



(10) **DE 10 2011 106 466 A1** 2013.01.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 106 466.8**

(22) Anmeldetag: **04.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **10.01.2013**

(51) Int Cl.: **F02G 1/057 (2011.01)**

(71) Anmelder:

**GPI Ges. f. Prüfstanduntersuchungen und
Ingenieurdienstleistungen mbH, 08115,
Lichtentanne, DE**

(72) Erfinder:

**Weber-Mehnert, Mandy, 08468, Heinsdorfergrund,
DE; Pohlers, Andreas, Dr., 01744, Dippoldiswalde,
DE**

(74) Vertreter:

**Steiniger, Carmen, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 09116,
Chemnitz, DE**

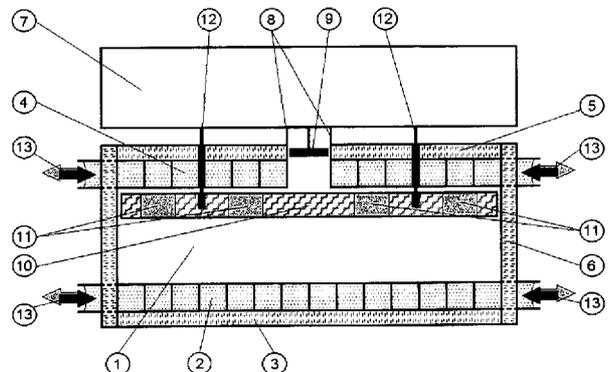
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Wärmeerkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wärmeerkraftmaschine zur Umwandlung von Wärmeenergie in kinetische Energie in Form eines Heißgasmotors. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet stellt die Nutzung von Restwärme zur Verrichtung mechanischer Arbeit dar. Aufgabe der Erfindung ist es, die thermodynamischen Eigenschaften einer derartigen Wärmeerkraftmaschine weiter zu verbessern, so dass bereits Temperaturunterschiede von kleiner oder gleich 10 Kelvin zur Bereitstellung kinetischer Energie nutzbar sind. Die Aufgabe wird gelöst, indem die erfindungsgemäße Wärmeerkraftmaschine aus einer Gaskammer besteht, welche an mindestens einer Seite mit einer ersten Wärmetauscheinrichtung in Verbindung steht, die ein kaltes Medium führt sowie einer weiteren Wärmetauscheinrichtung, welche an mindestens einer Seite der Gaskammer gegenüber der ersten Wärmetauscheinrichtung angeordnet ist und ein wärmeres Medium führt, sowie einer beweglichen Verdrängerplatte, die sich in der Gaskammer befindet. Die Verdrängerplatte umfasst mindestens einen gasdurchlässigen Regenerator. Mit der Gaskammer ist ein Arbeitszylinder verbunden, in dem ein Arbeitskolben oszilliert. Der Arbeitskolben und die Verdrängerplatte sind über ein Getriebe zur Phasenverschiebung und Umwandlung der kontinuierlichen Oszillation des Arbeitskolbens in eine bistabile Oszillation der Verdrängerplatte gekoppelt. Jeder Regenerator ist in einem Durchbruch durch die Verdrängerplatte derart mittig angeordnet, dass die Verdrängerplatte in ihrem geometrischen Zentrum ausbalanciert ist. Die Dichte der Verdrängerplatte ist kleiner oder gleich der Dichte des Regenerators, wobei die Verdrängerplatte eine größere Festigkeit als der Regenerator sowie eine Wärmeleitfähigkeit kleiner 0,07 Watt je Meter und Kelvin aufweist.



(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

EP 0 570 731 B1

**VDI-GESELLSCHAFT VERFAHRENSTECHNIK
UND CHEMIEINGENIEURWESEN (Hrsg.): VDI-
Wärmeatlas. 10. Auflage. Berlin : Springer-Verlag,
2006. - ISBN 3-540-25504-4**

**VIEBACH, D.: Der Stirlingmotor – einfach
erklärt und leicht gebaut. 9. Auflage. Staufen bei
Freiburg : Ökobuch Verlag, 2010. S. 114-115. -
ISBN 978-3-936896-54-1**

**WERDICH, M.; KÜBLER, K.: Stirling-
Maschinen. 9. Auflage. Staufen bei Freiburg :
ökobuch Verlag, 2003. - ISBN 3-922964-96-6**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine zur Umwandlung von Wärmeenergie in kinetische Energie in Form eines Heißgasmotors. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet stellt die Nutzung von Restwärme zur Verrichtung mechanischer Arbeit dar.

[0002] Heißgasmotoren sind in vielfältiger Ausbildung bekannt, da die konstruktive Ausgestaltung des Motors und seiner Peripherie je nach Aufgabengebiet erfolgt. Die Nutzung von Restwärme zum Antrieb eines Heißgasmotors erfordert bereits geringe Temperaturunterschiede verwerten zu können, indem die Wärmeverluste minimiert werden. Ein dieses Ziel verfolgender Motor ist aus der DE 30 15 815 A1 bekannt. Es handelt sich um einen Heißgasmotor mit mindestens einer in einem vorzugsweise wärmeisoliertem Gehäuse angeordneten Kammer, deren eine Seite erwärmt und die andere Seite gekühlt ist. In der Kammer ist ein Verdränger zwischen den beiden Seiten verschieblich angeordnet und über einen Kurbeltrieb mit einem Motorteil verbunden. Der Verdränger und eine als Schwungrad ausgebildete Arbeitswelle werden von einer als Arbeitskolben fungierenden Membran angetrieben. Der Membranmotor ist seitlich an den Überströmraum angeschlossen. Der Antrieb des Verdrängers erfolgt mittels eines dicht mit dem Gehäuse verbundenen, durch eine Drehdurchführung eingeführten Schubstangentriebs, der durch Feder Vorspannung eine bistabile Lage des Verdrängers an den Seiten der Kammer herbeiführt. Der Verdränger ist plattenförmig ausgebildet und besteht aus wärmeisolierendem Material. Die Kammer kann einen Regenerator aufweisen, der seitlich der Flanke oder der Flanken der Verdrängerplatte im Überströmraum angeordnet ist und vorzugsweise aus einer dichten Drahtnetzanzordnung besteht. Die Kammer umfasst sowohl entlang der warmen als auch der kalten Seite eine Zwischenwand, so dass der Raum zwischen dieser und der Kammerwand als Strömungskanal für ein warmes bzw. ein kühles Medium genutzt wird, wobei die Zwischenräume über entsprechende Durchgänge und Anschlussmittel für Medienleitungen verfügen. Der wesentliche Effekt der bekannten Lösung besteht in einer Erhöhung des Wirkungsgrades, indem durch den bistabil oszillierenden Verdränger eine Verbesserung der isothermischen Situation herbeigeführt wird. Es muss sowohl für die Kompression des kalten Arbeitsgases weniger Arbeit verrichtet werden und es wird bei der Expansion des heißen Gases mehr kinetische Energie gewonnen als bei kontinuierlich oszillierendem Verdränger, wodurch die Differenz zwischen der bei der Expansion des heißen Arbeitsgases gewonnenen Energie und der zur Kompression des kalten Arbeitsgases erforderlichen Arbeit, d. h. die nutzbare Energie größer wird. Damit kann der Motor bei gleichem Wärmeeaufwand mehr Leistung abgeben.

[0003] Daraus ergibt sich die Aufgabe der Erfindung, die thermodynamischen Eigenschaften einer derartigen Wärmekraftmaschine weiter zu verbessern, so dass bereits Temperaturunterschiede von kleiner oder gleich 10 Kelvin zur Bereitstellung kinetischer Energie nutzbar sind.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Wärmekraftmaschine mit den Merkmalen nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen ergeben sich anhand der Merkmale der Unteransprüche.

[0005] Die erfindungsgemäße Wärmekraftmaschine besteht aus einer Gaskammer, welche an mindestens einer Seite mit einer ersten Wärmetauscheinrichtung in Verbindung steht, die ein kaltes Medium führt sowie einer weiteren Wärmetauscheinrichtung, welche an mindestens einer Seite der Gaskammer gegenüber der ersten Wärmetauscheinrichtung angeordnet ist und ein wärmeres Medium führt, sowie einer beweglichen Verdrängerplatte, die sich in der Gaskammer befindet. Die Verdrängerplatte umfasst mindestens einen gasdurchlässigen Regenerator. Mit der Gaskammer ist ein Arbeitszylinder verbunden, in dem ein Arbeitskolben oszilliert. Der Arbeitskolben und die Verdrängerplatte sind über ein Getriebe zur Phasenverschiebung und Umwandlung der kontinuierlichen Oszillation des Arbeitskolbens in eine bistabile Oszillation der Verdrängerplatte gekoppelt. Jeder Regenerator ist in einem Durchbruch durch die Verdrängerplatte derart mittig angeordnet, dass die Verdrängerplatte in ihrem geometrischen Zentrum ausbalanciert ist. Die Dichte der Verdrängerplatte ist kleiner oder gleich der Dichte des Regenerators, wobei die Verdrängerplatte eine Wärmeleitfähigkeit kleiner 0,09 Watt je Meter und Kelvin aufweist.

[0006] Vorteilhaft ausgebildet wird die Erfindung, indem der Regenerator aus einem offenporigen Metallschaum besteht, wobei vorzugsweise der Metallschaum des Regenerators eine zweiteilige Struktur aufweist und diese einerseits gasdurchlässige Abschnitte durch eine offenporige Struktur sowie andererseits geschlossenenporige Abschnitte besitzt, in welche ein Phasenwechselmaterial eingebracht ist.

[0007] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung erfährt die erfindungsgemäße Wärmekraftmaschine dadurch, dass die Gaskammer als gasdruckdichtes Rohr mit viereckigem oder rundem Querschnitt ausgebildet ist, dessen Seitenwände gasentleerte Hohlräume aufweisen.

[0008] Die Effizienz der Erfindung wird vorteilhaft beeinflusst durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Wärmetauscher, indem diese als gasdruckdichte Gegenstrom-Wärmetauscher ausgebildet sind und zur Gaskammer hin eine glatte Oberflächenstruktur, auf der gegenüberliegenden Seite hingegen eine mä-

anderförmige Oberflächenstruktur aufweisen, die direkt in das Material der Wärmetauscher eingebracht oder als stoffschlüssige Verbindung mit gebogenen Rohren ausgebildet ist und jeder Wärmetauscher auf jeder Seite über jeweils eine Eintritts- und eine Austrittöffnung für das Übertragungsmedium verfügt, wobei vorzugsweise mindestens eine Wärmetauscheinrichtung wärmeisoliert ist und/oder die Wärmetauscher gasdruckdicht mit der Gaskammer verbunden sind.

[0009] Vorteilhaft weitergebildet wird die Erfindung, wenn der Arbeitszylinder getriebeseitig ein gasdruckdichtes Gehäuse aufweist, das über eine Absperrichtung mit der Gaskammer verbunden ist, so dass Leckagegas aus dem Kurbelraum des Arbeitszylinders in die Gaskammer rückgeführt werden kann.

[0010] Die vorteilhafte Wirkung der Erfindung ergibt sich aus dem Zusammenspiel der konstruktiven Merkmale im Kreisprozess:

Der Verdränger befindet sich auf der kalten Seite, der Arbeitskolben am unteren Umkehrpunkt. Durch das Erwärmen des Gases wird der Arbeitskolben nach außen gedrückt, kinetische Energie wird gewonnen und über das Getriebe einem Nutzprozess zugeführt. Der Arbeitskolben erreicht den oberen Totpunkt, das Gas das maximale Volumen. Beim größten warmen Gasvolumen klappt der Verdränger schlagartig auf die warme Seite, das Gas strömt durch die kühlen Regeneratoren und gibt isochor Wärme ab. Mit dem Umklappen des Verdrängers auf die warme Seite ist der Wärmeaustausch abgeschlossen. Das kalte Gas wird nun durch den Arbeitskolben isotherm komprimiert. Hat der Arbeitskolben den unteren Totpunkt erreicht, klappt der Verdränger schlagartig auf die kalte Seite. Das Gas durchströmt die warmen Regeneratoren und nimmt isochor Wärme auf.

[0011] Der diskontinuierliche Ablauf des Kreisprozesses erfolgt in den isochoren Teilprozessen. In beiden Teilprozessen klappt der Arbeitskolben schlagartig von der Ausgangsseite auf die Zielseite um. Das plötzliche Umschlagen zwischen warmer und kalter Seite verhindert zugleich auch das Entstehen zusätzlicher Wärmeverluste, welche den Wirkungsgrad des Kreisprozesses herabsetzen könnten.

[0012] Die pro Kreislaufzyklus auf die kalte Maschinenseite transportierte Wärmemenge wird in geeigneter Weise abgeleitet oder anderweitig genutzt.

[0013] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Die Zeichnung zeigt in

[0014] Fig. 1 eine Wärmekraftmaschine mit einem Arbeitskolben und einem über zwei Zug-Schub-Stangen angetriebenen Verdränger und

[0015] Fig. 2 eine Wärmekraftmaschine mit zwei Arbeitskolben und einem über eine Zug-Schub-Stange angetriebenen Verdränger.

[0016] Die Wärmekraftmaschine besteht aus einer starren Gaskammer 1, deren Seitenwände 6 aus einem thermischen Isolator und deren Grund- und Deckfläche 3, 5 aus Wärmetauschern 2, 4 mit außen liegender thermischer Isolation aufgebaut sind.

[0017] In der Kammer 1 ist ein nicht dicht schließender Verdrängerkolben 10 mit Bewegungsfreiheit in Grund- und Deckflächenrichtung mit einer Mehrzahl integrierter Regeneratoren 11 angeordnet.

[0018] Die Deckfläche der Gaskammer 1 ist über ein kleines Totvolumen mit einem (Fig. 1) oder zwei (Fig. 2) Arbeitszylinder(n) 8 verbunden, dessen bzw. deren Arbeitskolben 9 in Arbeitszylinderachsrichtung beweglich ist und eine Variation des Gesamtvolumens von Gaskammer 1 und Arbeitszylinder 8 erlaubt. Ein Getriebe 7, welches Arbeitskolben 9 und Verdränger 10 funktionsgemäß verbindet, realisiert eine diskontinuierliche Bewegung des Verdrängers 10. Verdränger- 10 und Arbeitskolben 9 sind um 90° phasenversetzt. Die kontinuierliche Bewegung des Arbeitskolbens 9 wird durch Druckpunkt- und Federgetriebe 7 in eine ruckartige, bistabile Bewegung des Zug-Schub-Gestänges 12 gewandelt.

[0019] Die Wärmekraftmaschine ist ein Basismodul und kann zu komplexeren Wärmekraftmaschinen-Arrays in Form von Mehrzylinder-Wärmemaschinen zusammengesetzt werden.

[0020] Fig. 1 zeigt eine erste Variante des Basismoduls. Der Arbeitszylinder 8 befindet sich aus strömungstechnischen Gründen zentralsymmetrisch auf der kalten Deckfläche 5, wobei der Kammerquerschnitt kreisförmig oder quadratisch ist. Arbeitskolben 9 und Verdrängerkolben 10 bewegen sich parallel und zentralsymmetrisch zur Kammerachse. Der Verdrängerkolben 10 wird zentralsymmetrisch durch zwei Zug-Schub-Stangen 12 geführt, welche über Exzenter auf einer Drehachse als Getriebe 7 mit dem Arbeitskolben 9 verbunden sind.

[0021] Eine zweite Variante zeigt Fig. 2. Es werden zwei Arbeitszylinder 8 zentralsymmetrisch auf der kalten Deckfläche 5 angeordnet, aus strömungstechnischen Gründen müsste der Kammerquerschnitt elliptisch oder rechteckig gewählt werden. Arbeitskolben 9 und Verdrängerkolben 10 bewegen sich parallel zur Symmetrieachse der Kammer 1. Der Verdrängerkolben 10 wird zentralsymmetrisch durch eine Zug-Schub-Stange 12 geführt, welche über Exzenter auf einer Drehachse als Getriebe 7 mit dem Arbeitskolben 9 verbunden sind. Für den Aufbau von Mehrzylinder- oder Mehrstufen-Varianten ist die vier-

eckige Bauweise einer runden oder elliptischen vorzuziehen.

[0022] In jedem Wärmetauscher **2, 4** sind ein oder mehrere Rohre mäanderförmig integriert, welche von einem oder mehreren warmen flüssigen oder gasförmigen Medien getrennt durchflossen werden. Für die Zug-Schub-Stangen **12** und Arbeitszylinder **8** sind entsprechende Durchbrüche vorhanden. Die Fließrichtung in den verschiedenen Rohren eines Wärmetauschers **2, 4** kann zur Verbesserung der Temperaturkonstanz gegenläufig sein. Die Zu- und Abflüsse **13** sind mit entsprechenden Pfeilen gekennzeichnet.

[0023] Für die Seitenwände **3, 5, 6** ist als thermischer Isolator ein Metall-Dämmstoff- oder Metall-Polymer-Verbund vorgesehen. In beiden Varianten befindet sich zwischen den metallischen Außenflächen die eigentliche Dämmschicht, welche auch geschäumt sein kann.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 3015815 A1 [\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine bestehend aus einer Gaskammer (1), welche an mindestens einer Seite mit einer ersten Wärmetauscheinrichtung (4) in Verbindung steht, die ein kaltes Medium führt sowie einer weiteren Wärmetauscheinrichtung (2), welche an mindestens einer Seite der Gaskammer (1) gegenüber der ersten Wärmetauscheinrichtung (4) angeordnet ist und ein wärmeres Medium führt sowie einer beweglichen Verdrängerplatte (10), die sich in der Gaskammer (1) befindet, mit der Gaskammer (1) wenigstens ein Arbeitszylinder (8) verbunden ist, in dem ein Arbeitskolben (9) oszilliert und der Arbeitskolben (9) und die Verdrängerplatte (10) über ein Getriebe (7) zur Phasenverschiebung und Umwandlung der kontinuierlichen Oszillation des Arbeitskolbens (9) in eine bistabile Oszillation der Verdrängerplatte (10) gekoppelt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdrängerplatte (10) mindestens einen gasdurchlässigen Regenerator (11) umfasst, jeder Regenerator (11) in einem Durchbruch durch die Verdrängerplatte (10) derart mittig angeordnet ist, dass die Verdrängerplatte (10) in ihrem geometrischen Zentrum ausbalanciert ist, wobei die Dichte der Verdrängerplatte (10) kleiner oder gleich der Dichte des Regenerators (11) ist und die Verdrängerplatte (10) eine Wärmeleitfähigkeit kleiner 0,09 Watt je Meter und Kelvin aufweist.

2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerator (11) aus einem offenporigen Metallschaum besteht.

3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Metallschaum des Regenerators (11) eine zweiteilige Struktur aufweist, wobei diese einerseits gasdurchlässige Abschnitte durch eine offenporige Struktur sowie andererseits geschlossenenporige Abschnitte besitzt, in welche ein Phasenwechselmaterial eingebracht ist.

4. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaskammer (1) als gasdruckdichtes Rohr mit viereckigem oder rundem Querschnitt ausgebildet ist, dessen Seitenwände gasentleerte Hohlräume aufweisen.

5. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscher (2, 4) als gasdruckdichte Gegenstrom-Wärmetauscher ausgebildet sind und zur Gaskammer (1) hin eine glatte Oberflächenstruktur, auf der gegenüberliegenden Seite hingegen eine mäanderförmige Oberflächenstruktur aufweisen, die direkt in das Material der Wärmetauscher (2, 4) eingebracht oder als stoffschlüssige Verbindung mit gebogenen Rohren ausgebildet ist und jeder Wärmetauscher (2, 4) auf jeder Seite über jeweils eine Eintritts- und eine Austrittsöffnung (13) für das Übertragungsmedium verfügt.

6. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Wärmetauscheinrichtung (2, 4) wärmeisoliert ist.

7. Wärmekraftmaschine Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscher (2, 4) gasdruckdicht mit der Gaskammer (1) verbunden sind.

8. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitszylinder (8) getriebeseitig ein gasdruckdichtes Gehäuse aufweist, das über eine Absperreinrichtung mit der Gaskammer (1) verbunden ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

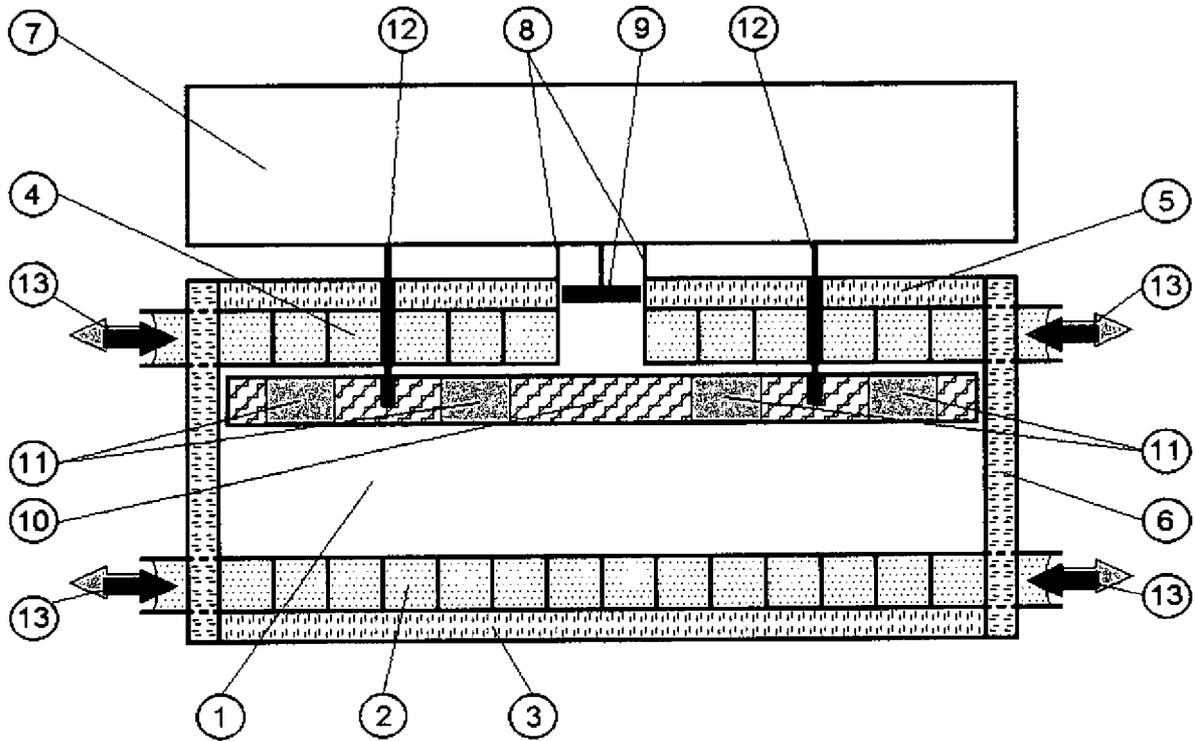


Fig. 1

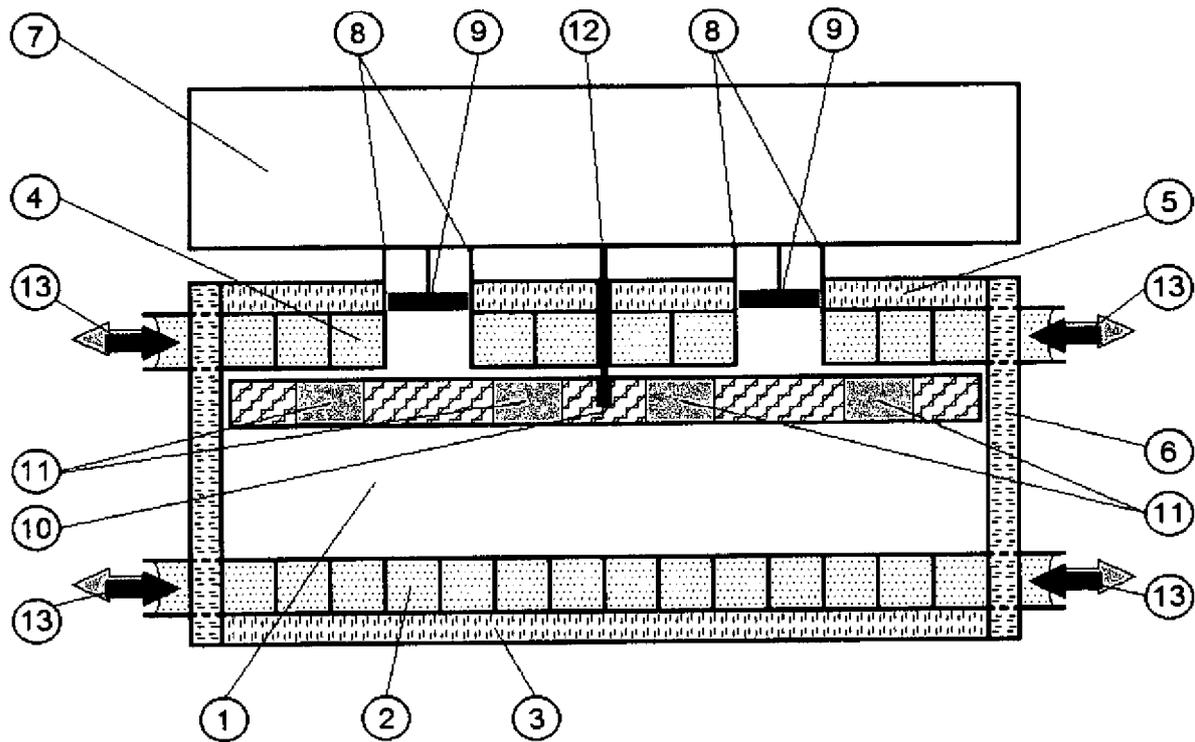


Fig. 2