



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 44 18 895 A 1**

51 Int. Cl.⁵:
F 02 G 1/043
F 01 C 1/39

21 Aktenzeichen: P 44 18 895.1
22 Anmeldetag: 31. 5. 94
43 Offenlegungstag: 22. 12. 94

DE 44 18 895 A 1

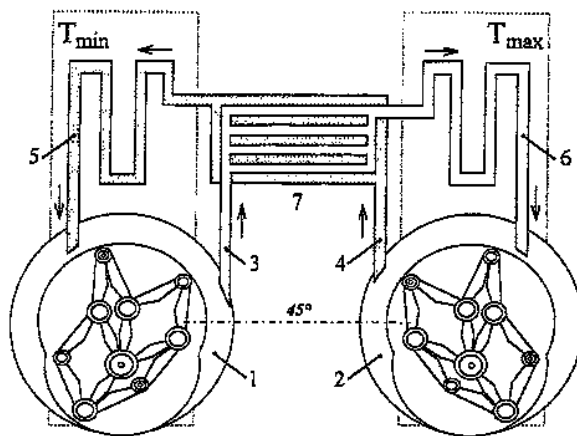
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:
Nakhmanson, Raoul, Dr., 60314 Frankfurt, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

64 Stirling-Maschine

57 Bereits existierende Stirling-Maschinen (Motoren und Wärmepumpen) haben einen hohen Wirkungsgrad, niedrigen Lärmpegel, eine breite Brennstoffpalette und eine kontinuierliche, d. h. vollkommene und saubere Verbrennung. Sein Nachteil ist das relativ große Gewicht. Um diesen Nachteil zu beseitigen und auch noch einen höheren Wirkungsgrad zu erzielen, wird eine neue Stirling-Maschine, wie in Fig. 3 gezeigt ist, gebaut. Hier sind 1 und 2 die Verdrängungsmaschinen "QuadroRhomb" ("QR") nach EuroPat. 0334302. Diese Maschinen sind leichter als zur Zeit verwendete Konstruktionen mit Zylindern und Kolben und haben außerdem getrennte Ein- und Auslässe. Es dienen 5, 6 und 3, 4 als Ein- bzw. Auslaßröhre für QR1 und QR2. Zwischen den QuadroRhomben 1 und 2 ist ein Gegenstromwärmetauscher 7 eingeschaltet. Dies kann z. B. ein dickes Rohr sein, durch das viele dünne Röhrchen mit dünnen Wänden aus gut wärmeleitendem Material (z. B. Kupfer) gehen. Die Gasströme, die durch den Gegenstromwärmetauscher gehen, vermischen sich nicht, sondern tauschen nur ihre Temperaturen aus. Das kalte Gas, das vom QR1 kommt, geht nicht durch einen Kühler, wie es zur Zeit ist, sondern erhitzt sich sofort im Wärmetauscher 7 und weiter im Rohr 6 und QR2. Das heiße Gas, das vom QR2 kommt, geht nicht durch einen Erhitzer, wie es zur Zeit ist, sondern kühlt sich sofort im Wärmetauscher 7 und weiter im Rohr 5 und QR1. Dies führt zu einer Steigerung des gesamten Wirkungsgrades der Stirling-Maschine.
QR1 und QR2 ...



DE 44 18 895 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine, die mindestens eine heiße und eine kalte Kammer hat. Diese Kammern sind mit einem Gas (Luft, Helium, Wasserstoff) gefüllt, das als Arbeitsmedium dient und während der Kammervolumenveränderungen sich ausdehnt, komprimiert, und von einer zu anderen Kammern transportiert wird. Solche Maschinen arbeiten als Motoren (sog. Stirling-Motoren); dieser Fall (und Begriff) wird am häufigsten angetroffen. In diesem Fall wird die Wärme, die von der Wärmequelle kommt, teilweise in mechanische Arbeit umgewandelt, teilweise aber auch an einen Kühler abgeleitet und gilt dann als verloren. Solche Maschinen arbeiten auch als sog. Wärmepumpen, die die mechanische Arbeit von äußeren z. B. elektrischen Motoren benutzen, um Wärme von einem kalten zu einem warmen Körper für beide Fälle benutzbar.

Der Vorteil der Stirling-Motoren im Vergleich zu der herkömmlichen Verbrennungsmotoren ist die räumliche Trennung zwischen dem Arbeitsmedium und der Wärmequelle. Dies erlaubt, eine breite Palette von Brennstoffen einschließlich Kohle und sogar Müll zu benutzen. Außerdem läuft hier die Verbrennung kontinuierlich, d. h. komplett und sauber. Auch die Benutzung von Solarenergie ist möglich. Stirling-Motoren haben einen hohen Wirkungsgrad und sind leiser. Herkömmliche Stirling-Motoren sind aber schwer und teuer.

Nach der Literatur (siehe z. B. McGraw—Hill, Encyclopedia of Science and Technology, Vol. 17, p.p. 440—445, 1992) sind nur Stirling-Motoren mit Zylindern und Kolben und mit Wärmegenerator bekannt. Ein einfaches Beispiel einer solchen Stirling-Maschine ist in Fig. 1 gezeigt. Hier sind 1 und 2 die Zylinder mit dem Arbeitsgas, 3 und 4 die Kolben. Die Zylinder sind mittels der Röhren 5, 6 und dem Wärmegenerator 7 miteinander verbunden, deswegen hat das Gas in beiden Zylindern ungefähr denselben Druck. Der Regenerator ist ein breites Rohr, das mit einem porösen Material (ein Drahtgeflecht) ausgefüllt ist. Die linke Seite der Maschine (Rohr 5 und Teil des Zylinders 1) hat guten Kontakt mit dem Kühler (Temperatur T_{\min}). Die rechte Seite der Maschine (Rohr 6 und Teil des Zylinders 2) hat guten Kontakt mit der Wärmequelle (Temperatur T_{\max}). Die Kolben bewegen sich synchron, d. h. sie sind mit derselben Kurbelwelle verbunden. Die Phasen ihrer Bewegungen sind aber nicht gleich. Deswegen fließt Gas periodisch von einem Zylinder zum anderen und zurück. Der Regenerator 7 ist vorgesehen, um Energie zu sparen. Wenn heißes Gas vom Zylinder 2 zum Zylinder 1 fließt, gibt es wesentlichen Teil seiner Wärmeenergie an den Regenerator ab. Später, wenn kaltes Gas vom Zylinder 1 zum Zylinder 2 fließt, nimmt es diese Wärmeenergie auf und erhitzt sich. Ohne Regenerator würde diese Energie bloß an den Kühler abgegeben werden. Der maximale Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine ist durch die Carnotsche Formel bestimmt:

$$\eta = 1 - T_{\min}/T_{\max}.$$

Zum Beispiel ist für $T_{\min} = 300^\circ \text{K}$ und $T_{\max} = 900^\circ \text{K}$ der Wirkungsgrad 0,67, d. h. 67%. Die bis jetzt in der Praxis erreichten maximalen Werte sind ca. 45%.

Fig. 2 zeigt die p-V-(Druck-Volumen-)Diagramme der Stirling-Maschine mit Sinusoidalbewegung der Kolben für drei verschiedene Verspätungswinkel φ des Kolbens 3 gegen den Kolben 4. Die Fläche, die jede Kurve einschließt, stellt die Arbeit der Maschine pro Periode

dar. Dem Winkel $\varphi = 90^\circ$ entspricht in Fig. 2 die maximale Arbeit. Wenn ein Punkt im p-V-Diagramm, der einen Momentanzustand des Gases darstellt, im Uhrzeigersinn entlang der Kurve läuft (wie es in Fig. 2 der Fall ist), ist diese Arbeit positiv. Das bedeutet, daß die Maschine die Wärmeenergie verbraucht und als Motor mechanische Arbeit leistet. Dies gilt für $0^\circ < \varphi < 180^\circ$. Wenn man die Drehrichtung der Kurbelwelle ändert, was der Phasenverspätung des Kolbens 4 bzw. $-180^\circ < \varphi < 0^\circ$ entspricht, läuft der Zustandspunkt in Fig. 2 dem Uhrzeigersinn entgegen und ist die Arbeit negativ. Das bedeutet, daß die Maschine von außen (z. B. von einem Elektromotor) angetrieben wird und als Wärmepumpe arbeitet. Dasselbe Ergebnis stellt sich ein, wenn man "Wärmequelle" und "Kühler" vertauscht.

Wie schon gesagt, ist die Stirling-Maschine sehr schwer (4—5mal schwerer als ein Diesel-Motor mit derselben Leistung). Ein weiterer Nachteil der Stirling-Maschine liegt darin, daß das Gas, das vom Zylinder 2 zum Zylinder 1 fließt, absolut unnötig im Rohr 6 erhitzt wird, und daß das Gas, das vom Zylinder 1 zum Zylinder 2 fließt, absolut unnötig im Rohr 5 gekühlt wird. Dies verringert den gesamten Wirkungsgrad der Maschine.

Die neue Variante der Stirling-Maschine, die hier als Erfindung präsentiert wird, soll diese Nachteile beseitigen. Statt Zylinder-Kolben-Konstruktionen sind hier neue, nach EuroPat. # 0334302 hergestellte Verdrängungsmaschinen vorgesehen. Diese Maschinen sind leicht, weil sie keine Pleuelstange, keine Kurbelwelle und keine Ausgleichgewichte haben. Außerdem haben diese Maschinen getrennte Ein- und Auslässe. Deswegen ist es möglich, hin- und herfließende Gasströme zu trennen.

Die neue Stirling-Maschine ist in Fig. 3 gezeigt. Hier sind 1 und 2 Verdrängungsmaschinen nach EuroPat. # 0334302. Jede dieser Maschinen hat vier rhombenförmige Kammern und wird deswegen "QuadroRhomb" oder kurz "QR" genannt. Dieser Name und diese Abkürzung werden in dieser Beschreibung weiter benutzt. Jeder der beiden QR hat zwei Ein- und Auslässe. Diese können parallel verbunden sein, so daß jeder QR einen Ein- und einen Auslaß hat. Für QR1 ist sein Einlaß mit dem Rohr 5 und sein Auslaß mit dem Rohr 3 verbunden. Für QR2 ist sein Einlaß mit dem Rohr 6 und sein Auslaß mit dem Rohr 4 verbunden.

In der Mitte der Verbindung zwischen QR1 und QR2 ist ein Gegenstromwärmetauscher 7 vorgesehen. Das kann z. B. ein dickes Rohr sein, durch das viele dünne Röhrchen mit dünnen Wänden aus gut wärmeleitendem Material (z. B. aus Kupfer) gehen. Die Gasströme, die durch den Gegenstromwärmetauscher 7 gehen, vermischen sich nicht, sondern tauschen nur ihre Wärme aus. Das kalte Gas, das vom QR1 kommt, geht nicht durch einen Kühler, wie es in Fig. 1 der Fall war, sondern erhitzt sich sofort im Wärmetauscher 7 und weiter im Rohr 6 und QR2. Das heiße Gas, das vom QR2 kommt, geht nicht durch einen Erhitzer, wie es in Fig. 1 der Fall war, sondern kühlt sich sofort im Wärmetauscher 7 und weiter im Rohr 5 und QR1. Dies führt zu einer Steigerung des gesamten Wirkungsgrades der Stirling-Maschine.

Wie in Fig. 1 der Fall war, sollten in Fig. 3 beide Hälften der Maschine, d. h. der QR1 und der QR2, sich synchron drehen (d. h. ihre Wellen müssen verbunden sein) und die Phasen ihrer Drehungen müssen eine Differenz φ haben (eine Verspätung des QR1 gegenüber dem QR2). Für die Maschine in Fig. 1 sind optimale φ -Werte bei $\varphi \approx 90^\circ$ und $\varphi \approx -90^\circ$ für einen Motor bzw. eine

Wärmepumpe. Die Periode des QuadroRhombs ist nicht 360° , wie dies für Zylinder-Kolben-Maschinen der Fall ist, sondern nur 180° . Deswegen hat die Stirling-Maschine in Fig. 3 optimale φ -Werte bei $\varphi \approx 45^\circ$ und $\varphi \approx -45^\circ$ für einen Motor bzw. eine Wärmepumpe. 5

Literatur

1. McGraw—Hill, Encyclopedia of Science and Technology, Vol. 17, p.p. 440—445, 1992 10
2. EuroPat. # 0334302, 1992

Patentanspruch

Eine Stirling-Maschine (Motor oder Wärmepumpe), die einen Kühler und einen Erhitzer sowie mindestens zwei mit einem Gas (Luft, Helium, Wasserstoff) ausgefüllte und miteinander verbundene Verdrängungsmaschinen aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß Verdrängungsmaschinen nach EuroPat. # 0334302 verwendet werden und hin- und herfließende Gasströme getrennte Röhren haben, die mit einem Gegenstromwärmetauscher verbunden sind. 15

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

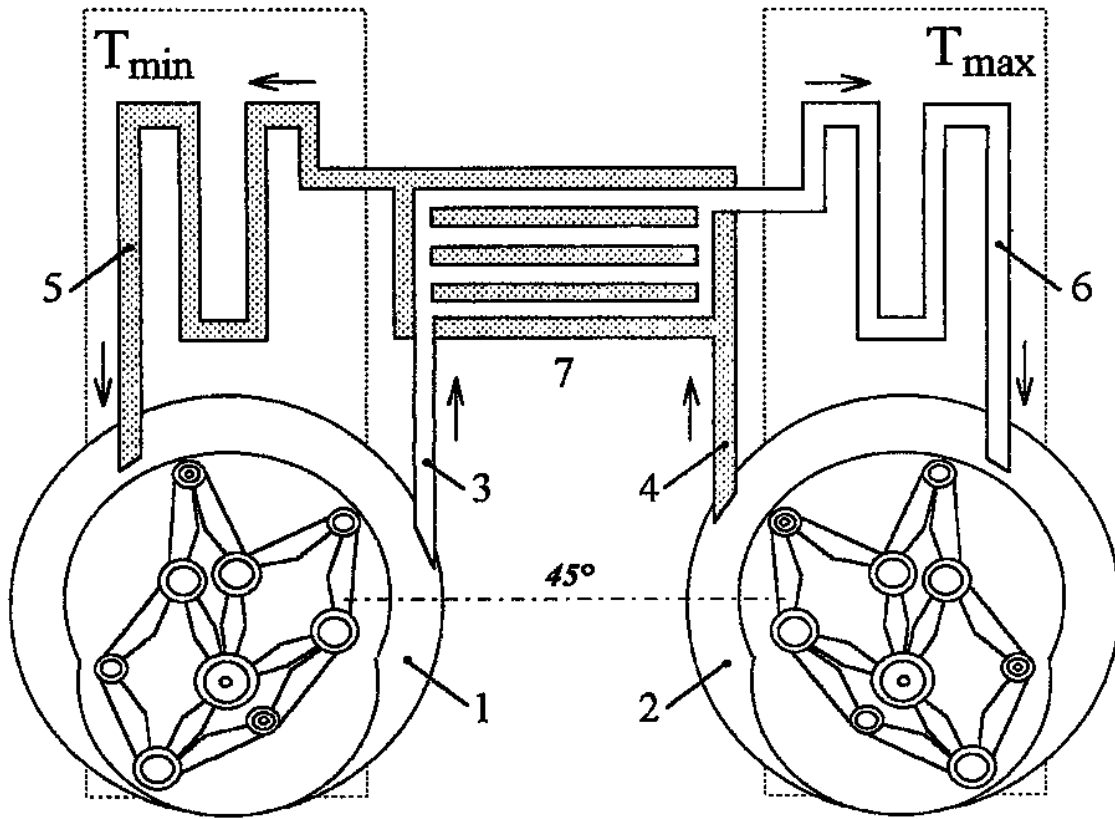


Fig.3

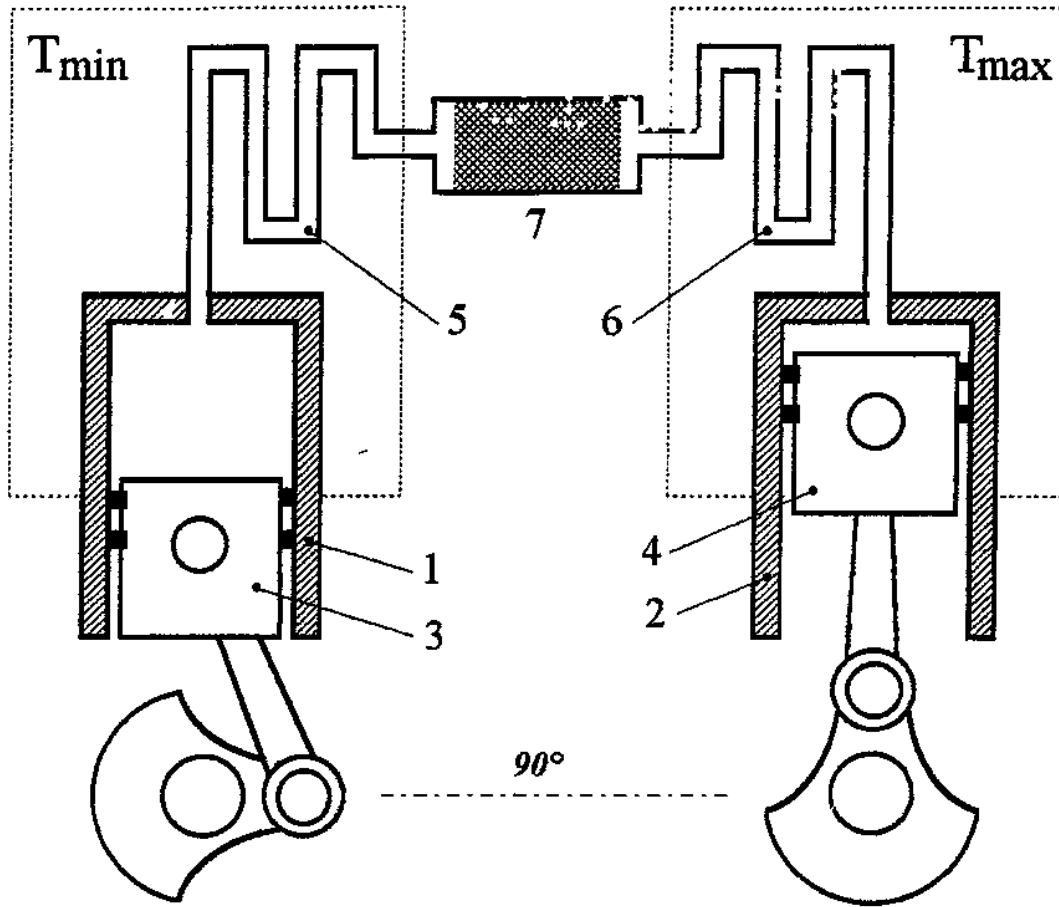


Fig. 1

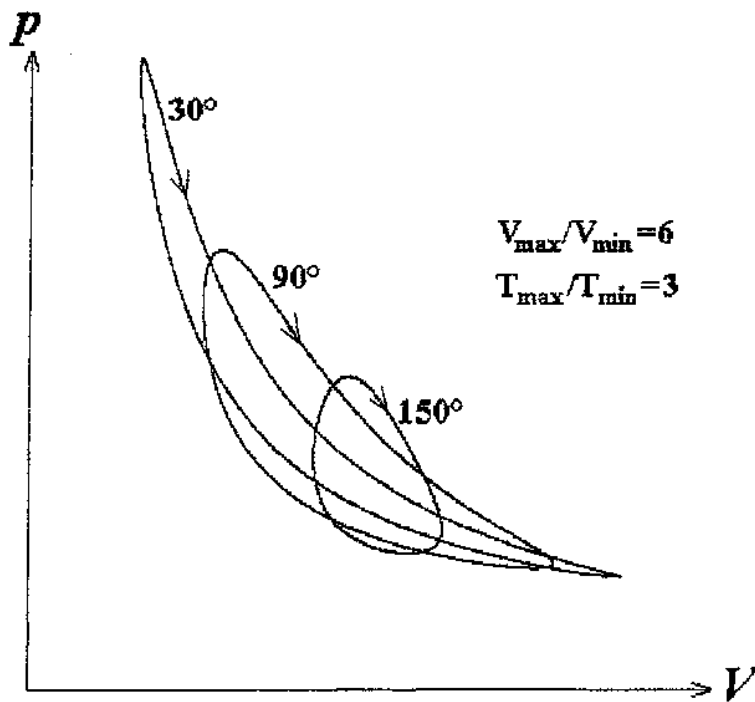


Fig. 2