

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
25. September 2014 (25.09.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/147164 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C03B 20/00 (2006.01) C03B 17/04 (2006.01)
C03B 5/033 (2006.01) C03B 17/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/055575

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. März 2014 (20.03.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 102 989.2 22. März 2013 (22.03.2013) DE

(71) Anmelder: HERAEUS QUARZGLAS GMBH & CO.
KG [DE/DE]; Quarzstrasse 8, 63450 Hanau (DE).

(71) Anmelder (nur für JP): SHIN-ETSU QUARTZ
PRODUCTS CO., LTD. [JP/JP]; 22-2, Nishi-Shinjuku 1-
chome, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0023 (JP).

(72) Erfinder: GROMANN, Boris; Spessartstrasse 22, 63743
Aschaffenburg (DE). WHIPPEY, Nigel; Trieler Ring 66,
63500 Seligenstadt (DE). SCHENK, Christian;
Wackernheimer Strasse 24, 55218 Ingelheim (DE).

(74) Anwalt: STAUDT, Armin; Sandeldamm 24a, 63450
Hanau (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DRAWING A BAR, A PIPE, OR A PLATE MADE OF QUARTZ GLASS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ZIEHEN EINES STABES, EINES ROHRES ODER EINER
PLATTE AUS QUARZGLAS

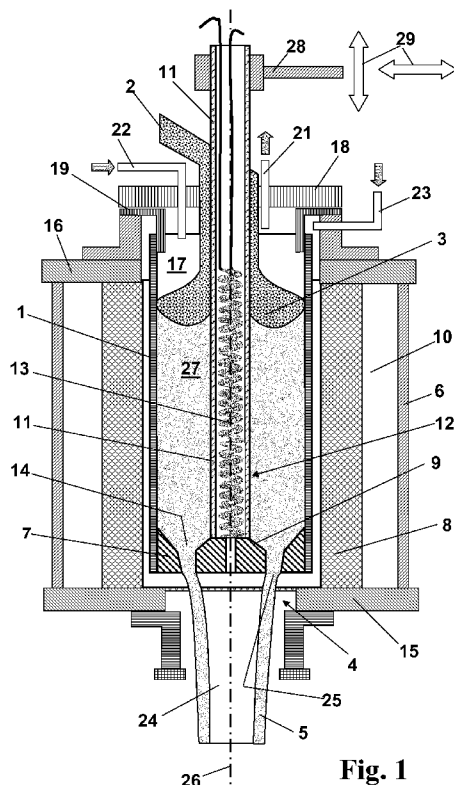


Fig. 1

(57) Abstract: In a known method for drawing a bar, a pipe, or a plate made of quartz glass, grains (3) composed of SiO₂ starting material are fed to a melting crucible (1) made of a material having a melting temperature above 2000°C and are heated by means of a heating apparatus (12) and softened to a viscous quartz glass mass (27) in a crucible interior (17) having a vertically oriented center axis (26), which crucible interior is bounded by a side wall and a bottom region, and the viscous quartz glass mass is drawn off vertically downward as a quartz glass strand (5) through a drawing nozzle (7; 9) provided in the bottom region of the melting crucible (1) and the bar, the pipe, or the plate is cut therefrom, wherein a heating apparatus is used that comprises an inner heating apparatus having a heating element (13), which extends within the crucible interior (17) along the interior center axis (26). In order to set a radial temperature profile that is as flat as possible within the quartz glass mass on the basis of said known method in order to thus eliminate restrictions with respect to lateral dimensions of the drawn-off quartz glass strand and thus to make the production of optically and chemically homogeneous quartz glass cylinders easier, even if the lateral dimensions thereof are more than 250 mm, the heating element (13) according to the invention is surrounded by an enveloping element (11) and that a quartz glass strand having a maximum lateral dimension of more than 250 mm is drawn off.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Bei einem bekannten Verfahren zum Ziehen eines Stabes, eines Rohres oder einer Platte aus Quarzglas wird einem Schmelztiegel (1) aus einem Werkstoff mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 2000°C Körnung (3) aus SiO₂-Ausgangsmaterial zugeführt, in einem Tiegel-Innenraum (17) mit vertikal orientierter Mittelachse (26), der von einer Seitenwand und einem Bodenbereich begrenzt ist, mittels einer Heizeinrichtung (12) erhitzt und zu einer viskosen Quarzglasmasse (27) erweicht und diese durch eine im Bodenbereich des Schmelztiegels (1) vorgesehene Ziehdüse (7; 9) vertikal nach unten als Quarzglasstrang (5) abgezogen und daraus der Stab, das Rohr oder die Platte abgelängt wird, wobei eine Heizeinrichtung eingesetzt wird, die eine Innen-Heizeinrichtung mit einem Heizelement (13) umfasst, das sich innerhalb des Tiegel-Innenraums (17) entlang der Innenraum-Mittelachse (26) erstreckt. Um hiervon ausgehend ein möglichst flaches radiales Temperaturprofil innerhalb der Quarzglasmasse einzustellen, um so Beschränkungen in Bezug auf seitliche Abmessungen des abgezogenen Quarzglasstrangs aufzuheben, und so die Herstellung optisch und chemisch homogener Quarzglaszylinder zu erleichtern, auch wenn deren laterale Abmessungen mehr als 250 mm beträgt wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass das Heizelement (13) von einem Hüllelement (11) umgeben ist und dass ein Quarzglasstrang mit einer maximalen seitlichen Abmessung von mehr als 250 mm abgezogen wird.

Verfahren und Vorrichtung
zum Ziehen eines Stabes, eines Rohres oder einer Platte aus Quarzglas

5

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Ziehen eines Stabes, eines Rohres oder einer Platte aus Quarzglas, indem einem Schmelztiegel aus einem Werkstoff mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 2000 °C Körnung aus SiO₂-Ausgangsmaterial zugeführt, in einem Tiegel-Innenraum mit vertikal orientierter Mittelachse, der von einer Seitenwand und einem Bodenbereich begrenzt ist mittels einer Heizeinrichtung erhitzt und zu einer viskosen Quarzglasmasse erweicht und diese durch eine im Bodenbereich des Schmelztiegels vorgesehene Ziehdüse vertikal nach unten als Quarzglasstrang abgezogen und daraus der Stab, das Rohr oder die Platte abgelängt wird wobei eine Heizeinrichtung eingesetzt wird, die eine Innen-Heizeinrichtung mit einem Hezelement umfasst, das sich innerhalb des Tiegel-Innenraums entlang der Innenraum-Mittelachse erstreckt.

Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, mit einem Schmelztiegel aus einem Werkstoff mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 2000 °C zur Aufnahme von Körnung aus SiO₂-Ausgangsmaterial in einem Tiegel-Innenraum mit vertikal orientierter Mittelachse, der von einer Seitenwand und einem Bodenbereich mit einer Ziehdüse begrenzt ist, und mit einer Heizeinrichtung zum Erhitzen und Erweichen des Ausgangsmaterials, die eine Innen-Heizeinrichtung mit einem Hezelement umfasst, das sich innerhalb des Tiegel-Innenraums entlang der Innenraum-Mittelachse erstreckt.

Stand der Technik

Derartige Vertikal-Tiegelziehverfahren werden zur Herstellung zylinderförmiger Bauteile aus Quarzglas, insbesondere von Rohren oder Platten aus beliebigem

Querschnittsprofil eingesetzt. Dabei wird SiO_2 -Körnung als Glasausgangsstoff in einem Schmelztiegel zu einer hochviskosen Quarzglasmasse erschmolzen (im Folgenden auch als „Quarzglasschmelze“ bezeichnet) und über eine Ziehdüse am Tiegelboden als Glasstrang abgezogen.

- 5 Ein konventionelle Ziehvorrichtung ist aus der US 6,739,155 B1 bekannt. Innerhalb eines Ofenmantels ist ein Schmelztiegel aus Molybdän oder Wolfram angeordnet, dessen Innenwandung mit einer Schicht aus Rhenium oder Iridium versehen ist. Von oben werden dem Tiegel-Innenraum kontinuierlich SiO_2 -Teilchen als Glasausgangsmaterial zugeführt und unter Bildung einer zähflüssigen Quarz-
- 10 glasmasse erschmolzen. Der Boden des Schmelztiegels ist mittig mit einer Zieh-
düse versehen, durch die nach unten ein Quarzglasstrang abgezogen wird.

- Der Schmelztiegel wird in diesem Fall induktiv von außen beheizt und dient dabei selbst als Suszeptor. Es sind aber auch Vorrichtungen gebräuchlich, bei denen der Schmelztiegel von Außen mittels Widerstandsheizern beheizt wird. In jedem
- 15 Fall ist im Schmelztiegel-Außenraum Material zur thermischen Isolierung vorgesehen, wobei es sich in der Regel um Zirkonoxid, Hafniumoxid oder ähnliche oxidische Materialien handelt.

- Infolge von Verschleiß während einer Ofenreise kann es zu Undichtigkeiten kommen und es besteht die Gefahr, dass infolgedessen hochschmelzende
- 20 Oxidpartikel aus dem Isolationsmaterial in den Tiegel-Innenraum und damit in die Quarzglasschmelze eingetragen werden und zu Fehlern und Inhomogenitäten im abgezogenen Quarzglasstrang führen. Auch Abrieb aus der heißen Tiegel-Innenwand kann zu Kontaminationen führen.

- Es ist ein grundsätzliches und permanentes Problem, Inhomogenitäten im abge-
- 25 zogenen Glasstrang zu vermeiden, denn der Quarzglaszylinder soll möglichst homogen und fehlerfrei sein. Auch bei hoher Temperatur hat die Quarzglas-schmelze eine hohe Viskosität und kann nicht mittels Techniken homogenisiert werden, wie sie bei niedrigviskosen Glasschmelzen, wie beispielsweise Borosilikatglas- oder Kalk-Natron-Glasschmelzen, üblich sind. Insbesondere sind zum
- 30 Läutern derartiger Glasschmelzen eingesetzte Röhreinrichtungen für die Homo-

genisierung einer Quarzglasschmelze nicht geeignet, da beim Rühren erzeugte Blasen wegen der hohen Viskosität im Verlauf des Ziehprozesses nicht mehr beseitigt werden können.

Man versucht daher, im Tiegel-Innenraum möglichst gleiche und konstante
5 Schmelzbedingungen zu schaffen und ein gleichmäßiges Einschmelzen der
Glasausgangsstoffe mit Hilfe eines besonders angepassten axialen Temperatur-
verlaufs im Ziehofen zu erreichen (DE 22 17 725 B) oder gleiche und konstante
Einschmelzbedingungen über eine reproduzierbare Verteilung und Verdichtung
der einzuschmelzenden SiO_2 -Körnung auf der Schmelzoberfläche (US 3,249,417
10 A; WO 2006/015763 A) zu gewährleisten.

Bei der Beheizung der Quarzglasschmelze von außen stellt sich ein radiales
Temperaturprofil ein, bei dem die besonders hohen Temperaturen an der Tiegel-
wandung und der thermischen Isolierung herrschen, und niedrigere Temperatu-
ren im Tiegel-Innern, wo sie zum Einschmelzen der Quarzglaskörnung aber an
15 und für sich erforderlich und erwünscht ist. Dadurch ergibt sich eine schlechte
Energieeffizienz, die umso ungünstiger wird, je größer das Volumen des abzie-
henden Quarzglasstrangs ist. Denn dessen Volumen bestimmt nicht nur den In-
nendurchmesser des Tiegel-Innenraums und damit die zum Einschmelzen benö-
tigte Heizleistung, sondern auch diejenige Energiemenge, die durch das Abzie-
20 hen des erweichten Quarzglases kontinuierlich verloren geht.

Man kann versuchen, den erhöhten Energiebedarf durch eine höhere Heizleis-
tung und Temperatur bereitzustellen. Dem setzt die Temperaturfestigkeit der Tie-
gelwandung jedoch Grenzen und erfordert teure Maßnahmen zum Schutz der
Tiegelwandung, beispielsweise durch Verkleidungen, um Kontamination durch
25 Abrieb aus der heißen Tiegel-Innenwand zu vermindern. Im Fall von Schmelztie-
geln, die an der Tiegelaußenwand hängend gehalten werden, kann diese stärker-
e Temperaturbelastung zum Abriss der Schmelztiegel führen.

Diesen Nachteil vermeidet die CH 420 502 A, aus der ein Verfahren und eine Vor-
richtung der eingangs genannten Gattung bekannt sind. Darin wird ein Vertikal-
30 ziehverfahren für Quarzglas zur Herstellung von Quarzglasrohren vorgeschlagen,

bei dem die Glasschmelze nicht nur von der Schmelztiegelwandung aus, sondern auch vom Inneren der Schmelze aus erhitzt wird. Dabei wird der in der Schmelztiegel-Mittelachse angeordnete Ziehborn als Widerstandsheizelement genutzt.

- Der Ziehborn wird hierzu vorzugsweise aus einem keramischen Werkstoff ausgebildet, der bei hoher Temperatur elektrisch leitfähig ist. Zur Herstellung eines Stromkreises ist der Born über den oberen Teil seiner Länge mittig gespalten, so dass die elektrisch voneinander isolierten Ziehborn-Hälften nur über den unteren, nicht gespaltenen Teil des Ziehborns miteinander verbunden sind und so als Zuführung beziehungsweise als Ableitung für den elektrischen Strom dienen können.

Der Ziehborn bildet das Heizelement der Innen-Heizeinrichtung und gleichzeitig das Ziehdüseninnenteil der Ziehdüse, das den Innendurchmesser des abgezogenen Rohrstrangs maßgeblich bestimmt.

Technische Aufgabenstellung

- 15 Dies ist nur möglich bei Rohrsträngen mit kleinem Innendurchmesser in der Größenordnung des Ziehborn-Durchmessers. Zum Ziehen von Rohren mit größerem Durchmesser ist am unteren Ende des Ziehborns üblicherweise eine umlaufende Erweiterung vorgesehen, die das Ziehdüseninnenteil bildet. Auf diesem lastet die Glasschmelze, so dass der Ziehborn eine hohe Gewichtskraft aufnehmen muss.
- 20 Bei der aus der CH 420 502 A bekannten Vorrichtung ist der Ziehborn infolge seiner Längsspaltung jedoch mechanisch geschwächt und zur Halterung einer Innendüse kaum geeignet, die zum Abziehen von Glassträngen mit großen lateralen Abmessungen ausgelegt ist.

- Gerade beim Abziehen großvolumiger Glasstränge, bei dem Strömungen großer Glasmassen zu bewältigen sind, kann es zu einer seitlichen Auslenkung des Ziehborns kommen. Diesem kann durch Einsatz von Stabilisierungsstäben zwischen dem unteren Ende des Borns und der Tiegel-Innenwandung entgegen gewirkt werden. Derartige Stabilisierungsstäbe sind hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt und bestehen in der Regel aus Refraktärmetallen, die diesen Be-

lastungen standhalten können. Beim bekannten Verfahren würde dadurch jedoch der Fluss des elektrischen Stroms und dementsprechend die Widerstandsbeheizung über die Innen-Heizeinrichtung verändert.

5 Bisherige Vertikalziehanlagen und –verfahren sind auf laterale Abmessungen des abgezogenen Quarzglasstrangs von 250 mm, im Ausnahmefall bis maximal 300 mm, begrenzt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das diese Beschränkung aufhebt und die Herstellung optisch und chemisch homogener Quarzglaszylinder erleichtert, und insbesondere auch dann,
10 wenn deren laterale Abmessungen mehr als 250 mm beträgt.

Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung bereitzustellen.

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

Hinsichtlich des Verfahrens zum Ziehen des Quarzglaszylinders wird dieses Aufgabe ausgehend von einem Verfahren der eingangs genannten Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zum Abziehen eines Quarzglasstrangs mit einer maximalen seitlichen Abmessung von mehr als 250 mm das Heizelement von einem Hüllelement umgeben ist.
15

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird die Quarzglasmasse mittels einer Innen-Heizeinrichtung erhitzt, bei der sich das Heizelement innerhalb des Tiegel-Innenraums entlang der Innenraum-Mittelachse erstreckt.
20

Durch die Anordnung der Innen-Heizeinrichtung im Tiegel-Innenraum wird die gesamte Schmelzenergie oder mindestens ein Teil davon in erster Linie und unmittelbar dort zugeführt, wo sie tatsächlich benötigt wird, nämlich innerhalb der zu
25 erschmelzenden Quarzglaskörnung und der hochviskosen Quarzglasmasse. Eine zusätzliche Energiezufuhr von Außen kann dadurch im Vergleich zur ausschließlichen Außenbeheizung geringer ausfallen oder sie entfällt vorzugsweise voll-

ständig. Dadurch ergibt sich in radialer Richtung gesehen entweder ein flacheres Temperaturprofil (im Vergleich zur ausschließlichen Außenbeheizung) oder ein Temperaturprofil mit umgekehrtem Temperaturgradienten, also einer hohen Temperatur im Innenraum und einer niedrigeren Temperatur im Außenbereich
5 des Schmelztiegels und an der Tiegelwandung. Im bevorzugten Fall wird dadurch innerhalb des Schmelztiegels ein radiales Temperaturprofil ohne ausgeprägtes Maximum und mit einem geringen Temperaturunterschied zwischen Mitte und Rand der Quarzglasschmelze erzeugt.

Dadurch, dass die Heizenergie unmittelbar dort erzeugt und zugeführt wird, wo
10 sie benötigt wird, ist die Energieeffizienz verbessert und die Tiegelwandung kann vergleichsweise kühl gehalten werden, und zwar auch dann, wenn wegen großer Volumina des abgezogenen Quarzglasstrangs ein beträchtlicher Energieeintrag in die Quarzglaskörnung und in die viskose Quarzglasmasse erforderlich ist. Dadurch ist es möglich, die bisher geltende Begrenzung der seitlichen Strangab-
15 messungen von 250 mm, maximal 300 mm, aufzuheben und Quarzglaszylinder mit größeren seitlichen Abmessungen als 250 mm durch Ziehen aus der Schmelze zu erzeugen.

Darüber hinaus ist die Temperaturbelastung von Tiegelwandung und Isolationsmaterial geringer, so dass die Lebensdauer des Schmelztiegels länger ist, au-
20 ßerdem weniger Undichtigkeiten in diesem Bereich entstehen und somit der Eintrag von Verunreinigungen von außerhalb des Schmelztiegels in den Tiegel-Innenraum und in die Quarzglasmasse vermindert ist.

Infolge der Innenbeheizung und des flacheren radialen Temperaturgradienten wird die tiegelwandungsnahe Quarzglasmasse vergleichsweise weniger stark er-
25 hitzt und hat dadurch eine höhere Viskosität. Infolgedessen wird die ansonsten bei reiner Außenbeheizung leicht auftretende ausgeprägte Randströmung verhindert oder jedenfalls verringert, die zu einem unmittelbaren Eintritt gering homogenisierter Quarzglasmasse in die Ziehdüse aus dem Außenbereich des Schmelztiegels führen kann.

Insgesamt wird im Vergleich zu reiner Außenbeheizung eine vergleichsweise gleichmäßige Temperaturverteilung und damit einhergehend ein homogeneres und energieeffizienteres Einschmelzen der Quarzglaskörnung erreicht. Ergebnis ist ein weitgehend fehlerfreier Quarzglasstrang aus dem optisch homogene
5 Quarzglaszylinder mit radial konstantem Brechzahlverlauf abgelängt werden.

Für die beschriebene Innenbeheizung sind eine oder mehrere Innen-Heizeinrichtungen vorgesehen. Die erläuterten Effekte hinsichtlich Homogenisierung des Temperaturverteilung, Energieeffizienz und Kühlhalten der Tiegel-Außenwand sind besonders ausgeprägt, wenn das Heizelement der mindestens
10 einen Innen-Heizeinrichtung langgestreckt ist und wenn es sich coaxial oder parallel zur Schmelztiegel-Mittelachse erstreckt. Am besten ist es, wenn die Innenbeheizung über die gesamte Füllhöhe erfolgt, wobei die Innen-Heizeinrichtung entweder oberhalb des Bodenbereichs des Schmelztiegels endet oder mit diesem verbunden ist.

15 Über ihre Längserstreckung gesehen erzeugt die Innen-Heizeinrichtung im einfachsten Fall überall dieselbe Heizleistung oder Temperatur. Sie kann aber auch in Zonen mit unterschiedlicher Temperatur und Heizleistung unterteilt sein.

Im Unterschied zum bekannten Verfahren ist das Heizelement der Innen-Heizeinrichtung gemäß vorliegender Erfindung über mindestens einen Teil seiner
20 Länge, und zwar mindestens über den gesamten innerhalb der zu erweichenden Quarzglasmasse verlaufenden Teil, von einem Hüllelement umgeben. Dadurch ergeben sich folgende Wirkungen:

(a) Das Hüllelement schirmt das Heizelement vor unmittelbarem Kontakt mit der Quarzglasmasse ab. Dadurch wird eine Beeinträchtigung der Heizleistung
25 durch die Quarzglasmasse vermieden.

(b) Das Hüllelement ist der Glasschmelz ausgesetzt und mechanisch stabil ausgeführt. Es erlaubt den Einsatz eines mechanisch weniger stabilen Heizelements. Beim Einsatz eines von elektrischem Strom durchflossenen Heizelements ist dieses vom Hüllelement elektrisch isoliert, so dass das Hüllelement

ohne weiteres zusätzlich mittels elektrisch leitfähiger Stabilisierungsstäbe mit der Schmelztiegel-Innenwandung verbunden sein kann, ohne dass es dabei zu einem Stromfluss kommt.

- 5 (c) Das Hüllelement dient zur Homogenisierung der Wärmeabgabe. Es hat eine größere seitliche Abmessung als das Heizelement selbst (beispielsweise einen größeren Außendurchmesser) und es stellt eine Masse zur Verfügung, die als Wärmequelle wirkt. Dadurch trägt das Hüllelement zu einer homogenen und reproduzierbaren Erwärmung der Quarzglasmasse bei, insbesondere auch bei einem Heizelement mit einer über seine Länge ungleichmäßigen
- 10 Temperaturverteilung.
- (d) Gleichzeitig kann das Hüllelement zur Halterung der Ziehdüse dienen, insbesondere zur Halterung eines Ziehdüsen-Innenteils, um so Rohrstränge mit seitlichen Abmessungen von mehr als 250 mm abziehen zu können.
- 15 (e) Im Gegensatz zum Heizelement ist das Hüllelement in Bezug auf seine Wirkung als Wärmespeicher, seine abschirmende/isolierende und seine mechanisch tragende Funktion optimierbar, beispielsweise hinsichtlich seiner Reinheit, Festigkeit und Wandstärke.
- 20 (f) Andererseits kann dadurch das Heizelement auf seine Funktion als Lieferant der Heizenergie für die Innenbeheizung optimiert werden, und zwar ohne Rücksicht auf gleichzeitige Inertheit gegenüber der Quarzglasmasse nehmen zu müssen.

Im einfachsten Fall ist das Hüllelement ein zylindrisches Rohr mit einem Innendurchmesser, der zur Aufnahme des Heizelements ausreicht. Die Ausgangskörnung ist beispielsweise Quarzkörnung aus natürlich vorkommendem Rohstoff,

25 synthetisch erzeugte SiO₂-Körnung oder Mischungen dieser Körnungen.

Bei einer ersten Verfahrensvariante wird eine Innen-Heizeinrichtung eingesetzt, die ein Heizelement in Form eines durch Stromfluss erhitzten Widerstandsheizers umfasst.

Der Widerstandsheizkörper ist beispielsweise wendel-, band- rohr- oder stabförmig ausgebildet und er kann mit der Quarzglas-Körnung beziehungsweise mit der Quarzglasmasse in direktem Kontakt stehen. Gegebenenfalls besteht er aus Wolfram oder aus einem anderen hochtemperaturfesten Metall (oder einer Legierung), das gegenüber Quarzglas chemisch möglichst inert ist.

Bei einer alternativen Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass eine Innen-Heizeinrichtung eingesetzt wird, die ein induktiv beheiztes Heizelement umfasst.

Die induktive Einkopplung von hochfrequentem Wechselstrom in das zentral angeordnete Heizelement kann von außen, durch die Schmelztiegel- Seitenwand und die viskose Quarzglasmasse erfolgen. Voraussetzung ist, dass die Seitenwand aus einem nicht elektrisch leitenden Werkstoff besteht oder so dünn ausgeführt ist, dass sie die induktiv eingekoppelte Energie wenig absorbiert. Da die thermische Belastung der Tiegel-Seitenwand beim erfindungsgemäßen Verfahren gering sein kann, ist auch eine ausreichend dünnwandige Ausführung möglich.

Die in der Regel wassergekühlte Induktionsspule kann auch so nah an der Seitenwand angeordnet sein, dass sie zu deren Kühlung beiträgt. Bei beiden Varianten (Widerstandsheizung oder Induktionsheizung) ist das jeweilige Heizelement von dem Hüllelement umgeben.

Bei einer bevorzugten Verfahrensvariante wird ein Hüllelement verwendet, das gleichzeitig mit einem Ziehdufen-Innenteil der Ziehdufe verbunden ist und das einen runden Querschnitt mit einem Außendurchmesser von mindestens 50 mm, besonders bevorzugt mindestens 100 mm aufweist.

Der runde Querschnitt des Hüllelements vermeidet Kanten und Ecken mit erhöhtem Strömungswiderstand für die Quarzglasmasse. Der vergleichsweise große Außendurchmesser von mehr als 50 mm, vorzugsweise mehr als 100 mm verkleinert zum einen den Ringspalt zwischen Hüllelement und Schmelztiegel-Innenwandung und erleichtert so die homogene Beheizung der Quarzglasmasse innerhalb des Ringspalts und ermöglicht das Bereitstellen eines mechanisch besonders stabilen Hüllelements, das zur Halterung des Ziehdufen-Innenteils der

Ziehdüse geeignet ist, insbesondere auch bei hohen Lasten, wie sie beim Ziehen von Rohrsträngen mit seitlichen Abmessungen von mehr als 250 mm auftreten.

Um Kontamination der Quarzglasmasse durch Kontakt mit unterschiedlichen Werkstoffen zu vermeiden, besteht das Hüllelement vorzugsweise aus dem gleichen Werkstoff wie der Schmelztiegel.

Es hat sich besonders bewährt, wenn die Innen-Heizeinrichtung entlang der Innenraum-Mittelachse verschiebbar ist.

Dadurch kann der Abstand zwischen Ziehdüse und Heizelement verändert und damit Durchsatz und Formgebungsbereich geregelt werden und insbesondere kann durch die Verschiebung das Temperaturprofil innerhalb der Quarzglasmasse verändert und auf einen vorgegebenen Verlauf eingestellt werden.

Alternativ oder ergänzend dazu ist es auch vorteilhaft, wenn die Innen-Heizeinrichtung in einer Richtung senkrecht zur Innenraum-Mittelachse verschiebbar ist.

Die Verschiebbarkeit in lateraler Richtung, also in einer Ebene parallel zur Öffnungsebene der Ziehdüse, können zusätzlich etwaige Einseitigkeiten des abgezogenen Quarzglasstrangs beseitigt oder vermindert werden.

Um die genannten Verschiebbarkeiten zu erleichtern, wird im einfachsten Fall eine Innen-Heizeinrichtung eingesetzt, die hängend gehalten wird.

Bei einer besonders bevorzugten Verfahrensweise ist vorgesehen, dass die Seitenwand mittels einer außerhalb des Schmelztiegel-Innenraums vorgesehenen Außenheizung erhitzt wird.

Herbei erfolgt die Beheizung der Quarzglaskörnung und der viskosen Quarzglasmasse sowohl mittels der erfindungsgemäßen Innen-Heizeinrichtung als auch mittels der üblichen Außenbeheizung. Dies ermöglicht ein besonders flaches radiales Temperaturprofil, einhergehend mit einem besonders homogenen und gleichmäßigen Einschmelzen der Quarzglaskörnung und der Quarzglasmasse als

auch einer besonders geringen thermischen Belastung sowohl der Innenheizung als auch der Außenheizung.

Vorzugsweise wird ein radiales Temperaturprofil innerhalb des Schmelztiegels in Höhe der viskosen Quarzglasmasse erzeugt, bei dem der Temperaturunterschied
5 zwischen Temperaturmaximum und Temperaturminimum weniger als 200 °C, vorzugsweise weniger als 100 °C beträgt.

Der maximale Temperatur-Unterschied wird beispielsweise im Bereich der halben Höhe des Schmelztiegels gemessen.

Wird beispielsweise ein Temperaturmaximum im Bereich der Mitte des Schmelz-
10 tiegels erzeugt, so beträgt der Temperaturunterschied zwischen der Temperatur an der Schmelztiegel-Seitenwand und dem Temperaturmaximum vorteilhafterweise weniger als 200 °C, besonders bevorzugt weniger als 100 °C.

Dabei kann die der viskosen Quarzglasmasse zugewandte Oberfläche der Seitenwand auf einer Temperatur unterhalb von 1800 °C gehalten werden.

15 Durch eine relativ kühle Schmelztiegel-Seitenwand erfährt der Schmelztiegel eine besonders geringe thermische Belastung und hat eine hohe Lebensdauer und führt zu weniger Kontamination der Schmelze durch aus der Tiegelwandung stammende Verunreinigungen.. Darüber hinaus bildet sich an der Innenwandung der Seitenwand eine besonders zähflüssige Quarzglasschicht aus, die den Kon-
20 takt mit der heißen Quarzglasmasse verhindert und so den chemischen Angriff vermeidet.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die oben genannte Aufgabe ausgehend von der eingangs genannten Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Heizelement von einem Hüllelement umgeben ist und dass die Ziehdüse eine
25 maximale seitliche Abmessung von mehr als 250 mm hat.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst die Heizeinrichtung eine innerhalb des Tiegel-Innenraums vorgesehene Innen-Heizeinrichtung, mit einem Heizelement, das sich entlang der Innenraum-Mittelachse erstreckt.

Durch die Anordnung der Innen-Heizeinrichtung im Tiegel-Innenraum kann die gesamte Schmelzenergie oder mindestens ein Teil davon in erster Linie und unmittelbar dort zugeführt werden, wo sie tatsächlich benötigt wird, nämlich innerhalb der zu erschmelzenden Quarzglaskörnung und der hochviskosen Quarzglasmasse. Eine zusätzliche Energiezufuhr von Außen kann dadurch im Vergleich zur ausschließlichen Außenbeheizung geringer ausfallen oder sie entfällt vorzugsweise vollständig. Dadurch ergibt sich in radialer Richtung gesehen entweder ein flacheres Temperaturprofil (im Vergleich zur ausschließlichen Außenbeheizung) oder ein Temperaturprofil mit umgekehrtem Temperaturgradienten, also einer hohen Temperatur im Innenraum und einer niedrigeren Temperatur im Außenbereich des Schmelztiegels und an der Tiegelwandung.

Dadurch, dass die Heizenergie unmittelbar dort erzeugt und zugeführt wird, wo sie benötigt wird, ist die Energieeffizienz verbessert und die Tiegelwandung kann vergleichsweise kühl gehalten werden, und zwar auch dann, wenn wegen großer Volumina des abgezogenen Quarzglasstrangs ein beträchtlicher Energieeintrag in die Quarzglaskörnung und in die viskose Quarzglasmasse erforderlich ist. Dadurch ist es sogar möglich, die bisher geltende Begrenzung der seitlichen Strangabmessungen von 250 mm, maximal 300 mm, aufzuheben und Quarzglaszylinder mit größeren seitlichen Abmessungen als 250 mm durch Ziehen aus der Schmelze zu erzeugen.

Darüber hinaus ist die Temperaturbelastung von Tiegelwandung und Isolationsmaterial geringer, so dass die Lebensdauer des Schmelztiegels länger ist, außerdem weniger Undichtigkeiten in diesem Bereich entstehen und somit der Eintrag von Verunreinigungen von außerhalb des Schmelztiegels in den Tiegel-Innenraum und in die Quarzglasmasse vermindert ist.

Infolge der Innenbeheizung und des flacheren radialen Temperaturgradienten erfährt die tiegelwandungsnahe Quarzglasmasse eine geringere Temperaturbeaufschlagung und hat dadurch eine höhere Viskosität. Infolgedessen wird die bei reiner Außenbeheizung auftretende ausgeprägte Randströmung verhindert oder jedenfalls verringert, die ansonsten zu einem unmittelbaren Eintritt gering homo-

genisierter Quarzglasmasse in die Ziehdüse aus dem Außenbereich des Schmelztiegels führt.

Insgesamt wird im Vergleich zu reiner Außenbeheizung eine vergleichsweise gleichmäßige Temperaturverteilung und damit einhergehend ein homogenes
5 und energieeffizienteres Einschmelzen der Quarzglaskörnung erreicht.

Die beschriebene Innenbeheizung umfasst eine oder mehrere Innen-Heizeinrichtungen. Die erläuterten Effekte hinsichtlich Homogenisierung des Temperaturverteilung, Energieeffizienz und Kühlhalten der Tiegel-Außenwand sind besonders ausgeprägt, wenn das Heizelement der mindestens einen Innen-
10 Heizeinrichtung lang gestreckt ist und wenn es sich koaxial oder parallel zur Schmelztiegel-Mittelachse erstreckt. Am besten ist es, wenn die Innenbeheizung über die gesamte Füllhöhe erfolgt, wobei die Innen-Heizeinrichtung entweder oberhalb der Ziehdüse endet oder mit dieser verbunden ist.

Über ihre Längserstreckung gesehen, erzeugt die Innen-Heizeinrichtung im einfachsten Fall überall dieselbe Heizleistung oder Temperatur. Sie kann aber auch
15 in Zonen mit unterschiedlicher Temperatur und Heizleistung unterteilt sein.

Im Unterschied zur bekannten Vorrichtung ist das Heizelement gemäß vorliegender Erfindung über mindestens einen Teil seiner Länge, und zwar mindestens über den gesamten innerhalb der zu erweichenden Quarzglasmasse verlaufenden Teil seiner Länge, von einem Hüllelement umgeben. Dadurch ergeben sich
20 die weiter oben für das erfindungsgemäße Verfahren bereits erläuterten Vorteile und Wirkungen.

Im einfachsten Fall ist das Hüllelement ein zylindrisches Rohr mit einem Innendurchmesser, der zur Aufnahme des Heizelements ausreicht.

25 Es hat sich als günstig erwiesen, wenn das Hüllelement mit der Ziehdüse oder einem Teil derselben verbunden ist und einen runden Querschnitt mit einem Außendurchmesser von mindestens 50 mm, besonders bevorzugt mindestens 100 mm aufweist.

Beim Ziehen eines rohrförmigen Quarzglasstrangs wird in der Regel eine zweigeteilte, aus Außendüse und Innendüse (hier auch bezeichnet als „Ziehdüsen-Innenteil“ oder als „Dorn“) zusammengesetzte Düse eingesetzt. Dabei ist die Außendüse an der Tiegelwand oder am Tiegelboden fixiert und die Innendüse wird
5 von einem von oben durch die Quarzglasmasse ragenden Dorn gehalten. Bei dieser Ausführungsform bildet das Hüllelement gleichzeitig den Dorn, also die Halterung für die Innendüse.

Der runde Querschnitt des Hüllelements vermeidet Kanten und Ecken mit erhöhtem Strömungswiderstand für die Quarzglasmasse. Der vergleichsweise große
10 Außendurchmesser von mehr als 50 mm, vorzugsweise mehr als 100 verkleinert zum einen den Ringspalt zwischen Hüllelement und Schmelztiegel-Innenwandung und erleichtert so die homogene Beheizung der Quarzglasmasse innerhalb des Ringspalts und ermöglicht das Bereitstellen eines mechanisch besonders stabilen Hüllelements, das zur Halterung des Ziehdüsen-Innenteils der Ziehdüse geeignet
15 ist, insbesondere auch bei hohen Lasten, wie sie beim Ziehen von Rohrsträngen mit seitlichen Abmessungen von mehr als 250 mm auftreten.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Soweit in den Unteransprüchen angegebene Ausgestaltungen der Vorrichtung den in Unteransprüchen zum erfindungsgemäßen Ver-
20 fahren genannten Ausführungsformen nachgebildet sind, wird zur ergänzenden Erläuterung auf die obigen Ausführungen zu den entsprechenden Verfahrensansprüchen verwiesen.

Ausführungsbeispiel

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und einer
25 Zeichnung näher erläutert. In schematischer Darstellung zeigt im Einzelnen

Figur 1 einen erfindungsgemäßen Schmelzofen mit einer Innenbeheizung,

Figur 2 einen erfindungsgemäßen Schmelzofen mit Innenbeheizung und zusätzlicher Außenbeheizung,

Figur 3 einen erfindungsgemäßen Schmelzofen mit Innenbeheizung und zusätzlicher induktiver Außenbeheizung, und

Figur 4 ein Diagramm mit radialen Temperaturprofilen bei Einsatz des Schmelzofens von Figur 1 im Vergleich zum Stand der Technik.

5 Der Ziehofen gemäß **Figur 1** umfasst einen Schmelztiegel 1 aus Wolfram, in den von oben über einen Zufuhrstutzen 2 kontinuierlich SiO_2 -Körnung 3 eingefüllt wird. Der Schmelztiegel 1 ist von einem wassergekühlten Ofenmantel 6 unter Be-

lassung eines mit Schutzgas gespülten Schutzgasraums 10 umgeben, innerhalb dessen eine poröse Isolationsschicht 8 aus oxidischem Isolationsmaterial unter-

10 gebracht ist. Der Schutzgasraum 10 ist nach unten hin mit einer Bodenplatte 15 und mit einer Deckplatte 16 nach Außen abgedichtet. Der Schmelztiegel 1 umschließt einen Tiegel-Innenraum 17, der ebenfalls gegenüber der Umgebung mittels einer Abdeckung 18 und einem Dichtelement 19 abgedichtet ist. Durch die Abdeckung 18 ragt ein Einlass 22 und ein Auslass 21 für ein Tiegelinnenraum-

15 Gas in Form von reinem Wasserstoff. Ebenso ist der Schutzgasraum 10 im oberen Bereich mit einem Gaseinlass 23 für reinen Wasserstoff versehen.

Im Bodenbereich des Schmelztiegels 1 befindet sich eine Ziehdüse 4 aus Wolfram. Diese setzt sich zusammen aus einem Ziehdüsen-Außenteil 7 und einem Ziehdüsen-Innenteil (Dorn) 9. Das ringförmige Ziehdüsen-Außenteil 7 ist in den

20 Bodenbereich des Schmelztiegels 1 eingesetzt und mit der Seitenwand des Schmelztiegels 1 verbunden. Der Dorn 9 hat im Wesentlichen die Form eines sich nach unten verjüngenden Kegelstumpfes. Zwischen dem Dorn 9 und dem Außenteil 7 verbleibt ein ringförmiger Strömungskanal 14, der sich bis zum Düsenauslass 25 nach unten leicht verjüngt. Die weiche Quarzglasmasse 27 gelangt

25 in den Strömungskanal 14 und wird über diesen bis zum Düsenauslass 25 geführt und als Rohrstrang 5 vertikal nach unten in Richtung der Schmelztiegel-Mittelachse 26 abgezogen.

Über die gesamte Länge des Schmelztiegel-Innenraumes 17 und koaxial zur Mittelachse 26 erstreckt sich eine Innen-Heizeinrichtung, der insgesamt die Bezugs-

30 ziffer 12 zugeordnet ist. Diese besteht im Wesentlichen aus einem Heizelement in

Form einer Heizwendel 13 aus Wolfram, die über ihre gesamte Länge in einem Schutzrohr 11 - ebenfalls aus Wolfram - geführt ist. Das Schutzrohr 11 hat einen runden Querschnitt, einen Außendurchmesser von 110 mm und eine Wandstärke von 10 mm und ist elektrisch isoliert von der Heizwendel 13.

- 5 Die Heizwendel 13 setzt sich aus drei etwas gleich langen Teillängen zusammen, die unabhängig voneinander beheizbar und mit separaten Stromquellen und Reglern verbunden sind. Der elektrische Anschluss für die Heizwendel 13 insgesamt ist nach oben aus dem Schutzrohr 11 herausgeführt (dieser ist in der Figur lediglich angedeutet).
- 10 Das untere Ende des Schutzrohres 11 ist mit dem Dorn 9 verschraubt. Es dient nicht nur zur Halterung und Positionierung des Dorns 9, sondern auch für die Zufuhr eines Prozessgases zum Einstellen eines vorgegebenen Blasdrucks in der Innenbohrung 24 des Rohrstrangs 5. Zu diesem Zweck ist das aus dem Innenraum 17 herausragende obere Ende des Schutzrohres 11 mit einer (in der Figur
- 15 nicht dargestellten) Druckgasquelle und mit einer schematisch dargestellten Höhenverstell- und Verschiebeeinrichtung 28 verbunden, die neben der Höheneinstellung des Dorns 9 auch ein freies Verschieben in lateraler Richtung ermöglicht, wie dies die Richtungspfeile 29 andeuten.

- Das Schutzrohr 11 schirmt die Heizwendel 13 vor unmittelbarem Kontakt mit der
- 20 Quarzglasmasse 27 ab, so dass Beeinträchtigungen der Heizleistung durch die Quarzglasmasse 27 vermieden werden. Außerdem trägt das Schutzrohr 11 dazu bei, dass die von der Heizwendel 13 abgegebene Wärme über die Höhe der Quarzglasmasse 27 homogenisiert wird.

- Der Innendurchmesser des Schmelztiegels 1 beträgt 500 mm und der maximale
- 25 Außendurchmesser des Dorns 9 liegt bei 300 mm. Es wird ein Rohrstrang 5 mit einem Innendurchmesser von 280 mm und einem Außendurchmesser von 300 mm gezogen.

Figur 2 zeigt schematisch eine Abwandlung dieses Ziehofens im Rahmen der Erfindung. Sofern dieselben Bezugsziffern wie in Figur 1 verwendet werden, so

sind damit baugleiche oder äquivalente Bauteile und Bestandteile der Vorrichtung bezeichnet, wie sie oben anhand der Beschreibung der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ziehofens näher erläutert sind.

Auch hier ist zum Ziehen eines rohrförmigen Quarzglasstrangs eine Ziehdüse mit
5 Ringspalt zwischen einem Ziehdüsen-Außenteil 7 und einem Ziehdüsen-Innenteil (Dorn) 9 vorgesehen. Das Außenteil 7 ist in die Bodenöffnung des Schmelztiegels 1 eingesetzt. Der Dorn 9 wird mittels Verbindungsstreben 37 in Bezug auf das Außenteil 7 zentriert. Sie bestehen sie aus einem elektrisch leitenden Metall; im Ausführungsbeispiel aus Wolfram.

- 10 Die Innen-Heizeinrichtung 32 ist wiederum als Widerstandsheizung ausgeführt. Sie umfasst einen Verbund aus Wolfram-Innenrohr 31, das koaxial und elektrisch leitend verbunden von einem Wolfram-Außenrohr 30 umgeben ist. Der Verbund erstreckt sich über die gesamte Länge des Schmelztiegel-Innenraumes 17 und koaxial zur Mittelachse 26. Das Wolfram-Außenrohr 30 hat einen Außendurch-
15 messer von 110 mm und eine Wandstärke von 12 mm. Das Wolfram-Innenrohr 31 bildet das eigentliche Heizelement der Innen-Heizeinrichtung und ist in Bezug auf seine Heizwirkung ausgelegt. Das Außenrohr 31 dient zur mechanischen Stabilisierung des Innenrohres 30 und gleichzeitig zur Halterung des Dorns 9 und zeichnet sich im Hinblick auf seinen Kontakt mit der Quarzglasmasse 27 außer-
20 dem durch hohe Reinheit aus. Über die Verbindungsstreben 37 ist der Verbund aus Wolframrohr-Innenrohr 30 und -Außenrohr 31 elektrisch mit dem Ziehdüsen-Außenteil 7 aus Wolfram und mit der Seitenwand des Schmelztiegels 1 verbunden. Zur Erzeugung eines Heizstromes sind das Wolfram-Innenrohr 31 und die Schmelztiegel-Seitenwand über elektrische Anschlussleitungen 33, 34 mit einer
25 Wechselstromquelle 35 verbunden.

Die Verbindungsstreben 37 dienen somit zur Zentrierung des Dorns 9 in der Durchgangsbohrung des Außenteils 7 und zur Einstellung der Weite des Düsenauslasses 25 und sie tragen zur elektrischen Leitung des Wechselstroms bei.

- Außerdem ist eine zusätzliche Außenbeheizung des Schmelztiegels 1 vorgese-
30 hen. Diese beruht auf induktiver Beheizung. Dabei dient die Schmelztiegel-

Seitenwand als Suszeptor und ist zu diesem Zweck von einer Induktionsspule 36 umgeben. Die Induktionsspule 36 ist aus wassergekühltem Kupferrohr ausgeführt und kann je nach Frequenz und Grad der Einkopplung der Energie in die Schmelztiegel-Seitenwand auch in zu einem gewissen Grad zur Temperierung
5 der Seitenwand beitragen.

Bei der in **Figur 3** gezeigten Abwandlung des erfindungsgemäßen Schmelzofens unterscheidet sich die Heizeinrichtung 42 von der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform im Wesentlichen dadurch, dass die Tiegelwandung des Schmelztiegels 1 zusätzlich beheizbar ist. Zu diesem Zweck ist die Seitenwand mit einer Widerstands-Heizwicklung 38 belegt. Somit sind sowohl die Innenbeheizung als auch
10 die Außenbeheizung als elektrische Widerstandsheizelemente ausgelegt.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand beispielhaft und anhand der Figuren 1 bis 3 näher erläutert.

Über die Zufuhrstutzen 2 wird kontinuierlich SiO_2 -Körnung 3 in den Schmelztiegel
15 1 eingespeist und darin auf eine Temperatur von etwa 2100 °C bis 2200 °C erhitzt. Dabei bildet sich im unteren Bereich des Schmelztiegels 1 eine homogene, blasenfreie Glasmasse 27 aus, auf der eine Körnungsschicht aus SiO_2 -Teilchen 3 aufschwimmt. Die erweichte Quarzglasmasse 27 gelangt über den Ringspalt 14 zur Ziehdu-
20 se 4 und tritt aus deren Düsenauslass 25 in Form des rohrförmigen Quarzglasstrangs 5 mit dem angegebenen Querschnittsprofil aus und wird nach unten abgezogen und in zylinderförmige Teilstücke der gewünschten Länge abgelängt. Die so erhaltenen Quarzglaszylinder haben einen radial homogenen Verlauf des Brechungsindex und sie zeichnen sich durch hohe optische Homogenität und Fehlerfreiheit aus.

Bei der in Figur 1 schematisch dargestellten Verfahrensweise wird die gesamte Schmelzenergie zum Erhitzen und Erweichen von Quarzglaskörnung 3 und Quarzglasmasse 27 ausschließlich mittels der Innen-Heizeinrichtung 12 erzeugt, und damit an einem Ort, wo sie tatsächlich benötigt wird. Dadurch ergibt sich über den Schmelztiegel-Durchmesser gesehen ein grundsätzlich anderes Temperatur-
30 profil als bei einer Außenbeheizung.

Dies macht das Diagramm von **Figur 4** deutlich, das den radialen Temperaturverlauf - gemessen in der Quarzglasmasse - in etwa halber Tiegelhöhe zeigt. Auf der Ordinate ist die lokal herrschende Schmelztemperatur T in $^{\circ}\text{C}$ und auf der Abszisse der Innendurchmesser D des Tiegels in mm aufgetragen.

- 5 Kurve A zeigt das radiale Temperaturprofil, wie es sich bei ausschließlicher Außenbeheizung gemäß dem Stand der Technik einstellt. Die Maximaltemperatur von 2300°C liegt hierbei an der Tiegelwandung. Zur Tiegelmittle hin ergibt sich beträchtlicher Temperaturabfall, so dass dort nur noch ca. 2050°C erreicht werden. Der Temperaturunterschied zwischen Tiegelwandung und Zentrum beträgt
10 somit -250°C .

- Kurve B zeigt das radiale Temperaturprofil, wie es sich bei der erfindungsgemäßen Beheizung des Schmelztiegels 1 einstellt. Das Temperaturprofil hat hier einen umgekehrten Temperaturgradienten mit der Maximaltemperatur von etwa 2200°C im Zentrum des Schmelztiegels 1 und mit einem vergleichsweise flacheren Abfall auf eine niedrigere Temperatur von etwa 2050°C im Außenbereich des
15 Schmelztiegels. Der Temperaturunterschied zwischen Tiegelwandung und Zentrum beträgt somit $+150^{\circ}\text{C}$.

- Durch die erfindungsgemäße Innenbeheizung unter Einsatz eines von einem Schutzrohr 11 umgebenen Heizelements 13 wird somit ein radiales Temperaturprofil mit einem Temperaturmaximum im Bereich der Mitte des Schmelztiegels
20 erzeugt, so dass die Heizenergie unmittelbar dort erzeugt und zugeführt wird, wo sie benötigt wird. Dadurch ergibt sich eine bessere Energieeffizienz im Vergleich zur ausschließlichen Außenbeheizung und die Tiegelwandung 1 kann vergleichsweise kühl gehalten werden.

- 25 Insbesondere ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren dadurch auch das Abziehen eines großvolumigen Quarzglasstrangs, so dass es möglich ist, die bisher geltende Begrenzung der seitlichen Strangabmessungen von 250 mm, maximal 300 mm, aufzuheben und Quarzglaszylinder mit größeren seitlichen Abmessungen als 250 mm durch Ziehen aus der Schmelze zu erzeugen. Darüber hinaus ist
30 die Temperaturbelastung von Tiegelwandung und Isolationsmaterial geringer, so

dass die Lebensdauer des Schmelztiegels verlängert wird und weniger Verunreinigungen von außerhalb des Schmelztiegels 1 in den Tiegel-Innenraum 17 und in die Quarzglasmasse 27 eingetragen werden.

Bei der aus Figur 2 zu entnehmenden Verfahrensvariante kann die Tiegelseitenwand auf einer Temperatur von etwa 2000 °C gehalten werden. Dadurch wird ei-
5 nerseits der Schmelztiegel insgesamt wenig thermisch belastet und andererseits bleibt die tiegelwandungsnahe Quarzglasschicht besonders zähflüssig und vermindert so den korrosiven Kontakt mit der heißen Quarzglasmasse.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ziehen eines Stabes, eines Rohres oder einer Platte aus Quarzglas, indem einem Schmelztiegel (1) aus einem Werkstoff mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 2000 °C Körnung (3) aus SiO₂-
5 Ausgangsmaterial zugeführt, in einem Tiegel-Innenraum (17) mit vertikal orientierter Mittelachse (26), der von einer Seitenwand und einem Bodenbereich begrenzt ist, mittels einer Heizeinrichtung (12) erhitzt und zu einer viskosen Quarzglasmasse (27) erweicht und diese durch eine im Bodenbereich des Schmelztiegels (1) vorgesehene Ziehdüse (7; 9) vertikal nach unten als
10 Quarzglasstrang (5) abgezogen und daraus der Stab, das Rohr oder die Platte abgelängt wird, wobei eine Heizeinrichtung eingesetzt wird, die eine Innen-Heizeinrichtung mit einem Heizelement umfasst, das sich innerhalb des Tiegel-Innenraums (17) entlang der Innenraum-Mittelachse (26) erstreckt,, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abziehen eines Quarzglasstrangs mit ei-
15 ner maximalen seitlichen Abmessung von mehr als 250 mm das Heizelement von einem Hüllelement (11) umgeben ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Innen-Heizeinrichtung (13) eingesetzt wird, bei der das Heizelement (13; 30) in Form eines durch Stromfluss erhitzten Widerstandsheizers ausgebildet ist oder bei
20 der es induktiv beheizt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Hüllelement (11) zur Halterung eines Ziehdüsen-Innenteils (9) dient und einen runden Querschnitt mit einem Außendurchmesser von mindestens 50 mm, vorzugsweise mindestens 100 mm aufweist.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Hüllelement (11) aus dem gleichen Werkstoff wie der Schmelztiegel (1) besteht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwand mittels einer außerhalb des Schmelztiegels-Innenraums (17) vorgesehenen Außenheizung (36; 38) erhitzt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein radiales Temperaturprofil innerhalb des Schmelztiegels (1) in Höhe der viskosen Quarzglasmasse (27) erzeugt wird, bei dem der Temperaturunterschied zwischen Temperaturmaximum und Temperaturminimum weniger als 200 °C, vorzugsweise weniger als 100 °C beträgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Temperaturmaximum im Bereich der Mitte des Schmelztiegels (1) erzeugt wird und dass der Temperaturunterschied zwischen der Temperatur an der Schmelztiegel-Seitenwand und dem Temperaturmaximum weniger als 200 °C, vorzugsweise weniger als 100 °C beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die der viskosen Quarzglasmasse (27) zugewandte Oberfläche der Seitenwand auf einer Temperatur unterhalb von 1800 °C gehalten wird.
9. Vorrichtung zum Ziehen eines Stabes, eines Rohres oder einer Platte aus Quarzglas, mit einem Schmelztiegel (1) aus einem Werkstoff mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 2000 °C zur Aufnahme von Körnung (3) aus SiO₂-Ausgangsmaterial in einem Tiegel-Innenraum (17) mit vertikal orientierter Mittelachse (26), der von einer Seitenwand und einem Bodenbereich mit einer Ziehdüse (7; 9) begrenzt ist, und mit einer Heizeinrichtung zum Erhitzen und Erweichen des Ausgangsmaterials (3), die eine Innen-Heizeinrichtung mit einem Heizelement umfasst, das sich innerhalb des Tiegel-Innenraums entlang der Innenraum-Mittelachse (26) erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement von einem Hüllelement (11) umgeben ist und dass die Ziehdüse (7; 9) eine maximale seitliche Abmessung von mehr als 250 mm hat.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement in Form eines durch Stromfluss erhitzten Widerstandsheizers ausgebildet oder induktiv beheizbar ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet,
5 dass das Hüllelement (11) mit der Ziehdüse (7; 9) oder einem Teil derselben verbunden ist und einen runden Querschnitt mit einem Außendurchmesser von mindestens 50 mm, bevorzugt mindestens 100 mm aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet,
10 dass die Innen-Heizeinrichtung (13) entlang der Innenraum-Mittelachse (26) und in einer Richtung senkrecht zur Innenraum-Mittelachse (26) verschiebbar ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Innen-Heizeinrichtung (13) hängend gehalten wird.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
15 dass zur induktiven Beheizung der Schmelztiegel-Seitenwand und/oder der Innen-Heizeinrichtung außerhalb des Schmelztiegel-Innenraums eine Induktionsspule (36) vorgesehen ist.

1/4

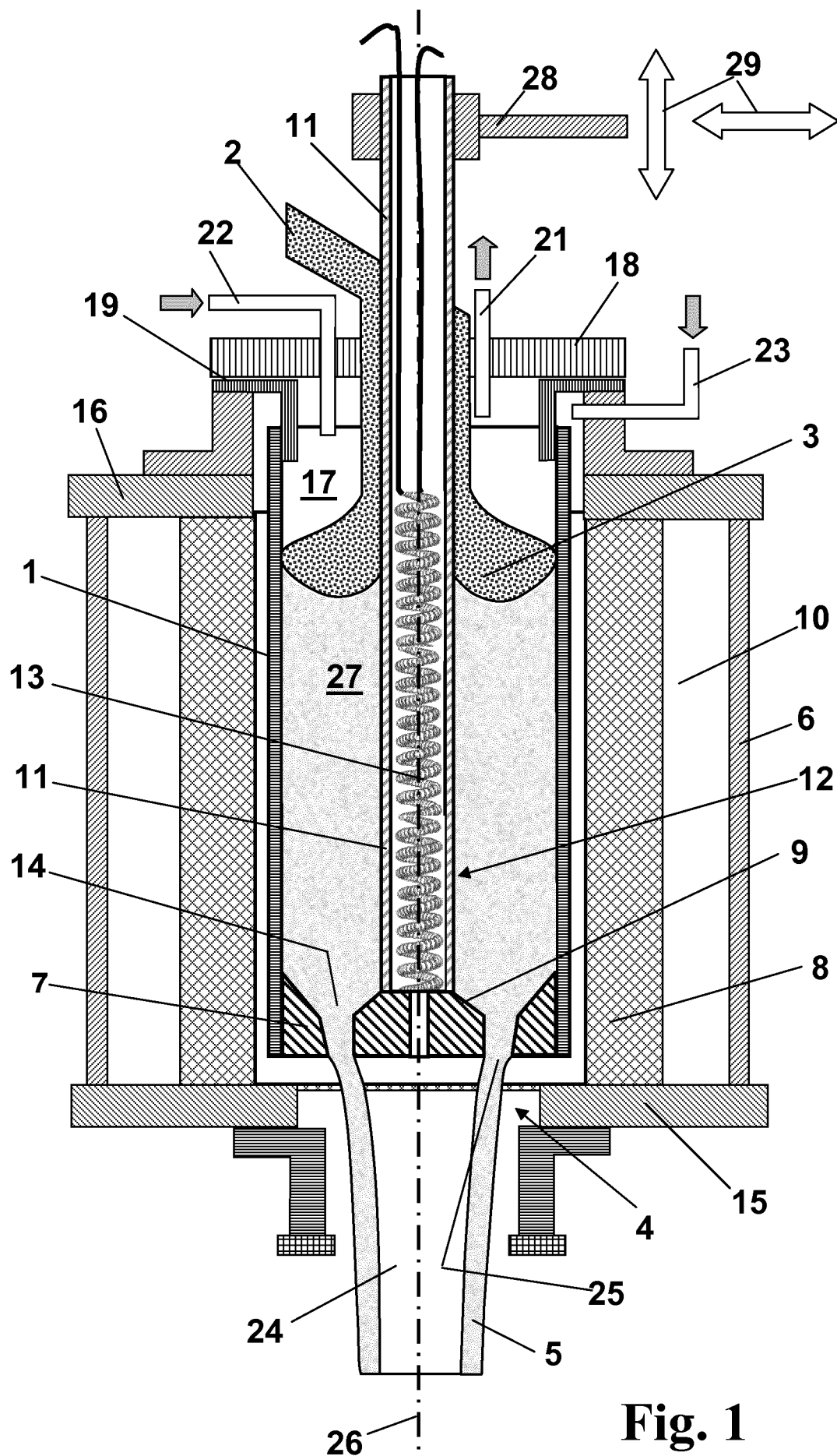
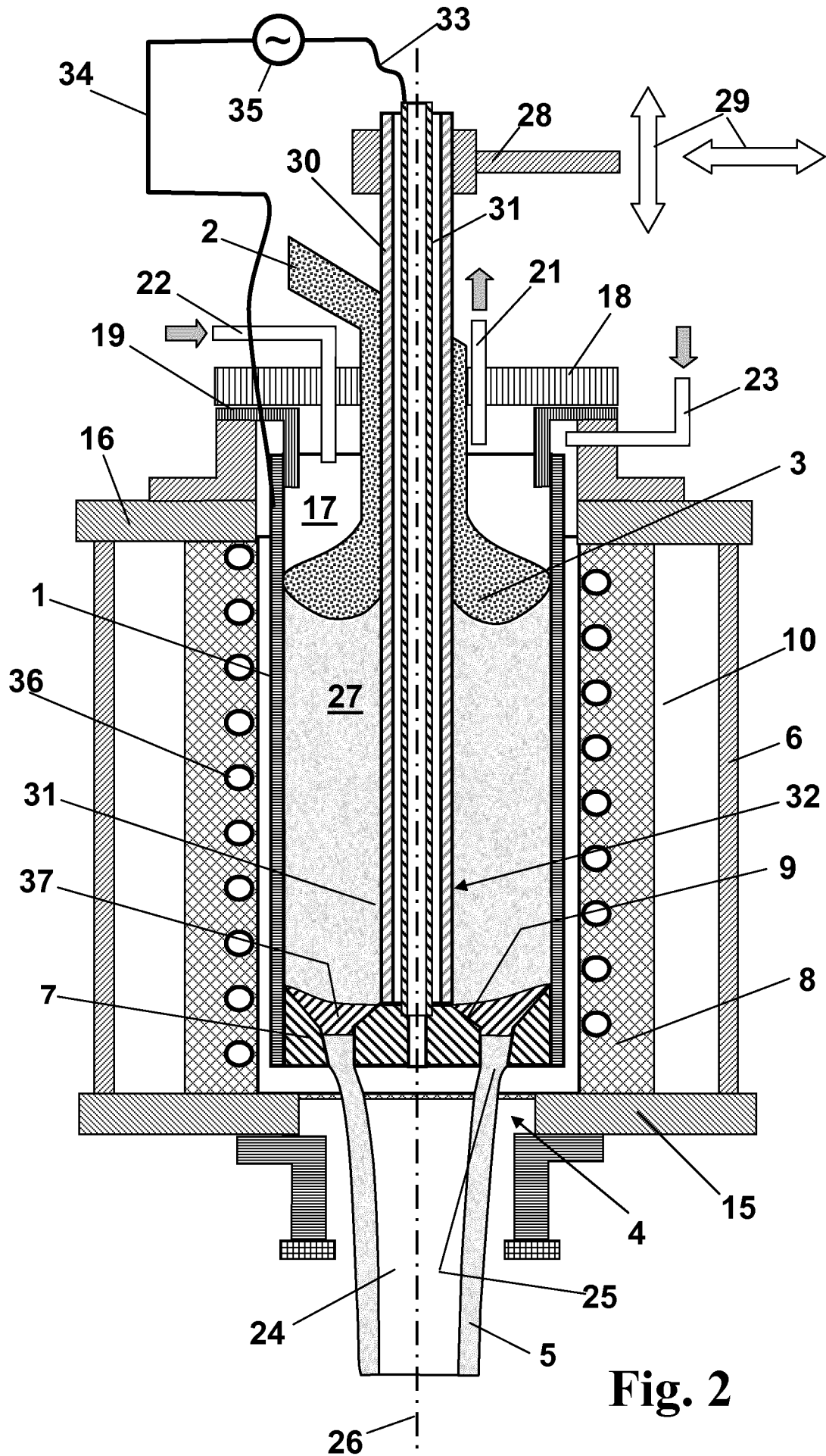


Fig. 1

2/4



3/4

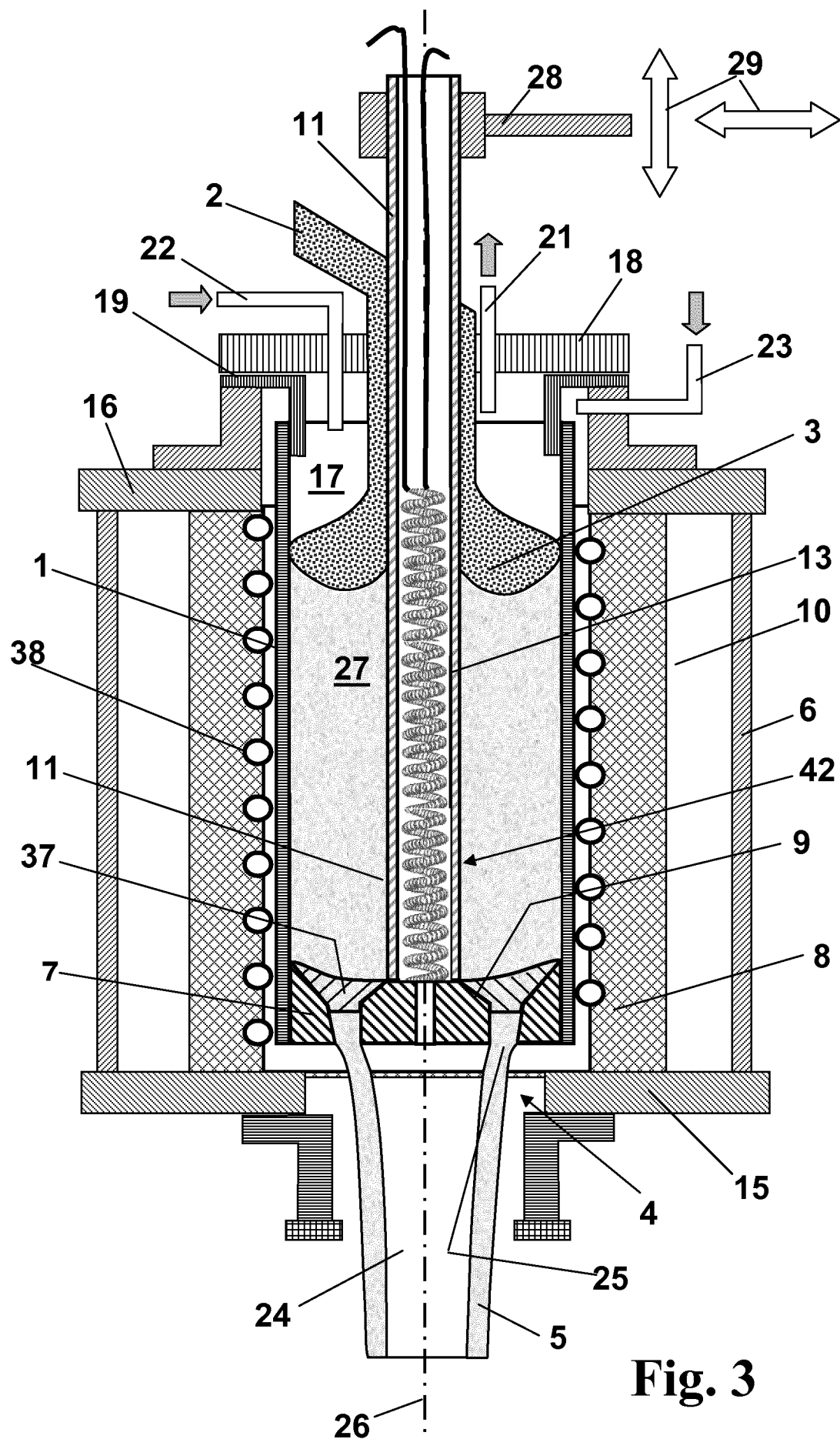
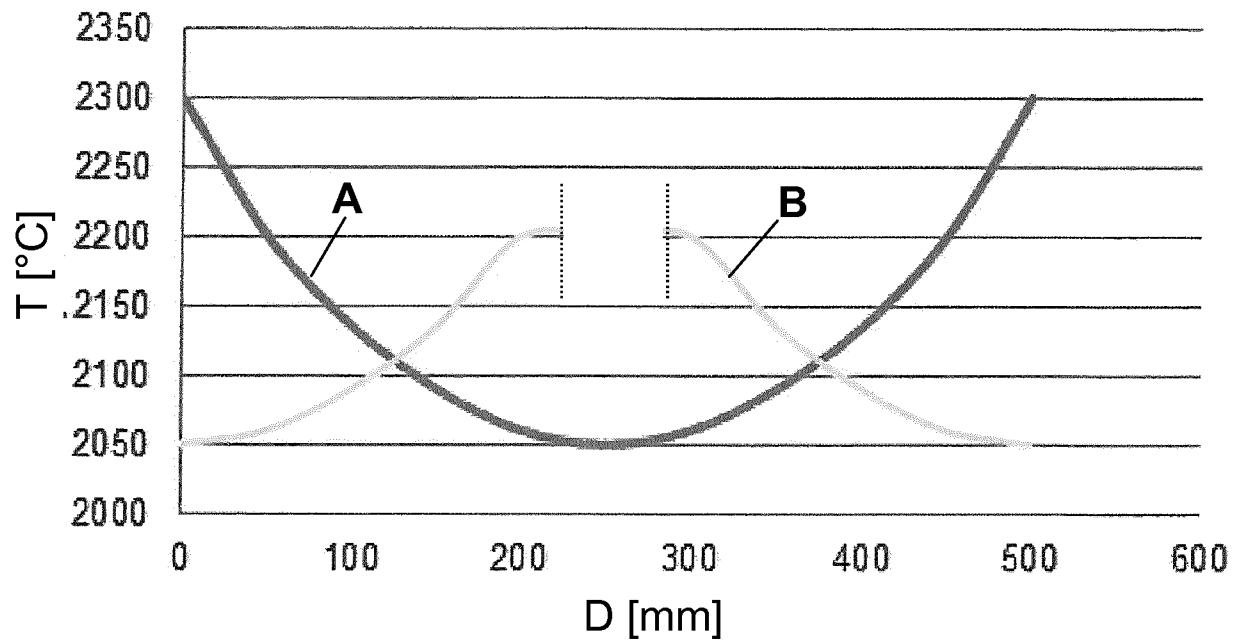


Fig. 3

**Fig. 4**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/055575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C03B20/00 C03B5/033 C03B17/04 C03B17/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 2 806 454 Y (LIU ZHANGYIN [CN]) 16 August 2006 (2006-08-16) page 7; figure 3 -----	1-14
A	DE 14 71 966 A1 (PUELL WERNER VON) 24 April 1969 (1969-04-24) page 8, lines 13-16 page 10, line 14 - page 11, line 15; claim 6; figures 1-5 -----	1-14
A	CH 420 502 A (VON PUELL WERNER [CH]) 15 September 1966 (1966-09-15) cited in the application the whole document -----	1-14
A	DE 10 2008 009811 A1 (BOETTGER DIETHER [DE]) 20 August 2009 (2009-08-20) paragraphs [0022] - [0024]; claims; figure 1 -----	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 June 2014

Date of mailing of the international search report

26/06/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Creux, Sophie

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/055575

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN 2806454	Y	16-08-2006	NONE	

DE 1471966	A1	24-04-1969	CH 420500 A	15-09-1966
			DE 1471966 A1	24-04-1969
			GB 1065396 A	12-04-1967

CH 420502	A	15-09-1966	NONE	

DE 102008009811	A1	20-08-2009	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/055575

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C03B20/00 C03B5/033 C03B17/04 C03B17/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C03B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 2 806 454 Y (LIU ZHANGYIN [CN]) 16. August 2006 (2006-08-16) Seite 7; Abbildung 3 -----	1-14
A	DE 14 71 966 A1 (PUELL WERNER VON) 24. April 1969 (1969-04-24) Seite 8, Zeilen 13-16 Seite 10, Zeile 14 - Seite 11, Zeile 15; Anspruch 6; Abbildungen 1-5 -----	1-14
A	CH 420 502 A (VON PUELL WERNER [CH]) 15. September 1966 (1966-09-15) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-14
A	DE 10 2008 009811 A1 (BOETTGER DIETHER [DE]) 20. August 2009 (2009-08-20) Absätze [0022] - [0024]; Ansprüche; Abbildung 1 -----	1-14
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 5. Juni 2014		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 26/06/2014
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Creux, Sophie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/055575

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 2806454	Y	16-08-2006	KEINE
DE 1471966	A1	24-04-1969	CH 420500 A 15-09-1966 DE 1471966 A1 24-04-1969 GB 1065396 A 12-04-1967
CH 420502	A	15-09-1966	KEINE
DE 102008009811	A1	20-08-2009	KEINE