し、しかも、金属溶湯が金型のゲートに達するタイミングにおける射出部材の速度を、 1.5 m/sec 以上としているので、例えば 3.5 m/sec という高速に達するまでの時間を短縮することができ、しかも、射出部材の加速の挙動を円滑で無理のないものとすることができる。よって、射出・充填の駆動源として電動サーボモータを用いる構成であっても、合成樹脂に較べて冷却・固化の時間が短い金属溶湯の射出・充填の動作を、好適制御することができ、良品鑄造に大いに貢献することができる。

また、電動サーボモータで駆動されるクランク機構を少なくとも用いて射出部材を前後進させるようにし、金属溶湯が金型のゲートに達するまでに電動サーボモータの加速を完了させ、金属溶湯が金型のゲートに達した後の射出部材の加速を、クランク機構の速比特性に仕掛けて行うようにしている。したがって、従来のように金属溶湯が金型のゲートに達したタイミング以降に電動サーボモータを加速制御するのに較べると、金属溶湯が金型のゲートに達したタイミング（金属溶湯が金型のキャビティ内に射出・充填を開始され始める直前のタイミング）では、電動サーボモータの加速は既に完了しているので、金属溶湯が金型のキャビティ内に射出・充填される過程での電動サーボモータの加速による応答遅れは一切なく、金型のキャビティ内への射出・充填時間を可及的に短縮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。

図1、図2、図4～図10は、本発明の一実施形態（以下、本実施形態と記す）による電動式のダイカストマシンに係り、図1は、本実施形態のダイカストマシンの要部構成を示す簡略化し且つ一部を破断した説明図である。なお、図1および後述する図5～図8においては、以下に述べるクランク機構のリンク（アーム）の状態を示す都合上、以下に述べる直動ブロックの構成を一部割愛して描いてある。

【0013】

図1において、1は固定ダイプレート、2は、固定ダイプレート1に取り付けられた固定側金型、3は、固定ダイプレート1と所定距離をおいて対向配置された保持プレート、4は、固定ダイプレート1と保持プレート3との間に架け渡された複数本の連結軸、5は、連結軸4に挿通・案内されて固定ダイプレート1と保持プレート3との間を前後進可能な直動ブロック、6は、保持プレート3に搭載された射出プランジャ駆動用（射出部材駆動用）の第1電動サーボモータ、7は、第1電動サーボモータ6の出力軸に固定された駆

動プーリ、８は、第１電動サーボモータ６の回転を直線運動に変換するボールネジ機構、
９は、保持プレート３に回転可能に保持されたボールネジ機構８のネジ軸、１０は、ネジ
軸９に螺合されると共に、直動ブロック５にその端部を固定されたボールネジ機構８のナ
ット、１１は、ネジ軸９の端部に固定されて、第１電動サーボモータ６の回転を駆動プー
リ７、図示せぬタイミングベルトを介して伝達される被動プーリである。

【００１４】

１２は、直動ブロック５に搭載された射出プランジャ駆動用（射出部材駆動用）の第２
の電動サーボモータ、１３は、第２電動サーボモータ１２の出力軸に固定された駆動プー
リ、１４は、直動ブロック５に回転可能に保持されて、第２電動サーボモータ１２の回転
を駆動プーリ１３、タイミングベルト１５を介して伝達される被動プーリでもある、大径
で質量の大きなフライホイール、１６は、フライホイール１４の回転によりその入力端が
回転駆動されてクランク運動をするクランク機構、１７は、クランク機構１６の出力端に
固定されてクランク機構１６により直線駆動（前後進駆動）されるプランジャ駆動体、１
８は、その端部を固定側金型２に固定され、その内部がキャビティ２３と連通した射出ス
リーブ、１９は、射出スリーブ１８に穿設された注湯口、２０は、その端部をプランジャ
駆動体１７に固定されて、射出スリーブ１８内を直線移動可能（前後進）可能な射出プ
ランジャである。

【００１５】

２１は、図示せぬ型開閉用電動駆動源および図示せぬ型開閉機構により、固定ダイプレ
ート１に対して前後進駆動される可動ダイプレート、２２は、可動ダイプレート２１に取り
付けられた可動側金型、２３は、型締め状態にある両金型２、２２によって形づくられ
るキャビティ（鋳造製品形成用空間）、２４は、キャビティ２３内へ金属溶湯を導く金型
湯道部、２５は、金型湯道部２４とキャビティ２３とを連通させるゲート、２６は、金属
溶湯（溶融金属）である。

【００１６】

本実施形態では、第１電動サーボモータ６の回転は、駆動プーリ７、図示せぬタイミン
グベルト、被動プーリ１１を介してボールネジ機構８のネジ軸９に伝達され、これによっ
て、ネジ軸９に螺合されたボールネジ機構８のナット１０がネジ軸９に沿って直線駆動さ
れ、ナット１０と一体となって、直動ブロック５とそれに搭載された構成要素と共に射出
プランジャ２０が直線駆動される。また、第２電動サーボモータ１２の回転は、駆動プー
リ１３、タイミングベルト１５、フライホイール１４を介してクランク機構１６の入力端
に伝達され、これによって、クランク機構１６がクランク運動することでクランク機構１
６の出力端が直線移動し、クランク機構１６の出力端と一体となって、プランジャ駆動体
１７と射出プランジャ２０が直線駆動される。このように、本実施形態では、第１電動サ
ーボモータ６で駆動されるボールネジ機構８と、第２電動サーボモータ１２で駆動される
クランク機構１６とが、射出プランジャ２０に対してインラインで直列に配置され、射出
プランジャ２０は、第１電動サーボモータ６と第２電動サーボモータ１２の協働で直線駆
動されるようになっている。

【００１７】

図２は、本実施形態のダイカストマシンにおけるクランク機構およびその周辺の構成を
示す簡略化し且つ一部を破断した要部側面図であり、図２において、直動ブロック５は左
右で分離されて描かれているが、実際には、直動ブロック５は全体が一体に連なった構造
物となっている。なお、図２において、先に説明した構成要素には同一符号を付してある
（これは、以下の図５～図１０においても同様である）。

【００１８】

図２において、３１は、直動ブロック５に回転可能に保持された１対の第１回転軸で、
対をなす第１回転軸３１はその回転中心が同一線上にあるように配置されていて、クラン
ク機構１６の力の入力端である一方の第１回転軸３１の端部に、フライホイール１４の中
心が固定されている。各第１回転軸３１には、それぞれ第１リンク（第１アーム）３２の
一端側が固定されていて、この１対の第１リンク３２の他端側には、この他端側同士を一

10

20

30

40

50

体に結合する連結軸 33 が固定されている。この連結軸 33 の中間部には、第 2 リンク (第 2 アーム) 34 の一端側が回転可能に保持されていて、第 2 リンク 34 の他端側は、図 1 に示すように、プランジャ駆動体 17 に回転可能に保持された第 2 回転軸 35 (この第 2 回転軸 35 はクランク機構 16 の力の出力端である) に固定されている。そして、第 1 回転軸 31、第 1 リンク 32、連結軸 33、第 2 リンク 34、第 2 回転軸 35 により、クランク機構 16 が構成されている。なお、上記のように、第 1 リンク 32 を 1 対設ける所以は、1 対の第 1 リンク 32 の他端側で 1 つの第 2 リンク 34 の一端側を保持・結合することで、力を支承するメカニズムをバランスのよいものとし、かつ、機械的強度に優れたものとするためであるが、第 1 回転軸 31 の回転中心の延長線が、第 2 リンク 34 の回転軌跡とオーバーラップする都合上、2 つの第 1 回転軸 31 は互いに独立したものとなっている。

10

【0019】

なお、図において 2 点鎖線で示すナット 10 は、図 2 で左右に分離されて描かれている直動ブロック 5 を左右で連結した、直動ブロック 5 の図示せぬ後部側 (図 1 で右側) の左右連結部に固定されていて、この後部側の左右連結部は、ネジ軸 9 と干渉しない形状となっている。また、図において 2 点鎖線で示すプランジャ駆動体 17 は、図 2 で左右に分離されて描かれている直動ブロック 5 を左右で連結した、直動ブロック 5 の図示せぬ前部側 (図 1 で左側) の左右連結部に、直線移動可能 (前後進可能) であるように保持されている。

【0020】

20

第 2 電動サーボモータ 12 の回転は、駆動プーリ 13、タイミングベルト 15、フライホイール 14 からなる減速回転伝達系によって減速されて、一方の第 1 回転軸 31 に伝達され、この一方の第 1 回転軸 31 にその一端側を固定された一方の第 1 リンク 32 が、その一端側を回転中心として回転駆動される。これによって、第 2 リンク 34 が、一方の第 1 リンク 31 の回転に追従して連携追従動作 (第 2 リンク 34 が、プランジャ駆動体 17 に軸支結合されたその他端側を直線運動させるように、第 1 リンク 32 の回転に追従して所定の軌跡で回動動作) すると共に、他方の第 1 リンク 32 が、一方の第 1 リンク 32 の回転に追従して、他方の第 1 回転軸 31 と一体となってその一端側を回転中心として回転する。このような動作によって、プランジャ駆動体 17 が直線駆動されることで、射出プランジャ 20 が直線駆動されるようになっている。

30

【0021】

図 3 は、クランク機構 16 の力の入力端 (第 1 回転軸 31) を一定速度で回転させたときの、クランク機構 16 の力の出力端 (第 2 回転軸 35) における速度変化と力の拡大率の変化とを示す、ごく模式的な概略特性図である。図 3 において、横軸はクランク機構 16 の力の出力端の位置を示し、縦軸は速比 (相対速度) および力の拡大率を示しており、41 は速比の特性線であり、42 は力の拡大率の特性線である。図 3 には、クランク機構 16 の第 1 リンク 32 が後記する図 5 に示す状態にあるときから (0°位置にある状態から)、180°回転するときの特性が示されている。なお、本実施形態においては、クランク機構 16 の力の入力端 (第 1 回転軸 31) および第 1 リンク 32 は、-30°から 90°まで回転されるようになっているが、ここでは、クランク機構 16 の速比特性と力の拡大率の特性を説明する都合上、0°から 180°まで回転する場合を示している。

40

【0022】

第 1 リンク 32 が 0°位置にある状態から回転を始めると、クランク機構 16 の力の出力端の速度は、速比 (相対速度) 「0」から上昇を始めて、速比 (相対速度) 「1」を超えた後に、第 1 リンク 32 の 90°回転で最高速度に達し、最高速度に到達した以降は速度は下降を始めて、速比 (相対速度) 「1」を下回った後、第 1 リンク 32 が 180°回転し終わると、速比 (相対速度) は「0」となる。これに対して、第 1 リンク 32 が 0°位置にある状態から回転を始めると、クランク機構 16 の力の出力端の力の拡大率は、無限大から下降を始めて、拡大率「1」を下回った後に最低拡大率に達し、最低拡大率に到達した以降は力の拡大率は上昇を始めて、拡大率「1」を超えた後に、第 1 リンク 32 が

50

180°回転し終わると、力の拡大率は無限大となる。なお、図3の特性線41、42は、先にも述べたようにごく模式的な概略特性であり、クランク機構16の設計の如何により所望の動作特性を得ることが可能である。

【0023】

本実施形態では、上記のようなクランク機構16の速比の特性および力の拡大率の特性を考慮して、金属溶湯26の先頭がゲート25に達したタイミングでは、クランク機構16が速比「1」を上回るように設定し、より望ましくは、クランク機構16が速比「1.5」を上回るように設定し、また、金属溶湯26のキャピティ23内への射出・充填が完了したタイミングでは、クランク機構16の速比が最高速度となるように設定している。つまり、金属溶湯26をゲート25からキャピティ23内へ高速で射出・充填するために、クランク機構16の動作領域のうちで速比の大きい領域を利用するようにしている。このようにする所以は、射出プランジャ20の駆動源を電動サーボモータとしたダイカストマシンにおいては、小型の電動サーボモータの出力のみでは達成が難しいのは、増圧工程の圧力ではなく、高速の射出速度への短時間での立ち上げであるからである。

【0024】

また、本実施形態では、クランク機構16を慣性の大きいフライホイール14を介して第2電動サーボモータ12によって駆動するようにしているので、金属溶湯26の先頭がゲート25に達したタイミングにおいて、第2電動サーボモータ12の加速動作、すなわち、フライホイール14の回転加速動作を完了させるようにしている。このため、慣性の大きいフライホイール14が、金属溶湯26の先頭がゲート25に達したタイミングにおいて回転加速完了とするために、あえて、クランク機構16の力の入力端（第1回転軸31）および第1リンク32を、-30°の回転位置から回転開始させるようにしている。

【0025】

次に、本実施形態のダイカストマシンの射出・充填動作について説明する。図4は、本実施形態のダイカストマシンにおける主として射出・充填工程の動作特性を示す図である。図4において、縦軸は速度と圧力であり、射出・充填工程における横軸は位置であり、増圧工程における横軸は時間である。

【0026】

図4において、51は、第1電動サーボモータ6により駆動されるナット10の速度（設定速度）、52は、第2電動サーボモータ12により駆動されるクランク機構16の力の出力端の速度（設定速度）、53は、速度51と速度52とを足し合わせて表される射出プランジャ20の速度（設定速度）であり、射出・充填工程においては、第1電動サーボモータ6および第2電動サーボモータ12は、位置軸に沿って速度フィードバック制御で駆動されるようになっていて、また、54は、金属溶湯26に付加する（射出プランジャ20に付加する）圧力（負荷圧力）である。

【0027】

射出・充填工程の開始前には図1に示す状態にあり、このとき、ナット10は後退位置にあり、クランク機構16の力の入力端（第1回転軸31）および第1リンク32は-30°の回転位置にあって、射出プランジャ20は設定された後退位置に位置付けられていて、射出スリーブ18の注湯口19から射出スリーブ18内に金属溶湯26が供給可能な状態となっている。

【0028】

このような図1に示す状態において、図示せぬ給湯機のラドルによって金属溶湯26が注湯口19から射出スリーブ18内に注ぎ込まれる給湯動作が行われ、この給湯動作が完了すると、第1電動サーボモータ6と第2電動サーボモータ12とが、直ちに所定方向に回転駆動開始される。本実施形態の図4に示した動作例では、第1電動サーボモータ6は、ナット10の前進速度が1.0m/secに達するまで加速制御され、第2電動サーボモータ12は、クランク機構16の力の出力端の前進速度が1.0m/secに達するまで加速制御されて、これによって射出プランジャ20は前進を開始する。なお、本実施形態では、クランク機構16の力の入力端および第1リンク32は-30°の回転位置から

回転開始されるので、第２電動サーボモータ１２の回転の初期には（クランク機構１６の力の入力端が -30° の回転位置から 0° 回転位置まで回転するまでの間には）、クランク機構１６の力の出力端は約 7 mm だけ後退することになるが、このときナット１０は前進しているので、射出プランジャ２０は前進するようになっている。

【００２９】

図５は、第１電動サーボモータ６の加速が完了し、かつ、クランク機構１６の力の入力端が 0° 回転位置まで回転した際の様子を示している。このとき、フライホイール１４は、停止状態から 30° だけ回転しているので、回転慣性がつき始めている。

【００３０】

第１電動サーボモータ６は、加速が完了すると一定速度で回転駆動され、第２電動サーボモータ１２は、クランク機構１６の力の出力端の前進速度が 1.0 m/sec に達するまで加速され、これによって、図５の状態から射出プランジャ２０は前進速度を上げながら（加速されながら）前進し、図６に示すように、射出プランジャ２０が射出スリーブ１８の注湯口１９を閉塞した状態を経て、射出プランジャ２０に押圧された金属溶湯２６の先頭がゲート２５まで到達した、図７に示した状態に至る。そして、上記の図６の状態から図７の状態に至る過程でガス抜きが行われる。本実施形態では、ガス抜きの過程において射出プランジャ２０は加速され続けているので、短時間で良好なガス抜きが行われる（これについては、図９を用いて後で詳述する）。

【００３１】

金属溶湯２６の先頭がゲート２５まで到達した図７に示す状態に至ると、第２電動サーボモータ１２の加速が完了し、フライホイール１４の加速が完了する。この図７に示した状態は、図４中のＡのタイミングに相当し、このとき、射出プランジャ２０の前進速度は 2.0 m/sec となっており、図１１、図１２に示した従来のＭ、Ｎのタイミングにおける 0.7 m/sec 以下程度の値と較べて、大幅に速い前進速度となっている。

【００３２】

金属溶湯２６の先頭がゲート２５まで到達した図７に示す状態（図４中のＡのタイミング）以降は、第２電動サーボモータ１２も一定速度で回転駆動されるが、図４中のＡのタイミング以降は、先にも述べたように、クランク機構１６の速比が「１」を上回るようになっているので、図４中のＡのタイミング以降において第１電動サーボモータ６および第２電動サーボモータ１２が共に一定速度で回転駆動されても、射出プランジャ２０は、クランク機構１６の前記した速比特性にしたがって加速され続けることになる。

【００３３】

図４中のＡのタイミング以降は、射出プランジャ２０はクランク機構１６の速比特性にしたがって加速され、これによって、キャピティ２３内に金属溶湯２６が急速に充填される。そして、クランク機構１６における速比特性が最高速度に到達した時点で、射出・充填（射出・充填工程）が完了し（図４中のＢのタイミングが射出・充填の完了タイミングである）、射出・充填工程が完了すると、図８に示すように、キャピティ２３の隅々まで金属溶湯２６が行き渡った状態となる。

【００３４】

本実施形態では、クランク機構１６の力の入力端が 0° 回転位置まで回転した状態（図５の状態）から、射出・充填が完了するまで（図８の状態となるまで）、図４中に示すように射出プランジャ２０は、折れ線特性ではない滑らかな速度特性カーブで加速制御されるようになっており、つまり、金属溶湯２６がゲート２５に達する手前から金属溶湯２６がゲート２５を通過し始める過程においても、折れ線特性ではない滑らかな速度特性カーブで加速制御されるようになっている。したがって、従来のように、金属溶湯がゲートに達する手前から金属溶湯がゲートを通過し始める過程において、折れ線の速度特性カーブを用いていた構成に較べると、金属溶湯２６がゲート２５を通過し始めてから以降の射出プランジャ２０の加速性能を大幅に向上させることができ、射出プランジャ２０が最高速度（例えば、本実施形態では 3.5 m/sec ）に達するまでの時間を短縮することができる。しかも、射出プランジャの加速の挙動を円滑で無理のないものとすることができる。

さらに、金属溶湯 26 がゲート 25 に達するタイミング（図 4 中の A のタイミング）における射出プランジャの速度を、 2.0 m/s に設定しているので、従来と較べると、金属溶湯 26 がゲート 25 を通過し始める時点から射出プランジャ 20 が最高速度に達するまでの時間を、より一層短縮することが可能となる。よって、射出・充填の駆動源として電動サーボモータを用いる構成であっても、合成樹脂に較べて冷却・固化の時間が短い金属溶湯 26 の射出・充填の動作（挙動）を好適制御することができ、良品鑄造に大いに貢献することができる。

【0035】

また、本実施形態では、第 1 電動サーボモータ 6 で駆動されるボールネジ機構 8 と、第 2 電動サーボモータ 12 で駆動されるクランク機構 16 とを、射出プランジャ 20 に対してインラインで直列に配置し、射出プランジャ 20 を、第 1 電動サーボモータ 6 と第 2 電動サーボモータ 12 の協働で前進駆動するようにしている。したがって、2 つの電動サーボモータ 6、12 による速度を足し合わせることで、射出プランジャ 20 を高速前進させることが容易に達成可能となり、射出・充填工程の開始から図 4 中の A のタイミングに達するまでの時間、および、図 4 中の A のタイミングから図 4 中の B のタイミングまでの時間を短縮することが可能となり、良品鑄造に大いに貢献することができる。また、このことを小型の 2 つの電動サーボモータ 6、12 で実現できるので、大出力の高価（小型の電動サーボモータ 2 つ分より高価）な電動サーボモータを用いることに比較すると、コストダウンを図ることができる。さらに、第 2 電動サーボモータ 12 で駆動されるクランク機構 16 の速比特性を効果的に利用して、クランク機構 16 の動作領域中の速比の大きな部分で、キャピティ 23 内への金属溶湯 26 の射出・充填開始から射出・充填完了までを行うので、図 4 中の A のタイミングから図 4 中の B のタイミングまでの時間をより一層短縮することが可能となり、この点でも、良品鑄造に大いに貢献することができる。

【0036】

なお、本実施形態では、金属溶湯 26 がゲート 25 に達するタイミングにおける射出プランジャの速度を 2.0 m/s に設定しているが、金属溶湯 26 がゲート 25 に達するタイミングにおける射出プランジャ 20 の速度は任意である。しかし、上記のように、金属溶湯 26 がゲート 25 を通過し始める時点から射出プランジャ 20 が最高速度に達するまでの時間をより一層短縮するためには、金属溶湯 26 がゲート 25 に達するタイミングにおける射出プランジャの速度を、 1.5 m/s 以上に設定することが望ましい。

【0037】

射出・充填工程が完了すると増圧工程に遷移し、第 1 電動サーボモータ 6 と第 2 電動サーボモータ 12 の制御は、位置軸に沿った速度フィードバック制御から、時間軸に沿った圧力フィードバック制御に切り替えられる。本実施形態では、射出・充填工程が完了して増圧工程に遷移した当初には、フライホイール 14 には大きな回転慣性が残っており、このフライホイール 14 の回転慣性による大きなトルクによって、射出プランジャ 20 には大きな前進慣性力がかかり、これによって、固化し始めた金属 26 からの反力で射出プランジャ 20 は急速停止すると共に、射出プランジャ 20 に対して、急速に大きな圧力がかかるようになっていく。本実施形態においては、増圧工程では、例えば、第 2 電動サーボモータ 12 を常に一定圧力（一定トルク）が出るように制御し、第 1 電動サーボモータ 6 は、射出プランジャ 20 にかかる圧力を検出する圧力センサの検出値を監視しつつ、設定圧力から実測圧力が外れた場合には、実測圧力が設定圧力に倣うように制御するようになっている。

【0038】

上記のように、本実施形態では、フライホイール 14 の大きな回転慣性により増圧工程初期から大きな増圧力を得ることができ、2 つの電動サーボモータ 6、12 の圧力制御の立ち上げ時の過渡応答遅れを完全にカバーすることができ、しかも、2 つの電動サーボモータ 6、12 のトルクを足し合わせることで、大きな増圧力を得ることを容易に達成できる。

【0039】

図 9 は、本実施形態のガス抜きの手順と従来のガス抜きの手順とを対比して示す図である。本実施形態では、図 9 の (a) の給湯動作の完了から開始される射出・充填工程の第 1 段階のガス抜きは、射出プランジャ 20 が加速され続けることで行われ、しかも、図 9 の (d) に示す、ガス抜きの完了時の射出プランジャ 20 の前進速度は 2.0 m/sec であるので、射出・充填工程の第 1 段階のガス抜きでの射出プランジャ 20 の加速カーブは、図 12 に示した従来の射出・充填工程の第 1 段階 (図 12 の低速射出工程) のガス抜きに較べると、急峻なものとなっている。したがって、本実施形態では、図 9 の (b - 1) に示すように、射出プランジャ 20 が前進開始され、射出プランジャ 20 の前進速度が急速加速により上がってくると、加速された射出プランジャ 20 により、金属溶湯 26 が、図 9 の (c - 1) に示すように、液面を図示左下がり状に変化させる。そして、このことによって、射出スリーブ 18 内のガスは、図 9 の (c - 1) の矢印で示すような、キャビティ 23 方向に向かう前進力を受けて、キャビティ 23 を経由し図示せぬ金型のガス抜き微小溝を通して、金型内に速やかに排出される。したがって、射出・充填工程の第 1 段階のガス抜きの時間 (射出・充填工程の開始から、金属溶湯 26 の先頭がゲート 25 に達するまでの時間) を短くしても、支障なく確実にガス抜きを行うことができる。

10

【 0040 】

これに対して、図 12 に示した従来の射出・充填工程の第 1 段階 (図 12 の低速射出工程) のガス抜きでは、射出プランジャ 20 を徐々に加速してはいるものの、その加速はきわめて緩やかなものであるため、図 9 の (b - 2)、図 9 の (c - 2) に示すように、金属溶湯 26 はその水平な液面を徐々に上昇させる挙動を示し、ガス抜きは緩やかに行われることとなって、射出・充填工程の開始から、金属溶湯 26 の先頭がゲート 25 に達するまでの時間に所定の時間を要するものとなる。

20

【 0041 】

なお、本実施形態では、第 1 電動サーボモータ 6 の加速と第 2 電動サーボモータ 12 の加速制御を等加速制御によって行っているが、第 1 電動サーボモータ 6 および / または第 2 電動サーボモータ 12 の加速制御を、加速度が指数関数的に上昇していくような無段階加速制御によって行ってもよく、このような無段階加速制御を行うと、図 9 の (c - 1) のような金属溶湯 26 の挙動が顕著となることが期待できる。

【 0042 】

図 10 は、本実施形態のダイカストマシンの制御系の要部構成を示すブロック図であり、同図では、第 1 電動サーボモータ 6 および第 2 電動サーボモータ 12 の制御に関連する構成のみを示してある。

30

【 0043 】

図 10 において、61 は、マシン (ダイカストマシン) 全体の制御を行うシステムコントローラで、該システムコントローラ 61 は、あらかじめ作成されてワークエリアに展開された各種のアプリケーションプログラムと、各種運転条件設定データと、マシンの各部に配設された各種センサ (位置センサ、圧力センサ、安全確認用センサなど) からの計測情報と、マシンの各種制御系からの状態確認用情報と、計時情報などに基づき、マシンの各種制御系を制御する。このシステムコントローラ 61 内には、射出・充填工程および増圧工程を制御するための、図示せぬ第 1 電動サーボモータ用の射出 / 増圧制御条件設定格納部と第 2 電動サーボモータ用の射出 / 増圧制御条件設定格納部とが設けられている。

40

【 0044 】

62 は、システムコントローラ 61 からの指令に基づき第 1 電動サーボモータ 6 を駆動制御するサーボドライバ、63 は、第 1 電動サーボモータ 6 に付設されたエンコーダで、このエンコーダ 63 の検出出力 S1 は、システムコントローラ 61 およびサーボドライバ 62 に出力される。64 は、第 1 電動サーボモータ 6 に付設されたトルクセンサで、このトルクセンサ 64 の検出出力 S2 は、システムコントローラ 61 およびサーボドライバ 62 に出力される。65 は、システムコントローラ 61 からの指令に基づき第 2 電動サーボモータ 12 を駆動制御するサーボドライバ、66 は、第 2 電動サーボモータ 12 に付設されたエンコーダで、このエンコーダ 66 の検出出力 S3 は、システムコントローラ 61 お

50

よびサーボドライバ 65 に出力される。67 は、第 2 電動サーボモータ 12 に付設されたトルクセンサで、このトルクセンサ 67 の検出出力 S4 は、システムコントローラ 61 およびサーボドライバ 65 に出力される。68 は、射出プランジャ 20 にかかる圧力（荷重）を検出する圧力センサで、この圧力センサ 68 の検出出力 S5 は、システムコントローラ 61 に出力される。

【0045】

射出・充填工程の際には、システムコントローラ 61 は、図示せぬ第 1 電動サーボモータ用の射出／増圧制御条件設定格納部の設定内容を参照しつつ、エンコーダ 63 の検出出力 S1 に基づきナット 10 の現在速度を認知して、ナット 10 の速度が設定値に倣うようにサーボドライバ 62 に指令 S6 を与えて、これにより、第 1 電動サーボモータ 6 を位置軸に沿う速度フィードバック制御により駆動し、また、システムコントローラ 61 は、図示せぬ第 2 電動サーボモータ用の射出／増圧制御条件設定格納部の設定内容を参照しつつ、エンコーダ 66 の検出出力 S3 に基づきクランク機構 16 の力の出力端の現在速度を認知して、クランク機構 16 の力の出力端の速度が設定値に倣うようにサーボドライバ 65 に指令 S8 を与えて、これにより、第 2 電動サーボモータ 12 を位置軸に沿う速度フィードバック制御により駆動する。

【0046】

また、増圧工程の際には、システムコントローラ 61 は、図示せぬ第 2 電動サーボモータ用の射出／増圧制御条件設定格納部の設定内容を参照しつつ、トルクセンサ 67 の検出出力 S4 に基づき第 2 サーボモータ 12 の現在の出力トルク（すなわち、出力圧力）を認知して、第 2 サーボモータ 12 の出力トルク（出力圧力）が、一定値の設定値 N となるようにサーボドライバ 65 に指令 S9 を与えて、これにより、第 2 電動サーボモータ 12 を時間軸に沿う速度フィードバック制御により駆動する。また、システムコントローラ 61 は、図示せぬ第 1 電動サーボモータ用の射出／増圧制御条件設定格納部の設定内容を参照しつつ、トルクセンサ 64 の検出出力 S2 に基づいて第 1 サーボモータ 6 の現在の出力トルク（すなわち、出力圧力）を認知すると共に、圧力センサ 68 の検出出力 S5 に基づいて射出プランジャ 20 にかかっている現在の圧力を認知して、第 1 サーボモータ 6 の出力トルク（出力圧力）が（増圧設定値 - N）に倣うように、サーボドライバ 62 に指令 S7 を与えて、これにより、第 1 電動サーボモータ 6 を時間軸に沿う速度フィードバック制御により駆動する。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図 1】本発明の一実施形態に係るダイカストマシンが射出・充填前である際の、要部構成を示す簡略化し且つ一部を破断した説明図である。

【図 2】本実施形態のダイカストマシンにおける、クランク機構およびその周辺の構成を示す簡略化し且つ一部を破断した要部側面図である。

【図 3】クランク機構の力の入力端を一定速度で回転させたときの、クランク機構の力の出力端における速度変化と力の拡大率の変化とを示す、ごく模式的な概略特性図である。

【図 4】本実施形態のダイカストマシンにおける主として射出・充填工程の動作特性を示す説明図である。

【図 5】本発明の一実施形態に係るダイカストマシンが射出・充填工程の途上である際の、要部構成を示す簡略化し且つ一部を破断した説明図である。

【図 6】本発明の一実施形態に係るダイカストマシンが射出・充填工程の途上である際の、要部構成を示す簡略化し且つ一部を破断した説明図である。

【図 7】本発明の一実施形態に係るダイカストマシンが射出・充填工程の途上である際の、要部構成を示す簡略化し且つ一部を破断した説明図である。

【図 8】本発明の一実施形態に係るダイカストマシンが射出・充填工程を完了した際の、要部構成を示す簡略化し且つ一部を破断した説明図である。

【図 9】本発明の一実施形態のガス抜きと従来のガス抜きの挙動とを対比して示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 10】本発明の一実施形態に係るダイカストマシンにおける、制御系の要部構成を示すブロック図である。

【図 11】従来のダイカストマシンにおける、射出・充填工程と増圧工程の様子を示す説明図である。

【図 12】従来のダイカストマシンにおける、射出・充填工程と増圧工程の様子を示す説明図である。

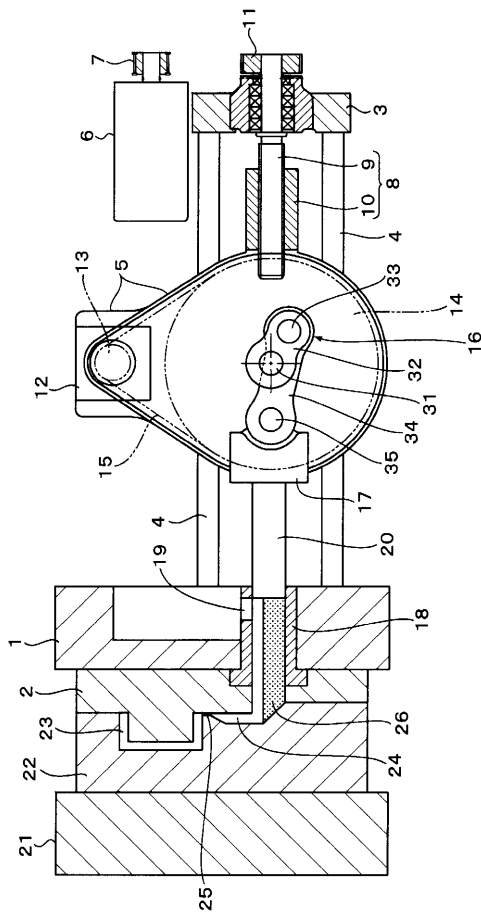
【符号の説明】

【0048】

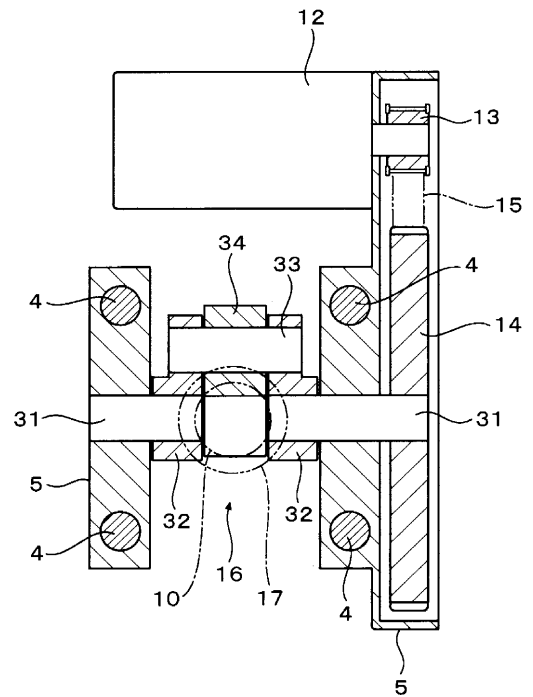
1	固定ダイプレート	
2	固定側金型	10
3	保持プレート	
4	連結軸	
5	直動ブロック	
6	第 1 電動サーボモータ	
7	駆動プーリ	
8	ボールネジ機構	
9	ボールネジ機構のネジ軸	
10	ボールネジ機構のナット	
11	被動プーリ	
12	第 2 の電動サーボモータ	20
13	駆動プーリ	
14	フライホイール	
15	タイミングベルト	
16	クランク機構	
17	プランジャ駆動体	
18	射出スリーブ	
19	注湯口	
20	射出プランジャ	
21	可動ダイプレート	
22	可動側金型	30
23	キャビティ	
24	金型湯道部	
25	ゲート	
26	金属溶湯	
31	第 1 回転軸	
32	第 1 リンク	
33	連結軸	
34	第 2 リンク	
35	第 2 回転軸	
41	速比の特性線	40
42	力の拡大率の特性線	
51	ナットの速度（設定速度）	
52	クランク機構の力の出力端の速度（設定速度）	
53	射出プランジャの速度（設定速度）	
54	金属溶湯に付加する（射出プランジャに付加する）圧力（負荷圧力）	
61	システムコントローラ	
62	サーボドライバ	
63	エンコーダ	
64	トルクセンサ	
65	サーボドライバ	50

- 6 6 エンコーダ
- 6 7 トルクセンサ
- 6 8 圧力センサ

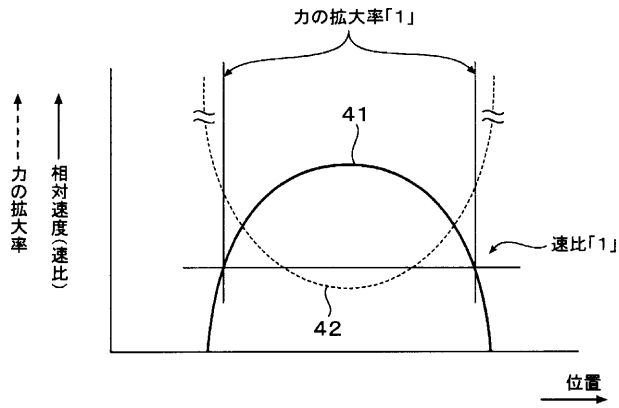
【図 1】



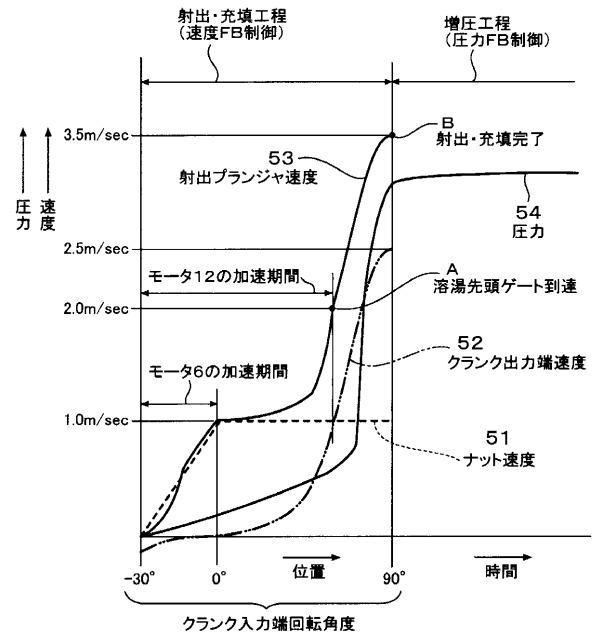
【図 2】



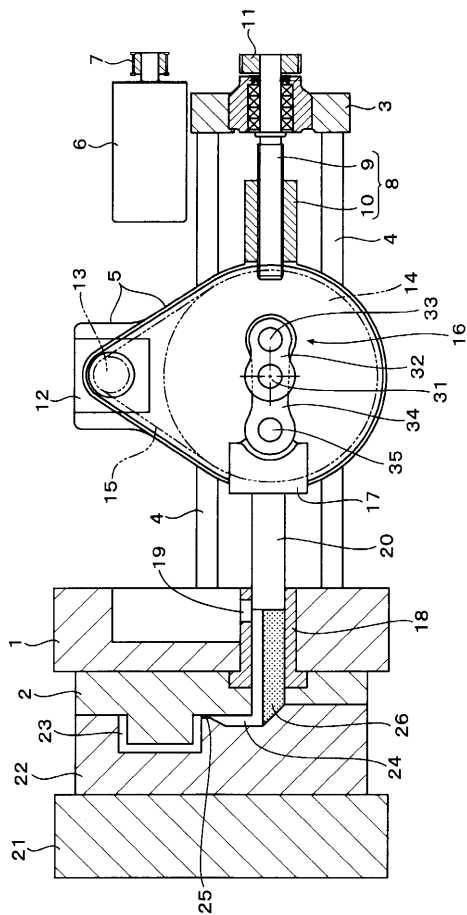
【図 3】



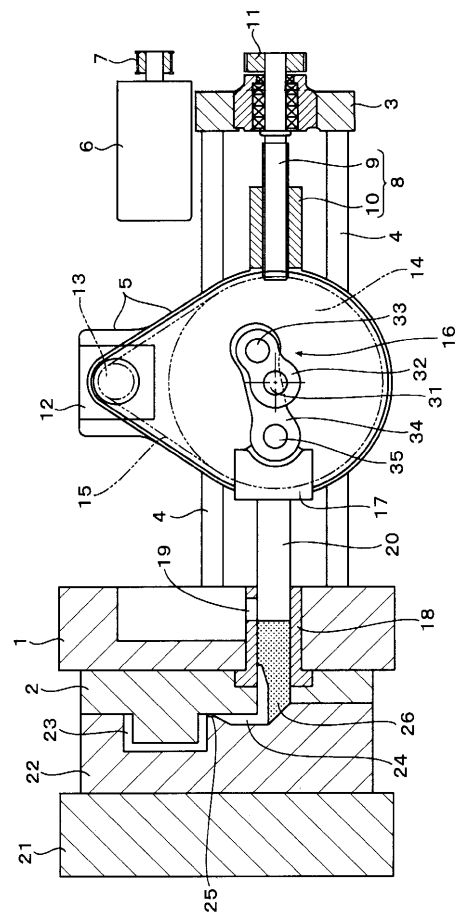
【図 4】



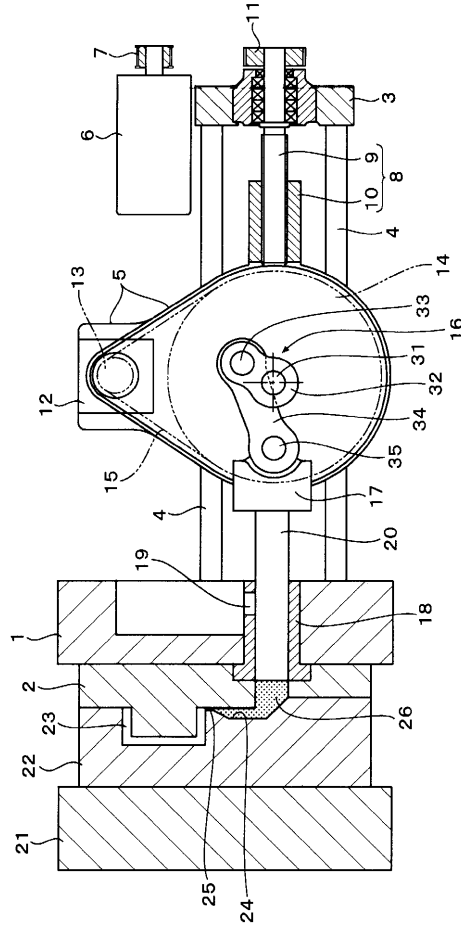
【図 5】



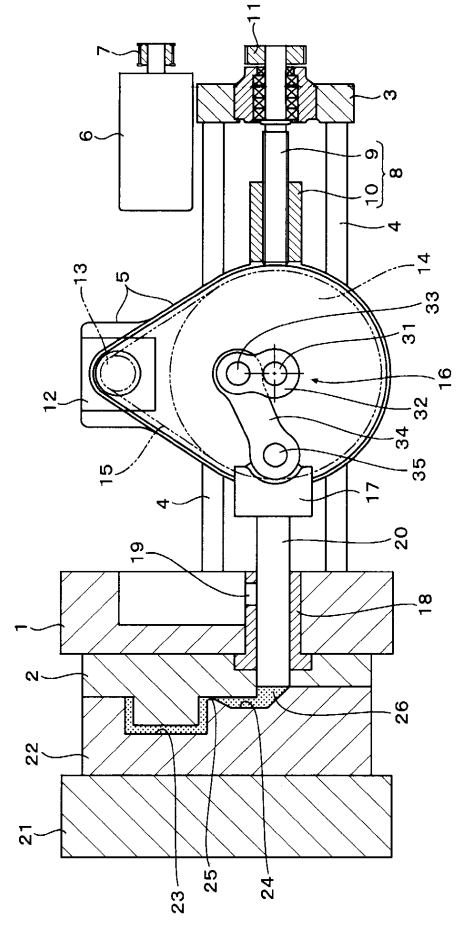
【図 6】



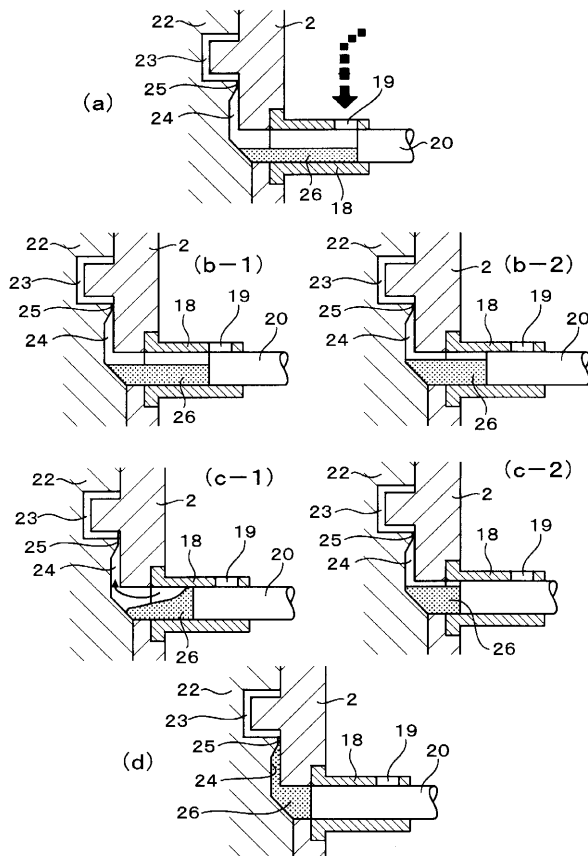
【図 7】



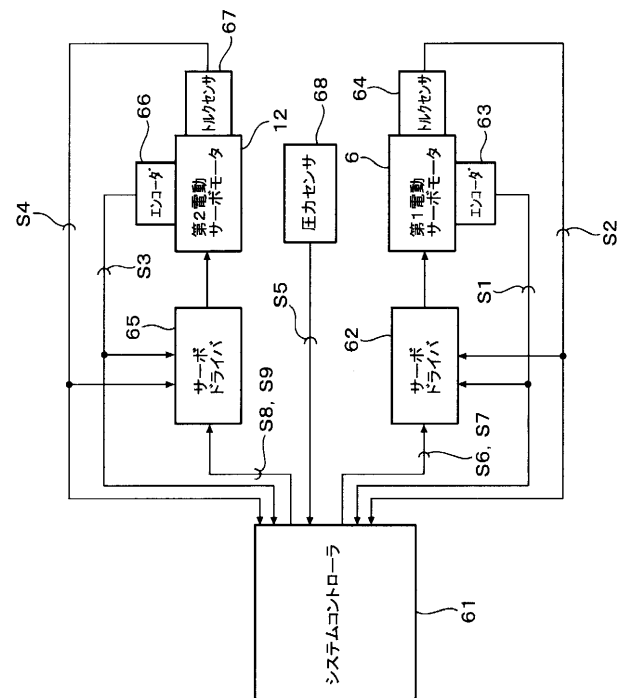
【図 8】



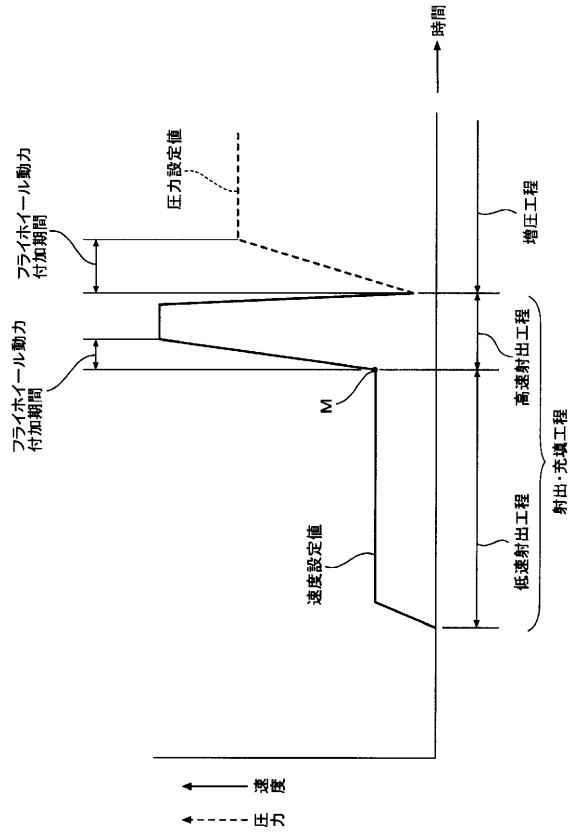
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

