

CYKLONY I HYDROCYKLONY

Jakub Niechcial (Wrocław)

Uwaga od redakcji: Artykuł ten ma charakter wyraźnie techniczny, ale prezentujemy go ze względu na znaczenie omawianych urządzeń w systemach ochrony środowiska.

We współczesnym społeczeństwie, które staje się coraz bardziej świadome w kwestii funkcjonowania świata i techniki, pojawiają się zagadnienia związane z odzyskiem cennych składników z mieszaniny płynów. Cyklony i hydrocyklony mają duże znaczenie w procesie oczyszczania cieczy, jak i gazów. Urządzenia te są ważnym elementem przemysłowym. Znajdują zastosowanie nie tylko w ochronie środowiska, ale również z powodzeniem mogą służyć w procesie wzbogacania np. węgla lub w systemie zagęszczania zawiesin. Często używane są do wydzielenia sztucznego gipsu z zawiesin powstających w instalacjach mokrego odsiarczania, co pozwala zmniejszyć emisję SO_2 w elektrowniach węglowych. W miastach bardzo często współpracują z oczyszczalniami ścieków komunalnych, gdzie jednym z elementów procesu oczyszczania jest odpiaszczanie zawiesiny. Innymi źródłami zanieczyszczeń mogą być m.in.: transport,

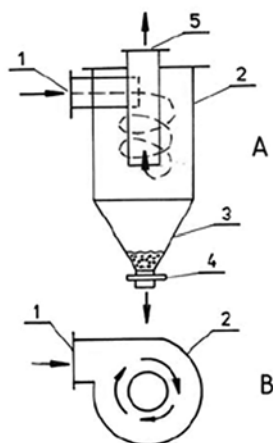
rolnictwo (wskutek intensywnej uprawy roli i hodowli). W krajach wysoko rozwiniętych w dużym stopniu źródłem zanieczyszczeń są przede wszystkim pojazdy spalinowe (ok. 70% ogółu), elektrownie ciepłe oraz urządzenia grzewcze o zasięgu lokalnym. Nieco inaczej wygląda to w krajach o średnim i niskim stopniu rozwoju. Tutaj głównym źródłem szeroko rozumianych zanieczyszczeń są takie działy gospodarki jak przemysł ciężki, elektrownie (udział ok. 60–70%), w mniejszym stopniu pojazdy spalinowe. Warto odnotować, że skażenie powietrza staje się coraz powszechniejszym problemem. Na świecie istnieje około 100 wielkich miast powyżej 1 mln mieszkańców. Do metropolii szczególnie zanieczyszczonych należą: Chicago, Detroit, Nowy Jork, Los Angeles, Nowy Orlean, San Francisco. W tych aglomeracjach każdego dnia produkowanych jest ok. 70 mln ton pyłów i gazów na dobę. Oprócz oczyszczania powietrza równie ważna jest separacja cząstek stałych z cieczy np. z wody. Przy odpowiednim dobraniu wielkości aparatu (hydrocyklonu) oraz jego mocy, możliwe jest usunięcie z cieczy cząstek o wymiarach 3–250 μm . Szerokie industrialne zastosowania hydrocyklonów dotyczą procesów: zagęszczania,

klarowania, mycia, krystalizacji, polimeryzacji oraz ługowania (wydzielenia składników ciekłych lub stałych z materiałów stałych np. metali z rud).

Cyklony stosowane są ze względu na swoje właściwości również w procesie odpylania spalin pochodzących z kotłów pyłowych. Oczyszczanie spalin wylotowych jest ważne ze względu na zobowiązania Polski wobec ratyfikowanych umów międzynarodowych stanowiących o ograniczeniu szkodliwych zanieczyszczeń (m.in. protokół z Kioto). Istnieje wiele sposobów pozwalających na rozdział zawieszin. Oto niektóre z nich:

- destylacja,
- filtracja,
- sedymentacja,
- rozdzielanie zawieszin za pomocą sił odśrodkowych.

Każda z wyżej wymienionych procedur rozdziału ma oczywiście swoje mankamenty i atuty. Z tego powodu zadanie, jakie stoi przed obecnymi inżynierami należy rozpatrywać jako żmudne i trudne. W przypadku zawieszin cieczy i gazów stosuje się odpowiednio hydrocyklony oraz cyklony. Urządzenia te ideowo proste i funkcjonalne pozwoliły spojrzeć inaczej na zagadnienie rozdziału roztworów. Obydwa urządzenia pozbawione są części ruchomych. Skutkuje to istotnym wzrostem niezawodności, ponieważ elementy maszyny nie ścierają się (nie występuje zużycie materiału). Sprzęty te są zazwyczaj stosowane w skali przemysłowej. Rozdział cząstek stałych jest możliwy dzięki wykorzystaniu zjawiska siły odśrodkowej przy uprzednim wprowadzeniu płynu w stan wirowy we wnętrzu separatora (Ryc. 1). Cyklony potrzebują do oczyszczania mniejszej siły dośrodkowej niż hydrocyklony, czego efektem są ich większe wymiary. Jeśli to konieczne można umieszczać



Ryc. 1. Schemat cyklonu (A- przekrój podłużny, B- przekrój poprzeczny): 1- króciec wlotowy, 2- osłona walcowa, 3- osłona cylindryczna, 4- króciec do usuwania pyłu, 5- rura wylotowa oczyszczonego gazu (powietrza).

je w postaci baterii (Ryc. 2). Dzięki swojej prostej budowie można eksploatować cyklony zamiast drogich filtrów. **Cyklon** montuje się na uprzednio przygotowanej konstrukcji nośnej wykonanej ze stali kształtowej. Taka struktura może mieć postać



Ryc. 2. bateria cyklonów w ciepłowni w Piotрку Trybunalskim.

wsporników zakotwionych w ścianie lub stanowić samodzielnie stojącą podstawę. Umieszczone są najczęściej na zewnątrz budynków. Przewód wylotowy należy wyprowadzić powyżej dachu budynku znajdującego się w bliskim sąsiedztwie. Obudowa cyklonu oraz jego połączenia z siecią przewodów wentylacyjnych muszą być szczelne. Wszelkie łuki przewodów w sąsiedztwie cyklonu wykonuje się w taki sposób, aby ich krzywizna była zgodna z kierunkiem zawirowania powietrza w cyklonie. Odległość dolnego kołnierza lejki zsypanego cyklonu od poziomu terenu nie powinna być mniejsza niż 1,0 m, tak, aby było możliwe usuwanie pyłu lub innych zanieczyszczeń zbierających się w leju.

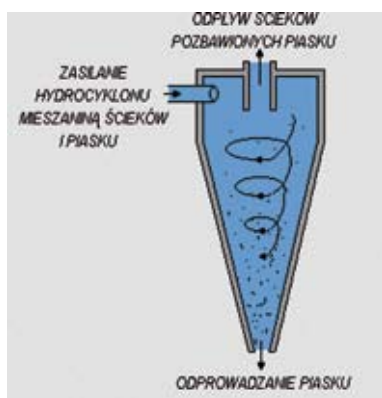
W wielu dziedzinach przemysłu stosowane są pneumatyczne systemy przenośnikowe, które są sterowane przez separatory cyklonowe. Występują tu często problemy związane z blokowaniem materiału przed służą bębna z przegrodami, względnie swobodnym opadaniem do wielocyklonowych separatorów. To blokowanie powoduje wywiewanie z separatora na zewnątrz cząstek pyłu, co z kolei prowadzi do zanieczyszczenia środowiska i zakłóceń w działaniu maszyn produkcyjnych. W przypadku sprzętów suszarniczych może to doprowadzić do powstania pożaru. Sprawność odpylania wzrasta ze:

- zwiększeniem średnicy i gęstości cząstek,
- zmniejszeniem średnicy cyklonu przy zachowaniu odpowiednich proporcji pozostałych wymiarów,
- zwiększeniem prędkości gazu,
- wzrostem przyczepności cząstek do ścian cyklonu.

Obecnie cyklony znajdują zastosowanie w przemyśle drzewnym, meblarskim, chemicznym, tytoniowym,

spożywcym oraz wszędzie tam, gdzie istnieje potrzeba separacji z zapyłonego powietrza frakcji o określonej granulacji (cząstek ciała stałego – pyłów). W cyklonie klasycznym gaz zapyłony wprowadzany jest stycznie do obudowy cylindrycznej. Jej kształt powoduje zawirowanie strugi gazu, która ruchem spiralnym przesuwa się w dół urządzenia (Ryc. 1). Powstająca na skutek ruchu wirowego siła odśrodkowa odrzuca ziarna pyłu zawarte w gazie na ścianki zewnętrzne urządzenia, po których zsuwają się one do zbiornika pyłu. Struga gazu w dole cyklonu zmienia kierunek o 180° i ruchem spiralnym poprzez przewód wylotowy wychodzi z urządzenia. Cyklony mogą być łączone równolegle w celu uzyskania równowagi między wielkością przepływu a stopniem oczyszczenia

Hydrocyklony (Ryc. 3) z uwagi na prostotę konstrukcji, niezawodność działania, brak elementów ruchomych, małe wymiary gabarytowe oraz łatwość łączenia szeregowego i równoległego wykorzystywane są w różnych gałęziach gospodarki. Stosuje się je np. w przemyśle: wydobywczym, petrochemicznym, papierniczym, cukrowniczym, chemicznym, farmaceutycznym, maszynowym.



Ryc. 3. Schemat hydrocyklonu.

Pierwszy hydrocyklon został opatentowany w 1897 r., ale dopiero w 1914 wykorzystano hydrocyklony na skalę przemysłową w zakładach fosforanów. Wzrost zainteresowania hydrocyklonami ze strony inżynierów nastąpił dopiero po II wojnie światowej. Pojawiły się wyniki badań doświadczalnych, co stworzyło podstawy do ich projektowania. Aktualnie najlepiej poznana grupa tych urządzeń, dzięki licznym результатам badań, są hydrocyklony do wydzielenia rozproszonej, cięższej fazy stałej z ciekłej (lżejszej) fazy ciągłej. Hydrocyklony to separatory, które oddzielają cząsteczki o różnych masach, wielkościach oraz cechach od płynnej cieczy. Mogą być również łączone w celu zwiększenia wydajności (Ryc. 4). Niski koszt utrzymania oraz oszczędność energii sprawiają, że hydrocyklon jest efektywną częścią składową

w większości procesów. Główną różnicą między cyklonami i hydrocyklonami to:



Ryc. 4. Bateria hydrocyklonów firmy Krebs Engineers.

- wielkość aparatu,
- sposób wprowadzenia zagęszczonej zawiesiny,
- różnica ciśnień,
- proporcje części cylindrycznej i stożkowej (w cyklonach jest to 1:1).

Hydrocyklony można stosować m.in.:

- w procesach technologii żywności,
- przy oczyszczaniu ścieków,
- do wstępnego oczyszczania,
- w procesach odpopielania,
- w górnictwie,
- w przemyśle papierniczym.

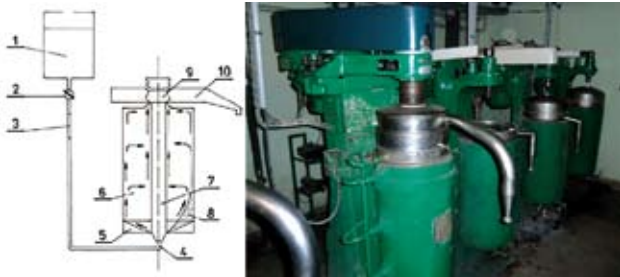
Ciekawostką jest, iż nie tylko urządzenia takie jak cyklony i hydrocyklony potrafią rozdzielić zawiesinę w ruchomym medium. Do często spotykanych należą m.in.:

I. Wirówka Sharplesa – urządzenie stosowane do rozdziału bardzo drobnoziarnistych zawiesin,

Wirówkami preparatywnymi Sharplesa lub ultrawirówkami (Ryc. 5) nazywa się wirówki bębnowe o dużych prędkościach obrotowych (25 000–50 000 obr/min). Służą one do rozdzielania bardzo drobnoziarnistych zawiesin ilastych (frakcje poniżej 2µm). Zawiesinę podaje się od dołu do wnętrza wirującego bębna. Ziarna mineralne osadzają się pod wpływem siły odśrodkowej na wkładce z folii octanowej rozpiętej na wewnętrznych ścianach bębna. Większe ziarna gromadzą się na dole aparatu. Zasada jest następująca: im drobniejsze ziarna – tym wyżej się osadzają. Po skończeniu wirowania wkładkę wyjmuje się, suszy i zeszkrobuje z niej równoległymi pasami osadzone frakcje ziarnowe.

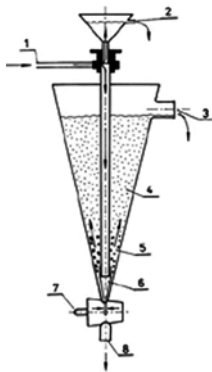
II. Szlamowniki (Ryc. 6) – ziarna drobniejsze porywane są wraz z wodą zaś ziarna grubsze osiadają na dnie.

W szlamowniku występuje medium ciekłe (woda) poruszająca się pionowo do góry z żądaną stałą prędkością. Płyn zabiera ze sobą cząstki drobne, których prędkość osiadania jest mniejsza od prędkości prze-



Rys. 5. Schemat ultrawirówki Sharplesa po lewej schemat, po prawej rzeczywista konstrukcja: 1- zbiornik z zawiesiną mineralną, 2- zawór, 3- wymienna kapilara, 4- dysza, 5- łopatki, 6- bęben, 7- pusta przestrzeń wewnątrz bębna, 8- osad na wkładce z folii octanowej, 9- głowica, 10- odpływ.

pływu wody. W zawieszynie pozostają ziarna o prędkości osiadania równej prędkości ruchu wody, natomiast ziarna grube osadzają się na dnie lejka.



Rys. 6. Rozdzielacz do szlamowania: 1- dopływ wody, 2- wypływ wody nadmiarowej, 3- wypływ frakcji drobnoziarnistej, 4- ziarna mniejsze, 5- ziarna większe, 6- wymienna dysza, 7- zawór, 8- zawór frakcji gruboziarnistej.

III. Elutriatory – W działaniu podobnie jak szlamowniki z tym wyjątkiem, że służą do dokładniejszego rozdzielania zawiesiny również przy ruchu wody od dołu do góry i także będącej pod



Rys. 7. Schemat elutriatora: 1- dopływ wody, 2- wypływ wody nadmiarowej, 3- zbiornik zapewniający stałe ciśnienie, 4- lejek do wprowadzania próbki, 5- zawór, 6- wypływ frakcji drobnoziarnistej, 7- kolumna rozdzielacza, 8, 9- zawory, 10- pojemnik na frakcję gruboziarnistą.

stałym ciśnieniem (Ryc. 7). Jako medium stosuje się wodę destylowaną.

Podsumowując: współcześnie cyklony i hydrocyklony odgrywają znacznie poważniejszą rolę niż kiedyś. Stosowane są jako zamienniki drogich i skomplikowanych filtrów. Prosta konstrukcja oraz łatwość dostosowania do praktycznie każdej gałęzi przemysłu skutkuje wzrostem zapotrzebowania na tego rodzaju oprzyrządowanie. Jednym z mankamentów jest niestety to, że pojedyncze urządzenia mają zbyt małą wydajność, stąd też muszą być łączone szeregowo w większe pakiety. Wykorzystywane są zwłaszcza w elektrociepłowniach i ciepłowniach, gdzie separują pyły powstałe w wyniku spalania węgla kamiennego bądź brunatnego.

Mgr inż. Jakub Niechciał, absolwent Politechniki Wrocławskiej, wydziału Mechaniczno-Energetycznego, specjalność Inżynieria Ciepła i Procesa oraz Energetyka Odnawialna. Obecnie doktorant w Zakładzie Automatyki i Kriogeniki na wydziale Mechaniczno-Energetycznym, zainteresowania: kriogenika, energetyka termojądrowa i jądrowa, fizyka kwantowa, zjawisko nadciekłości helu. E-mail: jakub.niechcial@pwr.wroc.pl.