

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-42994

(P2010-42994A)

(43) 公開日 平成22年2月25日 (2010.2.25)

(51) Int.Cl.

C03B 5/187 (2006.01)

F I

C03B 5/187

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2009-239112 (P2009-239112)
 (22) 出願日 平成21年10月16日 (2009.10.16)
 (62) 分割の表示 特願2003-549251 (P2003-549251)
 の分割
 原出願日 平成14年10月15日 (2002.10.15)
 (31) 優先権主張番号 60/335,286
 (32) 優先日 平成13年11月30日 (2001.11.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 397068274
 コーニング インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 31 コーニング リヴァーフロント プ
 ラザ 1
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 マーティン エイチ ゴラー
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 12 ビーヴァー ダムズ チェインパー
 ズ ロード 1886

最終頁に続く

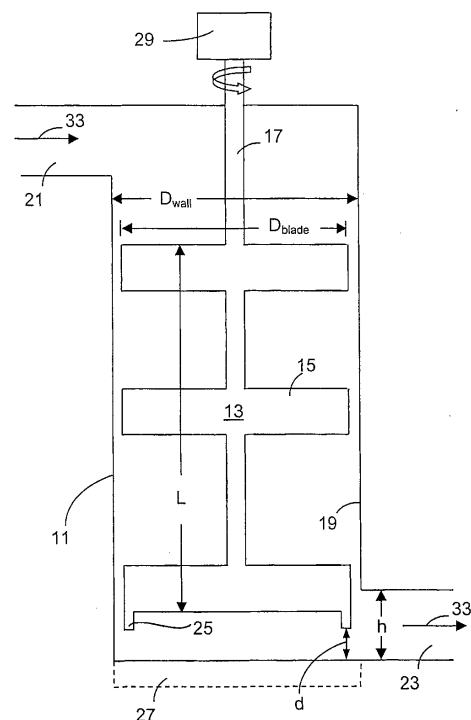
(54) 【発明の名称】 攪拌により熔融ガラスを均一にする装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 液晶ディスプレイ用のガラス基板に使用される攪拌により熔融ガラスを均一にする方法及び装置を提供する。

【解決手段】 ガラス製品、例えば、液晶ディスプレイ用のガラス基板中の貴金属含有物のレベルを、Qが攪拌装置を通るガラスの流動であり、Eがその装置の攪拌有効性である、その装置に関するQ・Eの積を高く維持すると同時に、チャンバの壁19および攪拌手段13の表面への剪断応力 τ の大きさが低減されるような条件下で攪拌チャンバ11内で熔融ガラスを攪拌することにより減少する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

溶融ガラスを均一にするための装置であって、

(a) 壁を備えた円筒形状の実質的に垂直に向けられた攪拌チャンバ、および

(b) 実質的に垂直に向けられた軸と、該軸から外側に前記攪拌チャンバの壁に向かって延在する複数の羽根とを備えた、前記攪拌チャンバ内の攪拌手段、
を備え、

前記攪拌チャンバが、該攪拌チャンバから流出するガラスが流動方向の変化を経るような側部出口ポートを備え、前記攪拌手段が、流動方向が変化する領域においてガラスを攪拌するための少なくとも一つの部材を備え、該少なくとも一つの部材が、前記攪拌手段の軸と実質的に平行であるが、同一直線上にはないことを特徴とする装置。

10

【請求項 2】

前記少なくとも一つの部材が前記攪拌手段の軸の底部より下方に延在することを特徴とする請求項 1 記載の装置。

【請求項 3】

(i) 前記攪拌チャンバが底部を有し、

(i i) 前記側部出口ポートが、前記底部の領域にあり、垂直高さ h を持ち、

(i i i) 前記少なくとも一つの部材が、前記攪拌チャンバの底部から距離 d だけ離れた下端を有し、

ここで、 d が以下の関係：

$0.2h \leq d \leq 0.7h$ 、

にあることを特徴とする請求項 1 記載の装置。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、溶融ガラスの均一化に関し、特に、欠陥が低レベルである高品質の完成製品を製造するのに用いられる溶融ガラスの均一化に関する。本発明の特に重要な用途は、AMLCDの製造に用いられる基板などの液晶ディスプレイ用のガラス基板の製造である。

【背景技術】**【0002】**

30

ガラスの化学的および熱的均一性は良好な成形操作の重大な要素である。ガラス溶融器の機能は一般に、気体または固体の含有物のレベルが許容範囲にあるガラスを製造することであるが、このようなガラスには通常化学的に相違した相の脈理（または糸状のすじまたは透しむら）がある。母材ガラスのこれらの不均一成分は、耐火物の分離、溶融の層理、ガラス表面の揮発、および温度差を含む溶融工程中の様々な普通の出来事から生じる。このように生じた脈理は、色および/または屈折率差のために母材ガラス中に見える。

【0003】

ガラスの均一性を改善する手法の一つは、溶融ガラスを溶融器の下流に設置された垂直に向けられた攪拌チャンバに通すことである。そのような攪拌チャンバは、適切なモータにより回転せしめられる中心軸を持つ攪拌手段を備えている。複数の羽根がこの軸から延在し、溶融ガラスが攪拌チャンバの頂部から底部まで通過するときこれを混合するように働く。本発明は、そのような攪拌チャンバの動作に関し、特に、これにより製造されたガラスに欠陥を、特に、混合工程の結果として攪拌チャンバの壁および/または攪拌手段の表面の腐食から生じる欠陥を導入せずに、そのようなチャンバで高処理量および高混合効率（混合有効性）を達成することに関する。

40

【0004】

層流条件下で攪拌手段が何をしているかを想像する簡単な方法は、所望の組成または母材組成のガラスにより取り囲まれたその組成範囲外のガラスの塊として脈理を考えることである。各脈理片は、それ自体と母材ガラスとの間に界面を持つものとして考えられる。このガラスの総不均一性の尺度の一つは、脈理の全界面表面積である。界面表面積は、全

50

ての脈理が一つの球状塊にあるときに最小になる。これらの塊が小さな部分に壊れ、平らな面に伸ばされると、脈理の容積は同じままであるにもかかわらず界面表面積は増す。攪拌の効率（ここでは、攪拌の有効性とも称される）の尺度の一つは、攪拌後の増加した界面表面積の攪拌前の界面表面積に対する比である。

【 0 0 0 5 】

均一性を増すのに効果的であるためには、攪拌装置は、以下の三つの作用を果たすべきである：

（ 1 ） 不均一ガラスの塊を薄い筋状体に引き延ばすべきである。この作用のためには、ガラスに剪断応力を加える必要がある。

【 0 0 0 6 】

（ 2 ） これらの筋状体を短いセグメントに切断すべきである。この作用は、溶融ガラスを攪拌手段の羽根の面に対して垂直な方向に流動させることにより実施できる。

【 0 0 0 7 】

（ 3 ） パターンが認識できないように短いセグメントを分散させるべきである。この作用は、ガラスの主流方向に対して垂直にガラスを押す羽根形状を、すなわち、少なくともある程度ガラスを半径方向に流動させる羽根形状を選択することにより実施できる。

【 0 0 0 8 】

筋状体を薄くしそれらを切断することにより、筋状体が顕微鏡の尺度で個々に見ずらくなる。それらを分散させることにより、目に見えるパターンが顕微鏡の尺度で残される可能性がなくなる。

【 0 0 0 9 】

ガラスの流れが連続的である工程において、これらの三つの作用は、攪拌チャンバ内のガラスの滞留時間により決まる別々の時間間隔で行わなければならない。ガラスの流量が増すに連れて、ガラスにこれら三つの作用が行われるチャンバ内での時間が少なくなる。所望の流れの増加に対する通常の実行は、攪拌手段の速度の増加である。これにより、剪断応力、切断周期、および潜在的には分散率も増す。

【 0 0 1 0 】

もともとは、ガラス攪拌装置は、適度な攪拌手段の寿命と両立して、出来るだけ高い剪断応力を持つように設計されてきた。実際に、そのような装置は通常、低速で動作したときにさえ高剪断応力を生じるように設計されている。その目的は、攪拌装置の製造に使用されている貴金属（例えば、白金合金）の費用が高いために、最小の攪拌装置から最大の攪拌効果を得ることにある。一般論として、剪断応力は、羽根の速度を上昇させることにより、および／または攪拌手段の羽根と攪拌チャンバの壁との間の間隙を減少させることにより、増加する。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

多くのガラス製品（例えば、構造用ガラス）には、中程度の均一性要件のみが適用される。しかしながら、他のガラス製品は、厳しい均一性および他の品質基準を満たさなければならない。LCDガラスは、この後者の範疇にある。このガラスに関しては、脈理と含有物の両方を最小にするおよび／またはなくす必要がある。

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、LCDガラス製造プロセスにおいて、50マイクロメートル未満のサイズを持つ貴金属含有物（例えば、白金合金の含有物）がLCDガラスの製造中にそのガラス中に導入されることが発見された。これらの含有物は、攪拌チャンバに由来し、特に、粘性の溶融ガラスの中を通る攪拌手段の動きにより生じる粘性剪断応力の結果として、攪拌手段および攪拌チャンバの腐食に由来した。

【 0 0 1 3 】

それゆえ、本発明の目的の一つは、溶融ガラスの攪拌中に貴金属含有物の生成を最小にすることにある。しかしながら、この主目的は、（ 1 ）高ガラス処理量を維持すること、

10

20

30

40

50

および(2)高攪拌有効性(例えば、低レベルの脈理)を維持することの目的により補われる。これらの後者の目的および主目的は相反することである。例えば、攪拌手段の速度を減少させると、剪断応力、それゆえ腐食を減少させることができるが、攪拌手段の速度を減少させるということは、攪拌が効率的ではなくなるおよび/または処理量が減少することを意味する。

【課題を解決するための手段】

【0014】

以下に論じるように、本発明は、管半部材の速度、攪拌手段/攪拌チャンバの幾何学形状、およびガラスの粘度の関係によりこれらの矛盾すると思える目的を同時に達成することができるものであり、これらの関係により、攪拌有効性および処理量を、高剪断攪拌によってのみ以前に達成できていたレベルに維持すると同時に、剪断応力を、許容できない含有物が形成されるレベルより低く減少できる(例えば、攪拌手段および攪拌チャンバの壁に作用する剪断応力を $3.5 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$ 未満にできる)。

10

【0015】

態様の一つによれば、本発明は、溶融ガラスを均一にする方法であって、

(a) 内径 D_{wall} を持つ壁を備えた、円筒形状の実質的に垂直に向けられた攪拌チャンバを提供し、

(b) 実質的に垂直に向けられた軸と、軸から外側に攪拌チャンバの壁に向かって延在する、最大直径 D_{blade} を持つ複数の羽根とを備えた攪拌手段を攪拌チャンバ内に提供し、

20

(c) 粘度 μ を持つ溶融ガラスを攪拌チャンバに通して流動させ(例えば、少なくとも 0.05 キログラム毎秒の流量で)、

(d) 溶融ガラスがチャンバを通して流動するときに、攪拌手段の軸にトルク T を加えて、攪拌チャンバ内で攪拌手段を速度 N で回転させる、
各工程を有してなり、

ここで、チャンバ内の攪拌手段の回転が押しのけ容積 V を定義するものであり、 N がラジアン毎秒で表され、 T がニュートン・メートルで表され、 V が立方メートルで表され、 D_{wall} がメートルで表され、 D_{blade} がメートルで表され、 μ が $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ で表されている、 N 、 T 、 V 、 D_{wall} 、 D_{blade} 、および μ が、以下の関係式：

$(NTV/\mu)^{0.5} \leq 5.0$ キログラム毎秒、および

30

$(2\pi ND_{\text{blade}})/(D_{\text{wall}} - D_{\text{blade}}) \leq 3.5 \times 10^{-3}$ ニュートン/立方メートル
を満たすように選択されている方法を提供する。

【0016】

第2の態様によれば、本発明は上述した方法を実施するための装置を提供する。

【0017】

第3の態様によれば、本発明は、溶融ガラスを均一にするための装置であって、

(a) 壁を備えた円筒形状の実質的に垂直に向けられた攪拌チャンバ、および

(b) 実質的に垂直に向けられた軸と、軸から外側に攪拌チャンバの壁に向かって延在する複数の羽根とを備えた、攪拌チャンバ内の攪拌手段、
を備え、

40

攪拌チャンバが、攪拌チャンバから流出するガラスが流動方向の変化を経るような側部出口ポートを備え、攪拌手段が、流動方向が変化する領域においてガラスを攪拌するための少なくとも一つの部材を備え、少なくとも一つの部材が、攪拌手段の軸と実質的に平行であるが、同一直線上にはない縦軸を持つ装置を提供する。

【0018】

本発明の第3の態様を本発明の第1および/または第2の態様に使用することが好ましい。

【0019】

本発明の上述した三つの態様の各々に関する好ましい用途は、液晶ディスプレイ用ガラスの製造である。この用途に使用する場合、 10 マイクロメートル未満のサイズの貴金属

50

含有物（例えば、白金を含む含有物）の数は、完成ガラス１キログラム当たり２０未満であることが好ましい。

【００２０】

本発明に含まれ、本発明の一部を構成する図面は、本発明の様々な実施の形態を示しており、説明と共に、本発明の原理を説明するように働く。もちろん、図面および記載の両方は、説明のみのためであり、本発明を制限するものではないことを理解すべきである。

【００２１】

上述したように、本発明より前には、撹拌手段／撹拌チャンバの設計の根底にある理念は、高レベルの撹拌有効性を達成するように高レベルの剪断応力を発生させることにあった。剪断応力は、撹拌チャンバ１１の壁１９の近くで、撹拌手段の羽根１５と壁との間の狭い間隙により、また羽根の速度により発生せしめられる。一般論として、撹拌手段の表面および撹拌チャンバの内面に作用する剪断応力 τ は、

$$|\tau| = \mu dv / dx \quad (1)$$

として表すことができ、ここで、 μ は溶融ガラスの粘度であり、 v は流体の速度であり、 x は剪断応力を経験する表面に対して垂直な方向にある。

【００２２】

方程式（１）を、円筒形状の撹拌チャンバと、共通の直径 D_{blade} を持つ一つ以上の羽根を有する円対称の撹拌手段とに適用すると次式が得られる、

$$|\tau| = \mu \pi N D_{blade} / C \quad (2)$$

ここで、 N はラジアン／秒で表した撹拌手段の速度であり、 C は羽根先端と撹拌チャンバの壁との間の結合距離である（すなわち、図１において、 $C = (D_{wall} - D_{blade}) / 2$ ）。キログラム／メートル・秒で表した μ 、ラジアン／秒で表した N 、およびメートルで表した D_{blade} と C に関して、 τ はニュートン／平方メートル（ N / m^2 ）で表されている。

【００２３】

上述し、以下に提示した実施例によって一層十分に示したように、本発明によれば、許容できないほど高いレベル（例えば、完成ガラス１キログラム当たり２０より多い含有物のレベル）の含有物（例えば、１０マイクロメートルより大きいサイズを持つ含有物）を生じるレベルの撹拌手段と撹拌チャンバの壁の腐食を避けるために、 $|\tau|$ は、 $3.5 \times 10^{-3} N / m^2$ 未満、好ましくは、 $1.5 \times 10^{-3} N / m^2$ 未満に維持する必要がある。

【００２４】

方程式（２）から、剪断応力のレベルは、 N を減少させる、および／または D_{blade} を減少させる、および／または C を増加させることにより、減少させられるのが分かる。しかしながら、最終的には、撹拌によって、実際のな流量で適切に均一にされたガラスを製造しなければならないので、単に剪断応力を減少させることは商業的に受け入れられない。したがって、実際のな装置にとって、剪断応力の減少は、撹拌有効性または流量を犠牲にして行うべきではない。

【００２５】

様々な撹拌装置の物理的モデル、特に、オイルモデルにより、撹拌有効性（無次元量）について、以下の方程式を作成した：

$$E = (k B D_{blade}^2 N V |\tau| / Q^2 \mu)^{0.5} \quad (3)$$

ここで、 k は撹拌手段／撹拌チャンバの幾何学形状に依存する定数であり、 Q は流量であり、 B は羽根先端の数であり、 V は撹拌手段の押しのけ容積である。特に、撹拌挙動を研究すべきガラスの粘度となるように選択した粘度を持つ非流動性粘性オイルを充填した様々な実寸大の撹拌装置を用いて研究所規模の実験を行った。異なる粘度を持つ粘性オイルを用いて異なるガラスを表したか、または同じオイルを異なる温度で撹拌した。この作業により得られた量 E は、撹拌プロセスに入る脈理レベルのこのプロセスを出る脈理レベルの比として考えられる。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

10

20

30

40

50

【図 1】ここに論じた攪拌手段 / 攪拌チャンバの様々な寸法を示す概略図

【図 2】本発明の実施に用いられる攪拌手段の斜視図

【図 3】本発明の実施に用いられるタイプの攪拌チャンバに取り付けられた図 2 の攪拌手段を示す、側面部分断面図

【図 4】図 3 の攪拌手段 / 攪拌チャンバの組合せの正面部分断面図

【図 5】図 3 および 4 の攪拌チャンバを通る溶融ガラスの流れを定形化様式で示す概略図

【図 6】ダイヤモンドのデータ点が従来のガラス攪拌装置を表し、正方形のデータ点が本発明を用いた装置を表している、剪断応力対ガラス流量と攪拌有効性との積をプロットしたグラフ

【図 7】ダイヤモンドのデータ点が従来のガラス攪拌装置を表し、正方形のデータ点が本発明を用いた装置を表している、完成ガラス中のキログラム当たりの含有物対攪拌手段および攪拌チャンバの壁への計算した剪断応力をプロットしたグラフ

10

【発明を実施するための形態】

【0027】

図 1 に示したように、方程式 (3) の V は、 $V = \pi (D_{\text{blade}} / 2)^2 L$ として計算でき、ここで、 L は一番上の羽根の頂部から一番下の羽根の底部までの攪拌手段の全長である。図 1 に示したように、 L は、一番下の羽根より下方に延在するかもしれない、出口ポート 23 の領域における溶融ガラスの方向の変化により生じる完成ガラスの脈理を減少させるように働く任意の部材 25 の長さを含まない（以下参照）。押しのけ容積 V は通常、図 1 に示すように、入口ポート 21 から出口ポート 23 まで延在する攪拌チャンバの全容積よりも小さいであろう。この図に示したように、押しのけ容積は、出口ポートの一部と重複しても差し支えない。同様に、図 1 には示されていないが、押しのけ容積は、入口ポートの一部と重複しても差し支えない。そのような重複が生じる場合、攪拌手段の羽根は、重複区域では各回転の一部だけで攪拌チャンバの壁と噛み合う。

20

【0028】

方程式 (3) から、 E を実質的に同じにしながら（または E を増加させながら） $|\tau|$ を減少させるためには、(1) 粘度を減少させる、(2) 押しのけ容積を増加させる、および / または (3) より大きな攪拌手段を使用することができる。この方程式において、これは、 V と D の増加で N と $|\tau|$ の減少を相殺する形態をとることができる。粘度と速度が減少したときに、 $|\tau|$ が減少する。直径が増加すると、 V も増加し、したがって、増加した攪拌手段の直径の強力な利点が剪断応力の減少を相殺する。

30

【0029】

別の見方をすれば、所定の流量 (Q) に関して、剪断応力を減少させながら攪拌有効性を一定に維持するには一般に、攪拌手段の直径 (D) または攪拌される容積 (V) を増加させる必要がある。これらの二つの変数は、一定の L について D が増加すると、 V が増加するので、関係している。したがって、本発明によれば、高剪断応力の小さな攪拌装置の概念から、攪拌有効性を維持するより大きな装置で剪断応力が減少している概念へと考えが変わる。要するに、これは、攪拌手段が遅くなるとしても、良好な均一性を生じるのに必要な量の作業をガラスに行う時間があるように、滞留時間を増加させることを意味する。より小さな装置で剪断応力を減少させる試みは、 N が減少すると E も減少するので、うまくいかない。

40

【0030】

工業的なガラス攪拌装置を特徴付ける上で E よりもさらに有用なのは、流量に攪拌有効性をかけた積 ($Q \cdot E$) であり、これは、方程式 (3) から以下のように与えられる：

$$Q \cdot E = (k B D_{\text{blade}}^2 N V |\tau| / \mu)^{0.5} \quad (4)$$

攪拌有効性に関する上述した式に加え、物理的モデル（オイルモデル）も、攪拌中に速度 N で攪拌手段の軸を回転させるためにその軸に加える必要のあるトルク T に関する以下の関係を示した：

$$T = P / N = \pi \mu k N B D_{\text{blade}}^3 / C \quad (5)$$

ここで、 P は攪拌手段に加えられる力である。

50

【0031】

この方程式により、攪拌手段／攪拌チャンバの幾何学形状に依存する定数 k を方程式 (3) および (4) から除去することができる：

$$E = (CTV | \tau | / (\pi Q^2 \mu^2 D_{blade}))^{0.5} \quad (6)$$

$$Q \cdot E = (CTV | \tau | / (\pi \mu^2 D_{blade}))^{0.5} \quad (7)$$

方程式 (1) を置換することにより、これらの方程式はさらに単純になる：

$$E = (NTV / Q^2 \mu)^{0.5} \quad (8)$$

$$Q \cdot E = (NTV / \mu)^{0.5} \quad (9)$$

これらの方程式には、 E および $Q \cdot E$ は、全てが従来の技法を用いて容易に測定される、トルク、装置の寸法、攪拌手段の速度、流量および粘度のみの関数であるという利点がある。特に、トルクは、内蔵式トルク測定装置を持つ校正された直接駆動電気モータにより、または例えば、攪拌手段の軸 17 と攪拌装置の駆動モータ 29 との間の連結器に取り付けられたトルク変換器（例えば、歪みゲージ）により測定できる。そのようなトルク測定は、実際のガラス製造プロセス中、またはプロセスの物理的モデル（例えば、オイルモデル）を用いて、行うことができる。最も重要なことは、方程式 (8) および (9) は、使用する攪拌手段の特定の幾何学形状に依存せず、それゆえ、これらの方程式は一般に、様々な幾何学形状を持つ攪拌装置に適用できる。

【0032】

実際には、 E は、好ましくは、80 より大きく、より好ましくは、100 より大きく、最も好ましくは、120 より大きく、一方で、 $Q \cdot E$ の積は、好ましくは、5.0 キログラム / 秒より大きく、より好ましくは、7.5 キログラム / 秒より大きく、最も好ましくは、10.0 キログラム / 秒より大きい。これらの値を達成する上で、 T は、使用した作動温度（例えば、約 1350 から約 1500 の作動温度）でのねじれ応力の結果として、攪拌手段の軸が相当なクリープを示す値より低く維持する必要がある。直径 D_{shaft} の中実軸について、ねじれ応力 σ は：

$$\sigma = 16 T / \pi D_{shaft}^3 \quad (10)$$

により与えられ、一方で、内径 D_i および外径 D_o を持つ中空軸については：

$$\sigma = 16 T D_o / (\pi (D_o^4 - D_i^4)) \quad (11)$$

により与えられ、ここで、両方の場合、 σ はパスカルで表され、 T はニュートン・メートルで表され、 D_{shaft} 、 D_o および D_i はメートルで表される。白金または白金合金から製造された攪拌手段について、 T は 75 ニュートン・メートル未満であることが好ましい。

【0033】

$| \tau |$ 、 E 、 $Q \cdot E$ 、および T に関する上記方程式は、攪拌は層流条件下で行われることを前提としている。そのような条件は、混合のレイノルズ数 (Re_N) が 10 未満のときに存在し、ここで、 Re_N は：

$$Re_N = D_{blade}^2 N \rho / \mu \quad (12)$$

により与えられ、 ρ はガラスの密度 (kg / m^3) である。大雑把に言えば、ガラスの粘度が 500 ポアズより大きい場合に、層流と仮定して差し支えない。

【0034】

図 2 ~ 5 は、本発明に使用できる攪拌装置のタイプの一例を示している。図 2 に示したように、攪拌手段は、ここに引用するシー・エフ・ディ・ヴォー (C.F. De Voe) の米国特許第 2569459 号明細書に開示された一般タイプのものであって差し支えない。もちろん、他の攪拌手段の設計を、本発明を実施するのに用いても差し支えない。ポンプ作用を生じるには一般に、許容できないほど高いレベルの剪断応力を必要とするので、攪拌手段はガラスを攪拌チャンバに著しくはポンプ作用で通さないことが好ましい。攪拌手段および攪拌チャンバの壁は、白金、白金合金もしくは分散強化した白金または白金合金（例えば、ジルコニア強化白金合金）からなることが好ましい。

【0035】

図に示したように、攪拌手段 13 は、攪拌手段の軸 17 に対して実質的に平行であるが、同一直線上にはない縦軸（長さ）を持つ部材（指）25 を備えていることが好ましい。

10

20

30

40

50

使用した部材 25 の数は、実施例について、1 から 7 まで変動しても差し支えなく、特定の装置に応じて、その長さは例えば、1 から 4 インチ（約 2.5 cm から 10 cm）であって差し支えない。実際には、それぞれ約 2.2 インチ（約 5.5 cm）の作業長さを持つ 3 つの部材が、高さが 6 インチ（約 15 cm）の出口ポートについて、うまく動作することが分かった。比較のために、攪拌手段の羽根 15 の高さは 2.5 インチ（約 6.3 cm）であって差し支えない。

【0036】

これらの部材は、軸 17 の底部より下に延在することが好ましく、攪拌手段の羽根および軸と同じ材料からなることが好ましい。部材の全ては同じ高さを持つことが好ましいが、所望であれば、異なる高さを持つ部材を用いても差し支えない。部材の周辺の幅は、攪拌手段の軸 17 に対する位置に応じて異なって差し支えなく、例えば、図 2 の攪拌手段については、軸に最も近い部材の幅は 2.0 インチ（約 5 cm）であって差し支えなく、一方で、攪拌手段の外側周囲での部材は、1.5 インチ（約 3.3 cm）の幅を有していて差し支えない。

【0037】

部材 25 は、(1) 本発明の攪拌装置に用いたより遅い回転速度（例えば、3 から 15 rpm の回転速度）および (2) ガラスが攪拌チャンバの本体から出口ポート 23 に入るときに生じる流動方向の変化（例えば、90° の方向の変化）から生じることが分かった脈理レベルの増加を最小にするように働く。部材 25 は、これらの部材が攪拌チャンバを通過するガラスの実質的に半径方向の流動を生じないが、攪拌手段の羽根 15 はそのような流動を生じるという点で、羽根とは区別される。

【0038】

図 3 ~ 5 に示したように、攪拌チャンバ 11 は、例えば、装置の停止中に、攪拌チャンバからガラスを除去するための排液管 31 を備えていても差し支えない。それに加え（または代わりに）、攪拌チャンバは、図 1 に点線で示したような液だめ 27 を備えていても差し支えない。

【0039】

実際には、部材 25 は、出口ポート 23 の頂部から下方に延在するが、攪拌チャンバの底部までは到達しないことが好ましいことが分かった。特に、部材 25 の下端から攪拌チャンバの底部（液だめを用いた場合には液だめの頂部、すなわち、チャンバの底部は機能的に液だめの頂部である）の距離 d の比が、以下の範囲にあることが好ましい：

$$0.2h \leq d \leq 0.7h \quad (\text{例えば、} d \leq 0.4h) \quad (13)$$

ここで、 h は出口ポートの高さである（図 1 参照）。この範囲にある場合、部材 25 は、攪拌チャンバの出口ポートの領域における溶融ガラスの流動パターンを効果的に切りつける（図 3 ~ 4 の流動等高線 33 を参照のこと）。この切断作用によって、完成ガラスの脈理のレベルは、ガラス中の含有物のレベルを増加させずに減少する。

【実施例】

【0040】

いかようにも本発明を制限する意図なく、本発明を以下の実施例によってより詳しく説明する。

【0041】

実施例 1

上述した概念の適用例として、表 1 は二つの攪拌装置を比較している。第 1 の装置は以前に用いられていた攪拌装置（例えば、羽根の直径が 6 インチ（約 15 cm）であり、ガラスの粘度が 3000 ポアズであり、攪拌手段の回転速度が 30 rpm である攪拌装置）を表し、第 2 の装置は本発明により設計した攪拌装置（例えば、直径が 10 インチ（約 25 cm）であり、ガラスの粘度が 1000 ポアズ（例えば、約 80 だけ溶融ガラスの温度を上昇させることにより達成される）であり、攪拌手段の回転速度が 6.3 rpm である攪拌装置）を表す。

【0042】

この表から分かるように、攪拌手段にかかる剪断応力は、攪拌手段の直径を 6 インチ（約 15 cm）から 10 インチ（約 25 cm）まで増加させ、攪拌されるガラスの粘度を 3000 ポアズから 1000 ポアズまで減少させることにより、ほぼ一桁減少させることができる。これらの変更により、攪拌手段の速度を四分の一に遅くできる。有用な副産物は、軸にかかるねじれ応力も約 25 % 減少することであり、このことは、攪拌手段の寿命を長くするのに役立つ。

【0043】

実施例 2

図 6 および 7 は、従来の攪拌（ダイヤモンドのデータ点）と本発明により行った攪拌（正方形のデータ点）との比較を示している。これらのデータは、実際の製造装置を用いて得た。全ての場合、攪拌は、実質的に垂直に向けられた攪拌チャンバおよび実質的に垂直に向けられた軸を持つ実質的にポンピング作用のない攪拌手段を用いて行った。

【0044】

従来のデータへのフィットである図 6 の直線は、本発明の前に、高い $Q \cdot E$ の積は、高レベルの剪断応力の使用によってのみ達成できたことを示している。これとは反対に、低レベルの剪断応力は、低い $Q \cdot E$ の積によってのみ達成された。対照的に、本発明の概念による攪拌は、低剪断応力と高 $Q \cdot E$ 積を同時に達成する。LCD ガラスの製造における低剪断応力の重要性が図 7 に示されている。ここに示したように、本発明によれば、含有物（特に、10 マイクロメートルより大きいサイズを持つ貴金属の含有物）のレベルは剪断応力の線形関数であり、一方で、剪断応力は方程式（2）を用いて計算される。図 7 の直線のフィットが示しているように、剪断応力が $1.1 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$ 未満のときには、含有物 / キログラム値がゼロに到達する。図 7 のデータは、分解能が 10 マイクロメートルより大きいサイズを持つ含有物に限られている装置を用いて得た。本発明により 10 マイクロメートル未満のサイズの含有物のレベルが減少すると考えられる。

【0045】

本発明の特定の実施の形態を記載し、説明してきたが、特許請求の範囲により定義される本発明の精神および範囲から逸脱せずに、変更を行えることが理解されよう。

【表 1】

表1

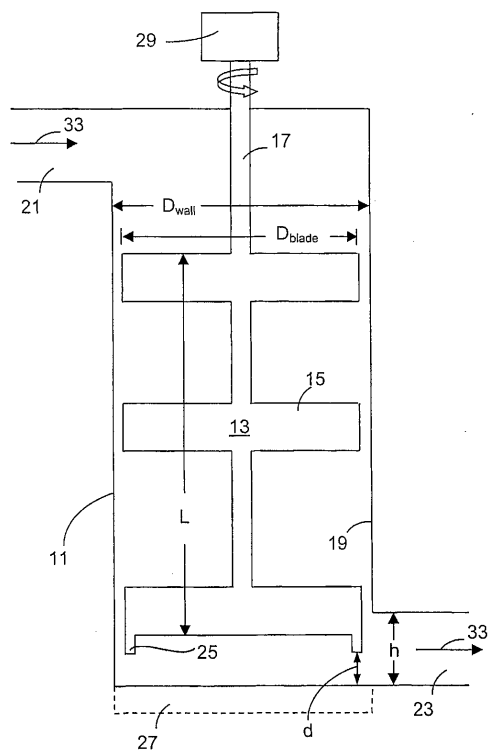
攪拌手段	6"	10"
直径(D--インチ)	6	10
羽根の数(B)	24	24
ガラスの粘度(μ --ポアズ)	3000	1000
攪拌手段の回転速度(N--rpm)	30	6.3
攪拌有効性(E)	125	125
剪断応力(τ --psi)	1.148	0.142

【符号の説明】

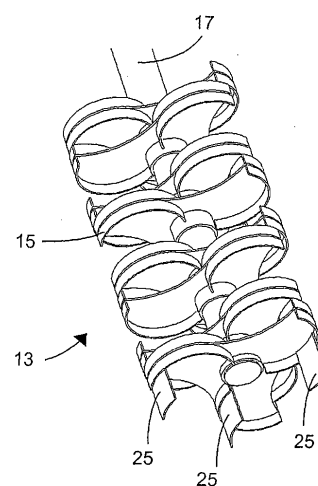
【0046】

- 1 1 攪拌チャンバ
- 1 3 攪拌手段
- 1 5 攪拌手段の羽根
- 1 7 攪拌手段の軸
- 1 9 攪拌チャンバの壁
- 2 1 入口ポート
- 2 3 出口ポート
- 2 5 攪拌部材（指）
- 2 7 随意的な液だめ
- 2 9 モータ
- 3 1 排液管
- 3 3 流動矢印、流動等高線、および流導管を示す流動方向表示

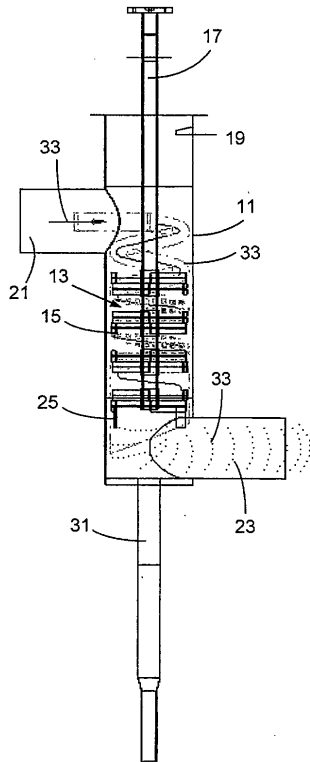
【図 1】



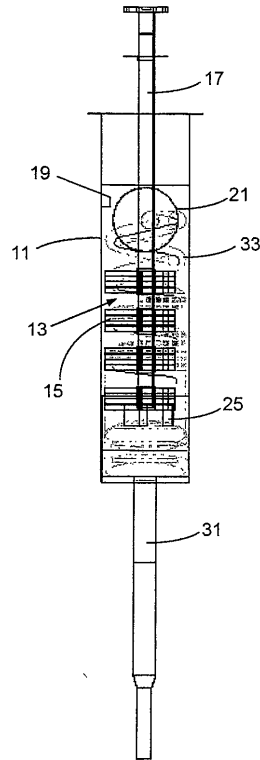
【図 2】



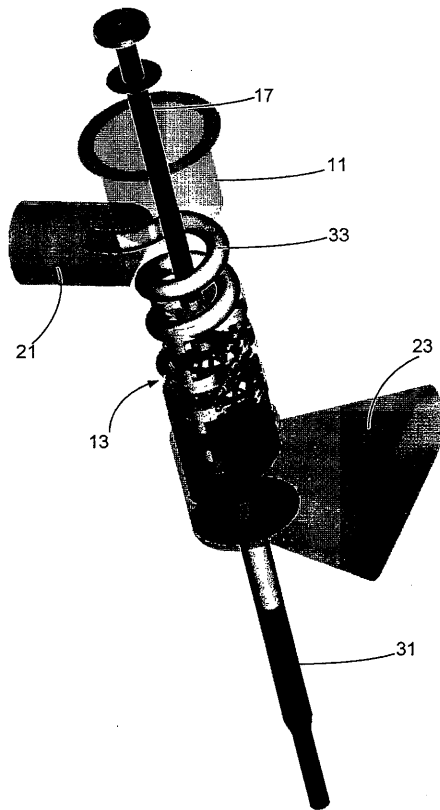
【図 3】



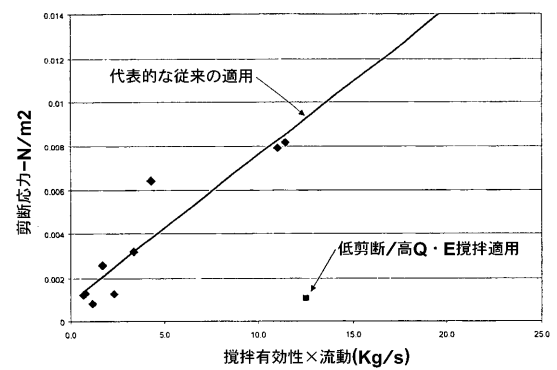
【図 4】



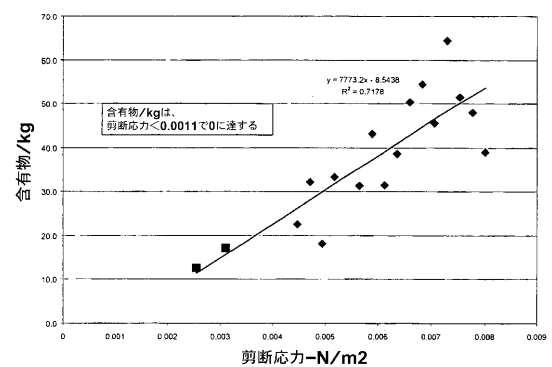
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェイムズ ピー マーフィー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング ヒコック ロード 2 9 4 1
- (72)発明者 ダニエル エイ ノーレット
アメリカ合衆国 ケンタッキー州 4 0 4 2 2 ダンヴィル ラノック ドライヴ 1 5 7 1
- (72)発明者 ロバート アール トーマス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 9 1 ワトキンス グレン レイクビュー アヴェニュー
ー 2 1 5