

## KOAGULACJA ŁUPKA MIEDZIOWEGO

Karolina B. KRUSZAKIN, Jan DRZYMAŁA

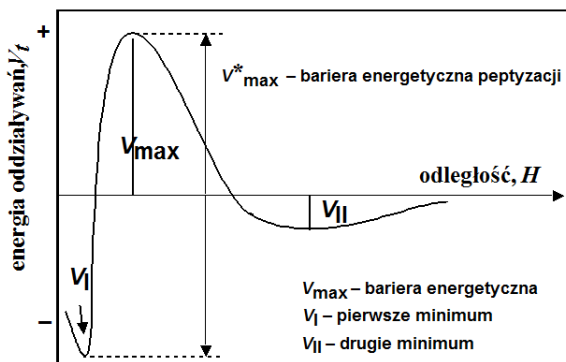
Politechnika Wrocławska, jan.drzymała@pwr.edu.pl

### STRESZCZENIE

Koagulacja łupka, mierzona za pomocą prędkości jego opadania w wodzie zachodzi najszybciej przy niskich i wysokich wartościach pH. Sugeruje to istnienie punktu izoelektrycznego łupka przy pH około 3, podczas gdy zwiększona koagulacja przy wysokim pH zachodzi w punkcie rewersji, powodowanym prawdopodobnie obniżaniem się ładunku elektrycznego granicy fazowej lupek/woda w wyniku wytrącania się wodorotlenków.

### WPROWADZENIE

Koagulacja jest to proces łączenia się ziarn mineralnych znajdujących się w ośrodku ciągłym, czyli w wodzie bądź powietrzu. Jeżeli zachodzi koagulacja ziarn różnych minerałów, to taki proces nazywa się heterokoagulacją. Gdy proces zachodzi między ziarnami tego samego minerału jest to homokoagulacja (Drzymała, 2009). Istotą koagulacji opisuje teoria DLVO (Sonntag, 1982) oraz jej ulepszona wersja Extended DLVO (Boström et al., 2006). Z teorii DLVO wynika, że prędkość koagulacji zależy od sił występujących między ziarnami. Są to siły dyspersyjne (van der Waalsa), elektryczne, strukturalne, hydrofobowe i inne. Bilans tych sił zależy od odległości między ziarnami, co przykładowo dla homokoagulacji pokazano na rys. 1.



Rysunek 1.

Krzywa DLVO z zaznaczoną barierą energetyczną peptyzacji  $V_{max}^*$  (Drzymała, 2009)

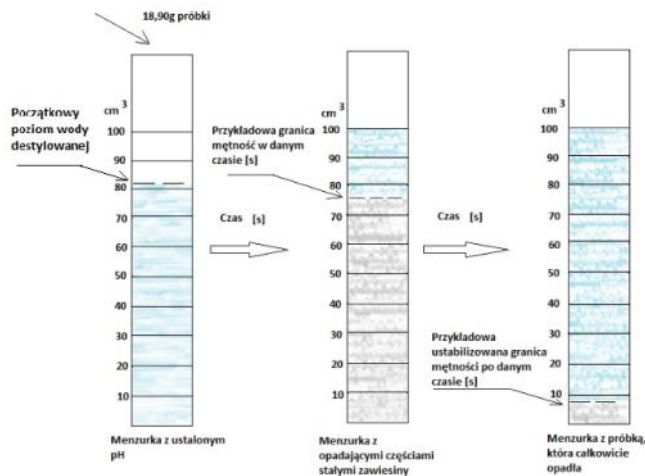
Krzywe DLVO mają charakterystyczny kształt, gdyż zwykle mają one kilka ekstremów, w tym pierwsze i drugie minimum oraz maksimum zwane barierą energetyczną. Ekstrema te decydują o tym jak zachodzi koagulacja. Pierwsze i drugie minimum decydują o termodynamice koagulacji i jej postaci. Najbardziej obrazowym przykładem tego jest koagulacja w drugim minimum drobnych kropelek wody zawieszonych w powietrzu atmosferycznym ziemi z utworzeniem chmury, podczas gdy koagulacja kropelek wody w pierwszym minimum daje deszcz. Z kolei wielkość bariery energetycznej determinuje

kinetykę procesu i im większa bariera, tym koagulacja jest wolniejsza. Koagulacji podlegają wszystkie układy zdyspergowane, gdyż są one wysoko energetyczne z powodu włożenia do nich znacznej energii do utworzenia dużej powierzchni ziarn i zgodnie z drugą zasadą termodynamiki będą dążyć do obniżenia energii.

Zdolność do koagulacji oraz jej prędkość determinowane są wieloma parametrami, w tym odczynem wody, charakteryzowanym wartością wskaźnika pH, ponieważ kwasowość lub zasadowość ośrodka ciągle zmieniają bilans sił w układzie gdzie zachodzi koagulacja (Drzymała, 2009). Wiadomo, że koagulacja jest najszybsza przy pH warunkującym niski lub zerowy powierzchniowy ładunek elektryczny.

## CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

Badania koagulacji ziarn łupka miedzionośnego wykonano w wodzie przez pomiar prędkości przemieszczania się w dół granicy mętności (rys. 2). Do badań użyto łupka miedzionośnego pochodzący z O/ZG Rudna KGHM Polska Miedź S.A. Uziarnienie próbki wynosiło około 40  $\mu\text{m}$ . Próbkę była w stanie bez suszenia.



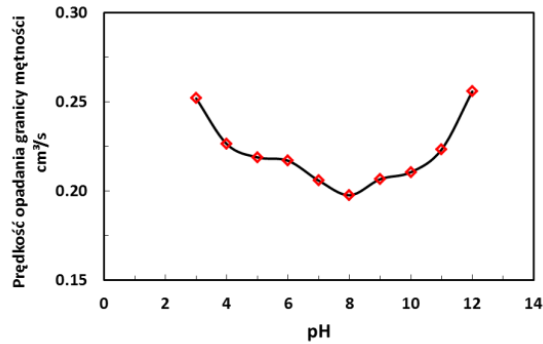
Rysunek 2.

Uproszczony schemat badania koagulacji łupka miedzionośnego (Kruszakin, 2014)

## WYNIKI BADAŃ ORAZ DISKUSJA

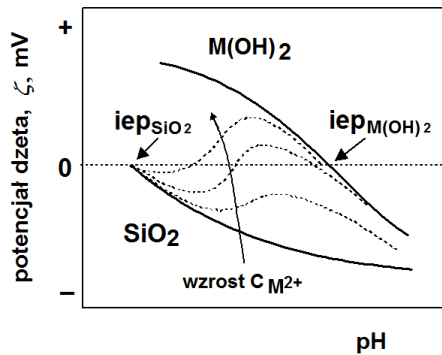
Badania wskazały że największą prędkość opadania obserwuje się przy niskich i wysokich wartościach pH (rys. 3). Oznacza to, że punkt izoelektryczny (iep) dla łupka występuje przy niskim pH, podczas gdy koagulacja przy wysokim pH zachodzi w punkcie rewersji, powodowanym obniżaniem się ładunku elektrycznego granic fazowej łupek/woda w wyniku wytrącania się wodorotlenków (rys. 4).

Wyniki pomiaru koagulacji łupka są zgodne z pomiarami dzeta potencjału badanego łupka którego iep wynosi 3,5 (Peng i Drzymała, 2014).



Rysunek 3.

Prędkość opadania ziarn łupa w wodzie w zależności od pH roztworu wodnego



Rysunek 4.

Potencjał dzeta kwarcu w zależności od pH i stężenia dwuwartościowego kationu, który może ulegać hydrolizie (Drzymała (2009) w oparciu prace Jamesa i Healy'ego (1972))

## WNIOSKI

Największą prędkość opadania łupka w wodzie obserwuje się przy niskich i wysokich wartościach pH. Zatem punkt izoelektryczny (iep) dla łupka występuje przy niskim pH (~3), podczas gdy koagulacja przy wysokim pH zachodzi w punkcie rewersji, powodowanym obniżaniem się ładunku elektrycznego granic fazowej łupek/woda w wyniku wytrącania się wodorotlenków.

## PODZIĘKOWANIA

Praca była częściowo realizowana w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej nr S40 166.

## LITERATURA

Boström, M., Deniz, V., Franks, G.V., Ninham, B.W., 2006, *Extended DLVO theory: electrostatic and non-electrostatic forces in oxide suspensions*, Adv. Colloid Interface Sci, 16;123-126:5-15.

- Drzymała, J., 2009, *Podstawy mineralurgii*, Oficyna Wydawnicza PWR, Wrocław.
- James, R.O., Healy, J., 1972, *Adsorption of hydrolyzable metal ions at the oxide-water interface, Part II*, *Colloid Interface Sci.*, 40, 53–64.
- Kruszakin, K.B., 2014, *Koagulacja łupka miedziowego, praca dyplomowa inżynierska*, opiekun J. Drzymała, Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.
- Peng, M., Drzymała, J., 2014, *Dzeta potencjał łupka miedziowego w wodzie oraz w wodnych roztworach spieniaczy flotacyjnych*, w: *Łupek miedzionośny*, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWR, Wrocław, 2014, 57-60.
- Sonntag, H., 1982, *Koloidy*, PWN, Warszawa.