

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50804/2017
(22) Anmeldetag: 21.09.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2019

(51) Int. Cl.: **F01C 1/344** (2006.01)
F04C 2/344 (2006.01)
F04C 18/344 (2006.01)
F01C 21/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 3499600 A

(73) Patentinhaber:
BITTER ENGINEERING & SYSTEMTECHNIK
GMBH
4522 Sierning (AT)
ASK-ALTMANN SYSTEMENGINEERING
KUNSTSTOFFTECHNIK
83242 REIT IM WINKL (DE)

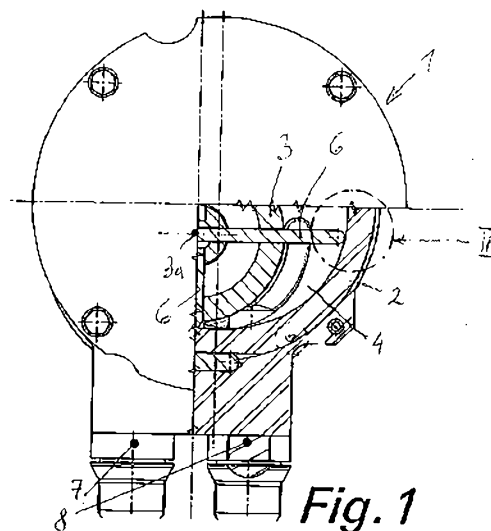
(72) Erfinder:
Feichtinger Gerald Dipl.Ing. (FH) MSc
4552 Wartberg (AT)
Altmann Otto Dipl.Ing.
6345 Kössen (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) DREHKOLBENMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Drehkolbenmaschine (1) mit einem in einem Gehäuse (2) rotierenden Rotor (3), welcher mindestens einen radial verschieblichen Schieber (6) aufweist, welcher zwischen dem Gehäuse (2) und dem Rotor (3) zumindest zwei Kammern mit veränderlichem Volumen bildet, und wobei der Rotor (3) exzentrisch im Gehäuse (2) angeordnet ist und das Gehäuse (2) bezüglich einer durch eine Verbindungsgeraden zwischen einer Drehachse (3a) des Rotors (3) und einer dieser Drehachse (3a) nächstliegenden Stelle des Gehäuses (2), des Südpols (S), gebildeten Symmetrieachse (18) symmetrisch ausgebildet ist, wobei eine theoretische Schieberlaufbahn (LB_t) für einen theoretischen Schieber mit einer unendlichen dünnen Schieberdicke (s_D) ermittelt wird, wobei eine Innenwand (13) des Gehäuses (2) auf Grund einer praktischen Schieberlaufbahn (LB_p) für einen Schieber (6) mit einer Schieberdicke (s_D) größer null und einem definierten Verrundungsradius (R) an den Enden (11) des Schiebers (6) bestimmt wird.

Um eine möglichst hohe Standzeit zu erreichen, ist vorgesehen, dass die theoretische Schieberlaufbahn (LB_t) auf Grund eines vorgegebenen Schieber-Exzentrizitätsprofils ermittelt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Drehkolbenmaschine mit einem in einem Gehäuse rotierenden Rotor, welcher mindestens einen radial verschieblichen Schieber aufweist, welcher zwischen dem Gehäuse und dem Rotor zumindest zwei Kammern mit veränderlichem Volumen bildet, und wobei der Rotor exzentrisch im Gehäuse angeordnet ist und das Gehäuse bezüglich einer durch eine Verbindungsgeraden zwischen einer Drehachse des Rotors und einer dieser Drehachse nächstliegenden Stelle des Gehäuses, des Südpols, gebildeten Symmetrieachse symmetrisch ausgebildet ist, wobei eine theoretische Schieberlaufbahn für einen theoretischen Schieber mit einer unendlichen dünnen Schieberdicke ermittelt wird, wobei eine Innenwand des Gehäuses auf Grund einer praktischen Schieberlaufbahn für einen Schieber mit einer Schieberdicke größer null und einem definierten Verrundungsradius an den Enden des Schiebers bestimmt wird.

[0002] Eine Drehkolbenmaschine der eingangs genannten Art ist aus der EP 1 009 914 B1 bekannt. Dabei wird eine Funktion für die Innenwandung des Gehäuses vorgeschlagen, welche es ermöglichen soll, dass jeder Schieber im Verlauf einer Umdrehung des Rotors nur einmal hin- und hergeschoben wird.

[0003] Eine Verringerung der translatorischen Bewegungen der Schieber hilft, hohe Beschleunigungsspitzen im Laufe einer Umdrehung zu vermeiden.

[0004] Dieses Patent weist den Mangel auf, dass die angegebene Funktion idealisiert ist, da die Dicke des Schiebers nicht berücksichtigt ist. Während im ersten und zweiten Quadranten die praktische Schieberlaufbahn größer ist als die theoretische, ist sie im dritten und vierten Quadranten kleiner. Ohne radiale Ausgleichselemente wäre eine reale Pumpe mit gegebener Schieberdicke daher einerseits in Bezug auf den dritten und vierten Quadranten funktionsuntüchtig und würde andererseits in Bezug auf den ersten und zweiten Quadranten ein erhöhtes Spaltmaß mit hohen Strömungsverlusten aufweisen.

[0005] Die US 3 499 600 A offenbart eine Drehkolbenmaschine mit einem in einem Gehäuse rotierenden Rotor, welcher mindestens einen radial verschieblichen Schieber aufweist. Der Rotor ist exzentrisch im Gehäuse angeordnet. Das Gehäuse ist bezüglich einer durch eine Verbindungsgeraden zwischen einer Drehachse des Rotors und einer dieser Drehachse nächstliegenden Stelle des Gehäuses gebildeten Symmetrieachse symmetrisch ausgebildet. Eine theoretische Schieberlaufbahn ist für einen theoretischen Schieber mit einer unendlichen dünnen Schieberdicke definiert. Die Innenwand des Gehäuses ist auf Grund einer praktischen Schieberlaufbahn für einen Schieber mit einer Schieberdicke größer null und einem definierten Verrundungsradius an den Enden des Schiebers bestimmt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Nachteile zu vermeiden und die Standzeit der Komponenten der Drehkolbenmaschine wesentlich zu erhöhen und die Strömungsverluste zu verringern.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die theoretische Schieberlaufbahn auf Grund eines vorgegebenen Schieber-Exzentrizitätsprofils, vorzugsweise einer Sinus-Funktion oder einer Ellipsenfunktion, ermittelt wird.

[0008] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass jeweils ein Punkt der praktischen Schieberlaufbahn bestimmt wird, indem ein Stützpunkt auf der theoretischen Schieberlaufbahn gewählt, im Abstand des Verrundungsradius auf einer Radiallinie durch die Drehachse ein Mittelpunkt für einen Stützkreis mit dem Verrundungsradius gefunden und - für mehrere derartiger Stützpunkte - eine Mittelpunktkurve für den Verrundungsradius ermittelt und auf einer normalen Geraden auf eine Tangente der Mittelpunktkurve durch den Mittelpunkt der Verrundungsradius abgeschlagen wird-.

[0009] Die Addition der halben Schieberlänge zum Exzentrizitätsprofil ergibt die radiale Erstreckung der theoretischen Schieberlaufbahn für einen theoretischen Schieber der Dicke 0. Die theoretische Schieberlaufbahn wird durch eine stetige Kurve mit nicht negativer Krümmung

gebildet, welche zweifach ableitbar sein muss, wobei die Schieberlänge größer als der Rotordurchmesser ist. Sind mehr als ein Schieber vorhanden, so beträgt die größte Schieberexzentrizität maximal ein Viertel der Schieberlänge.

[0010] Unter Vorgabe eines durch eine Sinusfunktion gebildeten Schieber-Exzentrizitätsprofils und unter Zugrundelegung eines x-y-Koordinatensystems und von Polarkoordinaten $[r, \varphi]$ mit dem Zentrum in der Rotorachse und dem Winkel $\varphi = 0$ in Richtung der positiven x-Achse liegend, kann jeder Punkt $RB(rp, \varphi-d\varphi)$ der Innenwand des Gehäuses mit folgenden Gleichungen aufgefunden werden:

$$rp(\varphi) = \sqrt{\left(\frac{d}{2} - R + R \cdot \cos(A) + e_{max} \cdot \sin(\varphi)\right)^2 + R^2 \cdot \sin(A)^2}$$

sowie für den Inkrementwinkel zwischen theoretischem Drehwinkel, waagrecht beginnend entgegen dem Uhrzeigersinn, und dem Berührungspunkt Schieber - Schieberlaufbahn

$$d\varphi(\varphi) = \arcsin\left(\frac{R \cdot \sin(A)}{\sqrt{\left(\frac{d}{2} - R + R \cdot \cos(A) + e_{max} \cdot \sin(\varphi)\right)^2 + R^2 \cdot \sin(A)^2}}\right)$$

mit

$$A = \arctan\left(\frac{2 \cdot e_{max} \cdot \cos(\varphi)}{d - 2 \cdot R + 2 \cdot e_{max} \cdot \sin(\varphi)}\right)$$

wobei:

d die Schieberlänge, R der Verrundungsradius des Schiebers, e_{max} die größte Schieber-Exzentrizität, φ der theoretische Drehwinkel, waagrecht beginnend entgegen dem Uhrzeigersinn, ist.

[0011] Unter Vorgabe eines durch eine Ellipsenfunktion gebildeten Schieber-Exzentrizitätsprofils und unter Zugrundelegung eines x-y-Koordinatensystems mit dem Zentrum in der Drehachse kann jeder Punkt $RB(r_x, r_y)$ der Innenwand des Gehäuses mit folgenden Gleichungen aufgefunden werden:

$$r_{x(T)} = rm_{x(T)} + R \cos\left(\tau_{(T)} \pm \frac{\pi}{2}\right)$$

$$r_{y(T)} = rm_{y(T)} + R \sin\left(\tau_{(T)} \pm \frac{\pi}{2}\right)$$

wobei für „±“ im 1. und 2. Quadranten bei $\tau_{(T)} \geq 0$ „-“ und bei $\tau_{(T)} < 0$ „+“,

im 3. und 4. Quadranten bei $\tau_{(T)} \geq 0$ „+“ und bei $\tau_{(T)} < 0$ „-“ gilt,

mit

$$T = \left] -\frac{\pi}{2} \dots \frac{\pi}{2} \right[$$

$$rm_{x(T)} = a_{ell} \cos(T) \pm \frac{R - \frac{d}{2}}{\sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}}$$

$$\begin{aligned}
 rm_{y(T)} &= y_0 + b_{ell} \sin(T) \pm \frac{\left(R - \frac{d}{2}\right) (y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell} \cos(T) \sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}} \\
 \tau_{(T)} &= \arctan\left(-\frac{t_1 \mp t_2 \pm t_3}{t_4}\right) \\
 t_1 &= b_{ell} \cos(T) \pm \frac{b_{ell} \left(R - \frac{d}{2}\right)}{a_{ell} \sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}} \\
 t_2 &= \frac{\left(R - \frac{d}{2}\right) (y_0 + b_{ell} \sin(t)) \left(\frac{2b_{ell}(y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell}^2 \cos(T)} + \frac{2\sin(T)(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^3(T)}\right)}{2a_{ell} \cos(T) \left(\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1\right)^{3/2}} \\
 t_3 &= \frac{\sin(T) \left(R - \frac{d}{2}\right) (y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell} \cos^2(T) \sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}} \\
 t_4 &= \frac{\left(R - \frac{d}{2}\right) \left(\frac{2b_{ell}(y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell}^2 \cos(T)} + \frac{2\sin(T)(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^3(T)}\right)}{2 \left(\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1\right)} + a_{ell} \sin(T)
 \end{aligned}$$

wobei für „±“ im 1. und 2. Quadranten „-“ und
 im 3. und 4. Quadranten „+“ gilt,
 und für „∓“ im 1. und 2. Quadranten „+“ und
 im 3. und 4. Quadranten „-“, gilt,
 und wobei:

d die Schieberlänge, R der Verrundungsradius des Schiebers, a_{ell} die halbe Breite der Ellipse in x -Richtung, b_{ell} die halbe Breite der Ellipse in y -Richtung, y_0 der Versatz der Ellipse in y -Richtung und $\tau_{(T)}$ der Steigungswinkel des Punktes RB ist. T ist ein von $-\frac{\pi}{2}$ bis $+\frac{\pi}{2}$ laufender Hilfsparameter.

[0012] Damit ergibt sich, im in Richtung der Symmetrieachse verlaufenden x - y -Koordinatensystems mit dem Zentrum in der Drehachse und dem Winkel $\varphi = 0$ in Richtung der positiven x -Achse liegend, mit der Vorgabe einer Sinus-Funktion ein kreisförmiges bzw. mit der Vorgabe einer Ellipsenfunktion ein elliptisches Exzentrizitätsprofil.

[0013] Bei der Fertigung sind für den Radius der Innenwand des Gehäuses noch die Fertigungstoleranzen und Spaltmaße zu berücksichtigen, die von der Anwendung, der Einsatzdauer und den Pumpenwerkstoffen abhängig sind. In der Regel können die Spaltmaße bei Anwendungen für flüssige Medien größer gewählt werden als für gasförmige. Weiters können sie für metallische Pumpenwerkstoffe kleiner gewählt werden als mit Kunststoffen. Da prinzipbedingt mit starrem Schieber kein Verschleißausgleich möglich ist, können die Schieber für längere Einsatzdauern auch mit in Schieberlängsrichtung beweglichen Ausgleichselementen ausgeführt

sein. Die fertigungsbedingten Abweichungen für den Radius der Innenwand des Gehäuses zur berechneten können daher bis zu 5 Promille der Schieberlänge d betragen.

[0014] Im Gegensatz zu der aus der EP 1 009 914 B1 bekannten Form der Innenwandung des Gehäuses wird bei der hier vorgeschlagenen Form die Schieberdicke mitberücksichtigt.

[0015] Der Kontaktpunkt Schieber-Drehkolbenlaufbahn wandert während einer Umdrehung am Schieber-Verrundungsradius, abhängig von der Geometrie, unterschiedlich weit. Mit einem durchgängigen Radius, welcher der halben Schieberdicke entspricht, ist eine verschleißarme Funktion der Drehkolbenmaschine in jeder Stellung der Schieber und des Rotors sichergestellt. Abhängig von der Geometrie ist aber auch ein größerer Schieberradius möglich, der die Hertz'sche Pressung und somit die Belastung verringert.

[0016] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

[0017] Es zeigen Fig. 1 eine erfindungsgemäße Drehkolbenmaschine, Fig. 2 das Detail II des Schiebers dieser Drehkolbenmaschine aus Fig. 1, Fig. 3 ein Detail eines Schiebers analog zu Fig. 2 in einer anderen Ausführungsvariante, Fig. 4 eine Drehkolbenmaschine in einer schematischen Darstellung, Fig. 5 eine praktische Schieberlaufbahn bei Vorgabe eines sinusförmigen Exzentrizitätsprofils, Fig. 6 die praktische Schieberlaufbahn aus Fig. 5 im Detail, Fig. 7 eine praktische Schieberlaufbahn bei Vorgabe eines ellipsenförmigen Exzentrizitätsprofils, Fig. 8 verschiedene Schieberexzentrizitäten, Fig. 9 einen als Lippenschieber ausgebildeten Schieber in einer Schrägansicht, Fig. 10 diesen Schieber vergrößert in einer Seitenansicht, Fig. 11 einen als Rollenschieber ausgebildeten Schieber in einer Schrägansicht, Fig. 12 einen als Kappenschieber ausgebildeten Schieber in einer Schrägansicht, Fig. 13 und 14 Teile des Schiebers aus Fig. 12 in Schrägansichten.

[0018] Die Fig. 1 zeigt eine Drehkolbenmaschine 1 mit einem Gehäuse 2, in welchem ein um eine Drehachse 3a drehbarer Rotor 3 in einem Raum 4 drehbar angeordnet ist, welcher durch Innenwände 13 des Gehäuses 2 begrenzt ist. Der Rotor 3 weist zumindest einen radial verschieblichen Schieber 6 auf, welche zwischen dem Gehäuse 2 und dem Rotor 3 Kammern mit veränderlichen Volumen bilden, welche mit einer Saugleitung 7 und einer Druckleitung 8 strömungsverbunden sind. Einander diametral bezüglich der Drehachse 3a gegenüberliegende Schieber 6 sind jeweils zu einer Schiebereinheit zusammengefasst. Wie ersichtlich, ist der Rotor 3 exzentrisch im Gehäuse 2 angeordnet, wobei das Gehäuse 2 bezüglich einer durch die Verbindungsgerade zwischen der Drehachse 3a des Rotors 3 und der dieser Drehachse 3a nächstliegenden Stelle des Gehäuses 2, dem Südpol S, gebildeten Symmetrieachse 9 symmetrisch ausgebildet ist.

[0019] Jeder Schieber 6 weist eine Schieberdicke s_D auf. Am Ende 11 jedes Schiebers 6 ist eine Verrundung V vorgesehen, deren Verrundungsradius R zumindest der halben Schieberdicke s_D entspricht (Fig. 2). Ist der Verrundungsradius R gleich der halben Schieberdicke s_D , so ist die Funktion der Drehkolbenmaschine 1 in jeder Stellung des Rotors 3 und der Schieber 6 sichergestellt. Abhängig von der Geometrie kann der Verrundungsradius R aber auch größer als die halbe Schieberdicke s_D sein, wie in Fig. 3 ersichtlich ist. Dadurch kann die Hertz'sche Pressung und somit die Belastung verringert werden.

[0020] Fig. 4 zeigt eine der Innenwand 13 des Gehäuses 2 entsprechende praktische Schieberlaufbahn LB_p bei gewählter maximaler Exzentrizität e_{max} bei Schieberstellung N-S untere Vorgabe eines Exzentrizitätsprofils EP, beispielsweise eine Sinus-Funktion, und bei vorgegebener Länge d der Schieber 6 und gewählttem Verrundungsradius R des Schieber 6. Die Symmetrieachse 9 durch den Südpol S und die Drehachse 3a definiert die y-Achse, eine dazu normale Gerade 12 die x-Achse. Die Symmetrieachse 9 und die Gerade 12 definieren die vier Quadranten 1Q, 2Q, 3Q, 4Q der Drehkolbenmaschine 1. Der Schwerpunkt SP des Schiebers 6 beschreibt während einer Umdrehung des Rotors 3 eine Kurve gemäß dem sinusförmigen, beispielsweise kreisförmigen, Exzentrizitätsprofil EP.

[0021] Wie in Fig. 5 dargestellt ist, ergibt sich die Innenwand 14 des Gehäuses 2 auf Grund einer praktischen Schieberlaufbahn LB_p , wobei die praktische Schieberlaufbahn LB_p teilweise

außerhalb der theoretischen Schieberlaufbahn LB_t angeordnet.

[0022] Auf Grund der Exzentrizität e_{\max} der Drehachse 3a von der Mitte 4a des Raumes 4 der Drehkolbenmaschine 1 wandert der Berührungspunkt RB zwischen Schieber 6 und der Innenwand 13 des Gehäuses 2 entlang der Verrundung V. Deshalb wird jeder Punkt RB der praktischen Schieberlaufbahn LB_p durch den Radius $rp(\varphi)$ und das Inkrement $d\varphi(\varphi)$ des Winkels festgelegt, wie in Fig. 6 gezeigt ist. Zur Bestimmung der praktischen Schieberlaufbahn LB_p , der Innenwand 13 des Gehäuses 2 mit Berücksichtigung des Verrundungsradius R des Schiebers 6, wird ein Stützpunkt RB_s auf der theoretischen Schieberlaufbahn LB_t gewählt, im Abstand des Verrundungsradius R auf einer Radiallinie r_0 durch die Drehachse 3a ein Mittelpunkt M_s für einen Stützkreis k_s mit dem Verrundungsradius R gefunden und - für mehrere derartiger Stützpunkte RB_s - eine Mittelpunktkurve m_R für den Verrundungsradius R ermittelt. Ein Punkt RB der praktischen Schieberlaufbahn LB_p wird aufgefunden, indem auf einer normalen Geraden n auf die Tangente t durch den Mittelpunkt M_s eines Stützkreises k_s der Verrundungsradius R abgeschlagen wird. Der gefundene Punkt RB weist die radiale Erstreckung $rp(\varphi)$ der praktischen Schieberlaufbahn LB_p und den Inkrementwinkel $d\varphi$ zwischen theoretischem Winkel des Stützpunktes RB_s und dem Berührungspunkt RB auf.

[0023] Fig. 7 zeigt eine praktische Schieberlaufbahn LB_p für einen Schieber 6, dessen Schwerpunkt SP während der Drehbewegung des Rotors 3 auf einem ellipsenförmigen Exzentrizitätsprofil EP umläuft. Die halbe Länge der Ellipse des Exzentrizitätsprofils EP ist mit a_{ell} , die halbe Breite mit b_{ell} bezeichnet. Jeder Punkt RB der praktischen Schieberlaufbahn LB_p weist die Koordinaten r_x in x-Richtung und r_y in y-Richtung und die Steigung τ auf. Mit RM ist der Mittelpunkt des Verrundungsradius R mit den Koordinaten rm_x und rm_y bezeichnet.

[0024] In Fig. 8 sind verschiedene Schieberexzentrizitäten gegenübergestellt, wobei mit 14 eine auf Grund einer Sinusfunktion festgelegte Schieberexzentrizität, mit Bezugszeichen 15 eine Schieberexzentrizität auf Basis einer Ellipsenfunktion und mit Bezugszeichen 16 eine Schieberexzentrizität bei Vorgabe einer theoretischen Schieberlaufbahn bezeichnet ist.

[0025] Bei der erfindungsgemäßen Drehkolbenmaschine 1 können starre Schieber 6, beispielsweise mit Kunststoffummantelung, eingesetzt werden. Die Fig. 9 und 10 zeigen durch Lippenschieber 17 als Schiebereinheit ausgebildete Schieber 6 mit elastischen lippenartigen Schieberenden 17a.

[0026] Zum Ausgleich von Fertigungstoleranzen ist die Verwendung von Schiebern 6 mit flexiblen oder elastischen Enden 11 von Vorteil. Fig. 11 zeigt einen als Rollschieber 18 ausgebildeten Schieber 6. Dabei werden am Ende des Schiebergrundkörpers nicht weiter dargestellte Rollen, beispielsweise Wälzkörper eines Nadellagers geführt und durch die Fliehkraft in Schieberlängsrichtung gegen die Innenwand 13 gedrückt.

[0027] Die Fig. 12 bis 14 zeigen einen als Kappenschieber 19 Schieber 6, welcher aus einem Grundkörper 19a und aufgesetzten Kappen 19b besteht, welche in Schieberlängsrichtung verschiebbar sind.

[0028] Auf die beschriebene Weise wird bei Schiebern 6 mit beliebiger Schieberdicke S_D ein verschleißarmer Betrieb ermöglicht, wobei jede Schiebereinheit im Laufe einer Umdrehung des Rotors 3 nur einmal hin- und hergeschoben wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Drehkolbenmaschine (1) mit einem in einem Gehäuse (2) rotierenden Rotor (3), welcher mindestens einen radial verschieblichen Schieber (6) aufweist, welcher zwischen dem Gehäuse (2) und dem Rotor (3) zumindest zwei Kammern mit veränderlichem Volumen bildet, und wobei der Rotor (3) exzentrisch im Gehäuse (2) angeordnet ist und das Gehäuse (2) bezüglich einer durch eine Verbindungsgeraden zwischen einer Drehachse (3a) des Rotors (3) und einer dieser Drehachse (3a) nächstliegenden Stelle des Gehäuses (2), des Südpols (S), gebildeten Symmetrieachse (18) symmetrisch ausgebildet ist, wobei eine theoretische Schieberlaufbahn (LB_t) für einen theoretischen Schieber mit einer unendlichen dünnen Schieberdicke (s_D) ermittelt wird, wobei eine Innenwand (13) des Gehäuses (2) auf Grund einer praktischen Schieberlaufbahn (LB_p) für einen Schieber (6) mit einer Schieberdicke (s_D) größer null und einem definierten Verrundungsradius (R) an den Enden (11) des Schiebers (6) bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die theoretische Schieberlaufbahn (LB_t) auf Grund eines vorgegebenen Schieber-Exzentrizitätsprofils, vorzugsweise einer Sinus-Funktion oder einer Ellipsenfunktion, ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils ein Punkt (RB) der praktischen Schieberlaufbahn (LB_p) bestimmt wird, indem ein Stützpunkt (RB_s) auf der theoretischen Schieberlaufbahn (LB_t) gewählt, im Abstand des Verrundungsradius (R) auf einer Radiallinie (r_0) durch die Drehachse (3a) ein Mittelpunkt (M_s) für einen Stützkreis (k_s) mit dem Verrundungsradius (R) gefunden und - für mehrere derartiger Stützpunkte (RB_s) - eine Mittelpunktkurve (m_R) für den Verrundungsradius (R) ermittelt und auf einer normalen Geraden (n) auf eine Tangente (t) der Mittelpunktkurve (m_R) durch den Mittelpunkt (M_s) der Verrundungsradius (R) abgeschlagen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass - unter Vorgabe eines durch eine Sinusfunktion gebildeten Schieber-Exzentrizitätsprofils und unter Zugrundelegung eines x-y-Koordinatensystems und von Polarkoordinaten $[r, \varphi]$ mit dem Zentrum in der Rotorachse (3a) und dem Winkel $\varphi = 0$ in Richtung der positiven x-Achse liegend - jeder Punkt $RB(r_p, \varphi - d\varphi)$ der Innenwand (13) des Gehäuses (2) mit folgenden Gleichungen - innerhalb eines fertigungs- und spaltmaßbedingten Toleranzbereiches - aufgefunden wird:

$$rp(\varphi) = \sqrt{\left(\frac{d}{2} - R + R \cdot \cos(A) + e_{max} \cdot \sin(\varphi)\right)^2 + R^2 \cdot \sin(A)^2}$$

sowie für den Inkrementwinkel $d\varphi$ zwischen theoretischem Drehwinkel φ , waagrecht beginnend entgegen dem Uhrzeigersinn, und dem Berührungspunkt (RB) Schieber (6) - praktischer Schieberlaufbahn (LB_p)

$$d\varphi(\varphi) = \arcsin\left(\frac{R \cdot \sin(A)}{\sqrt{\left(\frac{d}{2} - R + R \cdot \cos(A) + e_{max} \cdot \sin(\varphi)\right)^2 + R^2 \cdot \sin(A)^2}}\right)$$

mit

$$A = \arctan\left(\frac{2 \cdot e_{max} \cdot \cos(\varphi)}{d - 2 \cdot R + 2 \cdot e_{max} \cdot \sin(\varphi)}\right)$$

wobei:

d die Schieberlänge, R der Verrundungsradius des Schiebers (6), e_{\max} die größte Schieber-Exzentrizität, φ der theoretische Drehwinkel, waagrecht beginnend entgegen dem Uhrzeigersinn, ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass - unter Vorgabe eines durch eine Ellipsenfunktion gebildeten Schieber-Exzentrizitätsprofils und unter Zugrundelegung eines x-y-Koordinatensystems mit dem Zentrum in der Drehachse (3a) - jeder Punkt RB(r_x , r_y) der Innenwand (13) des Gehäuses (3) mit folgenden Gleichungen - innerhalb eines fertigungs- und spaltmaßbedingten Toleranzbereiches - aufgefunden wird:

$$r_{x(T)} = rm_{x(T)} + R \cos\left(\tau_{(T)} \pm \frac{\pi}{2}\right)$$

$$r_{y(T)} = rm_{y(T)} + R \sin\left(\tau_{(T)} \pm \frac{\pi}{2}\right)$$

wobei für „ \pm “ im 1. und 2. Quadranten bei $\tau_{(T)} \geq 0$ „-“ und bei $\tau_{(T)} < 0$ „+“,
im 3. und 4. Quadranten bei $\tau_{(T)} \geq 0$ „+“ und bei $\tau_{(T)} < 0$ „-“ gilt,
mit

$$T = \left] -\frac{\pi}{2} \dots \frac{\pi}{2} \right[$$

$$rm_{x(T)} = a_{ell} \cos(T) \pm \frac{R - \frac{d}{2}}{\sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}}$$

$$rm_{y(T)} = y_0 + b_{ell} \sin(T) \pm \frac{\left(R - \frac{d}{2}\right) (y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell} \cos(T) \sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}}$$

$$\tau_{(T)} = \arctan\left(-\frac{t_1 \mp t_2 \pm t_3}{t_4}\right)$$

$$t_1 = b_{ell} \cos(T) \pm \frac{b_{ell} \left(R - \frac{d}{2}\right)}{a_{ell} \sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}}$$

$$t_2 = \frac{\left(R - \frac{d}{2}\right) (y_0 + b_{ell} \sin(t)) \left(\frac{2b_{ell}(y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell}^2 \cos(T)} + \frac{2\sin(T)(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^3(T)}\right)}{2a_{ell} \cos(T) \left(\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1\right)^{3/2}}$$

$$t_3 = \frac{\sin(T) \left(R - \frac{d}{2}\right) (y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell} \cos^2(T) \sqrt{\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1}}$$

$$t_4 = \frac{\left(R - \frac{d}{2}\right) \left(\frac{2b_{ell}(y_0 + b_{ell} \sin(T))}{a_{ell}^2 \cos(T)} + \frac{2\sin(T)(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^3(T)}\right)}{2 \left(\frac{(y_0 + b_{ell} \sin(T))^2}{a_{ell}^2 \cos^2(T)} + 1\right)} + a_{ell} \sin(T)$$

wobei für „ \pm “ im 1. und 2. Quadranten „-“ und
im 3. und 4. Quadranten „+“,

und für „ \mp “ im 1. und 2. Quadranten „+“ und
im 3. und 4. Quadranten „-“ gilt,

und wobei:

d die Schieberlänge, R der Verrundungsradius des Schiebers, a_{ell} die halbe Breite der Ellipse in x-Richtung, b_{ell} die halbe Breite der Ellipse in y-Richtung, y_0 der Versatz der Ellipse in y-Richtung und $\tau_{(T)}$ der Steigungswinkel des Punktes RB ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Toleranzbereich maximal 5 Promille der Schieberlänge d beträgt.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

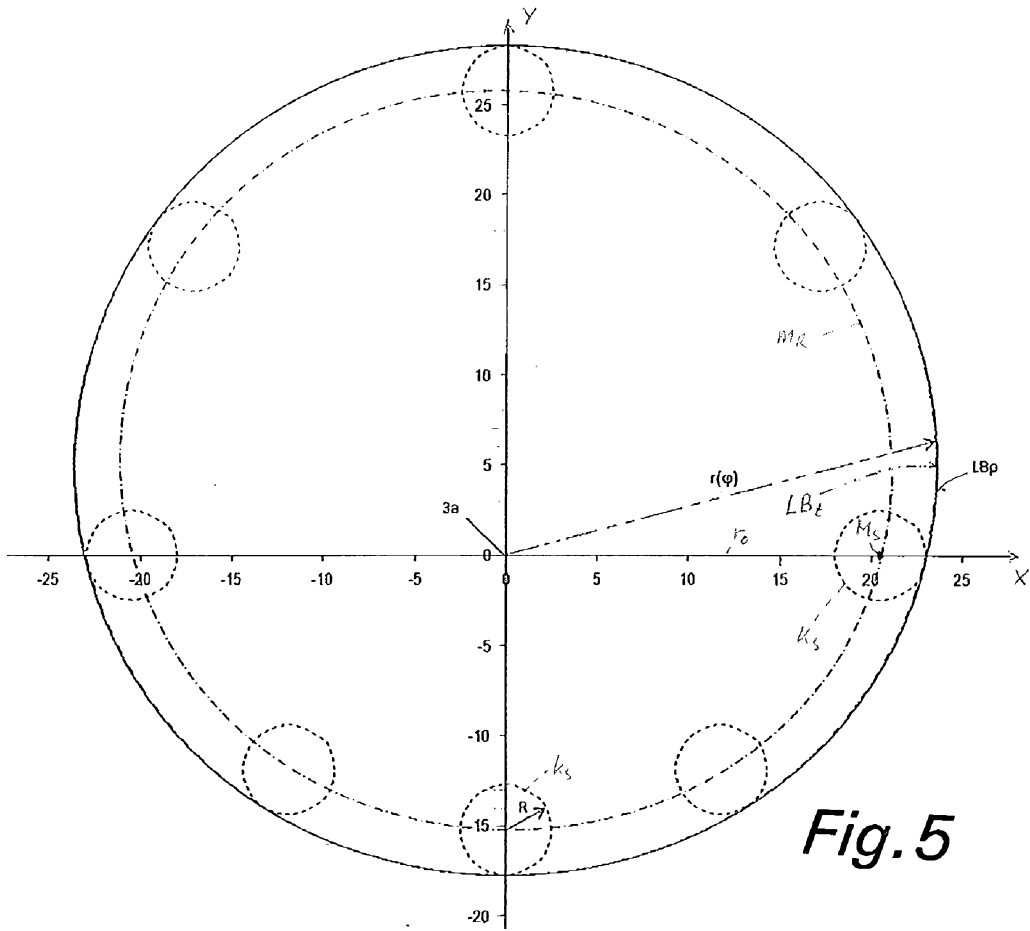


Fig. 5

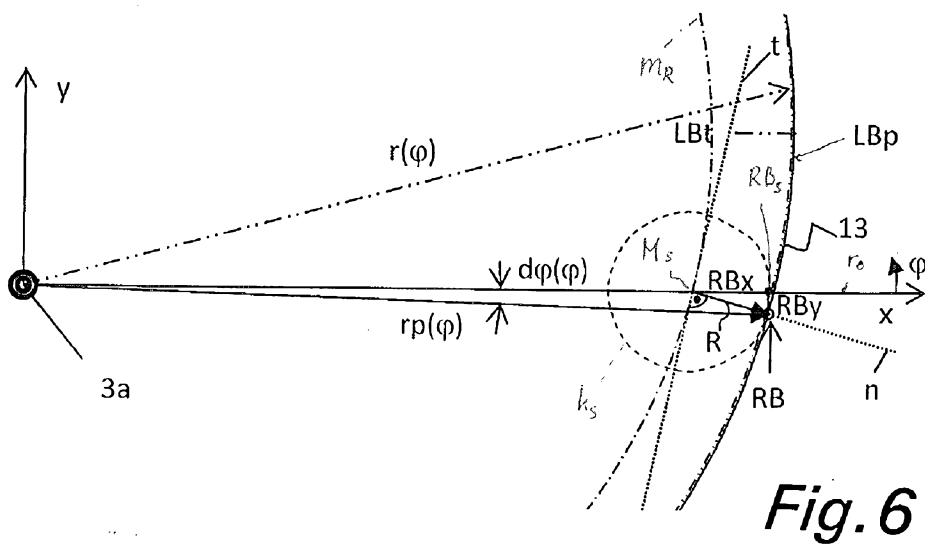


Fig. 6

Fig. 7

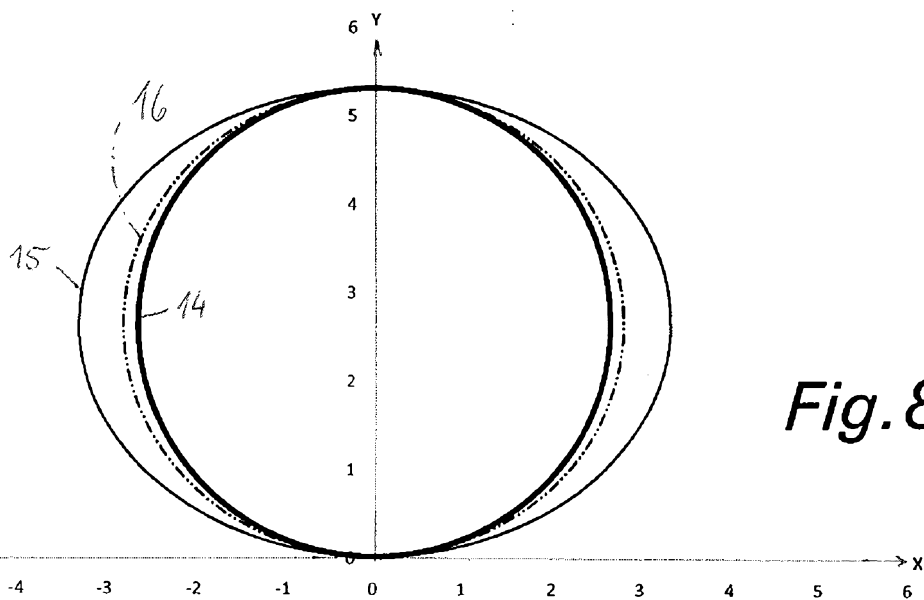
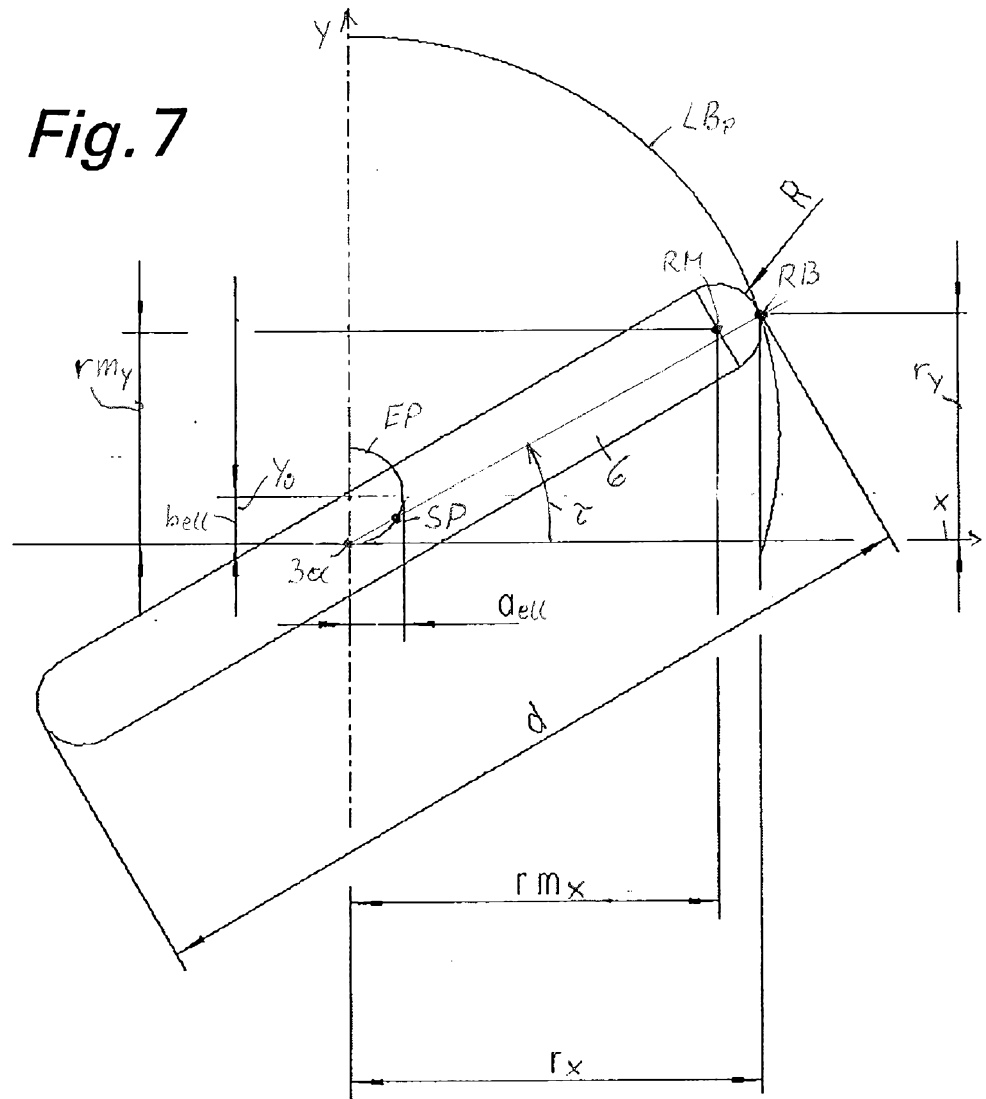


Fig. 8

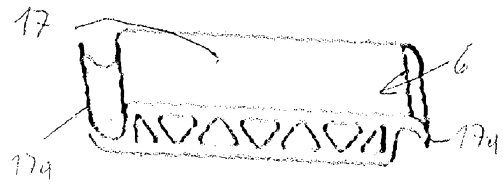


Fig. 9

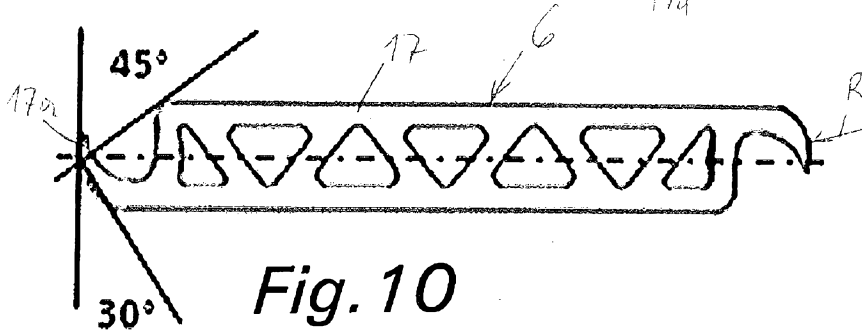


Fig. 10

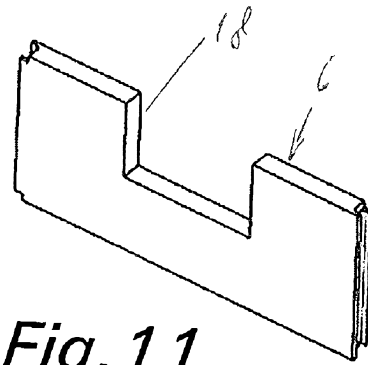


Fig. 11

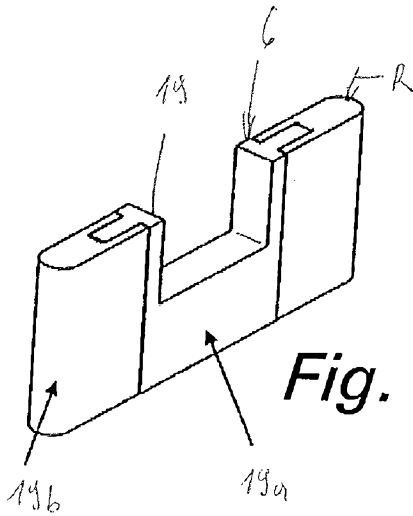


Fig. 12

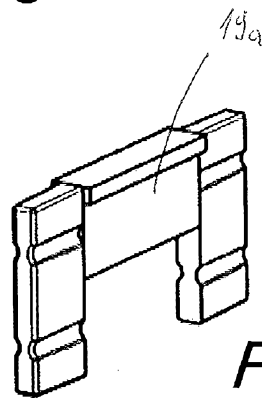


Fig. 13

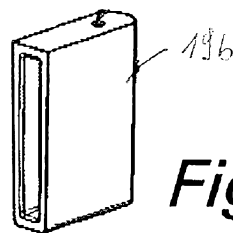


Fig. 14