

Krystyna PROCHASKA *

Jan SZYMANOWSKI *

ZJAWISKA POWIERZCHNIOWE W EKSTRAKCYJ METALI

Zjawiska powierzchniowe w ekstrakcji metali

Krystyna Prochaska, Jan Szymanowski

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika
Poznańska, Plac Skłodowskiej-Curie 2, Poznań.

W pracy omówiono własności powierzchniowe chelatujących ekstrahentów metali. Następnie przedyskutowano wpływ struktury reagentów, ich równowagi hydrofilno-lipofilnej, rodzaju rozcieńczalnika organicznego oraz składu fazy wodnej na aktywność powierzchniową ekstrahentów, oraz na mechanizm i kinetykę procesu ekstrakcji. Zaproponowano zastosowanie różnych izoterm adsorpcji do interpretacji danych kinetycznych.

W ostatnim dziesięcioleciu notuje się dynamiczny rozwój hydrometalurgii w procesach wydzielania, jak i rozdzielania metali. Wprawdzie metody ekstrakcyjne są bardziej energochłonne w porównaniu z tradycyjnymi metodami pirometalurgicznymi, niemniej ich atrakcyjność związana jest przede wszystkim ze zdecydowanie mniejszym skażeniem środowiska naturalnego oraz możliwością wykorzystania ubogich źródeł surowcowych, których bezpośredni przerób metodami ogniowymi jest niesekonomiczny. Metody ekstrakcyjne znajdują coraz szersze zastosowanie nie tylko w produkcji drogich metali szlachetnych, ale również przy odzysku metali tanich, jak miedź, nikiel czy kobalt. Wdrożenie w latach siedemdziesiątych technologii hydrometalurgicznego wytwarzania względnie taniej miedzi stanowiło olbrzymi krok w rozwoju metod ekstrakcyjnych. Spowodowało to wzrost zainteresowania, zarówno w zakresie badań podstawowych dotyczących kinetyki i mechanizmu ekstrakcji, jak również poszukiwań nowych typów ekstrahentów. Poznanie mechanizmu procesu jest nieodzowne dla doboru właściwych katalizatorów i modyfikatorów koniecznych w procesach ekstrakcyjnych, ze względu na powolny przebieg ekstrakcji, a w szczególności

*Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej,
60-965 Poznań, Pl. Skłodowskiej-Curie 2.

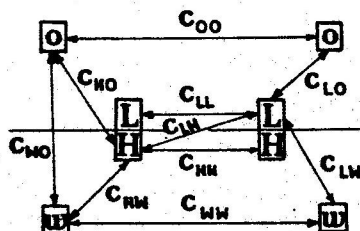
reekstrakcji. Warunkiem pełnego poznania mechanizmu i kinetyki ekstrakcji metali jest ustalenie wszystkich możliwych zjawisk i procesów zachodzących w układzie ekstrakcyjnym, tzn. w obu fazach objętościowych oraz na powierzchni granicznej. Coraz większego znaczenia nabierają zatem badania podstawowe dotyczące fizykochemii i kinetyki procesów przebiegających wewnątrz faz oraz na ich granicy, takich jak: asocjacja w fazie organicznej, rozpuszczalność oraz podział między fazę wodną i organiczną, oddziaływania między cząsteczkami ekstrahenta i cząsteczkami rozpuszczalników oraz adsorpcja na granicy faz. Jedynie kompleksowa analiza wszystkich zjawisk zachodzących w trakcie ekstrakcji umożliwi postawienie właściwej hipotezy dotyczącej mechanizmu procesu oraz uwarunkowań jego kinetyki.

1. Aktywność powierzchniowa ekstrahentów

W procesach ekstrakcji różnych metali stosowane są jako ekstrahenty związki o bardzo zróżnicowanej budowie chemicznej niemniej cechą wspólną wszystkich reagentów jest ich hydrofilowo-hydrofobowy charakter. Cząsteczka ekstrahenta musi z jednej strony dobrze rozpuszczać się w fazie organicznej nie mieszając się z fazą wodną, za co odpowiedzialne jest ugrupowanie hydrofobowe. W powszechnie stosowanych ekstrahentach rolę tę pełni prosty lub rozgałęziony łańcuch węglowodorowy względnie grupy alkiloarylowe zawierające benzenowe lub naftalenowe pierścienie. Z drugiej strony cząsteczkę ekstrahenta musi charakteryzować odpowiednio duża siła kompleksotwórcza w stosunku do jonów metalu. Funkcję tę pełni odpowiednie ugrupowanie hydrofilowe, przy czym w zależności od budowy chemicznej części hydrofilowej można wyróżnić trzy zasadnicze grupy ekstrahentów, jak: kwaśne, zasadowe i obojętne. W grupie ekstrahentów kwaśnych ugrupowanie hydrofilowe charakteryzuje się obecnością grupy donorowej z dysocjującym protonem. Są to np.: kwasy karboksylowe, sulfonowe, fosforowe, fosfonowe i fosfinowe lub różne związki chelatujące, posiadające grupę hydroksylową zdolną do dysocjacji np. hydroksyoksymy. Ekstrahenty zasadowe to przede wszystkim długołańcuchowe aminy i ich sole. W ekstrahentach obojętnych ugrupowanie hydrofilowe stanowi donorowa grupa nie zawierająca dysocjującego protonu. Jest to najczęściej atom tlenu w polieterach cyklicznych czy w reagentach typu estrów kwasu fosforowego, np. fosforan tributylowy.

Wprawdzie ekstrahenty ze względu na konieczność odpowiedniej rozpuszczalności w fazie organicznej mają bardzo rozbudowane ugrupowanie hydrofobowe i w stosunku do typowych niejonowych związków powierzchniowo czynnych wykazują znaczną hydrofobowość (Szymański, 1984). Niemniej jednak hydrofilowo-hydrofobowy charakter ich budowy sprawia, że związki te wykazują aktywność powierzchniową i adsorbują się na granicy faz

roztwór wodny/roztwór organiczny obniżając napięcie międzyfazowe. Istotną rolę odgrywa orientacja cząsteczki ekstrahenta na granicy faz, a szczególnie głębokość penetracji warstewek przylegających fazy wodnej przez hydrofilowe ugrupowanie cząsteczki ekstrahenta. Jest ona wypadkową sił kohezji występujących w układzie: roztwór wodny/ekstrahent/rozpuszczalnik organiczny (rys.1).



Rys.1. Oddziaływania kohezji w układzie faza wodna/faza organiczna / hydrofobowy ekstrahent

Fig.1. Types of cohesion energy in a two component system containing a hydrophobic extractant

O orientacji cząsteczki ekstrahenta na granicy faz decyduje przede wszystkim wzajemny stosunek wielkości oddziaływań między hydrofobowym ugrupowaniem jego cząsteczki i cząsteczkami rozpuszczalnika organicznego (c_{LO}) oraz oddziaływań pomiędzy częścią hydrofilową cząsteczki ekstrahenta i cząsteczkami fazy wodnej (c_{HW}), który nosi nazwę wskaźnika Winsora R. Przyjmuje się, że najwyższa aktywność powierzchniowa występuje wówczas gdy $R = 1$, tzn. gdy $c_{LO} = c_{HW}$. W przypadku gdy $c_{LO} > c_{HW}$, tzn. gdy $R > 1$, większe oddziaływania między częścią lipofilową cząsteczki i cząsteczkami fazy organicznej powodują głębsze zanurzenie cząsteczki ekstrahenta w fazie organicznej, słabszą penetrację fazy wodnej przez grupy hydrofilowe, a więc i słabszy dostęp jonów metalu, co w konsekwencji pogarsza kinetykę ekstrakcji. Natomiast w przypadku, gdy $R < 1$, tzn. gdy $c_{LO} < c_{HW}$, siły kohezji między hydrofilowym ugrupowaniem cząsteczki ekstrahenta i cząsteczkami wody są większe w porównaniu z oddziaływaniem części lipofilowej z fazą organiczną. Wówczas cząsteczka głęboko wnika do warstewki przylegającej fazy wodnej, co ułatwia kontakt zaadsorbowanego ekstrahenta z jonem metalu i w konsekwencji poprawia kinetykę ekstrakcji. W przypadkach granicznych, gdy $c_{LO} \gg c_{HW}$ cząsteczka ekstrahenta nie adsorbuje się na granicy faz, co praktycznie uniemożliwia prowadzenie ekstrakcji. Natomiast w sytuacji, gdy $c_{HW} \gg c_{LO}$ ekstrahent dobrze rozpuszcza się w fazie wodnej, a proces kompleksowania zachodzi w całej objętości tej fazy. Układ taki ze względu na straty ekstrahenta nie ma jednak znaczenia technologicznego.

W świetle przedstawionych rozważań aktywność powierzchniowa ekstrahentów, której miarą może być sprawność adsorpcji (rozumiana jako minimalne stężenie objętościowe potrzebne do utworzenia nasyconej granicy faz) oraz efektywność adsorpcji (rozumiana jako gęstość zaadsorbowanych cząsteczek na nasyconej powierzchni granicznej) zależna będzie

od czynników determinujących wzajemny stosunek sił kohezji c_{Lo} i c_{Hv} w układzie ekstrakcyjnym, takich jak:

- budowa ugrupowania hydrofilowego i hydrofobowego cząsteczki ekstrahenta,
- charakter rozpuszczalnika organicznego,
- skład fazy wodnej.

1.1. Wpływ rozpuszczalnika organicznego.

Wielkość oddziaływań między hydrofobowym ugrupowaniem cząsteczki ekstrahenta i cząsteczkami fazy organicznej zależy od wzajemnego dopasowania ich struktur. Jako ilościowe kryteria tego dopasowania stosuje się objętość molową oraz parametr rozpuszczalności Hildebrandta. Cząsteczki ekstrahentów zawierające pierścienie aromatyczne w ugrupowaniu hydrofobowym mają lepiej dopasowaną strukturę hydrofobu do cząsteczek rozpuszczalników aromatycznych typu toluenu niż w stosunku do cząsteczek alifatycznych rozpuszczalników typu oktanu. Efektem powyższego ich aktywność powierzchniowa jest generalnie wyższa w rozpuszczalnikach alifatycznych, co nie pozostaje bez wpływu na większą szybkość ekstrakcji w układach z węglowodorem alifatycznym jako rozcieńczalnikiem.

Typ rozpuszczalnika organicznego wywiera istotny wpływ na asocjację cząsteczek ekstrahentów, której siłą napędową jest zmniejszanie swobodnej energii ich rozpuszczania w wyniku wzajemnych oddziaływań polarnych ugrupowań cząsteczek ekstrahenta. Agregacja cząsteczek ekstrahenta w fazie organicznej, zdecydowanie silniejsza w rozpuszczalnikach niesolwujących, ma charakter stopniowy i może rozpoczynać się przy bardzo niskim stężeniu ekstrahenta rzędu 10^{-7} - 10^{-6} mol dm^{-3} . Niewątpliwie stosunek stężenia miceli i monomerów, stopień agregacji, jak również stałe szybkości formowania i rozpuszczania miceli mają wpływ na sprawność oraz kinetykę procesu adsorpcji ekstrahenta na granicy faz.

1.2. Wpływ fazy wodnej

Czynnikiem istotnie wpływającym na aktywność powierzchniową ekstrahentów jest pH fazy wodnej. Liczne badania w tym zakresie w grupie ekstrahentów kwaśnych wskazują, że aktywność powierzchniowa ekstrahentów wzrasta ze wzrostem pH fazy wodnej, a szczególnie przy wartościach pH odpowiadających wzrostowi dysocjacji grupy funkcyjnej (Flett, 1975). Wpływ pH fazy wodnej na aktywność powierzchniową generalnie tłumaczony jest zmniejszaniem jonizacji hydrofilowych grup cząsteczki ekstrahenta w roztworach o coraz niższym pH w wyniku czego zmniejsza się polarność hydrofilowego ugrupowania. Czyni to cząsteczkę bardziej kompatybilną z fazą organiczną, a tym samym mniej aktywną powierzchniowo.

Skład fazy wodnej wywiera również wpływ na efektywność adsorpcji. Możliwość oddziaływania cząsteczek zaadsorbowanych w monomolekularnej

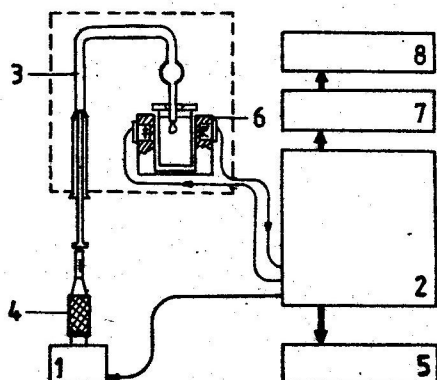
warstwie z jonami obecnymi w fazie wodnej może być przyczyną zmiany ich orientacji na granicy faz, przy czym istotna jest wielkość jonów oraz stopień ich hydratacji. Przykładowo duże jony mają słabe tendencje do hydratacji. Jako relatywnie hydrofobowe zakłócają strukturę wody, są zatem wypierane z fazy wodnej w następstwie czego ich oddziaływanie z monomolekularną warstwą graniczną, tzn. z hydrofilowymi głowicami cząsteczek ekstrahentów są duże. Efektem jest wzrost aktywności powierzchniowej ekstrahentów.

2. Oznaczanie napięcia międzyfazowego

W badaniach aktywności powierzchniowej ekstrahentów powszechnie stosowaną metodą oznaczania napięcia międzyfazowego na granicy faz roztwór wodny/faza organiczna jest metoda ważenia kropli. Metoda ta jako semistatyczna pozwala zarówno na pomiar równowagi, jak i kinetyki adsorpcji. Mając na uwadze powolną (w stosunku do typowych surfaktantów) adsorpcję ekstrahentów na granicy faz roztwór wodny/faza organiczna należy przypuszczać, że wyznaczone wartości równowagowe nie określają rzeczywistej sytuacji na granicy faz w trakcie ekstrakcji, a szczególnie na szybko powstającej i zmieniającej się powierzchni granicznej w układach zdyspergowanych. Wpływ kinetyki adsorpcji ekstrahentów staje się szczególnie istotny w przypadku procesów ekstrakcji metali mieszanina ekstrahentów o różnej sprawności adsorpcji. Wyniki rozważań nad adsorpcją w układach zawierających dwa powierzchniowo czynne indywidua wskazują bowiem na złożony przebieg procesu (Miller, 1979). W początkowy okresie następuje adsorpcja składnika o mniejszej aktywności powierzchniowej. Następnie w trakcie dalszego przebiegu procesu, przy wzrastającym udziale składnika drugiego w warstwie adsorpcyjnej, następuje stopniowa desorpcja składnika o mniejszej aktywności powierzchniowej, aż do ustalenia się równowagi. Tak więc dla pełnej dyskusji wyników badań kinetyki i mechanizmu ekstrakcji konieczne jest, obok równowagi adsorpcji, określenie aktywności powierzchniowej ekstrahentów w warunkach najbardziej zbliżonych do rzeczywistego układu ekstrakcyjnego, tzn. na szybko powstającej powierzchni granicznej.

Precyzyjne i powtarzalne pomiary równowagowego oraz dynamicznego napięcia międzyfazowego można uzyskać przy pomocy półautomatycznego przyrządu przedstawionego na rys. 2. Pomiar polega na wyznaczeniu objętości kropli fazy wodnej wypychanej mechanicznie ze stalagmometru, którego końcówka zanurzona jest w badanym roztworze organicznym. Zastosowanie silnika krokowego umożliwia regulowanie objętościowego natężenia przepływu fazy wodnej przez kapilarę w szerokim przedziale wartości, od 10^{-10} do 10^{-2} m³s⁻¹. Moment oderwania kropli rejestrowany jest przy pomocy czujnika optoelektronicznego. Impuls generowany przez spadającą kroplę wysyłany jest na zegar i sprzężony z nim drukarkę. Badania prowa-

dzzone przy pomocy omawianego urządzenia charakteryzuje wysoka precyzja oznaczeń, rzędu $5 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-1}$.



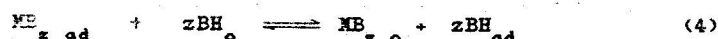
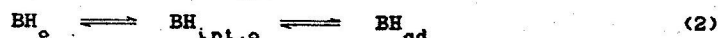
Rys.2. Aparat do oznaczania napięcia międzyfazowego (1- silnik krokowy, 2- blok sterujący, 3- stalagmometr, 4- śruba mikrometryczna, 5- częstotliwościomierz, 6- czujnik optoelektroniczny, 7- zegar, 8- drukarka)

Fig.2. Apparatus used for the interfacial tension measurements (1-stepper motor, 2-control panel, 3-stalagmometer, 4- micrometer screw, 5-frequency counter, 6- optoelectronic indicator 7- clock, 8- printer)

3. Mechanizm ekstrakcji

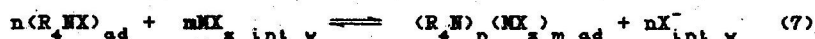
Dodatnia adsorpcja cząsteczek ekstrahenta na granicy faz roztwór wodny/faza organiczna sprawia, że stężenie powierzchniowe reagenta jest zdecydowanie wyższe niż w głębi fazy organicznej. Preferuje to przebieg reakcji powierzchniowej. Ponadto niska rozpuszczalność ekstrahentów w fazie wodnej (Osseo-Asare, 1984) (rzędu kilku ppm) sprzyja przebiegowi reakcji heterogenicznej. W świetle powyższego, najbardziej poprawna wydaje się hipoteza zakładająca powierzchniowy mechanizm procesu ekstrakcji, który można opisać następującymi równaniami:

a) w przypadku ekstrahentów kwaśnych, gdy założymy, że ekstrahent jest słabym kwasem jednoprotonowym i można pominąć jego dysocjację oraz, że ekstrahowany metal występuje w postaci wolnego jonu względnie słabego hydratu, przy czym jego dehydratacja zachodzi bardzo szybko, jak w przypadku jonów Cu(II) , wówczas:



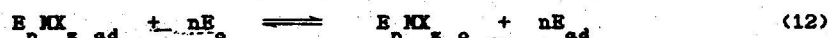
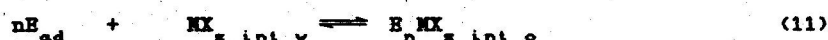
gdzie: BH oznacza cząsteczkę ekstrahenta, a indeksy o, int o oraz ad określają odpowiednio cząsteczkę w fazie ograniczonej, w warstewce przylegającej fazy organicznej (rys.3) oraz cząsteczkę zaadsorbowaną na granicy faz,

b) w przypadku ekstrahentów zasadowych:

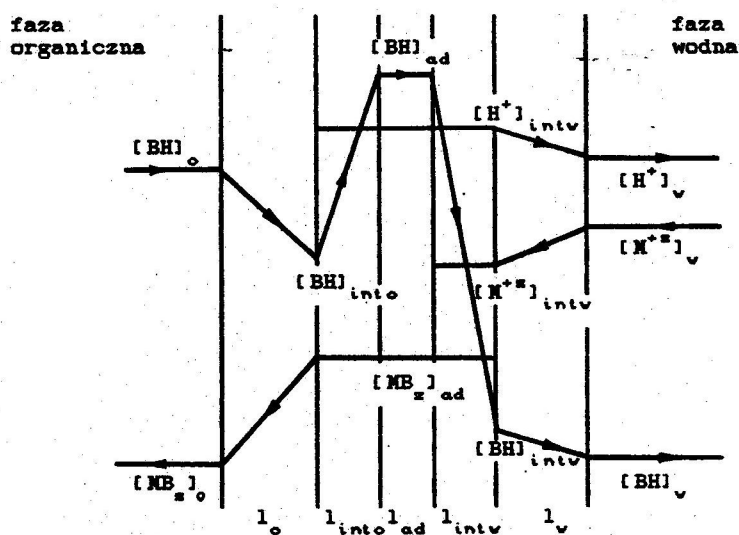


gdzie: R_4NX oznacza cząsteczkę ekstrahenta, a MX_z ekstrahowany metal w postaci kompleksu.

c) w przypadku ekstrahentów obojętnych:



gdzie: E oznacza cząsteczkę ekstrahenta.



Rys.3. Rozkład stężeń na granicy faz ($l_{o,v}$ -warstwy dyfuzyjne, l_{into} l_{intv} -warstwy przygraniczne, l_{ad} -warstwa adsorpcyjna)

Fig.3. Concentration distribution at the interface ($l_{o,v}$ -diffusion layers, l_{intv} , l_{into} -subsurface layers, l_{ad} -adsorption layer)

Dla przedstawionych powyżej mechanizmów procesu powierzchniowego w równaniach kinetycznych opisujących szybkość ekstrakcji występuje stężenie powierzchniowe ekstrahenta. Stężenie to nie jest określone doświadczalnie. Można je wyliczyć jedynie na podstawie izotermy adsorpcji Gibbsa, wyznaczanej w oparciu o doświadczalnie wyznaczoną izotermę napięcia międzyfazowego.

4. Nadmiar powierzchniowy

Stężenie powierzchniowe badanych ekstrahentów na granicy faz roztwór wodny/faza organiczna opisuje równanie Gibbsa:

$$\Gamma = - \frac{c}{RT} \frac{d\gamma}{dc} \quad (13)$$

Wyrażenie $d\gamma/dc$ można wyznaczyć bezpośrednio z doświadczalnej izotermy napięcia międzyfazowego przez graficzne względnie numeryczne różniczkowanie krzywej. Metoda ta jest jednak bardzo uciążliwa i mało dokładna. W celu ominięcia powyższych trudności można dokonać aproksymacji doświadczalnej izotermy napięcia międzyfazowego odpowiednio dobraną zależnością funkcyjną, której zróżniczkowanie pozwala na określenie wyrażenia $d\gamma/dc$ w postaci analitycznej. Zadawające wyniki uzyskuje się w przypadku aproksymacji krzywych doświadczalnych następującymi równaniami:

izoterma Szyszkowskiego:

$$\gamma = \gamma_0 [1 - b \ln(\frac{c}{a} + 1)] \quad (14)$$

izoterma Frumkina:

$$\gamma = \gamma_0 [1 - b \ln(\frac{a+c}{a}) - a'(\frac{c}{c+a})^2] \quad (15)$$

izoterma Tiomkina:

$$\lg c + K_T = B_T (RT)^{-1} (\gamma_0 - \gamma)^{0.5} \quad (16)$$

wielomian logarytmiczny:

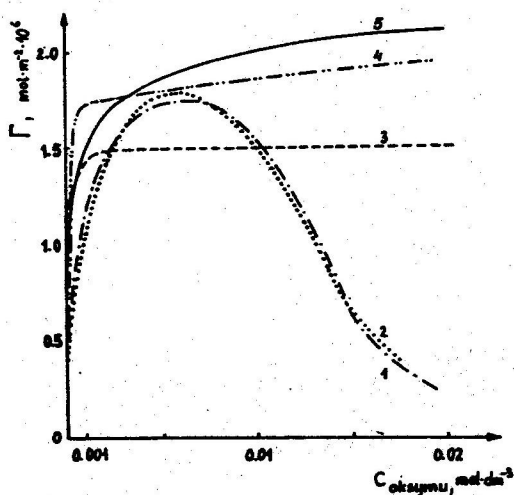
$$\gamma = a_1 (\lg c)^3 + a_2 (\lg c)^2 + a_3 \lg c + a_4 \quad (17)$$

Należy jednak zaznaczyć, że nawet w przypadku bardzo dobrego dopasowania równań aproksymujących do analizowanych krzywych doświadczalnych $\gamma=f(c)$, dla których błędy modeli nie przekraczają wartości 10^{-3} , wyznaczone izotermy nadmiaru powierzchniowego mają znacznie zróżnicowany przebieg, zwłaszcza w obszarze wyższych stężeń (rys.4). Wyznaczone wartości stężenia powierzchniowego należy zatem traktować bardzo ostrożnie, zwłaszcza w rozważaniach dotyczących szacowania rzędu reakcji względem stężenia ekstrahenta (rys.5).

Występuje analogiczna tendencja zmian przewidywanego rzędu reakcji względem stężenia ekstrahenta jak w badaniach kinetycznych, przy czym dla przedstawionej wersji mechanizmu uzyskuje się najmniejsze różnice w szacowanych wartościach rzędu reakcji dla różnych izoterm adsorpcji.

Obecnie nie ma wątpliwości, że reagenty stosowane w ekstrakcji metali wykazują aktywność powierzchniową. Brak jednak systematycznych

badan pozwalających na jednoznaczne określenie roli aktywności powierz-



Rys. 4. Izotermy nadmiaru powierzchniowego dla E-oksymu 2-hydroksy-5-t-oktylobenzofenonu na granicy faz oktan/ 0.01 M roztwór Na_2SO_4 wyznaczone na podstawie:

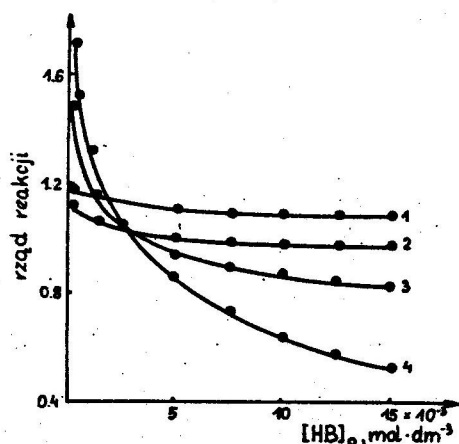
- 1- graficznego różniczkowania doświadczalnej krzywej $\gamma=f(c)$
- 2- numerycznego różniczkowania,
- 3- izotermy Szyszkowskiego,
- 4- wielomianu,
- 5- izotermy Temkina.

Fig 4. Surface excess for 2-hydroxy-5-t-octylbenzophenone E-oxime in an octane/0.01 M Na_2SO_4 water solution system calculated according to:

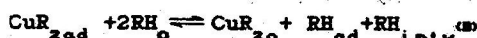
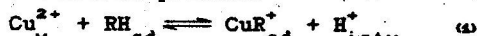
- 1- graphical differentiation of experimental curve $\gamma=f(c)$,
- 2- numerical differentiation,
- 3- Szyszkowski isotherm,
- 4- polynomial,
- 5- Temkin isotherm.

chniowej i czynników ją determinujących, na przebieg procesu ekstrakcji metali. Praktycznie wszystkie badania fizykochemiczne ograniczają się do określenia zdolności ekstrahentów do obniżania napięcia międzyfazowego na granicy faz roztwór wodny/faza organiczna, przy czym badania te prowadzone są najczęściej na nieoczyszczonych handlowych reagentach co uniemożliwia jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników. Produkty handlowe stanowią bowiem złożone mieszaniny, w skład których wchodzi półprodukty syntezy, modyfikatory oraz rozpuszczalniki. Należy przypuszczać, że obecność w układzie ekstrakcyjnym mieszaniny substancji o różnych właściwościach adsorpcyjnych ma wpływ zarówno na kinetykę adsorpcji ekstrahentów, jak i kinetykę procesu ekstrakcji. Ponadto pomiary aktywności powierzchniowej ekstrahentów dokonuje się w warunkach nieodpowiadających warunkom procesu ekstrakcji.

Dane dotyczące asocjacji ekstrahentów w różnych rozpuszczalnikach organicznych, wartości współczynników podziału między fazę wodną i organiczną oraz wartości stężenia powierzchniowego są niepełne i dyskusyjne, a tym samym wzbudzają wątpliwości przy ich wykorzystywaniu w dyskusji mechanizmu procesu.



Rys. 5. Przewidywany rząd reakcji względem stężenia ekstrahenta dla ekstrakcji miedzi hydroksyoksymem przy założeniu następującego mechanizmu procesu:



gdzie etap (2) limituje szybkość procesu,
krzywa 1,2,3,4 - stężenie powierzchniowe wg równań 16,14,17 i 13.

Fig. 5. Predicted reaction orders against extractant concentration for copper extraction by hydroxyoxime for assuming the following model process, where reaction (2) as the slowest step, curves 1,2,3,4 - interfacial concentration calculated according equations 16,14,17 and 13, respectively.

Literatura

1. D.S.Flett, M.Cox and J.D.Heels, J. Inorg. Nucl. Chem., **37**, 2533 (1975).
2. R.Miller, Colloid and Polymer Sci., **257**, 1118 (1979).
3. K.Osseo-Asare, Hydrometallurgical Process Fundamentals, R.G.Bantista Ed. Plenum, New York, 1984. pp.357-405.
4. J.Szymański, M.Cox and Ch.G.Hirons, J.Chem.Tech. Biotechnol. **34A**, 218, (1984).

ABSTRACT

Prochaska K., Szymański J., Interfacial phenomena in metal extraction., Physicochemical Problems of Mineral Processing ; 217-227 (polish text).

The interfacial properties of chelating reagents and their effect upon the kinetics and mechanism of metal extraction were discussed. The effects of the structure of the extractant molecules, their hydrophilic-lipophilic balance, the nature of the organic diluent and the nature and composition of the aqueous phase on the interfacial activity of solvent extraction reagents and the extraction kinetics and mechanism were considered. The use of different adsorption isotherms to interpret kinetic data was proposed.

Содержание

К.Прохаска, Я.Шымановски, 1988. Поверхностные явления в экстракции металлов. Физикохимические вопросы обогащения, 20; 217-227.

В работе обсуждены поверхностные свойства реагентов и их влияние на кинетику и механизм экстракции металлов. Обсуждено влияние химической структуры экстрагентов, их гидрофильно-липофильного равновесия и влияние типа органического растворителя, а также влияние типа и состава водной фазы на межфазовую активность экстрагентов и кинетику, а также механизм экстракции металлов. Предложены разные изотермы адсорбции, чтобы обсудить кинетические данные