



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 20 682 T2 2006.02.23**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 075 628 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 20 682.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/09469**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 922 757.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/056064**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.04.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **04.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F23R 3/40 (2006.01)**
F01N 3/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

70443 30.04.1998 US

(73) Patentinhaber:

Catalytica Combustion Systems, Inc., Mountain View, Calif., US

(74) Vertreter:

Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

**DALLA BETTA, A., Ralph, Mountain View, US;
SCHLATTER, Cameron, James, Palo Alto, US;
NICKOLAS, George, Sarento, San Jose, US;
WILEY, Walter, South Palm Beach Gardens, US**

(54) Bezeichnung: **STÜTZSTRUKTUR FÜR EIN KATALYSATORELEMENT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft verbesserte Katalysatorstrukturen und Tragstrukturen für das Befestigen und radiale Zentrieren monolithischer Katalysatorstrukturen, welche bei Hochtemperaturreaktionen, wie z.B. katalytische Verbrennung, in einer Reaktionskammer oder einem Reaktor verwendet werden. Ferner ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Verwendung der verbesserten Katalysator- und Tragstrukturen in katalytischen Hochtemperaturprozessen, wie katalytischer Verbrennung für Gasturbinenkraftwerke, gerichtet.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Es sind eine Vielzahl von Hochtemperaturprozessen bekannt, welche monolithische Katalysatorstrukturen zur Förderung der erwünschten Reaktionen einsetzen, zum Beispiel teilweise Oxidation von Kohlenwasserstoffen, vollständige Oxidation von Kohlenwasserstoffen zur Emissionsbegrenzung, Katalysatoren bei der Begrenzung von Kraftfahrzeugemissionen und die katalytische Verbrennung von Brennstoffen zur weiteren Verwendung in Gasturbinen, Öfen und dergleichen. Typisch für solche katalytischen Anlagen sind die in Wärmeverbrennungsanlagen für Gasturbinen verwendeten Katalysatoren zur Ermöglichung niedriger Emissionen und eines hohen Verbrennungswirkungsgrads. Zur Verwirklichung eines hohen Turbinenleistungsgrads ist typischerweise eine hohe Gastemperatur erforderlich. Dies setzt den verwendeten Katalysatormonolithen natürlich einer hohen thermischen Spannung aus. Ein Beispiel für eine monolithische Katalysatorstruktur ist eine einheitliche oder verbundene Metall- oder Keramikstruktur, welche aus vielen in Längsrichtung angeordneten Kanälen für das Durchströmen des Verbrennungsgasgemisches besteht. Zumindest ein Teil der Kanäle sind an ihren Innenflächen mit einem Verbrennungskatalysator beschichtet.

[0003] Neben der hohen thermischen Belastung üben die hohen Gasströmungsgeschwindigkeiten, welche für Verbrennungsanlagen in Gasturbinen charakteristisch sind, eine signifikante axiale Last oder Kraft auf die Katalysatorstruktur aus, welche aufgrund des Widerstands gegen die Gasströmung d.h. der Reibung, in Richtung der Gasströmung in den in Längsrichtung angeordneten Kanälen der Katalysatorstruktur schiebt. Wenn zum Beispiel eine mehrstufige monolithische Katalysatorstruktur, wie sie in dem U.S. Patent Nr. 5,183,401 für Dalla Betta et al. beschrieben wird, als Katalysator mit 50,8 cm (20 Zoll) Durchmesser in einem katalytischen Verbrennungsreaktor eingesetzt wird, bei dem die Geschwindigkeit des Luft-/Brennstoffgemisches bei etwa 22,5 kg/s (50 lbs/Sekunde) bei einem Druckab-

fall durch den Katalysator von 0,276 bar (4 psi) liegt, würde die gesamte axiale Last an dem Katalysator etwa 5,67 kN (1.260 lbs) betragen.

[0004] Die Verbindung von Einwirkung hoher Temperaturen, z.B. Temperaturen, welche sich 1.000°C annähern oder sogar übersteigen, bei denen Metallmonolithen allmählich an Festigkeit verlieren, und den erwähnten großen axialen Lasten (von den hohen Gasströmungsgeschwindigkeiten) können eine beträchtliche Bewegung oder Verformung des Katalysatorträgers in Richtung der Gasströmung bewirken. In Fällen, da ein Katalysatormonolith aus gewellter Metallfolie verwendet wird, bei welchem die gewellte Folie in nicht ineinander ruhender Weise zu einer zylinderartigen, spiralförmigen Struktur gerollt ist, bei welcher die Folienschichten nicht miteinander verklebt sind, kann die hohe Temperatur und die große axiale Last durch die hohe Gasströmung zusammen ein Ineinanderschieben der ganzen Struktur in Richtung der Gasströmung verursachen, insbesondere wenn die axiale Kraft in der gewickelten Struktur den Gleitwiderstand von Folie zu Folie übersteigt. Somit besteht Bedarf am Vorsehen eines Trägers für die Katalysatorstruktur, um diese gegen Bewegung und/oder Verformung entlang ihrer Achse in Richtung der Gasströmung mittels einer Tragstruktur zu sichern, welche bei hohen Temperaturen die erforderliche Tragfunktion vorzugsweise ohne Beeinträchtigung des Wirkungsgrads und der Wirksamkeit der katalytischen Verbrennung als Quelle der Bewegungskraft für eine Gasturbine liefert.

[0005] Monolithische Katalysatorstrukturen können durch Anordnen von Streben oder Balken in der Nähe des Auslassendes der Katalysatorstruktur getragen werden. In dem U.S. Patent Nr. 5,461,864 für Dalla Betta et al. wird die Verwendung von innen gekühlten Tragstreben oder -balken am Auslass der Katalysatorstruktur als Mittel zum Tragen des Katalysators beschrieben. Dieses Vorgehen hat jedoch den Nachteil, dass die Tragstreben eine Kühlluftquelle benötigen, und dies führt zu einer komplizierteren Verbrennungssystemauslegung oder erfordert den Einsatz von Druckluft, welche in der Gasturbinenmaschine eventuell nicht vorhanden ist. Da zudem die luftgekühlten Streben recht weit über der Fläche des Katalysators beabstandet sind, können sich große lokale Kontaktkräfte oder -spannungen ergeben. In bestimmten Teilen der Katalysatorstruktur können diese Kontaktkräfte die Streckgrenze der relativ dünnen Folie der Katalysatorstruktur übersteigen, was zu einer Verformung der Folie führt. Dies wäre offensichtlich kein erwünschtes Ergebnis und würde den Gebrauch der luftgekühlten Tragstreben in Anwendungen mit hoher axialer Last beeinträchtigen.

[0006] Um die Nachteile der innen gekühlten Tragstreben oder -balken zu überwinden, kann ein monolithischer Wabenkörper oder eine monolithische

offenzellige Tragstruktur zum Tragen der monolithischen Katalysatorstruktur verwendet werden. Die gleichzeitige U.S. Patentanmeldung Seriennr. 08/462,639 für Dalla Betta et al., eingereicht am 5. Juni 1995 (Attorney Docket Nr. P-1074) beschreibt eine solche monolithische offene Tragstruktur. Die Tragstruktur umfasst mehrere in Längsrichtung angeordnete parallele Kanäle, welche ähnlich wie bei einer Wabenkörperstruktur benachbart angeordnet sind. Die Tragstruktur wird durch relativ dünne Streifen oder Rippen eines hochtemperaturbeständigen Metalls oder Keramikmaterials gebildet, welche zu einer einheitlichen Struktur miteinander verbunden werden. Die Tragstruktur liegt an der gesamten Auslassfläche der Katalysatorstruktur an und erstreckt sich über diese. Die Kanäle ermöglichen das Strömen des strömenden Gasgemisches durch die Tragstruktur. Die Umfangskante der Tragstruktur ist so an der Reaktionskammerwand befestigt, dass die auf die Tragstruktur wirkende axiale Last auf die Reaktionskammerwand übertragen wird, zum Beispiel durch einen an der Reaktionskammerwand ausgebildeten sich radial nach innen erstreckenden Steg.

[0007] Es wurde festgestellt, dass während des Betriebs des Gasturbinenreaktors die darin erzeugten hohen Temperaturen eine thermische Ausdehnung der relativ dünnwandigen monolithischen offenzellige Tragstruktur und der Katalysatorstruktur in einem signifikant größeren Maß als bei der relativ dickwandigen Reaktionskammerwand bewirken. Zur Lösung dieses Problems und zur Vermeidung eines Brechens oder einer Verformung der Katalysator- und der Tragstrukturen sollten die Tragstruktur und die Katalysatorstruktur so bemessen sein, dass ihre Außendurchmesser kleiner als der Innendurchmesser der Reaktionskammerwand sind, um eine thermische Ausdehnung der Tragstruktur während dieses Hochtemperaturbetriebs zuzulassen. Wenn der Außendurchmesser der Tragstruktur zu groß ist, kann sich die Tragstruktur verformen oder nach außen gegen die Katalysatorstruktur ausbauchen, was zu einer erheblichen Beschädigung der Folien der Katalysatorstruktur führt.

[0008] Während des Betriebs des Reaktors können die Temperaturen des Gasgemisches, der Katalysatorstruktur, der Tragstruktur und der Reaktionskammer schwanken, was zu unterschiedlichen thermischen Ausdehnungsgeschwindigkeiten der Katalysatorstruktur, der Tragstruktur und der Reaktionskammerwand führt. Der Reaktor kann zum Beispiel einen stromaufwärts des Katalysators angeordneten Vorbrenner aufweisen. Der Vorbrenner dient zum Starten des Reaktors und zum Erzeugen einer erforderlichen Katalysatoreinlasstemperatur. Anfangs wird dem Vorbrenner Brennstoff zugeführt, um ein Hochtemperaturgas zu erzeugen, welches durch den Katalysator und zur Turbine strömt, um den Motor zu starten. Da der Vorbrenner relativ schnell reagieren

kann, steigt die Temperatur des aus dem Vorbrenner austretenden und in die Katalysatorstruktur einströmenden Gases relativ schnell an. Das Katalysatorsubstrat weist eine relativ geringe Wärmekapazität auf und erwärmt sich auch schnell. Analog erwärmt sich die Tragstruktur aufgrund der relativ dünnen monolithischen Metallstruktur recht schnell. Der schnelle Temperaturanstieg der Katalysatorstruktur und der Tragstruktur bewirkt eine schnelle thermische Ausdehnung in diesen. Aufgrund der Dicke der Reaktionskammerwand und dem Einwirken kühlerer Luft an der Außenseite derselben erwärmt sich aber die Reaktionskammerwand langsamer und dehnt sich thermisch langsamer als die Katalysatorstruktur und die Tragstruktur aus.

[0009] Um eine Verformung und ein Brechen der Katalysatorstruktur und der Tragstruktur zu vermeiden, können die Maße des Außendurchmessers des Katalysators und der Tragstruktur sowie der Katalysatorstruktur und der Innendurchmesser der Reaktionskammerwand so ausgelegt werden, dass es beim anfänglichen Aufheizen des Reaktors im Wesentlichen keinen Spalt zwischen diesen gibt. Sobald jedoch der Reaktor einen Leerlaufzustand erreicht und die Temperatur der Reaktionskammerwand steigt, würde ein Spalt zwischen der Reaktionskammerwand und den Katalysator- und Tragstrukturen bestehen. Nach dem Leerlaufzustand wird der Vorbrenner abgeschaltet und die Katalysatorstruktur und die Tragstruktur würden abkühlen und sich von der Reaktionskammerwand weg thermisch zusammenziehen, wodurch der Raum zwischen diesen vergrößert wird.

[0010] Zwar können der Außendurchmesser des Katalysators und der Tragstruktur sowie der Katalysatorstruktur reduziert werden, um die thermische Ausdehnung auszugleichen, doch dies führt zu einem relativ großen ringförmigen Spalt oder Raum zwischen dem Innendurchmesser der Reaktionskammerwand und den Außendurchmessern der Katalysator- und Tragstrukturen während der verschiedenen Gasturbinenzyklen. Aufgrund des relativ großen ringförmigen Raums kann eine beträchtliche Menge Gasgemisch an der Katalysatorstruktur vorbeiströmen, was zu nicht gleichmäßigen Temperaturen und Gaszusammensetzungen am Auslass der Katalysatorstrukturen führt. Dies kann wiederum recht hohe unerwünschte Emissionen, wie z.B. Kohlenmonoxid (CO) und unverbrannte Kohlenwasserstoffe (UHC), erzeugen und/oder zu höheren Verbrennungstemperaturen in der homogenen Verbrennungszone stromabwärts des Katalysators führen, wodurch höhere Stickoxidemissionen (NOx) erzeugt werden. Es wurde festgestellt, dass das Anordnen der Tragstruktur an dem sich radial nach innen erstreckenden Steg, welcher an der Reaktionskammer ausgebildet ist, eventuell keine ausreichende Abdichtung dazwischen erzeugt und eine unannehmbare

Menge an Gas durch den ringförmigen Raum strömen lassen kann.

[0011] Es wurde ferner herausgefunden, dass sich die Katalysatorstruktur und die Tragstruktur in seitlicher Richtung in ungleichmäßiger Weise thermisch ausdehnen können, insbesondere wenn die Tragstruktur einen anderen thermischen Ausdehnungskoeffizienten als die Katalysatorstruktur hat. Die seitliche Bewegung kann ein Kratzen der Auslassfläche der Katalysatorstruktur an der Einlassfläche der Tragstruktur bewirken, was zu einer Beschädigung der Katalysatorfolien führt.

[0012] WO-A-97/47926 offenbart einen katalytischen Reaktor gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

ZUSAMMENFASSENDE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0013] Erfindungsgemäß wird ein katalytischer Reaktor zur Verwendung bei kontinuierlichen Hochtemperaturreaktionen, die ein strömendes Reaktionsgasgemisch verwenden, an die Hand gegeben, wobei der Reaktor umfasst:

- a) eine Reaktionskammer, die durch eine röhrenförmige Wand definiert ist, die eine Längsachse definiert;
 - b) eine monolithische Katalysatorstruktur, die in der Reaktionskammer angeordnet ist, wobei die Katalysatorstruktur eine äußere Umfangsfläche und mehrere longitudinal angeordnete Kanäle besitzt, wobei die Kanäle ein Einlass- und ein Auslassende für den Durchgang des strömenden Reaktionsgasgemisches besitzen;
 - und
 - c) eine Tragstruktur, die in der Reaktionskammer angeordnet ist, um die Katalysatorstruktur an der Reaktionskammer zu befestigen, wobei die Tragstruktur mehrere zellenförmige Öffnungen oder Durchlässe besitzt, die in einer axialen Richtung parallel zu der beabsichtigten Gasströmung verlaufen;
- dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor ferner umfasst:
- d) mehrere flexible Flansche, die sich von der äußeren Umfangsfläche der Katalysatorstruktur zu der inneren Oberfläche der röhrenförmigen Wand der Reaktionskammer erstrecken, um die Strömung des Reaktionsgasgemisches durch einen ringförmigen Raum zwischen der äußeren Umfangsfläche der Katalysatorstruktur und der inneren Oberfläche der röhrenförmigen Wand der Reaktionskammer im Wesentlichen zu blockieren, wobei die Flansche ausreichend biegsam sind, um sich biegen zu können, wenn die Katalysatorstruktur einer thermischen Ausdehnung unterliegt, und um eine lokale Verformung der Katalysatorstruktur dort, wo die Flansche mit der Kataly-

satorstruktur in Kontakt sind, zu verhindern.

[0014] Vorteilhafterweise umfasst die Tragstruktur eine einlassseitige Tragstruktur und eine auslassseitige Tragstruktur und das Tragmittel ist gegen eine Verformung, die durch die axiale Last verursacht wird, die während des Durchgangs des strömenden Reaktionsgasgemisches auf die Fläche der auslassseitigen Tragstruktur in einer Richtung parallel zu der Längsachse der Katalysatorstruktur ausgeübt wird, durch ein mittiges Tragelement stabilisiert, das an der Mitte der Stirnfläche der auslassseitigen Tragstruktur befestigt ist und sich hiervon durch die Mitte der Katalysatorstruktur in einer Längsrichtung zur Mitte der Stirnfläche der einlassseitigen Tragstruktur erstreckt, wo es ebenfalls befestigt ist, wodurch die auf die auslassseitige Tragstruktur durch das strömende Reaktionsgasgemisch ausgeübte Kraft über das mittige Tragelement auf die einlassseitige Tragstruktur übertragen wird.

[0015] Bevorzugte Ausführungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nun lediglich beispielhaft unter Bezug auf die nachstehend beschriebenen Zeichnungen beschrieben.

KURZBESCHREIBUNG DER VERSCHIEDENEN ANSICHTEN DER ZEICHNUNG

[0016] [Fig. 1](#) ist eine schematische Querschnittsdarstellung eines katalytischen Verbrennungsreaktors zur Verwendung in einer Gasturbinenbrennkammer.

[0017] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) zeigen die Herstellung einer monolithischen Katalysatorstruktur, welche mit Hilfe der erfindungsgemäßen Tragstrukturelemente in einem Reaktor brauchbar befestigt werden kann.

[0018] [Fig. 3](#) ist eine schematische Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen katalytischen Reaktors.

[0019] [Fig. 4](#) ist eine schematische Endansicht der in [Fig. 3](#) gezeigten wabenartigen oder offenzelligen Traghaltstruktur.

[0020] [Fig. 5](#) ist eine schematische Darstellung eines Teils des in [Fig. 3](#) veranschaulichten katalytischen Reaktors, wobei sich die katalytische Struktur in einer radialen Richtung nach außen hin zur Reaktionskammerwand thermisch ausgedehnt hat.

[0021] [Fig. 6](#) ist eine Vorderansicht eines Streifens, welcher zur Bildung der in [Fig. 3](#) gezeigten Flansche verwendet wird.

[0022] [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) zeigen Teilschnittansichten verschiedener Konfigurationen der in der Reaktionskammerwand ausgebildeten und zum Haltend der Flansche verwendeten ringförmigen Nut.

[0023] [Fig. 8](#) ist eine schematische Darstellung eines katalytischen Reaktors, welche unterschiedliche Konfigurationen von Flanschen zeigt.

[0024] [Fig. 9](#) ist eine Vorderansicht eines Streifens, welcher zur Bildung der in [Fig. 8](#) gezeigten Flansche verwendet wird.

[0025] [Fig. 10](#) ist eine Vorderansicht eines Paares überlappender Streifen, welche zum Ausbilden überlappender Flansche verwendet werden können.

[0026] [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#) zeigen Teilschnittansichten verschiedener Profile von Flanschen zur Verwendung in dem katalytischen Reaktor von [Fig. 8](#).

[0027] [Fig. 12](#) ist eine Schnittansicht entlang der Linien 12-12 von [Fig. 3](#), welche die radiale Zentrieranordnung für die Traghaltstruktur zeigt.

[0028] [Fig. 13](#) bis [Fig. 15](#) sind Schnittansichten, welche andere Ausführungen der radial zentrierenden Anordnungen sowohl für die Traghaltstruktur als auch die Katalysatorstruktur zeigen.

[0029] [Fig. 16](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Außenbands für das Einfassen einer monolithischen offenzelligen Traghaltstruktur.

[0030] [Fig. 17](#) ist eine schematische Darstellung einer anderen Ausführung eines katalytischen Reaktors mit einem mittleren Tragelement gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0031] [Fig. 18](#) ist eine schematische Darstellung einer noch anderen Ausführung eines katalytischen Reaktors mit einem mittleren Tragelement gemäß der vorliegenden Erfindung.

EINGEHENDE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0032] Unter Bezug nun auf die Zeichnungen wird in [Fig. 1](#) schematisch ein typischer katalytischer Verbrennungsreaktor gezeigt, welcher allgemein unter (10) gezeigt wird. Der Reaktor umfasst eine Reaktionskammer (12), welche stromabwärts eines Vorbrenners (14) liegt. Der Reaktor umfasst weiterhin einen Kompressor (16), welcher Luft ansaugt, die Luft mit Druck beaufschlagt und dann die unter Druck stehende Luft in die Reaktionskammer befördert. Der Brennstoff, welcher über eine Brennstoffeinspritzdüse (18) in die Reaktionskammer (12) eingeleitet wird, und die Luft werden gemischt und entzündet, was deren Ausdehnung bewirkt, so dass die heißen Gase die Reaktionskammer (12) verlassen und in eine Antriebsturbine (20) eindringen.

[0033] Eine Katalysatorstruktur (22) ist in der Reaktionskammer (12) angeordnet. Die Katalysatorstruktur

(22) ist mit ihren Längsdurchlässen parallel zur Strömung eines sauerstoffhaltigen Gases wie Luft und Brennstoffgemisch angeordnet. Die Katalysatorstruktur ist auf diese Weise angeordnet, um ein gleichmäßiges Strömen des Luft-/Brennstoffgemisches durch die Katalysatorstruktur zu erhalten. Das Gemisch strömt durch die Längsdurchlässe oder Kanäle, welche in der Katalysatorstruktur ausgebildet sind. Fall erwünscht können die mehreren Katalysatorstrukturen in Reihe in der Reaktionskammer angeordnet werden. Um die Katalysatorstruktur in einer stabilen Position in dem Reaktor zu halten, ist es erforderlich, eine Art von Tragmittel oder -struktur zur Befestigung der Katalysatorstruktur an dem Reaktor einzusetzen, was als eine Möglichkeit eine Tragstruktur einschließt, welche an dem Auslassende (24) der Katalysatorstruktur (22) anliegt.

[0034] Der Begriff „Auslassende“, so wie er hier verwendet wird, bezeichnet das stromabwärts gelegene Ende der beschriebenen Komponente, wo das teils oder vollständig verbrannte Luft-/Brennstoffgemisch aus der Komponente austritt. Der Begriff „Einlassende“ bezeichnet das stromaufwärts gelegene Ende der beschriebenen Komponente, wo das nicht verbrannte Luft-/Kraftstoffgemisch zunächst in die Komponente eingeleitet wird.

[0035] Die Katalysatorstruktur kann nach einer beliebigen gut bekannten Konstruktion gefertigt werden, zum Beispiel als monolithische Katalysatorstruktur, welche mehrere parallele Längskanäle oder -durchlässe umfasst, welche zumindest teilweise mit einem Katalysator beschichtet sind. Typische Katalysatorstrukturen werden in einer Vielzahl veröffentlichter Quellen offenbart, so in den U.S. Patenten Nr. 5,183,401; 5,232,351; 5,248,251; 5,250,489 und 5,259,754 für Dalla Betta et al. sowie U.S. Patent Nr. 4,870,824 für Young et al. Die Katalysatorstruktur kann aus einem Metall- oder Keramiksubstrat in Form von Wabenkörpern, Wellblechspiralrollen, säulenförmigen (bzw. „eine Handvoll Strohhalme“) oder anderen Konfigurationen mit Längskanälen oder -durchgängen hergestellt werden, welche hohe Gasraumgeschwindigkeiten bei minimalen Druckabfällen über der Katalysatorstruktur zulassen. Zum Beispiel kann eine spiralförmige Katalysatorstruktur (26), wie sie in den [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) gezeigt wird, in geeigneter Weise verwendet werden. Die Katalysatorstruktur (26) wird durch Wellen eines Metallfolienblechs (28) zu einem gewellten Muster mit Vertiefungen (30) und Stegen (32) hergestellt. Das Wellblech aus Metallfolie wird dann zusammen mit einem flachen Metallblech (34) gerollt, um eine große Spirale (36) abwechselnder Schichten aus Wellfolie (28) und flachem Blech (34) als eine im Allgemeinen zylinderförmige Einheit zu bilden. Die Vertiefungen und die Stege der Folie bilden zusammen mit dem Blech mehrere Längsdurchgänge bzw. -kanäle (37). Zur Erzeugung der katalytischen Struktur werden die gewellten

und/oder flachen Bleche typischerweise vor dem gemeinsamen Rollen zur Bildung der spiralförmigen Katalysatorstruktur (26) an einer oder an beiden Seiten mit einem Metall der Platingruppe, vorzugsweise Palladium und/oder Platin beschichtet.

[0036] Zwar beinhaltet die gezeigte Katalysatorstruktur (26) eine zu einer geraden Kanalstruktur gewellte Metallfolie kombiniert mit einer flachen Folie, doch schließen andere geeignete spiralförmige Katalysatorstrukturen Strukturen ein, die erhalten werden, wenn zwei oder mehr Wellfolien mit geraden oder Fischgrätwellmustern in nicht ineinander greifender Weise zusammengewickelt werden. Die erfindungsgemäße Katalysatortragstruktur, welche nachstehend eingehend beschrieben wird, ist vor allem bei spiralförmigen Metallkatalysatorstrukturen brauchbar, da diese zum Ineinanderschieben oder zur Verformung in Richtung der Gasströmung neigen, wenn hohe Gasströmungsgeschwindigkeit bei ausreichend hohen Temperaturen auf sie einwirken, z. B. 1.000°C oder mehr, welche die Metallstruktur erweichen oder anderweitig schwächen.

[0037] Unter Bezug nun auf [Fig. 3](#) wird ein Teil eines katalytischen Reaktors gezeigt, welcher allgemein bei (40) angezeigt wird. Der Reaktor umfasst eine Reaktionskammer (42), welche durch eine eine Längsachse X ausbildende, im Allgemeinen zylinder- oder röhrenförmige Reaktionskammerwand (40) gebildet wird. Ein gasförmiges Reaktionsgemisch bzw. ein Gasstrom, welcher durch die Pfeile (46) angezeigt wird, strömt durch die Reaktionskammer. Eine im Allgemeinen zylinderförmige monolithische offenzellige oder wabenkörperartige Tragstruktur (48) ist für das Tragen einer Katalysatorstruktur, zum Beispiel der in [Fig. 2A](#) gezeigten Katalysatorstruktur (26), in der Reaktionskammer angeordnet. Die Katalysatorstruktur (26) weist ein Einlassende (50) und ein Auslassende (52) auf. Die Tragstruktur (48) besitzt ein Einlassende (54) und ein Auslassende (56) auf. Die Katalysatorstruktur und die Tragstruktur sind so in der Reaktionskammer angeordnet, dass das Auslassende (52) der Katalysatorstruktur an dem Einlassende (54) der Tragstruktur anliegt. Die Tragstruktur wird mittels einer ringförmigen Lippe oder Wulst (58), welche sich von der Wand (44) der Reaktionskammer radial nach innen erstreckt, in der Reaktionskammer gehalten und befestigt. Die ringförmige Wulst (58) bildet einen Sims, auf welchem die äußere oder periphere Kante der Tragstruktur sitzt oder ruht, wodurch die Bewegung der Tragstruktur entlang der Längsachse beschränkt wird. Auf diese Weise wird jede durch die Gasströmung (46) durch die Katalysatorstruktur auf die Tragstruktur ausgeübte axiale Last von der Tragstruktur auf die Wand (44) übertragen. Wie nachstehend eingehend erläutert wird, wird die Tragstruktur durch mehrere zusammenwirkende Streben (60) und Keilnute in der Reaktionskammer zentriert.

[0038] Die Tragstruktur (48) kann jede geeignete monolithische offenzellige Struktur sein, wie sie z.B. in der gleichzeitigen Anmeldung U.S. Seriennr. 08/462,639 mit dem Titel „Improved Support Structure For A Catalyst“ beschrieben wird. Die Tragstruktur kann durch jedes herkömmliche Verfahren für das Bilden monolithischer wabenkörperartigen Strukturen oder Zellen, welche zur Bildung einer unitären Struktur aus zusammengeklebten Streifen oder Rippen aus Keramik- oder Metallmaterial bestehen, konstruiert oder hergestellt werden. Die Tragstruktur kann zum Beispiel als eine Einheit in der entsprechenden Gießform gegossen werden oder die Struktur kann durch Zusammenkleben einer Reihe von Streifen oder Rippen gebildet werden, welche zuvor geformt oder gebogen wurden, um im zusammengeklebten Zustand die gewünschte Zellöffnungskonfiguration zu bieten. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, weist die Tragstruktur (48) mehrere Zellöffnungen oder Durchgänge (64) auf, welche sich in einer axialen Richtung parallel zu der Gasströmung (46) erstrecken. Zwar werden die Zellöffnungen in hexagonaler Form gezeigt, doch können die Öffnungen jede geeignete Form wie kreisförmig, dreieckig oder trapezförmig aufweisen. Die Tragstruktur kann ein kreisförmiges Außenband (66) beinhalten, welches die Umfangsfläche der Tragstruktur einfasst.

[0039] Die Querschnittfläche der Katalysatorstruktur (26) in einer Richtung senkrecht zur Längsachse des Reaktors ist so bemessen, dass sie kleiner als die Querschnittfläche der Reaktionskammerwand (44) ist, so dass ein Spalt oder ein ringförmiger Raum (68) dazwischen besteht. Dieser ringförmige Raum ist so bemessen, dass er die thermische Ausdehnung der Katalysatorstruktur (26) und der Tragstruktur (48) aufnimmt, welche bei Kontakt mit der Hochtemperaturgasströmung eintritt. Die Katalysatorstruktur wird koaxial durch mehrere biegsame Flansche (70) in der Reaktionskammer angeordnet. Die Flansche erstrecken sich von einer in der Innenfläche der Reaktionskammerwand (44) ausgebildeten ringförmigen Nut (72) zu der Außenumfangsfläche der Katalysatorstruktur. Vorzugsweise überlappen sich die mehreren Flansche und erstrecken sich um den gesamten Umfang der Katalysatorstruktur, um im Wesentlichen den Gasstrom abzusperren, welcher ansonsten durch den ringförmigen Raum an der Katalysatorstruktur vorbei strömen würde.

[0040] Die Flansche (70) sind so biegsam, dass sich die Flansche biegen, wenn sich die Katalysatorstruktur thermisch ausdehnt, wie in [Fig. 5](#) gezeigt wird, ohne dass so große Spannung auf die Katalysatorstruktur ausgeübt wird, dass eine örtliche Verformung der Katalysatorstruktur an den Punkten verursacht wird, an denen die Flansche die Außenwand der Katalysatorstruktur berühren. Die Flansche können aus jedem geeigneten biegsamen Material mit einer relativ hohen Elastizität, zum Beispiel Federstahllegie-

rungen, Legierungen auf Eisenbasis, Edelmehle, Legierungen auf Kobalt- und Nickelbasis und reine Metalle wie Aluminium oder Nickel, gefertigt sein. Bei Hochtemperaturanwendungen ist unter Umständen eine oxidationsbeständige Legierung wie eine Fe-CrAl-Legierung wünschenswert. Bei Bedarf können die Flansche mit Aluminium beschichtet werden, um eine Hochtemperatur-Oxidationsbeständigkeit zu verleihen.

[0041] Neben dem Abdichten des ringförmigen Raums zentrieren die mehreren Flansche (70) die im Allgemeinen zylinderförmige Katalysatorstruktur zu der zylinderförmigen Reaktionskammerwand radial so, dass sie im Allgemeinen eine gemeinsame Achse teilen. Wenn die Tragstruktur ebenfalls radial zentriert wird, dehnen sich sowohl die Katalysatorstruktur als auch die Tragstruktur von ihren jeweiligen Mitten thermisch radial nach außen aus. Diese gleichzeitige radiale thermische Ausdehnung trägt dazu bei, den Betrag seitlicher Bewegung zwischen dem Auslassende (52) der Katalysatorstruktur (26) und dem Einlassende (54) der Tragstruktur (48) zu reduzieren, wodurch die Kratz- bzw. relative Reibbewegung zwischen diesen gemindert wird. Dies trägt zur Verhinderung einer Beschädigung der Katalysatorfolien der Katalysatorstruktur bei.

[0042] Die mehreren Flansche können separate Komponenten sein oder können aus einem einzigen Streifen (74) gebildet sein, wie er beispielsweise in [Fig. 6](#) gezeigt wird. Der Streifen weist mehrere in diesem ausgebildete Schlitze (76) auf, wodurch mehrere Laschen (78) gebildet werden, welche als die Flansche (70) fungieren. Vorzugsweise erstrecken sich die Schlitze ganz knapp nicht über die gesamte Breite des Streifens, so dass der Streifen eine intakte Kante (80) aufweist. Der Streifen (74) ist in der Brennkammer so angeordnet, dass die intakte Kante (80) an der Außenumfangsfläche der Katalysatorstruktur angebracht ist. Nach Anbringen wird der Streifen zu einer konischen Form ausgebildet, so dass der Durchmesser der intakten Kante kleiner als der durch die Laschenenden gebildete Durchmesser ist.

[0043] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt weist der Streifen (74) eine Breite W auf, welche der Länge der Flansche (70) entspricht. Die Breite W des Streifens (74) ist so bemessen, dass er den Durchmesser der Katalysatorstruktur relativ zum Durchmesser der Reaktionskammer aufnimmt. Bei Anwendungen, bei denen der ringförmige Raum relativ groß ist, sollte die Breite W so groß sein, dass eine relativ große radiale Bewegung der Laschen (78) zur Wahrung des Kontakts mit der Katalysatorstruktur ermöglicht wird. Bei Katalysatorstrukturen, welche typischerweise in der katalytischen Verbrennung eingesetzt werden, liegt die Breite W des Streifens geeignet in dem Bereich von etwa 25 mm bis 101 mm (etwa 1 Zoll bis etwa 4 Zoll) und

vorzugsweise in dem Bereich von etwa 38 mm bis etwa 101 mm (etwa 1,5 Zoll bis etwa 4 Zoll).

[0044] Die Laschen haben eine Breite W_l , welche bevorzugt so bemessen ist, dass ein guter Abdichtkontakt mit der Katalysatorstruktur gewahrt wird. Bei Katalysatorstrukturen mit relativ kleinem Durchmesser ist zum Beispiel die Breite W_l vorzugsweise relativ klein, so dass die flache Kante der die Krümmung des Außendurchmessers der Katalysatorstruktur berührenden Lasche eine im Allgemeinen gute Abdichtung bietet. Bei Katalysatorstrukturen mit größerem Durchmesser kann die Breite W_l der Laschen größer sein, da der Außendurchmesser der Katalysatorstruktur eine geringere Krümmung aufweist. Bei einer Katalysatorstruktur mit einem Außendurchmesser von 76,2 mm bis 127 mm (3 bis 5 Zoll) liegt die Breite W_l der Laschen vorzugsweise in dem Bereich von etwa 2,54 mm bis etwa 7,62 mm (etwa 0,1 Zoll bis etwa 0,3 Zoll). Bei einer Katalysatorstruktur mit einem Außendurchmesser von 25,4 cm bis 50,8 cm (10 bis 20 Zoll) liegt die Breite W_l der Laschen vorzugsweise in dem Bereich von etwa 6,35 mm bis etwa 25,4 mm (etwa 0,25 Zoll bis etwa 1,0 Zoll).

[0045] Die Schlitze (76) haben eine Breite W_s , welche vorzugsweise so schmal bemessen ist, dass das Austreten von vorbeiströmender Luft zwischen den Schlitzen minimiert wird. Ein bevorzugter Bereich für die Breite W_s der Schlitze liegt innerhalb des Bereichs von etwa 0,00254 mm bis etwa 0,762 mm (etwa 0,0001 Zoll bis etwa 0,030 Zoll) und bevorzugter in dem Bereich von etwa 0,0254 mm bis etwa 0,51 mm (etwa 0,001 Zoll bis etwa 0,020 Zoll).

[0046] Die Dicke des Streifens und der Laschen sollte so groß sein, dass eine angemessene Abdichtkraft gegenüber dem Außendurchmesser der Katalysatorstruktur geboten wird. Die Dicke des Streifen sollte aber auch so dünn sein, dass die Kraft keine örtliche Verformung der Katalysatorstruktur an den Punkten verursacht, wo die Flansche die Außenwand der Katalysatorstruktur berühren, vor allem da die Katalysatorstruktur bei hohen Temperaturen arbeiten kann und unter Umständen keine relativ hohe Zugfestigkeit besitzt.

[0047] Unter Bezug nun auf [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) kann die in der Reaktionskammerwand (44) ausgebildete ringförmige Nut (72) jede geeignete Querschnittform aufweisen, welche das Ende des Flansches hält. Eine Nut (82) wird zum Beispiel wie in [Fig. 7A](#) gezeigt in der Wand mit einem krummlinig geformten Kontaktprofil ausgebildet, welches die Fläche des Flansches kontaktiert. Die krummlinige Form trägt dazu bei, die auf den verformten Flansch während der thermischen Ausdehnung der Katalysatorstruktur ausgeübte Spannung zu minimieren. Wie in [Fig. 7B](#) gezeigt wird, kann bei Flanschen mit einer kürzeren Länge die Bogenlänge des krummlinig ge-

formten Profils einer Nut (84) verkürzt sein. Das Kontaktprofil der ringförmigen Nut muss aber nicht krummlinig sein, sondern kann gerade sein, wie die Kontaktprofile der Nute (86) und (88), die jeweils in [Fig. 7C](#) und [Fig. 7D](#) gezeigt werden. Zu beachten ist, dass die Nut (86) den Flansch bei einem ausgeprägteren Winkel zur Außenfläche der Katalysatorstruktur als die die Nut (88) anordnet, um zum Beispiel eine größere Breite des ringförmigen Raums aufzunehmen.

[0048] In [Fig. 8](#) wird eine Katalysatorstruktur (26) mit mehreren Flanschen (90) gezeigt, welche um die Außenfläche der Katalysatorstruktur angeordnet sind. Die Flansche (90) bieten die gleichen Funktionen wie die Flansche (70), z.B. Aufnehmen der thermischen Ausdehnung der Katalysatorstruktur, radiales Zentrieren der Katalysatorstruktur zu der Reaktionskammerwand und Ausbilden einer ausreichenden Abdichtung für den ringförmigen Raum zwischen der Innenfläche der Reaktionskammerwand (44) und der Außenumfangsfläche der Katalysatorstruktur. Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, können die Flansche (90) aus einem Streifen (92) ähnlich dem Streifen (74) von [Fig. 6](#) gebildet werden. Der Streifen weist mehrere in diesem ausgebildete Schlitze (94) auf, wodurch mehrere Laschen (96) gebildet werden, welche als Flansche (90) fungieren. Ein ungeschlitzter Teil (98) ist um den Umfang der Katalysatorstruktur gewickelt und vorzugsweise daran befestigt. Der Streifen kann durch jedes geeignete Verfahren befestigt werden, zum Beispiel durch Verkleben oder Punktschweißen des ungeschlitzten Teils an dem Außenumfang der Katalysatorstruktur. Der Streifen (92) muss aber nicht unbedingt an der Katalysatorstruktur befestigt werden. Die Kante des ungeschlitzten Teils kann zum Beispiel benachbart zum Auslassende der Katalysatorstruktur so angeordnet werden, dass die Tragstruktur den Streifen (92) hält.

[0049] Die Laschen (96) sind nach außen verformt, um mit der Innenwand der Reaktionskammer zu greifen. Da die Laschen nach außen verformt sind, werden die Schlitze geöffnet, wodurch dazwischen ein kleiner Spalt erzeugt wird. Um eine verbesserte Abdichtung vorzusehen, kann ein Paar überlappender Streifen (92a) und (92b) verwendet werden, wie in [Fig. 10](#) gezeigt wird. Die überlappenden Streifen werden so angeordnet, dass die Laschen eines Streifens quer über die Schlitze des anderen Streifens gelegt werden.

[0050] Die Laschen (96) können zu jeder geeigneten Form gebogen werden, welche eine gute Abdichtung zwischen der Katalysatorstruktur und der Tragstruktur bietet. Diesbezüglich zeigen [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#) verschiedene geeignete Formen für die Laschen (96). [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen jeweils Laschen (100) und (102) mit gebogenen Teilen (100a) und (102a) sowie geraden Teilen (100b) und

(102b). Die geraden Teile (100b) und (102b) enden jeweils an Kanten (100c) und (102c), welche die Innenwand der Reaktionskammer bei einem scharflinigen Kontakt berühren. Wie in [Fig. 11C](#) gezeigt wird, weist eine Lasche (104) einen axial abstehenden Teil (104a) auf, welcher eine größere Kontaktfläche für mögliches verbessertes Abdichten aufweist. Ferner neigt der axial abstehende Teil (104a) weniger als die scharfen Kanten (100c) und (102c) der Laschen (100) und (102) dazu, an der Reaktionskammerwand zu haften, wenn sich die Katalysatorstruktur in Einlassrichtung thermisch ausdehnt. Wie in [Fig. 11D](#) gezeigt wird, weist eine Lasche (106) einen im Allgemeinen abgerundeten Teil auf, welcher eine größere Kontaktfläche bietet und eine noch geringere Wahrscheinlichkeit eines Haltens besitzt als die Lasche (104) von [Fig. 11C](#).

[0051] Zwar wurden die Flansche (70) und (90) zusammenwirkend mit den Katalysatorstrukturen beschrieben, doch können die Flansche auch mit der Tragstruktur zusammenwirkend verwendet werden.

[0052] Unter Bezug nun auf [Fig. 12](#) wird die in der Reaktionskammerwand (44) angeordnete und durch mehrere der zusammenwirkenden Streben (60) und Keilnute (62), welche eine radiale Zentrieranordnung bilden, gehaltene Tragstruktur (48) gezeigt. In der in [Fig. 12](#) gezeigten Ausführung sind die Streben (60) an der Innenfläche der Reaktionskammerwand befestigt. Die Keilnuten (62) sind an der Tragstruktur (48) befestigt und sind bevorzugt an dem kreisförmigen Band (66) angebracht, welches die Umfangsfläche der Tragstruktur einfasst. Jede Keilnut (62) weist eine darin ausgebildete, sich radial erstreckende Rille (108) für das Aufnehmen der zugehörigen Strebe auf. Die radiale Höhe der Rillen und der Streben ist so bemessen, dass eine thermische Ausdehnung der Tragstruktur zur thermischen Ausdehnung der Reaktionskammerwand berücksichtigt wird. Somit besteht ein Spalt zwischen dem Boden der Rillen und der Kante der Strebe, wie in [Fig. 12](#) gezeigt wird, wenn die Tragstruktur und die Reaktionskammerwand keinen hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Die Keilnute und Streben zentrieren zusammen die Tragstruktur radial in der Reaktionskammerwand, um einen ringförmigen Raum (110) zwischen dem Außenumfang der Tragstruktur und der Innenfläche der Reaktionskammerwand auszubilden. Somit ist die Breite des ringförmigen Raums (110) um den gesamten Umfang der Tragstruktur im Wesentlichen gleich. Bei Betrachtung von zum Beispiel [Fig. 12](#) verhindern die oberen und unteren Streben und Keilnute im Allgemeinen ein Bewegen der Tragstruktur nach links oder rechts. Analog verhindern die linken und rechten Streben und Keilnute im Allgemeinen ein Bewegen der Tragstruktur nach oben oder unten. Die Streben und Keilnute verhindern mit anderen Worten ein Drehen der Tragstruktur in Umfangsrichtung, lassen aber ein thermisches Ausdehnen der Tragstruktur radial

nach außen zu, so dass sich bei Ausdehnen der Tragstruktur die Streben weiter in die Rillen der Keilnute vorbewegen. Es ist vorteilhaft, die Tragstruktur ebenso wie die Katalysatorstruktur radial zu zentrieren, um zu einer Verringerung des Betrags der relativen seitlichen Bewegung zwischen dem Auslassende der Katalysatorstruktur und dem Einlassende der Tragstruktur beizutragen, um das Kratzen zwischen diesen, welches die Katalysatorfolien beschädigen kann, zu reduzieren.

[0053] Zwar weist die Ausführung der in [Fig. 12](#) gezeigten Tragstruktur vier zusammenwirkende Streben und Keilnute auf, doch versteht sich, dass eine beliebige Anzahl an Streben und Keilnuten größer als eins verwendet werden kann. Vorzugsweise sind die zusammenwirkenden Streben und Keilnute gleichmäßig um den Umfang der Tragstruktur beabstandet. Bei Bedarf können die Streben und Keilnute umgekehrt vorgesehen werden, wobei die Streben (60) an der Tragstruktur (48) befestigt und die Keilnute (62) an der Reaktionskammerwand (44) befestigt werden, wie in [Fig. 13](#) gezeigt wird. Die Anordnung der Streben und Keilnute kann auch abgewechselt werden, so dass benachbarte zusammenwirkende Streben und Keilnute eine umgekehrte Ausrichtung aufweisen.

[0054] Unter Bezug auf [Fig. 14](#) wird eine andere Ausführung einer radialen Zentrieranordnung für die Tragstruktur (48) und die Reaktionskammerwand (44) gezeigt. Ein Bolzen oder Stift (112) steht von der Tragstruktur nach außen ab und ist in einem in der Reaktionskammerwand ausgebildeten Schlitz (114) gleitend angeordnet. Der Stift und der Schlitz wirken in ähnlicher Weise zusammen wie die Streben (60) und die Keilnute (62), wie vorstehend beschrieben wurde, und gelten als deren Entsprechungen. Eine noch andere Ausführung einer radialen Zentrieranordnung wird in [Fig. 15](#) gezeigt. Ein Bolzen oder Stift (116) steht von der Reaktionskammerwand radial nach innen ab und ist in einem in der Tragstruktur ausgebildeten Schlitz (118) gleitend angeordnet. Wenn die Katalysatorstruktur zum Beispiel aus Keramik wäre, könnte der Schlitz (118) in die Keramikstruktur geschnitten werden.

[0055] Zwar wurden die Streben und Keilnute in Kombination mit der Tragstruktur verwendet beschrieben, doch versteht sich, dass die Streben- und Keilnutanordnung auch mit der Katalysatorstruktur verwendet werden kann.

[0056] Unter bestimmten Bedingungen kann es wünschenswert sein, dass die Tragstruktur ein kreisförmiges Außenband mit einer Dicke aufweist, welche größer als die Wände der Zellen der offenzelligen monolithischen Tragstruktur ist. Das Außenband kann aus jedem geeigneten Material wie z.B. Metall gefertigt sein. Das dickere Metallband würde Festig-

keit für Befestigungspunkte wie die oben beschriebenen Streben und Keilnute bieten. Das dickere Metallband würde auch in axialer Richtung Festigkeit für mehrere Katalysatorstrukturen verleihen. Da aber das Metallband eine größere Dicke als die Zellwände der Tragstruktur aufweist, würden sich die Zellwände schneller als das Band thermisch ausdehnen. Somit könnten bedingt durch die Ausdehnung die Zellwände verformt und beschädigt werden. Zum Ausgleich dieser Geschwindigkeit der thermischen Ausdehnung kann das Außenband mehrere darin ausgebildete Schlitze aufweisen, damit sich das Außenband biegen kann. Zum Beispiel wird in [Fig. 16](#) ein Außenband (120) mit mehreren darin ausgebildeten Schlitzen (122) gezeigt. Die Schlitze (122) können in einem um den Umfang des Außenbands beabstandeten abwechselnden Muster gebildet sein, so dass benachbarte Schlitze durch gegenüberliegende Kanten gebildet werden, wie in [Fig. 16](#) gezeigt wird. Das Außenband sollte so biegsam sein, dass es die thermische Ausdehnung der Zellwände der Tragstruktur absorbiert, ohne eine Verformung der Zellwände zu bewirken, dabei fest genug sein, um der Tragstruktur Steifigkeit zu verleihen. Die Schlitze sind so bemessen, dass das Austreten von Gasstrom durch diese minimiert wird. Bei den erfindungsgemäßen Tragstrukturen liegt die Breite der Schlitze geeignet in einem Bereich von etwa 0,0254 mm bis etwa 1,27 mm (etwa 0,001 Zoll bis etwa 0,050 Zoll) und vorzugsweise in einem Bereich von etwa 0,05 mm bis etwa 0,51 mm (etwa 0,002 Zoll bis etwa 0,020 Zoll). Die Schlitze sind voneinander beabstandet, um unter gleichzeitiger Wahrung der Unversehrtheit des Außenbandes genügen Entspannung zu ermöglichen. Die Bogenlänge zwischen den Schlitzen liegt geeignet in dem Bereich von etwa 12,7 mm bis 15,2 cm (etwa 0,5 Zoll bis etwa 6 Zoll) und vorzugsweise in dem Bereich von etwa 2,54 cm bis etwa 7,62 cm (etwa 1 bis 3 Zoll).

[0057] Zwar wurde das Außenband (120) zusammenwirkend mit der Tragstruktur beschrieben, doch kann ein Außenband mit ähnlichen Merkmalen wie das Außenband (120) mit der erfindungsgemäßen Katalysatorstruktur verwendet werden.

[0058] Unter Bezug nun auf [Fig. 17](#) wird eine andere Ausführung eines katalytischen Verbrennungsreaktors gezeigt, welcher allgemein unter (130) gezeigt wird. Der Reaktor umfasst eine Reaktionskammer (132), welche durch eine im Allgemeinen zylinderförmige Reaktionskammerwand (134) gebildet wird. Ein gasförmiges Reaktionsgemisch bzw. ein Gasstrom, welcher durch die Pfeile (136) angezeigt wird, strömt durch die Reaktionskammer. Der Reaktor umfasst ferner eine Katalysatorstruktur (138), welche der Katalysatorstruktur (26) von [Fig. 3](#) ähneln kann. Die Katalysatorstruktur (138) weist ein Einlassende (140) und ein Auslassende (142) auf. Die Katalysatorstruktur weist eine in dieser ausgebildete axiale Bohrung

(143) auf, welche sich zwischen dem Einlassende und dem Auslassende erstreckt. Die Katalysatorstruktur wird durch monolithische offenzellige Einlass- und Auslasstragstrukturen (144) und (146) in der Kammer gehalten. Die Tragstrukturen (144) und (146) können der Tragstruktur (48) von Fig. 3 ähneln. Die Einlass- und Auslasstragstrukturen (144) und (146) weisen darin ausgebildete axiale Bohrungen (148) bzw. (150) auf. Die Einlasstragstruktur (144) weist ein Einlassende (152) und ein Auslassende (154) auf. Die Auslasstragstruktur (146) weist ein Einlassende (156) und ein Auslassende (158) auf. Die Einlass- und die Auslasstragstrukturen (144) und (146) sind durch Anliegen an nach innen abstehenden ringförmigen Wulsten (160) bzw. (162), welche sich von der Wand (134) der Reaktionskammer radial nach innen erstrecken, in der Reaktionskammer gehalten. Ein mittiges Tragelement (164) ist in den axialen Bohrungen der Katalysatorstruktur und der Einlass- und Auslasstragstrukturen angeordnet. Das mittige Tragelement (164) weist radial nach außen abstehende Flansche (166) und (168) auf, welche an dessen Enden ausgebildet sind. Der Flansch (166) liegt an der Fläche des Einlassendes der Einlasstragstruktur an. Der Flansch (168) liegt an der Fläche des Auslassendes der Auslasstragstruktur an.

[0059] Die Hauptfunktion des mittigen Tragelements (164) besteht darin, einen Teil der Kraft oder axialen Last, welche auf die Auslasstragstruktur wirkt, auf die Einlasstragstruktur zu übertragen. Im Einzelnen übt die Strömung des Gases (136) eine axiale Last auf die Auslasstragstruktur aus. Da die Auslasstragstruktur um ihren Umfang durch die Wulst (162) gestützt wird, wird der mittige Teil der Auslasstragstruktur durch diese axiale Kraft nach außen vorgespannt. Die auf die Mitte der Auslasstragstruktur wirkende Kraft wird über den Flansch (168) auf das mittige Tragelement (164) übertragen. Die auf das mittige Tragelement wirkende Kraft wird über den Flansch (166) auf den mittigen Teil der Einlasstragstruktur übertragen. Zu beachten ist, dass die auf den Umfang der Einlasstragstruktur wirkenden Kräfte über die Wulst (160) auf die Reaktionskammerwand übertragen werden. Die Einlasstragstruktur trägt daher zum Halten der Auslasstragstruktur mittels des mittigen Tragelements bei.

[0060] Die Auslasstragstruktur trägt typischerweise eine schwerere Last als die Einlasstragstruktur, da die Auslasstragstruktur in einem Bereich der Brennkammer mit einer Gasströmung höherer Geschwindigkeit und einem größeren Druckabfall angeordnet ist. Ferner ist das Auslasstragelement in einem Bereich der Brennkammer mit einer höheren Temperatur angeordnet und somit weist die Auslasstragstruktur weniger Festigkeit als die Einlasstragstruktur auf. Zudem trägt die Tragstruktur das Katalysatortragelement. Der Vorteil des mittigen Tragelements liegt darin, dass die Auslasstragstruktur in der Mitte, nicht

nur an ihrem Umfangteil gestützt wird, wodurch die strukturelle Unversehrtheit der Auslasstragstruktur verbessert wird.

[0061] Unter Bezug nun auf Fig. 18 wird eine noch weitere Ausführung eines katalytischen Verbrennungsreaktors gezeigt, welcher allgemein unter (170) gezeigt wird und dem Reaktor (130) von Fig. 17 ähnelt. Der Reaktor (170) umfasst eine Katalysatorstruktur (172) mit einem Einlassende (173) und einem Auslassende (174). Die Katalysatorstruktur (172) ist in einer zylinderförmigen Wand einer Reaktionskammer (175) angeordnet. Die Katalysatorstruktur weist auch eine in dieser ausgebildete axiale Bohrung (176) auf, welche sich zwischen dem Einlassende und dem Auslassende erstreckt. Die Katalysatorstruktur wird durch monolithische offenzellige Einlass- und Auslasstragstrukturen (178) und (180) in der Kammer gehalten. Die Einlass- und Auslasstragstrukturen (178) und (180) weisen darin ausgebildete axiale Bohrungen (182) bzw. (184) auf. Die Einlasstragstruktur (178) weist ein Einlassende (185) und ein Auslassende (186) auf. Die Auslasstragstruktur (180) weist ein Einlassende (188) und ein Auslassende (190) auf. Die Einlass- und die Auslasstragstrukturen (178) und (180) sind durch Anliegen an nach innen abstehenden Schultern (192) bzw. (194), welche sich von der Wand der Reaktionskammer radial nach innen erstrecken, in der Reaktionskammer gehalten. Die Katalysatortragestruktur und die Einlass- und Auslasstragstrukturen sind so zwischen den Schultern (192) und (194) sandwichartig angeordnet, dass die Katalysatorstruktur zwischen der Einlass- und der Auslasstragstruktur angeordnet ist. Ein mittiges Tragelement (196) ist in den axialen Bohrungen der Katalysatorstruktur und den Einlass- und Auslasstragstrukturen angeordnet. Das mittige Tragelement (196) weist radial nach außen abstehende Flansche (197) und (198) auf, welche an dessen Enden ausgebildet sind. Der Flansch (197) liegt an der Fläche des Einlassendes der Einlasstragstruktur an. Der Flansch (198) liegt an der Fläche des Auslassendes der Auslasstragstruktur an.

[0062] Die Katalysatortragestruktur und die Einlass- und Auslasstragstrukturen können um diese ausgebildete dickwandige Metallaußenringe oder-bänder (200), (202) bzw. (204) aus Metall aufweisen, welche an deren Umfang zusätzliche Festigkeit verleihen. Die Katalysatortragestruktur und die Einlass- und Auslasstragstrukturen können ebenso dickwandige Rohre (206), (208) bzw. (210) aufweisen, welche die axialen Bohrungen (176), (182) und (184) jeweils auskleiden, um in diesen Bereichen zusätzliche Festigkeit zu verleihen.

[0063] Diese Konfiguration des katalytischen Verbrennungsreaktors (170) stützt bei jeder umgekehrt strömenden Last in der Richtung entgegengesetzt zur normalen Gasströmung (212), welche in der Re-

aktionskammer auftreten kann. Bei diesem Szenario drückt die Gasströmungslast die Katalysatorstruktur und die Einlass- und Auslassstrukturen gegen die Schulter (192).

[0064] Die oben beschriebenen verschiedenen erfindungsgemäßen Tragelemente können in einem Prozess für die katalytische Verbrennung eines kohlenwasserstoffhaltigen oder anderen brennbaren Brennstoffs, z.B. Methan, Ethan, H₂ oder CO/H₂-Gemische, verwendet werden. Bei diesem Prozess wird ein sauerstoffhaltiges Gas wie Luft mit dem kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoff gemischt, um ein brennbares Sauerstoff-/Brennstoffgemisch zu bilden. Dieses Sauerstoff-/Brennstoffgemisch wird als strömendes Gas durch eine monolithische Katalysatorstruktur geleitet, welche in einer Reaktionskammer angeordnet ist, um das Sauerstoff-/Brennstoffgemisch zu verbrennen und ein heißes, teils oder vollständig verbranntes Gasprodukt zu erzeugen.

[0065] In diesem Prozess können eine Vielzahl von Katalysatorstrukturen verwendet werden. Zum Beispiel können in dieser Erfindung ein Katalysator mit integralen Wärmetauschflächen, wie er in dem U.S. Patent Nr. 5,250,489 mit dem Titel „Catalyst Structure Having Integral Heat Exchange“ beschrieben wird, oder ein abgestufter palladiumhaltiger Teilverbrennungsprozesskatalysator, wie er in den U.S. Patenten Nr. 5,248,251 und 5,258,349, beide mit dem Titel „Graded Palladium-Containing Partial Combustion Catalyst And Process For Using It“, beschrieben wird, verwendet werden. Daneben kann der Prozess die vollständige Verbrennung des Brennstoffs oder die teilweise Verbrennung des Brennstoffs beinhalten, wie in der gleichzeitigen Anmeldung U.S. Serienr. 08/088,614 mit dem Titel „Process For Burning Combustible Mixtures“ beschrieben wird. Weiterhin kann der Prozess ein mehrstufiger Prozess sein, bei welchem der Brennstoff schrittweise unter Verwendung bestimmter Katalysatoren und Katalysatorstrukturen in den verschiedenen Stufen verbrannt wird, wie in dem U.S. Patent Nr. 5,232,357 mit dem Titel „Multistage Process For Combusting Fuel Mixtures Using Oxide Catalyst In The Hot Stage“ beschrieben wird.

[0066] Dieser Vorgang umfasst auch das Stabilisieren und radiale Zentrieren der Position der Katalysatorstruktur und einer monolithischen offenzelligen Tragstruktur, was eine axiale Bewegung der Katalysatorstruktur verhindert. Die Katalysatorstruktur kann aus vielen in Längsrichtung angeordneten Kanälen bestehen, wobei die Kanalwände durch ein dünnes Metallsubstrat gebildet werden, welches sich bei Hitzeinwirkung in der Hochtemperaturreaktion ausdehnt. Die Kanäle weisen Einlass- und Auslassenden für das Durchströmen eines strömenden Reaktionsgasgemisches auf. Die Tragstruktur kann aus Zellen mit Wänden bestehen, welche durch Streifen

aus hochtemperaturbeständigem Metall oder Keramikmaterial gebildet werden. Die Zellenöffnungen stehen mit den Auslassenden der Kanäle in der Katalysatorstruktur in Fluidverbindung. Die Tragstruktur ist an dem Auslassende der Katalysatorstruktur so angeordnet, dass sie an dem Auslassende der Katalysatorstruktur anliegt, so dass der Querschnitt der Tragstruktur im Wesentlichen die Stirnfläche der Katalysatorstruktur bedeckt. Es kann auch eine zweite Tragstruktur verwendet werden, welche am Einlassende der Katalysatorstruktur so angeordnet ist, dass sie an den Einlassenden der Kanäle in der Katalysatorstruktur anliegt.

[0067] Die Katalysatorstruktur ist so bemessen, dass sie gegenüber der Querschnittfläche der Reaktionskammer eine verkleinerte Querschnittfläche in einer Richtung senkrecht zu ihrer Längsachse aufweist, so dass zwischen dem Außenumfang der Katalysatorstruktur und der Innenfläche der Reaktionskammer, welche durch die Reaktionskammerwand gebildet wird, ein ringförmiger Raum ausgebildet ist. Der ringförmige Raum ist so bemessen, dass eine thermische Ausdehnung, welche während der Hochtemperaturreaktion auftritt, zugelassen wird, ohne dass ein Zusammendrücken und Verformen der Katalysatorstruktur durch Drücken gegen die Reaktionskammerwand bewirkt wird.

[0068] Das Strömen des Reaktionsgasgemisches durch den ringförmigen Raum wird durch Einfügen von ein oder mehreren biegsamen Flanschen, welche sich von der Außenumfangfläche der Katalysatorstruktur zur Innenfläche der Reaktionskammerwand erstrecken, behindert. Vorzugsweise sperren die Flansche den Strom des Reaktionsgasgemisches, welcher ansonsten an der Katalysatorstruktur vorbeiströmen würde, im Wesentlichen ab. Die Flansche sind so biegsam, dass sich die Flansche biegen, wenn die Katalysatorstruktur eine thermische Ausdehnung durchläuft, ohne dass soviel Spannung auf die Katalysatorstruktur ausgeübt wird, dass an den Kontaktpunkten zur Katalysatorstrukturwand eine örtliche Verformung der Katalysatorstruktur verursacht wird.

[0069] Die Katalysatorstruktur und die Tragstruktur sind in einer stabilen Position in der Reaktionskammer radial zentriert, so dass der ringförmige Raum zwischen dem Außenumfang der Katalysatorstruktur und der Innenfläche der Reaktionskammer um den gesamten Umfang der Katalysatorstruktur im Wesentlichen gleich ist. Die Katalysatorstruktur und die Tragstruktur werden mittels dreier oder mehrerer aneinander angepasster radialer Keilnute und Streben, welche an der Umfangsfläche der offenzelligen Tragstruktur benachbart zur Innenwandfläche der Reaktionskammer und/oder an der Umfangsfläche der Katalysatorstruktur angebracht sind, radial zentriert, wobei die entsprechende angepasste Keilnut

oder Strebe an der Innenfläche der Reaktionskammerwand gegenüber der Keilnut oder Strebe an der Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur angebracht ist. Die Strebe greift in die durch die Keilnut gebildete entsprechende Rille, um die Katalysatorstruktur festzuhalten. Die Tiefe der Rille in der Keilnut und/oder die Höhe der Strebe sind so bemessen, dass eine thermische Ausdehnung der offenzelligen Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, möglich ist und dabei die zentrierte Position der Katalysatorstruktur in der Reaktionskammer gewahrt wird.

[0070] Die Tragstruktur wird mittels eines mittigen Tragelements gegenüber Verformung stabilisiert, welche durch die auf die Fläche der Tragstruktur in einer Richtung parallel zur Längsachse der Katalysatorstruktur während des Durchgangs des strömenden Reaktionsgasgemisches ausgeübte axiale Last bewirkt wird. Das mittige Tragelement ist an der Mitte der Stirnfläche der auslassseitigen Tragstruktur befestigt und erstreckt sich davon durch die Mitte der Katalysatorstruktur in eine Längsrichtung zur Mitte der Endfläche der einlassseitigen Tragstruktur, wo es ebenfalls befestigt ist. Die durch das strömende Reaktionsgasgemisch auf die Auslassseite der Tragstruktur ausgeübte Kraft wird über das mittige Tragelement auf die einlassseitige Tragstruktur übertragen.

[0071] Zusätzliche strukturelle Festigkeit wird der offenzelligen Tragstruktur, welche an den Einlass- und Auslassenden der Katalysatorstruktur angeordnet ist, auch mittels eines massiven, hochtemperaturbeständigen Außenbands verliehen. Vorzugsweise ist das Band an der Umfangsfläche der offenzelligen Tragstruktur angeklebt. Das Band weist eine größere Dicke als die Streifen aus hochtemperaturbeständigem Metall oder Keramikmaterials auf, welche die Zellwände der offenzelligen Tragstruktur bilden. Das Band weist in seinen Außenumfangteil geschnittene Schlitz auf, um in dem Metallband genügend Biegsamkeit zum Absorbieren der thermischen Ausdehnung der dünneren offenzelligen Struktur vorzusehen, welche während der Hochtemperaturreaktion auftritt, ohne eine Verformung der offenzelligen Tragstruktur aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung der offenzelligen Struktur und des daran angeklebten Metallbands zu bewirken.

Patentansprüche

1. Katalytischer Reaktor (**10, 40**) für die Verwendung in kontinuierlichen Hochtemperaturreaktionen, die ein strömendes Reaktionsgasgemisch verwenden, wobei der Reaktor umfasst:

- a) eine Reaktionskammer (**12, 42**), die durch eine röhrenförmige Wand (**44**) definiert ist, die eine Längsachse (X) definiert;
- b) eine monolithische Katalysatorstruktur (**26**), die in

der Reaktionskammer angeordnet ist, wobei die Katalysatorstruktur eine äußere Umfangsfläche und mehrere longitudinal angeordnete Kanäle (**37**) besitzt, wobei die Kanäle ein Einlass- und ein Auslassende für den Durchgang des strömenden Reaktionsgasgemisches besitzen; und

c) eine Tragstruktur (**48**), die in der Reaktionskammer angeordnet ist, um die Katalysatorstruktur an der Reaktionskammer zu befestigen, wobei die Tragstruktur mehrere zellenförmige Öffnungen oder Durchlässe besitzt, die in einer axialen Richtung parallel zu der beabsichtigten Gasströmung verlaufen; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor ferner umfasst:

d) mehrere flexible Flansche (**70, 90**), die sich von der äußeren Umfangsfläche der Katalysatorstruktur zu der inneren Oberfläche der röhrenförmigen Wand der Reaktionskammer erstrecken, um die Strömung des Reaktionsgasgemisches durch einen ringförmigen Raum (**68**) zwischen der äußeren Umfangsfläche der Katalysatorstruktur und der inneren Oberfläche der röhrenförmigen Wand der Reaktionskammer im Wesentlichen zu blockieren, wobei die Flansche ausreichend biegsam sind, um sich biegen zu können, wenn die Katalysatorstruktur einer thermischen Ausdehnung unterliegt, und um eine lokale Verformung der Katalysatorstruktur dort, wo die Flansche mit der Katalysatorstruktur in Kontakt sind, zu verhindern.

2. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 1, bei dem die Tragstruktur Einlass- und Auslass-Tragstrukturen (**144, 146, 178, 180**) umfasst, die äußere Umfänge und mehrere longitudinal angeordnete Durchlässe besitzen, wobei die Einlass- und Auslass-Tragstrukturen an ihrem äußeren Umfang an der Wand der Reaktionskammer befestigt sind, um die Bewegung entlang der Längsachse zu begrenzen, wobei die Einlass-Tragstruktur in der Nähe des Einlassendes der Katalysatorstruktur (**172**) angeordnet ist und die Auslass-Tragstruktur in der Nähe des Auslassendes der Katalysatorstruktur angeordnet ist und daran anliegt, um an dem Ende des Auslassendes der Katalysatorstruktur anzuliegen, so dass die Tragstruktur das Auslassende der Katalysatorstruktur im Wesentlichen abdeckt.

3. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 2, bei dem die Einlass- und die Auslass-Tragstrukturen (**144, 146, 178, 180**) jeweils monolithische offene Zellenstrukturen sind und die longitudinal angeordneten Durchlässe aus einem hochtemperaturbeständigen Metall- oder Keramikwerkstoff gebildet sind, wobei die Zellen Öffnungen besitzen, die mit den Kanälen der Katalysatorstruktur in Verbindung stehen.

4. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 1, bei dem die Tragstruktur eine einlassseitige Tragstruktur (**144, 178**) und eine auslassseitige Tragstruktur (**146,**

180) umfasst, wobei die Tragstruktur gegen eine Verformung stabilisiert ist, die durch die axiale Last verursacht wird, die während des Durchgangs des strömenden Reaktionsgasgemisches auf die Fläche der auslassseitigen Tragstruktur in einer Richtung parallel zu der Längsachse der Katalysatorstruktur durch ein mittiges Tragelement (**164**, **196**) ausgeübt wird, das an der Mitte der Stirnfläche der auslassseitigen Tragstruktur befestigt ist und sich hiervon durch die Mitte der Katalysatorstruktur in einer Längsrichtung zur Mitte der Stirnfläche der einlassseitigen Tragstruktur erstreckt, wo sie ebenfalls befestigt ist, wodurch die auf die auslassseitige Tragstruktur durch das strömende Reaktionsgasgemisch ausgeübte Kraft über das mittige Tragelement an die einlassseitige Tragstruktur übertragen wird.

5. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 4, bei dem jedes der einlassseitigen und auslassseitigen Tragelemente eine monolithische offene Zellenstruktur umfasst, wobei die Wände der Zellen durch Streifen aus einem hochtemperaturbeständigen Metall- oder Keramikwerkstoff gebildet sind, die zellenartige Öffnungen besitzen, die mit den Einlass- und Auslassenden der Kanäle in der Katalysatorstruktur in einer Fluidkommunikation stehen, wobei die einlassseitigen und auslassseitigen Tragstrukturen an dem Einlass- bzw. Auslassende der Katalysatorstruktur so positioniert sind, dass sie an den Enden der Katalysatorstruktur anliegen, und einen Querschnitt besitzen, der die Stirnflächen der Katalysatorstruktur im Wesentlichen abdeckt; wobei der ringförmige Raum so bemessen ist, dass eine thermische Ausdehnung der Katalysatorstruktur, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, möglich ist, ohne dass eine Kompression und eine Verformung der Katalysatorstruktur durch einen Druck auf die Reaktionskammerwände hergerufen wird; wobei die Katalysatorstruktur und die offenzellige Tragstruktur, die an der Katalysatorstruktur anliegt, in einer stabilen Position in der Reaktionskammer zentriert sind, so dass der ringförmige Raum zwischen dem äußeren Umfang der Katalysatorstruktur und der inneren Oberfläche der Reaktionskammer um den gesamten Umfang der Katalysatorstruktur gleich ist, wobei die Zentrierung mittels dreier oder mehrerer aneinander angepasster radialer Keilnuten und Streben, die an der Umfangsfläche der offenzelligen Tragstruktur in der Nähe der inneren Wandoberfläche der Reaktionskammer und/oder an der Umfangsfläche der Katalysatorstruktur angebracht sind, erfolgt, wobei die entsprechende angepasste Keilnut oder Strebe an der inneren Oberfläche der Reaktionskammerwand gegenüber der Keilnut oder Strebe an der Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur angebracht ist, wobei die Strebe in die durch die Keilnut gebildete Rille eingreift, um die Katalysatorstruktur festzuhalten, wobei die Tiefe der Rille in der Keilnut und/oder die Höhe der Strebe so bemessen sind,

dass eine thermische Ausdehnung der offenzelligen Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, möglich ist und dabei die zentrierte Position der Katalysatorstruktur in der Reaktionskammer aufrechterhalten wird; und

wobei sowohl die einlassseitige Struktur als auch die auslassseitige Struktur mit einer zusätzlichen strukturellen Integrität mittels eines festen, hochtemperaturbeständigen Metallbandes versehen ist, das an die Umfangsoberfläche der offenzelligen Tragstruktur geklebt ist, wobei das Metallband eine größere Breite als die Streifen des hochtemperaturbeständigen hat, die die Zellwände der offenzelligen Tragstruktur bilden, und Schlitz besitzt, die in seinen äußeren Umfangsabschnitt geschnitten sind, um eine ausreichende Biegsamkeit des Metallbandes zu schaffen, um die thermische Ausdehnung der dünneren offenzelligen Struktur zu absorbieren, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, ohne eine Verformung der offenzelligen Tragstruktur aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung zwischen der offenzelligen Struktur und dem daran geklebten Metallband hervorzurufen.

6. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 1, bei dem die longitudinal angeordneten Kanäle der monolithischen Katalysatorstruktur (**26**) durch dünne Metallsubstratwände (**28**, **34**) gebildet sind, die sich bei einer Beaufschlagung mit Wärme, die in der Hochtemperaturreaktion erzeugt wird, ausdehnen, wobei die Tragstruktur eine monolithische offenzellige Tragstruktur (**48**) umfasst, die in der Reaktionskammer (**42**) angeordnet ist, wobei die Tragstruktur einen äußeren Umfang und mehrere longitudinal angeordnete Durchlässe (**64**) besitzt, wobei die Durchlässe durch Streifen aus einem hochtemperaturbeständigen Metall- oder Keramikwerkstoff gebildet sind, wobei die Zellen Öffnungen besitzen, die mit dem Auslassende der Kanäle der Katalysatorstruktur in einer Fluidverbindung stehen, wobei die Tragstruktur an ihrem äußeren Umfang an der Wand (**44**) der Reaktionskammer befestigt ist, um die Bewegung entlang der Längsachse zu begrenzen, und an dem Auslassende (**52**) der Katalysatorstruktur positioniert ist und daran anliegt, so dass die Tragstruktur das Auslassende der Katalysatorstruktur im Wesentlichen abdeckt, wobei der ringförmige Raum (**68**) so bemessen ist, dass eine thermische Ausdehnung der Katalysatorstruktur, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, möglich ist, ohne dass eine Kompression oder Verformung der Katalysatorstruktur durch einen Druck gegen die Reaktionskammerwand hervorgerufen wird.

7. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 6, bei dem die Katalysatorstruktur (**26**) und die offenzellige Tragstruktur (**48**), die an der Katalysatorstruktur anliegt, in einer stabilen Position in der Reaktionskammer (**42**) zentriert sind, so dass der ringförmige Raum

(68) zwischen dem äußeren Umfang der Katalysatorstruktur und der inneren Oberfläche der Reaktionskammer um den gesamten Umfang der Katalysatorstruktur im Wesentlichen gleich ist, wobei die Zentrierung mittels zweier oder mehrerer aneinander angepasster radialer Keilnuten und Streben (60, 62) erfolgt, die an der Umfangsfläche der offenzelligen Tragstruktur in der Nähe der inneren Wandoberfläche der Reaktionskammer und/oder an der Umfangsfläche der Katalysatorstruktur angebracht sind, wobei die entsprechende angepasste Keilnut oder Strebe an der inneren Oberfläche der Reaktionskammerwand gegenüber der Keilnut oder Strebe an der Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur angebracht ist, wobei die Strebe in der durch die Keilnut gebildeten Rille in Eingriff ist, um die Katalysatorstruktur festzuhalten, wobei die Tiefe der Rille in der Keilnut und/oder die Höhe der Strebe so bemessen sind, dass eine thermische Ausdehnung oder offenzellige Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, möglich ist und dabei die zentrierte Position der Katalysatorstruktur in der Reaktionskammer aufrechterhalten wird.

8. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 7, bei dem die offenzellige Tragstruktur eine einlassseitige Tragstruktur (144, 178) und eine auslassseitige Tragstruktur (146, 180) umfasst und gegen eine Verformung stabilisiert ist, die durch die axiale Last hervorgerufen wird, die während des Durchgangs des strömenden Reaktionsgasgemisches auf die Fläche der Tragstruktur in einer Richtung parallel zu der Längsachse der Katalysatorstruktur über ein mittiges Tragelement (164, 196) ausgeübt wird, das seinerseits an der Mitte der Stirnfläche der auslassseitigen Tragstruktur befestigt ist und sich hiervon durch die Mitte der Katalysatorstruktur in einer Längsrichtung zur Mitte der Stirnfläche der einlassseitigen Tragstruktur, wo es ebenfalls befestigt ist, erstreckt, wodurch die durch das strömende Reaktionsgasgemisch auf die auslassseitige Tragstruktur ausgeübte Kraft über das mittige Tragelement an die einlassseitige Tragstruktur übertragen wird.

9. Katalytischer Reaktor nach einem der Ansprüche 6 und 7, bei dem eine zusätzliche strukturelle Integrität für die offenzellige Tragstruktur, die sich an den Einlass- und Auslassenden der Katalysatorstruktur befindet, mittels eines festen, hochtemperaturbeständigen Metallbandes (120) geschaffen wird, das an die Umfangsfläche der offenzelligen Tragstruktur geklebt ist, wobei das Metallband eine größere Breite als die Streifen des hochtemperaturbeständigen Metall- oder Keramikwerkstoffs hat, die die Zellenwände der offenzelligen Tragstruktur bilden, und Schlitz besitzt, die in seinen äußeren Umfangsabschnitt geschnitten sind, um eine ausreichende Biegsamkeit in dem Metallband zu schaffen, um die thermische Ausdehnung der dünneren offenzelligen Struktur, die

während der Hochtemperaturreaktion auftritt, zu absorbieren, ohne eine Verformung der offenzelligen Tragstruktur aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung zwischen der offenzelligen Struktur und dem daran geklebten Metallband hervorzurufen.

10. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 1: bei dem die in Längsrichtung angeordneten Kanäle der monolithischen Katalysatorstruktur (26) durch dünne Metallsubstratwände (28, 34) gebildet sind, die sich bei Beaufschlagung mit Wärme, die in der Hochtemperaturreaktion erzeugt wird, ausdehnen; wobei die Tragstruktur eine monolithische offenzellige Tragstruktur (48) umfasst, die in der Reaktionskammer (42) angeordnet ist, wobei die Tragstruktur einen äußeren Umfang und mehrere in Längsrichtung angeordnete Durchlässe (64) besitzt, wobei die Durchlässe durch Streifen aus einem hochtemperaturbeständigen Metall- oder Keramikwerkstoff gebildet sind, wobei die Zellenöffnungen besitzen, die mit dem Auslassende der Kanäle der Katalysatorstruktur in einer Fluidverbindung stehen, wobei die Tragstruktur an ihrem äußeren Umfang an der Wand (44) der Reaktionskammer befestigt ist, um die Bewegung entlang der Längsachse zu begrenzen, und an dem Auslassende (52) der Katalysatorstruktur positioniert ist und daran anliegt, so dass die Tragstruktur das Auslassende der Katalysatorstruktur im Wesentlichen abdeckt; und

wobei der Reaktor ferner mehrere aneinander angepasste Keilnuten und Streben (60, 62) umfasst, die am äußeren Umfang der Tragstruktur in der Nähe der inneren Oberfläche der Wand der Reaktionskammer und/oder an der Umfangsfläche der Katalysatorstruktur angebracht sind, wobei die entsprechende angepasste Keilnut oder Strebe an der inneren Oberfläche der Reaktionskammerwand gegenüber der Keilnut oder Strebe an der Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur angebracht ist, wobei die Strebe in einer in der Keilnut gebildeten Rille angeordnet ist, um die Katalysatorstruktur an einer Umfangsdrehbewegung zu hindern, wobei die Tiefe der Rille in der Keilnut und/oder die Höhe der Strebe so bemessen sind, dass eine thermische Ausdehnung der Tragstruktur und/oder der Katalysatorstruktur, die während einer Hochtemperaturreaktion auftritt, möglich ist, wobei die Katalysatorstruktur und/oder die Tragstruktur in einer radial zentrierten Position in der Reaktionskammer gehalten werden, so dass der ringförmige Raum zwischen dem äußeren Umfang der Katalysatorstruktur und der inneren Oberfläche der Reaktionskammer um den gesamten Umfang der Katalysatorstruktur im Wesentlichen gleich ist.

11. Katalytischer Reaktor nach Anspruch 1, bei dem die in Längsrichtung angeordneten Kanäle der monolithischen Katalysatorstruktur (26) durch dünne Metallsubstratwände (28, 34) gebildet sind, die sich bei Beaufschlagung mit Wärme, die in der Hochtem-

peraturreaktion erzeugt wird, ausdehnen, wobei die Tragstruktur eine monolithische offenzellige Tragstruktur (48) umfasst, die in der Reaktionskammer (42) angeordnet ist, wobei die Tragstruktur einen äußeren Umfang und mehrere in Längsrichtung angeordnete Durchlässe (64) besitzt, wobei die Durchlässe durch Streifen aus einem hochtemperaturbeständigen Metall- oder Keramikwerkstoff gebildet sind, wobei die Zellen Öffnungen besitzen, die mit dem Auslassende der Kanäle der Katalysatorstruktur in einer Fluidverbindung stehen, wobei die Tragstruktur ein hochtemperaturbeständiges metallisches äußeres Band (120) besitzt, das an den Umfang der Tragstruktur geklebt ist, wobei das äußere Band eine Dicke besitzt, die größer als die Dicke der Wände der Zellen ist, wobei das äußere Band Schlitze aufweist, die darin ausgebildet sind, um eine ausreichende Biegsamkeit in dem äußeren metallischen Band zu schaffen, um die thermische Ausdehnung der Wände der Zellen, die während der Hochtemperaturreaktion auftritt, zu absorbieren, ohne eine Verformung der offenzelligen Tragstruktur aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung zwischen der offenzelligen Struktur und dem daran geklebten Metallband hervorzurufen.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

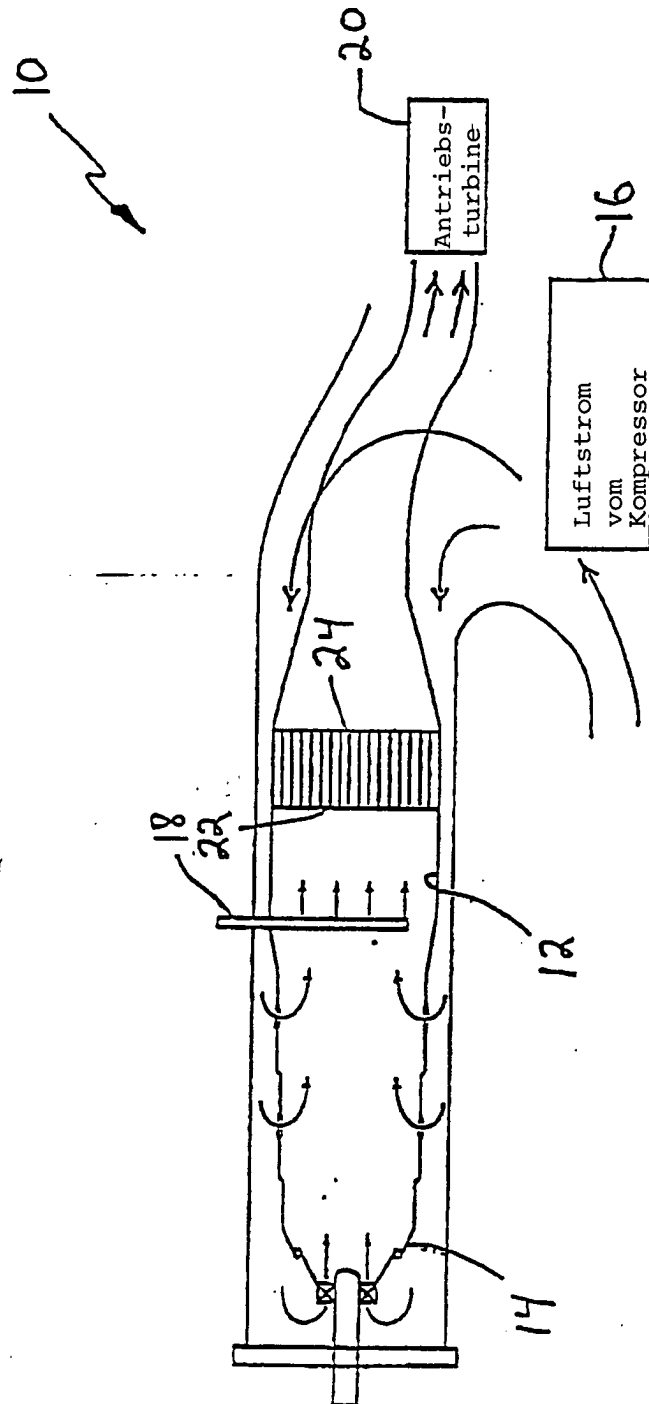


Fig. 1

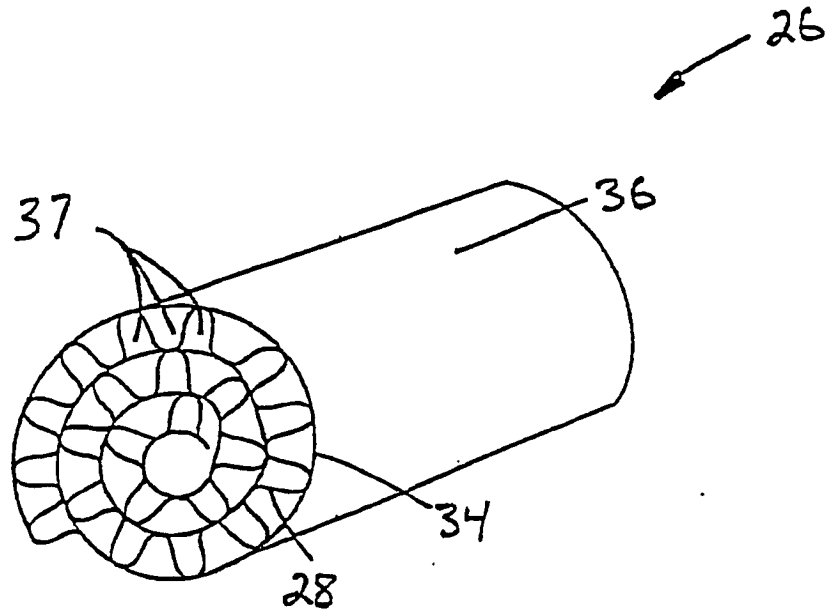


Fig 2 A

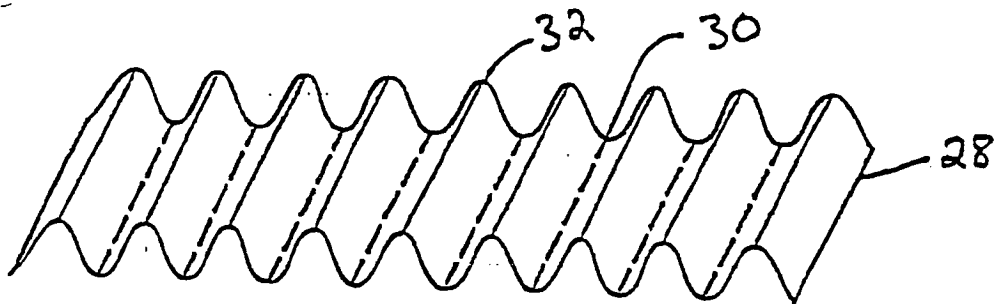


Fig 2 B

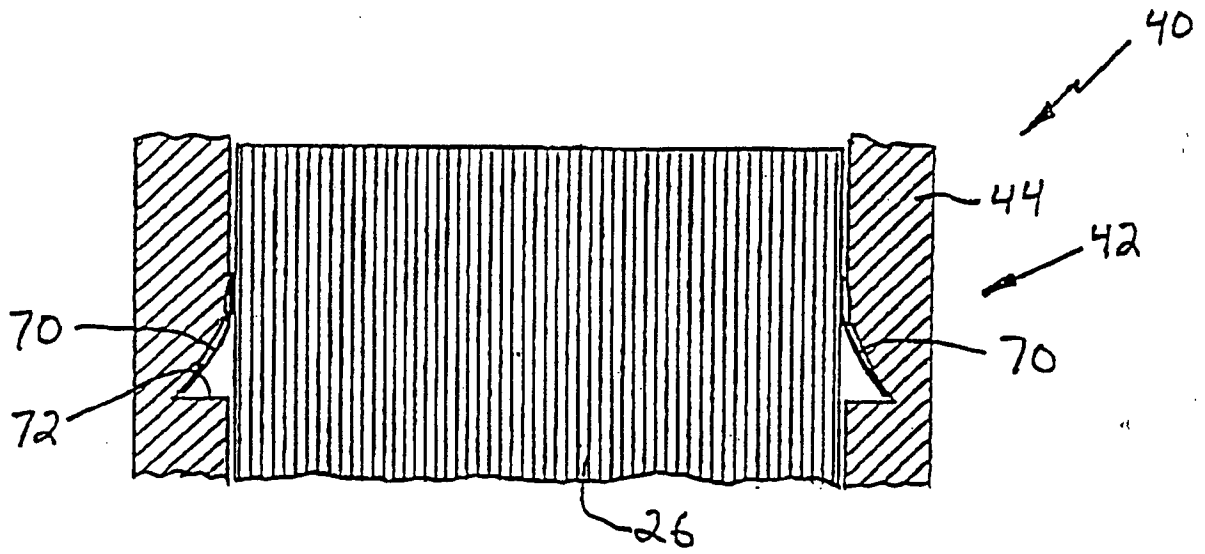


Fig. 5

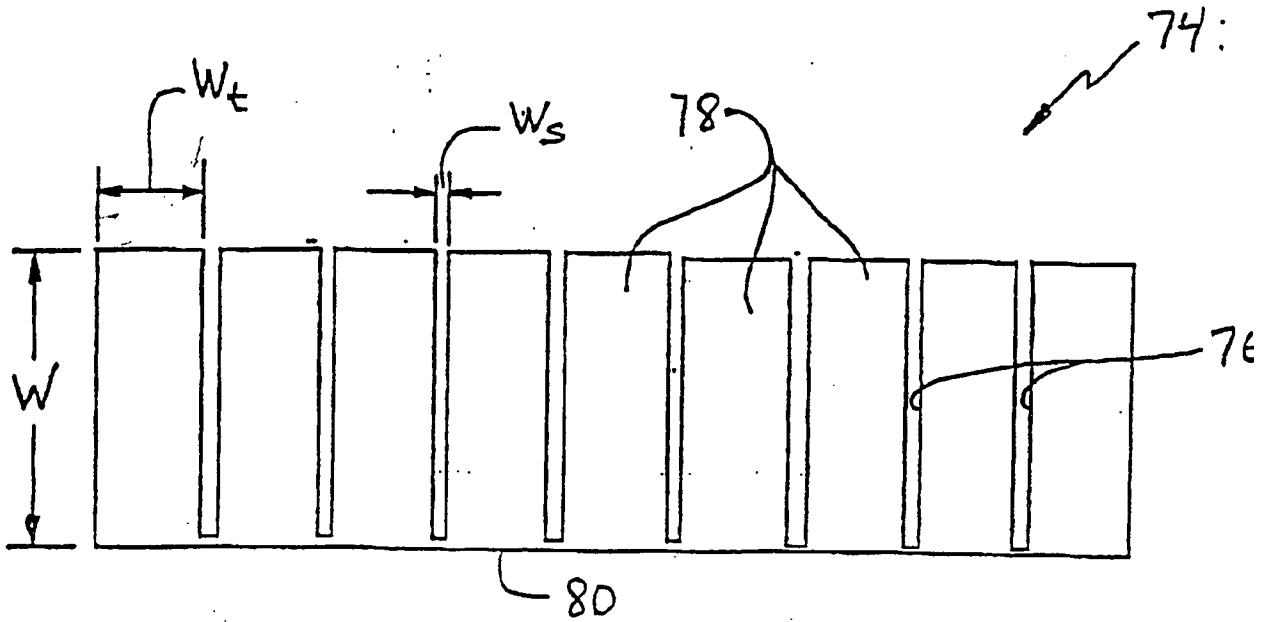


Fig. 6

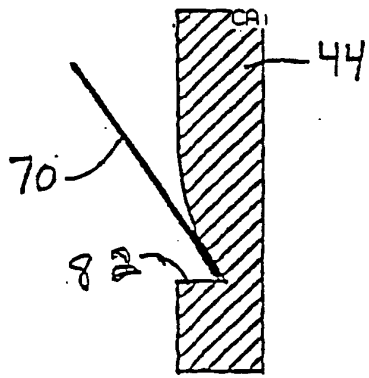


Fig. 7A

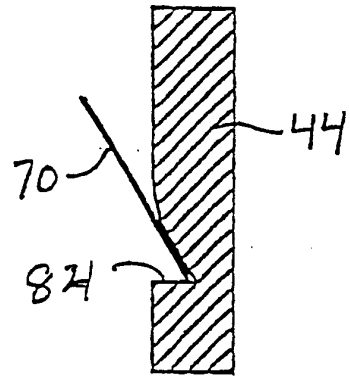


Fig. 7B

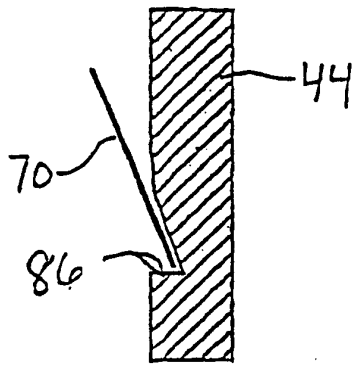


Fig. 7C

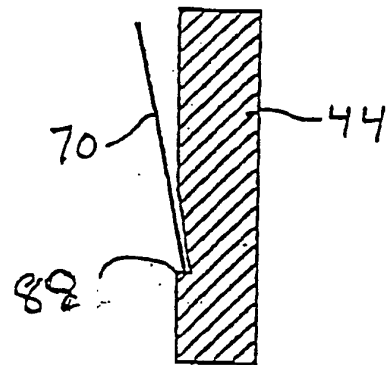


Fig. 7D

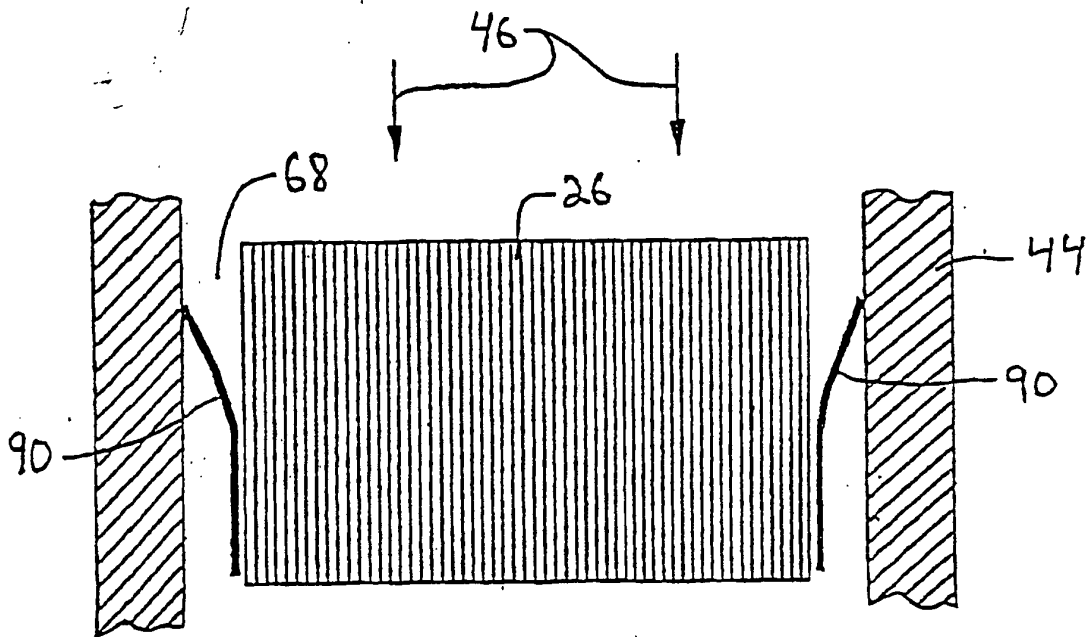


Fig. 8

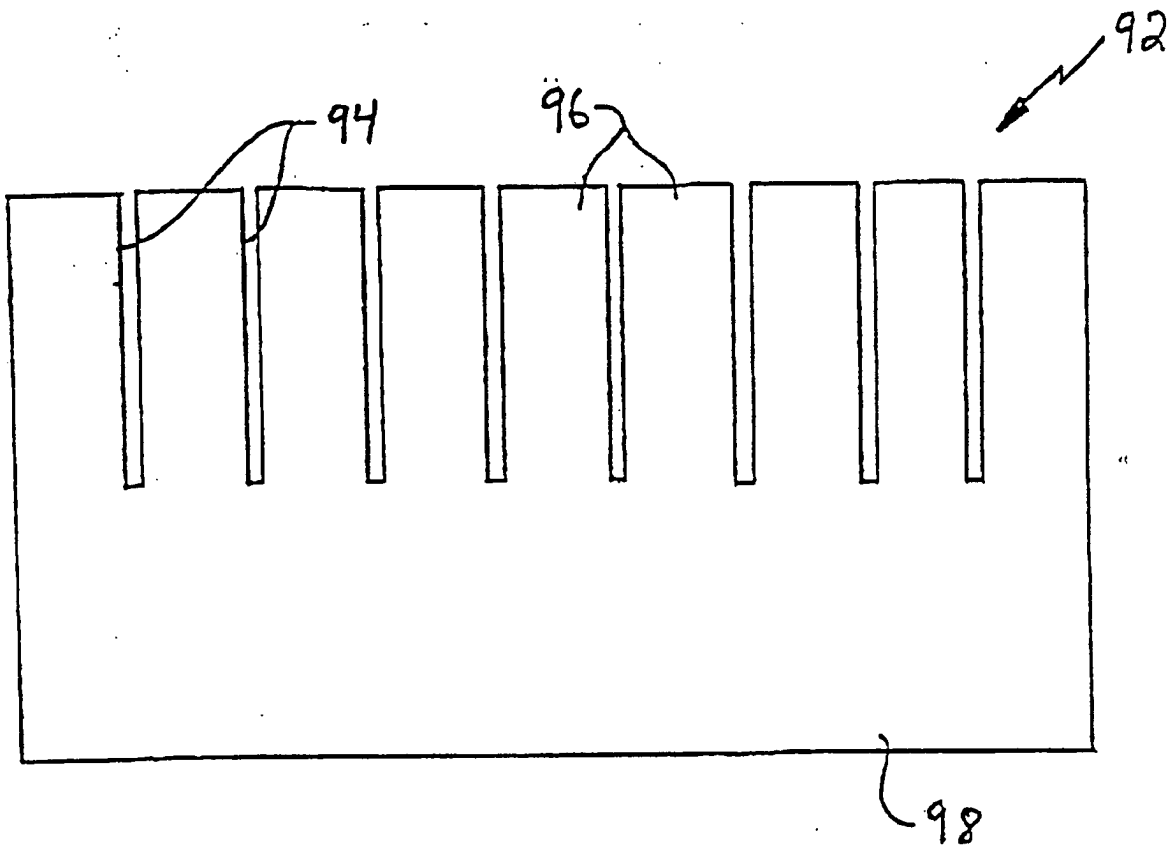


Fig. 9

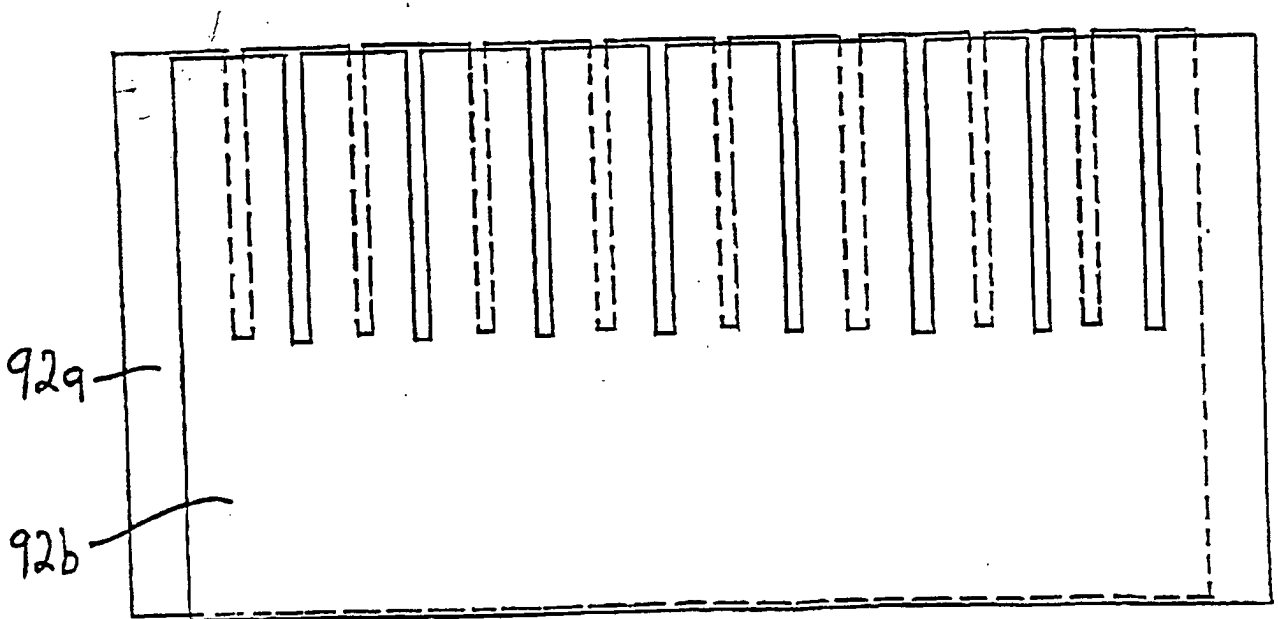


Fig. 10

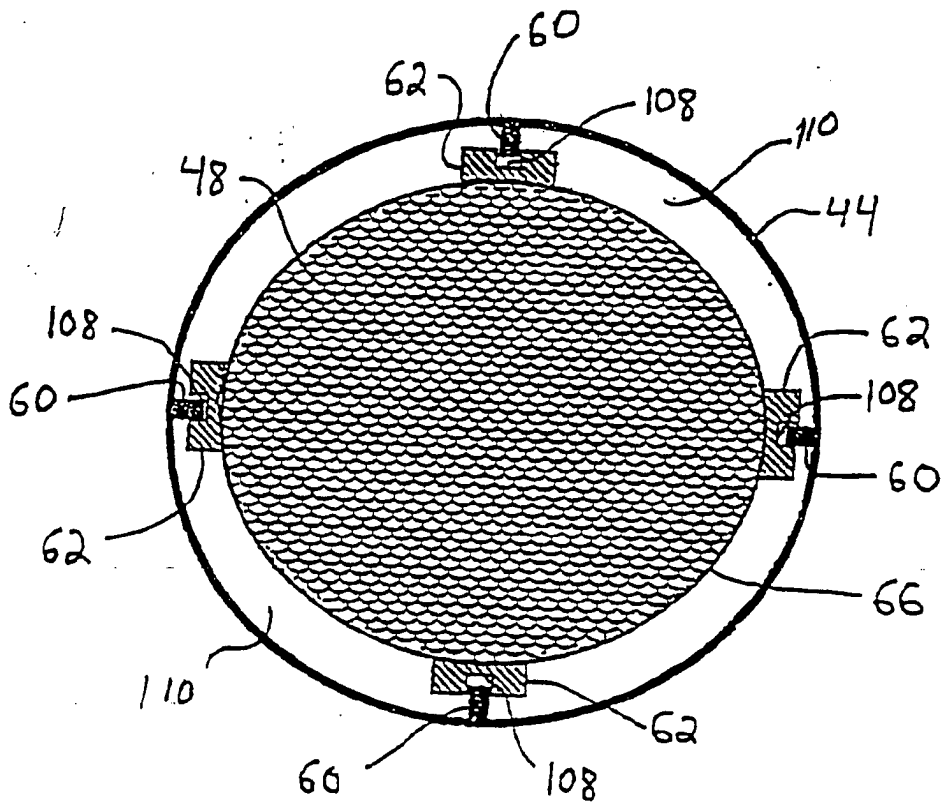
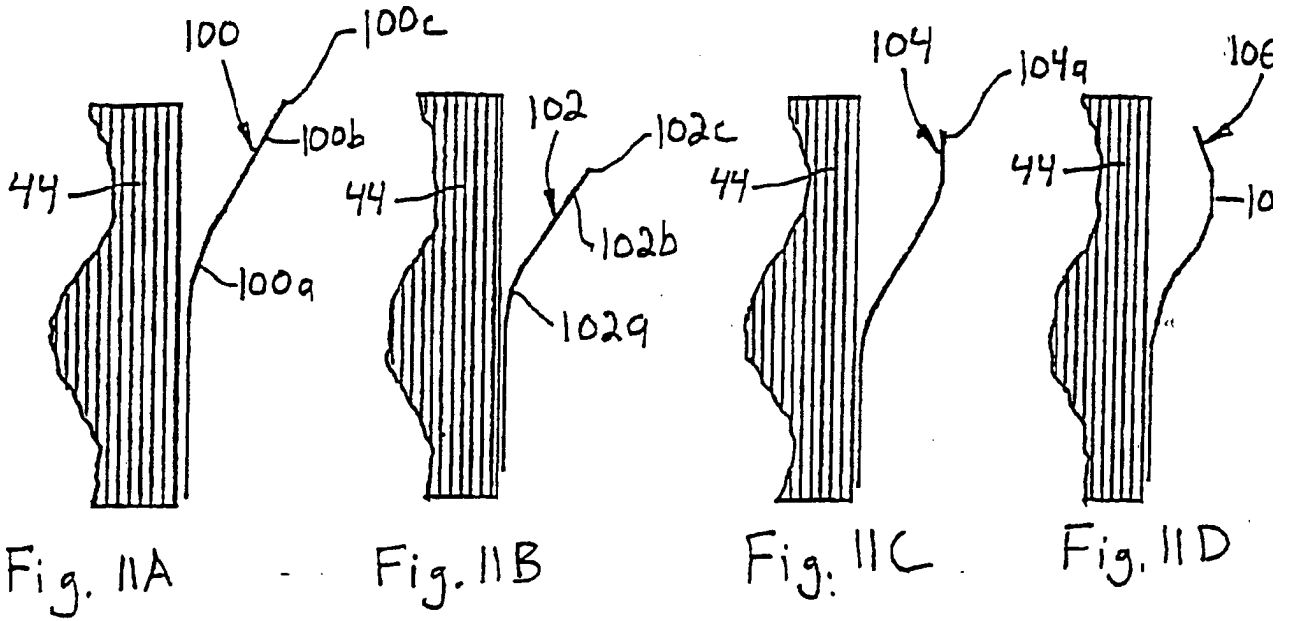


Fig. 12

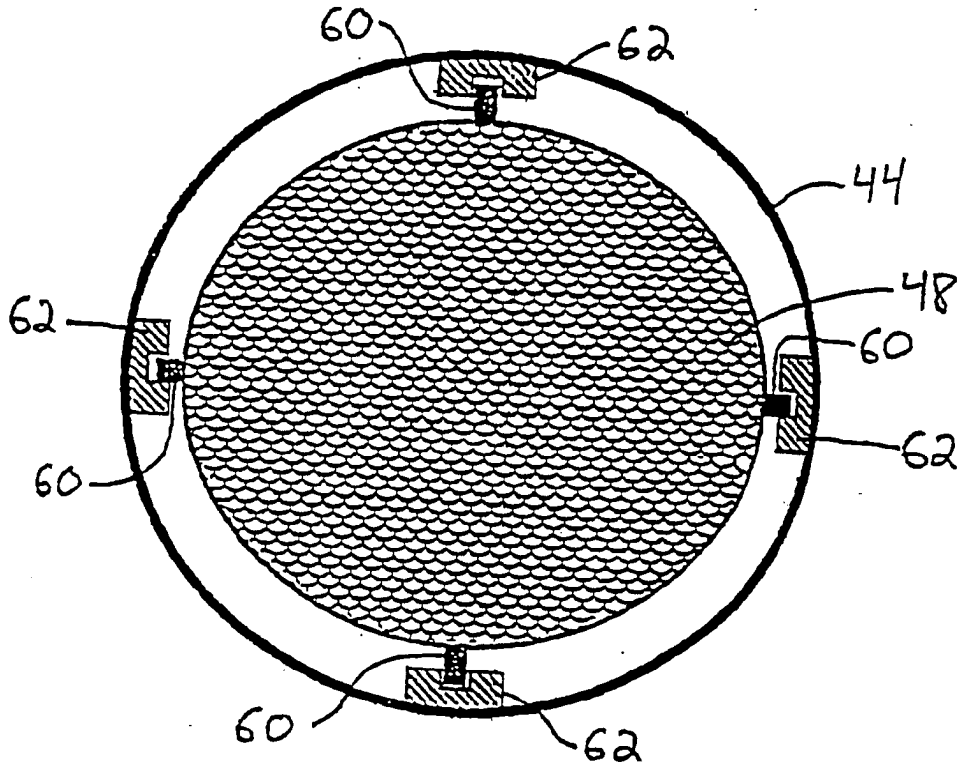


Fig. 13

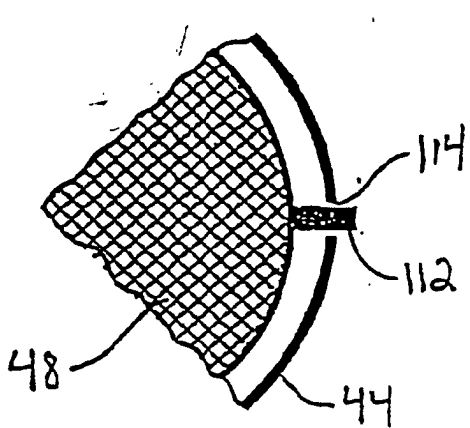


Fig. 14

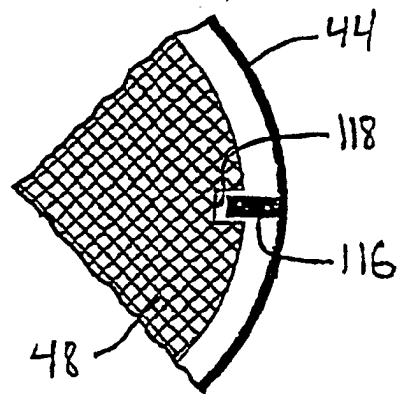


Fig. 15

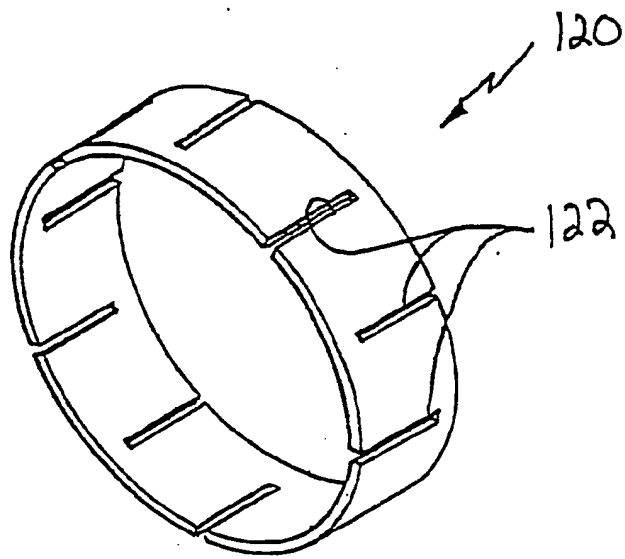


Fig. 16

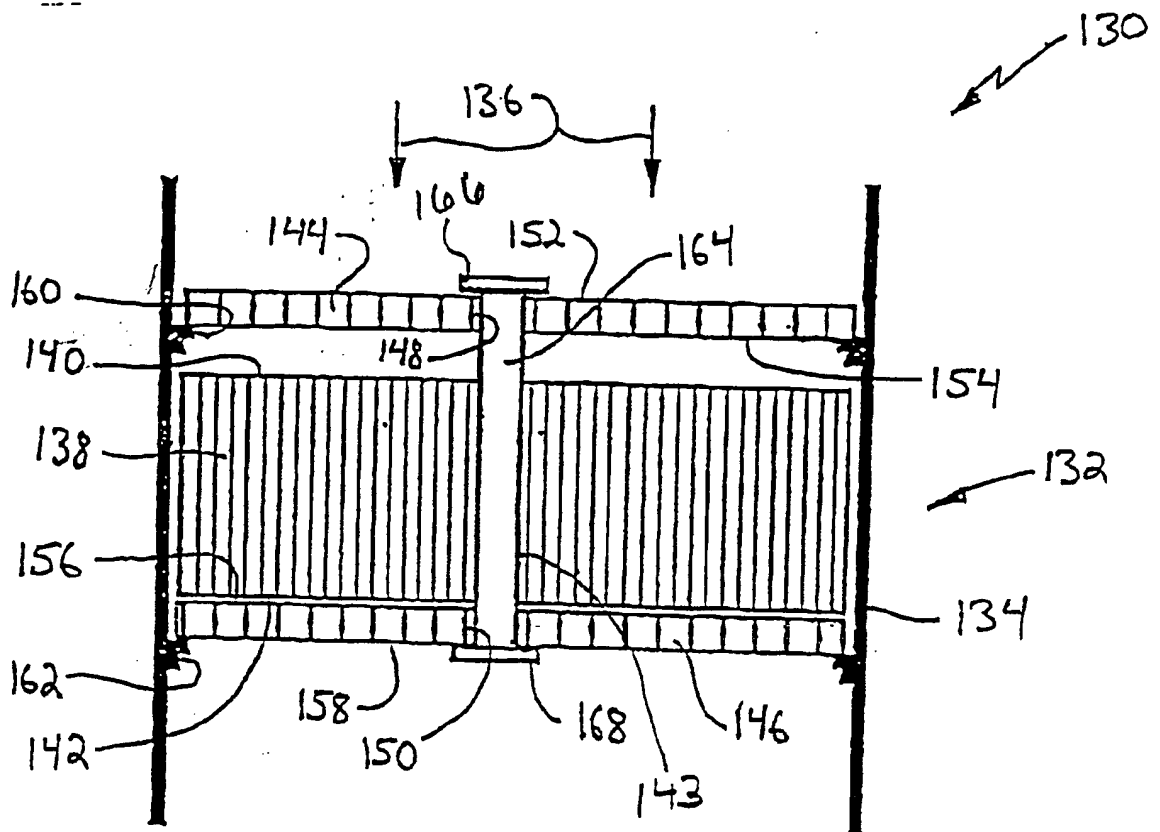


Fig. 17

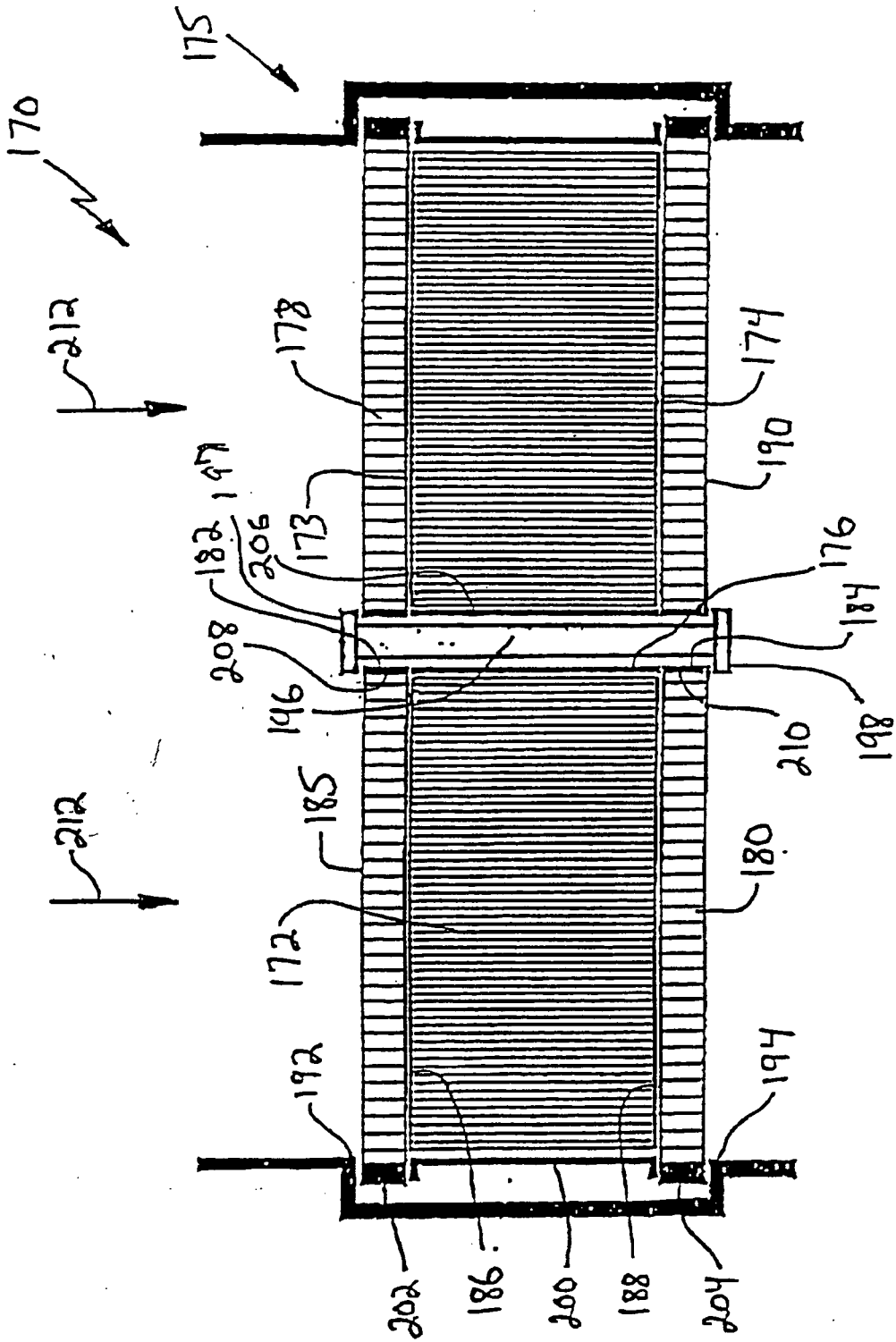


Fig. 18