

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 1 区分

【発行日】平成 24 年 7 月 26 日 (2012.7.26)

【公表番号】特表 2009-508803 (P2009-508803A)

【公表日】平成 21 年 3 月 5 日 (2009.3.5)

【年通号数】公開・登録公報 2009-009

【出願番号】特願 2008-532236 (P2008-532236)

【国際特許分類】

C 03 B 17/06 (2006.01)

【FI】

C 03 B 17/06

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 24 年 6 月 7 日 (2012.6.7)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラスのシートを製造する方法であって、

(A) 引き抜き法を用いてガラスリボンを製造する工程であって、該リボンが、

(i) 中心線、

(ii) 第 1 の縁、

(iii) 第 2 の縁、

(iv) 前記第 1 の縁で始まり、前記中心線に向かって内側に延在する第 1 のビード部分であって、内側縁および幅 W_{B1} を有する第 1 のビード部分、

(v) 前記第 2 の縁で始まり、前記中心線に向かって内側に延在する第 2 のビード部分であって、内側縁および幅 W_{B2} を有する第 2 のビード部分、

(vi) 前記第 1 のビード部分の内側縁で始まり、前記中心線に向かって内側に延在する第 1 の S 字反り部分、および

(vii) 前記第 2 のビード部分の内側縁で始まり、前記中心線に向かって内側に延在する第 2 の S 字反り部分、

を有し、前記第 1 と第 2 の S 字反り部分の各々が、 $(W_{B1} + W_{B2}) / 2$ と等しい幅 W_S を有する、ガラスリボンを製造する工程、

(B) 前記ガラスリボンからシートを切断する工程、および

(C) 前記シートから前記第 1 と第 2 のビード部分を切り落とす工程、
を有してなり、

(i) 前記ガラスが、該ガラスが実質的に粘弾性材料から実質的に弾性材料への転換を経るガラス転移温度範囲 (G T T R) を有し、

(ii) 工程 (A) において、前記リボンを、G T T R より高い温度から G T T R 未満の温度まで冷却し、

(iii) 前記リボンの中心線が G T T R より高い温度にある位置で、該リボンの前記第 1 と第 2 のビード部分を、それぞれ、第 1 と第 2 のエッジローラに接触せしめ、

(iv) 前記エッジローラの前記リボンとの接触により、前記ガラスの温度を局部的に下げ、

(v) 前記リボンの中心線が G T T R 内の温度にある少なくとも 1 つの位置で、該リボンの前記第 1 と第 2 のビード部分および / または前記第 1 と第 2 の S 字反り部分を加熱し

、および／または該リボンの中央部分を冷却して、前記Ｓ字反り部分の幅 W_s に亘る温度差を減少させ、それによって、前記シートのＳ字反りの発生を減少させる、ことを特徴とする方法。

【請求項２】

前記加熱および／または冷却により、前記Ｓ字反り部分の幅に亘る温度差を４０未満に減少させることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項３】

前記ＧＴＴＲの上端が８５０以下であり、該ＧＴＴＲの下端が６５０以上であることを特徴とする請求項１または２記載の方法。

【請求項４】

前記加熱および／または冷却を実質的に前記ＧＴＴＲの間中ずっと行うことを特徴とする請求項１から３いずれか１項記載の方法。

【請求項５】

(i)前記ＧＴＴＲが、上端が７８０以下であり、下端が７２０以上である低温度部分を有し、(ii)前記加熱および／または冷却が行われる前記少なくとも１つの位置が、前記ＧＴＴＲの前記低温度部分内の位置を含むことを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項６】

(i)前記ＧＴＴＲが、上端が７８０以下であり、下端が７６０以上である低温度部分を有し、(ii)前記加熱および／または冷却が行われる前記少なくとも１つの位置が、前記ＧＴＴＲの前記低温度部分内の位置を含むことを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項７】

前記加熱および／または冷却により、前記Ｓ字反り部分の幅に亘る温度差を４０未満に減少させることを特徴とする請求項６記載の方法。

【請求項８】

前記Ｓ字反り部分の幅に亘る温度差を、主として前記第１と第２のビード部分および前記第１と第２のＳ字反り部分を加熱することによって減少させることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項９】

前記エッジローラを空冷することを特徴とする請求項１から８いずれか１項記載の方法。

【請求項１０】

前記シートが、２５０マイクロメートル未満のＳ字反りの公称レベルを有することを特徴とする請求項１から９いずれか１項記載の方法。

【誤訳訂正２】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】反りのレベルの低い平らなガラスを製造する方法

【技術分野】

【０００１】

本発明は、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）などのディスプレイ装置における基板として使用されるガラスシートなどのガラスシートの製造に関する。より詳しくは、本発明は、例えば、フュージョン・ダウンドロー法によるそのようなガラスシートの製造において生じる、「Ｓ字反り(S-warp)」として知られる問題を軽減する方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

A．ディスプレイ装置

ディスプレイ装置が様々な用途に用いられている。例えば、薄膜トランジスタ型液晶デ

ディスプレイ（ＴＦＴ－ＬＣＤ）が、いくつか例を挙げると、ノート型コンピュータ、フラットパネル型デスクトップモニタ、ＬＣＤテレビ、およびインターネット通信デバイスに用いられている。ＴＦＴ－ＬＣＤパネルおよび有機発光ダイオード（ＯＬＥＤ）パネルなどのある種のディスプレイ装置は、平らなガラスシート上に直接製造される。多くのディスプレイ装置に関して、パネルに用いられるガラスは、ガラスの表面に亘り、約１５０マイクロメートルおよび約２５０マイクロメートル以内で平らでなければならない。ガラスにおけるどのような反りや波しわも、ディスプレイの品質に悪影響を及ぼす。

【０００３】

説明の目的で、上述したものなどの多くのディスプレイ装置において、ディスプレイ装置に用いられるガラスシート（ガラス基板）上に電子部品を組み込むことが有用である。しばしば、電子部品は、ＴＦＴのものを含む相補型金属酸化膜半導体（ＣＭＯＳ）デバイスである。これらの用途において、ディスプレイのガラス材料上に直接半導体構造を形成することが有益である。

【０００４】

それゆえ、多くの液晶ディスプレイは大抵、トランジスタがその上に形成されたガラス基板に関連する液晶（ＬＣ）材料の層を含む。トランジスタは、パターン化アレイに配列されており、所望の様式でＬＣ材料の分子を方向付けるために所望の電圧を提供する（スイッチオンする）周辺回路により駆動される。トランジスタは、ディスプレイの画素（ピクセル）の必須部品である。

【０００５】

ガラスパネルの平面度のどのような変動も、ピクセルおよびトランジスタの間隔の変動の原因となるであろうことが、容易に認識できる。これにより、ディスプレイパネルが歪み得る。それゆえ、ＬＣＤおよび他のガラスディスプレイ用途において、少なくとも上述した反ったガラスの問題を避けるために、平面度が許容範囲内にあるガラス基板を提供することがことのほか有益である。

【０００６】

B. S字反り

反りは、平面からの逸脱により特徴付けられるガラスシートの欠陥である。これは、ＬＣＤガラス基板の製造において最もやっかいでしつこい問題の内の１つである。様々なタイプの反りが知られており、本発明は、Ｓ字反りに関する。

【０００７】

図１に示すように、Ｓ字反りは、成形プロセス中にガラスリボンの「連続縁」に平行なシートの縁（２３ａ，２３ｂ）の一方または両方に生じるガラスシートの正弦波状面外歪みにより特徴付けられる。この「連続縁」は、成形プロセスにおけるガラスの移動方向に対して平行なりボンの縁である。例えば、フュージョン・ダウンドロー法において、これらの縁の向きは垂直であり、一方で、フロート法において、その向きは水平である。

【０００８】

一般に、Ｓ字反りに関連する面外歪みの振幅は、山－谷で、例えば、０．１から２ミリメートル程度であり、歪みの周期は２００から７００ミリメートル程度である。特定のガラス製造プロセスおよび設備で、他の振幅および周期が生じるであろう。本発明は、そのような場合にも適用できる。

【０００９】

最終的なガラスシートにおいて許容できるＳ字反りのレベルは、そのシートの意図する用途に依存することが当業者には理解されよう。一般的なガイドラインとして、シートの長さに沿った山－谷Ｓ字反りのレベルは、好ましくは１０００マイクロメートル未満、より好ましくは６００マイクロメートル未満、最も好ましくは約２００マイクロメートル以下であり、例えば、シートは、２５０マイクロメートル未満のＳ字反りの公称レベルを有することができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

本発明の以前は、S字反りの原因に基本理解はなく、それゆえ、それを低減させる／制御するための系統的手法もなかった。したがって、必要とされているのは、少なくとも当該技術分野におけるこれらの欠点を克服した実質的に平らなガラスを形成する方法である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明は、ガラスのシート（例えば、フラットパネルディスプレイの製造に使用するためのガラス基板）を製造する方法であって、

（A）引き抜き法(drawing process)を用いてガラスリボン（例えば、図2および3における参照番号15を参照のこと）を製造する工程であって、このリボンが、

(i) 中心線(17)、

(ii) 第1の縁(19a)、

(iii) 第2の縁(19b)、

(iv) 第1の縁(19a)で始まり、中心線(17)に向かって内側に延在する第1のビード部分(21a)であって、内側縁(23a)および幅 W_{B1} を有する第1のビード部分(21a)、

(v) 第2の縁(19b)で始まり、中心線(17)に向かって内側に延在する第2のビード部分(21b)であって、内側縁(23b)および幅 W_{B2} を有する第2のビード部分(21b)、

(vi) 第1のビード部分(21a)の内側縁(23a)で始まり、中心線(17)に向かって内側に延在する第1のS字反り部分(25a)、および

(vii) 第2のビード部分(21b)の内側縁(23b)で始まり、中心線(17)に向かって内側に延在する第2のS字反り部分(25b)、

を有し、第1と第2のS字反り部分の各々が、 $(W_{B1} + W_{B2}) / 2$ と等しい幅 W_S を有する工程、

（B）ガラスリボン(15)からシート(13)を切断する工程、および

（C）シート(13)から第1と第2のビード部分(21a, 21b)を切り落とす工程、
を有してなり、

(i) ガラスが、そのガラスが実質的に粘弾性材料から実質的に弾性材料への転換を経るガラス転移温度範囲(GTTR)を有し、

(ii) 工程(A)において、リボン(15)が、GTTRより高い温度からGTTR未満の温度まで冷却され、

(iii) リボン(15)の中心線(17)がGTTRより高い温度にある位置で、リボン(15)の第1と第2のビード部分(21a, 21b)が、それぞれ、第1と第2のエッジローラ(27a, 27b)と接触し、

(iv) エッジローラ(27a, 27b)のリボン(15)との接触により、ガラスの温度が局部的に減少し（例えば、エッジローラは、それらの定常温度がリボンの定常温度よりも低いように空冷または水冷されても差し支えない）、

(v) リボンの中心線がGTTR内の温度にある少なくとも1つの位置（例えば、図3の領域31内のある位置）で、リボン(15)の第1と第2のビード部分(21a, 21b)および／または第1と第2のS字反り部分(25a, 25b)が加熱され、および／またはリボンの中央部分が冷却されて、S字反り部分の幅 W_S に亘る温度差が減少し、それによって、シートのS字反りの発生が減少する、
ことを特徴とする方法を提供する。

【 0 0 1 2 】

ある好ましい実施の形態において、加熱および／または冷却は、S字反り部分の幅に亘る温度差が40 未満、より好ましくは30 未満、最も好ましくは20 以下となるように行われる。

【 0 0 1 3 】

他の好ましい実施の形態において、G T T R は低温度部分を有し、加熱および / または冷却が行われる少なくとも 1 つの位置が、この低温度部分内の位置（例えば、図 3 における領域 3 3 内の位置）を含む。

【 0 0 1 4 】

さらに好ましい実施の形態において、S 字反り部分の幅に亘る温度差は主に、第 1 と第 2 のビード部分（2 1 a , 2 1 b ）および第 1 と第 2 の S 字反り部分（2 5 a , 2 5 b ）を、例えば、ヒータの巻線により加熱することによって減少する。

【 0 0 1 5 】

説明を容易にするために、本発明は、ガラスシートの製造に関して記載し、主張する。明細書および特許請求の範囲の全体に渡り、「ガラス」という用語は、ガラス材料とガラスセラミック材料の両方を包含することを意図している。

【 0 0 1 6 】

本発明の先の概要に使用した図 1 ~ 4 の参照番号は、読者の便宜のためのみであり、本発明の範囲を制限するものが意図されているものでも、そう解釈されるべきでもない。より一般に、先の一般的な説明および以下の詳細な説明の両方は、本発明の単なる例示であり、本発明の性質および特徴を理解するための概要または構成を提供することが意図されているのが理解されよう。

【 0 0 1 7 】

本発明の追加の特徴および利点は、以下の詳細な説明に述べられており、一部は、その説明から当業者には容易に明らかであるか、またはここに記載された本発明を実施することによって理解されよう。添付の図面は、本発明をさらに理解するために含まれたものであり、本明細書に包含され、その一部を構成する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

図 1 は、S 字反りを示す概略図である。この図面の縦軸の目盛りはミリメートルで示されており、この図に示された最大反りレベル（最大湾曲）は 0 . 5 ミリメートルである。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、個々のガラスシートがそこから切断される、引き抜き法により形成されたガラスリボンを示す概略図である。リボンの中心線と縁に対するリボンのビード部分と S 字反り部分の位置がこの図に示されている。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、本発明の実施の形態によるフュージョン・ガラス製造装置の概略図である。エッジローラ（2 7 a , 2 7 b ）、G T T R（3 1 ）、G T T R の低温度部分（3 3 ）の位置がこの図に示されている。

【 0 0 2 1 】

図 4 は、本発明にしたがって S 字反りを減少させるまたはなくすために使用できる代表的な温度プロファイルを示すプロットである。

【 0 0 2 2 】

ディスプレイパネル、例えば、液晶ディスプレイパネルの製造に用いられるガラス基板には、薄いという共通の特徴がある。例えば、基板の厚さは、多くとも 1 . 1 ミリメートル、より一般的に、約 0 . 7 ミリメートルであり、将来的には、さらにより薄くなるであろう。この薄さのために、基板は、曲がり(buckling)により応力を解放でき、それら基板は、完成状態と、製造されている間の両方でそうする。

【 0 0 2 3 】

完成した基板が、重力のかからないまたは実質的に重力のかからない環境（例えば、ガラスと同じ密度を持つ流体中）に置かれた場合、基板は、長距離の面内応力が実質的になくなる。むしろ、曲がりにより、基板は、長距離の面内応力が解放された非平坦形状をとる。基板がその環境から取り出され、平らな表面に置かれたら、その形状は重力の作用により変化し、再度、重力の作用の結果として、ガラスにある程度の応力が生じる。それゆ

え、重力のかからないまたは実質的に重力のかからない環境にある曲がりのある実質的に応力のない完成基板は、重力の結果として、平らな表面上で曲がりのついた応力含有基板となるが、その曲がりは、重力のかからないまたは実質的に重力のかからない状態におけるものとは異なる。

【 0 0 2 4 】

フラットパネルディスプレイの製造に使用するための典型的な基板について、曲がりにより解放できる長距離応力は、約 30 ミリメートルより長い空間周期を持つものである。ある短距離応力、例えば、約 10 ミリメートル以下の面内距離に亘る応力は、解放されないかもしれないが、より長い面内距離に亘り、曲がり機構は、面内応力を実質的に除去するように働く。

【 0 0 2 5 】

一般的な場合、基板内の面内応力は二次元分布を有することに留意されたい。そのような分布は、空間成分に関して分析できる。比較的低い空間周波数（比較的長い空間周期）を有するこれらの成分は、曲がりにより解放できるが、比較的高い空間周波数（比較的短い空間周期）を有するものは一般には解放できない。上述したように、フラットパネルディスプレイ用の典型的な基板について、曲がりが応力を解放するのに効果的である長い空間周期と、曲がりが効果的ではないであろう短い空間周期との間の移行は一般に、10 ~ 30 ミリメートルの範囲にある。

【 0 0 2 6 】

ディスプレイ用途に使用するためのガラス基板は、各々が、個々の基板がそこから切断されるガラスのリボンを製造する、ダウンドロー法、アップドロー法、およびフラット法などの連続製造プロセスにより工業的に製造されている。そのような連続製造プロセスは、原料を溶融し、精錬して溶融ガラスを製造する工程を含み、次いで、その溶融ガラスは、適切な成形設備、例えば、オーバーフロータイプのダウンドロー法の場合の「アイソバンプ」によりリボンに形成される。

【 0 0 2 7 】

一旦成形されたら、リボンは冷却され、これにより、リボンを構成するガラスが、応力が急激に解放される、粘弾性材料（すなわち、ガラス質 / 半液体状態にある材料）から、引張応力を支持できるが、曲がりにより圧縮応力に応答する薄い弾性材料への転換を経る。粘弾性材料から弾性材料への転換は複雑な現象であるが、この転換は、リボンの長さに亘る特定の区域（転換区域）で生じると考えられる。転換区域は、ガラスがそのガラス転移温度範囲（G T T R）を通過しているリボンの部分にある。より詳しくは、その区域は一般に、G T T R の低温度端部の近くにある。第 1 の近似として、リボンは、転換区域において、応力が急激に解放される粘弾性材料であるかまたはちょうどその材料であったので、実質的に応力がない。

【 0 0 2 8 】

それゆえ、概要で、連続ガラスリボンを利用するガラス基板の製造プロセスは、ある実質的に長い範囲の応力のない状態（転換区域の状態）から、別の実質的に長い範囲の応力のない状態（室温での切断された基板の状態）に進行するものと見ることができる。この室温での実質的に長い範囲の応力のない状態は、曲がりにより応力を解放できるガラスの薄さの結果である。

【 0 0 2 9 】

上述したように、本発明は、G T T R と室温との間で行われる冷却から生じ得る曲がりのタイプの特定の例、すなわち、S 字反りに関する。このタイプの曲がりは、フュージョン法またはフロート法などの、様々な連続リボン成形プロセスにおいて問題となり得る。低応力および / または低反りの製品をうまく製造するために、S 字反りを、低レベルに減少させるかまたはなくす必要がある。

【 0 0 3 0 】

キセノンランプなどの高輝度点光源ランプを使用することにより、S 字反りは容易に検出できる。この技法において、ガラスシートを位置決めし、シートを垂直に保持し、縁を

頂部でのＳ字反りについて検査する。ランプからの光は、狭い角度でシートの面から反射される。これにより、ランプの反対に位置するスクリーン上で見ることで見ることのできるシートの反射像が生成される。Ｓ字反りの山・谷は、投射像において、大幅に拡大される。

【００３１】

Ｓ字反りは、全シート反り測定を用いても見ることができる。この技法において、シートを平らなテーブル上に水平に据え置き、平らなテーブルからのシートの隆起を測定する装置を用いて、シートの表面に亘り読取りを行う。図１は、Ｓ字反りを有するガラスシートの代表的な全シート反りデータをプロットしたものである。

【００３２】

本発明によれば、Ｓ字反りの源を発見し、ガラス基板におけるこの欠陥を効果的に低減するまたはなくす方法を開発した。特に、Ｓ字反りの原因は、リボンがＧＴＴＲを通過するときのリボンのＳ字反り部分に亘る過剰に大きい温度差にあると判断した。

【００３３】

Ｓ字反りの起源は、フュージョン・ダウンドロータイプのガラス引き抜き法への本発明の適用を示した図３を参照すると、理解できる。図３に示されるように、一般的なフュージョン装置は、キャピティ３９内に溶融ガラス（図示せず）を受け取る成形構造体（アイソパイプ）３７を備えている。アイソパイプの根元は４１で示され、ガラスのリボン１５は、その根元を去った後、エッジローラ２７ａ，２７ｂを横切る。アイソパイプ３７の基部４１は、アイソパイプ３７の両外側からの溶融ガラス同土が結合する場所を称する。フュージョン装置は当該技術分野において公知であるので、実施の形態の説明を分かりにくくしないように、詳細は省く。しかしながら、他のタイプのガラス製造装置（例えば、フロート装置）を本発明に関して用いてもよいことに留意されたい。そのような装置は、ガラス製造において当業者の範囲内である。

【００３４】

フュージョンタイプまたは他のタイプのガラス製造装置において、ガラスシート（ガラスリボン）がその装置のドロ一部分を下方に移動するとき、そのシートは、物理的寸法だけでなく、分子レベルでも、複雑な構造変化を経る。例えば、アイソパイプの根元での柔軟な約５０ミリメートル厚の液体形態から、約０．５ミリメートル厚の剛性ガラスシートへの変化が、機械的要件と化学的要件を繊細に釣り合わせて、液体から固体状態への転換を完了する注意深く選択された温度場により行われる。決して完全ではない温度勾配により、シートの平面からの逸脱、具体的には、Ｓ字反りが生じる。

【００３５】

実例として、実施の形態のガラスは、約０．１から２０ｍｍ程度の厚さを持つ平らなガラスである。このガラスは、基板のサイズに応じて、約１５０マイクロメートルから約２５０マイクロメートル程度の、基板の長さに沿った平坦度を有することが有益である。このガラスは、上述したディスプレイを含むガラスディスプレイ、または平らで実質的に波のないガラス表面が有益な他の用途に使用してよい。代表例として、そのガラスは、コーニング社(Corning Incorporated)のコード１７３７またはコードＥａｇｌｅ２０００ガラス、もしくは他の製造業者により製造されたディスプレイ用途のためのガラスであってよい。

【００３６】

上述し、図３に示したように、エッジローラ２７ａ，２７ｂは、ガラスのＧＴＴＲに相当する位置より高い位置（すなわち、図３の領域３１より上の位置）でガラスリボン１５と接触する。エッジローラの温度はリボンの温度未満であり、例えば、エッジローラは水冷または空冷されている。このより低い温度の結果として、エッジローラは、ガラスリボンの温度を局所的に減少させる。この冷却は、リボンの細り(attenuation)を減少させる重要な機能を果たす。すなわち、局所的な冷却は、引き抜き中（例えば、図３の牽引ロール２９の作用により）に生じるリボンの幅の減少を制御するのに役立つ。したがって、リボンの縁に近い少なくともある程度の局所的冷却が、ガラスシート、特に、幅広のガラスシートを経済的に製造するのに要求される。

【 0 0 3 7 】

しかしながら、本発明によれば、ガラスリボンのこの局所冷却により、ガラスリボンから切断されたガラスシートにS字反りが生じ得ると判断された。具体的に、LCDディスプレイ用途のための現在標準であるガラスシート（例えば、コーニング社のコードE a g l e 2 0 0 0 ガラス）について、実験研究によって、S字反りが、リボンの中央に対してリボンの縁に近いより冷たい温度から生じると判断された。

【 0 0 3 8 】

S字反りの形成の背景にある物理的過程は、以下の思考実験によりさらに理解できる。

【 0 0 3 9 】

温度（RT）で、0.8メートル幅の中央片およびそれぞれ0.1メートル幅の2つの縁片の、長さが1メートルである薄いガラスシート（例えば、0.7mm厚）の3つの小片を考える。これらの小片は全て、平らでありかつ応力がない。ここで、これらの小片の内の1つが加熱された場合、熱膨張係数（これを 3.33 ppm/ とする）にしたがって、長さが増加する。例えば、中心片がRTからRT + 30 まで加熱されると、この小片は、1.000100メートルまで長さが増加する。

【 0 0 4 0 】

次に、この小片の幅と長さを物理的に切り落として、0.8メートル×1.0メートルの元の寸法に戻すことを考える。次に、2つの端部片を、切り落とした中央片に取り付けて、1メートル幅のシートを形成することを想像する。ここで、中央片をRTに戻すことを考える。中央片は、端部片に取り付けられているので、自由には収縮できない。その代わりに、その中央片は、面内引張応力を生じ、釣り合いをとる圧縮応力が端部片に生じるであろう。

【 0 0 4 1 】

十分な応力が生成されたときに、シートを平面からわずかに曲げられる小さな一時的脈動（例えば、音波）を考えると、シート、特に圧縮応力下にある端部片は、曲がって応力を解放する。この思考実験により生成される曲げパターンは、ガラス基板がS字反りを有する場合に見られるものと同じ一般形状を有する（図1参照）。

【 0 0 4 2 】

別の見方をすると、室温で、端部片は中央片よりも長い。何故ならば、端部片は、より冷たくなり始めており、したがって、それほど収縮していないからである。しかし、中央片および端部片は一緒に取り付けられており、よって、端部片は、このより長い長さを保持するために、曲がら（S形状）ざるを得ない。

【 0 0 4 3 】

ここで、これをシート成形プロセスの場合に戻す。リボン成形プロセスにおいて、重要な温度範囲、すなわち、G T T R および特に、G T T R の低温度部分を通して、端部片が中央領域よりも30 冷たく、シートが平らであるとする。この条件により、基本的に、所謂「氷で閉じ込めた(frozen-in)」30度の温度差を持つシートが生じる。30 の勾配が維持される限り、シートは平らなままである。これらのシートが最終的に均一な温度、例えば、室温になると、思考実験の場合におけるように、S字反りが発生する。

【 0 0 4 4 】

現実には、物理的過程はもっと複雑である。ガラスシートの熱膨張係数は温度により異なる。実際に、その熱膨張係数は、室温の場合に対してG T T R のある部分では、2倍から3倍高い。よって、G T T R における30 の温度差は、思考実験と1：1対応しない。また、シートは、成形プロセスにおいて、必ずしも平らではない。この形状が、S字反りに加わり、それと相互作用し得る。また、G T T R 領域を通して、シートに亘る冷却速度が異なり、ガラスの性質、並びに応力と形状に影響があり得ると、ガラスにおける差のある構造緩和が生じ得る。

【 0 0 4 5 】

上述した追加の物理的過程と追加された複雑性にもかかわらず、実験により、S字反りが、上述した思考実験において記載したモデルに矛盾しない様式で反応することが示され

た。さらに、S字反りは、このモデルをガイドラインとして用いて、効果的に制御できる。

【0046】

S字反りを制御する方法の1つは、重要な温度範囲にあるリボンに亘るシート温度を測定し、その重要温度範囲において、ガラスシートの縁が中央よりも著しくは冷却されないことを確実にするように加熱と冷却を調節することである（7mm厚、1.5メートル幅、1.5メートル長のコードEagle2000ガラスにおいてS字反りを生じさせるのに、40℃冷たい縁が十分であり得る）。

【0047】

第2の方法は、製品におけるS字反りを測定し、次いで、S字反りが存在する場合、縁をより熱くするおよび/または中央をより冷たくするような様式でプロセスにおける加熱と冷却を調節することである。この第2の方法は、所望であれば、リボンの温度測定を行わずに実施できる。例えば、重要な温度範囲においてより熱い縁および/またはより冷たい中央が生じるように予測される様式で、加熱および冷却を反復して調節し、各反復毎に、製品中のS字反りを測定できる。この反復プロセスは、S字反りが十分に減少したまたはなくなったことが見られたときに完了する。S字反りを減少させるまたはなくす第1と第2の方法を組み合わせて使用することが好ましい。

【0048】

ガラスのGTTTにおける温度プロファイルは、対流および熱の未支援放射を用いて実現できるよりも遅い/速い速度で冷却を可能にする様々な加熱/冷却装置を用いて調節できる。ガラスシート製造の当業者の範囲内の加熱/冷却装置を用いて、所望の温度プロファイルを実現してよい。

【0049】

S字反りを減少させるための一般的なガイドラインとして、重要な温度範囲は、GTTT、特に、GTTTの低温度部分である。LCDガラス、具体的には、コーニング社のコードEagle2000LCDガラスに関する代表値として、GTTTの上端は一般に、約850℃以下であり、GTTTの下端は一般に、約650℃以上である。例えば、GTTTの下端は、約700℃以上であって差し支えない。GTTTの低温度部分について、その上端は一般に、約780℃以下であり、その下端は約720℃以上であり、例えば、GTTTの低温度部分の下端は、約760℃以上であって差し支えない。

【0050】

どのような様式にも制限することを意図するものではないが、本発明は、以下の実施例によってより十分に説明される。

【実施例】

【0051】

S字反りの低減

図4は、低レベルのS字反りを持つガラス基板を製造することが分かっているコーニング社のコードEagle2000ガラスについてのガラス転移温度範囲（GTTT）における温度プロファイルを示している。より詳しくは、図4の温度プロファイルは、GTTTの少なくとも低温度部分に用いられる。

【0052】

この図は、S字反りを低減させるために用いられる温度プロファイルおよび対応するリボンの厚さの両方を示している。リボンのビード部分およびS字反り部分の位置も、この図に示されている。

【0053】

この図から分かるように、S字反り部分に亘る温度差は、それぞれ40℃未満である。実際に、リボンのS字反り部分に亘る温度をこのレベル以下に維持すると、低レベル、例えば、250マイクロメートル以下のレベルのS字反りとなることが分かり、一方で、それでも、幅広いガラスリボン、例えば、図4において2,250ミリメートルの全幅を有するリボンを引き伸ばせるように、エッジローラでリボンを十分に冷却することができる。

。

【 0 0 5 4 】

本発明の特定の実施の形態を記載し、説明してきたが、本発明の精神および範囲から逸脱せずに変更を行えることを理解すべきである。例えば、本発明は、主にフュージョン・ダウンドロー法に関して先に論じてきたが、エッジローラが、ガラスリボンの縁を冷却し、それゆえ、1つ以上の牽引ローラによる引き抜きから生じるリボンの細りを制限するために用いられるフロート法にも等しく適用できる。

【 0 0 5 5 】

本発明の範囲および精神から逸脱しない様々な他の改変が、ここの開示から当業者には明らかである。添付の特許請求の範囲は、ここに述べた特定の実施の形態並びにそのような改変、変更、および同等物を包含することが意図されている。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 6 】

【 図 1 】 S 字反りを示す概略図

【 図 2 】 個々のガラスシートがそこから切断される、引き抜き法により形成されたガラスリボンを示す概略図

【 図 3 】 本発明の実施の形態によるフュージョン・ガラス製造装置の概略図

【 図 4 】 本発明にしたがって S 字反りを減少させるまたはなくすために使用できる代表的な温度プロファイルを示すプロット

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

1 3 ガラスシート（ガラス基板）

1 5 ガラスリボン

1 7 リボンの中心線

1 9 a , b リボンの縁

2 1 a , b リボンのビード部分

2 3 a , b ビード部分の内側縁

2 5 1 , b リボンの S 字反り部分

2 7 a , b エッジローラ

2 9 牽引ロール

3 1 G T T R に相当するリボンの領域

3 3 G T T R のより低い温度部分

3 5 罫書き線

3 7 アイソパイプ、すなわち、フュージョン・ダウンドロー法に用いられる成形

構造体

3 9 溶融ガラスを受け取るためのアイソパイプのキャビティ

4 1 アイソパイプの根元