

ALTIN KAZANIMINDA KİMYASAL PROSESLERİN İNCELENMESİ

Namık GÜNEŞ, Ata AKÇIL

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

ÖZET

Günümüzde altın içeren cevher yataklanma tiplerinin, altın ve diğer değerli minerallerin kazanımında cevher hazırlama ve zenginleştirme yönünden çok önemli rol oynadığı yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Son yıllarda, özellikle ülkemizde altın kazanımında gözlenen gelişim, diğer metallerin üretimine yönelik yeni teknolojik gelişime paralel olarak ilerlemektedir. Altın kazanım proseslerinin % 15-20'ye yakınının fiziksel olarak (gravite zenginleştirme vb.), % 80-85'inin ise kimyasal ve biyolojik prosesler şeklinde uygulandığı son yıllarda yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Günümüzde altın kazanımında özellikle kimyasal ve azda olsa biyolojik proseslerin tercih edilmesinin nedeni ise, uygulamasının kolaylığı ve ekonomik olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda altın kazanımında yaygın olarak uygulanan kimyasal prosesler hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Altın kazanımı, Fiziksel proses, Kimyasal ve biyolojik prosesler

AN INVESTIGATION OF CHEMICAL PROCESSES IN GOLD RECOVERY

ABSTRACT

Currently, investigations undertaken on different types of gold bearing ore deposits show that the type of deposit plays an important role for the selection of mineral processing technologies in gold and other precious metals production. During recent years, studies on the discovery and growth of new gold deposits have been gradually progressing in many provinces of Turkey and this will undoubtedly contribute to development of new technologies in other metal mining industries. Recently, it has been established that approximately 15-20 % of gold recovery is realised by physical and 80-85 % of that is carried out by chemical and biological processes. Chemical and sometimes biological processes are preferred due to low cost and simplicity. This study gives a brief description on gold recovery methods with special reference to currently popular chemical processes.

Key Words: Gold recovery, Physical process, Chemical and biological processes

1. GİRİŞ

Dünya'da uzun yıllardan beri uygulama alanı bulan kimyasal-biyolojik prosesler günümüzde de altın kazanımında çok önemli rol oynamaktadırlar.

Gravite ve amalgamasyon yöntemleri altın kazanımında temel prosesler olmalarına rağmen son yıllarda alüvyonel tipte yataklar dışında kullanımları azalmıştır. Bu tipteki fiziksel proseslerin altının

nihai ürün eldesinde yaygın olarak kullanılmaması ve daha çok ön zenginleştirmede tercih edilmesi kimyasal ve biyolojik proseslerin önemini gündeme getirmiştir. Bu nedenle altın kazanımında, kimyasal ve biyolojik prosesler (siyanürasyon, oksidasyon, kavurma, bakteri liçi vb.) altın yataklanma tipleriyle orantılı olarak çoğu tesiste uygulama alanı bulmuşlardır (Quiston,1981).

Kimyasal-biyolojik proseslerin günümüz gelişen teknolojilerinde kullanımı doğanın korunması ve ekolojik dengenin bozulmaması açısından içinde yaşadığımız doğaya daha dikkatli davranılmasını gerektirmektedir.

2. ÖN ARAŞTIRMALAR

Minerolojik araştırması yapılmış olan altın yataklarında incelenmesi gerekli olan en önemli faktörler, serbestleşme tane boyutu ve altın içeren cevherin kompleks bir oluşum içinde bulunup bulunmadığıdır. Daha sonra yapılacak araştırmalara yol göstermesi amacıyla altın ve diğer minerallerin tenör dağılımları ve bileşimleri araştırılmalıdır.

Minerolojik olarak incelenen bu tip altın yataklarında, yaklaşık olarak 30 kadar altın içeren mineral mevcuttur. Ancak bu kadar çok mineral içinde sadece bazıları ekonomik olarak değerlendirilebilmektedir (Tablo 1).

Detaylı bir prospeksiyon çalışması yapılan çoğu altın içeren yataklarda, uygulanacak proses için saptanması gerekli hususlardan biri de, cevherleşmenin bir ön hazırlama gerektirip gerektirmediği ve proses sırasında kazanılması düşünülmeyen (arsenik, pirit vb.) diğer mineraller ile altın mineralleri arasındaki ilişkidir.

Tablo 2'de görüldüğü üzere, altın cevherlerinin yataklanma tipleri ile zenginleştirme yöntem seçimi arasında çok önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkinin cevher hazırlama ve zenginleştirme

yönünden daha kolay irdelenmesi amacıyla yeni teknolojik gelişmelerden de bahsetmek gerekir. Çoğu altın kazanım tesislerinde ilk fizibilite çalışmalarına paralel olarak incelenmesi gerekli en önemli özellikler şunlardır (Akçıl, 1995).

- Altın ve gang minerallerinin minerolojik yapıları (primer ve sekonder yataklanma tipleri),
- Minerallerin serbestleşme tane boyutları ile kenetli bir mineralleşmeye sahip olup olmadığı,
- Altın ve diğer minerallerin tenör dağılımları,
- Altın ve değerli mineraller için gerekli rezerv ve proses araştırmasının yapılması,

Bütün bu elde edilen veriler doğrultusunda kurulacak tesisin hangi prosesleri içereceği ve bu proseslerin ekonomikliği ise ayrı bir araştırma konusudur.

Tablo 1. Bazı Önemli Altın İçeren Mineraller (Akçıl,1995)

| Mineral Adı | Kimyasal Formülü |
|--------------------|--------------------------------------|
| Elektrum | Au-Ag |
| Kuproaurit | Au-Cu |
| Aurikuprit | AuCu ₃ |
| Platinli Altın | Au-Pt |
| Uytenbogaardit | Ag ₃ AuS ₂ |
| Kalaverit | AuTe ₂ |
| Krennerit (Petzit) | (Au,Ag)Te ₂ |
| Montbrayit | (Au,Sb) ₂ Te ₂ |
| Silvenit | (Au,Ag)Te ₄ |
| Kostovit | AuCuTe ₄ |
| Aurostibit | AuSb ₂ |
| Fişesserit | Ag ₃ AuSe ₂ |

Tablo 2. Altın Kazanım Proseslerinin Sınıflandırılması (Andrew, 1984; Quiston,1981)

| Yataklanma Tipi | Proses |
|--|--|
| *Nabit Altın İçeren Serbest Halde Ufalanmış Damar Şeklindeki Cevherler | Gravite Zeng. + Amalgamasyon + Direkt Siyanür + CIP* |
| *Nabit Altın İçeren Diğer Cevherler | Gravite Zeng. + Amalgamasyon Flotasyon + Siyanürasyon |
| *Serbest Halde Ufalanmış Cevherler | Direkt Siyanürasyon |
| *Tellüridli Altın Cevherleri | Toplu Flot. (Te-Cu) + Kim. Oksidas. (Kons.) + Siyanürasyon Toplu Flot. + Siyanür. + Kavrurma + Siyanür. |
| *Piritli Altın Cevherleri | Toplu Flot. + Ergitme + Siyanür. Siyanür. + Flot. + Kavrur. + Siyanür Flot. + Tekrar Öğütme (Kons.) + Siyanürasyon |
| *Pirotinli Altın Cevherleri | Flot. (Kavrulmuş Konsantreye) + Artık ve Kalsinenin Siyanürasyon ile Ayırımı Flot. (Kavrulmuş Konsantreye) + Kalsine Öğüt. + Siyanür. (Artık) |
| *Bakırlı Altın-Kompleks Cevherleri | Flot. (Cu-Kons.) + Siyanürasyon Toplu Flot. + Amal.(Cu-Kons.) + Siyanür. |
| *Karbonlu Altın Cevherleri | Kim. Oksi. + Direkt Siyanürasyon Kerosenle Grafiti Uzaklaştırma + Siyanürasyon |

* CIP: Pulpte karbon

3. ALTIN KAZANIM PROSESLERİNİN İNCELENMESİ

Altın kazanımında klasik yöntemlere alternatif olarak, kimyasal proseslerin uygulanması ile teknolojik anlamda hem tenör hem de verim açısından önemli gelişmeler gözlenmektedir. Bu prosesler, ekonomiklik ve kolay uygulanabilmesi gibi avantajlar nedeniyle de çoğu yöntemin yerini almış durumdadır. Genellikle altın kazanımında ön hazırlama ve zenginleştirme işlemleri olarak uygulanan biyolojik proseslerde son yıllarda uygulama alanı bulmaktadır. Tüm bu araştırma ve incelemeler sonucunda elde edilen veriler, bize en ekonomik ve yöntem olarak en uygun prosesin seçilmesinde alternatifler sunabilecektir.

Altın cevherlerinin kazanımında metalurjik olarak uygulanacak metodun, daha verimli ve ekonomik olması amacıyla bir çok proses geliştirilmiştir. Buna rağmen altın cevherleri, uygulanacak proseslere kolaylık sağlaması amacıyla, plaser cevherler, serbest halde ufalanmış cevherler ve kompleks cevherler olarak üç ayrı şekilde incelenmektedir:

- Plaser şekilde yataklanmış altın cevherleri, ufalama gerektirmeyen ve genellikle sekonder yatakların kayalar yardımıyla ufalanması sonucu oluşan kum şeklindeki oluşumlardır. Bu tip cevherleşmeler için, basit bir yıkama ünitesi ve buna ilaveten gravite zenginleştirme ya da amalgamasyon yöntemleri uygulanmaktadır.
- Serbest halde ufalanmış altın cevherleri ise, genellikle okside olmuş, primer yataklanma sonucu meydana gelen oluşumlardır. Bu

yataklanma sonucu, altın cevherleri iri boyutta ve girişim elementleri içermeyen bir yapıdadır. Bu tip yataklanmalar için gravite zenginleştirme ve amalgamasyon prosesleri uygulanmaktadır.

- Kompleks altın cevherleri, genelde primer ve sekonder yataklanmalar sonucu oluşmuşlardır. Diğer altın oluşumlarına göre, daha ince boyutta olup, girişim elementleri içermektedirler. Uygulanacak methodlar ise, amalgamasyon, liç ve flotasyon prosesleridir. Altın kazanım proseslerinin cevherleşmeye göre uygulanması bir çok proses geliştirilmesine neden olmuştur. Bu nedenle, Dünya'da uygulama alanı bulan bazı altın kazanım yöntemleri Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3'den görüldüğü üzere, tüvenan cevherden altın kazanım amacıyla birçok proses ve cihaz kullanılması gerekmektedir. Ancak altın kazanımında birçok prosesin geliştirilmiş olması, altın yataklarının çok çeşitli ve ayrı özelliklerde olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle yapılmış araştırmaların ilk aşamalarında fiziksel zenginleştirme, fiziksel-kimyasal zenginleştirme prosesleri üzerinde olmuştur. Dünya altın yataklarındaki çeşitlilik, teknolojik olarak kazanılması mümkün olmayan altının günümüzde kimyasal-biyolojik proseslerle kazanımını mümkün kılmaktadır.

İnce boyutta serbestleşen altın cevherlerinin kazanımında, biyolojik liç prosesleri ile oksidasyon ve kavurma işlemleri uygulanmaktadır. Siyanürleme ile uygulanan liç proseslerinde yaklaşık olarak 70 mikronun altındaki boyutlarda zenginleştirme

Tablo 3. Altın Kazanım Prosesleri-Tüvenan Cevherden (Akçıl,1995)

| Proses | Method ve Cihaz |
|---|---|
| *Öğütme ve Sınıflandırma | Kırıcılar, Öğütücüler, Elekler ve Sınıflandırıcılar |
| *Katı ve Sıvı Ayrımı | Tikinerler ve Filtreler |
| *Ayıklanma (Elle ve Otomatik) | Fotometrik, Radyometrik, Atomik Emisyon, Spetroskopî, Yüksek Yoğunluk, Manyetik Ayırıcı |
| *Gravite ve Yoğunluk ile Zenginleştirme | Jigler, Masalar, Koniler, Oluklar, Spiraller, Siklonlar, Santrifüjli Jigler |
| *Amalgamasyon (> 25mikron) | Tabaklar, Oluklar, Masalar ve Silindirik Ayırıcılar |
| *Liç (< 60 mikron) | Karıştırma Tankı, Yığın Liçi, Yerinde Liç, CIL* |
| *Altın Çözücüler (Altın Kompleksi) | Siyanürasyon (Tioüre, Tiosül, Klorin Bromin, Organik Nitriller) |
| *Flotasyon (5-200 mikron) | Mekanik Cihazlar (Pnömatik Selüller) |
| *Oksidasyon (Refrakter cevherleri) | Kavurma, Havalandırma, |

| | |
|--|---|
| | Eksraksiyon, Sementasyon, Çinko tozu, CIP, Adsopsiyon |
|--|---|

* CIL: Liçte karbon

işlemi yapılmaktadır. Siyanürleme işlemi, cevherin ve gang minerallerinin serbestleşmesine de bağlı olarak bir ön işlem (öğütme) geçirilerek uygulanabilmektedir.

4. SONUÇLAR

20. yüzyılın başlarından günümüze değin hem Dünya'da hem de ülkemizde güncelliği nedeniyle, altın kazanım prosesleri ile ilgili uygulamaya yönelik araştırmalar artarak devam etmektedir.

Yapılan araştırmaların çoğu, altın yataklarının incelenmesi sonucu minerolojik faktörlerin altının daha yüksek verimle kazanılabileceği konusunda geliştirilmektedir. Ancak günümüz yüksek teknolojilerinde, altın yataklarının bir çok tipte olması, altın kazanım metodlarında daha geniş kapsamda yer almasını gündeme getirmektedir.

Bütün altın kazanım tesisleri için ekonomikliğin ön planda olduğu bir gerçektir. Ancak fizibilite ve etüd çalışmaları sonunda altının farklı yapıda cevherleşmesine karşın en uygun prosesin seçimi, ürün kalitesi ve tesis verimiyle orantılı olarak değişmektedir. Altın cevherlerinden elde edilecek nihai ürünlerin kalitesi, uygulanan prosesin başarısı hakkında detaylı bir bilgi verecektir. Bu sonuç ise, bize en uygun ve en ekonomik prosesin seçiminde nasıl bir yol izleyeceğimizi göstermektedir. Altın kazanımında ekonomikliği ve kolaylığı nedeniyle tercih edilen ve kimyasal proseslerin en çok uygulananı olan liç prosesi, halen tüm Dünya'da yaygın olarak uygulanmaktadır. Ancak ileride olabilecek çevresel etkileri gibi nedenlerden dolayı özellikle siyanürleme ile yapılan liç proseslerinin uygulandığı yerlerde bazı çevreler bu yöntemle karşı çıkmaktadırlar.

Örnek olarak, altın kazanımında liç prosesini seçmiş ve uygulayan tesislerde NaCN ya da türevlerinin tüketimi ton başına minimum 0.5 kg maksimum ise 5 kg olmaktadır. Ancak ekonomikliğin ve çevresel baskıların artması nedeniyle bu rakamlar optimum olarak 1-1.5 kg olarak kullanılmaktadır. ILO standartlarına göre verilen değerler ise CN için (İpekoğlu, 1993);

- Açık arazilerde = 0.5 mg/l
- İçme sularında = 0.2 mg/l
- Havada ise = 10 ppm olmaktadır (Öldürücü CN dozu = 50-200 mg)

Bu tip bir kimyasal prosesin uygulanmasında karşılaşılan en önemli sorun ise atıkların muhafazası olmaktadır. Ortalama olarak bir tesiste 500 ppm'e kadar serbest siyanürün atıklar içinde bulunması tüm tesislerde ILO standartlarına uyulması ve denetim mekanizmasının çalıştırılması gerektiğini gündeme getirmektedir.

5. KAYNAKLAR

Akçıl, A. 1995. Effects of Gold Deposition Types on Concentration Method Selection, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ph. D. Seminar, İzmir.

Andrew, L. S. 1984. Gold Ore Processing Today-Part 1 and Part 2, International Mining Magazine.

İpekoğlu, Ü., Mordoğan, H. 1993. Altın Üretim Tesislerindeki Siyanürün Türleri, Toksik Etkileri ve Atık Barajındaki Davranışı, Madencilik Dergisi.

Mc Quiston, F. W., Shoemaker, R. S. 1981. Gold and Silver Cyanidation. Vol. I and Vol. II, Society of Mining Engineers, New York, A. B. D.