

BOLKARDAĞ MADENİNE AİT ALTIN-GÜMÜŞ-KURŞUN CEVHERİNİ ZENGİNLEŞTİRME OLANAKLARI

Güven ÖNAL(*)
Neşet ACARKAN(**)
Süheylâ ACARKAN(***)

ÖZET

Bolkardağ maden yatağından alınan 14,5 gr/ton Au, 415 gr/ton Ag ve % 7,03 Pb içerebilen cevherden, altın, gümüş ve kurşunun değerlendirilme olanaklarının araştırılması bu bildirinin konusunu oluşturmaktadır.

Cevherin mineralojik ve kimyasal özellikleri saptandıktan sonra, boyut küçültme ve boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme, özgül ağırlık farklılığına göre zenginleştirme ve siyanür ile çözündürme uygulanmıştır.

Cevher 0,5 mm altında sarsıntılı masa ile zenginleştirilerek altın ve gümüşçe zengin kurşun konsantrisi elde edilmiş, masa artığına siyanür çözündürmesi uygulanarak cevherdeki altının % 91,2'sinin, gümüşün % 69,6'sının, kurşunun da % 36,7'sinin kazanılabileceği anlaşılmıştır.

ABSTRACT

The subject of this paper is concerned with investigating the possibilities of the beneficiation of Bolkardağ ore assaying 14.5 grit gold, 415 grit silver and 7,03 % lead.

After determining the chemical and mineralogical compositions of the ore, concentration with size reduction and classification gravity separation with shaking table and cyanidation were carried out.

As a combined result of the shaking table and cyanidation tests 91.2 % of gold, 69.6 of silver and 36.7% of lead have been recovered.

(*) Prof .Dr. Maden Müh. Böl., İTÜ, İSTANBUL

(**) Dr. Aras. Gör. Maden Müh. Böl., İTÜ, İSTANBUL

(***) Kim. Müh. Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, İSTANBUL

1. GİRİŞ

Niğde ilinin güneyinde yer alan Bolkardağ Altın-Gümüş-Kurşun-Çinko maden yatağının ilk defa Hititler tarafından işletildiği bilinmektedir(5). Hititlerden sonra, fasılalarla işletilen madende cevher üretimi Osmanlı Devletinin son dönemine kadar sürmüştür. Maden, Cumhuriyet döneminde yalnız bilimsel araştırmalara konu olmuş; fakat üretim yapılmamıştır.

Bu araştırma, Bolkardağ maden yatağına ait Yeşelli Mağarasından temin edilen altın-gümüş-kurşun içerikli cevher üzerinde, altın, gümüş, kurşunun kazanılmasına ışık tutma amacı ile yürütülmüştür. Cevher üzerinde mineralojik etüd ve kimyasal analizler yapılarak cevherin özellikleri saptanmış; ön zenginleştirme ve siyanür çözündürmesi ile altın, gümüşün kazanılması etüd edilmiştir.

2. DENEYLERDE KULLANILAN NUMUNENİN ÖZELLİKLERİ

Deneyler, madende saptanan rezervin % 75'ine yakın bir kısmının bulunduğu Yeşelli Mağarasından temin edilen numune üzerinde yürütülmüştür(3,4). Cevherin mineralojik etüdü ve kimyasal analizleri yapılarak özellikleri saptanmıştır.

2.1. Kimyasal Özellikler

Cevherin kimyasal özelliklerini ortaya çıkarabilmek için yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1 - Numunenin tam kimyasal analiz sonuçları

Elemanlar	İçeriği
Au (gr/t)	144
Ag (gr/t)	415
Pb (%)	7,03
Zn (%)	2,75
Fe (%)	30,47
CaO (%)	2,60
SiO ₂ (%)	20,40
MgO (%)	0,35
Al ₂ O ₃ (%)	4,76
Cu (%)	0,19
Mn (%)	0,76
SO ₂ (%)	1,62
Na ₂ O (%)	0,04
K ₂ O (%)	0,90
Sb (%)	0,10

Analiz sonuçlarına göre, cevherin önemli sayılabilecek mertebelerde altın, gümüş ve kurşun, ayrıca çok miktarda demir ile SiO_2 içerdiği anlaşılmaktadır.

2.2. Mineralojik Özellikler

Cevherdeki mineraller, cevher mikroskobu ve X-ışınları difraksiyon yöntemleri ile saptanmıştır.

Yapılan mineralojik etüdler sonucunda; nabit altın, elektrum (altın-gümüş alaşımı), nabit gümüş, galen, seruzit, plumbo-jarosit, jarositlere bağlı gümüş, mimetit, smitsonit, hidrozinkit, hemimorfite, götit-lepidokrosit-limonit, pirit, kalsit, kuvars, feldspatlar, muskovit, serisit, psilomelan ve kil minerallerinin varlığı belirlenmiştir.

Parlak kesitler üzerinde yapılan incelemelerde, limonit içinde 3-15 mikron boyutunda nabit altın ve 2-20 mikron boyutunda nabit gümüş gözlenmiştir. Zenginleştirilmiş numunelerde yapılan incelemelerde ortalama altın boyutunun 20×70 mikron olduğu ve gözlenen en iri altın tanesinin ise 60×150 mikron boyutunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca gümüşün önemli bir kısmının plumbo-jarosite bağlı olduğu kimyasal analiz yolu ile saptanmıştır.

Cevherdeki kurşun minerallerinin büyük bir kısmını plumbo-jarosit ($PbFe_6(SO_4)_4(OH)_2$) ile seruzit ($PbCO_3$) oluşturmakta; az miktarda galen ve mimetit ($Pb_5(AsO_4)_3Cl$) bulunmaktadır.

Limonit-götit-lepidokrosit (demir hidroksitler) içerik yönünden cevherin yarısına yakın kısmını oluşturmaktadır. Birçok parlak kesitte piritlerin götit ve lepidokrosit halinde limonite ayrıştığı gözlenmiştir. Cevherin sarımsı-kahverengi görünümü limonit ile plumbo-jarositten kaynaklanmaktadır.

3. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

Altın, gümüş ve kurşunu zenginleştirebilmek için fiziksel ve kimyasal zenginleştirme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Fiziksel zenginleştirme olarak cevher boyut küçültme ve boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme, özgül ağırlık farkına göre (sarsıntılı masa) zenginleştirme; kimyasal zenginleştirme olarak da siyanürle çözündürme uygulanmıştır.

3.1. Boyut Küçültme ve Boyuta Göre Sınıflandırma ile Zenginleştirme

En iri tane boyutu 100 mm dolayında olan numune, laboratuvar tipi çeneli ve konili kırıcıda değişik boyutlara kırılmış, kırıcı ürünlerinde elek analizi yapılmıştır. Konili kırıcıda 6 mm'nin altına kırılan numunenin boyut ve boyuta göre altın, gümüş ve kurşun dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir.

Kırma deneyleri sonucunda, cevherin oldukça gevrek yapıda olduğu anlaşılmıştır. 6 mm altına kırılan numunedeki 0.150 mm altı, Çizelge 2'den de görüleceği gibi %41 dolayındadır. Boyut aralıklarındaki gümüş ve kurşun içeriğinde, iri boyuttan inceye doğru gidildikçe az da olsa bir artış izlenirken; altının **-0.150 +0.38 mm** boyut aralığında belirgin bir şekilde zenginleştiği görülmektedir.

Çizelge 2— 6 mm altındaki konili kırıcı ürününün boyut ve boynta göre Au, Ag, Pb dağılım sonuçları

Elek Boyutu -mm-	MİKTAR			ALTIN		GÜMÜŞ		KURŞUN	
	%	2 % I	S% t	gr/t	Dağılım %	gr/t	Dağılım %	%	Dağılım %
-6.00+2.80	15.5	15.5	100 X)	300	3.3	351	12.8	5.91	13.1
-2.80+1.18	12.2	27.7	84.5	11.2	9.4	385	11.3	6.71	11.6
-1.18+0.600	10.3	38.0	72.3	10.3	7.3	392	9.7	6.77	93
-0.600+0.150	20.8	58.8	62.0	12.3	17.5	413	20.7	6.83	20.2
-0.150+0.038	17.9	76.7	41.2	31.5	38.6	477	20.6	7.95	20.2
-0.038	23.3	100.00	23.3	14.9	23.9	442	24.9	7.52	25.0
TOPLAM	100.0			14.5	100 0	415	100 00	7.03	100X)

3.2. özgül Ağırlık Farkına Göre Zenginleştirme

özgül ağırlık farkına göre zenginleştirme deneylerinde laboratuvar tipi Wiley sarsıntılı masası kullanılmıştır. Değişik boyutların altına indirilen numuneler ile yapılan ön deneyler ve daha önce yapılan mikroskobik incelemeler, kurşun minerallerinin 0,5 mm altında yeterli derecede serbestleşebildiğini gösterdiğinden; numune, fazla ufalanmayı engellemek üzere laboratuvar tipi merdaneli kırıcı kullanılarak, kademeli bir şekilde 0,5 mm altına kırılmış ve Çizelge 3'de verilen boyut aralıklarına ayrılmıştır. Her bir boyut aralığı sarsıntılı masadan üç kez geçirilerek kaba konsantreler elde edilmiş, daha sonra kaba konsantreler birleştirilerek temizleme yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda konsantre ile artık elde edilmiştir.

Çizelge 3— Sarsıntılı masa deneyi için hazırlanan numunenin boyut ve boyuta göre Au, Ag, Pb dağılımı sonuçları

Boyut Aralığı -mm-	Miktar %	ALTIN		GÜMÜŞ		KURŞUN	
		gr/t	Dağılım %	gr/t	Dağılım %	%	Dağılım %
-0.500 +0.212	30.7	9.8	20.7	380	28.1	6.67	29.1
-0.212+0.030	37.6	21.1	54.6	371	33.5	7.62	40.8
-0.030	31.7	11.3	24.7	503	38.4	6.69	30.1
TOPLAM	100.0	14.5	100.0	415	100.0	7X)3	100 00

Çizelge 4'de verilen deney sonuçlarına göre, altının davranışı önem taşımaktadır, özellikle, 0.212 mm altında altın önemli mertebelerde serbestleştiğinden, —0.212 + 0.030 mm boyut aralığındaki kurşun konsantresine altının % 70'ine yakın kısmı gelmektedir.

Çizelge 4— Sarsıntılı masa deneyi sonuçları

Beslenen Malzeme	Ürünler	Miktar %	ALTIN		GUMUŞ		KURŞUN	
			gr/t	Verim %	gr/t	Verim %	%	Verim %
-0 500+0 212 mm	Konsantre	65	48 7	32 3	2118	36 3	44 18	43 1
	Artık	93 5	7 1	67 7	259	631	4:05	56 9
	Toplam	1000	9 8	100 0	380	100 0	6 67	100 0
-0 212+0 030 mm	Konsantre	7 8	185 3	68 5	1 852	39 0	57 10	58 5
	Artık	92 2	7 2	31 5	245	51 0	3 43	41 5
	Toplam	100 0	2 11	100 0	371	100 0	7 62	100 0
Toplam Girene Gore	Konsantre	50	1299	44 1	1 960	23 3	51 87	36 7
	Artık	63 3	7 2	31 2	251	38 3	3 71	33 2
	Şlam	31 7	11 3	24 7	503	38 4	6 69	30 1
	Toplam	1000	14 5	1000	415	1000	706	100 0

Sarsıntılı masada birlikte davranan kurşun ile gümüşün kazanma verimlerinin düşük olmasında jarositlere bağlı kurşun-gümüşün payı büyüktür. Plumbo-jarositin özgül ağırlığının nispeten daha düşük olması ve tane şeklinden dolayı bu mineral sarsıntılı masada ancak artık kısmında toplanmaktadır. Yapılan incelemeler sonucunda, kurşunun %40'ının plumbo-jarosite, gümüşün ise %52'sinin jarosit ve demir hidroksitlere bağlı olduğu saptanmıştır.

3.3. Siyanürle Çözündürme Deneyleri

0,5 mm altındaki cevhere sarsıntılı masa ile zenginleştirme uygulanarak, altının %44,1'i gümüşün %23,3'ü ve kurşunun da %36,7'si kurşun konsantresinde kazanıldıktan sonra, 8,5 gr/t Au ve 335 gr/t Ag içeren sarsıntılı masa artığı ile şlam karışımına (artık) siyanürle çözündürme uygulanmıştır.

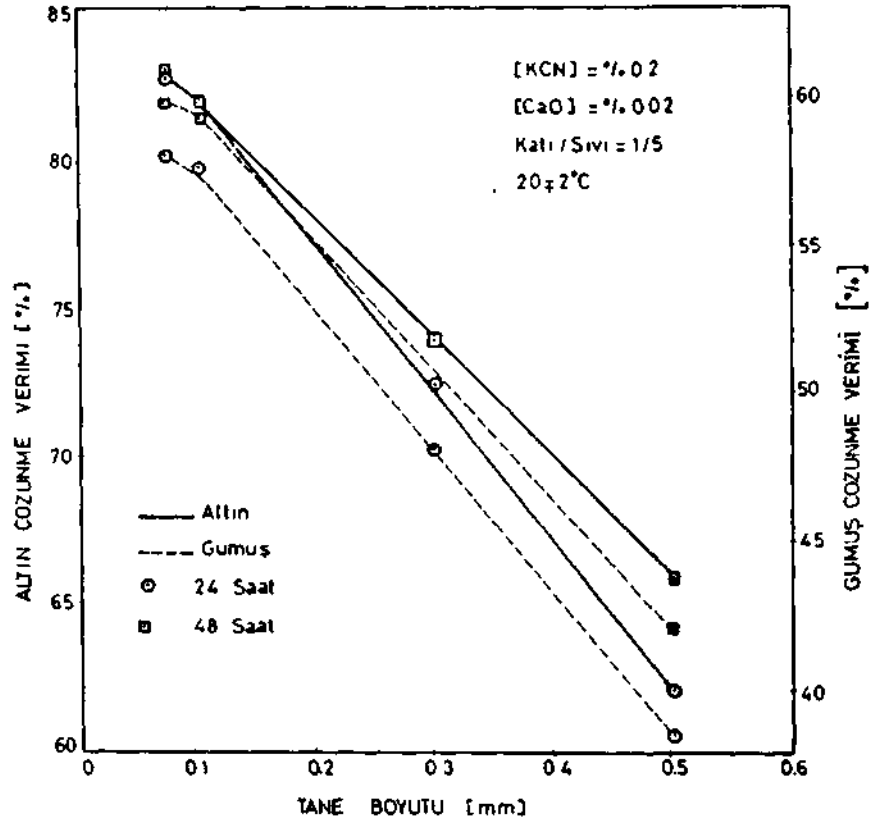
Artıktaki altın ve gümüşü çözeltilmeye alabilmek için yapılan siyanürle çözündürme deneyleri, iki litrelik beherlerde, İKA WERK-RW 15 ve RW 24 mekanik karıştırıcıları ile 375 dev./d. karıştırma hızında yapılmıştır.

Çözündürme süresi içinde reaktif tüketimleri ile çözeltilmeye geçen altın ve gümüş miktarları belirli zaman aralıklarında saptanmış, ayrıca, çözündürme artığında da altın ve gümüş analizleri yapılarak çözeltilmeye geçen metal değerleri kontrol edilmiştir.

Çözündürme deneylerinde çözücü reaktif olarak KCN, koruyucu alkaliliği sağlamak için de Ca(OH)₂ kullanılmış; Ca(OH)₂ tüketim değerleri de CaO cinsinden verilmiştir.

Siyanürle çözündürme deneylerinde, sarsıntılı masa artığı ile şlam karışımı üzerinde ön deneyler yapılarak KCN konsantrasyonu, koruyucu alkali değeri, katı/sıvı oranı ve tane boyutunun çözüldürmeye etkileri araştırılmıştır. Ön deneyler sonucunda belirlenen aşağıdaki koşullar(1) sabit tutularak, tane boyutunun çözünme verimine etkisi araştırılmıştır.

- * KCN Konsantrasyonu : % 0,2
- * Koruyucu Alkali Değeri: % 0,02 CaO
- * Katı/Sıvı : 1/5
- * Pülp Sıcaklığı : 20±2°C



Şekil 1— Artıkta, altın ve gümüş çözünme veriminin tane boyutuna göre değişimi (Max. tane boyutu dikkate alınmıştır)

Çizelge 5 ile Şekil 1 'de verilen deney sonuçlarına göre; tane boyutu küçüldükçe altın ve gümüşün çözünme verimi ile KCN ve CaO tüketimi artmaktadır. Altının çözünmesi 24 saatte, gümüşün ise 32 saatte gerçekleşmektedir.

Deneyler sonucunda belirlenen en uygun çözündürme koşulları:

* KCN Konsantrasyonu	% 0,2
* Koruyucu Alkali Değeri	% 0,02 CaO
* Katı/Sıvı	1/5
* Tane Boyutu	-0,106 mm
* Pülp Sıcaklığı	20±2°C
* Çözündürme Süresi	32 saat

Çizelge 5- Artıkta, tane boyutunun siyanürle çözündürmeye etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları

» Tane Boyutu •Iran-		Çözündürme Süresi (saat)					
		1	4	8	24	32	48
-0.500	Altın Çözünme Verimi (%)	34.1	44.9	52.3	62.1	63.5	66.0
	Gümüş Çözünme Verimi (%)	21.1	34.2	36.2	38.6	40.1	42.2
	Reaktif Tüketimi (kg/t)	KCN: 1.60 CaO : 17.32					
-0.300	Altın Çözünme Verimi (%)	45.3	56.3	64.1	72.5	73.3	74.1
	Gümüş Çözünme Verimi (%)	28.4	40.3	45.7	48.2	50.3	51.9
	Reaktif Tüketimi (kg/t)	KN-.2.02 CaO: 17.86					
-0.106	Altın Çözünme Verimi (%)	50.3	63.4	71.8	84.2	84.3	83.9
	Gümüş Çözünme Verimi (%)	35.5	47.6	52.3	57.9	60.3	60.5
	Reaktif Tüketimi (kg/t)	KCN:2.46 CaO: 18.75					
-0.075	Altın Çözünme Verimi (%)	51.2	64.1	71.0	83.9	85.1	85.2
	Gümüş Çözünme Verimi (%)	36.2	49.2	54.1	58.3	60.9	61.8
	Reaktif Tüketim (kg/t)	KCN:2.63 CaO: 19.03					

En iyi koşullarda bulunan sonuçlar:

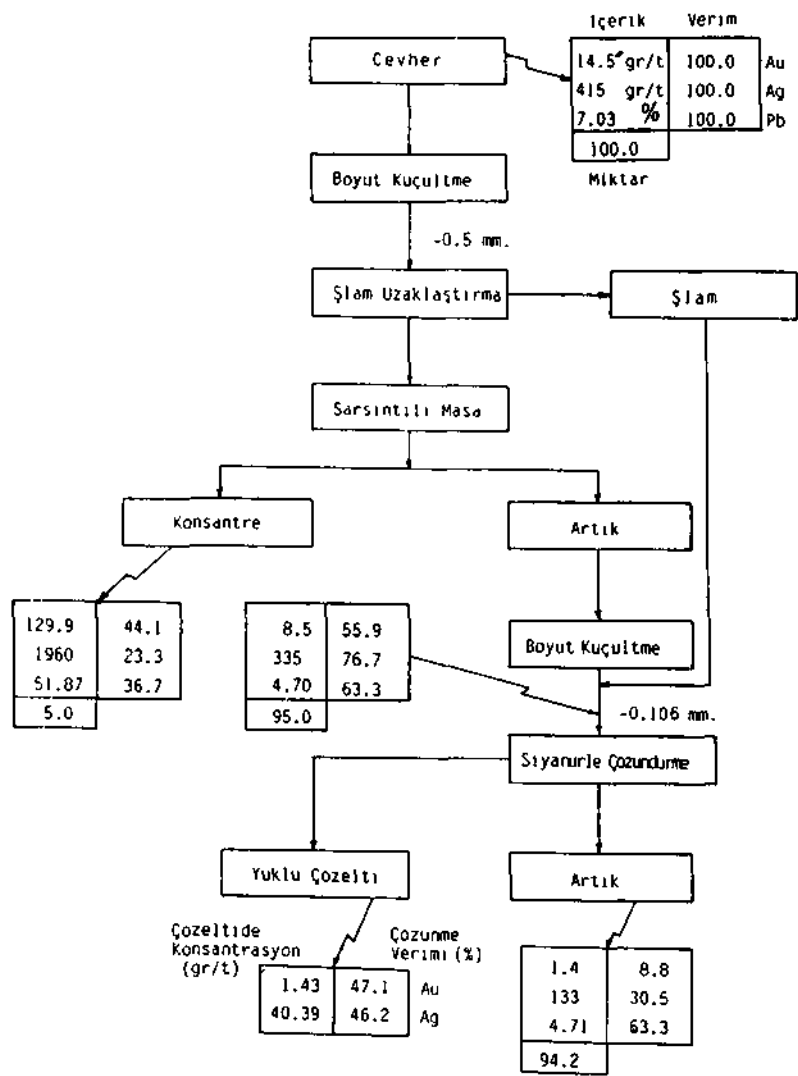
- * Altın Çözünme Verimi : % 84,2
- * Gümüş Çözünme Verimi : % 60,3
- * KCN Tüketimi : 2,29 kg/t cevher
- * CaO Tüketimi : 18,45 kg/t cevher
- * Çözündürme Artığında Altın: 1,4 gr/t; Gümüş: 133 gr/t

En uygun çözündürme koşullarında elde edilen bir ton yüklü siyanür çözeltilisinin 1,43 gr Au, 40,39 gr Ag, 261,2 gr Zn ve 11,3 gr Cu içerdiği saptanmıştır.

4. SONUÇ

Yapılan araştırmalar, cevhere ön zenginleştirme (s.masa) uygulanması ile altın ve gümüş zengin kurşun konsantrisinin elde edilmesi ve ön zenginleştirmeden sonra, artığa siyanürle çözündürme uygulanarak altın ve gümüşün çözeltiliye alınmasının en uygun proses olacağını göstermektedir. Bu proses ile cevherdeki kurşunun %36,7'si, altının % 44,1'i, gümüşün ise % 23,3'ü kurşun konsantrisinde kazanılmakta, siyanür çözündürmesi ile de cevherdeki altının % 47,1'i, gümüşün % 46,3'ü çözeltiliye alınabilmektedir, ön zenginleştirme + siyanürleme prosesine ait akım şeması Şekil 2'de verilmiştir.

Bu proses ile toplam olarak gümüşün % 70'i kazanabilmektedir. Gümüş kazanma veriminin altına göre daha düşük olması jarositlere bağlı gümüşün zor çözünmesinden kaynaklanmaktadır(2,6,7).



Şekil 2— Cevherdeki altın, gümüş ve kurşun'un değerlendirilmesi için, yapılan deneysel çalışmalar sonucunda belirlenen akım şeması

KAYNAKLAR

- ACARKAN, N., Bolkardağ Altın-Gümüş-Kurşun-Çinko Cevherlerinin Değerlendirilme Olanaklarının Araştırılması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1984
- SERYUKOV, N., KUZMİN, B., CHELISCHEV, Y., General Metallurgy, Ing. Trans: KUZNETSOV, B., 2. Edition, Moskov., 1969
- OELSNER, O., Bolkardağ Madenindeki Pb, Zn, Ag ve Au Maden Yatağı, MTA Yayınları, Dergi No: 4, Ankara, 1938, s. 91-102
- OELSNER, O., Bolkardağ Madeninde Yapılan Arama İşleri Hakkında Rapor, MTA, 1938, Yayınlanmamış Rapor
- ÇALAPKULU, F., Bolkardağ Maden Yatağının Yer Kimyası İncelemesi, Eu Yer Bilimleri Fakültesi, Yayınlanmamış Doçentlik Tezi, İzmir, 1979
- LADAME, G., Bolkardağ Altınlı Alüvyonlarının Muamele Tecrübeleri Hakkında İptidai Rapor, MTA, 1937, Yayınlanmamış Rapor
- GROTHER, J.D., DORR-OLİVER, N.V., Türkiye Bolkardağ Madenleri Cevher Treatmentı, MTA, 1938, Yayınlanmamış Rapor