



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ÜRETİM METALURJİSİ BİLİM DALI

**KOLEMANİT VE ÜLEKSİT CEVHERİNDEKİ KİMYASAL BAĞLI SUYUN
DEHİDRASYON YÖNTEMİ İLE GİDERİLMESİ VE OPTİMİZASYONUNUN
İNCELENMESİ.**

(INVESTIGATION OF THE REMOVAL AND OPTIMATION OF CHEMICAL BOUND
WATER IN COLEMANITE AND ULEXITE ORE USING THE DEHYDRATION
METHOD)

YÜKSEK LİSANS

Harun ARSLAN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. Engin KOCADAĞIŞTAN

Erzurum
Mart, 2020

İÇİNDEKİLER

Açıklamalı [Dr. 1]: İçindekiler dizini otomatik olarak eklenmelidir.

İÇİNDEKİLER.....	v
TABLOLAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
GİRİŞ	1
Araştırmanın Amacı.....	1
KURAMSAL TEMELLER VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	1
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi.....	5
Tez Öneri Konusunun Enstitü ve Ana Bilim Dalı Öncelikli Araştırma Alanlarıyla İlişkisi.....	5
MATERYAL VE METOD	6
İş-Zaman Tablosu	7
KAYNAKÇA	8
EKLER	9

TABLÖLAR DİZİNİ

Açıklamalı [Dr. 2]: Tablolar dizini otomatik olarak eklenmelidir.

Tablo 1. <i>Bor mineralleri ve özellikleri</i>	2
Tablo 2. <i>Kalsinasyon/dehidratasyon deneylerinde kullanılan parametreler</i>	7
Tablo 3. <i>Tezin Tümüne Ait İş-Zaman Tablosu Şablonu</i>	7
Tablo 4. <i>Tezin Birinci Altı Aylık Döneme Ait İş-Zaman Tablosu</i>	7

ŞEKİLLER DİZİNİ

Açıklamalı [Dr. 3]: Şekiller dizini otomatik olarak eklenmelidir.

Şekil 1.Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

GİRİŞ

Açıklamalı [Dr. 4]: Birinci düzey başlık biçimine dikkat ediniz. Stil galerisinden Başlık 1 seçilmelidir.

Bor cevherlerinin (Üleksit, Kolemanit, Tinkal ve Boroksit) bünyelerinde bulunan kimyasal bağlı su miktarları endüstriyel uygulamarda farklılık göstermekte olup, her uygulama için farklı su içerikli ve dolayısıyla da farklı B_2O_3 tenörlü cevherlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle her bor cevheri için ön ısıt işlemler yapılması ve istenilen su miktarına haiz cevherler elde edilmek zorundadır. Bunun için dehidratasyon veya yerine göre kalsinasyon işlemleri uygulanmakta ve kimyasal bağlı suyun giderimi yapılmaktadır. Susuzlaştırma işlemleri sonucunda da cevher tenör miktarlarında ve diğer bileşiklerde Na_2O ve CaO miktarlarında artışlar olmaktadır. Yapılacak olan çalışma ile dehidratasyon işleminde kullanılan parametreler (cevher tane boyutu, Cevher mikrtarı, dehidratasyon süresi ve dehidratasyon sıcaklığı) yapılacak olan deneylerle incelenecek ve optimazysonu yapılacak elde edilen sonuçlar ışığında dehidratasyonun bir modellemesinin yapılmasına çalışılacaktır.

Araştırmanın Amacı

Açıklamalı [DO95]: Stil galerisinden Başlık 2 seçiniz

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan bor cevherlerinden kolemanitin farklı sıcaklıklarda yapılan Dehidratasyonu sonucu yapıda meydana gelen değişimler farklı parametreler kullanılarak detaylı bir şekilde incelenecektir. Dehidratasyon sonucunda B_2O_3 ve diğer oksitli bileşiklerin miktarlarındaki değişimler yapılan analizler sonucu belirlenerek XRD, SEM ve XPS yöntemleri kullanılarak karakterize edilecek ve daha sonra Yapay Sinir Ağları yöntemi kullanılarak Dehidratasyon işleminin bir modellemesi yapılacaktır.

KURAMSAL TEMELLER VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Yapılacak olan çalışma ile Metlurji ve Malzeme Mühendisliği alanında yaygın olarak kullanılan bor cevherlerinin dehidratasyon/kalsinasyon işlemleri araştırılacaktır.

Bor cevheri, elementler arasında 51. sırada bulunur ve genel anlamı ile boratlar ve borosilikatlar olarak ifade edilir. Doğada serbest halde bulunmaz ve daima oksijene bağlı olarak bulunmaktadır (Helvacı, C., 2015). Bor cevherleri özellikle teknolojik gelişmelere paralel olarak çeşitli endüstri dallarında çok geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Bor cevherleri, yapılarında farklı oranlarda B_2O_3 içeren doğal bileşikler olup bünyelerindeki B_2O_3 ve H_2O

(kristal su) yüzdelere göre değer kazanır ve bu doğrultuda kullanım alanları bulurlar. (İpekoğlu and Polat, 1987; Çelik vd. 1994; Tunç vd. 1997; Şener vd. 2000). Bor minerallerinin doğada birçok türü vardır ve bor endüstrisi bakımından en önemli olanları Boraks, Kolemanit, Üleksit ve Kernit'tir (Tablo.1) Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, endüstride birçok bor bileşiğinin kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bor; nihai kullanım alanı olan sektörlerde çoğunlukla bor kimyasalları şeklinde tüketildiği gibi, konsantre bor ürünleri olarak doğrudan da tüketilebilmektedir. Bor ürünleri; uzay ve hava araçları, nükleer uygulamalar, askeri araçlar, yakıtlar, elektronik ve iletişim sektörü, tarım, cam sanayi, kimya ve deterjan sektörü ile seramik ve polimerik malzemeler, nano teknolojiler, otomotiv ve enerji sektörü, metalürji ve inşaat gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Ancak tüketilen bor ürünlerinin %85'e yakını cam (yalıtım tipi cam elyafı, tekstil tipi cam elyafı, borosilikat cam), seramik-frit, tarım ve deterjan sektörlerinde yoğunlaşmıştır.

Tablo.1 Bor mineralleri ve özellikleri

Mineral	Formülü	%B ₂ O ₃	%H ₂ O
Boraks (Tinkal)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36,6	17,2
Kernit (Razorit)	Na ₂ B ₄ O ₇ .H ₂ O	51	26,4
Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ .8H ₂ O	43	35,6
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	50,8	21,9
Propertit	NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O	49,6	25,6
Pandermit (Priseit)	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O	49,8	18,1
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	62,2	
Szaybolit	MgBO ₂ (OH)	41,4	10,7
Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₈ .7H ₂ O	49,8	18,1
Sasolit	H ₃ BO ₃	56,3	43,7
Hidroborasit	CaMgBO ₁₁ .6H ₂ O	50,5	

Bünyelerinde bulundurdıkları kristal su nedeniyle bor cevherlerinin kullanım alanları değişmektedir. Bor cevherlerinin kullanıldıkları alanlarda çoğu zaman ısıtım işlemi uygulanması gerekmektedir. Bor cevherlerinin bünyelerinde bulunan bu kimyasal bağlı suyun ya azaltılması ya da tamamen giderilmesi önemlidir. Yapılan bu ısıtım işlemler sonucunda cevherin içeriğindeki B₂O₃ miktarında da ciddi artışlar sağlanabilmektedir. Böylece Bor cevherlerinin endüstriyel uygulamalarda istenen kaliteye ulaşması sağlanmış olur. Bor cevherlerine uygulanmakta olan bu ısıtım işlemler genellikle dehidrasyon/dehidratasyon ya da kalsinasyon/dehidroksilasyon olarak bilinmektedir. (İpekoğlu and Polat, 1987; Çelik vd. 1994; Tunç vd. 1997; Şener vd. 2000). Sonuç olarak hem ilave zenginleştirme maliyetleri düşürülmekte hem de satış fiyatları artırılabilen ve ekonomiye de ciddi katkı sağlanmış olmaktadır. Diğer taraftan bor minerallerinde bulunan kimyasal bağlı su ve diğer empüriler borik asit üretimi esnasında ulaşım ve enerji maliyetlerini artırmaktadırlar. Mineral içerisindeki suyun uzaklaştırılması

vasıtasıyla işlem görecektir hammadenin azalması da sağlanabilmektedir. Bunun için borik asit üreticileri özellikle kimyasal olarak bağlı olan bu suyu giderilmiş bor cevherlerini tercih etmektedirler.

Bor Minerallerinin Dehidratasyonu konusunda yapılan literatür incelenecek olursa; Bilindiği gibi tüm hidratlı bor mineralleri belli sıcaklıklarda bünyelerindeki kristal sularının tamamını veya bir kısmını vererek, birbirinden farklı yapısal değişimlere maruz kalırlar. Dehidratasyon sırasında, kolemanit gibi bazı mineraller bünyelerindeki kristal sularını aniden şiddetle bırakırken, kristal örgüsünde oluşan iç gerilimin etkisiyle parçalanıp toz haline gelirler. Bu yapısal değişime dekrepitasyon denir. Üleksit gibi bazı bor mineralleri ise Dehidratasyon sırasında kristal sularını bünyelerinden aşamalı olarak bırakırlar ve parçalanmadan daha gözenekli bir yapıya dönüşürler. (Özbayoğlu, G. 1997). Bu nedenle temin edilecek dört farklı bor cevherlerinde ki yapısal değişimlerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bununla ilgili yapılan bir diğer çalışmada; Üleksit ve kolemanit cevherlerinin Dehidratasyon özellikleri incelenmiş, Dehidratasyon yöntemiyle birbirlerinden ayrılma olanakları araştırılmış ve iki yöntem belirlenmiştir. I. yöntemde göre; karışık haldeki mineraller 450 °C'de ve 30 dakika süreyle kalsine edilmiş, bu esnada kolemanit dekrepite olmakta, üleksit ise sert bir yapıya dönüşmektedir. 0,210 mm elekten elenen kalsine üründen kolemanit elek altına geçerken, üleksit elek üstünden %96,63 randımanla elde edilmiştir. II. yöntemde ise üleksit-kolemanit karışımı 240°C'de ve 60 dakika süreyle Dehidratasyona tabi tutulmuştur. Kalsine edilmiş karışım yarı-otojen bir ortamda öğütülerek üleksitin tane boyutu küçültülmüş ve 0,210 mm'lik elekten elenerek üleksit elek altından alınmıştır. Kalsine olmamış iri kolemanit ise %98,63 randımanla elek üstünden elde edilmiştir (Şener and Özbayoğlu, 1994) (Şener and Özbayoğlu, 1995). Kırka yöresi cevherleri üzerine yapılan bir başka çalışmada, %24,05 B₂O₃ tenörlü tinkal cevherinin Dehidratasyon özellikleri incelenmiş, tane boyutunun, sıcaklığın, Dehidratasyon süresinin ve fırına besleme hızının kalsine ürünün tenör ve randımanına etkileri incelenmiştir (Batar, vd. 1995).

Kırka bölgesindeki tinkal cevherlerinin dekrepitasyonu üzerine yapılan bir diğer çalışmada dekrepitasyon sonucunda tinkalin suyunu kaybederek, patlamış mısır görünümünde, gevrek, kolay ufalanabilir bir hal aldığı, killerin ise pişerek daha da sertleştiği görülmüştür (Sönmez, 1994). 0,210 mm'lik bir elekten elenen, 550°C'de 15 dakika süreyle dekrepitasyona uğramış tinkaldeki kilin %80'inin uzaklaştırılabildiği gözlenmiştir. Bu yöntemle üretilen kalsine ürünün %98'i çözeltiye alınabilmişse de dekrepitasyona uğramış cevherin toz problemi yaratacağı ve nakliyede sıkıntılar doğuracağı ileri sürülmekte ve yapılacak olan çalışmada bu sorunun çözüm yolları araştırılacaktır. Aynı şekilde; Kolemanit+üleksit minerallerinin

dekrepitasyonu üzerine yapılan bir diğer çalışmada kolemanit için optimum dekrepitasyon şartları 500°C'de 15 dakika olarak tespit edilmiş ve 0,5-19 mm aralığında, tane boyutunun önemi olmadığı bulunmuştur. Üleksit isedekrepitasyona uğramamakla birlikte yapısında bir çökme meydana geldiği görülmüştür (Çelik, vd. 1994). Bu açıdan parametre çalışmalarında tane boyutunun dehidratasyon üzerine etkilerinin de incelenmesi gerekmektedir.

Kolemanitin laboratuvar çapta Dehidratasyon koşullarının saptanması üzerine yapılan bir çalışmaya göre, 500°C'de yapılan Dehidratasyon işleminde, Dehidratasyon süresinin kullanılan fırın tipine bağlı olduğu, akışkan yatak için süre 20 dakika iken, sabit yataklı fırınlarda 150 dakikaya uzadığı görülmüştür. Her iki fırında siklonlarda toplanan ürünün B₂O₃ içeriğinin %50'leri aştığı bulunmuştur. Bu açıdan laboratuvar imkanları doğrultusunda farklı tip fırın kullanımı da planlanabilecektir.

Dünyada da bor minerallerinin diferansiyel termal analizleri, Dehidratasyon işlemleri üzerine yapılmış çalışmalar ve alınmış patentler de mevcuttur (Allen, 1957; Griswold, 1970; Davies, 1991). Yapılan bir başka çalışmada, Dehidratasyon sıcaklığının amonyum klorür çözeltilerinde üleksitin çözünme kinetiğine etkisi kesikli bir reaktörde konsantrasyon, katı-sıvı oranı ve reaksiyon sıcaklığı parametreleri kullanılarak incelenmiştir (Demirkıran and Künkül, 2008). Bu çalışmaya karşın kül fırını ile yapılacak çalışmalar bu gibi çalışmalarla kıyaslanabilecektir.

Hoskan, 2019, yaptığı çalışmada bor Dehidratasyon davranışının ölçülmesinin yanı sıra kalsine bor minerallerinin kil ve kalsit gibi istenmeyen minerallerden eleme yapılarak ayrıştırılmasını araştırmıştır. 600°C sıcaklıkta 30 dakikada %80.82 geri kazanım ile en yüksek Kolemanit B₂O₃ derecesi %55.25 elde edilmiştir. %35.89 geri kazanım ile en yüksek Ulexite B₂O₃ tenörü %53.35, 600°C sıcaklıkta 60 dakikada elde edilmiştir. Üleksit Dehidratasyonunda kullanılan sıcaklık seviyesi Kolemanit Dehidratasyonu ile aynı seviyede seçilmesine rağmen yüksek geri kazanımlar tespit edilmemiştir. Bunun nedeni, Üleksit için Mineral bozunması görülememektedir. Üleksit kristal yapısı, bozulmayı düşük tutmaya neden olan temel faktördür. (Hoskan, 2019) Yapılacak olan bu çalışma ile gerek tenör gerekse de diğer bileşiklerdeki (Na₂O, CaO gibi) değişimler de incelenecek ve karşılaştırmaları yapılacaktır. Modern bor uygulamaları, tipik bor mineralleri (BM) zenginleştirme yöntemlerini geliştirmek için mineral işleyicilerin dikkatini çekmiştir. Bu bağlamda, çevre üzerinde minimum veya sıfır olumsuz etkileri nedeniyle çevre dostu yöntemler olarak manyetik ayırma ve Dehidratasyon gibi kuru arıtma ve ön arıtma işlemleri daha fazla dikkate alınmalıdır. (Soehoe-Panhyonon Benedict Powoe vd. 2021)

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Araştırma konusunun önemi; özellikle yerli ve milli kaynaklarımızın kullanımının yaygınlaştırılması, dehidratasyon/kalsinasyon işlemlerinde parametrelerin çalışılarak bir optimizasyon yapılması sonucunda, uzun süreler almakta olan ısıtma işlemlerinde optimizasyon sonucunda elde edilecek veriler ışığında istenen su oranına sahip cevher için hangi şartların kullanılacağı ve dolayısıyla enerji ve süreden tasarruf sağlanacağı olacaktır. Aynı zamanda dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip ülkesi olmamız nedeniyle, bor cevherlerine olan talebin artırılacağı da bir başka önemli konudur. Endüstriyel uygulamalarda farklı B_2O_3 tenöür ve farklı su miktarlarına sahip cevherlere talep olduğundan, istenen tenör ve su miktarına sahip bir cevher için birçok ısıtma işlem yapmak yerine optimizasyon sonucu elde edilen veriler ışığında istenen cevher elde edilebilecektir.

Tez Öneri Konusunun Enstitü ve Ana Bilim Dalı Öncelikli Araştırma Alanlarıyla İlişkisi

Bu başlık altında sunulan tez önerisi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı Öncelikli Alanlarından; Akıllı ve Yenilikçi Malzemeler konusuna yönelik olup, metalürji ve malzeme alanına bir altlık vazifesi görebilecek ve bir çok ön işlemin yapılmasının önüne geçilebilecektir. Ayrıca **Yeni nesil yüksek entropili alaşımların geliştirilmesi** konusunda da ileriye dönük veri temininde gerekli çalışmalar açısından önem arzedecektir. Yapılacak olan bu tez çalışması ile yerel, bölgesel ve ulusal eğitim ihtiyaçlarına yönelik olarak hizmet edilmiş de olacaktır.

MATERYAL VE METOD

Cevher numuneleri Eti maden işletmeleri Genel Müdürlüğü Bigadiç Bor İşletmeleri Müdürlüğünden temin edilecektir. Kalsinasyon/dehidratasyon deneyleri için Bor cevherleri numune hazırlama işlemlerine tabi tutulacak, önce çeneli tip kırıcıda 60 mesh boyutuna daha sonra da bilyeli değirmende öğütülerek 325 mesh boyutuna indirilecektir. Deneylerde kullanılacak cevherler daha sonra mekanik elek vasıtasıyla eleme işlemine tabi tutulacak ve - 325 mesh boyutunda nihai ürün elde edilecektir. Kalsinasyon ya da termal analiz çalışmaları statik ve dinamik olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilecektir. Statik metotla yapılan çalışmalarda belirli miktarlardaki numuneler belirli sıcaklık ve sürelerde tutulur. Isıtma işlemi sabit tartıma gelinceye kadar devam eder. Daha sonra soğutulan numunenin tartımı yapılmakta ve numunelerin belirli sıcaklıklarda uğradığı dehidratasyon veya dekompozisyonun ileri gelen ağırlık değişimleri saptanmaktadır. Cevherdeki kimyasal bağlı suyun giderimi işlemlerinde farklı parametreler seçilerek deneyler yapılacaktır. Bu çalışmada kullanılacak parametreler, kalsinasyon sıcaklığı ve süresi ile cevher miktarı olarak belirlenmiş ve Tablo.1’de verilmiştir.

Kalsinasyon/dehidratasyon deneylerinde kullanılan fırın maksimum sıcaklığı 1100 °C olan Nabertherm marka kül fırınıdır. Deneyler boyunca 35 mL hacimli silindirik şekilli seramik kapaksız potalar kullanılacak, prosedürde, fırın önce boş kruze ile istenilen sıcaklığa ayarlanacak ve daha sonra numune hemen önceden ısıtılmış porselen potaya konularak deneyler başlatılacaktır. Her deneyin sonunda, nemlenmeyi önlemek için kalsine numuneler bir desikatörde oda sıcaklığında yaklaşık 30 dakika soğumaya bırakılacaktır. Kalsinasyon/dehidratasyon deneylerine başlangıçta ilk olarak fırın 50 °C sıcaklığa ayarlanacak ve fırın bu sıcaklığa gelince hassas terazide tartımları yapılan 1, 3 ve 5 g ağırlığındaki bor cevher numuneleri porselen krozelere konularak fırın içerisine alınacaktır. Fırın içerisine kalsinasyon/dehidratasyon süresi olarak belirlenen 1, 2, 4 ve 6 saatlik sürelerde kullanılmak üzere tartımları yapılan numuneler ayrı ayrı konulacak ve işlem başlatılacaktır. İlk 50 °C ve 1. saat sonunda 1, 3 ve 5 g’lık numuneler fırından çıkarılacak, daha sonra 2. 4. ve 6. saatler sonunda aynı işlemler tekrarlanacak ve 50°C için kalsinasyon/dehidratasyon deneyleri tamamlanacaktır. Aynı işlemler diğer kalsinasyon/dehidratasyon deneyleri için de tekrarlanacaktır. Fırından çıkarılan her numune önce desikatörde bekletilerek soğutulacak ve sonra tartımları yapılarak ağırlık farkları belirlenecektir. Bu suretle numunelerin uğramış oldukları ağırlık azalmaları belirlenmiş olacaktır.

Tablo.2. Kalsinasyon/dehidratasyon deneylerinde kullanılan parametreler

Parametre	Parametre Değerleri
Kalsinasyon Sıcaklığı (°C)	50-100-150-200-250-300-350-400-450-500-550-600-650-700
Kalsinasyon Süresi (h)	1-2-4-6
Cevher Miktarı (g)	1-3-5
Tane Boyutu (mesh)	-325

Bu işlemlerin sonucunda elde edilecek verilerin analizleri yapılacak ve elde edilecek sonuçlar ile yöntemi daha sonra belirlenecek olan bir modelleme oluşturulmaya çalışılacaktır.

İş-Zaman Tablosu

Tablo 3. Tezin Tümüne Ait İş-Zaman Tablosu Şablonu

İş Paketleri \ Dönemler	1.Dönem (İlk altı ay)	2.Dönem (altı ay)	3.Dönem (altı ay)	4.Dönem (altı ay)
Literatür araştırması	x			
Cevher temini ve hazırlanması	x			
Dehidratasyon deneylerinin başlaması	x	x	x	
Analizlerin yapılması			x	
Optimizasyon/Modelleme				x

Not: Satırlar ve sütunlar gerektiği kadar çoğaltılabilir.

Tablo 4. Tezin Birinci Altı Aylık Döneme Ait İş-Zaman Tablosu

1.Dönem (ilk altı ay) \ Ayrıntılı iş paketleri	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay
Literatür araştırması	x	x				
Cevher temini		x				
Cevher hazırlama		x	x	x		
Dehidratasyon deneyleri					x	x

Not: Satırlar gerektiği kadar çoğaltılabilir.

KAYNAKÇA

- Helvacı, C., 2015. Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi, 1 Haziran 2015, Yıl.6, Sayı 47.
- İpekoğlu Ü. and Polat. M., 1987. "Bor endüstrisine genel bakış", Madencilik, Vol.26, pp. 5-16, 1987.
- Çelik, M.S., Uzunoğlu, H.A. and Arslan, F. 1994. "Decrepitation properties of some boron minerals", Powder Technology, Vol. 79, pp. 167-172, 1994.
- Tunç, M., Erşahan, H., Yapıcı, S. and Çolak, S. 1997. "Dehydration kinetics of ulexite from thermogravimetric data", Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 48, pp. 403-411, 1997.
- Şener, S., Özbayoğlu, G. and Demirci, Ş. 2000. "Changes in the structure of ulexite on heating", Thermochimica Acta, vol. 362, pp. 107-112, 2000.
- Özbayoğlu, G. 1997. Üleksit ve Kolemanit Tozlarının, Kalsinasyon Ürünlerinin ve Boraks Pentahidratın Biriketlenmesi, TÜBİTAK Yer-Deniz-Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu YDABÇAĞ-138 No'lu Proje, Kasım-1997, Ankara.
- Şener, S., Özbayoğlu, G. 1994. Üleksitin kalsinasyon özelliklerinin tespiti üleksit-kolemanit ayrılmasında kalsinasyonun kullanımı, Bor Mineralleri Zenginleştirme Semineri Bildirileri, Bornova, 22 Nisan 1994, s.47-57.
- Şener, S., Özbayoğlu, G. 1995. Separation of ulexite from colemanite by calcination, Minerals Engineering, V.8, no.6, pp.697-704.
- Batar, T., Akdağ, M., Kahraman, F., Çelik, M.S. 1995. Dry processing of boron minerals for the abatement environmental pollution. 6th Balkan Conference on Mineral Processing, 18-21 Sept., 1995, Ohrid, Macedonia.
- Şönmez M, Akgüngör AP, Bektaş S. Estimating Transportation Energy Demand in Turkey Using the Artificial Bee Colony Algorithm. Energy. 2017;122: 301-310.
- Allen, R.D., 1957. DTA's of Selected Borate Minerals, U.S. Geol. Survey. Bull., 1038-K.
- Griswold, W.T., 1970. Method of Calcining and Classifying of Borates, U.S. Patent, 3.309.170.
- Demirkıran, N., Künkül, A. 2008, Dissolution kinetics of ulexite prepared under different calcination temperatures, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol.25, no.04, p.751-758, October-December-2008.
- Hoskan, S. 2019, The calcination behaviour of fine-sized colemanite and ulexite ore under conventional heat treatment, IJSEC, Vol.9, Issue no.7, Research Article, July, 2019.
- Powoe, S. B., Kromah, V., Jafari, M. and Chelgani, S.C. 2021. A Review on the Beneficiation Methods of Borate Minerals, Minerals, 11, 318. <https://doi.org/10.3390/min11030318>.

EKLER

Ekler metin içindeki numara sırasına göre buraya verilmelidir.