

## Pomiar ciśnienia cieczy, par i gazów

Przy pomiarach ciśnienia cieczy i gazów rozróżniamy pomiar nadciśnienia, podciśnienia (wakuometry) i różnicy ciśnień.

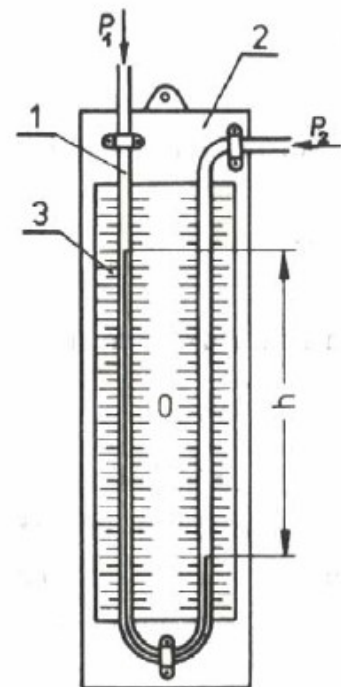
Podstawowymi przyrządami pomiarowymi są:

- manometry cieczowe (np. dwuramienne)
- manometry sprężynowe.

Manometry sprężynowe wykorzystują sprężyste odkształcenia materiałów różnego rodzaju (stal, stopy brązu itp.)

Manometry sprężynowe to:

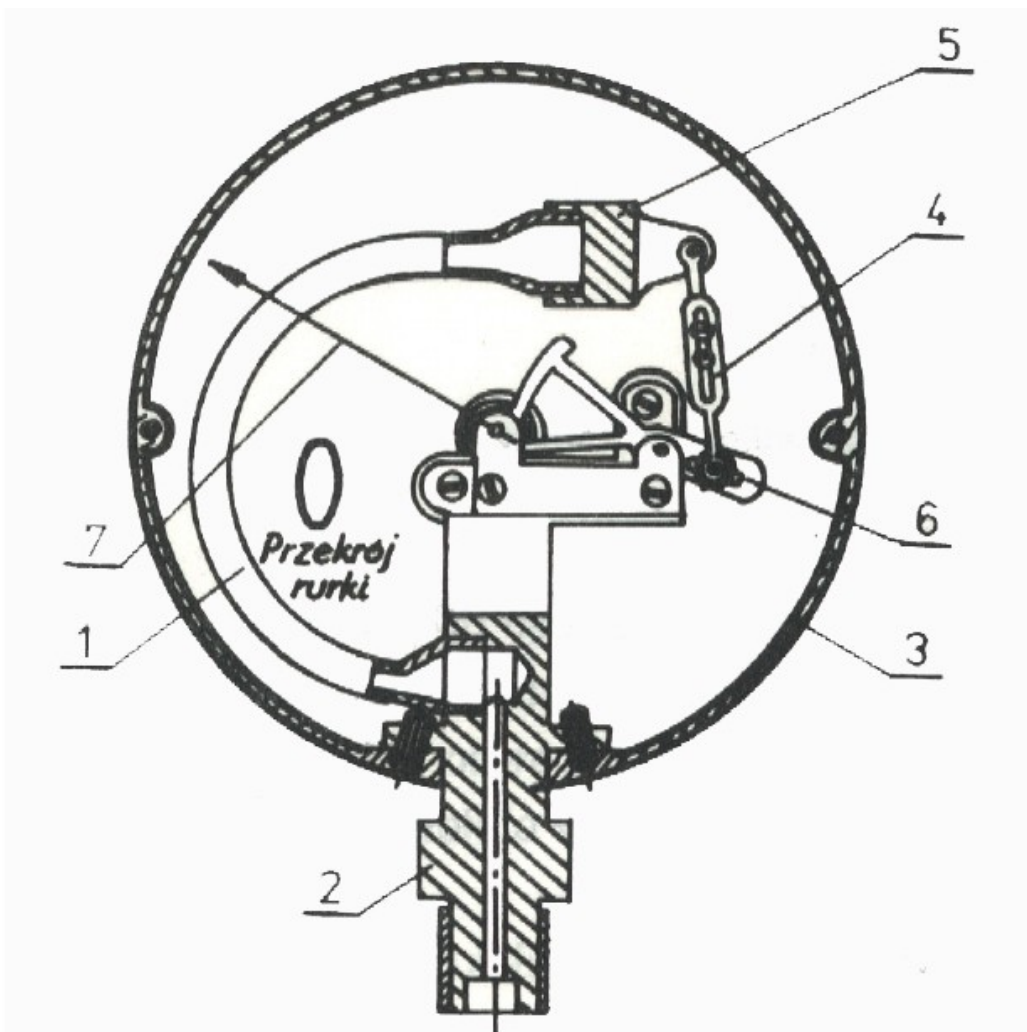
- manometry rurkowe,
- manometry mieszkowe,
- manometry przeponowe.



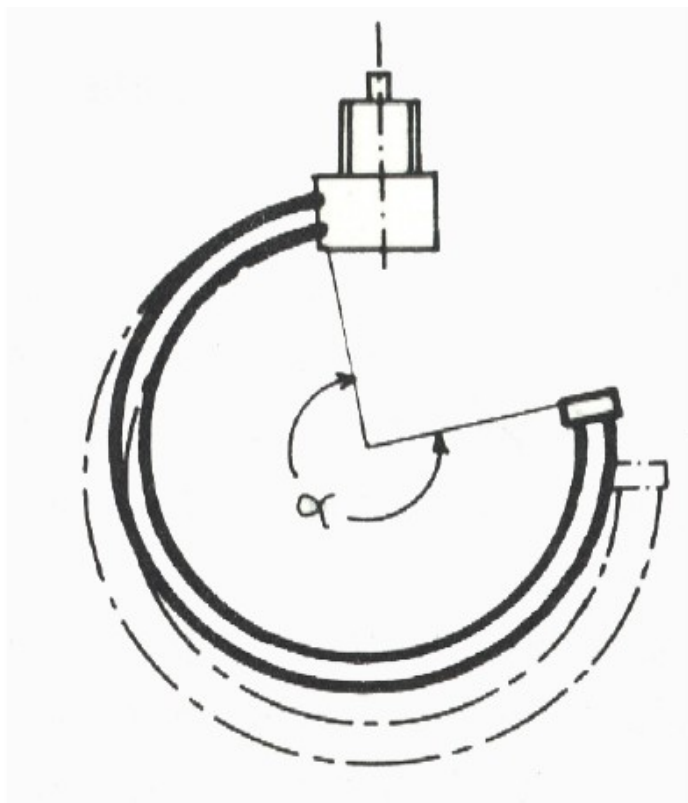
Manometr dwuramienny do pomiaru różnicy ciśnień.



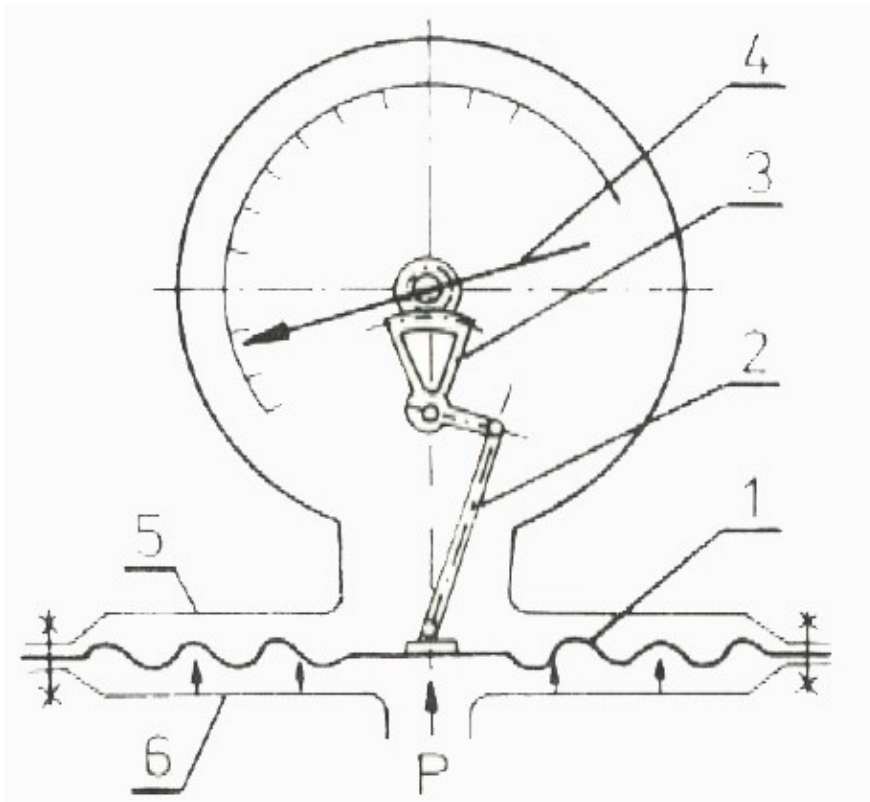
Mieszki i membrany pomiarowe



Mechanizm wskazujący manometru rurkowego: 1- rurka Bourdona. 2 – króciec. 3 – obudowa. 4 – ciągnio. 5 – korek. 6 – przekładnia zębata. 7 – wskazówka.

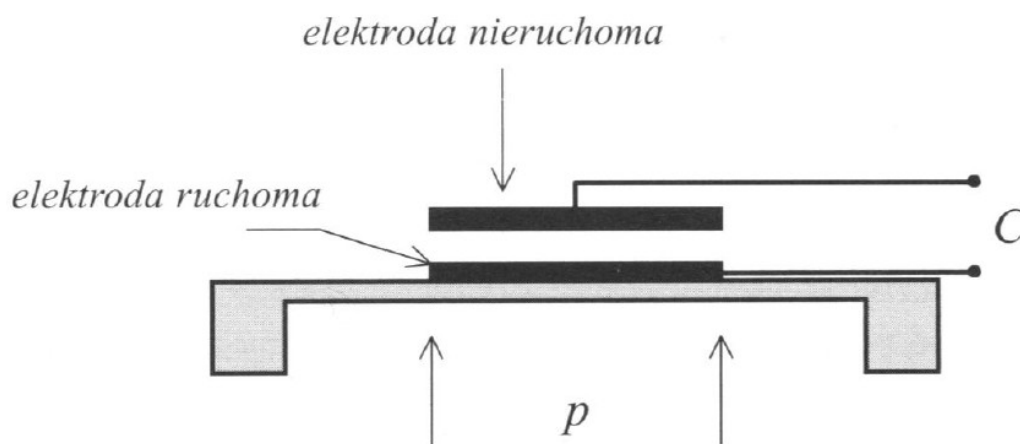


Odształcenie rurki pod wpływem ciśnienia



Mechanizm przeponowy:

1 – przepona. 2 – dźwignia. 3 – przekładnia zębata. 4 – wskazówka. 5 – pokrywa górna.  
6 – pokrywa dolna.



Schemat konstrukcji membranowego przetwornika ciśnienia z czujnikiem pojemnościowym

## Tensometry, elementy piezoelektryczne i piezorezystory do pomiaru siły, naprężeń i ciśnienia

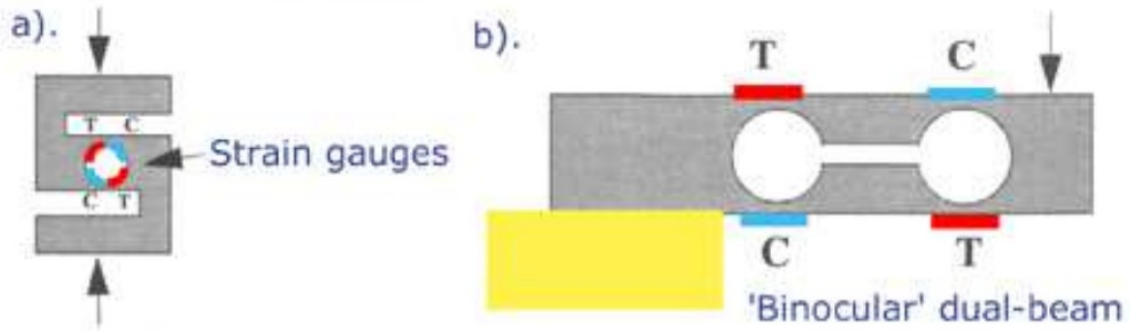
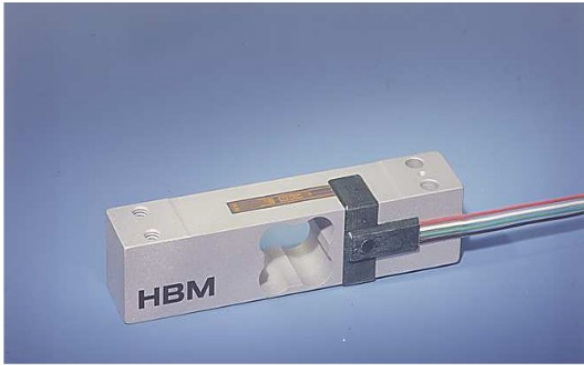
Tensometr to element rezystancyjny drutowy lub półprzewodnikowy którego rezystancja ulega zmianie pod wpływem rozciągania lub ściskania. Ponieważ uzyskane zmiany rezystancji są niewielkie, a materiały z których są wykonywane tensometry mają niezerowy współczynnik temperaturowy rezystancji, stąd stosowane są zawsze w układzie mostka Wheatstone'a gdzie dwa rezystory poddawane są rozciąganiu, a dwa ściskaniu.

### Przetwornik siły U3 firmy HBM



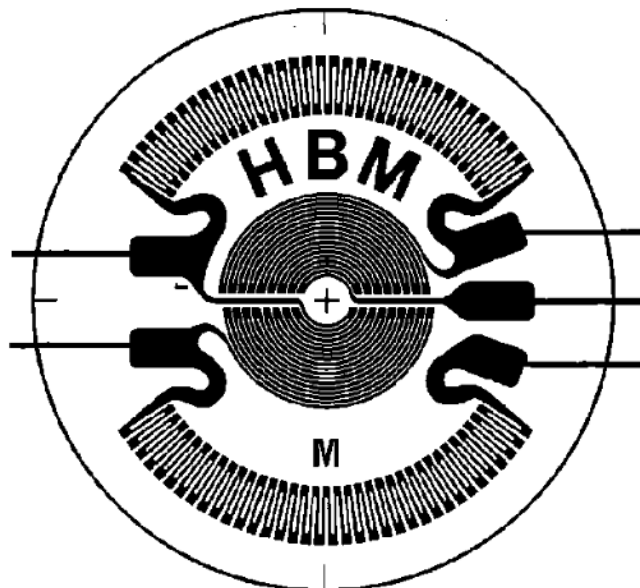
#### Six-wire connection



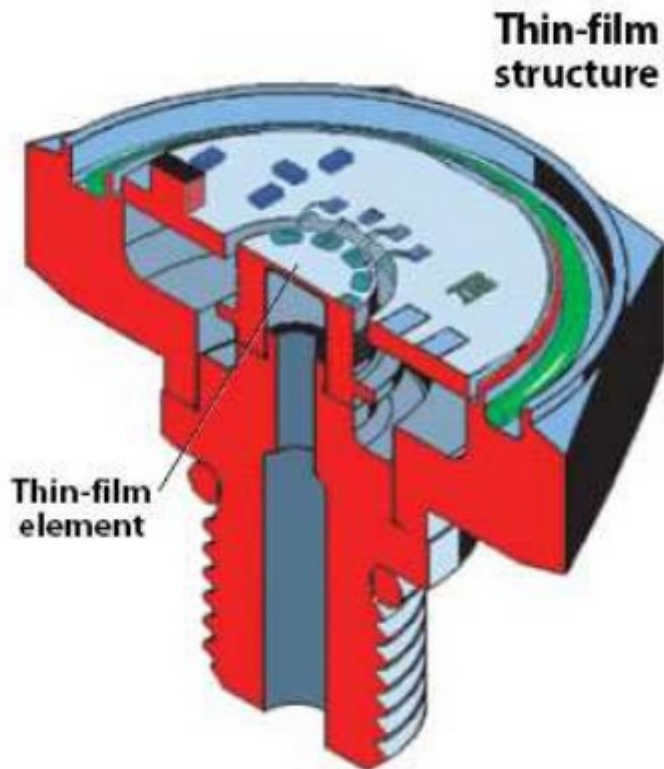


Elementy wagi z wykorzystaniem tensometrów

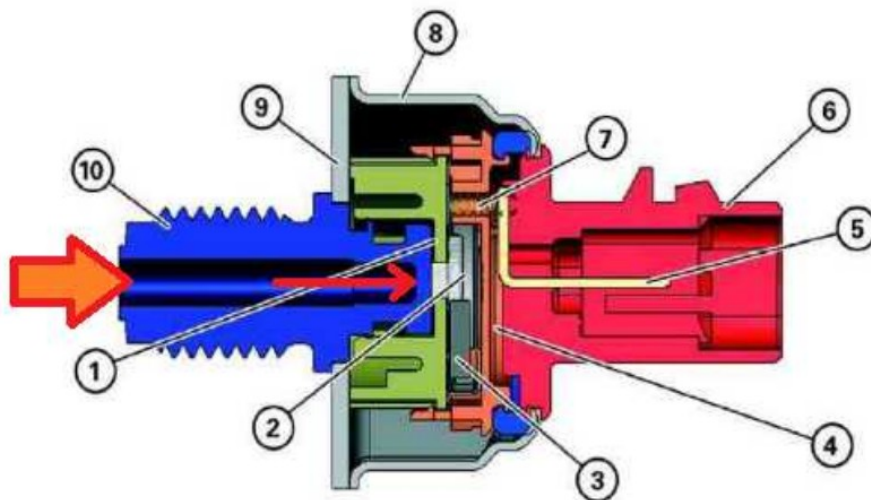
**Pomiary ciśnienia – tensometr do instalowania na membranach (firma HBM)**




Zastosowanie tensometrów cienkowarstwowych do pomiaru ciśnienia.



Czujnik dedykowany wysoko ciśnieniowym układom wtryskowym common-rail



**Budowa czujnika ciśnienia paliwa:** 1 - membrana, 2 - element piezoelektryczny, 3 - moduł elektroniczny (płytkę drukowaną), 4 - pokrywka, 5 - złącze elektryczne, 6 - kostka elektryczna, 7 - sprężyna kontaktowa, 8 - obudowa czujnika, 9 - metalowa podstawa czujnika, 10 - rurka z gwintem doprowadzająca paliwo z zasobnika  
 - wysokie ciśnienie paliwa (200-2000 bar)

<http://www.wtryskiwacz.com>

29

W różnych przetwornikach ciśnienia z mieszkaniami lub membranami zastosujemy w miejsce tensometru piezoelement, to uzyskamy informację wyjściową w postaci napięcia. Nie należy stosować ich o do pomiarów statycznych.

## Pomiar przepływu cieczy, par i gazów

I. Klasyfikacja przepływomierzy według kryterium zastosowanych fizycznych zasad przetwarzania

1. Przepływomierze manometryczne – pomiar różnicy ciśnienia (zasada zachowania energii wyrażona prawem Bernoulliego)

- zwężkowe
- z krzywizną
- piętrzące
- kapilarne

2. Przepływomierze grawimetryczne:

- rotametry
- przepływomierze klapowe

3. Przepływomierze dynamometryczne

4. Przepływomierze tachometryczne:

- przepływomierze turbinowe
- przepływomierze komorowe

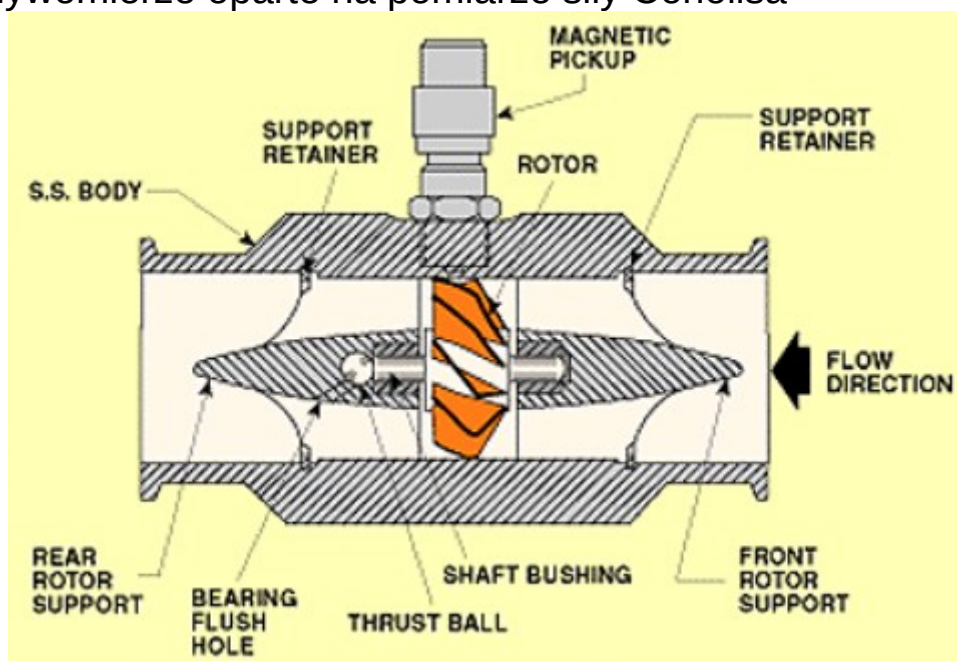
5. Przepływomierze oscylacyjne:

- przepływomierze wirowe
- przepływomierze z wirem precesyjnym

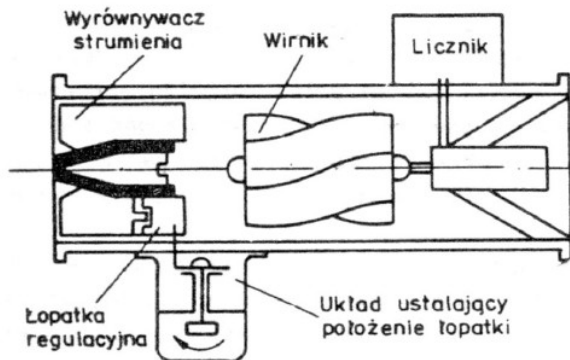
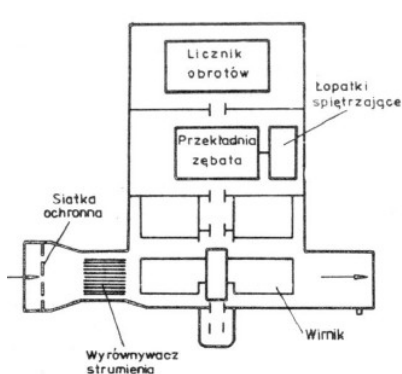
6. Przepływomierze elektromagnetyczne

7. Przepływomierze ultradźwiękowe

8. Przepływomierze oparte na pomiarze siły Coriolisa



## Przeptywomierz turbinowy



Przeptywomierz skrzydełkowy

Przeptywomierz śrubowy.

W przepływomierzach tych zliczana jest ilość obrotów wirnika skrzydełkowego, śrubowego lub turbiny. Ilość obrotów jest proporcjonalna do prędkości przepływu.

## II. Przepływomierze zwężkowe

Przepływomierze, w których elementem powodującym spadek ciśnienia jest odpowiednio ukształtowane przewężenie rurociągu (zwężka pomiarowa), nazywamy zwężkowymi.

Ich podstawowe zalety to:

- wysoka dokładność w warunkach laboratoryjnych dochodząca do  $\pm 0,5\%$
- uniwersalność - nadają się do większości mediów jednofazowych, w ograniczonym zakresie do - dwufazowych, przy praktycznie dowolnych ciśnieniach i temperaturach
- zwężka wykonywana jest indywidualnie natomiast przetworniki różnicy ciśnień są uniwersalne i są produkowane masowo przy stosunkowo niskich cenach
- brak konieczności indywidualnego wzorcowania dla zwęzek znormalizowanych
- wysoka niezawodność.

Zasadnicze wady to:

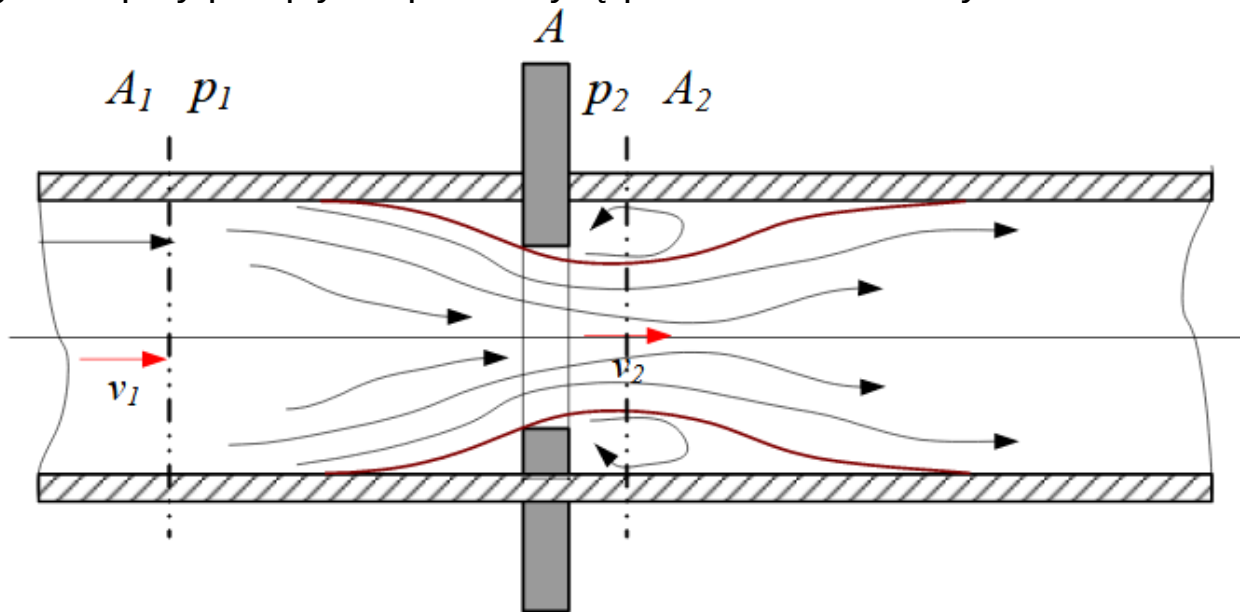
- kwadratowa zależność spadku ciśnienia od strumienia przepływu i wynikająca z niej mała zakresowość (4:1)
- duża stała czasowa, zwłaszcza przy dużych odległościach od



manometru

- w przeciętnych warunkach pomiarowych dość duży błąd – 1 - 4%. Zalety przepływomierzy zwykłych zdecydowanie przeważają nad wadami, są to więc obecnie najbardziej rozpowszechnione przepływomierze. Około 70% przepływomierzy zainstalowanych w przemyśle to przepływomierze zwężkowe.

Najbardziej rozpowszechnioną zwężką jest kryza. Przebieg linii prądu czynnika przy przepływie przez kryzę przedstawiono na rys. 2



Rys.1. Przebieg linii prądu czynnika przy przepływie przez kryzę.

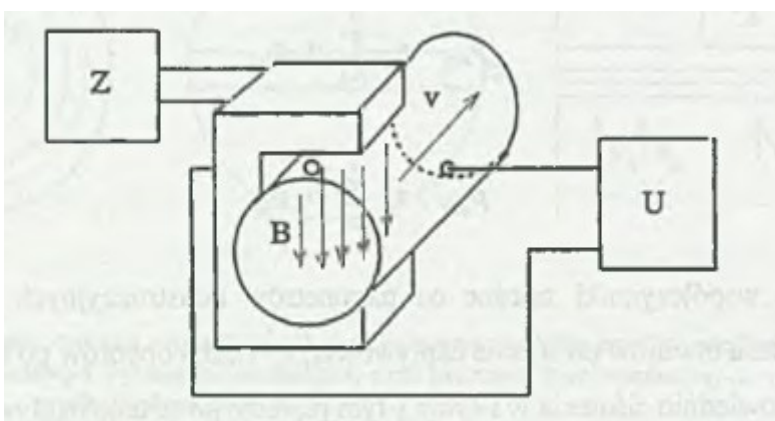
gdzie:

$v$ ,  $A$  – prędkość średnia i powierzchnia przekroju kryzy,

$v_1$ ,  $A_1$  – prędkość średnia i powierzchnia przekroju rurociągu,

$v_2$ ,  $A_2$  – prędkość średnia i powierzchnia przekroju za kryzę (w miejscu największego przewężenia strugi).

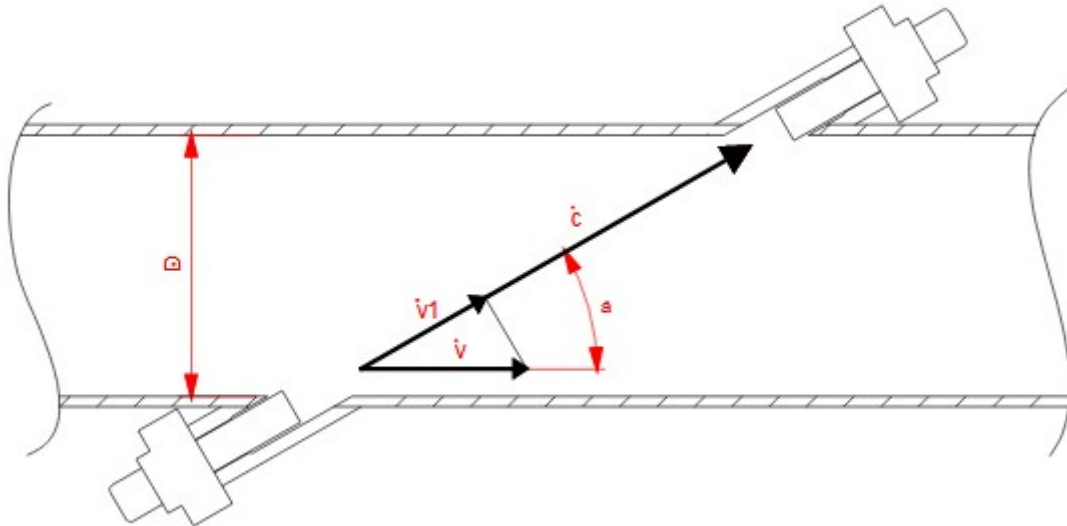
Przepływomierz magnetoelektryczny



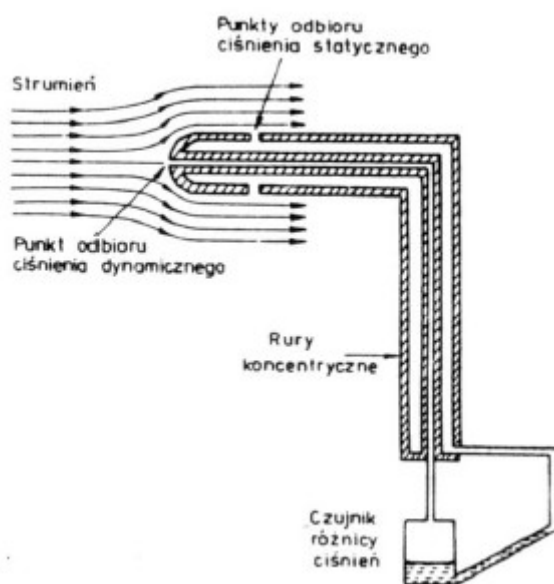
$B$  - indukcja magnetyczna;  $v$  – szybkość przepływu cieczy przewodzącej;  $U$  - indukowane napięcie między elektrodami.

Wytworzone pole magnetyczne o indukcji  $B$  jest prostopadłe do kierunku przepływu cieczy przewodzącej. Elektrody pomiarowe są umieszczone prostopadłe do pola magnetycznego jak i do kierunku przepływu cieczy.

## Przepływomierz ultradźwiękowy



$D$  - średnica wewnętrzna,  $c$  - prędkość propagacji dźwięku w cieczy,  $v$  - prędkość cieczy,  $v_1$  - składowa prędkości, która dodaje się (lub odejmuje) do prędkości propagacji dźwięku,  $a$  - kąt pomiędzy kierunkiem przepływu a kierunkiem przesyłania fali dźwiękowej



Rurka Pitota Czujniki tego typu umożliwiają pomiar przepływu cieczy i gazów. Powszechnie stosowane są w tunelach aerodynamicznych, prędkości poruszania się samolotów ...

## **Pomiar poziomu cieczy i materiałów sypkich.**