**Afrika'da Koltan Madenciliği**

**Dr. Mustafa Özer**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

Koltan, niyobyum ve tantalyum elementlerini içeren metalik bir madendir. Niyobyum aynı zamanda “Kolombiyum” olarak da bilinmektedir. Bu iki element kimyasal özelliklerinden dolayı doğada genelde birlikte bulunurlar. Bu nedenle de, (colombiyum-tantalyum) “koltan” olarak isimlendirilmektedir. Koltan atom numarası 41 olaran niyobyum (Nb) ve atom numarası 73 olaran tantalyum (Ta) elementlerinden meydana gelmiştir. Koltan topraktan çıkarıldığı haliyle kullanılması mümkün değildir. Kullanılabilmesi için kendisini oluşturan niyobyum ve tantal elementlerine ayrıştırılması gerekir.

Koltan cevherinin bileşimindeki kolumbit minerali oksitler ve hidroksitler halinde bulunmaktadır. Kimyasal formülü (Fe, Mn, Mg)(Nb, Ta)2O6 şeklindedir. Kolumbit niyobyum bakımından oldukça zengindir ve güçlendirme işlemlerinde alaşım olarak kullanılır.

Koltan cevherindeki bir diğer mineral tantalit yine oksit ve hidroksit formunda yer almaktadır. Kimyasal formülü (Fe, Mn)(Ta, Nb)2O6 şeklindedir. Koltan özellikle içerisinde barındırdığı tantal elementi için çıkartılmakta olup endüstride yaygın bir biçimde kullanılan gri, ağır ve zor bir metaldir.

**Kullanım Alanları**

Bilgisayarlarda, bilişim teknolojilerinde, akıllı telefonlarda, tabletler, DVD player, şarj edilebilir elektronik cihazlarda kullanılmaktadır. Özellikle bu tür teknolojik aletlerin bünyesinde bulunan kondansatörler için tantalyum olmazsa olmaz bir hammadde kaynağıdır. Ayrıca koltan cevherinden ayrılan tantalit, erime noktasının çok yüksek olmasından dolayı nükleer reaktörlerde, türbin kanatlarında, kamera merceklerinde, roket parçalarında, laboratuvar ve ameliyat aletlerinde ve vakum fırını parçalarında kullanılmaktadırlar.

Görüldüğü gibi çok geniş bir kullanım yelpazesi olan bu mineralin en büyük bir kısmı tüketici elektroniği kullanımından oluşmaktadır. Koltan'ın elektronik cihazlarda kullanılmadan önce rafine edilmesi gerekiyor. Bu hammaddeden, tantal kapasitörler yapan niyobyum ve tantal tozu elde edilmektedir. Tantal kapasitörler, telefonun içerisinde bulunan koltan'ın son şeklidir. Elektrik enerjisini kapasitesine bağlı olarak belli bir süreliğine depo etmek için kullanılan devre elemanıdır.

**Kompakt ürünler Sunar:** Tantal kapasitörler çok küçük hacimlerde oldukça yüksek elektrik yüklerini toplama ve depolama kapasitelerine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı tüketici elektronikleri, özellikle de cep telefonları daha kompakt ve daha küçük üretilebilmektedir.

**Ses kalitesini artırır:** Koltan ayrıca, cep telefonları ve diğer ses yayan elektronik cihazlar için gelişmiş ses kalitesi elde edilen yüzey akustik dalga (SAW) filtrelerinde de kullanılmaktadır. Bir audiophile standardına ulaşamayacak olsa da bu önemli bir adım olarak nitelendirilmektedir.

**Görüntü kalitesini arttırır:** Koltan sahip olduğu özelliklerden ötürü, LCD ve cep telefonu ekranları gibi yüksek kırılma indeksli lenslerin yapımında kullanılan bir malzemedir. Bu ürün grafik kalitesini arttırmaktadır.

**Dünya Koltan Rezervleri ve Üretimi**

Önemli bir kullanım alanı ve ekonomik değere sahip olan koltan mineralinin rezervleri başta Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Avustralya, Ruanda, Brezilya, Çin, Kanada, Etiopya, Mozambik, Bolivya, Burundi, Nijerya olmak üzere birçok ülkeye dağılmıştır.

Avustralya 2000’li yılların başlarında dünyanın en büyük Koltan üreticisiydi ve onu Kanada ve Brezilya yakından takip etti. Sadece 2006 yılında üç ülke toplam dünya koltan üretiminde %80'lik bir paya sahip olmuştur. Fakat sonraki dönemlerde gerek yeni çevre düzenemeleri ve firmaların yapmış olduğu başarısız madencilik hamleleleri koltan üretimini tamamen tepetaklak hale getirmiştir. Günümüzde ise dünya koltan üretiminde Afrika ülkelerinin adı geçmektedir.

1. Demokratik Kongo Cumhuriyeti

Günümüzde dünyanın en büyük tantal üreticisi konumundaki Kongo, son yıllarda faaliyetlerini artırarak, 2021'de 700 ton metal üreterek dünya arzının üçte birini üretmiştir.

Koltan cevheri, hızla büyüyen tüm modern teknolojik cihazların imalatının vazgeçilmezi durumunda olup “siyah altın” olarak tanımlanmaya başlamıştır. Durum böyle oldukça dünyada koltan talepleri giderek artmaktadır. Dünya koltan cevheri rezervlerinin %80’ni Orta Afrika’da bulunması, bunun yanı sıra da bölgede yaşanan istikrarsızlık, ekonomik ve sosyal sıkıntılar, uluslararası para baronları ve yasa dışı sömürü güçlerini harekete geçirmiştir. Kongo’dan Afrika, Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki çeşitli bölgelere kadar gerçekleştirilen koltan tedarik zincirinde ulusötesi organize suçun yedi boyutunu ortaya çıkarmıştır. Bunlar yasadışı madencilik, yolsuzluk, kalpazanlık, Kongolular tarafından yerel olarak gerçekleştirilen paravan ve gizli anlaşmalar, sınır ötesi yasadışı faaliyetler olan kaçakçılık ve kaynak avcılığıdır. Organize suç üzerinde en fazla etkiye sahip olanlar yasadışı madencilik ve kaçakçılıktır. Ülkedeki bu durum çevre yasalarının ihlali, maden sahalarında çocuk işçiliği ve risk altındaki nüfusların suistimal edilmesini tetiklemektedir.

Küresel koltan pazarı 2019 yılında 1.504,81 milyon ABD doları değerindeydi. 2021 ve 2026 yılları arasında yılda %5,58 oranında büyüyerek 2026 yılı sonunda 1.933,92 milyon ABD dolarına ulaşması beklenmektedir. Bunun gelecekte de bu suç unsurlarını daha da arttıracak olmasından korkulmaktadır. Bu bağlamda çeşitli kuruluşlar, şirketleri ülkede etik olmayan şekilde üretilen tantal satın almaktan caydırmak için önemli adımlar atmışlardır. Bunlardan biri Dodd-Frank Wall Street Reformu ve Tüketici Koruma Yasası, kısmen bu yasadışı maden faaliyetlerini durdurmak için tasarlandı. Ancak şirketler, tedarik zincirlerinin açık olmasını sağlamada zorluklarla karşılaşarak göstermiş oldukları çabalar her zaman etkili olmadı.

Kongo’da 1990’lardan öncesinde tantal esas olarak bir yan ürün olarak kalay madenciliği sırasında üretilmekteydi. Bölgede kalay, genellikle koltan yatakları boyunca bulunan kasiteritten (kalay oksit minerali) çıkarılmaktadır. 1976 yılında Belçikalı madencilik firmaları ve Zaire Hükümeti tarafından kurulan Belçika-Zairian şirketi Société Minière et Industrielle du Kivu (SOMINKI) başlıca üreticileri pozisyonundaydı. 1980'lerde Zaire'deki sıkıntılar şirket için ekonomik zorluklara neden oldu ve 1985'te kalay fiyatlarının düşmesi ile de SOMINKI'nin doğu Kongo'daki bazı endüstriyel madenlerini kapatma kararı almasına neden oldu. Sonraki dönemde SOMNIKI bireysel madencilere izin vermis ve zanaatkar madenciler devreye girmiştir. İşten çıkarılan işçilerin bir kısmı zanaatkar madenci oldular. 1991'de Kongo'nun üretimi koltan konsantresi üretimi 57 tona ulaşmıştır. Ancak bu dönemde devlet kurumlarının gerilemesi ve altyapının bozulması, üretimde çok keskin bir düşüşe neden olmuştur ve 1995'te sadece 1 ton Koltan üretimi gerçekleşmiştir. Aynı yıl, SOMINKI'nin Belçikalı hissedarları hisselerini Kanadalı bir şirket olan Barno'ya satmaları ve 1996'da Birinci Kongo Şavaşı’nın başlamasıyla tantalın endüstriyel madenciliği tamamen sona ermiştir (Usanov vd., 2013).

Bu dönemde tamamen duran koltan madenciliği 2000 yılında yine büyük bir patlama gerçekleştirmiştir. Bunun en temel nedeni 2000 yılı Haziran ayında hızla yükselmeye başlayan ve 2001 yılı başlarında zirveye ulaşan tantal fiyatları olmuştur. Fiyatlar; bu kısa süre içinde altı kattan fazla arttarak koltan madenciliğini tekrar canlandırmıştır. Ülkedeki zanaatkar madenciliğinin önemli miktarda genişlemesine neden olmuştur. 1996-1999 arasında sıfır olan koltan üretimi 2000 yılında 130 tona ulaşmıştır. Bu rakamla o yıl, Kongo dünyanın birincil tantal üretiminin %12'sini oluşturmuştur (Usanov vd., 2013).

Kongo’daki koltan üretiminin, 2001'deki en yüksek seviyelere çıkmasından sonra birkaç yıl boyunca düşme eğilimine geçmiştir. Bu düşüş 2006'da en düşük seviyesine (küresel birincil tantal üretiminin sadece %1,6'sı) ulaşmıştır. Fakat bir sene sonra 2007’de Kongo’da koltan üretimi tekrar maksimum seviyelere çıkarak bir patlama yaşamıştır. Demokratik Kongo Cumhuriyeti’nde tantal üretimi, 2000'deki üretim seviyelerine yakın sıçradı. Fakat bu defa bu artış süresi daha uzun sürdü. Bu dönemde küresel tantal üretiminin %20 miktarında üretim gerçekleştirilen Kongo’da 2009-2010 yıllarında Brezilya'dan sonra en büyük ikinci tantal üreticisi olduğu belirtilmektedir (Usanov vd., 2013).

2009'dan bu yana, Orta Afrika'daki Great Lakes bölgesi, Avustralya'nın dünyanın en büyük tantal cevheri üreticisi ünvanını artık devralmıştır. 2013'ten 2018'e kadar bölgedeki üretim, küresel tantal madeni üretiminin yaklaşık yarısını oluşturmuştur. Önümüzdeki on yılda, endüstri gözlemcileri, diğer kaynaklardan gelen tantalumun, esas olarak lityum sert kaya madenciliğinin bir yan ürünü olarak küresel pazara daha fazla gireceğini, fakat Great Lakes bölgesinin büyük bir üretici olarak kalacağını bekliyor (Roskill, 2020).

**2. Ruanda**

Ruanda, dünyanın en büyük üçüncü tantal üreticisidir. Fakat Demokratik Kongo Cumhuriyeti’nden yasadışı KOLTAN ticareti, kaçakçılık sonucu Ruanda’ya önemli miktarda koltan girişi yapıldığı hususu üretim rakamları hakkında çelişkiler ortaya koymaktadır. 2021 yılı üretim rakamlarına göre ülkedeki toplam koltan üretimi 270 ton olarak gerçekleşmiştir.

Ruanda, Uganda, Burundi ve onların destekçisi olan ülkelerin, Kongo'daki koltanın başlıca sömürenlerinden oldukları hususu önemli bir iddia olarak ortaya atılmıştır (https://friendsofthecongo.org/coltan/). Bu kaynağa göre Ruanda ve Uganda'da çok az koltan bulunmasına rağmen, Kongo'daki savaş döneminde ihracatları katlanarak artmıştır. Örneğin, Ruanda'nın koltan ihracatı 1995'te 50 tonun altındayken 1998'de neredeyse 250 tona çıkmıştır.

Ruanda 2014 yılında küresel tantal konsantrelerinin %50'sini (ve küresel tantal metalinin %25'ini) üretmiştir, bu oran 2000 yılında sadece %12 seviyelerindeydi. Madencilik sektörü Ruanda'nın 7,8 milyar dolar olan GSYİH'sının yaklaşık %1,5'ine karşılamaktadır. Ülke son zamanlarda tantal, kalay ve niyobyum çıkarmak için Umman'daki Mawarid Mining firması birimiyle 39 milyon dolar değerinde beş yıllık bir madencilik sözleşmesi imzalamıştır. Ülke artık madencilik konusunda önemli bir üne sahip ve Ruanda halkı madenlerini önemli bir varlık ve zenginlik kaynağı olarak görüyor.

Ne yazık ki diğer önemli koltan üreticisi konumundaki Demokratik Kongo Cumhuriyeti farklı bir hikaye sahibidir. Ülke 2000 yılında dünya tantal konsantre üretiminin %9’unu sahipken bu üretim 2014 yılında, neredeyse iki katı olarak gerçekleşmiştir (%17'si). Buna rağmen ülke insanı yıllarca süren savaş ortamından bunalmış ve parçalanmış durumdaydı. Hükümet, koltan madenciliği üzerinde çok az kontrole sahipti ve silahlı gruplar, madenlerin ve kaçakçılık yollarının yönetimi için sürekli savaşıyorlar. "Sınırlar, askerlerin silah karşılığı maden ticareti yaptığı savaş bölgeleri olmaya devam ediyor."

Hükümet bir taraftan barış anlaşmalarını müzakere ederek devam eden iç savaşı sona erdirmek için girişimlerde bulunurken, diğer taraftan çocuk işçilerin yüksek tehlikeli ortamlarda çalıştırılması hususunda önlemler almak, kaçakçılığın önüne geçmek için uğraş vermektedir. Bunun yanı sıra Doğu Kongo'daki iki milyondan fazla madenci ise tek başına koltan cevherinden tantal metali çıkarmaktadırlar. Ancak üretilen maden, Ruanda da dahil olmak üzere diğer komşu ülkeler aracılığıyla Kongo'dan kaçırılırken rafine edilmek üzere izabe tesislerine yurtdışına gönderilmektedir.

Siyah ile beyaz gibi tam zıt olan bu iki ülkeden Ruanda zenginlikten payını alırken, Kongo büyük sıkıntılarla uğraşmaktadır. Ruanda koltan madenciliği konusunda ayrıca ek yatırımlar yaparak, ekonomik faydasını arttırmak amacındadır. Ülkede 2018'de Power Resource Group şirketi Ruanda'da bir tantal rafinerisini devreye alma kararı vermiştir. 2021'de Ruanda, ABD'ye tantal cevheri ve konsantre ithalatının ikinci en büyük kaynağı durumundadır.

3. Nijerya

Nijerya 2021'de 260 ton üretim rakamı ile dünyanın dördüncü en büyük tantal üreticisi konumundadır. Kesin rakam bilinmemekle birlikte, ülkenin büyük bir tantal potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Koltan cevheri içeren nadir metal pegmatitler, Nijerya'nın Pan-Afrikan (600±150Ma) tabanında yaygın olarak bulunmaktadır ve bu pegmatitler aynı zamanda değerli ve yarı değerli taşların (beril, akuamarin, turmalin gibi) önemli kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu pegmatitler esas olarak Wamba-Keffi-Nasarawa bölgesinden (Jos Platosu yakınında) orta Nijerya'daki Isanlu-Egbe üzerinden güneybatıdaki Ijero-Aramoko-llesha bölgelerine uzanan 400 km uzunluğundaki KD-GB doğrultulu bir kuşaktan bilinmektedir. Bunun yanı sıra Nasarawa, Osun, Ekiti, Kwara, Cross Rivers, Gombe, Kogi Eyaletlerinin yanı sıra Federal Başkent Bölgesi, Abuja'da büyük tantalit yatakları bulunmaktadır. Bu alanları istila eden sayısız pegmatit kütlelerinde tortular hem alüvyon hem de birincil oluşumdur.

**Koltan Zenginleştirme ve İşleme**

Koltan zenginleştirme özellikle ilkel yollarla madencilik yapan Afrika kıtası için oldukça önemli bir konudur. Kongo, Nijerya ve Ruanda gibi Afrika'daki koltan madenleri, Çin koltan madenlerinden tamamen farklı yapısal özelliklerdedir. Afrika'daki koltan madenleri basit bir yapıya ve bileşime sahip olup minerallerin çoğu yüksek serbestlik derecesine sahiptir ve büyük miktarda kil içermektedir. Bu özelliklerinden dolayı koltan konsantresi elde etme işlemi oldukça basittir. Örneğin Nijerya'da koltan minerali alındığında, koltan boyutu genellikle +0,5 mm'dir ve koltan granüllerine diğer bazı safsızlıklarla birlikte büyük miktarda kil mevcuttur. Bu nedenle cevher yıkama bir zorunluluktur.

Afrika kıtasında bulunan bu cevherlerin zenginleştirilmesi genel olarak, yıkama, boyuta göre sınıflandırma ve gravite ayırma yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Gravite ayırıcılardan en yaygın olarak jig, spiral ve sarsıntılı masa kullanılmaktadır. Jig ile spiral daha çok ön zenginleştirme işleminde kullanılırken nihai koltan konsantresi sarsıntılı masa ile zenginleştirme işlemi sonunda elde edilmektedir.

Gerçekleştirilen cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemleri sonunda elde edilen koltan konsantrelerinde, niyobyumdan ayırma dahil olmak üzere koltanın ekstraksiyonu ve rafine edilmesi, genellikle cevherlerin yüksek sıcaklıklarda bir hidroflorik ve sülfürik asit karışımı ile işlemi sonucunda gerçekleştirilir. Burada, koltan ve niyobyum kompleks florürler olarak çözünmesine neden olur. Genellikle çözeltideki tantal değerleri potasyum tantal florüre (K2TaF7) veya tantal okside (Ta2O5) dönüştürülür. Niyobyum, oluşan niyobyum florür kompleksinin hidroksitini oluşturmak üzere amonyak ile nötralizasyonu yapılır ve ardından oksidasyon (kalsinasyon) yoluyla niyobyum oksit (Nb2O5) olarak geri kazanılır.

Külçe ve çeşitli metalurjik ürünler halinde işleme için ise metal tozunun konsolidasyonu ya vakum ark eritme ya da elektron ışınıyla eritme ile başlar. İkili ve üçlü eriyik külçeler, metaller ilgili olarak çok yüksek bir saflaştırma düzeyi sağlanır. Elde edilen metal külçeler farklı alaşımlar üretmek için kullanılır. Tantal %10 tungsten gibi alaşımların üretimi için külçe stoğu da kullanılır. Kara ve hava tabanlı türbinler için alaşım üretiminde külçe ve saf tantal hurdası kullanılmaktadır.

**Kaynaklar**

1. Artur Usanov ve diğ., 2013 “Coltan mining in the DRC” Hague Centre for Strategic Studies (2013), http://www.jstor.com/stable/resrep12571.7
2. Dale Benton, 2020,”AB Minerals Corp to establish the first ever Coltan Processing Plant in Africa” May 17, 2020 https://miningdigital.com/supply-chain-and-operations/ab-minerals-corp-establish-first-ever-coltan-processing-plant-africa.
3. Hayes, K & Burge, R. (2003) Coltan Mining in the Democratic Republic of Congo: How tantalum-using industries can commit to the reconstruction of the DRC. Fauna & Flora International, Cambridge, UK
4. Joseph R. Kafuka, 2021 “DRC:s coltan- an asset for illegal traders” manskligsakerhet.se/2021/06/01/drcs-coltan-an-asset-for-illegal-traders/
5. Matrix, 2014, “Rwanda tops the world’s coltan (columbite–tantalite) exports”, 18th December 2014. https://im-mining.com/2014/12/18/rwanda-tops-the-worlds-coltan-columbite-tantalite-exports/
6. Oluwole Ojewale, 2022 “Mining and illicit trading of coltan in the Democratic Republic of Congo” https://theconversation.com/what-coltan-mining-in-the-drc-costs-people-and-the-environment183159, May 29, 2022,
7. P. Schutte and U. Naher, Tantalum supply from artisanal and small-scale mining: A mineral economic evaluation of coltan production and trade dynamics in Africa’s Great Lakes region, Resources Policy 69, 2020, www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S0301420720309272.
8. Roskill, 2020 “Tantalum: Outlook to 2029” (fifteenth ed.), London, UK.
9. “Rwanda builds first Tantalum and Niobium refinery” In Construction & Engineering, Mining, Environmental & Resources
10. lexafrica.com/2017/11/rwanda-builds-first-tantalum-and-niobium-refinery/
11. “Top 5 Tantalum-mining Countries” (Updated 2022) https://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/tantalum-investing/2013-top-tantalum-producers-rwanda-brazil-drc-canada/
12. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2021
13. friendsofthecongo.org/coltan/

Bu makalenin yer aldığı 105. sayımıza buradan ulaşabilirsiniz: https://madencilikturkiye.com/wp-content/uploads/2018/09/Madencilik-Turkiye-Dergisi-Sayi-105-re456sdf39gtr.pdf