



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 87114641.1

(51) Int. Cl. 4: F28D 7/06

(22) Anmeldetag: 07.10.87

(30) Priorität: 20.10.86 DE 3635549

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.06.88 Patentblatt 88/22

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

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

(72) Erfinder: Hagemeister, Klaus
Manzstraße 28b
D-8000 München 50(DE)
Erfinder: Hueber, Alfred
Nebelhornstrasse 4
D-8901 Merching(DE)

(54) Wärmetauscher.

(57) Es ist ein Wärmetauscher mit zwei im wesentlichen parallel nebeneinander angeordneten Rohrführungen (1, 2) und einer quer gegen eine Heißgasströmung auskragenden, einen bogenförmigen Umlenkbereich enthaltenden Kreuz-Gegenstrom-Profilrohrmatrix (3) vorgesehen, in die über die eine Rohrführung auszuheizende Druckluft eingespeist und unter Umkehrung der Strömungsrichtung der anderen Rohrführung zugeführt wird; dabei soll die Profilrohrmatrix (3) in durch Zwischenwände (7) voneinander getrennte, in Rohrführungslängsrichtung aufeinander folgende Profilrohrblöcke (8) zergliedert sein, die im bogenförmigen Umlenkbereich unter gleichzeitiger Verringerung der Heißgasdurchströmquerschnitte jeweils gegen das betreffende Profilrohrblockmittelende hin beidseitig gleichförmig zusammengedrückt auslaufen. Auf diese Weise soll der Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauschprozeß im Bogenbereich optimiert und eine homogen über die Gesamtmatrix verteilte Heißgasmassenstromverteilung erreicht werden.

EP 0 268 791 A1

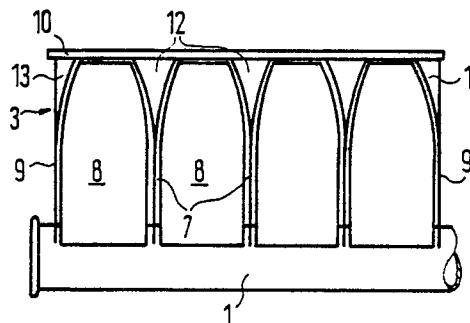


FIG. 2

Wärmetauscher

Die Erfindung bezieht sich auf einen Wärmetauscher nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei einem derartigen aus der GB-OS 2,130,355 bekannten Profilrohrwärmetauscher soll die Matrix durch ein Feld übereinander und nebeneinander angeordneter Rohrbügel gebildet werden, deren Enden jeweils in je ein Zuführungs- und Abführungsrohr für die Druckluft einmünden. Die Rohrbügel sind dabei vorzugsweise aus lanzenförmigen Profilrohren hergestellt, die eine strömungsgünstige Führung der sie außen umströmenden Heißgase gewährleisten. Diese Profilrohre sind insbesondere quer zur Richtung der Umströmung biegeweich, so daß unter der Wirkung von äußeren Kräften durch Stöße das gesamte Kollektiv der Rohrbügel elastische Auslenkungen - ähnlich den Wogen eines Getreidefeldes erfährt. Seitliche Berandungen der Matrix begrenzen zwar im Zusammenwirken mit den in mehreren Ebenen des Profilrohrfeldes angeordneten Abstandshaltern diese kollektiven Auslenkungen, können aber nicht verhindern, daß - aufgrund von Summationseffekten bezüglich der Spiele in den Abstandshalterungen - Teile des Profilrohrfeldes große Auslenkungen erfahren. Das betrifft insbesondere diejenigen Partien des Bügelpaketes, die von den die Auslenkungen begrenzenden Seitenwänden weiter entfernt sind, also die, in Stoßrichtung gesehen, hinteren Partien.

Dabei können beträchtliche Spalte im Heißgasströmungsweg der Matrix aufklaffen, durch die das Heißgas teilweise - wie in einem "Bypass" - das Gebiet der Wärmetauschermatrix durchströmt, ohne dabei mit den Oberflächen der Profilrohre in wärmeaustauschende Wechselwirkung zu treten, wodurch eine erhebliche Minderung der Effizienz des Wärmeaustausches in Kauf zu nehmen ist. Auch ohne äußere Stöße als Ursache für die Auslenkungen kann ein ähnlicher Effekt durch oszillierendes "Wogen" des Rohrkoeffektivs auftreten, wenn das aus der Masse des gesamten Kollektivs der biegeelastischen Rohrbügel oder auch nur Teilen davon und der in oben beschriebener Weise gestörten Heißgasdurchströmung gebildete dynamische System periodisch wechselnde instabile Zustände annimmt (aeroelastische Instabilität).

Im Hinblick auf die Heißgasaußenströmung der Matrixprofilrohre sind bei bekannten Wärmetauscherkonzepten gemäß der GB-OS 2,130,355 zwei Bereiche zu unterschieden:

1. Der Bereich der Queranströmung im Gebiet der geradlinigen Rohrschenkel der Wärmetauschermatrix. In diesem Gebiet bildet das Kollektiv der Matrixprofilrohre ein definiertes Strömungsfeld.

2. Im Bereich der Umlenkbögen der Matrix entspricht die Zuordnung der Profilrohre zueinander zwar derjenigen im Bereich der geradlinigen Rohrschenkel die Anströmung durch das Heißgas erfolgt jedoch örtlich entsprechend dem dort geltenden Neigungswinkel des Radiusvektors der Krümmung zur Strömungsrichtung der Heißgase. Im Bereich des Zenits der Umlenkung befindet sich das Feld der Matrixprofilrohre also in einer zur regulären Stellung im Gebiet der geradlinigen Schenkel um 90° gedrehten Position und wird dort längs durchströmt, so daß der Charakter der Strömungsfläche völlig verändert ist.

Bezogen auf die Flächeneinheit normal zur Strömungsrichtung ist die Heißgasversperrung durch die Matrixprofilrohre in der um 90° gegen die reguläre Anordnung gedrehten Ebene geringer, so daß die Abschnitte des Bogenbereiches mit einem hohen Anteil des in dieser Richtung durchströmten Rohrfeldes dem außen strömenden Fluid (Heißgas) einen niedrigen Strömungswiderstand entgegensetzen, als es bei der regulären Durchströmung im Bereich der geradlinigen Rohrschenkel der Matrix der Fall ist.

Hinzu kommt, daß der Bogenbereich des Profilrohrfeldes vom außen strömenden Fluid (Heißgas) in der gleichen Querrichtung durchströmt wird, wie das im Feld der regulär und geradlinig angeordneten Rohrschenkel der Fall ist. Der geradlinige Stromfaden der Querströmung der Heißgase im Bogenbereich bildet daher jeweils die Sehne des Kreisbogens eines jeweiligen Profilrohres im Bogenbereich und ist somit umso kürzer, je näher er dem äußeren Rand des Bogenbereiches liegt. Dieser Sachverhalt bewirkt, daß dort lokal der Strömungswiderstand für das Heißgas niedriger ist.

Da bei der zugrunde liegenden Bauweise beide Bereiche (geradlinige Rohrschenkel und Bogenbereich) im Hinblick auf die Außenströmung parallel angeordnete Strömungswiderstände darstellen, wird der Bogenbereich im stärkeren Maße vom Heißgas durchströmt.

Obwohl die teilweise um 90° gedrehte Richtung der Durchströmung mit dem Effekt des Gegenstroms der beiden miteinander im Wärmeaustausch stehenden Fluide (Heißgas/Druckluft) gekoppelt ist, durch den die Effizienz des Wärmeaustausches zwar grundsätzlich besser sein sollte, kommt dieser Vorteil nur lokal und in geringem Umfang zum Tragen, da hier der Bogenbe-

reich für das im Innern der Rohre strömende Fluid (Druckluft) nur ein Zwischenabschnitt eines in seinen wesentlichen Anteilen den Gesetzen des Kreuzstroms unterliegenden Wärmetauschersystems ist.

Das durch die unterschiedlichen Strömungswiderstände der beiden Bereiche bewirkte Ungleichgewicht der Heißgasmassenströmdichte ist deshalb insgesamt für die Effektivität des Wärmeaustauschprozesses ungünstig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärmetauscher nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, bei dem die betriebsbedingten Profilrohrauslenkungen der Matrix auf ein tolerierbares Maß beschränkt sind und insbesondere im Hinblick auf die Ausbildung des Bogenbereiches der Matrix ein insgesamt hoher Wärmeaustauschgrad erzielt ist.

Die gestellte Aufgabe ist durch den Kennzeichnungsteil des Patentanspruchs 1 erfindungsgemäß gelöst.

Erfindungsgemäß wird also das Feld der Rohrbügel der Matrix in einzelne Profilrohrblöcke unterteilt, die mittels Zwischenwänden von einander getrennt sind. Diese Zwischenwände dienen als ausschlagbegrenzende Berandung der von ihnen eingeschlossene Teilmenge von Profilrohrbügeln. Die mögliche Aufsummation der Spiele in den Abstandshalterungen und dadurch bei Stoßauslenkung mögliche Spaltbildung im Rohrfeld wird damit je nach Anzahl der Zwischenwände eingeschränkt und auf ein tolerierbares Maß begrenzt.

Aus Gründen der Kompaktheit des gesamten Wärmetauschers sollten diese Zwischenwände nur eine geringe Wanddichte aufweisen. Sie sind deshalb selbst flexibel und weniger geeignet, durch Biegesteifigkeit die beim Anschlagen der Rohrpackete aufzubringenden Stützkräfte zu tragen. Zuvor Gesagtes gilt sinngemäß auch in Verbindung mit ausgestaltungsgemäß vorgesehenen stirnseitigen Matrixleitwänden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird mithin deshalb vorgeschlagen, diese Kräfte nicht über die Biegesteifigkeit der Zwischen- oder Leitwände nach innen gerichtet an den zentralen Rohrführungen bzw. Verteiler- oder Sammelrohren abzustützen, sondern im äußeren Umlenkbereich der Rohrbügel der Matrix, in dem an dieser Stelle zur Führung der Heißgasaußenströmung erforderliche berandende Strukturen bzw. eine Berandung zur Kraftübertragung herangezogen werden können.

Das soll erfindungsgemäß weiter im Wege der "Doppelwandaufweitungsanordnung und -ausbildung" erfolgen, indem aus dem Gebiet der Abstandshalterebene, am Übergang der geradlini-

gen Schenkel der Rohrbügel zum Umlenkbogen, die Zwischen- bzw. Leitwände im Bereich der Umlenkbögen doppelwandig gespreizt ausgeführt werden. Diese Spreizung erfolgt vorteilhafter Weise so, daß sie knickfrei an die Ebene einer Zwischen- oder Leitwand sich anschließen mit wachsendem Neigungswinkel nach außen bzw. gegen die betreffende Profilrohrblockmitte, z.B. einem parabelförmigen Verlauf folgend, die Stützweite der Doppelwand vergrößert. Damit wird die Biegesteifigkeit dieser Zwischenstruktur in Richtung auf die außenliegende, berandende Stützbasis erheblich vergrößert.

Die im Rahmen des Grundgedankens der Erfindung als Folge Spreizung der Zwischenwandungen und die dementsprechend gekrümmte Form derselben bewirken in dem davon eingeschlossenen Gebiet des Bogenbereiches jeden Profilrohrblockes eine örtliche Verdichtung des Rohrfeldes der Wärmetauschermatrix, und zwar um so mehr, je weiter außen die betroffenen Rohrbügel im Matrixfeld liegen. Dadurch können insbesondere im Außenbereich der Rohrbögen die freien Heißgasströmungsquerschnitte verengt werden, so daß der Strömungswiderstand dort vergrößert und dem der regulär im Kreuzstrom beaufschlagten Matrixbereiche angepaßt werden kann.

Insgesamt läßt sich dadurch auch die Art der Heißgasdurchströmung des Bogenbereiches wie folgt beeinflussen. Was die beschriebene Verdichtung des Rohrfeldes der Matrix im Bereich der äußeren Bögen betrifft, die gegenüber der Querströmung des Heißgases eine kurze Sehnenlänge aufweisen, so erfolgt dort eine Umrouting der Strömung in die radial tieferen bzw. weiter innen liegenden Gebiete des Bogenfeldes. Diese Heißgasumströmung des Kerns der Rohrpackungs-Verdichtung oder schwach durchströmte Zone macht es möglich, den Bereich der außen umhüllenden Abdeckung oder Berandung des Bogenfeldes erheblich zu verkleinern und die Abströmung der Heißgase auf der Austrittsseite zu vergleichmäßigen.

Die beschriebene Verdichtung des Rohrfeldes im Bogenbereich kann auch in Richtung der Bogensehne mit unterschiedlicher Intensität erfolgen, und zwar beispielsweise so, daß der höchste Grad der Verdichtung auf dem senkrecht zur Hauptströmungsrichtung liegenden Vektor des Bogenradius erreicht wird, davor und dahinter aber weniger intensiv ist, um damit in vorteilhafter Weise auf die Durchströmung Einfluß zu nehmen. Die seitlich den Bogenbereich eines Profilrohrblockes berandende Wand kann dann in Richtung ihrer Höhe konkav und in Richtung ihrer Länge konvex geformt sein, wie dies aus der Erfindung im Rahmen einer Kombination der Merkmale nach dem

Anspruch 1 und 14 hervorgeht.

Erfindungsgemäß kann mithin ferner eine äußere Berandung als Abdeckelement über den äußeren Bereich der Rohrbügel verlaufend angeordnet sein. Vorteilhafterweise kann diese Berandung gemäß der Erfindung ferner in Längsrichtung geteilt sein, so daß der dem strömenden Heißgas unmittelbar zugewandte Teil der Berandung sich unabhängig vom stromabseitigen, kälteren Teil dehnen kann.

Diese ein- oder zweiteilige Berandung kann in zweckmäßiger Weiterbildung der Erfindung mit den gespreizten Zwischenwandungen bzw. Doppelwandauflweitungen in der Weise verbunden sein, daß die durch das Abstützen der Profilrohrblöcke induzierten Reaktionskräfte getragen werden. Die Berandung wiederum kann mit der den Wärmetauscher umgebenden tragenden Struktur (z.B. dem Gehäuse) so verbunden sein, daß die in die Berandung bzw. äußere Abdeckung eingeleiteten Kräfte abgestützt werden, was in Ausgestaltung der Erfindung weiter sinngemäß vorgeschlagen wird.

Im Bereich der Profil-Rohrbögen - mit der erfindungsgemäßen dichteren gegenseitigen Zuordnung der Profilrohre zueinander - kann die Einhaltung der jeweiligen, dem Grad der örtlichen Packungsdichte entsprechenden Profilrohrabstände durch lokale Erhebungen auf deren Seitenwänden erfolgen (Ansprüche 6 und 11). Die Höhe dieser Erhebungen richtet sich nach den Gesetzen des Verlaufes der gewünschten örtlichen Profilrohrpackungsdichte.

Die besagten Erhebungen können durch Aufschweißen oder -löten entsprechender Metallplättchen (Anspruch 12) oder durch Auftragschweißen oder Aufspritzen von Zusatzmaterial auf die Profilrohrwandung hergestellt werden (Anspruch 13).

Die vorstehenden Ausführungen verdeutlichen somit nicht nur den Grundgedanken der Erfindung (Anspruch 1), sondern auch dessen vorteilhafte Ausgestaltungen im Rahmen der Patentansprüche 2 bis 14.

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

Fig. 1 die schematische und perspektivische Darstellung eines in herkömmlicher Weise ausgeföhrten Profilrohrwärmetauschers,

Fig. 2 eine erste Erfindungsvariante eines Profilrohrwärmetauschers und zwar im Wege hier nur einer einzigen, von zwei Druckluftführungen seitlich auskragenden Profilrohrblockreihe,

Fig. 2a eine seitliche Teilansicht des Wärmetauschers nach Fig. 2 im Wege zweier Matrixprofilrohrblöcke in der Zuordnung zu zwei am einen Ende abgebrochen dargestellten Druckluftführungen bzw. -rohrleitungen,

Fig. 3 die aus der Draufsicht auf einen Profilrohrblock gemäß Fig. 2 und 2a sich ergebenden Einzelheiten - Profile, Abstandshalterungen worin die durch die örtliche Zusammendrückung hervorgerufene örtliche Heißgasdurchströmquer schnittsverengung verdeutlicht ist,

Fig. 4 ein perspektivisch dargestelltes Profilrohrblockschema unter Zuordnung einer im äußeren Bogenbereich der Matrix längs geteilten Berandung,

Fig. 5 eine bezüglich der linken Matrixsektion wiedergegebene vordere Stirnansicht des Wärmetauschers nach Fig. 1 unter Verdeutlichung der herkömmlichen Heißgas-Matrixdurchströmung,

Fig. 6 eine lediglich im wesentlichen hinsichtlich der äußeren bogenseitigen Berandungsausbildung von Fig. 5 abweichende vordere Wärmetauscherstirnansicht,

Fig. 7 eine bezüglich der linken Matrixsektion wiedergegebene vordere Stirnansicht des erfindungsgemäßen Wärmetauschers mit einer ersten bogenseitigen Berandungskonfiguration und einer von dieser ausgehenden vom Heißgas schwach durchströmte Zone,

Fig. 8 eine grundsätzlich lediglich von Fig. 7 dahingehend abweichende Stirnansicht, da eine im äußersten Matrixbogenbereich beweglich am Wärmetauschergehäuse angeordnete Berandung vorgesehen ist,

Fig. 9 eine im Wege der abgebrochen dargestellten linken Matrixsektion grundsätzlich lediglich durch die Verwendung einer in Längsrichtung geteilten Berandung von Fig. 8 abweichende Wärmetauscherkonfiguration,

Fig. 10 die seitliche Ansicht einer senkrecht aufgestellten bogenförmigen Rohrbügelreihensektion der Matrix unter Verdeutlichung von Profilabstandshalterungsmitteln sowie unter Verdeutlichung der vom matrixinnenseitigen zum äußeren Bogenbereich der Profile sich ergebenden zunehmenden Heißgasquer schnittsverengung im Wege eines in die Zeichnungsebene projizierten Teilprofilklappschlitts,

Fig. 11 eine die Kombination aus keilförmiger und konkav gewölbter Matrixprofilblockzusammendrückung darstellende Erfindungs variante in seitlicher Blickrichtung auf eine von Berandungs- und Gehäusestrukturen befreite Wärmetauscherkonfiguration und

Fig. 12 einen die örtliche Profilverdichtung und die damit einhergehende Heißgasquer schnittsverengung verkörpernden Detailausschnitt eines gemäß Fig. 11 gesehenen Profilrohrblockes.

Die Erfindung geht von einem Wärmetauscher nach Fig. 1 aus, der aus zwei im wesentlichen parallel nebeneinander angeordneten Druckluftführungen 1, 2 besteht, die hier als separate Verteiler-bzw. Sammelrohre ausgebildet sind.

Gemäß abgedunkelter Kontur sind die Druckluftführungen 1,2 am jeweils hinteren Ende verschlossen ausgebildet. Die seitlich von beiden Druckluftführungen 1, 2 quer gegen die Heißgasströmung H U-förmig auskragende Profilrohrmatrix 3 besteht aus zunächst geraden, parallel zueinander verlaufenden Profilrohrsträngen 4, 5, die in eine gemeinsame bogenförmige Profilrohrumlenksektion 6 übergehen.

Im Betrieb wird aufzuheizende Druckluft in die obere Druckluftleitung 1 eingespeist (D_1), durchströmt dann die geraden Profilrohrstränge 4 (D_2), worauf sie über die Umlenksektion 6 umgelenkt wird (D_3), sodann in umgekehrte Strömungsrichtung die geraden Profilrohrstränge 5 durchströmt (D_4), aus denen sie über die untere Druckluftleitung 2 in aufgeheizten Zustand abströmt (D_5), um einen geeigneten Verbraucher, z.B. der Brennkammer eines Gasturbinentriebwerkes, zugeführt zu werden.

Unter Zugrundelegung dieser zu Fig. 1 beschriebenen Bauweise eines Profilrohrwärmetauschers wird die Erfindung darin gesehen, die Profilrohrmatrix 3 in durch Zwischenwände 7 voneinander getrennte, in Rohrführungslängsrichtung aufeinanderfolgende Profilrohrblöcke 8 zu zergliedern (Fig. 2); wie aus Fig. 2, 2a und Fig. 3 erkennbar, sollen dabei die Profilrohrblöcke 8 im gesamten bogenförmigen Umlenkbereich - unter gleichzeitiger Verringerung der Heißgasdurchströmquer schnitte - jeweils gegen das betreffende Profilblockmittenende hin beidseitig gleichförmig zusammengedrückt auslaufen. Die Matrixprofilrohrblöcke 8 laufen, mit anderen Worten ausgedrückt, in Richtung auf die äußereren Blockmittenenden hin sich keil- oder parabelförmig verjüngend aus.

Gemäß Fig. 2 und 2a können ferner sich längs der hier vorderen und hinteren Stirnseiten der Matrix 3 erstreckende Leitwände 9 vorgesehen sein.

Die insbesondere aus Fig. 2 entnehmbaren Zwischenwände 7 und die stirnseitigen Leitwände 9 können flexibel ausgebildet und an einer sich längs des gesamten äußersten Bogenbereiches der Profilrohrmatrix 3 erstreckenden Berandung 10 abgestützt sein.

Ferner erkennt man aus Fig. 2, daß als Folge der örtlichen Profilrohrblockzusammendrückung keilförmige Zwischenräume zwischen benachbarten Profilrohrblockenden des Matrixumlenkbereichs 6 sowie zwischen den Blockenden und den stirnseitigen Leitwänden 9 ausgebildet sind, in denen die Zwischen- oder Leitwände 7, 8 der örtlichen Zusammendrückung folgende Doppelwandaufweitungen 12, 13 aufweisen. Diese sind bogenumfangsseitig außen verschlossen, um einen Heißgasdurchtritt zu verhindern. Die Zwischen- und Leitwände 7, 9 können dann ferner über die Doppelwandaufweitungen 12, 13 an der matrixbogen-

seitigen äußersten Berandung 10 sich abstützend verankert sein.

Fig. 3 verdeutlicht die Auswirkung der erfundungsgemäßen örtlichen Profilrohrblockzusammendrückung im Wege der hier am weitesten außen liegenden, in einer gemeinsamen Matrixquer ebene aufeinander folgenden U-förmige Rohrbügel 14, 15 eines Profilrohrblockes 8.

Gemäß Fig. 3 besteht eine Abstandshalterung zwischen den Rohrbügeln 14, 15 aus seitlichen Profilrohrerhebungen 16, 17. Diese Abstandshalterung ist - wie ferner aus Fig. 3 erkennbar - an die durch eine profilrohrblockseitige Zusammen drückung hervorgerufene Heißgasdurchströmquer schnittsverengung angepaßt. Durch entsprechend örtliche Anhäufung derartiger Erhebungen 16, 17 kann hierdurch örtlich im gewünschten Maße ein weiterer Beitrag zur Heißgasquer schnittsverringerung geleistet werden.

Die zuvor in Verbindung mit Fig. 3 erwähnten Erhebungen 16, 17 können durch Aufschweißen oder -löten geeigneter Metallplättchen oder durch Auftragsschweißen oder Aufspritzen von Zusatzmaterial auf die betreffenden Profilrohrwandungen her gestellt werden.

Fig. 4 veranschaulicht die erfundungsgemäße Profilrohrwärmetauschervariante nach Fig. 2, 2a und 3 im Wege perspektivisch dargestellter Umrisse der einzelnen Wärmetauscherprofilblöcke 8 unter Zuordnung einer im äußeren Matrixbogenbereich angeordneten, längsgeteilten, hier also aus zwei Schalenelementen 18, 19 bestehenden Berandung. Auf diese Weise kann das der Heißgasströmung unmittelbar zugewandte Schalenelement 18 sich unabhängig vom stromabseitigen kälteren Schalenelement 19 ausdehnen.

In Verbindung mit Fig. 1 veranschaulichen die Fig. 5 und 6 eingangs zu bekannten Wärmetauscherkonfigurationen schon herausgestellte Nachteile u.a. kurz zusammengefaßt wie folgt.

Reguläre optimale Heißgasdurchströmverhältnisse ergeben sich lediglich bezüglich der blockartig, geradlinig quer gegen die Heißgasströmung H auskragenden Matrixprofilrohrreihen 4, 5 (Fig. 1). In diesen örtlichen Matrixbereichen sind die einzelnen Profilrohre unter Gewährleistung einer vorgegebenen einwandfreien gleichförmigen Heißgasversperrung sowie Heißgasdrosselung gleichförmig verschachtelt zueinander angeordnet; die Profilrohrreihen sind also im Rahmen eines einwandfreien Kreuz Gegenstrom-Wärmetauschprozesses vom Heißgasstrom H umströmbar.

Infolge der eingangs beschriebenen Profilrohrnordnung im Bogenbereich 6 ist dort die Heißgasversperrung verhältnismäßig gering, es ergibt sich ein Ungleichgewicht hinsichtlich der Heißgas-Massenstromdichte zwischen Bogenbe

reich 6 und geraden Profilrohrreihen 4, 5; der Wärmetauschprozeß Heißgas/Druckluft ist im Bogenbereich 6 verhältnismäßig ungünstig. Im Bestreben, die Heißgasströmung (Pfeilfolge H', H'') zumindest bogenseitig an den Profilen entlangströmen zu lassen (bogenseitiger Gegenstromwärmetausch prozeß), sind verhältnismäßig lange bogenseitige Berandungen 20, 21 erforderlich.

Die aus dem Bogenbereich 6 der Matrix 3 (Fig. 6) mit verhältnismäßig großer Strömungsgeschwindigkeit abfließenden Heißgasanteile (Pfeile H₁, H₂) können die Heißgasabströmung aus der übrigen Matrix (Pfeile H₃, H₄) beeinträchtigen (Michturbulzenzen).

Im Rahmen des u.a. durch die Fig. 2 bis 4 verkörperten Erfindungsgegenstandes kann durch örtliche keilförmige Profilblockzusammendrückung - gegebenenfalls unter Beziehung der auch als Abstandshalterungen der Profile 14, 15 (Fig. 3) dienenden Profilrohrerhebungen 16, 17 - eine von der äußersten bogenseitigen Berandung 22 ausgehende im wesentlichen zentrisch die Profilrohrkrümmung im Bogenbereich entgegengerichtet gekrümmt überschneidende, hier punktartig verdeutlichte Heißgasschwachströmzone 23 ausgebildet werden. Im Gegensatz zu Fig. 5 und 6 kann also gemäß Fig. 7 und 8 auch der wesentliche Teil des Matrixbogenbereiches 6 gemäß Pfeilfolge H₄, H₅ vom Heißgas so durchströmt werden, daß ein Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauschprozeß möglich ist. Zugleich kann das eingangs zu Fig. 5 und 6 erwähnte Ungleichgewicht der Massenstromdichte zwischen den Bogenbereich 6 der Matrix 3 und geraden Profilrohrreihen 4, 5 (Fig. 1) im wesentlichen beseitigt und eine ungestörte, homogene Durchströmung der gesamten Matrix 3 bei gleichzeitig ferner im wesentlichen gleichen Abströmgeschwindigkeiten sämtlicher Heißgasanteile aus der Matrix 3 erzielt werden (Heißgasfluß H, H₄, H₅, H₆).

Gemäß Fig. 7 kann die hier z.B. als Bestandteil des die Heißgase führenden Gehäuses 24 ausgebildete Berandung 22 entlang der äußeren Rohrbögen der Matrix 3 verhältnismäßig kurz, d.h., im Bogensinne verlaufend kurz, ausgeführt werden, während das Gehäuse 24 parallel zur Heißgashauptströmungsrichtung H verlaufen kann.

Für Fig. 8 gilt die gleiche erfundungsgemäße vorteilhafte Funktionsweise aus Fig. 7.

Fig. 8 unterscheidet sich von Fig. 7 im wesentlichen lediglich dadurch, daß auch hier die im Bogensinne verhältnismäßig kurz ausführbare bzw. von geringer lichter Breite ausgeführte Berandung 25 über eine stützkraftübertragende Bauteilhalterung 26 beweglich am benachbarten Wärmetauschergehäuse 27 aufgehängt ist; dabei müssen Heißgasabsperrdichtungen zwischen Berandung 25 und Gehäuse 27 vorgesehen sein, die mittelbar

oder unmittelbar bewegungskompensatorisch mit der Bauteilhalterung 26 zusammenwirken können.

Fig. 9 weicht von Fig. 8 lediglich durch die Anwendung der zuvor zu Fig. 4 schon erwähnten, längs geteilten, aus zwei Schalenelementen 18, 19 bestehenden Berandung ab, die sich mittels bewegungskompensatorischer Bauteilhalterungen 28, 29 am Wärmetauschergehäuse 27 abstützen können soll.

Fig. 10 verkörpert nochmals schematisch die in Kombination mit der jeweiligen Abstandshalterung sich ergebende Heißgasquerschnittsverengung durch die örtliche, endseitige Profilblockzusammendrückung. Dabei kennzeichnet Fig. 10 eine Reihe in gemeinsamer Ebene liegender U-förmiger Matrixprofilrohre 4, 5, 6. In Verbindung mit den auf die einen Seitenflächen der Matrixprofilrohre im Bogenbereich 6 aufgebrachten Erhebungen 17 verdeutlicht dann die in Fig. 10 linke Profilkappansicht die vom inneren nach dem äußeren Bogenbereich hin zunehmende Profilfeldrohrverdichtung zwischen zwei benachbarten, über die gegenseitigen Erhebungen 16, 17 miteinander korrespondierenden Profilrohrreihen. In dieser Klappansicht sind die betreffenden gegenseitigen Profilabstände nur zur Verdeutlichung verhältnismäßig groß gewählt.

Gemäß Klappansicht aus Fig. 10 ist ferner das räumlich verschachtelte ineinandergreifen der Profilrohre verdeutlicht sowie deren Ausbildung als im Querschnitt ovale bzw. lanzettelförmige Hohlprofilkörper.

Die örtliche Intensität der zuvor in den Fig. 7, 8 und 9 erwähnten Heißgasschwachstromzone 23 kann gemäß Fig. 11 und 12 noch dadurch gefördert werden, daß zusätzlich zur örtlichen Profilblockzusammendrückung, z.B. nach Fig. 2, die quer von den betreffenden Rohrführungen 1, 2 auskragenden Matrixprofilrohrblöcke 8 im Wege jeweils beidseitig gleichförmig konkaver Krümmungssektionen K in Richtung auf das Blockmittenden hin zusammengedrückt sind, derart, daß im mittleren äußeren Matrixbogenbereich eine in Richtung der Heißgasströmung H (Fig. 12) sich zunächst kontinuierlich verengende und dann wieder kontinuierlich erweiternde Heißgasschwachströmzone zwischen benachbarten Profilrohren P nebst Abstandshaltern ausgebildet ist.

Aus Fig. 12 ist ferner zu erkennen, daß die betreffenden Doppelwandaufweitungen, z.B. 13 (siehe auch Fig. 2), im vorliegenden Fall den konkaven Sektionen K ebenfalls berandend folgen. Dies gilt selbstverständlich auch in Verbindung mit den zu den Zwischenwänden 7 gehörenden Doppelwandaufweitungen 12 (Fig. 2).

Es sei ferner vermerkt, daß der Erfindungsgegenstand auch derartige Profilrohrwärmetauschkonzepte mit einschließt, bei denen die Druc-

kluftführungen für die Zuleitung der Druckluft in die Matrix bzw. für die Druckluftableitung aus der Matrix in ein gemeinsames Sammelrohr integriert sind.

Ansprüche

1. Wärmetauscher mit zwei im wesentlichen parallel nebeneinander angeordneten Rohrführungen und einer quer gegen eine Heißgasströmung auskragenden, einen bogenförmigen Umlenkbereich enthaltenden Kreuz-Gegenstrom-Profilrohrmatrix, in die über die eine Rohrführung aufzuheizende Druckluft eingespeist und unter Umkehrung der Strömungsrichtung der anderen Rohrführung zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Profilrohrmatrix (3) in durch Zwischenwände (7) voneinander getrennte, in Rohrführungslängsrichtung aufeinander folgende Profilrohrblöcke (8) zergliedert ist, die im bogenförmigen Umlenkbereich unter gleichzeitiger Verringerung der Heißgasdurchströmquerschnitte jeweils in Richtung auf das betreffende mittlere Ende eines Profilrohrblocks beidseitig gleichförmig zusammengedrückt auslaufen.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich längs der Matrixstirnseiten erstreckende Leitwände (9) angeordnet sind.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenwände (7) und die stirnseitigen Leitwände (9) flexibel ausgebildet und an einer sich längs des gesamten äußersten Bogenbereiches der Profilrohrmatrix (3) erstreckenden Berandung (10) abgestützt sind.

4. Wärmetauscher nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß keilförmige Zwischenräume zwischen benachbarten Profilrohrblöcken des Matrixumlenkbereichs sowie zwischen den Blockenden und den stirnseitigen Leitwänden (9) ausgebildet sind, in denen die Zwischen- oder Leitwände (7,9) der örtlichen Zusammendrückung folgende Doppelwandauflweitungen (12,13) aufweisen.

5. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischen- und Leitwände (7,9) über die Doppelwandauflweitungen (12, 13) an der matrixbogenseitigen äußersten Berandung (10) sich abstützend verankert sind.

6. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine gegenseitige Abstandshalterung der Matrixprofilrohre vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalterung an die durch eine profilrohrblockseitige Zusammendrückung hervorgerufene Verengung der Heißgasdurchströmquerschnitte angepaßt ist.

7. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heißgasdurchströmquerschnittsverengung, von der äußersten bogenseitigen Berandung (22) ausgehend, eine im wesentlichen zentrisch die Matrixprofilrohrkrümmung entgegengerichtet gekrümmte überschneidende schwach dachströmte Zone (23) ausbildet, welche im Bogenbereich der Profilrohrmatrix im wesentlichen einen Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauschprozeß erzwingt.

8. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die längs des äußersten Bogenbereichs verlaufende Berandung (22) Bestandteil des die Heißgase führenden Wärmetauschergehäuses (24) ist.

9. Wärmetauscher nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Berandung (25) beweglich am benachbarten Wärmetauschergehäuse (27) aufgehängt ist, unter Zuordnung von Heißgasabsperrdichtungen - zwischen der Berandung (25) und dem Gehäuse (27).

10. Wärmetauscher nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Berandung aus zwei in Rohrführungslängsrichtung geteilten Schalenelementen (18,19) besteht.

11. Wärmetauscher nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalterung der Matrixprofilrohre (14,15) von seitlichen Profilrohrerhebungen (16,17) gebildet ist.

12. Wärmetauscher nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen durch Aufschweißen oder -löten geeigneter Metallplättchen hergestellt sind.

13. Wärmetauscher nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen durch Auftragsschweißen oder Aufspritzen von Zusatzmaterial auf die betreffenden Profilrohrwandungen hergestellt sind.

14. Wärmetauscher nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die quer von den betreffenden Rohrführungen (1,2) auskragenden Matrixprofilrohrblöcke (8) zusätzlich jeweils beidseitig gleichförmig konkav gekrümmte in Richtung auf das Blockmittende hin zusammengedrückt sind, derart, daß eine in Richtung der Heißgasströmung (H) sich zunächst kontinuierlich verengende und dann wieder kontinuierlich erweiternde Heißgasführungszone zwischen benachbarten Profilrohren (P) nebst Abstandshaltern ausgebildet ist (Fig. 11 und 12).

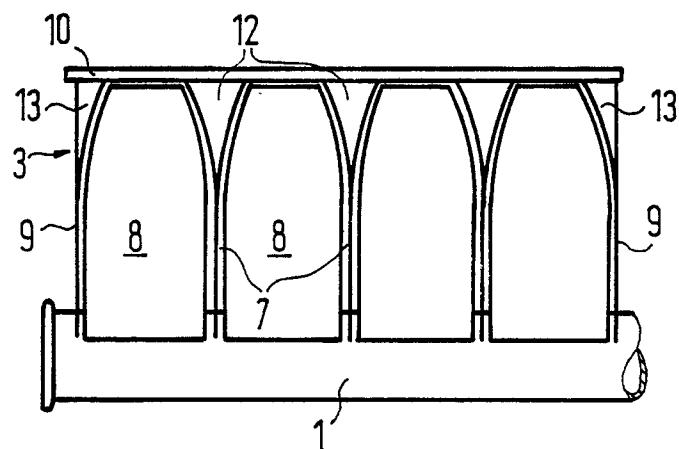
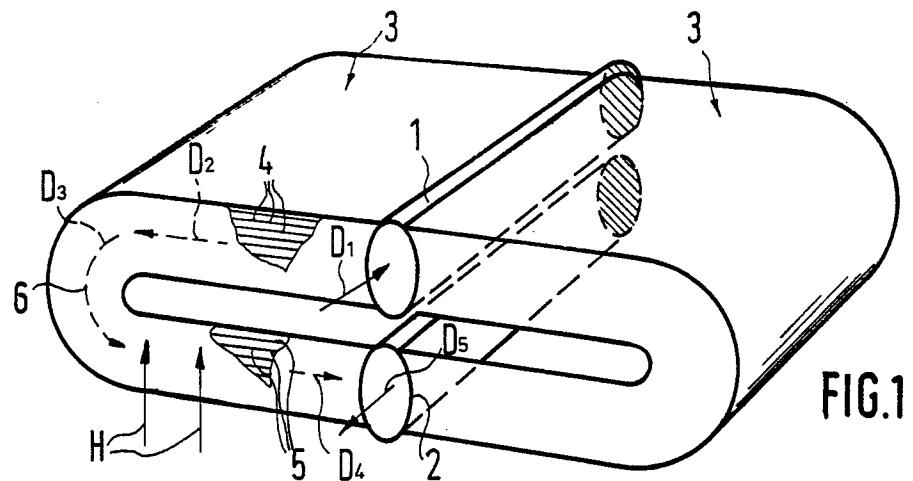


FIG. 2

FIG. 3

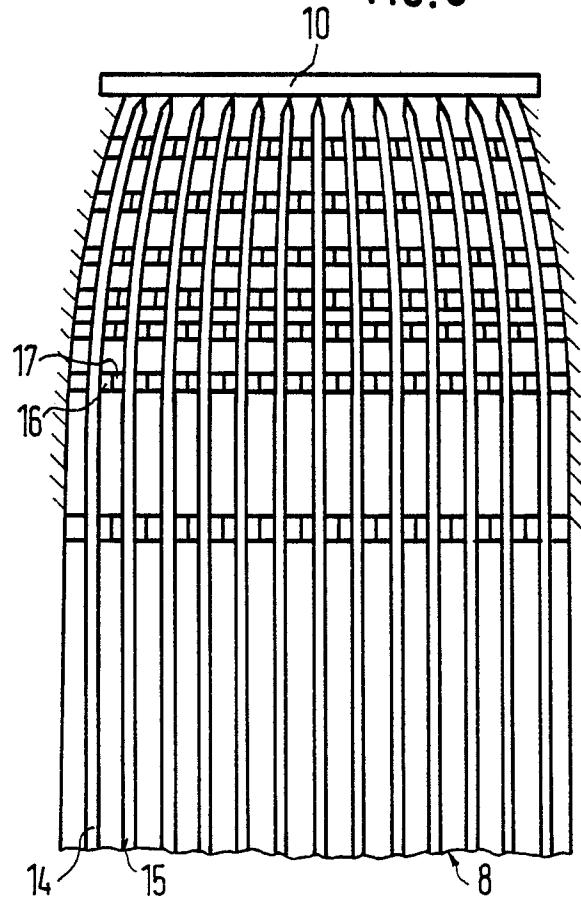
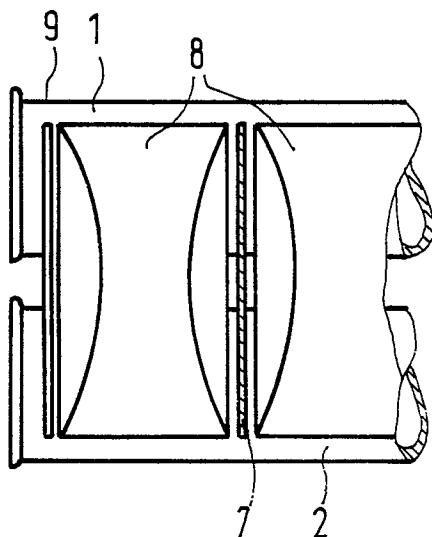


FIG. 2a



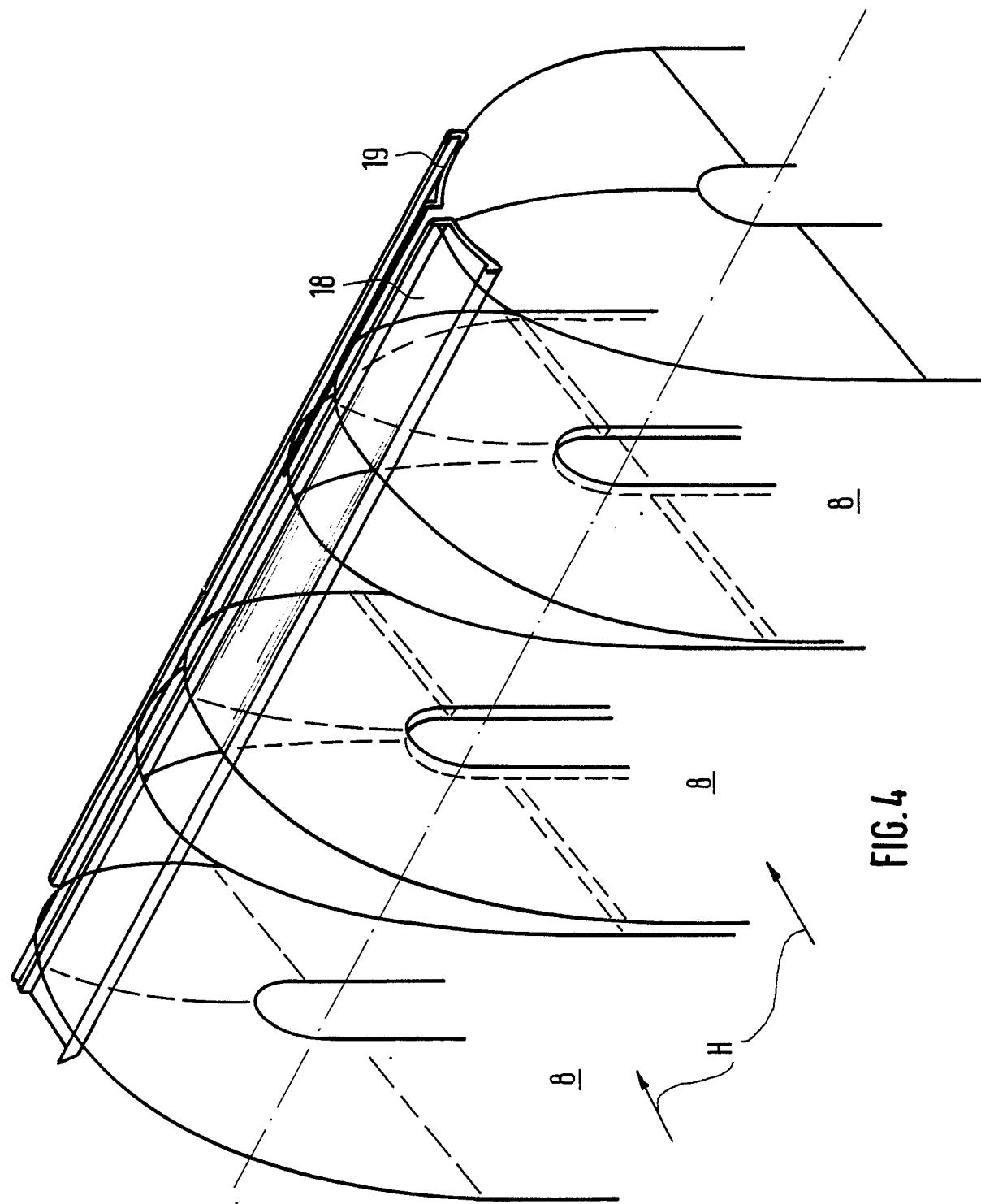
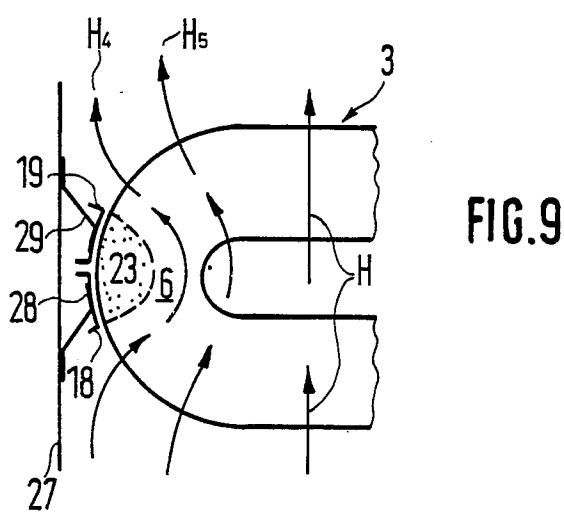
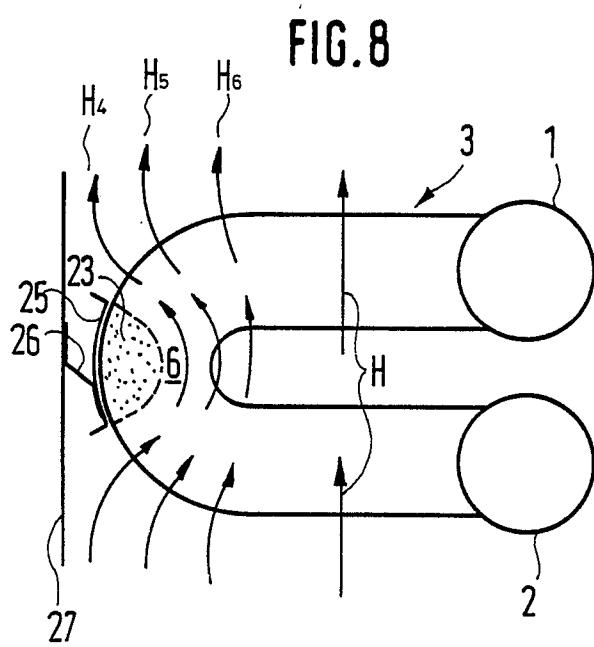
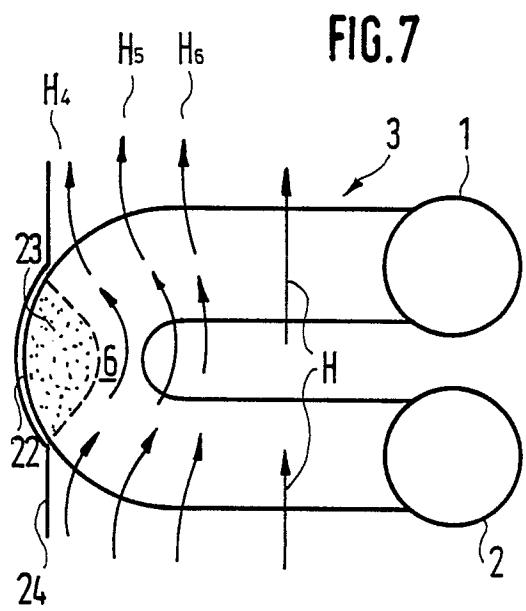
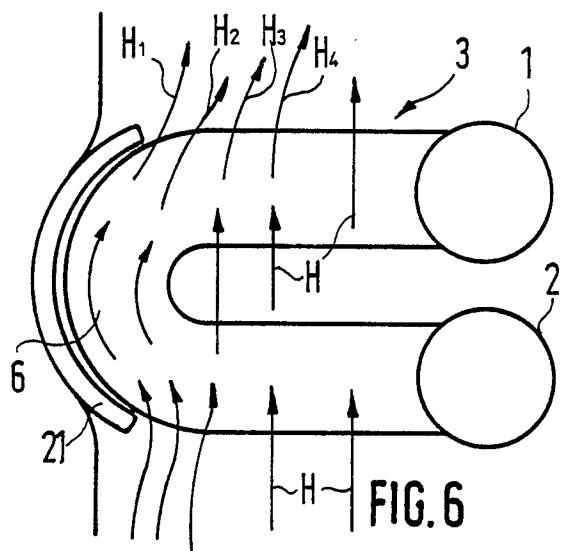
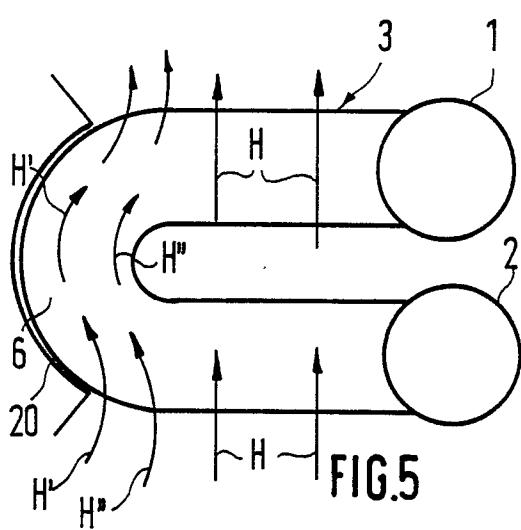


FIG. 4



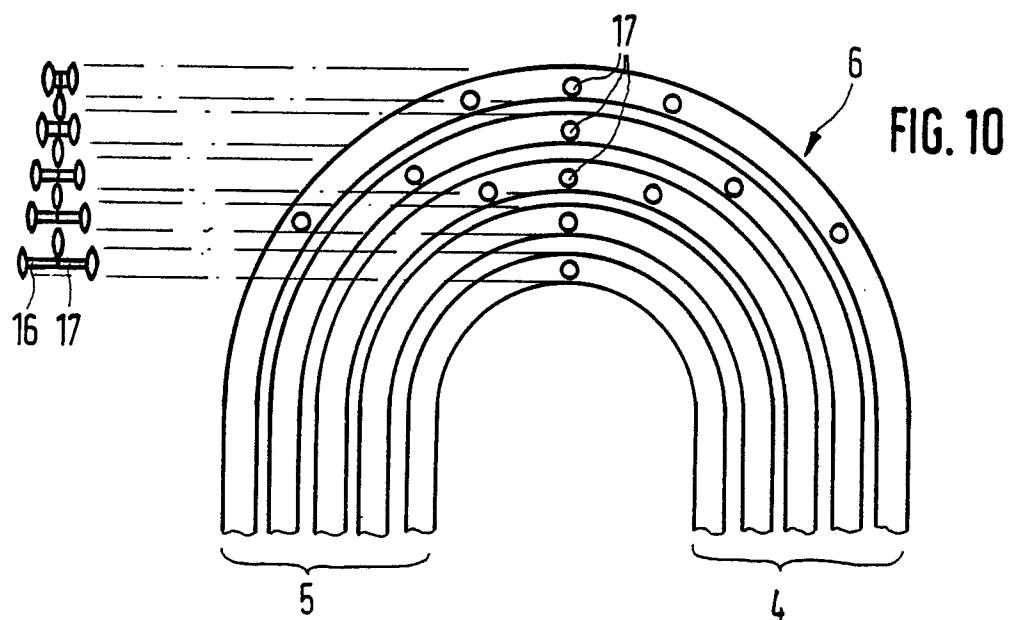


FIG. 10

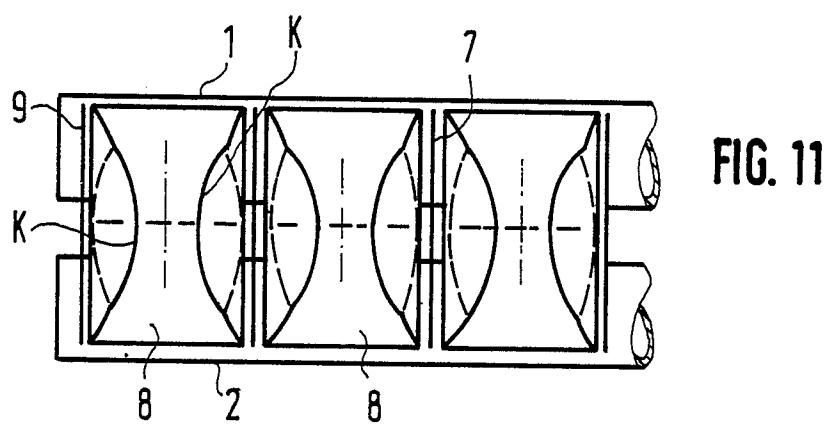


FIG. 11

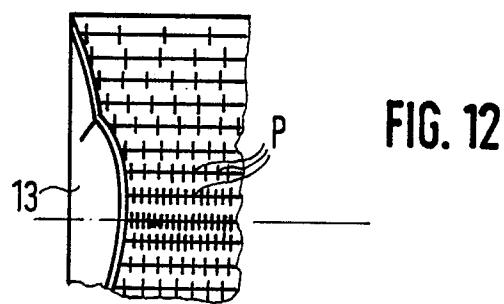


FIG. 12



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 11 4641

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)		
A	US-A-3 168 136 (AMMON) * Insgesamt * ---	1	F 28 D 7/06		
A	US-A-3 310 104 (BABCOCK) * Insgesamt * ---	1			
D, A	GB-A-2 130 355 (MTU) * Insgesamt * ---	1			
A	EP-A-0 149 767 (MTU) * Insgesamt * ---	1			
A	DE-A-2 329 634 (DAIMLER-BENZ) * Insgesamt * -----	1			
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.4)					
F 28 D F 22 B					
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer			
DEN HAAG	26-01-1988	SMETS E.D.C.			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE					
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur					
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument					