



US 20050076675A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication****Bogdahn et al.**(10) **Pub. No.: US 2005/0076675 A1**(43) **Pub. Date:****Apr. 14, 2005**(54) **METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A CYLINDRICAL GLASS BODY**

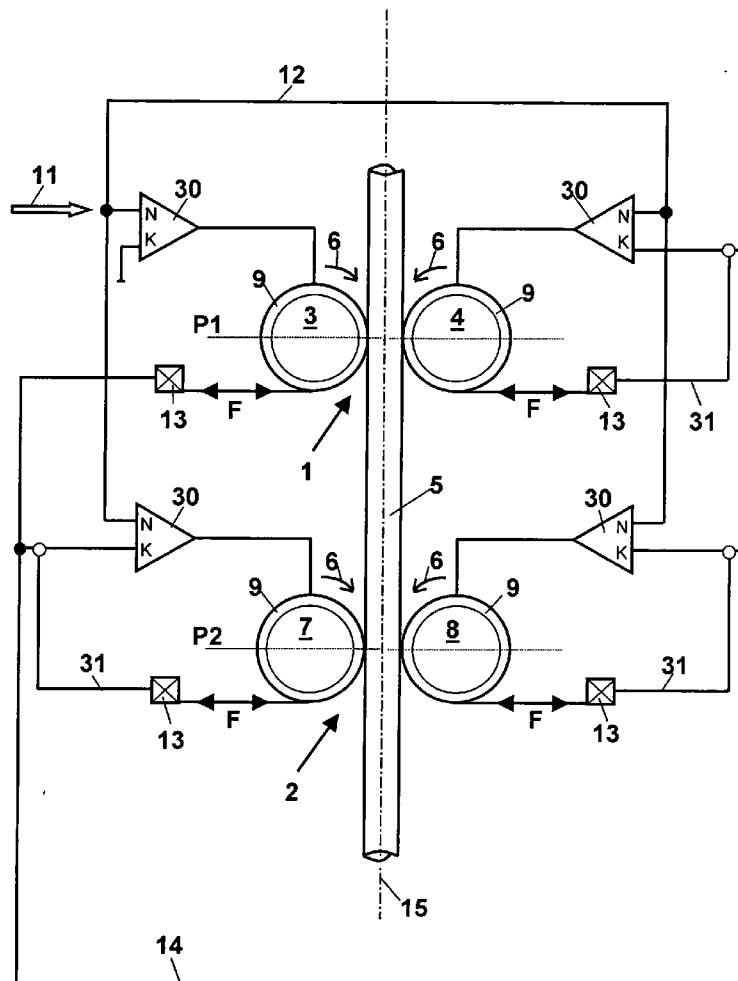
(57)

ABSTRACT(76) Inventors: **Thomas Bogdahn**, Karlstein (DE);
Oliver Ganz, Bruchkobel (DE)

Correspondence Address:

TIAJOLOFF & KELLY
CHRYSLER BUILDING, 37TH FLOOR
405 LEXINGTON AVENUE
NEW YORK, NY 10174 (US)(21) Appl. No.: **10/502,500**(22) PCT Filed: **Jan. 23, 2002**(86) PCT No.: **PCT/EP02/00664****Publication Classification**(51) **Int. Cl.⁷** **C03B 23/047**(52) **U.S. Cl.** **65/29.12; 65/163**

In a known method for producing a cylindrical glass body in a vertical drawing process, a glass blank is softened in a heating zone and drawn off as a glass strand by means of a draw-off device at a controlled drawing speed, the draw-off device comprising a first draw-off unit with rolling bodies rolling on the glass strand and being distributed around the circumference thereof, the rolling bodies being formed by a reference rolling body and at least one auxiliary rolling body, the drawing speed being controlled via the speed of the reference rolling body. Starting therefrom, in order to reduce damage to the surface of the glass strand caused by the draw-off device and to avoid deformations caused by existing bends of the glass strand, it is suggested according to the invention that a value for the torque of the reference rolling body (3) should be determined in dependence upon the weight of the drawn-off glass strand (5), and that the determined value should be used as a setpoint torque for setting the torque in the at least one auxiliary rolling body (4; 7; 8).



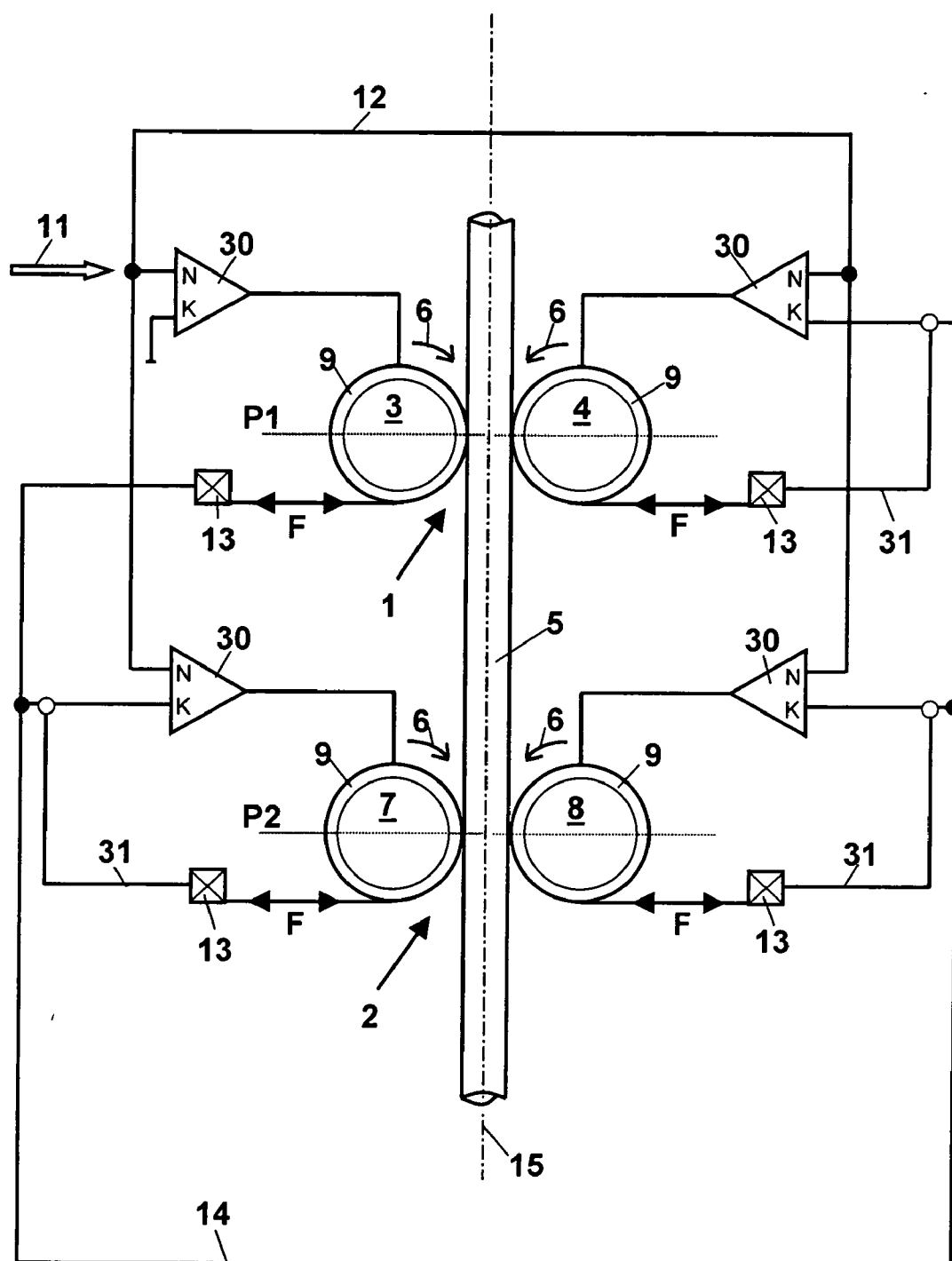


Fig. 1

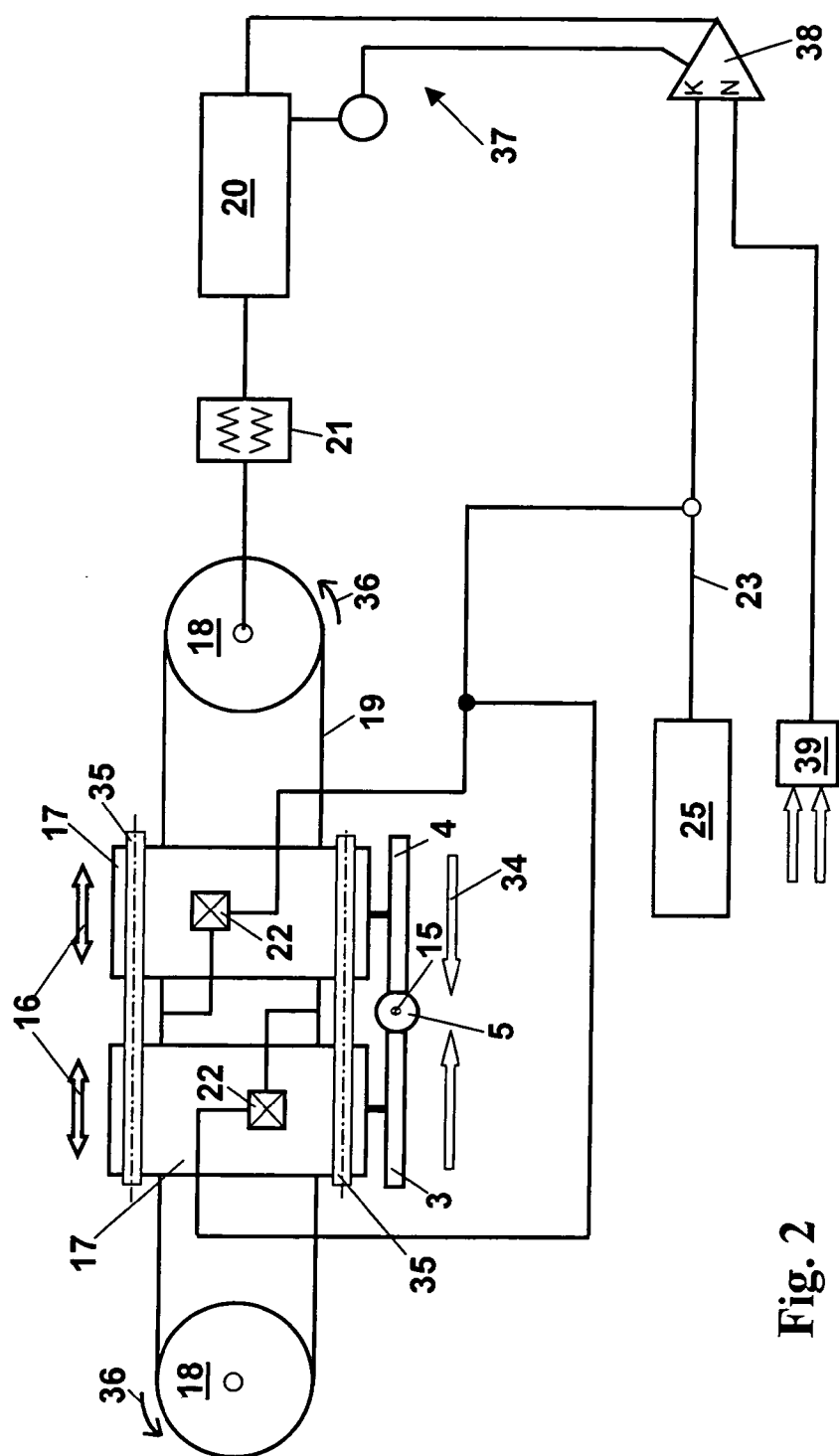


Fig. 2

METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A CYLINDRICAL GLASS BODY

[0001] The present invention relates to a method and an apparatus for producing a cylindrical glass body, in particular a quartz glass body, in a vertical drawing process, comprising a method step in which a glass blank is supplied to a heating zone, softened therein zonewise and a glass strand is drawn off by means of a draw-off device at a controlled drawing speed from the softened area, the draw-off device comprising a first draw-off unit with rolling bodies rolling on the glass strand and being distributed around the circumference thereof, the rolling bodies being formed by a reference rolling body and at least one auxiliary rolling body, the drawing speed being controlled via the speed of the reference rolling body.

[0002] Furthermore, the invention relates to an apparatus for producing a cylindrical glass body, in particular a quartz glass body, in a vertical drawing process, comprising an annular heating element for heating and softening a glass blank, comprising a draw-off device including a frame which holds thereon a first draw-off unit with rolling bodies rolling on the glass strand and being distributed around the circumference thereof, the rolling bodies being formed by a reference rolling body and at least one auxiliary rolling body, the reference rolling body being connected to a speed control for setting the drawing speed.

[0003] Such methods and apparatuses serve to produce cylindrical components, in particular tubes and rods of quartz glass, or preforms for optical fibers. DE-A 195 36 960 describes a method and an apparatus of said type. For producing a quartz glass tube in a vertical drawing process a hollow cylinder of quartz glass is supplied, starting with the lower end, to an annular furnace and is heated therein and softened zonewise. A quartz glass tube strand is continuously drawn off downwards from the softened area under formation of a drawing bulb. To this end there is provided in a vertically fixed position a draw-off device comprising two rolls rolling on the drawn-off tube strand in opposing fashion and opposite directions.

[0004] The outer diameter and the wall thickness of the tube strand are set to a predetermined setpoint value. The manipulated variable for said control are drawing speed and blowing pressure, the drawing speed being adjusted by controlling the rotational speed of the rolls. Tube pieces are separated from the drawn-off tube strand with the desired length from time to time.

[0005] Since the quartz glass in the area of the draw-off device has not cooled completely, the rolls might create impressions. In particular with bends of the glass strand, high forces might act on the glass strand and produce a further deformation of the strand due to the lever action in the area of the drawing bulb. Moreover, due to the irregular wear of the opposite rolls, path or gearing differences are created, resulting in stress marks and other surface injuries. Sudden changes in the weight of the glass strand during cutting to length may also contribute to injuries to the surface in the area of the draw-off device.

[0006] It is the object of the present invention to provide a method which reduces damage to the surface of the glass strand caused by the draw-off device and in the case of which deformations caused by existing bends of the glass

strand are avoided. Furthermore, it is the object of the present invention to provide an apparatus which makes it possible to produce cylindrical quartz glass bodies in a vertical drawing process substantially without any damage to the surface.

[0007] This object is achieved according to the invention with respect to the method, starting from the method of the above-mentioned type, in that a value for the torque of the reference rolling body is determined in dependence upon the weight of the drawn-off glass strand, and that the determined value is used as a setpoint torque for setting the torque in the at least one auxiliary rolling body.

[0008] In the simplest case the rolling bodies are rolls (rollers) having a roll surface in the form of a cylinder jacket. Several rolling bodies are distributed around the glass strand in such a way that the contact pressure forces exerted by the rolling bodies in radial direction on the glass strand mutually compensate one another. In the simplest case, but not necessarily, the rolling bodies of a first draw-off unit rest in a joint horizontal plane on the glass strand.

[0009] In at least one of the rolling bodies, the rotational speed and thus the drawing speed of the draw-off device is controlled. In the following explanations, said rolling body of the first draw-off unit is designated as a "reference rolling body" or also as a "reference roll". Due to the diameter of the reference roll and its coefficient of friction in contact with the glass strand, a specific torque is obtained for the reference roll at the set speed and in dependence upon the weight of the drawn-off glass strand.

[0010] The torque "D" of a rotatably supported body is defined as the product of force "K" and lever arm "l".

$$D=K \times l$$

[0011] In the present vertical drawing process, force "K" follows from the weight of the drawn-off glass strand in combination with the static friction of the rolling body in contact with the glass strand. The static friction is influenced by the circumferential speed of the rolling body rolling on the glass strand.

[0012] In the method according to the invention, the torque of the reference roll, or a value which can be correlated with said torque, is determined, and the determined value is used as a "setpoint torque" for predetermining the setting of the torque of the remaining rolling bodies of the first draw-off unit. The torques thereof are thus coordinated with reference to the predetermined setpoint torque. The torques of the auxiliary rolling body or the auxiliary rolling bodies may differ from the torque of the reference rolling body for many reasons. Examples to be given here are different speeds and outer diameters or non-circularity or out-of-roundness of the rolling bodies. One reason for different outer diameters and non-circularity may be wear.

[0013] The value of the torque of the reference roll can be determined by way of measurements or also by way of calculations. In the simplest case, the value is directly measured on the reference roll. So-called "strain gage sensors", or measuring devices equipped therewith, such as torque metering shafts, are suited therefor. The torque is set on the basis of the actually operating weight of the drawn-off glass strand in such a way that the exact weight need not be

known. However, the torque or the change thereof in time can also be calculated on the basis of the concrete conditions of the technical process and apparatus, such as the actual outer diameter of the reference roll, the frictional resistance during rolling and the weight of the drawn-off glass strand (or the volume thereof).

[0014] Since the torques are coordinated during rolling of the rolling bodies of the first draw-off unit on the basis of the torque of the reference roll, it is ensured that the rolling bodies of the draw-off unit have the same or similar circumferential speeds. Ideally, all of the rolling bodies of the draw-off unit exert the same forces on the glass strand. Gearing differences between the rolling bodies, and injuries caused thereby on the surface of the glass strand are thereby avoided.

[0015] Both the determination of the setpoint torque and the adjustment of the torque of the auxiliary rolling bodies on the basis of the setpoint torque are carried out during the drawing process repeatedly, preferably continuously. Changes in the setpoint torque, e.g. because of changes in weight of the glass strand or non-circularity of the reference roll, are thus considered permanently, and gearing differences caused thereby between the rolling bodies can be avoided. Ideally, the torque of the auxiliary rolling body or bodies corresponds exactly to the torque of the reference roll. The setpoint torque of the reference roll is determined anew in a permanent way (repeatedly, preferably continuously). This results in a variable setpoint torque as a predetermined value for the at least one auxiliary rolling body. Preferably, the torque of the at least one auxiliary rolling body is adjusted to this variable setpoint torque.

[0016] It has been found to be of advantage when a draw-off device is used that comprises at least one second draw-off unit including a plurality of rolling bodies.

[0017] When viewed in the direction of the longitudinal axis of the glass strand, the second draw-off unit is positioned above or below the first draw-off unit. A plurality of axially spaced-apart draw-off units may be used. Here and in the following text, "second draw-off unit" means every further—second, third, fourth, etc.—draw-off unit. The rolling bodies of the second draw-off unit are arranged one above the other or are offset relative to one another, when viewed in axial direction.

[0018] The second draw-off unit comprises at least two rolling bodies. The number, geometry or arrangement of the rolling bodies of the first and second draw-off unit need not be identical. Moreover, as for the geometry and arrangement of the rolling bodies of the second and any further draw-off unit on the glass strand, the observations made above on the rolling bodies of the first draw-off unit apply by analogy.

[0019] The use of several draw-off units that are axially distributed on the glass strand permits a more uniform distribution of the forces needed for holding and guiding the glass strand, and thus a reduction of the contact pressure force of the individual rolling bodies. Damage to the surface is thereby avoided or reduced.

[0020] In this respect it has been found to be of particular advantage when the rolling bodies of the at least one second draw-off unit are movable in a direction perpendicular to the longitudinal axis of the glass strand. Hence, these rolling bodies are characterized in that their "radial position"

(viewed in a direction perpendicular to the longitudinal axis of the glass strand) is not fixed but is variable during the drawing process. Hence, in the case of a bent glass strand, the rolling bodies can be adjusted in radial direction to follow the bend. This prevents a situation where forces arise that do not act in a direction perpendicular to the longitudinal axis of the glass strand. Otherwise, such forces would have an impact—due to lever action—on the area of the softened zone, resulting in an additional deterioration of the dimensional accuracy of the glass strand. The radial adjustment is e.g. achieved by adjusting (positioning) the rolling bodies by a motor on the glass strand and in a particularly advantageous way by means of a "float cushion" which permits a radial sliding movement of the rolling bodies (or the mountings thereof) almost without any frictional resistance.

[0021] A further improvement is achieved due to the fact that the rolling bodies of the at least one second draw-off unit are used as auxiliary rolling bodies in the case of which the torque is set on the basis of the torque of the reference rolling body. It is not only the torque of the auxiliary rolling body of the first draw-off unit that is here coordinated, but also the torque of the rolling bodies of the second (or also any further) draw-off unit. The setpoint torque follows for all auxiliary rolling bodies in engagement with the glass strand from the value for the torque of the reference roll, as has been described above in more detail for the at least one auxiliary rolling body of the first draw-off unit. The torque of the auxiliary rolling body is set to the setpoint torque or adjusted on the basis thereof. Thanks to the many rolling bodies that are in engagement with the glass strand, it is possible, on the one hand, to distribute more evenly the force required for holding and guiding the glass strand, and thus to keep the contact pressure force small that is acting locally through each of the individual rolling bodies, and, on the other hand, to reduce or prevent gearing differences between the individual rolling bodies by coordinating the torques. In a particularly preferred case, the torque for each rolling body in engagement with the glass strand is controlled separately.

[0022] It has been found to be particularly useful when the rolling bodies press against the glass strand with an adjustable contact pressure force. The contact pressure force can be set individually for each of the rolling bodies, or to the same value for all rolling bodies of a draw-off unit, or to the same value for all rolling bodies of the draw-off device on the whole. The setting operation is carried out by way of control or regulation. The contact pressure forces can be distributed in a selective way over the individual rolling bodies by a controlled or regulated adjustment, and locally high contact pressure forces can thereby be avoided. The forward movement of the rolling bodies for producing the contact pressure force may take place hydraulically, pneumatically or by way of a motor.

[0023] It has turned out to be of particular advantage when the contact pressure force is set in dependence upon the weight of the drawn-off glass strand. The vertically downwardly acting weight is reduced by means of the contact pressure force of the rolling bodies and the static friction produced thereby. A certain static friction below which there would be a slipping through of the glass strand must be observed. The weight of the glass strand increases continuously until separation of the piece with the desired length. Therefore, in the simplest case, the rolling bodies are

pressed from the beginning against the glass strand with a contact pressure force that is sufficient to reduce the maximum weight to be expected. As an alternative, the contact pressure force is increased continuously or incrementally with an increasing weight. Damage to the surface can be further minimized by the last-mentioned variant of the method.

[0024] In this respect it has turned out to be of particular advantage when, in case a predetermined maximum contact pressure force is exceeded in the rolling bodies of the first draw-off unit, the rolling bodies of the second draw-off unit are additionally brought into engagement with the glass strand or, as an alternative thereto, when the contact pressure force is increased when rolling bodies of the second draw-off unit are already in engagement with the glass strand. In this process a maximally admissible value (hereinafter called "maximum value") is predetermined for the contact pressure force of a rolling body. The static friction to be applied for reducing the weight is first produced (at a small weight) with a small number of the rolling bodies of the first draw-off unit. These are either pressed from the beginning with a predetermined contact pressure force ($\leq$ maximum value) against the glass strand or the contact pressure force is increased with an increasing weight of the glass strand. As soon as the static friction to be applied by the rolling bodies of the first draw-off unit is no longer sufficient for reducing the weight of the glass strand, either further rolling bodies are brought into engagement with the glass strand, which will then intercept part of the weight of the glass strand also by their contact pressure force and the static friction produced thereby, or the contact pressure force is increased in rolling bodies which are already in engagement with the glass strand, but with a contact pressure force below the predetermined maximum value. As soon as the additional static friction has been provided by rolling bodies of the second (and any further) draw-off unit, the contact pressure force of the rolling bodies of the first draw-off unit can be reduced again. Ideally, all of the rolling bodies in engagement with the glass strand are provided with the same contact pressure force, the latter being set to be just so high that in combination with the glass strand it produces a static friction which just prevents a slipping through of the glass strand at the respective weight.

[0025] A further improvement is achieved in that the control of the contact pressure force comprises a damping member. The damping member has a smaller spring constant than the mechanism of the draw-off device so that it dampens the natural vibrations thereof. This prevents overshooting, which turns out to be of particular advantage to the control of the contact pressure force, in particular in the case of fast changes in weight, e.g. during separation of a glass strand piece. The damping member in a preferred embodiment of the invention is designed as a mechanical spring element, e.g. as a torsion spring.

[0026] The static friction needed for reducing the weight of the glass strand is produced by pressing the rolling bodies against the strand. Preferably, rolling bodies are used with a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5. In the case of a roll surface having a high coefficient of friction, a small contact pressure force is sufficient for producing an adequate static friction. However, a high coefficient of friction normally leads to a roll surface with a pronounced surface structure, which may lead to

injuries to the glass strand. This drawback is avoided by a roll surface having a low coefficient of friction. However, a high contact pressure force is then required for producing a sufficient static friction, which may also lead to injuries to the glass strand. In this respect a roll surface having a coefficient of friction in the above-mentioned range turns out to be a suitable compromise.

[0027] Materials that contain asbestos, asbestos substitutes or SiC have turned out to be particularly suited as materials for the roll surface. The rolling bodies consist of the said materials or they are coated therewith in the area of their roll surface. The said materials can also be applied to a carrier, e.g. to a grid, grating, woven fabric, knitted fabric, or the like, of metal or graphite. Apart from a high wear resistance, a high heat resistance is essential. Calcium silicate and aluminum silicate should here be mentioned as examples of asbestos substitutes.

[0028] As for the apparatus, the above-mentioned object is achieved according to the invention, starting from an apparatus of the above-mentioned type, on the one hand, in that a means is provided for determining the torque during rolling of the reference rolling body and a means for setting the torque in the at least one auxiliary rolling body to a setpoint torque.

[0029] As for the design and arrangement of the rolling bodies and the definitions of the terms "reference rolling body" and "auxiliary rolling body", which are also used in the following, reference is made to the above explanations regarding the method of the invention.

[0030] The apparatus according to the invention is characterized in that a means is provided for determining the torque during rolling of the reference rolling body and a means for setting the torque in the at least one auxiliary rolling body. With the help of the means for determining the torque, the torque of the reference roll, or a value which can be correlated with said torque, is determined and the determined value is used as a measure of the torque of the remaining rolling bodies of the first draw-off unit.

[0031] The value of the torque of the reference roll can be determined by way of measurements or also by way of calculations. In the first-mentioned case a measuring device is provided for measuring the torque acting on the reference roll. So-called "strain-gage sensors", or measuring devices equipped therewith, such as torque metering shafts, are e.g. suited therefor. The force which acts on the reference roll in the direction of the drawn-off glass strand and which follows in dependence upon the actual weight of the drawn-off glass strand is sensed with the help of the measuring device.

[0032] The torque during rolling of the rolling bodies of the first draw-off unit is coordinated on the basis of the torque of the reference roll. To this end a means is provided for setting the torque in the at least one auxiliary rolling body to the setpoint torque. The means for setting the torque comprises, for instance, a drive for the rolling movement of the respective rolling body which is connected to a speed controller with correction input, and a measuring device for measuring the torque acting on the respective rolling body. In setting the speed during rolling, such a means permits a controlled adjustment of the actual torque to a setpoint torque derived from the torque of the reference roll.

[0033] The torque of the auxiliary rolling body or bodies is set during the drawing process repeatedly or continuously.

Preferably the setpoint torque should be set continuously to the value of the torque of the reference rolling body. Changes in the torque of the reference rolling body, e.g. because of changes in weight of the glass strand or by reason of wear in the reference rolling body, are taken into account by a corresponding adaptation of the setpoint torque. It is thereby ensured that the rolling bodies of the draw-off unit have always the same or similar circumferential speeds, and that gearing differences between the rolling bodies are avoided.

[0034] Preference is given to an embodiment of the apparatus according to the invention, wherein the draw-off device comprises at least a second draw-off unit including a plurality of rolling bodies. When viewed in the direction of the longitudinal axis of the glass strand, the second draw-off unit is arranged above or below the first draw-off unit. A plurality of axially spaced-apart draw-off units may be used. "Second draw-off unit" means here and in the following any further—second, third, fourth, etc.—draw-off unit.

[0035] The second draw-off unit comprises at least two rolling bodies. Number, geometry or arrangement of the rolling bodies of first and second draw-off unit need not be identical. As for the geometry and arrangement of the rolling bodies of the second and any further draw-off unit on the glass strand, the observations made above on the rolling bodies of the first draw-off unit apply by analogy.

[0036] The at least one second draw-off unit is preferably held in the same frame as the first-draw-off unit, the rolling bodies of the second draw-off unit being movably supported on the frame in a direction perpendicular to the longitudinal axis of the glass strand. These rolling bodies are thus characterized in that their "radial position" (viewed in a direction perpendicular to the longitudinal axis of the glass strand) is not fixed, but is variable, during the drawing process. Thus, in the case of a bent glass strand, the rolling bodies can be adjusted in radial direction to follow the bend. This avoids the generation of forces that do not act in a direction perpendicular to the longitudinal axis of the glass strand. The radial adjustment is e.g. achieved by a motor-type drive, a hydraulic drive or a pneumatic drive. A "float cushion" which permits a radial sliding movement of the rolling bodies (or the mounting thereof) in the manner of an air cushion almost without any frictional resistance is used therefor in a particularly advantageous manner.

[0037] A further improvement is achieved by connecting the rolling bodies of the second draw-off unit to a means for setting the torque. The rolling bodies of the second draw-off unit can thus also be operated as "auxiliary rolling bodies" in the sense of this invention. This means that the torque thereof can be set with the help of the respective means for setting the torque. The setpoint torque follows for all of the auxiliary rolling bodies from the value for the torque of the reference roll. On the one hand, it is possible with the rolling bodies of the second (and further) draw-off unit to distribute the force needed for holding and guiding the glass strand over the contact pressure forces of a plurality of rolling bodies that are in engagement with the glass strand, i.e. to keep small the contact pressure force that is locally acting through each of the individual rolling bodies and, on the other hand, to reduce or avoid gearing differences between the individual rolling bodies by coordinating the torques. Ideally, a separate means for setting the torque is provided for each rolling body in engagement with the glass strand.

[0038] In a particularly preferred embodiment of the apparatus according to the invention, there is provided a contact pressure force control unit by means of which the rolling bodies are pressed with an adjustable contact pressure force against the glass strand. The contact pressure force can be individually set for each of the rolling bodies, or to the same value for all rolling bodies of a draw-off unit, or to the same value for all rolling bodies of the draw-off device on the whole.

[0039] The contact pressure force is set in a controlled way by the contact pressure force control unit. Thanks to the controlled adjustment, the contact pressure forces can be distributed in a selective way over the individual rolling bodies, and locally high contact pressure forces are thus avoided. Moreover, the contact pressure force can be set in dependence upon the weight of the drawn-off glass strand. Reference is here made to the above explanations regarding the method of the invention.

[0040] It has turned out to be of particular advantage when the contact pressure control unit comprises a damping member. The damping member has a smaller spring constant than the mechanism of the draw-off device, so that it dampens the natural vibrations thereof. In a preferred embodiment of the invention, the damping member is designed as a mechanical spring element, e.g. as a torsion spring.

[0041] A pivot device by means of which the frame is pivotable about a tilt angle relative to the vertical has turned out to be particularly useful. In case the center axis of the drawn-off glass strand deviates from the vertical, the draw-off device, including the respective draw-off units, can be tilted by means of the pivot device by the corresponding angle with respect to the vertical.

[0042] Furthermore, the above-indicated object is achieved according to the invention with respect to the apparatus, starting from an apparatus of the above-mentioned type, in that the rolling bodies are provided with a roll surface having a coefficient of friction in the range of 0.2 to 0.5.

[0043] As for the design and arrangement of the rolling bodies and the definitions of the terms "reference rolling body" and "auxiliary rolling body" as used hereinafter, reference is made to the above explanations regarding the method according to the invention.

[0044] The apparatus according to the invention is characterized by rolling bodies having a roll surface with a coefficient of friction in the range of 0.2 to 0.5. In the case of a roll surface having a high coefficient of friction, a small contact pressure force is sufficient for producing a sufficient static friction. However, a high coefficient of friction normally requires a roll surface with a pronounced surface structure, which might lead to injuries to the glass strand. Said drawback is avoided by a roll surface having a low coefficient of friction. However, this will then require a high contact pressure force for generating a sufficient static friction, which might also lead to injuries to the glass strand. In this respect a rolling body having a roll surface with a coefficient of friction in the above-mentioned range turns out to be a suitable compromise.

[0045] Materials that contain asbestos, asbestos substitutes or SiC have turned out to be particularly suited as

materials for the roll surface. The rolling bodies consist of the said materials or are coated therewith in the area of their roll surface. The said materials may also be applied to a carrier, e.g. to a grid, grating, woven fabric, knitted fabric, or the like, of metal or graphite. Apart from a high wear resistance, a high heat resistance is essential. Calcium silicate and aluminum silicate should here be mentioned as examples of asbestos substitutes.

[0046] The present invention shall now be explained in more detail with reference to embodiments and a patent drawing, which shows in detail in

[0047] **FIG. 1** a diagram for controlling the torque of a draw-off device for performing the vertical drawing method according to the invention; and

[0048] **FIG. 2** a diagram for controlling the contact pressure force in said method.

[0049] **FIG. 1** is a diagram showing a draw-off device for drawing a quartz glass strand **5** having a vertically oriented longitudinal axis **15**, the draw-off device comprising an upper draw-off unit **1** and a lower draw-off unit **2**. The upper draw-off unit **1** comprises two draw-off rolls **3; 4** which are arranged in opposite relationship in a fixed horizontal position **P1** on a quartz glass strand **5** and roll on said strand in an opposite rotational direction **6**. Equally, the lower draw-off unit **2** comprises two draw-off rolls **7; 8** acting in opposite relationship in the fixed horizontal position **P2** on the quartz glass strand **5**, with a distance of 55 cm being set between **P1** and **P2**. The respectively opposite draw-off rolls **3; 4** and **7; 8** are pressed with a predetermined contact pressure force against the quartz glass strand **5**, the contact pressure forces mutually compensating each other.

[0050] The draw-off rolls **3; 4; 7; 8** are rolls having an initial nominal outer diameter of 215 mm and a width of 100 mm, which consist of aluminum and whose cylindrical outer roll surface **9** is formed by a coating of calcium silicate. The coefficient of friction of the roll surface on the quartz glass strand **5** is about 0.36.

[0051] The method according to the invention for setting the torque of the draw-off rolls **3; 4; 7; 8** during rolling on the quartz glass strand **5** shall now be described in more detail with reference to the diagram shown in **FIG. 1**.

[0052] The draw-off roll **3** as the only speed-controlled draw-off roll of the draw-off device forms the "reference roll" for the draw-off control. With the speed control, a nominal value **N** for the setpoint speed is predetermined for the draw-off roll **3**, as shown by the input arrow **11**. The nominal value **N** follows from the necessary drawing speed, which is the manipulated variable of the control for the outer diameter of the quartz glass strand **5**. In the embodiment a nominal value **N** for the speed of the reference roll of 5.9 rpm is obtained in the case of a quartz glass strand of 90.1 mm.

[0053] Each of the draw-off rolls **3; 4; 7; 8** is connected to a separate speed controller **30**. The nominal value **N** for the desired speed of the reference roll **3** is supplied via the connection line **12** to an input of the speed controller **30**. A correction signal **K** which follows from a measurement of the torque of the reference roll **3** and the respective torque of the draw-off roll **4; 7; 8** is supplied to the second input via connection line **14**.

[0054] A strain gage sensor (bending bar) **13** is provided for measuring the torque of the reference roll (schematically illustrated by the double-headed arrow **F**). The torque **F** acting on the reference roll **3** follows from the actual weight of the quartz glass strand **5** in combination with the static friction and the outer diameter of the reference roll **3**. The value measured for torque **F** serves as a "setpoint torque" for the remaining draw-off rolls **4; 7; 8** of the draw-off device, thereby making a first contribution to said correction signal **K**.

[0055] A second contribution to the correction signal **K** follows from the measured values of the torques of the remaining draw-off rolls **4; 7; 8**. To this end a strain gage sensor **33** is provided on each of the draw-off rolls **4; 7; 8**. Torque **F** is also observed on the draw-off rolls **4; 7; 8** due to the actual weight of the quartz glass strand **5** in combination with the static friction and the outer diameter of the respective draw-off roll **4; 7; 8**.

[0056] A comparison between the first and second contribution yields the correction signal **K** which is used for readjusting the torques **F** on the draw-off rolls **4; 7; 8**. To this end a separate control path **31** is provided for each draw-off roll **4; 7; 8** for adjusting the respective torque **F** to the predetermined setpoint torque.

[0057] The above-described combination of speed and torque control guarantees that all of the draw-off rolls **3; 4; 7; 8** of the draw-off device have the same circumferential speeds. Changes in the setpoint torque (in the case of reference roll **3**), e.g. due to changes in weight of the glass strand **5**, are immediately sensed and taken into account in the remaining draw-off rolls **4; 7; 8**. Also taken into account are changes in the draw-off rolls **4; 7; 8** that lead to a change in the respective torque **F**, e.g. a reduction of the outer diameter, in that the torque **F** of the draw-off rolls **4; 7; 8** is readjusted accordingly.

[0058] Injuries to the surface of the quartz glass strand **5** that are caused by gearing differences between the draw-off rolls **3; 4; 7; 8** are thereby avoided.

[0059] In addition, the contact pressure force with which the draw-off rolls **3; 4; 7; 8** press against the quartz glass strand **5** are monitored and controlled continuously. The control shall now be described in more detail with reference to the example shown in **FIG. 2**.

[0060] **FIG. 2** shows the control unit for controlling the contact pressure force with reference to the pair of rolls of the upper draw-off unit **1**. The draw-off rolls **3; 4** are pressed against the quartz glass strand **5** with an adjustable force, which is symbolized by directional arrows **34** and ranges between 10 and 65 kp, by the draw-off rolls **3; 4** being reciprocated in a direction perpendicular to the longitudinal axis **15** of the quartz glass strand **5**, which extends here in a direction perpendicular to the plane of the diagram, as shown by the directional arrows **16**. To this end each of the draw-off rolls **3; 4** is secured to a carrier **17**. Carriers **17** are slidably supported on a slide bearing **35**, the carriers being movable towards or away from each other in their horizontal plane by means of a belt **19** running around two rollers **18**. In the embodiment, the rotation of rollers **18** in the direction illustrated by the directional arrow **36** has the effect that the carriers **17** and thus the draw-off rolls **3; 4** are moved towards each other. The rollers **18** are rotated by a motor **20**. A torsion spring **21** is provided between the motor **20** and the rollers **18**.

[0061] A static friction which is sufficient for intercepting the weight of the quartz glass strand 5 is produced by the contact pressure force 34 of the draw-off roll 3; 4. A minimum static friction below which the quartz glass strand 5 would slip through must be observed. On the other hand a contact pressure force 34 that is as small as possible is desired for avoiding damage to the strand surface. The contact pressure force 34 is therefore set to be so high that it generates—in connection with the quartz glass strand 5—a static friction which reliably prevents the quartz glass strand 5 from slipping through, but does not exceed a predetermined maximum value (65 kp). The maximum value is fed by means of a computer 25 into a control circuit 37.

[0062] The draw-off rolls 3; 4 are pressed with an initial contact pressure force 34 of 10 kp against the quartz glass strand 5. As the weight of the quartz glass strand 5 is rising until a piece is cut off with the desired length, the contact pressure force 14 increases continuously. For this purpose the actual weight of the quartz glass strand 5 is calculated by means of a computer 25. The contact pressure force 34 is permanently measured by means of load cells 2 and the mean value of said measured values is compared with a desired value (line 23) determined by the computer 25, which takes into account the actual weight of the drawn-off quartz glass strand 5. The resulting comparative value is supplied to a controller 38 of the control circuit 37 as a correction value K which regulates the motor 20. Depending on the weight of the quartz glass strand 5, the contact pressure force 34 is increased—as long as it is smaller than the predetermined maximum force—or reduced.

[0063] The torsion spring 21 has a smaller spring constant than the mechanism of the draw-off device. Therefore, it prevents an overshooting of the control, in particular in the case of sudden changes in the control parameters, e.g. when the quartz glass strand 5 is cut to length.

[0064] The signal for opening or closing the draw-off rolls 3; 4 is predetermined by a stored-program control (SPC) 39 via which the nominal value for the contact pressure force is also predetermined.

[0065] In a variant of the method (not shown), the contact pressure force required for holding the quartz glass strand is evenly distributed in a computer-controlled way (computer 25) over the draw-off rolls 3, 4; 7; 8 of the two draw-off units 1; 2. To this end the lower draw-off unit 2 is provided with a corresponding measurement, control and movement means, as is shown for the upper draw-off unit 1 in FIG. 2. The draw-off rolls 7; 8 of the lower draw-off unit 2 will here only be brought into engagement with the quartz glass strand 5 if the contact pressure force 34 of the draw-off roll 3; 4 exceeds the maximum contact pressure force of 65 kp or if for other reasons a uniform distribution of the necessary contact pressure force over several draw-off rolls makes sense. As soon as the additional static friction is provided by the draw-off rolls 7; 8, the contact pressure force of the draw-off rolls 3; 4 is again lowered in a computer-controlled manner (computer 25) to such a level that all of the draw-off rolls 3; 4; 7; 8 produce the same contact pressure force 14. The contact pressure force of the draw-off rolls 7; 8 is also regulated, a control unit being here used as shown in FIG. 2.

[0066] Moreover, the draw-off rolls 7; 8 of the lower draw-off unit are also displaceable on the whole in a

direction perpendicular to the longitudinal axis 15 of the quartz glass strand 5, namely by the means including carriers 17, rollers 18, belt 19 and motor 20. Hence, the “radial position” of the draw-off rolls 7; 8 is variable. As a consequence, in the case of an arising bending of the quartz glass strand 5, said draw-off rolls 7; 8 can follow said bending and can be adjusted in radial direction in a computer-controlled manner. Alternatively, a “float cushion” is used for the radial adjustment, the cushion permitting a radial sliding movement of the draw-off rolls 7; 8 almost without any frictional resistance. Such a purely mechanical adjustment can be realized at less costs than a computer-controlled adjustment and is therefore particularly suited for draw-off rolls of a third plane.

[0067] The roll surfaces 9 of the draw-off rolls 3; 4; 7; 8 are formed by a coating of calcium silicate. This is a substitute for asbestos which is characterized by a high temperature resistance and high coefficients of friction. In connection with a quartz glass strand, coefficients of friction around 0.36 are measured. For extending the service life the draw-off rolls 3, 4; 7; 8 are cooled in addition. Cooling is carried out in that the surface of the quartz glass strand 5 above the draw-off rolls 3; 4; 7; 8 is blown at with a nitrogen flow.

[0068] Table 1 gives examples of actual measurement values of the speed, holding force and contact pressure force 34 in the vertical drawing method of the invention.

TABLE 1

Speed draw-off unit 1	draw-off roll 3	5.76 min ⁻¹
	draw-off roll 4	5.77 min ⁻¹
Speed draw-off unit 2	draw-off roll 7	5.75 min ⁻¹
	draw-off roll 8	5.75 min ⁻¹
Holding force draw-off unit 1	draw-off roll 3	-12.34 kp
	draw-off roll 4	-12.41 kp
Holding force draw-off unit 2	draw-off roll 7	-12.42 kp
	draw-off roll 8	-12.43 kp
Contact pressure force draw-off unit 1		64.5 kp
Contact pressure force draw-off unit 2		64.1 kp

[0069] The holding force is here a measure of the torque of the respective draw-off roll. It is evident from the measured values, which are instantaneous recordings in the drawing process, that in the method of the invention and due to the combined regulation of speed and torque (holding force) different values are obtained in the individual draw-off rolls for these parameters.

1. A method for producing a cylindrical glass body in a vertical drawing process, said method comprising a method step in which a glass blank is supplied to a heating zone, and softened therein zonewise and a glass strand is drawn off using a draw-off device at a controlled drawing speed from the softened area, said draw-off device comprising a first draw-off unit with rolling bodies rolling on said glass strand and being distributed around the circumference thereof, said rolling bodies including a reference rolling body and at least one auxiliary rolling body, the drawing speed being controlled via the speed of said reference rolling body, a value of torque of said reference rolling body being determined in dependence upon the weight of the drawn-off glass strand, the determined value being used as a setpoint torque for setting a torque in said at least one auxiliary rolling body.

2. The method according to claim 1, wherein said torque in said at least one auxiliary rolling body is set to said setpoint torque.

3. The method according to claim 1, wherein the draw-off device comprises at least one additional draw-off unit including a plurality of rolling bodies.

4. The method according to claim 3, wherein said at least one additional draw-off unit are movable in a direction perpendicular to a longitudinal axis of said glass strand.

5. The method according to claim 3, wherein said rolling bodies of said at least one additional draw-off unit are used as auxiliary rolling bodies with a setpoint torque thereof being set with reference to the torque of said reference rolling body.

6. The method according to claim 1, wherein said rolling bodies are pressed with an adjustable contact pressure force against said glass strand.

7. The method according to claim 6, wherein said contact pressure force is set dependent upon the weight of the drawn-off glass strand.

8. The method according to claim 3, wherein said rolling bodies are pressed with an adjustable contact pressure force against said glass strand; and

wherein, when a predetermined maximum contact pressure force is exceeded in said rolling bodies of said first draw-off unit, said rolling bodies of said second draw-off unit are additionally brought into engagement with said glass strand, or said contact pressure force is increased in the rolling bodies of said second draw-off unit that are in engagement with said glass strand.

9. The method according to claim 7, wherein said contact pressure force is controlled by structure that comprises a damping member.

10. The method according to claim 1, wherein the rolling bodies have a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5.

11. The method according to claim 10, wherein said roll surface contains asbestos, asbestos substitutes or SiC.

12. An apparatus for producing a cylindrical glass body, in a vertical drawing process, said apparatus comprising:

an annular heating element for heating and softening a glass blank,

a draw-off device including a frame which holds thereon a first draw-off unit with rolling bodies rolling on a glass strand drawn off from the glass blank at a drawing speed and being distributed around a circumference of said glass strand,

said rolling bodies including a reference rolling body and at least one auxiliary rolling body, said reference rolling body being connected to a speed control setting the drawing speed, and

a torque determiner determining a torque of the reference rolling body during rolling of said reference rolling body, and

a torque adjuster that sets a torque in said at least one auxiliary rolling body to a setpoint torque derived from said determined torque of the reference rolling body.

13. The apparatus according to claim 12, wherein said draw-off device comprises at least one additional draw-off unit comprising a plurality of rolling bodies.

14. The apparatus according to claim 13, wherein said additional draw-off unit is held in said frame, and said rolling bodies of said at least one additional draw-off unit are movably held on said frame in a direction perpendicular to a longitudinal axis of said glass strand.

15. The apparatus according to claim 13, wherein said rolling bodies of said additional draw-off unit are connected to a means for setting said torque.

16. The apparatus according to claim 12, wherein a contact pressure force control unit presses said rolling bodies with an adjustable contact pressure force against said glass strand.

17. The apparatus according to claim 16, wherein said contact pressure force control unit comprises a damping member.

18. The apparatus according to claim 12, wherein a pivot device supports said frame to be pivotable about a tilt angle relative to vertical.

19. An apparatus for producing a cylindrical glass body in a vertical drawing process, said apparatus comprising:

an annular heating element for heating and softening a glass blank,

a draw-off device including a frame which holds thereon a first draw-off unit with rolling bodies rolling on a glass strand drawn off from the glass blank at a drawing speed and being distributed around a circumference of said glass strand,

said rolling bodies including a reference rolling body and at least one auxiliary rolling body, said reference rolling body being connected to a speed control for setting the drawing speed, said rolling bodies having a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5

20. The apparatus according to claim 19, wherein said roll surface contains asbestos, asbestos substitutes or SiC.

21. The method according to claim 3, wherein the rolling bodies have a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5.

22. The method according to claim 21, wherein said roll surface contains asbestos, asbestos substitutes or SiC.

23. The method according to claim 5, wherein the rolling bodies have a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5.

24. The method according to claim 23, wherein said roll surface contains asbestos, asbestos substitutes or SiC.

25. The method according to claim 6, wherein the rolling bodies have a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5.

26. The method according to claim 25, wherein said roll surface contains asbestos, asbestos substitutes or SiC.

27. The method according to claim 8, wherein the rolling bodies have a roll surface having a coefficient of friction in the range of from 0.2 to 0.5.

28. The method according to claim 27, wherein said roll surface contains asbestos, asbestos substitutes or SiC.

* * * * *



TRANSLATION CERTIFICATION

Date: May 19, 2025

To whom it may concern:

I, Atsuko Iemoto, a translator fluent in the English and Japanese languages, on behalf of Morningside, do solemnly and sincerely declare that the following is, to the best of my knowledge and belief, a true and correct translation of the document(s) listed below in a form that best reflects the intention and meaning of the original text.

The document is designated as:

- US20050076675A1

Atsuko Iemoto

Signature

Atsuko Iemoto

Print

QUESTEL CONFIDENTIAL

4001 S 700 East, Suite 500 #B17
Salt Lake City, UT 84107

EX1008
Page 11 of 21

(19) アメリカ合衆国

(12) 特許出願公開

Bogdahn 他

(10) 公開第 US 2005/0076675 A1

(43) 公開日付

2005 年 4 月 14 日

(54) 円筒状ガラス体の製造方法及び装置

(76) 発明者: トーマス・ボグダーン、カールシュタイン (DE)、オリバー・ガンツ、ブルッホベール (DE)

【連絡先住所】

TIAJOLOFF & KELLY
CHRYSLER BUILDING, 37TH FLOOR
405 LEXINGTON AVENUE NEW YORK,
NY 10174 (US)

(21) 出願第 10/502,500

(22) PCT 出願日: 2002 年 1 月 23 日

(86) PCT 番号: PCT/EP02/00664

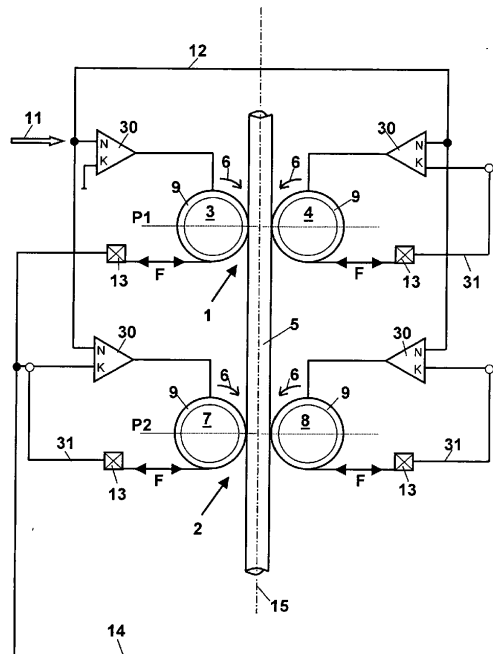
【公報分類】

(51) 国際特許分類 7、C03B 23/047

(52) 米国特許分類、65/29.12; 65/163

(57) 要約

垂直引き上げプロセスによる円筒状ガラス体の製造方法において、ガラス素材を加熱ゾーンで軟化させ、引き上げ装置を用いて制御された引き上げ速度でガラスストランドとして引き出す既知の方法がある。該引き上げ装置は、ガラスストランド上を転動しその周囲に配置された転動体を有する第 1 の引き上げユニットを含み、該転動体は基準転動体と少なくとも 1 つの補助転動体で構成され、該引き上げ速度は該基準転動体の速度によって制御される。本発明は、該引き上げ装置によるガラスストランド表面への損傷を低減し、ガラスストランドの既存の曲がりによる変形を防止するため、該基準転動体(3)のトルク値を該引き出されたガラスストランド(5)の重量に応じて決定し、該決定された値を該少なくとも 1 つの補助転動体(4;7;8)のトルク設定のための設定点トルクとして使用することを提案する



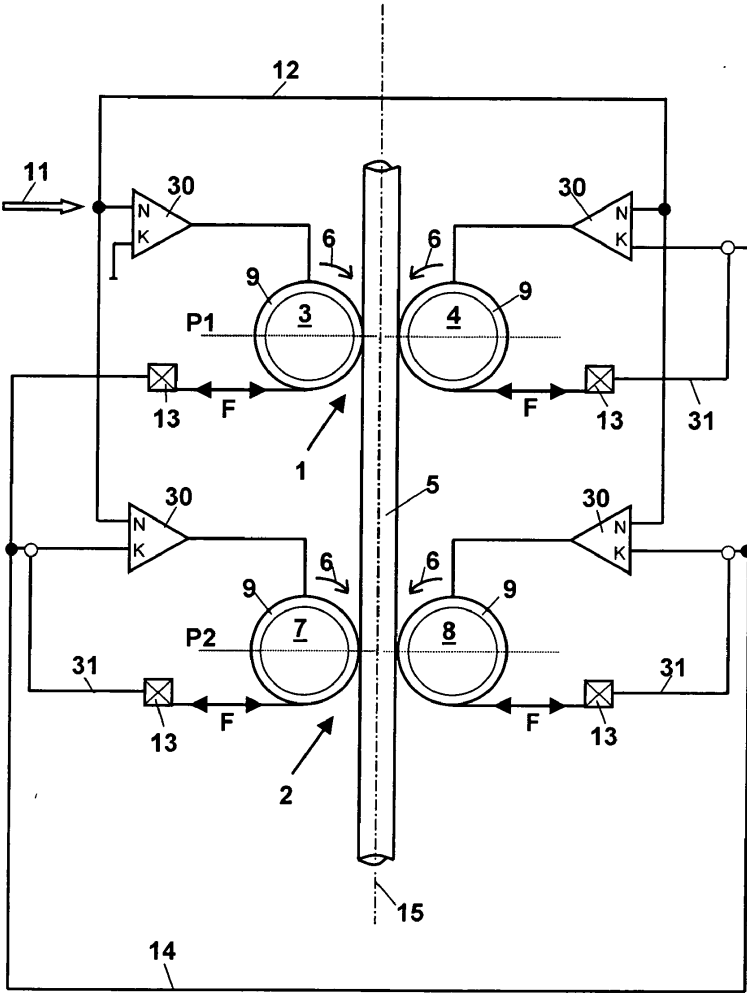


図 1

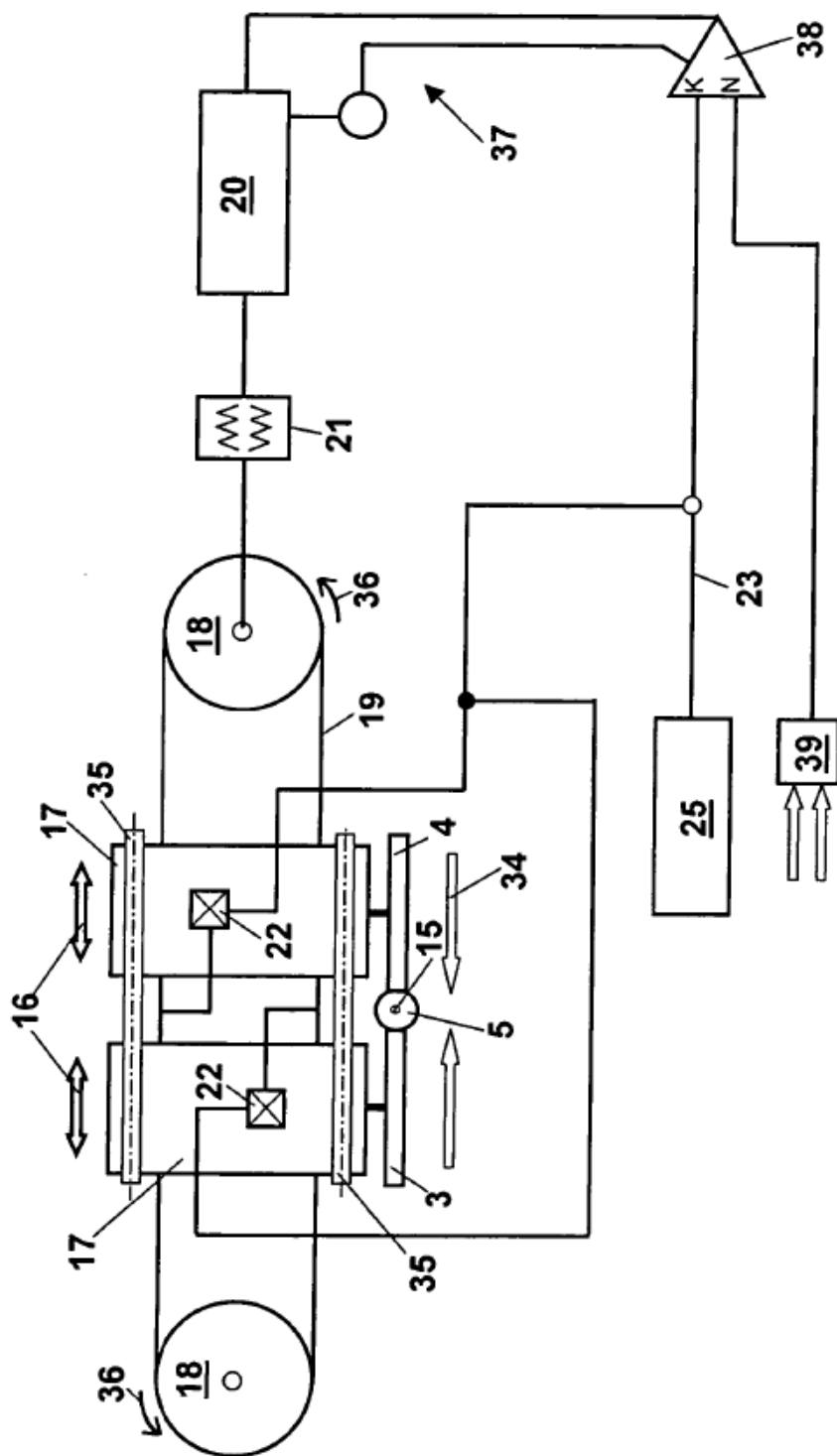


図 2

【発明の名称】

円筒状ガラス体の製造方法及び装置

【技術分野】

[0001] 本発明は、垂直引き上げプロセスによる円筒状ガラス体、特に石英ガラス体の製造方法及び装置に関し、ガラス素材を加熱ゾーンに供給し、該加熱ゾーンにおいてゾーンごとに軟化させ、軟化した領域から引き上げ装置を用いて制御された引き上げ速度でガラスストランドを引き出すステップを含み、該引き上げ装置は、該ガラスストランド上を転動しその周囲に配置された転動体を有する第 1 の引き上げユニットを含み、該転動体は基準転動体と少なくとも 1 つの補助転動体で構成され、該引き上げ速度は該基準転動体の速度によって制御される。

[0002] さらに本発明は、垂直引き上げプロセスによる円筒状ガラス体、特に石英ガラス体の製造装置に関し、ガラス素材を加熱して軟化させる環状加熱素子と、該ガラスストランド上を転動しその周囲に配置された転動体を有する第 1 の引き上げユニットを保持するフレームを含む引き上げ装置とを備え、該転動体は基準転動体と少なくとも 1 つの補助転動体で構成され、該基準転動体は該引き上げ速度を設定する速度制御装置に接続されている。

【背景技術】

[0003] 該ような方法及び装置は、円筒状部品、特に石英ガラスの管又は棒、または光ファイバーのプリフォームを製造するために用いられる。DE-A 195 36 960 は、該種の方法及び装置を開示している。垂直引き上げプロセスによる石英ガラス管の製造において、石英ガラス製の中空円筒が下端から環状炉に供給され、該環状炉内で加熱されゾーンごとに軟化される。引き上げバルブを形成しながら、軟化した領域から石英ガラス管ストランドが連続的に下方へ引き出される。このため、垂直方向に固定された位置に、引き出された管ストランド上を互いに対向する方向に転動する 2 つのローラを有する引き上げ装置が設けられている。

[0004] 該管ストランドの外径及び肉厚は所定の設定値に調整される。該制御の操作変数は引き上げ速度と吹き付け圧力であり、該引き上げ速度は該ローラの回転速度を制御することによって調整される。所望の長さに達した管ストランドから適宜、管片が切り離される。

[0005] 該引き上げ装置の領域において石英ガラスが完全に冷却されていないため、該ローラは圧痕を生じさせる可能性がある。特にガラスストランドの屈曲部においては、高い力が該ガラスストランドに作用し、該引き上げバルブ領域におけるこの作用により、ストランドのさらなる変形を引き起こす可能性がある。さらに、対向するローラの不均一な摩擦により、経路差や歯車差が生じ、応力痕やその他の表面損傷の原因となる。該ガラスストランドの定尺切断時の重量急変も、該引き上げ装置領域における表面損傷の一因となり得る。

【発明の概要】

[0006] 本発明の目的は、該引き上げ装置によるガラスストランド表面への損傷を低減するとともに、該ガラスストランドの既存の屈曲に起因する変形を防止する方法を提供することにある。さらに、本発明の別の目的は、垂直引き上げプロセスにおいて石英ガラス製円筒体を実質的に表面損傷なく製造可能な装置を提供することにある。

[0007] 該目的は、本発明により、前記タイプの方法を出発点とする方法に関して、該基準転動体のトルク値を該引き出されたガラスストランドの重量に応じて決定し、該

決定された値を該少なくとも 1 つの補助転動体のトルク設定のための設定点トルクとして使用することによって達成される。

[0008] 最も単純な場合、該転動体は円筒ジャケット形状のロール面を有するローラ（ローラー）である。複数の転動体は、該ガラスストランドの周囲に、該転動体が該ガラスストランドに放射方向に及ぼす接触圧力が互いに相殺されるように配置される。最も単純な場合（但し必須ではない）、第 1 の引き上げユニットの該転動体は、共通の水平面内で該ガラスストランドに接触する。

[0009] 少なくとも 1 つの転動体において、回転速度、ひいては該引き上げ装置の引き上げ速度が制御される。以下の説明において、該第 1 引き上げユニットの該転動体は「基準転動体」または「基準ローラ」とも称される。該基準ローラの直径及び該ガラスストランドとの接触面における摩擦係数により、設定速度及び該引き出されたガラスストランドの重量に応じて、該基準ローラに対して特定のトルクが得られる。

[0010] 回転支持された物体のトルク「D」は、力「K」とてこ腕「l」の積として定義される。

$$D=K \times l$$

[0011] 本垂直引き上げプロセスにおいて、力「K」は、該引き出されたガラスストランドの重量と、該ガラスストランドに接触する転動体の静摩擦との組み合わせから生じる。該静摩擦は、該ガラスストランド上を転動する転動体の周速度の影響を受ける。

[0012] 本発明による方法においては、該基準ローラのトルク、または該トルクと相関付け可能な値を決定し、該決定された値を「設定点トルク」として、該第 1 引き上げユニットの残りの転動体のトルク設定の事前決定に使用する。これにより、該転動体のトルクは、該所定の設定点トルクを基準として調整される。該補助転動体のトルクが該基準転動体のトルクと異なる場合があるが、これには様々な理由が考えられる。例えば、転動体の速度や外径の違い、真円度の欠如、または不円さなどが挙げられる。該外径の違いや不円さの一因としては、摩擦が考えられる。

[0013] 該基準ローラのトルク値は、測定によっても計算によっても決定可能である。最も単純な場合、該値は該基準ローラ上で直接測定される。いわゆる「ストレインゲージセンサ」、または該センサを装備したトルク計測シャフト等の測定装置がこれに適している。該トルクは、該引き出されたガラスストランドの実際に作用する重量に基づいて設定されるため、正確な重量を知る必要はない。ただし、該トルクまたはその時間的変化は、該基準ローラの実際の外径、転動時の摩擦抵抗、該引き出されたガラスストランドの重量（またはその体積）等の技術的プロセス及び装置の具体的条件に基づいて計算することも可能である。

[0014] 該第 1 引き上げユニットの転動体が転動する際に、該基準ローラのトルクを基に各トルクが調整されるため、該引き上げユニットの転動体が同一または類似の周速度を有することが保証される。理想的には、該引き上げユニットの全ての転動体が該ガラスストランドに同じ力を及ぼす。これにより、転動体間の噛み合わせ差異、及びそれに起因する該ガラスストランド表面への損傷が防止される。

[0015] 設定点トルクの決定及び該設定点トルクに基づく補助転動体のトルク調整は、引き上げプロセス中に繰り返す、好ましくは連続的に行われる。これにより、ガラスストランドの重量変化や基準ローラの不円さ等に起因す

る設定点トルクの変動が常時考慮され、転動体間の噛み合わせ差異を防止できる。理想的には、該補助転動体のトルクは該基準ローラのトルクと完全に一致する。該基準ローラの設定点トルクは恒久的に（繰り返し、好ましくは連続的に）再決定される。これにより、該少なくとも 1 つの補助転動体に対する設定値として可変的な設定点トルクが得られる。好ましくは、該少なくとも 1 つの補助転動体のトルクは、この可変的な設定点トルクに調整される。

[0016] 複数の転動体を含む少なくとも 1 つの第 2 引き上げユニットを備える引き上げ装置を使用することが有利であることが判明した。

[0017] 該ガラスストランドの長手軸方向において、該第 2 引き上げユニットは該第 1 引き上げユニットの上方または下方に配置される。複数の軸方向に間隔を置いた引き上げユニットを使用してもよい。本明細書及び以下の説明において、「第 2 引き上げユニット」とは、追加の（第 2、第 3、第 4 等の）引き上げユニットを全て意味する。該第 2 引き上げユニットの転動体は、軸方向から見て上下に配置されるか、または互いにオフセットされて配置される。

[0018] 該第 2 引き上げユニットは少なくとも 2 つの転動体を含む。該第 1 及び第 2 引き上げユニットの転動体の数、形状または配置は同一である必要はない。さらに、該第 2 及びそれ以降の引き上げユニットの転動体の形状と配置に関しては、前述の該第 1 引き上げユニットの転動体に関する観察事項が類推的に適用される。

[0019] 該ガラスストランド上に軸方向に配置された複数の引き上げユニットを使用することで、該ガラスストランドを保持・案内するために必要な力をより均一に分散させ、個々の転動体の接触圧力を低減することが可能となる。これにより、表面損傷を防止または軽減できる。

[0020] この点に関し、少なくとも 1 つの第 2 引き上げユニットの転動体が、該ガラスストランドの長手軸に対して垂直な方向に移動可能であることが特に有利であることが判明している。すなわち、これらの転動体は、「半径方向位置」（該ガラスストランドの長手軸に対して垂直な方向から見た）が固定されておらず、引き上げプロセス中に可変であるという特徴を有する。これにより、屈曲したガラスストランドの場合、該転動体を半径方向に調整して屈曲に追従させることが可能となる。この調整により、該ガラスストランドの長手軸に対して垂直でない方向に力が作用する状況を防止できる。仮にこのような力が作用した場合、この原理により軟化領域に影響を及ぼし、ガラスストランドの寸法精度をさらに劣化させることになる。半径方向調整は、例えばモーターによる転動体の調整（位置決め）、または特に有利な方法として、転動体（またはそのマウント）の半径方向スライド移動を実質的に摩擦抵抗なく可能にする「フロートクッション」によって達成される。

[0021] さらに改善は、該少なくとも 1 つの第 2 引き上げユニットの転動体を補助転動体として使用し、該トルクを該基準転動体のトルクに基づいて設定することによって達成される。ここでは、該第 1 引き上げユニットの補助転動体のトルクだけでなく、該第 2（またはそれ以降の）引き上げユニットの転動体のトルクも調整される。該設定点トルクは、該ガラスストランドと噛み合う全ての補助転動体に対して、前述の該第 1 引き上げユニットの少なくとも 1 つの補助転動体についてより詳細に説明したように、該基準ローラのトルク値から導かれる。該補助転動体のトルクは、該設定点トルクに設定されるか、または

それに基づいて調整される。該ガラスストランドと噛み合う多数の転動体を有することにより、一方では、該ガラスストランドを保持・案内するために必要な力をより均一に分散させ、各転動体ごとに局所的に作用する接触圧力を小さく保つことが可能となり、他方では、該トルクを調整することにより個々の転動体間の噛み合わせ差異を低減または防止できる。特に好ましい実施形態では、該ガラスストランドと噛み合う各転動体のトルクが個別に制御される。

[0022] 該転動体が調整可能な接触圧力で該ガラスストランドに押圧されることが特に有用であることが判明している。該接触圧力は、各転動体ごとに個別に設定可能であるか、または 1 つの引き上げユニットの全ての転動体に対して同一値に設定可能であるか、あるいは該引き上げ装置全体の全ての転動体に対して同一値に設定可能である。該設定作業は、制御または調節によって行われる。制御または調節による調整によって、該接触圧力を個々の転動体に選択的に分散させることが可能であり、これにより局所的に高い接触圧力を回避できる。該接触圧力を発生させるための該転動体の前進移動は、油圧式、空圧式、またはモーター駆動式で行うことができる。

[0023] 該接触圧力を該引き出されたガラスストランドの重量に応じて設定することが特に有利であることが判明している。垂直下方に作用する該重量は、該転動体の接触圧力とそれによって生じる静摩擦によって軽減される。ガラスストランドが滑ることを防ぐため、一定の静摩擦を維持する必要がある。該ガラスストランドの重量は、所望の長さ達して切断されるまで連続的に増加する。したがって、最も単純な場合、該転動体は最初から、予想される最大重量を軽減するのに十分な接触圧力で該ガラスストランドに押し付けられる。あるいは、重量の増加に伴い、該接触圧力を連続的または段階的に増加させることも可能である。後者の方法によれば、表面損傷をさらに最小限に抑えることができる。

[0024] この点に関し、該第 1 引き上げユニットの転動体において所定の最大接触圧力を超過する場合に、該第 2 引き上げユニットの転動体を追加的に該ガラスストランドと噛み合わせるか、あるいは代替的に、既に該ガラスストランドと噛み合っている該第 2 引き上げユニットの転動体の接触圧力を増加させることが特に有利であることが判明している。このプロセスにおいて、転動体の接触圧力に対して最大許容値（以下「最大値」と称す）があらかじめ設定される。該重量を軽減するために必要な静摩擦は、まず（重量が小さい時に）該第 1 引き上げユニットの少数の転動体によって生じさせる。これらの転動体は、最初から所定の接触圧力（ $\leq$ 最大値）で該ガラスストランドに押し付けられるか、または該ガラスストランドの重量増加に伴い接触圧力が増加される。該第 1 引き上げユニットの転動体によって及ぼされる静摩擦がもはや該ガラスストランドの重量を軽減するのに十分でなくなると、追加の転動体が該ガラスストランドと噛み合わされ、それらもまたその接触圧力とそれによって生じる静摩擦によって該ガラスストランドの重量の一部を分担するか、または既に該ガラスストランドと噛み合っている転動体の接触圧力が（所定の最大値未満で）増加される。該第 2（及びそれ以降の）引き上げユニットの転動体によって追加的な静摩擦が提供されると、該第 1 引き上げユニットの転動体の接触圧力を再び低減できる。理想的には、該ガラスストランドと噛み合う全ての転動体に同一の接触圧力を与え、該接触圧力を、該ガラスストランドとの組み合わせで、該時点の重量においてちょうどガラスストランド

の滑りを防止するに足る静摩擦を生じさせる程度に設定する。

[0025] 接触圧力の制御に減衰機構を含めることで、さらなる改善が達成される。該減衰機構は、該引き上げ装置の機構よりも小さなばね定数を有しており、それによって自然振動を減衰させる。これにより、特に重量が急変する場合（例えばガラスストランド片の切断時など）に生じるオーバーシュートを防止でき、接触圧力制御において特に有利に作用する。本発明の好ましい実施形態では、該減衰機構は機械的なばね要素、例えばねじりばねとして設計される。

[0026] 該ガラスストランドの重量を軽減するために必要な静摩擦は、該転動体を該ストランドに押し付けることによって生じさせる。好ましくは、摩擦係数が 0.2~0.5 の範囲のロール面を有する転動体を使用する。摩擦係数が高いロール面の場合、適切な静摩擦を生じさせるために必要な接触圧力は小さい。しかしながら、摩擦係数が高いと通常、表面構造が顕著なロール面となり、これが該ガラスストランドの損傷を引き起こす可能性がある。この欠点は、摩擦係数が低いロール面によって回避できる。ただし、この場合、十分な静摩擦を生じさせるためには高い接触圧力が必要となり、これもまた該ガラスストランドの損傷を引き起こす可能性がある。この点において、上記範囲の摩擦係数を有するロール面が適切な妥協案であることが判明している。

[0027] アスベスト、アスベスト代替材料または SiC を含む材料が、ロール面の材料として特に適していることが判明している。該転動体は、該材料で構成されるか、または該ロール面領域に該材料でコーティングされている。該材料は、金属またはグラファイト製の格子、金網、織物、編物等の支持体に適用することも可能である。高い耐磨耗性に加え、高い耐熱性が不可欠である。アスベスト代替材料の実施例として、ケイ酸カルシウム及びアルミノケイ酸塩が挙げられる。

[0028] 装置に関して、前記目的は、本発明により、前記タイプの装置を出発点として、一方では、該基準転動体の転動時のトルクを測定する手段と、該少なくとも 1 つの補助転動体のトルクを設定点トルクに設定する手段とを備えることによって達成される。

[0029] 転動体の構造及び配置、並びに以下でも使用される「基準転動体」及び「補助転動体」の用語定義については、本発明の方法に関する前記説明を参照されたい。

[0030] 本発明による装置は、該基準転動体の転動時のトルクを測定する手段と、該少なくとも 1 つの補助転動体のトルクを設定する手段とを備えることを特徴とする。該トルク測定手段により、該基準ローラのトルク、または該トルクと相関付け可能な値を測定し、該測定値を該第 1 引き上げユニットの残りの転動体のトルクの基準として使用する。

[0031] 該基準ローラのトルク値は、測定によっても計算によっても決定可能である。前者の場合、該基準ローラに作用するトルクを測定するための測定装置が設けられる。例えば、いわゆる「ストレインゲージセンサ」、または該センサを装備したトルク計測シャフト等の測定装置がこれに適している。該測定装置により、該引き出されたガラスストランドの実際の重量に応じて変化する、該引き出されたガラスストランド方向に該基準ローラに作用する力を検出する。

[0032] 該第 1 引き上げユニットの転動体の転動時のトル

クは、該基準ローラのトルクを基に調整される。このため、該少なくとも 1 つの補助転動体のトルクを該設定点トルクに設定する手段が設けられる。該トルク設定手段は、例えば、速度制御装置（補正入力付き）に接続された該転動体の転動駆動装置と、該転動体に作用するトルクを測定する測定装置とを含む。このような手段により、転動速度を設定する際に、該実際のトルクを該基準ローラのトルクから導かれた設定点トルクに制御的に調整できる。

[0033] 該補助転動体のトルクは、引き上げプロセス中に繰り返しまたは連続的に設定される。好ましくは、該設定点トルクを該基準転動体のトルク値に連続的に設定する。該ガラスストランドの重量変化や該基準転動体の摩擦等に起因する該基準転動体のトルク変動は、該設定点トルクを対応的に適応させることによって考慮される。これにより、該引き上げユニットの転動体が常に同一または類似の周速度を有すること、並びに転動体間の噛み合わせ差異が防止されることが保証される。

[0034] 本発明による装置の好ましい実施形態では、該引き上げ装置が複数の転動体を含む少なくとも 1 つの第 2 引き上げユニットを備える。該ガラスストランドの長手軸方向において、該第 2 引き上げユニットは該第 1 引き上げユニットの上方または下方に配置される。複数の軸方向に間隔を置いた引き上げユニットを使用してもよい。本明細書及び以下の説明において、「第 2 引き上げユニット」とは、追加の（第 2、第 3、第 4 等の）引き上げユニットを全て意味する。

[0035] 該第 2 引き上げユニットは少なくとも 2 つの転動体を含む。該第 1 及び第 2 引き上げユニットの転動体の数、形状または配置は同一である必要はない。該第 2 及びそれ以降の引き上げユニットの転動体の形状と配置に関しては、前述の該第 1 引き上げユニットの転動体に関する記載事項が類推的に適用される。

[0036] 該少なくとも 1 つの第 2 引き上げユニットは、好ましくは該第 1 引き上げユニットと同じフレームに保持され、該第 2 引き上げユニットの転動体は、該ガラスストランドの長手軸に対して垂直な方向において該フレーム上に可動支持される。したがって、これらの転動体は、「半径方向位置」（該ガラスストランドの長手軸に対して垂直な方向から見た）が固定されておらず、引き上げプロセス中に可変であるという特徴を有する。これにより、屈曲したガラスストランドの場合、該転動体を半径方向に調整して屈曲に追従させることが可能となる。この調整により、該ガラスストランドの長手軸に対して垂直でない方向に力が発生することを防止できる。該半径方向調整は、例えばモーター式駆動装置、油圧駆動装置または空圧駆動装置によって達成される。特に有利な態様として、転動体（またはそのマウント）の半径方向スライド移動を、空気クッションと同様に実質的に摩擦抵抗なく可能にする「フロートクッション」が使用される。

[0037] さらに改善は、該第 2 引き上げユニットの転動体をトルク設定手段に接続することによって達成される。これにより、該第 2 引き上げユニットの転動体も、本発明の意味における「補助転動体」として作動させることが可能となる。これは、該転動体のトルクを、それぞれのトルク設定手段を用いて設定できることを意味する。全ての補助転動体に対する該設定点トルクは、該基準ローラのトルク値から導かれる。一方では、該第 2（及びそれ以降の）引き上げユニットの転動体を用いることで、該ガラスストランドを保持・案内するために必要な力を、該ガラスストランドと噛み合う複数の転動体の接触圧力に分散さ

せることが可能となり、すなわち各転動体ごとに局所的に作用する接触圧力を小さく保つことができる。他方では、該トルクを調整することにより、個々の転動体間の噛み合わせ差異を低減または防止できる。理想的には、該ガラスストランドと噛み合う各転動体に対して、個別のトルク設定手段が設けられる。

[0038] 本発明による装置の特に好ましい実施形態では、調整可能な接触圧力で転動体をガラスストランドに押圧する接触圧力制御ユニットが設けられる。該接触圧力は、各転動体ごとに個別に設定可能であるか、または 1 つの引き上げユニットの全ての転動体に対して同一値に設定可能であるか、あるいは該引き上げ装置全体の全ての転動体に対して同一値に設定可能である。

[0039] 該接触圧力は、該接触圧力制御ユニットによって制御的に設定される。この制御調整により、接触圧力を個々の転動体に選択的に分散させることが可能となり、これにより局所的に高い接触圧力を回避できる。さらに、該接触圧力は、引き出されたガラスストランドの重量に応じて設定可能である。本発明の方法に関する上記の説明をここで参照する。

[0040] 特に有利なのは、該接触圧力制御ユニットが減衰部材を備える場合である。該減衰部材は、該引き上げ装置の機構よりも小さなばね定数を有するため、その固有振動を減衰させる。本発明の好ましい実施形態では、該減衰部材は機械的なばね要素、例えばねじりばねとして設計される。

[0041] 該フレームを垂直方向に対して傾斜角で回動可能とするピボット装置が特に有用であることが判明している。引き出されたガラスストランドの中心軸が垂直方向からずれた場合、該引き上げ装置（該各引き上げユニットを含む）を、該ピボット装置を用いて垂直方向に対して対応する角度だけ傾斜させることが可能である。

[0042] さらに、上記目的は、本発明による装置に関して、前記タイプの装置を出発点として、該転動体が 0.2~0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備えることによって達成される。

[0043] 該転動体の設計及び配置、並びに本明細書で使用される「基準転動体」及び「補助転動体」の用語定義については、本発明による方法に関する上記の説明を参照する。

[0044] 本発明による装置は、0.2~0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備えた転動体を特徴とする。高い摩擦係数を有するロール面の場合、十分な静摩擦を得るために小さな接触圧力で十分である。しかしながら、高い摩擦係数は通常、顕著な表面構造を有するロール面を必要とし、これがガラスストランドへの損傷を引き起こす可能性がある。該欠点は、低い摩擦係数を有するロール面によって回避される。ただし、この場合、十分な静摩擦を発生させるために高い接触圧力が必要となり、これもまたガラスストランドへの損傷を引き起こす可能性がある。この点に関して、上記範囲の摩擦係数を有するロール面を備えた転動体が適切な妥協案であることが判明している。

[0045] アスベスト、アスベスト代替材料または SiC を含む材料が、ロール面の材料として特に適していることが判明している。該転動体は、該材料で構成されるか、または該ロール面領域に該材料でコーティングされている。該材料はまた、金属またはグラファイト製のグリッド、格子、織物、編物等のキャリアに適用することも可能である。高い耐磨耗性に加え、高い耐熱性が不可欠である。アスベスト代替材料の実施例として、ケイ酸カルシウム及びアル

ミノケイ酸塩が挙げられる。

[0046] 本発明は、実施形態及び特許図面を参照して以下により詳細に説明される。該図面には以下のものが詳細に示されている、

【図面の簡単な説明】

[0047] 【図 1】 図 1 は本発明による垂直引き上げ方法を実施するための引き上げ装置のトルク制御を示す図、及び

【図面の簡単な説明】

[0048] 【図 1】 図 2 は該方法における接触圧力制御を示す図。

【図面の簡単な説明】

[0049] 【図 1】 図 1 は、垂直方向の長手軸 15 を有する石英ガラスストランド 5 を引き上げるための引き上げ装置を示す図であり、該装置は上部引き上げユニット 1 及び下部引き上げユニット 2 を含む。該上部引き上げユニット 1 は、石英ガラスストランド 5 上で固定水平位置 P1 において対向配置された 2 つの引き上げローラ 3、4 を備え、該ストランド上で互いに反対方向 6 に回転する。同様に、該下部引き上げユニット 2 は、石英ガラスストランド 5 上で固定水平位置 P2 において対向作用する 2 つの引き上げローラ 7、8 を備え、P1 と P2 の間には 55cm の距離が設定されている。それぞれ対向する引き上げローラ 3、4 及び 7、8 は、所定の接触圧力で石英ガラスストランド 5 に押圧され、該接触圧力は互いに相殺される。

[0050] 該引き上げローラ 3、4、7、8 は、初期公称外径 215mm、幅 100mm のローラであり、アルミニウム製で、その円筒状の外側ロール面 9 はケイ酸カルシウムのコーティングによって形成されている。該石英ガラスストランド 5 に対する該ロール面の摩擦係数は約 0.36 である。

[0051] 該石英ガラスストランド 5 上を転動する際の該引き上げローラ 3、4、7、8 のトルクを設定する本発明による方法について、図 1 に示す図を参照して以下により詳細に説明する。

[0052] 該引き上げローラ 3 は、該引き上げ装置において速度制御される唯一の引き上げローラとして、「基準ローラ」を形成する。該速度制御において、該引き上げローラ 3 に対して設定点速度の基準値 N が入力矢印 11 で示されるように予め設定される。該基準値 N は、石英ガラスストランド 5 の外径を制御するための操作量である必要な引き上げ速度に従う。本実施形態では、外径 90.1mm の石英ガラスストランドの場合、該基準ローラの速度基準値 N として 5.9rpm が得られる。

[0053] 各引き上げローラ 3、4、7、8 は、個別の速度制御装置 30 に接続されている。基準ローラ 3 の目標速度に対する基準値 N は、接続ライン 12 を介して速度制御装置 30 の入力部に供給される。補正信号 K は、基準ローラ 3 のトルク測定値と各引き上げローラ 4、7、8 のトルク値に基づいて導出され、接続ライン 14 を介して第 2 入力部に供給される。

[0054] 基準ローラのトルク測定用として（二重矢印 F で概略的に示される）ストレインゲージセンサ（曲げ棒）13 が設けられている。基準ローラ 3 に作用するトルク F は、石英ガラスストランド 5 の実際の重量と静摩擦及び基準ローラ 3 の外径の組み合わせから導かれる。トルク F について測定された値は、引き上げ装置の残りの引き上げローラ 4、7、8 に対する「設定トルク」として機能し、これが補正信号 K に対する第 1 の寄与分となる。

[0055] 補正信号 K に対する第 2 の寄与分は、残りの引き

上げローラ 4、7、8 のトルク測定値から導かれる。このため、各引き上げローラ 4、7、8 にはストレインゲージセンサ 33 が設けられている。トルク F は、石英ガラスストランド 5 の実際の重量と静摩擦及び各引き上げローラ 4、7、8 の外径の組み合わせにより、引き上げローラ 4、7、8 においても観測される。

[0056] 第 1 と第 2 の寄与分を比較することで、引き上げローラ 4、7、8 のトルク F を再調整するための補正信号 K が得られる。このため、各引き上げローラ 4、7、8 に対して、該トルク F を所定の設定トルクに調整するための個別の制御経路 31 が設けられている。

[0077] 上記の速度とトルクの制御の組み合わせにより、引き上げ装置の全ての引き上げローラ 3、4、7、8 が同一の周速度を有することが保証される。設定トルクの変化（基準ローラ 3 の場合）、例えばガラスストランド 5 の重量変化に起因するものは、即座に検知され、残りの引き上げローラ 4、7、8 において考慮される。また、引き上げローラ 4、7、8 の変化、例えば外径の減少など、該トルク F の変化を引き起こすものも、引き上げローラ 4、7、8 のトルク F が対応的に再調整されることによって考慮される。

[0058] これにより、引き上げローラ 3、4、7、8 間の噛み合わせ差異に起因する石英ガラスストランド 5 の表面損傷が防止される。

[0059] さらに、引き上げローラ 3、4、7、8 が石英ガラスストランド 5 に及ぼす接触圧力が継続的に監視・制御される。この制御について、図 2 に示す実施例を参照して以下により詳細に説明する。

[0060] 図 2 は、上部引き上げユニット 1 のローラ対を参照した接触圧力制御ユニットを示す。引き上げローラ 3、4 は、調整可能な力（10～65kp の範囲で、方向矢印 34 で象徴される）で石英ガラスストランド 5 に押圧される。この際、引き上げローラ 3、4 は、図面の平面に対して垂直な方向に延びる石英ガラスストランド 5 の長手軸 15 に対して垂直な方向（方向矢印 16 で示される）に往復運動する。このため、各引き上げローラ 3、4 はキャリア 17 に固定されている。キャリア 17 はスライド軸受 35 上に摺動可能に支持されており、2 つのローラ 18 の周囲を走行するベルト 19 によって水平面で互いに接近または離反するように移動可能である。本実施形態では、方向矢印 36 で示される方向へのローラ 18 の回転により、キャリア 17、ひいては引き上げローラ 3、4 が互いに接近するように作用する。該ローラ 18 はモーター 20 によって駆動される。モーター 20 とローラ 18 の間にはねじりばね 21 が設けられている。

[0061] 引き上げローラ 3、4 の接触圧力 34 により、石英ガラスストランド 5 の重量を支えるのに十分な静摩擦力が生じる。石英ガラスストランド 5 が滑り落ちることを防ぐために必要な最小静摩擦力を確保しなければならない。一方で、ストランド表面の損傷を回避するため、できる限り小さい接触圧力 34 が望まれる。したがって、接触圧力 34 は、石英ガラスストランド 5 との間に確実に滑り落ちを防止する静摩擦力を生じさせるが、所定の最大値（65kp）を超えないように設定される。該最大値はコンピュータ 25 を介して制御回路 37 に入力される。

[0062] 引き上げローラ 3、4 は、初期接触圧力 34 として 10kp で石英ガラスストランド 5 に押圧される。石英ガラスストランド 5 の重量が増加し所望の長さで切断されるまで、接触圧力 34 は連続的に増加する。このため、石英ガラスストランド 5 の実際の重量はコンピュータ 25 によ

って計算される。接触圧力 34 はロードセル 2 によって常時測定され、測定値の平均値は、引き出された石英ガラスストランド 5 の実際の重量を考慮したコンピュータ 25 によって決定される目標値（ライン 23）と比較される。得られた比較値は、モーター 20 を制御する制御回路 37 のコントローラ 38 に補正值 K として供給される。石英ガラスストランド 5 の重量に応じて、接触圧力 34 は所定の最大力未満であれば増加され、そうでなければ減少される。

[0063] ねじりばね 21 は、引き上げ装置の機構よりも小さいばね定数を有する。このため、特に制御パラメータが急変する場合（例えば石英ガラスストランド 5 が定尺切断される場合など）に、制御のオーバーシュートを防止する。

[0064] 引き上げローラ 3、4 の開閉信号は、記憶プログラム制御（SPC）39 によって予め設定され、これにより接触圧力の基準値も設定される。

[0065] 本方法の変形例（図示せず）では、石英ガラスストランド 5 を保持するために必要な接触圧力を、コンピュータ制御（コンピュータ 25）により 2 つの引き上げユニット 1、2 の引き上げローラ 3、4、7、8 に均等に分散させる。このため、下部引き上げユニット 2 には、図 2 に示す上部引き上げユニット 1 と同様の測定・制御・駆動手段が設けられる。下部引き上げユニット 2 の引き上げローラ 7、8 は、引き上げローラ 3、4 の接触圧力 34 が最大接触圧力 65kp を超える場合、または他の理由で必要な接触圧力を複数の引き上げローラに分散させることが合理的な場合にのみ、石英ガラスストランド 5 と噛み合う。引き上げローラ 7、8 によって追加の静摩擦力が提供されると、引き上げローラ 3、4 の接触圧力は再びコンピュータ制御（コンピュータ 25）により、全ての引き上げローラ 3、4、7、8 が同じ接触圧力 14 を生じるレベルまで低下させられる。引き上げローラ 7、8 の接触圧力も制御され、この際、図 2 に示す制御ユニットが使用される。

[0066] さらに、下部引き上げユニットの引き上げローラ 7、8 は、キャリア 17、ローラ 18、ベルト 19 及びモーター 20 を含む手段によって、石英ガラスストランド 5 の長手軸 15 に対して垂直な方向に全体として変位可能である。したがって、引き上げローラ 7、8 の「半径方向位置」は可変である。その結果、石英ガラスストランド 5 に屈曲が生じた場合、該引き上げローラ 7、8 は該屈曲に追従し、半径方向にコンピュータ制御で調整可能である。代替的に、半径方向調整には「フロートクッション」が使用され、これにより引き上げローラ 7、8 の半径方向スライド移動を実質的に摩擦抵抗なく実現できる。このような純粋に機械的な調整は、コンピュータ制御による調整よりも低コストで実現可能であり、したがって第 3 平面の引き上げローラに特に適している。

[0067] 引き上げローラ 3、4、7、8 のロール面 9 は、ケイ酸カルシウムのコーティングによって形成されている。これはアスベスト代替材料であり、高い耐熱性と高い摩擦係数を特徴とする。石英ガラスストランドとの組み合わせでは、約 0.36 の摩擦係数が測定される。耐用年数を延ばすため、引き上げローラ 3、4、7、8 はさらに冷却される。冷却は、引き上げローラ 3、4、7、8 上方の石英ガラスストランド 5 の表面に窒素 airflow を吹き付けることによって行われる。

[0068] 表 1 に、本発明の垂直引き上げ方法における速度、保持力及び接触圧力 34 の実際の測定値の実施例を示す。

表 1

速度 引き上げユニット 1	引き上げローラ 3	5.76 min ⁻¹
---------------	-----------	------------------------

速度 引き上げユニット 2	引き上げローラ 4	5.77 min ⁻¹
	引き上げローラ 7	5.75 min ⁻¹
	引き上げローラ 8	5.75 min ⁻¹
保持力 引き上げユニット 1	引き上げローラ 3	-12.34 kp
	引き上げローラ 4	-12.41 kp
保持力 引き上げユニット 2	引き上げローラ 7	-12.42 kp
	引き上げローラ 8	-12.43 kp
接触圧力 引き上げユニット 1		64.5 kp
接触圧力 引き上げユニット 2		64.1 kp

[0069] ここで保持力は、各引き上げローラのトルクの指標となる。本発明の方法において、速度とトルク（保持力）の複合制御により、これらのパラメータについて個々の引き上げローラで異なる値が得られることが、引き上げプロセス中の瞬間記録である測定値から明らかである。

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】 垂直引き上げプロセスにおいて円筒状ガラス体を製造する方法であって、

前記方法は、ガラス素材を加熱ゾーンに供給し、該加熱ゾーンにおいてゾーンごとに軟化させ、軟化した領域から引き上げ装置を用いて制御された引き上げ速度でガラスストランドを引き出すステップを含み、

前記引き上げ装置は、前記ガラスストランド上を転動し、その周囲に分布する複数の転動体を有する第 1 の引き上げユニットを含み、

前記転動体は、基準転動体及び少なくとも 1 つの補助転動体を含み、

前記引き上げ速度は、前記基準転動体の速度によって制御され、

前記基準転動体のトルク値は、引き出された前記ガラスストランドの重量に応じて決定され、

決定された前記値は、前記少なくとも 1 つの補助転動体のトルクを設定するための設定点トルクとして使用される、方法。

【請求項 2】 前記少なくとも 1 つの補助転動体の前記トルクが、前記設定点トルクに設定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 前記引き上げ装置が、複数の転動体を含む少なくとも 1 つの追加の引き上げユニットを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】 前記少なくとも 1 つの追加の引き上げユニットが、前記ガラスストランドの長手軸に対して垂直な方向に移動可能である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】 前記少なくとも 1 つの追加の引き上げユニットの前記転動体が、補助転動体として使用され、その設定点トルクが前記基準転動体のトルクを参照して設定される、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】 前記転動体が、調整可能な接触圧力で前記ガラスストランドに押し付けられる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】 前記接触圧力が、引き出された前記ガラスストランドの重量に応じて設定される、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】 前記転動体が調整可能な接触圧力で前

記ガラスストランドに押し付けられ、

前記第 1 の引き上げユニットの前記転動体において所定の最大接触圧力を超えた場合に、前記第 2 の引き上げユニットの前記転動体を追加的に前記ガラスストランドにかみ合わせるか、または前記ガラスストランドにかみ合っている前記第 2 の引き上げユニットの前記転動体における前記接触圧力を増加させる、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 9】 前記接触圧力が、減衰部材を含む構造体によって制御される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】 前記転動体が 0.2 から 0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】 前記ロール面がアスベスト、アスベスト代替物または SiC を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】 垂直引き上げプロセスにおいて円筒状ガラス体を製造する装置であって、

ガラス素材を加熱して軟化させる環状加熱素子と、前記ガラス素材から引き出されたガラスストランド上を転動し、その周囲に分布する転動体を有する第 1 の引き上げユニットを保持するフレームを含む引き上げ装置とを備え、

前記転動体は基準転動体と少なくとも 1 つの補助転動体を含み、前記基準転動体は引き上げ速度を設定する速度制御装置に接続され、

前記基準転動体の転動時にそのトルクを決定するトルク決定装置と、

前記決定された基準転動体のトルクから導出された設定点トルクに基づいて、前記少なくとも 1 つの補助転動体のトルクを設定するトルク調整装置とを備える、装置。

【請求項 13】 前記引き上げ装置が、複数の転動体を含む少なくとも 1 つの追加の引き上げユニットを備える、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 14】 前記追加の引き上げユニットが前記フレームに保持され、かつ前記少なくとも 1 つの追加の引き上げユニットの前記転動体が、前記ガラスストランドの長手軸に対して垂直な方向において前記フレームに可動保持される、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 15】 前記追加の引き上げユニットの前記転動体が、前記トルクを設定する手段に接続される、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 16】 接触圧力制御ユニットが、調整可能な接触圧力で前記転動体を前記ガラスストランドに押圧する、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 17】 前記接触圧力制御ユニットが減衰部材を含む、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】 前記フレームを鉛直方向に対して傾斜角で揺動可能に支持するピボット装置を備える、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 19】 垂直引き上げプロセスにおいて円筒状ガラス体を製造する装置であって、

ガラス素材を加熱して軟化させる環状加熱素子と、

前記ガラス素材から引き出されたガラスストランド上を転動し、その周囲に分布する転動体を有する第 1 の引き上げユニットを保持するフレームを含む引き上げ装置とを備え、

前記転動体は基準転動体と少なくとも 1 つの補助転動体を含み、

前記基準転動体は引き上げ速度を設定する速度制御装置に接続され、

前記転動体が 0.2 から 0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備える、装置。

【請求項 20】 前記ロール面がアスベスト、アスベスト代替物または SiC を含む、請求項 19 に記載の装置。

【請求項 21】 前記転動体が 0.2 から 0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備える、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 22】 前記ロール面がアスベスト、アスベスト代替物または SiC を含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】 前記転動体が 0.2 から 0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 24】 前記ロール面がアスベスト、アスベスト代替物または SiC を含む、請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】 前記転動体が 0.2 から 0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備える、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 26】 前記ロール面がアスベスト、アスベスト代替物または SiC を含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】 前記転動体が 0.2 から 0.5 の範囲の摩擦係数を有するロール面を備える、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 28】 前記ロール面がアスベスト、アスベスト代替物または SiC を含む、請求項 27 に記載の方法。
