

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 543 132 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92117253.2**

(51) Int. Cl.⁵: **F02G 1/055, F02G 1/057, F28D 9/00**

(22) Anmeldetag: **09.10.92**

(30) Priorität: **16.11.91 DE 4137756**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.05.93 Patentblatt 93/21

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(71) Anmelder: **KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE GMBH**
Weberstrasse 5 Postfach 3640
W- 7500 Karlsruhe 1(DE)

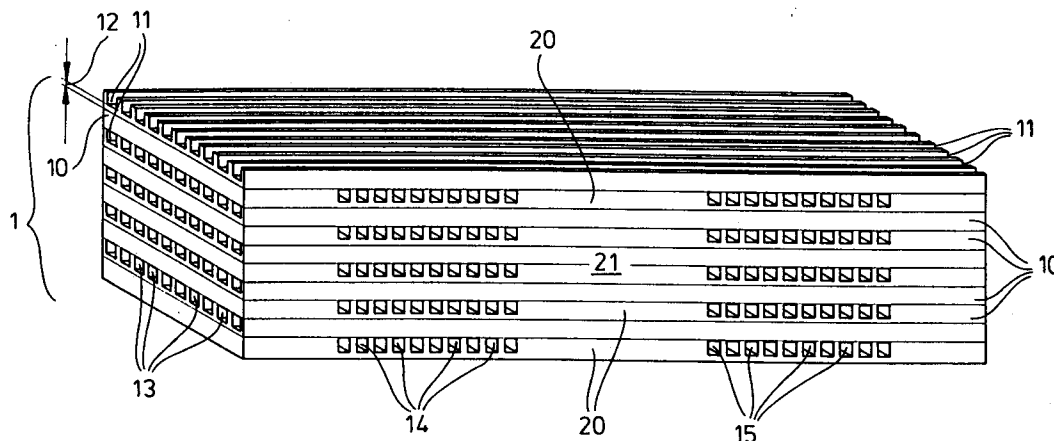
(72) Erfinder: **Prech, Vaclav**
Nordring 2b
W- 7514 Eggenstein-Leopoldshafen(DE)
Erfinder: **Schubert, Klaus Dr.**
Geigersbergstrasse 54
W- 7500 Karlsruhe 41(DE)
Erfinder: **Bier, Wilhelm, Dr.**
Grabener Weg 10
W- 7514 Eggenstein-Leopoldshafen(DE)

(54) **Wärme­kraft­ma­schine nach dem Stirling-Prinzip.**

(57) Eine Wärme­kraft­ma­schine für einen geschlos­senen Kreisprozess mit Heißgas nach dem Stirling-Prinzip mit mindestens je einem heißen und einem kalten Raum 5,6 in jeweils einem Zylinder 3,4, in oder an welchem jeweils ein, entsprechend dem Prozess gesteuerter Kolben 7,8 oder eine Membran arbeitet und mit einem Regenerator 21. Zwischen

den Stirnseiten 16,17 des heißen und des kalten Zylinders 3,4 ist unmittelbar ein Mikrowärmetauscher 1 angeordnet, der ein großes Aspektverhältnis aufweist, wobei unter Aspektverhältnis das Verhältnis der Kanallänge zu den Abmessungen der inneren Strukturen zu verstehen ist.

Fig. 2



EP 0 543 132 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine für einen geschlossenen Kreisprozess mit Heißgas nach dem Stirling-Prinzip mit mindestens je einem heißen und einem kalten Raum in vorzugsweise jeweils einem Zylinder, in oder an welchem jeweils ein entsprechend dem Prozeß sich bewegendes Kolben oder ein Membranbalg mit Abgriff der mechanischen Energie arbeitet und mit einem Regenerator für das Arbeitsmedium.

Wärmekraftmaschinen nach dem Stirling-Prinzip bestehen in ihrer einfachsten Bauart aus je einem von außen gekühlten bzw. erhitzten Zylinder mit Kolben, die miteinander gekoppelt sind. Die beiden Zylinder sind durch ein Rohr miteinander verbunden und mit einem Arbeitsgas, dem Arbeitsmedium gefüllt. Zunächst dehnt sich dieses Gas - z.B. Helium oder Luft - im heißen Zylinder aufgrund der zugeführten Wärme aus und schiebt dessen Kolben nach unten, so daß mechanische Arbeit geleistet wird. Auf seinem Rückweg drückt der Kolben das heiße Gas in den kalten Zylinder, wobei das Gas in dem Verbindungsrohr Wärme an den darin platzierten Regenerator, einen Wärmespeicher und dem in der Strömungsrichtung des Arbeitsgases folgenden kalten Wärmetauscher abgibt und sich dabei abkühlt. Der Kolben im kalten Zylinder, dem sog. Schieberzylinder, eilt dem im heißen, dem im Arbeitszylinder, bei einem Kurbelwellenantrieb ungefähr um eine Vierteldrehung voraus, macht also dem Gas Platz. Wenn er dann wieder zu komprimieren beginnt, preßt er das Gas zusammen und in den heißen Zylinder zurück. Dabei nimmt das Gas zuvor an den Regenerator abgegebene Wärme wieder auf. Insgesamt ist die bei der Verdrängung geleistete Arbeit größer als die zum Schieben des Arbeitsgases aufzuwendende. Aus der Differenz der geleisteten und aufzuwendenden Arbeit ergibt sich dann nach Ablauf eines Zyklus die gewonnene Arbeit als ein effizienter Anteil an der zur Verfügung stehenden Energie. Die Arbeit steht nun in mechanischer Form zur Verfügung.

Bei den bekannten Bauarten von Wärmekraftmaschinen nach dem Stirling-Prinzip geschieht nun der Wärmeaustausch entweder direkt über die Zylinderwand des Arbeits- bzw. des Schieberzylinders oder über einen angeschlossenen mit verhältnismäßig großem Ballast- oder Totvolumen belasteten, konventionellen Wärmetauscher oder ein großvolumiges Wärmeübertragungssystem.

Die bekannten Systeme sind daher in der Leistungsfähigkeit und der Effizienz eingeschränkt. Sie weisen lange Wege für das Arbeitsmedium und große Totvolumina wie auch Strömungswiderstände insbesondere an Verbindungsstellen und Krümmungen der Kanäle auf.

Die vorliegende Erfindung hat daher zur Aufgabe, eine Wärmekraftmaschine nach dem Stirling-Prinzip bezüglich des Wärmeaustausches bei der Wärmezufuhr und der Wärmeabfuhr zu verbessern.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt nun die vorliegende Erfindung bei einer Wärmekraftmaschine der eingangs beschriebenen Art die Merkmale vor, die in dem Kennzeichen des Patentanspruchs 1 von a) bis d) angeführt sind. Weitere vorteilhafte Merkmale zur Lösung der Aufgabenstellung sind in den Kennzeichen der Unteransprüche angegeben.

Mit der vorliegenden Erfindung wird nun die Leistungsfähigkeit einer Wärmekraftmaschine nach dem Stirling-Prinzip wesentlich gesteigert. Die geschieht erfindungsgemäß durch den Einsatz der neuartigen, besonders kombinierten und besonders kompakten Wärmetauschereinheit, die in besonders vorteilhafter Weise unmittelbar zwischen dem Arbeits- und Schieberzylinder der Wärmekraftmaschine angeordnet ist.

Weitere Einzelheiten der vorliegenden Erfindung werden im folgenden und anhand der Figuren 1 bis 5 näher erläutert:

Es zeigen die

Fig.1 den schematischen Querschnitt durch den Zylinderkopf einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine, die

Fig.2 den Wärmetauscher selbst in perspektivischer Schrägdarstellung, die

Fig.3 eine Wärmekraftmaschine mit Membranen anstelle von Kolben

Fig.4 eine Wärmekraftmaschine mit V-förmiger Zylinderanordnung und die

Fig.5 eine Wärmekraftmaschine mit parallel angeordneten Zylindern jeweils in prinzipieller Darstellung

Die Fig.1 zeigt den in Fig.2 einzeln dargestellten Wärmetauscher 1, der der Länge nach in ein Gehäuse 2 eingebaut ist, wobei dieses Gehäuse mit seinen beiden Stirnseiten 16 und 17 jeweils gegen den heißen 3 und den kalten Zylinder 4 dicht geschraubt ist. Die beiden coaxialen Zylinder 3 und 4 sind Teile einer Wärmekraftmaschine nach dem Stirling-Prinzip, in ihnen befinden sich der heiße Raum 5 mit dem Arbeitskolben 7 sowie der kalte Raum 6 mit dem Verdrängerkolben 8. Die beiden Kolben 7 und 8 können auch, wie in der Fig.3 dargestellt, durch eine Membrane als Arbeitsglied ersetzt sein. Die beiden Kolben 7 und 8 oder die entsprechenden Membranen sind auf nicht dargestellte Weise so miteinander gekoppelt, daß ihre Relativbewegung zueinander nach der bekannten Stirling-Arbeitsweise erfolgt. Solche Koppelungen sind ebenso bekannt, wie verschiedene Möglichkeiten die mechanische Arbeit von dem Arbeitsglied abzugreifen. Das fluide Arbeitsmedium 9 für

diesen Prozess in den beiden Räumen 5 und 6 kann He, CO₂, Luft oder auch ein anderes Gas sein.

Der Wärmetauscher 1 ist ein sog. Mikrowärmetauscher mit einem großen Aspektverhältnis, wobei unter diesem das rechnerische Verhältnis der Kanallänge zu den Abmessungen der inneren Strukturen (Wanddicken oder Kanalweiten) zu verstehen ist. Herstellbare Mikrowärmetauscher weisen Aspektverhältnisse von über 10 000 auf, wobei die kleinsten Abmessungen der inneren Strukturen bei Wandstärken im 10µm-Bereich, bei Kanalweiten im 100µm-Bereich und die Kanallängen im cm-bis maximal im m-Bereich liegen. Das Aspektverhältnis solcher Mikrowärmetauscher ist in weiten Bereichen vorgebar ebenso wie die Form und die Anordnung der Kanäle.

Der Mikrowärmetauscher 1 gem. Fig.2 besteht nun aus übereinandergestapelten, genuteten, plattenförmigen Folien 10, wobei die Ausrichtung der Nuten 11 abwechselnd um einen Winkel, vorzugsweise von 90° gegeneinander versetzt ist und die Nuten 11 einer Folie 10 mit der Rückseite der Wand 12 der darüber- bzw anliegenden Folie 10 die Kanäle des Wärmetauschers 1 bilden.

Der Wärmetauscher 1 ist nach Art eines Speicherwärmetauschers aufgebaut und weist drei Arten von Kanälen 13, 14 und 15 auf, die aus den beschriebenen Nuten 11 gebildet sind:

Die Kanäle 13 der ersten Art durchsetzen den Wärmetauscher 1 der Länge nach und bringen das in ihnen hin- und herströmende Arbeitsmedium 9 mit dem heißen Medium 18 in den Kanälen 14 der zweiten Art und dem kalten Medium 19 in den Kanälen 15 der dritten Art wie bei einem Kreuzstromwärmetauscher in Wärmeaustausch. Diese Kanäle 14 und 15 sind hintereinander etwa im rechten Winkel zu den Kanälen 13 angeordnet. Zwischen ihnen weisen die jeweiligen Folien 10 einen ungenutzten Teil 20 auf, der als Regenerator 21 für den Stirling-Prozess dient. Die das Arbeitsmittel 9 führenden Kanäle 13 der ersten Art führen unmittelbar von dem heißen Raum 5 in den kalten 6, so daß die Strömungsverluste minimal werden.

In der Fig.1 ist nun der genaue Einbau des Wärmetauschers 1 in eine Stirling-Maschine dargestellt. Dabei kann es sich um eine mechanische Arbeit leistende oder um eine Kältemaschine handeln, die beschriebene Art Mikrowärmetauscher ist für alle Arten von Fluiden geeignet. Wie bereits erwähnt sitzt der Wärmetauscher in einem Gehäuse 2, welches direkt dicht zwischen die beiden Zylinder 3 und 4 geflanscht ist. In das Gehäuse 2 ist der Wärmetauscher so eingesetzt, daß die Kanäle 13 der ersten Art den heißen und den kalten Raum 5 und 6 unmittelbar verbinden, so daß das Arbeitsmedium 9 durch die Kolbenbewegungen 22

und 23 verlustarm zwischen den Räumen 5 und 6 hin- und herströmen kann. Dazu korrespondieren die Öffnungen 26 und 27 des Gehäuses 2, in welchen die Vorder- und Hinterflächen 24 und 25 des Wärmetauschers 1 liegen, jeweils mit den Zylindern 3 und 4 bzw deren Räumen 5 und 6. Der Regenerator 21 bzw. die entsprechende Zone des Wärmetauschers 1 liegt etwa in der Mitte des Gehäuses 2, eine Verdickung 28 in diesem Bereich trennt die Kanäle 14 und 15 bzw. deren Anströmbereiche 29 und 30 dicht voneinander.

Die Anströmbereiche 29 und 30 liegen hinter den Einlaßstutzen 31 und 32 für das heiße 18 bzw das kalte Medium 19 auf der anderen Seite des Gehäuses 2, am Austritt der Kanäle 14 und 15 aus dem Wärmetauscher 1 liegen entsprechend die Auslaßstutzen 33 und 34.

Das Gehäuse 2 des Wärmetauschers 1 bildet somit die Zylinderkopfdeckel beider Zylinder 3,4 und weist damit mit den Zylindern korrespondierende Öffnungen 26,27 für das Arbeitsmedium 9 auf. Die Flächen 24,25 des Wärmetauschers 1 mit den Öffnungen der Kanäle 13 der ersten Art bilden jeweils den Abschluss des heißen 5 und des kalten Raumes 6. Die Eintritts- 31,32 und die Austrittsöffnungen 33,34 für das warme 18 und das kalte Medium 19 liegen seitlich quer zu den ersten Öffnungen 26,27 im Gehäuse 2 und korrespondieren mit den Kanälen 14,15 der zweiten und der dritten Art des Wärmetauschers 1. Der Regenerator 21 des Wärmetauschers 1 liegt dazwischen und trennt beide voneinander.

Die prinzipielle Funktion des Stirling-Prozesses ist bei der erfindungsgemäßen Maschine wie eingangs beschrieben. Das Arbeitsmedium 9 zirkuliert durch die Kanäle 13 der ersten Art zwischen dem heißen und dem kalten Raum 5 und 6. Die Energiezufuhr zum Prozeß durch das heiße Medium 18 erfolgt über die Kanäle 14 der zweiten Art auf die Kanäle 13, wobei das Medium 18 durch die Stutzen 31 und 33 zu- bzw. abgeführt wird. Die abzuführende Restwärme wird in den Kanälen 15 der dritten Art aus den Kanälen 13 der ersten Art mittels des kalten Mediums 19 abgeführt, wobei dieses Medium 19 durch die Stutzen 32 und 34 zu- bzw. abgeleitet wird. Im Regenerator 21 wird ein Teil der Wärme zwischen kalter und heißer Zone entsprechend dem Stirling-Prozeß zwischengespeichert, er dient damit als thermische Trennung.

In der Fig.3 ist dargestellt, wie der Wärmetauscher nach den Fig.1 und 2 in eine Stirling-Maschine eingebaut ist, die an Stelle der Kolben 7,8 Membranbälge 35 und 36 aufweist. Die Membranbälge können einfache wie 35 oder doppelte bzw. mehrfache Bälge wie 36 aufweisen. Der Abgriff der mechanischen Arbeit an den Membranen erfolgt hier über Stößel 37. Der heiße Raum wird hier

durch den Zwischenraum 38 zwischen den Vorderflächen 24 des Wärmetauschers 1 und der Membran der Membranbälge 35, der kalte 39 zwischen den Hinterflächen 25 und der Membran der Membranbälge 36 gebildet. Die Steuerung der Membranen in ihrem Verhältnis zueinander ist nicht dargestellt, da sie Stand der Technik ist.

Die in der Fig.3 mit gleichen Ziffern benannten Elemente sind identisch mit denen der Figuren 1 bis 2.

Die Figuren 4 und 5 zeigen die Ausführungen des Wärmetauschers bei anderen Zylinderanordnungen der Wärmekraftmaschine, wobei die Positionen gleicher Elemente der der Fig.1 entsprechen.

Bei der V-förmigen Zylinderanordnung gem. der Fig.4 ist der Wärmetauscher bogenförmig gekrümmt, bei der parallelen Zylinderanordnung gem. der Fig.5 mit schrägen Seitenflächen 26 und 27 ausgeführt. Das Arbeitsprinzip und der Aufbau des Wärmetauschers sind die gleichen wie die zu der Fig.1 beschriebenen, die Funktion ebenfalls.

Bezugszeichenliste

1	Wärmetauscher	
2	Gehäuse	
3	heißer Zylinder	
4	kalter Zylinder	
5	heißer Raum	5
6	kalter Raum	
7	Arbeitskolben	
8	Verdrängerkolben	
9	Arbeitsmedium	
10	Folien	10
11	Nuten	
12	Rückseite der Wand	
13	Kanäle 1.Art	
14	Kanäle 2.Art	
15	Kanäle 3.Art	15
16	Stirnseite heiß	
17	Stirnseite kalt	
18	heißes Medium	
19	kaltes Medium	
20	ungenutzter Teil	20
21	Regenerator, Wärmespeicherzone	
22	Kolbenbewegung	
23	Kolbenbewegung	
24	Vorderfläche	
25	Hinterfläche	25
26	Gehäuseöffnung	
27	Gehäuseöffnung	
28	Verdickung	
29	Anströmbereich	
30	Anströmbereich	30
31	Einlasstutzen	
32	Einlasstutzen	
33	Auslasstutzen	

34	Auslasstutzen
35	Membran einfach
36	Membran doppelt
37	Stößel
38	heißer Raum
39	kalter Raum

Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine für einen geschlossenen Kreisprozess mit Heißgas nach dem Stirling-Prinzip mit mindestens je einem heißen und einem kalten Raum in vorzugsweise jeweils einem Zylinder, in oder an welchem jeweils ein entsprechend dem Prozess sich bewegendes Kolben oder ein Membranbalg mit Abgriff der mechanischen Energie arbeitet und mit einem Regenerator für das Arbeitsmedium, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
 - a) zwischen den Stirnseiten (16,17) des heißen und des kalten Zylinders (3,4) ist unmittelbar ein Wärmetauscher (1) angeordnet, der ein großes Aspektverhältnis aufweist, wobei unter Aspektverhältnis das Verhältnis der Kanallänge zu einer Abmessung der inneren Strukturen zu verstehen ist,
 - b) der Wärmetauscher (1) besteht aus übereinandergestapelten, genutzten plattenförmigen Folien (10), wobei die Nutenausrichtung abwechselnd um einen Winkel gegeneinander versetzt ist und die Nuten (11) einer Folie (10) mit der Rückseite (12) der anliegenden Folie (10) die Kanäle des Wärmetauschers (1) bilden,
 - c) der Wärmetauscher (1) weist nach Art eines Speicherwärmetauschers drei Arten von Kanälen (13,14,15) auf, von welchen die Kanäle (13) der ersten Art das Arbeitsmedium (9) der Maschine abwechselnd nacheinander zum Wärmeübergang auf zwei weitere Kanäle (14,15) der zweiten und der dritten Art mit zwei anderen Wärmetauschemitteln, dem heißen und dem kalten Medium (18,19) des Stirling-Prozesses in Austausch bringen,
 - d) die Kanäle (13) der ersten Art führen unmittelbar von dem heißen (5) in den kalten (6) Raum und verbinden diese miteinander auf direktem Weg, während die Kanäle (14,15) der zweiten und der dritten Art im Winkel der Versetzung nach b) zwischen den beiden Räumen (5,6) quer zu ihnen verlaufen.
2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 gekennzeichnet durch die weiteren Merkmale:

- e) zwischen den Kanälen (14,15) der zweiten und der dritten Art ist innerhalb des Wärmetauschers (1) der Regeneratorteil (21) für das Arbeitsmedium (9) gelegen, wobei dieser Teil (21) aus dem nicht quer-
genuteten Anteil (20) der Folien (10) zwischen den Kanälen (14,15) der zweiten und der dritten Art besteht. 5
3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2
gekennzeichnet durch das weitere Merkmal: 10
f) der Winkel, um den die Nuten der plattenförmigen Folien (10) gegeneinander versetzt sind, beträgt ca.90°.
4. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Zylinder (3,4) des heißen und des kalten Raumes bezogen auf ihre Längsachsen miteinander fluchten. 15 20
5. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Zylinder (3,4) des heißen und des kalten Raumes mit ihren Längsachsen V-förmig zueinander angeordnet sind. 25
6. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Zylinder (3,4) des heißen und des kalten Raumes mit ihren Längsachsen parallel zueinander angeordnet sind. 30
7. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch die weiteren Merkmale: 35
g) das Gehäuse (2) des Wärmetauschers (1) bildet die Zylinderkopfdeckel beider Zylinder (3,4) und weist mit den Zylindern korrespondierende Öffnungen (24,25) für das Arbeitsmedium (9) auf, 40
h) die Flächen des Wärmetauschers (1) mit den Öffnungen der Kanäle (13) der ersten Art bilden jeweils den Abschluss des heißen (5) und des kalten Raumes (6), 45
i) die Eintritts- (31,32) und die Austrittsöffnungen (33,34) für das warme und das kalte Medium (18,19) liegen seitlich quer zu den ersten Öffnungen (26,27) in der Wand des Gehäuses (2) und korrespondieren mit den 50 Kanälen (14,15) der zweiten und der dritten Art des Wärmetauschers (1),
j) der Regeneratorteil (21) des Wärmetauschers (1) liegt unmittelbar zwischen den Kanälen (14,15) und trennt beide voneinander. 55

Fig. 1

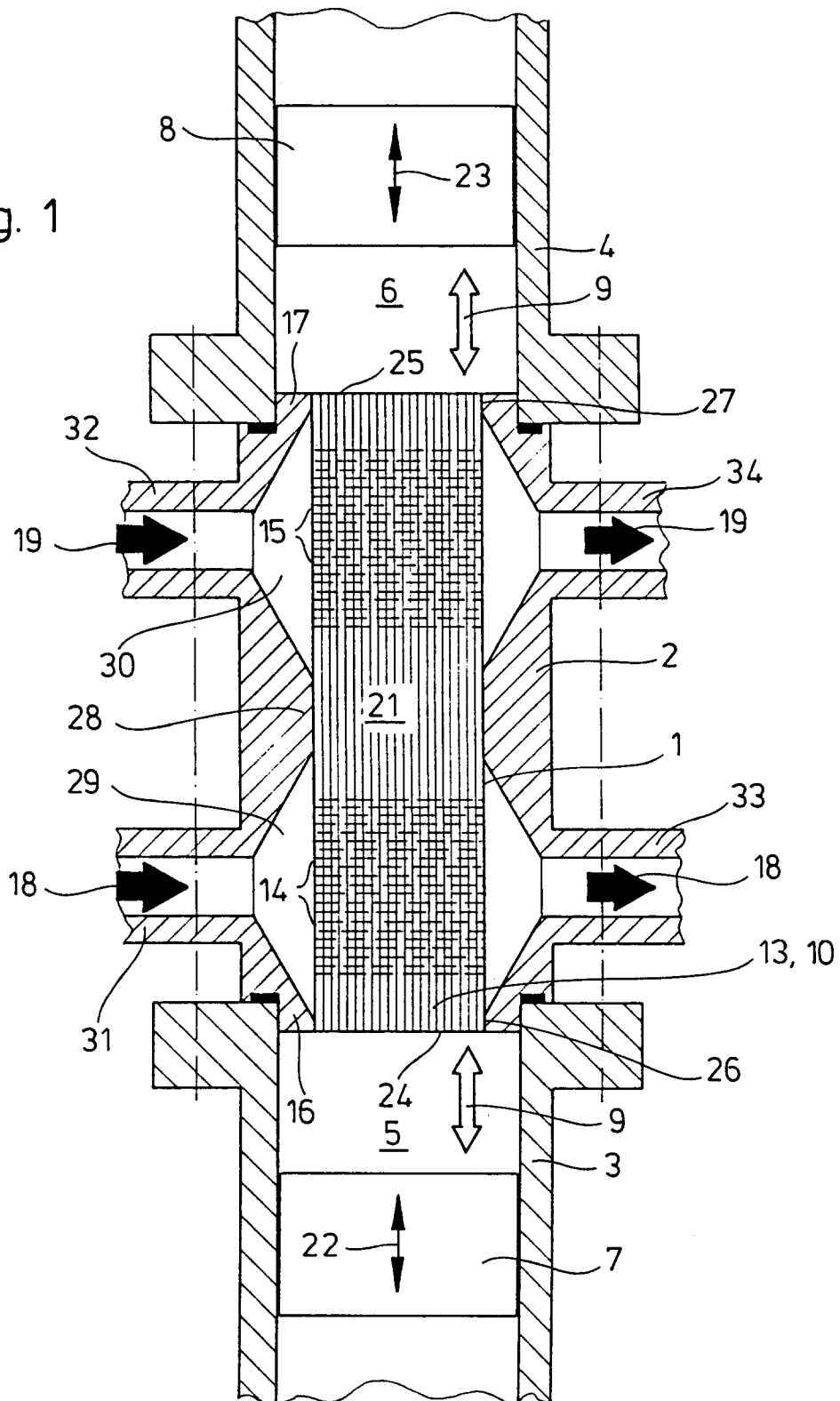


Fig. 2

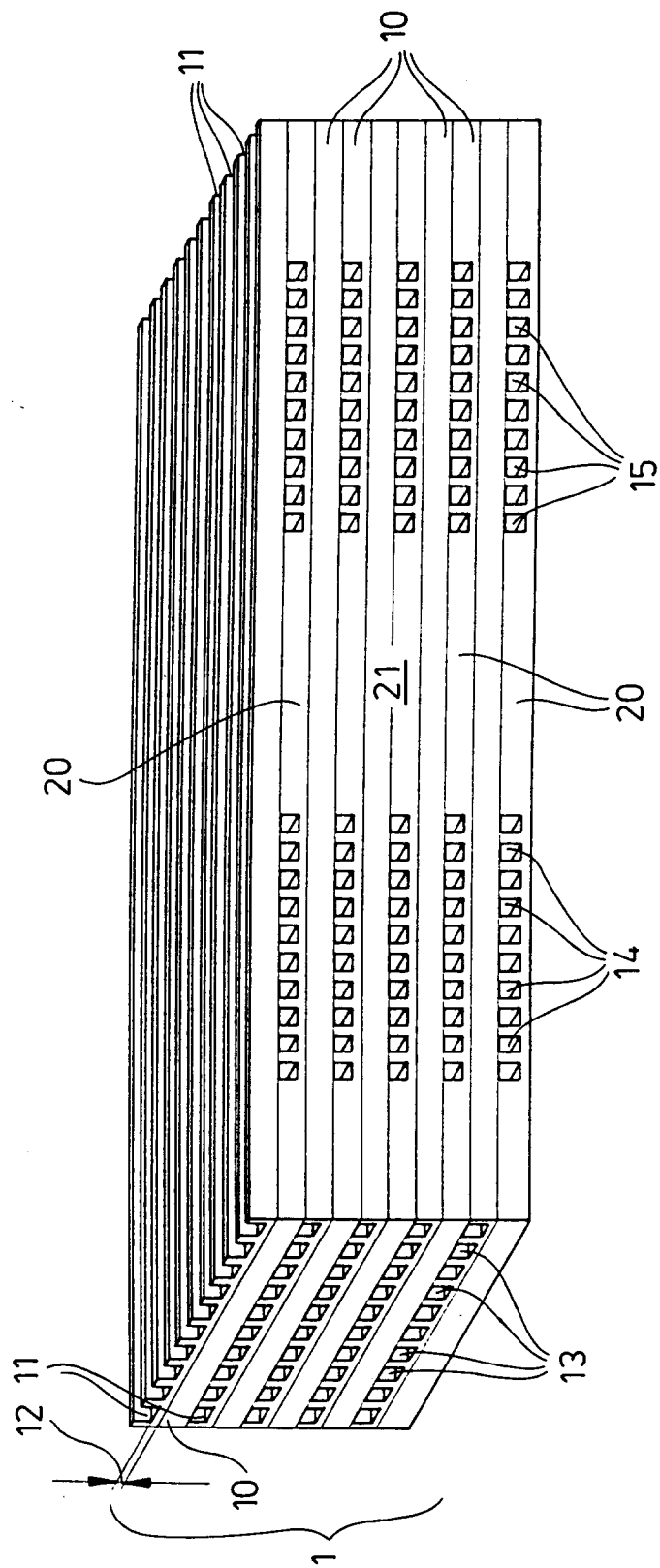


Fig. 3

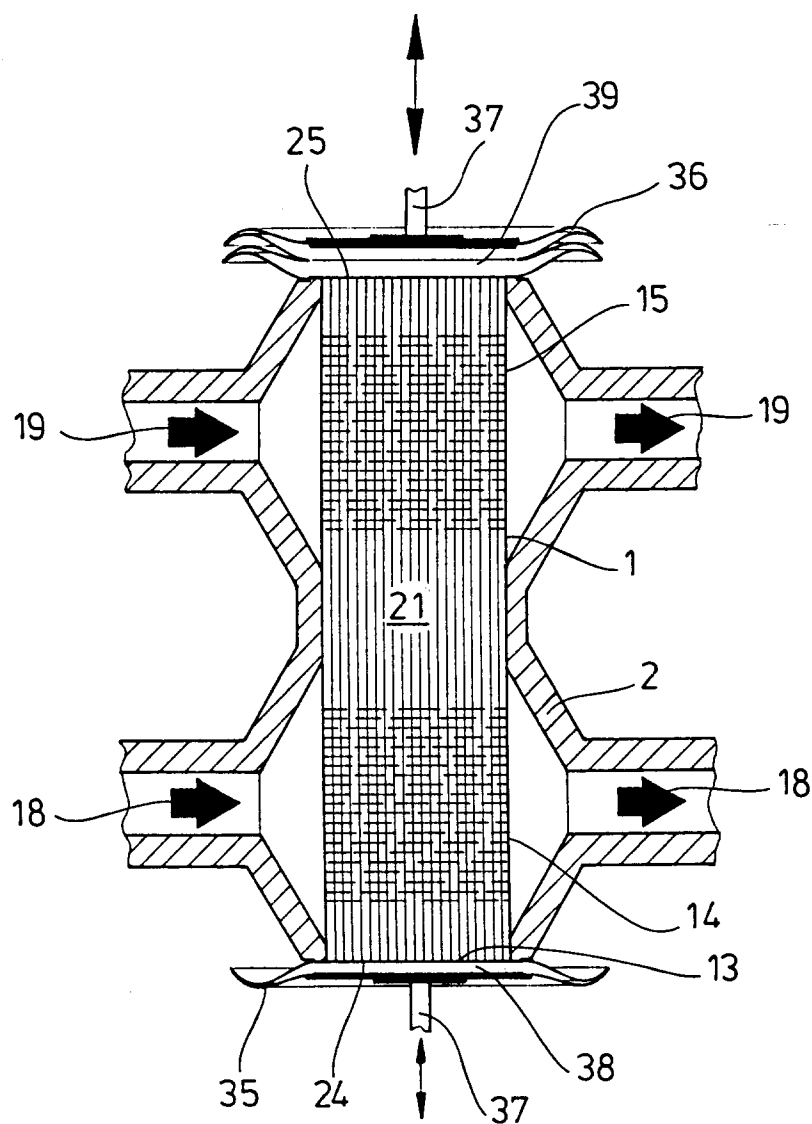


Fig. 4

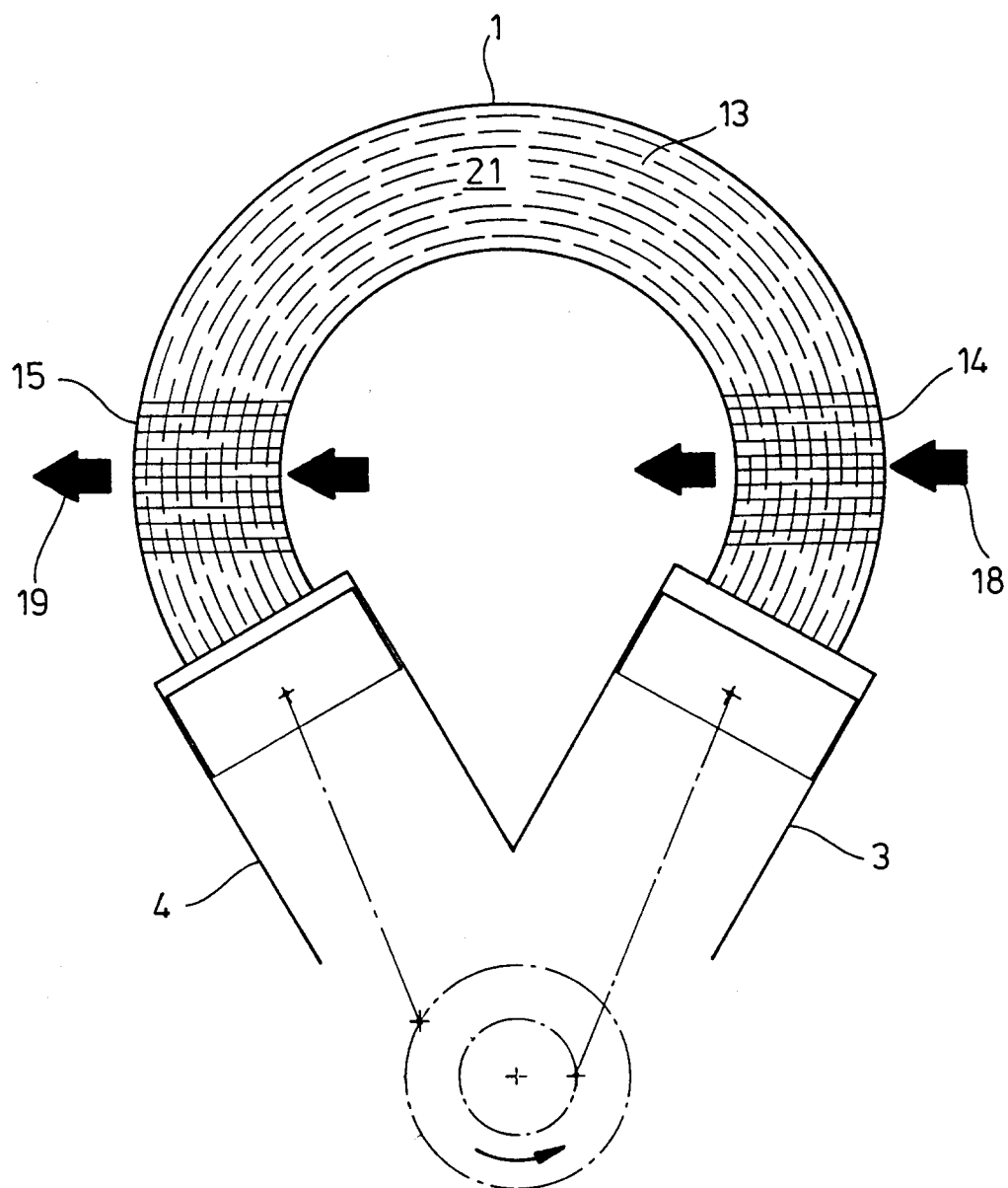
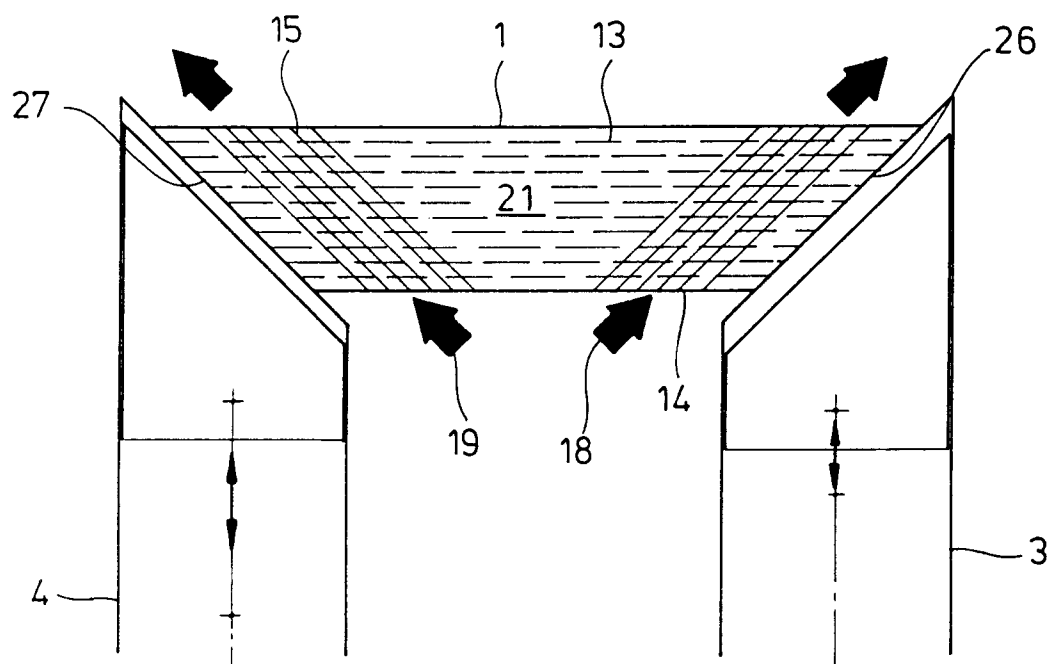


Fig. 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 7253

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	WO-A-9 105 948 (WILKINS) * Seite 16, Zeile 20 - Seite 19, Zeile 25; Abbildungen 1,2 * ---	1-4	F02G1/055 F02G1/057 F28D9/00
Y	FR-A-2 230 403 (E.I DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) * Seite 6, Zeile 6 - Zeile 26; Abbildung 5 * ---	1-4	
A	GB-A-1 484 799 (KARLHEINZ RAETZ) * Seite 3, Zeile 99 - Zeile 114; Abbildung 4 * ---	1	
A	FR-A-2 357 853 (ROSENTHAL TECHNIK AG) * Seite 3, Zeile 27 - Zeile 34; Abbildung 1 * ---	1	
A	GB-A-635 691 (PHILLIPS) ---		
A	FR-A-1 002 871 (PHILLIPS) ---		
A	FR-A-1 010 210 (PHILLIPS) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14 JANUAR 1993	Prüfer MOUTON J.M.M.P.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	