

Iván TARJÁN - Elemér DEBRECZENI - Gábor LADÁNYI - Gábor ANTAL

Lehrstuhl für Aufbereitungstechnik und Lehrstuhl für Bergbaumaschinen  
Technische Universität für Schwerindustrie, Miskolc, Ungarn

### INSTRUMENT ZUR MESSUNG DES VOLUMENSTROMES IN HOMOGENEN GEMISCHEN UND FEINSUSPENSIONEN

Zusammenfassung. Im Beitrag wird ein an der Technischen Universität für Schwerindustrie entwickeltes neues Meßgerät vorgestellt, das zur Messung der Geschwindigkeit und des Volumenstromes von homogenen Gemischen oder Feinsuspensionen dient. Die Geschwindigkeitsmessung wird auf die Kraftmessung zurückgeführt; die Kraft wirkt auf einen regulären Körper. Die Meßmethode und die Funktionsweise des Meßinstrumentes wird erläutert.

Zur Messung des Volumenstromes von homogenen Gemischen oder Feinsuspensionen wurde ein Instrument entwickelt, das die lokale Geschwindigkeit durch die Messung der Kraft auf einen geometrisch regulären Körper im Flüssigkeitsstrom ermittelt. Mit Kenntnis der lokalen Geschwindigkeit läßt die Durchschnittsgeschwindigkeit entlang des Querschnitts bzw. der Volumenstrom durch Eichung bestimmen. Die Eichung erfolgt mittels eines anderen Meßverfahrens, z.B. mit einem Venturimeter. Die entwickelte Methode kann für Rohre verschiedenen Durchmessers und bei sehr hohen Betriebsdrücken eingesetzt werden. Die Meßgenauigkeit beträgt 2-5 %.

Der Meßwertgeber des Instrumentes ist eine ebene Kreisplatte im Flüssigkeitsstrom die durch ein am Ende eingeklemmtes Rohr gehalten wird. Die unter der Kraftwirkung erzeugte Spannung im Konsolenrohr wird mit Hilfe von DMS in ein elektrisches Signal umwandelt. Dieses elektrische Signal kann zur Betriebssteuerung und Automatisierung verwendet werden.

Die Einrichtung wird gemäß der Abbildung in die Rohrleitung eingebaut, wobei eine turbulente Strömung angenommen wird. Die auf die Kreisplatte wirkende Kraft läßt sich mit der Beziehung

$$F = \frac{\xi \rho A v^2}{2}$$

ermitteln, wobei  $\rho$  die Dichte der Flüssigkeit,  $A = d^2 \pi / 4$  die Oberfläche der Kreisplatte,  $v$  die als konstant angenommene Geschwindigkeit und  $\xi$  die Widerstandsziffer bezeichnet. Die Widerstandsziffer beträgt  $\xi = 1,1$  im Bereich der Reynolds-Zahl  $Re = vd/\nu$

$$10^3 < Re < 10^6$$

unabhängig vom aktuellen Wert der Reynolds-Zahl. Bei Messung von homogenen Gemischen und Suspensionen kann demgemäß die Flüssigkeitsviskosität höchstens  $6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , d.h. das 60fache der Viskosität des Wassers im Geschwindigkeitsbereich  $v = 2-5 \text{ m/s}$  und bei einem Kreisplattendurchmesser  $d = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  betragen.

Die auf das Konsolenrohr wirkende Kraft wird ähnlich berechnet:

$$F_K = \frac{\xi_K \rho A_K v^2}{2}$$

Dabei wird angenommen, daß der Strömungswiderstand entlang des Konsolenrohrs im Rohrquerschnitt konstant ist. Außer der schon bekannten Bezeichnungen ist hier

$$A_K = d_a \frac{D-d}{2}$$

die senkrecht zur Strömung projizierte Fläche des Konsolenrohres, wenn die Kreisplatte mit dem Durchmesser  $d$  in die Mitte der Rohrleitung mit dem Durchmesser  $D$  eingebaut wird und der äußere Durchmesser des Konsolenrohres  $d_a$  und seine Widerstandsziffer  $\xi_K = 1$  beträgt.

Das maximale Biegemoment auf das Konsolenrohr an der Einklemmung beträgt

$$M_0 = FL + F_K L_K = (\xi_A L + \xi_K A_K L_K) \frac{\rho v^2}{2}$$

Die Bezeichnungen sind auf der Abbildung angedeutet. Das Moment bei einer beliebigen Entfernung von der Einklemmung beträgt

$$M_x = F(L-x) + F_K(L_K-x).$$

Mit Kenntnis des Moments ergibt sich für die maximale Biegespannung in der äußersten Faser des Konsolenrohres

$$\sigma_{\max} = \frac{M_0}{K}$$

wobei

$$K = \frac{\pi}{32} \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}$$

den Querschnittsfaktor des Konsolenrohres,  $d_a$  dessen äußeren Durchmesser und  $d_i$  dessen inneren Durchmesser bezeichnet.  $\sigma_{\max}$  darf die elastische Grenzspannung  $\sigma_e$  des Konsolenrohres nicht überschreiten. Bei beliebiger

Entfernung beträgt die Biegespannung

$$\sigma_x = \frac{M_x}{K}$$

Die erläuterten Zusammenhänge können zur Auslegung bzw. zum Wählen des Konsolenrohres und des DMS verwendet werden. Dem Durchmesser und der erwarteten Geschwindigkeit gemäß können die Abmessungen der Kreisplatte und die Stelle der Befestigung des DMS verändert werden. Dadurch kann man erreichen, daß die am Meßwertgeber angeschlossene Verstärker-Signal-Einheit bei allen Meßaufgaben gleich ist.

Der Meßwertgeber des Instrumentes ist von der obigen speziellen Konstruktion. Er wird durch eine Spalte in das Rohrrinnere eingeführt. Diese Spalte stört die Strömung kaum. Die DMS befinden sich in einem stehenden Flüssigkeitsraum, sind aber von der Strömung isoliert. Das angewendete Isoliermaterial verfügt über eine gegenüber dem statischen Druck in der Rohrleitung wesentlich höhere Festigkeit. Die Versuche haben bewiesen, daß das durch die DMS gegebene Signal im strömungsfreien Raum, d.h. bei entlastetem Konsolenrohr nur sehr geringfügig eine Funktion des absoluten Druckes darstellt. Auch das läßt sich beseitigen, wenn der zu den DMS angeschlossene Verstärker bei gegebener Stellung der Kreisplatte und beliebiger Geschwindigkeit abgeglichen wird und nach Umdrehen der Kreisplatte um  $180^\circ$  das Zweifache des zur gemessenen Geschwindigkeit proportionalen Ausschlages abgelesen wird. In einem Raum konstanten Druckes genügt es, diese Operation nur einmal durchzuführen.

Die elektronische Einheit wandelt die durch die Deformation verursachte Widerstandsveränderung des DMS in ein elektrisches Signal um. Das Instrument enthält einen Brückenverstärker und eine Speichereinheit. Der Brückenverstärker ist ein zweistufiger Differentialverstärker mit integrierten Schaltungen und einer 700fachen Verstärkung. Die in der ersten Stufe verwendete integrierte Schaltung ist temperaturkompensiert. Zum Verstärker wird ein Ausgleichnetz angeschlossen, das aus mit Stufenschalter schaltbaren Widerständen, zwei passiven DMS und einem 10gewindigen Helikalpotentiometer besteht. Das Ausgleichnetz sorgt für den genauen Ausgleich der Widerstandsstreuung der aktiven DMS und die früher erwähnte Abgleichung. Die Speisespannungsversorgung des Verstärkers und der DMS erfolgt durch einen aus integrierten Schaltungen gebauten Stabilisator. Die einfachste Variante der Signaleinheit ist ein durch Vorwiderstände ergänztes analoges Drehspulmeßgerät. Bei der Ausführung wurde die leichte Handhabung, eine hohe Stabilität und ein niedriger Energieverbrauch angestrebt.

Die spezielle Konstruktion des Meßwertgebers stellt die Neuheit des Instrumentes dar. Das Instrument ist verhältnismäßig billig und zuverlässig. Ein großer Vorteil bei seiner Anwendung ist, daß es direkt im Meßraum mißt, aber trotzdem gegenüber dem absoluten Druck in diesem Raum unempfindlich ist.

## LITERATUR

- [1] Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasen-Strömungen. Verlag Suerländer. Aarau und Frankfurt am Main, 1971.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Adam KLICH

Wpłynęło do Redakcji 1987.02.5

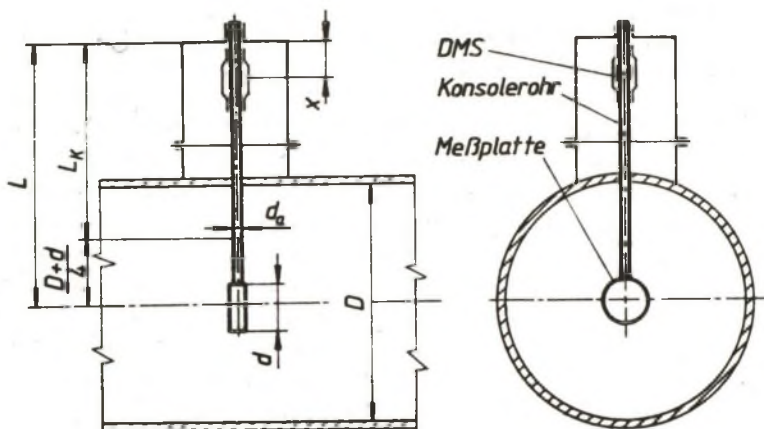


Abb. 1

PRZYRZĄD DO MIERZENIA SZYBKOŚCI PRZEPIYU  
HOMOGENICZNYCH MIESZANIN I DROBNYCH ZAWIESIN

S t r e s z c z e n i e

Praca omawia nowy przyrząd wdrożony na Uniwersytecie Technicznym Przemysłu Ciężkiego, który mierzy szybkość przepływu homogenicznych mieszanin lub drobnych zawiesin. Metoda pomiaru polega na pomiarze siły na geometrycznie regularnym ciele umieszczonym w badanym strumieniu. Ponieważ w najbardziej interesującym zakresie liczby Reynoldsa siła jest wprost proporcjonalna do kwadratu średniej prędkości, pomiar siły umożliwia obliczenie tej prędkości. Określenia nacisku na wspornik umożliwiają badaczom zaprojektowanie przyrządu. Przetwornik składa się z kołowej tarczy i rury wspornika. Deformacja jest przekazywana przez czujnik tensometryczny do sygnału elektrycznego. Czujniki tensometryczne są umiejscowione w miejscu z nieruchomą cieczą co uniezależnia sygnał od ciśnienia absolutnego. Człon elektroniczny zawiera wzmacniacz mostka zbudowanego z JCe, wyrównu-

jęcej siatki, śrubowego potencjometru, spiralnego stabilizatora i poruszającej się cewki przyrzędu.

#### ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ И ТОНКИХ СУСПЕНЗИЙ

##### Р е з ю м е

Работа посвящена новому прибору для измерения расхода гомогенных смесей и тонких суспензий, разработанному в Техническом университете тяжёлой промышленности. Метод измерения основан на измерении сил, действующих на геометрически правильное тело, помещённое в поток. Так как сопротивление среды в господствующем интервале числа Рейнольдса прямопропорционально квадрату средней скорости, измерение силы позволяет вычислить скорость. Формула напряжения консоли позволила исследователям разработать прибор. Датчик состоит из диска и полого стержня. Деформация трансформируется в электрический сигнал с помощью тензометра. Тензометр помещается в стационарный поток с обеспечением независимости сигнала от абсолютного давления. Электронная ячейка состоит из усилительного моста, построенного на интегральных схемах, уравновешивающей цепи, геликондного потенциометра, стабилизатора и показывающего прибора.