



(10) **DE 20 2018 103 988 U1** 2018.08.30

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2018 103 988.1**

(22) Anmeldetag: **11.07.2018**

(47) Eintragungstag: **20.07.2018**

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **30.08.2018**

(51) Int Cl.: **C03B 5/027 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2018 110 343.3 30.04.2018

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

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

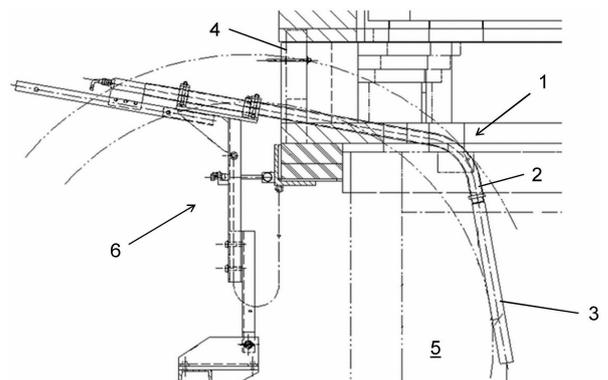
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Keil & Schaafhausen Patent- und Rechtsanwälte
PartGmbH, 60323 Frankfurt, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Elektrodenanordnung für Glasschmelzanlagen**

(57) Hauptanspruch: Elektrodenanordnung (1) für eine Glasschmelzanlage mit einer Metallelektrode aus einem hochschmelzenden Metall (3), beispielsweise einer Molybdän-elektrode, einem Elektrodenhalter (2) und einem Adapter (13), wobei der Elektrodenhalter (2) eine Kühlmittelführung (9) für ein Kühlmittel aufweist und der Adapter (13) eine Kühlmittelausnehmung (14) zur Aufnahme der Kühlmittelführung (9) aufweist, wobei der Elektrodenhalter (2) mit dem Adapter (13) und der Adapter (13) mit der Metallelektrode (3) verbunden ist, wobei die Kühlmittelführung (9) in den Adapter (13) mündet und der Adapter (13) eine Kontaktfläche (17) mit der Metallelektrode (3) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrodenanordnung für eine Glasschmelzanlage mit einer Metallelektrode, einem Elektrodenhalter und einem Adapter. Der Elektrodenhalter weist eine Kühlmittelführung auf und ist mit dem Adapter verbunden, der wiederum mit der Metallelektrode verbunden ist.

[0002] Zur Aufschmelzung des zugeführten Schmelzguts und zur Erhaltung der Schmelze müssen in Glasschmelzanlagen hohe Temperaturen im Bereich von etwa 1400 °C erreicht werden. Die Glasschmelze wird dabei in einem Schmelzbecken oder einer Schmelzwanne erzeugt. Eine entsprechende Glasschmelzanlage wird bspw. in der Druckschrift DE 10 2015 108 195 A1 beschrieben.

[0003] Zur Erzeugung der hohen Temperaturen werden neben einer Beheizung der Anlage durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe auch elektrische Zusatzheizungen verwendet, welche die elektrische Leitfähigkeit der Glasschmelzen nutzen.

[0004] Zur elektrischen Beheizung werden regelmäßig zwei Elektroden verwendet, welche typischerweise durch eine Wand des Schmelzbeckens in die Schmelze hineinragen. Über das Anlegen einer elektrischen Spannung an die Elektroden wird ein Stromfluss durch die Glasschmelze erzeugt, wobei die Stromleitung in der Glasschmelze Reibungswärme, die sogenannte Joule'sche Wärme, erzeugt. Die erzeugte Wärme ist dabei proportional zur Leistung des erzeugten Stromkreises und resultiert aus dem elektrischen Widerstand der Glasschmelze. Im Gegensatz zur indirekten Beheizung durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wird bei der elektrischen Beheizung die entstehende Wärme direkt in der Glasschmelze erzeugt. Daher besitzt die elektrische Beheizung einen hohen Wirkungsgrad.

[0005] Eine besondere Ausführung der strombeheizten Glasschmelzen stellen vollelektrische Schmelzbecken dar. Bei diesen Anlagen werden fossile Brennstoffe nur beim Anfahren der Anlage, also bei der erstmaligen Befüllung des Schmelzbeckens, verwendet. Nachdem sich eine Glasschmelze in dem Schmelzbecken gebildet hat, wird dieses ausschließlich über die Elektroden beheizt.

[0006] Solche vollelektrischen Glasschmelzanlagen werden üblicherweise kontinuierlich betrieben. Das Schmelzgut wird auf der Oberfläche der Glasschmelze abgelegt und isoliert dabei die Glasschmelze gegen Wärmeverluste durch Strahlung. In Bodennähe wird das geschmolzene Glas an dem in Strömungsrichtung liegenden Ende des Schmelzbeckens kontinuierlich aus der Schmelze abgezogen.

[0007] Als Elektrodenmaterial wird überwiegend Molybdän eingesetzt, da dies eine hohe thermische Standfestigkeit aufweist und gegenüber den konventionellen Zusammensetzungen der Glasschmelze in der Regel chemisch resistent ist. Molybdän ist allerdings anfällig gegenüber oxidativen Medien, bspw. der Umgebungsluft, und weist in Hinblick auf die hohen Temperaturen in Glasschmelzanlagen und der oberhalb der Glasschmelze liegenden oxidativen Atmosphäre nur eine geringe thermische Beständigkeit auf. Insbesondere oxidiert Molybdän typischerweise ab Temperaturen von 400 °C und raucht ab.

[0008] Aufgrund der Anfälligkeit der Molybdänelektrode hinsichtlich einer Oxidation bei höheren Temperaturen ist man bestrebt, die Elektrode so in die Glasschmelze einzuführen, dass die Elektrode oberhalb von 400 °C oberflächlich versiegelt und von der oxidativen Atmosphäre geschützt ist. Wird die Elektrode bspw. durch die Seitenwände oder durch die Bodenplatte des Schmelzbeckens seitlich oder von unten direkt in die Glasschmelze eingeführt, so kann man einen geringen Teil der hochviskosen Glasschmelze in den Spalt zwischen der Seitenwand oder der Bodenplatte und der Elektrode hineinfließen lassen, wodurch die Elektrode gegenüber der oxidativen Atmosphäre außerhalb der Glasschmelze geschützt ist. Dies wird auch durch den Fachmann auch als Versiegeln der Elektrode bezeichnet und stellt ein gängiges Verfahren zum Schutz der Molybdänelektrode dar.

[0009] Es ist allerdings bei vollelektrischen Glasschmelzanlagen von Vorteil, wenn die Elektroden nicht durch die Seitenwände oder die Bodenplatte des Schmelzbeckens, sondern von oben durch die Oberfläche der Glasschmelze und damit durch das aufliegende Schmelzgut in die Glasschmelze eingetaucht werden. Hierdurch können die Seitenwände und die Bodenplatte des Schmelzbeckens einfacher gestaltet werden, da keine Durchführungsbohrungen für die Elektroden vorgesehen werden müssen. Da die Elektroden ferner nicht durch die Seitenwände oder die Bodenplatte geschoben werden müssen, werden sowohl die Elektroden als auch die Seitenwände und die Bodenplatte geschont und die Wartung, der Austausch oder die Inspektion der Elektroden wird vereinfacht.

[0010] Problematisch an der Positionierung der Elektroden durch die Oberfläche der Glasschmelze und des dort aufliegenden Schmelzguts hindurch ist jedoch, dass die Elektrode außerhalb der Glasschmelze den hohen Temperaturen oberhalb des Schmelzbeckens und der dort vorherrschenden oxidativen Atmosphäre ausgesetzt ist. Insbesondere an der Verbindung der Metallelektrode an deren oberen Ende zu einem Elektrodenhalter wird häufig die kritische Temperatur von 400 °C überschritten, sodass die Metallelektrode angegriffen und deren Standzeit verringert wird.

[0011] Zum Schutz des Elektrodenhalters, der typischerweise aus Edelstahl besteht, ist es zudem nicht möglich, diesen dauerhaft innerhalb der Glasschmelze zu betreiben, da dieser von der Glasschmelze angegriffen wird. Daher müssen der Übergang der Metallelektrode zum Elektrodenhalter und der obere Teil der Metallelektrode selbst oberhalb der Glasschmelze angeordnet sein. Es wurde daher vorgeschlagen, den Elektrodenhalter sowie die Elektrode entsprechend zu kühlen, um zu gewährleisten, dass die Elektrode oberhalb der Glasschmelze, insbesondere an ihrer Verbindungsstelle zum Elektrodenhalter, nicht oxidiert bzw. korrodiert.

[0012] Ein Kühlsystem für eine Glasschmelz-Tauchelektrode ist aus den Druckschriften DE 195 08 433 C1 und EP 0 799 802 A1 bekannt, wobei das Kühlmittel nach der Rückführung durch den Ringspalt über eine Abzweigung in einen die Tauchelektrode umgreifenden Stützring geleitet wird.

[0013] Die Druckschrift EP 0 717 010 A2 beschreibt eine Elektrodenanordnung für Glas-Wannenöfen mit einem hülsenförmigen Elektrodenhalter, welcher die stabförmige Elektrode aufnehmen kann. Der Elektrodenhalter wird entlang seiner axialen Länge gekühlt und mit seiner unteren Stirnfläche bis unter die Glasschmelze geführt. Regelmäßig wird der Elektrodenhalter so positioniert, dass dieser etwa 50 mm oberhalb der Glasschmelze angeordnet ist.

[0014] Die Druckschrift DE 10 2006 041 106 A1 offenbart ein Elektrodensystem für Glasschmelzöfen, das aus einem oberhalb der Glasschmelze angeordneten Elektrodenhalter mit einer Kühlmittelführung und einer Elektrode besteht. Die Kühlmittelführung reicht bis in das obere Ende der Elektrode hinein und wird in der Elektrode bis unter die Oberfläche der Glasschmelze geführt. Ferner ist die Elektrode in diesem kühlbaren Bereich mit einer temperaturwechselbeständigen Keramik, einem Glas oder einem chemisch resistenten Refraktärmetall ummantelt.

[0015] Die Druckschrift DE 10 2004 031 242 B3 betrifft ebenfalls ein Elektrodensystem für Glasschmelzöfen mit einem Elektrodenhalter und einer Heizelektrode. Der Elektrodenhalter umfasst eine Kühlmittelführung, welches ein Kühlmittel in einen Hohlraum der Elektrode einspeist. Das Elektrodensystem umfasst ferner eine Kupplungseinrichtung, welche einen Wechsel der Heizelektrode erleichtert.

[0016] Alle oben beschriebenen Elektrodenhalter und -anordnungen für Glasschmelzöfen leiten das Kühlmittel direkt in die Metallelektroden ein. Es wurde jedoch beobachtet, dass Gaseinschlüsse im Kühlmittel oder das Ausbilden von Dampfblasen durch das Verdampfen des Kühlmittels innerhalb der Metallelektrode die Kühlwirkung reduzieren. Insbesondere für den Fall, dass die Gasanschlüsse oder Dampfbla-

sen an einer Stelle innerhalb der Metallelektrode verbleiben, führt die reduzierte Kühlwirkung regelmäßig zu einer lokal initiierten und sich dann ausbreitenden Korrosion der Metallelektrode von innen heraus.

[0017] Eine ähnliche Wirkung hat die Verwendung von Kühlwasser in unzureichender Qualität, da vorhandene Verunreinigungen im Kühlwasser bei den hohen Temperaturen die Korrosion der Metallelektrode beschleunigen können.

[0018] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Elektrodenanordnung für Glasschmelzanlagen mit einer verbesserten Kühlung der Metallelektrode bereitzustellen, welche eine geringere Korrosion der Metallelektrode und eine erhöhte Standzeit aufweist.

[0019] Diese Aufgabe ist durch die Elektrodenanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Insbesondere weist die Elektrodenanordnung eine Metallelektrode aus einem hochschmelzenden Metall, einem Elektrodenhalter und einen Adapter auf, wobei der Elektrodenhalter eine Kühlmittelführung aufweist und der Adapter eine z. B. als Bohrung gestaltete Kühlmittelausnehmung zur Aufnahme der Kühlmittelführung umfasst. Der Elektrodenhalter ist mit dem Adapter verbunden, der wiederum mit der Metallelektrode verbunden ist. Erfindungswesentlich ist, dass die Kühlmittelführung in den Adapter mündet und der Adapter eine Kontaktfläche mit der Metallelektrode aufweist.

[0020] Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, statt einer direkten Kühlung der Metallelektrode durch das über die Kühlmittelführung eingespeiste Kühlmittel eine indirekte Kühlung über den Adapter vorzusehen. Das Kühlmittel und die Kühlmittelführung sind daher vollständig im Adapter angeordnet bzw. geführt, die Metallelektrode kommt mit dem Kühlmittel nicht in Kontakt. Das elektrodenseitige Ende der Kühlmittelführung wird durch die Kühlmittelausnehmung des Adapters vollständig aufgenommen. Dadurch wird eine Korrosion der Metallelektrode durch unzureichende Kühlung oder durch Verunreinigungen im Kühlmittel selbst vermieden. Mit der Erfindung führen auch Dampfblasen oder Gaseinschlüsse im Kühlmittel nicht zu einer lokalen Korrosion der Metallelektrode, da die Kühlleistung über den mit der Metallelektrode im Wärmeaustausch stehenden Adapter verteilt wird.

[0021] Ein hochschmelzendes Metall im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein Metall mit einem Schmelzpunkt von oberhalb 1400 °C bei 1 bar, so dass die Metallelektrode thermisch gegenüber der Glasschmelze stabil ist. Hochschmelzend sind also unter anderem die Metalle Platin, Ruthenium, Rhodium, Osmium, Iridium, Zirconium, Hafnium, Chrom, Molybdän und Wolfram. Ein bevorzugtes Metall ist

Molybdän, welches über eine ausreichend hohe thermische Standfestigkeit verfügt und gegenüber der Zusammensetzung der Glasschmelze chemisch unempfindlich ist.

[0022] Der Adapter besteht vorzugsweise aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit von mehr als 90 W/(mK). Geeignete Metalle sind insbesondere Cobalt (100 W/(mK)), Rhodium (150 W/(mK)), Iridium (150 W/(mK)), Ruthenium (120 W/(mK)) und Wolfram (170 W/(mK)). Aufgrund der chemischen Stabilität ist dabei besonders bevorzugt ein Adapter bestehend aus Kupfer, welches eine Wärmeleitfähigkeit von 400 W/(mK) und zudem eine sehr gute elektrische Leitfähigkeit ($58 \cdot 10^6$ S/m) aufweist.

[0023] Es ist bevorzugt, wenn der Adapter zusätzlich mit dem Elektrodenhalter im Wärmeaustausch steht, sodass auch der Elektrodenhalter von dem Adapter gekühlt wird und durch die herabgesetzte Temperatur weniger anfällig gegenüber den hohen Temperaturen in der Glasschmelzanlage ist.

[0024] In einem Ausführungsbeispiel weist der Elektrodenhalter ein äußeres Halterrohr, das beispielsweise aus Edelstahl besteht, und ein innen liegendes Innenrohr auf. Vorzugsweise besitzt das Innenrohr die Innenausnehmung zur Aufnahme des Adapters.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltung wird der Adapter vollständig vom Elektrodenhalter und der Metallelektrode umschlossen. Mit anderen Worten bilden der beispielsweise im Wesentlichen zylindrische Elektrodenhalter und die beispielsweise im Wesentlichen zylindrische Metallelektrode eine Einhausung für den Adapter. Dies lässt sich beispielsweise dadurch erreichen, dass Elektrodenhalter und die Metallelektrode jeweils eine Innenausnehmung aufweisen, in welche jeweils ein Teil des Adapters eingesetzt werden kann. Die Innenausnehmung des Elektrodenhalters und/oder der Metallelektrode sind im Wesentlichen zylindrisch geformt. Dadurch kommt der Adapter im Betrieb weder mit der Glasschmelze noch mit der oxidativen Atmosphäre oberhalb der Glasschmelze in Kontakt und ist daher geschützt. Durch die dabei entstehende hohe Kontaktfläche zwischen Adapter, Elektrodenhalter und Metallelektrode wird ferner eine besonders gute Wärmeübertragung zwischen dem Adapter und dem Elektrodenhalter sowie dem Adapter und der Metallelektrode erreicht.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Elektrodenanordnung ist der Außendurchmesser der beispielsweise hohlzylindrisch gestaltete Kühlmittelführung derart an den Innendurchmesser der Kühlmittelausnehmung des Adapters angepasst, dass zwischen dem Außendurchmesser der Kühlmittelführung und dem Innendurchmesser der Kühlmittelausnehmung ein Ringspalt zur Rückführung des Kühl-

mittels verbleibt. Dies ermöglicht eine konstruktiv einfache Ausführung der Kühlung unter Ausbildung eines entsprechenden Kühlmittelkreislaufes. Ferner wird eine hohe Kühlleistung erreicht, da das Kühlmittel zunächst an der Metallelektrode zugewandten Seite der Kühlmittelführung mit dem Adapter in Kontakt tritt. Dadurch kommt es nur zu einer geringen Aufwärmung des Kühlmittels in der Kühlmittelführung bis zur Mündung in den Adapter.

[0027] Nach einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Elektrodenanordnung erstreckt sich die Kühlmittelausnehmung über 80% bis 98%, insbesondere 90% \pm 5% der axialen Länge des Adapters. Entsprechend kann sich auch die Kühlmittelführung über 78% bis 90%, insbesondere 84% \pm 5% der axialen Länge des Adapters erstrecken. Dabei ist es bevorzugt, wenn die Kühlmittelführung sich über ein möglichst großes Volumen des Adapters erstreckt, da so das Kühlmittel an dem der Metallelektrode zugewandten Ende des Adapters mit diesem in Kontakt tritt. Ferner wird der Adapter im Wesentlichen über seine gesamte Länge gekühlt, was ebenfalls die Kühlleistung erhöht.

[0028] Es ist ferner bevorzugt, wenn die Metallelektrode eine Innenausnehmung aufweist deren Innenkontur passend zur Außenkontur des darin eingesetzten Adapters ausgestaltet ist. Mit anderen Worten wird in demjenigen Bereich, in welchen der Adapter in die Metallelektrode hineinragt, ein Formschluss zwischen der Außenkontur des Adapters und der Innenkontur der Metallelektrode erreicht. Da damit die Kontaktfläche zwischen dem Adapter und der Metallelektrode maximiert wird, erhöht dies den Wärmeaustausch zwischen Adapter und Metallelektrode und die Kühlleistung.

[0029] Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn der Adapter mit 40% bis 60%, insbesondere 48% \pm 5% seiner axialen Länge in die Innenausnehmung der Metallelektrode hineinragt. Auch hier gilt, dass bei einem hohen Anteil der axialen Länge des Adapters, der in die Metallelektrode hineinragt, die Kontaktfläche zwischen Adapter Metallelektrode maximiert wird, was die Kühlleistung erhöht. Es ist jedoch bevorzugt, wenn der Adapter lediglich mit 50% \pm 10% seiner axialen Länge in die Innenausnehmung der Metallelektrode hineinragt und entlang der restlichen axialen Länge in den Elektrodenhalter hineinragt. Dies erhöht zum einen die Stabilität der Verbindung zwischen Metallelektrode und Adapter sowie zwischen Elektrodenhalter und Adapter und führt gleichzeitig zu einer im Wesentlichen gleichmäßigen Verteilung der Kühlleistung auf das dem Elektrodenhalter zugewandten Ende der Metallelektrode und das der Metallelektrode zugewandte Ende des Elektrodenhalters. Entsprechend wird bei dieser bevorzugten Ausführungsform die Verbindung zwischen

Elektrodenhalter und Metallelektrode über den Adapter besonders effizient gekühlt.

[0030] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Metallelektrode mit dem Adapter über ein Gewinde verbunden. Dabei ist besonders bevorzugt, wenn die Metallelektrode ein, vorzugsweise innerhalb der Innenausnehmung ausgestaltetes, Innengewinde und der Adapter ein zu dem Innengewinde passend ausgestaltetes Außengewinde aufweist. Die Gewindeverbindung stellt dabei nicht nur eine einfach herzustellende und wieder zu lösende Verbindung bereit, sondern sie erhöht auch die Kontaktfläche zwischen Adapter und Metallelektrode und erhöht so den Wärmeaustausch und die Kühlleistung.

[0031] In Weiterführung dieses Gedankens erfolgt auch die Verbindung zwischen Elektrodenhalter und Adapter über eine Gewindeverbindung, wobei wiederum der Elektrodenhalter eine Innenausnehmung mit entsprechendem Innengewinde und der Adapter ein passend dazu ausgestaltetes Außengewinde aufweist und in die entsprechende Innenausnehmung einsetzbar ausgestaltet ist. Damit werden auch hier die oben beschriebenen Vorteile erreicht.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform ist der Adapter an seinem der Metallelektrode zugewandten Ende zylindrisch und/oder konisch verjüngt, d.h. der Adapterläuft an diesem Ende konisch zu und/oder ist zylindrisch abgestuft gestaltet. Dies ist insbesondere dann bevorzugt, wenn die Kühlmittelführung in den konisch zulaufenden Bereich des Adapters mündet. In diesem Fall verringert die konische Form die Wandstärke des Adapters in diesem Bereich, ohne die Stabilität des Adapters zu verringern. Aufgrund der geringen Wandstärke in diesem Bereich ist der Wärmeaustausch zwischen dem Kühlmittel und der Metallelektrode über den Adapter besonders schnell und effizient. Auch wird ein Einsetzen des Adapters in eine entsprechende Ausnehmung im Elektrodenhalter und der Metallelektrode durch die konische Form vereinfacht.

[0033] Schließlich betrifft die Erfindung auch eine Glasschmelzanlage mit einer oben beschriebenen Elektrodenanordnung, wobei die Glasschmelzanlage ein Schmelzbecken mit einer darin aufgenommenen Glasschmelze aufweist und die Elektrodenanordnung derart positioniert ist, dass die Metallelektrode durch die Oberfläche der Glasschmelze in diese eintaucht.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung unabhängig von ihrer Zusam-

menfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbezügen.

[0035] Es zeigen schematisch:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Teils einer Glasschmelzanlage mit einer in die Glasschmelze eingetauchte Elektrode und zugehöriger Elektrodenanordnung,

Figur 2 Längsschnitt einer Elektrodenanordnung aus dem Stand der Technik,

Figur 3 Längsschnitt einer Elektrodenanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4 Ausschnitt einer Glasschmelzanlage mit einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung, und

Fig. 5 Querschnitt einer Glasschmelzanlage mit einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung.

[0036] **Fig. 1** zeigt eine Elektrodenanordnung **1** mit einem Elektrodenhalter **2** und einer Metallelektrode **3**. Die Elektrodenanordnung **1** wird hier seitlich durch eine Seitenwand **4** eines Schmelzbeckens einer Glasschmelzanlage eingeführt. Dabei taucht die Metallelektrode **3** in eine Glasschmelze **5** ein und kann über die außerhalb des Schmelzbeckens angeordnete Halterung **6** zur Wartung, Inspektion oder zum Austausch aus der Glasschmelze **5** herausgezogen werden.

[0037] **Fig. 2** zeigt einen Längsschnitt einer Elektrodenanordnung **1** aus dem Stand der Technik. Ein Elektrodenhalter **2** ist mit einer Metallelektrode **3** verbunden. Der Elektrodenhalter **2** weist ein Innenrohr **7** und ein das Innenrohr **7** umschließendes Halterrohr **8** auf. Vorzugsweise besteht das Innenrohr **7** aus Kupfer und das Halterrohr **8** aus Edelstahl. Ferner ist eine hohlzylindrisch gestaltete Kühlmittelführung **9** für ein Kühlmittel vorgesehen, welches durch den Elektrodenhalter **2** in die Metallelektrode **3** eingeleitet werden kann. Die Kühlmittelführung **9** wird über einen Haltering **10** im Innenrohr **7** des Elektrodenhalters **2** fixiert. Der Haltering **10** ist im Wesentlichen scheibenförmig ausgeführt und weist in seinem Zentrum eine passend zur Kühlmittelführung **9** ausgestaltete Ausnehmung auf. Da der Haltering **10** mit seiner radial äußeren Seite bündig an dem Innenrohr **7** anliegt, wird beim Einsetzen des Halterings **10** in das Innenrohr **7** und der Kühlmittelführung **9** in die Ausnehmung des Halterings **10** die Kühlmittelführung **9** zentrisch innerhalb des Innenrohrs **7** gehalten. Zur Kühlung der Metallelektrode **3** führt die Kühlmittelführung **9** das Kühlmittel einer Innenausnehmung **11** der Metallelektrode **3** zu. Hierbei kann es zu einer Korrosion der Metallelektrode **3** durch Gaseinschlüsse oder Verunreinigungen im Kühlwasser kommen.

[0038] In **Fig. 3** ist eine Elektrodenanordnung **1** gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt. Im Vergleich zu der aus dem Stand der Technik bekannten Anordnung gemäß der **Fig. 2** werden, insoweit möglich, die gleichen Bezugszeichen verwendet und es wird in diesem Zusammenhang auf die obige Beschreibung verwiesen.

[0039] Im Gegensatz zu der bekannten Ausführung, weist die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung **1** zusätzlich einen Adapter **13** auf, in welchen die Kühlmittelführung **9** mündet und deren elektrodenseitiges Ende vollständig aufnimmt. Dazu umfasst der Adapter **13** eine Kühlmittelausnehmung **14**, in welchen die Kühlmittelführung **9** hineinragt, wobei der Innendurchmesser der Kühlmittelausnehmung **14** und der Außendurchmesser der Kühlmittelführung **9** derart aufeinander abgestimmt sind, dass ein Ringspalt **12** ausgebildet wird, durch welchen das eingeleitete Kühlmittel aus dem Adapter **13** zurückgeführt werden kann. Der Adapter **13** steht ferner im Wärmeaustausch mit der Metallelektrode **3**, indem beide eine gemeinsame Kontaktfläche **17** aufweisen. Die Kontaktfläche **17** wird entlang der Außenkontur des Adapters **13** und der passend dazu ausgestalteten Innenkontur der Metallelektrode **3** gebildet. Der Adapter **13** ist im Wesentlichen zylinderförmig ausgestaltet, wobei der Adapter **13** an beiden mit den Grundflächen abgeschlossenen Enden konisch verjüngt ist.

[0040] Der Adapter **13** wird sowohl vom Elektrodenhalter **2** als auch von der Metallelektrode **3** aufgenommen, wozu der Elektrodenhalter **2** und die Metallelektrode **3** entsprechende Ausnehmungen aufweisen, deren Innenkontur passend zur Außenkontur des Adapters **13** im jeweiligen aufzunehmenden Bereich ausgestaltet ist. Die Innenkontur der Ausnehmungen ist entsprechend zylinderförmig gestaltet. In Richtung der Metallelektrode **3** bzw. des Elektrodenhalters **2** ist die Außenkontur des Adapters **13** sowie die Innenkontur der Ausnehmung der Metallelektrode **3** konisch ausgeführt. Dadurch wird der Adapter **13** gegenüber der Umgebung, insbesondere gegenüber der Glasschmelze, geschützt. Der Adapter **13** ist mit $50\% \pm 10\%$ seiner axialen Länge von dem Elektrodenhalter **2** und von der Metallelektrode **3** aufgenommen, sodass sowohl zum Elektrodenhalter **2** als auch zur Metallelektrode **3** ein Wärmeaustausch stattfindet, der die Kühlleistung im Wesentlichen gleichmäßig auf den Elektrodenhalter **2** und die Metallelektrode **3** verteilt.

[0041] Der Adapter **13** ist über eine erste Gewindeverbindung **15** mit dem Elektrodenhalter **2** verbunden. Diese bildet neben einer einfachen Montage eine große der Kontaktfläche zwischen Adapter **13** und Elektrodenhalter **2**, sodass ein hoher Wärmeaustausch zwischen Adapter **13** und Elektrodenhalter **2** erhalten wird. Die Gewindeverbindung **15** wird über ein Innengewinde am Innenrohr **7** des Elektrodenhal-

ters **2** und ein passend dazu ausgestaltetes Außengewinde am Adapter **13** bereitgestellt.

[0042] Zur Verbindung des Adapters **13** und der Metallelektrode **3** ist eine zweite Gewindeverbindung **16** vorgesehen. Diese wird durch ein am Adapter **13** vorgesehenes Außengewinde und ein passend dazu ausgestaltetes Innengewinde der Metallelektrode **3** gebildet. Mit der zweiten Gewindeverbindung **16** werden ebenfalls die im Zusammenhang mit der ersten Gewindeverbindung **15** beschriebenen Vorteile erreicht.

[0043] Insgesamt verhindert die Verwendung des oben beschriebenen Adapters **13** mit dem Kühlmittel die Korrosion (bzw. reduziert diese deutlich) und erhöht somit die Standzeit der Metallelektrode **3**.

[0044] **Fig. 4** zeigt einen Ausschnitt einer Glasschmelzanlage **18** mit einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung **1**. Die Glasschmelzanlage **18** umfasst ein Wannenbecken oder Schmelzbecken **19**, deren Seitenstein **20** und Boden **21** in **Fig. 4** gezeigt sind. Oberhalb des Schmelzbeckens **19** ist ein Wannenoberbau **22** vorgesehen, der Wärmeverluste an die Umgebung verringert.

[0045] Innerhalb des Schmelzbeckens **19** befindet sich die Glasschmelze **5**. Die Metallelektrode taucht durch die Oberfläche der Glasschmelze hindurch in die Glasschmelze **5** ein. Auf der Glasschmelze **5** befindet sich eine Gemengeabdeckung **23**, welche eine geringere Dichte als die Glasschmelze **5** selbst und eine geringe Wärmeleitfähigkeit (unterhalb 1 W/mK) aufweist. Dadurch werden Wärmeverluste der Glasschmelze **5** minimiert.

[0046] Das Schmelzbecken **19** wird zumindest teilweise von einem Wannenstahl **24** umhüllt. Die Elektrodenanordnung **1** wird mit einer Halterung **25** derart gehalten, dass die Metallelektrode **3** durch die Gemengeabdeckung **23** in die Glasschmelze **5** eingetaucht beziehungsweise aus der Schmelze herausgezogen werden kann. Ferner umfasst die Halterung **25** eine elektrische Zuleitung, um die Metallelektrode **3** mit einem Heizstrom zu versorgen, und eine Zuleitung für Kühlmittel, welche in die Kühlmittelführung **9** mündet.

[0047] Die Halterung **25** ist über zwei Schwenkarme **25a** seitlich an dem Wannenstahl **24** angebracht, sodass die Halterung **25** verschwenkt werden kann, wodurch die Metallelektrode **3** aus der Glasschmelze **5** entfernt wird.

[0048] **Fig. 5** zeigt eine Glasschmelzanlage **18** mit mehreren erfindungsgemäßen Elektrodenanordnungen **1**. Neben den bereits oben beschriebenen Teilen umfasst die Glasschmelzanlage **18** eine Gemengebeschickungseinrichtung **26**, einen Schmelzenaus-

lass **27**, einen Steigschacht **28** und einen Auslasskanal **29**. Im Folgenden soll die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Glasschmelzanlage **18** kurz erläutert werden.

[0049] Nach dem Anfahren der Anlage kann ein Stromfluss zwischen den auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Glasschmelzanlage **18** angeordneten Metallelektroden **3** erzeugt werden. Dadurch wird unter Ausnutzung eines hohen Wirkungsgrads die Glasschmelze **5** beheizt und die Glasschmelzanlage **18** kann kostengünstig betrieben werden.

[0050] Während des Betriebs wird von einer Gemengebeschickungseinrichtung **26** Gemenge in Form von Rohstoffen und/oder Glasscherben der Glasschmelze **5** zugeführt. Die Gemengebeschickungseinrichtung **26** ist dafür oberhalb des Schmelzbeckens **19** und des Wannenoberbaus **22** angeordnet. Das Gemenge bildet auf der Glasschmelze zunächst die oben erwähnte Gemengeabdeckung **23**. Durch Wärmeübertragung von der Glasschmelze **5** auf die Gemengeabdeckung **23** schmilzt das Glasgemenge und gelangt sukzessive als Schmelze in die Glasschmelze **5**.

[0051] Im unteren Bereich der Glasschmelze **5**, am Ende des Schmelzbeckens **19** befindet sich ein Schmelzenauslass **27**, über den die Schmelze aus dem Schmelzbecken **19** abgezogen wird. Anschließend fließt die Schmelze über einen Steigschacht **28** in einen Auslasskanal **29** von welchem die Schmelze entnommen und abgekühlt werden kann.

17	Kontaktfläche
18	Glasschmelzanlage
19	Schmelzbecken
20	Seitenstein
21	Boden
22	Wannenoberbau
23	Gemengedeckung
24	Wannenstahl
25	Halterung
26	Gemengebeschickungseinrichtung
27	Schmelzenauslass
28	Steigschacht
29	Auslasskanal

Bezugszeichenliste

1	Elektrodenanordnung
2	Elektrodenhalter
3	Metallelektrode
4	Seitenwand
5	Glasschmelze
6	Halterung
7	Innenrohr
8	Halterohr
9	Kühlmittelführung
10	Haltering
11	Innenausnehmung
12	Ringspalt
13	Adapter
14	Kühlmittelausnehmung
15	erste Gewindeverbindung
16	zweite Gewindeverbindung

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

- DE 102015108195 A1 [0002]
- DE 19508433 C1 [0012]
- EP 0799802 A1 [0012]
- EP 0717010 A2 [0013]
- DE 102006041106 A1 [0014]
- DE 102004031242 B3 [0015]

Schutzansprüche

1. Elektrodenanordnung (1) für eine Glasschmelzanlage mit einer Metallelektrode aus einem hochschmelzenden Metall (3), beispielsweise einer Molybdänelektrode, einem Elektrodenhalter (2) und einem Adapter (13), wobei der Elektrodenhalter (2) eine Kühlmittelführung (9) für ein Kühlmittel aufweist und der Adapter (13) eine Kühlmittelausnehmung (14) zur Aufnahme der Kühlmittelführung (9) aufweist, wobei der Elektrodenhalter (2) mit dem Adapter (13) und der Adapter (13) mit der Metallelektrode (3) verbunden ist, wobei die Kühlmittelführung (9) in den Adapter (13) mündet und der Adapter (13) eine Kontaktfläche (17) mit der Metallelektrode (3) aufweist.

2. Elektrodenanordnung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (13) aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit von mehr als 90 W/(mK) besteht.

3. Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (13) vollständig von dem Elektrodenhalter (2) und der Metallelektrode (3) umschlossen ist.

4. Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Außendurchmesser der Kühlmittelführung (9) derart dem Innendurchmesser der Kühlmittelausnehmung (14) angepasst ist, dass zwischen dem Außendurchmesser der Kühlmittelführung (9) und dem Innendurchmesser der Kühlmittelausnehmung (14) ein Ringspalt (12) zur Rückführung des Kühlmittels verbleibt.

5. Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlmittelausnehmung (14) sich über 80% bis 98% der axialen Länge des Adapters (13) erstreckt.

6. Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallelektrode (3) eine Innenausnehmung zur Aufnahme des Adapters (13) aufweist und dass die Außenkontur des Adapters (13) passend zur Innenkontur der Innenausnehmung ausgestaltet ist.

7. Elektrodenanordnung (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (13) mit 40% bis 60% seiner axialen Länge in die Innenausnehmung hineinragt.

8. Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallelektrode (3) mit dem Adapter (13) über ein Gewinde (16) verbunden ist, vorzugsweise weist die Metallelektrode (3) ein Innengewinde und der Adapter (13) ein zu dem Innengewinde passend ausgestaltetes Außengewinde auf.

9. Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (13) an seinem der Metallelektrode (3) zugewandten Ende konisch verjüngt ist.

10. Glasschmelzanlage (18) mit einer Elektrodenanordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Glasschmelzanlage (18) ein Schmelzbecken (19) mit einer darin angeordneten Glasschmelze (5) aufweist, wobei die Elektrodenanordnung (1) derart positioniert ist, dass die Metallelektrode (3) durch die Oberfläche der Glasschmelze (5) in diese eintaucht.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

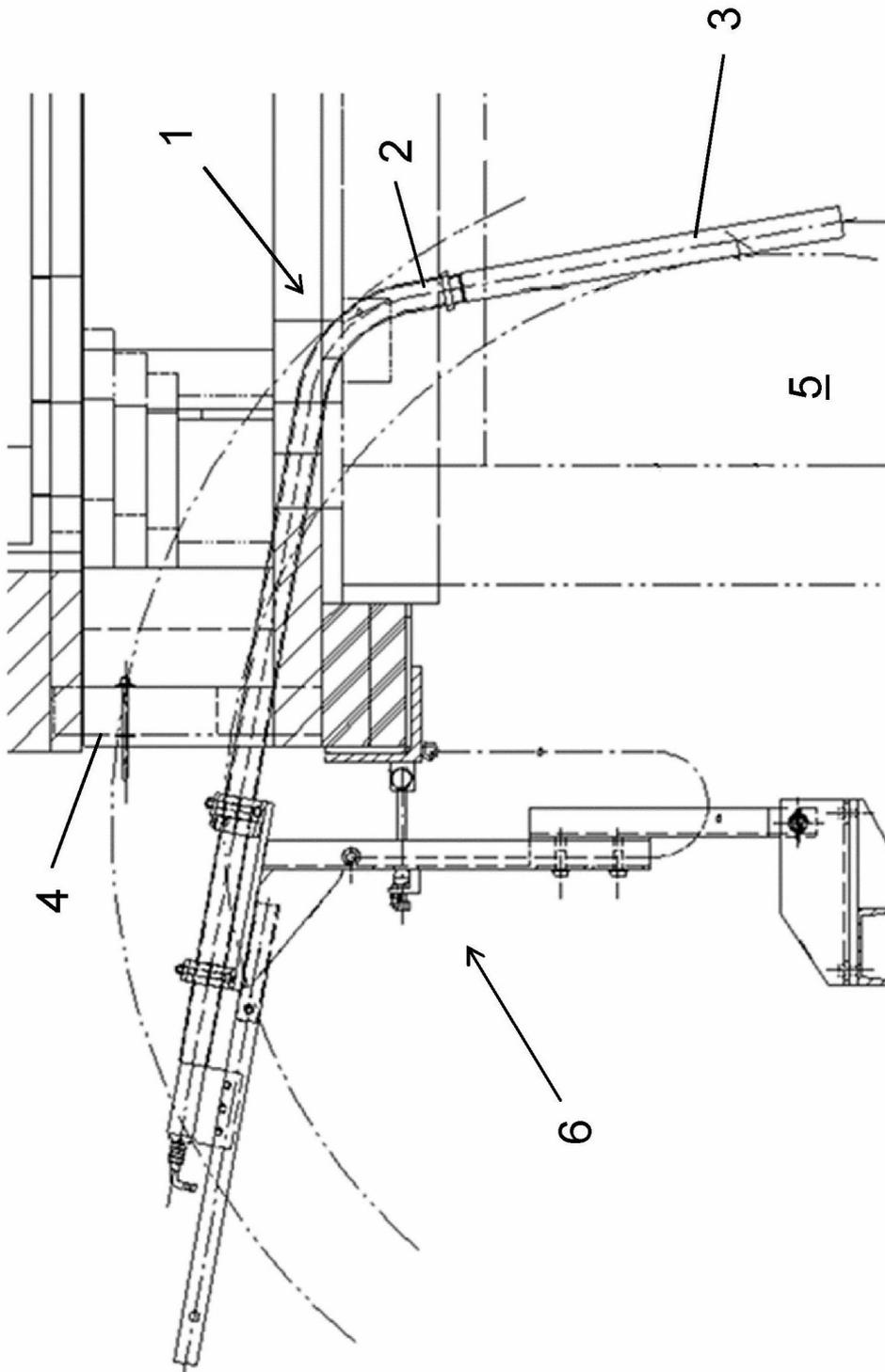


Fig. 1

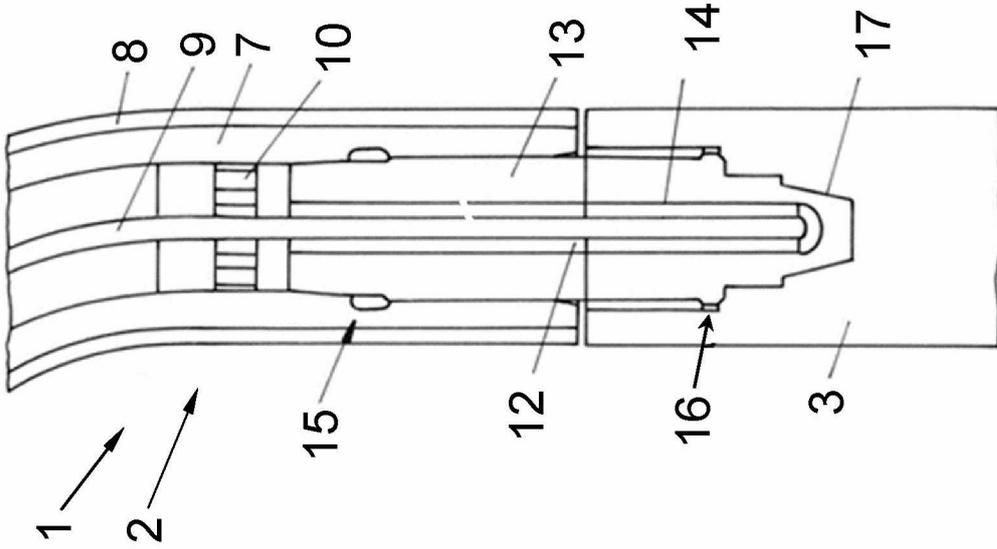


Fig. 3

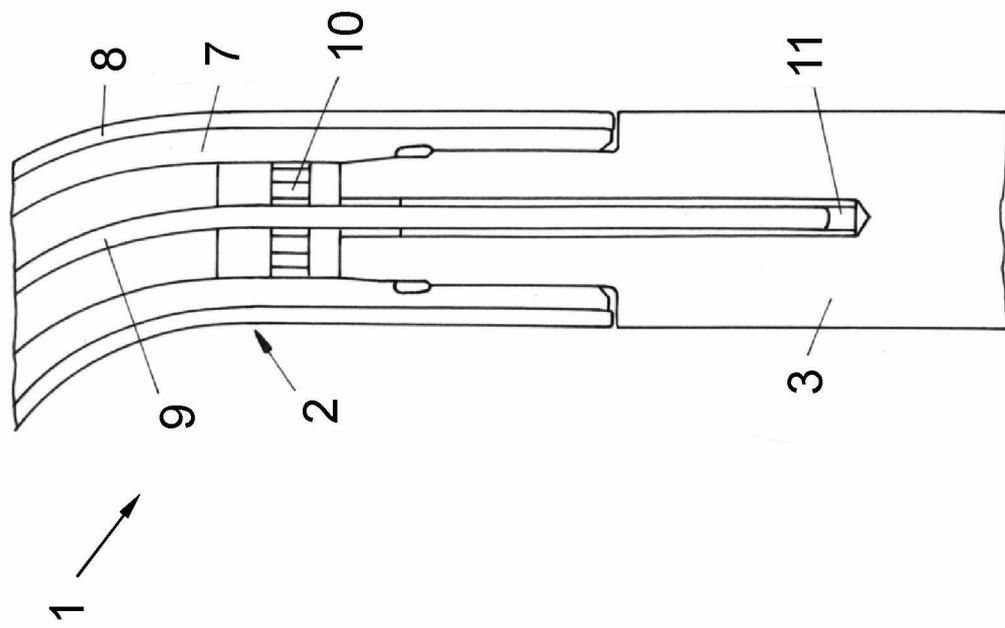
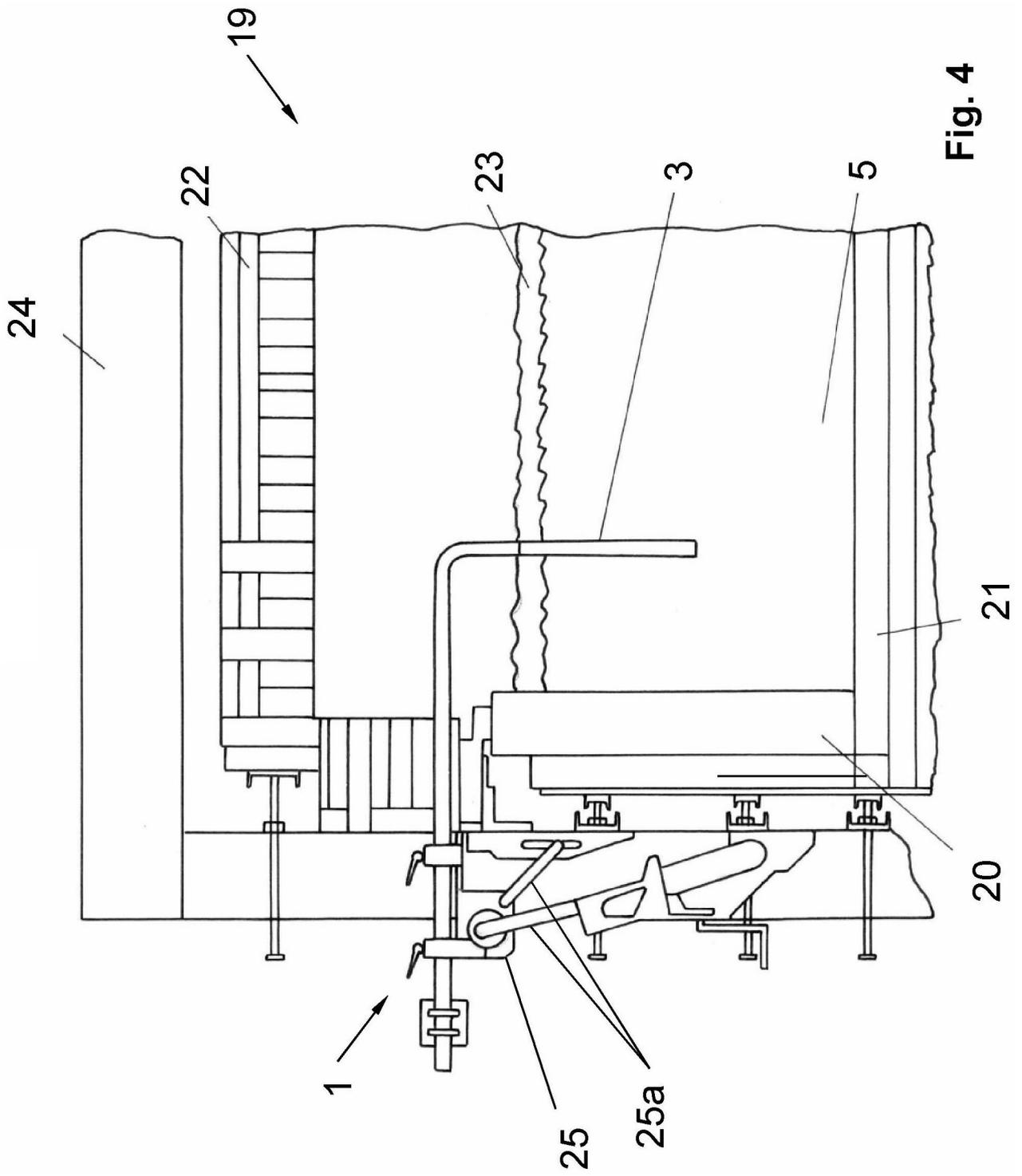


Fig. 2

Stand der Technik



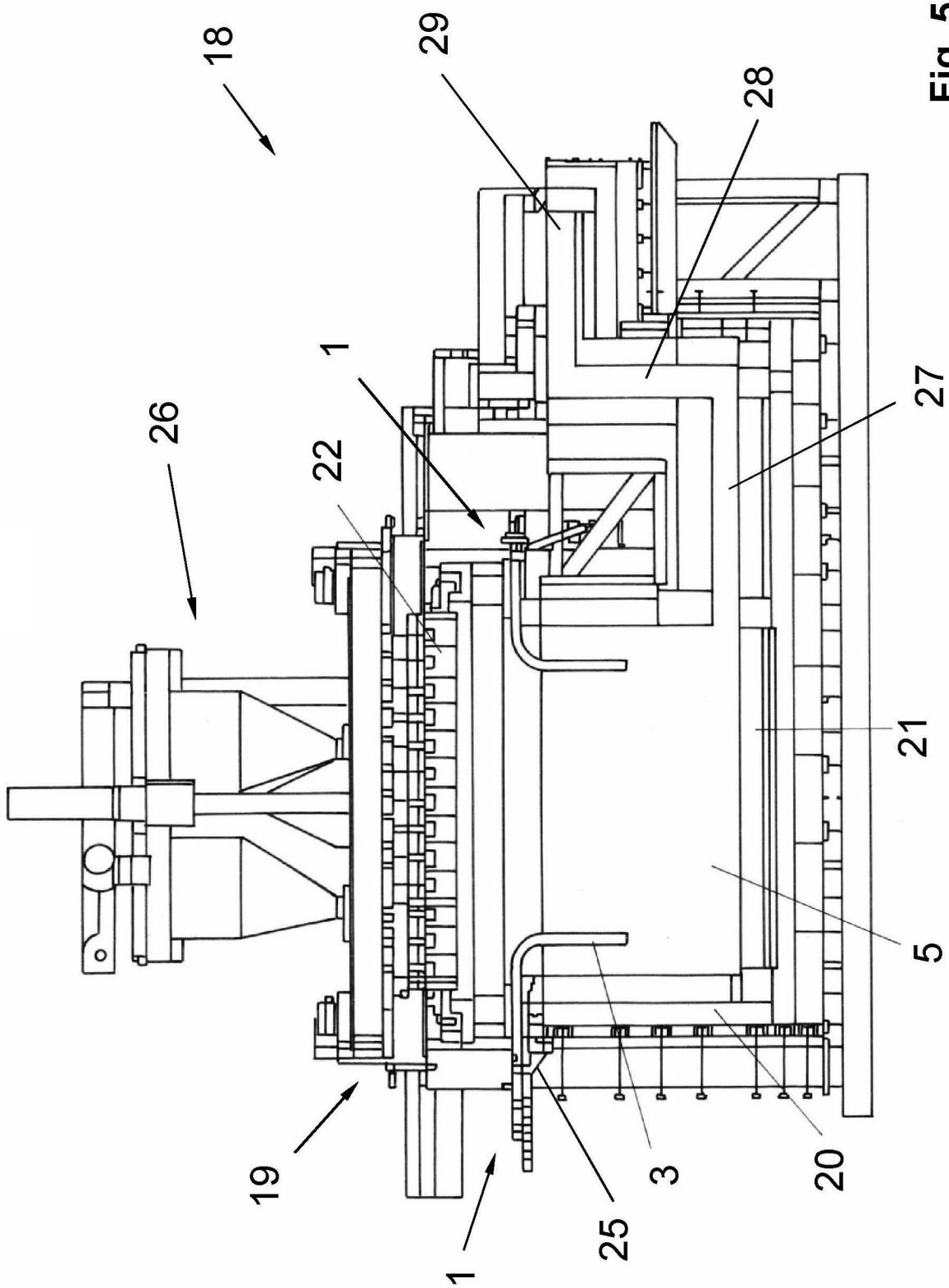


Fig. 5