

HYDROMETALURGICKÉ SPRACOVANIE DOSIEK PLOŠNÝCH SPOJOV VYRADENÝCH OSOBNÝCH POČÍTAČOV

**Dušan ORÁČ, Zuzana HOANG TRUNG,
Andrea MIŠKUFOVÁ, Tomáš HAVLÍK**

Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9,
042 00 Košice, Slovakia,
e-mail: dusan.orac@tuke.sk

Abstrakt

Práca pojednáva o možnostiach hydrometalurgického získania medi a cínu z elektronického odpadu dosiek plošných spojov vyradených osobných počítačov. Ako lúhovacie médium sa použil roztok kyseliny chlorovodíkovej. Sledoval sa vplyv koncentrácie kyseliny, teploty a pomeru kvapalnej ku pevnej fáze. Najvyššia výťažnosť cínu, okolo 90 %, sa dosiahla pri použití 2M kyseliny chlorovodíkovej, pri teplote 80 °C. Z výsledkov experimentov lúhovania vyplýva, že výťažnosť cínu sa zvyšovala so zvyšovaním koncentrácie kyseliny a zvyšovaním teploty. Výťažnosť medi sa pohybovala vždy pod 1 % a zvyšovanie teploty a koncentrácie kyseliny nemalo vplyv na extrakciu medi do roztoku. Z experimentov vyplýva, že cín možno selektívne vylúhovať bez vylúhovania medi.

Kľúčové slová: OEEZ, dosky plošných spojov, odpad, hydrometalurgia, lúhovanie

Úvod

Vzhľadom na enormný nárast odpadu z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ) sa postupne stáva nevyhnutnosťou tento odpad efektívne spracovať jednak z hľadiska nebezpečnosti tohto odpadu, ako aj z hľadiska obsahu cenných zložiek v ňom obsiahnutých.

Postupný vývoj vo výpočtovej a telekomunikačnej technike spočiatku nenaznačoval, že táto oblasť sa niekedy stane predmetom záujmu spracovania odpadov. Toto odvetvie patrí v súčasnosti k najrýchlejšie sa rozvíjajúcim, produkuje stále nové a nové technológie, čím vlastne núti spotrebiteľov k častej obmene zariadení. Na zvyšovanie množstva tohto odpadu vplýva aj skutočnosť, že oprava pokazeného zariadenia prestáva byť zaujímavá a jednoduchšia a výhodnejšia je kúpa nového.

Jedným z dôvodov, prečo sa začalo týmto odpadom zaoberať je jeho množstvo. V Európskej únii vznikne ročne 6,5 – 7,5 mil. ton tohto odpadu. Množstvo tohoto odpadu rastie v porovnaní s inými odpadmi trikrát rýchlejšie [1, 2]. Ďalším dôvodom je obsah neželezných kovov (Cu, Sn, Au, Ag) a obsah látok, ktoré majú nebezpečný charakter (plasty, ťažké kovy).

Charakterizovať tento odpad je veľmi zložitú. V smernici Európskej únie 2002/96/ES sa rozdeľuje OEEZ do 10 kategórií, čo vnáša do OEEZ systém, ale aj napriek tomu jednoznačne charakterizovať OEEZ je veľmi náročné [3]. Rozdiely v zložení sú dané aj v rámci každej kategórie, čo je prirodzene dané faktormi ako vek zariadenia, jeho pôvod a typ. Tieto skutočnosti indikujú nevyhnutnosť chemickej identifikácie odpadu. Práve dôkladná chemická analýza tvorí podklad pre jeho ďalšie spracovanie a použité metódy.

Elektronický odpad možno principiálne spracovať viacerými možnosťami a to pyrometalurgicky, hydrometalurgicky alebo kombinovanými spôsobmi. Táto práca sa pojednáva o možnosti lúhovania cínu a medi z dosiek plošných spojov vyradených osobných počítačov.

Experimentálna časť

Materiál

Dosky plošných spojov sa podrvili kladivovým drvičom ŠK 600. Výsledný produkt sa podrobil chemickej analýze metódou AAS, Tab.1.

Tab1. Chemická analýza dosiek plošných spojov

Kovy	Cu	Sn	Zn	Fe	Al
Obsah [%]	15.61	2.97	2.17	0.13	0.93

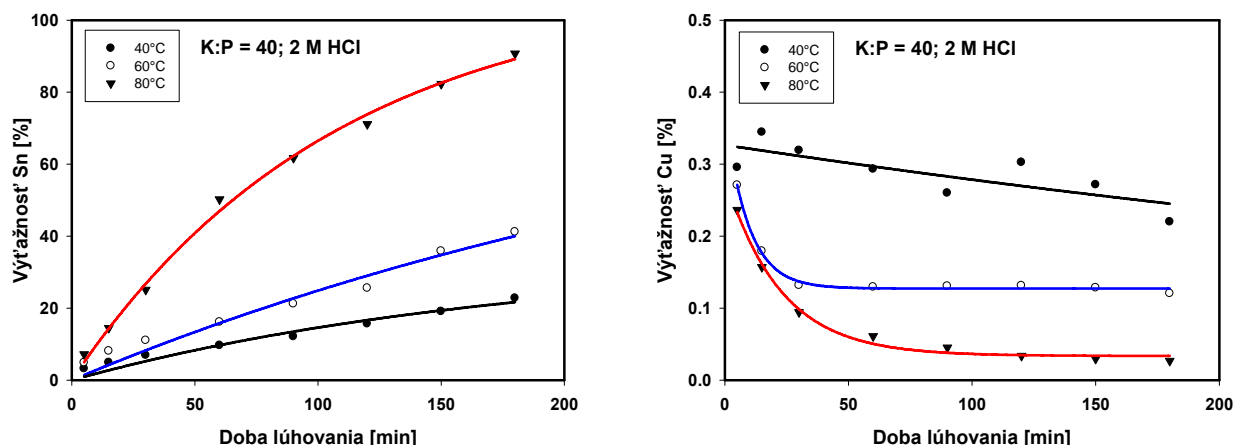
Podmienky experimentu a postup

Laboratórne experimenty sa realizovali v sklenených kadičkách ponorených do vodného kúpeľa pri teplotách 40 °C, 60 °C a 80 °C za stáleho miešania. Ako lúhovadlo sa použil vodný roztok kyseliny chlorovodíkovej o koncentráciách 0,5M, 1M a 2M. Objem lúhovacieho činidla bol 400 ml. Pre lúhovanie sa použili navážky 10, 30 a 50 g, čo predstavuje pomer kvapalnej ku tuhej fáze K:P rovný 40, 13, 8. Celková dĺžka experimentu bola 180 min. s intervalom odoberania vzoriek 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 a 180 min. Vzorky o objeme 10 ml sa analyzovali na obsah cínu a medi metódou AAS.

Dosiahnuté výsledky a diskusia

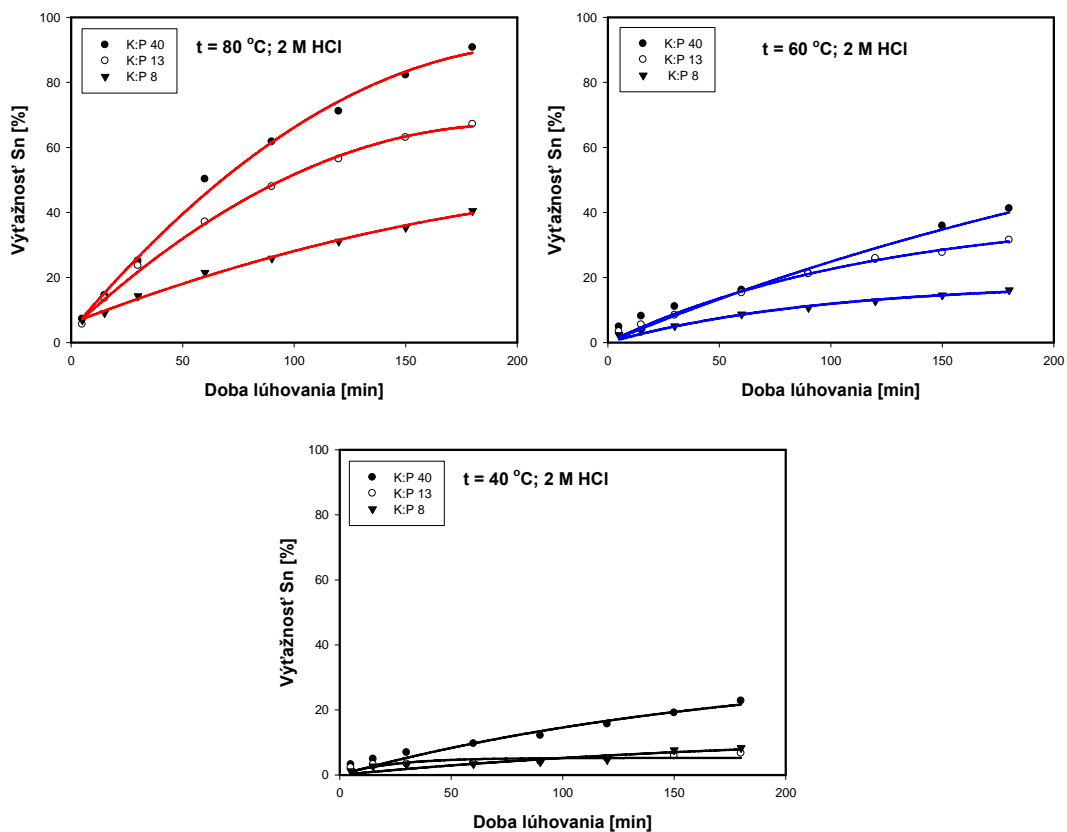
Z použitých roztokov sa získali z hľadiska študovaného procesu najefektívnejšie výsledky pri použití 2 M kyseliny. Preto sa v ďalšom diskutujú len tieto výsledky.

Na obr. 1 sú zobrazené kinetické krivky vylúhovania Sn a Cu v 2 M HCl pri jednotlivých teplotách.

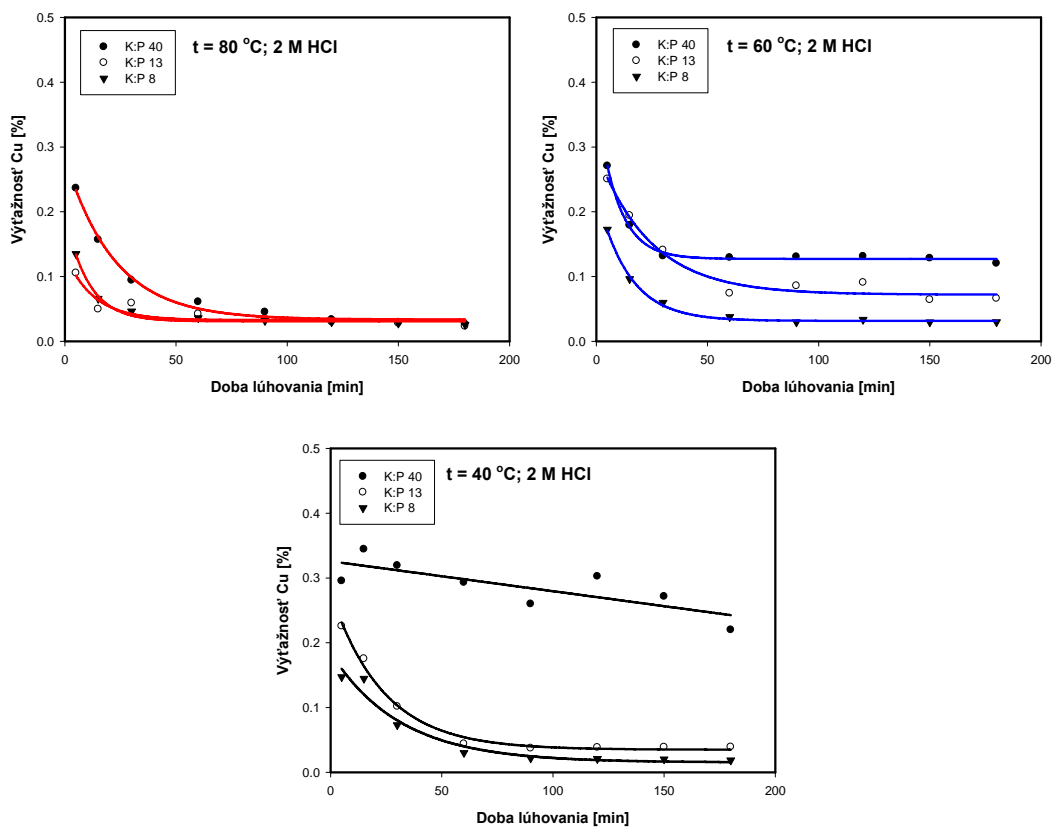
**Obr.1** Kinetické krivky vylúhovania cínu a medi pri rôznych teplotách

Z výsledkov vyplýva, že lúhovaním prechádza do roztoku cín, zatiaľ čo meď sa prakticky nelúhuje. Prevod cínu do roztoku je progresívny a výsledky naznačujú, že zvýšením teploty, resp. predĺžením doby lúhovania bude možné dosiahnuť téměř úplný prevod cínu do roztoku. V prípade medi vidno opačnú tendenciu. Zvyšovaním teploty sa prevod medi do roztoku znižuje.

Znižovanie pomeru K:P, čiže zvyšovanie množstva lúhovaného materiálu v rmute má za následok zníženie množstva vylúhovaného cínu do roztoku, ako vyplýva z obr. 2. Podobnú tendenciu možno pozorovať aj v prípade medi, obr. 3.



Obr.2 Kinetické krivky vylúhovania cínu pri rôznych pomeroch K:P a teplotách



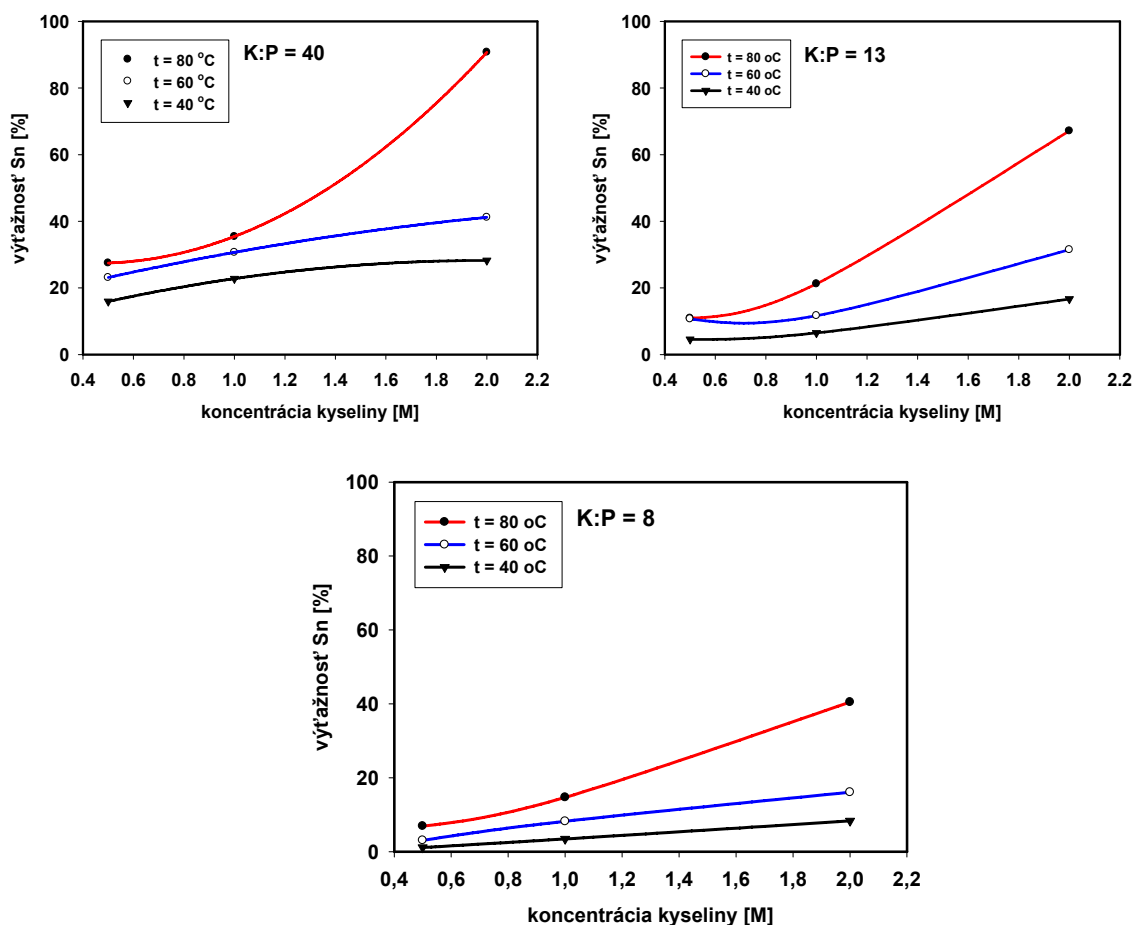
Obr.3 Kinetické krivky vylúhovania medi pri rôznych pomeroch K:P a teplotách

Použitie nižších koncentrácií HCl zachovalo podobné tendencie. Tab. 2. zobrazuje dosiahnuté extrakcie cínu a medi do roztoku v 180 minúte lúhovanie pri použití jednotlivých koncentrácií HCl.

Tab2. Extrakcie Sn a Cu v 180 minúte lúhovanie pri rôznych koncentráciách HCl

teplota [°C]	K:P	2M HCl		1M HCl		0.5M HCl	
		Sn	Cu	Sn	Cu	Sn	Cu
40	40	28.24	0.22	22.79	0.008	15.94	0.1
	13	16.66	0.0039	6.5	0.0027	4.57	0.002
	8	8.33	0.0018	3.45	0.0018	1.13	0.0015
60	40	41.19	0.012	30.68	0.107	23.14	0.006
	13	31.48	0.0066	11.67	0.004	10.72	0.002
	8	16.10	0.0029	8.23	0.0025	3.07	0.001
80	40	90.72	0.0027	35.45	0.007	27.47	0.004
	13	67.12	0.0023	21.24	0.0017	10.91	0.003
	8	40.46	0.0026	14.69	0.0007	6.93	0.0009

Ako vyplýva z Tab.2 a obr. 4, okrem teploty na výťažnosť cínu do roztoku vplýva aj množstvo voľnej kyseliny v lúhovadle. Ukazuje sa, že použitie nízkej koncentrácie HCl pre lúhovanie môže zapríčiniť jej spotrebovanie v procese, čím sa proces spomalí, prípadne môže aj zastaviť. Samozrejme, použitá koncentrácia závisí aj od nastaveného pomeru K:P. V zásade sa vždy jedná o množstvo voľnej kyseliny potrebné na zreagovanie prítomného množstva rozpustných látok.



Obr.4 Kinetické krivky vylúhovania cínu pri rôznych koncentráciách HCl, pomeroch K:P a teplotách

Záver

Z výsledkov lúhovania podvrvených dosiek plošných spojov vyradených osobných počítačov vo vodných roztokoch HCl vyplýva, že zvyšovanie teploty urýchľuje proces vylúhovania cínu do roztoku, zatiaľ čo meď sa prakticky nelúhuje. Aj zvyšovanie koncentrácie kyseliny urýchľuje lúhovanie v závislosti od množstva prítomných reagujúcich látok vo vsádzke. Množstvo voľnej kyseliny musí byť v dostatočnom prebytku pre úspešný proces lúhovania.

Meď sa v takomto usporiadaní experimentu chová temer inertne a jej extrakciu nepodnietila ani zvýšená teplota ani vyššia koncentrácia kyseliny. Dôvodom je zrejme fakt, že meď sa v princípe lúhuje len oxidačne, pričom kyselina chlorovodíková nie je oxidačnou kyselinou. Tento fakt poukazuje na výbornú možnosť oddelenia cínu a medi lúhovaním priamo v roztoku. Z roztoku sa cín získa štandardnými postupmi a zvyšok po lúhovaní sa podrobí ďalšiemu spracovaniu za účelom získania medi, prípadne iných kovov.

PodĎakovanie

Táto práca vznikla v rámci riešenia projektov VEGA 1/2643/05 a APVV-20-013405.

Literatúra

1. STEINMANN, H.: Stopp der E-Schrott-Flut (Stop záplave šrotu z elektroniky) Umweltschutz, 2000, č. 12
2. EU-Richtlinie: Kampf den Müllbergen (Směrnice ES: boj s horami odpadu.) A3 Umwelt, 14, 2001, č. 1/2, s. 66-67
3. Smernica 2002/96/ES Európskeho parlamentu a rady z 27. januára 2003, o odpade z elektrických a elektronických zariadení