

Patenturkunde

Gemäß dem Patentgesetz
ist für die in der angefügten Patentschrift
beschriebene Erfindung
ein Patent unter der

Nummer 502515

erteilt worden.

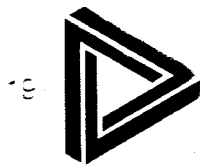
Die Jahresgebühren werden bei alljährlicher Zahlung am letzten des Anmeldemonats fällig.

Wien, am 15. April 2007



Dr. Friedrich Rödler
Präsident des Österreichischen Patentamts





(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1703/2005 (51) Int. Cl.⁸: **G01N 25/16** (2006.01)
G01B 07/16 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2005-10-18 **G01B 07/02** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 2007-04-15

- (56) Entgegenhaltungen:
ROTTER M. ET AL "A MINIATURE
CAPACITANCE DILATOMETER
FOR THERMAL EXPANSION AND ..."
DE 3714988A1 SU 1661634A1
DE 2659386A1 US 2003/0046024A1
GODZHAEV E. ET AL "DILATOMETER
FOR MEASURING TEMPERATURE
COEFFICIENT OF LINEAR EXPANSION
OF SOLIDS OVER A WIDE
TEMPERATURE RANGE"
MATSUI H. ET AL "CAPACITIVE
DILATOMETER FOR MEASUREMENT
OF OSCILLATOREY
MAGNETOSTRICTION"

- (73) Patentanmelder:
UNIVERSITÄT WIEN
A-1010 WIEN (AT)
(72) Erfinder:
ROTTER MARTIN DR.
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER MAGNETOSTRIKTION VON FESTKÖRPERN
SOWIE VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS**

- (57) Bei einem Verfahren zur Bestimmung der Magneto-
striktion von Festkörpern mit einem Dilatometer, bei
welchem ein magnetisches Feld angelegt wird und
die wenigstens einachsige Dimensionsänderung
des Festkörpers mittels optisch-elektronischer oder
mechanisch berührender Verfahren, beispielsweise
über kapazitive Sensoren, erfasst wird, wird eine
Mehrzahl von Messungen bei jeweils verschieden
eingestellter Haltekraft, mit der der Festkörper im
magnetischen Feld mechanisch festgehalten wird,
vorgenommen.

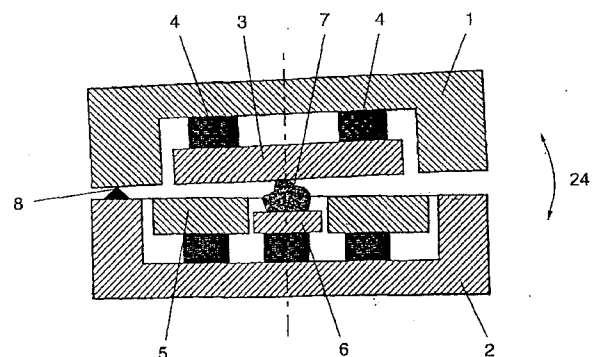


Fig. 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Magnetostriktion von Festkörpern mit einem Dilatometer, bei welchem ein magnetisches Feld angelegt wird und die wenigstens einachsige Dimensionsänderung des Festkörpers mittels optisch-elektronischer oder mechanisch berührender Verfahren, beispielsweise über kapazitive Sensoren, erfasst wird sowie auf eine Vorrichtung zur Bestimmung der Magnetostriktion von Festkörpern mit relativ zueinander beweglich gelagerten Kondensatorplatten, welche federnd gegen den Festkörper unter Ausbildung einer der Ausdehnung des Festkörpers entsprechend veränderlichen Kapazität anpressbar sind und über elektrische Leiter mit einem Messgerät verbindbar sind.

Eine wesentliche Schwierigkeit bei der Bestimmung der Magnetostriktion von Festkörpern besteht darin, dass ein hohes angelegtes Magnetfeld neben der Magnetostriktion der Probe auch ein Drehmoment bzw. eine Kraft auf die Probe ausübt, welche zu einem Störsignal führen kann. Um entsprechend hohe Magnetfelder anlegen zu können, sind konstruktionsbedingt möglichst geringe Abmessungen des Dilatometers einzuhalten, wobei eine entsprechende Verringerung der Baumaße auch Messfehler zu verringern helfen soll. Kapazitive Miniatur-Dilatometer sind beispielsweise in „A miniature capacitance dilatometer for thermal expansion and magnetostriction“, M.Rotter, H.Müller und E.Gratz in Rev. Sci. Instrum., Vol.69, No. 7, July 1998, Seite 2742 bis 2746 beschrieben. Bei derartigen bekannten weitestgehend miniaturisierten Dilatomern, welche als kapazitive Miniatur-Dilatometer aufgebaut wurden, bei welchen die beiden Kondensatorplatten bzw. die einander gegenüber liegenden Träger der Kondensatorplatten um einen Schwenkpunkt bzw. eine Schwenkachse schwenkbar aneinander angelenkt waren, wurden die Kondensatorplatten mittels eines federnd angreifenden Zugelements gegeneinander gespannt. Das Zugelement war in Form eines Gewindestiftes und einer gegen eine Federplatte in Form einer Ringscheibe pressbaren Mutter ausgebildet. Um hinreichend große Kondensatorplatten auch bei möglichst klein bauenden Konstruktionen zu ermöglichen, wurde aber dieses Spannelement nahe der Schwenkachse angeordnet. Die auf diese Weise einem Verschwenken der Platten entgegenwirkende Kraft, wie sie durch ein derartiges Zugelement aufgebracht werden konnte, war naturgemäß beschränkt und konnte nicht ausschließen, dass bei hohen angelegten Magnetfeldern ein auf die Probe ausgeübtes Drehmoment bzw. eine auf die Probe ausgeübte Kraft tatsächlich zu einem nicht näher identifizierbaren Störsignal führt.

In der offengelegten DE 3714988 A1 wird ein Dilatometer beschrieben, welches dazu dient die Längenänderung unterschiedlicher Materialien unter dem Einfluss von Temperaturen zu messen, wobei die Probe in einer Kammer eines Ofens gelagert ist und über einen in einem Rohr zentral geführten Abtaststempel mit einem außerhalb liegenden Wegmesser verbunden ist, wobei die Kammer, das Rohr und der Abtaststempel aus dem selben Material gefertigt sind. Es eignet sich daher nicht zur Messung von Magnetostriktion.

Die DE 2659386 offenbart eine Einrichtung zur Untersuchung von Stoffen bei vorgegebener Temperatur und Belastung, welches sich für die Verformungskompensation der Messstange einer Mikrometerschraube bedient, die von einem Umkehrmotor verstellbar ist, welcher von einer in einem kapazitiven Differentialverformungsgeber eingeschalteten Brückenschaltung gesteuert ist.

Die US 2003/0046024 A1 offenbart ein volumetrisches Dilatometer und ein Verfahren zur Verwendung desselben, welches einen optischen Verdrängungsmesser verwendet.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein miniaturisiertes kapazitives Dilatometer der eingangs genannten Art dahingehend weiter zu bilden, dass Störsignale, welche auf ein auf die Probe ausgeübtes Drehmoment bzw. eine auf die Probe ausgeübte Kraft zurückzuführen sind, sicher erkannt und eliminiert werden können. Gleichzeitig sollen die Baumaße des kapazitiven Miniatur-Dilatometers unverändert klein oder noch kleiner gehalten werden, um entsprechend hohe angelegte Magnetfelder zur Wirkung bringen zu können. Die erfindungsgemäße Vorrichtung soll hierbei auch unter extremen Bedingungen und bei tiefen Temperaturen fehlerfrei arbeiten.

Zur Lösung dieser Aufgabe besteht das erfindungsgemäße Verfahren der eingangs genannten Art im Wesentlichen darin, dass eine Mehrzahl von Messungen bei jeweils verschieden eingestellter Haltekraft, mit der der Festkörper im magnetischen Feld mechanisch festgehalten wird, vorgenommen wird. Dadurch, dass für aufeinander folgende Messungen die jeweils einstellbare Haltekraft, welche federnd einem Verschwenken der Platten relativ zueinander entgegenwirkt, jeweils verschieden eingestellt wird, kann eine von einer Kalibrierkurve abweichende Änderung der Verschwenkung, welche somit nicht auf eine Dimensionsänderung bzw. die Magnetostriktion, sondern auf eine Verschiebung oder ein Verschwenken der Probe selbst zurückzuführen ist, sicher erkannt werden und es kann die von der Dimensionsänderung im magnetischen Feld verschiedene Bewegung des Festkörpers, welche entgegen einer zu niedrig eingestellten Haltekraft beobachtet werden könnte, erforderlichenfalls rechnerisch kompensiert werden. Prinzipiell werden bevorzugt für eine derartige Elimination der von der Magnetostriktion verschiedenen Bewegung des Festkörpers wenigstens drei Messungen bei jeweils verschieden eingestellter Haltekraft vorgenommen.

Um nun bei entsprechender weiterer Minimierung der Abmessungen und hoher Miniaturisierung der Bauteile eine entsprechend hohe Haltekraft überhaupt aufbringen zu können, welche eine Bewegung des Festkörpers im Magnetfeld mit Sicherheit verhindert, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung der eingangs genannten Art im Wesentlichen so weitergebildet, dass wenigstens eine Kondensatorplatte bzw. ein mit dieser Kondensatorplatte verbundener Träger von einem Spannglied übergriffen ist, welcher außerhalb des Randes der Kondensatorplatte mit einstellbarer Haltekraft gegen ein die andere Kondensatorplatte abstützendes Element pressbar ist. Zusätzlich zu der bekannten Einstellbarkeit der Haltekraft mittels der einen Träger bzw. eine Platte durchsetzenden Schraube bzw. des Zugankers nahe dem Drehpunkt bzw. der Schwenkachse der Platten relativ zueinander kann nun mittels dieses Spannglieds in einem größeren Abstand von der Schwenkachse eine entsprechend höhere Kraft als Haltekraft aufgebracht werden, wobei diese Kraft gleichfalls wiederum einstellbar gewählt wird. Das Spannglied greift bevorzugt in der Projektion auf die Kondensatorplatte innerhalb des Randes der Kondensatorplatten an, wobei dies zu einer Vergrößerung des Hebelarmes führt, unter welchem die Kraft auf den Träger bzw. die jeweilige Kondensatorplatte zur Wirkung gebracht wird. Diese Vergrößerung des Hebelarmes erlaubt es mit besonders klein bauenden Bauteilen eine entsprechend hohe Kraft aufzubringen, welche einem Verschwenken oder Verkippen der Probe im Magnetfeld wirksam entgegenwirken kann. Das Spannglied kann hierbei beispielsweise bügelförmig oder topfförmig ausgebildet sein und einen Teil eines Gehäuses ausbilden.

Abweichend von den bisher bekannten Konstruktionen, bei welchen die im schwenkbaren Träger gelagerte Kondensatorplatte über eine Mehrzahl von federnd angreifenden Zuggliedern in Form von Stiften und Muttern mit dem Träger verbunden ist, wird in weiterer Miniaturisierung die Ausbildung nunmehr bevorzugt so getroffen, dass die vom Spannglied übergriffene Kondensatorplatte über lediglich einen zugfesten mit dem beweglichen Träger verbundenen Stift, insbesondere einem Gewindestift, verbunden ist.

Die Feinjustierung der Spitzenlagerung der schwenkbaren Kondensatorplatte bzw. ihres Trägers wurde bei den bekannten Konstruktionen bisher mittels eines Exzenterbügels vorgenommen, welcher für die nunmehr erfindungsgemäß aufzubringenden höheren Haltekräfte bei entsprechend kleinerer Dimensionierung an Festigkeits- bzw. Verformungsgrenzen gelangen könnte. Erfindungsgemäß wird daher die Ausbildung mit Vorteil so weitergebildet, dass der vom Spannglied übergriffene Träger der Kondensatorplatte über eine Spitzenlagerung schwenkbar abgestützt ist, wobei der die Spitze der Spitzenlagerung tragende Bauteil höhenverstellbar an einem in der Höhe verstellbaren Zwischenstück, z.B. einem Kristall, abgestützt ist oder einstückig mit diesem ausgebildet ist, sodass die eigentlichen Stellkräfte vom Zwischenstück aufgenommen werden und der die Spitze tragende Bauteil über seine gesamte Fläche am Zwischenstück abgestützt sein kann. Insgesamt wird auf diese Weise bei besonders kleinen Baumaßen auch eine entsprechende Stabilität gewährleistet, wie sie bei der Aufnahme von hohen Haltekräften erforderlich ist.

Prinzipiell liegt dem erfindungsgemäßen Verfahren und den entsprechend konstruktiven Maßnahmen bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Aufgabe zu Grunde die Probe mit einer variablen Haltekraft im Dilatometer festzulegen. Drei oder mehr derartige Messungen, werden bei verschiedenen Haltekraften durchgeführt, wobei die Probe jeweils durch eine definierte Kraft im Dilatometer fixiert ist. Die durch ein Federelement erzeugte Haltekraft kann mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung gemessen werden. Wenn nun beispielsweise Magnetostruktionsmessungen bei verschiedenen Haltekraften durchgeführt werden und im Folgenden Haltekraften F_1 , F_2 und F_3 gewählt werden, für welche $F_3 > F_2 > F_1$ gilt, dann kann mit Hilfe der Kalibriervorrichtung vor bzw. nach jeder Magnetostruktionsmessung die Haltekraft F_i und eine entsprechende Konstante K_i bestimmt werden.

Die für jede Magnetostruktionsmessung gemessene Längenänderung $\Delta L_i^m(H)$ setzt sich aus den Beiträgen der Magnetostruktion der Probe $\Delta L^{ms}(H)$ und dem Störsignal in Folge einer Bewegung der Probe $\Delta L_i^F(H)$, d.h. sie bestimmt sich nach der nachfolgenden Gleichung

$$\Delta L_i^m(H) = \Delta L^{ms}(H) + \Delta L_i^F(H) \quad i = 1, 2, 3$$

Nach der Gleichung $F = F_i + \Delta L \cdot K_i$, $i=1,2,3$ hängt das Störsignal in Folge einer Bewegung der Probe mit der durch das Magnetfeld hervorgerufenen Kraft zusammen. Bei der Datenauswertung unterscheidet man zwei Bereiche:

a) $\Delta L_1^m(H) \approx \Delta L_2^m(H) = \Delta L_3^m(H)$: die Kraftwirkung des Magnetfelds ist zu klein um bei Messung 2 und 3 eine Bewegung der Probe zu bewirken. Die Längenänderung $\Delta L_2^m(H)$ und $\Delta L_3^m(H)$ entsprechen der Magnetostruktion der Probe $\Delta L^{ms}(H) = \Delta L_2^m(H) = \Delta L_3^m(H)$

b) $\Delta L_1^m(H) > \Delta L_2^m(H) > \Delta L_3^m(H)$: die Kraftwirkung des Magnetfelds führt bei den Messungen 1 und 2 zu einer Bewegung der Probe. In diesem Fall berechnet man die Magnetostruktion $\Delta L^{ms}(H)$ durch die Elimination der Kraft $F(H)$ aus den folgenden beiden Gleichungen

$$\Delta L_1^m(H) = \Delta L^{ms}(H) + \frac{F(H) - F_1}{K_1}$$

$$\Delta L_2^m(H) = \Delta L^{ms}(H) + \frac{F(H) - F_2}{K_2}$$

Es ergibt sich:

$$\Delta L^{ms}(H) = \frac{F_2 - F_1 + K_2 \Delta L_2^m(H) - K_1 \Delta L_1^m(H)}{K_2 - K_1}$$

Um die entsprechend hohen erforderlichen Kräfte F_1 , F_2 und F_3 aufbringen zu können, wird die in der Zeichnung noch näher erläuterte Spanngliedkonstruktion verwendet, welche den Angriff der Kraft und die damit maximal aufbringbare Kraft entsprechend verbessert bzw. erhöht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 eine schematische Darstellung der bekannten Konstruktion eines miniaturisierten Dilatometers, Fig. 2 eine Schnittdarstellung mit abgewandelter Aufhängung der schwenkbaren Kondensatorplatte, Fig. 3 das Dilatometer nach Fig. 2 mit der für die Aufbringung der hohen Haltekraften vorgesehenen Spanngliedkonstruktion und Fig. 4 ein Detail der Spitzenlagerung.

In Fig. 1 sind mit 1 und 2 zwei Träger für Kondensatorplatten bezeichnet, wobei die im Träger 1

Maß-
einer
rden
Kraft
einer
mes-
e F1,
rrich-
ende

5 gehaltene Kondensatorplatte 3 unter Zwischenschaltung von Isolatoren 4 gehalten wird und die gegenüberliegende Kondensatorplatte 5 als Ringplatte ausgebildet ist, in deren zentralen Hohlraum ein Träger 6 für den Probenkörper 7 angeordnet ist. Die Träger 1 und 2 sind über eine Spitzenlagerung 8 miteinander verbunden und in Richtung des Doppelpfeils 24 relativ zueinander verschwenkbar. Je nach Schwenklage verändert sich die Kapazität, welche zwischen den Kondensatorplatten 3 und 5 gemessen werden kann, wobei diese Schwenklage durch die Dimensionsänderung oder eine unerwünschte Verschiebung des Probenkörpers 7 während des Messvorganges bewirkt wird.

s den
ägung

10 Bei der Ausbildung nach der Fig. 2 ist ein Zuganker 9 vorgesehen, welcher die relativ zueinander schwenkbaren Träger 1 und 2 verbindet und bei der in Fig. 2 dargestellten Ausbildung in die Platte 1 eingeschraubt ist. Das freie Ende des Zugankers wirkt mit einer Stellmutter 10 zusammen, welche gegen eine Federplatte 11 unter Einstellung der Haltekraft F festschraubbar ist. Dieses Zugelement 9 greift dem Spitzenlager 8 (Fig. 1) benachbart an und kann daher bei

15 entsprechender Miniaturisierung nicht beliebig hohe Haltekräfte aufnehmen. Bei der Darstellung nach Fig. 2 ist abweichend von der schematischen Darstellung nach Fig. 1 die Halterung der Kondensatorplatte 3 mit nur einer zentralen Schraube 12 ersichtlich. Die am unteren Träger 2 gelagerte Kondensatorplatte 5 ist über eine Mehrzahl von über den Umfang verteilten federnden Elementen abgestützt, wobei hier wiederum Schraubbolzen 13 und Muttern 14 zum Einsatz gelangen, welche entgegen der Kraft einer Federplatte 15 angezogen werden können.

g der
iswer-

20 In der Darstellung nach Fig. 3 ist nun ersichtlich, dass zusätzlich zu dem Zuganker 9 ein den oberen Träger 1 übergreifendes Spannglied 16 vorgesehen ist, welches mit einer Federplatte 17 zusammenwirkt und daher relativ zu der in Fig. 3 nicht ersichtlichen radial außerhalb liegenden Spitzenlagerung 8 mit größerem Hebelarm angreift. Das Spannglied 16 kann mit einstellbarer Kraft über die Muttern 18 gegen die Basiskonstruktion 19 gespannt werden und erlaubt es im Vergleich zu dem durch das Zugelement 9 und der Mutter 10 sowie die Feder 11 (Fig. 2) gebildeten Element zur Aufbringung der Haltekraft wesentlich größere Haltekräfte gegen ein Verschwenken des Trägers 1 relativ zum an der Basiskonstruktion abgestützten zweiten Träger aufzubringen. Mit 20 sind schematisch Teile der Halterung ersichtlich, über welche das Dilatometer in einem entsprechenden Magnetfeld positioniert werden kann.

ssung
L₃^m(H)

25 In der Darstellung nach Fig. 4 ist ein Detail der Spitzenlagerung 8 ersichtlich, wobei der die Spitze tragende Bauteil 21 aus Silber besteht und zwischen dem elliptisch bzw. nicht exakt zylindrisch ausgeführten Stellglied 22 und dem die Spitze tragenden Bauteil 21 ein Zwischenstück 23 angeordnet ist, welches an dem einen elliptischen Querschnitt aufweisenden Stellbolzen abgestützt ist. Das Zwischenstück und die Spitze können von einem Kristall gebildet sein und dienen der Kompensation temperaturinduzierter Bewegungen des Dilatometers.

Patentansprüche:

- wird die
Angriff
t.
- 30 1. Verfahren zur Bestimmung der Magnetostriktion von Festkörpern mit einem Dilatometer, bei welchem ein magnetisches Feld angelegt wird und die wenigstens einachsige Dimensionsänderung des Festkörpers mittels optisch-elektronischer oder mechanisch berührender Verfahren, beispielsweise über kapazitive Sensoren, erfasst wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Mehrzahl von Messungen bei jeweils verschieden eingestellter Haltekraft, mit der der Festkörper im magnetischen Feld mechanisch festgehalten wird, vorgenommen wird.
- 35 2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine von der Dimensionsänderung im Magnetfeld verschiedene Bewegung des Festkörpers rechnerisch kompensiert wird.
- 40 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass wenigstens drei Messungen bei jeweils verschieden eingestellter Haltekraft vorgenommen werden.
- Träger 1

4. Vorrichtung zur Bestimmung der Magnetostriktion von Festkörpern mit relativ zueinander beweglich gelagerten Kondensatorplatten (3, 5), welche federnd gegen den Festkörper (7) unter Ausbildung einer der Ausdehnung des Festkörpers (7) entsprechend veränderlichen Kapazität anpressbar sind und über elektrische Leiter mit einem Messgerät verbindbar sind, *dadurch gekennzeichnet*, dass wenigstens eine Kondensatorplatte (3) bzw. ein mit dieser Kondensatorplatte (3) verbundener Träger (1) von einem Spannglied (16) übergriffen ist, welches außerhalb des Randes der Kondensatorplatte (3) mit einstellbarer Haltekraft gegen ein die andere Kondensatorplatte (5) abstützendes Element (19) pressbar ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Spannglied (16) an der vom Spannglied (16) übergriffenen Kondensatorplatte (3) oder einem Träger (1) derselben in der Projektion auf die Kondensatorplatte (3) innerhalb des Randes der Kondensatorplatte (3) angreift.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass die vom Spannglied (16) übergriffene Kondensatorplatte (3) über lediglich einen zugfesten mit dem beweglichen Träger (1) verbundenen Stift, insbesondere einem Gewindestift (12), verbunden ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 4, 5 oder 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass der vom Spannglied (16) übergriffene Träger (1) der Kondensatorplatte (3) über eine Spitzenlagerung (8) schwenkbar abgestützt ist, wobei der die Spitze der Spitzenlagerung (8) tragende Bauteil (21) höhenverstellbar an einem in der Höhe verstellbaren Zwischenstück (23) abgestützt ist oder einstückig mit diesem ausgebildet ist.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen



inder
er (7)
chen
idbar
n mit
ergrif-
halte-
ist.

Blatt 1

Int. Cl.⁸: G01N 25/16 (2006.01)
G01B 07/16 (2006.01)
G01B 07/02 (2006.01)

an der
selben
orplat-

inglied
bewegli-
1 ist.

inglied
ing (8)
Bauteil
stützt ist

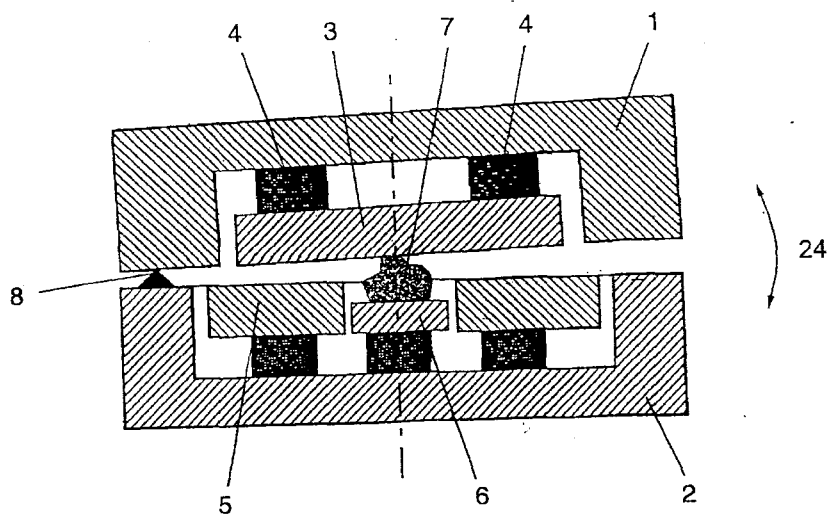


Fig. 1

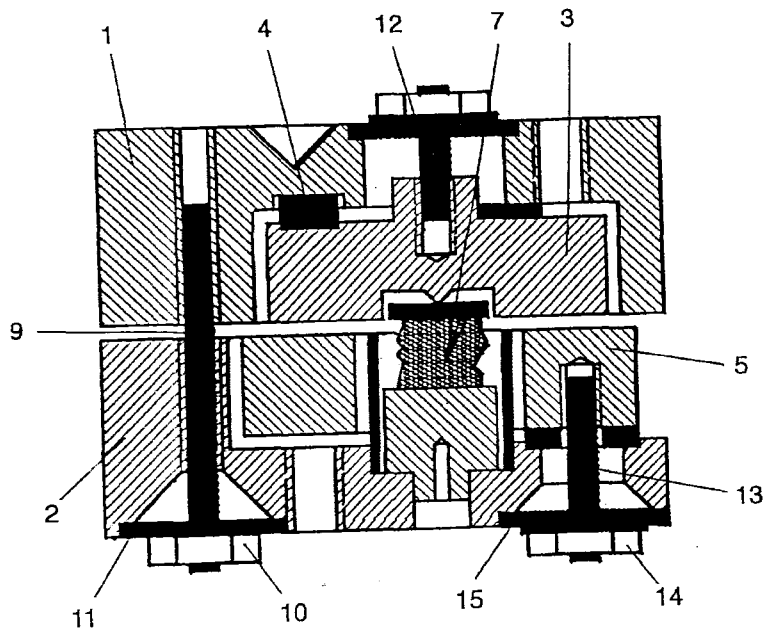


Fig. 2

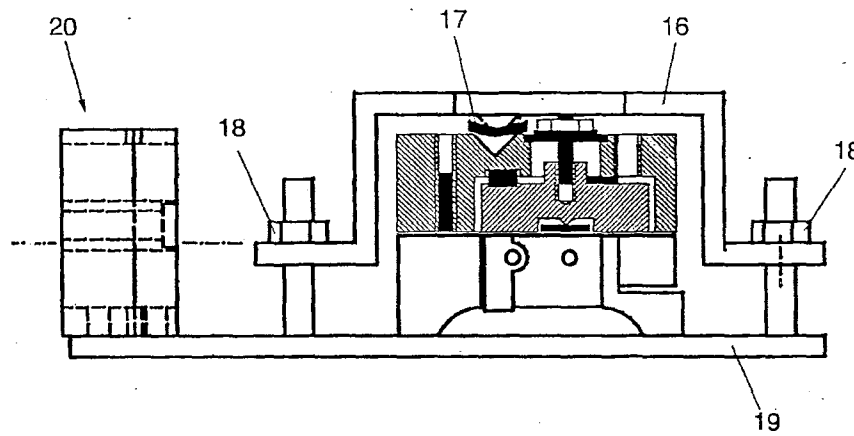


Fig. 3

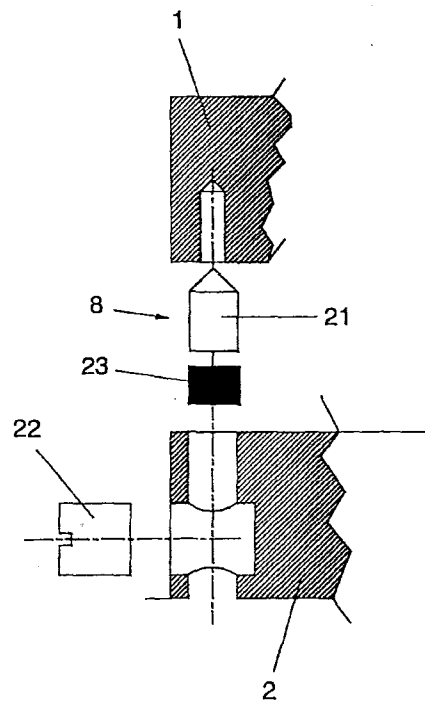


Fig. 4