

Janusz LEKKI*,
Tomasz CHMIELEWSKI**,
Piotr SIMICZYJEW*

TOPOCHEMICZNE REAKCJE UTLENIANIA — PRZYCZYNĄ ZŁEJ FLOTOWALNOŚCI PIRYTU Z KWK „SIERSZA”

Badania rentgenograficzne wykazały, że na powierzchni pirytu z KWK „Siersza” obecne są produkty utlenienia trwale z tą powierzchnią związane. W badaniach elektrochemicznych pokazano, że w roztworze KXEt na powierzchni pirytu zachodzą dwie konkurencyjne reakcje tworzenia dwuksantogenu i utleniania powierzchni. Dwuksantogen identyfikowano na powierzchni ziarn (IR-ATR). Produkt utleniania (getyt) w alkalicznym zakresie pH hydrofilizuje powierzchnię minerału. Topochemiczne reakcje utleniania pirytu są więc przyczyną depresji w tym zakresie pH.

Wprowadzenie

W literaturze dotyczącej flotowalności pirytu panował pogląd, że piryty węglowe w odróżnieniu od skalnych flotują źle. [1]. W naszej poprzedniej pracy [2] porównując flotowalność pirytów węglowych i skalnych staraliśmy się pokazać, że można znaleźć przykłady zarówno dobrej i złej flotowalności obu rodzajów pirytów. Dla wyjaśnienia różnic podatności flotacyjnej niezależnej od pochodzenia przedstawiliśmy hipotezę o wpływie mikrostruktury powierzchni pirytów na ich flotowalność w roztworach ksantogenianowych przy założeniu, że produkty utleniania pirytów w zależności od mikrostruktury powierzchni mogą być z tą powierzchnią trwale związane lub mogą przechodzić do roztworu. W pierwszym przypadku hydrofilna warstewka produktów utleniania powoduje pogorszenie flotowalności, natomiast w drugim przypadku produkt utleniania nie wpływa na flotowal-

* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej

** Instytut Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich
Politechniki Wrocławskiej

ność pirytu [2]. Wyjaśnienie przyczyn trudnej flotowalności pirytu z KWK "Siersza" w środowisku obojętnym i alkalicznym było celem niniejszej pracy. W pomiarach elektrochemicznych stwierdzono, że na świeżo odsłoniętej powierzchni tego pirytu procesowi tworzenia dwuksantogenu towarzyszy konkurencyjny proces jej utleniania. W oparciu o analizę rentgenograficzną pokazano, że na powierzchni badanego pirytu obecne są produkty utleniania (głównie getyt) trwale związane ze ścianami minerału o orientacji (110), (200), (210) i (211). Utlenienie powierzchni powoduje wzrost ilości tych produktów. Badania spektroskopowe (IR-ATR) pozwoliły wykazać, że ksantogien sorbuje się chemicznie tworząc dwuksantogen w całym zakresie pH. Pojawienie się drugiego produktu tj. getytu, trwale związanego z powierzchnią FeS_2 w obojętnym i alkalicznym środowisku stanowi przyczynę złej flotowalności tego minerału, co potwierdza wcześniej przyjętą przez nas hipotezę o wpływie mikrostruktury powierzchni na flotowalność [2].

2. Charakterystyka materiału przeznaczonego do badań

Do badań flotowalności użyto próbki naturalnego pirytu wydzielonego z młynowych odpadów węglowych z elektrociepłowni "Siersza". Odpady węglowe, zawierające ok. 30 % pirytu rozdrobiono w dezintegratorze pałcowym produkcji VEB Nossener Maschinenbau, NRD. Po wydzieleniu frakcji $-0.15+0.045$ mm oddzielono grawitacyjnie, na mikropanerze firmy Chas W. Cook and Sons Ltd, materiał przeznaczony do flotacji, zawierający 98 % czystego minerału FeS_2 .

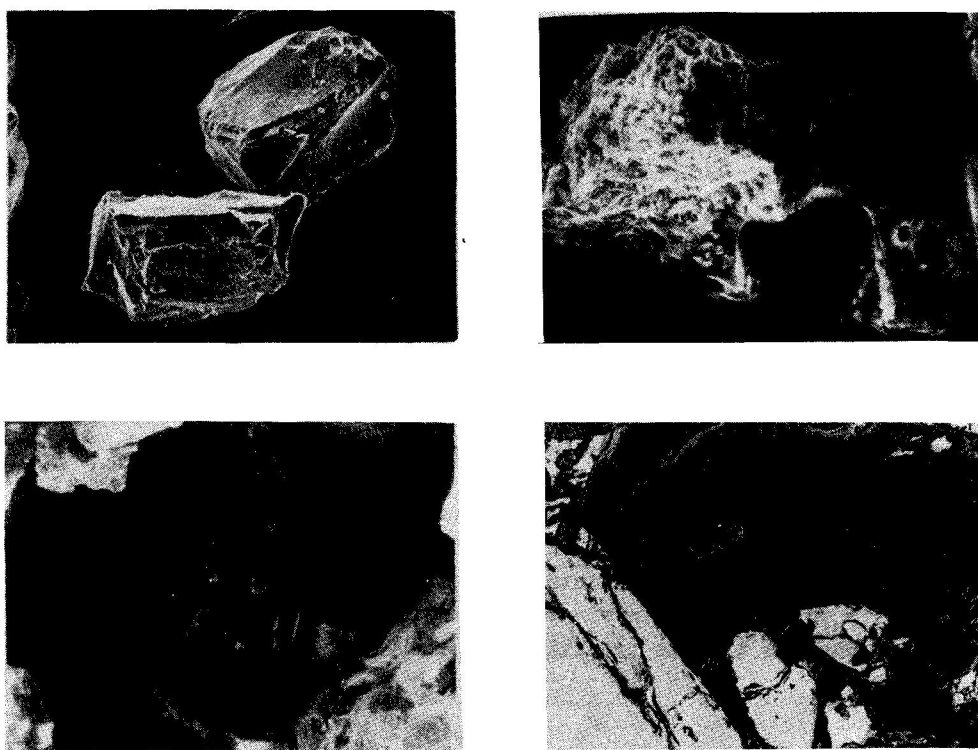
Badania mineralogiczno-strukturalne ziarn pirytu prowadzono przy użyciu mikroskopu scanningowego Stereoscann produkcji angielskiej (powiększenia 350x, 800x i 1500x) oraz dyfraktometru Dron-2, produkcji radzieckiej. Obserwacje wykonane przy użyciu mikroskopu scanningowego wykazały, że materiał przeznaczony do badań reprezentowany jest przez ziarna o różnej strukturze powierzchni;

- gładkie, szkliste - ok. 30 % (rys. 1a),
- porowate, gąbczaste - ok. 60 % (rys. 1b),
- o biogenicznej strukturze - 5 % (rys. 1c),
- zrosty pirytu z węglem - ok. 5 % (rys. 1d).

Na podstawie badań rentgenograficznych tych ziarn oznaczono komórkę elementarną badanego minerału i określono odległości międzypłaszczyznowe d_0 . Pozwoliły one zidentyfikować ten materiał jako piryt, bez zanieczyszczeń markasytem, gipsem i kalcytem. Jako domieszka (ok. 2 %) występuje w nim węgiel tworzący zrosty z pirytem.

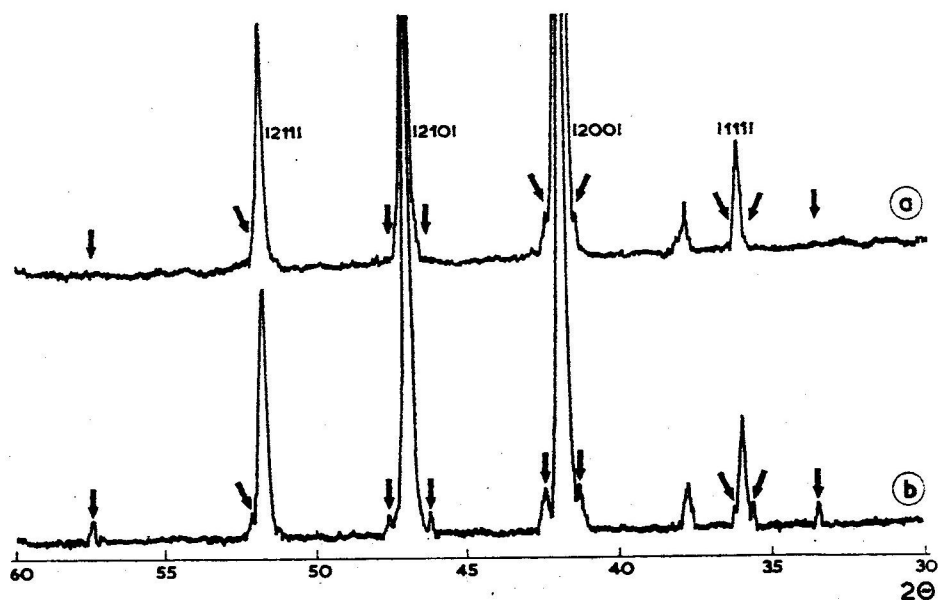
W celu stwierdzenia obecności produktów utlenienia powierzchni wy-

konano zgląd okazu mineralnego badanego pirytu. Zgląd ten badano metodą rentgenograficzną przy użyciu dyfraktometru Dron-2 przed utlenieniem oraz po utlenieniu roztworem nadmanganianu potasu. Analiza zglądu wykazała, że piryt posiada komórkę elementarną $a_0 = 5.415 \text{ \AA}$. Równocześnie stwierdzono, że wszystkie piki na dyfraktogramie tego pirytu posiadają poszerzone podstawy, a ponadto w ich sąsiedztwie pojawiają się małe, słabo widoczne piki nie należące do widma pirytu, które mogą być przypisane minerałom z grupy wodorotlenków żelaza. Intensywne utlenienie powierzchni zglądu pirytu za pomocą KMnO_4 dało w efekcie wzrost tych słabo zaznaczonych pików, potwierdzając tym samym tezę, że są to tlenki lub wodorotlenki żelaza (rys. 2). Analiza odległości międzypłaszczyzno-



Rys. 1. Struktura powierzchni ziarn pirytu z KWK "Siersza"
a) struktura gładka szklista, ok. 30 % (powiększenie 300x), b) struktura porowato-gąbczasta, ok. 60 % (powiększenie 800x), c) struktura biogeniczna, ok. 5 % (powiększenie 300x), d) zrosty pirytu z węglem, ok. 5 % (powiększenie 350x)

Fig. 1. The structure of the surface of pyrite from "Siersza" Mine
a) smooth-glassy structure, 30% (magnification 300x), b) porous-spongy structure, 60% (magnification 800x), c) biogenic structure, 5% (magnification 300x), d) pyrite - coal intergrowth 5% (magnification 350x)



Rys. 2. Wycinek z dyfraktogramu otrzymanego ze zglądu pirytu przed utlenieniem (a) oraz po utlenieniu w roztworze nadmanganianu (b) (strzałkami zaznaczono piki nie należące do widma pirytu)

Fig. 2. The diffractogram for pyrite cross-section before (a) and after (b) oxidation by potassium permanganate solution (arrows indicate peaks related to oxygen-containing compounds)

wych wskazuje, że piki te można przypisać getytowi, hydrogetytowi i lepidokrokitowi. Wyliczone odległości międzypłaszczyznowe przyjmują wartości pośrednie między podawanymi przez Michiejewa [3] dla tych faz z zaznaczeniem jednak, że są one bliższe odległościom międzypłaszczyznowym getytu. W zestawie ścian istnieją takie, które posiadają wspólną orientację w przestrzeni dla pirytu i getytu, tj. (111), (200), (210) i (210), co świadczy o tym, że produkt utlenienia jest powierzchniowo związany z pirytem.

3. Metodyka, odczynniki i urządzenia

Pomiary elektrochemiczne prowadzono w odpowiednich roztworach buforowych o pH = 4,0 i 7,2 (bufory octanowe) oraz 9,2 (bufor boranowy) przygotowanych z odczynników cz.d.a. Stężenie ksantogenu w tych roztworach zmieniano w zakresie od 0 do $5 \cdot 10^{-3}$ M. Do badań elektrochemicznych stosowano typowy układ trójelektrodowy, w którym elektroda pirytowa stanowiła elektrodę pomiarową. Potencjał elektrod kontrolowano wzglę-

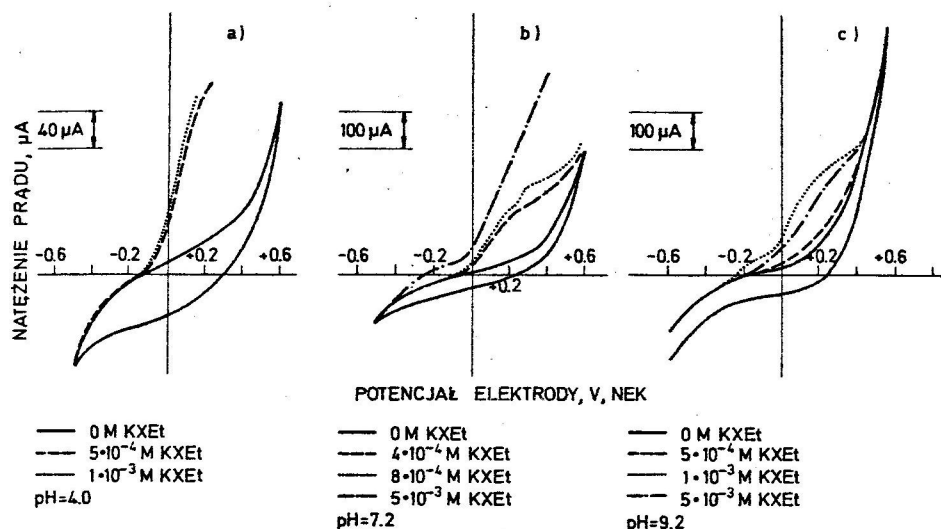
dem nasyconej elektrody kalomelowej (NEK). Zestaw aparatury pomiarowej składał się z potencjostatu PS-80, generatora programującego typ 711 (Unipan), mV-pH-metru N-512 (Mera-Elwro) oraz rejestratora XY (Sefram). Elektrody pomiarowe wykonane zostały z ręcznie wybranych okazów pirytu węglowego z kopalni "Siersza". Kontakt elektryczny pirytu z przewodem elektrycznym uzyskano przez umieszczenie końca przewodu w otworze wywierconym w jednej ze ścian próbki pirytu. Elektodę zalano żywicą epoksydową i po związaniu obrabiano mechanicznie na papierze ściernym o gradacji 600, a następnie polerowano proszkiem szlifierskim 800. Przed pomiarem elektrodę myto wodą destylowaną i umieszczano w naczyniu pomiarowym. Roztwory przed pomiarami odpowietrzano za pomocą azotu przepuszczanego przez płuczki pirogallolowe.

Widma produktów sorpcji na ziarnach pirytu oraz zsyntetyzowanych substancji wzorcowych rejestrowano w następujący sposób: badaną próbkę umieszczano na bibule filtracyjnej a następnie po delikatnym przemyciu przenoszono na wykonany z germanu element refleksyjny o następujących parametrach: $n = 4$, $Q = 45^\circ$, $N = 7$. Widmo rejestrowano spektrofotometrem Specord 71 IR wyposażonym w przystawkę jednowiązkową ATR [4]. Przed każdym pomiarem kontrolowano czystość powierzchni elementu refleksyjnego zapisując widmo układu: Ge - powietrze i uzyskując w ten sposób linię tła.

Jako odczynnik flotacyjny stosowano etylowy ksantogenian potasu (KETX) produkcji firmy Reachim podwójnie krystalizowany, którego roztwór przygotowywano bezpośrednio przed flotacją. Do regulacji pH podczas flotacji używano 0.1 n roztworu H_2SO_4 (cz.d.a.), lub 0.1 n roztworu NaOH (cz.d.a.). Doświadczenia wykonywano w jednopęcherzykowym aparacie Hallimonda zasilanym argonem ($2.2 \text{ dm}^3/\text{h}$). Przyjęto następującą procedurę doświadczeń flotacyjnych; naważkę minerału umieszczano w roztworze odczynnika o określonym pH i mieszano przez 10 min. Po 10 min. mieszania mierzono pH zawiesiny a następnie przenoszono ją do aparatu Hallimonda. Zmierzoną wartość pH przyjmowano jako początkowe pH flotacji. Po otwarciu zaworu doprowadzającego argon mierzono przyrost materiału w odbieralniku w czasie. Po wyflotowaniu 100 % materiału lub po 30 min. flotacji mierzono pH końcową.

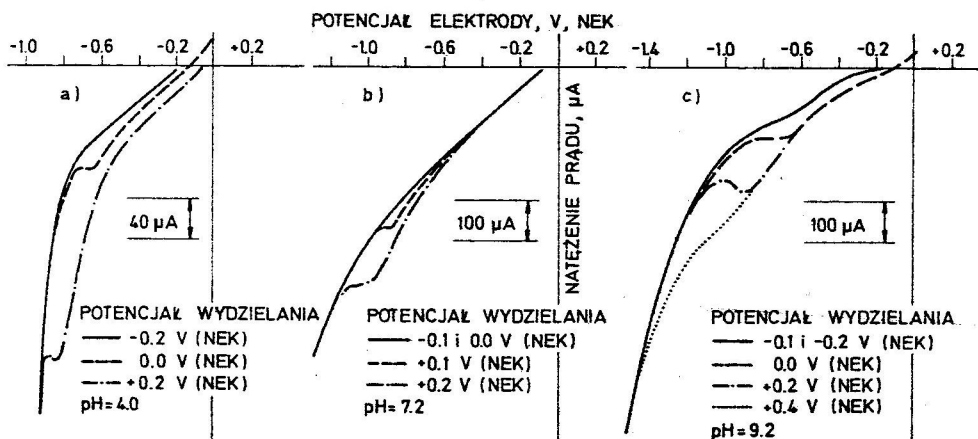
4. Wyniki badań

Na rys. 3 pokazano przebieg krzywych woltamperometrycznych zarejestrowanych na elektrodzie sporządzonej z okazu mineralnego pirytu z KWK "Siersza". Pomiary prowadzono w mieszanych roztworach kwaśnych (pH 4,0, rys. 3a), obojętnych (pH = 7,2, rys. 3b) oraz alkalicznych (pH = 9,2,



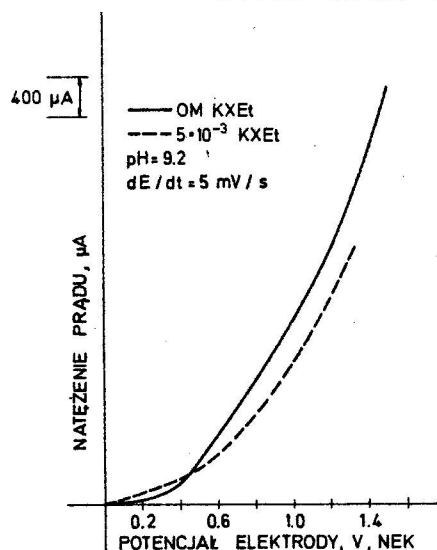
Rys. 3. Wpływ pH i stężenia KXEt na przebieg krzywych woltamperometrycznych rejestrowanych na pirycie z KWK "Siersza" (szybkość zmian potencjału $dE/dt = 5$ mV/s, roztwór mieszany).

Fig. 3. The influence of pH and concentration of KXEt on the voltamperometric curves taken on pyrite from "Siersza" Mine (potential sweep rate $dE/dt = 5$ mV/s, stirred solutions)



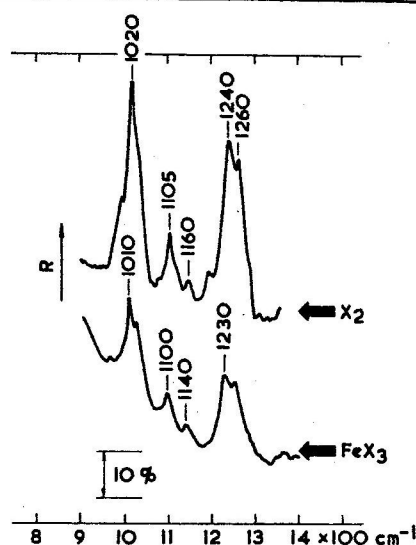
Rys. 4. Krzywe redukcji dwyksantogenu wydzielonego potencjostaticznie z mieszanych roztworów $5 \cdot 10^{-3}$ M KXEt o pH = 4.0 (a), 7.2 (b) i 9.2 (c), (czas wydzielania - 1 min., $dE/dt = 5$ mV/s, proces redukcji prowadzono bez mieszania).

Fig. 4. The curves of reduction of dixanthogen deposited potentiostatically from stirred solutions of $5 \cdot 10^{-3}$ M KXEt at pH = 4.0 (a), 7.2 (b) and 9.2 (c), (deposition time - 1 min., $dE/dt = 5$ mV/s, reduction process in unstirred solution)



Rys. 5. Wpływ etylowego ksantogenu na przebieg krzywej anodowej polaryzacji elektrody pirytowej w roztworze o pH = 9.2 (szybkość zmian potencjału, $dE/dt = 5 \text{ mV/s}$).

Fig. 5. The influence of ethyl xanthate on the anodic polarization curve for pyrite at pH = 9.2 ($dE/dt = 5 \text{ mV/s}$).

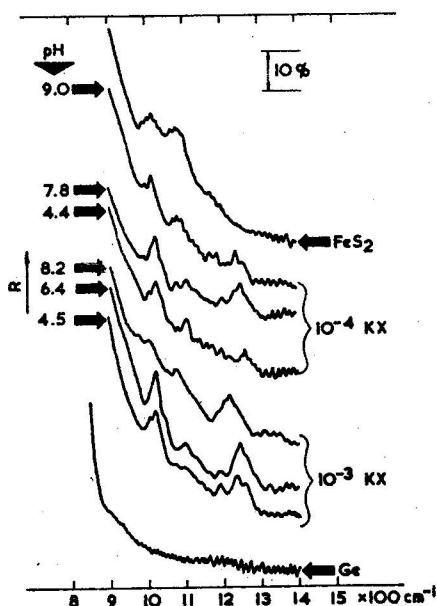


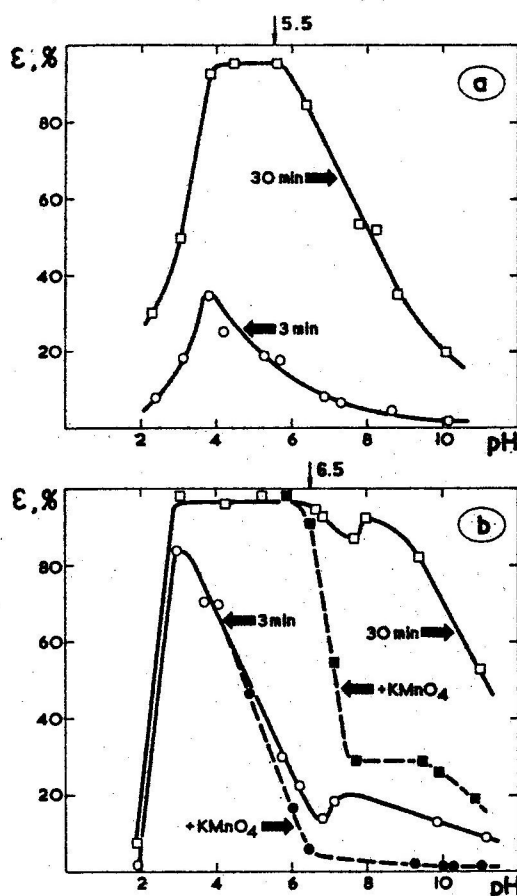
Rys. 6. Widmo wzorcowe IR-ATR syntetycznego ksantogenu żelaza (III) i dwuksantogenu

Fig. 6. The standard IR-ATR spectra for synthetic ferro xanthate and dixanthogen

Rys. 7. Widma produktów sorpcji ksantogenu na powierzchni pirytu z KWK "Siersza" w zależności od stężenia ksantogenu i pH roztworu. Na rysunku zaznaczono linię tła (germanium-powietrze) oraz widmo pirytu przetrzymywanego przez 24 godziny w suchym powietrzu.

Fig. 7. The spectra of species sorbed on the pyrite surface from "Siersza" Mine at varying KXEt concentrations at pH. Background line (germanium-air) and spectrum of pyrite after conditioning for 24 hours in dry air are also shown.





Rys. 8. Zależność uzysku pirytu od pH po 3 i 30 minutach flotacji. Linie przerywane ilustrują zależność otrzymaną dla ziarn pirytu utlenionych przez flotacją roztworem KMnO_4 , (uziarnienie $-0.15+0.045\text{ mm}$, zagęszczenie ziarn 7 g/dm^3 , czas agitacji 10 minut, przepływ argonu $10\text{ dm}^3/\text{h}$, stężenie ksantogenu -10^{-4} M (a) i 10^{-3} M (b).

Fig. 8. The flotation recovery related to the pyrite grains oxidized by KMnO_4 solution before flotation⁴ (grain size $-0.15+0.045\text{ mm}$), pulp density -7 g/dm^3 , agitation time 10min, argon flow $-2.25\text{ dm}^3/\text{h}$, xanthate concentration -10^{-4} M (a) and 10^{-3} M (b).

rys. 3c) o stężeniu etylowego ksantogenu potasu: $0,5 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-3}$ i $5 \cdot 10^{-3}\text{ M}$. Na rysunku 4 pokazano wpływ potencjału wydzielenia na przebieg katodowych krzywych redukcji dwuksantogenu. Proces wydzielenia prowadzono potencjostatycznie w czasie 1 min. z mieszanych roztworów ksantogenu o $\text{pH} = 4,0, 7,2$ i $9,2$ i stężeniu $\text{KXEt} = 5 \cdot 10^{-3}\text{ M}$, natomiast proces redukcji prowadzono z roztworu niemieszanego od potencjału wydzielenia do potencjału ok. $-1,0\text{ V(NEK)}$, stosując szybkość zmian potencjału $dE/dt = 5\text{ mV/s}$. Na rys. 5 zaprezentowano przebieg anodowych krzywych polaryzacyjnych zarejestrowanych w rozszerzonym do ok. $1,5\text{ V}$ zakresie potencjału w roztworze o $\text{pH} = 9,2$ w obecności $5 \cdot 10^{-3}\text{ M KXEt}$ oraz w czystym roztworze buforowym.

Na rys. 6 pokazano wzorcowe widma syntetycznego dwuksantogenu oraz syntetycznego ksantogenu żelaza (III) jako spodziewanych produktów sorpcji. Rysunek 7 pokazuje wyniki pomiarów sorpcji ksantogenu na po-

wierzchni ziarn flotowanego pirytu. Pokazano również linię tła oraz widmo pirytu przytrzymywanego przez 24 godziny w postaci suchej przy dostępie powietrza. Na rysunku 8 pokazano wyniki flotowalności pirytu z KWK "Siersza" przy użyciu etylowego ksantogenu jako kolektora. Rysunek 8a pokazuje zależność uzysku od pH początkowego po 3 min. flotacji oraz od pH końcowego po 30 min. flotacji w roztworze ksantogenu o stężeniu $10^{-4}M$. Takie same zależności w roztworze KXEt o stężeniu $10^{-3}M$ pokazuje rys. 8b. Na rysunku 8b dla porównania pokazano też flotowalność pirytu, który przed flotacją utleniono nadmanganianem (krzywa przerywana).

5. Omówienie wyników

Charakterystyka użytego materiału wykazała, że badany piryt jest "czystym" minerałem (2 % zanieczyszczeń). Większość ziarn przeznaczonych do flotacji (ok. 70 %) posiada strukturę gąbczasto-porową. Struktura taka prawdopodobnie sprzyja utlenieniu powierzchni. Podstawowym produktem utlenienia powierzchni tego pirytu jest getyt. Przedstawiona charakterystyka materiału przeznaczonego do badań pozwala wnioskować że produktu utlenienia (getytu) można spodziewać się zarówno na ziarnach jak i elektrodach wykonanych z tego materiału.

Wykonując pomiary elektrochemiczne na badanym pirycie z KWK "Siersza", interpretację zależności pokazanych na rys. 3 oparto o znane z literatury podejście Woodsa i współpracowników [5-8] dotyczące zarówno własności elektrochemicznych czystego pirytu jak i jego własności elektrochemicznych w roztworach ksantogenu. Przyjęto więc, że wzrost prądu anodowego obserwowany przy potencjale ok. $-0.100 V(NEK)$, (rys. 3a, b, c) odpowiada procesowi tworzenia dwuksantogenu w reakcji:



Istotnym dla flotacji jest nie tylko fakt utworzenia dwuksantogenu na powierzchni minerału, ale również jego fizyczna sorbcja na tym mineralu. Ilość dwuksantogenu trwale związanego z powierzchnią pirytu rośnie wraz ze wzrostem potencjału wydzielania $(EtX)_2$ i praktycznie nie zależy od pH, co wynika z krzywych pokazanych na rys. 4a, b, c. Pomiary elektrochemiczne pozwoliły stwierdzić, że dwuksantogen tworzy się na pirycie z KWK "Siersza" w całym badanym zakresie pH (rys. 3a, b, c) oraz, że utworzony dwuksantogen sorbuje się na jego powierzchni (krzywe katodowej redukcji, rys. 4a, b, c).

Krzywe voltamperometryczne pokazane na rys. 3a,b,c pozwalają przyjąć, że na elektrodzie z badanego pirytu zachodzą dwie konkurencyjne reakcje; anodowe utlenienie powierzchni FeS_2 oraz tworzenie dwuksanto-

geny. Zakładając, że prąd anodowy na krzywych rejestrowanych w roztworach bez ksantogenu charakteryzuje szybkość utlenienia powierzchni pirytu, zaś prąd anodowy w roztworach zawierających ksantogen charakteryzuje sumaryczny proces utlenienia powierzchni pirytu i tworzenia dwuksantogenu, pokazane na rys. 3 zależności prądów od pH można interpretować jako wzrost konkurencyjności utleniania powierzchni FeS_2 w stosunku do tworzenia dwuksantogenu ze wzrostem pH. Rozwinięcie obu procesów przez spolaryzowanie elektrody pirytowej do potencjału ok. 1,5 V wskazuje na to, że szybkość utleniania powierzchni pirytu w ksantogenowym roztworze o pH = 9.2 staje się większa od szybkości tworzenia dwuksantogenu. Powstające w procesie utleniania powierzchni FeS_2 tlenki i wodorotlenki żelaza (III) prawdopodobnie łatwo przechodzą w postać bardziej trwałą termodynamicznie tj. getyt, związany z tą powierzchnią i posiadający z nią wspólne ściany. Wykonane badania pozwoliły przyjąć elektrochemiczny mechanizm tworzenia dwuksantogenu oraz stwierdzić konkurencyjny proces utleniania. Należy sądzić, że o flotowalności pirytu będzie decydował nie tylko wzajemny stosunek obu produktów utleniania ale również wzajemne ich przestrzenne usytuowanie.

Natępane pomiary (spektroskopia ATR i flotowalność) dotyczą stanu powierzchni pirytu po 40 minutach kontaktu ziarn mineralnych z napowietrzonym roztworem ksantogenu. Analiza spektralna ziarn pirytu przetrzymywanego na powierzchni przez dobę wykazała pojawienie się pasma absorpcji w zakresie długości fal 1020 cm^{-1} oraz 1080 cm^{-1} , któremu można przypisać tworzenie się wiązań Fe-O. Porównanie widm sorpcji ksantogenu na pirycie (rys. 7) z widmami wzorcowymi spodziewanych produktów sorpcji (rys. 6) wskazuje, że produktem powierzchniowym w zakresie kwaśnym jest dwuksantogen (pasma 1260 cm^{-1}). Wraz ze wzrostem pH obserwuje się przesunięcie tego pasma w kierunku fal krótszych, co może sugerować zwiększenie się udziału FeX_3 oraz wiązań Fe-O w warstwie produktów powierzchniowych.

Wyniki przedstawione na rys. 8a i 8b wykazują, że badany piryt floatuje źle. Przyjmując za Abramowem [9-11] możliwość całkowitego wyfloatowania minerału jako kryterium flotowalności można zauważyć (rys. 8a,b), że badany piryt floatuje całkowicie do pH = 5.5 i 6.5 przy stężeniu ksantogenu odpowiednio 10^{-4} i 10^{-3} M . W porównaniu z innymi pirytami węglowymi czy skalnymi, które przy stężeniu $\text{KXEt} = 10^{-3}\text{ M}$ floatowały całkowicie do pH = ok. 10.5 (2) widać, że badany piryt nie posiada alkalicznego zakresu flotowalności, podobnie jak piryt utleniony, omawiany w monografii Gaudina [12]. Utlenienie powierzchni ziarn badanego pirytu drastycznie pogarsza flotowalność powyżej tak zdefiniowanego krytycznego pH flotacji (zaznaczonego na rys. 8 strzałkami). Stąd można sądzić, że przyczyną braku flotacji tego pirytu w środowisku alkalicznym jest

obecność na powierzchni jego ziarn takich samych produktów utleniania, które w większej ilości pojawiają się na niej w wyniku utleniania roztworem nadmanganianu potasu. Powyższe rozumowanie potwierdza analiza mineralogiczna pirytu z KWK "Siersza", która wykazała, że zawiera on niewielkie ilości tlenowych połączeń żelaza. Utleniając ten minerał za pomocą roztworu KMnO_4 można było zidentyfikować getyt jako podstawowy produkt obecny na powierzchni. Stąd omawianą złą flotowalność badanego pirytu w alkalicznym zakresie pH można przypisać obecności getytu na powierzchni flotowalnych ziarn.

Podsumowanie

W pracy stwierdzono następujące fakty eksperymentalne; piryt z KWK "Siersza" flotuje dobrze jedynie w kwaśnym środowisku. Analiza rentgenograficzna pokazała, że podstawowym produktem utlenienia tego pirytu jest getyt, posiadający z nim wspólne ściany o orientacji: (111), (200), (210) oraz (211).

Piryt z KWK "Siersza" jest dobrym elektrokatalizatorem w reakcji tworzenia dwuksantogenu w całym zakresie pH, co stwierdzono w pomiarach woltamperometrycznych. Spektrofotometryczne pomiary IR ATR pozwoliły zidentyfikować dwuksantogen na powierzchni flotowalnych ziarn. Z pomiarów elektrochemicznych wynika, że ten produkt chemisorpcji jest związany z powierzchnią FeS_2 w całym zakresie pH, podobnie jak w przypadku pirytów dobrze flotujących. Procesowi tworzenia dwuksantogenu towarzyszy jednak konkurencyjny proces utleniania powierzchni pirytu, a powstające produkty tego utlenienia (tlenki i wodorotlenki żelaza III) łatwo przechodzą w postać bardziej trwałą termodynamicznie, tj. getyt. Na podstawie obserwowanych faktów eksperymentalnych można zaproponować mechanizm wyjaśniający flotowalność pirytu z KWK "Siersza" uwzględniający wpływ mikrostruktury powierzchni. Za flotację tego minerału odpowiedzialny jest dwuksantogen powstający w procesie utlenienia ksantogenianu tlenem. Równocześnie zachodzi utlenienie powierzchni samego pirytu. W środowisku kwaśnym ten drugi proces nie wpływa na flotowalność. W środowisku obojętnym i alkalicznym produkty utleniania pirytu rozbudowują jego siatkę krystaliczną, a ich usytuowanie przestrzenne niweluje hydrofobowość powierzchni wywołaną równoczesną obecnością dwuksantogenu. Topochemiczna reakcja tworzenia getytu na powierzchni pirytu z KWK "Siersza" jest więc przyczyną hydrofilizacji jego powierzchni i tym samym jego depresji w alkalicznym zakresie pH.

Literatura

1. Chronosky J., Lyon F.N., Comparison of the flotation and adsorption characteristics coal pyrite with ethyl xanthate, Trans. Soc. Min. Eng. AIME 252(1), 1972.
2. Lekki, J., Chmielewski T., Simiczyjew P., Wpływ mikrostruktury powierzchni na flotowalność pirytów węglowych i skalnych, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 17 (1985), 51-67.
3. Michiejev B., Rentgenometriczeskij opredelitel mineralov, Gospgeol-technizdat, Moskva 1957, p. 308.
4. Kiełkowska M., Kapkowski M., Strojek J., Przystawka całkowitego wewnętrznego odbicia do spektrofotometrów, Patent PRL nr 110960.
5. Woods R., Electrochemistry of sulphide flotation. Flotation, A.M. Goudin Memorial Volume, New York 1976, pp. 298-333.
6. Janetski N.D., Woodburn S.I., Woods., An electrochemical investigation of pyrite flotation and depression, Int. J. Min. Proc., 4 (1977), 227-239.
7. Woods R., Mixed potential mechanism in metallurgical systems, in; Advances en flotations, vol. 3, Castro S., Alvarez J., (editores) Universidad de Concepcion. 1977, p. 3-29.
8. Gardner J.R., Woods R., An electrochemical investigation of contact angle and flotation in the presence of alkylxanthates. II Galena and pyrite surfaces, Aust. J. Chem., 30 (1977) 981-991.
9. Abramov A.A., O nieobchodimoy koncentracji ksantogenata pri flotacji sulfidow żelaza, Trudy Inst. Mechanobr., Leningrad 1968, s. 323-332.
10. Abramov A.A., Termodynamiczeskij analiz wzaimodiestviya ksantogenata i diksantogenata s povierchnostiu galenita, Trudy Inst. Mechanobr., Leningrad 1968, s. 279-293.
11. Abramov A.A., O nieobchodimoy koncentracji ksantogenata pri flotacji sulfidov miedzi, Obogasceniye rud 3 (1970) 26-33.
12. Gaudin A.M., Flotation, Mc Graw-Hill, Book Company Inc., New York 1957, p. 287.

ABSTRACT

Lekki J., Chmielewski T., Simiczyjew P., 1986. Topochemical oxidation reactions - the reason for the poor flotability of pyrite from the "Siersza" Mine. Physicochem. Probl. Miner. Process., 18; 93-105 (polish text).

On the basis of X-ray measurements, it was found that the products

of oxidation were present on the surface of pyrite from the "Siersza" Mine. These products were strongly bound to this surface. Electrochemical investigations showed that two competitive reactions take place on the FeS_2 surface in KXEt solutions i.e., dixanthogen formation and surface oxidation.

Dixanthogen was identified on the pyrite surface by IR-ATR spectroscopy. The products of oxidation/goethite/hydrophilise make the mineral surface hydrophilic in alkaline solutions. Depression in this pH range is caused by topochemical reactions of pyrite oxidation.

СОДЕРЖАНИЕ

Я.Лекки, Т.Хмелевски, П.Симичнев, 1986. Топохимические реакции окисления - причиной плохой флотуемости пирита из каменноугольной шахты "Серша". Физико-химические вопросы обогащения, 18; 93-105.

Рентгенографические исследования определили, что на поверхности пирита из шахты "Серша" в настоящее время продукты окисления прочно связаны с этой поверхностью. В электрохимических исследованиях показано, что в растворе этилдиксантогената калия на поверхности пирита происходят две конкурентные реакции образования дикусантогената и окисления поверхности. Диксантоген идентифицирован на поверхности зерен /методом IR-ATR/. Продукт окисления /гётит/ в щелочном диапазоне pH гидрофилизует поверхность минерала. Топохимические реакции окисления пирита являются причиной депрессии в этом диапазоне pH.