



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: F 04 C 18/063

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

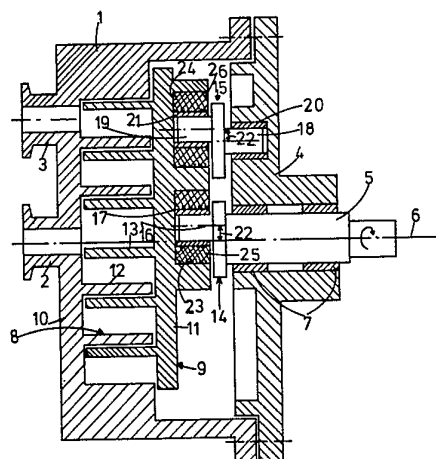
638 017

⑫① Gesuchsnummer:	6427/79	⑦③ Inhaber:	Leybold-Heraeus GmbH, Köln 51 (DE)
⑫② Anmeldungsdatum:	10.07.1979		
⑫③ Priorität(en):	15.07.1978 DE 2831179	⑦② Erfinder:	Berthold Fischer, Lechenich (DE) Dr. Hans-Peter Kabelitz, Köln (DE) Dr. Hansen Pfaff, Erfstadt (DE) Andreas Schmitz, Weilerswist (DE)
⑫④ Patent erteilt:	31.08.1983		
⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht:	31.08.1983	⑦④ Vertreter:	Patentanwaltsbureau Isler & Schmid, Zürich

⑤④ Verdrängermaschine nach dem Spiralprinzip.

⑤⑦ Die Verdrängermaschine weist ein feststehendes Verdrängerelement (8) und ein eine translatorische Kreisbewegung ausführendes Verdrängerelement (9) auf. Die beiden Elemente (8, 9) bestehen im wesentlichen aus Scheiben (10 bzw. 11), auf denen ineinandergreifende spiralförmige Wandungen (12 bzw. 13) angeordnet sind, die spiralförmige Ausnehmungen bilden. Das Verdrängerelement (9) ist an einer Antriebskurbel (14) und an einer Führungskurbel (15) gelagert. Die Kurbelzapfen (16, 19) sind im Verdrängerelement (9) in Lagerhülsen (17, 21) gelagert, die ihrerseits in gummielastischen Elementen (25, 26) angeordnet sind.

Das elastisch aufgehängte Verdrängerelement (9) kann somit Ausweichbewegungen ausführen, um ungenaue Fertigung und thermische Verformungen der Wandungen (12, 13) auszugleichen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verdrängermaschine nach dem Spiralprinzip mit zwei relativ zueinander eine translatorische Kreisbewegung ausführenden Verdrängerelementen, von denen das eine mit spiralförmigen Wänden und das andere mit spiralförmigen Ausnehmungen ausgerüstet ist, wobei die spiralförmigen Wände und die spiralförmigen Ausnehmungen axial ineinandergreifend gestaltet sind, dadurch gekennzeichnet, dass für mindestens eines der beiden Verdrängerelemente (8, 9) eine elastische Aufhängung (25, 26, 27, 29, 30) vorgesehen ist.

2. Verdrängermaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das eine (8) der Verdrängerelemente ruht und das andere (9) an einem oder mehreren Kurbeltrieben (14, 15) gleicher Exzentrizität gehalten ist und dass für das ruhende und/oder das angetriebene Verdrängerelement eine elastische Aufhängung (25, 27, 29, 30) vorgesehen ist.

3. Verdrängermaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das ruhende Verdrängerelement (8) elastisch in einem Gehäuse (1, 4) aufgehängt ist.

4. Verdrängermaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das ruhende Verdrängerelement (8) über zylindrische Federelemente (25, 26) mit dem Gehäuse (1, 4) verbunden ist, deren Achsen zur Achse (6) der Kreisbewegung etwa parallel liegen.

5. Verdrängermaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das ruhende Verdrängerelement (8) über mehrere Schraubenfedern (30) im Gehäuse (1, 4) aufgehängt ist, deren Achsen zur Achse (6) der Kreisbewegung im wesentlichen radial verlaufen.

6. Verdrängermaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das ruhende Verdrängerelement (8) starr mit einem Gehäuse (1, 4) verbunden ist oder vom Gehäuse selbst gebildet wird und dass das angetriebene Verdrängerelement (9) elastisch aufgehängt ist.

7. Verdrängermaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das angetriebene Verdrängerelement (9) elastisch an den Wellenstümpfen (16, 19) der Kurbeltriebe (14, 15) aufgehängt ist.

8. Verdrängermaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die verdrängerseitigen Wellenstümpfe (16, 19) der Kurbeltriebe (14, 15) von zylindrischen Federelementen (25, 26) umgeben sind.

9. Verdrängermaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Kurbeltriebe (15) antriebsseitig und die Antriebswelle (5) elastisch gelagert sind.

10. Verdrängermaschine nach Anspruch 6 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Kurbeltriebe (15) und die Antriebswelle (5) antriebsseitig in einem Gehäuseteil (4) gelagert sind, der seinerseits an einem weiteren Gehäuseteil (1) elastisch aufgehängt ist.

11. Verdrängermaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäuseteile (1, 4) über einen vorzugsweise metallischen Faltenbalg (29) miteinander verbunden sind.

12. Verdrängermaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beide Verdrängerelemente (8, 9) um zueinander versetzte Achsen drehbar gelagert sind.

13. Verdrängermaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das oder die Lager des einen oder beider Verdrängerelemente von elastischen Elementen umgeben sind.

14. Verdrängermaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elastische Aufhängung in der Weise vorgespannt ist, dass die dadurch bewirkte Vorspannkraft durch den oder die Kontaktpunkte zwischen den beiden Verdrängerelementen (8, 9) weist und mit dem oder den Kontaktpunkten umläuft.

15. Verdrängermaschine nach Anspruch 2 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannkraft durch ein Übermass

des Kurbelradius der Antriebs- und/oder Führungskurbeltriebe (14, 15) erzeugt wird.

16. Verdrängermaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die einander berührenden Oberflächen der Verdrängerelemente (8, 9) aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

17. Verdrängermaschine nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein Werkstoff Aluminium oder Stahl ist und der andere Werkstoff Polytetrafluoräthylen mit mineralischen oder metallischen Füllstoffen ist.

Die Erfindung betrifft eine Verdrängermaschine nach dem Spiralprinzip mit zwei relativ zueinander eine translatorische Kreisbewegung ausführenden Verdrängerelementen, von denen das eine mit spiralförmigen Wänden und das andere mit spiralförmigen Ausnehmungen ausgerüstet ist, wobei die spiralförmigen Wände und die spiralförmigen Ausnehmungen axial ineinandergreifend gestaltet sind.

Verdichter, Vakuumpumpen und andere Verdrängermaschinen nach dem Spiralprinzip sind seit längerem bekannt (vgl. z.B. DE-AS 22 25 327 und DE-OS 26 03 462). Der Verdrängervorgang wird durch zwei Verdrängerelemente bewirkt, die meist in ähnlicher Weise aus einer Grundplatte mit aufgesetz-

ten, spiralförmigen Wänden oder Ausnehmungen bestehen. Dabei greifen die spiralförmigen Wände und Ausnehmungen beider Verdrängerelemente axial ineinander. Durch eine meist kreisförmige, aber rein translatorische Relativbewegung (Parallelführung) der beiden Verdrängerelemente wandern die Kontaktpunkte zwischen den spiralförmigen Wänden bzw. Ausnehmungen einsinnig, so dass – je nach Drehsinn der Relativbewegung – die Kontaktpunkte entweder radienmässig von aussen nach innen oder von innen nach aussen wandern. Der Antrieb bzw. Abtrieb derartiger Verdrängermaschinen kann bekannt-

lich auf zwei Wegen erfolgen. Man kann ein Verdrängerelement festhalten, dann wird das zweite Element über einen Exzentertrieb, meist Kreiskurbeltrieb, in die gewünschte, meist kreisförmige, Relativbewegung versetzt. Der zweite Weg besteht, sofern eine kreisförmige Relativbewegung angestrebt wird, darin,

beide Verdrängerelemente drehbar zu lagern, wobei die Drehachsen um die gewünschte Exzentrizität versetzt sind (z.B. Evolventenpumpen). Sobald die spiralförmigen Wände und Ausnehmungen sich über einen Umfangswinkel von wenigstens 2π erstrecken, besteht ständig in wenigstens einem Punkt der radiale Kontakt zwischen den spiralförmigen Elementen. Sobald die spiralförmigen Wände und Ausnehmungen sich wenigstens über eine doppelte Umschlingung (Umfangswinkel 4π) erstrecken, bestehen ständig mindestens zwei radiale Kontaktpunkte. Im letztgenannten Falle bilden sich zwischen zwei Kontaktpunkten sichelförmige Hohlräume, in denen ein Fluid infolge der oben erwähnten Relativbewegung einsinnig gefördert werden kann.

Der einsinnig ablaufende Fördervorgang mit geringen Relativgeschwindigkeiten der Verdrängerelemente, wobei bestimmte Flächenbereiche der spiralförmigen Wände und Ausnehmungen stets nur dem Ansaug- oder dem Ausschubbereich zugeordnet sind, lässt den Einsatz von Pumpen und Verdichtern nach dem Spiralprinzip stets dort attraktiv erscheinen, wo hohe Verdichtungsverhältnisse ohne oder bei schwacher Schmierung erreicht werden sollen. Ölfrei arbeitende Verdrängermaschinen sind aus Service-Betriebskosten- und Umweltschutzgründen vorzuziehen. Es gibt auch Fälle, wo Öl nicht nur unerwünscht sondern unzulässig ist, z.B. wegen Explosionsgefahr.

Es zeigt sich allerdings, dass die theoretisch erreichbaren hohen Verdichtungsverhältnisse und die einfache Arbeitsweise praktisch nur schwer zu realisieren sind, weil eine sichere und präzise Abwälzung und Abdichtung in den radialen Kontaktpunkten zwischen den spiralförmigen Wänden und Ausnehmungen

mungen nicht einfach zu bewerkstelligen ist. Wenn aber sauberes zwangsfreies Abwälzen in den Kontaktpunkten nicht gewährleistet ist, treten als Folgeerscheinungen erhöhter Verschleiss sowie lokale Erhitzungen an den spiralförmigen Konturen und im Gefolge damit Kaltverschweissungen und Festlaufen der Lager auf.

Die Hauptursachen eines nicht ausreichend sauberen und zwangsfreien Abwälzens in den Kontaktpunkten sind zu suchen in

- a) nicht ausreichender Prallefführung der beiden Verdrängerelemente,
- b) unzureichender Fertigungsgenauigkeit der spiralförmigen Konturen und
- c) thermisch bedingter Konturabweichung bzw. Spielaufzehrung an den spiralförmigen Konturen bzw. in den Kontaktpunkten

Bekannte Lösungen der erwähnten Probleme bestehen u.a. in hochgenauen, justierbaren Kurbeltrieben als Parallelführung, hochgenaue Fertigung der spiralförmigen Konturen in klimatisierten Räumen, Thermostatisierung der Verdrängerelemente durch einen ausgefeilten Kühlömlauf und dgl. (vergl. z.B. DE-AS 22 26 327). Die ausgeführten Lösungen erfordern jedoch einen vielfach höheren Aufwand an Fertigungskosten als bei Pumpen und Verdichtern in ölüberlagerter Bauweise, z.B. Drehschiebervakuumpumpen und ähnliche. Daher haben sich Spiralverdrängermaschinen bisher nur dort durchsetzen können, wo mangels Alternativlösungen die hohen Kosten in Kauf genommen werden müssen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Verdrängermaschine (Verdichter, Vakuumpumpe oder dgl.) nach dem Spiralprinzip mit zwei Verdrängerelementen, welche jeweils axial ineinandergreifende spiralförmige Wände bzw. Ausnehmungen aufweisen und relativ zueinander eine translatorische Kreisbewegung ausführen, zu schaffen, welche unter Beibehaltung hoher Verdichtungsverhältnisse wesentlich kostengünstiger herstellbar ist.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass für mindestens eines der beiden Verdrängerelemente eine elastische Aufhängung vorgesehen ist. Dem elastisch aufgehängten Verdrängerelement wird eine Ausweichbewegung ermöglicht, die in gewissen Rahmen ungenaue Parallelführung, ungenaue Konturfertigung sowie thermische Verformung und Spielaufzehrung zulässig werden lässt, ohne dass die Verdichtungsverhältnisse negativ beeinflusst werden. Die Erfindung ist sowohl bei Verdrängermaschinen, bei denen das eine der Verdrängerelemente ruht und das andere an einem oder mehreren Kurbeltrieben gleicher Exzentrizität gehalten ist, als auch bei Verdrängermaschinen, bei denen beide Verdrängerelemente um zueinander versetzte Achsen drehbar gelagert sind, anwendbar. Bei einer Verdrängermaschine des erstgenannten Typs kann entweder das ruhende oder das sich bewegende Verdrängerelement (oder beide) elastisch aufgehängt sein. Bei einer Verdrängermaschine des zweitgenannten Typs kann die elastische Aufhängung eines der beiden Verdrängerelemente (oder beider) z.B. dadurch realisiert sein, dass die Lager selbst von elastischen Elementen umgeben sind.

Besonders zweckmässig ist es, wenn die elastische Aufhängung in der Weise vorgespannt ist, dass die dadurch bewirkte Vorspannkraft durch den oder die Kontaktpunkte zwischen den beiden Verdrängerelementen weist und in geeigneter Weise mit dem oder den Kontaktpunkten umläuft. Bei einer in dieser Weise ausgebildeten Verdrängermaschine tritt ein unerwünschter Nebeneffekt nicht mehr auf. Dieser Nebeneffekt besteht darin, dass an den elastisch aufgehängten Verdrängerelementen als Folge des Verdichtungsvorganges Luftkräfte angreifen, die in einer solchen Richtung wirken können, dass die spiralförmigen Wände und Ausnehmungen auseinandergedrückt werden können, so dass der Kontakt zwischen beiden aufgehoben wird. Das

hat eine innere Undichtheit der Verdrängermaschine und damit eine Verschlechterung der Verdichtungsverhältnisse zur Folge. Durch Vorspannung der elastischen Aufhängung in der angegebenen Richtung wird der Kontakt zwischen den Wänden bzw.

5 Ausnehmungen ständig aufrechterhalten. Eine solche Vorspannung kann z.B. durch ein abgestimmtes Übermass des Kurbelradius der Antriebs- und/oder der Führungskurbeltriebe erzeugt werden.

Eine weitere vorteilhafte Massnahme, die auch bei Verdrängermaschinen ohne elastische Aufhängung eines oder beider Verdrängerelemente realisiert werden kann, besteht darin, dass zumindest die einander berührenden Oberflächen der Verdrängerelemente aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen, welche für das Wälzgleiten besonders geeignet sind. Als vorteilhafte Werkstoffpaarung kommt dafür z.B. Aluminium oder Stahl mit Polytetrafluoräthylen mit mineralischen oder metallischen Füllstoffen oder Strukturen infrage. Diese Massnahmen ermöglichen ebenfalls die kostengünstige Herstellung funktionsfähiger ölfreier Verdrängermaschinen.

20 Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand von in den Figuren 1 bis 6 schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Als Ausführungsbeispiele sind zwar nur Maschinen dargestellt, bei denen das eine der Verdrängerelemente ruht und das andere eine kreisförmige translatorische Bewegung ausführt; die beschriebenen erfindungsgemässen Merkmale sind jedoch ohne weiteres auch bei anderen Verdrängermaschinen nach dem Spiralprinzip anwendbar.

In allen Figuren umfasst das Gehäuse der dargestellten Ausführungsbeispiele zwei Teile, nämlich einen topfförmigen Teil 1 mit dem Einlass- bzw. Auslassstutzen 2 bzw. 3 und einen dekkelförmigen Teil 4, in dem die Antriebswelle 5 gelagert ist. Die Antriebsachse ist mit 6 bezeichnet. Die Lager sind nur schematisch angedeutet und tragen das Bezugszeichen 7.

35 Innerhalb des Gehäuses 1, 4 sind ein feststehendes Verdrängerelement 8 und ein eine translatorische Kreisbewegung ausführendes Verdrängerelement 9 angeordnet. Diese bestehen im wesentlichen jeweils aus einer Scheibe 10 bzw. 11, auf denen einander angepasste, ineinandergreifende spiralförmige Wandungen 12 bzw. 13 vorgesehen sind, welche jeweils spiralförmige Ausnehmungen bilden. Von den spiralförmigen Wandungen 12, 13 jeweils eingeschlossene, von innen nach aussen oder von aussen nach innen sich bewegende Räume bewirken den Fördereffekt der Maschine.

45 Bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1, 3 und 4 ist die Scheibe 10 identisch mit dem Boden des topfförmigen Gehäuseteils 1. Die spiralförmigen Wandungen 12 und das Gehäuseteil 1 sind einstückig ausgebildet.

Damit das sich bewegende Verdrängerelement eine translatorische Kreisbewegung ausführen kann, sind eine mit der Welle 5 gekoppelte Antriebskurbel 14 und mindestens eine Führungskurbel 15 vorgesehen. Dazu ist die Antriebswelle 5 abtriebsseitig mit einem exzentrisch zur Achse 6 liegenden Wellenstumpf 16 versehen, der mittels der Lagerhülse 17 mit Verdrängerelement 9 gelagert ist. Die Führungskurbel 15 weist antriebs- und abtriebsseitige Wellenstümpfe 18 und 19 auf, die jeweils in Lagerhülsen 20 bzw. 21 gelagert sind. Die Grösse der Exzentrizität ist in den Figuren 1 und 2 jeweils mit Hilfe des Doppelpfeiles 22 angedeutet.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist die Erfindung dadurch realisiert, dass die abtriebsseitigen Wellenstümpfe 16 und 19 im sich bewegenden Verdrängerelement 9 elastisch gelagert sind. Dazu sind am Verdrängerelement 9 Lagerbuchsen 22 und 24 vorgesehen, in die die abtriebsseitigen Wellenstümpfe 16 und 19 der Kurbel 14 und 15 mit ihren Lagerhülsen 17 und 21 eingreifen. Der Durchmesser der Lagerbuchsen 23 und 24 ist so gewählt, dass ausser den Wellenstümpfen 16 und 19 elastische, die Wellenstümpfe umgebende Elemente 25 und 26 darin

untergebracht werden können. Infolge dieser elastischen Elemente kann das Verdrängerelement Ausweichbewegungen ausführen, die aufgrund ungenauer Parallelführung, ungenauer Konturenfertigung oder thermischer Verformung oder Spielauflage notwendig sind.

Als elastisches Element ist beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 jeweils ein die Wellenstümpfe 16 und 19 umgebender Ring 25, 26 aus Gummi oder einem Elastomer eingesetzt. Natürlich besteht auch die Möglichkeit, diesen Ring z.B. durch radial gerichtete Schraubenfedern, wellige Federringe und dergl. zu wählen. Wesentlich ist die weitgehende Elastizität dieser die Lagerung umgebenden Elemente. Das Ausführungsbeispiel nach Figur 2 zeigt einen Schnitt durch das Ausführungsbeispiel nach Figur 1 in Höhe der Linie II-II. Bei diesem Ausführungsbeispiel dienen zwei Schraubenfedern 27 als elastisches Element. Aus Stabilitätsgründen sind jedoch drei oder noch mehr Federn zweckmässig. Die Federn wurden aus Übersichtlichkeitsgründen nur im Bereich der Antriebskurbel 14 dargestellt. Zusätzlich sind zwei weitere Führungskurbel 15 und 15' vorgesehen, die jedoch nur gestrichelt angedeutet wurden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 3 sind ebenfalls Federn als elastische Elemente vorgesehen, und zwar sowohl für die Antriebskurbel 14 als auch für die Führungskurbel 15. Eine andere Ausführungsform besteht darin, die elastische Lagerung antriebsseitig vorzusehen. Dazu müsste die Antriebswelle 5 und der antriebsseitige Wellenstumpf 18 der Führungskurbel 15 in der bereits beschriebenen Weise im Deckel 4 elastisch gelagert sein. Ein gesondertes Ausführungsbeispiel ist dafür nicht dargestellt.

Eine elastische Aufhängung für das sich bewegende Verdrängerelement 9 kann auch dadurch erreicht werden, dass das deckelförmige Gehäuseteil 4 als ganzes elastisch aufgehängt ist. Ein Ausführungsbeispiel dafür ist in Figur 4 dargestellt. Hierbei ist die elastische Aufhängung des Deckels 4 dadurch realisiert, dass zwischen Gehäuseteil 1 und dem Deckel 4 ein umlaufender Faltenbalg 29 vorgesehen ist.

Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin möglich, das ruhende Verdrängerelement 8 elastisch aufzuhängen, so dass es die gewünschten Ausgleichsbewegungen zulässt. Ausführungsbeispiele dafür sind in den Figuren 5 und 6 dargestellt. Beim

Ausführungsbeispiel nach Figur 5 ist das ruhende Verdrängerelement 8 als vom Gehäuseteil 1 unabhängiges Bauteil ausgebildet, das mittels einer Vielzahl radial gerichteter Schraubenfedern 30 im Gehäuse 1 gehalten ist. Für die Zu- bzw. Abführung der geförderten Medien sind Faltenbälge 31, 32 vorgesehen. Natürlich können die Schraubenfedern 30 auch durch ein umlaufendes elastisches Band ersetzt sein. Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 6 sind zur Halterung des ruhenden Verdrängerelementes 8 parallel zur Antriebsachse 6 gerichtete Stifte 35 und 36 (nur zwei sind dargestellt), (drei Stifte sind besonders zweckmässig) vorgesehen, denen Ringe 37 und 38 aus elastischem Material zugeordnet sind. Diese werden ihrerseits von dem Verdrängerelement 8 fest verbundenen Hülsen 39 und 40 umgeben, so dass sich insgesamt eine elastische Aufhängung ergibt.

Anhand der Figur 2 soll noch eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäss ausgebildeten Verdrängemaschine erläutert werden. Wie bereits erwähnt, besteht die Gefahr, dass die Verdichtungsverhältnisse dadurch verschlechtert werden, dass die relativ zueinander bewegenden spiralförmigen Wandungen der Verdrängerelemente ihren Kontakt verlieren. Es ist deshalb zweckmässig, die elastische Aufhängung in der Weise vorzuspannen, dass die dadurch bewirkte Vorspannkraft ständig durch den oder die Kontaktpunkte zwischen den beiden Wandungen 12, 13 der Verdrängerelemente 8, 9 weist. Das kann z.B. dadurch geschehen, dass die durch die Antriebs- und Führungskurbeln bestimmte Exzentrizität – angedeutet durch den Doppelpfeil 22 – etwas grösser ist als es die spiralförmigen Wandungen der Verdrängerelemente an sich zulassen. Dieses Übermass des Kurbelradius kann so gewählt werden, dass auf die Wandung 13 des Verdrängerelementes 9 ständig eine Kraft ausgeübt wird, die die Wandung 13 in Richtung der eingezeichneten Pfeile 34 im Bereich der jeweiligen Kontaktpunkte auf die Wandung 12 des ruhenden Verdrängerelementes 8 drückt. Da sich die Kurbel während des Betriebs der Pumpe (die Antriebsrichtung ist durch den Pfeil 35 gekennzeichnet) drehen, ist sichergestellt, dass diese Kraft ständig im Bereich der ebenfalls umlaufenden Kontaktpunkte derart wirkt, dass der Kontakt stets sichergestellt ist.

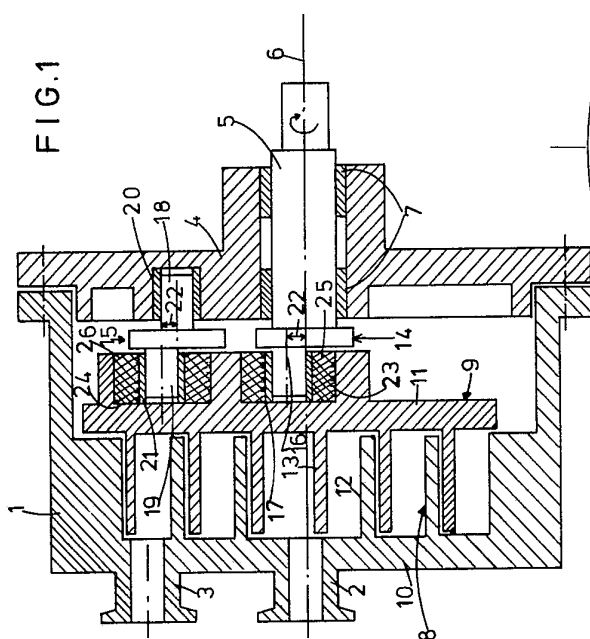


FIG. 1

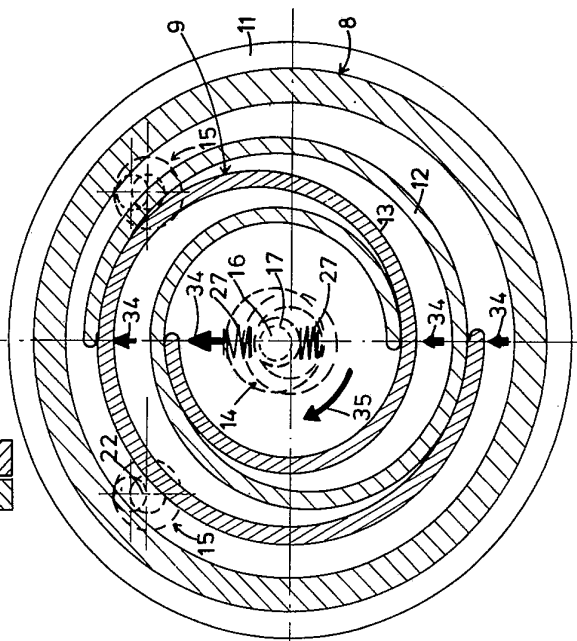


FIG. 2

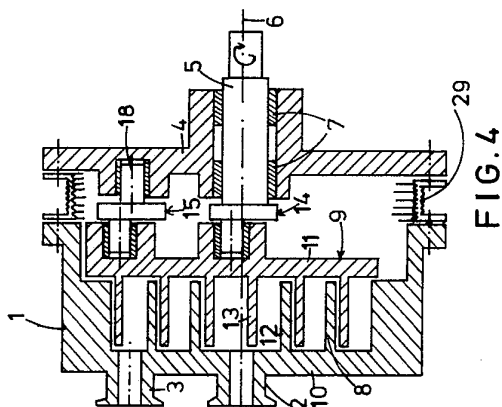


FIG. 4

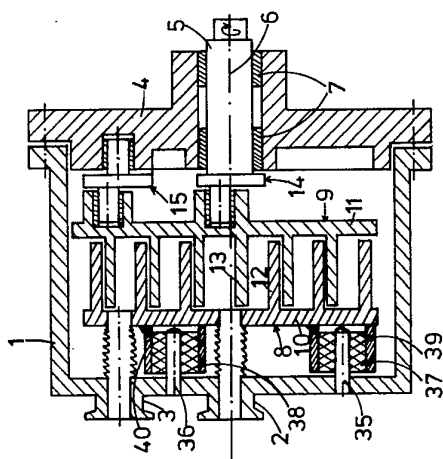


FIG. 6

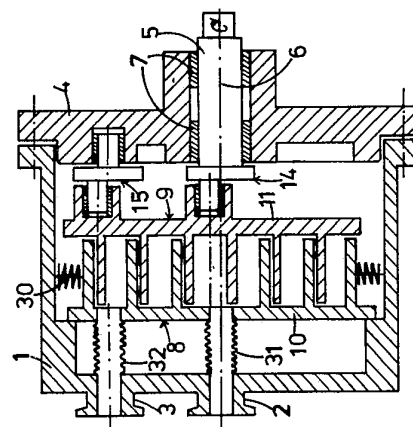


FIG. 5

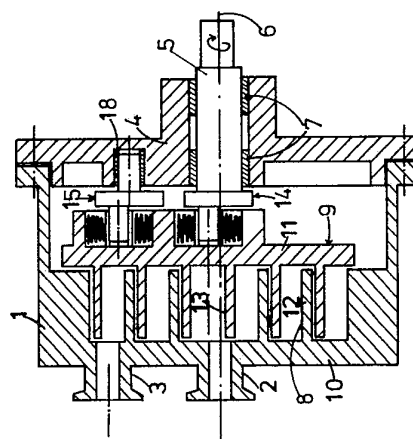


FIG. 3