

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年3月3日(03.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/044576 A1

(51) 国際特許分類:
B29C 45/76 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026082

(22) 国際出願日: 2021年7月12日(12.07.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2020-141575 2020年8月25日(25.08.2020) JP

(71) 出願人: ポリプラスチック株式会社 (POLYPLASTICS CO., LTD.) [JP/JP];
〒1088280 東京都港区港南二丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 束田 拓平 (TSUKADA Takuhei);
〒4168533 静岡県富士市宮島973番地 ポリプラスチック株式会社内 Shizuoka (JP).

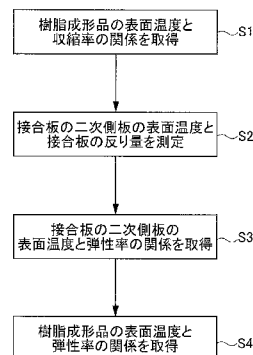
(74) 代理人: グローバル・アイピー東京特許
業務法人(GLOBAL IP TOKYO); 〒1600023 東
京都新宿区西新宿8丁目3番30号
カーメル11 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
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, JP, 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,

(54) Title: METHOD FOR ESTIMATING ELASTIC MODULUS OF RESIN MOLDED ARTICLE, METHOD FOR ESTIMATING STRESS OF RESIN MOLDED ARTICLE, PROGRAM, COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM, CALCULATION DEVICE FOR ELASTIC MODULUS OF RESIN MOLDED ARTICLE, PRODUCTION METHOD FOR RESIN MOLDED ARTICLE, DATA ACQUISITION METHOD FOR ELASTIC MODULUS OF RESIN MOLDED ARTICLE, SHAPE OPTIMIZATION METHOD FOR RESIN MOLDED ARTICLE, DEFORMATION PREDICTION METHOD FOR RESIN MOLDED ARTICLE, AND FRACTURE LIFE PREDICTION METHOD FOR RESIN MOLDED ARTICLE

(54) 発明の名称: 樹脂成形品の弾性率の推定方法、樹脂成形品の応力推定方法、プログラム、コンピュータ可読記録媒体、樹脂成形品の弾性率の算定装置、樹脂成形品の製造方法、樹脂成形品の弾性率のデータ取得方法、樹脂成形品の形状最適化方法、樹脂成形品の変形予測方法、樹脂成形品の破壊寿命予測方法



S1 Obtain relation between surface temperature and contraction coefficient of resin molded article
S2 Measure surface temperature of secondary side plate of joined plate and curvature amount of joined plate
S3 Obtain relation between surface temperature and elastic modulus of secondary side plate of joined plate
S4 Obtain relation between surface temperature and elastic modulus of resin molded article

(57) Abstract: An embodiment of the present invention is a calculation method for the elastic modulus of a resin molded

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)）

article, comprising: a first step for obtaining the relation between the surface temperature and the contraction coefficient of a resin molded article during cooling after removal from a die; a second step for obtaining, with respect to a joined plate in which are joined a primary side plate that includes a material having a thermal expansion coefficient differing from that of the resin material contained in the resin molded article and a secondary side plate that includes a resin material identical to that of the resin molded article, measured values of the surface temperature of the secondary side plate and the curvature amount of the joined plate; a third step for obtaining the relation between the surface temperature and the elastic modulus of the secondary side plate, on the basis of the contraction coefficient measured in the first step, the curvature amount of the joined plate acquired in the second step, and a theoretical formula; and a fourth step for obtaining, on the basis of the relation between the surface temperature and the elastic modulus of the secondary side plate, the relation between the surface temperature and the elastic modulus of the resin molded article during cooling after removal from the die.

(57) 要約：本発明の一実施形態は、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、二次側板の表面温度と接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、第1工程において測定された収縮率、第2工程において取得された接合板の反り量、及び、理論式に基づいて、二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、二次側板の表面温度と弾性率の関係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得する第4工程と、を含む、樹脂成形品の弾性率の算定方法である。

明 細 書

発明の名称：

樹脂成形品の弾性率の推定方法、樹脂成形品の応力推定方法、プログラム、コンピュータ可読記録媒体、樹脂成形品の弾性率の算定装置、樹脂成形品の製造方法、樹脂成形品の弾性率のデータ取得方法、樹脂成形品の形状最適化方法、樹脂成形品の変形予測方法、樹脂成形品の破壊寿命予測方法

技術分野

[0001] 本発明は、樹脂成形品の弾性率を算定する技術、及び、樹脂成形品の内部応力を算出する技術に関する。

背景技術

[0002] 樹脂を成形する一連のプロセスで樹脂成形品の内部に残留応力が発生するが、残留応力が過大である場合、時間の経過によって樹脂成形品に反りや変形、クラックが発生する。そこで、樹脂成形品の設計段階で、解析モデルを用いて残留応力を推定することが行われている（例えば、特開2006-205740号公報，特開2012-152964号公報を参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 解析モデルを用いて樹脂成形品の残留応力を推定する場合、樹脂成形品の温度変化履歴に基づく残留応力変化を導出するためには、各温度に対する樹脂成形品の弾性率（ E ）と歪み（ ε ）に基づいて残留応力（ σ ）を逐次的に算出する（ $\sigma = E \times \varepsilon$ ）。

ここで、従来は、例えばISO178及びJIS K7171に沿った3点曲げ試験などによる弾性率の測定を異なる温度で実施することにより、樹脂成形品の温度と弾性率の関係を取得し、解析モデルに入力していた。

[0004] しかし、金型から取り出してから冷却する過程での樹脂には応力緩和等の粘弾性の挙動があることから、当該過程における実際の樹脂成形品の弾性率

(つまり、緩和弾性率)は、従来の3点曲げ試験などにより取得される弾性率よりも低い値になると考えられる。それにも関わらず、3点曲げ試験などの従来の手法で取得された温度と弾性率の関係を解析モデルに入力すると、実際よりも高い残留応力の値が算出されてしまう。結果として、樹脂成形品の設計余裕度を大きく確保する必要があり、過剰品質を招来する虞がある。

[0005] そこで、本発明は、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を精度良く算定することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第1の観点は、熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する方法であって、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、第1工程において測定された収縮率、第2工程において取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、前記二次側板の表面温度と弾性率の關係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得する第4工程と、を含む、樹脂成形品の弾性率の算定方法である。

[0007] 本発明の第2の観点は、前記樹脂成形品の弾性率の算定方法において取得された、前記樹脂成形品の表面温度と、収縮率及び弾性率との關係に基づいて、前記樹脂成形品を金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の応力を算出する、樹脂成形品の応力算出方法である。

[0008] 本発明の第3の観点は、熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、コンピュータに、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する方法を実

行させるプログラムであって、前記方法は、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、第1工程において測定された前記収縮率、第2工程において取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、前記二次側板の表面温度と弾性率の關係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得する第4工程と、を含む、プログラムである。

[0009] 本発明の第4の観点は、コンピュータに、前記樹脂成形品の応力算出方法を実行させるプログラムである。

[0010] 本発明の第5の観点は、前記プログラムが記録されたコンピュータ可読記録媒体である。

[0011] 本発明の第6の観点は、熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する算定装置であって、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1データ取得部と、前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2データ取得部と、第1データ取得部によって測定された収縮率、第2データ取得部によって取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3データ取得部と、前記二次側板の表面温度と弾性率の關係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得する第4データ取得部

と、を備えた、樹脂成形品の弾性率の算定装置である。

[0012] 本発明の第7の観点は、前記樹脂成形品の応力算出方法によって算出された内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の形状、材料、及び、成形条件から選択される少なくとも1つを決定し、当該決定に基づいて樹脂成形品を製造する、樹脂成形品の製造方法である。

[0013] 本発明の第8の観点は、熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率のデータを取得する方法であって、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、第1工程において測定された収縮率、第2工程において取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、前記二次側板の表面温度と弾性率の關係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得することにより、前記樹脂成形品の弾性率のデータを取得する第4工程と、を含む、樹脂成形品の弾性率のデータ取得方法である。

[0014] 本発明の第9の観点は、前記樹脂成形品の応力算出方法によって算出された前記樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の形状を最適化する、樹脂成形品の形状最適化方法である。

[0015] 本発明の第10の観点は、前記樹脂成形品の応力算出方法によって算出された樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の変形予測を行う、樹脂成形品の変形予測方法である。

[0016] 本発明の第11の観点は、前記樹脂成形品の応力算出方法によって算出された前記樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の破壊寿命を予測する、樹脂成形品の破壊寿命予測方法である。

発明の効果

[0017] 本発明の一態様によれば、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を精度良く算定することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]バイメタル法の原理を説明する図である。

[図2]一実施形態に係る樹脂成形品の弾性率の算定方法の各工程を示す図である。

[図3]一実施形態に係る樹脂成形品の表面に模様が付されている状態を例示する図である。

[図4]一実施形態に係る樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得するためのデータ取得装置の配置を示す図である。

[図5]一実施形態に係る樹脂成形品に付された模様について、金型から取り出した直後と冷却後の違いを例示する図である。

[図6]一実施形態に係る樹脂成形品の表面において金型から取り出してから冷却する過程での温度分布を例示する図である。

[図7]一実施形態に係る接合板の反り量を測定するためのデータ取得装置の配置を示す図である。

[図8]一実施形態に係るデータ取得装置の内部構成例を示すブロック図である。

[図9]実施例に係る樹脂成形品について、金型から取り出してから冷却する過程における表面温度と収縮率の関係を示す図である。

[図10]比較例と実施例に係る樹脂成形品について、金型から取り出してから冷却する過程における表面温度、弾性率、及び、収縮率の関係を示す図である。

[図11]内部応力を測定するために用いられる実施例に係る樹脂成形品を示す図である。

[図12]比較例と実施例に係る樹脂成形品の温度と残留応力の関係について、実測値と解析値を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明に係る樹脂成形品の弾性率の算定方法が適用される樹脂成形品を成形するための樹脂材料は、特に限定されず従来公知の樹脂材料を用いることができる。また、複数の樹脂材料をブレンドした樹脂混合物も上記樹脂材料に含まれる。さらに、樹脂に対して核剤、カーボンブラック、無機焼成顔料等の顔料、酸化防止剤、安定剤、可塑剤、滑剤、離型剤及び難燃剤等の添加剤を添加して、所望の特性を付与した樹脂材料も含まれる。

樹脂成形品の形状も特に限定されず、如何なる形状の樹脂成形品に対しても本発明を適用することができる。

なお、本発明において「樹脂成形品の弾性率」とは、「樹脂成形品を成形するための樹脂材料の弾性率」を意味する。緩和弾性率についても同様である。

[0020] (1) バイメタル法

従来の手法による樹脂成形品の弾性率の算定は、金型から取り出されてから冷却する過程の粘弾性の挙動（応力緩和等）が考慮されておらず、得られる弾性率が、実際よりも高い値になってしまうという課題に鑑み、発明者が鋭意研究した結果、バイメタルの原理を樹脂材料に適用することで金型から取り出されてから冷却する過程で変動する樹脂成形品の弾性率を精度良く算定できることを見出した。

バイメタルとは、熱膨張係数の異なる2枚の金属板を接合した一種の複合金属材料であり、温度変化によって湾曲する性質を有する。しかし、バイメタルの性質は金属板に限らず、熱膨張係数が異なる材料の2枚の板を接合させた接合板は同様の性質を有する。そこで、本実施形態では、弾性率の算定対象の樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、当該樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板を利用して、樹脂成形品の弾性率を算定する。この樹脂成形品の弾性率の算定方法を、以下の説明では「バイメタル法」と表記する。

[0021] 図1は、バイメタル法の原理を説明する図である。

図1では、熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板BMについて、湾曲前の初期の温度である温度 T_1 における状態（BM（ T_1 ））と、湾曲後の温度 T_2 における状態（BM（ T_2 ））とを図示している。このとき、接合板BMの一次側板及び二次側板の熱膨張係数をそれぞれ α_1 、 α_2 とし、接合板BMの一次側板及び二次側板の弾性率（縦弾性係数）をそれぞれ E_1 、 E_2 とする。また、接合板BMの一次側板及び二次側板の板厚をそれぞれ、 h_1 、 h_2 とし、接合板BMの板厚を h （ $=h_1+h_2$ ）とする。このとき、温度 T_2 での曲率半径 r について、以下の式（1）が成立することが知られている。なお、式（1）において、弾性率比 $m=E_1/E_2$ 、板厚比 $n=h_1/h_2$ である。

[0022] [数1]

$$\frac{1}{r} = \frac{6(\alpha_2 - \alpha_1)(T_2 - T_1)(1+n)^2}{h \left\{ 3(1+n)^2 + (1+mn) \left(n^2 + \frac{1}{mn} \right) \right\}} \quad \dots (1)$$

[0023] 他方、湾曲後の温度 T_2 における接合板BM（ T_2 ）の反り量 D について、幾何学的に以下の式（2）が成立する。なお、 L は、温度 T_1 における接合板BM（ T_1 ）の長さである。

さらに、式（1）及び式（2）から式（3）が成立する。

[0024] [数2]

$$D = \frac{L^2}{2r} \quad \dots (2)$$

[0025] [数3]

$$D = \frac{L^2}{2} \cdot \frac{6(\alpha_2 - \alpha_1)(T_2 - T_1)(1+n)^2}{h \left\{ 3(1+n)^2 + (1+mn) \left(n^2 + \frac{1}{mn} \right) \right\}} \quad \dots (3)$$

[0026] 一実施形態では、上記理論式（3）を利用して、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する。そこで、樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、樹脂成形品の熱膨張係数とは異なる熱膨張係

数の材料を含む一次側板と、を接合した接合板を作成する。一次側板は、樹脂成形品の樹脂材料とは熱膨張係数が異なる限り、金属、樹脂を問わず、如何なる材料であってもよい。一次側板と二次側板の接合方法は、限定するものではないが、射出成形により接合させることができる。例えば、一次側板を金属材料又は樹脂材料のインサート部材とするインサート成形、あるいは、一次側板と二次側板を共に樹脂材料とした二色成形を利用することができる。

[0027] 金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の温度変化においてバイメタル法を適用する場合、式（３）において、二次側板の熱膨張係数 α_2 は、当該樹脂成形品の成形収縮率（以下、適宜、単に「収縮率」と表記する。）と等価である。なお、二次側板の収縮率の温度依存性は、後述するように、樹脂成形品を金型から取り出してから冷却する過程において、樹脂成形品を表面の所定の部位の変位量を逐次測定することによって得られる。

[0028] なお、上記式（１）から（３）においては、成形品内の温度分布の影響を考慮していない。通常、この温度分布の影響は軽微なため無視してもよいが、これを考慮する場合、一次側板の材料と二次側板の樹脂材料それぞれの測定開始時の温度を T_{1_start} と T_{2_start} とし、また時間 t における温度を T_{1_t} と T_{2_t} として表した下記式（４）を、上記式（１）の代わりに用いることで、樹脂成形品の弾性率を、より高い精度で求めることができる。特に、一次側板の材料の熱膨張係数 α_1 と二次側板の樹脂材料の熱膨張係数 α_2 との差が小さい組み合わせの場合は、これを用いることが好ましい。

[0029] [数4]

$$\frac{1}{r} = \frac{6\{\alpha_2(T_{2\_start}-T_{2\_t})-\alpha_1(T_{1\_start}-T_{1\_t})\}(1+n)^2}{h\left\{3(1+n)^2+(1+mn)\left(n^2+\frac{1}{mn}\right)\right\}} \quad \dots (4)$$

[0030] 樹脂材料の一次側板を使用する場合、一次側板は、固体とみなすことができる状態の樹脂材板を使用する。例えば一次側板として結晶性樹脂材料を使用する場合、長時間アニール処理を行って結晶化が十分に進んだ状態で使用する。その上で、予め、一次側板の物性（弾性率 E_1 、熱膨張係数 α_1 ）の温

度依存性を取得しておく。この場合、一次側板の所定の温度における物性の取得方法は、JIS又はISOで規定される標準の方法でよい。

一次側板として金属材料を使用する場合、金属材料の物性（弾性率、熱膨張係数）の温度依存性が極めて低く、特別な前処理が必要ないことから、一次側板として樹脂材料を使用する場合と比較して測定準備に要する工数が少なく済む。

ただし、二次側板に用いる樹脂材料の熱膨張係数が小さい場合には、同様に熱膨張係数が小さく、かつ剛性の高い金属材料を一次側板に用いると、接合板の反り量 D の絶対値が小さくなり、測定が困難になる可能性があるため、正確な反り量 D を測定する観点では、この絶対値がある程度大きくなるように、上述の樹脂材料の一次側板を使用することが好ましい。適当な反り量 D を生じさせるための樹脂材料の熱膨張係数の組み合わせについては、後述するように一次側板と二次側板の樹脂材料の熱膨張係数の差を考慮して選択すればよい。

なお、本発明において、一次側板の材料（特に樹脂材料を用いる場合）、二次側板の樹脂材料いずれについても、熱膨張係数が異方性を有する場合は、成形時の流動方向の熱膨張係数を本発明における熱膨張係数として用いるものとする。

[0031] 金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の温度変化においてバイメタル法を適用する場合、式（3）において、温度 T_1 は、樹脂成形品を金型から取り出した直後の温度であり、温度 T_2 は例えば室温である。

以上から、所定形状（つまり、式（3）の h_1 、 h_2 、 h 、 L が規定された形状）の接合板を形成し、温度 T_1 （樹脂成形品を金型から取り出した直後の温度と同じ）から温度 T_2 （例えば室温）まで温度を変化させたときの接合板の反り量 D を逐次測定することで、上記式（3）から樹脂成形品と同じ樹脂材料を含む二次側板の弾性率 E_2 の温度依存性を算定することができる。

なお、ここで成形品内の温度分布を考慮する場合は、上述の式（4）に基づいて式（3）を修正して計算すればよい。

[0032] また、上記理論式に基づく二次側板の弾性率 E_2 の温度依存性の算定は、各測定結果の値を各式に代入して計算を行うことにより行ってもよいが、CAEを用いた解析により行ってもよい。例えばANSYS社のCAE解析ソフト「ANSYS Mechanical」には、温度と形状（変形含む）及び熱膨張係数や弾性率のデータから、接合板の反り量 D を解析的に導出できるため、これを用いてバイメタル法で実測される接合板の反り量 D と一致する二次側板の弾性率 E_2 を算定することができる。

[0033] 二次側板には樹脂成形品と同じ樹脂材料が含まれていることから、算定された二次側板の弾性率を、樹脂成形品の弾性率とすることができる。

バイメタル法によって測定される接合板の反り量 D は、二次側板の樹脂材料（つまり、弾性率算定の対象となる樹脂成形品に含まれる樹脂材料）の緩和弾性率が反映された値である。すなわち、測定された反り量 D に基づいて二次側板の弾性率を算定することで、算定される二次側板の弾性率は、樹脂成形品が金型から取り出してから冷却する過程での粘弾性の挙動が考慮されたものとなる。そのため、上述したようにして算定される二次側板の弾性率の温度依存性は、樹脂成形品が金型から取り出してから冷却する過程での弾性率の温度依存性と合致したものとなる。

[0034] （２）樹脂成形品の弾性率の算定方法

図２に、一実施形態に係る樹脂成形品の弾性率の算定方法の各工程を示す。以下、各工程について順に説明する。

[0035] [第１工程Ｓ１]

図２の第１工程Ｓ１は、金型から取り出してから冷却する過程における樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する工程である。

前述したように、バイメタル法を適用して樹脂成形品の弾性率を算定するためには、樹脂成形品の収縮率の温度依存性（つまり、二次側板の熱膨張係数の温度依存性）のデータが必要であり、このデータを第１工程Ｓ１で取得する。

第１工程Ｓ１では、樹脂成形品を金型から取り出してから冷却する過程に

において、樹脂成形品の表面温度を測定しながら樹脂成形品の表面の所定の部位の変位量を測定し、所定の部位の変位量の測定値に基づいて樹脂成形品の収縮率を算出する。

樹脂成形品の表面温度は、サーモグラフィによって取得することができる。樹脂成形品の変位量の測定対象となる部位（測定対象部位）は、任意に定義することができる。

[0036] 測定対象部位は、例えば、樹脂成形品の外縁部分であってもよい。例えば、樹脂成形品の形状が矩形である場合には、樹脂成形品の縦及び／又は横の長さについて、金型から取り出した直後の値と冷却後の値との差分を測定対象部位の変位量とすることができる。

測定対象部位は、例えば、樹脂成形品の表面に平行に付された少なくとも2本の線を含む部位であってもよい。2本の線の間の距離の変化を測定対象部位の変位量とすることができる。少なくとも2本の線は、金型から取り出した直後の樹脂成形品にスプレーで塗布して形成してもよい。あるいは、樹脂成形品において成形された少なくとも2本の線を含む部位（例えば、樹脂成形品に形成された段差部分等）を測定対象部位としてもよい。金型から取り出した直後の2本の線の間の距離を X とし、変位量を Δx とすると、収縮率は $(\Delta x / X) \times 100$ （％）により表される。

[0037] 好ましくは、樹脂成形品が金型から取り出してから冷却する過程において、樹脂成形品の測定対象部位の画像を逐次、CCDカメラ等の撮像手段によって取得し、取得した画像に基づいて測定対象部位の変位量を測定する。撮像手段の撮像タイミングをサーモグラフィによる樹脂成形品の表面温度の取得タイミングと同期させることで、表面温度と測定対象部位の変位量の関係を容易かつ正確に取得することができる。また、撮像手段の倍率を変更することで、僅かな変位量も容易かつ正確に測定することができる。

[0038] 好ましい実施形態では、金型から取り出した直後の樹脂成形品の表面に模様を付し、表面に付された模様から測定対象部位を特定し、測定対象部位の変位量を測定する。この測定方法によれば、樹脂成形品の表面の局所的な収

縮率を測定することができるため、樹脂成形品の表面の収縮率分布を得ることができる。以下、この測定方法について、図3～図6を参照して説明する。

この測定方法では、模様が付された樹脂成形品の表面を複数の領域に分割し、一領域を一図柄として各領域の図柄の変形から各領域間の変位量を測定し、この変位量に基づいて、樹脂成形品の収縮率を算出することができる。各領域において収縮率が算出されるため、この方法では、樹脂成形品を金型から取り出した後の各領域の変位量に基づいて樹脂成形品の収縮率の分布を測定することができる。

なお、樹脂成形品の表面に付す模様は限定しないが、例えば、斑点模様、筋状模様、マーブル模様、皮革状模様等が挙げられる。樹脂成形品の表面に付される模様は、樹脂成形品に成形されたもの（シボ）でもよいし、金型から取り出した直後（例えば5秒以内）にスプレーによりインク（例えば顔料インク）を噴霧することで形成してもよい。

[0039] 図3（a）には、模様の一例である斑点模様11が樹脂成形品1の表面1sに付される例が示される。図3（b）は、図3（a）の樹脂成形品1の表面1sが複数の領域Rに分割される例が示される。図3（c）の領域R1～R4は、図3（b）の一部を拡大して示す図である。樹脂成形品1の表面に付す模様を斑点模様11のように不規則な模様とすることで、模様を複数の領域Rに分割したときに各領域に含まれる図柄がすべて異なるようになるため、樹脂成形品1の収縮率の分布を算出するのに都合が良い。

[0040] 図4に、樹脂成形品1の表面温度と収縮率の関係を取得するためのデータ取得装置2の例示的な配置を示す。

データ取得装置2は、1対の左側カメラ21L及び右側カメラ21Rを含むステレオカメラ21と、サーモグラフィ23（赤外線センサ）と、制御装置25とを備える。

ステレオカメラ21の左側カメラ21L及び右側カメラ21Rは、金型から取り出してから冷却する過程において樹脂成形品1の表面1sの画像を逐

次、取得する。左側カメラ 2 1 L 及び右側カメラ 2 1 R がそれぞれ異なる方向から樹脂成形品 1 の表面 1 s を撮像することで、左側カメラ 2 1 L 及び右側カメラ 2 1 R の視差を利用し、表面 1 s が平坦でない場合であっても表面 1 s 上の測定対象部位の正確な変位量を得ることができる。

サーモグラフィ 2 3 は、ステレオカメラ 2 1 の撮像タイミングと同期して、樹脂成形品 1 の表面 1 s から放射される赤外線量を測定し、表面 1 s の温度分布画像を取得する。

制御装置 2 5 は、ステレオカメラ 2 1、及び、サーモグラフィ 2 3 と接続され、樹脂成形品 1 の表面 1 s に設定された各領域の温度と樹脂成形品 1 の収縮率の関係を求めるように構成される。

なお、上記はあくまで一例であり、同様の機能を有する構成に適宜変更してもよい。例えば表面 1 s が平坦な場合はステレオカメラでなく単一のカメラを用いてもよい。また、ステレオカメラ 2 1 とサーモグラフィ 2 3 は同一の制御装置 2 5 でなく、それぞれ別の制御装置に接続してもよい。その場合は、別々に取得された表面温度と収縮率のデータを、タイミングが同期するように後で統合して、樹脂成形品 1 の表面温度と収縮率の関係を取得すればよい。

[0041] 図 5 は、斑点模様 1 1 に含まれる複数の領域の一部の領域に含まれる図柄について、金型から取り出した直後と冷却後の違い（つまり、収縮前後の違い）を例示する。図 5 において、金型から取り出した直後の領域 R 1 ～ R 4 は、図 3（c）と同じである。図 5 において、領域 R 1 c ～ R 4 c は、金型から取り出した直後の領域 R 1 ～ R 4 が冷却した後の収縮した領域を示している。

ここで、図 5 に示すように、隣接する領域（例えば、領域 R 2、R 4）の図柄から測定対象部位（距離 D 1 で規定される部位）が特定される。測定対象部位における収縮前の距離を D 1 とし、収縮後の距離を D 2 とすると、変位量は $(D 1 - D 2)$ であり、収縮率は $\{(D 1 - D 2) / D 1\} \times 100$ （％）である。他の隣接する領域における収縮率も同様に測定することで、

樹脂成形品 1 の収縮率分布を算出することができる。なお、隣接する領域の図柄を基にした測定対象部位は、図 5 の例示に限定されず、任意に定義することができる。

[0042] 図 6 に、サーモグラフィ 23 によって取得される樹脂成形品 1 の表面 1s の温度分布画像を、金型から取り出してから冷却する過程（（a）→（b）→（c）→（d）の順）で例示している。サーモグラフィ 23 によって取得される温度分布画像に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の、樹脂成形品 1 の表面 1s に設定される各領域における温度を取得することができる。

[0043] 制御装置 25 は、ステレオカメラ 21 の撮像タイミングと、サーモグラフィ 23 の赤外線量の測定タイミングと、が同期するように制御する。制御装置 25 はさらに、ステレオカメラ 21 から逐次出力される画像に基づいて、金型から取り出した直後の隣接領域間において予め定義された測定対象部位を基準として各領域の変位量を測定するとともに、サーモグラフィ 23 から逐次出力される温度分布画像に基づいて各領域の温度を取得する。

以上から、図 3～図 6 を参照して説明した測定方法によれば、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品 1 の表面温度と収縮率の関係を、樹脂成形品 1 の表面 1s に設定された複数の領域の各々について取得する（つまり、収縮率分布を取得する）ことができる。

[0044] なお、樹脂成形品 1 の収縮率分布を取得することは必須ではない。例えば、樹脂成形品 1 の表面において注目する部分の収縮率を取得することができる。れば、当該部分についてバイメタル法を適用することができる。

[0045] [第 2 工程 S 2]

図 2 の第 2 工程 S 2 は、接合板の二次側板の表面温度と接合板の反り量を測定する工程である。

より具体的には、第 2 工程 S 2 では、樹脂成形品 1 に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、樹脂成形品 1 と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板を射出成形によって

作製し、作製した接合板において、二次側板の表面温度と接合板の反り量の測定値を取得する。

[0046] 図 7 に、樹脂成形品 1 の表面温度と収縮率の関係を取得するためのデータ取得装置 2 の例示的な配置を示す。

図 7 において、作製された接合板 3 は、一次側板 3 1 と二次側板 3 2 が接合されたものである。一次側板 3 1 は、樹脂成形品 1 に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板である。二次側板 3 2 は、樹脂成形品 1 と同一の樹脂材料を含む。

一次側板 3 1 の材料は、二次側板 3 2 の樹脂材料と熱膨張係数が異なる限り、如何なる材料でもよいが、熱膨張係数の差が少な過ぎる場合には、測定される接合板の反り量が小さくなり、後の第 3 工程 S 3 において精度良く二次側板 3 2 の弾性率を算定することが難しい。逆に、熱膨張係数の差が大き過ぎる場合には、反り量が大きくなって材料弾性の非線形性を考慮する必要がある。また、二次側板 3 2 に使用される樹脂材料にガラス繊維や炭素繊維等の強化用無機充填剤が含まれている場合（強化樹脂材料）には、混入されていない場合と比べて反り量が低下する。二次側板 3 2 に使用される樹脂材料に含まれる樹脂自体の熱膨張係数が小さい場合も同様である。

以上の観点から、一次側板 3 1 と二次側板 3 2 の熱膨張係数の差は、二次側板 3 2 として熱膨張係数の比較的大きい樹脂材料（強化用無機充填剤が含まれていない樹脂材料（非強化樹脂材料）など、例えば熱膨張係数が $100 \times 10^{-6} [1/K]$ 以上の樹脂材料）を使用する場合、 $80 \times 10^{-6} \sim 170 \times 10^{-6} [1/K]$ の範囲内であることが好ましく、二次側板 3 2 として熱膨張係数の比較的小さい樹脂材料（強化樹脂材料など、例えば熱膨張係数が $60 \times 10^{-6} [1/K]$ 以下の樹脂材料）を使用する場合、 $15 \times 10^{-6} \sim 45 \times 10^{-6} [1/K]$ の範囲内であることが好ましい。

[0047] 接合板 3 の作製方法は限定するものではないが、一次側板 3 1 を樹脂材料とする場合は、当該樹脂材料をインサート部材としてインサート成形するか、あるいは、一次側板 3 1 と二次側板 3 2 を二色成形することができる。一

次側板 3 1 と二次側板 3 2 の密着性を高めるために一次側板 3 1 の表面性状を予め粗化してもよい。

接合板 3 を射出成形して作製する場合、射出成形装置のゲート側を接合板 3 の固定端とし、二次側板 3 2 の流動末端側を自由端とする。

一次側板 3 1 を樹脂材料とする場合は、二次側板 3 2 の樹脂材料（すなわち、樹脂成形品 1 に含まれる樹脂材料）と親和性の高い材料を選択する等して、樹脂層間の密着性を高めるようにすることが好ましい。

[0048] 図 7 に示すように、固定具 4 を使用して接合板 3 の一端を固定し、片持ち梁の状態とする。固定具 4 は限定するものではないが、例えば、固定具 4 としてバイス（万力）を使用し、接合板 3 を固定することができる。その場合、バイスに予め断熱板を取り付けておき、金型から取り出した直後の接合板 3 の固定端（ゲート側の端部）を、断熱板を介してバイスで固定し、室内で冷却する。

[0049] カメラ 2 7 は、接合板 3 が温度の変化に応じて湾曲する湾曲面と直交する方向から接合板 3 の画像を取得するように配置される。

サーモグラフィ 2 8 は、カメラ 2 7 の撮像タイミングと同期して、接合板 3 の二次側板 3 2 の表面から放射される赤外線量を測定し、二次側板 3 2 の表面の温度分布画像を取得する。なお、二次側板 3 2 の時刻の経過に応じた表面温度を取得できればよいため、サーモグラフィ 2 8 に代えて、あるいはサーモグラフィ 2 3 に加えて、熱電対を使用してもよい。この場合、金型から取り出した直後の二次側板 3 2 の表面に熱電対を取り付け、熱電対の出力を制御装置 2 5 で逐次受信することで、二次側板 3 2 の表面温度を取得することができる。

[0050] 制御装置 2 5 は、カメラ 2 7 から逐次取得する画像に基づいて接合板 3 の反り量 D を取得するとともに、サーモグラフィ 2 8 から接合板 3 の二次側板 3 2 の温度分布画像を取得する。当該温度分布画像のうち二次側板 3 2 の自由端の温度を評価対象とするが、二次側板 3 2 が強化樹脂材料により成形した場合には、収縮率が比較的小さく接合板 3 の長手方向の温度分布が反り量

に影響を及ぼすことがある。そのような場合には、二次側板 3 2 の全体の温度分布を考慮することが好ましい。

[0051] カメラ 2 7 から画像を取得するタイミングと、サーモグラフィ 2 8 によって温度分布画像を取得するタイミングとは同期しているため、制御装置 2 5 は、接合板 3 の二次側板 3 2 の表面温度と接合板 3 の反り量 D の関係を取得することができる。

[0052] なお、接合板 3 の形状、つまり、一次側板 3 1 及び二次側板 3 2 の板厚、長さ、幅は、当業者が適宜、所望の範囲内の反り量 D が得られるように決定することができる。反り量 D が小さ過ぎると、後の第 3 工程 S 3 において精度良く二次側板 3 2 の弾性率を算定することが難しい。例えば、二次側板 3 2 として強化樹脂材料を使用する場合には、非強化樹脂材料と比べて湾曲し難くなる傾向にある。その場合、湾曲しやすくなるように非強化樹脂材料の場合に対して長さや板厚を調整することができる。

[0053] [第 3 工程 S 3]

図 2 の第 3 工程 S 3 は、接合板 3 の二次側板 3 2 の表面温度と弾性率の関係を取得する工程である。

より具体的には、第 3 工程 S 3 では、第 1 工程 S 1 において測定された樹脂成形品 1 の収縮率、第 2 工程 S 2 において測定された接合板 3 の反り量 D 、及び、バイメタル法の上記式 (3) に基づいて、接合板 3 の二次側板 3 2 の表面温度と弾性率の関係を取得する。

[0054] ここで、第 1 工程 S 1 において樹脂成形品 1 の表面温度と収縮率の関係を取得したが、接合板 3 の二次側板 3 2 は樹脂成形品 1 の樹脂材料を含むため、第 1 工程 S 1 では、二次側板 3 2 の表面温度と熱膨張係数 α_2 の関係を取得したものと等価である。

第 2 工程 S 2 において接合板 3 の二次側板 3 2 の表面温度と接合板 3 の反り量 D の関係を取得済みである。また、一次側板 3 1 の弾性率 E_1 、熱膨張係数 α_1 の温度依存性は予め測定済みであり、一次側板 3 1 と二次側板 3 2 の板厚比 n 、及び、接合板の長さ L は既知である。

したがって、式（３）において、弾性率比 $m (= E_1 / E_2)$ に含まれる二次側板３２の弾性率 E_2 を異なる温度に対して導出することで、二次側板３２の表面温度と弾性率 E_2 の関係を取得することができる。

[0055] [第４工程Ｓ４]

図２の第４工程Ｓ４は、樹脂成形品１の表面温度と弾性率の関係を取得する工程である。

より具体的には、第４工程Ｓ４では、二次側板の表面温度と弾性率の関係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品１の表面温度と弾性率の関係を取得する。

第３工程Ｓ３では、二次側板３２の表面温度と弾性率の関係を取得したが、樹脂成形品１は、二次側板３２と同じ樹脂材料を含むため、樹脂成形品１の表面温度と弾性率の関係は、二次側板３２の表面温度と弾性率の関係と同一とすることができる。

[0056] 上記樹脂成形品の弾性率の算定方法によれば、樹脂成形品が金型から取り出してから冷却する過程の弾性率を算定する際に、樹脂成形品と同一の樹脂材料を有する二次側板を用いて接合板を射出成形で作製し、二次側板の表面温度と接合板の反り量の測定値に基づいて、二次側板の弾性率、すなわち、樹脂成形品の弾性率を算定する。ここで、接合板の反り量の測定値は、二次側板が固化する過程での粘弾性の影響（応力緩和等）が反映されたものとなっているため、この測定値に基づいて上記式（３）から算出される弾性率は、実測に近い値となる。

[0057] （３）樹脂成形品の弾性率のデータ取得方法

一実施形態に係る樹脂成形品の弾性率のデータ取得方法は、上記工程Ｓ１～Ｓ４を実行することにより、樹脂成形品１の弾性率のデータを取得する方法である。

[0058] （４）樹脂成形品の応力算出方法

一実施形態に係る樹脂成形品の応力算出方法は、上記弾性率の算定方法の第１工程Ｓ１で取得された樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係、及び、第

4 工程 S 4 で取得された樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係に基づいて、樹脂成形品を金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の内部応力を算出する方法である。

前述したように、上記樹脂成形品の弾性率の算定方法では、算出される弾性率が実測に近い値となるため、当該弾性率を基に算定される樹脂成形品の内部応力は精度が高いものとなる。

[0059] (5) 樹脂成形品の弾性率を算定する情報処理装置

図 8 は、上述した樹脂成形品の弾性率の算定方法を実行するためのデータ取得装置 2（樹脂成形品の弾性率の算定装置の一例）のハードウェア構成を示すブロック図である。

図 8 に示すように、データ取得装置 2 の制御装置 25 は、CPU（Central Processing Unit）251、ROM（Read-only Memory）252、RAM（Random Access Memory）253、ストレージ 254、及び、入出力（I/O）インタフェース 255 を備える。入出力インタフェース 255 は、ステレオカメラ 21、カメラ 27、及び、サーモグラフィ 23、28 と例えば有線で接続される。

ROM 252 には、弾性率算定プログラム、応力算出プログラム等が記録される。CPU 251 は、必要に応じて ROM 252 に記録されているプログラムを RAM 253 に展開して実行する。

[0060] CPU 251 は、弾性率算定プログラムを実行することで、第 1 工程 S 1 において、ステレオカメラ 21 及びサーモグラフィ 23 に対して同期したタイミングでデータ取得指令を送出し、ステレオカメラ 21 から画像のデータを取得し、サーモグラフィ 23 から樹脂成形品 1 の温度分布画像のデータを取得する。また、CPU 251 は、弾性率算定プログラムを実行することで、第 2 工程 S 2 において、カメラ 27 及びサーモグラフィ 28 に対して同期したタイミングでデータ取得指令を送出し、カメラ 27 から接合板 3 の画像を取得し、サーモグラフィ 28 から接合板 3 の二次側板 32 の表面の温度分布画像のデータを取得する。

[0061] 図8に示すように、弾性率算定プログラムは、収縮率取得モジュール401、反り量取得モジュール402、及び、弾性率取得モジュール403、404を含む。

収縮率取得モジュール401は、第1工程S1において取得された、ステレオカメラ21及びサーモグラフィ23からのデータに基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品1の表面温度と収縮率の関係を取得するプログラムモジュールである。

反り量取得モジュール402は、第2工程S2において取得された、カメラ27及びサーモグラフィ28からのデータに基づいて、接合板3の二次側板32の表面温度と接合板3の反り量の測定値を取得するプログラムモジュールである。

弾性率取得モジュール403は、収縮率取得モジュール401によって取得された樹脂成形品1の収縮率、反り量取得モジュール402によって取得された接合板3の反り量、及び、バイメタル法の式(3)に基づいて、二次側板32の表面温度と弾性率の関係を取得するプログラムモジュールである。

弾性率取得モジュール404は、弾性率取得モジュール403によって取得された、接合板3の二次側板32の表面温度と弾性率の関係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品1の表面温度と弾性率の関係を取得するプログラムモジュールである。接合板3の二次側板32と樹脂成形品1とが同一材料である場合には、樹脂成形品1の表面温度と弾性率の関係は、接合板3の二次側板32の表面温度と弾性率の関係と同一とすることができる。

[0062] 応力算出プログラムは、樹脂成形品1の内部応力を算出するものであれば如何なるプログラムであってもよい。CPU251が応力算出プログラムを実行することで、弾性率算定プログラムの収縮率取得モジュール401で取得された樹脂成形品1の表面温度と収縮率の関係、及び、弾性率算定プログラムの弾性率取得モジュール404で取得された樹脂成形品1の表面温度と

弾性率の関係に基づいて、樹脂成形品 1 の内部応力を算出することができる。

[0063] 一実施形態では、弾性率算定プログラム及び／又は応力算出プログラムは、コンピュータ可読記録媒体に記録されてもよい。

[0064] (6) 樹脂成形品の製造方法

一実施形態に係る樹脂成形品の製造方法は、上記樹脂成形品の応力算出方法によって算定された内部応力に基づいて、樹脂成形品の形状、材料、及び、成形条件から選択される少なくとも 1 つを決定し、当該決定に基づいて樹脂成形品を製造する方法である。

すなわち、上記樹脂成形品の応力算出方法により算出した樹脂成形品の内部応力と、流動解析とを組み合わせれば、樹脂成形品の形状、及び／又は、成形型の温度を決定することができる。

[0065] (7) 樹脂成形品の形状を最適化する方法

一実施形態に係る樹脂成形品の形状最適化方法は、上記樹脂成形品の応力算出方法によって算定された樹脂成形品の内部応力に基づいて、樹脂成形品の形状を最適化する方法である。上記樹脂成形品の弾性率の算定方法において、第 1 工程では、樹脂成形品の収縮率の分布を取得することができるため、上記樹脂成形品の応力算出方法によって、樹脂成形品の内部応力の分布を求めることができる。そのため、例えば樹脂成形品の内部応力が局所的に高くなることのないように、その形状を最適化することができる。

一実施形態に係る樹脂成形品の形状最適化方法は、上記樹脂成形品の応力算出方法によって樹脂成形品の内部応力を算出する応力算出工程と、応力算出工程によって算定された内部応力が所定の閾値よりも高い樹脂成形品の部位を特定する部位特定工程と、部位特定工程によって特定された部位を含む樹脂成形品の形状を変更する形状変更工程と、を含み、応力算出工程によって算定される内部応力が閾値以下となるまで、応力算出工程、部位特定工程、及び、形状変更工程を繰り返し行うことであってもよい。

[0066] (8) 樹脂成形品の変形予測方法

一実施形態に係る樹脂成形品の変形予測方法は、上記樹脂成形品の応力算出方法によって算定された樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の変形予測を行う方法である。上記樹脂成形品の応力算出方法では、精度の高い樹脂成形品の内部応力を算出することができるため、この内部応力を用いれば、樹脂成形品の変形を精度良く予測することができる。樹脂成形品の変形を予想するには、コンピュータによる解析を用いることが好ましく、例えば、C A E (Computer-aided Engineering) 解析を用いることができる。

[0067] (9) 樹脂成形品の破壊寿命予測方法

一実施形態に係る樹脂成形品の破壊寿命予測方法は、上記樹脂成形品の応力算出方法によって算定された樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の破壊寿命を予測する方法である。上記樹脂成形品の応力算出方法では、精度の高い樹脂成形品の内部応力を算出することができるため、この内部応力を用いれば、樹脂成形品の破壊寿命を精度良く予測することができる。樹脂成形品の破壊寿命の予測には、コンピュータによる解析を用いることが好ましく、例えば、C A E 解析を用いることができる。

実施例

[0068] 以下、樹脂成形品の弾性率の算定方法及び応力算出方法の実施例について説明する。

[0069] 実施例の第1工程では、板状の樹脂成形品（板厚3.2mm、長さ130.0mm、板幅13.0mm）を射出成形法により作製した。金型温度を140℃とし、保圧力を80MPaとして成形した。使用した樹脂材料は、ポリアセタール樹脂（ジュラコン（登録商標）M270-44（ポリプラスチックス社製））である。樹脂成形品を金型から取り出した後5秒以内に、樹脂成形品に対して顔料インクを噴霧し、樹脂成形品の表面に不規則な斑点模様を付した。

作製した樹脂成形品の代表的な収縮率を取得するために、樹脂成形品の流動末端側の部位を測定対象部位とし、デジタル3D-コリレーションシステ

μVIC-3D (Correlated Solutions社製) を用いて当該測定対象部位の変位量を測定し、収縮率を導出した。同時に、サーモグラフィによって、金型から取り出してから冷却する過程での測定対象部位の温度を取得することによって、樹脂成形品の温度と収縮率の関係を取得した。その結果を図9に示す。

図9に示すように、樹脂成形品を金型から取り出した直後の温度(108℃)から室温(23℃)まで冷却する過程で樹脂成形品の成形収縮率が上昇し、23℃での収縮率は1.7%であった。

[0070] 実施例の第2工程では、以下の接合板を以下の条件でインサート成形により作製した。

- ・一次側板：アルミニウム合金(A5052P)(板厚3.0mm, 長さ130.0mm, 板幅13.0mm)

- ・二次側板：第1工程で使用したのと同じ樹脂材料(ポリアセタール樹脂(ジュラコン(登録商標)M270-44(ポリプラスチックス社製))の樹脂成形品(板厚3.2mm, 長さ130.0mm, 板幅13.0mm)

- ・金型温度：140℃

- ・保圧力：80MPa

断熱板を取り付けたバイスによって金型から取り出した直後の接合板を固定し、室内で接合板を冷却し、二次側板の自由端の表面温度と接合板の反り量を測定した。このとき、接合板の長手方向の端部3mmをバイスによって固定した。

[0071] 樹脂成形品(第2工程の二次側板と同じ)の表面温度と接合板の反り量の関係、及び、第1工程で取得した樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を基に、表面温度ごとの弾性率を算定したものを図10の「弾性率(実施例)」に示す。なお、図10では、図9に示した温度と収縮率の関係も記載してある。

[0072] 図10の「弾性率(比較例)」は、上記板状の樹脂成形品に対して、従来

用いられていた方法によって取得した弾性率を示している。すなわち、弾性率（比較例）は、ISO 178 及び JIS K 7171 に沿った 3 点曲げ試験を異なる温度で実施することにより、上記板状の樹脂成形品の温度と弾性率の関係を取得したものである。

図 10 に示すように、弾性率（実施例）は、すべての温度範囲で弾性率（比較例）よりも低くなっていることがわかる。これは、弾性率（実施例）が、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の粘弾性の挙動に伴う応力緩和を考慮したものとなっているためである。

[0073] 次に、図 11 (a) に示す円筒状のインサート成形品を成形した。図 11 (b) は、図 11 (a) における A-A' 面の断面図である。インサート成形品は、樹脂部材 10、及び、樹脂部材 10 に接触しない位置（内壁）に歪ゲージ 14 が取り付けられた円筒状のインサート部材 12 からなる。歪ゲージ 14 は、ケーブル 16 を用いて歪測定器（図示せず）と接続した。

インサート成形品は、樹脂部材として上記第 1 工程及び第 2 工程で使用したものと同一のポリアセタール樹脂を用い、インサート部材として T i - 6 A l - 4 V 製の均肉中空円筒（円筒部外径 25 mm、円筒部内径 21 mm、高さ 45 mm）を用いて、インサート部材の外周に樹脂部材（外径 35 mm、内径 25 mm、高さ 30 mm）をインサート成形した。また、インサート成形品に取付けられた歪ゲージは、株式会社共和電業製の K F U - 2 - 1 2 0 - D 1 7 - 1 1 を用いた。

成形条件として、金型温度を 80℃ に設定し、保圧力を 80 MPa に設定した。保圧時間は 20 秒、金型内での冷却時間は 20 秒にそれぞれ設定した。

[0074] インサート成形品を金型から取り出してから冷却する過程におけるインサート部材 12 の内壁温度と内部応力（円周方向応力）を測定した。具体的には、インサート部材内壁に取り付けた歪ゲージにより、樹脂部材が成形されていない状態のインサート部材内壁の歪の値（初期値 A）を予め測定しておき、歪ゲージによる歪の測定を継続しながら、インサート部材の外周に樹脂

部材をインサート成形し、当該インサート成形品を金型から取り出してから冷却する過程でのインサート部材内壁の歪の値（ B ）を連続的に測定した。これと初期値 A から歪の変化値（ $B - A$ ）を計算して得られる、インサート部材 12 の内壁に生じた歪を用いて、インサート成形品における樹脂部材 10 の内部応力（円周方向応力）を算出した。

[0075] さらに上記過程において、インサート部材に熱電対も取り付けしておくことで、金型から取り出してから冷却する過程におけるインサート部材 12 の温度を測定した。このとき、インサート部材 12 の歪の値を取得するタイミングと、インサート部材 12 の温度を取得するタイミングとを同期させることで、インサート部材 12 の温度（すなわちこれに接する樹脂部材 10 の表面温度）と内部応力（円周方向応力）の関係を示すデータを取得し、これを実測値とした。図 12 に示すように、冷却後の樹脂部材 10 の内部応力（実測 1～3）は、15.3 MPa であった。

[0076] 他方、図 11（a）に示す円筒状のインサート成形品の構造解析モデルに、図 10 に示した表面温度と収縮率の関係、及び、表面温度と弾性率（実施例）の関係を入力して導出した、表面温度と内部応力（図 12 に「解析（実施例）」として示す。同じ構造解析モデルに、図 10 に示した表面温度と収縮率の関係、及び、表面温度と弾性率（比較例）の関係を入力して導出した、表面温度と内部応力（図 12 に「解析（比較例）」として示す。

図 12 に示すように、解析（実施例）による値は、全温度範囲において実測値と良く一致した。それに対して、解析（比較例）による値は、インサート成形品が冷却するにつれて実測値と大きく乖離した。

[0077] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されない。また、上記の実施形態は、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更が可能である。

[0078] 本発明は、2020年8月25日に日本国特許庁に出願された特願2020-141575の特許出願に関連しており、この出願のすべての内容がこ

の明細書に参照によって組み込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する方法であって、
- 金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、
- 前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、
- 第1工程において測定された収縮率、第2工程において取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、
- 前記二次側板の表面温度と弾性率の關係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の關係を取得する第4工程と、
- を含む、樹脂成形品の弾性率の算定方法。
- [請求項2] 前記一次側板と前記二次側板との熱膨張係数の差が 1.5×10^{-6} ~ 1.70×10^{-6} [1/K] の範囲内である、
- 請求項1に記載された、樹脂成形品の弾性率の算定方法。
- [請求項3] 前記一次側板は、金属材料からなる、
- 請求項2に記載された、樹脂成形品の弾性率の算定方法。
- [請求項4] 前記第1工程は、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度を測定しながら前記樹脂成形品の表面の所定の部位の変位量を測定し、前記所定の部位の変位量の測定値に基づいて前記樹脂成形品の収縮率を算出すること、を含む、
- 請求項1～3のいずれかに記載された、樹脂成形品の弾性率の算定方法。

[請求項5] 前記第1工程は、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度を測定しながら前記所定の部位を含む樹脂成形品の表面の画像を取得し、取得した画像に基づいて前記所定の部位の変位量を測定する、

請求項4に記載された、樹脂成形品の弾性率の算定方法。

[請求項6] 前記第1工程は、金型から取り出した直後の前記樹脂成形品の表面に模様を付し、表面に付された模様から前記所定の部位を特定することを含む、

請求項4又は5に記載された、樹脂成形品の弾性率の算定方法。

[請求項7] 請求項1～6のいずれか一項に記載された樹脂成形品の弾性率の算定方法において取得された、前記樹脂成形品の表面温度と、収縮率及び弾性率との関係に基づいて、前記樹脂成形品を金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の内部応力を算出する、

樹脂成形品の応力算出方法。

[請求項8] 熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、コンピュータに、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する方法を実行させるプログラムであって、

前記方法は、

金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、

前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、

第1工程において測定された前記収縮率、第2工程において取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、

前記二次側板の表面温度と弾性率の関係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得する第4工程と、

を含む、プログラム。

[請求項9] コンピュータに、請求項7に記載された樹脂成形品の応力算出方法を実行させるプログラム。

[請求項10] 請求項8又は9に記載されたプログラムが記録されたコンピュータ可読記録媒体。

[請求項11] 熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率を算定する算定装置であって、

金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1データ取得部と、

前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2データ取得部と、

第1データ取得部によって測定された収縮率、第2データ取得部によって取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3データ取得部と、

前記二次側板の表面温度と弾性率の関係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得する第4データ取得部と、

を備えた、樹脂成形品の弾性率の算定装置。

[請求項12] 請求項7に記載された樹脂成形品の応力算出方法によって算出された内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の形状、材料、及び、成形条件から選択される少なくとも1つを決定し、当該決定に基づいて樹脂

成形品を製造する、樹脂成形品の製造方法。

[請求項13] 熱膨張係数が異なる2枚の板を接合させた接合板が温度変化に応じて湾曲するときの理論式を用いて、金型から取り出してから冷却する過程の樹脂成形品の弾性率のデータを取得する方法であって、

金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と収縮率の関係を取得する第1工程と、

前記樹脂成形品に含まれる樹脂材料の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数の材料を含む一次側板と、前記樹脂成形品と同一の樹脂材料を含む二次側板と、を接合させた接合板において、前記二次側板の表面温度と前記接合板の反り量の測定値を取得する第2工程と、

第1工程において測定された収縮率、第2工程において取得された前記接合板の反り量、及び、前記理論式に基づいて、前記二次側板の表面温度と弾性率の関係を取得する第3工程と、

前記二次側板の表面温度と弾性率の関係に基づいて、金型から取り出してから冷却する過程の前記樹脂成形品の表面温度と弾性率の関係を取得することにより、前記樹脂成形品の弾性率のデータを取得する第4工程と、

を含む、樹脂成形品の弾性率のデータ取得方法。

[請求項14] 請求項7に記載された樹脂成形品の応力算出方法によって算出された前記樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の形状を最適化する、

樹脂成形品の形状最適化方法。

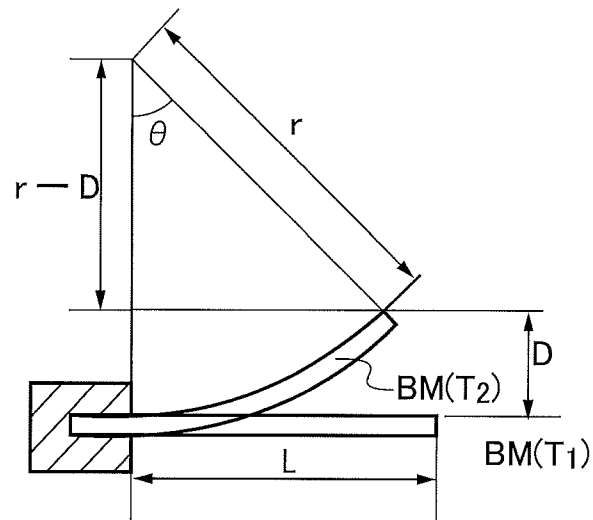
[請求項15] 請求項7に記載された樹脂成形品の応力算出方法によって算出された樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の変形予測を行う、

樹脂成形品の変形予測方法。

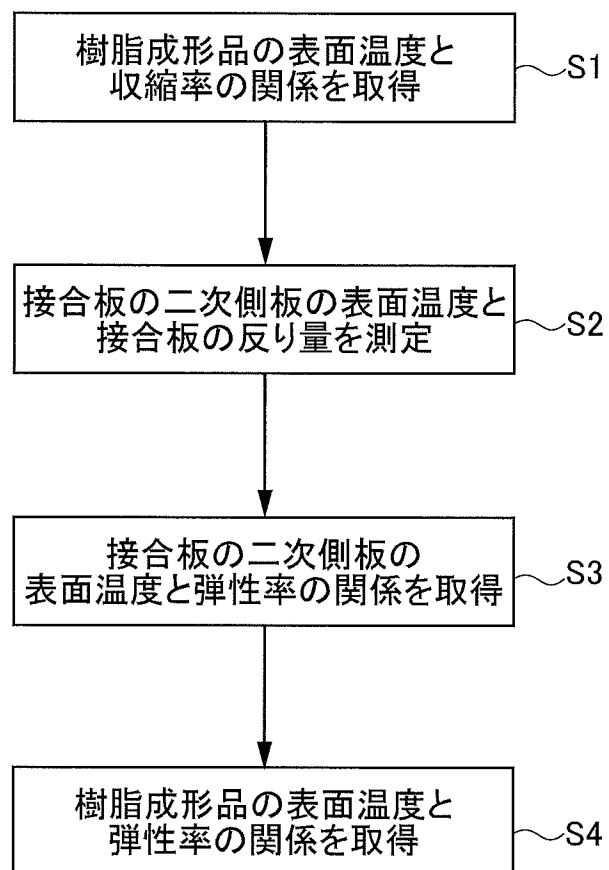
[請求項16] 請求項7に記載された樹脂成形品の応力算出方法によって算出された前記樹脂成形品の内部応力に基づいて、前記樹脂成形品の破壊寿命

を予測する、
樹脂成形品の破壊寿命予測方法。

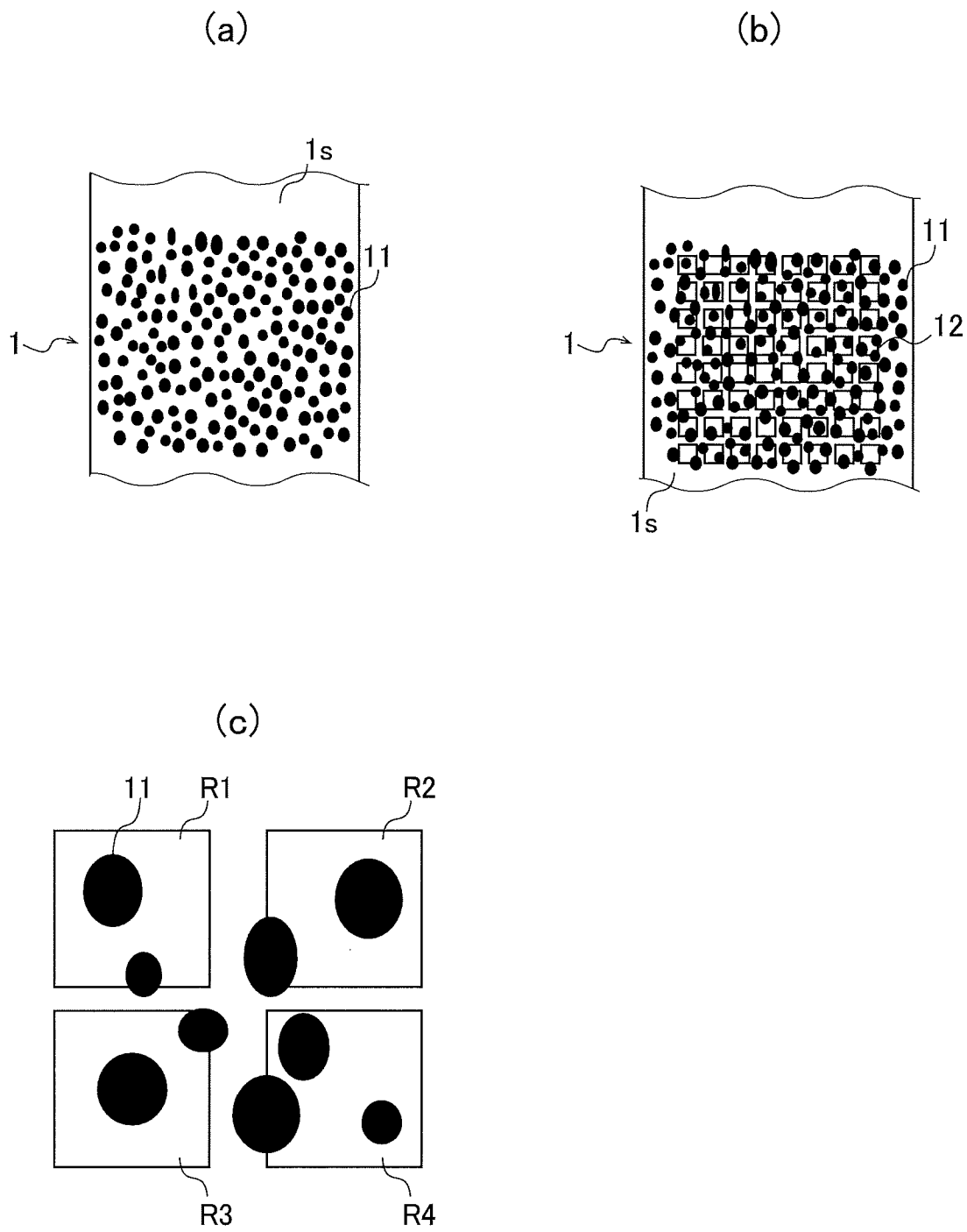
[図1]



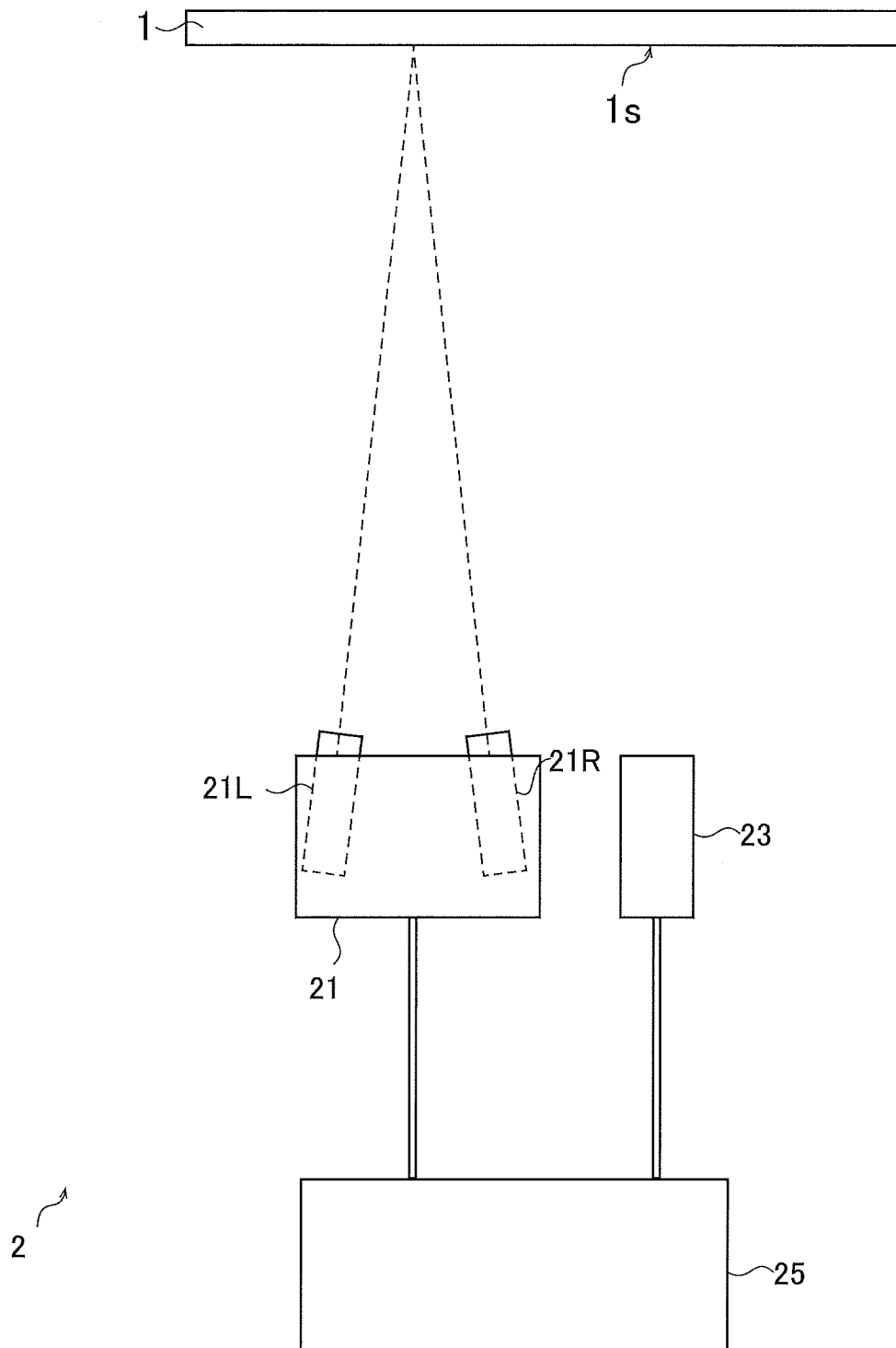
[図2]



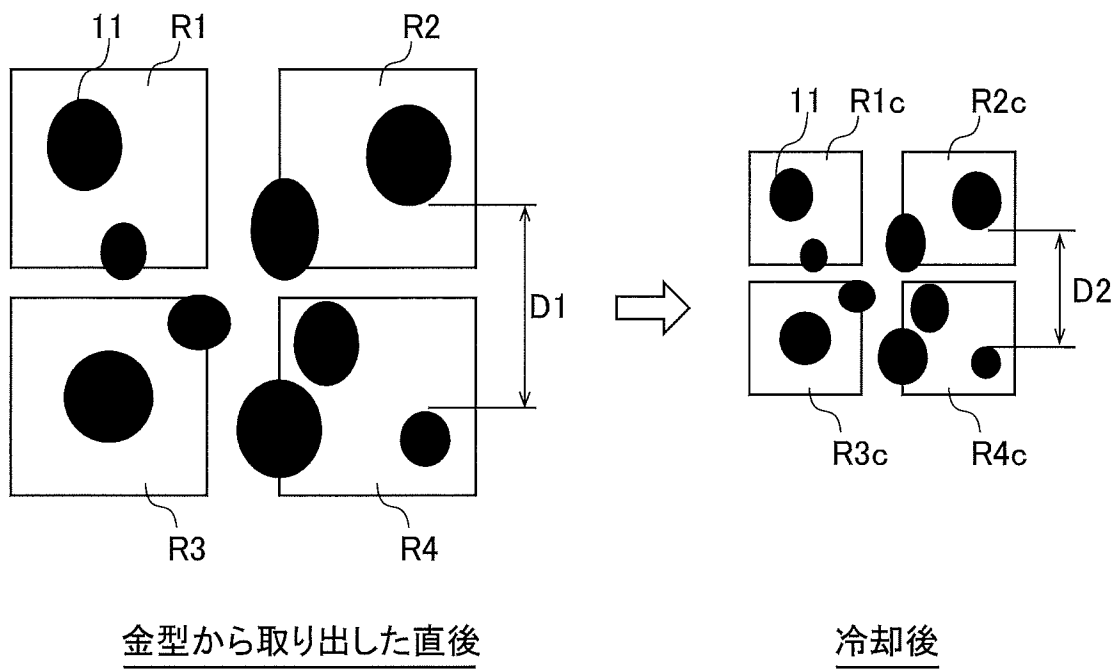
[図3]



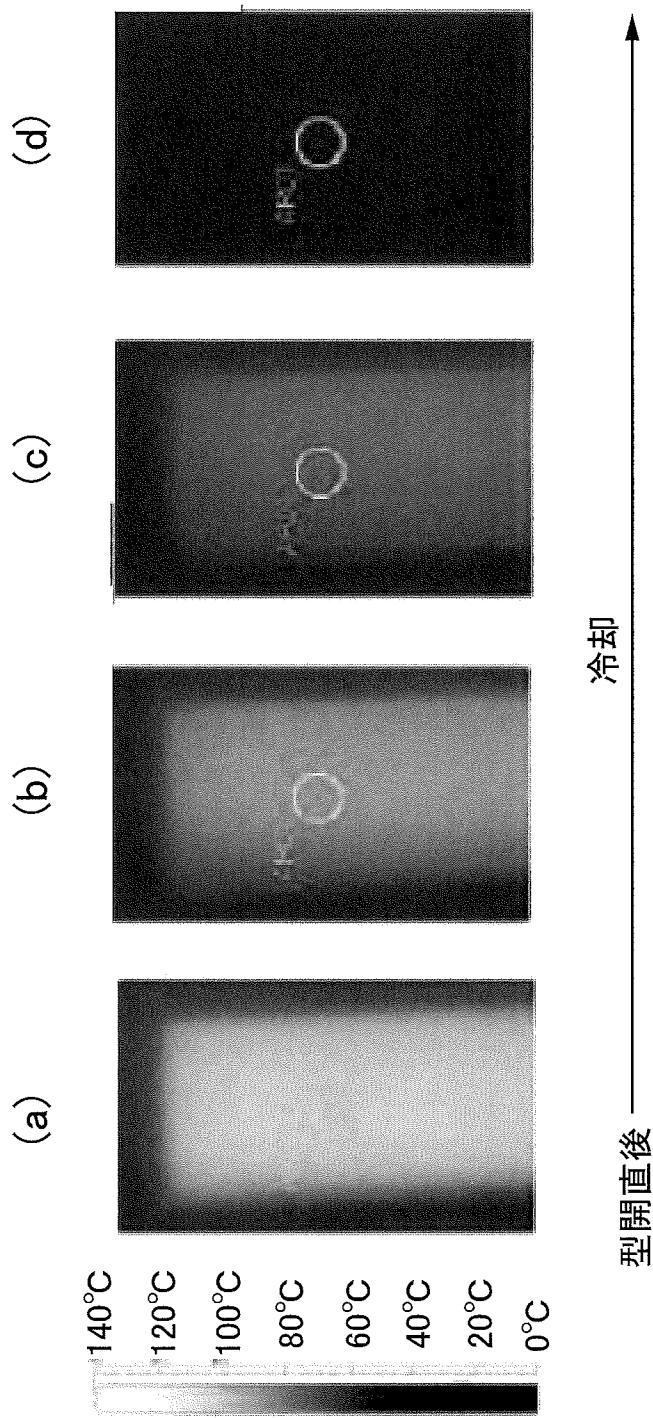
[図4]



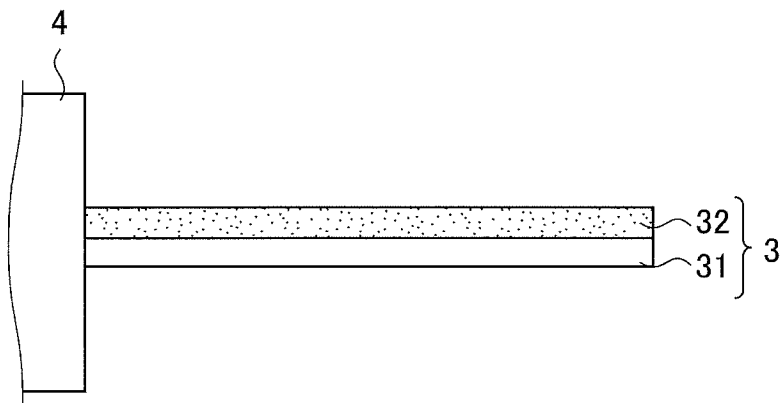
[図5]



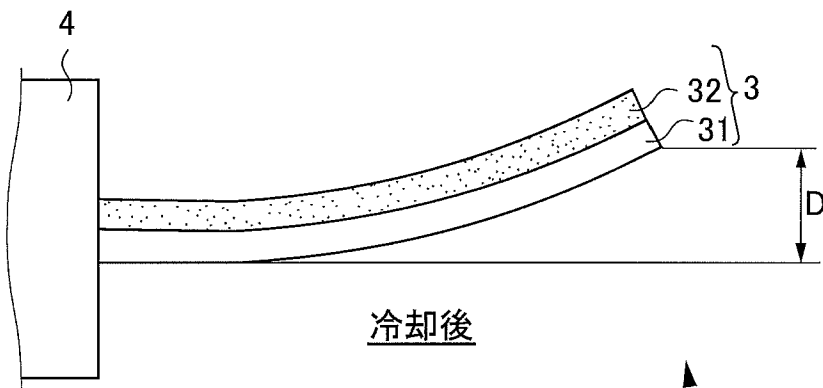
[図6]



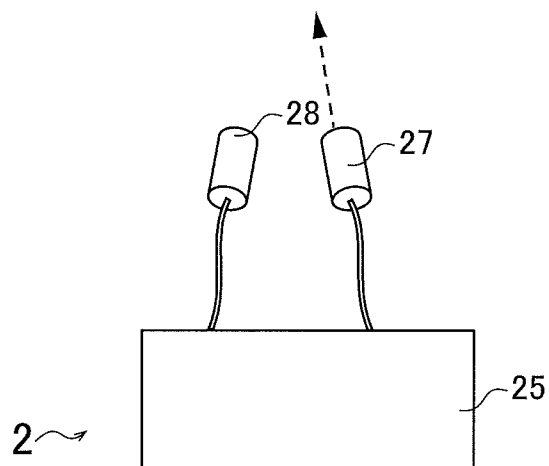
[図7]



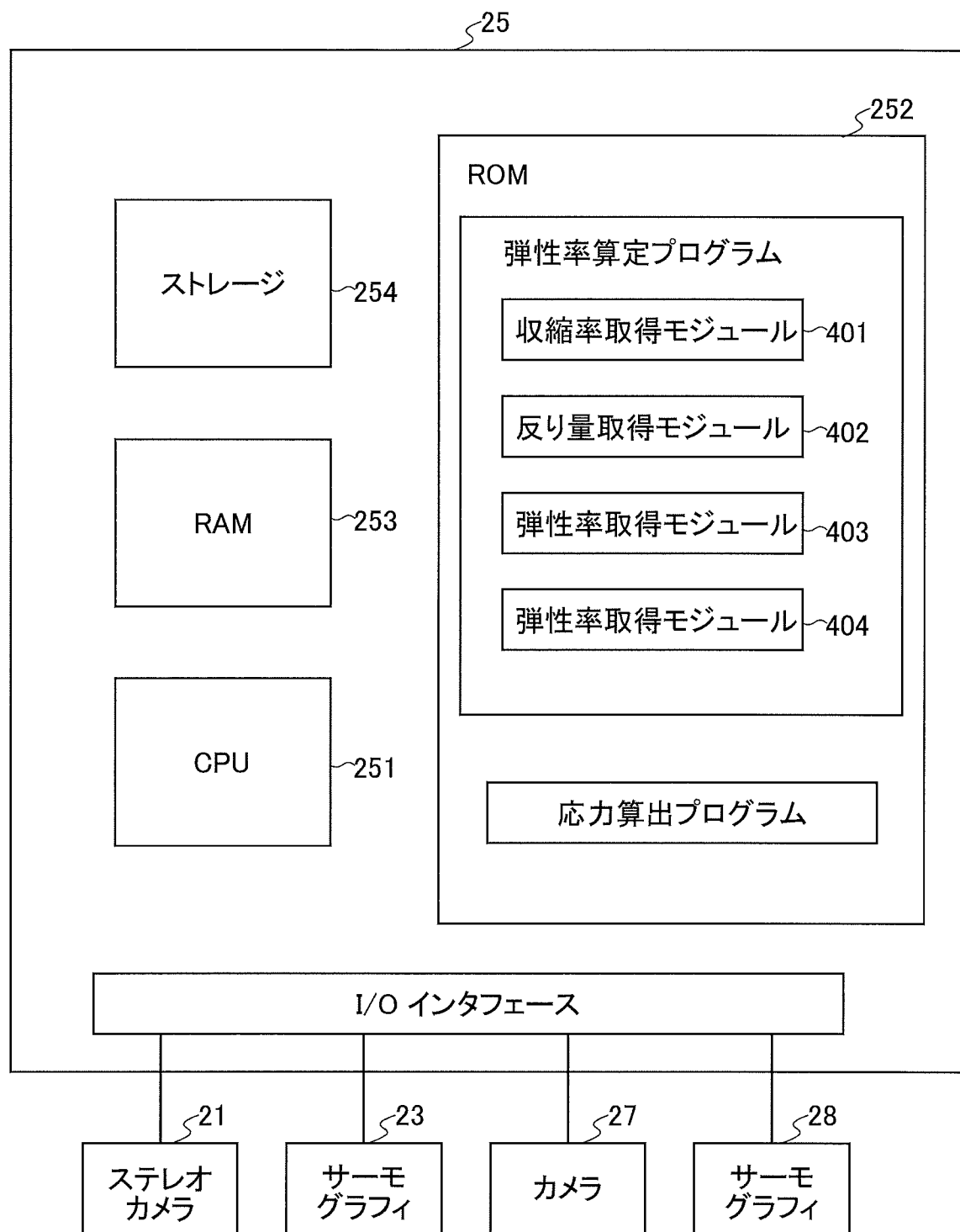
金型から取り出した直後



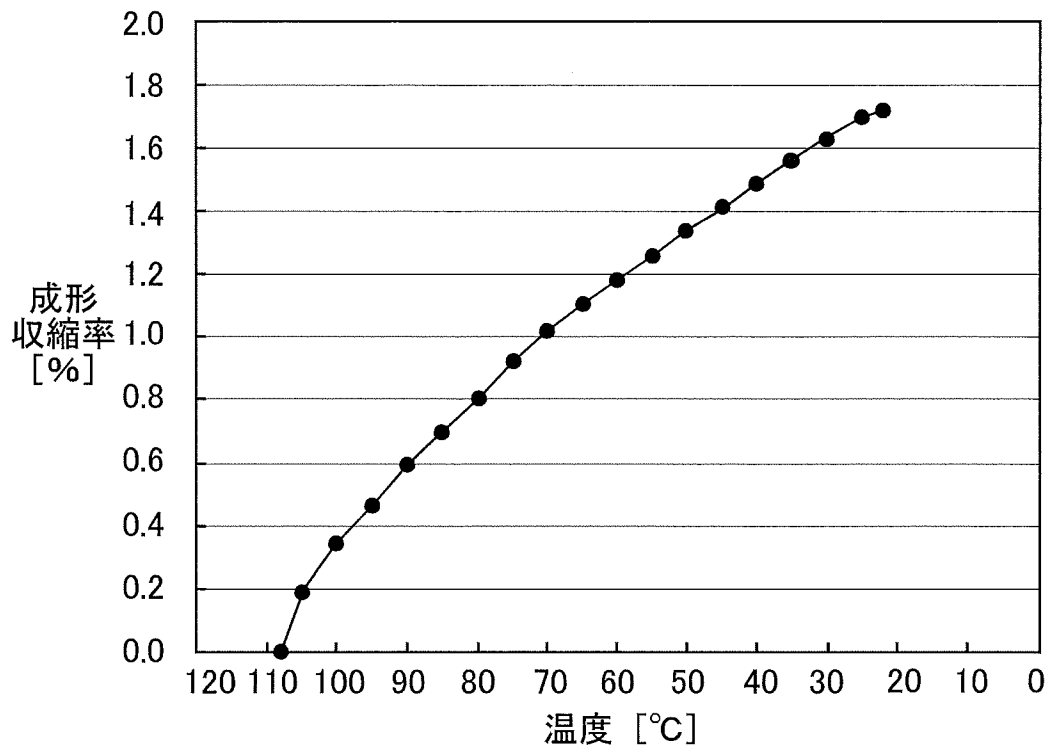
冷却後



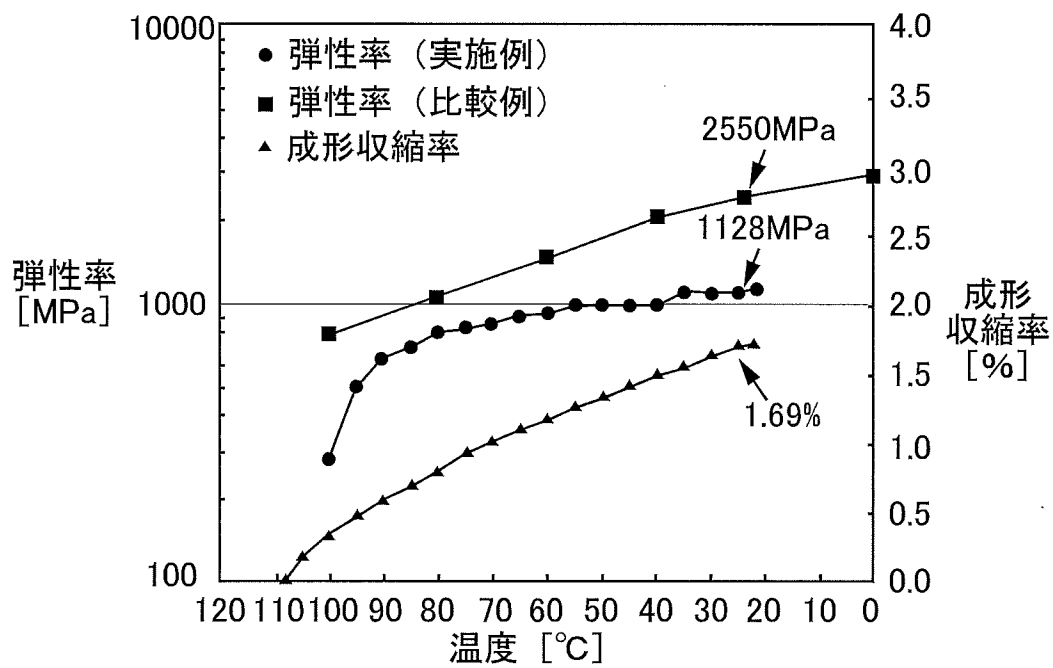
[図8]



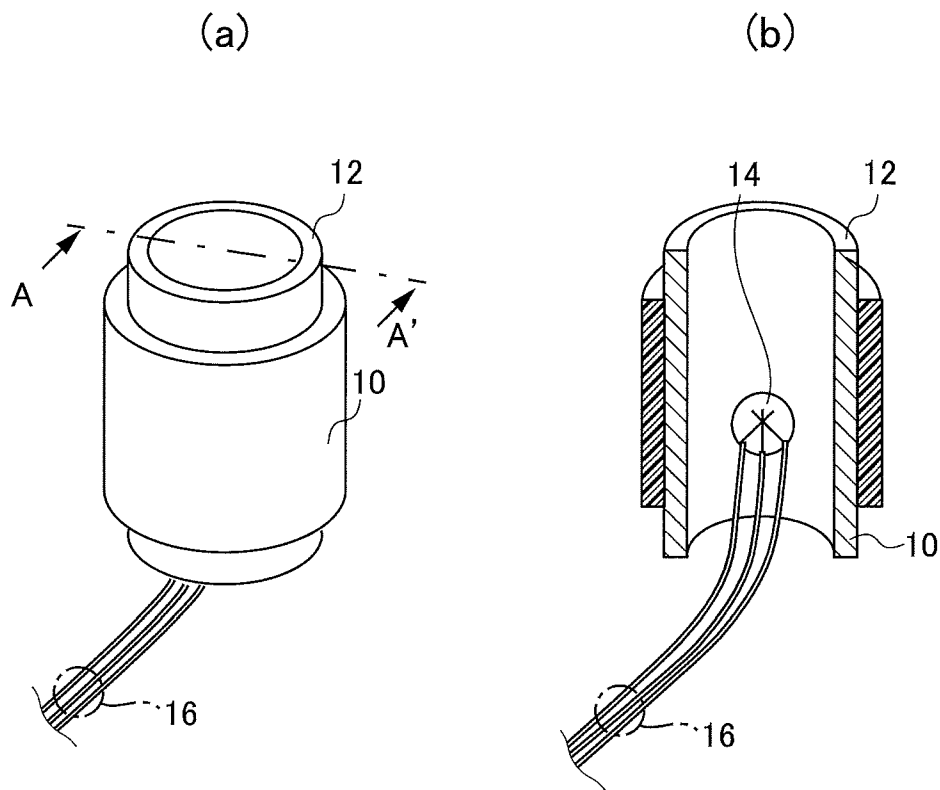
[図9]



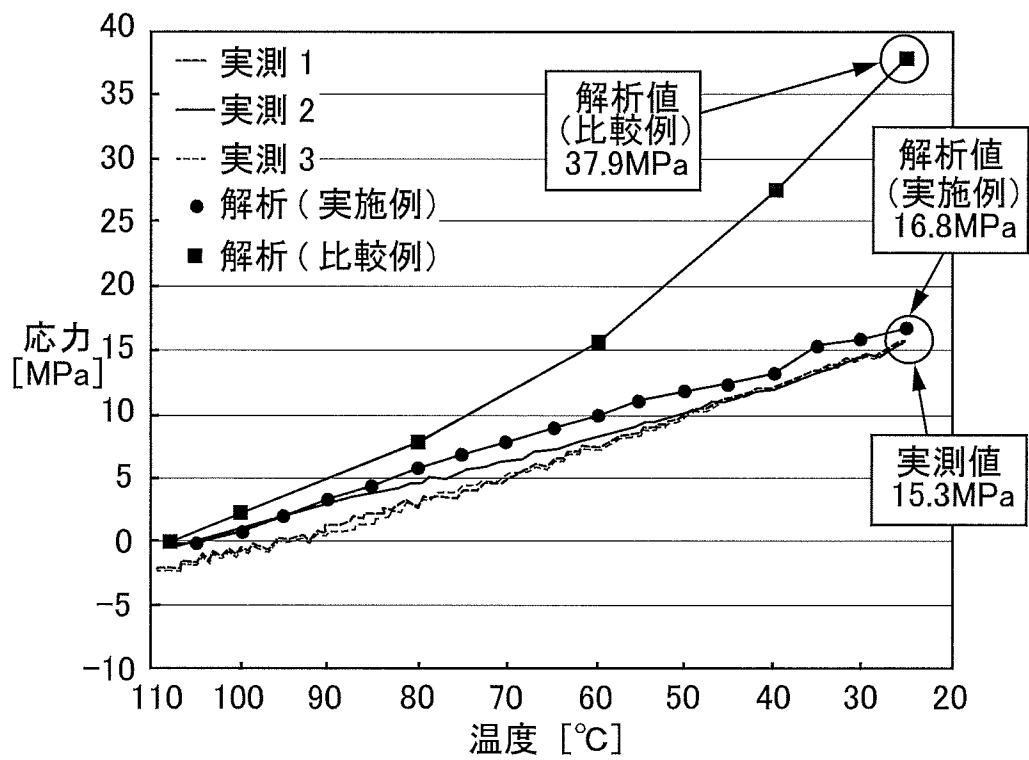
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C 45/76 (2006.01) i

FI: B29C45/76

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)

B29C45/00-45/76; B29C33/00-33/76

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 2012-219884 A (JTEKT CORP.) 12 November 2012 (2012-11-12) entire text	1-16
A	JP 2012-152964 A (SHARP CORP.) 16 August 2012 (2012-08-16) entire text	1-16
A	JP 2006-205740 A (HITACHI, LTD.) 10 August 2006 (2006-08-10) entire text	1-16
A	JP 2003-77190 A (RICOH CO., LTD.) 14 March 2003 (2003-03-14) entire text	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 August 2021 (03.08.2021)

Date of mailing of the international search report

10 August 2021 (10.08.2021)

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/JP2021/026082

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-219884 A	12 Nov. 2012	(Family: none)	
JP 2012-152964 A	16 Aug. 2012	(Family: none)	
JP 2006-205740 A	10 Aug. 2006	(Family: none)	
JP 2003-77190 A	14 Mar. 2003	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B29C 45/76(2006.01)i FI: B29C45/76														
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）） B29C45/00-45/76; B29C33/00-33/76 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> 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）			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													
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 2012-219884 A（株式会社ジェイテクト）12.11.2012（2012 - 11 - 12） 全文	1-16												
A	JP 2012-152964 A（シャープ株式会社）16.08.2012（2012 - 08 - 16） 全文	1-16												
A	JP 2006-205740 A（株式会社日立製作所）10.08.2006（2006 - 08 - 10） 全文	1-16												
A	JP 2003-77190 A（株式会社リコー）14.03.2003（2003 - 03 - 14） 全文	1-16												
☐ 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>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 03.08.2021	国際調査報告の発送日 10.08.2021													
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） ▲高▼橋 理絵 4R 5797 電話番号 03-3581-1101 内線 3469													

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/JP2021/026082

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-219884	A	12.11.2012	(ファミリーなし)	
JP	2012-152964	A	16.08.2012	(ファミリーなし)	
JP	2006-205740	A	10.08.2006	(ファミリーなし)	
JP	2003-77190	A	14.03.2003	(ファミリーなし)	