

Cevher Hazırlama ve Proses Metalürjisi ile ilgili Anılar

Memoirs of Milling and Process Metallurgy^(*)

4. BÖLÜM

Segregasyon Prosesleri

Segregation Processes

Maurice REY (*•)

Çeviren: Sabri KARAHAN (***)

ÖZET

Bu bölümde, 1923 yılında geliştirilen bakır segregasyon yöntemi ve bu yöntemin refrakter bakır cevherlerinin işlenmesinde kullanılması ile tesis dizaynında karşılaşılan problemler açıklanmıştır. Yöntemin geliştirilmesi ile tesisteki başarısızlıklar ve 1931 yılı ekonomik bunalımı nedeniyle yöntemden vazgeçilmesi detaylandırılmış, marjinal ekonomik olan Moritanya'daki Akjoujt madeninin tekrar canlandırılması konu edilmiştir. Anglo American Corporation, Ltd., U.S. Bureau of Mines ve Mitsui Mining Company Ltd. tarafından geliştirilen yöntemler konu edilmiştir.

Kurşun ve bakır-kurşun cevherlerinin segregasyonu ile ilgili denemeler ile nikel segregasyonunun kimyası tartışılmış, çeşitli endüstriyel tesislerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Sonuç olarak araştırma ve bunu yapanların rolü ile ilgili fikirler ileri sürülmüştür.

Refrakter bakır cevherlerinin değerlendirilmesi için geliştirilen "segregasyon prosesi", teorik ve kimyasal açıdan mükemmel ve son derece zekicedir. Ancak tesisin tasarım işletilmesi ilke olarak basit olmakla beraber, uygulamada zordur. Yöntem bir çok metalurjisti yanlış yöne sevk etmiş olup 50 yıl sonra şimdi bile başarıyla kullanılabilecekken endüstriyel bir işlem haline gelememiştir.

(*) *Institution of Mining and Metallurgy Transactions, Eylül 1980.*

(**) *Professor Honoraire at the École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, FRANSA*

(***) *Maden Yüksek Mühendisi, COMINCO Madencilik San. AŞ., ANKARA*

ABSTRACT

The development, in 1923, of the copper segregation process and its use in the treatment of refractory copper ores are discussed, with the associated problems of plant design. The development of the process and its abandonment because of plant failure and the recession of 1931 are detailed, as is the brief, but marginally economic, revival of the process at the Akjoujt mine in Mauritania. The methods evolved by Anglo American Corporation, Ltd., the U.S. Bureau of Mines and the Mitsui Mining Company, Ltd., are presented.

Attempts to segregate lead and copper - lead ores and the chemical theory of nickel segregation are discussed, and various industrial plants are compared.

In conclusion comments are offered on the role of research and of those who undertake research.

In this, the last paper of this series concerned with aspects of milling and metallurgical research, the evolution of a process for the beneficiation of refractory copper ores - the 'segregation process' - is discussed. From theoretical and chemical standpoints it is brilliant and efficient, but the design and operation of a plant, although simple in principle, are difficult in practice. The process has deceived many metallurgists, and even with 50 years of development it has not become an industrial success.

1. BAKIR SEGREGASYON PROSESİ

1.1. İlk Yıllar ve Teorisi

1923 yılında, flotasyonda öncü olan British Minerals Separation Company, Şili'deki Sagasca cevherinin değerlendirilmesi üzerine çalışmıştır (Rey, 1936). Perkins yöntemini kullanarak bakırı metalik değere indirgemek ve amonyakla liç fikrindeydiler. Gaz yerine katı karbon (kömür) kullanıldığında, 750°C'lik indergeme ortamında, beklenmeyen bir şey meydana geldi; daha önce görüldüğünün aksine cevherdeki bakır indergenmiyor, ancak, karbon taneleri üstünde kabuk ve çökelekler meydana getiriyordu. Bu davranışın cevherdeki az miktardaki sodyum klorürden kaynaklandığı saptanmıştır. Diğer cevherlere az miktarda tuz ilave edilerek yapılan deneylerden benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kristalin ve parlak olan bakırın kolaylıkla flotasyonu yapılabiliyordu. Yöntem refrakter cevherlerin iki önemli dezavantajını ortadan kaldırır görüldüğü için büyük önem kazanıyordu; silikatlı bakır (krizokola) ve gangdaki dissemine bakır kurtarılabiliniyordu. Yöntem, bakırın cevherden karbona transferi nedeniyle "segregasyon prosesi" diye adlandırılmıştır (Rey, 1968).

Gümüş, kurşun, bizmut, nikel ve arsenik-metalik faza indirgeme ve uçucu klorür haline

dönüştürme kolay olduğundan - bakır gibi davranırlar; daha da ileri gidilirse altın, klorürünün duraylı olmaması ve segregasyona uğramasına karşın, iyi yüzdüğünden kurtarılabilir. Kıymetli metaller liç ile kurtarılmadıklarından segregasyon yöntemi burada avantajlı olmaktadır. Yöntemin bir diğer önemli özelliği de gangın yapısı ile ilgilidir; az miktardaki kalker ya da dolomit sülfürik asit liginin yapılamamasına neden olmaktadır, amonyak liçi de zor ve pahalı bir yöntem niteliğindedir. Segregasyonda magnezyum karbonatın etkisi önemsiz kalmakta, kalsiyum karbonatın kirece dönüşmesi durumunda zararlı olmaktadır. Bununla beraber, sıcaklığın biraz düşürülmesi ve kireç üretiminin en aza indirilmesi halinde kalsiyum karbonat kabul sınırı yükseltilebilir. Daha sonra konu edilecek Japon yönteminde ısıtma çok hızlı olduğundan kalker bozunmaya fırsat bulamadığından kireç oluşmamakta ve bu nedenle, yöntemin kalkerli ganglara uygulanabileceği söylenmektedir. Bu nedenle, üçten normal olarak daha pahalı olmasına karşılık segregasyon yöntemi daha geniş uygulama potansiyeline sahiptir (Iwasaki ve ark., 1973).

Yöntemin bulucuları detay çalışmalar yaparak bir seri patent doldurdular. Segregasyon operasyonu farklı görünümde bir klorinasyon in-

dirgeme kavurması olup, bir seri ardışık tepkimeden oluşur. Okside bakır önce kavurma atmosferinde az miktarda bulunan hidrojen klorürün hücumuna uğrar (sodyum klorürden gelen), bakır (I) klorür olarak buharlaşır ve su ile gaz tepkimesi sonucu karbon üzerinde oluşan hidrojen tarafından indirgenir. Burada sodyum klorür bir katalizör rolü gördüğünden, tüketimi klorinasyon kavurmasından 10 ila 20 defa daha düşüktür. Belirsiz bir sürü detay, Johannesburg'da Anglo American Corporation Laboratuvarlarında ve Londra'da Prof. F.D. Richardson tarafından incelenerek çözülmüştür.

1.2. Segregasyon Tesis Dizaynı

ilk bakışta, patentlerde de belirtildiği gibi segregasyon tesisinde iki kademede işlem oldukça kolay gibi görülmektedir; öğütülmüş cevher uygun bir sıcaklığa ısıtılmakta, kontrollü miktarda reaktif eklenerek ikinci bir fırına aktarılmakta, sıcaklık yaklaşık yarım saat kadar muhafaza edilerek havasız ortamda sulama ya da soğutma uygulanıp ürün flotasyona tabi tutularak konsantre elde edilmektedir. Tepkime az da olsa egzotermik olduğundan, segregasyon fırınının iyi yalıtılması halinde ısıtmaya gerek duyulmamaktadır. Bununla beraber, ince ve sıcak cevherle uğraşmak incelik isteyen bir konudur. Gaz-katı teması, ısı yayılımı, iletimi ve verimi, fırınlar arasındaki sızdırmazlık, ince katı malzeme akışı, toz üretimi ve tutulması, katı reaktiflerin hasas kontrolü v.s. gibi problemlerin çözümlenmesi gerekir. Şurasını da unutmamak gerekir ki, fırınların sadece cevher akışı ile ısıtılması halinde meydana gelecek besleme dalgalanmaları segregasyon sıcaklığının değişmesine ve dolayısıyla son kurtarma veriminin düşmesine neden olur. Her duruştan sonra fırını normal durumuna getirmek için uzun bir süre gerekmektedir. Bu nedenle, mükemmel ve devamlı bir çalışma sistemi gerekmesi bu yöntemin en zor yanıdır. Bir diğer önemli nokta da, cevheri normal sıcaklıkta ısıtmanın zorluğudur. Ayrıca, yöntemin ekonomik oluşu ısı veriminin mükemmelliğine bağlıdır.

Şimdiye kadar en az dört tip fırın iki kademeli işlem için önerilmiş ve pilot çapta denenmiştir. Yukarıda sıralanan zorlukları yenmek için hem ısıtmanın ve hem de tepkimenin olduğu bir tek fırının iki ayrı tipi denenmiştir (Rey, 1968). 50 yıl boyunca yöntem bazen tasarım hatasından bazende coğrafik ya da mali nedenlerle çeşitli şanssızlıklara uğradı. Bu sahada yıllarını har-

camış biri olarak, konu ile ilgili yargılarda bulunup gelecekteki metalurjistlere yardımda bulunmaya çalışacağım.

1.3. Katanga'da Segregasyon Prosesi (Laboratuvar ve Pilot Tesis)

Katanga'da çok büyük rezervli refrakter tip cevherleri olan Union Miniere du Haut-Katanga, segregasyon yöntemiyle ilgilenmiştir. Örneğin Fungurume bölgesindeki okside cevher krizokola (yüzdürülemeyen bakır silikat) yönünden zengin ve bazik ganglıydı. Cevher, sülfürik asit içi olmayacak kadar fazla miktarda dolomit içermekteydi. Diğer yandan krizokolayı çok yavaş çözdüğünden amonyak prosesi kullanılamıyordu. Bu nedenle segregasyon prosesi en uygun yöntem olarak görünmüştür. 1927'de Panda'da cevher üzerinde laboratuvar çapta ilgilenmeye başladım. Muhtelif yataklardan alınan 5 kg'lık numuneleri, bir kömür yatağı üzerine oturtulmuş ve elle çevrilen küçük bir çelik fırında denedim. Aynı zamanda bir krozede ve saf mineraller kullanılarak yöntemi etkileyen kimyasal ve teorik faktörleri de inceledim. Bakır kaynağı olarak krizokola ve indirgeyici olarak da ince kömür kullanarak, gaz taşıyla transfer olan ve yerinde indirgenen metalik ürünlerin arasında farklılık olduğunu gözledim. Tepkimedden sonra yapılan elemelerde segregasyon olan bakır elek altına, yerinde indirgenen bakır ise elek üstü iri fraksiyonda kalmaktaydı (Rey, 1936).

Laboratuvar çalışmalarının sonuçlanmasına yakın, 10 ft'lik bir döner ısıtıcı fırın ile benzer tip reaktörü olan 1 t/24 saat kapasiteli bir pilot tesis yapılmıştır (reaktifler; ince kömür ve tuz). Fırını ısıtmakta çeşitli güçlüklerle karşılaştık; 10 mesh'lik malzeme bazen kalsinasyondan çıkan gazlar nedeniyle akışkan oluyor, bu şartlar altında cevher sabit yüzeyli bir sıvı havuzu gibi davranıyor ve karışmadığından ısı transferi yönünden önemli problemler doğuyordu. Bir diğer problem kaynağı da, bir miktar cevherin brülörle fazla miktarda ısıtılması sonucu fırın cidarına yapışarak topak meydana getirmesiydi. Bu topaklar iki fırın arasındaki bağlantı deliğini tıkıyordu. Sadece giren cevherle ısıtılan segregasyon fırınında ısı iyi izolasyona rağmen 600-650°C'de tutulabiliyor ve bu ısı da tepkimenin tam olmasına yetmiyordu. Bu kadar az girdi için fırının elektrik enerjisi ile ısıtılması gerekirdi. Direktörümüz mükemmel bir cevher hazırlamacı olmasına karşılık, pirometallurjinin gereklerinden yeterince haberdar değildi.

1.4. Katanga'da 350 Tonluk Tesis

1928 ya da 1929'un başında Katanga'daki yeraltı sülfürlü cevherler bilinmiyordu. Firmanın üretimini 150.000 ton/yıldan 300.000 ton/yıla çıkarabilmek için yüzeydeki büyük tonajdaki refrakter malzemenin işlenmesine karar verildi. 1930-1931 ekonomik krizi yakındı. Ancak kimse bunu göremedi. Pilot tesisten ve küçük çok kademeli fırından elde edilen ve iyi olmayan sonuçlara rağmen 350 t/gün kapasiteli bir ünite kurulmasına karar verildi (Rey, 1968). Pilot tesisten ana tesise ekstrapolasyon oranının çok büyük olması ile kalmayıp, tesisin kurulacak diğer 4 ya da 6 üniteden biri olmasının düşünülmeye tasarımı zorlaştırılıyordu. Bu arada bir hata yaptım ve müdürümüzü onaylaması için ikna ettim; laboratuarda görüldüğü gibi, aşırı ısıtmadan dolayı verimin düşeceğine takılmıştım. Bunu önlemek için cevher ve gazın fırına beraber beslenmesine karar verildi. Kömür bir yakma hücresinde yakılıyor, sıcak gazlar soğuk cevherle teması geçiyor ve fırının çıkışında gaz ve cevherin sıcaklığı hemen hemen eşit oluyordu. Oldukça düşük olan ısı verimi, yakın çevreden elde edilen kömürün ucuzluğu nedeniyle yeterli kabul ediliyordu.

1931'in başında tesis hazır, fakat ekonomik kriz de en üst noktadaydı. Tüm üretim programlarının yeniden gözden geçirilmesi ve önemli indirimlere gidilmesine karşın tesisin çalıştırılmasına karar verildi. Laboratuardan gelen diğer meslekdaşlarla vardiya tutmaya başladık. 3 ay boyunca cehennem hayatı yaşadık. Herşey, genellikle mekanik nedenlerle, kötü gidiyordu. 2 ya da 3 günden daha uzun süre işlemi sabit tutmak mümkün olmuyordu ve reaktöre dengeli miktarda sıcak cevher gitmesi gerektiğinden yöntem hemen her zaman olumsuz olarak etkileniyordu. Kömür % 30 kül içerdiğinden eriyen küller yanma hücresinin ağızını tıkamaktaydı. Her vardiyada iki defa fırının ağızını temizlemek gerekiyordu. Bir çok mekanik detay yeniden gözden geçirildi. Raporumuza yazıp, tesisin düzenli çalışması için gerekli değişiklikleri önerdiğimiz sırada tesis durduruldu; firmanın tam kapasite ile pahalı deneyler yapabilecek parası kalmamıştı. Daha sonra da tesisin sökülmesi başladı; kendisine motor, kayış, dişli v.s. lazım olan gelip aldı ve bir süre sonra tesis bir iskelet haline geldi. Daha kötüsü, yöntem geride kötü bir ün bıraktı, firma için kolay başarılar elde etme arzumuz her şeyi berbat etti.

Firmayı terkettikten üç yıl sonra 1935 yılında, Paris'te düzenlenen Maden ve Metallurji kong-

resine konu düşünürken Afrika'daki segregasyon yönteminin teorisi ile ilgili yaptığım işi hatırladım ve yayınlanması için firmadan izin istedim ve izini aldım. Yayınım (Rey, 1936), hiç ilgi görmedi. Yöntemin yeniliği ve ilginçliğine rağmen hiç bir soru sorulmadı, dolayısıyla hayal kırıklığına uğradım. Halbuki sonuçlar tamamıyla olumsuz değildi; 20 yıl sonra, metallurjistler tekrar refrakter cevherlerin değerlendirilmesi ile uğraşmaya başladıklarında, bir çok ülkede segregasyon ile ilgili bir şeyler bilen adam olarak isimimin dolaştığını farkettim. Yayınım Gemelin'in Almanca büyük kimya el kitabında yayınlandı ve patentlerin yanında yöntemle ilgili yayınlanmış tek yayın olarak kaldı.

1.5. Moritanya Fransız Macerası (1956-1959)

Daha önceki bölümlerde Akjoujt madeni ve sülfürlü cevherinden bahsetmiştim (Rey, 1980). Burada okside cevherden bahsedeceğim. Üstte 7 milyon tonluk % 3 Cu tenörde ve altın içeren, sülfürlü cevherlerin alterasyonu ve sekonder zenginleşmesi sonucu oluşan bir cevher bulunmaktaydı. Moritanya, Fransız kontrolündeydi ve yatakla BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ilgileniyordu. Cevher, büyük kısmı limonit ve jeotit, az bir kısmı da manyetit olan % 50 oranında demir içermekteydi. Bakır flotasyonla konsantre edilemiyordu, sülfürik asit liçine de uygun değildi. Bakırın bir kısmı kuvvetle demir oksitler tarafından tutuluyor ve asit sarfiyatı ortamdaki magnezyum nedeniyle kabul edilebilir değerlerin çok üstüne çıkıyordu. 1956'da bu problemle karşı karşıya gelince, doğal olarak eski segregasyon yöntemini ve Afrika'daki araştırmalarımı hatırladım. Aynı fikir üzerinde çalışmaya hevesliydim ve geçmişdeki hataları yapmamakta kararlıydim.

Yöntem cevhere iyi uyum sağlayacak bir uygulama görünümündeydi. Yüksek bir verimle % 60 bakır ve 60 gr/ton altın içeren kıymetli bir ürün elde ediliyordu. Bu ürünün kamyonlarla 200 mil uzaklıkta limana indirilmesi mümkün olacaktı. Bir pilot tesise ihtiyaç vardı, bu sefer pilot tesisin çok da küçük olmamasına karar verildi, ilk başta 25 ton/günlük bir kapasite öngörüldü. Daha sonra daha çok müteahhitin baskısıyla kapasite 3 katına çıkarıldı. Bu da hata oldu. Montaj için gereğinden fazla para harcandığından gerekli değişiklikleri yapabilmek için para bulmak güçleşti.

Pilot tesis prensipte Afrika'dakinin aynısıydı (Rey, 1968). Isıtma fırını 3 ft çapında 80 ft boyunda olup fuel-oil ile ısıtılıyordu. Reaktör kom-

pakt ve iyi izole edilmiş bir fırındı. Segrege olan cevhere su veriliyor ve pompa ile eski bir f lotasyon pilot tesisine basılıyordu. Bu tesiste 1958 ve 1959'da bir seri denemede ve 10 ayda 2500 ton cevher işlendi. Beklenenin aksine, konvansiyonel bir tasarım olan ısıtma fırını bir çok güçlükler doğurdu. Ancak reaktör mükemmel çalıştı. Bu kapasitede, ısı kayıpları oransal olarak düşüktü ve istenen sıcaklığı tutturmak mümkün oluyordu. Gözenekli bir yapısı olan cevheri 8 mm'de ısıtıp Katanga'da ince cevherden dolayı oluşan güçlükleri önleyeceğimizi umuyorduk. Ancak iri ve ince cevher ayrılıyor ve bantlar oluşturuyor dolayısıyla düzgün bir ısıtma mümkün oluyordu. Paris'teki laboratuvarımızda bir model yaptık. Bu ve benzeri problemleri incelemeye başladık. Öğütülmüş cevherin döner fırındaki davranışlarının çok az oranda bilindiğini ve küçük boyuttan endüstriyel boyuta geçişin fırınlarda önceden tahmin edilemeyen önemli problemler doğurduğunu gördük. Cevher kademeli olarak öğütüldü ve 3 mm'de bantların ortadan kalktığı görüldü.

Radyasyonla cevherin gereğinden fazla ısıtılmasını önlemek için büyükçe bir yanma hücresi yapıldı, sıcak gazlar, 1100-1200°C de fırına giriyor ve ısıtma daha çok radyasyondan daha yavaş olan konveksiyonla oluyordu, sonuç olarak ve fırının boyunun uzunluğuna rağmen dışarıya giden gaz sıcaklığı 400°C olmaktaydı. Daha iyi sonuçlar beklemiştik; yanma hücreesindeki kayıplardan dolayı ısı verimi pek iyi değildi.

Bir fırından diğerine cevherin aktarılması, bir diğer olaydı. Tepkime gazının ısıtıcı fırına emilmesini önlemek için sızdırmazlık gerekmekteydi ve tepkime fırınının da çok az basınç altında çalışması lazımdı; bu da kolay değildi. Ek olarak, Akjoujt cevheri farklı bir özelliğe sahipti. Oldukça altere ve gözenekli olup koşullara bağlı olarak yapışma ya da akma eğilimi gösteriyor; sıcaklık arttıkça yapışma da artıyordu. Bir diğer farklı özellik de ince manyetit çeşitli tip elektrikli aletlerde, özellikle manyetik besleyicilerde birikmesi ve bu aletleri devre dışı bırakmasıydı. Ampermetrelerin bile camları siyah manyetit tozu ile kaplanıyordu.

Maden müdürü problemleri çözmek için yorulmaksızın çalıştı. Bütün hafta çalışır, tesisin kapalı olduğu pazar günü de arkeolojik araştırmalara çıkardık. Bir çok probleme rağmen, o kuru ve sıcak ülkeye ait anılarım çok güzeldir.

Metalurjik sonuçlar her ay daha iyiye gidiyor-

du. Eminimki daha iyi şartlarda, yeterli para ve zaman olması halinde kabul edilir sonuçlar elde edebilirdik. Her zaman para bulma zorlukları içindeydik. Pilot tesis çok büyük ve çalıştırılması pahalıydı; idareciler pilot tesisin devreye alınır alınmaz beklenen sonuçları vereceği beklentisinde idiler ve uzun süreli denemelerin gerekliliğini kabul edemiyorlardı. Bir süre sonra gerekli değişiklikleri yapmak için para kalmadı. 1959 yılında pilot tesis durduruldu ve büyük tesis hiç bir zaman yapılmadı. O zamanlar bakırın fiyatı 0,30 \$/lb idi, ekonomik hesaplarda 0,28 \$ değeri alınmıştı, ve bu şartlarda Fransız finans grubu tarafından proje marjinal kabul ediliyordu. Talihe bakınız ki, bakır fiyatı bir kaç sene sonra arttı ve 1965-75 yılları arasında ortalama 0,50 \$/lb seviyesinde kaldı. Eğer segregasyon yöntemi ile ilgili büyük tesis kurulup başarıyla çalıştırılabilseydi, firma çok kâr edecekti.

1.6. Moritanya-İngiliz Macerası (1971 -1975)

1959 yılında Fransızların pilot tesislerini kapatmalarından sonra maden uzun süre çalıştırılmadı; sonunda Moritanya hükümeti başka bir ortak aramaya koyuldu. En iyi aday, o zamanlar orta Afrika'da büyük çapta işletmecilik yapan, Anglo American Corporation of South Africa ve Londra'daki yan kuruluşu Charter Consolidated Ltd. idi. 1957 yılında Kuzey Rodezya'yı Penarroja laboratuvarından iki meslekdaşla ziyaret etmiştim. O zamanlar Akjoujt cevheri ile ilgili segregasyon yöntemi çalışmalarının ortalarında bulunuyorduk, Rodezya'daki okside ve refrakter cevher yatağını öğrendiğimizde Minemet laboratuvarlarında bazı testler yapmayı önerdim. Nchanga ve Kansanhi cevherleri mükemmel segregasyon sonuçları verdiler, bunun üzerinde Anglo Amerika'lılar 1960'tan itibaren probleme ilgi duymaya başladılar, daha önce kullanılıp da problem doğuran döner fırınlar yerine değişik türde fırınlar kullanmayı umuyorlardı. Gereki değişiklikler yapıldı ve işleme TORCO denildi (Treatment of Refractory Copper Ores = Refrakter bakır cevherlerinin işlenmesi), (Pinkney, 1967).

Uzun süreli laboratuvar ve küçük çaptaki (10 ton/gün kapasiteli) pilot denemeden sonra Zambliya'da 500 ton/gün kapasiteli bir pilot endüstriyel karışımı tesis kuruldu ve bölgedeki cevherleri işlemeye başladı. Tesis 1965 kasım'da yarım kapasitede ve 1967 mayıs'ta tam kapasitede çalışmaya başladı (Mackay, 1968). Elde edilen metalurjik sonuçlar iyiydi.

ingilizler'in, Fransız'ların yerini almalarına karşılık Fransızlar işe ortak oldular ve Penarroya, Charter Consolidated Ltd'ye Moritanya'dayken ödünç personel verdi.

TORCO işlemi, kimyasal tepkimeler yönünden klasik segregasyon yönteminin aynısıydı, ancak ısıtma bir akışkan yatakta yapılmaktaydı. Sıcak cevher, siklonlardan gelen tozla birleşerek bir dikey kolon ya da reaktöre akıyor, burada gerekli reaktifler ekleniyor ve cevher bir kaç dakika için yarı akışkan halde tutulduktan sonra dışarı atılıp su veriliyordu. Tabii olarak, gazlar yatağı yatak sıcaklığında tertekliklerinden yöntemin ısı verimi iyi değildi. Bir miktar ısıyı yakalayıp yanma havasını ön ısıtma için siklonlardan sonra ısı eşanjörü koymak gerekliyordu. Bu Akjoujt'da yapıldı, ancak Zambiya'da yapılmadı.

Bu aşamada, herkesde yeni yöntemle ilgili olarak ümit vardı. Yöntem yüksek sıcaklık metalürjisinde oldukça tecrübeli bir büyük tirma tarafından güvenle ileri sürülüyordu. Akışkan yatak tekniği moderndi, halbuki bizim daha önce kullandığımız döner fırın eskimeye başlamıştı, segregasyon tepkimesi yarı akışkan iken meydana geliyordu ve son derece hızlıydı, ayrıca sodyum klorür tüketimi de çok düşüktü. Akjoujt cevherinin M Han'daki küçük bir pilot tesisteki ön denemelerinden iyi sonuçlar elde edildi (% 87,5 verim). Sonuç olarak dört kısımdan oluşan 4000 ton/gün kapasiteli bir tesis 1971-72'de Akjoujt'de devreye kondu. Bundan sonra zorluklar başladı. Tesis büyük bir Amerikan mühendislik firmasınınca tasarlanmıştı, cevher hakkında yeterli bilgileri olmadığından ve daha önceki deneyimimizden de yararlanmayı düşünmediklerinden bir çok hatalar yapmışlardı. Cevherin kırılmalı ve tozlanmaya uygun özelliğini ciddiye almamışlar ve bantlar, silolar ve besleyicilerde beklediklerinden çok daha fazla problemle karşılaşmışlardı. Silolardan akışın düzenli olmadığını ve cevherin sık sık akışkan hale gelip su gibi dışarı aktığını söylemek yeterlidir. Disk besleyiciler bir başka tipte değiştirildiler. Siklon altları sık sık tıkanıyordu büyük toz kaçakları olmaktaydı. Çok modern dikey segregasyon hücresi, kısa devrelerden dolayı, tam tepkime oluşmasını sağlayamıyor ve sık sık problem kaynağı oluyordu. Çıkış, bazen kiralanan tuğlalar ya da diğer yabancı maddelerden dolayı tıkanıyordu. Reaktiflerin kontrollü beslenmesi zor ve bu tür yeni, modern bir tesisi tamir etmek için bölgesel olanaklar yetersizdi.

Flotasyonda da problemler meydana geldiğinden toplam bakır kurtarma verimi nadiren

% 70'i aşabiliyordu. Altın verimi, büyük çoğunluğu flotasyon için kaba olduğundan, oldukça düşüktü. Uyarılarımıza rağmen gravite zenginleştirilmesi için hiç bir şey yapılmadı. Birbirini anlamayan İngiliz, Fransız ve Arap personel arasında geçimsizlik de en son faktördü.

1972-1975 yılları arasında, cevherin % 40'ı işlendi ve kötü uygulama yüzünden heba oldu. Karmaşık TORCO prosesi, büyük bir endüstriyel bölge olan Zambiya'da iyi sonuç vermesine rağmen Moritanya'da işlemedi. Anglo Amerikan Şef Müşavir Mühendisi Pinkley'in 1970'te dediği gibi başarısızlık "sahradaki son derece zor çalışma şartlarını dikkate almamak ve hiç bir endüstriyel geçmişi olmayan bir bölgede çalışmaktan" doğmuştur. Tesis, 1975 yılında Moritanya hükümeti tarafından devletleştirildi. Şimdi, düşük kapasiteyle çalıştırılıyor ve sülfürlü cevherlerin madenciliği başlangıca kadar devam edecek. Önceleri üst okside cevherin temizlenerek bir yere yığılması ve alttaki sülfürlü cevherin işletilmesi önerildi. Bu bir klasik işlem olacaktı ve oksit cevherin işlenebilmesi için yeterli para ve zaman bulma olanağı doğacaktı. Bu çok akıllıca tavsiyenin tutulmamış olmasına derinden hayıflanmışımdır.

1.7. Diğer Segregasyon Tesisleri ve Fırınları

Segregasyon yöntemi ile ilgili diğer denemelere değinmeden konuyu kapatmayacağım. 1931 yılında kuzey Rodezya'nın Alaska madeninde çok bölmeli bir fırın çalıştırıldı. Isıtma üst segregasyon da alt bölmelerde yapılmaktaydı. 3500 ton cevherin işlenmesi başarıyla yapıldı. Ancak Katanga'da olduğu gibi bu tesis de ekonomik krizden dolayı durduruldu. Bu fırının kapasitesi düşük olup, metalik bakır kabuklaşması segregasyon hücresindeki karıştırıcı mekanizması üstünde oluşturmaktaydı.

Baş metalurjist Oliver C. Ralston'un teşvikiyle U.S. Bureau of Mines 1959 yılında yöntemle ilgilenmeye başladı. O sıralar Moritanya'daki çalışmalarımızın ortalarındaydık. Büronun geniş olanakları ile yöntemi sağlam temellere oturtabileceğim düşünerek elimdeki bütün birikmiş bilgileri Ralston'a gönderdim. Büro, diğer araştırmacıların hatalarına düşmemek için dolaylı olarak ısıtılan bir döner fırınla tek kademeli bir işlem geliştirdi. Paslanmaz çelikten yapılan fırın ısıtma hücresine yerleştirilmiş ve her iki ucundan desteklenmişti. Bu tür düzenleme laboratuvarında yapılanla aynıydı. Doğal gazla ısıtılan küçük bir tesis, 1960 yılında 6 ay süreyle Arizona'daki Lakeshore madeninde başarı ile

uygulanmıştır. Bu yöntemin zorluklarından biri de, kapasitenin sınırlı olmasıdır (7-8 t / s). Ayrıca, özellikle temiz doğal gaz yerine fuel-oilin yakılması halinde fırın ömrü sınırlı olmaktadır.

Tek kademeli yöntemin basitliğinden dolayı, Büro, 1963'te doğrudan ateşlenen derin cevher yataklı bir fırını devreye koydu. Yöntem Homestake Mining Co. tarafından denendi, daha sonra da Lakeshore Madeninde 200 ft'lik bir döner fırının çalışmasına geçildi. Cevherdeki toz problem oldu, gazla giden klorür ve hidroklorik asidi karşılamak için tuz miktarını yüksek tutmak gerekiyordu. Yeterli sülfürlü cevher bulunduktan sonra tesis kapatıldı. Bu tesis, şarj edilen cevherin peletlenmesi halinde en gelişmiş ve en basit segregasyon yöntemine sahip olabilirdi.

Akjujıt madeni ile uğraşırken ABD'ye Tucson'daki Bureau of Mines'in direkt ve indirekt tip fırınlarında denenmek üzere numune gönderdik. Elde edilen sonuçlar iyi olmakla beraber idarecileri ikna etmekte gecikmiştik.

Mitsui Mining Company Ltd.'de prosesle yıllarca ilgilendi ve bir diğer değişik yöntem geliştirdi (Kaneko, 1974). Cevher çimento sanayiinden kopya edilen bir teknikle yaş olarak 65 mesh'e öğütülüyor, filtre edilip baca tipi bir kurutucuda kurutulduktan sonra ard arda konan 3 siklonda süspansiyon haldeyken ısıtılıyordu. Cevher 800°C'de döner reaktöre uygundu. Tuz ve kömürle 20 dakika muamele edilip, daha sonra sulandırılarak flotasyona gönderilmekteydi. 1973 yılında Güney Peru'daki Katanga madeninde 150 t/gün kapasiteli bir pilot tesis devreye kondu. % 5-5,5 bakır içeren cevher tümü ile oksit, gang ise silikat ve karbonat haldeydi. 1974'te çok daha büyük bir tesisin montajı bitirildi. Bu tesisin iki önemli özelliği bulunmaktaydı; Moritanya'da da mükemmel sonuçlar veren döner tepkime fırını ve kalker bozunumunun meydana gelmesine izin vermeyen kısa ön ısıtma süresi (20-30 saniye). Cevherin yaş olarak öğütülmesi ile daha sonra kurutulması pahalı olmuş olabilir.

1974'ten beri meydana gelen fuel-oil fiyat artışlarına rağmen, % 5 ve bu değere konsantre edilmiş cevherler için segregasyon prosesi hala bir geleceğe sahiptir. Isı ekonomisinin en önemli faktör olacağı kesindir, kanaatimce doğrudan yakılan döner fırınların kademeli TORCO yöntemine üstünlüğü buradadır. Kaba cevherle sıcak segregasyona uğramış cevher arasına bir ısı eşanjörü konması önerilmişse de, böyle bir tesisi yapmak oldukça güç olacaktır.

2. NİKEL ve KURŞUN CEVHERLERİNİN SEGREGASYONU

2.1. Nikel Cevherlerinin Segregasyonu

Yeni Kaledonya cevherleri daha önce anlatıldı. Bu tipe benzer cevherler, genellikle daha düşük tenörde olmak üzere Filipinler, Endonezya ve Avustralya'da bulunmaktadır ve bu cevherlerin doğrudan ergitilmesi mümkün değildir. Amonyak yöntemi hem zor ve hem de pahalı olduğundan, bakır için segregasyon yönteminin geliştirildiği dönemlerde aynı yöntemin nikelde de uygulanabileceği düşünüldü. Nikel cevherlerinin segregasyonunun mümkün olduğu 1958 yılında New-York Columbia Üniversitesi'nden bir öğrenci tarafından ispat edilmişti ve yöntem 1966 ile 1972 yılları arasında Japonya, Yugoslavya, ABD, Güney Afrika ve Fransa tarafından geliştirilmeye çalışılıyordu. Konuyla çok geniş şekilde ilgilenilmesi, verilen önemi göstermesi bakımından ilginçtir.

1933-34 yılında Yeni Kaledonya cevheri ile çalışırken tepkimeyi keşfedemedim. Katanga'dan bildiğim segregasyon tekniğini denedim ancak çeşitli nedenlerden hatalar yaptım. Sıcaklığı yeterli olmayan 100°C'ye çıkardım ve sodyum klorür miktarını da gerekli seviyenin çok altında olan % 0,5 değerinde tuttum. Herhangi önemli bir sonuç elde edemedim. Aslında nikel için yerine getirilmesi gerekli koşullar bakırdan çok daha katı ve sınırlıydılar. 1000°C gibi yüksek bir sıcaklık ve % 0,5 sodyum klorür yerine cevherin % 3-6'sı kadar miktar gerekiyordu, gaz halindeki nikel klorürün hidrolizini önlemek için segregasyon hücresinde HCl: H₂O oranını yüksek tutmak gerekir.

Bakır gaz halindeki bakır (I) klorür hidrolize karşı fazla hassas olmadığından gazda iz değerinde hidrojen klorürün olması yeterlidir. Cevherin silisli olması halinde segregasyon olmuş nikel manyetik ayırıcı ile kolayca alınabilmektedir, ancak cevherin limonitik olması halinde flotasyon gerekmektedir, çünkü segregasyondan sonra cevheri önemli miktarda silisli cevherle karıştırmadıkça ortamda yüksek miktarda manyetik kalır.

kobalt nikel ile beraber oldukça iyi bir şekilde segregasyon olur ve özellikle tepkime periyodunun sonuna doğru bir miktar da demir beraberinde gelir. Tepkime endotermiktir ve bakır için yeterli olan normal bir izolasyon muhtemelen nikel için yeterli olmaz; her durumda ısı gerekir. Problemler ciddi olup, çözülüp çözülmeyecekleri kesin değildir.

Société le Nickel ve AMAX için Minerais et Métaux laboratuvarının sürdürdüğü detay araştırmalarda tepkimenin başından sonuna kadar çıkan gazların analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar çok ilginçti. Ek olarak, 4 kg. cevher/saat kapasiteli laboratuvar dikey reaktörünü bir sene boyunca çalıştırdık. Karşılaşılan en önemli güçlük, tepkimeden çıkan gazın tersi yönde düzenli bir malzeme akışı sağlamaktı.

Önemli bir araştırma programı da Oregon'daki Hanna Mining Co. tarafından yürütüldü. Karbon ve kalsiyum klorür yerine reaktif olarak metalik demir ve ferro klorür kullanıldı. Nihayet, Mitsui Mining Co. Ltd., biri 1 ton ve diğeri de 10 ton/gün kapasiteli, döner fırınlı iki pilot tesis denedi. 1972 yılı Şubatında nikel segregasyonu ile ilgili olarak Sanfransisko'da bir genel toplantı organize edildi. Bütün katılanların serbestçe elde ettikleri sonuçları ve karşılaşılan zorlukları tartışmaları çok ilginçti. Konu ile ilgili olarak detay bir bibliyografya Dor (1972) ve Kondo (1975) tarafından yayınlanmıştır.

Bir kaç yıl içinde, nikelin bugünkü düşük pazarının canlanması halinde segregasyon yöntemin gündeme gelmesi olasıdır. Nikelle ilgili araştırmaların bakırda olduğu gibi şanssızlıklara uğramamasını ve geçmiş deneyimlerden tam bir şekilde yararlanılmasını dilerim.

3. KURŞUN VE BAKIR-KURŞUN CEVHERLERİNİN SEGREGASYONU

Kongo Halk Cumhuriyeti'nin güneyinde, Brazzaville yakınlarında, yüksek tenörlü refrakter bakır ve bakır-kurşun cevheri içeren Minduli madeni bulunur. 1930 yılında bu cevherleri Katanga'dayken inceledim ve gravite, flotasyon ile segregasyon metodlarının kıyaslamasını yaptım. Beklendiği gibi, en iyi sonuçlar segregasyondan elde edildi. 1956-57'de madenin çalıştırılmasına henüz başlanmadığı dönemlerde, Paris'teki Minimet laboratuvarlarına numune getirttik. Metaller kolaylıkla segrege edildi, fakat tepkime sıcaklığında eriyip topaklar oluşturan kurşunu yüzdürmek mümkün olmadı. Bu nedenle, kurşunu bakır flotasyonundan sonra sallantılı masa ile elde ettik. Bununla beraber bir miktar kurşun bakır konsantresi ile gittiğinden konsantre normal bakır izabesi yerine bakır kurşun izabesine beslendi. Aynı türden bir çalışma da Akjoujt'taki pilot tesisle yapıldı ve benzer sonuçlar elde edildi. Öyle sanıyorum ki Minduli cevherleri hala işlenmeden beklenmektedirler. Problem, eldeki küçük rezerv için, ne tür bir segregasyon prosesinin en iyi olacağının se-

çimi noktasına gelmiş bulunmaktadır.

Burada, metal kurşun yerine bir Amerikan Patenti (Bechaud ve Hartjens, 1961) ile kurşun sülfürün (suni galen) üretilebildiğini de belirtmeliyim. İndirgeme için kullanılan karbonun yerini, demir sülfür, pirotin veya pirit almaktadır. Bildiğim kadarı ile sıcaklığın ferro klorürü gazlaştırarak kadar yüksek olması gerekir. 1935'te Yeni Kaledonya bakır cevheri üzerinde çalıştığımda benzer tepkimeleri tesbit etmiştim. Saf demir sülfür ve sodyum klorür kullanmak suretiyle bakır sülfürleri demir sülfür parçacıkları üzerinde tesbit ettim ve parçacıkların dış yüzeyinin kalkozin, içe doğru gittikçe de bornit ve kalkopirit renginde olduğunu gördüm. Bu sonuç belki sadece kimyasal bir meraktan öteye geçmez, fakat bu gazlı tepkimelerle bakır yataklarındaki sulu değişimin (transformasyon) benzerliğini belirtmek yararlı olur.

4. YENİ METALLURJİK PROSESLER GELİŞTİRMEK - PİLOT TESİSLER

4.1. Segregasyon Prosesi

Önceki bölümlerde bakır segregasyon yöntemi ile ilgili güçlük ve başarısızlıklar üzerinde durdum. Bir çok ülkenin madenleri arasında bölünmüş, göreceli olarak küçük sayılabilecek bu maden cevherlerini işlemek gerekiyordu. Yöntemi geliştirmek isteyen bir çok firmanın elinde küçük rezervler bulunmaktaydı ve çabucak sonuca gitmek istiyorlardı. Hepsini karşılaşılabilecek güçlükleri ve harcanacak parayı küçümsediler. Ayrıca diğer nedenler de vardı. Yöntemde, cevher hazırlama proseslerinde olduğu gibi madenden gelen cevher doğrudan kullanılır. Eğer maden, Akjoujt'de olduğu gibi izole edilmiş bir bölgede ise tesisi madenin yakınına kurmak çok büyük zorlukları yenmeyi gerektirir. Yerli iş gücü deneyimden yoksundur, dışardan gelecek teknisyenler yüksek ücret isterler ve ihtiyaç duyulduğunda işin uzmanları çok uzak yerlerden getirilirler.

Yöntem, cevher hazırlama ve pirometalurjinin bir karışımıdır. Bazen ısı tekniği konusunda yeterli bilgileri olmayan teknisyenler işleri yürütmüşlerdir. Şurası da unutulmamalıdır ki 1931-32 krizi ilk denemelere darbe indirmiş ve 20 yıl geriye götürmüştür.

Segregasyon prosesi ile ilgili bu olaylar, bundan sonra nelerin yapılmamasını göstermeleri nedeniyle ilginçtirler. Metallurji ile ilgili yayınları daima başarılarından bahsettiği için, burada eleştirmek gerekir. Başarısızlıklar, zorluklar ve engeller çok nadir olarak konu edildiğinden

genç metalurjistler önlerinde çok kolay bir kariyer olduğunu sanarak hayale kapılırlar. Oysa tam tersi, problemlerle dolu bir meslek hayatı onları beklemektedir.

5. DEMİR-DIŞI METALÜRJİDE İKİ YENİ ÖNEMLİ VE BAŞARILI PROSES

Segregasyon yöntemine karşı, 1930'lardan bu yana geliştirilmiş önemli ve başarılı iki yöntem değineceğim. Birincisi, daha önce değinilen Imperial Smelting kurşun-çinko yüksek fırınıdır. Bu yöntem 1932'de Avon Mouth'ta küçük bir laboratuvarda başlatılmıştı. Daha sonraları 7,5 ft² bölme alanlı (hearth area), 10 ft yüksekliğinde bir fırın inşa edilip değişikliğe gidildi (Morgan, 1957-58). 1950'de 55 fi* alanlı, 1952 de bir diğer 69 ft² alanlı fırınlar yapıldı, bu fırınlar çinko kurtarma verimini yükseltmek için çeşitli değişiklikler geçirdi. Bu birimler ilk ticari anlamda birimlerdi. Nihayet, 1960 yılında tam kapasiteli 185 ft² alanlı bir fırın devreye konuldu.

Diğer yöntem, bir çok firma tarafından Kanada, Japonya ve Avustralya'da geliştirilen, bakırın ergitme ve konverter işlemlerini birleştiren sürekli bir yöntemdi. (Bisvas, 1976). Bu yöntem 1850'lerden beri devrede olan ayrı konverter işlemini devreden çıkarmış, sülfürlü cevherden metalik bakıra kadarki işlemleri birleştirmiştir. Bir çok tipleri denenmekte olup hangisinin en mükemmeli olacağı araştırılmaktadır. Noranda, Kanada'daki araştırma merkezinde dört yıllık çalışmadan sonra 100 t/günlük bir pilot tesis yaptım. Bu tesis üç yıl boyunca çalıştırılıp 50.000 ton konsantre işlendikten sonra tam kapasiteli bir tesis yapılması kararı alındı. Yapılan bu tesis 1973'ten beri çalışmaktadır. Bu her iki çinko ve bakır tesisinde ekonomik avantajlar ağır mali yük altına girmeyi gerektirecek kadar önemliydi. Yeni metalürjinin gelişmesi yavaş ve kademe kademe giderek meydana gelmiştir.

6. SONUÇLAR

Metalürjiyi cevher hazırlama ile kıyasladığımızda, oda sıcaklığında yapılan cevher hazırlama ve hidrometalürjinin, göreceli olarak daha kolay olduğunu söyleyebiliriz. Yüksek ve hatta orta sıcaklık metalürjisi çok daha zordur. Kimya ve cevher hazırlamanın basit mekanizmasına, toz tutma ve verimi, kuru cevherin işleme güçlükleri, metal-mat veya cüruf gibi sıvı bileşimlerin davranışı ve kapların yüksek ısıya dayanma özellikleri ile ilgili problemler ilave

olur.

Pirometalurjik yöntemlerin laboratuvarlardan tam kapasiteli tesise geliştirilmesi çok pahalı ve zaman isteyen bir iş olup, sadece yeterli finansman kaynağı, deneyimli elemanı ve en önemlisi ileriye gören ve azim gösterebilen yöneticilere sahip firmalarca yapılabilir. Bir çok küçük firma yeni yöntemlerin geliştirilmesine başlamış ve bir süre sonra vazgeçmiştir. Daha önce de ifade edildiği gibi, çok küçük bir pilot tesis istenen şekilde çalıştırılmaz ve hemen çok az şeyi ortaya koyar. Çok büyük bir pilot tesisin de çalıştırılması çok pahalıdır. Doğru olan kademe olarak ilerlemektir. Daima bir kademeden diğerine geçerken çok büyük ekstrapolasyonlara gitmemek gerekir. İlk kademe gerçekte sürekli işleyen bir laboratuvar birimidir, ikinci kademe saatte bir kaç ton işleyebilen bir tesistir, burada cevherin fiziksel karakteristiklerini ve ısı koşulları bütün etkileriyle belirlemek mümkündür. Birinci kademe özellikle önemlidir çünkü bu dönemde çok az bir masraf yaparak ve çabucak bir çok değişikliği yapmak mümkündür. İkinci kademeye geçişte asla acele etmemek gerekir, bu safhada yapılan tasarımın harcamayı azaltma adına dondurulması tehlikesi mevcuttur.

Bu kademelerden sonra endüstriyel ya da yarı endüstriyel safha gelir, burada da önemli bir problem ortaya çıkar. Eğer endüstriyel tesis birbirinin aynı olan bir çok birimden oluşuyorsa en iyisi bir birimi bitirip pilot tesis gibi çalıştırmaktır. Bir yıllık devamlı çalışmadan sonra oluşan deneyimlerden de yararlanarak diğer birimlerin tasarımı ve yapılması fayda sağlar. Eğer gerekirse ilk yapılan hattın da yeniden elden geçirilmesi gerekir.

Ancak yatırımı finanse edenler, üç seneden önce kâr getirmeyecek böyle yatırımlara karşı çıkarlar. Genellikle başlangıçtan itibaren tam kapasite tesis isteyen bu kuruluşlar, tasarımın zayıf olmasına ve işletmenin tehlikeye girmesine neden olurlar. Bu durum Akjoujtta İngilizlerin kurduğu tesisin başına geldi. Son olarak, izole olmuş madenlerde ya da az gelişmiş ülkelerde metalurjik bir tesisi kurup işletmenin güçlükleri gözardı edilmemelidir.

Hem cevher hazırlama ve hem de metalurjik araştırmalar için geçerli olan bir kaç noktaya değineceğim. İlki, her entellektüel çalışma gibi, araştırmada en önemli kademe, bir yöntemin daha da geliştirilebileceği veya daha iyisi ile değiştirilebileceği hakkında düşünme, inanç ve başlangıçtır. Doğal olarak inanç, akliselime, aynı konuda dünyanın başka yerlerinde

yapılmış araştırmalar hakkında yeterli bilgi ve doğru ekonomik verilere dayandırılmalıdır. Bundan sonra yıllar sürecekle zorlu çalışma başlar, bazen işin başına dönmek, yeni fikirleri benimsemek ve bazen çok zor olarak yapılan özeleştiriye girmek gerekir.

Her ne kadar orijinal fikir genellikle bir kişinin olmakla beraber iş her zaman bir ekip tarafından yapılır. Ekibi uyum içinde çalıştırabilmek için liderin iyi insani ilişkiler kurabilecek yetenekte olması gerekir. Araştırmacılar genellikle hassas ve alıngan kimselerdir, yaptıkları işlerin özellikle yayın ve patent alım konusu olduğunda dikkate alınmasını beklerler.

Bir diğer ilginç noktada şudur. Yeni bir yöntemle uğraşan araştırmacılar, yeni bir madeni işletmeye sokan maden mühendisi gibi, sık sık yeni çözümler bulmak zorunda kalır. Eğer dürüst davranır, görebildikleri bütün güçlükleri raporlarında yazarlarsa projenin iptal edileceğinden korkarlar. Diğer taraftan, gereğinden fazla iyimser davrandıklarında üzerlerine çok büyük bir sorumluluk alır, çok pahalı başarısızlıklara neden olabilirler. Bir çok gün ve gecelerin, bazen yıllarını bir yöntemin geliştirilmesinde harcayan ve yürekten başarısını isteyen araştırmacı genellikle iyimser olmayı benimser. Patent literatürleri, görünüşte harika olup pratikte başarı kazanmamış dünya kadar yöntemle doludur. Tökezlemeyi önlemek için, araştırmacılar ile idare, pratikten gelen insanlar ve teorisyenler arasında iyi bir anlaşma zemini olması şarttır. Bu anlayış sık sık bir araya gelerek meydana gelen gelişmeleri ve araştırma programını serbestçe tartışmakla sağlanabilir.

Devamlı şekilde, düşük tenörlü, kompleks ve refrakter olan cevherlerin hazırlanma ve metalürjisi ile ilgili araştırmayı bir macera, ancak daima heyecan verici ve gerekli olarak niteledim. Hayatımı bu sahada çalışarak geçirdiğim, çok iyi ve heyecanlı insanlarla, meslekdaşların ve işverenlerin yardımını gördüğüm için çok

mutluyum. Bu insanlara daima minnettar kalacağım.

KAYNAKLAR

- Bechaud L.J. Jr. and Hartjens H., 1961, Newmont Exploration, Ltd. U.S. Patent 2 989 394,
- Biswas A.K. and Davenport W.G., 1976, Extractive Metallurgy of Copper (Oxford, etc.: Pergamon), 438 p.
- Dor, 1972, Nickel Segregation Symposium at 101 st Annual Meeting of AIME, San Francisco, 1972. (Papers listed in J. Metals, N.Y., 24, Jan 1972, 56-7; 58).
- Iwasaki I. Malicsi A.S. and Jagolino N.C., 1973, Segregation Procès for Copper and Nickel Ores, In Progress in Extractive Metallurgy, Volume 1 (New York: Gordon and Breach), 127-85.
- Kaneko M., 1974, Mitsui Segregation Process Treats Peruvian Copper Oxide, Engng. Min. J., 175, Dec, 61-4.
- Kondo Y., 1975, Segregation Process for Lateritic Nickel Ores, The Mining and Metallurgical Institute of Japan 90th anniversary number, (Japanese text).
- Mackay K.E. and Gibson N., 1968, Development of the Pilot Commercial TORCO Plant at Rhokana Corporation Ltd., Zambia, Trans. Instn Min. Metall. (Sect C: Mineral Process. Extr. Metall.), 77, C19-31.
- Morgan S.W.K., 1957-58, The Production of Zinc in a Blast Furnace, Trans, Instn, Min. Metall., 66, 1956-57, 553-65; discussion, 67, 127-38.
- Pinkney E.T. and Plint N., 1967, Treatment of Refractory Copper Ores by the Segregation Process, Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. C: Mineral Process. Extr. Metall.), 76, C114-32.
- Pinkney E.T., 1970, The TORCO Process-Recent Developments, Mineral Processing and Extractive Metallurgy, Jones M. J.ed. (London: IMM), 397-406. (Proc. 9th Commonw. Min. Metall. Congr. vol. 3)
- Rey M., 1936, Le Procède de Segregation Des Minerais De Cuivre Oxydes Pauvres, Revue Metall., Paris (mémoires), 295-302.
- Rey M., 1968, Early Development of the Copper Segregation Process, Trans. Instn, Min. Metall. (Sect. C: Mineral Process, Extr. Metall.), 77, C101-7.
- Rey M., 1980, Memoirs of Milling and Process Metallurgy : 2 - Flotation of Sulphide Ores, Trans, Instn, Min. Metall. (Sect. C: Mineral Process. Extr. Metall.), 89, C1-6.