



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

(11) DD 300 209 A7

5(51) G 01 N 27/30

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD G 01 N / 325 247 0	(22)	26.01.89	(45)	27.05.92
------	-----------------------	------	----------	------	----------

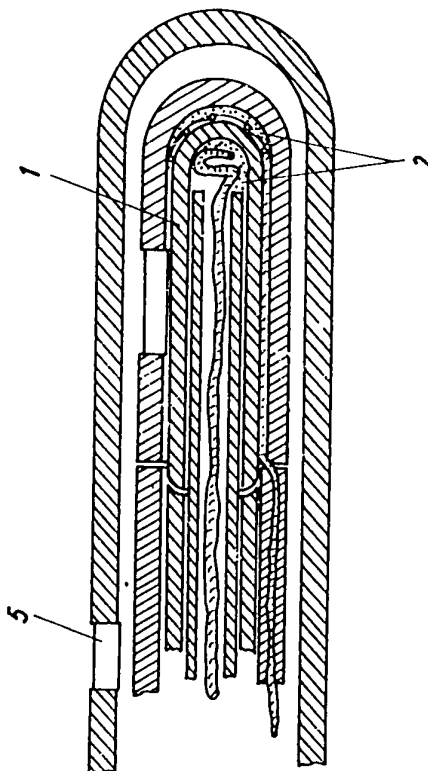
(71)	VEB Energiekombinat Cottbus, Thiemstraße 136, O - 7500 Cottbus, DD
(72)	Hegewald, Frank, Dipl.-Ing.; Krautz, Brigitte; Belka, Bernd, Dipl.-Jur., DE
(73)	Software & Technologie Glas GmbH, Bautzener Straße 17, O - 7500 Cottbus, DE

(54) Regenerierbare Rauchgasanalysensonde

(55) Analysensonde; Festelektrolytsonde; Rauchgas;
Sauerstoffrestwert; Messung; Hochtemperaturbereich;
Sensorrohr; Elektroden; Trägerrohr; Schutzrohr;
Verbindung

(57) Die Erfindung betrifft eine regenerierbare Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis, vorzugsweise zu O₂-Restwertbestimmung in Rauchgasen im In-situ-Betrieb für den Hochtemperaturbereich, mit der lange Standzeiten erreicht werden und die den technischen Aufwand für den Dauerbetrieb entsprechender Analysenmeßwerte senkt. Ziel der Erfindung ist es des weiteren, daß die erfindungsgemäße Sonde eine Regenerierung mit geringem Aufwand, ohne Spezialkenntnisse sowie -werkzeuge ermöglicht. Hierzu ist eine In-situ-Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis aus an definierten Grenzen lösbaren Funktionsbaugruppen Sondengrundkörper, Kondensationsschutzrohr sowie einseitig geschlossenes keramisches Sensorrohr aufgebaut. Dabei umfaßt der Sondengrundkörper alle erforderlichen Trägerbauteile, die Kaltfunktionsteile und die aufwendigsten Hochtemperaturbauteile einschließlich der Primärelektroden. Das Kondensationsschutzrohr stellt ein Opferbauteil dar, während das einseitig geschlossene keramische Sensorrohr mit 2 Zusatzpulverelektroden als Verschleißteil wirkt. Zwischen den Funktionsbaugruppen sind lösbar Verbindungselemente angeordnet. Fig. 1

Fig. 1



Patentansprüche:

1. Regenerierbare Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis, vorzugsweise zur O₂-Restwertbestimmung in Rauchgasen im In-situ-Betrieb für den Hochtemperatureinsatz, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonde aus den an definierten Grenzen zerstörungsfrei lösbaren Funktionsbaugruppen Sondengrundkörper (8) als Opferbauteil fungierendes Kondensationsschutzrohr (4) sowie einseitig geschlossenes Sensorrohr (1) aufgebaut ist, wobei der Sondengrundkörper alle Trägerbauteile, die Kaltfunktionsteile und die aufwendigsten Hochtemperaturbauteile einschließlich der Primärelektroden (19), (20) umfaßt und das Sensorrohr (1) einschließlich zweier Zusatzpulverelektroden (2) als Verschleißteil ausgestattet ist.
2. Regenerierbare Rauchgasanalysensonde nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Sondengrundkörper (8) und dem Kondensationsschutzrohr (4) eine lösbare Verbindung besteht, die gebildet wird aus schrägen Segmentanschliffen (6) mit Sperrkanten (7) am einseitig geschlossenen Kondensationsschutzrohr nahe dessen offener Seite sowie gegen die Sperrkanten einwärts gerichtete Widerlager in Form von axial gewölbten Mantelausschnittsfahnen (9) des äußeren metallischen Halteschaftes (10), die ihrerseits gegen je eine Erhabenheit (11) in der Sperrlage mit einer zylindrischen Überwurfsicherung (12) verriegelt sind und der Halteschaft mit einer inneren Schubschraubhülse (14) als Drucklager für das Rohrende des keramischen Kondensationsschutzrohres versehen ist.
3. Regenerierbare Rauchgasanalysensonde nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß von der Funktionsbaugruppe Sondengrundkörper (8) zum einseitig geschlossenen keramischen Sensorrohr (1) eine lösbare Verbindung besteht, die aus den an sich bekannten Bauteilen eines umfangenden inneren Trägerrohrs (17), stirnseitig bündig anschließendes Schubrohr (16) und innere Kapillare (18) in bereits bekannter Anordnung jedoch mit zurückgesetztem Schubrohr sowie einem keramischen Widerlager in Form eines einseitig geschlossenen Rohres mit einer am inneren Trägerrohr aufgenommenen Schwalbenschwanzhalterung aufgebaut ist und daß die sich gegenüberliegenden Stirnseiten des Schubrohres (16) und des Sensorrohres (1) einen Kugel-Pfanne-Schliff und zwei enge Gasströmungsschlitze an deren inneren und äußeren Mantelflächen aufweisen, die ihreseits in Träger- und Schubrohr münden, wobei mit diesen Gasräumen eine Absaugpumpe verbunden ist.
4. Regenerierbare Rauchgasanalysensonde nach Anspruch 1 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß 2 in den Sondenkopf eingeschraubte ineinanderliegende Einstellschraubrohr zur Elektrodenanpreßdruckeinstellung und Kraftschlußentlastung für Regenerierungsmaßnahmen druckkraftschlüssig an die zum Sondenkopf weisenden Rohrenden der Bauteile Schutzrohr (16) und Kapillare (18) angeordnet sind.
5. Regenerierbare Rauchgasanalysensonde nach Anspruch 1 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß an sich bekannte Sensorinnen- und -außenelektroden (19, 20) sowie zwei diese als lösbare Verschleißteile ergänzende Zusatzpulverelektroden (2) in engen Bauteilfreiräumen zwischen Sensor- und Sensorwiderlager sowie Kapillare und Sensor fixiert werden, dadurch, daß die begrenzenden Spaltbreiten kleiner als die mittleren Pulverkorngrößen ausgelegt sind.
6. Regenerierbare Rauchgasanalysensonde, nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kondensationsschutzrohr (4) und Sensorrohr (1) einschließlich der Sensorwiderlagerkappe (3) untereinander berührungslos jeweils am Sondengrundkörper (8) angeordnet sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine regenerierbare Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis, vorzugsweise zur O₂-Restwertbestimmung in Rauchgasen im In-situ-Betrieb für den Hochtemperatureinsatz.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß Rauchgasanalysensonden für den In-situ-Betrieb im Hochtemperaturbereich extrem hohen thermischen und chemischen korrosiven Einflüssen der Abgasatmosphäre unterworfen sind. Infolge nur weniger für den Einsatz im Hochtemperaturbereich geeigneter Werkstoffe sind bekannte anwendungsbereite Lösungen, z. B. für Dichtungen oder lösbare Verbindungen, aus dem Niedertemperaturbereich für den vorliegenden Einsatzbereich nicht anwendbar.

Die Probleme derartiger Sonden liegen in der Trennung zweier, durch einen Festelektrolyten geschiedenen, benachbarter Gasräume, der Unterdrückung von Kondensationen aus dem Abgas am Sensor und den Elektroden, in der Elektrodenkontaktierung am Sensor, der mechanischen Stabilität der Sonde, in Materialunverträglichkeiten im Sinn von niedrigschmelzenden Eutektika, in der Sensoralterung sowie in der Ausschaltung von Materialarten als deutliche Schwachstellen bezüglich der Hochtemperaturbeständigkeit.

Zur Trennung der Gasräume wurden bereits besonders lange Sensoren vorgeschlagen und realisiert. Hierbei wird das Dichtungsproblem zur Gasraumtrennung dadurch gelöst, daß dieses in den Niedertemperaturbereich verlegt wird.

Derartige überlange Sensoren sind jedoch äußerst aufwendig und daher wenig praktikabel.

Andererseits wurden auch bereits kurze, vorteilhaft aufwandsreduzierte Sensoren vorgeschlagen, so z. B. in der DE-OS 3709 196, deren gasdichte Verbindung mit dem Anschlußrohrsystem durch Mörtelung oder Kitten realisiert wird. Bei diesen Lösungen verbleiben bezüglich der Dichtung Probleme der Zuverlässigkeit, Rißbildung durch Temperaturwechselbelastungen, Eutektikabildung und mechanisch unzureichende Stabilität. Zugleich erfordert die Herstellung solcher Sensoren hohe fertigungstechnische Präzision.

Auch andere bekannte Methoden wie Verschweißen und Lötung mit Glasloten und dgl. weisen diese Restrisiken auf und erfordern zunehmenden technischen Aufwand.

Gleiche Aussage gilt für die Anwendung von Preßringen aus Platin als dichtende Halterung.

Mit der DD-PS 282599 ist weiterhin eine gasdynamische Dichtung bekanntgeworden, die das Dichtungsproblem vorteilhafterweise teilweise gleichfalls in den Niedertemperaturbereich verlagert.

Diese Lösung sieht aber zur Versinterung neigende Dichtwerkstoffe vor, wodurch die Keramikwerkstoffe in der Umgebung der Dichtung gefährdet werden. Bei diesen Anordnungen ist ebenso wie auch bei einer hochtemperaturbeständigen Verbindung keramischer Festelektrolytsensoren mit einem gasführenden Anschlußrohrsystem nach DD-PS 248881 die Verbindung von Sensor und Anschlußrohr nicht lösbar und dadurch die Sonde nicht regenerierbar.

Zur Unterdrückung von Kondensation und Sublimation von Dämpfen aus dem Abgas, die besonders an Sensor und Elektroden kontaktlösend und zerstörend wirken, sind mehrere Lösungen vorgeschlagen worden. Zunächst wird die von der Sensorik begünstigte und vorteilhafte In-situ-Meßsituation aufgegeben und durch eine Messung außerhalb des Ofens mittels aufwendiger zumeist geregelt beheizter Sonden über die nachteilige und störanfällige Probenahme von Abgas ersetzt. Dies stellt insgesamt einen technischen Rückschritt dar. Des weiteren werden z. B. nach DD-PS 260419 Gasfilter um den Sensor vorgeschlagen. Die Gasfilter sind durch Kondensation selbst besonders gefährdet und verstopfen schnell. Sie bilden häufig eine Schwachstelle der Temperaturbeständigkeit oder Werkstoffverträglichkeit. Außerdem schlagen am Sensor auch bei intaktem Filter Kondensate nieder und werden ggf. sogar dort festgehalten. Der zurückgezogene Einbau von Sensoren löst das Problem ebenfalls nicht, da lediglich die Art der niederschlagenden Kondensate, sich entsprechend der Kondensationstemperatur am Sensor ändert. Häufig wird hängender Einbau von In-situ-Sonden praktiziert. Dieser begünstigt das Abfließen von Kondensaten und unterdrückt damit schnelle Kondensationsschäden. Die Abrinnspuren der Kondensate führen aber langfristig doch zum erhöhten Sensorverschleiß durch Kondensate.

Vorgeschlagen wurde weiterhin in der DD-PS 252243 die Anwendung eines äußeren Schutz- und Trägerrohres, das dem Abgas auf dem Weg zum Sensor innerhalb der Sonde und des Meßloches eine Temperaturvergangenheit der Art heiß-kalt-heiß aufzwingt und damit Kondensation am heißen Sensor und dessen Umgebung ausschaltet. Diese Lösung schützt zwar den Sensor und die Elektroden wirksam in diesem Sinne, stellt also für diese Bauteile einen Fortschritt dar, führt jedoch zu verstärktem Verschleiß des äußeren Kondensations- und Trägerrohres, an dem starke Ablagerungen und Abschmelzungen auftreten. Die selbst unbeschädigten inneren Sondenbauteile können aber vom äußeren Schutz- und Trägerrohr, das sich schon nach kurzem Einsatz verformt, verglast und mit den inneren Sondenteilen verspannt sein kann, nicht bruchfrei demontiert und zurückgewonnen werden, so daß der erzielte Schutzeffekt für Sensor und Elektroden nicht in eine wesentlich längere Nutzungsdauer der Sonde umgesetzt werden kann.

Zur sicheren Elektrodenkontaktierung sind zahlreiche Vorschläge unterbreitet worden. Zumeist wird eine gute Kontaktsicherheit, große Kontaktfläche oder hohe Anzahl von Kontaktstellen durch erhöhten Materialaufwand beispielsweise von Platin, erzielt. Dabei werden generell fixierte, stabil befestigte Kontakte angestrebt. Die technische Lösung nach DD-PS 260420 stellt bezüglich der Kontaktsicherheit und Aufwandsreduzierung einen deutlichen Fortschritt durch die Einführung eines ionen- oder elektronenleitenden bzw. Gemischleiter-Pulverelektrode dar. Diese Erfindung sieht für die Anordnung derartiger Elektroden in einem Mantel, einen mit elektrisch isolierendem Füllstoff vermörtelten, aber äußerlich gasdurchlässig porös umhüllten Gasraum, z. B. einen Filter, vor. Lösbare Verbindungen für die Baugruppe „Sensor“ werden jedoch weder angestrebt noch ermöglicht. Vorteilhaft erscheint ebenfalls die Kontaktierung von Elektroden durch Federdruck vom Kaltteil der Sonde her. Diese Kontaktierung erfordert entsprechend aufwendige lange Sensoren, oder besonders sichere, mechanisch belastbare gasdichte und hochtemperaturbeständige Verbindungslösungen. Dabei ist nachteilig, daß entweder die Verbindung und das Widerlager oder in Kombination mit langen Sensoren nur letzteres stets relativ starken Federdruck ausgesetzt werden, wobei die Druckwirkung im Hochtemperaturbereich ebenfalls kritisch ist. Verschiedene Kontaktunterstützungen haben sich praktisch bewährt. Dazu gehören feste Elektronenleiterschichten auf dem Ionenleitenden Sensor, die den Kontakt zur elektronisch leitenden Ableitungselektrode begünstigen. Dieser Kontakt wird beim bekannten Stand dauerhaft und nichtlösbar ausgeführt. Dazu gehören Platinierungen des Sensors mit Platinmohr, Glanzplatin oder massiven bzw. gesputterten Schichten und die Verringerung des Übergangswiderstandes durch Platinnetze, Verrödelungen, keramische Ringe und dergleichen. Diese Maßnahmen stehen einer Regenerierbarkeit der Sonde entgegen. Das betrifft auch die erwähnte Pulverelektrodenanordnung. Zur Erzielung guter mechanischer Stabilität sind verschiedene Einzellösungen bekannt geworden. Im Einsatz hat sich ein hängender Sondereinbau diesbezüglich bewährt.

Materialunverträglichkeiten, wie niedrigschmelzende Eutektika an Berührungsflächen, werden durch fachmännisches Handeln, Kenntnis der entsprechenden Liquiduscharakteristik sowie die generelle Beschränkung auf wenige Materialarten vermieden. Die Sensoralterung wird, abgesehen von Abgaseinflüssen, durch die Referenzmedien in Qualität und Quantität, sowie das Sensormaterial, insbesondere Stabilisatoren bestimmt. Sie entspricht aber auch bei den bekannten Bestwerten nicht den wachsenden Forderungen der Praxis und wird auch auf längere Sicht Schwachstelle von Festelektrolytsonden bleiben.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine regenerierbare Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis, vorzugsweise zur O_2 -Restwertbestimmung in Rauchgasen im In-situ-Betrieb für den Hochtemperaturbereich, mit der lange Standzeiten erreicht werden und die den technischen Aufwand für den Dauerbetrieb entsprechender Analysenmeßwerte senkt. Ziel der Erfindung ist es des weiteren, daß die erfindungsgemäße Sonde eine Regenerierung mit geringem Aufwand, ohne Spezialkenntnisse sowie -werkzeuge ermöglicht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine regenerierbare In-situ-Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis, insbesondere für den Hochtemperaturbereich zu schaffen, mit der die bisherige Praxis des zwangsläufig kompletten Ersatzes von be- oder geschädigten Sonden trotz der an sich unbeschädigten Hauptbauteile von In-situ-Rauchgasanalysensonden überwunden und die daraus resultierende unvermeidbare Material- und Aufwandsvergeudung vermieden wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine In-situ-Rauchgasanalysensonde auf Festelektrolytbasis an definierten Grenzen aus lösbaren Funktionsbaugruppen Sondengrundkörper, Kondensationsschutzrohr sowie einseitig geschlossener keramisches Sensorrohr aufgebaut ist. Dabei umfaßt der Sondengrundkörper alle erforderlichen Trägerbauteile, die Kaltfunktionsteile und die aufwendigsten Hochtemperaturbauteile einschließlich der Primärelektroden. Das Kondensationsschutzrohr stellt ein Opferbauteil dar, während das einseitig geschlossene keramische Sensorrohr mit 2 Zusatzpulverelektroden als Verschleißteil wirkt.

Zwischen den Funktionsbaugruppen sind lösbare Verbindungselemente angeordnet.

Ein derartiges zwischen dem Sondengrundkörper und dem Kondensationsschutzrohr angeordnetes, besteht aus einem schrägen Segmentanschliff mit Sperrkante am einseitig geschlossenen Kondensationsschutzrohr nahe der offenen Rohrseite sowie ein gegen die Sperrkante gerichtetes Klemmfederwiderlager mit Überwurfsicherung und Spannschraube am Metallschaft der Sonde.

Das Klemmfederwiderlager ist dabei in Form einer Mantelausschnittsfahne eines äußeren metallischen Halteschaftes aufgebaut, die ihrerseits gegen eine Erhabenheit der Klemmfeder in der Sperrlage mit einer zylindrischen Überwurfsicherung verriegelt ist. Der Halteschaft weist eine innere Schubschraubhülse als Drucklager für das keramische Kondensationsschutzrohr auf. Eine zwischen den Funktionsbaugruppen Sondengrundkörper und dem einseitig geschlossenen Sensorrohr angeordnete lösbare Verbindung besteht aus den an sich bekannten Bauteilen umfängendes Trägerrohr, stirnseitig bündig anschließendes Schubrohr und innere Kapillare in bekannter Anordnung mit zurückgesetztem Schubrohr sowie einem keramischen Widerlager in Form eines einseitig geschlossenen Rohres mit Schwalbenschwanzhalterung, deren Aufnahme am inneren Trägerrohr angeordnet ist. Das offene Sensorende wird im übrigen ohne Dichtungsmaterial direkt auf das Schubrohr aufgesetzt. Erfindungsgemäß weisen die sich gegenüberliegenden Stirnseiten des Schubrohres und des Sensorrohres einen Kugel-Pfanneschliff und zwei enge Gasströmungsschlitze an deren inneren und äußeren Mantelflächen auf, die ihrerseits in Trägerrohr und Schubrohr einmünden. Mit diesen Gasräumen ist eine Absaugpumpe verbunden.

Die Bauteile Schubrohr und Kapillare der Funktionsbaugruppe Sondengrundkörper werden für die eingefahrte Betriebs- und ausgefahrte Montageposition mit 2 am Sondenkopf angeordneten ineinanderliegenden Einstellschraubrohren von außen einstellbar gehalten. Die vorgeschlagene Rauchgasanalysensonde ist mit an sich bekannten Sensorinnen- und -außenelektroden ausgerüstet. Erfindungsgemäß werden beide durch jeweils eine Zusatzpulverelektrode als lösbares Verschleißteil ergänzt. Diese werden durch klein gehaltene Bauteilfreiräume zwischen Sensorwiderlager bzw. Kapillare und Sensor positioniert. Die erfindungsgemäße Anordnung der Funktionsbaugruppen gewährleistet die Befestigung des Kondensationsschutzrohres und der Verschleißteilbaugruppe einschließlich Widerlager jeweils am Sondengrundkörper, ohne daß diese untereinander Berührungskontakte aufweisen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt in

Fig. 1: die Funktionsbaugruppe einseitig geschlossenes keramisches Sensorrohr, in

Fig. 2: die Funktionsbaugruppe Kondensationsschutzrohr, in

Fig. 3: die Funktionsbaugruppe Sondengrundkörper (Heißteil) sowie in

Fig. 4: das Kaltteil des Sondengrundkörpers, den Sondenkopf jeweils in einer Schnittdarstellung.

Als Ausführungsbeispiel wird eine Festelektrolytrauchgasanalysensonde für den Einsatz an einem Glasschmelzofen in der Nähe des Abgasaustritts aus dem Ofenraum bei maximalen Rauchgastemperaturen knapp oberhalb von 1600°C gewählt, wobei der Anwendungsfall durch hohe Belastung an kondensationsfähigen Abgasbestandteilen gekennzeichnet ist.

Die Sonde besteht aus den drei Baugruppen Sensorrohr 1, dem Kondensationsschutzrohr 4 und dem Sondengrundkörper 8. Die Verschleißteilbaugruppe Sensorrohr ist aus einem einseitig geschlossenen, yttriumstabilisierten Zirkonoxidrohr und dem Sensorrohr, das an der offenen Seite grob als Kugel einer Kugel-Pfanne-Verbindung angeschliffen ist, aufgebaut. Die Zusatzpulverelektroden 2 haben die Zusammensetzung des Festelektrolytrohres und sind grob klassiert zum einen in das Sensorrohr und zum anderen in die Sensorwiderlagerkappe 3 eingeschüttet. Das als Opferbauteil ausgelegte Kondensationsschutzrohr 4 wird von einem einseitig geschlossenen Sinterkorundrohr mit einem Gaseintrittsanschliff 5 der in heiß-kalt-Richtung deutlich hinter dem Sensorrohr liegt, gebildet, das außerdem an der offenen Seite drei schräge Segmentanschliffe 6 mit Sperrkante 7 aufweist. Diese bilden ein keramisches Widerlager.

Die Verbindung des Opferbauteiles Kondensationsschutzrohr 4 mit dem Sondengrundkörper 8 erfolgt mittels dreier axial einwärts gewölbter Mantelausschnittsfahnen 9 des äußeren metallischen Halteschaftes 10 des Grundkörpers, die an der Basis federnd gegen das Widerlager gerichtet sind. Dabei weisen die Fahnen mittig auswärts je eine Erhabenheit 11 als Riegelsperrpunkt der Überwurfsicherung 12 auf. Als Überwurfsicherung wird im Beispiel das eigentliche Dichtungsschubrohr 13 genutzt.

Der Druck- bzw. Schubeintrag in das keramische Kondensationsschutzrohr gegen das Widerlager wird mit einer Schubschraubhülse 14, die im Halteschaft 10 angeordnet ist, realisiert. Im Ausführungsbeispiel wird dieses vom heißen Ende des äußeren Sondenträgerrohres 15 gebildet.

Im Ausführungsbeispiel sind mit Ausnahme des Sensorrohres 1 alle Bauteile gemäß Anspruch 3 als Sinterkorundrohre ausgeführt. Das Schubrohr 16 ist zur Sensorfixierung gegenüber dem umfangenden inneren Trägerrohr 17 etwa um den Betrag des Außendurchmessers des Sensorrohres zurückgesetzt. Die innere Kapillare 18 nimmt die Ableitung der inneren Primärelektrode 19 auf und ist bis in das Sensorrohr 1 eingeführt. In Betriebsposition wird die Fixierung des Sensorrohres in axialer Richtung einerseits durch den Kugel-Pfanne-Schliff am Fuß des Sensorrohres 1 und andererseits durch eine Konvex-Konkavpassung an der geschlossenen Seite des Sensorrohres mit der Sensorwiderlagerkappe 3, zwischen die die Primäraußenelektrode 20 eingebettet ist, sowie dem über die Schraubenverbindung eingetragenen Druck vom kalten Sondenende her durch die Anordnung eines einstellbaren äußeren Einstellschraubrohres 21 gesichert.

Das innere Einstellschraubrohr 22 ermöglicht das Zurückziehen der Kapillare in die Montageposition.

Die Einbaugeschwindigkeit der Sonde ist hängend. Die Spaltbreite der Bauteilfreiräume zur Fixierung der Zusatzpulverelektroden 2 sind annähernd gleich der unteren Absiebgröße des Pulvers. Der Vermeidung von Gasvermischungen innerhalb der 2 Gasräume um das und im Sensorrohr, im Zusammenhang mit der gasundichten Verbindung zwischen Sensor- und Schubrohr 1, 16, dient die Anordnung einer nicht dargestellten Taumelscheibepumpe als Absaugpumpe für die Gasräume im inneren Trägerrohr 17 und Schubrohr 16.

Im Ausführungsbeispiel ist die Anordnung des Opferbauteiles Kondensationsschutzrohr 4 zur berührungsfreien Positionierung gegenüber den Verschleißteilen und der Sensorwiderlagerkappe 3 durch eine Dimensionierung des Kondensationsschutzrohres gegenüber der Sensorwiderlagerkappe dadurch gelöst, daß der verbleibende freie Rohrabstand die Summe der Fertigungstoleranzen beider Keramikbauteile sowie der Achsabweichung von Trägerrohr und Kondensationsschutzrohr deutlich übertrifft. Dabei tritt im Ausführungsbeispiel als größter Summand der Gesamt toleranz, die Achsabweichung des Kondensationsschutzrohres auf, die überwiegend durch die Halterung zwischen den Funktionsbaugruppen Sondengrundkörper 8 und Kondensationsschutzrohr 4 bedingt ist. Im Beispiel war zu sichern, daß diese bei einem äußeren Durchmesser der Sensorwiderlagerkappe von 15 mm und dem Innendurchmesser des 400 mm langen Kondensationsschutzrohres von 20 mm, eine Abweichung des Kondensationsschutzrohres von der Achse größer als 0,3° nicht zuläßt, so daß im Beispiel eine Dreipunkt-Ausführung der Halterung des Kondensationsschutzrohres sich als zweckmäßig erwies.

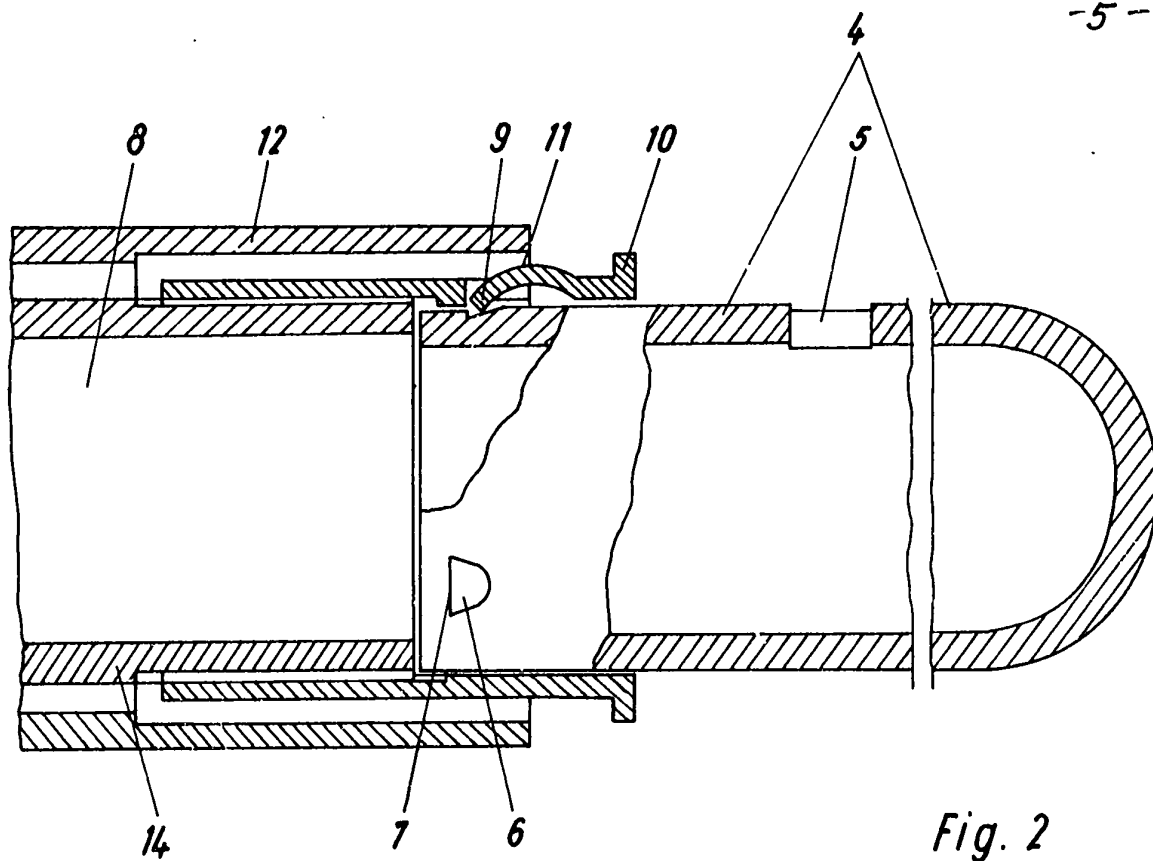


Fig. 2

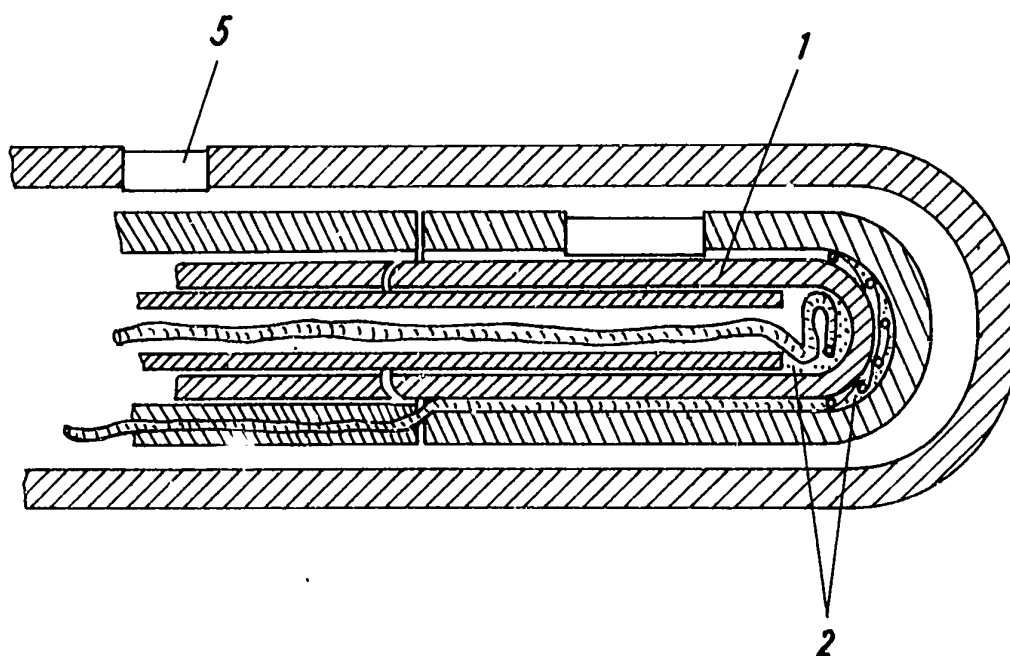


Fig. 1

300209

- 6 -

Fig. 3

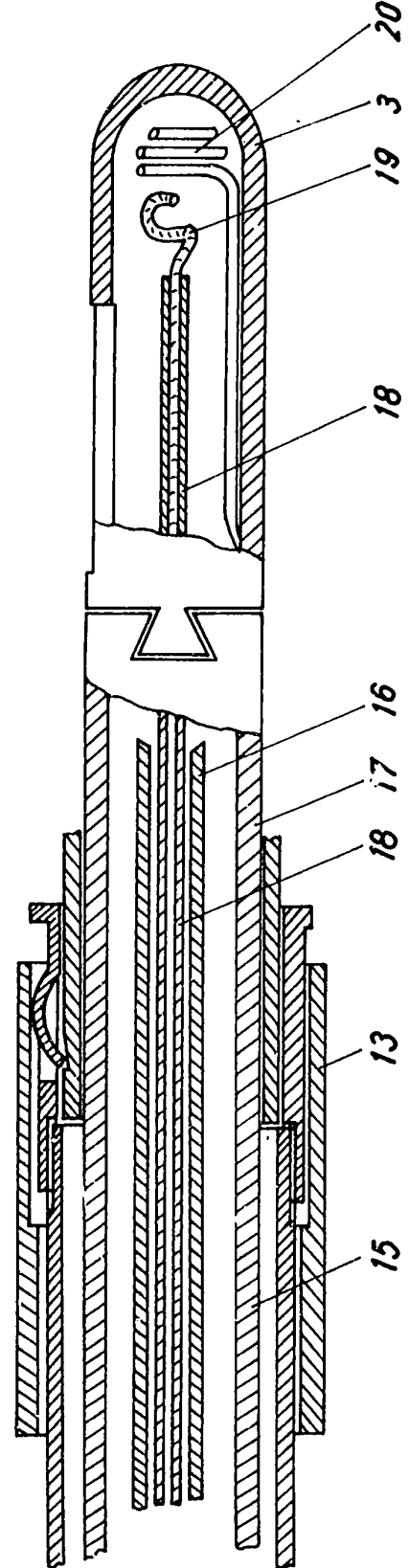


Fig. 4

