(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 780 631 A2

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
25.06.1997 Bulletin 1997/26

(51) Int. Cl.[6]: **F23D 14/20**, F23D 14/70

(21) Application number: **96119733.2**

(22) Date of filing: **10.12.1996**

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB

(30) Priority: **19.12.1995 DE 19547506**

(71) Applicant: **Daimler-Benz Aerospace Airbus Gesellschaft mit beschränkter Haftung**
21129 Hamburg (DE)

(72) Inventor: **Suttrop, Friedemann, Prof. Dr.-Ing.**
52072 Aachen (DE)

(74) Representative: **Hansmann, Dierk, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte
Hansmann-Klickow-Hansmann
Jessenstrasse 4
22767 Hamburg (DE)

(54) Method and burner for combustion of hydrogen

(57) Verfahren und Brenner zum Verbrennen von Wasserstoff in einer Diffusionsverbrennung, wobei der Wasserstoff (GH2) und ein Oxidator in einen Brenner (1) eingeleitet werden, wobei ferner die Hauptstromrichtung durch die Stromrichtung (4) des Oxidators definiert wird, und der Wasserstoff in einer im wesentlichen senkrecht zur Hauptstromrichtung gerichteten Querströmung (3) zu den einzelnen Brennzonen verteilt wird, wobei als Oxidator Luft verwendet wird und die Querströmung mit einer Feinverteilung auf eine Vielzahl von einzelnen Mikrobrennzonen verbunden ist.

Hierbei ist insbesondere vorteilhaft, daß der fertigungstechnische Aufwand trotz einer erheblichen Steigerung der Anzahl der Brennzonen gering bleibt.

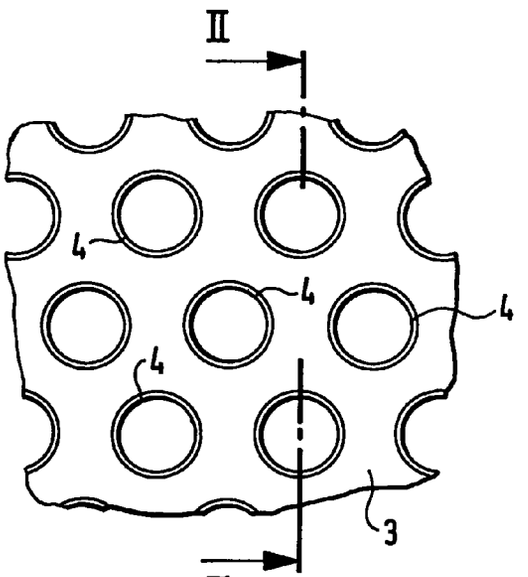


FIG.1

EP 0 780 631 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verbrennen von Wasserstoff und einen Brenner zur Durchführung des Verfahrens.

Wasserstoff (H2) als Brennstoff für Brenner aller Art, beispielsweise für Brennkammern für Gasturbinen, zeichnet sich durch eine besonders hohe Reaktivität und damit auch durch eine außergewöhnlich große Stabilität der Verbrennung aus, und zwar auch bei Luftüberschüssen, wie sie bei Brennkammern moderner Gasturbinen auftreten. Durch Veröffentlichungen von Heywood und Mikus ist es in der Verbrennungstechnik bekannt, daß im Bereich mit genügend hohen Luftüberschüssen die Erhöhung des Mischungsgrades zu einer Reduktion der Bildung von Stickoxid (NOx) führt. Dabei ergibt sich ein Minimum der NOx-Bildung bei vollkommen homogenen Brennstoff-Luftgemischen, wie sie etwa durch Vormischung vor der eigentlichen Brennzone erzielt werden können. Ein entsprechender Vorschlag einer homogen vorgemischten Verbrennung von Wasserstoff existiert von Pratt & Whitney of Canada. Trotz der Vorteile, die die Vormischung im Hinblick auf die NOx-Reduzierung bietet, besteht ein wesentlicher Nachteil dieser Maßnahme darin, daß ein Zurückschlagen der Flamme in den Mischbereich prinzipiell möglich ist.

Technische Lösungen von entsprechenden Brennern mit Vormischung zeigen einen relativ einfachen Aufbau. Hierbei wird beispielsweise eine Verteilerkammer von plattenförmiger Gestalt für den Wasserstoff quer zur Durchströmrichtung der Luft, im folgenden Hauptstromrichtung genannt, in eine Brennkammer eingesetzt, wobei die Verteilerkammer in Hauptstromrichtung von einer Vielzahl von Luftleitrohren mit einer Eintrittsöffnung und einer Austrittsöffnung durchsetzt ist. Jedes Luftleitrohr steht über kleine Bohrungen, die in der Nähe der Eintrittsöffnung angeordnet sind, mit der Verteilerkammer in Verbindung. Wird nun H2 in die Verteilerkammer eingeleitet, so strömt dieser quer zur Hauptstromrichtung zu den einzelnen Bohrungen und gelangt so in die Luftleitrohre. Wird nun gleichzeitig Luft durch die Luftleitrohre in die Brennkammer geblasen, so vermischen sich beide Gase innerhalb der Luftleitrohre. Das auf diese Weise erzeugte Gemisch gelangt dann in die Brennkammer und wird gezündet. Durch Anordnung der Verteilerkammer wird der Aufbau des Brenners wesentlich vereinfacht, da hierdurch individuelle Wasserstoffleitungen zu den einzelnen Luftleitrohren bzw. Brennzonen vermieden werden.

Unter Berücksichtigung der Bedeutung des Mischungsgrades im Hinblick auf die NOx-Bildung bei der Verbrennung von H2 weisen bekannt gewordene Wasserstoff-Brenner und -Brennkammern, die ohne Vormischung, also mit Diffusionsverbrennung arbeiten, eine erhöhte Anzahl von H2-Injektionsdüsen auf. Hierbei handelt es sich in der Regel um konventionelle Halldüsen. Entsprechende Lösungen wurden in Rußland von TRUD / Kusnetzov und in Deutschland von MTU vorgelegt. Bei Anwendung dieses Prinzips, beispielsweise durch TRUD läßt sich die Anzahl der Brennzonen um den Faktor fünf oder größer steigern, so daß bei einer bestimmten Brennkammer die Anzahl der Brennzonen von z.B. 30 auf 150 oder mehr gesteigert werden kann. Dabei weisen die einzelnen Brennzonen noch Durchmesser von ca. 20 mm auf. Einer weiteren Verkleinerung der Brennzonen und damit einer anwachsenden Anzahl der Injektionsdüsen steht die dann erforderliche große Anzahl individueller Wasserstoffleitungen entgegen.

Demgemäß liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Diffusionsverbrennung von H2 und einen Brenner zur Durchführung dieses Verfahrens so anzugeben, daß durch eine drastische Vermehrung der Brennzonen eine deutliche Reduzierung der NOx-Bildung gegenüber bisherigen Brennern mit Diffusionsverbrennung erreicht wird.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren sowie bei einem entsprechenden Brenner durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche 1, 4 und 10 gelöst.

Dabei ist insbesondere von Vorteil, daß der fertigungstechnische Aufwand trotz einer erheblichen Steigerung der Anzahl der Brennzonen gering bleibt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

So besteht ein Vorteil der Ausgestaltung nach Anspruch 2 darin, daß durch den Wasserstoff eine besonders gute Kühlwirkung auf die Struktur ausgeübt wird.

Die Erfindung ist anhand der Zeichnung dargestellt und nachfolgend näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine Ansicht eines Brenners in Matrix-Bauart für eine Brennkammer,
- Fig. 2 den Schnitt II-II nach Fig. 1,
- Fig. 3 einen Leitbolzen,
- Fig. 4 den Schnitt IV-IV nach Fig. 3,
- Fig. 5 ein Führungsrohr mit einem Leitbolzen,
- Fig. 6 eine Ansicht eines Brenners in zweidimensionaler Bauart,
- Fig. 7 den Schnitt VII-VII nach Fig. 6,
- Fig. 8 eine Ansicht eines weiteren Brenners in Matrix-Bauart,
- Fig. 9 den Schnitt IX-IX nach Fig. 8,
- Fig. 10 ein Führungsrohr nach Fig. 9 mit einem Leitbolzen,
- Fig. 11 die Ansicht XI nach Fig. 10,
- Fig. 12 den Schnitt XII-XII nach Fig. 10,
- Fig. 13 die Einzelheit XIII nach Fig. 10,
- Fig. 14 eine Darstellung nach Fig. 13 mit einer veränderten axialen Stellung des Leitbolzens,
- Fig. 15 eine Darstellung nach Fig. 14 mit einer veränderten Winkelstellung des Leitbolzens,
- Fig. 16 eine Ausgestaltung einer Führungsrohr-Leitbolzen-Anordnung mit Leitkanälen,
- Fig. 17 den Schnitt XVII-XVII nach Fig. 16,
- Fig. 18 eine Ansicht eines weiteren Brenners in

zweidimensionaler Bauart,

Fig. 19 den Schnitt XIX-XIX nach Fig. 18,

Fig. 20 einen Brenner mit einteiliger Lochplatte,

Fig. 21 die Ansicht XXI nach Fig. 20,

Fig. 22 einen Brenner mit gekrümmtem Verteilerkanal und

Fig. 23 den Schnitt XXIII-XXIII nach Fig. 22.

Die Fin. 1 bis 4 zeigen einen Brenner zum Verbrennen von H2 zum Einbau beispielsweise in die Brennkammer einer Gasturbine. Der Brenner hat eine plattenartige Gestalt und wird quer zur Hauptstromrichtung in die Brennkammer eingebaut. Der Randbereich des Brenners und dessen Verbindung mit dem nicht gezeigten Brennkammergehäuse ist nicht dargestellt und kann beliebig ausgebildet sein. Der Brenner besteht aus einer ersten Lochplatte 2 und einer zweiten Lochplatte 3, die durch eine Vielzahl von Führungsrohren 4 auf konstantem Abstand d gehalten werden. Dabei können die Löcher nach bestimmten Matrix-Mustern angeordnet sein. Die erste Lochplatte 2 besteht beispielsweise aus einem geeigneten Metall und ist gasundurchlässig. Die zweite Lochplatte 3 ist demgegenüber gasdurchlässig und besteht aus einem geeigneten porösen Material, beispielsweise aus einem Sintermetall. Dabei sind die Löcher in beiden Platten 2,3 deckungsgleich angebracht, so daß jedes Loch in der ersten Platte 2 mit dem zugeordneten Loch der zweiten Platte 3 ein Lochpaar bildet. Der Zusammenhalt des Brenners wird im wesentlichen dadurch hergestellt, daß in jedem Lochpaar ein Führungsrohr 4 als Abstandhalter eingesetzt und fixiert ist. Die Führungsrohre 4 weisen umlaufende nach außen gewalzte Sikken 5 auf. Die Fixierung der Führungsrohre 4 in der Lochplatte 2 erfolgt beispielsweise durch Löten oder Schweißen, wohingegen die Fixierung in der Platte 3 beispielsweise durch Einwalzen oder Bördeln erfolgen kann. Dabei ergibt sich im Zusammenwirken mit der Sicke 5 zwischen den Führungsrohren 4 und der Lochplatte 3 jeweils eine formschlüssige Verbindung. Damit bilden im wesentlichen die Lochplatten 2,3 mit den Führungsrohren 4 eine Verteilerkammer. In jedes Führungsrohr 4 ist ein Luftleitbolzen 6 eingesetzt, wie er in den Fign. 3 und 4 vergrößert gezeigt ist. Der Leitbolzen besteht im Grunde aus einem zylindrischen Rotationskörper mit einem Anschlag 6a, einem Führungsteil 6b, einer Halterung 8 und einer Scheibe 9. Der Außendurchmesser des Führungsteils 6b entspricht in etwa dem Innendurchmesser des Führungsrohres 4 und weist in der gezeigten Beispielausführung vier axiale Leitkanäle 7 auf. Die Halterung 8 ist in Fig. 3 rechts am Führungsteil angesetzt und stellt praktisch einen Bereich mit reduziertem Durchmesser dar, der die konzentrisch angesetzte Scheibe 9 trägt, deren Außendurchmesser ungefähr dem des Führungsteils 6b entspricht. Der Anschlag 6a wird durch einen in axialer Richtung kurzen Bereich gebildet, dessen Außendurchmesser größer ist als der des Führungsteils 6b. In jedes Führungsrohr 4 ist von der Luftseite des Brenners her ein Leitbolzen 6 eingesetzt bis der Anschlag 6a an der Lochplatte 2 anliegt und ist in dieser Position dauerhaft fixiert. Eine derartige Baugruppe bildet jeweils einen Injektor. Zur Inbetriebnahme des Brenners wird gasförmiger Wasserstoff in die zwischen den Lochplatten 2,3 bestehende Verteilerkammer eingeleitet. Außerdem wird Luft durch die Führungsrohre in die Brennkammer eingeblasen. Dabei strömt der Wasserstoff innerhalb der Verteilerkammer quer zur Hauptstromrichtung und verteilt sich dabei in einer Feinverteilung auf die örtlichen Bereiche der porösen Lochplatte 3, durch die er in die Brennkammer eintritt und hier eine Wasserstoffumgebung bildet. Dabei entsteht am Austritt jedes Führungsrohres 4 infolge der Umlenkung durch die Scheibe 9 eine Luftströmung nach Art eines Kegelmantels, die in einen Prozeß der Gemischbildung mit dem umgebenden Wasserstoff eintritt und dabei eine rotationssymmetrische Diffusionsflamme bildet. Förderlich für die Aktivierung des Mischprozesses ist hier die Wechselwirkung aufeinanderprallender benachbarter Kegelflammen. Die Geometrie der Leitbolzen 6 ist so gewählt, daß sich bei deren Einsetzen bis zum jeweiligen Anschlag 6a eine vorbestimmte Umlenkung, d. h. eine vorbestimmte Flammenform ergibt. Es ist auch denkbar, daß die Anschläge 6a aus Gewichtsgründen weggelassen werden. In diesem Falle erfolgt das Einsetzen der Leitbolzen 6 in die Führungsrohre 4 in eine vorbestimmte axiale Position mittels einer Fertigungsvorrichtung. Durch den äußerst einfachen Aufbau der Injektoren können diese so miniaturisiert werden, daß eine wesentlich größere Anzahl davon je Brennkammer installierbar ist. Infolge der Miniaturisierung in der angegebenen Größenordnung werden die erfindungsgemäß ausgebildeten Brennzonen Mikrobrennzonen genannt.

Die Fign. 6 und 7 zeigen eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Brenners, bestehend aus einzelnen für den Wasserstoff vorgesehenen langgestreckten Verteilerkanälen 11 von U-förmigem Querschnitt, die zur Brennkammer hin durch Wandungen 12 aus einem porösen Sintermetall abgeschlossen sind. Die Kanäle 11 sind durch Lochprofile 13 von winkelförmigem Querschnitt in der Weise miteinander verbunden, daß jeweils die freien Längskanten eines Lochprofils 13 an den Längskanten zweier benachbarter Verteilerkanäle 11 befestigt sind. Dabei sind die Löcher 14 in den streifenförmigen Schenkeln der Lochprofile 13 in gleichmäßigem Abstand angebracht. Zur Inbetriebnahme dieses Brenners wird gasförmiger Wasserstoff in die Verteilerkanäle 11 eingeleitet. Gleichzeitig damit wird Luft durch die Bohrungen 14 in die Brennkammer eingeblasen. Dabei strömt der Wasserstoff innerhalb der Verteilerkanäle 11 quer zur Hauptstromrichtung und wird durch eine Feinverteilung auf die örtlichen Bereiche der porösen Wandungen 12 verteilt, durch die er in die Brennkammer eintritt und hier eine Wasserstoffumgebung bildet. Infolge der Luftzufuhr bildet sich im Bereich jeder Bohrung 14 eine stöchiometrische Zone, die bei Zündung des Brenners eine eigene Flamme bildet. Dieser Brenner ist beson-

ders einfach ausgebildet und kann als Blechkonstruktion hergestellt werden. Dabei kann man beispielsweise so vorgehen, daß die U-förmigen Verteilerkanäle 11 aus Blech gebogen werden, wobei jeder U-Schenkel einstückig mit einem schräg abgewinkelten Lochstreifen verbunden ist. Nach dem Einsetzen der porösen Wandungen 12 werden benachbarte Kanäle 11 beispielsweise durch Verschweißen längs der freien Kanten der Lochstreifen miteinander verbunden. Dieser Brenner ist derart miniaturisierbar, daß mehrere Tausend Brennzonen innerhalb einer Brennkammer erreicht werden.

Bei der in den vorbeschriebenen Brennern stattfindenden Feinverteilung wird das H2 über die Verteilerkammer bzw. über die Verteilerkanäle auf tausende von Mikrobrennzonen verteilt, so daß gleichsam eine Mikrodiffusionsverbrennung des Wasserstoffs stattfindet. Dadurch, daß bei den vorbeschriebenen Brennern innerhalb der Brennkammer eine Wasserstoffumgebung gebildet wird, in die Luftstrahlen injiziert werden, ergibt sich eine inverse Diffusionsverbrennung, die sich in den entstehenden Mischzonen mit meist turbulentem Verlauf stabilisieren kann. Der wesentliche Vorteil dieser inversen Wasserstoff-Diffusionsverbrennung besteht darin, daß eine gute Kühlung der Struktur durch das H2 erreicht wird.

Bei den vorgenannten Brennern können anstelle der porösen Sintermetalle auch andere poröse metallische Materialien verwendet werden. So kommen auch poröse Materialien auf der Basis metallischer Fasern in Betracht, wie sie beispielsweise unter der Bezeichnung "Felt Metal" bekannt sind. Weiterhin ist es denkar, daß das poröse Material aus einem Keramikwerkstoff besteht. Um die Auswirkungen von in einem porösen Material möglicherweise vorhandenen Inhomogenitäten zu begrenzen, kann ein Lochblech mit einem definierten feinen Lochraster einer relativ dünnen Schicht eines porösen Materials vorgeschaltet oder allein verwendet werden.

Die Fign. 8 bis 11 zeigen eine weitere Ausgestaltung eines Brenners, der jedoch im Gegensatz zu den vorherigen nicht mit inverser sondern mit regulärer Diffusionsverbrennung arbeitet. Dieser Brenner besteht wieder im wesentlichen aus zwei deckungsgleichen Lochplatten, die hier mit 15 und 16 bezeichnet sind. Die beiden Lochplatten sind über Führungsrohre 17, die jeweils eine Eintrittsöffnung und eine Austrittsöffnung aufweisen, fest miteinander verbunden, so daß wieder eine Verteilerkammer gebildet wird. In der Nähe der Austrittsöffnungen sind mehrere Bohrungen 18 in gleicher Winkelteilung an den Führungsrohren 17 angebracht. In jedes Führungsrohr 17 ist ein Leitbolzen 19, bestehend aus einem Anschlag 20, einem Führungsteil 21 und einem Freistrahlteil 22, eingesetzt, wobei der Freistrahlteil praktisch einen axialen Abschnitt mit reduziertem Durchmesser darstellt. Der Anschlag 20 und der Führungsteil 21 weisen eine Anzahl axial verlaufender Nuten 23 auf, deren Tiefe bis zum Außendurchmesser des Freistrahlteils 22 reichen kann. Dabei stimmt die Anzahl der Bohrungen 18 mit der der Nuten 23 überein.

Bei Inbetriebnahme des Brenners wird Luft durch die Führungsrohre 17 in die Brennkammer geblasen. Gleichzeitig wird H2 in die Verteilerkammer eingeleitet, so daß er durch die einzelnen Bohrungen 18 in die Führungsrohre injiziert und hier von der durch die Nuten 23 ankommenden Luft mitgenommen wird. Dabei entsteht jeweils stromab einer Bohrung 18 eine Mikrobrennzone, in der sich bei Zündung der Brennkammer eine Flamme stabilisiert. Da die Führungsrohre 17 in der gezeigten Beispielausführung jeweils sechs Bohrungen 18 aufweisen, ergeben sich je Führungsrohr sechs Mikrobrennzonen. Damit ergibt sich eine weitere Steigerung der Anzahl der Brennzonen. Eine Anwendung dieses Prinzips auf die eingangs genannte Brennkammer von TRUD würde die Anzahl der installierbaren Brennzonen auf ca. 5000 steigern. Dies wiederum bewirkt, daß auch ohne Vormischung ein sehr hoher Mischungsgrad erreicht wird, was zur Folge hat, daß die Entstehung von NOx weitgehend reduziert wird. Durch Drehung und/oder axiale Verschiebung der Leitbolzen 19 gegenüber den Führungsrohren 17 können verschiedene Einstellungen des Brenners vorgenommen werden. Auch hierbei besteht die Möglichkeit, die Anschläge 20 wegzulassen und die axiale Position der Luftleitbolzen anhand einer entsprechenden Vorrichtung einzustellen.

Die Fign. 12 bis 15 zeigen verschiedene Einstellungen des vorbeschriebenen Brenners. In Fig. 12 ist der Leitbolzen mit den Nuten 23 gegenüber dem Führungsrohr 17 mit den Bohrungen 18 so eingestellt, daß die Injektion des Wasserstoffs durch die Bohrungen 18 in die Lücken zwischen den Luftstrahlen erfolgt, die durch die Nuten 23 ankommen. Fig. 13 zeigt den Leitbolzen in einer Position, in der der Führungsteil 21 bis dicht an die Bohrungen 18 heranreicht. Hierdurch kann der Wasserstoffstrahl nur stromab umgelenkt werden. Wird der Führungsteil 21 jedoch so in dem Führungsrohr 17 fixiert, daß ein etwas größerer Abstand zu den Bohrungen 18 besteht, wie in Fig. 14 gezeigt, so kann eine gewisse Rezirkulation eintreten. Fig. 15 zeigt schließlich eine Konfiguration, in der die durch die Nuten 23 ankommenden Luftstrahlen genau auf die durch die Bohrungen eintretenden Wasserstoffstrahlen treffen. In allen diesen Fällen werden feine Wasserstoffstrahlen mittels der Bohrungen 18 in eine Luftumgebung eingeleitet, so daß sich eine reguläre Diffusionsverbrennung ergibt, wobei die einzelnen Brennzonen nur noch Durchmesser in der Größenordnung von 2 mm aufweisen. Hierbei stabilisieren sich die Flammen in vielen Fällen an den Bohrungen 18. Erwähnt sei, daß der Freistrahl 22 in einer Ausgestaltung der Erfindung auch weggelassen werden kann, insbesondere bei Luftinjektion nach Fig. 15.

Die Figuren 16 und 17 zeigen eine Ausgestaltung, wobei die Wasserstoffstrahlen und die Luftstrahlen bis zu ihrem Eintritt in die Brennkammer getrennt geführt werden. Hierzu werden die vorbeschriebenen Führungsrohre 17 mit den Bohrungen 18 verwendet. Diese sind wieder in die Lochplatten 15 und 16 eingesetzt, wovon hier nur die mit 16 bezeichnete zu sehen ist. Der

hier verwendete Leitbolzen 24 weist zwar wieder die Nuten 23 auf, ist aber sonst mit zwei wesentlichen Änderungen versehen. Zum einen ist der Bolzen mit konstantem Durchmesser annähernd bis zum Austrittsquerschnitt geführt. Zum anderen sind an den zwischen den Nuten 23 befindlichen Materialbereichen mittig kleine axial verlaufende Leitkanäle 25 angebracht. Der jeweilige Leitbolzen 24 ist so in das betreffende Führungsrohr 17 eingesetzt, daß jede Bohrung 18 in einen Leitkanal 25 einmündet. Hierdurch wird der Beginn der Diffusion zwischen Wasserstoff und Luft an einen Bereich stromab von der Lochplatte 16 gelegt, beispielsweise um exzessive thermische Strukurbelastungen zu vermeiden. Bei diesen Lösungen stabilisieren sich die Flammen an den Mündungen der Leitkanäle 25.

Die Figuren 18 und 19 zeigen eine Ausgestaltung eines Brenners, für reguläre Diffusionsverbrennung vom zweidimensionalen Typus. Dieser Brenner besteht wieder aus einzelnen für das H2 vorgesehenen langgestreckten Verteilerkanälen 26, die jedoch im Gegensatz zu den Verteilerkanälen 11 nach den Fign. 6 und 7 einen geschlossenen Querschnitt aufweisen. Dieser Querschnitt wird im wesentlichen durch eine flache Recheckform bestimmt, die jedoch in ihrem im Bild rechten Bereich eine Dachkante 26a aufweist. Zu beiden Seiten der Dachkante sind feine Bohrungen 27 in versetzter Anordnung angebracht. Die einzelnen Kanäle 26 werden durch eine nicht gezeigte Halterung in einem gegenseitigen Abstand gehalten, so daß sie ein Gitter bilden, das gemäß Fig. 19 von links nach rechts von der Luft durchströmt werden kann. Der Brenner umfaßt weiterhin streifenförmige Lückenbleche 28, in deren Längskanten Lücken 29 eingearbeitet sind. Die Lückenbleche 28 sind jeweils zwischen zwei Verteilerkanälen 26 im Bereich der Bohrungen 27 durch eine nicht gezeigte Halterung so fixiert, daß jeder Bohrung 27 eine Lücke 29 zugeordnet ist. Dabei können statt der einen gezeichneten Bohrung 27 auch mehrere feinere Bohrungen angeordnet sein. Bei Inbetriebnahme dieses Brenners wird Luft entsprechend den Pfeilen 30 durch die Lücken 29 und H2 durch die Bohrungen 27 gemäß den Pfeilen 31 in die Brennkammer eingeblasen, wodurch innerhalb der Brennkammer eine Luftumgebung mit einer Vielzahl von Mikrobrennzonen in den jeweiligen Bereichen der Bohrungen 27 gebildet wird. Nach Zündung der Brennkammer stabilisieren sich die Flammen an den Bohrungen 27.

Die Fign. 20 und 21 zeigen einen Brenner mit einer einteiligen Lochplatte 32 mit Löchern 32a, woran mehrere Verteilerkanäle 33 mittels Halterungen 34 befestigt sind. Die Verteilerkanäle 33 haben einen Langrundquerschnitt und weisen in ihrem der Lochplatte 32 zugewandten Bereich eine Vielzahl von Bohrungen 35 auf. Die Halterungen 34 können aus Draht oder Blech gebildet sein. Wie Fig. 21 zeigt, sind jedem Loch 32a der Lochplatte 32 zwei Bohrungen 35 zugeordnet, wodurch H2 gemäß den Pfeilen 37 austreten kann.

Bei Inbetriebnahme dieses Brenners wird Luft entsprechend den Pfeilen 36 durch die Lochplatte 32 in die Brennkammer eingeblasen, wodurch innerhalb der Brennkammer eine Luftumgebung mit einer Vielzahl von Mikrobrennzonen in den jeweiligen Bereichen der Bohrungen 35 gebildet wird. Nach Zündung der Brennkammer stabilisieren sich die Flammen an den Bohrungen 35.

Die Fign. 22 und 23 zeigen eine weitere Ausgestaltung eines Brenners. Die Teilansicht nach Fig. 22 zeigt gekrümmte Verteilerkanäle 38, die Bestandteil eines ringförmigen Brenners sind und nach Fig.23 einen langrunden Querschnitt aufweisen. Hierbei bildet jeder Verteilerkanal einen geschlossenen Ring, der über einen eigenen Anschluß mit der Wasserstoffleitung verbunden ist. Der Zusammenhalt des Brenners wird beispielsweise durch zwischen den einzelnen Verteilerkanälen 38 angeordnete wellenförmige Separatoren 39 hergestellt, die mit den Verteilerkanälen 38 beispielsweise durch Schweißen verbunden sind. Die Separatoren 39 sind jeweils aus einem Blechstreifen gebildet und stellen einen hinreichenden Abstand zwischen den einzelnen Verteilerkanälen 38 für den Luftdurchtritt sicher. Es ist auch denkbar, daß ein Verteilerkanal 38 mit einem Separator 39 durch Wickeln zu einem scheibenförmigen oder ringförmigen Brenner vereinigt wird, so daß der Verteilerkanal 38 eine Spiralform erhält. Zur Schaffung einer Vielzahl von Mikrobrennzonen sind an dem Verteilerkanal 38 wieder Bohrungen angebracht, die hier mit 40 bezeichnet sind. Hier kreuzen sich jeweils zwei Wasserstoffstrahlen 41 in einem Punkt. Gemeinsames Merkmal der ringförmigen und der spiralförmigen Verteilerkanäle ist, daß sie eine gekrümmte Form aufweisen. Diese Brenner arbeiten im Prinzip nach der gleichen Wirkungsweise, wie die bereits in Verbindung mit den Fign. 18 bis 21 beschriebenen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbrennen von Wasserstoff in einer Diffusionsverbrennung, wobei der Wasserstoff und ein Oxidator in einen Brenner eingeleitet werden, wobei ferner die Hauptstromrichtung durch die Stromrichtung des Oxidators definiert wird, und der Wasserstoff in einer im wesentlichen senkrecht zur Hauptstromrichtung gerichteten Querströmung zu den einzelnen Brennzonen verteilt wird,
dadurch gekennzeichnet, daß als Oxidator Luft verwendet wird und die Querströmung mit einer Feinverteilung auf eine Vielzahl von einzelnen Mikrobrennzonen verbunden ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß in den einzelnen Mikrobrennzonen Luft in eine Wasserstoffumgebung eingeleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß in den einzelnen Mikrobrennzonen Wasserstoff in eine Luftumge-

bung eingeleitet wird.

4. Brenner zur Durchführung des Verfahrens zum Verbrennen von Wasserstoff nach Anspruch 1, wobei der Brenner eine Verteilerkammer von im wesentlichen plattenartiger Gestalt umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilerkammer aus einer ersten Lochplatte (2) und einer zweiten Lochplatte (3) besteht, die durch eine Vielzahl von Führungsrohren (4) auf konstantem Abstand (d) gehalten werden und in jedes Führungsrohr (4) ein Luftleitbolzen (6) mit mehreren axialen Leitkanälen (7,23) eingesetzt ist.

5. Brenner nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Lochplatte (3) aus einem gasdurchlässigen porösen Material besteht.

6. Brenner nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Lochplatten (15,16) aus einem gasundurchlässigen Material bestehen.

7. Brenner nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß der Luftleitbolzen (6) eine Halterung (8) mit einer Scheibe (9) aufweist.

8. Brenner nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß der Luftleitbolzen (6,19) einen Führungsteil (21) und einen Freistrahlteil (22) aufweist.

9. Brenner nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß der Luftleitbolzen (6,19,24) vom Eintrittsquerschnitt bis zum Austrittsquerschnitt des betreffenden Führungsrohres reicht und hier einen konstanten Durchmesser aufweist und an den zwischen den Nuten (23) befindlichen Materialbereichen mittig axial verlaufende Leitkanäle (25) angebracht sind.

10. Brenner zur Durchführung des Verfahrens zum Verbrennen von Wasserstoff nach Anspruch 1, wobei der Brenner mindestens einen Verteilerkanal umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß der Verteilerkanal (11) einen U-förmigem Querschnitt aufweist, der zur Brennkammer hin durch Wandungen (12) aus einem porösen Material abgeschlossen ist und der Verteilerkanal (11) durch ein Lochprofil (13) von winkelförmigem Querschnitt in der Weise mit einem benachbarten Verteilerkanal verbunden ist, daß die freien Längskanten des Lochprofils (13) an den Längskanten der benachbarten Verteilerkanäle (11) befestigt sind.

11. Brenner zur Durchführung des Verfahrens zum Verbrennen von Wasserstoff nach Anspruch 1, wobei der Brenner mindestens einen Verteilerkanal umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß der Verteilerkanal (11,26) einen geschlossenen Querschnitt von im wesentlichen flach recheckiger Form aufweist, der zur Brennkammer hin mit einer Vielzahl von Bohrungen (27) versehen ist.

12. Brenner nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß Lückenbleche (28) jeweils zwischen zwei Verteilerkanälen (11,26) im Bereich der Bohrungen (27) so fixiert sind, daß jeder Bohrung (27) eine Lücke (29) zugeordnet ist.

13. Brenner nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner eine einteilige Lochplatte (32) aufweist, woran mehrere Verteilerkanäle (33) mittels Halterungen (34) befestigt sind und jedem Loch der Lochplatte (32) eine Bohrung (35) oder eine Gruppe von Bohrungen (35) zugeordnet ist.

14. Brenner nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß der Verteilerkanal (11,26,33,38) eine gekrümmte Form aufweist.

15. Brenner nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner einen wellenförmigen Separator (39) aufweist.

16. Brenner nach einem der Ansprüche 5 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material ein Sintermetall ist.

17. Brenner nach einem der Ansprüche 5 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material ein Keramikmaterial ist.

18. Brenner nach einem der Ansprüche 5 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material ein Material auf der Basis von Metallfasern ist.

19. Brenner nach einem der Ansprüche 5 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß dem porösen Material ein Lochblech mit einem definierten feinen Lochraster vorgeschaltet ist.

20. Brenner nach einem der Ansprüche 5 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material durch ein Lochblech mit einem definierten feinen Lochraster ersetzt wird.

21. Brenner nach einem der Ansprüche 4 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß der Luftleitbolzen (6,19) einen Anschlag (6a,20) aufweist.

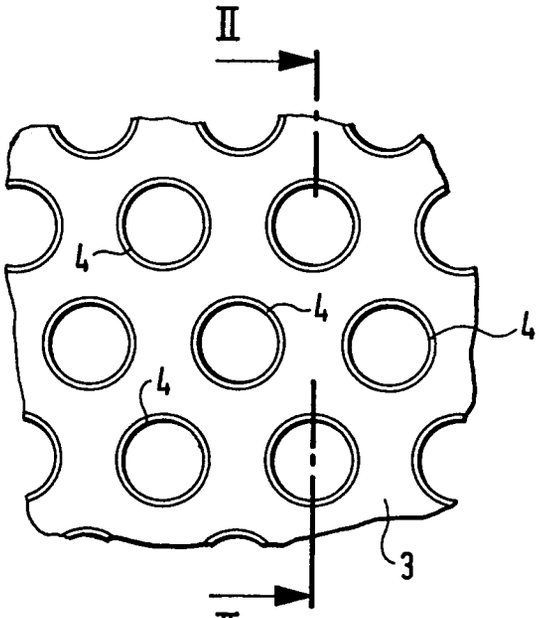


FIG. 1

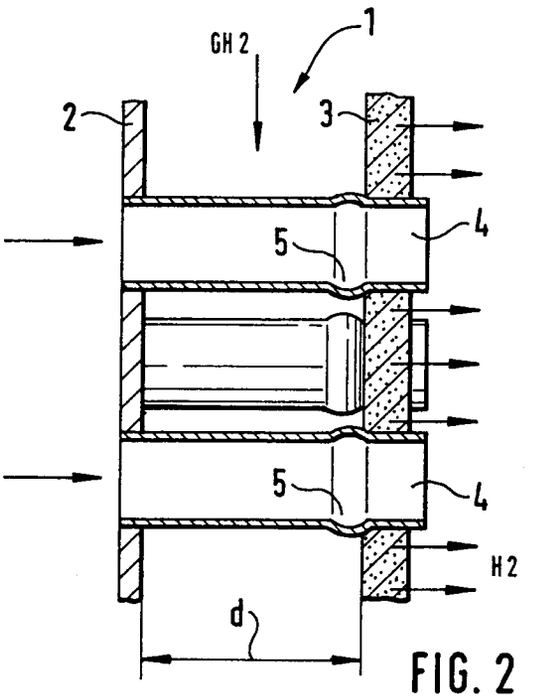


FIG. 2

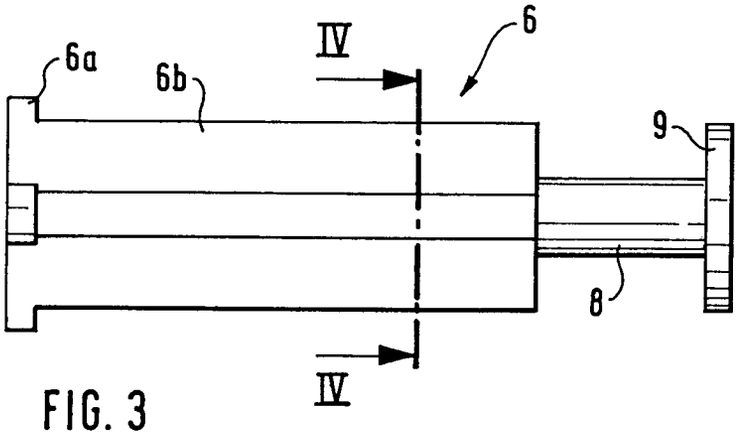


FIG. 3

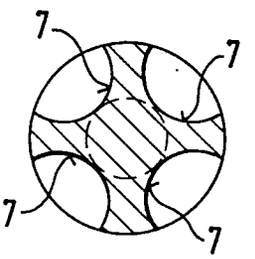


FIG. 4

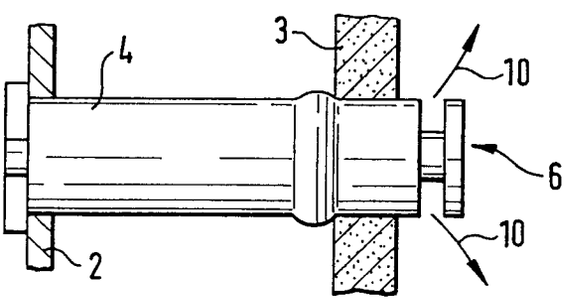


FIG. 5

FIG. 6

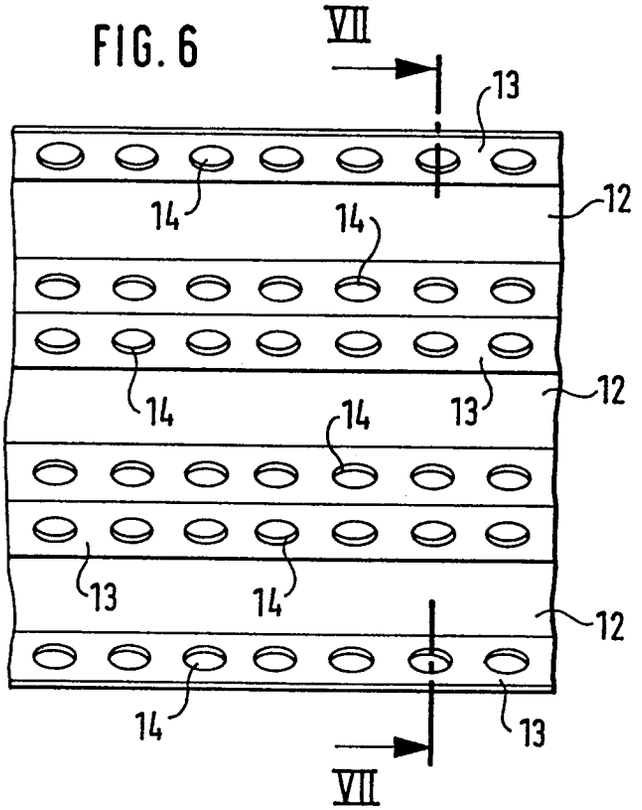
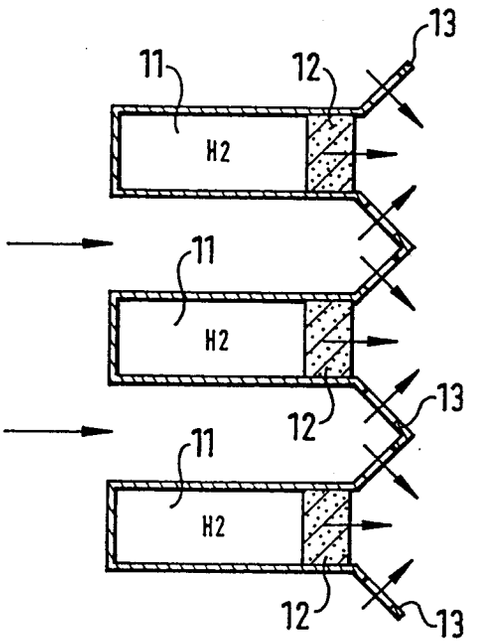


FIG. 7



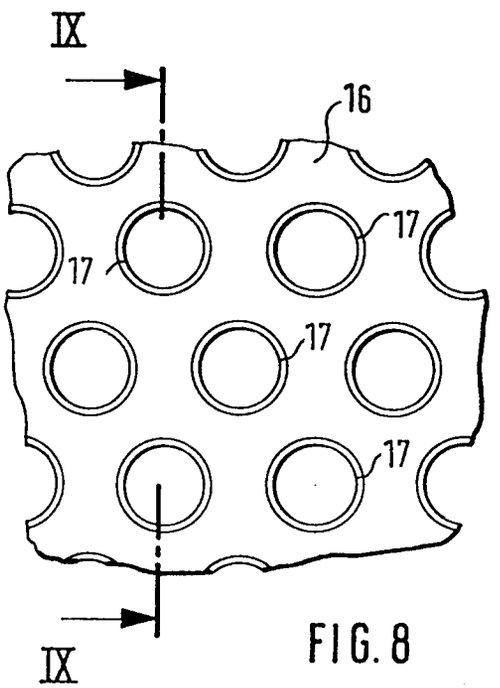


FIG. 8

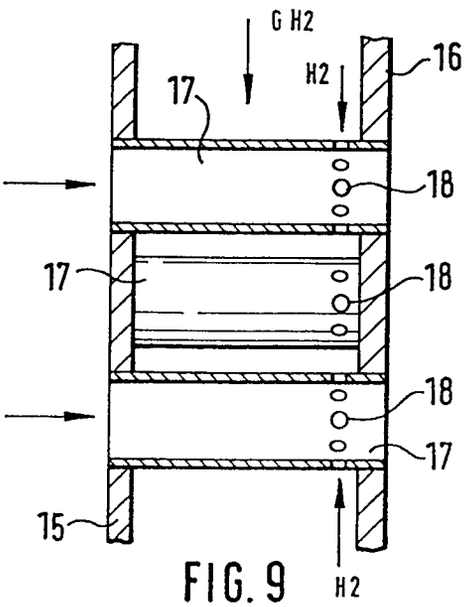


FIG. 9

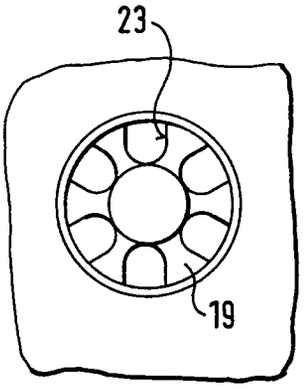


FIG. 11

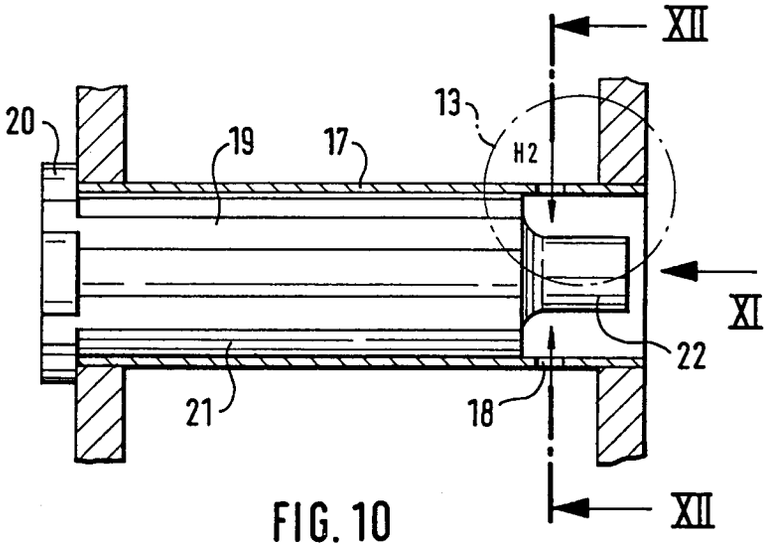


FIG. 10

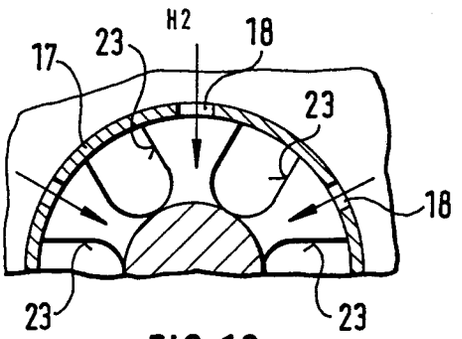


FIG. 12

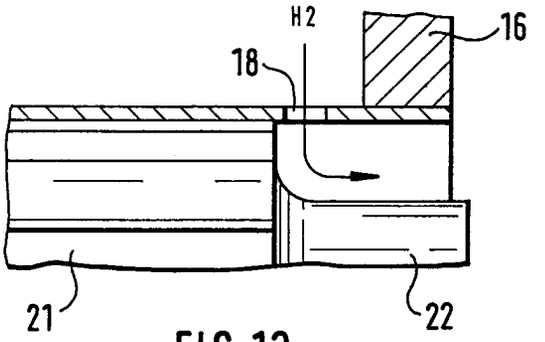


FIG. 13

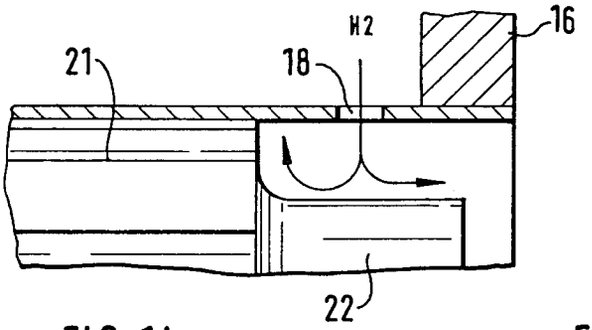


FIG. 14

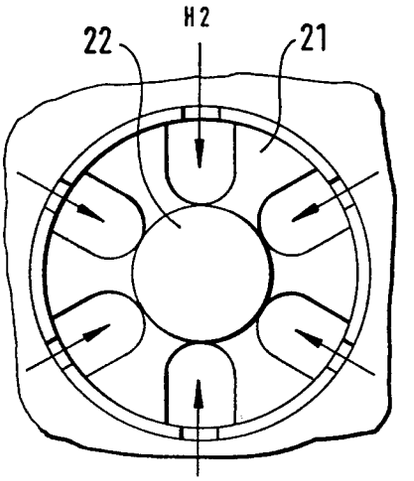


FIG.15

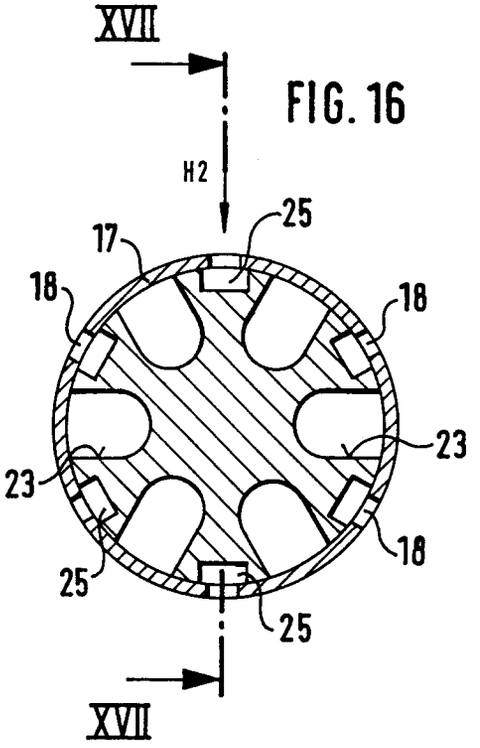


FIG. 16

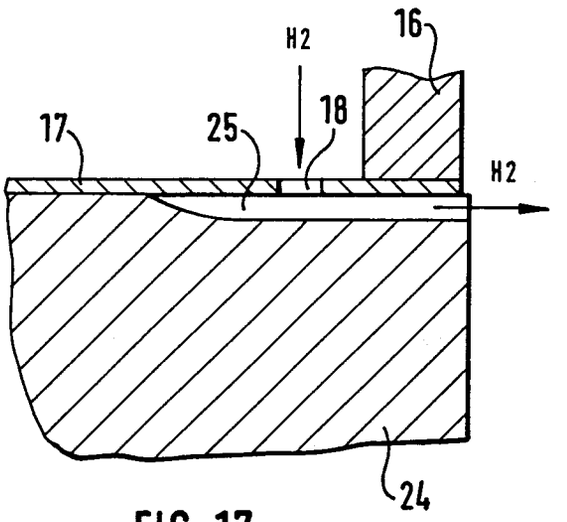


FIG. 17

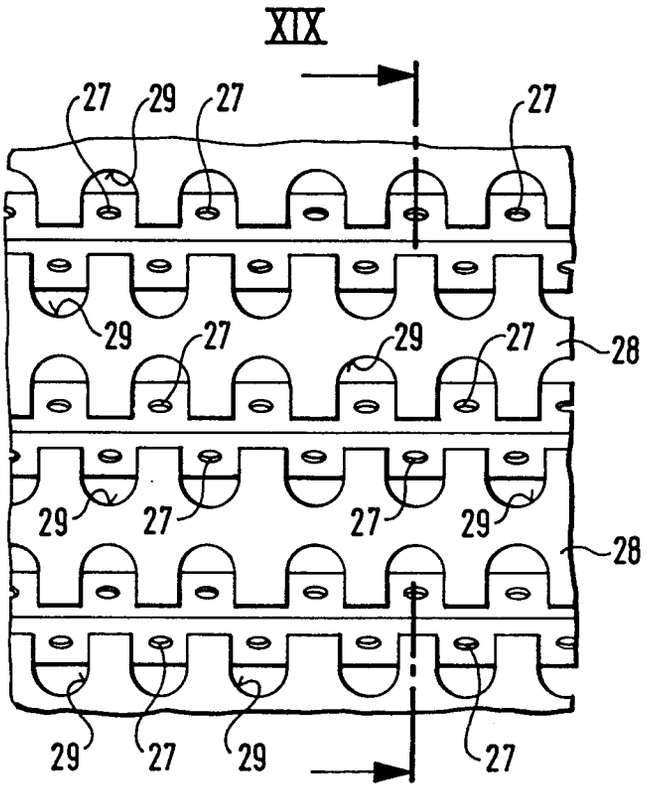


FIG. 18

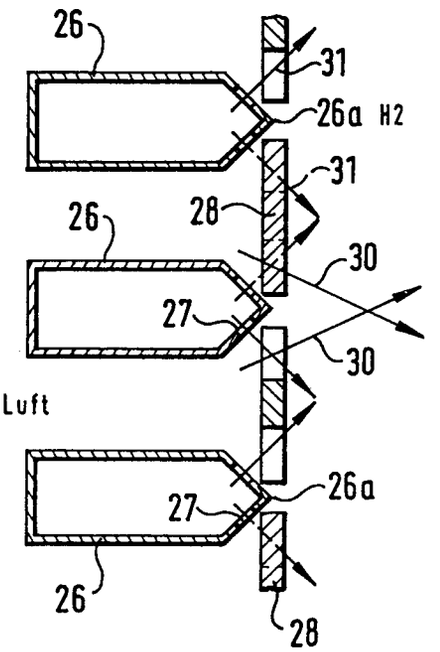


FIG. 19

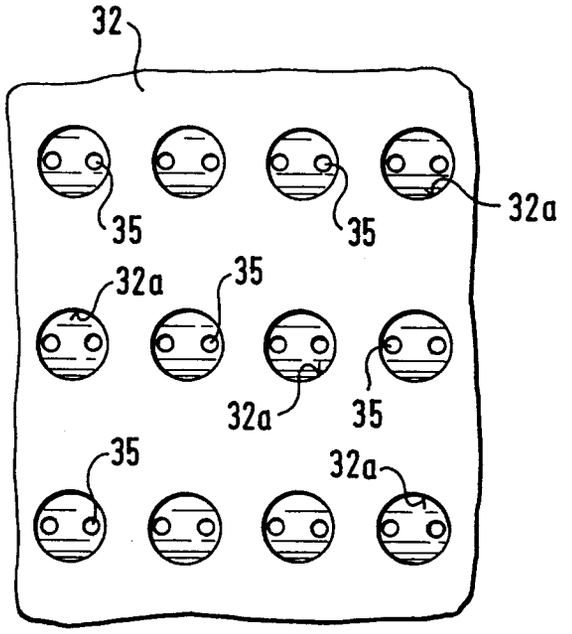


FIG. 21

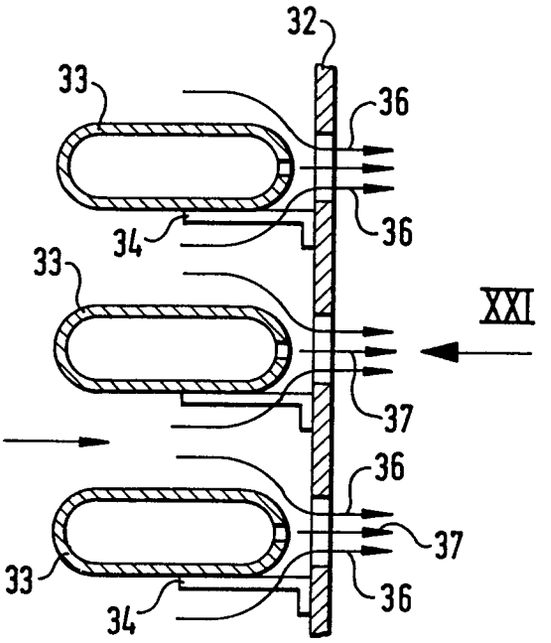


FIG. 20

XXIII

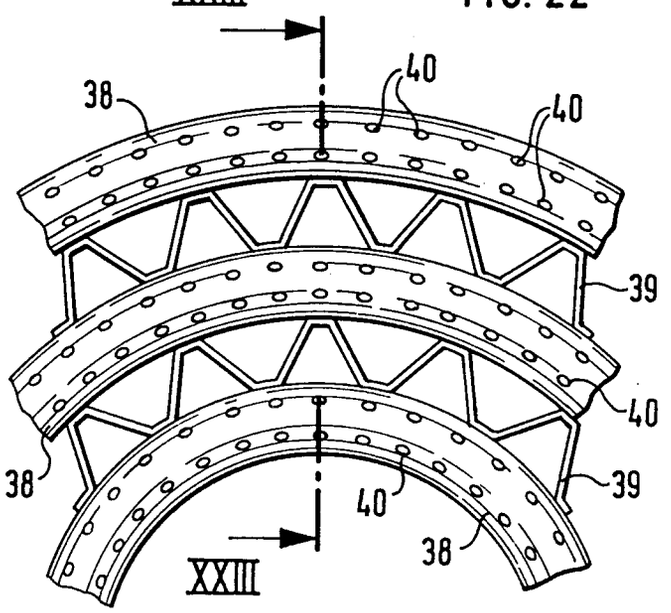


FIG. 22

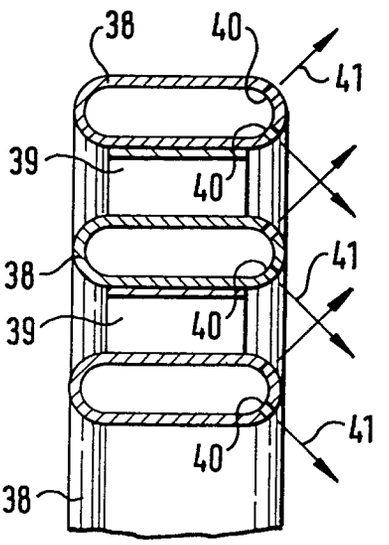


FIG. 23