

Kazimierz MAŁYSA*

CHARAKTERYSTYKA SKŁADU PIANY OTRZYMYWANEJ Z ROZTWORÓW α -TERPINEOLU

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów zawartości cieczy w pianie otrzymywanej z roztworów α -terpineolu o stężeniach w zakresie $5 \times 10^{-5} - 1.5 \times 10^{-5}$ M. W pomiarach wyznaczono średnią zawartość cieczy w całej pianie, zawartości cieczy w najwyższej warstwie piany (14 ± 1 mm) oraz rozkład zawartości cieczy po wysokości słupa piany. Średnia zawartość cieczy w całym słupie piany początkowo rośnie ze stężeniem, a następnie dla stężeń α -terpineolu powyżej 5×10^{-5} M ustala się na poziomie 30% dla prędkości przepływu gazu 40 l/h. Zawartość cieczy w najwyższej warstwie piany jest znacznie mniejsza ($\varphi = 5\%$) i nie zależy od stężenia roztworu.

1. Wprowadzenie

W procesie flotacji piana jest tą częścią układu flotacyjnego, w której następuje gromadzenie materiału użytecznego. Jego oddzielenie następuje poprzez zgarnięcie górnej warstwy piany. Aby cały proces przebiegał właściwie piana musi spełniać szereg warunków zwłaszcza dotyczących jej trwałości i zawartości w niej roztworu. Zbyt trwała piana jest uciążliwa z uwagi na kłopoty z jej zgaszeniem po zgarnięciu koncentratu. Zawartość cieczy w pianie jest ważnym czynnikiem zarówno z uwagi na proces dodatkowej separacji w warstwie piany jak też na ilość roztworu usuwaną wraz ze zgarnianą z koncentratem warstwą piany. Ziarna skały płonej, które zostały mechanicznie wyniesione do kolumny pianowej mogą z niej wypłynąć wraz z wyciekającym roztworem jeżeli rozmiary filmów pianowych i kanałów Plateau są większe od ich wymiarów. A zatem temu procesowi może sprzyjać zwiększona zawartość cieczy w pianie. Z drugiej strony zbyt duża ilość cieczy w usuwanej wraz z koncentratem warstwie piany jest niekorzystna ponieważ stanowi to obciążenie dla dalszych operacji przerobczych. Ponadto usuwany jest w ten sposób z układu flotacyjnego roztwór wraz z odczynnikami niezbędnymi dla procesu flotacji. Jednakże w literaturze

*Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, 30-239 Kraków.

przedmiotu ilość danych na temat zawartości cieczy w pianie jest niewielka co najprawdopodobniej jest związane z trudnościami w wyznaczaniu tej wielkości, zwłaszcza *in situ*. W przypadku bardzo stabilnych pian średnia chwilowa zawartość cieczy w pianie może być wyznaczona przez wypienienie określonej objętości roztworu i zmierzenie objętości powstałej piany. W przypadku pian flotacyjnych metody tej nie da się zastosować z uwagi na ich niską trwałość. Dla wyznaczenia lokalnej zawartości cieczy w pianie stosowana często [1-8] jest metoda oparta na pomiarze przewodnictwa elektrycznego piany. W identycznych warunkach geometrycznych mierzy się przewodnictwo elektryczne warstwy piany x_f i warstwy roztworu x_s z którego otrzymano pianę. Stosunek tych dwóch wielkości jest proporcjonalny do zawartości roztworu w pianie

$$\varphi = \frac{V_a^f}{V^f} = B \frac{x_f}{x_s} \quad [1]$$

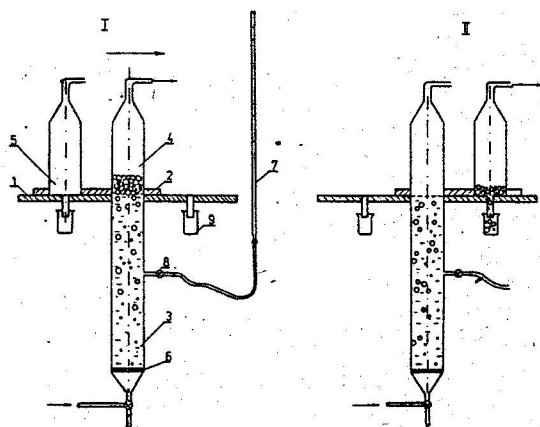
gdzie V_a^f jest objętością roztworu w pianie, V^f jest objętością piany, B jest współczynnikiem proporcjonalności. Podstawową trudnością w wyznaczaniu zawartości cieczy w pianie metodą pomiaru przewodnictwa elektrycznego jest problem wartości współczynnika B . Jego wartość nie jest stała i zależy od struktury piany. W przypadku pian o niskiej zawartości cieczy w której bańki przyjmują kształt wielościanów przyjmuje się [1-4], że wartość współczynnika B leży w zakresie 1.5 - 3.0. $B = 1.5$ jeżeli cały roztwór znajduje się w filmach pianowych. Jeżeli pianę można rozpatrywać jako sieć kanałów Plateau (zaniedbując przewodnictwo filmów pianowych) wtedy $B = 3.0$. W przypadku pian o wysokiej zawartości cieczy wartość współczynnika B jest, według pracy [5], zbliżona do 1. A zatem wartości φ wyznaczone metodą pomiaru przewodnictwa elektrycznego piany nie są wielkościami bezwzględными. Zależą one od przyjętej wielkości współczynnika B , czyli od założenia o strukturze piany. Metodę bezpośredniego wyznaczania zawartości cieczy w pianach przedstawiono w pracy [9]. Zasada tej metody polega na odcinaniu warstwy piany o zmierzonej objętości i pomiarze ilości roztworu otrzymanego po zgaszeniu piany.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów składu piany otrzymywanej z roztworów α -terpineolu o różnych stężeniach. Wyznaczono zależności zawartości cieczy w pianie od stężenia roztworu, prędkości przepływu gazu i wysokości słupa piany.

2. Część doświadczalna

2.1. Metoda pomiaru

Konstrukcję kolumny opisano szczegółowo we wcześniejszej pracy [9]. Zasadę działania kolumny przedstawia schematycznie rys. 1.



Rys.1. Budowa i zasada działania kolumny.

Fig.1. Construction and principle of action of the column.

Podstawową część kolumny stanowią dwie wypolerowane płyty szklane (1 i 2) umocowane w specjalnym uchwycie umożliwiającym przesuwanie górnej płyty względem dolnej i dociskającym je na tyle szczelnie aby roztwór nie wyciekał z pomiędzy płyt. Do dolnej nieruchomej płyty (1) przyklepiona jest rura szklana (o średnicy wewnętrznej 38 mm i długości od spieku do kołnierza 436 mm) której dno stanowi spiek szklany G-2. Do górnej ruchomej płyty (2) przyklejone są rury szklane o długości 255 mm z których jedna zawsze stanowi przedłużenie dolnej części kolumny. Biureta (7) poprzez kran (8) umożliwia dodawanie lub odejmowanie roztworu z kolumny. W ten sposób można ustalać i zmieniać położenie warstwy piany względem płaszczyzny przesuwu płyty (2) po płycie (1).

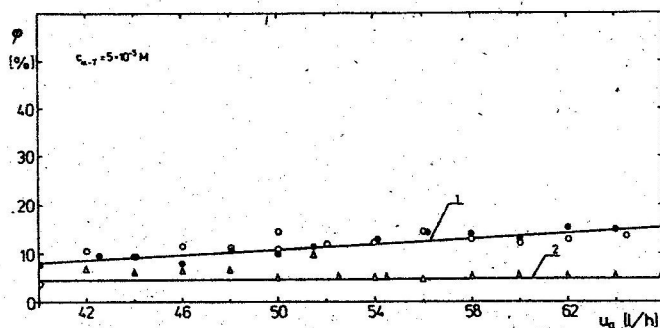
Kolumnę napełniano badanym roztworem i ustalano zadaną prędkość przepływu gazu. Prędkość przepływu gazu mierzono przepływomierzem na wyjściu kolumny. Po ustaleniu się warunków stacjonarnych mierzono wysokość słupa piany i odcinano poprzez szybkie przesunięcie górnej części kolumny z położenia I w położenie II (rys.1) warstwę piany znajdującą się powyżej płaszczyzny przesuwu. Roztwór z odciętej warstwy piany zbierano do naczynka (9) i ważono. Wyznaczono w ten sposób w bezpośrednim pomiarze objętość odcinanej warstwy piany i ilość roztworu w niej zawartego.

2.2 Odczynniki

W pomiarach używano α -terpineol ($C_{10}H_{18}O$) produkcji Merck-Schuchard oraz wodę czterokrotnie destylowaną, przy czym dwa ostatnie stopnie destylacji były wykonywane w destylarce kwarcowej z zasadowego roztworu nadmanganianu potasu. Używany w pomiarach argon był oczyszczany w płuczkach umieszczonych przed kolumną pomiarową.

3. Wyniki i dyskusja

Na rys.2 przedstawiono zależność ilości roztworu φ w jednostce objętości piany od prędkości przepływu gazu dla roztworów α -terpineolu (α -T) o stężeniu 5×10^{-3} M. Linia 1 przedstawia zależność $\varphi = f(u_g)$

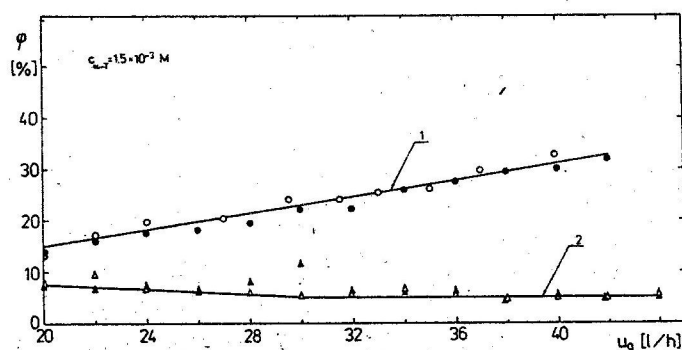


Rys.2. Zależność zawartości cieczy φ w pianie od prędkości przepływu gazu. Linia 1 - w całej kolumnie piany, linia 2 - w najwyższej warstwie o grubości 14 ± 1 mm.

Fig.2. Dependence of the liquid content φ in foam on the gas flow rate. Line 1 - in the whole foam column, line 2 - in the top layer of thickness 14 ± 1 mm.

dla serii doświadczeń w których odcinano całą warstwę piany powstającej w danych warunkach. Należy tutaj dodać, że pojęcie "cała warstwa" piany odnosi się w pracy do warstwy odcinanej zawsze 5 ± 1 mm powyżej granicy roztwór/piana. Taki sposób prowadzenia doświadczeń zapewniał, że ewentualne fluktuacje granicy roztwór/piana nie mogły wpłynąć na mierzone wartości φ - wykluczało to możliwość odcięcia z pianą także górnej warstwy roztworu. Linia 2 przedstawia zależność ilości roztworu w najwyższej warstwie piany o grubości 14 ± 1 mm od prędkości przepływu gazu. Jak widać z rys.2 średnia zawartość cieczy φ w jednostce objętości całej piany rośnie ze wzrostem prędkości

przepływu gazu, natomiast ilość roztworu w najwyższej warstwie piany nie zależy od prędkości przepływu gazu. Zależności $\varphi = f(u_g)$ dla piany otrzymywanej z roztworów α -T o stęż. 1.5×10^{-3} M przedstawiono na rys.3. Także tutaj w przypadku całej warstwy piany wartości φ rosną ze wzrostem prędkości przepływu gazu (linia 1), natomiast w najwyższej warstwie piany (linia 2) ilość roztworu nie zależy od prędkości



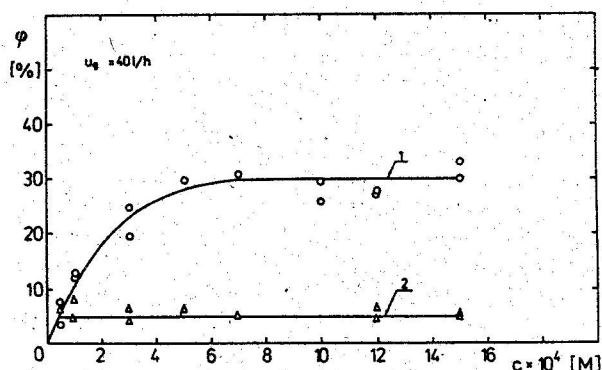
Rys.3. Zależność zawartości cieczy φ w pianie od prędkości przepływu gazu. Linia 1 - w całej kolumnie piany, linia 2 - w najwyższej warstwie piany o grubości 14 ± 1 mm.

Fig.3. Dependence of the liquid content φ in foam on the gas flow rate. Line 1 - in the whole foam column, line 2 - in the top layer of thickness 14 ± 1 mm.

przepływu gazu. Podobne zależności zaobserwowano dla wszystkich badanych roztworów α -T o stężeniach w zakresie 5×10^{-4} - 1.5×10^{-3} M. Wzrostowi średniej zawartości cieczy w całej objętości piany ze wzrostem prędkości przepływu gazu towarzyszy zwiększająca się równocześnie objętość piany, ponieważ im większa prędkość przepływu tym większa jest objętość piany otrzymywanej w warunkach stacjonarnych z roztworów α -terpineolu [10]. Punkty pełne na rysunkach 2 i 3 przedstawiają wyniki doświadczeń w których argon przed wejściem do kolumny przechodził przez płuczkę wypełnioną badanym roztworem. W ten sposób argon był wstępnie nasycany parami roztworu. Jak widać z rysunku 2 i 3 wyniki pomiarów nie zależą od wstępnego nasycenia gazu parami badanego roztworu. A zatem doświadczenia te pokazują, że stężenie roztworu α -T nie ulega zmianie w trakcie pomiaru - nie występuje wypienienie substancji powierzchniowo aktywnej.

Na rysunku 4 przedstawiono zależność ilości roztworu w 1 jednostce

objętości piany od stężenia roztworu α -terpineolu dla dla prędkości przepływu gazu 40 l/h. Krzywa 1 przedstawia zależność $\varphi = f(u_g)$ dla



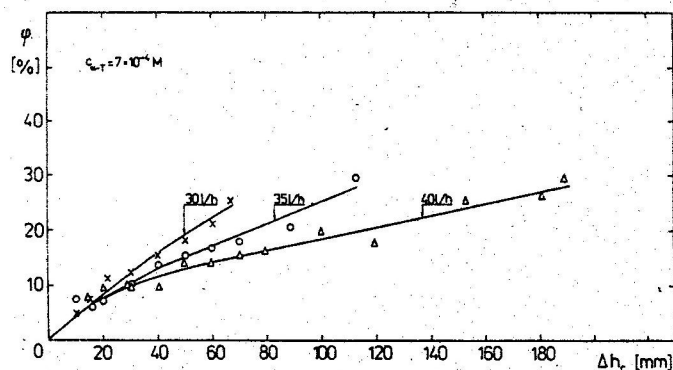
Rys.4. Zależność zawartości cieczy w pianie od stężenia α -terpineolu. Krzywa 1 - w całej kolumnie piany, linia 2 - w najwyższej warstwie o grubości 14 ± 1 mm.

Fig.4. Dependence of the liquid content φ in foam on the gas flow rate. Curve 1 - in the whole foam column, line 2 - in the top layer of thickness 14 ± 1 mm.

całej warstwy piany, krzywa 2 - dla najwyższej warstwy o grubości 14 ± 1 mm. Jak widać z rys.4 początkowo średnia zawartość cieczy φ w jednostce objętości całej piany rośnie ze wzrostem stężenia roztworu. Przy wyższych stężeniach α -T (powyżej 5×10^{-4} M) wartości φ ustalają się na poziomie 30 % (krzywa 1). Zawartość cieczy w najwyższej warstwie o grubości 14 ± 1 mm (krzywa 2) jest jednakowa dla wszystkich stężeń α -T i wynosi 5 %. Pokazuje to, że w najwyższej warstwie piany grubość filmów pianowych jest jednakowa lub bardzo zbliżona. W przypadku badanych małostabilnych pian rozrywanie filmów pianowych następuje tylko w najwyższej warstwie piany [11-13]. A zatem można stwierdzić, że grubość rozrywu filmów w pianach otrzymywanych z roztworów α -terpineolu jest jednakowa lub bardzo zbliżona.

Wyniki przedstawione na rys.4 pokazują wyraźnie, że ilość cieczy zawartej w jednostce objętości w najwyższej warstwie piany jest znacznie mniejsza od średniej wartości charakterystycznej dla całego słupa piany. W przypadku najwyższych stężeń α -T wartości φ są około 5 razy większe dla całego słupa piany w porównaniu do najwyższej warstwy. Wynika z tego, że ilość cieczy musi się zmieniać po wysokości

słupa piany. Najmniej cieczy jest w najwyższej warstwie piany, natomiast ilość cieczy na niższych poziomach musi wzrastać. Dla stwierdzenia jak zmienia się skład po wysokości słupa piany wykonano pomiary w których z określonego słupa piany otrzymywanego w danych warunkach stacjonarnych odcinano warstwy piany o różnej grubości. Wyniki tych pomiarów przedstawiono na rys.5 na którym podano dla 3-ech

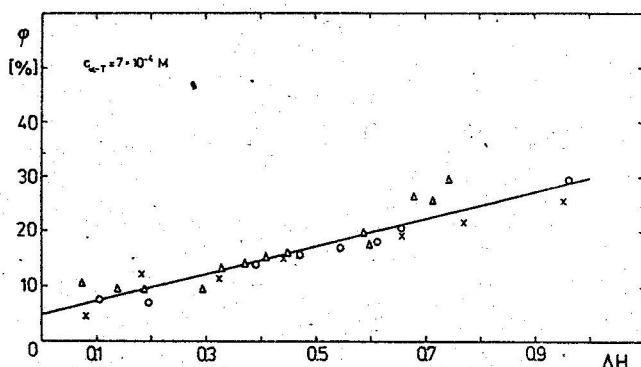


Rys.5. Zależność zawartości cieczy ϕ od grubości odcinanej warstwy piany dla 3-ech różnych prędkości przepływu gazu ($u_g = 30, 35$ i 40 l/h).

Fig.5. Dependence of the liquid content on thickness of the cut-off foam layer for 3 different gas flow rates ($u_g = 30, 35$ i 40 l/h).

różnych prędkości przepływu gazu (30, 35 i 40 l/h) zależności ϕ od wysokości Δh_c odcinanego słupa piany, otrzymywanej z roztworów α -T o stężeniu 7×10^{-4} M. Widać, że ze wzrostem grubości odcinanej warstwy piany wartości ϕ rosną. Należy tutaj pamiętać, że całkowita wysokość słupa piany była zawsze jednakowa (w granicach rozrzutów pomiarowych) dla danej prędkości przepływu gazu. Zwiększanie się wartości ϕ ze wzrostem grubości Δh_c odcinanej warstwy piany wyraźnie wskazuje na wzrost zawartości cieczy na coraz to niższych poziomach piany. Widać to także wyraźnie z porównania przebiegów $\phi = f(\Delta h_c)$ dla różnych prędkości przepływu gazu. Jeżeli dla grubości $\Delta h_c = 60$ mm odciętego słupa piany $\phi = 22$ % przy prędkości przepływu gazu 30 l/h, to przy $u_g = 40$ l/h wartość ϕ wynosi tylko 14 %. Jednakże o ile w przypadku $u_g = 40$ l/h grubość $\Delta h_c = 60$ mm stanowiła tylko około 30 % całej wysokości powstałego słupa piany, to w przypadku $u_g = 30$ l/h stanowiła

ona już około 80 % całkowitej wysokości słupa piany otrzymywanego w tych warunkach. A zatem im bliżej granicy piana/roztwór tym wyższa jest zawartość cieczy w pianie. Na rys.6 przedstawiono te same wyniki w postaci zależności średniej zawartości



Rys.6. Zależność zawartości cieczy ϕ od znormalizowanej, wysokości ΔH odcinanej warstwie piany. x - $u_g = 30$ l/h, o - $u_g = 35$ l/h, Δ - $u_g = 40$ l/h.

Fig.6. Dependence of the liquid content ϕ on the normalized height ΔH of the cut-off foam layer. x - $u_g = 30$ l/h, o - $u_g = 35$ l/h, Δ - $u_g = 40$ l/h.

roztworu ϕ w pianie od znormalizowanej, wysokości odciętej warstwy piany $\Delta H = \Delta h_c / h_t$, gdzie h_t jest wysokością całego słupa piany powstającej w danych warunkach. Jak widać z rys.6 niezależnie od prędkości przepływu gazu wszystkie wartości ϕ układają się na jednej linii. Oznacza to, że na tej samej względnej wysokości słupa piany ilość roztworu jest zawsze taka sama. Im mniejszym ułamkiem całej wysokości słupa piany jest odcinana grubość najwyższej warstwy piany, tym mniejsza jest zawartość w niej roztworu α -terpineolu. Wynika stąd praktyczny wniosek, że jeżeli wymagany jest aby ilość roztworu w koncentracie flotacyjnym była minimalna to zgarniana warstwa piany powinna stanowić jak najmniejszy ułamek wysokości całego słupa piany. Można to osiągnąć nie tylko poprzez zmniejszanie grubości zgarnianej warstwy piany ale także poprzez zwiększenie całkowitej wysokości słupa piany.

4. Literatura

1. Miles E.D., Shedlovsky L., Ross J., J.Phys.Chem., 49, 93 (1945).
2. Clark N., Trans.Faraday Soc., 44, (1948).
3. Lemlich R., J.Soc.Cosmet.Chem., 23, 299 (1972).
4. Bikerman R., "Foams", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1973 pp. 227-229.
5. Kann K.B., Feklistov V.N., Izv.Sib.Otd. AN SSSR, 8 [2], 116 (1977).
6. Lemlich R., J.Coll.Interface Sci., 64 [1], 107 (1978).
7. Agnihotri A.K., Lemlich R., J.Coll.Interface Sci., 84 [1], 42 (1981).
8. Kann K.B., Feklistov V.N., Kolloidn.Z., 48 [1], 33 (1986).
9. Małysa K., Pomianowski A., Inż.Aparatura Chem., [1], 24 (1977).
10. Małysa K., Pomianowski A., Fizykochem.Problemy Przeróbki Kopalin, 10, 119 (1976).
11. Małysa K., Cohen R., Exerowa D., Pomianowski A., J.Coll.Interface Sci., 80 [1], 1 (1981).
12. Małysa K., Lunkenheimer K., Miller R., Hempt G., Colloids and Surfaces, 16, 9 (1985).
13. Małysa K., Miller R., Lunkenheimer K., Colloids and Surfaces (accepted).

ABSTRACT

Małysa K., 1990. Characterization of the composition of foams obtained from α -terpineol solutions. Physicochem.Probl.Miner.Process., 22, (polish text). 101-109.

The paper presents results of measurements of the liquid content in foams obtained from α -terpineol solutions of concentrations within the range of 5×10^{-5} - 1.5×10^{-3} M. An average content of liquid in the whole foam column, the liquid content in the top foam layer (14 ± 1 mm) and a distribution of the liquid content over the foam height were determined in the experiments. The average liquid content in the whole foam column increases initially with concentration and then for α -terpineol concentrations higher than 5×10^{-4} M reaches a constant level of 30 % for gas velocity 40 l/h. The liquid content in the top foam layer is considerably lower ($\phi = 5$ %) and is not dependent on the solution concentration.

СОДЕРЖАНИЕ

К. Мальса, 1990. Характеристика состава пены полученной из растворов α -терпинеола. Физикохимические вопросы обогащения. 22: 101-109

Определено среднее содержание жидкости в целом столбе пены, содержание жидкости в самом верхнем слое пены (14 ± 1 мм) и распределение содержания жидкости по высоте столба пены. Среднее содержание жидкости в целом столбе пены сначала возрастает с увеличением концентрации, а потом для концентрации α -терпинеола выше 5×10^{-4} М устанавливается на уровне 30%, для скорости пропыва газа 40 л/г. Содержание жидкости в самом верхнем слое пены значительно меньше ($\phi = 5\%$) и не зависит от концентрации раствора.