

Marek OCHOWIAK, Magdalena MATUSZAK, Sylwia WŁODARCZAK, Małgorzata ANCUKIEWICZ, Andżelika KRUPIŃSKA

e-mail: marek.ochowiak@put.poznan.pl

Institut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Analiza wpływu wybranych parametrów na oczyszczanie powietrza w odpylaczu komorowym wykorzystującym zjawisko ruchu wirowego

Wstęp

Odpylacze są urządzeniami do usuwania cząstek ciał stałych (pyłów) lub kropelek cieczy (mgły) z gazów, które transportują te pyły. Dzieli się je na dwie zasadnicze grupy tj. odpylacze suche i odpylacze mokre. Inny podział odpylaczy dotyczy rodzaju zjawisk fizycznych, na których opiera się dany proces zachodzący w aparacie. Dla odpylaczy suchych rozróżnia się odpylacze wykorzystujące: siłę odśrodkową (cyklony i multicyklony), siłę grawitacji (komory osadczce), siłę bezwładności (odpylacze inercyjne), siły elektrostatyczne (elektrofiltry) i filtrację (odpylacze workowe, filtry włókninowe i ziarniste) [Kabsch, 1992; Warych, 1998, 1999; Lewandowski i Aranowski, 2016].

Odpylacze grawitacyjne korzystają w procesie odpylania z siły ciężkości, która działa na poruszające się ziarna pyłu. Sposób działania odpylaczy grawitacyjnych opiera się na wytworzeniu takich warunków przepływu gazu, aby ziarna pyłu niesione przez gaz wytrąciły się ze strumienia gazu na skutek działania siły ciężkości, a następnie zostają odseparowane. Jest to najprostszy sposób odpylania. Warunkiem zastosowania odpylaczy grawitacyjnych jest odpowiednio duża masa ziarna pyłu. Do odpylaczy grawitacyjnych zalicza się głównie komory osadczce, stosowane zwykle jako odpylacze wstępne [Warych, 1996; Eco Instal Holding, 2010]. Charakteryzują się one małymi oporami przepływu, prostą konstrukcją oraz niestety niską skutecznością separacji cząstek pyłu. Urządzenia te separują tylko największe ziarna o średnicach powyżej 40÷50 µm [Kabsch, 1992; Warych, 1998, 1999].

Odpylacze odśrodkowe stanowią kolejną grupę odpylaczy suchych, których praca oparta jest na efekcie działania siły bezwładności na ziarna pyłu znajdujące się w ruchu spiralnym. Wadami odpylaczy odśrodkowych są: niska prędkość wlotowa gazu do odpylacza (konieczna by zaistniały warunki do separacji), stosunkowo niskie skuteczności przedziałowe, zagrożenie wybuchem oraz narażenie urządzenia na erozję. Zaletami są niewątpliwie wysoka skuteczność odpylania ziaren o średnicach od 5 do 10 µm, niewielkie straty czyszczenia oraz niewielkie koszty eksploatacyjne [Kabsch, 1992].

Podstawowymi siłami działającymi na cząstkę o masie m_s są: siła ciężkości:

$$F_c = m_s \cdot g \quad (1)$$

i siła odśrodkowa:

$$F_r = \frac{m_s v^2}{r} \quad (2)$$

Prosta budowa oraz zajmowana bardzo mała ilość miejsca pozwala na montaż bezpośrednio przed odpylaczem głównym albo na kanale doprowadzającym, przy czym wymiary przyłączeniowe odpylacza są praktycznie równe rozmiarom kanału. Podstawową wielkością charakteryzującą urządzenie oczyszczające jest jego sprawność [Kuroпка, 1989]:

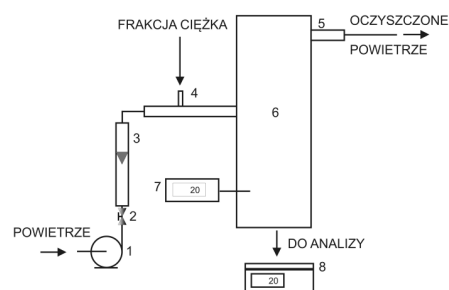
$$E = \frac{m_z}{m_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

Przedmiotem niniejszej pracy było eksperymentalne wyznaczenie całkowitej sprawności odpylacza komorowego wykorzystującego ruch wirowy w zależności od strumienia oczyszczanego powietrza oraz rozmiarów cząstek ciała stałego zanieczyszczającego gaz.

Badania doświadczalne

Aparatura. Schemat instalacji badawczej przedstawiono na rys. 1. Regulacji strumienia powietrza dokonywano przy użyciu auto-

transformatora regulującego napięcie na silniku dmuchawy – 1 oraz za pomocą zaworu – 2 a jego wartość odczytywano na rotametrze – 3. Frakcję ciężką cząstek ciała stałego podawano do króćca wlotowego – 4. Średnica króćców wlotowego – 4 i wylotowego – 5 wynosiła $d = 0,028$ m. Badania doświadczalne procesu oczyszczania strumienia powietrza przeprowadzono dla cylindrycznego odpylacza wirowego – 6 o średnicy wewnętrznej komory $D = 0,09$ m i wysokości $H = 0,45$ m. Temperaturę procesu mierzono wewnątrz komory termometrem – 7, a zatrzymaną masę frakcji ciężkiej ważono za pomocą wagi – 8.



Rys. 1. Instalacja badawcza: 1 – dmuchawa, 2 – zawór do regulacji natężenia przepływu powietrza, 3 – rotametr, 4 – króciec wlotowy z podajnikiem pyłu, 5 – króciec wylotowy, 6 – odpylacz, 7 – termometr, 8 – waga precyzyjna

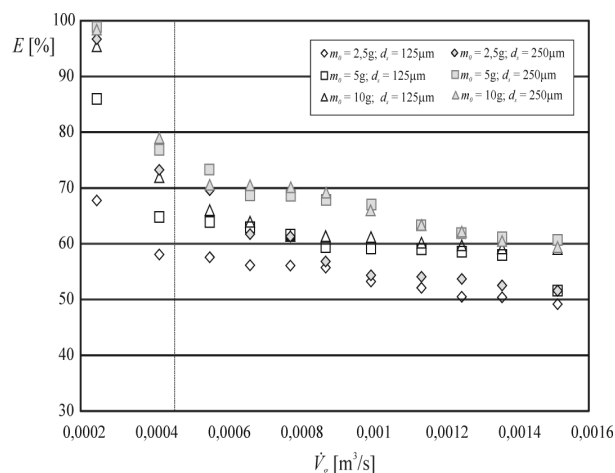
Badany odpylacz można zaliczyć do grupy odpylaczy grawitacyjnych (dla objętościowego strumienia powietrza do około $4,2 \cdot 10^{-4}$ m³/s wartość siły ciężkości przewyższa wartość siły odśrodkowej) oraz do grupy odpylaczy odśrodkowych suchych (dla objętościowego strumienia powietrza powyżej $4,2 \cdot 10^{-4}$ m³/s, dla którego wartość siły odśrodkowej przewyższa wartość siły ciężkości). Istotną zmianą konstrukcyjną, w odniesieniu do klasycznych osadników komorowych jest cylindryczna komora mieszania oraz styczny wlot zanieczyszczonego powietrza [Mieszkowski, 2008; Ochowiak i in., 2016].

Materiał badawczy (frakcję ciężką) stanowiły piaski, które opisa- no szczegółowo w pracy [Ochowiak i in., 2016]. Wykonano frakcjonowanie cząstek frakcji ciężkiej z wykorzystaniem analizy sitowej za pomocą zestawu sit i wytrząsarki sitowej AS 200 firmy Retsch. Do pomiaru masy cząstek frakcji ciężkiej służyła precyzyjna waga Radwag PS 210/C/2 mierząca masę z dokładnością do $\pm 0,001$ g.

Zakres badań. Wielkościami bezpośrednio mierzonymi były: średnice ziaren ciała stałego, masa cząstek frakcji ciężkiej w strumieniu gazu na wlocie do aparatu (m_0), masa cząstek frakcji ciężkiej pozostająca po procesie w komorze osadczcej (m_z), natężenie przepływu gazu oraz temperatura procesu. Badania przeprowadzono w zakresie zmienności objętościowego strumienia powietrza od $2,4 \cdot 10^{-4}$ do $15,1 \cdot 10^{-4}$ m³/s dla wybranych frakcji ciała stałego o średnicach d_s od 100 µm do 600 µm. Badania przeprowadzono dla wartości m_0 równej 2,5 g, 5 g, 7,5 g i 10 g. Temperatura badanego układu wynosiła 20 ± 1 °C.

Wyniki i ich analiza

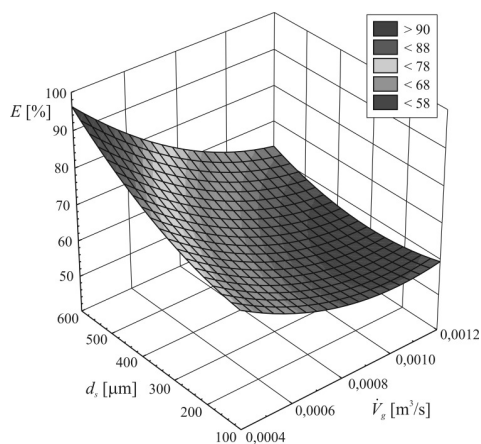
Na rys. 2 przedstawiono zależności sprawności odpylania od objętościowego natężenia przepływu powietrza dla cząstek ciała stałego o średnich średnicach 125 i 250 µm oraz dla $m_0 = 2,5$ g, $m_0 = 5$ g i $m_0 = 10$ g.



Rys. 2. Sprawność odpylania w funkcji objętościowego strumienia gazu dla wybranych wartości m_0 i wielkości ziaren pyłu – na wykresie linią pionową zaznaczono objętościowy strumień powietrza, dla którego wartość siły ciężkości zrównuje się z wartością siły odśrodkowej

Największą skuteczność odpylania uzyskano przy najmniejszych wartościach natężenia przepływu gazu. Sprawność odpylania maleje wraz ze wzrostem natężenia przepływu strumienia zanieczyszczonego powietrza oraz ze zmniejszaniem się średnicy (masy) cząstki pyłu. Niewielki wpływ na skuteczność odpylania ma masa wprowadzonego pyłu, przy czym jej wzrost przyczynia się do wzrostu sprawności odpylacza. Wpływ ten widoczny jest szczególnie przy niewielkich natężeniach przepływu gazu.

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że wraz ze wzrostem średnicy cząstki pyłu sprawność odpylania wzrasta. Na rys. 3 przedstawiono zależność uśrednionych wartości sprawności odpylania od średnic cząstek pyłu i objętościowego strumienia gazu. Uzyskane sprawności są wyższe w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla filtra komorowego opisanego we wcześniejszej pracy [Ochowiak i in., 2016], co wynika z wykorzystania zjawiska ruchu wirowego.

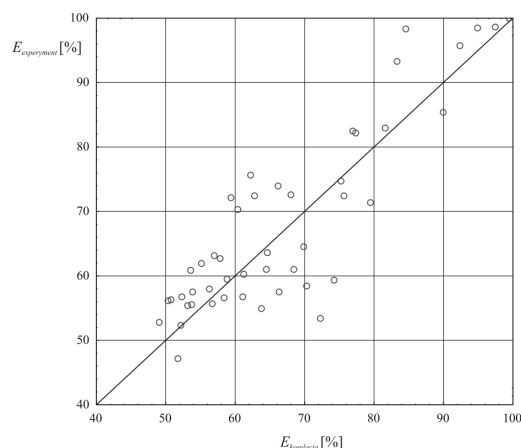


Rys. 3. Uśrednione wartości sprawności odpylania w funkcji wielkości ziaren pyłu i strumienia gazu dla przebadanej konstrukcji odpylacza

Analiza uzyskanych danych doświadczalnych pozwoliła na wyznaczenie równania łączącego sprawność odpylania z badanymi wielkościami o postaci użytkowej ważnej z punktu widzenia praktyki inżynierskiej:

$$E = C \cdot \dot{V}_g^A \cdot d_s^B \quad [\%] \quad (4)$$

Równanie jest słuszne w zakresie przebadanych zmiennych, a założony poziom ufności wynosił 95%. Uzyskane wartości stałej C i wykładników potęgi A i B w równ. (4) wynoszą odpowiednio: $C = 3,87$, $A = -0,33$, $B = 0,08$. Współczynnik korelacji $R = 0,863$. Porównanie wartości sprawności odpylania uzyskanych doświadczalnie z wartościami obliczonymi z zaproponowanego równ. (4) przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Porównanie uzyskanych doświadczalnie wartości sprawności odpylania z wartościami teoretycznymi

Zaprojektowany i przebadany odpylacz o cylindrycznym kształcie wykorzystujący zjawisko ruchu wirowego przyczynia się do oszczędności materiałów, z których wykonany jest odpylacz. W zależności od rozmiarów odpylacza oszczędność materiału może sięgać 25%. Charakteryzuje się on także większą sprawnością w porównaniu do sprawności aparatów o klasycznej konstrukcji oraz do konstrukcji zmodyfikowanej opisaną w pracy [Ochowiak i in., 2016].

Uzyskane wyniki mają potencjalne znaczenie praktyczne. Poprzez niewielką modyfikację konstrukcji urządzenia odpylającego można poprawić pracę i skuteczność całej instalacji odpylającej.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono zależności sprawności odpylania cylindrycznego odpylacza komorowego wykorzystującego ruch wirowy w zależności od strumienia oczyszczonego powietrza oraz rozmiarów cząstek ciała stałego. Na podstawie uzyskanych badań wykazano, że:

- sprawność urządzenia maleje ze wzrostem natężenia przepływu zanieczyszczonego powietrza,
- wraz ze wzrostem średnicy cząstki ciała stałego sprawność odpylania wzrasta,
- sprawność aparatu nieznacznie wzrasta ze wzrostem koncentracji ciała stałego na wlocie,
- dzięki cylindrycznemu kształtowi aparatu możliwa jest oszczędność materiałów,
- zaproponowana konstrukcja wykorzystująca ruch wirowy charakteryzuje się większą sprawnością w porównaniu do sprawności cylindrycznego odpylacza komorowego.

Uzyskane dane mogą być wykorzystane do projektowania cylindrycznych odpylaczy komorowych i odpylaczy wykorzystujących ruch wirowy.

LITERATURA

- Kabsch P., (1992). *Odpylanie i odpylacze*. WNT, Warszawa
- Kuropka J., (1989). *Oczyszczanie gazów odlotowych z zanieczyszczeń gazowych*, Wyd. Pol. Wrocławskiej, Wrocław
- Lewandowski W.M., Aranowski R., (2016). *Technologie ochrony środowiska w przemyśle i energetyce*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa
- Eco Instal (2010). *Odpylacz komorowy OK*, (6.2010): <http://www.ecoinstal.pl>
- Mieszkowski A., (2008). Zwiększenie skuteczności odpylania cyklonów, *Czas. Tech.*, 2, 213-220
- Ochowiak M., Broniarz-Press L., Nastenka O., (2016). Oczyszczanie strumienia powietrza w cylindrycznym odpylaczu komorowym, *Inż. Ap. Chem.*, 55(2), 66-67
- Warych J., (1996). *Aparaty i urządzenia przemysłu chemicznego i przetwórczego*, WSiP, Warszawa
- Warych J., (1998). *Oczyszczanie gazów. Procesy i aparatura*, WNT, Warszawa.
- Warych J., (1999). *Procesy oczyszczania gazów. Problemy projektowo-obliczeniowe*, Wyd. Pol. Warszawskiej, Warszawa

Praca została wykonana w ramach działalności statutowej Politechniki Poznańskiej 03/32/DSPB/0702