



(11) **EP 1 917 434 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.06.2009 Patentblatt 2009/24

(51) Int Cl.:
F02G 1/043 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05808128.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2005/001833

(22) Anmeldetag: **07.10.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/019815 (22.02.2007 Gazette 2007/08)

(54) **4-ZYKLEN-STIRLINGMASCHINE MIT 2 DOPPELKOLBENEINHEITEN**

4-CYCLE STIRLING ENGINE WITH TWO DOUBLE PISTON UNITS

MACHINE DE STIRLING A 4 CYCLES COMPRENANT DEUX UNITES A DOUBLE PISTON

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(72) Erfinder: **Gimsa, Dr., Andreas**
14557 Michendorf (DE)

(30) Priorität: **16.08.2005 DE 102005039417**
05.09.2005 DE 102005042744

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**
Patent- und Rechtsanwälte
Joachimstaler Strasse 12
10719 Berlin (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.2008 Patentblatt 2008/19

(56) Entgegenhaltungen:
AU-B2- 472 315 **DE-A1- 3 834 071**
GB-A- 682 445

(73) Patentinhaber: **Gimsa, Dr., Andreas**
14557 Michendorf (DE)

EP 1 917 434 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Doppelt wirkende 4-Zyklus-Stirling-Motoren sind in verschiedenen Varianten der Siemens-Anordnung benannt. Bei diesen Motoren liegen 4 Zylinder nebeneinander und diese besitzen jeweils einen Expansions- und einen Kompressionsraum.

[0002] Die DE 38 34 071 A1 offenbart eine Wärmekraftmaschine nach dem Stirling-Prinzip, wobei Bewegungen von zwei Kaltkolben um im Wesentlichen 90° zu zwei Heißkolben phasenverschoben sind. Die Rückseiten der beiden Kaltkolben sind durch Stangen miteinander verbunden. Das Gleiche gilt für die entsprechenden Heißkolben. Zwischen den beiden Kaltkolben bzw. den beiden Heißkolben ist ein Getriebe angeordnet mit einer Taumelplatte, die mit den oberen Kolben über Pleuelstangen verbunden ist.

[0003] Diese Vorrichtung nach dem Stand der Technik weist folgende Nachteile auf: Es handelt sich um ein 2-Zyklus-System, das gegenüber einer 4-Zyklus-Maschine einen ungleichförmigeren Drehkraftverlauf besitzt und eine Schwungmasse benötigt. Die Leistungsdichte der Maschine ist wegen der einfach wirkenden Kolben geringer als bei doppelt wirkenden Systemen. Das Getriebe wird über axiale Wärmeleitung entlang der Zylinderwände (10, 10') sowie der Kolben (16, 16') aufgeheizt und dadurch thermisch belastet. Außerdem mindern diese Verluste den Arbeitsertrag der Maschine. Während des Maschinenlaufes pumpen die dem Prozess abgewandten Kolbenseiten Gas durch die Kanäle (40) der Kolbenstangenverbindungen (46). Dadurch entstehen zusätzliche hydraulische Verluste.

[0004] Die Erfindung beschreibt eine 4-Zyklus-Stirlingmaschine (4ZM) vom Alpha-Typ mit 2 Doppelkolbeneinheiten, die sich mit einem Phasenversatz zueinander bewegen, jeweils bestehend aus 2 Kolben, die mit Kolbenstangen (3), (8) miteinander verbunden sind und Kolbenstangenverlängerungen (4), (9), die oben ein Getriebe in mechanischer Verbindung stehen.

[0005] Eine Doppelkolbeneinheit kann aus einem Expansionskolben und einem Kompressionskolben, 2 Expansionskolben oder 2 Kompressionskolben bestehen.

[0006] Die Zyklenverbindungen nach Figur 1 sind so hergestellt, dass jeder Zyklus einen Stirling-Motor-Prozess ausführen kann. In Figur 1 findet mit Abwärtsbewegung der ersten Doppelkolbeneinheit und der hinterher eilenden zweiten Doppelkolbeneinheit im Zyklus 1 die Expansion statt, im Zyklus 2 die Kompression, im Zyklus 3 die isochore Wärmezufuhr und im Zyklus 4 die isochore Wärmeabfuhr. Der Drehkraftverlauf an der Kurbelwelle ist dadurch sehr ausgeglichen und durchweg positiv.

[0007] In der erfindungsgemäßen Anordnung nach Figur 1 ist der Zylinderraum oberhalb von Kolben 1 mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben 7 über die erste Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden und der Zylinderraum unterhalb von Kolben 1 ist mit dem Zy-

linderraum unterhalb von Kolben 7 über die zweite Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden. Zusätzlich ist der Zylinderraum oberhalb von Kolben 6 mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben 2 über die dritte Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden und der Zylinderraum unterhalb von Kolben 6 ist mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben 2 über die vierte Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden.

[0008] Da jeweils der erste Kolben einer Doppelkolbeneinheit als Führung für den zweiten genutzt werden kann, besteht die Möglichkeit ohne Kolbenringe mit definiertem Ringspalt zu arbeiten.

[0009] Die doppelt wirkenden Kolben der Doppelkolbeneinheiten lassen sich bei Beachtung der entsprechenden Temperatur und Druckniveaus als beidseitig nutzbare Membranen oder Faltenbälge, vorzugsweise in einer äußeren, druckdichten Umschließungswand realisieren.

[0010] Die Zylinder für die Kolben (1), (2), (6) und (7) können sich in ihren Durchmessern voneinander unterscheiden. Dadurch können bspw. die Expansionsräume größer als die Kompressionsräume ausgeführt werden. Außerdem lässt sich über die Variation der Zylinderdurchmesser eine Systemoptimierung bei der gleichzeitigen Realisierung von rechts- und linksläufigen Prozessen vornehmen (Beschreibung siehe unten).

[0011] Es lässt sich ein Erhitzer einsetzen, bei dem 4 hintereinander liegende oder 4 paarweise gewickelte Einrohrspiralen in einem hohlen Gussgrundkörper angeordnet sind. Der Brenner kann sich innerhalb des Gussgrundkörpers befinden.

[0012] Zur gleichmäßigen Anströmung der Regeneratormatrix aus dünneren Arbeitsgasverbindungsrohren des 4ZM lässt sich vor der Matrix ein Strömungskörper einbauen, der einen geringen beidseitigen Strömungswiderstand hat, das Gas gleichmäßig verteilt und vorzugsweise eine Kugel ist.

[0013] Um ein einfaches Wechseln der Dichtungen in der jeweiligen Zylindermitte zu ermöglichen, können diese in Form von Kolbenringen (19) auf den Kolbenstangen (3) und (8) ausgeführt werden.

[0014] Die Zyklenkurzschlussventile (27) und (28) lassen sich zur Regelung der teilnehmenden Kreisprozesse im Teillastbetrieb nutzen.

[0015] Gegenüber dem 4-Zyklus-Siemens-Stirling-Motor ergeben sich folgende Vorteile

- Einfacheres Getriebe und weniger mechanische Reibung
- Geringe Vermischungsverluste des Arbeitsgases
- Geringe Wärmeleitungsverluste insbesondere im Bereich der Zylinderwand
- Kompakterer Aufbau
- Variationsmöglichkeit des Expansionsraumes gegenüber dem Kompressionsraum

[0016] Eine weitere erfindungsgemäße Anordnung beschreibt eine 4-Zyklus-Universalmaschine mit 2 Dop-

pelkolbeneinheiten, die sich mit einem Phasenversatz zueinander bewegen, bei dem 2 Zyklen zur Bereitstellung mechanischer Energie und die beiden verbleibenden Zyklen dazu genutzt werden, Wärmequellen abzukühlen und Wärmesenken aufzuheizen.

[0017] Dazu werden die vier Arbeitsgasbereiche des Erhitzer 10 in Figur 1 auf zwei, nämlich die von Zyklus 1 und Zyklus 2 reduziert. Die verbleibenden Arbeitsgasbereiche der Wärmezufuhr in Zyklus 3 und Zyklus 4, die dann nicht mehr im Erhitzer sind (örtlich und thermisch getrennt), werden mit einer oder zwei Wärmequellen thermisch verbunden. Die Bereiche der Wärmeabfuhr von Zyklus 3 und 4 (Kühlerbereiche) können mit einer oder zwei Wärmesenken verbunden werden. So lässt sich bspw. eine Kühlmaschine aufbauen, die mit dem Überschuss an mechanischer Energie von Zyklus 1 und 2 in den beiden anderen Zyklen Kühlprozesse realisiert. Selbstverständlich können alternativ die Zyklen 3 und 4 zur Bereitstellung der mechanischen Energie genutzt werden und Zyklus 1 und 2 für die Kühlprozesse. Ebenso selbstverständlich ist die alternative Anwendung einer Wärmepumpe anstelle einer Kühlmaschine. Es lässt sich eine Maschine aufbauen, die bspw. Zyklus 1 und 2 als Wärmekraftprozesse nutzt, Zyklus 3 als Kältemaschine und Zyklus 4 als Wärmepumpe. Dafür müssen die Arbeitsgasbereiche der Wärmezufuhr von Zyklus 3 und Zyklus 4 wegen der unterschiedlichen Temperaturniveaus thermisch getrennt werden.

[0018] Die Maschine lässt sich auch so konfigurieren, das der Zylinderraum oberhalb von Kolben 1 mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben 6 über die erste Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden ist und dass der Zylinderraum unterhalb von Kolben 1 mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben 6 über die zweite Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden ist. Zusätzlich ist der Zylinderraum oberhalb von Kolben 2 mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben 7 über die erste Wärmequellen-Regenerator-Wärmesenken-Baugruppe verbunden und der Zylinderraum unterhalb von Kolben 2 ist mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben 7 über die zweite Wärmequellen-Regenerator-Wärmesenken-Baugruppe verbunden.

[0019] Eine weitere erfindungsgemäße Anordnung der Maschine besteht darin, dass der Zylinderraum oberhalb von Kolben 1 mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben 7 über die erste Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden ist und dass der Zylinderraum unterhalb von Kolben 1 mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben 7 über die zweite Erhitzer-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden ist. Zusätzlich ist der Zylinderraum oberhalb von Kolben 2 mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben 6 über die erste Wärmequellen-Regenerator-Wärmesenken-Baugruppe verbunden und der Zylinderraum unterhalb von Kolben 2 ist mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben 6 über die zweite Wärmequellen-Regenerator-Wärmesenken-Baugruppe verbunden.

[0020] Ein vorteilhafte Kopplung zweier 4-Zyklus-Ma-

schinen wird erreicht, wenn an den beiden Kröpfungen der Kurbelwelle für die zwei Doppelkolbeneinheiten eines 4-Zyklus-Motors je eine weitere Doppelkolbeneinheit einer 4-Zyklus-Kühlmaschine anlenkt. Dadurch wird eine ruhig laufende Maschine mit hoher Leistung, guter Trennung der unterschiedlichen Temperaturniveaus und einfachem Getriebe realisiert.

Vorteile

[0021]

■ Mit den beschriebenen Anordnungen können in einer Drehrichtung 4 Prozesse betrieben werden: 4 rechtsläufige Wärmekraftprozesse oder 4 linksläufige Kühlmaschinen- oder Wärmepumpenprozesse oder 2 rechtsläufige und 2 linksläufige Prozesse.

■ Es lassen sich bspw. einfache solare oder pflanzenölbefeuerte Kühlmaschinen mit vergleichsweise hohen Wirkungsgraden auch im Teillastbereich aufbauen. Die COP von thermisch betriebenen konventionellen Systemen liegen nur zwischen 0,5 und 1,1 (im Vergleich Kompressionsanlagen im Bereich von 3,5 bis 4,5 COP).

■ Die Maschine kann mechanische, elektrische und thermische Energie sowie Kälte bereitstellen. Mit Ausiegungsvariation lassen sich Anteile einer bestimmten Energieform der Nutzungsart anpassen.

[0022] Ein Getriebe zur Erzielung des Phasenversatzes und zur Energieumwandlung kann auch in Form eines Lineargenerator-Linearmotor-Systems realisiert werden. Dazu werden an den Kolbenstangenverlängerungen Magnet- oder Spulenkörper befestigt, die mit äußeren feststehenden Spulen- oder Magnetkörpern wechselwirken. Der Energieüberschuss der einen Doppelkolbeneinheit lässt sich auf diese Weise nutzen um die andere Doppelkolbeneinheit anzutreiben. Dabei wechseln die Lineargenerator-Linearmotor-Systeme permanent zwischen Generator - und Motorbetrieb.

[0023] Vorteilhaft ist ein Lineargenerator-Linearmotor-System im Zusammenhang mit der Anordnung der beiden Doppelkolbeneinheiten in Boxer-Form. Die beweglichen und feststehenden Spulen- und Magnetkörper beider Doppelkolbeneinheiten können dann teilweise oder vollständig vereint werden. Neben der Anordnung der Doppelkolbeneinheiten gemäß Figur 1 und der Boxer-Form ist auch eine V-Anordnung mit Anbindung an nur eine gemeinsame Kurbelwellenkröpfung realisierbar.

Bezugszeichenliste

[0024]

- | | | |
|----|---|---|
| 55 | 1 | Expansionskolben der ersten Doppelkolbeneinheit |
| | 2 | Kompressionskolben der ersten Doppelkolbeneinheit |

- 3 Kolbenstange der ersten Doppelkolbeneinheit
- 4 Kolbenstangenverlängerung der ersten Doppelkolbeneinheit
- 5 Zylindergehäuse
- 6 Expansionskolben der zweiten Doppelkolbeneinheit
- 7 Kompressionskolben der zweiten Doppelkolbeneinheit
- 8 Kolbenstange der zweiten Doppelkolbeneinheit
- 9 Kolbenstangenverlängerung der zweiten Doppelkolbeneinheit
- 10 4-Zyklus-Erhitzer
- 11 Regenerator Zyklus 1
- 12 Regenerator Zyklus 2
- 13 Regenerator Zyklus 3
- 14 Regenerator Zyklus 4
- 15 Kühler Zyklus 1
- 16 Kühler Zyklus 2
- 17 Kühler Zyklus 3
- 18 Kühler Zyklus 4
- 19 Kolbenstangenringe zur Abdichtung
- 20 Thermische Isolation
- 21 Kolbenstangendichtung
- 22 Linearführung
- 23 Pleuel
- 24 Kurbelwelle
- 25 Generator
- 26 Kurbelgehäuse
- 27 Zykluskurzschlussventil Zyklus 1 mit Zyklus 2
- 28 Zykluskurzschlussventil Zyklus 3 mit Zyklus 4
- Z1 Zyklus 1
- Z2 Zyklus 2
- Z3 Zyklus 3
- Z4 Zyklus 4

Patentansprüche

1. 4-Zyklus-STIRLING-Maschine vom Alpha Typ, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zwei Doppelkolbeneinheiten mit einem Phasenversatz zueinander bewegen, jeweils bestehend aus einem Expansionskolben (1, 6), der über eine Kolbenstange (3, 8) fest mit einem Kompressionskolben (2, 7) verbunden ist und eine Kolbenstangenverlängerung (4, 9), die fest mit dem Kompressionskolben (2, 7) und am anderen Ende mit einem Getriebe mechanisch verbunden ist.
2. 4-Zyklus-STIRLING-Maschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinderraum oberhalb vom Kolben (1) mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben (7) über die erste Erhitze-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden ist und dass der Zylinderraum unterhalb von Kolben (1) mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben (7) über die zweite Erhitze-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden ist; zusätzlich ist der Zylinderraum oberhalb von

Kolben (6) mit dem Zylinderraum unterhalb von Kolben (2) über die dritte Erhitze-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden und der Zylinderraum unterhalb von Kolben (6) ist mit dem Zylinderraum oberhalb von Kolben (2) über die vierte Erhitze-Regenerator-Kühler-Baugruppe verbunden.

3. 4-Zyklus-STIRLING-Maschine nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die doppelt wirkenden Kolben der Doppelkolbeneinheiten als beidseitig nutzbare Membranen oder Faltenbälge, vorzugsweise in einer äußeren, druckdichten Umschließungswand ausgeführt werden.
4. 4-Zyklus-STIRLING-Maschine nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei 4-Zyklus-Maschinen gekoppelt werden indem an den beiden Kröpfungen der Kurbelwelle für die zwei Doppelkolbeneinheiten eines 4-Zyklus-Motors je eine weitere Doppelkolbeneinheit einer 4-Zyklus-Kühlmaschine anlenkt.

Claims

1. A 4-cycle Stirling machine of the alpha type, **characterised in that** two double-piston units move to one another with a phase shift, wherein the double-piston units in each case consist of an expansion piston (1, 6) which is firmly connected to a compression piston (2, 7) via a piston rod (3, 8), and a piston rod extension (4, 9) which is firmly connected to the compression piston (2, 7) and which with the other end is mechanically connected to a gear.
2. 4-cycle Stirling machine according to claim 1, **characterised in that** the cylinder space above the piston (1) is connected to the cylinder space above the piston (7) via the first heater-regenerator-cooler assembly, and that the cylinder space below the piston (1) is connected to the cylinder space below the piston (7) via the second heater-regenerator-cooler assembly; additionally the cylinder space above the piston (6) is connected to the cylinder space below the piston (2) via the third heat source-regenerator-cooler assembly and the cylinder space below the piston (6) is connected to the cylinder space above the piston (2) via the fourth heat source-regenerator-heat sink assembly.
3. 4-cycle Stirling machine according to the claims 1 and 2, **characterised in that** the double-acting pistons of the double-piston units are designed as membranes or bellows, which may be utilised on both sides, preferably in an outer, pressure-tight enclosure wall.
4. 4-cycle Stirling machine according to the claims 1 to

3, **characterised in that** two 4-cycle machines are coupled by way of articulating in each case a further double-piston unit of a 4-cycle cooler machine on the two cranks of the crank shaft for the two double-piston units of a 4-cycle motor.

5

Revendications

1. Machine Stirling 4 temps de type alpha, **caractérisée en ce que** deux unités à piston double se déplacent avec un décalage de phase l'une par rapport à l'autre, respectivement composées d'un piston de détente (1, 6) qui est par l'intermédiaire d'une tige de piston (3, 8) relié solidement à un piston de compression (2, 7), et d'une extension de tige de piston (4, 9) qui est reliée solidement de façon mécanique au piston de compression (2, 7) et à l'autre extrémité à une boîte de vitesses.
2. Machine Stirling 4 temps selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre de cylindre au-dessus du piston (1) est reliée à la chambre de cylindre au-dessus du piston (7) par l'intermédiaire du premier sous-ensemble de chauffage/ régénération/ refroidissement, et **en ce que** la chambre de cylindre au-dessous du piston (1) est reliée à la chambre de cylindre au-dessous du piston (7) par l'intermédiaire du deuxième sous-ensemble de chauffage/ régénération/ refroidissement ; de plus, la chambre de cylindre au-dessus du piston (6) est reliée à la chambre de cylindre au-dessous du piston (2) par l'intermédiaire du troisième sous-ensemble de chauffage/ régénération/ refroidissement, et la chambre de cylindre au-dessous du piston (6) est reliée à la chambre de cylindre au-dessus du piston (2) par l'intermédiaire du quatrième sous-ensemble de chauffage/ régénération/ refroidissement.
3. Machine Stirling 4 temps selon les revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** les pistons double effet des unités à piston double sont réalisés comme des membranes ou des soufflets utilisables des deux côtés, de préférence dans une paroi d'enceinte extérieure et conservant la pression.
4. Machine Stirling 4 temps selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** deux moteurs 4 temps sont couplés **en ce que** respectivement une autre unité à pistons double d'une machine frigorifique à 4 temps est articulée aux deux coudes du vilebrequin pour les deux unités à piston double d'un moteur 4 temps.

10

15

20

25

30

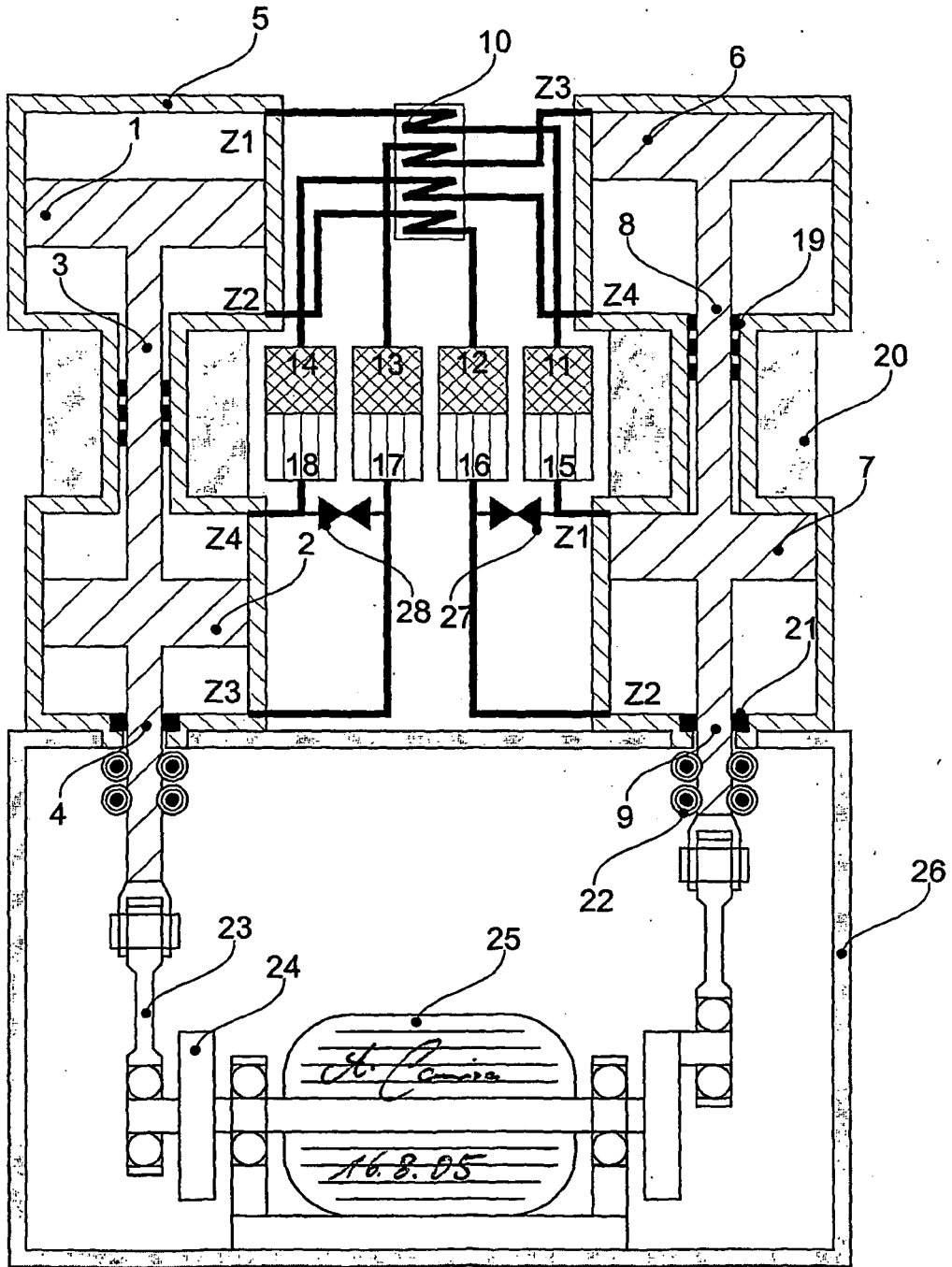
35

40

45

50

55



Figur 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3834071 A1 [0002]