

Alunit Cevherinden Potasyum ve Alüminyum Sülfat Hammaddelerinin Kazanımı

E. Kılınc Aksay, A. Ünal, İ. Cöcen, E. Kaya & A. Akar

Dokuz Eylül Üniversitesi, Bornova, İzmir

ÖZET: Alunit cevheri $[KAl_3(SO_4)_2(OH)_6]$, bilhassa içerdiği potasyum sülfat $[K_2SO_4]$ ve alüminyum sülfat $[Al_2(SO_4)_3]$ bileşikleri ile, önemli bir endüstriyel hammaddedir. Alunitler bünyelerinde $Al_2(SO_4)_3$ ve K_2SO_4 gibi suda kolay çözünen iki bileşim içermesine rağmen, suda kolay çözünmezler, ancak kalsine edildiği zaman sudaki çözünürlükleri artar. Bu çalışmada, Kütahya Şaphane yöresine ait alunit cevherinden potasyum ve alüminyum sülfatın kalsinasyon yöntemiyle su ve %2 sülfürik asitli $[H_2SO_4]$ ortamlarda çözünürlüğünün artırılarak kazanılması araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, alunit cevherinin 550 °C'den sonra yapısal olarak bozunmaya başladığı, potasyum ve alüminyum sülfat çözünürlüğünün sülfürik asitli ortamda daha fazla olduğu gözlenmiştir.

ABSTRACT: Alunite $[KAl_3(SO_4)_2(OH)_6]$ as a source of potassium sulfate $[K_2SO_4]$ and aluminum sulfate $[Al_2(SO_4)_3]$ is an important commercial raw material for many industrial applications, despite its low solubility in water. The solubility of the alunite ore increases in water after calcination process at relatively high temperatures. In this study, the solubility of the alunite ore, provided from a deposit in Kütahya Şaphane, was investigated by a calcination method (thermal decomposition) and subsequent solubilization in water and in diluted sulfuric acid $[H_2SO_4]$. The results show that the structure of the ore break down after about 550°C and the solubility of the potassium and aluminum sulfates increases in diluted sulfuric acid compared to water.

1. GİRİŞ

Alunit önemli bir şap minerali olup kimyasal bileşimi sulu potasyum alüminyum silikattır. Alunit, $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ veya $K_2O.3Al_2O_3.4SO_3.6H_2O$ formülü ile ifade edilir. Saf alunit mineralinin kimyasal bileşiminde %37 Al_2O_3 , %11,4 K_2O , %38,6 SO_3 , ve %13 H_2O bulunur. Alunitler bünyelerinde $Al_2(SO_4)_3$ ve K_2SO_4 gibi suda kolay çözünen iki bileşim içermesine rağmen yapılarından dolayı suda kolay çözünmezler. Ancak kalsine edildiği zaman sudaki çözünürlükleri artar (DPT, 2001; Gülensoy, H., 1968).

Alunit genel olarak riyolit, dasit, andazit türü anti-intermediyer volkanik kayaların hidrotermal alterasyonu sonucu oluşmaktadır. Kayalar içinde tanecikler halinde, bazen de cep ve damar şeklinde

yer almaktadır. Kristal şekli romboedral olmasına rağmen bu şekilde yaygın olarak görülmez. Çoğunlukla kütlemsi, taneli, lifsi ve zaman zaman da beyaz-kırmızımsı yada toprak renklidir. Kristal yapısında olanlar ise parlak ve camsı görünümündedir (DPT, 2001).

Eski devirlerde, yapılı kuvarsin sertliğinden dolayı değirmen taşı imali için kullanılan alunit cevherleri, 13. yüzyılda dünyada ilk defa İzmir-Foça'da şap üretimi için üretilmiştir. Günümüzde ise alüminyum sülfat $Al_2(SO_4)_3$ şapa tercih edilmektedir. Diğer taraftan alunit cevheri değerli bir potasyum gübresi kaynağı (K_2SO_4) olarak kullanılmaktadır (DPT, 2001). Bugün yurdumuzda kullanılan potasyumlu gübre genellikle potasyum sülfattır (DPT, 2000). Alunit ve alüminyum sülfat, alüminyum üretiminde, kimya, gübre, çimento ve seramik sanayiinde, refrakter malzeme yapımında ayrıca

tekstil, deri, kağıt, arıtma sanayii ile eczacılık ve tıp alanında, kozmetik, şeker sanayii, yangın söndürme aletleri, boya ve vernik yapımında kullanılmaktadır (Gülensoy, H., 1968, Özer, E., 2002). Potasyum sülfat gübre olarak en çok patates, tütün, sebze, meyve, turuncgiller, baklagiller, mısır, pamuk, şekerpancarı ve seralarda kullanılır (MTA, 2004; Toros Gübre, 2004). Halen yurdumuzda potasyumlu gübrelerin tamamı ithalatta karşılanmaktadır (DPT, 2000).

Dünyada bilinen bir çok alunit yatağı vardır. En büyük alunit yataklarından iki tanesi Amerika'dadır. Bunların dışında bilinen en önemli alunit yataklarının Kafkasya, Özbekistan, Azerbaycan, Kazakistan, Fransa, Macaristan, İtalya, Çin, Japonya, İspanya, Avustralya ve Türkiye'dedir. Türkiye'de bilinen en büyük alunit yatakları ise Giresun-Şebinkarahisar, Kütahya-Şaphane ve İzmir-Foça yöresinde bulunmaktadır (Gülensoy, H., 1968).

Bu çalışmada, Kütahya-Gediz-Şaphane yöresi alunit cevherinin öncelikle yapısal özellikleri tespit edilmiş, ardından kalsinasyon sıcaklığına bağlı olarak alunit cevherinden kimyasal yöntemlerle potasyum sülfatın [K₂SO₄] ve alüminyum sülfatın [Al₂(SO₄)₃] kazanılması araştırılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Çalışmada kullanılan alunit cevheri Kütahya ili Gediz ilçesi Şaphane yöresinden elde edilmiştir. Saha petrografik yönden genel olarak riyolit tüflerden oluşmuştur. Yer yer trakit ve trakit-andezitik kayalara rastlanır. Alunit yatağında silisleşme ve alunitleşmenin yanı sıra kil mineralleşmesi (kaolenleşme) de gözlenmektedir. Silis ve alunit, kriptokristalin yapıda birbiri içerisindedir (DPT, 2001). Çalışmalarda kullanılan ham alunit cevherinin kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kütahya-Gediz-Şaphane yöresi alunit cevherinin kimyasal bileşimi

Bileşen	%
SiO ₂	66,44
Al ₂ O ₃	22,02
K ₂ O	5,52
Na ₂ O	0,19
Fe ₂ O ₃	0,44
SO ₃	4,06
CaO	-
MgO	-
K.K	0,84

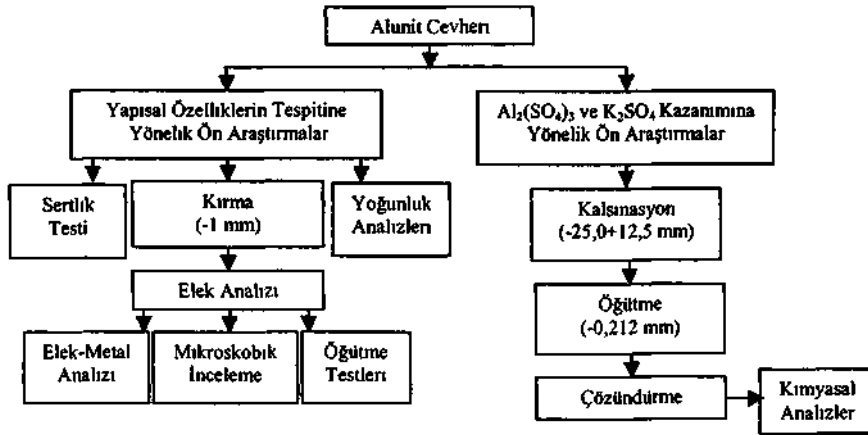
2.2. Yöntem

Kütahya-Gediz-Şaphane yöresinden getirilen alunit cevherine, Şekil 1'de verilen akım şemasında gösterildiği gibi, alüminyum sülfat ve potasyum sülfat'ın yapısal özelliklerinin saptanması ve kazanımı yönünden ön araştırmalar yapılmıştır.

Alunit cevherinin yapısal özelliklerini belirlemek amacıyla, çeneli kırıcı ile iki kademede kırılan (-1 mm) cevher, elek analizine tabii tutulmuştur. Cevherin serbestleşme tane boyutu elek fraksiyonlarının binokular mikroskopta incelenmesi ile saptanmıştır. Kimyasal analizler Perkin-Elmer Atomik Adsorpsiyon Spektrofotometre (AAS) cihazı ile yapılmıştır. Cevherin saptanan serbestleşme tane iriliğine kadar öğütülebilmesi için öğütme testleri yapılmıştır. Öğütme, -1 mm tane boyutlu 1 kg alunit numunesi için 7 kg seramik bilya kullanılarak seramik değirmende süreye bağlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Alüminyum ve potasyum sülfatın kazanılmasına yönelik yapılan kalsinasyon işleminde -25,0 + 12,5 mm tane boyutuna sınıflandırılmış alunit numunesi 1 saat süre ile farklı sıcaklıklarda kalsine edilmiştir. Kalsinasyon işlemleri 500 gr alunit numunesi ile yapılmıştır.

Kalsinasyon + öğütme işleminden sonra yapılan çözündürme işlemi 2 saat süre ile 80 °C'de, suda ve sülfürik asitli ortamda (% 2 H₂SO₄) ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çözündürme işlemleri 20 gr kalsine alunit numunesi ile yapılmıştır.



Şekil 1. Alunit cevherine uygulanan işlemlerin akım şeması

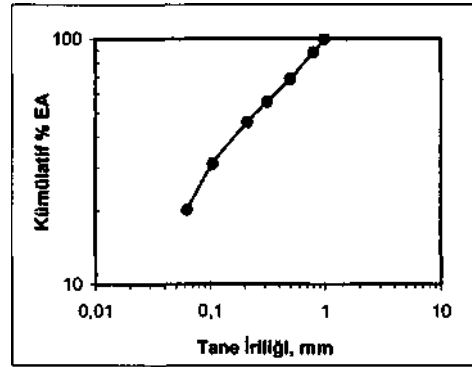
3. DEĞERLENDİRMELER

3.1 Alunit Cevherinin Yapısal Özelliklerinin Araştırılması

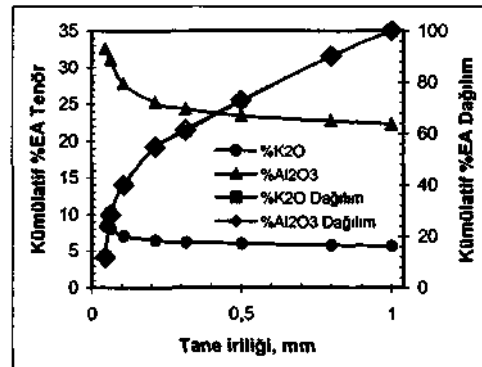
Alunit cevherinin yapısal özelliklerini tespit etmek için cevher, -1 mm tane boyutunun altına kırılmış ve kırılmış cevherin tane boyut dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Kırma işleminden sonra sınıflandırılan alunit cevherinin her bir fraksiyonu binokular mikroskopta incelenmiş, cevherin alunit, demir oksit, kil ve kuvars minerallerini içerdiği saptanmıştır. Tane boyut fraksiyonu (-0,212 +0,106 mm) de alunitin %80'inin, demir oksit ve kil minerallerinin ise %15 oranında serbest durumda olduğu, gen kalanını ise serbest kuvars (%2) ve noktasal bağımlı yada kenetli tanelerden (%3) oluştuğu tespit edilmiştir. Bu nedenle alunit cevherinin optimum serbestleşirle tane boyutunun -0,212 mm olduğu saptanmıştır.

Sınıflandırılmış alunit numunesine elek-metal analizleri uygulanmış ve sonuçlar % K₂O ve % Al₂O₃ yönünden Şekil 3'de eğrisel olarak sunulmuştur.



Şekil 2. -1 mm tane boyutunun altına kırılmış ham alunit cevherinin elek analizi grafiği

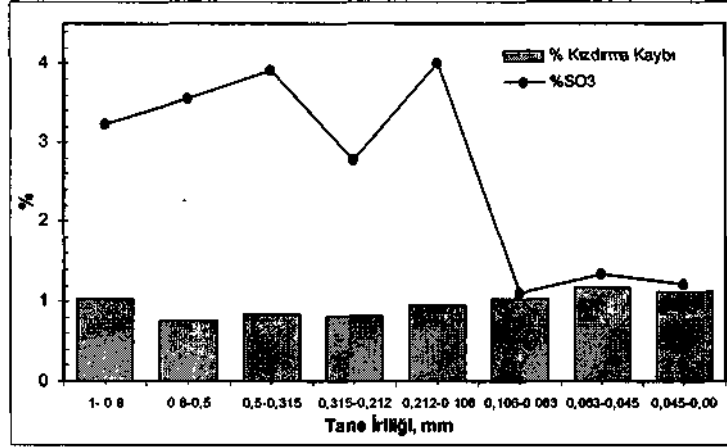


Şekil 3. Alunit cevherinin Al₂O₃ ve K₂O yönünden tenör-dağılım grafiği

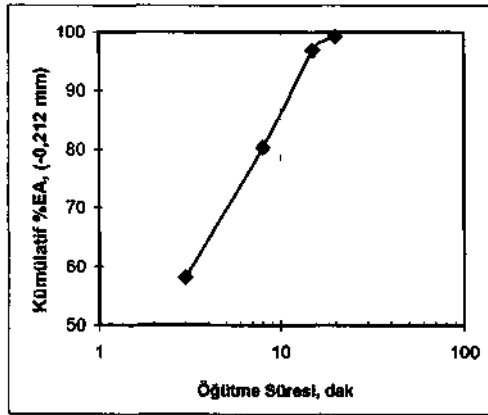
Şekil 3'de, % K₂O ve % Al₂O₃ tenörlerinin, tane iriliğinin azalması ile arttığı, her iki bileşenin ise cevherdeki dağılımlarının aynı ve ince taneye bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. Bu nedenle tane boyutuna bağlı olarak, kırma ve sınıflandırma yoluyla zenginleştirmenin mümkün olamayacağı anlaşılmıştır.

Şekil 4'de ise, fraksiyonel olarak sınıflandırılan alunit ham cevheri, % Kızdırma Kayıpları ve % SO₃ miktarları yönünden değerlendirilmiştir

Şekil 4'de sınıflandırılmış alunit cevherinin her bir fraksiyonu % kızdırma kaybı (kütleli kaybı)



Şekil 4 Alunit cevherinin fraksiyonel olarak sınıflandırılmış ürünlerinin % kızdırma kaybı ve %SO₃ miktarı grafiği



Şekil 5. Alunit cevherinin, -0,212 mm tane boyutu altına süreye bağlı olarak öğütme testi grafiği

yönünden değerlendirildiğinde birbirine yakın değerler (%0,82-%1,17 arasında) elde edilirken, %4,01 oranıyla en fazla %SO₃ miktarının -0,212+0,106 mm tane aralığında olduğu tespit edilmiştir.

-1 mm tane boyutunun altına kırılan numuneye süreye bağlı öğütme testi uygulanmıştır. Şekil 5'de, en uygun serbestlik derecesinin sağlandığı -0,212 mm tane boyutuna öğütülen numunelerin öğütme sürelerine göre ağırlıkça % değerleri gösterilmektedir.

Şekil 5'de de görüldüğü gibi, tane serbestliği dikkate alındığında optimal çözündürmenin gerçekleşebileceği en uygun tane iriliği olarak tespit edilen -0,212 mm tane boyutunun altındaki alunit numunesi için gerekli olan öğütme süresi 10 dakika (% 85'i -0,212 mm) olarak saptanmıştır.

Ayrıca, Kütahya-Gediz-Şaphane yöresi ham alunit cevherinin yoğunluğunun % 2,55 gr/cm³ olduğu, sertliğinin ise 77 Vickers = 80 Brienel = 2-3 Mohs olduğu testlerle saptanmıştır.

3.2. Alüminyum ve Potasyum Tuzlarının Kazanılmasına Yönelik Ön Araştırmalar

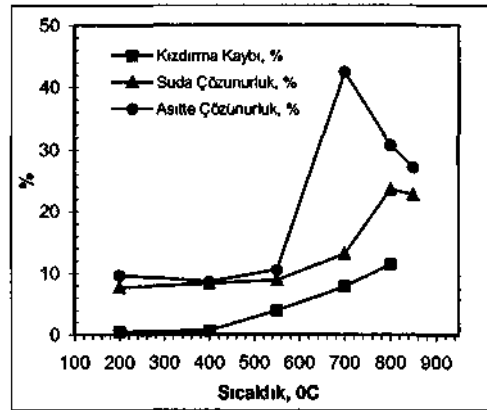
Alunit cevherinin potasyum ve alüminyum oksit dağılımı yönünden homojen bir yapı göstermiş olması, cevheri kimyasal yöntemlerle

zenginleştirmenin gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Dolayısıyla alunit cevherine kalsinasyon + öğütme + çözme + kristalizasyon işlemlerinin sırasıyla uygulanmasının yerinde olacağı düşünülmektedir. Cevherin homojen bir yapı göstermesi ve ince tanelerin kalsinasyon işleminde ısı difüzyonunu engellemesi nedeniyle alunit cevheri -25,0 + 12,5 mm tane boyutuna sınıflandırılmış ve farklı sıcaklıklarda kalsine edilmiştir. Değişik sıcaklık parametrelerinde kalsine edilen alunit numunelerinde gerçekleşen ağırlıksal kayıplar (%) tespit edildikten sonra numuneler serbestleşme tane boyutuna (-0,212 mm) kadar öğütülmüş ve hem sudaki hem de sülfat asidindeki çözünürlük miktarları (%) deneysel olarak bulunmuştur. Çözündürülen kalsine alunit numunelerinde alüminyum ve potasyum sülfat ağırlıksal (%) olarak tayin edilebilmiştir. Kalsinasyon işlemi 850 °C sıcaklığa kadar yapılmış, yüksek SO₃ gazı çıkışı nedeniyle daha yüksek sıcaklıklarda çalışılmamıştır.

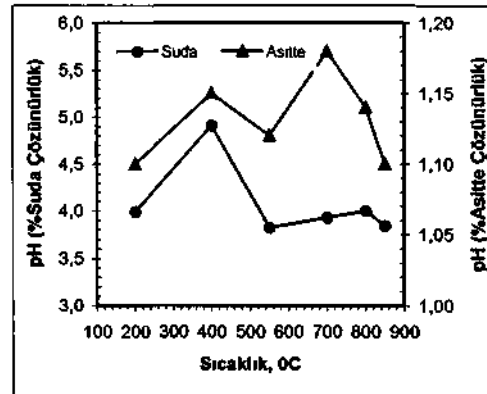
Şekil 6'de de görüldüğü gibi kalsinasyon işlemine tabii tutulan alunit numunesinde kütleli (%) azalma, 400 °C'den sonra hızlı bir şekilde artmaya başlamış ve bu azalma 800 °C ye kadar devam etmiştir. Kalsine edilen alunit numuneleri suda ve sülfat asidinde (H₂SO₄) çözündürüldüğünde, çözünmenin 550 °C'den itibaren başladığı görülmektedir. 400-550 °C arasında bünyedeki suyun tamamen dehidratize olduğu görülmektedir. Sülfat asidinde (H₂SO₄) yapılan çözündürme ile maksimum çözünme 700 °C kalsine sıcaklığında elde edilirken, kalsine alunit cevherinin aşağı yukarı % 42 çözünmektedir. Suda yapılan çözündürmede ise maksimum çözünme 800 °C kalsinasyon sıcaklığında gerçekleşirken, kalsine alunit cevherinin aşağı yukarı %24'ü çözünmektedir.

Şekil 7'de ise, sıcaklığa bağlı olarak kalsine edilen alunit cevherinin, su ve sülfirik asit ortamında çözündürülmesi ile elde edilen çözeltinin pH değerlerindeki değişimler eğrisel olarak gösterilmiştir. Kalsine alunit cevherinin her iki çözündürme ortamındaki pH değişimlerinin oldukça küçük değerlerde olmasına rağmen; elde edilen pH eğrileri, kalsine alunit cevherinin her iki ortamdaki çözünme eğrileri (Şekil 6) ile benzerdir. Şekil 7'de görüldüğü gibi, 400 °C sıcaklıkta kalsine edilen alunit cevheri suda ve sülfirik asit ortamında çözündürülmesi ile elde edilen

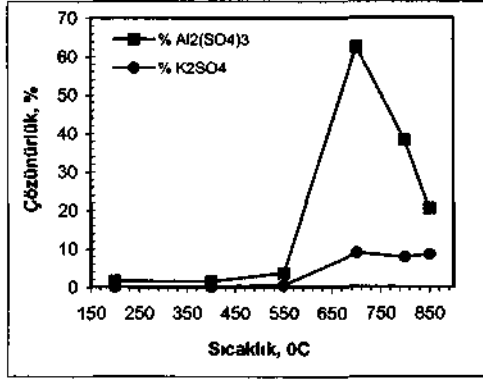
çözeltilerin pH değerleri sırasıyla 4,91 ve 1,15 olarak tespit edilmiştir. 550 °C sıcaklıkta ise çözeltilerin pH değerleri düşmüş ve sırasıyla 3,82 ve 1,12 değerleri saptanmıştır. 700 °C sıcaklıkta kalsine edilen alunit cevherinin asidik ortamda çözündürüldüğünde çözeltinin pH değeri 1,18'e yükselirken, bu sıcaklıkta kalsine edilen alunit cevherinin su ortamında çözündürülmesi ile elde edilen pH değeri 3,93 olduğu saptanmıştır. 800 °C sıcaklıkta kalsine edilen alunit cevherinin su ortamında çözündürülmesi ile pH değeri 4,0 olduğu, bu sıcaklıkta kalsine edilen alunit cevherinin asidik ortamda çözündürüldüğünde ise çözeltinin pH değerinin 1,14 olduğu belirlenmiştir.



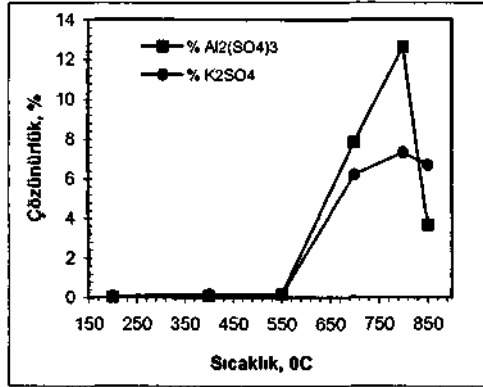
Şekil 6. Kalsinasyon sonrası % kütleli azalma (% kızdırma kaybı), suda ve sülfirik asitte çözünürlük grafiği



Şekil 7. Kalsine alunit cevherinin çözündürme ortamına bağlı pH değişimleri



Şekil 8. Alunit Cevherinin Kalsinasyonu Sonrası Sülfürik Asit Ortamında Çözünen Çözelti Bileşenlerinin Sıcaklığa Bağlı Çözünme Grafiği



Şekil 9. Alunit cevherinin kalsinasyon sonrası suda çözünen çözelti bileşenlerinin sıcaklığa bağlı çözünme grafiği

Şekil 8'de görüldüğü gibi kalsine alunit cevherinin sülfürik asitte (% 2 H₂SO₄) çözündürülmesi ile yapısında 400 °C'den itibaren 550 °C'ye kadar bir değişiklik olduğu, 400 °C'de %1,49 Al₂(SO₄)₃ ve % 0,17 K₂SO₄ tenör değerlerinde olan çözelti bileşenleri, 550 °C'de %3,73 Al₂(SO₄)₃ ve % 0,49 K₂SO₄ tenör değerlerine yükseldiği görülmektedir. Ancak bu sıcaklık aralığında çözelti bileşenlerinin çözünme miktarlarının çok düşük olması, alunitin sadece bünye suyunu kaybetmiş olduğunu göstermektedir. Ancak bu sıcaklık aralığında çözelti bileşenlerinin sudaki çözünürlükleri Şekil 8'da görüldüğü gibi, farkedilebilir değişimler göstermemektedir.

Şekil 8 ve 9'dan da görüldüğü gibi, 550 °C'den itibaren alunit cevherinin yapısında bir bozunma olduğu görülmektedir. Şekil 8'de, kalsine alunit cevherinin sülfürik asitte (H₂SO₄) çözündürülmesi ile 700 °C'de % 62,48 Al₂(SO₄)₃, % 8,96 K₂SO₄, tenör değerlerinde çözünme elde edilmiştir. Bu sıcaklık aralığında özellikle Al₂(SO₄)₃'ün çözünürlüğü maksimum seviyeye ulaşmış ancak Al₂(SO₄)₃ yanında K₂SO₄'da bir miktar çözünmüştür. Kalsinasyon sıcaklığı 800 °C'ye yükseldiğinde ise, çözelti bileşenlerinin tenör değerlerinde bir düşme olduğu görülmekte ve % 38,24 Al₂(SO₄)₃, % 7,94 K₂SO₄ tenör değerleri elde edilmektedir. Kalsinasyon sıcaklığı 850 °C'ye yükseltildiğinde çözelti bileşenlerinden Al₂(SO₄)₃ tenörünün daha da düşmeye başladığı, K₂SO₄ tenörünün ise tekrar yükselmeye başladığı görülmektedir. Kalsine alunit cevheri suda çözündürüldüğünde ise (Şekil 9) çözelti bileşenlerinin maksimum çözündüğü sıcaklık 800 °C olarak görülmektedir. Ancak bu sıcaklık aralığında kalsine alunit cevherinin çözünebilir bileşenlerinin sudaki çözünürlüğü sülfürik asit ortamındaki çözünürlüklerinden daha düşük tenör değerlerinde olmuştur. Bu sıcaklık aralığında % 12,61 Al₂(SO₄)₃, % 7,33 K₂SO₄ tenör değerleri elde edilmektedir.

800 °C'de kalsine edilmiş alunit cevherinin sülfürik asitle (% 2 H₂SO₄) muamele edilmesiyle çözelti bileşenlerinin tenör değerlerinin bu sıcaklıkta düştüğü görülmektedir. Kalsinasyon sıcaklığı 850 °C'ye yükseltildiğinde ise K₂SO₄ tenörünün tekrar yükselmeye başladığı görülmektedir. 850 °C'de kalsine edilmiş alunit cevherinin suda çözündürülmesi ile çözelti bileşenlerinin tenör değerlerinin düştüğü görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kütahya-Gediz-Şaphane yöresinden alınan alunit cevherinin fiziksel, kimyasal ve yapısal özellikleri saptanmış ve ardışık olarak kimyasal yöntemlerle Al₂(SO₄)₃ ve K₂SO₄ kazanımına yönelik ön araştırmalar yapılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıda irdelenmiştir.

- Ham alunit cevherinin yoğunluğunun % 2,55 gr/cm³ olduğu, sertliğinin ise 77 Vickers (s 80

Brienele = 2-3 Mohs) değerlerinde olduğu saptanmıştır.

• Mikroskopik incelemeler sonucunda, cevherin alunit, demir oksit, kıl ve kuvars minerallerini içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca alunit cevherinin optimum serbestleşme tane boyutunun - 0,212 mm olduğu mikroskopik olarak ölçülmüştür. Ham alunit cevheri tane aralığı olarak % Kızdırma Kaybı ve % SO₃ miktarı yönünden değerlendirildiğinde, kütle kayıplarının (%) birbirine yakın değerlerde olduğu ancak % SO₃ miktarının -0,212+0,106 mm tane boyutunda en fazla olduğu saptanmıştır. Bu nedenle cevhere öğütme testleri yapılmış ve cevherin %85'inin -0,212 mm tane boyutunun altında olduğu ve optimum öğütme sürenin 10 dakika olduğu tespit edilmiştir.

• Ham alunit cevherinin elek-metal analizleri sonucunda %K₂O ve %Al₂O₃ tenörlerinin, tane iriliğinin azalması ile arttığı, her iki mineralin de cevherdeki dağılımlarının aynı ve homojen olduğu saptanmıştır. Bu sebeple alunit cevherini, tane boyutuna bağlı olarak, kırma ve sınıflandırma gibi yöntemlerle zenginleştirmenin mümkün olamayacağı dolayısıyla ham alunit cevherini kimyasal yöntemlerle zenginleştirmenin ve özellikle kalsinasyon + öğütme + çözme + kristalizasyon yöntem kombinasyonunun sırasıyla uygulanmasının yerinde olacağı öngörülmüştür.

" Kalsinasyon işlemine tabii tutulan alunit numunesinde, 400 °C'den sonra hızlı bir şekilde kütle azalma (%) görülmektedir. Kalsine edilen alunit numuneleri suda ve sülfat asidinde (H₂SO₄) çözdürüldüğünde, çözünmenin 550 °C'den itibaren başladığı görülmektedir. Bu sonuca göre alunit cevherinin 400-550 °C sıcaklık aralığında kalsine edilmesiyle yapısındaki bünye suyunun tamamen dehidratize olduğu ve 550 °C'den itibaren alunit cevherinin yapısında bir bozunma olacağı beklenmektedir.

• 700 °C kalsinasyon sıcaklığında kalsine edilen alunit cevherinin sülfirik asitte (% 2 H₂SO₄) çözdürülmesi ile % 42,44 oranında çözünme sağlanmış ve çözelti bileşenleri % 62,48 Al₂(SO₄)₃ ve % 8,96 K₂SO₄ tenor değerlerinde sağlanmıştır. 800 °C kalsinasyon sıcaklığında kalsine edilen alunit cevherinin ise suda çözdürülmesi ile % 23,59 oranında çözünme sağlanmış ve çözelti

bileşenleri % 12,61 Al₂(SO₄)₃ ve % 7,33 K₂SO₄ tenor değerlerinde sağlanmıştır.

Kalsinasyon sıcaklığının 850 °C'ye yükseltildiğinde K₂SO₄ çözünürlüğünün tekrar yükselmeye başladığı görülmekte, kalsinasyon sıcaklığının daha da yükseltilmesi ile K₂SO₄ çözünürlüğünün de yükselmesi beklenebilir. Bu nedenle, daha yüksek kalsinasyon sıcaklıklarında alunit cevherinin fiziksel, kimyasal ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi hususunda araştırmalar yapılmalıdır.

Ayrıca kalsinasyon sıcaklığı yanında kalsinasyon tane boyutu, kalsinasyon süresi gibi parametrelerin de araştırılıp, optimum çözündürme ve kristalizasyon koşullarının araştırılması da yerinde olacaktır. Bu doğrultudaki araştırmalar DEÜ Maden Mühendisliği Bölümünde halen devam etmektedir.

KAYNAKLAR

DPT, 2001, 2607-ÖİK:618, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Kimya Sanayii Hammaddeleri, Cilt 1, Ankara

DPT, 2000, 2514-ÖİK:531, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Gübre Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara

Gülensoy, H., 1968, "Türk Alunitlerinin Termogravimetrik ve Mikrokaleorimetrik Metodlarla Etüdü ve Proliz Ürünlerinin Suda ve Sülfat Asidindeki Çözünürlüklerinin Tespiti", MTA Enstitüsü Dergisi, 71. Sayı, sf 93-125

Küçük A., Gülaboğlu, Ş., "Thermal Decomposition Of Şaphane Alunit Ore", Ind. Eng. Chem. Res., Vol 41, No.24, p 6028-6032,2002

Searls, J.P., "Potash", U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2000

Özer, E., 2002, "Endüstriyel Anorganik Kimya", E.Ü. Fen Fak. Kitaplar Serisi Yayın No: 182, İzmir

<http://www.mta.gov.tr/madenler/turmaden/alan.asp>, March, 2004.

http://www.toros.com.tr/turkce/ug_potasyum_sulfat.asp, March 2004.