

Izabela HUDYMA
Tomasz CHMIELEWSKI

Instytut Chemii Nieorganicznej
i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich
Politechniki Wrocławskiej, Wrocław

BADANIA FLOTOWALNOŚCI ŻELAZONIKLU KSANTOGENIANEM IZOOKTYLIOWYM

Wstęp

W literaturze spotyka się niewiele opracowań, traktujących o flotacji czystych metali lub stopów. Stosunkowo najwięcej informacji istnieje na temat flotacji ziaren miedzi, otrzymanych podczas chlorująco-redukującego prażenia metodą TORCO. Ziarna metalicznej miedzi były flotowane za pomocą ksantogenianu propylowego lub amylowego oraz kolektorów z grupy aerofloatów [1-4].

Ksantogenianów używano również do flotacji złota, srebra i żelaza [5-6]. Badania nad flotowalnością metali za wyjątkiem miedzi [7] nie wyszły poza skalę laboratoryjną.

Jednym z metali, których skupia ostatnio uwagę badaczy jest nikiel. Nikiel występuje w złożach siarczkowych, lub tlenkowych. Złoża siarczkowe zostały znacznie wyczerpane, dlatego istnieją poszukiwania nowych metod, które pozwoliłyby odzyskiwać nikiel ze złóż tlenkowych. Jedną z takich metod jest metoda segregacji, wzorowana na procesie TORCO [8-23]. Metaliczne ziarna żelazoniklu powstające podczas prażenia segregacyjnego są zazwyczaj odzyskiwane metodą flotacyjną przy użyciu ksantogenianów.

Obszerne badania nad flotacją żelazoniklu ze spieku segregacyjnego były prowadzone w latach sześćdziesiątych na terenie Stanów Zjednoczonych i Japonii [8-10]. Iwasaki, Takahashi i Kahata [8] zaproponowali ksantogenian izoamylowy jako zbieracz we flotacji żelazoniklu. W Europie pierwsze badania nad uwalnianiem niklu z rud krzemianowych oraz jego flotację przedstawili Ser i Stojsic [11]. W latach siedemdziesiątych podobne opracowanie wykonano w Związku Radzieckim [12-14].

W wymienionych pracach [8-14] badania segregacyjne, następnie flotacyjne prowadzono z bogatą rudą garnierytową lub laterytową. Ziarna żelazoniklu utworzone w spieku segregacyjnym miedziowano roztworem siarczanu miedzi, a następnie flotowano ksantogenianem amylowym lub izooktylowym. Miedziowanie z jednej strony poprawiało hydrofobizację ziarn żelazoniklowych i ułatwiało flotację przy pomocy ksantogenianu, lecz z drugiej strony powodowało wprowadzenie do koncentratu niklu miedzi w takiej ilości, że stawał się on nieprzydatny do dalszej przeróbki hutniczej.

W Polsce badania nad odzyskiwaniem niklu z krajowych rud krzemianowych podjęto w latach siedemdziesiątych [15 - 20]. W badaniach tych poszukiwano między innymi, efektywnych zbieraczy dla ziarn żelazoniklowych, które pozwoliłyby pominąć proces miedziowania. Zaproponowano ksantogeniany zawierające od 8 do 12 atomów węgla w łańcuchu węglowodorowym [21-23]. Za pomocą tych kolektorów otrzymano z rud laterytowych, zawierających około 0,6% Ni koncentraty zawierające od 6% do 8% Ni.

Celem tej pracy jest pokazanie wpływu ksantogenianu izooktylowego na flotowalność proszku żelazoniklowego. Podjęto również próbę określenia związków odpowiedzialnych za tę flotację.

Część eksperymentalna (metody, odczynniki, aparatura)

Badania eksperymentalne prowadzono z proszkiem żelazoniklowym otrzymanym z stopu żelazoniklu, wyprodukowanego przez ZGH "Szklary". Stop po upłynięciu rozpylano w strumieniu azotu i otrzymano proszek z którego wydzielono klasę ziarnową $-0,200+0,075$ mm. Skład chemiczny wyselekcjonowanego proszku był następujący: 10,43% Ni, 88,68% Fe, 0,3% Cr, 0,3% C, 0,2% Si, 0,05% S i 0,04% P.

Do flotacji żelazoniklu używano izooktylowego ksantogenianu potasowego, syntezowanego z 2-etyloheksanolu-1 (techniczny), produkcji Z.Ch. "Oświęcim", dwusiarczku węgla (cz.d.a.) produkcji Ferak (RPN) oraz zasady potasowej (cz.d.a.) produkcji Z.Ch. w Jaworzynie.

Badania flotowalności proszku żelazoniklowego prowadzono w dwu etapach. Początkowo wyznaczono w cylindrach obszar hydrofobizacji ziarn żelazoniklowych, a następnie dla wybranego stężenia ksantogenianu izooktylowego wykonano próby jego flotowalności. Przybliżony obszar flotowalności proszku żelazoniklowego w układzie pH-stężenie ksantogenianu wyznaczono w następujący sposób: próbki zawierające 0,5 g

proszku żelazoniklu umieszczano w miarowym cylindrze i napełniano $0,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ roztworem izooktylowego ksantogenu potasu o zmiennych stężeniach i żądanym pH. Cylinder zamykano korkiem i energicznie wytrząsano przez 2 min. Mierzono pH roztworu i odnotowywano je jako pH badane. Całkowite przejście proszku metalicznego do piany przyjmowano za całkowitą hydrofobizację żelazoniklu.

Dokładne badania nad flotowalnością proszku żelazoniklu prowadzono w aparacie Hallimonda o pojemności roboczej $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ dla stężenia izooktylowego ksantogenu potasowego, wynoszącego $1,10^{-4} \text{ kmol/m}^3$. Próbkę zawierającą 1 g proszku metalicznego wsypywano do roztworu izooktylowego ksantogenu potasu o ustalonym pH i agitowano mieszadłem szklanym przez 10 min. Po tym czasie przenoszono ilościowo zawieszoną do aparatu Hallimonda i flotowano przy przepływie powietrza, wynoszącym $0,012 \text{ m}^3/\text{min}$. Po ukończeniu flotacji mierzono pH końcowe roztworu i przyjmowano je jako pH flotacji.

Kolejnymi badaniami były pomiary woltamperometryczne. Pomiary prowadzono w układzie trójelektrodowym, w którym lita próbka żelazoniklu stanowiła elektrodę badaną. Jako elektrody pomocniczej używano płytki platynowej, natomiast elektrodą odniesienia była elektroda siarczanowo-rtęciowa, której potencjał względem normalnej elektrody wodorowej wynosił $+0,66 \text{ V}$. Do pomiaru zastosowano potencjostat PS-80, programowany generatorem GP-711. Pomiary prowadzono w 298 K , w odpowiednich roztworach o pH wynoszącym 4,9 i 9,3.

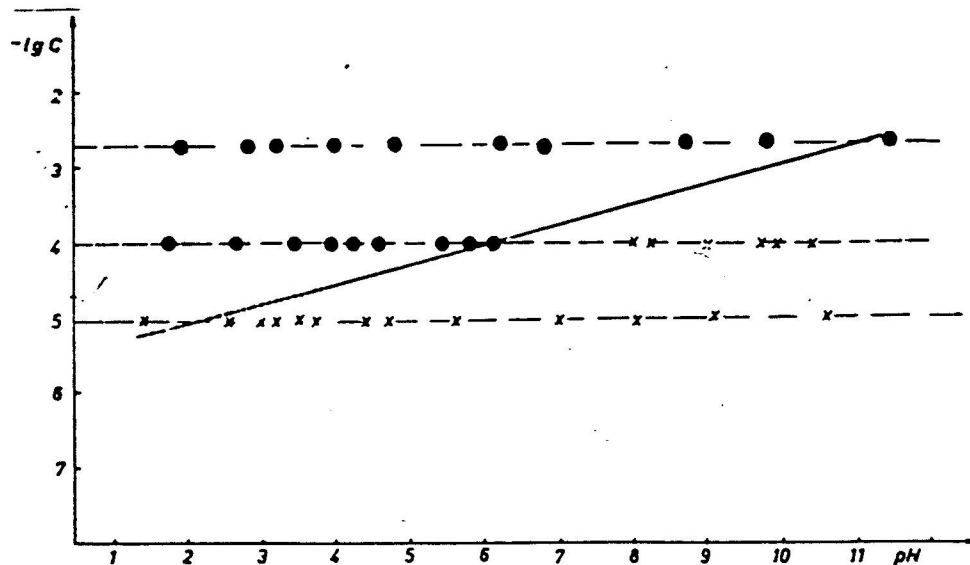
Zakres polaryzacji przyjęto w granicach $-1,200$ do $+0,600 \text{ V}$ (Hg, Hg_2 , $\text{SO}_4(\text{K}_2\text{SO}_4)$). Krzywe anodowej polaryzacji elektrody żelazoniklowej rejestrowano w roztworze bez ksantogenu i w obecności 10^{-3} mol/l izooktylowego ksantogenu potasu.

Wyniki pomiarów

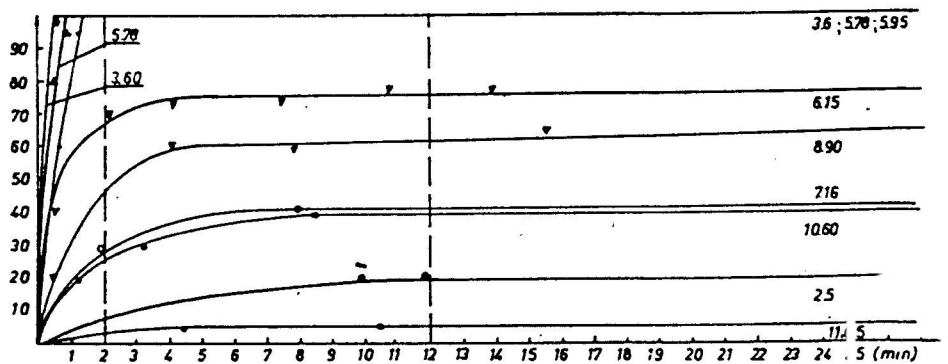
Na rysunku 1 przedstawiono przybliżony obszar flotowalności proszku żelazoniklu w funkcji stężenia ksantogenu i zmiennej kwasowości roztworu. Badania były wykonane w cylindrach miarowych, przejście proszku żelazoniklu do piany przyjmowano za całkowitą hydrofobizację żelazoniklu i oznaczono na rysunku czarnym kółkiem. Częściowo hydrofobizację lub jej brak oznaczano krzyżykiem.

Dokładne badania nad flotowalnością proszku żelazoniklowego przeprowadzono w aparacie Hallimonda. Otrzymane wyniki przedstawiono w postaci krzywych uzysków flotacyjnych żelazoniklu na rysunku 2.

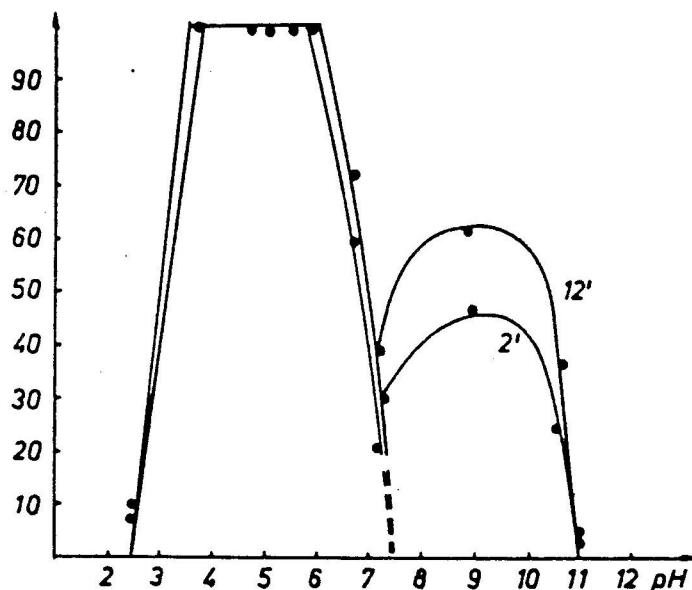
Uzyskiwane flotacje utrzymywane przy różnych wartościach pH zawie-



Rys. 1. Wyznaczanie obszarów flotowalności ksantogenianem izooktylowym FeNi₃ oziarnieniu -0,2 + 0,071 mm. Stężenie ksantogenianu izooktylowego 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} kmol/m³. Linia ciągła jest granicą całkowitej flotowalności ziarn żelazoniklu (czarne kółka).



Rys. 2. Flotacja FeNi₃ ksantogenianem izooktylowym o stężeniu 10^{-4} kmol/m³ klasa ziarnowa FeNi -0,2 + 0,074 mm.



Rys. 3. Wyznaczanie pH krytycznego dla FeNi flotowanego ksantogenianem izooktylowym o stężeniu $1 \cdot 10^{-4}$ kmol/m³. Klasa uziarnienia FeNi -0,2+0,071 mm.

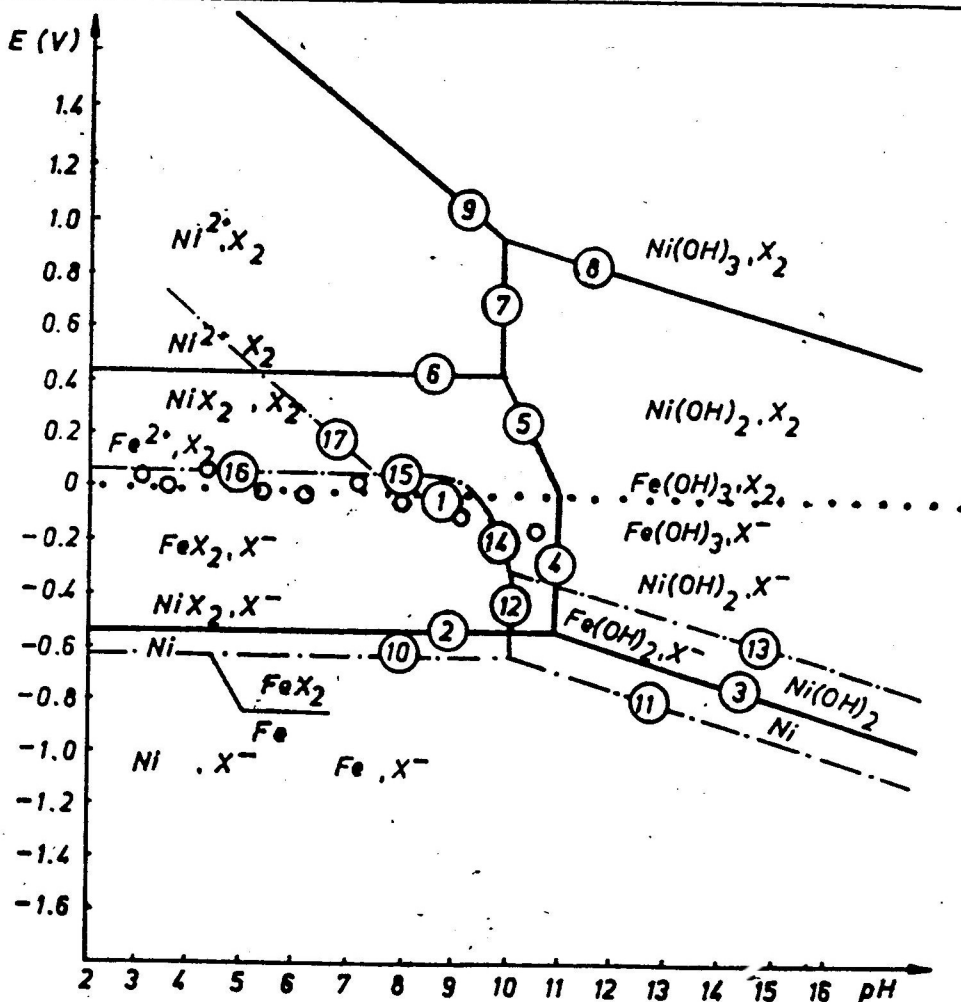
siny po 2 i 12 minutach flotacji było podstawą do wyznaczenia pH krytycznego, metodą zaproponowaną przez Lekkiego [23,24]. Dla proszku żelazoniklowego flotowanego ksantogenianem izooktylowym o stężeniu $1 \cdot 10^{-4}$ kmol/m³ otrzymano dwa obszary flotowalności (rys. 3). Pierwszy pomiędzy pH 2,5 a 7,5, gdzie w czasie krótszym od 2 min. otrzymuje się 100-procentowe wyniesienie ziarn żelazoniklu i drugi, zawarty pomiędzy 7,5 a 11, gdzie po 2 min. flotacji otrzymuje się poniżej 50% ziarn żelazoniklu. Po 12 min. flotacji uzysk wzrasta do około 60%.

Aby odpowiedzieć na pytanie, jakie związki żelaza i niklu mogą powstać na powierzchni ziarn żelazoniklu skonstruowano diagram równowag elektrochemicznych Fe-Ni-H₂O-C₈H₁₇OCS₂K (rys. 4) w opraciu o dane termodynamiczne Du Ritza [26] i Gareelsa [28]. Przy obliczaniu reakcji elektrochemicznych brano pod uwagę trwałość termodynamiczną związków.

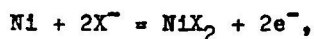
Rozważania termodynamiczne prowadzą do wniosku że w układzie Fe-Ni-H₂O-C₈H₁₇OCS₂K możemy mieć do czynienia z następującymi reakcjami elektrochemicznymi.



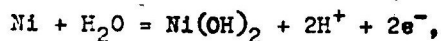
$$E = -0,23 - 0,059 \lg[X^-].$$



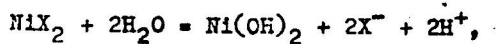
Rys. 4. Równowagi elektrodynamiczne w układzie Fe-Ni-H₂O-C₂H₄OCS₂K.
Suma stężeń jonów rozpuszczonych 10⁻⁴ kmol/m³.



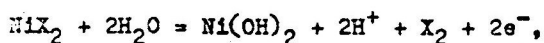
$$E = -0,775 - 0,059 \lg [\text{X}^-]. \quad (2)$$



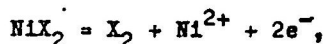
$$E = 0,110 - 0,059 \text{ pH}. \quad (3)$$



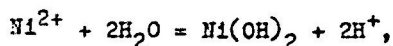
$$\text{pH} = 14,96 + \lg[X^-]. \quad (4)$$



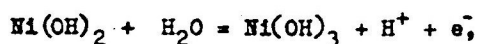
$$E = -0,427 + 0,059 \text{ pH}. \quad (5)$$



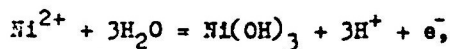
$$E = 0,311 - 0,029 \lg[\text{Ni}^{2+}]. \quad (6)$$



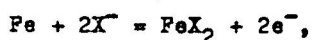
$$\text{pH} = 11,623 - \lg[\text{Ni}^{2+}]. \quad (7)$$



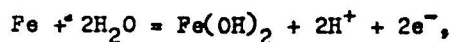
$$E = 1,5388 - 0,059 \text{ pH}. \quad (8)$$



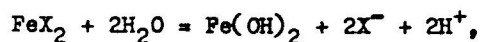
$$E = 2,226 - 0,177 \text{ pH} - 0,059 \lg[\text{Ni}^{2+}]. \quad (9)$$



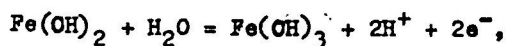
$$E = -0,881 + 0,059 \lg[X^-], \quad (10)$$



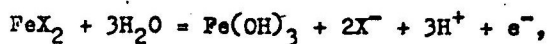
$$E = -0,048 - 0,059 \text{ pH}. \quad (11)$$



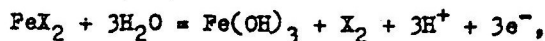
$$\text{pH} = 0,475 + \lg[X^-]. \quad (12)$$



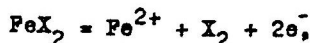
$$E = 0,71 - 0,059 \text{ pH}. \quad (13)$$



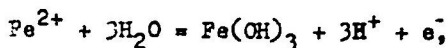
$$E = -1,938 + 0,177 \text{ pH} - 0,118 \lg[X^-]. \quad (14)$$



$$E = -0,799 + 0,059 \text{ pH}. \quad (15)$$



$$E = 0,173 - 0,029 \lg [\text{Fe}^{2+}]. \quad (16)$$



$$E = 1,132 - 0,1773 \text{ pH} - 0,059 \lg [\text{Fe}^{2+}]. \quad (17)$$

Na rysunku 4 przedstawiono linie równowagi tych reakcji zachowując numerację jak w tekście.

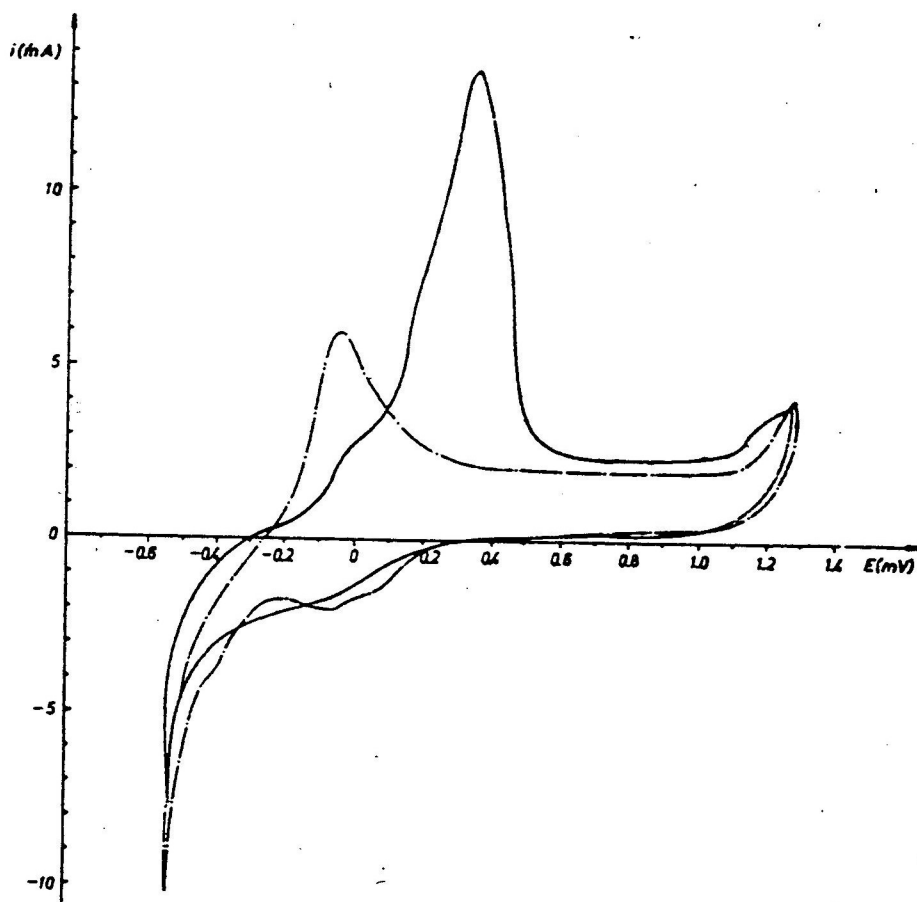
Następnymi pomiarami, które miały być pomocne w określeniu substancji odpowiedzialnych za hydrofobizację powierzchni żelazoniklu były krzywe anodowe, wykonane metodą woltamperometryczną rys.(5 i 6).

Zaobserwowano, że elektroda żelazoniklowa zanurzona do roztworu o pH wynoszącym 4,9 (bez ksantogenianu) wykazuje pik (rys.1, krzywa 1) odpowiadający przypuszczalnie utlenianiu się żelaza i tworzeniu wodorotlenku żelazowego. Jeżeli natomiast, w roztworze znajdował się ksantogenian w stężeniu $1 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$, przy pH wynoszącym 4,9 rejestrowano pik którego potencjał był bliski równowagowemu potencjałowi reakcji przejścia jon ksantogenianowy/dwuksantogen. Wielkość potencjału oznaczono z reakcji (1).

Jeżeli elektrodę żelazoniklową zanurzoną w roztworze o pH 9,3 zawierającym ksantogenian izooktylowy, jak i w roztworze ksantogenianu izooktylowego, nie zaobserwowano pików w całym mierzonym zakresie potencjałów. Oznacza to, że elektroda żelazoniklowa znajduje się w stanie pasywnym, albo czułość aparatu jest za niska do zarejestrowania zachodzących reakcji.

Dyskusja

Wstępne badania hydrofobizacji ziaren żelazoniklu wykazały, że w izooktylowym ksantogenianie potasu o stężeniu poniżej $1 \cdot 10^{-5} \text{ kmol/m}^3$ przechodzi on do piany w szerokim zakresie pH (rys. 1). LaborATORYJNE próby flotacji przedstawione na rysunku 3 potwierdzają wyniki badań wstępnych. Badania flotowalności żelazoniklu ujawniły jednocześnie, że w zakresie pH, w którym zaobserwowano częściową hydrofobizację

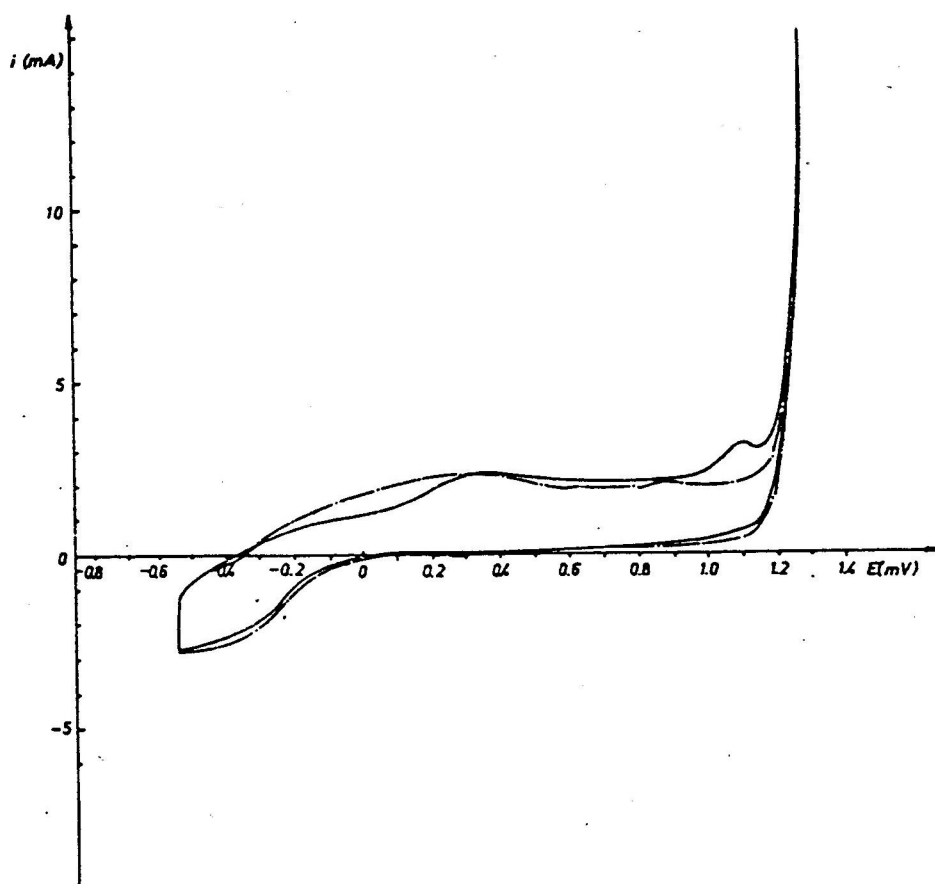


Rys. 5. Woltamperometryczne krzywe anodowe elektrody FeNi w roztworze o $pH = 4,9 \pm 3$ ——— roztwór ksantogenu izooktylowego o stężeniu $1 \cdot 10^{-3}$ $kmol/m^3$, — — — roztwór bez ksantogenu.

(rys. 1, punkty oznaczone x) obserwuje się flotację z maksymalnym uzyskiem wynoszącym około 60%.

Wstępne etapy pracy miały na celu określenie przyczyn flotowalności ziarn żelazoniklu. W tym celu posłużono się diagramem Eh-pH dla układu $Fe-H_2O$ i $Ni-H_2O$ oraz $Fe-H_2O-C_8H_{17}OCS_2K$ i $Ni-H_2O-C_8H_{17}OCS_2K$.

W literaturze brakuje danych o standardowym potencjale termodynamicznym tworzenia ksantogenu izooktylowego żelaza i niklu. Du Ritz [26] podaje iloczyny rozpuszczalności wyższych i niższych ksantogenu żelaza i niklu od ksantogenu zawierającego 8 węgli w rodniku. Oszacowano zatem na podstawie danych Du Ritza iloczyny roz-



Rys. 6. Woltamperometryczne krzywe anodowe elektrody FeNi w roztworze o $\text{pH} = 9,3$. —. — roztwór ksantogenianu izooktylowego o stężeniu $1 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$, — — — roztwór bez ksantogenianu.

puszczalności izooktylowych ksantogenianianów żelaza i niklu i w oparciu o te wielkości skonstruowano diagram metal-ksantogenian izooktylowy.

Na rysunku 4 przedstawiono diagram Eh-pH dla układu $\text{Fe-Ni-H}_2\text{O}-\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OCS}_2\text{K}$ przy założeniu, że ogólna aktywność jonów rozpuszczalnych jest równa $1 \cdot 10^{-4} \text{ kmol/m}^3$. Na rysunku tym naniesiono również pomiary stacjonarnego potencjału elektrody żelazoniklowej w roztworze wodnym, nie zawierającym ksantogenianu. Potencjał ten przyjmuje wartości od -50 do 80 mV w zakresie pH od 2,5 do 7,5. Przeprowadzone wcześniej

pomiary potencjału stacjonarnego elektrody żelazoniklowej w roztworach ksantogenianu n-nonylowego i dodecyłowego pozwoliły stwierdzić, że potencjał ten nie zależy od stężenia kolektora i przyjmuje wartości od -20 do +50 mV w zakresie pH od 2,5 do 7,5. Można zauważyć, że stacjonarne potencjały elektrody żelazoniklowej w roztworze bez ksantogenianu i w roztworze ksantogenianu izooktyłowego w zakresie pH od 2,5 do 8,5 leżą powyżej lub poniżej linii równowagi reakcji: jon ksantogenianowy/dwuksantogen izooktyłowy.

W takim przypadku, jak zacytowano to w pracy [13] w oparciu o badania Finkelsteina i Levela [29] Wels'a [30], jeżeli w roztworze ksantogenianu, potencjał elektrody metalicznej jest wyższy od potencjału odpowiadającego równowadze jon ksantogenianowy/dwuksantogen, na powierzchni metalu powstaje dwuksantogen. Należy zatem przypuszczać, że na powierzchni elektrody żelazoniklowej w zakresie pH od 2,5 do 8,5 tworzy się dwuksantogenian izooktyłowy.

Jednocześnie wartości potencjału stacjonarnego elektrody żelazoniklowej podane wcześniej pozwalają określić minimalne stężenie ksantogenianu, niezbędne do utworzenia dwuksantogenu. W przypadku ksantogenu izooktyłowego stężenie to wynosi $c = 3,97 \cdot 10^{-5}$ kmol/m³.

Celem stwierdzenia czy na powierzchni żelazoniklu istnieje możliwość tworzenia się dwuksantogenu, wykonane dodatkowe badania woltamperometryczne przy pH = 4,9 i 9,3 (rys. 5 i 6). Z porównania rysunków wynika, że przy pH 4,9 istnieje pik którego potencjał jest zbliżony do potencjału reakcji jon ksantogenianowy/dwuksantogen.

Oznacza to, że przy polaryzacji elektrody żelazoniklowej w roztworze izooktyłowego ksantogenianu potasowego tworzy się na jej powierzchni dwuksantogen. Można więc wnioskować, że w obszarze pH od 2,5 do 7,5 gdzie uzyskano 100% wyniesienia proszku metalicznego, odpowiedzialnym za flotowalność żelazoniklu jest dwuksantogenian izooktyłowy.

W przypadku prób wykonanych w roztworze o pH = 9,3 (rys. 6) nie zaobserwowano piku odpowiadającego potencjałowi redukcji tworzenia dwuksantogenu. Jest to zgodne z wnioskami wypływającymi z diagramu (rys. 4) oraz wynikami badań flotowalności żelazoniklu (rys. 3).

Interpretacja przyczyny flotowalności żelazoniklu powyżej pH 7,5 (rys. 3) na podstawie przedstawionych wyników nie jest możliwa. Prawdopodobnie w warunkach tych może się tworzyć ksantogenian niklu, jak sugeruje to Majorov i Mitrofanov [14], tym bardziej, że jak wynika z rysunku 4, ksantogenian żelaza jest niestabilny poniżej pH 9. Uzasadnienie tego wniosku wymaga badań warstw powierzchniowych żelazoniklu w roztworze ksantogenianu.

Przedstawiona praca prowadzona była w ramach badań nad odzys-

kiem niklu z krzemianowych rud krajowych metodą segregacji. Ziarna żelazoniklu utworzone w czasie prażenia, flotowano ze spieku segregacyjnego przy użyciu zbieraczy ksantogenianowych. Stąd wnioski wpływające z przedstawionej pracy są istotne dla technologii odzyskiwania niklu metodą flotacyjną.

Wnioski

1. Stwierdzono, że izooktylowy ksantogenian potasu jest dobrym zbieraczem dla ziarn żelazoniklu.
2. Żelazonikiel w obecności ksantogenianu izooktylowy wykazuje dwa obszary flotowalności: pierwszy od 2,5 do 7,5, drugi od 7,5 do 11pH.
3. Przy pomocy izooktylowego ksantogenianu potasu o stężeniu powyżej $1 \cdot 10^{-4}$ kmol/m³ uzyskuje się 100% wyniesienie ziarn żelazoniklu w zakresie od 2,5 do 7,5 pH.
4. Odpowiedzialnym za hydrofobizację powierzchni żelazoniklu przy pH od 2,5 do 7,5 jest dwuksantogen izooktylowy, co udowodniono w oparciu o pomiary woltamperometryczne i obliczenia termodynamiczne.

Literatura

1. C.Rampacek, W.A.McKinney, P.T. Waddleton, U.S. Bureau of Mines, Report of Invest. No 5501, 1959.
2. E.T. Pinkney, N. Flint, Trans IMM, Sec. C., vol. 76, 1967, p. 114.
3. W.R. Opie, L.D. Cofin, D.L. Armanf, O.F. Cimer, Metall. trans. B, vol. 1 OB, 1979, p. 27.
4. Ming Chemicals Handbook, Cyanamid of Canada, 402, Mineral Dressing, No 26, p. 52.
5. V.V. Zvierovitch, V.A. Pierov, Principles of non-ferrous metal ores dressing, Izdat. Nedra, Moscow, 1971 (Russian text).
6. K. Tittle, E. Foley, IMM, Trans C, vol. 82, 1973.
7. U.S.B.M. Charte Segregation Process Eng. Min. J., vol. 160, C 191, p. 258.
8. I. Iwasaki, Y. Takahashi, H. Kahata, Trans. Soc. Mining. Engrs. AIME, 1966, 235, 3, p. 308.
9. Y. Takahashi, K. Kojima, K. Nagano, Nippon Kogyo Kaishi, 84, 1968, p. 31.
10. K. Nagano, K. Kojima, Y. Takahashi, IX-th International Mineral Processing Congress, Praha, 1970, 319.

11. F. Ser, A. Stojsic, VIII-th Inter. Mineral Processing Congres, 1969, Leningrad, T. 1, p. 632 (Russian text).
12. C.L.L. Cermak, M.M. Galkina, A.F. Poronin, Cviet. Metall., 6, 1973, 20 (Russian text).
13. P.M. Perlov et all, Obogasc. Rud, 5, 1975, 121, p.31 (Russian text).
14. D.A. Majorov, C.J. Mitrofanov, Cviet. Metall., 1, 1980, p. 106.
15. I. Hudyma, Raport Politechniki Wrocławskiej, nr 91, 1976.
16. I. Hudyma, W. Mulak, J. Laskowski, Raport Polit. Wr., Nr 133, 1977.
17. I. Hudyma, A. Grotowski, Sesja Jubil. IMN, T. 1, czm 1, p. 401.
18. I. Hudyma, J. Laskowski, Raport Polit. Wr., Nr 168, 1978.
19. I. Hudyma, J. Laskowski, Raport Polit. Wr., Nr 47, 1979.
20. I. Hudyma, Raport Polit. Wr., Nr 37, 1980.
21. I. Hudyma, J. Laskowski, K. Kozakiewicz, Zgłoszenia patentowe, Nr 213051, zarej. 26.01.1979.
22. I. Hudyma, Zgłoszenie patent., Nr 216953, zarejestr. 16.07.1980.
23. I. Hudyma, Zgłoszenie patent., Nr 229262, zarejestr. 16.01.1981.
24. J. Lekki, Fizykochemiczne podstawy flotowalności minerałów siarczkowych, Prac. nauk. Inst. Chem. Nieorg. i Met. Pierw. Rzad. Pol. Wr., Wrocław 1979.
25. J. Lekki, J. Drzymała, J. Laskowski, Physical chemistry of sulfide flotation system, Part. 1, A kritical pH of flotation przes. do d.
26. Z. Du Ritz, XI-th Internat. Mineral Processing, Cagliari, 1975, Chemisorption of Collectors in flotation.
27. G. Tyzenhaus, Badania modelowe nad flotacją żelazoniklu, Praca dyplomowa, Polit. Wr., Wrocław 1978.
28. R.M. Gareels, Roztvory, nineraly, rovnoviesja, Izdat. Moscov, 1968.
29. N.P. Finkelstein, N.M. Levele, J.S. Afr. Int. Min. Met., 1972, 12, p. 328.
30. P.F. Wels, Grand. J. Chem. Eng., 1972, 50, 1, p. 81.

FLotation OF NICKELIFEROUS WITH ISOCTYL XANTHATE

It has been established that nickeliferous flots in the pH ranges 2,5-7,5 and 7,5-11. On the basis of voltametric and thermodynamic calculation it has been proved that isoctyl dixanthogen is responsible for nickeliferous flotation in the pH range of 2,5-7,5.