



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) DD (11) 249 828 A3

4(51) F 23 Q 7/06

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP F 23 Q / 276 720 5

(22) 28.05.85

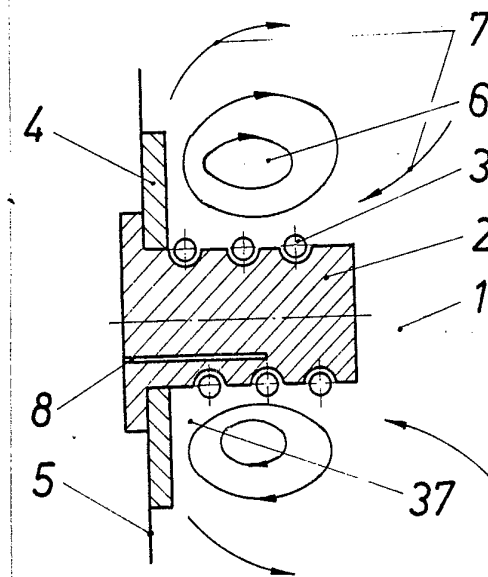
(45) 23.09.87

(71) VEB Kraftwerke Lübbenau-Vetschau, 7543 Lübbenau, DD

(72) Ströer, Kurt, Dipl.-Ing.; Koritz, Dieter, Dr.-Ing.; Bude, Friedrich, Dipl.-Ing.; Röder, Günter, Dipl.-Ing.; Fritzsche, Albert; Böhmer, Winfried; Zabelt, Karl, Dr.-Ing.; Heinrich, Roland, Dipl.-Ing.; Vetter, Jörg, Dipl.-Ing.; Kupsch, Werner, DD

(54) Anordnung einer elektrischen Zündeinrichtung in einem Kohlenstaubbrenner

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung einer elektrischen Zündeinrichtung in einem Kohlenstaubbrenner, wobei diese bei einer kleinen Oberfläche eine hohe Aufenthaltsdauer für eine kleine Menge eines Kohlenstaub-Luft-Gemisches gewährleistet. Dies wird dadurch erreicht, daß ein stупfförmiger Widerstandsheizkörper von einer Zündrezirkulation allseitig umströmend über eine metallische Strahlungsplatte an einer Wand im Bereich der inneren und äußeren Zündrezirkulation des Kohlenstaubbrenners angeordnet ist.  
Figur



### **Erfindungsanspruch:**

1. Anordnung einer elektrischen Zündeinrichtung in einem Kohlenstaubbrenner, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein stumpfförmiger Widerstandsheizkörper von einer Zündrezirkulation allseitig umströmend über eine metallische Strahlungsplatte an einer Wand im Bereich der inneren und äußeren Zündrezirkulation des Kohlenstaubbrenners angeordnet ist.
2. Anordnung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der stumpfförmige Widerstandsheizkörper und die Strahlungsplatte so ausgebildet sind, daß die Länge des Widerstandsheizkörpers bis zum Vierfachen seines Durchmessers, vorzugsweise Zweifachen, und der Durchmesser der wärmewirksamen Strahlungsplatte bis zum Fünffachen, vorzugsweise Dreifachen, des Durchmessers des Widerstandsheizkörpers beträgt.
3. Anordnung nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß der stumpfförmige Widerstandsheizkörper und die Strahlungsplatte unter Bildung einer 90°-Anströmung angeordnet sind.
4. Anordnung nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Widerstandsheizkörper an der Brennerrückwand, in der Innenwandung des Brennerkanals, an der Stirnseite eines Zentralrohres, an der Rezirkulationsstufenwand oder an der Muffelwandung angeordnet ist.
5. Anordnung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der stumpfförmige Widerstandsheizkörper eine auf einem Keramikkörper angeordnete offene Widerstands-Glühwendel aufweist.
6. Anordnung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der stumpfförmige Widerstandsheizkörper eine mit einem Strahlungsgehäuse versehene auf einem Keramikkörper angeordnete Widerstands-Glühwendel aufweist.
7. Anordnung nach Punkt 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Keramikkörper mit Medien-Austrittsöffnungen versehen ist.
8. Anordnung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Keramikkörper und das Strahlungsgehäuse mit Medien-Austrittsöffnungen versehen sind.
9. Anordnung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Strahlungsgehäuse Medien-Ein- und Austrittsöffnungen aufweist.
10. Anordnung nach Punkt 1, 5 und 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß vor der Stirnseite des stumpfförmigen Widerstandsheizkörpers eine Ablenkplatte angeordnet ist.
11. Anordnung nach Punkt 10, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Platte als medienbeaufschlagte Kammer ausgebildet ist und Medien-Austrittsöffnungen aufweist.
12. Anordnung nach Punkt 1, 5 und 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Bereich des stumpfförmigen Widerstandsheizkörpers im Brenner Medien-Austrittsöffnungen angeordnet sind.
13. Anordnung nach Punkt 1, 5 und 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Keramikkörper oder im Strahlungsgehäuse Thermolemente angeordnet sind.

Hierzu 5 Seiten Zeichnungen

### **Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung einer elektrischen Zündeinrichtung in einem Kohlenstaubbrenner.

### **Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Um insbesondere zündschwierige Kohlenstäube zu zünden, ist es bekannt, elektrische Widerstandszündeinrichtungen im Brenner anzuordnen.

Zur konzentrierten Zündwärmefuhr ist dabei schon vorgeschlagen worden, ein Teil des Brenners als segmentartige Zündfläche ausgebildet (DD-PS 231962). Obwohl eine sichere Initialzündung erreicht worden ist, benötigt diese Anordnung große Zündflächen und damit einen großen Zündenergieaufwand. Damit verbunden ist eine aufwendige konstruktive Gestaltung des Brenners, um die durch Wärmedehnungen bedingten Verwerfungen zu kompensieren. Trotz dieser Aufwendungen treten durch Wärmedehnungen bedingte Brüche des Brenners und der Zündfläche einschließlich der eingebauten Widerstandsheizeinrichtung auf.

Weiterhin ist schon vorgeschlagen worden, eine vom Kohlenstaubbrenner konstruktiv unabhängige Zündlanze mit einem Widerstandsglühkörper vorzusehen (DD-PS 231 963), wobei die Zündlanze stationär im Brenner oder transportabel verwendbar ist. Die Anwendung der Zündlanze ist nur für geometrisch günstig gestaltete Brenner mit entsprechenden konstruktiv vorgesehenen Öffnungs- und Verschlusseinrichtungen möglich.

Außerdem ist die Betriebsführung aufgrund der geometrischen Abmessungen der Zündlanze manuell sehr schwierig zu beherrschen. Darüber hinaus bedingen die sehr hohen Oberflächentemperaturen einen mechanischen Verzug, der zum Bruch der Rohre und der Widerstandsheizung führt.

Außerdem ist schon vorgeschlagen worden, in einem Kohlenstaub-Wirbelbrenner eine aus einem elektrischen Widerstandsglühkörper bestehende Lanze anzuordnen (DD-PS 224 394). Der elektrisch offene Widerstandsglühkörper ist an einem Trägerrohr befestigt und weist eine Lochblende sowie eine Rückströmscheibe auf. Dabei liegt die Lanze direkt im Kohlenstaub-Luft-Gemischstrom, während die Lochscheibe einen Teil des Gemischstromes erfaßt. Durch die Form der Lochscheibe wird eine radiale Bestromung des Glühkörpers erreicht. Durch die Rückströmscheibe soll der Teilstrom umgelenkt werden, um eine längere Verweilzeit zu erreichen.

Diese sowie die ähnlich aufgebaute (DE-PS 917 208) Zündlanze weist folgende Nachteile auf:

1. Weder durch die Anordnung der Lochscheibe noch durch die Teilstromumlenkung wird die Zündsicherheit erhöht.
2. Die angewinkelte Rückströmscheibe deckt einen Teil der Heizwendel ab, so daß örtliche Überhitzungen eintreten, die zu Zerstörungen führen.
3. Der Zündvorgang erfordert eine gerichtete Strömung.
4. Durch die radiale Bestromung sowie die lanzenförmige Anordnung trifft eine relative Verdünnung der Staubkonzentration ein, die zur Zünderschwernis führt.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, den elektrischen Zündenergieaufwand pro Staubbrennerleitungseinheit weiter zu verringern und dabei die mechanischen Beanspruchungen sowie Wärmedehnungsprobleme durch die Zündeinrichtung weitgehend auszuschließen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Widerstandsglühleinrichtung so auszubilden und anzuordnen, daß diese bei einer kleinen Oberfläche eine hohe Aufenthaltsdauer für eine kleine Menge eines Kohlenstaub-Luft-Gemisches gewährleistet.

Dies wird dadurch erreicht, daß erfindungsgemäß ein stumpfförmiger Widerstandsheizkörper von einer Zündrezirkulation allseitig umströmend über eine metallische Strahlungsplatte an einer Wand im Bereich der inneren und äußeren Zündrezirkulation des Kohlenstaubbrenners angeordnet ist.

### Ausführungsbeispiel

An einem Ausführungsbeispiel wird die Erfindung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 bis 6: die Ausgestaltung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers,  
Fig. 7: die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers in einem Ejektor-Brenner im Prinzip als Teilschnitt,  
Fig. 8: die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers in einem Wirbelbrenner im Prinzip als Teilquerschnitt,  
Fig. 9: die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers in der Rücksprungstufe eines Ejektorbrenners mit Ablenkplatte und Medienzufuhr durch den Glühkörper,  
Fig. 10: die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers in der Rücksprungstufe eines Ejektorbrenners mit Ablenkplatte und Medienzufuhr durch die Brennerwandung,  
Fig. 11: die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers in der Rücksprungstufe eines Ejektorbrenners mit gekühlter Ablenkplatte und Medienzufuhr durch die Ablenkplatte.

Der stumpfförmige Widerstandsheizkörper 1 besteht aus dem Keramikkörper 2 und der offenen Heizwendel 3. Am Fuß des Widerstandsheizkörpers 1 ist die Strahlungsplatte 4 angeordnet (Fig. 1 bis 6) und bildet so die 90°-Anströmung 37.

Der stumpfförmige Widerstandsheizkörper 1 ist an der Wandung 5 des Brenners im Bereich der inneren und äußeren Zündrezirkulation 6; 7 und von dieser allseitig umströmend angeordnet (Fig. 1). Im Keramikkörper 2 ist die Bohrung 8 zur Aufnahme eines Thermoelements vorgesehen.

Für eine sichere Zündung ist der Widerstandsheizkörper 1 mit Strahlungsplatte 4 so bemessen, daß die Länge des Widerstandsheizkörpers 1 bis zum Vierfachen seines Durchmessers und der Durchmesser der Strahlungsplatte 4 das Dreifache des Durchmessers des Widerstandsheizkörpers beträgt.

Der Keramikkörper 2 weist die zentrale Bohrung 9 auf (Fig. 2), durch die der Anschlußteil 10 für die Heizwendel 3 geführt ist. Diese Bohrung 9 ist gleichzeitig als Förderstrecke zum Hindurchleiten eines Mediums, z. B. Sekundärluft, Rauchgase, ausgebildet. Das durch die Bohrung 9 geleitete Medium ist Kühlmittel für den Keramikkörper und dient danach als heiße Zündluft und/oder als zusätzliches Rezirkulationsmedium, so daß der elektrische Widerstands-Glühkörper 1 allseitig umströmt wird.

Zur Verbesserung der zusätzlichen Rezirkulationsströmung weist der Widerstands-Glühkörper 1 neben der Bohrung 9 die radialen Öffnungen 11 auf (Fig. 3).

Zum Schutz der Heizwendel 3 und zur Vergrößerung der Strahlungsfläche ist der elektrische Widerstands-Glühkörper 1 mit dem Strahlungsgehäuse 12 versehen (Fig. 4).

Zur Erzeugung der zusätzlichen Rezirkulationsströmung weist das Strahlungsgehäuse 12 die Öffnungen 13 auf (Fig. 5).

Zur Verbesserung der zusätzlichen Rezirkulationsströmung weist der Keramikkörper 2 die zentrale Bohrung 9 sowie die radialen Öffnungen 11 und das Strahlungsgehäuse 12 die Öffnungen 13 auf (Fig. 6).

Die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers 1 mit Strahlungsplatte 4 erfolgt dabei in der Rücksprungstufe 14 des aus Primärrohr 15, Muffel 16 und Sekundärluftrohr 17 bestehenden Ejektorbrenners (Fig. 7).

Die Anordnung des elektrischen Widerstands-Glühkörpers 1 mit Strahlungsplatte 4 erfolgt am Zentralrohr 18 oder an der Wandung 19 des aus Primärrohr 20 und Sekundärluftrohr 21 bestehenden Wirbelbrenners (Fig. 8).

Die Wirkungsweise ist folgende:

Vor der Inbetriebnahme der Kohlenstaubbrenner wird der Widerstandsheizkörper 1 mittels Heizwendel 3 aufgeheizt. Vorzugsweise erhitzt sich dabei die Heizwendel 3 auf 700–1100°C (Fig. 1 bis 8). Parallel zum Aufheizvorgang erfolgt die Wärmestrahlung 48; 49 vom Heizkörper (Fig. 2). Dabei wird ein erheblicher Anteil dieser Wärme an die Strahlungsplatte 4 abgegeben, welche sich auf ähnlich hohe Temperaturen erhitzt. Voraussetzung dafür ist, daß vorzugsweise nur die dem Keramikkörper 2 nahen Flächenbereiche der Strahlungsfläche 4 wegen der geringen Entfernung und des steilen Auftreffwinkels  $\alpha$  der Strahlung 48 diese Temperatur erreichen und für die Anordnung der Zündeinrichtung genutzt werden. So wird die Breite der Strahlungsfläche 4 vorzugsweise das dreifache des Durchmessers des Keramikkörpers 3 betragen und der Keramikkörper nicht länger als das vierfache seines Durchmessers sein.

Nur in diesen Abmessungsgrenzen ist ein optimaler Anteil der vom Widerstandsheizkörper 1 gesamten abgestrahlten Wärme 48; 49 durch die Strahlungsfläche 4 zurückzugewinnen und für den Zündvorgang zu speichern.

Durch das Strahlungsgehäuse 12 wird eine gleichmäßige ebene Heizfläche erzeugt (Fig. 4, 5, 6). Nach erfolgter Aufheizung, welche über ein Thermoelement 50 in der Bohrung 8 oder im Strahlungsgehäuse 12 (Fig. 4) oder an der Strahlungsheizfläche 4 (Fig. 3) angezeigt wird oder experimentell bestimmt und vorgegeben wird (Fig. 7, 8), erfolgt die Beschickung des Brenners mit Fördergas-Staub-Gemisch.

Charakteristisch ist dabei, daß die Hauptströmung 7 des Fördergas-Staub-Gemisches im Bereich des Widerstandsheizkörpers 1 in jedem Falle eine Wirbelströmung 6 und/oder eine Eckenströmung 51 hervorruft. Das Gemisch strömt dabei die 90°-Ecken mit zweiseitig erhitzten Flächen (Strahlungsfläche 4 und Zylinderoberfläche des Widerstandsheizkörpers 1) an und wird dort intensiv erhitzt, insbesondere durch die Wirbelbildung 6 die Aufenthaltszeit des Staubes verlängert und durch Berührung mit den erhitzten Flächen gezündet.

So bildet sich der Zündwirbel 6 (Fig. 1) durch die Hauptströmung 7 allseitig am Umfang des Keramikkörpers 2 und liegt auch an der Strahlungsfläche 4 an.

Über die Hauptströmung 7 werden die Wirbelströmungen 6 (Fig. 3) gebildet. Gleichzeitig wird am strömungsabgewandten Wirbel 6.1 noch über die Öffnungen 11 eintretende Rauchgasströmung 52 einmal der Keramikkörper 2 gekühlt, die Rauchgasströmung 52 erhitzt und am Öffnungsaustritt mit oder ohne Umgebungsluft gemischt dem zündenden Wirbel 6.1 zugeführt. Ebenfalls wird über den Unterdruck der Brennkammer bzw. der Wirbelströmung die Umgebungsluft 53 über die Bohrung 9 angesaugt, erhitzt und mit dem Wirbel 6.1 vermischt als Verbrennungsluft genutzt. Der Schutz des Keramikkörpers 2 vor der Wärmezufuhr aus der Wirbelströmung 6 erfolgt durch das Strahlungsgehäuse 12 (Fig. 4). Das Strahlungsgehäuse weist die Öffnungen 13 auf, durch welche vom Wirbel 6 abgelöste Rauchgas- oder Kohlenstaub-Luft-Gemischströme 52 durch das Gehäuse strömen, erhitzt und gezündet, dem rückwärtigen Wirbel 6.1 zugemischt und diesen zünden. Die direkte Anströmung des Widerstandsheizkörpers 1 durch die Hauptströmung 7 führt zur Wirbelbildung 6, während die seitliche Umströmung des Widerstandsheizkörpers 1 zur Eckenströmung 51 führt, welche ebenfalls von den beiden heißen Flächen 4; 12 erhitzt und gezündet wird (Fig. 6, 7). Die radiale Strömung 7 wird durch die Luftzugabe im drallerzeugenden Sekundärluftrohr 17 als Mischung mit dem Primärgemisch des Primärrohres 15 erzeugt.

Sie zündet am Widerstandsheizkörper 1, brennt an der erhitzten Muffel aus bzw. erhitzt diese. Durch die Strömung 7 im Primärrohr 20 bildet sich am Widerstandskörper 1 die 90°-Anströmung 37 zur Zündung des Primärgemisches (Fig. 8), während am Zentralrohr 18 der stirnseitig angebrachte Widerstandsheizkörper 1 die als innere Rezirkulation durch die verdrallte Luft des Sekundärluftrohres 21 erzeugte Strömung 7 ebenfalls zwischen Widerstandsheizkörper 1 und Strahlungsplatte 4 zur 90°-Anströmung 37 führt und der innere Rezirkulationswirbel durch die zündende 90°-Anströmung 37 stabil, auch bei Störungen erneut, gezündet wird.

Die Anordnung des Widerstands-Glühkörpers 1 und der Strahlungsplatte 4 erfolgt im Wandbereich 22 der Rücksprungstufe 14 des Ejektorbrenners (Fig. 9). Die Heizwendel 3 des Widerstands-Glühkörpers 1 ist mit der Stromversorgung 23 sowie der Steuer- und Regeleinrichtung 24 mit Thermoelement 31 und Sollwertstellvorrichtung 32 verbunden.

In die zentrische Bohrung 9 des Keramikkörpers 2 ist das Kühl- und/oder Anschlußrohr 25 mit Anschlußteil 10 eingebunden. Über das Kühl- und/oder Anschlußrohr 25 bzw. über die zentrische Bohrung 9 wird, bedingt durch den Unterdruck in der Rezirkulationszone 27, eine zweite Primärluft 26 zugeführt, die sich mit dem Kohlenstaub-Luft-Gemisch 28 zu einem Gemisch 29 vereinigt. Das Gemisch 29 strömt über die Heizwendel 3 des Widerstands-Glühkörpers 1.

Zur Vermeidung von Schlackenansätzen am Widerstands-Glühkörper 1 ist in einem Abstand die Platte 30 angeordnet.

Die Wirkungsweise ist folgende:

Durch den in Betrieb genommenen Widerstands-Glühkörper 1 heizt sich durch die Strahlungs- und Konvektionswärme die Strahlungsplatte 4 auf. Für den Initialzündvorgang durch den Widerstands-Glühkörper 1 ist von entscheidender Bedeutung, daß Widerstands-Glühkörper 1 und Strahlungsplatte 4 die 90°-Anströmung 37 bilden. In dieser 90°-Anströmung 37 wird das Kohlenstaub-Luft-Gemisch umlenkt, teilweise entmischt und ein Eckwirbel gebildet, so daß die Aufenthaltszeit des Kohlenstaubes wesentlich erhöht und damit die weitere Zündung auch im unbeheizten Wandungsbereich 22 gesichert. Nach stabiler Zündung wird über das Sekundärluftrohr 17 weitere Luft mit der Strömung 38 in den Zündbereich gegeben.

Wird der Ejektorbrenner in Betrieb genommen, so wird das Kohlenstaub-Luft-Gemisch 28 entsprechend der sich ausbildenden Strömung 33 als begrenzter Teilstrom zusammen mit der zweiten Primärluft 26 als Gemisch 29 über die Heizwendel 3 des Widerstands-Glühkörpers 1 geführt. Ein geringer Anteil des Kohlenstaubes wird am Widerstands-Glühkörper 1 gezündet und gelangt entsprechend der Strömung 34 in die gesamte Rücksprungstufe 14. Dadurch zündet das gesamte Kohlenstaub-Luft-Gemisch 35. Die sich ausbildende Randströmung 33; 34 zwischen dem Wandbereich 22 und dem Widerstands-Glühkörper 1 sichert eine stabile Zündung.

Mitgeführte Ascheteilchen 36 werden durch die Platte 30 abgelenkt und sintern damit nicht am Widerstands-Glühkörper 1, insbesondere am Keramikkörper 2.

Zur Verbesserung des Initialzündvorganges durch den Widerstands-Glühkörper 1 weist die Rohrwandung 39 der Rücksprungstufe 14 die Luftzuführungskanäle 40 auf (Fig. 10).

Die Wirkungsweise ist folgende:

Über die Luftzuführungskanäle 40 gelangt zusätzlich Zündluft in die Rücksprungstufe 14 und sichert so eine schnelle und stabile Zündung und Verbrennung des Kohlenstaubes 28. Außerdem wird durch die Zündluft eine sichere Kühlung des Widerstands-Glühkörpers 1 gewährleistet.

Zur weiteren Verbesserung des Initialzündvorganges ist die Platte 30 als Luft- und/oder Gaskammer 41 ausgebildet (Fig. 11).

Die Luft- und/oder Gaskammer 41 weist den Medienanschluß 42 und die dem Widerstands-Glühkörper 1 gegenüberliegenden Austrittsöffnungen 43 auf. Der Medienanschluß 42 ist mit der gesteuerten Verschlusseinrichtung 44 versehen, dessen Antrieb 45 von der Steuer- und Regeleinrichtung 24 beaufschlagt ist.

Zusätzlich ist in den Medienanschluß 42 die Gasleitung 46 mit gesteuertem Antrieb 47 eingebunden.

Die Wirkungsweise ist folgende:

Durch das über den Medienanschluß 42 zugeführte Medium (Luft, Gas) wird die Platte 30 zur Vermeidung von Verschlackungen ebenfalls gekühlt. Dadurch erwärmt sich das Medium und wird über die Steuer- und Regeleinrichtung 24 so gesteuert, daß die Maximaltemperatur der Heizwendel 3 auch bei hochwertigen Brennstoffen (Kohlenstaub) während des Zündbrennerbetriebes nicht überschritten wird. Bei minderwertigen Brennstoffen (Kohlenstaub) wird über die Gasleitung 46 zusätzlich gesteuert Zündgas eingebracht.

Das Zündgas tritt ebenfalls durch die Austrittsöffnungen 43, zündet im Bereich des Widerstands-Glühkörpers 1 und sichert eine schnelle und stabile Initialzündung des Kohlenstaubes.

Durch die Erfindung werden folgende Vorteile erreicht:

1. Die Heizleistung des Widerstands-Glühkörpers wird minimiert.
2. Die Energieübertragung für Heizung und Zündung ist über Transformatoren kleiner Leistung möglich. Eine Spannungsgefährdung im Kraftwerk entfällt. Zusätzliche Schutzleiternmaßnahmen können entfallen.
3. Die Zündwirbelbildung am Widerstands-Glühkörper ist von beliebiger Anströmrichtung und Geschwindigkeit gewährleistet.
4. Eine Erhitzung des Zündgemisches erfolgt an einer beidseitig beheizten 90°-Ecke bei maximaler Nutzung der Heizwärme für diese Ecke und maximale Aufenthaltszeit des Gemisches in der Ecke.
5. Der Widerstands-Glühkörper hat fertigungstechnische Vorteile wegen der großen Dehnungsbereiche längs und quer. Der große Spiraldurchmesser mit großer Teilung schließt Kurzschlüsse aus.
6. Bei Schäden an der Heizwendel verschweißen sich die Schadstellen nachträglich.
7. Eine Überwachung und automatische Zündung ist einfach realisierbar.

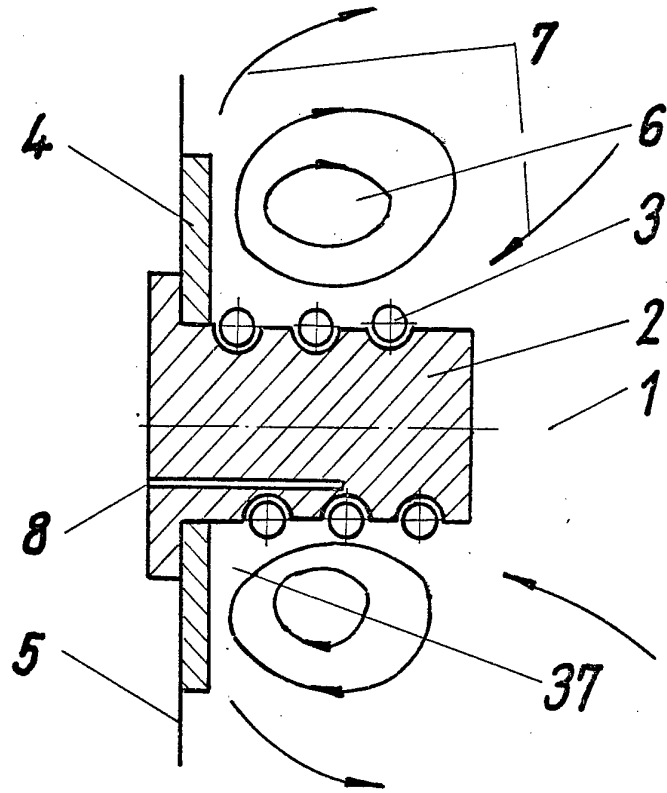


Fig. 1

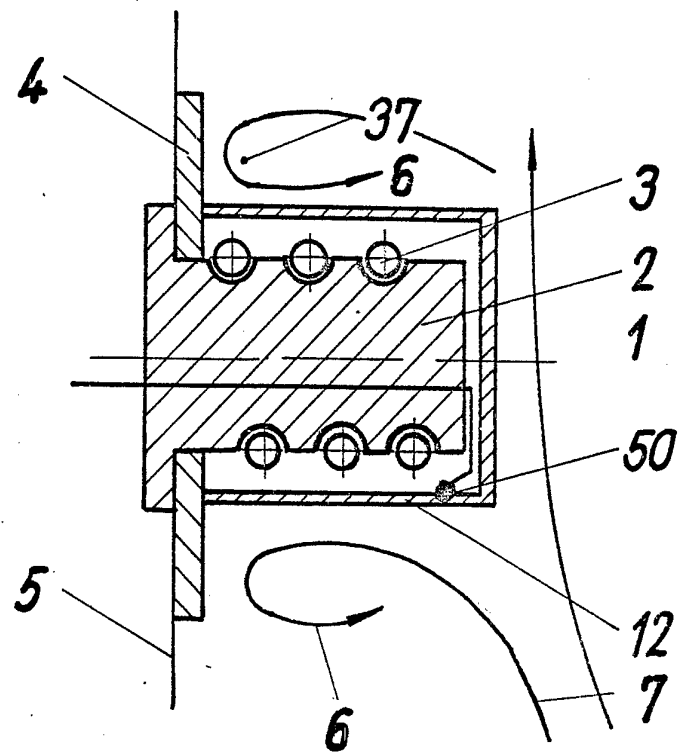


Fig. 4

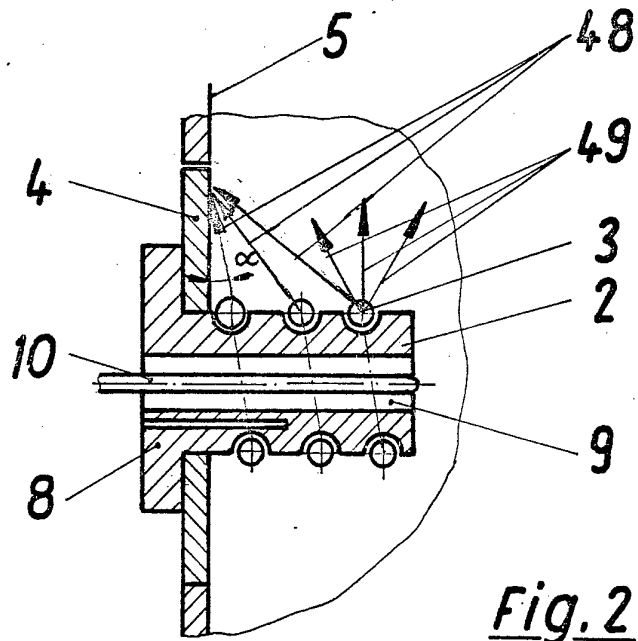


Fig. 2

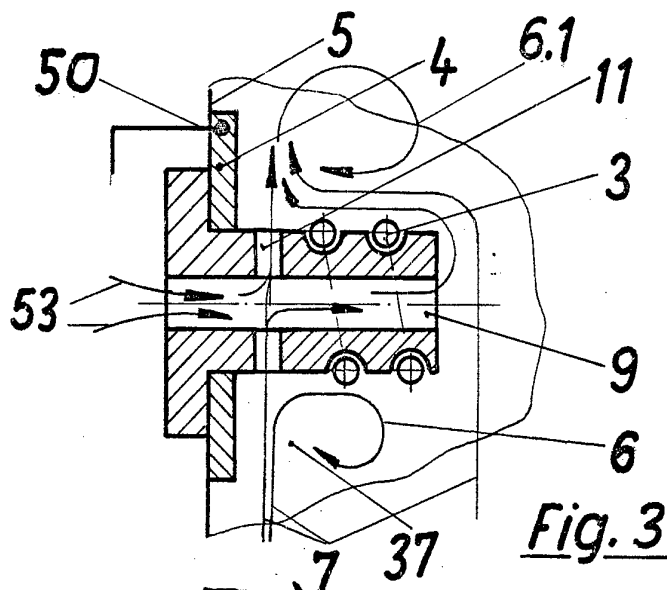


Fig. 3

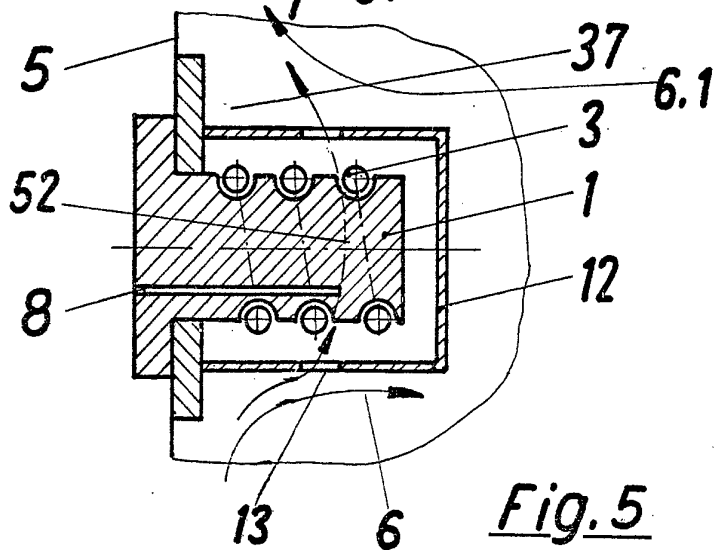


Fig. 5

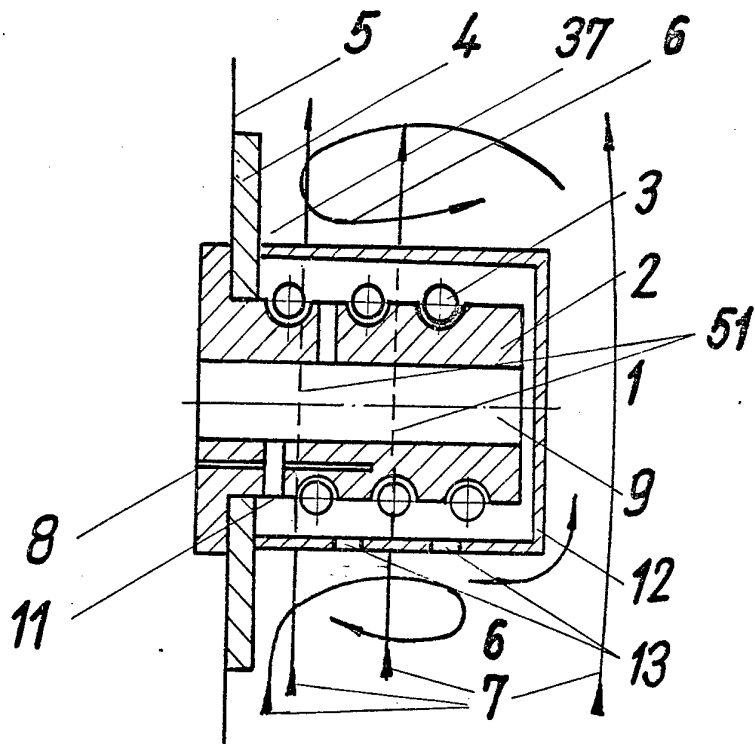


Fig. 6

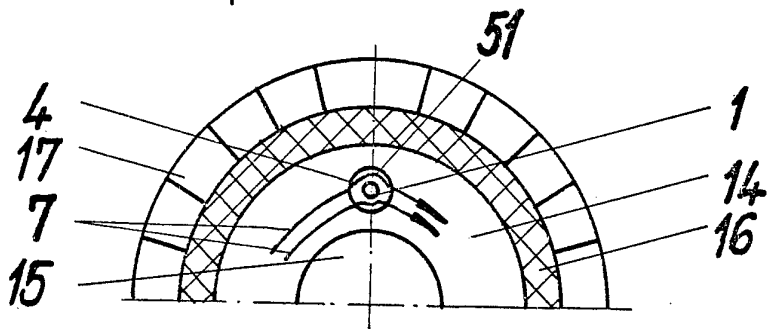


Fig. 7

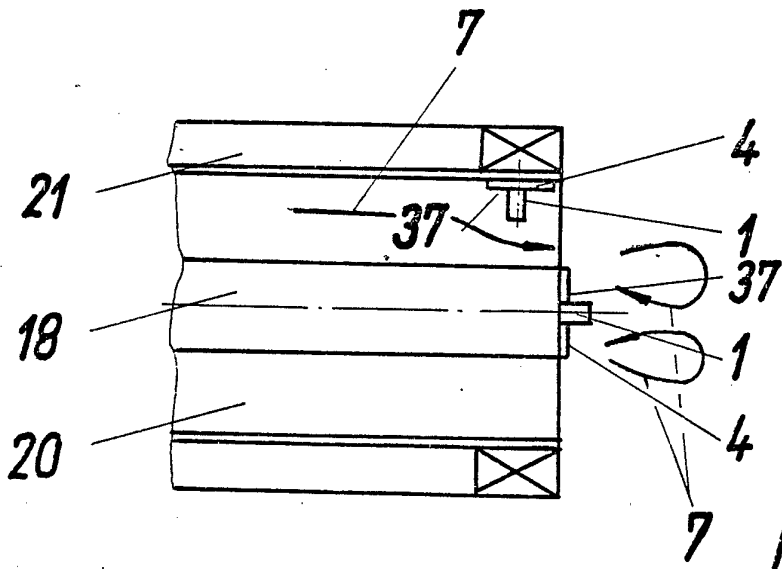


Fig. 8

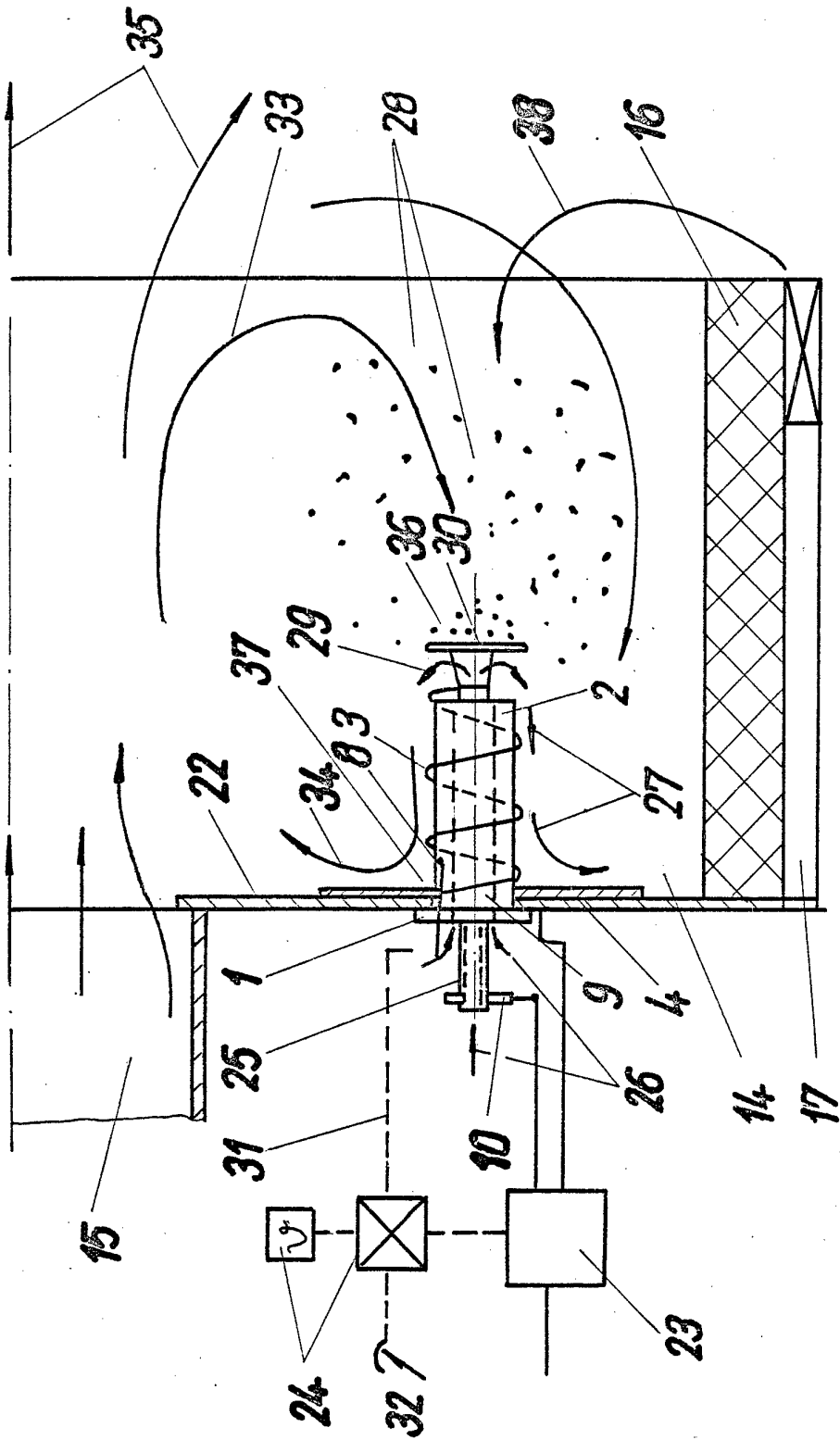


Fig. 9

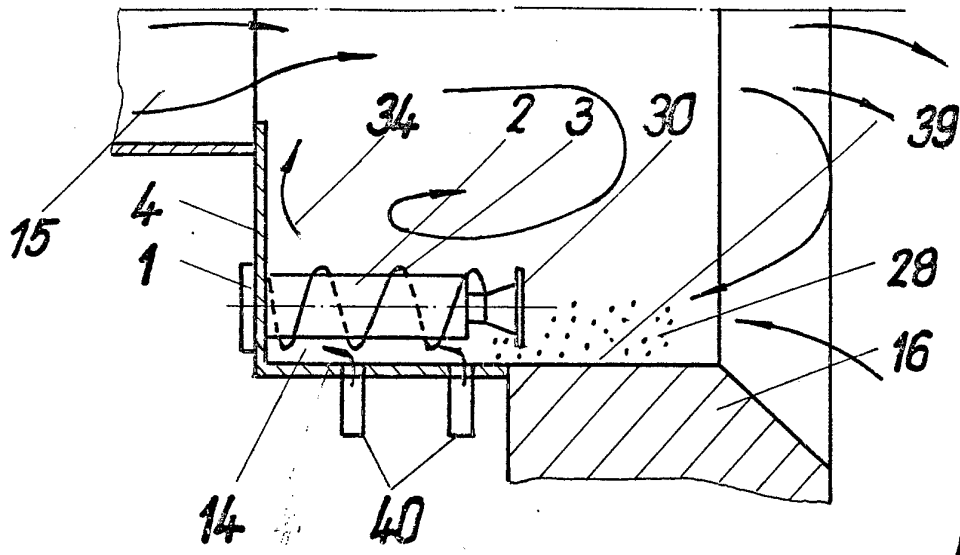


Fig. 10

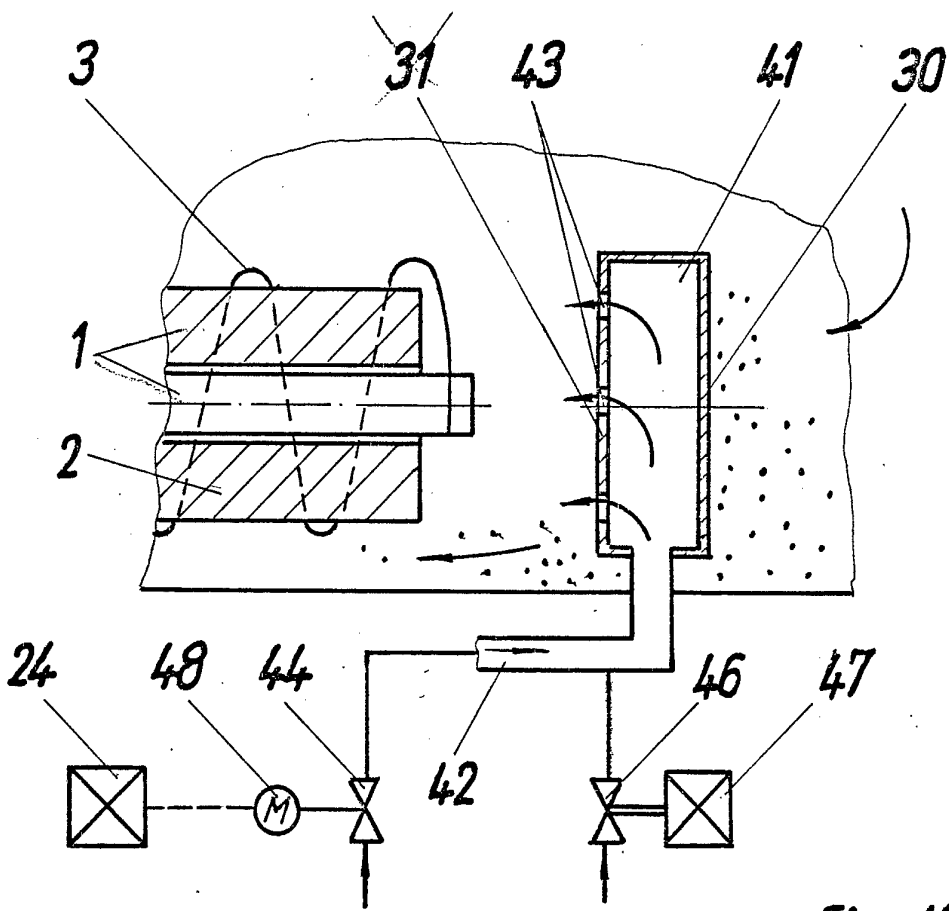


Fig. 11