MADENCİLİK Eylül September 1987 Cilt Volume XXVI Sayı No 3

Balıkesir-Balya Kurşun-Çinko Sahasındaki Jig ve Birinci Flotasyon Artıklarının Teknolojik Değerlendirilmesi

Investigation of Flotation Possibilities of The Jig and First Flotation Tailings of The Balikesir-Balya Lead Mine's Old Processing Plant

Mustafa ÜÇÜRÜM (*)
EminüLü(**)

ÖZET

Balya Kurşun Sahası'nda bulunan eski işletme artıklarından jig artıkları % 6.0 Pb, % 7.0 Zn ve % 103 Fe, birinci flotasyon artıkları ise % 7.05 Pb, % 9.7 Zn ve % 12.8 Fe içermektedir. Artıklarda genel olarak sülfiirlü minerallerden galen, sfalerit ve pirit, oksitli minerallerden kurşun oksit, karbonat ve sülfatlar ile çinko oksitler bulunmaktadır.

Değerlendirme çalışmalarında öncelikle seçimli kurşun ve çinko yüzdürmesi üzerinde durulmuş, bunun yanında uygun toplu yüzdürme koşulları da araştırılmıştır. Ayrıca oksitli kurşun mineralleri sülfürlenerek kazanılmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT

The jig and first flotation tailings of the old processing plant of Balya Lead Mine contain 6.0% Pb, 7.0% Zn and 10.5% Fe, and 7.05% Pb, 9.7% Zn and 12.8% respectively. The main valuable minerals found in both tailings are galena, sphalerite and pyrite as sulfide minerals; lead oxide, carbonate and sulphate, and zinc oxide as oxide minerals.

In the laboratory studies, flotation tests were performed to float Pb and Zn selectively on the one hand and on the other hand, the adequate flotation canditions to obtain a bulk Pb and Zn concentrate were also investigated. In the flotation tests, the oxide lead minerals were tried to be floated by sulfidizing the surfaces.

(*) Maden Yük.Müh., MTA Gen.Müd. Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Cevher Zenginleştirme Yöneticiliği, ANKARA.
(**) Maden Müh., MTA Gen.Müd. Maden Analizleri ve Tek.Dai. Cevher Zenginleştirme Yöneticiliği, ANKARA.

1. GİRİŞ

Ülkemizin değişik yörelerinde eski işletme artıkları bulunmaktadır. Bunlardan en önemli ve ekonomik değere sahip olanları Balıkesir-Balya Kurşun Sahası'nda bulunan izabe artıkları ile fiziksel zenginleştirme artıklarıdır. Fransız şirketlerince 1940 yılına kadar işletilen Balya Kurşun-Çinko Madeni'nde işletme süresi boyunca 1.5 milyon ton civarında işletme artığı birikmiştir. Ancak yörede kurulu özel kesim zenginleştirme tesislerinde artıkların bir kısmı kullanılmıştır. Artıkların şu anda mevcut kısmı ve orij'inal yatak Etibank'ın ruhsatındadır. Etibank Balya Kurşun-Çinko Yatağını tekrar işletmek amacıyla çalışmalara başlamış ve bu artık yığınlarını ilk aşamada finansman kaynağı olarak değerlendirmeyi düşünmektedir (. . . , 1978). Bu amaçla üçü flotasyon artığı diğerleri ise izabe ve jig artığı olmak üzere beş ayrı artık yığınının değerlendirme olanaklarının araştırılması istenmiştir. Beş yığından ayrı ayrı alınan temsili örnekler üzerinde MTA Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi'nde zenginleştirme çalışmaları yapılmıştır (Uçurum, 1980; Ulu, 1980).

Bu tip artık yığınları yeniden değerlendirilirken maden işletme, kırma ve öğütme maliyetleri açısından avantaj sağlarken, uzun yıllar atmosferik koşullar altında kalması nedeniyle oluşan mineral alterasyonu zenginleştirme sırasında sorunlar yaratmaktadır.

Yazıda konu edilen jig artıkları ile birinci flotasyon artıkları kimyasal yapı ve oksitlenme derecesi bakımından diğer artıklardan farklılık göstermektedir (Özkol ve diğerleri, 1980). Oksitli kurşun mijıeralleri Na_2S ile sülfürlenerek kuvvetli toplayıcı KAX (Potasyum Amil Ksantat) ile yüzdürülebilmektedir. Ancak oksitlenme sonucu oluşan bütün kurşun minerallerini aynı başarı ile sülfürleme olanağı olmadığı gibi çinko oksitlerini yüzdürmek için geliştirilmiş etkili bir yöntem henüz mevcut değildir (Glembovsky ve diğerleri, 1964).

Çalışmada kurşun, çinko ve piritin ayrı ayrı ürünler halinde kazanılması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalar ile çalışma sırasında karşılaşılan sorunlar ve bulunan çözümler jig artıkları ve birinci flotasyon artıkları için aşağıda ayrı ayrı verilmektedir.

2. ARTIKLARIN MİNERALOJİK VE KİMYASAL YAPISI

Jig ve birinci flotasyon artıklarında değişen oranlarda ve bol miktarda pirit, sfalerit, az miktarda galenit eser miktarda kovelin, kalkosin, fahlerz, arsenopirit ile sfaleritler içinde mikro ayrıntılar halinde kalkopirit ve tetrahedrit bulunmaktadır. Gang mineralleri, kalsit, dolomit kuvars, feldspat, serisit ve kildir. Diğer yandan elek analizi fraksiyonlarında yapılan mineralojik incelemeler cevherin serberstleşme tane boyutunun —100 meş (—148 mikron) olduğunu göstermiştir.

Jig artıklarına ait kimyasal analiz sonuçları:

% 6.0 Pb	0.30 ppm Au
% 7.0 Zn	115 ppm Ag
% 10.5 Fe	1500 ppm Cu
	555 ppm Cd

Birinci flotasyon artıklarına ait kimyasal analiz sonuçları:

% 7.5 Pb	0.5 ppm Au
%10.3 Zn	160 ppm Ag
% 12.75 Fe	4400 ppm Cu
	950 ppm Cd

Genel analizlerin dışında kurşun ve çinkonun oksitli minerallere dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Balya Jig ve Birinci Flotasyon Artıklarında +400 ve —400 Meşlik Kesimlerdeki Toplam ve Okside Pb, Zn Dağılımlan (Özkol ve diğerleri, 1980).

	Tane Boyutu (meş)	% Ağırlık	Pb% Toplam	Pb% Okside	Zn% Toplam	Zn% Okside
Jig Artıkları	+ 400	90.00	4.90	2.14	7.88	2.37
	-400	10.00	9.60	6.80	10.47	8.05
	Toplam	100.00	5.37	2.61	8.14	2.94
Birinci Flotasyon Artıkları	+ 400	81.40	5.50	2.90	13.25	1.12
	-400	18.60	18.90	6.20	5.56	1.60
	Toplam	100.00	7.99	3.50	11.82	1.21

3. TEKNOLOJİK ÇALIŞMALAR

Çalışmalara numunelerin laboratuvar deneylerinde kullanılacak özellikte hazırlanmasıyla başlanmıştır.

Jig artıkları — 3mm. ve birinci flotasyon artıkları ise —2 mm. boyutuna kırıldıktan sonra, bölme ve numune almanın ardından flotasyon deneyleri için 1.0 Kg'lık numuneler hazırlanmıştır.

— 100 meş serbestleşme boyutunu veren öğütme süresi, Denver laboratuvar tipi 14'x7' boyutlu 41 devir/dakika dönüşlü, 17 Kg Çubuk Şarjı ve %50 katı oranındaki değirmende 10 dakika olarak bulunmuştur. Jig artıklarının yoğunluğu 3.13,flotasyon artıklarınınki ise 3.0 olarak belirlenmiştir. Bu bilgilerin ışığında flotasyon denemelerine geçilmiştir.

3.1. Jig Artıkları Üzerinde Yapılan Çalışmalar

3.1.1. Kurşun Kazanma Çalışmaları

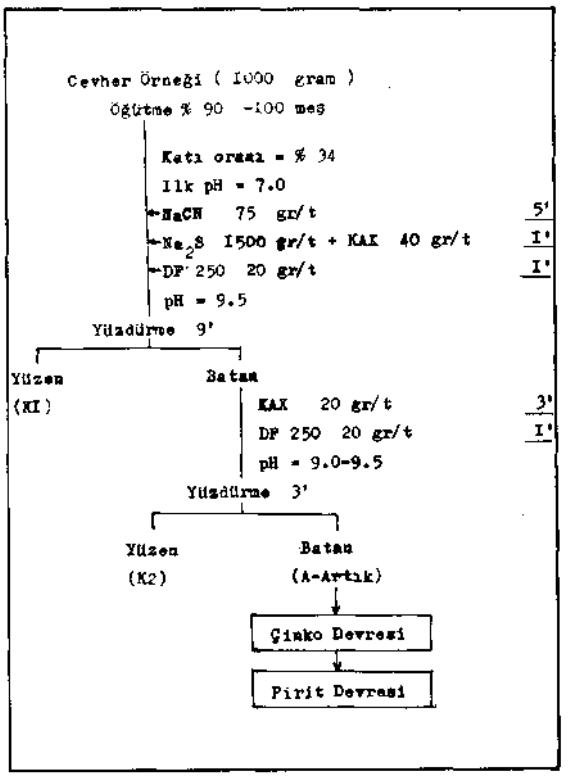
Balya jig artıkları üzerinde yapılan çalışmaların başlangıç bölümünü oluşturan seçimli kurşun yüzdürmesinde başarıya ulaşılmıştır. Tek kademede yapılan öğütmeden sonra 2.2 lt'lik hücrede % 34 katı oranında yapılan deneylerde öncelikle kurşunun yüksek verim ve tenörde konsantreler halinde kazanılması koşulları araştırılmıştır. Deneylerde öğütme süresi, sülfürleyici Na_2S miktarı ye sülfürleme süresi, toplayıcı KAX miktarları, sfalerit ve pirit bastırıcısı NaCN ve $ZnS0_4$ miktarları ile koşullandırma süreleri ayrı ayrı değiştirilerek uygun miktar ve süreler bulunmuştur. Bunların dışında gang bastırıcısı $Na_2SiC>3$ değişik miktarlarda kullanılarak kurşun tenörü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Son olarak da uygun yüzdürme süresi araştırılmıştır.

Sonuç olarak deneyler sırasında Na_2S'ün sülfürlemesinin reaktifin beslendiği ilk saniyelerde en fazla etkiye sahip olduğu, daha sonra giderek bu etkinin azaldığı görülmüştür. Buna dayanarak Na_2S eklemesinin hemen ardından toplayıcı KAX beslemesi yapılarak yüksek verime ulaşılmıştır.

Bastırıcı NaCN ve $ZnS0_4$ miktarları araştırılırken her iki reaktifin tek tek ve birlikte kullanılmasının etkileri üzerinde durulmuştur. $ZnS0_4$ kullanmadan tek başına NaCN kullanılması durumunda pirit ve sfaleritlerin istenen düzeyde bastırılabildiği görülmüştür. NaCN miktarı sıfır iken piritler bastırılamadığı gibi tek başına $ZnS0_4$ en yüksek miktarlarda bile sfaleriti istenen ölçüde bastıramadığı görülmüştür. Dolayısıyla $ZnS0_4$'ün bastırıcı olarak NaCN'e yardımcı bir etki yapmadığı, bu numune için ortaya çıkmıştır. Daha sonra deneylerde kullanılmasından vazgeçilmiştir. Diğer yandan çinkonun % 36'lık kısmının oksitli minerallere bağlı olması bu numuneye özgü, çinkonun kurşun devresinde yüzmesini önleyen yardımcı bir etkendir.

Bunun dışında gang bastırıcısı Na_2Si0_3'ün konsantredeki Pb tenorunu yükseltici bir etkiye sahip olmadığı gözlendiğinden kullanılmasından vazgeçilmiştir.

Bu deneylerden sonra en uygun koşulların tekrarlanabilirliğini görmek ve son akım şemasını oluşturmak için temizleme ve süpürme devrelerinin eklendiği deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen en uygun akım şeması Şekil Vde verilmiştir. Sonuçlar ise Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Jig artıkları seçimli yüzdürme akım şeması.

Çalışmaya sfalerit ve piritin kazanılması yönünde devam edilmiştir (Özkol, 1981).

Çizelge 2. Jig Artıklan Seçimli Kurşun Yüzdürmesi Sonuçlan

ÜRÜN		Pb		Zn		Fe	
Cinsi	% Ağır.	% Tenor	% Dağılım	enör	% Dağılım	% Tenor	% Dağılım
Ki	7.2	53.00	69.80	3.79	3.50	4.23	3.00
K2	1.3	32.00	7.60	9.80	1.60	4.47	0.60
A	915	1.34	22.60	8.10	94.90	10.70	96.50
Giriş	100.00	5.46	100.00	7.81	100.00	10.15	100.00
K1 + K2	8.5	50.00	77.40	4.71	5.10	4.27	3.60

3.1.2. Çinkonun Kazanılması

Çinko devresinde bakır sülfat miktarı ayrıntılı olarak incelenmiş, en yüksek Zn verimi 2 Kg/t bakır sülfat kullanılarak elde edilmiştir. Bunun üzerindeki miktarlarda ise verimin tekrar düştüğü gözlenmiştir. Bu çalışmada en yüksek çinko verimi % 63.74'e ulaşmıştır. Çinkonun % 36'sının oksitli çinko minerallerine bağlı olduğu düşünülürse, jig artıklarında çinko veriminin ulaşabileceği en yüksek noktaya ulaştığı ortaya çıkar. Çinko oksitlerini sülfürleme olanağı henüz olmadığı için çinko devresi üzerinde daha ileri bir çalışma yapılmamıştır. Çinko devresinde toplayıcı NalBX miktarı ve uygun pH değerleri de belirlenmiştir. Verimin en yüksek olduğu konsantrede çinko tenörü % 36 Zn olmuştur. Çinko devresinde en uygun reaktif miktarları Na_2Si0_3 500 gr/t, $CuS0_4 . 5H_20$ 2000 gr/t ve NalBX ise 100 gr/t olarak belirlenmiştir.

3.1.3. Pirit Kazanma Çalışmaları

Yapılan pirit yüzdürme çalışmalarında da yeterli düzeyde bir başarı sağlanamamıştır. Piritler kurşun devresinde bastına kullanılarak, çinko devresinde ise $Ca(OH)_2$ ile oluşturulan yüksek pH etkisiyle tamamen bastırıldığından, tekrar yüzdürülmesi sırasında sorunlarla karşılaşılmıştır. Pirit yüzdürmesini sağlamak için pH düşürme ve soda ile Ca^{+2} iyonu giderme yollarından ikisi de bu numunede denenmiştir. Buna karşın pirit verimi % 66'ya ancak ulaşabilmiştir. Pirit konsantresindeki demir tenörü ise % 40 Fe civarında kalmıştır. Bu verim ve tenörü sağlayan uygun NalBX miktarları ise pH 4'te 150 gr/t, pH 8'de 100 gr/t olarak saptanmıştır.

3.2. Birinci Flotasyon Artıklan Üzerinde Yapılan Çalışmalar

3.2.1. Kurşun Kazanma Çalışmaları

Başlangıç bölümünde sülfürlü ve oksitli kurşun mineralleri seçimli olarak birlikte kazanılmaya çalışılmıştır. Ancak çalışmalarda istenen özellikte kurşun konsantresi üretilemediği gibi, sfalerit bastırma sorunu ortaya çıkmıştır. Sfaleritleri bastırmak için değişik seçenekler denenmiş, buna karşın başarı sağlanamamıştır. Diğer yandan oksitli kurşun minerallerini sülfürlemek için kullanılan Na_2S de bu numunedeki sfaleritleri bastırmada yardımcı bir etki yapmamıştır. Sfaleritlerin bastırılamamasının yüzdürme ortamında ya da atmosferik koşullar altında sfalerit yüzeylerine yerleşen canlandırıcı iyonlardan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Canlandırmaya neden olan Cu^{+2} ve Pb^{+2} iyonlarına kaynak oluşturacak mineraller numunede bulunmaktadır.

Bu iyonların olumsuz etkisini yok etmek amacıyla şlam atma dışında değişik iyon gidericiler kullanılmış, ancak doğrudan seçimli bir kurşun yüzdürmesi sağlanamamıştır. Bu çalışmalarda elde edilen deneysel bulgular canlandırmanın daha çok Pb^{+2} iyonları tarafından yapıldığını ortaya koymuştur. Cu^{+2} iyonları tarafından yapılan canlandırmanın belirgin ve sorun yaratacak düzeyde olmadığı görülmüştür. Ayrıca Cu^{+2} iyonlarını gidermek kolaydır.

3.2.1.1. Toplu Kurşun-Çinko Yüzdürmesi

Kurşun devresinde seçimliliğin sağlanamaması yanında, kurşun konsantresindeki Pb veriminin düşük olması, Zn veriminin ise % 90'lara ulaşması Pb-Zn toplu yüzdürmesini seçenek olarak ortaya çıkarmıştır.

Toplu yüzdürme başarılı olmuştur. Pirit bastırma amacıyla sadece NaCN'ün kullanıldığı sistematik deneyler sonunda 300 gr/t NaCN, 1500 gr/t Na_2S, 160 gr/t KAX ve 50 gr/t DF 250 kullanılarak pH 9.0 da % 12.7 Pb, % 27 Zn ve % 8.4 Fe te-

nörlü bir toplu konsantre % 67 Pb ve % 91 Zn verimleriyle üretilmiştir. Kurşun tenorunun % 10.6 Pb olduğu konsantrede ise % 71 kurşun verimine ulaşılmıştır.

3.2.1.2. Toplu Konsantreden Pb-Zn Ayırımı

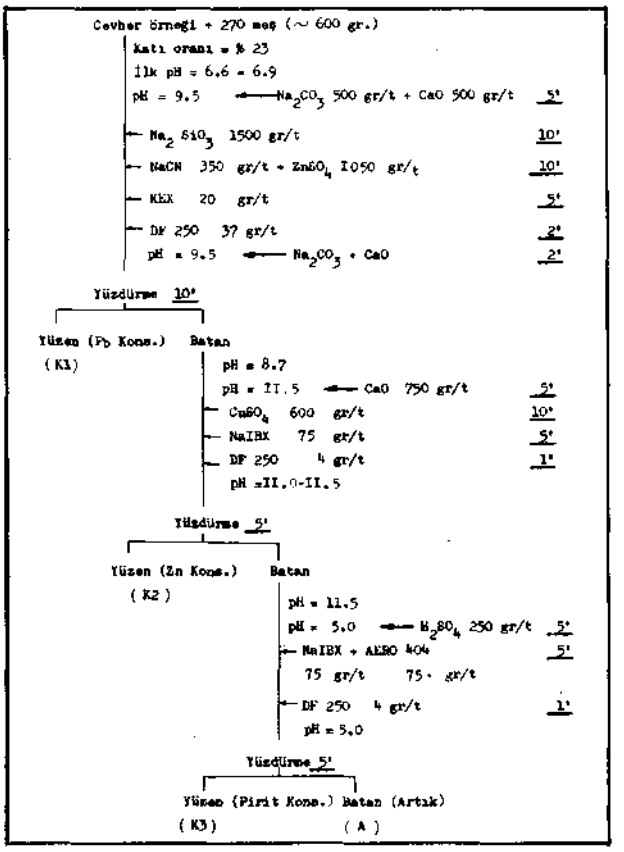
Bu numune üzerinde yapılan çalışmaların ikinci bölümünde toplu konsantreden Pb-Zn ayırımı üzerinde durulmuştur. Pb-Zn ayırımı deneylerinde toplu konsantredeki kurşun mineralleri K_2Cr0_4 (Potasyumkromat) ile bastırılmaya, sfaleritler ise yüzdürülmeye çalışılmıştır. Bu deneylerde de istenen özellikte kurşun konsantresi alınamamıştır. Üstelik sfaleritlerin büyük bir bölümü de kurşun mineralleri ile birlikte bastırılmıştır. Bu durum sfalerit yüzeylerinde Pb^{+2} iyonlarının varlığını doğrular niteliktedir.

3.2.2. Sınıflandırılmış Numuneler Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Çalışmaların devamında ise sfalerit yüzdelerine önceden yerleşmiş olan canlandırıcı iyonları gidermek için öğütme ve ardından sınıflandırma yaparak bu iyonları ince taneli kesimde toplamak biçiminde bir çözüm düşünülmüştür. Bu amaçla belirli sürelerle öğütülen örnekler 270 meş'lik (53 mikron) elek ile elenerek canlandırıcı iyonların —270 meş'lik kesiminde toplanmasına çalışılmıştır. Daha sonra iri ve ince taneli kesimler üzerinde ayrı ayrı çalışmalar yapılarak uygun yüzdürme koşulları araştırılmıştır (Ulu,1984).

3.2.2.1. İri Taneli Kesimde Yapılan Çalışmalar

Bu bölümdeki çalışmaların ilk aşamasında orijinal —2mm'lik numuneler 10 dakika süre ile öğütülmüş ve 270 meş'lik elek ile sınıflandırılarak +270 meş'lik kesimde seçimli mineral yüzdürmesi yapılmıştır. İlk deneylerden başlayarak kurşun devresinde sfaleritlerin bastırabileceği görülmüştür. Ayrıca bastırılan sfaleritler de canlandırılarak ayrı bir ürün halinde kazanılabilmiştir. Bunun üzerine sülfürlü kurşun, çinko mineralleri ve piritin ayrı ürünler halinde kazanılmaya çalışıldığı sistematik deneylere geçilmiştir. Deneylerde Yates tekniği (Özensoy, 1982) uygulanarak 2^3 açılımına göre kurşun, çinko ve pirit devrelerindeki değişkenlerin uygun seviyeleri bulunmuştur.



Şekil 2. Birinci flotasyon artıklarının +270 meş'lik kesiminde uygulanan seçimli yüzdürme akım şeması.

Çizelge 3. Birinci Flotasyon Artıkları +270 Meş'lik Kesiminde Yapılan Seçimli Yüzdürme Deneylerinin Sonuçlan

ÜRÜN		Pb		Zn		Fe	
Cinsi	% Ağır.	% Tenor	% Dağılım	Tenor	% Dağılım	% Tenor	% Dağılım
K1	5.04	49.49	59.28	8.25	2.90	4.49	1.41
K2	25.68	1.49	9.09	52.00	93.00	5.50	8.80
K3	34.60	0.84	6.91	0.70	1.68	40.47	87.20
A	34.68	3.00	24.27	1.00	2.42	1.20	2.59
Giriş	100.00	4.21	100.00	14.35	100.00	16.06	100.00

Deneyler sonunda seçimlilik açısından uygun yüzdürme koşulları bulunmuştur. Kurşun, çinko ve pirit konsantrelerinin tenörleri ticari olarak istenen seviyelerin üstüne çıkmıştır. Bu deneylerde uygulanan akım şeması ve uygun değişken seviyeleri Şekil 2'de, sonuçları da Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi çinko ve pirit konsantrelerinin verimleri istenen düzeye ulaşırken, kurşun konsantresinde aynı durum sağlanamamış, kurşunun yaklaşık % 28'lik kısmı artıkta kalmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçların ışığında kurşun devresinde Pb verimini artırmak, çinko ve pirit devrelerinde ise daha dar aralıklarla toplayıcı taraması yapmak için yeni deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde kurşun devresinde kullanılan zayıf toplayıcı KEX'in miktarındaki artışın kurşun verimini belirgin bir şekilde artırmadığı gözlenmiştir. Çinko devresinde kullanılan toplayıcı NalBX'in 45-50 gr/t civarında yeterli olduğu görülmüş, pirit devresinde kullanılan toplayıcı AERO 404'ün kullanılmadığı durumda, NalBX'in tek başına 35 gr/t miktarında bile piritleri istenen verimde yüzdürdüğü ortaya çıkmıştır.

Kurşun konsantresinin Pb veriminin yükseltilmesi yanında tenorunun de yükseltilmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Şekil 2'deki akım semasıyla en uygun koşullarda üretilen kaba kurşun konsantresi 50 gr/t NaCN ve 150 gr/t $ZnS0_4$ kullanılarak pH 9.0-9.5 arasında temizlenmiş, temiz kurşun konsantresinin tenörü % 58 Pb'ye yükselirken, verimi % 2'lik bir azalmayla %51'e düşmüştür. Çinko ve pirit konsantresinin ise temizlenmesine gerek görülmemiştir.

3.2.2.1.1. Oksitli Kurşun Minerallerinin Kazanılması

Ayrıca bu deneyler sırasında artıktaki kurşun kaçaklarını azaltmak için pirit devresinden sonra değişik miktarlarda Na_2S kullanılarak oksitli Pb mineralleri sülfürlenmiş ve KAX ile yüzdürülmüştür. Ancak oksitli kurşun devresinde Na_2S 1500 gr/t ve KAX 75 gr/t'a çıkarıldığı halde kazanılan ürünün kurşun tenörü % 28 Pb'yi aşmadığı gibi Pb verimi %8-9 civarında kalmıştır. Bu deneylerin bazılarında artıktaki kurşun kayıpları % 10'a kadar düşürülmüş olmasına karşın bunun sülfürlemeden değil, çinko ve pirit devrelerinde toplayıcı fazlası kullanıldığı durumlarda gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

3.2.2.1.2. İri Taneli Kesimde Denenen Diğer Seçenekler

Yukarıdaki yaklaşımın olumlu sonuç vermesi üzerine —2mm. boyutunda hazırlanmış numunelerin öğütme yapılmadan doğrudan sınıflandırılmasıyla elde edilen +270 meş'lik kesimler öğütüldükten sonra üzerinde çalışma yapılmıştır. Yaklaşık 2, 4, 6 ve 8 dakikalık öğütmelerden sonra 270 meş'lik elekle sınıflandırma yapılarak üretilen iri taneli kesimler yeniden öğütülerek üzerinde benzer çalışmalar yapılmıştır. Bu deneylerde birinci öğütme ve ikinci öğütme toplamı 15 dakika olmuştur. Başlangıçta hiç öğütme yapılmayan çalışmada seçimli kurşun, çinko ve pirit konsantreleri elde edilememiştir. Başlangıç öğütmesi 2 dakikadan başlayıp 8 dakikaya doğru artırıldıkça seçimli ürünler kazanma olanağı da artmıştır. Sonuç olarak 8 dakikalık bir süre de yetmeyip ancak 10 dakikalık öğütme süresinde başarılı sonuçlar alınmıştır.

Bu çalışmalar dışında orijinal +270 meş'lik kesimin 15 dakika süreyle öğütülmesi sırasında bastına reaktifler (600 gr/t NaCN + 1800 gr/t $ZnS0_4$) değirmene beslenerek çalışma yapılmış, alınan kaba kurşun konsantresi iki defa temizlendikten sonra %50 Pb tenörüne ancak ulaşılmış, verim ise

%44'lerde kalmıştır. Çinko ve pirit devrelerinde de başarılı sonuçlar alınamamıştır. Bastırıcıların hücreye beslenmesi durumunda sodyum siyanür ve çinko sülfata (600 gr/t + 1800 gr/t) ilaveten 3600 gr/t NaOH sfalerit bastırmak amacıyla kullanılmıştır (Finkelstein, 1976). Aynı miktarlar kurşun temizleme devresinde de kullanılmış buna karşın kurşun tenörü % 31.8 Pb'ye ancak ulaşmıştır.

3.2.2.1.3. iri Taneli Kesimde Elde Edilen Sonuçların İrdelenmesi

İri taneli kesimde yapılan çalışmalarda kurşun konsantresindeki verim ve tenor artışını sınırlayan etmenler araştırılmıştır. Verim kayıplarının sadece artıklardaki kaçaklardan kaynaklanmadığı çinko ve pirit konsantrelerinde de belli miktarda kurşun içeriği bulunduğu belirlenmiştir. Kurşunun %8-15'i çinko konsantresinde, %5-10'u pirit konsantresinde, % 10-25'i ise artıkta dağılmıştır. Yapılan mikroskop gözlemlerinde kurşun kaçaklarının bir bölümünün serbest galenitlere bağlı olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni ise kurşun devresinde zayıf ve seçimli toplayıcı olan KEX'in kullanılmasıdır. Ancak bu toplayıcının kullanılması seçimlilik açısından zorunlu olmuştur. Kurşunun oksitli minerallere bağlı kısmını kazanmak için yapılan çalışmada ise ancak % 5-10 arasında Pb kazanılabilmiştir.

Tenor artışını engelleyen nedenler ise mineralojik analizle belirlenmeye çalışılmıştır. % 58 Pb tenörlü kurşun konsantresi üzerinde yapılan mineralojik inceleme sonunda konsantrenin, cevher minerali olarak; galenit (PbS), sfalerit (ZnS), çok az kalkopirit ($CuFeS_2$), az pirit (FeS_2), tetraedrit (Cu_3SbS_3), çok az kalkosin (Cu_2S); gang minerali olarak az kuvars, çok az jibs ve ojit içerdiği belirlenmiştir. Diğer yandan konsantrenin % 50'sinin serbest galenit, %50'sinin ise galenit-gang, galenit-kalkopirit, galenit-pirit, galenit-sfalerit, galenit-kalkopirit-gang, tetraedrit-sfalerit, tetraedrit-kalkopirit, sfalerit-kalkopirit, sfalerit-kalkopirit-galenit, sfalerit-gang kenetli taneleri ile serbest kalkopirit, serbest pirit, serbest tetraedritten oluştuğu görülmüştür. Ayrıca kenetli galenitlerin tane boyutlarının 2 mikron ile 50 mikron arasında değiştiği belirlenmiştir.

Mineralojik analiz sonuçları kurşun konsantresindeki Pb tenörü artışını engelleyen nedenleri kesin olarak ortaya çıkarmıştır. Konsantredeki çinkonun tamamının kenetli sfaleritlere bağlı olduğu görülmüştür. Bunun yanında numunedeki bakır mineralleri de yüzme koşulları uygun olduğundan kurşun konsantresinde toplanarak Pb tenorunu düşürmektedirler. Kurşun tenorunu artırmak için kenetli galenitleri serbestleştirmek istesek de 2 ile 5 mikron boyutundaki taneleri serbestleştirmek ve kazanmak güçtür. Ayrıca öğütme sırasında kenetli galenit taneleri galen-sfalerit sınırından değil, galenin dilinim yüzeylerinden kırıldığı için kenetli galenitlerin tam olarak serbestleşme olanağı sınırlıdır (Edwards, 1965).

+270 meş'lik kesimde seçimli yüzdürme yöntemiyle elde edilen kurşun, çinko ve pirit konsantrelerinin endüstride kullanılma olanaklarını araştırmak amacıyla iz elementler yönünden ayrıntılı kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Analiz sonucu kurşun konsantresinde; yarı kantitatif olarak, % 0.2 Ag, % 1.0'den büyük Cu, % 0.1 Bi, % 1.0 As, % 0.4 Sb, % 15 Al_2O_3, çinko konsantresinde kantitatif olarak %0.42 Cd, yarı kantitatif olarak % 0.01 Ag, % 0.02 Sb, % 0.1 As, % 0.1 Mg, % 0.4 Ca, % 1.0'den büyük Si, pirit konsantresinde kantitatif olarak 2.7 gr/t Au, % 0.007 Ag, 1 ppm'den az Hg belirlenmiştir.

3.2.2.2. İnce Taneli Kesimde Yapılan Çalışmalar

Birinci flotasyon artıkları üzerindeki çalışmaların son aşamasında sınıflandırma sonucu elde edilen —270 meş'lik kesimden Pb ve Zn kazanımı üzerinde durulmuştur.

3.2.2.2.1 Seçimli Kurşun ve Çinko Kazanımı

Bu bölümdeki çalışmalarda ilk olarak sülfürleyici Na_2S'ün galeni bastırmasını önlemek için sülfürlü ve oksitli kurşun devreleri birbirinden ayrılmış, oksitli kurşun mineralleri çinko devresinden sonra yüzdürülmüştür. Orijinal numunedeki sfalerit canlandırıcı iyonlar öğütme sonrası yapılan sınıflandırma ile ince taneli kesimde toplandığından çalışmanın başlangıcındaki sorunlar burada tekrar karşımıza çıkmıştır. Deneylerin sülfürlü kurşun devresinde alınan ürün toplu konsantre niteliğinde olduğundan, çinko devresinde istenen verim ve tenörde bir çinko konsantresi kazamlamamıştır. Oksitli kurşun devresinde Pb tenörü düşük olmakla birlikte girişteki toplama göre % 20 oranında kurşun kazanılmıştır. Bu kesimdeki seçimli yüzdürmenin birinci aşamasında oksitli ve sülfürlü kurşun mineralleri birlikte yüzdürülüp, sfalerit ve piritler bastırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada Na_2S'ün sfalerit ve piritleri bastırma özelliğinden yararlanılması

amaçlanmıştır. Ancak kurşun devresinde seçimli bir kurşun konsantresi kazanma olanağı olmamıştır.

3.2.2.2.2. Toplu Kurşun-Çinko Kazanımı

Yukarıda sözü edilen gözlemlerin ışığında -270 meş'lik kesimde toplu Pb-Zn yüzdürmesi çalışmalarına geçilmiştir. Toplu yüzdürme çalışmalarının birinci aşamasında sülfürlü kurşun ve çinko birlikte kazanılmış, Na_2S'ün galen üzerindeki bastına etkisi dikkate alınarak oksitli kurşun mineralleri ayrı bir devrede yüzdürülmüştür. Deneylerin sülfürlü Pb-Zn yüzdürme devresinde önceki çalışmalarda tek başına sfalerit üzerinde etkisi olmadığı belirlenen NaCN, piret bastırma amacıyla kullanılmıştır. Sonuç olarak bu deneylerde yüzen ürünlerde toplam kurşun verimi % 75, çinko verimi ise % 80'nin üzerine çıkmıştır. Tenörler ise toplu konsantrede % 18 Pb, % 38.97 Zn, oksitli kurşun konsantresinde % 31.37 Pb'ye ulaşabilmiştir. Toplu konsantreler herhangibir temizleme işleminden geçirilmediğinden, temizleme sonrası ulaşılabilecek tenor değerleri konusunda veriler elde edilememiştir.

Bu bölümdeki çalışmalarda oksitli kurşun minerallerinin sülfürlü minerallerle birlikte yüzdürülmesi ile ayrı ayrı yüzdürülmesi arasında toplam kurşun ve çinko verimleri açısından belirgin bir fark görülememiştir. Buna dayanarak orijinal numune üzerindeki çalışmalara benzer şekilde, tüm kurşun ve çinko minerallerinin bir toplu konsantrede kazanıldığı deneyler yapılmıştır. Önceki deneylerde elde edilen bulgulara dayanarak Na_2S'ün 3000 gr/t ve 3500 gr/t miktarlarında toplayıcı KAX miktarı 250 ile 400 gr/t arasında kademeli olarak değiştirilerek yüzdürme yapılmıştır. Bu deneylerde tenor ve verim değerlerinde az bir düşme olmasına karşın önceki deneylerdekine benzer sonuçlar alınmıştır.

4. SONUÇ

Balya jig artıkları üzerinde yapılan zenginleştirme çalışmaları sonunda kurşun, çinko ve piritin ayrı ayrı ürünler halinde kazanılabileceği görülmüştür.

Kurşun yüzdürme çalışmalarında % 77 kurşun verimiyle % 50 Pb, % 4.7 Zn ve % 4.3 Fe tenörlü bir kaba kurşun konsantresi kazanılmıştır. Jig artıklarından çinko kazanmak için yapılan deneylerde istenen özellikte bir ürün alınamamıştır. Kaba çinko konsantresinde ulaşılan en yüksek verim % 63.74, tenor % 36 Zn olmuştur. Bu numunedeki çinkonun % 36'smın oksitli minerallere bağlı olduğu düşünüldüğünde çinko veriminin ulaşabileceği en yüksek noktaya ulaştığı ortaya çıkar.

Bu artıklardaki piritler de yeterli verimde kazanılmamıştır. Ulaşılan en yüksek verim % 66 olmuştur. Kaba pirit konsantresinin tenörü ise % 40 Fe'ye ancak ulaşmıştır. Jig artıklarını temsil eden numuneler yetersiz kaldığından kaba kurşun, çinko ve pirit konsantrelerini temizlemek için çalışma yapılamamıştır. Dolayısıyla tenörlerin ne oranda artırılabileceği belirlenememiştir.

Birinci flotasyon artıkları üzerinde yapılan çalışmalarda bu artıkların doğrudan seçimli yüzdürmeyle değerlendirilemeyeceği ortaya çıkmıştır. Bu artıklarda genel olarak sfalerit bastırma sorunu ile karşılaşılmıştır. Sfaleritlerin atmosferik koşullarda oluşan kurşun ve bakır oksit minerallerinin yüzdürme ortamına verdiği iyonlar tarafından canlandırıldığı belirlenmiştir. Bu canlandırma sonucu sfaleritler kurşun devresinde kendiliğinden yüksek verimlerde yüzmektedirler. Sfaleritlerin bu durumundan yararlanılarak yapılan toplu yüzdürme sonucu %67 kurşun %91 çinko verimleriyle %13 Pb, % 27 Zn ve % 8 Fe tenörlü bir toplu konsantre kazanılmıştır.

Seçimli yüzdürme çalışmalarında bastına reaktiflerin tek başlarına ve iyon gidericilerle birlikte yüksek miktarlarda bile sfaleriti bastıramadığı görülmüştür. Numuneyi sınıflandırıp sfalerit canlandırıcı iyonları ince taneli kesimde toplayarak yapılan deneylerde, orijinal örneklerin doğrudan sınıflandırılmasıyla yüzeylerdeki iyonların giderilemediği görülmüştür, öğütme sonrası sınıflandırılmış örneklerde ise bu iyonların öğütme süresine bağlı olarak giderildiği ortaya çıkmıştır. On dakika süreyle öğütülmüş örneklerin +270 meş'lik (+53 mikron) kesiminde bastına NaCN ve ZnSÖ4 birlikte kullanılarak sfaleritler bastırılmıştır. Sonuç olarak bu yöntemle seçimli kurşun, çinko ve pirit konsantreleri üretilebilmiştir. Bu çalışmada % 49.49 Pb tenörlü kaba kurşun konsantresi % 59.28 kurşun verimiyle, %52 Zn, %0.42 Cd tenörlü çinko konsantresi %93 çinko verimiyle, % 40.47 Fe, % 46.24 S ve 2.7 gr/t Au tenörlü pirit konsantresi % 87.20 demir verimiyle elde edilmiştir.

Kaba kurşun konsantresinin temizlenmesi sonucu %51 kurşun verimiyle, %58 Pb, %6 Zn, % 25 Fe ve % 0.2 Ag tenörlü kurşun konsantresi

üretilmiştir. Temiz kurşun konsantresinin % 50'sinin serbest galenit olduğu, diğer kısmının ise kenetli galenitler ile bakır minerallerinden oluştuğu mineralojik analizle belirlenmiştir. Aynı analizde kenetli galenitlerin tane boyutlarının 2-50 mikron arasında bulunduğu, konsantredeki çinkonun tamamının kenetli sfaleritlere bağh olduğu ortaya çıkmıştır.

Oksitli kurşun minerallerinin ayrı bir devrede alınmasıyla kurşun konsantrelerindeki toplam Pb verimi %65'in üzerine çıkmıştır. Kalan % 35'lik kısmın değişik oranlarda çinko ve pirit konsantreleri ile artığa dağıldığı belirlenmiştir.

Sınıflandırılmış örneklerin -270 meş'lik kesiminde yapılan çalışmalarda seçimli yüzdürme sağlanamamıştır. Sfalerit canlandırıcı iyonların bu kesimde toplanması nedeniyle kurşun devresinde Pb-Zn toplu konsantresi niteliğinde bir ürün elde edilmiştir. Oksitli ve sülfürlü kurşun minerallerinin ayrı devrelerde alınması durumunda da kazanılan toplam Pb ve Zn miktarları değişmemiştir. Buna dayanarak on dakika süreyle öğütülmüş örneklerin -270 meş'lik kesiminde yapılan toplu yüzdürme ile % 24 Pb, % 20 Zn ve % 8 Fe tenörlü toplu konsantre % 62 kurşun ve % 74 çinko verimleriyle elde edilmiştir.

Genel sonuç olarak Balya jig ve birinci flotasyon artıklarının, izabe artıkları dışındaki artıklar gibi teknolojik olarak değerlendirme olanaklarının bulunduğu ortaya çıkmıştır. Doğal olarak, tümü sülfürlü minerallerden oluşan cevherlerin kazanılması sırasında alışageldiğimiz % 85-95 civarında verimlerle bu artıklardan kurşun, çinko kazanması beklenmemelidir. Bu artıkların ilk işletme sırasında taşıdığı ve uzun yıllar atmosferik koşullar altında kalması nedeniyle mineral değişiminin oluşturduğu sorunlar zenginleştirmelerini güçleştirmektedir. Ancak artık yığınlarmdaki sorunlar birbirlerine göre farklılık göstermektedirler. Örnek olarak birinci flotasyon artıklarında sfalerit bastırma sorunu ile karşılaşılırken, diğerlerinde sfalerit yüzdürme sorunu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kenetli galenitlerin tane boyutları birbirine yakın olmuştur. Dolayısıyla izabe artıkları dışındaki artıkları birlikte değerlendirerek sfalerit canlandırıcı iyonları daha geniş bir yüzey alanına dağıtmak ve böylece birinde bastırma diğerinde canlandırma zorluğu şeklinde ortaya çıkan sorunu gidermek mümkündür. Bu yönde harmanlanmış numuneler üzerinde yeni çalışmaların yapılmasında yarar vardın

KAYNAKLAR

. . . . . .1978; Etibank Proje Tesis Dairesi'nde yapılan proje toplantısı notlan.

EDWARDS, A., B., 1965; "Texture of The Ore Minerals and Their Significance", The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, pp. 184., Melbourne, Australia

FINKELSTEIN, N., ALLISON, S., A., 1976; "The Chemistry of Activation of Zinc Sulfide: A Review", Flotation, (A.M. Gaudin Memorial Volume), AIME, Inc., Pp. 441-449, New York.

GLEMBOVSKY, V., A., ANFİMOVA, E., A., 1964; Inter. Min. Process. Congr., New York.

ÖZENSOY, E., 1982; E., "Teknolojik ve Bilimsel Araştırmalarda Modern Deney Tasanmcılığı", MTA.

ÖZKOL, S.TURAK,A.,A.,UÇURUM,M.,ULU,E., 1980; "Balıkesir Balya Kısmen Oksitli Kurşun-Çinko Artıklarının Laboratuvar ölçeğinde Zenginleştirmesi": TÜBİTAK 7. Bilim Kongresi, Kuşadası.

ÖZKOL., S., 1981; "Balya 5 No.lu Flotasyon Artığı ve Jig Artığının Flotasyonla Çinko ve Pirit Yönünden Zenginleştirilmesi Çalışmaları", MTA, Ankara.

UÇURUM, M., 1980; "Balıkesir Balya Kısmen Oksitli Kurşun Çinko Jig Artıklarının Laboratuvar ölçeğinde Flotasyonla Zenginleştirme Çalışmaları", Ara Rapor I, MTA, Ankara.

ULU, E., 1980; "Balya Kısmen Oksitli Flotasyon Artıklarının (3 Numaralı Balya Artığı) Zenginleştirme Çalışmaları", Ara Rapor II, MTA, Ankara.

ULU, E., 1984; "Balıkesir-Balya Kurşun-Çinko İzabe Artıkları ile Kısmen Oksitli Birinci ve İkinci Flotasyon Artıkları Değerlendirme Çalışmaları", MTA, Teknoloji Rapor No: 165, Ankara.