

Marek OCHOWIAK¹, Lubomira BRONIARZ-PRESS¹, OIha V. NASTENKO²

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

¹ Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań² Department of Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries, Faculty of Technical Systems and Energy Efficient Technologies, Sumy State University, Sumy, Ukraine

Oczyszczanie strumienia powietrza w cylindrycznym odpylaczu komorowym

Wstęp

W wielu procesach technologicznych pojawia się problem oczyszczania gazów z zanieczyszczeń stałych. Znanych jest wiele metod separacji cząstek ciała stałego ze strumienia gazowego, wykorzystujących różne mechanizmy odpylania. Pyły wydzielane są z gazu w wyniku zderzenia cząstek z powierzchnią kolektora. Kolektorami mogą być powierzchnie płaskie, cylindryczne, kuliste oraz elementy o nieregularnych kształtach w postaci warstw. Zderzenie cząstki z powierzchnią kolektora następuje w wyniku bezpośredniego zaczepienia pod wpływem sił grawitacji, bezwładności, dyfuzyjnych lub elektrostatycznych [Warych, 1998].

Odpylacze grawitacyjne wykorzystują w procesie odpylania siłę ciężkości, która działa na poruszające się cząstki ciała stałego (pył) [Warych, 1998; 1999]. Działanie odpylaczy grawitacyjnych opiera się na wytworzeniu takich warunków przepływu gazu, aby cząstki niesione przez gaz wytrąciły się ze strumienia gazu na skutek działania siły ciężkości, a następnie zostały odseparowane. Jest to najprostszyszy sposób odpylania. Warunkiem zastosowania odpylaczy grawitacyjnych jest odpowiednio duża masa ziarna pyłu.

Do odpylaczy grawitacyjnych zalicza się głównie odpylacze komorowe. Są one stosowane zwykle jako odpylacze wstępne. Charakteryzują się małymi oporami przepływu, prostą konstrukcją oraz niską efektywnością separacji cząstek pyłu. Wadą jest to, że urządzenia te separują tylko największe ziarna powyżej 40 μm .

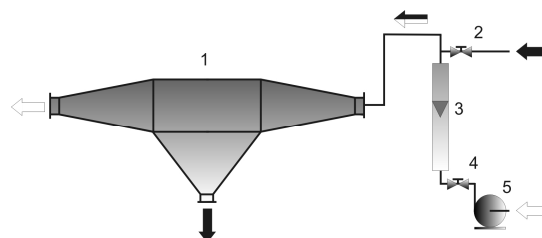
Odpylacze komorowe (komory osadczcze, komory pyłowe) stosuje się jako pierwszy stopień odpylania przed filtrami workowymi i cyklonofiltrami. Chroni się w ten sposób przed nadmiernym zużyciem głównego urządzenia odpylającego. Spełniają również pośrednio rolę separacji cząstek w procesach, w których grubsze frakcje są wykorzystywane ponownie w procesie produkcji (np. różnego rodzaju oczyszczarki, wytwórnie mas bitumicznych, itp.) [Warych, 1996; Eco Instal Holding, 2010]. Prosta budowa oraz zajmowana bardzo mała ilość miejsca pozwala na montaż bezpośrednio przed odpylaczem głównym albo na kanale doprowadzającym (jego wymiary przyłączeniowe są praktycznie równe rozmiarom kanału). Podstawową wielkością charakteryzującą urządzenie oczyszczające jest jego sprawność opisana równaniem [Kuroпка, 1989]:

$$\eta = \frac{m_s}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

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

Badania doświadczalne

Aparatura. Instalację badawczą pokazano na rys. 1. Badania przeprowadzono w cylindrycznym odpylaczu komorowym – 1. Odpylacz komorowy miał komorę o średnicy $D = 0,1\text{ m}$ i wysokości $H = 0,45\text{ m}$. Króćce wlotowy i wylotowy miały taką samą średnicę $d = 0,023\text{ m}$. Zanieczyszczenia (piasek) podawano króćcem – 2. Cząstki ciała stałego mogły być podawane w sposób okresowy lub w sposób ciągły z określoną szybkością. Konstrukcja odpylacza umożliwiała płynną regulację natężenia przepływu gazu za pomocą zaworu – 4. Gaz podawany był do aparatu przez rotametr – 3 za pomocą dmuchawy – 5. Bezpośrednio mierzono: średnice ziaren pyłu, masę pyłu dostarczanego do strumienia gazu na wlocie do aparatu (m_0),



Rys. 1. Instalacja pomiarowa: 1 – odpylacz komorowy, 2 – zawór regulujący szybkość podawania pyłu, 3 – rotametr, 4 – zawór do regulacji natężenia przepływu powietrza, 5 – dmuchawa

masa pyłu odbieranego z komory osadczczej (m_s), natężenie przepływu gazu oraz temperaturę procesu.

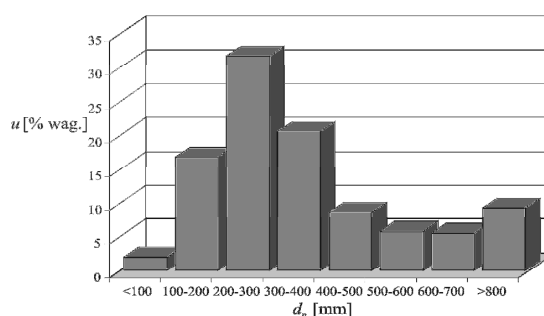
Materiał badawczy stanowiły piaski, które pochodzą z piaszczystej plaży nadmorskiej okolic Mielna koło Koszalina. Nadmorskie piaski plażowe są dobrze wysortowane, a ich ziarna są dobrze obtoczone (mają owalne zarysy). Przeciętnie zawierają one około 1÷1,5% wagowych minerałów ciężkich, tj. tych o gęstości powyżej 2800 kg/m^3 . Frakcja lekka, stanowiąca około 99% wag. piasku, składała się zasadniczo z ziaren kwarcu oraz skaleni.

Metodyka. Pierwszym etapem badań było wykonanie analizy materiału rozdrobnionego (piasku) według rozmiaru cząstek z wykorzystaniem analizy sitowej. Badania przeprowadzono za pomocą zestawu sit i wytrząsarki sitowej AS 200 firmy Retsch. Do pomiaru masy cząstek ciała stałego zatrzymanego w komorze odpylacza służyła precyzyjna waga Radwag PS 210/C/2 mierząca masę z dokładnością do $\pm 0,001\text{ g}$.

Kolejnym etapem badań była ocena sprawności aparatu dla wyłapywania frakcji ciężkiej o średnicach ziaren od 100 μm do 600 μm . Badania doświadczalne przeprowadzono dla różnych mas ciała stałego (od 1 do 10 g) przy różnych strumieniach objętościowych strumienia gazu. Badania przeprowadzono w zakresach zmienności natężenia przepływu powietrza od 1,6 do 3,0 m^3/h dla wybranych frakcji piasku. Temperatura badanego układu wynosiła 20°C.

Wyniki i ich analiza

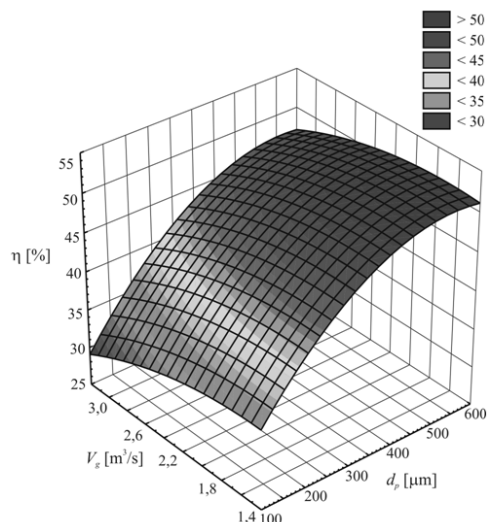
Analiza uzyskanych danych doświadczalnych wykazała, że najmniejszą masę pyłu uzyskano dla odsiewu ziaren o średnicach poniżej 100 μm . Wynosiła ona 2% całkowitej masy złoża. Największą masę materiału sypkiego otrzymano w odsiewie pozostałym na sicie o wielkości oczek 200 μm (32%). Na rys. 2 przedstawiono uzyskany histogram rozkładu średnic cząstek badanego pyłu.



Rys. 2. Rozkład wielkości ziaren piasku uzyskany na podstawie analizy sitowej

Analiza danych wykazała, że rozkład jest jednomodalny z maksimum wartości dla cząstek o średnicy 200÷300 μm .

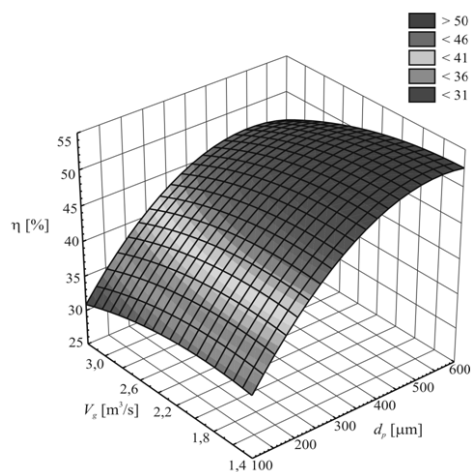
Na rys. 3 i 4 przedstawiono zależności sprawności odpylania od natężenia przepływu powietrza dla $m_0 = 5 \text{ g}$ i $m_0 = 10 \text{ g}$. Największą skuteczność odpylania uzyskano przy najmniejszych wartościach natężenia przepływu gazu. Maksymalna zaobserwowana wartość sprawności odpylania wynosi około 70%, natomiast najmniejsza około 30%. Generalnie, sprawność odpylania maleje wraz ze wzrostem natężenia przepływu strumienia zanieczyszczonego powietrza.



Rys. 3. Sprawność odpylania w funkcji wielkości ziaren pyłu i strumienia gazu dla $m_0 = 5 \text{ g}$

Najbardziej istotną z punktu widzenia wydzielania cząstek ciała stałego ze strumienia gazu jest średnica cząstek. Badania wykazały, że wraz ze wzrostem średnicy cząstki sprawność odpylania wzrasta. Najniższą sprawność aparatu uzyskano dla cząstek o najmniejszych średnicach. Szczególnie widoczne jest to dla wzrastającej średnicy cząstki do około 400 μm . Dla cząstek o średnicy powyżej 400 μm obserwowany wzrost sprawności aparatu związany ze wzrostem średnicy cząstki (od 400 do 600 μm) nie jest już tak duży.

Wykazano, że ze wzrostem masy wprowadzonego pyłu sprawność aparatu nieznacznie wzrasta. Może to być efektem zmniejszenia się prędkości cząstek pyłu w strumieniu wynikającego ze wzajemnego oddziaływania cząstek pyłu i ich zderzania się.



Rys. 4. Sprawność odpylania w funkcji wielkości ziaren pyłu i strumienia gazu dla $m_0 = 10 \text{ g}$

Należy nadmienić, że wpływ ten jest nieznaczny i nieporównywalnie mniejszy niż wpływ średnicy cząstki ciała stałego czy też strumienia gazu.

Na rys. 5 przedstawiono uśrednione wartości skuteczności odpylacza komorowego niezależniąc wynik od koncentracji cząstek ciała stałego w strumieniu gazu.

Uzyskane wartości sprawności są zgodne z danymi literaturowymi dla tego typu odpylaczy, które podają, że sprawność odpylania filtrów komorowych wynosi około 60%.

Zaprojektowany odpylacz komorowy o cylindrycznym kształcie przyczynia się do oszczędności materiałów, z których jest wykonany. Oszczędności metalu wynoszą około 25% i zależą od rozmiarów odpylacza.

Uzyskane wyniki mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale i praktyczne. Na ich podstawie można optymalizować konstrukcję urządzenia odpylającego oraz parametry jego pracy.

Podsumowanie i wnioski

Przedstawiono zależności sprawności odpylania cylindrycznego odpylacza komorowego w zależności od strumienia oczyszczanego powietrza oraz rozmiarów cząstek ciała stałego.

Na podstawie badań stwierdzono, że:

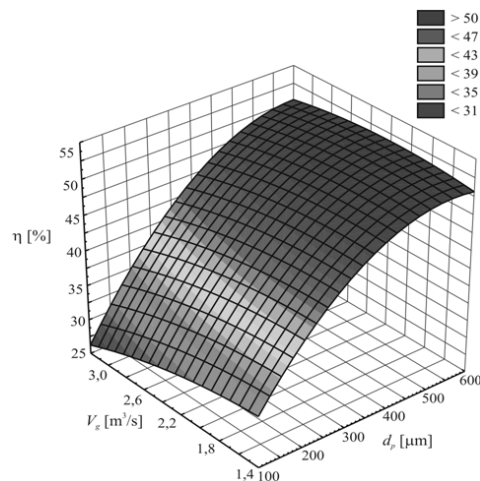
- skuteczność odpylania maleje ze wzrostem natężenia przepływu gazu,
- wraz ze wzrostem średnicy cząstki sprawność odpylania wzrasta,
- sprawność aparatu nieznacznie wzrasta ze wzrostem koncentracji wprowadzonego pyłu
- dzięki cylindrycznemu kształtowi aparatu możliwa jest oszczędność materiału.

Uzyskane dane mogą być wykorzystane w procesie projektowania cylindrycznych odpylaczy komorowych.

LITERATURA

- Eco Instal Holding Sp. z o.o., *Odpylacz komorowy OK*, (10.2015): http://www.ecoinstal.pl/Odpylacz_komorowy,114.html
- Kuropka J., (1989). *Oczyszczanie gazów odlotowych z zanieczyszczeń gazowych*. Wyd. Pol. Wrocławskiej, Wrocław
- 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 PUT 03/32/DSPB/0502



Rys. 5. Uśrednione wartości sprawności odpylania w funkcji wielkości ziaren pyłu i strumienia gazu dla przebadanej konstrukcji odpylacza komorowego