

**BAKIR ve MADENCİLİĞİ
HAKKINDA GENEL BİLGİLER**

Bakırın Özellikleri, Alaşımları ve Mineralleri

Mehmet Yaşar ETHEM*

I – GENEL

Periyodik sistemin birinci yan grubu (29, 47 ve 79 Atom No.lu elementleri) «Bakır Grubu Metalleri» diye adlandırılıp bunlar bakır, gümüş ve altındır,

Kimyasal Özellikleri :

Simgesi	Cu	; ~ ^r
Atom numarası	29	
Atom ağırlığı	63,57 (63,54)	
Değerliliği	I ve II	
Yörüngelerdeki elektron sayısı	2-8-18-1	

Fiziksel Özellikleri :

Yoğunluğu	8,92 - 8,93
Ergime noktası	1083 - 1084 °C
Kaynama noktası	2300 °C
Ergime veya donma ısısı	43 KCal/kg.
20°C'da sıcaklık emsali	0,0039
Orta sıcaklıkta ısı iletkenlik emsali	340-300 KCal/mxhx°C
0° — 100°C arasında ortalama boyca genleşme emsali	165/°C
0 — 100°C arasında ortalama ısınma ısısı	0.094 KCal/kg+x °C
Spesifik direnci (20 °C'da)	0.0178 Ohm/mm ² , m
Isı iletkenliği (0 °C'da)	0.938 Cal/m x s
Elektrokimyasal eşdeğerliği	0,3294 mg/A.s

M.ö. 8000 yılından beri bilindiği sınırlan bakır, kırmızımsıtrak renkte, kolayca dövülüp işlenebilen bir madendir. Soğuk iken dahi dövülüp biçim verilebilen bakırdan, M.Ö. 3700 de tunç yapmaya başlanmıştır.

Aktif metal olmadığı için tabiiatta serbest olarak da bulunur: Nabit Bakır. İletkenlik bakımdan gümüşten sonra ve alüminyumdan evvel gelir. Bu yönüyle elektrik sanayiinde ve mutfak eşyaları imâlinde çok kullanılır.

* Maden Yüksek Mühendisi, Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. — ANKARA.

İnsan vücudunda 150 mg kadar bakır vardır. Bilhassa kan, dalak, pankreas, beyin ve karaciğer gibi organlarla plasmada bulunur.

Dünyada yıllık bakır üretimi 8,500.000 ton civarında olup başlıca üretici ülkeler Şili, A.B.Đ., Zambiya, Kanada > Kinshasa (Kongo), Güney Afrika Cumhuriyeti, Avustralya, Peru, Filipinler, Yugoslavya, Zaire ve Japonya'dır.

Bakır terimleri arasında Kara Bakır, Tersip Bakır, Nabit Bakır, Anod Bakır, Elektrolitik Bakır, Blister Bakır ve Rafine Bakır'ı sayabiliriz.

Bakır Lâtince'de Cuprum, İngilizce'de Copper, Almanca'da Kupfer, Fransızca'da Cuivre'dir. Gerek Murgul'daki Küre Mahallesinin gerekse Kastamonu'nun Küre İlçesinin isimlerinin, Fransızca «Cuivre»den geldiği söylenmektedir. Keza İngilizce Cyprus olan Kıbrıs Adasının da, bakır madeni bulunması nede-

niyle, Cuprum'dan geldiği bilinmektedir.

2 — ALAŞIMLARI

Saf halde iken, yukarıda da belirtildiği gibi, yumuşak olan ve bu nedenle dayanıksız olup tornaya da gelmeyen bakırdan,- iletken dışında kullanılabilmesi için alaşım haline getirilmesi icadedir. Saf haldekine nisbetle daha sert, dayanıklı ve döküme de elverişli olan bakırın başlıca alaşımları şunlardır :

Alaşımın adı :	Terkibi :	
Gümüş para	% 10 Cu	% 90 Ag
Nikel para	% 75 Cu	% 25 Ni
Pirinç	% 60-73 Cu	% 27-40 Zn
Bronz (Tunç)	% 89 Cu	% 11 Sn ve Zn
Alman gümüşü - Yeni gümüş	% 57 (60) Cu	% 19 (25) Zn % 24 Ni (25)
Alüminyum tuncu	% 90 Cu	% 10 Al
Çan metali	% 75-80 Cu	% 20-25 Sn
Be - Cu - Alaşımı	(Para yapımında kullanılan çok sert bir alaşımdır).	
Speculum Metal	% 68 Cu	% 32 Sn
Nikelin	% 58 Cu	% 41 Ni % 1 Mn
Fosfor - Bronz	% 97,6 Cu	% 2 Sn % 0,2 P
Manganin	% 70 Cu	% 30 Mn
Konstanton, Constanton (Euraka)	% 60 Cu	% 40 Ni

Bu arada biraz da **bakır bileşikleri'n**den bahsedelim :

Bakır, iki seri bileşik teşkil eder. Bunlardan biri, bakır (I) bileşikleri, diğeri ise bakır (II) bileşikleridir.

Misaller :

- Bakır (I) Oksit, küpri oksit, Cu_2O
- Bakır (I) hidroksit
- Bakır (2) Oksit, küpri oksit, CuO
- Bakır (2) hidroksit, $Cu(OH)_2$, H_2O
- Bakır (2) Sülfat, Göztaşı, Bakır vitriol, $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$

Bakır (I) bileşiklerinde bakır + 1 değerli, diğeri ise + 2 değerlidir.

Halk arasında «cenger» olarak bilinen bakırın oksitleşmesi, Mazlakittir.

3 — MİNERALLERİ

Toplam bakır minerallerinin sayısı 165'in üzerindedir. Aşağıda bunlar — cevher, mineral veya bakır ihtiva eden mineraller ayırılmaksızın — formülleriyle birlikte verilmiştir.

Bu arada bakır minerallerini teşekkül ve terkip yönünden tasnif etmede fayda vardır.

I) Primer Bakır Mineralleri

- Kalkopirit
- Kalkasin

- c) Tetraedrit
- d) Bormit
- e) Enerjik
- f) Nabit Bakır

II) Sekonder Bakır Mineralleri

- a) Kalkosin
- b) Melakonit
- c) Kalkontit
- d) Malakit
- e) Krizolit
- f) Nabit Bakır
- g) Bornit
- h) Kovellin
- i) Küprit
- j) Brokantit
- k) Azurit
- l) Atakamit
- m) Kalkopirit

III) Terkiplerine göre Bakır Mineralleri

- a) Sülfidler
- b) Sülfarsenitler
- c) Sülfantimonitler
- d) Oksitler
- e) Sülfatlar
- f) Karbonatlar
- g) Silikatlar
- h) Oksikloritler
- i) Nabit Bakır (Nabit Bakır)
- j) Diğerleri
- h) Bakır ihtiva eden mineraller

IV) Bakır istihsal edilen Mineraller

(Bakır Cevherleri)

- a) Kalkosin
- b) Kalkopirit
- c) Malakit
- d) Enerjit
- e) Atakamit (Şili)
- f) Kalkantit

- g) Bakır taşıyan demir sülfidler
 - 1 — Pirit, pyrite, Bakirli pirit
 - 2 — Pirrotin, pyrrhotite, Magnetopirit

- h) Nabit Bakır
- i) Bornit
- j) Azurit
- k) Tetraedrit
- l) Brokantit
- m) Krizolit
- n) Valleriit (Palabora)
- o) Mamsfeld Bakirli Şistleri (Doğu Almanya)

h) Greli Bakır Cevheri «Sandstein Kupfereri» (Polonya)

Bir de bakır cevheri içinde bulunabilen **kıymetli metallerden** ve «yan ürünler» den bahsedelim.

İstisnalar hariç, bakırla birlikte altın ve gümüşe her zaman rastlanır. Bunlar nihayetinde Blister Bakıra geçerler. Altın ve Gümüş'ün blisterden ayrılması, blisterin elektroliz yolu ile saflaştırılmasından sonra olur. Diğer yan ürünler ise kobalt, kadmiyum, selen, tellür, nikel, kurşun, çinko ve kükürttür. Yurdumuzda Küre ve Ergani Bakır madenlerinde kobalt, Karadeniz sahillerindeki bazı yataklarda kadmiyum vardır, işletilmekte olan Küre ve Ergani madenlerimizdeki kobalt maalesef değerlendirilememektedir. İzabehanelerde SO₂ olarak baca gazına geçen kükürt, sülfürik asit ve buna bağlı olarak gübre üretimi için önemli bir yan üründür.

BAKIR MİNERALLERİ

Mineralin adı :	Terkibin (Formülü)	Cu %
1 Kalkopirit, Chalcopyrite, Kupferkies	CuFeS ₂ (Cu ₂ S.Fe ₂ Ss)	34,5
2 Bornit, Bornite, Buntkupferkies	Cu ₃ FeS ₃ (2Cu ₂ S.Fe ₂ S3); CusFeS^	63,3
3 Digenite	CU9S5	
4 Neodigenit	CU9S5	
5 Kovellin, Covellite, Kupferindig	CuS	64,4
6 Kalkosin, Chalcocite, Kupferglana	Cu ₂ S	79,8
7 Emplektit, Emplectite, Kupferwismutglanz	CuBiS ₂	
8 Tenantit, Tennantite, Arsenfahlerz	CU8AS2S7; (Cu ₂ Fe,Zn) 3 As ₂ Sü 5Cu ₂ S.2 (Cu,Fe) S.2As ₂ S3	57,0

9	Enarjit, Enargite	$\text{Cu}_3\text{As}_2\text{S}_7$ ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$)	48,3
10	Tetraedrit, Tetrahedrite, Fahlera, Pannobase	$\text{Cu}_3\text{Sb}_2\text{S}_7$ ($4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$) -* Zn, Fe Hg, As, Bi; $5\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2(\text{Cu}, \text{Fe}) \cdot \text{S} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$	
11	Melakonit, Melaconite, Bir çeşit Tenorite	CuO	79,8
12	Kalkofillit, Chalcophyllite, Kupferglimmer	$\text{Cu}_7\text{As}_4\text{S}_{13} \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Al}$	
13	Küprit, Cuprite, Rotkupfererz	Cu_2O	88,8
14	Kalkomenite, Chalcomenite	$\text{CuSeO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (%34,9 Se)	28,1
15	Lindgrenite	$\text{Cu}_3(\text{MoO}_4)_2(\text{OH})_2$	
16	Chalcathite, Kupfervitriol	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	
17	Brokantit, Brochantite, Brachantit	$\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{S}_4$	
18	Antlerite	$\text{Cu}_3\text{S}_4(\text{OH})_4$; $\text{Cu}_3(\text{S}_4)(\text{OH})_4$	54,0
19	Pisanite	$(\text{CuFe})\text{S}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
20	Malakit, Malachite, Malachit	$\text{CuCO}_3(\text{OH})$	57,3
21	Azurit, Azurite, Kupferlasur	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	55,1
22	Cuprocopiapite	$\text{CuFe}_4(\text{S}_4)_8(\text{OH})_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
23	Krizokol, Chrysocolla, Chrysokol, Kieselkupfererz, Kupfergrün	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36,0
24	Kalkopisit, Chalcopissit, Kupferpecherz	$\text{CuSiO}_3 + \text{Fe}(\text{OH})_2$	
25	Atakamit, Atacamite	$\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$; $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$; $\text{HsCu}\ddot{\text{A}}\text{Cl}$; $\text{Cii}4\text{Cl}_2(\text{OH})_2$	
26	Nabit Bakır, Native Copper, Gediegenes Kupfer	Cu	
27	Libethenit	$\text{Cu}_4\text{P}_2\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
28	Torbernit, Torbernite	$\text{Cu}(\text{UO}_2/\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	
29	Lirokonite, Linsenerz	$\text{Cu} \cdot \text{Al}_2\text{As}_2\text{O}_{13} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ (?)	
30	Ökroit, Euchroit	$\text{Cu}-\text{iAsAJH}^\wedge$	
31	Klinoklas, Strahlerz, Abichit	$\text{CuAs}_2\text{O}_8 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	
32	Olivenit	CuAsAJHiO	
33	Valleriite	$(\text{CuFe}_2\text{S}_2)(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Ca})$	
34	Kübanit, Cubanit, Kubanit	CuFe_2S_3	
35	Linneite	Co-Ni-CuS	
36	Stannin, Stannite, Zinnkies	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$; $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS}, \text{SnS}_2$	
37	Dioplas	$\text{Cu}_3\text{Si}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	
38	Türkuaz, Turquoise, Türkis	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	
39	Polybasit	$(\text{Ag}, \text{Cu})_{165}\text{b}_2\text{S}_u$	
40	Turanit	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{VO}_4)_2$	
41	Freibergit, Süberfahlerz	$(\text{Ag}_2, \text{Cu}_2, \text{Fe})_3\text{Sb}_2\text{S}_6$; $5(\text{Cu}, \text{Ag})_2\text{S} \cdot 2(\text{Cu}, \text{Fe}) \cdot \text{S} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$	
42	Hermesit, Quacksilberfahlerz	$(\text{Cu}_2, \text{Hg}, \text{Fe}, \text{Zn})_3(\text{Sb}, \text{As})_2\text{S}_6$	
43	Burnonit, Bournonit, Burnonit	PbCuSbS_5	
44	Krohnkite	$\text{Na}_2\text{Cu}(\text{S}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
45	Nathrocalcite	$\text{Na}_2\text{Cu}(\text{S}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
46	«Ziegelerz» limonitic cuprit		
47	«Kupferschiefer» in Mansfeld, GDR		
48	«Sandsteinkupfererz» in Poland		

49	Bakirli Pirit	FeS_2 4- Cu
50	Bakirli Pirrotin	$\text{FeS} + \text{Cu}$
51	Tenorite, Bir çeşit Melaconite	CuO
52	Copper pitch ore, Tenorite	
53	Algodonite	$\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{As}$
54	Aikinite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$
55	Benjaminite	$(\text{Cu}, \text{Ag})_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot 2\text{Bi}_2\text{S}_3$
56	Benrthonite	$2 (\text{Pb}, \text{Cu}_2) \text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
57	Carrollite	$(\text{Co}, \text{Cu}_2)_2 \text{S}_4$
58	Chalcostibite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
*59	Chalmersite, Cubanite	
60	Colusite	$(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Sn})_4 (\text{S}, \text{As}, \text{Te})_{3-4}$
61	Cuprobismutite	$3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot 4\text{Bi}_2\text{S}_3$
62	Delafossite	$\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
63	Domeykite	Cu_3As
64	Dognacskamite	$\text{Cu}, \text{Bi}, \text{As}$
65	Eucairite	$\text{Cu}_2\text{Se} \cdot \text{Ag}_2\text{Se}$
66	Famatinite	$\text{Cu}_2\text{Se} \cdot 4\text{CuS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
67	Germanite	$\text{Cu}_2\text{S} (\text{Fe}, \text{Ge}) \text{S}_4$
68	Goldfieldite	$6\text{CuS} \cdot \text{Sb}_2 (\text{S}, \text{Te})_3$
69	Guejarite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$
70	Klockmannite	CuSe
71	Lengenbahtite	$6 \text{PbS} \cdot (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$
72	Luzonite, Bir çeşit Enargite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 4\text{CuS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
73	Mottramite	<u>$2\text{CuO} \cdot 2\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$</u>
74	Regnolite	$5 (\text{CuS}, \text{FeS}, \text{ZnS}) \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
75	Rezbanyite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 3\text{PbS} \cdot 5\text{Bi}_2\text{S}_3$
76	Rickandite	Cu_3Te_2
77	Seligmannite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
78	Stromeyerite	$(\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S}$
79	Sulvanite	$3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{V}_2\text{S}_5$
80	Sylvamite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 3\text{PbS} \cdot 5\text{Bi}_2\text{S}_3$
81	Umangite	Cu_3Se_2
82	Weissite	Cu_2Te
83	Whitneyite	$\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{As}$
84	Wittichenite	$3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$
85	Klaprothite, Klaprotholite	$3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{Bi}_2\text{S}_3$
86	Bismuthinite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$
87	Guanajuatite	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$

Litosferik Pleyt Tektonik Teorisi ve Porfirik Bakır Yatakları

Burhanettin DOYRANLI (*)

Abstract

Exploration planning is taking into consideration, more and more, regional concepts of rock and ore genesis. High on the list of interesting regional targets remain volcanogenic belts of Post-Paleozoic ages. Of even broader scope are the rapidly evolving concepts relating to plate tectonics, Post-Eocene metallogenic type are located on or near present-day plate boundaries. Work is now in progress to relate older provinces and older, plate edges. This, it is to be hoped, will lead to usable concepts which provide new targets and new discoveries. In the Alpide zone, Turkey, Greece and Afghanistan seem to be likely areas for porphyry copper discovery.

The new report, reviewing work, is still underway in northern Chile and Argentina. In this region mineralization is consistently related to volcanism and to granitic intrusive activity. A very extensive suite of age determinations of the rock has indicated a progressively younger age both volcanics and intrusively younger age both volcanics and intrusives inward from the coast.

In other theories, porphyry copper deposits may originate with partial melting of oceanic crustal materials as they thrust under a continental plate along a Benioff or «subducting» zone.

Many of the World's large porphyry copper deposits are within zone or belts of calc-alkaline rocks that are intimately related to seismically active «Down-going» crustal plates. Many of the recent discoveries of large copper deposits are closely linked to the «ring of fire» known Pacific belts and Alpide orogenic belt.

Global Pleyt Tektonik ve Metalojenik Korelasyonu

Denizdibi tektonik yayılımı hipotezi 1961 yılında kabul edilmiş ve sonraki yıllarda da bu hipotez yeni jeolojik ve jeofizik bilgilerle geliştirilerek litosferik pleyt tektonik (yeni global pleyt tektonik) olarak kabul edilmiştir.

Arz üzerinde Kıtalarla denizleri kapsayan ve asthenosfer (aesthenosphere) üzerinde bulunan Benioff zonu ile litosfer'in global tektonik sınırlarla bölünmesi ile meydana gelmiş altı büyük ve bir çok küçük global parçalara pleyt denilmektedir. Pleyt tektonik kavramı üzerine bir çok yazılar yazılmıştır ki bu yazılar genellikle arz kabuğundaki bu pleyt'lerin hareketleri ile metalojenik korelasyonu ve porfirik bakır yataklarının strüktürel etüdü hakkındadır.

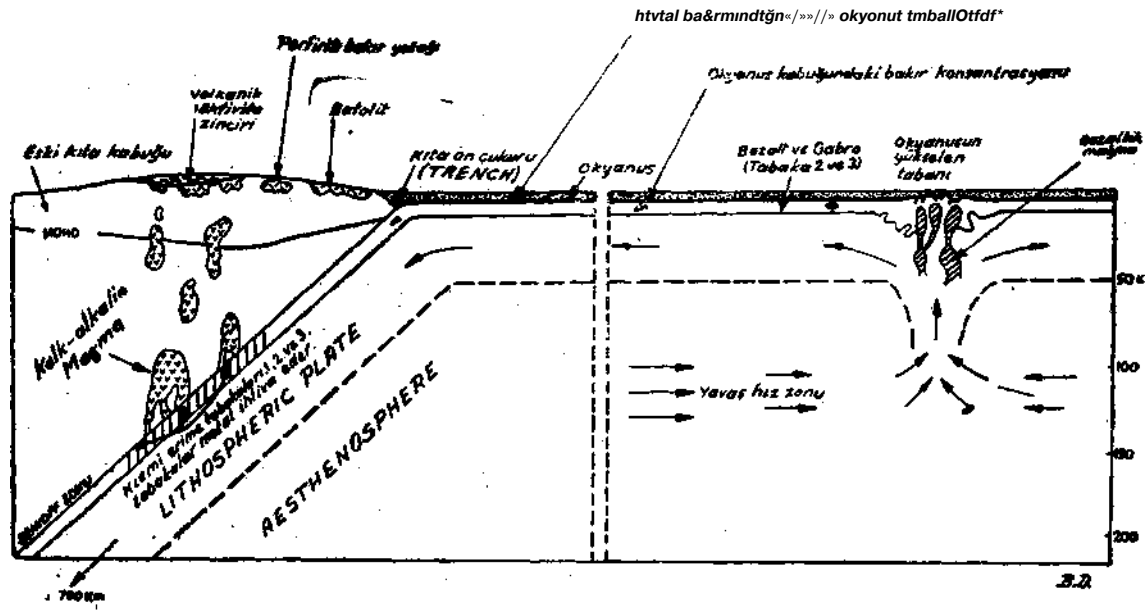
Güney Amerika'da Şili ile Arjantin'de pleyt tektonik ile ilgili en son yapılan jeolojik, mineralojik etüdü bir makale halinde Clark ve Zentilli tarafından yayınlanmıştır. (Referans 2,3). Bu makale

* Mad. Müh. Etibank Maden Aramalar Dairesi — ANKARA.

de güney Amerika'da bulunan bazı porfirik bakır mineralizasyonlarının volkanik ve intrüzif kayaçlarla olan ilişkileri detaylı olarak belirtilmiştir. Bu kayaçların yapılan çok detaylı yaş tayinlerine göre gerek volkanik gerekse intrüzif kayaçların yaşları Pasifik sahilinden içeriye doğru tedricen gençleşmektedir.

Yapılan etüdlere göre Pasifik sahilindeki kayaçların yaşları 150 milyon senedir. Halbuki sahilden içeride ve intrüzyonun doğu kenarında bulunan kayaçların yaşları ise 50 milyon senedir. Bu makale-

ye göre mağmatik aktivite Pasifik okyanusu pleyt'i ile doğrudan doğruya ilgili- dir ve Pasifik okyanusu Pleyt'i doğuya, yani Kıta sahiline paralel olan And dağlarının altına doğru yavaş yavaş itilmek- te ve eğimli olarak derinlere inmektedir (Şekil 1). Bu litosferik Pleyt'in, Kıta ön çukurundan (trench) itibaren 700 km' kadar derine indiği kabul edilmektedir. Kayaçların yaş tayinine göre, bu pleyt hareketi Jurasik devrinden Eosen'e kadar tedricen artmıştır ve bu artma Jurasik'te yılda 1 mm. iken Eosen'de 8 mm.ye kadar yükselmiştir.



Şekil : 1

Diğer bir bu konu ile ilgili teoride Sillitoe tarafından yazılmıştır (Referans İf. Sillitoe'nin teorisine göre porfirik bakır yatakları, Pasifik okyanusu pleyt'inin kıta pleyt'i ile temas ettiği uzantısında, yani Benioff yahut alt akma (Subducting) zonunda okyanus kabuğu malzemesinin kısmen erimesi neticesinde meydana gelmiştir. Okyanus dibi sedimanları ile okyanus dibi kabuğunun, kıta orijinli kayaçlara oranla daha fazla bakır ve molibden ihtiva ettiği eskiden beri bilinmekte-

dir. Pleyt tektonik teorisinin direkt olarak, geniş rejyonel ve küçük sahaların da detay çalışmalarına yardımcı olacağına inanılmaktadır. Dünyadaki birçok büyük porfirik bakır yataklarının bulunduğu zonlarda ve genellikle deprem hareketleri olan ve çok derinlere inen (down-going) arz kabuğu pleyt'lerinden meydana geldiği kabul edilmektedir. Bu teoriye göre halen bilinen büyük porfirik bakır yataklarında pasifik okyanusu etrafına dizilmiş ve ateş çem-

beri (ring of fire) denilen bir dizi aktif volkanizma zinciri ile ilgilidirler. Dünya'nın diğer yerlerinde ve aynı tektonik kuşaklar boyunca bulunan büyük bakır yataklarının etüdü yeni büyük araştırma hedefleri olmuştur. Arz kabuğu üzerindeki bu büyük tektonik kuşaklar boyunca mevcut olan mağmatik kayaların potasyum muhtevalarının yüksek olması, bu büyük kuşaklarla ilgili görülmektedir. Büyük baz metal sülfür rezervlerinde yapılacak detaylı tektonik ve petrolojik etüdü, diğer benzer yataklar içinde kesin hedef sahaların seçimini sağlayacaktır.

Porfirik Bakır Yataklarının Yeryüzünde Dağılımı:

Dünyanın en büyük porfirik bakır yatakları pasifik okyanusunun çevresindeki (Circum Pasifik) orojenik kuşakları ile Alpin orojenik kuşağının orta kısmında bulunmaktadır. Kuzey Amerika'dan başlayıp Güney Amerika'nın batısına kadar devam eden kuşakta Dünya'nın en çok tanınmış porfirik bakır yatakları yer almaktadır ki, Batı Arjantin'den orta ve kuzey Şili'ye ve oradan Peru, Ekvator, Panama, Meksika ve A.B.D.'nin batısına (Arizona, New Mexico, Nevada, Utah, Colorado, Idaho, Washington ve Montana'daki porfirik bakır yatakları) ve kuzeye doğru Kanada'da Britanya Kolumbiyası ile Yukon ve Alaska'ya kadar temadi etmektedir.

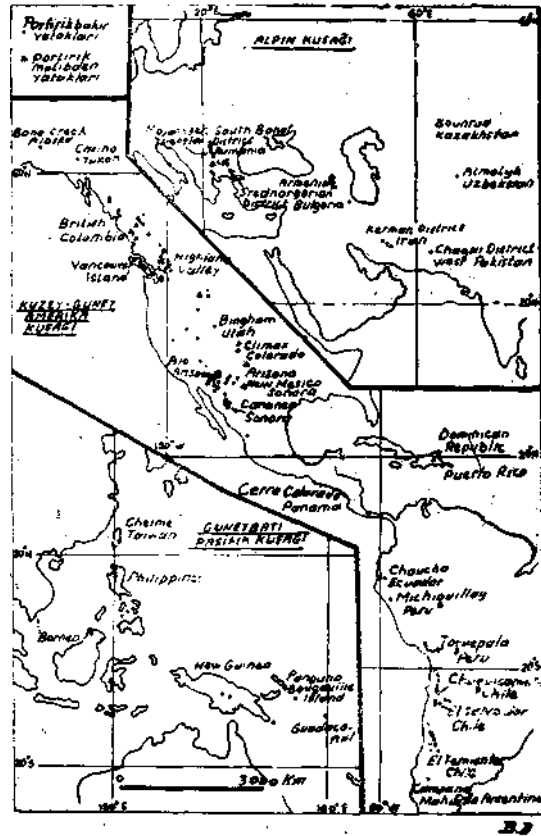
Bu kuşak üzerindeki en büyük rezervli porfirik bakır yatakları, Sonora - Arizona - New Mexico ve Britanya Kolumbiyası'ndadır. Güney Amerika'daki Dominik Cumhuriyeti ile Porto Riko'daki porfirik bakır yatakları muhtemelen güney Amerika'nın batısındaki kuşağın bir dalıdır.

Diğer porfirik bakır kuşaklarında bulunan ve literatüre geçen porfirik bakır yatakları şunlardır; Formosa (Tayvan), Filipin, Berneo adaları ile Batı İriyan, Papua, Yeni Gine ve Solomon adaları bölgesi (Güneybatı Pasifik kuşağı) ile Ro-

manyadaki Güney Banat bölgesi, Yugoslavya, Bulgaristan, Kafkasya (Ermenistan), İran ve Batı Pakistan bölgeleridir (Alpin Kuşağı).

Bu Post-Paleozoik orojenik kuşaklar dışında olmakla beraber tam bir porfirik bakır yatağı tipinde olan S.S.C. Birliğindeki Özbekistan ve Kazakistan'daki Porfirik bakır yatakları bu tektonik sisteme dahil edilmektedir.

Şekil 2'de yer yüzündeki başlıca büyük porfirik bakır ve molibden yataklarının yerleri gösterilmiştir ve Şekil 3'de de Mesozoik - Senozoik orijinli kuşaklar ile halen aktif litosferik pleyst sınırları gösterilmiştir.



Şekil: 2

Alpin Kuşağı :

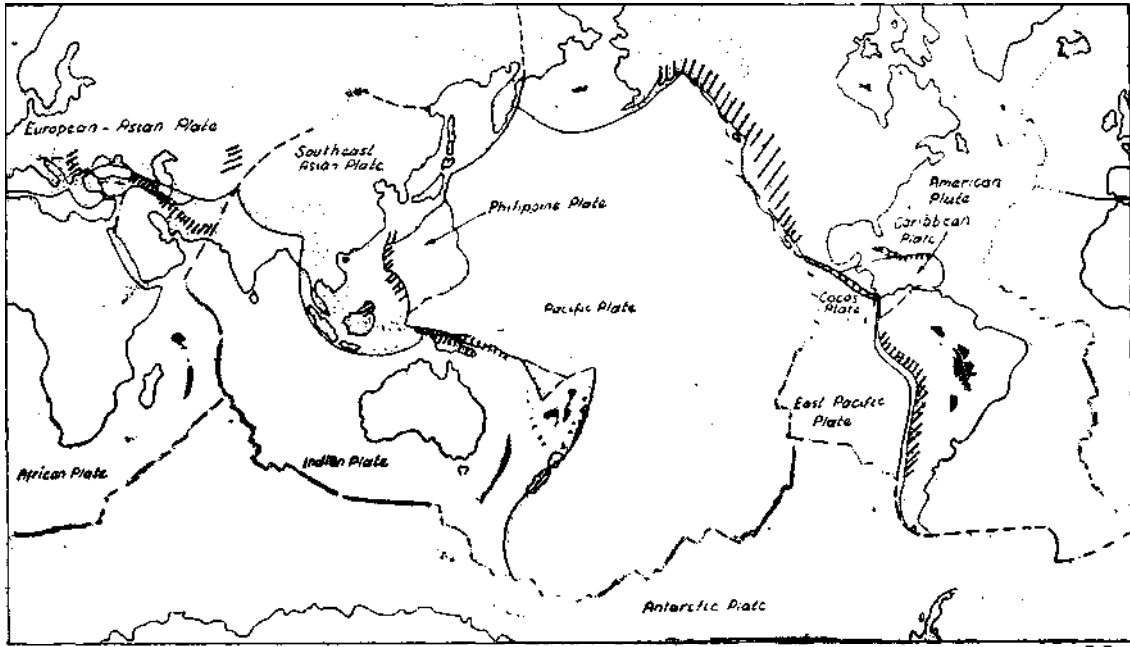
Alpin kuşağı terimi, arz tektoniğinde yeni kullanılan bir terimdir ve Alpin kuşağında birbirlerine basınç yapan pleyst

sınırlarında bulunan çok karışık ve az bilinen bir kuşaktır. Avrupa - Asya ve Afrika pleyt'lerinin birbirleri arasındaki hareketleri arz çapında basınç kuvvetleri meydana getirmekle beraber orta kuzey Atlantik okyanus'unun dibine kadar da yayılmaktadır (Referans 4,5).

Arabistan pleyt'inin kuzey ve kuzeydoğu kenarında bulunan Batı Pakistan ve İran'daki Zagros tektonik zonu ile bu zonun batı kenarında bulunan Türkiye'ye kadar devam eden pleyt kenarları boyunca litosfer eriyip tüketilmiştir (Referans 6). İran ve Batı Pakistan ile Zagros zonunun kuzeyindeki porfirik bakır

yatakları alt akma (subducting) aktivasyonu esnasında teşekkül etmiştir.

Romanya, Yugoslavya ve Bulgaristan'daki porfirik bakır yataklarda Mesozoik - Tersier devirleri arasında alt akma zonunda teşekkül ettiği Dewey ve Bird tarafından yazılan makalede (Referans 6) plân ve kesitlerle belirtilmiştir. Bu plân ve kesitlerde ayrıca porfirik bakır yataklarının ofiolitik kompleksleri içinde ve Karadeniz'in güney sahilinin (yurdumuz sahilinin) batı tarafında da devam ettikleri gösterilmiştir. Alpin kuşakta bulunan porfirik bakır yataklarının Batı Tethyan denizi ile Hint Okyanusu'nu kapsayan alt akma fazı esnasında teşekkül ettiği tahmin edilmektedir (Şekil 3).



- | | |
|--|---|
| Yeni bazaltik malzemenin çıktığı plate sınırları | Aktif transform fayları |
| Bazaltik malzemenin tekrar kıtaların altına aktığı plate sınırları | Kesin olarak bilinmeyen plate sınırları |
| Mesozoik ve Senozoik dağ kusakları | Porfirik bakır ve malibden yatağı bölgeleri |

Sekil • 3

Orojenik kuşakların, kıtaların büyük yay şeklindeki ada dizileri ile veyahut diğer kıtalarla olan çarpışmasının etkisi ile meydana geldiği kabul edilmekle beraber, Alpin - Akdeniz sistemi ile kalk-alkalin mağmatojen kayaçların ve ihtiva ettikleri cevher yataklarında,, bu çarpışma sonucunda şariyaj blokları ve f liş yatakları ile örtüldüğü kabul edilmektedir.

Silliteo makalesinde, Alpin zonu içinde bulunan Türkiye, Yunanistan ve Afganistan'da da, porfirik bakır yataklarının keşfedildiği sahalara benzer sahaların bulunduğunu yazmaktadır.

Dr. F. Özelçi tarafından Türkiye Birinci Jeofizik Bilimsel ve Teknik Kongresine sunulan «Zagros Tektonik Zonu ve bu Zon'un Anadolu'da uzanımı ile ilgili jeofizik gözlemler» tebliğinde Zagros tektonik Zonunun bölge tektonik evrimindeki önemi belirtilmiştir.

Ayrıca bu tebliğde gravite anomalileri ve deprem episantırlarının dağılımı özelliklerinden, Zagros tektonik Zonu'nun Anadolu'da, Erzincan doğusunda ofiolit formasyonları takiben, doğu batı istikametinde uzandığı ve Ecemiş eşiğinde son bulunduğu ileri sürülmüştür.

Kıvrım zonu ve şariyaj zonu münasebetlerinde, İran'la Türkiye arasında bir terslik bulunduğu ve bu tersliğin bölgede müessir tektonik kuvvetlerin farklı oluşundan geldiği ileri sürülmüş ve bu kuvvetlerin Anadolu'da Kuzey - güney, İran'da Güneybatı - Kuzeydoğu yönünde olması gerektiği şariyaj karakteri, episantır dağılımı özelliği ve pleyt tektonik kavramı içerisinde blok hareketleri ve ilgili stress dağılımlarına dayanılarak tesbit edilmiştir.

Derin deprem episantır ve odak noktalarının dağılımlarından, bu odak noktalarının plastik manto içerisindeki shear zonlarında teşekkül eden depremleri lemsil ettikleri ileri sürülmüştür.

Kalk - Alkalin Mağmatik Taşlarla Porfirik Bakır Yataklarının İlişkileri :

Post - Paleozoik yaşlı ve porfirik bakır yataklarının yer aldığı bölgelerdeki kalk - alkalin volkanizmalar, karakteristik volkanizmalardır. Bu volkanizmalarda geniş şekilde bazaltlar, andezitler, dasitler, riolitler ve bir kısım felsik ignimbritler de yer almaktadır. Bu volkanik kayaçlar, benzer petrolojik bileşimlerdeki başlıca intrüzyonlar halinde görülmeyle beraber ayrıca arz kabuğu derinliklerinde de geniş batolitler şeklinde veyahut küçük intrüzyonlar halindedirler. Porfirik bakır cevher gövdelerinin, nötr petrolojik bileşimde olan plutonitlerin kubbe (Cupolas) kısmında teşekkül ettiği senelerce önce belirtilmiştir (Emmons 1927) ve daha sonraları da sub-volkanik volkanizma ile çevre kayaçlarında yapılan çalışmalar sonucunda bu husus kat'i olarak ispatlanmıştır.

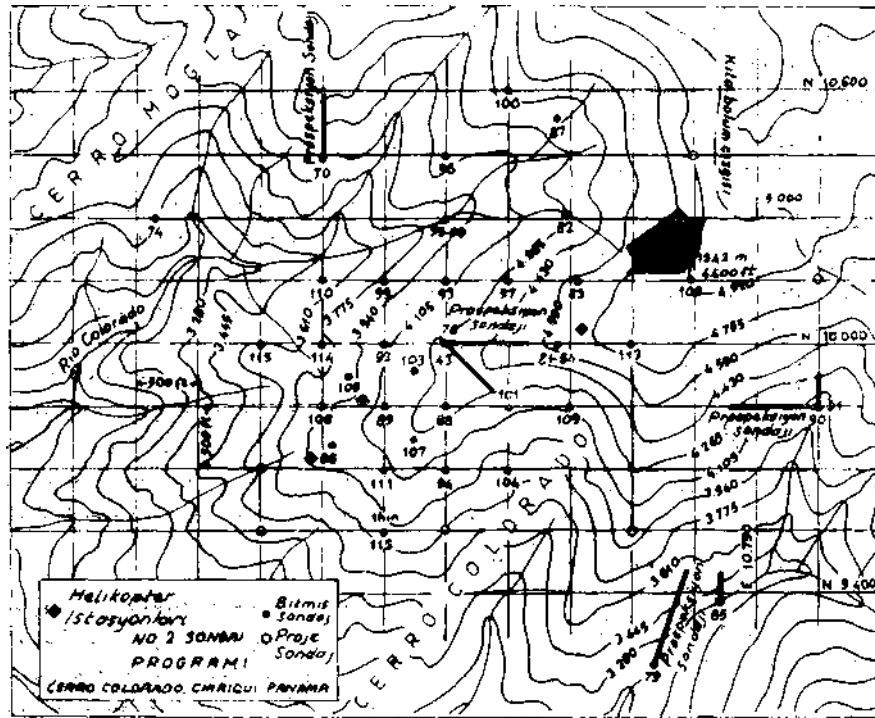
Son senelerde uçaklarla alçak yükseklikte, gama ışınlarını tesbit için yapılan jeofizik çalışmalarında potasyum bakımından zengin feldspath ve mikali intrüzyonlarda potasyum'un bir izotopu olan K⁴⁰ izotopu ile porfirik bakır yataklarının tesbiti çalışmalarda yapılmaktadır. Bu sebeple 1972 yılından beri yüksek hassas değerler veren gama ışınli spektrometreler kullanılmaya başlanmıştır.

Henüz tam olarak ispatlanmamış olmakla beraber, post-Paleozoik orojenik kuşaklardaki kalk - alkalin mağmatizmamn normal bir kısmı olan büyük felsik kütlelerdeki stronsiyum izotoplarının atomik oranları belirli değerlerde olanlarda, yüksek bakır molibden konsantrasyonu'nun olduğu kabul edilmektedir. Bu konu ile ilgili olarak, porfirik bakır rezervleri bulunan British Columbia'da, Sierra Nevada'daki felsik kayaçlarla Boulder batolitindeki (Montana) felsik kayaçlarda stronsiyum izotoplarının Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ atomik oranının 0,705-0,709 değerlerinde olduğu tesbit edilmiştir.

Büyük Porfirik Bakır Yatakları :

Kuzey Amerika'da Alaska'dan başlayıp Güney Amerika'da Şili'ye kadar devam eden metolojenik kuşakta ve Cocos pleytinin doğusunda bulunan Panama berzahında halen dünyanın en büyük porfirik bakır yatağı olduğu iddia edilen Cerro Colorado bakır yatağı yer almaktadır. Kanada'da Montreal şehrinde bulunan Canadian Javelin Ltd. şirketinin 1973 yılı ortalarında toplanan yıllık toplantısında açıklandığına göre, Panama'da Chiriqui eyaletinin Cerro Colorado bölgesinde yapılan sondajlar neticesinde, bakır muhtevası % 0.8 olan 2.271.000.000

tonluk büyük bir porfirik bakır - molibden rezervi tesbit edilmiştir. Plânlanan sondaj programlarının ancak % 35'i tamamlanmış bulunan bu porfirik bakır yatağında üç milyar tondan fazla bir rezervin olduğu tahmin edilmektedir. Yeryüzünde halen prospeksiyonu yapılan porfirik bakır yataklarından hiç birisi bu büyüklükte değildir. Cerro Colorado No: 2 sondaj programı haritasında (Şekil 4) lokasyonu gösterilen No: 106 sondaj 1342 m. (4400 feet) derinliğe kadar tamamen ekonomik limitlerde bakır mineralizasyonu kesmiştir, madencilik tarihinde ilk defa bu kalınlıktaki cevher zonu sondaj ile tesbit edilmiş olmaktadır.



Şekil : 4

Panama kanalının 290 Km' batısında bulunan Cerro Colorado porfirik bakır yatağı, Panama berzahının ortasında ve kıta bölüm çizgisinin (Continental divide) üzerindedir. Pasifik okyanusuna 38,6 Km. ve Atlantik okyanusuna 45 Km. mesafede bulunan maden sahası deniz seviye-

sinden ortalama 1200 m. yüksekliktedir ve maden işletmeye başladığında cevher gövdesi, üzerinde bulunduğu dağ silsilesinin Pasifik ve Atlantik okyanusları yamaçlarında ve her iki taraftanda açık işletme olarak işletilecektir.

75.000 hektarlık maden sahasının ruhsatname sahibi, Panamalı Pavonia S.A. şirkettir ve bu şirket ortak çalışmak üzere Canadian Javelin şirketi ile bir anlaşma yapmıştır. Fakat Panama hükümetinin 1973 yılı sonlarında çıkaracağı yeni bir Maden Kanunu ile Canadian Javelin şirketinin arama faaliyetlerini durduracağı bildirilmiştir (Referans 8).

Cerro Colorado porfirik bakır sahası, genellikle andezit ve kuvars porfir intrüzyonlarından müteşekkildir. Sahanın doğu tarafında da geniş bir kuvars diorit irintrüzyonu vardır. Andezit intrüzyonu içinde birçok mineralize çatlaklar mevcuttur. Feldspath porfirler, bakır mineralizasyonu için en uygun kayalar olup mineralizasyonun yüzde 70'i porfirler içinde olmakla beraber yüzde 30'unda andezit intrüzyonu içindedir. Ayrıca andezit içinde bir çok filonlar bulunmakla beraber andezit kontaktlarında mineralizedir. Zenginleşmiş primer zondaki mineralizasyon, genellikle kalkozin enklüzyonları içindeki kalkopirittir. Küçük nodüller halinde ve gözle görülebilen kalkopirit ile beraber pirit'te gözükmektedir. Pirit mineralizasyonu, kalkopirit mineralizasyonundan hemen hemen misli fazladır ve bu cevher gövdesi bu sebeple çok az piritli sayılmaktadır.

1972 yılı sonu itibarile maden sahasında yapılan 115 adet sondaj'ın toplam uzunluğu 24.000 m.dir ve sondaj karotlarından toplam 16.000 adet numune alınıp analizleri yapılmıştır. Tropikal ormanlık bölgede bulunan maden sahası J.K. Smith, Winkie GW-15 model küçük sondaj makinası helikopter ile indirilmiş ve toplam 300 m. sondaj yapılmıştır. En fazla 30 m. derinliğe inilen bu sondajlarda X - Işını ile mineralize seviyeler tesbit edilmiş ve bakır tenörü grafikleri çizilmiştir. Daha sonra derin sondaj lokasyonları rektangular grid sistemi ile 150 m. aralıklarla tesbit edilmiş ve üç adet Boyles Bros. BBS -17 model sondaj makinası ile derin sondajlara başlanmıştır.

Daha sonra iki adet Longyear 34 model ve yedi adet Longyear 38 model sondaj makinası ile 1340 m. ile 860 m. derinliklere inilmiştir. Bu sondaj makinaları wirè-liné delme donatımı ile çalışmaktadır, fakat karot randımanlarında bütün sondajlar için rutin olarak % 85 - 95 arasında olmuştur. Karotlar iş yerinde bölünüp toz haline getirilmiş ve bu toz numuneler, Birleşmiş Milletler Ekonomik Komisyonu tarafından Panama City'de kurulmuş olan atomik absorpsiyon laboratuvarında analizleri yapılmak üzere gönderilmiştir (Referans 7, 8, 9).

Güney batı Pasifik metalojenik kuşağı üzerinde bulunan Bougainville porfirik bakır yatağı, bu metalojenik kuşak üzerinde bulunan en büyük rezervli porfirik bakır yatağıdır. Avustralya'nın kuzeyinde ve Yefü Gine adasının batısında bulunan Bougainville adasındaki Bougainville porfirik bakır yatağına % 0.48 bakır, tonda 0.018 ons altın ve % 2.5 ile % 3.0 arasında manyetit ihtiva eden 900 milyon ton rezervi olduğu tesbit edilmiştir (Referans 10). Maden sahasının ilk sistematik prospeksiyonu A.BD.'nin Maden Kaynakları Bürosu tarafından 1961 yılında yapılmıştır. Kısa zamanda arama ve değerlendirme çalışmaları yapıp üretime başlanan maden sahasında 1972 yılı Mart ayında ilk konsante üretimi yapılmıştır. Tropikal ormanlık bölgede bulunan maden sahasına 1965 yılında helikopterlerle sondaj makinaları taşınarak 1968 yılına kadar toplam 63.918 m. sondaj yapılmıştır ve bu sondaj programının tamamlanmasından sonrada arama tünellerine başlanmıştır. Maden sahasında sistematik olarak 120 m. aralıklarla ve rektangular grid sistemi ile çoğunlukla 300 m. derinliğe inen 218 adet dikey sondaj yapılmıştır. İki yerden başlanan ve toplam 2800 m. olan arama tünelleri ile cevher gövdesine ve sondaj lokasyonlarının altına girilmiştir. Ayrıca cevher gövdesi içindedeki süzme sondajlarını takiben toplam 500 m. tahkik baş yukarıları çıkılmıştır. Tüneller içinde'de toplam 1700 m.

yatay elmas kronlu sondaj yapılmıştır. Sondajlardan ve yeraltı arama tünellerinden alınan numunelerin karşılaştırılmasında, sondaj numunelerinin neticeleri ihtiyatla kabul edilmiştir. Sondajlarla yapılan çalışmalar esnasında, bilgisayar ile cevher rezervinin bir modeli yapılmıştır.

Bu porfirik bakır yatağının jenez bakımından özelliği, bilinen porfirik bakır rezervleri içinde en genç yani 4 milyon sene evvel teşekkül etmiş bir bakır yatağı olmasıdır. Bougainville porfirik bakır cevher gövdesi belirli kayaç tipleri içindeki dissemine mineralizasyon ile çatlaklar içinde bulunan değişik kalınlıklardaki mineralize kuvars filonlarından müteşekkildir. Mineralizasyon, bir seri andezitik volkanik kayaçlar içinde yer alan diorit ve granodioritik intrüzyonlarla beraber bulunmaktadır. İntrüsif kayaçlarla, andezitlerin kontaktları mineralizedir. En büyük intrüsif formasyonu Haverong kuvarsdiorit'idir, mineralizasyonun en fazla bulunduğu intrüsiftir. Bu diorit pembe renkli, hornblend diorit olup % 10 kuvars ve % 15 ile 25 arasında da hornblend ihtiva etmektedir. Bakır yatağındaki alterasyon, biotitizasyon, kloritizasyon, kuvars - kaolin - pirit alterasyonu, pirit alterasyonu ve propilitik alterasyon ile karakterize edilmektedir. Biotitizasyon direkt olarak cevher teşekkülâtı ile de ilgili görülmektedir. Diğer tip alterasyonlar post mineral alterasyon olarak kabul edilmektedir.

En yüksek dereceli, yani % 0.75 bakır ihtiva eden Panguana Tepesi ilk madencilik çalışmaları olan yerdir. Panguana Tepesinde filon tipi mineralizasyon olduğu için bakır derecesi yüksektir. Diğer yüksek dereceli çekirdek zonunda % 0.60 bakır tesbit edilmiştir. Dissemine mineralizasyon, ekseriyetle bu yüksek dereceli cevher zonları etrafında yer almaktadır ki en yüksek cevher derecesi % 0.40 bakırdır. Ayrıca % 0.20 bakır ihtiva eder ve 1830 X 1525 m. boyutlarında olarak aflöre olmuştur.

Kalkopirit başlıca sülfid bakır mineralidir, fakat ayrıca biraz bornit minerali de vardır. Molibdenit birçok bakır filonlarında gözle görülmektedir, fakat madenin konsantre tesislerinde ayrıca bir molibden konsantre ünitesi yoktur. Pirit geniş bir şekilde yaygındır, altın ve gümüş bütün kayaç tipleri içinde bulunmakla beraber, sondaj karotlarının analizlerine göre, altın ve gümüşün çok olduğu kısımlarda bakır derecesi de artmaktadır. Cevher gövdesinde % 2.5 ile 3.0 arasında, primer mineral olarak manyetit bulunmakla beraber, manyetit mineralizasyonu, ayrıca andezit biotitizasyonu ile de alterasyon ürünü olarak teşekkül etmiştir.

Sülfid mineralleri zonu, ortalama 30 m. kalınlıkta olan oksit zonu ile örtülüdür ve oksit zonu en fazla 80 m. derinliğe kadar inmektedir. Malahit ve küprit başlıca oksit mineralleridir. Tahminen 3 metre kalınlıkta olan bir kalkozin zonu sülfid zonu ile oksit zonu arasında bulunmaktadır. Kalkozin zonu bakır derecesi ile, primer mineralizasyonun bakır derecesi aynıdır. Oksit zonundaki minerallerin üretimi için selektif bir madencilik veyahut herhangi bir konsantrasyon prosesine teşebbüs edilmemiştir. Bougainville bakır rezervinin kırıcı ve konsantratör tesislerinin günlük kapasitesi 90.000 tondur ve bu tesislerden 1973 yılının ilk 6 ayında Japonya ile Avrupa ülkelerine toplam 145.688 ton bakır konsantresi satılmıştır.

Bougainville bakır yatağı, 36 km. kuzey doğusunda bulunan ve aktif bir volkan olan Bağana dağının eteklerindedir. Ayrıca madenin 71 Km. kuzey batısında bulunan Balbi dağı ile 26 Km. güney doğusunda bulunan Loluru dağıda halen pasif görünen volkanlardır. Bununla beraber ani bir erüpsiyon ile meydana gelebilecek yoğun bir kül yağmurunun dışarda herhangi bir volkanizma faaliyetinin madendeki çalışmaları aksatmayacağına inanılmaktadır. Halbuki cevher gövdesinin dekapajında, milyonlarca metre küp volkanik kül basmçlı su ile

(Hydraulicking) sıyrılıp atılmıştır. Bougainville adasında, önceden kestirilemeyen ve bilinmeyen sebeplerle ani bir volkanik faaliyetle beraber depremlerde meydana gelmektedirki, Panguna kasabında 1966 yılından beri 100'den fazla deprem kaydedilmiştir (Referans 10).

Alpin orojenik kuşağı üzerinde halen bilinen ne büyük porfirik bakır yataklarından, Avrupa'da Yugoslavya'daki Majdanpek - Bor, Veliki Krivelj ve Bulgaristan'daki Medet bakır yatakları ile Asya'da İran'daki Sar Cheshmeh bakır yatağı hakkında muhtelif dergilerden elde edilen bilgiler özetle aşağıda belirtilmiştir.

Yugoslavya'da Majdanpek - Bor bölgesindeki porfirik bakır yatağının % 0.7087 bakır ihtiva eden 350 milyon tonluk rezervi olduğu yapılan aramalarla tesbit edilmiştir. Ayrıca aynı sahada % 0.5 ile % 0.65 arasında bakır ihtiva eden 150 milyon tonluk diğer bir rezervinde olduğu tahmin edilmektedir. Bor şehri civarında bulunan Veliki Krivelj'de düşük dereceli 400 milyon tonluk diğer bir porfirik bakır rezervi vardırki, bu rezervin plânlanan üretim programlarına göre Veliki Krivelj bakır yatağından, Bor ve Majdanpek rezervinden daha fazla bakır üretimi yapılacaktır. Veliki Krivelj bakır projesinin 1975 yılında realize edilmesi düşünülmektedir ve bu projeye göre 1975 yılında Yugoslavya'nın toplam blister bakır üretimi 200.000 ton olacaktır.

Majdanpek porfirik bakır yatağının mineralize alanı sürfasta tahminen 5000 m. uzunluğunda ve 300 m. genişliğindedir ve bir kaç yüzmetre derinliğe kadar temadi ettiği yapılan sondajlarla tesbit edilmiştir. Maden sahasında başlıca formasyonlar gnays granit, andezit, kristalin kalker, kristalin şist, kristalin gnaystır. Mineralizasyon genellikle skarnlı manyetittir ki içinde genellikle hidrotermal kalkopirit, pirit, sfalerit ve galen vardır ve hidrotermal stockwork impregnasyon tipinde olan bakır yatağında bakır ih-

tiva eden bir zonda sürfasta eliptik şekilde muhtevası ortalama % 0.7'dir. Maden yatağında derinlere inildikçe bakır tenoru artmakta ve bakirli mineral olarak başlıca kalkopirit bulunmaktadır. Maden sahasında, sistematik arama sondajlarına ve arama tünellerine 1949 yılında başlanmış ve bu aramalar 1957 yılına kadar devam etmiştir.

1961 yılında açık işletme olarak üretime başlanan Majdanpek bakır yatağında, yılda 11 milyon ton tüvenan üretimden yılda 294.000 ton konsantre cevher elde edilmektedir. Bu konsantre cevherden 73.500 ton bakır konsantresi ve 109.000 ton demir konsantresi elde edilmekle beraber az miktarda da molibden (% 0.002 Mo), rhenium ve germanium elde edilmektedir (Referans 11, 12).

Bulgaristan'da Sofya'nın 112 Km. doğusunda ve Pirdop şehrinin güneyinde bulunan Medet porfirik bakır yatağında 150 milyon ton % 0.36 bakır ve % 0.008 molibden ve % 1.0 ile 1.2 arasında da kükürt ihtiva eden rezervin prospeksiyonu ile jeolojik harita yapma ve elmas kronlu sandajlarına 1957 yılında başlanmış ve bu arama çalışmaları beş yıl devam etmiştir. 1959 yılında da metalürjik testler için, günlük kapasitesi 100 ton olan pilot tesisler kurulmuştur. Bu günkü dünya madencilik standartlarına göre, Medet porfirik bakır rezervi yeryüzünde en düşük dereceli üçüncü bakır-molibden rezervidir. Bununla beraber, açık işletme olarak çalışmakta olan rezervin ekonomik bakır derecesi (Cut off grade) % 0.18 olarak tesbit edilmiştir. Medet porfirik bakır yatağında, primer mineralizasyon olan kalkopirit, pirit ve molibdenit, kuvars monzonit - porfir ve kuvars diorit - porfir intrüzyonlan içinde dissimine ve çok karışık çatlaklar içinde filonlar halinde teşekkül etmiştir, ayrıca pirit mineralide yer yer masif mineralizasyon halinde bulunmaktadır. Gang mineralleri olarak kuvars, plajiolklas, ortoklas, biotit, klorit, serisit, epidot mevcuttur.

Günlük kapasitesi 34.000 ton olarak planlanan konsantrasyon tesisi, yılda 120.000 ton bakır konsantresi, 350 ton molibden konsantresi ve 35.000 tonda pirit konsantresi üretebilmektedir. 1972 yılında yapılan tevsi planına göre Medet bakır izabe tesislerinin yıllık blister bakır üretimi 34.000 ton olmuştur. (Referans 13).

İran'da Sar Chesmeh (Ser Çeşme) porfirik bakır yatağında ortalama bakır tenörü % 1.2 olan 400 milyon tonluk bir sülfid bakır rezervinin hesapları yapılarak açık işletme projeleri hazırlanmıştır.

1969 yılı sonu itibarı ile, yapılan arama çalışmalarına göre, ayrıca 150 m. ile 250 m. derinlikler arasında 450 milyon tonluk bir rezerv tesbit edilmiş olmakla beraber bu sahada toplam 800 milyon ton rezerv olduğunda kabul edilmektedir. Maden sahasında 1969 yılı sonu itibarı ile, 160 lokasyonda toplam 25.000 m. elmas kronlu sondaj yapılmış ve yüzlerce metre arama galerisi sürülmüştür.

Sar Chesmeh porfirik bakır yatağı, Kerman bakır kuşağının güney doğusundadır ve Kerman şehrinde 40 Km. batısında. Bu bakır kuşağının bilinen kısmı iki büyük ana merkez üzerinde ve kuzey batı istikametinde 42 Km. kadar temadi etmektedir. Sar Chesmeh bakır yatağı, güney doğudaki ana merkezde alan dört bakır yatağından biridir, diğer altı grup halinde bulunan bakır yataklarında bu bakır kuşağının kuzey doğu ucunda ve ayrıca dört ve iki yataktan müteşekkil bir bakır yatağı topluluğu meydana getirmektedir. Sar Chesmeh porfirik yatağı kristalin seriler ile bu serilerin içine yerleşmiş post mineral asitik intrüsyonlu dayklarından müteşekkildir. Mineralize olmayan porfir daykaları, numune alma işleri ile rezerv hesaplarının yapılmasını güçleştirmekle beraber, açık işletme olarak işletilecek olan cevher gövdesinin işletilmesinde de bazı problemler meydana getirecektir.

Maden sahasında, jeolojik ve mineralojik etüdümler ile karot numunelerinin analizleri için laboratuvarlar kurulmuştur ve ayrıca metalürjik deneyler içinde bir pilot tesis kurularak binlerce ton numune öğütülmüş ve cevherin metalürjik karakterinin tesbitine çalışılmıştır. Pilot tesislerde yapılan analiz neticelerine göre, cevher rezervinin ayrıca % 0.027 molibden ihtiva ettiği tesbit edilmiştir. Sar Chesmeh konsantratör ve izabe kompleksi 1977 yılında tam kapasite ile çalışacak ve konsantratör tesislerinin günlük kapasitesi 42.000 ton olacak ve izabe tesislerindende yılda 145.000 ton blister bakır üretilmektedir (Referans 14, 15, 16).

S.S.C. Birliğinde Özbekistan ile Kazakistan'da Post-Paleozoik kuşaklar dışında olmakla beraber tam bir porfirik bakır yatağı tipinde olan üç büyük porfirik bakır yatağı vardır ki bu yatakların en büyüğü Kounrad, ikincisi Almaylk (Elmalık) üçüncüsünde Bozchakul (Bozcakul) dur. Bu porfirik bakır yataklarından yalnız Almaylk bakır yatağı hakkında bilgi elde edilebilmiştir.

Özbekistan'ın Taşkent şehrinin 51 Km. güneyinde bulunan Almaylk (Elmalık) porfirik bakır yatağının, oksit refraktör cevher olarak % 0.8 bakır ve sülfid ve oksit cevher karışımı olarakta % 0.72 bakır ihtiva eden rezervinin 3 milyon ton metal bakıra eşit olduğu bildirilmektedir. Bakır mineralizasyonu, porfirik intrüzyon ile beraber bulunmaktadır. Ana kayaç iri taneli ve pembe renkli ortoklas granittir. Cevherleşme, mineralize siyenit veyahut diorit içinde hakim durumdadır. Cevher gövdesi, siyenitin siyenit-diorite dönüştüğü zonda ve siyenit intrüzyonlarının kontaktındadır. Siyenit-diorit intrüzyonunun ortasında, ikinci bir büyük granodiorit porfir intrüzyonu mevcuttur. Cevherleşme fazı, granodiorit porfir intrüzyonundan sonraki periot'tadır. Başlıca primer mineralizasyon, siyenit-diorit intrüzyonuna bağlıdır ve grano-diorit porfir minerali-

ze değildir. Cevher gövdesi epijenetiktir ve hidrotermal solüsyonlar fisür ve çatlaklar içine kalkozin, kalkopirit, pirit ve çok az olarak molibdenit minerallerini doldurmuştur. Ayrıca çok küçük sülfür mineralleri tanecikleri kuvars içinde ve dissémine olarak cevher gövdesi içinde yaygındır. Çok geniş bir hidrotermal alterasyonu sonucunda büyük bir kaolinizasyon zonu meydana gelmiştir. Almayk porfirik bakır rezervinden 1958 yılından beri açık işletme olarak üretim yapılmaktadır. Çalışılan cevher gövdesi 2820x1220x150 m. boyutlarındadır ve açık işletmenin en derin yeri de 168 m. dir. Açık işletmenin günlük dekapaj ve cevherli kısım kazısı toplam 200.000 ton civarındadır.

Almayk bakır rezervinin ilk kurulan kırıcısının günlük kapasitesi 100.000 tondur bununla beraber ilk kurulan konsantrasyon, flotasyon tesislerinde günlük kapasitesi 40.000 ton ile 65.000 ton arasındaydı, fakat tevsî edilen konsantrasyon ve flotasyon tesislerinin günlük kapasitesi 100.000 tona çıkarılmıştır. (Referans 17).

Ülkemizde Bilinen Porfirik Bakır Sahaları :

Bu konuda yalnız, ülkemizde yeni bulunan ve arama yapılan porfirik bakır yataklarından bahsedilecektir. Ülkemizde M.T.A. Enstitüsü ile beraber çalışan Birleşmiş Milletler ekibine göre 1970 yılında Amasya ilinin Merzifon ilçesi ile Erzurum ilinin İspir ilçesi civarında büyük porfirik bakır yataklarının bulunduğu bildirilmiştir (Referans 18). Merzifon ilçesinde Bakırçay bölgesinde bulunan porfirik bakır yatağında M.T.A. Enstitüsü ile Birleşmiş Milletler ekibi tarafından 1970 - 1972 yıllarında aramalar yapılmıştır, ispir ilçesinin kuzeyinde bulunan çok geniş asitik intrüsyonların SW-NE yönündeki uzunluğu 120 Km. dir ve N-S yönündeki genişliğide ortalama 60 Km. dir. M.T.A. Enstitüsünün 1/1000.000

ve 1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarına göre ülkemizin en geniş asitik intrüsyon olan bu batolit, granit, granodiorit, kuvarslı diorit, siyenit, monzonit ve trakit, fonolit gibi intrüsyon ve ekstrüsyonlardan müteşekkildir. Bu bölgede M.T.A. Enstitüsü ile beraber Birleşmiş Milletler ekibi geniş bir arama programı uygulamaktadır.

Elazığ ilinin Keban ilçesinde ve Etibank Simli Kurşun İşletmesinin imtiyaz hudutları içinde bulunan Nallıziyaret bölgesinde çok geniş bir bakır, molibden, wolfram mineralizasyonlardan müteşekkil bir porfirik bakır rezervi vardır. Genellikle kristalin şist, kalkşist ve kristalin kalkerler ile siyenit porfir dayklarından meydana gelmiş olan maden sahasında 1972 yılı sonuna kadar toplam 7169 m. karotlu sondaj yapılmış ve toplam 2763 m. de arama galerisi sürülmüştür. Trakya'da Kırklareli'nin Demirköy ilçesi civarında bulunan granit masifi ile kontaktlarındaki bakır-molibden porfirik mineralizasyonunda özel bir madenci şirket tarafından aramalar yapılmaktadır. Bu porfirik bakır mineralizasyonu sahaları hakkında tam bir detaylı bilgi elde edilmemiştir. Bununla beraber, Alp orojenik kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde bilinen porfirik bakır mineralizasyonu sahaları için metalojenezi hakkında bir yazının hazırlanmasına çalışılmaktadır.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM:

- 1 — R. H. Silliteo, 1972 «A Plate tectonic Model for the Origin of Porphyry Copper Deposits» Economic Geology, March-April 1972, v. 67, p. 184, p. 185, p. 186, p. 194.
- 2 — A. T. Griff is «Exploration-Where they looked, what they found, how found it» World Mining, June 25, 1972, p. 83.
- 3 — Bull, of. the Can. Inst, of Mining and Metallurgy, March 1972, p. 137.

- 4 — J. K. Hsü, 1971 «Origin of the Alps and Western Mediterranean» *Nature*, v. 233, p. 44 - 48.
- 5 — A. G. Smith, 1971 «Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean, and Atlantic» *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 82, p. 203 - 2070.
- 6 — J. F. Dewey and J. M. Bird, 1970 «Mountain belts and the New Global Tectonics» *Jour. Geophys. Res.* v. 75, p. 2625 - 2647.
- 7 — *Engineering And Mining Journal*, July 1973 «Exploration Round-up» p. 132.
- 8 — *World Mining*, August 1973 «Panama - Canadian Javelin hold-up pending new laws» p. 37.
- 9 — G. P. Lutjen «Canadian Javeline eyes production at major find in Panama» *Engineering And Mining Journal*, December 1972, pp. 60 - 63.
- 10 — G. O. Argali, Jr. «Bougainville» *World Mining*, October 1972, p. 45, p. 56.
- 11 — *World Mining*, June 25, 1971 «Europe-Major base metal projects in Socialist countries» p. 172.
- 12 — *Mining Magazine*, September 1973 «Majdanpek copper mine» p. 182., p. 183, p. 187.
- 13 — G. O. Argali, Jr. «Medet - Bulgarian's giant porphyry copper-molybdenum kombinat» *World Mining* October 1970, p. 40, 45.
- 14 — G. O. Argali, Jr. «There's lot of copper in Iran» *World Mining*, December 1969, p. 7, p. 13.
- 15 — *Engineering And Mining Journal*, June 1973 «News Briefs-In Asia-Iran, the Sar Cheshmeh Copper Mining Co.» p. 280, p. 281.
- 16 — *World Mining*, June 25, 1971 «Asia-Tin and copper are prime exploration targets-Iran» p. 113.
- 17 — G. O. Argali, Jr. «Almalyk-Major porphyry copper pit in Ozbekstan» *World Mining*, April 1969, p. 58, p. 59.
- 18 — U. N. Economic and Social Council «Program of Work 1971» p. 13, p. 45.

Bakır Madeninin Aranması ve Madenciliği

Mehmet KAYADELEN**

Turhan ARMUTÇU*

Bakır Madenciliğinin Tarihçesi : Bakırın madenciliği taş devrine kadar uzanır ve insan tarafından ilk kullanılan metal, taş devrinde bakır olmuştur. Bakırdan ilk başlarda insan silâh ve ilkel aletler yaparak istifade etmiştir. Daha sonraları bakır alaşımları çeşitli kullanış alanları bulmuştur.

Maden devrinde ise insan bakır izabesi üstüne bilgisini daha da artırmış, daha sert ve kullanışlı olan alaşımları geliştirerek çeşitli silâhlar ve aletler yapmıştır. Takriben M.Ö. 3000 yılında bakır alaşımları p devirde medeniyetin beşiği olan Orta Doğu ve Akdeniz, bölgesinde, bilhassa Kıbrıs'ta oldukça gelişmiş bir faaliyet dalı olmuştur.

Roma İmparatorluğu sırasında, ilkel bakır madenciliği ve izabeciliği, İmparatorluğun bütün bölgelerine Orta Doğu'dan yayılmış ve Roma İmparatorluğu'nun yıkılmasıyla başlayan orta çağ döneminde İngiltere'de Almanya'da, İsveç'te ve İspanya'da o devrin şartlarına göre oldukça büyük çapta bakır madenciliği ve izabe teknolojisi gerçekleştirilmiştir.

1800 yıllarında ise dünya yıllık istihsal ve tüketim miktarı 18 000 ton metalik bakıra erişmiştir.

19. asır içinde İspanya ve bilâhare bulunan Şili bakır yataklarıyla, A.B.D. bakır yatakları büyük çapta bakır üretimini çoğaltmış ve 1900 yılında dünya bakır üretimi yılda 500000 ton metalik

bakır bulmuştur. 12 yıl sonra 1912 de ise dünya bakır üretimi rekor seviyesine erişmiş ve 1.000.000 tonu bulmuştur. Bu devirde işletilen bütün bakır işletmeleri yeraltı işletmesi olup, ortalama % 3 bakır ihtiva eden cevher yatakları olmuştur.

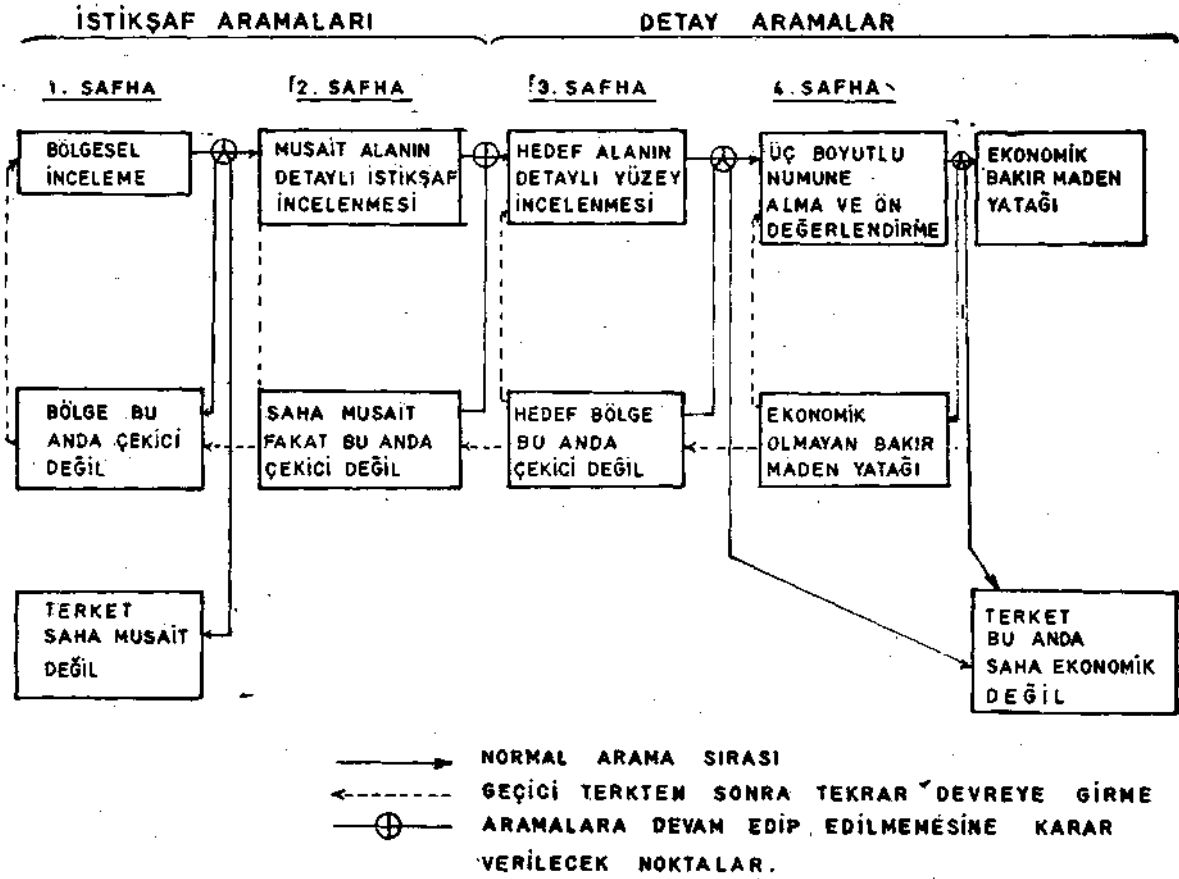
Bakır Yataklarının Aranması : Bakır yataklarının aranmasında kullanılan metodlar, genel olarak diğer maden yataklarının aranmasında uygulanan metodlardan pek farklı değildir. Bununla beraber bakırın değerli oluşu nedeniyle ve tenorunun düşük bulunması ve madenin yanında zenginleştirme zorunluluğundan dolayı gereken büyük madencilik ve zenginleştirme sabit yatırım masraflarının riskini az tutmak için arama ve yatağı değerlendirme işlemlerinin çok sıhhatli yapılması gerekmektedir.

Şema 1 de görüldüğü üzere bir bakır madeni yatağının aranması ve değerlendirilmesi çok sistemli bir şekilde planlanması gerekmektedir, hedefe devamlı olarak toplanan istihşâf mahiyetindeki bilgilerin ön değerlendirilmesi ve netice müsbet çıktıkça arama işlemi daha da detaylandırılarak maden yatağının projelendirilmesi ve işletmeye geçişine kadar değerlendirilme işlemi sürdürülmektedir.

Bakır madeni aranırken istihşâf mahiyetinde yapılan faaliyetlerle ekonomik bakır yatağı olduğu sezilen yerlerin detay aramasına geçilmekte ve genellikle 1/1000 ölçekli jeolojik harita, yine aynı

(*) Maden Yüksek Mühendisi, M. T. A. — ANKARA
<**> Maden Mühendisi, M. T. A. — ANKARA

ŞEMA 1



ölçekte jeofizik çalışmalar ve yatağın oluşumu uygunsa aynı ölçekte jeoşimi metodları uygulanmaktadır.

Sondaj işlemine gelince : Sondaj genellikle üç gaye için gerçekleştirilmektedir :

Birinci etapta yapılan sondajlar ilk değerlendirilmelere ışık tutan bilgilerin toplanması için gerçekleştirilmekte, ikinci etapta yapılan sondajlar ise yatağın genel sınırlarını ortaya çıkarmak ve boyutlarını sıhhatli bir şekilde tespit etmek için gerçekleştirilmekte, üçüncü etapta yapılan sondajlar ise yatağın ihtiva ettiği rezervin kalite ve kantitesini, riski en az olacak şekilde bilinmesi için planlanmakta ve yatağa uygulanacak işletme metodunun projelendirilmesi için gerekli bilgilerin toplanması da nazarı itibare alınmaktadır.

Birinci etapta yapılan sondajların ara mesafeleri takriben, yatağın cinsine bağlı olmakla beraber, 200400 m. arasında değişmektedir.

İkinci etaptaki sondajlar ise tamamen yatağın yapısı ile ilgilidir.

Üçüncü etapta yapılan sondajlar ise yatağın yapışma göre değişmekte fakat hiçbir zaman 150 metrenin üstünde olmamaktadır.

Yatağın yapısı müsait olduğunda sondajlar eğik olarak da, gerçekleştirilmekte veyahut da kuyu ve galerilerle yukarıda bahsedilen bilgilerin toplanma işi gerçekleştirilmektedir.

Yukarıda bahsedilen sondajlardan elde edilen bilgilerin emniyetli bir şekilde değerlendirilebilmeleri için Karot randımanının hiç bir zaman % 80'in altında olmaması arzu edilmektedir.

Tespit Edilen Bakır Yatağının Değerlendirilmesi :

Yatağın ekonomik değerine tesir eden faktörler genellikle iki ana kısımda mütalâa edilebilirler.

a) Genel Ekonomik Faktörler,

b) Yatağın Madencilik Özellikleri.

a) Bir bakır yatağının genel ekonomik faktörleri :

Bunlar, bakır yatağının bulunduğu coğrafi mevkii ve bu mevkiin tüketim merkezlerine uzaklığı, bakır yatağının bulunduğu ülkenin ekonomik koşulları ve o ülkenin uyguladığı ekonomik tedbirler dizisi, örneğin: Amortisman usulleri, vergi ve teşvik tedbirleri, finansman imkânları, yatırımdan alınan faiz hadleri, işçi, elektrik, su, akaryakıt v.s. gibi yarı girdilerin fiyat mertebeleri olarak mütalâa edilebilir.

b) Yatağın Madencilik Özellikleri :

Bu hususta en önemli olan faktörleri şu şekilde sıralamak mümkündür;

Yatağın rezervi, ortalama tenörü ve tenorun frekans dağılımı ile işletme sırasındaki genel dekapaj oranı, yatağın jeolojik yapısı, su tablasının durumu, maden yatağının kaya mekaniği özellikleri ile bakır cevheri konsantrasyonu elde edilirken ekonomik olarak az da olsa yataktan elde edilebilecek olan yan ürün konsantrasyonları, örneğin; pirit, kurşun, çinko, altın, gümüş gibi.

Yukarıda ana hatları ile belirtilmeye çalışılan bu iki faktör bir bakır maden yatağının genel ekonomisini tayin eder ve işletilip işletilmemesine karar verilirken son derece etkili olurlar.

Bakır Maden Yataklarının İşletilmesi:

Bakır Maden Yatakları, diğer maden yatakları gibi ya kapalı ya da açık işletme metodu kullanılarak madenciliği yapılmaktadır. Halihazırda A.B.D.'de % 74

bakır yatağı açık işletme ile işletilmekte, A.B.D. dışı ülkelerde ise bakır yataklarının % 40'ı açık işletme metodu ile işletilmektedir.

Bir bakır yatağının işletilmesi açık ya da kapalı metoduyla mı daha ekonomik olur sorunu mütalâa edilirken dikkat edilen en önemli hususu aşağıdaki formülde de belirtileceği üzere, her iki işletme metoduyla işletildiğinde hasıl olacak ton işletme maliyetleriyle, bakır yatağı açık işletme metoduyla işletilince yapılacak olan dekapaj 1 ton hafriyat maliyeti önemli şekilde karara tesir etmektedir.

$$O = \frac{K - A}{D}$$

Bu formülde :

O : Açık işletmeden kapalı işletmeye geçiş için gerekli dekapaj oranı,

K : Yatak kapalı işletme metoduyla işletildiğinde 1 ton cevherin ocak başı maliyeti TL/ton

... A : Yatak açık işletme metoduyla işletildiğinde 1 ton cevherin ocak başı maliyeti TL/ton

D : Yatak açık işletme metoduyla işletildiğinde 1 ton dekapaj hafriyat işlemi ile dekapaj alanına döküm maliyeti ... TL/ton

Örnek :

Herhangi bir bakır maden yatağı kapalı işletme metoduyla işletildiğinde 1 ton cevherin ocak başı maliyeti 100 TL/ton olsun. Aynı yatak açık işletme metoduyla işletildiğinde, 50 TL/ton olacağını farzedelim ve açık işletme için yapılacak dekapaj ton maliyeti 20 TL/ton civarında bulunacağını kabul ettiğimizde, yukarıdaki oranlar:

$$O = \frac{100 - 50}{20} = 2.5$$

O halde bu yatağı yalnız 2.5 : 1 dekapaj oranını geçmeyen kesimlerinin açık işletme metoduyla işletilmesinin daha ekonomik olacağı şeklinde değerlendirileceği anlaşılır. Bu oranın üstünde olan yatağın kısımları ise kapalı işletme metoduyla işletildiğinde ekonomik olacağı görülür.

Ülkemizdeki bakır yataklarının en önemlileri bilindiği üzere açık işletme metoduyla işletilmektedir. Yazımızın bundan sonraki kısmında Dünya'daki açık işletme metoduyla işletilen bakır yataklarından derlenen bilgiler ışığında açık işletme metodunun tatbikatında kullanılan sistemler, makineler hakkında bilgiler verilecektir.

Delme : Delme operasyonunda dünyanın belli başlı açık bakır madeni işletmelerinde rotary, darbeli delme metodları kullanılmakta olup delik çapları 6-12 inch arasında değişmektedir. Erişilen ilerleme hızı ise formasyon cinsine ve kullanılan lağım makinası cinsine göre değişmekte 2.44 m/saat ile 30.48 m/saat mertebelerinde ortalama olarak 12 -15 m/saat olmaktadır.

Patlatma delikleri arasındaki mesafe 2. 75m ile 11 m arasında değişmekte olup ortalama 8-, 5 civarında bulunmaktadır.

Basamak yükseklikleri yine formasyon tipine ve madenin işletme şartlarına göre 10 -15 m. arasında değişmektedir.

Patlatma :

Patlatma malzemesi olarak çoğunlukla ANFO (Amonyum nitrat ve Fuel Oil karışımı) kullanılmaktadır.

Özgür şarjı $6.4.kg/m^3$ - $30 kg/m^3$ arasında formasyonun cinsine ve kullanılan patlatma tekniğine göre değişmektedir. Bif patlatmada madenin bü-

yüklüğüne, küçüklüğüne göre 6000 2.000.000 ton arasında değişmektedir.

İkinci kırma operasyonu çoğunda yapılmaktadır.

Yükleme :

Yükleme operasyonunda ekskavtörlerden bilhassa istifade edilmekte ve kullanılan ekskavatörün kepçe büyüklüğü madenin üretim kapasitesi ve çalışma şartlarına bağlı olarak $0.085m^3$ ile $0.4m^3$ arasında değişmektedir.

Taşıma :

Taşıma işlemi de başta. damperli kamyon olmak üzere tren yollarından ve bantlardan istifade edilmektedir. Kullanılan damperli kamyon tonajları 25.100 arasında değişmekte olup, madenine göre 400m-4.000 m.yi katemektedirler.

Maden yolları ortalama 2 Km. uzaklıkta olup genellikle 7-12° lik bir eğimi haizdir.

Cevherin madenden birinci kırıcılara kadar taşınan yol uzunluğu 4 Km. nin üstünde olduğunda ise demiryolu taşıma sisteminden istifade edilmektedir.

Yukarıda dünyadaki açık-işletmelerde kullanılan sistemler ve araçlar üstüne çok kaba fikirler verilmiştir. Bilhassa son yıllarda delme, patlatma, yükleme ve taşıma araç ve gereçlerinde büyük teknolojik ilerlemeler yapılmış ve neticede bu operasyonların faaliyet birim fiatlarını düşürecek araç ve gereçler geliştirilmiştir. Bu sayede ve bakır fiatlanm son yıllarda gösterdiği devamlı artış neticesinde, dünyada eskiden ekonomik olmadığı bilinen bakır yatakları fisibil olmuş ve işletmeye alınmışlar veya alınmasına çalışılmaktadır.

Bakır Üretim Teknolojisi (1)

1. Demirden başka metallerin genel üretim prensipleri :

Demir olmıyan metaller gurubunda çok sayıda metal mevcuttur. Üretilen demir malzemenin miktarı, demir olmıyanlara nisbetle daha yüksektir. Ancak değer olarak durum tersinedir.

Demirden başka metalleri yoğunluk- larına göre ağır metaller ve hafif metaller olarak sınıflandırmak mümkündür.

Önemli demir olmıyan metaller şunlard;

Ağır Metaller :

Asil Olmıyanlar :
Bakır, Çinko, Kalay, Kurşun;
Krom, Malibden, Wolfram;
Nikel, Kobalt, Mangan;
Vanadyum, Tantal, Antimon,
Bizmut; Titan; Kadmiyum

Asil Metaller :

Altın, Gümüş, Platin

Demirden başka metallerin üretimle- ri demir ve çelik üretimine nisbetle bazı fevkaladelikler gösterir, Örneğin bunların üretim teknolojisi çok çeşitlidir ve birbirini takip eden çok sayıda prosesle işlem yapılır. Aynı metalin üretiminde bile tesisten tesise büyük proses farkları ve değişiklikler mevcuttur. Cevherin karakterine, enerji imkânlarına v.b. şartlara göre farklı üretim prosesleri tercihi zorunludur.

Smir yoğunluk olarak yaklaşık 3,5 g/cm³ alınmıştır. Ağır metaller bariz renk- lilikleri dolayısıyla genellikle renkli metaller olarak da isimlendirilirler. Ağır metallerin bakır ve alaşımları ve diğerleri şeklinde bir ayırımı da yapılmaktadır. Kimyasal etkilere karşı gösterdikleri dirence göre ağır metaller asil ve asil olmıyan metaller olarak da sınıflandırılır.

Hafif Metaller :

Aliminyum
Magnezyum
Berilyum
Kalsiyum
Sodyum
Potasyum

Zamanla zengin, saf veya en azından kolay işlenebilen cevherler gittikçe azaldığından fakir ve genellikle kompleks, yani çok sayıda birbiri içinde ince dağılmış ve kolayca ayınlamıyacak durumda olan cevher yatakları işlenmektedir.

Genellikle işlenen cevher tenoru çok düşüktür. (Örneğin, yaklaşık olarak bakır cevherleri % 0,7 Cu, Kurşun cevherleri % 1,2 Pb ve çinko cevherleri % 3 Zn dan itibaren işletilebilirler. Bu sebepten cevher, çıkarıldıktan sonra önce bir fiziksel zenginleştirmeye ve bunu ta-

(1) Yayın Kurulu tarafından derlenmiştir.

kiben metalurjik safhada zenginleştirmeye tâbi tutulur. Zenginleştirilmiş olan bu ara üründen, metal az veya çok saf olarak elde edilebilir. Ancak demir olmıyan metallerin gittikçe daha büyük saflıkta üretilmesini, metal tüketim endüstrisi zorlamaktadır. Bu sebepten dört hatta beş dokuzlu rakamlar istenmektedir. (99,999 saflık gibi). Ancak bunun temini oldukça pahalıya mal olmaktadır.

Demir olmıyan metallerin üretim tesislerinin, demir üretim tesislerinden diğer önemli farkı; onlara nisbetle genellikle çok daha küçük oluşları, aynı zamanda birçok metallerin ve sülfirik asit, boya, biriket, tuğla ve benzeri yan ürünlerin birlikte üretilişleridir. Bu sebeple demir olmıyan metallerin üretim tesisleri, çok defa, çeşitli, birbiriyle farklı bağları bulunan, müstakil fabrikalardan ibaret bir kompleksdir. Bazan yan ürünlerin kazanılması tesisin iktisadi olabilmesini temin ettiği gibi, bazan bunlar esas üretilen metallerden de daha fazla kâr bırakabilirler.

Bilhassa kıymetli metallerin üretiminde, cüruftan ve diğer devrelerdeki artıklardan da metal üretimi büyük mana taşır.

Çeşitli üretim usulleri hakkında bir fikir verebilmek için başlıca metalurjik metallerin neler olabileceğini kısaca özetliyelim. Bu maksatla sırayla;

1. Pirometalurjik metotlar
2. Hidrometalurjik metodlar

3. Elektrometalurjik metotlardan bahsetmek gerekir.

Pirometalurjik metoda kuru metalürji de denir. Bu metotta metal sıcakta veya ısı etkisiyle sıvı hale getirilerek üretilir. Burda mevzubahis olan yüksek metalurjik işlemdir.

Hidrometalurji veya yağ metalürji metodu, sulu çözeltilerden metali uygun ortamlarda elde etme metodudur. Uygun

ortam asit, baz veya tuz olabilir. Metal bu ortamlarda çözüldükten sonra, metalin kendisi veya bileşimleri halinde çeşitli yollarla ayrılırlar.

Elektrometalurjik metot elektrotermik ve elektrokimyasal metot olarak ayrılır. Elektrotermik yolda elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür; ve reaksiyon için lüzumlu sıcaklığı temin eder. Örneğin »metallerin ark veya indüksiyon elektrik fırınlarında üretimi, saflaştırılması veya tekrar ergitilmesi işlemleri elektrotermik yolla olmaktadır.

Elektrokimyasal yolla bir metalin üretilmesinde ise, elektrik akımının kimyasal etkisinden faydalanılır. Burada bahis konusu olan elektrik akımı daha ziyade doğru akımdır. Elektroliz işlemi çözülebilen veya çözülmeyen sulu çözeltiler içinde olabildiği gibi ergimiş akışkanlarda da (ergimiş tuz gibi) mümkündür. Ergimiş halde elektroliz bilhassa alüminyum ve magnezyum gibi asil olmıyan metaller için uygundur.

Bir metalin, bilhassa bakır üretiminde olduğu gibi bilhassa mümkün olduğu kadar saf bir şekilde üretilmesi söz konusu ise, üretim, karışık ve uzun uzadıya birbirini takip eden prosesler halindedir.

2. Bakır Üretim Teknolojisi :

2.1. Genel:

Bakır üretiminde tabiatta bulunundan saf hale gelinceye kadar sırayla şu prosesleri takip etmek mümkündür :

1. Prospeksiyon (Maden yatağının araması ve tesbiti),

2. Madencilik (Cevherin üretilmesi ve işletileceği yere kadar nakli),

3. Cevher Hazırlama (Bir ergitme işlemine tabi tutmadan cevherdeki bakır tenorunu zenginleştirmek.

a) El ve göz yardımıyla tavuklama,

b) Özgül ağırlığı yardımıyla sallantılı masalarda, jiglerde ayırma,

c) Yüzey özelliklerinden faydalanılarak flotasyon,

d) Ergitme sıcaklığının altında ısıtarak sülfürlü bileşikleri oksitli hale getirme,

4. Ham zengin cevherin veya cevher hazırlama yoluyla elde edilmiş olan konsantrenin ergitme veya yaş metalurjik usullerle izabesi,

5. Rafinasyon, yeni izabe ürünü metalin eriyik halindeyken veya elektroliz yoluyla saflaştırılması.

Bakır, büyük miktarlarda tabiatta saf olarak bulunabilen nadir metallere dendir. Metalik bakır, tonlarla blok halinde ABD de yukarı göller bölgesinde bulunur. Urallarda, Şili de ve Avustralya'da da saf bakır oldukça büyük miktarlarda üretilmiştir. Ancak bu yataklardan üretilmiş olan bakır, dünya bakır üretiminde önemli bir yer tutmaz.

Önemli bakır mineralleri ve teorik olarak ihtiva ettikleri bakır tenörleri şunlardır :

- a) Oksitli Bakır Mineralleri
Kuprit, Cu_2O , 88,8
Tenorit, CuO , 79,9
- b) Sülfürlü Bakır Mineralleri
Kalkozit, Cu_2S , 79,9
Kalkopirit, Cu_2FeS_4 , 36,6
Bornit, Cu_5FeS_4 - Cu_3FeS_4 , 55,5-69,6
Kovellin, Cu_2S , 66,5
Fahl-cevher, Cu_2S ile S_6 , As , Ag , 25-55 •
- c) Karbonatlı Bakır Mineralleri
Malahit, $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, 57,4
Azurit, $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, 55,2
- d) Silikatlı Bakır Mineralleri
Diopas, $Cu_3Si_2O_7 \cdot 3H_2O$, 39,8
Krisokol, $Cu_2SiO_4 \cdot 2H_2O$, 36,2

Oksitli bakır cevherleri ancak Avustralya, kuzey ve güney Amerika gibi bir kaç yerde bir mana ifade edebilecek potansiyelde vardır.

Önemli bakır cevherleri sülfürlü bakır cevherleridir.

Kalkopirit en çok metal üretilen bakır mineralidir. Genellikle sülfürlü metal bileşimleri halinde bulunur. İspanya da Rio-Tinto, Portekiz de Pomaron, Rusya da Urallar ve Altay da, Şili de, Norveç de, İsveç de, Meksika da, Kanada da, A.B.D. de, Türkiye de Murgul, Ergani, Küre de ve dünyanın daha birçok yerlerinde işletilmektedir.

Bornit de önemli bir bakır mineralidir. Montana bakır yataklarında bulunmaktadır.

Fahl cevher, devamlı olarak antimon, arşen, gümüş, civa, demir, çinko ve diğer metallerle birlikte bulunan bakır sülfitlerdir.

Malahit büyük miktarda Urallarda bulunmaktadır. Ayrıca Avustralya, güney Amerika ve Afrika da bulunduğu yerler mevcuttur.

Bakır cevheriyle gümüş, altın, platin, nikel, arşen, antimon, çinkoblende, gale nit ve benzeri metaller çok kere sülfürlü şekillerde birlikte bulunabilmektedirler.

Bakır cevherleri metal fakirliği dolayısıyla, genellikle önce bir fiziksel cevher hazırlama işlemine, sonra bir kimyasal cevher hazırlama işlemine tabi tutulurlar. Fiziksel cevher hazırlama genellikle ufalama ve klasifikasyonu müteakip flotasyon yoluyla ayırmaya tabi tutmaktır. Kimyasal cevher hazırlama icabına göre kavurma, sinterleme, peletleme, briketleştirme gibi işlemlerdir.

Kavurma işlemleri için döner fırınlar ve sinterleme cihazları kullanılırlar. Sinterleme cihazlarında ince cevher kolla karıştırılmış ve ısıtılmış olarak işleme tabi tutulur. >

Cihazlar bir bantlı veya yuvarlak masa şeklinde olabilir. Her iki halde de sinterleme, emilen hava ceryanı ile kömür tozu veya kok kömürünün yanması ve

sıcaklığın 850 civarına yükselmesi ile mümkün olur. Bu arada kükürdün bir kısmı yanar ve metal oksitlenir.

2.2. Bakır Minerallerine Tatbiki Mümkün :

Cevher Hazırlama Metotları :

2.2.1. Tavuklama, Jig ve masalarda ayırma:

Bakır üretiminde cevher hazırlama- nın fakir ve kompleks cevherlerin işlen- mesinde pek büyük bir rolü vardır. Ma- den işletme sahasından gelen bakirli cev- herin doğrudan doğruya ergitilmesi an- cak pek zengin cevherler için veya cevhe- rin bilinen metotlarla zenginleştirilme- sine imkân görülmeyen haller için söz konusudur.

Bakır cevherinde tavuklama ile zen- ginleştirme tesisini kaldırmıyacak kadar çok küçük olduğu hallerde, veya örne- ğin civardan su temini çok zor olduğu hallerde söz konusu olabilir.

Jigler ve masalar 20 - 30 yıl öncesine kadar her cevher hazırlama tesisinin önemli bölümleri iken, flotasyonun geli- mesi ile Dizlikte bu tesislerden kaybolma- ya başlamıştır. Halen bazı eski işletme- lerde, örneğin A.B.D. de Yüksek Göller mıntıkasmdaki işletmelerde kullanıldık- ları sanılmaktadır. Burada cevher flotas- yon seviyesine öğütülmeden saf bakırm ayrılarak alınması işlerinde kullanılmak- tadır. Flotasyonla yakalanamıyan mineral tanelerinin kazanılmasında, sallantılı ma- salar, metal randımanının arttırılması için flotasyona yardımcı olmaktadırlar.

2.2.2. Flotasyon :

Bakır Mineralleri için önemli cevher hazırlama prosesi flotasyondur. Fakir ve impregre cevherlerin zenginleştirilmesi vé fakir cevherlerin iktisadî olabilmesi ancak flotasyon tekniğindeki gelişme ile mümkün olmuştur.

2.2.2.1. Saf bakırın ve sülfürlü bakır minerallerinin flotasyonu :

Saf bakır sülfitleme reagenslerinin fazla miktarda ilâvesi ile iyi bir yüzme özelliğine sahip olmaktadır. Aynı zaman- da sülfürlü bakır mineralleri de kolay yüzerler. Bornitin hidrofoblaştırılması için Na_2S ilâvesine lüzum hasıl olur. Pi- ritli bakır cevherlerinin flotasyonu genel- likle büyük bir zorluk göstermemektedir. Piritli bakır cevherlerinin flotasyonunda diferansiyel flotasyon usulü en uygun olanıdır. Pirit alkali bulamaçta pasifleşti- rilerek bakır sülfütleri yüzdürülür. Eğer cevher içinde saf altın da mevcutsa pH— ayarlayıcı olarak kalker yerine soda kul- lanılması tercih edilmelidir.

Bakır konsantrelerinin bakır baki- mından zenginlikleri, zenginleştirilen mineralin cinsine göre değişir. Kâlkosit ihtiva eden konsantrelerde tenor % 70 Cu a kadar, kalkopirit ihtiva eden kon- santrelerde % 15-30 Cu civarında müm- kün olur. Zenginleştirme oranı ve randı- manı daha ziyade cevherin serbestlik de- recesine bağlıdır. Serbestlik derecesi çok ince olan cevherlerde ön konsantrelerin veya ara ürünün (bulk konsantre) tek- rar öğütülmesi söz konusudur.

2.2.2. Sülfürlü + Oksitli + SiÜkat minerallerin flotasyonu :

Hem sülfürlü hem de oksitli bakır mineralleri ihtiva eden cevherlerde, çalış- ma şekli bunlardan hangisinin daha çok olduğuna göre değişiklik arzeder. Sülfür- lü mineraller daha fazla ise flatasyon ter- cih edilir.

Bu taktirde öncelikle sülfürlü mine- raller flote edilirler. Sonra oksitli mineral- ler, ya malum toplayıcı reagensler veya yağ asitleri kullanılarak sülfidleştirilir- ler ve flote edilirler. Oksitli minerallerin flotasyonunda randıman daima sülfürlü minerallere kıyasla düşüktür. Bu sebep- le daima sülfürlü cevherler tercih edilir- ler.

Oksitli mineraller daha fazla ise, bu takdirde suda çözelebilen sülfatlarla üçleme metodunu tatbik etmek lüzumludur. Sülfürlü ve oksitli mineral, gruplar yaklaşık aynı miktarlarda olursa, önce sülfürlü minerallerin flotasyonu, sonra oksitli mineralleri liçleme tercih edilmelidir.

Bazı silikatlı bakır cevherler, liçleme usulü ile de elde edilmeğe uygun oluyabilirler. Bunlar genellikle segragasyon metodu ile elde edilmiştir.

2.2.2.3. Kompleks Cevherlerin Flotasyonu :

Piritten başka bakır, kurşun, çinko mineralleri ihtiva eden kompleks cevherler aynı zamanda kısmen oksitli kompleks cevherlerse tatbik edilmesi gereken metodlar daha da karışık olurlar. Örneğin Doğu Karadeniz Bölgesindeki bakır kurşun - çinko - pirit - altın - gümüş v.s. ihtiva eden cevherler bu gruptandır.

Bazı hallerde önce bakır - kurşun - çinko müşterek konsantresini elde etmek gereklidir. Bu takdirde bunlardan önce çinko flote edilir. Daha sonra bikromat metoduyla bakır ve kurşun birbirinden ayrılır. Eğer gang mineralleri ile faydalı mineraller arasındaki tane irilikleri çok farklı ise, bu takdirde, bakır - kurşun çinko müşterek konsantresine pirit ve pirotin de dahil edilir. Bundan sonra tekrar selektif flotasyona baş vurulur.

Nikelli pirotin - Kalkopirit yatakları önemli bakır üretilen yataklardır. Nikel bu yataklarda pentlandit (Fe, Ni)S, halinde bulunur ve pirotin (FeS) ile çok girift haldedir. Bunlarda esas bakır taşıyıcı kalkopirittir. Normal olarak önce sülfürlü mineraller flote edilir. Bir miktar bakır sülfat ilâvesi, nikel ihtiva eden pirotinin flotasyonunu kolaylaştırır. Mevcut pirit az miktarda Na CN ilâvesiyle çöktürülür. Müşterek konsantreden, kalkopirit bazik ortamda flote edilir. Müşterek konsantrenin artığı nikelli pirotin konsantresi halindedir. Fakat bu ayırımın

sıhhati flotasyonda iyi olmadığından müşterek konsantre doğrudan izabeye tabi tutulur. İzabede nikel - Bakır matı elde edilir. Bu mat yavaşça soğutularak iri kristaller meydana gelmesi sağlanır ve ufalamadan sonra bakır sülfürler flote edilir.

Bazı bakır yataklarında bakır minerallerinin yanı sıra MoS₂ halinde molibden de bulunabilir. MoS₂ çok rahat yüzer. Fakat çok kere cevherin Mo-tenörü o kadar azdır ki, direkt bir deferasiyel flotasyon mümkün değildir. Bu sebepten önce bir müşterek konsantre elde edilir, sonra selektif flotasyona tabi tutulur. Molibden mineralinin flotasyonundan önce mineral yüzeylerine adsorbe olmuş bulunan toplayıcı filmleri uzaklaştırılmalı yani desorbe edilmelidir. Bu genellikle 200° C sıcaklıkta suyu alınmış konsantrenin ısıtılması ile mümkün olmaktadır. Bazı fevkalade hallerde müşterek konsantre filtrelenir ve ocakta 275 °C, kavurma başlangıcına kadar ısıtılır. Bu ısı işlemeyen sonra kızmış ürün su ile tekrar bulamaç haline sokulur ve karıştırılır. Kalkopritin alkali ortamda paşifleştirilmesi ile molibden sülfür yüzdürülür. Müşterek konsantrenin artığı bakır konsantresidir. Bu yolla ordanda çok sayıda temzileme flotasyonu ile % 1 Cu ihtiva eden % 85-90 Mo tenörlü molibden konsantresi elde edilebilir. Bakır konsantresinde ise yaklaşık % 0,5 MoS₂ bulunur.

Cu-Mo müşterek konsantresini önce bir molibden fakir bakır konsantresi ve bir molibden bakır ara ürünü olarak ayırmanın bazı faydaları mevcuttur. Bu maksatla molibden sülfür dextrin ile çöktürülerek bakır konsantresi elde edilir. Artık bir ara ürün halindedir ve yukarıda izah edildiği şekilde işleme tabi tutulur. Bu şekilde çalışmanın faydası, daha küçük miktarın ısıtılmasının mevzubahis oluşudur.

Kennecott Copper Corp, Utah da Magre ve Artur cevherleri böyle bir cevher hazırlama işlemine tabi tutulmaktadır.

Bir ısıtma işlemine tabi tutmadan müşterek konsantreden Cu-Mo ayırımı Morenci de yapılmaktadır. Bu maksatla müşterek konsantrenin flotasyonunda toplayıcı olarak tıofosfat kullanılır. Bu takdirde bakır mineralleri üzerindeki toplayıcı filmi sodyum ferra siyanitle uzaklaştırılabilir. Molibden sülfürün flotasyonu kısa bir karıştırmadan sonra yapılır. Elde edilen ön konsantre tekrar öğütülür, temizlenir. Bu öğütme sırasında ferrosiyanid, sodyum Sülfid, ve köpürtücü olarak, metilisobutilakkol ilâve edilir. Nisbeten kolay olan bu usul diğer cevherlere de tatbik edilmiş fakat iyi sonuç alınamamıştır.

Kuzey Rodezyadaki ve Kongo'daki bakır yataklarında karolit ($Cu CO_2 S_4$) şeklinde az miktarda kobalt mevcuttur. Önceleri Co ihtive eden bakır konsantresi elde ediliyor ve bu konsantre izabe ediliyordu. Şimdi artık örneğin Rhokana da (yaklaşık % 0 Co tenörlü) diferansiyel flotasyonla kobalt konsantresi elde edilmektedir, önce karolit kalkerle çöktürülmekte ve bakır minerallerinin büyük kısmı yüzdürüldükten sonra fİQte edilmektedir. Bu ürün ardarda flotasyonla temizlenmekte ve böylece zengin bir kobalt konsantresi elde edilmekte ve normal bakır konsantresinden ayrı olarak izabe edilmektedir. Kuzey Rodezyanın ekseri yataklarında bir bakır kobalt ayırımı yapılmaz, çünkü buralarda kobalt tenoru çok düşüktür.

Germanyumlu minerallerin ayrıca flotasyonu, cevher hazırlamacının pekte karşılaştığı problem değildir. Güney Afrika da Germanit, $Cu^3 (Ge,Fe) S_4$, ve çok az miktarda Renient, $(Cu, Fe, Zn)S$, mineralleri halinde % 0,08 Ge ihtiva bir bakır - kurşun konsantresinden, germanyum mineralleri diğer mineralleri nişasta ile bastırarak flote edilmektedir.

Kalay ve Wolfram minerallerinin mevcudiyeti, bakır flotasyon prosesinin çalışma tarzına etki etmez. Kalay ve Wolfram mineralleri çok zor flote olurlar. Bu mineraller flotasyondan önce veya sonra sallantılı masalarda veya benzeri cihazlarda ayrılırlar.

2.2.3. Liçleme :

Genellikle bu usul büyük kaplarda veya karıştırma tanklarında tatbik edilir. Oksitli cevherler için bu kullanılan çözücü madde sulandırılmış sülfirik asittir. Cevherde sülfürlü bakır mineralleri mevcutsa üç değerlikli demir sülfat ilâve edilir, böylece hiç değilsel kalkosit (Cu_2S) ve kovelin (CuS) çözülebilir. Sodyum siyanidle liçleme cevherlerde kullanılmaz. Fakat bakırca zengin çinko konsantrelerini bakırdan kurtarmada sodyum siyanid kullanılır.

Oksitli bakır cevherleri ve saf bakır için amonyum karbonat çözeltileri iyi bir çözeltme maddesidir. Aynı zamanda kri-zokol ($Cu SiO_3 \cdot 2H_2O$) yeterli bir incelikte amonyum karbonat içerisinde iyi çözelir. Amonyum karbonat çözeltileri bilhassa gangdan ve yantaştan sülfirik asitle ayrılamıyan cevherler için kullanılabilir. Ayrıca Utak, Bingham Canyon da Kennecott Copper Corp. un bir araştırma merkezinde bakterilerle, liçleme prosesini geliştirmek için çalışmalar yapmakta olduğunu zikretmek gerekir. Bakteriler sülfidlerin kükürdünü f_cSO_2 e dönüştürmektedirler ve ocak sularındaki iki değerlikli demiri oksitliyerek, üç değerlikli demire dönüştürmektedirler. Neticede asitlerle sülfidler çözülmektedir.

2.2.4. Kavurma ve Liçleme :

Kalkopirit ve bornit asidik Fe (III), sülfat çözeltisinde zor çözüldüklerinden,, bu minerallerin cevherde fazla bulunması halinde ya sülfatlaştırılma veya klorürleştirme kavrulmasına tabi tutulurlar. Sülfatleştirme kavurmasında sıcaklığın mümkün mertebe iyi ayarlanması gere-

kir. Klorürleştirme kavurması çok katlı fırınlarda yapılır. Yanlız asidik cevherler için müsaittir. Yüksek kireç ve Mg miktarları liçleme için zararlıdır.

Bakır, sülfat veya klorit çözeltilerinden örneğin metalik demirle ayıştırılabilir. Demir olarak demir kırpıntı ve artıkları kullanılır. Bakırla birlikte, potansiyelleri demirden daha yüksek olan diğer metaller de çökebilir. Dolayısıyla bu liçing çamuru, asil metalleri ihtiva eder ve istenmeyen karışık olarak fazla arşen ihtiva eder. Bu çamur ergitilir ve rafine edilir.

Çözeltiden elektroliz yoluyla bakırın kazanılmasında çözeltilen anot kullanılır ve doğrudan doğruya saf "katot bakır" elde edilir. Elektroliz için yüksek yatırım gerektiğinden ve bazı teknik zorunluklar söz konusu olduğundan küçük işletmelerde semantasyon usulü tercih edilir.

Yeni olarak bakır klorit çözeltilerinden kireç sütü ile Bakır (I) okside dönüştürülmektedir.

Amonyakalkali çözeltilerden çözeltilmiş bakır, su buhan gönderilmekle veya amonyak ve karbondioksidin vakumda bakır oksit ve bazik bakır karbonatın distilasyonu ile ayıştırılmaktadır.

Düşük bakır ihtiva eden maden sularından katyon alışverişi yardımıyla baların adsorpsiyonu yoluyla üretimin mümkün olduğu bilinmektedir.

2.3. İzabe :

Daha ziyade Pricer'a göre (bak. literatür.) bakır izabe usulleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

2.3.1. Primometalurjik Metot :

En çok kullanılan metoddur. En az dünya bakır üretiminin dörtte üçü bu usulle yapılmaktadır. Genel olarak önce •cevherden mat elde edilir. Buna sebep •enerji masrafı ve cüruftaki bakır tenörünü düşürmek arzusudur.

2.3.1.1. Metal haline ergitme :

Doğrudan metal haline ergitme saf bakır veya okside cevherler için tatbik edilebilir. Bu maksatla genellikle fırınlar kullanılır. Kobaltça zengin oksitli cevherlerinin izabesinde elektrik ocakları kullanılır.

2.3.1.2. Mat haline ergitme :

Sülfürlü bakır cevherleri mat haline getirilmeden önce kavru olarak oksitlenirler. Kavurma ve ergitme bir tek işlem olarak ve aynı zaman zarfında, yüksek (=kuyu= şaht=şaft) fırınlarda ısı miktarının ayarlanması ile mümkündür. Bu maksatla az miktarda kok kullanmak kafidir (Orkla metodu).

Kavurma işlemi, kavrulmuş mahn ince tanelimi yoksa sinterleşmiş olarak birleşmiş halde mi istenmesine göre çeşitlidir. Fakat esası hava girişi ile kükürdün yanmasıdır. Yüksek fırınlara parça mal yüklemek gerekmektedir. Bu sebeple yüksek fırınla çalışılacaksa sinterleme kavurması Dwight-Lloyd cihazlarında yapılır. Malm tenörü % 30-50 lu aralıkta olur. Zengin matlarda cürufa giden bakır oranı yüksek olur. Son yıllarda yüksek fırınların yerini alev fırınları almıştır. Alev fırınları toz malzeme ile ve daha az enerji ile çalışırlar. İnce taneli cevherin veya konsantrenin kavrulması katlı fırınlarda yapılır. Alev fırınlarında da mat max. % 50 Cu tenörü ile elde edilirler.

Maden oksitleme ergitmesi daha çok yüksek fırınlarında yapılır. Yeni olarak otojen bir kavurma - ergitme metodu yapılmaktadır. Bu metotta kuru kalkopirit konsantresi ve ilâveleri ayrıca kok ilâve edilmeden, bir yanma şaftına püskürtülür, bu şaftta cevher parçacıkları kavrulur, ve ergirler. Bu usul zengin kükürtlü cevherler için mümkündür. İlâve yanıcı maddeden kurtulmak için ya hava sıcak olarak üflenir veya oksijen üflenir.

Birinci hal Outokumpu - otojen - ergitme metodunda, ikinci hal Inco - ergitme metodunda kullanılmaktadır.

2.3.1.3. Mattan ham Bakır/blister/ üretimi :

Mattan ham bakır (Blister) üretimi işi konverter fırınlarında yapılır. Bu işlem iki periyotta tamamlanır. Meydana gelen : aksiyonlar kuvvetli exotermiktir, ayrıca dışardan ısı ilâvesine lüzum yoktur, ilk periyotta silis (kesker) ilâvesiyle denir. Cürufa geçirilir. Üfleme sırasında hava kabarcıkları (= Blasen = Blister) meydana getirildiğinden ve havanın oksijeni ile oksitlenme tamamlandığından elde edilen bu bakıra blister bakır denir. Blister % 98 - 99 Cu ihtiva eder. Konverter cürufa oldukça yüksek tenörlü olduğundan bir önceki devreye geri verilir.

2.3.1.4. Kompleks cevherlerin veya konsantrelerin işlenmesi :

Bakır-Nikel cevherlerinden yüksek fırınlarda, alev fırınlarında veya otojen ergitme fırınlarında bir bakır-nikel matı elde edilir. Konverterde «İnce mat» elde edilinceye kadar üflenir. Alev fırınlarında kavurma ve ergitme ile Monel metali de elde edilebilir.

Kobalt sülfit olarak mata gider, fakat daha çok ara mala karışır. Nikele göre daha kolay okside olduğundan bakırın erimesi esnasında gittikçe carcuruf geçer. Orta Afrikadaki yüksek kobalt tenörlü cevherler, lüzumlu halinde kavrulduktan sonra, elektrik ocaklarında redüksiyonla ergirler. Metal soğuma sırasında iki tabaka halinde ayrılır, Böylece daha çok bakır ihtiva eden kırmızı alaşım ve daha çok kobalt ihtiva eden beyaz alaşım yaş usulleri ayrılmış olur,

Bakır - kurşun cevherlerinin ve bakır düşük kurşun cevherlerinin izabesinde kurşun - bakır matı elde edilir. Bu mat konverterde üfleme tabi tutulur. Bakır cevherlerinin çok yüksek çinko ihtiva ettiği hallerde çinko, ergitme prosesi-

ne etkisi olmadan, cürufa geçirilebilir. Yüksek çinko tenörlerinde liçleme usulüne başvurulabilir.

2.3.2. Yaş metalurjik metod

Yaş metalurjik metotta ya cevher basitçe üçlemeye tabi tutulur, yahut bir kavurmadan sonra liçleme tatbik edilir. Çözelmüş bakır, metalik demirle ayrıştırılır, elektrolitik ayrışmaya tabi tutulur, veya diğer usullerle kazanılır.

Her iki usûlden 2.2.3 ve 2.2.4 de bahsedilmiştir.

2.3.3. Yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta yaş Metalürji

Yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta yaş metalurjik usul şimdiye kadar yalnız bakır ihtiva eden kobalt ve nikel konsantrelerinde kullanılmıştır. Son zamanlarda nikel veya kobalt ihtiva eden bakır konsantrelerinde, basınçlı çözeltme ve basınçla redüksiyon Filipinlerde tatbik edildi. Bu çalışma şeklinin esası bilhassa nikel, bakır ve kobaltın amonyakla kolay çözülebilir kompleks amin tuzları teşkil edebilmesidir.

Bu usulün tatbikatı, Manitobadaki Lynn-Lake mıntıkası yataklarında ve National Lead Co. nin bazı yataklarında görülmektedir.

2.3.4. Flotasyon prosesi ile kombine edilmiş metalurjik metod

Oksitli cevherlerden bakır üretimi için bu metod geliştirilmiştir. Bu metotta bakırın tiçlenmesi ve ayrışması veya cevherin ısı işlemleri flotasyonla olmaktadır.

L-P-F (Leaching - Precipitation - Flotation) metodu olarak isimlendirilen bu usulde ince taneli cevher sülfitli çözelti ile liçlenir. Çözelen bakır ince demir tozu ile semente edilir. Cevher bulamacında meydana gelen bakır çamuru flotasyon hücrelerinde yüzdürülür. Bu metod örneğin Butte, Montana da tatbik edil-

mektedir. Bu metodun üstünlüğü çözelmiş cevherin filtrelenmesine lüzum kalmayıdır.

Bu metot 1960 da Transarizona Resources, İncorp'un Arizona'daki Shere madeninde tatbikat safhasına sokulmuştur. Bu metoda segragasyon Prosesi adı verilmektedir. Bu metotda oksitli veya oksidik - süfürlü bakır cevheri beraberce mutbak tuzu ilâve katı bir redüksiyon maddesi olarak kömür veya kokla 500 - 800 C ye ısıtılır. Çeşitli reaksiyonlardan sonra metalik bakır tortu halinde dipte birikir. Fırın çıkışı soğutulur ve su ile karıştırılır. Bakırın kazanılması flotasyon yolu ile olur. Uzun zamandan beri bilinmekte olan ve fakat artık unutulmuş olan bu metot ilerde büyük bir kullanım sahası bulacağına benzer. Bilhassa zor flote edilebilen krisokol (CuSiO₃·2H₂O) minerali karbonatlıyan taşlarla birlikte bulunduğu bu usûl çok uygun olur.

2.4. RAFİNASYON

İzabe veya diğer usûllerle üretilen metalik bakır içerisinde Pb, Bi, As, Sn, Sb, Ni, Co, Fe, Zn, Ag, Au, S, Se, Te, O gibi diğer elementleride ihtiva eder. Bakır rafinasyonu ya ergimiş haldeki metalik bakır sıvısında veya elektroliz yolu ile yapılır.

2.4.1. ALEVLE RAFİNASYON

Alevle rafinasyon işlemi sabit alev fırınlarında veya döner alev,-fırınlarında yapılır.¹ Hava üflenmesi ile oksidasyonda bu yabancı elementlerin bir kısmı buharlaşır bir kısmı oksitlenir. Ham bakır eriyiği içersine ağaç gövdesi daldırılır. Bu esnada ağacın suyu buharlaşır, aynı zamanda bir kuru distilasyona sebep olur. Hidrojen ve karbonhidrat kuvvetli reaksiyon maddesi olarak etki ederler. Karbon, kömürleşen odundan peydah olur. Ağaçtan çıkan kuvvetli buhar ve gaz banyonun iyi bir şekilde karışmasını sağlar. Bakır banyonundaki CuFe miktarının

azalması devamlı numune ahna ile kontrol edilir. Elde edilen ürüne alevde rafine bakır veya yalnızca rafine adı verilir.

Alevle rafinasyon, ancak ham metalik bakırın yalnızca okside olabilecek gayri sarfiyetler ihtiva etmesi ve asil metalleri fazla miktarda ihtiva etmemesi ve bakırın çok fazla saf üretilmesinin şart olmadığı hallerde kullanılabilir.

2.4.2. ELEKTROLİTİK RAFİNASYON

Genellikle elektrolitik rafinasyon lüzumlu olabilir. Bu takdirde de bakırın sıvı haldeyken bir ön rafinasyonu lüzumludur. Böylece kullanılabilen anod plakaları düz yüzeylere dökülebilir. Katot bakır yani elektrolitik bakır % 99,99 Cu luk bir saflıktadır. Asil metaller anot camının içinde toplanır ve bu çamur içinde ayrıca kazanırlar. Anod çamurlar aynı zamanda önemli selen üretim malzemesidir. Bakır nikelce zenginse elektrolitten kazanılır.

2.4.3. BAKIRIN OKSİJENDEN AYRILMASI

Bakırın hidrojen hastalığı denen durumdan ari olması için, oksijen ihtiva etmemesi gerekir. Bakır oksijen ihtiva ederse, hidrojen meydana gelir. Örneğin, bakırın merdanelenme sıcaklığına çıkarılması halinde hidrojen ihtiva eden gaz Cu O₂ ile su buhan meydana gelir ve dolayısıyla metal çatlaklı olur. Oksijensiz bakır esas olarak iki farklı metalle elde edilebilir. Birincisinde katot bakırın oksijen almamasının mümkün olmadığı şartlar altında ertilir ve dökülür. Bu maksatla döküm makinasından ve fırından ibaret sistem dış havadan tecrit edilir koruyucu bir gazla az bir fazla basınçla kaplanır, ikinci metotta bakırın ihtiva ettiği oksijen desoksidasyon maddeleri ile uzaklaştırılır. Bu maksatla fosfor kullanılır. Fosfor dökümden hemen önce fosfor - bakır ön alaşımı şek-

linde döküme ilâve edilir. Fosfor kuprooksitlerle ve fosforpentoksit geri kalan kupro oksitlerle, bakır fosfat cürufu meydana getirir. Genellikle fosfor çok düşük miktarlarda ilâve edilir. Çünkü fosfor bakırın elektrik iletkenliği ve ışıl geçirgenliğini düşürür. Oksijensiz bakır

A.B.D. de OFHC (oxygen free high conductivity copper) olarak ifade edilir. Son zamanlarda desoksidan olarak lityum - bakır kapsülleri halinde lityum kullanılmaktadır. Fosfor ve lityum yalnız dehidratasyon maddesi olarak ta etki etmektedir.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM

- Gaudin, A. M. Flotation. New York 1957,
Leitfaden der Erzaufbereitung, Bonn 1952,
Handbuch der anorganischen Chemie. Kupfer, 8. Aufl, Weinheim 1955,
Handbook of mineral dressing, New York London 1948
- Gerth, Salzmann, Hamann
Gmelins
Taggart, A. F.
Taggart, A. F.
Kirshbarg, H.
Gründer, W.
Anonym.
Anonym.
Deutsche Kupfer Institut
Prior, K.
Freeman, G. A. Rampacek, C, Evans, L .G.
Schutbert
Damerow, G., Leudert. W.
- Elements of ore dressing. New - York - London 1951,
Aufbereitung bergbarlicher Rohstoffe, I. Bd. Jena 1953
Aufbereitungskunde, I. Bd. Belgrad 1951,
Transactions of, the international mineral dressing congress 1957, Stockholm, 1957.
International mineral processing congress 1960 London, 1960.
Kupfer, Eigenschaften, Verarbeitung, Verwendung, Berlin 1961.
Kupfer, Ullmans Enzyklopaedie der technischen Chemie. Bd. 11 3. Aufl. München Berlin 1960, S. 119 - 217.
Copper segregation process promise at lake Shore mine Min. Engng 1961 S. 1152 - 1155.
Aufbereitung fester mineralogischer Rohstoffe, VEB - Verlag für Grundstoffindustrie Bd. I. 1964, Bd. II, 1967, Bd. III, 1972.
Einführung in die Produktions technik, Technologie der metallurgischen Industrie, VEB - Verlag Technik Berlin 1969.

Sülfürlü Bakır Cevherleri ve Cevher Zenginleştirme Yönünden Problemleri

Özer AYIŞKAN*

ÖZET :

Sülfürlü bakır cevherleri çeşitli yapıda yataklarda, değişik miktarda diğer mineralleri (bilhassa pirit, çinkoblend ve galenit) ihtiva etmektedirler.

Bu yazıda Türkiye'de bulunan yataklar gözönünde tutularak, bakır cevherleri, mineral muhtevalarına ve yapısal karakterlerine göre, gruplandırılmaya çalışılmıştır.

Her grup için teknolojik açıdan problemler belirtilmeye çalışılarak, gerekli zenginleştirme yöntemleri tartışılacaktır.

SÜLFÜRLÜ BAKIR CEVHERLERİNDE TENOR

Bakırın fiyatının diğer metallere kıyasla hayli yüksek (kurşun ve çinkonun birkaç katı) ve izabesinin nispeten ucuz oluşu, çok düşük tenördeki yatakların dahi işletilebilmesini imkân dahiline koymuştur.

Bütün bakır yataklarında bakır sülfür mineralleri, diğer mineraller, (bilhassa pirit) yanında ancak zayıf bir dağılım şeklinde kalmaktadır. Dünyada işletilen cevher tenörleri, semantasyonla zenginleşmiş kısımlar hariç, % 0.8 - 4 arasında değişmekte ve ortalama % 0.9-1 Cu civarında kabul edilebilmektedir.

Kanada, Amerika Birleşik Devletleri gibi madencilik sektöründe ileri bazı ül-

kelerde, çok daha düşük tenörlü yataklar, dev işletmeler sayesinde kârlı olarak çalıştırılmaktadır.

Misal olarak Brenda Mine (British Columbia) verilebilir. Burada cevher % 0.183 Cu, % 0.049 Mo tenörlerindedir. Yatak, 177 milyon ton gibi çok büyük rezervi sayesinde günde 24.000 tonluk bir işletmeye tâbi tutulmakta ve senede yatırım tutarının 1/4 ü kadar (15 milyon dolar) kâr sağlamaktadır.

Bakır Hatlarındaki artışlara paralel olarak dünyanın diğer ülkelerinde de işlenilebilir cevher tenörünün daha da düşürülebileceği tabiidir.

KONSANTRE SATIŞ ŞARTLARI

Bakır cevherlerinin dünya piyasasında satılabilmesi için asgarî % 20 Cu seviyesine konsantre edilmeleri gerekmektedir.

Konsantre içerisindeki **empürterler'**den bazıları satış sırasında cevhere diğer ilâve ettirmekte, diğer bazıları ise ceza tatbiki dolayısıyla fiyatı düşürmektedir. Bu empürte'ler özetle aşağıda belirtilmiştir :

1 — Altın - gümüş : Fiatları ufak bir indirimle konsantre fiyatına eklenir. (Altın için tonda 1 veya 0.5 gramın, dışındaki kısım, gümüşün % 98'i ödenir.)

2 — Fazla Silis : Cevherin erimesini güçleştirme nedeniyle istenmez, an-

(*) Dr. Maden Yük. Mühendisi, M.T.A. Enstitüsü, Teknoloji Şubesi - ANKARA.

cak % 40 Cu dan daha zengin konsantrelerde, veya direkt olarak konvertelere verilebilecek cevherlerde, faydalıdır, hat-tâ prim alabilir.

3 — Demir, genellikle istenilen bir **empürtedir.**

4 — Antimuan, Arsenik, Bizmut ve kalay toplamının Avrupaya satılacak cevherlerde % l'i, Amerika'ya satılacaklarda % 3'ü geçmemesi gerekir. % 1-2 ye kadar arsenikli cevher ceza kesilerek alınır. Daha zengin arsenik ihtivaları ise cevherin reddine sebep olabilir.

5 — Nikel ve kobalt muhtevaları da cezayı gerektirir.

6 — % 8 in üzerindeki çinko, cezayı gerektirir, (izabe işlemini güçleştirmektedir.)

7 — Klor % 0.5 e kadar kabul edilebilir, (yarım ünite klora karşılık 1 ünite bakır düşürülerek). Bundan fazla klor ihtiva eden cevherler kabul edilmeyebilir.

KONSANTRASYONUN AMACI VE BU YÖNDEN BAKIR CEVHERLERİNİN GRUPLANDIRILMASI

Düşük tenörlü cevherlerin satılabilir konsantreler haline dönüştürülmesi şüphesiz teknolojik başarıya, ve bunun yanında ton konsantrenin maliyetine bağlıdır.

Hedef, tabiatıyla, konsantrasyon sonucu en yüksek kân sağlamaktır. Bu ise başlıca 3 faktörün mukayesesi ile elde edilebilir :

- 1 — Konsantrenin zenginliği ve safılığı;
- 2 — Metal kurtarma randımanı;
- 3 — Zenginleştirme maliyeti.

Bütün bu değerler ham cevherin mineral muhtevası ve yapısıyla son derece yalandan ilgilidir. Cevher içerisindeki yabancı mineraller arttıkça, zenginleş-

tirme prosesinin gittikçe komplike olacağı, konsantre randıman ve tenörlerinin etkileneceği ortadadır.

Buna paralel olarak maliyet artacak yabancı minerallerin de ayn konsantreler halinde değerlendirilmeleri gerekecektir.

Diğer yönden bazı zayıf cevherler, konsantreleri içerisindeki prim getiren empürteler sayesinde rantabl oldukları gibi, diğer çok daha zengin bazı cevherler, konsantreleri içerisinde kalan ve cezayı gerektiren empürteler dolayısıyla rantabl olmayabilir.

Şu halde sülfürlü bakır yataklannın değerlendirilmesinde çok önemli bir husus, bu yataklann mineral muhtevalarıdır.

Türkiye'de bulunan yataklar göz önünde tutularak sülfürlü bakır cevherleri, mineral muhtevalarına ve yapısal karakterlerine göre aşağıdaki şekilde gruplanmaya ve örneklenmeye çalışılmıştır.

1 — Bakır - Pirit (+ Pirotit) cevherleri

2 — Bakır - çinko - pirit (+ pirotit) cevherleri

3 — Kompleks cevherler (Bakır, kurşun, çinko, arsenopirit cevherleri.)

4 — Bakır - Molibden cevherleri

5 — Bakınn mevcut olduğu sülfürlü cevherler.

Bunlardan son ikisi üzerinde, Türkiye'de henüz bu tipte önemli yataklann tespit edilmediği nedeniyle durulmamacaktır.

1 — BAKIR VE PİRİTLİ CEVHERLER :

Bakır ve pirit mineralleri dışında pratik olarak başka mineraller ihtiva etmeyen cevherlerdir. Kompakt ve Emprenye tip cevherler olmak üzere 2 grupta incelenebilir.

1/1 Kompakt piritli cevherler.

Esas gangı piritin teşkil ettiği genellikle başka maddeler ihtiva etmeyen cevherlerdir. (Misal küre piritli bakır cevherleri, ve Lohanos yatağının bir kısmı).

Cevher zenginleştirme yönünden problemleri, bakırın piritten ayrılması, artığın pirit konsantresi olarak değerlendirilmesidir. Eğer belirli bir yüzde yabancı madde (ana taş, silikatlar v.s.) mevcutsa, piritin ayrıca artıktan yüzdürülmesi gerekecektir.

1/2 Emprenye piritli cevherler.

Pirit ihtivaları kompakt cevhere oranla düşüktür. (Misâl Murgul-anayatak, Murgul-Çakmakkaya, Ergani Maden ve Kızılkayalar cevherleri)

Bu tip cevherlerde başlangıçta kollektif sülfürlü cevher flotasyonuna gidilerek faydalı mineraller gangtân ayrılır, ikinci bir flotasyonla bakır - pirit ayrılması sağlanır.

Adı geçen flotasyon işlemlerinde şüphesiz çok çeşitli yöntemler bahis konusudur. Ancak genellikle uygulama kollektif sülfür mineralleri flotasyonunda pH = 7-7.5 un altında çeşitli kollektörlerle yüzdürmek ve selektif ayırmada piriti kireçle (veya kireç ile birlikte pek az siyanürle) yüksek pH ta (11 veya daha fazla) bastırmak tarzında yapılır.

Bastırılmış piritin yüzdürülmesinde ise eğer düşük pH'ta bastırma sağlanabilmiş ise (1/1) ilâve edilecek biraz fazlaca kollektör ile yüzdürme sağlanabilir, veya yüzdürme sodyum sülfürle aktifleştirmeyi takiben yapılır.

Fazla miktarda kireç ile bastırılmış cevherlerde ise piritli artığın «thickener»den geçerek serbest alkali iyonlar ihtiva eden sudan ayrılması gereklidir.

Bundan sonraki işlem asid ortamda pirit flotasyonu olabileceği gibi, piritin sodalı (Na_2CO_3) ortamda, bakır sülfat ile aktifleştirildikten sonra yüzdürülmesi şeklinde de olabilir.

Piritli bakır cevherlerinde göz önünde tutulacak en önemli ekonomik faktörler, şüphesiz öğütme inceliği, ve tekniği (direkt veya kademeli öğütme), bunun yanında artıktaki ve pirit konsantresindeki bakır kaçaklarıdır.

Piritli kısımların ihtiva ettiği değerli mineraller (meselâ altın), bunların bakırdan ayrılmamasını gerektirebilir, ya da pirit konsantresindeki altın siyanürizasyon metodlarıyla elde edilmelidir.

2 — Bakır - Çinko - Pirit Cevherleri.

Çinkolu bakır cevherlerinin esas mineralleri kalkopirit, kalkozin, sfalerit, pirit veya pirotit'tir. (Tablo 1) ikinci derecede önemli mineraller olarak bornit, gibi kompleks sülfürler görülür. (Misâl Çayeli ve Lahanos yatakları cevherleri).

Bu tip cevherlerin optimum değerlendirilmeleri ancak 3 ayrı konsantre (bakır - çinko - pirit) üretimi şeklinde mümkündür. Çünkü bakır konsantresine karışan çinko yukarıda, konsantre satış şartlarında görüldüğü gibi istenmeyen, zararlı bir maddedir.

Konsantreye karışan çinkonun bir kısmı bakır izabesi sırasında reverber fırınlarında uçmakta, kayıp olması yanında, problemler yaratmaktadır.

Reverberden mat içerisinde kalarak ayrılan diğer kısım çinko konverter cürufunun refrakter özelliklerini arttırarak metallurji işlemini güçleştirmektedir.

Çinkonun bakır konsantresi içerisinde kalmasının yarattığı bu problemler yanında bakırın çinko konsantresi içerisinde kalmasında aynı derecede arzu edilmeyen bir husustur. Çinko konsantresine karışan bakır da değerini kaybeder. Ayrıca çinkonun hidrometallurjik yolla değerlendirilmesinde problemler çıkarır.

Bu nedenle çinkolu bakır cevherlerinin selektif flotasyonla 3 ayrı konsantre (bakır - çinko ve pirit) halinde ayrılmasına çalışılmaktadır.

Tablo : 1**SÜLFÜRLÜ BAKIR MİNERALLERİ**

Adı	Formülü	Teorik Bakır muhtevası
Kalkopirit	$CuFeS_2$	% 34.5
Kalkosit	Cu_2S	% 79.8
Bornit	Cu_5FeS_4 , Cu_3S	% 55.5
Kovelit	CuS	% 64.4
Tenantit	$3Cu_2S \cdot AS_2S_3$	% 57.5 (değişir)
Tetraedrit	$3CuS \cdot Sb_2S_3(Fe, Zn)$	% 52.1 (değişir)
Enarjit	Cu_3AsS_4	% 48.3

Dünyanın çeşiti yerlerindeki uygulamalarda bu ayırmada muaffak olabilmek için değişik flotasyon yöntemleri ve çok geniş reaktif kombinezonları tatbik edilmektedir.

Ancak halen bu tip cevherlerin pek çoğu için tatminkâr zenginleştirme sonuçları elde edilememiştir. Bunun nedenleri aşağıda gösterilen şekilde açıklanabilir :

a) Üretilen bakır konsantreleri içinde kalan çinkonun problem teşkil etmeyecek sınırın altına düşürülmesi teknolojik olarak güçtür.

b) Üretilen çinko konsantreleri içerisinde az bakır kalması nispeten kolaydır, ancak bu durumda zengin bir çinko konsantrisiyle (% 50 Zn ve yukarısı) elde edilen çinko randımanları ekseriya düşük kalmaktadır. Meselâ Amerika Birleşik Devletlerindeki Çinko - Bakır tesislerinin, % 30'unda bu randıman % 50'nin altındadır, ve sadece % 10'unda randıman % 80 veya daha fazlasına ulaşabilmektedir.

Bakır - Çinko ayrılmasında karşılaşılan güçlükler önemli ölçüde minerallerin birbirleri içerisinde çok ince girişimler halinde olmasına ve çinkonun başlıca minerali olan, çinkoblend'in bakır iyonları tarafından aktifleştirilmesine bağlanabilir.

Aktifleşen çinkoblend yüzmekte ve bakır konsantrisine karışmaktadır.

Diğer bir zorlukta, çinkoblendi bastırmakta kullanılabilecek, selektif reaktiflerin hemen hepsinin, aynı zamanda bakır sülfür mineralleri üzerinde de bastırma etkisinin bulunmasıdır.

Sülfürdü bakır minerallerinden bazıları, bilhassa sekonder oluşundular, flotasyon sırasında okside olarak, bakır iyonu teşekkülüne sebep olurlar. Bakır iyonları ortamdaki çinkoblendi aktifleştirdikleri gibi, bir diğer etkisinde ortamdaki reaktiflerle kompleksler yaparak bunların bastırma etkilerini yok etmektedir.

Dolayısıyla Çinko bakır köpüğüne karışmakta, konsantrasyonda tatminkâr sonuçlara ulaşmak diğer tiplere kıyasla hayli güç olmaktadır. Bu tip cevherlerde uygulanabilecek flotasyon yöntemleri aşağıda özetlenmektedir :

a) Sülfürlü mineralleri kollektif flotasyonla gangtan ayırdıktan sonra, yeniden öğütmek ve selektif flotasyon uygulamaları ile ayırmak;

b) Önce bakır, sonra (çinko+pirit) konsantrisi olarak artığı atmak, en sonunda da çinko ile piriti ayırmak.

c) önce bakır ve çinkoyu birlikte yüzdürmek, sonradan yeniden öğütmeleyle köpükten Bakırla çinkoyu, ve artıktan piritle gangı ayırmak;

d) Direkt selektif flotasyon yoluyla, önce bakır, sonra çinko ve nihayet pirit konsantrelerini yüzdürmek şeklinde özetlenebilir. Genellikle bütün bu yöntemler, çinkonun siyanürler, sodyum sülfid, çinko sülfat veya bunların kombinasyonları gibi reaktiflerle bastırılması esasına dayanmaktadır. Bastırma reaktifleri fazla miktarda ve devamlı verilerek bakır iyonlarının menfi etkisi önlemeye çalışılmaktadır.

Kireç ve soda gibi diğer bazı reaktifler flotasyon ortamının çinko-bakır ayırmasına müsait olmasını temin ve aynı zamanda piriti pasif halde tutabilmek için kullanılmaktadır.

3 — KOMPLEKS CEVHERLER :

Bakır, kurşun, çinko, pirit veya arsenopiritli cevherlerdir. (Misal Harşit Köprübaşı, Koyulhisar Sisorta ve Artvin-Şavşat Maden cevherleri)

Bu tip cevherlerde problem ilk bakışta daha da zorlaşmıştır. Kurşun'un (genellikle galenit şeklinde) bünyeye gir-

mesi ile, dörtlü bir ayırmaya gidilmesi, bakır, kurşun, çinko ve pirit konsantreleri üretilmesi gerekmektedir.

Bakır-Çinko cevherlerinde belirtilenler yanında, kurşunun da diğer konsantrelere karışması önlenmeli, gereken temizlikte bir de kurşun konsantresi üretimine çalışılmalıdır.

Kurşun konsantresi mümkün olduğu ölçüde çinkosuz, karşıt olarak çinko konsantresinde mümkün olduğu kadar kurşunsuz olmalıdır.

Ekseri cevherlerde çinko tenorunun kurşun'a oranla çok daha yüksek oluşu, ve galenitin flotasyon karakterleri dolayısıyla hemen bütün proseslerde kurşun çinkodan önce yüzdürülmektedir. Dolayısıyla alınacak bütün tedbirlere rağmen (minerallerin tam serbestleşmesini sağlayacak öğütme iriliği ve selektif çinko bastırıcılarının optimum miktarlarda kullanılması gibi) kurşun konsantrelerinde bir miktar çinko kalmaktadır. Bu nedenle kurşun konsantreleri kalite olarak aşağıdaki 5 grupta toplanır :

	% Pb (minimum)	% Zn (maximum)	% Cu (maximum)
KSO	70	2,5	» 1,5
KSİ	60	8,0	2
KS2	50	10,8	4
KS3	40	12	4
KS4	30	12	4

Kurşun konsantresindeki bakır genellikle çok zararlı bir madde olarak görülmez.

Ancak kurşun izabesi sırasında fazladan işlemleri gerektirmesi, dolayısıyla izabeyi zorlaştırması nedeniyle, kurşun konsantrelerinin bakır muhtevaları hakkında da kısıtlamalar konulmuştur.

Bu nedenle flotasyonda Bakır - kurşun ayırması önem kazanır. Ayırma işlemi genellikle bakırın bastırılması, kurşun'un yüzdürülmesi tarzında yapılır. Ancak cevherde yukarıda bahsi geçen

ve flotasyon ortamında bakır iyonları meydana getiren (bakır minerallerini aktifleştirecektir.) Sekonder bakır minerallerin bulunması halinde, kurşun bastırılarak bakırın yüzdürülmesine gidilir. Genellikle bakırın bastırılmasında siyanürler, kurşunun bastırılmasında da bikromat kullanılır.

Görüldüğü gibi kompleks cevher flotasyonunda en fazla etkileyen ve zorlaştıran hususlardan biri cevher içerisindeki sekonder bakır sülfür minerallerinin varlığıdır (Ref 7).

Hidrotermal - flonien tip yataklardaki, genellikle kalkopirit - galenit - çinko blend - pirit yapısındaki, primer cevherlerde, bu nedenle selektif flotasyonda nispeten daha az problemlerle karşılaşmaktadır (Ref 5-6).

Kompleks cevherlerin flotasyonunda esas olarak 2 metod geliştirilmiştir :

1 — Bakır ve kurşunun birlikte yüzdürülmesini takiben artıktan çinko ve piritin ayrı ayrı alınması, daha sonra bakırla kurşunun ayrılması;

2 — Diğerleri bastırılarak önce ba-

kırın, sonra kurşunun ve nihayet çinkonun aktifleştirilerek yüzdürülmesi tekniği. Bu proseste kullanılan reaktifler Çinko-Bakır ayırımında kullanılanlar yanında, galeni bastırmak için faydalanılan SO₂ gazı, (ortamda sülfüroz asit teşekkülü ile galeni bastırır) ve nişastadır.

Kompleks cevherlerden üretilen bakır, çinko ve pirit konsantreleri tenor ve yabancı madde muhtevalarına göre, satış cevheri olarak aşağıdaki guruplamaya tabidir :

Bakır konsantrelerinde satış cevheri gurupları:

	% Cu Minimum	% Pb maximum	% Zn maximum
KM1	20	7	6
KM2	16	10	14
KM3	14	9	10
KM4	11	15	19

Çinko konsantrelerinde satış cevheri gurupları:

	% Zn minimum	% Fe maximum
KTS1	53	7
KTS2	50	9
KTS3	45	12
KTS4	40	16

Çinko konsantrelerinde satış cevheri gurupları :

	% S Minimum
KSF 1	47
KSF 2	45 (% 1 den az Zn+Pb)
• • • " KSF 3	42 % 3.8 den az nem
KSF 4	38

SONUÇ:

Türkiye'de şimdiki halde tespit edilmiş sülfürlü bakır yatakları üç ana gurupta toplanmış ve zenginleşme yöntemleri tartışılmıştır :

1 — Bakır - Pirit cevherlerinde konsantrasyon sorunu, bakırla piritin ayrılmasını sağlamak olup nisbeten kolaydır.

Artıktaki ve pirit konsantresindeki bakır kaçaklarını önlemek, en önemli problemlerdir.

2 — Bakır - Çinko - Pirit cevherlerindeki zenginleştirme problemleri diğerlerine nispetle büyük ölçüde zordur. Çinkonun bakır konsantresine karışması, çinko değerinin kaybolması yanında.

Türkiye'nin halihazır bakır izabe tesislerinde önemli problemler yaratacak görünüştedir.

3 — Kompleks cevherlerin (Bakır-Kurşun - Çinko - Pirit) selektif ayırmasında şüphesiz büyük problemler mevcut olmakla birlikte, bu tipteki (sekonder bakır mineralleri ihtiva etmeyen) filonien cevherlerde selektif ayırma, bakır-çinko cevherlerine, oranla, nispeten daha kolay görülmektedir.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM :

- 1 — **E. RAGUİN** Geologie des Gites Minéraux 1961
- 2 — **FROTH FLOTATION** 50 th. Anniversary Volume 1962
- 3 — **GLEMBOTSKI** Flotatsiya Moscow - 1961
- 4 — **BRENDE MINE** (British Columbia Mining Magazine V-126 No. 6)
- 5 — **O. AYIŞKAN** Koyulhisar - Sisorta Kompleks Cu-Pb-Zn cevherinin kolektif ve selektif flotasyon yöntemleriyle flotasyonu. M.T.A. Rap. 1970
- 6 — **Ö. AYIŞKAN** Artvin - Şavşat Maden kompleks Cu-Pb-Zn cevherinin selektif flotasyonla zenginleştirilmesi. M.T.A. Rap. 1972
- 7 — **Ö. AYIŞKAN — H. UZUN** Harşit Köprübaşı kompleks Cu-Pb-Zn cevherinin flotasyonla zenginleştirme etüdüleri (Halen çalışılmakta)
- 8 — **Ö. AYIŞKAN** Kızılkayalar piritli bakır cevherinin flotasyonla zenginleştirilmesi (Halen çalışılmakta)
- 9 — **Ö. AYIŞKAN** Lananos Bakır-Çinko-Pirit cevherinin flotasyonla zenginleştirilmesi etüdü. (Halen çalışılmakta).

Bakır ve Bakır Ürünleri Kullanım Alanları

H. Avni YAZAN (*)

AU AKAR (**)

Levent ÖZMERİH (***)

Rafine fırınlarında saflaştırılan bakır ilerinde tabii tutulacağı işleme göre değişik form verilmek üzere çeşitli şekillerde dökülür. En önemli döküm şekli tel halinde olandır (wire bar). Bunun yanısıra levha, köşeli veya silindirik şekildeki döküm çeşitleri en yaygın olanlarındandır.

Alaşım yapımı için bakır büyük miktarda kertik blokçuklar (ingot bars) ve kimya endüstrisinde kullanılmak için ise bakır granülü şeklinde dökülür.

Bakır sülfat ve diğer sıvı bakır fazlarından, elektroliz yöntemleri ile elde edilen bakır özellikle, bakır boru ve ince bakır levha üretiminde kullanılır. Ayrıca kullanım amacına uygun şekil ve irilikteki bakır tozları da elektroliz ayırım yöntemi ile kazanılır. Dış etkenlere karşı davranışı yüzünden bakır, asıl metallere en yakın olan bir metaldir. Asit ve atmosfer koşullarına karşı yüksek bir direnç yeteneğine sahiptir. Bu özelliği nedeni ile bakır yarı asil metal olarak geniş kullanılma alanı bulmaktadır.

Ayrıca bakır yüksek çekme ve kırılma dayanıklılığına sahiptir ve kolayca soğuk olarak çekiç ve merdaneler ile şekillendirilebilir. Çekiçle dövüldüğünde çok ince (2.6 mikron) bakır yaprakları elde edilebilir. Endüstride kolaylıkla 0.3 mm. lik bakır tel yapılabilmektedir.

Geçmiş zamanlarda da bakırın yumuşaklığından, sağlamlığından ve işlenebilirliğinden faydalanılarak çeşitli yerlerde kullanıldığı bilinmektedir. Zamanımızdaki kullanılma alanları ise daha çok, bakırın sonradan öğrenilen özelliklerine dayanmaktadır. Bu özelliklerin en önemlileri bakırın ısı ve elektriği çok iyi iletmesidir. Bakır, gümüş ve altından sonra en iyi ısı ve elektrik iletkenidir. Bu nedenle bakır elektrik ve elektro tekniğin en hakim metali olup bu alanlarda birçok yeni gelişmelere de destek olmuştur.

BAKIR ALAŞIMLARI

Bakırın en yaygın kullanım alanlarından biri de diğer metallerle yaptığı pirinç, bronz v.s. gibi alaşımlardır. Metal piyasasında büyük bir ihtiyacı karşılayan bu alaşımlar endüstrinin hemen hemen her dalında aranılmakta ve kullanılmaktadır.

Alaşımlar arasında kalay ve çinko ile yapılanlara en önemlileridir. Eski zamanlarda kalay ile yapılan alaşımlar bronz olarak isimlendirilmiş ve tarihte, Bronz Devri'ni doğurmuştur.

Bronz saf bakıra nazaran sertliği, dayanıklılığı ve kolay döküm özellikleri ile önem kazanmıştır. Göze daha hoş görünen bronz rengi bazı hallerde kırmızı bakır rengine tercih edilir. Kalayın yüksek fiyatı nedeni ile bronz, bakıra nazaran daha pahalıdır. Fakat kıy-

(*) Dr. Maden Yük. Müh. M. T. A. Enstitüsü, Teknoloji Şubesi, ANKARA.

(**) Maden Yük. Müh. M. T. A. Enstitüsü, Teknoloji Şubesi, ANKARA.

(***) Maden Yük. Müh. M. T. A. Enstitüsü, Teknoloji Şubesi, ANKARA.

metli süt eşyası, anıtlar, anlar, ve para yapımında tercihen kullandır. Bronz'a iyi dökülebilir kazandırmak için % 0.1 miktarında fosfor ilave edilir. Fosfor miktarı fazla olan alımalara fosforlu bronz adı verilir ve bu malzeme yüksek sertlik ve korozyona dayanıklılık gösterdiğinden pompa ve gemi yapmamda kullanılır. Çinko bronz, kalay yanmda kurşun da içerirse kızıl döküm adını alır ve iyi kayganlık verdiğı için makina yataklarında kullanılır.

Alüminyum bronz, yüksek korozyon dayanıklılığı ile diğerk bakir alaşımlarından daha üstündür. Bu alaşım özellikle madencilik ve kimya sektöründeki fabrikalarda kullanılan dişlilerin yapımında aranan bir malzemedir.

Berilyum bronz'u ,beliryumun yüksek fiatı nedeni ile aşınmaya dayanıklı dili, cıvata ve kıvılcım çıkarmayan atölye malzemelerinin imali gibi özel amaçlarda kullanılır.

Sıcağı karşı büyük mukavemet gösteren Mangan Bronz'u % 15 mangan ihtiva ettiğı takdirde deniz suyuna karıı dayanıklı olup, başta gemi yapımı olmak üzere korozyon ve ısıya dayanıklı makina parçalarının imalinde tercihen kullanılır.

Pirinç yüzde elli bakır yanmda başlıca çinko ihtiva eder. Sarı rengi, kolay eriyebilirliğı ve iyi ilenebilirliğı özelliklerinden ve bakıra nazaran daha sağlam ve ucuz olduğundan pirinç en yaygın alımalar arasına girmiştir. Kullanım alanlarına göre alaşım yüzdeleri değişebilir.

Diğerk bir alaşım olan Nikelin, bakır-çinko-nikel "karışımlarından meydana gelir ve elektrik dirençleri ile, Yeni Gm, adı altmda bazı sofrata takımlarının yapımında kullanılır.

Bakır - Krom alaşımı % 0.4 - 2,0 krom ihtiva eder. Bu alaşım rezistans ve aşınmaya dayanıldı malzemeler yapımında geniş bir teknik kullanım alanına sahiptir.

eliğı kırılğan hale getirdiğinden genellikle elik içinde bakır istenmez. Ancak bazı hallerde eliğı koruyucu bir pas tabakası temin etmek için eliğı % 0.25 — 0.35 oranında bakır ilâve edilebilir.

BAKIR BİLEŞİKLERİ

Diğerk bir ürün çeşidi olan bakır tuzlan endstrine çeşitli alanlarda, özellikle ziraatta çok aranılan bir üründür. Bakır metali uzun süre atmosfer etkisinde kalırsa» yüzeyde bir çift tuz tabakası oluşur ve bu tuzlar dayanıklı, koruyucu bir zarf yaratırlar. Bakır bileşiklerinden özellikle, bakır sülfat (gztaı) bağcılıkta mikro organizmaları yoketmekte kullanılır. Son zamanlarda bu amaç için bakır sülfatın yerini oksitli bakır klorür almaktadır.

Bakır boyası (kırmızı bakır oksit) gemi tabanlarında yosun tutmasına karşı sürülür.

Ayrıca bakır bileşikleri, suni ipek yapımında, seramik, sır ve cam endüstrisinde, tıpta ve kaplama alanında geniş kullanım alanları bulunmuştur.

Bakırın kimyasal dayanıklılığı ve görünümü, onun birçok inşaat ve dekorasyon malzemelerinde, gemi gövdelerinin kaplanmasında, binaların danalarında, aranılan bir madde haline getirmiştir. Ayrıca bakırın özellikleri birçok pano, vazo ve saksı gibi malzemelerde kullanılmasını sağlamaktadır. Yüksek erime derecesine sahip olan bakır metali, kazan, tava ve diğerk mutfak kapları ile fabrikaların destilasyon, sıtma ve soğutma tesisleri ile bunların boru donatımında geniş çapta kullanılma olanacağı bulunmaktadır.

Bakırın bir diğerk önemli kullanım yeri nakil araçlarında çok miktarda bakır ve bakırdan yapılmış malzeme kullanılır.

Bunlardan başka bakır metali; is-
pirtto, bira sirke, yağ ve şeker endüstri-
sinde kullanılmaktadır.

Kullanılma sahaları tüketim mik-
tarlarına göre aşağıdaki şekilde sıralana-
bilir :

a) Elektrik Endüstrisinde : Motor,
jeneratör, dinamo, kontrol tabloları, ilet-
ken mazlemeler, aydınlatma, haberleş-
me ve bütün elektrikli ev eşyaları,

b) Yapı Endüstrisinde : İnşaat, de-
korasyon malzemeleri ve alaşımlar,

c) Nakil Vasıtalarında : Bütün ka-
ra, kava ve deniz nakil vasıtaları,

d) Endüstriyel Makinalarda : Hava-
landırma, ısıtma, ziraat makinaları,

e) Diğerleri : Kimyasal bileşikler,
boya sanayii kuyumculuk ve madeni
para malzemeleri, v.s.

Amerika Birleşik Devletleri ve Batı
Almanya'da bu alanlardaki tüketim yüz-
deleri aşağıda verilmiştir :

Amerika Birleşik Devletleri 1968 Bakır Tüketimi:

Kullanım Alanları.	Tüketim
Elektrik Endüstrisi	% 50.0
Yapı Endüstrisi	% 16.0
Nakil Vasıtaları	% 12.0
Endüstriyel Makinalar	% 10.0
Silâh ve Harp Sanayii	% 6.0
Diğerleri	% 6.0
Toplam	% 100.0

Batı Almanya 1970 Bakır Tüketimi

Kullanım Alanları	Tüketim
Elektrik Endüstrisi	% 59.1
Yapı Endüstrisi	% 13.6
Endüstriyel Makinalar	% 13.6
Nakil Vasıtaları	% 9.4
Gıda Endüstrisi	% 2.7
Hassas Âlet ve Optik Malzemeler	% 1.6
Toplam	% 100.0

Görüldüğü gibi A.B.D. ve Batı Al-
manya ve diğer büyük bakır tüketici ül-
kelerde kullanılan bakırın % 50-60'ı
elektrik endüstrisinde, % 10-15'i yapı
endüstrisinde, % 10-15'i endüstriyel ma-
kinalarda, % 10 - 12'si nakil vasıtaların-
da ve kalanı diğerleri adı altında kulla-
nılmaktadır.

Yukarda kullanılma alanları belirtti-
len bakırın saflık dereceleri ve pazarla-
ma ürün çeşitleri ve özellikleri Tablo 1
ve 2 de verilmiştir :

TABLO : 1

DİN 1908'e göre mevcut yedi bakır cinsi hakkında veriler.

Bakır cinsi	Eh az t°/o) Bakır miktarı	Özellikleri
A — Bakın (A-Cu)	99	Arsenik ve nikel ihtiva eder. Ateş kutu- su, antruvaz ve diğer. ısıya dayanıklı gereken parçalann imalinde kullanılır.
B — Bakır (B - Cu)	99,95	Arsenik ihtiva eder. Boru imalinde kul- lanılır.
C — Bakın (C-Cu)	99,5	Bakır sac, bant, boru ve çubukların ima- linde ve pirinç, bronz yoğurma (plastik şekil yorma) alaşımları için hammadde olarak kullanılır.

D — Bakın (D - Cu)	99,75	Kullanılma sahası C-Cu gibidir. Aparat imali için tercih edilir.
F — Bakırı (F - Cu)	99,9	Derin çekilme kabiliyetinin çok yüksek olması istenilen bakır sac ve bantların imalinde kullanılır.
E — Bakın (E - Cu)	9,9	Elektroteknikte kullanılan akım iletici kısımların malzemesidir.
Katod - Elektrolit Bakırı (KE-Cu)		Yüksek saflıkta alaşım imali ve bugün genellikle % 63 den fazla bakır ihtiva eden bütün pirinçler için kullanılır.

KE-Cu dışında diğer bütün bu bakır çeşitleri Cu₂O halinde oksijen ihtiva edenler. Oksijeni giderilmiş bakın belirt-

mek için kısa işaretin baş kısmına S harfi konur. SE-Cu (oksijensiz E-Bakın) gibi.

Bakının Ticaret ve Borsa şekilleri ise (Tablo : 2) de verilmiştir.

TABLO : 2
BAKIRIN TİCARET VE BORSA ŞEKİLLERİ

Adı	Bakır (%)	N i t e l i ğ i
Lage	99,9 (Agilebirlikte)	Superior Gölü yakınlarındaki nabit bakır yataklarından elde edilir.
Electrolytic	99,9	Elektrolitik olarak rafine edilmiş bakır
Fire refined	99,98	Elektrolitik bakır olarak kullanılmaz, yalnız yan mamul üretiminde kullanılır.
Casting	99,5-99,75	Hurdadan elde edilir ve dökümde kullanılır.
Best selected	99,75	İngiliz menşelidir. Pirinç elde edilmesinde kullanılır.
Tough	99,25	Elektrolitik veya pirometalurjik olarak elde edilir. Döküm ve haddede kullanılır.
Chile bars	95 - 99 (yer yer Au ve Pt)	Şili'de elde edilmiş blister bakır.
Standart	99,7	Elektrolitik veya pirometalurjik olarak elde edilir. Yüksek geçirgenliğe sahiptir. Londra borsasının bakır alış verisinin temelini teşkil eder.

SONUÇ :

Ülkemizde ise bakır konsantre haline getirilip, mevcut izabe tesislerinde pirometalurjik yoldan blister bakır üretilmektedir. Bu blister bakının bir kısmı İstanbul Rabak Elektrolitik Bakır ve Mamulleri A.Ş. ile Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu Kınkkale Bakır ra-

finasyon tesislerinde saflaştırılmakta, anot çamuru ise ülke dışına altın ve gümüşü kazanılmak üzere gönderilmektedir. Oysa bakır cevherleri kurşun, çinko, pirit gibi klâsik metal mineralleri yanında nadir mineraller de içermektedirler. Bu nadir minerallerin metalleri blister bakırda konsantre olmaktadır.

Blister bakırın rafinesinden sonra geri kalan artık ürünün içindeki altın, gümüş, kadmiyum, telür, germanyum, selen, indiyum, platin, kobalt, nikel ve molibden gibi kıymetli metallere altın ve gümüş hariç diğerleri şimdilik değerlendirilememektedir. Tekniğin çeşitli bölümlerinde aranılan bu asil metallere değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Ülkemizde yukarıda belirtilen hususların da göz önünde bulundurularak kullanım alanlarına göre kaliteli bakır cinslerinin kazanılması, gelişmekte olan ülkemizin başta elektroteknik sanayii olmak üzere birçok sanayi dalında ilerlemesine büyük katkıda bulunması beklenmektedir.

İlgili yetkili kuruluşların bu hususu, göz önünde bulundurularak, gerekli tedbirleri şimdiden alması zorunludur.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM :

- 1 — Kraume, E. : KUPFER - Die Metallischen Rohstoffe, 4. Band, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1964.
- 2 — Metallgesellschaft A.G. : Sonderheft Kupfer, No. II, 1968.
- 3 — Keller, H. - Eickhoff, K. : Bakır ve Bakır Alaşımları, Çeviren : Şefik Güleç, İ.T.Ü. Türk Teknik Haberleşme Merkezi, İskender Matbaası, İstanbul 1969.
- 4 — Othmer, Kirk : Encyclopedia of Chemical Technology.
- 5 — GDMB : Erzmetall, 1972, p. 416.
- 6 — Mineral Facts and Problems 1970 Edition.

