

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-53385
(P2024-53385A)

(43)公開日 令和6年4月15日(2024.4.15)

(51)国際特許分類
B 2 9 C 45/03 (2006.01)
B 2 9 C 45/76 (2006.01)

F I
B 2 9 C 45/03
B 2 9 C 45/76

テーマコード (参考)
4 F 2 0 6

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全23頁)

(21)出願番号	特願2022-159621(P2022-159621)	(71)出願人	000004215
(22)出願日	令和4年10月3日(2022.10.3)		株式会社日本製鋼所
			東京都品川区大崎一丁目 1 1 番 1 号
		(74)代理人	110001195
			弁理士法人深見特許事務所
		(72)発明者	大川内 亮
			東京都品川区大崎一丁目 1 1 番 1 号 株
			式会社日本製鋼所内
		F ターム (参考)	4F206 AP02 AP04 AP06 AP08
			AR02 AR04 AR07 AR09
			JA07 JL02 JM02 JM04
			JM06 JP14 JP30 JQ88
			JT33

(54)【発明の名称】 射出成形機

(57)【要約】

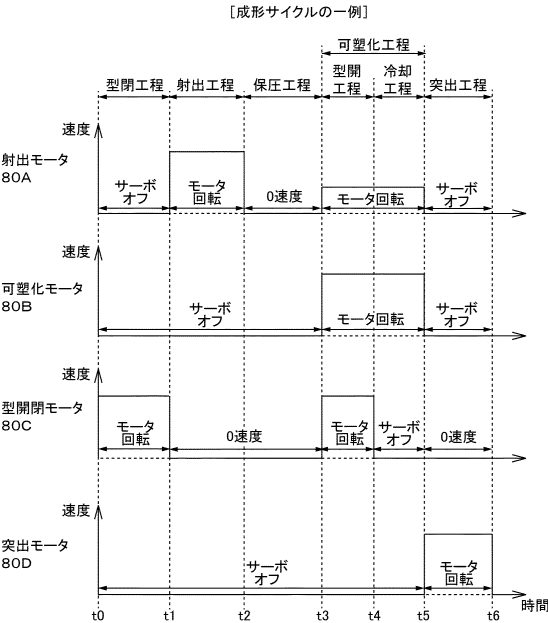
【課題】モータに外力が発生することによってモータの回転角度が意図せずに変化してしまうことを抑制しつつ、消費電力の上昇を抑制することである。

【解決手段】

射出成形機は、サーボモータ80Aとサーボアンプ50Aと制御装置40とを備える。サーボアンプ50Aは、第1スイッチング素子U1、第2スイッチング素子V1を含む。成形サイクルは、サーボモータ80Aを回転させる第1期間と回転させない第2期間を含む。サーボモータ80Aは、モータ回転制御とサーボオフ制御とゼロ速度制御とを実行可能に構成されている。制御装置40は、第1期間においてモータ回転制御を実行し、第2期間においてサーボオフ制御またはゼロ速度制御を実行する。

【選択図】図5

図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 サーボモータと、
前記第 1 サーボモータに電力を供給する第 1 サーボアンプと、
前記第 1 サーボアンプを制御して成形サイクルを実行する制御装置とを備え、
前記第 1 サーボアンプは、第 1 スwitchング素子と第 2 スwitchング素子とを含み、
前記成形サイクルは、前記第 1 サーボモータを回転させる第 1 期間と、前記第 1 サーボモータを回転させない第 2 期間とを含み、
前記第 1 サーボモータは、第 1 制御によって制御されることにより回転し、第 2 制御または第 3 制御によって制御されることにより停止可能に構成され、
前記第 1 制御は、前記第 1 スwitchング素子と前記第 2 スwitchング素子とを異なる位相でオン状態に制御して、前記第 1 サーボモータを回転させる制御であり、
前記第 2 制御は、前記第 1 スwitchング素子と前記第 2 スwitchング素子とを同じ位相でオン状態に制御し、前記第 1 サーボモータの回転を停止させる制御であり、
前記第 3 制御は、前記第 1 スwitchング素子と前記第 2 スwitchング素子とをオフ状態に制御し、前記第 1 サーボモータの回転を停止させる制御であり、
前記制御装置は、
前記第 1 期間において前記第 1 制御を実行し、
前記第 2 期間において前記第 2 制御または前記第 3 制御を実行する、射出成形機。

10

【請求項 2】

前記第 1 サーボモータは、金型を開閉させる型開閉モータであり、
前記制御装置は、金型へ射出材料を射出する射出工程および射出された射出材料を金型内に保持するために圧力を保持する保圧工程中に前記第 3 制御を実行する、請求項 1 に記載の射出成形機。

20

【請求項 3】

前記第 1 サーボモータは、射出材料を金型に射出する射出モータであり、
前記制御装置は、射出された射出材料を金型内に保持するために圧力を保持する保圧工程中に前記第 3 制御を実行する、請求項 1 に記載の射出成形機。

【請求項 4】

前記第 1 サーボモータと異なる第 2 サーボモータと、
前記第 2 サーボモータに電力を供給する第 2 サーボアンプとをさらに備える、請求項 1 に記載の射出成形機。

30

【請求項 5】

前記第 1 サーボモータは、金型を開閉させる型開閉モータであり、
前記第 2 サーボモータは、成形品を金型から取り外す突出モータであり、
前記制御装置は、前記第 2 サーボモータが駆動される期間において、前記第 1 サーボモータに対して前記第 3 制御を実行する、請求項 4 に記載の射出成形機。

【請求項 6】

前記第 1 サーボモータに発生するトルクを検出する第 1 センサをさらに備える、請求項 1 に記載の射出成形機。

40

【請求項 7】

前記制御装置は、
前記第 1 サーボモータを回転させる第 3 期間と、前記第 1 サーボモータを回転させない第 4 期間とを含むテストサイクルを前記成形サイクルの実行前に実行し、
前記第 4 期間において前記第 3 制御を実行し、
前記第 4 期間における前記第 1 センサの検出値に基づいて、前記第 2 期間において前記第 2 制御を実行する期間と、前記第 2 期間において前記第 3 制御を実行する期間とを定める、請求項 6 に記載の射出成形機。

【請求項 8】

前記制御装置は、

50

前記第 3 制御を実行している期間において、前記第 1 センサが所定の期間に亘ってトルクを検出しない場合、前記第 3 制御から前記第 2 制御に切り換える、請求項 6 に記載の射出成形機。

【請求項 9】

前記第 1 サーボモータの回転速度を検出する速度センサをさらに備え、
前記制御装置は、

前記第 2 制御を実行している期間において、前記速度センサが回転速度を検出した場合、前記第 2 制御から前記第 3 制御に切り換える、請求項 1、請求項 6～請求項 8 のいずれか 1 項に記載の射出成形機。

【請求項 10】

前記第 1 サーボモータの回転角度を検出する角度センサと、
前記角度センサの検出結果を記憶する記憶装置とをさらに備え、
前記制御装置は、

前記第 2 制御が実行されたときの前記角度センサの検出値を前記記憶装置に記憶させ

10

、
前記速度センサが回転速度を検出した場合、前記記憶装置に記憶されている前記角度センサの検出値によって示される回転角度に前記第 1 サーボモータを回転させる、請求項 9 に記載の射出成形機。

【請求項 11】

前記第 1 サーボモータの回転速度および回転角度を検出する位置センサと、
前記位置センサの検出結果を記憶する記憶装置とをさらに備え、
前記制御装置は、

前記第 2 制御を実行している期間において、前記位置センサが回転速度を検出した場合、前記第 2 制御から前記第 3 制御に切り換え、

前記第 2 制御が実行されたときの前記位置センサの検出値を前記記憶装置に記憶させ

20

、
前記位置センサが回転速度を検出した場合、前記記憶装置に記憶されている前記位置センサの検出値によって示される回転角度に前記第 1 サーボモータを回転させる、請求項 1、請求項 6～請求項 8 のいずれか 1 項に記載の射出成形機。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本開示は、射出成形機に関する。

【背景技術】

【0002】

工場において、プラスチックの樹脂等を基材とする成形品を成形するため射出成形機が用いられている。特許文献 1（特開 2020-069756 号公報）には、サーボモータを有する電動射出成形機が記載されている。このような射出成形機は、射出工程、保圧工程などの複数の工程を含む射出成形処理の成形サイクルを繰り返して実行して、成形品を大量生産する。

40

【0003】

特許文献 1 の射出成形機は成形サイクルを実行するためのモータが備えられている。特許文献 1 には、当該モータに電力を供給する電力供給システムの回路図が開示されている。特許文献 1 の電力供給システムは、3 相交流電圧線が接続される P W M コンバータ、当該 P W M コンバータの出力側に接続されている成形機内部の直流電圧線、および当該直流電圧線に接続されているインバータを備えている。インバータは、3 相交流電圧を生成してモータを駆動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【特許文献１】特開２０２０－０６９７５６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

成形サイクルは、モータを回転させる期間とモータの回転を停止させる期間を含む。モータの回転を停止させる期間において、インバータのスイッチング素子の少なくとも１つをオン状態としてモータの回転角度を所定の角度で停止させる制御が行われ得る。インバータのスイッチング素子の少なくとも１つをオン状態とすることによりモータを停止させる場合、外力の発生によるモータの回転角度が意図せずに変化することを抑制できる一方でスイッチング素子のスイッチングにより消費電力が発生してしまう。

10

【０００６】

本開示は、このような課題を解決するためになされたものであって、その目的は、モータに外力が発生することによってモータの回転角度が意図せずに変化してしまうことを抑制しつつ、消費電力の上昇を抑制することである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

一実施形態に係る射出成形機は、第１サーボモータと、第１サーボモータに電力を供給する第１サーボアンプと、第１サーボアンプを制御して成形サイクルを実行する制御装置とを備える。第１サーボアンプは、第１スイッチング素子と第２スイッチング素子とを含む。成形サイクルは、第１サーボモータを回転させる第１期間と、第１サーボモータを回転させない第２期間とを含む。第１サーボモータは、第１制御によって制御されることにより回転し、第２制御または第３制御によって制御されることにより停止可能に構成されている。第１制御は、第１スイッチング素子と第２スイッチング素子とを異なる位相でオン状態に制御して、第１サーボモータを回転させる制御である。第２制御は、第１スイッチング素子と第２スイッチング素子とを同じ位相でオン状態に制御し、第１サーボモータの回転を停止させる制御である。第３制御は、第１スイッチング素子と第２スイッチング素子とをオフ状態に制御し、第１サーボモータの回転を停止させる制御である。制御装置は、第１期間において第１制御を実行し、第２期間において第２制御または第３制御を実行する。

20

【発明の効果】

30

【０００８】

本開示に係る射出成形機によれば、射出成形機において、モータに外力が発生することによってモータの回転角度が意図せずに変化してしまうことを抑制しつつ、消費電力の上昇を抑制することである。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】実施の形態１における射出成形機の外観図である。

【図２】実施の形態１における射出成形機の概略ブロック図である。

【図３】実施の形態１のサーボアンプの電気回路構成の詳細を示す図である。

【図４】スイッチング素子の動作を説明するための図である。

40

【図５】実施の形態１における成形サイクルを説明するための図である。

【図６】実施の形態２における射出成形機の概略ブロック図である。

【図７】ゼロ速度期間とサーボオフ期間とを決定するための処理手順を示すフローチャートである。

【図８】実施の形態２におけるテストサイクルを説明するための図である。

【図９】実施の形態３における射出成形機の概略ブロック図である。

【図１０】実施の形態３におけるゼロ速度制御とサーボオフ制御とを切り換える処理手順を示すフローチャートである。

【図１１】変形例１におけるゼロ速度制御とサーボオフ制御とを切り換える処理手順を示すフローチャートである。

50

【図 1 2】変形例 2 における射出成形処理の処理手順を示すフローである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[実施の形態 1]

< 射出成形機の構成 >

以下では、図 1 を用いて実施の形態 1 における射出成形機 100 について説明する。図 1 は、実施の形態 1 における射出成形機 100 の外観図である。

【0011】

射出成形機 100 は、XY 平面上に載置されている。XY 平面に垂直な方向を Z 軸方向とする。以下では、図 1 における Z 軸の正方向を上面側または上方、負方向を下面側または下方と称する場合がある。なお、図 1 に示される射出成形機 100 は横型の射出成形機として示されているが、実施の形態 1 の射出成形機 100 は横型に限られず、縦型の射出成形機であってもよい。

【0012】

射出成形機 100 によって実行される射出成形処理は、型閉工程、射出工程、保圧工程、型開工程、冷却工程、突出工程、および可塑化工程を含む。射出成形機 100 は、上記の射出成形処理のサイクルを繰り返し実行する。以下では、1 つの成形品を成形するための 1 単位のサイクルを「成形サイクル」と称する。射出成形機 100 は、種々の形状、材質の成形品を成形可能であり、成形品の形状および材質の種類に応じた射出成形処理を行う。

【0013】

射出成形機 100 は、金型を型締めする型締装置 10 と、射出材料を熔融して射出する射出装置 20 と、操作盤 30 と、制御装置 40 A ~ 40 D とを備える。型締装置 10 は、射出装置 20 に対して、X 軸の負方向側に配置されている。

【0014】

< 型締装置 >

実施の形態 1 では、型締装置 10 は、ベッド 11 と、固定盤 12 と、型締ハウジング 13 と、可動盤 14 と、タイバー 15 と、型締機構 16 と、金型 17, 18 と、ボールねじ 19 と、サーボモータ 80 C, 80 D とを備える。ベッド 11 は、固定盤 12、型締ハウジング 13、可動盤 14 等を保持する。固定盤 12 は、ベッド 11 に固定されている。型締ハウジング 13 および可動盤 14 の各々は、ベッド 11 上を X 軸方向にスライド可能に構成されている。

【0015】

タイバー 15 は、固定盤 12 と型締ハウジング 13 との間に配置され、固定盤 12 と型締ハウジング 13 とを連結する。図 1 に示されるタイバー 15 は 4 本のバーを含む。なお、タイバー 15 が有するバーの数は、4 本に限られず、たとえば 5 本以上であってもよい。

【0016】

可動盤 14 は、固定盤 12 と型締ハウジング 13 との間で X 軸方向にスライド可能に構成される。型締機構 16 は、型締ハウジング 13 と可動盤 14 との間に設けられる。実施の形態 1 における型締ハウジング 13 は、トグル機構を含んで構成される。なお、型締機構 16 は、直圧式の型締機構を含んで構成されてもよい。直圧式の型締機構とは、すなわち型締シリンダを意味する。

【0017】

サーボモータ 80 C は、型締ハウジング 13 内に設けられている。サーボモータ 80 C は、ボールねじ 19 を介して型締機構 16 を駆動させる。ボールねじ 19 は、サーボモータ 80 C からの回転運動を直線運動に変換して型締機構 16 を駆動させる。金型 17, 18 は、固定盤 12 と可動盤 14 との間に設けられている。金型 17, 18 は、型締機構 1

10

20

30

40

50

6 が駆動することにより、開閉される。

【 0 0 1 8 】

金型 1 7 , 1 8 とが離れている状態から密着する状態へと移行する工程を「型閉工程」と称する。また、金型 1 7 , 1 8 とが密着している状態から離れている状態へと移行する工程を「型開工程」と称する。サーボモータ 8 0 C は、型閉工程および型開工程に用いられるモータである。以下では、サーボモータ 8 0 C を「型開閉モータ 8 0 C」と称する場合がある。

【 0 0 1 9 】

射出成形機 1 0 0 は、型開工程の後に「突出工程」と称される工程を行う。突出工程は、金型 1 7 , 1 8 内に充填された後に固化された樹脂などの射出材料を金型 1 7 から取り外す工程である。具体的には、突出モータ 8 0 D が回転し図示されないピンなどが突出することによって、金型 1 7 に密着している成形品は取り外される。可動盤 1 4 内に設けられているサーボモータ 8 0 D は、突出工程に用いられるモータである。以下では、サーボモータ 8 0 D を「突出モータ 8 0 D」と称する場合がある。

10

【 0 0 2 0 】

< 射出装置 >

射出装置 2 0 は、基台 2 1 と、加熱シリンダ 2 2 と、スクリュ 2 3 と、駆動機構 2 4 と、ホッパ 2 5 と、射出ノズル 2 6 と、ノズルタッチ装置 2 7 と、熱電対 2 9 A ~ 2 9 C と、サーボモータ 8 0 A , 8 0 B とを備える。基台 2 1 は、ベッド 1 1 の X 軸の正方向側に配置され、駆動機構 2 4 等を保持する。サーボモータ 8 0 A , 8 0 B は、駆動機構 2 4 内に設けられている。

20

【 0 0 2 1 】

スクリュ 2 3 は、加熱シリンダ 2 2 内に配置される。射出成形機 1 0 0 は、スクリュ 2 3 を用いて「可塑化工程」と称される工程を行う。可塑化工程は、加熱シリンダ 2 2 による加熱とスクリュ 2 3 の回転とによって、射出する樹脂を混練する工程である。駆動装置 2 4 内のサーボモータ 8 0 B は、X 軸方向を中心軸としてスクリュ 2 3 を回転させる。すなわち、サーボモータ 8 0 B は、可塑化工程に用いられるモータである。以下では、サーボモータ 8 0 B を「可塑化モータ 8 0 B」と称する場合がある。

【 0 0 2 2 】

さらに、射出成形機 1 0 0 は「射出工程」と称される工程と「保圧工程」と称される工程とを行う。射出工程は、可塑化工程によって可塑化された樹脂を金型 1 7 , 1 8 内へと射出する工程である。保圧工程とは、射出工程によって射出された樹脂を金型 1 7 , 1 8 内に保持するために圧力を加える工程である。サーボモータ 8 0 A の駆動によって、スクリュ 2 3 は X 軸方向の負方向側にスライドする。これにより、可塑化された樹脂は、スクリュ 2 3 に、金型 1 7 , 1 8 内へと射出される。サーボモータ 8 0 A は、射出工程または保圧工程に用いられるモータである。以下では、サーボモータ 8 0 A を「射出モータ 8 0 A」と称する場合がある。

30

【 0 0 2 3 】

ホッパ 2 5 は、加熱シリンダ 2 2 の Z 軸の正方向側に設けられている。射出ノズル 2 6 は、加熱シリンダ 2 2 の X 軸の負方向側における端部に設けられている。ノズルタッチ装置 2 7 は、射出装置 2 0 を X 軸方向にスライドさせて、射出ノズル 2 6 を金型 1 8 のスプルーブッシュに接触させる。熱電対 2 9 A ~ 2 9 C は、射出ノズル 2 6 の近傍および加熱シリンダ 2 2 の近傍に配置され得る。熱電対 2 9 A ~ 2 9 C は、配置された箇所の温度を検出する温度センサである。

40

【 0 0 2 4 】

基台 2 1 は、内部に制御装置 4 0 A ~ 4 0 D と、サーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D とを備える。サーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D は、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D に電力をそれぞれ供給する。より具体的には、サーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D は、三相交流電圧を生成し、対応するサーボモータに対して当該三相交流電力を供給する。制御装置 4 0 A ~ 4 0 D は、サーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D をそれぞれ制御して、成形サイクルを実行する。制御装置 4 0 A

50

～ 4 0 D の各々は、互いに電氣的に接続されている。

【 0 0 2 5 】

操作盤 3 0 は、射出成形機 1 0 0 に関連する情報を表示し、ユーザからの操作を受け付ける。操作盤 3 0 は、制御装置 4 0 A ～ 4 0 D のうちの少なくとも 1 つと電氣的に接続されている。図 1 の例では、操作盤 3 0 は、射出成形機 1 0 0 の Y 軸の負方向側に設けられている。ある局面では、操作盤 3 0 は、射出成形機 1 0 0 と別体として設けられてもよく、たとえば、射出成形機 1 0 0 が配置されている部屋と異なる部屋に配置されてもよい。

【 0 0 2 6 】

操作盤 3 0 は、ディスプレイ 3 1 と入力装置 3 2 とを備える。入力装置 3 2 は、たとえば、複数のボタンを含んで構成される。ある局面では、ディスプレイ 3 1 および入力装置 3 2 がタッチパネルとして一体的に設けられてもよい。また、操作盤 3 0 は、マイクおよびスピーカーを含み、音声を用いてユーザからの操作を受け付けてもよい。

【 0 0 2 7 】

< 射出成形機の概略ブロック図 >

図 2 は、実施の形態 1 における射出成形機 1 0 0 の概略ブロック図である。図 2 に示されるように射出成形機 1 0 0 は、図 1 にて説明した制御装置 4 0 A ～ 4 0 D と、サーボアンプ 5 0 A ～ 5 0 D と、サーボモータ 8 0 A ～ 8 0 D とを備える。

【 0 0 2 8 】

図 1 にて説明したように、サーボアンプ 5 0 A およびサーボモータ 8 0 A は、射出工程に用いられる。サーボアンプ 5 0 B およびサーボモータ 8 0 B は、可塑化工程に用いられる。サーボアンプ 5 0 C およびサーボモータ 8 0 C は、型開閉工程に用いられる。サーボアンプ 5 0 D およびサーボモータ 8 0 D は、突出工程に用いられる。サーボアンプ 5 0 A ～ 5 0 D とサーボモータ 8 0 A ～ 8 0 D とのそれぞれの間には、サーボモータ 8 0 A ～ 8 0 D を駆動させるための電力の供給路が示されている。図 1 では、系統電源の図示を省略している。

【 0 0 2 9 】

以下では、制御装置 4 0 A の内部構成について説明する。なお、制御装置 4 0 B ～ 4 0 C は、図 2 に示されるように制御装置 4 0 A と同様の内部構成を有するため、制御装置 4 0 B ～ 4 0 C の内部構成について説明を繰り返さない。また、制御装置 4 0 B ～ 4 0 C の内部構成において、制御装置 4 0 A の内部構成の内部構成と同一または相当部分には同一符号を付している。制御装置 4 0 A は、制御部 4 1 と、出力インターフェイス 4 3 と、記憶装置 4 4 とを備える。制御装置 4 0 A の制御部 4 1 は、サーボアンプ 5 0 A と、出力インターフェイス 4 3 を介して制御信号を送信可能であるように接続されている。制御装置 4 0 A の制御部 4 1 は、サーボアンプ 5 0 A に対して制御信号を送信し、後述するスイッチング素子の状態を制御する。

【 0 0 3 0 】

制御部 4 1 は、CPU 4 1 a とメモリ 4 1 b とを備える。CPU 4 1 a は、ROM (Read Only Memory) に格納されているプログラムを RAM (Random Access Memory) に展開して実行する。メモリ 4 1 b は、ROM および RAM を含み、CPU 4 1 a により実行されるプログラム等を記憶する。

【 0 0 3 1 】

ある局面では、制御部 4 1 は、専用のハードウェア回路により構成され得る。すなわち、制御部 4 1 は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array) 等により実現され得る。また、制御部 4 1 は、プロセッサおよびメモリ、ASIC、FPGA 等を適宜組み合わせることで実現されてもよい。記憶装置 4 4 は、たとえば、HDD (Hard Disk Drive) または SSD (Flash Solid State Drive) 等を含んで構成され得る。

【 0 0 3 2 】

< 電気回路の説明 >

図 3 は、実施の形態 1 のサーボアンプ 5 0 A における電気回路構成の詳細を示す図であ

10

20

30

40

50

る。図 3 では、サーボアンプ 50 A の電気回路構成を例として説明するが、サーボアンプ 50 B ~ サーボアンプ 50 D も、サーボアンプ 50 A と同様の電気回路構成を有している。

【0033】

サーボアンプ 50 A の一方端は、サーボモータ 80 A と電氣的に接続されており、サーボアンプ 50 A の他方端は、直流バス 260 を介して AC / DC コンバータ Cv1 と電氣的に接続されている。AC / DC コンバータ Cv1 は、三相フルブリッジタイプの PWM 型整流器を含む。

【0034】

AC / DC コンバータ Cv1 は、系統電源 200 から供給される交流電力を直流電力に変換して、変換した直流電力を直流バス 260 へと供給する。直流バス 260 は、2つの電源ライン PL1, NL1 を含む。なお、AC / DC コンバータ Cv1 には、高周波のノイズ成分が除去するためのフィルタ回路、昇圧用トランス等が含まれ得るが、図 3 の例では説明を簡単にするため図示を省略している。直流バス 260 において電源ライン PL1, NL1 間には、平滑用のキャパシタが配置されている。

【0035】

サーボアンプ 50 A は、三相フルブリッジタイプのインバータ Iv1 を含む。インバータ Iv1 は、直流バス 260 の電源ライン PL1, NL1 間に配置されたスイッチング素子 U1, U2, V1, V2, W1, W2 を含む。以下では、スイッチング素子 U1, U2, V1, V2, W1, W2 を総称して「スイッチング素子 U1 ~ W2」と称する。また、スイッチング素子 U1, V1, W1 を総称して「上アーム」と称し、スイッチング素子 U2, V2, W2 を総称して「下アーム」と称する場合がある。スイッチング素子 U1 は、本開示における「第 1 スwitchング素子」に対応し得る。スイッチング素子 V1 は、本開示における「第 2 スwitchング素子」に対応し得る。

【0036】

インバータ Iv1 では、スイッチング素子 U1, V1, W1 と、スイッチング素子 U2, V2, W2 とが相補的にスイッチングする。すなわち、スイッチング素子 U1 がオン状態である場合、スイッチング素子 U2 はオフ状態となる。

【0037】

電源ライン PL1, NL1 間に直列に接続されたスイッチング素子 U1, U2 の接続ノードには、サーボモータ 80 A の U 相が接続される。電源ライン PL1, NL1 間に直列に接続されたスイッチング素子 V1, V2 の接続ノードには、サーボモータ 80 A の V 相が接続される。電源ライン PL1, NL1 間に直列に接続されたスイッチング素子 W1, W2 の接続ノードには、サーボモータ 80 A の W 相が接続される。

【0038】

図 2 にて説明したようにサーボアンプ 50 A は、射出成形機 100 の制御装置 40 A によって制御される。具体的には、制御装置 40 A は、スイッチング素子 U1 ~ W2 の各々に制御信号を送信して、スイッチング素子 U1 ~ W2 の各々の状態を制御する。これにより、サーボアンプ 50 A は、直流バス 260 からの直流電力を交流電力に変換しサーボモータ 80 A を駆動させる。

【0039】

スイッチング素子 U1 ~ W2 は、金属酸化物半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) または絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (IGBT) などである。制御部 41 は、制御信号としてスイッチング素子 U1 ~ W2 の制御端子 (ゲート端子) にゲート電圧を印加することによって、スイッチング素子 U1 ~ W2 をオン状態にする。スイッチング素子 U1 ~ W2 にゲート電圧を印加する場合、消費電力が発生する。ゲート抵抗による損失、およびスイッチ抵抗による損失によって電力が消費される。

【0040】

< スwitchング素子の動作 >

図 4 は、スイッチング素子 U1 ~ W2 の動作を説明するための図である。本実施の形態

10

20

30

40

50

において、サーボモータ 80 A は、3 つの制御手法によって制御される。具体的にはサーボモータ 80 は、図 4 に示されているモータ回転制御、ゼロ速度制御、およびサーボオフ制御とを実行可能に構成されている。モータ回転制御は、本開示における「第 1 制御」に対応し得る。サーボオフ制御は、本開示における「第 2 制御」に対応し得る。ゼロ速度制御は、本開示における「第 3 制御」に対応し得る。なお、ゼロ速度制御には、後述にて説明する位置制御が含まれてもよい。すなわち、制御装置 40 A は、ゼロ速度制御をしているときにサーボモータの回転を検出した場合、所定の角度にサーボモータの角度を戻してもよい。

【0041】

モータ回転制御は、サーボモータ 80 A を回転させる制御である。制御装置 40 A は、たとえば 120 度通電でサーボモータ 80 A を回転させるタイミングでスイッチング素子 U1 ~ W2 の各々をスイッチングする。すなわち、モータ回転制御は、上アームのスイッチング素子 U1, V1, W1 を異なる位相でオン状態に制御して、サーボモータ 80 A を回転させる制御である。モータ回転制御を行われる場合、スイッチング素子 U1 ~ W2 にはゲート電圧の印加による消費電力と、系統電源から供給されてサーボモータ 80 A の駆動に用いられる消費電力とが発生する。

10

【0042】

ゼロ速度制御は、サーボモータ 80 A の回転速度をゼロに保つように回転を停止させる制御である。換言すれば、ゼロ速度制御は、スイッチング素子 U1 ~ W2 の各々がオン状態とオフ状態とを同位相で繰り返すことによってサーボモータ 80 A の回転を停止させる制御である。

20

【0043】

図 4 に示されているゼロ速度制御の例では、制御装置 40 A は、上アームをオフ状態にして下アームをオン状態にする期間と、上アームをオン状態にして下アームをオフ状態にする期間とを同位相で繰り返す。これにより、サーボモータ 80 A の U 相、V 相、W 相の電圧値が同一の値となり、サーボモータ 80 A は回転を停止する。

【0044】

なお、図 4 のゼロ速度制御の例では、スイッチング素子 U1 ~ W2 をオン状態とオフ状態とが繰り返される制御が示されているが、ゼロ速度制御が行われている期間において、上アームのスイッチング素子 U1, V1, W1 が常にオン状態であり、下アームのスイッチング素子 U2, V2, W2 が常にオフ状態であってもよい。また、ゼロ速度制御が行われている期間において、上アームのスイッチング素子 U1, V1, W1 が常にオフ状態であり、下アームのスイッチング素子 U2, V2, W2 が常にオン状態であってもよい。すなわち、ゼロ速度制御期間において、スイッチング素子 U1 ~ W2 のスイッチングは繰り返して行われなくともよい。

30

【0045】

ゼロ速度制御中において、サーボモータ 80 A に外力が発生してサーボモータ 80 A の回転角度が変化したとき、スイッチング素子 U1 ~ W2 の少なくとも 1 つがオン状態であることによって、サーボモータ 80 A には回転角度の変化を抑制する力が発生する。これにより、サーボモータ 80 A は回転角度を保ったまま停止することができる。図 4 に示されているように、ゼロ速度制御を行う場合、スイッチング素子 U1 ~ W2 の少なくとも 1 つ対してゲート電圧が印加されるため、消費電力が発生する。

40

【0046】

サーボオフ制御は、サーボモータ 80 A に何らの力を加えることなく回転を停止させる制御である。図 4 に示されているように、制御装置 40 A は、スイッチング素子 U1, V1, W1 の全てをオフ状態にする。すなわち、サーボオフ制御は、スイッチング素子 U1 ~ W2 の各々がオフ状態となることによってサーボモータ 80 A の回転を停止させる制御である。

【0047】

サーボオフ制御中にサーボモータ 80 A に外力が発生した場合、当該外力によってサー

50

ボモータ 80A の回転角度は変化してしまう。一方で、図 4 に示されているように、サーボオフ制御を行う場合、スイッチング素子 U1 ~ W2 にはゲート電圧が印加されないため、消費電力は発生しない。図 4 では、制御装置 40A を用いて各制御の説明を行ったが、制御装置 40B ~ 40D も同様に、サーボアンプ 50B ~ 50D に対して、モータ回転制御、ゼロ速度制御、およびサーボオフ制御を行うことが可能であるように構成されている。

【0048】

< 成形サイクル >

図 5 は、実施の形態 1 における成形サイクルを説明するための図である。上述したように、本実施の形態における射出成形機 100 は、成形サイクルを連続して繰り返し、複数の成形品を生産する。図 5 には、1 回の成形サイクル内におけるサーボモータ 80A ~ 80D の各々の制御が示されている。

10

【0049】

成形サイクルは、型閉工程、射出工程、保圧工程、可塑化工程、型開工程、冷却工程、および突出工程を含む。冷却工程は、型開工程の後に金型 17 内の射出材料を固化させるために冷却する工程である。本実施の形態の射出成形機 100 では、冷却工程において図示されない冷却装置が用いられて射出材料を冷却してもよい。

【0050】

図 5 に示されるように、1 回の成形サイクルの中で各サーボモータ 80A ~ 80D が所定のタイミングで予め定められた順序で駆動されることによって射出成形処理は実現されている。図 5 には、各サーボモータ 80A ~ 80D の駆動する期間が「モータ回転期間」として示されている。モータ回転期間は、成形品の形状、材質などの成形条件に基づいてサーボモータ 80A ~ 80D ごとに予め定められている。以下では、成形サイクル中の「モータ回転期間」以外の期間を「モータ停止期間」と称する。本実施の形態において、モータ停止期間には、ゼロ速度制御およびサーボオフ制御のいずれかが実行される。モータ回転期間は、本開示における「第 1 期間」に対応し得る。また、モータ停止期間は、本開示における「第 2 期間」に対応し得る。

20

【0051】

タイミング $t_0 \sim t_1$ の型閉工程において、型開閉モータ 80C が回転することにより、金型 17, 18 は密着する。型閉工程の終了後、タイミング $t_1 \sim t_2$ の射出工程において、射出モータ 80A が回転することによって、射出材料が金型へと射出される。すなわち、スクリュ 23 は X 軸の負方向に向かってスライドし、射出材料を金型へと射出する。射出工程の終了後、タイミング $t_2 \sim t_3$ の保圧工程では、各サーボモータ 80A ~ 80D のいずれも駆動されない。

30

【0052】

保圧工程の終了後、タイミング $t_3 \sim t_4$ の型開工程において、型開閉モータ 80C が回転することにより、金型 17, 18 が離れる。タイミング $t_3 \sim t_5$ の可塑化工程において、射出モータ 80A の回転によって、スクリュ 23 は X 軸の正方向に向かってスライドする。可塑化工程におけるスクリュ 23 の移動速度は、スクリュ 23 を元の位置に戻すことを目的としているため、射出工程におけるスクリュ 23 の移動速度よりも遅い。

40

【0053】

可塑化工程において、可塑化モータ 80B は、X 軸方向を中心軸としてスクリュ 23 を回転させる。これにより、次の成形サイクルにて用いられる射出材料は混練される。最後に、タイミング $t_5 \sim t_6$ の突出工程において、突出モータ 80D が回転して図示されないピンなどが突出することによって、金型 17 に密着している成形品が取り外される。

【0054】

図 5 に示されているように、射出モータ 80A のモータ回転期間は、タイミング $t_1 \sim t_2$ の期間およびタイミング $t_3 \sim t_5$ の期間である。可塑化モータ 80B のモータ回転期間は、タイミング $t_3 \sim t_5$ の期間である。型開閉モータ 80C のモータ回転期間は、タイミング $t_0 \sim t_1$ の期間およびタイミング $t_3 \sim t_4$ の期間である。突出モータ 80

50

Dのモータ回転期間は、タイミング $t_5 \sim t_6$ の期間である。

【0055】

<ゼロ速度制御およびサーボオフ制御>

実施の形態1の射出成形機100では、モータ回転期間ではないモータ停止期間において各サーボモータ80A～80Dがゼロ速度制御またはサーボオフ制御のいずれを実行するのは予め定められている。具体的には、図5に示されているように射出モータ80Aでは、型開閉工程および突出工程においてサーボオフ制御が行われ、保圧工程においてゼロ速度制御が行われる。可塑化モータ80Bでは、可塑化工程以外の全ての工程においてサーボオフ制御が行われる。

【0056】

型開閉モータ80Cでは、射出工程、保圧工程および突出工程においてゼロ速度制御が行われ、冷却工程においてサーボオフ制御が行われる。突出モータ80Dでは、突出工程以外の全ての工程においてサーボオフ制御が行われる。以下では、図5に示されるように、サーボオフ制御が行われている期間を「サーボオフ期間」と称し、ゼロ速度制御が行われている期間を「ゼロ速度期間」と称する。

【0057】

保圧工程は、射出工程にてX軸の負方向側にスライドしたスクリュ23を固定して、金型17, 18内の射出材料に圧力を加える工程である。保圧工程中は、圧力が加えられている射出材料からの反作用によって、スクリュ23にはX軸の正方向側へと押し戻そうとする力が発生する。そのため、実施の形態1の射出成形機100では、保圧工程において射出モータ80Aにゼロ速度制御を行うことでスクリュ23がX軸の正方向側へと押し戻され射出材料への圧力が保持されなくなってしまうことを抑制する。

【0058】

射出工程中においても保圧工程と同様の理由で、射出材料から反作用が生じる。射出材料に圧力を加える反作用はスクリュ23だけでなく金型17, 18に対しても生じる。具体的には、金型17, 18内にて圧力が加えられた射出材料は、金型17, 18が離れるような力を金型17, 18に加える。そのため、制御装置40Cの制御部41は、図5に示されるように射出工程および保圧工程の両方において、型開閉モータ80Cに対してゼロ速度制御を行う。これにより、実施の形態1における射出成形機100では、射出工程および保圧工程中において射出材料からの反作用に対抗して、金型17, 18の位置を保持することができる。

【0059】

図1に示されるように、突出モータ80Dは可動盤14内に設けられている。金型17に密着している成形品は、突出モータ80Dの駆動によってピンが突出することに取り外されるが、可動盤14は、ピンの突出による反作用の影響でX軸方向に移動してしまう場合がある。そのため、図5に示されるように、突出モータ80Dが駆動する突出工程において、型開閉モータ80Cではゼロ速度制御が行われる。実施の形態1において、制御装置40A～40Dがサーボアンプ50A～50Dをそれぞれ制御する例を説明したが、サーボアンプ50A～50Dは、1つの制御装置によって制御されてもよい。すなわち、制御装置40A～40Dの各々が別体として設けられておらず、1つの制御装置として設けられていてもよい。

【0060】

このように、実施の形態1の射出成形機100では、各サーボモータ80A～80Dに対して外力が発生し得る期間にだけゼロ速度制御が実行され、射出成形機100の他の構成から外力が生じない期間においてはサーボオフ制御が実行される。これにより、モータ停止期間の全ての期間においてゼロ速度制御が実行される場合と比較して、スイッチング素子U1～W2の全てがオフ状態となる期間が長くなり、消費電力を抑制できる。すなわち、実施の形態1の射出成形機100では、各サーボモータ80A～80Dが外力を受けることによって回転角度が意図せずに変化してしまうことを抑制し、かつ、消費電力を低減させて各サーボモータ80A～80Dの回転を停止させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

< 実施の形態 2 >

実施の形態 1 では、成形サイクルにおけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とが予め定められている例を説明した。しかしながら、上述したように成形サイクルにおけるモータ回転期間は、成形品の形状、射出材料の材質などの成形条件によって変化するため、成形条件ごとにゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定め直す必要がある。実施の形態 2 においては、テストサイクルを行って自動的に成形サイクル内におけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とを決定する手法について説明する。なお、実施の形態 2 において、実施の形態 1 と同様の構成について説明を繰り返さない。

【 0 0 6 2 】

図 6 は、実施の形態 2 における射出成形機 1 0 0 A の概略ブロック図である。射出成形機 1 0 0 A では、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D の各々に対して電流センサが設けられている。また、実施の形態 2 では、1 つの制御装置 4 0 によって各サーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D が制御されている。なお、ある局面においては、実施の形態 2 の射出成形機 1 0 0 A においても、実施の形態 1 にて説明したように、各サーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D をそれぞれ制御する制御装置 4 0 A ~ 4 0 D が設けられていてもよい。その場合、後述に手説明する図 7 のフローチャートは、制御装置 4 0 A ~ 4 0 D のうちのいずれか 1 つ、または、制御装置 4 0 A ~ 4 0 D を統括的に制御する他の制御装置が実行してもよい。図 6 に示されるように射出成形機 1 0 0 A は、制御装置 4 0 とサーボアンプ 5 0 A ~ 5 0 D とサーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D とに加えて、電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D を備える。また、制御装置 4 0 は、出力インターフェイス 4 3 に加えて入力インターフェイス 4 2 を備える。

【 0 0 6 3 】

電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D は、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D のモータ電流をそれぞれ検出する。電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D は、入力インターフェイス 4 2 を介して検出した電流値を制御部 4 1 に送信する。サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D において、モータ電流はモータに発生するトルクと相関関係を有する。記憶装置 4 4 には、電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D によって検出された電流値に対して、トルクの値が対応付けられて記憶されている。すなわち、制御部 4 1 は、電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D の検出値に基づいて、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D に発生しているトルクを推測することができる。電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D は、本開示における「第 1 センサ」に対応し得る。

【 0 0 6 4 】

< テストサイクルによるゼロ速度期間とサーボオフ期間との決定手法 >

図 7 は、ゼロ速度期間とサーボオフ期間とを決定するための処理手順を示すフローチャートである。図 7 に示されるフローチャートは、記憶装置 4 4 にプログラムとして記憶されており、当該プログラムは制御部 4 1 によって実行される。

【 0 0 6 5 】

実施の形態 2 では、成形サイクルを開始する前にテストサイクルを実行する。テストサイクルは、成形サイクルと同じモータ回転期間とモータ停止期間を有する試験的なサイクルである。実施の形態 2 では、テストサイクル中のモータ停止期間に発生したトルクに基づいて、ゼロ速度期間とサーボオフ期間とを決定する。制御部 4 1 は、成形サイクルを実行する前に、図 7 に示されるフローチャートを実行する。

【 0 0 6 6 】

制御部 4 1 は、テストサイクルを実行する（ステップ S 1 0 0 ）。テストサイクルは、モータ停止期間の全ての期間においてゼロ速度制御を行うサイクルである。図 8 は、実施の形態 2 におけるテストサイクルを説明するための図である。図 8 に示されるように、テストサイクルでは、サーボオフ制御は実行されずモータ回転制御とゼロ速度制御だけが行われている。図 8 に示される「モータ回転期間」は、本開示における「第 3 期間」に対応し得る。図 8 に示される「ゼロ速度期間」は、本開示における「第 4 期間」に対応し得る。

【 0 0 6 7 】

。

。図 8 に示される「モータ回転期間」は、本開示における「第 3 期間」に対応し得る。図 8 に示される「ゼロ速度期間」は、本開示における「第 4 期間」に対応し得る。

図 7 に戻り、制御部 4 1 は、テストサイクルが終了したか否かを判断する（ステップ S 1 1 0）。テストサイクルが終了していない場合（ステップ S 1 1 0 で N O）、制御部 4 1 は、ステップ S 1 1 0 の処理を繰り返す。テストサイクルが終了した場合（ステップ S 1 1 0 で Y E S）、制御部 4 1 はステップ S 1 0 0 で実行したテストサイクル中の電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D の検出結果を取得する（ステップ S 1 2 0）。

【 0 0 6 8 】

制御部 4 1 は、電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D の検出値に基づいて、成形サイクルにおける各サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D のゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定める（ステップ S 1 3 0）。ステップ S 1 3 0 において制御部 4 1 は、モータ停止期間内の特定の期間において、電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D の検出結果が所定の閾値以上であったか否かを判断する。制御部 4 1 は、特定の期間内に検出された電流値が所定の閾値以上である場合、当該特定の期間において外力によってトルクが発生したと判断する。この場合、制御部 4 1 は、当該特定の期間に対応する成形サイクル内の期間をゼロ速度期間として定める。

【 0 0 6 9 】

一方で、制御部 4 1 は、特定の期間内に検出された電流値が所定の閾値未満である場合、当該特定の期間には外力によるトルクが発生していなかったと判断する。この場合、制御部 4 1 は、当該特定の期間に対応する成形サイクル内の期間をサーボオフ期間として定める。なお、特定の期間とは、1 つ工程を示す期間であってもよいし、モータ停止期間内の 1 秒ごとの期間であってもよい。

【 0 0 7 0 】

より具体的な例を用いて説明すれば、図 8 に示されるタイミング t 2 からタイミング t 3 までの保圧工程において、制御部 4 1 は、電流センサ 8 1 A の検出値から射出モータ 8 0 A に外力が発生したと判断する場合、成形サイクルにおける保圧工程をゼロ速度期間として定める。一方で、図 8 に示されるタイミング t 0 からタイミング t 1 までの型閉工程において、制御部 4 1 は、電流センサ 8 1 A の検出値から射出モータ 8 0 A に外力が発生しなかったと判断する場合、成形サイクルにおける保圧工程をサーボオフ期間として定める。

【 0 0 7 1 】

このように、制御部 4 1 は、テストサイクル中の電流センサ 8 1 A ~ 8 1 D の検出結果に基づいて、成形サイクルにおける各サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D のゼロ速度期間とサーボオフ期間とを決定する。制御部 4 1 は、S 1 3 0 にて定めたゼロ速度期間とサーボオフ期間とに従って、成形サイクルを実行する（ステップ 1 4 0）。これにより、実施の形態 2 では、実際に外力が発生したか否かを判断するためのテストサイクルを基準として、成形サイクルにおけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定めることができる。また、実施の形態 2 では、ユーザ自身が各期間における外力の発生の有無を考慮する必要がないため、テストサイクルを行うだけで自動的に成形サイクルにおけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とを決定することができる。

【 0 0 7 2 】

< 実施の形態 3 >

実施の形態 2 では、成形サイクルの実行前にテストサイクルを予め実行することによって、ゼロ速度期間とサーボオフ期間とを自動的に決定する手法を説明した。しかしながら、テストサイクルによって定められたサーボオフ期間において地震、事故、および射出成形機 1 0 0 を構成する部品の故障などの突発的な外力が発生する場合がある。実施の形態 3 においては、モータの回転速度を検出する速度センサを用いてリアルタイムでゼロ速度制御を行うかサーボオフ制御を行うかを決定する手法について説明する。なお、実施の形態 3 において、実施の形態 2 と同様の構成について説明を繰り返さない。

【 0 0 7 3 】

図 9 は、実施の形態 3 における射出成形機 1 0 0 B の概略ブロック図である。射出成形機 1 0 0 B では、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D の各々に対して、位置センサが設けられている。具体的には、図 9 に示されるように射出成形機 1 0 0 B は、実施の形態 2 の構成か

10

20

30

40

50

ら位置センサ 8 4 A ~ 8 4 D をさらに備える。

【 0 0 7 4 】

位置センサ 8 4 A ~ 8 4 D は、たとえば光学式のエンコーダである。位置センサ 8 4 A ~ 8 4 D は、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D の回転速度をそれぞれ検出する。また、位置センサ 8 4 A ~ 8 4 D は、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D の回転角度をそれぞれ検出する。なお、ある局面では、位置センサ 8 4 A ~ 8 4 D は、1 つの光学式のエンコーダではなく、回転速度を検出する速度センサと、回転角度を検出する角度センサとして別体に設けられてもよい。

【 0 0 7 5 】

位置センサ 8 4 A ~ 8 4 D は、入力インターフェイス 4 2 を介して各々が検出した結果を制御部 4 1 に送信する。これにより、制御部 4 1 は、サーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D の回転速度、回転角度を取得することができる。

【 0 0 7 6 】

< ゼロ速度制御とサーボオフ制御との切り換え >

図 1 0 は、実施の形態 3 におけるゼロ速度制御とサーボオフ制御とを切り換える処理手順を示すフローチャートである。実施の形態 3 では、制御部 4 1 は、テストサイクルを行うことなく図 1 0 に示されるフローチャートを実行することによって必要な期間にだけゼロ速度制御を行う。

【 0 0 7 7 】

図 1 0 に示されるフローチャートは、1 回の成形サイクルを実行するための処理手順が示されている。制御部 4 1 は、図 1 0 に示されるフローチャートをサーボモータ 8 0 A ~ 8 0 D の各々に対して別々に実行する。実施の形態 3 においてもモータ回転期間は、成形条件に応じて予め定められている。

【 0 0 7 8 】

制御部 4 1 は、成形サイクルの開始後、モータ回転期間であるか否かを判断する（ステップ S 2 0 0）。モータ回転期間である場合（ステップ S 2 0 0 で Y E S）、制御部 4 1 は、図 4 にて説明したモータ回転制御を実行する（ステップ S 2 0 1）。たとえば、型開閉モータ 8 0 C に対して図 1 0 のフローチャートを実行する場合、図 5 に示されるように成形サイクルの開始直後からモータ回転期間は始まる。図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 1 にてモータ回転制御が実行された後、ゼロ速度制御またはサーボオフ制御が行われるか、1 サイクルが終了するまでは継続してモータ回転制御が実行され続ける。

【 0 0 7 9 】

続いて、制御部 4 1 は、1 つの成形サイクルが終了したか否かを判断する（ステップ S 2 0 2）。制御部 4 1 は、1 つの成形サイクルが終了していないと判断する場合（ステップ S 2 0 2 で N O）、処理をステップ S 2 0 0 に戻す。

【 0 0 8 0 】

その後、制御部 4 1 は、モータ回転期間であるか否かを再度判断する（ステップ S 2 0 0）。モータ回転期間ではない場合（ステップ S 2 0 0 で N O）、制御部 4 1 は、ゼロ速度制御を行う（ステップ S 2 0 3）。たとえば、型開閉モータ 8 0 C に対して図 1 0 のフローチャートを実行する場合、図 5 におけるタイミング t 0 ~ t 1 までの期間において制御部 4 1 は、ステップ S 2 0 0、2 0 1、2 0 2 を繰り返す。タイミング t 1 においてモータ回転期間が終了するため、実施の形態 3 の制御部 4 1 は、型開閉モータ 8 0 C に対してゼロ速度制御を行う（ステップ S 2 0 3）。図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 3 にてゼロ速度制御が実行された後、モータ回転制御またはサーボオフ制御が行われるか、1 サイクルが終了するまでは継続してゼロ速度制御が実行され続ける。

【 0 0 8 1 】

続いて、制御部 4 1 は、タイマをリセットする（ステップ S 2 0 4）。ステップ S 2 0 4 におけるタイマは、たとえば C P U 4 1 a に搭載されている汎用のタイマである。本実施の形態におけるタイマのリセットとは、タイマのカウントを初期値（0 秒）に戻し、カ

10

20

30

40

50

ウントを開始することを意味する。

【 0 0 8 2 】

続いて、制御部 4 1 は、モータ回転期間であるか否かを判断する（ステップ S 2 0 5）。モータ回転期間ではない場合（ステップ S 2 0 5 で N O）、制御部 4 1 は、タイマの値が 1 0 0 m s に到達しているか否かを判断する（ステップ S 2 0 6）。タイマの値が 1 0 0 m s に到達していない場合（ステップ S 2 0 6 で N O）、制御部 4 1 は、モータ回転期間となったか否かを判断する（ステップ S 2 0 5）。タイマの値が 1 0 0 m s に到達する前にモータ回転期間に到達した場合（ステップ S 2 0 5 で Y E S）、制御部 4 1 は、モータ回転制御を行う（ステップ S 2 0 1）。

【 0 0 8 3 】

タイマの値が 1 0 0 m s に到達した場合（ステップ S 2 0 6 で Y E S）、制御部 4 1 は、ステップ S 2 0 4 からタイマによって計測された 1 0 0 m s の期間において、トルクを検出したか否かを判断する（ステップ S 2 0 7）。すなわち、記憶装置 4 4 またはメモリ 4 1 b には、ステップ S 2 0 4 からタイマによって計測された 1 0 0 m s の期間において電流センサによって検出された値が記憶されている。制御部 4 1 は、ステップ S 2 0 4 からタイマによって計測された 1 0 0 m s の期間における電流センサの検出値が所定の閾値以上であったか否かを判断する。

【 0 0 8 4 】

制御部 4 1 は、ステップ S 2 0 4 からタイマによって計測された 1 0 0 m s の期間において、トルクが検出された場合（ステップ S 2 0 7 で Y E S）、直近の 1 0 0 m s の期間において外力が発生したとして、処理をステップ S 2 0 4 へと戻す。すなわち、制御部 4 1 は、さらに 1 0 0 m s の期間、ゼロ速度制御を継続して行う。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 2 0 7 にて制御部 4 1 は、ステップ S 2 0 4 からタイマによって計測された 1 0 0 m s の期間において、トルクが検出されなかった場合（ステップ S 2 0 7 で N O）、直近の 1 0 0 m s の期間には外力が発生しなかったとして、ゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換える（ステップ S 2 0 8）。図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 8 にてサーボオフ制御が実行された後、モータ回転制御またはゼロ速度制御が行われるか、1 サイクルが終了するまでは継続してサーボオフ制御が実行され続ける。

【 0 0 8 6 】

すなわち、直近の 1 0 0 m s の期間で外力が発生しなかったため次の 1 0 0 m s の期間においても外力が発生しない期間が続く可能性があることから、消費電力を低減するために制御部 4 1 は、ゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換える。すなわち、制御部 4 1 は、ゼロ速度制御を実行している期間において 1 0 0 m s の期間に亘ってトルクが検出されなかった場合にゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換える。

【 0 0 8 7 】

ゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換えた後、制御部 4 1 は、位置センサの検出値からサーボモータの回転角度を取得する（ステップ S 2 0 9）。すなわち、制御部 4 1 は、サーボオフ制御に切り換えた直後のサーボモータの回転角度を記憶装置 4 4 またはメモリ 4 1 b に記憶させる。

【 0 0 8 8 】

制御部 4 1 は、タイマをリセットする（ステップ S 2 1 0）。制御部 4 1 は、モータ回転期間であるか否かを判断する（ステップ S 2 1 1）。モータ回転期間ではない場合（ステップ S 2 1 1 で N O）、制御部 4 1 は、タイマの値が 1 0 0 m s に到達しているか否かを判断する（ステップ S 2 1 2）。タイマの値が 1 0 0 m s に到達していない場合（ステップ S 2 1 2 で N O）、制御部 4 1 は、タイマの値が 1 0 0 m s に到達する前にモータ回転期間に到達したか否かを判断する（ステップ S 2 1 1）。タイマの値が 1 0 0 m s に到達する前にモータ回転期間に到達した場合（ステップ S 2 1 1 で Y E S）、制御部 4 1 は、モータ回転制御を行う（ステップ S 2 0 1）。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

タイマの値が100msに到達した場合（ステップS212でYES）、制御部41は、ステップS210からタイマによって計測された100msの期間において、回転速度が検出されたか否かを判断する（ステップS213）。すなわち、ステップS210からタイマによって計測された100msの期間における位置センサの値が所定の閾値以上であったか否かを判断する。ステップS213では、ステップS207と異なり、制御部41はサーボオフ制御を行っている。そのため、サーボモータに外力が発生した場合、サーボモータは外力によって回転し、回転速度が生じる。

【0090】

制御部41は、ステップS210からタイマによって計測された100msの期間において、回転速度を検出した場合（ステップS214でYES）、ステップS208にて取得した回転角度の位置にサーボモータを位置制御する（ステップS214）。これにより、制御部41は、外力によって回転してしまったサーボモータの回転角度を外力が発生する前の回転角度に戻すことができる。

10

【0091】

制御部41は、直近の100msの期間において外力が発生したとして、制御部41は、サーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換える（ステップS203）。すなわち、直近の100msの期間において外力が発生したことから次の100msの期間においても外力が発生する可能性があり、サーボモータを固定して停止させるため、制御部41は、サーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換える。

【0092】

20

制御部41は、ステップS210からタイマによって計測された100msの期間において、回転速度を検出なかった場合（ステップS213でNO）、処理をステップS211へと戻す。すなわち、制御部41は、さらに100msの期間、サーボオフ制御を継続して行う。なお、ステップS206およびステップS212にて示されている待機期間は、100msに限られず、たとえば、10ms、500msなどの他の期間であってもよい。

【0093】

図10には示されていないが、制御部41は、ステップS205、211においてもモータ回転期間であるかに加えて、1サイクルが終了したか否かについても判断する。ステップS205、211において1サイクルが終了したと判断する場合、制御部41は、処理を終了する。

30

【0094】

このように、実施の形態3の射出成形機100では、テストサイクルまたはユーザによって予めゼロ速度期間とサーボオフ期間とが定められずに、回転速度を検出することによってサーボオフ期間にて発生した外力を検出し、リアルタイムでサーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換えられる。これにより、実施の形態3における射出成形機100では、適切なタイミングでサーボオフ制御とゼロ速度制御とを切り換えることができる。なお、実施の形態3においても、各サーボアンプ50A～50Dをそれぞれ制御する制御装置40A～40Dが設けられていてもよい。その場合、図10のフローチャートは、制御装置40A～40Dのうちのいずれか1つ、または、制御装置40A～40Dを統括的に制御する他の制御装置が実行してもよい。

40

【0095】

<変形例1>

実施の形態2では、テストサイクルを基準としてゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定めて、実施の形態3では、位置センサ84A～84Dに基づいて、ゼロ速度制御とサーボオフ制御とを切り換えた。変形例1では、実施の形態2に対して実施の形態3を組み合わせた構成について説明する。

【0096】

変形例1の射出成形機100は、図9に示される実施の形態3と同様の構成を有する。すなわち、変形例1の射出成形機100は、位置センサ84A～84Dを有する。変形例

50

１の射出成形機１００では、図７にて説明したテストサイクルの処理手順を示すフローチャートが実行される。これにより、モータ停止期間におけるゼロ速度期間およびサーボオフ期間は定められる。

【００９７】

変形例１の射出成形機１００は、テストサイクルを基準として定めたゼロ速度期間およびサーボオフ期間を優先して従いつつ、外力を検出した場合には、ゼロ速度制御とサーボオフ制御とを切り換える。図１１は、変形例１におけるゼロ速度制御とサーボオフ制御とを切り換える処理手順を示すフローチャートである。

【００９８】

図１１のフローチャートは、図１０のフローチャートにステップＳ３００を加えた構成を有する。制御部４１は、モータ回転期間ではない場合（ステップＳ２００でＮＯ）、Ｓ１３０にて定めたゼロ速度期間か否かを判断する（ステップＳ３００）。すなわち、モータ停止期間である場合、制御部４１は、テストサイクルを基準として、ゼロ速度期間であるかサーボオフ期間であるのかを判断する。

【００９９】

ゼロ速度期間である場合（ステップＳ３００でＹＥＳ）、制御部４１は、ゼロ速度制御を行う（ステップＳ２０３）。その後、電流センサに基づいて外力を検出した場合、制御部４１は、ゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換える。ゼロ速度期間ではない場合（ステップＳ３００でＮＯ）、制御部４１は、サーボオフ制御を行う（ステップＳ２０８）。その後、位置センサに基づいて外力を検出した場合、制御部４１は、サーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換える。

【０１００】

このように、変形例１の射出成形機１００は、テストサイクルを用いて自動でゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定めつつ、地震、事故、および射出成形機１００を構成する部品の故障などの突発的な外力が発生した場合においてもリアルタイムでゼロ速度制御とサーボオフ制御とを適切に切り換えることができる。

【０１０１】

< 変形例２ >

実施の形態２では、テストサイクルを基準とし射出成形処理にて実行される全ての成形サイクルにおけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定める例を説明した。変形例２では、１サイクルごとにゼロ速度期間とサーボオフ期間とを更新する例を説明する。

【０１０２】

変形例２の射出成形機１００は、図９に示される実施の形態３と同様の構成を有する。図１２は、変形例２における射出成形処理の処理手順を示すフローである。変形例２では実施の形態２と同様に、成形サイクルを開始する前にテストサイクルを実行する。

【０１０３】

変形例２におけるテストサイクルは、成形サイクルと同じモータ回転期間とモータ停止期間を有する試験的なサイクルである。制御部４１は、テストサイクルを実行する（ステップＳ４００）。変形例２におけるテストサイクルは、実施の形態２と同様にモータ停止期間の全ての期間においてゼロ速度制御を行うサイクルである。

【０１０４】

制御部４１は、テストサイクルが終了したか否かを判断する（ステップＳ４１０）。テストサイクルが終了していない場合（ステップＳ４１０でＮＯ）、制御部４１は、ステップＳ４１０の処理を繰り返す。テストサイクルが終了した場合（ステップＳ４１０でＹＥＳ）、制御部４１は直近の１サイクル中における電流センサ８１Ａ～８１Ｄの検出値および速度センサ８２Ａ～８２Ｄの検出値を取得する（ステップＳ４２０）。

【０１０５】

図１２のフローチャートを開始して、初めてステップＳ４２０を実行する場合、直近の１サイクルは、ステップＳ４００で実行したテストサイクルである。上述したように、テストサイクルでは、サーボオフ制御が行われない。そのため、ステップＳ４２０において

10

20

30

40

50

制御部 4 1 は、電流センサの検出値に基づき外力が発生したか否かを判断する。

【 0 1 0 6 】

制御部 4 1 は、電流センサの検出値および位置センサの検出値に基づいて、次のサイクルにおけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定める（ステップ S 4 3 0）。すなわち、制御部 4 1 は、外力が発生した特定の期間をゼロ速度期間として定め、外力が発生しなかった特定の期間をサーボオフ期間として定める。

【 0 1 0 7 】

制御部 4 1 は、ステップ S 4 3 0 にて定めたゼロ速度期間とサーボオフ期間とに従って新たなサイクルを実行する（ステップ S 4 4 0）。制御部 4 1 は、S 4 4 0 にて実行した新たなサイクルが終了したか否かを判断する（ステップ S 4 5 0）。S 4 4 0 にて実行した新たなサイクルが終了していない場合（ステップ S 4 5 0 で N O）、制御部 4 1 は、ステップ S 4 5 0 を繰り返す。

10

【 0 1 0 8 】

S 4 4 0 にて実行した新たなサイクルが終了した場合（ステップ S 4 5 0 で Y E S）、制御部 4 1 は、射出成形処理が終了したか否かを判断する（ステップ S 4 6 0）。射出成形処理が終了していない場合（ステップ S 4 6 0 で N O）、制御部 4 1 は、処理をステップ S 4 2 0 に移す。

【 0 1 0 9 】

このとき、制御部 4 1 は、テストサイクルではなく、ステップ S 4 4 0 にて実行した新たなサイクル中に外力が発生した特定の期間に基づいて次のサイクルにおけるゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定める。射出成形処理が終了した場合（ステップ S 4 6 0 で Y E S）、制御部 4 1 は、処理を終了する。

20

【 0 1 1 0 】

このように、変形例 2 の射出成形機 1 0 0 は、1 サイクルごとにゼロ速度期間とサーボオフ期間とを更新する。これによって、変形例 2 の射出成形機 1 0 0 では、最新のデータに基づいてゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定めることができる。

【 0 1 1 1 】

〔 付 記 〕

上述した複数の例示的な実施の形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

30

【 0 1 1 2 】

（第 1 項） 本開示における射出成形機 1 0 0 は、サーボモータ 8 0 A と、サーボモータに電力を供給するサーボアンプ 5 0 A と、サーボアンプ 5 0 A を制御して成形サイクルを実行する制御装置 4 0 とを備える。サーボアンプ 5 0 A は、第 1 スイッチング素子 U 1 と、第 2 スイッチング素子 V 1 とを含む。成形サイクルは、サーボモータ 8 0 A を回転させるモータ回転期間と、サーボモータ 8 0 A を回転させないモータ停止期間とを含む。サーボモータ 8 0 A は、モータ回転制御によって制御されることにより回転し、サーボオフ制御またはゼロ速度制御によって制御されることにより停止可能に構成されている。モータ回転制御は、スイッチング素子 U 1 とスイッチング素子 V 1 とを異なる位相でオン状態に制御して、サーボモータ 8 0 A を回転させる制御である。サーボオフ制御は、スイッチング素子 U 1 とスイッチング素子 V 1 とを同じ位相でオン状態に制御し、サーボモータ 8 0 A の回転を停止させる制御である。ゼロ速度制御は、スイッチング素子 U 1 とスイッチング素子 V 1 とをオフ状態に制御し、サーボモータ 8 0 A の回転を停止させる制御である。制御装置 4 0 は、モータ回転期間において、モータ回転制御を実行し、モータ停止期間においてサーボオフ制御またはゼロ速度制御を実行する。

40

【 0 1 1 3 】

第 1 項に記載の射出成形機 1 0 0 によれば、モータが外力を受けることによってモータの回転角度が意図せずに変化してしまうことを抑制し、消費電力を低減させてモータを停止させることである。

【 0 1 1 4 】

50

(第2項) 第1項に係るサーボモータ80Cは、金型を開閉させる型開閉モータである。制御装置40は、金型へ射出材料を射出する射出工程および射出された射出材料を金型内に保持するために圧力を保持する保圧工程中にゼロ速度制御を実行する。

【0115】

第2項に記載の射出成形機100によれば、射出材料に加える圧力を保持することができる。

【0116】

(第3項) 第1項において、サーボモータ80Aは、射出材料を金型に射出する射出モータである。制御装置40は、射出された射出材料を金型17, 18内に保持するために圧力を保持する保圧工程中にゼロ速度制御を実行する。

10

【0117】

第3項に記載の射出成形機100によれば、射出材料に加える圧力を保持することができる。

【0118】

(第4項) 第1項～第3項のいずれか1項において、サーボモータ80Cと異なるサーボモータ80Dと、サーボモータ80Dに電力を供給するサーボアンプ50Dとをさらに備える。

【0119】

第4項に記載の射出成形機100によれば、複数のサーボモータによって射出成形処理を実行できる。

20

【0120】

(第5項) 第4項において、サーボモータ80Cは、金型17, 18を開閉させる型開閉モータである。サーボモータ80Dは、成形品を金型から取り外す突出モータである。制御装置40は、サーボモータ80Dが駆動される期間において、サーボモータ80Cに対してゼロ速度制御を実行する。

【0121】

第5項に記載の射出成形機100によれば、突出モータの駆動によって可動盤14が意図せずに移動してしまうことを抑制できる。

【0122】

(第6項) 第1項において、サーボモータ80Aに発生するトルクを検出する電流センサ81Aをさらに備える。

30

【0123】

第6項に記載の射出成形機100によれば、電流センサを用いてトルクの発生を検出することができる。

【0124】

(第7項) 第6項において、制御装置40は、サーボモータ80Aを回転させるモータ駆動期間と、サーボモータ80Aを回転させないモータ停止期間とを含むテストサイクルを成形サイクルの実行前に実行し、モータ停止期間において、ゼロ速度制御を実行し(S100)、モータ停止期間における電流センサの検出値に基づいて、モータ回転期間においてサーボオフ制御を実行する期間と、モータ回転期間においてゼロ速度制御を実行する期間とを定める(S130)。

40

【0125】

第7項に記載の射出成形機100によれば、テストサイクルを基準として、ゼロ速度期間とサーボオフ期間とを定めることができる。

【0126】

(第8項) 第6項または第7項において、制御装置40は、ゼロ速度制御を実行している期間において、電流センサが所定の期間(たとえば100ms)に亘ってトルクを検出しない場合(S207にてNO)、ゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換える(S208)。

【0127】

50

第 8 項に記載の射出成形機 1 0 0 によれば、所定の期間に亘って外力を検出しなかったときにリアルタイムでゼロ速度制御からサーボオフ制御に切り換えることができる。

【 0 1 2 8 】

(第 9 項) 第 1 項、第 6 項～第 8 項のいずれか 1 項において、射出成形機 1 0 0 は、サーボモータ 8 0 A の回転速度を検出する速度センサをさらに備える。制御装置 4 0 は、サーボオフ制御を実行している期間において、速度センサが回転速度を検出した場合 (S 2 1 3 にて Y E S)、サーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換える (S 2 0 3)。

【 0 1 2 9 】

第 9 項に記載の射出成形機 1 0 0 によれば、外力を検出した場合にリアルタイムでサーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換えることができる。

10

【 0 1 3 0 】

(第 1 0 項) 第 9 項において、射出成形機 1 0 0 は、サーボモータ 8 0 A の回転角度を検出する角度センサと、角度センサの検出結果を記憶する記憶装置 4 4 とをさらに備える。制御装置 4 0 は、サーボオフ制御が実行されたときの角度センサの検出値を記憶装置 4 4 に記憶させ (S 2 0 9)、速度センサが回転速度を検出した場合 (S 2 1 3 にて Y E S)、記憶装置 4 4 に記憶されている角度センサの検出値によって示される回転角度にサーボモータ 8 0 A を回転させる (S 2 1 4)。

【 0 1 3 1 】

第 1 0 項に記載の射出成形機 1 0 0 によれば、外力によって回転してしまったモータの回転角度を外力が発生する前の回転角度に戻すことができる。

20

【 0 1 3 2 】

(第 1 1 項) 第 1 項、第 6 項～第 8 項のいずれか 1 項において、サーボモータ 8 0 A の回転速度および回転角度を検出する位置センサ 8 4 A をさらに備える。制御装置 4 0 は、第 2 制御を実行している期間において、位置センサ 8 4 A が回転速度を検出した場合、第 2 制御から第 3 制御に切り換え、第 2 制御が実行されたときの位置センサ 8 4 A の検出値を記憶装置 4 4 に記憶させ、位置センサ 8 4 A が回転速度を検出した場合、記憶装置 4 4 に記憶されている位置センサ 8 4 A の検出値によって示される回転角度にサーボモータ 8 0 A を回転させる。

【 0 1 3 3 】

第 1 1 項に記載の射出成形機 1 0 0 によれば、位置センサを用いて、外力を検出した場合にリアルタイムでサーボオフ制御からゼロ速度制御に切り換え、外力によって回転してしまったモータの回転角度を外力が発生する前の回転角度に戻すことができる。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 3 4 】

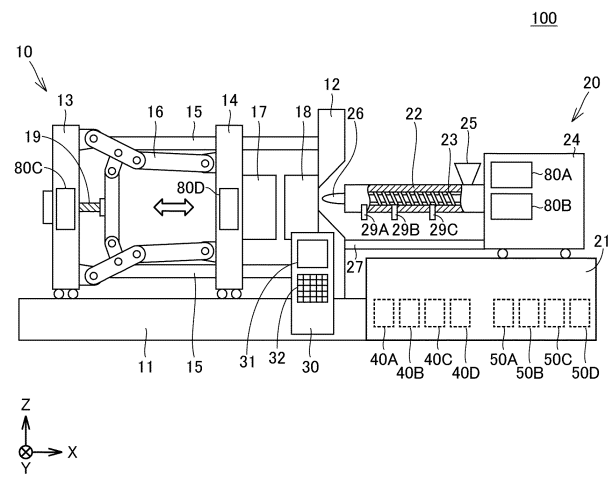
1 0 型締装置、1 1 ベッド、1 2 固定盤、1 3 型締ハウジング、1 4 可動盤、1 5 タイバー、1 6 型締機構、1 7 , 1 8 金型、1 9 ボールねじ、2 0 射出装置、2 1 基台、2 2 加熱シリンダ、2 3 スクリュ、2 4 駆動機構、2 5 ホッパ、2 6 射出ノズル、2 7 ノズルタッチ装置、2 9 A , 2 9 C 熱電対、3 0 操作盤、3 1 ディスプレイ、3 2 入力装置、4 0 制御装置、4 1 制御部、4 1 b メモリ、4 2 入力インターフェイス、4 3 出力インターフェイス、4 4 記憶装置、5 0 A ~ 5 0 D サーボアンプ、8 0 A ~ 8 0 D サーボモータ、8 1 A ~ 8 1 D 電流センサ、8 4 A ~ 8 4 D 位置センサ、1 0 0 , 1 0 0 A , 1 0 0 B 射出成形機、2 0 0 系統電源、2 6 0 直流バス、C v 1 コンバータ、I v 1 インバータ。

40

【 図 面 】

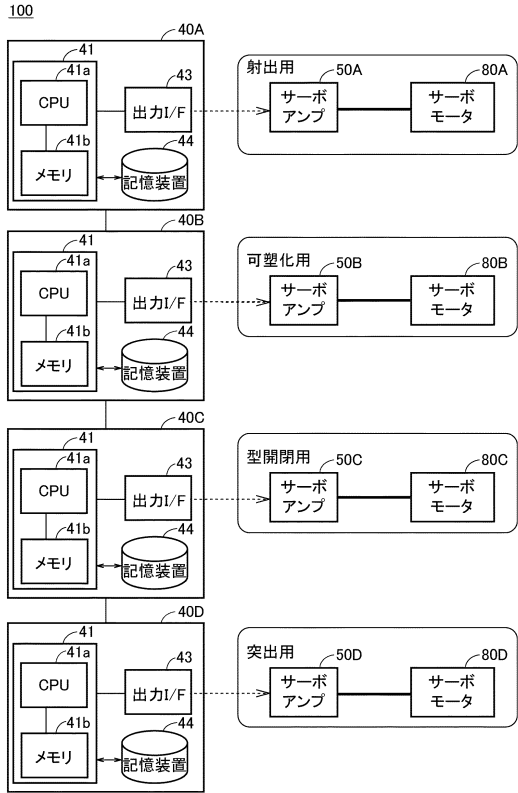
【 図 1 】

図1



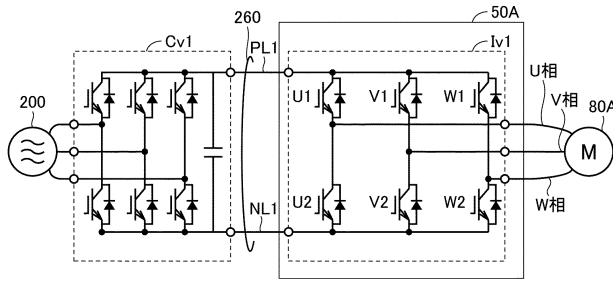
【 図 2 】

図2



【 図 3 】

図3



【 図 4 】

図4

制御	スイッチング素子の動作	消費電力
モータ回転制御	120度通電を行うために 各相の上下アームのONOFFを繰り返す	あり
0速度制御	U相上アーム(U1) ON OFF	あり
	U相下アーム(U2) ON OFF	
	V相上アーム(V1) ON OFF	
	V相下アーム(V2) ON OFF	
	W相上アーム(W1) ON OFF	
	W相下アーム(W2) ON OFF	
サーボオフ制御	U相上アーム(U1) ON OFF	なし
	U相下アーム(U2) ON OFF	
	V相上アーム(V1) ON OFF	
	V相下アーム(V2) ON OFF	
	W相上アーム(W1) ON OFF	
	W相下アーム(W2) ON OFF	

10

20

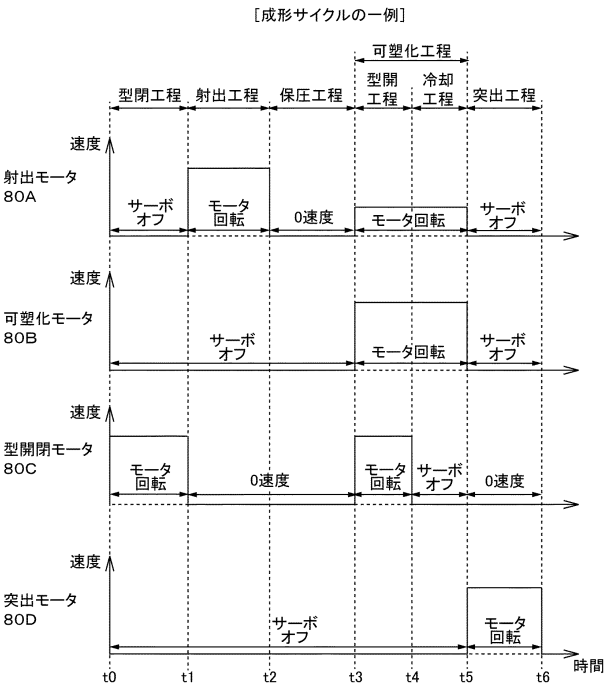
30

40

50

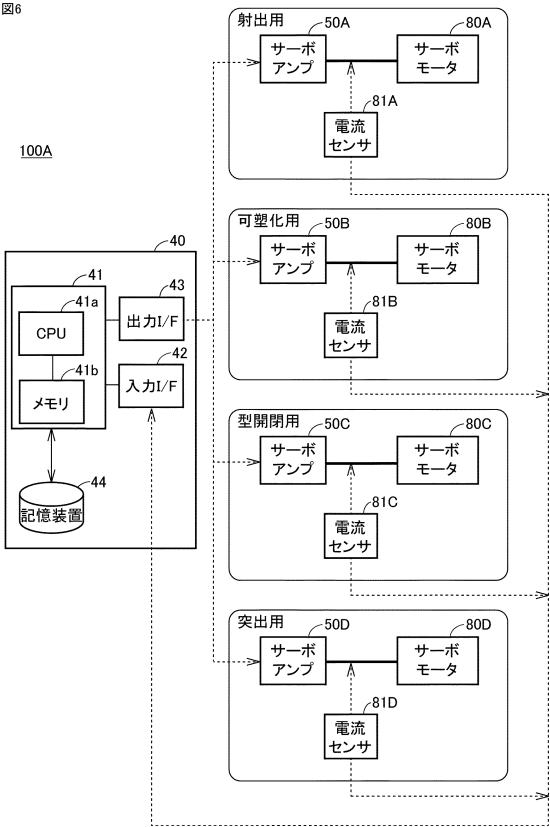
【 図 5 】

図5



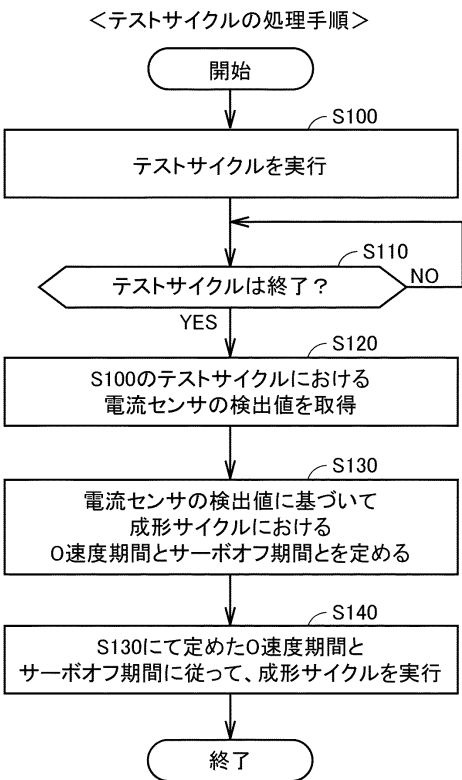
【 図 6 】

図6



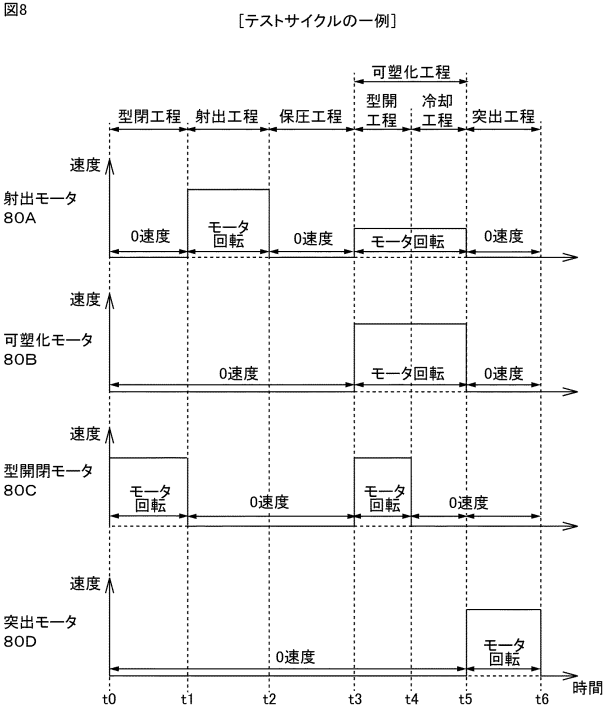
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



10

20

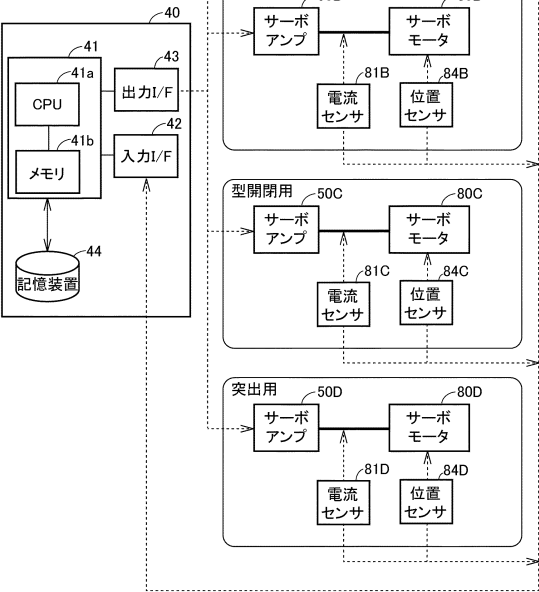
30

40

50

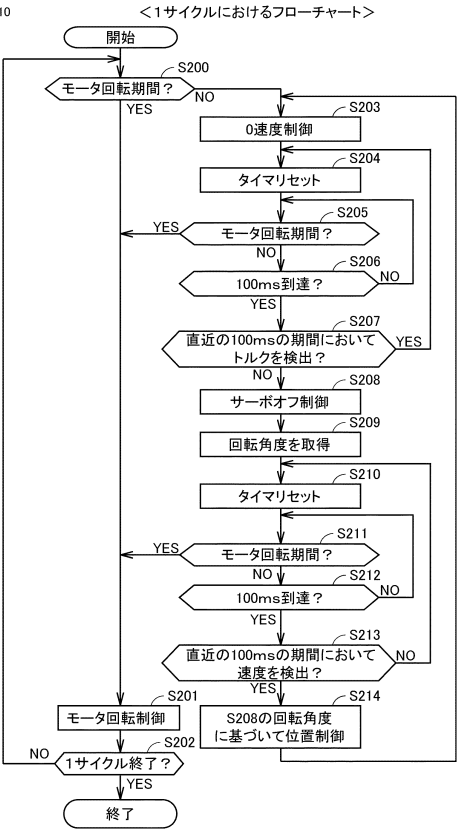
【図 9】

図9
100B



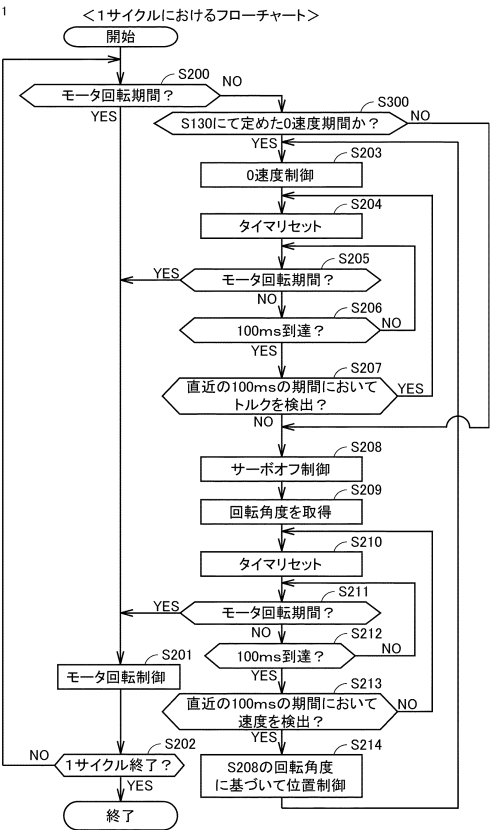
【図 1 0】

図10



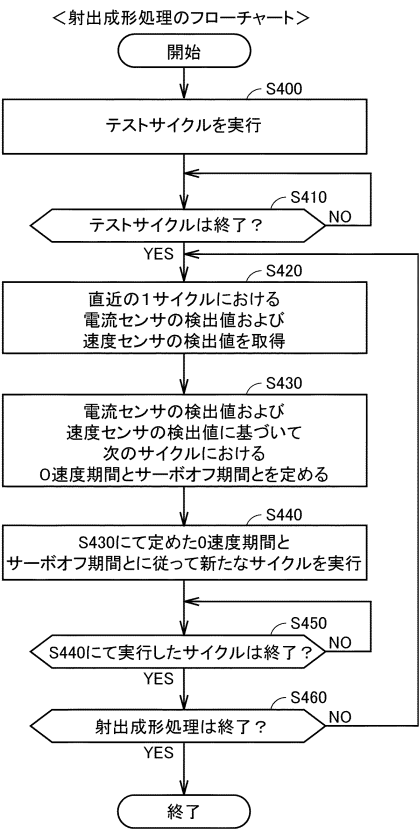
【図 1 1】

図11



【図 1 2】

図12



10

20

30

40

50