



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 658 128 A5

⑤① Int. Cl. 4: G 01 F 23/04
B 67 D 5/32

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 6006/82

⑫② Anmeldungsdatum: 14.10.1982

⑫③ Priorität(en): 15.10.1981 DE 3140938
14.12.1981 DE 3149464

⑫④ Patent erteilt: 15.10.1986

⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.10.1986

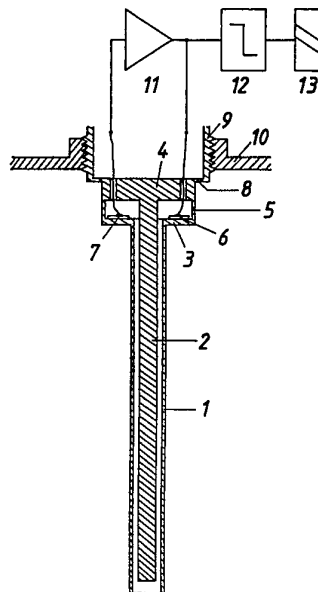
⑫⑦ Inhaber:
Eberhard F. Hermann, Rheinfelden-Eichsel (DE)

⑫⑦② Erfinder:
Hermann, Eberhard F., Rheinfelden-Eichsel (DE)

⑫⑦④ Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑫④ **Vorrichtung zur Feststellung und/oder Kontrolle eines bestimmten Füllstandes in einem Behälter.**

⑫⑦ Die Vorrichtung ist aus einem stabförmigen innern (2) und einem rohrförmigen äussern (1) Schwingungselement aufgebaut, wobei das äussere Schwingungselement das innere im wesentlichen konzentrisch umgibt und nach aussen dicht abschliesst. Beide Schwingungselemente weisen gleiche Resonanzfrequenz auf und schwingen in Gegenphase. Betriebsmässig arbeitet das innere Schwingungselement als Biegeschwinger, das äussere als Drehschwinger. Bei Berührung des äussern Schwingungselementes (1) mit Füllgut wird dessen Schwingungsfrequenz gedämpft. Bei Feststellung einer Frequenzdifferenz mittels einer Auswerteschaltung wird in dieser ein entsprechendes Anwesenheitssignal erzeugt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Feststellung und/oder Kontrolle eines bestimmten Füllstandes in einem Behälter mit einem zwei Schwingungselemente aufweisenden Schwingungsgebilde, dessen Schwingungen bei Berühren von dem in dem Behälter vorhandenen Füllgut gedämpft werden und mit Einrichtungen zur Auslösung von Anzeige und/oder Schaltvorgängen in Abhängigkeit von der Amplitude der Schwingungen, wobei die Schwingungselemente konzentrisch angeordnet sind, gleiche Resonanzfrequenz aufweisen und in Gegenphase schwingen, dadurch gekennzeichnet, dass das äussere Schwingungselement als Drehschwinger und das innere Schwingungselement als Biegeschwinger ausgebildet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der äussere Drehschwinger aus einem Rohr (1) besteht, das in das Behälterinnere ragt, das an einem Ende geschlossen ist und dessen anderes Ende im Zentrum einer als Rückholfeder wirkenden Membran montiert ist und dass der innere Biegeschwinger einseitig in eine steife Platte (4) eingespannter Stab (2) ist, der auf der Grundschiwingung zu Schwingungen angeregt wird und in das Innere des Rohres (1) hineinragt, und dass die Platte (4) mit einem Rohrstück (5) mit dem äusseren Rand der Membran (3) zur Schwingungskopplung der beiden Schwingungselemente verbunden ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Schwingungselemente so dimensioniert und so weit ineinandergeschoben sind, dass sich beim Schwingungsvorgang der beiden Schwingungselemente die dadurch verursachten Drehmomente und Massenauslenkungen gegenseitig kompensieren, so dass das die beiden Schwingungselemente verbindende Rohr (5) den Schwingungsknoten des Systems bildet und in Ruhe bleibt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zum Schwingungsantrieb und zum Schwingungsabgriff je ein piezoelektrisches Keramikplättchen (6) und (7) auf der Membran (3) angebracht sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrische Signal des einen piezoelektrischen Wandler (7) einem Verstärker (11) zuführbar ist und dass das verstärkte Signal sowohl dem anderen piezoelektrischen Wandler (6) als auch einem Schwellwertdiskriminator (12) mit nachgeordnetem Relais (13) zuführbar ist.

6. Vorrichtung zur Füllstandskontrolle in einem Behälter mit einem Schwingungsgebilde, dessen Schwingungen bei Berührung mit Füllgut gedämpft werden, wobei das Schwingungsgebilde aus einem ersten äusseren Schwingungselement besteht, das durch die Behälterwand in das Innere des Behälters hineinragt und rohrförmig ausgebildet ist, und einem zweiten stabförmigen Schwingungselement, das in den Hohlraum des ersten Schwingungselementes hineinragt, wobei beide Schwingungselemente gleiche Resonanzfrequenz aufweisen und als Dreh- oder Biegeschwinger ausgebildet in Gegenphase schwingen, dadurch gekennzeichnet, dass das äussere Schwingungselement zumindest nach oben hin keilförmig ausgebildet ist, so dass das Füllgut an den Keilflanken abgleiten kann.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das äussere Schwingungselement sowohl nach oben als auch nach unten keilförmig ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Profil des äusseren Schwingungselementes durch Prägung aus einem Rohr mit kreisförmigem Querschnitt gefertigt ist.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Feststellung und/oder Kontrolle eines bestimmten Füllstandes in einem Behälter mit einem zwei Schwingungselemente aufweisenden Schwingungsgebilde, dessen Schwingungen bei Berühren von in dem Behälter vorhandenen Füllgut gedämpft werden und mit Einrichtungen zur Auslösung von Anzeige und/oder Schaltvorgängen in Abhängigkeit von der Amplitude der Schwingungen, wobei die beiden Schwingungselemente gleiche Resonanzfrequenz aufweisen, konzentrisch angeordnet und zur Bestimmung des Füllstandes in Schwingungen von entgegengesetztem Drehsinn angeregt sind und das äussere Schwingungselement als in den Behälter hineinragender Schwingstab ausgebildet ist.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE-OS 2 933 618 sind solche Vorrichtungen bekannt, bei denen zwei Schwingungselemente als gleiche Resonanzfrequenz aufweisende Drehschwinger ausgebildet und konzentrisch angeordnet sind und zu Schwingungen in entgegengesetztem Drehsinn angeregt sind und das äussere Schwingungselement in den Behälter hineinragt.

Durch diese Anordnung der beiden Schwingungselemente und eine geeignete Massenverteilung wird erreicht, dass dieses Schwingungsgebilde nahezu keine Schwingungsenergie zur Behälterwandung hin verliert, so dass das Schwingungsgebilde als Füllstandsgrenzschalter verwendet eine sehr grosse Empfindlichkeit auch gegenüber sehr leichten Füllgütern zeigt und ausserdem, da nur ein Schwingstab mit dem Füllgut in Berührung kommt, nicht die Fehler der Messvorrichtungen in Form einer Stimmgabel zeigen kann, bei denen z. B. Füllgut zwischen den beiden Schwingstäben eingeklemmt werden kann.

Bei der einfachsten Ausführungsform nach dieser OS besteht das Schwingungssystem aus zwei konzentrisch angeordneten Schwingungselementen in Form von Drehschwingern. Das äussere Schwingungselement besteht aus einem Rohr, das in den Behälter hineinragt und im Zentrum einer Membran, die als Rückstellfeder dient, befestigt ist. Das innere Schwingungselement besteht aus einem Stab, der in das Rohr des äusseren Schwingungselementes hineinragt und im Zentrum einer zweiten Membran befestigt ist, die ebenfalls als Rückstellfeder dient. Die äusseren Ränder der beiden Membranen sind über ein Rohrstück starr miteinander verbunden. Da die beiden Membranen als Rückstellfeder wirksam sind, sind sie auch frequenzbestimmend und müssen, da die Frequenzen der beiden Schwingungselemente aufeinander abgestimmt sein müssen, mit entsprechend grosser Präzision hergestellt werden.

Die äusseren Schwingungselemente bisher bekannter Geräte dieser Art haben einen kreisförmigen Querschnitt. Werden diese Geräte wie vorgesehen seitlich durch die Behälterwand montiert, so kann sich pulvriges Füllgut, wie z. B. Mehl, beim Absenken des Füllstandes wie in Fig. 2 gezeigt, in grosser Menge 14 auf dem äusseren Schwingungselement 1 ablagern, wodurch das Schwingungsgebilde weiterhin gedämpft wird, so dass ein Anschwingen verhindert wird, was wiederum zur Fehlfunktion des Gerätes führt. Es ist zwar möglich durch Vergrösserung der Verstärkung des Gerätes zu erreichen, dass das auf dem Schwingungselement liegende Füllgut abgeschüttelt wird und das Gerät fehlerfrei arbeitet, dann kann jedoch leichtes Füllgut, wofür Geräte dieser Art besonders geeignet sind, nicht mehr kontrolliert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung oben geschilderter Art zu schaffen, die noch einfacher und damit preiswerter gefertigt werden kann. Insbesondere sollte versucht werden, eine Lösung zu finden, bei der das innere Schwingungselement keine Membrane benötigt.

Ausserdem sollte durch geeignete Massnahmen erreicht werden, dass die durch Ablagerung von Füllgut auf dem

äusseren Schwingungselement verursachten Mängel behoben werden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass das Schwingungsgebilde aus zwei konzentrisch angeordneten und gleiche Resonanzfrequenz aufweisenden Schwingungselementen besteht, wobei das äussere Schwingungselement als Drehschwinger und das innere Schwingungselement als Biegeschwinger ausgebildet ist und wobei beide zur Bestimmung des Füllstandes zu Schwingungen in entgegengesetztem Drehsinn angeregt sind. Das äussere Schwingungselement besteht vorzugsweise aus einem Rohr, dessen in den Behälter hineinragendes Ende geschlossen ist und dessen anderes Ende im Zentrum einer als Rückholfeder wirkenden Membran angeordnet ist.

Das innere Schwingungselement besteht vorzugsweise aus einem zylindrischen massiven Stab, dessen eines Ende in das Rohr des äusseren Schwingers hineinragt und dessen anderes Ende fest an einer massiven und steifen Platte eingespannt ist. Vorzugsweise ein kurzes Rohrstück verbindet diese Platte mit dem äusseren Rand der Membran und dient zur Schwingungskopplung der beiden Schwingungselemente.

Durch diesen Lösungsvorschlag wird erreicht, dass das innere Schwingungselement nur noch aus einem einfachen Stab besteht. Eine Membran als Rückstellfeder wird nicht mehr benötigt. Damit wird die Vorrichtung einfacher und somit noch preiswerter in der Herstellung.

Durch geeignete Dimensionierung der beiden Schwingungselemente und durch das Ineinanderschieben wird in bekannter Weise erreicht, dass die beiden Schwingungselemente gleiche Resonanzfrequenz aufweisen, dass sich die Drehmomente und die Auslenkung der Massen der beiden Schwingungselemente gegenseitig kompensieren, so dass das die beiden Schwingungselemente verbindende Rohrstück mit der Platte, an welche der innere Schwingstab montiert ist, beim Schwingungsvorgang in Ruhe bleibt und so den Schwingungsknoten des Schwingungssystems bildet.

Das Schwingungssystem kann dann mit diesem Rohrstück in bekannter Weise direkt oder unter Zwischenschaltung einer schwingungsisolierenden Ringmembran in eine Behälterwandung montiert werden, ohne dass die Gefahr besteht, dass Schwingungsenergie zur Behälterwandung hin verlorenght.

Ausserdem wird der Querschnitt des äusseren Schwingungselementes erfindungsgemäss nicht wie bisher bekannt kreisförmig, sondern zumindest nach oben hin keilförmig ausgebildet, so dass das Füllgut über die möglichst steilen Flanken abgleiten kann. Sinnvollerweise wird das Profil symmetrisch aufgebaut, d. h. keilförmig sowohl nach oben wie auch nach unten. Im Innern des Schwingungselementes ist genügend Hohlraum gelassen, in dem der innere stabförmige Schwinger schwingen kann, entweder als Biegeschwinger oder z. B. entsprechend der DE-OS 2 933 618 als Drehschwinger ausgebildet. Eine besonders einfache und preiswerte Herstellungsmöglichkeit dieses speziellen Profils für das äussere Schwingungselement besteht darin, dass ein Rohr mit kreisförmigem Querschnitt in die entsprechende Form geprägt wird. Natürlich kann das Profil auch auf andere Weise hergestellt werden wie z. B. durch Verschweissen geprägter Blechteile oder auch im Giessverfahren. Bei letzterem ist es sogar möglich, das äussere Schwingungselement einschliesslich Membran und Einschraubteil an einem Stück sehr preiswert herzustellen.

Das Schwingungssystem wird so zu Schwingungen angeregt, dass die Schwingungsebene quer zur Keilachse liegt. Dadurch wird durch die erfindungsgemässe Formgebung zusätzlich erreicht, dass die für die Schwingungsdämpfung durch das Füllgut wirksame Fläche im Vergleich zu einem Schwingungssystem mit kreisförmigem Querschnitt wesent-

lich vergrössert wird, wodurch eine Steigerung der Empfindlichkeit des Gerätes erreicht wird.

Als Schwingungsantriebs- und Schwingungsabgriffssystem eignen sich verschiedene. Als besonders vorteilhaft hat sich ein piezoelektrisches System gezeigt, bei dem zwei piezoelektrische Keramikplättchen in der Schwingungsebene auf der Membran des äusseren Schwingungselementes angeordnet, vorzugsweise aufgeklebt sind. Eines der beiden Piezokeramikplättchen wird dabei als Schwingungsantriebssystem verwendet. Dazu wird an das Plättchen eine Wechselspannung angelegt. Dadurch erfährt das Plättchen eine periodische Änderung seines Durchmessers, wodurch die Membran entsprechend deformiert und damit das System zu Schwingungen angeregt wird. Das andere Plättchen wird als Schwingungsabgriffssystem verwendet. Durch die periodische Deformation der Membran beim Schwingungsvorgang wirken entsprechende Kräfte auf das piezoelektrische Plättchen, so dass dieses ein Wechselspannungssignal abgibt. Dieses Signal wird in bekannter Weise einem Verstärker zugeführt und das verstärkte Signal wiederum auf das erste Keramikplättchen geleitet. Sorgt man für die richtige Phasenlage, so erhält man in bekannter Weise ein rückgekoppeltes System, das wie ein üblicher Oszillator schwingt, wenn die Ringverstärkung grösser 1 ist. Das System schwingt wie bekannt automatisch auf der Resonanzfrequenz des mechanischen Schwingungsgebildes. Wird das in den Behälter hineinragende Schwingungselement von Füllgut bedeckt, so erfolgt eine Dämpfung der Schwingung, wodurch ein dem Verstärker nachgeschalteter Schwellwertdiskriminator anspricht und z. B. ein Relais umschaltet. Nach Absinken des Füllstandes wird das in den Behälter hineinragende Schwingungselement wieder frei, so dass das System wieder anschwingt und der Schwellwertdiskriminator das Relais zurückschaltet.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnungen zu entnehmen.

Fig. 1 zeigt die Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Vorrichtung.

Die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung enthält zwei konzentrisch angeordnete Schwingungselemente. Das äussere in den Behälter hineinragende Schwingungselement besteht aus einem Rohr 1, das im Zentrum einer Membran 3, die als Rückholfeder dient, gelagert ist. Dieses Schwingungselement ist ein Drehschwinger, der Drehschwingungen ausführt um eine Achse, die im Zentrum der Membran 3 liegt. Das innere Schwingungselement besteht aus einem zylindrischen Stab 2, der in das Rohr 1 des äusseren Schwingungselementes hineinragt und auf eine massive und steife Platte 4 montiert ist. Dieser Stab 2 führt die Biegeschwingung eines einseitig eingespannten Stabes aus. Der äussere Rand der Membran 3 ist durch ein Rohrstück 5 starr mit einer Platte 4 verbunden, die den Biegeschwingerstab 2 trägt.

Auf der Membran 3 sind in der Schwingungsebene auf der dem Behälterinnern abgewandten Seite diametral gegenüberliegend zwei Piezokeramikplättchen 6 und 7 angebracht. Diese beiden Plättchen wirken als Schwingungsantrieb- bzw. Schwingungsabgriffssystem. Wird auf das piezokeramische Plättchen 6 eine Wechselspannung gegeben, so verändert sich dessen Durchmesser periodisch, deformiert entsprechend die Membran 3 und regt so das äussere Schwingungselement, bestehend aus dem Rohr 1 und der Membran 3, zu Drehschwingungen in der Zeichenebene an. Durch Schwingungskopplung über das Rohr 5 wird das innere Schwingungselement, bestehend aus dem Stab 2 zu Biegeschwingungen ebenfalls in der Zeichenebene, aber im umgekehrten Drehsinn, angeregt. Schwingt das System, so wird durch die periodische Deformation der Membran 3 eine Wechselkraft auf das andere piezokeramische Plättchen 7 ausgeübt, so dass dieses eine Wechselspannung abgibt, die der mechani-

schen Schwingung in Frequenz und Amplitude entspricht. Diese Wechselspannung wird einem Verstärker 11 zugeführt. Die verstärkte Wechselspannung wird dann dem piezokeramischen Plättchen 6 zugeleitet, das als Antriebssystem wirkt. Das so erhaltene rückgekoppelte System schwingt automatisch auf der Resonanzfrequenz des mechanischen Schwingungssystems, wenn die Ringverstärkung grösser 1 ist. Schwingt das System, so wird ein dem Verstärker 11 nachgeschalteter Schwellwertdiskriminator 12 zum Ansprechen gebracht, wodurch ein Relais 13 umgeschaltet wird.

Wie oben schon gesagt, sind die beiden Schwingungselemente auf gleiche Resonanzfrequenz abgestimmt und schwingen in Gegenphase, so dass sich die durch die beiden Schwingungselemente beim Schwingungsvorgang verursachten Drehmomente gegenseitig kompensieren. Ausserdem sind die beiden Schwingungselemente in bekannter Weise so dimensioniert und so weit ineinandergeschoben, dass sich die durch die Schwingungsauslenkung der Massen der beiden Schwingungselemente verursachten Wirkungen ebenfalls gegenseitig kompensieren, so dass der Schwerpunkt des gesamten Systems und das Rohrstück 5 mit der Platte 4 während des Schwingungsvorganges in Ruhe bleibt.

In Fig. 1 ist im weiteren gezeigt, wie das Schwingungssystem mit der Ringmembran 8 in dem Einschraubstück 9 aufgehängt ist, das wiederum in die Behälterwandung 10 eingeschraubt ist.

Fig. 2 zeigt im Querschnitt wie auf äusseren Schwingungselementen bekannter Ausführung 1 mit kreisförmigem Querschnitt pulverige Füllgüter 14, wie z. B. Mehl, nach dem Absenken des Füllstandes scheibenförmig liegenbleiben können, wodurch das System bedämpft und ein Anschwingen verhindert wird, so dass das Gerät fehlerhaft anzeigt. Hier können beide Schwingungselemente, die gleiche Resonanzfrequenz aufweisen, als Dreh- oder Biegeschwinger ausgebildet sein und in Gegenphase schwingen.

Fig. 3 und Fig. 4 zeigen im Querschnitt Schwingungselemente 1 in erfindungsgemässer Ausführung keilförmig nach oben ausgebildet, so dass das Füllgut an den steilen Flanken abgleiten kann. Aus Symmetriegründen sind sie nach unten ebenfalls keilförmig ausgebildet.

Im Innern ist Raum gelassen für den Stabschwinger 2, der in Gegenphase schwingt.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform, wie sie z. B. durch Giesstechnik hergestellt werden kann, während Fig. 4 eine Ausführungsform zeigt, wie sie z. B. durch das Verschweissen von zwei Halbschalen oder besonders vorteilhaft durch Prägen aus einem Rohr mit kreisförmigem Querschnitt hergestellt werden kann.

Deutlich sichtbar ist auch, dass durch diese erfindungsgemässe Formgebung die für die Schwingungsdämpfung durch das Füllgut wirksame Fläche vergrössert wird, wodurch eine Steigerung der Empfindlichkeit des Gerätes erreicht wird.

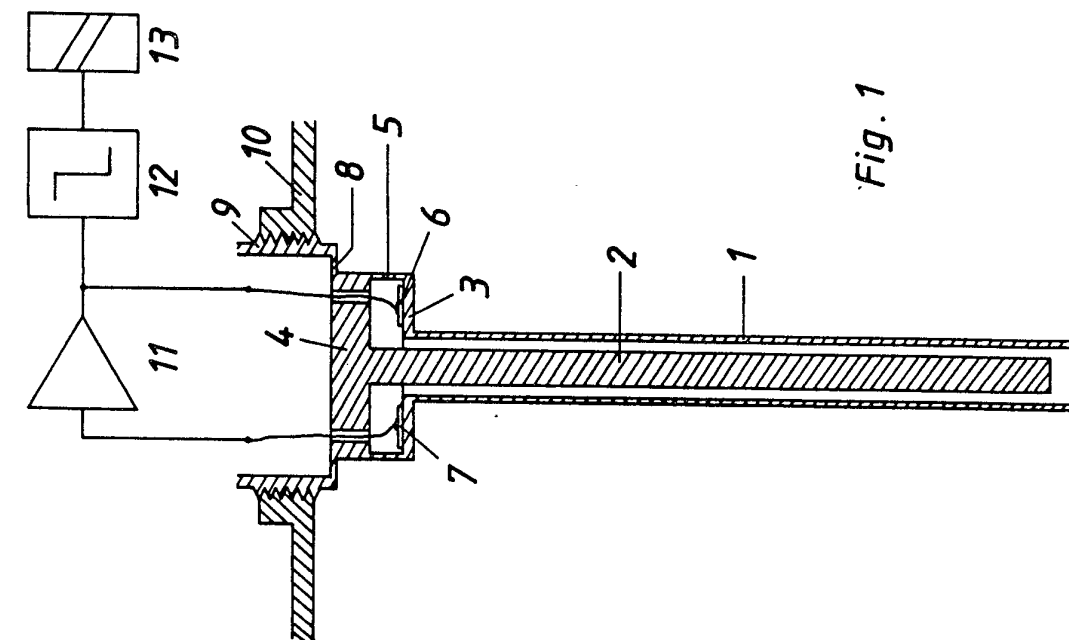


Fig. 1

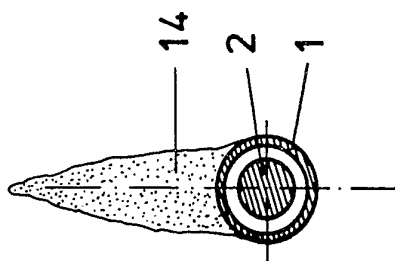


Fig. 2

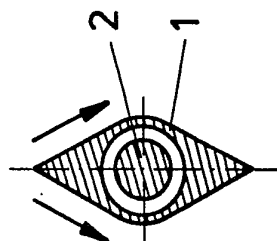


Fig. 3

Schwingungsrichtung
↕

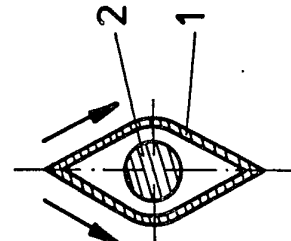


Fig. 4