



Ługowanie miedzi i cyny z odpadów elektronicznych za pomocą bakterii *Acidithiobacillus ferrooxidans*

Leaching of Copper and Tin from Electronic Waste Using *Acidithiobacillus ferrooxidans*

Vladislav **BLAŽEK**¹⁾, Jaroslav **ZÁVADA**²⁾, Tomáš **BOUCHAL**³⁾, Josef **LÉBR**⁴⁾, Peter **FEČKO**⁵⁾

¹⁾ Ing.; Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava; 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic; e-mail: vladislav.blazek.st@vsb.cz, tel.: (+420) 597 323 569

²⁾ Ing., Ph.D.; Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava; 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic; e-mail: jaroslav.zavada@vsb.cz, tel.: (+420) 597 323 518

³⁾ Ing., Ph.D.; Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava; 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic; e-mail: tomas.bouchal@vsb.cz, tel.: (+420) 597 325 520

⁴⁾ Ing., Faculty of the Environment, Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Králova Výšina 3132/7, 400 96 Ústí nad Labem, Czech Republic; e-mail: josef.lebr@atlas.cz, tel.: (+420) 602 858 959

⁵⁾ Prof. Ing., CSc.; Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava; 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic

Streszczenie

Określono efekt ługowania metali z odpadów elektronicznych przy użyciu bakterii *Acidithiobacillus ferrooxidans* w warunkach statycznych. Zbadano ługowanie miedzi i cyny z płytki drukowanej układu elektronicznego i porównano do ługowania chemicznego. Całkowita ilość usuniętych metali była nieco mniejsza we wszystkich przypadkach. Dodatek bakterii ulepszył proces ługowania miedzi, jednak porównywalne rezultaty otrzymano poprzez dodanie mineralnej pożywki nie zawierającej bakterii. Ługowanie cyny przebiegało w inny sposób, a obecność bakterii nie polepszyła wydajności procesu.

Słowa kluczowe: odpad elektroniczny, ługowanie bakteryjne, *Acidithiobacillus ferrooxidans*

Wprowadzenie

Odpady elektroniczne reprezentują specyficzną część odpadów, których udział stopniowo rośnie. Wyrzucanie odpadów elektronicznych jest kontrowersyjne ze względu na fakt, że zawierają one toksyczne chemikalia i znaczące ilości materiału nadającego się do ponownego wykorzystania. Jedną z metod recyklingu odpadów elektronicznych jest hydrometalurgia wykorzystująca czynniki chemiczne bądź mikroorganizmy. Metody biohydrometalurgiczne stosowane w celu odzyskania metali z rud są na ogół bardziej czasochłonne, ale mniej kosztowne w porównaniu do metod hydrometalurgicznych. Doniesienia literaturowe dotyczące zastosowania biohydrometalurgii dla odpadów elektronicznych są jednak niewystarczające.

Skład materiałowy odpadów elektronicznych

Odpady elektroniczne są klasyfikowane jako odpady niebezpieczne ze względu na zawartość toksycznych

Summary

This contribution is focused on the leaching of metals from electronic waste using bacterium *Acidithiobacillus ferrooxidans* under static conditions. Leaching of copper and tin from circuit board using bacteria was verified and compared to chemical leaching. The overall amounts of leached metals were quite low in all variants. Addition of bacteria improved the leaching of copper; however comparable results were obtained by addition of the sole nutrient medium without bacteria. Leaching of the tin followed different pattern and was not improved by presence of bacteria.

Keywords: Electronic waste, leaching, bacterial leaching, *Acidithiobacillus ferrooxidans*

Introduction

Electronic wastes represent the specific fraction of wastes which portion is gradually increasing. Dumping of the electronic wastes is controversial due to content of toxic chemicals and due to significant portion of recyclable material. One of the methods of recycling of electronic wastes is the hydrometallurgy utilizing chemical agents or microorganisms. Methods of biohydrometallurgy for recovery of metals from ores are in general more time-consuming but less costly compared to abiotic methods of hydrometallurgy. Despite that the literature concerning the use of biohydrometallurgy for electronic wastes processing is scarce.

Material composition of electronic wastes

Electronic waste is ranked as hazardous waste due to content of toxic chemicals. Accumulators

związków. Akumulatory zawierają Cd, Co, Li oraz wodorotlenek potasu; płytka drukowana układu elektronicznego zawiera Hg, As, Pb i Sn [1]. Największe niebezpieczeństwo dotyczące odpadów elektronicznych związane jest z możliwością powstawania szkodliwych substancji podczas składowania, jako wynik wydzielania się kwasu oraz aktywności mikroorganizmów. Również spalenie odpadów elektronicznych powoduje powstawanie niebezpiecznych zanieczyszczeń [2]. Z drugiej strony odpady elektroniczne zawierają przynajmniej jedną trzecią pierwiastków chemicznych i związków, które nie są uważane za toksyczne dla ludzi i środowiska [3].

Największą część odpadów elektronicznych stanowią tworzywa sztuczne (~30%), tlenki ogniotrwałe (~30%) i metale (~40%).

Odpady elektroniczne

Odpady elektroniczne zawierają metale, największy udział (razem stanowiące 39% urządzenia elektronicznego) mają Cu (20%), Fe (8%), Ni (2%), Sn (4%), Pb (2%), Al (2%) oraz Zn (1%). Typowy skład odpadu elektronicznego przedstawiono na rysunku 1 [3].

Metale szlachetne używane są do produkcji komponentów elektronicznych takich jak tranzystory, przełączniki czy obwody scalone. Odpady elektroniczne zwykle zawierają Au (0,1%), Ag (0,2%) i znikome ilości Pd (0,005%). Metale te w odpadach są obecne w różnych formach. Czyste złoto używane jest w urządzeniach telekomunikacyjnych, podczas gdy czyste srebro stosowane jest w energetyce. Złoto i pallad tworzą warstwy na miedzianych płytkach i stykach. Te drugie często zawierają stopy złota i platyny [4]. Średnia zawartość metali na płytkach scalonych przedstawiono w tabeli 1.

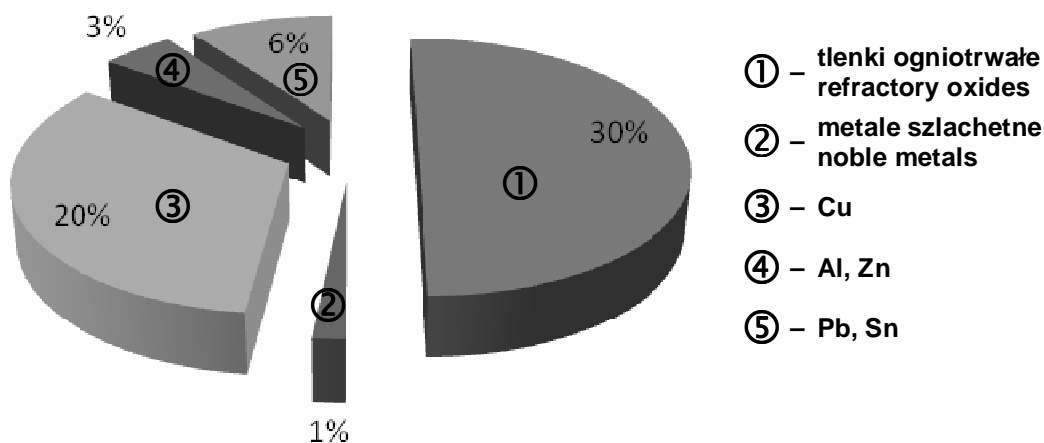
contain Cd, Co, Li, and potassium hydroxide; circuit boards contain Hg, As, Pb, and Sn. [1]. The highest hazard of electronic wastes lies in the possible formation of harmful leachates during the dumping as a result of acid precipitation and activity of microorganisms. Incineration of the electronic wastes produces dangerous emissions. [2] On the other hand the electronic wastes contains at least one third of chemical elements and compounds which are not known to be toxic for humans or the environment. [3].

The most abundant fraction of the electronic wastes are the plastics (~30%), refractory oxides (~30%) and metals (~40%).

Electronic wastes

Electronic wastes contain noble metals and base metals, the most abundant (together constituting 39% of typical electronic device) are Cu (20%), Fe (8%), Ni (2%), Sn (4%), Pb (2%), Al (2%) a Zn (1%). Typical composition of electronic waste is depicted on Figure 1. [3.]

Noble metals are used for production of electronic components such as transistors, relays, or integrated circuits. Electronic waste typically contains Au (0.1%), Ag (0.2%) and limited amounts of Pd (0,005%). In the waste these metals are present in various physical forms. Pure gold is used in telecommunication devices while pure silver in energetics. Gold and palladium form layers on copper boards or contacts. The latter often contain also alloys of gold and platinum. [4.]. Average content of metals in circuit boards is presented in Table 1.



Rys. 1
Typowy skład odpadów elektronicznych [3]

Fig. 1
Typical composition of electronic waste. [3.]

Materiały i metody

Opis próbki

Materiał użyty do ługowania złożony był z płyt głównych z zużytych komputerów. Części nienadające się do ługowania (np. rezystory, połączone obwody, komponenty użyte do urządzeń mechanicznych) zostały w pierwszej kolejności usunięte z płyt. Płyty zostały następnie skruszone do wielkości 10 – 20 mm i w końcu poddane ługowaniu (rysunek 2). Próbka zawierała 19% Cu i 3% Sn.

Materials and methods

Sample description

The material used for leaching consisted of extending boards from discarded computers. Parts unsuitable for leaching (e.g. resistors, integrated circuits, capacitors, components used for mechanical attachment etc.) were first removed from these boards. The boards were then crushed into 10 – 20 mm pieces and finally leached (Figure 2). The sample contained 19% Cu and 3% Sn.

Tabela 1
Skład chemiczny typowych płytek drukowanych [5]

Table 1
Chemical composition of typical circuit boards [5.]

Składnik Constituent	% (m/m)
włókno szklane fibreglass	> 70
miedź copper	~ 16
stop lutowniczy solder	~ 4
żelazo iron	~ 3
nikiel nickel	~ 2
srebro silver	0,05
złoto gold	0,03
pallad palladium	0,01
inne (bizmut, antymon, tantal other (bismuth, antimony, tantalum	0,01



Rys. 2
Rozdrobnione i ujednorodnione odpady elektroniczne
przygotowane do procesu ługowania

Fig. 2
Crushed and homogenized electronic waste
ready for the leaching process

Proces ługowania

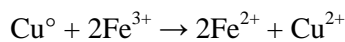
Ługowanie bakteryjne przeprowadzono w kolbach *Erlenmayera* bez wstrząsania. W celu określenia udziału bakterii w procesie zastosowano cztery różne warianty ługowania (w Tabeli 2 przedstawiono skład roztworu). Początkowe pH wynosiło 2 we wszystkich zlewkach.

Część analityczna

W roztworach ługujących otrzymano za pomocą roztworu ICP-AES miedź oraz cynę w formie jonowej.

Wyniki i dyskusja

W pracy Tao Yanga i innych [6] przedstawiono że ługowanie miedzi i cyny w roztworze opiera się na utlenianiu miedzi i cyny przez trójwartościowy jon żelaza (Fe^{3+}), co przedstawiono w poniższej reakcji:



Jony żelazowe powstały przez utlenienie Fe^{2+} do Fe^{3+} albo drogą biologiczną przez metabolizm *Acidithiobacillus ferrooxidans* [7-12] albo przez abiotyczne samorzutne utlenianie. Ilość miedzi oraz cyny uzyskanych metodą ługowania zaprezentowano w tabeli 3 i zobrazowano na rysunku 3.

Tabela 2
Skład roztworów ługujących dla różnych prób ługowania

Kolba Bottle	Roztwór ługujący Leaching solution
1	Odpady elektroniczne + H_2SO_4 Electronic waste + H_2SO_4
2	Odpady elektroniczne + H_2SO_4 + AT. F Electronic waste + H_2SO_4 + AT. F
3	Odpady elektroniczne + H_2SO_4 + AT. F + 9K Electronic waste + H_2SO_4 + AT. F + 9K
4	Odpady elektroniczne + H_2SO_4 + 9K Electronic waste + H_2SO_4 + 9K

Tabela 3
Zawartość miedzi i cyny w roztworach (%)

Kolba Bottle	1		2		3		4	
	Cu (%)	Sn (%)	Cu (%)	Sn (%)	Cu (%)	Sn (%)	Cu (%)	Sn (%)
tydzień week								
1	0,04	0,001	0,07	<0,0002	0,17	<0,0002	0,18	0,003
3	0,06	0,003	0,07	0,0005	0,20	0,003	0,28	0,008
5	0,14	1,93	0,25	0,02	1,35	0,02	1,23	0,06
7	0,6	4,3	0,72	0,03	6,22	0,03	6,02	1,36

Leaching process

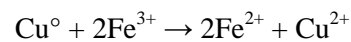
Bacterial leaching was carried out in Erlenmayer bottles without shaking. In order to distinguish the contribution of bacteria four different leaching variants were used (see Table 2 for details of solutions composition). The initial pH was 2 in all bottles.

Analytcs

In the leaching solutions copper and tin were determined in the ionic forms by means of ICP-AES.

Results and discussion

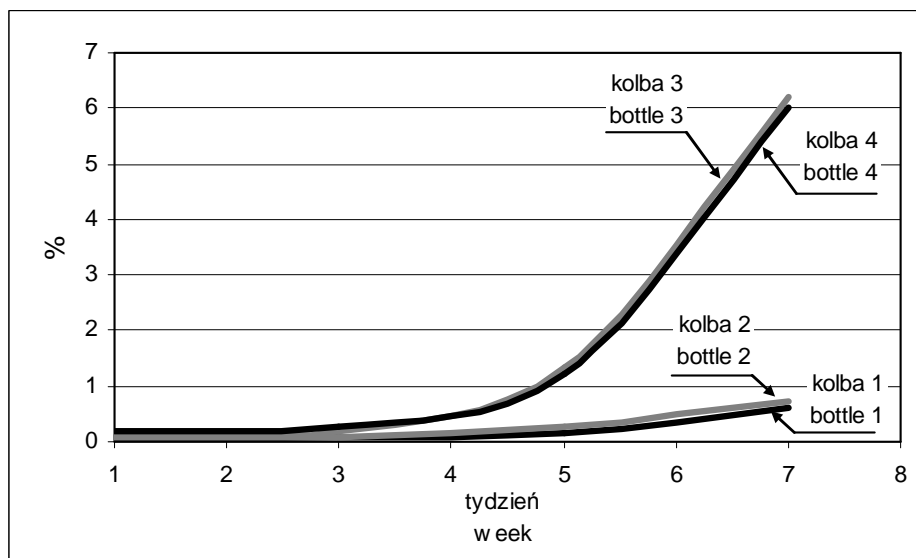
According to Tao Yang *et al.* [6.] the leaching of copper and tin into solution is based on the oxidation of copper and tin by trivalent ferric ions (Fe^{3+}) following the equation:



Ferric ions were produced by oxidation of Fe^{2+} to Fe^{3+} either biologically by metabolism of *Acidithiobacillus ferrooxidans* [7-12] or abiotically by spontaneous oxidation. The amount of leached copper and tin is presented in Table 3 and depicted on Figures 3.

Table 2
Composition of different variants of the leaching experiment

Table 3
Amount of copper and tin in the leaching solution (%)



Rys. 3
Zawartość jonów miedzi w roztworach

Fig. 3
Amount of copper ions in the leaching solution

Otrzymane rezultaty nie pokazują w klarowny sposób pozytywnego wpływu bakterii na proces ługowania miedzi i cyny. W przypadku miedzi najwyższy stopień ługowania zaobserwowano u kultury *A. ferrooxidans* (kolba 3), ale porównywalny wynik przypadł również czynnikowi z pożywką mineralną bez zawartości bakterii (kolba 4). Najwyższy stopień wyługowania cyny uzyskano w obecności H_2SO_4 .

W przypadku kolby 1 (jedynie H_2SO_4), wyługowano odpowiednio 0,6 % i 4,3 % początkowej ilości miedzi i cyny. Największy wzrost ilości wyługowanych metali zaobserwowano pomiędzy 5 a 7 tygodniem procesu. Skoro ani miedź ani cyna nie rozpuściły się w rozcieńczonym kwasie siarkowym, rezultaty te nie mogą być jasno interpretowane. Wzrost stężenia rozpuszczonych metali był również związany z nasileniem się rdzawego koloru roztworu, który nie został zaobserwowany wcześniej niż po 5 tygodniach eksperymentu. Fakt, że bakterie nie były obecne w tej kolbie wskazuje, że nastąpiło utlenienie chemiczne Fe^{2+} do Fe^{3+} . Ilość wyługowanej miedzi wskazuje, że kwas siarkowy nie stanowi optymalnego roztworu dla ługowania tego typu odpadu elektronicznego.

W kolbie 2 (kwas siarkowy z bakterią *A. ferrooxidans*) po 7 dniach otrzymano odpowiednio 0,72% i 0,13% początkowej ilości miedzi i cyny. Dla miedzi jest to zdecydowanie mniej w porównaniu do kolb 3 i 4. Główną przyczyną jest brak pożywki 9K w tej kolbie. W konsekwencji bakterie nie posiadają wystarczającej ilości jonów Fe^{2+} w celu utlenienia ich do Fe^{3+} . Dalszy wzrost jonów Fe^{3+} (potwierdzony przez rdzawe zabarwienie) skutkował wzrostem wyługowanej miedzi. Najwyższy wzrost zaobserwowano między 5 a 7 tygodniem. W odniesieniu do

Obtained results do not show clearly the positive effect of bacteria on the leaching of copper and tin. In case of copper the highest leaching was observed using *A. ferrooxidans* culture (bottle 3) but comparably also without the bacterial culture with only the mineral nutrient medium (bottle 4). In case of tin the highest leaching was obtained with only H_2SO_4 present.

In case of bottle 1 (H_2SO_4 only) it was leached 0.6% and 4.3% of the initial amount of copper and tin respectively. The highest increase of leached metals was observed between week 5 and week 7. Since neither copper nor tin dissolve in diluted sulphuric acid these results can not be clearly interpreted. The increase of concentration of dissolved metals was associated with increasing rust colour of the solution, which was not observed sooner than after week 5. The fact that bacteria were absent in this bottle indicates that solely chemical oxidation of Fe^{2+} to Fe^{3+} occurred. The amount of leached copper indicates that sole sulphuric acid is not the optimal leaching solution for this type of electronic waste.

In the bottle 2 (sulphuric acid with culture of *A. ferrooxidans*) after 7 days 0.72% and 0.13% of the initial amount of copper and tin respectively was leached. For copper this is significantly less compared to bottles 3 and 4. The likely reason is the absence of nutrient medium 9K in this bottle. Consequently the bacteria did not have enough Fe^{2+} ions to oxidise to Fe^{3+} . Further increase of Fe^{3+} ions (confirmed by increase of rust colour) resulted in the increase of leached copper. The highest increase was observed between week 5 and 7. Compared to pre-

kolby 1, kwas siarkowy wraz z bakteriami w zadanych warunkach daje lepsze wyniki ługowania miedzi z odpadów elektronicznych. Wyższą wydajność uzyskania miedzi z użyciem *A. ferrooxidans* otrzymano mimo braku odżywki 9K. Całkowita ilość wyługowanej miedzi była nadal bardzo niska (maksymalnie 0,7% początkowej ilości miedzi), co wskazuje, że metoda nie posiada dużego znaczenia praktycznego. Znaczący wzrost jonów cyny w roztworze nie został zaobserwowany. Otrzymana ilość była nawet niższa w porównaniu do kolby 2, zawierającej kwas siarkowy, co jednocześnie wskazuje na niepraktyczność stosowania takiego roztworu do ekstrakcji cyny z odpadów elektronicznych.

W kolbie 3 (kwas siarkowy + bakteria + pożywka 9K) wyługowano 6,22% początkowej zawartości miedzi, po 7 tygodniach. Najwyższy wzrost zaobserwowano pomiędzy 3 a 7 tygodniem i był on powiązany pojawieniem się rdzawego zabarwienia roztworu. Ilość wyługowanej miedzi był znacząco wyższa w tym przypadku co sugeruje, że *A. ferrooxidans* były w stanie wyługować więcej jonów miedzi w obecności pożywki 9K, niż bez niej. Główną przyczyną była obecność jonów Fe^{2+} w pożywce 9K. W porównaniu do miedzi, ilość wyługowanej cyny wyniosła niemal zero.

Po 7 tygodniach w kolbie 4 (kwas siarkowy z pożywką, bez bakterii) zaobserwowano stopień ekstrakcji odpowiednio dla miedzi i cyny 6,02% i 1,36%. Największy wzrost zauważono ponownie pomiędzy 5 a 7 tygodniem i towarzyszyło mu jednocześnie rdzawe zabarwienie roztworu. Ilość wyługowanej miedzi była porównywalna do poprzedniej kolby, co wskazuje, że odżywka, a nie bakteria, była powodem zwiększenia wydajności procesu ługowania miedzi.

Eksperyment początkowo był zaplanowany na 30 dni, jednak po otrzymaniu pierwszych rezultatów przedłużono go do 49 dni. Mimo, że całkowita ilość wyługowanych metali była dosyć niska, sugerując tym samym niską przydatność tego typu metody do praktycznego zastosowania, dążyła ona do uzyskania metali z odpadów elektronicznych. Inni autorzy (np. [3, 13]) zgłosili ponad 90-procentową wydajność ekstrakcji miedzi, jednak w znacząco innych warunkach, włączając w to potrząsanie, napowietrzanie czy rozdrabnianie odpadów do kawałków o rozmiarach poniżej 0,5 mm. W kilku przypadkach również bakterie była wcześniej specjalnie otrzymane lub zaadaptowane do obecności metali. Niemniej jednak wszystkie te operacje znacząco zwiększyły koszt ługowania.

Wnioski

Celem zaprezentowanego eksperymentu było przetestowanie możliwości zastosowania statycznego ługo-

vious bottle 1, sulphuric acid with bacteria at given conditions is better for leaching of the copper from such types of electronic waste. Higher leaching of copper using *A. ferrooxidans* was obtained despite the absence of the 9K nutrient medium. However the absolute amount of leached copper was still very low (maximally 0.7% of the initial copper content), which implicates that this method does not have high practical applicability. Significant increase of tin ions in the solution was not observed. The leached amount was even lower compared to previous bottle 2 containing sulphuric acid only suggesting this solution is not applicable for extraction of tin from such type of waste.

6.22% of the initial copper content was leached in case of bottle 3 (sulphuric acid + bacteria + 9K nutrient medium) after week 7. The highest increase was observed between week 3 and week 7 associated again with the evolution of the rust colour. The amount of leached copper was significantly higher in this case suggesting that *A. ferrooxidans* was able to leach more copper ions in the presence of 9K nutrient medium than without it. The likely reason was the presence of Fe^{2+} ions in the 9K nutrient medium. Unlike copper the amount of leached tin was almost zero.

After 7 weeks the leached amount of initial copper and tin in the bottle 4 (sulphuric acid with nutrient medium without bacteria) reached 6.02% and 1.36% respectively. The highest increase was observed again between week 5 and week 7 accompanied by evolution of the rust colour. The amount of leached copper was however comparable to previous bottle suggesting that it is the nutrient medium 9K and not the bacteria what drives most the leaching of copper.

The experiment was first planned to take 30 days nevertheless after first results it was prolonged to 49 days. Despite that the overall amount of leached metals was quite low suggesting that this method is not very suitable for practical application aimed on the gain of the metals from electronic waste. Other authors (e.g. [3, 13]) report more than 90% of extracted copper however at significantly different conditions involving shaking, aeration, or destroying of waste to pieces as low as 0.5 mm. In several cases also the bacteria were pre-cultivated or adapted for the presence of the metals. Nevertheless all these operations significantly increase the cost leaching.

Conclusions

The aim of presented experiment was to test the applicability of static bacterial leaching of copper

wania bakteriynego miedzi i cyny z odpadów elektro- nicznych przy użyciu *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Rezultaty pokazują, że całkowita ilość wyługowanych metali była dosyć niska. Wyługowanie miedzi i cyny znacząco się różniło. Podczas gdy najwyższą ilość cyny otrzymano abiotycznie używając jedynie rozcień- czonego kwasu siarkowego, dodatek kultur *A. ferrooxi- dans* zwiększył wyługowanie miedzi. Z drugiej strony ilość miedzi otrzymanej przy użyciu pożywki bez bakterii był porównywalny do ługowania kulturami bakterii z pożywką, co sugeruje, że ograniczeniem dla wyługowania miedzi był raczej brak jonów Fe^{2+} .

and tin from electronic waste using *Acidithiobacillus ferrooxidans*. The results show that the total amount of leached metals was quite low. Leaching of copper and tin differed significantly. While the highest amount of tin was obtained abiotically using only diluted sulphuric acid, addition of *A. ferrooxidans* culture improved leaching of copper. On the other hand the amount of copper gained using nutrient medium without bacteria was comparable to com- bination of bacteria and medium suggesting that the limiting step of copper leaching was rather the absence of Fe^{2+} ions.

Literatura – References

1. Fečko P., et al.: *Environmentální biotechnologie*. Ostrava. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2004. 186 s. ISBN 80-248-0700-9
2. Slivka V., Dirner V., Kuraš M.: *Odpadové hospodářství 1. Praktická příručka. 1*. Ostrava, VŠB-TU Ostrava, MŽP ČR Praha, 2006. 130 s. ISBN 80-248-1245-2.
3. Křištofová D.: *Kovy a životní prostředí. Environmentálně nebezpečné složky elektroodpadu. 1*. Ostrava, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005. 66 s. ISBN 80-248-0740-8.
4. Křištofová D.: *Recyklace ušlechtilých kovů*. Ostrava, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2001. 100 s. ISBN 80-7078-939-5.
5. Karwowska E., Łebkowska M.: *Stan badań w Polsce nad wykorzystaniem mikroorganizmów do odzysku metaliz rud i odpadów, Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 11, Rok 2009, Str. 433-442*
6. Tora B., Fečko P., Černotová L., Čablik V.: – *Utylizacja złomów akumulatorowych. Inżynieria Mineralna, 2002, Zeszyt.3(10), s. 217-220.*
7. Yang, Tao, et al.: *Factor influencing bioleaching copper from waste printed circuit boards by Acidithiobacillus ferrooxidans. Hydrometallurgy [online]. 2009, 97, [cit. 2011-03-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/>*
8. Maršálek J.: *Thiobacillus ferrooxidans a jeho kultivace v procesu biologického loužení rud. 1*. Praha. SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979. 144 s.
9. Fečko P., et al.: *Environmentální biotechnologie*. Ostrava. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2004. 186 s. ISBN 80-248-0700-9. (str.69-70)
10. Kušnierová M., Fečko P.: *Minerální biotechnologie 1: v těžbě a úprave sulfidických ložisek*. Ostrava. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2001. 143 s. ISBN 80-248-0023-3. (str:9-11)
11. Závada J., Bouchal T.: *Chemické metody zpracování nerostných surovin a odpadů*. Ostrava. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2010. 99 s. ISBN 978-80-248-2356-0.
12. Štěrbová G.: *Bakteriální loužení a jeho využití při získávání kovů*. Ostrava. Vysoká škola Báňská- Technická univerzita Ostrava, 2003. 48 s.
13. Borovec Z., Doležal J., Fediuk F.: *Úvod do biotechnologie nerostných hmot*. Praha. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha 1, 1990. 135 s.
14. Brandl H., Bosshard R., Wegmann M.: *Computer-munching microbes: metal leaching from electronic scrap by bacteria and fungi. Hydrometallurgy [online]. 2001, 59, [cit. 2011-03-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/>*

KONFERENCJA – INŻYNIERIA MINERALNA
czyli**XVII MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA PRZERÓBKII KOPALIN**
oraz
XLIX SEMINARIUM — FIZYKOCHEMICZNE PROBLEMY
MINERALURGII**ORGANIZATORZY**

- Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców
- Politechnika Wrocławska, Instytut Górnictwa, Zakład Przeróbki Kopalini i Odpadów
- Politechnika Śląska, Katedra Przeróbki Kopalini i Utylizacji Odpadów
- Polska Akademia Nauk, Komitet Górnictwa, Sekcja Wykorzystania Surowców Mineralnych

KOMITET NAUKOWY

prof. Kazimierz Sztaba, AGH, Kraków
– przewodniczący
prof. Andrzej Pomianowski, PAN, Kraków
– honorowy przewodniczący
prof. Wiesław Blaschke, PAN, Kraków
prof. Marian Brożek, AGH, Kraków
prof. Stanisław Chibowski, UMCS, Lublin
dr Tomasz Chmielewski, Pol. Wrocławska, Wrocław
prof. Stanisław Cierpisz, Pol. Śląska, Gliwice
prof. Beata Cwalina, Pol. Śląska, Katowice
prof. Jan Drzymała, Pol. Wrocławska, Wrocław
prof. Janusz Girczys, Pol. Częstochowska
prof. Andrzej Heim, Politechnika Łódzka, Łódź
prof. Jan Hupka, Politechnika Gdańska, Gdańsk
prof. Aleksander Lutyński, Pol. Śląska, Gliwice
dr hab. Andrzej Łuszczkiewicz, Pol. Wrocł., Wrocław
prof. Kazimierz Małysa, PAN, Kraków
prof. Jolanta Marciniak-Kowalska, AGH, Kraków
prof. Maciej Mazurkiewicz, AGH, Kraków
dr hab. Paweł Nowak, PAN, Kraków
prof. Jerzy Sablik, GIG, Katowice
prof. Zygmunt Sadowski, Pol. Wrocławska, Wrocław
prof. Stanisława Sanak-Rydlowska, AGH, Kraków
dr hab. Barbara Tora, AGH, Kraków
prof. Kazimierz Trybalski, AGH, Kraków
prof. Tadeusz Tumidajski, AGH, Kraków

KOMITET ORGANIZACYJNY

prof. Tadeusz Tumidajski – przewodniczący
prof. Barbara Tora – z-ca wiceprzewodniczącego
dr inż. Tomasz Niedoba – z-ca przewodniczącego
dr inż. Daniel Saramak – edytor
dr inż. Tomasz Gawenda – edytor
dr inż. Agnieszka Surowiak – sekretarz
mgr inż. Andrzej Mitura – sekretarz

MIĘDZYNARODOWY KOMITET NAUKOWY

prof. Janusz Laskowski, UBC, Kanada
prof. Peter Fečko, Techn. University Ostrava Czechy
dr Krystyna Gawor-Kuchta – Australia
prof. Rudolf A. Tomanec, Belgrade University, Serbia
prof. Sanda Krausz, Univ. of Petrosani, Rumunia
prof. Barnabás Csöke, Univ. of Miskolc Węgry
prof. J. I. Antonow, Dnepropetrovsk Mining Inst., Ukraina
prof. Dmitrij V. Chekhiriew, Moscow State Inst., Rosja
prof. J. Matschullat, TU Bergakademie Freiberg, Niemcy
prof. Józef Mačala, Tech. University Kosice, Słowacja
prof. Ashraf Amer, Alexandria University, Egipt

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Referaty drukowane będą w czasopiśmie

• Górnictwo i Geoinżynieria (AGH)

teksty należy wysłać na adres:

dr inż. Tomasz Niedoba, AGH, Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: tniedoba@agh.edu.pl; tel.: (+48) 12 617 20 56
dr Agnieszka Surowiak,
e-mail: asur@agh.edu.pl; tel.: (+48) 12 617 20 53

• Physicochemical Problems of Mineral Processing

teksty wyłącznie w języku angielskim należy wysłać na adres:

prof. J. Drzymała, Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: jan.drzymala@pwr.wroc.pl
Ostateczny termin nadsyłania artykułów –

15 kwietnia 2012r.

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland
tel.: (+48) 12 617 20 54, (+48) 12 617 20 56;
fax: (+48) 12 617 2198
e-mail: tniedoba@agh.edu.pl; asur@agh.edu.pl

KOSZT UCZESTNICTWA W KONFERENCJI

w wysokości 1 250,- zł (+VAT) od osoby, osoba towarzysząca 600,- zł (+VAT), zaliczka na koszty druku artykułu 400,- zł należy wpłacić na konto:

Bank PeKaO S.A. I O/Kraków
Nr 06 1240 1431 1111 0000 1045 2923
Nazwa rachunku: Fundacja „Nauka i Tradycje
Górnictwa”
z dopiskiem: Przeróbka Kopalini 2012
imię i nazwisko uczestnika