

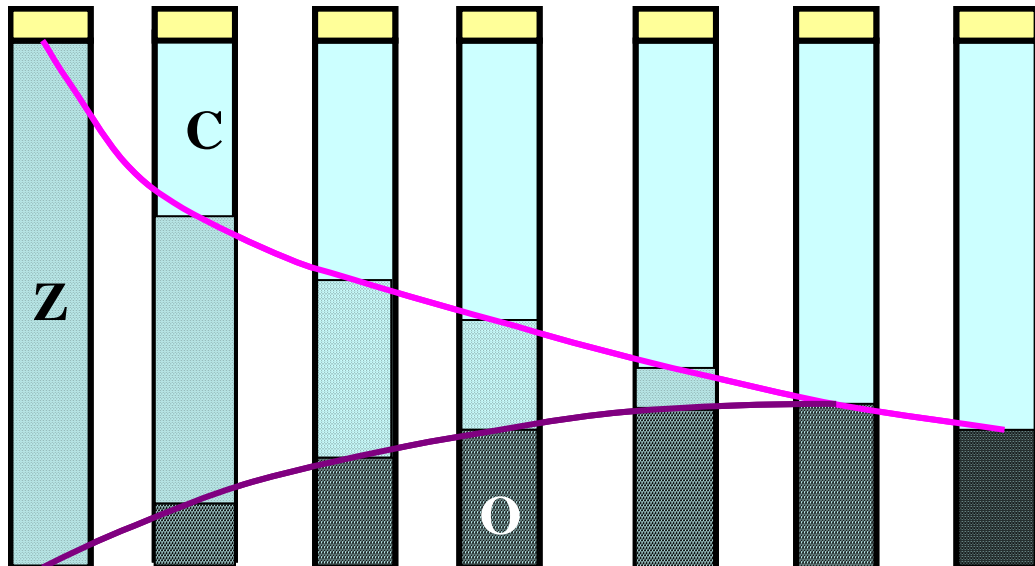
## ĆWICZENIE NR 8

### SEDYMENTACJA

#### WPROWADZENIE

Sedymentacja jest procesem rozdzielania zawiesiny na czystą ciecz i osad. Celem sedymentacji najczęściej jest otrzymanie zagęszczonej zawiesiny ciała stałego lub klarowanie cieczy. Sedymentację można przeprowadzić z wykorzystaniem siły grawitacji (np. w odstojnikach) lub bardziej intensywnie pod wpływem siły odśrodkowej (np. w wirówkach sedymentacyjnych). Proces może być realizowany w sposób okresowy lub ciągły. Sedymentacja okresowa (periodyczna) przebiega w określonej objętości zawiesiny, bez jej dopływu i usuwania osadu. Podczas sedymentacji ciągłej zawiesina jest doprowadzana w sposób ciągły, a osad może być usuwany okresowo lub ciągle.

Przebieg sedymentacji okresowej dla zawiesiny utworzonej z jednakowych cząstek przedstawiono na Rys.1.



Rys. 1. Przebieg sedymentacji okresowej (Z - zawieszina, C - ciecz, O - osad)

Podczas sedymentacji powstaje granica rozdziału między cieczą a zawiesiną (na górze) oraz granica między zawiesiną a osadem (na dole). Gdy wszystkie cząstki znajdą się na dole i skończy się proces ich opadania, wtedy widoczna jest tylko granica rozdziału między cieczą a osadem. W wyniku zagęszczania osadu (zwłaszcza w przypadku osadów ściśliwych) granica ciecz-osad obniża się, dążąc do minimalnej wysokości - utworzony osad osiąga wówczas najmniejszą porowatość.

W przypadku zawiesin, w których znajdują się cząstki o różnej wielkości, powierzchnie rozdziału są trudne do zdefiniowania (są rozmyte), a podczas sedymentacji widoczne są różnice w prędkościach opadania cząstek, tj. większe cząstki opadają szybciej - ich czas dotarcia do dna jest krótszy, mniejsze cząstki opadają wolniej i w efekcie znajdują się na wierzchu utworzonego osadu.

Sedymentacja zawiesin, w których stężenie ciała stałego przekracza 1% objętościowy, wymaga uwzględnienia oddziaływania między cząstkami tworzącymi zawiesinę. Mówimy wtedy o opadaniu zakłóconym, które, jeżeli nie tworzą się aglomeraty cząstek, prowadzi do spowolnienia opadania, w porównaniu z opadaniem swobodnym. Ogólnie równanie opisujące opadanie zakłócone cząstek może być zapisane w postaci:

$$u_s = \frac{d^2(\rho_s - \rho_L)g}{18 \cdot \eta_L} f(\varepsilon) \quad (1)$$

gdzie:

$u_s$  - prędkość sedymentacji, m/s

$d$  - średnica cząstki, m

$\rho_s$  - gęstość cząstki, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_L$  - gęstość cieczy, kg/m<sup>3</sup>

$g$  - przyspieszenie ziemskie, m/s<sup>2</sup>

$\eta_L$  - lepkość cieczy, kg/(m·s)

$f(\varepsilon)$  poprawka uwzględniająca oddziaływanie cząstek w stężonej zawiesinie.

Poprawkę  $f(\varepsilon)$  można wyznaczyć z uwzględnieniem eksperymentalnej zależności podanej przez Steinoura:

$$f(\varepsilon) = \varepsilon^2 \cdot \Phi(\varepsilon) = \varepsilon^2 \cdot 10^{-1,82(1-\varepsilon)} \quad (2)$$

gdzie:

$\varepsilon$  - początkowa porowatość zawiesiny

lub wzoru korelacyjnego Richardsona i Zaki:

$$f(\varepsilon) = \varepsilon^n \quad (3)$$

gdzie wykładnik  $n$  jest zależny od liczby Reynoldsa a jego wartość można określić na podstawie zależności podanych w Tabeli 1.

$$Re = \frac{u_o d \rho_L}{\eta_L} \quad (4)$$

$u_o$  - prędkość opadania swobodnego w ruchu laminarnym

Tabela 1. Zależności pozwalające obliczyć wartość wykładnika n do wzoru Richardsona-Zaki

Re	n
<0,2	$4,65 + 19,5 \frac{d}{D}$
0,2-1	$\left(4,35 + 17,5 \frac{d}{D}\right) Re^{-0,03}$
1-200	$\left(4,45 + 18 \frac{d}{D}\right) Re^{-0,1}$
200-500	$4,45 \cdot Re^{-0,1}$
>500	2,39

gdzie:

d - średnica cząstki, m

D – średnica kolumny, m

## CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest doświadczalne wyznaczenie prędkości opadania cząstek w stężonej zawieszynie, porównanie otrzymanych wyników z obliczeniami wykonanymi dla opadania swobodnego oraz wyznaczenie poprawki dla opadania zakłóconego z wykorzystaniem zależności Richardsona i Zaki.

## BUDOWA STANOWISKA

Wyposażenie stanowiska stanowią:

- kolumna wykonana ze szkła organicznego D/H=44/940 mm, szczelnie zamykana, wyposażona w skale pozwalające odczytać wysokość utworzonych powierzchni rozdziału
- statyw, w który kolumna jest wstawiana podczas pomiarów
- ciecz, w której następuje sedymentacja – roztwór sacharozy

## WYKONANIE ĆWICZENIA

1. Napełnić kolumnę wskazaną przez prowadzącego objętością cząstek żywicy oraz cieczą. Całkowita wysokość zawieszyny powinna wynosić ok. 935 mm. Szczelnie zamknąć kolumnę.
2. Wymieszać ostrożnie zawartość kolumny do uzyskania homogenicznej zawieszyny.
3. Umieścić kolumnę w statywie i jednocześnie włączyć stoper.
4. Odczytywać wysokość powierzchni rozdziału ciecz-zawieszyna, zawieszyna-osad, a po skończonym opadaniu cząstek wysokość powierzchni rozdziału ciecz-osad w podanych w tabeli odstępach czasu.

5. Powtórzyć pomiary dla pierwszej zawiesiny (p. 2-4)
6. Wlać ciecz do cylindra i zmierzyć gęstość cieczy aerometrem.
7. Powtórzyć pomiary dla zwiększonego stężenia żywicy w zawieszynie (wg p. 1-6).
8. Rozdzielić cząstki żywicy na sicie i przemyć je wodą.

## DANE

- ◆ średnica wewnętrzna kolumny 44 mm.
- ◆ wysokość kolumny 940 mm
- ◆ gęstość żywicy 1132 kg/m<sup>3</sup>

## OPRACOWANIE WYNIKÓW

1. Dla każdej zawiesiny wykonać wykres zależności zmiany wysokości powierzchni rozdziału ciecz-zawieszina i zawieszina-osad oraz ciecz-osad w czasie pomiaru.
2. Na podstawie prostoliniowej części wykresu, wyznaczyć prędkość opadania cząstek / prędkość sedymentacji/.
3. Wykorzystując zmierzoną gęstość cieczy odczytać z załączonego wykresu lepkość cieczy.
4. Wyznaczyć początkową porowatość zawiesiny

$$\varepsilon = 1 - 0,55 \cdot \frac{H_K}{H_0} \quad (6)$$

gdzie:

$H_0$  - początkowa wysokość zawiesiny w danym pomiarze

$H_K$  - wysokość osadu na końcu sedymentacji

5. Obliczyć średnicę cząstek z równania (1) wykorzystując poprawkę (2).
6. Obliczyć prędkość opadania swobodnego cząstki o obliczonej średnicy w warunkach pomiaru, zakładając ruch laminarny.

$$u_o = \frac{d^2 (\rho_s - \rho_L) g}{18 \cdot \eta_L} \quad (7)$$

7. Obliczyć poprawkę na prędkość opadania zakłóconego wg zależności Richardsona i Zaki
8. Porównać prędkości opadania: zmierzoną, obliczoną z zależności Richardsona-Zaki oraz obliczoną dla założenia opadania swobodnego.

**TABELA POMIARÓW**

Lp	ZAWIESINA 1					ZAWIESINA 2				
	Gęstość cieczy: $\rho_L = \dots\dots\dots$ kg/m <sup>3</sup>					Gęstość cieczy: $\rho_L = \dots\dots\dots$ kg/m <sup>3</sup>				
	Wysokość początkowa $H_0 = \dots\dots\dots$ mm					Wysokość początkowa $H_0 = \dots\dots\dots$ mm.				
	Wysokość końcowa osadu: $H_K = \dots\dots\dots$ mm					Wysokość końcowa osadu: $H_K = \dots\dots\dots$ mm				
	$\tau$ [s]	$H_{c-z}$ [mm]		$H_{z-o}/H_{c-o}$ [mm]		$\tau$ [s]	$H_{c-z}$ [mm]		$H_{z-o}/H_{c-o}$ [mm]	
pomiar 1		pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1		pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	
1	10					10				
2	20					20				
3	30					30				
4	40					40				
5	50					50				
6	60					60				
7	70					70				
8	80					80				
9	90					90				
10	100					100				
11	120					120				
12	140					140				
13	160					160				
14	180					180				
15	200					200				

itd...