

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4545820号
(P4545820)

(45) 発行日 平成22年9月15日(2010.9.15)

(24) 登録日 平成22年7月9日(2010.7.9)

(51) Int.Cl. F I
B 2 9 C 45/84 (2006.01) B 2 9 C 45/84
B 2 9 C 45/64 (2006.01) B 2 9 C 45/64
B 2 9 C 45/76 (2006.01) B 2 9 C 45/76

請求項の数 5 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-160181 (P2009-160181)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成21年7月6日(2009.7.6)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2010-137542 (P2010-137542A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成22年6月24日(2010.6.24)		〇番地
審査請求日	平成21年10月26日(2009.10.26)	(74) 代理人	100082304
(31) 優先権主張番号	特願2008-293235 (P2008-293235)		弁理士 竹本 松司
(32) 優先日	平成20年11月17日(2008.11.17)	(74) 代理人	100088351
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 杉山 秀雄
早期審査対象出願		(74) 代理人	100093425
			弁理士 湯田 浩一
		(74) 代理人	100102495
			弁理士 魚住 高博
		(74) 代理人	100112302
			弁理士 手島 直彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 型締力あるいは型締機構の異常を検出可能な射出成形機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

型締機構を駆動するモータを備えた射出成形機を制御する制御装置において、
 型閉じ工程において型盤が金型タッチ位置に到達してから型締完了位置に到達するまでに
 前記モータが発生したエネルギーを前記モータのトルクと回転角度との積を積分して求め
 る手段と、

該手段により求められたエネルギーとあらかじめ求められた該型締機構の弾性定数とから
 算出型締力を算出する型締力算出手段と、

前記型締力算出手段により算出される該算出型締力の監視幅を設定する監視幅設定手段と

、

前記算出型締力が前記監視幅から逸脱した場合に成形サイクルを停止する手段と、

を備え、

前記型締機構の弾性定数は、前記型締機構が型開き工程において型盤が型開きを開始して
 から金型がタッチ位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発
 電したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力
 とから求める、または、前記型締機構が型閉じ工程において型盤が金型タッチ位置に到達
 してから型締完了位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発
 生したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力
 とから求める、または、前記型締機構が有するタイバーの合成弾性定数である、

ことを特徴とする型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置。

【請求項 2】

型締機構を駆動するモータを備えた射出成形機を制御する制御装置において、
型開き工程において型盤が型開きを開始してから金型タッチ位置に到達するまでに前記モータが発電したエネルギーを前記モータのトルクと回転角度との積を積分して求める手段と、

該エネルギーを求める手段により求められたエネルギーとあらかじめ求められた該型締機構の弾性定数とから算出型締力を算出する型締力算出手段と、

前記型締力算出手段により算出される該算出型締力の監視幅を設定する監視幅設定手段と、

前記算出型締力が前記監視幅から逸脱した場合に成形サイクルを停止する手段と、

を備え、

前記型締機構の弾性定数は、前記型締機構が型開き工程において型盤が型開きを開始してから金型がタッチ位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発電したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力とから求める、または、前記型締機構が型閉じ工程において型盤が金型タッチ位置に到達してから型締完了位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発生したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力とから求める、または、前記型締機構が有するタイバーの合成弾性定数である、

ことを特徴とする型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置。

10

【請求項 3】

前記監視幅設定手段にリアプラテン位置の設定誤りによる型締力の異常を判定するための型締力の上限値を設定し、前記算出型締力が前記監視幅の上限側を逸脱した場合に、リアプラテン位置の設定誤りによる型締力の異常であると判定する判定手段を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれか 1 つに記載の型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置。

20

【請求項 4】

前記監視幅設定手段に型締機構部の異常を判定するための型締力の上限値と下限値とを設定し、前記算出型締力が前記監視幅を逸脱した場合に、型締機構部の異常であると判定する判定手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置。

30

【請求項 5】

前記監視幅設定手段に成形品質の維持を判定するための型締力の上限値と下限値とを設定し、前記算出型締力が前記監視幅を逸脱した場合に、型締力を調整し成形サイクルを継続する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、型締時または型開時の型締機構を駆動するモータのエネルギーを算出することによって、型締力の異常もしくは型締機構の異常を検出することが可能な射出成形機の制御装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

射出成形機は金型の開閉および型締力を発生させるための型締装置を備えている。前記型締装置の型締機構はトグル機構、タイバー、型締用サーボモータ、該サーボモータの回転運動を直線運動に変換するためのタイミングベルトやプーリなどから構成される伝動機構、およびボールねじなどから構成される。型締機構には特に型締力を発生させる際に型締機構に大きな負荷がかかる。しかも、連続成形により繰り返し負荷がかかるため、稼働時間が長くなると機械的な疲労により型締機構を構成するトグル機構の軸受が磨耗したり、タイバーが折れたりタイミングベルトが破断するといった問題が発生することがある。

50

【0003】

軸受の磨耗やタイバーが折れた場合には、所定の型締力が発生しなくなり、成形品にバリが発生する等の成形不良の問題が発生する。また、型締中にタイミングベルトが破断した場合には、型締めが完全に完了していないのに射出工程が開始したり、さらには、型開き中にタイミングベルトが破断した場合には型開きが行われない状態で成形品取り出し用のロボットが動作を開始してロボットハンドが金型に衝突する問題が発生する。

【0004】

不良品成形を防止したり、ロボットの故障等の二次的な問題を起こさないようにするためには、型締機構に異常が発生した場合には即座に成形を中止し警告を行う必要がある。次の文献には、型締機構の異常を検出する技術が開示されている。

10

特許文献1および特許文献2には、ダイカスト機の型締力制御方法の技術が開示されており、この技術では型締機構に型締力センサを取り付け、ダイカスト機の型締力を該型締力センサでタイバーの伸びを直接測定して求め、型締力が許容範囲外となった場合に警報を出力したり機械を停止する技術が開示されている。

また、特許文献3には、射出成形機の型締制御方法の技術が開示されており、この技術では型締状態に対応するサーボモータに供給される駆動電流の目標値を設定し、型締を開始した後、該駆動電流の電流検出値を検出し、該電流検出値が電流目標値に達したなら、このときの型締状態を維持する制御を行っている。

【0005】

特許文献4には、金型保護終了位置から型締用サーボモータのトルクリミット指令を変更して型締を行ない、その変更時より一定時間後のクロスヘッド位置を検出し、その位置が設定した型締力の許容範囲に対応した範囲内であるか否かで型締異常を検出する技術が開示されている。

20

【0006】

特許文献5には、サーボモータの位置偏差、速度偏差などが設定された基準値以上に達した時のサーボモータの回転位置が許容範囲外となった場合に型締異常を検出する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平4 - 52062号公報

【特許文献2】特開平1 - 306061号公報

【特許文献3】特開2003 - 251670号公報

【特許文献4】特開平4 - 86208号公報

【特許文献5】特開平2 - 147222号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

背景技術で説明した技術の内、特許文献1、2のように型締装置の異常を検出するために型締力センサを使用する場合には、センサおよびアンプを追加するため機械の構造が複雑になるとともに高価になるという課題があった。一方、特許文献3、4、および5では型締力センサを使用しないため、これらの問題は無いが、型締装置の異常を検出するために、電流や位置といった型締力と直接には関連付けが困難な監視値を設定しなければならず、ユーザが簡単に適切な値を設定することは困難であった。

40

型締力の異常の原因は、型締機構の異常だけではなく、射出成形機のオペレータによるリアプラテン位置の設定誤りの場合もある。トグル機構で所定の型締力を発生するためには、型締力に応じてリアプラテン位置を調整する必要がある。オペレータがリアプラテン位置を固定プラテン位置に近い位置に誤って移動させた場合には、型締工程で金型がタッチしてからトグル機構が伸張するまでに可動プラテンが移動する距離が長くなり、これによって過大な型締力が発生する場合がある。型締力が過大になった場合にはトグル機構や

50

タイバーなどに過大な荷重が作用することになり、型締装置の寿命を短くしてしまう恐れがある。

また、リアプラテン位置を誤って調整した量が微小であり、型締装置の寿命に影響を及ぼすほどの調整量ではなかったとしても、これによって発生する不適切な型締力は成形不良を発生させる恐れがある。型締力が適正值以上であった場合には、閉じた金型からのガス抜けを阻害するため、成形品に焼け等の不良を発生させる。反対に、適正值以下であった場合にはバリを発生させる。したがって、成形品の成形品質を維持するため、型締力が適正範囲内であるかを監視する必要がある。

そこで本発明の目的は、型締時または型開時の型締機構を駆動するモータのエネルギーを算出することによって、型締力の異常もしくは型締機構の異常を検出することが可能な射出成形機の制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本願の請求項1に係る発明は、型締機構を駆動するモータを備えた射出成形機を制御する制御装置において、型閉じ工程において型盤が金型タッチ位置に到達してから型締完了位置に到達するまでに前記モータが発生したエネルギーを前記モータのトルクと回転角度との積を積分して求める手段と、該手段により求められたエネルギーとあらかじめ求められた該型締機構の弾性定数とから算出型締力を算出する型締力算出手段と、前記型締力算出手段により算出される該算出型締力の監視幅を設定する監視幅設定手段と、前記算出型締力が前記監視幅から逸脱した場合に成形サイクルを停止する手段と、を備え、前記型締機構の弾性定数は、前記型締機構が型開き工程において型盤が型開きを開始してから金型がタッチ位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発電したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力とから求める、または、前記型締機構が型閉じ工程において型盤が金型タッチ位置に到達してから型締完了位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発生したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力とから求める、または、前記型締機構が有するタイバの合成弾性定数である、ことを特徴とする型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置である。

請求項2に係る発明は、型締機構を駆動するモータを備えた射出成形機を制御する制御装置において、型開き工程において型盤が型開きを開始してから金型タッチ位置に到達するまでに前記モータが発電したエネルギーを前記モータのトルクと回転角度との積を積分して求める手段と、該エネルギーを求める手段により求められたエネルギーとあらかじめ求められた該型締機構の弾性定数とから算出型締力を算出する型締力算出手段と、前記型締力算出手段により算出される該算出型締力の監視幅を設定する監視幅設定手段と、

前記算出型締力が前記監視幅から逸脱した場合に成形サイクルを停止する手段と、を備え、前記型締機構の弾性定数は、前記型締機構が型開き工程において型盤が型開きを開始してから金型がタッチ位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発電したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力とから求める、または、前記型締機構が型閉じ工程において型盤が金型タッチ位置に到達してから型締完了位置に到達するまでの間において所定距離移動する間に前記モータが発生したエネルギーと前記型締機構に取り付けられた型締力センサで測定された測定型締力とから求める、または、前記型締機構が有するタイバの合成弾性定数である、ことを特徴とする型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置である。

請求項3に係る発明は、前記監視幅設定手段にリアプラテン位置の設定誤りによる型締力の異常を判定するための型締力の上限値を設定し、前記算出型締力が前記監視幅の上限側を逸脱した場合に、リアプラテン位置の設定誤りによる型締力の異常であると判定する判定手段を備えたことを特徴とする請求項1または2のいずれか1つに記載の型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置である。

請求項4に係る発明は、前記監視幅設定手段に型締機構部の異常を判定するための型締

10

20

30

40

50

力の上限值と下限値とを設定し、前記算出型締力が前記監視幅を逸脱した場合に、型締機構部の異常であると判定する判定手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置である。

請求項 5 に係る発明は、前記監視幅設定手段に成形品質の維持を判定するための型締力の上限值と下限値とを設定し、前記算出型締力が前記監視幅を逸脱した場合に、型締力を調整し成形サイクルを継続する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の型締の異常検出機能を有する射出成形機の制御装置である。

【発明の効果】

【0010】

本発明により、型締時または型開時の型締機構を駆動するモータのエネルギーを算出することによって、型締力の異常もしくは型締機構の異常を検出することが可能な射出成形機の制御装置を提供できる。

10

また、本発明により、型締力センサを用いることなく安価で容易に型締装置の型締機構に発生する異常を検出できる射出成形機の制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】型締装置の一つの例である射出成形機に用いられる型締装置の概要図である。

【図 2】設定型締力、型締力上限値、および型締力下限値の設定画面の一例である。

【図 3】型閉じ工程において型締力の警告を発するステップを含むフローチャートである

20

【図 4】算出型締力、型締力上限値、型締力下限値の表示画面の一例である。

【図 5 - 1】型開き工程において型締力の警告を発するステップを含むフローチャートである。

【図 5 - 2】図 5 - 1 のフローチャートの続きである。

【図 6】図 1 に示される型締装置に型締力センサを取り付けたことことを説明する図である。

【図 7】型閉じ工程において弾性定数を求めるアルゴリズムを示すフローチャートである

【図 8】型開き工程において弾性定数を求めるアルゴリズムを示すフローチャートである

30

【図 9】型閉じ工程において、型締力の異常を検出する処理を含むアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 10】型閉じ工程において、不適切な型締力の場合に成形品質を維持するため、型締力を調整するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 11 - 1】型開き工程において、型締力の異常を検出する処理を含むアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 11 - 2】図 11 - 1 のフローチャートの続きである。

【図 12 - 1】型開き工程において、不適切な型締力の場合に成形品質を維持するため、型締力を調整するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 12 - 2】図 12 - 1 のフローチャートの続きである。

40

【図 13】算出型締力、機械的強度許容型締力、型締力上限値、型締力下限値、品質維持型締力下限値、品質維持型締力上限値の表示画面の一例である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態を図面とともに説明する。

図 1 は、型締装置の一つの例である射出成形機に用いられる型締装置 100 の概要図である。型締装置 100 は型締機構とエジェクタ駆動機構（図示省略）と型厚調整機構から構成される。型締機構は、金型の開閉を行い、射出中は樹脂の圧力に負けて金型が開かないように、強い力で金型を締め付けることができる。固定プラテン 1 とリアプラテン 2 は、型締機構を構成する 4 本のタイバー 4 によって連結されている。固定プラテン 1 とリア

50

プラテン 2 間には、可動プラテン 3 がタイバー 4 に案内されて移動自在に配設されている。また、固定プラテン 1 には固定側金型 5 a が取り付けられ、可動プラテン 3 には可動側金型 5 b が固定側金型 5 a に対面して取り付けられている。

【 0 0 1 3 】

リアプラテン 2 と可動プラテン 3 間には型締機構を構成するトグル機構 6 が配設され、トグル機構 6 のクロスヘッド 6 a に設けられたナットが、リアプラテン 2 に回転自在で軸方向移動不能に取り付けられたボールネジ 7 と螺合している。型締用サーボモータ 8 が伝動機構 1 0 を介してボールネジ 7 を駆動することにより、可動プラテン 3 を固定プラテン 1 の方向に前進、後退させて金型 5 a、5 b の開閉、型締を行い、これによってトグル式型締装置を形成している。型閉じ動作は、可動プラテン 3 を固定プラテン 1 側に前進させる動作である。また、型開き動作は、可動プラテン 3 を固定プラテン 1 側から離す動作、つまり、後退させる動作である。型締用サーボモータ 8 にはパルスコード等の該サーボモータの回転位置（回転角度）、速度を検出する位置・速度検出器 1 1 が取り付けられている。位置・速度検出器 1 1 からの出力信号をもとに、クロスヘッド 6 a の位置、すなわちトグル機構 6 の状態、可動プラテン 3（可動側金型 5 b）の位置を検出できる。例えば、トグル機構 6 のクロスヘッド 6 a の位置と可動プラテン 3 の位置の関係は、トグルリンクの寸法などにより数式で求めることができる。または、近似式で求める方法、クロスヘッド 6 a の位置と可動プラテン 3 の位置の関係をグラフ化して記憶しておく方法など、各種方法がある。

【 0 0 1 4 】

また、タイバーナット 9 とギヤから構成される伝動機構（図示せず）と型厚調整用モータ 1 4 等によって型締力調整手段を構成している。タイバー 4 のリアプラテン 2 側の端部にはネジが切られている。該ネジと螺合するタイバーナット 9 を、前記伝動機構（図示せず）を介して型厚調整用モータ 1 4 によって回転駆動し、リアプラテン 2 をタイバー 4 に沿って前後進できる。

【 0 0 1 5 】

符号 2 0 は、射出成形機を制御する制御装置を示しており、図 1 にはこの制御装置 2 0 の要部のみを記載している。全体を制御するプロセッサ（CPU）2 1 にバス 3 0 を介してサーボモータの位置、速度、および電流（トルク）を制御する軸制御回路 2 2、入出力回路 2 4、メモリ 2 6、表示装置付入力装置 2 9 のインタフェース回路 2 8 が接続されている。

【 0 0 1 6 】

軸制御回路 2 2 はプロセッサやメモリ、インタフェースなどで構成され、型締用サーボモータ 8 に取り付けた位置・速度検出器 1 1 からの位置、速度フィードバック信号が帰還され、さらに、型締用サーボモータ 8 の駆動電流を検出する電流検出器 1 2 からの電流フィードバック信号が帰還されている。また、軸制御回路 2 2 にはサーボアンプ 2 3 を介して型締用サーボモータ 8 が接続されている。さらに、入出力回路 2 4 にはインバータ 2 5 を介して型厚調整用モータ 1 4 が接続され、インタフェース回路 2 8 には表示装置付入力装置 2 9 が接続されている。表示装置付入力装置 2 9 は、タッチパネル式の液晶ディスプレイとキーボードなどで構成されている。表示装置付入力装置 2 9 によって各種指令、各種パラメータなどの設定などが可能である。表示装置付入力装置 2 9 のタッチパネル式の表示装置の表示画面に各種インタフェース画面を表示することで各種指令、各種パラメータの設定が可能である。

【 0 0 1 7 】

ここで図 2 に、本発明におけるインタフェース画面の一例を示す。図 2 は、設定型締力 F_S 、型締力上限値 F_H 、および型締力下限値 F_L を入力するインタフェース画面の例である。成形品を生産する際に実際に発生した型締力が設定型締力に対してあらかじめ設定された型締力の監視範囲内にあるか否かを判定するために、図 2 に示される画面例では型締力上限値 F_H 、および型締力下限値 F_L を入力することにより、型締力の監視幅を設定している。監視幅の設定としては設定型締力 F_S を基準として監視幅を設定するようにしても

10

20

30

40

50

よい。本発明は、図2の設定画面の例に示されるように、射出成形機のオペレータは設定型締力 F_S 、型締力上限値 F_H 、および型締力下限値 F_L を入力すればよく、型締用サーボモータの電流値や位置といった監視値を設定するものではない。

【0018】

メモリ26には、射出成形機を制御するプログラムが格納されている。後述する型締装置の異常検出を行うための処理のアルゴリズムに示すフローチャートを基に作成したプログラムも、メモリ26に格納されている。プロセッサ21はこれらのプログラムに基づいて射出成形機を制御する。型締動作については、プロセッサ21はプログラムに基づいて、移動指令を軸制御回路22に出力する。軸制御回路22に内蔵されるプロセッサ(図示せず)は、この移動指令と位置・速度検出器11からの位置、速度フィードバック信号および電流検出器12からの電流フィードバック信号に基づいて、位置、速度、および電流のフィードバック制御を行い、サーボアンプ23を介して型締用サーボモータ8を駆動制御する。

10

【0019】

型締用サーボモータ8の駆動により、伝動機構10を介してボールネジ7が回転し、該ボールネジ7に螺合するナットを有するトグル機構6のクロスヘッド6aがボールネジ7に沿って移動し、トグル機構6が駆動され、可動プラテン3が前後進する。可動プラテン3を前進させると可動側金型5bが前進し、可動プラテン3を前進させ続けると可動側金型5bが固定側金型5aに当接し、さらに可動プラテン3を前進させると、トグル機構6のリンクが伸び、可動プラテン3が所定の型締完了位置に達したとき、この位置に型締用サーボモータ8は位置決めされ、型締力が発生する。

20

【0020】

すなわち、固定プラテン1とリアプラテン2はタイバー4によって連結されているから、固定側金型5aと可動側金型5bが当接し、さらに可動プラテン3および可動側金型5bが前進したとき、該タイバー4が伸び、このタイバー4の伸びの反力によって型締力が得られる。

【0021】

このような構造であるために、伝動機構10を構成するタイミングベルトが破断する、あるいはタイバー4が折れる等の型締機構の異常が発生した場合には、所定の型締力を発生することが不可能となる。

30

【0022】

したがって型締力を監視することによりこれらの型締機構の異常検出が可能である。そこで次に、型締装置の歪を蓄積する部分に直接取り付けセンサを用いることなく型締力を測定する本発明における方法について説明する。

【0023】

タイバー4には型締の際に型締力に対応して引張力が加わり、型締力に比例してわずかではあるがタイバー4は伸びる。ここで、タイバー4は弾性変形して伸びることによって弾性エネルギーを蓄積した状態にあるとみることができる。図1で説明した型締装置100の4本のタイバー4全体の合成した合成弾性定数を k 、型締力を F 、タイバーの伸び量を x とする。そして、型締力 F の時にタイバーの伸び量が x であるとすると、数1式の関係がなりたつ。

40

【0024】

【数1】

$$F = k \cdot x$$

【0025】

また、この時の4本のタイバー4に蓄積された弾性エネルギーを u_E とすると、数2式の関係がなりたつ。

【0026】

50

【数 2】

$$u_E = k \cdot x^2 / 2 = F^2 / (2k)$$

【0027】

ところで、型締力 F を生み出す際の型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー U_M は、理想的にはその全てのエネルギーが 4 本のタイバー 4 に蓄積されることが望ましい。しかし、タイバー 4 以外に型締装置 100 のトグル機構 6 などにも歪による弾性エネルギーとして蓄積される。そのため、上記の合成弾性定数 k は、トグル機構 6 を含めた全体の弾性定数に置き換える必要がある。型締装置 100 の 4 本のタイバー 4 とトグル機構 6 など歪によるエネルギーを蓄積する型締機構部分全体の弾性定数を K (以下、型締機構の弾性定数 K という) とみなす。型締装置 100 の型締機構全体に蓄積される弾性エネルギーを U_E とし、数 2 式の k を K で置き換えると、数 3 式が得られる。

10

【0028】

【数 3】

$$U_E = F^2 / (2K)$$

【0029】

ここで、型締装置 100 に蓄積される弾性エネルギー U_E は、型締用サーボモータ 8 が型締力 F を生み出すために発生したエネルギー U_M に等しいとみなすことができる。そうすると、数 4 式の関係がなりたつ。なお、ここでは、摩擦によるエネルギー損失、熱エネルギー損失の部分は少ないとして無視する。

20

【0030】

【数 4】

$$U_M = U_E$$

【0031】

型締用サーボモータ 8 が発生したエネルギー U_M は、数 5 式で表すことができる。符号 T は型締用サーボモータ 8 のトルクを表し、符号 θ は回転角度を表す。符号 Δ は差分を意味し、 θ_{prev} は前回の演算時の回転角度と今回の演算時の回転角度の差分の角度を表す。符号 \int は積算を表す。つまり、数 5 式は、エネルギー U_M を、型締用サーボモータ 8 の回転角度とトルクの積を回転角度により積分して求めることを意味している。図 1 で説明したように、型締用サーボモータ 8 の回転角度 θ は、位置・速度検出器 11 によって検出することができる。また、型締用サーボモータ 8 のトルク T は、トルク定数と駆動電流の積で求めることができる。駆動電流は電流検出器 12 からの電流フィードバック信号から求めることができる。

30

【0032】

【数 5】

$$U_M = \int (T \cdot \Delta \theta)$$

40

【0033】

そして、数 3 式から数 5 式により数 6 式が得られる。数 6 式から解るように、型締力 F を型締用サーボモータ 8 のトルク T と回転角度 θ を測定することにより求めることができる。この式を用いることによって、歪センサなどのセンサをタイバー 4 に取り付けることなく、型締力を測定可能であることが解る。

【0034】

【数6】

$$F = (2K \cdot U_M)^{1/2} = \{2K \Sigma (T \cdot \Delta \theta)\}^{1/2}$$

【0035】

ここで、型締機構の弾性定数の求め方について説明する。数6式を変形することにより数7式が得られる。型締力Fは、図6に示す型締力センサ13を用いて実際にタイバー4の歪量を測定することにより求める。エネルギー U_M は、型締機構が型閉じ工程において可動プラテン3が金型タッチ位置から型締完了位置に到達するまでに型締用サーボモータ8が発生したエネルギーである。このように、エネルギー U_M も型締力Fも測定可能な物理量であるのでKを求めることができる。本発明においては型締力センサを用いてあらかじめ型締機構の弾性定数Kを算出しておき、工場出荷段階でメモリ26に格納しておいてもよい。

10

【0036】

【数7】

$$K = F^2 / 2U_M = F^2 / \{2 \Sigma (T \cdot \Delta \theta)\}$$

【0037】

以上の説明では型閉じ工程、すなわち型締力を発生する工程での型締力を求める方法であったが、型開き工程、すなわち型締力を解放する工程でも同様の手法で型締力を求めることができる。この場合には、型締機構に蓄えられる弾性エネルギーが型開きする際にモータに伝達され、型締用サーボモータ8が回転することを利用する。この際、型締用サーボモータ8は外力によって回転させられるので発電機として働く。そこで、型開き工程では型閉じ工程とは反対に、型開きを開始してから金型タッチ位置に到達するまでにモータが発電したエネルギーを数5式によって求める。さらに求めたエネルギー U_M を用いて数6式によって型締力Fを算出できる。

20

【0038】

次に、型閉じ工程において型締完了位置における型締力を求め、型締機構の異常により所定の型締力が発生していない場合には成形運転を停止するアルゴリズムを図3に示されるフローチャートを用いて説明する。ここでは、固定プラテン1の固定側金型5a取付面の位置を基準としリアプラテン2の方向を可動プラテン3の位置が増加する方向とする。可動プラテン3の前進とは固定プラテン1に近づく移動を意味する。可動プラテン3の後退とは固定プラテン1から離れる方向の移動を意味する。また、金型タッチ位置、可動プラテン3の型締完了位置、型開き完了位置の位置情報は、あらかじめ設定されているものとする。以下、各ステップに従って説明する。

30

[ステップSA1] 型締用サーボモータ8が発生するエネルギー U_M の値を0(ゼロ)に初期化する。

[ステップSA2] 弾性定数K、型締力上限値 F_H 、および型締力下限値 F_L を読み込む。

[ステップSA3] 型締用サーボモータ8を駆動し、可動プラテン3を固定プラテン1側へ前進開始する。

40

【0039】

[ステップSA4] 型締用サーボモータ8に取り付けられている位置・速度検出器11からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップSA5] ステップSA4で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。なお、型締用サーボモータ8の回転位置を表す位置検出信号から可動プラテン3の位置を変換式により求めることは周知の技術である。

[ステップSA6] 可動プラテン3の位置は金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン3の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップSA7に移行し、以下でなければステップSA4に戻る。

50

【 0 0 4 0 】

[ステップ S A 7] ステップ S A 4 と同様に位置検出信号を取得する。さらに、型締用サーボモータ 8 の駆動電流を検出する電流検出器 1 2 からの電流検出信号を取得する。

[ステップ S A 8] ステップ S A 5 と同様に可動プラテン 3 の位置を算出する。

[ステップ S A 9] 型締用サーボモータ 8 のトルク値 T を算出する。トルク値 T は、型締用サーボモータ 8 のトルク定数とステップ S A 7 で取得した電流検出信号とを用いて算出する。なお、トルク定数はモータ固有の値である。

[ステップ S A 1 0] ステップ S A 7 で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ 8 の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

[ステップ S A 1 1] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は 1 つの制御周期で型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギーである。

[ステップ S A 1 2] 可動プラテン 3 の位置が型締完了位置に達したか否か判断し、達していない場合にはステップ S A 7 に戻り、達している場合にはステップ S A 1 3 へ移行する。

【 0 0 4 1 】

[ステップ S A 1 3] 型締用サーボモータ 8 の駆動を停止し可動プラテン 3 の前進を停止する。

[ステップ S A 1 4] 型締機構の弾性定数 K とステップ S A 1 1 で積算して求められた型締用サーボモータ 8 が発生したエネルギーとから算出型締力 F_C を求める。

[ステップ S A 1 5] ステップ S A 1 4 で求められた算出型締力 F_C は型締力下限値 F_L より大きいか否か判断する。大きい場合にはステップ S A 1 6 へ移行し、大きくない場合にはステップ S A 1 7 へ移行する。

[ステップ S A 1 6] ステップ S A 1 4 で求められた算出型締力 F_C は型締力上限値 F_H より小さいか否か判断する。小さい場合にはステップ S A 1 8 へ移行し、小さくない場合にはステップ S A 1 7 へ移行する。

[ステップ S A 1 7] ステップ S A 1 5 およびステップ S A 1 6 での判断の結果、算出型締力 F_C は異常であるので、射出成形機の射出成形サイクルを停止させ、警告信号を出力する。型閉じ工程において型締力の異常検出を行うことで射出工程に移行する前に射出成形機を停止させることができる。

[ステップ S A 1 8] 算出型締力 F_C を表示装置付入力装置 2 9 の表示装置に表示し、終了する。算出型締力 F_C は、ステップ S A 1 4 で算出されたものである。ステップ S A 1 7 で警告信号が出力された場合には警告を表示する。

【 0 0 4 2 】

ここで、表示装置付入力装置 2 9 の表示装置に表示される画面の例を図 4 に示す。

図 4 (a) に示される画面例は、算出型締力 F_C が型締力下限値 F_L より大きくかつ型締力上限値 F_H より小さい範囲である場合に示される例である。射出成形機のオペレータはこの画面を観察することにより、射出成形サイクルにおける型締が正常になされたことを確認することができる。

【 0 0 4 3 】

一方、図 4 (b) に示される画面例は、ステップ S A 1 5 で算出型締力 F_C が型締力下限値 F_L より大きくないと判断された場合、または、ステップ S A 1 6 で算出型締力 F_C が型締力上限値 F_H より小さくないと判断された場合に示される例である。ステップ S A 1 7 で警告を出力することに基づいて、図 4 (b) に示されるように算出型締力 F_C が異常であることを表す警告が表示される。

【 0 0 4 4 】

次に、図 5 - 1 および図 5 - 2 のフローチャートを説明する。図 5 のフローチャートは型開き工程に対応するものである。

[ステップ S B 1] 型締用サーボモータ 8 が発電するエネルギー U_M の値を 0 (ゼロ

10

20

30

40

50

)に初期化する。

[ステップS B 2] 弾性定数 K 、型締力上限値 F_H および型締力下限値 F_L を読み込む。

[ステップS B 3] 型締用サーボモータ8を駆動し、可動プラテン3をリアプラテン2側へ後退開始する。

【0045】

[ステップS B 4] 型締用サーボモータ8に取り付けられている位置・速度検出器11からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。さらに、発電機として働く型締用サーボモータ8からの発電電流を検出する電流検出器12からの電流検出信号を取得する。

10

[ステップS B 5] 型締用サーボモータ8のトルク値 T を算出する。トルク値 T は、型締用サーボモータ8のトルク定数とステップS B 4で取得した電流検出信号とを用いて算出する。

[ステップS B 6] ステップS B 4で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ8の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

【0046】

[ステップS B 7] 型締用サーボモータ8が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は1つの制御周期で型締用サーボモータ8が発電するエネルギーである。

20

[ステップS B 8] ステップS B 4で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。なお、位置検出信号から可動プラテン3の位置を求めることは周知の技術である。

[ステップS B 9] 可動プラテン3の位置が金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン3の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップS B 4に戻り、以下でなければステップS B 10へ移行する。

【0047】

[ステップS B 10] 型締機構の弾性定数 K とステップS B 7で積算して求められた型締用サーボモータ8が発電したエネルギー U_M とから算出型締力 F_C を求める。

[ステップS B 11] ステップS B 10で求められた算出型締力 F_C は型締力下限値 F_L より大きいか否かを判断する。大きい場合にはステップS B 12へ移行し、大きくない場合にはステップS B 16へ移行する。

30

[ステップS B 12] ステップS B 10で求められた算出型締力 F_C は型締力上限値 F_H より小さいか否かを判断する。小さい場合にはステップS B 13へ移行し、小さくない場合にはステップS B 16へ移行する。

[ステップS B 13] 型締用サーボモータ8に取り付けられている位置・速度検出器11からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップS B 14] ステップS B 13で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。

40

[ステップS B 15] 可動プラテン3の位置は型開き完了位置に達したか否かを判断し、達していない場合にはステップS B 13に戻り、達している場合にはステップS B 17へ移行する。

【0048】

[ステップS B 16] ステップS B 11およびステップS B 12での判断の結果、算出型締力 F_C は異常であるので、射出成形機の射出成形サイクルを停止させ、警告信号を出力する。型開完了前に成形サイクルを停止させるため、金型が閉じた状態で成形品取り出しロボットが動作して金型とロボットが衝突するのを防止することができる。

[ステップS B 17] 算出型締力 F_C を表示装置付入力装置29の表示装置に表示する。算出型締力 F_C は、ステップS B 10で算出されたものである。ステップS B 16で

50

警告信号が出力された場合には警告を表示する。ここで表示装置付入力装置 29 の表示装置には上述した図 4 に示されるように表示される。

なお、1 成形サイクルの中で、図 3 に示される型閉じ工程において型締力の監視を行うことと図 5 に示される型開き工程において型締力の監視を行うようにしてもよい。

[ステップ S B 1 8] 型締用サーボモータ 8 の駆動を停止し可動プラテン 3 の後退を停止する。

【 0 0 4 9 】

次に型締機構の弾性定数 K の算出について説明する。図 6 は図 1 に示される型締装置 100 に型締力センサ 13 を取り付けたことを説明する図である。型締力センサ 13 は、4 本あるタイバー 4 のうちの少なくとも一つに配設される。型締力センサ 13 は、タイバー 4 の歪み（主に、伸び）を測定するセンサである。型締力センサ 13 の検出信号はインタフェースである A / D 変換器 27 を介して制御装置 20 に入力する。センサとしては例えば、歪ゲージ（ストレインゲージ）を用いることができる。

【 0 0 5 0 】

タイバー 4 には型締の際に型締力に対応して引張力が加わり、型締力に比例してわずかではあるがタイバー 4 は弾性変形して伸びる。したがって、タイバー 4 の伸び量を型締力センサ 13 により測定することで、金型 5 a , 5 b に実際に印加されている型締力 F を知ることができる。そして、数 7 式に基づいて弾性定数 K を算出することができる。

【 0 0 5 1 】

図 7 は型閉め工程において弾性定数 K を求めるアルゴリズムを示すフローチャートである。求められた弾性定数 K はステップ S C 1 5 で制御装置 20 のメモリ 26 に記憶する。以下、各ステップに従って説明する。

[ステップ S C 1] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー U_M の値を 0（ゼロ）に初期化する。

[ステップ S C 2] 型締用サーボモータ 8 を駆動し、可動プラテン 3 を固定プラテン 1 側へ前進開始する。

[ステップ S C 3] 型締用サーボモータ 8 に取り付けられている位置・速度検出器 11 からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器 11 からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップ S C 4] ステップ S C 3 で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン 3 の位置を算出する。なお、位置検出信号から可動プラテン 3 の位置を求めることは周知の技術である。

[ステップ S C 5] 可動プラテン 3 の位置は金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン 3 の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップ S C 6 に移行し、以下でなければステップ S C 3 に戻る。

【 0 0 5 2 】

[ステップ S C 6] ステップ S C 3 と同様に位置検出信号を取得する。さらに、型締用サーボモータ 8 の駆動電流を検出する電流検出器 12 からの電流検出信号を取得する。

[ステップ S C 7] 型締用サーボモータ 8 のトルク値 T を算出する。トルク値 T は、型締用サーボモータ 8 のトルク定数とステップ S C 6 で取得した電流検出信号とを用いて算出する。なお、トルク定数はモータ固有の値である。

[ステップ S C 8] ステップ S C 6 で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ 8 の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器 11 からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

[ステップ S C 9] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。T・ は 1 つの制御周期で型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギーである。

【 0 0 5 3 】

[ステップ S C 1 0] ステップ S C 4 と同様に可動プラテン 3 の位置を算出する。

[ステップ S C 1 1] 可動プラテン 3 の位置が型締完了位置に達したか否かを判断し、

10

20

30

40

50

達していない場合にはステップ S C 6 に戻り、達している場合にはステップ S C 1 2 へ移行する。

[ステップ S C 1 2] 型締用サーボモータ 8 の駆動を停止し可動プラテン 3 の前進を停止する。

[ステップ S C 1 3] 型締力センサ 1 3 により型締力 F を検出する。

[ステップ S C 1 4] ステップ S C 9 で算出される U_M およびステップ S C 1 3 で検出した型締力 F により数 7 式を用いて弾性定数 K を算出する。

[ステップ S C 1 5] 求められた弾性定数 K を制御装置 2 0 のメモリ 2 6 に記憶する。

【 0 0 5 4 】

10

図 8 は型開き工程において弾性定数 K を求めるアルゴリズムを示すフローチャートである。

[ステップ S D 1] 型締力センサ 1 3 により型締力 F を検出する。

[ステップ S D 2] 型締用サーボモータ 8 が発電するエネルギー U_M の値を 0 (ゼロ) に初期化する。

[ステップ S D 3] 型締用サーボモータ 8 を駆動し、可動プラテン 3 をリアプラテン 2 側へ後退開始する。

【 0 0 5 5 】

[ステップ S D 4] 型締用サーボモータ 8 に取り付けられている位置・速度検出器 1 1 からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。さらに、発電機として働く型締用サーボモータ 8 からの発電電流を検出する電流検出器 1 2 からの電流検出信号を取得する。

20

[ステップ S D 5] 型締用サーボモータ 8 のトルク値 T を算出する。トルク値 T は、型締用サーボモータ 8 のトルク定数とステップ S D 4 で取得した電流検出信号とを用いて算出する。

[ステップ S D 6] ステップ S D 4 で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ 8 の回転角度の差 を求める。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

[ステップ S D 7] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は 1 つの制御周期で型締用サーボモータ 8 が発電するエネルギーである。

30

[ステップ S D 8] ステップ S D 4 で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン 3 の位置を関数式や換算テーブルを用いて算出する。なお、位置検出信号から可動プラテン 3 の位置を求めることは周知の技術である。

【 0 0 5 6 】

[ステップ S D 9] 可動プラテン 3 の位置は金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン 3 の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップ S D 4 に戻り、以下でなければステップ S D 1 0 へ移行する。

[ステップ S D 1 0] ステップ S D 7 で算出される U_M およびステップ S D 1 で検出した型締力 F により数 7 式を用いて弾性定数 K を算出する。

40

[ステップ S D 1 1] ステップ S D 1 0 で求められた弾性定数 K を制御装置 2 0 のメモリ 2 6 に記憶する。

【 0 0 5 7 】

[ステップ S D 1 2] 型締用サーボモータ 8 に取り付けられている位置・速度検出器 1 1 からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップ S D 1 3] ステップ S D 1 2 で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン 3 の位置を算出する。

[ステップ S D 1 4] 可動プラテン 3 の位置が型開完了位置に達したか否か判断し、達していない場合にはステップ S D 1 2 に戻り、達している場合にはステップ S D 1 5 へ

50

移行する。

【ステップS D 1 5】型締用サーボモータ8の駆動を停止し可動プラテン3の後退を停止する。

なお、型締用サーボモータに上述した回転式のサーボモータではなくリニアモータを使用した場合には、数5式のトルクTをリニアモータの推力、回転角度の差分をリニアモータの移動距離の差分Xに置き換えた式(数8式)によって U_M を求め、以下回転式と同様の方法により型締機構部の異常検出することができる。

【0058】

【数8】

$$U_M = \sum (F \cdot \Delta X)$$

10

【0059】

次に、図9を用いて、型閉じ工程において型締完了位置における型締力を求め、過大な型締力が発生したか否かを判断する処理を含むアルゴリズムのフローチャートを説明する。以下、各ステップに従って説明する。

【ステップS E 1】型締用サーボモータ8が発生するエネルギー U_M の値を0(ゼロ)に初期化する。

【ステップS E 2】弾性定数K、機械的強度許容型締力上限値 F_D 、および型締力下限値 F_L を読み込む。機械的強度許容型締力上限値 F_D は、型締機構の機械的強度を参考に設定する。

20

【ステップS E 3】型締用サーボモータ8を駆動し、可動プラテン3を固定プラテン1側へ前進開始する。

【0060】

【ステップS E 4】型締用サーボモータ8に取り付けられている位置・速度検出器11からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

【ステップS E 5】ステップS E 4で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。なお、型締用サーボモータ8の回転位置を表す位置検出信号から可動プラテン3の位置を変換式により求めることは周知の技術である。

30

【ステップS E 6】可動プラテン3の位置は金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン3の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップS E 7に移行し、以下でなければステップS E 4に戻る。

【0061】

【ステップS E 7】ステップS E 4と同様に位置検出信号を取得する。さらに、型締用サーボモータ8の駆動電流を検出する電流検出器12からの電流検出信号を取得する。

【ステップS E 8】ステップS E 5と同様に可動プラテン3の位置を算出する。

【ステップS E 9】型締用サーボモータ8のトルク値Tを算出する。トルク値Tは、型締用サーボモータ8のトルク定数とステップS E 7で取得した電流検出信号とを用いて算出する。なお、トルク定数はモータ固有の値である。

40

【ステップS E 10】ステップS E 7で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ8の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

【ステップS E 11】型締用サーボモータ8が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は1つの制御周期で型締用サーボモータ8が発生するエネルギーである。

【ステップS E 12】可動プラテン3の位置が型締完了位置に達したか否かを判断し、達していない場合にはステップS E 7に戻り、達している場合にはステップS E 13へ移行する。

【0062】

50

[ステップS E 1 3] 型締用サーボモータ 8 の駆動を停止し可動プラテン 3 の前進を停止する。

[ステップS E 1 4] 型締機構の弾性定数 K とステップS E 1 1 で積算して求められた型締用サーボモータ 8 が発生したエネルギーとから算出型締力 F_c を求める。

[ステップS E 1 5] ステップS E 1 4 で求められた算出型締力 F_c は型締力下限値 F_L より大きいかなんかを判断する。大きい場合にはステップS E 1 7 へ移行し、大きくない場合にはステップS E 1 6 へ移行する。

[ステップS E 1 6] 型締機構の異常と判断し、成形サイクルを停止し、型締機構の異常であることを示す警告信号を出力する。

[ステップS E 1 7] ステップS E 1 4 で求められた算出型締力 F_c は、機械的強度許容型締力上限値 F_D より小さいかなんかを判断する。小さい場合にはステップS E 1 9 へ移行し、小さくない場合にはステップS E 1 8 へ移行する。

[ステップS E 1 8] オペレータが誤った操作で過大な型締力を発生させたとして、成形サイクルを停止し、過大型締力信号を出力する。

[ステップS E 1 9] 算出型締力 F_c を表示装置付入力装置 2 9 の表示装置に表示し、終了する。算出型締力 F_c は、ステップS E 1 4 で算出されたものである。ステップS E 1 6 から移行した場合には、ステップS E 1 6 で警告信号が出力された場合には警告を表示する。また、ステップS E 1 8 から移行した場合には、過大な型締力が発生したことを表す異常型締力を表示し、型締機構の寿命に重大な影響を及ぼすことをオペレータに報知する。

この実施形態では、型閉じ工程において型締力の異常検出を行うことで射出工程に移行する前に射出成形機を停止させることができる。

【0063】

次に図 10 を用いて、1 成形サイクルの型閉じ工程において型締完了位置における型締力を求め、1 成形サイクルの終了時に型締力が適正範囲内であるか否かを判別し、適正範囲内でない場合には型締力の調整を行う処理のアルゴリズムを説明する。

ここでは、固定プラテン 1 の固定側金型 5 a 取付面の位置を基準としリアプラテン 2 の方向を可動プラテン 3 の位置が増加する方向とする。可動プラテン 3 の前進とは固定プラテン 1 に近づく移動を意味する。可動プラテン 3 の後退とは固定プラテン 1 から離れる方向の移動を意味する。また、金型タッチ位置、可動プラテン 3 の型締完了位置、型開き完了位置の位置情報は、あらかじめ設定されているものとする。以下、各ステップに従って説明する。

[ステップS F 1] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー U_M の値を 0 (ゼロ) に初期化する。

[ステップS F 2] 弾性定数 K 、品質維持型締力上限値 F_{QH} 、および品質維持型締力下限値 F_{QL} を読み込む。

[ステップS F 3] 型締用サーボモータ 8 を駆動し、可動プラテン 3 を固定プラテン 1 側へ前進開始する。

【0064】

[ステップS F 4] 型締用サーボモータ 8 に取り付けられている位置・速度検出器 1 1 からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップS F 5] ステップS F 4 で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン 3 の位置を算出する。なお、型締用サーボモータ 8 の回転位置を表す位置検出信号から可動プラテン 3 の位置を変換式により求めることは周知の技術である。

[ステップS F 6] 可動プラテン 3 の位置は金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン 3 の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップS F 7 に移行し、以下でなければステップS F 4 に戻る。

【0065】

[ステップS F 7] ステップS F 4 と同様に位置検出信号を取得する。さらに、型締

10

20

30

40

50

用サーボモータ 8 の駆動電流を検出する電流検出器 12 からの電流検出信号を取得する。

[ステップ S F 8] ステップ S F 5 と同様に可動プラテン 3 の位置を算出する。

[ステップ S F 9] 型締用サーボモータ 8 のトルク値 T を算出する。トルク値 T は、型締用サーボモータ 8 のトルク定数とステップ S F 7 で取得した電流検出信号とを用いて算出する。なお、トルク定数はモータ固有の値である。

[ステップ S F 10] ステップ S F 7 で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ 8 の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器 11 からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

[ステップ S F 11] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は 1 つの制御周期で型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギーである。

10

[ステップ S F 12] 可動プラテン 3 の位置が型締完了位置に達したか否か判断し、達していない場合にはステップ S F 7 に戻り、達している場合にはステップ S F 13 へ移行する。

【0066】

[ステップ S F 13] 型締用サーボモータ 8 の駆動を停止し可動プラテン 3 の前進を停止する。

[ステップ S F 14] 型締機構の弾性定数 K とステップ S F 11 で積算して求められた型締用サーボモータ 8 が発生したエネルギーとから算出型締力 F_C を求める。

[ステップ S F 15] 射出・計量・冷却・型開き工程を行い、1 成形サイクルを終了する。

20

[ステップ S F 16] ステップ S F 14 で求められた算出型締力 F_C は、品質維持型締力下限値 F_{QL} より大きいと判断する。大きい場合にはステップ S F 18 へ移行し、大きくない場合にはステップ S F 17 へ移行する。

[ステップ S F 17] 型締力を高める修正処理を実行する。具体的には、設定型締力 F_S と算出型締力 F_C との差分だけ型締力を調整するように、型厚調整用モータを回転駆動しリアプラテンを前進させる。設定型締力 F_S はステップ S F 2 で読み込む。型締力を調整する方法は従来周知の方法である。なお、算出型締力 F_C や調整する型締力の大きさ、品質維持型締力上限値 F_{QH} より大きい、などの表示を表示装置に行うようにしてもよい。

[ステップ S F 18] ステップ S F 14 で求められた算出型締力 F_C は、品質維持型締力上限値 F_{QH} より小さいと判断する。小さい場合にはステップ S F 20 へ移行し、小さくない場合にはステップ S F 19 へ移行する。

30

[ステップ S F 19] 型締力を低める修正処理を実行する。具体的には、算出型締力 F_C と設定型締力 F_S の差分だけ型締力を調整するように、型厚調整用モータを回転駆動しリアプラテンを後退させる。設定型締力 F_S はステップ S F 2 で読み込む。なお、算出型締力 F_C や調整する型締力の大きさ、品質維持型締力上限値 F_{QH} より大きい、などの表示を表示装置に行うようにしてもよい。

[ステップ S F 20] 算出型締力 F_C を表示装置付入力装置 29 の表示装置に表示する。算出型締力 F_C は、ステップ S F 14 で算出されたものである。

[ステップ S F 21] 設定された成形サイクル回数実行したか否か判断し、設定された成形サイクル回数未満の場合にはステップ S F 1 に戻り、設定された成形サイクル回数に達した場合には、終了する。

40

このフローチャートによる処理は、型締力が所定の範囲に維持されることから、型締力異常によって成形不良品が繰り返し生産されることをなくすることができる。

次に、図 11 - 1 および図 11 - 2 のフローチャートを説明する。図 11 のフローチャートは型開き工程に対応するものである。以下、各ステップに従って説明する。

[ステップ S G 1] 型締用サーボモータ 8 が発電するエネルギー U_M の値を 0 (ゼロ) に初期化する。

[ステップ S G 2] 弾性定数 K 、機械的強度許容型締力上限値 F_D および型締力下限値 F_L を読み込む。

50

[ステップSG3] 型締用サーボモータ8を駆動し、可動プラテン3をリアプラテン2側へ後退開始する。

【0067】

[ステップSG4] 型締用サーボモータ8に取り付けられている位置・速度検出器11からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。さらに、発電機として働く型締用サーボモータ8からの発電電流を検出する電流検出器12からの電流検出信号を取得する。

[ステップSG5] 型締用サーボモータ8のトルク値Tを算出する。トルク値Tは、型締用サーボモータ8のトルク定数とステップSG4で取得した電流検出信号とを用いて算出する。

10

[ステップSG6] ステップSG4で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ8の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

【0068】

[ステップSG7] 型締用サーボモータ8が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は1つの制御周期で型締用サーボモータ8が発電するエネルギーである。

[ステップSG8] ステップSG4で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。なお、位置検出信号から可動プラテン3の位置を求めることは周知の技術である。

20

[ステップSG9] 可動プラテン3の位置が金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン3の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップSG4に戻り、以下でなければステップSG10へ移行する。

【0069】

[ステップSG10] 型締機構の弾性定数KとステップSG7で積算して求められた型締用サーボモータ8が発電したエネルギー U_M とから算出型締力 F_C を求める。

[ステップSG11] ステップSG10で求められた算出型締力 F_C は型締力下限値 F_L より大きいかな否かを判断する。大きい場合にはステップSG12へ移行し、大きくない場合にはステップSG16へ移行する。

[ステップSG12] ステップSG10で求められた算出型締力 F_C は機械的強度許容型締力上限値 F_D より小さいかな否かを判断する。小さい場合にはステップSG13へ移行し、小さくない場合にはステップSG17へ移行する。

30

[ステップSG13] 型締用サーボモータ8に取り付けられている位置・速度検出器11からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器11からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップSG14] ステップSG13で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。

[ステップSG15] 可動プラテン3の位置は型開き完了位置に達したか否かを判断し、達していない場合にはステップSG13に戻り、達している場合にはステップSG18へ移行する。

40

【0070】

[ステップSG16] ステップSG11での判断の結果、算出型締力 F_C は異常であるので、射出成形機の射出成形サイクルを停止させ、警告信号を出力しステップSG18へ移行する。型開完了前に成形サイクルを停止させるため、金型が閉じた状態で成形品取り出しロボットが動作して金型とロボットが衝突するのを防止することができる。

[ステップSG17] ステップSG12の判断の結果、算出型締力 F_C は過大であるので、過大型締力信号を出力しステップSG18へ移行する。

[ステップSG18] 算出型締力 F_C を表示装置付入力装置29の表示装置に表示する。算出型締力 F_C は、ステップSG10で算出されたものである。ステップSG16で警告信号が出力された場合には警告を表示する。ここで表示装置付入力装置29の表示装

50

置には上述した図 4 に示されるように表示される。

なお、1 成形サイクルの中で、図 3 に示される型閉じ工程において型締力の監視を行うことと図 5 に示される型開き工程において型締力の監視を行うようにしてもよい。

[ステップ S G 1 9] 型締用サーボモータ 8 の駆動を停止し可動プラテン 3 の後退を停止する。

次に、図 1 2 - 1 および図 1 2 - 2 のフローチャートを説明する。図 1 2 のフローチャートは型開き工程に対応するものである。

[ステップ S H 1] 型締用サーボモータ 8 が発電するエネルギー U_M の値を 0 (ゼロ) に初期化する。

[ステップ S H 2] 弾性定数 K 、品質維持型締力上限値 F_{QH} および品質維持型締力下限値 F_{QL} を読み込む。

[ステップ S H 3] 型締用サーボモータ 8 を駆動し、可動プラテン 3 をリアプラテン 2 側へ後退開始する。

【 0 0 7 1 】

[ステップ S H 4] 型締用サーボモータ 8 に取り付けられている位置・速度検出器 1 1 からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数を取得する。さらに、発電機として働く型締用サーボモータ 8 からの発電電流を検出する電流検出器 1 2 からの電流検出信号を取得する。

[ステップ S H 5] 型締用サーボモータ 8 のトルク値 T を算出する。トルク値 T は、型締用サーボモータ 8 のトルク定数とステップ S H 4 で取得した電流検出信号とを用いて算出する。

[ステップ S H 6] ステップ S H 4 で取得した位置検出信号と前回の制御周期で取得した位置検出信号の差を元に型締用サーボモータ 8 の回転角度の差を求める。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御周期毎に得られるパルス数の差である。

【 0 0 7 2 】

[ステップ S H 7] 型締用サーボモータ 8 が発生するエネルギー量を、 $U_M = U_M + T \cdot$ により算出する。 $T \cdot$ は 1 つの制御周期で型締用サーボモータ 8 が発電するエネルギーである。

[ステップ S H 8] ステップ S H 4 で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン 3 の位置を算出する。なお、位置検出信号から可動プラテン 3 の位置を求めることは周知の技術である。

[ステップ S H 9] 可動プラテン 3 の位置が金型タッチ位置以下であるか否かを判断し、可動プラテン 3 の位置が金型タッチ位置以下の場合にはステップ S H 4 に戻り、以下でなければステップ S H 1 0 へ移行する。

【 0 0 7 3 】

[ステップ S H 1 0] 型締機構の弾性定数 K とステップ S H 7 で積算して求められた型締用サーボモータ 8 が発電したエネルギー U_M とから算出型締力 F_C を求める。

[ステップ S H 1 1] ステップ S H 1 0 で求められた算出型締力 F_C は品質維持型締力下限値 F_{QL} より大きいか否かを判断する。大きい場合にはステップ S H 1 3 へ移行し、大きくない場合にはステップ S H 1 2 へ移行する。

[ステップ S H 1 2] 型締力を高める量を算出し記憶する。具体的には、設定型締力 F_S と算出型締力 F_C との差分が型締力を高める量である。

[ステップ S H 1 3] ステップ S H 1 0 で求められた算出型締力 F_C は品質維持型締力上限値 F_{QH} より小さいか否かを判断する。小さい場合にはステップ S H 1 5 へ移行し、小さくない場合にはステップ S H 1 4 へ移行する。

[ステップ S H 1 4] 型締力を低める量を算出し記憶する。具体的には、算出型締力 F_C と設定型締力 F_S との差分が型締力を低める量である。

[ステップ S H 1 5] 算出型締力 F_C を表示装置に表示する。

[ステップ S H 1 6] 型締用サーボモータ 8 に取り付けられている位置・速度検出器 1 1 からの位置検出信号を取得する。より具体的には、位置・速度検出器 1 1 からの制御

10

20

30

40

50

周期毎に得られるパルス数を取得する。

[ステップSH17] ステップSH16で得られた位置検出信号を元に、可動プラテン3の位置を算出する。

[ステップSH18] 可動プラテン3の位置は型開き完了位置に達したか否かを判断し、達していない場合にはステップSH16に戻り、達している場合にはステップSH19へ移行する。

[ステップSH19] 可動プラテン3の後退を停止する。

【0074】

[ステップSH20] 型締力を高める量、低める量のデータはあるか否かを判断し、ある場合には、ステップSH21へ移行し、ない場合には終了する。

[ステップSH21] 型締力の修正処理を行い、終了する。修正する型締力の量は、ステップSH12またはステップSH14で算出し記憶した量である。具体的には、設定型締力 F_S と算出型締力 F_C との差分だけ型締力を調整するように、型厚調整用モータを回転駆動しリアプラテンを前進または後退させることによって、型締力の調整をおこなう。なお、連続成形サイクルが指令されている場合には、型締力調整完了後、引き続いて次の成形サイクルを実行する。

図13は、算出型締力、機械的強度許容型締力型締力上限値、型締力下限値、品質維持型締力下限値、品質維持型締力上限値の表示画面の一例である。図13(a)に示される画面例V4は、算出型締力 F_C が機械的強度許容型締力上限値 F_D より大きい場合に示される例である。図13(b)に示される画面例V5は、品質維持型締力上限値および品質維持型締力下限値で、算出型締力 F_C が管理される場合に示される画面の例である。

なお、監視幅設定手段に設定される「下限値 F_L 」、「品質維持型締力下限値 F_{QL} 」、「品質維持型締力上限値 F_{QH} 」、「上限値 F_H 」、「機械的強度許容型締力上限値 F_D 」は、この順に大きくなる数値である。

【符号の説明】

【0075】

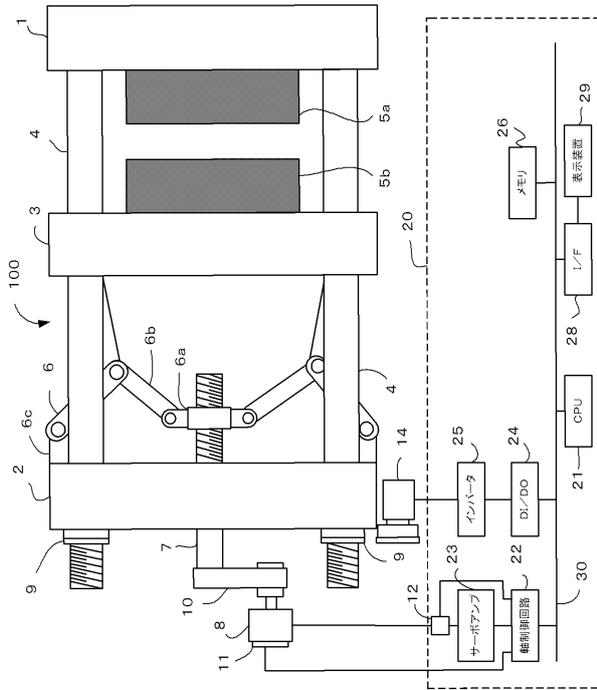
- k 4本のタイバーの合成弾性定数
- K 型締機構の弾性定数
- U_M 型締用サーボモータが発生するエネルギー
- F_B 型締力監視幅
- F_C 算出型締力
- F_D 機械的強度許容型締力上限値
- F_H 型締力上限値
- F_L 型締力下限値
- F_{QL} 品質維持型締力下限値
- F_{QH} 品質維持型締力上限値
- F_S 設定型締力
- 100 型締装置

10

20

30

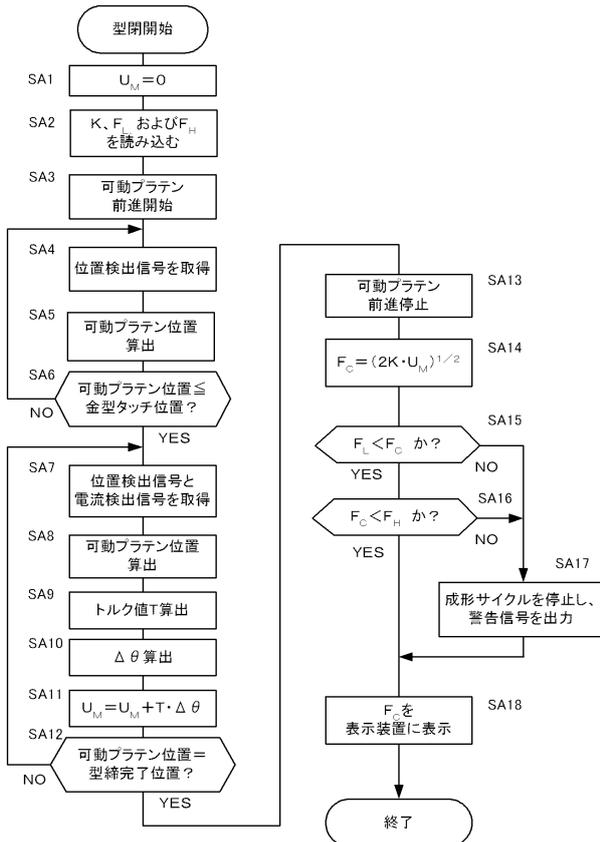
【図1】



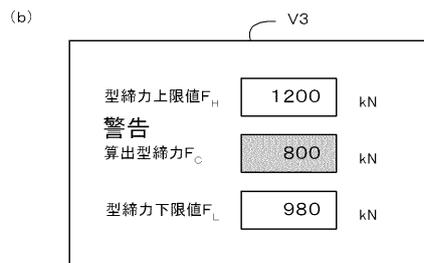
【図2】



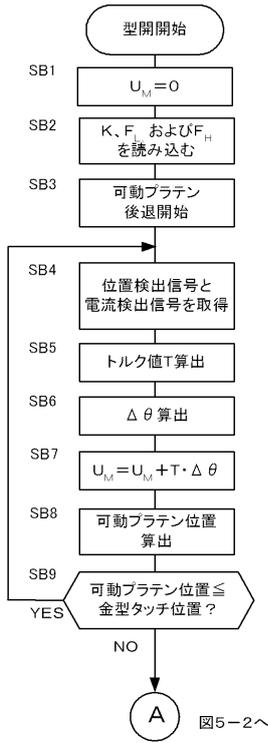
【図3】



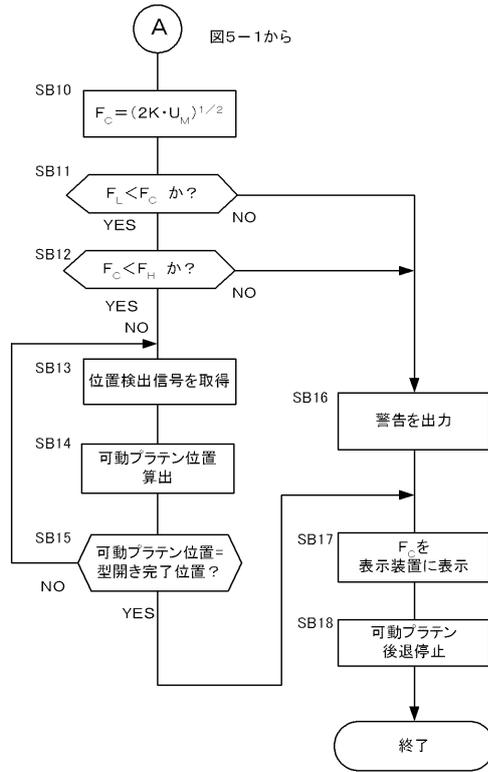
【図4】



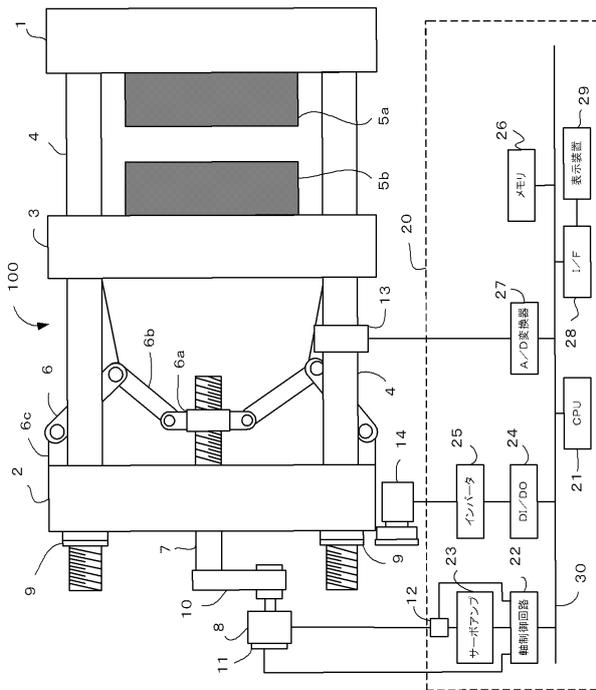
【図5-1】



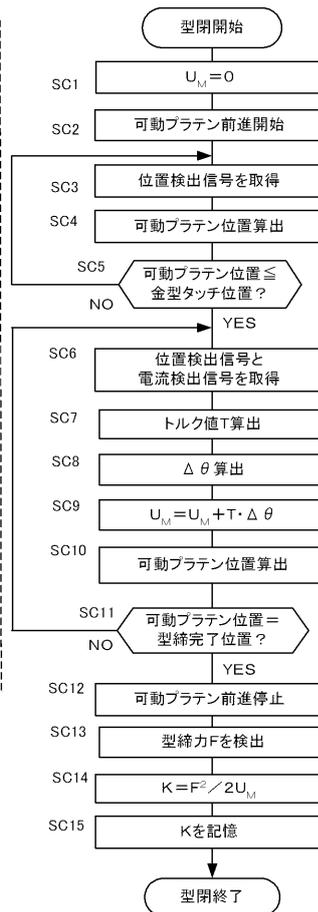
【図5-2】



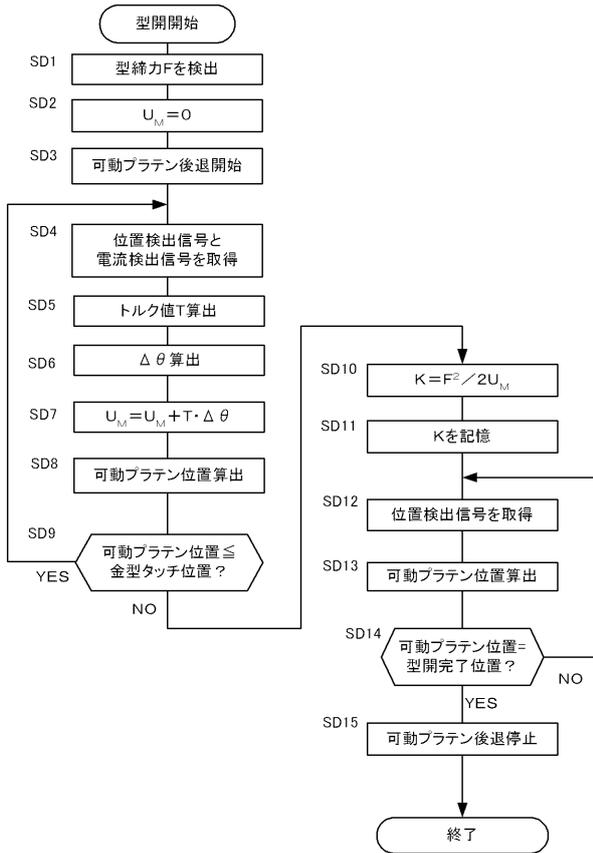
【図6】



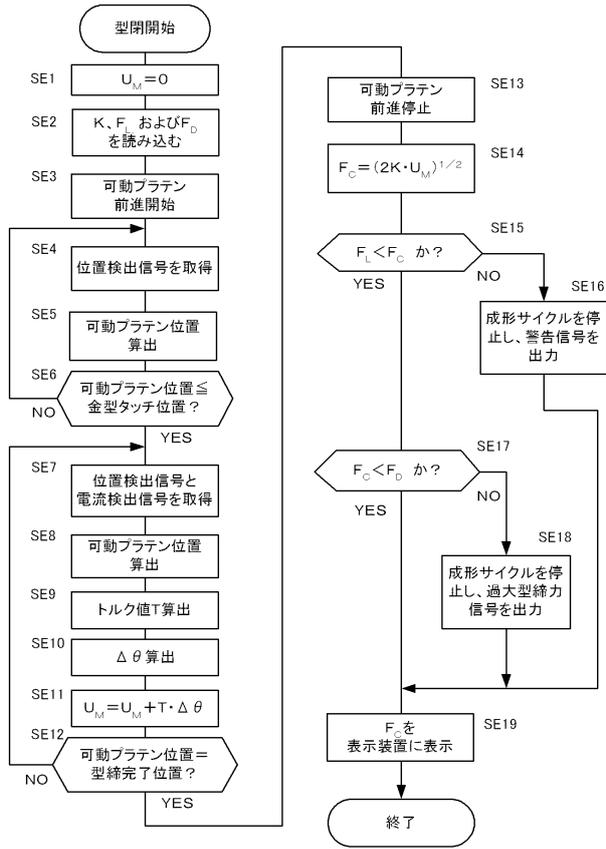
【図7】



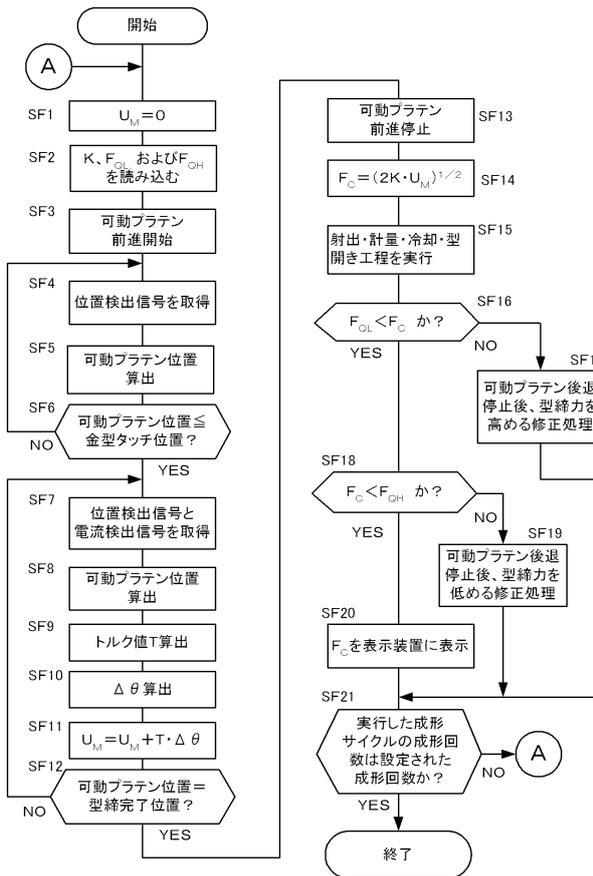
【図 8】



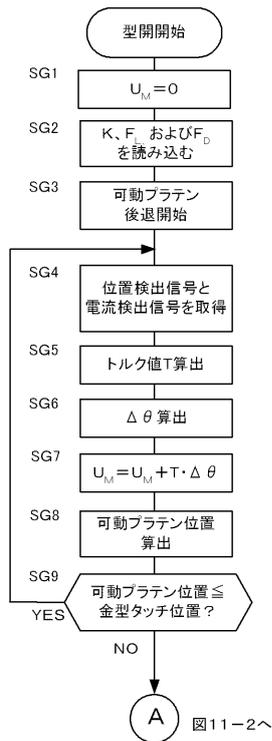
【図 9】



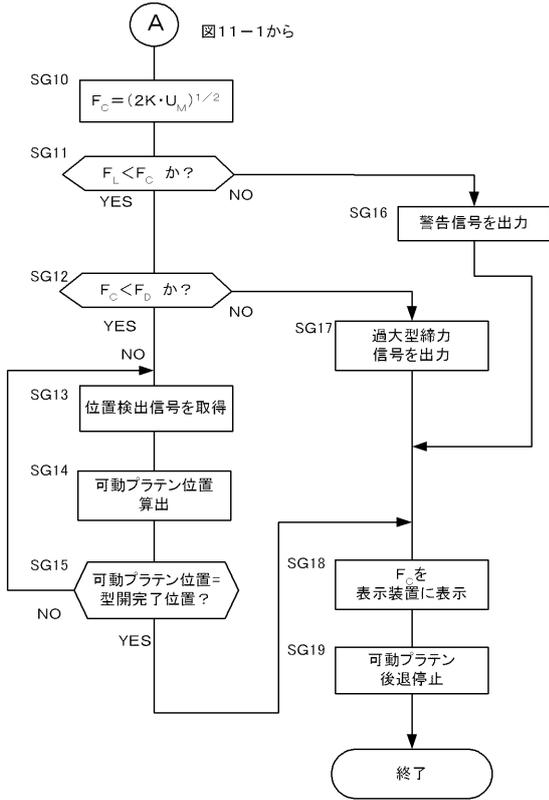
【図 10】



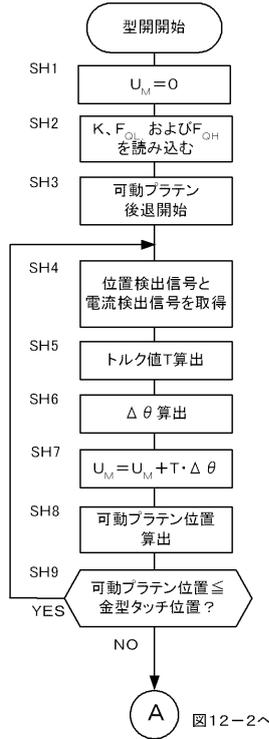
【図 11 - 1】



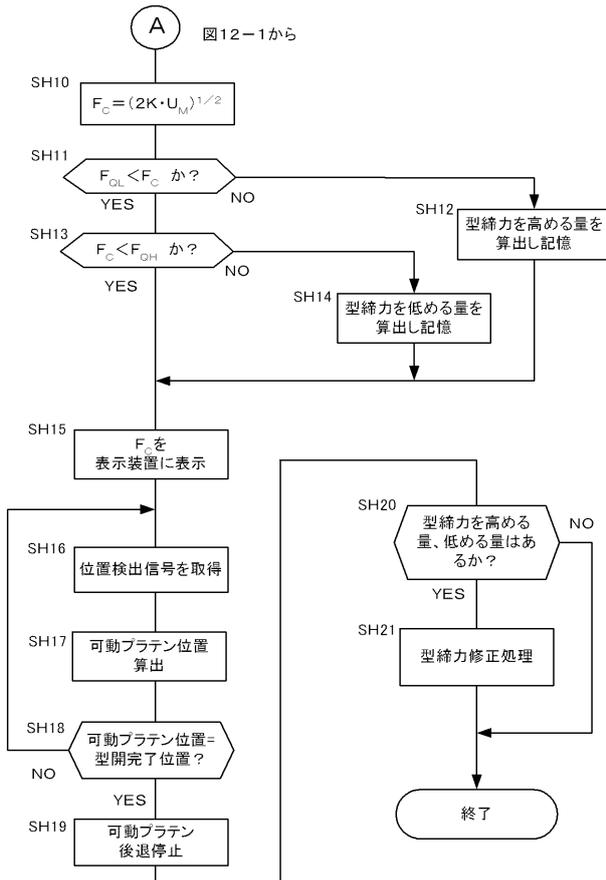
【図11-2】



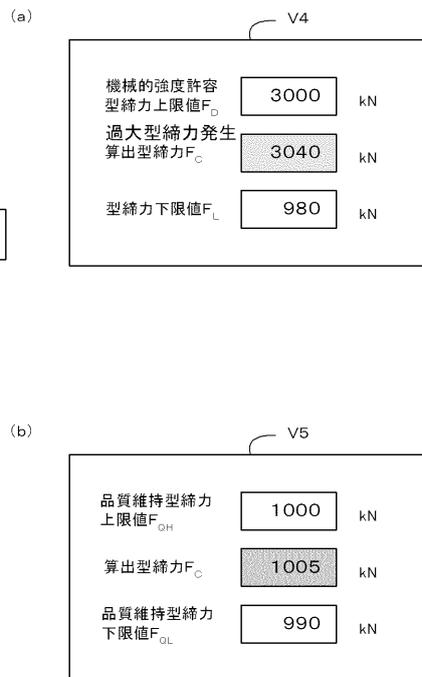
【図12-1】



【図12-2】



【図13】



フロントページの続き

- (74)代理人 100152124
弁理士 白石 光男
- (72)発明者 内山 辰宏
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内
- (72)発明者 齋藤 修
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内
- (72)発明者 小宮 慎吾
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 奥野 剛規

- (56)参考文献 特開2004-122579(JP,A)
特開平09-085792(JP,A)
特開2001-239551(JP,A)
特開2006-334820(JP,A)
特開2004-142211(JP,A)
国際公開第2005/061206(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| B29C | 45/00 - 45/84 |
| B22D | 17/00 - 17/32 |