

(19)



(11)

EP 1 793 080 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

06.06.2007 Patentblatt 2007/23

(51) Int Cl.:

F01C 21/08^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **06023140.4**(22) Anmeldetag: **07.11.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

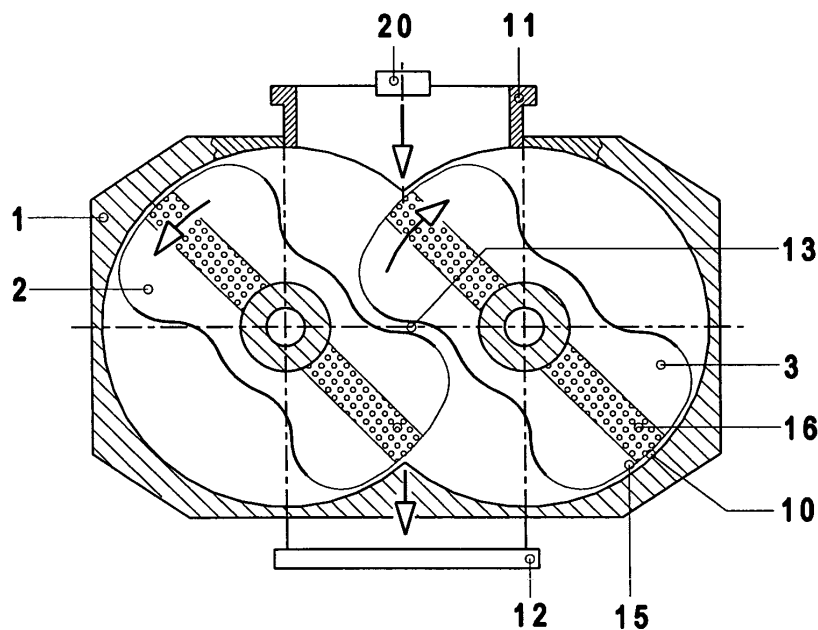
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH****35614 Asslar (DE)**(72) Erfinder: **Wagner, Jürgen****57629 Müschenbach (DE)**(30) Priorität: **02.12.2005 DE 102005057618****(54) Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe, welche einen Rotor (2, 3) und einen von diesem durch einen Spalt getrennten Stator aufweist, wobei durch Zusammenwirken von Rotor und Stator ein Pumpeffekt erzielt wird und der Spalt durch Oberflächen auf Rotor und Stator begrenzt ist. Um eine exaktere Einstellung der Spalte zu ermöglichen wird vorge-

schlagen, in dem Verfahren wenigstens ein Teil der Oberflächen mit schneidenden oder schleifenden Mitteln (15, 16) versehen werden, die Vakuumpumpe auf eine Temperatur in einem Bereich oberhalb der Normaltemperatur zu bringen, und die Vakuumpumpe innerhalb eines Zeitintervalls in diesem Übertemperaturbereich zu betreiben, so dass die Oberflächen in Berührung gelangen und dort Material abgetragen wird.

Schnitt A - A**Fig. 2****EP 1 793 080 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe, welche einen Rotor und einen von diesem durch einen Spalt getrennten Stator aufweist, wobei durch Zusammenwirken von Rotor und Stator ein Pumpeffekt erzielt wird und der Spalt durch Oberflächen auf Rotor und Stator begrenzt ist.

[0002] Vakuumpumpen weisen in der Regel rotierende Bauteile (Rotor) und stehende Bauteile (Stator) auf, zwischen denen ein Spalt besteht. Insbesondere bei trockenen Vakuumpumpen, d.h. solchen, in denen kein Schmiermittel zum Abdichten von Spalten und Schmieren von aufeinander gleitenden Flächen eingesetzt wird, ist dieser Spalt von großer Bedeutung für die vakuumtechnischen Daten der Vakuumpumpe. Allgemein gesprochen bestimmt dieser Spalt die der Pumpfunktion entgegen wirkende Rückströmung. Zu den betroffenen Vakuumpumpen zählen beispielsweise Wälzkolbenpumpen, Schraubenpumpen und Klauenpumpen.

[0003] Der vorgenannte Spalt wird im Stand der Technik durch eine aufwändige Fertigung so klein wie möglich gehalten. Zunächst werden die Bauteile der Vakuumpumpe so präzise wie möglich gefertigt. Dies stellt bereits einen erheblichen Aufwand dar, der letztlich in der teuren Bearbeitung in hochpräzisen Maschinen liegt. Anschließend werden die Bauteile exakt zueinander ausgerichtet, meist in manueller Feinarbeit. Dies ist zeitaufwändig und damit ebenfalls teuer. Zusammengefasst werden durch diese Maßnahmen auf teure Art und Weise gute Spaltgenauigkeiten erreicht. Allerdings sind diesen noch immer durch die Bearbeitung und Montage Grenzen gesetzt. Außerdem sind die Bauteile nicht aufeinander abgestimmt, so dass die Spaltmaße letztlich nur mit einer begrenzten Größe herstellbar sind.

[0004] Aufgabe ist es daher, ein Verfahren vorzustellen, welches es auf kostengünstigere Art erlaubt, hochgenaue Spalte einzustellen. Das Verfahren soll weiterhin ermöglichen, kleinere Spalte als im Stand der Technik zu realisieren, so daß letztlich die Leistungsdaten der Vakuumpumpe zu verbessern.

[0005] Gelöst wird dieser Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des ersten Anspruchs.

[0006] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird erreicht, dass die letzte mechanische Bearbeitung der Bauteile, die die Einstellung der Spalte bewirkt, in der Vakuumpumpe selbst stattfindet. Dadurch ergibt sich eine exakte Paarung der Bauteile wie sie über die Herstellungstechniken im Stand der Technik nicht erreicht werden kann. Da die Größe der Spalte nach dem erfindungsgemäßen Verfahren auf der wärmebedingten Längenausdehnung der Bauteile beruht, ist eine hochpräzise Einstellung der Spalte möglich, die ebenfalls deutlich über dem Stand der Technik liegt. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Vakuumpumpe, die für das Verfahren geeignet ist, einen sicheren Schutz vor Anlaufen der Rotoren bei Übertemperatur besitzt.

[0007] Die Merkmale der Ansprüche 2 bis 6 stellen vor-

teilhafte Weiterbildungen der Erfindung dar. So wird die Genauigkeit der Spalte durch die Maßnahme von Anspruch 2 erhöht, während Anspruch 3 eine besonders effektive Variante der schneidenden und schleifenden Mittel darstellt. Eine Mikrorändelung entsteht, in dem das bereits vorhandene Material von Rotor oder Stator bearbeitet wird, es muss also kein zusätzliches Material - beispielsweise eine Beschichtung - aufgebracht werden. Die Maßnahme nach Anspruch 4 erlaubt es, die Wirkung der schneidenden und schleifenden Mittel zu optimieren. Da das Verfahren auf der wärmebedingten Ausdehnung der Bauteile beruht, spielt der Ausdehnungskoeffizient eine wichtige Rolle. Die Ausführungsform nach Anspruch 5 erlaubt daher, die Effizienz des Verfahrens zu steigern. Schließlich gibt die Ausführungsform nach Anspruch 6 eine besonders günstige Art der Temperaturmessung an, mit der eine hochgenaue Einstellung der Temperatur und damit der Spalte realisiert werden kann.

[0008] Mit Hilfe der Abbildung soll die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert und die Vorteile derselben vertieft werden. Die Abbildungen zeigen:

Fig. 1: Achsparalleler Schnitt durch eine zweiwellige Vakuumpumpe.

Fig. 2: Stirnschnitt durch eine zweiwellige Vakuumpumpe.

Fig. 3: Verlauf der Temperatur der Vakuumpumpe.

[0009] Die erste Abbildung zeigt eine zweiwellige Vakuumpumpe im Schnitt eine zu den Achsen parallele Ebene. In einem Gehäuse 1 sind zwei Rotoren 2 und 3 angeordnet, welche je eine Welle 4 und 5 besitzen. Die Wellen werden jeweils gelagert durch Lagermittel 6, beispielsweise Kugellager. Ein Antrieb 7 versetzt einen der Rotoren in Drehung, wobei der zweite Rotor über ein Synchrongetriebe 8 ebenfalls in Drehung versetzt wird. Zwischen den Rotoren und dem Gehäuse existieren stirnseitige Spalte 9 und Längsspalte 10. Auf der Oberfläche der Rotoren sind schneidende oder schleifende Mittel 15 vorgesehen, in der Abbildung als gepunktete Bereiche gekennzeichnet. Die in dieser Abbildung gezeigten Mittel sind so angeordnet, dass sie während einer Drehung die kompletten Längsspalte 10 überstreichen.

[0010] Die zweite Abbildung zeigt einen Stirnschnitt A-A durch dieselbe Vakuumpumpe, in der zusätzlich der Ansaugflansch 11 und der Ausstoßflansch 12 gezeigt sind. Weiterhin ist ein Spalt 13 dargestellt, welcher zwischen den Rotoren vorliegt. Um das erfindungsgemäße Verfahren einsetzen zu können, sind schneidende oder schleifende Mittel 15 und 16 angebracht. Hier sind die Mittel 16 an der Stirnseite vorgesehen, während sich die Mittel 15 auf dem Rotorenkopf befinden und sich in achsparalleler Richtung entlang der Rotors ausdehnen. Die Mittel an der Stirnseite sind als gepunktete Streifen gezeigt, d.h. es ist keine vollflächige Anordnung. Hier wird ausgenutzt, dass die Mittel während einer Umdrehung des Rotors die gesamte den durch die stirnseitige Oberfläche begrenzten Spalt bearbeiten. Es ist außerdem

möglich, diese Mittel statt auf dem Rotor auf dem Stator anzuordnen. Im allgemeinen wird man für diese Mittel von einer Art von Beschichtung ausgehen, die eine schleifende oder schneidende Wirkung besitzt. Es ist auch möglich Schneiden vorzusehen, wie sie aus der Werkzeugtechnik bekannt sind.

[0011] Zur Kontrolle der Temperatur der Rotoren ist ein Infrarotmessgerät 20 gezeigt, welches die von den Rotoren abgestrahlte Wärme misst. Prinzipiell kann die Temperaturmessung auch über am Gehäuse angebrachte Messfühler erfolgen.

[0012] Abbildung 3 zeigt den Temperaturverlauf, wie er für das Verfahren wichtig ist. Dieser Temperaturverlauf, gezeigt ist hier die Temperatur T über der Zeit t , wird von dem Infrarotmessgerät 20 gemessen. Dabei wird zunächst davon ausgegangen, dass es eine Normaltemperatur T_N gibt, bei der die Vakuumpumpe betrieben wird. Bei der Festlegung dieser Normaltemperatur ist zu beachten, auf welche Weise die Temperaturmessung erfolgt, da die Temperatur innerhalb der Pumpe nicht an jeder Stelle gleich sein muss. Die Normaltemperatur stellt die Grenze zwischen Normaltemperaturbereich I und Übertemperaturbereich II dar. Der Übertemperaturbereich ist insbesondere jener, welcher im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht erreicht wird. Im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens wird wenigstens ein Teil der Oberflächen von Rotor und Stator der Vakuumpumpe mit schneidenden und schleifenden Mitteln 15, 16 versehen. Als nächstes wird die Pumpe betrieben, d.h. die Rotoren in Drehung versetzt. Hierbei erwärmt sich die Vakuumpumpe. Nun wird erfindungsgemäß als nächstes die Vakuumpumpe auf eine Temperatur erwärmt, die oberhalb der Normaltemperatur liegt, also im Übertemperaturbereich liegt. Die kann beispielsweise durch zuführen von sehr hohen Gaslasten geschehen. Es ist auch möglich, eine hohe Konzentration von Gasen mit sehr schlechter Wärmeleitung durch die Vakuumpumpe zu schicken.

[0013] Dadurch kann weniger Wärme von den Rotoren über das gepumpte Gas abgeleitet werden und diese erhitzen sich. Als Folge von der Erwärmung in den Übertemperaturbereich dehnen sich die Rotoren auf ein Maß aus, welches jenseits der Abmessungen im Normaltemperaturbereich liegt. Als nächstes wird die Vakuumpumpe in diesem Übertemperaturbereich für ein gewisses Zeitintervall Δt betrieben. In diesem Zeitintervall schrumpfen aufgrund der Ausdehnung der Rotoren die Spalte, bis schließlich die Oberflächen von Rotor und Stator in Kontakt kommen. Dieser Kontakt besteht zwischen den Rotoren untereinander und zwischen Rotor und Stator. Durch die erfindungsgemäß vorgesehenen schneidenden oder schleifenden Mittel wird Material an den den Mitteln gegenüberliegenden Oberflächen für eine Zeit t_s abgetragen. Je höher die temperaturbedingte Ausdehnung ist, desto höher ist der Materialabtrag. Der Materialabtrag bestimmt das Maß der Spalte, die im Normaltemperaturbereich vorliegen. Bei hohem Materialabtrag werden weite Spalte erzeugt, bei geringem Materi-

alabtrag sind die Spalte enger, es wird in erster Linie eine erstklassige Paarung der Bauteile bewirkt. Über die Kontrolle der Temperatur kann der Materialabtrag und damit das Maß der Spalte exakt eingestellt werden. Der Verlauf der Temperatur im Zeitintervall Δt ist nur qualitativ gezeigt. Je nach Materialpaarung kann ein schnellerer oder langsamerer Anstieg der Temperatur sinnvoll sein. Ein zu schneller Anstieg kann eine zu hohe Belastung für die schneidenden oder schleifenden Mittel bedeuten.

[0014] In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die schleifenden oder schneidenden Mittel als Mikrorändelung vorgesehen. Dies heißt, dass die Oberfläche beispielsweise des Rotors fein strukturiert wird, in dem eine feilenähnlich Struktur eingeprägt wird. Dies ist vorteilhaft, da ausschließlich das bereits vorhandene Material genutzt wird und die Mikrorändelung eine sehr hohe Beständigkeit für den Dauerbetrieb aufweist. Dadurch ist auch die Sicherheitsfunktion auf Dauer gewährleistet.

[0015] In weiteren Ausführungsformen werden die Materialien für Rotor und Stator so gewählt, dass sie unterschiedliche Härte und/oder unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Die erste Maßnahme verbessert den Materialabtrag. Aus der Geometrie von Rotor und Stator ergeben sich Relativgeschwindigkeiten der Oberflächen zueinander, die beim maximalen Abtrag eine Rolle spielen. Durch eine zu den Relativgeschwindigkeiten passende Materialpaarung kann Spielraum beim Gestalten der Geometrie gewonnen werden. Die zweite Maßnahme bewirkt eine unterschiedlich starke Ausdehnung von Rotor und Stator. Daher kann über eine Wahl der Ausdehnungskoeffizienten das Schrumpfen der Spalte in Abhängigkeit von der Temperatur beschleunigt oder verlangsamt werden. Hierdurch wird der Spielraum beim Einstellen der Spalte erhöht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe, welche einen Rotor (2, 3) und einen von diesem durch einen Spalt (9, 10) getrennten Stator aufweist, wobei durch Zusammenwirken von Rotor und Stator ein Pump-effekt erzielt wird und der Spalt durch Oberflächen von Rotor und Stator begrenzt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- wenigstens ein Teil der Oberflächen mit schneidenden oder schleifenden Mitteln (15, 16) versehen werden,
- die Vakuumpumpe auf eine Temperatur in einem Bereich oberhalb der Normaltemperatur gebracht wird, und
- die Vakuumpumpe innerhalb eines Zeitintervalls in diesem Übertemperaturbereich betrieben wird, so dass die Oberflächen in Berührung gelangen und dort Material abgetragen wird, um den Spalt (9, 10) auf eine gewünschte Größe zu bringen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Oberflächen derart mit schneidenden oder schleifenden Mitteln (15, 16) versehen ist, dass während einer Umdrehung des Rotors die gesamten Oberflächen bearbeitet werden. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Oberflächen mit einer Mikrorändelung versehen ist, welche eine Material abtragende Wirkung hat. 10
4. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rotor (2, 3) und Stator aus Materialien mit unterschiedlicher Härte hergestellt sind. 15
5. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rotor (2, 3) und Stator aus Materialien mit unterschiedlichem Ausdehnungskoeffizienten hergestellt sind. 20
6. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Rotors (2, 3) durch Messung seiner Infrarotstrahlung bestimmt wird. 25

30

35

40

45

50

55

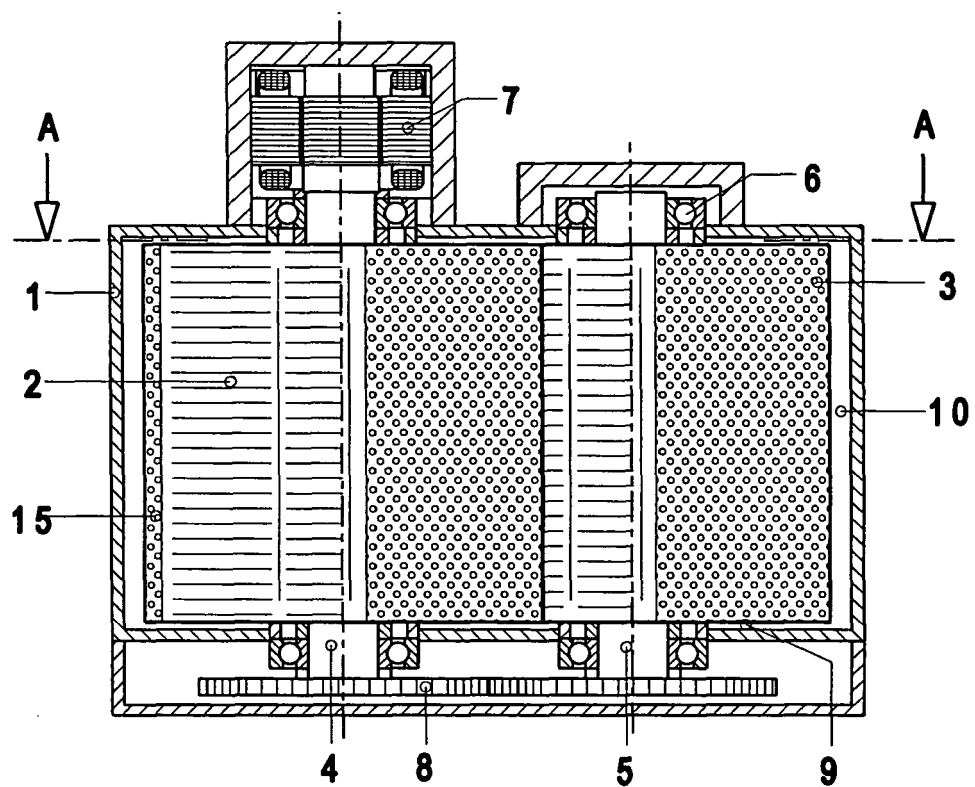


Fig. 1

Schnitt A - A

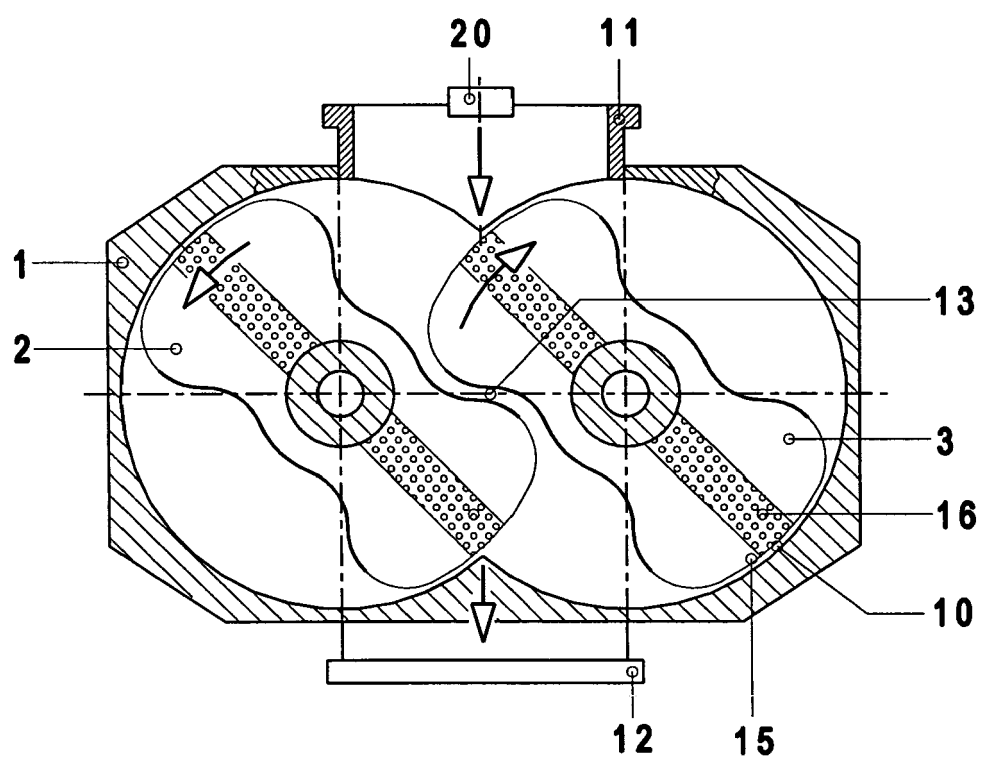


Fig. 2

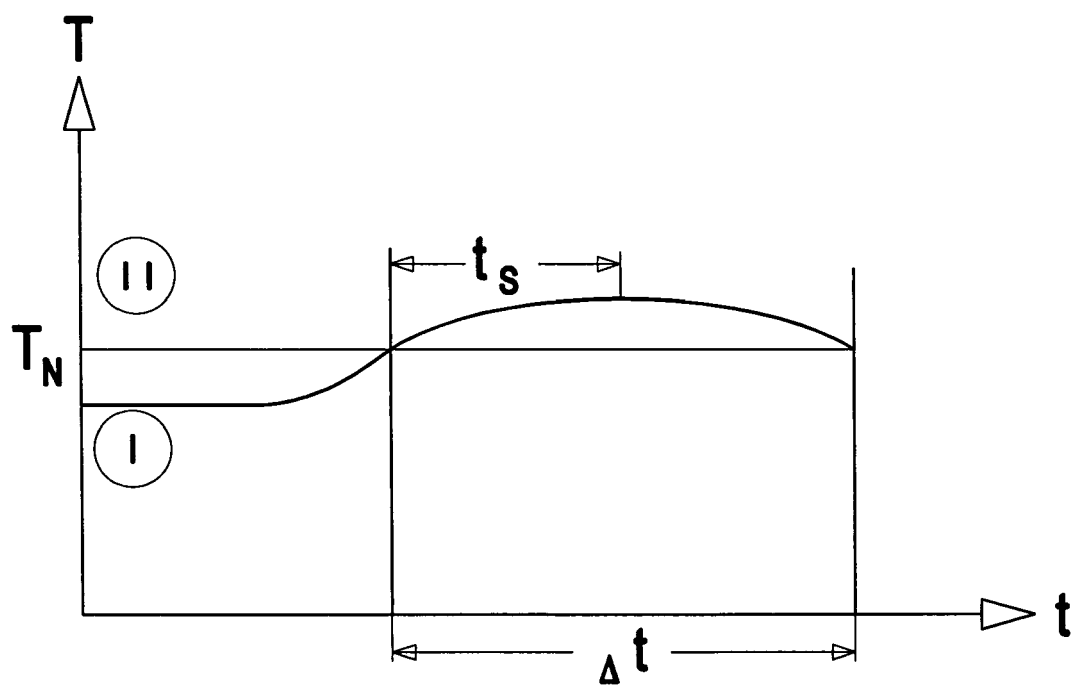


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 02 3140

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
X	US 5 364 250 A (AOKI MASAKAZU [JP] ET AL) 15. November 1994 (1994-11-15)	1,2,4	INV. F01C21/08	
Y	* Abbildungen 1-3 * * Spalte 1, Zeilen 6-11 * * Spalte 3, Zeilen 44-62 * * Spalte 4, Zeilen 55-66 * * Spalte 7, Zeilen 3-58 * * Spalte 9, Zeilen 43-46 * -----	3-5		
X	DE 11 45 296 B (SCHWEIZERISCHE LOKOMOTIV) 14. März 1963 (1963-03-14) * Spalte 1, Zeilen 8-14 * * Spalte 3, Zeilen 11-25 * * Spalte 4, Zeilen 48-58 * * Spalte 5, Zeilen 6-8 * * Abbildung 1 * -----	1,2		
Y	US 2 491 677 A (MCCULLOCH ROBERT P) 20. Dezember 1949 (1949-12-20) * Spalte 1, Zeile 7 - Spalte 2, Zeile 10 * * Spalte 4, Zeilen 6-14 * -----	3,4		
Y	WO 2005/047705 A (BOC GROUP PLC [GB]; OKOROA FOR EMMANUEL UZOMA [GB]; SCHOFIELD NIGEL PAU) 26. Mai 2005 (2005-05-26) * Seite 5, Zeilen 24,25 * * Abbildungen 1,2 * -----	4		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	US 5 638 600 A (RAO V DURGA NAGESWAR [US] ET AL) 17. Juni 1997 (1997-06-17) * Spalte 3, Zeilen 14-19 * * Spalte 3, Zeilen 63-66 * * Abbildungen 1-3 * -----	5		F04C
A	EP 0 109 823 A (INGERSOLL RAND CO [US]) 30. Mai 1984 (1984-05-30) * Abbildung 1 * -----	1-6		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt				
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. März 2007	Prüfer Biloen, David	
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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

2
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 02 3140

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-03-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5364250 A	15-11-1994	JP 3254457 B2	04-02-2002
		JP 6101670 A	12-04-1994
DE 1145296 B	14-03-1963	KEINE	
US 2491677 A	20-12-1949	KEINE	
WO 2005047705 A	26-05-2005	KEINE	
US 5638600 A	17-06-1997	CA 2159389 A1	08-04-1996
		DE 69519712 D1	01-02-2001
		DE 69519712 T2	03-05-2001
		EP 0705979 A1	10-04-1996
		US 5554020 A	10-09-1996
EP 0109823 A	30-05-1984	AU 556214 B2	23-10-1986
		AU 2117983 A	24-05-1984
		CA 1214759 A1	02-12-1986
		JP 1037566 B	08-08-1989
		JP 1553024 C	04-04-1990
		JP 59103901 A	15-06-1984
		MX 159311 A	16-05-1989
		US 4466785 A	21-08-1984
		ZA 8308242 A	27-06-1984

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82