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

(11) EP 1 251 314 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.10.2002 Patentblatt 2002/43

(51) Int Cl.[7]: **F23R 3/40**

(21) Anmeldenummer: **02405294.6**

(22) Anmeldetag: **12.04.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **18.04.2001 DE 10119035**

(71) Anmelder: **Alstom (Switzerland) Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
- **Griffin, Timothy Dr.,**
  5408 Ennetbaden (CH)
- **Jansohn, Peter Dr.,**
  79790 Kuessaberg (DE)
- **Schmidt, Verena Dr.,**
  5400 Baden (CH)
- **Winkler, Dieter**
  79787 Lauchringen (DE)

(54) Katalytisch arbeitender Brenner

(57) Die Erfindung betrifft einen katalytisch arbeitenden Brenner, insbesondere für eine Gasturbinenanlage, mit einer Katalysator-Struktur (4). Die Katalysator-Struktur (4) weist ein hitzebeständiges Trägermaterial (10) auf, das die Wände mehrerer benachbarter Kanäle (13) bildet. Die Kanäle (13) durchdringen die Katalysator-Struktur (4) in Längsrichtung und ermöglichen eine Durchströmung der Katalysator-Struktur (4) mit einem gasförmigen Reaktionsgemisch. Zumindest ein Teil der Wände ist mit einem Katalysator beschichtet.

Um die katalytische Konversion innerhalb der Katalysator-Struktur (4) zu verbessern, sind zwischen einem Einlassende und einem Auslassende der Katalysator-Struktur (4) Verbindungsöffnung (14) in den Wänden ausgebildet. Durch die Verbindungsöffnungen (14) können benachbarte Kanäle (13) miteinander kommunizieren.

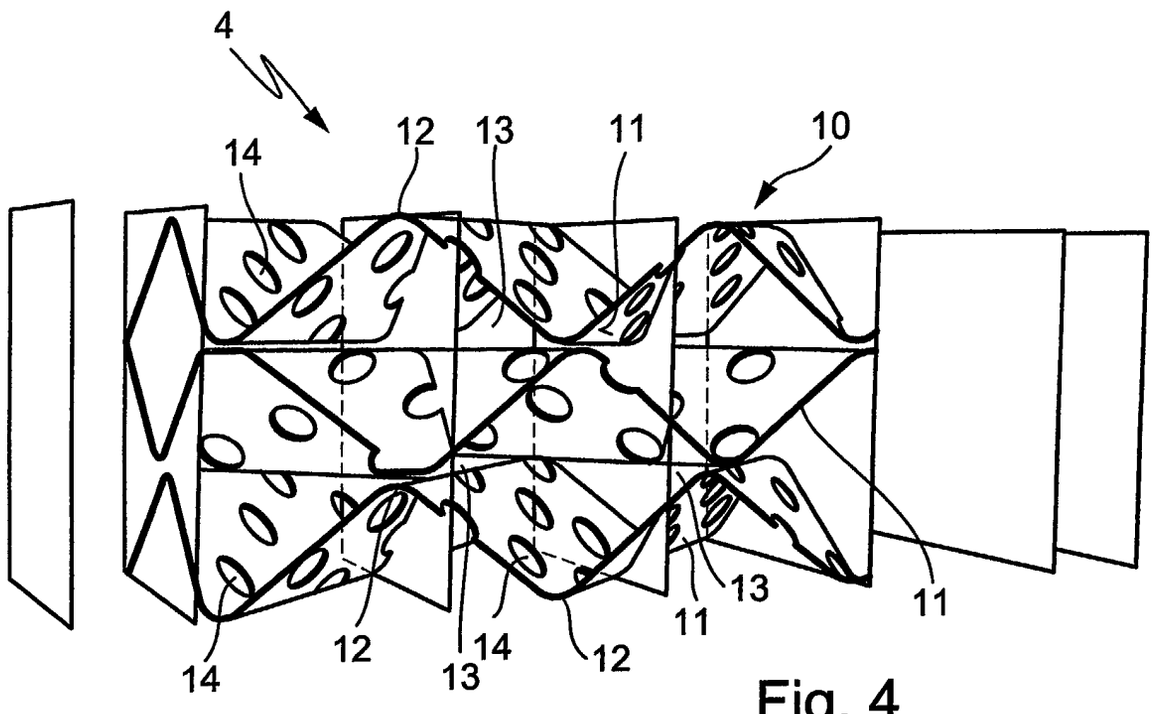


Fig. 4

EP 1 251 314 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen katalytisch arbeitenden Brenner, insbesondere für eine Gasturbinenanlage, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Aus der US 5 512 250 ist eine Katalysator-Struktur bekannt, die ein hitzebeständiges Trägermaterial aufweist, das die gemeinsamen Wände einer Vielzahl benachbarter Kanäle bildet. Diese Kanäle durchdringen die Katalysator-Struktur in Längsrichtung und ermöglichen eine Durchströmung der Katalysator-Struktur mit einem gasförmigen Reaktionsgemisch. Zumindest ein Teil der Wände ist mit einem Katalysator beschichtet. Bei der bekannten Katalysator-Struktur sind einige Kanäle an ihren Innenwänden mit dem Katalysator zumindest teilweise beschichtet, während andere Kanäle an keiner Stelle mit dem Katalysator beschichtet sind. Auf diese Weise werden parallel durchströmte Kanäle geschaffen, von denen die einen katalytisch aktiv und die anderen katalytisch inaktiv oder inert sind. Da in den inerten Kanälen keine Verbrennungsreaktion stattfindet, dienen diese zur Kühlung der aktiven Kanäle, um insgesamt eine Überhitzung der Katalysator-Struktur zu vermeiden.

[0003] Aus der US 5 248 251 ist eine Katalysator-Struktur bekannt, deren Trägermaterial so mit einem Katalysator beschichtet ist, dass sich in Strömungsrichtung ein Gradient für die Reaktivität der Katalysator-Struktur ergibt. Dieser Reaktivitätsgradient ist dabei so ausgebildet, dass die Katalysator-Struktur am Einlass die höchste Aktivität besitzt und an ihrem Auslass die geringste Aktivität aufweist, wobei die Aktivität in Strömungsrichtung kontinuierlich oder schrittweise abnimmt. Durch die hohe katalytische Aktivität am Einlass der Katalysator-Struktur kann die Zündtemperatur für das eingebrachte Reaktionsgemisch gesenkt werden, wodurch der Aufwand für Massnahmen zur Temperaturerhöhung des Reaktionsgemisches stromauf der Katalysator-Struktur geringer wird. Durch den Reaktivitätsgradienten können Temperaturspitzen in der Katalysator-Struktur vermieden werden. Als Trägermaterial wird bei dieser Katalysator-Struktur ein metallischer oder keramischer Monolith verwendet.

[0004] Aus der US 6 015 285 ist eine Katalysator-Struktur bekannt, bei der auf die Katalysatorschicht, die auf das Trägermaterial aufgebracht ist, eine Diffusionssperrschicht aufgebracht ist, um die katalytische Wirkung des Katalysators gezielt zu reduzieren. Auch diese Massnahme soll eine Überhitzung der Katalysator-Struktur verhindern, die insbesondere dann entsteht, wenn die katalytische Reaktion ausreicht, eine homogene Gasphasenreaktion innerhalb der Katalysator-Struktur auszulösen.

[0005] Die US 5 850 731 zeigt einen Brenner für eine Gasturbine mit einer konventionellen ersten Brennzone, einer dieser nachgeschalteten katalytischen zweiten Brennzone und einer dieser nachgeschalteten konventionellen dritten Brennzone. Bei mittleren Lasten des Brenners wird stromauf der katalytischen zweiten Brennzone Kraftstoff in die Abgase der konventionellen ersten Brennzone gemischt, um die Leistung des Brenners zu steigern.

[0006] Aus der WO 99/34911 ist eine strukturierte Packungseinheit bekannt, die in Systemen zur Fluidkontaktierung zum Einsatz kommt. Derartige Systeme sind beispielsweise ein Destillationsturm oder ein Einfach- oder Mehrfachmixer. Die Packungseinheit kann für den Einsatz in einer katalytischen Destilliereinrichtung katalytisch ausgebildet sein. Die Packungseinheit ist aus rechtwinklig gebogenem Blechmaterial aufgebaut und besitzt eine Vielzahl parallel zueinander verlaufender, linearer Kanäle, die einen rechtwinkligen, insbesondere quadratischen Querschnitt aufweisen. In den Kanälen sind Wirbelgeneratoren oder Turbulatoren angeordnet, die eine Verwirbelung der Strömung bewirken. Diese Wirbelgeneratoren bilden Öffnungen zwischen benachbarten Kanälen und ermöglichen dadurch eine fluidische Verbindung zwischen den Kanälen. Auf diese Weise kommt es auch zu einer Strömungsmischung zwischen benachbarten Kanälen. Bei einer besonderen Ausführungsform dieser Packungseinheit können die Kanäle auch durch ein poröses Material aus Metallfasern (Fasergewebe) gebildet sein und mit einem Katalysator beschichtet sein. Durch das Fasergewebe besitzt die Katalysatorschicht eine sehr große Oberfläche, wodurch dessen Aktivität erhöht wird. Durch die Integration eines Katalysators in die Pakkungseinheit kann z.B. nach einer Destillation und nach einer Durchmischung der einzelnen Fluide, insbesondere einer Flüssigkeit und eines Gases, eine chemische Reaktion im Gemisch ablaufen bzw. iniziiert werden.

[0007] Aus der WO 99/62629 ist eine weitere strukturierte Packungseinheit bekannt, bei der die Kanäle aus einem porösen Material gebildet sind, wobei dieses poröse Material Turbulatoren oder Turbulenzgeneratoren aufweist, die im wesentlichen an der gesamten Oberfläche der Packungseinheit eine Flüssigkeitsströmung durch die Poren des porösen Materials ermöglichen.

[0008] Katalytisch arbeitende Brenner mit einer Katalysator-Struktur kommen beispielsweise bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, z.B. Methangas, zum Einsatz, insbesondere dann, wenn minimale NO_x-Emissionen erreicht werden sollen. Katalytisch arbeitende Brenner können dabei einen Bestandteil einer Gasturbinenanlage bilden und dienen dort zur Erzeugung heißer Verbrennungsabgase, mit denen eine Turbine zum Antrieb eines Generators beaufschlagt wird.

[0009] Die Hauptprobleme bei dieser Art der katalytischen Verbrennung sind einerseits in der relativ hohen Zündtemperatur des gasförmigen Reaktionsgemischs,

z.B. ein Kraftstoff/Luft-Gemisch, zu sehen. Um diese hohe Zündtemperatur zu erreichen, kann im Einlassbereich der Katalysator-Struktur ein Katalysator mit hoher Aktivität angeordnet werden. Alternativ dazu kann die Temperatur des Reaktionsgemischs stromauf der Katalysator-Struktur, z.B. mit einem Zusatzbrenner, angehoben werden. Andererseits besteht die Gefahr einer Überhitzung der Katalysator-Struktur, insbesondere dann, wenn sich noch innerhalb der Katalysator-Struktur eine homogene Gasphasenreaktion ausbildet. Unter einer "homogen Gasphasenreaktion" wird hierbei die selbständig ablaufende Verbrennungsreaktion des Reaktionsgemischs verstanden, die zu ihrem Ablauf keinen Katalysator mehr benötigt. Ein weiteres Problem beim Betrieb eines katalytisch arbeitenden Brenners wird darin gesehen, dass in einer sogenannten "Ausbrennzone", die stromab der Katalysator-Struktur angeordnet ist, nur eine unzureichende Turbulenz in der Strömung des Reaktionsgemischs herrscht, so dass eine hinreichende Verbrennung sowie minimale CO-Emissionen innerhalb einer angemessenen Verweildauer in dieser Ausbrennzone nur mit einer relativ großen bzw. langen Ausbrennzone realisierbar sind. Weitere Probleme können sich dadurch ergeben, dass in den einzelnen Kanälen der Katalysator-Struktur die katalytischen Reaktionen bzw. Konversionen unterschiedlich ablaufen, so dass am Auslass der Katalysator-Struktur im ausströmenden Gemisch kein homogener Reaktionszustand entlang des Strömungsquerschnitts herrscht.

Darstellung der Erfindung

[0010] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit dem Problem, für einen katalytisch arbeitenden Brenner der eingangs genannten Art eine Ausführungsform anzugeben, die eine verbesserte katalytische Verbrennung ermöglicht.

[0011] Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch eine Katalysator-Struktur mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0012] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, benachbarte Kanäle der Katalysator-Struktur durch Verbindungsöffnungen miteinander zu verbinden, so dass ein Strömungsaustausch zwischen diesen Kanälen ermöglicht wird. Durch diese Massnahme wird eine Vermischung der Gasströmungen der einzelnen Kanäle ermöglicht, mit der Folge, dass sich gegebenenfalls ausbildende unterschiedliche Reaktionszustände innerhalb der Kanäle über dem Querschnitt der Katalysator-Struktur ausgleichen, so dass am Auslass der Katalysator-Struktur ein relativ homogener Reaktionszustand über dem gesamten Strömungsquerschnitt vorliegt. Durch diese Verbesserung kann eine sich an die Katalysator-Struktur anschliessende Ausbrennzone kürzer ausgestaltet werden.

[0013] Bei einer Weiterbildung des Brenners können wenigstens einer der Verbindungsöffnungen Strömungsleitmittel zugeordnet sein, die zumindest einen Teil der Strömung eines Kanals in einen durch die Verbindungsöffnung damit kommunizierenden benachbarten Kanal umleiten. Diese Strömungsleitmittel unterstützen somit den Strömungsaustausch zwischen den durch die Verbindungsöffnung miteinander verbundenen Kanälen.

[0014] Bei einer anderen Ausführungsform kann im Bereich wenigstens einer der Verbindungsöffnungen ein Turbulator angeordnet sein. Ein derartiger Turbulator regt eine damit in Kontakt kommende Strömung zur Wirbelerzeugung an, wodurch sich stromab des Turbulators Turbulenzen in der Strömung ausbilden. Auf diese Weise erhält die Strömungsrichtung des Reaktionsgemischs Richtungskomponenten, die quer zur Längsrichtung der Katalysator-Struktur bzw. quer zur Längserstreckung der Kanäle gerichtet sind. Hierdurch wird ein Strömungsaustausch zwischen den Kanälen durch die Verbindungsöffnungen unterstützt.

[0015] Vorzugsweise können die Strömungsleitmittel der Verbindungsöffnungen als Turbulatoren ausgebildet sein.

[0016] Ein Strömungsaustausch durch die Verbindungsöffnungen kann auch dadurch verbessert werden, dass die Kanäle zumindest teilweise einen gewundenen Strömungsweg durch die Katalysator-Struktur bilden.

[0017] Entsprechend einer weiteren Ausführungsform kann die Beschichtung der Wände mit dem Katalysator so ausgeführt sein, dass einige der Kanäle katalytisch aktiv sind, während andere Kanäle katalytisch inaktiv oder inert sind. Durch diese Massnahme wird eine Überhitzung der katalytisch aktiven Wände vermieden.

[0018] Von besonderem Vorteil ist es, die Beschichtung der Wände mit dem Katalysator so auszuführen, dass zumindest einige der Kanäle in Strömungsrichtung mindestens eine katalytisch aktive Zone und mindestens eine katalytisch inaktive oder inerte Zone aufweisen. Durch diese Massnahme kann beispielsweise der Reaktionszustand des Reaktionsgemischs, z.B. einer Kraftstoff/Luft-Mischung, entlang der Katalysator-Struktur kontrolliert werden. Die Verbrennungsreaktion kann dadurch einen höheren Wirkungsgrad erreichen.

[0019] Eine besondere Ausführungsform ergibt sich dadurch, dass die Beschichtung der Wände mit dem Katalysator so ausgeführt ist, dass zumindest einige der Kanäle in Strömungsrichtung mehrere aktive Zonen aufweisen, deren Aktivitäten unterschiedlich ausgebildet sind. Auch diese Massnahme ermöglicht eine gezielte Einstellung der gewünschten Reaktionszustände entlang der Katalysator-Struktur.

[0020] Entsprechend einer besonderen Ausführungsform kann zumindest ein Teil des mit dem Katalysator beschichteten Trägermaterials aus einem porösen Werkstoff bestehen. Bei dieser Ausführungsform besitzt der Katalysator eine relativ große Oberfläche und kann dadurch besonders aktiv ausgebildet werden. Dies hat zur Folge, dass die Zündtemperatur des Reaktionsge-

mischs abnimmt. Hierbei ist es außerdem möglich, die Poren des porösen Werkstoffes so zu gestalten, dass diese Poren als Verbindungsöffnungen zwischen benachbarten Kanälen dienen.

[0021] Eine besonders hohe katalytische Aktivität kann dann erzielt werden, wenn zumindest ein Teil des mit dem Katalysator beschichteten Trägermaterials aus einem Fasergewebe besteht. Ein derartiges Fasergewebe besitzt eine besonders große Oberfläche, die mit einem Katalysator versehen eine niedrige Zündtemperatur für das Reaktionsgemisch ergibt. Ausführungsformen eines solchen Fasergewebes sind beispielsweise in der obengenannten WO 99/62629 beschrieben und sind durch diese Bezugnahme von der vorliegenden Erfindung umfaßt.

[0022] Ein besonderer Vorteil eines aus einem Fasergewebe gebildeten Trägermaterials besteht in der Kombination einer geringen Wärmespeicherfähigkeit in Verbindung mit einer guten Wärmeleitfähigkeit. Aufgrund dieser Merkmale stellt sich am Trägermaterial eine gleichmäßige Temperaturverteilung ein, die beispielsweise Temperaturspitzen vermeidet. Ähnliche Vorteile sind erzielbar, wenn anstelle eines Fasergewebes eine relativ dünne Metallfolie als Trägermaterial verwendet wird.

[0023] Damit sich innerhalb der Katalysator-Struktur keine homogene Gasphasenreaktion ausbildet, darf die Verweildauer des Reaktionsgemischs in der Katalysator-Struktur einen Höchstwert nicht überschreiten. Dies bedeutet, dass im Mittel eine bestimmte Strömungsgeschwindigkeit herrschen muss, die sich aus dem Druckverlust bei der Durchströmung der Katalysator-Struktur ergibt. Um diesen Druckverlust zu beeinflussen, können bei einer Weiterbildung die in den Kanälen angeordneten Turbulatoren entlang der Katalysator-Struktur so verteilt sein, dass die Katalysator-Struktur in Strömungsrichtung zumindest eine mit den Turbulatoren ausgestattete Zone sowie mindestens eine nicht mit den Turbulatoren ausgestattete Zone aufweist.

[0024] Vorzugsweise soll eine der zumindest einen mit den Turbulatoren ausgestatteten Zonen das Auslassende der Katalysator-Struktur aufweisen. Durch diese Massnahme wird gewährleistet, dass am Auslass der Katalysator-Struktur, also beim Übergang in die Ausbrennzone des Brenners eine starke Vermischung der aus den einzelnen Kanälen austretenden Teilströme erzielt wird. Diese starke Vermischung unterstützt die Entstehung der homogenen Gasphasenreaktion und reduziert die Strömungsgeschwindigkeit, wodurch sich die Verweildauer in der Ausbrennzone erhöht. Dies ist zur Erzielung einer kurzen Bauweise für die Ausbrennzone erwünscht.

[0025] Vorzugsweise ist die das Auslassende aufweisende Zone der Katalysator-Struktur katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet, um an dieser Stelle der Katalysator-Struktur eine Überhitzung zu vermeiden.

[0026] Bei einer Weiterbildung soll eine der zumindest einen mit den Turbulatoren ausgestatteten Zonen das Einlassende der Katalysator-Struktur aufweisen, um so gleich am Anfang der Katalysator-Struktur eine Durchmischung der Kanalströmungen zu unterstützen. Bevorzugt wird hierbei eine Ausführungsform, bei der diese Zone katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet ist. Hierdurch arbeitet diese Anfangszone der Katalysator-Struktur wie ein statischer Mischer zur intensiven Vermischung der einzelnen Komponenten des Reaktionsgemischs, z.B. Kraftstoff und Luft. Dementsprechend kann beim erfindungsgemäßen Brenner ein herkömmlicher statischer Mischer entfallen oder kleiner dimensioniert werden.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Brenners kann eine das Einlassende aufweisende Zone der Katalysator-Struktur mit Turbulatoren ausgestattet und katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet sein, wobei in einem Bereich zwischen Einlassende und Auslassende der Katalysator-Struktur mindestens eine katalytisch aktive Zone ausgebildet ist und wobei eine das Auslassende aufweisende Zone der Katalysator-Struktur mit Turbulatoren ausgestattet und katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet ist. Durch diese Merkmalskombination wird in der Einlasszone ein homogenes Reaktionsgemisch hergestellt, wobei auch hier die Einlasszone wie ein statischer Mischer arbeitet. Stromab dieser Einlasszone erfolgt dann die katalytische Reaktion, um die Gemischverbrennung gezielt zu starten. In der Auslasszone erfolgt dann nochmals eine intensive Durchmischung der bereits brennenden bzw. reagierenden Teilströmungen der einzelnen Kanäle, um die homogene Gasphasenreaktion in der Ausbrennkammer vorzubereiten. Hier wird besonders deutlich, dass der Katalysator-Struktur nicht nur die eigentliche Katalysator-Funktion zukommt, sondern zusätzlich die Funktion eines statischen Mischers am Einlass sowie die Funktion eines Mischers oder Turbulators am Auslass, um die homogene Gasphasenreaktion in der Ausbrennkammer zu verbessern, wodurch deren Baulänge reduziert werden kann.

[0028] Bei einer anderen alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brenners kann eine das Einlassende aufweisende Zone der Katalysator-Struktur mit Turbulatoren ausgestattet und katalytisch hoch aktiv ausgebildet sein, wobei in einem Bereich zwischen Einlassende und Auslassende der Katalysator-Struktur eine ohne Turbulatoren ausgestattete Zone katalytisch aktiv ausgebildet ist, wobei eine das Auslassende aufweisende Zone der Katalysator-Struktur mit Turbulatoren ausgestattet ist. Bei dieser Ausführungsform wird die Verbrennungsreaktion des eintretenden Reaktionsgemischs schon am Einlass gestartet, wobei der hoch aktive Katalysator niedrige Zündtemperaturen ermöglicht. Da im stromab nachfolgenden Bereich keine Turbulatoren angeordnet sind, ergibt sich dort ein relativ niedriger Druckverlust, so dass relativ hohe Strömungsgeschwindigkeiten herrschen. Diese Massnahme reduziert das Risiko, dass sich noch innerhalb der Katalysator-Struktur die homogene Gasphasenreaktion entzün-

det. In der Auslasszone wird auch hier wieder eine intensive Durchmischung der austretende Einzelströme erzielt, um die Ausbildung der homogenen Gasphasenreaktion zu verbessern.

[0029] Das der Erfindung zugrundeliegende Problem wird auch durch eine Verwendung gemäß Anspruch 24 gelöst.

[0030] Die Erfindung beruht hierbei auf der Erkenntnis, dass es bei entsprechenden Anpassungen, insbesondere hinsichtlich der Materialauswahl sowie der Katalysatorauswahl, möglich ist, eine Struktur, wie sie grundsätzlich z.B. aus den obengenannten WO 99/62629 und WO 99/34911 bekannt ist, in einem katalytisch arbeitenden Brenner, insbesondere für eine Gasturbinenanlage, als Katalysator-Struktur zu verwenden.

[0031] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0032] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 eine stark vereinfachte Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäßen Brenners bei einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch bei einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 3 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch bei einer dritten Ausführungsform,

Fig. 4 eine Ansicht auf einen Ausschnitt einer Katalysator-Struktur nach der Erfindung bei einer ersten Ausführungsform,

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht auf einen Ausschnitt der Katalysator-Struktur, jedoch bei einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 6 eine Ansicht wie in Fig. 4, jedoch bei einer dritten Ausführungsform,

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht auf einen Bestandteil der Katalysator-Struktur,

Fig. 8 eine Ansicht wie in Fig. 7, jedoch bei einer anderen Ausführungsform, und

Fig. 9 eine Ansicht wie in Fig. 7, jedoch bei einer weiteren Ausführungsform.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0033] Entsprechend den Fig. 1 bis 3 weist ein erfindungsgemäßer Brenner 1 eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung 2 auf, die einen Kraftstoff in eine zugeführte, ein Oxidationsmittel enthaltende Gasströmung 3 einspritzt. Die hier durch einen Pfeil symbolisierte Gasströmung 3 kann beispielsweise durch eine Luftströmung gebildet sein. Als Kraftstoff kann auch Methan eingespritzt werden. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 2 kann hier als sogenannter "Venturi-Injektor" ausgebildet sein.

[0034] Stromab der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 2 enthält der Brenner 1 eine Katalysator-Struktur 4, die hier durch einen rechteckigen Rahmen symbolisiert ist. Diese Katalysator-Struktur 4 ist von dem Kraftstoff/Gas-Gemisch oder Reaktionsgemisch durchströmbar, wobei im Inneren der Katalysator-Struktur 4 ein Katalysator angeordnet ist, der eine Verbrennungsreaktion des Reaktionsgemisches initiiert. Stromab der Katalysator-Struktur 4 ist im Brenner 1 eine Stabilisierungszone 5 angeordnet, die hier durch eine sprunghafte Querschnittszunahme des Brenners 1 symbolisiert ist. Diese Stabilisierungszone 5 geht in eine Ausbrennzone 6 über, in welcher die eigentliche Verbrennungsreaktion des Reaktionsgemisches, nämlich die homogene Gasphasenreaktion stattfindet. Sofern der Brenner 1 einen Bestandteil einer im übrigen nicht gezeigten Gasturbinenanlage bildet, können die in der Ausbrennzone 6 durch die homogene Gasphasenreaktion gebildeten heißen Verbrennungsabgase einer nachgeschalteten Turbine zugeführt werden. Da der Brenner 1 die Verbrennungsreaktion mittels der Katalysator-Struktur 4 initiiert und/oder stabilisiert, arbeitet der Brenner 1 katalytisch.

[0035] Die Katalysator-Struktur 4 besitzt ein Einlassende 7 sowie ein Auslassende 8 und kann entsprechend den Fig. 2 und 3 in mehrere, in Strömungsrichtung aufeinanderfolgende Zonen 9 unterteilt bzw. gegliedert sein. Dabei umfaßt eine Einlasszone 9_{I} das Einlassende 7, während eine Auslasszone 9_{III} das Auslassende 8 enthält. Zwischen Einlassende 7 und Auslassende 8 ist eine mittlere Zone 9_{II} ausgebildet, die ihrerseits in mehrere Teilzonen 9_{IIa} bis 9_{IIc} bzw. 9_{IId} unterteilt sein kann. Die Art und Anzahl der Unterteilungen ist hierbei rein exemplarisch und ohne Beschränkung der Allgemeinheit wiedergegeben.

[0036] Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt auf die Katalysator-Struktur 4, wobei die Blickrichtung parallel zu einer Anströmrichtung verläuft, mit der das Reaktionsgemisch in die Katalysator-Struktur 4 eintritt. Entsprechend Fig. 4 besteht ein Trägermaterial 10, aus welchem die Katalysator-Struktur 4 aufgebaut ist, aus mehreren Lagen einer Materialbahn 11. In dem in Fig. 4 gezeigten Ausschnitt sind drei solche Lagen aus Materialbahnen 11 dargestellt. Die Materialbahnen 11 sind hier jeweils zick-zack-förmig gefaltet, wobei Scheitellinien 12 der einzelnen Falten bei solchen Materialbahnen 11, die quer zur Strömungsrichtung, entsprechend Fig. 4 in

vertikaler Richtung, benachbart sind, unterschiedlich ausgerichtet sind. In Fig. 4 sind die Scheitellinien 12 der oberen und der unteren Materialbahnen 11 so orientiert, dass sie sich von einer vertikalen Achse in Blickrichtung nach rechts entfernen. Im Unterschied dazu sind die Scheitellinien 12 der mittleren Materialbahn 11 so orientiert, dass sie sich von einer vertikalen Achse in Blickrichtung nach links entfernen. Die in der vertikalen Achse benachbarten Materialbahnen 11 liegen an den sich schneidenden Scheitellinien 12 aneinander an. Zwischen aneinander anliegenden Lagen 11 sind mehr oder weniger stark gewundene Kanäle 13 ausgebildet, welche die Durchströmung der Katalysator-Struktur 4 ermöglichen. Die Materialbahnen 11 bilden dabei die Wände dieser Kanäle 13.

[0037] Entsprechend der Erfindung sind in diesen Wänden Verbindungsöffnungen 14 vorgesehen, durch die benachbarte Kanäle 13 miteinander kommunizieren. Durch diese Verbindungsöffnungen 14 kann somit eine Durchmischung der in den einzelnen Kanälen 13 geführten Strömungen stattfinden. Unterschiedliche Konversionsgrade oder Reaktionszustände, die sich in den verschiedenen Kanälen 13 ausbilden können, werden durch den Strömungsaustausch zwischen den Kanälen 13 im wesentlichen ausgeglichen. Die durch die spezielle Ausbildung der Kanäle 13 hergestellten gewundenen Strömungswege durch die Katalysator-Struktur 4 unterstützt dabei den Strömungsaustausch durch die Verbindungsöffnungen 14.

[0038] In Fig. 5 ist ein größerer Ausschnitt der Katalysator-Struktur 4 wiedergegeben, dessen Trägermaterial 10 ebenfalls aus mehreren Lagen der Materialbahnen11 aufgebaut ist. In Fig. 5 ist jedoch nur ein Ausschnitt mit vier Materialbahnen 11 wiedergegeben. In Fig. 5 ist eine Anströmrichtung 15, die in Fig. 4 mit der Blickrichtung zusammenfällt, durch einen Pfeil dargestellt. Die Scheitellinien 12 schneiden bei der hier dargestellten speziellen Ausführungsform die Anströmrichtung 15 mit einem Winkel von etwa 45°. Die aneinander angrenzenden Scheitellinien 12 benachbarter Materialbahnen 11 stehen dann etwa senkrecht aufeinander.

[0039] Anstelle von zick-zack-förmig gefalteten Materialbahnen 11 können für die Lagen auch dreieckförmig oder rechteckförmig gefaltete oder gewellte Materialbahnen verwendet werden.

[0040] Fig. 6 zeigt ebenfalls einen Ausschnitt der Katalysator-Struktur 4, bei dem das Trägermaterial 10 im Unterschied zu den Ausführungsformen der Fig. 4 und 5 nicht aus mehreren Materialbahnen, sondern aus einer, mehrfach gefalteten Materialbahn 16 besteht. Die Scheitellinien 12 der Falten dieser Materialbahn 16 können dabei z.B. in Längsrichtung der Katalysator-Struktur 4 verlaufen, insbesondere parallel zur Anströmrichtung 15. Zwischen aufeinanderfolgenden Scheitellinien 12 besitzt die Materialbahn 16 ebene Bereiche, die ebene Wandabschnitte 17 bilden, die parallel zueinander verlaufen. Zwischen benachbarten Wandabschnitten 17 sind die Kanäle 13 ausgebildet. In diesen ebenen Wandabschnitten 17 sind die Verbindungsöffnungen 14 ausgebildet, durch welche die benachbarten Kanäle 13 miteinander kommunizieren.

[0041] Als Werkstoff für die Materialbahn 16 gemäß Fig. 6 oder für die Materialbahnen 11 gemäß den Fig. 4 und 5 kann beispielsweise ein auf metallischen Fasern aufgebautes Fasergewebe dienen, das in den katalytisch aktiven Abschnitten mit einem entsprechenden Katalysator beschichtet ist. Ebenso ist es möglich, die Materialbahnen 11 bzw. 16 aus einer relativ dünnen Metallfolie auszubilden. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit und durch eine geringe Wärmespeicherfähigkeit aus, da die Kombination dieser Eigenschaften zu einer gleichmäßigen Temperaturverteilung innerhalb der Katalysator-Struktur 4 führt und somit Temperaturspitzen sowie eine Überhitzung und insbesondere die Initiierung einer homogenen Gasphasenreaktion innerhalb der Katalysator-Struktur 4 verhindern.

[0042] Entsprechend Fig. 7 können die gefalteten Materialbahnen 11, aus denen die einzelnen Lagen des Trägermaterials 10 gebildet sind, mit Strömungsleitmitteln z.B. in Form von dreieckigen Flügeln 18 versehen sein. Jeder Flügel 18 ist dabei einer der Verbindungsöffnungen 14 zugeordnet. Die in entsprechender Weise angeströmten Flügel 18 unterstützen eine Umlenkung der Strömung aus dem einen Kanal durch die Verbindungsöffnung 14 in den benachbarten Kanal. Im vorliegenden Fall dienen die Flügel 18 gleichzeitig als Turbulatoren, die in einer Strömung, die mit den Flügeln 18 in Kontakt kommt, eine Wirbelbildung und somit Turbulenzen anregen.

[0043] Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 7 können die Verbindungsöffnungen 14, die Strömungsleitmittel und die Turbulatoren in Form der Flügel 18 besonders einfach z.B. durch Stanzvorgänge hergestellt werden. Dabei werden bei jedem Flügel 18 zwei Dreiecksseiten freigeschnitten, so dass der Flügel 18 um die dritte Dreiecksseite umgebogen werden kann, derart, dass der Flügel 18 in einen der Kanäle hineinragt. Durch das Wegbiegen der Flügel 18 aus der Materialbahn 11 entstehen dort Dreiecksöffnungen, welche die Verbindungsöffnungen 14 bilden.

[0044] Bei einer anderen Ausführungsform sind entsprechend Fig. 8 die Lagen durch rechteckwellig gefaltete Materialbahnen 11 gebildet, die anstelle von Scheitellinien Scheitelflächen 19 besitzen. Auch hier sind die Verbindungsöffnungen 14 und die Flügel 18, die als Strömungsleitmittel und Turbulatoren dienen, vorzugsweise durch einen Stanzvorgang mit Freischneiden und Umbiegen der Flügel 18 hergestellt. Bei dieser speziellen Ausführungsform verläuft jedoch diejenige Dreiecksseite des Flügels 18, an der die Biegeverformung des Flügels 18 stattfindet, etwa quer zur Erstreckungsrichtung der Scheitelflächen 19 der zugehörigen Materialbahn 11. Darüber hinaus zeigt eine Spitze 20 jedes Flügels 18 stromauf, also entgegen der Anströmrich-

tung. Des weiteren können die Flügel 18 so weit von der jeweiligen Wand abstehen, dass sie an einer parallelen, gegenüberliegenden Wand zur Anlage kommen.

[0045] In Fig. 9 ist eine Anordnung von sieben Leitschaufelstrukturen 21 wiedergegeben, die quer zu einer Strömungsrichtung in jeweils einem der Kanäle angeordnet sein können. Eine derartige Leitschaufelstruktur 21 zwingt einer durch sie hindurchströmenden Strömung eine Rotation um eine parallel zur Strömungsrichtung verlaufende Achse auf. Im vorliegenden Fall besitzen die Leitschaufelstrukturen 21 einen sechseckigen Umfang, wodurch sich für die benachbarten Kanäle eine entsprechende Honigwaben-Struktur ergibt. Jede dieser Leitschaufelstrukturen 21 besitzt mehrere geneigt zur Anströmrichtung ausgestellte Schaufeln 22, die so orientiert sind, dass sich stromab der Leitschaufelstruktur 21 die gewünschte Rotation in der Strömung ausbildet.

[0046] Bei einem ersten Ausführungsbeispiel entsprechend Fig. 1 kann die Katalysator-Struktur 4 beispielsweise komplett aus einem Fasergewebe bestehen, das mit einem Katalysator beschichtet ist. Dieser Aufbau gewährleistet eine geringe thermische Speicherfähigkeit für die Katalysator-Struktur 4 und führt zu einer vorteilhaften Zündcharakteristik. Darüber hinaus gewährleistet dieser Aufbau einen günstigen Temperaturtransport sowie Strömungsaustausch zwischen den benachbarten Kanälen innerhalb der Katalysator-Struktur. Durch die Oberflächenbeschaffenheit des Gewebematerials besitzen die Wände der Kanäle eine gewisse Rauhigkeit, wodurch die Wirbelbildung in der Strömung und somit eine intensive Durchmischung gefördert wird. Durch eine entsprechende Gestaltung der so gebildeten Katalysator-Struktur 4 kann am Auslassende 8 eine hinreichend Verwirbelung bzw. Turbulenz in der Strömung erzielt werden, so daß die Ausbrennzone 6 relativ klein gebaut werden kann.

[0047] Bei einer zweiten Ausführungsform entsprechend Fig. 2 ist die Einlasszone 9_I katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet und mit hier nicht gezeigten Turbulatoren ausgestattet. Durch diese Maßnahme arbeitet die Einlaßzone 9_I als statischer Mischer, der eine homogene Durchmischung der Gasströmung 3 mit dem eingespritzten Kraftstoff gewährleistet. In der mittleren Zone 9_{II} ist das Trägermaterial mit einem Katalysator beschichtet. Dabei können sich die einzelnen Teilzonen 9_{IIa} bis 9_{IId} hinsichtlich der katalytischen Aktivität und/oder hinsichtlich der Strömungseigenschaften (z.B. Turbulatoren-Dichte) voneinander unterscheiden. In dieser mittleren Zone 9_{II} initiiert der Katalysator die Verbrennungsreaktion des Reaktionsgemisches. Durch den Aufbau der einzelnen Teilzonen 9_{IIa} bis 9_{IId} wird dieser katalytisch aktive Bereich der Katalysator-Struktur 4 gezielt so ausgebildet, dass eine niedrige Zündtemperatur erreicht wird, wobei außerdem die Ausbildung einer homogenen Gasphasenreaktion noch innerhalb der Katalysator-Struktur 4 vermieden wird. Insbesondere kann auch die eine oder andere der Teilzonen 9_{IIa} bis 9_{IId} katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet sein. Die Auslasszone 9_{III} ist bei dieser Ausführungsform wieder katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet und besitzt Turbulatoren, um auf diese Weise eine intensive Vermischung der einzelnen Kanalströmungen am Auslass 8 der Katalysator-Struktur 4 zu erzielen. Diese intensive Verwirbelung hat auch hier zur Folge, dass der Brenner 1 mit einer relativ kurz bauenden Ausbrennzone 6 auskommt.

[0048] Entsprechend einer dritten Ausführungsform gemäß Fig. 3 ist die Einlasszone 9_I so gestaltet, dass sich zwischen den benachbarten Kanälen eine relativ starke Durchmischung ausbildet, die einen entsprechend intensiven Temperaturausgleich bewirkt. Dies ist insbesondere mittels entsprechend angeordneter Turbulatoren realisierbar. Des weiteren ist die Einlasszone 9_I katalytisch hoch aktiv ausgebildet, so dass die Einlasszone 9_I als Zündzone dient. Besonders einfach können diese Eigenschaften der Einlasszone 9_I dadurch realisiert werden, dass als Trägermaterial ein Metallfaser-Gewebe verwendet wird, das mit dem hoch aktiven Katalysator beschichtet ist. Die mittlere Zone 9_{II} ist ebenfalls mit einem Katalysator beschichtet, wobei die mittlere Zone 9_{II} hinsichtlich eines minimalen Druckabfalls ausgelegt ist, wodurch die Gefahr reduziert ist, daß innerhalb der Katalysator-Struktur 4 eine homogene Gasphasenreaktion gezündet wird. Beispielsweise kann die mittlere Zone 9_{II} in mehrere Teilzonen 9_{IIa} bis 9_{IIc} unterteilt sein, die sich beispielsweise hinsichtlich ihrer katalytischen Aktivität voneinander unterscheiden. Insbesondere können aktive und inerte Teilzonen aufeinander folgen. Die Auslasszone 9_{III} besitzt wieder Turbulatoren zur Erzeugung einer intensiven Verwirbelung und Vermischung am Auslassende 8 der Katalysator-Struktur 4. Die Auslasszone 9_{III} kann katalytisch aktiv oder inaktiv ausgebildet sein. Die mittlere Zone 9_{II} und die Auslasszone 9_{III} können bei dieser Ausführungsform ebenfalls aus einem porösen Fasergewebe hergestellt sein; alternativ kann auch eine dünne Metallfolie oder ein keramisches Trägermaterial verwendet werden.

Bezugszeichenliste

[0049]

1	Brenner
2	Kraftstoffeinspritzeinrichtung
3	Gasströmung
4	Katalysator-Struktur
5	Stabilisierungszone
6	Ausbrennzone
7	Einlassende von 4
8	Auslassende von 4
9	Zone von 4
9_I	Einlasszone
9_{II}	mittlere Zone
9_{III}	Auslasszone
10	Trägermaterial

11 Materialbahn
12 Scheitellinie
13 Kanal
14 Verbindungsöffnung
15 Anströmrichtung
16 Materialbahn
17 ebener Wandabschnitt
18 Flügel
19 Scheitelfläche
20 Dreieckspitze
21 Leitschaufelstruktur
22 Schaufel

Patentansprüche

1. Katalytisch arbeitender Brenner, insbesondere für eine Gasturbinenanlage, mit einer Katalysator-Struktur (4), die ein hitzebeständiges Trägermaterial (10) aufweist, das die Wände von mehreren benachbarten Kanälen (13) bildet, welche die Katalysator-Struktur (4) in Längsrichtung durchdringen und eine Durchströmung der Katalysator-Struktur (4) mit einem gasförmigen Reaktionsgemisch ermöglichen, wobei zumindest ein Teil der Wände mit einem Katalysator beschichtet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einem Einlassende (7) und einem Auslassende (8) der Katalysator-Struktur (4) Verbindungsöffnungen (14) in den Wänden ausgebildet sind, durch die benachbarte Kanäle (13) miteinander kommunizieren.

2. Brenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Verbindungsöffnungen (14) Strömungsleitmittel (18) zugeordnet sind, die zumindest einen Teil der Strömung eines Kanals (13) in einen durch die Verbindungsöffnung (14) damit kommunizierenden benachbarten Kanal (13) umleiten.

3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Verbindungsöffnungen (14) ein Turbulator (18) zugeordnet ist.

4. Brenner zumindest nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsleitmittel als Turbulator (18) ausgebildet sind.

5. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kanäle (13) zumindest teilweise einen gewundenen Strömungsweg durch die Katalysator-Struktur (4) bilden.

6. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung der Wände mit dem Katalysator so ausgeführt ist, dass einige der Kanäle (13) katalytisch aktiv sind, während andere Kanäle (13) katalytisch inaktiv oder inert sind.

7. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung der Wände mit dem Katalysator so ausgebildet ist, dass zumindest einige der Kanäle (13) in Strömungsrichtung mindestens eine katalytisch aktive Zone und mindestens eine katalytisch inaktive oder inerte Zone aufweisen.

8. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung der Wände mit dem Katalysator so ausgeführt ist, dass zumindest einige der Kanäle (13) in Strömungsrichtung mehrere aktive Zonen aufweisen, deren katalytische Aktivitäten unterschiedlich ausgebildet sind.

9. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil des mit dem Katalysator beschichteten Trägermaterials (10) aus einem porösen Werkstoff besteht.

10. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil des mit dem Katalysator beschichteten Trägermaterials (10) aus einem Fasergewebe besteht.

11. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil des mit dem Katalysator beschichteten Trägermaterials (10) aus einer Metallfolie besteht.

12. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Kanälen (13) Turbulatoren (18) angeordnet sind, wobei diese Turbulatoren entlang der Katalysator-Struktur (4) so in den Kanälen (13) verteilt sind, dass die Katalysator-Struktur (4) in Strömungsrichtung zumindest eine mit den Turbulatoren ausgestattete Zone sowie mindestens eine turbulatorfreie Zone aufweist.

13. Brenner nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der zumindest einen mit den Turbulatoren (18) ausgestatteten Zonen das Auslassende (8) der Katalysator-Struktur (4) aufweist.

14. Brenner nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die das Auslassende (8) aufweisende Zone (9_{III}) der Katalysator-Struktur (4) katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet ist.

15. Brenner nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der zumindest einen mit den Turbulatoren (18) ausgestatteten Zonen das Einlassende (7) der Katalysator-Struktur (4) aufweist, wobei diese Zone (9_I) außerdem kata-

lytisch inaktiv oder inert ausgebildet ist.

16. Brenner nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine das Einlassende (7) aufweisende Zone (9_I) der Katalysator-Struktur (4) mit Turbulatoren (18) ausgestattet und katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet ist, dass in einem Bereich zwischen Einlassende (7) und Auslassende (8) der Katalysator-Struktur (4) mindestens eine katalytisch aktive Zone (9_{II}) ausgebildet ist, dass eine das Auslassende (8) aufweisende Zone (9_{III}) der Katalysator-Struktur (4) mit Turbulatoren (18) ausgestattet und katalytisch inaktiv oder inert ausgebildet ist.

17. Brenner nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine das Einlassende (7) aufweisende Zone (9_I) der Katalysator-Struktur (4) mit Turbulatoren (18) ausgestattet und katalytisch hoch aktiv ausgebildet ist, dass in einem Bereich zwischen Einlassende (7) und Auslassende (8) der Katalysator-Struktur (4) eine turbulatorfreie Zone (9_{II}) katalytisch aktiv ausgebildet ist, dass eine das Auslassende (8) aufweisende Zone (9_{III}) der Katalysator-Struktur (4) mit Turbulatoren (18) ausgestattet ist.

18. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägermaterial (10) zumindest teilweise aus mehreren Lagen besteht, wobei jede Lage aus einer zick-zack-förmig oder dreieckförmig oder rechteckwellig gefalteten und/oder gewellten Materialbahn (11) gebildet ist, wobei die Scheitellinien (12) oder Scheitelflächen (19) der Falten und/oder Wellen bei quer zur Strömungsrichtung benachbarten Materialbahnen (11) unterschiedlich ausgerichtet sind, wobei benachbarte Materialbahnen (11) an den sich schneidenden Scheitellinien (12) oder Scheitelflächen (19) aneinander anliegen und zwischen sich die Kanäle (13) ausbilden.

19. Brenner nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Scheitellinien (12) oder Scheitelflächen (19) geneigt zur Längsrichtung der Katalysator-Struktur (4) ausgerichtet sind.

20. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägermaterial (10) zumindest teilweise aus einer mehrfach gefalteten Materialbahn (16) besteht, wobei die Scheitellinien (12) oder Scheitelflächen der Falten etwa in Längsrichtung der Katalysator-Struktur (4) verlaufen, wobei zwischen aufeinanderfolgenden Scheitellinien (12) oder Scheitelflächen ebene Wandabschnitte (17) ausgebildet sind, wobei benachbarte ebene Wandabschnitte (17) parallel zueinander verlaufen und wobei zwischen den benachbarten Wandabschnitten (17) die Kanäle (13) ausgebildet sind.

21. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsleitmittel und/oder die Turbulatoren in den Wänden durch dreieckige Flügel (18) gebildet sind, wobei zwei Dreiecksseiten des Flügels (18) freigeschnitten sind und wobei der Flügel (18) an der dritten Dreiecksseite umgebogen ist, so dass der Flügel (18) in einen der Kanäle (13) hineinragt, wobei die dabei in den Wänden entstehenden Dreiecksöffnungen die Verbindungsöffnungen (14) bilden.

22. Brenner nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die umgebogene Dreiecksseite des Flügels (18) etwa quer zur Erstreckungsrichtung der Scheitellinien (12) oder Scheitelflächen (19) der Materialbahn (11) verläuft und dass die Dreiecksspitze (20) des Flügels (18) stromauf zeigt.

23. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 22 **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Kanäle (13) entlang der Katalysator-Struktur (4) an mindestens einer Stelle eine quer zur Strömungsrichtung ausgerichtete Leitschaufelstruktur (21) aufweist, die einer durch sie hindurchströmenden Strömung eine Rotation um eine parallel zur Strömungsrichtung verlaufende Achse aufzwingt.

24. Verwendung einer Katalysator-Struktur mit einem hitzebeständigen Trägermaterial (10), das die Wände mehrerer benachbarter Kanäle (13) bildet, welche die Katalysator-Struktur (4) in Längsrichtung durchdringen und eine Durchströmung der Katalysator-Struktur (4) mit einem gasförmigen Reaktionsgemisch ermöglichen, wobei zumindest ein Teil der Wände mit einem Katalysator beschichtet ist und wobei zwischen einem Einlassende (7) und einem Auslassende (8) der Katalysator-Struktur (4) Verbindungsöffnungen (14) in den Wänden ausgebildet sind, durch die benachbarte Kanäle (13) miteinander kommunizieren, in einem katalytisch arbeitenden Brenner (1).

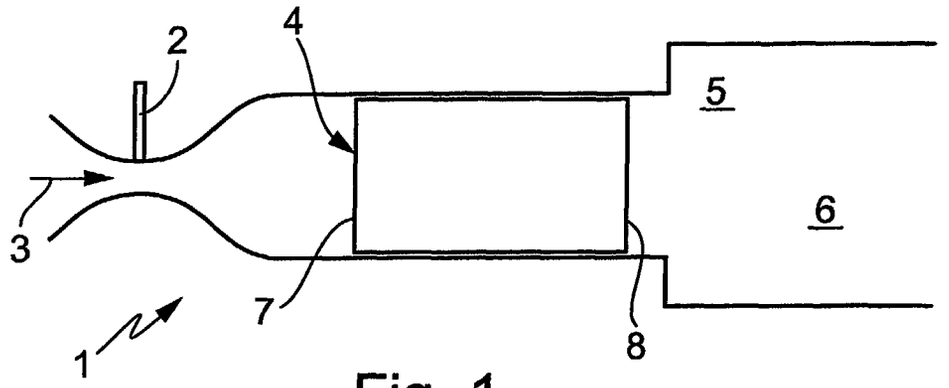


Fig. 1

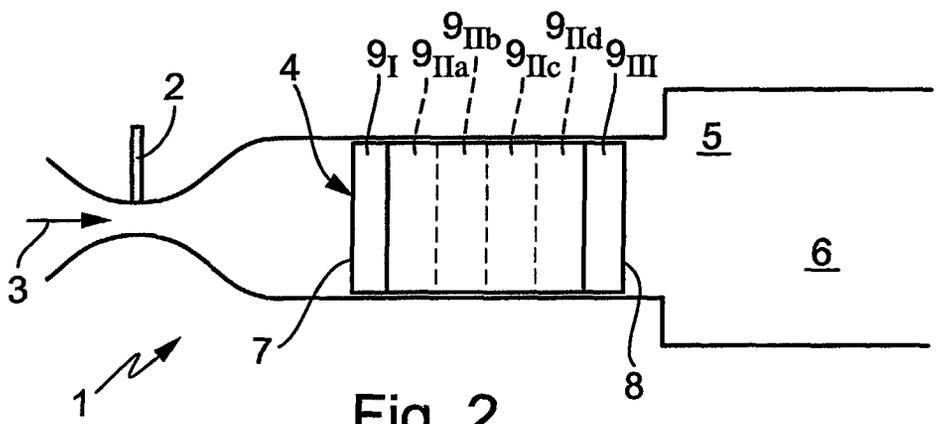


Fig. 2

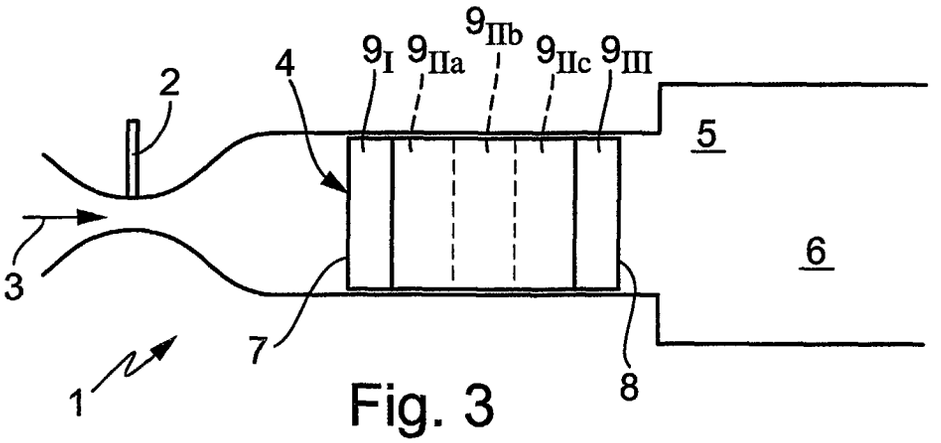


Fig. 3

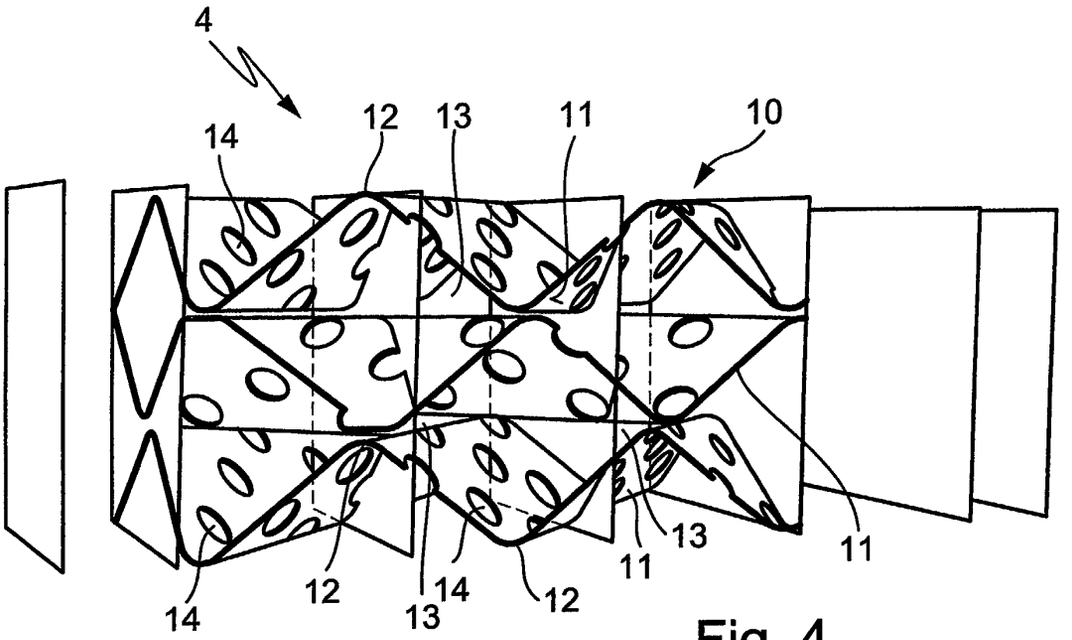


Fig. 4

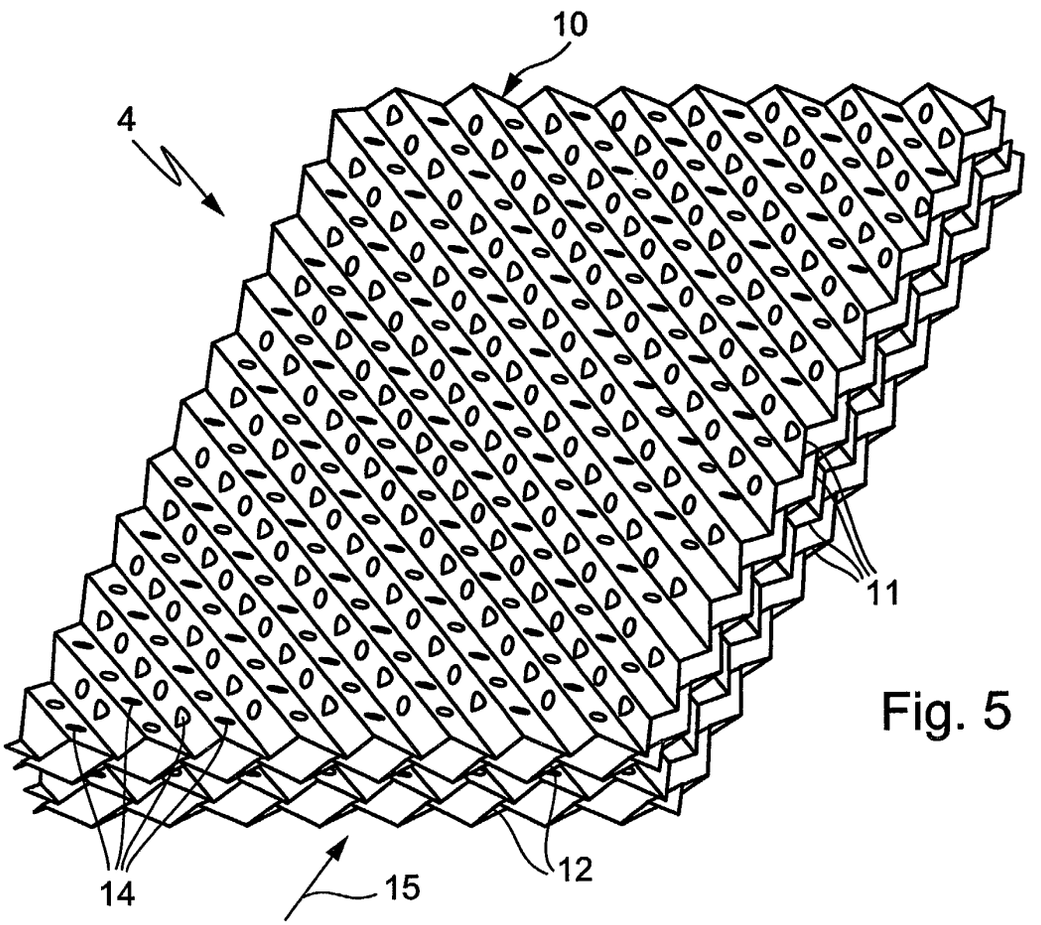


Fig. 5

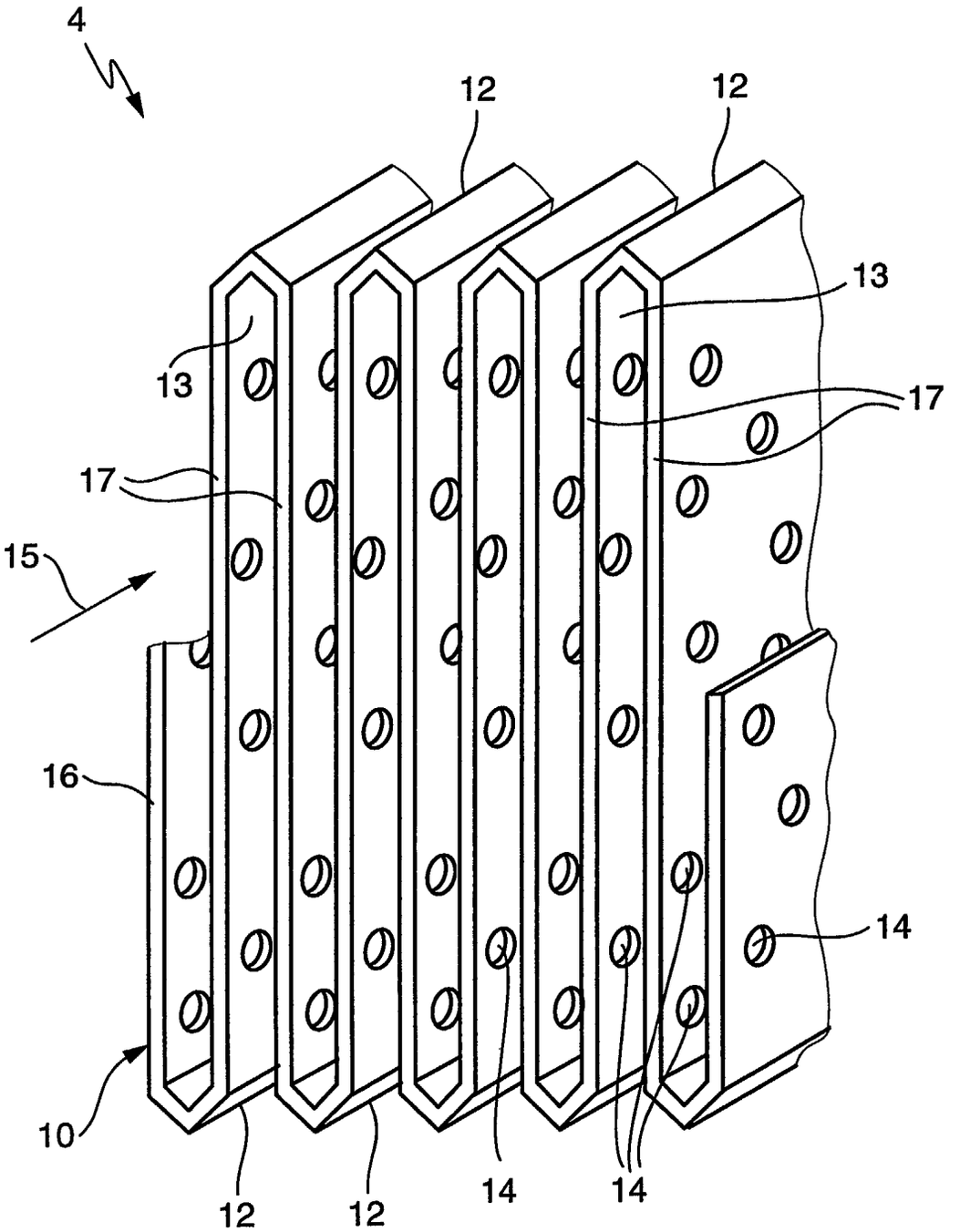


Fig. 6

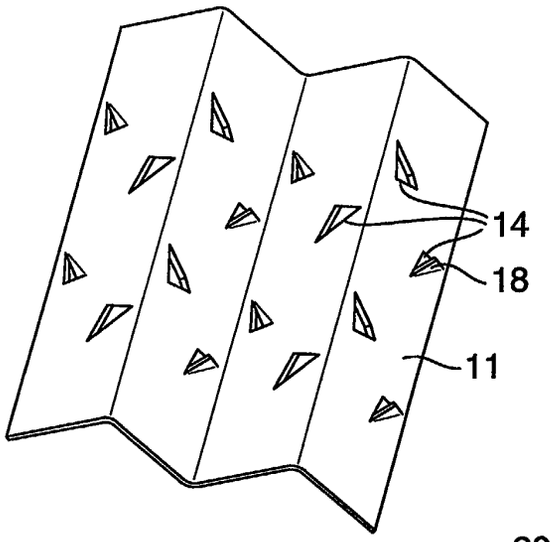


Fig. 7

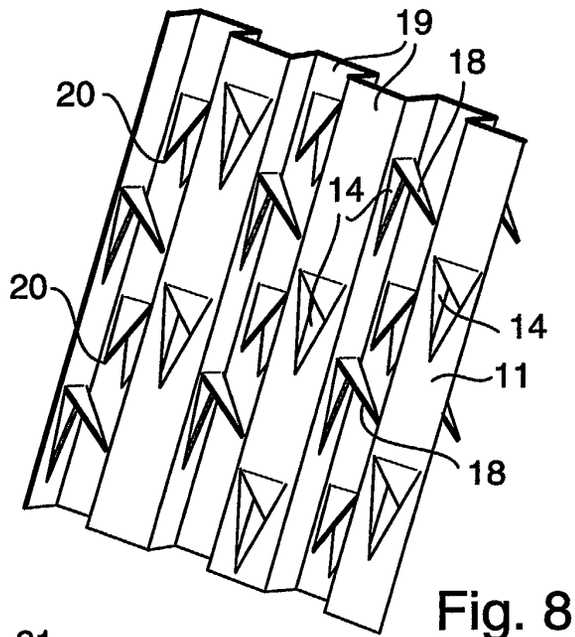


Fig. 8

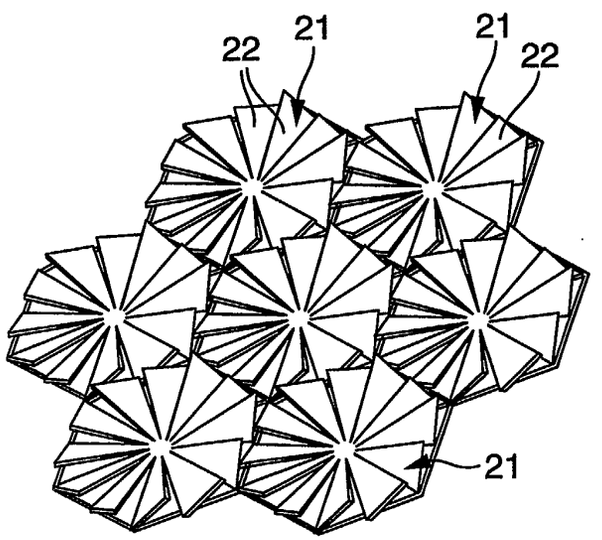


Fig. 9