

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6086954号
(P6086954)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int.Cl. F I
C O 3 B 23/03 (2006.01) C O 3 B 23/03

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-154985 (P2015-154985)	(73) 特許権者	514249153 JAPAN 3D DEVICES株式会社 新潟県柏崎市大字安田7587番地1
(22) 出願日	平成27年8月5日(2015.8.5)	(74) 代理人	100181009 弁理士 中井 日出海
(65) 公開番号	特開2016-37446 (P2016-37446A)	(72) 発明者	加藤 理司 新潟県柏崎市大字安田7587番地1 J APAN 3D DEVICES株式会社 内
(43) 公開日	平成28年3月22日(2016.3.22)	(72) 発明者	瀬木 幸治 新潟県柏崎市大字安田7587番地1 J APAN 3D DEVICES株式会社 内
審査請求日	平成28年3月25日(2016.3.25)		
(31) 優先権主張番号	特願2014-163167 (P2014-163167)		
(32) 優先日	平成26年8月8日(2014.8.8)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学用曲げガラス板及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の寸法に切断した平板状ガラス板をプレス成形することによって光学用曲げガラス板を製造する方法において、前記平板状ガラス板の厚みが2mm以下であって、

(1) 前記平板状ガラス板を、(ガラス転移点(T_g)+20)以上(T_g+50)以下の温度範囲に加熱する工程

(2) 前記平板状ガラス板を、(T_g-50)以上(T_g+20)以下の温度範囲に予め加熱された上下1対のプレス型間の所定の位置に挿入する工程

(3) 前記プレス型間の所定の位置に挿入された前記平板状ガラス板を、単位面積当たり100kPa以上500kPa以下のプレス圧力1でプレス成形し、次いで、10kPa以上200kPa以下であって前記プレス圧力1よりも低いプレス圧力2に減圧する工程

(4) 前記平板状ガラス板の歪点をT_sとしたとき、前記プレス成形された曲げガラス板をプレス型間から取り出し、常温雰囲気内で少なくとも(T_s-70)の温度まで冷却する工程

によって、前記光学用曲げガラス板の形状精度を表すPV値を50μm以下とし、前記光学用曲げガラス板の表面粗さを表すRa値を5nm以下とすることを特徴とする、実質的に平坦部を有さない、全面が曲面形状の光学用曲げガラス板の製造方法。

【請求項2】

前記(1)の工程において前記平板状ガラス板が加熱される温度範囲が、(T_g+20

10

20

)以上($T_g + 35$)以下の温度範囲であることを特徴とする請求項1に記載の、実質的に平坦部を有さない、全面が曲面形状の光学用曲げガラス板の製造方法。

【請求項3】

前記(2)の工程においてプレス型が予め加熱される温度範囲が、($T_g - 30$)以上($T_g + 20$)以下の温度範囲であることを特徴とする請求項1乃至2に記載の、実質的に平坦部を有さない、全面が曲面形状の光学用曲げガラス板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、厚さの薄い板状のガラス部材をプレス成形することによって得られる光学用曲げガラス板及びその製造方法に関する。特に、生産性よく、精密な曲げ形状で、かつ表面凹凸が少ない、平滑性のよい表面を有した光学用曲げガラス板とその製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

曲げガラス板は、建物の窓、手すり、間仕切り及びショーケースなどに用いられ、さらに車両のフロントガラス、ドアガラス、ドアミラーなどにも用いられてきている。近年ではその用途が広がりを見せており、例えば、車両用ヘッドアップディスプレイにおいては、液晶ディスプレイの画像をフロントガラスに拡大して投射する光学部品として、曲げガラス板に反射膜をコーティングした凹面鏡が用いられている。また、急速に普及してきたスマートフォンのカバーガラスにおいても、一部ではあるが曲げガラス板が採用され始めている。

20

【0003】

凹面鏡用の曲げガラス板や、スマートフォンのカバーガラスとして用いられる曲げガラス板は、従来の曲げガラス板の用途である建築用や車両用の窓ガラスなどと比べて寸法的には小さいが、寸法精度、厚み精度、形状精度、平滑性及び光学的均質性などに対する要求ははるかに厳しい。これは、それらを用いて視認される映像が、微細で多くの情報を含んでいるため、正しく、高精細で表示する必要があるからである。そのような意味で、スマートフォンのカバーガラスやヘッドアップディスプレイの凹面鏡に用いられる曲げガラス板の製造方法は、従来の用途以上に、厳しい精度を満たすものでなければならない。

30

【0004】

ガラス部材をプレス成形する方法は大きく分けて、ガラス原料を溶融、脱泡、均質化し、円管フィーダーから流出する溶融ガラスを、熱間のまま所定の容量の塊に切断し分割して、プレス金型でプレスすることによって、目的の形状に成形する、いわゆるダイレクトプレス法と、容積に対して表面積が必要以上に大きくならないように所定容量に予め分断されたガラス材料を、常温から再加熱し所定の粘度まで軟化した後、金型を用いてプレス成形を行うリヒートプレス法がある。

【0005】

ダイレクトプレス法は、ガラス原料を溶融するために加えた熱量をそのまま利用してプレス成形を行えることから、エネルギー利用効率が高いという特徴を有する。しかしながら、熱間で溶融ガラスを所定容積のガラス塊に切断する必要のあること、流出フィーダーから溶融ガラスを所要流量で流出させる際に適した粘度(一般に、成形に最適な粘度より低い)にする必要のあることなどから、プレス時の温度を高く保つ必要がある。その結果、プレス成形の後から常温に達するまでの間のガラス部材の熱収縮量が大きくなってしまふことになり、高い寸法精度で成形品を得ることが困難である。従って、高い形状精度で曲げガラス板を製造する方法としては、ダイレクトプレス法は適していない。

40

【0006】

ガラス部材のリヒートプレス成形は、リング状の保持金型やエアフローティングベッドと呼ばれるセラミック製ブロックの上にガラス部材を載置し、炉内でガラス軟化温度付近ま

50

で加熱し、プレス金型で加圧して曲げ成形する方法である。常温のガラス部材に熱を加えてあらためて軟化させることから、ダイレクトプレス法に比べエネルギー利用効率は劣るが、ダイレクトプレス法ほど低粘度までガラスを軟化する必要がないため（すなわち、低温でプレス成形できるため）、成形後常温までの熱収縮量がダイレクトプレス法に比べ相対的に小さく、成形品の寸法精度を高めることが可能である。

【0007】

しかしながら、ダイレクトプレス法についても同様のことが言えるが、容積に対して表面積が大きい形状のガラス部材に表面積の小さなガラス塊を材料とする通常のリヒートプレス法を適用しようとする、成形過程でのガラス部材の表面積の拡大に伴い、ガラス部材とプレス金型との急速な熱交換によってガラス部材の温度が低下し、温度低下に伴って急激に粘度が上昇し、所定の形状に成形される前に、塑性変形が不可能なほど高い粘度に達してしまうことが避けられなくなる。すなわち、成形可能な形状にはある程度の限界があるのである。

10

【0008】

そして、このような従来のリヒートプレス法を適用するのが不可能なほど、容積に対して表面積が大きいガラス部材を成形したい場合、特に、厚さが均一の薄い板状のガラス部材を成形したい場合には、これまで次の2つの成形方法、すなわち曲げ成形法と薄板プレス成形法、が適用されてきている。

【0009】

（曲げ成形法）

曲げ成形法は、十分な平滑性を有する平坦なガラス板を用い、下面側を型（モールドともいう）に接触させた状態で加熱・軟化させて、自重によって、ないしは真空吸引力等の助けを借りて、型表面の形状に沿って曲げ成形する方法である。自重による曲げ成形法においては、最終形状に合わせた型の上方にガラス板を載置し、ガラス板がその自重で変形するのに十分な温度に加熱することによって、所定の曲げ形状が得られるのである。

20

【0010】

離型後（型から取り外した後）に所定の形状から変形してしまうことを防ぐため、成形品は型の上でガラス板の歪点より十分に低い温度まで冷却した後、型から外される。この場合、長い時間ガラスと型が接触していることになるので、型との接触面でガラス板の表面に型の跡が残ることを防止するために、型とガラス板との間に耐熱シートを介在させる方法が開示されている（特許文献1）。

30

【0011】

曲げ成形法では、ガラス板と型には大きな温度差がつかないし、又、型に大きな応力もかからないことから、型の材料にはあまり強度は必要とされていない。むしろ、生産性を高くするために多数の型を用いて生産する必要のあることから、安価で十分な耐火性があり、加工しやすい珪藻土などのセラミックが利用されることが多い。

【0012】

（薄板プレス成形法）

薄板プレス成形法は、薄い板状のガラス部材に対して行うリヒートプレス法である。前記した曲げ成形法と同様、製品と等しい厚さ及び十分な平滑性を備えた平坦なガラス板を用い、所定の粘度になるまで加熱し、その後プレス型で圧力をかけてプレスすることによって成形する。この成形法においても、プレス面の面粗度の悪化を抑制するため、耐熱性繊維シートに載せた状態でガラス板を所定の温度に加熱・軟化後、重量曲げ加工を行い、その後、上側プレス型と該ガラス板の間に耐熱性繊維シートを介在させた状態で目的の形状にプレス成形する場合が多い（特許文献2）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2012-116722

【特許文献2】特開2003-160346

50

【特許文献3】特開平6 - 219759

【特許文献4】特開平6 - 144855

【特許文献5】特表2013 - 536795

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

スマートフォンのように小さなディスプレイで高精細の文字や映像を見るためには、ゆがみがなく表面が極めて平滑なカバーガラスが要求される。そして、今後、スマートフォンのディスプレイは、見えやすく扱いやすくするために曲面にされたり、ディスプレイの有効面積を増大するためカバーガラスの周辺部を深く折り曲げたりすることが検討されている。同様に、車載ヘッドアップディスプレイの拡大投射用凹面ミラーも、映像を正確に投射するため、設計値とおりの正確な形状に成形し、かつ表面が極めて平滑であることが要求されている。

10

【0015】

ヘッドアップディスプレイ用凹面ミラーやスマートフォンのカバーガラスの形状精度はPV値で表される。PV値は、成形された曲げガラス板の形状において、曲面形状の設計値に対する最大誤差を測定範囲内における最も高い点(Peak)と最も低い点(Valley)の差として表したもので、50 μ m以下でなければならぬとされている。これは、PV値が50 μ mを超えると、形状の撓みに起因して、カバーガラスを通して見る画像や投射されてフロントガラスに映される文字や映像の中の直線が歪むためである。

20

【0016】

また、表面粗さについては、表面の凹凸を算術平均粗さRaで表した場合(JIS B0601に規定されている)、少なくともRa 5nmの平滑性が要求されている。Raが5nmを超える場合、凹凸としては10nmを超えることになり、このような凹凸があると、文字や画像や映像の中にある隅部が滲んでしまって不明瞭になってしまう。すなわち、解像度を悪化させるのである。

【0017】

曲面を有するカバーガラスをもったスマートフォンは一部で実用化されているものの、スマートフォン用の曲げカバーガラスを製造するための精密成形技術として、前記した形状精度や表面平滑性のニーズに対応するため、どのような成型技術が適しているかは明確ではなく、まだまだ研究開発段階である。ヘッドアップディスプレイに関しては、自動車のフロントガラス全体に情報を表示するため、凹面ミラーについても形状精度と平滑性を維持したまま大型化する必要があるが、やはりどのような技術が適当であるかは現時点では明確になっていない。

30

【0018】

前記「曲げ成形法」は、ガラス板の上面側は何物にも接触しないため、部材であるガラス板の少なくとも上側表面が持つ平滑性を損ねることなく成形できるという長所を持つ。しかし、成形品の形状の中に曲率半径が小さな部分(曲げが深い部分)が存在する場合等は、自重のみによって該曲率まで変形させることが困難になり、ガラス面が完全に型形状にならないきらなくなってしまう。そのような深い曲げを有する形状に対しては、真空吸引力等の助けを借りて型表面の形状にならうようにする工夫が必要となってくる。しかし、真空吸引力を確実にガラス板の全面にうまく波及させるための型の構造や曲げ方法を実現することは容易ではなく、ガラスの自重と真空吸引力だけでは目的の形状に成形することは依然として難しい。

40

【0019】

また、曲げ成形法においては、部材であるガラス板の下面が接触する型も、ガラス板とほぼ同じ軟化点近傍の温度まで昇温する必要があり、更に成形後は、冷却過程での変形を抑制するため、ガラス板を型に載せたまま、歪点より十分低い温度まで冷却する必要がある。このため、1サイクルに長時間を要し、一度に多くの型を用いて成形しない限り十分な生産性を確保できないという課題がある。

50

【0020】

一方、前記した従来の「薄板プレス成形法」では、塑性変形が可能な温度まで加熱されたガラス板は、上下一対の金型によって確実に所定の形状に規制されるため、曲率が小さな部位でもプレス成形により、ほぼ目的の曲率形状が実現されるはずである。しかしながら、従来の「薄板プレス成形法」では、「曲げ成形法」とは異なり、ガラス板の上下面共に予め設定されたプレス圧力でプレス金型と面接触することになるため、耐熱性繊維シートなどを介在させない限り、ガラス成形品にはプレス金型の持つ表面粗さが概ねそのまま転写されることが避け難かった。

【0021】

そして、表面粗さを改善するため耐熱性繊維シートを介在させると、プレス金型とガラス板との円滑な熱伝導が大幅に阻害されることになってしまう。そのため、プレス金型の温度とガラス板の温度をほぼ等しくするには、プレスした状態のまま長い時間保持する必要がある。この制約によって、1サイクルに長時間を要し、上記曲げ成形法と同様に、少ないプレス金型数では十分な生産性を確保することはできないという課題があった。

10

【0022】

曲げガラス板の表面の平滑性を向上させるため、プレス金型の表面の平滑性を向上させるという対策も考えられる。しかしながら、プレス金型の表面を10nm以下の表面粗さまで研磨するのは、実質的に不可能と言われており、プレス金型の表面粗さの改善だけで、曲げガラス板の表面に10nm以下という高度な平滑性を実現することは困難である。

【課題を解決するための手段】

20

【0023】

発明者らは、前記した「曲げ成形法」と従来の「薄板プレス成形法」が持つ課題を解決し、高い生産性を維持しながら、精密な形状精度と優れた表面平滑性を有する光学用曲げガラス板及びその製造方法の研究を進め、厚さ2mm以下のガラス板を対象にして、精度のよい光学用曲げガラス板及び製造方法を開発するに至った。

【0024】

本発明は、厚さ2mm以下のガラス板を、ガラス転移点(T_g)以上に加熱し、該ガラス板の自重によるのではなく、予め加熱された一对のプレス型によりプレス成形し、前記一对のプレス型の表面形状を転写することにより、形状精度を表すPV値を50 μ m以下、かつ表面粗さを表すRa値を5nm以下としたことを特徴とする光学用曲げガラス板である。

30

【0025】

さらに本発明は、所定の寸法に切断した2mm以下の厚みのガラス板をプレス成形することで、光学用曲げガラス板を得る製造方法として、

(1) 前記ガラス板を、前記ガラス板のガラス転移点(T_g)以上($T_g + 50$)以下の温度範囲に加熱する工程

(2) 前記ガラス板を、($T_g - 50$)以上($T_g + 20$)以下の温度範囲に予め加熱された上下1対のプレス型間に挿入する工程

(3) プレス型間の所定の位置に挿入された前記ガラス板を、前記ガラス板の単位面積当たり10kPa以上800kPa以下のプレス圧力でプレス成形する工程

40

(4) 前記ガラス板の歪点を T_s としたとき、前記ガラス板をプレス型間から取り出し、常温雰囲気内で少なくとも($T_s - 70$)の温度まで冷却する工程

によって、前記光学用曲げガラス板の形状精度を表すPV値を50 μ m以下とし、前記光学用曲げガラス板の表面粗さを表すRa値を5nm以下とすることを特徴とする光学用曲げガラス板の製造方法である。

【0026】

本発明の製造方法においては、前記工程(3)におけるプレス成形で、従来技術においては使用されることの多かった、プレス型とガラス板の間に耐熱性繊維シートなどの介在物を介在させない。

【0027】

50

本発明は、所定の寸法に切断したガラス板をプレス成形することによって光学用曲げガラス板を製造する方法において、厚さ2mm以下のガラス板を用いる。本発明が、2mm以下の厚みのガラス板を対象にするのは、一つには、前記したスマートフォンのカバーガラスやヘッドアップディスプレイに用いられる凹面鏡用ガラス基板が一般的に2mm以下の厚みのガラス板が採用されていることと、もう一つは、プレス成形法によってガラス板から曲げガラス板を製造する場合、ガラス板の厚みが厚いと、プレス圧力を高くする必要があり、高い形状精度と平滑な表面を実現するのが極めて困難だからである。

【0028】

本発明では、所定の寸法に切り出されたガラス板の周辺部は研磨されていることが望ましい。これは、切断工程において、ガラス板の周辺部に、ガラス板の破損につながる傷が発生している場合が多いので、この傷を除去する必要があるからである。特別な研磨は必要ではなく、一般的に採用されている辺角部の面取り研磨、辺部全般の平磨きなどでよい。周辺部を研磨しないまま、ガラス板を次工程に投入した場合には、温度の急激な変化に伴う熱衝撃によってガラス板が破損してしまうおそれがある。

10

【0029】

本発明の光学用曲げガラス板の製造方法における前記工程(1)はガラス板の加熱である。プレス成形前のガラス板は、ガラス転移点(T_g)以上($T_g + 50$)以下の温度範囲に加熱しなければならない。ガラス転移点(T_g)とは、過冷却状態の固体であるガラスから液体状態に変化する温度である。工程(1)においては、ガラス板を精密な成形に適切な温度まで予め加熱しておくのである。

20

【0030】

ガラス板の温度が、ガラス板のガラス転移点である T_g よりも低いと、プレス成形時に加えられた圧力が、ガラスの塑性変形によって緩和されず、破壊強度を超えることになって、クラックが発生しガラス板が破壊してしまう。逆に、ガラス板の温度が、($T_g + 50$)よりも高くなると、表面が容易に変形しやすく、プレス型表面の表面粗さがそのまま転写されやすくなり、高度な平滑性を実現できない。さらに、プレス型から離れた後のガラス板の熱収縮に伴う変形が起こりやすくなり、高度な形状精度が達成できなくなる。

【0031】

プレス前のガラス板の温度は、($T_g + 10$)以上($T_g + 35$)以下の範囲にあることが、さらに望ましい。これは、プレス時にガラス板が破損してしまうリスク、プレス型の表面粗さが転写されてしまうリスク、プレス型の離型後の熱収縮に伴う変形リスクのいずれもが小さくなり、安定的に高品質の光学用曲げガラス板が得られるからである。

30

【0032】

本発明の光学用曲げガラス板の製造方法における前記工程(2)は、前記工程(1)で加熱したガラス板をプレス成形するため、上下一対からなるプレス型間の所定の位置に挿入する工程である。所定の位置とは、下型の凹部全体を覆う位置である。凹部を中心とガラス板の中心を合わせて凹部全体を覆わなければならない。中心位置からずれた場合は、曲げ形状に偏りが生じてしまうおそれがあるので好ましくない。

【0033】

プレス型はプレス前に、予め($T_g - 50$)以上($T_g + 20$)以下の温度範囲に加熱しておかなければならない。プレス型の温度が($T_g - 50$)より低温であると、ガラス板が保有する熱量をプレス型が短時間で奪う結果、目的とする形状になるまで塑性変形が継続する前に変形が困難になり、プレス圧力によってガラス板が破壊してしまうからである。逆に、プレス型の温度が($T_g + 20$)を超えてしまうと、プレス型の表面粗さがガラス板の表面に転写されやすくなり、いわゆるオレンジピール(みかん皮の表面のような模様)が発生してしまう。また、プレス成形の際にガラス板の表面がプレス型に焼き付いて剥がれにくくなってしまう現象も発生する。そして、プレス型が予め加熱される温度は、($T_g - 30$)以上($T_g + 20$)以下の範囲にあることが、さらに望ましい。前記したリスクの発生がさらに低減し、安定的に高品質の成形品が得られるからである。

40

50

【0034】

本発明の光学用曲げガラス板の製造方法の工程(3)におけるプレス圧力は、10kPa以上800kPa以下でなければならない。プレス圧力が800kPaを超えると、形状精度を表すPV値は25 μ m程度と良好な形状精度を維持できるが、表面粗さRaがプレス型の表面粗度以上の粗さになってしまうからである。また、プレス型表面が早期に劣化してしまうという問題も生じる。逆にプレス圧力が、10kPaに満たない場合は、そもそも圧力制御が不安定となり、成形精度が非常に悪くなってしまう。

【0035】

本発明の光学用曲げガラス板の製造方法においては、プレス型でガラス板にプレス圧をかける時間は10秒を超える必要がある。プレス型をガラス板と確実に面接触させ、熱伝導による熱交換が確実に行われるようにするためである。プレス時間が10秒に満たない場合は、プレス型とガラス板との間の熱交換が不十分となって、プレス型から離れた後に、ガラス板が塑性変形しやすく、その結果、ガラス板表面の表面粗さRaは5nm以下という値を実現できて、所望の曲げ形状に対し、PV値が200 μ mを超えるほど悪化するリスクが高くなってしまふ。逆に、プレス時間が30秒を超えてしまふと、ガラス板の温度が下がりすぎて、プレス時間が終了する前に、ガラス板が破損してしまふリスクが高まる。また、成形時間のサイクルが長くなって、生産性が低下してしまふ。

【0036】

本発明の光学用曲げガラス板の製造方法における工程(4)は、薄板プレス成形された曲げガラスをプレス型から離型し、取り出し、冷却する工程である。冷却は、特別な炉内で行う必要はなく、プレス型間から取り出した後、常温雰囲気中、(Ts-70)の温度域まで速やかにかつできるだけ均一な環境下で冷却する。これは、冷却が不十分かつ不均一であると、プレス型によって成形された形状が、その後のサイクルタイムの時間の制約がある中で、ハンドリングによる物理的な力やガラスの自重によって変形し、あるいは場所によって熱収縮量の差が生じることを防止するためである。ここで、Tsはガラス板の歪点であり、この温度より低い温度では、ガラス中に残された歪はもはや除去できないとされている温度である。冷却過程において曲げガラス板内部に依然として歪が残留する可能性はあるが、これは後に徐冷炉を用いてTsより一旦高い温度にして除歪が行われるので、問題はない。

【0037】

本発明においては、プレス圧力は前記した範囲内になければならないが、より好ましくは、成形前期の圧力と成形後期の圧力をそれぞれ別に制御するのが望ましい。あるいは、成形後期をさらに二段階に分けて、成形中期の圧力とその後保持圧力を加えるという方法も望ましい。塑性変形できない温度域でガラス板に過剰なプレス圧力が掛かってガラス成形品に欠陥が発生することを防ぐために、ガラス板が塑性変形できる温度域にある間のプレス圧力と、ガラス板が塑性変形できない温度域に冷却されてからのプレス圧力を、二段階以上に変更するものである。

【0038】

例えば、成形前期段階では、100kPa以上500kPa以下の圧力で5秒間プレスし、その後、10kPa以上100kPa以下の圧力で10秒間プレスするという方法が望ましい。より具体的には、前期段階で500kPaの圧力で5秒間プレスし、後期段階では200kPaの圧力で10秒間プレスするという方法や、前期段階で100kPaの圧力で5秒間プレスし、後期段階では50kPaの圧力で10秒間プレスするという方法がある。このようにしてプレス成型した場合、ガラス板の形状精度が50 μ m以下で、表面粗さが5nm以下という優れた精密成形性が達成される歩留まりが向上する。これは、前期段階では、比較的高い圧力をより短時間加え、後期段階では比較的低い圧力をより長く加えることによって、精密形状出し、表面平滑性の向上及びガラス板の割れの低減を達成できるからである。

【0039】

プレス成形時の負荷(圧力)に耐えるため、大きな強度が求められることや、ガラスとの

10

20

30

40

50

良好な熱交換性が求められることから、プレス型の母材としては、熱伝導性に優れた鋼製など金属材料を使用することが望ましい。そして、プレス金型の表面に耐酸化性向上やプレスに対する機械的耐久性を向上させるためのコーティングや処理を施してもよい。

【0040】

また、ガラス板加熱用の熱源から発する熱輻射の強度ムラが、ガラス板昇温時にガラス板の場所による熱膨張の差を生み、平面度が悪化してしまうことを防止するため、加熱用熱源とガラス板との間に、該ガラス板と平行に、かつガラス板面より約30%程度大きな面積の均熱板（例えば、炭化ケイ素焼結体）を設置するのが有効である。均熱板を使用することで、ガラス板全体を均一な温度に加熱できることから、成形過程において優れた形状精度と表面平滑性が再現性よく達成されることになる。

10

【0041】

図1は、本発明による曲げガラス製造方法の工程説明図としてまとめたものである。工程(1)では、均熱板16を用いてもよい。工程(2)において、プレス型は、型内に埋め込まれたヒーターで所定の温度まで予熱されている。工程(3)の図において、矢印は上下方向から加圧されていることを示す。工程(4)の図は、プレス型からの取り出しと常温での冷却を表している。工程(a)は本発明の曲げ成形が終わった後の、ガラス板の除歪装置への移送を表している。

【0042】

図2は、本発明による曲げ成形プロセスのブロック図である。各工程での温度、圧力、加圧時間（押さえ時間）を例示している。

20

【0043】

以上詳述してきたように本発明は、ガラス板の加熱温度、プレス金型の予熱温度、プレス時間とプレス圧力の制御及び均熱板の利用によって、成形後の曲げガラス板の成形精度を表すPV値を50μm以下とするとともに、表面粗さを表すRa値を5nm以下とすることを特徴とする光学用曲げガラス板及びその製造方法を開示するものである。成形精度や表面粗さを共にこのような数値以下できることから、スマートフォンのカバーガラスやヘッドアップディスプレイ用凹面鏡などの光学用曲げガラス板及びその製造方法として非常に優れている。

【発明の効果】

【0044】

本発明の光学用曲げガラス板及びその製造方法に基づけば、算術平均粗さRaが10nmを超える（例えば、13nm）表面粗さを持つプレス型を用いてプレス成形を行っても、プレス成形前のガラス板が持つ平滑性を悪化させることがなく、5nm以下のRaが実現できる。さらに、プレス成形した曲面形状の設計値に対する最大誤差は、測定範囲内における最も高い点（Peak）と最も低い点（Valley）の差であるPV値として表したとき、50μm以下に抑えることができる。

30

【0045】

本発明に基づく光学用曲げガラスの製造方法は略常温の作業雰囲気内で行われ、プレス成形後には光学用曲げガラス成形品を該常温の作業雰囲気内に速やかにプレス型から離型し、冷却することで、一对のプレス型を用いて30秒以内のサイクルタイムで光学用曲げガラスが製造でき、プレス型一对当たり高い生産性が確保できる。

40

【0046】

これらの結果として、スマートフォンのカバーガラスやヘッドアップディスプレイ用凹面ミラーに用いられる光学用曲げガラス板を生産性よく、安価に、そしてPV値50μmという形状精度で、かつ表面粗さ5nmという表面平滑性で製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明による曲げガラス製造方法の工程説明図である。

【図2】本発明による曲げ成形プロセスのブロック図である。

【図3】表1に示したプレス成形時の温度、圧力及び時間と製造された曲げガラスの形状

50

精度及び表面粗さの関係を図示したものである。

【発明を実施するための形態】

【0048】

以下に実施例を示して本発明について詳しく説明する。便宜上、比較例を先に説明する。比較例、実施例1及び実施例2に示した条件で、各10枚の曲げガラスを製造し、曲げガラスの形状精度すなわちPV値及び表面平滑性（表面粗さ）すなわちRa値を測定した。その結果を表1にまとめ、図3に図示した。

【表1】

例	サンプル 番号	表面 粗さ (nm)	形状 精度 (μm)	プレス条件				ガラス板 温度 ℃	プレス型温度	
				圧力1 kPa	時間 sec	圧力2 kPa	時間 sec		上型 ($^{\circ}\text{C}$)	下型 ($^{\circ}\text{C}$)
比較例	1	9	73.1	1000	5	500	10	600	590	550
	2	9	73.6						588	550
	3	10	57.7						588	549
	4	9	65.6						588	549
	5	9	61.4						587	549
	6	9	57.8						588	549
	7	9	70.7						588	549
	8	10	64.9						587	549
	9	10	68.3						588	550
	10	10	64.1						588	550
実施例1	1	5	42.7	500	5	200	10	590	576	552
	2	4	38.3						575	551
	3	5	44.5						575	556
	4	4	42.6						576	555
	5	4	39.1						576	554
	6	5	41.6						576	554
	7	5	49.6						576	556
	8	4	45.9						577	554
	9	5	44.1						576	555
	10	5	48.6						577	555
実施例2	1	4	21.5	100	5	50	10	580	569	557
	2	5	23.1						570	557
	3	5	33.8						571	558
	4	4	26.4						571	558
	5	5	31						569	558
	6	5	24.9						571	559
	7	5	26.9						570	559
	8	4	20.9						571	560
	9	5	20						571	559
	10	5	24						571	559

10

20

30

【実施例】

【0049】

(比較例)

市販のソーダライムガラスを長さ200mm、幅65mm、厚さ2mmのガラス板に切断した。このソーダライムガラス板のガラス転移点 T_g は560であり、歪点 T_s は510である。ガラス板の周辺部は端面加工機を用いて研磨した。製品外となる外周をセラミック製の支持具で水平に保持したまま、加熱炉内で加熱した。加熱炉の熱源としては、長さ300mm、幅170mmの大きさで、表面に電熱線を保持するための略半円形断面形状の溝が掘られたセラミックス製熱板に、鉄クロム電熱線1種を装着したものをを用いた。均熱板は使用しなかった。

40

【0050】

熱板に備えられた電熱線に等しい電流を流し、その表面温度が900になるよう調節した。そして、ガラス温度が約600（すなわち、 $T_g + 40$ ）に到達したところで、隣接した上下一対のプレス型の間で移送した。一对のプレス型の内部には、ヒーター（図示しない）が埋め込まれており、予め電流を流すことよって、プレス直前の表面温度として、上型が590（すなわち、 $T_g + 30$ ）、下型が550（すなわち、 $T_g - 10$ ）に加熱しておいた。ガラス板を移送後、速やかに1000kPaの圧力で5秒間プレスした後、500kPaに圧力を減じて10秒間保持した後、プレス金型を離反させた。プレス金型の内面形状は半径800mmの球面の一部を構成する形状である。なお、事

50

前に測定しておいたプレス金型のプレス面の表面粗さ R_a は約 13 nm であった。

【0051】

このように曲げ成形した曲げガラス板を支持具に載せたまま隣接した取り出し位置へ移送し、 440 （すなわち $T_s - 70$ ）まで自然冷却した後、所定位置で曲げガラス板だけを取り出して、徐歪装置（図示しない）の内部に搬入する。但し、本例では、徐歪装置内へ搬入する直前の曲げガラス板を取り出し、常温まで急冷して上面側の表面粗さ R_a と、所定の球面（半径 800 mm ）に対する形状の最大誤差、すなわち測定範囲内の所定球面形状に対する最も高い点（Peak）と最も低い点（Valley）の差である PV 値を測定した。その結果、 $R_a = 9 \text{ nm}$ 、 PV 値 = $73 \mu\text{m}$ であった。ただし、表面粗さ R_a 値と PV 値を悪化させるレベルではないが、数ミリメートルから数センチメートルという長い周期の小さな凹凸が複数見られた。その後、製品外となる外周部分を切断して取り除いて最終的な曲げガラス板を得た。

10

【0052】

（実施例1）

比較例と同様に、周辺を研磨した同じ寸法及び組成のガラスを用いて、製品外となる外周をセラミック製の支持具で水平に保持したまま、加熱炉内で加熱した。加熱炉の熱源としては、セラミック製の長さ 300 mm 、幅 170 mm の大きさで表面に電熱線を保持するための略半円形断面形状の溝が掘られた熱板に鉄クロム電熱線一種を装着したものをを用い、熱板中央の長さ 200 mm 、幅 70 mm のエリアと外周の幅 50 mm のエリアには異なった電流が投入できるよう加熱回路を分離した。

20

【0053】

熱源である熱板とガラス板との間には、長さ 250 mm 、幅 120 mm で肉厚 10 mm の反応焼結炭化ケイ素製の均熱板を、ガラスからの距離が等しく 50 mm になるように、かつ熱板と均熱板とガラス板が鉛直方向に、それぞれの長辺が平行に並ぶように設置した。なお、ガラス板の平面度は $5 \mu\text{m}$ 以下、表面粗さ R_a は約 5 nm であった。

【0054】

熱板の中央エリアの電熱線には、その表面温度が 800 になるよう電流を流し、熱板の外周エリアの電熱線には、その表面温度が 1000 になるよう電流を流した。プレス型のプレス直前の表面温度は上型が 576 （すなわち、 $T_g + 16$ ）、下型が 552 （すなわち、 $T_g - 8$ ）であった。ガラス温度が約 590 （すなわち、 $T_g + 30$ ）に到達したところで、隣接した上下一対のプレス金型の間に移送し、速やかに 500 kPa の圧力で5秒間プレスした後、 200 kPa に圧力を低下し10秒間保持した後、プレス金型を離反させた。プレス品の内面形状は、比較例と同じ半径 800 mm の球面の一部を構成する形状である。事前に測定しておいたプレス金型のプレス面の表面粗さ R_a は約 13 nm であった。

30

【0055】

本実施例においても、 440 まで冷却した後、形状精度と表面粗さを測定するため、徐歪装置内へ搬入される直前の曲げガラス板を取り出し、常温まで急冷して上面側の表面粗さ R_a と、所定の球面（半径 800 mm ）に対する形状の最大誤差すなわち測定範囲内の最も高い点（Peak）と最も低い点（Valley）の差である PV 値を測定したところ、 $R_a = 5 \text{ nm}$ 、 PV 値 = $43 \mu\text{m}$ であった。そして、比較例で観察されたような数ミリメートルから数センチメートル周期の小さな凹凸は僅かに確認されただけであって、その数及び程度は共に大幅に改善されていた。その後、製品外となる外周部分を切断して取り除いて最終的な光学用曲げガラス板を得た。

40

【0056】

（実施例2）

実施例1と同様のガラス板及び製造方法によってガラス板を成形し、形状精度及び表面粗さを評価した。但し、本実施例では均熱板は用いなかった。

【0057】

ガラス板の温度が約 580 （すなわち、 $T_g + 20$ ）に到達したところで、隣接した

50

上下一対のプレス型の間へ移送し、速やかに100kPaの圧力で5秒間プレスした後、50kPaに圧力を低下し10秒間保持した後、プレス型を離反させた。プレス型のプレス直前の表面温度は上型が569（すなわち、 $T_g + 9$ ）、下型が557（すなわち、 $T_g - 3$ ）であった。プレス型の内面形状は半径800mmの球面の一部を構成する形状である。事前に測定しておいたプレス型のプレス面の表面粗さRaは約13nmであった。

【0058】

前記したように、プレス成形されたガラス板は支持具に載せたまま隣接した取り出し位置へ移送し、冷却を経て、所定位置でガラス成形品のみが取り出されて、徐歪装置内へ搬入され、除歪された後、曲げガラス板となる。本実施例においても、形状を測定するため、徐歪装置内へ搬入される直前のガラス成形品を取り出し、常温まで冷却して上面側の表面粗さRaと、所定の球面（半径800mm）に対する形状の最大誤差、すなわち測定範囲内での最も高い点（Peak）と最も低い点（Valley）の差であるPV値を測定したところ、 $Ra = 4\text{ nm}$ 、 $PV\text{ 値} = 22\text{ }\mu\text{m}$ であった。成形面に観察される数ミリメートルから数センチメートル周期の小さな凹凸は、実施例1と同等のレベルで目立たなかった。その後、製品外となる外周部分を切断して取り除いて最終的な光学用曲げガラス板を得た。

10

【0059】

（比較例と実施例の考察）

比較例は、ガラス板温度は本発明の温度範囲内にあるがやや高めであり（ $T_g + 40$ ）、プレス型の上型の温度が本発明の温度範囲外であって（ $T_g + 30$ ）、プレス圧力も本発明の適切な圧力範囲を超えて高い（1,000kPa）場合である。得られた曲げガラス板の表面粗さRa値は、5nmを超えて9~10nmであり、形状精度PVも、50 μm を超えて57~74 μm まで大きくなってしまっている。

20

【0060】

実施例1は、比較例よりガラス板温度を5 $\text{ }^\circ\text{C}$ 低下させ、プレス型の上型の温度及びプレス圧力を、本発明の適切な範囲内にしたものである。また、ガラスの加熱においては、熱板の電熱線への投入電流を調整することにより、ガラス板周辺部からの放熱による温度低下を防止している。さらに、均熱板を使用することによりガラス板の温度の均一化を図った。その結果、表面粗さRaは5nm以下となり、形状精度PV値も大幅に改善し、38~50 μm を実現することができた。また、比較例1で観察された凹凸も大幅に低減できた。この凹凸の原因は把握できていないが、均熱板の使用等によるガラス板の温度均一化によって、これを低減することができたものと考えられる。

30

【0061】

実施例2は、熱板の電熱線への投入電力を調整し、ガラス板周辺部の温度低下を防止したが、均熱板は使用していない。そして、ガラス板の温度を実施例1よりさらに15 $\text{ }^\circ\text{C}$ 下げ、プレス型の上型の温度も5 $\text{ }^\circ\text{C}$ 下げた例である。そして、プレス圧も100kPaまで下げて製造した結果、表面粗さRaが5nm以下で、形状精度PV値を20~34 μm まで改善することができた。

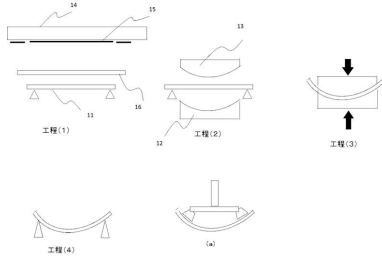
【符号の説明】

40

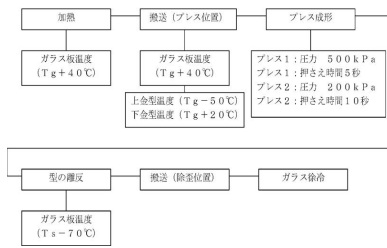
【0062】

- 11・・・ガラス板
- 12・・・プレス型（下型）
- 13・・・プレス型（上型）
- 14・・・熱板
- 15・・・電熱線
- 16・・・均熱板

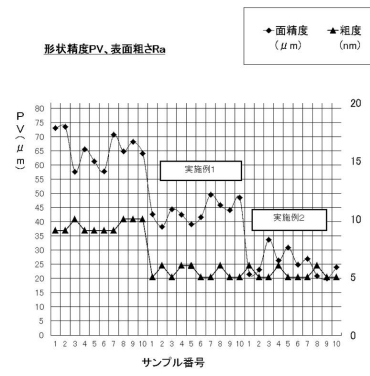
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 前田 伸広
千葉県柏市十余二380番地 岡本硝子株式会社内

審査官 山崎 直也

(56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0065366(US, A1)
特開平09-235123(JP, A)
特開平03-228840(JP, A)
特開2000-016822(JP, A)
特表平10-504274(JP, A)
特開2001-089172(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C03B 23/00-35/26