

URANYUM CEVHERİ İÇİN DÖNER SİLİNDİR HAZNELİ LIÇ TESTİ

Erol ÜÇGÜL*, Aybüke A. İSBİR TURAN* ve Kamer ÇETİN*

ÖZ.- Döner Silindir Hazneli Liç Testi (Bottle Roll Test) yerinde liç madenciliğinde, uygun çalışma koşullarının belirlenmesi ve en önemli işletme parametrelerinden biri olan üretim kuyularının tasarım işlemine cevap verebilen en dinamik liç test yöntemidir. Bu testte ön plana çıkan test parametreleri; pulp yoğunluğu, asit-baz konsantrasyonu, liç süresi ve sıcaklıktır. Son yıllarda Döner Silindir Hazneli Liç Testi sadece uranyum metali için değil aynı zamanda altın, gümüş, bakır ve nikelin özütleme kazanım çalışmaları için kullanılabilir. Buna göre; altın ve gümüş için çözücü olarak siyanürün, uranyum için ise hem asidik, hem de bazik çözücülerin kullanıldığı döner silindir hazneli özütleme testi yapmak genel anlamda mümkündür. MTA Genel Müdürlüğü, MAT Daire Başkanlığına bağlı Teknoloji Koordinatörlüğü, Cevher Zenginleştirme ve Metalurji Biriminde; 2013 yıl sonu itibari ile yapılmaya başlanan Döner Silindir Hazneli Liç Testinde uranyum içeren cevherlerden metal kazanım şartları ve verim değerinin tespitinin yapılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uranyum, döner silindir hazneli liç testi, özütleme.

GİRİŞ

Uranyumun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 2-4 ppm arasında olup, geniş bir alanda küçük konsantrasyonlar şeklinde pek çok mineralin içinde bulunabilmektedir. Madencilik sektöründe, bir uranyum sahasının değerlendirilme aşamasında; cevherin U_3O_8 tenörü, rezervi, maden işletme ve cevher kazanım teknolojisinin bir bütün olarak değer-

lendirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden rezerv miktarının 10.000 ton ve tenörünün % 0,05 U_3O_8 üzerindeki değerlere sahip olan uranyum cevher yatakları şu an için işletilebilir yataklar olarak değerlendirilmektedir (Sağdıç, 2012). Uranyum madenlerinin %50'sinden fazlası pek çok diğer maden gibi açık veya kapalı madencilik yöntemleri ile işletilebilmektedir. Uranyum üretiminin % 40'a yakını ise yerinde liç yöntemi (in situ leaching, ISL) ile elde edilmekte, çok az bir kısmı da yan ürün olarak kazanılmaktadır. Günümüzde çıkarılan uranyum madenleri %0,1-%1 oranında U_3O_8 içerdiğinden çıkarılan maden, bir ön zenginleştirme işlemine tabi tutulmaktadır (Yörükoğlu, 2014). Bu ön zenginleştirme işlemi genellikle liç işlemi olup, amacı uranyum cevheri içerisindeki U_3O_8 mineralini uranyl nitrat olarak kazanmaktır. Liç işleminin hemen ardından uygulanan solvent ekstraksiyon (SX yöntemi) yöntemi ile ürün saflaştırılarak nükleer yakıt üretimine yönelik uranyum bileşiği çöktürülmektedir. Çökeltiye dekantasyon işlemi uygulanmak suretiyle ağırlıkça %70-%80 oranında U_3O_8 içeren sarı pasta elde edilmektedir. Nükleer yakıt elde etmek amacıyla kullanılan sarı pasta ise; reaktör tipine uygun olacak şekilde UO_2 veya UF_6 'ya dönüştürülmektedir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Nükleer Enerji Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, 2001).

MTA Genel Müdürlüğü, Türkiye'deki uranyum aramalarına ilk olarak 1953 yılında başlamış ve yapılan sondajlardan alınan numunelerin analizleri sonucunda, sahalara ait rezervler ve bu rezervlere ait tenörler tespit edilmiş, Yozgat-Sorgun yataklarının tenör ve rezerv açısından ülkemizin en zengin uranyum yataklarına sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 1). MTA bünyesinde kurulan laboratuvarlarda gerçekleştirilen teknolojik çalışmalar ise 1966-1990 yılları arasında saha çalışmalarından alınan numuneler üzerine gerçekleştirilmiştir. 1990 yılının sonunda ara verilen çalışmalara 2004 yılında yeniden başlanmıştır. Bu kapsamda Batı Anadolu'da sondajlı uranyum arama çalışmaları yürütülmektedir (Yörükoğlu, 2014).

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri Teknolojisi Daire Başkanlığı, Teknoloji Koordinatörlüğü, Cevher Zenginleştirme ve Metalurji Birimi, 06800, Balgat, Çankaya, Ankara.

Çizelge 1- Türkiye'nin Başlıca Uranyum Yatakları (Yörükoğlu, 2014)

Bölge	Tenör (% U ₃ O ₈)	Rezerv (Ton)
Manisa-Köprübaşı	0,05-0,1	2500
Uşak-Fakılı	0,05	510
Aydın-Küçükçavdar	0,05	500
Aydın-Demirtepe	0,08	1700
Yozgat-Sorgun	0,1	3850
Çanakkale-Ayvacık	0,1	250
	Toplam	9310

1985 yılına kadar, laboratuvar ve pilot çapda, önemli teknolojik çalışmalar yapılmıştır. Bu teknolojik çalışmalar sırasında uranyum cevherinden sarı pasta üretilmesi ve sarı pastanın nükleer yakıt haline getirilmesindeki bütün aşamalar gerçekleştirilmiştir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Nükleer Enerji Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, 2001). Fransa'da Alternatif Enerjiler ve Atom Enerjisi Komisyonu (CEA)'da ve Türkiye'de MTA'da yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda; Köprübaşı bölgesindeki uranyum yataklarından alınan cevherler üzerinde CEA uzmanları ile beraber 2 ton/gün kapasiteli bir Pilot Tesis Projesi hazırlanmıştır (Pilot Tesis Projesi Ön Rapor, MTA, 1972). 1974 yılında Manisa-Köprübaşı'nda, Köprübaşı cevherlerini laboratuvar bazında irdeleyerek, fizibilite için daha güvenilir veri elde etmek amacıyla, MTA tarafından bir pilot tesis kurulmuştur. 1974-1982 yılları arasında faaliyet gösteren bu tesiste, Köprübaşı ve Uşak-Fakılı cevherlerinin seri deneyleri yapılarak 1.200 kg kadar sarı pasta üretilmiştir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Nükleer Enerji Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, 2001).

Son yıllarda Yozgat-Sorgun ilçesine bağlı Temrezli, Akoluk ve Mehmetbeyli köylerinde araştırmalar yapılmış, 2013 yılında işletme

ruhsatı verilen Temrezli madeninde, Anatolia Enerji Ltd. Şti. tarafından, yerinde liç yöntemi ile bazik ortamda uranyum kazanımına yönelik çalışmalara başlanmıştır. Yerinde liç metodu genellikle klasik yöntemlerle ekonomik olarak kazanılamayan altın, bakır, uranyum gibi düşük tenörlü cevherlere uygulanan zenginleştirme işlemidir. Bu yöntemde çözme işlemi yer altında gerçekleştirilmektedir. Yer altına pompalarla gönderilen çözücüler metalleri çözültüye aldıktan sonra toplayıcı pompalarla yeryüzüne çekilerek çözelti elde edilmektedir. Toplanan çözelti solvent ekstraksiyonu, iyon değişimi vb. yöntemlerle ayrıştırılmaktadır (Girgin ve Baser, 1990). Ancak yerinde liç uygulamasının yapılabilirliği cevher yatağının pek çok özelliği bünyesinde barındırmasını gerektirmektedir. Yöntemin uygulanabilmesi için cevher yatağının gözenekli yapıda ve ana kayacın geçirimli olması, buna karşılık yan taşın ve zeminin geçirgen olmaması gerekmektedir (WWC Engineering, 2013). Ülkemizde bulunan düşük tenörlü uranyum sahalarının kazanım olanaklarının araştırılması ve yatağın şu an işletme hakkına sahip olan Anatolia Enerji Şirketi'nden gelen talep doğrultusunda, yerinde liç şartlarının belirlenmesi için laboratuvarlarımızda döner silindir hazneli liç çalışmalarına yeni bir test olarak başlanmıştır.

Döner Silindir Hazneli Liç Testinin amacı, önceden belirlenmiş zaman dilimleri ya da gözenek hacmi (PV) değerlerinde uygun

bir çözelti ile özütleme işlemi uygulandığında söz konusu cevherden elde edilebilecek metal kazanım verimini belirlemektir. Yerinde özütleme madenciliğinin fizibilite çalışmalarında yer alan döner silindir hazneli özütleme testleri, açık hava basıncında, karot numuneleri üzerinde temsili özütleme solüsyonları ile yapılır. Bu testler, uranyum cevher yatağının (ana kayaç), yerinde özütleme yöntemi kullanılarak, özütlenme yatkınlığını tespit etmek için uygulanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Döner Silindir Hazneli Özütleme Testi

Cevher analiz numuneleri, müşteri aracılığı ile önceden yapılmış kimyasal uranyum analizine uygun olacak şekilde maden kuyu kayıtlarına göre belirlenmelidir. Müşteri aynı zamanda atmosferik uranyum oksidasyonunu (U^{+4}) engellemek üzere sızdırmazlığı sağlamak, analiz numunelerini bir plastik içerisinde muhafaza etmek ve dondurmamak veya başka bir uygun yöntem kullanarak analiz edilmemiş olan cevher numunesi kısmını muhafaza etmek isteyebilir. Kuyu içerisinde gama analizleri dâhili seçimde uranyum analizinde genel anlamda kullanılmamalıdır, çünkü bu sonuçlar beklenen derişimi sağlamada zorlanabilir. Seçilen numune aralıklarında kurutulmuş ve öğütülmüş (genellikle -75μ) analiz numunelerinde kimyasal U analizleri, kütle denkliği açısından gerçekleştirilmelidir.

Çalışmanın ilk aşamasında Anadolu Enerji Ltd. Şti. tarafından Temrezli Uranyum Madeninden alınan karotlara uygulanan numune hazırlama işlemleri Cevher Zenginleştirme ve Metalurji Biriminde yapılmıştır. Karot numuneleri, çeneli kırıcıdan geçirilip oluklu bölücü ile dört eşit parçaya ayrılmıştır. Numunenin yarısı şahit numune olarak ayrılırken, diğer numuneler nem tayini, kimyasal analiz ve özütleme işlemleri için ayrılmıştır.

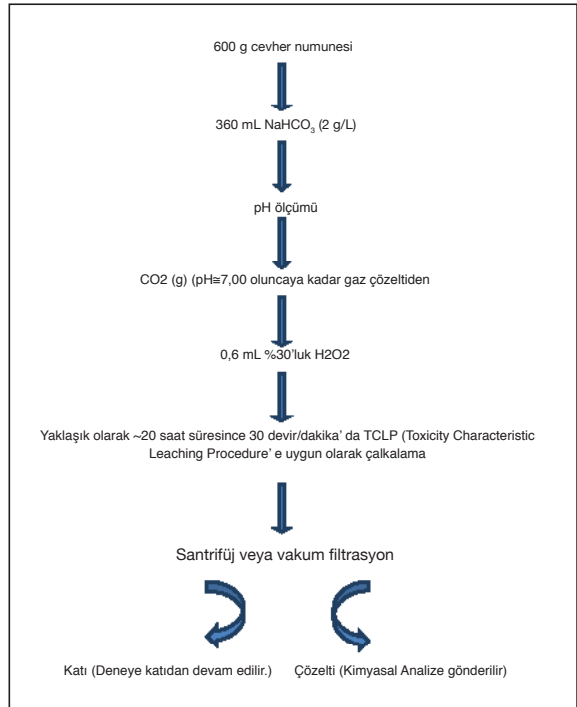
Tipik olarak yerinde liç işlemleri için gerekli numuneler boyut küçültme ve kurutma işlemi olmadan el ile hazırlanır ve harmanlanır. Numunenin analiz kısımlarına ayrılması

ve özütleme kabı içerisine tartılması işlemi, U^{+4} 'ün hava ile U^{+6} 'ya oksitlenmesini en aza indirmek için mümkün olduğunca hızlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Eğer cevher numunesinin el ile kırılması mümkün değilse (betonlaşmış numuneler), bir çeneli kırıcı veya eşdeğeri bir ekipman kullanılarak bu aşama tamamlanabilir. Malzemenin harmanlanması işlemi, kırma işleminin ardından, kuruma veya aşırı derecede havaya maruz kalma durumu olmaksızın, mümkün olduğunca hızlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Malzemeden alınacak temsili numuneler, kimyasal analiz numunesi olarak hazırlanır.

YÖNTEM

Döner Silindir Hazneli Liç Testi ile liç işlemine ait aşamalar şekil 1'de basamaklar halinde gösterilmiştir.

İlk olarak 20 saatlik özütleme sürecinin ardından, çözeltideki katı ve sıvı; yüksek hızlı santrifüj veya vakum filtreleme işlemi ile ayrılır. Ekstraksiyon (özütleme) kabında kalmış olan katıya bir miktar 2 g/L'lik $NaHCO_3$ çözeltisi ilave edilir. pH değeri CO_2 gazı kullanılarak ~ 7 'ye ayarlanır. Takiben oksitle-



Şekil 1- Döner silindir hazneli liç testi işlem basamakları

meye yardımcı olması için 0,2 g/L H₂O₂ ilave edilir (Şekil 2). Ekstraksiyon (özütleme) kabının rotasyonuna günde 20 saat olmak üzere katı içerisindeki gözenek hacmi 60 kat çözelti hacmi (60 PV) ile temas edinceye kadar devam edilir (Şekil 3). Deney sonucunda kalan katı artıklar kurutulur, öğütülür ve bir bütün numune temelinde veya eğer müşteri bu şekilde talep etmişse tane boyut dağılımı bazında kütle denkleğinin yapılması amacıyla uranyum varlığı açısından analiz edilir. Uranyum kazanım veriminin doğru bir şekilde hesaplanması için, başlangıç katı numunesinin ve özütleme işlemi sonucunda elde edilen çözelti ve nihai artığın uranyum miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çözeltiden uranyum analizleri müşteri tercihinine göre periyodik veya günlük temelde yapılabilir.

Şekil 2 ve şekil 3'te yapılan özütleme çalışmasında işlem basamaklarını gösteren fotoğraflar yer almaktadır.

SONUÇ

Temrezli Uranyum Cevherine uygulanan döner silindir hazneli liç testi sonucunda 2 g/L NaHCO₃ ve 0,2 g/L H₂O₂ ile gözenek hacminin 60 katı çözelti hacminde (60 PV) %90 verimle uranyumun çözeltiye geçtiği anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sahanın ekonomik olarak değerlendirilmesinin mümkün olduğunu gösterdiğinden daha fazla döner silindir hazneli liç testinin sahadan alınan temsili karot numunelerine uygulanması planlanmaktadır. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen bilgi birikimi ile döner silindir hazneli liç testinin diğer kıymetli metallere yerinde özütleme kazanım şartlarının belirlenmesinde kullanılması mümkün gözükmektedir.



Şekil 2- Çalkalama için hazırlanan deney numuneleri



Şekil 3- Döner tip çalkalayıcı

DEĞİNİLEN BELGELER

Devlet Planlama Teşkilatı, 2587-ÖİK:599, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Nükleer Enerji Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu.

Girgin, İ., ve Baser, F, 1990. Yerinde Liç Uygulamaları ve Tenör-Tonaj İlişkisi. *Madencilik Dergisi*, Sayı: 2.

Sağdık, U., 1978-1982. Pilot Tesis Çalışmaları, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Teknoloji Dairesi, Radyoaktif ve Nadir

Metaller Teknolojisi Servisi Çalışma Raporu.

Sağdık, U., 2012. Türkiye deki Uranyum Cevherleri Değerlendirilmesinin En Önemli Noktaları. *Türkiye 12. Enerji kongresi ve Sergisi*, syf:18.

Yörükoğlu, K., 2014. Hammadde Olarak Uranyum Ve Türkiye Uranyum Potansiyeli, *Mimar ve Mühendisler Grubu Dergisi*, Sayı:75.

WWC Engineering, 2013. Temrezli ISR Uranium Project Preliminary Economic Assessment.