

(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
2012 年 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/132425 A1

- (51) 国際特許分類:
C03B 17/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/002144
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 28 日(28.03.2012)
- (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 2011-075405 2011 年 3 月 30 日(30.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): Av
anS tr ate株式会社(AVANSTRATE INC.)
[JP/JP]; 〒5100051 三重県四日市市千歳町 2 番地
Mie (JP). アヴァンストレート コリア イン
コーポレイテッド(AVANSTRATE KOREA INC.)
[KR/KR]; 451831 キョンギードウ ピョンテック
ーシ チョンボクーミョン ヒョンゴクーリ
4 6 2 ヒョンゴクインダストリアルパーク
Gyeonggi-do (KR).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 君嶋 哲郎
(KIMIJIMA, Tetsuo) [JP/JP]; 〒5100051 三重県四日
市市千歳町 2 番地 Av anS tr ate株式会
社内 Mie (JP). 中嶋 公彦(NAKASHIMA, Kimihiko)
[JP/KR]; 451831 キョンギードウ ピョンテック

ーシ チョンボクーミョン ヒョンゴクーリ
4 6 2 ヒョンゴクインダストリアルパーク
アヴァンストレート コリア インコーポレイ
テッド内 Gyeonggi-do (KR). 山崎 真嗣(YAMAZA-
KI, Shinji) [JP/KR]; 451831 キョンギードウ ピョ
ンテックーシ チョンボクーミョン ヒョンゴ
クーリ 4 6 2 ヒョンゴクインダストリアル
パーク アヴァンストレート コリア インコ
ポレイテッド内 Gyeonggi-do (KR).

(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 3 0 号カーメル I I Tokyo
(JP).

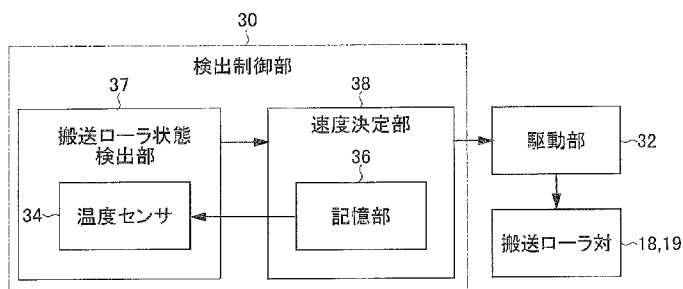
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR GLASS SHEET AND GLASS SHEET PRODUCTION DEVICE

(54) 発明の名称: ガラス板の製造方法及びガラス板製造装置

[図5]



- 18, 19... CONVEYANCE ROLLER PAIRS
30... DETECTION CONTROL UNIT
32... DRIVE UNIT
34... TEMPERATURE SENSOR
36... STORAGE UNIT
37... CONVEYANCE ROLLER STATUS DETECTION UNIT
38... SPEED DETERMINATION UNIT

(57) Abstract: When producing a glass sheet, a glass raw material is melted to create molten glass, the molten glass is molded using the downdraw method, a glass ribbon is formed, and the glass ribbon is drawn downwards and annealed while being sandwiched between a plurality of roller pairs disposed along the conveyance direction for the glass ribbon. During molding, both ends of the glass ribbon are cooled while the glass ribbon continues to be sandwiched between the roller pairs and drawn downwards. Each roller in a first roller pair, which is one of the roller pairs used either in molding or annealing, is rotatably driven on the basis of a roller rotation speed determined so as to compensate for roller diameter change.

(57) 要約: ガラス板を製造するとき、ガラス原料を熔解して溶融ガラスをつくり、溶融ガラスをダウンドロー法を用いて成形し、ガラスリボンを形成し、前記ガラスリボンを、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数のローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜いて徐冷を行う。成形時、前記ガラスリボンをローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜きつつ、前記ガラスリ

ボンの両端部を冷却する。成形及び徐冷のいずれか一方で用いる前記ローラ対のいずれか1つの第1ローラ対の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動されている。



(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： ガラス板の製造方法及びガラス板製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、ガラス板の製造方法及びガラス板製造装置に関する。

背景技術

[0002] ダウンドロー法を用いたガラス板の製造方法では、ガラスリボンが、搬送ローラ対で挟持されつつ下方向に引き込まれることで、所望の厚みに引き延ばされ、さらに、内部に歪みが発生しないように、またガラスリボンが反らないように、冷却が行われる。その後、ガラスリボンは、所定の寸法に切断され、合紙等を挟んでお互いに積載され、又は、さらに搬送され次工程において処理（例えば、形状加工、イオン交換による化学強化処理）が施される。

[0003] 従来のダウンドロー法を用いたガラス板の製造方法として、搬送ローラ対の各搬送ローラに同様の負荷がかかるようその回転駆動を制御し、搬送ローラ間での外径差に起因して生じるスリップを防止することで、一方の搬送ローラが空転するのを抑制することが知られている（特許文献１）。これによれば、ガラス表面及び搬送ローラの破損を防止できる、とされている。

[0004] ところで、ガラスリボンの搬送方向にわたり雰囲気温度およびガラスリボンの温度が変化する徐冷炉では、ガラスリボンの搬送方向の各位置に設けられた搬送ローラの周速度とガラスリボンの搬送速度との間の相対速度は０であることが望ましいが、ガラスの熱膨張係数と搬送ローラの熱膨張係数は異なり、しかもその温度依存性も異なるので、複数の搬送ローラ対の間で相対速度が０でないばかりか、相対速度に差が生じる。このような相対速度の差は、例えば、ガラスリボンの搬送速度や厚さの変化、徐冷炉内に生じた気流変動などにより、徐冷炉内の雰囲気温度やガラスリボンの温度が変化することによっても生じる。

[0005] そのため、特許文献１のように、搬送ローラ対の各搬送ローラの負荷が同

等となるように制御しても、複数の搬送ローラ対の間で生じた、ガラスリボンの実際の搬送速度である実搬送速度と搬送ローラの周速度との相対速度の差を解消することができず、スリップに起因するガラス表面のキズの発生を防止することができない。

[0006] また、複数の搬送ローラ対の間で、ガラスリボンの搬送の目標速度となる必要搬送速度と搬送ローラの周速度との間で相対速度が一定でない、すなわち相対速度の差が生じると、ガラスリボンの実搬送速度が必要搬送速度より遅い条件では、ガラスリボンが搬送ローラ対の上方で余り変形してしまうし、逆に実搬送速度が必要搬送速度より速い条件では、ガラスリボンは下方向に引っ張られ、その表面に生じた微細なキズにより割れてしまう虞がある。

[0007] また、ガラスリボンの成形及び徐冷を長期間連続して行うことにより、ガラス板の製造装置は経時変化する。このため、高品質（内部歪み、反りが小さい）のガラス板が製造できるように成形及び徐冷における製造条件が初期設定されても、長期間連続操業により必ずしも高品質のガラス板を維持できない。特に、ガラスリボンと接する搬送ローラは径変化が生じ、ガラス板の品質に大きな影響を与える。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特表2008-501605号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] そこで、本発明は、上記問題を解決するために、第1の目的として、長期間のガラス板の連続製造により、製造設備が経時変化しても、高品質のガラス板の製造を維持することができるガラス板の製造方法を提供する。第2の目的として、搬送ローラの径変化によって変化した搬送ローラの周速度を設定した周速度分布に維持して、複数の搬送ローラ対間で、搬送ローラの周速度とガラスリボンの搬送速度との相対速度に差が生じないようにすることが

でき、これにより、表面品質に優れたガラス板を製造することができるガラス板の製造方法およびガラス板製造装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一態様は、ガラス板の製造方法である。

当該製造方法は、

ガラス原料を熔解して熔融ガラスをつくる熔解工程と、

熔融ガラスをダウンドロー法を用いて成形し、ガラスリボンを形成する成形工程と、

前記ガラスリボンを、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数のローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜いて徐冷を行う徐冷工程と、を有する。

前記成形工程は、前記ガラスリボンをローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜きつつ、前記ガラスリボンの両端部を冷却する工程を含む。

前記成形工程及び前記徐冷工程のいずれか一方で用いる前記ローラ対のうち少なくともいずれか1つのローラ対である第1ローラ対の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動されている。

[0011] 本発明の他の一態様は、ガラス板の製造方法である。

当該製造方法は、

ガラス原料を熔解して熔融ガラスをつくる熔解工程と、

熔融ガラスをダウンドロー法を用いて成形し、ガラスリボンを形成する成形工程と、

前記ガラスリボンを、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数のローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜いて徐冷を行う徐冷工程と、を有する。

前記徐冷工程は、

前記ローラ対のうち少なくともいずれか1つのローラ対である第1ローラ対の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転

速度に基づいて、回転駆動されている。

[0012] その際、前記徐冷工程は、

前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた検出部により、前記第 1 ローラ対の各ローラの径変化を検出する検出工程と、

検出された前記第 1 ローラ対の前記各ローラの径変化に基づいて前記各ローラの回転速度を決定し、前記第 1 ローラ対の前記各ローラを回転駆動させる速度制御工程と、を含むことが好ましい。

[0013] 前記第 1 ローラ対の各ローラは、前記徐冷工程の少なくとも前記ガラスリボン中央部の温度がガラス転移点以上軟化点以下となる温度領域に設けられ、

前記徐冷工程では、前記第 1 ローラ対の各ローラの径変化を補償するように、前記第 1 ローラ対の各ローラの回転速度を決定し、前記第 1 ローラ対の各ローラを回転駆動させる、ことが好ましい。

[0014] 前記成形工程及び前記徐冷工程では、以下のように前記ガラスリボンの温度制御をすることが好ましい。

前記ガラスリボンの中央部の温度がガラス軟化点以上の領域において、前記ガラスリボンの幅方向の端部が前記端部に挟まれた中央領域の温度より低く、且つ、前記中央領域の温度が略均一になるように制御する。

さらに、前記ガラスリボンの中央部の温度が軟化点未満歪点近傍以上の領域において、前記ガラスリボンの中央部に搬送方向の引張り応力が働くように、前記ガラスリボンの幅方向の温度が前記ガラスリボンの中央部から端部に向かって低くなるように制御する。

さらに、前記成形工程及び前記徐冷工程では、前記ガラスリボンのガラス歪点の近傍の温度領域において、前記ガラスリボンの幅方向の端部と中央部との温度勾配がなくなるように、前記ガラスリボンの温度分布を制御する。

[0015] 前記徐冷工程では、

前記ガラスリボンの中央部の温度が歪点近傍未満の領域において、前記ガラスリボンの中央部に搬送方向の引張り応力が働くように前記ガラスリボン

の幅方向の端部から中央部に向かって低くなるように、前記ガラスリボンの温度分布を制御する、ことが好ましい。

[0016] 前記徐冷工程は、

前記ガラスリボンの中央部の温度が、徐冷点になるまで、第1の平均冷却速度で冷却する第1の冷却工程と、

前記中央部の温度が、前記徐冷点から歪点 -50°C になるまで、第2の平均冷却速度で冷却する第2の冷却工程と、

前記中央部の温度が、前記歪点 -50°C から前記歪点 -200°C になるまで、第3の平均冷却速度で冷却する第3の冷却工程と、を含むことが好ましい。

その際、前記第1の平均冷却速度は、 $5.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上であり、前記第1の平均冷却速度は、前記第3の平均冷却速度より速く、前記第3の平均冷却速度は、前記第2の平均冷却速度より速い。

[0017] 前記第1ローラ対の各ローラの熱膨張に起因する前記第1ローラの各ローラの径変化によって生じた周速度のずれを補償するように、前記第1ローラ対の各ローラの回転速度を決定し、前記第1ローラ対の各ローラを回転駆動させることが好ましい。

[0018] また、前記第1ローラ対の各ローラの磨耗に起因する前記第1ローラ対の各ローラの径変化により生じた周速度のずれを補償するように、前記第1ローラ対の各ローラの回転速度を決定し、前記第1ローラ対の各ローラを回転駆動させることも同様に好ましい。

[0019] 前記複数のローラ対のうち、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動されるローラを有するローラ対は、前記第1ローラ対の他に第2ローラ対を含み得る。

この場合、前記製造方法は、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数の検出部により、前記第1ローラ対及び前記第2ローラ対の各ローラの径変化を検出する検出工程を有する。そして、前記第1ローラ対の各ローラと前記第2ローラ対の各ローラの間で、ローラの周速度と前記ガラスリ

ボンの搬送速度との相対速度が一定となるように、前記各ローラの径変化を補償するような前記各ローラの回転速度を決定する。

[0020] 前記製造方法では、ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた、前記ガラスリボンの状態を検出するガラス状態検出部によって前記ガラスリボンの温度を検出し、

検出された前記ガラスリボンの温度におけるガラス熱膨張係数を用いて、前記ガラスリボンの熱膨張に起因する前記ガラスリボンの搬送速度の変化を検出し、前記ガラスリボンの搬送速度とローラの周速度とのずれを補償するように前記第1ローラ対の各ローラの回転速度を決定することも好ましい。

[0021] 前記ガラスリボンが徐冷されてなるガラス板の厚さは、例えば0.5 mm以下である。

[0022] また、本発明の一態様は、ガラス板製造装置である。当該装置は、溶融ガラスからダウンドロー法を用いてガラスリボンを成形する成形装置と、

前記ガラスリボンを複数の搬送ローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜きながら徐冷する徐冷装置と、を有する。

前記徐冷装置は、前記複数の搬送ローラ対と、検出制御部と、駆動部とを含む。

前記複数の搬送ローラ対は、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられ、前記ガラスリボンを下方向に引き込むことでガラスリボンを搬送する。

前記検出制御部は、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられ、前記搬送ローラ対の搬送ローラの径変化を検出する複数の搬送ローラ状態検出部を備える。

前記駆動部は、前記複数の搬送ローラ対間で前記搬送ローラの周速度と前記ガラスリボンの搬送速度との相対速度が一定となるときの前記複数の搬送ローラ対間の周速度分布を保つように、検出された前記搬送ローラの径変化に基づいて決定された各前記搬送ローラの回転速度に基づいて、前記搬送ローラを回転駆動させる。

[0023] 前記搬送ローラ状態検出部は、前記搬送ローラの温度に基づいて前記搬送ローラの径変化を検出し、

前記駆動部は、前記搬送ローラの熱膨張に起因する前記ローラの径変化によって生じた前記搬送ローラの周速度の前記周速度分布からのずれを補償するように、検出された前記搬送ローラの温度におけるローラ熱膨張係数を用いて決定された前記各搬送ローラの回転速度に基づいて、前記搬送ローラを回転駆動させる、ことが好ましい。

[0024] 前記検出部は、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた、前記ガラスリボンの状態を検出する複数のガラス状態検出部をさらに備え、前記駆動部は、前記ガラスリボンの状態に基いて設定された前記周速度分布に基づいて、前記搬送ローラを回転駆動させることが好ましい。

[0025] 前記ガラス状態検出部は、前記ガラスリボンの温度を検出し、

前記駆動部は、検出された前記ガラスリボンの温度におけるガラス熱膨張係数を用いて、前記ガラスリボンの熱膨張に起因する前記ガラスリボンの搬送速度変化に応じて設定された前記周速度分布、に基づいて前記搬送ローラを回転駆動させる、ことが好ましい。

[0026] 前記搬送ローラ状態検出部は、前記搬送ローラの磨耗量に基づいて前記搬送ローラの径変化を検出し、

前記駆動部は、検出された前記搬送ローラの磨耗に起因する前記搬送ローラの径変化により生じた、前記搬送ローラの周速度の前記周速度分布からのずれを補償するように決定された前記各搬送ローラの回転速度に基づいて前記搬送ローラを回転駆動させる、ことが好ましい。

[0027] 前記ガラスリボンが徐冷されてなるガラス板の厚さは、例えば、0.5 m以下である。

発明の効果

[0028] 上述のガラス板の製造方法では、長期間のガラス板の連続製造により、ガラスリボンが接する搬送ローラ等の製造設備が経時変化しても、高品質のガラス板の製造を維持することができる。また、上述のガラス板の製造方法及

びガラス板製造装置は、搬送ローラの径変化によって変化した搬送ローラの周速度を設定した周速度分布に維持して、複数の搬送ローラ対間で、搬送ローラの周速度とガラスリボンの搬送速度との相対速度に差が生じないようにすることができる。これにより、表面品質に優れたガラス板を製造することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本実施形態のガラス板の製造方法のフローの一例を示す図である。

[図2]徐冷工程のフローの一例を示す図である。

[図3]本発明の第1実施形態のガラス板製造装置の内部を説明する平面図である。

[図4]図3のI-V線矢視断面図である。

[図5]搬送ローラ対の回転駆動を制御する制御系の構成を説明するブロック図である。

[図6]本発明の第2実施形態のガラス板製造装置の搬送ローラ対の回転駆動を制御する制御系の構成を説明するブロック図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明のガラス板の製造方法及びガラス板製造装置について詳細に説明する。

本実施形態あるいはその変形例のガラス板の製造方法及び製造装置では、ガラス板の製造法の一工程である成形工程及び徐冷工程で用いるローラ対（冷却ローラ対、搬送ローラ対）のうち少なくともいずれか1つのローラ対（第1ローラ対）の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動される。また、徐冷工程では、複数の搬送ローラ対のうち少なくとも1つのローラ対（第1のローラ対）の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて、回転駆動されている。このようなローラの回転速度は、第1ローラ対の各ローラの径変化が計測により検出されることにより、径変化を補償するように決定される。すなわち、ローラの径変化の検出結果に応じてローラの

回転速度がフィードバック制御される。あるいは、ローラの回転速度は、第 1 ローラ対の各ローラの使用日数の情報に基づいて決定される。すなわち、各ローラの使用期間の情報に基づいて、シーケンシャルにローラの回転速度が決定される。「使用日数の情報」は、第 1 ローラ対の摩耗に基づくローラ直径の変化の換算に用いられ、このローラ直径の変化の換算値に基づいてローラの回転速度が決定される。このようなローラの回転速度が決定される第 1 ローラ対は単数であってもよく、また複数であってもよい。「ローラの径変化を補償する」とは、第 1 ローラ対の各ローラの直径が変化しても、この直径の変化を考慮して径変化前のローラの適正な周速度を維持することを意味する。

[0031] また、本明細書における下記語句は、以下のように定める。

徐冷点近傍とは、ガラスの粘度 η に関して $\log \eta = 12.5 \sim 13.5$ の範囲をいう。

ガラスの徐冷点とは、ガラスの粘度 η に関して $\log \eta = 13$ となる温度をいう。

ガラスの歪点とは、ガラスの粘度 η に関して $\log \eta = 14.5$ となる温度をいう。

ガラスの歪点近傍とは、ガラスの粘度 η に関して $\log \eta = 14 \sim 15$ となる温度の範囲をいう。

ガラスリボンの中央領域とは、ガラスリボンの幅方向の幅のうちガラスリボンの幅方向の中心から幅の 85% 以内の範囲をいう。

ガラスリボンの中央部とは、ガラスリボンの幅方向の中心をいう。

ガラスリボンの中央領域の温度が略均一とは、温度が $\pm 20^\circ\text{C}$ の許容範囲に含まれることをいう。

ガラスリボンの端部とは、ガラスリボンの幅方向の縁から 200 mm 以内の範囲をいう。

[0032] (ガラス板の製造方法)

図 1 は、本実施形態のガラス板の製造方法のフローの一例を説明する図で

ある。ガラス板の製造方法は、熔解工程（ステップS10）と、清澄工程（ステップS20）と、攪拌工程（ステップS30）と、成形工程（ステップS40）と、徐冷工程（ステップS50）と、採板工程（ステップS60）と、形状加工工程（ステップS70）と、を主に有する。

[0033] 熔解工程（ステップS10）では、図示されない熔解炉で、ガラス原料が、その上方からの間接加熱と、ガラス中に電流を流すことによる直接加熱とにより高温に加熱されて、熔融ガラスが作られる。ガラスの熔解は、これ以外の方法で行われてもよい。

次に、清澄工程が行われる（ステップS20）。清澄工程では、熔融ガラスが図示されない液槽に貯留された状態で、例えば、熔解工程での加熱時よりも熔融ガラスの温度を上昇させることで、熔融ガラス中の気泡の脱泡が促進される。これにより、最終的に得られるガラス板中の気泡含有率を低減することができ、歩留まりを向上させることができる。

清澄工程は、他の方法によって行われてもよく、例えば、熔融ガラスが液槽に貯留された状態で、熔融ガラス中の気泡が清澄剤を用いて取り除かれてもよい。清澄剤としては、特に制限されず、例えば、酸化スズ、酸化鉄等の金属酸化物が用いられる。この場合の清澄工程は、具体的には、熔融ガラス中で価数変動する金属酸化物の酸化還元反応によって行われる。高温時の熔融ガラスにおいて、金属酸化物は還元反応により酸素を放出し、この酸素がガスとなって、熔融ガラス中の気泡を成長させて液面に浮上させる。これにより、熔融ガラス中の気泡は脱泡される。あるいは、酸素ガスの気泡は、熔融ガラス中の他の気泡中のガスを取り込んで成長し、熔融ガラスの液面に浮上する。これにより、熔融ガラス中の気泡は脱泡される。さらに、金属酸化物は、熔融ガラスの温度が低下すると、酸化反応により熔融ガラス中に残存した酸素を吸収し、熔融ガラス中の気泡を減少させる。

次に、攪拌工程が行われる（ステップS30）。攪拌工程では、ガラスの化学的および熱的均一性を保つために、攪拌装置により、熔融ガラスが機械的に攪拌される。これによって、脈理等のガラスの不均一性を抑制すること

ができる。

[0034] 次に、成形工程が行われる（ステップS40）。成形工程では、ダウンドロー法が用いられる。オーバーフローダウンドローやスロットダウンドロー等を含むダウンドロー法は、例えば特許第3586142号公報や図3及び図4に示された装置を用いた公知の方法である。ダウンドロー法における成形工程については、後述する。これにより、所定の厚さ、幅を有するシート状のガラスリボンが成形される。成形方法としては、ダウンドロー法の中でも、オーバーフローダウンドローが最も好ましいが、スロットダウンドローでもよい。成形工程は、成形により形成されたガラスリボンをローラ対で挟持しつつ搬送方向の下方向（下流側の方向）に引き抜きつつ、ガラスリボンの両端部を冷却する工程を含む。

[0035] 次に、徐冷工程が行われる（ステップS50）。徐冷工程では、シート状に成形されたガラスリボンは、歪みが発生しない又は低減するように冷却速度を制御して、図3及び図4に示す徐冷炉にて徐冷点以下に冷却される。具体的には、ガラスリボンの幅方向端部に幅方向に隣接する近傍領域が、ガラスリボンの搬送方向に少なくとも2以上設けられた複数の搬送ローラ対で挟持されつつ、予め設定された搬送速度にて下方向に引き抜かれながら徐冷される。

図2は、徐冷工程のフローの一例を説明する図である。徐冷工程は、検出工程（ステップS51）と、速度決定工程（ステップS52）と、速度制御工程（ステップS53）とを含む。なお、本実施形態のガラス板の製造方法は、検出工程（ステップS51）を含むが、後述する変形例のように検出工程を行わず、徐冷工程は、速度決定工程（ステップS52）と、速度制御工程（ステップS53）とを含むこともできる。

[0036] 検出工程（ステップS51）では、ガラスリボンの搬送方向に沿って、それぞれ上述の複数の搬送ローラ対に対応させて設けられた複数の検出部により、複数の搬送ローラ対の各搬送ローラの径変化が検出される。搬送ローラの径変化として、例えば、搬送ローラの温度又は搬送ローラの磨耗量に基づ

いて算出された搬送ローラの径変化量が挙げられる。この場合の検出部は、例えば、後述する温度センサ又は距離測定センサと、これらセンサに接続されたコンピュータとを含む。径としては、搬送ローラの直径又は半径が上げられる。

[0037] 速度決定工程（ステップS 5 2）は、複数の搬送ローラ対間で搬送ローラの周速度とガラスリボンの搬送速度との相対速度が一定、すなわち相対速度に差が生じないときの複数の搬送ローラ対間の周速度分布を設定し、検出された搬送ローラの径変化に基づいて、設定された周速度分布を保つように各搬送ローラの回転速度を決定する。周速度分布としては、例えば、複数の搬送ローラ対間での周速度比、各搬送ローラの具体的な周速度が用いられる。ここでガラスリボンがキズや形状変形が生じないときの相対速度は0であるため、相対速度に差が生じるとは、複数の搬送ローラ対の中で、ある対の相対速度は0であるが、別の対の相対速度は0でない、といったように相対速度が分布を持つことをいう。

搬送ローラの径変化が、例えば、温度に基づいて算出される搬送ローラの熱膨張量（直径の変化量）である場合、具体的には、後述する検出部37及び速度決定部38により行われるように、検出された搬送ローラの温度におけるローラ熱膨張係数が用いられて、搬送ローラの熱膨張に起因するローラ直径の変化により生じた、搬送ローラの周速度の周速度分布からのずれを補償するように、すなわち、各搬送ローラの周速度が設定された周速度分布に維持されるように、搬送ローラの回転速度が決定される。搬送ローラの熱膨張係数は、速度決定部38に予め記憶されている。なお、搬送ローラの周速度は、例えば、形成されたガラスリボンが、製造するガラス板の板厚となるように調整することで決定される。

[0038] また、例えば、搬送ローラの径変化が、その磨耗量に基づいて算出される搬送ローラの半径の変化量である場合は、具体的には、後述する第2実施形態に従って行われるように、検出された搬送ローラの磨耗に起因する搬送ローラの半径の変化により生じた、搬送ローラの周速度の周速度分布からのず

れが補償されるように、すなわち、各搬送ローラの周速度が設定された周速度分布に維持されるように、搬送ローラの回転速度が決定される。

[0039] なお、速度決定部 38 は、オペレータが入力した内容に基づいて各搬送ローラの回転速度を決定してもよい。この場合、オペレータは、検出された搬送ローラの径変化に基づいて、設定された周速度分布を保つように各搬送ローラの回転速度を算出してよい。例えば、搬送ローラの径変化が上述の熱膨張量である場合、オペレータは、検出された搬送ローラの温度に基づいて、搬送ローラの熱膨張に起因するローラ直径の変化により生じた、搬送ローラの周速度の周速度分布からのずれを補償するように、すなわち、各搬送ローラの周速度が設定された周速度分布に維持されるように、搬送ローラの回転速度を算出してよい。算出され、入力された各搬送ローラの回転速度は、速度決定部 38 により決定され、速度制御工程（ステップ S 53）において、搬送ローラの回転が制御される。

[0040] 速度制御工程（ステップ S 53）は、速度決定工程において決定された回転速度に基づいて、搬送ローラの回転を制御する。

以上の徐冷工程の後、採板工程が行われる（ステップ S 60）。具体的に、連続的に生成されるガラスリボンは一定の長さ毎に切断され、ガラス板が採板される。

この後、形状加工工程が行われる（ステップ S 70）。形状加工工程では、所定のガラス板のサイズや形状に切り出す他、ガラス端面の研削・研磨が行われる。形状加工は、カッターやレーザを用いた物理的手段を用いても、エッチングなどの化学的手段を用いてもよい。

[0041] また、成形工程及び徐冷工程では、ガラスリボンの中央部の温度がガラス軟化点以上の領域において、ガラスリボンの幅方向の収縮を抑制するために、ガラスリボンの幅方向の端部が前記端部に挟まれた中央領域の温度より低く、且つ、中央領域の温度が略均一になるようにガラスリボンの温度を制御することが好ましい。その際、ガラスリボンの中央部の温度が軟化点未満至点近傍以上の領域において、ガラスリボンの中央部に搬送方向の引張り応力

が働くように、ガラスリボンの幅方向の温度がガラスリボンの中央部から端部に向かって低くなるようにガラスリボンの温度を制御することがガラス板の反りを抑制する点で好ましい。さらに、ガラスリボンの温度が歪点の近傍となる温度領域において、ガラスリボンの幅方向の端部と中央部との温度勾配がなくなるように、ガラスリボンの温度分布を制御することがガラス板の内部歪みを抑制する点で、好ましい。

[0042] さらに、ガラスリボンの中央部の温度が歪点近傍未満の領域において、ガラスリボンの中央部に搬送方向の引張り応力が働くようにガラスリボンの幅方向の端部から中央部に向かって低くなるように、ガラスリボンの温度分布を制御することが、ガラスリボンの搬送方向の反りを抑制する点で、好ましい。

[0043] さらに、徐冷工程は、ガラスリボンの中央部の温度が、徐冷点になるまで、第1の平均冷却速度で冷却する第1の冷却工程と、ガラスリボンの中央部の温度が、徐冷点から歪点 -50°C になるまで、第2の平均冷却速度で冷却する第2の冷却工程と、ガラスリボンの中央部の温度が、歪点 -50°C から歪点 -200°C になるまで、第3の平均冷却速度で冷却する第3の冷却工程と、を含むことが好ましい。この場合、第1の平均冷却速度は、 $5.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上であり、第1の平均冷却速度は、第3の平均冷却速度より速く、第3の平均冷却速度は、第2の平均冷却速度より速い。すなわち、平均冷却速度は、高い順番に、第1の平均冷却速度、第3の平均冷却速度、第2の平均冷却速度となっている。ガラスリボンの搬送方向の冷却速度は、製造されるガラス板の熱収縮に影響を与える。しかし、上述のように徐冷工程において、冷却速度を設定することにより、ガラス板の製造量を向上させつつ、好適な熱収縮率を有するガラス板を得ることができる。

[0044] ガラス板の製造方法は、この他に、洗浄工程及び検査工程を有するが、これらの工程の説明は省略する。なお、清澄工程及び攪拌工程はそれぞれ省略できる。

[0045] (ガラス板製造装置)

図3及び図4は、本発明の第1実施形態であるガラス板製造装置1の概略構成図である。本実施形態のガラス板製造装置1およびガラス板製造装置1を用いたガラス板の製造方法は、液晶表示装置あるいは有機EL表示装置等のフラットパネルディスプレイのガラス基板や携帯端末器の表示面のカバーガラスの製造に好適に適用される。これは、液晶表示装置あるいは有機EL表示装置等は近年、高精度、高画質が要求されており、それに使用されるガラス基板には高い表面品質が要求されているためである。また、カバーガラスは、装置の表示面などに適用されることから、それに使用されるガラス基板には極めて高い表面品質が要求されているためである。

ガラス板製造装置1は、ダウンドロー法を用いて熔融ガラスAからガラス板Cを製造する。ガラス板製造装置1は、上下方向の3箇所に配された断熱板21、22、23によって間仕切りされてなる、炉室11、第1の徐冷炉12、第2の徐冷炉13、図示しない採板室を有している。断熱板21～23は、セラミックファイバ等の断熱材からなる板状部材である。断熱板21～23には、後述するガラスリボンBが下方に向かって通過するように、それぞれ搬送孔16が形成されている。断熱板21～23はそれぞれ、図3において、理解の容易さのため、後述する炉壁15に接する水平方向の2箇所を除いて図示を省略しているが、ガラスリボンBに対し紙面前面側及び背面側において、水平方向の2箇所同士は一体に繋がっている。なお、図3及び図4では、断熱板により3箇所で間仕切りがされている例が示されているが、断熱板の個数及び設置位置は特に限定されず、断熱板は1以上設けられていけばよい。なお、断熱板の数は多いほど、独立して雰囲気温度を制御できる空間が多くなり、雰囲気温度の調整（徐冷条件の調整）が容易になるため、徐冷装置3は、断熱板が複数設けられ、複数空間に間仕切りされていることが好ましい。言い換えると、徐冷炉は1以上設けられていてればよいが、3以上設けられていることがさらに好ましい。

[0046] ガラス板製造装置1は、成形装置2と、徐冷装置3と、採板装置4とを有する。

成形装置 2 は、熔融ガラス A からダウンドロー法を用いてガラスリボン B を成形する装置である。成形装置 2 は、耐火物レンガやブロック状の電鍍柱耐火物等により組み立てられた炉壁 15 で囲まれた炉室 11 を有している。炉室 11 内には、成形体 10 と、ローラ対（冷却ローラ対）17 とが設けられている。成形体 10 は、上方に向かって開放された溝 10a を含み（図 4 参照）、溝 10a 内を熔融ガラス A が流れる。成形体 10 は、例えば煉瓦により構成されている。ローラ対 17 は、成形体 10 の下端で融合した熔融ガラス A の幅方向両側の端部に対応する位置にそれぞれ 1 対設けられ、熔融ガラス A を挟持し下方に向けて引き抜きつつ、ガラスリボン B の両端部を冷却する冷却ローラの対である。なお、図 3 中紙面内の左右方向及び図 4 中の紙面に垂直方向が、ガラスリボン B の幅方向である。図 3 及び図 4 中紙面内の上下方向が、ガラスリボン B の搬送方向である。なお、図 3 及び図 4 では、成形体 10 と、ローラ対 17 が、間仕切りされずに設置されているが、徐冷条件の調整を容易にするため、これらの間に断熱版を設けて間仕切りしてもよい。また、ローラ対 17 は、2 対以上設置されていても良い。

[0047] このとき、成形工程中の、ガラスリボン B の温度が軟化点より高い温度から徐冷点近傍になるまでの温度領域にあるとき、ガラスリボンの両端部に向かって張力を加えながら両端部の粘度 η に関して、 $\log \eta = 9.0 \sim 14.5$ になるように冷却することが好ましい。この冷却は、例えばローラ対 17 がガラスリボン B の両端部を挟持することで行われる。

冷却ローラであるローラ対 17 の各ローラによってガラスリボン 17 の両端部を冷却することで両端部の粘度が上昇するので、ガラスリボン B の幅の収縮を抑制することができる。

[0048] （徐冷装置）

徐冷装置 3 は、ガラスリボン B を複数の搬送ローラ対 18, 19 で挟持しつつ下方に向けて引き抜きながら徐冷する。徐冷装置 3 は、炉室 11 の下方に隣接して設けられた第 1 の徐冷炉 12 及び第 2 の徐冷炉 13 を有している。第 1 の徐冷炉 12 及び第 2 の徐冷炉 13 は、炉室 11 をも構成する上述の

炉壁 15 で囲まれてなる。徐冷装置 3 は、第 1 の徐冷炉 12 及び第 2 の徐冷炉 13 内に、ガラスリボン B の搬送方向に沿って配された、後述するコンピュータに自動制御される加熱手段が設けられている。加熱手段は、特に制限されず、例えば電気ヒータが用いられる。第 1 の徐冷炉 12 内には、ガラスリボン B の搬送方向に配された 3 つの搬送ローラ対 18 が設けられている。第 2 の徐冷炉 13 内には、ガラスリボン B の搬送方向に配された 4 つの搬送ローラ対 19 が設けられている。さらに、徐冷装置 3 は、検出制御部 30 と、駆動部 32 とを有している（図 5 参照）。なお、徐冷炉 12, 13 内の搬送ローラ対 18, 19 の設置数に制約は無く、少なくとも 1 以上設けられていけばよい。

[0049] 搬送ローラ対 18, 19 は、ガラスリボン B を下方に向かって引き込むことでガラスリボン B を搬送する。各搬送ローラ対 18 は、ガラスリボン B の幅方向両端部に隣接する近傍領域を挟持するようガラスリボン B の両側に配された 4 つの搬送ローラ 18a と、ガラスリボン B に対し同じ側にある 2 つの搬送ローラ 18a を連結する、ガラスリボン B の両側に配された 2 本の駆動用シャフト 18b とを有している。各搬送ローラ対 19 は、ガラスリボン B の幅方向両端部に隣接する近傍領域を挟持するようガラスリボン B の両側に配された 4 つの搬送ローラ 19a と、ガラスリボン B に対し同じ側にある 2 つの搬送ローラ 19a を連結する、ガラスリボン B の両側に配された 2 本の駆動用シャフト 19b とを有している。図 3 において、駆動用シャフト 18b, 19b の両端部は、図示が省略されている。なお、図 3 では、搬送ローラ 18a, 19a は、上述のものに限定されない。例えば、搬送ローラ 18a, 19a は、ガラスリボン B に対し同じ面側にあるもの同士が、駆動用シャフトによって連結されずに、ローラ対 17 のローラと同様に、ガラスリボン B の幅方向両端部に独立して配置されたものであっても良い。

[0050] 徐冷工程を行う徐冷装置 3 では、ガラスリボン B の温度プロファイルを幅方向で一山の分布とし、その後一山の分布が搬送方向下流側に進むにつれて徐々に小さくなるように、ガラスリボン B の周りに配置されるヒータ等の制

御を行うことが好ましい。その際、ガラスリボンBの歪点近傍の温度領域において、一山の分布が平坦な直線状の分布、すなわち幅方向の温度分布が一定となるように、図示されないヒータ等の制御を行うことが好ましい。言い換えると、ガラスリボンBの徐冷点に150℃を足した温度から歪点までの温度領域において、ガラスリボンの幅方向における中央部の冷却速度を、幅方向の両端部の冷却速度よりも速くし、ガラスリボンBの幅方向における中央部の温度が両端部よりも高い状態から歪点近傍の温度領域で同じになるように、温度プロファイルが一定になるようにすることが好ましい。このような温度分布にすることにより、ガラスリボンの搬送方向の下流側に向けて引っ張り応力が作用する。このため、ガラスリボンBは搬送方向の反りを抑制することができる。また、歪点近傍の温度領域で均一な温度プロファイルにするので、ガラス板において内部歪を低減することができる。

さらに、ガラスリボンBの温度が徐冷点から（歪点−50℃）となる温度において、他の温度域に比べてゆっくりガラスリボンBを徐冷することが好ましい。これにより、ガラスリボンBの熱収縮率を低減することができる。

さらに、ガラスリボンBの温度が、歪点から、歪点から200℃引いた温度になる温度領域において、ガラスリボンBの温度プロファイルを幅方向に沿って谷になり、その谷の深さが搬送方向下流側に進むにつれて大きくなるように、すなわち、中央部の温度が両端部に比べて次第に低くなるように、図示されないヒータ等の制御を行うことが好ましい。このように、温度プロファイルにおいて徐々に谷を深くすることで、搬送方向下流側に向かって引っ張り応力を作用させることができるので、搬送方向の反りを抑制することができる。

[0051] 検出制御部30は、図5に示すように、搬送ローラ状態検出部（以下、単に検出部ともいう）37及び速度決定部38として機能する図示されないコンピュータを備える。図5は、搬送ローラ対18、19の回転駆動を制御する制御系の構成を説明するブロック図である。検出部37は、搬送ローラ対18、19に対応して配された温度センサ（ガラス状態検出部）34を有し

ている。速度決定部 38 は、駆動部 32 を介して搬送ローラ対 18, 19 に接続されている。検出制御部 30 の詳細は、後述する。

駆動部 32 は、速度決定部 38 により決定された各搬送ローラ 18 a, 19 a の回転速度に基づいて、搬送ローラ 18 a, 19 a を回転駆動させる。駆動部 32 は、各搬送ローラ対 18, 19 に対応して設けられた、図示されないモータを有している。なお、モータは、各搬送ローラ対 18, 19 に対応して設けられていなくてもよく、その数は、例えば、各搬送ローラ対 18, 19 の数より少なくてもよい。この場合、複数の搬送ローラ 18 a, 19 a が 1 台のモータで駆動されるように、各搬送ローラ 18 a, 19 a 間で速度比を変更できるギアを備えたものを用いることができる。この場合、モータからの駆動力は、例えば、ユニバーサルジョイントなどを介して搬送ローラ 18 a, 19 a に伝達される。

[0052] (検出制御部)

ここで、検出制御部 30 について、より詳細に説明する。なお、検出制御部 30 で行う検出工程 (ステップ S 51) は、上述したように本実施形態では行われるが、後述する変形例のように検出工程を行わず、徐冷工程は、速度決定工程と、速度制御工程とを含むこともできる。この場合、検出制御部 30 は用いられない。

温度センサ 34 は、搬送ローラ 18 a, 19 a の温度を検出する。温度センサ 34 としては、例えば、接触式又は非接触式のものが用いられる。ここで、搬送ローラ 18 a, 19 a の温度を検出することには、搬送ローラ 18 a, 19 a の温度を算出することも含まれる。各温度センサ 34 は、具体的に、第 1 の徐冷炉 12 及び第 2 の徐冷炉 13 内での配置位置における雰囲気温度をそれぞれ検出する。そして、検出された雰囲気温度における、速度決定部 38 の後述する記憶部 36 に記憶された温度差データを参照して、搬送ローラ 18 a, 19 a の温度を算出する。検出部 37 は、検出された搬送ローラ 18 a, 19 a の温度に基づいて、後述するように、搬送ローラ 18 a, 19 a の熱膨張量を直径の変化として算出する。

[0053] 速度決定部38は、記憶部36を有している。記憶部36は、温度差データを記憶する。温度差データは、徐冷炉12, 13の設置時に予め測定された、徐冷炉12, 13の雰囲気温度と各雰囲気温度での搬送ローラ18a, 19aの温度（表面温度）との差のデータを含む。温度差データは、徐冷炉12, 13の構造によって異なって記憶される。記憶部36には、搬送ローラ18a, 19aの熱膨張係数（以下、ローラ熱膨張係数ともいう）がさらに記憶されている。ローラ熱膨張係数は、搬送ローラ18a, 19aの材質から決定される。

[0054] 記憶部36には、また、速度決定部38で決定された各搬送ローラ18a, 19aの回転速度、複数の搬送ローラ対18, 19間で設定された基準となる周速度分布、各搬送ローラ18a, 19aの直径の基準値がさらに記憶される。各搬送ローラ18a, 19aの直径の基準値は、それぞれ常温（例えば、25度）での新品時の直径である。また、記憶部36は、基準となる周速度分布を達成するときの条件（搬送ローラの温度、ガラスリボンの温度、ガラスリボンの熱膨張係数、ガラスリボンの厚さ、幅、ガラスリボンの流量等）を記憶する。

[0055] 速度決定部38は、複数の搬送ローラ対18, 19間で搬送ローラ18a, 19aの周速度とガラスリボンBの搬送速度との相対速度が一定であるときの複数の搬送ローラ対18, 19間の周速度比（周速度分布）を設定する。次いで、速度決定部38は、検出部37により算出された搬送ローラ18a, 19aの直径の変化に基づいて、複数の搬送ローラ対18, 19間の周速度比を保つように各搬送ローラ18a, 19aの回転速度を決定する。

[0056] （（周速度比の設定））

複数の搬送ローラ対18, 19間の周速度比は、例えば、全ての搬送ローラ18a, 19aが同じ周速度になるよう、すべて1.0に設定される。このように基準として設定される周速度比は、従来ガラスリボンBがキズや形状変形の問題が生じることなく徐冷されたときの周速度比である。この基準となる周速度分布は、ガラスリボンBの温度、熱膨張係数、厚み、幅、ガラ

ス流量等の条件とともに、速度決定部 38 に記憶保持されている。この周速度比は、後述するように、ガラスリボン B の温度が変化するなどの徐冷時の条件が変化する場合に、基準となる周速度分布が修正されて設定される。

[0057] 複数の搬送ローラ対 18, 19 間で、ガラスリボン B の搬送速度と搬送ローラ 18 a, 19 a の周速度との相対速度は、ガラスリボン B と搬送ローラ 18 a, 19 a との間でのスリップをより確実に防ぐ観点では、0 であるのが好ましい。

[0058] また、速度決定部 38 は、ガラスリボン B の温度、熱膨張係数、厚み、ガラス流量等によって、基準の周速度比を修正して設定する。

具体的には、基準の周速度分布として設定される周速度比には、そのときの条件として各搬送ローラ対における基準となる温度が設定されている。したがって、この基準となる温度に対して現在のガラスリボン B の温度が変化した場合、例えば、温度 T_1 が T_2 に変化した場合、 T_2 と T_1 の温度差における熱膨張率の差を用いて、速度決定部 38 は基準の周速度分布として設定されている周速度比を修正する。ガラスリボン B の搬送速度は、ガラスリボン B の温度と熱膨張係数によって定まる熱膨張率によって変化するからである。この場合、ガラスリボン B の種類によって熱膨張係数は異なるので、ガラスリボン B の熱膨張係数と温度を考慮した熱膨張率の違いを用いてより一般的に周速度比を修正してもよい。このような周速度比は、ガラスリボン B の温度および熱膨張係数の温度依存性のほかに、ガラスリボン B の厚み、幅、ガラス流量等の条件の変化によっても修正されて設定される。したがって、ガラスリボン B の温度、熱膨張係数の温度依存性の特性、厚み、幅、ガラス流量等の基準の周速度比における条件は、速度決定部 38 に予め記憶保持されている。ガラス熱膨張係数は、熔融ガラスの組成から決定される。設定された周速度比から、最上流側の搬送ローラ対の現在の周速度を基準として、下流側の各搬送ローラ対の周速度が算出される。

このように、周速度比をガラスリボン B の温度を含む状態の変化に応じて修正することにより、より適切な搬送ローラ 18 a, 19 a の回転速度を決

定できる

[0059] ((搬送ローラの回転速度の決定))

速度決定部38は、算出した各搬送ローラ18a, 19aの周速度に基づいて、下記式に従って各搬送ローラ18a, 19aの回転速度を決定する。

$$\text{回転速度} = \text{周速度} / (\text{熱膨張した搬送ローラの直径} \times \pi)$$

[0060] ここで、徐冷炉12, 13内の各搬送ローラ対18, 19の配置位置において検出された雰囲気温度が、上述した基準となる周速度比における搬送ローラ対の温度に対して変化していた場合は、上述の周速度比を保つように、搬送ローラ18a, 19aの回転速度を決定する。

具体的に、検出部37は、温度センサ34により検知された温度が変化していた搬送ローラ18a, 19aについて、搬送ローラ18a, 19aの温度におけるローラ熱膨張係数と、各搬送ローラ18a, 19aの直径の基準値とを参照し、下記式に従ってこの搬送ローラ18aの膨張量(直径の変化量)を算出する。

$$dD = \beta \cdot D \cdot \Delta T$$

dD : 膨張量

β : 熱膨張係数

D : 搬送ローラの直径の基準値

ΔT : 基準の周速度比において設定される搬送ローラの温度との温度差

[0061] 速度決定部38は、検出部37により算出された搬送ローラ18aの直径の変化量から、下記式に従い、周速度の変化量が1であるとして新たな回転速度を算出し、搬送ローラ18a, 19aの回転速度を変更する。

$$\text{新たな回転速度} = (\text{周速度} + \text{周速度の変化量}) / ((\text{搬送ローラの直径} + \text{搬送ローラの直径の変化量}) \times \pi)$$

[0062] 速度決定部38により決定された回転速度は駆動部32に送られ、搬送ローラ18a, 19aの回転が制御される。

また、図示されないコンピュータは、温度センサ34で検出された雰囲気温度に基づいて、徐冷炉12, 13内の雰囲気温度がそれぞれ所定の温度範

囲内で維持されるよう、徐冷炉 12, 13 内の加熱手段を自動制御する。第 1 の徐冷炉 12 の所定の温度範囲は、例えば、500～800 度に設定されている。第 2 の徐冷炉 13 の所定の温度範囲は、例えば、200～500 度に設定されている。このように徐冷炉 12, 13 内の雰囲気温度が制御されても上述したようにガラスリボン B の温度や搬送ローラ 18a, 19a の温度は変化する。しかし、この変化は比較的小さいため、上述した基準となる周速度比が温度に応じて修正されても、その修正量は小さく、設定された基準となる周速度比の分布を大きく変えない。

[0063] なお、速度決定部 38 は、オペレータが入力した内容に基づいて搬送ローラ 18a, 19a の回転速度を決定してもよい。この場合、ガラス板製造装置 1 は、オペレータの入力操作を受け付ける図示しない入力部をさらに有し、この入力部は、オペレータが入力する搬送ローラ 18a, 19a 回転速度を受け付ける。記憶部 36 は、温度差データ、ローラ熱膨張係数、周速度分布、各搬送ローラ 18a, 19a の直径の基準値、基準となる周速度分布を達成するときの条件などを記憶するものでなくてよく、オペレータにより、温度差データ、ローラ熱膨張係数、周速度分布、各搬送ローラ 18a, 19a の直径の基準値、基準となる周速度分布を達成するときの条件などに基づいて算出され、入力された回転速度を記憶するものであればよい。これら温度差データ、ローラ熱膨張係数、周速度分布、各搬送ローラ 18a, 19a の直径の基準値、基準となる周速度分布は、オペレータによって算出されてよく、算出された値は記憶部 36 に記憶されてよい。

[0064] 採板装置 4 は、第 2 の徐冷炉 13 の下流側に配された図示しない採板室を有している。採板室では、ガラスリボン B が一定の長さ毎に切断され、ガラス板 C が採板される。ガラス板 C の厚さは、例えば、0.7 mm 以下、あるいは、0.5 mm 以下である。また、近年フラットパネルディスプレイのスリム化が求められているため、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ディスプレイ用ガラス基板も、薄板化が求められている。他方、ガラス板の厚みが薄くなるほどガラス板の強度が低下してしまうため、破

損が生じやすくなる。これらのことを考慮すると、フラットディスプレイ用のガラス板の厚みは、0.01～1.0 mmであることが好ましく、0.05～0.7 mmであることがより好ましく、0.05～0.5 mmであることがさらに好ましい。なお、薄いガラス板ほど強度が低下するため、ガラスリボンを搬送するローラとガラスリボンとの間のスリップによる傷などによって割れ易くなる虞がある。つまり、上述したようにローラとガラスリボンとの間のスリップを抑制することができる本実施形態は、例えば、0.05～0.7 mmのガラス板の製造に好適であり、0.05～0.5 mmの薄板ガラスの製造に特に好適である。

また、例えば、ガラス板Cの幅方向長さは1000 mm以上、1500 mm以上、2000 mm以上、2500 mm以上であってもよく、長手方向長さは1000 mm以上、1500 mm以上、2000 mm以上、2500 mm以上であってもよい。ガラス板Cは、大型化するほどガラスリボンの自重により各搬送ローラ18a, 19aとの間で相対速度差（スリップ）が生じやすくなる。そのため、ガラス板Cの幅方向長さが1000 mm以上である場合には、上記相対速度差が生じやすくなる傾向にあるが、上記相対速度差の発生を防止するという効果が顕著となる。なお、ガラス板Cの幅方向長さは、1500 mm以上、2000 mm以上、2500 mm以上であるほど本発明の効果が有用となる。

[0065] （ガラス板の組成）

上述したガラス板製造方法及びガラス板製造装置で製造されるガラス板は、例えば液晶ディスプレイ用ガラス基板が好適に挙げられる。

液晶ディスプレイ用ガラス基板のガラス組成は、以下のガラス組成が例示される。

SiO_2 50～70質量%、

B_2O_3 0～15質量%、

Al_2O_3 5～25質量%、

MgO 0～10質量%、

CaO 0～20質量%、

SrO 0～20質量%、

BaO 0～10質量%、

RO 5～20質量%（但し、RはMg、Ca、Sr及びBaから選ばれる、ガラス板に含有される全成分であって、少なくとも1種である）、含有することが好ましい。

さらに、液晶ディスプレイ用ガラス基板に形成されるTFT（Thin Film Transistor）の破壊を抑制する観点からは、無アルカリガラス（アルカリ成分を実質的に含まないガラス）であることが好ましい。他方、熔融ガラスの溶解性及び清澄性を向上させるために、あえてアルカリ成分を微量含有させるようにしてもよい。この場合、

R'_2O については、0.05質量%を超え2.0質量%以下、より好ましくは R'_2O 0.1質量%を超え2.0質量%以下（但し、 R' はLi、Na及びKから選ばれる、ガラス板に含有される全成分であって、少なくとも1種である）を含むことが好ましい。

[0066] 以上のように構成されたガラス板製造装置1によれば、搬送ローラ18a、19aに生じる径変化を考慮し、それを補償するように、各搬送ローラ18a、19aの回転速度が制御されるので、各搬送ローラ18a、19aの周速度とガラスリボンBの搬送速度との相対速度が、複数の搬送ローラ対18、19において差が生じるのを、より高い精度で抑制することができる。これにより、ガラスリボンBと搬送ローラ18a、19aとの間でのスリップを防ぎ、ガラス板表面の品質を向上させることができる。

また、ガラスリボンを搬送するために用いる複数の搬送ローラ対の周速度分布をガラスリボンの温度に応じて修正して設定するので、ガラスリボンが余り、ガラスリボンが変形してしまうのを防ぐことができ、また、必要以上に速くなることで、ガラスリボンが引っ張られ、ガラスリボンが割れるのを防ぐことができる。このような効果は、ガラスの搬送速度が速い場合（例えば、搬送速度200m／以上の場合）や、ガラスリボンの強度が小さくて変

形し易い厚さ 0.5 mm 以下、好ましくは、0.05～0.5 mm の薄板ガラスの製造において、より顕著である。

[0067] なお、複数の搬送ローラ対の数は、少なくとも 2 あればよく、特に制限されない。

また、上述の例では、温度センサにおいて、徐冷炉 12, 13 内の雰囲気温度が検出され、これを用いてガラスリボン温度及び搬送ローラ温度が算出されたが、ガラスリボン温度及び搬送ローラ温度は直接測定されてもよい。そのために、例えば、ガラス状態検出部として、ガラスリボンの温度を連続的に測定するための放射温度計が用いられてよく、搬送ローラ状態検出部として、搬送ローラの温度を連続的に測定するための温度計が用いられてよい。

周速度比は、上述のものに制限されない。また、速度決定部 38 は、周速度分布として、周速度比に代えて、各搬送ローラ 18a, 19a の具体的な周速度を算出してもよい。この場合、基準となる周速度分布および修正後の周速度も具体的な速度の値として設定される。

本実施形態では、搬送ローラの直径の変化に応じて、設定された周速度分布になるように回転速度を調整する他、周速度分布をガラスリボンの温度に応じて基準となる周速度分布を修正して設定する。しかし、基準となる周速度分布をガラスリボンの現在の温度に応じて修正しなくてもよい。しかし、表面品質に優れたガラス板を製造する点で、基準となる周速度分布をガラスリボンの現在の温度に応じて修正することが好ましい。

[0068] (第 1 実施形態の変形例)

第 1 実施形態では、搬送ローラ対 18, 19 の各ローラに生じる搬送ローラの径変化を補償するように、搬送ローラ 18a, 19a の回転速度が決定されるが、搬送ローラ 18a, 19a の他に、成形工程で冷却ローラ対として用いるローラ対 17 の各ローラの径変化を補償するように、ローラ対 17 の各ローラの回転速度が決定される。ローラ対 17 の各ローラは、上述した搬送ローラ状態検出部 37 のような検出部を用いて、ローラ対 17 の各ローラ

ラの状態を検出して、検出結果に基づいてローラ対17の各ローラの径変化を補償するように、ローラ対17の各ローラの回転速度が決定される。

一般に、ローラ対17の各ローラの周速度は、ガラス板の厚み分布やガラス表面の凹凸が最も小さくなるように適切な値に設定しているので、その値からずれることは、ガラス板の厚み分布やガラス表面の凹凸を悪化させることになる。

すなわち、ローラ対17の周速度が変化すると、成形体10の下端からローラ対17の間で行われるガラスリボンBの引伸ばしの量と、ローラ対17から搬送ローラ対18の間で行われるガラスリボンBの引伸ばしの量が変わることにより、（成形体10の下端～ローラ対17間でのガラスリボンBの幅方向の温度分布と、ローラ対17～搬送ローラ対18、19でのガラスリボンの幅方向温度分布の形態が、異なるため）製造されたガラス板の幅方向の厚み分布やガラス表面の凹凸の大きさが変化してしまう。このため、ローラ対17の各ローラの径変化を補償するように、ローラ対17の各ローラの回転速度が決定されることが好ましい。

[0069] なお、本変形例では、搬送ローラ対18、19の各ローラの他に、成形工程で冷却ローラ対として用いるローラ対17の各ローラの径変化を補償するように回転速度を決定したが、搬送ローラ対18、19及びローラ対17の各ローラの少なくともいずれか1つの各ローラについて各ローラの径変化を補償するように回転速度を決定してもよい。

すなわち、冷却ローラや搬送ローラの径変化を補償するようにローラの回転速度を決定することは、全てのローラ（冷却ローラ、搬送ローラ）で行われる必要はなく、効果的なローラのみに対して行ってもよい。

[0070] 例えば、ガラスリボンBの中央部が軟化点（粘度 η が $\log \eta = 7.65$ となる温度）以下の領域に設けられた搬送ローラの径変化を補償するように搬送ローラの回転速度を決定し、搬送ローラを回転駆動させることで、ガラスリボンBのスリップなどを抑制することができ、ガラスリボンBの表面に傷が発生することを抑制できる。

ガラスが軟化点以上であるとガラスリボンBは十分に固化していないためスリップは生じ難い。他方、軟化点以下のガラスリボンBではスリップが生じやすくなる。このため、ガラスリボンBの中央部が軟化点以下の領域に設けられた搬送ローラの径変化を補償するように搬送ローラの回転速度を決定することが好ましい。

[0071] また、上述した徐冷工程の中で、少なくともガラスリボンBの中央部の温度がガラス転移点以上軟化点以下となる温度領域に設けた搬送ローラの径変化を補償するように搬送ローラの回転速度を決定することで、ガラスリボンBの塑性変形の抑制効果は大きくなる。したがって、少なくともガラスリボンBの中央部の温度がガラス転移点以上軟化点以下となる温度領域に設けた搬送ローラの径変化を補償するように搬送ローラの回転速度を決定することが好ましい。

また、ガラスリボンBの中央部の温度がガラス転移点以上軟化点以下となる温度領域に設けた搬送ローラは、径変化が生じやいため、この領域に設けた搬送ローラの径変化を補償するように搬送ローラの回転速度を決定することが好ましい。

ガラス温度が軟化点より高温である場合には、ガラスに働く圧縮応力が瞬時に緩和されるため、ガラスリボンBに波形状の塑性変形は生じ難い。他方、ガラス温度がガラス転移点よりも低温である場合には、ガラスリボンBの粘度が十分に上昇しているため、波形状の塑性変形は生じ難い。

また、上流側の搬送ローラほど磨耗や熱膨張によるローラ径変化が生じやすい。つまり、少なくとも温度がガラス転移点以上軟化点以下となる温度領域に設けた搬送ローラの径変化を補償するように搬送ローラの回転速度を決定することが好ましい。

[0072] また、ガラスリボンBの中央部の温度が徐冷点から（歪点－50℃）となる温度領域に設けられた搬送ローラの径変化を補償するように、搬送ローラの回転速度を決定し、前記搬送ローラを回転駆動させることで、ガラスリボンの塑性変形を抑制することができる。

このように、ガラスリボンBのどの特徴を改善するかによって、ローラの径変化を補償するように回転速度を決定する搬送ローラの場合は異なる。

[0073] (第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態であるガラス板製造装置について説明する。

ここでは、上述の第1実施形態との相違に注目して説明する。

第1実施形態の搬送ローラ状態検出部37は、搬送ローラの温度を検出する温度センサ34を含むが、第2実施形態の搬送ローラ状態検出部(以下、単に検出部ともいう)47は、図6に示すように、搬送ローラの磨耗量を検出するための距離測定センサ44を含む。図6は、第2実施形態の搬送ローラ対18、19の回転駆動を制御する制御系の構成を説明するブロック図である。なお、図6において、第1実施形態と同一の符号で示す要素は、第1実施形態で説明した構成と相違しない。

[0074] 距離測定センサ44は、各搬送ローラ対18、19に対応して複数設けられている。距離測定センサ44は、駆動用シャフト間隔を検出する。駆動用シャフト間隔は、ガラスリボンBに対し同じ側にある搬送ローラ18a、19a同士を連結する駆動用シャフト18b、19bと、この駆動用シャフト18b、19bと対向して配された駆動用シャフト18b、19bとの距離をいう。搬送ローラ対18、19は、対の搬送ローラ18a、19a間が互いに付勢された状態でガラスリボンBを挟む。したがって、検出部47では、各搬送ローラ18a、19aの磨耗量は、下記式に従って算出されるローラ半径の新品時のローラ半径からの変化量が、搬送ローラ18a、19aの磨耗に起因して生じたとして検出される。この式では、ガラスリボンBの厚みは、各搬送ローラ18a、19aの位置において一定であるため、駆動用シャフト18b、19b同士の間隔を測定することで、ローラ半径が算出される。

$$\text{ローラ半径} = (\text{駆動用シャフト間隔} - \text{ガラスリボン厚み}) / 2$$

[0075] 検出制御部40の速度決定部48は、検出された搬送ローラ18a、19aの磨耗に起因する搬送ローラ18a、19aの半径の変化により生じた、

搬送ローラ 18 a, 19 a の周速度の周速度比からのずれを補償するように搬送ローラ 18 a, 19 a の回転速度を決定する。

なお、第 2 実施形態では、搬送ローラ 18 a, 19 a の径変化として、磨耗の状態を基に算出された半径の変化を用いるが、この磨耗の状態を第 1 実施形態で用いた搬送ローラ 18 a, 19 a の温度とともに統合して適用することもできる。この場合、搬送ローラ 18 a, 19 a の径は、磨耗量によって変化すると共に、熱膨張により変化する。この径の変化に伴って変化した搬送ローラの周速度が周速度比に維持されるように、搬送ローラ 18 a, 19 a の回転速度を算出することができる。

さらに、搬送ローラ 18 a, 19 a の径変化に加え、ガラスリボンの状態として、ガラスリボン B の熱膨張に起因しガラスリボン B の温度に応じて変化するガラスリボン B の搬送速度変化を統合して適用することもできる。

[0076] 以上の第 2 実施形態によれば、搬送ローラ 18 a, 19 a の磨耗による径変化による搬送ローラの周速度の周速度比からのずれを補償することができる。

なお、このガラス板製造装置において、距離測定センサ 44 は、搬送ローラ対 18, 19 の駆動用シャフト 18 b, 19 b 同士の距離に代えて、搬送ローラ対 18, 19 の駆動用シャフト 18 b, 19 b の原点位置からのずれを読み取って、磨耗量を検出するように構成されてもよい。原点位置は、搬送ローラ 18 a, 19 a の新品時に駆動用シャフト 18 b, 19 b が位置する中心位置であり、記憶部 46 において記憶される。搬送ローラ対 18, 19 の駆動用シャフト 18 b, 19 b の原点位置からのずれを用いて、搬送ローラ 18 a, 19 a の磨耗量を検出し、これによって磨耗した搬送ローラのローラ径は算出され得る。

なお、搬送ローラ 18 a, 19 a の径は、検出部 47 が算出することに限定されず、例えば、磨耗量に基づいてオペレータが算出してもよい。この場合、オペレータにより算出され、速度決定部 48 に入力された搬送ローラ 18 a, 19 a の径に基づいて、速度決定部 48 により搬送ローラ 18 a, 19 a の回転速度を算出することができる。

9 a の回転速度が算出される。あるいは、オペレータが算出した搬送ローラ 18 a, 19 a の径に基づいてさらに搬送ローラ 18 a, 19 a の回転速度を算出し、この算出結果を速度決定部 48 に入力してもよい。速度決定部 48 において算出されあるいは入力された回転速度は、速度決定部 48 により決定され、駆動部 32 に伝達される。また、搬送ローラ 18 a, 19 a の磨耗量、原点位置は、オペレータが算出してもよく、算出された値は記憶部 46 に記憶されてよい。

[0077] (第2実施形態の変形例)

第2実施形態のガラス板製造装置の距離測定センサ 44 の代わりに、搬送ローラ 18 a, 19 a の使用日数に基づいて算出される搬送ローラの直径の変化を搬送ローラ 18 a, 19 a の径変化としてカウントする装置が用いられてもよい。例えば、この径変化をカウントする装置は、搬送ローラ 18 a, 19 a の使用日数を速度決定部 48 に送る。速度決定部 48 は、速度決定部 48 の記憶部 46 に記憶された、各搬送ローラ 18 a, 19 a について過去の交換実績として、過去に交換した時のローラ直径のその新品時からの磨耗量と交換までの使用日数とを参照し、これらに基づいて1日あたりの磨耗量を算出する。次いで、記憶部 46 に記憶された新品時のローラ直径が参照され、下記式に従ってローラ直径が算出される。このとき、上記径変化をカウントする装置から送られた使用日数を用いて下記式に示すように、1日当りの磨耗量×使用日数の積が、搬送ローラ 18 a, 19 a の磨耗量に相当するとして検出される。

$$\text{ローラ直径} = \text{新品時の直径} - (1 \text{ 日当りの磨耗量} \times \text{使用日数})$$

速度決定部 48 は、記憶部 46 において、各搬送ローラ 18 a, 19 a について過去の交換実績、新品時のローラ直径を記憶する。

この変形例によれば、より簡単な方法で、搬送ローラ 18 a, 19 a の直径の変化により生じた搬送ローラ 18 a, 19 a の周速度の周速度比からのずれを補償することができる。なお、1日あたりの磨耗量は、オペレータが算出して記憶部 46 に記憶させることもできる。また、上記磨耗量による搬

送ローラ 18 a, 19 a の直径変化も、オペレータが算出して、検出制御部 40 あるいは駆動部 32 に伝達されるようにしてもよい。さらに、過去に交換した時のローラ直径のその新品時からの磨耗量、交換までの使用日数は、オペレータによって算出されてもよく、算出された値は記憶部 46 に記憶されてよい。

このように、本変形例では、搬送ローラ 18 a, 19 a は、ローラの径変化を補償するように搬送ローラ 18 a, 19 a の使用日数に基づいて決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動される。本変形例では、第 1 実施形態及び第 2 実施形態のように、搬送ローラ状態検出部による搬送ローラの状態を検出しその検出結果に基づいてローラ回転速度を決定するのではなく、搬送ローラ 18 a, 19 a の使用日数に基づいてシーケンシャルにローラ回転速度を決定する点で、第 1 実施形態及び第 2 実施形態と異なる。

[0078] なお、第 1 実施形態あるいは第 1 実施形態の変形例と、第 2 実施形態あるいは第 2 実施形態の変形例は組み合わせることもできる。第 1 実施形態あるいは第 1 実施形態の変形例と、第 2 実施形態あるいは第 2 実施形態の変形例を組み合わせることで、第 1 実施形態あるいは第 1 実施形態の変形例又は第 2 実施形態あるいは第 2 実施形態の変形例を単独で適用する場合に比べ、より精度よく周速度比からのずれを補償することができる。

[0079] (実施例)

本発明の効果を調べるために、従来のガラス板製造装置と本実施形態のガラス板製造装置とを用いて、それぞれ下記方法に従ってガラス板を製造して、ガラス板に生じる波状の凹凸変形を測定した。なお、用いたガラス板製造装置は、いずれも、図 3 及び図 4 に示すダウンドロー法によるガラス板製造装置 1 であり、ガラスは下記に示す成分を含有するアルミノシリケートガラスを用いた。

SiO_2 60 質量%、

Al_2O_3 19.5 質量%、

B_2O_3 10 質量%、

CaO 5質量%、
SrO 5質量%、
SnO₂ 0.5質量%。

[0080] 実施例1では、上述の第1実施形態に従って、速度決定部38により各搬送ローラ18a, 19aの回転速度を決定し、決定後の回転速度に基づいて各搬送ローラ18a, 19aの回転駆動を制御し、0.7mm厚で幅方向長さ2000mm×長手方向長さ2500mmの大きさの液晶ディスプレイ用ガラス基板を製造した。周速度比としての各搬送ローラ18a, 19aの周速度は全て同じとした。ガラスリボンの温度及び搬送ローラの温度は、接触式の温度センサを用いて測定した。

[0081] 実施例2では、上述の第2実施形態に従って、速度決定部48により各搬送ローラ18a, 19aの回転速度を決定した点を除き、実施例1と同様に液晶ディスプレイ用ガラス基板を製造した。具体的には、搬送ローラ18a, 19aの磨耗量は、距離測定センサ44により測定された駆動用シャフト間隔を用いて算出した。また、搬送ローラ18a, 19aの磨耗量によるローラの直径の変化量のほかに、搬送ローラ18a, 19aの温度によるローラ直径の変化量を考慮して搬送ローラ18a, 19aの回転速度を算出した。

[0082] 実施例3では、搬送ローラ18a, 19aの回転速度の決定において、各搬送ローラ18a, 19aの周速度を全て実施例1の1.1倍に変更すること、さらに、0.5mm厚の液晶ディスプレイ用ガラス基板を製造することを除き、実施例1と同様の方法で液晶ディスプレイ用ガラス基板を製造した。

[0083] 比較例1, 2では、速度決定部において、ガラスリボンの状態及び搬送ローラ18a, 19aの径変化に基づく回転速度の制御は行わなかった点を除き、それぞれ実施例1, 2と同様の条件で行った。

得られた実施例1～3、比較例1, 2の液晶ディスプレイ用ガラス基板について、液晶ディスプレイ用ガラス基板表面の傷の有無を目視で確認し、波

形状の変形をシックネスゲージを用いて計測した。波形状の変形は、厚み0.7 mmの液晶ディスプレイ用ガラス基板においては、厚み方向に0.4 mm以内のものを表面品質を満たしているとした。厚み0.5 mmの液晶ディスプレイ用ガラス基板においては、厚み方向に0.2 mm以内のものを表面品質を満たしているとした。

[0084] 従来の製造装置を用いて得られた比較例1, 2の液晶ディスプレイ用ガラス基板は、いずれも、目視でガラス表面に傷が確認された。また、いずれも、厚み方向に0.5 mmの波形状の変形が生じていた。

[0085] これに対し、本実施形態の製造装置1を用いて得られた実施例1～3の液晶ディスプレイ用ガラス基板は、いずれも、目視でガラス表面に傷は確認できなかった。また、波形状の変形について、実施例1は、厚み方向に0.2 mm程度の変形が生じていた。実施例2は、厚み方向に0.1 mm程度の変形が生じていた。実施例3は、厚み方向に0.02 mm以下の変形が生じていた。実施例1～3は、いずれも、上述の表面品質を満たしていた。

[0086] 以上、本発明のガラス板の製造方法及びガラス板製造装置について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんのことである。

符号の説明

- [0087] 1 ガラス板製造装置
2 成形装置
3 徐冷装置
18, 19 搬送ローラ対
18a, 19a 搬送ローラ
30, 40 検出制御部
32 駆動部
34 温度センサ（ガラス状態検出部）
37, 47 搬送ローラ状態検出部

3 8、4 8 速度決定部

A 熔融ガラス

B ガラスリボン

C ガラス板

S 1 0 熔解工程

S 4 0 成形工程

S 5 0 徐冷工程

S 5 1 検出工程

S 5 2 速度決定工程

S 5 3 速度制御工程

請求の範囲

[請求項1]

ガラス原料を熔解して熔融ガラスをつくる熔解工程と、
熔融ガラスをダウンドロー法を用いて成形し、ガラスリボンを形成する成形工程と、

前記ガラスリボンを、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数のローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜いて徐冷を行う徐冷工程と、を有し、

前記成形工程は、前記ガラスリボンをローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜きつつ、前記ガラスリボンの両端部を冷却する工程を含み、

前記成形工程及び前記徐冷工程のいずれか一方で用いる前記ローラ対のうち少なくともいずれか1つのローラ対である第1ローラ対の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動されている、ことを特徴とするガラス板の製造方法。

[請求項2]

ガラス原料を熔解して熔融ガラスをつくる熔解工程と、
熔融ガラスをダウンドロー法を用いて成形し、ガラスリボンを形成する成形工程と、

前記ガラスリボンを、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数のローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜いて徐冷を行う徐冷工程と、を有し、

前記徐冷工程は、

前記ローラ対のうち少なくともいずれか1つのローラ対である第1ローラ対の各ローラは、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて、回転駆動されている、ことを特徴とするガラス板の製造方法。

[請求項3]

前記徐冷工程は、

前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた検出部により、前記第1ローラ対の各ローラの径変化を検出する検出工程と、

検出された前記第1ローラ対の前記各ローラの径変化に基づいて前記各ローラの回転速度を決定し、前記第1ローラ対の前記各ローラを回転駆動させる速度制御工程と、を含む請求項1または2に記載のガラス板の製造方法。

[請求項4] 前記第1ローラ対の各ローラは、前記徐冷工程の少なくとも前記ガラスリボン中央部の温度がガラス転移点以上軟化点以下となる温度領域に設けられ、

前記徐冷工程では、前記第1ローラ対の各ローラの径変化を補償するように、前記第1ローラ対の各ローラの回転速度を決定し、前記第1ローラ対の各ローラを回転駆動させる、請求項1～3のいずれか1項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項5] 前記成形工程及び前記徐冷工程では、

前記ガラスリボンの中央部の温度がガラス軟化点以上の領域において、前記ガラスリボンの幅方向の端部が前記端部に挟まれた中央領域の温度より低く、且つ、前記中央領域の温度が略均一になるように制御し、

前記ガラスリボンの中央部の温度が軟化点未満歪点近傍以上の領域において、前記ガラスリボンの中央部に搬送方向の引張り応力が働くように、前記ガラスリボンの幅方向の温度が前記ガラスリボンの中央部から端部に向かって低くなるように制御し、

前記ガラスリボンのガラス歪点の近傍の温度領域において、前記ガラスリボンの幅方向の端部と中央部との温度勾配がなくなるように、前記ガラスリボンの温度分布を制御する、請求項1～4のいずれか1項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項6] 前記徐冷工程では、

前記ガラスリボンの中央部の温度が歪点近傍未満の領域において、前記ガラスリボンの中央部に搬送方向の引張り応力が働くように前記ガラスリボンの幅方向の端部から中央部に向かって低くなるように、

前記ガラスリボンの温度分布を制御する、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項7]

前記徐冷工程は、

前記ガラスリボンの中央部の温度が、徐冷点になるまで、第 1 の平均冷却速度で冷却する第 1 の冷却工程と、

前記中央部の温度が、前記徐冷点から歪点 -50°C になるまで、第 2 の平均冷却速度で冷却する第 2 の冷却工程と、

前記中央部の温度が、前記歪点 -50°C から前記歪点 -200°C になるまで、第 3 の平均冷却速度で冷却する第 3 の冷却工程と、を含み、

前記第 1 の平均冷却速度は、 $5.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上であり、

前記第 1 の平均冷却速度は、前記第 3 の平均冷却速度より速く、

前記第 3 の平均冷却速度は、前記第 2 の平均冷却速度より速い、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項8]

前記第 1 ローラ対の各ローラの熱膨張に起因する前記第 1 ローラの各ローラの径変化によって生じた周速度のずれを補償するように、前記第 1 ローラ対の各ローラの回転速度を決定し、前記第 1 ローラ対の各ローラを回転駆動させる、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項9]

前記第 1 ローラ対の各ローラの磨耗に起因する前記第 1 ローラ対の各ローラの径変化により生じた周速度のずれを補償するように、前記第 1 ローラ対の各ローラの回転速度を決定し、前記第 1 ローラ対の各ローラを回転駆動させる、請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項10]

前記複数のローラ対のうち、ローラの径変化を補償するように決定されたローラの回転速度に基づいて回転駆動されるローラを有するローラ対は、前記第 1 ローラ対の他に第 2 ローラ対を含み、

前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた複数の検出部によ

り、前記第1ローラ対及び前記第2ローラ対の各ローラの径変化を検出する検出工程を有し、

前記第1ローラ対の各ローラと前記第2ローラ対の各ローラの間で、ローラの周速度と前記ガラスリボンの搬送速度との相対速度が一定となるように、前記各ローラの径変化を補償するような前記各ローラの回転速度を決定する、請求項1～9のいずれか1項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項11] ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられた、前記ガラスリボンの状態を検出するガラス状態検出部によって前記ガラスリボンの温度を検出し、

検出された前記ガラスリボンの温度におけるガラス熱膨張係数を用いて、前記ガラスリボンの熱膨張に起因する前記ガラスリボンの搬送速度の変化を検出し、前記ガラスリボンの搬送速度とローラの周速度とのずれを補償するように前記第1ローラ対の各ローラの回転速度を決定する、請求項1～10のいずれか1項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項12] 前記ガラスリボンが徐冷されてなるガラス板の厚さは、0.5mm以下である、請求項1～11のいずれか1項に記載のガラス板の製造方法。

[請求項13] 熔融ガラスからダウンドロー法を用いてガラスリボンを成形する成形装置と、

前記ガラスリボンを複数の搬送ローラ対で挟持しつつ下方向に引き抜きながら徐冷する徐冷装置と、を有し、

前記徐冷装置は、前記複数の搬送ローラ対と、検出制御部と、駆動部とを含み、

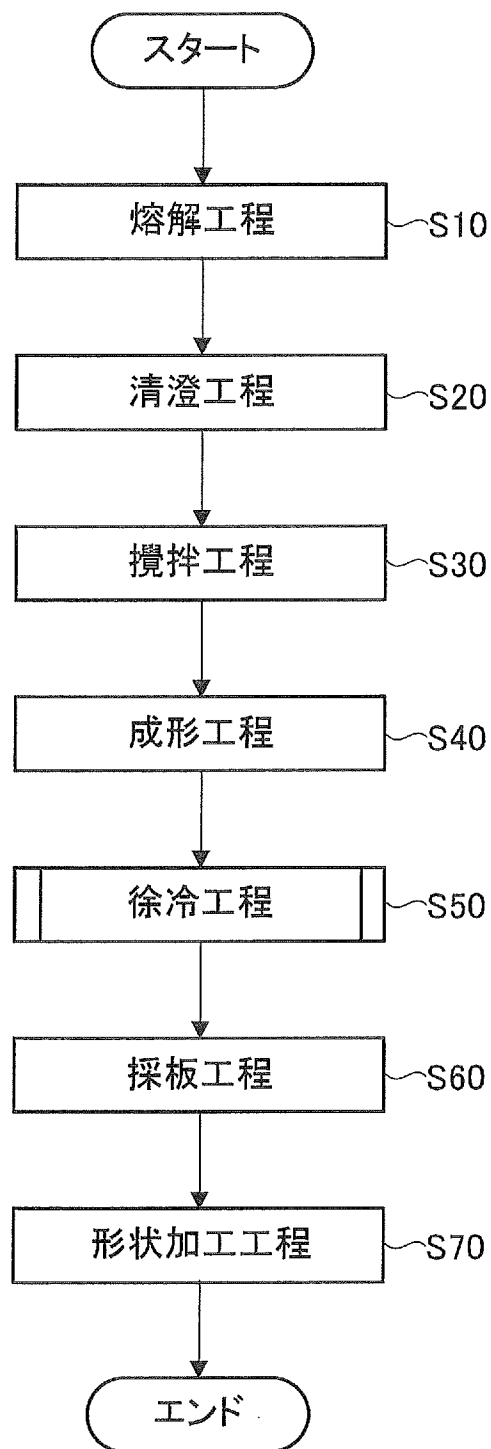
前記複数の搬送ローラ対は、前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられ、前記ガラスリボンを下方向に引き込むことでガラスリボンを搬送し、

前記検出制御部は、

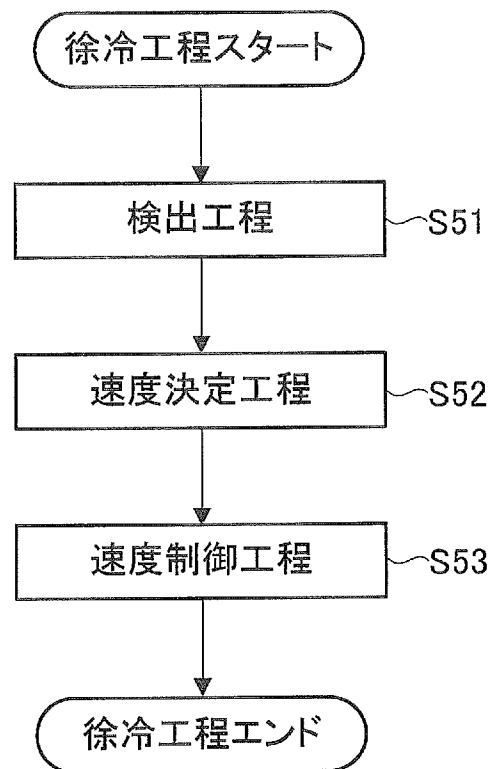
前記ガラスリボンの搬送方向に沿って設けられ、前記搬送ローラ対の搬送ローラの径変化を検出する複数の搬送ローラ状態検出部を備え、

前記駆動部は、前記複数の搬送ローラ対間で前記搬送ローラの周速度と前記ガラスリボンの搬送速度との相対速度が一定となる時の前記複数の搬送ローラ対間の周速度分布を保つように、検出された前記搬送ローラの径変化に基づいて決定された各前記搬送ローラの回転速度に基づいて、前記搬送ローラを回転駆動させる、ことを特徴とするガラス板製造装置。

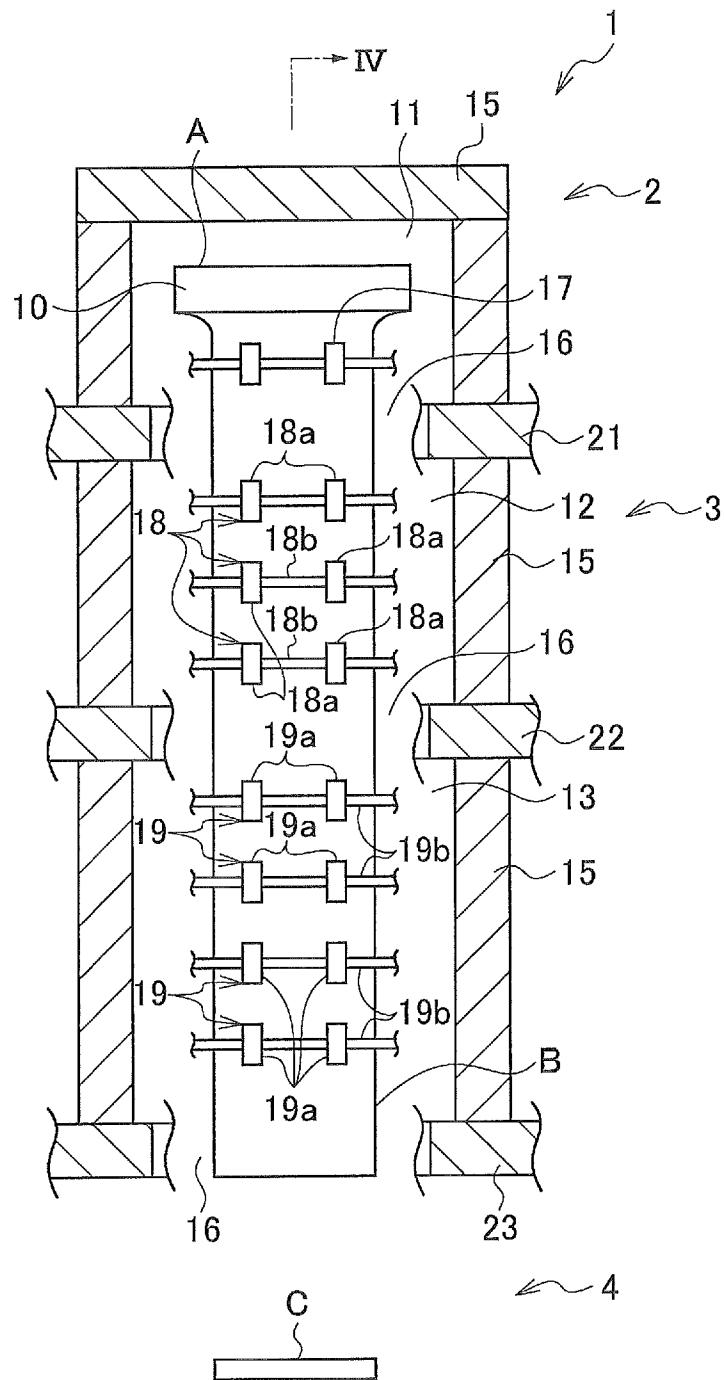
[図1]



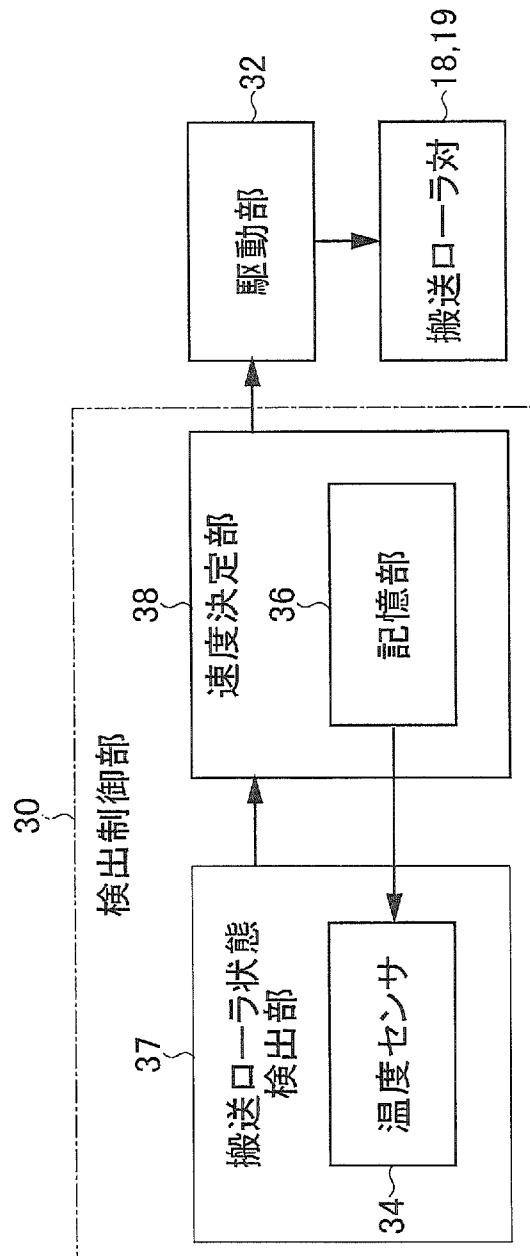
[図2]



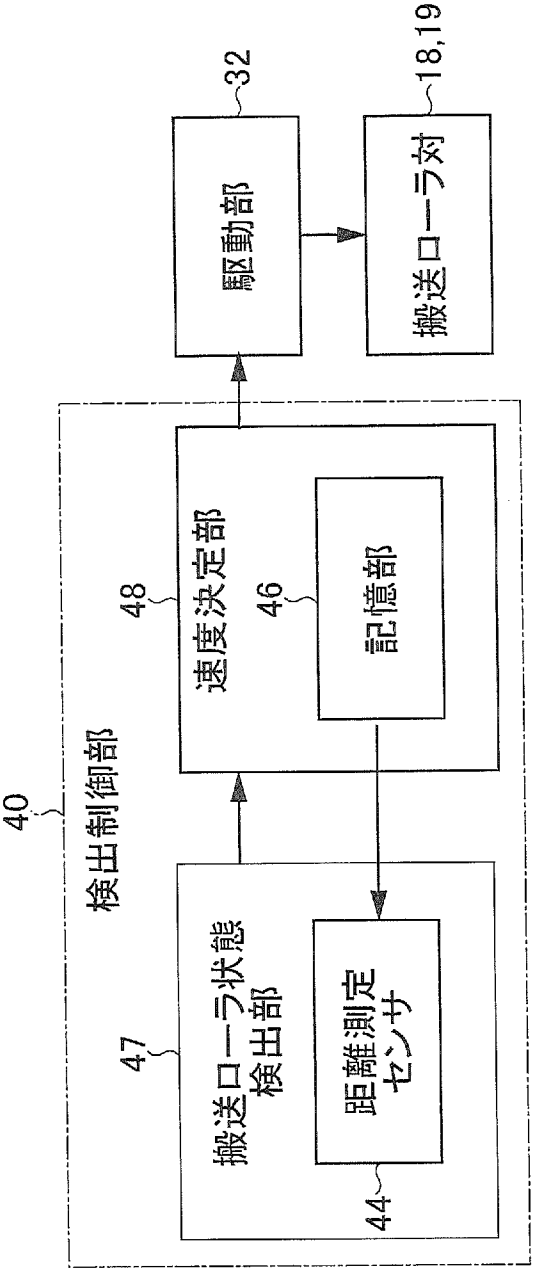
[図3]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B17/06 (2006.01) i

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)

C03B17/06

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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	WO 2011/007656 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 20 January 2011 (20.01.2011), entire text & TW 201111300 A	1-13
A	JP 10-291827 A (Hoya Corp.), 04 November 1998 (04.11.1998), entire text (Family: none)	1-13

☐

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

19 June, 2012 (19.06.12)

Date of mailing of the international search report

03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03B17/06 (2006.01) i

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（I P C））

Int.Cl. C03B17/06

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2011/007656 A1（旭硝子株式会社）2011.01.20, 全文参照 & TW 201111300 A	1-13
A	JP 10-291827 A（ホーヤ株式会社）1998.11.04, 全文参照（ファミリーなし）	1-13

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。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

増山 淳子

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5

4 T

9 8 3 0