

BAKIR-ÇİNKO-KURŞUN KARIŞIK KONSANTRELERİNİN SÜLFATLAŞTIRICI KAVURMA VE ÇÖZELTME YÖNTEMİYLE ÜRETİM OLANAKLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Yavuz AYTEKİN

Ege Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZ. — Doğu Karadeniz Bölgesindeki kurşun-çinko-bakır ve diğer faydalı metallere en az birkaçını içeren kompleks cevherler üzerinde yapılan cevher hazırlama laboratuvar çalışmaları, bu cevherlerden yüksek bir verim ve yeterli bir konsantrasyonla elde edilen karışık konsantrasyon üretimlerinin mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle de doğrudan karışık konsantrasyonlardan metal üretimi için çalışmalar önem kazanmıştır.

Yapılan sülfatlayıcı kavurma ve bunun peşinden çözeltme deneyleriyle konsantrasyonun mekanik ön hazırlanması ve uygun şartlarda kavurulması sonunda içerisinde bakır ve çinkoyu yüksek bir verimle ve selektif olarak çözeltilmeye almanın mümkün olduğu görülmüştür. 400°C civarındaki bir sülfatlayıcı kavurmadan sonra bakırın % 97 si, 650°C civarındaki bir kavurmadan sonra ise çinkonun % 95 i selektif olarak çözeltilmeye alınabilmektedir. Elde edilen çözeltiler ayrı ayrı bakır ve çinko elektroliz işlemlerine uygundur. Sistemin bu büyük üstünlüğünün yanı sıra, kavurma dolayısıyla çıkan kükürt gazlarını zararsız hale getirme zorunluluğu, sakıncalı tarafıdır.

Elde edilen deneysel sonuçlara göre bir prensip akım şeması verilmiştir.

GİRİŞ

Türkiye için büyük önemi olduğu bilinen Doğu Karadeniz Bölgesindeki kompleks bakır-çinko-kurşun cevherlerinin işletilebilmesi için gerekli ön çalışmalar son birkaç yıldır sürdürülmektedir (Addemir, 1977; Akdağ, 1979; Akın ve Erden, 1977; Aytekin, 1973a ve b, 1976, 1977 ve 1978). Doğu Karadeniz Bölgesindeki, ekonomik oldukları Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünün raporlarına göre ortaya çıkmış olan veya henüz üzerinde çalışmalar yapılan yahut ileride yapılacak olan yataklardaki kompleks cevherleşmelerin, cevher hazırlama tekniği yönünden (mineral içerikleri, minerallerin tane irilik dağılımları ve giriftlikleri bakımından) büyük benzerlikler gösterdiği de ortaya konmuştur (Aytekin, 1973a; Unan, 1971). Laboratuvar çapında yapılan çalışmalar, bu cevherlerin özel şartlar altında flotasyon yoluyla zenginleştirilmelerinin belli bir aşamaya kadar mümkün olduğunu göstermiştir (Aytekin, 1976). Bu cevherlerden yüksek bir metal verimiyle (bakır için % 92, çinko ve kurşun için % 96) karışık konsantrasyon üretmek mümkün olmaktadır. Ancak seçkin flotasyon denemeleri doyurucu sonuçlar vermemiştir. Seçkin metal verimi bakır için % 81, çinko ve kurşun için % 67 civarında kalmıştır. Diğer taraftan elde edilen karışık konsantrasyonların mevcut pirometalurjik yöntemlerle işlenemeyeceği anlaşılmıştır (Aytekin, 1976; Berg ve Pape, 1978; Çakır, 1976; Gack, 1978; Lindner, 1966; Pawlek, 1977).

Dolayısıyla bu cevherlerin zenginleştirme işlemlerinin tamamlanabilmesi için yaş kimyasal hazırlama yöntemlerinin denenmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla yapılan deneyler ve bunların sonuçlarından, burada yalnızca bir kısmı, sülfatlayıcı kavurma ve onu takiben çözeltme (liçing) yöntemiyle yapılan deneyler ve elde edilen sonuçlar özetlenecektir.

MALZEME VE YÖNTEM

Numune

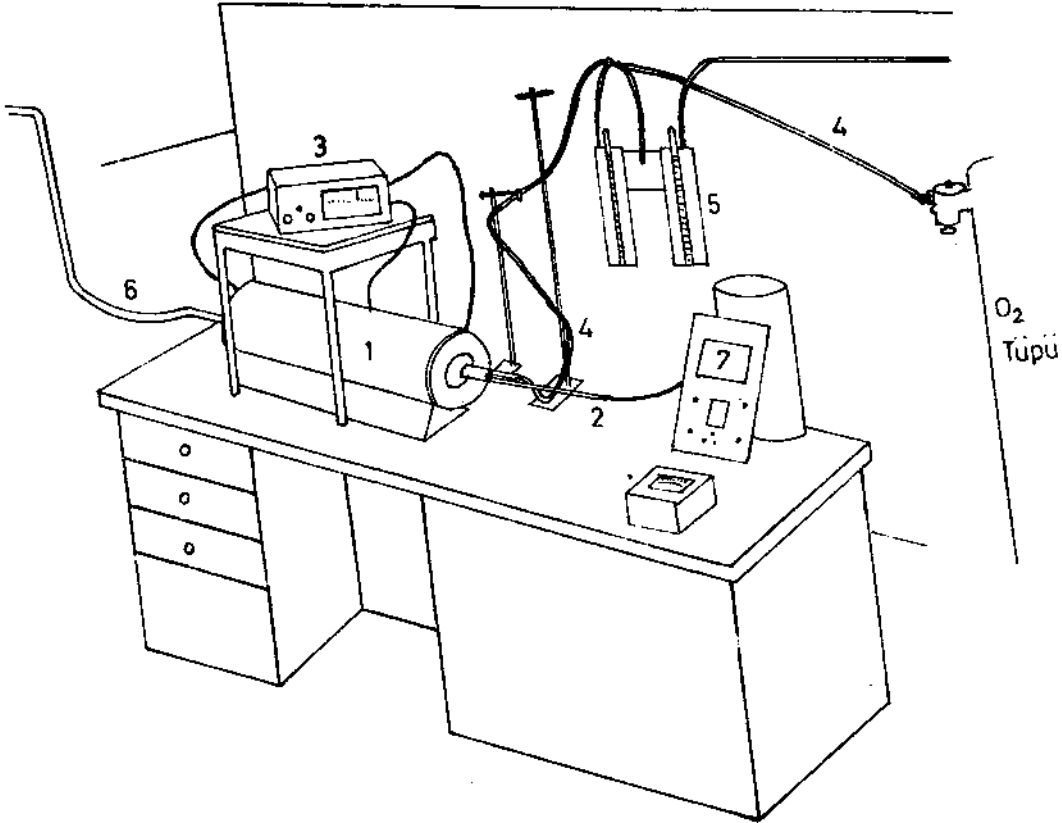
Ön deneylerde kullanılan konsantrenin kimyasal bileşimi ve bu konsantreden yapılan elektroliz analizleriyle bu elektroliz aralıklarının kimyasal analizlerinin sonuçları Tablo 1 de özetlenmiştir. Aynı karışık konsantrenin söz konusu elektroliz aralıkları mineral bileşimi ve dağılımı Tablo 2 de gösterilmiştir.

Bu karışık konsantrenin komple analizi şöyledir: % 12.27 Cu, % 12.68 Zn, % 23.78 Pb, % 15.35 Fe, % 35.73 S, % 0.42 Si, % 0.0034 Co, % 0.085 Ca, 211 gr/t Ag, 47.6 gr/t Au. Kavurma işleminden sonra her bir çözeltme deneyi için saf suda ve sülfürik asitte çözünen ve artıktaki kalan bakır ve çinko analiz değerlerinden elde edilen aritmetik ortalamalara göre konsantre % 12.63 Cu, % 11.25 Zn içermektedir. Bu değerler hata sınırı içinde kabul edilebilmektedir.

Yapılan çok sayıda ön deneylerin bir kısmında ve optimal şartların saptanması amacıyla yapılan deneylerde bu konsantre kullanılmıştır.

Araştırma düzeniği

Kavurma işlemleri, 1000 mm uzunluğunda ve 270 mm çapındaki W.C. Heraus GmbH-Hanau Firmasına ait laboratuvar kavurma fırınının ortasına yerleştirilmiş olan 30 mm iç çapındaki ateşe dayanıklı boru içerisinde yapılmıştır (Şek. 1). Bu borunun içerisinde ve orta yerine numuneler,



Şek. 1 - Kavurma deneyi düzeniği.

1 - Kavurma fırını; 2 - Termokupl (boru içi sıcaklığı); 3 - Isı ayarlayıcı; 4 - Hava girişi; 5 - Rotometre (hava ölçücü); 6 - Gaz çıkışı; 7 - Termokupl (sıcaklık ayarlayıcı).

Tablo 1 - Karışık konsantrenin elek ve kimyasal analizi

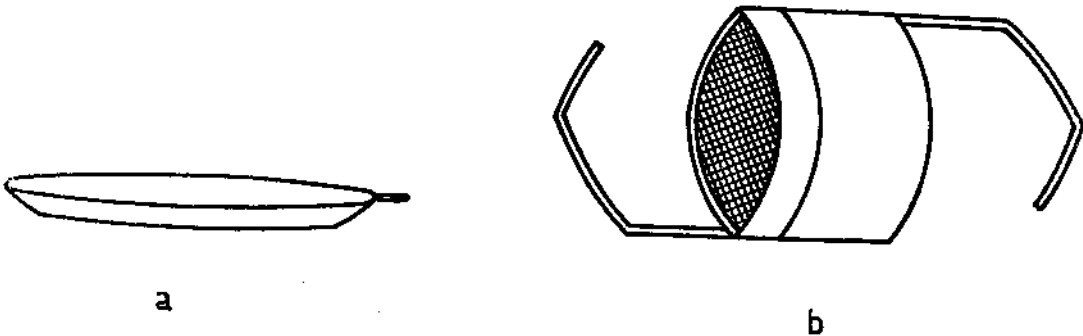
Ag (gr/t)	Ca	Elek aralığı (mm)	%	Elek analizi		Cu	Zn	Pb	Kimyasal analizler (%)			Co	Au (gr/t)
				Σ% ↓	Σ% ↑				Fe	S	Si		
175	0.083	0.45-0.25	15.9	15.9	100.0	15.99	7.55	17.53	19.13	39.51	0.042	0.002	51.5
159	0.051	0.25-0.20	6.1	22.0	84.1	16.39	8.63	16.49	19.52	38.79	0.004	0.002	52.6
139	0.058	0.20-0.10	30.9	52.9	78.0	14.82	11.74	18.54	18.75	36.02	0.004	0.003	50.4
226	0.078	0.10-0.08	10.0	62.9	47.1	11.32	15.60	22.64	14.39	32.59	1.669	0.003	43.5
121	0.087	0.08-0.056	14.2	77.1	37.1	10.53	15.71	23.61	12.75	36.20	0.514	0.004	40.5
317	0.113	0.056-0.025	12.8	89.9	22.9	10.34	15.08	27.00	11.60	35.69	0.430	0.001	60.8
386	0.170	0.025-0.000	10.1	100.0	10.1	8.33	11.51	40.64	9.67	29.80	0.439	0.004	37.2
211	0.085	Konsantre	100.0			12.27	12.68	23.78	15.35	35.73	0.421	0.003	47.6

ya küçük porselen kayıkçıklar içinde itilerek veya daha sonra yapılan özel bir numune borusu içinde yerleştirilmiştir. Porselen numune kayıkçığına her seferinde 10 gr numune doldurulmuştur. Porselen kayıkçıklarda kavurmada, kavurma için gerekli havanın numunenin her tarafından homojen

Tablo 2 - Karışık konsantrenin mineral bileşimi ve dağılımı

Elek aralığı (mm)	Elek analizi Σ%↑	Mineral bileşimleri (%)					ΣMin.
		CuFeS ₂	FeS ₂	PbS	ZnS	Si	
0.45 - 0.25	100.0	46.2	10.9	20.2	11.5	0.09	88.97
0.25 - 0.20	84.0	47.2	11.0	19.0	12.9	0.01	90.20
0.20 - 0.10	78.0	42.8	12.3	21.4	17.5	0.01	94.01
0.10 - 0.08	47.1	32.7	9.5	26.2	23.2	3.57	95.22
0.08 - 0.056	37.1	30.4	7.5	27.3	23.4	1.10	89.70
0.056 - 0.025	22.9	29.9	13.1	31.2	22.5	0.92	97.52
0.025 - 0.00	10.1	24.1	5.0	46.9	17.2	0.94	94.13
Konsantre	100.0	35.4	9.8	27.5	18.9	0.90	92.50

geçişine imkan olmadığından, kavru lan numunede tabakalaşma şeklinde farklı kavrulmalar olduğu, renk farkından saptanmıştır. Kayıkçıklar içindeki kavurmanın numunenin her tarafında homojen bir şekilde olmadığı hususu aynı şekilde başka çalışmalarda da saptanmış olduğundan (Addemir, 1977), sonradan numune, kavurma borusuna özel kaplar içinde verilmiştir. Bu kaplar iki tarafı elek ile kapatılmış ve her biri aynı boyutta, 50 gr numune alabilen silindirik borular şeklinde yapılmıştır. Kavurma borusu içine bir ucu çengelli metal bir çubukla itilen böyle bir kabın şematik görünüşü Şekil 2 de verilmiştir. Fırın içi sıcaklığı özellikle kavurma işleminin yapıldığı merkezde, bir termokupl yardımıyle $\pm 1^{\circ}\text{C}$ hatayla ölçülebilmüş ve bir sıcaklık ayarlayıcısı (kontakt termometre) yardımıyle $\pm 5^{\circ}\text{C}$ hata ile belirli bir sıcaklıkta sabit tutularak ayarlanabilmiştir.



Şek. 2 - Numune kavurma kapları.

a - Porselen kayıkçık; b - İki tarafı hava geçişme elverişli özel kavurma kabı.

Küçük bir hava pompasından veya bir tüpten alınan hava bir rotometreden geçirilerek belirli ve ayarlı bir miktarda kavurma borusu içine verilmiştir.

Tablo 3 - Giresun-Haryit-Küprübaşı konsantresinin elek analizi ve her bir elek aralığının kimyasal analizleri

No.	Elek aralığı (mm)	Elek analizi		Kimyasal analizler (%)									
		≥ % ↓	≥ % ↑	Pb	Zn	Cu	Fe	Sb	Cd	S	Si	Ag (gr/t)	Au (gr/t)
H 1	0.40-0.20	10.92	100.00	30.99	22.07	3.61	5.03	2.20	0.159	33.41	2.02	1054	23.2
H 2	0.20-0.125	19.06	89.08	32.70	22.13	3.74	5.82	1.95	0.162	32.71	1.17	632	21.8
H 3	0.125-0.075	19.81	70.02	33.95	21.47	4.52	5.92	2.20	0.158	32.51	1.02	1119	23.1
H 4	0.075-0.050	16.06	50.01	35.57	21.53	4.36	4.28	2.98	0.153	30.79	1.17	708	20.7
H 5	0.050-0.028	16.38	34.15	38.14	19.97	4.79	3.92	3.03	0.165	29.88	1.31	726	14.3
H 6	0.028-0.000	17.77	17.77	40.97	18.50	4.49	3.01	3.22	0.158	29.01	1.51	243	12.7
H 0	Konsantre	100.00	—	35.20	20.87	3.99	4.35	2.71	0.164	32.79	1.47	687	19.4

Karışık konsantrenin ince öğütme işlemi laboratuvar tipi bir çubuklu değirmende ve her seferinde aynı şartlar altında yapılmıştır. Öğütmeler sonunda elde edilen elek analizleri şöyledir (Tablo 4):

Tablo 4 - Öğütmeler sonunda elde edilen elek analizleri

<i>Elek aralığı (mikron)</i>	<i>Elek analizi B</i>		<i>Elek analizi C</i>		<i>Elek analizi D</i>	
	%	Σ%	%	Σ%	%	Σ%
150 - 100	0.6	100.0	0.6	100.0	0.1	100.0
100 - 75	6.4	99.4	8.7	99.4	7.9	99.9
75 - 60	17.5	93.0	26.9	90.7	30.5	92.0
60 - 45	17.0	75.5	29.8	63.8	34.8	61.5
45 - 00	58.5	58.5	34.0	34.0	26.7	26.7

Bu numunenin çok ince öğütme işlemi Siebtechnik Vibratom tipi dört kaplı titreşimli değirmende yapılmıştır. Titreşimli değirmen öğütme şartları şöyledir (Rolf ve Gock, 1976):

Öğütme kabı hacmi	: 5.5 lt
Titreşim sayısı	: 1450 1/dak
Titreşim miktarı	: 5.5 mm
Bilye dolgusu	: 22 mm bilye 8.7 kg 16 mm bilye 9.3 kg toplam bilye 18.0 kg
Numune miktarı	: 300 gr

Öğütülmüş ve kavrulmuş numunelerin yapıları Raster elektron mikroskopu ve Philips PW 1130/90 X-ray difraktometre aygıtında incelenmiştir.

Yapılan seri deneylerde saptanması istenen şartlardan optimal değeri bulunmak istenen değiştirilerek, diğerleri ön deneylerden elde edilen sonuçlara göre sabit tutulmuş ve böylece optimal kavurma şartları saptanmıştır.

Kavrulan numuneler önce damıtık suda, sonra 0.1 veya 1 molar sülfürik asit içerisinde çözündürülmüşlerdir. Bu amaçla her seferinde en az 2.5 gr kavrulmuş numune alınmıştır.

Kavrulmuş numunelerin çözeltme deneyleri ve kimyasal analizler için izlenen yöntem

Kavrulmuş numunelerdeki bakır ve çinkonun suda ve sülfürik asitte hangi oranlarda çözündüklerini ve çökeltide kalan miktarları saptamak için her numuneye aşağıdaki çözeltme ve kimyasal analiz yöntemi tatbik edilmiştir:

Her seferinde kavrulmuş malzemeden, malzemeyi karakterize eden 2.5 gr numune alınmıştır. Bu numune önce saf su ile karıştırılarak çözeltmeye tabi tutulmuştur. Filtre üstü 1 mol H₂SO₄ içerisinde tekrar çözülmüş ve süzülmüştür. Bu ikinci çözelti % 3 lük 10 ml H₂O₂ ve gerekli olandan yaklaşık 40 ml fazla NH₄OH ile muamele edilmiştir. Bu çözeltilerin her ikisi de saf su ile ayrı ayrı 250 ml ye tamamlandıktan sonra bakır ve çinko analizleri yapılmıştır. Bu maksatla önce çözeltilerde fotometrik yolla (mavi renkleşme yardımıyla) bakır tayini yapılmıştır. Sonra bu çözeltiden 100 ml daha alınarak 0.1 mol EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) ile titrasyon yoluyla bakır+çinko tayini yapılmıştır. 100 ml lik çözelti 1 gr numuneye karşılıktır. Bakır+çinko miktarından, daha önce yapılan tayinle elde edilen bakır miktarı çıkarılarak çinko miktarı saptanmıştır.

Artığın bakır ve çinko analizi için yukarıdaki çökelti, kral suyunda ($\text{HCl}+\text{HNO}_3$) muamele edilmiş,* sonra su ilâve edilerek, yukarıda özetlenen analiz yöntemi tekrarlanmış, çökeltide kalan bakır ve çinko miktarları saptanmıştır.

Çözeltme işlemlerinin ve kimyasal analizlerin doğruluğu, çözeltiliye alınan, çökeltide kalan metal miktarlarının toplamının kullanılan kavrulmuş numunedeki metal miktarına eşit olup olmadığının görülmesiyle kontrol edilmiştir.

ÖN DENEYLER

Ön deneylerin büyük bir kısmı porselen kayıkçıklar içinde yapılmıştır. Kavrulan numuneler gözle ve ışık mikroskobu ile incelenmiştir. Düşük (250°C - 350°C) sıcaklıklarda kavrulan numuneler boşaltıldığında, kendiliğinden ufalanmaktadırlar. Kavurma süresi arttıkça renk koyudan açık renge doğru değişmektedir. 420°C sıcaklıktan itibaren numune, kayıkçığın şeklini alarak poröz yapıda bir katılaşma meydana gelmektedir. Numunenin her tarafında renk homojenliği vardır. 500°C de katılaşmış numunelerde renk farklılığı yoktur, ancak poröz yapı yalnızca kayıkçığın üst kısmında belirgindir. Kavurma süresi arttıkça kayıkçığın dip tarafında kalan kısımların daha koyu renkte olduğu ayırt edilebilmektedir. Daha ince taneli numunelerle çalışıldığında renk farkı daha da belirginleşmektedir. 510°C sıcaklıkta farklı hava miktarlarıyla yapılan kavurma deneylerinde, gözle veya mikroskop altında incelenmelerinde, numunelerin birbirine benzer renk farklılıkları gösterdikleri görülmüştür. Üstte nispeten açık renkli poröz bir yapı, ortada biraz daha koyuca, en altta daha koyu renk farkını seçmek mümkündür.

590°C sıcaklıktan itibaren yapılan kavurmalarda renk farkı belirgindir. Üstte ve altta kahverengi olan numune, ikisi arasında koyu bir renk almıştır ve daha kompakttır. 650°C den itibaren buna ilâveten kayıkçıkların dip tarafında ergimiş kurşun birikimi izlenmektedir.

Yapılan 42 adet ön deneye ait saf suda ve 1 mol H_2SO_4 içerisinde çözünen Zn ve Cu miktarlarıyla artıktan kalan Zn ve Cu miktarlarına ait analiz sonuçları Tablo 4a ve 4/b de görülmektedir. Bu tablonun son iki sütununda saf suda ve asitte çözünen miktarların toplamları ve bu çözünen miktarların, çözeltiliye alınabilen metal verimi olarak yüzde cinsinden değerleri verilmiştir, 1 mol ve 0.1 mol H_2SO_4 içerisinde yapılan çözeltilmelerin birbirlerinden önemli farklılık göstermediği anlaşılmıştır.

Bu değerlerin grafikler haline getirilmesiyle konsantrenin kavrulması için gerekli optimal şartların eğilimleri ortaya çıkmıştır. Bunlardan faydalanarak daha az sayıda deneyle optimal şartların ortaya konması mümkün olmuştur. Bu deneylerden aynı zamanda hava miktarının artışıyla suda ve asitte çözünen miktarın belli bir değerden itibaren artmadığı, fakat suda çözünme oranının arttığı saptanmıştır.

Tablolarda verilen numune simgeleri şu şekilde özetlenmiştir: Örneğin 500 R3 L 30 K 10 simgesinde, 500 kavurma işleminin 500°C sıcaklık altında, R3 kavurma işleminin üç saat süreyle yapıldığını, L30 verilen hava miktarının $30 \text{ cm}^3/\text{sn}$ olduğunu, K10 numuneye % 10 oranında kömür karıştırıldığını, I 15 numunenin kavrulmadan önce titreşimli değirmende 15 dakika, I 240, 240 dakika süreyle ince öğütmeye tabi tutulduğunu göstermektedir.

* Çözme işlemi tamamlandıktan sonra H_2SO_4 ilâve edilerek SO_2 buharları görülünceye kadar buharlaştırılmıştır.

Tablo 4a - Ön deneyler çeşitli şartlar altında kavru lan konsantrelerde, saf suda ve H₂SO₄ çözünen bakır miktarı ve çözeltiye alabilme randımanları

Numune simgesi	Toplam		Saf suda		H ₂ SO ₄ -su		Artıkta		H ₂ SO ₄ te	
	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)
350 R1/4 L30	14.3	0.8	5.6	1.4	9.9	12.1	84.6	2.2	15.4	
350 R1/2 L30	14.2	1.5	10.5	2.1	14.8	10.6	74.6	3.6	25.4	
350 R1 L30	14.0	2.1	15.0	2.8	20.0	9.1	65.0	4.9	35.0	
350 R1 1/2 L30	14.0	2.7	19.3	2.9	20.7	8.4	60.0	5.6	40.0	
350 R2 1/2 L30	14.4	3.2	22.2	3.1	21.5	8.1	56.2	6.3	43.7	
350 R4 L30	14.3	4.0	27.9	3.1	21.6	7.2	50.3	7.1	49.7	
350 R6 L30	14.3	3.9	27.3	2.0	14.0	8.4	58.7	5.9	41.3	
350 R19 L30	14.2	4.6	32.4	2.8	19.7	6.8	47.9	7.4	52.1	
420 R2 1/2 L30	14.4	3.9	27.1	2.8	19.4	7.7	53.5	6.7	46.5	
420 R4 L30	14.1	4.6	32.6	2.9	20.5	6.6	46.8	7.5	53.2	
420 R6 L30	14.1	4.6	32.6	1.3	9.2	8.2	58.2	5.9	41.8	
420 R8 L30	13.9	6.9	49.6	2.0	14.4	5.0	36.0	8.9	64.0	
500 R2 L20	13.4	2.7	20.1	1.6	11.9	9.1	67.9	4.3	32.1	
500 R2 1/2 L20	14.0	3.7	26.4	2.4	17.1	7.9	56.4	6.1	43.6	
500 R4 L20	13.5	5.5	40.7	2.2	16.3	5.8	43.0	7.7	57.0	
500 R6 L20	13.9	5.6	40.3	1.5	10.8	6.8	48.9	7.1	51.1	
500 R3 L30	13.2	5.9	44.7	1.6	12.1	5.7	43.2	7.5	56.8	
500 R3 L30K10	13.7	5.0	36.5	2.1	15.3	6.6	48.2	7.1	51.8	
500 R3 L30K20	12.7	3.8	29.9	2.9	22.8	6.0	47.3	6.7	52.7	
500 R3 L30K30	11.8	3.2	27.1	3.3	28.0	5.3	44.9	6.5	55.1	
500 R3 L30K50	9.9	2.9	29.3	3.3	33.3	3.7	37.4	6.2	62.6	
500 R2 L20 I240	12.6	5.6	44.4	5.1	40.5	1.9	15.1	10.7	84.9	
500 R4 L20 I240	12.6	6.0	47.6	4.7	37.3	1.9	15.1	10.7	84.9	
500 R6 L20 I240	12.2	7.1	58.2	3.8	31.1	1.3	10.7	10.9	89.3	
500 R6 L20 I240 B	12.6	7.3	57.9	3.1	24.6	2.2	17.5	10.4	82.5	
500 R6 L20 I15	12.3	7.4	60.2	3.3	26.8	1.6	13.0	10.7	87.0	
500 R3 L30 I240	12.6	6.5	51.6	4.2	33.3	1.9	15.1	10.7	84.9	
500 R3 L30 I240 B	12.2	8.1	56.4	2.6	21.3	1.5	12.3	10.7	87.7	
	11.1	8.0	—	2.0	—	1.8	—	10.0	84.7	
510 R2 L30 (0.1 M)	13.1	3.3	25.2	0.9	6.9	8.9	67.9	4.2	32.1	
510 R2 L50	13.3	3.4	25.6	1.7	12.8	8.2	61.7	5.1	38.3	
510 R2 L100	13.0	3.1	23.8	1.6	12.3	8.3	63.8	4.7	36.1	
510 R2 L200	14.1	3.1	22.0	2.4	17.0	8.6	61.0	5.5	39.0	
510 R2 L200 B	13.4	3.3	24.6	0.8	06.0	9.3	69.4	4.1	30.6	
590 R6 L30 (0.1 M)	12.3	1.8	14.6	1.7	13.8	8.8	71.5	3.5	28.4	
590 R6 L30 B	12.3	1.8	14.6	3.6	29.2	6.9	56.1	5.4	43.9	
590 R6 L30 C	12.6	1.6	12.7	3.5	27.8	7.5	59.5	5.1	40.5	
590 R8 1/2 L30	12.0	2.4	20.0	2.1	17.5	7.5	62.5	4.5	37.5	
630 R11 L20 (0.1 M)	10.5	1.1	10.5	4.3	40.9	5.1	48.6	5.4	51.4	
630 R11 L20	12.0	1.7	14.2	4.5	37.5	5.8	48.3	6.2	51.6	
650 R2 1/2 L20	15.6	0.7	4.5	4.2	26.9	10.7	68.6	4.9	31.4	
650 R6 L20 (0.1 M)	13.3	1.0	7.5	2.2	16.5	10.1	75.9	3.2	24.1	
650 R6 L20	14.9	0.8	5.4	3.4	22.8	10.7	71.8	4.2	28.2	

Tablo 4b - Ön deneyler çeşitli şartlar altında kavru lan numunelerden saf suda ve H₂SO₄ te çözünen çinko miktarları ve çözeltiye alabilme randımanları

Numune simgesi	Toplam		Saf suda		H ₂ SO ₄ -su		Artıkta		H ₂ SO ₄ te	
	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)
350 R 1/4 L30	11.9	0.4	3.4	0.1	0.8	11.4	95.8	0.5	4.2	
350 R 1/2 L30	11.7	0.5	4.2	0.1	0.8	11.1	94.9	0.6	5.1	
350 R1 L30	12.3	0.6	4.8	0.1	0.8	11.6	94.3	0.7	5.7	
350 R1 1/2 L30	12.0	0.7	5.8	0.1	0.8	11.2	93.3	0.8	6.7	
350 R2 2 1/2 L30	11.7	0.7	6.0	0.1	0.8	10.9	93.2	0.8	6.8	
350 R4 L30	11.7	0.7	6.0	0.1	0.8	10.9	93.2	0.8	6.8	
350 R6 L30	11.4	0.6	5.3	0.0	0.0	10.8	94.7	0.6	5.3	
350 R19 L30	14.8	4.1	27.7	0.0	0.0	10.7	72.3	4.1	27.7	
420 R2 1/2 L30	11.7	1.4	12.0	0.1	0.8	10.2	87.2	1.5	12.8	
420 R4 L30	10.9	0.0	0.0	0.1	0.9	10.8	99.1	0.1	0.9	
420 R6 L30	11.3	1.0	8.8	0.1	0.9	10.2	90.3	1.1	9.7	
420 R8 L30	9.4	0.0	0.0	0.2	2.1	9.2	97.9	0.2	2.1	
500 R2 L20	12.2	1.6	13.1	0.1	0.8	10.5	86.1	1.6	13.1	
500 R2 1/2 L20	14.0	3.7	26.4	2.4	17.1	7.9	56.4	6.1	43.6	
500 R4 L20	11.6	2.3	19.8	0.3	2.6	9.0	77.6	2.6	22.4	
500 R6 L20	10.6	1.7	16.0	0.2	1.9	8.7	82.1	1.9	17.9	
500 R3 L30	11.2	1.5	13.4	0.1	0.9	9.6	85.7	1.6	14.3	
500 R3 L30 K10	11.3	1.5	13.3	0.1	0.9	9.7	85.8	1.6	14.2	
500 R3 L30 K20	11.3	2.5	22.1	0.3	2.6	8.5	75.2	2.8	24.8	
500 R3 L30 K33	12.5	5.2	41.6	0.3	2.4	7.0	56.0	5.5	44.0	
500 R3 L50 K50	8.6	2.6	30.2	0.3	3.5	5.7	66.2	2.9	33.7	
500 R2 L20 I240	9.2	5.6	60.9	1.6	17.4	2.0	21.7	7.2	78.3	
500 R4 L20 I240	10.4	6.6	63.5	1.7	16.3	2.1	20.2	8.3	79.8	
500 R6 L20 I240	9.9	6.7	67.7	1.3	13.1	1.9	19.1	8.0	80.9	
500 R6 L20 I240	10.0	6.5	65.0	0.5	5.0	3.0	30.0	7.0	70.0	
500 R6 L20 I15	10.3	7.3	70.9	1.2	11.6	1.8	17.5	8.5	82.5	
500 R3 L30 I240	10.4	6.4	61.5	2.3	22.1	1.7	16.3	8.7	83.6	
500 R3 L30 I240	9.7	6.7	—	1.4	—	1.6	—	8.1	83.5	
	10.6	6.5	—	1.0	—	2.1	—	7.5	78.1	
510 R2 L30 (0.1 M)	11.1	1.3	11.7	0.0	0.0	2.8	88.3	1.3	11.7	
510 R2 L50	11.8	1.6	13.6	0.1	0.8	10.1	85.6	1.7	14.4	
510 R2 L100	11.8	1.3	11.0	0.1	0.8	10.4	88.1	1.4	11.9	
510 R2 L200	12.1	1.4	11.6	0.2	1.7	10.5	86.8	1.6	13.2	
510 R2 L200 B	11.7	1.4	11.9	0.7	6.1	9.6	82.0	2.1	18.0	
590 R6 L30 (0.1 M)	9.5	4.3	45.2	0.3	3.2	4.9	51.6	4.5	48.4	
590 R6 L30	9.5	4.3	45.2	0.3	3.2	4.9	51.6	4.6	48.4	
590 R6 L30	11.1	3.8	34.2	0.8	7.2	6.5	58.6	4.6	41.4	
590 R8 1/2 L30	11.3	5.5	48.7	0.5	4.4	5.3	46.9	6.0	53.1	
650 R11 L20 (0.1 M)	9.5	6.7	70.5	0.5	5.2	2.3	24.2	7.2	75.8	
630 R11 L20 (1 M)	11.8	6.0	50.8	1.4	11.9	4.4	37.2	7.4	62.7	
650 R 2 1/2 L20	12.1	2.9	24.0	1.0	8.2	8.2	67.8	3.9	32.2	
650 R6 L20 (0.1 M)	11.4	3.8	33.3	0.4	3.5	7.2	63.1	4.2	36.8	
650 R6 L20 (1 M)	12.8	3.4	26.5	0.9	7.0	8.5	66.4	4.3	33.6	

DENEYLER

Optimal şartları saptamak maksadıyla ön deneylerden elde edilen verilere göre yapılan kavurma deneylerini üç ayrı grupta toplamak mümkündür. Birinci grupta optimal kavurma sıcaklığını saptamak amacıyla yapılan deneyler yer almaktadır. 250°-650°C sıcaklıklar ve bunlar arasındaki değişik sıcaklıklarda yapılan kavurma deneyleri yardımıyla bakır ve çinkonun en iyi çözünebildikleri kavurma sıcaklıkları saptanabilmektedir.

İkinci grup deneyler, sabit sıcaklık ve kavurma sürelerinde, aynı incelikteki konsantre ile değişik hava beslemeleri altında yapılan deneylerdir. Bir küçük hava pompasıyla kavurma borusu içine bir rotometrede ölçülerek gönderilen hava miktarları değişik deneylerde 20-130 cm³/dak arasındaki değerlerde sabit tutulmuş, böylece hava miktarının kavurmaya etkisi incelenmiştir.

Üçüncü grup deneyler, aynı incelikteki konsantre, sabit sıcaklıklar ve hava miktarları altında 15 dakika ile 1 saat kavurma süreleri arasında yapılan deneylerdir. Bu deneylerin sonuçlarından, kavurma süresinin diğer şartlara göre en uygun olan miktarlarını görmek mümkün olmuştur.

Kavruan konsantrenin farklı tane iriliklerinde, farklı kavurma sonuçları vermesi gerektiğinden, öğütülmemiş konsantre ile çubuklu değirmende öğütülmüş konsantre ve titreşimli değirmende öğütülmüş konsantreyle yapılmış ön deneyler, yeterli ve belirgin sonuçlar verdiği için, konsantre titreşimli değirmende 15 dakikalık bir ince öğütmeye tabi tutulmuş ve deneylerin çoğunda tane iriliği bu düzeyde bırakılmıştır.

Söz konusu deneylerin verdikleri sonuçlar bakır için Tablo 5a, çinko için Tablo 5b de görülmektedir.

DENEY SONUÇLARI

Kavurma ve çözeltme deney sonuçları Şekil 3,4 ve 5 te özetlenmiştir.

Kavurma süresinin kavurmaya etkisi Şekil 3 te görülmektedir. Kavurma süresi arttıkça çözeltilmeye geçen çinko ve bakır metal oranları da artmaktadır. Bu artış düşük sıcaklıklarda ve yüksek sıcaklıklarda birbirinden farklıdır. Çözeltmeye geçmedeki verim artışı, özellikle kavurmanın başlangıcında yüksektir. Bu yükseliş belirli bir süreden sonra ya azalmakta veya ortadan kalkmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda belirli bir süreden sonra bir verim artışı artık söz konusu değilken, düşük sıcaklıklarda gittikçe azalan bir artış söz konusudur. Nitekim 350°C sıcaklıkta yapılan kavurmada 19 saatte dahi bir verim artışı varken, 650°C sıcaklıktaki kavurmada, bakır için 1.5, çinko için 1 saat sonra artık bir verim artışı yoktur.

Diğer taraftan kavurma süresi arttıkça saf suda çözünen metal miktarıyla asitte çözünen metal miktarı arasındaki farkın da, suda çözünen metal miktarı lehine, özellikle düşük sıcaklıklarda, birlikte artmakta olduğu görülmektedir (Şek. 3).

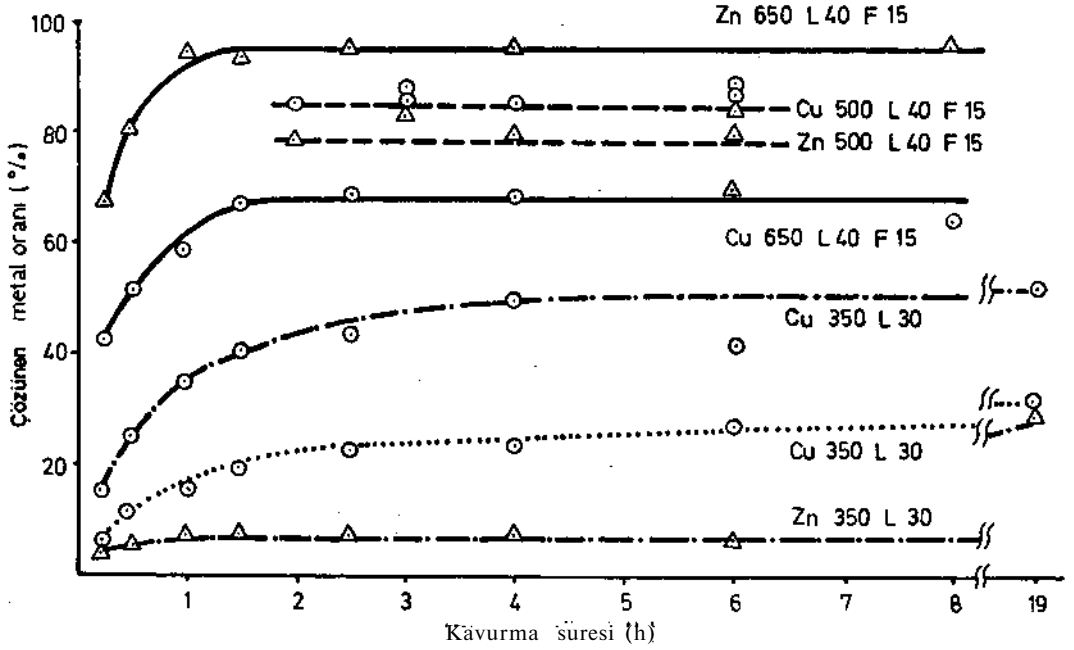
Verimin yüksek veya düşük olması, kavurma süresinden başka diğer faktörlere de büyük ölçüde bağlı kalmaktadır. Nitekim 350°C sıcaklıkta yapılan kavurmada, bakırın çinkoya oranla daha yüksek verimle çözeltmeye geçmesine karşın, 500°C sıcaklıkta aradaki bu fark azalmıştır. Hatta 650°C sıcaklıkta durum tersine dönmüş, çinko verimi bakır verimine göre bariz bir şekilde artmıştır. Şekil 4 te kavurma havası miktarıyla çözünebilir metal verimi arasındaki bağıntı görülmektedir. 500°C sıcaklıkta iki saat süreyle kavrulmuş ince öğütülmemiş konsantre ile 570°C sıcaklıkta iki saat süreyle kavrulmuş ince öğütülmüş konsantrenin çözünme verimlerindeki hava miktarının değişimine uygun olarak görülen durumlar benzerlik göstermektedir. Verilen hava miktarının

Tablo 5a - Çeşitli şartlar altında kavrulan konsantrelerde, saf suda ve mol H_2SO_4 te çözünen bakır miktarları ve çözeltiye alınabilme randımanları

Numune simgesi	Toplam		Saf suda		H_2SO_4 - su		Artıkta		H_2SO_4 te	
	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)	Cu (%)	R (%)
250 R2 L40 I15	13.2	6.3	47.7	4.9	37.1	2.0	15.2	11.2	84.8	
350 R2 L40 I15	13.2	8.5	64.4	4.1	31.0	0.6	4.5	12.6	95.5	
450 R2 L40 I15	13.3	10.3	77.4	2.6	19.5	0.4	3.0	12.9	97.0	
550 R2 L40 I15	13.3	8.7	65.4	2.9	21.8	1.7	12.8	11.6	87.2	
590 R2 L40 I15	13.2	5.6	42.4	5.1	38.6	2.5	18.9	10.7	81.1	
650 R2 L40 I15	13.2	2.7	20.4	5.6	42.4	3.9	29.5	8.3	62.9	
570 R2 I15 L20	13.1	8.4	64.1	2.1	16.0	2.6	19.9	10.5	80.1	
570 R2 I15 L30	13.4	9.9	73.8	2.5	18.6	1.0	7.5	12.4	92.5	
570 R2 I15 L40	13.2	9.5	72.0	2.4	18.1	1.3	9.8	11.9	90.2	
570 R2 I15 L50	13.3	9.9	74.4	2.2	16.5	1.2	9.0	12.1	91.0	
570 R2 I15 L100	13.4	10.4	77.6	1.8	13.4	1.2	9.0	12.2	91.0	
570 R2 I15 L130	13.1	10.1	77.1	1.5	11.4	1.5	11.4	11.6	88.6	
650 R1/4 L40 I15	13.1	3.9	29.8	1.6	12.2	7.6	58.0	5.5	42.0	
650 R1/2 L40 I15	13.4	5.1	38.0	1.7	12.7	6.6	49.2	6.8	50.8	
650 R1 L40 I15	13.2	5.9	44.7	1.7	12.9	5.6	42.4	7.6	57.6	
650 R11/2 L40 I15	13.3	7.1	53.4	0.8	6.0	4.4	33.1	8.9	66.9	
650 R21/2 L40 I15	13.2	7.4	56.1	1.6	12.1	4.2	31.8	9.0	68.2	
650 R4 L40 I15	13.4	7.3	54.5	1.8	13.4	4.3	32.1	9.1	67.9	
650 R8 L40 I15	13.1	6.5	49.6	1.9	14.5	4.7	35.9	8.4	64.1	
Kavrulmuş I15	11.1	0.0	0.0	0.1	0.9	11.0	99.1	---	---	

Tablo 5b - Çeşitli şartlar altında kavruşan konsantrelerde, saf suda ve mol H_2SO_4 te çözünen çinko miktarları ve çözeltiye alınabilme randımanları

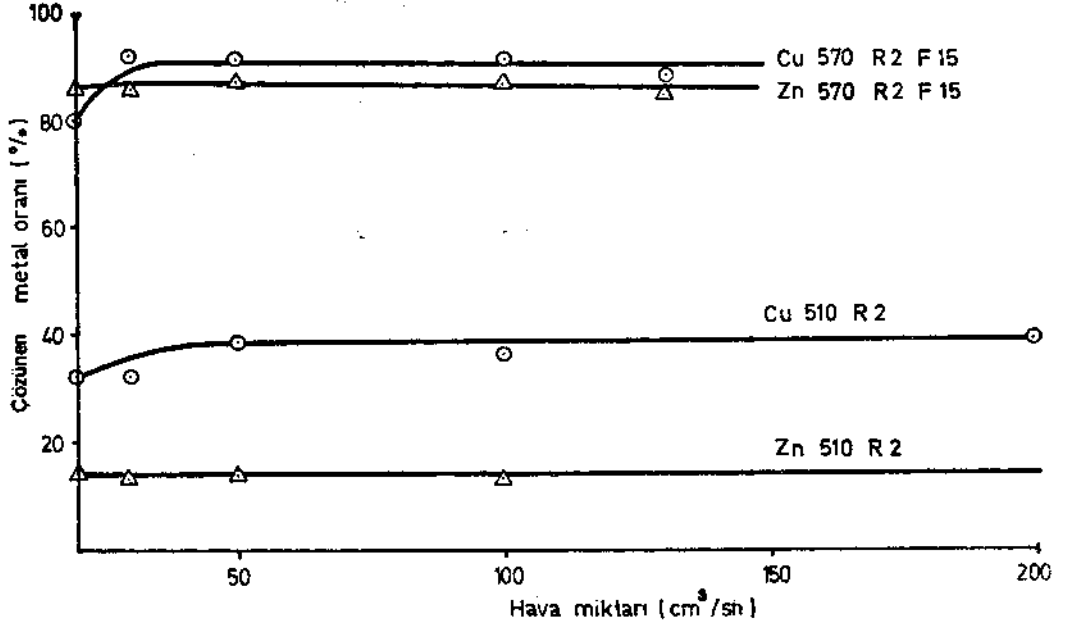
Numune simgesi	Toplam		Saf suda		H_2SO_4 -su		Atıkta		H_2SO_4 te	
	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)	Zn (%)	R (%)
250 R2 L40 I15	11.0	10.0	1.1	10.0	0.2	1.8	9.7	88.2	1.3	11.8
350 R2 L40 I15	10.9	6.4	0.7	6.4	0.1	0.9	10.1	92.6	0.8	7.4
450 R2 L40 I15	11.1	9.0	1.0	9.0	0.2	1.8	8.9	80.2	1.2	10.8
550 R2 L40 I15	10.9	49.5	5.4	49.5	1.3	11.9	4.2	38.5	6.7	61.5
590 R2 L40 I15	10.9	82.3	9.0	82.3	1.0	9.2	0.9	8.2	10.0	91.7
650 R2 L40 I15	11.0	87.3	9.6	87.3	0.7	6.4	0.7	6.4	10.3	93.6
570 R2 I15 L20	11.2	77.7	8.7	77.7	1.7	15.2	1.5	13.4	9.7	86.6
570 R2 I15 L30	10.9	77.1	8.4	77.1	0.8	7.3	1.7	15.6	9.2	84.4
570 R2 I15 L40	10.9	77.1	8.4	77.1	1.3	11.9	1.2	11.0	9.7	89.0
570 R2 I15 L50	11.0	71.8	7.9	71.8	1.6	14.5	1.5	13.6	9.5	86.4
570 R2 I15 L100	11.0	73.6	8.1	73.6	1.6	14.5	1.4	12.7	9.6	87.2
570 R2 I15 L130	10.9	71.5	7.8	71.5	1.4	12.8	1.7	15.6	9.2	84.4
650 R1/4 L40 I15	10.8	52.8	5.7	52.8	1.5	13.8	5.1	47.2	7.2	66.7
650 R1/2 L40 I15	10.9	63.3	6.9	63.3	2.1	19.3	2.2	20.2	8.7	79.8
650 R1 L40 I15	11.1	75.7	8.4	75.7	2.1	18.9	0.6	5.4	10.5	94.6
650 R11/2 L40 I15	11.0	74.5	8.2	74.5	2.0	18.2	0.8	7.2	10.2	92.8
650 R21/2	11.0	78.2	8.6	78.2	1.8	16.4	0.6	5.4	10.4	94.6
650 R4	11.1	84.7	9.4	84.7	1.1	9.9	0.6	5.4	10.5	94.6
650 R8	10.9	89.0	9.7	89.0	0.7	6.4	0.5	4.6	10.4	95.4



Şek. 3 - Çözünen metal miktarının kavurma süresine bağlı olarak değişimi.

Zn 650° - 650°C kavurmadaki çinko çözünmesi; L40 - Hava miktarı 40 cm³/sn; F15 - 15 dakika titreşimli öğütülmüş numune.

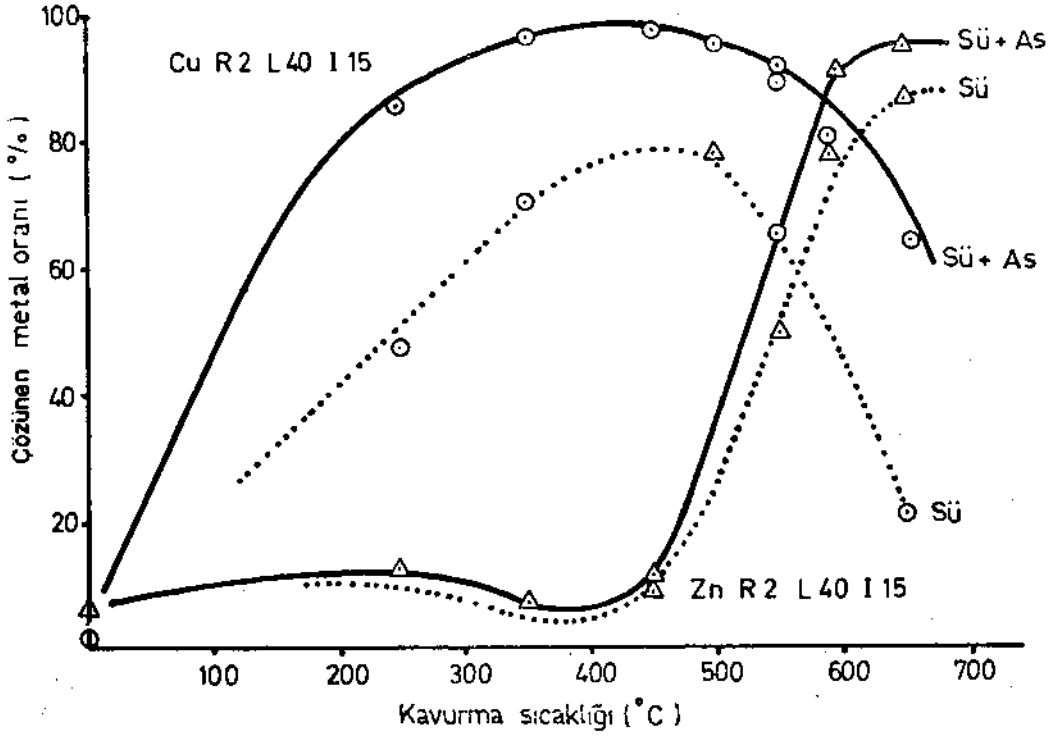
artırılmasıyla belirli bir değerden sonra verimde bir farklılık görülmemektedir. Çinko için bu durum en düşük hava miktarı olarak çalışılmış bulunan 20 cm³/sn den itibaren görülmektedir. Bakır veriminde ise 30-40 cm³/sn hava miktarına kadar yavaş bir artış görülmekte, bu değerden sonra bir verim artışı izlenmemektedir.



Şek. 4 - Çözünen metal miktarının öğütme miktarı ve kavurma süresine bağlı olarak değişimi.

Cu 510° - 510°C kavurmadaki bakır çözünmesi; R2-Kavurma süresi 2 saat; F15 - 15 dakika titreşimli değerimende öğütülmüş numune.

Şekil 5 te, kavurma sıcaklığı ile çözeltiye alınabilen metal verimleri arasındaki bağıntı gösterilmiştir. Bu eğrilerin ifade ettiği sonuçlar birçok bakımdan özellikle ilginçtir.



Şek. 5 - Çözünen metal oranının kavurma sıcaklığına bağlı olarak değişimi.

Cu - Bakır çözünme eğrisi; R2 - Kavurma süresi 2 saat; L40 - Hava miktarı 40 cm³/sn; I15 - 15 dakika titreşimli değirmende öğütülmüş numune.

Oldukça uygun şartlar altında yapılmış olan bu deneyler, karışık konsantredeki bakır ve çinko metallerinin % 95 in üzerinde verimlerle çözeltiye alınmalarının mümkün olduğunu göstermektedir.

Kavurma işleminden sonra çinko ve bakırın büyük kısmı saf suda çözünmektedir. örneğin 350°C sıcaklıkta kavurmada, çözeltiye geçen bakırın yaklaşık % 67 si, çinkonun % 85 i saf suda, geriye kalanı seyreltik sülfürik asitte çözünmektedir. Bu oranlar 400°C de bakır için % 75, çinko için % 70, 500° de bakır için % 75, çinko için % 70, 650°C de bakır için % 30, çinko için % 90 civarındadır.

Bakır verim eğrisi 350°-500°C arasında bir maksimuma eriştikten sonra alçalmaktadır. Oysaki çinko verim eğrisi bu kavurma sıcaklıklarında minimum değere haizdir. Çinko verim eğrisi 650°C civarında maksimuma erişmektedir. Verim eğrilerinin bu şekilde değişik sıcaklıklarda maksimum vermesi ve bakırın maksimum verdiği değerlerde çinkonun minimum vermesi, çözeltiden metal üretimi bakımından çok ilginçtir. Çünkü bakır ve çinkonun çözeltiye alınmalarından sonra redüksiyon elektrolizi yoluyla metalik olarak elde edilmeleri gerekmektedir. Elektrolizin mümkün olabilmesi için elektrolit içerisinde aynı zamanda bakır ve çinkonun birlikte bulunması arzu edilmemektedir. Bunun için her iki metalin yeteri kadar seçici olarak ayrı ayrı çözeltiye alınmaları gerekmektedir. Dolayısıyla kavurma ve çözeltme işleminin çinko ve bakır karışık konsantrelerinde

bu olanağı sağladığını görmek büyük önem göstermektedir. Bu durumda 400°C civarında yapılacak bir kavurma ile % 97 ye varan bir metal verimi ile bakır, 650°C civarındaki bir kavurma ile % 95 e varan bir metal verimi ile çinkoyu çözeltmeye almak mümkün olacaktır. Herhangi bir solvent ekstraksiyon işlemine tabi tutmadan bakır çözeltisi içinde % 5-8 oranında çinko ve çinko çözeltisinde çok daha az oranda bakır, metalik olarak bulunabilecektir.

Kavurma sıcaklığının yanı sıra, tane iriliğinin de sülfatlaştırıcı kavurma ve bunu takiben seyreltik sülfürik asit içerisinde çözeltme işleminde etkin faktörler arasında dominant karakteri haiz olduğu görülmektedir. Nitekim aynı şartlar altında, fakat farklı tane iriliklerinde yapılmış olan deneylerin ince öğütmenin lehine bariz farklı sonuçlar verdiği görülmektedir (Şek.4).

SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Elde edilen deney sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesindeki kompleks bakır-çinko-kurşun cevherlerinden flotasyon yoluyla elde edilecek karışık konsantreden kavurma - çözeltme - elektroliz yöntemleriyle elektrolitik bakır ve çinko ile kurşun üretmek mümkündür. Uygulanacak bu yöntemlerin hepsi sanayi çapında denenmiş, uygulanmasında beklenmeyen problemlerle karşılaşmayacak olan yöntemlerdir. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre şu üstünlüklerini sıralamak gerekir:

1. Bu cevherlerin karışık konsantrelerinden doyurucu seçilmiş konsantreler elde etmek mümkün değildir. Şayet mümkün olsaydı bile, pahalı olan pirometalurjik yöntem yerine, gerek yatırım masrafları gerek işletme masrafları bakımından daha ucuz olan böyle bir hidrometalurjik yöntemin tatbik edilmesi elbetteki daha uygundur.

2. Bu yöntemin pirometalurjik zenginleştirme yöntemine oranla elverişli olan diğer-tarafı ise, metal.vefimlerinin çok daha yüksek oluşudur. Çünkü pirometalurjik yöntemde karışık konsantreden, seçilmiş konsantreye, seçilmiş konsantreden metale ve metalden elektrolitik bakır veya çinkoya geçişte ayrı ayrı dikkate alınması gereken verim kayıpları olacaktır. Oysaki bu yöntemde işlem basamağı sayısı azalmıştır. Esasen çözeltmeye almadaki verini çok yüksektir.

3. Kavurma yapmadan çözeltmeye alma yöntemine göre (yüksek basınç ve sıcaklıkta veya normal basınç ve sıcaklıkta), bu yöntemin önemli üstünlüğünün biri, seçilmiş çözeltmeye alabilme imkânı olduğunun saptanmasıdır. Nitekim 400°C dolayında kavurmadan sonra bakırın % 97 sinin ve 650°C civarında kavurmada çinkonun % 95 inin çözeltmeye alınmasının mümkün olacağı görülmektedir.

4. Diğer çözeltme ve elektroliz etme olanaklarına göre bu yöntemin önemli diğer üstünlüğü çözeltmeye demirin geçmemesidir. Diğer çözeltme yöntemlerinde demir de çözeltmeye alınacağından, -demirin çözeltiden çok ince tane haline getirdikten sonra (jarosit oluşumu ile veya diğer yöntemlerle) çözeltiden ayrılmasındaki güçlükler bilinmektedir.

Bu yöntemin çok önemli olan sakıncalı yanı, kavurma sırasında çıkan zararlı gazların çevreye verdikleri zarardır. Her ne kadar bu gazlardan sülfürik asit üretimine gidilerek bu sakınca azaltılmakta ve Türkiye'de bir sülfürik asit fazlasından değil, eksikliğinden bahsetmek mümkünse de, bu şekilde zararlı gazların tamamen giderilebildiğini iddia etmek güçtür.

Her ne kadar kavurma yöntemleri halen dünyanın her tarafında kullanılmakta, ise de, bütün araştırmalar kavurma işlemi için bu sebepten devreden çıkarmaya yöneliktir.

Dolayısıyla bu önemli sakınca bir tarafa itildiğinde, optimal koşulları saptanmış olan bu kavurma - çözeltme - elektroliz yöntemi, Doğu Karadeniz Bölgesindeki kompleks bakır-çinko-kurşun cevherlerinden yüksek bir verimle elde edilebilen karışık konsantreden elektrolitik bakır ve çinko ile kurşun metallerinin üretimi için öncelikle kullanılabilir bir yöntemdir.

PRENSİP AKIM ŞEMASI

Doğu Karadeniz Bölgesi kompleks Cu-Zn-Pb yataklarının cevher hazırlama yönünden incelenmesi konulu yayında bu cevherler için bir prensip akım şeması verilmişti (Unan, 1971). Bu şemanın seçici flotasyonla ilgili kısmı, bu çalışma sonuçlarına göre değiştirilerek yeni bir akım şeması verilmiştir (Şek. 6). Böylece bir taraftan ekonomik açıdan düşük metal verimi dolayısıyla elverişli olmayan seçici flotasyon yerine, ince öğütme-kavurma-çözeltme elektroliz yöntemi getirilmiştir. Diğer taraftan bu şema ile bakır ve çinko için seçkin konsantrelerden öte rafine metal üretimine kadar olan işlemler kapsama alınmıştır.

ÖNERİLER

Varılan sonuçlara göre önerilen prensip akım şeması basit bir pilot tesiste denenmelidir. Verilen prensip akım şemasında görülen işlemlerin hepsi bugün uygulamada sanayi ölçüsünde kullanılmakta olan işlemlerdir. Ancak böyle bir akım şeması bu cevherler için laboratuvar deney sonuçlarına göre çıkmıştır. Bu akım şemasının pilot çapta denenmesinde bir zorlukla veya prensipte değişik bir sonuçla karşılaşılacağı sanılmamaktadır.

Ancak yöntemdeki kavurma işlemi sırasında çıkacak zararlı gazların giderilmesi veya bunlardan faydalanılması gerekmektedir. Bu ise ilâve bir külfet getirmektedir. Halen dünyanın birçok yerinde kavurma yapmadan çözeltmeye alma yolları araştırılmaktadır. Birkaç yıl içerisinde böyle bir yolla çözeltmeye alma işleminin sanayide kullanılabilir duruma gelmesi mümkün olabilir. Bu takdirde burada önerilen prensip akım şemasını yeniden gözden geçirmek gerekebilir. Esasen bu çalışma, kavurma yapmadan bakır ve çinkoyu ayrı ayrı çözeltmeye alabilme amacına yönelik çalışmaların bu anlamda başlangıcını oluşturmaktadır.

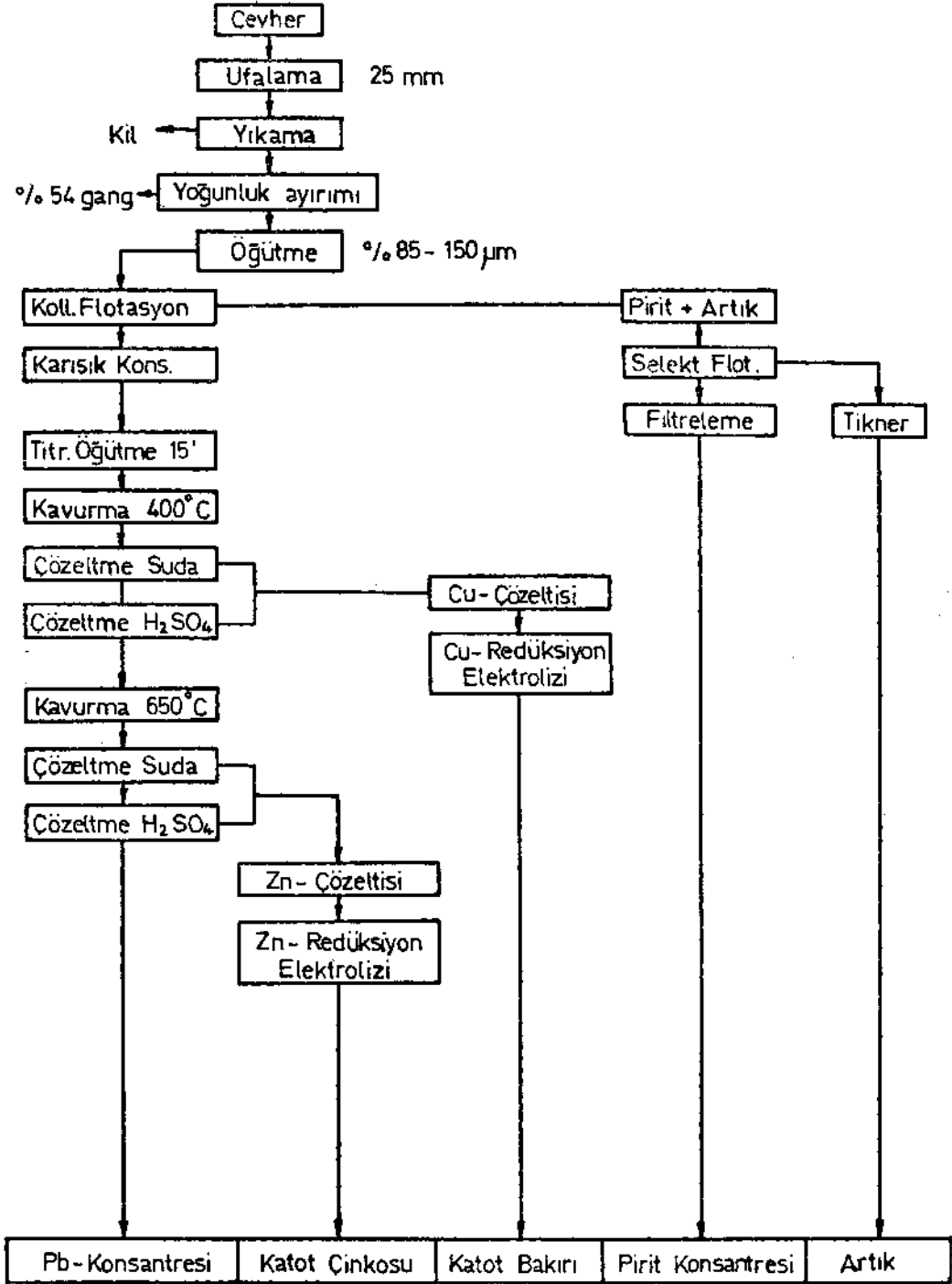
KATKI BELİRTME

Bu araştırma, Berlin Teknik Üniversitesi Yöntem Tekniği (Verfahrenstechnik) Enstitüsü cevher hazırlama, saflaştırma, biriktleme ve koklaştırma bölümünde, Alexander von Humboldt-Stiftung tarafından verilen araştırma bursundan faydalanılarak yapılmış çalışmaların bir bölümünü teşkil etmektedir. Almanya'daki çalışmaları için bu maddi olanağı veren Alexander von Humboldt vakfına ve enstitüsünde çalışma olanaklarını cömertçe sunan Sayın) Prof. Dr.-rer. nat. W. Simonis ve Prof. Dr.-Ing. W. Plate'ye yazar içten teşekkürlerini sunar.

X - ray ve elektronmikroskopi incelemelerinde enstitü olanaklarını sunan Maden Yatakları Kürsüsü Şefi Sayın Prof. Dr.-Ing. A. Wilke'ye ve bu konularda bana yardımcı olan Sayın Dr.-ing. habil. H. Akın'a, yazar özellikle teşekkür eder.

Yazar, çalışmaları sırasında arkadaşlık ve meslektaşlık yardımlarım esirgemeyen Metalürji Enstitüsünden Sayın Prof. Dr.-Ing. R. Kammel ve Prof. Dr.-Ing. Gerlach ve özellikle günlerce birlikte laboratuvarında çalışma ve tartışma yakınlığını gösteren bu enstitünün kurucusu emeritüs Prof. Dr. -Ing.Pawlek'e teşekkürlerini sunar.

PRENSİP AKIM SEMASI



Şek. 6 - Prensip akım şeması.

Yazar, karakteristik konsantre numunelerinin sağlanmasında yardımcı olan Demir-Export'dan (Ankara) Sayın U. Keser, N. Yaz ve Aslan Avcı ile İzmir'den H. Yavaş'a teşekkür eder.

Yayma verildiği tarih, 1 ekim 1979

DEĞİNİLEN BELGELER

- Addemir, O., 1977, Kompleks sülfürlü cevherlerin Sülfatlayıcı kavurma yoluyla doğrudan metalurjik değerlendirilmesi ve Lahanos cevheri üzerine incelenmesi: Doktora tezi, İ.T.Ü. Metalürji Fak., İstanbul.
- Akdağ, M., 1979, Karışık bakır-kurşun-çinko konsantrelerinin oksijenli ortamda sülfürik asit-ferrik sülfat çözücülerinde çözeltme olanaklarının araştırılması: Doktora tezi, Ege Üniv. Mak. Fak. Maden Müh. Bölümü, İzmir.
- Akın, H. ve Erden, M.T., 1977, Harşit-Köprübaşı polimetallik maden yatağındaki cevher dağılımı: Maden Tetkik ve Arama Ens. Derg., 89, 1-9.
- Aytekin, Y., 1973a, Karadeniz Bölgesi bakır yataklarını değerlendirme imkânları: TB TAK IV. Bilim Kongresi, Ankara.
- , 1973b, Karadeniz Bölgesi bakır ve bakıra bağlı kurşun-çinko potansiyeli ve bu potansiyelin verdiği imkânlar: Madencilik, MMO Derg. 12, sayı 2, Ankara.
- , 1976, Doğu Karadeniz Bölgesindeki bakır-kurşun-çinko kompleks yataklarının cevher hazırlama yönünden incelenmesi: TB TAK -MAG- 284, 303, ser. 32, Ankara.
- ve Akal, F., 1978, Kompleks bakır-kurşun-çinko konsantrelerinin sülfatlayıcı kavurma ve liç yoluyla değerlendirilmesi üzerine araştırma: Diploma projesi, E.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- ve Akdağ, M., 1977, Çok ince öğütülmüş bulk konsantrelerinden sülfürik asit liçi ve bunun Doğu Karadeniz kompleks cevherlerine uygulama olanakları: Türkiye 2. Metalürji Bilimsel ve Teknik Kongresine tebliğ, şubat.
- Berg, A. ve Pape, F., 1978, Neuere Erfahrungen bei der Wirbelschichtroöstung von Zinkkonzentraten: Erzmetall Bd. 31, H.5.
- Çakır, A.F., 1976, Harşit-Köprübaşı kompleks Cu-Pb-Zn-Sb-Ag-Cd cevher konsantresinin ferrik klorür çözeltisinde liçi: Doçentlik tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Gock, E., 1978, Beeinflussung des Löseverhaltens von Kupferkies durch Festkörperreaktionen bei der Schwingmahlung: Erzmetall Bd. 31, 282-287.
- Lindner, K.H., 1966, Über den Einfluss der Feinstmahlung auf die Eigenschaften des Mahlgutes, Diss. 83, TU Berlin.
- Pawlek, F.E., 1977, Einfluss von Korngrösse mineralogischer Beschaffenheit auf die Laugbarkeit von Kupferkonzentration, TU Berlin.
- Rolf, L., ve Gock, E., 1976, Untersuchungen zur Optimierung der Schwingmahlung chemie-anlagen + verfahren, 27-31.
- Tkacova, K.; Hochmanova, I. ve Mihalik, V., 1975, Veränderung der Oberflächeneigenschaften feinkörniger Minerale während des Zerkleinerungsprozesses (ÇSSR, Kosice) Freiburger Forschungshefte A 531, 167-174.
- Unan, C., 1971, Espiye-Kızılkayalar bakırlı pirit yataklarının mineralojik etüdü: TB TAK Proje MAG-201.