

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7559632号
(P7559632)

(45)発行日 令和6年10月2日(2024.10.2)

(24)登録日 令和6年9月24日(2024.9.24)

(51)国際特許分類 F I
B 2 9 C 49/78 (2006.01) B 2 9 C 49/78
B 2 9 C 49/64 (2006.01) B 2 9 C 49/64

請求項の数 15 (全25頁)

(21)出願番号	特願2021-39422(P2021-39422)	(73)特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(22)出願日	令和3年3月11日(2021.3.11)	(74)代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
(65)公開番号	特開2022-139161(P2022-139161 A)	(74)代理人	100189555 弁理士 徳山 英浩
(43)公開日	令和4年9月26日(2022.9.26)	(74)代理人	100091524 弁理士 和田 充夫
審査請求日	令和6年1月16日(2024.1.16)	(72)発明者	山田 隆章 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
		審査官	岸 智章

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プリフォーム加熱装置及びその制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱可塑性容器のプリフォームを加熱するプリフォーム加熱装置の制御方法であって、
前記プリフォーム加熱装置は、前記プリフォームを収容して所定の炉温度で加熱する少
なくとも1つの炉を備え、

前記制御方法は、

前記炉温度と前記プリフォームの外面温度との関係を示す第1の温度モデルを取得する
ステップと、

前記プリフォームの外面温度と前記プリフォームの内面温度との関係を示す第2の温度
モデルを取得するステップと、

前記第1の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第
1の温度関数を計算するステップと、

前記第2の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの内面温度の時間的変化を示す第
2の温度関数を計算するステップと、

前記第1及び第2の温度関数に基づいて、前記プリフォームの内面温度と予め決められ
た内面温度目標値との誤差を予め決められたしきい値よりも低減するように前記炉温度の
設定値を計算するステップと、

前記計算された炉温度の設定値を前記炉に設定するステップとを含む、
プリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項2】

10

20

前記第 2 の温度モデルは、前記プリフォームの外面温度から前記プリフォームの内面温度への伝達関数により表される、

請求項 1 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 3】

前記第 2 の温度モデルは、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む 1 次遅れ形式又は 2 次遅れ形式の伝達関数により表される、

請求項 2 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 4】

前記第 2 の温度モデルを取得するステップは、

前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第 1 の時系列データを取得するステップと、

10

前記プリフォームの内面温度の時間的変化を示す第 2 の時系列データを取得するステップと、

前記第 1 及び第 2 の時系列データに基づいて前記第 2 の温度モデルの伝達関数を計算するステップとを含む、

請求項 3 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 5】

前記第 1 の時系列データを取得するステップは、前記プリフォームの外面をステップ状の温度プロファイルで加熱するとき、前記プリフォームの外面に設けられた第 1 の温度センサから前記プリフォームの外面温度を取得するステップを含み、

20

前記第 2 の時系列データを取得するステップは、前記プリフォームの外面を前記ステップ状の温度プロファイルで加熱するとき、前記プリフォームの内面に設けられた第 2 の温度センサから前記プリフォームの内面温度を取得するステップを含む、

請求項 4 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 6】

前記第 1 の温度モデルは、前記炉温度から前記プリフォームの外面温度への伝達関数により表される、

請求項 1 ~ 5 のうちの 1 つに記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 7】

前記第 1 の温度モデルは、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む 1 次遅れ形式又は 2 次遅れ形式の伝達関数により表される、

30

請求項 6 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 8】

前記第 1 の温度モデルを取得するステップは、

前記炉温度の時間的変化を示す第 3 の時系列データを取得するステップと、

前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第 4 の時系列データを取得するステップと、

前記第 3 及び第 4 の時系列データに基づいて前記第 1 の温度モデルの伝達関数を計算するステップとを含む、

請求項 7 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

40

【請求項 9】

前記炉温度の設定値を計算するステップは、前記プリフォームの内面温度と前記内面温度目標値との誤差を低減するように、前記炉温度の設定値を反復的に変化させるステップを含む、

請求項 1 ~ 8 のうちの 1 つに記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 10】

前記炉温度の設定値を計算するステップは、前記第 1 及び第 2 の温度関数に基づいて、前記プリフォームの内面温度と前記内面温度目標値との誤差を前記しきい値よりも低減するように、かつ、前記プリフォームの外面温度と予め決められた外面温度目標値との誤差を前記しきい値よりも低減するように、前記炉温度の設定値を計算するステップを含む、

50

請求項 1 ~ 9 のうちの 1 つに記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 1 1】

前記炉温度の設定値を計算するステップは、前記プリフォームの内面温度と前記内面温度目標値との誤差を低減するように、かつ、前記プリフォームの外面温度と前記外面温度目標値との誤差を低減するように、前記炉温度の設定値を反復的に変化させるステップを含む、

請求項 1 0 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 1 2】

前記内面温度目標値は前記外面温度目標値と同じ値に設定される、

請求項 1 0 又は 1 1 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

10

【請求項 1 3】

前記内面温度目標値は、前記外面温度目標値に対して所定の温度差を有する値に設定される、

請求項 1 0 又は 1 1 記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 1 4】

前記プリフォーム加熱装置は、前記プリフォームが逐次に通過するように互いに隣接して配置された複数の炉を備え、

前記複数の炉のそれぞれについて、前記炉温度の設定値は時間的に一定である、

請求項 1 ~ 1 3 のうちの 1 つに記載のプリフォーム加熱装置の制御方法。

【請求項 1 5】

20

熱可塑性容器のプリフォームを加熱するプリフォーム加熱装置であって、前記プリフォーム加熱装置は、

前記プリフォームを収容して所定の炉温度で加熱する少なくとも 1 つの炉と、

前記炉温度の設定値を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

前記炉温度と前記プリフォームの外面温度との関係を示す第 1 の温度モデルを取得し、

前記プリフォームの外面温度と前記プリフォームの内面温度との関係を示す第 2 の温度モデルを取得し、

前記第 1 の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第 1 の温度関数を計算し、

30

前記第 2 の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの内面温度の時間的変化を示す第 2 の温度関数を計算し、

前記第 1 及び第 2 の温度関数に基づいて、前記プリフォームの内面温度と予め決められた内面温度目標値との誤差を低減するように前記炉温度の設定値を計算し、

前記計算された炉温度の設定値を前記炉に設定するように構成された、プリフォーム加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、熱可塑性容器のプリフォームを加熱するプリフォーム加熱装置に関し、また、そのようなプリフォーム加熱装置の制御方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

P E T (polyethylene terephthalate) ボトルなどの熱可塑性容器は、まず、プリフォームと呼ばれる試験管のような形状を有する小型の容器を射出成形し、次いで、プリフォームを加熱し、加熱されたプリフォームの内部に空気を吹き込んで膨張させること（ブロー成形）により製造される。例えば、特許文献 1 は、P E T 樹脂製のプリフォームを 2 軸延伸ブロー成形する際に用いるプリフォームの加熱方法を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 3 】

【文献】特許第 5 6 9 2 6 4 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

プリフォームを製造する際、加熱されたプリフォームの外面及び内面の間に大きな温度差が存在すると、容器の厚さ及び強度のばらつき等の不良が発生する。このため、プリフォームの外面及び内面の温度差を所望の範囲内に抑えるように、好ましくは、内面温度を外面温度に一致させるようにプリフォームを加熱することが求められる。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、プリフォームの加熱装置はプリフォームの外面を加熱し、プリフォームの内面は直接には加熱されないため、プリフォームの内面において所望の温度を達成することは困難である。

【 0 0 0 6 】

また、プリフォームは、一般に、加熱装置の内部を回転しながら搬送されるので、プリフォームの内面温度を測定するために、有線接続された接触式の温度センサを使用することは困難である。赤外線温度センサなど、非接触式の温度センサを使用しても、プリフォームの外面温度を測定することはできるが、プリフォームの内面温度を測定することはできない。

【 0 0 0 7 】

このように、プリフォームの内面を直接に加熱できないため、最終的な成形品の品質を見ながら加熱装置の温度を試行錯誤的に調整しなければならず、温度調整に多大な工数がかかる。また、プリフォームの内面温度が不明であるため、加熱装置の温度を最適に調整することができず、小さな環境変化等に起因して不良品が発生するおそれがある。従って、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォームの内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができるプリフォーム加熱装置の制御方法が求められる。

【 0 0 0 8 】

本開示の目的は、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォームの内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができるプリフォーム加熱装置の制御方法を提供することにある。本開示の目的はまた、そのようなプリフォーム加熱装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
熱可塑性容器のプリフォームを加熱するプリフォーム加熱装置の制御方法であって、
前記プリフォーム加熱装置は、前記プリフォームを収容して所定の炉温度で加熱する少なくとも 1 つの炉を備え、
前記制御方法は、
前記炉温度と前記プリフォームの外面温度との関係を示す第 1 の温度モデルを取得するステップと、
前記プリフォームの外面温度と前記プリフォームの内面温度との関係を示す第 2 の温度モデルを取得するステップと、
前記第 1 の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第 1 の温度関数を計算するステップと、
前記第 2 の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの内面温度の時間的変化を示す第 2 の温度関数を計算するステップと、
前記第 1 及び第 2 の温度関数に基づいて、前記プリフォームの内面温度と予め決められた内面温度目標値との誤差を予め決められたしきい値よりも低減するように前記炉温度の設定値を計算するステップと、

10

20

30

40

50

前記計算された炉温度の設定値を前記炉に設定するステップとを含む。

【0010】

これにより、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォームの内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができる。

【0011】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、前記第2の温度モデルは、前記プリフォームの外面温度から前記プリフォームの内面温度への伝達関数により表される。

【0012】

これにより、プリフォームの内面温度を考慮して炉温度の設定値を計算することができる。

10

【0013】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、前記第2の温度モデルは、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む1次遅れ形式又は2次遅れ形式の伝達関数により表される。

【0014】

これにより、プリフォームの内面温度を含む温度モデルを適切に表現することができる。

【0015】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、前記第2の温度モデルを取得するステップは、前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第1の時系列データを取得するステップと、前記プリフォームの内面温度の時間的変化を示す第2の時系列データを取得するステップと、前記第1及び第2の時系列データに基づいて前記第2の温度モデルの伝達関数を計算するステップとを含む。

20

【0016】

これにより、プリフォームの内面温度を含む温度モデルを適切に計算することができる。

【0017】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、前記第1の時系列データを取得するステップは、前記プリフォームの外面をステップ状の温度プロファイルで加熱するとき、前記プリフォームの外面に設けられた第1の温度センサから前記プリフォームの外面温度を取得するステップを含み、前記第2の時系列データを取得するステップは、前記プリフォームの外面を前記ステップ状の温度プロファイルで加熱するとき、前記プリフォームの内面に設けられた第2の温度センサから前記プリフォームの内面温度を取得するステップを含む。

30

【0018】

これにより、プリフォームの内面温度を含む温度モデルを適切に計算することができる。

【0019】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、前記第1の温度モデルは、前記炉温度から前記プリフォームの外面温度への伝達関数により表される。

40

【0020】

これにより、炉の内部の温度を考慮して炉温度の設定値を計算することができる。

【0021】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、前記第1の温度モデルは、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む1次遅れ形式又は2次遅れ形式の伝達関数により表される。

【0022】

これにより、炉の内部の温度を含む温度モデルを適切に表現することができる。

50

【 0 0 2 3 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記第 1 の温度モデルを取得するステップは、
前記炉温度の時間的変化を示す第 3 の時系列データを取得するステップと、
前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第 4 の時系列データを取得するステップと、
前記第 3 及び第 4 の時系列データに基づいて前記第 1 の温度モデルの伝達関数を計算するステップとを含む。

【 0 0 2 4 】

これにより、炉の内部の温度を含む温度モデルを適切に計算することができる。

10

【 0 0 2 5 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記炉温度の設定値を計算するステップは、前記プリフォームの内面温度と前記内面温度目標値との誤差を低減するように、前記炉温度の設定値を反復的に変化させるステップを含む。

【 0 0 2 6 】

これにより、炉温度の設定値を適切に計算することができる。

【 0 0 2 7 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記炉温度の設定値を計算するステップは、前記第 1 及び第 2 の温度関数に基づいて、
前記プリフォームの内面温度と前記内面温度目標値との誤差を前記しきい値よりも低減するように、かつ、前記プリフォームの外面温度と予め決められた外面温度目標値との誤差を前記しきい値よりも低減するように、前記炉温度の設定値を計算するステップを含む。

20

【 0 0 2 8 】

これにより、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォームの外面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができる。

【 0 0 2 9 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記炉温度の設定値を計算するステップは、前記プリフォームの内面温度と前記内面温度目標値との誤差を低減するように、かつ、前記プリフォームの外面温度と前記外面温度目標値との誤差を低減するように、前記炉温度の設定値を反復的に変化させるステップを含む。

30

【 0 0 3 0 】

これにより、炉温度の設定値を適切に計算することができる。

【 0 0 3 1 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記内面温度目標値は前記外面温度目標値と同じ値に設定される。

【 0 0 3 2 】

これにより、プリフォームの外面温度及び内面温度の差を低減することができる。

【 0 0 3 3 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記内面温度目標値は、前記外面温度目標値に対して所定の温度差を有する値に設定される。

40

【 0 0 3 4 】

これにより、プリフォームの外面温度及び内面温度が互いに異なる場合であっても、プリフォームの外面温度及び内面温度をそれらの所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができる。

【 0 0 3 5 】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、
前記プリフォーム加熱装置は、前記プリフォームが逐次に通過するように互いに隣接し

50

て配置された複数の炉を備え、

前記複数の炉のそれぞれについて、前記炉温度の設定値は時間的に一定である。

【0036】

これにより、複数の炉を含む連続炉を用いてプリフォームを加熱することができる。

【0037】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、

熱可塑性容器のプリフォームを加熱するプリフォーム加熱装置であって、前記プリフォーム加熱装置は、

前記プリフォームを収容して所定の炉温度で加熱する少なくとも1つの炉と、

前記炉温度の設定値を制御する制御装置とを備え、

10

前記制御装置は、

前記炉温度と前記プリフォームの外面温度との関係を示す第1の温度モデルを取得し、

前記プリフォームの外面温度と前記プリフォームの内面温度との関係を示す第2の温度モデルを取得し、

前記第1の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの外面温度の時間的変化を示す第1の温度関数を計算し、

前記第2の温度モデルに基づいて、前記プリフォームの内面温度の時間的変化を示す第2の温度関数を計算し、

前記第1及び第2の温度関数に基づいて、前記プリフォームの内面温度と予め決められた内面温度目標値との誤差を低減するように前記炉温度の設定値を計算し、

20

前記計算された炉温度の設定値を前記炉に設定するように構成される。

【0038】

これにより、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォームの内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができる。

【発明の効果】

【0039】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォームの内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォームを加熱することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0040】

【図1】第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100の構成を示すブロック図である。

【図2】図1のプリフォーム10の構成を示す斜視図である。

【図3】図1のプリフォーム加熱装置100によって加熱されたプリフォーム10をブロー成形により処理してボトル11を製造する工程を説明する図である。

【図4】図1の炉2の構成を示すブロック図である。

【図5】図1の制御装置1によって実行される設定値計算処理を示すフローチャートである。

【図6】図1のプリフォーム加熱装置100において炉2の温度モデルを取得する構成を示すブロック図である。

40

【図7】図6の測定装置41によって取得される炉2の温度モデルの一例を示すグラフである。

【図8】図1のプリフォーム10の温度モデルを取得する構成を示す概略図である。

【図9】図8の測定装置51によって取得されるプリフォーム10の温度モデルの一例を示すグラフである。

【図10】図5のステップS5において設定された炉温度の設定値の初期値を用いたときの、プリフォーム10の外面温度及び内面温度の一例を示すグラフである。

【図11】図5のステップS9において設定された炉温度の設定値を用いたときの、プリフォーム10の外面温度及び内面温度の一例を示すグラフである。

50

【図 1 2】第 2 の実施形態に係るプリフォーム加熱装置 1 1 0 の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 4 1】

以下、本開示の一側面に係る実施形態を、図面に基づいて説明する。各図面において、同じ符号は同様の構成要素を示す。

【0 0 4 2】

[適用例]

図 1 は、第 1 の実施形態に係るプリフォーム加熱装置 1 0 0 の構成を示すブロック図である。プリフォーム加熱装置 1 0 0 は、PET ボトルなどの熱可塑性容器のプリフォーム 1 0 を加熱する。プリフォーム加熱装置 1 0 0 は、少なくとも、プリフォーム 1 0 を収容して所定の炉温度で加熱する少なくとも 1 つの炉 2 - 1 ~ 2 - 3 と、炉温度の設定値を制御する制御装置 1 とを備える。

10

【0 0 4 3】

図 1 の例では、プリフォーム加熱装置 1 0 0 は、プリフォーム 1 0 が逐次に通過するように互いに隣接して配置された複数の炉 2 - 1 ~ 2 - 3 を備える。プリフォーム 1 0 は、炉 2 - 1、2 - 2、及び 2 - 3 の順に通過するように、ベルトコンベア 3 により搬送される。

【0 0 4 4】

本明細書では、炉 2 - 2 ~ 2 - 3 をまとめて「炉 2」とも呼ぶ。

20

【0 0 4 5】

図 2 は、図 1 のプリフォーム 1 0 の構成を示す斜視図である。プリフォーム 1 0 は、試験管のような形状を有するように射出成形される。プリフォーム 1 0 は、外面 1 0 a 及び内面 1 0 b を有する。前述したように、プリフォーム 1 0 を製造する際、加熱されたプリフォーム 1 0 の外面 1 0 a 及び内面 1 0 b の間に大きな温度差が存在すると、容器の厚さ及び強度のばらつき等の不良が発生する。このため、プリフォーム 1 0 の外面 1 0 a 及び内面 1 0 b の温度差を所望の範囲内に抑えるように、好ましくは、内面温度を外面温度に一致させるようにプリフォーム 1 0 を加熱することが求められる。以下、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォーム 1 0 の内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォーム 1 0 を加熱するためのプリフォーム加熱装置 1 0 0 の制御方法について説明する。

30

【0 0 4 6】

制御装置 1 は、炉 2 の温度モデル、すなわち、炉温度とプリフォーム 1 0 の外面温度との関係を示す第 1 の温度モデル $F_1(s)$ を取得する。制御装置 1 はさらに、プリフォーム 1 0 の温度モデル、すなわち、プリフォーム 1 0 の外面温度とプリフォーム 1 0 の内面温度との関係を示す第 2 の温度モデル $F_2(s)$ を取得する。制御装置 1 はさらに、第 1 の温度モデル $F_1(s)$ に基づいて、プリフォーム 1 0 の外面温度の時間的変化を示す第 1 の温度関数 $T_{out}(t)$ を計算する。制御装置 1 はさらに、第 2 の温度モデル $F_2(s)$ に基づいて、プリフォーム 1 0 の内面温度の時間的変化を示す第 2 の温度関数 $T_{in}(t)$ を計算する。制御装置 1 はさらに、第 1 の温度関数 $T_{out}(t)$ 及び第 2 の温度関数 $T_{in}(t)$ に基づいて、プリフォーム 1 0 の内面温度 $T_{in}(t)$ と予め決められた内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を予め決められたしきい値 f_e よりも低減するように炉温度の設定値 T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_{r3} を計算する。制御装置 1 はさらに、計算された炉温度の設定値 T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_{r3} を炉 2 に設定する。

40

【0 0 4 7】

図 1 のプリフォーム加熱装置 1 0 0 によれば、プリフォーム 1 0 の外面温度と内面温度との関係を示す温度モデル $F_2(s)$ を用いることにより、例えば各炉 2 の温度及び/又はベルトコンベア 3 の速度を試行錯誤により調整することを必要とすることなく、また、加熱時にプリフォーム 1 0 の内面温度を測定することなく、プリフォーム 1 0 の内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォーム 1 0 を加熱することができる。従って、図

50

1のプリフォーム加熱装置100によれば、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォーム10の内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォーム10を加熱することができる。

【0048】

図3は、図1のプリフォーム加熱装置100によって加熱されたプリフォーム10をブロー成形により処理してボトル11を製造する工程を説明する図である。プリフォーム加熱装置100によって加熱されたプリフォーム10は、図3(a)に示すように、ボトル11のための金型31に挿入される。図3(a)～図3(c)は金型31の破断図を示す。プリフォーム10の内部には、高圧空気源に接続された管路32が挿入される。図3(b)に示すように、管路32を介してプリフォーム10の内部に空気を吹き込むことによりプリフォーム10は膨張する。最終的に、図3(c)に示すように、プリフォーム10はボトル11の形状に成形される。その後、図3(d)に示すように、成形されたボトル11は金型31から取り出される。プリフォーム加熱装置100によってプリフォーム10を予め加熱することにより、厚さ及び強度のばらつき等の不良を発生することなく、高品質のボトル11を製造することができる。

10

【0049】

[第1の実施形態]

以下、図面を参照して、第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100についてさらに説明する。

【0050】

20

[第1の実施形態の構成例]

図1をさらに参照すると、炉2-1～2-3は、温度調節器21-1～21-3、ヒーター22-1～22-3、及び温度センサ23-1～23-3をそれぞれ備える。

【0051】

本明細書では、温度調節器21-1～21-3をまとめて「温度調節器21」とも呼ぶ。また、本明細書では、ヒーター22-1～22-3をまとめて「ヒーター22」とも呼ぶ。また、本明細書では、温度センサ23-1～23-3をまとめて「温度センサ23」とも呼ぶ。

【0052】

図4は、図1の炉2の構成を示すブロック図である。図1の炉2-1～2-3のいずれも、図4の炉2と同様に構成される。温度調節器21には、制御装置1から炉温度の設定値が入力される。温度調節器21は、炉温度の設定値に従ってヒーター22を動作させる。ヒーター22は、例えば赤外線ヒーターである。温度センサ23は、実際の炉温度、例えば、炉2の内部の温度であって、プリフォーム10が通過する位置の近傍の温度を測定して温度調節器21に通知する。従って、温度調節器21は、炉2の内部の温度を設定値に近づけるように、ヒーター22をフィードバック制御する。

30

【0053】

プリフォーム10は、長手方向の軸の周りに回転しながらベルトコンベア3により搬送されてもよい。また、各炉2において、ヒーター22は、プリフォーム10を包囲するように配置されてもよい。これにより、プリフォーム10の全体を実質的に一様に加熱することができる。

40

【0054】

図1をさらに参照すると、プリフォーム加熱装置100はさらに、ベルトコンベア3、駆動装置4、温度センサ5、入力装置6、及び表示装置7を備えてもよい。

【0055】

駆動装置4は、制御装置1の制御下で、ベルトコンベア3を所定の速度で駆動する。ベルトコンベア3に沿った各炉2の長さをベルトコンベア3の速度で除算することにより、各炉2によるプリフォーム10の加熱時間がわかる。

【0056】

温度センサ5は、炉2の外部の温度、例えば、プリフォーム加熱装置100の近傍の気

50

温を測定して制御装置 1 に通知する。気温は、加熱前のプリフォーム 10 の温度に等しい。

【 0 0 5 7 】

入力装置 6 は、プリフォーム加熱装置 100 の状態を設定するユーザ入力を受けて制御装置 1 に入力する。入力装置 6 は、キーボード及びポインティングデバイスを含んでもよい。

【 0 0 5 8 】

表示装置 7 は、プリフォーム加熱装置 100 の状態を示すデータを制御装置 1 から受けて表示する。

【 0 0 5 9 】

制御装置 1 は、プリフォーム加熱装置 100 の全体の動作を制御する。特に、制御装置 1 は、図 5 を参照して後述する設定値計算処理を実行し、プリフォーム 10 を加熱するための炉温度の設定値を計算して各炉 2 に設定する。このため、制御装置 1 は、図 6 を参照して後述する測定装置 41 から、炉温度とプリフォーム 10 の外面温度との関係を示す温度モデル $F1(s)$ を取得する。また、制御装置 1 は、図 8 を参照して後述する測定装置 51 から、プリフォーム 10 の外面温度と内面温度との関係を示す温度モデル $F2(s)$ を取得する。制御装置 1 は、測定装置 41, 51 から温度モデル $F1(s)$, $F2(s)$ を取得するために、有線又は無線 LAN (Local Area Network) のような通信インターフェースを含んでもよく、また、USB (Universal Serial Bus) のような他のインターフェースを備えてもよい。

【 0 0 6 0 】

制御装置 1 は、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) 等を備え、情報処理に応じてプリフォーム加熱装置 100 の各構成要素を制御する。制御装置 1 は、例えば、ハードディスクドライブ、ソリッドステートドライブ等の補助記憶装置をさらに備え、制御装置 1 によって実行されるプログラム、制御装置 1 によって取得されたデータ等を記憶する。

【 0 0 6 1 】

[第 1 の実施形態の動作例]

プリフォーム加熱装置 100 は、炉 2 の温度の測定値に基づいて予め生成された炉 2 の温度モデル $F1(s)$ を取得し、また、プリフォーム 10 の温度の測定値に基づいて予め生成されたプリフォーム 10 の温度モデル $F2(s)$ を取得する。次いで、プリフォーム加熱装置 100 は、炉 2 の温度モデル $F1(s)$ 及びプリフォーム 10 の温度モデル $F2(s)$ に基づくシミュレーションを行って、プリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ を計算し、外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ をそれらの目標値 $T_{out_tgt}(t)$, $T_{in_tgt}(t)$ にそれぞれ近づけるように炉温度の設定値 $Tr1$, $Tr2$, $Tr3$ を計算する。プリフォーム加熱装置 100 は、計算された炉温度の設定値 $Tr1$, $Tr2$, $Tr3$ を炉 2 に設定することにより、プリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ をそれらの目標値 $T_{out_tgt}(t)$, $T_{in_tgt}(t)$ にそれぞれに近づけるようにプリフォーム 10 を加熱することができる。

【 0 0 6 2 】

図 5 は、図 1 の制御装置 1 によって実行される設定値計算処理を示すフローチャートである。

【 0 0 6 3 】

ステップ S1 において、制御装置 1 は、図 6 及び図 7 を参照して後述するように、炉 2 の温度モデル、すなわち、炉温度とプリフォーム 10 の外面温度との関係を示す温度モデル $F1(s)$ を取得する。

【 0 0 6 4 】

ステップ S2 において、制御装置 1 は、図 8 及び図 9 を参照して後述するように、プリフォーム 10 の温度モデル、すなわち、プリフォーム 10 の外面温度とプリフォーム 10 の内面温度との関係を示す温度モデル $F2(s)$ を取得する。

【0065】

ステップS3において、制御装置1は、プリフォーム加熱装置100の各パラメータを設定する。プリフォーム加熱装置100のパラメータは、例えば、以下のものを含む。

【0066】

- ・N：反復回数の最大値。例えば、 $N = 1000$ 。
- ・ f_e ：収束条件のしきい値。例えば、 $f_e = 0.001$ 。
- ・ t_{z1} 、 t_{z2} 、 t_{z3} ：ベルトコンベア3によって搬送されるプリフォーム10が炉2-1～2-3をそれぞれ通過する時間長。例えば、 $t_{z1} = t_{z2} = t_{z3} = 30$ [秒]。
- ・ t_{end} ：計算される温度の時間的変化を示す関数（外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ など）の時間長。すなわち、 $t_{end} = t_{z1} + t_{z2} + t_{z3}$ 。
- ・ t ：計算される温度の時間的変化を示す関数（外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ など）のサンプリング時間幅。例えば、 $t = 0.1$ [秒]。
- ・ T_{out1_tgt} 、 T_{out2_tgt} 、 T_{out3_tgt} ：炉2-1～2-3からそれぞれ出力されるときプリフォーム10の最終的な外面温度目標値。例えば、 $T_{out1_tgt} = 100$ 、 $T_{out2_tgt} = 200$ 、 $T_{out3_tgt} = 220$ []。
- ・ T_{in1_tgt} 、 T_{in2_tgt} 、 T_{in3_tgt} ：炉2-1～2-3からそれぞれ出力されるときプリフォーム10の最終的な内面温度目標値。例えば、 $T_{in1_tgt} = T_{out1_tgt}$ 、 $T_{in2_tgt} = T_{out2_tgt}$ 、 $T_{in3_tgt} = T_{out3_tgt}$ 。
- ・ $T_{out_tgt}(t)$ ：プリフォーム10の外面温度目標値の時間的変化を示す温度関数。すなわち、最初の時間長 t_{z1} にわたって $T_{out_tgt}(t) = T_{out1_tgt}$ になり、次の時間長 t_{z2} にわたって $T_{out_tgt}(t) = T_{out2_tgt}$ になり、最後の時間長 t_{z3} にわたって $T_{out_tgt}(t) = T_{out3_tgt}$ になる。
- ・ $T_{in_tgt}(t)$ ：プリフォーム10の内面温度目標値の時間的変化を示す温度関数。すなわち、最初の時間長 t_{z1} にわたって $T_{in_tgt}(t) = T_{in1_tgt}$ になり、次の時間長 t_{z2} にわたって $T_{in_tgt}(t) = T_{in2_tgt}$ になり、最後の時間長 t_{z3} にわたって $T_{in_tgt}(t) = T_{in3_tgt}$ になる。
- ・ a 、 b ：評価関数値の計算に使用される重み係数。例えば、 $a = 1$ 、 $b = 1$ 。
- ・ T_{ref} ：プリフォーム加熱装置100の近傍の気温。例えば、 $T_{ref} = 25$ （固定値）。

【0067】

ステップS4において、制御装置1は、処理の反復回数 i をゼロに初期化する。

【0068】

ステップS5において、制御装置1は、炉2-1～2-3の炉温度の設定値 $Tr1(i)$ 、 $Tr2(i)$ 、 $Tr3(i)$ の初期値（すなわち、 $i = 0$ のときの値）を設定する。初期値は、例えば、 $Tr1(0) = Tr2(0) = Tr3(0) = 200$ に設定される。

【0069】

ステップS6において、制御装置1は、炉2の温度モデル $F1(s)$ に基づいて、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を示す温度関数 $T_{out}(t)$ をシミュレーションにより推定する。また、ステップS6において、制御装置1は、プリフォーム10の温度モデル $F2(s)$ に基づいて、プリフォーム10の内面温度の時間的変化を示す温度関数 $T_{in}(t)$ を推定する。温度関数 $T_{out}(t)$ は、最初の時間長 t_{z1} にわたって、炉2-1によって加熱されているときのプリフォーム10の外面温度を示し、次の時間長 t_{z2} にわたって、炉2-2によって加熱されているときのプリフォーム10の外面温度を示し、最後の時間長 t_{z3} にわたって、炉2-3によって加熱されているときのプリフォーム10の外面温度を示す。同様に、温度関数 $T_{in}(t)$ は、最初の時間長 t_{z1} にわたって、炉2-1によって加熱されているときのプリフォーム10の内面温度を示し、

10

20

30

40

50

次の時間長 $t_z 2$ にわたって、炉 2 - 2 によって加熱されているときのプリフォーム 10 の内面温度を示し、最後の時間長 $t_z 3$ にわたって、炉 2 - 3 によって加熱されているときのプリフォーム 10 の内面温度を示す。

【0070】

ステップ S 7 において、制御装置 1 は、プリフォーム 10 の推定された外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ と、それらの目標値 $T_{out_tgt}(t)$, $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を示す評価関数値 $f_e(i)$ を計算する。

【0071】

ステップ S 8 において、制御装置 1 は、評価関数値 $f_e(i)$ が収束したか否かを判断し、YES のときはステップ S 9 に進み、NO のときはステップ S 10 に進む。

10

【0072】

ステップ S 9 において、制御装置 1 は、現在の炉温度の設定値 $Tr 1(i)$, $Tr 2(i)$, $Tr 3(i)$ を、設定値 $Tr 1$, $Tr 2$, $Tr 3$ として炉 2 - 1 ~ 2 - 3 にそれぞれ設定し、処理を終了する。

【0073】

ステップ S 10 において、制御装置 1 は、反復回数 i が最大値 N に達したか否かを判断し、YES のときはステップ S 11 に進み、NO のときはステップ S 12 に進む。

【0074】

ステップ S 11 において、制御装置 1 は、炉温度の設定値を決定できなかったことを示すエラーメッセージを表示装置 7 に表示し、処理を終了する。

20

【0075】

ステップ S 12 において、制御装置 1 は、反復回数 i を 1 だけインクリメントする。

【0076】

ステップ S 13 において、制御装置 1 は、炉温度の設定値 $Tr 1(i)$, $Tr 2(i)$, $Tr 3(i)$ を変化させ、ステップ S 6 ~ S 8 の処理を繰り返す。制御装置 1 は、公知の山登り法、遺伝的アルゴリズム、シミュレーテッドアニーリング等を用いて、プリフォーム 10 の内面温度 $T_{in}(t)$ と内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を低減するように、かつ、プリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ と外面温度目標値 $T_{out_tgt}(t)$ との誤差を低減するように、炉温度の設定値 $Tr 1(i)$, $Tr 2(i)$, $Tr 3(i)$ を反復的に変化させる。

30

【0077】

ステップ S 9 において炉温度の設定値 $Tr 1$, $Tr 2$, $Tr 3$ を炉 2 - 1 ~ 2 - 3 にそれぞれ設定した後、制御装置 1 は、プリフォーム 10 を加熱するように各炉 2 及び駆動装置 4 を制御する。

【0078】

[炉 2 の温度モデルの生成]

次に、図 5 のステップ S 1 において取得される炉 2 の温度モデルを生成する方法について説明する。

【0079】

図 6 は、図 1 のプリフォーム加熱装置 100 において炉 2 の温度モデルを取得する構成を示すブロック図である。炉 2 の温度モデルを生成して取得するために、測定装置 4 1 及び少なくとも 1 つの温度センサ 4 2 を用いる。図 6 において、測定装置 4 1 及び温度センサ 4 2 以外の構成要素は、図 1 又は図 4 の対応する構成要素と同様に構成される。温度センサ 4 2 は、非接触式の温度センサ、例えば赤外線温度センサである。温度センサ 4 2 は、プリフォーム 10 が炉 2 によって加熱されるとき、ヒーター 2 2 によって発生された熱を受けることなく、プリフォーム 10 の外面温度を測定できるように、炉 2 の内部又は外部に設けられる。測定装置 4 1 は、温度センサ 2 3 から、炉温度の時間的変化を示す時系列データを取得し、また、温度センサ 4 2 から、プリフォーム 10 の外面温度の時間的変化を示す時系列データを取得し、取得された時系列データを制御装置 1 に送る。

40

【0080】

50

図1の炉2-1~2-3のそれぞれに対して、少なくとも1つずつの温度センサ42が設けられる。各温度センサ42は、ベルトコンベア3によって搬送されるプリフォーム10を追跡して、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を測定できるように設けられる。
【0081】

図7は、図6の測定装置41によって取得される炉2の温度モデルの一例を示すグラフである。時刻 t_0 は、ベルトコンベア3によって搬送されるプリフォーム10が炉2-1に進入した瞬間を示し、時刻 t_1 は、プリフォーム10が炉2-1から出て炉2-2に進入した瞬間を示し、時刻 t_2 は、プリフォーム10が炉2-2から出て炉2-3に進入した瞬間を示し、時刻 t_3 は、プリフォーム10が炉2-3から出た瞬間を示す。時刻 $t_0 \sim t_1$ の時間長、時刻 $t_1 \sim t_2$ の時間長、及び時刻 $t_2 \sim t_3$ の時間長は、前述したように、時間長 t_{z1} 、 t_{z2} 、 t_{z3} によってそれぞれ表される。炉2-1~2-3をオンしてから十分に長い時間が経過して温度が定常状態に達したとき、各炉2-1~2-3の実際の炉温度は、その設定値 T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_{r3} に一致していると考えられる。これにより、プリフォーム10の外面は、ステップ状の温度プロファイルで加熱される。図7に示すように、炉2-1~2-3のそれぞれによってプリフォーム10を加熱することにより、プリフォーム10の外面温度は、炉温度の設定値 T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_{r3} に次第に近づく。

10

【0082】

制御装置1は、炉温度の時系列データ及びプリフォーム10の外面温度の時系列データに基づいて、炉温度とプリフォーム10の外面温度との関係を示す炉2の温度モデルを計算する。炉2の温度モデルは、炉温度からプリフォーム10の外面温度への伝達関数により表される。炉2の温度モデルは、例えば次式のように、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む1次遅れ形式の伝達関数により表される。

20

【0083】

$$F_1(s) = k_1 / (T_1 \cdot s + 1) \quad (1)$$

【0084】

ここで、 k_1 は利得を示し、 T_1 は時定数を示す。

【0085】

ここで、炉温度の時間的変化を示す温度関数を $T_r(t)$ により表す。すなわち、最初の時間長 t_{z1} にわたって $T_r(t) = T_{r1}$ になり、次の時間長 t_{z2} にわたって $T_r(t) = T_{r2}$ になり、最後の時間長 t_{z3} にわたって $T_r(t) = T_{r3}$ になる。このとき、ラプラス変換された関数の領域において、炉温度 $T_r(s)$ を入力とし、プリフォーム10の外面温度 $T_{out}(s)$ を出力とする系は、次式で表される。

30

【0086】

$$T_{out}(s) = F_1(s) \cdot T_r(s) \quad (2)$$

【0087】

炉2-1~2-3のそれぞれにおいて炉温度 T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_{r3} は一定であるので、炉温度 T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_{r3} のそれぞれは、振幅 A_1 を有するステップ関数 $A_1 \cdot u(t)$ により表される。ここで、 A_1 は、プリフォーム10が炉2-1~2-3のそれぞれに進入したときのプリフォーム10の外面温度と炉温度との差を示す。ステップ関数 $A_1 \cdot u(t)$ のラプラス変換は A_1/s により表される。この場合、式(2)に $T_r(s) = A_1/s$ を代入して逆ラプラス変換することにより、次式のように、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を示す時間領域の温度関数 $T_{out}(t)$ が得られる。

40

【0088】

$$T_{out}(t) = A_1 \cdot k_1 (1 - \exp(-t/T_1)) + B_1 \quad (3)$$

【0089】

ここで、 B_1 は、プリフォーム10が炉2-1~2-3のそれぞれに進入したときのプリフォーム10の外面温度を示す。

【0090】

式(3)は、ステップ関数 $A_1 \cdot u(t)$ に対するステップ応答を表す。公知の最小二

50

乗法などを用いてプリフォーム 10 の外面温度の時系列データを式 (3) にあてはめることにより、式 (1) の利得 k_1 及び時定数 T_1 が計算される。これにより、炉 2 の温度モデルの伝達関数 $F_1(s)$ を同定することができる。

【0091】

制御装置 1 は、炉温度の時系列データ及びプリフォーム 10 の外面温度の時系列データとともに、プリフォーム加熱装置 100 の各パラメータの対応する設定値の時系列データを取得してもよい。これにより、炉温度の所定の時間的变化及びプリフォーム 10 の外面温度の所定の時間的变化を再現するようにプリフォーム加熱装置 100 を動作させることができる。

【0092】

炉 2 の温度モデル $F_1(s)$ は、炉温度の時系列データ及びプリフォーム 10 の外面温度の時系列データに基づいて測定装置 41 によって計算され、測定装置 41 から制御装置 1 に送られてもよい。

【0093】

[プリフォーム 10 の温度モデルの生成]

次に、図 5 のステップ S2 において取得されるプリフォーム 10 の温度モデルを生成する方法について説明する。

【0094】

図 8 は、図 1 のプリフォーム 10 の温度モデルを取得する構成を示す概略図である。プリフォーム 10 の温度モデルを生成して取得するために、測定装置 51、温度センサ 52、53、断熱容器 54、及び熱湯 55 を用いる。温度センサ 52、53 は、例えば熱電対である。温度センサ 52 はプリフォーム 10 の外面に設けられ、温度センサ 53 はプリフォーム 10 の内面に設けられる。温度センサ 52、53 は、例えば接着又は埋め込みにより、プリフォーム 10 の外面及び内面にそれぞれ固定される。断熱容器 54 の内部に熱湯 55 が注がれ、プリフォーム 10 のほぼ全体が熱湯 55 に浸漬される。ただし、プリフォーム 10 は、その内部に熱湯 55 が流れ込まないように保持される。測定装置 41 は、温度センサ 52 から、プリフォーム 10 の外面温度の時間的变化を示す時系列データを取得し、また、温度センサ 53 から、プリフォーム 10 の内面温度の時間的变化を示す時系列データを取得し、取得された時系列データを制御装置 1 に送る。

【0095】

図 9 は、図 8 の測定装置 51 によって取得されるプリフォーム 10 の温度モデルの一例を示すグラフである。時刻 t_{10} は、プリフォーム 10 が熱湯 55 に浸漬された瞬間を示す。また、時刻 t_{11} は、プリフォーム 10 の内面温度が、熱湯 55 の温度 $T_{ref} + A_2$ に対して所定割合の値、例えば、 $T_{ref} + A_2 a = T_{ref} + A_2 \times 0.632$ に達した瞬間を示す。図 7 に示すように、プリフォーム 10 を熱湯 55 に浸漬することにより、プリフォーム 10 の外面温度はステップ状の温度プロファイルを有し、プリフォーム 10 の内面温度は外面温度に次第に近づく。

【0096】

制御装置 1 は、プリフォーム 10 の外面温度及び内面温度の時系列データに基づいて、プリフォーム 10 の外面温度と内面温度との関係を示すプリフォーム 10 の温度モデルを計算する。プリフォーム 10 の温度モデルは、プリフォーム 10 の外面温度から内面温度への伝達関数により表される。プリフォーム 10 の温度モデルは、例えば次式のように、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む 1 次遅れ形式の伝達関数により表される。

【0097】

$$F_2(s) = k_2 / (T_2 \cdot s + 1) \quad (4)$$

【0098】

ここで、 k_2 は利得を示し、 T_2 は時定数を示す。

【0099】

ここで、ラプラス変換された関数の領域において、プリフォーム 10 の外面温度 T_{ou}

10

20

30

40

50

$t(s)$ を入力とし、プリフォーム 10 の内面温度 $T_{in}(s)$ を出力とする系は、次式で表される。

【0100】

$$T_{in}(s) = F_2(s) \cdot T_{out}(s) \quad (5)$$

【0101】

図 9 の例では、プリフォーム 10 の外面温度は、振幅 A_2 を有するステップ関数 $A_2 \cdot u(t)$ により表される。ステップ関数 $A_2 \cdot u(t)$ のラプラス変換は A_2/s により表される。この場合、式 (5) に $T_{out}(s) = A_2/s$ を代入して逆ラプラス変換することにより、次式のように、プリフォーム 10 の内面温度の時間的変化を示す時間領域の温度関数 $T_{out}(t)$ が得られる。

【0102】

$$T_{in}(t) = A_2 \cdot k_2 (1 - \exp(-t/T_2)) + T_{ref} \quad (6)$$

【0103】

式 (6) は、ステップ関数 $A_2 \cdot u(t)$ に対するステップ応答を表す。公知の最小二乗法などを用いてプリフォーム 10 の内面温度の時系列データを式 (6) にあてはめることにより、式 (4) の利得 k_2 及び時定数 T_2 が計算される。これにより、プリフォーム 10 の温度モデルの伝達関数 $F_2(s)$ を同定することができる。

【0104】

プリフォーム 10 の温度モデル $F_2(s)$ は、プリフォーム 10 の外面温度及び内面温度の時系列データに基づいて測定装置 51 によって計算され、測定装置 51 から制御装置 1 に送られてもよい。

【0105】

[プリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ の推定]

次に、図 5 のステップ S_6 におけるプリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ をシミュレーションにより推定する方法について説明する。

【0106】

ステップ S_6 の処理では、時間 t は、サンプリング時間幅 Δt により離散化される。制御装置 1 は、時刻 $t = 0$ から t_{end} まで以下のステップ (i) ~ (iv) の処理を実行し、サンプリング時間幅 Δt ごとに外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ の値を計算する。

【0107】

ステップ (i)

時刻 $t = 0$ において、プリフォーム 10 の加熱の開始時におけるプリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ の初期値を設定する。プリフォーム 10 の外面温度 $T_{out}(t)$ 及び内面温度 $T_{in}(t)$ の初期値は、例えば、 $T_{out}(0) = T_{in}(0) = T_{ref} = 25 [\quad]$ に設定される。

【0108】

ステップ (ii)

シミュレーションの反復回数 1、すなわち時刻 $t = \Delta t$ において、制御装置 1 は、炉温度 $T_r(0)$ を読み込み、以下の値を計算する。

【0109】

$$T_{out}(1) = -a_{out} \cdot T_{out}(0) + b_{out} \cdot T_r(0)$$

$$T_{out}(1) = T_{out}(0) + T_{out}(1) \cdot \Delta t$$

$$T_{in}(1) = -a_{in} \cdot T_{in}(0) + b_{in} \cdot T_{out}(0)$$

$$T_{in}(1) = T_{in}(0) + T_{in}(1) \cdot \Delta t$$

【0110】

ここで、 a_{out} 、 b_{out} 、 a_{in} 、及び b_{in} は、次式で表される。

【0111】

$$a_{out} = 1/T_1$$

$$b_{out} = k_1/T_1$$

10

20

30

40

50

$a_{in} = 1 / T_2$
 $b_{in} = k_2 / T_2$

【0112】

また、 $T_{out}(1)$ は、 $t = 1$ における温度関数 $T_{out}(t)$ の微分係数を示し、 $T_{in}(1)$ は、 $t = 1$ における温度関数 $T_{in}(t)$ の微分係数を示す。

【0113】

ステップ(iii)

シミュレーションの反復回数 j 、すなわち時刻 $t = j \cdot \Delta t$ において、制御装置 1 は、炉温度 $T_r(1)$ を読み込み、以下の値を計算する。

【0114】

$T_{out}(j) = -a_{out} \cdot T_{out}(j-1) + b_{out} \cdot T_r(j-1)$

$T_{out}(j) = T_{out}(j-1) + T_{out}(j) \cdot \Delta t$

$T_{in}(j) = -a_{in} \cdot T_{in}(j-1) + b_{in} \cdot T_{out}(j-1)$

$T_{in}(j) = T_{in}(j-1) + T_{in}(j) \cdot \Delta t$

【0115】

ステップ(iv)

時刻 $t = j \cdot \Delta t$ が t_{end} に達したら処理を終了して図 5 のステップ S7 に進み、そうでないときは、反復回数 j をインクリメント ($j = j + 1$) してステップ(iii)に戻る。

【0116】

このように、ステップ S6 の処理によれば、炉 2 の温度モデル $F_1(s)$ に基づいて外面温度 $T_{out}(t)$ を推定することができ、また、プリフォーム 10 の温度モデル $F_2(s)$ に基づいて内面温度 $T_{in}(t)$ を推定することができる。

【0117】

[評価関数値 $f_e(i)$ の計算]

図 5 のステップ S7 において使用される評価関数値 $f_e(i)$ は、例えば以下のように計算される。

【0118】

【数 1】

$$f_e(i) = \sum_{t=0}^{t_{end}} (a \cdot e_{out}(t) + b \cdot e_{in}(t)) \quad (7)$$

【0119】

ここで、 a は外面温度誤差 $e_{out}(t)$ の重み係数を示し、 b は内面温度誤差 $e_{in}(t)$ の重み係数を示す。また、 $e_{out}(t)$ は、次式のように、プリフォーム 10 の内面温度 $T_{in}(t)$ と内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を示し、 $e_{in}(t)$ は、次式のように、プリフォーム 10 の内面温度 $T_{in}(t)$ と予め決められた内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を示す。

【0120】

$e_{out}(t) = |T_{out}(t) - T_{out_tgt}(t)|$

$e_{in}(t) = |T_{in}(t) - T_{in_tgt}(t)|$

【0121】

ここで、 $|x|$ は x の絶対値を表す。

【0122】

図 5 のステップ S8 では、評価関数値 $f_e(i)$ が収束したか否かを判断するために、制御装置 1 は、計算された最新の評価関数値と、処理の直前の反復において計算された評価関数値との差がしきい値 f_e 以下であるか否かを判断してもよい。また、評価関数値 $f_e(i)$ が収束したか否かをより確実に判断するために、制御装置 1 は、次式のように、計算された最新の評価関数値と、処理の複数回前の反復、例えば 10 回前の反復におい

10

20

30

40

50

て計算された評価関数値との差がしきい値 f_e 以下であるか否かを判断してもよい。

【0123】

$$|f_e(i-10) - f_e(i)| < f_e \quad (8)$$

【0124】

[第1の実施形態の効果]

図10は、図5のステップS5において設定された炉温度の設定値の初期値を用いたときの、プリフォーム10の外面温度及び内面温度の一例を示すグラフである。図11は、図5のステップS9において設定された炉温度の設定値を用いたときの、プリフォーム10の外面温度及び内面温度の一例を示すグラフである。上述した例では、炉温度の設定値 $Tr1(i)$, $Tr2(i)$, $Tr3(i)$ の初期値は、互いに等しい値 $Tr1(0) = Tr2(0) = Tr3(0) = 200$ に設定され、この場合、図10に示すように、時刻 t_3 に達しても、プリフォーム10の外面温度及び内面温度の差が残ることがある。一方、図5の設定値計算処理を実行して炉温度の設定値 $Tr1$, $Tr2$, $Tr3$ を適切に計算することにより、プリフォーム10の外面温度及び内面温度の差を削減することができる。

10

【0125】

第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100によれば、制御装置1は、プリフォーム10の内面温度を示す温度モデルを予め生成して取得する。また、第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100によれば、制御装置1は、非接触の温度センサ42により測定されたプリフォーム10の外面温度をプリフォーム10の温度モデルに適用することにより、プリフォーム10の内面温度を推定することができる。また、第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100によれば、制御装置1は、フィードバック制御を含むシミュレーションにより炉温度の設定値 $Tr1$, $Tr2$, $Tr3$ を反復的に計算することにより、プリフォーム10の内面温度 $Tin(t)$ と内面温度目標値 $Tin_tgt(t)$ との誤差を低減し、好ましくは最小化することができる。また、プリフォーム10の外面温度 $Tout(t)$ と外面温度目標値 $Tout_tgt(t)$ との誤差を低減し、好ましくは最小化することができる。また、第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100によれば、制御装置1は、計算された炉温度の設定値 $Tr1$, $Tr2$, $Tr3$ を炉2-1 ~ 2-3にそれぞれ設定し、プリフォーム10の内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォーム10を加熱することができる。

20

30

【0126】

第1の実施形態に係るプリフォーム加熱装置100によれば、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォーム10の内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォーム10を加熱することができる。

【0127】

[第2の実施形態]

図12は、第2の実施形態に係るプリフォーム加熱装置110の構成を示すブロック図である。図12のプリフォーム加熱装置110は、制御装置1A、1つの炉2A、及び温度センサ5を備える。実施形態に係るプリフォーム加熱装置は、図1に示すように、複数の炉2-1 ~ 2-3に及びベルトコンベア3を備えるものに限定されない。炉2Aは、プリフォーム10がベルトコンベア3によって搬送されるのではなく、その内部にプリフォーム10が収容されることを除いて、図4の炉2と同様に構成される。制御装置1Aは、図1の3つの炉2-1 ~ 2-3及び駆動装置4を制御することに代えて、1つの炉2Aを制御することを除いて、図1の制御装置1と実質的に同様に動作する。ただし、制御装置1Aは、炉2Aの炉温度の設定値を時間的に変化させてもよく、例えば、図11に示すように変化させてもよい。図12のプリフォーム加熱装置110によれば、図1のプリフォーム加熱装置100と同様に、温度調整に大きな手間をかけることなく、プリフォーム10の内面温度を所望の目標値に近づけるようにプリフォーム10を加熱することができる。

40

【0128】

[他の変形例]

50

以上、本開示の実施形態を詳細に説明してきたが、前述までの説明はあらゆる点において本開示の例示に過ぎない。本開示の範囲を逸脱することなく種々の改良や変形を行うことができることは言うまでもない。例えば、以下のような変更が可能である。なお、以下では、上記実施形態と同様の構成要素に関しては同様の符号を用い、上記実施形態と同様の点については、適宜説明を省略した。以下の変形例は適宜組み合わせ可能である。

【0129】

上述した例では、炉2の温度モデルの温度モデル $F_1(s)$ 及びプリフォーム10の温度モデル $F_2(s)$ が一次遅れ形式の伝達関数によって表される場合について説明したが、他の伝達関数、例えば次式によって表されてもよい。

【0130】

$$F_1(s) = k_{10} / ((T_{11} \cdot s + 1)(T_{12} \cdot s + 1)) \quad (9)$$

$$F_2(s) = k_{20} / ((T_{21} \cdot s + 1)(T_{22} \cdot s + 1)) \quad (10)$$

【0131】

ここで、 k_{10} 、 k_{20} は利得を示し、 $T_{11} \sim T_{22}$ は時定数を示す。式(9)及び式(10)は、2次遅れ形式の伝達関数である。炉2の温度モデルの温度モデル $F_1(s)$ 及びプリフォーム10の温度モデル $F_2(s)$ は、1次遅れ形式及び2次遅れ形式に限らず、他の伝達関数によって表されてもよい。

【0132】

上述した例では、プリフォーム10の内面温度目標値 T_{in1_tgt} 、 T_{in2_tgt} 、 T_{in3_tgt} が、プリフォーム10の外表面温度目標値 T_{out1_tgt} 、 T_{out2_tgt} 、 T_{out3_tgt} にそれぞれ等しい場合について説明したが、これらの目標値は互いに異なってもよい。内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ は、外表面温度目標値 $T_{out_tgt}(t)$ に対して所定の温度差を有する値に設定されてもよい。

【0133】

図5のステップS7において、式(7)に代えて、次式を用いてもよい。

【0134】

【数2】

$$fe(i) = \sum_{t=0}^{tend} t(a \cdot e_{out}(t) + b \cdot e_{in}(t)) \quad (11)$$

【0135】

加熱時間の最後の方の誤差がより重要であるので、式(11)の右辺では、経過時間 t を重み係数として乗算している。

【0136】

上述した例では、式(7)の重み係数 $a = b = 1$ である場合について説明したが、他の重み係数 a 、 b の値を用いてもよい。例えば、重み係数 $a = 0$ 、 $b = 1$ を設定することにより、図5のステップS7においてプリフォーム10の外表面温度を無視し、プリフォーム10の内面温度 $T_{in}(t)$ と内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を予め決められたしきい値 fe よりも低減するように炉温度の設定値 Tr_1 、 Tr_2 、 Tr_3 を計算することができる。

【0137】

上述した例では、ベルトコンベア3によって搬送されるプリフォーム10が炉2-1~2-3をそれぞれ通過する時間長 t_{z1} 、 t_{z2} 、 t_{z3} が互いに等しい場合について説明したが、これらの時間長は互いに異なってもよい。

【0138】

[まとめ]

本開示の各側面に係るプリフォーム加熱装置及びその制御方法は、以下のように表現されてもよい。

【0139】

10

20

30

40

50

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、熱可塑性容器のプリフォーム10を加熱するプリフォーム加熱装置の制御方法が提供される。プリフォーム加熱装置は、プリフォーム10を収容して所定の炉温度で加熱する少なくとも1つの炉2を備える。制御方法は、炉温度とプリフォーム10の外面温度との関係を示す第1の温度モデル $F_1(s)$ を取得するステップを含む。制御装置はさらに、プリフォーム10の外面温度とプリフォーム10の内面温度との関係を示す第2の温度モデル $F_2(s)$ を取得するステップを含む。制御装置はさらに、第1の温度モデル $F_1(s)$ に基づいて、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を示す第1の温度関数 $T_{out}(t)$ を計算するステップを含む。制御装置はさらに、第2の温度モデル $F_2(s)$ に基づいて、プリフォーム10の内面温度の時間的変化を示す第2の温度関数 $T_{in}(t)$ を計算するステップを含む。制御装置はさらに、第1の温度関数 $T_{out}(t)$ 及び第2の温度関数 $T_{in}(t)$ に基づいて、プリフォーム10の内面温度 $T_{in}(t)$ と予め決められた内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を予め決められたしきい値 f_e よりも低減するように炉温度の設定値 Tr_1, Tr_2, Tr_3 を計算するステップを含む。制御装置はさらに、計算された炉温度の設定値 Tr_1, Tr_2, Tr_3 を炉2に設定するステップを含む。

10

【0140】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第2の温度モデル $F_2(s)$ は、プリフォーム10の外面温度からプリフォーム10の内面温度への伝達関数により表される。

【0141】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第2の温度モデル $F_2(s)$ は、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む1次遅れ形式又は2次遅れ形式の伝達関数により表される。

20

【0142】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第2の温度モデル $F_2(s)$ を取得するステップは、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を示す第1の時系列データを取得するステップと、プリフォーム10の内面温度の時間的変化を示す第2の時系列データを取得するステップと、第1及び第2の時系列データに基づいて第2の温度モデル $F_2(s)$ の伝達関数を計算するステップとを含む。

【0143】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第1の時系列データを取得するステップは、プリフォーム10の外面をステップ状の温度プロファイルで加熱するとき、プリフォーム10の外面に設けられた第1の温度センサ52からプリフォーム10の外面温度を取得するステップを含む。第2の時系列データを取得するステップは、プリフォーム10の外面をステップ状の温度プロファイルで加熱するとき、プリフォーム10の内面に設けられた第2の温度センサ53からプリフォーム10の内面温度を取得するステップを含む。

30

【0144】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第1の温度モデル $F_1(s)$ は、炉温度からプリフォーム10の外面温度への伝達関数により表される。

40

【0145】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第1の温度モデル $F_1(s)$ は、ラプラス変換された関数の領域における、利得及び時定数のパラメータを含む1次遅れ形式又は2次遅れ形式の伝達関数により表される。

【0146】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、第1の温度モデル $F_1(s)$ を取得するステップは、炉温度の時間的変化を示す第3の時系列データを取得するステップと、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を示す第4の時系列データを取得するステップと、第3及び第4の時系列データに基づいて第1の温度モデル $F_1(s)$ の伝達関数を計算するステップとを含む。

50

【0147】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を計算するステップは、プリフォーム10の内面温度 $T_{in}(t)$ と内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を低減するように、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を反復的に変化させるステップを含む。

【0148】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を計算するステップは、第1の温度関数 $T_{out}(t)$ 及び第2の温度関数 $T_{in}(t)$ に基づいて、プリフォーム10の内面温度 $T_{in}(t)$ と内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差をしきい値 f_e よりも低減するように、かつ、プリフォーム10の外面温度 $T_{out}(t)$ と予め決められた外面温度目標値 $T_{out_tgt}(t)$ との誤差をしきい値 f_e よりも低減するように、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を計算するステップを含む。

10

【0149】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を計算するステップは、プリフォーム10の内面温度 $T_{in}(t)$ と内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を低減するように、かつ、プリフォーム10の外面温度 $T_{out}(t)$ と外面温度目標値 $T_{out_tgt}(t)$ との誤差を低減するように、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を反復的に変化させるステップを含む。

【0150】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ は外面温度目標値 $T_{out_tgt}(t)$ と同じ値に設定される。

20

【0151】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ は、外面温度目標値 $T_{out_tgt}(t)$ に対して所定の温度差を有する値に設定される。

【0152】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置の制御方法によれば、プリフォーム加熱装置は、プリフォーム10が逐次に通過するように互いに隣接して配置された複数の炉2を備える。複数の炉2のそれぞれについて、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} は時間的に一定である。

30

【0153】

本開示の一側面に係るプリフォーム加熱装置によれば、熱可塑性容器のプリフォーム10を加熱するプリフォーム加熱装置が提供される。プリフォーム加熱装置は、プリフォーム10を収容して所定の炉温度で加熱する少なくとも1つの炉2と、炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を制御する制御装置1とを備える。制御装置1は、炉温度とプリフォーム10の外面温度との関係を示す第1の温度モデル $F_1(s)$ を取得する。制御装置1はさらに、プリフォーム10の外面温度とプリフォーム10の内面温度との関係を示す第2の温度モデル $F_2(s)$ を取得する。制御装置1はさらに、第1の温度モデル $F_1(s)$ に基づいて、プリフォーム10の外面温度の時間的変化を示す第1の温度関数 $T_{out}(t)$ を計算する。制御装置1はさらに、第2の温度モデル $F_2(s)$ に基づいて、プリフォーム10の内面温度の時間的変化を示す第2の温度関数 $T_{in}(t)$ を計算する。制御装置1はさらに、第1の温度関数 $T_{out}(t)$ 及び第2の温度関数 $T_{in}(t)$ に基づいて、プリフォーム10の内面温度と予め決められた内面温度目標値 $T_{in_tgt}(t)$ との誤差を予め決められたしきい値 f_e よりも低減するように炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を計算する。制御装置1はさらに、計算された炉温度の設定値 T_{r1} , T_{r2} , T_{r3} を炉2に設定する。

40

【産業上の利用可能性】

【0154】

本開示によれば、PETボトルなど熱可塑性容器のプリフォームをブロー成形のために

50

加熱するプリフォーム加熱装置に適用可能である。

【符号の説明】

【 0 1 5 5 】

1 , 1 A	制御装置	
2 , 2 - 1 ~ 2 - 3 , 2 A	炉	
3	ベルトコンベア	
4	駆動装置	
5	温度センサ	
6	入力装置	
7	表示装置	10
1 0	プリフォーム	
1 0 a	内面	
1 0 b	外面	
1 1	ボトル	
2 1 , 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3	温度調節器	
2 2 , 2 2 - 1 ~ 2 2 - 3	ヒーター	
2 3 , 2 3 - 1 ~ 2 3 - 3	温度センサ	
3 1	金型	
3 2	管路	
4 1	測定装置	20
4 2	温度センサ	
5 1	測定装置	
5 2 , 5 3	温度センサ	
5 4	断熱容器	
5 5	熱湯	
1 0 0 , 1 1 0	プリフォーム加熱装置	

30

40

50

【図面】
【図 1】

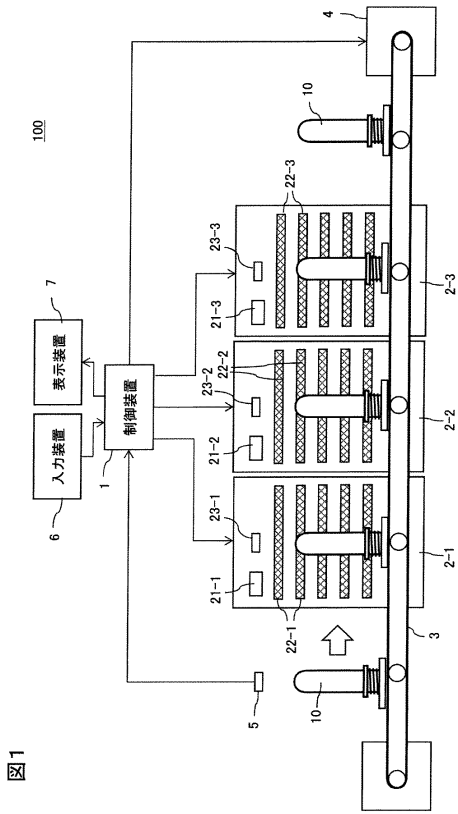
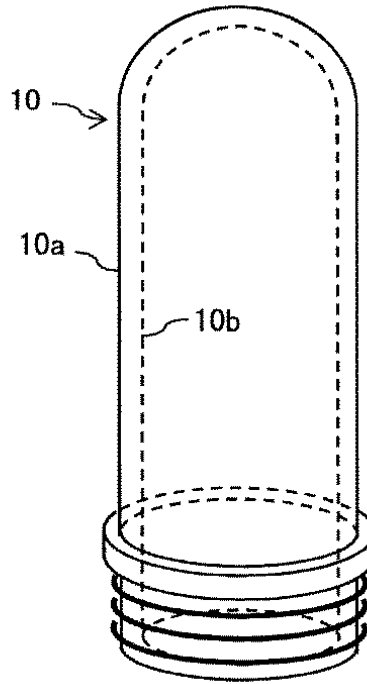


図 1

【図 2】

図 2



10

20

【図 3】

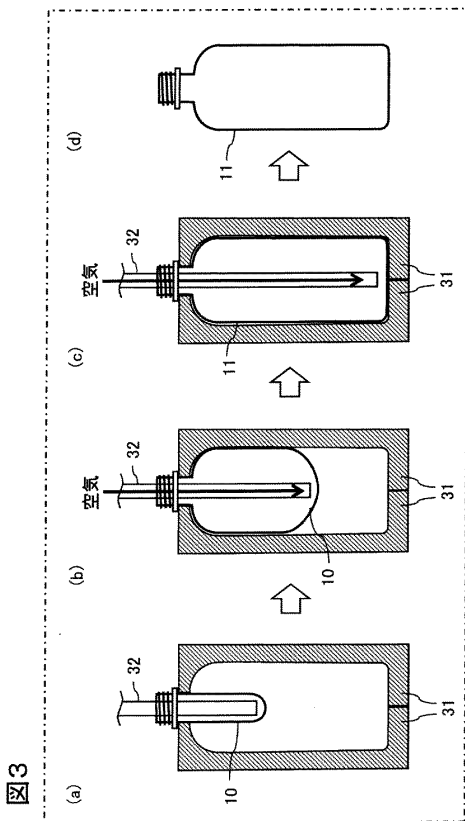
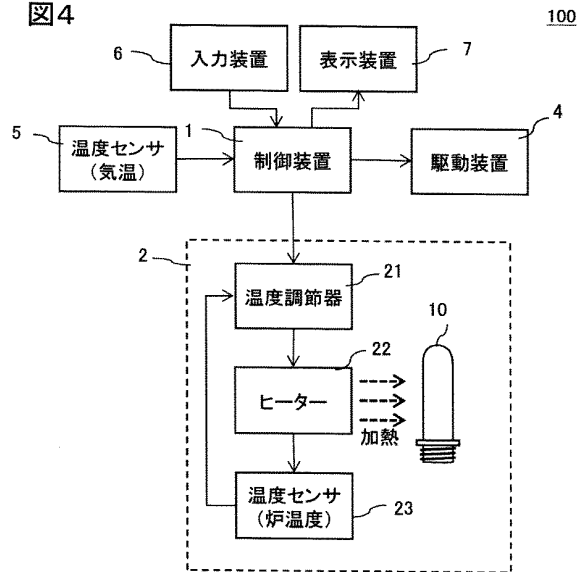


図 3

【図 4】

図 4

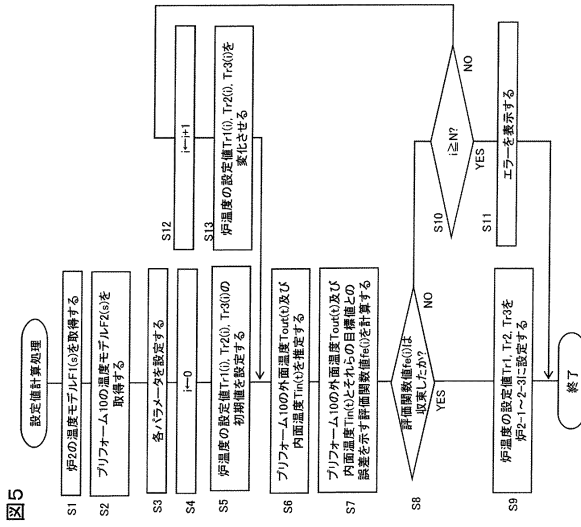


30

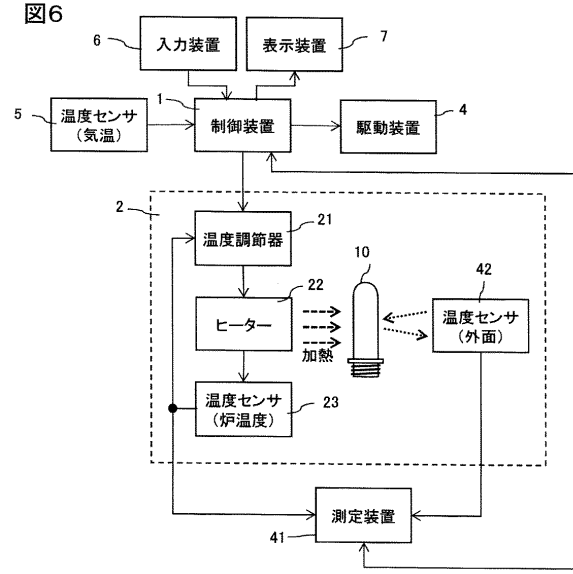
40

50

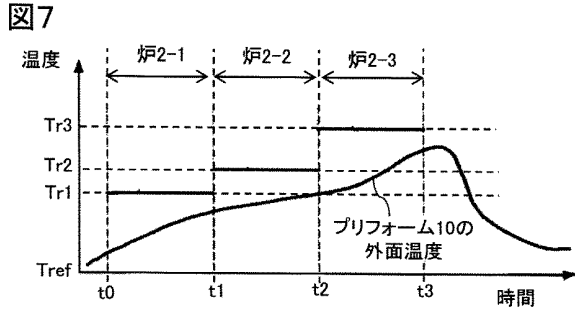
【図5】



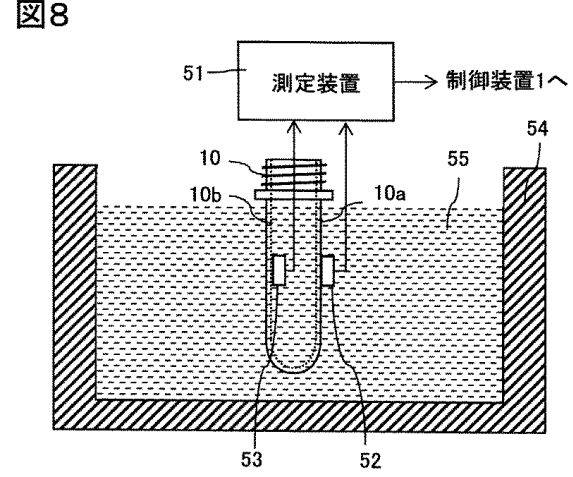
【図6】



【図7】



【図8】



10

20

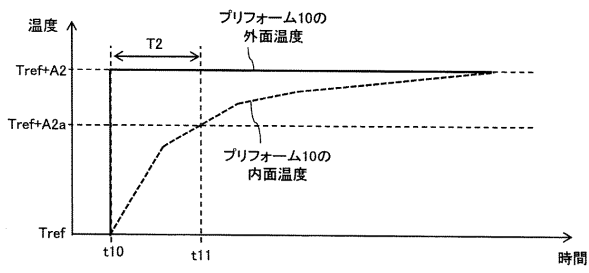
30

40

50

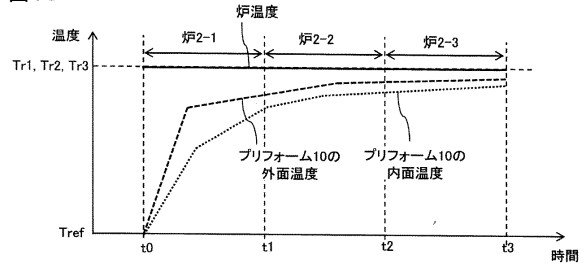
【図9】

図9



【図10】

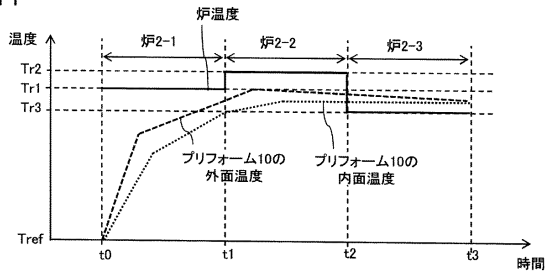
図10



10

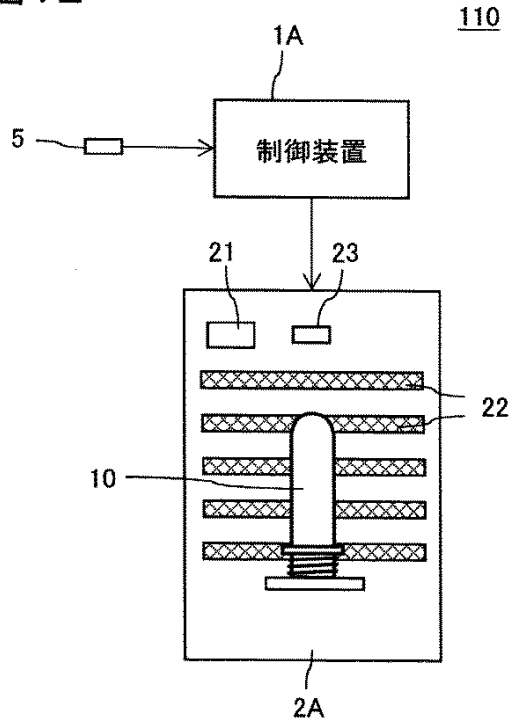
【図11】

図11



【図12】

図12



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2020-533195(JP,A)
特開平11-348106(JP,A)
特開2003-251687(JP,A)
特表2007-521986(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B29C 49/78
B29C 49/64