MILAN M. ANTONIJEVIĆ[1]
MILE D. DIMITRIJEVIĆ[2]
VELIZAR D. STANKOVIĆ[1]

[1]Tehnički fakultet u Boru
[2]Institut za bakar Bor,
Jugoslavija

NAUČNI RAD

LUŽENJE MESINGANIH PRAŠINA SUMPORNOM KISELINOM

U radu je ispitivano luženje mesinganih prašina rastvorima sumporne kiseline. Ispitivan je uticaj brojnih faktora koji utiču na proces luženja sa namerom da se utvrde optimalni parametri za iskorišćenje cinka i bakra iz mesinganih prašina. Mešanje temperatura, koncentracija sumporne kiseline, veličine čestica mesingane prašine. Rakcija luženja mesingane prašine je egzotermna i u prvih tri minuta se oslobodi najveća količina toplote kada se postižu i najveće brzine izluženja cinka i bakra koje se kasnije malo menjaju sa vremenom. Utvrđeno je da je potrošnja sumporne kiseline približno konstantna i da iznosi oko 570 g/kg uzorka.

U procesu proizvodnje i prerade mesinga nastaju značajne količine metalnih otpadaka koje karakteriše visok sadržaj pre svega cinka, a zatim i bakra. Ove otpatke čine: mesingana šljaka (prašine i muljevi), prašina iz gasnog kanala livničkih peći (ZnO–prašina), strugotine (spiralne i sitne), brusotine, iskorišćeni ili oštećeni mesingani komadi i dr. [1–3]. Postojanje ovih otpadaka ukazuje na gubitke u procesu proizvodnje i prerade zbog čega se ulažu veliki napori da se izvrši njihova adekvatna reciklaža. U tom smislu vrši se i prerada mesinganih prašina.

Mesingane prašine nastaju preradom šljaka iz livnica mesinga i ove šljake mogu da sadrže i do 30–45% bakra i 35–50% cinka [4]. Da bi se mesing, zaostao u šljaci, oslobodio i reciklirao nazad u proces šljaka se prvo drobi a zatim melje, suvim postupkom mlevenja. Nakon toga se vrši vazdušna separacija pri čemu se kao osnovni proizvod dobija mesing, koji se odvodi nazad u proces proizvodnje mesinga, dok se prašine odvode u topionicu bakra, da bi se iskoristio bakar sadržan u njima [5]. Ovakav tretman prašina vodio je nepovratnim gubicima cinka koji je u obliku ZnO sa prašinom odlazio van sistema topionice zagađujući okolinu. Slični problemi javljali su se i pri preradi mesinganih muljeva kao i prašina koje nastaju pri dobijanju bakra pirometalurškim postupkom. Zbog toga je valorizaciji metala iz prašina i uopšte industrijskog otpada koji nastaje pri pirometalurškoj proizvodnji i preradi obojenih metala posvećena velika pažnja, kako kod nas [1–11], tako i u svetu [12–15]. Težnja je istraživača da se postojeći načini prerade zamene novim koji su ekonomski povoljniji i ekološki prihvatljiviji. Rađena su brojna istraživanja koja najčešće uključuju kombinovane postupke (hidro–piro, hidro–piro–elektro) za dobijanje metala i gotovih proizvoda (soli) iz metalnog otpada. Karakteristično za sve ove postupke je da sadrže luženje kao osnovnu operaciju pri tretmanu ovih sirovina. Zbog toga je u ovom radu postavljeno za cilj da se utvrde optimalni parametri luženja mesingane prašine sa stanovišta iskorišćenja cinka i da se u skladu sa dobijenim rezultatima da predlog tehnološke šeme. Stečena saznanja mogla bi da se iskoriste pri luženju sirovina sličnog sastava kao što su ZnO–prašine, kolektivni koncentrati cinka i olova i bakra i cinka i dr.

EKSPERIMENTALNI DEO

Materijal

Kao materijal korišćena je mesingana prašina nastala preradom šljake iz Livnice bakra i bakarnih legura u Boru, suvim postupkom mlevenja i vazdušne separacije. Hemijski sastav mesingane prašine koja je korišćena za ispitivanje dat je u Tabeli 1.

Tabela.1. Hemijski sastav mesingane prašine
Table 1. Chemical composition of brass dust

Komponenta	Al	Cu	Zn	Fe	Pb	H_2O	Nerastvorno
Sastav (%)	0.38	27.32	40.41	1.34	3.03	0.30	14.40

XRD–analizom je utvrđeno da mesingana prašina, od korisnih komponenata, sadrži ZnO, CuO, metalni bakar i nečistoće u obliku PbO, Al_2O_3, FeO i SiO_2. SiO_2 je unet u sistem kao jalovina [11]. XRD–analiza je pokazala da se bakar u ovim sirovinama nalazi manjim delom u obliku oksida, a većim delom kao metalni bakar u česticama mesinga, sadržanim u prašini. Cink se većim delom nalazi u obliku ZnO, a manjim delom u metalnom obliku, saglasno sadržaju bakra u mesingu [5]. Izvršena je i granulometrijska analiza mesingane prašine (Tabela 2) pri čemu je utvrđeno da je najzastupljenija najsitnija klasa krupnoće. Rastvori sumporne kiseline su pripremani od p.a. kiseline i destilovane vode.

Adresa autora: M.M. Antonijević, Tehnički fakultet u Boru, V.J. 12, 19210 Bor, Jugoslavija
Rad primljen: Oktobar 4, 1999.
Rad prihvaćen: Juli 20, 2000.

Tabela 2. Granulometrijski sastav mesingane prašine
Table 2. Sieve analysis of brass dust

Klasa krupnoće (mm)	Maseno učešće (%)
–0.50 + 0.315	2.64
–0.315 + 0.20	11.69
–0.20 + 0.16	10.38
–0.16 + 0.10	18.86
–0.10 + 0.080	8.01
–0.080 + 0.063	13.60
–0.063 + 0.050	4.54
–0.050 + 0.040	7.13
–0.040 + 0.00	23.15
Ukupno:	100.00

Procedura

Luženje mesingane prašine je izvođeno na sobnoj temperaturi i atmosferskom pritisku u časi visoke forme zapremine 400 cm^3 sa klasom krupnoće –0.080+0.063 mm. U čašu, postavljenu na magnetnu mešalicu, je najpre sipano 100 cm^3 sumporne kiseline odgovarajuće koncentracije i temperature, a zatim je ubačeno 10.00 g mesingane prašine i startovano sa mešanjem. Od tog trenutka praćena je reakcija luženja sa vremenom. Uzorci za analizu, zapremine od 1.00 cm^3, su uzimani nakon 3, 6, 10, 20, 30 i 45 min i prenošeni u balon od 100 cm^3. Merni balon je dopunjavan destilovanom vodom do crte, a zatim je vršena analiza na sadržaj cinka i bakra. Iz dobijenih podataka je izračunavan stepen izluženja cinka i bakra u funkciji vremena, uzimajući u obzir gubitke mase i zapremine usled uzorkovanja [16]. Pri ispitivanju uticaja temperature luženje je izvođeno u trogrlom reakcionom balonu zapremine 250 cm^3 koji je bio opremljen staklenom mešalicom, termometrom i kondenzatorom i uronjen u termostat sa vodenim kupatilom. Rastvor sumporne kiseline je pre dovođenja u kontakt sa mesinganom prašinom prethodno termostatiran do željene temperature. Pri ispitivanju uticaja temperature merena je i promena temperature suspenzije sa vremenom, a takođe je određivana i koncentracija sumporne kiseline u krajnjim lužnim rastvorima (nakon 45 minuta luženja).

Analitika

Određivanje sadržaja cinka i bakra u ispitivanim rastvorima je vršeno pomoću atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS), na atomskom apsorberu Perkin Elmer 703. Koncentracija sumporne kiseline je određivana tako što je titrovano 5.00 cm^3 krajnjeg lužnog rastvora standardnim rastvorom natrijum–hidroksida.

REZULTATI I DISKUSIJA

Uticaj mešanja

Uticaj mešanja je ispitivan tako što je 10.00 g mesingane prašine luženo sumpornom kiselinom koncentracije 1 mol/dm^3 na sobnoj temperaturi (20°C) bez mešanja i pri brzini mešanja od 600 min^{-1}. Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 3.

Tabela 3. Uticaj mešanja na stepene izluženja cinka i bakra sa vremenom (1 mol/dm^3 H_2SO_4, 20°C)
Table 3. Effect of stirring on zinc and copper extraction with time (1 mol/dm^3 H_2SO_4, 20°C)

Vreme, t (min)	Stepen izluženja cinka – X_{Zn} (%)		Stepen izluženja bakra – X_{Cu} (%)	
	bez mešanja	sa mešanjem	bez mešanja	sa mešanjem
3	53.74	82.91	4.04	5.28
6	59.40	83.66	4.22	5.38
10	65.41	84.68	4.35	5.53
20	68.95	85.46	4.61	5.95
30	72.13	85.46	4.61	6.38
45	75.66	86.74	4.61	7.17

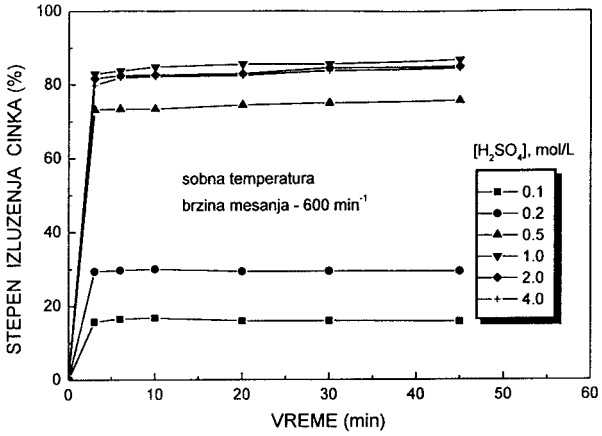
Iz Tabele 3 se vidi da mešanje suspenzije utiče na proces luženja cinka i bakra. Stepen izluženja cinka je veći kada se suspenzija meša nego u odsustvu mešanja ali se mnogo ne menja sa vremenom (83–86%) tako da se u prva tri minuta u rastvor prevede najveća količina cinka. Slično ponašanje opaža se i kod bakra s tim što su stepeni izluženja bakra jako niski. Veći stepeni izluženja cinka i bakra postignuti mešanjem suspenzije ukazuju da je proces izluživanja cinka i bakra iz mesinganih prašina verovatno kontrolisan difuzijom. Na ovo upućuju i rezultati Vidakovića i saradnika [17] koji su pri rastvaranju Zn–granula u hlorovodoničnoj kiselini odredili energiju aktivacije od 9.5 kJ/mol. Zbog toga su na dalje svi eksperimenti rađeni sa mešanjem suspenzije.

Uticaj početne koncentracije sumporne kiseline

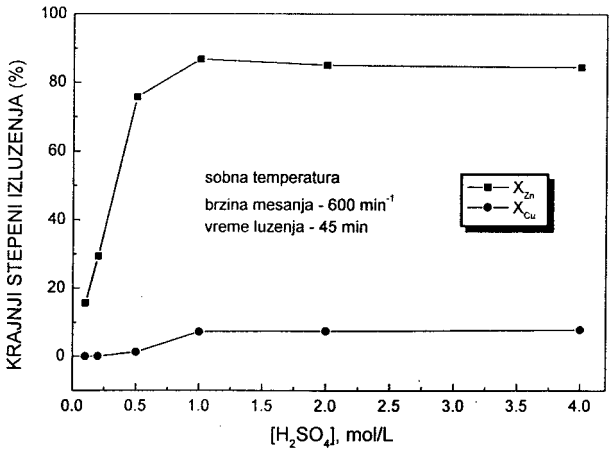
Ispitivanje uticaja početne koncentracije sumporne kiseline na brzinu izluženja cinka i bakra ispitivan je luženjem 10.00 g mesingane prašine sa sumpornom kiselinom različitih koncentracija (0.1 – 4.0 mol/dm^3) na sobnoj temperaturi i pri brzini mešanja od 600 min^{-1}. Rezultati su prikazani na slikama 1 i 2 i u Tabeli 4.

Slika 1 pokazuje da se cink, nezavisno od koncentracije sumporne kiseline, u prva tri minuta izluži skoro do maksimalnih vrednosti stepena izluženja i da se dalje sa vremenom izluženje cinka neznatno menja. Takođe, sa ove slike se može videti da sa povećanjem koncentracije kiseline raste i stepen izluženja cinka i to za opseg koncentracija kiseline od 0.1 – 1.0 mol/dm^3, dok se u opsegu koncentracija od 1.0 – 4.0 mol/dm^3 izluženja cinka gotovo poklapaju sa vremenom, odnosno sumporna kiselina nema uticaja na brzinu izluživanja cinka.

Slika 2 prikazuje krajnje stepene izluženja cinka i bakra u funkciji početne koncentracije sumporne kiseline. I na ovoj slici se može videti da krajnji stepeni izluženja cinka i bakra rastu sa porastom koncentracije kiseline od 0.1 – 1.0 mol/dm^3 dok su pri većim koncen-



Slika 1. Zavisnost stepena izluženja cinka od vremena pri različitim koncentracijama sumporne kiseline
Figure 1. Zinc extraction with time at various sulphuric acid concentrations



Slika 2. Uticaj koncentracije sumporne kiseline na krajnje stepene izluženja cinka i bakra
Figure 2. Effect of sulphuric acid concentration on the final degrees of zinc and copper extraction

Tabela 4. Stepen izluženja bakra u funkciji vremena pri različitim koncentracijama sumporne kiseline
Table 4. Copper extraction with time at various sulphuric acid concentrations

Vreme, t (min)	Stepen izluženja bakra, X_{Cu} (%)					
	Koncentracija sumporne kiseline, $[H_2SO_4]$, mol/dm^3					
	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	4.0
3	0.53	1.29	3.61	5.28	5.57	5.64
6	0.19	0.61	3.02	5.38	5.66	5.93
10	0.08	0.23	2.85	5.53	6.00	6.10
20	0.04	0.12	2.49	5.95	6.57	6.10
30	0.04	0.10	1.91	6.38	6.62	6.38
45	0.02	0.06	1.30	7.17	7.32	7.85

tracijama (1.0 – 4.0 mol/dm^3) izluženja cinka i bakra približno konstantna.

Za dalju obradu lužnih rastvora potrebno je da pH vrednost tih rastvora ne bude veća od 2 jer se time izbegava formiranje hidroksida gvožđa i ostalih prisutnih elemenata. Zbog toga je, a imajući u vidu dobijene rezultate i potrošnju kiseline tokom reakcije, za luženje najpogodnije koristiti sumpornu kiselinu koncentracije 1.0 mol/dm^3.

Iz Tabele 4 se vidi da stepen izluženja bakra opada sa vremenom (posmatrano od treće minute kada se uzima prva proba za analizu) i to za koncentracije sumporne kiseline od 0.1 do 0.5 mol/dm^3. Ovo ukazuje da u rastvoru dolazi do cementacije, odnosno taloženja bakra. Cementacija je elektrohemijski proces pri kome se joni elektropozitivnijeg metala (Cu) talože iz rastvora uz istovremeno rastvaranje elektronegativnijeg metala (Zn) i prelaženja ovih jona u rastvor [18]. Poznato je da se bakar najbolje taloži cinkom i to u blago kiselim rastvorima [19, 20] tako da su dobijeni rezultati u skladu sa tim.

U mesinganim prašinama bakar egsistira kao metalni bakar i kao bakar(II)–oksid. CuO se u rastvoru sumporne kiseline rastvara po sledećim jednačinama :

$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2 \quad (1)$$

ili

$$CuO + 2H^+ = Cu^{2+} + H_2O \quad (2)$$

Nagradjeni joni bakra(II) reaguju sa cinkom (mesinganom prašinom) pri čemu se u rastvor prevode joni Zn^{2+}, a na površini čvrstih čestica se taloži elementarni bakar (jednačina 4).

$$Cu^{2+} + Zn = Zn^{2+} + Cu \quad (3)$$

Zbog reakcije cementacije smanjuje se koncentracija bakra u rastvoru kako je i nađeno za opseg koncentracija od 0.1–0.5 mol/dm^3.

Cink je u mesinganim prašinama prisutan kao cink–oksid koji se u sumpornoj kiselini rastvara po jednačini (4) odnosno (5):

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O \quad (4)$$

ili

$$ZnO + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2O \quad (5)$$

Reakcija (4) odnosno (5) je brza što dovodi do toga da se već u prvim minutama reakcije najveća količina cinka prevede u rastvor. Zbog toga se i izluženje cinka malo menja sa vremenom, nakon tri minuta.

U toku eksperimenata zapaženo je da se gradi koloidni rastvor prozirno bele boje. Hemijskom analizom je utvrdjeno da taj koloid potiče od silicijumove kiseline (96.5–100.0% SiO_2). Silikati se nalaze u mesinganoj prašini pa prilikom luženja prelaze u rastvor kao silicijumova kiselina.

Nakon luženja mesingane prašine određivana je koncentracija slobodne sumporne kiseline u krajnjim lužnim rastvorima i na osnovu toga izračunavan je utrošak

Tabela 5. Utrošak sumporne kiseline na luženje mesingane (MS) prašine
Table 5. Sulphuric acid consumption during brass dust leaching

$[H_2SO_4]$ (mol/dm^3)	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	4.0
Utrošak H_2SO_4 (g/kg MS–prašine)	97.9	195.8	489.8	572.3	580.1	603.7

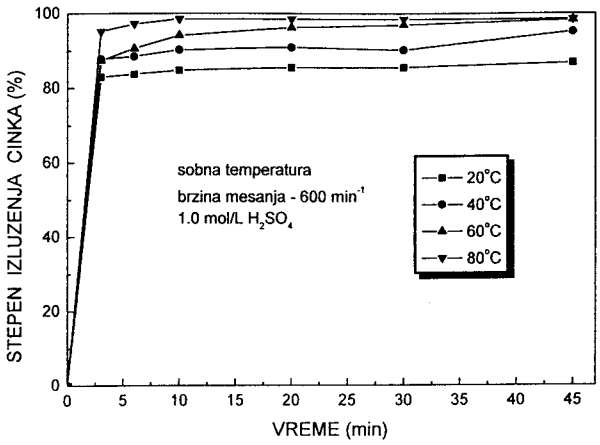
kiseline za luženje. Rezultati su prikazani u tabeli 5 pri čemu treba naglasiti da je pri nižim koncentracijama kiseline ($[H_2SO_4] \leq 0.5$ mol/dm^3) utrošak kiseline izračunavan na bazi izmerenog pH krajnjeg rastvora.

Analizirajući Tabelu 5 može se videti da utrošak kiseline za luženje značajno raste do koncentracije kiseline 1.0 mol/dm^3 a zatim se bitno ne menja. Ovo je u skladu sa rezultatima prikazanim na slici 1 i 2 i navodi na zaključak da je stehiometrijski potrebna količina kiseline za luženje mesingane prašine između 0.5 i 1.0 mol/dm^3. Otuda i takav uticaj kiseline na brzinu izluženja cinka i bakra.

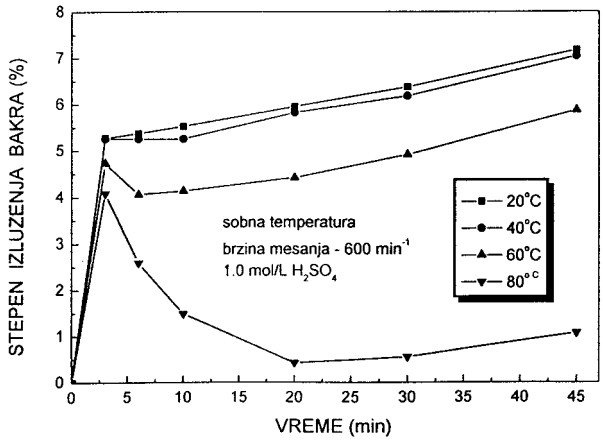
Uticaj početne temperature

Uticaj temperature je ispitivan luženjem 10.00 g mesingane prašine sumpornom kiselinom koncentracije 1 mol/dm^3 u opsegu temperatura od 20 – 80°C i pri brzini mešanja od 600 min^{-1}. Rezultati tih ispitivanja su prikazani na slikama i 3 i 4.

Slika 3 pokazuje da izluženje cinka lagano raste sa vremenom izuzimajući početni period od 3 minuta u kome se najveći deo cinka prevede u rastvor jer je reakcija jako brza. Takodje, sa porastom temperature raste i izluženje cinka tako da je na temperaturama većim od 60°C stepen izluženja cinka iznad 98%. Sa slike 4 se vidi da na višim temperaturama (60 i 80°C) dolazi do opadanja stepena izluženja bakra sa vremenom što je naročito izraženo na 80°C gde dolazi do naglog pada koncentracije bakra sa vremenom. To ukazuje da se na toj temperaturi proces cementacije odigrava znatno brže nego na



Slika 3. Uticaj temperature na stepen izluženja cinka sa vremenom
Figure 3. Zinc extraction with time at various temperatures



Slika 4. Uticaj temperature na stepen izluženja bakra sa vremenom
Figure 4. Copper extraction with time at various temperatures

nižim temperaturama. Pošto je potrebno da se u rastvoru nalazi što manje bakra, onda je proces luženja potrebno izvoditi na temperaturama iznad 60°C na kojima je i izluženje cinka optimalno.

Pri izvodjenju eksperimenata uočeno je da se rastvor (suspenzija) zagreva nakon doziranja mesingane prašine. Radi toga praćena je promena temperature u

Tabela 6. Promena temperature rastvora sa vremenom pri luženju mesingane prašine sumpornom kiselinom pri različitim početnim temperaturama.
Table 6. Variation of the solution temperature during brass dust leaching with time, for various initial solution temperatures.

Vreme, τ (min)	Temperatura, t (°C)			
	20	40	60	80
3	30	50	72	85
6	28	45	65	83
10	28	45	64	82
20	27	43	63	82
30	26	43	63	81
45	24	41	62	81

toku luženja sa vremenom (Tabela 6).

Iz Tabele 6 se uočava da u prva tri minuta temperatura dostiže maksimum, što ukazuje da su reakcije koje su zastupljene pri luženju mesingane prašine brze i da se najveća količina toplote oslobodi u tom periodu. Promene entalpije za reakcije 1 i 4 (Tabela 7) ukazuju da se u ispitivanom sistemu odvijaju egzotermne reakcije, a visok stepen izluženja cinka (reakcija 4) u prvim minutama reakcije, ukazuje da se tada oslobadja najveća količina toplote.

Pored određivanja promene entalpije prikazanih reakcija određivana je i potrošnja sumporne kiseline pri različitim temperaturama luženja i dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 8.

Tabela 7. Promena entalpije sa temperaturom za reakcije 1 i 4
Table 7. Enthalpy variation with temperature for reactions 1 and 4

Reakcija (1): $CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$				
t (°C)	20	40	60	80
$-\Delta H$ (kJ/mol)	85.93	86.08	86.25	86.42
Reakcija (4): $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$				
t (°C)	20	40	60	80
$-\Delta H$ (kJ/mol)	105.07	105.18	105.37	105.60

Tabela 8. Utrošak sumporne kiseline u funkciji početne temperature pri luženju mesingane prašine sumpornom kiselinom ($[H_2SO_4]$ = 1 mol/dm^3, τ = 45 min)
Table 8. Sulphuric acid consumption as a function of the initial temperature during brass dust leaching ($[H_2SO_4]$ = 1 mol/dm^3, τ = 45 min)

Početna temperatura, t (°C)	Koncentracija slobodne kiseline nakon luženja (g/L)	Utrošena kiselina za luženje 10.00 g MS–pašine (g)	Utrošak (%)
20	41,6	5,62	57,5
40	40,4	5,74	58,7
60	40,8	5,70	58,3
80	53,3	4,45	45,5

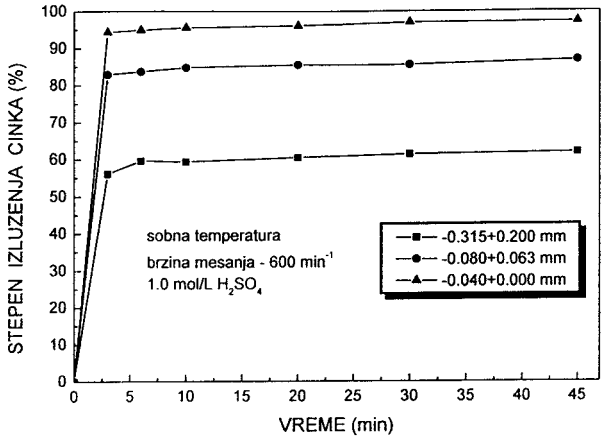
Potrošnja sumporne kiseline u intervalu temperatura od 20–60°C je konstantna i približno iznosi 570 g/kg uzorka. Na temperaturi od 80°C utrošak sumporne kiseline se smanjuje (450 g/kg uzorka).

Uticaj veličine čestica na brzinu izluženja cinka i bakra

Ispitivanje uticaja veličine čestica na brzinu izluženja cinka i bakra iz mesinganih prašina vršeno je tako što je 10.00 g uzorka različite klase krupnoće (–0.315 + 0.200 mm, –0.080 + 0.063 mm i –0.040 + 0.00 mm) luženo sumpornom kiselinom koncentracije 1 mol/dm^3, na početnoj temperaturi od 20°C i pri brzini mešanja od 600 min^{-1}. Da bi se izračunali stepeni izluženja, za ispitivane klase krupnoće uradjene su hemijske analize na sadržaj cinka i bakra, kako je prikazano u Tabeli 9. Iz Tabele 9 se vidi da se sa smanjenjem veličine čestica mesingane prašine povećava sadržaj cinka, a smanjuje sadržaj bakra.

Tabela 9. Raspodela cinka i bakra po klasama krupnoće mesingane prašine
Table 9. Zinc and copper distributions in brass dust size fractions

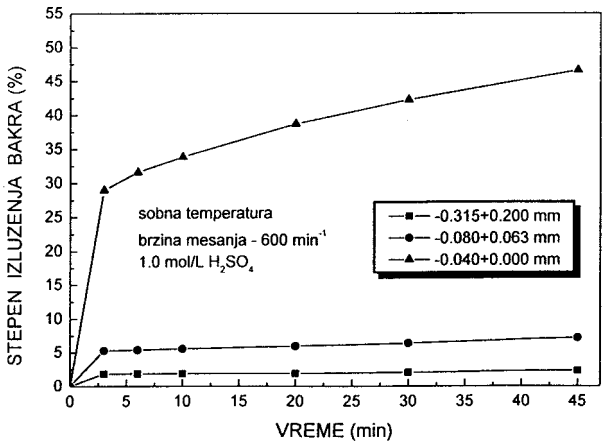
Sadržaj Zn i Cu u MS–prašini	Klasa krupnoće mesingane prašine		
	–0.315+0.200 mm	–0.080+0.063 mm	–0.040+0.00 mm
Zn	35.95%	40.41%	55.48%
Cu	37.87%	27.32%	12.36%



Slika 5. Zavisnost stepena izluženja cinka od vremena za različite klase krupnoće
Figure 5. Zinc extraction with time at various size fractions

Rezultati luženja su prikazani na slikama 5 i 6. Kao i kod prethodnih ispitivanja stepeni izluženja cinka i bakra se vrlo malo menjaju sa vremenom, a najveće količine ovih metala u obliku jona pređu u rastvor u prva tri minuta reakcije luženja. Sa smanjenjem veličine čestica raste i koncentracija cinka u rastvoru, tako da za najsitnije čestice, stepen izluženja cinka dostiže vrednost od 97%. Slično je i kod bakra, sa smanjenjem veličine čestica povećava se izluženje bakra u rastvoru, bez obzira što je u krupnijim česticama veći sadržaj bakra. Ovo može da ukaže da se u krupnijim česticama bakar nalazi u obliku metalne faze, koja se može rastvoriti jedino putem oksidacije, dok se u sitnijim česticama (–0.040 +0.00 mm)bakar najverovatnije nalazi u obliku oksida koji se vrlo brzo rastvara u sumpornoj kiselini.

Pri luženju mesingane prašine, koja nije klasirana, dobijaju se srednje vrednosti stepena izluženja za cink oko 80%, a za bakar oko 5%, slično kao za klasu krupnoće –0.080+0.063 mm.



Slika 6. Zavisnost stepena izluženja bakra od vremena za različite klase krupnoće
Figure 6. Copper extraction with time at various solid/liquid ratios

Uticaj odnosa čvrsto : tečno

Uicaj odnosa čvrsto : tečno je ispitivan luženjem mesingane prašine sumpornom kiselinom pri odnosima 1:10, 1:5 i 1:2.5 na sobnoj temperaturi. Rezultati dobijeni ovim ispitivanjima su prikazani u Tabeli 10.

Tabela 10. Zavisnost stepena izluženja cinka i bakra od vremena pri različiim odnosima čvrsto:tečno
Table 10. Zinc and copper extractions with time at various solid/liquid ratios

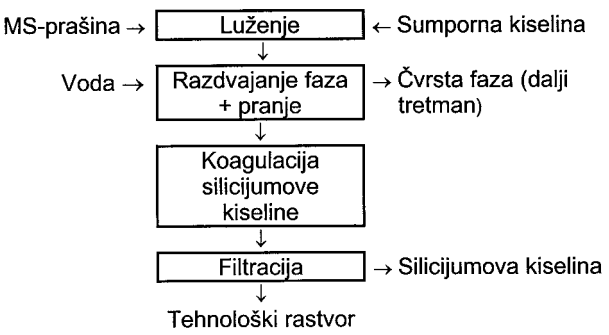
Vreme, τ (min)	Stepen izluženja cinka i bakra, %					
	čvrsto:tečno = 1:10		čvrsto:tečno = 1:5		čvrsto:tečno = 1:2 .5	
	X_{Zn}	X_{Cu}	X_{Zn}	X_{Cu}	X_{Zn}	X_{Cu}
30	84.68	5.89	86.00	6.00	88.40	6.77
60	90.44	8.24	91.03	7.06	88.76	8.71
90	91.70	9.59	92.54	7.56	88.76	8.03

Iz Tabele 10 se vidi da su dobijeni slični rezultati pri svim ispitivanim odnosima čvrsto : tečno. Razlike koje se uočavaju, najverovatnije potiču od eksperimentalnih grešaka. Za tehnološki proces luženja mesingane prašine mogu se koristiti svi ovi odnosi, ali zbog daljeg tretiranja lužnog rastvora poželjno je koristi odnos čvrso:tečno = 1:5.

Predlog tehnološkog procesa luženja

Na osnovu nađenih rezultata može se predožiti principijelna tehnološka šema luženja bakra i cinka iz mesinganih prašina koja je predstavljena na Slici 7.

Optimalni parametri luženja bili bi: odnos čvrsto:tečno = 1:5 i koncentracija sumporne kiseline od 1 mol/L, uz mehaničko mešanje pulpe. Početna temperatura može biti sobna jer to ne zahteva dodatni utrošak energije, mada je sa stanovišta maksimalnog izluženja cinka i minimalnog izluženja bakra optimalna temperatura 80°C.



Slika 7. Principijelna tehnološka šema luženja cinka i bakra iz mesinganih prašina
Figure 7. Block diagram of the zinc and copper leaching from brass dust

ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da se mesingane prašine mogu uspešno lužiti rastvorima sumporne kiseline. Pri koncentraciji kiseline od 1.0 mol/dm^3, na sobnoj temperaturi, stepen izluženja cinka se kreće oko 85% dok se bakar neznatno rastvara, oko 7%, što je naročito pogodno za dalji tretman dobijenog rastvora i čvrste faze. Ispitivanjem brojnih faktora koji utiču na brzinu luženja utvrđeno je da se mešanjem povećavaju stepeni izluženja bakra i cinka što znači da su ovi procesi verovatno kontrolisani difuzijom. Povećanjem koncentracije kiseline a naročito povećanjem temperature povećava se i brzina izluženja cinka dok se kod bakra javljaju odstupanja zbog pojave cementacije. Takođe, utvrđeno je da je reakcija luženja mesingane prašine egzoterman proces, da se brzina luženja povećava sa smanjenjem veličine čestica i da odnos čvrsto : tečno ne utiče na stepene izluženja cinka i bakra.

LITERATURA

[1] B. Branković, M. Marinko, M. Adamović, M. Opačić, XXIX Oktobarsko savetovanje, Bor, 1997, str. 388.
[2] S. Šerbula, D. Milanović, V. Stanković, XXVI OSRIM, Donji Milanovac, 1994, str. 396.
[3] V. Stanković, Z. Matejić, H. Dimitrijević, XXIX Oktobarsko savetovanje, Bor, 1997, str. 445.
[4] N. Radovanović, N. Colović, M. Mihajlović, XXV OSRIM, Borsko jezero, 1993, str. 398.
[5] V.D. Stanković, Naša ekološka istina, Borsko jezero, 1995, str. 127.
[6] N.J.Radovanović, I.B. Ilić, D.M. Vučurović, D.S. Sinadinović, B.B. Đurković, R.Ž. Vračar, V Jugoslovenski simpozijum o metalurgiji, Beograd, 1992, str. 198.
[7] M. Rajčić–Vujasinović, M. Vuković, V. Stanković, XXVIII Oktobarsko savetovanje, Donji Milanovac, 1996, str. 452.
[8] B. Ristić, M. Ristić, XXX Oktobarsko savetovanje, Donji Milanovac, 1998, str. 66.
[9] D. Minić, N. Baščarević, Ž. Živković, V. Đukić, XXX Oktobarsko savetovanje, Donji Milanovac, 1998, str. 116.
[10] D. Maček, Č. Knežević, J. Marinković, D. Mišić, P. Janković, N. Mitevska, Metalurgija, 2 (1995) 173.
[11] V.D. Stanković, Lj.S. Ivanić, S. Šerbula, M. Rajčić–Vujasinović, M. Vuković, Metalurgija, 1 (1998) 17.
[12] C.C. Nesbit, S. Xue, Treatment and Minimization of Heavy Metal Containing Wastes Conf., Las Vegas, NV, USA, 1995, p. 43.
[13] B.V.S. Yedavalli, A.K. Saha, NML Tech. J. 36 (1994) 1.
[14] E. Allain, I. Gaballah,Recycling of materials in Industry Conference, Strasburg, France, 1992, Resource Conserv. Recycl. 10 (1994) 1.
[15] M.A. Rabah, Hydrometallurgy, 47 (1998) 281.
[16] M. Dimitrijević, M. Antonijević, V. Dimitrijević, J. Serb. Chem. Soc. 64 (1999) 753.
[17] N. Vidaković i drugi, Tehnika, 49 (1998), RGM 1.
[18] W.W. Fisher, Hydrometallurgy, 16 (1986) 55.
[19] V. Glaser, J. Videnskv, M. Kužela, Coll. Czech. Chem. Commun., 52 (1987) 1204.
[20] G. Hovanec, Hemijske metode koncentracije ruda zlata, srebra i bakra, Rudarski institut, Beograd, 1986, str. 170.

SUMMARY

LEACHING OF BRASS DUSTS BY SULPHURIC ACID

Milan M. Antonijević[1], Mile D. Dimitrijević[2] and Velizar D. Stanković[1]
[1]Technical Faculty in Bor, University of Belgrade, Yugoslavia
[2]Copper Institute Bor, Yugoslavia

The leaching of brass dusts by sulphuric acid solutions was investigated. The effects of various factors on the leaching process were studied in order to establish the optimal conditions for the recovery of zinc and copper from the brass dusts. Stirring of the suspension was found to increase the fraction of zinc and copper dissolved, indicating that the leaching process was diffusion controlled. During the examination of the influence of temperature in the 20–80°C range, the fraction of zinc dissolved ranged from 87 to 98% and increased with temperature. The maximal fraction of copper dissolved at 20°C – 60°C was around 7%, whereas with increasing the temperature from 60°C to 80°C, the fraction of copper dissolved decreased during the course of the reaction owing to cementation. By increasing the sulphuric acid concentration in the 0.1–0.5 mol/dm^3 range, the rate of zinc dissolution increased with the simultaneous appearance of copper cementation. In the sulphuric acid concentration range between 1.0 mol/dm^3 and 4.0 mol/dm^3, the fraction of zinc dissolved (around 85%) and that of copper (around 7%) did not significantly change. The sulphuric acid consumption was found to be approximately constant and was around 570 g per 1 kg of the sample. As the particle size of brass dust was increased, the dissolution rates of zinc and copper increased. The solid to liquid ratio had no significant influence on the leaching process.

Key words: • Leaching • Brass dust • Sulphuric acid • Zinc • Cementation •
Ključne reči: • Luženje • Mesingana prašina • Sumporna kiselina • Cink • Cementacija •