(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3974200号
(P3974200)
(45)発行日　平成19年9月12日(2007.9.12)　(24)登録日　平成19年6月22日(2007.6.22)

(51)Int.Cl.　F I
C03B 11/00 (2006.01)　C03B 11/00 E

請求項の数 13 (全 23 頁)

(21)出願番号　特願平7-291024
(22)出願日　平成7年11月9日(1995.11.9)
(65)公開番号　特開平9-132417
(43)公開日　平成9年5月20日(1997.5.20)
審査請求日　平成12年2月10日(2000.2.10)

前置審査

(73)特許権者　000113263
ＨＯＹＡ株式会社
東京都新宿区中落合２丁目７番５号
(74)代理人　110000109
特許業務法人特許事務所サイクス
(72)発明者　広田　慎一郎
長野県下伊那郡高森町下市田３１１１番地
１　ホーヤプレシジョン株式会社内
(72)発明者　市之瀬　淳
長野県下伊那郡高森町下市田３１１１番地
１　ホーヤプレシジョン株式会社内
(72)発明者　榎本　博
長野県下伊那郡高森町下市田３１１１番地
１　ホーヤプレシジョン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガラス光学素子の成形方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
加熱軟化した被成形ガラス素材を、予熱した上型及び下型から成る成形型で押圧成形することによりガラス光学素子を成形する方法であって、
前記ガラス素材の加熱の温度をこのガラス素材の粘度が10^{9}ポアズ未満に相当する温度とし、
前記上型の予熱の温度を前記ガラス素材の粘度が$10^{9.5}$～10^{12}ポアズに相当する温度とし、
前記下型の予熱の温度を前記ガラス素材の粘度が10^{9}～$10^{11.5}$ポアズに相当する温度とし、
前記上型の予熱の温度を前記下型の予熱の温度より低い温度とし、かつ上型の温度と下型の温度の差を５～３５℃とし、
前記ガラス素材を下型上に移送し、
前記ガラス素材を前記予熱した成形型内で初期加圧し、前記初期加圧の停止前又は停止と同時に、前記初期加圧の５～７０％の圧力で２次加圧を連続して開始し、
前記初期加圧開始以後、成形型を冷却し、前記上型及び下型の成形面近傍の温度が前記ガラス素材の粘度が$10^{12.5}$ポアズに相当する温度以下になった時に成形型の圧力を解除し、離型する
ことを特徴とするガラス光学素子の成形方法。
【請求項２】

上型の成形面の曲率半径が下型の成形面の曲率半径よりも小さい成形型を用いる請求項１ガラス光学素子の成形方法。

【請求項３】

前記上型及び下型の成形面近傍を２０～１８０℃／分の速度で冷却する請求項１または２に記載の成形方法。

【請求項４】

前記加熱軟化したガラス素材を、前記予熱した成形型内で２０～３５０ｋｇ／ｃｍ^{2}の圧力で１～３０秒間初期加圧し、

前記初期加圧開始と同時に、または前記初期加圧の途中で、または前記初期加圧の終了後、前記上型及び下型の成形面近傍を２０～１８０℃／分の速度で冷却する請求項１または２に記載の成形方法。

【請求項５】

前記上型及び下型の成形面近傍の温度が前記ガラス素材の粘度が10^{13}～$10^{15.5}$ポアズに相当する温度になった時に成形型の圧力を解除し、離型する、請求項１～４のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項６】

前記成形型の冷却を、上型と下型の温度差を維持して行う請求項１～５のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項７】

前記ガラス光学素子が、両凸レンズである、請求項１～６のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項８】

前記成形型の冷却を、この成形型が配備されている成形室内にガスを供給して、ガラス成形体及び成形型の成形面近傍には直接前記ガスを吹き付けることなく、強制的に成形室全体の雰囲気を冷却することにより行う、請求項１～７のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項９】

前記成形型の冷却を、成形型内部に冷却ガスを流通することにより行う、請求項１～７のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項１０】

成形型の成形面が非晶質及び／または結晶質のグラファイト構造及び／またはダイヤモンド構造の単一成分層又は混合層からなる炭素膜で構成されている、請求項１～９のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項１１】

前記初期加圧は、最終製品の中心肉厚より０．０３ｍｍ小さく、０．１５ｍｍ大きい範囲内の所望の中心肉厚になったときに加圧を停止し、該初期加圧の停止前又は停止と同時に、前記２次加圧を開始する、請求項１～１０のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項１２】

加熱軟化した被成形ガラス素材の温度が、ガラス素材の粘度が$10^{5.5}$～$10^{7.6}$ポアズに相当する温度である、請求項１～１１のいずれか１項に記載の成形方法。

【請求項１３】

被成形ガラス素材を気流により浮上させながら加熱することにより軟化させ、次いで予熱した成形型へ移送する、請求項１～１２のいずれか１項に記載の成形方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は押圧成形後に研削研磨が不要なガラスレンズ等のガラス光学素子の成形方法に関する。特に、本発明は、良好な光学性能を有するガラス光学素子を、押圧成形に要するサイクル時間を大幅に短縮して速い生産スピードで得ることが可能な成形方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】
被成形ガラス素材であるガラスプリフォームを、ガラス成形体面に必要な面精度及び面粗度が確保された成形型でプレス成形後の研削研磨を不要とできるガラス光学素子の製造方法が従来より種々知られている。
【０００３】
例えば、米国特許第3,833,347 号（先行技術１）に記載の方法は等温プレス法と呼ばれ、予め、ガラス素材を成形型内に配置して、型とガラスを一緒に加熱することにより等温状態でガラスを軟化して押圧成形し、圧力を維持してガラスの転移点以下まで冷却するものである。この成形方法では、ガラスと成形型の温度が常にほぼ等しくプレス工程が進むことによって、ガラスの表面と内部の温度差がなくなり、このためヒケが発生し難く安定した面精度が得られる。しかし、プレスを開始するまでの昇温時間と、プレス後の取り出しまでに要する冷却時間が必要であるために、全工程に要するサイクル時間が著しく長くなり生産性が低い。また、軟化ガラスと成形型との接触時間が長いために、ガラスと成形面との間で反応を起こして融着やくもりが発生しやすく、型寿命も短いという欠点を有している。
【０００４】
これらの欠点を克服するために、あらかじめ軟化させたガラスプリフォームを比較的低温に保った成形型で押圧成形する非等温プレス法が検討されている。特開昭５９－２０３７３２号（先行技術２）には、ガラス素材を加熱して$10^{5.5}$ ～10^{7} ポアズの粘度まで軟化させ、ガラス素材の温度より１００℃低温（ガラスの転移点よりも約２０℃低い温度）に保持された成形型で押圧成形する方法が開示されている。この方法ではガラスを狭持部材に保持して軟化、搬送するが、ガラスの粘度が低すぎるために狭持時および搬送時にガラスが変形したり、狭持部材と融着を起こす等の問題がある。
【０００５】
特開昭６２－２７３３４号（先行技術３）ではガラス素材をその粘度が10^{6} ～10^{8} ポアズとなる温度に加熱するとともに、成形型の温度をＴｇ（ガラス素材の転移点）からＴｇ－２００℃の温度範囲に設定して押圧成形する方法が開示されている。しかしながら、この方法では成形型の温度が低すぎて、プレス時にガラスが急激に冷えるため、ヒケやシワが発生して面精度が得にくく、また肉薄レンズにおいては所定の肉厚までプレスできない等の問題があった。
【０００６】
一方、特開平７－１０５５６号（先行技術４）には上記の公知例の欠点を克服する温度条件の例として、10^{7} ～10^{9} ポアズの粘度になるように加熱したガラス素材を、そのガラス素材の10^{10}～10^{12}ポアズの粘度に相当する温度に加熱した成形型でプレスし、その後、成形型の温度が10^{13}ポアズに相当する温度以下になるまで冷却してからプレス圧力を解除する方法を開示している。しかしながら、この方法では離型の際にプレスしたガラス素材が成形型に融着しないまでも、上型に貼り付いたり、下型に貼り付いたりする『貼付き現象』が発生する。このため、実際にはかなり低い温度まで冷却してから離型する必要があり、サイクルタイムが長くなるという問題があった。
【０００７】
ところで、ガラス成形品の成形型への貼付きを防止する方法として、上型と下型に温度差をつけて離型する方法が知られている〔特開平２－５９４４９号（先行技術５）〕。この方法では、上、下型とも同一温度に調温された成形型で、プレス成形に必要な粘度にまで加熱されたガラス素材をプレスする。そして、上、下型を徐々に冷却した後、下型に冷却ガスを吹きつけて上型より低温となるよう冷却し、上、下型に温度差をつけることにより、ガラス成形品にそりを生じさせて離型するものである。しかし、この方法ではカン、ワレが発生しやすく、又サイクルタイムも長くなる。更に、レンズとしての所望の面精度は得にくい等の問題があった。
【０００８】
さらに、特開平５－７０１５４号（先行技術６）には加熱軟化したレンズ素材を押圧成形

してプレスレンズを成形する方法において、上型と下型に温度差をつけ、プレスレンズが成形型の温度まで冷えた後に離型する方法が開示されている。離型時に、プレスレンズは温度の低い型側から離れ、温度の高い型側に付着するように離型することが記載されている。しかしながら、この方法では、一方の型から離型しても、他方の型に付着するため、上下両型から離型させるためには特別な離型手段が必要となる。更に上型に付着させた場合は途中落下を起こす等の問題もある。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者らは、サイクルタイムを短縮し、かつ良好な物性のガラス光学素子が得られること主目的として、先に、加熱軟化したガラスプリフォーム等のガラス素材を押圧成形することによりガラス光学素子を製造する方法であって、特定の温度範囲のガラス素材を、特定の温度範囲の成形型で押圧成形し、特定の温度以下になった後に成形型からガラス成形体を離型するガラス光学素子の成形方法を提案した〔特願平７－２５９０１５号〕。

この方法によれば、従来の方法に比べ、プレス成形に要するサイクル時間を大幅に短縮でき、形状転写性が良好な高い面精度を有するガラス光学素子を成形することができる。しかし、離型時に、プレスレンズの上型への一時的な貼り付きがまれに起ることがあり、離型操作安定性が不十分であるという問題があった。このことはガラス光学素子を連続的に大量に生産する際に、サイクル時間の短縮を妨げる要因となっていた。

【００１０】

そこで、本発明の目的は、加熱軟化したガラスプリフォーム等のガラス素材を押圧成形することによりガラス光学素子を製造する方法であって、コバ厚の薄いレンズ等でも安定して得られ、形状転写性が良く、離型性が良好でプレス成形に要するサイクル時間を大幅に短縮できるガラス光学素子の成形方法を提供することにある。

【００１１】

また、本発明は、ヒケや面形状の歪み等の表面欠陥がなく高い面精度を有し、中心肉厚が許容公差内にあるガラス光学素子を、離型操作安定性が良く、短いサイクル時間で製造できるガラス光学素子の成形方法を提供することにある。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは鋭意検討した結果、所定温度に加熱軟化した被成形ガラス素材を、上型の予熱の温度が下型の予熱の温度より低い、所定温度の成形型を用いて加圧し、成形型の上型及び成形型の下型の成形面近傍を適当な所定温度まで冷却することにより上記の問題を解決し得ることを見いだして本発明を完成した。

【００１３】

即ち本発明は、加熱軟化した被成形ガラス素材を、予熱した上型及び下型から成る成形型で押圧成形することによりガラス光学素子を成形する方法であって、前記ガラス素材の加熱の温度をこのガラス素材の粘度が10^{9}ポアズ未満に相当する温度とし、前記上型の予熱の温度を前記ガラス素材の粘度が$10^{9.5}$～10^{12}ポアズに相当する温度とし、前記下型の予熱の温度を前記ガラス素材の粘度が10^{9}～$10^{11.5}$ポアズに相当する温度とし、前記上型の予熱の温度を前記下型の予熱の温度より低い温度とし、かつ上型の温度と下型の温度の差を５～３５℃とし、前記ガラス素材を下型上に移送し、前記ガラス素材を前記予熱した成形型内で初期加圧し、前記初期加圧の停止前又は停止と同時に、前記初期加圧の５～７０％の圧力で２次加圧を連続して開始し、前記初期加圧開始以後、成形型を冷却し、前記上型及び下型の成形面近傍の温度が前記ガラス素材の粘度が$10^{12.5}$ポアズに相当する温度以下になった時に成形型の圧力を解除し、離型することを特徴とするガラス光学素子の成形方法に関する。以下本発明について説明する。

【００１４】

本発明は、加熱軟化した被成形ガラス素材を、上型の温度を下型の温度より低く予熱した成形型で押圧成形することによりガラス光学素子を成形する方法である。ガラス素材を構成するガラスの種類及び形状等は、従来から公知のものである。ガラス素材は、例えば、

ガラスプリフォームやガラスゴブであることができる。ガラスプリフォームとは、ガラス光学素子を成形する際に前駆体として用いる所定形状に成形した成形品をいう。ガラスプリフォームは、冷間加工又は溶融ガラスを熱間成形したもの、さらには、これらを鏡面研磨等したものであることかできる。さらに表面は鏡面でなく粗面であることもでき、例えば＃８００のダイヤモンドで研削した研削品をガラスプリフォームとして用いることもできる。

【００１５】

ガラスプリフォームの形状は、製品であるガラス光学素子の大きさ及び容量、成形時の変化量等を考慮して決定される。さらに、成形の際、ガストラップが生じないようにするため、成形品の中心がプリフォームの被成形面と最初に接触するような形状とすることが好ましい。ガラスプリフォームの形状は、例えば、球状、マーブル状、円板状、球面状等であることができる。

一方、ガラスゴブは、溶融ガラスを所定容量に分割したガラス片であって、通常シワなどの不規則な形状を有するものである。

尚、プリフォーム又はゴブの容量は最終製品の容量よりわずかに大きくし、成形後の後工程で芯取りすることにより、最終外径を決めることもできる。

【００１６】

本発明の成形方法では、前記ガラス素材を該ガラス素材の粘度が10^{9} ポアズ未満に相当する温度に加熱して軟化させる。ガラス素材の粘度が10^{9} ポアズ未満であることで、10^{9} ポアズ以上の粘度に相当する温度に予熱した成形型でガラス素材を十分に変形させて成形することが可能である。成形型の温度を比較的低温にして成形するには、ガラス素材は、好ましくは$10^{5.5}$ ～$10^{7.6}$ ポアズに相当する温度に加熱して軟化させることが適当である。

【００１７】

上型の予熱の温度は、前記ガラス素材の粘度が$10^{9.5}$ ～10^{12}ポアズに相当する温度とし、下型の予熱の温度は、前記ガラス素材の粘度が10^{9} ～$10^{11.5}$ポアズに相当する温度とし、かつ前記上型の予熱の温度を前記下型の予熱の温度より低い温度とする。

上型の予熱の温度が、ガラス素材の粘度が10^{12}ポアズに相当する温度未満では、ガラス素材を大きく伸ばして、コバ厚の薄いガラス成形体を得ることが難しくなり、また、高面精度が得にくくなる。下型の予熱の温度が、ガラス素材の粘度が$10^{11.5}$ポアズに相当する温度未満の場合も同様である。

下型の予熱の温度が、ガラス素材の粘度が10^{9} ポアズに相当する温度を超える温度では、成形のサイクルタイムが必要以上に長くなり、また、成形型の寿命が短くなる。上型の予熱の温度が、ガラス素材の粘度が$10^{9.5}$ ポアズに相当する温度を超える温度の場合も同様である。

【００１８】

さらに、上型と下型とに温度差をつけることにより、プレス時の密着性の違いから冷却後の離型時の離型性を良くすることができる。上型の予熱の温度は下型の予熱の温度より低くする。上型の予熱の温度が下型の予熱の温度より高いと上型へ貼り付き、途中落下を起こすことがある。初期加圧開始の際の上型の温度と下型の温度の差は、５～３５℃の範囲とすることが、良好な面精度を得つつ、良好な離型性を得るという観点から好ましい。

【００１９】

本発明に用いる成形型は、従来から公知の成形型をそのまま用いることができる。但し、成形型の成形面が非晶質及び／又は結晶質の、グラファイト構造及び／又はダイヤモンド構造の、単一成分層又は混合層からなる炭素膜で構成されているものを用いることが好ましい。上記のような炭素膜で構成されている成形面を有する成形型では、成形型の温度が、ガラス素材のガラス転移点以上であるところの本発明の範囲（10^{9} ～10^{12}ポアズ相当）であっても、ガラスの融着（固着）が生じることはない。

上記の炭素膜は、スパッタリング法、プラズマＣＶＤ法、ＣＶＤ法、イオンプレーティング法等の手段で成膜されるものである。スパッタリング法で成膜する場合には、基盤温度

２５０～６００℃、ＲＦパワー密度５～１５Ｗ／ｃｍ^2、スパッタリング時真空度５×１０$^{-4}$～５×１０$^{-1}$ｔｏｒｒの範囲でスパッタガスとしてＡｒの如き不活性ガスを、スパッタターゲットとしてグラファイトを用いてスパッタリングするのが好ましい。
マイクロ波プラズマＣＶＤ法により成膜する場合には、基盤温度６５０～１０００℃、マイクロ波電力２００Ｗ～１ｋＷ、ガス圧力１０$^{-2}$～６００ｔｏｒｒの条件下に、原料ガスとしてメタンガスと水素ガスを用いて成膜するのが好ましい。
イオンプレーティング法により形成する場合には、基盤温度を２００～４５０℃とし、ベンゼンガスをイオン化するのが好ましい。
これらの炭素膜はＣ－Ｈ結合を有さないものであっても、Ｃ－Ｈ結合を有するものであっても良い。

【００２０】
本発明の成形方法においては、前記加熱軟化したガラス素材を前記予熱した成形型内で１～３０秒間初期加圧する。この初期加圧が１秒未満ではガラスの伸びが不十分であり、所望の形状のガラス光学素子を得ることはできない。また、初期加圧は、長くなればそれだけ面精度等は向上するが、長すぎるとサイクル時間が短縮できず、また、成形型の寿命にも悪影響を及ぼすことがあり、上限は３０秒である。
また、成形圧力は、ガラス素材の温度及び成形型の温度等を考慮して適宜決定することができ、通常２０～３５０ｋｇ／ｃｍ^{2}の範囲の圧力とすることが適当である。成形圧力が２０ｋｇ／ｃｍ^{2}未満では、ガラス素材が伸び難くなるため、温度を上げたり、時間を延ばしたりすることが必要となり好ましくない。一方、３５０ｋｇ／ｃｍ^{2}を超える範囲では、成形体に歪みが残留し好ましくない。

【００２１】
前記初期加圧開始と同時に、または前記初期加圧の途中で、または前記初期加圧の終了後に、前記成形型の成形面近傍を２０～１８０℃／分の速度で冷却する。冷却速度を２０℃／分より遅くしてもかまわないが、不必要に成形のサイクルタイムが長くなるだけである。また、１８０℃／分を超える冷却速度では、ガラス表面と内部での温度差が大きくなるため、面精度が悪化するという問題がある。ガラス成形体の大きさ、形状によって異なるが、高面精度を得るという観点から、成形面近傍は２０～１８０℃／分の速度で冷却することが好ましい。

【００２２】
また、初期加圧後、初期加圧の５～７０％の圧力で２次加圧し、この圧力を維持しながら成形面近傍を冷却することが、ひけや面形状に歪みが生じることなく良好な面精度が得られ、かつ中心肉厚も許容公差内に保てるという観点から好ましい。より好ましくは、２次加圧は初期加圧の２０～５０％の圧力とすることが適当である。
さらに、加熱軟化したガラス素材の中心肉厚を、最終製品の中心肉厚より０．０３ｍｍ小さく、０．１５ｍｍ大きい範囲内になるように初期加圧し、次いで２次加圧することが、最終製品の中心肉厚の許容公差内に保つという観点から好ましい。即ち、２次加圧においては一気に減圧され、かつ、ガラスは高粘度となっているため、中心肉厚を０．００１～０．１２ｍｍ程度しか加圧変形させることができないので、最終的な中心肉厚を公差±０．０３ｍｍの範囲に入れることが容易である。

【００２３】
上記初期加圧及び２次加圧は、加熱軟化したガラス素材の初期加圧を、最終製品の中心肉厚より０．０３ｍｍ小さく、０．１５ｍｍ大きい範囲内の所望の中心肉厚になるように加圧が停止する手段により停止し、さらに初期加圧停止前又は停止と同時に２次加圧を開始することにより行うことで、最終製品の中心肉厚が得られ、かつ、初期加圧と２次加圧の間で、加圧が連続しているため、面精度が損なわれることがないという観点から好ましい。外部ストッパー機構等により所望の中心肉厚を得て、さらに２次加圧する場合は、加圧が一瞬間断するため、良好な面精度が得にくい傾向がある。上記初期加圧及び２次加圧は、２重シリンダー機構により行うことが好ましい。２重シリンダー機構については、後述の実施例においてさらに説明する。

【００２４】
前記冷却は、成形型が配備されている成形室内にガスを供給して、ガラス成形体及び成形型の成形面近傍には直接前記ガスを吹き付けることなく、強制的に該成形室全体の雰囲気を冷却することが好ましい。これにより上、下型の温度差を維持したまま冷却することができ、離型性が安定化し、プレス成形に要するサイクル時間を大幅に短縮できるという利点がある。ガラス成形体及び成形型の成形面近傍に直接冷却ガスを吹き付けると、面精度が得にくくなるのに対し、上記方法では、面精度を維持し、かつ良好な離型性を得ることができる。
成形室内に供給するガスには特に制限はないが、ヘリウム、窒素、アルゴン等の非酸化性ガスが好ましい。また、水素を含んだガスであっても良い。

【００２５】
上記のように加圧成形され、次いで冷却されたガラス成形品は、上型及び下型の温度が、前記ガラス素材の粘度が$10^{12.5}$ポアズに相当する温度以下、好ましくは10^{13}～$10^{15.5}$ポアズに相当する温度になった時に圧力を解除して成形型から離型される。ガラス粘度が$10^{12.5}$ポアズに相当する温度以下の温度であれば、短時間では粘性流動が起こることがなく、ほぼガラスは固結したとみなしてよい。その結果、離型後にガラス成形体に変形等が生じることがなく、良好な面精度が得られる。離型後にガラス成形体は、簡易アニール又は精密アニールを行うことが好ましい。

【００２６】
本発明の成形方法に用いる成形型には、成形面を除き特に制限はない。さらに、型の加熱には、抵抗加熱ヒーター、高周波加熱ヒーター、赤外線ランプヒーター等を用いることもできる。特に、成形型温度の回復時間が短いという観点からは、高周波加熱ヒーター、赤外線ランプヒーターが好ましい。さらに、成形型の冷却は、断電による自然放冷が良い。冷却速度を速くするためには、成形室内に冷却ガスを供給して、強制的に成形室全体の雰囲気を冷却することが好ましい。面精度を損なわない範囲内で、成形型内部を流通する冷却ガスにより冷却を行うこともできる。

【００２７】
本発明に用いる成形型は、例えば、図５に示すような上型３５、下型３４及び案内型３６から構成される成形型３９を用いることができる。但し、これらに限定されるものではない。また、成形型として炭化ケイ素、ケイ素、窒化ケイ素、炭化タングステン、酸化アルミニウムや炭化チタンを主成分とするサーメットや、これらの表面にダイヤモンド、耐熱金属、貴金属合金、炭化物、窒化物、硼化物、酸化物などのセラミックスなどを被覆したものを使用することができる。特に、炭化ケイ素焼結体上にＣＶＤ法により炭化ケイ素膜を形成して、仕上がり形状に加工した後、イオンプレーティング法等によりｉ－カーボン膜等の非晶質及び／又は結晶質のグラファイト構造及び／又はダイヤモンド構造の単一成分層又は混合層からなる炭素膜を形成したものが好ましい。その理由は、成形型温度を比較的高温にして成形しても、融着が起こらないこと及び、離型性がよいため比較的高温で容易に離型できることによる。尚、上型の成形面の曲率半径が下型の成形面の曲率半径よりも小さい成形型を用いると、良好な離型性が得られるので好ましい。

【００２８】
本発明に用いる成形型は、例えば、図９及び１０に示すような、成形型を包含する石英ガラス管７０内に設置し、成形室内全体の雰囲気を冷却できることが好ましい。尚、図９及び１０に示す成形型では、成形型室の冷却用ガスを押し棒４５や支持台３８を介して供給することができる。但し、押し棒４５や支持台３８を介さずに成形型室に冷却用ガスを供給することもできる。

【００２９】
図９に示す成形型は、押し棒４５中の上部から押し棒４５の途中まで縦に設けられた冷却用ガス流路６０、及び押し棒４５の途中からガス流路６０を中心とし、かつ押し棒４５及び成形型支持体４４を貫通して放射状（例えば、４方向、６方向、８方向等）に設けられたガス流路６１を有する。押し棒４５は、上型３５と接しており、ガス流路６０及び６１

に供給された冷却用ガスにより冷却された押し棒４５により上型３５を冷却することができる。また、下型３４を支える成形型支持台３８中の下部から支持台３８の途中まで縦に設けられた冷却用ガス流路６２、及び支持台３８の途中からガス流路６２を中心とし、かつ成形型支持台３８を貫通して放射状（例えば、４方向、６方向、８方向等）に設けられたガス流路６３を有する。成形型支持台３８は、下型の支持台４６の下面と接しており、この支持台４６を介して、ガス流路６２を介してガス流路６３に供給された冷却用ガスにより下型３４を冷却することができる。

【００３０】

図１０に示す成形型は、押し棒４５中の上部から押し棒４５の底部まで縦に設けられた冷却用ガス流路６４、及び押し棒４５の底部にガス流路６４を中心とし、かつ成形型支持台３８及び上部の胴型３７を貫通して放射状（例えば、４方向、６方向、８方向等）に設けられた切り溝６５を有する。切り溝６５は、上型３５の上面と接しており、ガス流路６４を介して切り溝６５に供給された冷却用ガスにより上型３５を冷却することができる。また、下型３４を支える成形型支持台３８中の下部から支持台４６の底部まで縦に設けられた冷却用ガス流路６６、及び支持台３８の底部にガス流路６６を中心とし、かつ成形型支持台３８を貫通して放射状（例えば、４方向、６方向、８方向等）に設けられた切り溝６７を有する。切り溝６７は、下型の支持台４６の下面と接しており、この支持台４６を介して、ガス流路６６を介して切り溝６７に供給された冷却用ガスにより下型３４を冷却することができる。

【００３１】

さらに、ガス流路６１および６３並びに切り溝６５および６７から放出された冷却用ガスは、成形型を包含する石英ガラス管７０内に止まって、成形型全体を外側から冷却する。冷却用ガスの流量は、上下からそれぞれ５～８０リットル／分とすることができる。

尚、図９および１０の成形型の上下型の材質等は上記と同様である。

【００３２】

本発明の成形方法において、前記ガラス素材の加熱軟化は、該ガラス素材体を気流により浮上させながら行うことができ、加熱軟化したガラス素材は前記予熱した成形型に移送される。

ガラス素材が、その自重によって変形する程の低粘性域においては、加熱の際にガラス素材を保持する治具とガラスの融着を防止するのは非常に困難である。それに対して、治具の内部よりガスを噴出することにより、ガラス素材を気流により浮上させることで、治具面とガラス面の間にガスのレイヤーを形成し、その結果、治具とガラスが反応することなく、加熱軟化することが可能である。更にガラス素材がプリフォームの場合、プリフォームの形状を維持しつつ加熱軟化することができる。また、ガラス素材がガラスゴブであり、不規則な形状で表面にシワ等の表面欠陥がある場合でも、加熱軟化しながら気流により浮上させることで、形状を整え、表面欠陥を消去することも可能である。

【００３３】

本発明においてガラス素材の浮上のために用いる気流となるガスとしては、特に制限はない。但し、加熱した治具の酸化による劣化を防止するという観点から、非酸化性ガスであることが好ましく、例えば、窒素等であることが適当である。また、還元性のガス、例えば水素ガス等を添加することもできる。

気流の流量は、気流を吹き出す口の形状やガラス素材の形状及び重量等を考慮して適宜変更できる。通常の場合、ガス流量は０．００５～２０リットル／分の範囲がガラス素材の浮上に適している。但し、ガス流量が０．００５リットル／分未満であると、ガラス素材の重量が３００ｍｇ以上の場合、ガラス素材を十分に浮上させることができない場合がある。また、ガス流量が２０リットル／分を超えると、ガラス重量が２０００ｍｇ以上の場合でも、浮上治具上のガラスが大きく揺れて、加熱の際にガラス素材がプリフォームの場合、その形状が変化することがあるからである。

【００３４】

ガラス素材の気流による浮上は、例えば、開口部から上方に流出する気流により行うこと

ができる。図２に示すように、浮上治具支持体１３に支持された浮上治具１０の上方開口部１１は、ガラス素材１の径より小さく、浮上治具１０の上方開口部１１の底１２から上方に流出する気流により、ガラス素材１は上方開口部１１上で浮上して、浮上治具１０に接触しないように保持される。尚、ガラス素材１は、周囲に設けられたガラス軟化用ヒーター１４により加熱される。また、浮上治具１０は、図６に示すように２つに分割可能な構造（各部分を１０ａ、１０ｂで示す）を有することもできる。

【００３５】

また、ガラス素材の気流による浮上は、ガラス素材の外径の曲率に近似する球面又は平面を有する多孔質面から流出する気流により行うこともできる。特に、ガラス素材がプリフォームである場合に、プリフォームの形状の維持が極めて容易であることから有効である。さらに、ガラス素材がガラスゴブの場合、多孔質面からの気流により浮上させながら加熱することで、ガラスゴブの表面欠陥を除去することもできる。例えば、図３に示すように、浮上治具支持体１９に支持された、ガラス素材１の曲率に近似する球面を有する多孔質面１８を有する浮上治具１７上に、多孔質面１８から流出する気流によって、ガラス素材１が浮上した状態で保持される。尚、浮上治具支持体１４及び浮上治具１５は、図６の場合と同様に、分割可能な構造を有することもできる。

【００３６】

さらに、ガラス素材の加熱は、常温から所定温度に加熱する場合、ある程度の温度のガラス素材を用いさらに加熱する場合、さらに所定温度に既に加熱されているガラス素材を用いる場合を含む。例えば、ガラス素材がガラスゴブの場合、溶融ガラスから作製されたガラスゴブを必要以上に低温まで冷却することなく用いることもできる。

【００３７】

本発明では、加熱軟化したガラス素材の予熱した成形型への移送は、例えば、前記被成形ガラス素材を吸引保持することにより、または軟化したガラス素材を落下させることにより行うことができる。

ガラス素材の吸引保持は、例えば、図２に示す移動可能な下方開口部１６を有する吸引保持装置１５により行うことができる。下方開口部１６は内部に吸引する、例えば減圧ポンプや真空ポンプ等に連絡しており、下方開口部１６にガラス素材を吸引保持することができる。浮上治具１０の上で加熱されて軟化したガラス素材１は、移動可能な吸引保持装置１５の下方開口部１６に吸引保持され、図４に示すように成形型の下型３４の成形面４０上に移送する。次いで図５に示すように軟化したガラス素材１を前記下型３４の成形面４０と上型３５の成形面４１とで押圧成形することでガラス成形体２を得ることができる。

【００３８】

加熱軟化したガラス素材の移送は、該ガラス素材を落下させることにより行うこともできる。ガラス素材の落下は、例えば、ガラス素材を加熱するために用いる浮上治具が２つ以上に分割移動して、下方が開口することにより行うことができる。例えば、図６に示すように、浮上治具１０上でガラス素材１を加熱してガラス素材１が軟化したら、図７に示すように浮上治具１０が水平に２つの部分１０ａと１０ｂに分かれて、相互に反対方向（図中では左右）に移動することで、ガラス素材１は落下する。その際、落下するガラス素材１の受けとして成形型の下型３４を設置しておくことで、下型３４の成形面４０上にガラス素材１を移送することができる。

【００３９】

さらに、本発明では、加熱軟化したガラス素材を所定の成形面上に落下移動させる目的で、ガイド手段を用いることができる。例えば、図６、７に示すように、浮上治具１０の上部に、ガラス素材１の最外径と適度なクリアランスが保てる内径寸法を有する筒形のガイド手段５０（分割可能な部分５０ａ、５０ｂからなる）を設けることで、成形型の中心にガラス素材１を落下させることができる。但し、ガイド手段は、浮上治具の分割移動の際に生じるガラス素材のずれを防止できるものであれば、構造等に特に制限はない。例えば、筒形に限らず、格子状に配置された複数のパイプや対向する２枚以上の板であることもできる。また、ガイド手段は、成形の際に上型がガラス素材を保持した下型の上に移動し

て押圧成形することを考慮して、分割移動可能な構造とすることもできる。
【００４０】
ガラス素材を加熱するために用いる浮上治具の分割移動の方式には特に制限はない。例えば、上記のように水平に浮上治具が移動する場合、浮上治具は３つ又は４つに分割し、３方向（１２０°づつ異なる方向）又は４方向（９０°づつ異なる方向）に移動して、ガラス素材を落下させることもできる。加熱軟化したガラス素材を落下移動させることで、ガラス素材を短時間で成形型内に移送することが可能である。
【００４１】
【発明の効果】
本発明によれば、加熱軟化したガラスプリフォーム等のガラス素材を押圧成形することによりガラス光学素子を製造する方法であって、コバ厚の薄いレンズ等でも安定して得られ、形状転写性が良く、離型性が良好でプレス成形に要するサイクル時間を大幅に短縮できるガラス光学素子の成形方法を提供することができる。
また、本発明によれば、離型操作安定性が良く、ヒケや面形状の歪み等の表面欠陥がなく高い面精度を有し、中心肉厚が許容公差内にあるガラス光学素子を製造し得るガラス光学素子の成形方法を提供することができる。
さらに本発明によれば、加熱軟化したガラスプリフォーム等のガラス素材を予熱した成形型で押圧成形する際の上、下型の温度差を維持したまま冷却する手段を有するため、離型性を更に安定化し、プレス成形に要するサイクル時間を大幅に短縮することができる。
【実施例】
次に実施例により本発明を説明する。
実施例１－１～１－５
プレス成形用型
プレス成形用型は、図１に示すように、基盤材料として炭化ケイ素（ＳｉＣ）焼結体３１を用い、研削によりプレス成形型形状に加工後、更に成形面側にＣＶＤ法により炭化ケイ素膜３２を形成して、更に研削研磨して製造されるべきガラス成形体に対応する形状に鏡面仕上げして成形型基盤を得た。更に成形型基盤の炭化ケイ素膜３２上に、ｉ－カーボン（ダイヤモンドライクカーボン）膜３３をイオンプレーティング法により５００Å成膜して成形面４０を有する、φ１８ｍｍ（芯取後φ１５ｍｍ）両凸ガラスレンズ用の下型３４を得た。
図５に示す上型３５も、上記下型３４と同様の方法によって得られた。上型３５及び下型３４は、図５に示すように、同軸上にセットされ、プレス成形の際には、上型３５と下型３４とこれをガイドする案内型３６から成形型３９が構成されている。さらに上型３５の上面の上には、２次加圧用の押し棒４５が設けられている。
下型３４及び上型３５の加熱は、胴型３７外周に取り付けた成形型ヒーター４４で行い、成形型支持台３８の下部より下型３４内に挿入した型測温用熱電対４２にて測温し、制御される。更に胴型３７の温度は、胴型３７内に挿入した胴型測温用熱電対４３にて測温される。
【００４２】
浮上治具及び移送手段
上述の成形型加熱機構を有する同一密閉チャンバー（図示せず）内には、図２に示す浮上治具及び移送手段も設けられている。
まず、ガラス素材（プリフォーム）１を加熱軟化するガラス軟化ヒーター１４が設けられ、このガラス軟化ヒーター１４内には浮上治具支持台１３にセットされたグラッシーカーボン浮上治具１０（以下、ＧＣ浮上治具と呼ぶ）が配置されている。さらに、ガラス素材１は、浮上治具支持台１３の内部からＧＣ浮上治具１０下部へと供給される表１に示される流量の９８％N_2 ＋２％H_2 ガス（例１－１～１－３）又はN_2 ガス（例１－４～１－５）の噴出によって、浮上保持される。
また、ガラス軟化ヒーター１４外には、垂直及び水平方向に移動可能なグラッシーカーボンバキュームパッド１５（以下、ＧＣバキュームパッドと呼ぶ）があり、通常は、ＧＣ浮

上治具１０上方で待機している。

【００４３】

予備加熱及びプレス工程

上述のプレス成形機構及びガラス加熱機構が収められた成形機の密閉チャンバー（図示せず）内を真空排気した後、前記９８％N_2 ＋２％H_2 ガス又はN_2 ガスを導入し、密閉チャンバー内を同ガス雰囲気とした。

次に、バリウム硼珪酸塩光学ガラスからなるプリフォーム１（表面欠陥のない鏡面を有するマーブル形状の熱間成形品、重量１０００ｍｇ、転移点５３４℃、屈伏点５７６℃）を用いた例を示す。成形型ヒーター４４にて、型測温用熱電対４３で測温した上型３５及び下型３４の温度（成形型温度）が、表１に示すガラスの粘度に相当する温度になるまで加熱し同温度で保持した。尚、ガラスの粘度と温度との関係は以下のとおりである。

ガラスの粘度	温度
10^{9} ポアズ	６１４℃
10^{10} ポアズ	５９２℃
10^{11} ポアズ	５７２℃
10^{12} ポアズ	５５４℃
$10^{12.7}$ポアズ	５４３℃
$10^{13.4}$ポアズ	５３４℃
$10^{14.5}$ポアズ	５１８℃

【００４４】

一方、ガラス軟化ヒーター１４にて、ＧＣ浮上治具１０上のガラスプリフォーム９の温度を、ガラスの粘度が表１に示す粘度に相当する温度まで加熱し、浮上軟化させる。尚、ガラスの粘度と温度との関係は以下のとおりである。

ガラスの粘度	温度
$10^{5.5}$ ポアズ	７１８℃
$10^{6.4}$ ポアズ	６８６℃
$10^{7.3}$ ポアズ	６５８℃
$10^{8.2}$ ポアズ	６３４℃
$10^{8.8}$ ポアズ	６１９℃

そして、浮上軟化したプリフォーム１を、ガラス軟化ヒーター１４外のＧＣ浮上治具１０上方で待機していたＧＣバキュームパッド１５が、プリフォーム１のところまで下降し吸引保持する。この際、ＧＣバキュームパッドの温度は、ガラス軟化ヒーター１４からの輻射熱によって、３００～４００℃に加熱されているが、低温であるためガラスが融着することはない。

【００４５】

次に、図４に示すように、プリフォーム１を保持したＧＣバキュームパッド１５は、下型３４上方まで速やかに移動し、再び下型３４の成形面４０近傍まで下降すると同時に吸引を停止して、下型３４の成形面４０上にプリフォーム１を載せる。その後、ＧＣバキュームパッド１５は下型３４上方より退き、元の待機位置まで戻るので下型３４上部には何ら障害物がなくなり、瞬時に成形型支持台３８が下型３４を、下型３４の同軸上方に成形型支持台３８ごと固定セットしてある上型３５まで上昇させる。図５に示すように、上型３５と下型３４及びこれをガイドする案内型３６で構成される成形型３９内で、プリフォーム１を１０秒間１００ｋｇ／ｃｍ^2 の圧力にて加圧成形して、下型３４のフランジ部と案内型３６の底面が接触したところをもって最終製品の肉厚よりも３０μｍ大きい肉厚とする。その一方で、第１のシリンダーにて加圧開始した５秒後から第１のシリンダーの内側にある第２のシリンダーに接続された押し棒４５にて上型３５の裏面に２０ｋｇ／ｃｍ^2（１－１～１－５）の圧力でガラス成形体２及び成形型３９を加圧保持する。次いで、成形型ヒーター４４を断電することで放冷して、表１に成形時間（初期加圧時間（１０秒間）＋２次加圧時間）として示す時間の経過後に、型測温用熱電対４２で測温した上型３５及び下型３４の温度が表１に離型時型温度として示す温度になり、ガラス成形体２が所定

の肉厚になったところで、成形型３９からガラス成形体２を離型し取り出した。尚、ガラスの粘度と温度との関係は前記のとおりである。

【００４６】

このようにして得られたガラス成形体２（外径φ１８ｍｍ、肉厚２．９ｍｍ、コバ厚１．０ｍｍの両凸レンズ）のアニール後の性能を、干渉計による面精度と、目視外観及び実体顕微鏡による表面状態について評価し、結果を表１に１－１～１－５として示す。評価は、同一方法で得られた５個のレンズについて行った（以下の実施例でも同様である）。その結果、いずれのレンズも良好なものであった。

【００４７】

実施例２－１～２－５

プレス成形用型

プレス成形用型は、押し棒４５を有さない以外実施例１と同様の図８に示すものを用いた。

浮上治具

上述の成形型加熱機構を有する同一密閉チャンバー（図示せず）内には、図６に示す浮上治具１０（１０ａ、１０ｂ）、ガイド手段５０（５０ａ、５０ｂ）、ガラス素材を加熱軟化するガラス軟化ヒーター（図示せず））が設けられている。浮上治具１０は、グラッシーカーボンからなる分割浮上治具（以下、ＧＣ分割浮上治具と呼ぶ）であり、ガイド手段５０も同材質による分割円筒形ガイド（以下ＧＣ分割円筒形ガイドと呼ぶ）である。さらに、ガラス素材１は、ＧＣ分割浮上治具内部から供給される表１に示す流量の９８％N_2＋２％H_2 ガスの噴出によって、浮上保持される。

【００４８】

加熱軟化及びプレス工程

上述のプレス成形機構及びガラス加熱機構が収められた成形機の密閉チャンバー内を真空排気した後、９８％N_2 ＋２％H_2 ガスを導入し、密閉チャンバー内を同ガス雰囲気とした。

次に、図８に示す成形型ヒーター４４にて、型測温用熱電対４３で測温した上型３５及び下型３４の温度が、実施例１と同様のガラス素材１の粘度が10^{11}ポアズに相当する５７２℃（例２－１～２－３、２－５）又は10^{12}ポアズに相当する５５４℃（例２－４）になるまで加熱し同温度で保持した。尚、このときは、上型と下型は別の位置でそれぞれ加熱され、成形の際に図８に示すように、一体の成形型として組み立てられる。

一方、ガラス軟化ヒーターにて、ＧＣ分割浮上治具１０上のガラス素材１の温度を、表１に示すように、ガラスの粘度$10^{5.5}$ ポアズに相当する温度である７１８℃まで加熱保持する。

【００４９】

次に、加熱軟化したガラス素材１を浮上保持したＧＣ分割浮上治具１０は下型３４直上まで速やかに移動し、次いで、図７に示す如く、ＧＣ分割浮上治具１０ａとＧＣ分割浮上治具１０ｂがそれぞれ左右水平方向へ瞬時に移動して開口することで、下型３４の成形面４０にガラス素材１を落下させて載せる。この時、ＧＣ分割浮上治具１０の直上には、ガラス素材１の最外径に対して適度なクリアランスを保つような内径寸法を有するＧＣ分割円筒形ガイド５０が設置されており、ＧＣ分割浮上治具１０が開口してガラス素材１が落下する際に、ガラス素材１と下型３４とのセッティングズレ量が最小限となるようなガイドの役目を果たす。

【００５０】

ガラス落下後は、ＧＣ分割円筒形ガイド５０ａともう一方の５０ｂがそれぞれ左右水平方向へ移動して開口する。そのため、下型３４上部には何ら障害物がなくなり、瞬時に成形型支持台３８が下型３４を、下型３４の同軸上法に成形型支持台３８ごと固定セットしてある上型３５まで上昇させ、図８に示すように上型３５と下型３４をガイドする案内型３６で構成される成形型内で、ガラス素材１を１０秒間１００ｋｇ／ｃｍ^2 の圧力にて加圧成形して所定の肉厚とした後、圧力を一気に５０ｋｇ／ｃｍ^2 とすると同時に、この圧力

で保持したガラス成形体２及び成形型を、成形型ヒーター１４を断電することで放冷して、表１に成形時間（初期加圧時間（１０秒間）＋２次加圧時間）として示す時間経過秒後に型測温用熱電対４３で測温した上型３５及び下型３４の温度が、表１に離型時型温度として示す粘度に相当する温度になったところで、成形型からガラス成形体２を離型し取り出した。

【００５１】

このようにして得られたガラス成形体２（外径φ１８ｍｍ、肉厚２．９ｍｍ、コバ厚１．０ｍｍの両凸レンズ）のアニール後の性能を、干渉計による面精度と、目視外観及び実体顕微鏡による表面状態について評価し、結果を表１に示す。評価は、同一方法で得られた５個のレンズについて行った。

表１には、軟化したガラス素材１の温度、ガラス素材１の形状、ＧＣ分割浮上治具から流出するガス流量、成形型温度、離型温度を変化させて得られたガラス成形体の評価結果を示す。その結果、いずれの成形体（レンズ）も良好なものであった。

【００５２】

【表１】

【００５３】

実施例３－１～３－２

実施例	ガラス 温度 (℃) (対応粘性: ポアズ)	浮上流量 (l/min)	成形開始時型温度（℃）（対応粘性：ポアズ）		成形圧力 (kg/cm²)		成形時間 (秒)	冷却速度 ℃／分	離型時型温度（℃）（対応粘性：ポアズ）		ガラス成形体の評価	
			上　型	下　型	初期加圧	2次加圧			上　型	下　型	面精度	表面状態
1－1	686 ℃ ($10^{6.4}$ポアズ)	0．5	562 ℃ ($10^{11.6}$ ポアズ)	592 ℃ (10^{10} ポアズ)	100	20	85	47	504 ℃ ($10^{15.3}$ ポアズ)	534 ℃ ($10^{13.4}$ ポアズ)	◎	◎
1－2	686 ℃ ($10^{6.4}$ポアズ)	0．5	562 ℃ ($10^{11.6}$ ポアズ)	572 ℃ (10^{11} ポアズ)	100	20	70	26	536 ℃ ($10^{13.3}$ ポアズ)	546 ℃ ($10^{12.5}$ ポアズ)	◎	◎
1－3	658 ℃ ($10^{7.3}$ポアズ)	1．0	594 ℃ ($10^{9.9}$ ポアズ)	614 ℃ (10^{9} ポアズ)	100	20	85	65	514 ℃ ($10^{14.7}$ ポアズ)	534 ℃ ($10^{13.4}$ ポアズ)	◎	◎
1－4	658 ℃ ($10^{7.3}$ポアズ)	1．0	577 ℃ ($10^{10.7}$ ポアズ)	592 ℃ (10^{10} ポアズ)	100	20	65	57	515 ℃ ($10^{14.7}$ ポアズ)	540 ℃ ($10^{12.9}$ ポアズ)	○	◎
1－5	620 ℃ ($10^{8.8}$ポアズ)	1．0	600 ℃ ($10^{9.6}$ ポアズ)	610 ℃ ($10^{9.2}$ ポアズ)	100	20	90	64	515 ℃ ($10^{14.7}$ ポアズ)	525 ℃ ($10^{14.1}$ ポアズ)	◎	◎
2－1	718 ℃ ($10^{5.5}$ポアズ)	0．5	554 ℃ (10^{12} ポアズ)	572 ℃ (10^{11} ポアズ)	100	50	70	29	525 ℃ ($10^{14.1}$ ポアズ)	543 ℃ ($10^{12.7}$ ポアズ)	◎	◎
2－2	718 ℃ ($10^{5.5}$ポアズ)	0．5	567 ℃ ($10^{11.3}$ ポアズ)	572 ℃ (10^{11} ポアズ)	100	50	70	43	524 ℃ ($10^{14.1}$ ポアズ)	529 ℃ ($10^{13.7}$ ポアズ)	◎	◎
2－3	718 ℃ ($10^{5.5}$ポアズ)	0．5	572 ℃ (10^{11} ポアズ)	602 ℃ ($10^{9.5}$ ポアズ)	100	50	85	45	516 ℃ ($10^{14.7}$ ポアズ)	546 ℃ ($10^{12.5}$ ポアズ)	○	◎
2－4	718 ℃ ($10^{5.5}$ポアズ)	0．5	554 ℃ (10^{12} ポアズ)	564 ℃ ($10^{11.4}$ ポアズ)	100	50	70	21	534 ℃ ($10^{13.4}$ ポアズ)	544 ℃ ($10^{12.6}$ ポアズ)	◎	◎
2－5	718 ℃ ($10^{5.5}$ポアズ)	0．5	562 ℃ ($10^{11.6}$ ポアズ)	572 ℃ (10^{11} ポアズ)	100	20	82	45	508 ℃ ($10^{15.1}$ ポアズ)	518 ℃ ($10^{14.5}$ ポアズ)	◎	◎

初期加圧時間を５秒（例３－１）又は３０秒（例３－２）とした以外は、実施例１－１と同様にしてガラス成形体（外径φ１８ｍｍ、肉厚２．９ｍｍ、コバ厚１．０ｍｍの両凸レンズ）を得た。アニール後のガラス成形体の性能を、干渉計による面精度と、目視外観及び実体顕微鏡による表面状態について評価した。結果を表２に示す。

【００５４】

実施例４－１～４－２

成形型３９の放冷を初期加圧（１００ｋｇ／ｃｍ^2 の圧力での加圧）と同時（例４－１）または初期加圧開始５秒後（例４－２）に開始した以外は実施例１－１と同様に操作してガラス成形体（外径φ１８ｍｍ、肉厚２．９ｍｍ、コバ厚１．０ｍｍの両凸レンズ）を得た。アニール後のガラス成形体の性能を、干渉計による面精度と、目視外観及び実体顕微鏡による表面状態について評価した。結果を表２に示す。

【００５５】

【表２】

実施例	ガラス 温度 (℃) (対応粘性：ポアズ)	浮上流量 (l/min)	成形開始時型温度 (℃) (対応粘性：ポアズ)		成形圧力 (kg/cm²)		成形時間 (秒)	冷却速度 ℃／分	離型時型温度 (℃) (対応粘性：ポアズ)		ガラス成形体の評価	
			上型	下型	初期加圧	2次加圧			上型	下型	面精度	表面状態
3－1	686 ℃ ($10^{6.4}$ポアズ)	0.5	587 ℃ ($10^{10.2}$ ポアズ)	592 ℃ (10^{10} ポアズ)	100	20	80	47	529 ℃ ($10^{13.8}$ ポアズ)	534 ℃ ($10^{13.4}$ ポアズ)	◎	◎
3－2	686 ℃ ($10^{6.4}$ポアズ)	0.5	582 ℃ ($10^{10.5}$ ポアズ)	592 (10^{10} ポアズ)	100	20	105	47	524 ($10^{14.1}$ ポアズ)	534 ($10^{13.4}$ ポアズ)	◎	◎
4－1	686 ℃ ($10^{6.4}$ポアズ)	0.5	572 ℃ (10^{11} ポアズ)	592 (10^{10} ポアズ)	100	20	75	47	514 ($10^{14.7}$ ポアズ)	534 ($10^{13.4}$ ポアズ)	◎	◎
4－2	686 ℃ ($10^{6.4}$ポアズ)	0.5	567 ℃ ($10^{11.3}$ ポアズ)	592 (10^{10} ポアズ)	100	20	80	47	509 ℃ ($10^{15.0}$ ポアズ)	534 ($10^{13.4}$ ポアズ)	◎	◎

【００５６】

ガラス成形体の評価は、以下のように行った。

面精度
○：アス、くせ　０．５本以下
◎：アス、くせ　０．２本以下
表面状態
◎：良好
【００５７】
上記実施例１～４においてサイクルタイムは成形時間と型温度の回復時間（離型時の温度から成形開始時温度までの昇温時間）との合計である。本実施例では成形型の加熱に抵抗加熱を用いたため、上記回復時間は約３５秒であった。従って、サイクルタイムは約８５～１６５秒間であった。
尚、成形型の加熱を高周波加熱や赤外線加熱を用いることにより、上記回復時間は約１０秒にすることができ、サイクルタイムをその分短縮することが可能である。
【００５８】
実施例５－１～５－３
プレス成形用の型は図９に示すものを用い、かつ成形型の加熱を成形型の外側に設けた石英ガラス管７０外側の高周波加熱コイル７１を用い、下型上に加熱軟化したガラスプリフォームが落下すると同時に下型が上昇して成形室７２内でプレスし、プレス後、冷却用ガスを上下からそれぞれ２０リットル／分の流量で流し、成形型および石英ガラス管内の成形室全体を強制的に冷却した以外は、実施例１と同様にしてガラス成形を行い、ガラス成形体（外径φ１８ｍｍ、肉厚２．９ｍｍ、コバ厚１．０ｍｍの両凸レンズ）を得た。アニール後のガラス成形体の性能を、干渉計による面精度と、目視外観及び実体顕微鏡による表面状態について評価した。結果を表３に示す。
【００５９】
実施例６－１～６－３
プレス成形用の型として図１０に示すものを用いた以外は、実施例５と同様にしてガラス成形体（外径φ１８ｍｍ、肉厚２．９ｍｍ、コバ厚１．０ｍｍの両凸レンズ）を得た。アニール後のガラス成形体の性能を、干渉計による面精度と、目視外観及び実体顕微鏡による表面状態について評価した。結果を表３に示す。
【００６０】
【表３】

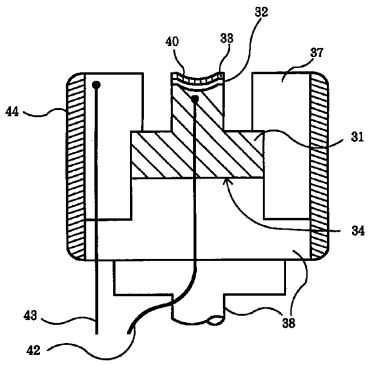
【００６１】
【図面の簡単な説明】

実施例	ガラス温度（℃） （対応粘性；ポアズ）	成形開始時型温度（℃）（対応粘性；ポアズ）		成形圧力（kg/cm²）		成形時間（秒）	冷却速度（℃／分）	成形開始時型温度（℃）（対応粘性；ポアズ）		ガラス成形体	
		上型	下型	初期加圧	2次加圧			上型	下型	面積度	表面状態
5－1	686℃（$10^{6.4}$ポアズ）	599℃（$10^{8.7}$ポアズ）	614℃（10^{8}ポアズ）	100	20	45	108	519℃（$10^{14.4}$ポアズ）	534℃（$10^{13.4}$ポアズ）	◎	◎
5－2	〃 〃	577℃（$10^{10.7}$ポアズ）	592℃（10^{10}ポアズ）	〃	〃	40	89	519℃（$10^{14.4}$ポアズ）	534℃（$10^{13.4}$ポアズ）	◎	◎
5－3	〃 〃	557℃（$10^{11.8}$ポアズ）	572℃（10^{11}ポアズ）	〃	〃	35	93	503℃（$10^{15.3}$ポアズ）	518℃（$10^{14.5}$ポアズ）	◎	◎
6－1	658℃（$10^{7.3}$ポアズ）	577℃（$10^{10.7}$ポアズ）	592℃（10^{10}ポアズ）	〃	〃	35	108	514℃（$10^{14.7}$ポアズ）	529℃（$10^{13.7}$ポアズ）	◎	◎
6－2	〃 〃	557℃（$10^{11.8}$ポアズ）	572℃（10^{11}ポアズ）	〃	〃	25	113	510℃（$10^{14.9}$ポアズ）	525℃（$10^{14.0}$ポアズ）	◎	◎
6－3	620℃（$10^{8.8}$ポアズ）	587℃（$10^{10.2}$ポアズ）	602℃（$10^{9.5}$ポアズ）	200	40	65	103	510℃（$10^{14.9}$ポアズ）	525℃（$10^{14.0}$ポアズ）	◎	◎

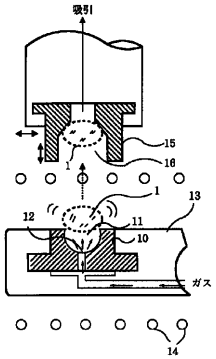
実施例５－１～５－３と６－１～６－２：プレス開始と同時に冷却　初期加圧は１０秒
実施例６－３：２０秒初期加圧した後冷却

【図１】　本発明で用いた成形型の下型の概略説明図である。
【図２】　本発明で用いた浮上治具上でのガラスプリフォームの浮上軟化及び移送方法の概略説明図である。
【図３】　本発明で用いた浮上治具上でのガラスプリフォームの浮上軟化方法の概略説明図である。
【図４】　軟化したガラスプリフォームの成形型への移送方法の概略説明図である。
【図５】　本発明で用いた成形型での押圧成形の概略説明図である。
【図６】　軟化したガラスプリフォームの成形型への移送方法の概略説明図である。
【図７】　軟化したガラスプリフォームの成形型への移送方法の概略説明図である。
【図８】　成形型での押圧成形の概略説明図である。
【図９】　本発明で用いた成形型での押圧成形の概略説明図である。
【図１０】　本発明で用いた成形型での押圧成形の概略説明図である。
【符号の説明】
１　・・・　ガラス素材
２　・・・　ガラス成形体
１０、１７　・・・　浮上治具
１０ａ、１０ｂ　・・・　分割浮上治具
１１　・・・　浮上治具の上方開口部
１２　・・・　浮上治具の上方開口部の底
１３、１９　・・・　浮上治具支持体
１４　・・・　ガラス軟化用ヒーター
１５　・・・　吸引保持装置
１６　・・・　下方開口部
１８　・・・　多孔質面
３４　・・・　下型
３５　・・・　上型
３６　・・・　案内型
３７　・・・　胴型
４０、４１　・・・　成形面
４５　・・・　押し棒
５０ａ、５０ｂ　・・・　ガイド手段
７０・・・石英ガラス管
７１・・・高周波加熱コイル
７２・・・成形室

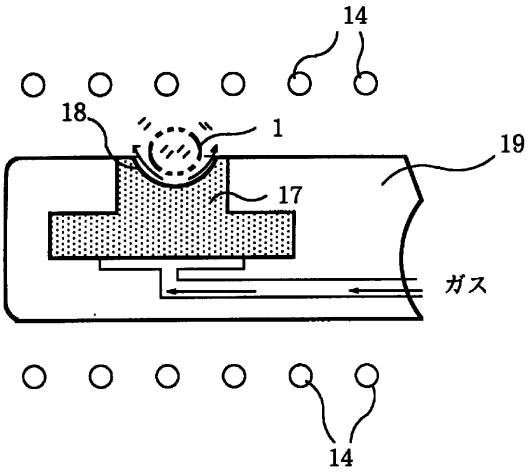
【図１】


32
40
33
37
44
31
34
43
38
42

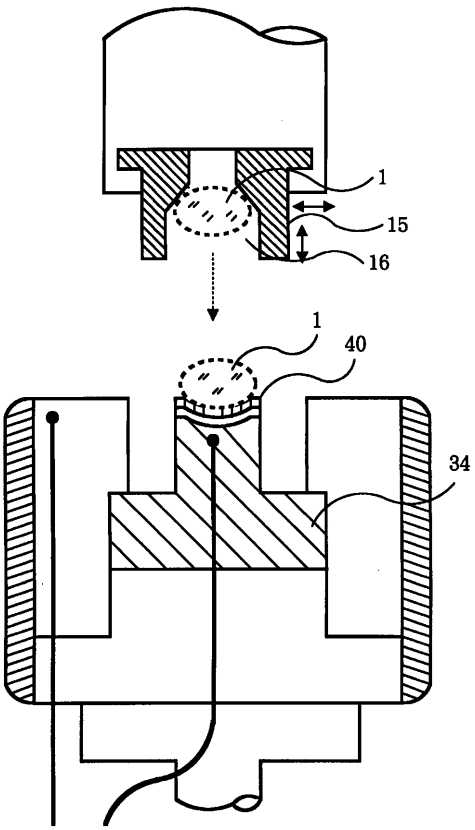
【図２】


吸引
15
16
1
13
12
11
10
ガス
14

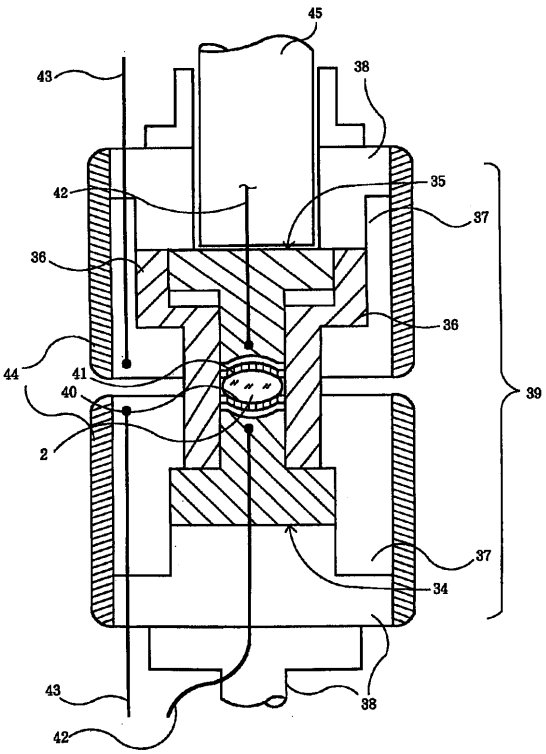
【図３】


14
18
1
19
17
ガス
14

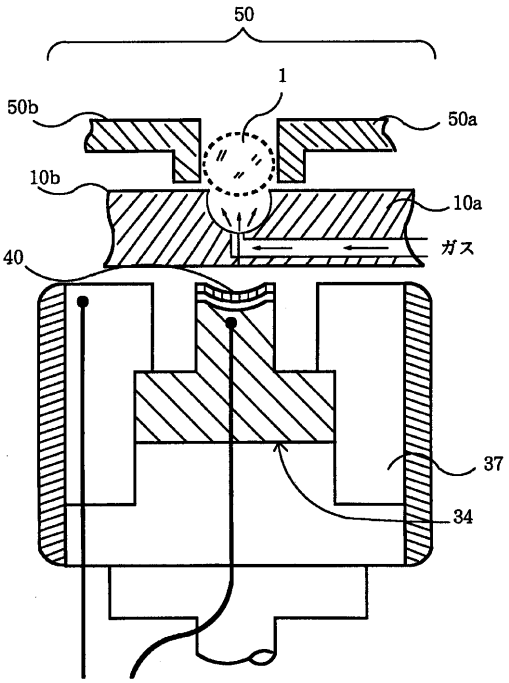
【図４】


1
15
16
1
40
34

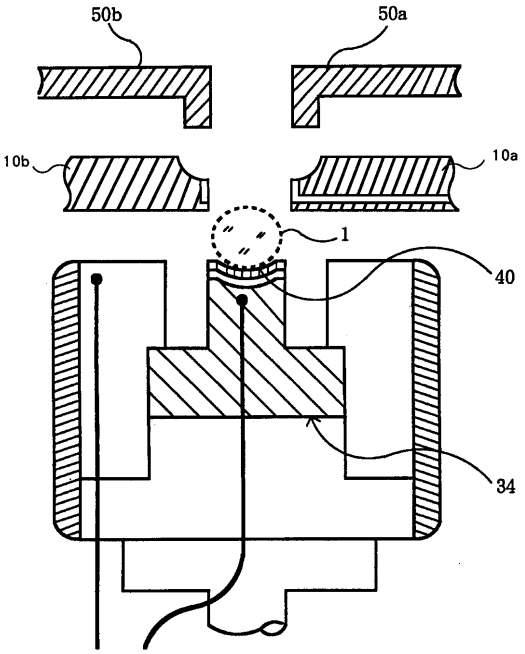
【図５】


45
43
38
42
35
37
36
36
44
41
40
39
2
37
34
43
38
42

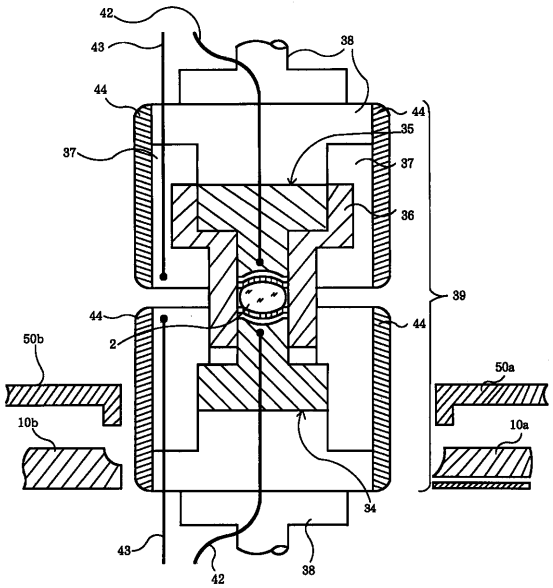
【図６】


50
1
50b
50a
10b
10a
ガス
40
37
34

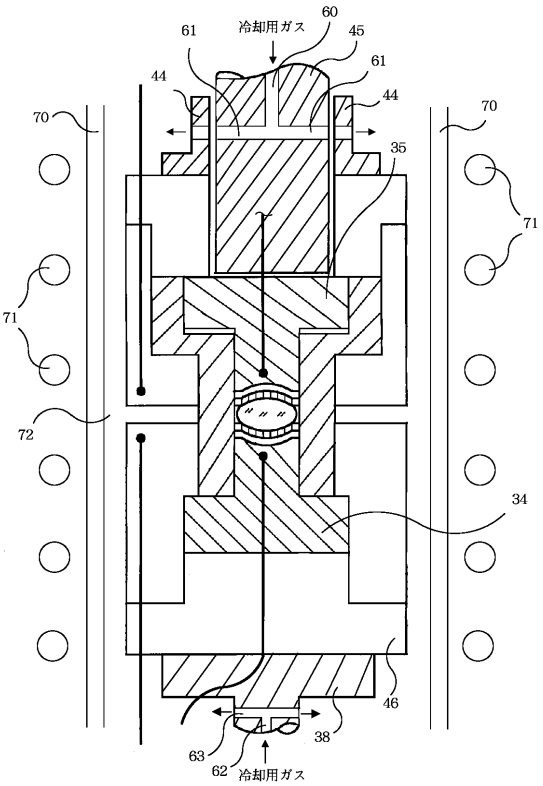
【図７】


50b
50a
10b
10a
1
40
34

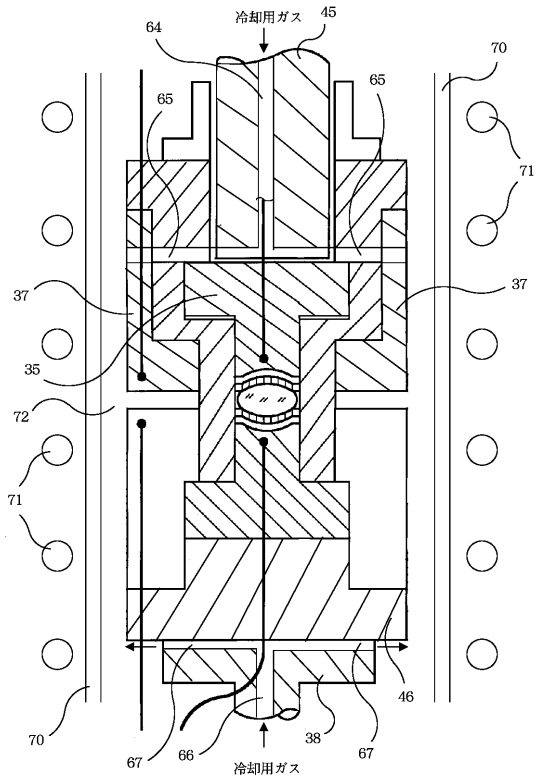
【図８】


42
43
38
44
35
37
36
39
2
50b
50a
10b
10a
34

【図９】


61
冷却用ガス
60
45
44
70
35
71
72
34
46
63
62
38

【図１０】



フロントページの続き

審査官　山田　靖

(56)参考文献　特開平０５－０７０１５４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０１０５５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０２４８５７（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０５９４４９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３４５４５２（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－３０１８６４（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－０３７６１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－００２５３４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０１０５６１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０８３５２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０１２３３０（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０１４８３９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２５９２４２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C03B　11/00～11/16,17/04,19/10