

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 成形システム (10) は、成形装置 (20) と、異常予測装置 (40) とを備える。異常予測装置 (40) は、成形装置 (20) の保圧動作から保圧解除動作までの間に検出された成形装置 (20) のキャビティ内の成形材料の圧力の最大値を第1評価値として取得し、第1評価値に基づいて、成形装置 (20) の金型部のゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得するように構成される。

明 細 書

発明の名称：

成形システム、異常予測装置、異常予測方法、プログラム及び学習済みモデル

技術分野

[0001] 本開示は、成形システム、異常予測装置、異常予測方法、プログラム及び学習済みモデルに関する。

背景技術

[0002] 複数の金型の間に形成されるキャビティへ成形材料を溶融させた融液を供給して成型品を成形する射出成形装置が知られている。例えば、特許文献1には、金型内に成形材料を射出する射出成形装置が開示されている。

[0003] 特許文献1には、キャビティ内のガス残りに起因する成形不良（ガス残り不良）に対する対策として、品質チェックによりガス残り不良が確認された場合に、スクリュの前進位置を所定量後退させるように成形条件の設定変更を行う。このように、特許文献1には、キャビティ内への樹脂の充填量よりもガスの排出能力が優るように成形条件を変更する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2015-24568公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 射出成形では同じ金型を繰り返し使用するため、金型は成形回数が重なるとともに摩耗していく。金型の摩耗は成形品の品質に影響を及ぼすため、現在は、一定の成形回数ごとに金型を交換し、又は、射出成形を行う作業者の熟練度に基づく勘やコツにより見定めた時点で金型を交換している。このため、金型の交換のタイミングを誤ると、成型品に不良が発生したり、無駄な金

型交換による工数の増加が発生したりしてしまう。

[0006] また、作業者の勘やコツにより金型の交換タイミングを決める場合、成形済みの成型品について品質チェックをし、当該成型品に金型の摩耗に基づく不良、又は不良化の傾向が有ることを見極めた後に、金型の交換を決める。当該品質チェックは、作業者の目視検査等により行うものであるため、品質チェックの精度は作業者の熟練度によるところが大きい。また、作業員の工数が必要となるため、検査にかかる負担も大きい。このため、作業者の熟練度によらず、自動的に金型の適正な交換タイミングを判定する技術が求められている。

[0007] そこで、本開示は、ゲートの摩耗状態を予測する成形システム、異常予測装置、異常予測方法、プログラム及び学習済みモデルを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] (1) 本開示は、成型品を成形する成形装置と、前記成形装置の異常を予測する異常予測装置と、を備える成形システムであって、前記成形装置は、内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ溶融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサと、を有し、前記異常予測装置は、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記圧力センサにより検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得部と、前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測部と、を有する、成形システムを提供する。

[0009] 発明者らは、鋭意研究の結果、キャビティ内の成形材料の保圧工程中の最大圧力は、ゲート正常時よりもゲート異常時のほうが大きくなることを発見した。すなわち、キャビティ内の成形材料の保圧工程中の圧力の最大値に着

目すれば、ゲートの摩耗による異常、ひいては当該異常により発生する成型品の異常（例えば、ボイド、ヒケ、ソリ、寸法差等）を予測できることを発見した。そこで、本開示に係る成形システムは、保圧動作から保圧解除動作までの間のキャビティ内の成形材料の圧力の最大値に基づいて、ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。これにより、成形装置に設けられた圧力センサにより取得される情報からゲートの摩耗状態を予測することが可能となる。

[0010] （２）本開示は、上記（１）に記載の成形システムであって、前記異常予測部は、前記ゲートの摩耗状態が正常な時に取得される前記第１評価値に基づいて生成される第１基準値よりも、予測対象となる前記成型品の成形時に取得される前記第１評価値が大きくなる場合に、前記ゲートに摩耗が発生していることを示す前記予測情報を取得する、成形システムを提供してもよい。このように構成することで、第１基準値と第１評価値との比較により、ゲートの摩耗状態を容易に予測することができる。

[0011] （３）本開示は、上記（２）に記載の成形システムであって、前記異常予測部は、前記成形装置により予測対象となる前記成型品を複数成形し、所定の複数回にわたって連続して取得される前記第１評価値が、いずれも前記第１基準値よりも大きくなる場合に、前記ゲートに摩耗が発生していることを示す前記予測情報を取得する、成形システムを提供してもよい。このように構成することで、突発的な外乱の影響を除外し、ゲートの摩耗状態をより正確に予測することが可能となる。

[0012] （４）本開示は、上記（１）に記載の成形システムであって、前記射出部は、熔融状態の前記成形材料を貯留し、前記金型部と接続するシリンダと、前記シリンダに挿入され、熔融状態の前記成形材料を前記金型部の方向へ押すスクリュと、を有し、前記成形装置は、前記シリンダ内の前記成形材料の圧力、又は前記スクリュが前記成形材料から受ける圧力を検出する第２圧力センサをさらに有し、前記データ取得部は、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記第２圧力センサにより検出された圧力の最大値に基づい

て、第1基準値を取得し、前記異常予測部は、前記第1評価値と前記第1基準値との差又は比に基づいて、前記予測情報を取得する、成形システムを提供してもよい。

[0013] このように構成することで、ゲートの摩耗状態が正常であるか否かを問わず、予測対象の成形品を1回成形した際に、第1基準値と第1評価値の双方を取得することができる。このため、例えば、同じ金型部を使用している最中に成形条件（与圧や型締力、成形材料の種類等）を変更した場合であっても、当該変更後に容易に第1基準値を取得することが可能となる。

[0014] （5）本開示は、上記（1）に記載の成形システムであって、前記異常予測部は、前記第1評価値と前記ゲートの摩耗状態との相関関係を機械学習させた学習済みモデルへ前記第1評価値を入力することで、前記予測情報を取得し、前記学習済みモデルの説明変数は、前記第1評価値を含み、前記学習済みモデルの目的変数は、前記ゲートの内径、又は前記ゲートの摩耗量を含む、成形システムを提供してもよい。このように構成することで、成形条件にばらつきがある状態であっても、より正確にゲートの摩耗状態を予測することができる。

[0015] （6）本開示は、上記（1）～（5）のいずれかに記載の成形システムであって、前記データ取得部は、前記圧力センサにより検出された圧力の時系列データに基づいて、前記保圧解除動作後の前記成形材料の圧力の変化に関する第2評価値を取得し、前記異常予測部は、前記第1評価値及び前記第2評価値に基づいて、1又は複数の前記予測情報を取得する、成形システムを提供してもよい。

[0016] 発明者らは、鋭意研究の結果、キャビティ内の成形材料の保圧解除動作後の圧力の変化の程度（圧力の傾き）は、ゲート正常時よりもゲート異常時のほうが負の方向に大きくなることを発見した。すなわち、キャビティ内の成形材料の保圧解除動作後の圧力の変化に着目すれば、ゲートの摩耗による異常、ひいては当該異常により発生する成型品の異常（例えば、ボイド、ヒケ、ソリ、寸法差等）を予測できることを発見した。そこで、本開示に係る成

形システムは、保圧工程中の最大圧力に基づく第1評価値と、保圧解除動作後のキャビティ内の成形材料の圧力の変化に基づく第2評価値と、の両方に基づいて、ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。これにより、成形装置に設けられた圧力センサにより取得される情報からより正確にゲートの摩耗状態を予測することが可能となる。

[0017] (7) 本開示は、成型品を成形する成形装置の異常を予測する異常予測装置であって、前記成形装置は、内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサと、を有し、前記異常予測装置は、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記圧力センサにより検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得部と、前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測部と、を備える、異常予測装置を提供する。

[0018] 本開示に係る異常予測装置は、保圧動作から保圧解除動作までの間のキャビティ内の成形材料の圧力の最大値に基づいて、ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。これにより、成形装置に設けられた圧力センサにより取得される情報からゲートの摩耗状態を予測することが可能となる。

[0019] (8) 本開示は、内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、を備える成型品を成形する成型装置の異常を予測する異常予測方法であって、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサによ

り検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得工程と、前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測工程と、を備える、異常予測方法を提供する。

[0020] 本開示に係る異常予測方法は、保圧動作から保圧解除動作までの間のキャビティ内の成形材料の圧力の最大値に基づいて、ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。これにより、成形装置に設けられた圧力センサにより取得される情報からゲートの摩耗状態を予測することが可能となる。

[0021] (9) 本開示は、内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、を備える成型品を成形する成型装置の異常を予測するためのプログラムであって、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサにより検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得工程と、前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測工程と、をコンピュータ装置に実行させる、プログラムを提供する。

[0022] 本開示に係るプログラムは、保圧動作から保圧解除動作までの間のキャビティ内の成形材料の圧力の最大値に基づいて、ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する処理をコンピュータ装置に実行させる。これにより、成形装置に設けられた圧力センサにより取得される情報からゲートの摩耗状態を予測することが可能となる。

[0023] (10) 本開示は、内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除す

る保圧解除動作と、を行う射出部と、を備える成型品を成形する成型装置の異常を予測するための学習済みモデルであって、説明変数は、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサにより検出された圧力の最大値に基づいて取得される第 1 評価値を含み、目的変数は、前記ゲートの内径又は前記ゲートの摩耗量を含む、学習済みモデルを提供する。

[0024] 本開示に係る学習済みモデルは、説明変数を保圧動作から保圧解除動作までの間のキャビティ内の成形材料の圧力の最大値に関する第 1 評価値とし、目的変数をゲートの内径又はゲートの摩耗量としているため、学習済みモデルへ当該第 1 評価値を入力すれば、予測したゲートの摩耗状態が出力される。これにより、圧力センサの検出値に基づいて取得される第 1 評価値により、ゲートの摩耗状態を予測することができる。

発明の効果

[0025] 本開示によれば、成型装置のゲートの摩耗状態を予測することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]図 1 は、第 1 実施形態に係る成形システムを模式的に示すブロック図である。

[図2]図 2 は、図 1 に係る成型装置を概念的に示す説明図である。

[図3]図 3 は、図 1 に係る成型装置を概念的に示す説明図である。

[図4]図 4 は、充填工程の終了時の様子を模式的に示す金型部の断面図である。

[図5]図 5 は、図 4 の矢印 V の切断線により切断した金型部を示す断面図である。

[図6]図 6 は、図 4 の矢印 V I の切断線により切断した金型部を示す断面図である。

[図7]図 7 は、圧力の時系列データを示すグラフの一例である。

[図8]図 8 (a) 及び図 8 (b) は、ゲート正常時における、保圧工程の開始及び終了時の様子を模式的に示す説明図である。

[図9]図9（a）及び図9（b）は、ゲート異常時における、保圧工程の開始及び終了時の様子を模式的に示す説明図である。

[図10]図10は、第1実施形態に係る学習装置の機能構成を示すブロック図である。

[図11]図11（a）及び図11（b）は、第1実施形態に係る評価値を模式的に説明するグラフである。

[図12]図12は、第1実施形態に係る異常予測装置の機能構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、第2実施形態に係る成形システムを模式的に示すブロック図である。

[図14]図14は、第2実施形態に係る異常予測装置の機能構成を示すブロック図である。

[図15]図15（a）及び図15（b）は、変形例に係る異常の判定方法を模式的に説明するグラフである。

発明を実施するための形態

[0027] <第1実施形態>

以下、本開示の第1実施形態を、図面を参照して説明する。

[0028] <成形システムの全体構成>

図1は、第1実施形態に係る成形システム10を模式的に示すブロック図である。成形システム10は、複数の成形装置20と、学習装置30と、異常予測装置40と、入力部50と、表示部60とを備える。

[0029] 成形装置20、学習装置30、異常予測装置40、入力部50及び表示部60は、それぞれ無線又は有線により通信可能に設けられている。学習装置30及び異常予測装置40は、演算部（例えば、CPU、GPU等）と、記憶部（例えば、HDD、SSD等）とを有する情報処理装置（コンピュータ装置）により構成されている。学習装置30及び異常予測装置40は、同一の情報処理装置により構成されてもよいし、別々の情報処理装置により構成されてもよい。

[0030] 本実施形態では複数の成形装置 20 が 1 個の学習装置 30 及び 1 個の異常予測装置 40 に接続され、学習装置 30 及び異常予測装置 40 は複数の成形装置 20 から送信される各種のデータに基づいて学習及び異常予測を行う。なお、成形装置 20 は学習装置 30 及び異常予測装置 40 と 1 対 1 で対応していてもよい。すなわち、成形システム 10 において、成形装置 20 は 1 個であってもよいし、学習装置 30 及び異常予測装置 40 は複数備えられていてもよい。

[0031] 入力部 50 は、例えばキーボードやマウスであり、オペレータからの各種の入力を受付ける。表示部 60 は、例えばディスプレイやスピーカであり、成形システム 10 における各種の情報を表示する。入力部 50 及び表示部 60 は、例えばタッチパネルのように一体となってもよい。また、入力部 50 及び表示部 60 は、携帯型の端末装置として、成形装置 20、学習装置 30 及び異常予測装置 40 から離れた場所に移動可能に設けられていてもよい。

[0032] <成形装置の概略構成>

図 2 及び図 3 は、成形装置 20 を概念的に示す説明図である。図 2 及び図 3 において、断面として示す部分にはハッチングを付す。成形装置 20 は、ベッド 21 と、射出部 22 と、型締め部 23 と、金型部 24 と、圧力センサ 25 と、温度センサ 26 と、制御盤 27 とを有する。図 2 は、金型部 24 が開放されている状態の成形装置 20 を示しており、図 3 は、金型部 24 が組み合わされている状態の成形装置 20 を示している。成形装置 20 は、型締め式の射出成形を行う装置である。

[0033] 制御盤 27 は、制御部 271 と、通信部 272 とを有する。制御部 271 は成形装置 20 の各駆動部（モータ 237 等）と電氣的に接続し、当該各駆動部へ動作指令を出力する。また、制御部 271 は成形装置 20 の各センサ（圧力センサ 25 等）と電氣的に接続し、当該各センサにより検出された信号が制御部 271 へ入力される。制御部 271 は、演算部（例えば、CPU、GPU 等）と、記憶部（例えば、HDD、SSD 等）とを有する情報処理

装置により構成されている。

[0034] 通信部 272 は、成形システム 10 の他の各部（学習装置 30 等）と通信を行う。通信部 272 は、例えば、当該各センサにより検出された信号を学習装置 30 又は異常予測装置 40 へ送信する。また、通信部 272 は、後述の判定情報及び予測情報を異常予測装置 40 から受信する。

[0035] 型締め部 23 は、固定盤 231 と、可動盤 232 と、タイバー 233 と、ボールねじ 234 と、支持盤 235 と、型締め力センサ 236 と、モータ 237 とを有する。固定盤 231 及び支持盤 235 は、ベッド 21 に固定されている。支持盤 235 はボールねじ 234 を支持している。ボールねじ 234 はモータ 237 と接続している。制御部 271 の動作指令によりモータ 237 が回転されると、ボールねじ 234 は移動する。ボールねじ 234 のうち、モータ 237 と接続されている端部とは反対側の端部には、可動盤 232 が固定されている。

[0036] ここで、成形装置 20 において、ボールねじ 234 が移動する方向を「軸方向」と称する。ボールねじ 234 に対してモータ 237 が位置する側を軸方向の「一方側」と称し、ボールねじ 234 に対して可動盤 232 が位置する側を軸方向の「他方側」と称する。

[0037] 可動盤 232 は、ボールねじ 234 の移動に伴って、軸方向に移動する。可動盤 232 には、軸方向に貫通している貫通孔 232a が形成されている。タイバー 233 は、軸方向一方側の端部が支持盤 235 に固定され、軸方向他方側の端部が固定盤 231 に固定されている。タイバー 233 は可動盤 232 の貫通孔 232a に挿入されている。これにより、タイバー 233 は、可動盤 232 の軸方向の移動を案内する。

[0038] 型締め力センサ 236 は、ボールねじ 234 から支持盤 235 に加えられる圧力（型締め力の反力）を検出する。型締め力センサ 236 は、圧力に関する検出信号を、制御部 271 に出力する。なお、型締め力センサ 236 は、後述の金型部 24 における型締め力を検出できる位置であれば、他の位置に設置されていてもよい。固定盤 231 には、軸方向他方側に径が広がる貫

通孔 231a が形成されている。貫通孔 231a には、後述のシリンダ 222 が挿入される。

[0039] 金型部 24 は、複数の金型 241、242 を有する。金型 241 は、可動盤 232 に固定されている。ボールねじ 234 が軸方向に移動すると、可動盤 232 とともに金型 241 も軸方向に移動する。すなわち、金型 241 は可動金型である。金型 242 は、固定盤 231 に固定されている。すなわち、金型 242 は固定金型である。金型 242 には、流路 243 が形成されている。

[0040] 図 3 を参照する。ボールねじ 234 により金型 241 が軸方向他方側に移動し、金型 241 が金型 242 に接触すると（すなわち、複数の金型 241、242 が組み合わされると）、金型 241、242 の間にはキャビティ C1 が形成される。本実施形態のキャビティ C1 は、成形材料が充填される円環状の空間である。

[0041] 図 2 を参照する。射出部 22 は、ホッパ 221 と、シリンダ 222 と、スクリュ 223 と、ボールねじ 225 と、モータ 226 と、与圧センサ 227 と、圧力センサ 227a と、移動量センサ 228 と、ヒータ 229 とを有する。ホッパ 221 は、シリンダ 222 と接続しており、シリンダ 222 内に成形材料を供給する。シリンダ 222 は軸方向に延びる中空の円筒形状を有する部材である。シリンダ 222 の軸方向一方側の端部は、径方向一方側の最端に近づくにつれて径が狭くなっており、シリンダ 222 の軸方向一方側の最端にはノズル 224 が設けられている。ノズル 224 は、金型 242 の流路 243 と接続している。

[0042] スクリュ 223 は、シリンダ 222 の軸方向他方側の端部からシリンダ 222 内に挿入されている。スクリュ 223 の軸方向他方側にはボールねじ 225 が接続されており、ボールねじ 225 の軸方向他方側にはモータ 226 が接続されている。制御部 271 の動作指令によりモータ 226 が回転すると、ボールねじ 225 は軸方向に移動する。これに伴いスクリュ 223 も軸方向に移動する。このとき、スクリュ 223 は、軸方向を中心軸とする周方

向に回転する。

[0043] 与圧センサ２２７は、ボールねじ２２５からモータ２２６へ加えられる圧力（スクリュ２２３の押込み力の反力）を検出する。すなわち、与圧センサ２２７は、スクリュ２２３が成形材料Ｌ１から受ける圧力を検出する。与圧センサ２２７は、圧力に関する検出信号を、制御部２７１に出力する。なお、与圧センサ２２７は、スクリュ２２３の押込み力を検出できる位置であれば、他の位置に設置されていてもよい。

[0044] 圧力センサ２２７ａは、シリンダ２２２の内周面に設置され、シリンダ２２２が成形材料Ｌ１から受ける圧力を検出する。圧力センサ２２７ａは、圧力に関する検出信号を、制御部２７１に出力する。与圧センサ２２７及び圧力センサ２２７ａの少なくとも一方が、本開示の「第２圧力センサ」として機能する。

[0045] 移動量センサ２２８は、ボールねじ２２５の軸方向の移動量を検出する。移動量センサ２２８は、移動量に関する検出信号を、制御部２７１に出力する。なお、移動量センサ２２８は、ボールねじ２２５の軸方向の移動量を検出できる位置であれば、他の位置に設置されていてもよい。

[0046] ヒータ２２９は、例えば抵抗線をコイル状に巻回した抵抗加熱ヒータである。ヒータ２２９は、制御部２７１の動作指令により当該抵抗線へ電流が流されることで、抵抗熱によりシリンダ２２２内を加熱する。

[0047] 圧力センサ２５（本開示の「圧力センサ」）は、金型２４１、２４２のうちキャビティＣ１に露出する面に設置されている。より具体的には、圧力センサ２５は、キャビティＣ１に露出する面のうち後述するゲート２４３ｂ（図４）に近接する面に設置されている。圧力センサ２５は、キャビティＣ１内の圧力を検出する。特に、圧力センサ２５は、キャビティＣ１内に供給された成形材料（溶融状態もしくは固化状態、又は溶融状態と固化状態とが混在した状態）の圧力を検出する。圧力センサ２５は、圧力に関する検出信号を制御部２７１に出力する。本実施形態において、圧力センサ２５は金型２４２に、１個設置されている。しかしながら、圧力センサ２５は、金型２４

1、242の双方に、それぞれ複数個設置される構成であってもよい。

[0048] 温度センサ26は、金型241に内蔵されており、金型241の温度を検出する。温度センサ26は、温度に関する検出信号を制御部271に出力する。なお、温度センサ26は、金型241のうちキャビティC1に面する領域に設置されてもよいし、金型242に設置されてもよい。また、温度センサ26は、シリンダ222内に設置されてもよい。すなわち、温度センサ26は、キャビティC1内に供給される成形材料の温度を直接的に又は間接的に検出することができればよい。

[0049] <成形装置による製造方法>

図2から図5を適宜参照しながら、成形装置20による成型品の製造方法について説明する。成形装置20による成型品の製造方法は、前工程ST1と、型締め工程ST2と、充填工程ST3と、保圧工程ST4と、保圧解除工程ST5と、離型工程ST6とが、この順で実行される。本実施形態において、成型品は、転がり軸受に用いられる樹脂製の保持器である。しかしながら、これは成型品の一例であり、本開示に係る成形装置により成形される成型品は、その他の形状及び用途の成型品であってもよい。

[0050] 図2を参照する。はじめに、前工程ST1が実行される。前工程ST1では、モータ226によりスクリュ223が回転し、ヒータ229によりシリンダ222内が加熱されている状態で、ホッパ221から成形材料のペレットがシリンダ222内へ供給される。成形材料のペレットは、スクリュ223の回転に伴う摩擦熱と、ヒータ229による加熱とにより、シリンダ222内において溶融し、溶融状態の成形材料L1となる。シリンダ222内に、所定量の成形材料L1が貯留されると、前工程ST1が終了する。

[0051] 次に、型締め工程ST2が開始されると、図2の状態の成形装置20において、制御部271の動作指令によりボールねじ234が軸方向他方側に移動し、図3に示すように金型241を金型242に接触させる。このように金型241と金型242とを組み合わせた状態で、さらにボールねじ234が軸方向他方側へ所定の型締め力により金型241を金型242へ押さえつ

ける。すなわち、複数の金型 2 4 1、2 4 2 を締め付ける。これにより、複数の金型 2 4 1、2 4 2 の間に円環状のキャビティ C 1 が形成される。以上により、型締め工程 S T 2 が終了する。

[0052] ここで、型締め力は、成形条件のひとつであり、金型 2 4 1、2 4 2 の形状等、その他の成形条件に応じて決定される。型締め力は、型締め力センサ 2 3 6 により検出される。

[0053] 続いて、充填工程 S T 3 が開始されると、上記の型締め力を維持している状態で、ボールねじ 2 2 5 が軸方向一方側へ移動する。これにより、スクリュー 2 2 3 が軸方向一方側へ成形材料 L 1 を押し、シリンダ 2 2 2 のノズル 2 2 4 から金型 2 4 2 の流路 2 4 3 を介してキャビティ C 1 へ溶融状態の成形材料 L 1 が射出される（充填動作）。

[0054] 図 4 は、充填工程 S T 3 の終了時の様子を模式的に示す金型部 2 4 の断面図である。図 5 は、図 4 の矢印 V の切断線により切断した金型部 2 4 の断面図である。図 6 は、図 4 の矢印 V 1 の切断線により切断した金型部 2 4 の断面図である。

[0055] 図 4 を参照する。流路 2 4 3 は、ノズル 2 2 4 側に開口する第 1 開口部 2 4 3 a と、キャビティ C 1 側に開口する第 2 開口部 2 4 3 b とを有する。第 2 開口部 2 4 3 b は、流路 2 4 3 からキャビティ C 1 内へ成形材料 L 1 を供給するゲートとして機能するため、以下、「ゲート 2 4 3 b」と称する。

[0056] 図 5 を参照する。本実施形態において、キャビティ C 1 は環状に形成されている。また、本実施形態において、圧力センサ 2 5 は、キャビティ C 1 のうちゲート 2 4 3 b に最も近接する領域に面するように設置されている。例えば、圧力センサ 2 5 は、図 5 のように軸方向にキャビティ C 1 を見たとき、ゲート 2 4 3 b が向かう方向（本実施形態ではキャビティ C 1 の径方向）に近接して設置されている。

[0057] 図 6 を参照する。本実施形態において、ゲート 2 4 3 b は円形状の内周面を有する。また、ゲート 2 4 3 b は、流路 2 4 3 の他の部分の内径よりも小さい内径を有する。このように構成することで、成型品を成形した際の良好

なゲートカット（キャビティ C 1 部分の成型品と、流路 2 4 3 部分のランナーとの接続を切断すること）を実現することができる。一方で、ゲート 2 4 3 b は流路 2 4 3 の他の部分よりも内径が小さいために、摩耗しやすいという特性を有する。ゲート 2 4 3 b の摩耗は、成型品の品質に特に影響を及ぼすため、ある程度ゲート 2 4 3 b が摩耗すると、金型部 2 4 を交換する必要がある。

[0058] 図 4、図 5 及び図 6 に示すように、流路 2 4 3 からキャビティ C 1 へ成形材料 L 1 が供給され、キャビティ C 1 内がすべて成形材料 L 1 により充填されると、充填工程 S T 3 が終了する。充填工程 S T 3 において、溶融状態の成形材料 L 1 は、金型 2 4 1、2 4 2 の表面付近から徐々に固化しながらキャビティ C 1 内へ供給される。

[0059] 続いて、保圧工程 S T 4 が開始されると、スクリュ 2 2 3 がさらに軸方向一方側へ成形材料 L 1 を押し、シリンダ 2 2 2 のノズル 2 2 4 からキャビティ C 1 へ成形材料 L 1 がさらに射出される。これにより、キャビティ C 1 内に充填されている成形材料 L 1 に所定の圧力（例えば、数十～数百 MP a）が印加される。そして、スクリュ 2 2 3 はこの状態を所定時間保持することで、所定の圧力を所定時間（例えば、数秒間）だけ成形材料 L 1 に与え続ける（保圧動作）。スクリュ 2 2 3 がキャビティ C 1 へ成形材料 L 1 を押し出す圧力（与圧）は、与圧センサ 2 2 7 及び圧力センサ 2 2 7 a により検出される。

[0060] 続いて、保圧解除工程 S T 5 が開始されると、スクリュ 2 2 3 は軸方向他方側へ移動し、成形材料 L 1 の圧力の保持を解除する（保圧解除動作）。保圧解除動作後、所定時間が経過してキャビティ C 1 内の成形材料 L 1 の圧力が所定値以下になると、保圧解除工程 S T 5 が終了する。その後、離型工程 S T 6 が開始されると、金型部 2 4 が冷却されることで、キャビティ C 1 内の成形材料 L 1 が固まり、成型品が形成される。そして、ボールねじ 2 3 4 が軸方向一方側へ移動し、金型 2 4 1 が金型 2 4 2 から離れることで、成型品が取り出される。なお、金型部 2 4 の冷却は、保圧解除工程 S T 5 と同時

に開始されてもよい。

[0061] 図7は、充填工程ST3、保圧工程ST4及び保圧解除工程ST5において、成形装置20の各センサにより検出される圧力の時系列データを示すグラフの一例である。図7において、縦軸は圧力Pであり、横軸は時間tである。グラフ線F0は、与圧センサ227により検出される圧力の時系列データ（本開示の「第2時系列データ」）である。グラフ線F1、F2は、圧力センサ25により検出される圧力の時系列データ（本開示の「時系列データ」）である。

[0062] グラフ線F1は、ゲート243bに摩耗がない、又は摩耗があっても成型品の品質に悪影響を及ぼさない程度の摩耗である場合（以下、適宜「ゲート正常時」と称する。）に、圧力センサ25により検出される圧力の時系列データである。例えば、グラフ線F1は、金型部24により初めて成形を行う際に検出される圧力の時系列データである。グラフ線F2は、ゲート243bに異常な摩耗がある（より詳しくは、成型品の品質に悪影響を及ぼす程度の摩耗がある）場合に、圧力センサ25により検出される圧力の時系列データである。

[0063] 本実施形態において、時間の原点（ $t = 0$ ）は、制御部271がモータ226へスクリュ223の軸方向他方側への移動を動作指令した時点である。すなわち、充填工程ST3において射出部22が金型部24へ成形材料L1の供給を開始した時点である。なお、時間の原点（ $t = 0$ ）はこれに限られず、与圧センサ227又は圧力センサ227aが所定の圧力を検出した時点であってもよいし、移動量センサ228が所定の移動量を検出した時点であってもよい。

[0064] グラフ線F0に着目する。グラフ線F0は、ゲート243bの正常時・異常時にかかわらず、成形条件（型締め力、与圧、保圧時間等）が同一であれば、略同一のグラフが取得される傾向がある。グラフ線F0は、充填工程ST3において圧力 P_{s1} まで立ち上がる。

[0065] ここで、圧力 P_{s1} は、保圧工程ST4の「設定圧力」である。すなわち

、保圧工程 S T 4 の間、与圧センサ 2 2 7 により検出される圧力が $P_s 1$ に維持されるように、制御部 2 7 1 がモータ 2 2 6 をフィードバック制御する。このため、保圧工程 S T 4 の間、与圧センサ 2 2 7 により検出される圧力は $P_s 1$ で略一定となる。保圧工程 S T 4 は、時点 X 1 に開始され、時点 X 2 に終了する。すなわち、保圧時間は、 $(X 2 - X 1)$ である。その後、保圧解除工程 S T 5 において圧力は低下する。保圧解除工程 S T 5 は、時点 X 2 から開始される。すなわち、保圧解除動作は、時点 X 2 に実行される。

[0066] 次に、グラフ線 F 1 に着目する。グラフ線 F 1 は、充填工程 S T 3 においてグラフ線 F 0 が立ち上がった後に立ち上がり、保圧工程 S T 4 において圧力が最大圧力 $P_t 1$ まで上昇し、その後圧力が減少していき、保圧解除工程 S T 5 において圧力が急激に低下する。

[0067] 次に、グラフ線 F 2 に着目する。グラフ線 F 2 は、充填工程 S T 3 においてグラフ線 F 0 が立ち上がった後に立ち上がり、保圧工程 S T 4 において圧力が最大圧力 $P_t 2$ まで上昇し、その後圧力が減少していき、保圧解除工程 S T 5 において圧力が急激に低下する。

[0068] ここで、グラフ線 F 1（ゲート正常時）と、グラフ線 F 2（ゲート異常時）との主な相違点は、2 点ある。1 点目は、保圧工程 S T 4 における最大圧力である。グラフ線 F 1 の最大圧力 $P_t 1$ よりも、グラフ線 F 2 の最大圧力 $P_t 2$ の方が、大きくなる傾向がある。これは、ゲート 2 4 3 b の内径が摩耗により正常時よりも大きくなることで、ゲート 2 4 3 b における流路抵抗が正常時よりも低くなるため、射出部 2 2 からキャビティ C 1 内の成形材料 L 1 に与えられる圧力が減衰しなくなる結果、最大圧力が大きくなることに起因する。すなわち、保圧工程 S T 4 におけるキャビティ C 1 内の成形材料 L 1 の最大圧力は、ゲート 2 4 3 b の内径が大きいほど（すなわち、ゲート 2 4 3 b が摩耗するほど）、大きくなる。

[0069] 2 点目は、保圧解除動作後（すなわち、時点 X 2 後）の圧力の変化の程度（すなわち、圧力の傾き）である。グラフ線 F 1 の保圧解除動作後の圧力の傾きよりも、グラフ線 F 2 の保圧解除動作後の圧力の傾きの方が、負の方向

に大きくなる傾向がある。この原因について、図 8 (a) 及び図 8 (b) 並びに図 9 (a) 及び図 9 (b) を用いて説明する。

[0070] 図 8 (a) 及び図 8 (b) は、ゲート正常時における、保圧工程 S T 4 の開始時 (時点 X 1) 及び終了時 (時点 X 2) の様子を模式的に示す説明図である。図 8 (a) 及び図 8 (b) は、図 5 のゲート 2 4 3 b を含む領域を拡大して示す図である。また、図 8 (a) は、充填工程 S T 3 が終了し、保圧工程 S T 4 が開始される時点の様子を示している。ゲート 2 4 3 b の内径 d_1 は、成型品の品質に影響を及ぼさない正常な内径である。保圧工程 S T 4 の開始時 (時点 X 1) において、キャビティ C 1 内及び流路 2 4 3 内の成形材料 L 1 はほとんど溶融状態である。

[0071] 図 8 (b) は、保圧工程 S T 4 が終了し、保圧解除工程 S T 5 が開始される時点の様子を示している。保圧工程 S T 4 の間、成形材料 L 1 は、金型 2 4 2 により熱が奪われることで、流路 2 4 3 の縁の部分において一部が凝固し、凝固体 S 1 となる。そして、保圧工程 S T 4 が終了するまでに凝固体 S 1 がゲート 2 4 3 b を全て覆い、図 8 (b) に示すようにキャビティ C 1 と流路 2 4 3 とが凝固体 S 1 により寸断される「ゲートシール」状態となる。

[0072] ゲートシール状態になった後、保圧解除動作が行われることで、キャビティ C 1 内の成形材料 L 1 はキャビティ C 1 内に留まったまま凝固及び収縮する。これにより、保圧解除動作後のキャビティ C 1 内の成形材料 L 1 の圧力は、図 7 のグラフ線 F 1 に示されるように、急激に減少する。

[0073] 図 9 (a) 及び図 9 (b) は、ゲート異常時における、保圧工程 S T 4 の開始時 (時点 X 1) 及び終了時 (時点 X 2) の様子を模式的に示す説明図である。図 9 (a) 及び図 9 (b) は、図 5 のゲート 2 4 3 b を含む領域を拡大して示す図である。また、図 9 (a) は、充填工程 S T 3 が終了し、保圧工程 S T 4 が開始される時点の様子を示している。ゲート 2 4 3 b の内径 d_2 は、正常時の内径 d_1 よりも大きく、成型品の品質に影響を及ぼす異常な内径である。保圧工程 S T 4 の開始時 (時点 X 1) において、キャビティ C 1 内及び流路 2 4 3 内の成形材料 L 1 はほとんど溶融状態である。

[0074] 図9（b）は、保圧工程S T 4が終了し、保圧解除工程S T 5が開始される時点の様子を示している。保圧工程S T 4の間、成形材料L 1は、金型2 4 2により熱が奪われることで、流路2 4 3の縁の部分において一部が凝固し、凝固体S 1となる。しかしながら、径d 2が正常時よりも大きいため、保圧工程S T 4が終了するまでに凝固体S 1はゲート2 4 3 bを全て覆いつくせない。このため、図9（b）に示すように、ゲート2 4 3 bの凝固体S 1に隙間G 1が残り、キャビティC 1と流路2 4 3とが凝固体S 1により寸断されない。このような状態を、「ゲートシール未了状態」と称する。

[0075] そして、ゲートシール未了状態のまま、保圧解除動作が行われることで、キャビティC 1内の成形材料L 1が流路2 4 3へ（すなわち、矢印A R 1の方向へ）逆流する。また、キャビティC 1内に残った成形材料L 1は、凝固及び収縮する。これにより、保圧解除動作後のキャビティC 1内の成形材料L 1の圧力は、図7のグラフ線F 2に示されるように、成形材料L 1の流路2 4 3への逆流がある分だけ、グラフ線F 1よりも急激に減少する。

[0076] このように、ゲートシール未了状態のまま保圧解除動作が行われると、成形材料L 1の流路2 4 3への逆流がある分だけ、キャビティC 1内の成形材料の充填量が減少するため、成型品の寸法、重量、品質（例えば、強度）のばらつきが大きくなるという悪影響が生じる。また、成形材料の充填量が減少すると、成型品にボイド（成型品の内部に生じる意図しない空間）、ヒケ（成型品の外面に生じる意図しない凹み）、ソリ（成型品の意図しない変形）、といった不良が生じるおそれがある。このため、ゲート2 4 3 bの異常を成形装置2 0においてセンシングし、自動的に判定できる技術が重要となる。

[0077] 上記に説明したように、発明者らは、鋭意研究の結果、キャビティC 1内の成形材料L 1の保圧工程S T 4中の最大圧力は、ゲート正常時よりもゲート異常時のほうが大きくなる（ $P_{t1} < P_{t2}$ ）ことを発見した。すなわち、キャビティC 1内の成形材料L 1の保圧工程S T 4中の圧力の最大値（以下、「第1評価値R 1」と適宜称する。）に着目すれば、ゲートの摩耗によ

る異常、ひいては当該異常により発生する成型品の異常（例えば、ボイド、ヒケ、ソリ、寸法差等）を予測できることを発見した。

[0078] また、発明者らは、鋭意研究の結果、キャビティ C 1 内の成形材料 L 1 の保圧解除動作後の圧力の変化の程度（圧力の傾き）は、ゲート正常時よりもゲート異常時のほうが負の方向に大きくなることを発見した。すなわち、キャビティ C 1 内の成形材料 L 1 の保圧解除動作後の圧力の傾き（以下、「第 2 評価値 R 2」と適宜称する。）に着目すれば、ゲートの摩耗による異常、ひいては当該異常により発生する成型品の異常（例えば、ボイド、ヒケ、ソリ、寸法差等）を予測できることを発見した。

[0079] そこで、本実施形態に係る成形システム 10 では、学習装置 30 において第 1 評価値 R 1 及び第 2 評価値 R 2 と、とゲート 243b の摩耗状態との相関関係を学習させた学習済みモデル T m 1 を生成し、異常予測装置 40 において学習済みモデル T m 1 と第 1 評価値 R 1 及び第 2 評価値 R 2 とに基づいて、ゲート 243b の摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。以下、学習装置 30 及び異常予測装置 40 について説明する。

[0080] <学習装置の説明>

図 10 は、本実施形態に係る学習装置 30 の機能構成を示すブロック図である。学習装置 30 は、訓練データ取得部 31 と、学習演算部 32 と、成形情報記憶部 33 と、学習済みモデル記憶部 34 とを有する。これらの各部は、CPU 等の演算部と HDD 等の記憶部とを有するコンピュータ装置により実現される。

[0081] 成形情報記憶部 33 には、各種の成形情報が記憶されている。成形情報は、例えば各種の第 1 情報と第 2 情報とを対応付けしたテーブル形式の情報である。例えば、第 1 情報が金型の種類である場合、第 2 情報には金型の各種寸法、キャビティ C 1 の容積が含まれる。第 1 情報が成形材料の種類又はロット番号である場合、第 2 情報には成形材料の物性（粘度、含有水分等）が含まれる。

[0082] 訓練データ取得部 31 は、成形システム 10 の各部から訓練データに関する

る情報を取得する。訓練データは、後述の第1評価値R1と、第2評価値R2と、第3評価値R3と、成形情報と、ゲート243bの摩耗情報とを含む。訓練データは、例えば学習対象の成型品を成形した際に、成形システム10の各部（例えば、圧力センサ25）において検出されるデータに基づいて取得される。

[0083] 例えば、訓練データ取得部31は、圧力センサ25及び与圧センサ227においてそれぞれ検出された圧力に基づいて、保圧工程ST4中のキャビティC1内の成形材料L1の最大圧力を第1評価値R1として取得する。具体的には、与圧センサ227により検出される圧力が設定圧力 P_{s1} になっていることに基づいて、保圧工程ST4の開始時点X1と終了時点X2を取得する。そして、時点X1（保圧動作時点）から時点X2（保圧解除動作時点）の間に、圧力センサ25により検出された圧力の最大値 P_{tn} を第1評価値R1として取得する。

[0084] また、訓練データ取得部31は、圧力センサ25により検出された圧力の時系列データに基づいて、時点X2（保圧解除動作時点）以降の成形材料L1の圧力の変化（傾き）に関する第2評価値R2を取得する。

[0085] 図11（a）及び図11（b）は、本実施形態に係る第2評価値R2について模式的に説明するグラフである。図11（a）は、図7の時点X2以降のグラフ線F1、F2を拡大して示すグラフである。まず、X2から所定時間T1ごとに時点を区切る。例えば、時点X3は $X2 + T1$ となる時点であり、時点X4は $X3 + T1$ となる時点である。図11（a）では時点X3～X6の4個の時点を区切るが、これより多くの時点（例えば、10個）で区切ってもよい。

[0086] そして、時点X2から時点X3までのグラフ線F1、F2の変化の割合を、それぞれの圧力の傾きとして取得する。例えば、図11（a）に示すように、グラフ線F1の場合、時点X2における圧力が P_{a1} であり、時点X3における圧力が P_{a2} であるため、圧力の傾き dP_{a1} は、 $(P_{a2} - P_{a1}) / (X3 - X2)$ となる。

[0087] 図11(b)は、グラフ線F1、F2について、所定時間ごとに取得された圧力の傾きをプロットしたグラフである。当該グラフの縦軸は圧力の傾きであり、横軸は時間である。図11(b)において、グラフ線F1から取得された圧力の傾きは黒丸によりプロットしており、グラフ線F2から取得された圧力の傾きは白丸によりプロットしている。図11(a)では時点X2以降、4個の時点に区切っているため、各グラフ線F1、F2においてそれぞれ4個の圧力の傾きが取得される。例えば、時点X2から時点X3までのグラフ線F1の圧力の傾き dPa_1 は、図11(b)の時点X2上にプロットされる。

[0088] そして、これら複数の圧力の傾きの平均値（又は中央値）を、第2評価値R2として取得する。例えば、学習対象の成型品を成形した際に、圧力センサ25において検出された圧力の時系列データがグラフ線F1である場合、黒丸で示すグラフ線F1についての4個の圧力の傾きの平均値 dPv_1 を、第2評価値R2として取得する。同様に、学習対象の成型品を成形した際に、圧力センサ25において検出された圧力の時系列データがグラフF2である場合、白丸で示すグラフ線F2についての4個の圧力の傾きの平均値 dPv_2 を、第2評価値R2として取得する。

[0089] 図11(a)や図7では、曲線として圧力の時系列データを表示しているが、実際には圧力の時系列データは複数の点により構成されている。そして、所定時点の点が他の隣接する点よりも極端に異なる値をとる「スパイクノイズ」が発生する場合がある。このため、スパイクノイズが生じている時点の圧力値のみに基づいて第2評価値R2を取得すると、正確な値が取得できない。本実施形態では、保圧解除動作後の圧力の時系列データにおいて、所定時間ごとに複数の圧力の傾きを取得し、複数の圧力の傾きの平均値又は中央値を第2評価値R2とすることで、スパイクノイズの影響を低減することができる。

[0090] なお、第2評価値R2は、保圧解除動作後の圧力の変化を示す値であれば、上記以外の方法により取得されてもよい。例えば、複数の点により構成さ

れている圧力の時系列データから近似曲線の関数を導出し、当該関数を微分することで第2評価値R2を取得してもよい。また、圧力の傾きに代えて、圧力の変化量を第2評価値R2として取得してもよい。図11(a)の例では、保圧解除動作(時点X2)から所定時間T1の間における圧力の変化量($P_{a2} - P_{a1}$)を第2評価値R2として取得してもよい。

[0091] また、訓練データ取得部31は、ゲート243bの摩耗状態を示す摩耗情報を取得する。ゲート243bの摩耗状態は、例えばゲート243bの内径、又はゲート243bの摩耗量である。学習対象の成型品を成形した後、オペレータは金型部24を例えば定規により確認し、ゲート243bの内径を計測する。そして、入力部50に計測したゲート243bの内径を入力する。これにより、訓練データ取得部31は、ゲート243bの内径を摩耗情報として取得する。

[0092] また、ゲート243bの摩耗量を摩耗情報として取得する場合、はじめに、金型部24の初期状態(例えば、1回も成形を行っていない状態)におけるゲート243bの内径(初期内径)を計測する。次に、学習対象の成型品を成形した後、オペレータは定規によりゲート243bの内径を測定し、当該内径からゲート243bの初期内径を減算する。これにより、ゲート243bの初期内径からの摩耗量が取得される。そして、オペレータは入力部50へ算出されたゲート243bの摩耗量を入力する。これにより、訓練データ取得部31は、ゲート243bの摩耗量を摩耗情報として取得する。

[0093] なお、訓練データ取得部31は図示省略する記憶部にゲート243bの初期内径を記憶し、オペレータが入力部50に入力したゲート243bの内径と、当該初期内径とに基づいて、訓練データ取得部31がゲート243bの摩耗量を算出するように構成してもよい。

[0094] また、訓練データ取得部31は、複数の第3評価値R3を取得する。第3評価値R3は、例えば、温度センサ26において検出された温度に関する値と、図示省略するその他のセンサ(例えば、湿度センサ)において検出された成形装置20の周辺及び内部の環境に関する値と、を含む。

- [0095] 図10を参照する。訓練データ取得部31は、入力部50にオペレータが入力する情報と、成形情報記憶部33とに基づいて、成形情報を取得する。例えば、学習対象の成型品を成形する際に、オペレータは当該成型品に関する成形材料のロット番号を入力する。訓練データ取得部31は、当該ロット番号に対応する成形材料の物性（例えば、粘度）に関する成形情報を、成形情報記憶部33から取得する。
- [0096] 訓練データ取得部31は、例えば学習対象の成型品を1個成形する際に、1組の訓練データ（当該成型品の成形の際に取得される第1評価値R1、第2評価値R2、第3評価値R3、成形情報及び摩耗情報のセット）を取得する。同様に、学習対象の成型品を複数成形する際に、複数組の訓練データを取得する。
- [0097] 学習演算部32は、複数組の訓練データに基づいて、教師あり機械学習を行う演算をすることで、第1評価値R1と、摩耗情報との相関関係をモデル化した学習済みモデル T_{m1} を生成する。また、学習演算部32は、複数組の訓練データに基づいて、教師あり機械学習を行う演算をすることで、第2評価値R2と、摩耗情報との相関関係をモデル化した学習済みモデル T_{m2} を生成する。すなわち、本実施形態では、2個の学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} を生成する。
- [0098] 本実施形態では、機械学習モデルとして、畳み込みニューラルネットワーク（CNN：Convolutional Neural Network）を用いるが、その他のモデルを用いてもよい。例えば、データのグループ分けに関するモデルである回帰木モデルであってもよい。
- [0099] 具体的には、学習済みモデル T_{m1} を生成する際には、第1評価値R1、第3評価値R3及び成形情報（これら3種類の情報を「第1評価情報」と総称する。）を説明変数とし、摩耗情報を目的変数とすることで、第1評価情報と摩耗情報との相関関係をモデル化する。また、学習済みモデル T_{m2} を生成する際には、第2評価値R2、第3評価値R3及び成形情報（これら3種類の情報を「第2評価情報」と総称する。）を説明変数とし、摩耗情報を

目的変数とすることで、第2評価情報と摩耗情報との相関関係をモデル化する。

[0100] 学習演算部32により生成された学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} は、学習済みモデル記憶部34に記憶される。学習済みモデル記憶部34に記憶された学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} は、学習装置30に新たな情報が入力され、訓練データ取得部31において新たな訓練データが取得されると、当該訓練データの内容に応じて適宜更新される。また、学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} は、学習装置30から後述の異常予測装置40へ送信され、異常予測装置40の学習済みモデル記憶部45にも記憶される。本実施形態の学習済みモデル T_{m1} 及び／又は学習済みモデル T_{m2} は、例えば非一時的なコンピュータ可読媒体等の、任意の記憶媒体に格納されて提供されてもよい。

[0101] なお、本実施形態では、圧力の最大値に関する第1評価値 R_1 と、圧力の傾きに関する第2評価値 R_2 とを別々にして、それぞれ学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} を生成する。しかしながら、第1評価値 R_1 、第2評価値 R_2 、第3評価値 R_3 及び成形情報（これら4種類の情報を「第3評価情報」と総称する。）を説明変数とし、摩耗情報を目的変数とすることで、第3評価情報と摩耗情報との相関関係をモデル化した学習済みモデル T_{m3} を生成するように構成してもよい。また、本実施形態では、2個の学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} を生成するが、いずれか一方の学習済みモデルのみを生成するように構成してもよい。

[0102] <学習済みモデルの生成方法>

次に、学習装置30による学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} の生成方法について説明する。学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} の生成方法は、訓練データ取得工程と、学習演算工程とを備える。はじめに、訓練データ取得工程が開始されると、訓練データ取得部31は、複数組の訓練データを取得する。例えば、圧力センサ25により検出された圧力の時系列データに基づいて、第1評価値 R_1 及び第2評価値 R_2 を取得する。また、当該第1評価値 R_1 及び第2評価値 R_2 が取得された成型品を成形した金型部24を作業員が実際に

検査することで、摩耗情報を取得する。次に、学習演算工程が開始されると、学習演算部 32 は、複数組の訓練データに基づいて学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} を生成する。

[0103] <異常予測装置の説明>

図 12 は、本実施形態に係る異常予測装置 40 の機能構成を示すブロック図である。異常予測装置 40 は、データ取得部 41 と、異常予測部 42 と、出力部 43 と、成形情報記憶部 44 と、学習済みモデル記憶部 45 とを有する。これらの各部は、CPU 等の演算部と HDD 等の記憶部とを有するコンピュータ装置により実現される。演算部は、記憶部に記憶されているプログラムに基づいて、後述のデータ取得処理と、異常予測処理とを実行する。本実施形態のプログラムは、例えば非一時的なコンピュータ可読媒体等の、任意の記憶媒体に格納されて提供されてもよい。

[0104] 成形情報記憶部 44 には、成形情報記憶部 33 と同様に、各種の第 1 情報と第 2 情報とを対応付けしたテーブル形式の成形情報が記憶されている。学習済みモデル記憶部 45 には、学習装置 30 により生成された学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} が記憶されている。

[0105] 成形情報記憶部 44 及び学習済みモデル記憶部 45 は、コンピュータ装置のうち、学習装置 30 の成形情報記憶部 33 及び学習済みモデル記憶部 34 と同じ記憶領域により実現されてもよいし、別の記憶領域により実現されてもよい。すなわち、学習装置 30 及び異常予測装置 40 が、同じ成形情報記憶部 33 及び学習済みモデル記憶部 34 を共有するように構成されてもよいし、学習装置 30 及び異常予測装置 40 がそれぞれ独立した成形情報記憶部 33、44 及び学習済みモデル記憶部 34、45 を有するように構成されてもよい。

[0106] データ取得部 41 は、成形システム 10 の各部から異常予測を行うための情報を取得するデータ取得処理を実行する。異常予測を行うための情報は、例えば予測対象の成型品を成形した際に取得される 1 組の第 1 評価値 R_1 、第 2 評価値 R_2 、第 3 評価値 R_3 及び成形情報である。

[0107] 異常予測部42は、学習済みモデル T_{m1} へ、データ取得部41により取得された1組の第1評価値 R_1 、第3評価値 R_3 及び成形情報を入力する。学習済みモデル T_{m1} は、これらの入力に基づいて、ゲート243bの摩耗状態を予測するための予測情報 D_1 を出力する。また、異常予測部42は、学習済みモデル T_{m2} へ、データ取得部41により取得された1組の第2評価値 R_2 、第3評価値 R_3 及び成形情報を入力する。学習済みモデル T_{m2} は、これらの入力に基づいて、ゲート243bの摩耗状態を予測するための予測情報 D_2 を出力する。

[0108] 予測情報 D_1 、 D_2 は、学習済みモデル T_{m1} 、 T_{m2} を生成する際に用いた目的変数に対応する情報である。例えば、目的変数がゲート243bの摩耗量である場合、予測情報 D_1 は、ゲート243bの摩耗量について予測される確率を含む情報となる。より具体的には、予測情報 D_1 は、例えばゲート243bの摩耗量について、1mm以下である第1確率と、1mmより長く3mm以下である第2確率と、3mmより大きい第3確率とを含む。一例として、学習済みモデル T_{m1} へ1組の第1評価値 R_1 、第3評価値 R_3 及び成形情報を入力すると、学習済みモデル T_{m1} は第1確率が10%、第2確率が10%、第3確率が80%である予測情報 D_1 を出力する。予測情報 D_2 についても、同様に出力される。

[0109] 出力部43は、異常予測部42において取得された予測情報 D_1 、 D_2 に基づいて、ゲート243bの摩耗状態の正常・異常を判定する。出力部43は、例えば、所定のしきい値と、予測情報 D_1 に基づいて、ゲート243bの第1予備判定情報 P_{D1} を取得する。所定のしきい値は、例えば許容される最大摩耗量（又は許容される最大内径）である。例えば、許容される最大摩耗量が3mmである場合、上記の第1確率～第3確率のうち、第3確率が最も高いときに、出力部43はゲート243bの摩耗状態が異常であることを示す第1予備判定情報 P_{D1} を取得する（例えば、 $P_{D1} = 1$ ）。また、上記の第1確率～第3確率のうち、第1確率又は第2確率が最も高いときには、出力部43はゲート243bの摩耗状態が正常であることを示す第1予

備判定情報 $PD1$ を取得する（例えば、 $PD1 = 0$ ）。

[0110] また、出力部 43 は、同様に、予測情報 $D2$ に基づいてゲート 243b の第 2 予備判定情報 $PD2$ を取得する。例えば、出力部 43 は、ゲート 243b の摩耗状態が異常であることを示す第 2 予備判定情報 $PD2$ ($PD2 = 1$)、又はゲート 243b の摩耗状態が正常であることを示す第 2 予備判定情報 $PD2$ ($PD2 = 0$) を取得する。

[0111] そして、第 1 及び第 2 予備判定情報 $PD1$ 、 $PD2$ に基づいて、ゲート 243b の摩耗状態が正常か異常かを判定する。例えば、第 1 及び第 2 予備判定情報 $PD1$ 、 $PD2$ がいずれも異常であることを示す場合（すなわち、 $PD1 \times PD2 = 1$ の場合）にのみ、ゲート 243b の摩耗状態が異常であると判定する。そして、出力部 43 は、ゲート 243b の摩耗状態の正常・異常に関する判定の情報である「判定情報」を取得する。

[0112] ここで、第 1 予備判定情報 $PD1$ は、予測情報 $D1$ に基づいて取得される。予測情報 $D1$ は、保圧工程 $ST4$ 中の最大圧力に基づいて取得される第 1 評価値 $R1$ と、学習済みモデル $Tm1$ から取得される。また、第 2 予備判定情報 $PD2$ は、予測情報 $D2$ に基づいて取得される。予測情報 $D2$ は、保圧解除動作後の圧力の傾きに基づいて取得される第 2 評価値 $R2$ と、学習済みモデル $Tm2$ から取得される。

[0113] このように、第 1 予備判定情報 $PD1$ と第 2 予備判定情報 $PD2$ は、予測対象の成形品を成形した際に得られる圧力の時系列データのうち、それぞれ異なるポイントに着目した 2 個の情報（第 1 評価値 $R1$ 、第 2 評価値 $R2$ ）に基づいて、それぞれ取得される。このため、第 1 予備判定情報 $PD1$ と第 2 予備判定情報 $PD2$ の両方が異常を示す場合にのみ、ゲート 243b の摩耗状態が異常であると判定することで、ゲート 243b の摩耗状態がより確実に異常である場合のみを抽出することが可能となる。これにより、金型部 24 の点検や交換の頻度を低減することができる。

[0114] なお、出力部 43 は、第 1 及び第 2 予備判定情報 $PD1$ 、 $PD2$ の少なくとも一方が異常であることを示す場合（すなわち、 $PD1 + PD2 \geq 1$ の場

合)に、ゲート243bの摩耗状態が異常であると判定するように構成してもよい。このように構成すれば、ゲート243bの摩耗状態が異常となる場合を漏れなく抽出することが可能となる。これにより、金型部24の異常により早く対応することが可能となり、成型品の歩留まりを向上することができる。

[0115] 出力部43は、判定情報と、予測情報D1、D2とを表示部60及び制御部271に出力する。表示部60には、判定情報と、予測情報D1、D2とが表示される。特に、ゲート243bの摩耗状態が異常であると判定されている場合には、表示部60のディスプレイにおいて赤などの強調色により判定情報を表示し、スピーカにおいてアラートを発報するように構成してもよい。

[0116] また、ゲート243bの摩耗状態が異常であると判定されている場合、制御部271の動作指令により、異常判定されたゲート243bを含む成形装置20を、金型部24が開放した状態で停止させるように構成してもよい。この場合、オペレータは表示部60によるアラート等に基づいて、金型部24を点検し、必要に応じて金型部24の交換を行う。

[0117] なお、本実施形態において、出力部43を設けずに、異常予測部42において得られた予測情報D1、D2をそのまま表示部60に表示するように構成されてもよい。この場合、表示部60に表示された予測情報D1、D2に基づいて、オペレータがゲート243bの摩耗状態の正常・異常を判断するようにしてもよい。

[0118] <異常予測装置による異常予測方法>

次に、異常予測装置40による異常予測方法を説明する。異常予測方法は、データ取得工程と、異常予測工程とを備える。データ取得工程が開始されると、データ取得部41は、予測対象の成型品を成形した際に取得される1組の第1評価値R1、第2評価値R2、第3評価値R3及び成形情報を取得する。以上により、データ取得工程が終了する。

[0119] 次に、異常予測工程が開始されると、はじめに、異常予測部42は、1組

の第1評価値R1、第3評価値R3及び成形情報を学習済みモデルTm1へ入力することで、予測情報D1を取得する。また、異常予測部42は、1組の第2評価値R2、第3評価値R3及び成形情報を学習済みモデルTm2へ入力することで、予測情報D2を取得する。

[0120] 次に、出力部43は、予測情報D1、D2から第1、第2予備判定情報PD1、PD2を取得する。そして、出力部43は、第1、第2予備判定情報PD1、PD2に基づいて、判定情報を取得する。最後に、出力部43は、当該判定情報と、予測情報D1、D2とを表示部60及び制御部271に出力する。以上により、異常予測工程が終了する。

[0121] <成形システムの作用・効果>

本実施形態に係る成形システム10は、保圧動作（時点X1）から保圧解除動作（時点X2）までの間のキャビティC1内の成形材料L1の圧力の最大値（第1評価値R1）に基づいて、ゲート243bの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。また、本実施形態に係る成形システム10は、保圧解除動作後のキャビティC1内の成形材料L1の圧力の変化に関する値（第2評価値R2）に基づいて、ゲート243bの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する。

[0122] このような構成により、学習済みモデルTm1、Tm2が一旦生成された後は、オペレータが逐一金型部24を検査する必要がなくなり、成形装置20に設けられた各種のセンサ（圧力センサ25、与圧センサ227等）により取得される情報からゲート243bの摩耗状態を予測することが可能となる。

[0123] また、本実施形態に係る成形システム10は、第1評価値R1と摩耗情報との相関関係を機械学習させた学習済みモデルTm1へ第1評価値R1を入力することで、予測情報D1を取得する。ここで、学習済みモデルTm1の説明変数は、第1評価値R1を含み、学習済みモデルTm1の目的変数は、ゲート243bの内径又はゲート243bの摩耗量を含む。このように構成することで、成形条件にばらつきがある状態であっても、より正確にゲート

243bの摩耗状態を予測することができる。

[0124] また、本実施形態に係る成形システム10は、第2評価値R2と摩耗情報との相関関係を機械学習させた学習済みモデルTm2へ第2評価値R2を入力することで、予測情報D2を取得する。ここで、学習済みモデルTm2の説明変数は、第2評価値R2を含み、学習済みモデルTm2の目的変数は、ゲート243bの内径又はゲート243bの摩耗量を含む。このように構成することで、成形条件にばらつきがある状態であっても、より正確にゲート243bの摩耗状態を予測することができる。

[0125] また、本実施形態に係る圧力センサ25は、キャビティC1のうちゲート243bに近接する面に設けられている。このように構成することで、圧力センサ25は図9(b)に示すようなキャビティC1から流路243への成形材料L1の逆流による圧力変化をより検出しやすくなるため、ゲート243bの摩耗に起因する保圧解除動作後の圧力のより急激な減少をより正確に検出することができる。この結果、第2評価値R2をより正確に取得することができる。

[0126] また、第1評価値R1及び第2評価値R2は、成形材料L1の温度にも依存する。成形材料L1の温度が高いほど、成形材料L1の粘度が低く、成形材料L1が流動しやすくなる。このため、例えば、ゲートシール未了状態の場合、成形材料L1の温度が高いほどキャビティC1から流路243へより多くの成形材料L1が逆流することになるため、第2評価値R2は負の方向に大きくなる傾向がある。本実施形態に係る成形システム10は、成形材料L1の温度に関する第3評価値R3を説明変数に含むことで、学習済みモデルTm1、Tm2を上記の相関関係が組み込まれたモデルとすることが可能となり、より正確にゲート243bの摩耗状態を予測することができる。

[0127] <第2実施形態>

以上、第1実施形態に係る成形システムを説明した。しかしながら、本開示の実施に関してはこれに限られず、種々の変形を行うことができる。以下、本開示の第2実施形態に係る成形システム11について、説明する。なお

、以下の説明において、第1実施形態から変更のない部分については同じ符号を付し、説明を省略する。

[0128] 図13は、第2実施形態に係る成形システム11を模式的に示すブロック図である。成形システム11は、複数の成形装置20と、異常予測装置40aと、入力部50と、表示部60とを備える。

[0129] 本実施形態において、成形システム11の異常予測装置40aは、第1評価値R1と所定の第1基準値Rf1とに基づいて、ゲート243bの摩耗状態を予測するための予測情報D3を取得する。すなわち、成形システム11は、学習済みモデルTm1を用いずに、第1評価値R1と第1基準値Rf1との比較によりゲート243bの摩耗状態を予測する点で、第1実施形態に係る成形システム10と相違する。

[0130] また、本実施形態において、成形システム11の異常予測装置40aは、第2評価値R2と所定の第2基準値Rf2とに基づいて、ゲート243bの摩耗状態を予測するための予測情報D4を取得する。すなわち、成形システム11は、学習済みモデルTm2を用いずに、第2評価値R2と第2基準値Rf2との比較によりゲート243bの摩耗状態を予測する点で、第1実施形態に係る成形システム10と相違する。

[0131] 図14は、本実施形態に係る異常予測装置40aの機能構成を示すブロック図である。異常予測装置40aは、データ取得部41と、異常予測部42aと、出力部43aと、成形情報記憶部44と、基準値記憶部46とを有する。これらの各部は、CPU等の演算部とHDD等の記憶部とを有するコンピュータ装置により実現される。データ取得部41は、第1実施形態に係るデータ取得部41と同様に、評価情報を取得する。

[0132] 基準値記憶部46には、第1基準値Rf1及び第2基準値Rf2が記憶されている。第1基準値Rf1は、摩耗状態が正常であるゲート243bを用いて成型品を成形した際に取得される第1評価値R1（圧力の最大値）に基づいて生成される値である。第1基準値Rf1は、例えば、摩耗状態が正常であるゲート243bを用いて複数の成型品を成形した際に取得される複数

の第1評価値R1の平均値又は中央値に、所定のマージンを加味した値である。所定のマージンは、ゲート243bにおいて許容される最大摩耗量（又は許容される最大内径）により決定される。

[0133] また、第2基準値Rf2は、摩耗状態が正常であるゲート243bを用いて成型品を成形した際に取得される第2評価値R2（圧力の変化に基づく値）に基づいて生成される値である。第2基準値Rf2は、例えば、摩耗状態が正常であるゲート243bを用いて複数の成型品を成形した際に取得される複数の第2評価値R2の平均値又は中央値に、所定のマージンを加味した値である。所定のマージンは、ゲート243bにおいて許容される最大摩耗量（又は許容される最大内径）により決定される。

[0134] 異常予測部42aは、データ取得部41により取得された第1評価値R1と、基準値記憶部46に記憶されている第1基準値Rf1を取得する。そして、異常予測部42aは、第1評価値R1と第1基準値Rf1とを比較することで、予測情報D1を取得する。予測情報D1は、例えば、第1評価値R1と第1基準値Rf1との差、又は比である。

[0135] 前述のとおり、ゲート243bが摩耗し、流路243の流路抵抗が低くなると、スクリュ223から成形材料に与えられる与圧が減衰しにくくなるため、保圧工程ST4中の最大圧力に関する第1評価値R1は、ゲート243b正常時の最大圧力に関する第1基準値Rf1よりも大きくなる傾向がある。このため、第1基準値Rf1よりも第1評価値R1が大きくなる場合、ゲート243bに摩耗が発生していることが予測される。したがって、予測情報D1には、ゲート243bに摩耗が発生しているか否かが示されている。

[0136] また、異常予測部42aは、データ取得部41により取得された第2評価値R2と、基準値記憶部46に記憶されている第2基準値Rf2を取得する。そして、異常予測部42aは、第2評価値R2と第2基準値Rf2とを比較することで、予測情報D2を取得する。予測情報D2は、例えば、第2評価値R2と第2基準値Rf2との差、又は比である。

[0137] 図7から図9（b）において説明したように、ゲート243bが摩耗し、

ゲートシール未了状態で保圧解除動作が行われる場合、保圧解除動作後のキャビティ C 1 内の圧力低下はより急激に生じるため、保圧解除動作後の圧力の変化に関する第 2 評価値 R 2 は、ゲート 2 4 3 b 正常時の圧力変化に関する第 2 基準値 R f 2 よりも小さく（すなわち、負の方向に大きく）なる傾向がある。このため、第 2 基準値 R f 2 よりも第 2 評価値 R 2 が小さくなる場合、ゲート 2 4 3 b に摩耗が発生していることが予測される。したがって、予測情報 D 2 には、ゲート 2 4 3 b に摩耗が発生しているか否かが示されている。

[0138] 出力部 4 3 a は、異常予測部 4 2 a において取得された予測情報 D 1、D 2 に基づいて、ゲート 2 4 3 b の摩耗状態が異常か否かを判定する。例えば、予測情報 D 1 が第 1 評価値 R 1 と第 1 基準値 R f 1 との差（ $R 1 - R f 1$ ）であり、予測情報 D 2 が第 2 評価値 R 2 と第 2 基準値 R f 2 との差（ $R 2 - R f 2$ ）である場合、出力部 4 3 a は、予測情報 D 1 が正の値であり、かつ予測情報 D 2 が負の値であるときに、ゲート 2 4 3 b の摩耗状態が異常であると判定する。なお、出力部 4 3 a は、予測情報 D 1 が正の値である場合と、予測情報 D 2 が負の値である場合とのいずれか一方を満たすときに、ゲート 2 4 3 b の摩耗状態が異常であると判定するようにしてもよい。

[0139] 出力部 4 3 a は、ゲート 2 4 3 b の摩耗状態の判定結果に関する判定情報と、予測情報 D 1、D 2 とを表示部 6 0 及び制御部 2 7 1 に出力する。表示部 6 0 及び制御部 2 7 1 は、判定情報及び予測情報 D 1、D 2 に基づいて、第 1 実施形態と同様の動作を行う。

[0140] なお、本実施形態において、出力部 4 3 a を設けずに、異常予測部 4 2 a において得られた予測情報 D 1、D 2 をそのまま表示部 6 0 に表示するように構成されてもよい。この場合、表示部 6 0 に表示された予測情報 D 1、D 2 に基づいて、オペレータが金型部 2 4 の状態を判断するようにしてもよい。

[0141] 本実施形態に係る成形システム 1 1 によれば、第 1 評価値 R 1 と第 1 基準値 R f 1 との比較、及び第 2 評価値 R 2 と第 2 基準値 R f 2 との比較により

、ゲート 243b の摩耗状態を容易に予測することができる。なお、本実施形態では第 1 評価値 R_1 、第 2 評価値 R_2 の両方を用いてゲート 243b の摩耗状態を予測するが、いずれか一方の評価値のみを用いてゲート 243b の摩耗状態を予測してもよい。

[0142] <変形例 1>

上記の第 2 実施形態において、第 1 基準値 R_{f1} は、摩耗状態が正常であるゲート 243b を用いて成型品を成形した際に取得される第 1 評価値 R_1 （圧力の最大値）に基づいて生成される。しかしながら、本開示の実施に関してはこれに限られない。例えば、第 1 基準値 R_{f1} は、保圧工程 ST4 中に、与圧センサ 227 により検出される圧力の最大値に基づいて生成されてもよい。また、第 1 基準値 R_{f1} は、保圧工程 ST4 中に、圧力センサ 227a により検出される圧力の最大値に基づいて生成されてもよい。

[0143] 与圧センサ 227 及び圧力センサ 227a によりそれぞれ検出される圧力は、流路 243 を通過する前の成形材料の圧力であるため、流路 243 による流路抵抗の影響を受けない。ゲート 243b の正常時には、流路 243 は所定以上の流路抵抗を有するため、圧力センサ 25 により保圧工程 ST4 中に検出される圧力の最大値は、与圧センサ 227 及び圧力センサ 227a によりそれぞれ検出される圧力の最大値よりも所定値 T_{h1} 以上低くなる。また、ゲート 243b の摩耗時には、流路 243 の流路抵抗が所定未満となり、圧力センサ 25 により保圧工程 ST4 中に検出される圧力の最大値と、与圧センサ 227 及び圧力センサ 227a によりそれぞれ検出される圧力の最大値との差が所定値 T_{h1} 未満となる。

[0144] このため、データ取得部 41 が与圧センサ 227 及び圧力センサ 227a によりそれぞれ検出される圧力の最大値を第 1 基準値 R_{f1} として取得し、異常予測部 42a が第 1 基準値 R_{f1} と第 1 評価値 R_1 との差 ($R_{f1} - R_1$) を予測情報として取得し、出力部 43a が当該差 ($R_{f1} - R_1$) が所定値 T_{h1} より小さい場合に、ゲート 243b の摩耗状態に異常があると判定するように構成してもよい。なお、異常予測部 42a は、第 1 基準値 R_{f1}

1 と第 1 評価値 R_1 との比を予測情報として取得し、出力部 43a が当該比に基づいて、ゲート 243b の摩耗状態が異常か否かを判定するように構成してもよい。

[0145] このように構成することで、ゲート 243b の摩耗状態が正常であるか否かを問わず、予測対象の成形品を 1 回成形した際に、第 1 基準値 R_{f1} と第 1 評価値 R_1 の双方を取得することができる。このため、例えば、同じ金型部 24 を使用している最中に成形条件（与圧や型締力、成形材料の種類等）を変更した場合であっても、当該変更後に容易に第 1 基準値 R_{f1} を取得することが可能となる。

[0146] なお、第 1 基準値 R_{f1} と第 1 評価値 R_1 は、それぞれ異なる圧力センサにより取得される値であるため、第 1 基準値 R_{f1} 及び第 1 評価値 R_1 の少なくとも一方に、与圧センサ 227、圧力センサ 227a、圧力センサ 25 間の校正に関する補正値を加味してもよい。

[0147] <変形例 2>

上記の第 2 実施形態において、出力部 43a は、1 回の成形で取得された予測情報 D_1 、 D_2 に基づいてゲート 243b の摩耗状態を判定する。しかしながら、出力部 43a は、複数回の成形で取得された情報に基づいてゲート 243b の摩耗状態を判定してもよい。

[0148] 図 15 (a) 及び図 15 (b) は、本変形例に係る異常の判定方法を模式的に説明するグラフである。図 15 (a) は、成形回数ごとの複数の第 1 評価値 R_1 を示すグラフである。グラフの縦軸は圧力であり、横軸は成形回数である。例えば成形装置 20 により予測対象となる成型品を複数成形し、複数の第 1 評価値 R_1 を取得する。図 15 (a) の例では、成形 1 回目の第 1 評価値 R_1 は、「 P_{ta} 」である。また、第 1 基準値 R_{f1} は、成形 1 回目（すなわち、ゲート 243b に摩耗がない状態）の第 1 評価値 R_1 にマージン Th_2 を加えた値 P_{th} である。

[0149] 成形装置 20 において成形を繰り返し行い、データ取得部 41 は、その都度、第 1 評価値 R_1 を取得する。そして、所定の複数回（例えば、3 回）に

わたって連続して取得される複数の（例えば、３個の）第１評価値 R_1 が、いずれも第１基準値 R_{f1} よりも大きくなる場合に、ゲート２４３ｂに摩耗が発生していることを示す予測情報 D_1 を取得する。

[0150] 例えば、 N_1 回目の第１評価値 R_1 は、第１基準値 R_{f1} （＝ P_{th} ）未満であるため、ゲート２４３ｂに摩耗が発生しているとは予測されず、出力部４３ａはゲート２４３ｂが正常であることを示す予測情報 D_1 （例えば、 $D_1 = 0$ ）を取得する。また、 N_2 回目の第１評価値 R_1 は、第１基準値 R_{f1} 以上であるものの、 N_1 回目の第１評価値 R_1 が第１基準値 R_{f1} （＝ P_{th} ）未満であるため、ゲート２４３ｂに摩耗が発生しているとは予測されず、出力部４３ａはゲート２４３ｂが正常であることを示す予測情報 D_1 を取得する。同様に、 N_3 回目の成形時にも出力部４３ａはゲート２４３ｂが正常であることを示す予測情報 D_1 を取得する。

[0151] そして、 N_4 回目の第１評価値 R_1 は、第１基準値 R_{f1} 以上であり、 N_2 、 N_3 回目の第１評価値 R_1 も第１基準値 R_{f1} 以上であるため、３回連続して第１評価値 R_1 が第１基準値 R_{f1} よりも大きくなる。この場合に、出力部４３ａはゲート２４３ｂに摩耗が発生していることを示す予測情報 D_1 （例えば、 $D_1 = 1$ ）を取得する。

[0152] 図１５（ｂ）は、成形回数ごとの複数の第２評価値 R_2 を示すグラフである。グラフの縦軸は圧力の傾きであり、横軸は成形回数である。例えば成形装置２０により予測対象となる成型品を複数成形し、複数の第２評価値 R_2 を取得する。図１５（ｂ）の例では、成形１回目の第２評価値 R_2 は、「 dP_{va} 」である。また、第２基準値 R_{f2} は、成形１回目（すなわち、ゲート２４３ｂに摩耗がない状態）の第２評価値 R_2 からマージン T_{h3} を減算した値 dP_{th} である。

[0153] 成形装置２０において成形を繰り返し行い、データ取得部４１は、その都度、第２評価値 R_2 を取得する。例えば N_1 回目の第２評価値 R_2 が第２基準値 R_{f2} （＝ dP_{th} ）以上であり、 $N_2 \sim N_4$ 回目の第２評価値 R_2 が第２基準値 R_{f2} 未満である場合、出力部４３ａは N_3 回目まではゲート２

4 3 b が正常であることを示す予測情報 D 2（例えば、 $D 2 = 0$ ）を取得し、N 4 回目においてゲート 2 4 3 b に摩耗が発生していることを示す予測情報 D 2（例えば、 $D 2 = 1$ ）を取得する。

[0154] すなわち、所定の複数回（例えば、3 回）にわたって連続して取得される複数の（例えば、3 個の）第 2 評価値 R 2 が、いずれも第 2 基準値 R f 2 よりも小さくなる場合に、ゲート 2 4 3 b に摩耗が発生していることを示す予測情報 D 2 を取得するように構成する。

[0155] 突発的に外乱（例えば、振動）などが成形装置 2 0 に加えられると、ゲート 2 4 3 b には異常がないものの、単発で異常値となる第 1 評価値 R 1 や第 2 評価値 R 2 が取得される場合がある。上記のように、複数回にわたって第 1 評価値 R 1 及び第 2 評価値 R 2 を監視することで、このような外乱の影響を除外し、ゲート 2 4 3 b の摩耗状態をより正確に予測することが可能となる。

[0156] 以上のとおり開示した実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。つまり、本開示の成形システムは、図示する形態に限られず、本開示の範囲内において他の形態であってもよい。

[0157] 本出願は、2020 年 4 月 27 日出願の日本特許出願（特願 2020-078313）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

[0158] 1 0、1 1 成形システム

2 0 成形装置	2 1 ベッド	2 2 射出部
2 2 1 ホッパ	2 2 2 シリンダ	2 2 3 スクリュ
2 2 5 ボールねじ	2 2 6 モータ	2 2 7 与圧センサ
2 2 7 a 圧力センサ	2 2 8 移動量センサ	2 2 9 ヒータ
2 2 4 ノズル	2 3 型締め部	2 3 1 固定盤
2 3 1 a 貫通孔	2 3 2 可動盤	2 3 2 a 貫通孔
2 3 3 タイバー	2 3 4 ボールねじ	2 3 5 支持盤

2 3 6	カセンサ	2 3 7	モータ	2 4	金型部
2 4 1	金型	2 4 2	金型		
2 4 3	流路	2 4 3 a	第 1 開口部		
2 4 3 b	第 2 開口部 (ゲート)			2 5	圧力センサ
2 6	温度センサ	2 7	制御盤	2 7 1	制御部
2 7 2	通信部	3 0	学習装置	3 1	訓練データ
取得部					
3 2	学習演算部	3 3	成形情報記憶部	3 4	学習済みモ
デル記憶部					
4 0、4 0 a	異常予測装置			4 1	データ取得
部					
4 2、4 2 a	異常予測部		4 3、4 3 a	出力部	
4 4	成形情報記憶部	4 5	学習済みモデル記憶部		
4 6	基準値記憶部	5 0	入力部	6 0	表示部
C 1	キャビティ	L 1	成形材料		
F 0、F 1、F 2	グラフ線 F			P s 1	圧力 (設定
圧力)					
X 1	(保圧動作の) 時点	X 2	(保圧解除動作後の) 時点		
P t 1、P t 2	最大圧力				
d 1	(ゲート正常時の) 内径				
d 2	(ゲート異常時の) 内径				
S 1	凝固体	G 1	隙間		
T 1	所定時間				
T h 2、T h 3	マージン				

請求の範囲

[請求項1]

成型品を成形する成形装置と、
前記成形装置の異常を予測する異常予測装置と、
を備える成形システムであって、
前記成形装置は、
内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲート
を有する金型部と、
前記ゲートを経由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を
充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧
力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧
解除動作と、を行う射出部と、
前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサと
、
を有し、
前記異常予測装置は、
前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記圧力センサに
より検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得
部と、
前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するた
めの予測情報を取得する異常予測部と、
を有する、成形システム。

[請求項2]

前記異常予測部は、前記ゲートの摩耗状態が正常な時に取得される
前記第1評価値に基づいて生成される第1基準値よりも、予測対象と
なる前記成型品の成形時に取得される前記第1評価値が大きくなる場
合に、前記ゲートに摩耗が発生していることを示す前記予測情報を取
得する、
請求項1に記載の成形システム。

[請求項3]

前記異常予測部は、前記成形装置により予測対象となる前記成型品

を複数成形し、所定の複数回にわたって連続して取得される前記第 1 評価値が、いずれも前記第 1 基準値よりも大きくなる場合に、前記ゲートに摩耗が発生していることを示す前記予測情報を取得する、請求項 2 に記載の成形システム。

[請求項4]

前記射出部は、

溶融状態の前記成形材料を貯留し、前記金型部と接続するシリンダと、

前記シリンダに挿入され、溶融状態の前記成形材料を前記金型部に向かう方向へ押すスクリュと、を有し、

前記成形装置は、前記シリンダ内の前記成形材料の圧力、又は前記スクリュが前記成形材料から受ける圧力を検出する第 2 圧力センサをさらに有し、

前記データ取得部は、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記第 2 圧力センサにより検出された圧力の最大値に基づいて、第 1 基準値を取得し、

前記異常予測部は、前記第 1 評価値と前記第 1 基準値との差又は比に基づいて、前記予測情報を取得する、請求項 1 に記載の成形システム。

[請求項5]

前記異常予測部は、前記第 1 評価値と前記ゲートの摩耗状態との相関関係を機械学習させた学習済みモデルへ前記第 1 評価値を入力することで、前記予測情報を取得し、

前記学習済みモデルの説明変数は、前記第 1 評価値を含み、

前記学習済みモデルの目的変数は、前記ゲートの内径、又は前記ゲートの摩耗量を含む、

請求項 1 に記載の成形システム。

[請求項6]

前記データ取得部は、前記圧力センサにより検出された圧力の時系列データに基づいて、前記保圧解除動作後の前記成形材料の圧力の変化に関する第 2 評価値を取得し、

前記異常予測部は、前記第1評価値及び前記第2評価値に基づいて、1又は複数の前記予測情報を取得する、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の成形システム。

[請求項7] 成型品を成形する成形装置の異常を予測する異常予測装置であって、

前記成形装置は、

内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、

前記ゲートを経由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、

前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサと、

を有し、

前記異常予測装置は、

前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記圧力センサにより検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得部と、

前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測部と、

を備える、異常予測装置。

[請求項8] 内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを経由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、を備える成型品を成形する成型装置の異常を予測する異常予測方法であって、

前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサにより検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得工程と、

前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測工程と、
を備える、異常予測方法。

[請求項9]

内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、を備える成型品を成形する成型装置の異常を予測するためのプログラムであって、

前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサにより検出された圧力の最大値を第1評価値として取得するデータ取得工程と、

前記第1評価値に基づいて、前記ゲートの摩耗状態を予測するための予測情報を取得する異常予測工程と、
をコンピュータ装置に実行させる、プログラム。

[請求項10]

内部にキャビティを形成し、前記キャビティ側に開口するゲートを有する金型部と、前記ゲートを經由して、前記キャビティへ熔融状態の成形材料を充填する充填動作と、前記キャビティに充填された前記成形材料の圧力を保持する保圧動作と、前記成形材料の圧力の保持を解除する保圧解除動作と、を行う射出部と、を備える成型品を成形する成型装置の異常を予測するための学習済みモデルであって、

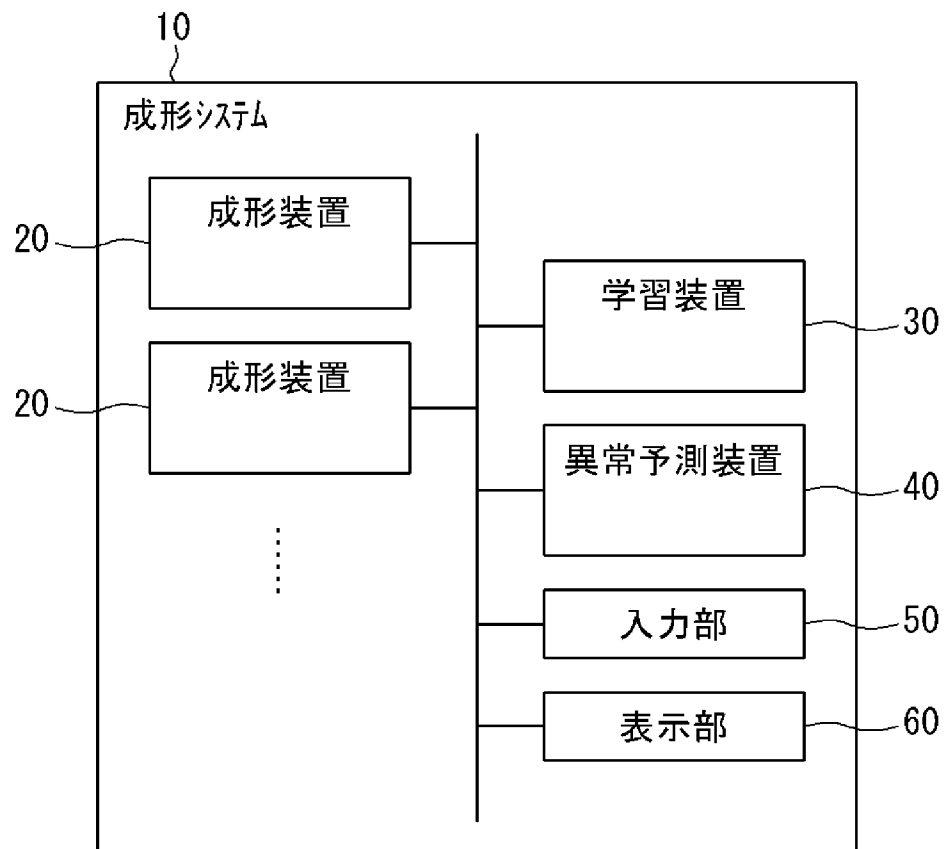
説明変数は、前記保圧動作から前記保圧解除動作までの間に前記キャビティ内の前記成形材料の圧力を検出する圧力センサにより検出された圧力の最大値に基づいて取得される第1評価値を含み、

目的変数は、前記ゲートの内径又は前記ゲートの摩耗量を含む、

学習済みモデル。

[図1]

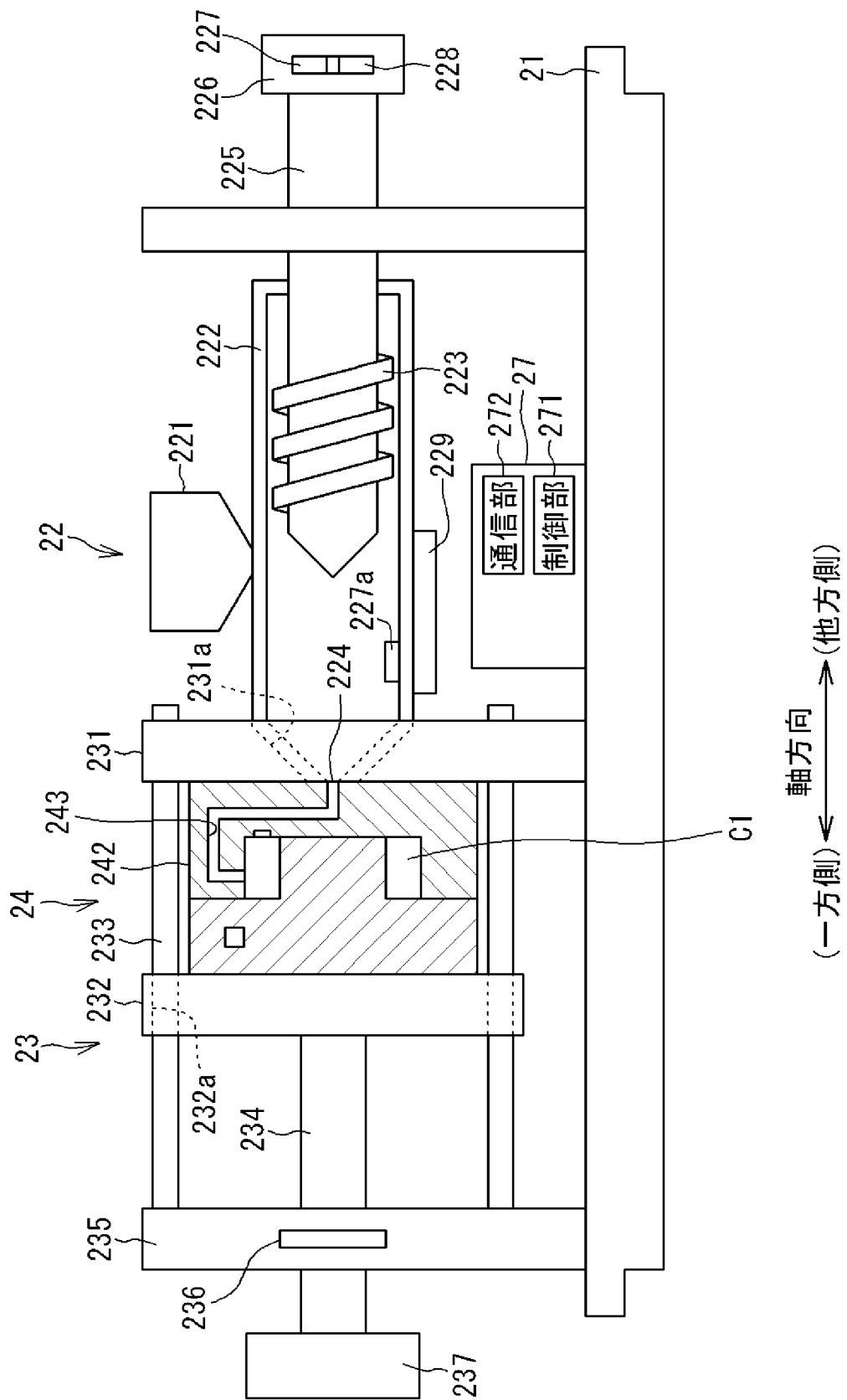
図 1



[図3]

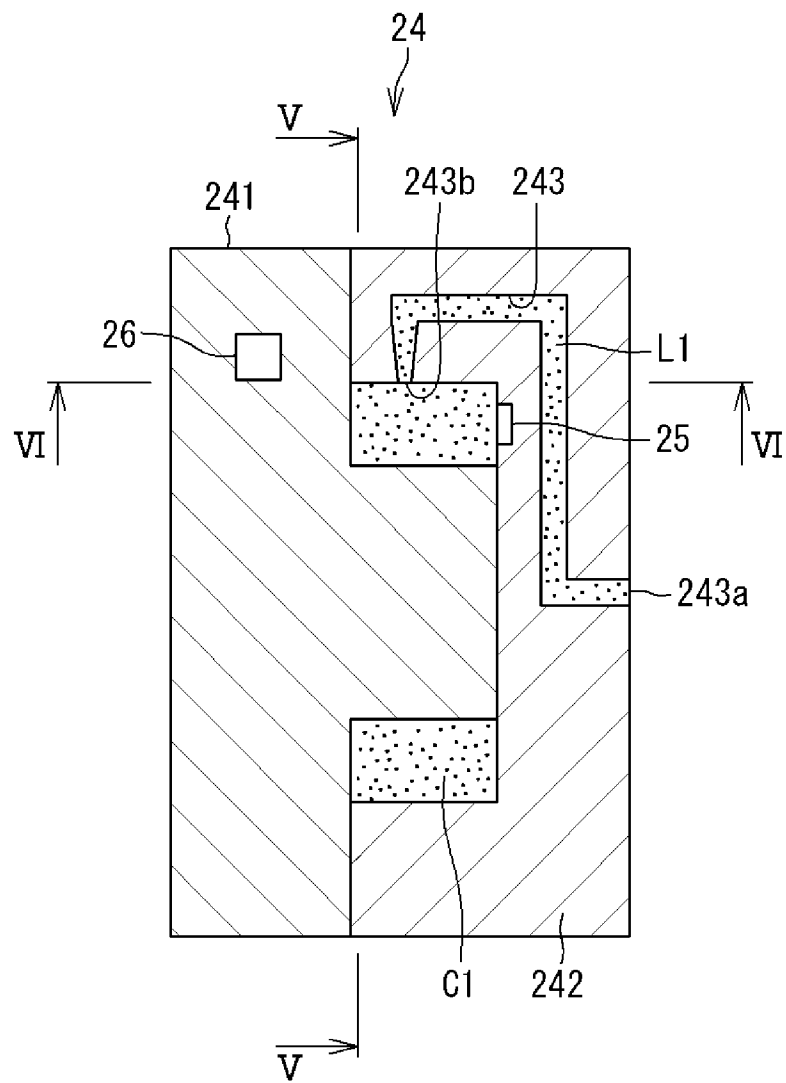
図 3

20



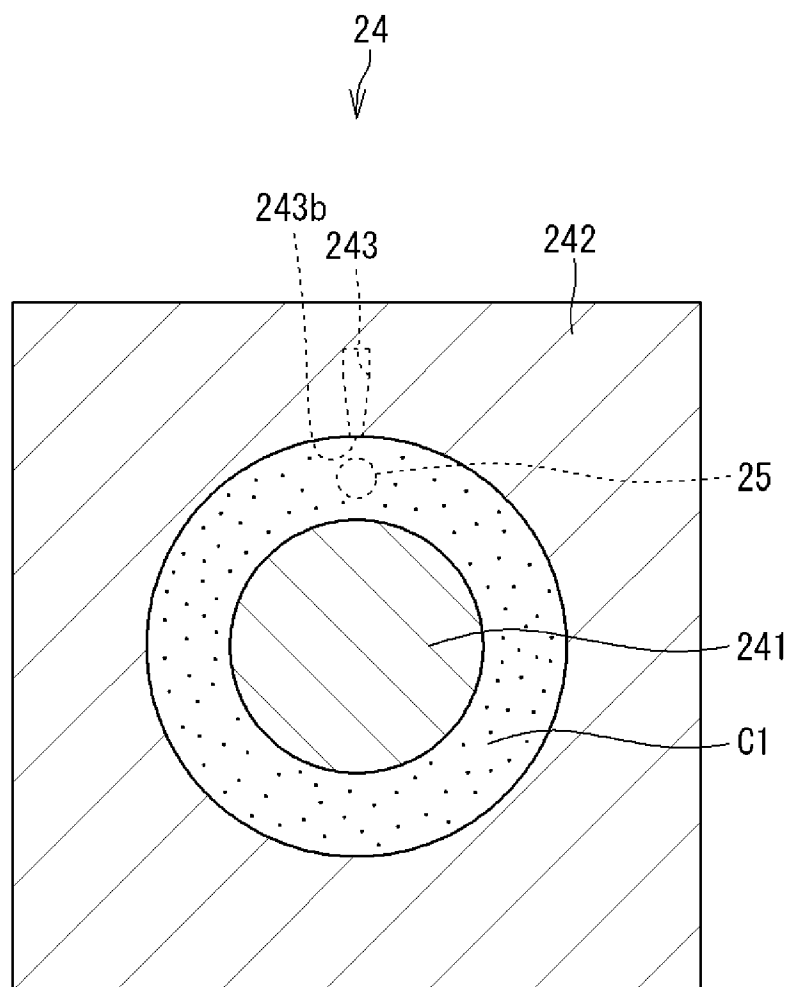
[図4]

図 4



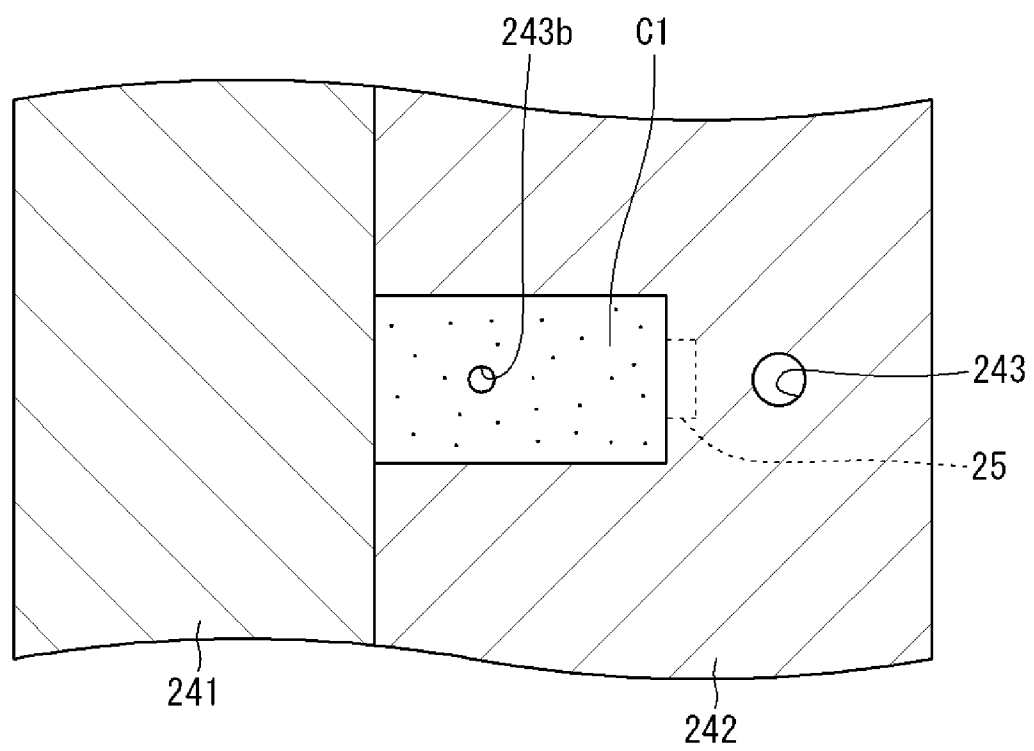
[図5]

図 5



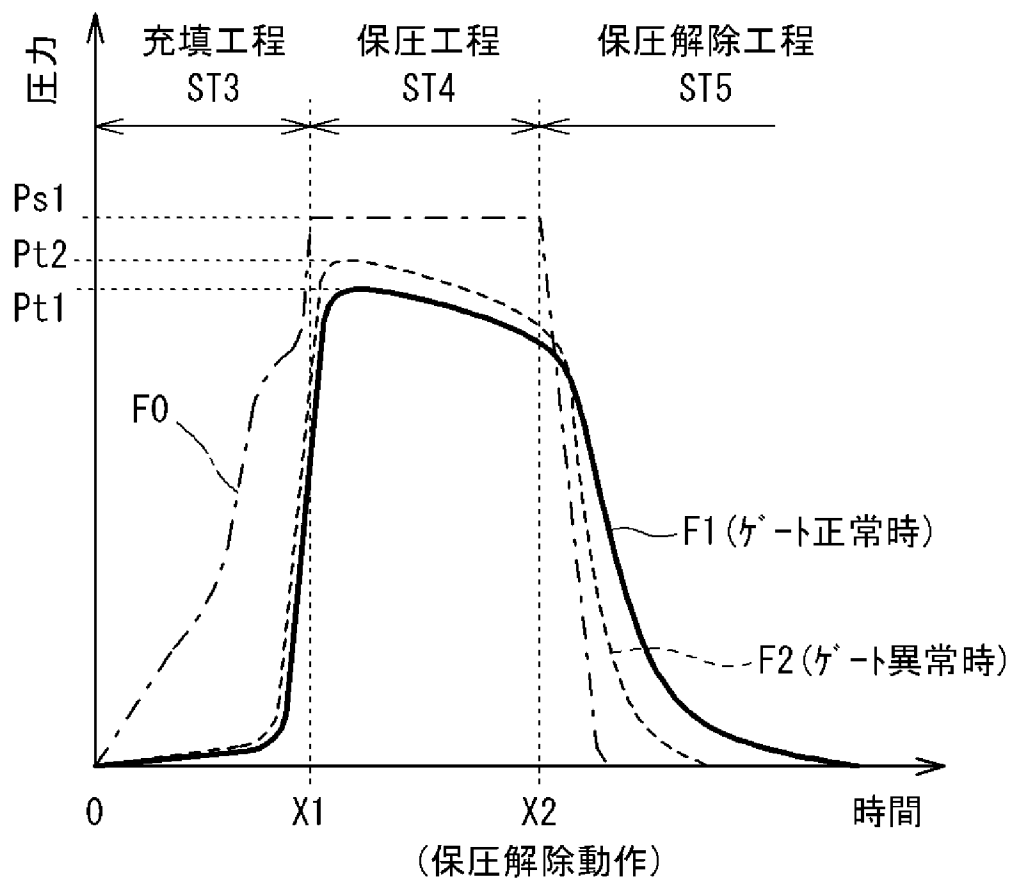
[図6]

図 6



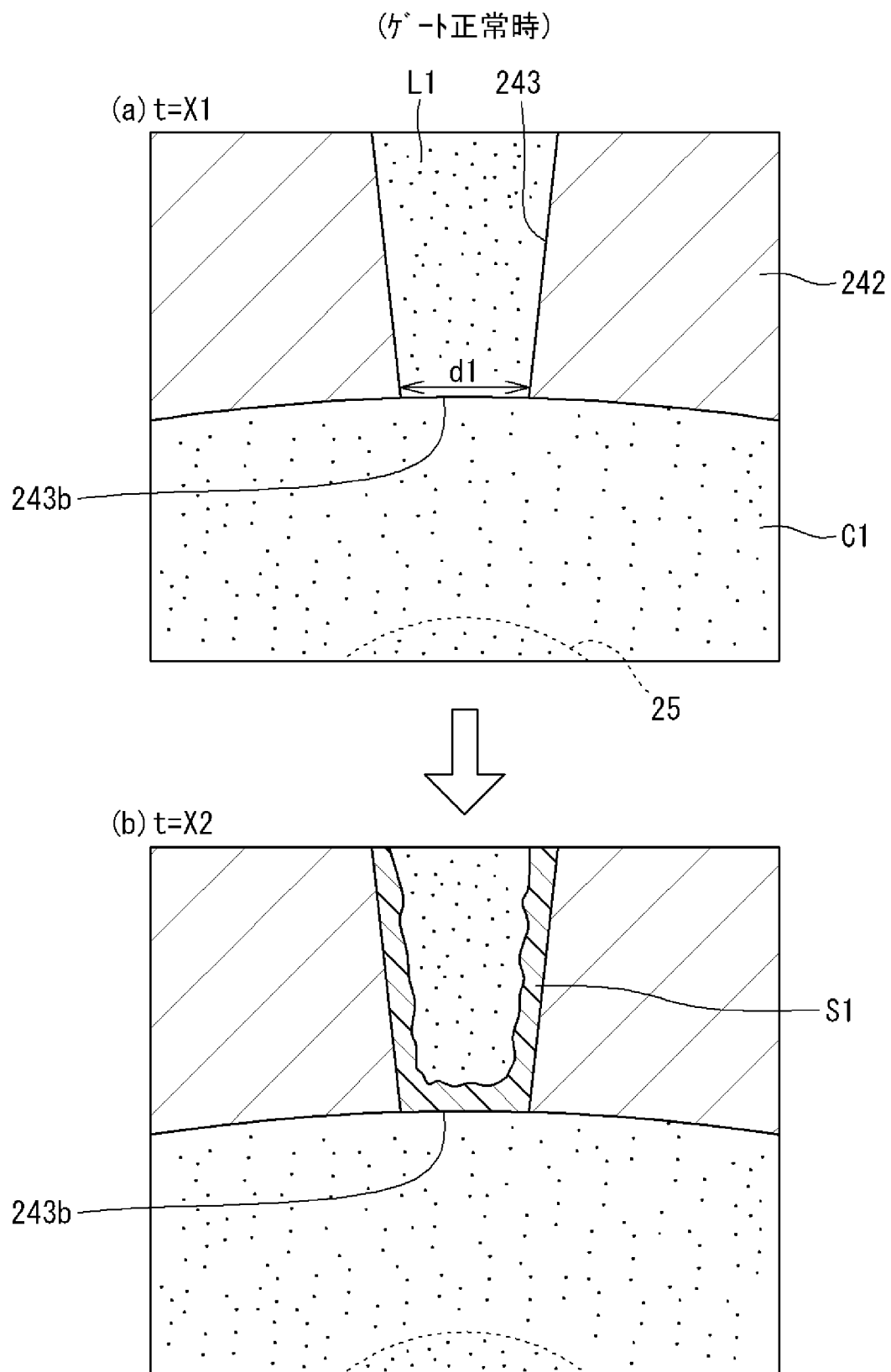
[図7]

図 7



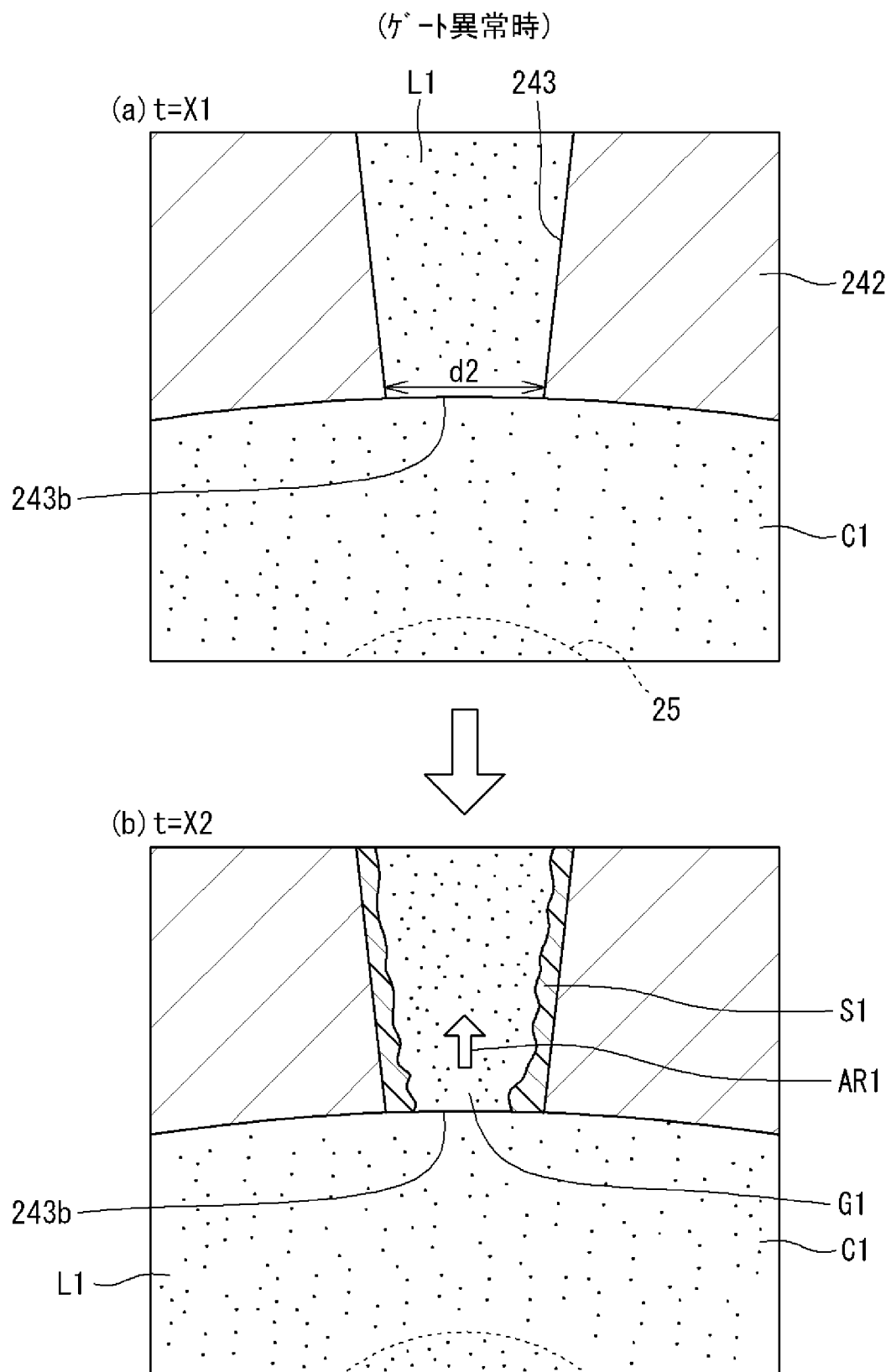
[図8]

図 8



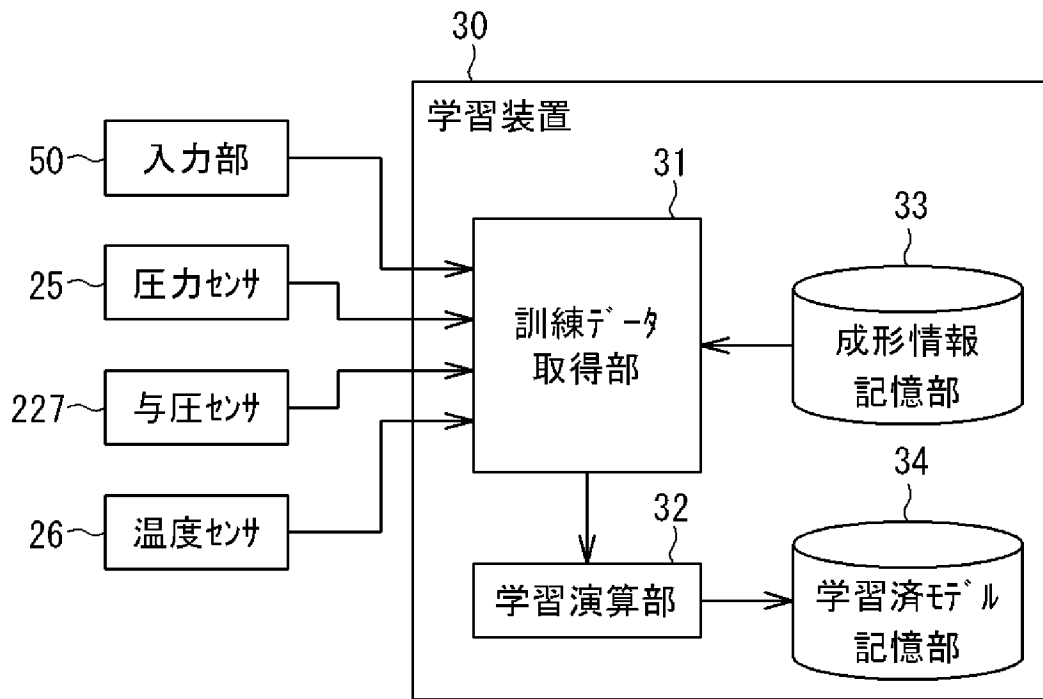
[図9]

図 9



[図10]

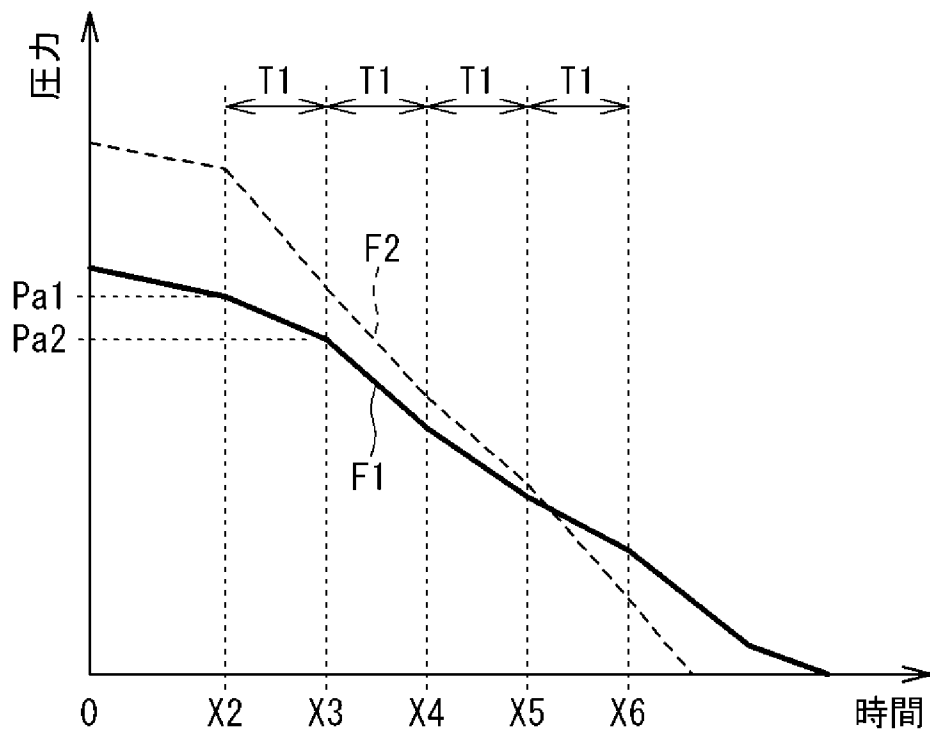
図 10



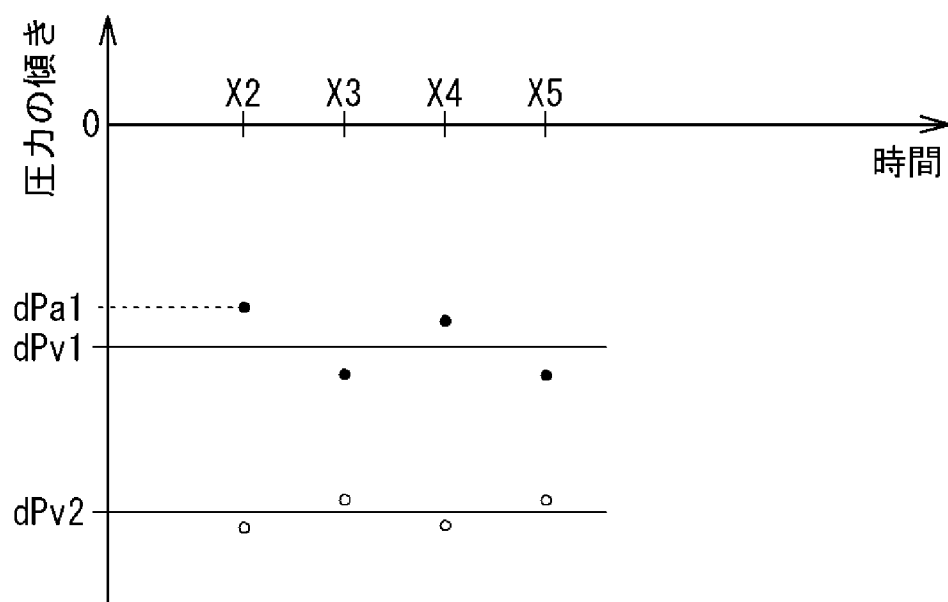
[図11]

図 1 1

(a)

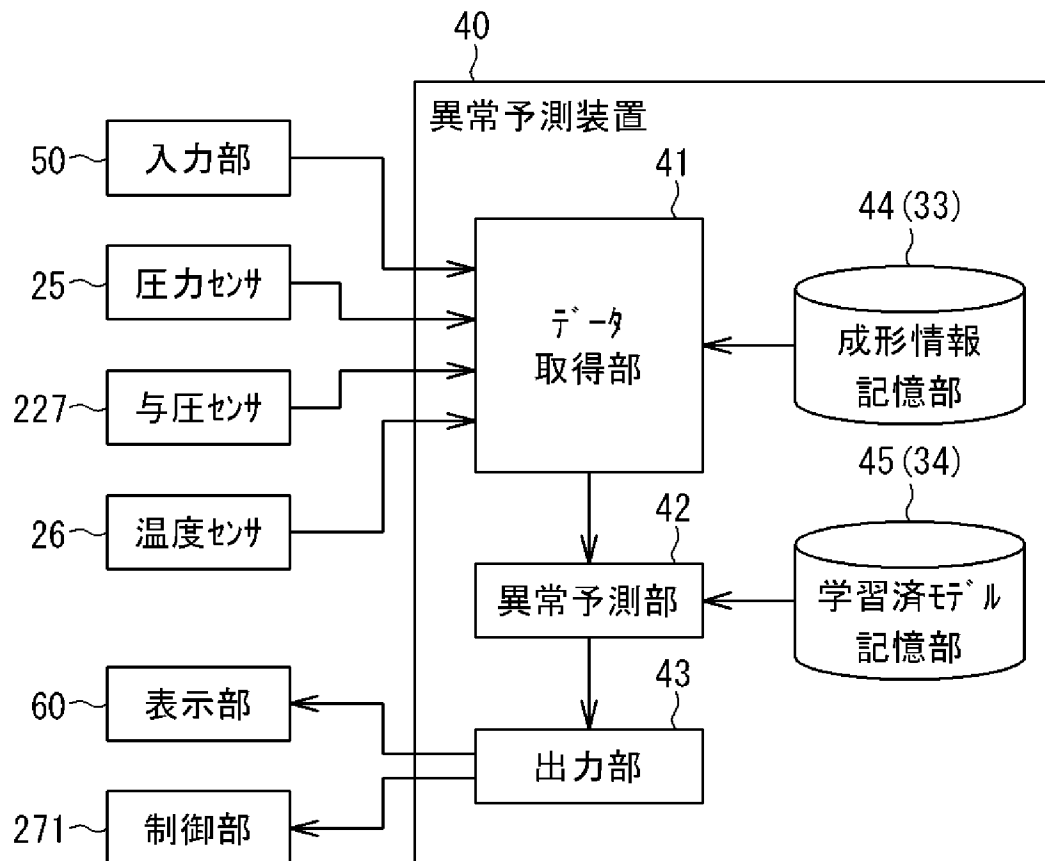


(b)



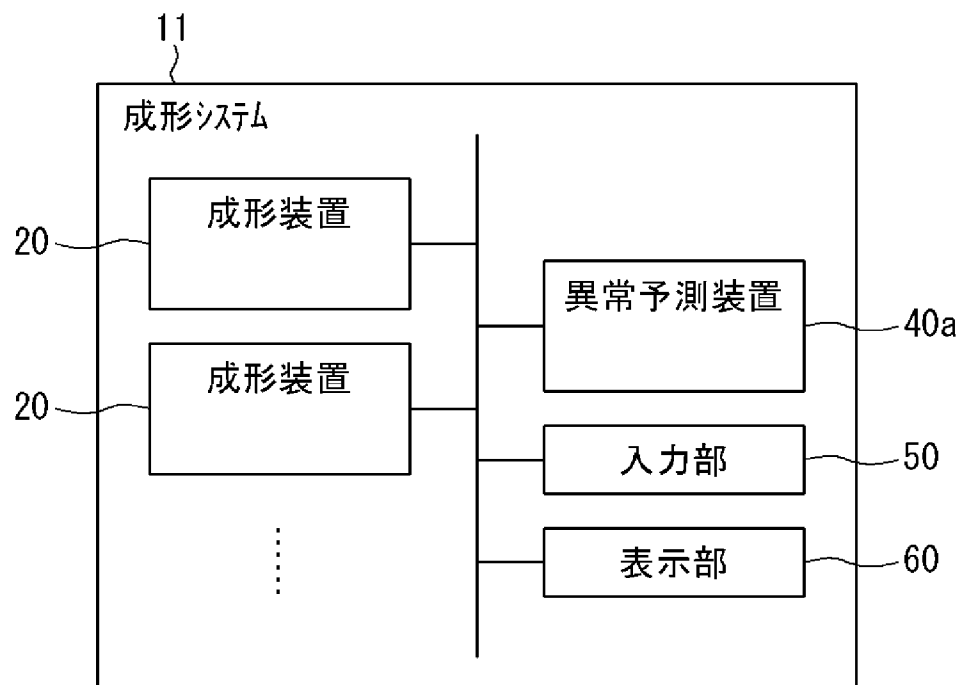
[図12]

図 1 2



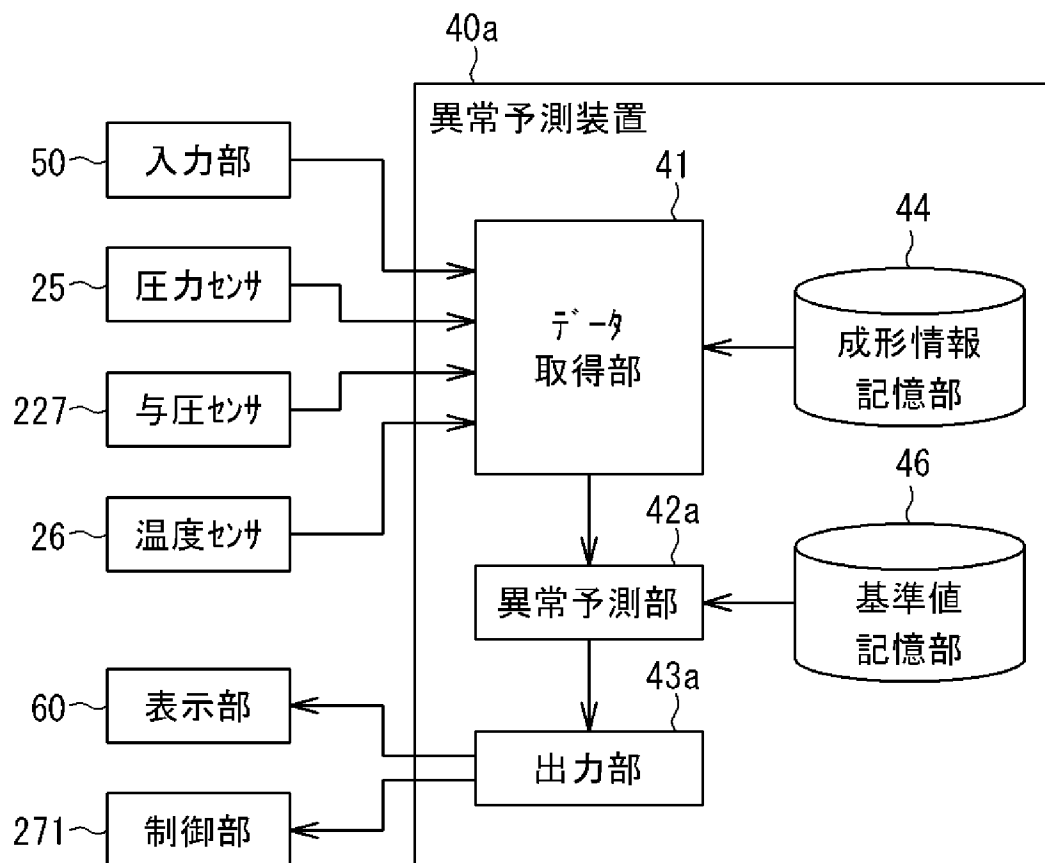
[図13]

図 1 3



[図14]

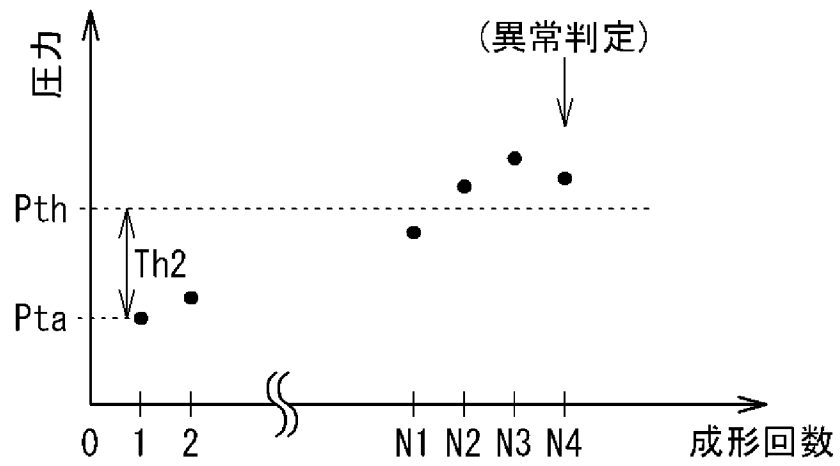
図 1 4



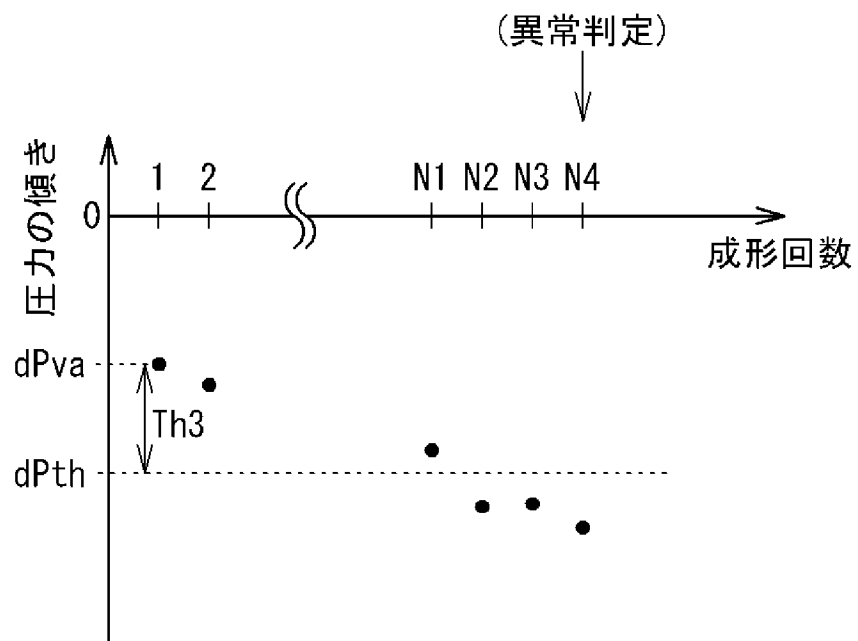
[図15]

図 1 5

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/014311

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B22D17/32 (2006.01) i, B29C45/76 (2006.01) i
FI: B29C45/76, B22D17/32J

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B22D17/32, B29C45/00-45/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-52821 A (JTEKT CORPORATION) 02 April 2020 (2020-04-02)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
19 May 2021

Date of mailing of the international search report
01 June 2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/014311

JP 2020-52821 A 02 April 2020

US 2020/0103862 A1

CN 110948809 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22D 17/32(2006.01)i; B29C 45/76(2006.01)i FI: B29C45/76; B22D17/32 J										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B22D17/32; B29C45/00-45/84										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 2020-52821 A (株式会社ジェイテクト) 02.04.2020 (2020 - 04 - 02)	1-10								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td style="vertical-align: top;"> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 19.05.2021	国際調査報告の発送日 01.06.2021									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 神田 和輝 4R 3439 電話番号 03-3581-1101 内線 3471									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/014311

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-52821	A	02.04.2020	US	2020/0103862	A1	
				CN	110948809	A	