

KİMYASAL METALURJİ DERSİ

GİRİŞ [Kaynak: “introduction” W. H. DENNIS]

Metaller, yer kabuğunun belirli bölgelerinde toplanmış cevherlerin oluşturduğu maden yataklarından üretilmektedir. Jeologlar mineral birikimlerini bulduklarında gerekli incelemeleri yapar. Madencilik çalışmaları ile çıkarılan cevherler metalurji endüstrisinin hammadde kaynağını oluşturmaktadır. **Üretim metalurjisinin** işlevi, bu cevherleri işleyerek metali ayırmak ve arıtmaktır. Cevherin çıkarılması ile ara ve son ürün halinde imalat sanayine girdi olarak metal ingotların dökümü arasında çok sayıda özel işlemler gerçekleştirilmek zorundadır.

Endüstriyel amaçlar için metal ve alaşımlarının geliştirilmesi ve metallerin yapıları **fiziksel metalurjinin** ilgi alanıdır.

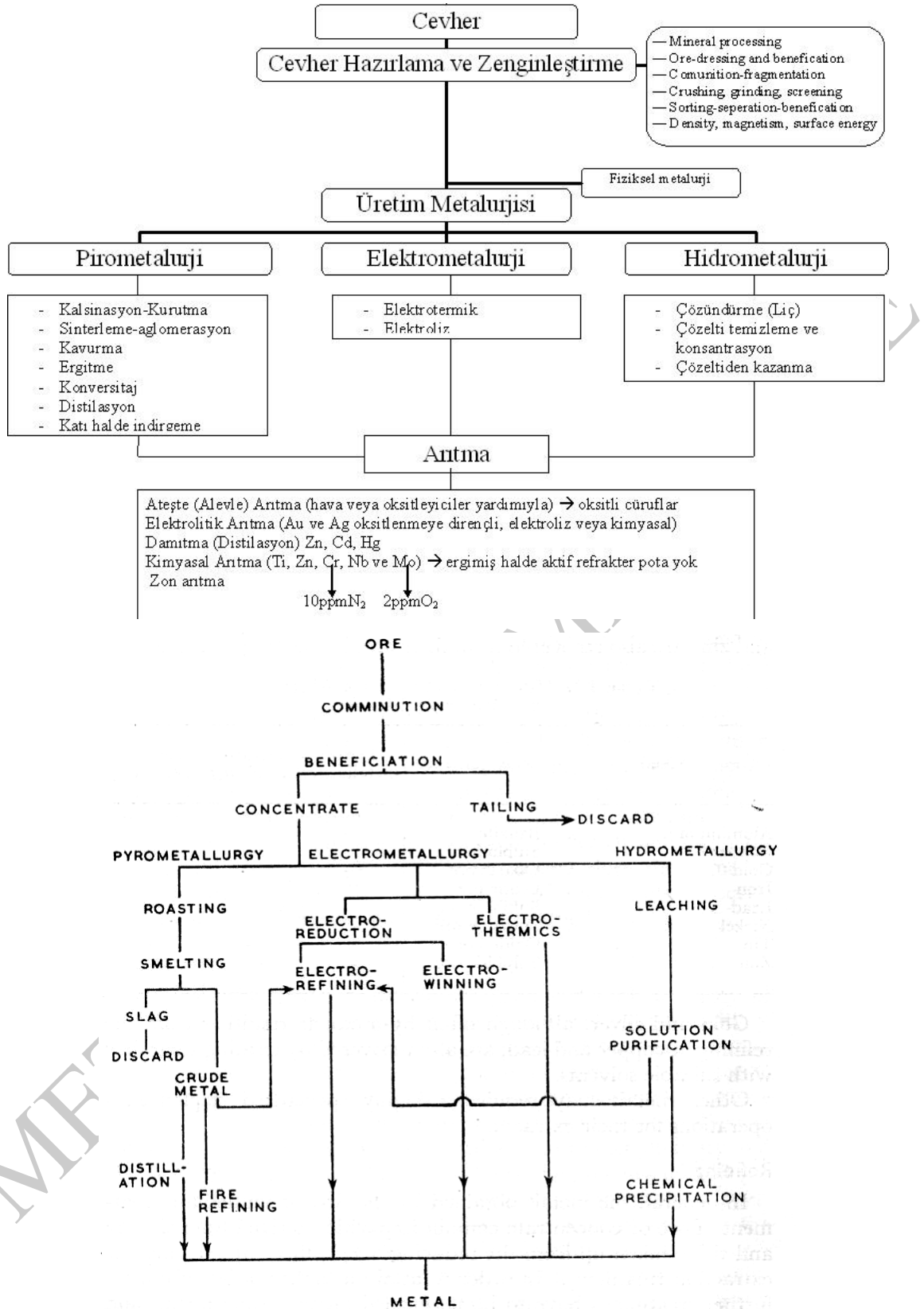
Birçok durumda metalurjik uygulamanın ilk aşaması cevherin zenginleştirilmesi sürecidir. Bu aşamada amaç, minerallerden mekanik yollarla metalik olmayan artık (gang) malzemesinin mümkün olduğunca ayrılarak sonraki ayırma süreçleri için zengin konsantre malzemenin elde edilmesidir. Mineralleri artıktan ayırmak için gerekli mekanik işlemlere “Cevher Hazırlama” (mineral dressing, ore dressing, mineral processing) denir. Bu işlemlerin kullanımı ve yeni yöntemler son yıllarda büyük bir hızda artmaktadır ve gerçekte eğer düşük ve yüksek tenörlü (grade) cevherlerden gelişmiş konsantre üretimi teknikleri olmasaydı birçok metalin üretimi mümkün olmayacaktı. Örneğin flotasyon süreci, önceleri artık gözü ile bakılan, ekonomik bir değer taşımayan %0,5 Cu tenörlü bakır cevherinin zenginleştirilmesini olası hale getirmiştir.

İşlem Türleri (Types of Treatment)

Cevher hazırlama, metalin kazanılmasındaki tüm işlemlerin içinde küçük bir bölüm olup metalin artıklardan ayrılmasında sadece bir ön işlemdir. Bu işlemlerle yalnızca değerli mineraller konsantre edilir, hiçbir şekilde bileşiminde kimyasal değişimler oluşturulmaz. Geri kalan artıkların ayrılması ve uzaklaştırılması, mineral bileşiminin bozulması, metalin toplanması ve arındırılması “Üretim metalurjisinin” işlevidir. Mineral bileşenlerinin her birinin farklı özellikler göstermesi nedeniyle temelde kimyasal yapıdaki değişimler kaçınılmazdır, üniversal olarak yalnızca bir yöntem uygulanmaz ve bu nedenlerle farklı yöntemler kullanılmaktadır. (**Şekil 1.1**)

Bu yöntemler temelde aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1. Pirometalurji; ısı yoluyla metallerin ayrılmasıdır.
2. Hidrometalurji; metalin uygun bir sıvı çözücü ile cevherden seçimli olarak çözülmesi ve ardından bir ayırım süreciyle bu çözeltiden kazanılmasıdır.
3. Elektrometalurji; elektrik enerjisi kullanılarak metallerin kazanılması ve artırılması işlemlerini kapsamaktadır.



Şekil 1.1. Üretim metalurjisinin sınıflandırılması

Belli bir mineral konsantresine uygulanacak yöntemin tipi birçok etkene bağlıdır. Bunların arasında şunlar sayılabilir:

- Cevher veya konsantrenin yapısı ve kararlılığı,

- İstenilen metal saflığı,
- Üretimin gerçekleştirileceği bölgede mevcut şartlar

Bu faktörlerden “kararlılık” birkaç kelime ile açıklanması gerekmektedir. Bir bileşiğin kararlılığı oluşum serbest enerjisi ile ilgilidir; oluşum sırasında daha büyük serbest enerji kaybı olayın meydana geldiği sıcaklıkta bileşiğin daha fazla kararlı olması ve bu nedenle de bileşiğin elementlerine indirgenmesi daha zor demektir. Şöyle ki, düşük serbest enerjili cıva sülfür göreceli kararsızdır, 400 °C altında indirgenmesi olasıdır. Bu arada çinko oksit ve mangan oksit göreceli kararlıdır ve indirgenmeleri için sırasıyla 950 °C ve 1500 °C civarında sıcaklıklara gerek vardır. Metal konsantresinin kararlılığı ve diğer faktörler de işlem sıcaklığı ve dolayısıyla gerekli işlemlerin tipinde önemli rol oynamaktadır.

Belli bir bölgedeki mevcut şartlar da yöntemin seçiminde karar vermede bir etken olabilir. Örneğin, eğer hidroelektrik güç mevcutsa ve olası ise elektroliz uygulanabilir, aksi takdirde piro veya hidrometalurjik yöntemler uygulanmak zorunda kalacaktır. Bir indirgeme fabrikasının uygun konumu, jeolojik ve ekonomik etkenler dikkate alındığında, konsantrenin teminindeki süreklilik, güç (enerji), yakıt, su ve taşıma, dışarı verilen artık, malzeme temini, hizmet ve iş gücü gibi faktörler üretim metalurjisi süreçlerinin kolayca yürütülmesi için gereklidir.

Yukarıdaki üç işlemten herhangi biri yalnız başına belli bir malzemenin işlenmesinde yeterli olmayabilir ve gerçektende birçok cevher yöntemlerin bir arada kullanılmasını gerektirmektedir. Aluminyum ve magnezyum genellikle hidro ve elektrometalurjik yöntemlerin, bakır ve nikel önce pirometalurjik ardından elektrometalurjik yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla üretilmektedir.

Bu güne kadar olan uygulamalardan, cevherden metal üretiminde çoğunlukla pirometalurjik süreçlerden yararlandığı ve çelik üretiminde temel oluşturan pik demirin üretiminde demir cevherlerinin universal olarak izabeye tabi tutulduğu anlaşılmaktadır.

Demir dışı metallerin (Cu, Pb, Sn ve Ni) büyük bir kısmı pirometalurjik yöntemlerle kazanılmaktadır. Ham metalin arındırılmasında son aşama elektrometalurjik işlemleri kapsayabilir. İki hafif metal, aluminyum ve magnezyum, hidrometalurjik ve elektrolitik indirgeme ve arıtma süreçlerinin ardışık uygulanması ile üretilmektedir. Bazı durumlarda Cu ve Zn elektrolitik indirgeme yoluyla cevherlerinden kazanılmaktadır. Au ve Ag, sıklıkla Cu ve Pb nun arındırma ürünleri olmalarına rağmen, uygun çözücüler kullanarak hidrometalurjik yöntemlerle cevherlerinden elde edilmektedir.

Diğer metaller üretimlerinde oldukça özel bir işlem dizisi gerektirebilmektedir.

Arıtma

Genel olarak, cevher veya konsantrelerden ön veya ara işlemlerle elde edilen metaller cevherden kaynaklanan istenmeyen maddeler (empüriteler) içermektedir ve bunlar üretim işlemleri sırasında uzaklaştırılmaktadır. Kullanılan yöntemler empüritelerin uzaklaştırılmasındaki zorluklara göre değişmekte ve beş başlık altında sınıflandırılabilir:

1. Ateşte (alevle) arıtma
2. Elektrolitik arıtma
3. Damıtma (distilasyon)
4. Kimyasal arıtma
5. Zon arıtma

En çok uygulanan arıtma yöntemi olan empuritelerin ateşte arıtılması, empuritelerin hava veya oksitleyiciler yardımıyla oksitlenerek ardından oksit ürünlerinden oluşan bir cüruf halinde uzaklaştırılmasıdır.

Elektromotiv serinin üzerinde yer alan ve bu nedenle oksitlenmeye dirençli olan Au ve Ag gibi metaller genellikle elektroliz veya kimyasal yöntemlerle arındırılır.

Zn, Hg ve Cd gibi uçucu metaller damıtma yöntemiyle arındırılabilir.

Diğer taraftan, yüksek ergime noktasına sahip metalleri arıtılmış hale getirmek zor bir görev kabul edilebilir. Ti, Zr, Cr, Nb ve Mo gibi elementler ergimiş halde kimyasal olarak o kadar aktiftir ki pratikte onların içine konabileceği refrakter potalar yoktur. Ayrıca bu metaller havadaki oksijen ve azot ile kirlenmeye karşı da oldukça duyarlıdırlar. Örneğin, milyonda on (10 ppm) azot, Cr metalini kırılgan hale getirmekte, 2 ppm oksijen Mo'da aynı etkiyi yaratmaktadır. Bu nedenlerle böylesi metalleri arıtmak için özel işlem teknikleri geliştirilmek zorundadır.

Metal Saflığı

Yaygın olarak bilinen metallere birçok yüksek saflıkta üretilebilmektedir, örneğin Zn %99,99, Pb %99,98 ve Cu %99,8 saflıkta üretilmektedir. İlk bakışta bu kadar yüksek saflıktaki malzeme ancak ve yalnızca akademik ilgi alanına girdiği düşünülebilir. Ancak metaller, özellikleri üzerine olumlu veya olumsuz yönde etkileri nedeniyle yapılarındaki yabancı elementlere oldukça duyarlıdır. %0,05 As'in varlığı Cu'nun elektrik iletkenliğini aniden düşürürken aynı miktardaki Bi'un varlığı düktilitesini düşürerek bakırı çok kırılgan hale getirmektedir. Benzer şekilde kükürt oldukça yüksek kırılganlıkta bileşenler oluşturur. Zn içinde %0,01 den fazla Pb, Cd ve Fe'in bulunması durumunda metali kırılganlaştırır ve basınçlı döküme elverişsiz hale getirir. Benzer

şekilde az miktarda Sb ve As mevcudiyeti Pb'un dövülebilirliğini bozmakta Bi ise Pb beyazını gri hale getirmektedir.

Bu nedenle metallerin belli uygulamaları için aranan özellikler (spesifikasyonlar) metalin çok yüksek derecede saflığını gerektirebilir.

Tümleşik Süreçler (Entegre tesisler)

Demir ve demir dışı metaller metalurjisinde benzer ilkelere dayanarak yararlanılmasına karşın yöntemlerin uygulanması birçok bakımdan farklılıklar göstermektedir. Demir ve çelik endüstrileri dünyadaki metalurjik faaliyetler içinde çok geniş yer tutmaktadır, çelik üretimi toplam DDM'inkin 20 katı kadardır. Değer olarak, nakit açısından DDM'in yalnızca üç katıdır ve bu durum düşük çelik fiyatlarını yansıtmaktadır. İş gücü ve yakıttaki ekonomi gereksiniminin bir sonucu olarak tümleşik demir ve çelik fabrikaları ortaya çıkmıştır. Cevher hazırlama ve zenginleştirme, üretim ve arıtma işlemleri ile imal edilen malzemeye (şerit, levha, sac veya profil) kadar tüm işlemler bir tek alanda yapılmaktadır.

DDM'in yüksek fiyatları nedeniyle demir ve çelik endüstrisindeki kadar ekonomik gereksinimler öne çıkmamaktadır ve bu nedenle DDM'in üretim metalurjisi süreçlerinin bir araya getirilmesi aynı derecede gerçekleştirilmemiştir. Üretim gerçekleştirildiği birimlerin boyutları arasındaki fark çok belirgindir, çok büyük fabrikaların var olmasına karşın özellikle Cu ve Al üretiminde ekonomik gereksinimler daha az belirleyicidir. DDM metalurjisinde, çok sayıda farklı metal ve alaşımların farklı özelliklerini ve kullanımlarını göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

İşletmelerin Konumu

Cevher hazırlama tesislerinin konumu, maden ve dolayısıyla hammadde kaynakları dikkate alındığında genellikle kolayca çözümlenmektedir. Büyük miktarda düşük tenörlü çamurumsu ve ağır malzemelerin taşınması çok pahalı bir iş olduğu için ve toplam üretim maliyeti içinde büyük bir yer tutacağından, açıktır ki bundan kaçınmak gerekir. Cevher hazırlamanın öncelikli işlevi bir konsantrasyon işlemi ile cevherin miktarını azaltmak olması nedeniyle fabrikanın madenin olası en yakınında kurulması kaçınılmazdır ve bir çok durumda bu geçerlidir.

İzabe tesislerin yer seçimi sorunu o kadar kolay çözülmez; dikkate alınması gereken birçok etken vardır. İzabe için temelde hammadde gereksinimi sağlanırken en az o kadar büyük miktarlardaki yakıt ve cüruf oluşturuç reaktiflerin de (flux) düşünülmesi gerekir. Bu nedenle sorun "izabe tesisi cevher hazırlama tesisi yanına veya yakıt kaynaklarına yakın veya metalin tüketileceği merkezlerde mi konuşlandırılacaktır?" sorusundan kaynaklanmaktadır. İdeal konum, hammadde kaynaklarına ve son ürün pazarlarına yakın olan ve yakıt-enerji ve iş gücü gibi

hizmetlerin kolaylıkla sağlanabileceği yerdir. Bu, metalurjik üretim işletmeleri için nadiren gerçekleşen bir durumdur. Zira hammadde kaynakları sıklıkla pazarlardan ve yaşamdan çok uzak yerlerde bulunmaktadır. Yer seçimi, işletme maliyetleri, malzeme ve ürünün pazarlara taşıma giderleri ve ürünün fiyatları göz önüne alınarak belirlenir. Bunun için hammadde kaynakları, yakıt, güç, su ve artıkların ortadan kaldırılmasını da dikkate almak gerekir.

Hammaddeler

İzabe tesisinin cevher kaynaklarının yanında olmasının avantajları sıklıkla diğer dikkate alınması gereken hususların göz ardı edilmesini sağlamaktaysa da birçok durumda diğer etkenler de yönlendirici olmaktadır. Demirin elde edildiği hammaddeler çamurumsu ve ağırdır ve yüksek fırınlara taşıma maliyeti, toplam üretim maliyeti içinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle düşük tenörlü Fe cevherlerinde uzun mesafeli taşımalarından kaçınılmalıdır ve bu gibi durumlarda genel eğilim Fe izabe tesisinin cevher yatağının yakınlarında olmasıdır. Diğer taraftan, zengin cevherler ekonomik olarak uzun mesafelerde taşınabilir, örneğin İngiltere yüksek tenörlü Fe cevherlerini Newfoundland, Labrador, Quebec, Venezuela ve Sierra Leone'den dış alım yoluyla temin etmektedir. Bu gibi durumlarda izabehaneler sahil bölgelerinde kurulma eğilimindedir.

Genelde demir ve çelik işletmelerinin diğer şartların eşit olması durumunda hammaddelerin yakını yerine pazar yakınında konuşlandırılması eğilimi olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, bakır izabe tesislerinin tüketici pazarlarının uzağında hammadde kaynaklarına yakın konuşlandırılması eğilimi egemendir. Çünkü büyük miktarda hammaddenin işlenmesiyle ortaya çıkan cüruf yığınları katı artık sorunu oluşturmakta, ayrıca az miktarda ve yüksek değerli metalin taşınmasının maliyeti izabe tesislerinin pazar yakınına kurulmasından çok daha ekonomik olmaktadır.

Güç (Power)

Güç, buhar veya hidroelektrik kaynaklı olabilir ve ikincisi kesinlikle ucuzdur. Alüminyum üretiminde ve Zn'un elektrolitik yollarla kazanımında olduğu gibi büyük miktarlarda enerji tüketimini gerektiren metal üretimlerinin yerinin belirlenmesinde kararı etkileyen en önemli faktördür.

Su

Su temini fabrika konumunun belirlenmesinde en önemle dikkate alınması gereken hususlardan biridir. Genellikle işlemler sırasında ve soğutma amacı ile büyük miktarlarda gereksinilir.

Başlıca su kaynakları nehirler, göller, buharlar, baraj ve bentler ve madenin kendisi (yeraltı suları) ve eğer bunlardan hiç biri bulunmuyorsa cevherin suyun bulunduğu yere büyük zorluklarla taşınması yerine derin kuyu pompaları ile artezyenlerden faydalanmak daha ekonomik olmaktadır.

Yakıt

Demir yüksek fırınları gibi büyük miktarlarda yakıt gereksinilen işletmelerin uygun yakıt temini yerlerinin yakınında veya deniz yoluyla yakıt dış alımının kolaylıkla yapılabileceği liman yakınlarında yer alması bir gerekliliktir.

Artık Ürünlerin Uzaklaştırılması

Büyük miktarlardaki cürufun atılması gerekir, ancak izabe tesisinin yerini belirleyici bir faktör değildir. Bununla birlikte yine de çevre sorunu dikkate alınmalıdır. Katı artıkların atılmasına ilaveten, insanlar canlı varlıklar ve tarım üzerine ciddi sorunlar yaratan gaz ve duman gibi ürünlerin de dışarı atılması dikkate alınmalıdır.

İş gücü, iklim ve diğer etkenlerin temini gibi hususlar da dikkate alınmalıdır. Ancak modern işletme yerlerinde bunlar nadiren önemli bir faktör olabilir.

Sıklıkla da hükümetlerin arazi ve vergi indirimi gibi **teşvikleri** yer seçimini etkilemektedir.

METALURJİ & MALZEME