

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
15.06.88

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup> : **F 28 D 7/06, F 28 F 9/00,**  
**F 28 F 1/02**

②① Anmeldenummer : 86105461.7

②② Anmeldetag : 21.04.86

⑤④ **Wärmetauscher.**

③⑩ Priorität : 20.04.85 DE 3514379

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
29.10.86 Patentblatt 86/44

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : 15.06.88 Patentblatt 88/24

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :  
BE CH DE FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen :  
EP-A- 0 132 667  
EP-A- 0 134 012  
DE-A- 1 958 507  
DE-A- 2 000 886  
DE-A- 2 120 563  
DE-A- 2 329 634  
DE-A- 2 715 290  
DE-A- 3 146 089  
DE-C- 954 159  
GB-A- 737 426  
US-A- 1 875 142  
US-A- 2 452 391  
US-A- 4 475 586

⑦③ Patentinhaber : **MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MÜNCHEN GMBH**  
Dachauer Strasse 665 Postfach 50 06 40  
D-8000 München 50 (DE)

⑦② Erfinder : **Hagemeister, Klaus, Dipl.-Ing.**  
Manzostrasse 28 b  
D-8000 München 50 (DE)  
Erfinder : **Wöhri, Bernhard, Dr.**  
Planegger Strasse 21  
D-8035 Gauting (DE)

**EP 0 199 321 B1**

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Aus der US-A-4 475 586 ist ein Wärmetauscher mit einem separate Druckluftführungen enthaltenen Zentralrohr bekannt, von dem eine im wesentlichen U-förmige Wärmetauscherrohrmatrix jeweils beidseitig gegen eine Heißgasströmung auskragt und in Kreuz-Gegenstrom-Bauweise ausgeführt ist.

Bei einem derartigen Wärmetauscher ist es erforderlich, eine Berandungsleitwand, insbesondere im Bereich der Umlenkung der zu U-förmigen Rohrbügel geformten Matrix anzuordnen. Da eine solche Berandungsleitwand konstruktionsbedingt Bestandteil einer anderen, die Wärmetauschermatrix ummantelnden Gehäusebaueinheit ist, deren Temperatur- und Dehnungsverläufe sich von denen der Wärmetauscherrohrmatrix unterscheiden, erfordert eine derartige Anordnung, um das Prinzip der freien Verschieblichkeit der randständigen Rohrbügel der Matrix nicht zu gefährden, einen dementsprechenden Abstand zwischen der Berandungsleitwand und der randständigen Rohrbügelreihe der Matrix. Für das eine Arbeitsmedium, also das Heißgas, bewirkt eine solcher Abstand einen verhältnismäßig großen Teilleckfluß. Daraus ergeben sich zwei wesentliche, die Effektivität des Wärmetauschers beeinträchtigende Nachteile :

Es ist dies erstens die Tatsache, daß diese Heißgasleckmenge nicht am Wärmetauschprozeß teilnimmt, und zweitens, daß sie am Austritt aus dem Spalt mit verhältnismäßig großer Strömungsgeschwindigkeit in das natürliche Heißgasabströmgebiet stromab der Profilverrohrmatrix « schießt », wodurch Mischtrübungen in diesem Abströmgebiet, und damit also verhältnismäßig starke Strömungsungleichförmigkeiten entstehen, die zusammen mit dem ersten Nachteilsfaktor zu einer verhältnismäßig starken Verringerung des Wärmeaustauschgrades führen.

Ferner ist aus der US-A-3 746 083 ein Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher mit einer seitlich von einem getrennte Druckluftführung enthaltenen Sammelrohr gegen die Heißgasströmung auskragenden U-förmigen Matrix bekannt. Zwecks Wärmedehnungs- und -spannungskompensation sollen im vorliegenden Fall zwar schon u. a. elastische Dichtleisten zwischen Sammelrohr und Heißgasgehäuse auf der einen Seite sowie zwischen letzterem (Berandung) und dem benachbarten Matrixumlenkbereich angeordnet sein. Jedoch soll hierbei eine die Matrix haltende und entlang Schienen des Gehäuses beweglich geführte Lochplatte zugleich eine Heißgasschottwand gegenüber dem gesamten bogenförmigen Matrixumlenkbereich ausbilden ; mithin wird im bekannten Fall der gesamte bogenförmige Matrixumlenkbereich (auch « Luftumlenkkammer » bezeichnet) vom Wärmetauschprozeß ausgeschlossen ; mit anderen Worten bleibt dabei zu Gunsten dehnungskompensatorischer Vorkehrungen ein nicht unbeachtlicher Teil des zur Verfügung stehenden Matrixvolumens für den Wärmetausch-

prozeß völlig ungenutzt.

Bei einem aus der DE-A-2 000 886 bekannten und der Gattung (Oberbegriff) des Patentanspruchs 1 zugrunde gelegten Wärmetauscher soll die im wesentlichen aus U-förmigen Matrixrohrbügeln bestehende Kreuz-Gegenstrom-Matrix einerseits mit zwei voneinander getrennten Druckluftführungen kommunizieren und andererseits einen bogenförmigen Umlenkbereich aufweisen ; der Umlenkbereich soll dabei außen von einer Berandungsleitwand des Heißgasgehäuses mit Abstand umgeben sein ; ferner soll im bekannten Fall eine zwischen Matrix eine Berandungsleitwand angeordnete Schale den äußeren Umlenkbereich zumindest teilweise heißgasseitig abdecken ; im vorliegenden bekannten Fall soll die Schale allerdings mit den daran angrenzenden Profilverrohrbögen der Matrix fest verbunden, z. B. verlötet sein, so daß sich die federlaschenartig oder über eine verformbare Profilleiste am Gehäuse verankerte Schale nur zusammen mit den äußeren randständigen Matrixrohrbügeln in die gekrümmte Berandungsleitwand hineindehnen kann.

Im bekannten Fall ist also weder eine individuelle freie Dehnbarkeit bzw. relative Beweglichkeit der äußeren Rohrbügel untereinander noch zwischen der Schale einerseits und dem daran angrenzenden Rohrbügelpaket gewährleistet.

Aus der EP-A-132 667 ist als thermisch hoch beanspruchtes Bauteil eine Turbinenschaufel bekannt, die — von innen nach außen gesehen — aus einem metallischen, Kühlkanäle enthaltenden Schaufelkern, einem den letzteren ummantelnden und die Kühlkanäle abdeckenden sowie keramisch infiltrierten Metallfilz sowie aus einer auf den Metallfilz aufgetragenen keramischen Wärmedämmschicht als äußersten Schaufelmantel ausgebildet sein soll. Vorrangig soll auf diese Weise eine kürzest mögliche Wärmeableitung an das Kühlmittel bei gleichzeitig geringem Kühlmittelbedarf gewährleistet werden ; auf Grund der Zwischenschaltung des Metallfilzes sollen im bekannten Fall ferner thermische Differenzdehnungen zwischen Kern (Metall) und Mantel (Keramik) so beherrschbar sein, daß der Mantel keinen unzulässig hohen Materialbeanspruchungen ausgesetzt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die erwähnten Nachteile zu beseitigen und einen Wärmetauscher nach der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Relativbewegungen der einzelnen Profilverrohre untereinander sowie zwischen den letzteren und der die Matrix umschließenden Heißgasgehäusestruktur beherrschbar und zugleich insbesondere der bogenförmige äußere Profilrandbereich der Matrix weitestgehend mit in den Wärmetauschprozeß einbeziehbar ist, ohne die Homogenität des heißgasseitigen Abströmgebietes am Matrixaustritt zu gefährden.

Die gestellte Aufgabe ist gemäß den Merkmalen des Kennzeichnungsteils des Patentanspruchs 1

erfindungsgemäß gelöst.

Das erfindungsgemäße Dichtelement ist somit in der Lage, die als Ursache von unterschiedlichen Temperaturen, Schwingungen oder elastischen Auslenkungen verursachten Relativbewegungen der einzelnen Matrix-Rohrbügel zu kompensieren und zugleich dabei den unerwünschten, zuvor definierten Heißgasleckspalt konsequent abzusperrern, und zwar so, daß auch der äußere randständige Matrixumlenkungsbereich im Rahmen der Heißgashauptdurchströmrichtung in den Wärmetauschprozeß einbeziehbar ist. Die randständigen Rohrbügel können sich dabei frei in die Metallfilzmatte hineindehnen bzw. frei unterschiedlich zusammenziehen oder dehnen, wozu sich die federnd abstützende Halterung der Matte über das Blech am Gehäuse zusätzlich äußerst vorteilhaft auswirkt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes ergeben sich aus Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 10.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich aus Patentanspruch 6, z. B. in Kombination mit der Ausbildung und Anordnung der betreffenden Gaszuströmpassage nach Anspruch 3; demnach ist es möglich, die im äußeren Matrixumlenkbereich liegenden Rohrbügel in Querrichtung (Kreuzstrom) vom Heißgas umströmen zu lassen, mit der Folge eines erhöhten Wärmeaustauschgrades im Bogenbereich sowie einer Homogenisierung der ansonsten bei derartigen bekannten Wärmetauschern vorhandenen Druck-, Massenstrom- und Geschwindigkeitsdifferenzen der Heißgasströmung zwischen den geradschenkeligen Partien der U-förmigen Rohrbügel und deren Rohrbogenpartien.

Anhand der Zeichnungen ist die Erfindung beispielsweise weiter erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine schematische wiedergegebene Grundausführung des Wärmetauschers, worin eine Stirnseite der Profilrohrmatrix nebst Rohrführungen im Wege einer gänzlich geschnittenen Gehäusestruktur sowie die Nachteile zu Bekanntem verdeutlicht sind,

Fig. 2 die Profilrohrmatrix nach Fig. 1 in schematischer perspektivischer Ansicht im Bereich der Umlenkung unter Weglassung der Berandungslitwand,

Fig. 3 eine im Gegensatz zu Fig. 1 seitlich von zwei benachbarten Sammelrohren U-förmig auskragende Rohrmatrix unter Verdeutlichung der Auswirkungen eines Dichtelementes (« Dichtung ») zwischen dem äußeren Bogenrand der Matrix und einer Bewandung eines Gehäuses im Wege eines Teillängsschnitts der Gehäuse- und Berandungslitwandstruktur,

Fig. 4 ein beispielsweise das thermisch bedingte Ausdehnungskompensationserfordernis der Rohrmatrix unter Bezug auf die Berandungslitwand verkörperndes Schema zum Wärmetauscher nach Fig. 3,

Fig. 5 ein die Relativbewegung einzelner Rohrbögen verdeutlichendes Schema gemäß Schnitt A-A der Fig. 4,

Fig. 6 eine Metall-Filz-Matten-Matrix-Quer-

schnittsektion gemäß B-B der Fig. 9, jedoch gegenüber letzterer vergrößert dargestellt, worin die Metallfilzmatte mit Ausnehmungen für anströmseitige Matrixprofilenden ausgestaltet ist,

Fig. 7 einen Abschnitt der blechbeschichteten Metallfilzmatte gemäß Blickrichtung C der Fig. 6,

Fig. 8 einen Schnitt gemäß D-D der Fig. 7 unter Zuordnung der Matrix nebst Sammelrohren nach Fig. 3,

Fig. 9 einen Gehäuse-Dichtungs-Teillängsschnitt im Berandungslitwandbereich mit stromabwärtig federelastisch abgedichteter Gaszuströmpassage zur Gasteilstromablenkung über die Metallfilzmatte sowie, im Sinne eines Kreuzstrom-Wärmetauscherprozesses, über die der Matte zumindest unmittelbar benachbarten Matrixrohrbögen,

Fig. 10 eine perspektivisch dargestellte Wärmetauscheralternative zu den Fig. 1, 3, 8 und 9 und

Fig. 11 eine für die genannten Wärmetauscherbeispiele geeignete Matrixprofilkonfiguration, die sich aus einem der Heißgashauptströmungsrichtung G folgenden Matrixquerschnitt im Bereich der geradschenkeligen Abschnitte ergibt.

Der in Fig. 1 und 2 veranschaulichte Wärmetauscher besteht aus einer ersten, als Sammelrohr ausgebildeten Druckluftführung 15, einer im wesentlichen parallel dazu verlaufenden, ebenfalls als Sammelrohr ausgebildeten zweiten Druckluftführung 16 und aus einer von Heißgasen G umströmbar Rohrmatrix 1, die eintrittsseitig für die Zuführung eines aufzuheizenden Arbeitsmediums, z. B. Druckluft (Pfeil D) an das erste Sammelrohr und für die Abführung der aufgeheizten Druckluft (Pfeil D') austrittsseitig an das zweite Sammelrohr angeschlossen ist. Die Rohrmatrix 1 besteht aus seitlich von beiden Sammelrohren (Druckluftführungen) 15, 16 quer gegen die Heißgasströmungsrichtung G auskragenden, U-förmigen Matrixrohrbögen 2, deren äußerer Umlenkungsbereich von einer Berandungslitwand 3 umgeben ist, die zu- und abströmseitig mit der Wandstruktur eines Gehäuses 12 für die Heißgasführung verbunden ist.

Die Rohrmatrix 1 besteht also aus einem Feld von mit Abstand nebeneinander sowie — als Querschnitt gesehen — verschachtelt im wesentlichen gleichförmig räumlich zueinander versetzt angeordneten Matrixrohrbögen 2 (s. h. auch Fig. 11).

Die beiden Rohrführungen für die voneinander getrennte Druckluftzufuhr in die Rohrmatrix bzw. Druckluftabführung aus der Rohrmatrix könnten auch in ein gemeinsames Sammelrohr integriert sein, wie dies aus der US-A-3 746 083 bekannt ist.

Wie auch anhand der Fig. 4 verdeutlicht, muß zwischen der Berandungslitwand 3 und den unmittelbar benachbarten Sektionen der Matrixrohrbügel 2 im äußeren Matrixumlenkungsbereich ein verhältnismäßig großer Abstand eingehalten werden, der zugleich gemäß Fig. 1 wiederum einen verhältnismäßig großen Heißgasteilleckfluß A erzwingen würde, der wiederum einen verminderten Wärmeaustauschgrad nach sich ziehen

würde, weil der Heißgasteilleckfluß A, losgelöst von Heißgashauptstrom G, im wesentlichen nur den genannten Abstandsspalt durchströmt, nicht jedoch die im äußeren Randbereich befindlichen Matrixprofilbögen umströmt. Zugleich würde dem genannten Heißgasteilleckfluß A gegenüber dem Heißgashauptstrom G ein verhältnismäßig großer Geschwindigkeitsüberschuß zuteil, der zu Mischtrübungen beim Wiedereinströmen in den die Matrix verlassenden Hauptstrom G und damit ebenfalls zu Ungleichförmigkeiten des Wärmetauschprozesses führen könnte.

Unter Verwendung gleicher Bezugszeichen für im wesentlichen unveränderte Bauteile gegenüber Fig. 1 verkörpert a in Fig. 4 den Abstand der Matrixrohrbügel 2 zum Gehäuse 12 bzw. zur Berandungslitwand in kaltem Zustand und b den betreffenden erforderlichen Abstand im heißen Zustand, der die zuvor beschriebenen Nachteile beim Wärmetauschprozeß zeitigt, andererseits aber unbedingt eingehalten werden muß, um z. B. Scheuerbewegungen der Matrix am Gehäuse bzw. an der Berandungslitwand 3 zu verhindern, wobei diese Scheuerbewegungen z. B. ursächlich für betriebsbedingte Matrixschwingungen sein können (stoßweise Fahrbetrieb).

Insbesondere muß besagter Abstand a (Fig. 4) baulich berücksichtigt werden, um betrieblich bedingte Differenzdehnungen der Matrixrohrbügel 2 bzw. stets eine freie Dehnbarkeit der letzteren gegenüber dem Gehäuse bzw. der Berandungslitwand 3 sicherstellen zu können.

Fig. 5 verkörpert variable Relativbewegungsmöglichkeiten dreier Matrixrohrbügel 2, 2', 2'' untereinander, die sich zum einen in einem seitlichen Versatz c des Rohrbügels 2, zum anderen in einem in Matrixlängsrichtung von der Berandungslitwand 3 wegführenden Versatz d des Rohrbügels 2' sowie z. B. in einem gegen die Berandungslitwand 3 gerichteten, in Matrixlängsrichtung verlaufenden Versatz e des Rohrbügels 2'' äußern können.

Zur Lösung des in Rede stehenden und unter anderem über die Fig. 1, 4 und 5 verdeutlichten Problems kann, gemäß Fig. 3, zunächst der zwischen dem äußeren Umlenkungsbereich der Matrix 1 und der daran angrenzenden Berandungslitwand 3 befindliche Heißgasleckspalt (Heißgasmindestleckspalt b- Fig. 4) unmittelbar durch mindestens ein flexibles, elastisches Dichtelement 17 abgesperrt sein. Durch dieses Dichtelement 17 gelingt es zunächst, die Wärmeverluste entsprechend gering zu halten; mit anderen Worten wird der verlustreiche Heißgasleckstromanteil A gemäß Fig. 1 vermieden, d. h., der Heißgashauptstrom G erfährt lediglich im U-förmigen Matrixumlenkbereich einen durch das genannte Dichtelement 17 erzwungenen, leicht seitlich auspendelnden Strömungsverlauf G', der zugleich eine unbehinderte, nahezu vollständige heißgasumströmung des Matrixrohrbügels, z. B. 2, also auch im äußeren Randbereich der Matrix 1 ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe des Dichtelements 17 ist es, die unterschiedlichen Temperaturdehnungen zwischen Rohrbügeln 2 und gekühltem bzw. iso-

liertem Gehäuse 12 aufzunehmen wie zuvor anhand der Fig. 4 erläutert. Die Rohrbügel 2, 2', 2'' (Fig. 5) erfahren untereinander Relativbewegungen infolge unterschiedlicher Temperaturen, Schwingungen oder elastischer Auslenkungen. Das Dichtelement 17 soll diese unterschiedlichen Bewegungen aufnehmen können, wie sie im übrigen auch schon in Fig. 5 zuvor beispielhaft erläutert worden sind.

Dabei soll dieses Dichtelement 17 (Fig. 3) den äußeren Umlenkungsbereich der Matrix 1 teilweise bzw. im wesentlichen — wie dargestellt — oder aber auch gänzlich umschließen können.

Gemäß Fig. 6 oder 8 oder 9 ist das Dichtelement 17 als eine flexible, aus elastischem Metallfilz gefertigte (Metallfilz) Matte ausgebildet.

Die Metallfilzmatte paßt sich den zu Fig. 5 beispielhaft genannten Relativbewegungen der einzelnen Matrixrohrbügel 2, 2', 2'' der Matrix 1 an und ist auch in der Lage, Schwingungen der betreffenden Matrixrohrbügel aufzunehmen bzw. stark zu dämpfen, also in der Art eines « Schwingungsdämpfpolsters ».

Wie ferner z. B. aus Fig. 3, 4, 5 oder 9 ersichtlich, kann die Berandungslitwand 3 zumindest einschließlich zugehöriger heißgasan- und -abströmseitiger Wandstrukturen des Gehäuses 12 auf der der Matrix 1 bzw. dem Dichtelement 17 zugekehrten Seite mit einer thermischen Isolierung 18 ausgekleidet sein, um das Gehäuse 12 möglichst kühl zu halten, und damit also keinen nennenswerten, heißgasbedingten thermischen Dehnungen auszusetzen.

Gemäß Fig. 9 ist das Dichtelement 17, als Metallfilzmatte, auf der von der Rohrbügelmatrix 1 abgewandten Seite mittels eines dünnen Bleches 19 abgedeckt und in später noch näher erläuteter Weise federnd am Gehäuse 12 befestigt; das Blech 19 kann gegenüber der Berandungslitwand 3 bzw. deren Isolierung 18 unter Belassung einer bogenförmigen Gaszuströmpassage 20 angeordnet sein, die am stromabwärtigen Ende durch eine nach außen abgebogene Sektion des Bleches 19 als federnde Dichtung 21 abgesperrt ist; diese Sektion des Bleches 19 kann am Gehäuse 12 bzw. an der Berandungslitwand 3 fixiert sein, z. B. im Wege einer Schraubverbindung 22. Dabei verkörpert die gestrichelte wieder-gegebene Kontur des Bleches 19 die erfindungsgemäße thermische Kompensation als Folge dieser federelastischen Dichtungs-Absperr-Kombination.

Fig. 9 verdeutlicht ferner, daß die Gaszuströmpassage 20 zur Abzweigung eines Teils der in Hauptströmungsrichtung gegen die Matrix 1 gerichteten Heißgase G ausgebildet sein soll.

Es kann aber auch anstelle des Bleches 19 (Fig. 6 und 9) eine Folie vorgesehen sein.

Nicht weiter dargestellt, können ferner einzelne Sektionen des Bleches 19 oder der Folie durch Löten, Falzen oder klammerartig mit der Metallfilzmatte verbunden sein.

Im Hinblick auf das Ausführungsbeispiel nach Fig. 9 ist es ferner besonders vorteilhaft, wenn das Abdeckblech 19 oder die Folie mit Durchbrü-

chen 23, 24, 25 versehen ist, die mit der Gaszu-  
strömpassage 20 kommunizieren und über wel-  
che (23, 24, 25) der äußere Umlenkungsbereich  
der Matrix 1 über das als Metallfilzmatte ausgebil-  
dete Dichtelement 17 in Querrichtung umström-  
bar ist. Auf diese Weise kann also im äußeren  
Matrixumlenkbereich ein Kreuzstrom-Wärme-  
tauschprozeß ermöglicht werden. Die Pfeile F  
kennzeichnen den Heißgasfluß aus der Gaszu-  
strömpassage 20, durch die Metallfilzmatte hin-  
durch und über den hier jeweils randständigen  
Rohrbügel 2 hinweg.

Gemäß Fig. 6 weist das als Metallfilzmatte aus-  
gebildete Dichtelement 17 an der Kontaktzone für  
die unmittelbar benachbarten Rohrbügel 2 des  
Matrixumlenkbereiches entsprechend der an-  
strömseitigen Profilkontur gemäß vorprofilierte  
Ausformungen 26 auf.

Auf diese Weise kann eine weitere Stabilisie-  
rung der Profilrohrmatrix, insbesondere im äuße-  
ren randständigen Umlenkungsbereich, erreicht  
werden. Ferner kann hierdurch die Abdichtwir-  
kung verbessert werden.

Wie ferner anhand der Fig. 7 verdeutlicht, kön-  
nen die Durchbrüche 23, 24, 25 in der Weise  
örtlich unterschiedlich dimensioniert und verteilt  
sein, daß ein im Betrieb stets vorhandener Diffe-  
renzgasdruck eine lastabhängige, abdichtende  
Anpreßkraft der von dem Blech 19 oder einer  
Folie ummantelten Metallfilzmatte gegen die dar-  
an angrenzenden Bogenpartien der Rohrbügel 2  
ausübt.

Da die Metallfilzmatte mit dem durchbrochenen  
äußeren Blech 19 oder der Folie für das Heißgas  
einen durch Variation der Durchbruchfläche an-  
paßbaren Widerstand bietet, übt die dabei entste-  
hende Druckdifferenz eine Anpreßkraft in Rich-  
tung auf die Rohrbügel aus. Diese Anpreßkraft  
erhöht die Dichtwirkung. Die Anpreßkraft ist dabei  
lastabhängig. Beim Einsatz dieses Wärmetau-  
schers, z. B. in einer Fahrzeuggasturbine, hat dies  
den Vorteil, daß bei Leerlauf der Turbine und bei  
Stillstand des Fahrzeugs die Anpreßkraft gering  
ist (es treten dabei keine äußeren Kräfte auf, die  
zu Relativbewegungen der Rohrbügel führen  
könnten). Im Fahrbetrieb, wo Stöße und Schwin-  
gungen die Rohrbügel auslenken können, wird  
durch verstärkte Anpreßkraft, infolge höheren  
Differenzdruckes  $\Delta p$  bei höherer Triebwerksdreh-  
zahl, die Dichtwirkung erhöht und das Rohrbügel-  
paket stabilisiert.

Im Fahrbetrieb ergibt sich also ein erhöhter  
Gesamtmassendurchsatz durch das Gasturbinen-  
triebwerk. Die dabei erhöhte Anpresskraft des z.  
B. als Metallfilzmatte ausgebildeten Dichte-  
lements 17 resultiert also aus der Druckdifferenz  
 $\Delta p$  zwischen dem auf der einen Seite in der  
Gaszuströmpassage 20 (Fig. 9) sich als Ursache  
der vorgewählten Drosselwirkung über die Durch-  
brüche 23, 24, 25 (Fig. 7) ausbildenden Heißgas-  
staudruck, der den Heißgasdruck in der Matrix,  
hinter der Metallfilzmatte, übersteigt.

In sinngemäßer Anlehnung an Fig. 9 sind auch  
in Fig. 8 die Heißgashauptströmungsrichtung mit  
G, die davon abgespaltenen, das als Metallfilzmat-

te ausgebildete Dichtelement 17 durchströmen-  
den Heißgasstromanteile mit F bezeichnet.

Bei den Ausführungsbeispielen, z. B. nach  
Fig. 3 und 8, sind die voneinander getrennten  
Druckluftführungen 15, 16 jeweils durch separate  
Sammelrohre 29, 30 gebildet. Stattdessen kann z.  
B. auch ein einzelnes Sammelrohr 31 zur Aufnah-  
me von beiden getrennten Druckluftführungen  
15, 16 ausgebildet sein, wie dies bei einem Wär-  
metauscher nach Fig. 10 verdeutlicht ist, dessen  
Wirkungsweise grundsätzlich hinsichtlich der  
übrigen Bezugszeichen 1, D, D', G mit Fig. 1  
identisch ist.

Wie ferner aus dem Matrixquerschnitt nach  
Fig. 11 entnehmbar, sollen die einzelnen Rohrbü-  
gel 2 der Matrix 1 vorzugsweise aerodynamisch  
optimierte, im Querschnitt lanzetten- oder linsen-  
förmige Hohlprofilkörper sein, die jeweils zwei  
durch einen mittleren Quersteg 7' voneinander  
getrennte innere Druckluftkanäle 8', 9' aufweisen,  
die eine dreieckförmige, im Sinne der an- und  
abströmseitigen Enden zugespitzt auslaufende  
Konturierung aufweisen.

Gemäß dem Matrixfeld nach Fig. 11 greifen  
dabei die einzelnen Profilvereihen der Matrixrohrbü-  
gel 2 unter Gewährleistung der zulässigen Heiß-  
gasversperrung räumlich verschachtelt ineinander.

### 30 Patentansprüche

1. Wärmetauscher mit rohrbündelartiger, von  
Heißgas umströmter Kreuz-Gegenstrom-Matrix  
(1), die ein- und austrittseitig mit voneinander  
getrennten Druckluftführungen (15, 16) kommuni-  
ziert und aus im wesentlichen U-förmigen Matrix-  
rohrbügel (2) besteht, deren äußerer Umlen-  
kungsbereich von einer Berandungsleitwand (3)  
eines Gehäuses (12) für die Heißgasführung um-  
geben ist, wobei ein zwischen dem äußeren Um-  
lenkungsbereich und der Berandungsleitwand (3)  
befindlicher Heißgasleckspalt durch mindestens  
ein flexibles, elastisches Dichtelement (17) abge-  
sperrt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Diche-  
telement (17) unmittelbar zwischen dem äußeren  
Umlenkungsbereich der Matrix (1) und der Beran-  
dungsleitwand (3) angeordnet und als eine den  
äußeren Umlenkungsbereich teilweise oder gänz-  
lich umschließende, elastische Metallfilzmatte  
ausgebildet ist, die auf der vom äußeren Umlen-  
kungsbereich abgewandten Seite mittels eines  
dünnen Bleches (19) federnd am Gehäuse (12)  
befestigt ist.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Berandungsleitwand (3)  
zumindest einschließlich zugehöriger heißgasa-  
nund abströmseitiger Wandstrukturen des Gehä-  
uses (12) auf der der Rohrbügelmatrix (1) bzw.  
dem Dichtelement (17) zugekehrten Seite mit  
einer thermischen Isolierung (18) ausgekleidet  
ist.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Metallfilzmatte  
auf der betreffenden einen Seite vom Blech (19)  
abgedeckt ist, das gegenüber der Berandungsleit-

wand (3) bzw. deren Isolierung (18) eine bogenförmige Gaszuströmpassage (20) ausbildet, die zur Abzweigung eines Teils der in Hauptströmungsrichtung gegen die Matrix (1) gerichteten Heißgase (G) ausgebildet ist und die am stromabwärtigen Ende durch eine nach außen abgebogene Sektion des Bleches (19) als federnde Dichtung (21) abgesperrt ist, wobei diese Sektion des Bleches (19) am Gehäuse (12) bzw. an der Berandungsleitwand (3) fixiert ist.

4. Wärmetauscher nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle des Bleches eine Folie vorgesehen ist.

5. Wärmetauscher nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß Sektionen des Bleches (19) oder der Folie durch Löten, Falzen oder klammerartig mit der Metall-Filz-Matte verbunden sind.

6. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abdeckblech (19) oder die Folie mit Durchbrüchen (23, 24, 25) versehen ist, die mit der Gaszuströmpassage (20) kommunizieren und mit denen die im äußeren Umlenkungsbereich der Matrix (1) angeordneten Rohrbügel (2) über die Metall-Filz-Matte in Querrichtung bzw. kreuzstromartig umströmbar sind.

7. Wärmetauscher nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchbrüche (23, 24, 25) in der Weise örtlich unterschiedlich dimensioniert und verteilt sind, daß ein im Betrieb stets vorhandener Differenzgasdruck eine lastabhängige, abdichtende Anpreßkraft der von dem Blech (19) oder der Folie ummantelten Metallfilzmatte gegen die daran angrenzenden Rohrbügel (2) der Matrix (1) ausübt.

8. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallfilzmatte an der Kontaktzone für die unmittelbar benachbarten Rohrbügel (2) des Matrixumlenkbereiches entsprechend der anströmseitigen Profilkontur gemäß vorprofilierte Ausformungen (26) aufweist.

9. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die voneinander getrennten Druckluftführungen (15, 16) in ein gemeinsames Sammelrohr (31) integriert oder jeweils von einem Einzelsammelrohr (29, 30) gebildet sind.

10. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Rohrbügel (2) der Matrix aerodynamisch optimierte, im Querschnitt lanzetten- oder linsenförmige Hohlprofilkörper sind, die jeweils zwei durch einen mittleren Quersteg (7') voneinander getrennte innere Druckluftkanäle (8', 9') aufweisen, die eine dreieckförmige, im Sinne der an- und abströmseitigen Enden zugespitzt auslaufende Konturierung aufweisen.

#### Claims

1. Heat exchanger with tube assembly type crosscontraflow matrix (1) around which hot gas

flows which communicates on the inlet and outlet side with compressed air pipes (15, 16) which are separated from each other and which consists essentially of U-shaped matrix tube sections (2), the external return area of which is surrounded by a boundary deflecting wall (3) of a housing (12) for running the hot gas, whereby a hot gas leakage gap located between the external return area and the boundary deflecting wall (3) is shut off by at least a flexible, elastic sealing component (17), characterised in that the sealing component (17) is arranged directly between the external return area of the matrix (1) and the boundary deflecting wall (3) and is constructed as an elastic metal felt mat which partially or fully encloses the external return area and which is secured flexibly to the housing (12) on the side facing away from the external return area by means of a thin piece of sheet metal (19).

2. Heat exchanger according to claim 1, characterised in that the boundary deflecting wall (3) at least including corresponding wall structures of the housing (12) on the sides of the inflowing and outflowing hot gas is lined with a thermal insulation (18) on the side facing the tube assembly matrix (1) or the sealing component (17).

3. Heat exchanger according to claim 1 or 2, characterised in that the metal felt mat is covered on the corresponding side by sheet metal (19) which forms an arch-shaped gas inflow passage (20) opposite the boundary deflecting wall (3) or its insulation (18) which is constructed for diverting a portion of the hot gases (G) directed against the matrix (1) in the main direction of flow and which is closed at the outward flow end by a section of the sheet metal (19) which is bent outwards to form a flexible seal (21), whereby this section of the sheet metal (19) is attached to the housing (12) or the boundary deflecting wall (3).

4. Heat exchanger according to claim 3, characterised in that a foil is provided instead of the sheet metal.

5. Heat exchanger according to claim 3 or 4, characterised in that sections of the sheet metal (19) or the foil are connected to the metal felt mat by soldering, beading or by means of clamps.

6. Heat exchanger according to one or more of claims 3 to 5, characterised in that the covering sheet metal (19) or the foil is provided with holes (23, 24, 25) which communicate with the gas inflow passage (20) and with which a circulation can be provided around the tube sections (2) arranged in the external return area of the matrix (1) through the metal felt mat in the transverse direction or as a cross flow.

7. Heat exchanger according to claim 6, characterised in that the holes (23, 24, 25) are dimensioned and distributed differently locally in such a way that a differential gas pressure which is always present in operation exercises a load-dependent, sealing contact pressure of the metal felt mat enveloped by the sheet metal (19) or the foil on the tube sections (2) of the matrix (1) which border on it.

8. Heat exchanger according to one or more of claims 1 to 7, characterised in that the metal felt mat is provided with pre-shaped formations (26) at the contact zone for the immediately adjoining tube sections (2) of the matrix return area according to the section contour on the inflow side.

9. Heat exchanger according to one or more of claims 1 to 8, characterised in that the compressed air pipes (15, 16) which are separated from each other are integrated in a common collector pipe (31) or in each case formed from an individual collector pipe (29, 30).

10. Heat exchanger according to one or more of claims 1 to 9, characterised in that the individual tube sections (2) of the matrix consist of aerodynamically optimised, lancet or lens-shaped hollow section bodies in cross section, which in each case are provided with two internal compressed air ducts (8', 9') which are separated from each other by a central cross bar (7'), outgoing contour which is pointed in the direction of the inflowing and outflowing ends.

#### Revendications

1. Echangeur de chaleur avec une matrice (1) en forme de faisceau tubulaire, parcourue par le gaz chaud en un écoulement à contre-courant croisé, qui communique côté entrée et côté sortie avec des canalisations d'air comprimé séparées (15, 16) et se compose de tubes cintrés ou épingles tubulaires de matrice (2), principalement en forme de U, dont la zone de déflexion extérieure (3) est entourée d'une paroi de déflexion de bordure (3) d'un carter (12) pour le guidage des gaz chauds, un interstice de fuite de gaz chaud se trouvant entre la zone de déflexion extérieure et la paroi de déflexion de bordure (3) étant, à cette occasion, obturé par au moins un élément d'étanchéité (17) flexible, élastique, caractérisé en ce que l'élément d'étanchéité (17) est disposé immédiatement entre la zone de déflexion extérieure de la matrice (1) et la paroi de déflexion de bordure (3), exécuté en un matelas en treillis métallique élastique qui entoure partiellement ou complètement la zone de déflexion extérieure, qui est fixé sur le côté opposé à la zone de déflexion extérieure, au moyen d'une tôle mince (19) fixée de manière élastique sur le carter (12).

2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la paroi de déflexion de bordure (3) est revêtue d'une isolation thermique (18), du côté tourné vers la matrice d'épingles tubulaires (1), respectivement l'élément d'étanchéité (17), au moins y compris les structures de parois du carter (12), qui sont situées en amont et en aval de l'écoulement de gaz chaud.

3. Echangeur de chaleur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le matelas en treillis métallique est recouvert sur le côté concerné d'une tôle (19), qui forme un passage d'arrivée d'écoulement (20) de forme coudée, par rapport à la paroi de réflexion de bordure (3), respectivement son isolation (18), qui est conçue pour la

dérivation d'une partie des gaz chauds (G) orientés dans la direction de l'écoulement principal, contre la matrice (1) et qui est obturée à l'extrémité située côté aval de l'écoulement, par une section de la tôle (19) repliée vers l'extérieur, en étanchéité élastique (21), cette section de la tôle (19) étant à cette occasion fixée sur le carter (12) ou sur la paroi de déflexion de bordure (3).

4. Echangeur de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'une feuille est prévue à la place de la tôle.

5. Echangeur de chaleur selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que des sections de la tôle (19) ou bien de la feuille sont reliées avec le matelas en treillis métallique par brasage, agrafage ou bien par blocage.

6. Echangeur de chaleur selon une ou plusieurs des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que la tôle de recouvrement (19) ou bien la feuille est pourvue d'ouvertures (23, 24, 25) qui communiquent avec le passage d'arrivée d'écoulement de gaz (20) et avec lesquels l'écoulement peut contourner, par le matelas en treillis métallique, les épingles tubulaires (2) disposées dans la zone extérieure de déflexion de la matrice (1) en une direction transversale, respectivement en un écoulement croisé.

7. Echangeur de chaleur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les ouvertures (23, 24, 25) sont mentionnées localement de manières différentes et réparties de telle sorte qu'une pression différentielle constamment disponible en fonctionnement exerce une force de pression assurant une étanchéité, fonction de la charge, du matelas en treillis métallique enveloppé de la tôle (19) ou de la feuille, contre les épingles tubulaires (2) limitrophes de la matrice (1).

8. Echangeur de chaleur selon une ou plusieurs des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le matelas en treillis métallique possède des déformations (26) préprofilées, en fonction du contour de profil situé en amont de l'écoulement, sur la zone de contact pour les épingles tubulaires (2) immédiatement limitrophes de la zone de déflexion de matrice.

9. Echangeur de chaleur selon une ou plusieurs des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les canalisations d'air comprimé (15, 16) séparées les unes des autres sont intégrées en un tube collecteur commun (31), ou bien à chaque fois formées d'un tube collecteur individuel (29, 30).

10. Echangeur de chaleur selon une ou plusieurs des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les épingles tubulaires (2) individuelles de la matrice sont des corps profilés creux optimisés aérodynamiquement, de section en forme de lancettes ou de lentilles, qui possèdent à chaque fois des canalisations d'air comprimé internes (8', 9') séparées entre elles par une nervure médiane transversale (7') en forme triangulaire, au sens du contour d'écoulement taillée en pointe aux extrémités en amont et en aval de l'écoulement.

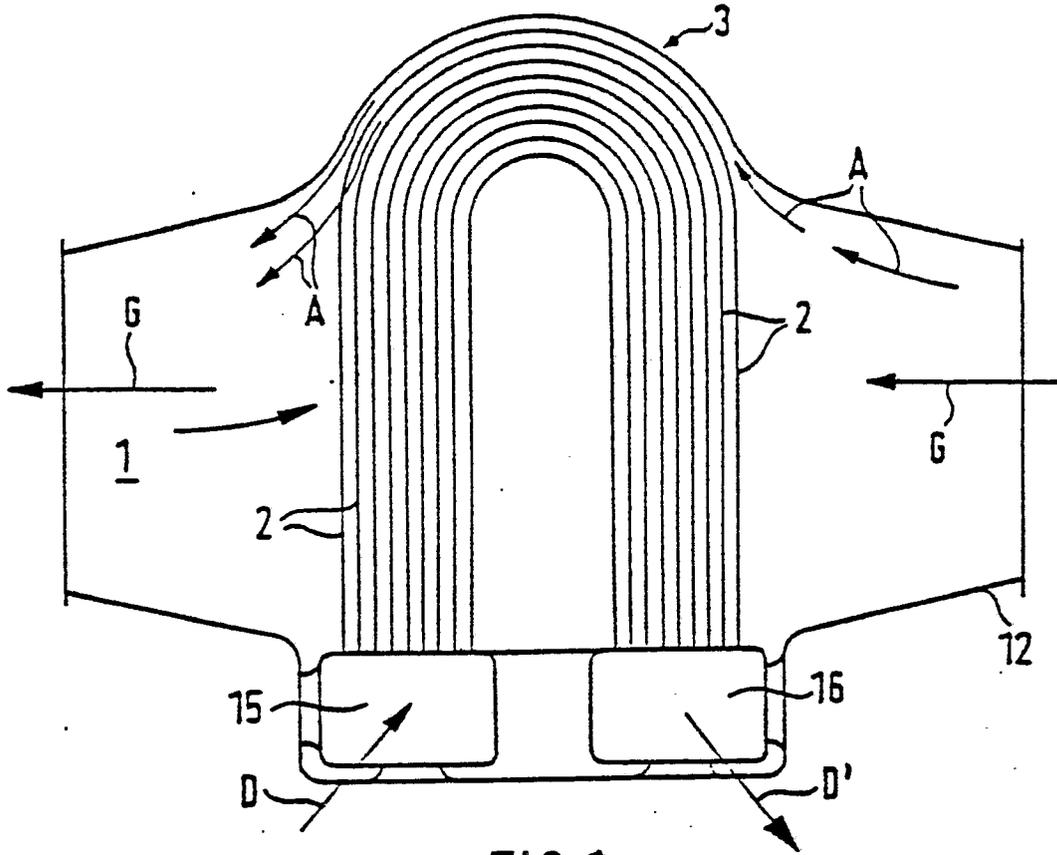


FIG. 1

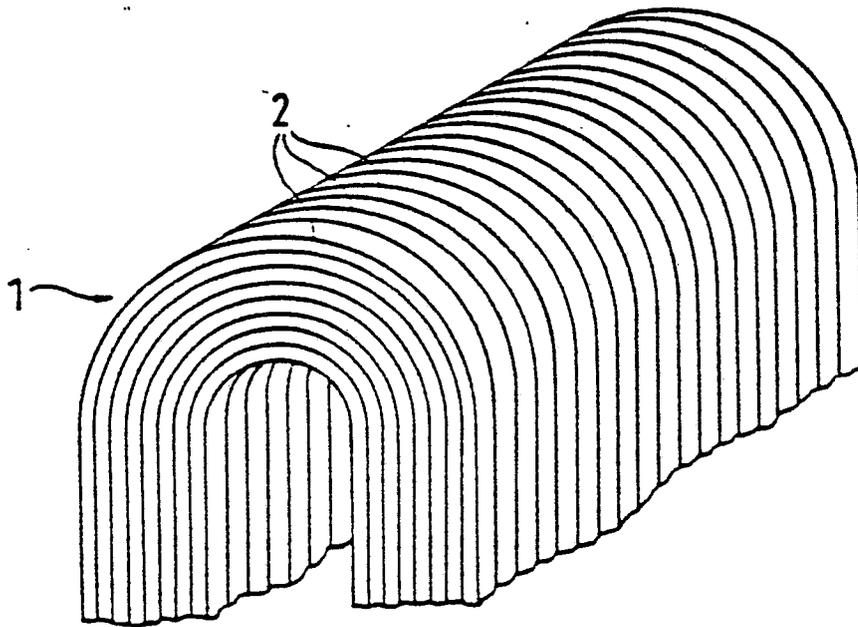
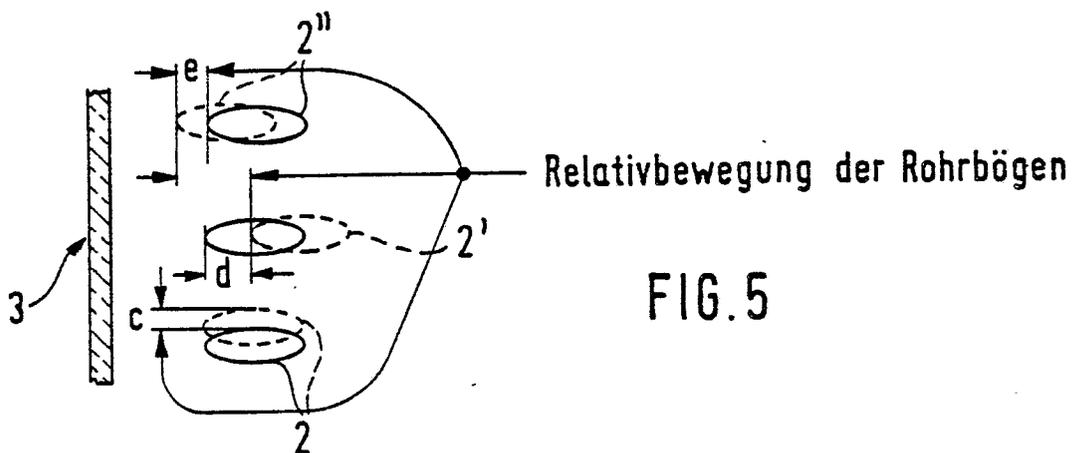
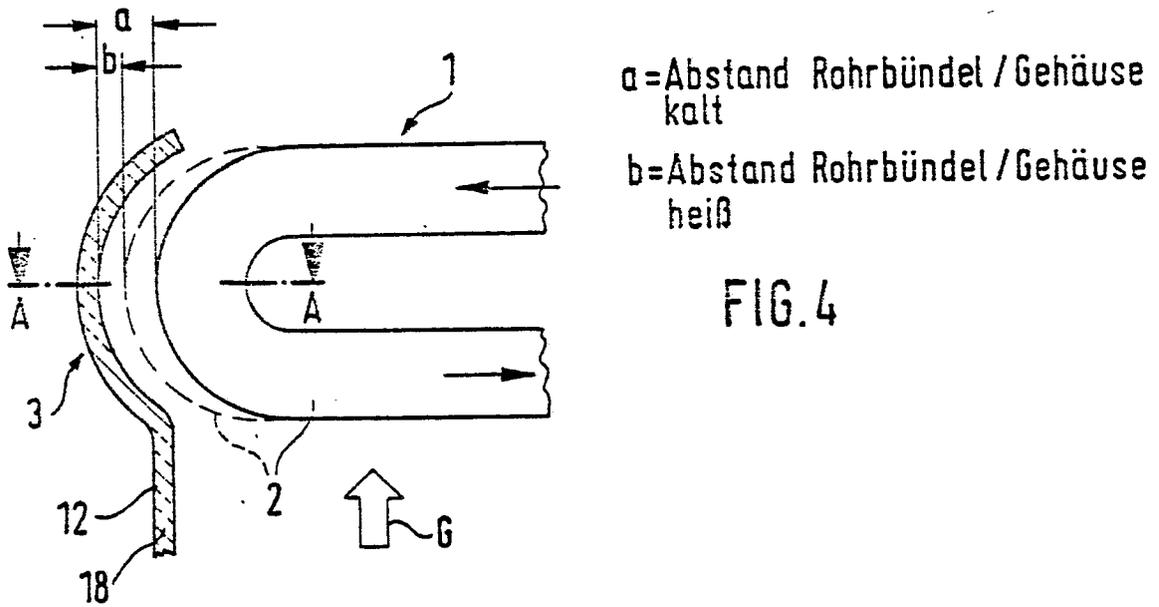
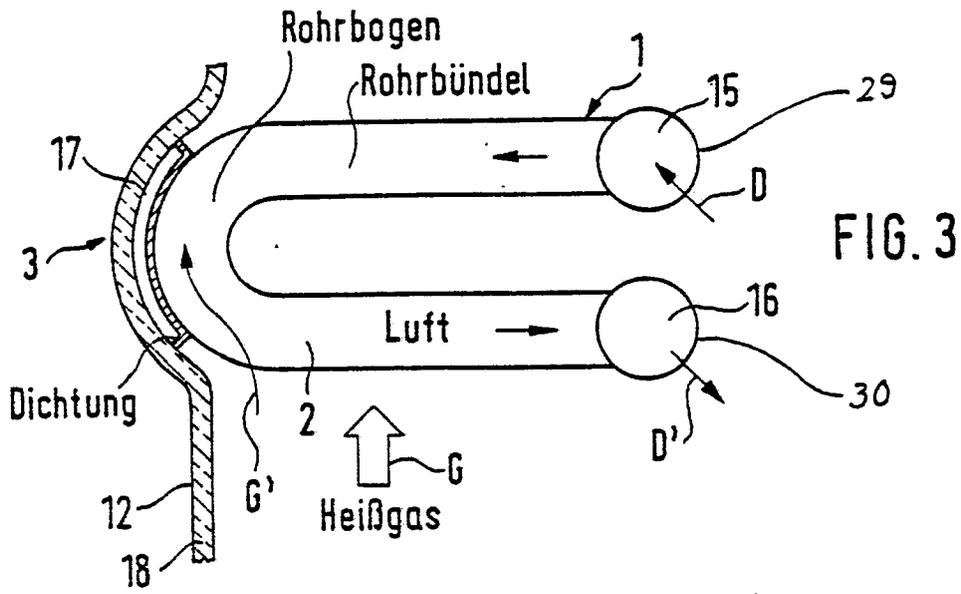
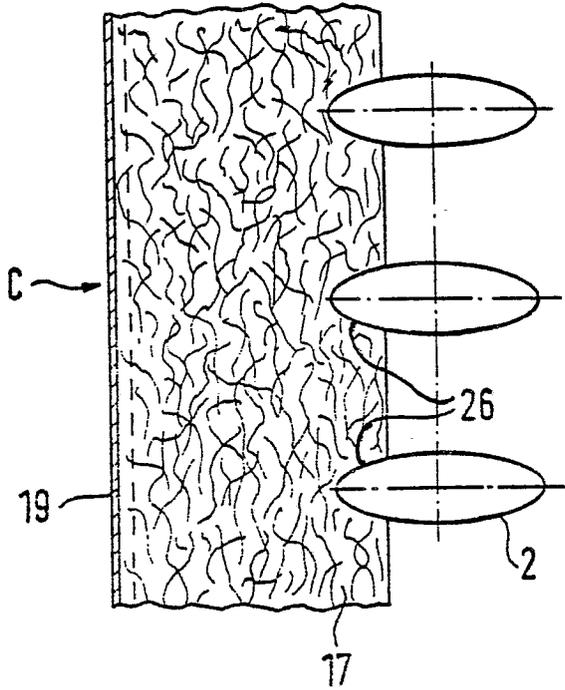


FIG. 2





Schnitt B-B

FIG. 6

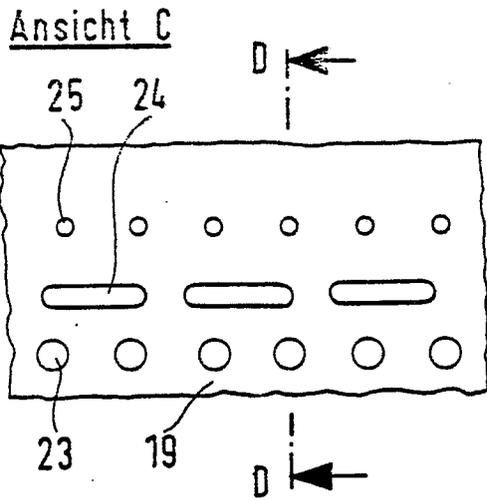


FIG. 7

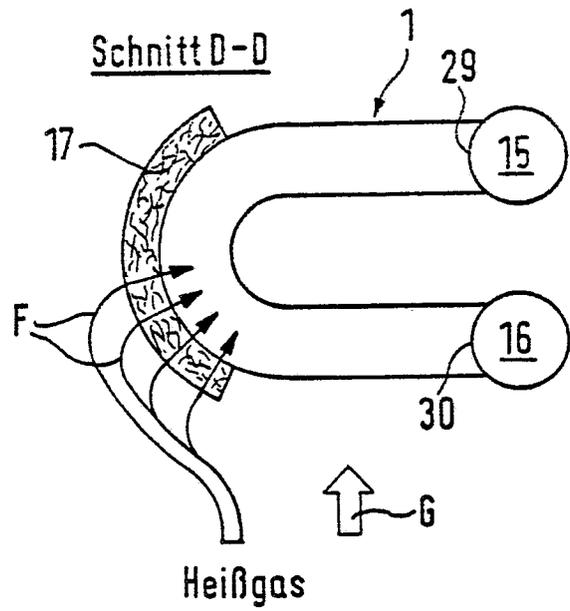
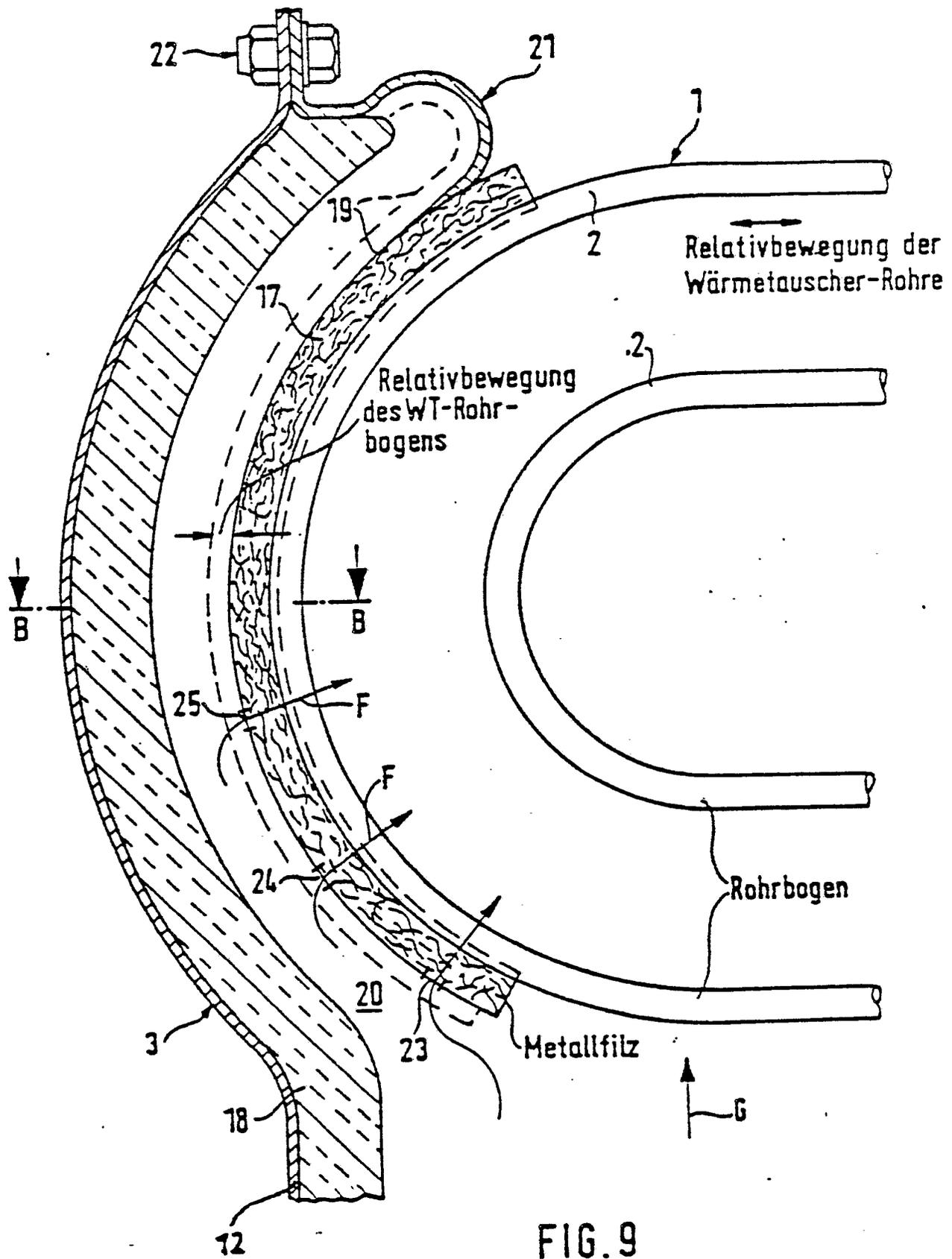


FIG. 8



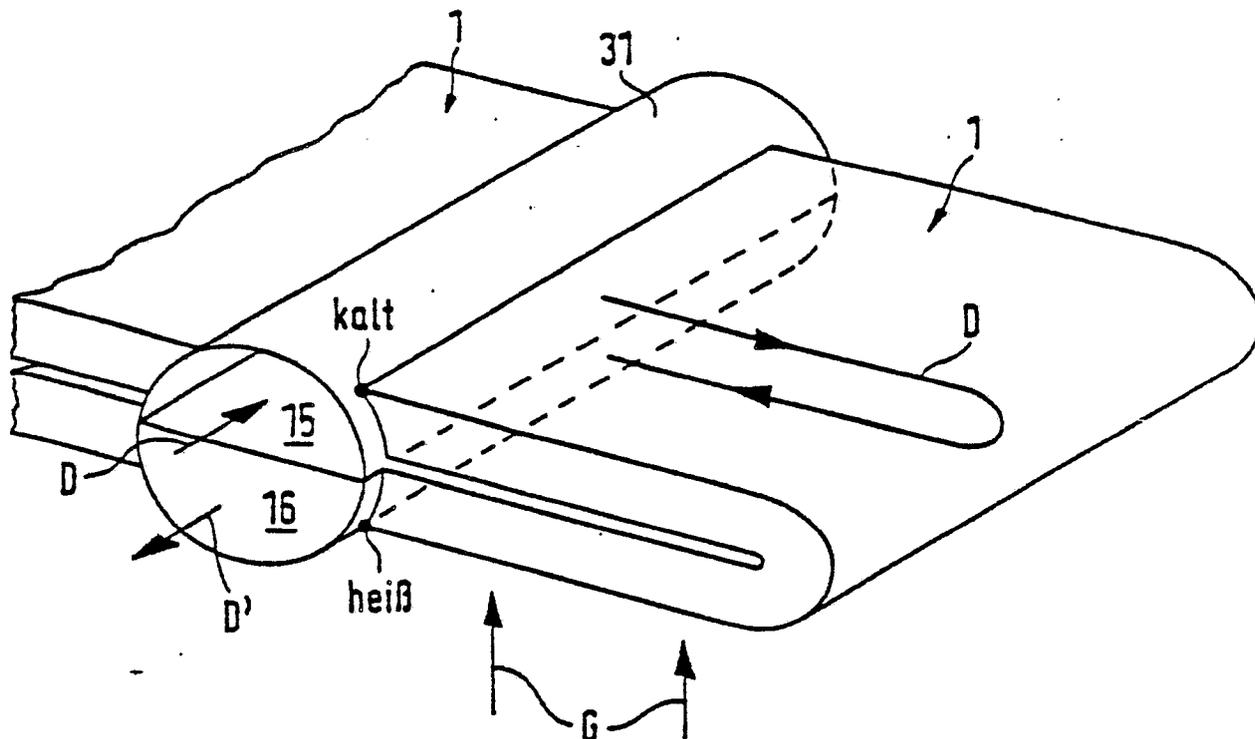


FIG. 10

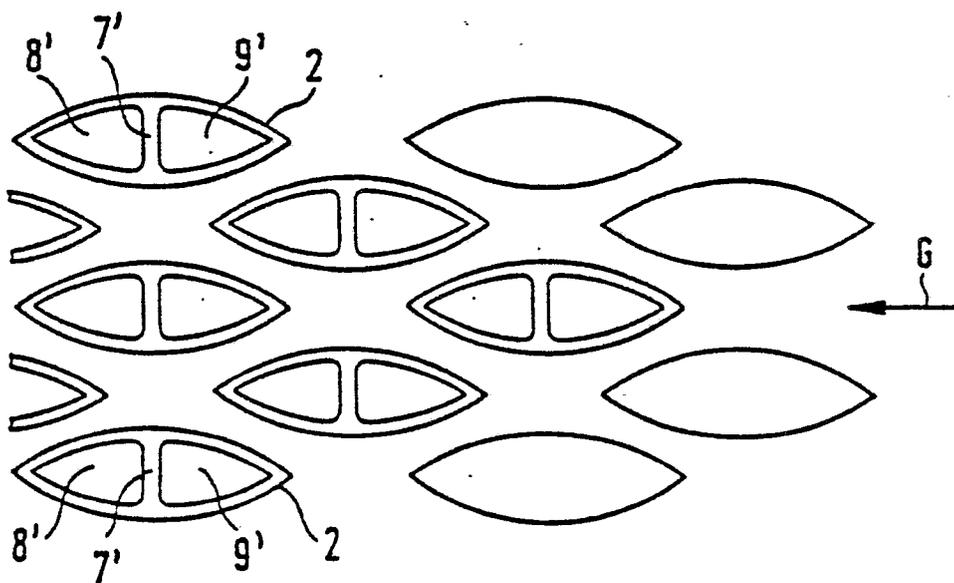


FIG. 11