

Altın Cevherlerinde Siyanürleme Yöntemi

Vedat OYGÜR Jeoloji Yüksek Mühendisi

GİRİŞ

Bergama-Ovacık ve Edremit-Havran yörelerindeki altın madenlerinde cevher kazanımı amacıyla uygulanacak olan siyanürleme yöntemi* son günlerde yoğun bir biçimde kamuoyu gündeminde yer almaktadır.

Epitermal tip altın yataklarında altın metalinin eldesi için kullanılan siyanürle yıkama yöntemi bütün Dünya'da yaygın biçimde uygulanan bir yöntemdir, Siyanürlemenin maliyeti, klasik altın kazanımı yöntemlerine göre yaklaşık olarak 1/4 daha ucuzdur (1). Uygulanan teknik, altının içinde bulunduğu tüm kayacın kütleli olarak işletilmesine olanak tanıdığından yatakta açık işletme yapılabilir. Böylece işletme rezervi son derece büyürken, işletme tenörü de 0,7 gr/t a kadar düşmektedir (2), Bu yönteme bağlı olarak, K, Amerika altın üretiminin % 30 arttığı hesaplanmıştır (3),

Son on yıldır altın piyasasındaki yüksek kurlarla birlikte, düşük tenörlü epitermal tip cevherlerin değerlendirilmesini sağlayan siyanürleme yönteminin katkısıyla altın madenciliği "1849 Kaliforniya'dan sonra ikinci bir "Altın Hücum" dönemi yaşamaya başlamıştır, Bunun sonucunda Amerika, Avustralya ve Pasifik'teki çok sayıda, ama neredeyse yüzyılın başından beri bilinen altın madeni son yıllarda yeniden üretime geçmiştir,

SIYANÜRLEMENİN TARİHÇESİ

Siyanid içerisinde altının çözünürlüğü uzun zamandır bilinmektedir. Madencilik dünyası bu yöntemle ilk kez, 1867'de altın ve gümüşlü cevherlerin işlenmesi için ABD'de alınan bir patent aracılığıyla tanışmıştır (4). Ancak yöntem, 1891 yılında G.Afrika'daki bir altın madeninde uygulamaya sokulmuştur. Daha sonra, maliyetinin yüksek oluşu nedeniyle uygulanamayacağına karar verilmiştir, 1950 yılında ILS, Bureau of mines yayımladığı bir raporla, aktif karbonla soğur-mayla (absorbtion) birlikte siyanürle yıkama yönteminin düşük tenörlü altın cevherlerinde ekonomik olarak uygulanabileceğini belirtmiştir (5),

1970lerin sonlarında, yığın yıkama

(heap leaching) tekniğinin geliştirilmesiyle birlikte siyanürleme yöntemi etkin bir biçimde düşük tenörlü epitermal altın cevherlerinde kullanılmaya başlanmıştır (6). Küçük ölçekli değerli metal madenciliğini etkileyen bu "devrim" iki çağdaş gelişmenin sonucudur:

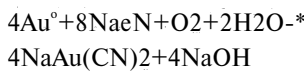
1, Yıkama havuzlarının tabanlarına yayılan plastik örtüler (membrane) artık çok ucuza ve kolayca temin edilebilmektedir.

2, Klasik çinko ile çöktürme yöntemi yerine, altın ve gümüşün çözeltiden ucuza ve kısa zamanda alınmasını sağlayan aktif karbon tanelerinin kullanımı günümüzde mükemmelleştirilmiştir,

SIYANÜRLE YIKAMA TEKNİĞİ

Yığın yıkama tekniğiyle Au-Ag gibi değerli metaller, yığın haline getirilmiş cevherli kayadan siyanür püskürtülmesiyle yıkanarak elde edilmektedir (Şekil 1), Bu yöntemle Round Mountain'de (Nevada, ABD) 2,2 ppm altın içeren cevherden günde 7200 ton işlenmektedir. Prosesin başlangıcında, cevherli malzeme kırılarak geçirgen olmayan bir zemin üzerine yığılır. Küçük ölçekli bir maden için yapılan yığın 300 t. civarındadır ve yüksekliği 4 m. dir (6), Cevherli kayanın kırılma boyutu geçirgenliğine bağlıdır. Yığının tabanında geçirimsizliği sağlamak amacıyla kil, asfalt, çimento ve plastik örtü gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Bunlardan en güçlü, fakat en pahalısı 20 cm. kalınlığında asfaltla örtülmesidir. Genel olarak bu geçirimsiz örtü üzerine, 10 ile 20 cm. kalınlığında bir ince çakıl düzeyi serilir, Böylece yağın tabanında iyi bir akaçlama oluşturulur.

Seyreltilmiş bir alkalın siyanid çözeltisi (genelde NaCl) yığının üzerinden fiskelemeyle püskürtülür, Altın ve gümüş, oksijen varlığında şu genel denkleme göre çözünür (7):



Çözeltinin akma hızı 15 lt/dk. dir ve 0.5-1.0 gr. NaCN/lt içerir (6). Çözelti, yığın üzerine günde 8 saat, yığın yüzeyinin tffi 'sine 6 lt, olacak biçimde

püskürtülür* Yığın üzerine yapılan ilk püskürtmede çözeltinin tabana ulaşması 3 ile 5 gün alır, Bu sürede, yığılı malzemenin tonu basma 50 ile 80 lt. çözelti harcanır. Tepkimenin süresi ve verimi, siyanid çözeltisinin içerisinde süzülmesinin izin verecek biçimde yığının geçirgenliğine bağlıdır, Yığının yüksekliği, cevherli malzemenin kırılma boyu ve gözenekliliği belirleyici etkindir. Yıkama süresi genelde 40 ile 60 gün sürer ve ilk 19 gün sonunda altının % 50 'si çözeltiye alınır (4), Yıkama süresi sonunda verim % 70 dir (4, 6).

Yığın yıkama yöntemi, her cevher türünde başarılı olmamaktadır, iyi bir sonuç alınması için cevherin şu özellikleri taşıması gerekir:

1, Altın ve gümüşü tutan karbonlu malzeme içermemesi;

2, Bakır, arsenik ve antimuan sülfürleri gibi, yüksek derecede siyanid tüketen bileşenlere sahip olmaması;

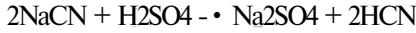
3, Kireç tüketimine neden olacak asit yapıcı bileşenlere sahip olmaması;

4, Yığın içerisinde siyanid çözeltisinin akmasını engelleyecek, kil benzeri çok ince malzemeden oluşmaması;

5, Mekaniksel olarak altın tanelerini örtecek olan demir oksit oluşumuna elverişli malzeme içermemesi,

Altınlı siyanür çözeltisi, yığının tabanında oluşturulan akaçlama sistemiyle toplanır ve aktifleştirilmiş karbon kolonlarından geçirilerek altın, karbon tarafından absorbe edilir (Şekil 1). Metali alınmış siyanid çözeltisi yeniden kullanılacak üzere havuza alınır. Altınla yüklenmiş karbon ise karbon desorbsiyonuyla sıyrılır. Aktif karbonla altının tutulması yöntemi, işlemin yapıldığı yere göre carbon-in-pulp (CIP), carbon-in-leach (CIL), carbon-in-column (CIC) gibi isimler alır, Altın, bu metali çözeltiden daha sonra elektrokimyasal yöntemlerle kazanılır.

Avustralya'da başarıyla uygulanan CRP (Cyanide Recycling Process) yöntemiyle, altının alınmasından sonra çözeltide kalan siyanidin % 95'i yeniden kazanılmaktadır (8). Yığın tabanından alınan siyanidli çözelti, kapalı bir sistemde, asitle tepkimeye sokularak siyanid gazına ve çözülmemiş katı parçacıklara dönüştürülür:



Çözülmemiş katı parçacıklar alınarak çözelti berraklaşmıştır. Özel bir sistem içerisinde kurulmuş olan havalandırma ve sıyırma kolonlarından geçirilen çözeltilerden siyanid gazı sıyrılır ve tekrar sodyum siyanide döndürülerek sisteme verilir,

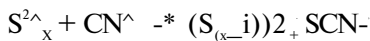
SİYANÜRÜN ÖZELLİKLERİ

Siyanürün güçlü bir zehir olması nedeniyle, siyanürleme yöntemi tepki çekmektedir. Ancak alınacak önlemlerle siyanürün yıkıcı etkisi denetim altına alınabilmektedir.

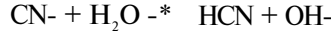
Siyanür diğer bir çok zehire benzemeyen bir biçimde, organizmalarda birikmeyen geçici bir zehirdir (9), Stratosferde ve kuzey yarım kürenin troposferinde 150 ile 170 ppb (mg/m^3) düzeyinde mevcuttur (10), Güneş ışınlarının UV etkisiyle ve atmosferdeki OH ve O($\dot{\text{I}}$ D) ile oluşan, henüz çözümlenmemiş tepkimeler yardımıyla HCN parçalanır. Bitkiler ve bakteriler tarafından biyolojik olarak da bozunur (10, 11), Yaşam ve sağlık için tehlike sınırı $60 \text{ mg}/\text{m}^3$; deriye doğrudan temas veya solunum sınırı, 8 saatlik işgünü boyunca $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ dür (9,10),

$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ ve CN^- biçimindeki siyanid, su ve toprakta çok hareketlidir, buna karşın KCN az hareketlidir (11), Yüksek pH, serbest CaCO_3 varlığı, düşük kil içeriği ve montmorillonit varlığı siyanidlerin hareketliliğini artırmaktadır, U.S. Bureau of Mines tarafından yürütülen bir çalışmada, örneklenen atıklarda herhangi bir hareketli siyanid formu bulunamamıştır (11).

Molekülün yüksek hareketliliği nedeniyle, serbest siyanüre doğada çok ender rastlanılmaktadır (11), Siyanidler ortamda ya diğer bileşiklerle birleşir ya da eser metallerle güçlü bileşikler yaparak tutulur, ortama salınan çok az miktardaki siyanid de, çeşitli sülfür biçimleriyle tepkimeye girerek, zehirsiz bir tür olan tiosiyanat yapar:



Sulu çözeltilerde serbest siyanür, siyanid iyonu (CN^-) olarak bulunur, Çözeltideki siyanid, asit ortamda hidrolize uğradığında, yüksek buhar basıncı nedeniyle kolayca buharlaşır ve gaz biçiminde atmosfere kanşarak büyük bir tehlike oluşturur:



CN^- ve HCN arasındaki denge ortamın pH'ına bağlıdır (11) ve pH 10'un yukarısında olduğunda HCN oluşmamaktadır (4, 6), Bunu sağlamak için, yağm yıkama yönteminde kullanılan çözeltilere kireç veya sodyum hidroksit eklenir,

SİYANÜR VE ÇEVRE

Siyanürle yağm yıkama, düşük tenörlü epitermal cevherlerden altının kazanımı için teknik ve ekonomik olarak uygulanabilecek tek yöntemdir. Bu teknik, Dünya altın madenciliğinde yaygın ve başarıyla uygulanmaktadır,

Kullanılan yöntemin amacı siyanidin sistem içerisinde sürekli dolaşımını sağlamak, dolayısıyla maliyette önemli bir yer tutan siyanür harcamasını minimuma indirmektir,

Sistemdeki siyanidin, yağm havuzundan veya atık toplama barajından çevreye sızması ve/veya buharlaşarak atmosfere yayılması tehlikesi vardır. Sızdırmazlık açısından, tesislerin oturacağı yerin jeolojik özellikleri önem kazanmaktadır, En risksiz inşaat yerinin seçimi açısından yörenin yapısal analizi yapılarak aktif fayların saptanması, yöredeki kayaçların litolojik özelliklerinin belirlenmesi, zemin etüdlerinin yapılması, şev duraylılığı ve süreksizlik analizi, heyelan tehlikelerinin belirlenmesi gerekmektedir, Baraj ve havuz inşaatı sırasında kullanılacak malzemelerin ve özellikle tabandaki ve duvarlardaki yalıtım perdesinin, sistemin emniyeti

açısından uygun nitelikte olması da önemlidir.

Çevreye olabilecek sızmalardan ve kirliliğin belirlenmesi açısından, projenin uygulanmaya başlamasından önce yöredeki toprağın, kaynak ve kuyular vasıtasıyla yeraltısuyunun ve meteoroloji istasyonu kurularak atmosferin niteliğinin saptanması gerekir. Tesisin çalışmaya başlamasından sonra, herhangi bir sızmayı zamanında belirleyebilmek amacıyla aynı istasyonlardan belirli sürelerle denetim yapılarak yeraltısuyu ve atmosfer kirliliği saptanabilir,

KAYNAKLAR

- (1) Emerson, M., 1988, B.B. Konferansı, MTA, Ocak 1988, Ankara,
- (2) Bonham, H.F., 1989, Icon, Geol., Monogr. 6, 405-423,
- (3) Nisic, B., 1987, Chron. Rech. Min., 488,19-25,
- (4) Eveleth, R.W., 1978, The Future of Small-Scale Mining, 333-339,
- (5) Zadra, L.B., 1950, U.S. Bur. Mines, Rept, Investigations 4672,
- (6) Kappes, D.W., 1978, The Future of Small-Scale Mining, 381-28,
- (7) Stewart, M.D, et al., 1984, Intern. Mining, April, 21-3; May 24-28,
- (8) International Mining, July 1988, 60-61.
- (9) Stanton, M.D. et al, 1985, Environmental Handbook for Cyanide Leaching Projects,
- (10) U.S. Environmental Protection Agency, 1990, Summary Review of Health Effects Associated with Hydrogen Cyanide,
- (11) Huiatt, J.L, et al, 1982, Cyanide from Mineral Processing,

