

Ile gazu spala się w pochodniach?

Dokładny i niezawodny pomiar natężenia przepływu spalanego gazu odpadowego

Pomiar przepływu spalanego gazu odpadowego jest ważny w fabrykach chemicznych, petrochemii, instalacjach do rafinacji i pozostałych, które wydają do atmosfery węglowodory inne gazy. Przepływomierze ultradźwiękowe pomagają użytkownikom spełnić wymagania dotyczące emisji do środowiska, zmniejszyć wycieki i zlokalizować miejsca strat technologicznych.



Rys. 1. Spalanie na wylocie szybu, to sposób pozbycia się niepożądanych gazów, zarówno w warunkach normalnej pracy, jak i w stanie zagrożenia. Szeroki zakres natężeń przepływu, czyni to zastosowanie polem konkurencji dla producentów przepływomierzy

Najważniejszymi powodami realizacji pomiaru przepływu spalanych gazów odpadowych są: spełnienie wymagań przepisów o ochronie środowiska, wykrycie wycieków np. z niedomykających się ciśnieniowych zaworów bezpieczeństwa, uzgodnienie bilansów masy dla instalacji, a także sterowanie palnikami, co jest szczególnie istotne, gdy gazy odpadowe zawierają wiele gazu obojętnego.

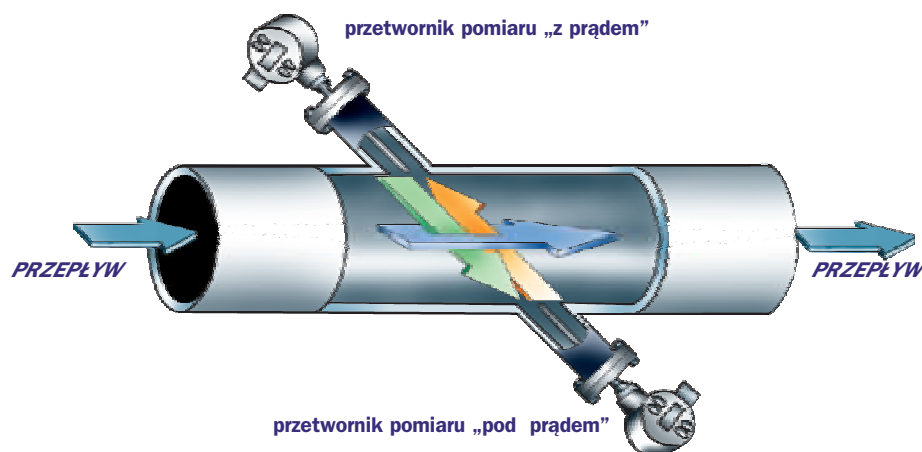
Typowy układ odprowadzania gazu do spalania jest rodzajem „kanalizacji”, stosowanym do gazów odpadowych. Odprowadzenia z szczególnych jednostek technologicznych mają średnice od 50 do 200 mm, podczas gdy główne rurociągi, wiodące bezpośrednio do palnika, mają czasami średnice od 300 mm do 1,8 m. Typowa instalacja posiada co najmniej jeden przepływomierz, zainstalowany na głównym rurociągu prowadzącym do bębna wyrzutu. W razie potrzeby, mniejsze odprowadzenia, z poszczególnych jednostek technologicznych mogą posiadać własne przepływomierze.

Wysokie wymagania

Pomiar przepływu spalanego gazu odpadowego, to zastosowanie bardzo wymaga-

jące. Potrzebuje ono zapewnienia pomiaru w szerokim zakresie prędkości: od 0,03 m/s u dołu zakresu przepływu, przez 0,15÷0,5 m/s przy normalnej pracy, do 80 m/s lub więcej w odprowadzeniu głównym, podczas spalania awaryjnego. Zakres temperatury pracy dla typowych układów spalania gazów odpadowych to -20÷80°C, ale nawet -200÷100°C dla spalania skroplonego gazu ziemnego (LNG). Zakres ciśnienia wynosi od 5÷15 kPa przy normalnej pracy, do 7 bar w warunkach awarii.

Przepływomierze odprowadzeń gazów odpadowych muszą wytrzymywać skraplanie i korozję, związane z obecnością wody, ciepłych węglowodorów i gazów kwaśnych. Muszą też być odporne mechanicznie, tak, aby wytrzymały duże siły rozciągające, pojawiające się w warunkach awarii. A przy tym wszystkim, muszą one pracować przy wysokich zawartościach wodoru i dwutlenku węgla, co jest bardzo kłopotliwe dla przepływomierzy ultradźwiękowych, ze względu na duże współczynniki osłabienia dla tych gazów.



Rys. 2. Diagonalny (pochylony) układ przetworników jest typowo stosowany w przepływomierzach ultradźwiękowych dla średnic mniejszych niż 350mm

Przepływomierze działające na zasadzie pomiaru ciśnienia różnicowego, generowania wirów lub termodypersyjnej, zostały wypróbowane w instalacjach odprowadzania gazów odpadowych do spalania, ale rezultaty nie były zadowalające. Wady, które ujawniły się podczas testów dotyczą niedostatecznej zakresowości, zbyt długiego czasu reakcji, nieodporności na korozję i wilgoć w gazie oraz wrażliwości na zmiany składu gazu.

Przepływomierze ultradźwiękowe lepiej spełniają wymienione wymagania. Ultra-

dźwiękowy pomiar przepływu gazów odpadowych pojawił się we wczesnych latach osiemdziesiątych, w wyniku prac badawczo-rozwojowych firm Panametrics i Exxon w Baytown, w Teksasie. Obecnie, przepływomierze ultradźwiękowe, to technologia zaakceptowana do pomiarów spalanych gazów odpadowych i stosowana w ponad 3000 instalacji na całym świecie.

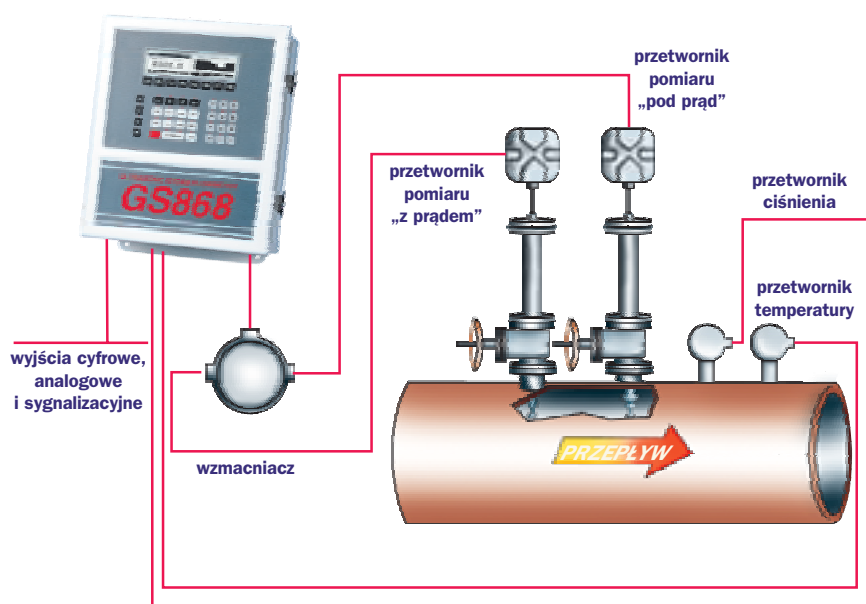
Przepływomierze ultradźwiękowe

Przepływomierz ultradźwiękowy „czasu prześcia” do zastosowań z niskim przepływem gazu, wykorzystuje parę przetworników ultradźwiękowych, zanurzonych w medium. Impulsy ultradźwiękowe są przekazywane na zmianę, od jednego przetwornika do drugiego. Przetworniki zaś są zamontowane w takim ułożeniu, że wymienione impulsy poruszają się w jedną stronę – zgodnie z kierunkiem przepływu gazu, a w drugą – w kierunku przeciwnym do przepływu (rysunek 2). Pomiar różnicy między czasem przelotu sygnału dźwiękowego „pod prąd” i „z prądem” gazu, pozwala obliczyć prędkość gazu, a na tej podstawie, także objętościowe natężenie przepływu.

Znajomość odległości między przetwornikami umożliwia obliczenie prędkości dźwięku w gazie, a stąd także średniej masy cząsteczkowej gazu. Dzięki temu,

nie tylko wylicza się masowe natężenie przepływu, które jest ważne do celów sprawozdawczych, ale także uzyskuje możliwość wyciągania wniosków o charakterze i źródle gazu odpadowego do spalania.

Większość przepływomierzy ultradźwiękowych, w odprowadzeniach o średnicy mniejszej niż 350 mm, używa diagonalnego (nachylonego pod kątem względem linii przepływu) układu zamontowania przetworników, pokazanego na rysunku 2. Do większych rur stosuje się – typowo – konfigurację „mid-radius bias-90”, pokazaną na rysunku 3,



Rys. 3. Przepływomierz DigitalFlow GF868 firmy Panametrics, w typowym układzie dla dużych rurociągów

która jest łatwiejsza do konserwacji i jest mniej wrażliwa na wpływ profilu rozkładu prędkości. Inne układy są stosowane, gdy jest mało miejsca. Użycie zaworów odcinających i dławików na mocowaniu, pozwala na wymianę przetworników bez odcinania przepływu gazu.

Lokalizacja i montaż

Znalezienie dobrego miejsca na zamontowanie przepływomierza może nie być łatwe. Przepływomierze ultradźwiękowe nie mierzą prędkości w całym przekroju rury, jak w przypadku wielu innych technik pomiaru przepływu. Oznacza to, że uzyskanie przez nie dokładnych wyników zależy od dobrej znajomości kształtu profilu prędkości przepływu. Dla zastosowań niskociśnieniowych, takich jak odprowadzenia gazów odpadowych, standardowa rada to zapewnienie prostoliniowego odcinka rurociągu o długości równej 20 średnicom wewnętrznym za przepływomierzem. Może to być trudne dla odprowadzeń z wielu połączeniami i wygięciami, ale jest ważne dla osiągnięcia dokładności pomiarów.

Trzeba unikać lokalizacji mierników ultradźwiękowych za jakimkolwiek możliwym źródłem zakłóceń przepływu gazu, takim jak zawór regulacji przepływu lub regulacji ciśnienia. Pomimo wyrafinowanej techniki przetwarzania cyfrowego sygnału, takie zakłócenia ultradźwiękowe pogarszają stosunek natężenia sygnału pomiarowego do natężenia zakłóceń, a w ekstremalnych przypadkach mogą uniemożliwiać pomiar przepływomierzem.

Dysza przetwornika musi być ustawiona z dokładnością $\pm 1,5$ mm i $\pm 1^\circ$. Jest to trud-

ne zadanie, które najlepiej przeprowadzać w warunkach warsztatowych, a nie w terenie. Dla nowych układów spalania gazów odpadowych lub instalacji, które można wyłączyć w celu konserwacji, najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie „komory przepływowej” – odcinka rury, posiadającego zamontowany cały osprzęt, potrzebny do założenia przetworników.

Takie podejście pozwala na przeprowadzenie prac obróbkowych i spawalniczych w kontrolowanych warunkach, co zapewnia uzyskanie końcowych wymiarów z wymaganą dokładnością. Długość drogi oraz osiową odległość między przetwornikami mierzy się np. z dokładnością $\pm 0,1$ mm. Całą komorę przepływową kalibruje się przy użyciu powietrza, w znanych warunkach temperatury i wilgotności.

Montaż w miejscu pracy

Rozwiązanie z komorą przepływową jest luksusem nieosiągalnym dla wielu instalacji. Zamiast tego, trzy czwarte produkowanych przez firmę GE ultradźwiękowych przepływomierzy spalanych gazów odpadowych, montowanych na całym świecie, instaluje się bezpośrednio na rurociągu, w terenie. Nazywa się to „cold tap (montaż na zimno)” lub „hot tap (montaż na gorąco)”, zależnie od tego, czy układ odprowadzania i spalania jest w czasie montażu wyłączony, czy działa. Prawidłowo wykonana procedura montażu zapewnia, że przepływomierz jest wystarczająco dokładny dla większości zastosowań.

Do dokładnego ustawienia dwu dysz na rurociągu odprowadzenia gazów oraz ich dobrego przytrzymania w czasie spawa-

nia, stosuje się mocujące przyrządy obróbkowe i zaciski. Po spawaniu, sprawdzeniu i testach ciśnieniowych, do dysz mocuje się zawory odcinające. Końcowym etapem jest wejście do rury przy użyciu najpierw wiertła prowadzącego, a następnie piły do otworów, którymi manipuluje się przez otwory zaworów odcinających. Potem wykonuje się gwintowane wejścia do wprowadzenia przetworników ciśnienia i temperatury za przetwornikiem ultradźwiękowym.

Obsługa i wykorzystanie

Nowoczesne, ultradźwiękowe mierniki przepływu posiadają wiele funkcji pomagających w ich kalibrowaniu i konserwacji. Dla przykładu, dane diagnostyczne mogą być przesyłane do serwisowej obsługi technicznej pocztą elektroniczną w czasie rzeczywistym.

Ultradźwiękowe przepływomierze odprowadzenia gazów spełniają wiele użytecznych funkcji. Do celów sprawozdawczych, dotyczących ochrony środowiska oraz sporządzania bilansu masowego, rejestruje się w układzie sterowania instalacją średnią masę cząsteczkową i przepływ masowy, obliczone na podstawie sygnału przepływomierza.

Jeżeli przepływomierz wykazuje przepływ gazu w rurociągu odprowadzającym, a nie wynika on ze stanu pracy układu, to znajomość miejsca zamontowania przepływomierza oraz masy cząsteczkowej gazu, pomagają w wykryciu urządzenia, z którego gaz pochodzi. Rzeczywistym źródłem wypływu jest często ciśnieniowy zawór bezpieczeństwa, który przestał się dobrze domykać.

Obsługujący używają też przepływomierzy gazów odpadowych do sterowania ilością pary wodnej, wstrzykiwanej do dyszy spalania w celu zapobiegania powstawaniu dymu.



Opracowanie
Wojciech Wydra

ukończył wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Specjalność Maszyny i Urządzenia Energetyczne
W Introlu pracuje od 01.04.2002 obecnie na stanowisku kierownika działu pomiarów przepływu

tel. 032/7890090
e-mail: przeplyw @introl.pl

Na podstawie materiałów firmy GE Panametrics