

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7025720号  
(P7025720)

(45)発行日 令和4年2月25日(2022.2.25)

(24)登録日 令和4年2月16日(2022.2.16)

(51)国際特許分類

F I

C 0 3 B	5/173(2006.01)	C 0 3 B	5/173
C 0 3 B	5/03 (2006.01)	C 0 3 B	5/03
C 0 3 B	17/06 (2006.01)	C 0 3 B	17/06
F 2 7 D	7/02 (2006.01)	F 2 7 D	7/02
F 2 7 B	3/08 (2006.01)	F 2 7 B	3/08

Z

請求項の数 6 (全11頁)

(21)出願番号	特願2017-246497(P2017-246497)	(73)特許権者	000232243 日本電気硝子株式会社 滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号
(22)出願日	平成29年12月22日(2017.12.22)	(74)代理人	100107423 弁理士 城村 邦彦
(65)公開番号	特開2019-112253(P2019-112253 A)	(74)代理人	100120949 弁理士 熊野 剛
(43)公開日	令和1年7月11日(2019.7.11)	(74)代理人	100168550 弁理士 友廣 真一
審査請求日	令和2年8月11日(2020.8.11)	(72)発明者	櫻林 達 滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本 電気硝子株式会社内
		(72)発明者	長谷川 徹 滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本 電気硝子株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガラス物品の製造方法及びガラス溶融炉

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ガラス溶融炉内でガラス原料を電気加熱のみで連続的に溶融して溶融ガラスを形成するガラス溶融工程と、前記溶融ガラスからガラス物品を成形する成形工程とを備えたガラス物品の製造方法であって、

前記ガラス溶融工程では、前記ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整すると共に、前記ガラス溶融炉外に対して前記ガラス溶融炉内を減圧し、前記ガラス溶融炉内の雰囲気の圧力をP1と、前記ガラス溶融炉外の雰囲気の圧力をP2とした場合に、圧力差(P1 - P2)を - 10 mmH<sub>2</sub>O以上に調整することを特徴とするガラス物品の製造方法。

## 【請求項2】

前記ガラス溶融工程では、前記ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量が15 g / Nm<sup>3</sup>以下であることを特徴とする請求項1に記載のガラス物品の製造方法。

## 【請求項3】

前記ガラス溶融工程では、乾燥ガスを前記ガラス溶融炉内に供給して前記ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整することを特徴とする請求項1又は2に記載のガラス物品の製造方法。

## 【請求項4】

前記ガラス溶融工程では、前記溶融ガラスは、前記ガラス原料に覆われずに液面が露出した露出部を有し、

前記乾燥ガスは、前記露出部に対応する位置で前記ガラス溶融炉内に供給されることを特

徴とする請求項 3 に記載のガラス物品の製造方法。

【請求項 5】

前記成形工程では、ダウンドロー法により前記溶融ガラスから板ガラスを成形することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のガラス物品の製造方法。

【請求項 6】

前記溶融ガラスが、無アルカリガラスであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のガラス物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガラス物品の製造方法及びガラス溶融炉に関する。

【背景技術】

【0002】

板ガラスなどのガラス物品の製造工程では、ガラス原料を溶融してガラス物品の元となる溶融ガラスを形成するためにガラス溶融炉が用いられる。

【0003】

ガラス溶融炉には、ガラス原料をガス燃焼により溶融するタイプのものが広く利用されているが、ガラス原料を電気加熱のみで溶融するタイプのものが用いられる場合もある（特許文献 1 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2003 - 183031 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年では、板ガラス上の成膜パターニングの高精細化が進められており、板ガラスの熱的寸法安定性が悪いと、成膜パターニング時に位置ずれが生じやすくなる。従って、板ガラスをはじめとするガラス物品には、高い熱的寸法安定性が要求される場合が多くなっている。熱的寸法安定性を示す指標としては、ガラス物品の熱処理前後の寸法差に基づいて求められるコンパクションがあり、その値が小さければガラス物品の熱的寸法安定性が高いことを意味する。コンパクションは、ガラス物品の水分量と密接に関連しており、ガラス物品の水分量が少ないほど、ガラスの歪点が高くなり、コンパクションの値が小さくなる傾向にある。

【0006】

ガス燃料の燃焼を利用するガラス溶融炉は、炉内で常時ガス燃料の燃焼を行っているため、炉内の雰囲気の水蒸気量は、燃焼廃ガスの水蒸気量に実質的に支配されており比較的高い水準で維持される。このようにガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量が高い場合、炉内の溶融ガラスの水分量も高くなる傾向にある。従って、溶融ガラスから製造されるガラス物品の水分量も必然的に高くなり、ガラス物品のコンパクションの値を小さくできないという問題がある。

【0007】

これに対し、電気加熱のみを利用するガラス溶融炉は、炉内におけるガス燃料の燃焼等に起因する水蒸気量の上昇がないため、ガス燃焼を利用するガラス溶融炉に比べて溶融ガラス中の水分量を低下させやすい。従って、溶融ガラスから製造されるガラス物品の水分量も必然的に低くなり、ガラス物品のコンパクションの値を小さくできるという利点がある。

【0008】

しかしながら、近年では、ガラス物品のコンパクションの値を更に小さくすることが要求されており、電気加熱のみを利用するガラス溶融炉であっても、溶融ガラス中の水分量をより一層低下させる必要がある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、電気加熱のみでガラス原料を溶融するガラス溶融炉において、溶融ガラス中の水分量を可及的に低下させることを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 0 】

上記の課題を解決するために創案された本発明は、ガラス溶融炉内でガラス原料を電気加熱のみで連続的に溶融して溶融ガラスを形成するガラス溶融工程と、溶融ガラスからガラス物品を成形する成形工程とを備えたガラス物品の製造方法であって、ガラス溶融工程では、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整することを特徴とする。このような構成によれば、ガラス溶融炉内でガラス原料を電気加熱のみで溶融するため、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量は低くなりやすい。加えて、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量が調整されるため、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を更に少なく抑えることができる。従って、ガラス溶融炉内の雰囲気中の水分が溶融ガラス中へ拡散する現象が生じにくくなると共に、溶融ガラス中の水分がガラス溶融炉内の雰囲気中へ拡散する現象が生じやすくなる。このため、溶融ガラス中の水分量を可及的に低下でき、低コンパクションのガラス物品を製造できる。

10

## 【 0 0 1 1 】

上記の構成において、ガラス溶融工程では、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量が  $15 \text{ g} / \text{Nm}^3$  以下であることが好ましい。このようにすれば、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量が適正な範囲になり、溶融ガラス中の水分量をさらに低下できる。

20

## 【 0 0 1 2 】

上記の構成において、ガラス溶融工程では、乾燥ガスをガラス溶融炉内に供給してガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整するようにしてもよい。このようにすれば、ガラス溶融炉内の雰囲気が乾燥ガスで置換されるため、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を簡単かつ確実に抑えることが可能となる。

## 【 0 0 1 3 】

この場合、ガラス溶融工程では、溶融ガラスは、ガラス原料に覆われずに液面が露出した露出部を有し、乾燥ガスは、露出部に対応する位置でガラス溶融炉内に供給されることが好ましい。このようにすれば、乾燥ガスが、溶融ガラスの露出部に積極的に供給されるため、溶融ガラスの露出部の上部雰囲気における水蒸気量を確実に低く抑えることができる。溶融ガラスの露出部は、溶融ガラスのうちガラス原料に覆われている部分に比べてガラス溶融炉内の雰囲気の影響を受けやすい。従って、このように溶融ガラスの露出部の上部雰囲気における水蒸気量を低く抑えると、溶融ガラス中の水分量を低下させやすくなる。

30

## 【 0 0 1 4 】

上記の構成において、ガラス溶融工程では、更に、ガラス溶融炉内の雰囲気とガラス溶融炉外の雰囲気との圧力差を  $-10 \text{ mmHg} \sim 10 \text{ mmHg}$  に調整することが好ましい。このようにすれば、ガラス溶融炉の内外の圧力差が適正な範囲に保たれるため、ガラス溶融炉内の温度を所望の温度に維持しやすくなる。従って、ガラス溶融炉でガラス原料を安定して連続溶融できるため、低コンパクションのガラス物品を安定して製造できる。

## 【 0 0 1 5 】

上記の構成において、成形工程では、ダウンドロー法により溶融ガラスから板ガラスを成形することが好ましい。ダウンドロー法であれば、平滑な表面を有する板ガラスを成形することが可能であるため、表面品位に優れたガラス基板を効率よく製造できる。

40

## 【 0 0 1 6 】

上記の構成において、溶融ガラスが、無アルカリガラスであることが好ましい。無アルカリガラスであれば、電子デバイスの製造工程でアモルファス・シリコンや多結晶シリコンの薄膜特性を損なうことを防止できるので、ガラス基板に好適なガラス物品を製造することができる。

## 【 0 0 1 7 】

上記の課題を解決するために創案された本発明は、ガラス原料を電気加熱のみで溶融して

50

熔融ガラスを形成するガラス熔融炉であって、炉内の雰囲気の水蒸気量を調整する調整手段を備えていることを特徴とする。このような構成によれば、既に述べた対応する構成と同様の作用効果を得ることができる。

【0018】

上記の構成において、調整手段が、乾燥ガスを炉内に供給するガス供給手段を備えていることが好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、電気加熱のみでガラス原料を熔融するガラス熔融炉において、熔融ガラス中の水分量を可及的に低下できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】ガラス物品の製造装置を示す側面図である。

【図2】図1のガラス物品の製造装置のガラス熔融炉を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、ガラス物品の製造方法及びガラス熔融炉の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0022】

図1に示すように、本製造方法に用いられるガラス物品の製造装置は、上流側から順に、ガラス熔融炉1と、清澄室2と、均質化室（攪拌室）3と、ポット4と、成形体5とを備え、これら各部1～5が移送管6～9によって接続されている。ここで、清澄室2などの「室」及び「ポット」という用語には、槽状構造を有するものや、管状構造を有するものが含まれるものとする。

20

【0023】

ガラス熔融炉1は、熔融ガラスGmを得る熔融工程を行うための空間である。ここで、熔融ガラスGmとしては、例えば無アルカリガラスを使用することができる。無アルカリガラスのガラス組成としては、質量%で、SiO<sub>2</sub> 50～70%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12～25%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0～12%、Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O（Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O及びK<sub>2</sub>Oの含量）0～1%未満、MgO 0～8%、CaO 0～15%、SrO 0～12%、BaO 0～15%を含有することが好ましい。無アルカリガラスの中でも高歪点ガラスであることがより好ましい。高歪点ガラスのガラス組成としては、質量%で、SiO<sub>2</sub> 58～65%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12～23%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0～3%（特に0.1～2%未満）、Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 0～1%未満（特に0～0.5%）、MgO 0.1～6%（特に2～5%）、CaO 2～12%（特に3～10%）、SrO 0～5%、BaO 2～15%（特に5～12%）を含有することが好ましい。このようにすれば、歪点を730以上に高めやすく、ガラス物品の低コンパクション化を図りやすい。なお、熔融ガラスGmは、無アルカリガラスに限定されない。

30

【0024】

清澄室2は、ガラス熔融炉1から供給された熔融ガラスGmを清澄剤などの働きによって清澄（泡抜き）する清澄工程を行うための空間である。

40

【0025】

均質化室3は、清澄された熔融ガラスGmを攪拌翼3aにより攪拌し、均一化する均質化工程を行うための空間である。均質化室3は、複数の均質化室を連ねたものであってもよい。この場合、隣接する二つの均質化室の一方の上端部と、他方の下端部を連ねることが好ましい。

【0026】

ポット4は、熔融ガラスGmを成形に適した状態（例えば粘度）に調整する状態調整工程を行うための空間である。なお、ポット4は省略してもよい。

【0027】

成形体5は、成形装置を構成し、熔融ガラスGmを所望の形状に成形する成形工程を行う

50

ためのものである。本実施形態では、成形体 5 は、オーバーフローダウンドロー法によって熔融ガラス G m を帯状のガラスリボンに成形する。

#### 【 0 0 2 8 】

成形体 5 は、断面形状（紙面と直交する断面形状）が略楔形状をなし、成形体 5 の上部にオーバーフロー溝（図示省略）が形成されている。移送管 9 によって熔融ガラス G m をオーバーフロー溝に供給した後、熔融ガラス G m をオーバーフロー溝から溢れ出させて、成形体 5 の両側の側壁面（紙面の表裏面側に位置する側面）に沿って流下させる。そして、その流下させた熔融ガラス G m を側壁面の下頂部で融合させ、帯状のガラスリボンに成形する。成形されたガラスリボンに徐冷や切断等の処理を施すことにより、ガラス物品としての板ガラス又はガラスリボンを巻き取ったガラスロールが製造される。ガラスリボンの厚みは、例えば、0.01 ~ 2 mm（好ましくは 0.1 ~ 1 mm）である。板ガラス又はガラスロールは、液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイなどのフラットパネルディスプレイ、有機 EL 照明、太陽電池などの基板や保護カバーに利用される。なお、成形装置は、スロットダウンドロー法などの他のダウンドロー法や、フロート法を実行するものであってもよい。

10

#### 【 0 0 2 9 】

移送管 6 ~ 9 は、例えば白金又は白金合金からなる円筒管で構成されており、熔融ガラス G m を横方向（略水平方向）に移送する。移送管 6 ~ 9 は、必要に応じて通電加熱される。

#### 【 0 0 3 0 】

図 2 に示すように、ガラス熔融炉 1 は、電気加熱のみによって、ガラス原料（カレットを含んでもよい）G r を連続的に熔融して熔融ガラス G m を形成する。熔融ガラス G m は、移送管 6 によって連続的に排出される。図 2 中、矢印 X は、熔融ガラス G m の流れ方向を示している。ガラス熔融炉 1 は、耐火煉瓦（例えば、ジルコニア系電鍍煉瓦やアルミナ系電鍍煉瓦、アルミナ・ジルコニア系電鍍煉瓦、AZS（Al - Zr - Si）系電鍍煉瓦、デンス焼成煉瓦など）で構成された壁部によって炉内の熔融空間を区画形成する。

20

#### 【 0 0 3 1 】

ガラス熔融炉 1 の底壁部 1 0 には、熔融ガラス G m を直接的に電気加熱（通電加熱）してガラス原料 G r を熔融するために、熔融ガラス G m に浸漬された状態で複数の棒状電極 1 1 が設けられている。本実施形態では、ガラス熔融炉 1 内には、電極 1 1 以外の他の加熱手段が設けられておらず、電極 1 1 の電気加熱（電気エネルギー）のみでガラス原料 G r を熔融（全電気熔融）するようになっている。換言すれば、ガラス熔融炉 1 内の雰囲気の水蒸気量が上昇する原因となるガス燃料の燃焼は用いていない。なお、連続熔融が開始される前の段階（ガラス熔融炉 1 の立ち上げ段階）では、例えば、側壁部に設置したバーナー（ガス燃料の燃焼）により熔融ガラス G m 及び / 又はガラス原料 G r を加熱してもよい。

30

#### 【 0 0 3 2 】

電極 1 1 は、例えば、モリブデン（Mo）から形成される。なお、電極 1 1 は、棒状に限らず、板状やブロック状であってもよく、これらを組み合わせてもよい。また、電極 1 1 は、底壁部 1 0 に限らず、側壁部に配置してもよく、底壁部 1 0 と側壁部の両方に配置してもよい。また、連続熔融の開始前及び / 又は開始後に、ガラス原料 G r 及び熔融ガラス G m をガラス熔融炉 1 内の雰囲気を介して間接的に電気加熱するために、ガラス熔融炉 1 の熔融ガラス G m の上部にヒーター等の電気加熱手段を別途設けてもよい。

40

#### 【 0 0 3 3 】

ガラス熔融炉 1 には、原料供給手段としてのスクリーフィーダ 1 2 が設けられている。スクリーフィーダ 1 2 は、熔融ガラス G m の液面の一部にガラス原料（固体原料）G r に覆われていない部分、すなわち、熔融ガラス G m の露出部 G m 1 が形成されるようにガラス原料 G r を連続的に供給する。すなわち、ガラス熔融炉 1 は、いわゆるセミホットトップタイプである。ここで、「ガラス原料 G r に覆われている部分」とは、熔融ガラス G m の液面において、ガラス原料 G r の粒子が存在する部分を意味し、「露出部 G m 1」とは、熔融ガラス G m の液面において、ガラス原料 G r の粒子が存在することなく、ガラス原料 G r の粒子が熔融している箇所を意味する。これら 2 つの部分は、例えば、カメラ等

50

の撮像手段により熔融ガラスG mの液面を撮像し、その輝度に基づいて識別することができる。また、実際に熔融ガラスG mの液面近傍からサンプルを採取して、ガラス原料G rの粒子の有無を評価してもよい。

【0034】

なお、ガラス熔融炉1は、熔融ガラスG mの液面の全部がガラス原料G rに覆われた、いわゆるコールドトップタイプでもよい。また、原料供給手段は、プッシャーや振動フィーダなどであってもよい。

【0035】

ガラス熔融炉1には、炉内の雰囲気を外部に排出するための排気流路としての煙道13が設けられている。煙道13内には、ガス(雰囲気)を外部に送るためのファン13aが設けられている。ただし、ファン13aは必ずしも設けなくてもよい。

10

【0036】

ガラス熔融炉1には、炉内に乾燥ガスを供給するためのガス供給口14が設けられている。ガス供給口14には、乾燥ガスを発生又は貯蔵するための図示しないガス供給設備(例えば、ガスタンク)が接続されている。従って、ガス供給手段は、ガス供給設備と、ガス供給口14とを備えており、このガス供給手段が、炉内の雰囲気、すなわち、熔融ガラスG mの上部雰囲気の水蒸気量を調整する調整手段として機能する。また、ガラス熔融炉1は、ガラス原料G rを熔融する一つの熔融空間を有し、この熔融空間に含まれる熔融ガラスG mの上部空間に、未熔融のガラス原料G rが存在すると共に、ガス供給口14を介して乾燥ガスが供給される。

20

【0037】

乾燥ガスとしては、例えば、乾燥空気(除湿空気)、乾燥窒素、乾燥酸素、乾燥炭酸ガス、乾燥硝酸ガス、窒素酸化物などの低水分量ガス、又はこれらの中から任意に選択される二種以上の混合ガスが使用できる。本実施形態では、安価に入手できる乾燥空気(例えば、クリーンドライエア(CDA))を使用している。

【0038】

本実施形態では、ガス供給口14は、熔融ガラスG mの露出部G m1に対応する位置、すなわち、流れ方向Xにおけるガラス原料G rの下流端G r1よりも下流側位置に設けられている。詳細には、ガス供給口14は、ガラス熔融炉1の炉内の幅方向(流れ方向Xと直交する方向)で乾燥ガスの供給量のばらつきが小さくなるように、ガラス熔融炉1の両側の側壁部のそれぞれに対称的に設けられている。ガス供給口14の位置は特に限定されるものではなく、その配置箇所も一個所であってもよいし、複数箇所であってもよい。

30

【0039】

次に、以上のように構成された製造装置によるガラス物品の製造方法を説明する。

【0040】

本製造方法は、上述のように、熔融工程と、清澄工程と、均質化工程と、状態調整工程と、成形工程とを備える。なお、清澄工程、均質化工程、状態調整工程及び成形工程は上述の製造装置の構成で説明した通りであるため、以下では熔融工程について説明する。

【0041】

図2に示すように、熔融工程では、熔融ガラスG mに浸漬された電極11によって熔融ガラスG mを通電加熱し、ガラス原料G rを連続的に熔融する。この際、ガス供給口14からガラス熔融炉1内に乾燥ガスを供給し、ガラス熔融炉1内の雰囲気を乾燥ガスで置換する。これにより、ガラス熔融炉1内の雰囲気の水蒸気量を調整する。このようにすれば、ガラス熔融炉1内の雰囲気の水蒸気量は、全電気熔融の効果により元々少ない状態であるが、乾燥ガスの効果により更に少ない状態になる。従って、ガラス熔融炉内の雰囲気中の水分が熔融ガラスG m中へ拡散する現象が生じにくくなると共に、熔融ガラスG m中の水分がガラス熔融炉1内の雰囲気中に拡散する現象が生じやすくなる。このため、ガラス熔融炉1内の雰囲気の水蒸気量を調整せずに全電気熔融の効果のみを用いた場合に比べて、熔融ガラスG m中の水分量を更に低下させることができる。よって、このような熔融ガラスG mから成形される板ガラスも水分量が極めて少ない状態となり、コンパクションの値

40

50

が非常に小さくなる。

【0042】

ここで、乾燥ガスは、ガス供給口14からガラス溶融炉1内に供給する前に予熱してもよい。このようにすれば、ガラス溶融炉1内に供給された乾燥ガスによって、炉内温度が低下したり気流が発生したりするのを抑制できる。乾燥ガスは、例えば、ガス供給口14付近において、100～1000になるように予熱することが好ましい。

【0043】

また、ガラス溶融炉1内の雰囲気とガラス溶融炉1外の雰囲気（大気）との圧力差は、例えば、ガス供給口14からのガス供給量と、煙道13からのガス排出量とを調整することによって行う。常温の乾燥ガスをガラス溶融炉1内に供給する場合、ガラス溶融炉1の内外の圧力差が-10mmH<sub>2</sub>Oを下回る又は10mmH<sub>2</sub>Oを上回ると、ガス供給量又はガス排出量の増加に伴ってガラス溶融炉1内の雰囲気温度が低下し、溶融ガラスGmの温度が低下しやすくなる。これを防止して溶融ガラスGmの温度を所望の温度に維持しやすくする観点から、ガラス溶融炉1の内外の圧力差は-10mmH<sub>2</sub>O～10mmH<sub>2</sub>Oに調整されることが好ましい。ガラス溶融炉1の内外の圧力差の調整は、ガラス溶融炉1内の雰囲気の圧力が相対的に高圧になりすぎた場合、ガラス溶融炉1内の雰囲気の圧力を下げるためにガス供給量の減少及び/又はガス排出量の増加を行う。これとは逆にガラス溶融炉1内の雰囲気の圧力が相対的に低圧になりすぎた場合、ガラス溶融炉1内の雰囲気の圧力を上げるためにガス供給量の増加及び/又はガス排出量の減少を行う。

【0044】

溶融ガラス中の水分量をより低下させる観点から、乾燥ガスによって調整されたガラス溶融炉1内の雰囲気の水蒸気量は、15g/Nm<sup>3</sup>以下であることが好ましく、10g/Nm<sup>3</sup>以下であることが更に好ましく、5g/Nm<sup>3</sup>以下であることが特に好ましい。ガラス溶融炉1内の雰囲気の水蒸気量を上記範囲に調整する観点から、乾燥ガスの水蒸気量は、15g/Nm<sup>3</sup>以下であることが好ましく、10g/Nm<sup>3</sup>以下であることが更に好ましく、5g/Nm<sup>3</sup>以下であることが特に好ましい。ただし、ガラス溶融炉1内を加圧する場合（上述の圧力差を正の値とする場合）は、大気圧で供給される乾燥ガスの水蒸気量と比べ、加圧されたガラス溶融炉1内の雰囲気の水蒸気量が高くなる。このため、ガラス溶融炉1内を加圧する場合、乾燥ガスの水蒸気量は、ガラス溶融炉1内の雰囲気の水蒸気量（目標値）よりも低く設定する。

【実施例】

【0045】

本発明の実施例として、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整しながら、日本電気硝子株式会社製のOA-31のガラス組成（無アルカリガラス）を有するガラス原料をガラス溶融炉内で電気加熱のみによって溶融する評価試験を行った。本発明の実施例では、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量は、ガラス原料に覆われていない溶融ガラスの露出部に対応する位置でガラス溶融炉内に常温の乾燥空気を供給することで、15g/Nm<sup>3</sup>以下になるように調整した。また、比較例として、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整せずに、実施例と同様のガラス組成のガラス原料をガラス溶融炉内で電気加熱のみによって溶融する評価試験を行った。そして、各評価試験において、ガラス原料を溶融した後にその溶融ガラスからオーバーフローダウンドロー法により板ガラスを成形すると共に、成形された板ガラス中の水分量を評価した。板ガラス中の水分量は、 $-OH$  (mm<sup>-1</sup>)により評価した。ここで、「 $-OH$ 」は、フーリエ変換赤外分光光度計（FTIR）を用いてガラスの透過率を測定し、下記の式を用いて求めた値を指す。

$$-OH = (1/X) \log_{10} (T_1/T_2)$$

X：板ガラスの厚み（mm）

T<sub>1</sub>：参照波長3846cm<sup>-1</sup>における透過率（%）

T<sub>2</sub>：水酸基吸収波長3600cm<sup>-1</sup>付近における最小透過率（%）

【0046】

上記評価試験の結果を表1に示す。なお、表1において、「雰囲気水蒸気量」は、ガラス

溶融炉内における溶融ガラスの上部雰囲気の水蒸気量である。また、「炉圧」は、ガラス溶融炉内の雰囲気圧力  $P_1$  と、ガラス溶融炉外の雰囲気圧力（大気圧）  $P_2$  との圧力差（ $P_1 - P_2$ ）である。更に、「炉内温度制御」は、溶融ガラスの温度を所望の温度に維持でき、安定して連続溶融できた場合を「○」、溶融ガラスの温度が下がり、ガラス原料の溶融量（溶融ガラスの排出量）が低下した場合を「×」として評価した。

【表 1】

	雰囲気水蒸気量 ( $\text{g}/\text{Nm}^3$ )	炉圧 ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )	板ガラス中の水分量 $\beta$ -OH値( $\text{mm}^{-1}$ )	炉内温度制御
比較例	20	1	1.3	○
実施例1	15	1	0.98	○
実施例2	10	1	0.9	○
実施例3	5	1	0.85	○
実施例4	3	1	0.83	○
実施例5	1	1	0.8	○
実施例6	0.1	1	0.7	○
実施例7	1	15	0.93	×
実施例8	1	8	0.83	○
実施例9	1	3	0.81	○
実施例10	1	-1	0.79	○
実施例11	1	-3	0.78	○
実施例12	1	-15	0.77	×

## 【0047】

表 1 によれば、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を  $15 \text{ g}/\text{Nm}^3$  以下に調整した実施例 1 ~ 12 の全てにおいて、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整しなかった比較例よりも、板ガラス中の水分量（ $\beta$ -OH）が小さくなっていることが確認できる。従って、実施例 1 ~ 12 で製造された板ガラスは、歪点が高くなりやすく、低コンパクション（約  $20 \text{ ppm}$  以下）の板ガラスとなる。また、実施例 7 及び実施例 12 から、ガラス溶融炉の内外の圧力差が大きくなりすぎると、溶融ガラスの温度が下がり、ガラス原料の溶融量が低下することが確認できる。従って、低コンパクションの板ガラスを安定して製造する観点からは、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を  $15 \text{ g}/\text{Nm}^3$  以下に調整した上で、更に、実施例 1 ~ 6、実施例 8 ~ 11 のように、ガラス溶融炉の内外の圧力差が  $-10 \text{ mmH}_2\text{O} \sim 10 \text{ mmH}_2\text{O}$  になるようにすることが好ましいことが分かる。なお、ガラス溶融炉の内外の圧力差が上記範囲外であっても、例えば予熱された乾燥空気をガラス溶融炉内に供給することで、溶融ガラスの温度を所望の温度に維持することができる。

## 【0048】

なお、本発明は、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、上記した作用効果に限定されるものでもない。本発明は、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

## 【0049】

上記の実施形態では、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量をガラス溶融炉内に乾燥ガスを供給することで調整する場合を説明したが、乾燥ガスの供給方法は特に限定されない。例えば、ガラス溶融炉内の気体を循環させると共に、その循環経路中で気体中の水分を除去するようにしてもよい。この場合、循環経路中で水分が除去されたガスが、乾燥ガスの役割を果たす。循環経路中で気体中の水分を除去する方法としては、例えば、シリカゲル等

の乾燥剤を充填した容器中に気体を通すことによって乾燥剤に水分を吸着させる方法などが挙げられる。

【 0 0 5 0 】

上記の実施形態では、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量をガラス溶融炉内に乾燥ガスを供給することで調整する場合を説明したが、ガラス溶融炉内の雰囲気の水蒸気量を調整する方法はこれに限定されない。例えば、炉内の雰囲気を減圧するなどがある。

【 0 0 5 1 】

上記の実施形態では、成形装置で成形されるガラス物品が板ガラス又はガラスロールである場合を説明したが、これに限定されない。例えば、成形装置で成形されるガラス物品は、例えば、光学ガラス部品、ガラス管、ガラスブロック、ガラス繊維などであってもよいし、任意の形状であってもよい。

10

【符号の説明】

【 0 0 5 2 】

- 1 ガラス溶融炉
- 2 清澄室
- 3 均質化室
- 4 ポット
- 5 成形装置
- 6 ~ 9 移送管
- 10 底壁部
- 11 電極
- 12 スクリューフィーダ
- 13 煙道
- 14 ガス供給口
- G m 溶融ガラス
- G r ガラス原料

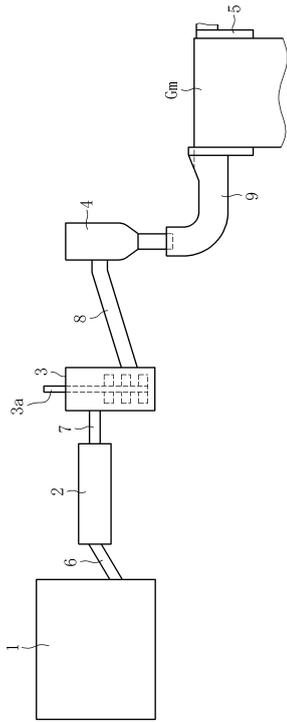
20

30

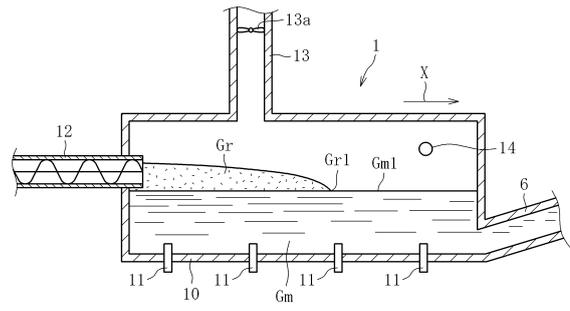
40

50

【図面】  
【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

審査官 和瀬田 芳正

(56)参考文献 国際公開第2016/185976(WO, A1)

特開平07-010548(JP, A)

特開2005-060134(JP, A)

特開2002-128528(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C03B 5/173

C03B 5/03

C03B 17/06

F27D 7/02

F27B 3/08