

HALIKÖY İŞLETMESİNE AİT DÜŞÜK TENÖRLÜ CİVA CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ ETÜDÜ

Savcı ÖZBAYOĞLU *)

ÖZET :

Bu yazıda, Halı köy Civa İşletmesine ait düşük tenor l ü cevherlerin ne şekilde değerlendirilebileceği araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmalarını ihtiva eden bu araştırma sırasında, cevherin elek analizleri yapılmış, gravimetrik zenginleştirme metodları tatbik edilmiş, flotasyonla zenginleştirme denenmiş, kimyasal yollardan civa istihsalinin İmkânları araştırılmıştır. Gravimetrik zenginleştirme tecrübeleri cevherin çok düşük olan liberasyon noktası yüzünden başarılı olamamıştır. Flotasyon neticeleri ise başarılı olup % 0,24 Hg. İhtiva eden cevher, % 5 Hg. e kadar konsantr edilmiş ve flotasyon randımanı % 96 olmuştur. Tesislerde bu randımanın daiha da yüksek olması beklenmektedir. % 15 Hg. ihtiva eden konsantreler ise % 86 randımanla elde edilmiştir. Bu konsantreler leaching testlerinde kullanılmış ve leaching yolu ile civa İstihsalinde % 85 civarında bir randıman elde edilmiştir. Bunların neticesi olarak Halıköy'e günde 100 ton tüvenan cevher kapasiteli bir flotasyon tesisi ile yine günde 5 ton konsantr işliyebilecek bir Hereshof fırını kurulması tavsiye edilmiştir. Bunlar kurulduğu takdirde civa istihsaline senede 82 tona çıkacağı gibi maliyet de şişe başına % 55 nisbetinde azalacaktır. Bütün bu hesapların 1964 senesi şartlarına göre yapıldığı da gözden uzak tutulmamalıdır. Bunları şimdiki şartlara uygulamak ayrı bir çalışmayı icabettirmektedir.

ABSTRACT :

The problem of beneficiation of low grade cinnabar ores from Halıköy Mine are reported in this article. The investigations were carried out on laboratory scale and include screen - assay analyses, gravity separation, flotation and leaching.

Gravity separation - due to the low point of liberation - proved to be unsuccessful, but by flotation the ore had been up graded from 0,241 % Hg. to S % Hg. at a recovery of 96 % and up to 15 % Hg. at a recovery of 86 %. These concentrates then were leached by Na²S + NaOH and the metallic mercury was precipitated out of the solution. The combined recovery was as high as 85 %.

By installing a 100 tons/day flotation plant at Halıköy and by treating the concentrates in a multiple- hearth furnace, not only the yearly production will increase by about 82 tons of mercury, but at the same time the production cost will be reduced to 55 % per flask. (Calculations based on 1964's production figures.)

Dünya civa istihlâkinin ve fiyatının devamlı olarak artması ve memleketimizdeki civa cevherlerinin tenörlerinin gittikçe düşmesi, civa müstahsillerini direkt fırınlama usulünden başka metodlara eğilmeğe sevk etmiştir. Bu meyanda Halıköy madeninin direkt fırınlamadaki randıman düşüklüğünün sebebinin araştırılması ve düşük tenörlü civa cevherinin zenginleştirilmesi problemi Etibank tarafından 1964 yılı sonlarında O.D.T.Ü. Maden Bölümüne tevdi edilmiş ve problemin üzerinde çalışılması istenmiştir.

Araştırmalara başlamadan önce Etibankın o ana kadar yapmış olduğu işlemler gözden geçirilmiş, raporlar okunmuş, [1] **) böylece direkt fırınlamadaki randıman dü-

şüklüğünün nereden ileri geldiği araştırılmıştır. Buna göre kayıpların büyük bir kısmı, fırına verilen değişik tenörlerdeki cevherlerden ileri gelmektedir. Cevherin tenörü düşüktüççe, fırın kaybı artmaktadır. O halde fırına verilecek cevherin yüksek tenörlü ve uniform olması yollarının araştırılması gerekmektedir, işte problem önce bu yönden ele alınmış ve flotasyon yoluyla, fırına verilecek cevherin konsantrasyonu İmkânları, ekonomik bir sınır dahilinde araştırılmıştır. Daha sonra, civa istihsalinde direkt fırınlama yerine hidrometalurji metodlarının tatbikatı İncelenmiştir.

Araştırmanın sonunda elde edilen neticelere göre bazı tavsiyelerde bulunulmuştur. Yalnız bütün bu işlemlerin, 1964 yılındaki şartlara göre hazırlanmış olmasının hatırdaki tutulması gereklidir.

*) Maden Yük. Müh.

**) Köşeli parantez içindeki rakamlar yazının sonunda verilen referansları göstermektedir.

Civa ve Cevherleri :

Civa, metaller arasında adı sıcaklıkta sıvı halde bulunan yegâne metaldir, özgül ağırlığı 13,595, erime noktası $-38,85^{\circ}\text{C}$, kaynama noktası $357,25^{\circ}\text{C}$ dir. Birçok metal civa içinde erir. Bu erime sonucu meydana gelen eriyiğe amalgam denir. Bu özelliğinden dolayı altın istihsalinde geniş ölçüde kullanılmaktadır.

En önemli civa cevheri zinobardır. Zinobar (HgS), içinde % 86,2 civa ihtiva eden bir cevherdir. Zinobarın, metaclnabarit adlı siyah modifikasyonu muhtemelen sekonder bir civa cevheridir. Zinobar, kırmızı renkli, 8,2 özgül ağırlığında, sertliği 2-2,5 olan bir mineraldir ve 580°C de süblime olur.

Saf civa, Kalomel (HgCl_2) ve Montroydit (HgO), civa sülfürden teşekkül etmiş sekonder cevherlerdir. Bunların haricinde Meksikada civa İstihsalinde kullanılan Livingstonit (Civasulfoantimonit) de bilinen cevherler arasındadır.

Civa cevherlerinin teşekkülü için bilinen belirli bir kayaç ve jeolojik yaş yoktur. Civa cevherleri her türlü kayaç içinde bulunabilirler. Civa cevherleri bir yüzey teşekkülüdür 300 m. derinlikten sonra ekonomik olarak nadiren çalışırlar.

Civa, elektrik aletlerinde, eczacılıkta, kuru pillerde, kimya sanayiinde, ziraî ilâçlarda, patlayıcı madde imalâtında, solmaz boya endüstrisinde, termometre, barometre imalâtında dişçilikte, altın istihsalinde kullanılır.

Piyasada civa 76 lb. (34,5 Kg.) lık şişeler içinde satılır ve birim bu şişedir. Günümüze kadar istihsal edilen civa miktarının 20 milyon şişe civarında olduğu tahmin edilmektedir. Civa istihsalinde başta gelen ülkeler arasında İspanya, Amerika Birleşik Devletleri, İtalya gösterilebilir. Dünyanın en eski civa madenleri İspanyadadır. Bu madenlerin M.Ö. de faaliyette bulunduğu dair kayıtlar mevcuttur.

Civa İstihsalı :

Civa, istihsalı en kolay metallerden birisidir. Zinobarın 580°C de süblime olması özelliğinden yararlanarak, cevher 600°C ye kadar ısıtılır ve kondense edilerek civa istihsal edilir. Bu gün için civanın üç ana istihsal metodu vardır [2].

- 1 — Retortlar
- 2 — Fırınlr
- 3 — Kimyasal yollar, elektrolitik yollar.

1 — Retortlar : Retortlar iki tip olarak yapılmıştır. Birinci tip retortlara boru retort -

ları, ikinci tip retortlarda da «D» retortları denir. Bu iki tip arasındaki en büyük fark şekil ve büyüklükten ileri gelmektedir. Boru retortlar genel olarak 12 lik gruplar halinde kullanılır, 20 - 30 cm. çapındaki demir borulardan ibarettir. Boyları 2,10 - 2,80 m. arasında değişir. Uç kısımlara yerleştirilen kondenser boruları ise 7,5 cm. çapında ve 2,5 m. uzunluğundadır. Meyilli olarak yerleştirilen bu kondenser boruları bir su havuzuna açılır. İmkân bulunduğu takdirde boruların etrafına bir su ceketi yapılması randımanı artırıcı etki gösterir.

«D» Retortları ise daha büyük olup, düz tarafı üzerine yatırılmış bir «D» şeklindedir. Tek veya ikili gruplar halinde kullanılır. Çalışma prensipleri her iki tipte de aynıdır.

Cevher, retortlara bir defada ve kireçle karıştırılarak verilir. İşlem sona erince retort boşaltılır ve yeniden doldurulur. Retortlardaki kimyasal reaksiyonlar şöyle formüle edilir : $4 \text{HgS} + 4 \text{CaO} \longrightarrow 4 \text{Hg} + 3 \text{CaS} + \text{CaSO}_4$

Retortlar, düşük randıman ve kapasiteleri, yüksek yakıt masrafları ile büyük işletmeler için elverişli değildir. Ancak gelişme çağında veya küçük madenlerde başarı ile kullanılabilir.

2 — Fırınlr : Fırınlr iki ana grupta toplanabilir :

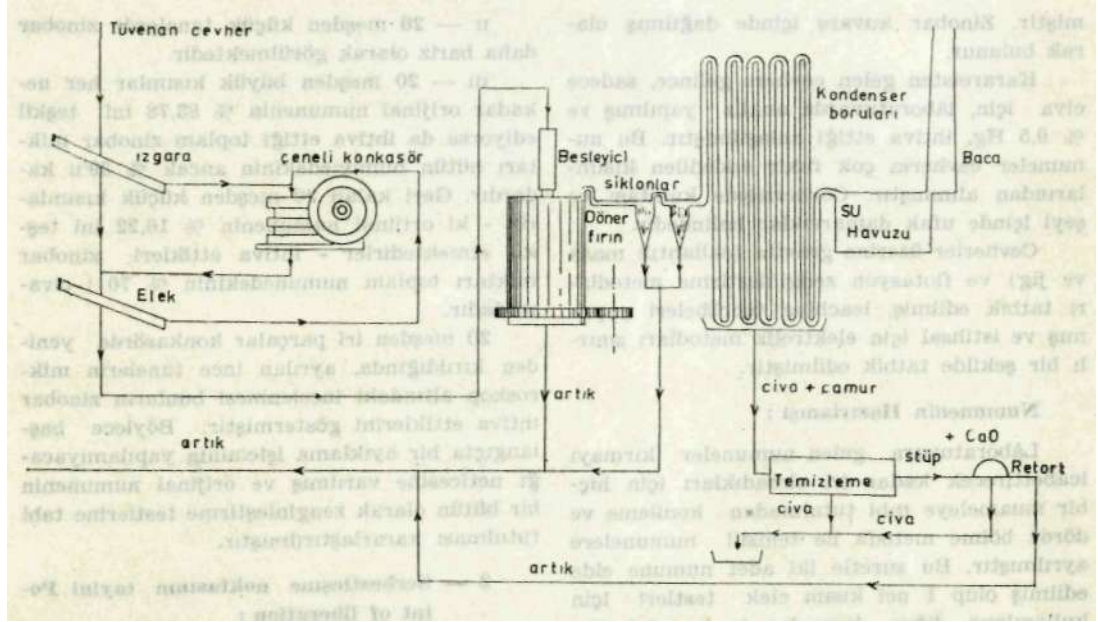
a) Yüksek Fırınlr : Bu fırınlar 3-4 metre yüksekliğindeki bir kuyuyu andırırlar. Cevher ve yakıt üst kısmından verilir ve yanan cevher ve küller alt taraftaki ızgaradan alınır. Yine üst kısma monte edilmiş kondenser boruları ile civa buharları kondenser havuzuna gönderilerek civa buradan toplanır.

Fırının beslenmesi üst taraftaki kapak vasıtası ile olduğundan, besleme sırasında bir miktar kaçak meydana gelmektedir.

b) Mekanik Fırınlr : 1) Döner fırın (Rotary kiln) Döner fırın 60 -150 cm. arasında değişen çaplarda imâl edilir. Büyüklüğüne göre günde 150 tona kadar cevher işleyebilir. Besleme mekanik bir besleyici tarafından yapıldığı için muntazam ve kaçağı azdır. Randımanı % 98'e kadar çıkabilir. Yatayla 6-7 derecelik bir açı teşkil edecek şekilde kurulur ve dakikada bir devir yapar.

u) Hereshof Fırınları : (Multiple Hearth Furnace) Bu fırın bir seri raflar ve bu raflar üzerinde dönerek hareket eden süpürücü kollarından meydana gelmiştir. Bilhassa toz cevher için çok kullanılmalıdır. % 98'e kadar randıman verir.

Fırınlarla retortlar arasındaki farklar da şöyle sıralanabilir:



Şekil : 1 — Halıköy İşletmesi Akım Şeması (Mayıs 1965 Durumu)

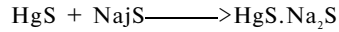
1 — Retortlara verilen cevher yakıtla teması gelmeden, CaO karıştırılarak ısıtılır. Fırınlarda ise yakıt ve cevher beraber verilir ve CaO kullanılmaz.

2 — Fırınlarda devamlı beslendiği halde retortlar devamlı beslenemez. Retort istihsalı kesik kesiktir.

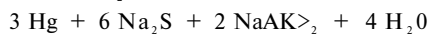
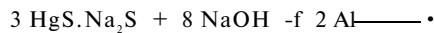


3 — Kimyasal yollar, elektrolitik yollar:

Kimyasal olarak civa, zinobann sodyum-sülfür eriyiğinde çözülmesi ve Al tozları ile çöktürülerek ayrılması ile elde edilir. Reaksiyonun formüle edilişi şöyledir : [3,4]



Eriyik NaOH tarafından bazik hale getirilir ve Al tozları yardımıyla civa çöktürülür.



Şayet çözeltiye Al tozları atmayıp, bir elektrik akımı geçirirsek, civayı saf olarak - kutupta toplamak mümkün olacaktır. Bu metodlar bir çok civa madenleri için henüz deneme safhasındadır.

Civa cevherlerinin izabesi direkt olarak yapıldığı gibi, çok düşük tenörlü cevherler halinde önce zenginleştirme işlemleri de yapılmaktadır. [5] Bu zenginleştirme işlemlerine örnek olarak aşağıdaki işletmeler gösterilebilir :

1 — Exploradora de Mercurio de Huituco,, Meksika.

Bu madende cevher tenörü % 0,24 Hg.

dir ve gravimetrik metodlarla cevher % 1-11 Hg. kadar zenginleştirilmektedir. Randıman % 90 civarındadır.

2 — Sulphur Bank Syndicate, California, U.S.A.

Burada cevher tenörü % 0,2 Hg. dir. Flotasyon sonucu % 5 Hg'e yükselen cevher % 85 randımanla izabe edilmektedir [6].

3 — Nevada, Oregon ve Idahodaki civa işletmeleri de flotasyon yolu ile düşük tenörlü cevherleri zenginleştirmekte ve konsantrileri izabe etmek sureti ile % 95 toplam randıman elde etmektedirler.

Laboratuvar çalışmaları :

Lâboratuvarda iki tip cevher üzerinde çalışıldı. Bu cevherlerden birincisi Etlbank tarafından gönderilen Halıköy işletmesine alt 50 Kg. lık numune, ikincisi ise izmir, Karareis madeninden alınan 25 Kg. kadar numunedir.

Halıköy cevherinin M.T.A. Enstitüsü tarafından yapılan kimyasal analizlerinde şu neticeler alınmıştır :

Hg% 0,20

Fe.....% 4,27

S.....% 3,35

Petrografik analizlere gelince, kayaç genel olarak şistlerden meydana gelmiş olup küçük ve orta boyda kuvars, albit, muskovit (bir kısmı serisit halinde) ve kısmen klorize olmuş biotiti ihtiva etmektedir. Az miktarda olarak turmalin, pirit markasit, limonit grafit ve bir miktar da zlnobara tesadüf edil-

mistir. Zinobar kuvars içinde dağılmış olarak bulunur.

Karareisten gelen cevhere gelince, sadece civa için, lâboratuvarda analiz yapılmış ve % 0,5 Hg. ihtiva ettiği anlaşılmıştır. Bu numuneler cevherin çok fakir addedilen kısımlarından alınmıştır. Cevherleşme kumtaşı ve şeyi içinde ufak damarcıklar halindedir.

Cevherler üzerine gravite (sallantılı masa ve jig) ve flotasyon zenginleştirme metodları tatbik edilmiş, leaching tecrübeleri yapılmış ve istihsal için elektroliz metodları sınırlı bir şekilde tatbik edilmiştir.

Numunenin Hazırlanışı :

Lâboratuvara gelen numuneler kırmayı icabettirecek kadar iri olmadıkları için hiçbir muameleye tabi tutulmadan konileme ve dörde bölme metodu ile temsili numunelere ayrılmıştır. Bu suretle iki adet numune elde edilmiş olup 1 nci kısım elek testleri için kullanılmış, diğer kısımdan ise zenginleştirme deneyleri sırasında istifade edilmiştir.

Bu testlerin gayesi, numunenin tane dağılımını görmek ve taneler içindeki zinobar miktarını mikroskobik olarak tesbit etmektir. Bu suretle başlangıçta herhangi bir ayıklamanın mümkün olup olmayacağı ortaya çıkacaktır. Bunu temin etmek için British Standart elekleri kullanılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

Elek açıklığı, meş.	% ağırlık	Toplam % ağırlık
+ 6	59,91	59,91
6 + 8	7,47	67,38
— 8 + 10	6,98	74,36
— 10 + 14	4,48	78,84
— 14 + 20	4,94	83,78
— 20 + 28	4,32	88,10
— 28 + 35	3,06	91,16
— 35 + 48	2,86	94,02
— 48 + 65	1,92	95,94
— 65 + 100	1,61	97,55
— 100 + 150	1,12	98,67
— 150 + 200	0,70	99,37
— 200 + 270	0,47	99,84
— 270	0,16	100,00

Eleklerden geçirilen parçalar mikroskop altında incelenerek: ihtiva ettikleri zinobar miktarları hakkında fikir edinilmiştir. Böylece ince tanelerdeki zinobar miktarının irilerden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu incelemeler neticesi :

1 — Eldeki numunenin % 83,78'i 20 meşden daha büyüktür.

u — 20 meşden küçük tanelerde zinobar daha bariz olarak görülmektedir.

m — 20 meşden büyük kısımlar her ne kadar orijinal numunenin % 83,78 ini teşkil ediyorsa da ihtiva ettiği toplam zinobar miktarı bütün numunedekinin ancak % 39'u kadardır. Geri kalan 20 meşden küçük kısımların - ki orijinal numunenin % 16,22 ini teşkil etmektedirler - ihtiva ettikleri zinobar miktarı toplam numunedekinin % 70 l civarındadır.

20 meşden iri parçalar konkasörde yeniden kırıldığında, ayrılan ince tanelerin mikroskop altındaki incelenmesi bunların zinobar ihtiva ettiklerini göstermiştir. Böylece başlangıçta bir ayıklama işleminin yapılamayacağı neticesine varılmış ve orijinal numunenin bir bütün olarak zenginleştirme testlerine tabi tutulması kararlaştırılmıştır.

2 — Serbestleşme noktasının tayini Point of liberation :

Herhangi bir zenginleştirme metoduna karar vermeden önce cevherin serbestleşme noktasının tayini ioabetmektedir. Bunun için muhtelif irilikteki parçalar mikroskop altında incelenerek bir neticeye varılmasına çalışıldı. Zinobar genellikle kuvars içinde disemine halde görüldü. Ancak 150 meşden küçük parçalarda zinobarın serbest bir halde olduğu müşahade edildi. Elek analizlerinden de görüldüğü gibi numunenin büyük bir kısmının 150 meş'in üstünde olması yüzünden, bütün numunenin bu meşin altına geçecek şekilde kırılmasına karar verildi.

3 — Kırma işlemleri :

Kırma işlemleri lâboratuvardaki üç çeşit makina üzerinde denendi. Cevher ilk olarak çeneli konkasörde kırıldı. Kırma esnasında herhangi bir resistansla karşılaşmadı. Çene açıklığı 3,3 mm.'ye ayarlandı ve aşağıdaki neticeler alındı :

Elek açıklığı, mm.	% ağırlık	Toplam % ağırlık
+ 3,353	31,37	31,37
+ 1,676	10,26	41,63
+ 0,790	16,46	58,09
+ 0,353	18,20	76,29
+ 0,211	5,12	81,41
+ 0,104	5,50	92,03
+ 0,076	3,81	95,84
— 0,076	4,16	100,00

Çeneli konkasörden sonra cevher merdanelere verildi. Burada gaye — 35 ile + 50 meş

civarında bir irilik temin etmektir. Merdanelerde kuvars parçalarının çok zor kırıldığı müşahade edildi. Merdanelerde alınan neticeler aşağıdadır :

Merdane açıklığı 35 meşe ayarlı :

Elek açıklığı meşe	ağırlık %	Kümülatif %
+ 28	6,15	6,15
- 28 + 35	13,06	19,21
- 35 + 48	46,17	65,38
- 48 + 65	22,85	88,23
- 65 + 100	6,13	94,36
-100 + 150	3,77	98,13
- 150	1,87	100,00
	100,00	

Merdane aralığı 65 meşe ayarlı :

Elek açıklığı meşe	ağırlık %	Kümülatif %
+ 35	3,18	3,18
- 35 + 48	67,58	71,76
- 48 + 65	27,14	98,90
- 65 + 100	0,86	99,76
- 100	1,87	100,00
	100,00	

Böylece değirmene verilecek cevher için merdane açıklığı 65 meşe olarak tayin edildi. Asın öğütmenin (overgrinding) önüne geçilmiş oldu.

4 — Bilyalı Değirmen Deneyleri :

Bilyalı değirmende 1 Kg. lık numuneler üzerinde çalışılmıştır. En iyi netice % 66 katı yoğunluğundaki pülplerin öğütülmesi ile elde edildi, öğütme süresi demir bilyalar için 50 dakika, kuvars bilyalar için ise 130 dakika olarak tesbit edildi. Bu müddetler sonunda cevherin % 96 sı 150 meşe ve altında öğütülmüştür. 300 meşlik öğütme için ise müddet demir bilyalar için 110 dakika, kuvars bilyalar için ise 280 dakika tesbit edilmiştir.

Zenginleştirme Deneyleri :

a) Gravite metodları : Gang ile cevher arasındaki gravite farkının çok büyük olması zenginleştirmenin gravite metodları ile yapılabileceği hissini uyandırıyor da, serbestlenme noktasının düşük olması bu imkân ortadan kaldırmıştır. Gravite metodlarının de-

nenmesinin yegâne sebebi, flotasyona verilecek cevher miktarında bir azaltma yapabilmek, dolayısıyla flotasyon tesisinin maliyetini düşürmektir. Böylece gravite deneylerinde esas olarak üzerinde durulan nokta temiz bir artık elde etmek olmuştur. Fakat sallantılı masa ve diyaframlı jig ile yapılan bütün deneylerde, böyle bir temiz artık elde edilememiş ve zenginleştirme metodu olarak flotasyonun tatbikine karar verilmiştir.

Ancak Karareis madeninden alınan numunenin sallantılı masada zenginleştirilmesi mümkün olmuş, fakat elde edilen numunenin az oluşu sebebi ile daha detaylı tecrübeler yapılamamıştır. Buna rağmen bu numunenin sallantılı masadan geçirilmesi ile, kurulacak flotasyon tesisinin kapasitesinin yarı yarıya düşüleceği tahmin edilmektedir.

b) Flotasyon Deneyleri :

Flotasyon tecrübeleri yapılırken gözönüne alınan noktalar tamamen istihsali ilgilendiren kısımlardır. Bu sebepten iki çeşit konsantre elde edilme yoluna gidilmiştir.

1) Cevheri fırında izabeye hazır hale getirmek.

ii) Cevheri leaching'e hazır hale getirip kimyasal yollardan istihsal yapmak. Deneyler sırasında Denver Sub - A, 1 Kg. kapasiteli selüller kullanılmıştır. El ile ilâve edilen reaktiflerin % 1 lik solüsyonları tatbik edilmiştir. Solüsyonlar günlük hazırlanmış olup taze olarak kullanılmıştır.

Kullanılan reaktifler : [6, 7, 8]

Bastırıcılar	NaCN Pirit için Nişasta Grafit için
P: Modifikatörleri	Kireç kaymağı Sodyum karbonat (Na ⁺ CO ₃)
Aktivatörler	CuSO ₄ , CuCL ₂ ve bazı deneyler Kurşun Asetat.
Kollektörler	Z- 3 Potasyum Etil Xanthate Z- 4 Sodyum Etil Xanthate Z - 5 Potasyum Amil Xanthate Z - 9 Sodyum Isopropil Xanthate Z -11 Potasyum Isopropil Xanthate

KoUektörler içinde en fazla kullanılanı Z - 4 ve Z - 5 olmuştur. Köpürtücü olarak Çam yağı, Frothbell SS kullanılmıştır.

Civa fırınları % 1 Hg ihtiva eden cevherleri % 98 randıman ile izabe edebilmektedirler. Bu sebepten fırına gönderilecek cevherin çok yüksek tenörlü olmasına lüzum yoktur. Fırınlanacak cevher için yapılan deneylerde

zenginleştirme randımanının yüksek olmasına çalışılmıştır.

Kimyasal olarak istihsal metodlarında ise solüsyondaki civa konsantresi önemli olduğundan, ikinci tip deneylerde civa tenorunun yüksek olmasına çalışıldı. Aynı zamanda optimum randıman da araştırıldı.

Tablo : I — Fırınlama için yapılan flotasyon deneyleri ve neticeleri

Deneyler	Konsantre		Artık		Randıman
	Ağır. %	% Hg	Ağır. %	% Hg	%
1	3,11	5,950	96,89	0,016	92,2
2	2,50	7,410	97,50	0,015	92,6
3	2,80	6,740	97,20	0,012	94,1
4	3,67	5,150	96,30	0,008	94,5
5	3,50	5,450	96,50	0,009	95,0
6	3,21	5,92	96,79	0,010	95,5
7	3,61	5,340	96,39	0,010	95,5
8	2,72	7,080	97,28	0,009	95,7
9	3,85	5,000	96,15	0,009	95,7
10	3,04	6,300	96,79	0,006	95,8
11	3,49	6,300	96,51	0,067	96,3
12	4,21	4,620	95,79	0,006	96,8
13	3,42	5,680	96,58	0,006	97,0

Leaching için yapılan flotasyon deneyleri

Deney.	Konsantre		I. Artık		U. Artık		Kan. %
	% Ağır.	% Hg	% Ağır.	% Hg	% Ağır.	% Hg	76,6
1	0,48	32,00	3,84	0,840	95,68	0,015	81,2
2	0,70	23,60	5,44	0,460	93,86	0,010	82,1
3	0,89	18,50	4,16	0,545	94,95	0,014	86,1
4	1,19	17,10	4,56	0,440	94,44	0,008	87,0
6	1,19	14,70	3,84	0,420	94,97	0,012	87,0

Tablo : 2 — Deneylerde Kullanılan Reaktif Miktarları
tik grup deneylerde

Deney.	Bastıncı gr/ton		P _H Modif.		Aktivatör gr/ton		Kollektör gr/ton		Köpiirtücti gr/ton	
	Bst.	Mik.	Mod.	P _H	Aktv.	Mik.	Koli.	Mik.	Köpt.	Mik.
1	NaCH	200	Kireç	9,5	CuSO ₄	180	Z-5	160	Çam Yğ.	20
2	»	200	NaOH	10,0	Pb. Aset.	150	Z-9	160	>	20
3	»	200	»	9,6	CuCl ₂	200	Z-5	150	»	20
4	»	200	Kireç	8,5		150	Z-4	160		20
5	»	200	Kireç	9,5	»	175	Z-5	140	»	20
6	»	250	»	9,5	CuSO ₄ ,	150	Z-5	130		20
7	>	180	»	10,0		200	Z-4	135	Froth Bss.	12
8	»	200	»	9,5	»	200	Z-5	175	Çam Yğ.	20
9	>	175	»	9,0	»	200	Z-4	120	Froth Bss.	12
10	>	200	>	10,0			Z-5	155	Çam Yğ.	20
11	»	200	»	9,5	CuCl ₂	275	Z-5	175	Froth Bss.	12
12	»	200	»	10,5	CuSO ₄	175	Z-5	140	Çam Yğ.	20
13	»	200	»	8,5	CuCl ₂	200	Z-9	150	Çam Yğ.	20

İkinci grup deneylerdeki reaktif miktarları

1	NaCN	200	NaOH	10,5	CuSO ₄	240	Z-5	200	Çam Yğ.	25
2	>	200	Kireç	9,5	CuCl ₂	210	Z-9	180	»	25
3	>	200	»	9,5	CuSO ₄	180	Z-5	210	»	25
4	»	200	NaOH	10,0	—	—	Z-9	190	.	25
5	>	200	Kireç	11,0	CuSO ₄ ,	200	Z-5	190	»	20

Deneyler sırasında adi musluk suyu kullanıldı. Suyun kompozisyonu deneylere önemli derecede etki etmedi. Deneyler sırasında sıcaklık 15-18°C civarında idi.

Flotasyon sırasında P_H'ın önemli bir etkisi görülmedi fakat bazik ortamdaki neticeler daha iyi idi.

Yukarıdaki deneylerden alınan sonuçlara göre cevherden % 5 Hg 11 konsantreleri % 96 randıman ile; % 15 Hg 11 konsantreleri ise % 86 randıman ile elde etmek mümkün olmuştur.

Leaching Deneyleri :

Zinobarm, sodyum sülfür içinde kolayca, potasyum sülfür içinde ise de kısmen çözüldüğü bir gerçektir. Deneyler bu noktadan hareket edilerek geliştirilmiş ve civanın kimyasal yollardan elde edilebilme özellikleri araştırılmıştır.

Sodyum sülfür çözeltisi flotasyon konsantreleri üzerinde denenmiştir. Çözeltiye sod-

yum hidroksit veya potasyum hidroksit üa- ve edildiğinde çözünürlüğün daha da arttığı müşahade edilmiştir. Zinoban bu çözeltilerde çözdükten sonra deneylerin ikinci kısmı olan civanın elde edilmesine geçildi. Bu kısımda da iki yol takip edildi.

1) Alüminyum tozları vasıtası ile çözeltideki civa çöktürüldü.

u) Çözeltiye doğru akım tatbik edilerek civanın - kutupta toplanması temin edildi [9].

Deneylerin detayları :

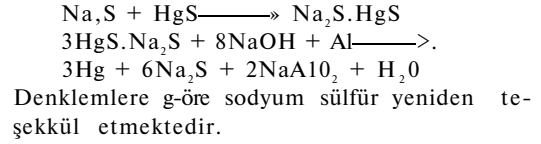
Kullanılan reaktifler :

Na ₂ S	150 gr/lt	solüsyon
K ₂ S	150 gr/lt	solüsyon
NaOH	150 gr/lt	solüsyon
KOH	150 gr/lt	solüsyon

Reaktifler kimyasal saflıkta olup, solüsyonlar saf suda hazırlanmıştır.

Belli miktardaki konstantre alınarak, hazırlanmış solüsyon içine atılır. Bu solüsyon yarım saat kadar karıştırılır. Bunun üzerine

alüminyum tozları atılarak 15 - 20 dakika karıştırılır ve karışım beş altı saat kendi haline bırakılır. Bu müddet sonunda metalik civa kabın dibine toplanmıştır. Olay kimyasal olarak şöyle formüle edilebilir :



Aşağıdaki testler 10 gr. flotasyon Konsantresi üzerinden yapılmıştır. Flotasyon konsantrelerinin ortalama tenörü % 15 Hg'dir.

Test No.	NajS mi	NOH mi	K ₂ S mi	KOH mi	Al gr	Hg Randımanı %
1	10	4	—	—	0,4	87,0
2	12	4	—	—	0,5	90,0
3	15	5	—	—	0,6	86,5
4	20	7	—	—	0,7	76,5
5	12	4	—	—	0,5	94,0
6	12	4	—	—	0,5	93,5
7	—	—	12	4	0,5	53,0

Aşağıdaki testler ise % 15 ortalama tenörlü, 25 gr flotasyon konsantreleri üzerinde yapılmıştır :

Test No.	NajS mi	NOH mi	K ₂ S mi	KOH mi	Al gr	Hg Randımanı %
8	30	10	—	—	0,75	82,0
9	40	13	—	—	1,00	81,5
10	50	18	—	—	1,00	85,5
11	—	—	50	—	1,00	13,0
12	—	—	50	18	1,00	78,0
13	—	—	45	15	1,00	90,0
14	—	—	45	15	1,00	86,5
15	46	—	—	15	1,00	93,0
16	—	15	45	—	1,00	93,0

Elektrodepozisyon testlerine gelince, demir elektrotlarla yapılan tecrübeler laboratuvar imkânsızlıkları ve vakit kıyafetsizliği yüzünden fazla başarı kazanamamıştır. Kontrol edilecek faktörlerin çokluğu sebebi ile bu deneylerin ileride yapılması tavsiye edilmiştir.

Neticeler : (Halıköy cevheri için)

1 — Cevher ufalanmaya elverişli olduğundan ufak parçalar daha fazla zinobar ihtiva etmektedir. Ufalanma cevherin nakliyatı sırasında bile vukubulmakta ve ilk önce zinobar ihtiva eden parçalar ufalanarak ayrılmaktadır.

2 — Zinobar kuvars ile grift bir halde dir ve liberasyon noktası 150 meş civarındadır.

3 — Cevher herhangi bir ön ayıklamaya tabi tutulamaz.

4 — Gravimetrik metodlar zenginleştirmede kullanılamaz.

5 — Cevher flotasyon metodu ile başarılı bir şekilde konsantre edilebilir.

Konsantre yüzdeleri ile randımanlar şöyle sıralanabilir :

% 32 Hg, % 76,6 randımanla; % 15 Hg, % 86 randıman ile; % 5 Hg, % 96 randımanla konsantre edilebilir. Tenor yükseldikçe randıman da düşmektedir.

6 — Flotasyon deneylerinde cevher taze iken herhangi bir aktivasyona ihtiyaç hissedilmemiştir. Ancak uzun müddet atmosferle temasta kalmış yüzeyler için CuSO₄, CuCl₂ ve kurşun - asetat iyi neticeler vermektedir. Bu reaktifler kondisyoner devresine ilâve edilmelidirler.

7 — Köpürtücü olarak çam yağı iyi netice vermiştir.

8 — Toplayıcı (kolektör) olarak herhangi bir xanthate kullanılabilirse de Z—5 ve Z—9 daha başarılıdır.

10 — Pülp yoğunluğu : Değirmende % 66 katı yoğunluk, flotasyon selülünde de % 35 katı yoğunluk optimum neticeyi vermektedir.

1 — Flotasyon için saf suya ihtiyaç yoktur.

12 — Pülp sıcaklığının da esaslı bir tesiri görülmemekle beraber 13°C nin altı pek tavsiye edilmez.

13 — Kontakt zamanı flotasyon selülünde 10-15 dakikadır.

14 — P_H in flotasyona önemli bir etkisi yoktur. 8 - 10 P_H arasında iyi neticeler alınmaktadır.

15 — % 15 Hg nin üzerindeki konsantrler Na₂S ve NaOH karışımı ile veya K₂S ve KOH karışımı ile verimli bir şekilde leach edilebilir.

16 — Pratikte 1 gr. saf zinoar için 1,2 gr. Na₂S sarfedilmektedir. Şayet NaOH ilâve edilirse reaksiyon hızlanmaktadır. Leaching zamanı, ince taneli numunelerle çalışıldığında ve iyi karıştırma yapıldığında 15 - 30 dakika arasındadır.

17 — Leachingde tane büyüklüğü çözülmeye önemli derecede etki etmektedir. İnce tanelerde hem leaching tam olmakta, hem de zaman daha kısalmaktadır.

18 — Çözeltideki civayı Al tozları ile çöktürmek mümkündür. 1 gr. Al, 5 gr. cıva çöktürebilmektedir. Solüsyondaki cıva miktarı litrede 25 gr. dan az olmamalıdır [4]

Deneylerden elde edilen neticelerin ışığında Hahköy için bazı tavsiyelerde bulunabilmek nedeni ile madenin 1964 yılındaki çalışma durumuna kısa bir göz atmak faydalıdır.

Hahköy madeni, yer altı metodları ile istihsal yapan bir işletmedir. 252 000 tonluk % 0,241 Hg ihtiva eden rezervi vardır. Sene-lik istihsali 26 500 ton tüvenan cevher veya 40 ton metalik civadır. Yani 1964 yılında yeraltından çıkarılan 64 ton saf civaya tekabül eden tüvenan cevherden ancak 40 ton kadarı istihsal edildiğine göre işletmenin randımanı % 62,5 civarındadır.

Cıva istihsali 100 tonluk bir döner fırınla temin edilmekte olup fırının günlük şarjı 72 ton civarındadır. Kondenser boruları 400 mm. çapında ve 264 m. uzunluğundadır. Fırınla kondenser boruları arasına konan siklonlar cevherdeki tozu tutarak kondenser borularına girmesini önlerler. Siklonlarda toplanan toz-

lar atılmaktadır, işletmede 1 şişe civanın maliyeti 3 450,00 TL. civarındadır.

Tavsiyeler :

1 — Tatbik edülen maden metodu yüzünden yer altında çok ufak parçalar kalmaktadır. Bu sebepten daha yer altında bazı kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıpları önleyecek bir maden metodu tatbik edilmelidir.

2 — Halihazırdaki tesislere bir 100 ton/gün kapasiteli flotasyon tesisi ilâve edilerek, firm yerine 5 ton/gün kapasiteli bir Hereshoff (Multiple heart) fırını konulmalıdır.

3 — Cevher istihsali 26 500 tondan 36 500 tona çıkarılmalıdır.

4 — 300 KWH lik bir güç merkezi ile 350 İt/dakikalık yeni bir su şebekesi tesis edilmelidir.

Bunlar yapıldığı takdirde elde edilecek faydalar şöyle sıralanabilir :

a) 100 tonluk fırın yerine sadece 5 tonluk bir fırın konulduğunda, bu fırının hem bakım masrafları az olacak, işletmesi kolay olacak ve toz halindeki cevher dahi başarılı bir şekilde izabe edilebilecektir. Hereshoff fırınları bilhassa ince cevherler için çok elverişlidir.

b) İstihsalin 36500 tona çıkması ile flotasyon tesislerinin ihtiyacı olan 100 ton/gün cevher temin edilmiş olacaktır.

c) Flotasyon tesisleri sayesinde tüvenan cevherin sadece 5 tonu fırına verileceği için, 95 ton taşı boş yere ısıtma durumunu ortadan kalkacak ve yakıtta % 95 nisbetinde tasarruf sağlanacaktır.

d) Fırına verilen cevher yüksek tenörlü olduğundan kondenser borularındaki metalik cıva miktarı daha fazlaşacak, böylece retortların yükü hafifleyecektir.

e) Bu fırın sayesinde izabe randımanı % 97 - 98 civarına çıkacaktır.

f) Flotasyon tesislerinin randımanı da % 96 civarında olduğundan, genel randıman % 94 civarında olacak ve işletme 40 ton cıva yerine 82 ton cıva istihsal edecektir.

g) 7 sene içinde amorti edilecek bu tesislerle beraber civanın şişe maliyeti nakliye ücreti dahil f.o.b. 1.590,00 TL. sı olacaktır 1964 yılı maliyeti ise 3 552,00 TL. dir.

Maliyet fiyatına esas olan rakamlar, Denver Equipment Co., Pasific Gould Co. kataloglarından ve proforma faturalarından alınmış olup, 1965 yılının şartlarına göre hazırlanmıştır. Buna göre :

Flotasyon tesisi maliyeti	1 775 760 TL.
Fırın maliyeti	658 880 TL.

Enerji merkezi (kWh 1300,00 TL. tesis masrafı olarak)	390 000 TL.
Su şebekesi	347 600 TL.
Retortların onarımı vb.	75 00 TL.
Toplam yatırım miktarı	3 246 640 TL.

Buna göre her yıla isabet eden amortisman masrafı 463 805 TL. sidir.

Tüvenan cevher üzerine tatbik edilen masraflar :

Amortisman masrafları	12,75 TL./ton
Flotasyon masrafları	23,99 TL./ton
Enerji masrafları	0,90 TL./ton
Su şebekesi işletme masrafları	0,90 TL./ton
Pırın işletme masrafı	394,80 TL./ton
Şişe başına yapılan masraflar :	
Şişe masrafları	15,00TL./şişe
Nakliye (Halıköy - İzmir)	2,50 TL./şişe
Satış masrafları	91,00 TL./şişe
Müteferrik masraflar	15,00 TL./şişe
Masrafların 1 ton tüvenan cevhere tat- biki	
Maden işletme masrafları	58,00 TL./ton
tzabe, zenginleştirme, satış vb. masraflar	38,09 TL./ton
Amortisman	12,75 TL./ton
Toplam	108,84 TL./ton

Buna göre şişe maliyeti 1.590,00 TL./Şişe
Etibank İşletmesinin
maliyeti 3.552,00 TL./Şişe

Böylece şişe başına maliyet 1 962 TL. da-
ha düşük olacaktır.

R E F E R A N S L A R

- [1] Aka, Z. E.; Halıköy Civa İşletmesi Hakkında Rapor.
- [2] Liddel, M. D.; Handbook of Nonferrous Metallurgy, Vol. 2 New-York, Mc Graw - Hill Co. Inc. 1945.
- [3] Link, R.F.; Caustic Sulphide Leaching of Mercury products U.S. Bureau of Mines Publication No: 5960, 1962.
- [4] Town, J. W. , Sticney W.A.; Beneficiation and Hydrometallurgical Treatment of Complex Mercury Sulphide Products U.S. Bureau of Mines Publication No. 6569, 1964.
- [5] Town, J. W. ; Flotation of low grade ores U.S. Bureau of Mines Publication No: 5748, 1961.
- [6] Gaudin, A. M. ; Flotation, New - York, Mc Graw - Hill Co. Inc. 1957.
- [7] Taggart, A.F. ; Handbook of Mineral Dressing New - York, John Wiley and sons Ins. 1945.
- [8] Pryor, E. J.; Mineral Processing London, Mining Publication Ltd. 1960.
- [9] Sticney W. A.; Precipitation and electrodeposition of Mercury in Caustic Solutions. U.S. Bureau of Mines Publication No: 5960, 1962.
- [10] Özbayoğlu, S.; Beneficiation of low grade Mercury ores from Halıköy and Karareis Mines. Master Thesis, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 1965.