



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 124 155.6**

(22) Anmeldetag: **20.09.2022**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2024**

(51) Int Cl.: **C03B 5/03 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Beteiligungen Sorg GmbH & Co. KG, 97816 Lohr,
DE**

(74) Vertreter:

**WSL Patentanwälte Partnerschaft mbB, 65185
Wiesbaden, DE**

(72) Erfinder:

**Sorg, Alexander, Dipl.-Ing., 63739 Aschaffenburg,
DE; Schnurpfeil, Dirk, Dipl.-Ing., 97816 Lohr, DE;
Eidmann, Clemens, Dipl.-Ing., 97776 Eußenheim,
DE; Müller, Volker, Dipl.-Ing., 97854 Steinfeld, DE;
Breitfelder, Thomas, Dipl.-Ing., 97816 Lohr, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	3 683 093	A
JP	S60- 24 055	B2
JP	S61- 222 928	A

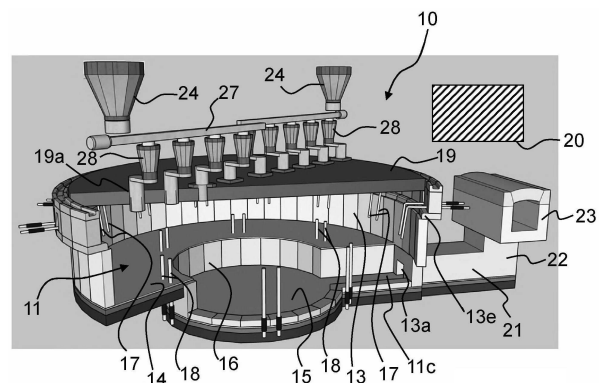
**TESCHNER, Roman; BECKER, Thilo:
Glasfasern. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin
Heidelberg, 2013. S. 109 – 110. DOI: [https://doi.
org/10.1007/978-3-642-38329-8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38329-8)**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Glasschmelzwanne**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wanne für vollelektrische Beheizung einer in einem Wanneninnenraum angeordneten Glasschmelze mit einem gestuften Boden, einer Vielzahl von Elektroden und einer seitlichen Wandung, welche einen Durchsatz von 80 bis 450 t/Tag und eine gute Glasqualität realisieren kann. Die Heißraumseite der seitlichen Wandung bildet oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt ein mindestens 5-seitiges Vieleck, einen Kreis oder eine Ellipse oder eine diesen geometrischen Formen angenäherte Form aus. Der Boden weist einen mindestens entlang 70 % des Umfangs des Wanneninnenraums umlaufenden erhöhten Bodenabschnitt und einen zentralen, von dem erhöhten Bodenabschnitt umgebenen, in Bezug auf diesen tiefer liegenden Homogenisierungsbodenabschnitt auf, wobei sich der erhöhte Bodenabschnitt von der Heißraumseite der seitlichen Wandung lateral in Richtung des Wanneninnenraums erstreckt und eine Breite aufweist, die größer als oder gleich $0,25 \times D$ ist (D ist mittlerer Durchmesser), wobei in dem Übergang von dem erhöhten Bodenabschnitt zu dem Homogenisierungsbodenabschnitt eine in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze senkrecht verlaufende Übergangswand ausgebildet ist, wobei eine erste Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich in die Glasschmelze hineinragt und eine zweite Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die Übergangswand angrenzenden Bereich in dem erhöhten Bodenabschnitt angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Glasschmelzwanne für eine im Produktionsbetriebszustand vollelektrische Beheizung der Glasschmelze, eine Glasschmelzanlage sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Glasschmelzwanne.

[0002] Wannen für die Herstellung einer Glasschmelze (Glasschmelzwannen) weisen in der Regel einen Boden und eine einen Wanneninnenraum umgebende seitliche Wandung auf. Die Glasschmelze ist im Produktionsbetriebszustand im Wanneninnenraum angeordnet und in diesem von dem Boden unten und von der Wandung seitlich begrenzt. Der Wanneninnenraum wird zudem häufig zumindest teilweise von einer Überdachung nach oben abgedeckt, um den Verlust von Wärmeenergie und/oder die Freisetzung von Abgas und Staub zu reduzieren. In dem Wanneninnenraum fließt die Glasschmelze während eines Schmelz-, Läuter- und Homogenisierungsprozesses in einer Fließrichtung von einem Einschmelzbereich, in dem Rohstoffgemenge und gegebenenfalls Scherben in den Wanneninnenraum eingegeben werden, zu mindestens einer Ausgangsöffnung, durch die das geschmolzene Glas abgezogen wird. Das abgezogene geschmolzene Glas kann beispielsweise zur Herstellung von Behälterglas, Flachglas, Walzglas, Fiberglas, Glasfasern, Haushaltsglas oder technischen Gläsern verwendet werden.

[0003] Sogenannte Cold-Top-Wannen weisen typischerweise eine oben auf der Glasschmelze angeordnete, vollständige Bedeckung mit noch nicht aufgeschmolzenen Ausgangsstoffen (Rohstoffgemenge und/oder Scherben) auf, deren Temperatur deutlich unter der Temperatur der Glasschmelze liegt und deshalb als „cold“ bezeichnet wird. Die „kalte“ Bedeckung hat den bekannten Vorteil, dass sie wärmeisolierend ist und als ressourcenschonende Kondensatfalle dient. Bei der Cold-Top-Technologie fließt das Glas in der Summe in vertikaler Richtung, d.h. von oben nach unten, und wird im Bereich des Bodens oder seitlich von diesem abgezogen.

[0004] Vollelektrisch beheizte Glasschmelzwannen sind bekannt und werden heute insbesondere für einen kleineren Glas-Durchsatz (Förderleistung/Schmelzleistung/Tonnage) für Glas mit guter Qualität im Bereich von maximal 250 t Glasschmelze/Tag verwendet. Aus dem Dokument US 3,520,979 ist eine Glasschmelzwanne mit einer elektrischen Beheizung bekannt, bei der der Wanneninnenraum die Form eines vollständigen 6-seitigen Prismas aufweist, wobei die Elektroden von der seitlichen Wandung in die Glasschmelze hineinragen. Die gleiche Form des Wanneninnenraums weist auch die in dem Dokument DE 34 05 273 C2 gezeigte Glasschmelzwanne auf, wobei die Elektroden bei dieser Variante als Topelektroden ausgeführt sind. Ein elektrisch beheizter, quaderförmiger Wanneninnenraum mit einer horizontalen Fließrichtung der Glasschmelze wird in dem Dokument US 3,885,945 offenbart. Glasschmelzwannen mit vollelektrischer Beheizung arbeiten heute vorrangig nach dem Cold-Top-Prinzip, also mit einer auf dem Glasbad angeordneten „kalten“ Rohstoffgemenge- und/oder Scherben-Decke.

[0005] Die Bedeutung des Klimaschutzes und der damit verbundene gesellschaftliche Druck auf energieintensivere Prozesse, die in der Glasindustrie verwendet werden, wächst zunehmend. Die derzeit verfügbaren Prozesse zur Gewinnung erneuerbarer, sogenannter „grüner“ Energie produzieren überwiegend elektrische Energie, deren direkte Verwendung energetisch am sinnvollsten ist. Mit einer direkten Nutzung der elektrischen Energie für das Erschmelzen von Glas, z.B. in Form der Beheizung mittels Elektroden basierend auf dem Joule-Effekt, kann eine hohe Effizienz erreicht werden. Demgegenüber wäre eine Umwandlung der regenerativ erzeugten elektrischen Energie in einen anderen Energieträger (z.B. Wasserstoff) und eine Beheizung durch z.B. Verbrennen dieses Energieträgers in der Gesamtbetrachtung deutlich verlustreicher. Daher existiert ein großes Interesse an einer verstärkten Nutzung der direkten elektrischen Beheizung einer Glasschmelzwanne, insbesondere für Glasschmelzwannen, die höhere Förderleistungen erreichen sollen.

[0006] Weitere Faktoren, welche die Weiterentwicklung der Glasschmelzwannen-Technologie beeinflussen, sind die gewünschte Glasqualität und die Größe der Glasschmelzwanne. In vielen Fällen soll die Glasqualität hoch sein, d.h. die Blasendichte im Endprodukt soll weniger als 60 kleine Blasen pro 100 g Glas betragen. Andererseits soll der Durchsatz pro Tag durch größere Aggregate bei einem vertretbaren Aufwand hinsichtlich des benötigten Platzes für die Glasschmelzwanne erhöht werden.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, eine kompakte Glasschmelzwanne zu schaffen, welche im Produktionsbetriebszustand vollständig elektrisch beheizbar ist, eine gute Glasqualität liefert und für mittlere bis größere Glas-Durchsatzmengen geeignet ist. Ferner besteht die Aufgabe darin, ein kostengünstiges und einfaches Verfahren für die Herstellung einer derartigen Glasschmelzwanne anzugeben.

[0008] Die obige Aufgabe wird gelöst von einer Glasschmelzwanne mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren zu dessen Herstellung mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Die obige Aufgabe wird ferner durch eine Glasschmelzanlage gelöst, welche die Merkmale des Anspruchs 13 hat.

[0009] Insbesondere wird die obige Aufgabe durch eine Glasschmelzwanne für eine im Produktionsbetriebszustand vollelektrische Beheizung einer in einem Wanneninnenraum angeordneten Glasschmelze mit einem gestuften Boden und mit einer seitlichen Wandung gelöst, wobei der Boden den Wanneninnenraum nach unten begrenzt und die seitliche Wandung den Wanneninnenraum seitlich umschließt, wobei im Produktionsbetriebszustand die Glasschmelze in dem Wanneninnenraum angeordnet ist, wobei die Heißraumseite der seitlichen Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt ein mindestens 5-seitiges Vieleck, einen Kreis oder eine Ellipse oder eine diesen geometrischen Formen angenäherte Form ausbildet, wobei der Boden einen mindestens entlang 70 % des Umfangs des Wanneninnenraums umlaufenden erhöhten Bodenabschnitt und einen zentralen, von dem erhöhten Bodenabschnitt umgebenen, in Bezug auf diesen tiefer liegenden Homogenisierungsbodenabschnitt aufweist, wobei sich der erhöhte Bodenabschnitt von der Heißraumseite der seitlichen Wandung lateral in Richtung des Wanneninnenraums erstreckt und eine Breite aufweist, die größer als oder gleich $0,25 \times D$ ist, wobei D der mittlere Durchmesser des Wanneninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts ist, wobei in dem Übergang von dem erhöhten Bodenabschnitt zu dem Homogenisierungsbodenabschnitt eine in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze senkrecht verlaufende oder nahezu senkrecht verlaufende Übergangswand ausgebildet ist, wobei die Glasschmelzwanne eine Vielzahl von Elektroden aufweist, welche die Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand beheizt, wobei im Produktionsbetriebszustand die Oberfläche der Glasschmelze oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts liegt und eine erste Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts oder von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze (12) hineinragt und eine zweite Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die Übergangswand angrenzenden Bereich in dem erhöhten Bodenabschnitt angeordnet ist und von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt.

[0010] Die erfindungsgemäße Glasschmelzwanne weist einen Wanneninnenraum auf, der unten durch den Boden und entlang der größten Ausdehnung der Glasschmelzwanne seitlich durch die Wandung jeweils aus feuerfestem Material begrenzt wird. Die seitliche Wandung umfasst alle am weitesten außen liegenden Seitenwände der Glasschmelzwanne, nicht jedoch die zwischen dem erhöhten Bodenabschnitt und dem Homogenisierungsbodenabschnitt angeordnete Übergangswand. Im Produktionsbetriebszustand ist die Glasschmelze im Wanneninnenraum angeordnet. Erfindungsgemäß haben eine der Glasschmelze zugewandte Heißraumseite der seitlichen Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt die Form eines mindestens 5-seitigen Vielecks, eines Kreises oder einer Ellipse oder einer diesen geometrischen Formen angenäherten Form. „Im Wesentlichen“ bedeutet hierbei, dass die Heißraumseite der seitlichen Wandung Ausnehmungen und Stufen aufweisen kann, die bei dieser Betrachtung der generellen Form dieser Flächen nicht berücksichtigt werden. Diese Form wird durch die seitliche Wandung insbesondere im vertikalen Abschnitt der Glasschmelzwanne eingenommen, der im Bereich der Glasstandtiefe und der Bedeckung der Glasschmelze oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts liegt. Wichtig ist, dass die Fließrichtung der Glasschmelze bei makroskopischer Betrachtung/in Summe im Produktionsbetriebszustand im Wesentlichen von oben nach unten, also von der Oberfläche der Glasschmelze zum Boden der Glasschmelzwanne (und zwar zum Boden im Bereich des Homogenisierungsbodenabschnitts) verläuft.

[0011] Der Zustand „im Produktionsbetrieb“ der Glasschmelzwanne bedeutet, dass das in der Glasschmelzwanne geschmolzene und durch die mindestens eine Auslassöffnung abgezogene Glas für die Herstellung von Flachglas, Hohlglas, Faserglas oder Spezialglas verwendet wird. Hiervon zu unterscheiden ist ein Betrieb, bei dem, z.B. vor oder nach einer Wartungsphase oder Inbetriebnahme, die Glasproduktion langsam hoch- oder heruntergefahren wird (Antempfern bzw. Abtempfern).

[0012] Die Heißraumseite der seitlichen Wandung bzw. die Übergangswand kann im Hinblick auf einen horizontalen Querschnitt oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts entweder eine gebogene Form aufweisen (d.h. die Form einer (Teil-)Zylindermantelfläche) oder abschnittsweise gerade verlaufen, d.h. die Form einer (Teil-)Prismaseitenfläche ausbilden. Insbesondere hat die seitliche Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt im Wesentlichen die Form eines mindestens 5-seitigen Vielecks, eines Kreises oder einer Ellipse oder eine diesen geometrischen Formen angenäherte Form.

[0013] Der Boden der Glasschmelzwanne weist mindestens eine Stufe auf und wird daher oben als „gestuft“ bezeichnet. Die Stufe wird hierbei durch den erhöhten Bodenabschnitt, die Übergangswand und den Homogenisierungsbodenabschnitt gebildet, wobei die Stufe entlang von mindestens 70% des Umfangs des Wan-

neninnenraums (d.h. an der seitlichen Wandung) verläuft. Der Boden der Glasschmelzwanne besitzt somit den Homogenisierungsbodenabschnitt, der von dem erhöhten Bodenabschnitt umgeben ist. Sehr vorteilhaft für die Glasqualität ist, wenn die Stufe entlang eines größeren Anteils des Umfangs des Wanninnenraums, z.B. entlang von mindestens 80% des Umfangs, oder entlang des gesamten Umfangs des Wanninnenraums verläuft und somit den gesamten Homogenisierungsbodenabschnitt umgibt. In dem zuletzt genannten Fall ist die Stufe nicht unterbrochen. Die Stufe kann als eine einzige Stufe geformt oder in zwei oder mehr als zwei Abschnitten ausgebildet sein, insbesondere, wenn die Glasschmelzwanne mehr als eine Ausgangsöffnung zum Abziehen des geschmolzenen Glases aufweist. Die Stufe kann beispielsweise durch einen Kanal zu der Ausgangsöffnung unterbrochen/geteilt sein.

[0014] Dreidimensional betrachtet besitzt der Wanninnenraum im Wesentlichen die Form zweier übereinander angeordneter körperförmiger Räume, wobei jeder der zwei Räume die Form eines Prismas (horizontaler Querschnitt entspricht einem Vieleck) oder eines Zylinders (horizontaler Querschnitt entspricht einem Kreis oder einer Ellipse) oder eine an diese Formen angenäherte Form aufweisen kann. Hierbei können die Formen dieser Räume beliebig kombiniert und somit an die jeweiligen weiteren Gegebenheiten der Glasschmelzwanne angepasst werden, beispielsweise kann der Schmelz- und Läuerraum die Form eines Prismas und der Homogenisierungsraum die Form eines Zylinders oder umgekehrt aufweisen. Die Kombination gleichartiger Formen (Zylinder - Zylinder oder Prisma - Prisma) ist ebenfalls möglich. Die seitliche Wandung und die Übergangswand sind entsprechend ausgebildet. Die Bereiche der Ausgangsöffnung(en) und des/der diesen gegebenenfalls vorgelagerten Kanals/die Kanäle (in Fließrichtung der Glasschmelze) werden bei dieser Betrachtung (Unterteilung des Wanninnenraums in zwei Räume) nicht berücksichtigt. Der weiter oben, über dem erhöhten Bodenabschnitt durch den Wanninnenraum ausgebildete Raum (im Folgenden auch als Schmelz- und Läuerraum bezeichnet) hat einen mittleren Durchmesser D (von der Heißraumseite der seitlichen Wandung gemessen). In einem Ausführungsbeispiel beträgt mittlere Durchmesser D des Wanninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts mindestens 5 m. Der maximale mittlere Durchmesser des Wanninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts kann beispielsweise 16 m betragen. Der darunter angeordnete Raum (im Folgenden auch als Homogenisierungsraum bezeichnet), der seitlich durch die Übergangswand, nach oben durch den Schmelz- und Läuerraum und nach unten durch den Homogenisierungsbodenabschnitt begrenzt wird und dessen oberes Ende etwa auf der Höhe des erhöhten Bodenabschnitts liegt, weist einen mittleren Durchmesser d auf, wobei beispielsweise $d < D/2$. In einem Ausführungsbeispiel beträgt der mittlere Durchmesser d des Homogenisierungsraums mindestens 1,6 m und maximal 8 m. Alternativ ausgedrückt erstreckt sich der erhöhte Bodenabschnitt von der Heißraumseite der seitlichen Wandung lateral in Richtung des Wanninnenraums und weist eine Breite B auf, die größer als oder gleich $0,25 \times D = D/4$ ist. In einem Ausführungsbeispiel ist die Breite B kleiner oder gleich $D/3$, um durch eine ausreichend große laterale Ausdehnung des Homogenisierungsraums genügend Volumen für die gute Homogenisierung der Glasschmelze zu schaffen.

[0015] Die obige Definition beinhaltet weiter, dass die beiden Räume im Wesentlichen konzentrisch angeordnet sind, d.h. die beiden, vertikal verlaufende Achsen dieser Räume liegen übereinander oder parallel, wobei in dem zuletzt genannten Fall die Achsen nur einen kleinen Abstand in horizontaler Richtung, d.h. höchstens einen Abstand von 0,5 m aufweisen. Der mittlere Durchmesser d wird als mittlerer Durchmesser im Bereich des Homogenisierungsraums, d.h. als mittlerer Durchmesser der Glasschmelzwanne unterhalb des erhöhten Bodenabschnitts, bestimmt.

[0016] Der Homogenisierungsraum kann im horizontalen Querschnitt ebenfalls die Form eines Kreises, einer Ellipse oder eines mindestens 3-seitigen Vielecks aufweisen. Dies bedeutet, dass, je nach Form des Homogenisierungsraums der horizontale Bodenabschnitt in vertikaler Richtung gegebenenfalls nicht überall die gleiche Breite aufweist. Diese ergibt sich aus den Formen des Schmelz- und Läuerraums und des Homogenisierungsraums.

[0017] Jeder der beiden Räume kann die Form eines rotationssymmetrischen Körpers einnehmen, wobei unter Rotationssymmetrie verstanden wird, dass der jeweilige Körper durch Drehung um bestimmte, vorgegebene Winkel um die Längsachse auf sich selbst abgebildet wird. In einem Ausführungsbeispiel ist der rotationssymmetrische Körper ein im Wesentlichen gerader Körper, da ein Raum in Form eines geraden Körpers bei der Realisation einer solchen Glasschmelzwanne kostengünstiger ist.

[0018] In vertikaler Richtung besitzt der Wanninnenraum eine vorgegebene Höhe, wobei die Höhe vom Boden des Homogenisierungsbodenabschnitts bis zur Oberkante der seitlichen Wandung gemessen wird. In einem Ausführungsbeispiel beträgt die vertikale Höhe des Wanninnenraums maximal 3,5 m, da tiefere

Wannen hinsichtlich des temperaturbedingten Längenänderungs-Verhaltens des die seitliche Wandung und die Übergangswand ausbildenden Feuerfest-Materials die Betriebssicherheit der Anlage gefährden würden.

[0019] In einem Ausführungsbeispiel beträgt der Höhenunterschied h zwischen dem erhöhten Bodenabschnitt und dem Homogenisierungsbodenabschnitt mindestens 0,5 m. Hierdurch ist in vertikaler Richtung und auch hinsichtlich des Volumens (bei Berücksichtigung der Ausdehnung in horizontaler Richtung) ein ausreichend großer Homogenisierungsraum geschaffen, so dass eine gute Glasqualität erreicht werden kann. Der genannte Höhenunterschied bildet gleichzeitig die vertikale Höhe des Homogenisierungsraums. Hierbei wird der Höhenunterschied (unabhängig von einer ggf. schrägen Gestaltung der Übergangswand) in vertikaler Richtung bezogen auf die Oberfläche der Glasschmelze gemessen. Der Höhenunterschied zwischen dem erhöhten Bodenabschnitt und dem Homogenisierungsbodenabschnitt kann in einem Ausführungsbeispiel maximal 2,7 m betragen.

[0020] Die Höhe der Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand in dem Wanneninnenraum wird auch als Glasstandtiefe bezeichnet. Hierbei beinhaltet die Glasstandtiefe lediglich die Höhe der Schmelze, nicht jedoch die über der Schmelze angeordnete Bedeckung aus kaltem Rohstoffgemenge und/oder Scherben. Die Glasstandtiefe ist ein dem Wanneninnenraum der Glasschmelzwanne zugeordneter Wert und kann beispielsweise indirekt durch die Badtiefe im Riser gemessen werden, der sich nach der Ausgangsöffnung und dem Durchlass-Kanal in Fließrichtung an die Glasschmelzwanne anschließt. Im Bereich des erhöhten Bodenabschnitts kann die Glasstandtiefe T mindestens 0,8 m und maximal 2,7 m betragen, während im Bereich des Homogenisierungsbodenabschnitts die Glasstandtiefe mindestens 1,3 m und maximal 3,2 m betragen kann.

[0021] In einem Ausführungsbeispiel kann die Übergangswand vertikal in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze verlaufen. Alternativ kann die Übergangswand unter einem kleinen Winkel zu dieser Vertikalen, beispielsweise maximal unter einem Winkel von 30° zu dieser Vertikalen verlaufen. Hierbei kann die Schräge der Übergangswand derart gewählt werden, dass der Durchmesser des Homogenisierungsraums oben größer ist als unten, im Bereich des Homogenisierungsbodenabschnitts, oder umgekehrt. Bei der einfachsten Ausführungsform verläuft die Oberfläche des erhöhten Bodenabschnitts parallel zur Oberfläche der Glasschmelze, in einem Ausführungsbeispiel kann die Oberfläche des erhöhten Bodenabschnitts schräg verlaufen, beispielsweise derart, dass die Glasstandtiefe oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts radial in Richtung zur Mitte der Glasschmelzwanne zunimmt, sie also zur Mitte der Glasschmelzwanne hin abfallend ausgebildet ist.

[0022] Die im Produktionsbetriebszustand aktiven, in die Glasschmelze hineinragenden Elektroden werden in der erfindungsgemäßen Glasschmelzwanne in zwei Gruppen angeordnet. Es werden eine erste Gruppe von Elektroden als Topelektrode, Bodenelektrode und/oder Seitenelektrode in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich und eine zweite Gruppe von Elektroden als Bodenelektrode in einem an die Übergangswand angrenzenden Bereich im Produktionsbetriebszustand verwendet. Diese beiden Gruppen befinden sich in dem Bereich des erhöhten Bodenabschnitts, d.h. in oder oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts. Insbesondere sind in einem Ausführungsbeispiel keine im Produktionsbetriebszustand aktiven Elektroden im Homogenisierungsraum angeordnet. Die Elektroden der ersten Gruppe und die Elektroden der zweiten Gruppe sind in beispielsweise in radialer Richtung voneinander beabstandet, wobei der Abstand der Elektroden derart gewählt ist, dass er unter Berücksichtigung der Breite des erhöhten Bodenabschnitts und eines minimalen Abstands (bei Top- und Bodenelektroden) von der seitlichen Wandung bei der ersten Gruppe und eines minimalen Abstands von der Übergangswand möglichst groß wird. In einem Ausführungsbeispiel sind keine weiteren Elektroden, die im Produktionsbetriebszustand die Glasschmelze beheizen, zwischen diesen beiden Gruppen vorgesehen. Alternativ kann mindestens eine weitere Gruppe von Elektroden zwischen diesen beiden Gruppen vorgesehen sein, die im Produktionsbetriebszustand der Glasschmelze Wärmeenergie zuführen.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Wanneninnenraums in der oben beschriebenen, gestuften Form und die spezifische Anordnung der Elektroden als Elektroden in der Nähe der seitlichen Wandung (erste Gruppe der Elektroden) und als von dem erhöhten Bodenabschnitt herausragenden Bodenelektroden, die in der Nähe der Übergangswand angeordnet sind, (zweite Gruppe der Elektroden) kann gegenüber früheren Lösungen mit vollelektrischer Beheizung eine deutliche Erhöhung des Durchmessers der Glasschmelzwanne und somit des Glas-Durchsatzes erreicht werden, wobei gleichzeitig eine sehr gute Glasqualität realisiert wird. Der Glas-Durchsatz liegt, wie anhand der unten stehenden Beispiele gezeigt wird, insbesondere im Bereich zwischen 80 t/Tag und 450 t/Tag. Dieser Durchsatz wird dadurch erreicht, dass einerseits in dem Bereich des Schmelz- und Läuterraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts aufgrund der dort angeord-

neten zwei voneinander beabstandeten Elektrodengruppen und der hierdurch bewirkten Strömungen in der Glasschmelze ein gutes Schmelzen der vorzugsweise von oben aufgelegten Ausgangsstoffe (Gemeuge und/oder Scherben) und eine gute Läuterung (d.h. Austreiben der Blasen) der Glasschmelze erreicht wird. Der Abstand der Elektroden der ersten Elektrodengruppe zu den Elektroden der zweiten Elektrodengruppe bewirken die Ausbildung einer starken, gut kontrollierbaren Strömung in der Glasschmelze im Bereich des Schmelz- und Läuerraums. Insbesondere ist der Abstand der Elektroden der ersten Gruppe zu den nächstliegenden Elektroden der zweiten Gruppe bzw. der Abstand der gegenüber angeordneten Elektroden der zweiten Gruppe in etwa vergleichbar, so dass auch im zentralen Bereich des Schmelz- und Läuerraums eine entsprechende, ausreichende Strömungsdynamik in der Glasschmelzwanne bewirkt wird, die sich wenig von der Strömung im Außenbereich des Schmelz- und Läuerraums unterscheidet. Darüber hinaus haben die Strömungen aufgrund der im Wesentlichen vertikalen Anordnung der Bodenelektroden eine bedeutende vertikale Komponente, was das gute Schmelzen und die gute Läuterung begünstigt. Zudem wird der Glasschmelze im Homogenisierungsraum unterhalb des Schmelz- und Läuerraums ausreichend Volumen zur Verfügung gestellt, dass eine Homogenisierung und Beruhigung der Glasschmelze in dem für eine gute Gasqualität erforderlichen Maße und derart bewirkt wird, dass ein direktes Entweichen von festen Ausgangsstoffen oder Blasen in eine Ausgangsöffnung verhindert wird.

[0024] Für besonders gute Ergebnisse hinsichtlich der Glasqualität sind die Elektroden der ersten Gruppe insbesondere in einem Bereich des Schmelz- und Läuerraums angeordnet, so dass diese maximal einen Abstand (in horizontaler Richtung) von 800 mm von der Heißraumseite der seitlichen Wandung aufweisen.

[0025] Die Elektroden der ersten Gruppe können als Topelektroden und/oder Seitenelektroden und/oder Bodenelektroden ausgeführt sein. Als eine Topelektrode ragt die jeweilige Elektrode von der Oberfläche der Glasschmelze in diese hinein, als Seitenelektrode ragt die jeweilige Elektrode von der seitlichen Wandung in die Glasschmelze hinein und als Bodenelektrode ragt die jeweilige Elektrode von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hinein. Die Topelektrode kann beispielsweise einen minimalen (horizontalen) Abstand von der seitlichen Wandung von 150 mm aufweisen, während die Bodenelektrode einen minimalen (horizontalen) Abstand von der seitlichen Wandung von 150 mm besitzen kann (jeweils bezogen auf die Heißraumseite der seitlichen Wandung). Die Seitenelektrode kann einen Abstand von dem erhöhten Bodenabschnitt von maximal 2,5 m und/oder mindestens 200 mm haben, wobei der Abstand auch von der Glasstandstiefe oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts abhängt.

[0026] Die Elektroden der zweiten Gruppe sind als Bodenelektroden ausgeführt und weisen beispielsweise einen minimalen Abstand von 500 mm von der Kante des erhöhten Bodenabschnitts auf, an dem die Übergangswand beginnt (im Folgenden auch als innere Kante bezeichnet). Zudem haben sie einen vorgegebenen Abstand zu den Elektroden der ersten Gruppe.

[0027] In einem Ausführungsbeispiel können die Elektroden innerhalb der jeweiligen Gruppe (d.h. innerhalb der ersten Gruppe und innerhalb der zweiten Gruppe) einzeln oder als Paar entlang einer Linie, die parallel zu einer horizontalen Querschnittslinie der seitlichen Wandung (für die erste Gruppe der Elektroden) bzw. der Übergangswand (für die zweite Gruppe der Elektroden) verläuft, gleichverteilt/äquidistant angeordnet sein. Alternativ können die Elektroden der ersten Gruppe beispielsweise, wie unten erläutert wird, in Untergruppen von drei einzelnen Elektroden oder drei Elektrodenpaaren, die einen geringeren Abstand in Richtung entlang der Linie haben, angeordnet sein. Der Abstand der beiden äußeren der drei Elektroden/Elektrodenpaare ist dabei in etwa vergleichbar mit dem Abstand der mittleren Elektrode/ Elektrodenpaar zu einer gegenüberliegenden Elektrode/Elektrodenpaar der zweiten Gruppe.

[0028] In einem Ausführungsbeispiel besitzen alle Elektroden der ersten Gruppe den gleichen Abstand (in horizontaler Richtung) von der seitlichen Wandung (wenn diese als Top- oder Bodenelektroden ausgeführt sind) und/oder alle Elektroden der zweiten Gruppe den gleichen Abstand (in horizontaler Richtung) von der Übergangswand. Alternativ kann der Abstand von der seitlichen Wandung bzw. der Übergangswand innerhalb der jeweiligen Gruppe variieren, was auch durch die spezifische Form der seitlichen Wandung oder der Übergangswand verursacht sein kann.

[0029] Für eine gute Glasqualität ist es wichtig, dass die Elektroden derart angeordnet sind, dass das Volumen des Schmelz- und Läuerraums als Ganzes beheizt ist und dass keine Totzone entsteht.

[0030] Die oben beschriebene, vorteilhafte räumliche Anordnung der Elektroden der ersten Gruppe nahe der seitlichen Wandung und der Elektroden der zweiten Gruppe nahe der Übergangswand führt zu einer Strö-

mungsdynamik im Schmelz- und/oder Läuerraum, die in horizontaler Richtung besonders gleichmäßig ist und somit vergleichsweise stabil eingestellt werden kann.

[0031] Der Wanneninnenraum stellt den für das Schmelzen des zugegebenen Rohstoffgemenges und/oder der zugeführten Scherben, das Läuern der Glasschmelze und dessen Homogenisierung bestimmte Raum dar. Er kann, wie oben bereits erläutert wurde, in einen oben liegenden Schmelz- und Läuerraum und in einen sich darunter anschließenden Homogenisierungsraum unterteilt werden. Der Wanneninnenraum besitzt somit eine kompakte Form, die zudem von außen gut zugänglich ist. Die angegebene Form wird üblicherweise durch Palisadenteile aus feuerfestem Material, die neben- und/oder übereinander gesetzt und befestigt werden, hergestellt. Das Feuerfest-Material sind beispielsweise anorganische, nichtmetallische Materialien (Keramik, Glas, Glaskeramik, Mineralfasern) und kann z.B. die Oxide Siliziumoxid, Aluminiumoxid, Magnesiumoxid, Calciumoxid, Zirconiumoxide, Chromoxid umfassen. Zudem können Kohlenstoff und Siliciumcarbid als Komponenten verwendet werden. Als ein Werkstoff wird beispielsweise schmelzgeegossenes AZS (Aluminate, Zirkonate, Silikate, auch Aluminium-, Zirkon- und Siliziumoxide) verwendet. Ferner kann das Feuerfest-Material auf der Heißraumseite mindestens eine Beschichtung, beispielsweise aus Platin oder einer Platin-Legierung, aufweisen. Mit oder ohne die angegebene Beschichtung kann das Feuerfest-Material aus einer Schicht, mindestens zwei oder mehr als zwei Schichten mit unterschiedlicher Zusammensetzung, z. B. mit unterschiedlichem Zirkon-Anteil, zusammengesetzt sein.

[0032] Die Kaltraumseiten der seitlichen Wandung und der Übergangswand der Glasschmelzwanne, die jeweils dem Wanneninnenraum abgewandt sind, können im Wesentlichen parallel zu der jeweiligen Heißraumseite verlaufen. Die Kaltraumseiten können zumindest teilweise oder vollständig mit Isolation versehen sein.

[0033] In einem Ausführungsbeispiel kann direkt an der Übergangswand im Bereich des erhöhten Bodenabschnitts ein Kragen angeordnet werden, welcher mindestens 50 mm hoch und/oder mindestens 50 mm breit ist. Hierbei ist die Höhe als Höhe über dem erhöhten Bodenabschnitt angegeben. Die Breite ist die Ausdehnung des Kragens in horizontale Richtung. Der Kragen beginnt an der Übergangswand und stellt eine in vertikaler Richtung von dem erhöhten Bodenabschnitt nach oben hervorstehende Erhebung dar. Die der Übergangswand gegenüber liegende Endwand des Kragens (Schwelle) ist radial weiter innen in dem Wanneninnenraum als die Elektroden der zweiten Gruppe angeordnet. Der Kragen bewirkt eine zusätzliche mechanische Separierung der bewegten Zone in dem Schmelz- und Läuerraum von der beruhigten Zone in dem Homogenisierungsraum.

[0034] In einem Ausführungsbeispiel ist die Glasschmelzwanne derart eingerichtet, dass sie nach dem Cold-Top-Prinzip arbeitet. Dies bedeutet, dass die Aufgabe des Rohstoffgemenges und/oder Scherben von oben in Richtung der nach Möglichkeit vollständig bedeckten Oberfläche der Glasschmelze erfolgt. Die Beheizung der Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand wird, wie oben dargestellt, ausschließlich mittels Elektroden durchgeführt, die von oben in die Oberfläche der Glasschmelze hineinragen (Top-Elektroden), von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze (Bodenelektroden) hineinragen oder von der seitlichen Wandung (Seitenelektroden) in die Glasschmelze hineinragen. Zusätzlich kann mindestens ein Brenner für die fossile Beheizung vorgesehen sein (z.B. zum Antempern der Glasschmelzwanne), der jedoch im Produktionsbetriebszustand nicht verwendet wird.

[0035] In einem Ausführungsbeispiel ist der Wanneninnenraum oben durch eine Decke abgedeckt, welche den Wanneninnenraum nahezu vollständig staubdicht abschließt. Mit anderen Worten ist der Wanneninnenraum derart vollständig staubdicht abgeschlossen, dass im mittigen Bereich des Wanneninnenraums oberhalb der Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand ein Unterdruck gegenüber einem Ort der Umgebung der Glasschmelzwanne ausgebildet wird, an dem aus dem Wanneninnenraum abgeleitetes Abgas freigesetzt wird. Entsprechend bewirkt die staubdichte Abdichtung, dass in den Bereich um die Glasschmelzwanne praktisch kein Staub gelangt, der vom Wanneninnenraum stammt. Zudem können durch die Abdichtung Wärmeverluste deutlich reduziert werden. Die Öffnungen für die Elektroden und ggf. vorhandenen Brenner sind im Regelbetrieb staubdicht verschlossen, lediglich beim Wechsel der Elektroden ist dies nicht gewährleistet. Weiter sind im Produktionsbetriebszustand die Öffnungen für die Zuführung des Gemenges und/oder die Scherben gasdicht verschlossen. Gegebenenfalls ist eine Entlüftungsvorrichtung vorgesehen (z.B. in einer seitlichen Wandung) durch die bei dem Schmelzen entstehendes Gas abgeführt werden kann. Das Gas wird durch entsprechende Filter derart gefiltert (z.B. hinsichtlich giftiger Gase und Staub), dass entsprechende Umweltbestimmungen eingehalten werden. Das Abgas wird an die Umgebung abgegeben.

[0036] In einem Ausführungsbeispiel ist die Decke als eine Drehdecke ausgebildet, welche im Wesentlichen die Form einer Scheibe hat und welche vorzugsweise als Hänge-Drehdecke ausgebildet ist. Die Verwendung einer Drehdecke in der oben angegebenen Form ermöglicht eine einfache Abdeckung des Wanneninnenraums nach oben, so dass Wärmeverluste und die Freisetzung von Abgasen und/oder Staub vermieden oder verringert werden können. Gleichzeitig erlaubt die Drehdecke, die über mindestens 90 °, vorzugsweise über mindestens 180 °, drehbar ausgebildet ist, eine einfache, gleichmäßige und leicht zu steuernde Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben zu der Glasschmelze.

[0037] Die seitliche Wandung, die Übergangswand und der Boden der Glasschmelzwanne können zumindest teilweise mittels eines an einer Kaltraumseite angeordnetes Außenstahlgerüsts gehalten sein. Das Außenstahlgerüst stützt hierbei die seitliche Wandung, die Übergangswand und den Boden (d.h. den erhöhten Bodenabschnitt und den Homogenisierungsbodenabschnitt) ab. Das Außenstahlgerüst kann zudem jeweils an seiner Oberseite ein ringförmiges Schienenelement aufweisen. Das jeweilige Schienenelement dient zum Abstützen und Führen der Drehdecke, wobei die Drehdecke mindestens jeweils zwei, vorzugsweise mindestens drei entsprechende Räder aufweist, die entlang des jeweiligen Schienenelements rollen.

[0038] In einem Ausführungsbeispiel erfolgt die Abdichtung der Glasschmelzwanne im Bereich seitlichen Wandung mittels einer von der Drehdecke in vertikaler Richtung nach unten abragenden Schürze (Kragen), die in eine Führung eingreift, die ein abdichtendes Material, z.B. Sand, enthält (wird auch als Sandtasse bezeichnet). Die Führung kann an der Oberseite des Außenstahlgerüsts in etwa in horizontaler Richtung neben dem jeweiligen Schienenelement angeordnet sein.

[0039] In einem Ausführungsbeispiel ist die Glasschmelzwanne derart ausgebildet, dass die Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben in die Glasschmelzwanne von oben durch mindestens eine entsprechende, staubdicht abgedichtete Öffnung in der Decke derart erfolgt, dass das Rohstoffgemenge und/oder die Scherben kontinuierlich großflächig auf die Oberfläche der Glasschmelze aufgelegt wird/werden, beispielsweise in Form von einem oder mehreren ringförmigen Streifen. Hierdurch wird eine gleichmäßige Verteilung der Ausgangsstoffe (Rohstoffgemenge und Glasscherben) auf der Oberfläche bewirkt und der vorteilhafte Betrieb der Glasschmelzwanne nach dem Cold-Top-Prinzip effektiver realisiert. Mit „großflächiger“ Auflage ist gemeint, dass auf mindestens 40% der Oberfläche der Glasschmelze Rohstoffgemenge und/oder Glasscherben aufgelegt wird, welche(s) sich aufgrund der sich bildenden Schüttkegel und der Bewegung der Bedeckung auf der Glasschmelze über die gesamte Oberfläche der Glasschmelze verteilt.

[0040] In einem Ausführungsbeispiel sind die Zuführungseinrichtung und die Drehdecke derart ausgebildet, dass die Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben in die Glasschmelzwanne durch eine Vielzahl von staubdicht abgedichteten Öffnungen in der Drehdecke erfolgt. Die Zuführung kann insbesondere durch zwei oder mehr, z.B. in radialer Richtung der Drehdecke nebeneinander angeordnete Öffnungen erfolgen, was eine gleichmäßigere Verteilung des Rohstoffgemenges und/oder der Scherben auf der Oberfläche der Glasschmelze bewirkt. In einem weiteren Ausführungsbeispiel können mindestens zwei Gruppen von Öffnungen, die in radialer Richtung nebeneinander liegen, für die Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben vorgesehen sein, was die Verteilung weiter vergleichmäßigt und gegebenenfalls den bei der Drehung der Drehdecke erforderlichen Drehwinkel reduziert. Die Zuführungseinrichtung kann beispielsweise derart ausgebildet sein, dass oberhalb der Glasschmelzwanne mindestens ein ortsfester Vorratsbehälter für Rohstoffgemenge und/oder Scherben vorgesehen ist, aus dem mittels einer Dosiervorrichtung Rohstoffgemenge und/oder Scherben zu entsprechend abgestimmten Zeitpunkten mindestens einem, mit der Drehdecke beweglichen Vorratsbehälter zugeführt wird. Beispielsweise kann das Rohstoffgemenge und/oder Scherben in ausreichender Menge zugeführt werden, wenn sich entlang der Drehbewegung der Drehdecke der bewegliche Vorratsbehälter unter dem ortsfesten Vorratsbehälter befindet. Alternativ kann ein flexibles Zuführrohr vorgesehen sein, welches während der Drehung der Drehdecke den Ausgang der Dosiervorrichtung mit dem Eingang des mit der Drehdecke beweglichen Vorratsbehälters verbindet. Von dem mit der Drehdecke beweglichen Vorratsbehälter wird das Rohstoffgemenge und/oder Scherben dann beispielsweise mittels einer weiteren Transport- und/oder Dosiereinrichtung (z.B. eine Rüttelrinne) auf die Öffnungen in der Drehdecke weiter verteilt. Wenn mindestens zwei Gruppen von Öffnungen vorgesehen sind, dann sind die Öffnungen der einen Gruppe in radialer Richtung versetzt zu den Öffnungen der weiteren Gruppe angeordnet, so dass die Oberfläche der Glasschmelze gleichmäßig mit dem zugeführten Rohstoffgemenge/Glasscherben versehen werden kann. Die Transport- und/oder Dosiereinrichtung kann beispielsweise derart gestaltet sein, dass die mindestens eine radial weiter innen liegenden Öffnung eine geringere Menge an Rohstoffgemenge und/oder Scherben erhält als die mindestens eine radial weiter außen liegenden Öffnung, da sich die von der jeweiligen Öffnung bei der Drehung der Drehdecke zu bedeckenden Fläche auf der Oberfläche der Glasschmelze entsprechend unterscheidet.

[0041] Wie oben bereits erläutert wurde, ist die Fließrichtung des Glases in Summe von oben nach unten (vertikal), d.h. von der Oberfläche der Glasschmelze in Richtung des Homogenisierungsbodenabschnitts des Wanninnenraums, wobei mindestens eine Auslassöffnung, durch die das geschmolzene Glas abgezogen wird, im Bereich des Homogenisierungsbodenabschnitts, des unteren Endes der Übergangswand und/oder des unteren Endes der seitlichen Wandung angeordnet ist. Hierbei kann sich die Auslassöffnung in vertikaler Richtung auf der Höhe des unteren Endes der Übergangswand oder darunter befinden, d.h. etwa auf der Höhe des Homogenisierungsbodenabschnitts. Die Unterkante der Auslassöffnung kann beispielsweise in vertikaler Richtung auf der Höhe des Homogenisierungsbodenabschnitts oder darunter liegen. In einem Ausführungsbeispiel sind eine, zwei oder drei, nebeneinander oder einander gegenüber liegende Auslassöffnungen am unteren Ende der Übergangswand und/oder am unteren Ende der seitlichen Wandung vorgesehen. In einem Ausführungsbeispiel kann im Homogenisierungsbodenabschnitt eine entsprechende Vertiefung/Einkerbung vorgesehen sein, z.B. mit einer Breite von mindestens 400 mm, die sich in Richtung Auslassöffnung erstreckt. Bei diesem Ausführungsbeispiel liegt die Auslassöffnung zumindest teilweise oder vollständig unter der vertikalen Höhe des Homogenisierungsbodenabschnitts. In einem anderen Fall, bei dem sich die Auslassöffnung unten in der seitlichen Wandung befindet, erstreckt sich die seitliche Wandung im Bereich der Auslassöffnung bis zum Homogenisierungsbodenabschnitt. In diesem Fall ist der erhöhte Bodenabschnitt in einem radial zur Achse des Schmelz- und Läuterraums/Homogenisierungsraums verlaufenden Bereich unterbrochen. Mit anderen Worten ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein radial verlaufender, der Auslassöffnung in Fließrichtung der Glasschmelze vorgeordneter Kanal vorgesehen, der im Wesentlichen in radialer Richtung von dem Homogenisierungsbodenabschnitt bis zur (heruntergezogenen) seitlichen Wandung verläuft. Der Kanal hat mindestens eine Breite, die der Breite der Auslassöffnung entspricht, beispielsweise mindestens 400 mm. Die maximale Breite, die der Kanal in einem Ausführungsbeispiel einnehmen kann, ist der maximale Durchmesser des Homogenisierungsraums.

[0042] In einem Ausführungsbeispiel werden die Auslassöffnungen bei der Verwendung von zwei Auslassöffnungen gegenüber liegend angeordnet (entspricht einem Abstand von 180 ° bezogen auf den Umfang des erhöhten Bodenabschnitts oder des Homogenisierungsabschnitts, je nachdem, wo die Auslassöffnung - in radialer Richtung - vorgesehen ist), wenn drei Auslassöffnungen verwendet werden, haben diese beispielsweise einen Abstand von 120 °.

[0043] In einem Ausführungsbeispiel kann jede Elektrode der ersten Gruppe derart als Topelektrode ausgebildet sein, dass sie im Produktionsbetriebszustand senkrecht in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze oder unter einem kleinen Winkel zu dieser vertikalen Richtung, z.B. maximal 30 °, vorzugsweise zwischen 5 ° und 20 °, schräg von oben, d.h. von der Oberfläche der Glasschmelze aus, in die Glasschmelze hineinragt und die Glasschmelze von oben beheizt. In einem Ausführungsbeispiel kann die Topelektrode zusätzlich in den Wanninnenraum hinein- und hinaus-schwenkbar ausgebildet sein. Hierdurch lässt sich jede Elektrode leicht austauschen oder erneuern. Hierbei sind die in/an der seitlichen Wandung angeordneten Elektroden von außen zugänglich. Jede Topelektrode weist einen entsprechenden, schwenkbaren Halter auf.

[0044] In einem Ausführungsbeispiel kann jede Elektrode der zweiten Gruppe derart als Bodenelektrode ausgebildet sein, dass sie im Produktionsbetriebszustand senkrecht in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze oder unter einem kleinen Winkel zu dieser vertikalen Richtung, z.B. maximal 30 °, vorzugsweise zwischen 5 ° und 20 °, schräg von unten, d.h. von dem erhöhten Bodenabschnitt aus, in die Glasschmelze hineinragt und die Glasschmelze von unten beheizt. In einem Ausführungsbeispiel kann die Bodenelektrode zusätzlich in den Wanninnenraum hineinschiebbar ausgebildet sein. Hierdurch lässt sich jede Elektrode leicht erneuern. Hierbei sind die in dem erhöhten Bodenabschnitt angeordneten Elektroden von unten zugänglich.

[0045] In einem Ausführungsbeispiel ist an oder in der seitlichen Wandung an der jeweiligen Heißraumseite mindestens eine Stufe und/oder mindestens eine Ausnehmung vorgesehen. Die mindestens eine Ausnehmung in/an der seitlichen Wandung der Glasschmelzwanne kann beispielsweise für die Anordnung bzw. das Herein- und/oder Herausschwenken der mindestens einen Topelektrode vorgesehen sein. Eine beispielsweise oberhalb der seitlichen Wandung angeordnete Stufe kann derart beschaffen sein, dass sie die Ringbreite des Wanninnenraums im Vergleich zu unterhalb der Stufe verringert oder vergrößert.

[0046] Erfindungsgemäß ist die Glasschmelzwanne mit einer Vielzahl von Elektroden zur Erwärmung der Glasschmelze versehen, wobei die erforderliche Anzahl der die Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand erwärmenden Elektroden und ihre Energieversorgung auf der Basis der für einen vorgegebenen Glasdurchsatz notwendigen Schmelz- und Läuterenergie bestimmt ist. Die Gesamtzahl der Elektroden kann beispielsweise 18, 24, 36 oder 42 betragen, wobei die erste Gruppe und die zweite Gruppe eine unterschiedli-

che oder gleiche Anzahl von Elektroden aufweisen kann. Hierfür kann als Randbedingungs-Parameter die Stromdichte auf der Oberfläche der jeweiligen Elektrode, die den Wert von $1,5 \text{ A/cm}^2$ bis 2 A/cm^2 nicht überschreiten soll, herangezogen werden. Zudem sollte eine Stromtragfähigkeit des Elektrodenhaltersystems von etwa 3.600 A nicht überschritten werden.

[0047] Aufgrund der Anordnung der Elektroden in der ersten Gruppe nahe der seitlichen Wandung und in der zweiten Gruppe nahe der Übergangswand werden die Elektroden beispielsweise auf mindestens zwei umlaufenden, konzentrischen Kreisen oder kreisartigen Linien (im horizontalen Querschnitt betrachtet) angeordnet und derart miteinander verschaltet, dass eine Spannung von 500 V (aus Sicherheitsgründen) sowie eine Stromstärke von 3.600 A nicht überschritten wird. Der äußere (größere) Kreis/Linie befindet sich an der seitlichen Wandung oder in einem radialen Abstand von 150 bis 800 mm , typischerweise 330 mm , von der Heißraumseite der seitlichen Wandung, während der innere (kleinere) Kreis/Linie in einem Abstand von mindestens 500 mm , typischerweise 750 mm , von der Übergangswand jeweils auf dem erhöhten Bodenabschnitt angeordnet ist und mit einem vorgegebenen Abstand von dem Kreis/der kreisartigen Linie der ersten Gruppe der Elektroden. Die Elektroden können einzeln oder paarweise gleichverteilt/äquidistant entlang des Umfangs auf dem jeweiligen Kreis/Linie angeordnet werden. Um eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung und somit gleichmäßige Abnutzung der Elektroden zu erreichen, können jeweils drei, auf der Linie oder dem Kreis nebeneinander liegende Elektroden oder Elektrodenpaare, wie oben erläutert, auf dem äußeren Kreis mit einem geringeren Abstand zueinander als zu der/dem jeweilige nächstliegende Elektrode/Elektrodenpaar vorgesehen sein. Hierbei ist in vorteilhafter Weise der Abstand der äußeren beiden der drei Elektroden/Elektrodenpaare in etwa vergleichbar mit dem Abstand der mittleren Elektrode/ Elektrodenpaar zu einer gegenüberliegenden Elektrode/Elektrodenpaar der zweiten Gruppe.

[0048] Eine gute Verteilung der Strömungen im Schmelz- und Läuerraum kann erreicht werden, wenn das Verhältnis des Durchmessers DEG2 des Kreises oder der kreisartigen Linie der zweiten Gruppe von Elektroden zu dem Durchmesser DEG1 des Kreises oder kreisartigen Linie der ersten Gruppe von Elektroden DEG2/DEG1 im Bereich zwischen $0,45$ und $0,7$ liegt. Dies gilt insbesondere, wenn die Elektroden der ersten Gruppe als Top- oder Bodenelektroden ausgebildet sind.

[0049] In einem Ausführungsbeispiel kann, um die oben erwähnten Grenzen von Elektrodenstromdichte und Elektrodenstrom je Elektrode nicht zu überschreiten, eine Installation von je zwei dicht nebeneinander angeordneten, elektrisch parallel geschalteten Elektroden verwendet. Hierdurch wird eine hohe Elektrodenanzahl erreicht. Die dicht nebeneinander angeordneten und parallel geschalteten Elektroden bilden elektrisch gewissermaßen eine zusammenhängende „virtuelle Elektrode“. Alternativ kann für jedes Elektrodenpaar eine einzelne Elektrode verwendet werden.

[0050] Für die Energieversorgung der Elektroden ist eine Energieversorgungseinrichtung vorgesehen, welche eine Verschaltung realisiert, welche eine gleichmäßige, symmetrische Belastung der Elektroden bewirkt. Geeignete elektrische Verschaltungen bilden die Anordnung der Zeiger im elektrischen Zeigerdiagramm auf eine geometrisch ähnliche Anordnung der Elektroden in der jeweiligen neuartigen Glasschmelzwanne ab. Die Anzahl und Anordnung der Zeiger im elektrischen Zeigerdiagramm ergibt sich aus der Anzahl und Konfiguration in der Energieversorgungseinrichtung vorgesehenen Transformatoren. Diese können in verschiedenen elektrischen Verschaltungen ausgeführt werden, beispielsweise:

- Scott-T-Schaltung - hierbei beträgt die Anzahl der angeschlossenen Elektroden ein Vielfaches von vier,
- Verkettetes Dreiphasen-System - hierbei beträgt die Anzahl der angeschlossenen Elektroden ein Vielfaches von drei,
- Offenes Dreiphasen-System - hierbei beträgt die Anzahl der angeschlossenen Elektroden ein Vielfaches von 6.

[0051] Das offene Dreiphasen-System bietet Vorteile in Bezug auf eine geringere Belastung der Schmelzelektroden und wird deshalb bevorzugt eingesetzt.

[0052] Weitere Variationsmöglichkeiten bestehen insbesondere beim offenen Dreiphasen-System in der unterschiedlichen Verschaltung der Primärseite der Transformatoren - hier sind insbesondere die Dreieckschaltung sowie die Sternschaltung möglich. Diese Verschaltungen können auch miteinander kombiniert werden.

[0053] Weiterhin ist eine Aufteilung der in dem Wanneninnenraum angeordneten Elektroden in zwei oder mehr Wanneninnenraum-Segmente denkbar. Dabei bilden dann die Elektroden jedes Segments ihren eigenen Heizkreis.

[0054] Die obige Aufgabe wird zudem durch eine Glasschmelzanlage mit einer oben beschriebenen Glasschmelzwanne gelöst, wobei die Glasschmelzanlage ferner ein Zuführungssystem zur Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Glasscherben und eine Energieversorgungseinrichtung für die Vielzahl der Elektroden aufweist, wobei die Energieversorgungseinrichtung mit jeder Elektrode verbunden ist. Die Glasschmelzanlage hat die oben zur Glasschmelzwanne erläuterten Vorteile.

[0055] Die obige Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer oben beschriebenen Glasschmelzwanne mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellung von ersten Palisadenelementen für die seitliche Wandung der Glasschmelzwanne und zweiten Palisadenelementen für die Übergangswand sowie Bodenplatten,
- Anordnung und Festlegung der ersten und zweiten Palisadenelemente auf oder an dem erhöhten Bodenabschnitt der Glasschmelzwanne und Bodenplatten im Bereich des Bodens derart, dass die Heißraumseite der seitliche Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt im Wesentlichen ein mindestens 5-seitiges Vieleck, einen Kreis oder eine Ellipse oder eine diesen geometrischen Formen angenäherte Form ausbildet, wobei der Boden einen mindestens entlang 70 % des Umfangs des Wanneninnenraums umlaufenden erhöhten Bodenabschnitt und einen zentralen, von dem erhöhten Bodenabschnitt umgebenen, in Bezug auf diesen tiefer liegenden Homogenisierungsbodenabschnitt aufweist, wobei sich der erhöhte Bodenabschnitt von der Heißraumseite der seitlichen Wandung lateral in Richtung des Wanneninnenraums erstreckt und eine Breite aufweist, die größer als oder gleich $0,25 \times D$ ist, wobei D der mittlere Durchmesser des Wanneninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts ist, wobei in dem Übergang von dem erhöhten Bodenabschnitt zu dem Homogenisierungsbodenabschnitt eine in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze senkrecht verlaufende oder nahezu senkrecht verlaufende Übergangswand ausgebildet ist, sowie
- Anordnung der Vielzahl von Elektroden, welche die Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand beheizt, wobei im Produktionsbetriebszustand die Oberfläche der Glasschmelze oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts liegt, derart, dass eine erste Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts oder von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt und eine zweite Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die Übergangswand angrenzenden Bereich in dem erhöhten Bodenabschnitt angeordnet ist und von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt.

[0056] Mit dem obigen Verfahren kann die oben dargestellte Glasschmelzwanne auf einfache und kostengünstige Weise errichtet werden. Oben wurde bereits beschrieben, dass die Palisadenelemente nebeneinander und gegebenenfalls auch übereinander angeordnet werden können. Die Festlegung der Palisadenelemente erfolgt vorzugsweise über das oben beschriebene Außenstahlgerüst. Die für die Palisadenelemente verwendbaren Materialien sind ebenfalls bereits oben angegeben.

[0057] Die oben beschriebene Glasschmelzwanne eignet sich, das haben entsprechende Simulationen gezeigt, für Glas-Durchsatzmengen im Bereich 80 t/Tag bis 450 t/Tag. Ebenfalls anhand von Simulationen und verschiedenen Versuchen wurden die folgenden Parameter der oben beschriebenen Glasschmelzwanne und die Parameter der nachfolgenden Ausführungsbeispiele bestimmt. Als Simulationsverfahren wurde hierbei insbesondere Computerized Fluid Dynamics (CFD) verwendet. Mit diesem Verfahren können beispielsweise Strömungs- und Temperaturprofile berechnet und hieraus dem Fachmann bekannte Qualitätsindizes der resultierenden, simulierten Glasschmelze bestimmt werden. Der mittlere Durchmesser D der Glasschmelzwanne in Bezug auf die Heißraumseite der seitlichen Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts kann beispielsweise zwischen 5 m und 16 m betragen. Der mittlere Durchmesser d in Bezug auf die Heißraumseite Homogenisierungsraums zwischen gegenüber liegenden Bereichen der Übergangswand kann beispielsweise zwischen 2,5 m und 8 m betragen. Wie oben bereits angegeben wurde, kann als Glasstandtiefe T bis zum Homogenisierungsbodenabschnitt beispielsweise 1,3 m bis 3,2 m realisiert werden. Entsprechend weist der Wanneninnenraum eine größere Höhe (in vertikaler Richtung) verglichen mit der Glasstandtiefe T auf. Die Schmelzfläche (Oberfläche der Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand) kann z.B. zwischen $19,5 \text{ m}^2$ und 200 m^2 betragen.

[0058] Die oben beschriebene neuartige Glasschmelzwanne kann für Kalk-Natron-Gläser, Boro-Silikat-Gläser, Neutralgläser oder weitere Typen von Gläsern verwendet werden.

[0059] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, auch unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbezügen. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne und einer Glasschmelzanlage in einer perspektivischen Ansicht von der Seite, teilweise aufgeschnitten,

Fig. 2, 2a-4 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 1** in zwei vertikalen Querschnitten (**Fig. 2, 2a**), in einem horizontalen Querschnitt mit Bezugszeichen (**Fig. 3**) und noch einmal ohne Bezugszeichen (**Fig. 4**),

Fig. 5-6 die Glasschmelzwanne und Zuführungssystem gemäß **Fig. 1** in einer Ansicht von oben (**Fig. 5**) und in einer Ansicht von unten (**Fig. 6**),

Fig. 7-8 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne in einem vertikalen Querschnitt (**Fig. 7**) und in einem horizontalen Querschnitt (**Fig. 8**),

Fig. 9-10 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne in einem vertikalen Querschnitt (**Fig. 9**) und in einem horizontalen Querschnitt (**Fig. 10**),

Fig. 11 ein viertes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne mit Zuführungssystem in einer perspektivischen Ansicht von der Seite, teilweise aufgeschnitten,

Fig. 12-13 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 11** in einem vertikalen Querschnitt (**Fig. 12**) und in einem horizontalen Querschnitt (**Fig. 13**),

Fig. 14 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 11** in einer Ansicht von unten,

Fig. 15-16 ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne in einem vertikalen Querschnitt (**Fig. 15**) und in einem horizontalen Querschnitt (**Fig. 16**),

Fig. 17 ein sechstes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne mit einem Zuführungssystem in einer perspektivischen Ansicht von der Seite, teilweise aufgeschnitten,

Fig. 18-19 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 17** in einem vertikalen Querschnitt (**Fig. 18**) und in einem horizontalen Querschnitt (**Fig. 19**),

Fig. 20-21 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 17** in einer Ansicht von oben (**Fig. 20**) und in einer Ansicht von unten (**Fig. 21**),

Fig. 22 ein siebtes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne mit einem Zuführungssystem in einer perspektivischen Ansicht von der Seite, teilweise aufgeschnitten,

Fig. 23-24 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 22** in einem vertikalen Querschnitt (**Fig. 23**) und in einem horizontalen Querschnitt (**Fig. 24**),

Fig. 25-26 die Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 22** in einer Ansicht von oben (**Fig. 25**) und in einer Ansicht von unten (**Fig. 26**),

Fig. 27 ein achttes Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne mit einem Zuführungssystem in einer perspektivischen Ansicht von der Seite, teilweise aufgeschnitten,

Fig. 28-30 einen Abschnitt der seitlichen Wandung des Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 1** mit Topelektrode und Elektrodenhalter in einer perspektivischen Ansicht von der Seite mit der Elektrode im Produktionsbetriebszustand (**Fig. 28**) und im teilweise bzw. vollständig herausgeschwenkten Zustand (**Fig. 29** und **30**),

Fig. 31-32 einen Bereich des erhöhten Bodenabschnitts des Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 1** mit Bodenelektrode und Elektrodenhalter in einer perspektivischen Ansicht von der Seite mit versenkter Elektrode (**Fig. 31**) und Elektrode im Produktionsbetriebszustand (**Fig. 32**),

Fig. 33 einen vertikalen Querschnitt durch einen oberen Bereich einer seitlichen Wandung und durch eine Drehdecke eines neunten Ausführungsbeispiels einer der Glasschmelzwanne, und

Fig. 34 einen horizontalen Querschnitt der Glasschmelzwanne gemäß **Fig. 1**, der die Verschaltung der Elektroden dieses Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

[0060] Die nachfolgend geschilderten Ausführungsbeispielen einer Glasschmelzwanne bzw. einer Glasschmelzanlage enthalten Topelektroden als Elektroden der ersten Gruppe, die in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich angeordnet sind. Die Ausführungsbeispiele können analog auch mit Boden-

elektroden, die aus dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragen oder mit Seitenelektroden, die von der seitlichen Wandung in horizontaler Richtung in die Glasschmelze hineinragen, realisiert werden. Die Bodenelektroden weisen analog zu den Topelektroden, einen vorgegebenen Abstand zu der Heißraumseite der seitlichen Wandung auf.

[0061] Das in den **Fig. 1** bis 6, 28 bis 32 und 34 dargestellte erste Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzanlage mit einer Glasschmelzwanne 10 ist in **Fig. 1** teilweise aufgeschnitten dargestellt, so dass der Wannenninnenraum 11 sichtbar wird. Wie **Fig. 1** bis 4 zeigen, wird der Wannenninnenraum 11, in dem die Glasschmelze 12 angeordnet ist, seitlich durch eine seitliche Wandung 13 begrenzt. Ferner ist ein erhöhter Bodenabschnitt 14 und ein Homogenisierungsbodenabschnitt 15 vorgesehen, die zusammen den Wannenninnenraum 11 von unten begrenzen. Der erhöhte Bodenabschnitt 14 und der Homogenisierungsbodenabschnitt 15 sind durch eine vertikal (senkrecht zur Oberfläche der Glasschmelze 12) verlaufende Übergangswand 16 miteinander verbunden, sodass in der Glasschmelzwanne 10 eine Stufe ausgebildet wird. Die Glasschmelzwanne 10 arbeitet nach dem Cold-Top-Prinzip und weist daher eine Bedeckung 12a (siehe **Fig. 2**) der Glasschmelze 12 aus nicht geschmolzenem Rohstoffgemenge und/oder Scherben auf, welche den überwiegenden Teil der Oberfläche der Glasschmelze 12 abdeckt. Das Rohstoffgemenge und/oder die Scherben werden, wie unten ausführlicher beschrieben wird, durch die als Hänge-Drehdecke 19 ausgestaltete, staubfrei abgedichtete Abdeckung des Wannenninnenraums 11 von oben der Glasschmelze 12 zugeführt.

[0062] Der Wannenninnenraum 11 setzt sich, wie in **Fig. 2a** gezeigt, zusammen aus dem oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts 14 angeordnete, zylinderförmige Schmelz- und Läuerraum 11a und aus dem sich darunter anschließenden und zu dem Schmelz- und Läuerraum 11a konzentrisch angeordneten, zylindrisch geformten Homogenisierungsraum 11b, wobei der Homogenisierungsraum 11b seitlich von der Übergangswand 16 und unten durch den Homogenisierungsbodenabschnitt 15 begrenzt wird. Die durch den Schmelz- und Läuerraum 11a und den Homogenisierungsraum 11b gebildete, gemeinsame, vertikal verlaufende Achse 11e ist in **Fig. 2** gezeigt. In **Fig. 2a**, die dem in **Fig. 2** gezeigten Querschnitt entspricht, werden die beiden Teilräume 11a, 11b des Wannenninnenraums 11 durch unterschiedliche Schraffuren verdeutlicht.

[0063] Die seitliche Wandung 13 hat (bezogen auf einen horizontalen Querschnitt) oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts 14 eine Kreisform, so dass der Schmelz- und Läuerraum 11a im Wesentlichen zylindrisch geformt ist. Der mittlere Durchmesser D oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts zwischen gegenüber liegenden Heißraumseiten der seitlichen Wandung 13 beträgt bei diesem Ausführungsbeispiel 14 m. Der erhöhte Bodenabschnitt 14 hat eine Breite B von 4,2 m, so dass der Durchmesser d des Homogenisierungsraums bzw. der Abstand zwischen gegenüber liegenden Heißraumseiten der Übergangswand 16 etwa 5,6 m beträgt. Der Höhenunterschied h zwischen dem kreisrunden Homogenisierungsbodenabschnitt 15 und dem, um den Homogenisierungsbodenabschnitt 15 herum laufenden erhöhten Bodenabschnitt 14 beträgt etwa 1,1 m (siehe **Fig. 2**). Wie der unten stehenden Tabelle zu entnehmen ist, konnte anhand von Simulationen gezeigt werden, dass mit einer derartigen Glasschmelzwanne ein Durchsatz von 350 t/Tag erreicht werden kann, wobei das Volumen der Glasschmelze 285,7 m³ beträgt und die Oberfläche der Glasschmelze 153,9 m².

[0064] In der Glasschmelzwanne 10 ist zudem am unteren Ende der seitlichen Wandung 13 eine Auslassöffnung 13a vorgesehen, durch die das geschmolzene Glas abgezogen wird, um anschließend beispielsweise zu Behälterglas verarbeitet zu werden. Hierfür erstreckt sich die seitliche Wandung 13 im Bereich der Auslassöffnung 13a bis zum Homogenisierungsbodenabschnitt und ist mit dem Homogenisierungsraum 11b über einen sich entlang der radialen Richtung erstreckenden Kanal 11c verbunden. Im Bereich des Kanals 11c ist der erhöhte Bodenabschnitt 14 unterbrochen. Das untere Ende der Auslassöffnung 13a befindet sich auf der Höhe des Homogenisierungsbodenabschnitts 15, so dass der Kanal 11c von diesem gerade in Richtung Auslassöffnung 13a verläuft. An die Auslassöffnung 13a schließt sich in Fließrichtung der Glasschmelze der Durchlasskanal 21, der Riser 22 und die Arbeitswanne 23 an.

[0065] Die Glasschmelzwanne 10 weist zwei Gruppen von Elektroden auf. Eine erste Gruppe Elektroden 17 (hier: 24 Elektroden) sind in einem Abstand von etwa 250 mm bis 550 mm neben der seitlichen Wandung 13 angeordnet und als Top-Elektroden ausgebildet. Sie ragen von oben in die Glasschmelze 12 hinein. Diese Elektroden werden im Folgenden auch als äußere Elektroden 17 bezeichnet. Ferner ist eine zweite Gruppe von Elektroden 18 vorgesehen, welche auf dem erhöhten Bodenabschnitt 14, in einem Abstand von etwa 600 mm bis 800 mm von der Übergangswand angeordnet und als Bodenelektroden ausgebildet sind. Sie ragen von dem erhöhten Bodenabschnitt 14 vertikal nach oben oder zur Vertikalen leicht geneigt in die Glasschmelze 12 hinein. Die Elektroden der zweiten Gruppe werden auch als innere Elektroden 18 bezeichnet.

Die beiden Gruppen weisen einen Abstand auf, der beispielsweise zwischen 2,85 m und 3,35 m liegt. Der Abstand gegenüber liegender innerer Elektroden 18 ist beispielsweise 6,8 m.

[0066] In einem Ausführungsbeispiel ragt jede äußere Elektrode 17, wie dies in **Fig. 28** genauer gezeigt wird, durch eine oberhalb der seitlichen Wandung 13 angeordnete Öffnung 13d in den Wanninnenraum 11 und von oben in die Glasschmelze 12 hinein. Hierbei ist jede äußere Elektrode 17, wie **Fig. 29 bis 30** zeigt, verschwenkbar zwischen einer in **Fig. 28** dargestellten ersten Position und einer in **Fig. 30** skizzierten zweiten Position ausgebildet. In der ersten Position befindet sich die Elektrode 17 in dem Arbeitszustand, in dem die Elektrode die Glasschmelze 12 im Produktionsbetriebszustand aufgrund des Joule'schen Effekts Wärmeenergie zuführt. In der zweiten Position der Elektrode 17 ist diese vollständig aus dem Wanninnenraum 11 hinausbewegt und kann beispielsweise gewartet werden. Die in **Fig. 29** gezeigte Position symbolisiert die Herausbewegung der Elektrode 17 aus dem Wanninnenraum 11. Für das Hinein- und Hinausbewegen und die sichere Anordnung der Elektrode in dem Wanninnenraum weist jede äußere Elektrode einen Halter 17a auf, mit dem die Elektrode verschwenkt werden kann und der die Elektrode an einem, außen an der seitlichen Wandung 13 angeordneten Außenstahlgerüst 36 befestigt ist. In dem Produktionsbetriebszustand ist jede Elektrode leicht geneigt (z.B. unter einem Winkel von 5 ° bis 20 °) zur vertikalen Richtung angeordnet (siehe **Fig. 28**), was das Hinein- und Hinausschwenken der Elektrode erleichtert. Jede Öffnung 13d ist in einem Ausführungsbeispiel im Produktionsbetriebszustand staubdicht abgedichtet. Konkret weist dieses Ausführungsbeispiel zwölf innere Elektroden 18 und vierundzwanzig äußere Elektroden 17 auf, die jeweils paarweise und sonst gleichmäßig entlang/neben der seitlichen Wandung 13 bzw. der Übergangswand 16 verteilt angeordnet sind. Alternativ können die äußeren Elektroden auch in Gruppen zu je drei Paaren, die zu dem benachbarten Paar jeweils einen kleineren Abstand als bei der Gleichverteilung der Paare über den gesamten Umfang aufweisen. Im Bereich des Kanals 11c sind keine Elektroden vorgesehen.

[0067] Die inneren Elektroden 18 sind als Bodenelektroden ausgeführt, welche im Produktionsbetriebszustand aus dem erhöhten Bodenabschnitt 14 in vertikaler Richtung nach oben in die Glasschmelze 12 hineinragen, wie dies in **Fig. 32** detaillierter gezeigt ist. Jede Elektroden 18 ist, wie in **Fig. 31 und 32** dargestellt, verschiebbar gestaltet, so dass diese bei Verschleiß ersetzt bzw. nachgeführt werden kann. Die Elektrode wird durch eine Bohrung 14a des Bodenabschnitts 14 in den Wanninnenraum 11 eingeführt, welche durch einen Elektrodenstein 12b aus besonders hochfestem Feuerfest-Material (z.B. AZS mit hohem Zirkon-Anteil von mindestens 41%) verschlossen ist. Ferner weist die Elektrode 18 eine hohlzylinderförmige Isolations- und Kühleinheit 18a auf, welche beispielsweise mit Wasser gekühlt ist. Weiter ist eine Halterung 18b vorgesehen, mit welcher die Elektrode 18 an der Kaltraumseite des erhöhten Bodenabschnitts 14 befestigt ist. Die Halterung 18b ist ferner derart gestaltet, dass diese eine manuelle Verschiebung der Elektrode 18 in vertikaler Richtung entlang eines parallel zur Elektrode verlaufenden Führungsschiene ermöglicht. Hierdurch kann ein definiertes Nachführen der Elektrode 18 bewirkt werden. **Fig. 31** zeigt die Elektrode 18 in einem Zustand, in dem die Elektrode 18 zurückgezogen ist.

[0068] Die insbesondere in den **Fig. 1, 5 und 6** gezeigte kreisscheibenförmige Drehdecke 19, welche den Wanninnenraum 13 nach oben in Bezug auf Wärmeverlust, Staub und Abgas abdichtet, wobei Staub und Abgas in ein Filtersystem abgesaugt werden, besitzt neun staubdicht abgedichtete Öffnungen 19a, wovon jeweils vier bzw. fünf in radialer Richtung nebeneinander liegen. Mittels der Absauganlage wird ein Unterdruck erzeugt. Durch die Öffnungen 19a wird Rohstoffgemenge und/oder Scherben dem Wanninnenraum 11, insbesondere der Oberfläche der Glasschmelze 12 zugeführt. Die Drehdecke 19 ist als Hänge-Drehdecke ausgebildet und mit seiner Oberseite an einem sich über die Oberseite der Glasschmelzwanne 10 erstreckenden Stahlgerüst drehbar befestigt, das in den **Fig. 1, 5 und 6** nicht gezeigt ist.

[0069] Eine Zuführeinrichtung weist einen nicht dargestellten ortsfesten Vorratsbehälter mit einer Dosiereinrichtung auf. Zudem ist auf jeder Seite ein mit der Drehdecke 19 rotierender Vorratsbehälter 24 vorgesehen. Von jedem, mit der Drehdecke 19 rotierenden Vorratsbehälter 24 gelangen das Rohstoffgemenge und/oder Scherben in eine Schnecke oder Rüttelrinne 27 und werden durch diese über weitere mitrotierende Vorratsbehälter 28 durch jeweils eine durchgehenden Öffnung 19a hindurch mittels kleiner Rüttelrinnen in den Wanninnenraum 11 und auf die Oberfläche der Glasschmelze 12 transportiert. Durch die rotierende Bewegung der Drehdecke 19 um eine etwa im Bereich der vertikalen Achse 11e des Schmelz- und Läuerraums 11 a bzw. des Homogenisierungsraums 11b verlaufenden Drehachse wird sukzessive ein Großteil der Oberfläche der Glasschmelze 12, die sich in dem Wanninnenraum 11 befindet mit einer (kalten) Bedeckung 12a aus Rohstoffgemenge und/oder Scherben versehen. Durch jede Öffnung 19a hindurch wird ein etwa ringförmiger Teppich aus Rohstoffgemenge und/oder Scherben gebildet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist jede Öffnung 19a der ersten, über eine Schnecke oder Rüttelrinne 27 verbundene Gruppe zu den Öffnungen 19a der zweiten Gruppe, die über eine weitere Schnecke oder Rüttelrinne 27 verbunden ist, in radialer Richtung

versetzt angeordnet, um eine gleichmäßige Verteilung des Rohstoffgemenges bzw. der Scherben auf der Oberfläche der Glasschmelze 12 zu bewirken. Jeder Vorratsbehälter 24 erhält weitere Rohstoffe/Scherben aus dem nicht dargestellten ortsfesten Vorratsbehälter, wenn er bei der kontinuierlichen Drehbewegung der Drehdecke um 360° an dem ortsfesten Behälter vorbeigeführt wird und eine vorbestimmte Zeit unter diesem angeordnet ist. Weiter kann die Dosierung insbesondere der Schnecke oder Rüttelrinne 27 derart gestaltet sein, dass die weiter innen liegenden, weiteren mitrotierenden Vorratsbehälter 28 eine geringere Menge an Ausgangsstoffen erhalten als die weiter außen liegenden mitrotierenden Vorratsbehälter 28.

[0070] Die seitliche Wandung 13 und die Übergangswand 16 sind aus über- und nebeneinander angeordneten Palisadenelementen zusammengesetzt. Dies ist in der aufgeschnittenen Darstellung in **Fig. 1** am jeweiligen Ende der seitlichen Wandung 13 und der Übergangswand 16 erkennbar. Hierbei ist oberhalb der seitlichen Wandung 13 in dem Bereich, in dem die Öffnungen 13d für die äußeren Elektroden 17 angeordnet sind, ein kleiner Absatz 13e angeordnet, der durch horizontal verlaufende Palisadenelemente geformt wird. Bei der Herstellung der Glasschmelzwanne 10 werden diese Palisadenelemente wie gezeigt neben- beziehungsweise übereinander angeordnet, an oder neben dem erhöhten Bodenabschnitt 14 oder an oder neben dem Homogenisierungsbodenabschnitt 15 befestigt und, wie oben beschrieben, durch ein Stahlgerüst 36 und Stahlträger 38 gehalten.

[0071] Anhand von **Fig. 34** soll im Folgenden die Verschaltung der äußeren Elektroden 17 und der inneren Elektroden 18 erläutert werden. Wie bereits oben erläutert wurde, sind in dem Wanninnenraum 11 in dem der seitlichen Wandung 13 angrenzenden Bereich zwölf Paare von Topelektroden 17 und in dem der Übergangswand 16 angrenzenden Bereich sind sechs Paare von Bodenelektroden 18 angeordnet.

[0072] Bei diesen Ausführungsbeispiel ist eine in **Fig. 1** skizzierte Energieversorgungseinrichtung 20 vorgesehen, welche drei Transformatoren aufweist, welche die insgesamt sechsunddreißig Elektroden 17, 18 versorgen. Die sechsunddreißig Elektroden werden in drei Gruppen zu je 6 Elektrodenpaaren aufgeteilt und jede Gruppe einem Transformator zugeordnet, wobei das offene Dreiphasen-System eingesetzt wird. Zwei Transformatoren sind primärseitig in Dreieckschaltung (um 60° versetzt, erste Dreieckschaltung gekennzeichnet in **Fig. 14** durch gepunktete Linien und zweite Dreieckschaltung gekennzeichnet durch gestrichelte Linien), wobei die Dreieckschaltungen jeweils gegenüber liegende innere Elektroden(paare) 18 und äußere Elektroden(paare) 17 einbeziehen. Ferner ist ein Transformator in Sternschaltung ausgeführt (siehe Verschaltung gekennzeichnet durch Strich-Punkt-Linien), wobei die Sternschaltung lediglich äußere Elektroden (paare) einbezieht. Da die geometrische/mechanische Anordnung der Elektroden in der Glasschmelzwanne der Lage der Zeiger im elektrischen Zeigerdiagramm folgt, ergibt sich eine gleichmäßige Strombelastung aller Elektroden. Da weiterhin die Wegstrecken zwischen zusammengehörigen Elektroden/„Heizpartnern“ nicht zu lang sind, ergeben sich handhabbare Werte für die Betriebsspannung/Sekundärspannung.

[0073] Bei dem obigen Ausführungsbeispiel (und bei allen anderen, nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispielen) ist, um die oben erwähnten Grenzen von Elektrodenstromdichte und Elektrodenstrom je Boden- oder Topelektrode nicht zu überschreiten, eine Installation von je zwei dicht nebeneinander angeordneten, elektrisch parallel geschalteten Top- oder Bodenelektroden verwendet worden. Hierdurch wird eine hohe Elektrodenanzahl erreicht. Die dicht nebeneinander angeordneten und parallel geschalteten Topelektroden bilden elektrisch gewissermaßen eine zusammenhängende „virtuelle Elektrode“. Alternativ kann für jedes Elektrodenpaar eine einzelne Elektrode verwendet werden.

[0074] Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele und Auslegungsvarianten erläutert. Hierbei wird insbesondere auf die Unterschiede zu dem ersten Ausführungsbeispiel und anderen Ausführungsbeispielen Bezug genommen. Da die Glasschmelzwannen grundsätzlich den gleichen Aufbau besitzen, werden nicht bei jedem Ausführungsbeispiel sämtliche Elemente beschrieben. Gleiche Elemente besitzen das gleiche Bezugszeichen auf der Zehner- und Einerposition der jeweiligen Zahl des Bezugszeichens, wobei sich die Bezugszeichen verschiedener Ausführungsbeispiele um ganze 100er unterscheiden. Beispielsweise besitzen die äußeren Elektroden das Bezugszeichen 18 in dem ersten Ausführungsbeispiel und 118 in dem zweiten und 218 in dem dritten Ausführungsbeispiel usw. Auf die Erläuterungen zu den einzelnen Elementen wird auf das oben geschilderte erste Ausführungsbeispiel verwiesen.

[0075] Das in den **Fig. 7** und **8** gezeigte zweite Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne 110 weist einen mittleren Durchmesser D oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts 114 von 11 m auf. Entsprechend beträgt der mittlere Durchmesser d im Bereich des Homogenisierungsraums etwa 5,4 m. Der Kanal 111 c, der den Homogenisierungsraum mit der Auslassöffnung 113a im Bereich der seitlichen Wandung 113 verbindet, weist eine kanalförmige Vertiefung 111 d auf, die bewirkt, dass die Auslassöffnung 113a mit ihrem unte-

ren Ende unterhalb des Homogenisierungsbodenabschnitts 115 liegt. Die Vertiefung 111 d erstreckt sich bis in den Homogenisierungsbodenabschnitt 115. Dies begünstigt das Abziehen von gut homogenisierter Glasschmelze. Die Breite der Vertiefung 111 d in horizontaler Richtung beträgt beispielsweise 400 mm.

[0076] Das dritte Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne 210 entspricht dem zweiten Ausführungsbeispiel, wobei der erhöhte Bodenabschnitt 214 in horizontaler Richtung breiter als bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ausgeführt ist. Der Durchmesser d im Bereich des Homogenisierungsraums beträgt etwa 3,6 m, so dass die Breite von 2,8 m (Breite des erhöhten Bodenabschnitts 114 des zweiten Ausführungsbeispiels) auf 3,7 m erhöht wurde. Hierdurch rücken die inneren Elektroden 18 näher zusammen und die Strömung in dem Schmelz- und Läuerraum wird gleichmäßig, was die Glasqualität positiv beeinflusst.

[0077] Das in den **Fig. 11 bis 14** gezeigte vierte Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne 310 unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel darin, dass der Homogenisierungsraum aufgrund entsprechender Gestaltung der Übergangswand 316 und des erhöhten Bodenabschnitts 314 der Homogenisierungsraum die Form eines 6-seitigen Prismas aufweist. Die Breite B des Schmelz- und Läuerraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts 314 beträgt beispielsweise 14 m und der mittlere Durchmesser d des Homogenisierungsraums z.B. 7 m. Weiter ist der Höhenunterschied $h = 1,8$ m und somit größer als bei dem ersten Ausführungsbeispiel. Hierdurch wird ebenfalls eine bessere Homogenisierung der Glasschmelze 12 bewirkt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Auslassöffnung 313a am unteren Ende der Übergangswand 316 angeordnet. Der erhöhte Bodenabschnitt 314 erstreckt sich wie in **Fig. 13** gezeigt vollständig, d.h. ohne Unterbrechung durch einen Kanal, um den Homogenisierungsraum herum. Zudem ist der sich mitdrehende Vorratsbehälter für das Rohstoffgemenge und/oder die Scherben mittig zu der Glasschmelzwanne 310 oberhalb der Schnecken- oder Rüttelrinnen 327 angeordnet. Der ortsfeste Vorratsbehälter befindet sich entsprechend ebenfalls mittig oberhalb der Glasschmelzwanne 310.

[0078] Das in den **Fig. 15 und 17** dargestellte fünfte Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne 410 unterscheidet sich von dem vierten Ausführungsbeispiel darin, dass der Durchmesser d des Homogenisierungsraums kleiner ist (hier: 4,7 m) und somit die Breite des erhöhten Bodenabschnitts 414 größer ($b = 4,7$ m). Die Dynamik im Schmelz- und Läuerraum kann durch die gleichmäßigere Anordnung der Elektroden, die durch die Verbreiterung des erhöhten Bodenabschnitts 414 verursacht wird, gleichmäßig werden.

[0079] In den **Fig. 17 bis 21** wird das sechste Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne 510 dargestellt. Diese unterscheidet sich von dem dritten Ausführungsbeispiel in der Form des Kanals 511c, der von dem Homogenisierungsraum bis zur Auslassöffnung 513a verläuft und zum Abführen der homogenisierten Glasschmelze dient. Bei diesem Ausführungsbeispiel entspricht die Breite des Kanals 511c in horizontaler Richtung dem mittleren Durchmesser d ($d = 3,6$ m) des Homogenisierungsraums. Dies reduziert den Verschleiß des Feuerfest-Materials im Bereich des Kanals 511c und ist einfach realisierbar. Allerdings wird hierdurch die Fläche des erhöhten Bodenabschnitts 514 reduziert, der durch den Kanal 511c durchbrochen wird. Hierdurch müssen die neben dem Kanal 511c angeordneten inneren Elektroden 518 etwas verschoben werden, da die Elektroden 518 mit etwas Abstand in horizontaler Richtung zu dem Kanal 511c angeordnet sein sollen. Die Glasschmelzwanne 510 weist zudem eine Zuführeinrichtung zur Zuführung des Rohstoffgemenges und/oder der Glasscherben analog zum vierten Ausführungsbeispiel auf.

[0080] Das in den **Fig. 22 bis 26** gezeigte siebte Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne ist dem ersten Ausführungsbeispiel sehr ähnlich. Es weist im Unterschied zu diesem zwei Auslassöffnungen 613a auf, die unten an der seitlichen Wandung 613 entlang der Umfangsrichtung gegenüber liegend angeordnet sind. Hierdurch wird ein gleichmäßiger Abzug der homogenisierten Glasschmelze bewirkt. Entsprechend sind gegenüber liegend zwei Kanäle 611c vorgesehen, welche die Glasschmelze zu der jeweiligen Auslassöffnung 613a führen.

[0081] Für anspruchsvolle Glasqualitäten kann, wie bei dem in **Fig. 27** gezeigten achten Ausführungsbeispiel einer Glasschmelzwanne an der Übergangswand 716 ein Kragen 716a vorgesehen sein, welche beispielsweise in vertikaler Richtung eine Höhe von etwa 100 mm von dem erhöhten Bodenabschnitt 714 gemessen und eine Breite in horizontaler Richtung von 150 mm aufweist. Der Kragen ist in den erhöhten Bodenabschnitt im Bereich an der inneren Kante integriert und bildet auf diesem Bodenabschnitt lediglich eine Erhöhung aus. Der Kragen 716a behindert ein direktes Strömen von Blasen in Richtung Auslassöffnung 713a.

[0082] Schließlich soll im Folgenden anhand eines in **Fig. 33** dargestellten neunten Ausführungsbeispiels einer Glasschmelzwanne 810 der Aufbau der Glasschmelzwanne im Hinblick auf das Stahlgerüst genauer

erläutert werden. Bei dem in **Fig. 33** gezeigten Ausführungsbeispiel sind in der Drehdecke 819 drei durchgehende Öffnungen 819a angeordnet, welche zur Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben dienen. Ansonsten besitzt die Glasschmelzwanne 810 den Aufbau des ersten Ausführungsbeispiels.

[0083] Die seitliche Wandung 813 weist ein Außenstahlgerüst 36 auf, welches die Palisadenelemente der seitlichen Wandung 813 halten und festlegen. Auf der oberen Stirnfläche des Außenstahlgerüsts 36 ist eine kreisförmige Führungsschiene 36a vorgesehen, auf der Rollen 819c derart geführt werden, dass sich die Drehdecke um 360° in eine erste Drehrichtung und in die entgegengesetzte Drehrichtung drehen kann. Die Rollen 819c sind mit dem Stahlgerüst 38 der Drehdecke 819 verbunden. Weiter weist das Stahlgerüst 38 der Drehdecke 819 eine ringförmige Abdichtschürze 819d mit einem Dichtrand auf, wobei jede Abdichtschürze 819d jeweils in einer kreisförmigen Abdichtrinne 36b mit Sand abdichtend geführt wird. Die Abdichtrinne 36b ist auf der oberen Stirnseite der seitlichen Wandung 813 angeordnet.

[0084] Im Folgenden werden die oben beschriebenen Auslegungsbeispiele der Glasschmelzwannen und weitere Varianten anhand einer Tabelle zusammengefasst. Es sind insgesamt 12 Beispiele. Auf der Basis von Simulationen wurden die Auslegungen dieser Glasschmelzwanne ermittelt, wobei die Abmessungen immer in Bezug auf die jeweilige Heißraumseite gemessen werden.

laufende Nummer	Durchmesser (D) oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts	Schmelzfläche (A1) gesamt	Höhe (H) der seitlichen Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts	Durchmesser (D_{EG1}) erste Gruppe der Elektroden	Durchmesser (d) des Homogenisierungsraums	Schmelzfläche (A2) über dem Homogenisierungsraum	Höhenunterschied (h) zwischen erhöhtem Bodenabschnitt und Homogenisierungsbodenabschnitt	Durchmesser (D_{EG2}) zweite Gruppe der Elektroden	Verhältnis Durchmesser Elektrodengruppen ($DEG2)/(DEG1)$
	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[%]
1	11,0	95,0	1,6	10,3	5,4	22,9	1,1	6,9	67
2	11,0	95,0	1,6	10,3	3,6	10,2	1,1	5,1	50
3	11,0	95,0	1,2	10,3	5,4	22,9	1,8	6,9	67
4	11,0	95,0	1,0	10,3	3,6	10,2	2,0	5,1	50
5	14,0	153,9	1,6	13,3	7,0	38,5	1,1	8,5	64
6	14,0	153,9	1,6	13,3	7,0	38,5	1,1	8,5	64
7	14,0	153,9	1,6	13,3	4,7	17,3	1,1	6,2	47
8	14,0	153,9	1,2	13,3	7,0	38,5	1,8	8,5	64
9	14,0	153,9	1,0	13,3	4,7	17,3	2,0	6,2	47

laufende Nummer	Verhältnis Stufenbreite zu Radius $((D)-(d))/(D)$	Schmelzvolumen (V)	Breite (B) des erhöhten Bodenabschnitts		Durchsatz pro Tag (T)	spezifische (spVP) Volumenbelastung
	[%]	[m ³]	[m]	[t/m ² und Tag]	[t/Tag]	[t/m ³ und Tag]
1	51	184,6	1,20	2,3	220	1,19
2	67	192,6	3,60	2,3	220	1,14
3	51	161,3	0,60	2,3	220	1,36
4	67	124,3	0,60	2,3	220	1,77
5	50	297,9	1,20	2,3	350	1,17
6	50	297,9	1,20	2,3	350	1,17
7	66	313,5	4,70	2,3	350	1,12
8	50	261,6	0,60	2,3	350	1,34
9	66	199,8	0,60	2,3	350	1,75

Hierbei ist D der Durchmesser oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts, die Fläche A1 die Größe der Schmelzoberfläche, H die Höhe der seitlichen Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts, DEG1 der Durchmesser eines Kreises/Linie, auf dem die erste Gruppe der Elektroden angeordnet ist (wenn diese Top- oder Bodenelektroden sind), d der Durchmesser des Homogenisierungsraums, A2 die Querschnittsfläche des Homogenisierungsraums, h die Höhe des Homogenisierungsraums bzw. der Höhenunterschied zwischen dem erhöhten Bodenabschnitt und dem Homogenisierungsbodenabschnitt, DEG2 der Durchmesser eines Kreises/Linie, auf dem die zweite Gruppe der Elektroden angeordnet ist, DEG2/DEG1 das Verhältnis der Durchmesser DEG2 und DEG1, das Verhältnis der Breite des erhöhten Bodenabschnitts zu dem Radius des Schmelz- und Läuerraums, V das Volumen der in der jeweiligen Glasschmelzwanne angeordneten Glasschmelze, B die Breite des erhöhten Bodenabschnitts, der Durchsatz bezogen auf die Oberfläche der Glasschmelze und einen Tag, T der Durchsatz pro Tag und spVP die spezifische Volumenbelastung als Durchsatz bezogen auf das Schmelzvolumen und einen Tag.

[0085] In Bezug auf die oben erläuterten neue Gestaltung einer Glasschmelzwanne mit einem umlaufenden erhöhten Bodenabschnitt und einem Homogenisierungsbodenabschnitt und der geschilderten Anordnung der Elektroden wurde mittels Simulationen gezeigt, dass ein mittlerer Durchsatz (80 bis 450 t/Tag, insbesondere 220 bis 350 t/Tag) erreicht werden kann, was eine deutliche Erhöhung des Durchsatzes gegenüber herkömmlichen vollelektrisch arbeitenden Glasschmelzwannen bedeutet. Das Modell sagt eine gute Glasqualität deutlich kleiner als 10 Blasen pro 100 g voraus. Die Kompaktheit der Anlage ist ebenfalls vorteilhaft für ihre Verwendung. Besonders positiv im Hinblick auf hohe Glasqualität erscheint die Realisierung eines breiten erhöhten Bodenabschnitts und eines tiefen Homogenisierungsraums. Die vorliegende Erfindung macht somit einen Durchsatzbereich zugänglich, der zuvor für eine vollelektrische Beheizung verschlossen war. Die Realisierung einer derartigen Glasschmelzwanne ist gegenüber herkömmlichen Glasschmelzwannen nicht wesentlich aufwändiger.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 3520979 [0004]
- DE 3405273 C2 [0004]
- US 3885945 [0004]

Patentansprüche

1. Glasschmelzwanne für eine im Produktionsbetriebszustand vollelektrische Beheizung einer in einem Wanneninnenraum angeordneten Glasschmelze mit einem gestuften Boden und mit einer seitlichen Wandung, wobei der Boden den Wanneninnenraum nach unten begrenzt und die seitliche Wandung den Wanneninnenraum seitlich umschließt, wobei im Produktionsbetriebszustand die Glasschmelze in dem Wanneninnenraum angeordnet ist, wobei die Heißraumseite der seitliche Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt im Wesentlichen ein mindestens 5-seitiges Vieleck, einen Kreis oder eine Ellipse oder eine diesen geometrischen Formen angenäherte Form ausbildet, wobei der Boden einen mindestens entlang 70 % des Umfangs des Wanneninnenraums umlaufenden erhöhten Bodenabschnitt und einen zentralen, von dem erhöhten Bodenabschnitt umgebenen, in Bezug auf diesen tiefer liegenden Homogenisierungsbodenabschnitt aufweist, wobei sich der erhöhte Bodenabschnitt von der Heißraumseite der seitlichen Wandung lateral in Richtung des Wanneninnenraums erstreckt und eine Breite (B) aufweist, die größer als oder gleich $0,25 \times D$ ist, wobei D der mittlere Durchmesser des Wanneninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts ist, wobei in dem Übergang von dem erhöhten Bodenabschnitt zu dem Homogenisierungsbodenabschnitt eine in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze senkrecht verlaufende oder nahezu senkrecht verlaufende Übergangswand ausgebildet ist, wobei die Glasschmelzwanne eine Vielzahl von Elektroden aufweist, welche die Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand beheizt, wobei im Produktionsbetriebszustand die Oberfläche der Glasschmelze oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts liegt und eine erste Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts oder von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt und eine zweite Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die Übergangswand angrenzenden Bereich in dem erhöhten Bodenabschnitt angeordnet ist und von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt.
2. Glasschmelzwanne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wanneninnenraum oben durch eine Decke abgedeckt ist, welche den Wanneninnenraum nahezu vollständig staubdicht abschließt.
3. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Decke als eine Drehdecke ausgebildet ist, welche im Wesentlichen die Form einer Scheibe hat und welche vorzugsweise als Hänge-Drehdecke ausgebildet ist.
4. Glasschmelzwanne einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Glasschmelzwanne derart ausgebildet ist, dass sie nach dem Cold-Top-Prinzip betreibbar ist.
5. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben in die Glasschmelzwanne von oben durch mindestens eine entsprechende, staubdicht abgedichtete Öffnung in der Decke derart erfolgt, dass das Rohstoffgemenge und/oder Scherben kontinuierlich großflächig auf die Oberfläche der Glasschmelze aufgelegt wird, beispielsweise in Form von einem oder mehreren ringförmigen Streifen.
6. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Höhenunterschied h zwischen dem erhöhten Bodenabschnitt und dem Homogenisierungsbodenabschnitt mindestens 0,5 m beträgt und/oder dass der mittlere Durchmesser D des Wanneninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts mindestens 5 m beträgt.
7. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Übergangswand im Bereich des erhöhten Bodenabschnitts ein Kragen angeordnet ist, welcher mindestens 50 mm hoch und/oder mindestens 50 mm breit ist.
8. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese mindestens eine Auslassöffnung aufweist, welche im Bereich des Homogenisierungsbodenabschnitts, des unteren Endes der Übergangswand und/oder des unteren Endes der seitlichen Wandung angeordnet ist.
9. Glasschmelzwanne nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zuführungseinrichtung und die Drehdecke derart ausgebildet sind, dass die Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Scherben in die Glasschmelzwanne durch eine Vielzahl von staubdicht abgedichteten Öffnungen in der Drehdecke erfolgt.

10. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Elektrode der ersten Gruppe derart ausgebildet ist, dass sie im Produktionsbetriebszustand senkrecht in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze oder unter einem kleinen Winkel zu dieser vertikalen Richtung schräg von oben in die Glasschmelze hineinragt und/oder dass jede Elektrode der zweiten Gruppe derart ausgebildet ist, dass sie im Produktionsbetriebszustand senkrecht in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze oder unter einem kleinen Winkel zu dieser vertikalen Richtung schräg von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt.

11. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Elektrode der ersten Gruppe in den Wanninnenraum hinein- und hinausschwenkbar ausgebildet ist und/oder dass jede Elektrode der zweiten Gruppe in den Wanninnenraum hineinschiebbar ausgebildet ist.

12. Glasschmelzwanne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung und der Durchmesser der Vielzahl der Elektroden auf der Basis der für einen vorgegebenen Glas-Durchsatz notwendigen Schmelz- und Läuterenergie bestimmt ist.

13. Glasschmelzanlage mit einer Glasschmelzwanne nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Glasschmelzanlage ferner ein Zuführungssystem zur Zuführung von Rohstoffgemenge und/oder Glasscherben und eine Energieversorgungseinrichtung für die Vielzahl der Elektroden aufweist, wobei die Energieversorgungseinrichtung mit jeder Elektrode verbunden ist.

14. Verfahren zur Herstellung einer Glasschmelzwanne nach einem der Ansprüche 1 bis 12, mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellung von ersten Palisadenelementen für die seitliche Wandung der Glasschmelzwanne und zweiten Palisadenelementen für die Übergangswand sowie Bodenplatten,
- Anordnung und Festlegung der ersten und zweiten Palisadenelemente auf oder an dem erhöhten Bodenabschnitt der Glasschmelzwanne und Bodenplatten im Bereich des Bodens derart, dass die Heißraumseite der seitliche Wandung oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts im horizontalen Querschnitt im Wesentlichen ein mindestens 5-seitiges Vieleck, einen Kreis oder eine Ellipse oder eine diesen geometrischen Formen angenäherte Form ausbildet, wobei der Boden einen mindestens entlang 70 % des Umfangs des Wanninnenraums umlaufenden erhöhten Bodenabschnitt und einen zentralen, von dem erhöhten Bodenabschnitt umgebenen, in Bezug auf diesen tiefer liegenden Homogenisierungsbodenabschnitt aufweist, wobei sich der erhöhte Bodenabschnitt von der Heißraumseite der seitlichen Wandung lateral in Richtung des Wanninnenraums erstreckt und eine Breite (B) aufweist, die größer als oder gleich $0,25 \times D$ ist, wobei D der mittlere Durchmesser des Wanninnenraums oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts ist, wobei in dem Übergang von dem erhöhten Bodenabschnitt zu dem Homogenisierungsbodenabschnitt eine in Bezug auf die Oberfläche der Glasschmelze senkrecht verlaufende oder nahezu senkrecht verlaufende Übergangswand ausgebildet ist, sowie
- Anordnung der Vielzahl von Elektroden, welche die Glasschmelze im Produktionsbetriebszustand beheizt, wobei im Produktionsbetriebszustand die Oberfläche der Glasschmelze oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts liegt, derart, dass eine erste Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die seitliche Wandung angrenzenden Bereich oberhalb des erhöhten Bodenabschnitts oder von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt und eine zweite Gruppe der Vielzahl von Elektroden in einem an die Übergangswand angrenzenden Bereich in dem erhöhten Bodenabschnitt angeordnet ist und von dem erhöhten Bodenabschnitt in die Glasschmelze hineinragt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Decke oberhalb des der Wanninnenraums derart angeordnet wird, dass dieser oben durch die Decke abgedeckt ist, sodass der Wanninnenraum nahezu vollständig staubdicht abgeschlossen ist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

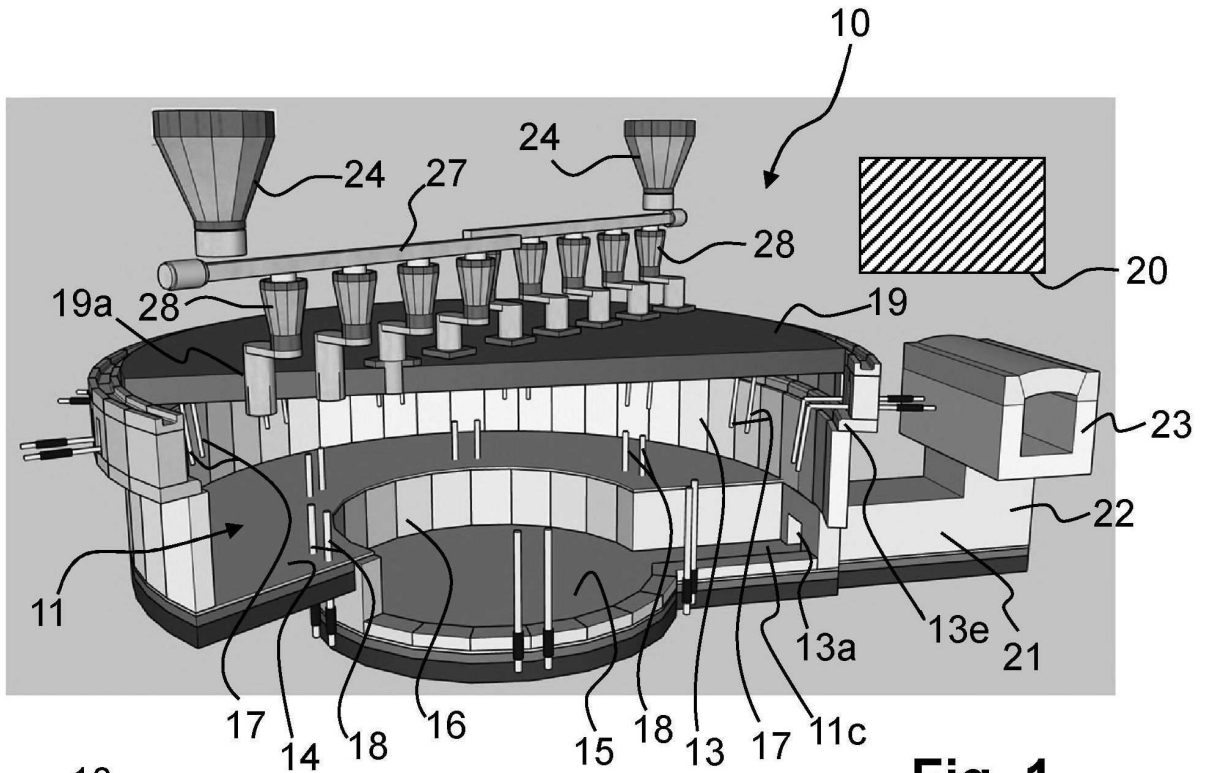


Fig. 1

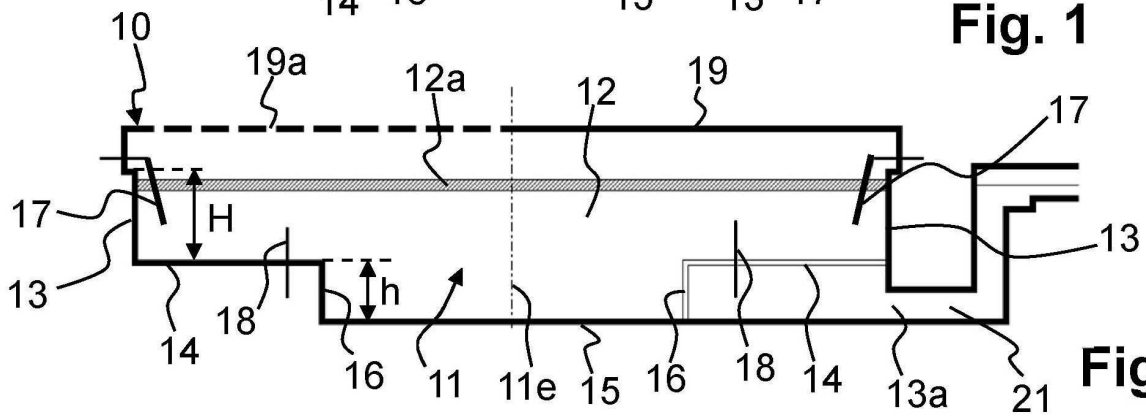


Fig. 2

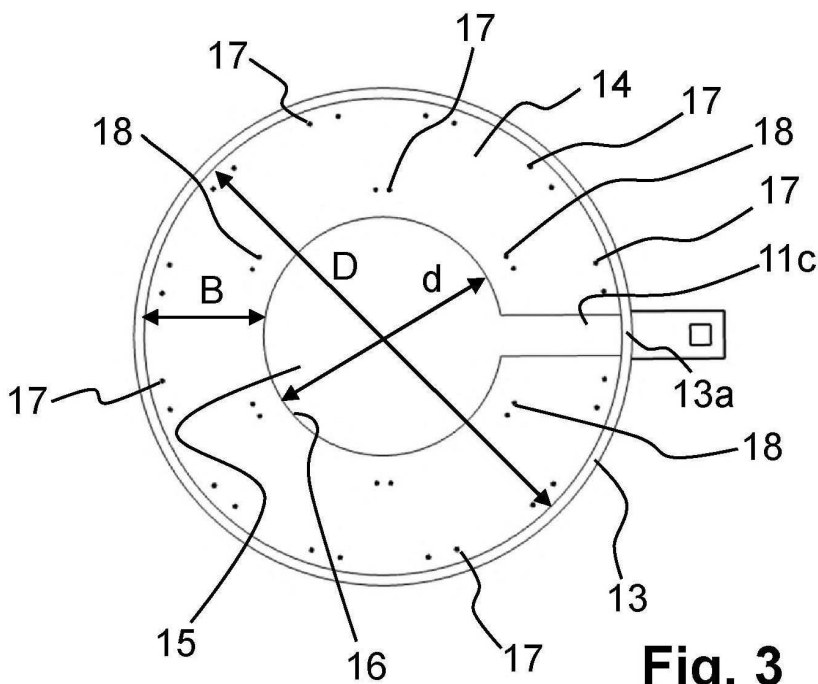


Fig. 3

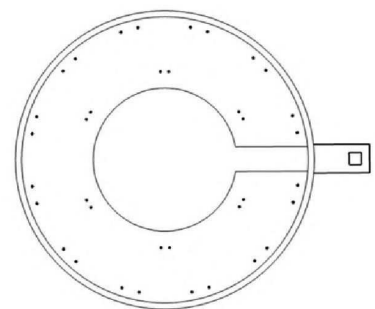
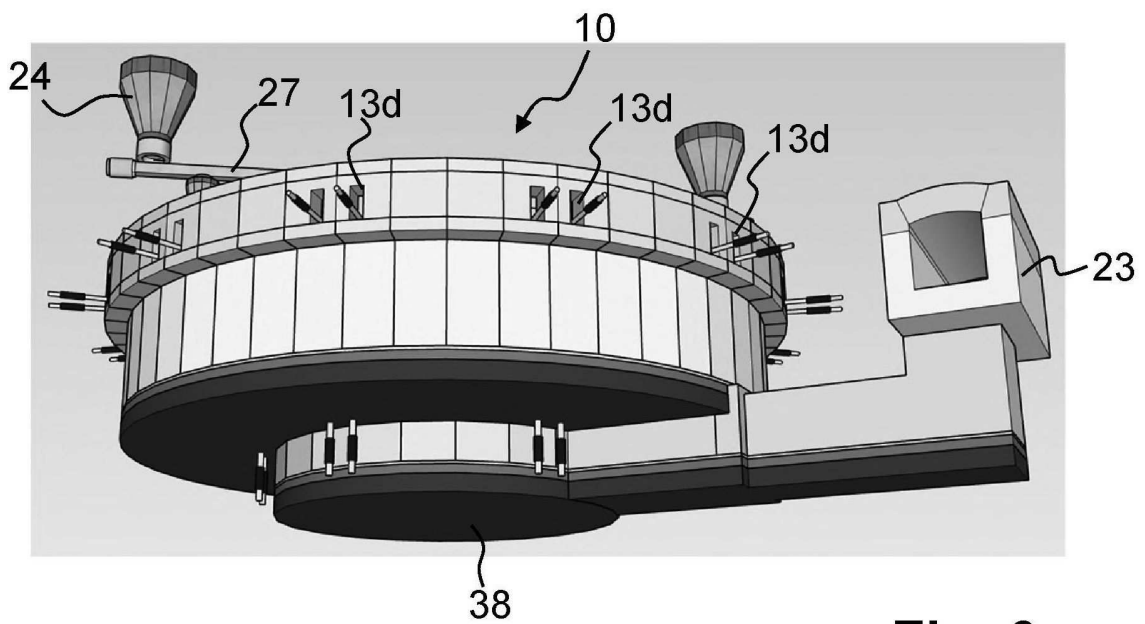
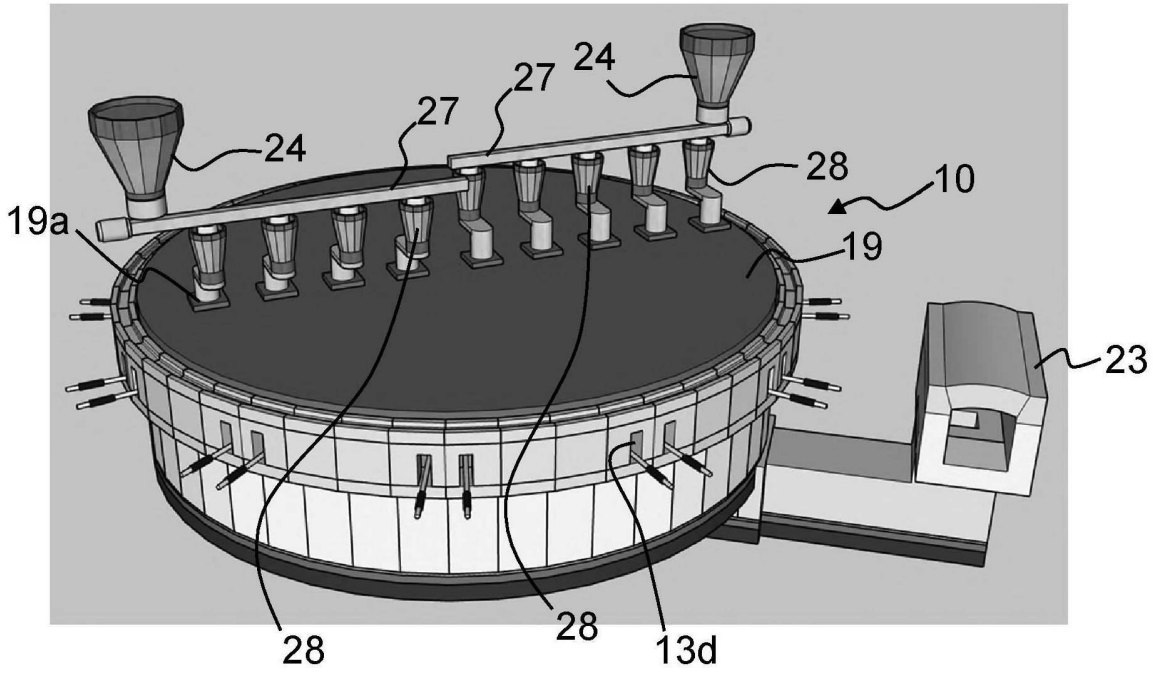
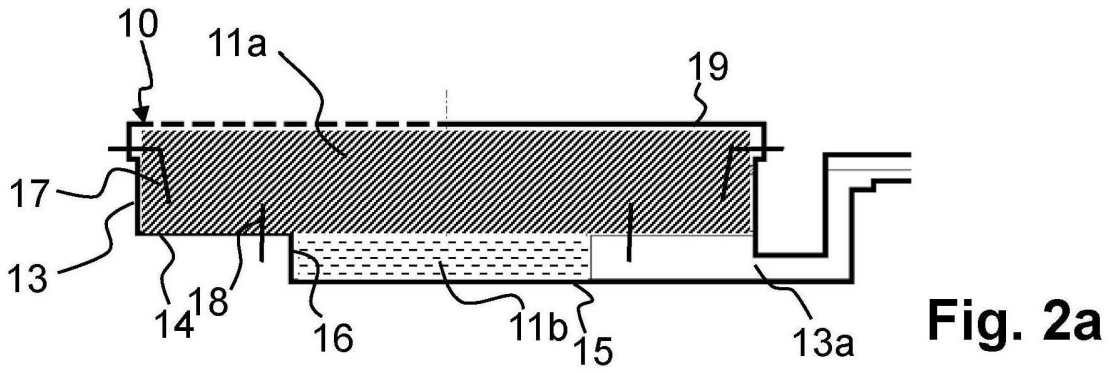


Fig. 4



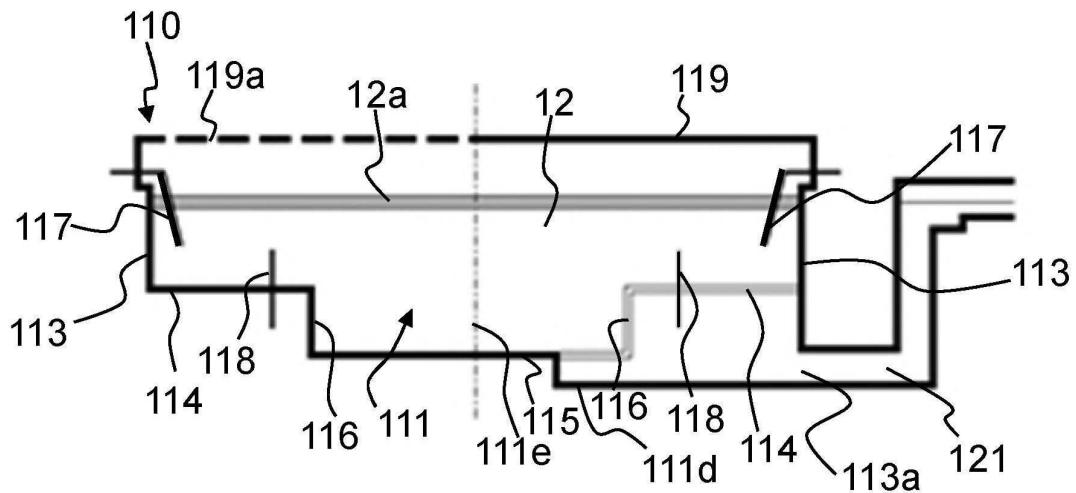


Fig. 7

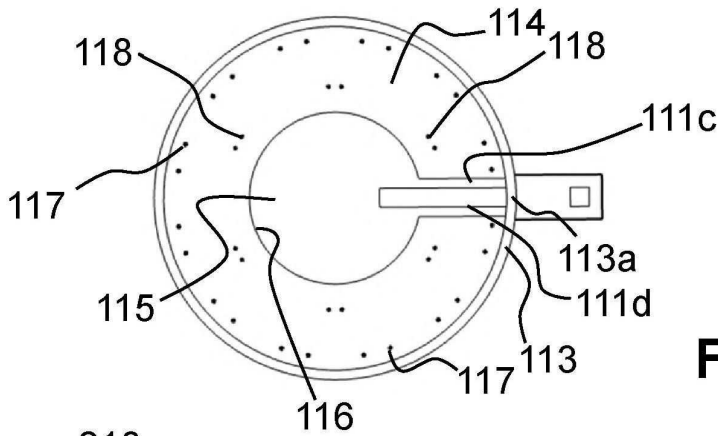


Fig. 8

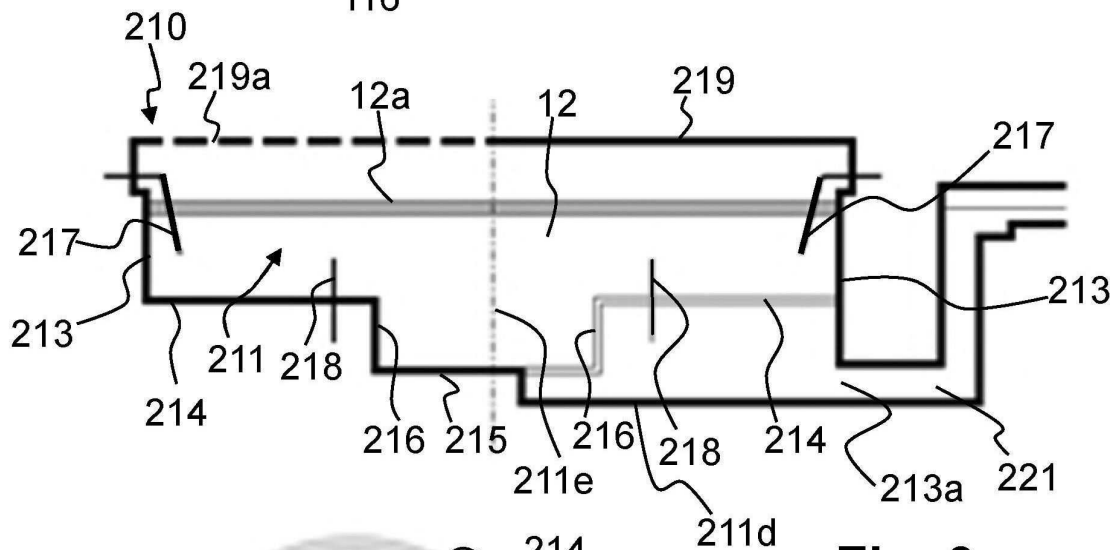


Fig. 9

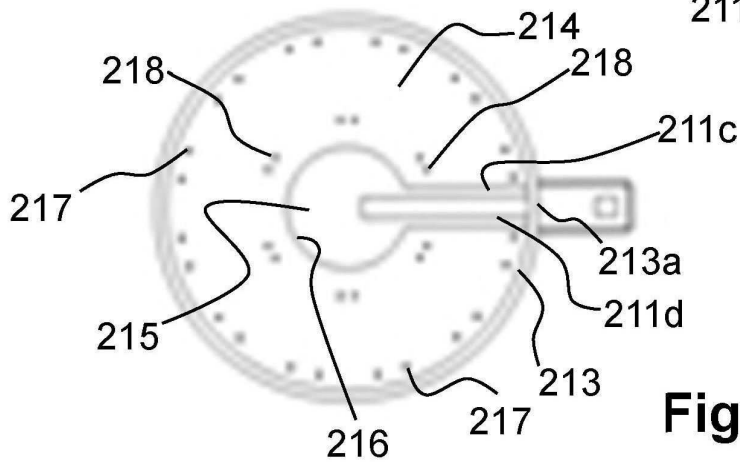


Fig. 10

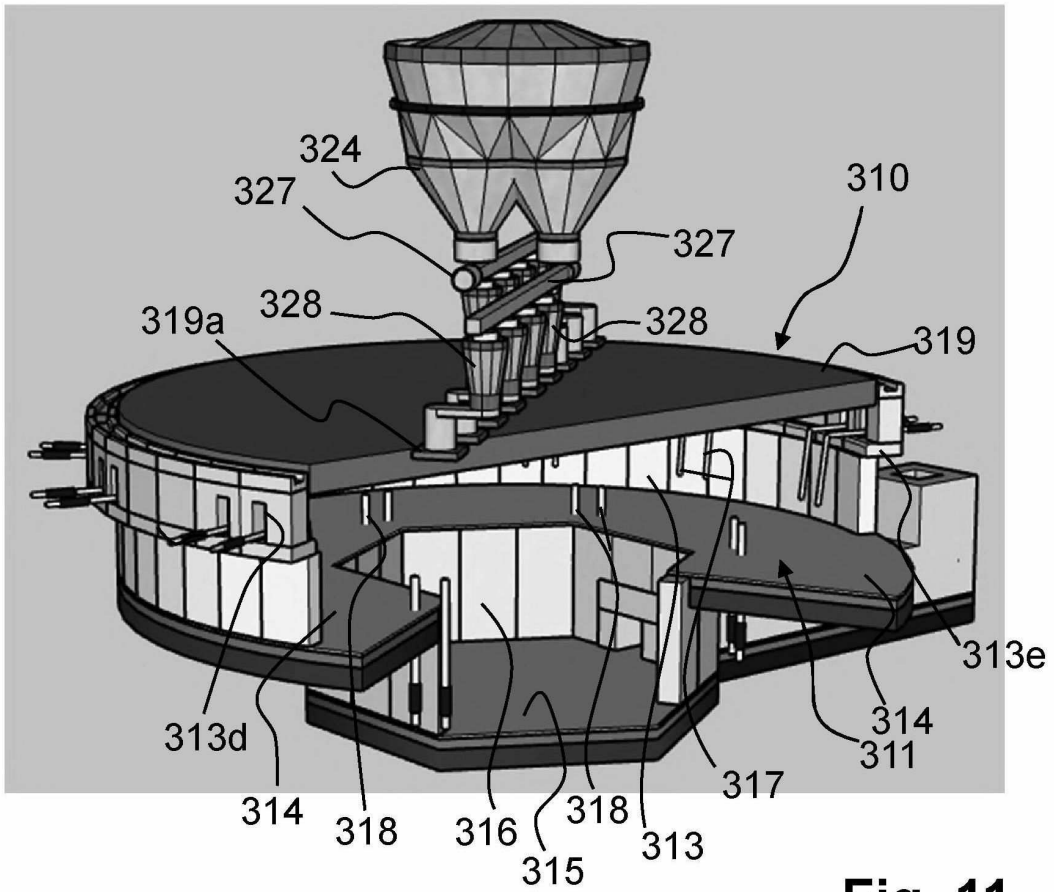


Fig. 11

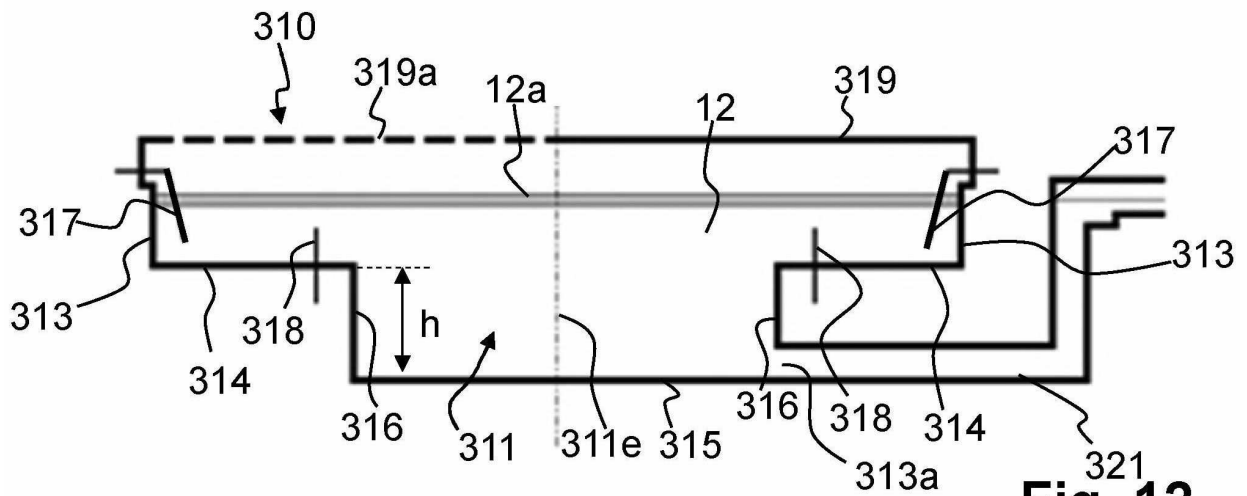


Fig. 12

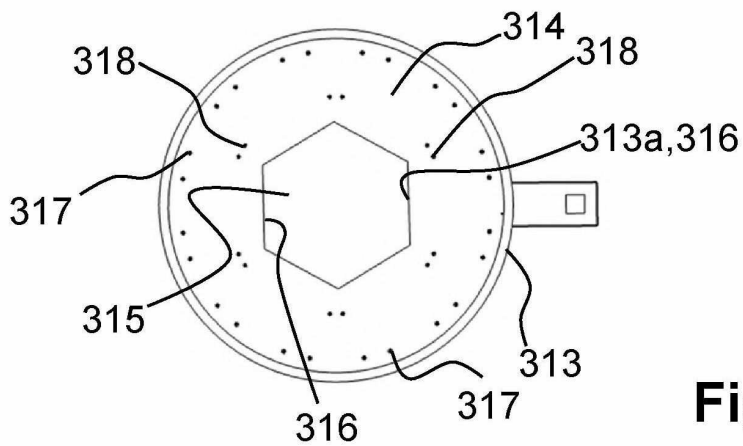


Fig. 13

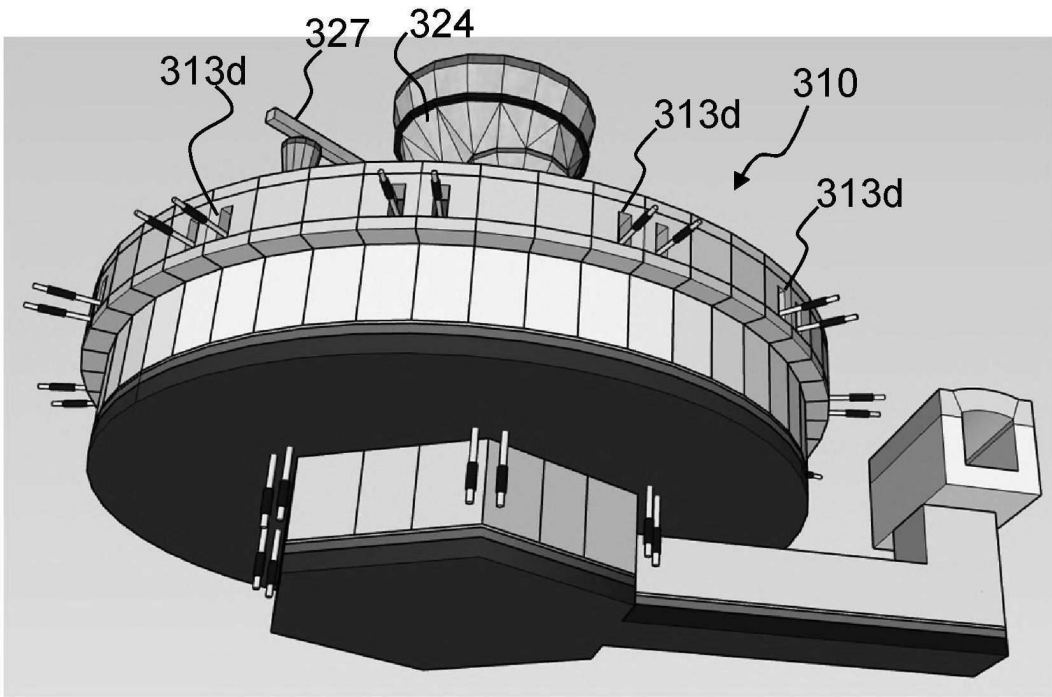


Fig. 14

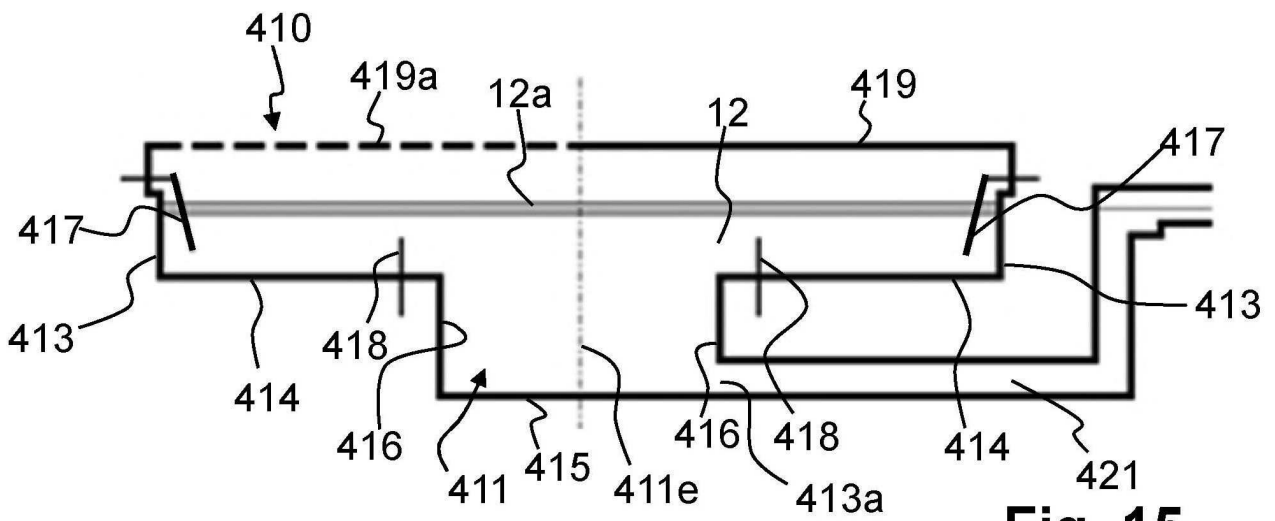


Fig. 15

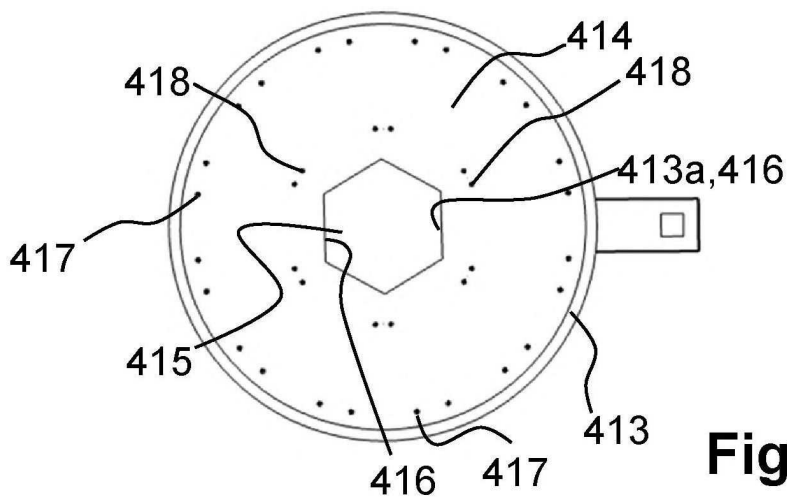


Fig. 16

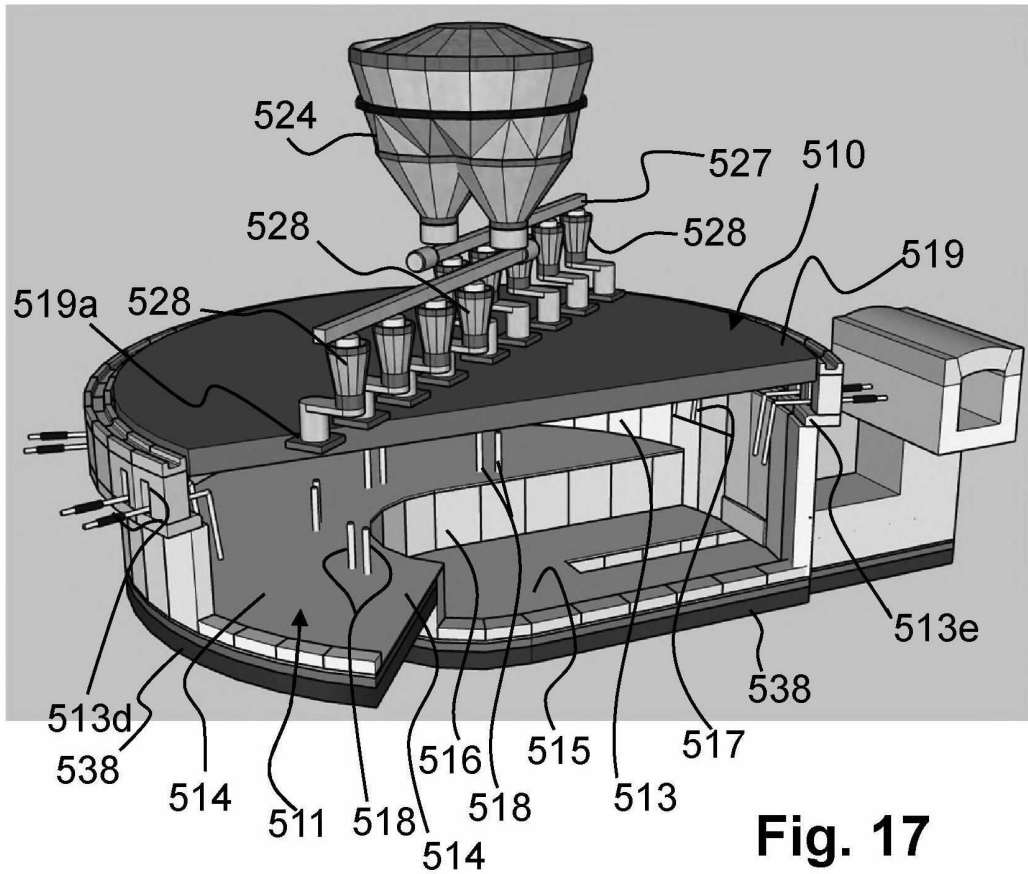


Fig. 17

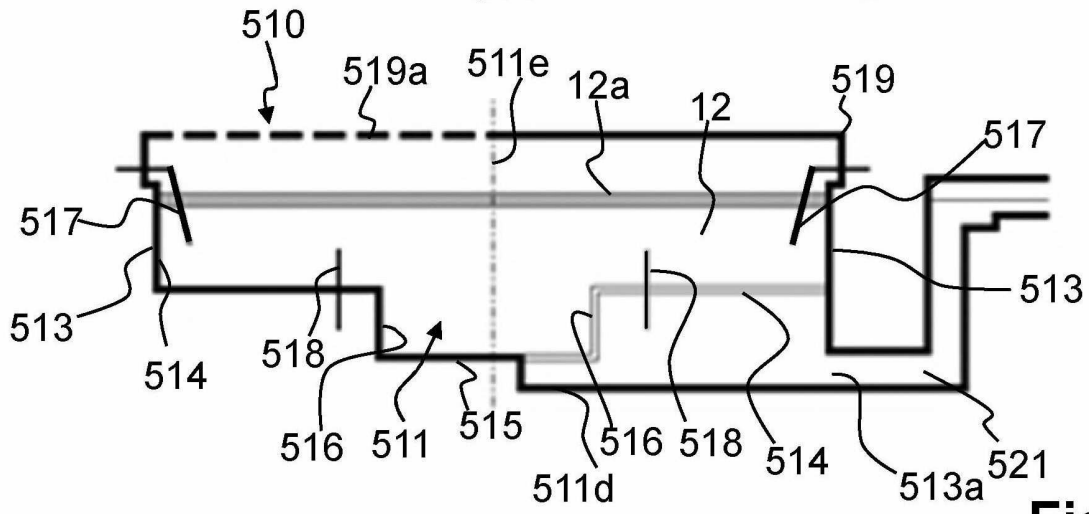


Fig. 18

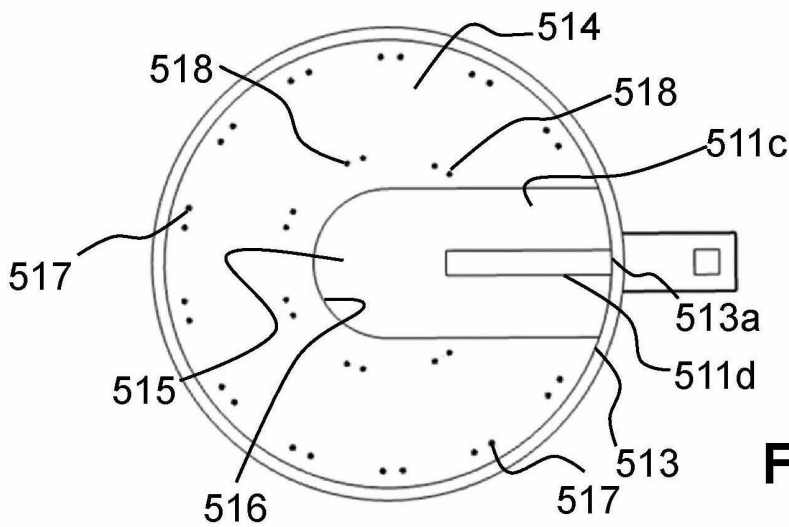


Fig. 19

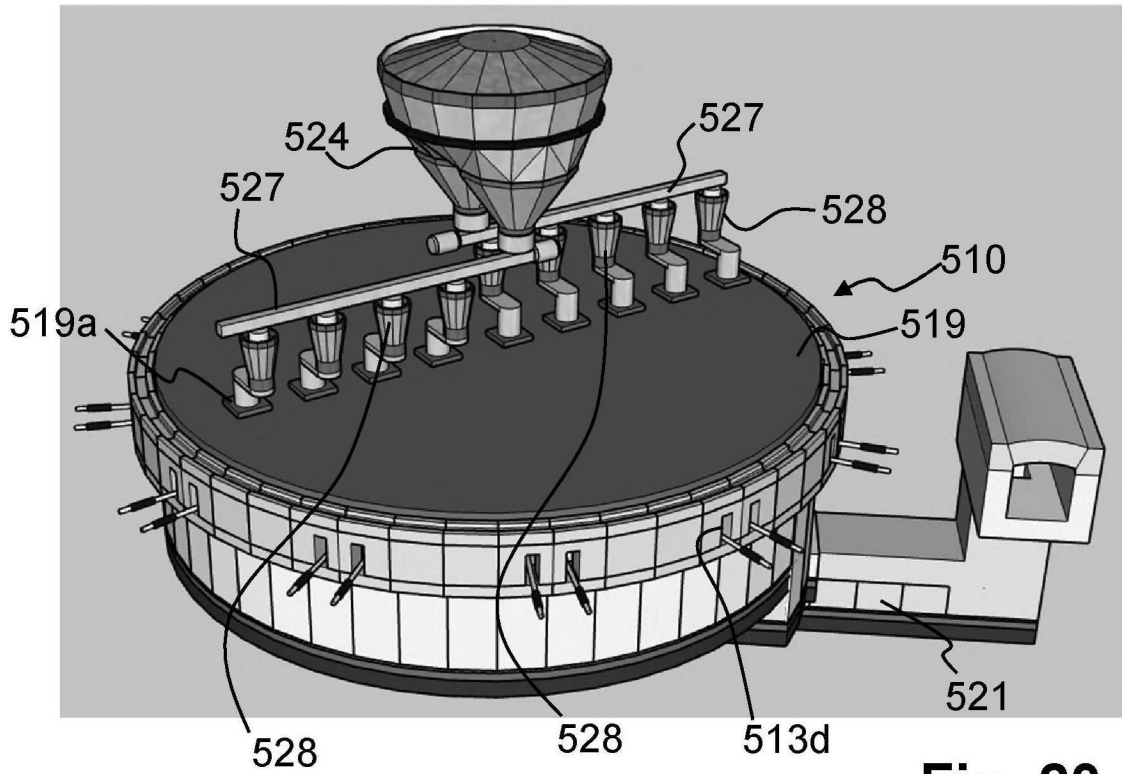


Fig. 20

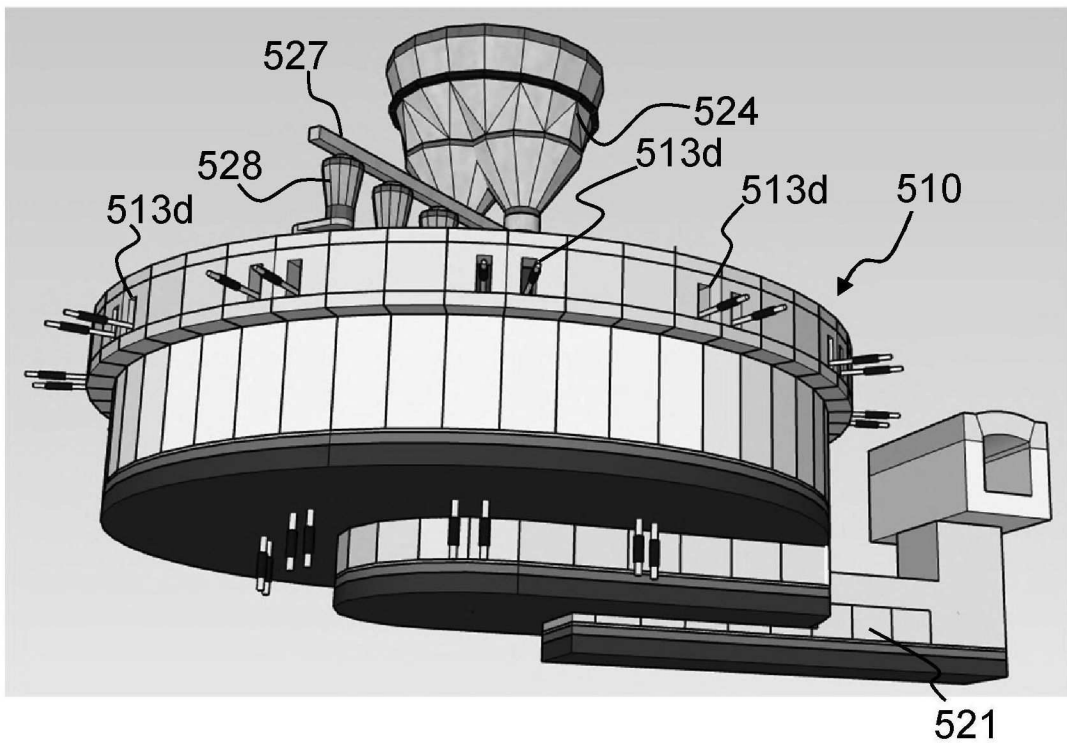


Fig. 21

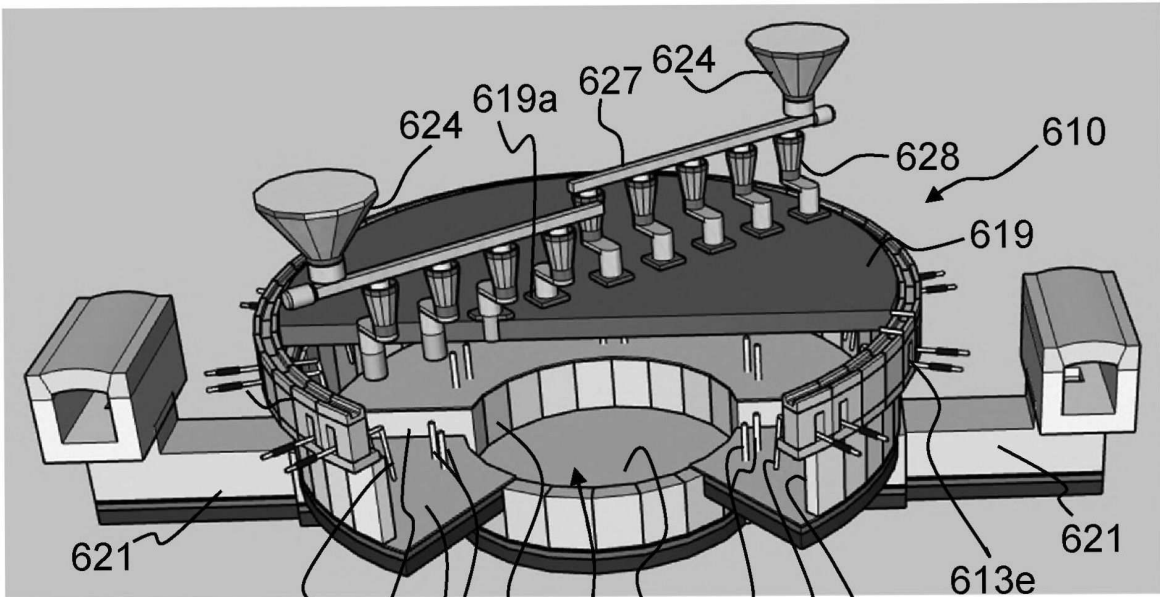


Fig. 22

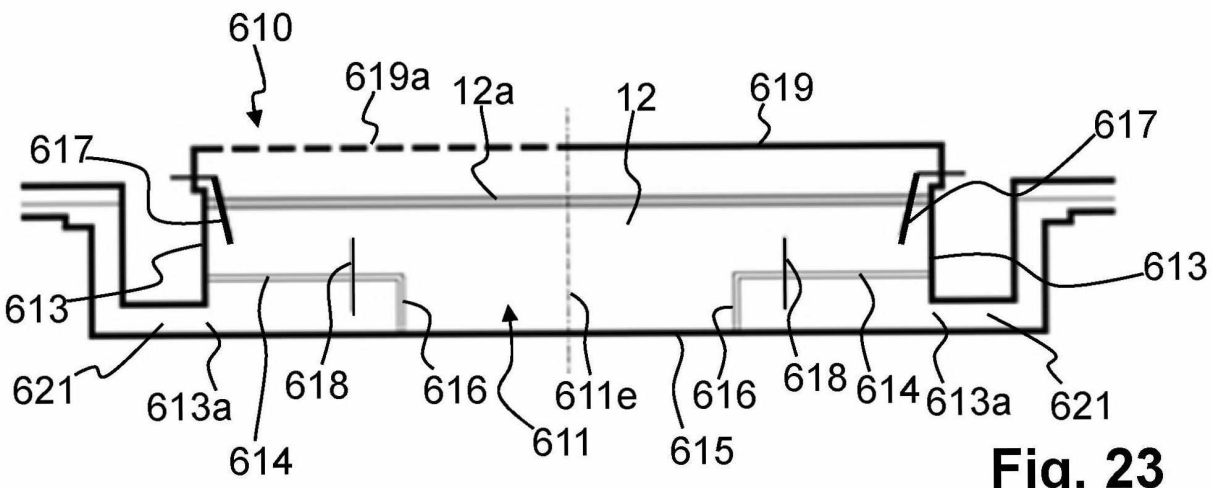


Fig. 23

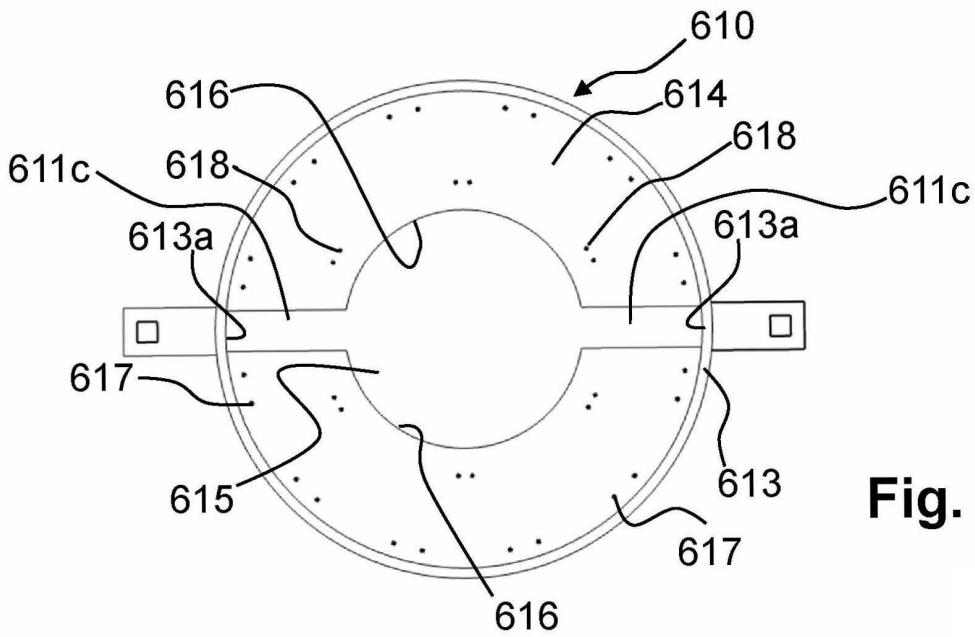


Fig. 24

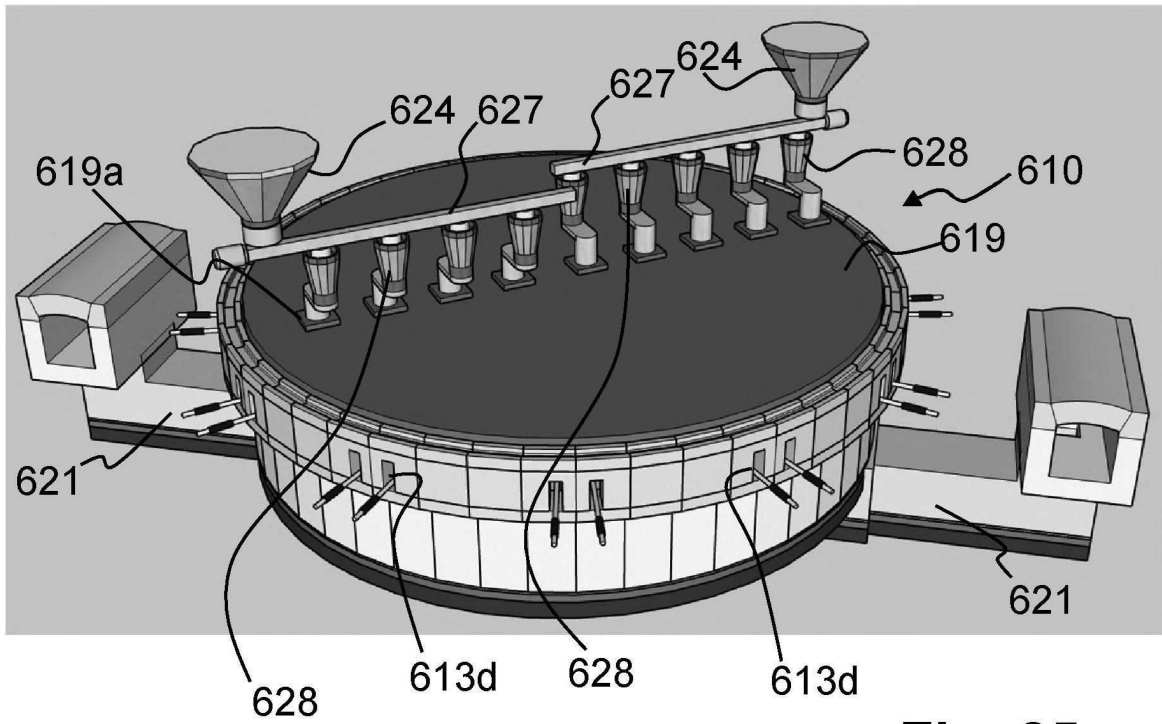


Fig. 25

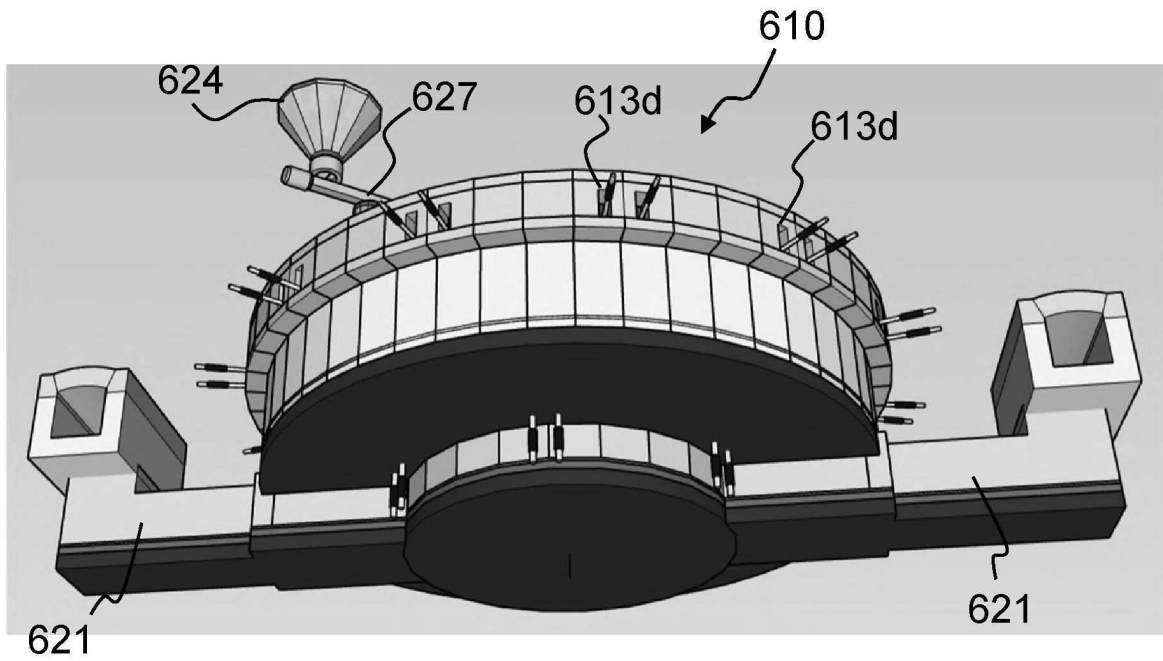
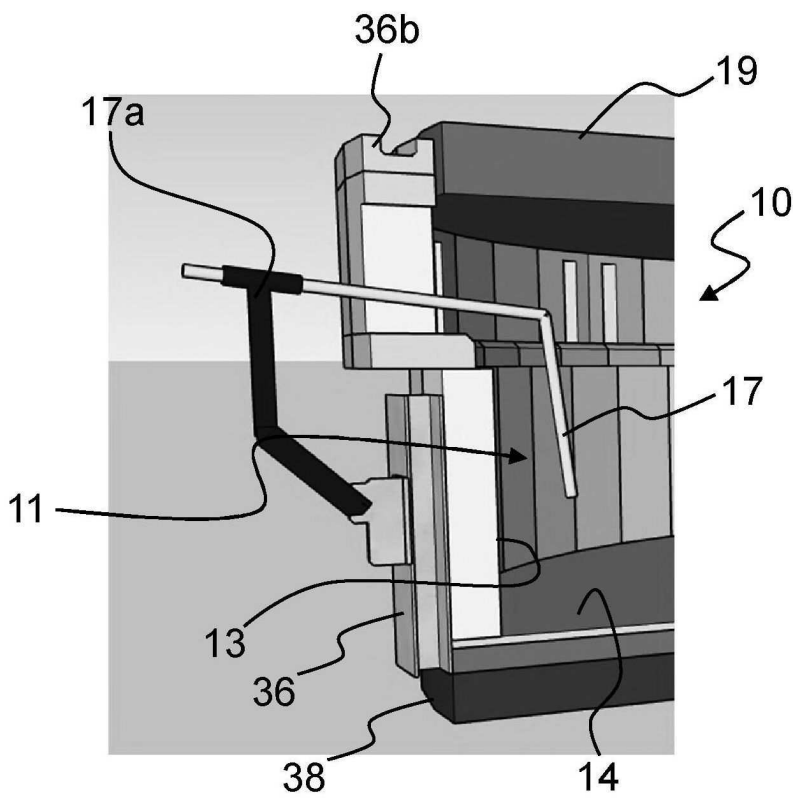
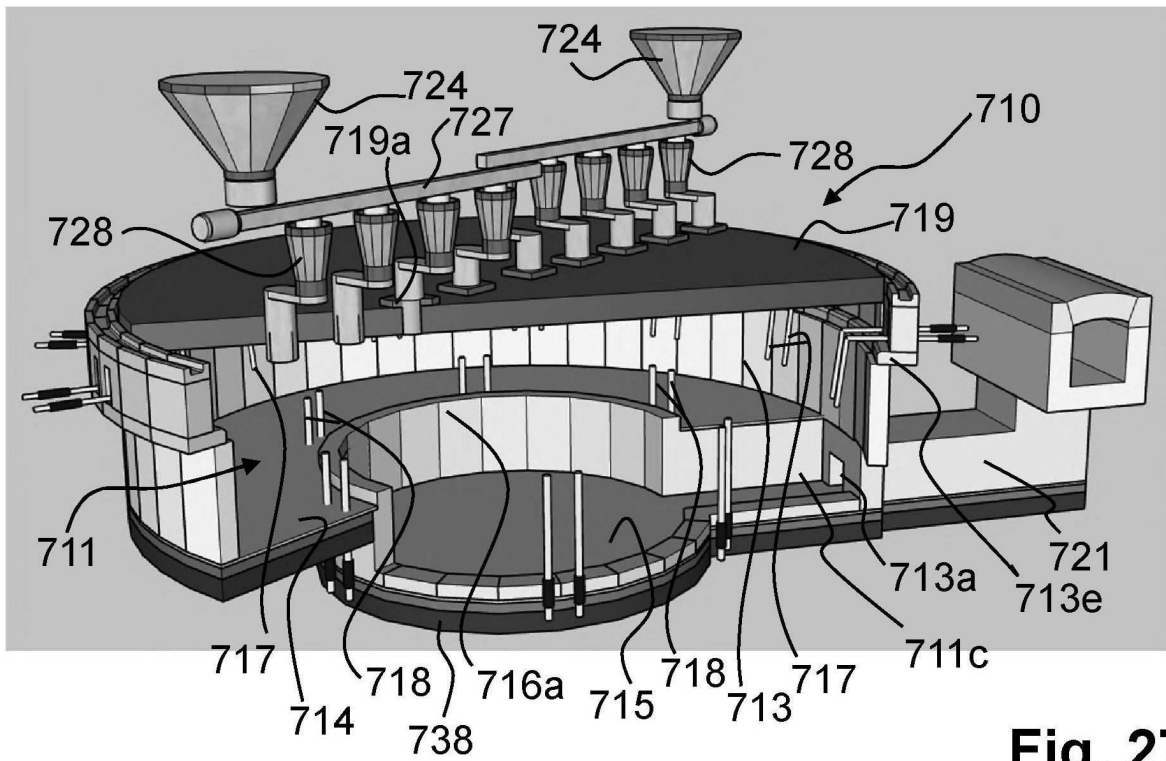


Fig. 26



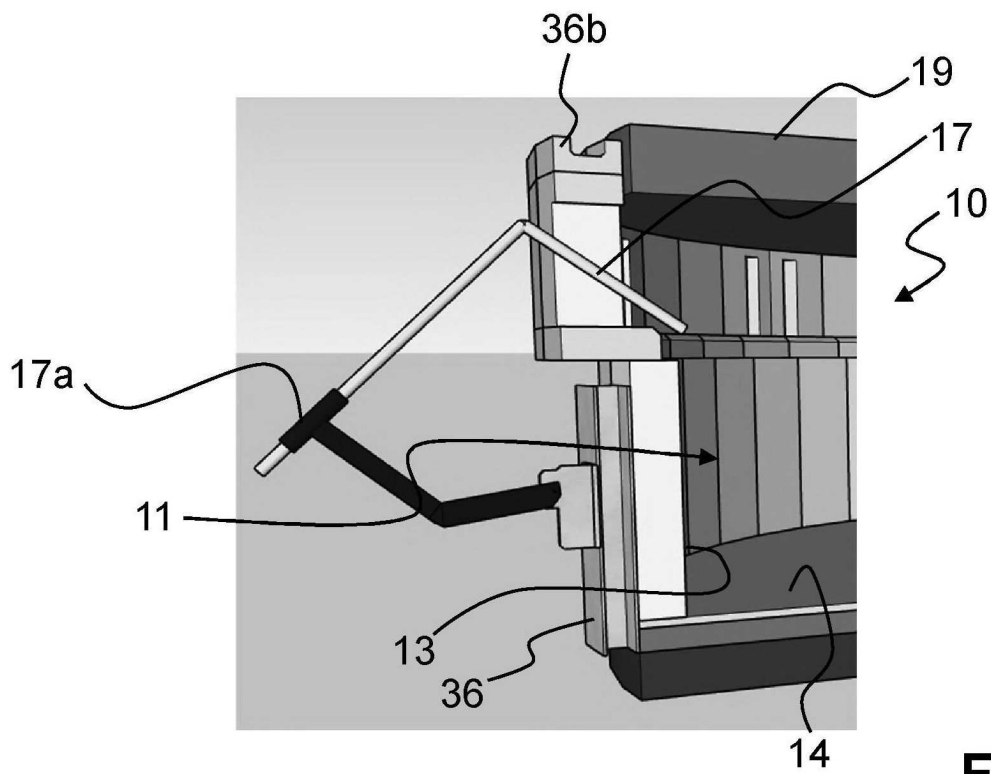


Fig. 29

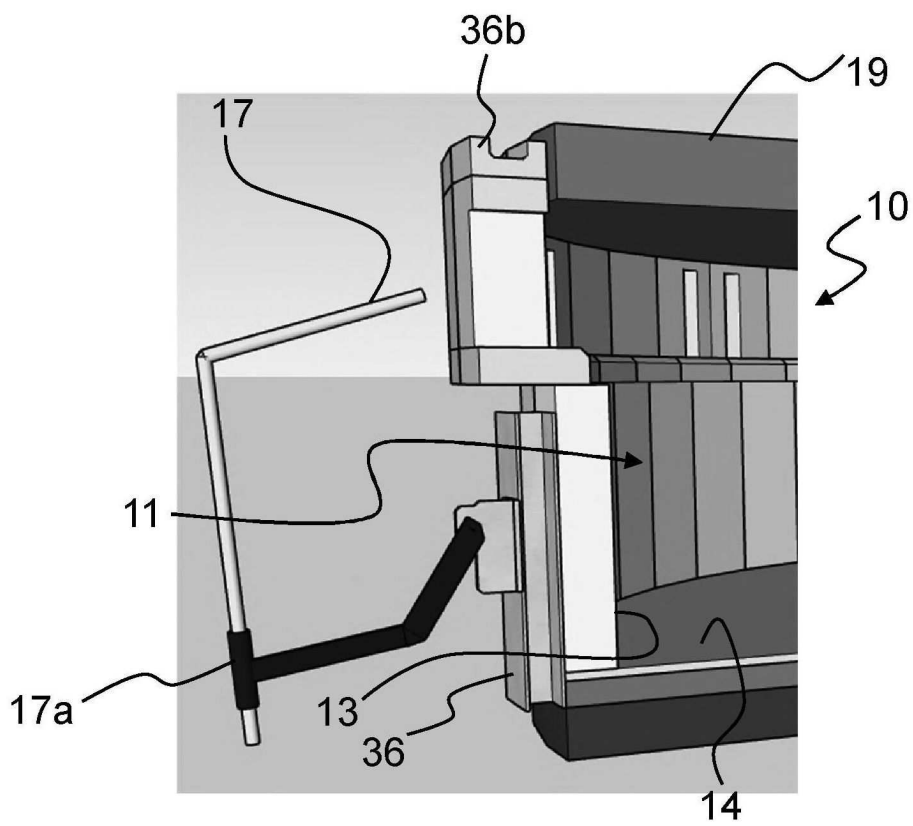


Fig. 30

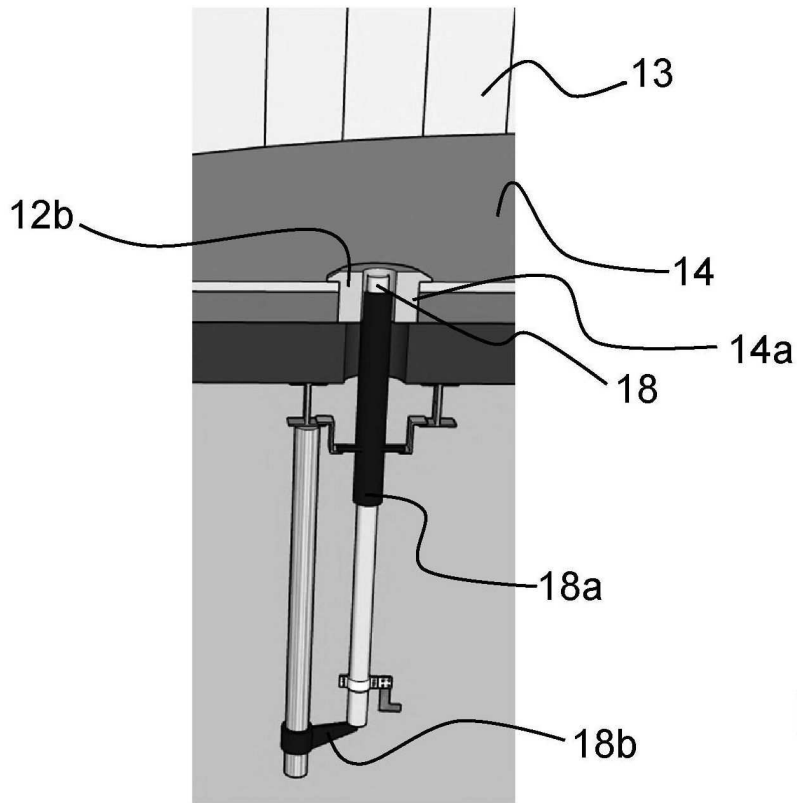


Fig. 31

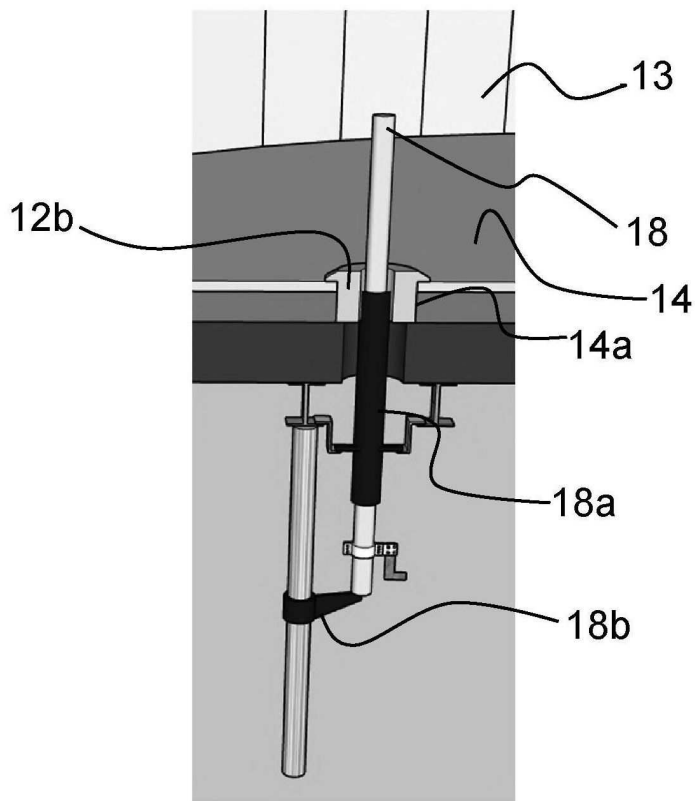


Fig. 32

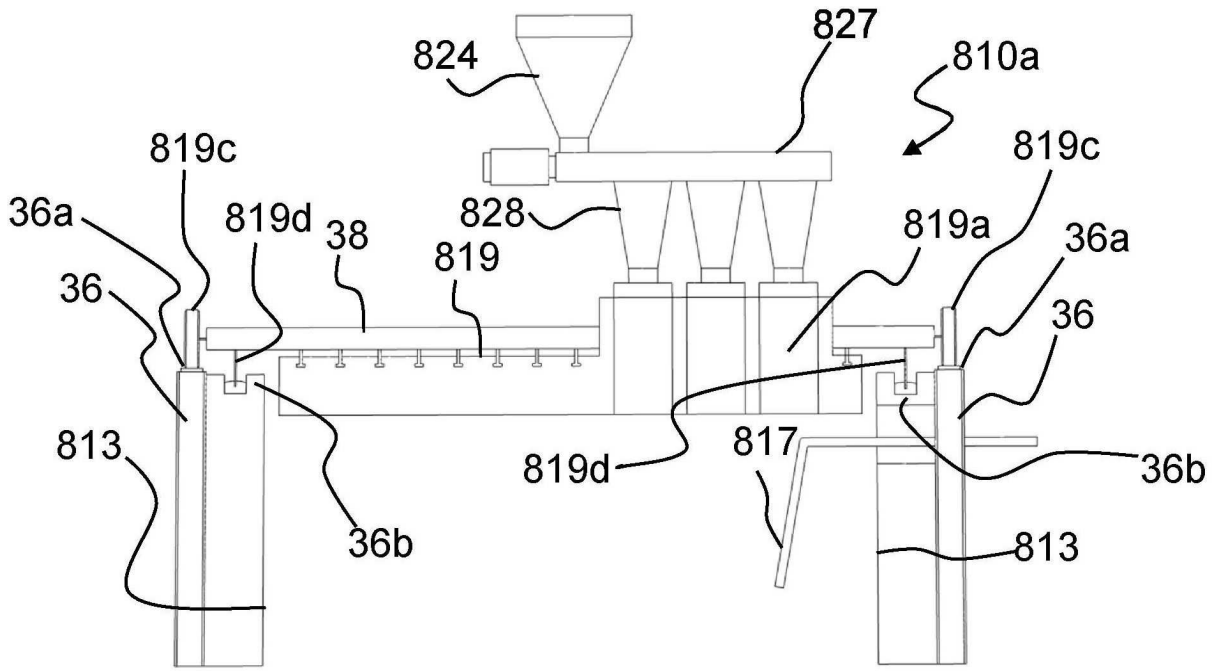


Fig. 33

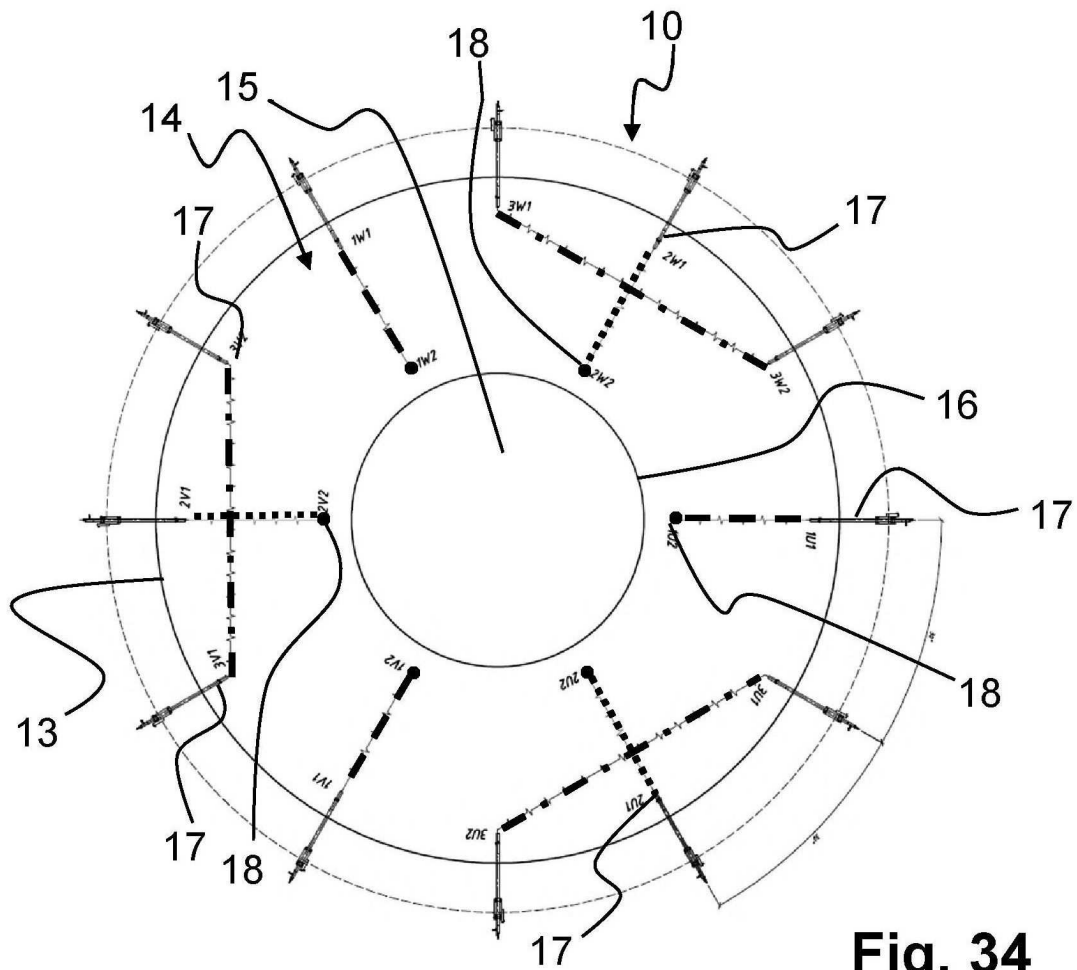


Fig. 34