

Urządzenie i sposób pomiaru skuteczności filtracji powietrza.

dr inż. Stanisław Kamiński, mgr Dorota Kamińska

WSTĘP

Obecnie nie może istnieć żaden zakład przerabiający sproszkowane materiały masowe bez urządzeń filtrujących powietrze, Od jakości zastosowanych filtrów zależy jakość pracy w zakładzie i jakość życia okolicznych mieszkańców. Poniżej przedstawiono urządzenie i sposób badań urządzeń filtrujących powietrze.

- Analizator IPS w wersji W jest automatycznym urządzeniem do pomiaru on-line wymiarów i koncentracji cząstek w powietrzu przepływającym przez rurociąg.
- Pomiar jest izokinetyczny dla granulacji cząstek od 0,5 do 500 μm .
- Poza pomiarem granulacji, mierzona jest temperatura i wydatek.

Dla pomiaru skuteczności filtracji można stosować jeden ruchomy lub dwa stałe punkty pomiarowe składające się ze zwężki z czujnikiem cząstek. Analizator może mierzyć i sumować masy nawet pojedynczych cząstek.

OPIS METODY

Zasada działania analizatora IPS polega na pomiarze zmian strumienia promieniowania podczerwonego, który jest rozpraszany przez poruszające się w strefie pomiaru cząstki. Zmiany strumienia promieniowania po obróbce elektronicznej rejestrowane są przez komputer.

W ten sposób uniknięto pewnych wad „dyfrakcji laserowej” stosowanej w pełnym zakresie pomiarowym, gdzie pojedyncze, największe cząstki dają słabe zmiany obrazu dyfrakcyjnego.

W analizatorach IPS nie ma ograniczeń optycznych dla pomiaru pojedynczych małych i dużych cząstek.

Strumień promieniowania w podczerwieni nie tylko identyfikuje wielkość cząstek, ale jeszcze pozwala je precyzyjnie zliczyć w całym zakresie pomiarowym.

Po zakończeniu pomiaru danej próbki wyniki przedstawiane są za pomocą statystycznych parametrów zbioru, jak również rozkładów różnych właściwości cząstek.

Analizator składa się z jednego lub dwóch czujników pomiarowych.

Przepływ przez czujnik zapewnia by-pass, który podłączony jest do specjalnie ukształtowanej zwężki. Wlot i wylot by-pass'a ustawiony jest tak, żeby wykorzystana była maksymalna różnica ciśnień wytwarzana przez zwężkę. Zwężka razem z czujnikiem cząstek stanowi jeden punkt pomiarowy. Wydatek i temperatura mierzona jest w innym miejscu rurociągu.

Wstępnie pomiar amplitudy impulsu (wielkości cząstki) odbywa się na 4096 kanałach pomiarowych (przetwornik A/C wykorzystuje 12 z 16 bitów).

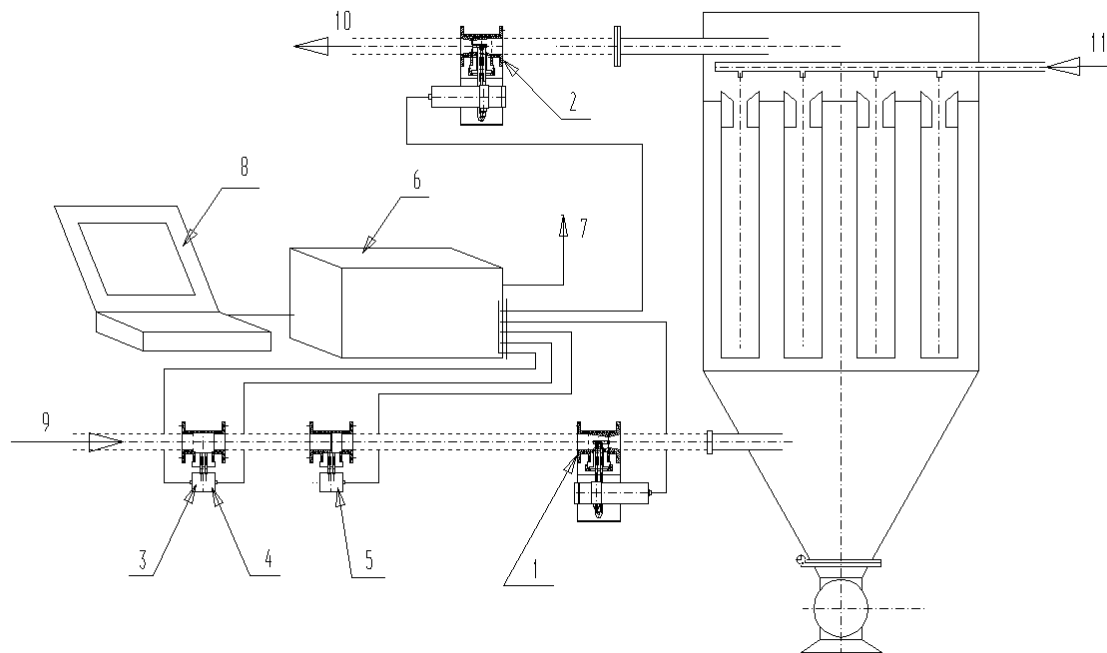
Każdej cząstce odpowiada impuls elektryczny proporcjonalny do wielkości cząstki. Zbiór cząstek jest pierwotnie mierzony z podziałem na 4096 klas wymiarowych i przekształcany (kalibrowany) na 256 klas wymiarowych dostępnych dla użytkownika.

Wydatek jest mierzony maksymalnie co 0,2 sekundy z dokładnością 0,4 %. Do obliczenia wartości wydatku uwzględnia się wpływ temperatury. Objętość powietrza wyliczona jest z sumy chwilowych wydatków. Zmiany wydatku nie wpływają na dokładność pomiaru zassanej objętości.

Przyrząd służy do pomiaru rozkładu charakterystycznych właściwości zbioru cząstek takich jak ilość lub objętość, która przy jednakowym ciężarze właściwym jest jednocześnie rozkładem masy. Rozkład ten zależy od sposobu kalibracji przyrządu i kształtu cząstek. Jeśli cząstka ma kształt sferyczny, to jej masa jest jednoznacznie oznaczona matematycznie. IPS może być również kalibrowany dla cząstek o dowolnym kształcie według analizy sitowej. Wówczas wyniki pomiarów będą się różniły od obliczeń według kalibracji sferycznej. Ze względu na wielomilionowy zbiór cząstek mierzonych jednakowo podczas każdego pomiaru próbki, rozkład wielkości cząstek zapamiętany w 256 klasach wymiarowych jest jednoznaczny, niezależnie od sposobu obliczeń.

SPOSÓB POMIARU

Schemat połączenia analizatora IPS W do badanego filtra workowego przedstawiony jest na Rys. 1.

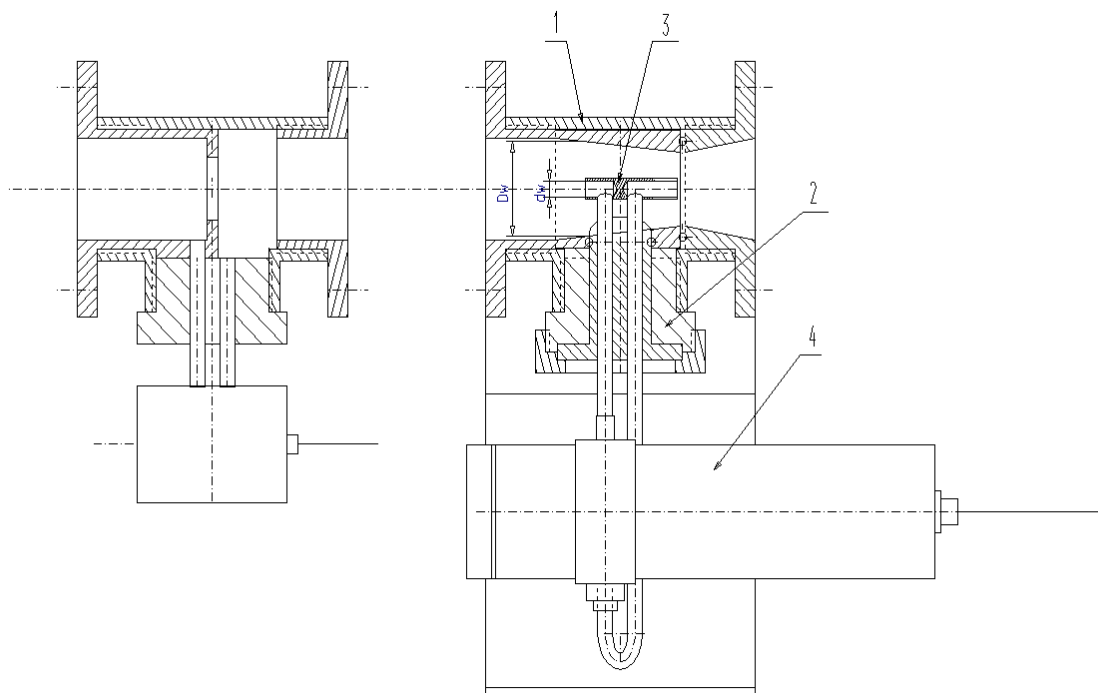


Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

Analizator IPS W, składa się z kilku podzespołów, które można podłączyć do rurociągu doprowadzającego brudne powietrze [9] i rurociągu odprowadzającego czyste powietrze [10]. Podzespoły o różnej konfiguracji i wielkości składają się z sondy pomiarowej [1] i [2] wielkości i ilości cząstek, czujnika temperatury [3] i czujnika ciśnienia całkowitego [4] oraz czujnika różnicy ciśnień [5] zamocowanego na kryzie. Wszystkie czujniki podłączone są poprzez przedwzmacniacze z elektronicznym blokiem pomiarowym (EBP) [6], do którego podłączony jest komputer [8] przez kabel typu USB-2.0.

Komputer [8] rejestruje wyniki pomiarów z częstotliwością 480 kHz lub większą.

Na Rys. 2. przedstawiona jest kryza do pomiaru wydatku i zespół sondy pomiarowej składający się z korpusu [1], , który ma dwa kołnierze do zamocowania na rurociągu. W korpusie [1] znajduje się kołowe przewężenie, gdzie usytuowane są rurki [3] do poboru i odprowadzania pyłu. Rurki [3] zamocowane są we wkładzie [2] zamontowanym w korpusie [1]. Do korpusu [1] zamocowany jest czujnik cząstek [4].



Rys. 2. Czujnik analizatora IPW W

Dla celów badawczych, elektroniczny blok pomiarowy [6], przedstawiony na Rys. 1., może zapewniać sygnał zwrotny [7] do automatycznego sterowania dozowaniem pyłu. Komputer jednocześnie rejestruje wyniki pomiarów z sond i prezentuje je w czasie rzeczywistym na monitorze.

Na monitorze dodatkowo w sposób ciągły uwidocznione są zmiany ciśnienia, wydatku i temperatury. Zbiorcze wyniki pomiarów można rejestrować dla zaprogramowanego przedziału czasu lub żądanej objętości powietrza.

Na Rys. 3. przedstawiony jest widok wykonanego czujnika cząstek.



Rys. 3. Wykonana sonda IPS W

OPIS UKŁADU PRZEPLYWOWEGO I POMIARU ILOŚCI CZĄSTEK ANALIZATORA IPS W

. Pomiar wydatku powietrza odbywa się za pomocą kryzy połączonej z elektronicznym czujnikiem różnicy ciśnień. Jednocześnie elektronicznie rejestrowana jest temperatura.

Wydatek powietrza wynosi:

$$Q = K * A * \sqrt{\frac{2\Delta P}{\gamma}} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

gdzie: $K = f(\text{Re})$ jest współczynnikiem zależnym od liczby Reynoldsa

A jest przekrojem kryzy $A = 0,785 * d_2^2 * 10^{-6} [m^2]$

γ ciężar właściwy powietrza, zależny tylko od temperatury

$$\gamma = 0,132 - 0,0045T \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

ΔP jest różnicą ciśnień wywołaną przez kryzę.

Równoległe z pomiarem rzeczywistego wydatku mierzy się wielkość i ilość cząstek.

Sonda do pomiaru zapylenia składa się ze zmodyfikowanej zwężki Venturiego, w której osiowo zamontowano wlot i wylot minimalnego by-pass'a poprzez dwie rurki wychodzące na zewnątrz zwężki i połączone odpowiednio z wlotem i wylotem czujnika cząstek.

Po zarejestrowaniu rozkładu ilościowego cząstek z rozdzielczością 12 bit można wyznaczyć całkowitą objętość zmierzonych cząstek według rozkładu na 256 klas wymiarowych:

$$V_C = 0,523 * \sum_0^i (D_i^3 * n_i) \quad \left[\frac{\mu m^3}{s} \right]$$

po wprowadzeniu ciężaru właściwego pyłu:

$$V_{g_i} = V_C * B_{V_i} * \gamma * 10^{-3} \quad \left[\frac{mg}{s} \right]$$

gdzie $B_{V_i}=0-1$ jest to udział objętościowy wyznaczonej frakcji pyłu

γ ciężar właściwy pyłu w $\left[\frac{g}{cm^3} \right]$ przeliczony automatycznie na $\left[\frac{mg}{\mu m^3} * 10^{-3} \right]$

Ostatecznie stężenie masowe pyłu w powietrzu wynosi:

$$SM = \frac{V_g * \left(\frac{D_w}{d_w} \right)^2}{Q_{KRYZY}}$$

Wykonując pomiary stężenia masowego przed i za filtrem można określić skuteczność filtracji:

$$\eta_{MASOWE} = \frac{SM_1 - SM_2}{SM_1}$$

gdzie: SM1 - stężenie masowe pyłu przed filtrem

SM2 - stężenie masowe pyłu za filtrem .

Wielu autorów beztrąsko porównuje stężenie masowe z ilościowym. To są dwie różne wielkości i sprawności filtra będą także różne. Należy zwracać uwagę, że:

$$\eta_{ILOSCIOWE} \neq \eta_{MASOWE}$$

oraz, że każda sprawność filtra odnosi się do określonego zakresu cząstek.

Literatura:

Instrukcja obsługi analizatora IPS W opracowana dla WICh Politechniki
Warszawskiej przez firmę KAMIKA Instruments www.kamika.pl