

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5152706号
(P5152706)

(45) 発行日 平成25年2月27日(2013.2.27)

(24) 登録日 平成24年12月14日(2012.12.14)

(51) Int. Cl.	F I
C O 3 C 21/00 (2006.01)	C O 3 C 21/00 1 O 1
C O 3 C 3/091 (2006.01)	C O 3 C 3/091
C O 3 C 3/093 (2006.01)	C O 3 C 3/093
C O 3 C 3/083 (2006.01)	C O 3 C 3/083
C O 3 C 3/085 (2006.01)	C O 3 C 3/085

請求項の数 8 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-195790 (P2012-195790)
 (22) 出願日 平成24年9月6日(2012.9.6)
 (62) 分割の表示 特願2011-235528 (P2011-235528)
 の分割
 原出願日 平成20年3月3日(2008.3.3)
 (65) 公開番号 特開2013-14512 (P2013-14512A)
 (43) 公開日 平成25年1月24日(2013.1.24)
 審査請求日 平成24年9月6日(2012.9.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-52216 (P2007-52216)
 (32) 優先日 平成19年3月2日(2007.3.2)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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
 (72) 発明者 澤田 正弘
 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
 審査官 山崎 直也

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 強化板ガラス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アルミノシリケートガラスであって、板厚方向に相対向する板表面にそれぞれ化学強化による圧縮応力層を有し、板端面に、圧縮応力が形成されている領域と圧縮応力が形成されていない領域とを有し、前記板端面において、前記圧縮応力が形成されている領域が前記板表面と平行に分布しており、

前記アルミノシリケートガラスが、ガラス組成として、質量%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 1.0~2.5%、 Li_2O+Na_2O 3~2.5%、 $CaO+MgO+ZnO+SrO+BaO$ 0~10%を含有し、前記圧縮応力層の厚さが100μm以下であり、少なくとも一方の前記板表面の圧縮応力値が200~1500MPaの範囲内にあり、JIS R1601(1995)に従う4点曲げ試験による平均破壊応力が400MPa以上、JIS R1625(1996)に従うワイブル係数が3以上であり、

且つ前記板端面が、スクライブ割断によって形成された面を有すると共に、折割工程を経ずに形成された面であることを特徴とする強化板ガラス。

【請求項2】

前記アルミノシリケートガラス中の Li_2O の含有量が0~1.9質量%であることを特徴とする請求項1に記載の強化板ガラス。

【請求項3】

前記アルミノシリケートガラス中の Al_2O_3 の含有量が1.2質量%以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載の強化板ガラス。

【請求項 4】

前記スクライプ割断が、前記板表面に対して 0.5 ~ 1.5 kgf の印加条件で行われていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載の強化板ガラス。

【請求項 5】

前記スクライプ割断が、割断速度 10 ~ 1000 mm/s で行われていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の強化板ガラス。

【請求項 6】

前記圧縮応力が形成されていない領域が、化学強化されていない領域であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載の強化板ガラス。

【請求項 7】

前記スクライプ割断が、前記板表面に対して 0.8 ~ 1.1 kgf の印加条件で行われていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 の何れかに記載の強化板ガラス。

10

【請求項 8】

前記圧縮応力層の厚さが 40 μm 以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 の何れかに記載の強化板ガラス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、携帯電話や PDA に代表される各種携帯情報端末や液晶ディスプレイに代表される電子機器の画像表示部あるいは画像入力部に搭載される基板材あるいはカバーガラス部材として使用される強化板ガラスに関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、産業界のあらゆる分野を巻き込んだデジタル技術の進捗等に見られる様に、情報産業は著しく発展し、その興隆はかつての繊維産業、鉄鋼産業あるいは造船産業等と同様の活況を呈するものとなっている。それに伴い携帯電話、デジタルカメラや PDA 等の携帯機器、あるいは液晶テレビ等の大型画像表示装置の拡販等、各種の情報関連端末に関する技術革新は留まることない拡がりを見せている。このような情報関連端末には、画像や文字等の情報を表示するため、あるいは情報をタッチパネルディスプレイなどで入力するための透明基板が搭載されており、この基板は高い環境性能を実現するため、そして高い信頼性を確保するため、その素材としてガラスが採用されている。

30

【0003】

情報産業の興隆を担う用途で使用されるガラスに要求される各種の環境性能は、ガラスが使用される環境に即した機械的強度、耐候性などの化学的耐久性、透過率や屈折率等の適正な光学恒数等、各種の物理化学性能であり、そのためガラスの材質設計はこれらのあらゆる課題を解決するための究極的な組成を決定することとなる。そしてこのようなガラスの材質設計のみで対応できない、より高い課題を解決するためにさらに 2 次的処理をガラスに施すことがこれまでも行われてきた。2 次的処理としては、例えば屈折率、密度の調整や強度を保全するための徐冷操作（アニールともいう）、ガラス表面の強化処理を行うための風冷強化等の物理強化やイオン交換等の化学強化等がある。

40

【0004】

2 次的処理の内でもガラス表面の化学強化は、強化を必要とする様々な用途で利用されるガラス製品に活用されてきた。化学強化の対象となるガラス製品は多岐に亘り、腕時計などの時計用のカバーガラスのような小さなものから窓板ガラスのような大型のものまで様々なものがあり、さらに化学強化法を行う上で生じる弱点を克服する発明も数多く行われてきた。例えば化学強化法は一般にガラス表面の化学的耐久性を低くするという問題点について、特許文献 1 は、化学的耐久性に優れた化学強化ガラスを製造するため、フロート板ガラスを硝酸カリウム熔融塩に漬けた後にさらにリチウム水溶液に漬ける方法が開示されている。また特許文献 2 は、タッチパネル等の用途で使用される板ガラスが化学強化によってソリを生じる問題について、化学強化を行うために鉛直方向に浸漬時に板ガラス

50

の支持位置を板ガラスの長辺長さと短辺長さの比によって変更することで問題が改善できるとする発明が開示されている。さらに特許文献3は、板ガラス全体を化学強化するには、特にディスプレイ等の大型の板ガラスを処理しようとするとき熱処理工程の管理が厳密に行わねばならず、工程の時間短縮化が困難であるという問題に対して、ガラス板の切断部に霧化した強化剤または粉末状の強化剤を吹き付けて、加熱用光を照射することで問題が改善できるとする発明が行われている。また特許文献4ではプラズマディスプレイ等の大型のディスプレイに用いられるガラス板の部分的な強化処理をカリウム塩及び高融点化合物を含有するペーストをガラス表面に堆積させることで達成できるとする発明も行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平07-223845号公報

【特許文献2】特開2004-189562号公報

【特許文献3】特開2006-282492号公報

【特許文献4】特表2003-514758号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、これまでに行われてきた発明だけでは、各種携帯情報端末等の用途で使用される高機能かつ表面性状に優れ、しかも高い製造効率を実現することのできる化学強化された板ガラスを実現するには難がある。イオン交換強化等の化学強化法を適用する場合には、通常その製品形状寸法まで加工した後に所定の化学処理を施すことが行われるが、このような方法では強化処理中に製品寸法の板ガラス1枚ずつを品質低下のないように支持せねばならず、そのため特許文献2に開示されたように支持方法等に様々な工夫を要するという問題点、あるいは通常の強化処理では板ガラス全体が処理されることになるため板ガラス製品としては高い強度が求められることのない部位にまでも強化処理が施されてしまうという問題もある。また特許文献3や特許文献4のような噴霧処理やペースト処理によって板ガラス全体ではなく、板ガラスに部分的な強化処理を施そうとするのは、所望の箇所、部位のみが強化できるという点では優れているものの、そのための処理設備や管理技術などの観点からも様々な精密かつ繊細な注意を必要とするものとなるために、強化板ガラスの製造は大きな労力を要するものになってしまうという問題がある。

【0007】

また化学強化を施したガラス物品は、その表面に圧縮応力が印加されているが、その内部のガラスバルクには引張応力が働いているため、化学強化処理後にガラス物品を貫通する、あるいは分断するような切断、割断等の物理的な加工を適正に施すことが困難であり、無理にこのような加工をガラス物品に施そうとするとガラス物品がその内部の引張応力のために、破壊されてしまう、あるいは切断や割断位置が望ましい箇所で行われずに精度の低い加工品しか得られなくなり不良品が多発するという問題点もある。また低い良品率で製造されたガラス物品の切断面には、大きな引張力が働いている領域があるため、経時的にガラス中のナトリウム等のアルカリ金属成分が、ガラス表面に析出し易く、ガラスの耐候性にも支障のあるという問題も認められる。

【0008】

また強化処理を板ガラスに施す場合には、予め板ガラスをその最終的な製品寸法にまでダイヤモンドや超合金ホイールチップを用いたスクライブブレイク法やダイヤモンドホイールを用いたダイサーカット法、レーザーを用いたレーザーカット法等を駆使することによって加工する。そして、さらに板ガラスの端面に発生した微細なクラックを除去するための研磨、ポリッシュ加工やフッ酸類等の各種薬剤を使用するガラス表面のエッチング処理を施し、ガラス表面に存在する微細なクラックや傷等を除去する操作を行う必要がある。しかしこのような工程はそれだけ製造の労力を多くし、効率の高い強化板ガラスの製

10

20

30

40

50

造を行うことができないという問題を有していた。

【0009】

本発明は上述のような諸問題を改善し、ガラス表面の強度を十分に強化することができ、しかも高い製造効率で安定した品位の強化板ガラスを製造するための経済的に優れた強化板ガラスの製造方法とこの製造方法によって得られる高い寸法品位と安定した表面強度を有する強化板ガラスの提供を課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の強化板ガラスは、アルミノシリケートガラスであって、板厚方向に相対向する板表面にそれぞれ化学強化による圧縮応力層を有し、板端面に、圧縮応力が形成されている領域と圧縮応力が形成されていない領域とを有し、前記板端面において、前記圧縮応力が形成されている領域が前記板表面と平行に分布しており、前記アルミノシリケートガラスが、ガラス組成として、質量%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 10~25%、 $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 3~25%、 $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{ZnO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 0~10%を含有し、圧縮応力層の厚さが100 μm 以下であり、少なくとも一方の前記板表面の圧縮応力値が200~1500MPaの範囲内にあり、JIS R1601(1995)に従う4点曲げ試験による平均破壊応力が400MPa以上、JIS R1625(1996)に従うワイプル係数が3以上であり、且つ前記板端面が、スクライプ割断によって形成された面を有すると共に、折割工程を経ずに形成された面であることを特徴とする。

10

20

【0011】

本発明では、アルミノシリケートガラスの板ガラスについて、板表面及びその表面近傍バルクについて特定のイオン種の密度分布を増加させるためのエネルギーを板ガラスに付与することによって、板表面及びその表面近傍バルクの原子密度を向上させ、その結果、板表面に平行な圧縮応力層を形成している。また、板端面については、圧縮応力が形成されている領域と圧縮応力が形成されていない領域とを設けている。ここで、圧縮応力が形成されていない領域とは、より具体的には圧縮応力がゼロ、あるいは引張応力が働いている領域である。

【0012】

板端面において、圧縮応力が形成されている領域は板表面と連続し、圧縮応力が形成されていない領域は、圧縮応力が形成されている領域と連続している。

30

【0013】

板ガラスの化学強化法としては、例えば必要に応じて低温型イオン交換法、高温型イオン交換法、表面結晶化法、脱アルカリ法などを適宜採用してよく、複数の方法を併用してもよい。ただ、経済的な観点から低温型イオン交換法、脱アルカリ法が好ましく、より好ましくは低温型イオン交換法を採用することである。

【0014】

板端面は、スクライプ割断によって形成された面である。表面に化学強化による圧縮応力層を形成した板ガラスをスクライプ割断によって分割すると、当該分割面によって形成される板端面は、圧縮応力が形成されている領域と圧縮応力が形成されていない領域とを有するものとなる。この圧縮応力が形成されていない領域は、言い換えれば、上記の化学強化が施されていない表面である。

40

【0015】

板端面の形状は、板ガラスの用途や目的に応じて様々な形態を採用することが可能であり、例えば、板表面に直角な平坦面のほか、板表面に対して傾斜して傾斜面、あるいは湾曲面、凹凸面、多角面、さらにはこれらを複合させた形状とすることができる。

【0016】

また板表面の外観形状やその寸法、さらに板厚についても、所要の強度性能を満足する限り、どのようなものであってもよい。例えば、板表面の外観形状は、矩形以外に円形、楕円形、三角形、五角形、六角形などの多角形等が可能である。また角のある外観を呈す

50

る形状とする場合に、板表面の角部についても様々な形状を採用してよい。例えばC面（隅切り、コーナーカットともいう）、R面、逆R面、エグリ、切り欠き等の形状としてよい。C面は、角部を直線状におとした形状であり、R面は板ガラス外側に凸状に湾曲したようにおとす形状、逆R面は板ガラス内側に湾曲したようにおとす形状、エグリはコの字状あるいは半円形状におとす形状、切り欠きは、角の頂点から一辺側に所定長さだけ他辺側にも所定長さだけの位置から直線状に、すなわちL字状になるようにおとす形状を表している。また必要に応じて糸面取りなどを施してもよい。板表面の寸法については、mmオーダーからmオーダーの外形寸法に適用してよい。板厚についても0.05mmから10mmまでの各種の板厚が可能である。ただし、強化処理を施す必要性や、精密機器、電子機器等に搭載する薄板ガラスとする場合には、軽薄短小化が望まれることになるため、10
このような観点からより好ましくは、0.05～2mmの範囲の板厚とするのがよく、さらに好ましくは0.06mmから1.5mm、一層好ましくは0.07mmから1.4mm、さらに一層好ましくは0.08から0.6mmの範囲の板厚とするのがよい。

【0017】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、板端面の圧縮応力が形成されている領域が板表面と平行に分布しているものであるならば、板表面の所望の強度を実現でき、高い安定した機械的強度を有する強化板ガラスとなる。

【0018】

上述のように、板端面において、圧縮応力が形成されている領域は板表面と連続し、圧縮応力が形成されていない領域は、圧縮応力が形成されている領域と連続している。従って、板端面において、圧縮応力が形成されていない領域は、圧縮応力が形成されている領域によって両板表面の側から挟まれた状態となる。このような構成とすることにより、板表面ばかりでなく、板端面の強度についても安定した性能を有する状態となる。20

【0019】

本発明の強化板ガラスを構成するガラス材質としては、無機酸化物ガラスの中から、アルミノシリケートガラスを使用する。ただし、精密機器、電子機器等に搭載する場合耐候性が低下するガラス材質は好ましくなく、具体的にガラス組成範囲で限定するならば、酸化物換算表示で表されるガラス組成中の Al_2O_3 含有量が質量百分率表示で10%未満である一般的なソーダ石灰ガラス以外のガラス材質が好ましい。 Al_2O_3 含有量が10%以上であれば、ナトリウムやカリウム等の耐候性を低下させる成分が含有している場合30
であっても、板端面の圧縮応力が形成されていない領域における耐候性の低下を抑止する効果が著しく大きくなるからである。

【0020】

本発明者は、化学強化が不要である部位にまで強化処理を施す必要性がない場合、あるいは化学強化を施しているために製造上、用途上等の問題があり、板ガラスの特定の表面には化学強化を施さない方がよい場合には、スクライブ割断等の物理的加工を採用し、予め大型の板ガラスをイオン交換した後に切断できることができるならば、化学強化処理に要する不要な設備や管理項目を少なくし、製造効率を大幅に向上させることが可能となり、化学強化の適用範囲を大幅に広げることができるということに注目し、このような観点から各種の研究を重ね、ある特定の強化処理条件を満足する場合には、切断時にも予め化学強化された板ガラスが良好に加工することが可能であり、引張応力がガラスに印加されることで破損したり破壊したりすることがなく、しかも切断後の板ガラスは十分に高い強度性能を有するものとなることを見出した。この特定の条件は、板ガラスの応力状態に関わるものであり、いくつかの応力状態に関する主要な値相互の関係を適正に管理することで実現することができる。40

【0021】

すなわち本発明の強化板ガラスは、上述に加え、圧縮応力層の板厚方向の応力分布が、板表面の圧縮応力値、圧縮応力層の厚み寸法、及び圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法により表される圧縮応力関数に従い制限されているものであれば、化学強化された板ガラスに物理的な加工を施すための外力を引加した場合であっても板ガラスの物理的加50

工面にガラスの強度を著しく低下させる微細なクラックや欠損部を生じることがなく、加工された強化板ガラスは高い加工表面品位を有するものとなる。

【0022】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、圧縮応力関数が、圧縮応力値と圧縮応力層の厚み寸法の積を上記圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法により除した関数であり、該関数によって算出される値が40MPa以下となるものであれば、強化板ガラスの板厚方向に相対向する表面は十分に強化され、しかも板ガラスの端面を形成するために物理的な外力を板ガラスに印加しても板ガラスが欠損、あるいはクラック等の欠陥を生じ難いものとできる。

【0023】

ここで、圧縮応力関数をF、圧縮応力値をP、圧縮応力層の厚み寸法をT、圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法をLと表した場合に下記の数1に示した式の様にあらわすことができる。

【0024】

【数1】

$$F = \frac{P \cdot T}{L} \leq 40\text{MPa}$$

10

20

【0025】

具体的に圧縮応力関数Fを求めるためには、圧縮応力値P、圧縮応力層の厚み寸法T、圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法Lのそれぞれを計測する必要がある。まず圧縮応力値Pと圧縮応力層の厚み寸法Tについては、例えば数ある応力の計測方法の内、屈折率計法を適用した表面応力計を使用することにより計測することができる。また圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法Lについては、圧縮応力層の厚み寸法Tが板ガラスの厚み寸法が十分に小さい場合には、対向する板表面について同じ寸法であることから、数2の式により算出することができる。数2の式で、Xは板ガラスの板厚寸法を表している。板ガラスの板厚寸法Xは、マイクロゲージやレーザー計測装置等の校正された計測機器を使用して計測することができる。

30

【0026】

【数2】

$$L = X - 2T$$

【0027】

すなわち、数1式は、数2式を代入することによって、数3式のように表してもよい。

40

【0028】

【数3】

$$F = \frac{P \cdot T}{X - 2T} \leq 40\text{MPa}$$

50

【 0 0 2 9 】

また、板ガラスの板厚が厚い場合や、意図的に板表面に異なる厚み寸法を有する圧縮応力層を設ける必要がある場合には、数 4 の式を適用してよい。数 4 の式で T 1 と T 2 は相対向する板表面のそれぞれについての圧縮応力層の厚み寸法を表している。

【 0 0 3 0 】

【 数 4 】

$$F = \frac{P \cdot T}{X - (T1 + T2)} \leq 40MPa$$

10

【 0 0 3 1 】

強化板ガラスの圧縮応力関数 F は、板ガラスの物理的加工を施す前の計測値により算出することができる。実際に圧縮応力関数 F に従う所定の条件で強化板ガラスを製造する場合には、強化処理に使用する各種設備によって板ガラスに施す強化処理条件が異なるものとなるため、上記した数 1 ~ 数 4 の式により予め製造条件を設定することによって、温度や時間等の最適な製造条件を設定する必要がある。また物理的加工を施す前に板ガラスの板表面に有機樹脂や無機材等を使用して被覆処理を施す場合には、被覆処理によって生じる影響を加味した評価を行う必要がある。

20

【 0 0 3 2 】

圧縮応力関数 F が 4 0 M P a 以下である場合には、その結果として板ガラス内部に働く引張応力が許容値を超えることがなくなり、このため物理的加工時に意図せぬクラックの伸張が生じることがなくなり、安定した加工を実現できるようになる。圧縮応力関数 F が 4 0 M P a を超えると、例えば物理的加工として強化板ガラスに切断加工を行う場合に、その切断方向から逸脱した方向へ意図せぬクラックが発生し易く、引張応力が大きすぎると強化板ガラス中をクラック破面が急激に進むことになり、板ガラスが瞬時に破裂したような症状を示す場合もある。強化板ガラスの圧縮応力関数 F が 4 0 M P a を僅かに超える場合であっても、意図せぬクラックの発生頻度が急激に大きくなる場合もあり、板ガラスの加工歩留まりを低下させることに繋がるため好ましいものではない。

30

【 0 0 3 3 】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、相対向する板表面のうち少なくとも一方の表面の圧縮応力が 2 0 0 ~ 1 5 0 0 M P a の範囲内にあるものであれば、各種情報端末に使用する場合であっても十分な強度性能を発揮することができる。

【 0 0 3 4 】

板ガラスの板表面の圧縮応力値は 2 0 0 M P a 以上であると、未強化ガラスに比べて、十分な機械的強度を示すものとなるが、一方、圧縮応力値が 1 5 0 0 M P a を超えると、板端面に物理的加工を施す際に、板表面に生じる圧縮応力のために生じる引張応力の値が大きなものとなり過ぎ、その結果、物理的加工が円滑に行いがたくなる。例えば切断加工を行おうとする場合には、切断方向とは異なる方向に微細なクラックが生じ、引張応力が一層大きいと、引張応力に従ってクラックが意図せぬ方向に急激に伸張し、ガラスが破碎してしまう場合もある。また、圧縮応力層の厚さが大きいほど、引張応力値は大きくなり、同様に物理的加工が困難となる。例えば、板ガラスの切断方法としてスクライブ切断法を採用する場合には、圧縮応力層の厚さが 1 0 0 μ m を超える場合には、ホイールチップによって板表面の切断箇所^に所定深さのきり筋（傷、スクライブラインともいう）を形成する際に、傷の先端から伸張するクラックが圧縮力によって阻まれて容易に形成されない状態となり、スクライブ加工に支障が生じることとなる。上述のような観点から、板ガラスの板表面の圧縮応力値は 2 0 0 ~ 1 5 0 0 M P a の範囲であり、圧縮応力層厚さは 1 0 0 μ m 以下とする。そしてさらに好ましい圧縮応力値の範囲は、5 0 0 ~ 1 1 0 0 M P a であり、さらに好ましい圧縮応力層の厚み寸法は 4 0 μ m 以下とすることである。

40

50

【0035】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、JIS R1601(1995)に従う4点曲げ試験により平均破壊応力が400MPa以上、JIS R1625(1996)に従うワイブル係数が3以上であるならば、強化を行わない板ガラスと比較して十分に高い安定した強度を実現することができるものとなる。

【0036】

ここでワイブル係数が3以上であるとは、1995年に「ファインセラミックスの曲げ強さ試験方法」(JIS R1601)として規定された日本工業規格に従い、全長36mm以上でJIS B0601に従う0.20μRa以下の表面粗度を有するガラス試験片を作成して、この試験片にクロスヘッド速度0.5mm/minの条件で圧子を降下させて4点曲げ強度の計測を行うと、算術平均の平均破壊応力値を求めることができ、さらにこの強度の計測結果を1996年に「ファインセラミックスの強さデータのワイブル統計解析法」(JIS R1625)として規定された日本工業規格に従い、ワイブルプロットに載せ、その傾斜より求めたワイブル係数が3以上となることを意味している。ワイブル係数は、計測結果の安定性を示すためのものであり、ワイブル係数が大きくなるほど安定な計測結果となっていることを表すものであるが、この値が3に未達であると強化板ガラスの強度的な性能に関する信頼性が低くなるので好ましくない。

【0037】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、酸化物換算の質量%表示でSiO₂ 50~80%、B₂O₃ 0~15%、Al₂O₃ 10~25%、Li₂O 0~20%、Na₂O 0~20%、Li₂O+Na₂O 3~25%、K₂O 0~20%、CaO+MgO+ZnO+SrO+BaO 0~10%、TiO₂+ZrO₂ 0~10%を含有することが好ましい。このようにすれば、低温イオン交換法等の適正な化学強化処理を選択することによって、高い強度を有するものとすることができる。

【0038】

これら本発明の強化板ガラスを構成する各成分の含有率の限定理由について、以下で説明する。

【0039】

SiO₂成分は原子配列オーダーにおけるガラスの構造の骨格をなす成分であってガラス構造の主要構成成分であり、ガラス組成中のSiO₂成分の含有量が増加するほどガラス構造の強度が強固なものとなり化学的耐久性が向上する傾向を有する。一方でSiO₂成分の含有量が増加すると、高温域での熔融ガラスの粘性が高くなり過ぎるため、ガラスの成形が容易なものではなくなり、高価な設備を使用せねばならない等のガラス製造上の制約が生じる。以上のような観点からSiO₂成分の含有率が50質量%未満になると、成形された板ガラスの化学的耐久性が劣悪になる。一方SiO₂成分の含有率が80質量%を超えるとガラスを均質に熔融する上で設備面、製造効率面等で様々な問題が生じることになり好ましくない。このためSiO₂成分の含有率は、50質量%から80質量%の範囲とし、好ましくは60~80質量%の範囲とすることであり、一層好ましくは60~70質量%の範囲とすることである。

【0040】

B₂O₃成分は、SiO₂成分と同様にガラス構造の網目構造の骨格となる成分の1つであり、ガラス熔融時に融剤として働くものである。しかしながらB₂O₃成分の含有量が増加しすぎると、例えばイオン交換を行う場合にアルカリ金属元素成分の固体ガラス中の易動度が低下することによってイオン交換性が低下することになる場合がある。このためB₂O₃成分の含有率は、15質量%を上限値とすることが好ましく、より好ましくは12質量%までとすることである。

【0041】

Al₂O₃成分は、例えばイオン交換を行う場合にはガラス構造中でアルカリ金属元素成分の移動を行い易くする成分であり、またガラスの化学的耐久性を安定化させるという働きも有する。このため、Al₂O₃成分は、ガラス中の含有率が5質量%未満であると

10

20

30

40

50

ガラスの化学的耐久性に支障が生じる場合があり、またイオン交換性が低下することとなる。一方、 Al_2O_3 成分のガラス中の含有率が25質量%を超えると、ガラス熔融時の熔融ガラスの粘性が高くなり過ぎるため、均質な板ガラスを得るためには Al_2O_3 成分の含有率の上限は25質量%とすることが好ましい。以上のように Al_2O_3 成分はガラス中の含有率が10~25質量%の範囲とし、好ましくはガラス中の含有率が10~23質量%の範囲とすることである。また本発明の強化板ガラスが、精密機器、電子機器等に搭載される薄板ガラスである場合、板端面の圧縮応力が形成されていない領域における耐候性を良好なものとするために Al_2O_3 成分は、10~25質量%、好ましくは10.1~23質量%の範囲とすることであって、一層好ましくは11~22.8%の範囲とすることであり、最も好ましくは12~22.8%の範囲とすることである。

10

【0042】

Li_2O 成分、 Na_2O 成分は、いずれも熔融ガラスの粘性を低下させ、ガラスの熱膨張係数を増加させる働きを有する成分であるが、例えばイオン交換強化処理を行う場合には、これらイオン(Na^+ や Li^+)のイオン半径より大きい K^+ イオンとのイオン交換を行うことによってガラス構造の構造密度が増加し、その結果圧縮応力が働くようになるので、このような強化方法を採用する場合には必須の成分である。よってガラス構造中でこのような働きを確実に実現するためには Li_2O 成分と Na_2O 成分の含量は、3質量%以上含有していることが好ましい。しかし Li_2O 成分や Na_2O 成分は、それぞれガラス成分として20質量%以上含有するとガラスの熱膨張係数が高くなりすぎるといことと、熔融ガラス中に結晶が析出し易くなり、熔融ガラスの失透による欠陥が生じやすくなるという問題もあるので好ましくない。また Li_2O 成分や Na_2O 成分の含量が、25質量%以上となると化学的耐久性が低下する場合もあるので好ましくない。よって Li_2O 成分や Na_2O 成分の含量は、上述の観点から3~25質量%である。また Li_2O 成分や Na_2O 成分は、それぞれ0~15質量%含有することがより好ましく、その含量は3~15質量%とすることがより好ましい。

20

【0043】

K_2O 成分は、 Li_2O 成分や Na_2O 成分程の大きな働きではないもののこれらと同様に熔融ガラスの粘性を低下させる成分であり、ガラスの熱膨張係数を増加させる成分である。また K_2O 成分は、 Li_2O 成分や Na_2O 成分に起因する失透現象を抑制する場合がある。ただし K_2O 成分は、ガラス組成中に20質量%以上含有すると K_2O 成分に起因する結晶が熔融ガラス中に析出し易くなり、失透することでガラスの欠陥となる場合もあるので好ましくない。このような観点から K_2O 成分のガラス組成中の好ましい範囲は、0~20質量%であり、より好ましくは0~10質量%の範囲とすることである。

30

【0044】

CaO 成分、 MgO 成分、 ZnO 成分、 SrO 成分及び BaO 成分は、いずれも熔融ガラスの粘性を低下させる働きを有する成分であるが、これら成分の含量が10質量%を超えると、化学強化処理の妨げになる場合がある。例えばイオン交換強化処理の場合であれば、これら成分がイオンのガラス中での易動度を低下させることになるからである。このような観点から CaO 成分、 MgO 成分、 ZnO 成分、 SrO 成分及び BaO 成分の含量は、10質量%までの含有量とし、好ましくは8質量%までの含有量とすることである。

40

【0045】

TiO_2 成分と ZrO_2 成分は、いずれも化学強化処理を促進する働きを有する成分であるが、それに加えてガラスの耐候性も改善する成分であるが、多量にガラス中に含有すると、そのガラスの失透傾向を高める働きが著しいものとなる。このため TiO_2 成分と ZrO_2 成分の含量は、より好ましくは2%以上の含有量とすることであり、10質量%を限度とするのが好ましく、より好ましくは6質量%までの含有量とすることであり、一層好ましくは5質量%までの含有量とすることである。

【0046】

なお本発明の強化板ガラスでは、上記に加えて、強度性能や用途上求められる化学的耐久性、ガラス熔融時の粘性、耐失透性等の性能に大きな影響を及ぼさない範囲で、必要に

50

応じて各種の成分をガラス組成中に添加することができる。本発明の強化板ガラスの構成成分として使用できるものを具体的に例示するならば、 P_2O_5 、 Fe_2O_3 、 SnO_2 、 Sb_2O_3 、 As_2O_3 、 SO_2 、 Cl_2 、 F_2 、 PbO 、 La_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 Y_2O_3 、 MoO_3 、希土類酸化物、ランタノイド酸化物等を質量%表示で3%以下の含有量であれば含有してもよい。

【0047】

また上述以外にも、質量%表示で0.1%までその他の成分を含有することができる。例えば、 OH 、 H_2 、 SO_3 、 CO_2 、 CO 、 H_2O 、 He 、 Ne 、 Ar 、 N_2 等の各種微量成分が該当する。

【0048】

また本発明の強化板ガラスでは、強化板ガラスの性能に大きな影響がないならば、ガラス中に微量の貴金属元素が含有してもよい。例えば Pt 、 Rh 、 Os 等の白金族元素をppmオーダーまで含有してもよい。

【0049】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、スクライブ割断であれば、強化板ガラスの製造効率を向上することができるため、大量に優れた品位の強化板ガラスを顧客に供給することが可能となる。

【0050】

また本発明の強化板ガラスは、上述に加え、板表面に各種の機能性被膜を施してもよい。このような機能性被膜としては、ガラスの表面に加えられる外力に対する保護膜としての機能や光学的な性能を確保するための薄膜、コーティング、さらにタッチパネル等に必要とされる導電膜等の機能性のコートが該当するものである。この中でも特によく利用できるものとしてはスズ含有酸化インジウム(ITO)膜や反射防止膜等をスパッタ法等による成膜がある。

【0051】

本発明の強化板ガラスは、ガラス組成として、質量%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 10~25%、 $Li_2O + Na_2O$ 3~25%、 $CaO + MgO + ZnO + SrO + BaO$ 0~10%を含有するアルミノシリケートガラスの板ガラスを得る工程と、該板ガラスの表面に対して、化学強化によって、厚み100 μm 以下の圧縮応力層を形成する圧縮強化処理工程と、該圧縮強化処理工程により化学強化された板ガラスをスクライブ割断して、強化板ガラスを得る分断加工工程とを有し、且つスクライブ割断後に折割工程を有しない方法によって、製造することができる。

【0052】

圧縮強化処理工程は、板ガラスの板表面及びその近傍バルクの構造密度を向上させる工程であり、例えばイオン交換強化を行う場合には、板ガラスを加熱された熔融塩中に浸漬することでイオン交換を行う工程、板ガラスにペーストや薬剤を含浸したセラミックス不織布等の耐熱性媒体を接触させた状態で加熱処理を行う工程、板ガラスの相対向する板表面のうち一方の表面のみに薬剤を噴霧した状態でその面を上方へと向けて水平保持した状態で加熱する工程等の各種の強化を行う処理工程を表している。

【0053】

またスクライブ割断を含む分断加工工程は、1つの強化板ガラスを2以上の板ガラスへと分割するための操作を行う工程であり、本発明では、1回の操作で切断を行う。

【0054】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、より具体的には、圧縮強化処理工程が、予め圧縮強化処理を施す前の圧縮応力関数 F を決定するために行われる強化処理条件設定工程と、次いでその適正な圧縮応力関数 F を満足する条件下で圧縮強化処理を実施する適正応力印加工工程よりなるものである。

【0055】

強化処理条件設定工程は、実際の処理施設の処理能力や人的な労力あるいは工程中で発生する様々な諸条件等の様々な要因を加味し、適正な処理条件を設定すべく処理温度条件

10

20

30

40

50

や処理温度時間を設定するために行われるものである。この工程では、予め準備したガラス試料片を使用してその強化処理条件が圧縮応力関数 F を満足し、しかも得られる製品が十分に高い強度を実現するかどうかを確認することによって、強化処理条件を設定する。次いでこの強化処理条件設定工程で決定した諸条件に従い、適正応力印加工工程にて化学強化処理を行うことで所望の安定した強度を有する板ガラスが製造できる。

【0056】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、上述に加え、圧縮強化処理工程により、板表面の圧縮応力層の板厚方向の応力分布が、板表面の圧縮応力値、圧縮応力層の厚み寸法、及び圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法により表される圧縮応力関数に従い制限されているものであれば、板ガラスに存在する内部の引張応力によって板ガラスが破壊される危険性が小さくなるので安定した加工が行え、製造効率が向上することになるので好ましい。さらに、圧縮応力関数が、圧縮応力値と圧縮応力層の厚み寸法の積を圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法により除した関数であり、該関数によって算出される値が 40MPa 以下となるようにするのがより好ましい。

10

【0057】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、上述に加え、スクライプ割断によって行われるものであれば、板ガラスの材料としての加工ロスを低減することができる。

【0058】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、上述に加え、分断加工工程での切断加工が、折割工程を有しないものとする。

20

【0059】

ここで、折割、あるいはブレイクとは、レーザーやホイールチップ等の初動加工のみで板ガラスを切断するのではなく、これらの初動加工の後にガラスに形成された傷、クラックラインに引張応力を集中することができるような応力を加えることによって板ガラスを分断するものである。このような加工方法では、それだけ工程数が増加することになるが、本発明では、このようなブレイク工程を省くことによって工程数を減らし、しかもブレイク時に発生するガラス粉によるガラスの汚染の問題や板ガラスに生じるカケ、すなわちチップングの問題をも回避することが可能である。

【0060】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、上述に加え、スクライプ割断が、板表面に $0.5 \sim 1.5\text{kgf}$ の印加条件で行われるものであれば、強化板ガラスに過負荷を付与することなく適正な切断が行えるので様々な板ガラス厚に対応する好ましい条件を採用することが可能となる。

30

【0061】

スクライプ割断の際のホイールチップ等による印加条件が 0.5kgf より小さいと、強化された板表面の圧縮力に抗するだけの働きを示さず、板表面に垂直なメディアクラックがガラスバルク内へと伸張することがない。一方スクライプ割断の際のホイールチップ等による印加条件が 1.5kgf を超えると、過負荷な条件となって、スクライプに伴って発生するメディアクラック以外に、強化板ガラスに平行なラテラルクラックやそれに付随するマイクロクラックが多数発生することになり、割断後のガラス端面がクリアな面状態にならないため好ましくない。以上のような観点からスクライプ割断の際のホイールチップ等による印加条件は、より好ましくは $0.8 \sim 1.1\text{kgf}$ の印加条件とすることであり、さらに好ましくは $1.0 \sim 1.1\text{kgf}$ の印加条件とすることである。

40

【0062】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、上述に加え、スクライプ割断が、割断速度 $10 \sim 1000\text{mm/s}$ で行われるものであれば、高い加工速度で製造が行えるので優れた品位の強化板ガラスを潤沢に市場に供給することができる。

【0063】

ここで、割断速度とは、スクライプを行う際のホイールチップ等の圧子のヘッド速度を意味している。

50

【0064】

スクライブ割断の割断速度が10 mm/sより低速であると、生産性が低下するばかりか強化板ガラス内部の引張応力のためにスクライブによって生じたメディアクラックが正常に進行しない場合も生じるので好ましくない。またスクライブ割断の割断速度が1000 mm/sより高速であると、ホイールチップから印加される力が十分に伝播することがなく、そのため強化された板ガラス表面の圧縮力によってクラックの成長が阻まれて板ガラス表面に垂直な方向に伸びるメディアクラックが十分な深さまで伸張することができなくなる。以上のような観点からスクライブ割断の割断速度は、より好ましくは10~500 mm/s、さらに好ましくは10~300 mm/s、一層好ましくは10~100 mm/s、さらに一層好ましくは20~80 mm/sの範囲とすることであり、最も好ましくは40~80 mm/sの範囲とすることである。

10

【0065】

また本発明に係る強化板ガラスの製造方法は、上述に加えホイールチップの刃先角度が90°~150°の範囲にあるならば、ホイールチップ刃先の移送が強化された板表面にして円滑なものとなる。

【0066】

ホイールチップの刃先角度が90°に満たない場合には、ホイールチップ先端がガラス表面の局所のみ強い応力を生じる結果、板表面から垂直方向に伸張するメディアクラックの伝播速度よりもホイールチップのガラス内への挿入速度が勝ってしまい、正常なクラックの伸張に伴う破断面が形成されないことになる。一方ホイールチップの刃先角度が150°を超える場合には、圧縮応力を有する板表面に十分な引張応力を印加することが困難となるので好ましくない。以上のような観点から、ホイールチップの刃先角度はより好ましくは100°~145°、さらに好ましくは100°~140°、一層好ましくは115°~130°の範囲とすることである。

20

【発明の効果】

【0067】

以上のように、本発明によれば、強化板ガラスの製造において高い製造効率を実現することが可能であり、板厚方向に対向する板ガラス表面の強度を十分に強化することができ、しかも端面にチッピング等の表面欠陥が存在しない高い外観品位の強化板ガラスを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の強化板ガラスの斜視図。

【図2】本発明の強化板ガラスの強化状態を表す説明図。

【図3】本発明の強化板ガラスの物理的な加工（スクライブ加工）が施された端面の表面の応力分布を示す説明図。

【図4】本発明の他の強化板ガラスの斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0069】

以下に本発明の強化板ガラスについて、実施例に基づいて説明する。

40

【実施例1】

【0070】

図1に本発明の強化板ガラスの斜視説明図を示す。この板ガラスは、酸化物換算の質量%表示でSiO₂ 65.4%、Al₂O₃ 22.0%、Li₂O 4.2%、Na₂O 0.5%、Li₂O+Na₂O 4.7%、K₂O 0.3%、BaO 1.5%、TiO₂ 2.0%、ZrO₂ 2.2%、P₂O₅ 1.4%、As₂O₃ 0.5%の組成を有するものである。

【0071】

この強化板ガラス10は、タッチパネルや携帯電話、携帯情報端末機器等の精密機器、電子機器等に搭載される透明表示パネル用途で使用されるものであるため、板厚方向に対

50

向する板表面 11、12のみを強化する必要性があり、しかも製造効率を高める必要がある。このため、この強化板ガラス 10は、ロールアウト法で成形、研磨された500mm（縦寸法）×500mm（横寸法）×2mm（板厚寸法）の大きい外形寸法を有する親板ガラスの状態、圧縮強化処理工程として温度状態を管理した硝酸カリウム溶融塩中に浸漬することによって低温イオン交換処理を行い、処理後に硝酸カリウムを洗浄して乾燥後、分断加工工程として刃先角度125°の超鋼ホイールチップを有するスクライプ装置を使用して、ホイールチップの印加荷重の条件が1.05kgf、割断速度が50mm/sで割断を行うことによって製造されている。

【0072】

この実施例では、板表面11、12の角部（板表面11、12と板端面12、13、14、15の境界）に特段の加工は施していないが、必要であれば、C面カットやR面カットを施しても良い。

【0073】

この強化板ガラス10は、板表面11、12がそれぞれ、硝酸カリウム浴に浸漬した間に浴中のカリウムイオンが表面近傍のガラスバルク中へと拡散することによって強化された状態となっている。一方、この強化板ガラス10の4つの板端面13、14、15、16はスクライプ加工によって形成された加工面であるため、その一部の領域が強化処理されていない状態である。すなわち、板端面13、14、15、16は、圧縮応力が形成されている領域と圧縮応力が形成されていない領域とを有している。また、板端面13、14、15、16において、圧縮応力が形成されている領域はそれぞれ板表面11、12と平行に分布している。そして、スクライプ加工が適正な条件で施されていることにより、板表面11、12が強化されたものであっても円滑な切断が可能である。また、この強化板ガラス10は、板表面11、12に意図せぬクラック等の欠陥が生じないように加工が行える状態になるような条件でイオン交換が行われ、板厚方向の応力分布が最適なものとなっている。

【0074】

強化板ガラス10のイオン交換処理条件は、強化処理条件設定工程として予め硝酸カリウム溶融塩の処理インデックスや容量、温度管理方法等の条件をも加味し、処理条件温度と処理時間とを設定するための評価を行うことによって設定した処理条件、すなわち500で2時間という適正な処理条件を設定し、この設定条件を使用することによって上述したようにロールアウト法で成形、研磨された親板ガラスの強化処理を適正応力印加工で行っている。ここでの処理条件の設定では、圧縮応力関数Fは、870MPaと11μmの積を分子とし、0.5mmすなわち500μmから11μmに2を掛けた値を差し引いた値を分母とすることによって、20.0MPaという値となり、40MPa以下となるように予め設定したものである。

【0075】

図2に板厚方向に対向する板表面Sについて、強化処理によって形成される応力分布を例示する。この図2からも明瞭であるように、板表面S及びその近傍には強化処理によって最適な圧縮応力Cが形成されており、一方内部域であるガラスバルクBの中央近傍には引張応力Tが働いた状態となっている。

【0076】

また図3は、スクライプ加工により形成された板ガラスの板端面の応力分布を示しているが、板端面13には板厚方向に対向する板表面11、12と板端面13の境界に平行となるように圧縮応力領域Jが形成され、この圧縮応力領域Jに挟まれるように圧縮応力が形成されていない領域Uが存在している。

【0077】

すなわち、イオン交換条件は、本実施例の強化板ガラスを製造する場合、予め強化処理を行う設備に適合する条件を設定することで、板厚方向の圧縮応力分布が、圧縮応力値P、圧縮応力層の厚み寸法T、及び圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法Lにより表される圧縮応力関数Fに従い制限されたものとなっている。より具体的には、圧縮応力関

10

20

30

40

50

数Fが、圧縮応力値Pと圧縮応力層の厚み寸法Tの積を圧縮応力が形成されていない領域の厚み寸法Lにより除した関数により表されるものであり、該関数によって算出される値が40MPa以下となるように調整されている。

【0078】

そのため、この強化板ガラス10は、板表面の圧縮応力値Pが870MPaであり、圧縮応力層の厚み寸法Tが11μmとなるように、予めイオン交換条件として硝酸カリウム溶解塩の温度が500に管理を行い、板ガラスの強化処理に要する時間を2時間に設定している。この強化板ガラスでは、スクライプ等の加工時に強化板ガラスが破壊されることもなく、加工が容易に行え、しかもブレイク工程を行わずに加工ができるため、ブレイク時に発生するガラス粉によるガラスの汚染の問題や板ガラスに生じるカケ、すなわちチップングの問題をも回避することが可能となっている。

10

【0079】

またこの強化板ガラス10の板端面にはマイクロクラック等のガラス強度を著しく低下させる欠陥が存在せず、高い強度を有する状態になっている。

【実施例2】

【0080】

次いで本発明の強化板ガラスの性能等について明らかにする。

【0081】

表1に本発明の実施例に相当するガラス組成と強化板ガラスとするための強化条件、ガラスを加工するための条件、さらにガラスの強度測定結果等をまとめて示し、その詳細について、具体的に説明する。

20

【0082】

【表1】

		実施例							
試料NO.		1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂		65.4	65.4	65.4	61.6	68.3	65.4	60.5	60.5
B ₂ O ₃		—	—	—	—	10.9	—	1.8	1.8
Al ₂ O ₃		22.0	22.0	22.0	13.2	5.2	22.0	12.0	12.0
Li ₂ O		4.2	4.2	4.2	1.9	—	4.2	—	—
Na ₂ O		0.5	0.5	0.5	8.0	11.3	0.5	13.8	13.8
K ₂ O		0.3	0.3	0.3	5.3	—	0.3	4.0	4.0
CaO		—	—	—	—	3.2	—	1.7	1.7
ZnO		—	—	—	7.4	0.9	—	2.0	2.0
BaO		1.5	1.5	1.5	—	—	1.5	—	—
TiO ₂		2.0	2.0	2.0	2.1	—	2.0	—	—
ZrO ₂		2.2	2.2	2.2	—	—	2.2	4.0	4.0
P ₂ O ₅		1.4	1.4	1.4	—	—	1.4	—	—
As ₂ O ₃		0.5	0.5	0.5	—	—	0.5	—	—
Sb ₂ O ₃		—	—	—	0.5	0.2	—	0.2	0.2
板厚 X(mm)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5
強化条件	処理温度(°C)	500	475	475	400	490	500	410	410
	処理時間(Hr)	2	4	2	4	8	2	4	3
強化結果	圧縮応力値 P(Mpa)	870	760	930	950	610	870	1050	1100
	圧縮応力層厚み寸法 T(μm)	11	13	9	9	16	11	23	15
圧縮応力関数 F(Mpa)		20.0	20.8	17.4	17.7	20.9	20.0	37.0	35.0
端面加工条件	加工方法	スクライプ	スクライプ	スクライプ	スクライプ	スクライプ	レーザー	スクライプ	スクライプ
	印加重(kgf)	1.05	1.05	1.05	0.95	1	—	1.1	1.1
	刃先角(°)	125	125	125	115	125	—	115	115
	加工速度(mm/s)	50	75	75	75	50	—	50	50
	切断性	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
強度評価	平均破壊応力値(MPa)	1040	870	1130	1170	690	1210	1200	1250
	ワイプル係数	5.4	6	5.1	5	6.5	7	7.5	7.8

30

40

【0083】

表1の試料No. 1~4、7、8までは、いずれも本発明の強化板ガラスとして準備したものであり、表中では、上から順番に酸化物換算の質量%表示で表示したガラス組成の値、使用した板ガラスの板厚、化学強化の条件、強化結果、圧縮応力関数Fの値、強度評価、端面加工条件を示している。なお、試料No. 5、6は、参考例である。

50

【 0 0 8 4 】

表 1 の各ガラス試料について、その用途を説明すると、試料 N o . 1 から試料 N o . 5 まではタッチパネル等の比較的大面積の薄板ガラスとして好適なものであり、試料 N o . 1 から試料 N o . 4 及び試料 N o . 6 から試料 N o . 8 までは、携帯電話、携帯情報端末機器等の精密機器、電子機器等に搭載される透明表示パネルとして特に好適な材質である。

【 0 0 8 5 】

これら試料はいずれも試験的に実生産設備を使用して作成したもので、各組成となるように予めガラス原料を調合して混合し、ガラス溶融炉内で均質に溶融した後にロールアウト法によって成形をおこない、その後研磨により所定の厚みに調整することにより、親板ガラスを得た。次いでこのようにして作成した親板ガラスを使用して、それぞれ処理温度条件や処理時間を変更して硝酸カリウム溶融塩を滞留する溶融塩槽中に浸漬することによって所定の強化処理をおこなった。

10

【 0 0 8 6 】

こうして強化された板ガラスの強化処理状態の調査については、圧縮応力値 P、圧縮応力層の厚み寸法 T は、いずれも有限会社折原製作所製の F S M - 6 0 0 0 表面応力計を使用して計測を行ったものである。

【 0 0 8 7 】

圧縮応力値 P、圧縮応力層の厚み寸法 T の評価に基づき、圧縮応力関数 F を算出したところ、N o . 1 から試料 N o . 8 までについては、その値は 1 7 . 4 M P a から 3 7 . 0 M P a までの範囲内となり、いずれも 4 0 M P a 以下の値となり、問題のない状態となっていることが判明した。

20

【 0 0 8 8 】

次いで親板ガラスより、表 1 に「スクライプ」と示したものはスクライプ割断、「レーザー」と示したものはレーザー切断を選択し、何れかの方法により、強度試験を行うに適した寸法となるように強化板ガラスの板端面に新生のガラス表面が形成されるよう加工を行った。

【 0 0 8 9 】

なお、スクライプ割断については、超硬ホイールチップを有する割断装置を使用して表中の端面加工条件の項目に示したように、印加加重、刃先角度、加工速度について特定条件を設定して評価を行った。

30

【 0 0 9 0 】

またレーザー切断に関しては、光源として炭酸ガスレーザーを有する切断装置を使用して、出力条件 3 0 W、レーザー光のガラス表面の移送速度が 2 0 m m / s の条件によって切断を行った。

【 0 0 9 1 】

以上の板端面の加工に関しては、端面加工条件の項目にあるように、試料 N o . 1 から試料 N o . 8 までについては、いずれも良好な切断性を有する状態にあることが判明した。また、切断後の板ガラスの板端面を 1 0 0 倍の倍率で顕微鏡観察したところ、顕著なクラックや欠損、すなわちチッピングは全く観察されなかった。

40

【 0 0 9 2 】

また強度評価については、J I S R 1 6 0 1 (1 9 9 5) 「ファインセラミックスの曲げ試験方法」に従い、島津製作所製オートグラフ試験装置を使用して、上述の加工方法により板ガラス端面の加工を行い、幅 4 m m、長さ 4 0 m m の試験片を作成したものを使用した。強度試験は、4 点曲げ試験によるもので加圧次具幅 1 0 m m、支持次具幅 3 0 m m、クロスヘッド速度 0 . 5 m m / m i n とし試料は、スクライプ割断面、あるいはレーザー切断面に加圧次具が接する条件で試験をおこなった。得られた結果の算術平均を算出し、平均破壊応力値を得た。さらにワイブル係数については、J I S R 1 6 2 5 (1 9 9 6) 「ファインセラミックスの強さデータのワイブル統計解析法」に従い、ワイブルプロットの傾斜からその値を求めた。

50

【 0 0 9 3 】

以上の強度評価の結果、実施例である試料 No. 1 から試料 No. 8 までについては、平均破壊応力値が 6 9 0 M P a ~ 1 2 5 0 M P a の範囲にあり、いずれも 4 0 0 M P a 以上であった。またそのワイブル係数についても、5 . 0 ~ 7 . 8 であって、ワイブル係数が 3 以上の結果となることが判明した。

【 0 0 9 4 】

本発明の典型的かつ最良のガラス組成を有する試料 No. 7 と試料 No. 8 について、さらに説明する。

【 0 0 9 5 】

試料 No. 7 と試料 No. 8 のガラス組成は酸化物換算の質量%表示で S i O ₂ 6 0 . 5 %、B ₂ O ₃ 1 . 8 %、A l ₂ O ₃ 1 2 . 0 %、N a ₂ O 1 3 . 8 %、K ₂ O 4 . 0 %、C a O 1 . 7 %、Z n O 2 . 0 %、Z r O ₂ 4 . 0 %、S b ₂ O ₃ 0 . 2 % の組成を有するものであって、A l ₂ O ₃ 成分が 1 0 % 以上の含有量を有するので、板端面の圧縮応力が形成されていない領域における耐候性の低下を抑止する効果耐候性についても高い性能を発揮する本願発明の強化板ガラスのガラス組成を有するものである。これら板ガラスは、試料 No. 7 が板厚 0 . 7 m m で試料 No. 8 が板厚 0 . 5 m m である以外は、加工方法は同様の条件でスクライプ加工を施したものであるが、圧縮応力関数 F は試料 No. 7 が 3 7 . 0 M p a、試料 No. 8 が 3 5 . 0 M P a であり、4 0 M P a 以下の本発明の好適な要件を満足するものであるため、スクライプ加工によってスクライプの予定線に沿った鋭利かつ精巧な加工面が得られ、欠けやクラック等の表面欠陥も認められず、高い品位の加工を行うことができた。

【 0 0 9 6 】

また試料 No. 7 と試料 No. 8 の平均破壊応力値は、夫々 1 2 0 0 M P a、1 2 5 0 M P a と十分に高く、ワイブル係数も 7 . 5、7 . 8 という高い値を示すものであり、本発明の内でも最も好ましい結果が得られた。

【 0 0 9 7 】

以上により、試料 No. 1 から試料 No. 8 までの各試料は本発明の強化板ガラスとしての性能を十分に有しており、高い強度を有する状態にあることが判明した。

【 0 0 9 8 】

[比較例]

次いで本発明の比較例として表 2 に示した試料 No. 1 0 1、1 0 2 の各試料について以下で説明する。

【 0 0 9 9 】

10

20

30

【表 2】

試料NO.	比較例	
	101	102
SiO ₂	65.4	65.4
B ₂ O ₃	—	—
Al ₂ O ₃	22.0	22.0
Li ₂ O	4.2	4.2
Na ₂ O	0.5	0.5
K ₂ O	0.3	0.3
CaO	—	—
ZnO	—	—
BaO	1.5	1.5
TiO ₂	2.0	2.0
ZrO ₂	2.2	2.2
P ₂ O ₅	1.4	1.4
As ₂ O ₃	0.5	0.5
Sb ₂ O ₃	—	—
板厚 X(mm)	0.5	0.5
強化条件	処理温度(°C)	— 500
	処理時間(Hr)	— 2
強化結果	圧縮応力値 P(Mpa)	— 870
	圧縮応力層厚み寸法 T(μm)	— 11
圧縮応力関数 F(Mpa)		— 20.0
端面加工条件	加工方法	— —
	印加重重(kgf)	— —
	刃先角(°)	— —
	加工速度(mm/s)	— —
	切断性	— —
強度評価	平均破壊応力値(MPa)	330 800
	ワ이블係数	2.6 4.5

10

20

【0100】

比較例については、実施例と同様の手順でそれぞれの試料を準備した。ただし試料 No. 101 は強化処理を行わない場合についての試料として準備した。また試料 No. 101 と試料 No. 102 は、スクライブ切断して作成したもので、スクライブ条件は強化後の板ガラスを切断する場合の条件に従うものである。試料 No. 101 は、この後の強化処理を行わず、試料 No. 102 は、スクライブ切断後に強化処理を行ったものである。

【0101】

比較例について評価の結果、試料 No. 101 は実施例の試料 No. 1 と同じ組成を有するガラスであるが、平均破壊応力値は 330 MPa であったものの、ワ이블係数が 2.6 と低く、本発明の好適な要件を満足しないものであった。

【0102】

試料 No. 102 は、平均破壊応力値は 800 MPa、ワ이블係数は 4.5 となったものの、実施例 1 と同じ組成であるにも関わらず、平均破壊応力値、ワ이블係数ともに劣るものとなった。このような結果となった詳細な理由については不明ではあるが、本発明者はこの試験片が本願発明とは異なり、強化処理が加工の後で行われているため、すなわち本発明の要件を満足しない応力分布状態となっているため、加工あるいは強化処理中に生じたチッピング等のガラス表面の欠陥が影響しているものと予想した。また試料 No. 102 のような製造条件では、当然製造費用が高価なものとなり、製造効率を低下させることになるのは明瞭であった。

【0103】

以上のように実施例、及び比較例によって本発明の強化板ガラスは高い経済性を有する製造効率を実現でき、しかも十分に優れた強度を有するものであることが判明した。

【実施例 3】

【0104】

さらに本発明の実施例として、実施例 1 とは異なる態様の強化板ガラスの斜視説明図を図 4 として示す。

【0105】

30

40

50

図4の強化板ガラス20が先の実施例1と異なるのは、強化板ガラスを加工する途中でイオン交換強化処理を行っていることにある。すなわち、予め短冊形状の板ガラスとなるように加工した板ガラスのイオン交換処理を行った上で、短冊形状の板ガラスの2つの板端面のみを物理的加工で切断したものである。よって図4では強化板ガラスの板端面23、24、25、26の内、板端面23と25とはイオン交換強化されておらず、他の板端面24、26はイオン交換強化が行われている。この点、先の実施例1の場合には、板端面13、14、15、16のいずれもがイオン交換強化されていない。このようなイオン交換を行う端面は任意に決定することが用途や製造効率等の観点から可能である。

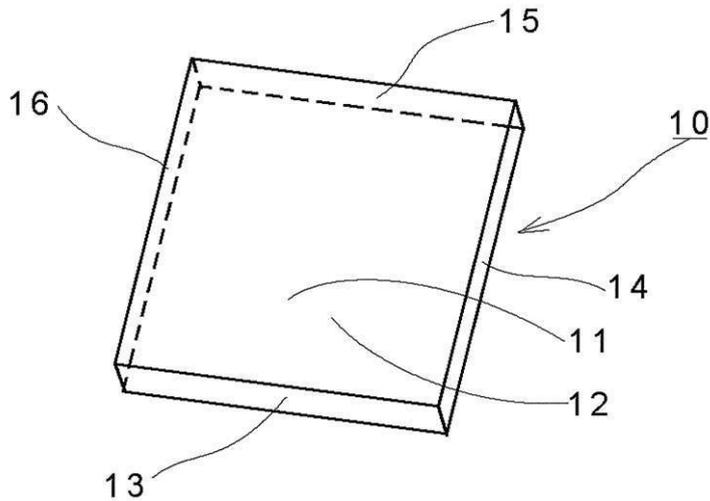
【符号の説明】

【0106】

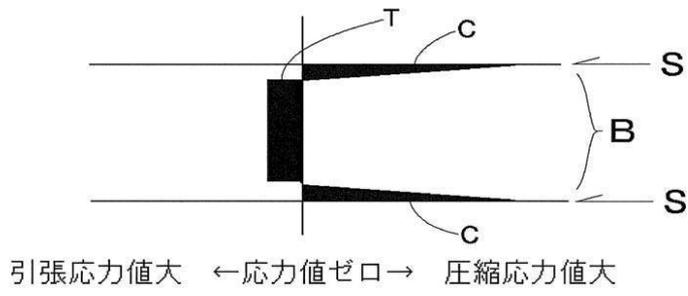
- 10、20 強化板ガラス
 11、12、21、22 板表面
 13、14、15、16、23、24、25、26 板端面
 J 圧縮応力が形成されている領域
 U 圧縮応力が形成されていない領域
 S 板表面
 B ガラスバルク
 T 引張応力
 C 圧縮応力

10

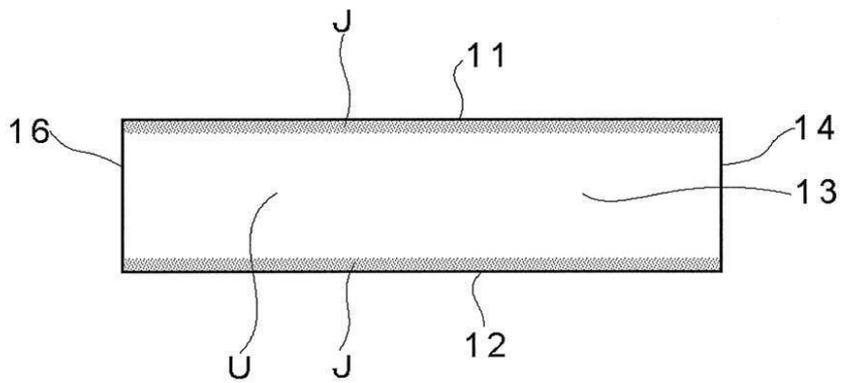
【図1】



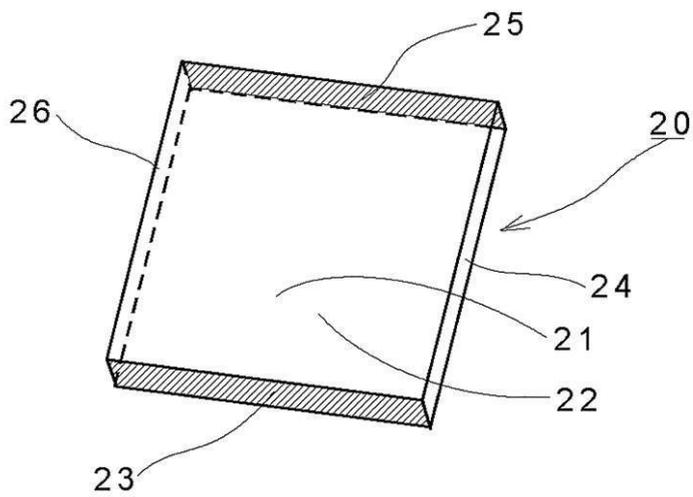
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
C 0 3 C 3/087 (2006.01) C 0 3 C 3/087
C 0 3 B 33/02 (2006.01) C 0 3 B 33/02

(56) 参考文献 特表 2 0 0 6 - 5 0 9 7 0 1 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 3 6 7 9 2 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 6 7 0 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 0 8 3 3 7 8 (J P , A)
特表平 0 9 - 5 0 7 2 0 7 (J P , A)
特表 2 0 0 0 - 5 1 6 9 0 3 (J P , A)
国際公開第 9 6 / 0 1 1 8 8 7 (W O , A 1)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
C 0 3 C 1 5 / 0 0 - 2 3 / 0 0
C 0 3 B 3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 4