

CEVHER ZENGİNLEŞTİRME

MİNERALLERİN AYRILMA PRENSİPLERİ VE MADEN SANAYİNDEKİ TATBİKATI

Raşit TOLUN

Ortaođu Teknik Üniversitesi, Ankara

Maden cevherleri ocaktan istihsal edilip izabehanelere veya sanayiın diğer bölümlerine satılır. Zengin maden cevherlerinin azalması ve sanayiın standart ham maddeler talep etmesi neticesinde düşük tenörlü fakir cevherlerin yapılarına giren kıymetli minerallerin ayrılarak, standart şartlara uygun konsantreler halinde sanayiye arz edilmesi icabetmiştir. Bu maksatla yapılan ameliyelere, cevher hazırlama veya zenginleştirme (veya maden zenginleştirme) ameliyeleri diyoruz.

Halen memleketimizde maden ocaklarından istihsal edilen birçok cevherler, hiçbir zenginleştirme ameliyesine tabi tutulmadan sanayiye sevk edilmektedir. Meselâ : demir, krom, manganez cevherleri ve maden kömürleri gibi. Bazı krom cevherleri gravimetrik (yoğunluk farklarından istifade eden) konsantrasyon usullerine tabi tutularak zenginleştirilmektedir. Diğer taraftan bakır, antimuan, kurşun-çinko ve kükürt cevherlerimiz gayet ince öğütülerek flotasyon yolu ile zenginleştirilmektedirler.

ANA PRENSİPLER

Mineralojik yapıları veya kimyasal terkipleri bakımından farklı iki veya daha fazla kati maddenin birbirlerinden ayrılabilmeleri için aşağıdaki iki şartın mevcut olması gerekir :

1. Cevher tanelerinde, konsantre edilecek mineralin veya minerallerin tamamen serbest halde bulunması veya bu serbestleşmenin kırma ve öğütme yoluyla kolayca elde edilebilmesi,

2. Serbestleşmiş olan saf minerallerin fiziksel vasıflarının (yoğunluk, manyetik çekilme, elektrik iletgenliği) veya kırılma yüzeylerinin fiziko-kimyasal vasıflarının farklı olması.

Yukardaki şartlar mevcut olunca ayrılma veya konsantrasyonun verimli oluşu, aşağıdaki iki faktörle tesbit edilir :

a. Ayrılan kısımda veya kısımlardaki, konsantre edilmesi istenen mineralin nispeti (konsantrenin tenörü);

b. Orijinal ham cevherdeki kıymetli minerallerden konsantreye geçen kısım (randıman).

Konsantre yalnız arzu edilen minerallerden teşekkül ediyorsa ve geride kalan artıktaki bu minerallerden hiç kalmamışsa, konsantre tenörü % 100 ve randıman da % 100 demektir. Bu ayrışmanın nazari hudududur veya selektifliğin maksimum olduğu noktadır.

Diğer taraftan ham cevher, konsantreye aynen geçiyorsa, konsantre tenörü cevherin tenörüne eşittir ve selektiflik sıfırdır.

Ayrılmaması istenen mineralin cevherin içerisindeki dağılım şekli (serbestleşme-

nin kolay veya güç oluşu) ve bu mineralin fiziksel vasıflarının diğerlerinden az veya çok farklı oluşu selektiflik derecesine tesir eden esas faktörlerdir.

Selektifliğin yüksek olduğu cevherlerde, meselâ kolayca serbestleşebilen kurşun ve çinko cevherlerinde flotasyonla veya gravimetrik olarak elde edilen konsantrelerin saflığı % 95 i bulur. Molibdenitten flotasyon yoluyla % 99 safiyette konsantre hazırlamak mümkün olmaktadır. Keza zirkonun gravimetrik ve flotasyon yolu ile hazırlanan konsantrelerinde saflık derecesi % 99 u geçmektedir. Bununla beraber, eğer konsantre edilecek mineralin serbestleşmesi çok ince bir öğütmeyi icabettiriyorsa, konsantrenin saflık derecesinden bir miktar fedakârlık etmek, ekonomik bakımdan avantaj sağlar. Böylece öğütmeyi, minerallerin tamamının serbestleşmesine kadar ilerletmeden, daha az saf bir konsantre elde etmekle, öğütme masraflarının azaltılmasından doğacak fark, konsantre tenörünün yükseltilmesinden veya randımanın artmasından meydana gelen kazançtan daha cazip olabilir.

Konsantre tenörü ve randıman

Şekil 1 de konsantre tenörüne tabi olarak randımanın tatbikatta ne şekilde değişebileceği görülmektedir. Randımanın çok yüksek olduğu bölgelerde, konsantre tenörü nispeten düşüktür. Bir

miktar kıymetsiz mineral, konsantre edilen minerallerin arasına karışmıştır veya serbestleşmesi tam olmıyan karışık tanecikler halinde saf minerallerin arasına girmiştir. Ayrışma randımanlı ve fakat selektiflik derecesi düşüktür.

Randımanın bir miktar azaltılması ile, evvelâ serbest kıymetsiz (artık) minerallerin ve daha sonra karışık taneciklerin (mikst), konsantreden ayrılması sağlanmış olur. Böylece temiz konsantre elde edilmiş ve fakat artıkta bir miktar kıymetli mineral kaybedilmiş olur.

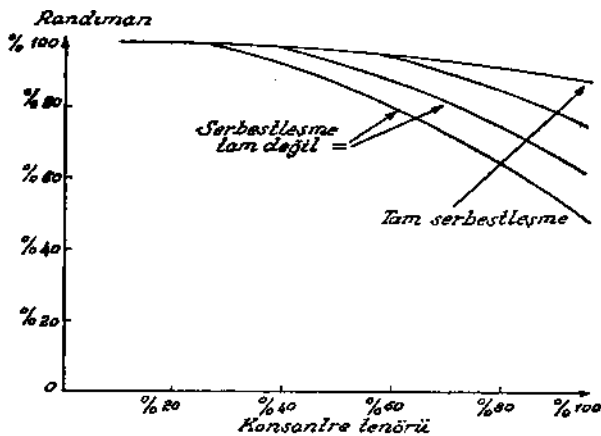
Cevherin öğütülme derecesine ve dolayısıyla minerallerin serbestleşmesinin tam veya noksan oluşuna göre de muhtelif eğriler meydana çıkar. Serbestleşme ne kadar noksan olursa, saf konsantrenin elde edilebilmesi için randımandan nispete çok fedakârlık etmek icabeder.

Optimum konsantre tenörü maliyet ve satış hesaplarının tetkikiyle meydana çıkar; bu tenör âzami kâr sağlayan duruma tekabül eder.

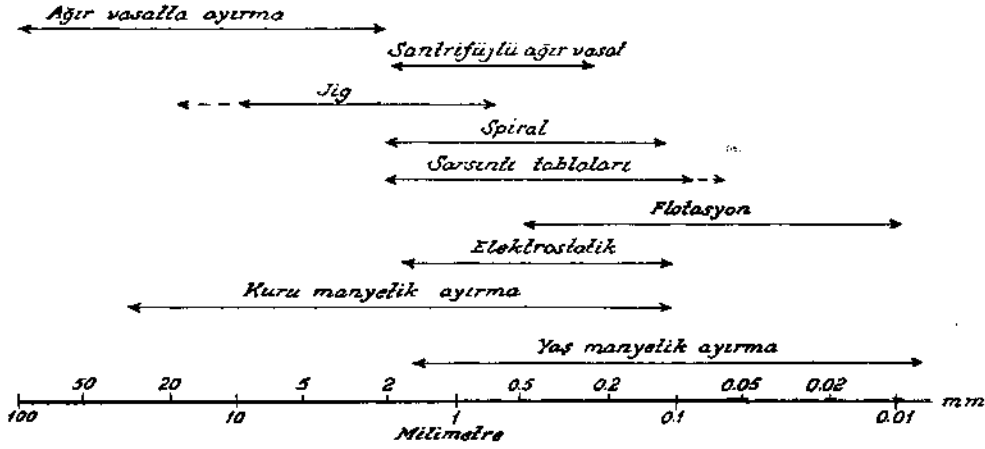
Tane büyüklüğü ve zenginleştirme ameliyesi

Cevher içerisindeki kıymetli mineralin serbest hale gelmesi için gereken kırma ve öğütme ameliyesi umumiyetle konsantrasyonun en masraflı bölümünü teşkil eder.

Bir cevherin içerisindeki mineralin değeri, her şeyden önce bu mineralin ser-



Şek. 1 - Tam serbestleşmiş veya serbestleşmesi tam olmamış cevherlerin konsantrasyonunda, tenöre göre randımanın değişmesi



Şek. 2 - Minerallerin tane iriliklerine göre tatbik edilen zenginleştirme usulleri

bestleşmesi için icabeden kırma ve öğütme masraflarını bol bol karşılayacak durumda olmalıdır. Zira ancak ince tanecekler halinde serbestleşen bir cevherin konsantrasyonuna tatbik edilecek usul de, iri tanelerinkinden çok daha masraflıdır. Aynı cins minerali ihtiva eden ve aynı tenörde olan iki ham cevherden, iri taneler halinde serbestleşebilen cevher diğerine nazaran daha değerlidir.

Şekil 2 muhtelif zenginleştirme ameliyelerinin, hangi hudutlar dahilindeki tane büyüklüklerine tatbik edildiklerini göstermektedir.

Cevherin değerine ve bulunuş şekline göre, konsantrasyon basit veya kompleks olabilir :

1. Birçok krom ve manganez cevherlerimiz yalnız elle ayıklamaya tabi tutulurlar.
2. Guleman kromit birikintileri, kırılmaya tabi tutulmaksızın elenir ve 8 meşten inceler, hidrolik olarak tane büyüklüğüne göre tasnif edilerek sarsıntı tablalarında ve daha iri olanlar eleklerle 4-12 ve 12-24 mm olarak tasnif edildikten sonra jiglerde zenginleştirilirler. 5 cm den büyük parçalar da elle ayıklamaya tabi tutulurlar.
3. Ergani bakır madeninde cevher 150-200 meşe öğütülür ve flotasyonla kalkopirit konsantresi elde edilir.

yonla kalkopirit konsantresi elde edilir.

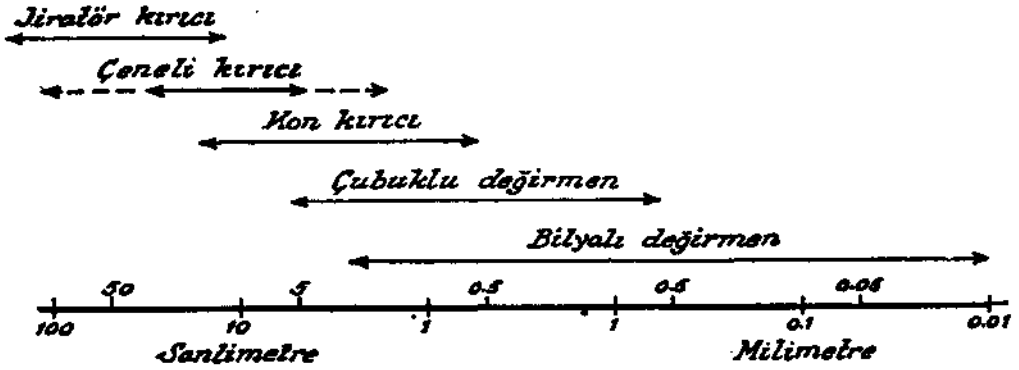
4. Keban kurşun-çinko cevheri 65 - 100 meşe öğütülerek galen flotasyonla ayrılır ve sonra çinko blendi, bakır sülfatla aktifleştirilerek yeniden flotasyona tabi tutularak diğer minerallerden ayrılır.

Kırma ve öğütme

Şekil 3 madenden istihsal edilen cevherin arzu edilen tane büyüklüğüne kadar kırılıp öğütülebilmesi için, kullanılması gereken kırıcı ve öğütücülerin hangi hudutlar dahilinde tatbik edildiklerini göstermektedir. Meselâ : 20 meşe öğütüp tablada konsantre edilecek bir krom cevheri evvelâ 10 cm ye çeneli kırıcıda (veya büyük kapasiteler için jirator kırıcıda) ve 1 cm ye kon kırıcıda kırılacak ve sonra çubuklu değirmende 20 meşe öğütülecektir.

Kırma-öğütme ameliyesinde sarfedilen enerji ve bu makinaların kapasiteleri cevherin sertliği ve sağlamlığı ile ilgilidir. Fazla sert ve sağlam bir cevherin kırma ve öğütme masraftan, orta sertlikteki ve kolayca dağılan bir cevherinkinden bir hayli fazladır.

Silisli Murgul bakır cevherinin flotasyonla konsantrasyonu için 100 meşe



Şek. 3 - Kırıcı ve öğütücülerin tane büyüklüğüne göre çalışma hudutları

öğütülmesi gerekmekte ve cevher bu maksatla sırası ile çeneli kırıcıda 25 cm ye, kon kırıcıda 5 cm ye kırılmakta ve çubuklu değirmende 6 meşe, bilyalı değirmenlerde de 100 meşe öğütülmektedir.

Bu tesiste günde ortalama 1200 ton cevher işlenmekte ve takriben 120 ton kalkopirit konsantresi elde edilmektedir.

Tanelerin tasnifi

Konsantrasyon ameliyelerine başlamadan evvel, kırma ve öğütme ile serbestleşen tanelerin, kâfi derecede ufaltılmamışlarından ayrılması ve bazı halde de lüzumundan çok fazla ufaltılmışların (şlam) konsantrasyona elverişli olanlarından ayrılması gerekmektedir.

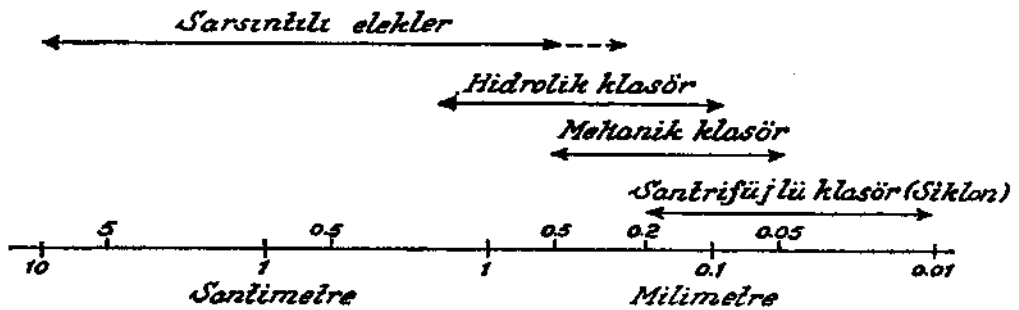
Kırıcılarda ve bazan iri öğütmelerde kullanılan çubuklu değirmenlerde kâfi derecede ufaltılmamış tanelerin ayrılması sarsıntılı elekler vasıtasıyla temin edilir.

Bu elekler umumiyetle 10-20 meş veya daha iri cevher taneciklerinin tasnifine elverişlidir. (Bazı özel maksatlar için — manyetik veya elektrostatik ayırmalar gibi — 65 meş veya daha ince kuru tasnifler için de elekler kullanılmaktadır.)

28 meş ve daha ince tanelerin ayrılması ise, özel tasnifçilerle (klasör) yapılırlar. Bunlar cevher zenginleştirme tesislerinin en fazla kullanılan unsurlarından birini teşkil ederler ve aşağıda belirtildiği gibi başlıca 3 sınıfa ayrılabilirler :

1. Mekanik klasörler,
2. Santrifüjlü klasörler,
3. Hidrolik klasörler.

1. Mekanik klasörlerde, bir çökme kısmı, bir de çöken tanecikleri ayırmak için kullanılan mekanik araçlı bir kısım mevcuttur. Bu klasörler kullanılan mekanik araçların cinsine göre isimlendirilir : taraklı klasör, helezonlu klasör, pa-



Şek. 4 - Tane büyüklüğüne göre tasnifcilerin çalışma hudutları

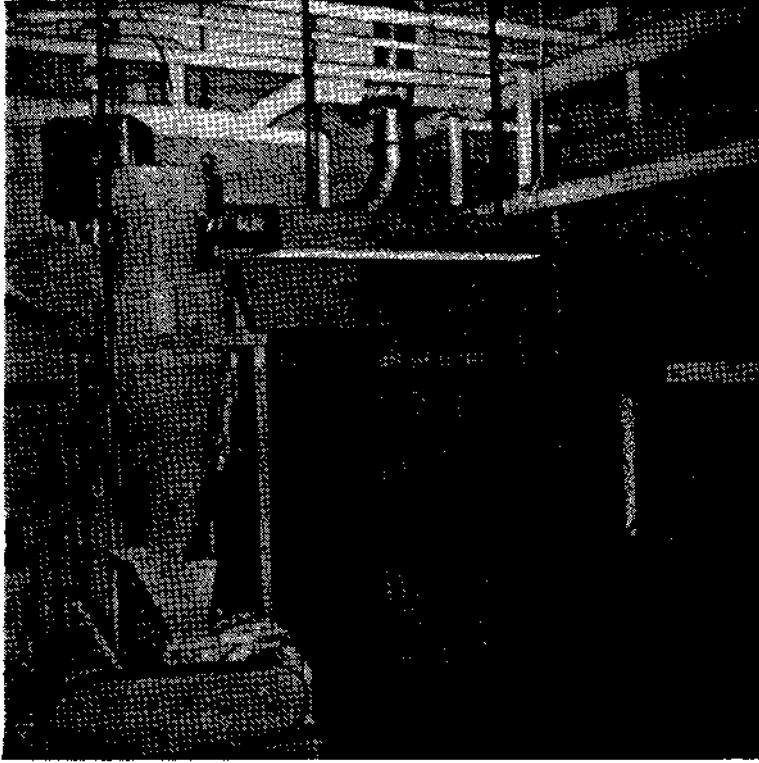
letli klasör gibi. Ekseriyetle bilyalı değirmenlere paralel olarak, incelik kontrolü ve fazla öğütmeyi önlemek gayesiyle, çalışırlar. Birçok flotasyon tesislerinde 28-200 meşlik öğütmeler bu cins klasörlerle tanzim edilir. Taşan palptaki (ince cevherli su) katı yüzdesine göre, ayırma inceliğini ayarlamak kabildir. 28 meşten incelerin taşabilmesi için, taşan palpta % 33; 48 meşten incelerin taşabilmesi için, % 22; 100 meş için % 15; 200 meş için % 8 nispetinde katı bulunması gerekir,

2. Mekanik ve hidrolik klasörlerde, taneciklerin arz çekimi kuvveti ile su içerisindeki çökme süratlerinden faydalanılır. Santrifüjlü klasörlerde ise bu kuvvetten çok daha büyük bir santrifüj kuvvetinden faydalanılarak daha küçük çaptaki araçlarla, çok daha kısa zamanda ve çok küçük taneciklerin ayrılması temin edilir.

Santrifüjlü klasörlerin bir kısmında bu kuvveti temin eden bir fan, aracın üst iç kısmında çalışır. Bu tip ayırıcılar umumiyetle ve bilhassa kuru ve ince ayırmalar için tatbik sahası bulmaktadır. (Seramik sanayiinde ince ham maddelerdeki öğütülmemiş kısımların ayrılması, v. s. gibi.)

Sulu çalışan siklonlar, cevher zenginleştirme tesislerinde 65 meş (10 mikron) incelikteki ayırmalar için büyük rağbet görmektedirler. Çok defa yan yana iki siklon çalıştırmak suretiyle, bir taraftan iri taneler değirmene gönderilirken, flotasyon için mahzur teşkil eden ince şlam da ayrılmakta, ve yıkanmış ve tasnif edilmiş palp konsantrasyona sevk edilmektedir.

3. Hidrolik ayırıcılar, jığ ve sarsıntı tablasında gravimetrik konsantrasyona tabi tutulacak palpın tasnifinde kullanı-



Şek. 5 - Bir cevher hazırlama laboratuvarında kırma ve öğütme esnasında hasil olan tozların toplanması için kurulmuş siklon

lırlar. Seri halde bağlanmış gözler üzerinden akan palptaki tanecikler aşağıdan yukarıya yükselen muhtelif süratlerdeki suyun tesiri ile ayrı ayrı gözlerle tasnif edilmiş olurlar. Bu şekildeki bir tasnif, bilhassa sarsıntı tablalarının selektifliği ve randımanlı çalışması için zaruridir.

KONSANTRASYON

Umumi prensipler

Cevher içerisindeki ayrılması icabeden mineraller serbest hale geçtikten sonra, taneciklerin iriliğine ve selektifliği temin eden vasıflarına göre muhtelif konsantrasyon usullerinden faydalanılır. Bunları aşağıdaki tabloda kısaca mukayese edelim :

<i>Selektiflik vasfı</i>	<i>Tane büyüklüğü</i>	<i>Konsantrasyon usulü</i>
Renk, parlaklık, şekil	5 cm den büyük	El ile ayıklama
Şeffaflık, radyoaktiflik	5 cm den büyük	Mekanik ayıklama
Manyetik geçirgenlik	{ 15 cm—0.1 mm	Kuru manyetik ayırma
Elektriksel iletgenlik	{ 1 mm—0.005 mm	Yaş manyetik ayırma
Yoğunluk	{ 2 mm—0.1 mm	Elektrostatik ayırma
Fiziko-kimyasal yüzey yapısı	{ 10 cm—2 mm	Ağır vasatta ayırma (HMS)
	{ 2 cm—1 mm	Jig
	{ 1 mm—0.07 mm	Sarsıntı tablası
	0.5 mm—0.005 mm	Flotasyon

Elle ayıklama

Elle ayıklama usulü hiç şüphesiz en iptidai zenginleştirme usulüdür. Bununla beraber, iri parçalar için en çok tatbik edilmekte olan ve bilhassa küçük çaptaki istihsaller için en ekonomik olan bir usuldür. Elle ayıklamanın yapıldığı yerlerde aşağıdaki şartların bulunması gerekir :

1. Zengin veya kıymetsiz parçaların iriliklerinin 5 cm veya daha iri halde bulunması,
2. Aralarındaki farkın gözle kolayca ayırdedilebilmesi,
3. İşçiliğin kâfi derecede ucuz olması,

4. Manyetik veya gravimetrik usullerin bu irilikteki, cevhere tatbikinün müşkül oluşu veya ekonomik olmayışı.

Memleketimizdeki birçok krom, manganez, kömür ve mika ocaklarında elle ayıklama revaçtadır. Küçük çapta istihsal yapan, kurşun ve çinko madenlerindeki tatbiki ise gün geçtikçe azalmaktadır.

Mekanik ayıklama

Bu usul cevher zenginleştirme tekiğinde nadiren yer alır. Optikte kullanılan fluorit kristallerinin tefriki için foto-sellül içerisinde düşen bir ince ışığın iri ve temiz fluorit parçalarından dağılmadan geçmesi prensibinden faydalanılır. Bir band üzerinden geçmekte olan kris-

tallerden şeffaf olanları, mekanik bir kolla otomatik olarak itilerek ayrılmış olur. Radyoaktif uranyum cevherinin mekanik ayıklanmasında kullanılan «Lapoint» ayıklayıcısı ise, bu cevherin bir Geiger sayacına yaptığı etki derecesine göre, kâfi derecede uranyum ihtiva eden parçaları veya kitleyi mekanik olarak ayırmakta ve böylece zenginleştirilmesi ekonomik olmayacak çok fakir kısımlar lüzumsuz yere ekstraksiyon ameliyesine tabi tutulmamaktadır.

Gravimetrik usuller

Dere yataklarında ve deniz kıyılarındaki çok kere ağır mineraller kendiliğinden zenginleşirler (altın, kalay, titan,

zirkon ve demir gibi). Tarihten evvelki devirlerde insanlar ilk altın hiç şüphesiz dere yataklarında buldular ve bu kıymetli metalin tavada yıkama ile ayrılabilmesini göremek basit gravimetrik zenginleştirme usullerini ortaya koydular. Zamanla, ilim ve tekniğin geliştirdiği modern usuller dayandıkları prensipler bakımından iki çeşittir :

1. İzafi usuller (relatif),
2. Mutlak usuller (absolü).

1. İzafi usuller, mineral taneciklerinin su içerisindeki çökme süratının yoğunluklarına göre değer alması esasına dayanır.

2. Mutlak usuller ise, ayrılması gereken iki ayrı yoğunluktaki minerali orta yoğunlukta bir sıvı içerisine koyduğumuz zaman meydana gelen ayrışma olayından faydalanır.

Her iki halde de mineral tanelerinin üzerine tesir eden kuvvet, arz çekimidir. Arşimet prensibine göre de içinde buldukları sıvı vasatın yoğunluğu derecesinde, kendi ağırlıklarından kaybederler.

Minerallerin izafi gravimetrik yolla ayrılabilme imkânlarını bize belirten endis, «konsantrasyon endisi» dir.

$$\text{Konsantrasyon endisi} = (d_1 - d_3) / (d_2 - d_3).$$

Burada d_1 ve d_2 , ağır ve hafif tanelerin yoğunlukları, d_3 ise sıvı vasatın (suyun) yoğunluğudur.

Aşağıdaki tabloda konsantrasyon endisinin değerlerine göre, gravimetrik

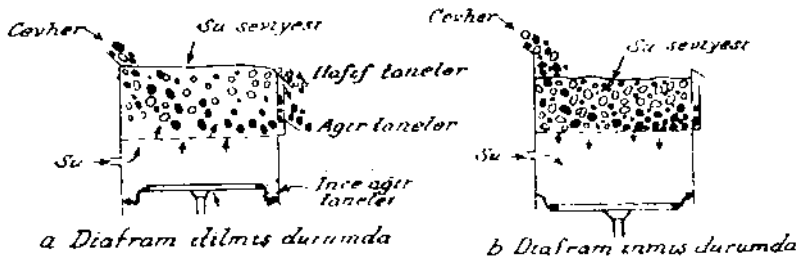
yolla yapılan ayırmalarda iyi netice veren minimum tane irilikleri belirtilmiştir.

Konsantrasyon endisi	Minimum tane iriliği	Selektiflik
2.5 ten büyük	0.070 mm	Çok iyi
2.5 —1.75	0.140 mm	İyi
1.75—1.50	2 mm	Zayıf
1.50—1.25	6 mm	Çok zayıf
1.25 ten küçük	—	İzafi usullerin tatbiki imkânsız

Konsantrasyon endisinin 1.25 ten küçük olduğu hallerde, eğer mineral taneleri iri ayrılmaya müsait ise ve yoğunlukları arasındaki fark 0.2 den büyük ise, mutlak usullerin tatbiki iyi netice verebilir. Bu usullerde de sıvı vasatın yoğunluğu âzami 3.5 a kadar yükseltilebildiğinden, ayrılacak hafif parçalar ne kadar düşük yoğunlukta olursa ayrılma da o nispette kolay olur.

İzafi usuller

Jig : Umumiyetle 2 mm den daha iri tanelere ve meselâ 3-6 mm, 6-12 mm şeklinde, tasnif edilmiş cevherlere tatbik edilen jig ile ayırma usulünde, cevher su içerisindeki bir elek üzerine gelir, ve eleğin yukarıya ve aşağıya doğru (0.5-5 cm) muntazam ihtizazı ile (dakikada 150-300 defa) ağır minerallerin dibe ve hafiflerin de üst kısma ayrılması sağlanır. Müharrrik elekli jiglerdeki eleğin hareketi ile elde edilen bu neticeyi, sabit elekli jiglerde, elek altından verilen suyun alternatif olarak kuvvetli ve az basılması suretiyle de temin etmek mümkün olmuştur. Bu sonuncu tip jigler de,



Şek. 6 - Diyaframlı Jig

suyun basılış tekniğine göre, diyaframlı, pülsatörlü, hava basınçlı gibi isimler alırlar.

Jigin çalışması, beslenen cevherin ve suyun debilerinin, elek üzerinde biriken cevherin kalınlığının ve ihtizazın ayarlanmaları ile kontrol altına alınır.

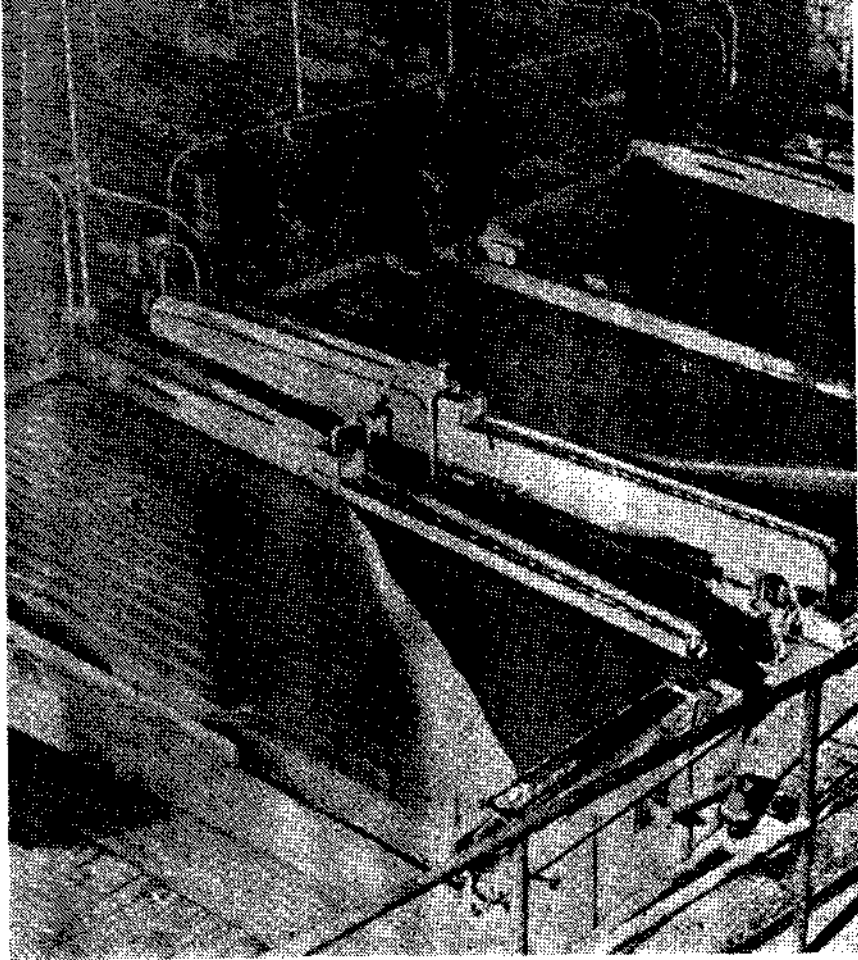
Cevher tanelerinin iriliği arttıkça ihtizazın frekansının azalması ve yüksekliğinin çoğalması icabeder.

Elek sathının büyüklüğü nispetinde jigin kapasitesi de artar. Beher metre kare elek, ince cevher için 1 ton/saat ve iri cevherler için (12 mm) 10 ton/saat kapasiteye tekabül eder. Cevher tanelerinin iriliği nispetinde motorun takati da büyür. Beher ton/saat cevher için

0.2-2 HP ye ihtiyaç vardır. Su sarfiyatı 1 ton cevher başına takriben 5-15 m³ tür.

Sarsıntı tablası

Jiglere nazaran daha yeni ve modern tekniğin mahsulü olan sarsıntı tablaları 2 mm den küçük taneciklerin konsantrasyonu için kullanılmaktadır. Bir yana doğru ihtizaz eden, 4 köşe ve meyilli bir masayı andıran sarsıntı tablalarının üzerleri, birbirlerine paralel ve ufki vaziyette tahta çubuklarla kaplıdır. Cevher ihtizazın tesiri ile çubukların önünde yana doğru ilerlerken, ince bir su tabakası tarafından muntazaman yıkanır ve hafif tanecikler çubukları aşarak akıntı ile ayrılırlar.



Şek. 7 - Sarsıntı tablaları

İhtizazın uzunluğu ve frekansı jiglerde olduğu gibi tane büyüklüğüne göre ve aynı prensibe göre ayarlanır. Kapasiteleri de taneciklerin büyüklüğü ile artar. 14' 9" X 5' 11" lik bir tabla 24 saatte takriben 15-150 ton cevher işler. Kullanılan motorun takati ise $1\frac{1}{2}$ - 2 HP dir. Su sarfiyatı beher ton cevher için takriben 5 m³ tür.

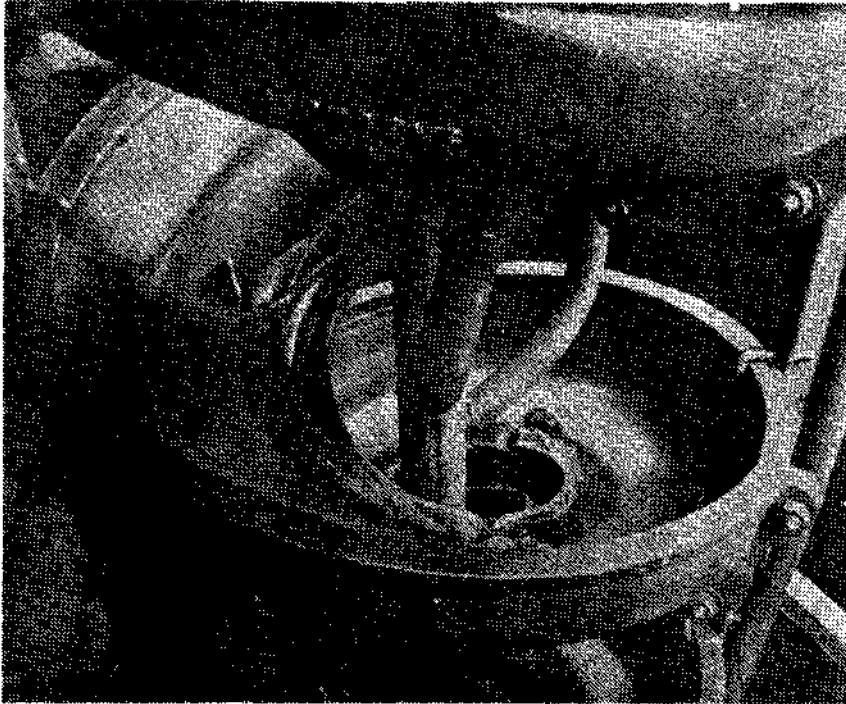
Cevherin konsantrasyon endisinin müsaadesi nispetinde 100-200 meş incelekteki cevherlerin tabla üzerinde zenginleştirilmesi kabildir. Daha ince tanecikler daha ince çubuklu veya hususi şekilde hazırlanmış şlam tablalarında yıkanabilirse de randıman çok düşüktür.

Spiral

Sarsıntı tablalarının rakibi olarak Humphrey Spiral Co, tarafından imal edilen spirallerin en büyük avantajı enerji sarfiyatına ihtiyaç göstermeksizin zenginleştirme yapabilmesidir. Buna mukabil tablalarda elde olunan konsantreler daha temizdir.

Enerjiden tasarrufu esas tutan tesisler spiralle konsantrasyonu tablalara tercih etmektedirler. Bazı tesislerde ise kaba konsantrasyon spirallerle yapılmakta ve elde olunan konsantreler tablalarda temizlenmektedir. Misal olarak düşük tenörlü ve büyük rezervli sahil kumlarının konsantrasyonunu zikredebiliriz. Bu kumlardan zirkon, rutil, ilmenit ve magnetit konsantrelerinin gravimetrik zenginleştirilmesinde spiraller tercih edilmektedirler. Ayrıca fosforitli kumlardan fosfat konsantresi istihsalinde ve manyetik olmıyan demir cevherlerinin zenginleştirilmesinde spiraller kullanılmaktadır.

Spiral, şakuli vaziyette, yukardan aşağıya doğru inerken 5-6 defa kıvrılmış olan helezon şeklinde bir oluktur. Palp bu oluktan akarken, ağır mineraller dibe çökerler ve hafif mineraller ise oluğun dış kenarına doğru ayrılarak suyun akışına kapılırlar. Oluğun muhtelif yerindeki deliklere bağlı borularla konsantre (ağır mineraller) alınır ve artık (hafif



Şek. 8 - Humphrey Spiral yıkayıcının çalışır vaziyette üst - yandan görünüşü

mineraller) oluğun nihayetinden dışarı akar.

Bir spiralin çapı 60 cm dir, ve saatte 1.5 ton cevher yıkayabilir.

Mutlak usuller

Yoğunlukları farklı iki mineral, eğer yoğunluğu iki mineralinkinin arasında olan bir sıvı içerisine konacak olursa, ağır mineral dibe çöker ve hafif mineral yüzer.

Bu maksatla 3 tip sıvı kullanılabilir:

1. Ağır inorganik tuzların sudaki çözeltileri,
2. Ağır organik sıvılar,
3. Ağır ve ince taneli katıların su içerisindeki süspansiyonlar].

Bunlardan 1 inci ve 2 nci tipler, endüstriyel tesislerde ekonomik netice vermediğinden, ancak laboratuvar deneyleri için kullanılmaktadır. Meselâ : çinko klorürün 1.5 yoğunluğundaki çözeltisi kömürlerdeki şistin ayrılma tecrübelerinde ve bromoform (2.8) veya asetilen tetra bromürün (2.95), ağır minerallerin hafif minerallerden, ayırma hunilerinde, tefrikinde kullanılmaları gibi.

Ağır vasatı temin eden katılar umumiyetle manyetit veya ferro-silisyumdur. Bazı özel durumlarda galen, kuvars kumu veya cevherin kendi tozu bile kullanılabilir. Hazırlanan vasatın yoğunluğunun yüksekliği derecesinde süspansiyon katısının yoğunluğunun da yüksek olması gerekir. Meselâ, maden kömürlerini şistlerden ayırmak için vasatın yoğunluğunun 1.4 olması kâfidir ve süspansiyon katısının yoğunluğu da 2.5 (kuvars kumu) olabilir. Cevherlerin ayrılmasında kullanılan vasatların yoğunluğu ise 2.6 - 3.3 civarında olup, kullanılan süspansiyon maddesinin yoğunluğunun en az 5.2 (manyetit) veya 6.7 (% 15 silisyumlu ferro-silisyum) olması gerekir.

Vasattaki süspansiyon katısının volüm olarak nispeti % 36-38 i geçmeme-

lidir. Aksi halde vasatın viskozitesinin artması ile ayrışmanın selektifliği (bilhassa ince taneler için) *azalır*. Ferro-silisyum tozu ile elde edilen maksimum yoğunluk 3.5 tur. Fakat endüstrideki çalışmalar esnasında bu yoğunluğun 3.2 ye düşebileceğini göz önünde tutmak gerekir. Süspansiyon maddesinin ayrıca abrazyona ve oksidasyona mukavim olması ve içerisine karışan ince cevherden kolayca ayrılabilmesi gerekir. Manyetit ve ferro-silisyum yaş manyetik ayırıcılarla kolayca toplanarak yeniden devreye katılırlar.

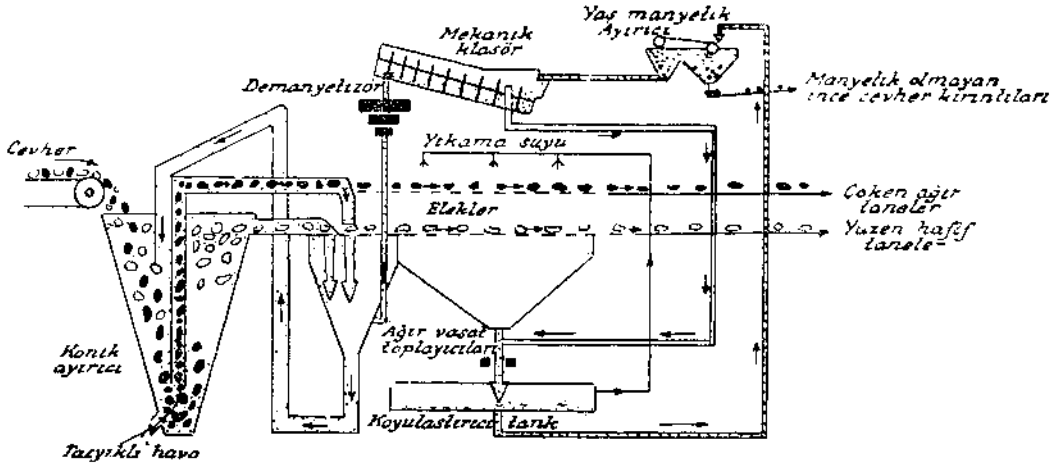
Ağır vasatta ayırma yolu ile, ya doğrudan doğruya piyasaya arz edilecek zenginlikte konsantreler hazırlanır veya daha sonra izafi gravimetrik usullerle veya flotasyonla zenginleştirilebilecek kaba konsantreler hazırlanarak değersiz iri artığın lüzumsuz yere konsantrasyona tabi tutulması önlenmiş olur.

Ayrılacak taneler arasında 0.2 kadar bir yoğunluk farkının bulunması ve konsantrasyon endisinin 1.1 den büyük olması bu usulün muvaffakiyetli netice vermesi için kâfi gelir.

Cevherin maksimum iriliğinin 3-5 cm (kömürler için 20 cm) yi geçmemesi lâzımdır. Bu limit çöken parçaların ayrılmasını sağlayan araçların iyi çalışabilmesi veya tıkanmaması için elzemdir.

Minimum tane iriliği ise takriben 6-2 mm dir. Taneler inceldikçe çökme ve yükselme süratleri azaldığından, ayrılma selektifliğinin iyi olması için cevherdeki ince taneli kısmın mümkün olduğu kadar az olması şarttır. Son zamanlarda tatbikine başlanan siklonlu ayırıcılarda incelik limiti 48 meşe (Tyler) kadar düşürülebilmektedir.

Ağır vasatta ayırma usulü, cevher iri ayrılmaya müsait olduğu takdirde, günümüzün en ekonomik usulüdür. Memleketimizde halen Tunçbük kömürlerinin yıkanmasında muvaffakiyetle tat-



Şek. 9 - Kon tipi ayırıcı ile ağır vasatta ayırma şeması

bik edilmektedir. Süspansiyon maddesi olarak manyetit tozu kullanılmaktadır.

Ayırıcılar

Çöken parçaların ayrılması için kullanılan tekniğe ve ayırma kabının şekline göre isimlendirilen başlıca 3 tip ayırıcı mevcuttur :

1. Kon,
2. Helezon,
3. Tambur.

1. Kon tipi ayırıcıların en çok kullanılanlarıdır. Ayırma kabının şekli konik olduğu için bu ismi almıştır. Konik ayırıcının dibine çöken ağır parçalar bir havalı (Mamut tipi) pompa ile veya kovalı bir elevatör ile yıkama eleği üstüne basılır, ve duşlar altında ilerliyerek süspansiyon maddesinden temizlenir. Konik ayırıcının üst yan tarafından taşan hafif parçalar da ayrı bir elek üzerinde yıkılarak ayrılmış olurlar. Yıkanan süspansiyon maddeleri, bir koyulaştırıcı tankta yıkama suyundan ayrılır ve kayışlı yağ manyetik ayırıcıda, cevherden karışan ince toz ve elek altı taneciklerinden temizlenerek arzu edilen yoğunlukta sulandırılır ve yeniden konik ayırma kabına akıtılır.

2. Helezonlu ayırıcıda ayırma kabı, bir helezonlu klasörlerden ibarettir. Çö-

ken parçalar dönen helezonun tesiri ile (taneciklerin tasnifinde olduğu gibi) ayrılırlar. Bu tip ayırıcı daha basit yapılı ve bakımının kolay oluşu dolayısıyla tercih edilirler, fakat ayırma selektifliği konik tiplere nazaran biraz düşüktür.

3. Tamburlu ayırıcıda ise, cevher ve vasat karışımı içi kovalı bir tambur içerisinden akıtılır ve çöken ağır parçalar yükselen kovalarla, yine tamburun içinden geçmekte olan bir band üzerine alınarak vasattan ayrılmış olur. Bu tip ayırıcılar daha iri cevheri ve daha büyük kapasite ile ayırabilirlerse de, ayırma selektiviteleri konik ayırıcılara nazaran biraz düşüktür.

Manyetik ayırma

Manyetik ayırma, minerallerin mıknatıs alanında, manyetik kuvvetleri geçirgenlik derecelerinin değişik olmasından faydalanır. Bu vasıf ayırıcıda, mineralin mıknatıslı kutba doğru küçük veya büyük bir kuvvetle çekilmesi şeklinde kendini gösterir. Kolayca çekilebilen veya kuvvetli manyetik olan mineraller manyetit ve franklinittir.

Ancak kuvvetli bir elektromanyetik alanda çekilebilen veya hafif manyetik olan mineraller oldukça çoktur. Bunların en mühimleri sıra ile — kuvvetliden zayıfa doğru — : ilmenit, pirotin, side-

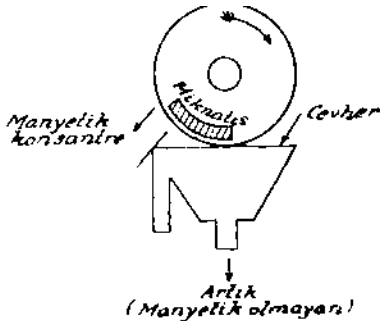
rit, hematit, volframit, mangan oksitleri, kromit, rutil, monazit ve demirli silikatlar (biotit, hornblend, grena, epidot, v. s.) dir.

Diğer taraftan kuvvetli elektromanyetik bir ayırıcıda bile çekilemeyen mineraller manyetik olmayan mineraller grubuna girer. Bunlardan bazıları şunlardır : kuvars, pirit, feldspat, antimonit, galen, kalsit.

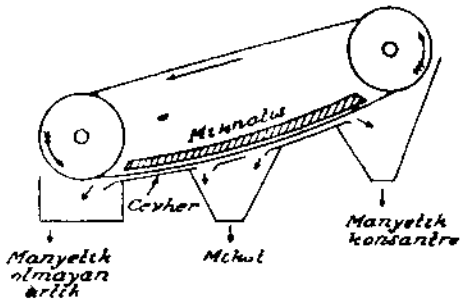
Manyetik ayırıcılar başlıca iki kısma ayrılırlar :

1. Yaş ayırıcılar,,
2. Kuru ayırıcılar.

1. Yaş aymalar yalnız kuvvetli manyetik ve ince (10 meş altı) taneciklerin ayrılmasında kullanılırlar. Sanayide umumiyetle ince manyetit minerallerinin (veya ferro-silisyum gibi yüksek demirli halitaların tozlarının) zenginleştirilmesinde kullanılan yaş ayırıcıların mühimlerinden, tamburlu ve kayışlı yaş ayırıcılar aşağıdaki şekilde şematik olarak gösterilmiştir :



Şek. 10 - Tamburlu yaş ayırıcı



Şek. 11 - Kayışlı yaş ayırıcı

Mutlak gravimetrik ayırma usullerinde, ağır vasat süspansiyon maddesi olarak kullanılan manyetit veya ferro-silisyum tozunun ince cevherden ayrılarak yeniden devreye sokulması için kayışlı yaş ayırıcılardan faydalanılır.

Bunların kapasiteleri, süspansiyon maddesinin inceliği derecesinde azalır; konsantrasyon için kullanıldığı takdirde cevherin tenörünün aksi istikametinde değişir. Mıknatısın beher 30 cm genişliğine takriben saatte 1-6 ton cevher düşer; takriben 1200 vat doğru akım sarfeder; çevirici motorun gücü ise 2-3 HP dir.

Seramik ham maddelerinden (kil, kaolin, emay, v. s.) ince demirli maddelerin ayrılmasında kullanılan, diğer bir yaş ayırıcı da «Frantz Ferrofilter» dir. Çamur halinde akan slıp, saf demirden yapılmış ve manyetik endüksiyon tesiri ile mıknatıslanmış ıskaraların delikleri arasından geçerken, ince metal demir ve manyetit tozları bunlara yapışarak ayrılırlar. Her ameliyenin sonunda ıskaralar çıkarılarak temizlenir.

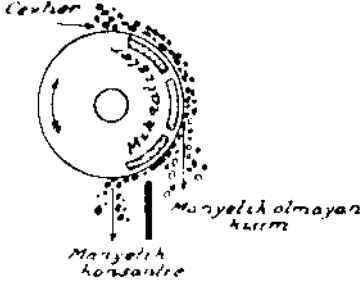
2. Kuru ayırıcılar başlıca 3 tipte toplanırlar :

- a) Tambur,
- b) Endüksiyonlu silindir,
- c) Karşı kayış.

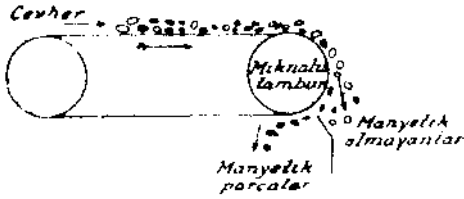
a) Pirinçten veya bronzdan yapılmış tambur (içi boş silindir); içerisinde bir tarafına, elektromanyetik alanı meydana getiren birkaç mıknatıs kutbu yerleştirilmiştir. 5 cm iriliğe ve 0.15 mm inceliğe kadar kuvvetli manyetik mineralleri ayırır (manyetik demir cevherleri). Selektif bir ayırma için birkaç elekten tasnif edilmiş ve tam kuru cevherle çalışması gerekir.

Birçok konsantrasyon tesislerinde kırıcılara giden cevherin içerisine kazaen kaçmış demir parçaları, kayışlı konveyörlerin ucuna takılan manyetik tambur ayırıcılar sayesinde ayıklanır.

Tamburun genişliğinin büyüklüğü ve cevherin tane iriliği nispetinde kapasite leri de artar. Beher 30 cm genişliğe, saatte 20 - 100 m³ cevher düşer; doğru akım sarfiyatı 500 - 1500 vattır; çevirici motor ise takriben 1.2 HP dir.



Şek. 12 - Tamburlu kuru ayırıcı

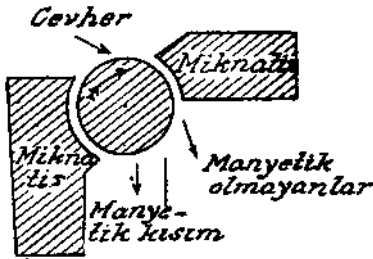


Şek. 13 - Kayışlı bir konveyörde tamburlu ayırıcı

b) Endüksiyonlu silindirde ayırmayı iki mıknatıs kutbu arasında dönen saf demirden yapılmış bir silindir yapar.

Alanın kuvvetli oluşu ve mineral tanelerinin mıknatıslanan demirle direkt temasının temin edilmesi dolayısıyla, hafif manyetik minerallerin manyetik olmayanlardan ayrılması sağlanmış olur.

İşlenen cevherin tane iriliğinin 0.15 mm den büyük ve 3 mm den küçük olması lâzımdır. Gevherin tane tasnifinin dar oluşu ile selektiflik artar.

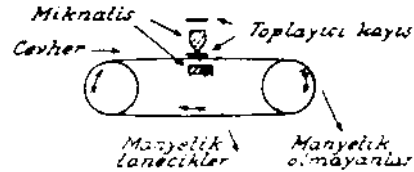


Şek. 14 - Endüksiyonlu silindir

c) Karşı kayış ayırıcılar hafif manyetik minerallerin ayrılmasında en iyi selektifliği sağlayabilen makinalardır. İki kutup arasından geçen kayışın taşıdığı cevherden çekilebilen mineraller üstteki mıknatısın tesiri ile alttaki kayışa dik istikamette çalışan kayışın üzerine alınarak ön tarafa ayrılırlar. Eğer cevher ardı ardına gittikçe kuvvetlenen mıknatıs kutupları arasından geçecek olursa — cevherin tane iriliğinin dar hudutlar arasında tasnif edilmiş olması şartı ile — birkaç çeşit mineral konsantresi elde etmek mümkündür. Meselâ: manyetit, ilmenit, kromit, monazit, grena ve zirkon gibi. Bu maksatla mıknatıslar 20 000 - 30 000 - 40 000 - 75 000 - 100 000 - 140 000 amper turluk sargılara sahiptirler.

30 cm kayış genişliği olan tek mıknatıslı bir ayırıcının doğru akım sarfiyatı 800 vat kadardır; kayışları çeviren motorun takati ise 1 HP dir.

İşlenen cevherin tane iriliği 2 mm den 0.1 mm ye kadar değişebilir. Kapasiteler taneler incelidikçe azalır.



Şek. 15 - Karşı kayış ayırıcı

Elektrostatik ayırma

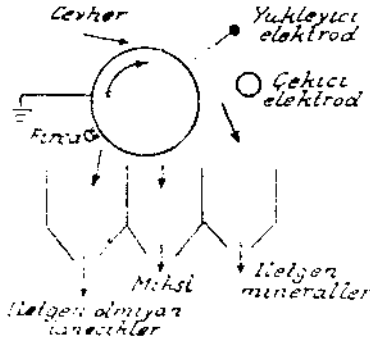
Elektrostatik ayırıcılar minerallerin elektriksel iletkenliklerinin değişik olmasından faydalanırlar.

İletkenliği yüksek bir mineral taneçigi, topraklanmış bir metal silindir üzerinden düşerken yüksek potansiyelle (10 - 20 000 volt) yüklenmiş bir elektrodun tesiri ile evvelâ polarize olur, ve eğer topraklanmış metal silindire elektron yükünü iletebilirse silindirden ayrılır ve çekici elektrodun tesiri ile silindirden uzaklaşarak düşer.

İletgenliği zayıf bir mineral tanecikleri ise, üzerindeki yükü çok yavaş bıraktığından, silindire yapışarak birlikte döner ve elektrodun tesirinden kurtulduktan sonra bir fırça ile ayrı bir yerde toplanırlar.

Taneciklerin dar hudutlar arasında iyi tasnif edilmiş olmaları ve tamamen kuru ve hattâ ısıtılmış olmaları (60-120°C) iyi bir ayırma için şarttır. Tane iriliği 2-0.1 mm dahilindeki cevherler elektrostatik ayırıcılarla zenginleştirilebilirler.

Elektrostatik ayırma maden zenginleştirme usullerinin en az tatbik edilendir. Diğer usullerin tatbiki ile ayrılmayan mineraller için baş vurulacak son çare bu usuldür. Halen plaser minerallerinin konsantrasyonunda (zirkonun rutilden ayrılması), abraziflerin metal kırıntularından temizlenmesinde, karborandum tozunun alüminden ayrılması gibi ameliyelerde kullanılmaktadır.



Şek. 16 - Elektrostatik ayırıcı

Flotasyon

Zamanımızın en fazla tatbik edilen maden zenginleştirme usulü flotasyondur. Aşağı yukarı bütün primer bakır, kurşun ve çinko cevherleri bu usulle zenginleştirilir. Ayrıca nikel, kobalt, altın, gümüş, civa, molibden, volfram ve demir gibi metal cevherlerinin zenginleştirilmelerine tatbiki de gün geçtikçe artmaktadır. Metalik olmayan minerallerden birçoğunun temizlenerek kıymetlenmesinde flotasyon değerli bir usul

olarak kendini göstermiştir. Meselâ: kömür tozlarının şamlı sulardan kazanılması, fluorit, barit, feldspat, disten, spodümen ve beril gibi minerallerin konsantrasyonu flotasyon sayesinde bugün pek kolaylaşmıştır.

Halen memleketimizde çalışmakta olan 7 adet flotasyon tesisi mevcuttur. Bunlardan iki tanesi bakır (Ergani ve Murgul), iki tanesi kurşun-çinko (Keban ve Simav), bir tanesi kükürt (Keçiborlu) ve bir tanesi antimonit (Turhal) konsantresi hazırlayarak izabehanelere sevkederler. Ayrıca Zonguldak'ta şamlı sularla lâvuarlardan akarak kaybolan ince kömürlerin kazanılması da flotasyon yoluyla yapılmaktadır.

Flotasyon, mineral taneciklerinin kırılma yüzeylerinin fiziko-kimyasal yapılarının değişik oluşundan faydalananak, bunların bir kısmının tercihan hava habbeciklerine yapışarak köpük şeklinde ayrılmasını sağlayan usuldür.

Bazı minerallerin tabii yüzey yapıları, kolayca flotasyonla ayrılmaya müsaittir. Meselâ: kömür, grafit, elmas, kükürt ve molibdenit gibi. Bu mineraller bir miktar hidrokarbon yağı ve köpürtücü ihtiva eden palptan kolayca köpüğe ayrılırlar. Kısaca izah etmek gerekirse, bu minerallerin yüzeylerindeki atomlar su moleküllerine, veya onun içerisindeki hidroksil veya hidrojen iyonlarına karşı çekici bir hassa göstermiyerek tercihan ince bir hidrokarbon tabakası ile kaplanırlar ve böylece hava habbeciklerine yapışarak palptın üzerine köpükle birlikte çıkarlar. Bu taneciklerin yüzeyleri hidroföptür. Su tarafından itilir; hidrokarbon yağlan ve hava tarafından çekilir. Yüzeydeki atomlar arasındaki bağlar ekseriyetle veya tamamen kovalandır.

Diğer minerallerin ise yüzeyleri az veya çok iyonlarla kaplıdır. Bu bağlar elektrovalân veya iyoniktir. Su moîekül-

lerine ve içerisindeki iyonlara karşı özel bir çekicilik gösterirler (hidrofil). Gevher karışımını teşkil eden minerallerden köpükle ayrılması arzu edilen mineral taneciklerinin yüzeylerine özel reaktiflerin adsorbe ettirilmeleri sayesinde bu minerallerin hava habbeciklerine yapışması sağlanabilir. Bu reaktiflere «kolektör» denir.

Kolektörler

Bir ucunda alifatik veya aromatik hidrokarbonlar, diğer ucunda ise iyon teşekkülüne müsait polar bir grup bulunan organik reaktifler mineral taneciklerinin yüzeylerinin fiziko-kimyasal yapılarına göre,, bazılarının yüzeylerine tercihli adsorbe ederler.

Bu tercih yüzeydeki atomların cinsine, iyonik karakterlerine ve organik reaktifin (kolektörlerin) polar gruplarına göre değişir. Yüzdürülmesi istenen mineralin yüzeyindeki kationlar mineralin tefrikinde esas olduğu zaman, polar grup aniyonik olan kolektörler kullanılır. Diğer taraftan taneciklerin yüzeyindeki spesifik iyonlar aniyonik ise, kationik kolektörlerin kullanılması faydalı neticeler verir.

Kalkopirit, galen, antimonit v.s. gibi sülfürlü minerallerin flotasyonunda kullanılan kolektörler, umumiyetle polar grupları kükürt ihtiva eden organik reaktiflerdir; alkil ksantatlar ve alkil veya aril ditiofosfatlar gibi aniyonik tipte kolektörlerdir.

Sülfürlü mineraller grubunun dışında kalan (malakit, kalsit, şelit, pirolüsit v.s. gibi) birçok minerallerin ayrılması için oleik asit, stearik asit gibi nebati veya hayvani orijinli, polar grupu karboksilik asit olan aniyonik reaktifler kullanılır.

Tabii yağ asitlerinden sentetik olarak hazırlanan alifatik aminler ise, kationik kolektörlerdir ve umumiyetle silikat-

ların flotasyonunda tatbik sahası bulmuşlardır.

Beher ton cevher başına kolektör sarfiyatı sülfürlerde 100-200 gr, diğer minerallerde 500-1000 gr kadardır.

Köpürtücüler

Yüzey aktifliklerinden dolayı suyun yüzey gerilimini bir miktar düşürerek, flotasyon makinalarında köpüğün kolayca teşekkülüne yarıyan organik reaktifler köpürtücülerdir. Flotasyonda en çok kullanılanları : çam yağı, krezol ve metil-isobütil karbinol gibi terpen, aromatik veya alifatik radikalli alkollerdir.

Aktifleştiriciler

Yüzdürülmesi arzu edilen mineral eğer kolektörü adsorbe etmiyorsa, palpa bazı iyonların ilâvesi ile adsorbsiyon sağlanabilir. Meselâ: çinko blendi, bakır sülfatlı bir palpta küprük kationları ile kaplanarak, ksantatlar veya ditiofosfatlarla flote eder. Bakır sülfat burada aktifleştiricidir.

Depresörler

Kolektörlerin tesirinden bazı mineralleri kurtararak bunların köpüğe karışmasını önlemek amacıyla depresörler kullanılır. Meselâ: galenin, blend ve piritten ayrılması için kullanılan sodyum siyanür; molibdenitin pirit ve kalkopirit gibi diğer sülfürlerden ayrılmasında kullanılan sodyum sülfür; kalkopiritin piritten ayrılmasında kullanılan kalsiyum hidroksit gibi.

pH: Palptaki hidrojen iyonu miktarının flotasyon neticelerine tesiri çok önemlidir. pH'nın değişmesi ile minerallerin yüzeylerindeki hidroksil veya hidrojen iyonu adsorbsiyonu değişir. Ayrıca zayıf asitlerin tuzları olan kolektörlerin palptaki iyon/molekül nispetlerine de tesir ederek, bazı minerallerin deprese olmalarını ve kolektörlerin tesir güçlerinin ayarlanmasını sağlar.

Flotasyon ameliyelerinde pH nm optimum hudutları arasında tutulması, ayrılmaların selektifliği ve randımanın yüksekliği bakımından en önde gelen şartlardan biridir.

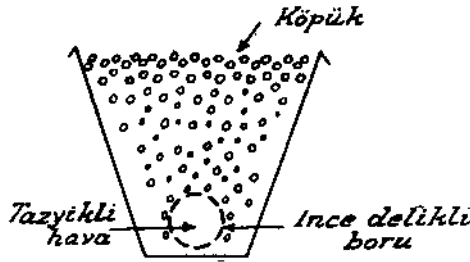
pH ayarı için umumiyetle kireç (kalsiyum hidroksit), soda, sut kostik veya sülfürik asit kullanılır.

Flatasyon makinaları

Flotasyonun ilk defa 1909 senesinde Avustralya'da sanayiye tatbik edilmişinden beri, birçok firmalar tarafından piyasaya çeşitli flotasyon makinaları arz edilmiştir. Bunları : 1. Hava basınçlı veya pnömomatik, 2. Mekanik, olmak üzere iki sınıfa ayırabiliriz.

1. Pnömomatik tipler aşağı yukarı tarihe karışmışlardır. Bazı tesislerde yalnız konsantre temizleyicisi olarak, bunlardan Mc Intosh tipine raslanır.

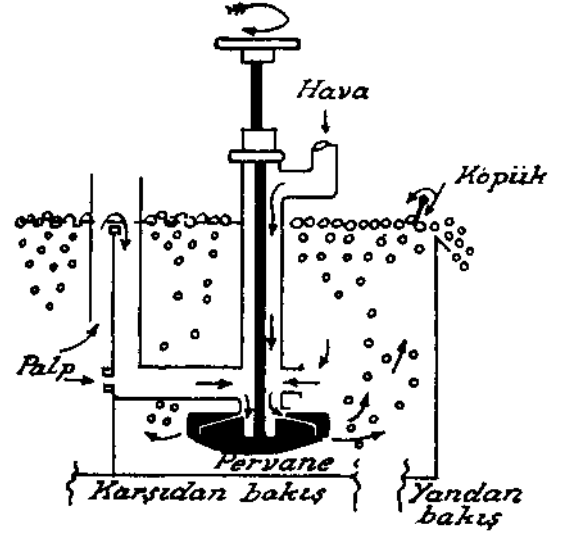
Bu tiplerde, palp geniş bir oluk şeklindeki bir selül içerisinden yavaş yavaş akarken, içerisine alttan delikli bir borudan (veya bir filtre bezi ile sarılmış bir delikli borudan) hava püskürtülür. Bu hava hem palpın karışmasını ve hem de köpük teşekkülünü sağlar.



Şek. 17 - Mc Intosh tipi pnömomatik selül

2. Mekanik tiplerde, selülün alt ortasında dönen bir pervanenin tesiri ile hem palpın iyi karışması ve hem de santrifüj olayı ile pervanenin orta kısmından alt kenarlara doğru hava püskürtülmesi temin edilir. Bu tiplerden en

fazla kullanılmakta olanlarından Denver Sub-A tipi aşağıda şematik olarak gösterilmiştir.



Şek. 18 - Denver Sub-A flotasyon selülü

Mekanik flotasyon selülleri muhtelif standart ebatlarda imal edilmektedirler. Bunlar umumiyetle 4-6-8 adetli seri halinde çalışan bataryalar halinde kullanılır. Cevherin kesafetine ve palpın sıvı/katı nispetine göre kapasiteleri değişir. Bataryada kullanılacak selül adedi laboratuvarında yapılan flotasyon tecrübelerine istinaden, flotasyon müddetine ve işlenen günlük cevher tonajına göre hesaplanır.

Zenginleştirme esnasında yapılan ilk flotasyon ameliyesi «kaba flotasyon» dur. Bu ameliye ile maksimum randımanla ve fakat düşük dereceli bir ön konsantre alınır. Sonra bu ön konsantre «temizleyici flotasyon» ile ikinci bir defa daha zenginleştirilir.

Bazı özel hallerde iri veya tam serbestleşmemiş tanelerin ayrılarak değirmene basılması için kaba flotasyondan sonra bir de «toplayıcı flotasyon» selülleri tesise ilâve edilir. Böylece artıktaki kayıpların azaltılması temin edilmiş olur.

Zenginleştirme masrafları

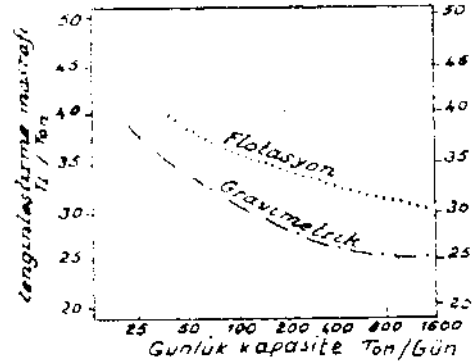
Cevherlerin zenginleştirme masraflarını tetkik ve mukayese ederken bunlarda ham cevherin beher tonuna isabet eden masrafı belirtmek kâfi gelir. Bu belli olunca cevherin tenörüne, konsantrinin tenörüne ve randımana göre konsantrinin maliyetine dahil olacak zenginleştirme masraflarını tahmin etmek mümkün olur.

Tesisatın günlük kapasitesi arttıkça beher ton cevher başına düşen masraflar azalır.

Aşağıdaki şekilde gravimetrik veya flotasyon yolu ile yapılan zenginleştirme masraflarının kapasiteye göre değişimi görülmektedir.

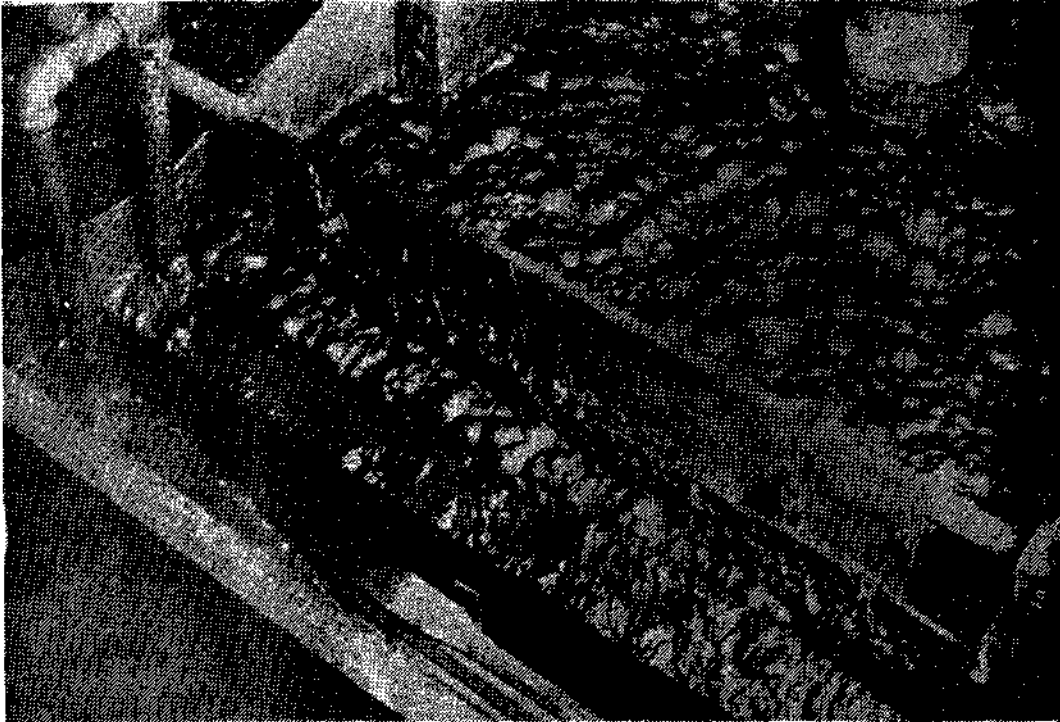
Cevher zenginleştirme ameliyeleri, kimyasal yoldan yapılan ekstraksiyon usullerine nazaran çok az masraflıdır. Düşük tenörlü cevherlerin zenginleştiril-

meden izabesi ise, maliyetinin yüksekliği dolayısıyla mümkün değildir.



Şek. 19 - Zenginleştirme masraflarının, günlük işlenen cevher tonajına göre değişmesi

Yeraltı servetlerimizin kıymetlendirilmesinde, cevher zenginleştirme halen oldukça önemli bir mevkie sahiptir. Gün geçtikçe inkişaf etmekte olan sanayimizin, ham madde ihtiyacının teminindeki rolü, ileride daha da fazla olacaktır.



Şek. 20 - Bir flotasyon selülünde köpüğün döner paletle alınışı