

KİMYASAL METALURJİ DERSİ

GİRİŞ [KAYNAK: “introduction” Terkel ROSENQVIST]

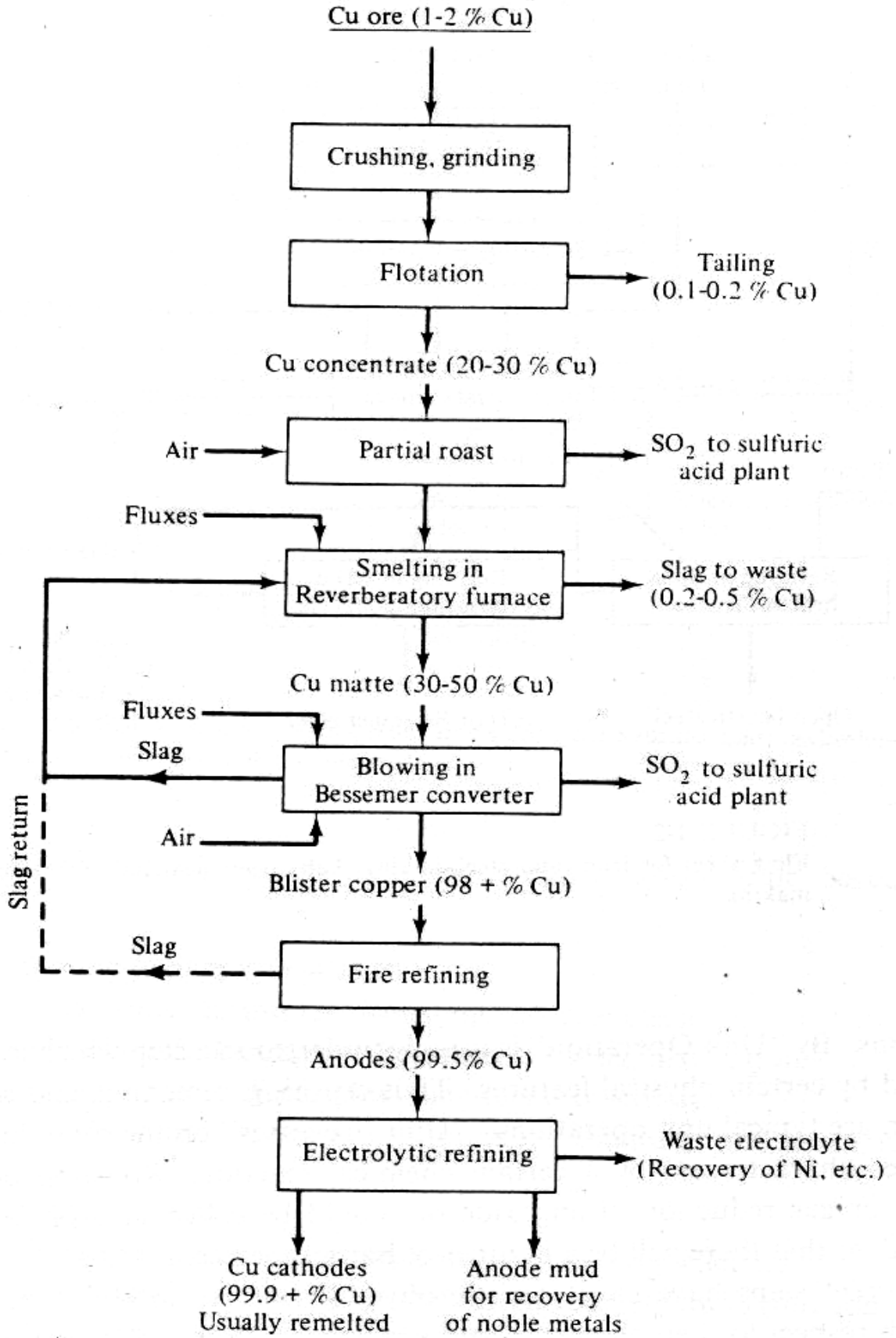
Metallerin cevherlerinden üretilmesi sanatı uygarlık tarihinin başlangıcına kadar uzanmaktadır. Doğal olarak metalik halde doğada bulunan bakır (Cu) ve altın (Au) insanlar tarafından ilk kullanılan metallerdir. İnsanlar yaklaşık olarak İ.Ö. 4000 yıllarında odun kömürü ateşinde Cu ve Sn cevherlerinin izabesi yoluyla Cu ve bronz üretimini gerçekleştirdiler. İnsanlık tarihi boyunca üretim metalurjisi süreçleri daha çok deneme yanılma yoluyla geliştirilmiştir. Demir işleme sanatı ve izabe bilgileri babadan oğluna geçmiştir. Yeni gelişmeler bazen yaratıcı hayal gücünün sonucu olmuş hatta büyük bir olasılıkla ve sıklıkla rastlantı sonucu olmuştur. Çağdaş bir metalurji tesisini ziyaret eden bir kişi çok miktarda karmaşık işlemlerle karşılaşacaktır. Özellikle demir dışı metal (DDM) metalurjisinde işlemler, bir metalden diğerine ve hatta aynı metali üreten farklı tesisler arasında bile önemli oranda değişmektedir. Bu kitapta çok farklı metalurjik süreçlerin göreceli az sayıdaki temel ilkelerin yardımıyla nasıl anlaşılabileceğini göreceğiz.

1.1. Akım Şemaları

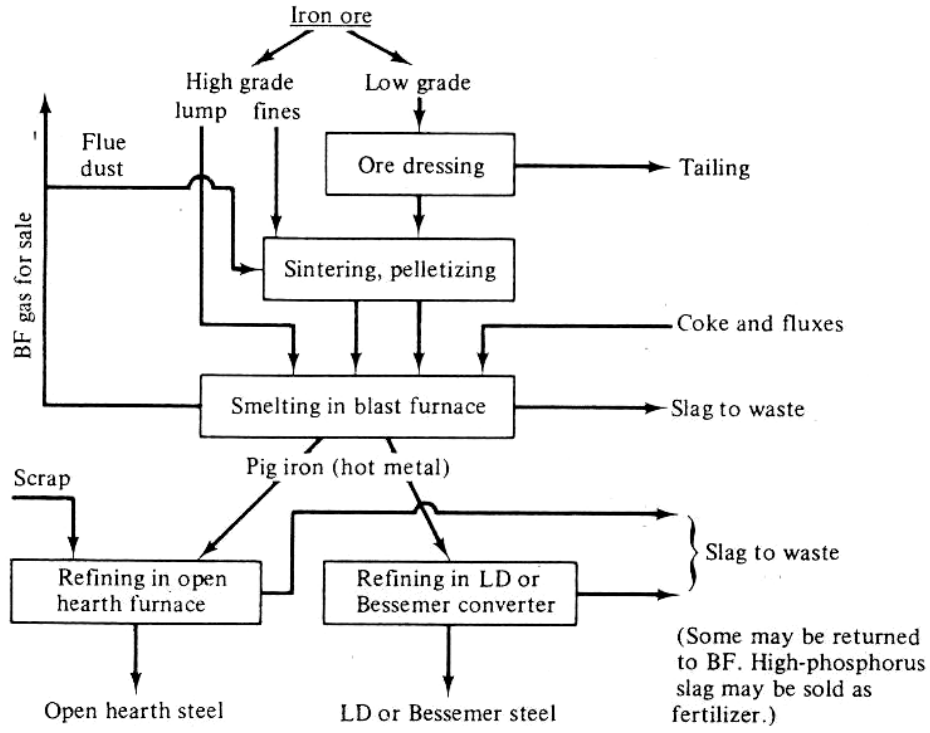
Bir fabrikada kullanılan süreç veya süreçlerin kombinasyonu akım şemaları yardımıyla uygun bir şekilde gösterilir. Böyle bir akım şeması örneği, düşük tenörlü Cu cevherlerinden Cu metali üretimi için Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Farklı Cu izabe tesislerinin akım şemaları incelendiğinde bazı değişiklikler gösterdiği anlaşılacaktır. Bu değişim, cevher bileşiminin farklılığından, yakıt veya elektrik enerjisi gibi yerel enerji teminindeki farklılıklardan, son üründeki talep farklılıklarından veya işletme boyutlarının farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Çelik ve Zn üretimi akım şemaları Şekil 1.2 ve 1.3’te gösterilmektedir. Bu akım şemaları Cu akım şemasından oldukça farklıdır, ayrıca her metal ve her bölgenin kendine özgü üretim sürecini gerektirdiğini vurgulamaktadır.

Temel Süreçler ve Temel İşlemler

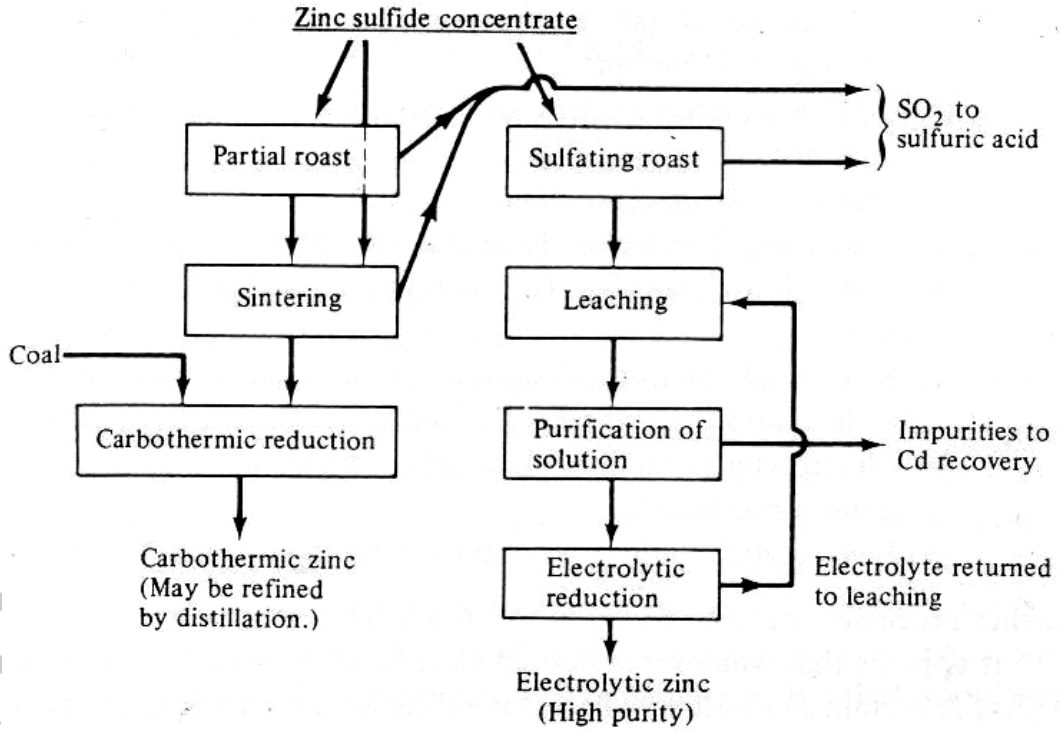
Akım şemaları yakından incelendiğinde, bir takım işlem ve aşamalardan oluştuğu ve farklı bölgelerde farklı metallerin üretiminde benzer aşamaların veya işlemlerin bulunduğu görülecektir. Cu akım şemasında (Şekil 1.1) ilk aşamada kırma, öğütme ve flotasyon gibi aşamalar bulunur. Genelde “Cevher Hazırlama” olarak tanımlanan bu aşamaların amacı cevher minerallerini cevherde bulunan diğer minerallerden veya artıklardan ayırmaktır. Sonraki aşama cevherdeki kükürdün (S) ayrıldığı kavurma işlemi olabilir. Bunu, Fe ve gang minerallerinin cüruf içine ayrıldığı ve kükürlü Cu bileşiğinin sıvı mat içinde toplanarak zenginleştirildiği izabe işlemi takip etmektedir. Mat bundan sonra konvertere gönderilip içine hava üflenerek Fe cürufa geçirilir ve bakır sülfür (CuS) blister Cu (ham metal) haline oksitlenir. Bu metal, bir arıtma fırınında daha fazla arıtılır ve son olarak ticari



Şekil 1.1. Düşük tenörlü bakır cevherlerinden bakır üretimi için tipik akım şeması



Şekil 1.2. Demir ve çelik üretimi akım şeması



Şekil 1.3. Çinko sülfür konsantrelerinden çinko üretimi; (solda) karbotermik indirgeme ve (sağda) çözündürme ve elektroliz

ürünler elde etmek üzere elektroliz yoluyla arıtılır. Değişik işletmelerde bu akım şemasından farklılıklar bulunabilir. Bazı fabrikalarda kavurma aşaması yer almaz. Diğer bir durumda blister Cu külçeler halinde dökülerek satışa sunulur, bu nedenle elektrolitik arıtma aşaması bulunmazken, bazı durumlarda da blister Cu elektrolitik arıtma için doğrudan levha şeklinde anot olarak dökülür.

Çelik ve Zn üretimi akım şemalarını incelediğimizde Cu üretimi ile benzer aşamaların olduğunu görebiliriz; örneğin Zn üretiminde de kavurma işlemi yer alırken, birçok metalin üretiminde izabe işlemi ve çelik endüstrisinde konverterde hava üflenmesi uygulanmaktadır. Bu nedenle çok sayıdaki farklı akım şemaları gerçekte benzer aşamaların az sayıdaki olası birleşimleridir. Kimya mühendisliğindeki kullanımlarıyla benzer şekilde bu aşamalara “temel süreçler” veya “temel işlemler” denir. Ne yazık ki bu iki terimin genel olarak kabul edilmiş bir tanımlamaları yoktur. Temel işlem terimiyle bir aşamanın fiziksel özellikleri nitelendirilmektedir. Bu nedenle kırma, eleme ve taşıma (nakliyat) tipik temel işlemlerdir. Diğer taraftan, temel süreçler belli kimyasal etkileşimlerle (reaksiyonlarla) tanımlanan aşamalar demektir. Sülfürlü cevherlerin kavrulması veya oksitli bir cevherin gazlarla indirgenmesi temel süreç olarak isimlendirilebilir. Sınırdaki yer alan durumlarda, bazen yaygın olarak ortak fiziksel özelliklere sahip fakat kimyasal veya benzeri başka bakımlardan farklı özelliklere sahip farklı aşamaların yer aldığı durumlar olacaktır. Örneğin oksitlerin indirgenmesinde kullanılan bir yüksek fırın aynı zamanda sülfürlerin oksitlenmesinde de kullanılabilir. Retort fırınlar çinko oksitlerin indirgenmesinde kullanılabilir. Bir elektrolitik hücre, elektroliz yoluyla arıtmada veya elektrolitik indirgeme işlemleri için de kullanılabilir.

Cevherden metal üretimi genel akış şemasının ana hatlarıyla üç kademe de incelenebileceği kolaylıkla görülebilir;

- Konsantrasyon – İndirgeme (redüksiyon) – Arıtma (rafinasyon)
- Konsantrasyon – Arıtma (rafinasyon) – İndirgeme (redüksiyon)

şeklinde üç ana kademeli olarak basitleştirilebilir. Konsantrasyon kademesi genel çalışma şeması içinde çoğunlukla ilk aşama olarak görünmesine rağmen indirgeme ve arıtmanın yer değiştirdiği uygulamalar mevcuttur. Eğer bir arıtmada temizlenecek metalin içerdiği katkı maddeleri bu metalden daha asal (soy) ise çalışma şemasında Konsantrasyon-Arıtma-İndirgeme işlem sırası izlenmelidir. Bu durumda önce kazanılmak istenen metal, kimyasal bir bileşik halinde katkı maddelerinden ayrılır ve buradan elde edilen yüksek safiyetteki metal bileşiği indirgenerek metal haline getirilir.

Çeşitli metallerin değişik hammaddelerden üretimini gösteren işlem akış şemaları incelendiğinde, metalurjik üretim kademeleri piro-, hidro- veya elektrometalurji işlemlerinin çoğunlukla birden fazla grubuna dahildir.

Temel işlemler ve temel süreçlerin yukarıda verilen tanımlamalarının belirsizliği nedeniyle üretim metalurjisinde süreçleri sınıflandırmak kimya mühendisliğine oranla çok daha zordur. Üç önemli sınıflandırma tipi dikkate alınabilir:

1. İlgili fazlara göre:
 - a) Gaz-katı, örneğin kavurma, gaz indirgeme

- b) Gaz-sıvı, örneğin Bessemer üfleme, damıtma
 - c) Sıvı-sıvı, örneğin cüruf-metal etkileşimleri
 - d) Katı-sıvı, örneğin sıvılaştırma, çözüldürme, çöktürme
2. Kullanılan donanıma göre:
- a) Sabit yatak, örneğin sinterleme, sızdırma liçi
 - b) Akışkan yatak, örneğin akışkan yatakta kavurma veya indirgeme
 - c) Düşey fırın, örneğin Fe yüksek fırını, kireç fırını (ocağı)
 - d) Döner fırın, örneğin kurutma ve kalsinasyon
 - e) Retort fırın, örneğin kok ocağı, çinkonun karbotermik üretimi
 - f) Reverber (yatay) fırını, örneğin mat izabe, açık ocakta çelik üretimi
 - g) Elektrik fırınları, örneğin elektrik ile mat ergitme veya çelik üretimi
 - h) Ergimiş tuz banyolu elektroliz hücreleri, örneğin alüminyum üretimi
 - i) Su çözeltili elektroliz hücreleri
3. Kimyasal etkileşimlere göre:
- a) Oksitlenme; kavurma, sinterleme, Bessemer üfleme
 - b) İndirgeme; Fe üretimi, karbotermik Zn üretimi
 - c) Cüruf-metal etkileşimleri; çelik üretimi, mat izabesi
 - d) Klorürleme; titanyum tetra klorür üretimi
 - e) Elektrolitik indirgeme; elektrolitik Zn ve Al üretimi
 - f) Elektrolitik arıtma; Cu ve Ni arıtılması

Yukarıdaki listeye daha birçok süreç eklenebilir.

Farklı temel süreçler incelenmeden önce, bazı temel kimyasal ve fiziksel ilkelerin bilinmesi gereklidir. Bir temel sürecin ana amacı belli bir kimyasal etkileşimi gerçekleştirmektir. Bu nedenle, bir etkileşimin istenilen doğrultuda gelişmesi için ne yapılması gerektiği ve istenmeyen yan etkileşimlerin nasıl önleneceği bilinmelidir. Bu, öncelikle kimyasal termodinamik ve kimyasal kinetik ile ilgilidir. Ayrıca, etkileşim sıcaklığının bilinmesi gereklidir. Bu ise etkileşim ısı ve ısı taşınımı hakkında bir bilgi gerektirmektedir. Aynı zamanda etkileşim ısısından teorik enerji gereksinimleri hesaplanabilir. Son olarak, istenen ürünün üretileceği sürecin seçimli olarak olabildiğince hızlı olması gereklidir.

1.2 Metal Üretiminin Özellikleri

Metal üretimi için hazırlanan bir akım şemasında hangi temel süreçlerin yer alacağı büyük oranda hammaddenin fiyatı ve pazar koşulları gibi ekonomik konulara bağlıdır. Genellikle aynı metal birçok farklı metotla üretilebilir. Bu durum Fe ve çelik için Şekil 1.2 ve Zn için Şekil 1.3'te gösterilmiştir. Zn sülfürlü Zn cevherlerinden karbotermik süreçle (kavurma, sinterleme ve

indirgeme) veya hidrometalurji (kavurma, liç ve elektroliz) yoluyla üretilebilir. Seçim öncelikle yakıt ve elektrik maliyetlerine, ikinci olarak pazar koşullarına bağlıdır. Karbotermik çinko Pb, As, Cd ve Fe gibi empüriteler içerir ve pirinç üretiminde ve aynı zamanda galvanizleme amaçlı olarak kullanılır. Bu durumlarda empüriteler zararlı değildir ve hatta yararlı bile olabilir. Ancak, aynı metal basınçlı döküme uygun değildir. Elektrolitik çinko, seçimli olarak düşük empürite içeriği gerektiren özel alaşımların üretiminde kullanılır. Karbotermik Zn damıtma yoluyla tekrar arıtılırsa alaşım endüstrisinin gereksinimlerini karşılayabilir, fakat bu ilave yakıt maliyeti demektir.

Yukarıdaki iki seçenek üretim metalurjisinin başka bir özelliğini göstermektedir; birçok metal saf olmayan hammaddelerden üretilmektedir. Yaygın olarak bunlardan birçoğu, ham (crude) metal oluşturmak üzere indirgenir: pik demir, blister bakır, külçe kurşun (kurşun bulyonu) veya ham Zn v.b. saf olmayan metal bundan sonra empüriteleri uzaklaştırmak ve gereksinilen saflıkta ürünler elde etmek üzere daha fazla arıtılır. Bir başka seçenek olarak hammadde, gerekli saflıkta bir metal bileşiği verecek şekilde kimyasal işleme tabi tutulur ve bileşik doğrudan saf metal oluşturacak şekilde indirgenebilir. Bu süreç, hidrometalurjik yollarla Zn üretiminde gösterildiği gibi daha fazla reaktif metallerde (Ti, Nb ve hafif metaller) yaygın olarak kullanılır. Bu metaller empüritelerden daha reaktiftir. Bu demektir ki, birçok arıtma sürecinde metal empüritelerden önce etkileşecektir. Bu durumda saf metal elde etmenin tek yolu indirgemenin önce arıtma işleminin yapılmasıdır.

Çeşitli akım şemalarını incelediğimizde bazı yaygın ve ortak özellikler gözlenir. Bunlardan bir tanesi ara ürün, cüruf v.b.nin önceki aşamalara geri döndürülmesi ve tekrar devreye verilerek işleme sokulmasıdır. Bu işlem, değerli bileşenlerin mümkün olduğunca tamamen kazanılması için yapılmaktadır. Bu nedenle Cu akım şemasında (Şekil 1.1) Bessemer konverterinden ve ateşte arıtma fırından elde edilen cüruf mat ergitme aşamasına geri gönderilir. Böylece, burada cüruftaki Cu içeriği kazanılır ve yalnızca mat ergitme aşamasında elde edilen cüruf dışarı atılır. Dışarı atılan bu cüruf tüm empüriteleri ve olabildiğince az kıymetli Cu içermektedir.

Ancak geri besleme tüm durumlarda kullanılmaz. Demir ve çelik üretiminde (Şekil 1.2) Fe ve Mn içeriklerini kazanmak için cürufun yüksek fırına geri döndürülmesi olasılığı dikkate alınabilir. Bu, fosfor (P) içermeyen cevherler için doğru olabilir. Ancak cevherde P mevcut ise P yüksek fırında indirgenerek pik demire karışmaktadır. Çelik üretim süreçlerinde ise P oksitlenerek cürufa geçmektedir. Eğer cüruf yüksek fırına geri gönderilirse P kapalı devrede toplanacaktır. Oysa akım şemasında yer alan her element bir şekilde dışarı verilmelidir.

Arıtma cüruflarının önceki aşamalara geri gönderilmesi üretim metalurjisinde yaygın bir şekilde kullanılan “karşı akım” ilkesine bir örnektir. Böylece istenilen bir metal, seçimli olarak bir faz içinde ve empüriteler başka bir faz içinde çözülüyorsa; en iyi ayırım bu iki fazdan birinin diğerine karşı akımına olanak sağlamakla elde edilebilir. Bu, istenen ürünün olası en yüksek derişimle ve verimle ürün fazında ve olası en düşük derişimle ve kayıpla istenmeyen veya atılan

fazda toplanmasını sağlar. Bu nedenle hidrometalurjik süreçlerde, çözeltili alma aşamasında ham cevher ilk başta göreceli yüksek derişimde kıymetli element içeren, başka bir ifade ile çözücü derişimi düşük çözeltili ile temas etmektedir. Kısmen liç edilmiş cevher ise ileriki aşamalarda giderek azalan derişimlerde kıymetli element içeren, yani çözücü derişimi yüksek çözeltililerle işleme tabi tutulur. Bu yolla, cevher dışarı atılmadan önce kazanılmak istenen metalin neredeyse tamamı çözeltiliye alınmış olur.

Karşı akım ilkesinin uygulandığı başka bir örnek ısı değişimidir. Katı fazların sıcak yanma gazları yardımıyla ısıtılmasında olduğu gibi ısı bir fazdan diğerine geçtiğinde, katı ve gazların birbirine karşı akımı söz konusudur. Soğuk katı önce kısmen soğumuş gazlarla ve sonra giderek artan sıcaklıklardaki gaz ile temas etmektedir.

Birçok akım şemasında yan ürünlerin (by product) kazanıldığı görülür. Bakır üretiminde (Şekil 1.1) kavurma ve Bessemer aşamalarında S, anot çamurundan Au ve Ag ve elektrolitten Ni kazanılmaktadır. Diğer birçok cevher de, aynı zamanda, esas elementlere ek olarak az veya çok miktarda yan ürün elementleri de içermektedir. Bunlar işlem sırasında belli aşamalarda belli fazlarda toplanarak zenginleşir; örneğin uçucu metaller baca tozlarında, oksijene ilgisi (afinitesi) yüksek olan metaller cüruflarda, asil metaller anot çamurunda toplanır. Aynı zamanda, normal arıtma süreçleri sırasında ayrılmayan kıymetli yan ürünleri kazanmak için özel yöntemler de geliştirilebilir. Bu amaçla örneğin, Pb içinde genellikle zararlı olmayan az miktardaki Ag'ün kıymetli olması nedeniyle Pb içinden kazanılması için özel metotlar geliştirilmiştir.

Eğer fabrikada birden fazla ana ürün üretiliyorsa “tümleşik” “entegre” süreçler söz konusudur. Bir entegre tesiste bir bölümün yan ürünü bir diğer bölümün hammaddesi görevini görebilir. Böylece, Pb ve Zn konsantrelerini işleyen bir işletmede Zn fabrikasının külleri bir miktar Pb içerdiğinden Pb izabehanesine gönderilirken Pb izabehanesinin cürufu Zn fabrikasında kullanılacak ve değerlendirilecek kadar yeterli Zn içerebilir. Yan ürünlerin etkin olarak değerlendirilmesi, entegre tesislerin ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır.

Hem ana ürünün hem de yan ürünlerin hangi verim ile kazanılacağı daima ekonomik konulara dayanmaktadır. Teknik olarak %100 verim elde etmek olası olsa bile, birçok ekonomik analizde bu bir gereklilik değildir. Bazı durumlarda değerli elementlerin bir kısmının cürufa karışmasına izin vermek daha iyi olabilir. Üretim teknikleri geliştirildiğinde veya pazar koşulları değiştiğinde bu cüruf yığınları işlenerek bu elementler ekonomik bir şekilde kazanılabilir.

Süreçlerin Amaçları

[Kaynak: “introduction” P. C. HAYES]

Üretim metalurjisinde herhangi bir sürecin irdelenmesinin başlangıç noktası kullanılacak hammaddenin ve olası son ürünlerin her ikisinin de incelenmesi olmalıdır. Belli bir kaynak veya hammadde için çok farklı ticari ürünlerin bileşim aralığı veya ürün şekli söz konusudur ve bunların

arasından bir seçim yapmak gerekebilir. Ayrıca her bir ürün için çok çeşitli işleme seçenekleri söz konusudur. Bu bağlamda, üretim metalurjisi bakımından sorun;

- a) İşlem için uygun son ürünü ve
- b) Ürünlerin üretim yollarını

seçmek veya tanımlamaktır. Süreç seçiminde, bir takım temel bağımsız değişkenler kullanılarak akılcı bir iskelet oluşturulabilir. Akım şeması oluşturmak üzere, hammadde ile başlamak birçok üretim metalurjisi sürecinde nadiren doğru olabilir, zira hammadde ardışık işlem aşamalarında veya son üründe istenmeyen ve/veya gerekli olmayan diğer elementleri veya bileşikleri içerebilir. Bu aşamada, diğer malzemelerin işlem sürecinden niçin uzaklaştırılması gerektiğinin kesin ve doğru nedenleri önemsizdir; burada ana konu işlem sırasında bazı ayırma şekillerinin gerekli olduğudur. Bu ayırma fiziksel ve/veya kimyasal işlemleri kapsayabilir ve bir tek aşamada veya bir seri işlemlerle gerçekleştirilebilir. Bu süreçlerin ne kadar karmaşık olduğu sorun oluşturmaz, tüm işlemlerin tek amacı istenmeyen malzemelerin ayrılmasıdır.

“İşlemin amacı” kavramı önemlidir. İşlem amacının belirlenmesiyle işlemin konusu belirlenmiş olur, bu aşamada işlemin boyutu ve karmaşıklığı sorun oluşturmaz. İşlem amacı, bu amacı gerçekleştirmek için gereksinilen temel süreçlerin sayısından veya süreçlerin kombinasyonundan bağımsızdır.

Üretim metalurjisinde dört “işlem amacı” tanımlanabilir:

- Ayırma
- Bileşik oluşturma
- Metal üretimi
- Metal arıtma

Ayırma, hammadde kaynağından veya besleme malzemesinden istenmeyen elementlerin veya bileşiklerin uzaklaştırılmasıdır.

Bileşik oluşturma, kaynak malzemedan yapısal ve/veya kimyasal bakımdan farklı bir malzemenin üretimini ifade etmektedir.

Metal üretimi, (saf olmayan) ham metal ürünün elde edilmesini ifade etmektedir.

Metal arıtma, ham metalden istenmeyen elementlerin uzaklaştırılmasını kapsamaktadır.

İstenmeyen bileşikleri içeren malzemelerin işlenmesi örneğini tekrar dikkate alırsak; Empuritelere uzaklaştırmak için kullanılan bütün süreçlerin genel amacı bir ayırmadır. Bu ayırma süreçlerinin uygulanmasıyla malzeme bir konsantre halinde satışa sunulabilir.

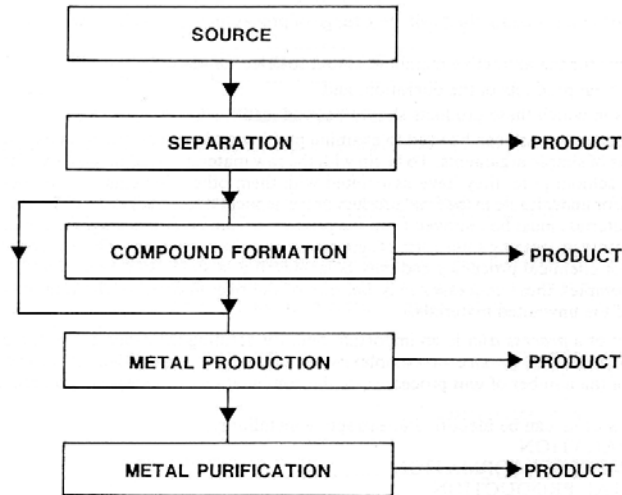
Benzer besleme malından başladığında, işlemin en büyük amacı belli bir metal bileşiği üretmek olabilir ve bu nedenle tüm sürecin amacı ayırma ve bileşik oluşturmaktır.

Eğer işlemenin en büyük amacı ham metal üretimi ise ayırma, bileşik oluşturma ve metal üretimi tüm sürecin amacıdır. Bir ara bileşik oluşturulması her zaman gerekli değildir, çünkü seçilen sürece bağlı olarak ham metal doğrudan üretilebilir.

Eğer işlemin tüm amacı yüksek saflıkta metal üretmek ise ayırma, bileşik oluşturma, metal üretimi ve metal arıtma gibi ara amaçlar sürecin tüm amacını oluşturur.

Bu örnekten anlaşılacağı üzere sürecin tüm amacının gerçekleşmesi için diğer ara amaçların da gerçekleşmesi gereklidir ve aslında akım şemalarında işlem amaçlarının sıralanması söz konusudur. Bu sıralama Şekil 1.4'de gösterilmiştir. Her bir sürecin amacının gerçekleşmesi sonucunda ürünler satışa sunulabilir veya daha yüksek amaçları gerçekleştirmek üzere işleme devam edilir.

Yukarıdaki incelemeden anlaşılacağı gibi herhangi bir işlemin amacını belirlemek için hammadde kaynağının ve olası ürünlerin hepsinin belirlenmesi ve tanımlanması gerekir.



Şekil 1.4. Üretim metalurjisinde süreçlerin amaçlarına göre sıralanması

Süreç veya işlem özellikleri

Akım şemaları (Şekil 1-3) ile işlem amaçlarının sıralanması (Şekil 1.4) karşılaştırıldığında üretim süreçlerinin her iki türlü sunumunun benzer olduğu görülmektedir. Gerçekte, her ikisi de belli bir işlemi tanımlamak için kullanıldığından birbirleri ile doğrudan ilişkili olmalıdır. İşlem amaçlarının sıralanmasını gösteren diyagramı (Şekil 1.4) süreç akım şemasına (Şekil 1-3) çevirmek için tüm işlemdeki ara aşamalar hakkında ayrıntılı bilgiye gereksinilir. Bu ayrıntılar, topluca “süreç özellikleri” (işlem karakteristikleri) olarak ifade edilir. Süreç özellikleri, malzeme özellikleri ve makina veya reaktör (donanım) özellikleri olmak üzere uygun bir şekilde iki gruba ayrılabilir. Süreç tanımlarında genellikle karşılaşılan süreç özelliklerinin örnekleri Tablo 1.1 de verilmiştir. Süreç özellikleri, gerçekleştirilen çeşitli işlemlerin türünü, kullanılan reaktör veya makinaları ve işlemin girdi ve çıktılarını tanımlamaktadır.

Herhangi bir işlemin ayrıntılı tariflenmesi, tüm işlemin amacının sıralanmasında yer alan ve birbirini izleyen işlem özelliklerinin yerleştirilmesiyle oluşturulabilir. Herhangi bir akım şeması kullanılan süreçlerin tüm işlem özelliklerini veremez veya bunun yapılmasına çalışılmamalıdır. Seçilen özellikler, örneğin işletmenin genel tanımı veya kütle ve enerji dengesi gibi akım şemasının amacını yansıtacaktır.

Üretim metalurjisi süreçlerinin seçimi, tasarımı veya başarılı bir şekilde geliştirilmesi için işlem özellikleri hakkında kapsamlı bir bilgi şarttır. Bu bilgilerin tam olması durumunda ardışık işlem aşamalarının uyumluluğu ve işletme kapasitesinin verimli kullanımı ancak sağlanabilir.

Tablo 1.1. Süreç özellikleri

Malzeme özellikleri	
Malzemenin fiziksel durumu	—Kıatı/Sıvı/Gaz
Kimyasal özellikleri	— mevcut fazlar — fazların kimyasal bileşimi — fazların derişimi
Fizikokimyasal özellikleri	—şekil, boyut, yoğunluk, gözeneklilik, mikroyapı, dayanım, vizkozite, yüzey enerjisi, ısıl iletkenlik —sıcaklık —basınç —kimyasal reaktivite, kütle taşınım özellikleri
Makine veya reaktör özellikleri	
	Reaktör türü
	İşlem parametreleri
	İşlem verimi
	İşlem hızı
	Reaktif gereksinimi
	Enerji gereksinimi