



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(21) Gesuchsnummer: 1190/90

(22) Anmeldungsdatum: 09.04.1990

(24) Patent erteilt: 31.07.1992

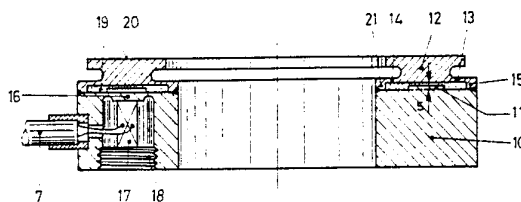
(45) Patentschrift
veröffentlicht: 31.07.1992

(73) Inhaber:
Kristal Instrumente AG, Winterthur

(72) Erfinder:
Sonderegger, Hans-Conrad, Neftenbach
Kloucek, Franz, Dr., Neftenbach

(54) **Kraftmessscheibe mit eingebautem Drucksensor.**

(57) Eine konventionelle Kraftmessscheibe zur Messung statischer und quasistatischer Kräfte z.B. in oder zwischen Maschinenbauteilen erzeugt Messkurven mit meist unzureichender Linearität und Hysterese. Eine erfindungsgemässe Kraftmessscheibe wandelt die eingeleitete Druckkraft mittels eines Druckübertragungsmediums (19) in einen hydrostatischen Druck um, der mittels eines in einem Sensorkörper (10) liegenden Drucksensors (17) gemessen wird. Dadurch werden nur senkrecht zur krafteinleitenden Oberfläche (20) des Krafteinleitelementes (12) stehende Kräfte gemessen, während die die Messqualität schädigenden Scherkräfte im wesentlichen wirkungslos sind. Die Druckübertragung vom Druckübertragungsmedium (19) auf den Drucksensor (17) kann über eine Druckmembran (16) oder direkt erfolgen. Der Drucksensor (17) ist oft vom piezoresistiven Typ (Si-Technologie), kann jedoch auch kapazitiv sein oder auf Dehnungsmesselementen basieren. Bei hinreichendem Vordruck des Druckübertragungsmediums ist auch die Messung von Zugkräften möglich.



Beschreibung

Gegenstand der Erfindung ist eine Kraftmessscheibe zur Messung statischer und quasistatischer Kräfte z.B. in und zwischen Maschinenbauteilen sowie ein Verfahren zum Auffüllen der Kraftmessscheibe mit einem Druckübertragungsmedium.

Kraftmessscheiben (die oft ringförmig sind) auf Dehnmessstreifen- oder Quarzkristallbasis sind seit Jahren eingeführte Kraftsensoren, die grosse Anwendung in Maschinen-Überwachungsanlagen, wie auch in der Prozesstechnik gefunden haben.

In vielen Fällen sind die Dimensionen der Kraftmessscheiben den normierten Unterlagscheiben angepasst worden, damit sie möglichst einfach eingebaut werden können.

Während piezoelektrische Kraftmessscheiben auf Quarzkristallbasis vor allem für hochdynamische oder stossweise Belastung geeignet sind, haben sich Dehnmessstreifen-Kraftmessscheiben für statische und quasistatische, also relativ langsame Kraftänderungen als geeignet erwiesen.

Nachdem Dehnmessstreifen-Kraftmessscheiben den sogenannten Poissoneffekt ausnützen, welcher Achsial- und Querausdehnung einer Messscheibe umfasst, muss dafür gesorgt werden, dass die Querausdehnung für alle Einbauverhältnisse unbeeinflusst gewährleistet bleibt. Dazu sind die Krafteinleitungsverhältnisse auf die Messscheibenoberflächen von ausschlaggebender Bedeutung. Eine Veränderung der Auflageflächen z.B. bei zunehmender Belastung ergibt Fehlmessungen. Gleitmittel zwischen den Kraftübertragungsflächen können Beeinflussung der Querausdehnung und damit weitere Fehlmessungen ergeben. Die Benützung des Poissoneffektes setzt somit eindeutig definierte Einbaudimensionen und -Verhältnisse voraus. Diese müssen den Prüfverhältnissen, unter welchen die DMS-Kraftmessscheiben kalibriert werden, genau entsprechen, ansonst Fehlmessungen auftreten. Die DMS-Kraftmessscheiben sind deshalb nur begrenzt universell einbaubar, da auch die geringste Behinderung des Poissoneffektes Hysterese und Unlinearität ergibt. Diese Erscheinungen sind in Fig. 1 bis 3 zum Stand der Technik dargestellt.

Ziel der Erfindung ist es, statisch messende Kraftmessscheiben zu bauen, die völlig unabhängig von Poissoneffekt funktionieren und damit universell einbaubar sind.

Ob die Krafteinleitung über beidseitige Rohrstücke oder über steife Platten oder Kombinationen davon erfolgt, soll auf Hysterese und Linearität keinen Einfluss haben. Der Käufer einer erfindungsgemässen Kraftmessscheibe braucht sich um den Einbau keine Sorgen zu machen, auch nicht, ob Öle während des Betriebes zwischen die Kraftübertragungsflächen geraten können. Er wird stets auf die Kalibrierwerte, die vom Lieferanten mitgeliefert werden, zählen können.

Das Erfindungsziel wird dadurch erreicht, dass die Kraftmessscheibe aus einem Sensorkörper mit eingebautem Drucksensor sowie einem Krafteinleitelement besteht, wobei zwischen Sensorkörper und Krafteinleitelement ein hermetisch abgeschlossener

Zwischenraum gebildet wird, der mit einem vorgespannten Druckübertragungsmedium gefüllt ist, dessen Druck vom Drucksensor gemessen wird und ein direktes Mass für die Kraft ergibt. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemässen Kraftmessscheiben liegt in der Tatsache, dass sie auf Seitenkräfte nahezu unempfindlich sind und nur auf Achsialkräfte reagieren. Ein weiterer interessanter Vorteil ist, dass die erfindungsgemässen Kraftmessscheiben unabhängig von den Dimensionen auf ein breites Belastungsspektrum abgestimmt werden können.

Diese Ziele können mit einfachen und teilweise bekannten Mitteln erreicht werden. Die Messkraft wird dabei über entsprechend gestaltete Krafteinleit-Membranpartien in hydraulischen Druck umgewandelt, der nach bekannten Methoden mit handelsüblichem Drucksensor gemessen wird. Die Membrane des Drucksensors kann dabei ein Teil des Sensorkörpers sein, oder es kann ein fertiger Drucksensor in eine Bohrung des Sensorkörpers eingesetzt werden. Als Druckmedium kann ein spezielles Hochdruck-Hydrauliköl oder eine elastische Vergussmasse verwendet werden, sofern bescheidenere Genauigkeitsansprüche genügen. Da nur eine dünne Druckmediumschicht angewandt wird, ist die Steifigkeit der erfindungsgemässen Kraftmessscheibe immer noch vergleichbar mit derjenigen einer Dehnmessstreifen-Messscheibe. Der Stand der Technik wie auch die Erfindung soll nun anhand von Figuren näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt den Stand der Technik mit einer Kraftmessscheibe auf DMS-Basis.

A bedeutet eine ringförmige Krafteinleitung

B bedeutet eine plattenförmige Krafteinleitung.

Fig. 2 zeigt das Kalibrierdiagramm mit Krafteinleitung A

Fig. 3 zeigt das Kalibrierdiagramm mit Krafteinleitung B

Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemässe Kraftmessscheibe im Querschnitt

Fig. 5 zeigt eine Variante einer erfindungsgemässen Kraftmessscheibe

Fig. 6 zeigt eine weitere Variante einer erfindungsgemässen Kraftmessscheibe

Fig. 7 zeigt ein Beispiel des Einbaus eines Silicium-Drucksensors

Fig. 8 zeigt eine weitere Variante einer erfindungsgemässen Kraftmessscheibe mit Innengewinde

Fig. 9 zeigt eine volle Kraftmessscheibe, im Gegensatz zu den ringförmigen.

Fig. 1 stellt den Stand der Technik dar. Ein Sensorkörper 1 mit einer umfänglichen Aussparung trägt auf deren Innenfläche eine Messfolie 2 (beispielsweise aufgeklebt) mit tangential und achsial wirksamen Dehnungsmesselementen 4 und 5. Der Sensorkörper 1 wird von einem Schutzring 3 umfasst, welcher die empfindlichen Messelemente hermetisch abdichtet. Eine der flanschseitigen Flächen der Aussparung trägt die ringförmige Sammelscheibe 6 für die von den Dehnungsmesselementen 4, 5 über die Verbindungsdrähte 8 zugeführten Messsi-

gnale, welche über weitere Verbindungsdrähte der Signalabführung 7 zugeleitet werden. Die durch Pfeile dargestellte Krafteinleitung kann beispielsweise über einen rohrförmigen (A, linke Zeichnungshälfte) oder einen plattenförmigen Krafteinleitungskörper (B, rechte Zeichnungshälfte) erfolgen. Die Fläche, über welche die Krafteinleitung erfolgt, beeinflusst über Poissonseffekt, wie eingangs erwähnt, sowie Reibungsverhalten sowohl Linearität wie Hysterese der in Fig. 2 und 3 dargestellten Messkurven. Experimentell zeigt sich, dass bei einer grösseren Krafteinleitungsfläche, wie sie durch plattenförmige Krafteinleitung erzeugt wird, auch die Hysterese grösser wird (Vergleich von Fig. 3 mit Fig. 2).

Die erfindungsgemässe Kraftmessscheibe kann entweder eine ringförmige (Fig. 4 bis 8) oder eine volle Scheibe (Fig. 9) sein. Eine ringförmige Kraftmessscheibe wird im folgenden als Kraftmessring bezeichnet.

Sowohl Linearität und Hysterese der Messkurve werden durch die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform der Erfindung verbessert. Auch hier besteht der Kraftmessring aus einem Sensorkörper 10, in welchen die Kraft über einen Krafteinleitring 12 eingeleitet wird. Zwischen Krafteinleitring 12 und Sensorkörper 10 befindet sich ein Druckübertragungsmedium 19 in einem ringförmigen Hohlraum, der oben begrenzt wird durch eine Fläche des Krafteinleitringes, unten durch eine Fläche des Sensorkörpers und seitlich durch Aussenschweissflansch 15 und Innenschweissflansch 21. An einer umfänglichen Stelle des Sensorkörpers, befindet sich der links in der Zeichnung dargestellte Sensorteil, bestehend aus Druckmembran 16, Drucksensor 17 und Signalabführung 7 mit Ableitungsdrähten. Ein Verschlusszapfen 18 presst den Sensorkörper 17 gegen die Druckmembran 16. Wird nun auf die Krafteinleitoberfläche 20 eine Druckkraft ausgeübt, so überträgt sich diese über den Krafteinleitring 12 und die Ringmembranen (Aussenringmembran 13, Innenringmembran 14) auf das Druckübertragungsmedium 19, wobei ein Teil der eingeleiteten Kraft auch über den Aussenschweissflansch 15 und den Innenschweissflansch 21 direkt in den Sensorkörper 10 fliesst. Die Dicke und die Elastität der Ringmembranen 13, 14 bestimmen den Grad des Kraftnebenschlusses, d.h. den Anteil des Kraftflusses, der durch das Druckübertragungsmedium 19, und den andern, der durch die Ringmembrane 13, 14 und die Flansche 15, 21 fliesst. Im Druckübertragungsmedium 19 verwandelt sich die dort eingeleitete Kraft in einen hydraulischen Druck, der sich durch das ganze Druckübertragungsmedium fortpflanzt. Eine irgendwo auf die Krafteinleitfläche 20 wirkende Druckkraft hat also einen Druck auf die Druckmembran 16 zur Folge, welche sich nach unten durchbiegt und auf diese Weise den Druck auf den Sensorkörper 17 (Drucksensor) überträgt. Aus der Zeichnung wird klar, dass eine längs der Krafteinleitungsfläche wirkende Scherkraft keinen hydrostatischen Druck im Druckübertragungsmedium 19 erzeugen kann und demzufolge durch den Drucksensor 17 nicht wahrgenommen wird. Im wesentlichen sind nur Kraftkomponenten senkrecht zur Kraftein-

leitfläche messwirksam, wodurch Hystereseerscheinungen praktisch vermieden werden. Die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform der Erfindung zeigt auch einen Überlastschutz. Der Sensorkörper 10 weist in seinem mittleren Bereich eine Erhebung auf, welche zwischen diesem und Krafteinleitring 12 im unbelasteten Zustand einen Spalt S frei lässt. Höchstens um diese Wirkhöhe S lässt sich der Krafteinleitring 12 durch Belastung senken, wodurch ein Höchstdruck im Druckübertragungsmedium 19 definiert wird. Das Druckübertragungsmedium 19 wird durch einen in Fig. 4 nicht dargestellten Einfüllstutzen eingefüllt. Für hohe spezifische Drücke wird vorteilhafterweise ein Silikonöl verwendet. Bei nicht zu hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit können als Druckübertragungsmedien auch elastische Vergussmassen verwendet werden. Damit der zur Verfügung stehende Hohlraum mit Sicherheit vollständig ausgefüllt wird, wird das Druckübertragungsmedium vorteilhafterweise mit einem gewissen Überdruck eingefüllt (Vorspannung). Wenn auch Zugkräfte gemessen werden sollen (z.B. gemäss der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform), so muss der Überdruck entsprechend gross sein.

Die in den Fig. 5 und 6 dargestellten erfindungsgemässen Ausführungsformen zeigen Varianten des Kraftmessringes. Beide Ausführungsformen enthalten keine Druckmembran 16 (dargestellt in Fig. 4), wodurch sich die eingeleitete Druckkraft unter Umwandlung in einen hydrostatischen Druck im Druckübertragungsmedium 19 direkt auf den Sensorkörper 17 überträgt.

Unterschiedlich ist bei den in den Fig. 4, 5 und 6 dargestellten Ausführungsformen der Erfindung auch die konstruktive Ausgestaltung des Krafteinleitringes 12 und dessen Verbindung mit dem Sensorkörper 10. Die in Fig. 4 dargestellten Schweissstellen machen eine fertigungstechnisch unter Umständen schwierige Innenschweissung notwendig (schwierig bei kleinen Ringdurchmessern), während bei den Ausführungsformen nach Fig. 5 und 6 nur Aussenschweissungen erforderlich sind. Bei der Schweissung der Ausführungsform nach Fig. 6 ist sogar nur eine einzige Werkzeugeinspannung notwendig. In der Ausführungsform nach Fig. 6 ist der Krafteinleitring 12 leicht überhöht. Erfolgt die Krafteinleitung z.B. über eine den ganzen Kraftmessring überdeckende Platte, so kann der Krafteinleitring 10 höchstens um den Betrag der Überhöhung gesenkt werden, wodurch wiederum ein Höchstdruck im Druckübertragungsmedium 19 definiert wird. Wie in der Ausführungsform nach Fig. 4 erhalten wir so einen Überlastschutz des Drucksensors. Die Höhe H wird versuchsmässig bestimmt.

Fig. 7 stellt einen Drucksensor dar, wie er in den vorher dargestellten Ausführungsformen Verwendung findet. Es handelt sich um einen konventionellen bereits bekannten Si-Drucksensor. 30 bezeichnet den in den Ringkörper 10 eingeschweissten Sensorkörper, 31 das Si-Sensorelement, 32 den hohen Drücken standhaltenden Durchführungsleiter und 34 die Signalableitung.

Infolge des durch die Belastung im Druckmedium erzeugten hydrostatischen Druckes p erfährt das

Sensorelement 31 eine Durchbiegung, die ein Mass für den Druck p darstellt und beispielsweise in einer Brückenschaltung gemessen wird.

Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei welcher das Krafteinleitelement 40 ein Innengewinde 41 trägt, in welches ein Bolzen 42 eingeschraubt wird. Eine Zugkraft Z wirkt sich dann gleich aus wie eine Druckkraft in den vorhergehenden Ausführungsformen, d.h. im Krafteinleitring 43 entsteht eine Druckkraft, welche sich im Druckübertragungsmedium 45 in einen hydrostatischen Druck umwandelt, der mittels eines Drucksensors 44 gemessen wird. Falls das Druckübertragungsmedium unter einem hinreichenden Überdruck eingefüllt wurde, können auch zu Z entgegengesetzte Kräfte eingeleitet werden. Der Drucksensor 44 misst dann eine Druckverminderung.

Fig. 9 zeigt eine erfindungsgemässe Kraftmessscheibe, deren Sensorkörper 50 und Krafteinleitungsplatte 51 nicht ringförmig sind wie bei den vorhergehenden Ausführungsformen, sondern eine volle Scheibe darstellen. Das Druckübertragungsmedium 55 ist hier in einem dünnen spaltförmigen Hohlraum enthalten, der zwischen Sensorkörper 50 und Krafteinleitungsplatte 51 liegt und, im Gegensatz zu den bisher dargestellten Ausführungsformen, auch den zentralen Bereich der Kraftmessscheibe umfasst. Insbesondere bei grossen eingeleiteten Kräften wird dadurch die spezifische Belastung z.B. des Drucksensors 52 geringer und die Belastbarkeit nimmt zu. 54 stellt die Signalabführung dar.

Der Geltungsbereich der Erfindung beschränkt sich nicht auf die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen, sondern umfasst alle Ausführungsformen einer Kraftmessscheibe, bei denen eine eingeleitete Kraft in einen hydrostatischen Druck umgewandelt und mittels eines Drucksensors gemessen wird. Dieser Drucksensor ist oft vom piezoresistiven Typ (Si-Technologie). Jedoch ist auch der Einsatz von andersartigen Drucksensoren möglich, beispielsweise vom piezoelektrischen Typ, oder auf Dehnungsmesselementen basierenden Typen.

Patentansprüche

1. Kraftmessscheibe zur Messung statischer und quasistatischer Kräfte zwischen und in Maschinenbauteilen, dadurch gekennzeichnet, dass sie aus einem Sensorkörper (10, 43, 50) mit eingebautem Drucksensor (17, 44) sowie einem Krafteinleitelement (12, 40, 51) besteht, wobei zwischen Sensorkörper (10, 43, 50) und Krafteinleitelement (12, 40, 51) ein hermetisch abgeschlossener Hohlraum gebildet wird, der mit einem vorgespannten Druckübertragungsmedium (19) gefüllt ist, dessen Druck vom Drucksensor (17, 44, 52) gemessen wird und ein direktes Mass für die Kraft ergibt.

2. Kraftmessscheibe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie ringförmig ist.

3. Kraftmessscheibe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Krafteinleitelement (12) ringförmig ist und über eine äussere (13) und eine innere Ringmembran (14) mit je einem an-

schliessenden Aussen- und Innenschweissflansch (15, 21) mit dem ringförmigen Sensorkörper (10) unter Bildung des Hohlraumes verbunden sind.

4. Kraftmessscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Druckübertragungsmedium (19) benachbarte Bereich des Sensorkörpers (10) als Druckmembran (16) ausgebildet ist, unter welcher der Drucksensor (17) mittels eines Verschlusszapfens (18) eingespannt ist.

5. Kraftmessscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor (30) in eine Bohrung des Sensorkörpers (10) eingeschweisst ist und dass die Messsignale über druckfeste Durchführungen (32) abgeleitet werden.

6. Kraftmessscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das ringförmige Krafteinleitelement (40) mit einem Innengewinde (41) versehen ist und dass die Krafteinleitung über einen Schraubenbolzen (42) erfolgt.

7. Kraftmessscheibe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Druckübertragungsmedium (19) ein Silikonöl für hohe spezifische Drücke verwendet wird.

8. Kraftmessscheibe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Druckübertragungsmedium (19) eine elastische Vergussmasse verwendet wird.

9. Kraftmessscheibe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Sensorkörper (10) ein Überlastanschlag (11) angebracht ist, auf welchem das Krafteinleitelement (12) aufliegt, wenn der Wirkhub S durch die Verdrängung des Druckübertragungsmediums (19) auf die sich durchbiegende Membran des Drucksensors (17) ausgeschöpft ist.

10. Kraftmessscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die radial mittlere Partie des Krafteinleitelementes (12) gegenüber den übrigen Oberflächenpartien eine Überhöhung (H) aufweist, wodurch ein Überlastschutz gebildet wird, indem die grösstmögliche Druckerhöhung im Druckübertragungsmedium (19) durch diese Überhöhung definiert ist.

11. Verfahren zum Auffüllen einer Kraftmessscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit einem Druckübertragungsmedium, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckübertragungsmedium (19) unter Überdruck eingebracht wird.

Stand der Technik:

Fig. 1

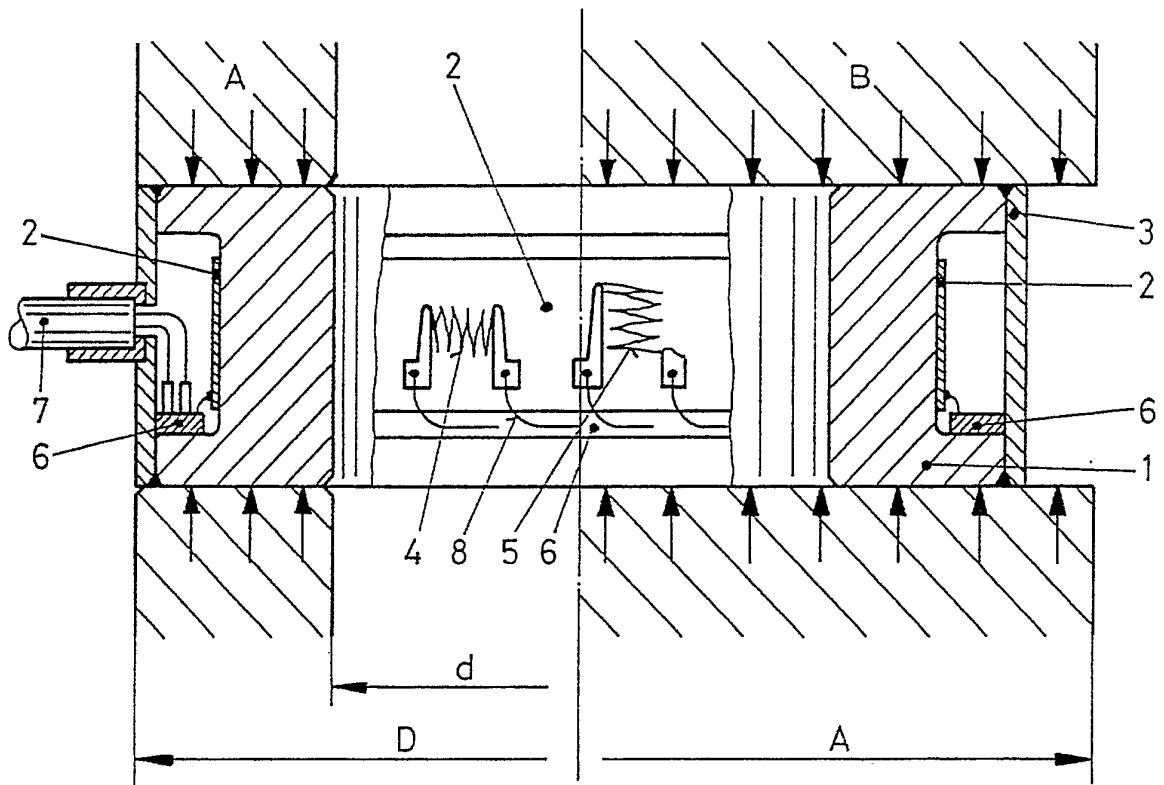


Fig. 2

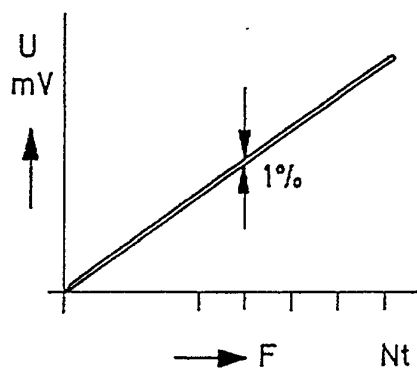


Fig. 3

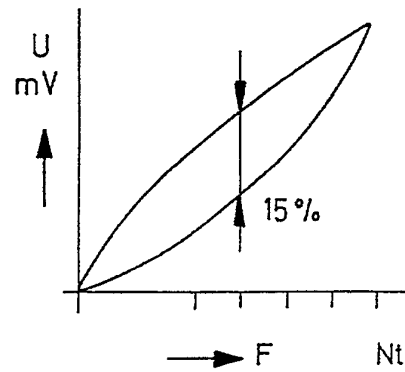


Fig. 4

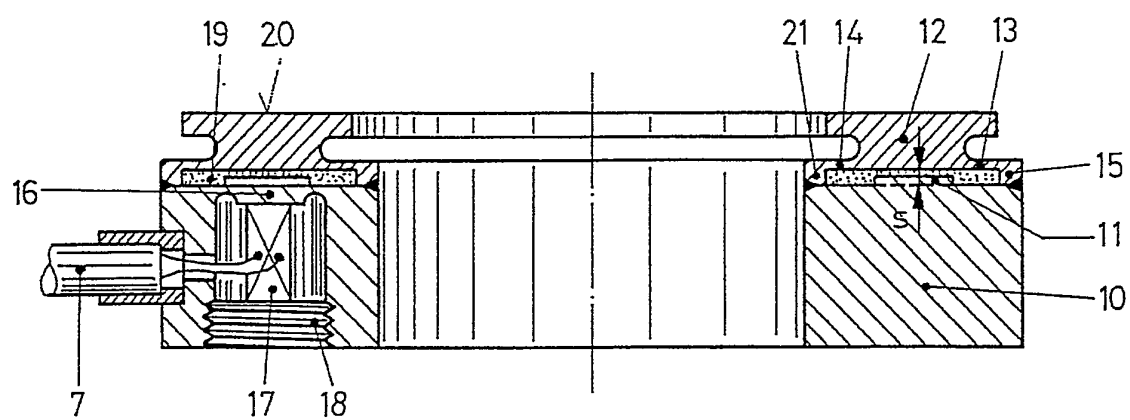


Fig. 5

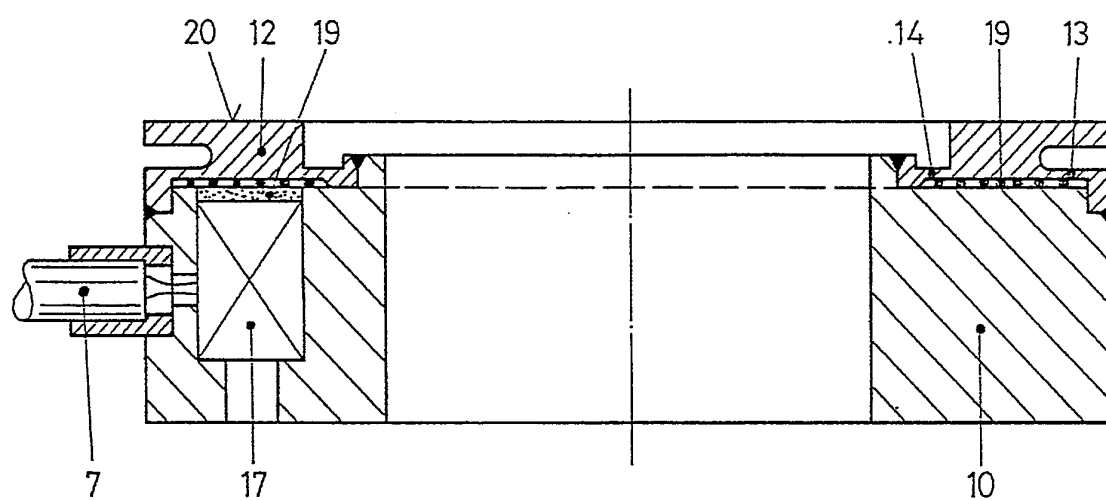


Fig. 6

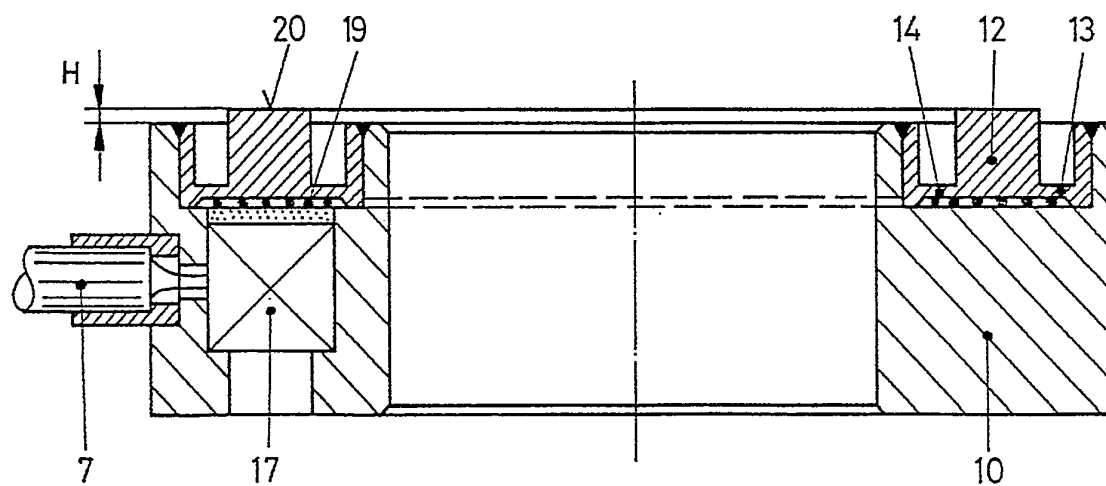


Fig. 7

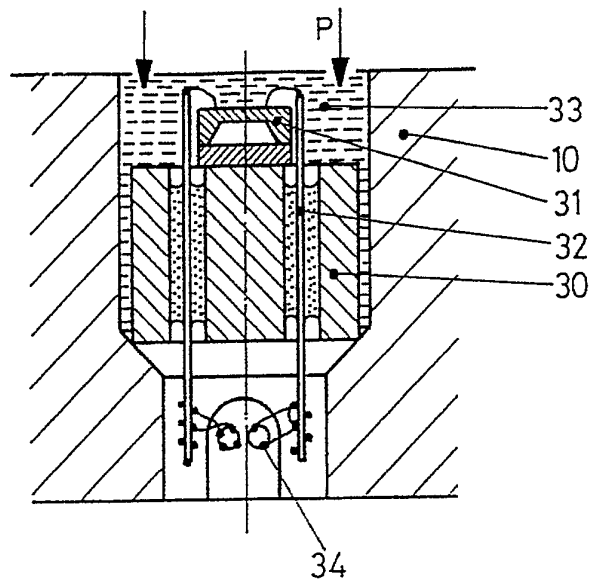


Fig. 8

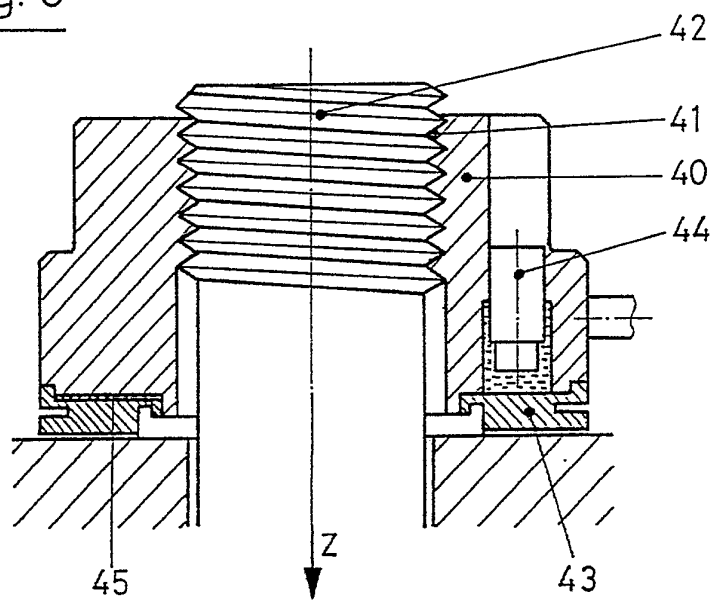


Fig. 9

