

# 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 yoğunluklarına 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 üretimleri demir ve çelik üretimine nisbetle bazı fevkaladelikler gösterir, Örneğin bunların üretim teknolojisi çok çeşitlidir ve birbirini takip eden çok sayıda proseslerle 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/cm<sup>3</sup> 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 sınıflandırılırlar.

### **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 metallere 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,  $Cu_2O$ , 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  
Dioplas,  $Cu_3Si_2O_7 \cdot 3H_2O$ , 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, galemit 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 hazırlamanın fakir ve kompleks cevherlerin işlenmesinde pek büyük bir rolü vardır. Maden işletme sahasından gelen bakırlı cevherin doğrudan doğruya ergitilmesi ancak pek zengin cevherler için veya cevherin bilinen metotlarla zenginleştirilmesine imkân görülmeyen haller için söz konusudur.

Bakır cevherinde tavuklama ile zenginleştirme tesisini kaldırmıyacak kadar çok küçük olduğu hallerde, veya örneğin 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 gelişmesi ile Dizlikte bu tesislerden kaybolmaya başlamıştır. Halen bazı eski işletmelerde, örneğin A.B.D. de Yüksek Göller mıntıkasındaki işletmelerde kullanıldıkları sanılmaktadır. Burada cevher flotasyon seviyesine öğütülmeden saf bakırm ayrılarak alınması işlerinde kullanılmaktadır. Flotasyonla yakalanamıyan mineral tanelerinin kazanılmasında, sallantılı masalar, metal randımanının arttırılması için flotasyona yardımcı olmaktadır.

#### **2.2.2. Flotasyon :**

Bakır Mineralleri için önemli cevher hazırlama prosesi flotasyondur. Fakir ve impregre cevherlerin zenginleştirilmesi ve 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 zamanda sülfürlü bakır mineralleri de kolay yüzerler. Bornitin hidrofoblaştırılması için  $\text{Na}_2\text{S}$  ilâvesine lüzum hasıl olur. Piritli bakır cevherlerinin flotasyonu genellikle büyük bir zorluk göstermemektedir. Piritli bakır cevherlerinin flotasyonunda diferansiyel flotasyon usulü en uygun olanıdır. Pirit alkali bulamaçta pasifleştirilerek bakır sülfütlü yuzdürülür. Eğer cevher içinde saf altın da mevcutsa pH—ayarlayıcı olarak kalker yerine soda kullanılması tercih edilmelidir.

Bakır konsantrelerinin bakır bakımından zenginlikleri, zenginleştirilen mineralin cinsine göre değişir. Kâlkosit ihtiva eden konsantrelerde tenor % 70 Cu a kadar, kalkopirit ihtiva eden konsantrelerde % 15-30 Cu civarında mümkün olur. Zenginleştirme oranı ve randımanı daha ziyade cevherin serbestlik derecesine bağlıdır. Serbestlik derecesi çok ince olan cevherlerde ön konsantrelerin veya ara ürünün (bulk konsantre) tekrar öğütülmesi söz konusudur.

#### **2.2.2. Sülfürlü + Oksitli + SiÜkat minerallerin flotasyonu :**

Hem sülfürlü hem de oksitli bakır mineralleri ihtiva eden cevherlerde, çalışma şekli bunlardan hangisinin daha çok olduğuna göre değişiklik arzeder. Sülfürlü mineraller daha fazla ise flatasyon tercih edilir.

Bu taktirde öncelikle sülfürlü mineraller flote edilirler. Sonra oksitli mineraller, ya malum toplayıcı reagensler veya yağ asitleri kullanılarak sülfidleştirilirler ve flote edilirler. Oksitli minerallerin flotasyonunda randıman daima sülfürlü minerallere kıyasla düşüktür. Bu sebeple daima sülfürlü cevherler tercih edilirler.

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 edilme için uygun oluyabilirler. Bunlar genellikle segrasyon 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 MoS<sub>2</sub> halinde molibden de bulunabilir. MoS<sub>2</sub> çok rahat yüzer. Fakat çok kere cevherin Mo-tenörü o kadar azdır ki, direkt bir defransiyel 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 ısıl işlemeden 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 MoS<sub>2</sub> 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 Sülfıt, 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<sub>2</sub> S<sub>4</sub>) 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 fıQte 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 hazırlamacınınm pekte karşılaştığı problem değildir. Güney Afrika da Germanit, Cu<sup>3</sup> (Ge,Fe) S<sub>4</sub>, 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 süflürlü bakır mineralleri mevcutsa üç değerlikli demir sülfat ilâve edilir, böylece hiç değilse kalkosit (Cu<sub>2</sub>S) 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<sub>3</sub>.2H<sub>2</sub>O) yeterli bir incelikte amonyum karbonat içerisinde iyi çözelir. Amonyum karbonat çözeltileri bilhassa gangdan ve yantaştan süflirik 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 sülfıtlerin kükürdünü tfeSOae dönüştürmektedirler ve ocak sularındaki iki değerlikli demiri oksitliyerek, üç değerlikli demire dönüştürmektedirler. Neticede asitlerle sülfıtlar 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 ayrıştırılabilir. 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 istenmiyen karışık olarak fazla arşen ihtiva eder. Bu çamur ergitilir ve rafine edilir.

Çözeltiden elektroliz yoluyla bakırın kazanılmasında çözelmiyen 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 çözelmiş bakır, su buhan gönderilmekle veya amonyak ve karbondioksidin vakumda bakır oksit ve bazik bakır karbonatın distilasyonu ile ayrıştırılmaktadır.

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 masrafım 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 kavruarak 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 istenişine 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 tenoru % 30-50 lu arasıdır 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. Çözelmış 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 ısıl işlemi 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 - sürfürlü 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 (CuSiO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O) minerali karbonatlıyan taşlarla birlikte bulunduğu anda 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.<sup>1</sup> 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 banyosundaki 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 metallere anot camının içinde toplanır ve bu çamur içinde ayrıca kazanırlar. Anod çamurları 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 O<sub>2</sub> 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,
- Gerth, Salzmann, Hamann Handbuchder anorganischen Chemie. Kupfer, 8. Aufl, Weinhenm 1955,
- Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. Kupfer, 8. Aufl, Weinhenm 1955,
- Taggart, A. F. Handbook of mineral dressing, New York London 1948
- Taggart, A. F. Elements of ore dressing. New - York - London 1951,
- Kirshbarg, H. Aufbereitung bergbarlicher Rohstoffe, I. Bd. Jena 1953
- Gründer, W. Aufbereitungskunde, I. Bd. Belgrad 1951,
- Anonym. Transactions of, the international mineral dressing congress 1957, Stockholm, 1957.
- Anonym. International mineral processing congress 1960 London, 1960.
- Deutsche Kupfer Institut Kupfer, Eigenschaften, Verarbeitung, Verwendung, Berlin 1961.
- Prior, K. Kupfer, Ullmans Enzyklopaedie der technischen Chermie. Bd. 11 3. Aufl. Mühhchen Berlin 1960, S. 119 - 217.
- Freeman, G. A. Rampacek, C, Evans, L .G. Copper segragation process promise at lake Shore mine Min. Engng 1961 S. 1152 - 1155.
- Schutbert Aufbereitung fester mineralogischer Rohstoffe, VEB - Verlag für Grundstoffindustrie Bd. I. 1964, Bd. II, 1967, Bd. III, 1972.
- Damerow, G., Leudert. W. Einführung in die Produktions technik, Technologie der metallurgischen Industrie, VEB - Verlag Technik Berlin 1969.