

Elementy spiętrzające

Elementy spiętrzające przepływ i powodujące powstanie statycznego ciśnienia różnicowego noszą ogólną nazwę zwężek pomiarowych. Pomiar przepływu za ich pomocą to metoda dokładna, ma bardzo szerokie zastosowanie i nadaje się do dowolnych cieczy, gazów i par, przy dowolnym ciśnieniu i temperaturze panujących w rurociągach o przekroju poprzecznym – kołowym. Jaka jest zasada działania zwężek pomiarowych? W jakich aplikacjach znajdują one zastosowanie. Jakie są zalety i ograniczenia tej metody? Odpowiedzmy na te i inne pytania.

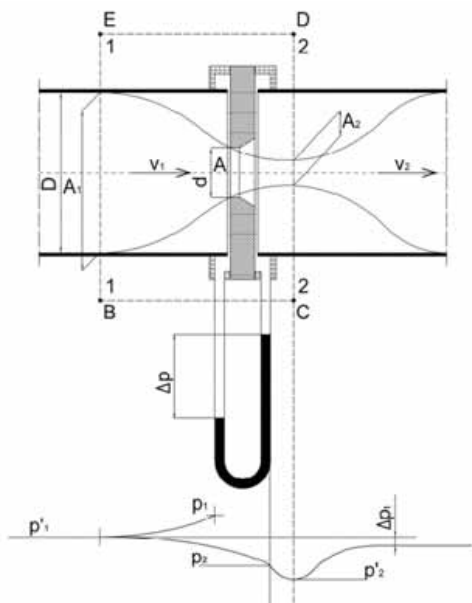
ZASADA POMIARU

Zasada pomiaru jest oparta na zmianie energii potencjalnej ciśnienia statycznego płynu przepływającego przez miejscowe zwężenie przewodu. Zwężki stanowią więc przeszkodę wbudowaną w strumieniu czynnika. Przewężenie przekroju przepływu w postaci zwężki, której oś otworu pokrywa się z osią przekroju, wywołuje przyspieszenie masy czynnika podczas przepływu przez zwężony przekrój, z czym łączy się spadek ciśnienia. Spadek ten jest miarodajny przy wyznaczaniu strumienia płynu.

Przy przepływie przez zwężkę następuje wzrost prędkości strumienia płynu. Zwężenie strumienia rozpoczyna się przed kryzą i postępuje aż do uzyskania przekroju minimalnego znajdującego się w niewielkiej odległości za kryzą, a następnie strumień rozszerzając się wypełnia całą objętość przewodu. Ciśnienie płynu przed kryzą nieco wzrasta, a następnie zmniejsza się za kryzą w największym przekroju strumienia. Strata ciśnienia Δp jest wywołana stratą energii na tarcie i tworzenie się wirów.

Celem ustalenia zależności pomiędzy przepływającym przez zwężkę strumieniem płynu, a ciśnieniem różnicowym Δp , rozważono układ termodynamiczny wydzielony z otoczenia osłoną bilansową, obejmujący zwężkę wraz z rurociągami dolotowym i wylotowym o odpowiednich długościach gwarantujących niezakłócony profil prędkości. Rozpatrywany układ termodynamiczny jest układem otwartym tzn. przez osłonę bilansową może przepływać substancja. Dla uproszczenia przyjmuje się założenie równej prędkości w każdym punkcie dowolnego przekroju prostopadłego do osi strumienia, jak również nieściśliwość płynu bez tarcia wewnętrznego i o stałej gęstości.

►►
Kryza



►
Zasada pomiaru zwężki pomiarowej

Praktyczne zastosowanie zwężek do dokładnego pomiaru przepływu stało się możliwe dzięki znormalizowaniu samych zwężek oraz warunków pomiaru. Aktualna norma PN-EN ISO 5167 precyzuje metody i zasady pomiaru zwężkowego. Istnieją więc trzy znormalizowane rodzaje zwężek przepływowych: kryza, dysza i zwężka Venturiego.

PORÓWNANIE ELEMENTÓW SPIĘTRZAJĄCYCH

KRYZA

Zalety:

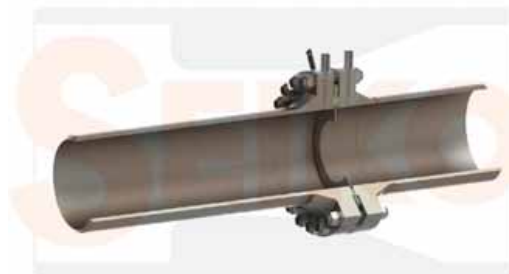
- najbardziej popularna i najczęściej stosowana w przemyśle,
- najmniejsza niepewność standardowa (dokładność pomiaru 0,5%),
- wysoka liczba Reynoldsa zgodnie z normą.

Wady

- ostra krawędź wlotowa, jeśli wymóg ostrości krawędzi nie zostanie spełniony, przepustowość lub niepewność jest niepoprawna. Ostrość krawędzi może mieć decydujący wpływ na wytrzymałość mechaniczną oraz odporność na czynniki korozyjne, zanieczyszczenia,
- wymagane najdłuższe odcinki proste do uzyskania poprawnego pomiaru,
- najwyższe stałe straty ciśnienia,
- przy dużych prędkościach przepływu i zdefiniowanej różnicy ciśnienia, stosunek średnicy może być większa od wartości dozwolonej przez standard, czyli nie jest możliwe zastosowanie kryzy,
- krótka żywotność ze względu na ostrą krawędź.

Zastosowanie:

- kryzy stosujemy przy czystych i nieagresywnych mediach,
- gdy mamy do dyspozycji długi prosty odcinek rury,
- kiedy strata ciśnienia nie ma znaczenia.



DYSZA ISA

Zalety:

- długotrwała dokładność pomiaru,
- niewiele gorsza niepewność standardowa (dokładność pomiaru 0,8%),
- wymagane krótsze odcinki proste niż w przypadku kryzy,
- mniejsze spadki ciśnienia w porównaniu do kryzy.



Wady

- droższa w stosunku do kryz,
- liczba Reynolds'a ograniczona normą do 10^7 .

Zastosowanie:

- uniwersalne zastosowanie, brak ograniczeń materiałowych, co pozwala na pomiar medium w dowolnych warunkach (temperatura, ciśnienie),
- przy zastosowaniu kalibracji można osiągnąć dokładność pomiaru na poziomie 0,15%.



ZWĘŻKA VENTURIEGO

Zalety:

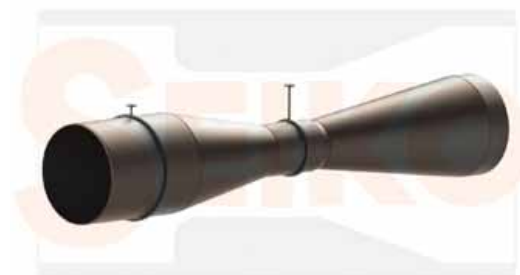
- długotrwała dokładność pomiaru,
- niewiele gorsza niepewność standardowa,
- wymagane najkrótsze odcinki proste w porównaniu do kryzy i dyszy,
- niewielkie straty ciśnienia,
- duża odporność na zanieczyszczenia.

Wady

- najdroższy rodzaj zwężki,
- standardowa dokładność 1% (najgorsza w porównaniu do dyszy i kryzy).

Zastosowanie:

- uniwersalne zastosowanie, brak ograniczeń materiałowych, co pozwala na pomiar każdego medium w dowolnych warunkach (temperatura, ciśnienie),
- przy zastosowaniu kalibracji można osiągnąć dokładność pomiaru na poziomie 0,15%-0,25%,
- aplikacje, w których wymagane są niskie spadki ciśnienia oraz takich, w których brak jest długich odcinków prostych.



ZASTOSOWANIE I DOBÓR

Zwężki pomiarowe nadają się do zastosowania w przypadkach, w których nie ma konieczności regularnej inspekcji. Zastosowanie zwęzek pomiarowych umożliwia pomiar dowolnych cieczy, par i gazów w praktycznie wszystkich aplikacjach stosowanych w przemyśle. Miejsca stosowania zwęzek muszą jednak spełniać następujące warunki:

- całkowicie wypełniony przez medium odcinek pomiarowy,
- zabudowanie w ciągu rurociągu zgodnie z normą,
- zapewnione odcinki proste przed i za zwężką,
- zwężka pomiarowa powinna być wbudowana w rurociąg w takim położeniu, w którym warunki

przepływu w obszarze bezpośrednio przed zwężką pomiarową w wystarczającym stopniu będą zbliżone do warunków występujących w obszarze o profilu w pełni ukształtowanego przepływu, tzn. przy całkowitym braku zaburzeń.

Zwracając się o dobór elementu spiętrzającego ważne jest aby podać jak najwięcej danych. Minimalne informacje jakie powinniśmy znać to:

- rodzaj medium (w wyjątkowych sytuacjach należy podać: gęstość, lepkość),
- średnica wewnętrzna rurociągu,
- grubość ścianki rurociągu,
- materiał rurociągu (aby wykonać odcinek pomiarowy, obudowę możliwą do połączenia z istniejącym rurociągiem),
- robocza i projektowa temperatura medium,
- robocze i projektowe ciśnienie medium,
- zakres przepływów: minimalny, nominalny i maksymalny.

Są to niezbędne informacje aby móc dokonać prawidłowego doboru zwężki.

UKŁAD POMIAROWY

Sam element spiętrzający nie wystarczy nam aby mieć gotowy pomiar i potrzebujemy jeszcze kilku elementów. Pełny układ wymaga zainstalowania poprzez zawór blokowy przetwornika różnicy ciśnień, który będzie nas informował o aktualnym spiętrzeniu. W zależności od medium lub jego czystości stosowane są dwa rodzaje zaworów blokowych – trójdrogowy w przypadku gdy mamy do czynienia z cieczami lub czystymi gazami, pięcioprogowy zalecany dla pary wodnej oraz zabrudzonych gazów. Stosując sam przetwornik różnicy ciśnień, możemy uzyskać tylko przepływ objętościowy. Aby uzyskać przepływ masowy, potrzebujemy pełnej kompensacji od ciśnienia i temperatury. W oparciu o te trzy zmienne (różnica ciśnień, ciśnienie, temperatura) oraz o rodzaj zwężki stosowanej do pomiaru, wszystko jest przeliczane przez zewnętrzny komputer przepływu.

DLA KOGO?

Elementy spiętrzające można stosować na każdą aplikację, głównie ze względu na brak ograniczeń materiałowych. Najczęściej stosowane są w przemyśle energetycznym przy pomiarze wody kotłowej, pary wodnej o krytycznych parametrach, ciśnienie sięgające nawet do 280 bar i temperatura ponad 600°C. W przemyśle naftowym zwężki pracują praktycznie na każdym etapie produkcji - przetwarzanie, transport, przechowywanie, rafinacja, dystrybucja, zarówno dla płynnych produktów naftowych, jak i gazu ziemnego. Zwężki znajdują też zastosowanie w przemyśle chemicznym przy pomiarze związków organicznych i nieorganicznych, podstawowych chemikaliów, polimerów czy nawozów.



Sebastian Bajorek

Absolwent Politechniki Śląskiej, Wydziału Mechaniczno-Technologicznego. W Introlu pracuje od 2013 roku, obecnie na stanowisku menedżera produktu w dziale pomiarów przepływu. Specjalizuje się w pomiarach zwężkowych, przepływomierzach termicznych i wirowych.

Tel: 32 789 00 98



Dysza ISA



Zwężka Venturiego