

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7546532号
(P7546532)

(45)発行日 令和6年9月6日(2024.9.6)

(24)登録日 令和6年8月29日(2024.8.29)

(51)国際特許分類

F I

B 2 9 C 45/76 (2006.01)

B 2 9 C 45/76

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-141522(P2021-141522)	(73)特許権者	000004215
(22)出願日	令和3年8月31日(2021.8.31)		株式会社日本製鋼所
(65)公開番号	特開2023-34971(P2023-34971A)		東京都品川区大崎一丁目11番1号
(43)公開日	令和5年3月13日(2023.3.13)	(74)代理人	100114557
審査請求日	令和6年2月21日(2024.2.21)		弁理士 河野 英仁
		(74)代理人	100078868
			弁理士 河野 登夫
		(72)発明者	赤木 誉志
			東京都品川区大崎一丁目11番1号 株
			式会社日本製鋼所内
		(72)発明者	佐伯 明彦
			東京都品川区大崎一丁目11番1号 株
			式会社日本製鋼所内
		(72)発明者	平野 峻之
			東京都品川区大崎一丁目11番1号 株
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 成形条件パラメータ調整方法、コンピュータプログラム、成形条件パラメータ調整装置及び成形機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
成形機の成形条件パラメータ調整方法であって、
成形工程サイクルにおいて、前記成形機に設定された複数の成形条件パラメータの変更値を決定し、
前記複数の成形条件パラメータの変更値が決定された場合、成形工程サイクルにおける前記複数のパラメータの変更タイミングの前後関係を示すタイミング情報を参照して、変更対象として決定した前記複数のパラメータの変更タイミングを決定し、
決定した変更タイミングに従って、変更対象として決定した前記複数のパラメータを順次変更する
成形条件パラメータ調整方法。

【請求項2】
前記成形機は、成形材料を計量し、可塑化して射出する加熱シリンダ及びスクリュを有する射出成形機であり、
前記複数の成形条件パラメータは、成形材料の計量完了位置と、射出速度の切替位置とを含み、
前記タイミング情報は、前記計量完了位置を先に変更し、前記計量完了位置を変更した成形工程サイクルよりも1つ後の成形工程サイクルで前記射出速度を変更することを示す情報を含む
請求項1に記載の成形条件パラメータ調整方法。

【請求項 3】

前記成形機は、成形材料を計量し、可塑化して射出する加熱シリンダ及びスクリュを有する射出成形機であり、

前記複数の成形条件パラメータは、前記加熱シリンダの加熱温度と、射出速度の切替位置とを含み、

前記タイミング情報は、前記加熱シリンダの前記加熱温度を先に変更し、前記加熱温度を変更した成形工程サイクルよりも所定回数後の成形工程サイクルで前記射出速度を変更することを示す情報を含む

請求項 1 又は請求項 2 に記載の成形条件パラメータ調整方法。

【請求項 4】

成形機の成形条件パラメータの調整をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムであって、

前記コンピュータに、

成形工程サイクルにおいて、前記成形機に設定された複数の成形条件パラメータの変更値を決定し、

前記複数の成形条件パラメータの変更値が決定された場合、成形工程サイクルにおける前記複数のパラメータの変更タイミングの前後関係を示すタイミング情報を参照して、変更対象として決定した前記複数のパラメータの変更タイミングを決定し、

決定した変更タイミングに従って、変更対象として決定した前記複数のパラメータを順次変更する

処理を実行させるためのコンピュータプログラム。

【請求項 5】

成形機に設定された複数の成形条件パラメータの調整を行う成形条件パラメータ調整装置であって、

成形工程サイクルにおける複数のパラメータの変更タイミングの前後関係を示すタイミング情報を記憶する記憶部と、

プロセッサと

を備え、

前記プロセッサは、

成形工程サイクルにおいて、前記複数の成形条件パラメータの変更値を決定し、

前記複数の成形条件パラメータの変更値が決定された場合、前記記憶部が記憶する前記タイミング情報を参照して、変更対象として決定した前記複数のパラメータの変更タイミングを決定し、

決定した変更タイミングに従って、変更対象として決定した前記複数のパラメータを順次変更する

成形条件パラメータ調整装置。

【請求項 6】

設定された複数の成形条件パラメータに従って動作する成形機であって、

請求項 5 に記載の成形条件パラメータ調整装置を備え、

前記成形条件パラメータ調整装置にて前記複数の成形条件パラメータを変更するように構成された

成形機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、成形条件パラメータ調整方法、コンピュータプログラム、成形条件パラメータ調整装置及び成形機に関する。

【背景技術】

【0002】

強化学習により、射出成形機の成形条件パラメータを適切に調整することができる射出

10

20

30

40

50

成形機システムがある（例えば、特許文献１）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特開２０１９－１６６７０２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、成形工程サイクルにおいて調整される複数の成形条件パラメータの相互関係については考慮されていない。

【０００５】

通常、強化学習器が成形条件パラメータを調整する場合、通常、同時に複数の成形条件パラメータが変更されるが、同時に変更すると問題になる成形条件パラメータがある。例えば、射出成形機における計量完了位置（計量完了時点のスクリュ位置）と、射出速度の切替位置（射出工程の途中で射出速度を切り替えるスクリュ位置）とは相互関係を有しており、計量完了位置及び射出速度の成形条件パラメータを同時に変更すると問題になる。ある成形工程サイクルにおける成形材料の計量完後、計量完了位置及び射出速度の成形条件パラメータが同時に変更された場合、計量を完了している現時点の実際のスクリュ位置は変わらないにもかかわらず、次の成形工程サイクルで計量を完了したときの計量完了位置に適した切替位置の設定が反映される。

【０００６】

このため、次の成形工程サイクルにおける射出時には、実際のスクリュ位置が変わっていない状態にもかかわらず、射出速度の切替位置の設定が変更された成形条件で射出してしまい、予期せぬ不良が発生するおそれがある。最悪の場合、金型を破損させてしまうおそれもある。

【０００７】

本開示の目的は、複数の成形工程パラメータの相互関係を考慮し、成形工程サイクルにおける成形機の複数の成形条件パラメータを適切な順序及びタイミングで調整することができる成形条件パラメータ調整方法、コンピュータプログラム、成形条件パラメータ調整装置及び成形機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本態様に係る成形条件パラメータ調整方法は、成形工程サイクルにおいて、複数の成形条件パラメータの変更値を変更する際、タイミング情報を参照して、複数のパラメータの変更タイミングを決定し、順次変更する。

【０００９】

本態様に係るコンピュータプログラムは、コンピュータに、成形工程サイクルにおいて、複数の成形条件パラメータの変更値を変更する際、タイミング情報を参照して、複数のパラメータの変更タイミングを決定し、順次変更する処理を実行させる。

【００１０】

本態様に係る成形条件パラメータ調整装置は、成形工程サイクルにおいて、複数の成形条件パラメータの変更値を変更する際、タイミング情報を参照して、複数のパラメータの変更タイミングを決定し、順次変更する。

【００１１】

本態様に係る成形機は、成形条件パラメータ調整装置を備える。

【発明の効果】

【００１２】

本開示によれば、成形工程サイクルにおける成形機の複数の成形条件パラメータを適切な順序及びタイミングで調整することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0013】

【図1】実施形態1に係る射出成形機の構成例を説明する模式図である。

【図2】実施形態1に係る成形条件パラメータ調整装置の構成例を示すブロック図である。

【図3】実施形態1に係るテーブルの構成を示す概念図である。

【図4】実施形態1に係る射出成形機の機能ブロック図である。

【図5】実施形態1に係るプロセッサの処理手順を示すフローチャートである。

【図6】実施形態1に係る成形条件パラメータ調整方法の作用効果を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の実施形態に係る成形条件パラメータ調整方法、コンピュータプログラム、成形条件パラメータ調整装置及び成形機の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。以下に記載する実施形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0015】

<射出成形機の全体構成>

図1は実施形態1に係る射出成形機2の構成例を説明する模式図である。本実施形態1に係る射出成形機（成形機）2は、射出ユニット21と、当該射出ユニット21の前方に配置される型締装置22と、成形条件パラメータ調整装置1を有し、射出成形機2の動作を制御する制御装置23と、測定部3とを備える。なお、測定部3は、射出成形機2と別体の構成であってもよいし、射出ユニット21等に組み込まれる構成であってもよい。

【0016】

射出ユニット21は、先端部にノズルを有する加熱シリンダ21aと、当該加熱シリンダ内で回転方向と軸方向とに駆動可能に設けられているスクリュ21bとを備える。射出ユニット21は、当該スクリュ21bを回転方向に駆動する回転モータと、スクリュ21bを軸方向に駆動するモータ等を備える。射出ユニット21には、加熱シリンダ21aに樹脂成形材料を供給するためのホッパ21cと、加熱シリンダ21aに供給された樹脂成形材料を加熱して可塑化するための加熱ヒータ21dとが設けられている。

【0017】

型締装置22は、金型を開閉させ、射出ユニット21から射出された熔融成形材料が金型に充填される際、金型が開かないように金型を締め付けるトグル機構と、当該トグル機構を駆動するモータとを備える。型締装置22は、成形品を取り出すためのエジェクタプレート及びエジェクタピンを備える。

【0018】

制御装置23は、射出ユニット21及び型締装置22の動作を制御する装置又は回路である。本実施形態1に係る制御装置23は、成形条件パラメータ調整装置1を備える。成形条件パラメータ調整装置1は、射出成形機2に設定される複数の成形条件パラメータを調整する装置であり、例えば本実施形態1に係る成形条件パラメータ調整装置1は、成形品の不良度が低減されるように成形条件パラメータを調整する機能を有する。

【0019】

射出成形機2には、成形条件を定める成形条件パラメータが設定され、当該成形条件パラメータに従って動作する。成形条件パラメータは、例えば、金型内樹脂温度、ノズル温度、シリンダ加熱温度、ホッパ温度、型締力、射出速度、射出加速度、射出ピーク圧力、射出ストローク等を含む。また成形条件パラメータは、例えば、シリンダ先端樹脂圧、逆防リング着座状態、保圧切替圧力、保圧切替速度、保圧切替位置、保圧完了位置を含む。更に、成形条件パラメータは、例えば、クッション位置、計量背圧、計量トルク、計量完了位置、スクリュ後退速度、サイクル時間、型閉時間、射出時間、保圧時間、計量時間、型開時間等を含む。最適な成形条件パラメータは射出成形機2の環境、成形品によって異なる。

【0020】

測定部３は、射出成形機２による成形が実行された際、実成形に係る物理量を測定する装置である。測定部３は、測定処理によって得られた物理量データを成形条件パラメータ調整装置１へ出力する。物理量には、温度、位置、速度、加速度、電流、電圧、圧力、時間、画像データ、トルク、力、歪、消費電力等がある。

【００２１】

測定部３によって測定される情報は、例えば成形品情報、成形機情報、周辺機器情報、雰囲気情報等を含む。当該周辺機器は、射出成形機２と連動するシステムを構成する機器であり、型締装置２２又は金型を含む。周辺機器は、例えば、成形品取出装置（ロボット）、インサート品挿入装置、入子挿入装置、インモールド成形の箔送り装置、フープ成形用フープ送り装置、ガスアシスト成形用ガス注入装置等である。周辺機器は、例えば、超臨界流体を用いた発泡成形用のガス注入装置や長繊維注入装置、ＬＩＭ成形用材混合装置、成形品のバリ取り装置、ランナ切断装置等である。周辺機器は、例えば、成形品重量計、成形品強度試験機、成形品の光学検査装置、成形品撮影装置及び画像処理装置、成形品運搬用ロボット等である。

10

【００２２】

成形品情報は、例えば成形品を撮像して得たカメラ画像、レーザ変位センサにて得た成形品の変形量、光学的計測器にて得られた成形品の色度、輝度等の光学的計測値、重量計にて計測された成形品の重量、強度計測器にて測定された成形品の強度等の情報を含む。成形品情報は、成形品が正常であるか否か、不良タイプ、不良の程度を表現しており、報酬の計算にも利用される。

20

【００２３】

成形機情報は、温度計、圧力計、速度測定器、加速度測定器、位置センサ、タイマ、重量計等を用いて測定して得た、金型内樹脂温度、ノズル温度、シリンダ温度、ホップ温度等の情報を含む。成形機情報は、型締力、射出速度、射出加速度、射出ピーク圧力、射出ストローク、シリンダ先端樹脂圧、逆防リング着座状態、保圧切替圧力等の情報を含む。成形機情報は、保圧切替速度、保圧切替位置、保圧完了位置、クッション位置、計量背圧、計量トルク、計量完了位置、スクリュ後退速度、サイクル時間、型閉時間、射出時間、保圧時間、計量時間、型開時間等の情報を含む。

【００２４】

周辺機器情報は、温度計、計量器等を用いて測定して得た、固定値設定された金型温度、変動値設定された金型温度、ペレット供給量等の情報を含む。

30

【００２５】

雰囲気情報は、温度計、湿度計、流量計等を用いて得た雰囲気温度、雰囲気湿度、対流に関する情報（レイノルズ数等）等の情報を含む。

【００２６】

測定部３は、その他、金型開き量、バックフロー量、タイバー変形量、ヒータ加熱率を測定しても良い。

【００２７】

＜成形条件パラメータ調整装置＞

図２は実施形態１に係る成形条件パラメータ調整装置１の構成例を示すブロック図である。成形条件パラメータ調整装置１は、コンピュータであり、ハードウェア構成としてプロセッサ１１、記憶部１２及び操作部１３等を備える。

40

【００２８】

なお、成形条件パラメータ調整装置１は、図示しないネットワークに接続されたサーバ装置であっても良い。また、成形条件パラメータ調整装置１は、複数台のコンピュータで構成し分散処理する構成でもよいし、１台のサーバ内に設けられた複数の仮想マシンによって実現されていてもよいし、クラウドサーバを用いて実現されていてもよい。

【００２９】

プロセッサ１１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、マルチコアＣＰＵ、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、ＧＰＧＰＵ（General-purpose computing on gra

50

phics processing units)、TPU (Tensor Processing Unit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、NPU (Neural Processing Unit)等の演算回路、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)等の内部記憶装置、I/O端子等を有する。プロセッサ11は、後述の記憶部12が記憶するコンピュータプログラム(プログラム製品)12aを実行することにより、取得部14、制御部15及び強化学習器16として機能する。なお、成形条件パラメータ調整装置1の各機能部は、ソフトウェア的に実現しても良いし、一部又は全部をハードウェア的に実現しても良い。

【0030】

記憶部12は、ハードディスク、EEPROM (Electrically Erasable Programmable

10

ROM)、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリである。記憶部12は、強化学習器16の強化学習処理、成形条件パラメータの調整処理をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム12aを記憶している。また、記憶部12は、複数の成形条件パラメータの変更値が決定された場合、成形工程サイクルにおける複数のパラメータの最適な変更タイミングの前後関係を示す情報を格納したテーブル12bを記憶している。

【0031】

<テーブル(タイミング情報)>

図3は実施形態1に係るテーブル12bの構成を示す概念図である。図3Aは、成形工程サイクルにおいて、複数の成形条件パラメータの変更タイミングの前後関係を示すテーブル12bを概念的に示したものである。

20

【0032】

図3Aに示すように、テーブル12bは、第1の成形条件パラメータと、第2の成形条件パラメータと、第1及び第2の成形条件パラメータを変更するタイミングの前後関係を示すデータとを対応付けて格納している。成形条件パラメータを変更するタイミングの前後関係は、成形工程サイクル単位で定められている。つまり、テーブル12bは、成形工程サイクルのnサイクル目で第1の成形条件パラメータを変更した場合、第2の成形条件パラメータを(n+Δn)サイクル目を変更することを示すデータを記憶している。n及びΔnは整数である。

【0033】

図3Bは、図3Aに示すテーブル12bの具体例であり、成形工程サイクルにおいて、成形材料の計量完了位置、射出速度の切替位置等の変更タイミングの前後関係を示すテーブル12bを概念的に示したものである。

30

例えば、テーブル12bは、成形材料の計量完了位置と、射出速度の切替位置と、変更タイミングデータとを対応付けて格納している。当該変更タイミングデータは、計量完了位置を先に変更し、前記計量完了位置を変更した成形工程サイクルよりも1つ後の成形工程サイクルで射出速度を変更することを示している。

【0034】

また、テーブル12bは、加熱シリンダ21aの加熱温度と、射出速度の切替位置と、変更タイミングデータとを対応付けて格納している。当該変更タイミングデータは加熱シリンダ21aの加熱温度を先に変更し、加熱温度を変更した成形工程サイクルよりも所定回数後の成形工程サイクルで射出速度を変更することを示している。

40

【0035】

本実施形態1に係るコンピュータプログラム12aは、記録媒体4にコンピュータ読み取り可能に記録されている態様でも良い。記憶部12は、図示しない読出装置によって記録媒体4から読み出されたコンピュータプログラム12aを記憶する。記録媒体4はフラッシュメモリ等の半導体メモリである。また、記録媒体4はCD (Compact Disc) - ROM、DVD (Digital Versatile Disc) - ROM、BD (Blu-ray(登録商標)Disc)等の光ディスクでも良い。更に、記録媒体4は、フレキシブルディスク、ハードディスク等の磁気ディスク、磁気光ディスク等であっても良い。更にまた、図示しない通信網に接続

50

されている図示しない外部サーバから本実施形態 1 に係るコンピュータプログラム 1 2 a をダウンロードし、記憶部 1 2 に記憶させても良い。

【0036】

操作部 1 3 は、タッチパネル、ソフトキー、ハードキー、キーボード、マウス等の入力装置である。

【0037】

取得部 1 4 は、成形工程サイクルにおいて射出成形機 2 による成形が実行されたときに測定部 3 にて測定され、出力された物理量データを取得する。取得部 1 4 は、取得した物理量データを制御部 1 5 へ出力する。

【0038】

制御部 1 5 及び強化学習器 1 6 は、成形工程サイクルにおいて測定部 3 から出力された物理量データに基づいて、成形条件パラメータを調整し、調整された成形条件パラメータにて射出ユニット 2 1 及び型締装置 2 2 の動作を制御する。

【0039】

成形工程サイクルの概要は以下の通りであり、成形条件パラメータ調整装置 1 は、繰り返される成形工程サイクルにおいて、成形条件パラメータの調整を行う。射出成形に際しては、周知のエジェクト後退工程、型閉工程、型締工程、射出工程、保圧工程、計量工程、型開工程、エジェクト前進工程が順次に行われる。

【0040】

<射出成形機の機能ブロック>

図 4 は、実施形態 1 に係る射出成形機 2 の機能ブロック図である。制御部 1 5 は、図 4 に示すように、観測部 1 5 a 及び報酬算出部 1 5 b を有する。観測部 1 5 a には、測定部 3 から取得部 1 4 を介して取得された物理量データが入力される。

【0041】

観測部 1 5 a は、物理量データを分析することによって射出成形機 2 及び成形品の状態を観測し、観測して得た観測データを強化学習器 1 6 のエージェント 1 6 a へ出力する。物理量データは情報量が大きいため、観測部 1 5 a は、必要に応じて物理量データの情報を圧縮した観測データを生成すると良い。観測データは、射出成形機 2 の状態、成形品の状態等を示す情報である。また、観測データは、制御装置 2 3 に設定されている成形条件パラメータを含むとよい。

【0042】

例えば、観測部 1 5 a は、カメラ画像及びレーザ変位センサの計測値に基づいて、成形品の外観的特徴を示す特徴量、成形品の寸法、面積、体積、光学部品（成形品）の光軸ずれ量等を示す観測データを算出する。また、観測部 1 5 a は、射出速度、射出圧力、保圧等の時系列波形データに対して前処理を実行し、当該時系列波形データの特徴量を観測データとして抽出すると良い。なお、時系列波形の時系列データ、時系列波形を表した画像データを観測データとしても良い。

【0043】

また、観測部 1 5 a は、物理量データを分析することによって成形品の不良度を算出し、算出して得た不良度を報酬算出部 1 5 b へ出力する。不良度は、例えば、バリの面積、ショート面積、ヒケ・反り・ねじれ等の変形量、ウェルドラインの長さ、シルバーストリークの大きさ、ジェットティングの程度、フロアマークの大きさ、色ムラによる色の変化量等である。また、不良度は、成形機から得られる観測データの、良品時の基準となる観測データからの変化量としてもよい。

【0044】

報酬算出部 1 5 b は、観測部 1 5 a から出力された不良度に基づいて成形条件パラメータの良し悪しの基準になる報酬データを算出し、算出して得た報酬データを強化学習器 1 6 のエージェント 1 6 a へ出力する。

【0045】

強化学習器 1 6 は、図 4 に示すように、エージェント 1 6 a と、変更タイミング決定部

10

20

30

40

50

16bと、パラメータ変更部16cとを備える。

【0046】

エージェント16aは、例えば、DQN、A3C、D4PG等の深層ニューラルネットワークを有する強化学習モデル、PlaneNet、SLAC等のモデルベースの強化学習モデル等である。

【0047】

深層ニューラルネットワークを有する強化学習モデルの場合、エージェント16aは、DQN (Deep Q-Network) を備え、観測データが示す射出成形機2の状態sに基づいて、当該状態sに応じた行動aを決定する。DQNは、観測データ示す状態sが入力された場合、複数の行動aそれぞれの価値を出力するニューラルネットワークモデルである。複数の行動aは、成形条件パラメータの変更値に対応する。変更値は、変更後の成形条件パラメータの値であっても良いし、成形条件パラメータの変更量であってもよい。ここでは行動aは成形条件パラメータ値であるものとする。本実施形態1では、変更値は成形条件パラメータの値であるものとして説明する。価値の高い行動aは、射出成形機2に設定すべき適切な成形条件パラメータを表している。行動aにより射出成形機2は他の状態へ遷移する。状態遷移後、エージェント16aは、報酬算出部15bで算出された報酬を受け取り、収益、つまり報酬の累積が最大になるようにエージェント16aを学習させる。

【0048】

より具体的には、DQNは、入力層、中間層及び出力層を有する。入力層は、状態s、つまり観測データが入力される複数のノードを備える。出力層は、複数の行動aにそれぞれ対応し、入力された状態sにおける当該行動aの価値 $Q(s, a)$ を出力する複数のノードを備える。

【0049】

状態s、行動aと、当該行動により得られた報酬rに基づいて、下記式(1)で表される価値Qを教師データとして、DQNを特徴付ける各種重み係数を調整することにより、エージェント16aのDQNを強化学習させることができる。

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha (r + \gamma \max_{a'} Q(s_{next}, a_{next}) - Q(s, a)) \cdots (1)$$

但し、

s：状態

a：行動

α ：学習係数

r：報酬

γ ：割引率

$\max Q(s_{next}, a_{next})$ ：次に取り得る行動に対するQ値のうち最大値

【0050】

モデルベースの強化学習モデルの場合、エージェント16aは、状態表現マップを備え、状態表現マップを行動決定の指針として用いて成形条件パラメータ(行動a)を決定する。エージェント16aは、状態表現マップを用いて、観測データが示す射出成形機2の状態sに基づいて、当該状態に応じた成形条件パラメータ(行動a)を決定する。

【0051】

状態表現マップは、例えば、観測データ(状態s)と、成形条件パラメータ(行動a)とが入力された場合、当該状態sで成形条件パラメータ(行動a)をとることに対する報酬rと、次状態s'への状態遷移確率(確信度)Ptとを出力するモデルである。報酬rは、状態sにおいて、ある成形条件パラメータ(行動a)を設定したときに得られる成形品が正常である否かを示す情報といえる。行動aは、当該状態にある場合、射出成形機2に設定すべき成形条件パラメータである。行動aにより射出成形機2は他の状態へ遷移する。状態遷移後、エージェント16aは、報酬算出部15bで算出された報酬を受け取り、状態表現マップを更新する。

【0052】

変更タイミング決定部 16 b は、エージェント 16 a が決定した行動 a により、複数の成形条件パラメータが変更される場合、テーブル 12 b を参照し、変更対象として決定された複数のパラメータの変更タイミングを決定する。

【0053】

パラメータ変更部 16 c は、変更タイミング決定部 16 b によって決定した変更タイミングに従って、変更対象として決定された複数の成形条件パラメータを順次変更する。実際に成形条件パラメータの設定を変更するタイミングは、成形材料の計量完了時点以降、次サイクル開始前が好ましい。そして、パラメータ変更部 16 c は、変更後の成形条件パラメータに基づく制御信号を射出ユニット 21 及び型締装置 22 へ出力する。射出ユニット 21 及び型締装置 22 は、変更された成形条件パラメータに基づく制御信号に従って、動作する。

10

【0054】

<処理手順（成形条件パラメータ調整方法）>

図 5 は、実施形態 1 に係るプロセッサ 11 の処理手順を示すフローチャートである。射出成形機 2 には成形条件パラメータの初期値が設定され、成形工程サイクルが繰り返されているものとする。成形条件パラメータの初期値は、射出成形機 2 及び成形品の状態に応じて調整される。

【0055】

測定部 3 は、射出成形機 2 が成形を実行したときに、当該射出成形機 2 及び成形品に係る物理量を測定し、プロセッサ 11 又は機能部としての取得部 14 は、測定部 3 にて測定して得た物理量データを取得する（ステップ S111）。

20

【0056】

次いで、プロセッサ 11 又はエージェント 16 a は、取得した物理量データに基づいて成形条件パラメータの変更値を決定する（ステップ S112）。

【0057】

具体的には、制御部 15 の観測部 15 a は、取得した物理量データに基づく観測データを生成し、生成した観測データを強化学習器 16 のエージェント 16 a へ出力する。

強化学習器 16 のエージェント 16 a は、観測部 15 a から出力された観測データを取得し、観測データに基づいて、射出成形機 2 の成形条件パラメータの変更値（行動 a）を算出する。エージェント 16 a は、算出された成形条件パラメータ（行動 a）を変更タイミング決定部 16 b へ出力する。エージェント 16 a は、運用フェーズ（推論フェーズ）において、最適な行動 a を選択し、学習フェーズにおいては、エージェント 16 a を強化学習するため、探索的な行動 a を決定するとよい。また、エージェント 16 a は、行動価値が高い程、又は未探索の行動 a である程、値が小さく、現在の成形条件からの変更量が所定範囲より大きい程、値が大きくなるような目的関数を用いて、当該目的関数の値が小さい行動 a を選択するようにしてもよい。

30

【0058】

ステップ S112 の処理を終えたプロセッサ 11 又は変更タイミング決定部 16 b は、変更対象が複数である場合、テーブル 12 b を参照し、当該複数の成形条件パラメータの変更タイミング、つまり変更順序を決定する（ステップ S113）。

40

【0059】

そして、プロセッサ 11 又はパラメータ変更部 16 c は、決定された変更タイミングに従って、変更対象である複数の成形条件パラメータを順次変更する（ステップ S114）。プロセッサ 11 又はパラメータ変更部 16 c は、成形条件パラメータを変更した場合、成形条件パラメータに基づく制御信号を射出ユニット 21 及び型締装置 22 へ出力し、射出成形機 2 の動作を制御する（ステップ S115）。射出成形機 2 の射出ユニット 21 及び型締装置 22 はパラメータ変更部 16 c から出力された成形条件パラメータに基づく制御信号に従って射出成形処理を行う。

【0060】

プロセッサ 11 は、学習フェーズにおいてはエージェント 16 a の強化学習処理を実行

50

する（ステップS 1 1 6）。なお、複数の成形条件パラメータを変更して、エージェント 1 6 aを強化学習する場合、ステップS 1 1 3及びステップS 1 1 4の処理で、複数の成形条件パラメータを全ての変更した後に、報酬を算出してエージェント 1 6 aを強化学習させるとよい。また、ステップS 1 1 3及びステップS 1 1 4の処理で、複数の成形条件パラメータを全ての変更した後、更に所定回数後に報酬を算出して強化学習を行うように構成してもよい。当該所定回数は、変更する複数の成形条件パラメータによって異なる値であってもよい。

【0061】

ステップS 1 1 6において、具体的には、測定部 3は、成形条件パラメータの変更後、射出成形機 2及び成形品に係る物理量を測定し、測定して得た物理量データを出力する。取得部 1 4は、物理量データを取得し、取得した物理量データは観測部 1 5 aに入力される。

10

【0062】

制御部 1 5の観測部 1 5 aは、測定部 3から出力された物理量データを取得部 1 4を介して取得し、取得した物理量データに基づく観測データを生成し、生成した観測データを強化学習器 1 6のエージェント 1 6 aへ出力する。また、報酬算出部 1 5 bは、測定部 3にて測定された物理量データに基づいて、成形品の不良度に応じて定まる報酬データを算出し、算出した報酬データを強化学習器 1 6へ出力する。

【0063】

エージェント 1 6 aは、観測部 1 5 aから出力された観測データと、報酬算出部 1 5 bから出力された報酬データとに基づいて、モデルを更新する。エージェント 1 6 aがDQNの場合、上記式（1）で表される価値を教師データとして、DQNを学習させる。

20

【0064】

<作用効果>

図 6は、実施形態 1に係る成形条件パラメータ調整方法の作用効果を示す説明図である。複数の成形条件パラメータとして、成形材料の計量完了位置と、射出速度の切替位置とを変更する場合を例にして、本実施形態 1に係る成形条件パラメータ調整方法の作用効果を説明する。

図 6 Aは、変更タイミングを考慮せずに成形条件パラメータを変更した状態を示し、図 6 Bは、変更タイミングを考慮して成形条件パラメータを変更した状態を示している。成形工程サイクルは、主なプロセスとしてエジェクト後退工程（図 6 中、「E J 後退」）、型閉工程、型締工程、射出工程、保圧工程、計量工程、型開工程、エジェクト前進工程（図 6 中「E J E C T 前進」）から構成され、各工程が順次進行する。

30

【0065】

「計量完了位置」と「射出速度切替位置」を変更する場合、まず「計量完了位置」が実際に変更されてから、「射出速度切替位置」を実際に変更するようにしなければならない。図 6 Aに示すように、n サイクルの計量工程が完了したタイミングで「計量完了位置」の変更指示と、「射出速度切替位置」の変更指示とが同時に出力されるとする。この場合、n サイクルのエジェクト前進完了時に、「計量完了位置」及び「射出速度切替位置」の設定が同時に変更される。

40

【0066】

しかしながら、「射出速度切替位置」は実際に変更されることになるが、「計量完了位置」に応じた実際のスクリュ 2 1 bの位置は変更されていない。n サイクルでは、変更前の「計量完了位置」の成形条件パラメータを用いて計量がすでに完了しており、（n + 1）サイクル開始時におけるスクリュ 2 1 bの位置は、パラメータ変更前の「計量完了位置」によって制御されたときの位置となっている。「計量完了位置」の設定変更後、当該設定がスクリュ 2 1 bの位置として反映されるのは、（n + 1）サイクルにおける計量工程であり、これは（n + 1）サイクルにおける射出工程の後の工程である。

【0067】

このため、（n + 1）サイクルの射出工程において、「計量完了位置」がスクリュ 2 1

50

bの位置として実際に反映されていない状態で「射出速度切替位置」だけが実際に変更されてしまうと、予期せぬ不良が発生してしまう。例えば、ショートの程度がひどくて金型から成形品を取り出せないといった不具合が発生し得る。最悪の場合、金型を破損させてしまうおそれもある。

【0068】

このような不具合を防止するため、本実施形態1では、複数の成形条件パラメータの変更タイミングの相互関係を示す情報を有するテーブル12bを用意する。成形条件パラメータ調整装置1は、複数の成形条件パラメータを変更する際、テーブル12bを参照して、各成形条件パラメータの変更タイミングを決定する。成形条件パラメータ調整装置1は、決定した変更タイミングに従って順次変更するようにする。

10

【0069】

具体的には、「計量完了位置」と「射出速度切替位置」を変更する場合、図6Bに示すように、まず、現在のnサイクルにおける計量工程終了時に「計量完了位置」の変更指示を出す。このようにすると、「計量完了位置」の設定がnサイクルのエジェクタ前進完了時に変更され、「計量完了位置」が実際に変更されて成形材料の計量が行われるのは、n+1サイクルの計量工程となる。一方、「射出速度切替位置」の変更指示は、「計量完了位置」変更時よりも一つ後のn+1サイクルにおける計量工程終了時に出される。このようにすると、「射出速度切替位置」の設定はn+1サイクルのエジェクタ前進完了時に変更され、「射出速度切替位置」が実際に変更されて射出が行われるのはn+2サイクルの射出及び保圧工程となる。

20

【0070】

よって、射出工程において、「計量完了位置」の変更がスクリュ21b位置に反映されないまま「射出速度切替位置」だけが変更されてしまう事態を避けることができる。

【0071】

実施形態1に係る射出成形機2によれば、複数の成形工程パラメータの相互関係を考慮し、成形工程サイクルにおける射出成形機2の複数の成形条件パラメータを適切な順序及びタイミングで調整することができる。

【0072】

具体的には、成形条件パラメータ調整装置1は、計量完了位置及び射出速度切替位置を適切なタイミング及び順序で変更することができる。

30

【0073】

また、成形条件パラメータ調整装置1は、加熱シリンダ21aの加熱温度及び射出速度切替位置を適切なタイミング及び順序で変更することができる。

【0074】

なお、本実施形態1では強化学習の運用フェーズ又は学習フェーズにおける成形条件パラメータ変更を例に説明したが、後述する他の機械学習において成形条件パラメータを変更する際にも本発明を適用することができる。また機械学習用の学習データセットを作成する場合において成形条件パラメータを変更する際にも本発明を適用することができる。機械学習を用いない任意の目的で複数の成形条件パラメータを変更する必要がある場合にも本発明を適用することができる。

40

【0075】

また、複数の成形条件パラメータを強化学習により調整する例を説明したが、成形条件パラメータ調整装置1は、教師あり学習により学習された学習器を備えてもよい。学習器は、観測データが入力された場合、成形品の状態を向上させる成形条件パラメータの変更値を出力するモデルである。学習器は、観測データを認識するResNet、DenseNet等のCNN (Convolution Neural Network) を有するモデルであってもよいし、観測データが時系列的データである場合、時系列情報である観測データを認識する再帰型ニューラルネットワーク (RNN: Recurrent Neural Network)、LSTM、Vision Transformer等を有するモデルであってもよい。また、学習器は、上記したCNN、RNN等以外のニューラルネットワーク、Vision Transformer、SVM (Support Vector

50

Machine)、ベイジアンネットワーク、又は、X G B o o s t等の決定木、等の構成の学習モデルを用いて構成してもよい。

【0076】

また、成形機の一例として樹脂成形を行う射出成形機2を説明したが、中空成形機、フィルム成形機、押出機、二軸スクリュ押出機、紡糸押出機、造粒機等に本発明を適用してもよい。また、成形材料も樹脂に限定されるものではなく、マグネシウム射出成形機等に本発明を提供してもよい。

【符号の説明】

【0079】

1 成形条件パラメータ調整装置

10

2 射出成形機

3 測定部

4 記録媒体

11 プロセッサ

12 記憶部

12a コンピュータプログラム

12b テーブル

13 操作部

14 取得部

15 制御部

20

15a 観測部

15b 報酬算出部

16 強化学習器

16a エージェント

16b 調整部

21 射出ユニット

21a 加熱シリンダ

21b スクリュ

21c ホッパ

21d 加熱ヒータ

30

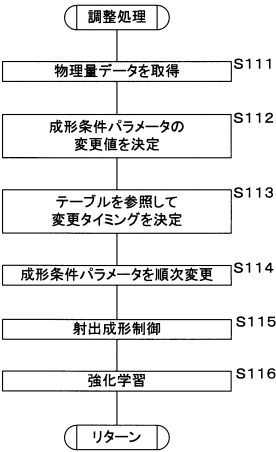
22 型締装置

23 制御装置

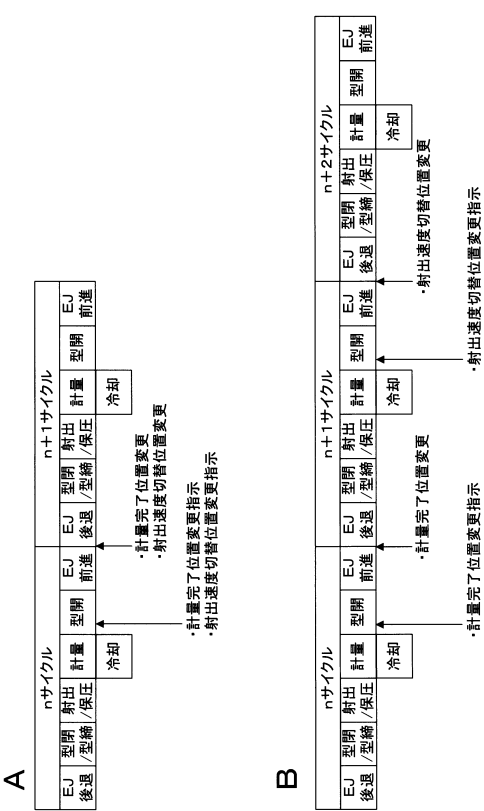
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

式会社日本製鋼所内

審査官 松林 芳輝

- (56)参考文献 特開昭63-132020 (JP, A)
特開平6-210694 (JP, A)
特開2020-163825 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B29C 45/76
B29D 17/32