



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑯ Gesuchsnummer: 3082/89

⑰ Inhaber:
K.K. Holding AG, Winterthur

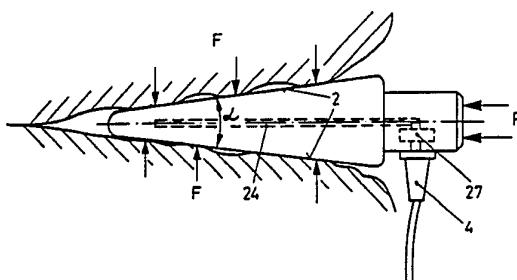
⑯ Anmeldungsdatum: 25.08.1989

⑯ Patent erteilt: 14.05.1993

⑰ Erfinder:
Sonderegger, Hans-Conrad, Neftenbach
Calderara, Reto, Neftenbach
Wenger, Alfred, Dr., Neftenbach

⑭ **Keilförmiger oder konischer Sensor zur Kraftmessung.**

⑮ Es werden keilförmige Sensoren vorgeschlagen, die in Spalten von Maschinenteilen, von Prüfstücken oder in Ritzten von Fels oder Mauerformationen eingetrieben werden. Je nach Sensorprinzip können sie Spaltkräfte beim Eintreiben oder langzeitige Änderungen der Spaltkräfte messen. Eine Variante von Keilsensoren sind Konus-Sensoren, die z.B. in Bohrungen von Maschinen eingetrieben werden und an jeder Stelle festgesetzt werden können. Sie messen Querkräfte, die durch die Bohrungswand auf den Sensor einwirken. In Gesteinsformationen können die geringsten geologischen Verspannungen in grossen Tiefen festgestellt werden. Die Hauptfigur zeigt einen Querschnitt durch einen keilförmigen Sensor, der durch die Eintriebskräfte P in eine Felsspalte getrieben wird und dadurch Querkräfte F erfährt, welche in einem Ölspalt (24) einen Druck erzeugen, welcher im Drucksensor (27) in ein elektrisches Messsignal umgewandelt und durch eine Anschluss-Messleitung (4) abgeleitet wird. Ist der Keilwinkel α zwischen den Keilflächen (2) und der Mittelachse kleiner als ca. 5° , so bewirkt dies Selbsthemmung.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen keilförmigen oder konischen Kraftsensor zur Kraftmessung senkrecht zu den Keil- oder Konusflächen.

In der Überwachung von Werkzeugmaschinen, Robotern, Transport-Einrichtungen wie auch in der Überwachung rotierender Maschinen und Motoren wird oft der Spannungszustand innerhalb gewisser kraftübertragender Teile gemessen. Die Messung von Massenkräften, Aktionskräften und Arbeitskräften kann oft nur innerhalb des geschlossenen Kräftekreislaufes der Maschinen durchgeführt werden. Dabei ergibt eine Kräftefluss-Analyse die Schwerpunkte, wo die Hauptkräfte durchgeleitet werden. An solchen Stellen kann die Überwachungssensorik eingebaut werden, ohne dass sich am Ablauf des Kräftebildes etwas ändert. Zudem ergibt sich ein minimaler Eingriff in die Maschine.

Für Kräfte, die sich an der Oberfläche auswirken, sind zu solchen Zwecken seit Jahren Dehnungsmessstreifen (kurz DMS) verwendet worden. Für Dehnungen von Wandlungen sind Sensoren bekannt geworden, die in Bohrungen eingebaut werden und welche radiale oder Längsdehnungen messen können.

Bei Sensoren für Radialdehnung wird Anpressung des Sensorkörpers an die Bohrungswand mittels gewindeverspannten Konen erreicht. Nach Lösen der Gewindeverspannung kann der Sensor wieder aus der Bohrung entfernt werden.

Bei Sensoren für Achsialdehnung wird eine bestimmte Länge der Bohrung mittels Gewinde unter Vorspannung gesetzt. Im Betrieb wird dann die Änderung der Vorspannkraft gemessen.

Diese gewindeverspannten Bohlungssensoren sind in vielen Anwendungsfällen zu gross, so dass sie beim Einbau störend wirken. Zudem können sie nicht in lange Bohrungen eingesetzt werden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die genannten Nachteile der gewindeverspannten Sensoren zu beheben. Sie wird dadurch gelöst, dass ein keilförmiger oder konischer Sensor sowohl beim Einpress- oder Eintreibvorgang wie auch im fest montierten Zustand Kräfte messen kann. Bei geeigneten Spalten können die Sensoren selbsthemmend an der gewünschten Stelle festhaften. Da bei fester Montage durch Keilwirkung die Gewindeverspannung nicht mehr notwendig ist, können die Sensoren klein sein. Sie können auch bei tieferen Bohrungen oder Spalten eingesetzt werden. Bei Keilwinkeln unter 5° können solche Aufnehmer direkt in die Messspalte eingetrieben werden, ohne dass ein Gegenkeil angewendet wird.

Solche keilförmige Sensoren messen die variierenden Querkräfte auf den Keilflanken. Vorteilhafterweise wird der Anschluss für die Messleitung seitwärts angeordnet, um ein Eintreiben des Sensors einfacher möglich zu machen.

Eine weitere interessante Anwendung der erfindungsgemäßen keil- oder konusförmigen Sensoren liegt in der Qualitätskontrolle. Dabei werden Prüfkörper durch einen Spaltvorgang teilweise bis zum Bruch gebracht.

Die bei diesem Vorgang auftretenden Ausweitungskräfte können mit den erfindungsgemäßen Sensoren auf einfache Weise, inklusive der Bruchwerte, gemessen werden.

Es ist auch denkbar, solche Sensoren zur Beobachtung wichtiger Fels- und Gesteinsformationen an der Erdoberfläche oder in Tunneln und Stollen oder Mauern wichtiger Bauwerke zu benutzen.

Zur Prüfung der Festigkeit von Felsformationen an gefährdeten Stellen könnte das Eintreiben keilförmiger Kraftsensoren wichtige Informationen ergeben. Ebenso könnte mit einem statisch messenden Sensor (z.B. piezoresistiver Sensor) die zeitliche Veränderung der Spaltspannung in einer Fels- oder Mauerlite gemessen werden.

In einer weiteren Ausführungsart kann z.B. nur die Eintreibkraft des keilförmigen Sensors von Interesse sein. Es ist aber auch denkbar, dass sowohl Keilkräfte wie auch Eintreibkräfte gleichzeitig interessant sind. Keilförmige Kraftsensoren eröffnen deshalb eine Reihe neuer Anwendungsmöglichkeiten.

Als Variante zum Flachkeil wird ein Rundkeil oder Konus-Sensor vorgeschlagen. Bei solchen Sensoren muss der Messanschluss notgedrungen achsial vorgesehen werden.

Als weitere Variante wird ein Flachkonus-Sensor vorgeschlagen, dem ein Hartmetall-Aufweitekonus vorgeschaltet ist. Diese Kombination erlaubt es, den Sensor an beliebiger Stelle vollständig satt anliegend einzupressen, ohne eine tolerierte und ausgeriebene Bohrung zu benötigen. Der vorgesetzte Aufweitekonus, der je nach Umgebungsmaterial geformt ist, glättet die Wandung, so dass ein einwandfreier Kontakt gewährleistet ist. Der Flachkonus sitzt infolge seines elastischen Verhaltens fest.

Der Gedanke der Erfindung ist anhand von 8 Figuren erklärt.

Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Keilsensor
Fig. 2 eine Einbau-Anordnung mit Gegenkeil

Fig. 3 einen Keilsensor mit kleinem Keilwinkel α

Fig. 4 einen Konus-Sensor

Fig. 5 einen Keil- oder Konus-Sensor zum Eintreiben in Riten

Fig. 6 einen Flachkonus-Sensor mit Vorschaltkonus, piezoelektrisch

Fig. 7 einen Querschnitt zu Fig. 6

Fig. 8 einen Flachkonus-Sensor mit Vorschaltkonus mit Ölfüllung und eingebautem Druck-Sensor, z.B. piezoresistiv.

Der Keilsensor nach Fig. 1 misst Krafteinwirkungen auf den beiden Keilflächen 2. Fläche 3 ist die Eintreibfläche. Während des Eintrieb-Vorganges kann z.B. die Aufsprengkraft gemessen werden. Dies könnte in einer bestimmten Materialprüfung von Interesse sein.

Durch die seitliche Anordnung der Signalabführung kann der Eintrieb vorgang ungestört durchgeführt werden.

In Fig. 2 ist eine Keilsensor-Anordnung gezeigt, in der zum Messkeil 1 ein nichtmessender Gegenkeil

6 angeordnet ist. Die Spaltflächen 5 können somit parallel sein. Bei einem Keilwinkel weniger als 5° wird selbsthemmende Verkeilung erreicht. Auch mit einer solchen Anordnung kann z.B. während dem Eintriebsvorgang die Öffnungskraft oder Öffnungsbruchlast gemessen werden. Im eingebauten, verkeilten Zustand werden andauernde varierende Kräfte gemessen.

Fig. 3 zeigt einen Keilsensor mit sehr kleinem Keilwinkel α . In solchen Fällen braucht es nicht unbedingt einen Gegenkeil. Besonders wenn die Spaltflächen 5 z.B. aus Kunststoffen bestehen, der Sensor in Ritzen eingepresst wird.

Fig. 4 zeigt einen Konus-Sensor 8, mit dem radiale Kraftmessung während des Eintreibvorganges möglich ist, wo also ebenfalls Keilwirkung erzielt wird. Ist der Sensor fest eingetrieben, so können dauernde Radialkraftvariationen gemessen werden.

Beide Typen von Konussensoren können somit zwei verschiedene Stadien messen

Dynamisch: → Eintreibvorgang

Statisch-Dynamisch: → Einbau: Variationen der Umgebungs Kräfte.

Es sind also je nach Anwendung zwei verschiedene Messprinzipien vorzusehen.

Für die dynamischen Eintreibvorgänge eignen sich vor allem piezoelektrische Kristall-Anordnungen, weil sie die grösste Messspanne umfassen, die 10^5 Einheiten überwindet, deshalb können auch nach Einbau sehr geringe Kraftvariationen dynamischer Art festgestellt werden.

Keil-Konus-Sensoren mit piezoresistiven DMS oder kapazitiven Messanordnungen eignen sich nur bedingt für den Eintreibvorgang, dafür aber für Langzeitbeobachtungen des Spannungsverhaltens in der Spalte.

Fig. 5 zeigt eine Keil-Konus-Sensoranordnung, die sich besonders eignet, in Fels- oder Mauerritten eingetrieben zu werden. Wiederum können dabei Schlüsse auf die Gesteinsformation beim Eintreiben oder langzeitige Veränderung der Spaltspannung festgestellt werden.

Fig. 6 zeigt eine Variante von Fig. 4. Der Flachkonusteil des Sensors trägt am Kopf einen Vorschaltkonus 12 vorzugsweise aus geschliffenem Hartmetall oder Keramik. Damit kann der Sensorkörper 13 in eine normale Bohrung ohne hochgeforderte Toleranzen eingepresst werden. Der Vorschaltkonus 12 öffnet und glättet die Bohrung auf das Sollmass des Sensorkörpers 13, welcher damit an jeder Stelle der Bohrung festsitzt und nur mit dem Ausziehgewinde 16 herausgezogen werden kann, sofern dies einmal nötig würde. 14 stellt den rohrförmigen Doppelkristall dar, der auf Radialkraftänderungen anspricht. Der Doppelkristall wird durch Schrumpfprozess in das Gehäuse 13 eingebracht, so dass er in demselben radial verspannt ist. 15 ist die spiralförmige Kontaktfeder, die an der metallisierten Innenwand des Kristallsatzes unter Vorspannung anliegt. 17 stellt den Krimp- oder Lötanschluss mit der Signalleitung dar.

Fig. 7 stellt den Querschnitt von Fig. 6 dar und zeigt den Sensorkörper 13 und den zweiteiligen Kristallsatz 14 nebst den radial wirkenden Kräften F.

Fig. 8 zeigt eine ähnliche Variante, jedoch im Beispiel auf statisch messender piezoresistiver Basis. Der Sensor könnte auch mit einem anderen statisch messenden Element ausgerüstet sein. Der Vorschaltkonus 22 besteht hier aus einem Hartmetallkugelabschnitt. Der Sensorkörper 23 ist unter Druck mit Öl gefüllt, jedoch mit möglichst wenig. Der Ölspalt 24 ist sehr klein gehalten durch den Füllkörper 25, der eine Verbindungsbohrung 26 aufweist, in welcher das Öl zum piezoresistiven Sensor 27 als Beispiel gelangt. 28 stellt die Anschlusspartie dar. Die geringste Radial-Änderung wird über die unter Überdruck stehende möglichst inkompressible Ölfüllung direkt auf den piezoresistiven Sensor 27 übertragen, welche mit der Anschlusspartie 28 zum Aufnehmerkabel führt. Das Öl muss einen möglichst geringen Ausdehnungskoeffizienten haben. Geeignet ist ein Hydrauliköl.

Auch mit diesem Sensor ist nach dem Einpressvorgang die Bohrung $\varnothing D2$ etwas grösser als die Bohrung $\varnothing D1$ und so geglättet, dass perfekter Wandkontakt zwischen Sensorkörper 23 und Bohrungswand besteht. Auch dieser Sensor sitzt an jeder Stelle einer Bohrung fest dank seiner leichten Konizität.

Die Erfindung zeigt neue Keil- und Konussensoren, die jeweils 2 Messtechniken ermöglichen:

- Spalt-Eintrieb-Ausweit-Vorgänge, dynamisch
- Spannungs-Änderungen im eingebauten Zustand, statisch-dynamisch.

Keil- oder konusförmige Sensoren zeigen damit neue Anwendungsmöglichkeiten.

Mit Beispielen von Vorschaltkonus-Flachkonus-Sensoren sind neue Einbauverfahren möglich. Besonders in langen Bohrungen ist ein solcher Sensor an beliebiger Stelle einer gewöhnlichen Bohrung festsetzbar. Es wäre durchaus möglich, solche Doppelkonus-Sensoren auch in Tieflochbohrungen einzusetzen, um Gesteinsspannungen im Erdinnern zu messen. Das hydraulische Vortreiben solcher entsprechend ausgerüsteter Doppelkonus-Sensoren ist ein an sich bekanntes Mittel, das hier Anwendung finden könnte.

Damit ergeben sich neuartige Messmöglichkeiten und wesentliche Vereinfachungen der Einbaumethoden.

Patentansprüche

1. Keil- oder konusförmiger Sensor zur Kraftmessung senkrecht zu den Keil- oder Konusflächen, dadurch gekennzeichnet, dass er sowohl beim Einpress- oder Eintreibvorgang wie auch im fest montierten Zustand messen kann.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er zwei Keilflächen unter einem Keilwinkel α aufweist, welche die senkrecht dazu auftretenden Kräfte (F) messen, die durch die beim Einpress- oder Eintreibvorgang eingesetzte Kraft (P) entstehen, wie auch anschliessend im eingepressten Zustand durch Kraftänderungen auftretende Umgebungs Kräfte.

3. Sensor nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass für Einpressung in Parallelspalten ein nichtmessender Gegenkeil (6) vorgesehen ist.

4. Sensor nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Flachkonus als Sensorkörper gewählt ist, so dass in Quasi-Parallelspalten kein Gegenkeil notwendig ist.

5. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung so gewählt ist, dass er in Ritzen oder Spalten von Fels oder Mauern eintreibbar ist.

6. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Konstruktion so gewählt ist, dass nur die Eintreibkräfte (P) messbar sind.

7. Sensor nach den Ansprüchen 1, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Sensorkörper (13, 23) ein auswechselbarer Vorschaltkonus (12, 22) zugewiesen ist, der den Ausweit- und Wandglättevorgang übernimmt.

8. Sensor nach den Ansprüchen 1, 5, 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass er so gestaltet ist, dass er durch hydraulische Mittel in Tieflochbohrungen einbringbar ist.

9. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 3, 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass piezoelektrische Kristallsätze (14) eingebaut sind, welche direkt kraftmessend wirken und vor allem für Eintreibvorgänge geeignet sind.

10. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 4, 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass piezoelektrische Kristallsätze (14) eingebaut sind, welche direkt kraftmessend wirken und vor allem für Eintreibvorgänge geeignet sind.

11. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die senkrecht zu den Keil- bzw. Konusflächen wirkenden Kräfte (F) auf ein System von Flüssigkeitsspalten (24) einwirken, in welche eine inkompressible Flüssigkeit unter Überdruck eingefüllt ist und welche jede Kraftänderung (F) auf die Keil- oder Konusflächen in eine Druckänderung umwandeln, welche mit einem Druckmesselement (27) messbar ist.

12. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 5 bis 8, 10, dadurch gekennzeichnet, dass die senkrecht zu den Keil- bzw. Konusflächen wirkenden Kräfte (F) auf ein System von Flüssigkeitsspalten (24) einwirken, in welche eine inkompressible Flüssigkeit unter Überdruck eingefüllt ist und welche jede Kraftänderung (F) auf die Keil- oder Konusflächen in eine Druckänderung umwandeln, welche mit einem Druckmesselement (27) messbar ist.

13. Sensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorschaltkonus (12, 22) aus Keramik oder Hartmetall besteht.

14. Sensor nach den Ansprüchen 1, 5, 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (16) vorgesehen sind um eine Ankoppelung an ein Ausziehwerkzeug zu ermöglichen und dadurch den Sensor auch aus langen Bohrungen herauszubringen.

15. Sensor nach den Ansprüchen 1, 5, 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Sensoranordnungen eingebaut sind, erstens für die Keil- oder Konuskraft (F) ein piezoelektrischer Kristallsatz und

zweitens für die Langzeitdehnungseinwirkung eine piezoresistive Messzelle.

16. Sensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die inkompressible Flüssigkeit ein Hydrauliköl ist.

17. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 3, 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Keil- oder Konusflächen einen Winkel von weniger als 5° einschliessen.

18. Sensor nach den Ansprüchen 1, 2, 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Keil- oder Konusflächen einen Winkel von weniger als 5° einschliessen.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

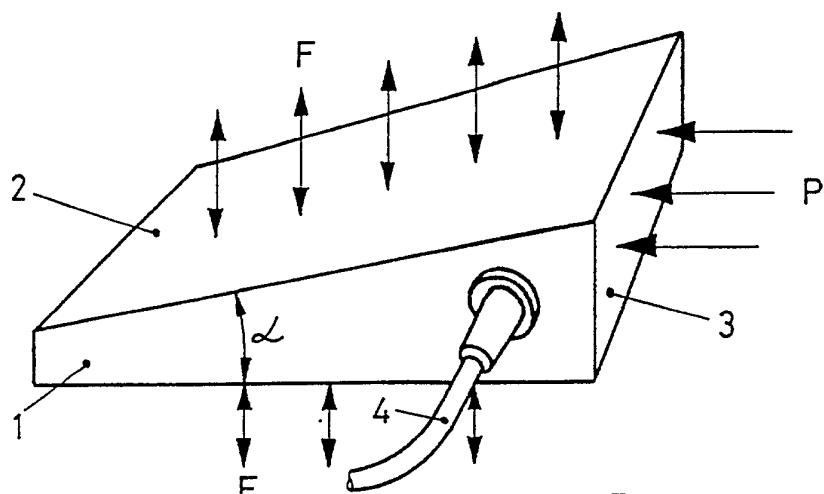


Fig 1

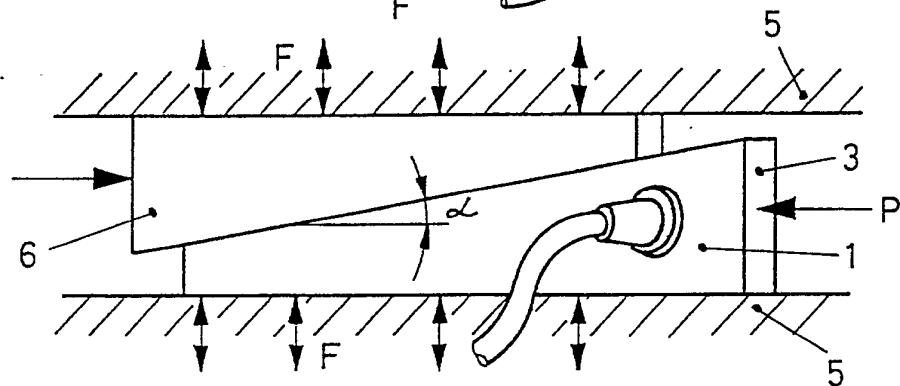


Fig 2

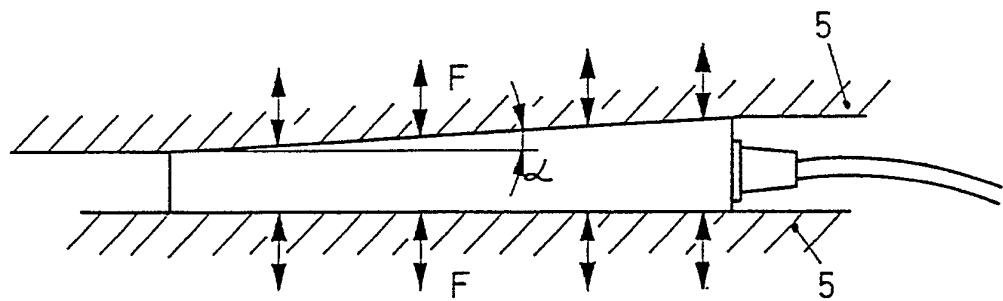


Fig 3

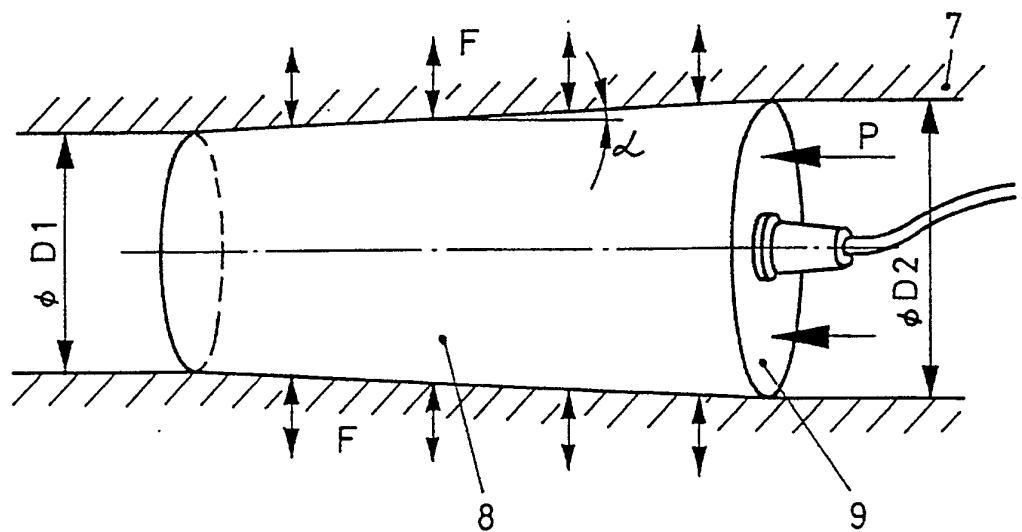


Fig 4

CH 681 745 A5

