CH 681256 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 681256 A5

(51) Int. Cl.[5]: G 01 F 1/44

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

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 3691/90

(22) Anmeldungsdatum: 21.11.1990

(30) Priorität(en): 22.11.1989 US 440152
18.09.1990 US 584220

(24) Patent erteilt: 15.02.1993

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.02.1993

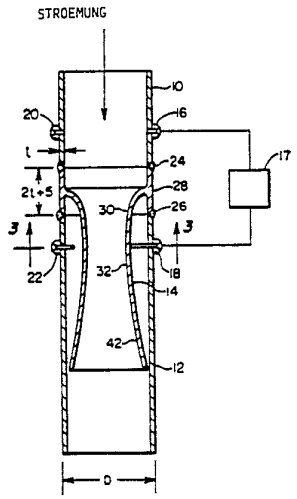
(73) Inhaber:
General Electric Company, Schenectady/NY (US)

(72) Erfinder:
Khuzaie, Kamel Ahmad, Morgan Hill/CA (US)
Patel, Rameshchandra Dahyabhai, San Jose/CA (US)

(74) Vertreter:
Ritscher & Seifert, Zürich

(54) Venturi-Vorrichtung zum Messen der Durchflussrate eines Fluids.

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Venturi-Vorrichtung zur Verwendung beim Messen der Durchflussrate eines Fluids, das durch ein ein Venturi enthaltendes Rohr fliesst, wobei die bei bisherigen Ausführungen vorhandenen Nachteile verbessert sind. Die neuartige Venturi-Vorrichtung umfasst ein Rohr mit einem Durchmesser D, das in zwei Abschnitten (10, 12), einem stromaufwärts gelegenen und einem Stromabwärts gelegenen Abschnitt vorgesehen ist, wobei jeder von diesen vorzugsweise mit einem Flansch versehen ist. Jeder dieser Rohrabschnitte ist mit einem Paar von Druckabnehmern (16, 18, 20, 22) ausgestattet. Ein einen Ring (28) mit dem Durchmesser D enthaltendes Venturi (14) weist Ränder auf, die an die Rohrabschnitte geschweisst sind, um eine integrale fluidführende Einheit zu bilden. Ein krummliniger Zuführ-Einlassabschnitt (30) ist einstückig mit dem Ring (28) ausgebildet. Ein Verengungsabschnitt (32) ist einstückig mit dem krummlinigen Zuführ-Einlassabschnitt (30) ausgebildet und enthält ein Paar Druckabnahmeöffnungen, von denen jede durch eine flexible Leitung mit den stromabwärts gelegenen Rohrdruckabnehmern verbunden ist. Schliesslich ist ein divergierender Diffusorabschnitt (42) einstückig mit dem Verengungsabschnitt (32) ausgebildet. Der Diffusorabschnitt ist nicht mit dem Rohr verschweisst oder auf andere Weise mit diesem in Verbindung (d.h. er hat ein freies Ende). Die Rohrdruckabnehmer sind mit einem kalibrierten Differenzdruckgeber (17) verbunden, um Durchflussraten von Fluiden, wie z.B. Dampf oder Wasser, die durch die Venturi-Vorrichtung strömen, zu messen.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft die Messung von Fluiddurchflussraten durch Rohrleitungen und insbesondere eine verbesserte Venturi-Vorrichtung dafür.

Die Messung von Dampf- und Wasserdurchflussraten in Dampfkraftwerken (sowohl herkömmlichen als auch nuklearen) ist ein notwendiger Vorgang an einer Reihe von Verbindungsstellen in den unterschiedlichen Dampf- und Wasserkreisläufen eines Dampfkraftwerkes. In einem Druckbehälter erzeugter Dampf wird durch eine Dampfleitung geführt und einer Dampfturbine eingespeist. Der Abdampf der Turbine wird kondensiert und dem Druckbehälter als Speisewasser wieder zugeführt. Es ist wünschenswert, sowohl den Durchsatz an Dampf durch die Hauptdampfleitungen zur Turbine zu messen als auch eine Begrenzung in den Dampfleitungen vorzusehen, um das Entweichen von Dampf und Wasser aus dem Druckbehälter während der erforderlichen Zeitdauer zum Schliessen von Absperrventilen in dem unwahrscheinlichen Fall, dass sich die Dampfleitungen öffnen, zu beschränken. In einer nuklearen Dampferzeugungsanlage ist dies als ein Kühlmittelverlust-Unfall (loss of coolant accident, LOCA) bekannt, bei dem sich ein primärer oder sekundärer Rohrbruch in dem Rohrnetz entweder ausserhalb oder innerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters ereignen kann und die Menge des Kühlmittelverlustes die Menge des normalerweise erforderlichen Speisewasserersatzes übersteigt. Es ist sowohl technisch als auch wirtschaftlich von Vorteil, wenn eine Durchflussmessung sowie eine Durchflussbegrenzung mit derselben Vorrichtung erreicht werden kann.

Wird in einem geschlossenen, einen Fluidstrom enthaltenden Kanal eine Verengung angeordnet, nimmt die Geschwindigkeit und somit auch die kinetische Energie an der Stelle der Verengung zu. Aufgrund einer Energiebilanz gemäss der Bernoullischen Gleichung muss sich eine entsprechende Druckreduzierung ergeben.

Der Abfluss von der Verengung kann bei Kenntnis dieser Druckreduzierung, der für den Strom an der Verengung verfügbaren Fläche, der Dichte des Fluids und des Abflusskoeffizienten berechnet werden. Letzterer ist definiert als das Verhältnis des tatsächlichen Stromes zum theoretischen Strom und berücksichtigt Strömungskontraktion und Reibungseffekte. Ein herkömmlicher Herschel-Venturi-Messer besteht aus einem kurzen, geraden Rohrstück, das an beiden Enden mit dem Rohr durch konische Abschnitte verbunden ist. Für beste Ergebnisse sollten der gerade und die konischen Abschnitte durch leicht abgerundete Oberflächen miteinander verbunden sein. Aufgrund einer Reihe von dem Fachmann bekannten praktisch anwendbaren Arbeitsgleichungen kann der Durchfluss eines Fluids durch den Venturi-Messer mittels eines kalibrierten Differenzdruckmessers bestimmt werden, der mit einem Druckabnehmer in dem verengten Abschnitt des Venturi und mit einem Leitungsdruckabnehmer, der vorzugsweise in der Fluidleitung stromaufwärts vom Venturi-Messer angeordnet ist, verbunden ist.

Die im US-Patent 3 859 853 dargestellte Venturi-Anordnung kann zum Erzielen guter und genauer Messungen eines Dampfstromes verwendet werden, wenn das Venturi in einer vertikalen Rohrleitungsanordnung angeordnet ist. Die gleiche Vorrichtung kann zum Messen des Rückführwasserstroms und des Speisewasserstroms, die in Reaktordruckgefässe von Dampfkraftwerken fliessen, verwendet werden. Die Umfangsschweissung des stromabwärts gelegenen Abschnittes des Venturi an die Innenfläche der Röhre erfordert jedoch eine komplizierte Analyse, um ihre Güte unter Druckbelastung während normalem Anlagenbetrieb sowie während eines LOCA zu begründen. Ein anderes Problem bei einer solchen Anordnung stellt bei einem nuklearen Brennstoff verwendenden Dampfkraftwerk die Notwendigkeit dar, dass bei jedem Teil, das an ein primären Druck enthaltendes Bauteil (d.h. Hauptdampf- und Rückführrohrnetz) geschweisst ist, eine Kontrolle während des Betriebes («in-service inspection (ISI)») durchgeführt werden muss. Da diese innere Schweissung von ausserhalb der Rohrleitung nicht untersucht werden kann, muss zur Erfüllung der Code-Anforderungen eine detaillierte Analyse vorgenommen werden. Gemäss ASME-III Code Definition, Section XI (ASME = American Society of Mechanical Engineers) ist diese Schweissung technisch gesehen keine Schweissnaht mit vollständigem Einbrand. Die im US-Patent 3 889 537 dargestellte Venturi-Vorrichtung befasst sich mit einigen dieser Probleme, ist jedoch noch keine gänzlich zufriedenstellende Lösung.

Allgemein bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Venturi-Vorrichtung zum Messen der Durchflussrate eines Fluides, das durch eine ein Venturi enthaltende Rohrleitung strömt, bei der die bei den bisherigen Ausführungen vorhandenen Nachteile verbessert sind. Die neuartige Venturi-Vorrichtung beinhaltet ein Rohr mit einem Durchmesser D, das in zwei Abschnitten, einem stromaufwärts und einem stromabwärts gelegenen Abschnitt, vorgesehen ist. Jeder dieser Rohrabschnitte ist mit einem Paar von Druckabnehmern ausgestattet. Ein Venturi mit einem Ring des Durchmessers D weist Ränder auf, die an die Rohrabschnitte geschweisst sind, um eine integrale, fluidführende Einheit zu bilden. Ein krummliniger Zuführ-Einlassabschnitt ist mit dem Ring einstückig ausgebildet. Ein Verengungsabschnitt ist einstückig mit dem krummlinigen Zuführ-Einlassabschnitt ausgebildet und enthält ein Paar von Druckabnahmeöffnungen, von denen jede durch eine flexible Leitung mit dem stromabwärts gelegenen Rohrdruckabnehmer verbunden ist. Schliesslich ist ein divergierender Diffusorabschnitt einstückig mit dem Verengungsabschnitt ausgebildet. Der Diffusorabschnitt steht mit dem Rohr nicht in Verbindung. Die Rohrdruckabnehmer sind mit einem kalibrierten Differenzdruckgeber verbunden, um die Durchflussraten von Fluiden, z.B. Dampf oder Wasser, die durch die Venturi-Vorrichtung strömen, zu messen.

In einer bevorzugten Ausführungsform, bei der

die Venturi-Vorrichtung in einer vertikalen Rohranordnung ausgebildet ist, enthält der Verengungsabschnitt ein Paar von sich gegenüberliegenden Abnahmeöffnungen, die mit zwei stromabwärts gelegenen Rohrdruckabnehmern durch flexible innenliegende Leitungen verbunden sind, wobei jeder Druckabnehmer um ungefähr 120° von seiner entsprechenden Verengungs-Abnahmeöffnung versetzt angeordnet ist. Diese Vorrichtung ermöglicht die Ableitung von kondensiertem Dampf zurück zum Hauptdampfleitungsnetz und kann in jeder Rohrleitungskonfiguration verwendet werden, in der Wasser oder eine andere Flüssigkeit gemessen wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform, bei der die Venturi-Vorrichtung in einer horizontalen Rohranordnung ausgebildet ist, weist ein Paar von horizontal angeordneten Abnahmeöffnungen am Verengungsabschnitt auf, die jeweils durch eine flexible innenliegende Leitung mit einem Paar von stromabwärts gelegenen Rohrdruckabnehmern an der Oberseite des stromabwärts gelegenen Rohrabschnittes verbunden sind, wobei die Druckabnehmer um etwa 90° von ihren entsprechenden Abnahmeöffnungen versetzt angeordnet sind. Durch diese Anordnung soll verhindert werden, dass kondensierter Dampf in der flexiblen Leitung verbleibt, was zu erheblichen Ungenauigkeiten bei der Messung der Dampfdurchflussrate führen würde. Diese flexible Leitungsausführung ermöglicht bei horizontaler Anordnung die Ableitung von kondensiertem Dampf zurück in die Hauptdampfleitung. Diese Bauform kann auch in jeder Rohranordnung für Anwendungen bei Wasserdurchfluss oder bei Durchfluss einer anderen Flüssigkeit verwendet werden. Vorzugsweise ist sowohl bei horizontaler als auch bei vertikaler Anordnung der Venturi-Vorrichtung jeder Rohrabschnitt mit einem Flansch versehen.

Vorteile der vorliegenden Erfindung sind die Anwendungen von Schweissungen an den Rohrleitungen, die für «ISI» zugänglich sind, wie es von ASME, Section XI gefordert wird. Ein weiterer Vorteil ist der erleichterte Zugang zu der Venturi-Vorrichtung der vorliegenden Erfindung. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, rostfreien Stahl für die Venturi-Vorrichtung zu verwenden, um so Schutz gegen Erosions-/Korrosionserscheinungen zu erhalten, die negative Auswirkungen auf den Wert der Druckerhaltung haben. Diese und weitere Vorteile werden dem Fachmann aufgrund der erfindungsgemässen Lösung deutlich.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht der Venturi-Vorrichtung, bei der die beiden Rohrabschnitte und das Venturi zu einer integralen Einheit verschweisst sind;

Fig. 2 eine Schnittansicht gemäss der Linie 2–2 der Fig. 1;

Fig. 3 eine Schnittansicht gemäss der Linie 3–3 der Fig. 2;

Fig. 4 eine Schnittansicht wie bei Fig. 2, jedoch für eine alternative Ausführungsform;

Fig. 5 eine Schnittansicht gemäss der Linie 5–5 der Fig. 4;

Fig. 6 eine Schnittansicht wie Fig. 2, jedoch mit den bevorzugten, mit Flansch versehenen Rohrabschnitten;

Fig. 7 eine Schnittansicht gemäss der Linie 7–7 der Fig. 6;

Fig. 8 eine Schnittansicht wie Fig. 4, jedoch mit den bevorzugten, mit Flanschen versehenen Rohrabschnitten; und

Fig. 9 eine Schnittansicht gemäss der Linie 9–9 der Fig. 8.

Die Zeichnungen werden nachstehend näher erläutert.

Die drei Hauptbestandteile der Erfindung betreffen einen oberen Rohrabschnitt 10, einen unteren Rohrabschnitt 12 und ein Venturi 14 (Fig. 2). Der Rohrabschnitt 10 trägt einen Druckabnehmer 16 und der stromabwärts gelegene Rohrabschnitt 12 trägt einen Druckabnehmer 18. Leitungen von den Druckabnehmern 16 und 18 können mit einem Differenzdruckgeber 17 verbunden sein, der für ein direktes Messen von durch die Venturi-Vorrichtung strömenden Durchflüssen kalibriert werden kann. In der in den Fig. 1–3 dargestellten Ausführungsform trägt der stromaufwärts gelegene Rohrabschnitt 10 zusätzlich einen Druckabnehmer 20 und der stromabwärts gelegene Rohrabschnitt 12 zusätzlich einen Druckabnehmer 22. Somit hat jeder Rohrabschnitt ein Paar von Druckabnehmern für eine Verbindung mit dem Differenzdruckgeber 17. Die Rohrabschnitte 10 und 12 sind durch Schweissnähte 24 und 26 verbunden, die auf der Aussenseite der Rohrleitung gänzlich sichtbar sind und leicht visuell geprüft werden können. Weiterhin bedeutet die Verwendung von nur zwei äusseren Schweissnähten zum Verbinden der Bauteile, die die Venturi-Vorrichtung ausmachen, dass eine Schweissnaht mit vollständigem Einbrand, wie von ASME-III Code Definition definiert, verwendet werden kann.

Betrachtet man insbesondere die Fig. 2 und 3, die eine spezielle Ausführungsform für die Verwendung in vertikaler Rohranordnung zum Messen von Dampf darstellen, kann man sehen, dass beide Rohrabschnitte 10 und 12 einen Durchmesser D aufweisen, der auch der gleiche für einen Ring 28 ist, der Teil des Venturi 14 ist. Diese Grössenübereinstimmung ermöglicht das Zusammenfügen der drei Bauteile, wie es beispielsweise Fig. 2 zu entnehmen ist. Bei einer vorgegebenen Rohrdicke t ist die Breite des Ringes 28 vorzugsweise gleich 2t + 5, wenn als Masseinheit Zentimeter verwendet werden.

Ein krummliniger Zuführ-Einlassabschnitt 30 ist einstückig mit dem Ring 28 ausgebildet. Ein Verengungsabschnitt 32 ist einstückig mit dem krummlinigen Einlassabschnitt 30 ausgebildet und weist den engsten Durchmesser des Venturi 14, durch den die Strömung fliesst, auf. An dieser Verbindungsstelle ist der Druck der Strömung minimal und am Verengungsabschnitt 32 sind die Abnahmeöffnungen 34 und 36 (Fig. 3) angeordnet. Die Öffnungen 34 und 36 sind mit den Druckabnehmern 18 bzw. 22 durch die Leitungen 38 bzw. 40 verbunden. Vorzugsweise sind die Leitungen 38 und 40 flexibel und aus rostfreiem Stahl gefertigt. Es ist zu beachten, dass der Druckabnehmer 18 um etwa 120° von der

Öffnung 36 versetzt angeordnet ist, ebenso wie der Druckabnehmer 22 der Öffnung 34. Die dargestellte Vorrichtung ist derart gestaltet, um zu verhindern, dass kondensierter Dampf in dem flexiblen Rohr zurückbleibt, was grosse Ungenauigkeiten bei der Dampfmessung verursachen würde. Wenn die Venturi-Vorrichtung senkrecht angeordnet ist und die Druckabnehmer mindestens 1,27 cm (0,5 inch) über ihren jeweiligen Öffnungen 36 und 34 angeordnet sind, wird die flexible Leitungsausführung die Ableitung von kondensiertem Dampf zurück in die Hauptdampfleitung zulassen. Die in Fig. 2 und 3 dargestellte Ausführungsform kann jedoch bei jeder Anordnung verwendet werden, wenn flüssige Strömungen, z.B. Wasser, zu messen sind.

Schliesslich ist ein divergierender Diffusorabschnitt 42 einstückig mit dem Verengungsabschnitt 32 gebildet. Es wird darauf hingewiesen, dass der krummlinige Abschnitt 30, die Verengung 32 und der Diffusorabschnitt 42 alle mit Abstand von der Innenseite des stromabwärts gelegenen Rohrabschnittes 12 angeordnet sind. Diese Anordnung bedeutet, dass nur die Schweissnähte 24 und 26 geprüft werden müssen, um die Güte der Installation des Venturi 14 mit den Rohrabschnitten 10 und 12 zu gewährleisten. Die Länge des Venturi 14 und der Abstand von der Innenwand des stromabwärts gelegenen Rohrabschnittes 12 hängen vom Durchmesser D, von der Art des gemessenen Fluids und von seiner Durchflussrate und von anderen, dem Fachmann wohl bekannten Faktoren ab.

In den Fig. 4 und 5 wird eine alternative Anordnung dargestellt, die insbesondere dann zur Anwendung kommt, wenn Dampf oder ein anderes kondensierbares Fluid durch eine horizontale Rohranordnung geführt wird. Der einzige Unterschied zwischen der Anordnung nach Fig. 4 und jener nach Fig. 2 ist die Anordnung von Druckabnehmern 43 und 45 des stromabwärts gelegenen Rohrabschnittes, die beide, wie ersichtlich, oben auf dem Rohrabschnitt 12 angeordnet sind. Der Verengungsabschnitt 32 enthält ein Paar horizontal angeordneter, sich gegenüberliegender Abnahmeöffnungen 44 und 46. Die Öffnung 44 ist durch eine flexible Leitung 48 mit dem Druckabnehmer 43 verbunden, während die Öffnung 46 durch eine flexible Druckleitung 50 mit dem Druckabnehmer 45 verbunden ist. Man beachte, dass die Druckabnehmer und die Öffnungen um 90° versetzt angeordnet sind. Bei horizontaler Anordnung der Venturi-Vorrichtung ist es mit Hilfe dieser flexiblen Leitungsausführung möglich, den kondensierten Dampf zurück in die Hauptdampfleitung zu führen, wodurch grosse Ungenauigkeiten beim Dampfmessen, die durch Dampfkondensation in den Druckleitungen verursacht werden, vermieden werden. Bei einer Anwendung für Wasser oder eine andere Flüssigkeit kann das in Fig. 4 und 5 dargestellte Ausführungsbeispiel in jeder Ausrichtung verwendet werden.

Bei der bevorzugten Verwendung der Venturi-Vorrichtung in einem Kernkraftwerk wird die Wärmeleistung in dem Prozesscomputer in erster Linie durch Bestimmen der Energiemenge berechnet, die notwendig ist, um das in den Reaktor fliessende Speisewasser in Dampf umzuwandeln. Die Menge des in den Reaktorbehälter fliessenden Speisewassers ist der wichtigste Faktor, der 99% der Eingangsgrösse zur Bestimmung der Reaktorleistung liefert. Erfahrungsgemäss gibt es mehrere Arten von Güteabfall, der die Genauigkeit des Durchflussmessers beeinträchtigt. Zu solchen Güteabfällen gehören erhöhte Rauhigkeit der kritischen Oberflächen des Strömungsmessers, Blockierung der Instrumentenleitungen, Ansammlung von Eisenoxidbildung und Klumpenbildung, die die Genauigkeit des Durchflussmessers beeinträchtigen können und Lochfrass auf kritischen Oberflächen des Durchflussmessers. Zur Bestimmung jeglichen Güteabfalls der Innenflächen des Durchflussmessers sind normalerweise periodisch durchgeführte, qualitative und quantitative Inspektionen erforderlich. Zur Erleichterung der periodischen Inspektionen der Venturi-Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung wird auf die Fig. 6–9 verwiesen, die, abgesehen von einer Flanschanordnung wie im folgenden beschrieben, den Fig. 2–5 entsprechen. Bezugnehmend auf die Fig. 6 und 7 ist stromaufwärts vom Ring 28 ein mit Öffnungen versehener Flansch 51, der die Druckabnehmer 16 und 20 aufnimmt, und stromabwärts vom Ring 28 ein mit Öffnungen versehener Flansch 52 vorgesehen. Mit Bezugnahme auf die horizontale, in den Fig. 8 und 9 dargestellte Venturi-Vorrichtung sind ebenso mit Öffnungen versehene Flansche 51 und 52 vorgesehen. Wird die Venturi-Vorrichtung mit in ähnlicher Weise mit Flanschen versehenen Rohrabschnitten oberhalb und unterhalb der Venturi-Vorrichtung verschraubt, kann die Venturi-Vorrichtung für periodische Inspektionen relativ leicht entfernt werden. Nach Inspektion und gegebenenfalls notwendiger Reparatur der Venturi-Vorrichtung kann die mit Flanschen versehene Vorrichtung wieder eingebaut werden und die Leitung kann wieder in Betrieb genommen werden.

Was das Konstruktionsmaterial anbelangt, so kann das Venturi 14 und entsprechend die Rohrabschnitte 10 und 12 vorteilhafterweise aus Metall und vorzugsweise aus rostfreiem Stahl oder einem ähnlichen Material hergestellt sein, falls Korrosions- und Erosionserscheinungen zu erwarten sind. Ein Vorteil der Venturi-Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung ist, dass die Schweissungen je nach Anwendung der Venturi-Vorrichtung aus gleichem oder anderem Metall hergestellt werden können. Das gleiche gilt für das Konstruktionsmaterial für die Rohrabschnitte im Venturi 14. Wie oben angemerkt, sind die flexiblen innenliegenden Leitungen für die Druckmessung vorzugsweise aus rostfreiem Stahl hergestellt.

Weiterhin können gemäss der vorliegenden Erfindung verschiedene der oben gezeigten oder beschriebenen Bauteile in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Wissen auf diesem Gebiet geändert oder variiert werden, vorausgesetzt, dass sich diese Abänderungen im Rahmen der hier beschriebenen Erfindung bewegen.

Patentansprüche

1. Venturi-Vorrichtung zum Messen der Durch-

flussrate eines Fluids, das durch ein ein Venturi enthaltendes Rohr fliesst, die umfasst: ein Rohr mit einem Durchmesser D, das in zwei Abschnitten, einem stromaufwärts und einem stromabwärts gelegenen Abschnitt, vorgesehen ist, und mit einem Paar von stromaufwärts gelegenen Druckabnehmern und einem Paar von stromabwärts gelegenen Druckabnehmern ausgestattet ist; und ein Venturi, das einen Ring mit dem Durchmesser D, der Ränder aufweist, die an die Rohrabschnitte geschweisst sind, um eine integrale fluidführende Einheit zu bilden, einen krummlinigen Zuführ-Einlassabschnitt, der einstückig mit dem Ring ausgebildet ist, einen Verengungsabschnitt, der einstückig mit dem krummlinigen Zuführ-Einlassabschnitt ausgebildet ist und ein Paar von Druckabnahmeöffnungen enthält, von denen jede durch eine Leitung mit den stromabwärts gelegenen Rohrdruckabnehmern verbunden ist, und einen divergierenden Diffusorabschnitt, der einstückig mit dem Verengungsabschnitt ausgebildet ist, enthält.

2. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Rohrabschnitt eine Dicke t und der Ring eine Breite von etwa 2t + 5, gemessen in cm, aufweist.

3. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie aus rostfreiem Stahl gefertigt ist.

4. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Rohrabschnitte mit einem Flansch versehen ist.

5. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Paar von Druckabnehmern für den stromaufwärts gelegenen Abschnitt und den stromabwärts gelegenen Abschnitt gegenüberliegend um jeden Rohrabschnitt angeordnet ist, und jede Druckabnahmeöffnung um etwa 120° von jedem stromabwärts gelegenen Rohrdruckabnehmer, mit dem sie verbunden ist, versetzt angeordnet ist.

6. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Rohrdruckabnehmer des stromaufwärts gelegenen Abschnittes gegenüberliegend um den stromaufwärts gelegenen Rohrabschnitt angeordnet ist, jeder der Druckabnehmer des stromabwärts gelegenen Rohrabschnittes auf der gleichen Seite davon angeordnet ist, und jede Druckabnahmeöffnung um etwa 90° von jedem Druckabnehmer des stromabwärts gelegenen Rohres, mit dem sie verbunden ist, versetzt angeordnet ist.

7. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie vertikal ausgerichtet ist.

8. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Paar von Druckabnehmern auf einer Höhe von mindestens 1,27 cm über ihren jeweiligen Druckabnahmeöffnungen angeordnet ist.

9. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie horizontal ausgerichtet ist.

10. Venturi-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitung zum stromabwärts gelegenen Druckabnehmer flexibel ist und der Verengungsabschnitt mit dem Rohr nicht in Verbindung steht.

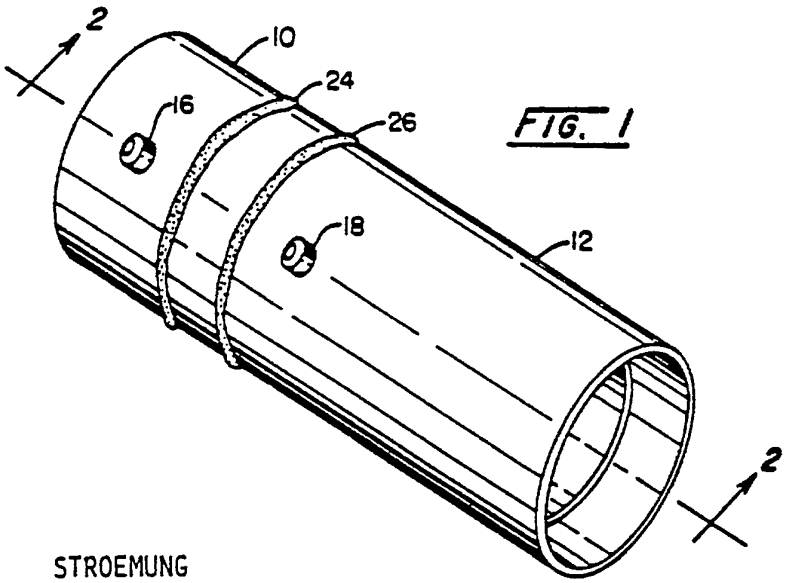


FIG. 1

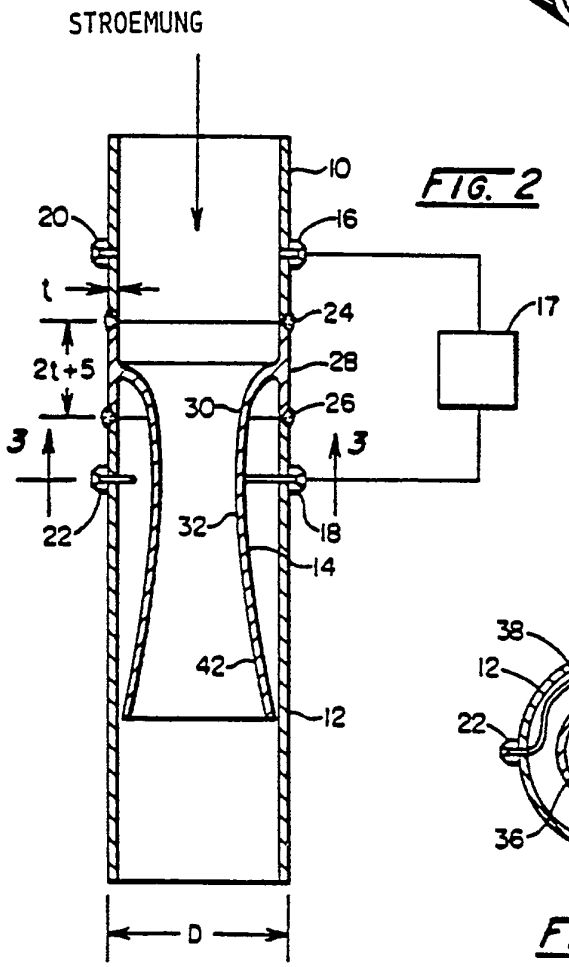


FIG. 2

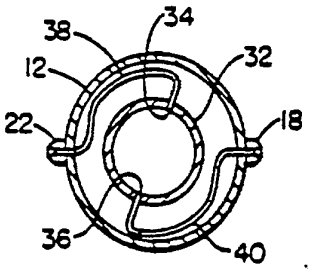


FIG. 3

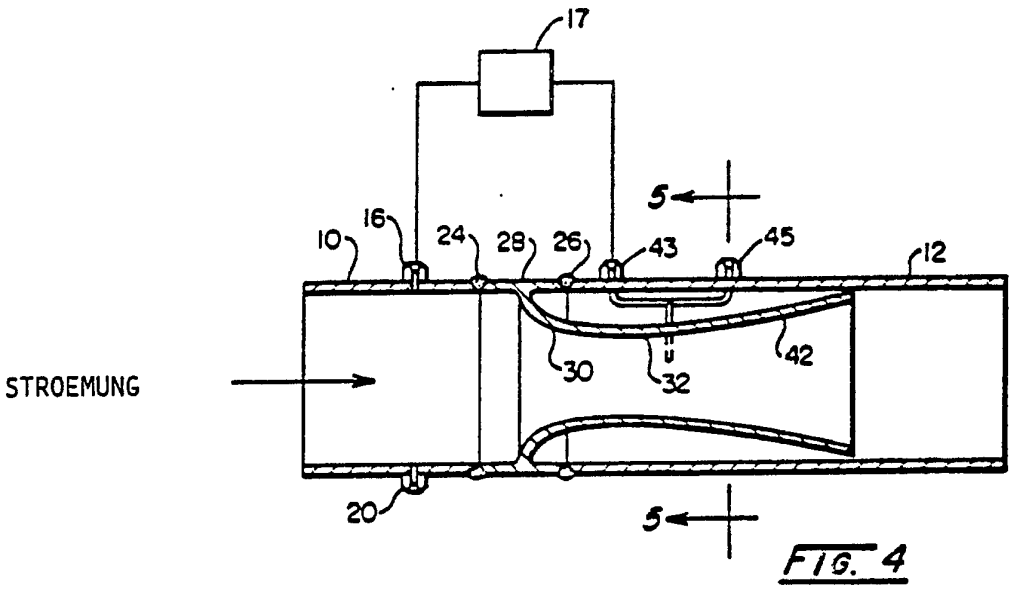


FIG. 4

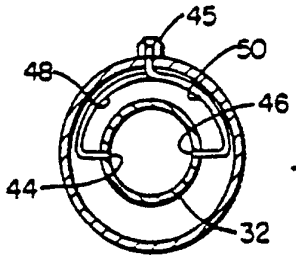


FIG. 5

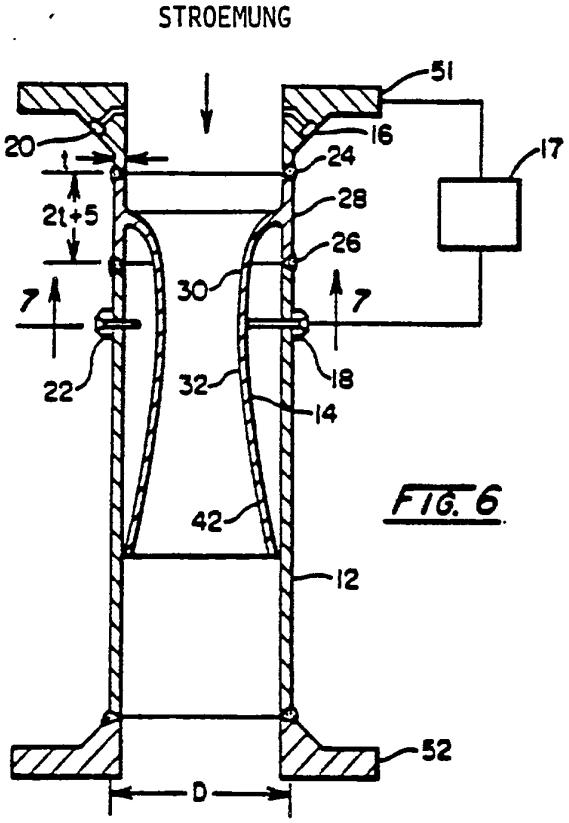

STROEMUNG
51
16
17
20
24
28
21+5
26
30
7
7
22
18
32
14
42
12
52
D

FIG. 6

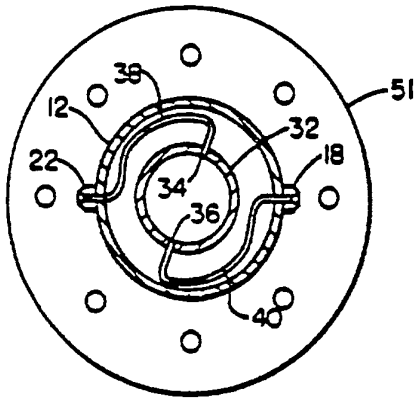

38
51
12
32
22
18
34
36
40

FIG. 7

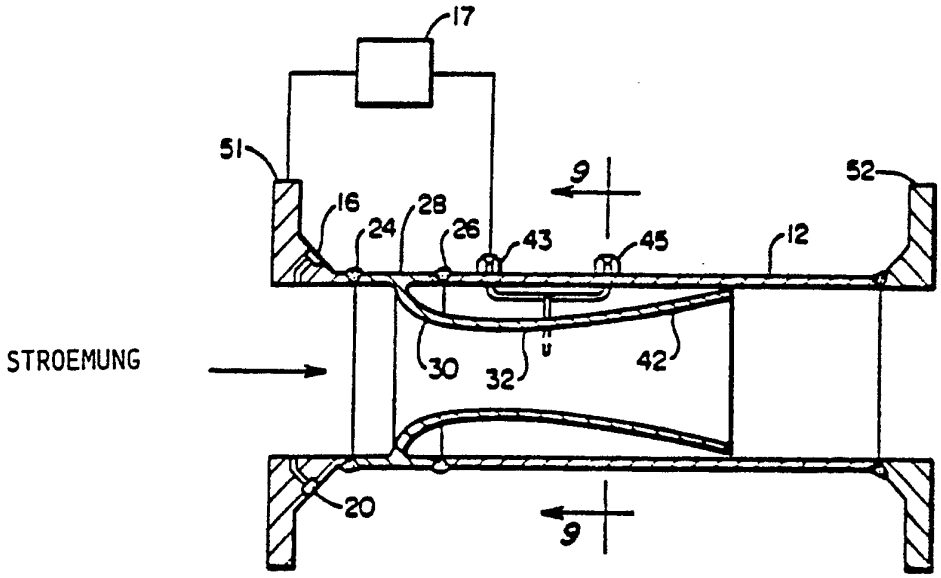

17
51
9
52
16
28
24
26
43
45
12
STROEMUNG
30
32
42
20
9

FIG. 8

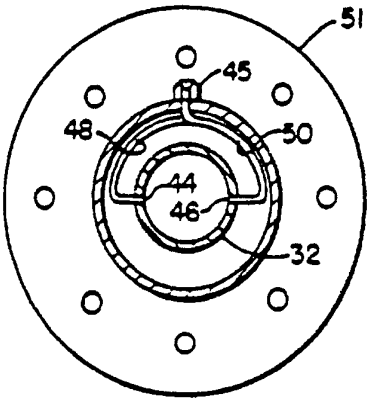

51
45
48
50
44
46
32

FIG. 9