

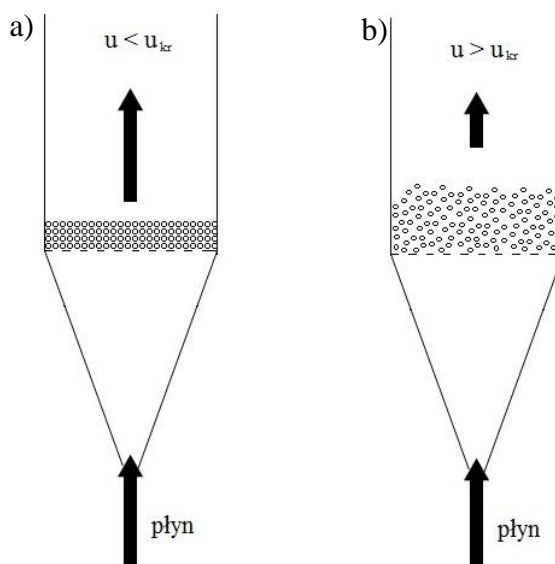
## FLUIDYZACJA Z WYMIANĄ CIEPŁA

### 1. Wprowadzenie

W warstwie fluidalnej prowadzone są liczne procesy fizyczne i chemiczne, które wymagają intensywnego mieszania i burzliwości fazy cząstek ciał stałych, zawieszonych w fazie gazowej. Proces ten umożliwia znaczne rozwinięcie powierzchni kontaktu faz i dlatego metodę fluidyzacji stosuje się do operacji, których szybkość limitowana jest wielkością powierzchni styku faz. Zjawisko fluidyzacji wykorzystuje się podczas prowadzenia procesów takich jak:

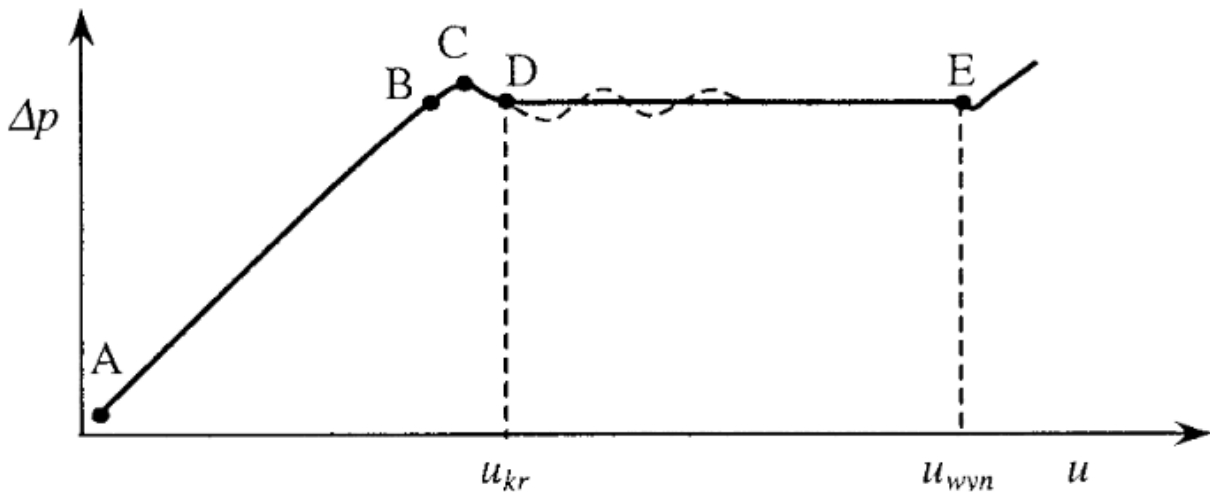
- spalanie miazła węglowego w elektrowniach i elektrociepłowniach w kotłach fluidalnych,
- kalcynacja, prażenie utleniające w piecach fluidyzacyjnych,
- spalanie rud siarki przy produkcji kwasu siarkowego,
- suszenie sypkich półproduktów spożywczych, np. cukru i mąki,
- prowadzenia reakcji chemicznych w fazach gazowych, katalizowanych przy pomocy związków chemicznych znajdujących się na podłożach stałych.

Fluidyzacja jest to proces powstawania dynamicznej zawiesiny drobnych cząstek ciała stałego w strumieniu gazu lub cieczy, poruszających się z dołu do góry. Cząstki w stanie fluidalnym są w stałym ruchu, co sprawia wrażenie jakby warstwa ta zachowywała się jak wrząca ciecz. Jeżeli płyn będziemy przepuszczać z niewielką prędkością, wtedy warstwa ciała stałego pozostanie nieruchoma na dnie komory fluidyzacyjnej. Gdy prędkość płynu osiągnie pewną wartość krytyczną, nastąpi wzbici cząstek ciała stałego i utworzy się warstwa fluidalna. Dalszy wzrost prędkości przepływu płynu powoduje częściowy lub całkowity wypływ cząstek ciała stałego z fluidyzatora. Takie zjawisko wykorzystywane jest w procesie transportu pneumatycznego.



Rys. 1. a) Ciało stałe w stanie nieruchomym; b) Ciało stałe w stanie fluidalnym

Przebieg procesu fluidyzacji przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Zależność spadku ciśnienia na złożu od prędkości płynu

Początkowo cząstki ciała stałego utrzymywane są w bezruchu (odcinek A-B). Zwiększając prędkość płynu dochodzimy do momentu, w którym siła dynamicznego oddziaływania strumienia gazu – siła działająca na złożę jako całość będzie równa ciężarowi materiału stanowiącego złożę, pomniejszonemu o siłę wyporu. Następuje wówczas uniesienie – ekspansja złoża (B-C-D). Ponieważ siły spójności (zlepiające cząstki) są za małe, aby nadal utrzymywać cząstki blisko siebie, następuje ich oddzielenie. Obserwujemy spulchnienie złoża. Poszczególne ziarna złoża są wprowadzane w ruch, przemieszczają się względem siebie. W punkcie D fluidyzacja jest zupełna i wszystkie cząstki złoża się poruszają. Cząstki ciała stałego nie mogą jednak wydostać się ponad warstwę fluidalną, ponieważ rzeczywista prędkość gazu nad warstwą jest mniejsza od prędkości swobodnego opadania cząstek. Cząstki są uwiecznione w warstwie, a jednocześnie przemieszczają się względem siebie (warstwa przypomina wrzącą ciecz). Zachodzi w niej silne mieszanie się cząstek ciała stałego. Stan taki nazywamy stanem fluidalnym. Stan ten charakteryzuje się stałym oporem przepływu płynu. W momencie, gdy prędkość przepływu płynu przekroczy prędkość swobodnego opadania ziaren, następuje wywiewanie materiału z aparatu. Prędkość, przy której ma miejsce to zjawisko, nosi nazwę prędkości wynoszenia. Zjawisko to wykorzystuje się do transportu pneumatycznego materiałów sypkich. Stan fluidalny zaczyna się od prędkości krytycznej a kończy na prędkości wynoszenia.

## 2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zależności:

- spadku ciśnienia w warstwie fluidalnej od prędkości gazu oraz określenie minimalnej i maksymalnej prędkości fluidyzacji;
- współczynnika wnikania ciepła w warstwie fluidalnej ( $\alpha_f$ ) od prędkości przepływu gazu dla stałej intensywności ogrzewania  $\alpha_f = f(w)$ ;
- współczynnika wnikania ciepła w warstwie fluidalnej ( $\alpha_f$ ) od intensywności ogrzewania dla stałej prędkości przepływu gazu  $\alpha_f = f(Q)$ ;

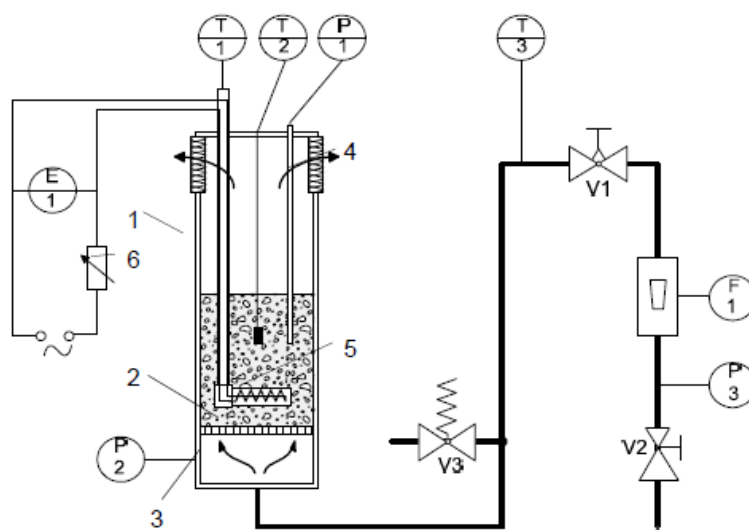
#### 4. Metodyka pomiarów

Przebieg doświadczenia:

- włączyć aparaturę i sprężarkę powietrza,
- ustawić najniższe natężenie przepływu gazu na rotametrze,
- ustawić zadaną moc grzania,
- poprzez regulację natężenia przepływu gazu na rotametrze wyznaczyć krzywą spadku ciśnienia na warstwie fluidalnej,
- zwiększyć moc grzania i wykonać ponownie pomiar.

Przed dokonaniem pomiaru należy odczekać, aż ustalą się warunki procesu.

#### 3. Aparatura pomiarowa



Rys. 3. Schemat instalacji

- T1 temperatura grzałki
- T2 temperatura w złożu fluidalnym
- T3 temperatura powietrza
- P1 ciśnienie w złożu fluidalnym
- P2 ciśnienie w komorze dystrybucji
- P3 ciśnienie na wlocie
- F1 rotametr (10-124 l/min)
- V1 zawór regulujący
- V2 zawór redukujący ciśnienie na wlocie (0,01-3,0 bar)
- V3 zawór bezpieczeństwa (0,5 bar)
- E1 moc grzania (max. 100 W)