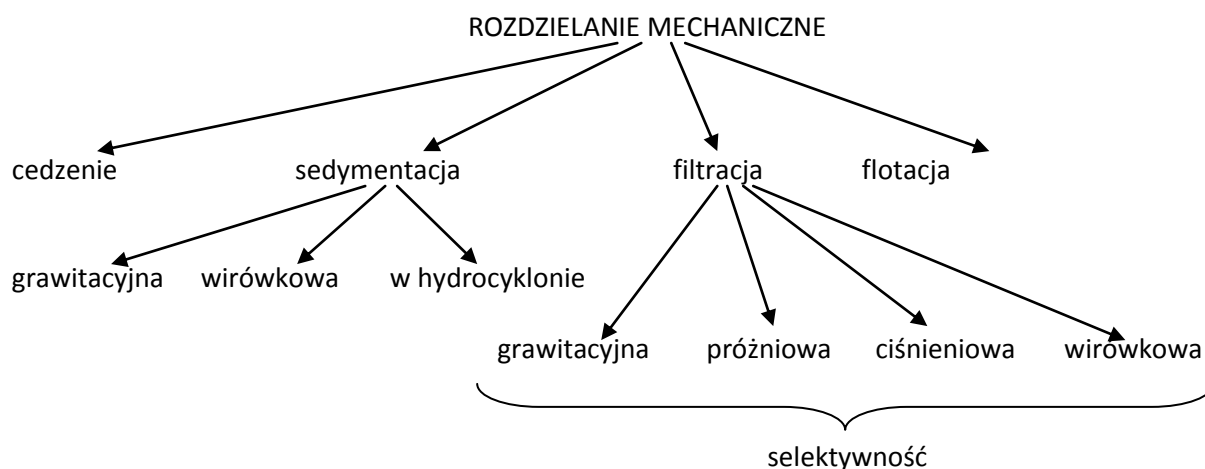


SEPERACJA UKŁADÓW HETEROGENICZNYCH



ZAWIESINY

- monodispersyjna – jeden rodzaj cząsteczek
- polidispersyjna – więcej niż jeden rodzaj
- jednorodna – większość jest jednego rodzaju
- niejednorodna – mniejsze i większe cząsteczki

Zawiesina monodispersyjna to nie jednorodna.

zawiesina rozcieńczona < 10% objętości ciała stałego

zawiesina zagęszczona > 70% objętości ciała stałego

ε – porowatość zawiesiny – udział objętościowy cieczy w zawieszynie

$$\varepsilon = \frac{V_c}{V_m}$$

ϕ – udział objętościowy ciała stałego $\phi = \frac{V_{cs}}{V_m}$

c_s – udział masowy ciała stałego $\left[\frac{kg_{st}}{kg_m} \right]$

c_c – udział masowy cieczy $\left[\frac{kg_c}{kg_m} \right]$

C_s – koncentracja ciała stałego $\left[\frac{kg_{st}}{m_c^3} \right]$

Ciało stałe:

> 100 μm – gruboziarniste \rightarrow sedymentacja (łatwo opadają)

< 30 μm – drobnoziarniste (niesedymentujące) \rightarrow flokulacja, flotacja

Ψ – sferyczność (średnica zastępcza)

$$\Psi = 4,836 \frac{V_{c,st}^{\frac{2}{3}}}{F_{c,st}} \left[\frac{m^3}{m^2} \right] \text{ SEDYMENTACJA (odstawianie)}$$

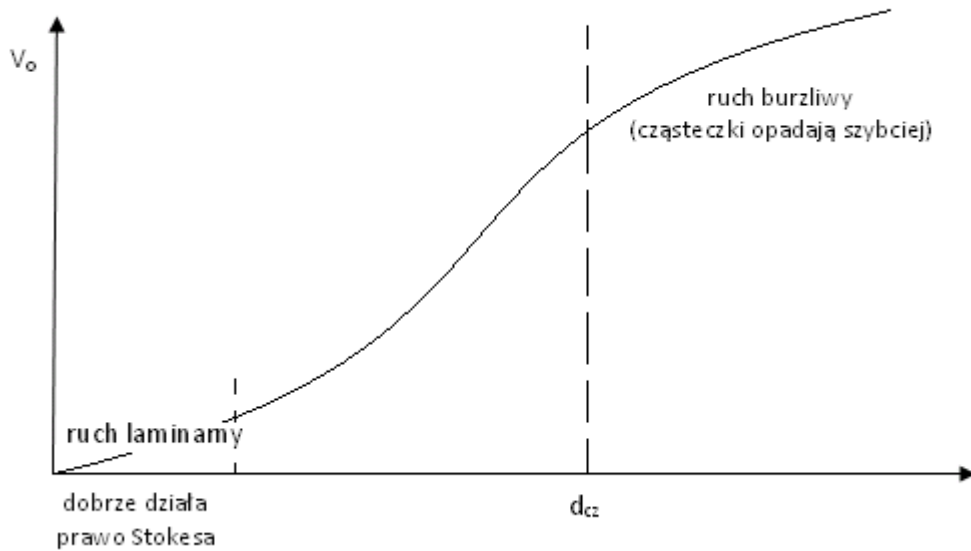
Opadanie zawiesiny cząsteczek stałych w cieczach lub w gazie na skutek działania siły ciężkości, z prędkością zależną od ich rozmiaru stężenia. Urządzenie do odstawiania to odстойnik (osadnik).

Prawo Stokesa

Obowiązuje dla zawiesin rozcieńczonych i cząstek o kształcie kulistym.

$$V_0 = \varepsilon^n * \frac{g * (\rho_c - \rho_{cs}) * d_{st}^2}{18\mu_c}$$

poprawka $n = f(R_e)$



Im porowatość tym bardziej zbliżamy się do prawa Stokesa

Prawo Newtona

Opór cząstki w płynie:

- dla pojedynczej cząstki $\rightarrow R = 3\pi\mu_c \cdot d_{cs} \cdot V_0$
- dla zespołu cząstek $\rightarrow R' = 3\pi\mu_c \cdot d_{cs} \cdot V_0 (1 + \beta_0 \cdot d_{cs}/L)$

gdzie:

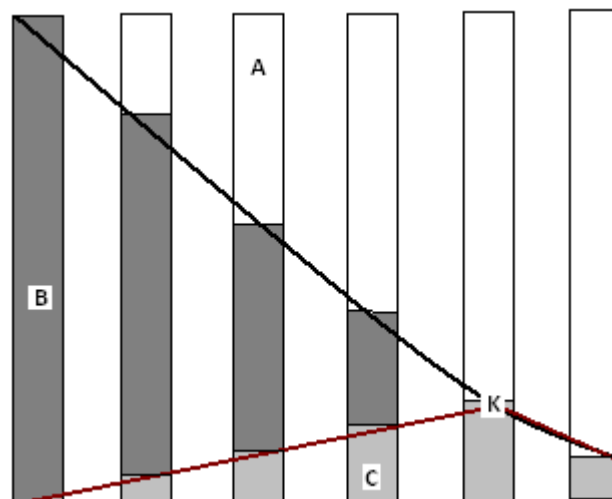
β_0 – współczynnik geometryczny

L- odległość pomiędzy cząstkami




Gdy:

$$L \gg d_{cs} \rightarrow d_{cs}/L \rightarrow 0 \rightarrow [...] \rightarrow 1 \rightarrow R=R'$$

Cząsteczka opada ruchem utrudnionym (opadanie gromadne)



gdzie:

-  - krzywa sedymentacji
-  - krzywa narastania osadu
-  - krzywa zagęszczania osadu

A – czysta klarowna ciecz

B – zawiesina

C – osad/sedyment

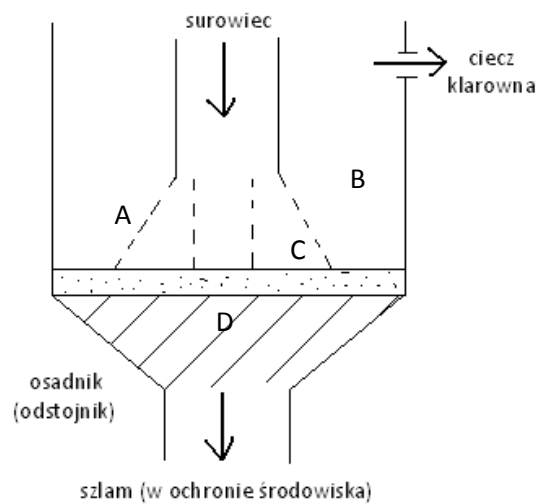
K – punkt krytyczny -> powierzchnia osad/ciecz

Tak opadają cząstki o jednakowych lub zbliżonych rozmiarach

$$V_0 = f(d_{cs}), f(\rho_{cs})$$

Układ dąży do osiągnięcia minimum porowatości

SEDYMENTACJA CIĄGŁA – ODSTOJNIK DORRA

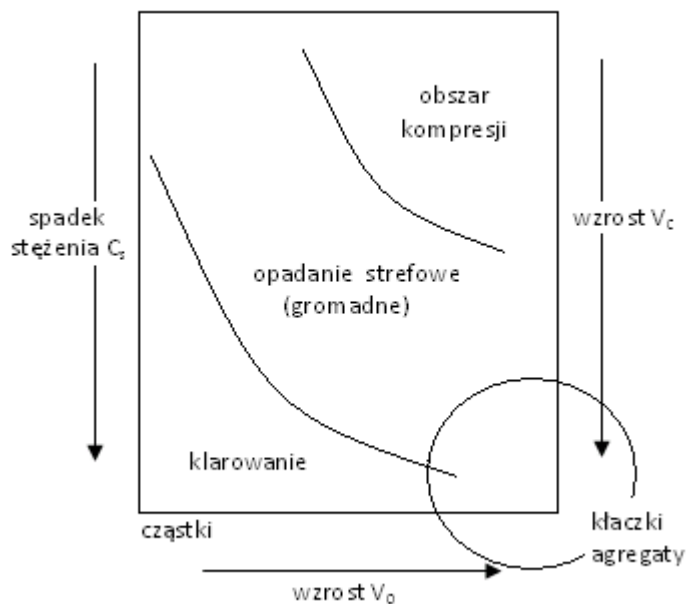


A – strefa zasilania

B – strefa klarowania

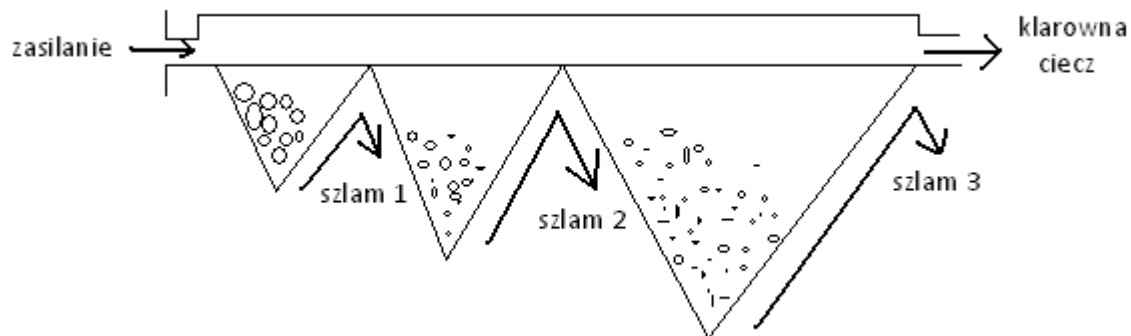
C – strefa opadania gromadnego

C – strefa kompresji



- w obszarze klarowania – mało ciała stałego
- w obszarze opadanie strefowe – zaczynają się cząsteczki rozwarstwiać – grupować
- w obszarze kompresji – niska porowatość, dużo ciała stałego
- w kółku szybkość sedymentacji jest największa (duże cząsteczki w małej ilości/ małym zagęszczeniu)

Odstojnik o poziomym przepływie cieczy (kaskadowy)



Odstojniki tego typu bardzo dobrze pracują jako aparaty o podwójnym działaniu tj. sedymentacji w połączeniu z klasyfikacją ziarna. Budowa aparatu jest bardzo prosta, składa się z szeregu skrzyń o kształcie pryzmatycznym lub słoikowym, które są ustawione szeregowo.

Wytrącone ziarna opadają do skrzyni zależnie od wielkości, cięższe bliżej, lżejsze dalej.

Proces sedymentacji jest wolny, więc odstojniki mają przyspieszyć ten proces.

Trójkomorowy odstojnik przepływowy – dla ścieków bytowych.

Wydajność odstoju

Określa zdolność aparatu do zagęszczania zawiesiny lub klarowania cieczy i jest proporcjonalna do pola powierzchni.

$$A = \frac{m_z}{\omega * \rho_c} \left(1 - \frac{x_{wlot}}{x_{wylot}} \right)$$

m_z – strumień masy zawiesiny

x – stężenie ciała stałego

Szybkość sedymentacji cząstek stałych z cieczy może być zwiększona kilkakrotnie przez zainstalowanie w odstoju nachylnych półek tzw. lamelowych, pod kątem 30-60 stopni.

Wielkość odstoju

Zależy od czasu przebywania cząstek w strefie zatężania (opadania gromadnego). Wysokość pozostałych stref wynosi 0,6-1,0m. Średnica odstoju kołowych, metalowych jest mniejsza od 25m, betonowych dochodzi do 100m. Mieszadło garbowe wykonuje 2,5-20 obr/min.

WIROWANIE

Rozdział mieszaniny odbywa się pod działaniem siły odśrodkowej, którą można łatwo zwiększyć poprzez wzrost obrotów.

$\rho \rightarrow r\omega^2$

gdzie:

r – promień wirowania

ω - prędkość kątowa

$$V_0 = \varepsilon^n * \frac{g * (\rho_c - \rho_{cs}) * d_{st}^2}{18\mu_c} \quad \begin{array}{l} \text{- analogia do poprawki Stokesa} \\ \text{- prawo Stokesa nie działa, bo Re są bardzo wysokie} \end{array}$$

ε – porowatość

Wirówka (zwana też centryfugą)

To urządzenie do rozdzielania zawiesin i emulsji, przez wprowadzenie w szybki ruch obrotowy, którego stałe przyspieszenie znacznie przekracza ziemskie.

Wirówki:

- filtracyjne – rozdzielanie odbywa się na przegrodzie filtracyjnej (na zasadzie filtracji)
- sedymentacyjne – w polu działania sił odśrodkowych

Bębny wirówek filtracyjnych są perforowane, tj. mają otwory na powierzchni bocznej, natomiast sedymentacyjne są pełne (lite)

Wirówki sedymentacyjne:

- rurowe
- bębnowe
- ślimakowe
- talerzowe

Wirówka sedymentacyjna stanowi pełny, nieperforowany bęben, do którego podawana jest w sposób okresowy lub ciągły zawiesina. W wyniku wirowania bębna następuje rozdział mieszaniny i ciecz klarowna odpływa z wirówki rura ssącą lub przez próg przelewowy (wirowanie ciągłe). Cząstki ciała stałego osiadają na ścianach bębna i usuwane są okresowo lub w sposób ciągły zależnie od rodzaju pracy wirówki (okresowej lub ciągłej).

Wirówka sedymentacyjna (kanałowa)

Szybkość osadzania

$$t_w = \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) * \left(\varepsilon^n \frac{r * \omega * (\rho_c - \rho_{cs}) * d_{cs}^2}{18\mu_c}\right) - 1$$

Szybkość uniesienia

$$\tau_c = \frac{\pi * h * (r_1^2 - r_2^2)}{V^*}$$

V^* - strumień objętości zawiesiny

W pierścieniowej warstwie cieczy cząstki stałe przemieszczają się pod wpływem przyspieszenia odśrodkowego z prędkością V_{wir} , ciecz zaś płynie ku górze z prędkością V_c .

Czas opadania musi być krótszy niż czas uniesienia, wtedy jest pewność, że cząsteczka się osadzi. Im cząsteczki mniejsze tym szybsze wirowanie (wzrost prędkości kątowej).

Wirówki sedymentacyjne

Zdolność wirówek do rozdzielania określa się tzw. współczynnikiem rozdziału – uwielokrotnienie, zdefiniowanego jako stosunek siły odśrodkowej od siły ciężkości

$$Z = \frac{r * \omega^2}{\rho} \approx \frac{D * n^2}{1800} \quad - > \text{ten stosunek stosuje się przy przechodzeniu z wirówki na inną wirówkę}$$

gdzie:

r – promień wirowania

ω – prędkość kątowa [rad/s]

D – średnica bębna

n – liczba obrotów bębna [obr/min]

Pierwsze wirówki osiągały prędkość 20 tys. Obr/min. Współcześnie produkuje się nawet wirówki, które osiągają do 1 mln obr/min (przyspieszenie wtedy działające na próbkę jest 5 tys. razy większe od przyspieszenia ziemskiego)

wpadek D, wzrost siły odśrodkowej -> komórki eukariotyczne -> zniszczone komórki eukariotyczne -> precipitaty białkowe -> bakterie -> zniszczone komórki bakteryjne -> rybosomy

Wirówki w mleczarstwie

- Oczyszczanie mleka
- W celu oddzielenia zanieczyszczeń os surowego mleka stosuje się wirówki oczyszczające
- Odtłuszczenie mleka
- Klasycznym zastosowaniem jest oddzielenie mleka chudego od serwatki
- Stosowane tu wirówki separacyjne odtłuszczające mleko nie tylko oddzielają tłuszcz od mleka chudego.
- Odtłuszczone mleko jest następnie ponownie mieszane ze śmietaną aby uzyskać pojedynczą zawartość tłuszczu w mleku lub poddać je dalszemu przetwarzaniu (np. serowaceni)
- Śmietana jest z reguły przetwarzana na masło
- Wyrób twarogu, serka śmietankowego zostaje napełnione zagęszczonym chudym mlekiem. W trakcie procesu odbiera się nadmiar serwatki. Następnie wylewa się skoncentrowany twaróg
- Wyrób kazeiny: wytrącona kazeina jest oddawana w specjalnej wirówce sedymentacyjnej. Kazeina ma zastosowanie do różnych celów (dodatki wzbogacające dla dzieci)
- Wyrób cukru mlekowego: cukier mlekowy (laktoza) zostaje wytrącony i oddzielony w specjalnej wirówce sedymentacyjnej. Cukier mlekowy znajduje zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym (masy tabletkowe)

Wirówki frakcjonujące

Pod wpływem sił odśrodkowych następuje rozdzielanie związków różniących się rozmiarami np. gazowe związki izotopów uranu (fluorek uranu). Uran wzbogacony ^{235}U jako lżejszy pozostaje w komorze środkowej, uran zubożały ^{238}U przemieszcza się ku ścianom wirówki.

Aby uzyskać wystarczającą koncentrację uranu wzbogaconego, stosuje się wiele układów wirówek połączonych szeregowo. Opisana metoda wzbogacania była stosowana do zastosowań cywilnych (z 0,7% do 3,3%)

(z 0,7% do 3,3%), a także wojskowych (bomba atomowa z 0,7% do 90%)

Hydrocyklony

Aparat, w którym wykorzystuje się działanie różnych sił odśrodkowych do wydzielenia ciał stałych z cieczy. Dzięki dużym przyspieszeniom odśrodkowym w hydrocyklonach możliwe jest oddzielenie cząstek w zakresie 3-250 μ m. Średnice hydrocyklonów wynoszą 20-500 mm.