



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **239 104 A1**4(51) H 05 B 3/03
H 05 B 7/12**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 05 B / 278 041 1

(22) 01.07.85

(44) 10.09.86

(71) VEB Werk für Technisches Glas Ilmenau, 6300 Ilmenau, Straße der DSF 1, DD

(72) Reif, Dieter, Dr. rer. nat.; Rother, Edgar, Dipl.-Ing.; Schötz, Eberhard, Dipl.-Ing.; Ullrich, Friedel, Dr.-Ing.
Dipl.-Ing., DD(54) **Elektrode zur direkten elektrischen Beheizung von silikatischen Schmelzen**

(57) Eine Elektrode für die direkte elektrische Beheizung silikatischer Schmelzen hoher Kristallisationsneigung bei Unterschreitung der Liquidustemperatur wird beschrieben, deren konstruktive Gestaltung der schlechten Verglasung des Molybdäns durch derartige Schmelzen im Bereich des Elektrodendurchführungssteines entgegenwirkt und somit gegenüber bekannten Lösungen eine lange Lebensdauer und hohe Betriebssicherheit aufweist. Die Elektrode besteht aus einem kühlmitteldurchströmten Teil aus warmfestem Stahl, an dem an einem innengekühlten Gewindezapfen schmelzbadseitig ein Molybdänteil angeschraubt ist. Der Schutz des Molybdäns im Bereich des Elektrodendurchführungssteines erfolgt durch eine Schutzhülse aus warmfestem Stahl, die das Molybdän bis in eine Position überzieht, bei der dieses im stationären Betriebszustand eine Temperatur erreicht, die der Liquidustemperatur der Schmelze entspricht.

Erfindungsanspruch:

Elektrode zur direkten elektrischen Beheizung von silikatischen Schmelzen in Schmelzanlagen, -öfen oder Teilen derselben, bestehend aus einem kühlmitteldurchströmten Teil aus warmfestem Stahl auf der schmelzbadabgewandten Seite mit Anschlüssen zur Stromzuführung und Halterung sowie einem Molybdänanteil auf der Schmelzbadseite, **dadurch gekennzeichnet**, daß beide Teile der Elektrode lösbar über ein Innengewinde im Molybdänanteil (2) und einen gekühlten Gewindezapfen mit Außengewinde am Stahlteil (1) verbunden sind und der Molybdänanteil (2) im Bereich des Elektrodendurchführungssteines (14) durch eine Schutzhülse (6) aus warmfestem Stahl, die stoffschlüssig dicht mit dem kühlmitteldurchströmten Teil aus warmfestem Stahl (1) verbunden ist und einen nur wenig größeren Innendurchmesser als der Außendurchmesser des Molybdänanteiles (2) aufweist, vor Oxydation geschützt wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Elektrode für mit Elektroenergie beheizte Schmelzanlagen, -öfen oder Teile derselben, bevorzugt zum Erschmelzen silikatischer Werkstoffe mit hoher Kristallisationsneigung bei Unterschreitung der Liquidustemperatur ihrer Schmelze.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für die elektrische Beheizung von Schmelzanlagen, -öfen oder Teilen derselben zum Erschmelzen von silikatischen Werkstoffen hat sich als Elektrodenwerkstoff wegen seines hohen Schmelzpunktes, seiner Warmstandsfestigkeit und seiner in der Regel guten chemischen Beständigkeit gegenüber silikatischen Schmelzen Molybdän in breitem Umfange durchgesetzt. Ein technisches Problem stellt jedoch die hohe Empfindlichkeit des Molybdäns gegenüber Luftsauerstoff schon bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen dar. Aus diesem Grunde bereitete lange Zeit besonders die Durchführung des Molybdäns durch das Feuerfestmaterial Schwierigkeiten. Verschiedene Konzeptionen wurden verfolgt, um diesen Nachteil zu mindern:

- Kühlung des Durchführungsbereiches der Molybdänelektroden durch das Feuerfestmaterial mittels Ummantelungen verschiedener Konstruktion, die von einem Kühlmittel durchströmt werden;
- Innenkühlung der Elektrode;
- Anlegen einer Schutzgasatmosphäre in den oxydationsgefährdeten Bereichen bzw. Verhinderung des Sauerstoffzutritts durch konstruktive Maßnahmen;
- Kombinationselektroden, die in dem oxydationsgefährdeten Teil aus einem gegenüber Luftsauerstoff beständigen Material bestehen.

In den Erfindungsbeschreibungen DD-WP 59150, DD-WP 118772 und DE-OS 3040 150 wird der Entwicklungsweg, insbesondere auf dem Gebiet der von außen ummantelten und gekühlten Elektrodenanordnungen, deutlich. Nach Lösung der prinzipiellen Probleme durch die Kühlung des Durchführungsbereiches durch eine von Kühlmittel durchflossene Ummantelung wurde versucht, weitere beim praktischen Einsatz auftretende Probleme zu lösen. Während in der Erfindungsbeschreibung DD-WP 118772 eine Lösung angegeben wird, die insbesondere das Reißen des Kühlmantels bei schockartigen Temperaturbelastungen durch eine geeignete Kühlmittelzwangsführung verhindern soll, werden in der DE-OS 3040 150 verschiedene Mittel zum Schutz beansprucht, die die Austauschbarkeit der Elektrodenhalterung verbessern und das Nachschieben der Elektrode erleichtern sollen. Die Kühlung erfolgt dabei durch in geeigneter Weise gehaltene Kühlhalbschalen, die um die Elektrode gelegt werden. Die thermischen Verhältnisse im Übergangsbereich Feuerfestmaterial/Schmelze werden durch im Durchführungsstein offenseitig zwei coaxial von der Elektrode durchdrungene Versiegelungsräume gesteuert, wozu der äußere bis zum Elektrodenhalterkopf reicht und einen kleineren Durchmesser als der innere, mit dem Schmelzraum in Verbindung stehende, aufweist. Damit wird gleichzeitig eine Verbesserung des Nachschiebens der Elektrode erreicht.

Eine Lösung zur Elektrodeninnenkühlung wird in der Erfindungsbeschreibung DD-WP 71 585 zum Schutz beansprucht. Damit soll insbesondere die mangelnde Thermoschockbeständigkeit von Kühlmantelungen mit allen ihren negativen Folgeerscheinungen auf die Glasqualität überwunden werden. Die erfindungsgemäßen Mittel bestehen in der Verbindung der Molybdänelektrode im Durchführungsbereich durch das Feuerfestmaterial mit einem aus dem Elektrodenmaterial bestehenden Hohlstück, an dem sich außen lösbar verbunden ein Kühlrohr und Anschlußstück für die elektrischen Zuleitungen aus einem geeigneten anderen Material befinden. Das Kühlrohr ragt bis in das Molybdän-Hohlstück hinein und mindert so die Molybdänoxydation in dem gefährdeten Bereich. Zum Nachschieben wird das Molybdän-Hohlstück mit Molybdän ausgebozt, ein neues Hohlstück aufgeschraubt und die Elektrode um den entsprechenden Betrag nachgeschoben.

Eine weitere Elektrode mit Innenkühlung wird in der DE-OS 2918643 beschrieben. Während das Elektrodeninnere durch ein eingeschobenes Doppelkühlrohr die Elektrode vor Überhitzung und erhöhtem Elektrodenverschleiß schützen soll, wird das Nachschieben der Elektrode durch eine direkte elektrische Zusatzheizung mittels einer speziellen Halterkonstruktion gewährleistet, wobei die Energieentbindung am Halterkopf schmelzseitig erfolgt und eventuell erstarrt vorliegende Schmelze erweicht und das Nachschieben ermöglicht wird.

Eine Elektrodenbaugruppe ohne Kühlung wird in der DE-OS 3033769 zum Schutz beansprucht. Der oxydative Angriff des Luftsauerstoffes auf das Molybdän wird bei dieser Erfindung durch eine Umhüllung der Elektrode mit warmfestem Stahl und luftdichter Abdichtung am schmelzbadabgekehrten Ende der Elektrode verhindert. Für die Dichtung der Durchführung gegen ausfließende Glasschmelze ist ein Flansch vorgesehen, der gegen das Feuerfestmaterial gedrückt wird.

Die beschriebenen Erfindungen haben ohne Zweifel zu einem beträchtlichen technischen Fortschritt bei der vollelektrischen Schmelze bzw. der Schmelze mit elektrischer Zusatzheizung bei bekannten technischen Gläsern geführt. Als Schwachpunkt verbleibt unter bestimmten Bedingungen eine verstärkte Korrosion der Molybdänelektrode im Grenzbereich Feuerfestmaterial/Schmelze. Ein technisches Mittel, das hier Abhilfe schaffen soll, ist in dem DD-WP 209173 beschrieben. Durch zusätzliche Schutzkörper aus Elektrodenwerkstoff oder einem Werkstoff ähnlicher chemischer Zusammensetzung und einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen Schutzkörper und zu schützender Elektrode wird dieser bevorzugten Korrosion entgegengewirkt.

Alle diese Entwicklungen, ausgenommen solche Lösungen, die mit Schutzgas arbeiten, setzen ein gutes Verglasen der Elektrode durch das Schmelzgut in dem Raum zwischen schmelzbadseitigem Elektrodenhalterende und schmelzbadseitigem Ende des Elektrodendurchführungssteines voraus. Ein solches Verhalten ist zwar von vielen technischen Gläsern bekannt, bei Schmelzen hoher Kristallisationsneigung und Liquidustemperaturen, die über 1200 K liegen, findet eine solche Verglasung nicht mehr statt. Als Folge treten schwerwiegende Probleme durch Oxydation des Molybdäns auf, die zu einer schnellen Zerstörung der Elektrode führen.

Andererseits gestatten die Eigenschaften der warmfesten Stähle, die als Elektrodenhaltermaterialien zum Einsatz kommen, keine solch hohen Temperaturen, daß eine Umhüllung der Elektrode bis zum Beginn des Elektrodenhalters mit Schmelze mit Sicherheit erreicht wird.

Ein völliger Verzicht auf eine Elektrodenkühlung gemäß DE-OS 3033769 führt zu verstärkter Feuerfestmaterialkorrosion im Bereich des Elektrodendurchführungssteines, was die Laufzeit der Aggregate ebenfalls mindert.

Ein Anlegen von Schutzgas wird aufgrund der hohen technischen Aufwendungen entsprechend dem bekannten Stand der Technik nicht empfohlen.

Die mit WP 215774 aufgezeigte Lösung trifft ebenfalls keine Alternative für die Abstellung der auftretenden Mängel für Schmelzen mit hoher Kristallisationsneigung.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer Elektrode für die direkte elektrische Beheizung silikatischer Schmelzen mit hoher Kristallisationsneigung bei Unterschreitung ihrer Liquidustemperatur, die keine geschlossene Verglasung der Elektrode im Bereich des Elektrodendurchführungssteines ermöglichen. Die Elektrode soll einfach zu fertigen sein und ohne besondere zusätzliche Aufwendungen, wie z.B. Schutzgas, störungsfrei arbeiten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe besteht darin, geeignete konstruktive Lösungen zu finden, die trotz der erforderlichen Kühlung der Elektrode zum Schutz vor Oxydation und zur Verhinderung erhöhter Feuerfestmaterialkorrosion die schlechte Verglasung des Molybdäns im Bereich des Elektrodendurchführungssteines durch schnell und bei hoher Temperatur erstarrende und/oder kristallisierende Schmelzen kompensieren.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Elektrode aus zwei Teilen besteht, die miteinander lösbar verbunden sind. Auf ihrer schmelzbadabgewandten Seite besteht die Elektrode aus einem kühlmitteldurchflossenen Teil aus warmfestem Stahl. Für die Kühlung dieses Teiles hat sich eine Innenkühlung mit Luft bewährt. Dieses Stahlteil trägt die Anschlüsse für die Stromzuführung, Rohrstutzen für die Zu- und Ableitung des Kühlmittels und die Halterungen zur Befestigung der Elektrode. Schmelzbadseitig ist an dem dicht verschlossenen Stahlteil ein innengekühlter Gewindezapfen ausgebildet, an dem ein Molybdänteil mit entsprechendem Innengewinde angeschraubt ist. Diese Art der Verbindung sichert einen guten Stromdurchgang durch die Elektrode, da nach der Erwärmung auf Betriebstemperatur ein fester Sitz dieser Verbindungsstelle gewährleistet ist.

Der Schutz des Molybdäns im Bereich des Durchführungssteines vor Oxydation erfolgt erfindungsgemäß durch eine Schutzhülse aus warmfestem Stahl. Diese Hülse kann unmittelbar durch das Stahlteil der Elektrode gebildet werden, indem dieses einen größeren Durchmesser als das Molybdänteil besitzt und schmelzbadseitig über die Verbindungsstelle Stahl/Molybdän hinaus als Schutzhülse das Molybdänteil überzieht. Aus Gründen der Fertigungstechnologie kann diese Schutzhülse auch stoffschlüssig dicht an bzw. auf dem Stahlteil befestigt sein.

Die Schutzhülse aus warmfestem Stahl besitzt nur einen wenig größeren Innendurchmesser als der Außendurchmesser des Molybdänteiles und überdeckt das Molybdänteil in Einbauposition der Elektrode vorteilhafterweise in einem Bereich vor der Grenzfläche Feuerfestmaterial/Schmelze, in dem das Molybdänteil am schmelzbadseitigen Ende der Schutzhülse im stationären Betriebszustand eine Temperatur erreicht, die mindestens der Liquidustemperatur der jeweiligen Schmelze entspricht. Die genaue Einbauposition ist je nach Kristallisationsneigung der Schmelze und der Differenz zwischen Verarbeitungs- und Liquidustemperatur in diesem Bereich festzulegen.

Die Bohrung im Elektrodendurchführungsstein wiederum ist nur geringfügig größer als der Außendurchmesser der Schutzhülse, so daß in jedem Falle ein dichter Verschuß gewährleistet ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert werden.

Figur 1: zeigt einen Schritt durch die erfindungsgemäße Elektrode, während

Die erfindungsgemäße Elektrode besteht aus einer Kombination der Werkstoffe Molybdän und Stahl. Die schmelzbadabgewandte Seite der Elektrode bildet ein Teil aus warmfestem Stahl 1, während der schmelzbadseitige Teil aus Molybdän gefertigt ist 2.

Der schmelzbadabgewandte Teil 1 der Elektrode wird aus einem Rohrstück 3 gebildet, das schmelzbadseitig in einem Verschlußstück 4 mit einem innengekühlten Gewindezapfen 5 endet und durch das Verschlußstück 4 dicht verschlossen wird. Das Verschlußstück 4 besitzt vorteilhafterweise den gleichen Außendurchmesser wie das Rohrstück 3 und ist mit diesem auf bekannte Art und Weise stoffschlüssig dicht verbunden.

Wird der Aufbau der Elektrode wie in Figur 1 so gewählt, daß das Elektrodenteil ein Stahl- 1 und Molybdänteil 2 gleichen Durchmesser besitzen, sitzt eine Schutzhülse 6 auf dem Verschlußstück 4 und ist mit diesem durch bekannte Fügeverfahren ebenfalls stoffschlüssig dicht verbunden.

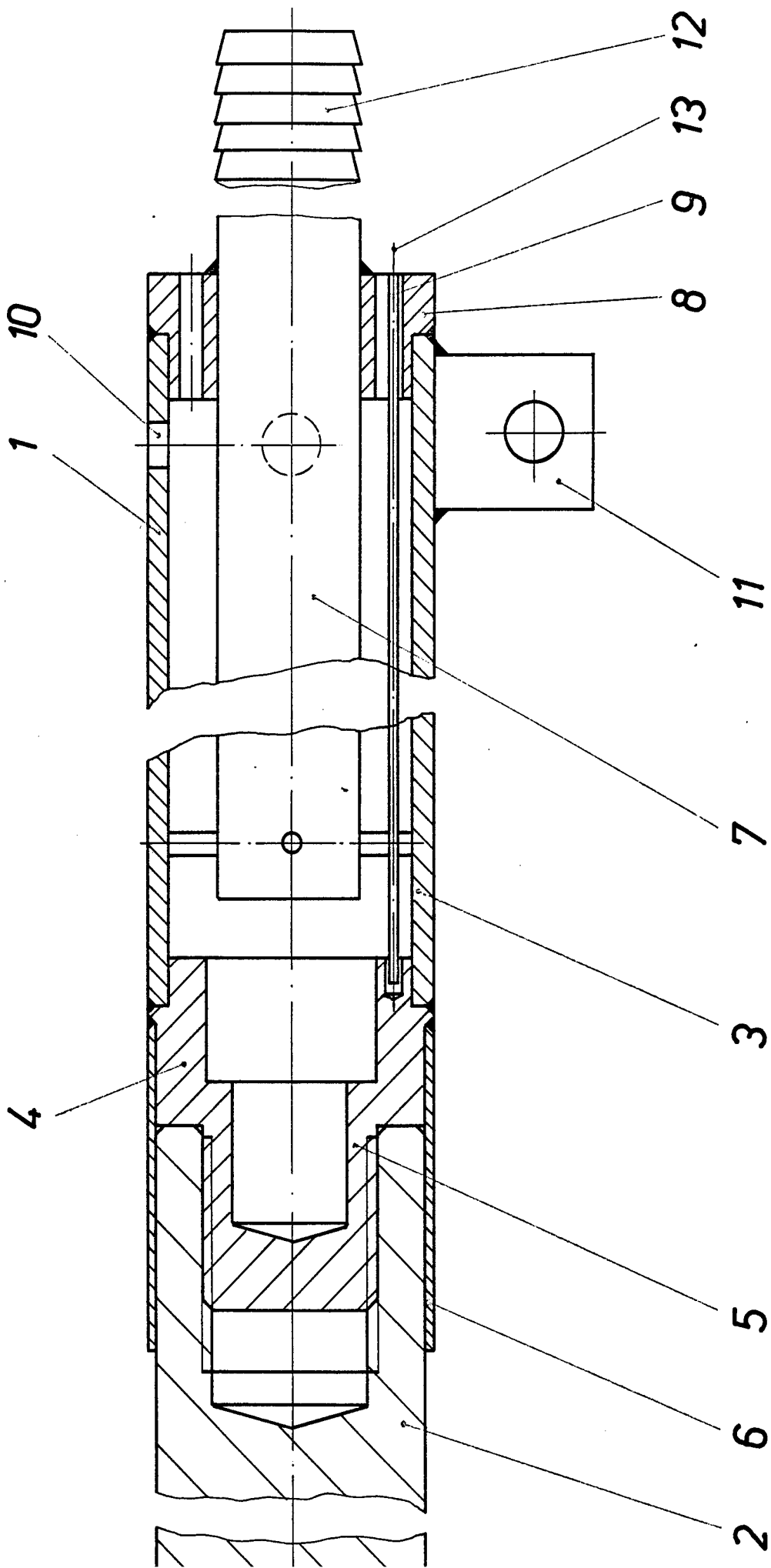
In das Rohrstück 3 hinein bis in die Nähe des Verschlußstücks 4 ragt ein Zuführungsrohr für das Kühlmedium 7, das in dem Rohrstück 3 durch geeignete Distanzstücke, vorzugsweise 3, zentriert wird und mit diesem über ein Endstück 8 stoffschlüssig verbunden ist. Das Endstück 8 enthält eine erforderliche Anzahl von Bohrungen zur Kühlmittelableitung und zum Einführen eines Thermoelementes 9 zur Messung der Elektrodentemperatur im Bereich des Verschlußstückes 4.

Mit Hilfe des vom Thermoelement gelieferten Temperaturwertes kann in technologisch erforderlicher Menge das Kühlmedium manuell oder automatisch geregelt werden. Im Bedarfsfall kann die Kühlmittelabführung über zusätzliche, durch im Rohrstück 3 kurz vor dem Endstück 8 angebrachte Öffnungen 10 in geeigneter Anzahl erfolgen.

Die Zuführung des Heizstromes, die Kühlmittelzuführung und die Halterung der Elektrode erfolgt in bekannter Weise über eine Anschlußfahne 11, über ein Ansatzstück 12 am Zuführungsrohr für das Kühlmedium 7 bzw. eine elektrisch isolierte Haltevorrichtung 13.

Der Einbau der Elektrode kann, wie in Figur 2 dargestellt, z. B. in horizontaler Lage in einem Teil des Schmelzofens erfolgen. Die Halterung der Elektrode ist auf der schmelzbadabgewandten Seite durch die Haltevorrichtung 13 und schmelzbadseitig durch die Bohrung im Durchführungsstein 14 gewährleistet, die nur wenig größer als der Außendurchmesser der Schutzhülse 6 ist.

Die optimale Einbauposition der Elektrode wird durch die Liquidustemperatur der Schmelze und den Kühlmittelstrom bestimmt. Im stationären Betriebszustand wird die Elektrode für eine sichere Funktionsweise so weit in die Bohrung 14 des Durchführungssteines hineingeschoben, daß das schmelzbadseitige Ende der Schutzhülse 6 eine Temperatur erreicht, die etwa gleich der Liquidustemperatur der Schmelze entspricht. Diese Verfahrensweise sichert einerseits einen guten Überzug des Molybdänteiles 2 mit Schmelze und schützt gegen Oxydation, andererseits wird damit der Durchbruch von Schmelze zwischen Elektrode und Durchführungsstein mit Sicherheit verhindert und somit eine hohe Betriebssicherheit und Lebensdauer der Elektrode erzielt.



Figur 1

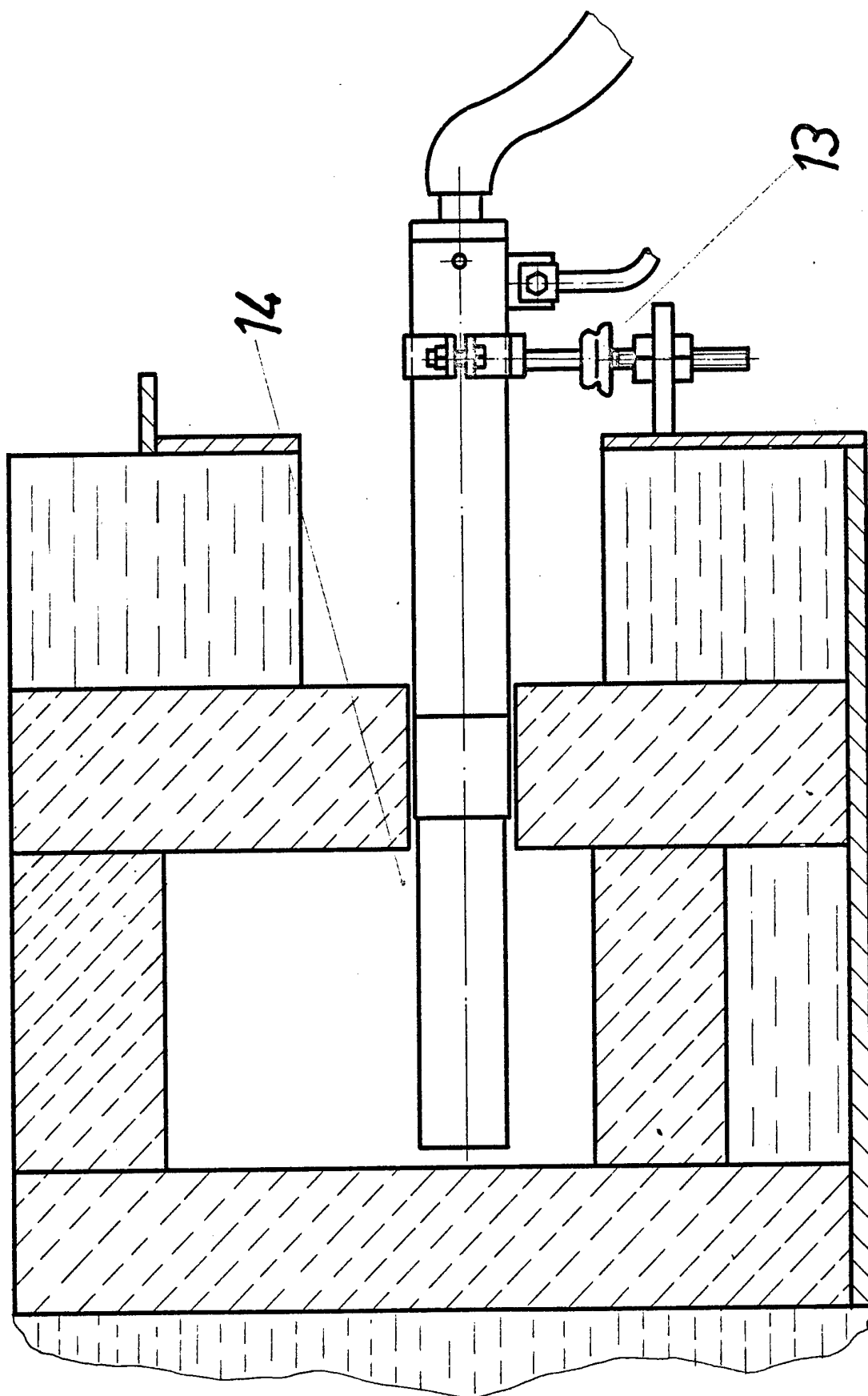


Figure 2