

**VOLKANİK TÜFTEN ANORTİT SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU**

Murat KÖSEÇAVUŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İLERİ TEKNOLOJİLER**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2007
ANKARA**

Murat KÖSEÇAVUŞ tarafından hazırlanan VOLKANİK TÜFTEN ANORTİT SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç.Dr. Muzaffer BALBAŞI
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İleri Teknolojiler Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Metin GÜRÜ

Üye : Prof. Dr. Süleyman TEKELİ

Üye : Doç. Dr. İrfan AR

Üye : Doç. Dr. Günay ERPUL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muzaffer BALBAŞI

Tarih : 25/ 04 /2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Murat KÖSEÇAVUŞ

**VOLKANİK TÜFTEN ANORTİT SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)**

Murat KÖSEÇAVUŞ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2007

ÖZET

Malzeme bilimi alanındaki çalışmalar, özellikle seramik ve kompozit malzemeler üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak söz konusu bu malzemelerin üretimi için gerekli maddi kaynak oldukça yüksektir.

Bu çalışmada anortit seramik malzeme, volkanik tüf ve bor (borik asit) kullanılarak toz metalurjisi yöntemi ile üretilmeye çalışılmıştır. Katkısız ve farklı oranlarda (%2, %4, %6) borik asit katkısı kullanılarak elde edilen numuneler 1000 °C – 1300 °C sıcaklıklar arasında sinterlenmiştir. Bu numunelerin yoğunluk ve sertlik ölçümleri yapılmıştır. 1000 °C, 1200 °C ve 1300 °C sıcaklıklarda sinterlenen borik asit katkılı ve katkısız pelletlerin yoğunluk ölçümleri sonucunda sıcaklık ve borik asit katkısı arasında kararlı bir değişim olmadığı görülmüştür. Ancak 1100 °C sıcaklıkta sinterlenen pelletlerde sıcaklık ve borik asit katkısı arasında daha kararlı bir değişim tespit edilmiştir. Bu nedenle 1100 °C sıcaklıkta sinterlenen numuneler XRF, XRD, EDS ve Raman Confocal analizler kullanılarak karakterize edilmiştir.

Borik asit katkısının anortit oluşumunu hızlandırdığı, ancak yüksek bor oranının anortit oluşumunu çok fazla etkilemediği görülmüştür. Bor katkılı numunelerin sinterlemeden sonra katkısız pelletlere göre daha uniform yapıya sahip olduğu, ancak borik asit katkısının artmasıyla özellikle 1200 °C ve 1300

°C sinterleme sıcaklıklarında hem katkılı hemde katkısız pelletlerde ergimelerin meydana geldiği ve pelletlerin yapısında deformasyon olduğu gözlenmiştir.

Borik asitin artmasıyla birlikte pelletlerin dış yüzeyinde sinterleşme süresi hızlı bir şekilde tamamlanır. Bunun sonucunda pelletlerde geometrik deformasyonlar şekillenebilir.

Bilim Kodu : 912.1.072
Anahtar Kelimeler : Volkanik tuf, feldspat, anortit, x-ışını
Sayfa Adedi : 68
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Muzaffer BALBAŞI

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ANORTHITE USING
VOLCANIC TUFF**

(M.Sc. Thesis)

Murat KÖSEÇAVUŞ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2007

ABSTRACT

In the field of materials science have been focused on specially ceramics and composite materials. However the necessary financial sources to produce these materials are quite high.

In this study, anorthite ceramic material from volcanic tuff and boron (boric acid) were produced by using powder metallurgy methods. Without additives and involving at the different ratios (%2, %4, %6) of boron added samples were sintered in the temperature range of 1000 °C- 1300 °C. Density and hardness measurements were performed. It was seen that after the density measurements of boric acid added and pure pellets, which sintered at temperatures 1000 °C, 1200 °C and 1300 °C, there is not any meaningful correlation between temperature and boric acid addition. However, it was determined that on the pellets, which were sintered at 1100 °C, there is a stable variation change between temperature and boric acid additive. Therefore, samples that sintered at 1100 °C temperature characterized by using XRF, XRD, EDS and Raman Confocal analyses.

It was seen that boric acid additive accelerates anorthite after the sintering process, however high boron ratio does not affect anorthite occurrence too much. Boron added samples have more uniform structure than pure pellets,

however melting occurred on both boric acid added and pure pellets, with increasing boric acid additive ratio of pellets, especially sintered at 1200 °C and 1300 °C and deformation on pellets' structure were observed.

The sintering process finishes rapidly with increasing boric acid content the other surface of the pellets. As a result of this phenomena the geometrical deformations can be formed in the pellets.

Science Code : 912.1.072
Key Words : Volcanic tuf, feldspat, anorthite, x-ray
Page Number : 68
Adviser : Assist. Prof. Dr. Muzaffer BALBAŞI

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Muzaffer BALBAŞI' na, çalıőmalarımda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Yusuf Kağan KADIOğLU' na her zaman yanımda olan sevgili eőim Aysun KÖSEÇAVUŞ'a, değerli arkadaşlarım Arzu EKİCİ ' ve , Nesrin ÇEVİK' e teşekkür ederim.

Ayrıca, Devlet Planlama Teőkilatı Müsteőarlıęı'nın 2001K120590 No' lu DPT projesi kapsamında yürütölen bu tez çalıőmasına desteklerinden dolayı Devlet Planlama Teőkilatı Müsteőarlıęı'na ve değerli yöneticilerine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL TAŞLAR VE ÖZELLİKLERİ	3
2.1. Doğal Taşların Sınıflandırılması.....	3
2.1.1. Püskürük kayalar (mağmatik)	3
2.1.2 Tortul kayalar (sedimanter)	5
2.1.3 Başkalaşmış kayalar (metamorfik)	6
3. KALSİYUM FELDSPAT	7
4. DÜNYADA MEVCUT DURUM.....	10
4.1. Rezervler	10
4.2. Tüketim Alanları ve Spesifikasyonlar.....	12
4.2.1. Cam sanayi.....	12
4.2.2. Seramik sanayii	13
4.2.3. Kaynak elektrodları üretimi	15

	Sayfa
4.2.4. Boya sanayii	16
4.2.5. Plastik sanayii	17
5. BOR	18
5.1. Bor ve Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları	18
6. ANORTİT	21
6.1. Anortitin Özellikleri	21
6.2. Anortit Üretim Yöntemleri.....	21
6.2.1. Sol-jel yöntemi	21
6.2.2. Toz metalürjisi yöntemi	22
6.2.3. Cam-seramik yöntemi	22
6.3. Anortit Şekillendirme Yöntemleri.....	23
6.3.1. Slip-döküm.....	23
6.3.2 Kuru presleme	23
6.3.3. İzostatik presleme.....	24
6.3.4. Sıcak presleme	24
6.3.5. Enjeksiyonla kalıpta şekillendirme	24
6.3.6. Ekstrüzyon	25
6.3.7. Şerit-döküm.....	25
7. MATERYAL VE METODLAR.....	26
7.1. X-ışın Difreksiyon Tekniği	26
7.2. Petrografik Mikroskop Tekniği.....	27
7.3. Elektron Difraksiyon Tekniği	28
7.4. Temel Analiz Tekniği	28

	Sayfa
7.5. Diferansiyel Termal Analiz.....	29
7.6. Termogravimetrik Analiz.....	30
7.7. Raman Spektroskopisi	30
8. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	33
9. DENEYSEL ÇALIŞMA	38
9.1. Hammaddelerin Özellikleri.....	38
9.1.1. Volkanik tüf	38
9.1.2. Borik asit	39
9.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar	40
9.3 Pelletlerin Hazırlanması	41
9.3.1. Kullanılan bağlayıcılar	41
9.3.2. Öğütme ve karışımı hazırlama	41
10. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA	44
10.1. Yoğunluk.....	45
10.1.1. Sabit sıcaklıkta yoğunluk-borik asit değişimi	45
10.1.2. Sabit borik asit katkısında yoğunluk-sıcaklık değişimi	47
10.2. Sertlik (shore).....	49
10.2.1. Sabit sıcaklıkta sertlik-borik asit değişimi	49
10.2.2. Sabit borik asit katkısında sertlik-sıcaklık değişimi.....	51
10.3. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C Olan pelletlerin XRF Analizleri	53
10.4. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C Bor Katkısız Pelletin XRD Analizi	53
10.5. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C %6 Bor Katkılı Pelletin SEM İncelemesi	55

	Sayfa
10.6. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C %6 Bor Katkılı Pelletin EDS İncelemesi.....	56
10.7. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C Bor Katkısız Pelletin Raman Spektroskopisi	56
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
11.1 Sonuçlar	59
11.2 Öneriler	60
KAYNAKLAR	62
EKLER.....	65
EK-1. Volkanik tüf için başlangıç bileşimi sitokiyometrik hesaplaması.....	66
EK-2. Farklı sıcaklıklarda sinterlenmiş pellet fotoğrafları	67
ÖZGEÇMİŞ	68

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Endüstriyel mineral yataklarının boyutsal kategorileri.....	10
Çizelge 4.2. Karmaşık pegmatitlerin mineral içeriği ve oluşum derinliği esas alınarak sınıflandırılması.....	11
Çizelge 9.1. Deneyde kullanılan Niğde yöresi volkanik tüfün kimyasal bileşenleri	39
Çizelge 9.2. Deneyde kullanılan borik asitin kimyasal bileşenleri	39
Çizelge 10.1. Bor katkılı ve katkısız karışımların 1100 °C de 2 saat sinterleme sonrası XRF analizi	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 7.1 Raman spektrofotometresinin ana bileşenleri.....	32
Şekil 9.1 Karışımın tane boyut grafiği.....	42
Şekil 9.2 Yüksek sıcaklık fırını ısıtma ve soğutma programı.....	43
Şekil 10.1 Sabit sıcaklıkta sinterlenen pelletlerin yoğunluk borik asit değişimi.....	45
Şekil 10.2. Sabit borik asit katkılı pelletlerin yoğunluk-sıcaklık değişimi.....	47
Şekil 10.3. Sabit sıcaklıkta sinterlenen pelletlerin sertlik-borik asit değişimi.....	49
Şekil 10.4. Sabit borik asit katkılı pelletlerin sertlik-sıcaklık değişimi.....	51
Şekil 10.5. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C bor katkısız pelletin XRD grafiği.....	54
Şekil 10.6. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin EDS incelemesi.....	56
Şekil 10.7. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin Raman spektrumu.....	57
Şekil 10.8. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C bor katkısız pelletin Raman spektrumu.....	57

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 10.1 Leica optik mikroskop görüntüsü (büyütme X1000)	55
Resim 10.2 Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin SEM görüntüleri	55
Resim 10.3. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin EDS İncelemesi.....	57
Resim 10.4. 1100 °C’de sinterlenen %6 bor katkılı pelletin Raman fotoğrafı.....	58
Resim 10.5. 1100 °C’de sinterlenen bor katkısız pelletin Raman fotoğrafı.....	58

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
EDS	Energy Dispersion Spectroscopy
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	X-Işını Kırınımı
XRF	X-Işınları Floresan
ABD	Amerika Birleşik Devletleri

1. GİRİŞ

Seramik sözcüğü ve günümüze seramik türü ürünlere ismini veren tanımlama Yunanca'dan gelmektedir. Yunanca'da boynuz sözcüğünün karşılığı olan kelime "keramos" olduğundan, keramoslar yerini seramik kaplara bıraktıktan sonra da seramik kaplar bu adla anılmaya başlandı [1]. İlk seramik ürünler çömlek olarak adlandırdığımız kap-kacak türünde idi. Bu çömlekler büyüklü küçüklü olup içlerinde, yakılan ölülerin küllerinin saklandığı "urne" olarak adlandırılan küplerden su kaplarına, kulplu çömleklere kadar çeşitli türleri vardı [2]. Seramikler, sahip oldukları mekaniksel, termal ve elektriksel özellikleri dolayısıyla çok önemli ve stratejik malzemelerdir. Seramik malzemeler son 20 yılda endüstriyel olarak çok yaygın kullanım alanı bulmuştur [3].

Seramik malzemeler son yıllarda endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanım alanları bulmuştur. Özellikle elektronik ve bilgisayar teknolojisinde 1980'li yıllardan beri savunma sanayi, makine ve kimya sanayi sektöründe metal malzemelere alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır [4].

Malzeme bilimi alanındaki çalışmalar, özellikle seramik ve kompozit malzemeler üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak bu bahsi geçen malzemelerin üretimi için gerekli maddi kaynak oldukça yüksektir. Bu nedenle maddi gücü yüksek ülkeler yeni seramik malzemelerin elde edilmesi ve elde mevcut malzemelerin dezavantajlarını kaldıracak yönündeki çalışmalara hız vermiş durumdadırlar. Ülkemizde seramik sektörü daha çok geleneksel seramik olarak adlandırılan vitrifiye ürünler, porselen cam ürünleri alanında gelişmiştir.

Elektronik endüstrisinde son zamanlarda meydana gelen gelişmeler çok yüksek hıza sahip bilgisayarların, daha kompakt cihazların ve yüksek frekans aygıtlarının kullanılması yönündedir. Bu tür cihazlarda devreleri desteklemek amacıyla kullanılan devre altlığının daha düşük dielektrik sabiti ile dielektrik kayıplarına ve yüksek yalıtıcılığına sahip olması gerekmektedir [5].

Bu çalışmada, ülkemizde bol miktarda bulunan volkanik tüf kullanılarak ileri teknoloji uygulamalarına yönelik anortit seramik malzeme üretilmesi hedeflenmiştir.

2. DOĞAL TAŞLAR VE ÖZELLİKLERİ

Doğal taşlar, doğadan çıktıktan sonra ticari olarak işletilebilen en eski inşaat malzemeleridir. Tarih boyunca insanoğlu tarafından yapılarda ve anıtlarda güzelliği ve dayanıklılığı sebebiyle kullanılmıştır. Zamanla kullanımı artan doğal taşlar günümüzde özellikle inşaat, kaplama, döşeme, heykelticilik, yol yapımı, porselen ve cam sanayi, optik sanayi ve süs eşyalarının yapımında kullanılmaktadır. Kaya ve minerallerin tanımlanması en iyi şekilde fiziksel özelliklerine göre yapılır. Bu özelliklerden bazıları; sertlik, özgül ağırlık, kristal yapısı, dilimlere ayrılabilme, magnetik, elektriksel ve ısı iletkenliği sayılabilir. Ayrıca kimyasal ve optik özellikleri de dikkate alınabilir. Çoğu mineraller kristal yapıya sahip olup 7 değişik kristal yapı şekillerinde bulunurlar.

Taşlar bir veya birkaç mineralin bir araya gelmesiyle oluşan mineral topluluklarıdır. Bir kayaç tek bir mineralden oluşacağı gibi, bir kaç mineralin bir araya gelmesiyle de oluşabilir. Buna göre mineraller metalik ve metalik olmayan mineraller olarak 2 ye ayrılabilir. Metalik mineraller bakır, kurşun, altın, gümüş, demir, alüminyum metalik olmayan mineraller ise kükürt, grafit, kalsit, alçıtaşı, barit, kuvars gibidir. Kayaçlar stabil olmayıp çoğu zaman kil, kum, çakıl ve toprak haline dönüşürler.

2.1. Doğal Taşların Sınıflandırılması

2.1.1. Püskürük kayaçlar (magmatik)

Kökeni magma olan kayaçlardır. Yerin derinliklerinde akkor haldeki magmanın yerin içinde veya yüzeye yakın derinliklerde ya da yüzeyde soğuyarak katılaşması ile oluşan kayaçtır. Magmatik kayaçlar yapıları, mineral içerikleri ve oluşumlarına göre sınıflandırılabilir. Hafif mineralleri fazla olanların renkleri açık, demir-magnezyumu minerali bakımından zengin, koyu renkli özgül ağırlığı 3'ten büyük olanlar bazik kaya adını alır .

Magmatik kayaçların yapıları, ince ve kaba kristalli olabileceği gibi amorf yapıda olanları da vardır. Lav şeklinde yeryüzüne çıkmaya çalışan magma yeryüzü kabuğu altında donarsa derinlik kayaçları, yeryüzüne ulaşır kristalleşirse yüzey kayaçları meydana gelir. Derinlik kayaçların en önemlisi granittir.

Granit: Genellikle açık renkli olup %60 oranında potasyum feldspat, %30 kuvars, mika minerallerinden oluşur. Granit sert ve dayanıklıdır. Yoğunlukları 2600~2800 kg/m³ arasındadır. Basınç dayanımları 1600~2400 kg/cm³'tür. Kolay yarılabildiğinden merdiven basamağı, moloz taşı, kaba yontu taşı, döşeme kaplamaları kaldırım ve bordür taşı ve mıcır imalinde kullanılır.

Diorit: Gri, koyu yeşil ve beyaz renklerde bulunan granit grubu bir taştır. Bünyesinde granitten başka mineraller de vardır.

Gabro: Rengi koyu gridir. Mavimsi ve yeşilimsi renkte de olabilir. Mineralojik birleşiminde her ne kadar kuvars yoksa da bazı durumlarda bulunabilir.

Porfirler: Genellikle kırmızı ve yeşil renkli olurlar. Kaldırım taşı ve mıcır olarak kullanılırlar.

Andezit: Porfirlerin yeni zamanda oluşmuş cinsleridir. Volkanik dağlarda bulunur. İyi bir yapı taşıdır. Kesme taş halinde kullanılır. Çok az kuvars içerir. Mineralojik bakımdan andezit riyolit-bazalt arasında yer alır.

Bazalt: Renkleri koyu gri ve siyahtır. Çok sert ve ağır taştır. Temellerde, yol, köprü ve rıhtım gibi yerlerde kullanılır.

Lavlar: Magmanın yeryüzüne çıktıktan sonra sertleşmesi sonucu oluşan lavlar, sert olup püskürme sonrası kütlelerin soğuması ile volkanik cürufklar meydana gelir. Çok gözenekli olanlara volkanik tüf adı verilir. Bazalt lavları sert olduğundan yapı taşı olarak kullanılır. Çimentoda kullanılan trass volkanik tüftür.

2.1.2. Tortul kayaçlar (sedimanter)

Mevcut taşların zamanla dış tesirlerle ufalanmaları, sonradan birbiri ile karışarak tabii bir bağlayıcı ile yeniden sertleşmesi sonucu oluşan kayaçlardır. Bu tip kayaçlar sedimantasyon (çökelme) olayı sonucu meydana gelmişlerdir. Mineral ve taş parçalarının değişik yollarla taşınarak bir yerde çökmesi ile oluşur. Konsolite olmamış kum veya çamur sediment, konsolide olmuşları sedimanter kaya adını alır. Sedimanter kayaçlar tabakalar halinde oluşur ve içlerinde organik maddeler, fosiller bulunabilir.

Kalker: Kalsiyum karbonattan (CaCO_3) oluşur. İçinde yer alan maden oksitlerin etkisi ile değişik renkte görünür. Geçirdiği oluşum sırasında yapısında çatlak ve kırıklar oluşur. Bu kırıklara başka maden oksitler dolunca ilginç desenler görülür. Sertlik derecesi 3 olup kolay kesilip işlenir. Saf kalkerin özgül ağırlığı 2700 kg/m^3 'tür.

Treverten: Yüksek ısı ve kalsiyum bikarbonatlı magma suyunun yeryüzüne çıkışı sırasında karşılaştığı basınç ile oluşur. Oluşumu sırasında içinde bulunan bitki kök ve yapraklarının zamanla çürümesi sonucu boşluklar oluşur. Kalker tüfü grubundan olup gözenekleri büyüktür.

Dolomit: Doğadaki rengi genellikle beyaz olup Mg ve CaCO_3 'den oluşmaktadır. Kalkerden daha sert bir taştır. Asitlerden zor etkilenir.

Alçı Taşı: Suda daha fazla çözüldüğü için yapının su ile temas eden yerlerinde kullanılmaz. Renkleri beyazımsı, sarımsı ve saydam olabilir. Jips adı verilen bu taş CaSO_4 ve $2\text{H}_2\text{O}$ 'dan oluşur.

Arduvaz: Siyah ve koyu gri renkli, sık ve homojen dokulu, içerisinde prit billurları bulunur. Parlayan bir taş olup gözeneksiz olanları yapı işlerinde kullanılır. Dona ve yüksek ısıya dayanıklıdır.

Killi Şist: Sarı, yeşilimsi, gri, mavimsi ve siyah renklerde olur. Tabakalı, sert ve dayanıklıdır. Kaplama işlerinde kullanılır.

Konglomeralar: İrili ufaklı taş parçalarının doğal bir bağlayıcı ile birleştirilmesi sonucu oluşur. Kum taşının silika, kireç veya demiroksit ile yapışması sonucu oluşur. Silika ile yapışmış olanları çok dayanıklıdır. Kaba taneli olanlara konglomera, ince taneli olanlara kumlu şeyl adı verilir. Şeyller ince taneli olduklarından suyu zor geçirirler. Çimento üretiminde kullanılır.

2.1.3. Başkalaşmış kayaçlar (metamorfik)

Magmatik ve sedimanter kayaçların sıcaklık, basınç, gerilme ve kimyasal aktivitesi olan sıvıların etkisi altında kalarak değişmeleri sonucu oluşur. Kristalsiz bir yapıya sahip olan tortul taşlar ısı ve basınç etkisiyle kristal bir yapıya dönüşürler.

Mermerler: Ufak ve iri taneli kalsit veya dolomit kristallerinden oluşan bir kayadır. Mermerler %95 kalsit, az miktarda silis, silikat ve demir oksit gibi minerallerden oluşur. Mohs sisteminde kalsitin sertliği 3,0, dolomit'in sertliği 3,5- 4,0 arasındadır. Buna göre mermer orta sertliktedir. Binaların iç kısımlarında, merdiven basamaklarında, döşeme kaplamalarında, banyo ve mutfak gibi ıslak mekanlarda kullanılabilir. Bunun yanında süs eşyası ve mezar taşı yapımında kullanılır.

Gnays: Gnayslar çekiçle vurulduğunda cm veya dm kalınlıkta levhalara ya da prizmalara bölünebilirler. Ayrılma (bölünme) mika yüzeyleri boyunca orta ve iri taneli kuvars ve feldspatlardan oluşan ileri derecede değişime uğramış metamorfik kayadır. Tabakalı yapıya sahip olup dondan etkilenir, kaldırım taşı veya kırma taş olarak kullanılır.

3. KALSİYUM FELDSPAT

Feldspat, yerkabuğundaki birçok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklardan üretimi veya feldspat oranı yeterli olduğu takdirde bu kayaçların doğrudan olarak sanayide kullanımı mümkün olmaktadır. Ticari feldspat kaynağı olarak halen kullanılan kayaç türleri şunlardır.

Pegmatitler: Potasyum feldspatın hakim mineral olarak bulunduğu ve ayrıca başka ekonomik mineraller de içerebilen, kaba taneli magmatik bir kayaçtır. Genellikle granit granodiyorit bileşimli kayaçlarla ilişkili olarak bulunur.

Aplitler: Mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayaç dokusunu; ticari olarak ise, büyük ölçüde albitten oluşan feldspatik bir damar veya dayk kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleri de sanayide kullanılmaktadır. Bunlar da granitik kayaçlarla ilişkili olarak oluşmuşlardır.

Feldspat Filonları: Granitik kayaçların kendi bünyeleri içinde veya kontakt halindeki yan kayaçlarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldspatça zengin sokulumlardır. Çok zengin tenörlü Na veya K-Feldspat içerirler, impürite oranları daha düşüktür.

Nefelinli Siyenit: Silisçe fakir kristalin bir kayaç olup albit ve mikroklin türü feldspat ile nefelinden oluşur. Az miktarda mafik silikatlar ve diğer aksesuar mineralleri içerir. Dünyada geniş yayımlıdır. Ancak ticari olarak halen Kanada, Norveç, ve ABD'de işletilmektedir. Kanada'da 1930'larda, Norveç'te ise 1950'lerde işletilmeye başlanmıştır. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümine içerdiği, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, cam endüstrisine ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Bu mineralin feldspata kıyasla daha yüksek alümina ve alkali katılımı anlamına gelmektedir. Kayacın endüstriyel özelliklerini temin eden nefelin minerali $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$ kimyasal bileşimine sahip, Na/K=3/1 olan, hekzagonal

sistemde kristallenen, özgül ağırlığı 2,5 -2,7 gr/cm³ olan bir mineraldir. Alterasyon sonucunda sodalit, kankrinit, zeolit türleri ve özellikle de analsime dönüşür.

Alaskit: ABD'de Kuzey Carolina'da Spruce Pine'de en yaygın olarak gözlenen belirli bir kayaç türünü ifade eder. Ancak ticari olarak farklı bileşimdeki granitik kayaçlara uygulanır. Granit-pegmatik arası bir kimyasal bileşime sahip olduğu söylenebilir. Ortalama mineralojik bileşimi:%45 plajiyoklaz, %25 kuvars, %20 mikrolin, %10 muskovit şeklindedir.

Grafik Granit (Yazı Graniti): K-Feldspatın hakim olduğu, sekonder mineral olarak kuvars içeren ve yüksek K₂O oranı istendiğinde kullanılan bir pegmatitik kayaç cinsidir. Ticari değeri üstte belirtilenler kadar fazla değildir.

Pertit: K-Feldspat içinde mikroskobik plajiyoklaz büyümelerinden teşekkül eder. Grafik granit ve pegmatitlerde perlit oluşumu yaygındır ve kayaca belirgin bir dokusal özellik kazandırır.

Feldspatik Kumlar: Doğal veya işlenmiş halde feldspat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır. Feldspatça zengin kayaçların erozyonu ve taşınıp depolanması sonucu oldukça zengin plaser yataklar oluşabilir ve büyük rezerv arz edebilir. Bazı pegmatitik metalik maden işletmelerinde zenginleştirme sırasında yan ürün olarak da elde edilmektedir. Bu tür feldspat kumları kaolinlerin yıkanması sırasında da açığa çıkmaktadır.

Altere Granitler: Granitik kayaçların atmosferik şartlar altında veya hidrotermal etkilerle belirli ölçüde alterasyonu sonucu, içerdiği feldspatlarda kaolenleşme gelişir ve kayaç bünyesindeki mafik mineraller belirli ölçüde uzaklaştırılarak demir oksit impüritesi azalır. Saf feldspat kaynaklarının son yıllarda rezerv yönünden darboğaza girme eğilimi göstermesi neticesinde söz konusu granitlerin seramik sanayiinde değerlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye'de de Çanakkale Seramik Fabrikaları, Karabiga civarında bu tür oluşumlardan, massede kullanılan

feldspat/kaolin/kuvars karışımı bir malzeme üretmektedir. Japonya'da ise, bu tür aşırı derecede altere olmuş ve gri halini almış granitik kütlelerden, belirli yıkama/süzme ve sınıflandırma metodlarıyla kaolin, feldspat ve silis kumu ayrı mamüller olarak üretilmektedir. Türkiye açısından, üzerinde önemle durulması gereken potansiyel bir kaynaktır.

4. DÜNYADA MEVCUT DURUM

4.1. Rezervler

Dünya feldspat kaynağı olarak granitler, pegmatitleri nefelinli siyenitler, feldspatik kumlar itibara alınmaktadır. Bu kaynakların bolluğu nedeniyle dünya feldspat rezervlerinde rakamsal değer bulmak mümkün olmamaktadır. Dünya literatüründe de bu kaynaklardan bahsedilmekte ve kesin rakamlar verilememektedir [6].

Çizelge 4.1. Endüstriyel mineral yataklarının boyutsal kategorileri [6]

Ham madde	Birim	Küçük Yataklar (<)	Orta Büyüklükte Yataklar	Büyük Yataklar (>)
Kaya tuzu	Milyon ton	100	100-500	500
Çimento ve kireç için kireçtaşı	Milyon ton	4	4-20	20
Dolomit, kumtaşı, granit, bazalt, gnays, mermer, briket harcı	Milyon m ³	1,5-7,5	1,5-7,5	7,5
Kaolin, seramik ve refraktör killeri, refraktör kilaşları, kuvarsit, cam ve döküm kumu, jips	Milyon ton	1	1-5	5
Feldispat	Milyon ton	0,1	0,1-1	1
Manezit, bentonit, metalurjik kireçtaşı	x 1000 ton	100	100-500	500
Florit	x 1000 ton	30	30-150	150
Talk, asbest, kimyasal kireçtaşı	x 1000 ton	10		50
Milka	x 1000 ton	2	2-10	
Levha grafit	x 1000 ton	1	1-5	5

Çizelge 4.2. Karmaşık pegmatitlerin mineral içeriği ve oluşum derinliği esas alınarak sınıflandırılması [6]

Pegmatit Tipleri	Feldispatlar	Diğer Faydalı Mineraller	Oluşum Derinliği	Oluşum Koşulları ve Çevre Kayaçlar
1. Nadir toprak elementleri içeren pegmatitler	K(M-hakim)-A	Ortit, monazit, titanotantalo niobatlar	Oldukça derin, 11 km	Granulitfasiyesi, alaskit, granit, biyotit-granat gnays, silimanit gnays, migmatitlere derecelenen diyopsitik kayaçlar.
2. Mikalı pegmatitler	K(M-hakim)	Muskovit utaninit, muskovit monazit, muskovit	Derin, 7-11 km	Amfibolit fasiyesi (stavrolit-disten alt fasiyesi), biyotit granit, migmatit, biyotit, biyotit-disten, muskovit-stavrolit gnays, kuvarsit, amfibolit, mermer.
3. Nadir metaller içeren pegmatitler a) Beril-muskovit pegmatit	K(M-hakim) +A	Beril	Orta derinlikte, 3,5 km	Hornblend-hornfels fasiyesi (kordiyerit-antofillit alt fasiyesi), biyotit-granit, muskovit-andaluzit ve biyotit-kuvarsitikşistler, kireçtaşı
b) Albit pegmatit	A	Spodumen, beril, tantalit, kassiterit		
c) Kıymetli taşlar içeren pegmatitler	K + A	Topaz - beril lepidolit (turmalinli)		
4. Kaya-kristal içeren pegmatitler	M	Kaya - kristal	Nispeten sığ, 2,5 - 3,5 km	Yeşilşist fasiyesi, biyotit-muskovit granit, fillit, kloritşist.
K: Potasyum feldispat, M: Mikroclin, A: Albitten Albit-Oligoklaz'a kadar olan feldispatlar				

4.2. Tüketim Alanları ve Spesifikasyonlar

4.2.1. Cam sanayi

Cam sanayii halen en büyük feldspat ve nefelinli siyenit tüketicisi olma durumunu muhafaza etmektedir.

Feldspatik mineraller, cam reçetesinde esas olarak alümina kaynağı şeklinde yer alırlar. Bununla birlikte eritici özellikleri de faydalıdır. Feldspat bünyesindeki alkaliler, erime sıcaklığını düşürecek flaks görevi yaparlar. Alümina ise duyarlılık temin eder ve çarpma, bükülme ve termal şoklara karşı mukavemet kazandırır.

Geniş anlamda bir genelleme yapmak gerekirse, yukarıdaki yararlarına ilaveten camın saydamlığını kaybetmesini engelleyen imalat sırasında viskozitesini de arttıran alümina içeriği, konteyner (cam, şişe) ve düz cam mamullerde %1,5-2 oranında mevcuttur. Cam elyafında ise, kullanım amacına bağlı olarak %15'e kadar çıkabilen oranda mevcut olabilir. Hem feldspat, hem de nefelinli siyenit, yüksek fırın cürufu gibi diğer alümina kaynakları ile rekabet etme durumundadır ve cam üreticilerinin nihai seçimi, bir dizi faktörlere dayanmaktadır. Bunlardan başlıcaları, içerilen hem birim alüminanın teslim maliyeti, bağıl erime aralıkları, demir oksit gibi %0,04'ün altında olmalıdır. Fakat bundan daha önemli olarak üretilecek camın türü seçilecek alümina kaynağının tipini ve miktarını belirler .

Örneğin ABD'deki Corning Glass, televizyon ekran camı ve mutfak eşyası gibi uygulamalar için %10,5 (+- %0,3) K_2O içerikli potasyum feldspat kullanılmaktadır. Ayrıca ekonomik değerlendirmelere dayalı olarak nefelinli siyenit de kullanılmaktadır. Kaliforniya'da cam imalinde kullanılan feldspatik kumlar ise %90-92 SiO_2 , %0,05-0,07 Fe_2O_3 ve %5 Al_2O_3 içermektedir. Nefelinli siyenit, önemli bir silika (%59-60), alümina (%23-24 Al_2O_3) ve alkali (%9,8-10,2 K_2O) kaynağıdır. En önemli kullanım alanı cam sanayii olup, toplam tüketimin %65'ini oluşturur. Tüketim için tane boyu -30 mesh ile -40 mesh olup malzemenin çok az kısmı -200 mesh kadar

inceliktedir. Cam yapımında nefelinli siyenit, cam hamurunun eritilmesinde flaks olarak kullanılır ve konteyner camında hamurun %5 ile 15'ini teşkil eder.

Kuzey Amerika'da nefelinli siyenit en büyük ölçüde yiyecek, içecek, kimyasal madde, ilaç şişeleri ve kavanoz gibi muhafaza cam üretiminde, daha tali oranda ise düz cam, preslenmiş ve şişirilmiş cam mamuller yapımında tüketilmektedir. Bu alanda dünya çapında "float" prosesinin uygulanması, nefelinli siyenite ise cam yünü (fiberglass) imalinde kullanılmaktadır. Fiberglass üretimi için aranan hammaddede demir oksit spesifikasyonları nispeten gevşektir ve normal olarak bu alanda "B" ve 2. kalite nefelinli siyenit kullanılır. Genel olarak feldspat ve nefelinli siyenitin tercih edilmesi maliyete bağlıdır. Nefelinli siyenitin alumina içeriği %23 civarında, buna karşılık feldspatın %16-18 civarındadır.

4.2.2. Seramik sanayii

Feldspatik mineraller, yüzyıllardan beri seramik endüstrisinde reçete formülasyonlarında önemli rol oynamışlardır. Yakın gelecekte de, feldspat ve nefelinli siyenit için nihai kullanım alanı olarak en önemli pazarlardan biri olma özelliğini devam ettireceğine hiç şüphe yoktur. Seramik reçetesine flakslar (eriticiler), bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Alkali içerikleri, feldspat ve nefelinli siyenite nispeten düşük erime sıcaklığına kazandırır. Böylece kil, feldspat ve kuvarstan oluşan tipik seramik reçetesinde feldspat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer, buna karşılık kil ve kuvars katı halde ıslatır ve gözenekler arasında dereceli olarak dağıtıldıkça, yüzey gerilimi taneleri birbirine çeker.

Belirli bir mineralojik bileşime sahip her seramik hamuru, bu mukavemet kazanma ve yoğunlaşma işlemlerinin gerçekleştiği sabit bir pişme sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklık genellikle 1100-1300 °C' lar arasında bulunur. Örneğin porselen, yarı camsı porselen ve sıhhi tesisatta bu sıcaklık 1300 °C, buna karşılık sert porselen imalatında pişirme sıcaklığı 1400 °C civarındadır. Eritici (flaks), pişirme sırasında seramik

bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder ve ürün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkar. Farklı seramik bünyeler değişik camlaşma derecesi gerektirdiğinden belirli bünyelerde kullanılacak flaks miktarı da değişkendir. Yumuşak porselenlerde (düşük ısıda pişirilmiş) feldspat reçete bileşiminin %25-40'ını: sofraya eşyasında %18-30'unu, elektroporselende %20-28'ini ve kimyasal teknik porselende %17-30'unu teşkil eder. Sodyum ve potasyum feldspat, ya da nefelinli siyenit gibi flakslardan hangisinin ne miktarda kullanılacağına, çok sayıda teknik kriter etki eder ve bu kriterler belirli bir flaksın ilavesiyle kazanılacak özellikleri de kapsar.

Bunlara örnek olarak, nihai üründe aranan beyazlık derecesi, kopma mukavemeti, sır tutma veya reddetme, sır dekorasyonları üzerine metal işleme etkisi ve imalatçının geleneksel alışkanlığı gösterilebilir. Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na_2O , K_2O ve LiO_2 gibi alkali oksitlerin oranları sayılabilir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellik de artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer. Beyaz mamul, fayans, sıhhi tesisat ve diğer seramik ürünlerde feldspat, bünye malzemelerinin %15-35'ini sır malzemelerinin %30-50'sini teşkil eder. Feldspat gibi seramik kalitesinde flakslar, diğer bünye bileşenleri ile daha iyi karışabilmeleri için 200-300 mesh civarına öğütülürler.

Kural olarak, seramik sanayiinde potasyum feldspat daha yaygındır. Potasyum feldspatın avantajı, yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturmasıdır ve bu eriyiğin sonucu olarak, pişirme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemet temin eder. Bir seramik üreticisinin flaks türü seçiminde etkili olan faktörler, maliyet, pazarlara yakınlık ve demir impüritesi varlığıdır. Bunlar, aynı zamanda, nefelinli siyenitin bazı seramik uygulamalarında daha popüler hale gelmesini de temin eden unsurlardır. Seramik kaplar ve sıralarda esas olarak feldspat kullanılmakla birlikte, sıhhi tesisat ve karo imalinde flaks olarak nefelinli siyenit tercih edilmeye başlanmıştır.

Cam imalinde feldspat ve aplitle rekabet başlamıştır. Cam imalinde feldspat ve aplitle rekabet etmesinin yanında, alümina kaynağı olarak avantajı dolayısıyla camı beyaz seramik, sır ve mine imalinde de kullanılmaktadır. Karo imalinde bünye hazırlanmasında, diğer beyaz seramiklere göre farklı prensipler söz konusudur. Örneğin gözenekli karolar, feldspatik flaks kullanımı gerektirmez: bağlayıcı kilin alkali içeriği genellikle yeterlidir. Buna karşılık camı karo (fayans) üretimi, feldspatik materyaller gerektirir. Ancak hızlı pişirme tekniklerindeki teknolojik gelişmeler, kullanılacak feldspatik flaks türünü etkilemiştir. İki veya üç saatlik tek evreli pişirme (30 saatlik eski pişirme tekniğine kıyasla), daha düşük maliyetli apolit ve feldspatik kayaçları bazı ülkelerde (özellikle İtalya'da) gittikçe artan oranda feldspat ve nefelinli siyenit alternatifi durumuna getirmiştir. Nefelinli siyenitin seramik sanayiinde kullanımı, 200, 325 ve 400 mesh inceliğinde öğütülmüş ürün şeklindedir. Yukarıda belirtildiği gibi, hem camı faz oluşturucu, hem de eritici olarak yararlı özellikler sunar. Pişirme sıcaklığı ve zamanını önemli ölçüde düşürür. Saniter seramik reçetesinde %25-30, kimyasal porselende %15-30, yarı vitroz porselende ise %15-55 oranında kullanılır. Seramik sanayiinde feldspat ve nefelinli siyenit kullanımı açısından istikrarlı bir gelecek söz konusudur. Bu ikisinden birinin tercih edilmesi, daha çok ekonomik değerlendirilmelere bağlı olacaktır

4.2.3. Kaynak elektrodları üretimi

Kaynak elektrodları, feldspatlar için geleneksel son kullanım alanlarıdır, çünkü bunların eritici özellikleri, elektrod kaplama malzemesi yapımında ideal bir bileşen olma özelliği kazandırır. Flakslar, üç tür kaynaklanma işleminde kullanılır ki burada elektrik arkı ısı kaynağıdır. Karışıma ilave edilen feldspatın iki önemli fonksiyonu vardır: ark stabilizörü olarak davranır ve kaynak çukuru korur. Ark stabilizörü olarak kullanılan materyaller, feldspat yanında potasyum ve sodyum silikat, kil, talk, nikel ve demir tozları gibi metalik katkı maddelerini içerir. Bunlar, düşük iyonlaşma potansiyeline sahip elementler oluşturarak arkı stabilize ederler. Alternatif akımda kullanım için özellikle potasyum silikatlar uygundur, zira ark kolonunda potasyum iyonları, akım kesildiğinde dahi arkı tekrar alevlendirilebilirler. Buna karşılık

sodyum silikatlar da doğru akım uygulamalarında daha yararlıdır. Kullanım kolaylığının yanı sıra, yüksek ark stabilitesi temin eder ve düşük bir devre ile çalışabildiğinden daha ucuz ekipman kullanımına imkan sağlar. Kaynak çukuru doldurulması durumunda ise, feldspat gibi erimiş katı bariyerden cüruf oluşturuçular kaynak çukurunu ve yeni kaynatılmış metali korurlar.

4.2.4. Boya sanayii

Boyalari genellikle bir pigment (renk verici), bir ortam (bağlayıcı) ve bir salvent (inceltici)den oluşur. Pigmentlere katkı olarak, birçok boyaya, boya üretim maliyetini düşürmek veya daha pahalı pigmentleri kısmen ikame etmek üzere dolgu maddeleri veya ekstenderler ilave edilir. Bunun ötesinde söz konusu katkılar, boyaya parlaklık ve akma özelliği gibi çeşitli fonksiyonel özelliklerde kazandırılabilir. Ekstender olarak feldspat veya nefelinli siyenit kullanılmaktadır. Günümüzde boya üretiminde daha fazla feldspat ve nefelinli siyenit kullanılmaktadır. Yağ-su, emülsiyon ve toz kaplama tipi boyalarda, 20-30 mikron boyutunda feldspat kullanılır. Feldspatlar, barit ve kalsiyum karbonat gibi geleneksel boya dolguları ve ekstenderleri karşısında daha yaygın olarak kullanılan alternatif durumuna geçmektedir. Özellikle dış cephe boyalari, anti-korozif boyalar, sıva ve plaster gibi asite dirençli mamullerde kalsiyum karbonat yerine ikame edilir. Dış etkenlere karşı renk stabilitesinde avantaj sağlar. Nefelinli siyenit de bazı ülkelerde gittikçe artan oranda dolgu maddesi olarak tüketilmektedir. Kanada'da Indusmin Co. "Minex" ticari adı altında çeşitli tane boyutlarında nefelinli siyenit üretmektedir. Mikronize nefelinli siyenit esas olarak serbest akışlı, toksik olmayan düşük yağ emmeli beyaz ekstender pigmenttir ve susuz potasyum alüminyum silikat formunda özellikler sağlar. Çok parlak boyalarda çok ince ekstender pigmentleri istenir. Bunların tane boyu 1-2 mikron civarında olmalıdır. Saten parlaklığında boyalar için ise 30 mikrona kadar çıkabilen boyutta kaba taneli ekstenderler kullanılabilir.

4.2.5. Plastik sanayii

Plastik üretimi, endüstriyel mineraller için katkı maddesi olarak kullandıkları büyük bir pazar teşkil eder ki bunlar, dolgu ve ekstender, renk verici ve yanmayı geciktirici olarak uygulanırlar. Bünye dolgusu veya mukavemet kazandırıcı dolgu maddesi olarak mineral kullanımı, önemli araştırmalara konu olmuştur. Plastikler, polimer yapısına sahip, yumuşak halde döküm yapabilen ve sertleştiğinde katı nihai ürün veren, katkı maddesi içeren veya içermeyen materyaller şeklinde genel bir tanım altında toplanabilirler. Dolgu maddeleri plastik reçetelerinde maliyet düşürücü veya mukavemet kazandırıcı olarak kullanılır.

Genel olarak, hammaddeler polimere ilave edildiğinde elastik modülü azalır. Eklenen dolgu miktarı ile orantılı olarak uzama azalır, sert silikatlar ilavesinde şok mukavemeti artar. Barit, talk ve kalsiyum karbonat ilavesinde kompresyon mukavemeti azalır: silikat, mika ve nefelinli siyenit ilavesi elektriksel özellikleri geliştirir, sert silikat ilavesi hem aşınma direncini hem de bozulmaya karşı mukavemetini arttırır, talk ve kalsiyum karbonat ilavesi ise bunları düşürür. Kalsiyum karbonat gibi geleneksel dolgu maddelerinin aksine, feldspat ve nefelinli siyenit az miktarlarda kullanılır.

Özel polimerlerde uygulanmaları ise henüz sadece ilgilenme aşamasındadır. Bunların üretim aşamasında sağladığı avantajlar, son derece düşük miktarda ihtiyaç göstermesi ve yüklenmeye mukavemetidir. Kanada'da Indusmin'in daha önce bahsedilen Minex serisi içinde %99'u 10 mikrondan küçük ve %90'ı 5 mikronun altında plastik dolgu nefelinli siyeniti üretilmektedir. Feldspatik dolgular için potansiyel imkanlar mevcut olmakla birlikte bütün plastik mineral maddeleri piyasası, tüm olarak plastik endüstrisinin geleceği ile kontrol edilmektedir ve bu da, metal ve cam gibi daha geleneksel materyallere alternatif olarak, plastiklerin kabullenilmesine bağlıdır.

5. BOR

Bor, Türkiye’de gelecek açısından büyük umutlarla bakılan ve çokça tartışılan bir elementtir. Latince’deki ilk adı olan “baurach”, Arapça’daki “bavrak” ile Farsça’daki “burah” sözcüklerinden gelmektedir. Kimyasal simgesi “B”, atom numarası “5”, atom ağırlığı da “10,811”. Diğer önemli ayrıntılarından erime sıcaklığı 2300° C, kaynama sıcaklığı 2550 °C, özgül ağırlığı ise 20 °C’de 2,34’tür. Bor elementi, periyodik sistemin 3. grubunun başında yer alır ve yerkabuğunda bulunma yüzdesi 0,001’dir. Buna karşılık, her türlü jeolojik ortamda oluşan minerallerde bulunur. Doğada az bulunan bor, en duyarsız elementlerden birisi sayılır ve bu yönüyle, metalik ve metalik olmayan (ametal) özellikler gösterir. Kristal yapıdaki ametal bor, normal sıcaklıklarda su, hava ve hidroklorik/hidroflorik asitlerle soylu davranış gösterir; yüksek konsantrasyonlu nitrik asit ile sıcak ortamlarda borik aside dönüşebilir. Kristal halde parlak siyah renkli olan bor, amorf halde yeşilimsi sarı renkli, tatsız ve kokusuzdur [7].

Bor, ergimiş haldeki cam ara mamulüne katıldığında onun akışkanlığını arttırıp, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını yükselttiğinden ısıya karşı izolasyonunun gerekli görüldüğü cam mamullerine katılmaktadır.

Borlu camlar, özel fırın kaplarında, laboratuvar malzemelerinde, arabaların far ve sinyal camlarında, cam yününde, tekstil tipi cam elyafında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bor içeren özel camlar, optik ve elektrik özelliklerinden dolayı uzay sanayinde, elektronik endüstrisinde ve nükleer reaktörlerde kullanılmaktadır.

5.1. Bor ve Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları

Çok çeşitli sektörlerde kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları genişleyerek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin %10’a yakın bir bölümü

doğrudan mineral olarak tüketilirken, geriye kalan kısmı bor türevleri üretiminde kullanılmaktadır [8].

21. yüzyılın petrolü olarak nitelenen bor madenleri, Türkiye'nin en önemli maden varlığıdır. Bor madenleri, uzay teknolojisinden bilişim sektörüne, nükleer teknolojiden savaş sanayine ve tarım, kozmetik, cam, seramik, deterjan, sağlık sektöründen enerji sektörüne 4000'in üzerinde ürün çeşidinde kullanılmakta olan bir madendir. Bor bu özelliği nedeniyle sanayinin tuzu olarak tanımlanmaktadır.

Bor ayrıca aşağıdaki belirtilen sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır;

- Temizlik ve beyazlatma sanayi (sabun ve deterjanlar)
- Tarım (gübre, yabancı otların ve haşerelerin kontrolü)
- Metalurji, metalurjik kaynak ve lehimcilik
- Nükleer uygulamalar
- Kompozit malzemeler (bor elyafları)
- Uzay ve havacılık sanayi
- Borlu katı yakacaklar (hücre yakıtları (fuel cells), füze / uçuş yakıtları)
- Yanmayı önleyici (geciktirici) maddeler yangın söndürücüler, yangına dayanıklı malzemeler [8, 9].

Borat da denilen Boron minerallerinin 1999 yılı üretimi 4,5 milyon ton kadardır. Bunun 2 milyon tonu, 1,7 milyar dolar değerinde borik oksit (B_2O_3)'tir. Toplam üretimin %44 kadarı, başta tekstil ve izolasyon cam elyafı olmak üzere, cam sanayinde kullanılmaktadır. İkinci en büyük tüketim alanı, deterjan ve sabun sanayidir. Ayrıca, nükleer reaktörlerde ve nötron dedektörlerinde nötron yutucu olarak, az miktarlarda kullanımı vardır.

ABD ve Türkiye, üretimde başta gelmektedir. 1998 yılında her biri dünya arzının, B_2O_3 içeriği itibariyle %31'ini sağlamıştır. Türkiye en büyük ihracatçıdır. Diğerleri; ABD, Arjantin ve Şilidir. Japonya ve dünyanın en büyük tüketici bölgesini oluşturan

Batı Avrupa, tümüyle ithalata dayalıdır. Diğer önemli ithalatçılar; Brezilya, Avustralya, Kanada ve Doğu Avrupa'dır.

Türkiye, 563 milyon ton B_2O_3 rezerviyle toplam dünya rezervinin %64'üne sahiptir. 1,8 milyon ton/yıl ham bor üretim kapasitesi vardır ve 2001 yılı ham bor üretimi 1,48 milyon tondur. Madencilik ihracatı içindeki payı, değer olarak, yaklaşık %27'lik payla, birinci sıradadır. 2001 yılında 101 milyon dolarlık ihracat yapılmıştır. Son yıllarda ham bor ihracatı azalırken, katma değeri çok daha yüksek olan rafine bor ihracatında artış görülmektedir. Bu madenin Türkiye'deki işletme ve pazarlaması, Eti Holding A.Ş.'nin tekelindedir.

Dünyada boron arzı açısından gelecek 10 yılda bir sıkıntı beklenmemektedir. Batı Avrupa 2013 yılı itibariyle, sulardaki boron derişimlerini azaltmayı, bu amaçla deterjanlarda borat kullanımından uzaklaşmayı hedeflemektedir. ABD ise, bir enerji tasarrufu kalemi olarak, çamaşır makinelerinde daha düşük yıkama sıcaklıklarına yönelmektedir. Bu da, deterjan sektöründe daha fazla boron kullanılacağı anlamına gelir. Ayrıca bor bileşenlerinin hidrojen taşıma kapasitesi, bu elementin, geleceğin yakıt hücrelerinde yeni bir kullanım alanına kavuşabileceğine işaret etmektedir [10].

6. ANORTİT

6.1. Anortitin Özellikleri

Stokiyometrik anortit bileşimi ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) ve bunun kimyasal bileşimi %20,16 CaO, %36,65 Al_2O_3 , %43,20 SiO_2 şeklindedir. Anortit yüksek sıcaklıklarda iyi elektrik yalıtkanlığının yanı sıra, çok düşük termal genişleme katsayısına sahip olduğundan çok yüksek termal şok direnci göstermektedir.

Doğal anortit kalsiyumlu bir feldspat türüdür. Genellikle beyaz ve gri renkte olup camsı bir parlaklığı sahiptirler. Günümüzde anortit malzemelerin sentetik yollarla üretilerek kullanılması tercih edilmektedir [11].

6.2. Anortit Üretim Yöntemleri

Anortit üretiminde başlıca üç metot kullanılmaktadır; Bunlar sol-jel, toz metalürjisi ve cam-seramik ile anortit seramiklerinin elde edilmesidir [12].

6.2.1. Sol-jel yöntemi

Günümüzde “sol-jel” yöntemi, seramik tozları, cam, katalizör ve membran yapımı, kaplamalar, elyaflar için kullanılmaktadır. Sol – jel yöntemi prensipte malzemelerin moleküler düzeydeki karışımını esas alır [13]. Sol-jel yöntemi ile monolitik seramik ve kaplama üretiminde en çok kullanılan hammaddelerden biri metal-alkoksitlerdir. Sol-jel uygulamalarında “sol” kelimesi sıvı içindeki katı koloidal parçacıkları, “jel” ise katı ve sıvı faz arasındaki fazı sembolize eder. Bu nedenle sol-jel yöntemiyle hazırlanan jeller koloidal ve polimerik jeller olmak üzere 2'ye ayrılır.

Monolitik şekillerin eldesinde kullanılan sol-jel yöntemini 4 adımda toplamak mümkündür [3].

1. Alkoksit Hidrolizi

2. Peptizleşme veya Polimerizasyon
3. Jel eldesi
4. Kalsinasyon/Sinterleme.

6.2.2. Toz metalürjisi yöntemi

Bu yöntem diğerlerine göre daha basit ve daha ucuz olmasına rağmen, özellikle yüksek yoğunluklu seramikleri elde etmek zordur. Bu yöntem aslında sol-jel metoduna göre ikincil bir proses olarak da kabul edilebilir. Çünkü burada kullanılan başlangıç tozlarını elde etmenin bir yolu da sol-jel yöntemidir. Toz metalürjisi yönteminde, karışımı oluşturan tozların homojen dağılımının sağlanması prosesin en önemli aşamalarından birisidir. Bileşimi oluşturan karışım ne kadar iyi karıştırılır ve homojen olursa sinterleme sonrası malzeme özellikleri de o kadar iyi olur. Hazırlanan karışım, uygulama alanına uygun bir şekillendirme yöntemiyle şekillendirilir ve sinterleme işlemine tabi tutulur. Burada sinterleme olayı difüzyon ile gerçekleştiği için kolay kolay teorik yoğunluğa ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı karışıma sinterlemeyi kolaylaştırıcı bir takım katkıların ilavesi gereklidir [12].

6.2.3. Cam-seramik yöntemi

Cam-Seramik yapıları malzemeler özellikle son yıllarda üzerinde çok çalışılan konulardan biridir. Aynı zamanda anortit üretim yöntemlerinden olup temel prosesleri, ısı işlemlere kadar toz metalürjisiyle aynıdır. Yine burada şekillendirme prosesi de farklılık göstermektedir.

Hazırlanan karışım, 1400 °C üzerindeki sıcaklıklarda ergitilmekte, ergimiş olan karışım hazırlanmış olan kalıplara dökülerek şekillendirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Sonra da soğuduğunda amorf halde olan yapı sisteme katılan çekirdeklendirici oksit tozlarıyla düşük sıcaklıklarda çekirdeklendirilerek kristal yapı bir malzeme elde edilmektedir. Bu yöntemde aslında pratik olmasına rağmen,

nihai ürünün özellikle mekaniksel özellikleri diğer metotlara göre zayıf kalmaktadır. Çünkü yüksek sıcaklıklardaki ısı işlemler sırasında ergimiş olan malzeme, kalıplara dökülünce ani soğuma sıcaklık değişimleri ile oluşan gerilimler dolayısıyla yapıda mikro ve makro çatlaklar oluşmakta, bu da mekaniksel özellikleri olumsuz etkilemektedir [12].

6.3. Anortit Şekillendirme Yöntemleri

Anortit seramiklerini şekillendirmenin pek çok yöntemi vardır. Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağına uygulama alanının gerektirdiği şartlara göre karar verilmektedir. Nihai ürünün basit ve karmaşık şekilli olması ve üründen istenen birtakım özelliklere göre şekillendirme yöntemleri farklılık arz etmektedir.

6.3.1. Slip-döküm

Hazırlanan sulu karışım, alçı kalıplara dökülür. Karışımındaki su, gözenekli alçı kalıp tarafından emilir. Bu yöntem, basit bir yöntem olup esas olarak her boyut ve şekildeki parça üretimi için elverişlidir. Ancak, pişme esnasında çekme miktarı tipik olarak %25-30 mertebesindedir. Bu durum, son ürünün boyut tahmininde güçlük yaratır. Ayrıca, birkaç aşama gerektiren yavaş bir prosestir. Bu nedenle, yöntem prototip çalışmalarda ve kısa süreli üretim dönemlerinde kullanılır [13,14].

6.3.2. Kuru presleme

Bu yöntemde, seramik tozları, uygun bir bağlayıcı ve yağlayıcı ile karıştırılarak, metal bir kalıp içerisinde tek eksenli yük altında kuru olarak sıkıştırılır. Bu yöntemde toz boyutunun dağılımı önem taşır. Yöntem, plaka gibi düz parçaların üretimine uygundur. Kuru preslemedeki bünyeler slip dökümdeki sulu karışımının içeriğine göre daha az homojen karışımlardır. Daha da önemlisi preslenmiş parçalar önemli oranda hava boşluğu ihtiva ederler. Bu da yoğun bir yığın malzeme elde edilmesini

güçleştirir. Ancak bu durum preslenecek karışıma çeşitli preslenmeyi kolaylaştırıcı katkıların ilavesi ile minimuma indirilebilir [13,14].

6.3.3. İzostatik presleme

Bu yöntemde tozlar, kuru preslemede olduğu gibi hazırlanır ve sıvı geçirmeyen lastik kalıba konur. Sistemin havası boşaltılır. Kalıbı çevreleyen sıvı sıkıştırılır. Bu şekilde ham (pişmemiş) yoğunluk %50 mertebesine ulaşır ve pişme ile de bu değer teorik yoğunluğa ulaşabilir. Basit geometrideki parçalar daha sonra atölyede son şekillendirmeye tabi tutulur [13,14].

6.3.4. Sıcak presleme

Seramik ürünlerindeki yoğunlaşmayı arttırmak için genellikle sıcak preslemeye başvurulur. Sinterleme, yüksek sıcaklık ve uzun bir sürede yapılsa bile nihai malzemede, yoğunluk ancak %80-90 mertebesinde gerçekleşmektedir. Sinterlemede yoğunlaştırma, difüzyon prosesine dayandığından tam bir yoğunlaştırma ancak difüzyonun hızlı olduğu ergime noktasına yakın yüksek sıcaklıklarda gerçekleşebilir. Ancak, bu uygulamada bir takım güçlükler vardır. Örneğin, refrakter ve seramik malzemelerin ergime noktaları çok yüksek olduğundan, çok yüksek sıcaklıklarda, sinterleme hem teknik açıdan hem de ekonomik açıdan mümkün değildir. Diğer taraftan, süper alaşımlar için de yüksek sıcaklıklarda sinterleme, tane büyümesi ve mevcut fazların kararlılığı açısından pratik olarak mümkün değildir. Benzer şekilde, süper iletken seramiklerin üretiminde de faz dönüşümü nedeniyle yüksek sıcaklıklarda sinterleme yapmak mümkün değildir. Bütün bu güçlükler, sinterlemenin tam bir yoğunlaştırma için yeterli olmadığını göstermektedir [13,14].

6.3.5. Enjeksiyonla kalıpta şekillendirme

Bu yöntem, sürekli üretim halinde kullanılır. Üretimin hızı yüksek olup, maliyeti düşüktür. Bu proseste toz boyutu mikronun altındadır ve çeşitli termoplastik reçine

ve plastikliği arttırıcı katkı maddeleri ilave edilir. Bu yöntemle kompleks şekilli anortit seramik malzemelerin üretilmesi mümkündür [13,14].

6.3.6. Ekstrüzyon

Seramik tozları, yeterli plastikliği sağlamak amacıyla %25-30 mertebesinde organik bağlayıcı ile karıştırılır ve rutubet kontrol edilerek arzu edilen boyutlarda metallerde olduğu gibi ekstrüzyona tabi tutulur. Tüp, çubuk, tuğla, fayans gibi sabit kesite sahip ürünlerin imali için uygundur. Özellikle katalitik konvertör altlığı olarak ve egzoz gaz filtrelerinde kullanılan yüksek gözenekli bal peteği yapısındaki anortit benzeri kordiyerit malzemeler bu yöntemle şekillendirilmektedir [13,14].

6.3.7. Şerit-döküm

Bugünkü modern teknoloji, ince şerit veya plaka halinde seramiklere gereksinim duymaktadır. Bu ürünler için genellikle “şerit-döküm” (tape-casting) yöntemi uygulanmaktadır. Şerit-döküm, elektronik seramik endüstrisinin en önemli proseslerinden birisidir [3].

Şerit döküm yöntemi, inorganik seramik malzemenin sıvı içerisinde dağıldığı seramik karışımın hazırlanması ile başlar. Burada sıvı faz, çözücü içerisinde seyreltilmiş halde organik bağlayıcılar ile plastikliği değiştiren katkı maddelerini içermektedir [3,13,14].

Hazırlanan sıvı karışım, düz bir yüzeye yayılır ve çözücünün bünyeden uçurularak uzaklaşması sağlanır. Böylece, kurutulan malzeme inorganik seramiği ve geçici plastik bağlayıcıyı içerir. Kurutulan şerit, yüzeyden sıyrılabilir ve kağıt veya deri gibi ele alınabilir. Anortit seramiklerinin kullanım alanlarından olan elektronik devre altlığı uygulamalarında anortitin ince bir şerit ve levha halinde şekillendirilmesinde şerit döküm tekniği kullanılabilir [12].

7. MATERYAL VE METODLAR

7.1. X- Işın Difraksiyon Tekniği

Toprakların kil fraksiyonu, ana materyalden doğrudan ayrılmış bulunan primer minerallerle beraber, sekonder levhalı silikat minerallerin bir veya daha fazlasının karışımından oluşmaktadır. Böyle karışık bir sistemde minerallerin cinslerini nitelik ve nicelik olarak tayin etmek için çeşitli ve gelişmiş analizlere gerek vardır. Böyle bir analiz için en etkili metodlardan biri x- ışın analizidir. Toprak kil minerallerinin mevcudiyeti, özellikleri ve strüktürünün tayin edilmesinde x- ışın difraksiyon metodları; toprak biliminin temel uğraşlarından biri olmuştur.

X- ışınları kısa dalga boylu (0,01-100 Å arasında bulunan) elektro-magnetik radyasyondan ibarettirler. Atomlar arasındaki uzaklığa eşit dalga boyunda elektromagnetik dalgalar uygulandığı takdirde, kristal ile x-ışınlarının difraksiyonu sağlanabilir ve dolayısıyla atomlar arası uzaklık, Bragg kanununa ($d=n\lambda /2 \sin \theta$) dayanılarak tayin edilebilir [15].

X- ışın tüpü tarafından neşredilen karakteristik dalga anodta kullanılan metalin cinsine bağlıdır. Bu amaç için genellikle kullanılan metaller molibden, bakır, nikel, kobalt ve kromdur. Radyasyonun dalga boyu her metal için farklı olup, metalin atom sayısı ile ters orantılıdır. Difraksiyon analizi için dalga boyunun seçimi, örnekte mevcut minerallerin cinsi, örneklerin bileşimi, gerekli hassasiyet, havanın absorpsiyon durumuna göre yapılır.

Krom radyasyonu (K 2,28 Å) havanın yüksek absorpsiyonunda etkilenir. Örnek içerisindeki alüminyum, demir, kalsiyum gibi elementler krom radyasyonu için yüksek absorpsiyon kaynaklarıdır.

Kromun aksine olarak molibden radyasyonu (K 0,71 A°), hava toprak ve kil içerisindeki elementlerin absorpsiyonundan çok az etkilenir. Bu avantajına rağmen molibden radyasyonu ile hassas bir sonuç alınamaz.

Bakır radyasyonu (K 1,54 A°), hava ve örnek absorpsiyonundan birçok durumlarda etkilenmediği için, çoğunlukla kullanılmaktadır. Yüksek demir ihtiva eden örneklerde bakır radyasyonunun absorpsiyonu çok önemli olup, x- ışın analizlerinden önce örneklerde serbest demir oksitlerin giderilmesi ile bu sakınca ortadan kaldırılabılır [15].

Bu metodun en önemli sınırlaması, fazla miktarda amorf unsurlar bulunan durumlarda belli bir pik elde edilmemesidir.

7.2. Petrografik Mikroskop Tekniği

Petrografik mikroskop ile sadece kil agregatları, renk ve kırılma indeksleri tayin edilebilir. Bir süspansiyonda veya bir elektriksel alan içerisinde kristallerin davranışından onun levha şeklinde veya uzun bir şekilde olduğunu çıkarabiliriz. Halloysit ve montmorillonit gibi çeşitli minerallerin kırılma indeksleri her şeyden önce mineralin su miktarına ve içerisinde bulunduğu sıvının özelliklerine önemli ölçüde bağlıdır [15].

Mikroskop metodu basit olup, kullanan kişi herhangi bir hesaplama veya yoruma gerek kalmadan objeyi doğrudan doğruya görür. Buna rağmen, sonuçların değerlendirilmesinde tecrübe çok önemli bir faktördür. Petrografik mikroskop toprak bilimi ile ilgili çalışmalarda;

- a) Silt ve kum büyüklüğündeki tanelerin veya agregatlarının şekil, büyüklük ve durumlarının saptanması,
- b) İnce kesitlerde toprak yapı maddelerinin birbirleri ile ilişkilerinin ve dağılımının saptanması, amacıyla kullanılır.

7.3. Elektron Difraksiyon Tekniği

Elektronların dalga boyları x- ışınlarına göre daha kısadır. Bu nedenle özellikle yüzey çalışmalarını da etkiler ve fazla detay verirler. X- ışınlarını yansıtamayacak kadar küçük olan kristallerin dahi, elektron difraksiyon yöntemi ile fotoğrafları alınabilir [15].

Ayrıca, serbest demir oksitler gibi x- ışınlarında amorf karakter gösteren bileşiklerin de bu yöntemle fotoğrafları alınabilir.

7.4. Temel Analiz Tekniği

Toprakların kil büyüklüğündeki taneleri ve birçok kaba taneli mineraller ısıtılınca çeşitli reaksiyonlar gösterirler. Absorbe suyun baharlaşması gibi bazı reaksiyonlar düşük sıcaklıklarda, organik yapıdaki maddelerin oksidasyonu ve metalik iyonların redüksiyonu gibi olaylar orta sıcaklık derecelerinde ve kristal şebekedeki OH^- ın H_2O olarak ve CO_3^- nin CO_2 olarak kayıpları ise yüksek sıcaklık derecelerinde meydana gelir. Meydana gelen reaksiyonlar endotermik veya ekzotermik tabiattadır. Kil büyüklüğündeki tanelerde bulunan mineraller, değişik sıcaklıklarda çeşitli reaksiyonlar gösterirler. Bu farklılık metodun geliştirilmesi için avantaj olup, bu teknikle farklı mineral tiplerini niteliksel ve niceliksel olarak ayırt etmek olanağı bulunmaktadır.

Bir kilin ısıtılması sonucu açığa çıkan su OH^- iyonları ve H_2O molekülleri olmak üzere iki ayrı formda bulunur. OH^- iyonlarına “kristal şebeke suyu” adı verilir ve minerallerden uzaklaştırılmasına “*dehidroksilasyon*” denir. H_2O moleküllerinde ise “*hidrasyon suyu*” ve “*adsorpsiyon suyu*” adı verilir ve onların uzaklaştırılmasına ise “*desorpsiyon veya dehidrasyon*” adı verilir.

7.5. Diferansiyel Termal Analiz

Kil örneği ısıtıldıkça çeşitli reaksiyonlar meydana geldiği için, belirli zamanlardaki sıcaklığı, referans olarak kullanılan ve reaksiyon göstermeyen bir örneğe göre düşük veya yüksektir. Sıcaklıktaki bu farklılık iki yolla ölçülür.

Kullanılan iki termometreden biri kil örneğinin sıcaklığını ölçerken diğeri fırının sıcaklığını veya eşit şartlarda aynı fırında ısıtılan referans örneğinin sıcaklığını gösterir. Tek bir termometre kullanılarak kil örneği ile fırın veya referans örnek sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı ölçülür. Sonucu sistem daha fazla kullanılır.

Genellikle termometre yerine termokapl kullanılır. Termokapl'ın iki bağlantısı arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşan elektrik akımı, galvanometre ve amplifikatör yardımıyla bir kaydediciye aktarılarak, gerekli "Diferansiyel Termal Analiz Eğrisi" elde olunur.

Referans örneğe nazaran kil örneğinde daha düşük bir sıcaklığın oluşması endotermik bir reaksiyonun ve daha yüksek bir sıcaklığın oluşması ise, ekzotermik bir reaksiyonun mevcudiyetini gösterir.

DTA eğrisindeki maksimum sıcaklık farklarını gösteren noktalara pik sıcaklık denir. Bunların şekil, büyüklük ve yerleri, sadece reaksiyon ısısı ile ilgili olmayıp, aynı zamanda ısıtma nisbeti, termokapl'ların özelliği, örnek tutucunun tabiatı, büyüklüğü, şekli, kaydedici aletin cinsi ve alet ile ilgili diğer faktörlere bağlıdır.

İki-üç analizden sonra referans materyal bozulabileceği için her analizde yeniden hazırlanmasında yarar vardır.

DTA, montmorillonit, vermikulit, illit ve diğer mika benzeri kil minerallerinin kantitatif analizlerinde hassas bir şekilde kullanılamaz. Çünkü bunlara ait DTA eğrileri kristal şebeke suyunun çıkışına ait endotermik reaksiyonu tam olarak gösteremez.

7.6. Termogravimetrik Analiz

Adsorbe suyun tamamen giderileceği ve kristal şebekedeki suyun kaybolmaya başlayacağı sıcaklık sınırlarını tayin etmek, kil örneklerini uygun şekilde artan sıcaklıklarda sabit ağırlığa kadar tartmak suretiyle mümkündür. Sıcaklık dilimleri kritik bölge için 25-50 C° olabilir [15].

Önemli silikat kil mineralleri için kristal şebeke suyu 150 veya 350 ve 1000 °C kaybolur ve bu duruma göre kristal şebeke suyunun toplam miktarına göre 2:1 mineralleri ve 1:1 ve 2:2 mineralleri olarak ayırt edilebilir. Montmorillonit, vermikulit ve mikalar 2:1 tipinde olup, su miktarı %4,2 -51 arasında değişir. 1:1 ve 2:1 tipi minerallerinde ise %13,4- 16,2 arasında değişmektedir.

Organik maddeleri giderilmiş, Na ile doyurulmuş örnek, adsorbe ve kristal şebeke suyunun ayrılması için en uygundur. Buna karşılık Mg veya Ca ile doyurulmuş örnek ise, adsorbe su esasına göre 2:1 ve 1:1 tipi minerallerin ayırımını sağlamada kullanılır.

Belirli bir endotermik reaksiyondaki suyun çıkışındaki aktivasyon enerjisini bulmak için, DTA ile ölçülen reaksiyondaki kalori eşdeğeri ile termogravimetrik analizlerde açığa çıkan suyun miktarını bilmek gerekir. Açığa çıkan suyun miktarını otomatik kaydedici terazi ile ölçmek mümkündür.

Sıcaklığa karşı eklemeli ağırlık kaybı ölçmeleri çizilerek “ağırlık kaybı” ve “integral termal analiz eğrisi” elde olunur. Sıcaklığa karşı, sıcaklıktaki her derece artışa karşı ağırlıktaki kayıp eğrisi çizilerek “diferansiyel termogravimetrik analiz (DTgA) eğrisi” elde olunur.

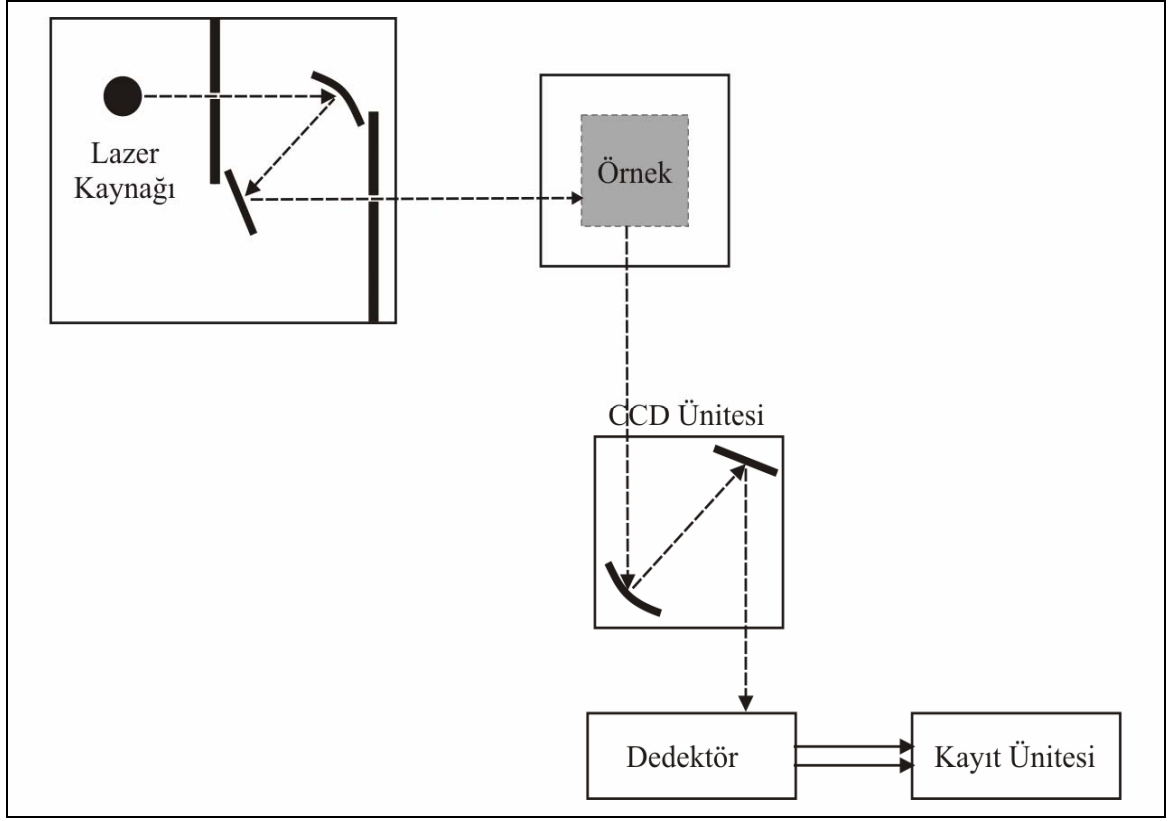
7.7. Raman Spektroskopisi

Moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında ışık absorpsiyonu olayı gerçekleşmiyorsa ışık saçılması olayı meydana gelir. 1928 yılında

Hint asıllı fizikçi C.V Raman, belirli moleküllerce saçılan ışığın ufak bir kesrinin görünür alandaki dalga boyunun gelen ışınınkinden farklı olduğunu ve buna ek olarak dalga boyundaki kaymaların, saçılmadan sorumlu moleküllerin kimyasal yapısına bağlı olduğunu bulmuştur .

Işık saçılması sırasında saçılan ışığın büyük bir kısmının enerjisi madde ile etkileşen ışığın enerjisine eşit olur ve bu tür elastik saçılma olayına *Rayleigh saçılması* denir. Elastik saçılma olayının yanı sıra saçılan ışığın çok az bir kısmı ise molekül ile etkileşmeye giren ışığın enerjisinden daha farklı enerjilerle saçılır. Bu tür elastik olmayan saçılma olayı ise *Raman saçılması* adını alır. Raman saçılması sırasında saçılan ışığın enerjisinde molekül ile etkileşen ışığınkine göre oluşan fazlalık veya azlık ışıkla etkileşen molekülün titreşim enerji düzeyleri arasındaki enerji farkları kadardır. Bu nedenle Raman saçılmasının spektroskopik incelenmesi ile de moleküllerin titreşim enerji düzeyleri hakkında bilgi edinilebilir. Bu tür bir spektroskopik yöntem *Raman spektroskopisi* olarak bilinmektedir. Raman spektroskopisinde molekül ile etkileşen ışığın dalga boyuna göre saçılan ışığın dalga boyunda oluşan farklar ölçülür. Ölçüm sonucu elde edilen normal Raman piklerinin şiddeti veya gücü, molekülün polarizlenebilirliğine, ışın kaynağının şiddetine, ölçüm yapılan maddenin bileşimine ve bir dizi diğer faktöre karmaşık şekilde bağlıdır.

Bir Raman spektrofotometresi 3 ana bileşenden oluşmaktadır (Şekil 7.1). Bir ışın kaynağı, bir numune aydınlatma sistemi ve uygun bir spektrometre (CCD ünitesi). Raman spektroskopisinde ışık kaynağı olarak genellikle lazerler kullanılırken, numune aydınlatma sistemi olarak petrografik amaçlı bir mikroskop kullanılmaktadır [16].



Şekil 7.1 Raman spektrofotometresinin ana bileşenleri [16]

Daha çok nitel analiz yapılan Raman spektroskopisi yönteminin en önemli iki avantajı; incelenecek madde üzerinde herhangi bir bozucu etkisinin olmaması ve incelemelerde kullanılacak örnekler için herhangi bir örnek hazırlama gerektirmemesidir. Bu iki önemli özellik raman spektroskopisinin katı, toz ve sıvı örnekler üzerinde kolaylıkla uygulanabilirliğini sağlamaktadır.

8. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Elektronik endüstrisinde kullanılan cihazlarda devreleri desteklemek amacıyla kullanılan devre altlığı malzemelerinden biri alumina (Al_2O_3) dır. Fakat alumina yüksek dielektrik sabitine sahip olması nedeniyle (Al_2O_3) devrelerde sinyal gecikmesine neden olmaktadır [17].

Gdula tarafından yapılan çalışmada dielektrik uygulamalar için uygun özellikte anortit seramiklerin ucuz hammaddelerden (kaolin ve $CaCO_3$) basit yöntemler kullanılarak üretilbileceği açıklanmıştır [17].

Ayrıca, alumina altlıklar yüksek sıcaklıklarda sinterlendiğinden, bu altlıklar üzerinde kullanılan iletken malzemelerin yüksek ergime sıcaklığına sahip olması gerekmektedir. Bu tür iletken malzemeler ise, yüksek elektrik direncine sahip olmaları nedeniyle sinyallerde gecikmelere sebep olurlar. Bu nedenle, son yıllarda Cu, Ag, Au veya Ag-Pd gibi düşük ergime sıcaklıklarına sahip iletkenlerin kullanılmasına imkan verecek şekilde düşük sinterleme sıcaklığına (özellikle <1000), düşük dielektrik sabitine ve düşük ısıl genişleme katsayısına sahip malzemelerin geliştirilmesine hız verilmiştir. Bu amaçla geliştirilen ve ilk olarak IBM tarafından yarı iletken sektöründe altlık olarak kullanılan malzemelerden biri kordiyerit ($2MgO.2Al_2O_3.5SiO_2$) ve kordiyerit bazlı cam seramiklerdir [18].

Düşük ısıl genişleme katsayısı aluminadan düşük dielektrik katsayısı sebebiyle elektronik endüstrisinde altlık olarak kullanılmaya uygun malzemelerden birisi de anortit ($CaO.Al_2O_3.2SiO_2$) polikristalin seramiklerdir [14,17]. Anortit seramiklerin altlık malzeme olarak kullanılabilmeleri için Cu, Au, Ag gibi iletken metallere birlikte sinterlenmelerine imkan verecek şekilde düşük pişme sıcaklıklarına sahip olması gerekmektedir.

Sumi, Kobayashi ve Kato tarafından yapılan çalışmada bor oksit ilavesiyle kaolin ve magnezyum hidroksitten kordiyeritin düşük sıcaklıkta üretimi gerçekleştirilmiş ve

bor oksitin prosese etkisi üzerinde durulmuştur. Borun sinterleme sıcaklığını 850 °C - 900 °C'ye düşürdüğü belirtilmiştir [19].

Mergen ve Aslanoğlu tarafından yapılan çalışmada kaolin kalsit, kuvars ve bor oksit kullanımı ile çok ince taneli malzeme kullanmadan anortit seramik elde edilmiştir. Elde edilen anortit seramiğin teorik yoğunluğu %87 olduğu görülmüştür. Bu sonuç 1100 °C sıcaklıkta sinterleme ile elde edilmiştir. 1100 °C'da sinterleme sıcaklığında bor içermeyen anortit fazı elde edilmiştir [5].

Kumar, Singh ve Ramachandrarao uçucu küllerden kordiyerit sentezi ve refrakter özelliklerini araştırmışlardır. Termik santrallerden elde edilen temiz uçucu küllerden elde edilen kordiyeritin sanayi tipi kordiyeritle aynı özellikleri hatta yüksek sıcaklıklarda daha iyi özellikler gösterdiği belirlenmiştir [20].

Kobayashi ve Kato tarafından yapılan çalışmada düşük sıcaklıkta, sinterlenebilir çok tabakalı anortit seramiklerin üzerinde çalışılmıştır. Günümüzde çoğu bilimsel çalışmalar/araştırmalar klasik anlamda kullanılan alüminanın yerine alternatif seramikler geliştirilmesine yöneliktir. Bu malzemeler daha çok yarı iletken entegre devre performanslarının artırılmasına yönelik alanlarda kullanılmaktadır. Bu amaçla seramik malzemeler düşük dielektrik sabiti, düşük ısıl genleşme katsayısı ve 1000°C'nin altında bir sinterleme sıcaklığına sahip olması gerektiği açıklanmıştır. Anortit seramikler nispeten saf kaolin ve değişik tane büyüklüğüne sahip kalsitlerden sentezlenerek elde edilmiştir. Öğütülmüş başlangıç reaktifleri basınç altında 900 °C - 1200 °C arasında ısıtılmıştır. 1000 °C sıcaklıkta seramik anortit elde edilmiştir. İnce öğütülmüş kalsit kullanılması durumunda, bağıl (görel) yoğunluk %94 ve su absorpsiyonu yaklaşık sıfır bulunmuştur. Nispeten büyük taneli kalsit kullanılması halinde ise, görel yoğunluk daha düşük ve su absorpsiyonu ise daha yüksek bulunmuştur [21].

Sampathkumar N.N., Umarji A.M. ve Chandrasekhar B.K. tarafından yapılan çalışmada, uçucu küllerden kordiyerit elde edilmesi üzerinde durulmuştur. Bu şekilde

elde edilen kordiyeritin diğer yollardan elde edilen kordiyeritin özellikleri ile aynı olduğu belirtilmiştir. Bu şekilde üretilen kordiyeritin mikroyapısı içinde zengin magnezyum kordiyerit fazının olduğu tespit edilmiştir [22].

A.Mergen, Kayed T.S., Bilen M., Qasiawi A.F. ve Gürü M. tarafından yapılan çalışmada kaolin, CaCO_3 ve kolemanit kullanılarak anortit üretimini gerçekleştirmişlerdir. Bu yolla $1300\text{ }^\circ\text{C}$ 'da %90 teorik yoğunluğa sahip anortit elde edilmiştir [23].

Boudchicha, Achour ve Harabi tarafından yapılan çalışmada kordiyerit ve anortit içerikli seramiklerin sinterlenmesi ve kristalleşmesi incelenmiştir. Bu çalışmada, düşük ısıl genleşme katsayısı, yüksek ısıl şoklara dayanıklılık ve düşük dielektrik sabiti nedeniyle kordiyerit ($2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$) ve anortit ($\text{CaO}_2\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SiO}_2$) ve bunların karışımlarının, motorlarda gazların yanmasında destek malzeme olarak, ayrıca gaz türbinlerinde ve endüstriyel ısı değiştiricilerde destekleyici malzeme olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir [24].

Traore, Kabre ve Blanchart tarafından yapılan çalışmada kaolin ve kalsit karışımından gehlenit ve anortit kristalizasyonu incelenmiş ve uygun oranlarda kil ve kalsit karışımlarından ince taneli yapıda seramik malzemenin özelliklerinin artırılabilceği açıklanmıştır [25].

Kurama ve Ay tarafından yapılan çalışmada kordiyerit eldesinde öğütme zamanının ve MgO kaynağının etkisi üzerinde durulmuştur. Kordiyerit seramiklerin mükemmel ısıl şoklara dayanıklılık özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir [26].

Sumi, Kobayashi ve Kato daha önceki çalışmalarında kalsine edilmiş ve çok ince taneli magnezyum bileşikleri ve kaolin karışımının $1300\text{ }^\circ\text{C}$ ısıtılmasıyla α seramiği elde etmişlerdir. Bu yöntemde çok ince taneli öğütülmüş malzeme elde etmek için uzun süre malzemeyi öğütmek gerektiğinden malzemenin safsızlığını önlemenin zor olduğunu belirtmişlerdir. Daha sonra safsızlığı artırmak için alternatif bir yol

arayışına girmişlerdir. Magnezyum klorit çözeltisinden magnezyum hidroksit elde edilmesi ve bunun kaolin ile karıştırılıp 1350 °C’da reaksiyona tabi tutulması ile kordiyerit sentezi çalışmışlardır [27].

Acimovic ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada magnezyum silikat bileşikleri yerine sepiyolit bazlı kordiyerit seramiklerin üretimi ve yüksek fırınlarda kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur [28].

Wittman ve Zanotto, anortit ($\text{CaO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) camlarındaki yüzey kristalleşmesinin araştırmasını klasik çekirdeklenme teorilerinden faydalanarak nicel ve nitel sonuçlar elde edecek şekilde incelemiştir. Çalışmalarında anortit camında heterojen çekirdeklenmenin baskın çekirdeklenme mekanizması olduğunu gözlemlemiştir. Sonuç olarak yüzeyler arası yeniden yapılanmanın hem cam yüzeyindeki hem de cam dahilindeki kristal büyümesini kontrol eden mekanizma olduğunu ve bu sonuçların daha önce kordiyerit bazlı camlar üzerine yapılan çalışmaların sonuçları ile benzeştiğini ileri sürmüşlerdir [29].

Liu ve arkadaşları ise, anortit ($\text{CaO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) camlarındaki faz ayrışmasını elektrik alan uygulanması tekniği ile detaylı olarak çalışmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar; harici olarak uygulanan elektrik alanının camdaki faz ayrışımını hızlandırdığını ve bunun da damlacık fazların farklı boyutlarda oluşmasını sağladığını göstermiştir [30].

Ayrıca, Tokuyama, Soda PK (Japonya) firması tarafından EP0298701 A3 B1 patent no’lu; kalsiyum tipi zeolit veya kalsine edilmiş bir ürün ve bir alkali metal bileşiği ve 1000 °C sinterlenmiş malzemelerden en azından birinin seçilmesiyle oluşturulan bir yapının hazırlanmasıyla anortit elde edilmesi konulu “Anortit sinterlenmiş malzeme hazırlanması için proses” adı altında patent almışlardır [31].

Yukarıda anlatılan literatür çalışmalarına bakıldığında, kaolin, kalsit, kalsiyum karbonat gibi diğer hammaddeler kullanılarak anortit malzemelerin üretildiği ve

karakterizasyonu ile ilgili çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar ışığında, ülkemizde oldukça çok bulunan volkanik tüf kullanılarak borik asit katkılı anortit malzeme sentezi tez çalışmamıza konu olarak seçilmiştir.

9. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada volkanik tüfe CaO ve SiO₂ eklenerek anortit seramik malzeme üretimi hedeflenmiştir. Kullanılan volkanik tüf Niğde yöresi volkanik tüfüdür. Çalışmada volkanik tüflerin ekonomimize kazandırılması ve ülkemizde gelişmekte olan ileri teknoloji malzemelerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

9.1. Hammaddelerin Özellikleri

9.1.1. Volkanik tüf

Volkanik kayalar hem lav akıntılarını hem de piroklastik materyalleri kapsar. Hızlı soğuma, cam içeriğinin daha fazla veya daha az oluşuna bağlı olarak afanitik dokunun gelişimine sebep olur. Uçucuların kaçıışı ile büyüyüp genişleyen gaz baloncukları, çoğunlukla gözenekliliği yüksek kayaları meydana getirir. İntratellürik (derinlerde fenokristal oluşumu ile gerçekleşen kristalleşme) safha esnasında gerçekleşen yavaş soğuma, büyük kristallerin lav içinde asılı halde oluşmasını ve efüzif safha esnasında bunların afanitik matriks içinde donmalarını sağlamaktadır. Örneğin bazalt, koyu gri-siyah renklerde olan ve kırmataş veya mineral yünü olarak kullanılan, oldukça sert bir kayadır. Ofitik dokuya sahip bazı diyabaz (veya dolerit) tipleri, anıtlar için uygun bir malzeme kaynağıdır. Tüf, büyük ölçüde kristal ve volkanik cam parçacıklarından oluşan pekişmiş volkan külüdür ve bentonit veya zeolitler için bir kaynak kaya oluşturur. Tüf ticari anlamda hafif ağırlıklı agregat olarak kullanılır [13].

Deneysel çalışmada kullanılan volkanik tüf Niğde yöresinden alınmıştır. Volkanik tüfün analizleri Spectro PEDXRF X-Lab 2000 model XRF cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh.Böl. Petrografi Araştırma ve Uygulama Laboratuvar'ında yapılmıştır.

Çizelge 9.1. Deneyde kullanılan Niğde yöresi volkanik tüfün kimyasal bileşenleri

Element	Dimension	Değer
Na ₂ O	%	3,48
MgO	%	1,134
Al ₂ O ₃	%	11,92
SiO ₂	%	64,69
P ₂ O ₅	%	0,0291
SO ₃	%	0,00075
Cl	%	0,2506
K ₂ O	%	2,99
CaO	%	3,041
TiO ₂	%	0,2021
V ₂ O ₅	%	0,0041
Cr ₂ O ₃	%	0,00132
MnO	%	0,0542
Fe ₂ O ₃	%	1,57
Co	ppm	18
Ni	ppm	5,4
Cu	ppm	6,7

9.1.2. Borik asit

Borik asit Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları'ndan temin edilmiştir.

Çizelge 9.2. Deneyde kullanılan borik asitin kimyasal bileşenleri [31]

<i>Bileşen</i>	<i>Değer</i>	<i>Bileşen</i>	<i>Değer</i>
H ₃ BO ₃	%99,9	SiO ₂	38 ppm
SO ₄	190 ppm	Mg	250 ppm
Na	46 ppm	K	29 ppm
Ca	52 ppm	Pb	8 ppm
Fe	22 ppm	Cu	3 ppm
Al	18 ppm	Ni	5 ppm

Borik asitin %99,9 saflıkta olduğu ve çok düşük miktarda safsızlık olarak SO₄, Na, Ca, Fe, Al ve Mg içerdđi görölmektedir. Ayrıca, saf borik asitin içinde %56,27 oranında bor oksit bulunmaktadır [29,31].

9.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar

Deneylerde kullanılan maddelerin öğütölmesi bilyeli öğütücü olan Union Process marka 01 HD model laboratuvar tipi atritörde yapılmıştır.

Karışıma katılan malzemelerin tane boyutları Malvern marka 2600 serisi lazer tane boyut cihazıyla ölçölmüştür.

Pelletler atmosfer basınçlı press makinesinde 32 mm çapında 4 mm kalınlığında diskler şeklinde hazırlanmıştır. Pelletlere uygulanan basınç 22,5 tondur.

Sinterleme işlemleri Protherm marka 12 segmentli yüksek sıcaklık fırında gerçekleştirilmiştir. Isıtma ve soğutma hızları segmentler halinde programlanmış ve sinterleme 4 segmentte gerçekleşmiştir. Sinterleme programı Şekil 9.2' de gösterilmiştir.

Volkanik tüfün ve üretilen malzemelerin kimyasal bileşimi X-ışınları floresan cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. XRF analizlerinde, Spectro PEDXRF X-Lab 2000 model cihaz kullanılarak analiz yapılmıştır.

Deneylerde kullanılan numunelerde oluşan kristal fazların varlığı XRD kullanılarak gözlemlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan XRD Leica marka olup numuneler 1 °C/dakikalık tarama hızı ile 0-60° ler arasında incelenmiştir. Pelletler XRD incelemesi yapılması amacıyla kırılıp öğütölmüştür.

Pelletleri oluşturan mineralojik bileşenlerden opak minerallerin türlerini belirleyebilmek için Raman spektroskopisi çalışması yapılmıştır. Raman spektrometre

çalışması Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji ve Petrografi Araştırma Laboratuvarında, yüksek çözünürlüklü, analitik Raman mikroskobuyla desteklenen, “HORIBA Jobin Yvon marka Labram HR” cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Pelletlerin sertlikleri Gazi Üniversitesi İleri Teknoloji Bölümü laboratuvarlarında Durotech marka M202 marka Shore Hardness aleti ile yapılmıştır.

İçyapı incelemesi JEOL- JSM-6060 LV marka EDS (Energy Dispersiyon Spectroscopy) imkanına sahip taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

9.3. Pelletlerin Hazırlanması

9.3.1. Kullanılan bağlayıcılar

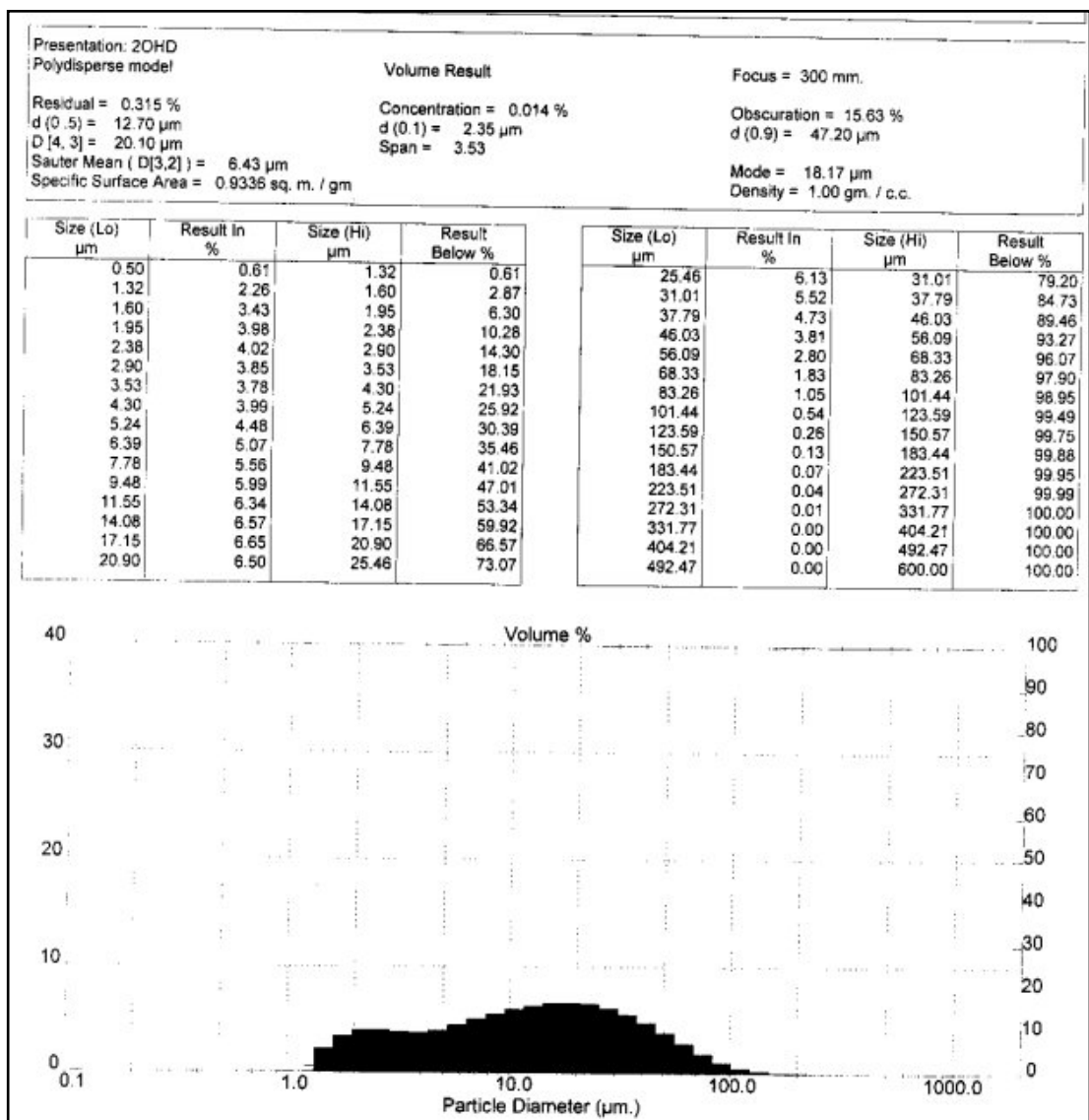
Yapılan çalışmada stearic asit, polivinil alkol gibi bağlayıcılar kullanılmıştır. Bu iki bağlayıcı ile taneciklerin birbirini tutamadığı ve sinterleme sonunda malzemenin tamamen dağıldığı görülmüştür. Bir başka bağlayıcı olan waks ile istenilen pelletler hazırlanmıştır. Pelletler 4 g karışım 0,9 g waks ile karıştırılarak hazırlanmış ve sinterleme işlemine alınmıştır.

9.3.2. Öğütme ve karışımı hazırlama

Niğde yöresi volkanik tüf ve Al_2O_3 ayrı ayrı bilyalı öğütücü ile 120’şer dakika öğütülmüştür. Stokiyometrik hesaplamayla volkanik tüf, Al_2O_3 ve CaO karışımından teorik anortit bileşimini sağlayacak başlangıç karışımı elde edilmeye çalışılmıştır (Bkz. EK1).

Anortit teorik olarak %20,16 CaO, %36,65 Al_2O_3 , %43,20 oranında SiO_2 içermektedir [30]. Deneyin sonuçlarına göre tekrarlanabileceği ihtimali göz önünde

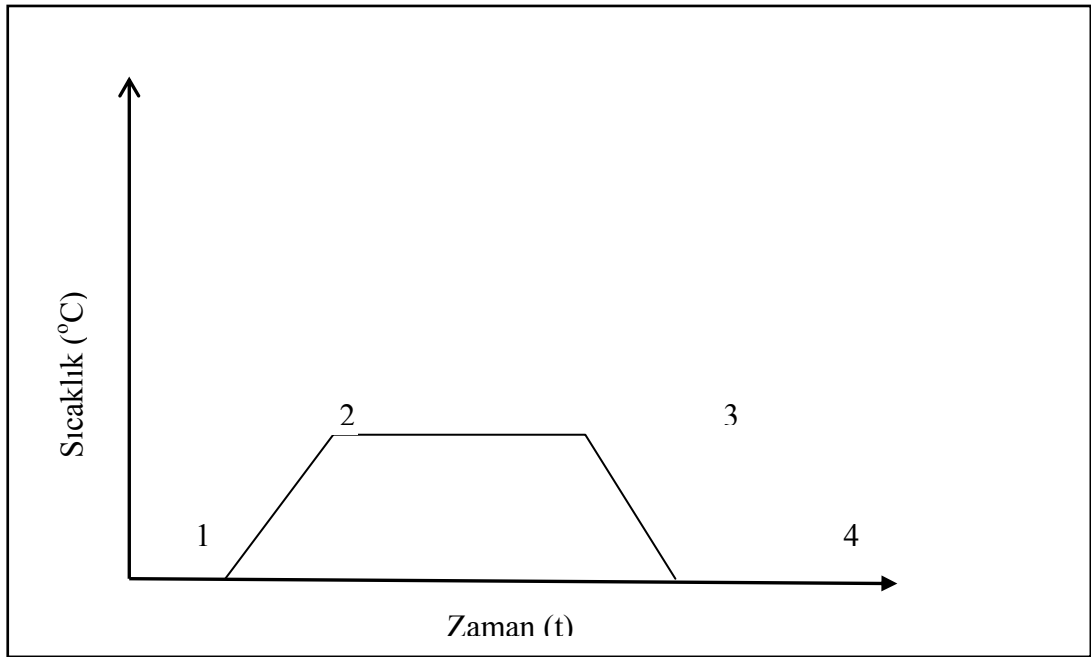
tutularak başlangıçta 100 g volkanik tuf kullanılmış ve tuf içerisine anortit oluşumunu oranını sağlamak amacıyla uygun sitokiyometrik oranları sağlayacak şekilde (43,93 g Al_2O_3 ve 27,23 g CaO) ilave edilerek toplam 171,16 g ana karışım elde edilmiştir. Söz konusu borik asit katkısız karışım bilyeli öğütücüde 2 saat süreyle öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Böylece karışımındaki parçacıkların aynı tane büyüklüğüne ($d_{ort}=2,35$) getirilmesi ve homojen dağılımı sağlanmıştır Tane boyut grafiği Şekil 9.1' de verilmiştir.



Şekil 9.1. Karışımın tane boyut grafiği

Elde edilen karışımlar %2, %4, %6 borik asit katılarak basınçlı presleme aleti ile 32 mm çapında 4 mm kalınlığında 22,5 ton basınç altında silindirik pelletler haline getirilmiştir (4g karışım ve 0,9 g waks).

Hazırlanan pelletler alümina esaslı reflakter tuğla üzerine konularak fırın içerisinde 15°C/dakika ısıtma hızı ile ayrı ayrı 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C, 1300 °C sıcaklıklarda 2 saat süreyle bekletilerek sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. Sinterleme işleminden sonra yine 15 °C/dakika soğutma hızı ile oda sıcaklığına soğutulmuştur. 1–2 ve 3–4 aralıkları değerleri 1000 °C sıcaklık için 66,66 dakika, 1100 °C 73,33 dakika, 1200 °C sıcaklık için 80 dakika, 1300 °C sıcaklık için 86,66 dakikadır. Tüm sıcaklıklar için 2–3 aralığındaki değer 120 dakikadır Şekil 9.2.



Şekil 9.2. Yüksek sıcaklık fırını ısıtma ve soğutma programı

10. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

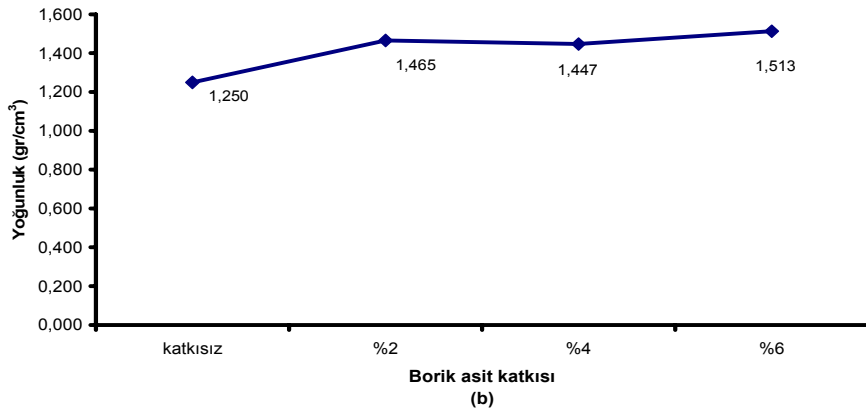
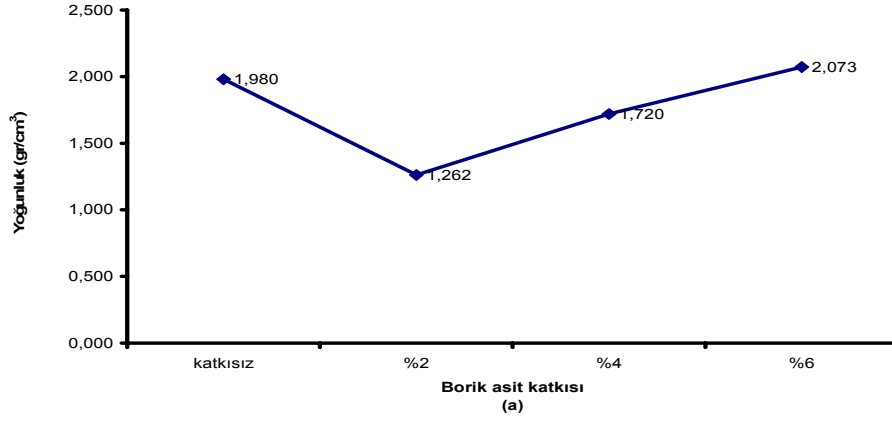
Bu çalışmada volkanik tuf, CaO ve Al₂O₃ kullanılarak, elektronik endüstrisinde devre altlığı malzemesi olarak kullanılan anortit seramik malzeme toz metalürjisi yöntemiyle üretilmeye çalışılmıştır. Elde edilen numuneler de yoğunluk ve sertlik (shore) ölçümleri yapılmıştır. Yoğunluk ve sertlik grafiklerine göre doğrusal değişim gösteren 1100 °C sıcaklıkta sinterlenmiş pelletler XRF, XRD, EDS ve Raman spektroskopisi kullanılarak karakterize edilmiştir.

Literatürde anortit üretimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, farklı başlangıç hammaddelerinin anortit oluşumuna farklı etkileri olduğu görülmektedir.

Volkanik tuf doğal bir silisyum kaynağı olarak %65'e varan yüksek bir yüzdeye sahiptir. Ancak içindeki Al₂O₃ ve CaO dışındaki safsızlıkların yüzdesi çok büyük olduğundan anortitin oksit bileşimi içinde %20'ye varan safsızlıklar girmiştir. Deneyler sonucunda 1100 °C de sinterlenen katkısız örnek içinde plecioglass anortite rastlanmış ancak fazın tamamı anortite transform edilememiştir. Bu sonuç oksit bileşimi açısından safsızlıkların giderilerek homojen bir başlangıç karışımının hazırlanması gerektiğini göstermektedir.

10.1 Yoğunluk

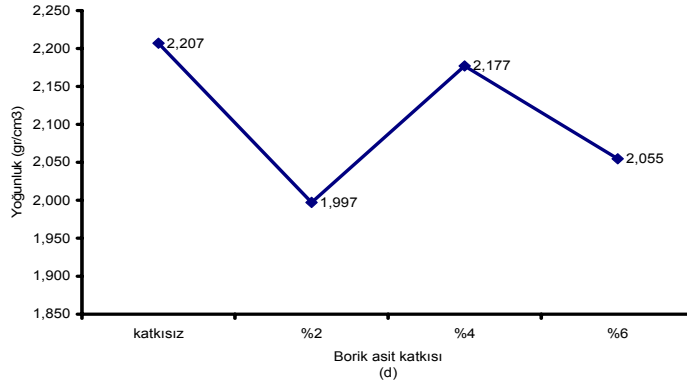
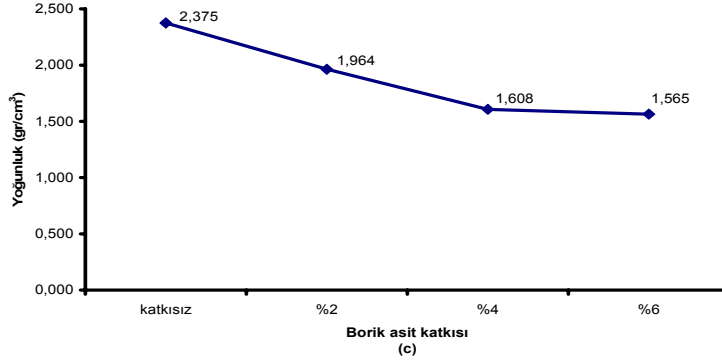
10.1.1. Sabit sıcaklıkta yoğunluk-borik asit değişimi



Şekil 10.1. Sabit sıcaklıkta sinterlenen pelletlerin yoğunluk-borik asit değişimi

a) Sinterleme sıcaklığı 1000 °C b) Sinterleme sıcaklığı 1100 °C

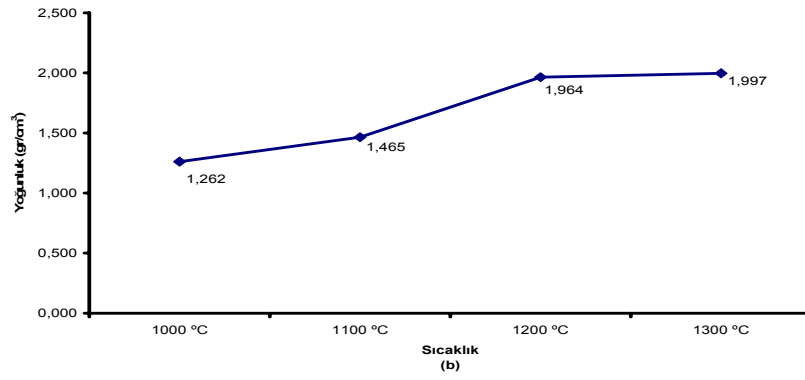
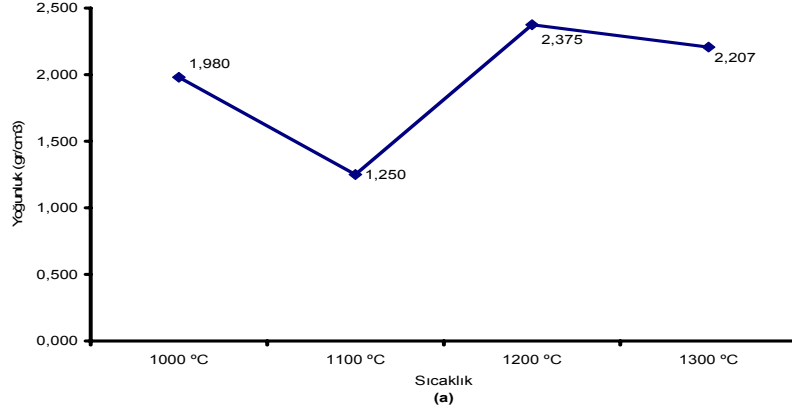
c) Sinterleme sıcaklığı 1200 °C d) Sinterleme sıcaklığı 1300 °C



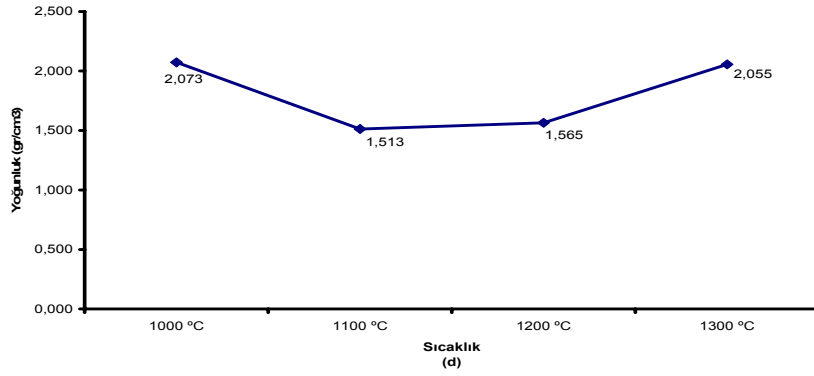
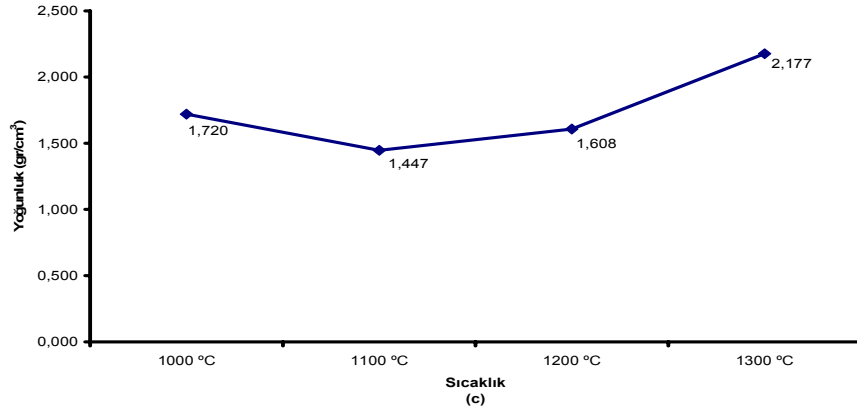
Şekil 10.1. (Devam) Sabit sıcaklıkta sinterlenen pelletlerin yoğunluk-borik asit değişimi a) Sinterleme sıcaklığı 1000 °C b) Sinterleme sıcaklığı 1100 °C c) Sinterleme sıcaklığı 1200 °C d) Sinterleme sıcaklığı 1300 °C

1000 °C ve 1100 °C de %2 borik asit değerinden sonra yoğunluk artarken 1200 °C ve 1300 °C sinterleme sıcaklıklarında %6 borik asit katkılarında düşüş göstermektedir. Yoğunluk sıcaklık değişiminde 1100 °C de kararlı bir durum gözlenmiştir. 1300 °C numuneler homojen şekilde sinterlenemediğinden sıcaklık ve yoğunluk arasında belirli bir eğilim yoktur. Yüksek sıcaklık pellet içinde kabarcıkların oluşumuna neden olmakta ve bu kabarcıklar soğuma esnasında dışarı kaçma imkanı bulamadıklarından örneklerin yoğunluğu düzensiz bir korelasyon izlemiştir.

10.1.2. Sabit borik asit katkısında yoğunluk- sıcaklık değişimi



Şekil 10.2. Sabit borik asit katkılı pelletlerin yoğunluk-sıcaklık değişimi
 a) Borik asit katkısız b) Borik asit katkısı %2 c) Borik asit katkısı %4
 d) Borik asit katkısı %6

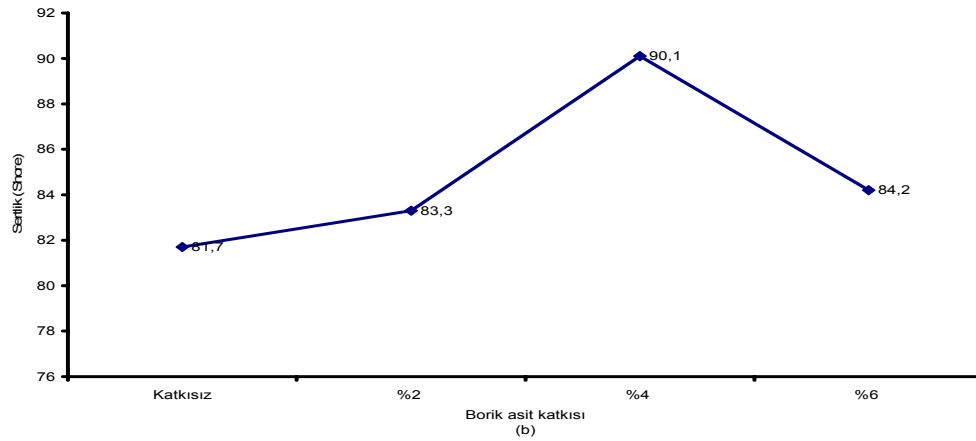
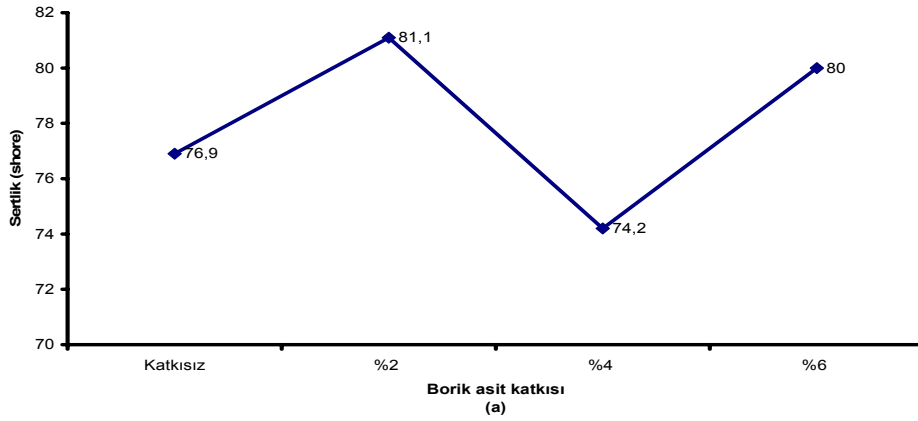


Şekil 10.2. (Devam) Sabit borik asit katkılı pelletlerin yoğunluk-sıcaklık değişimi
 a) Borik asit katkısız b) Borik asit katkısı %2 c) Borik asit katkısı %4
 d) Borik asit katkısı %6

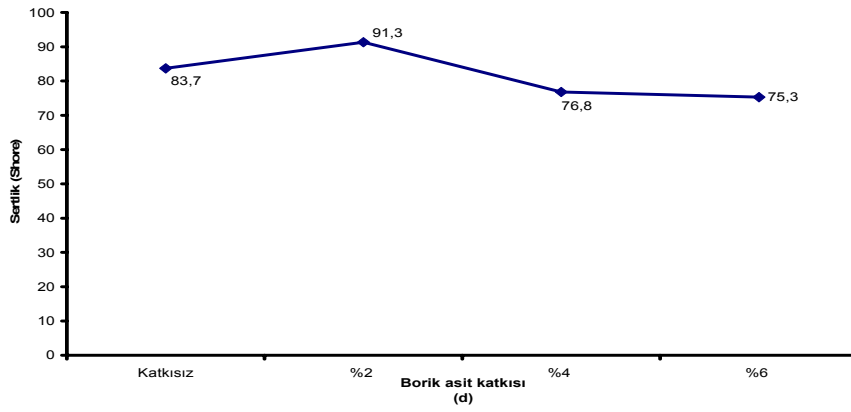
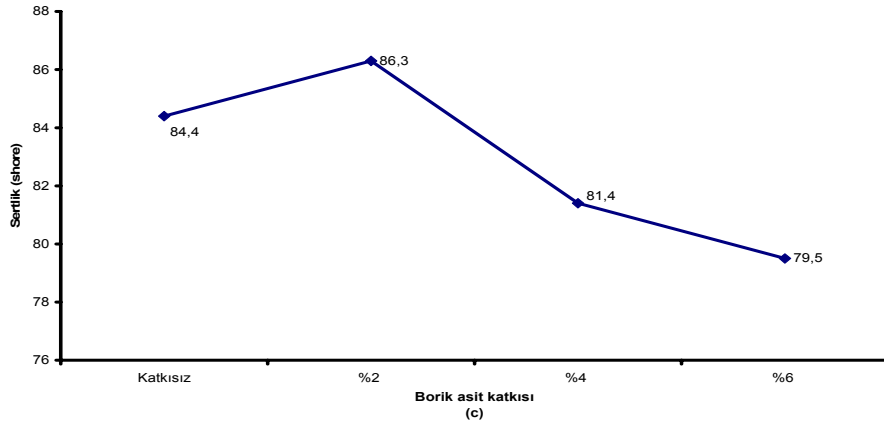
Borik asit katkısız pelletler sıcaklığa bağlı olarak düzensiz bir değişim gösterirken, %2 borik asit katkılı pelletler düzgün bir artım göstermektedir. Aynı şekil de %4 ve %6 borik asit katkılı pelletler 1000 °C de yüksek yoğunluk gösterip 1100 °C de yoğunlukları azalarak 1200 °C ve 1300 °C sıcaklıklarda yoğunluk artışı görülmektedir.

10.2 Sertlik (Shore)

10.2.1. Sabit sıcaklıkta sertlik-borik asit değişimi

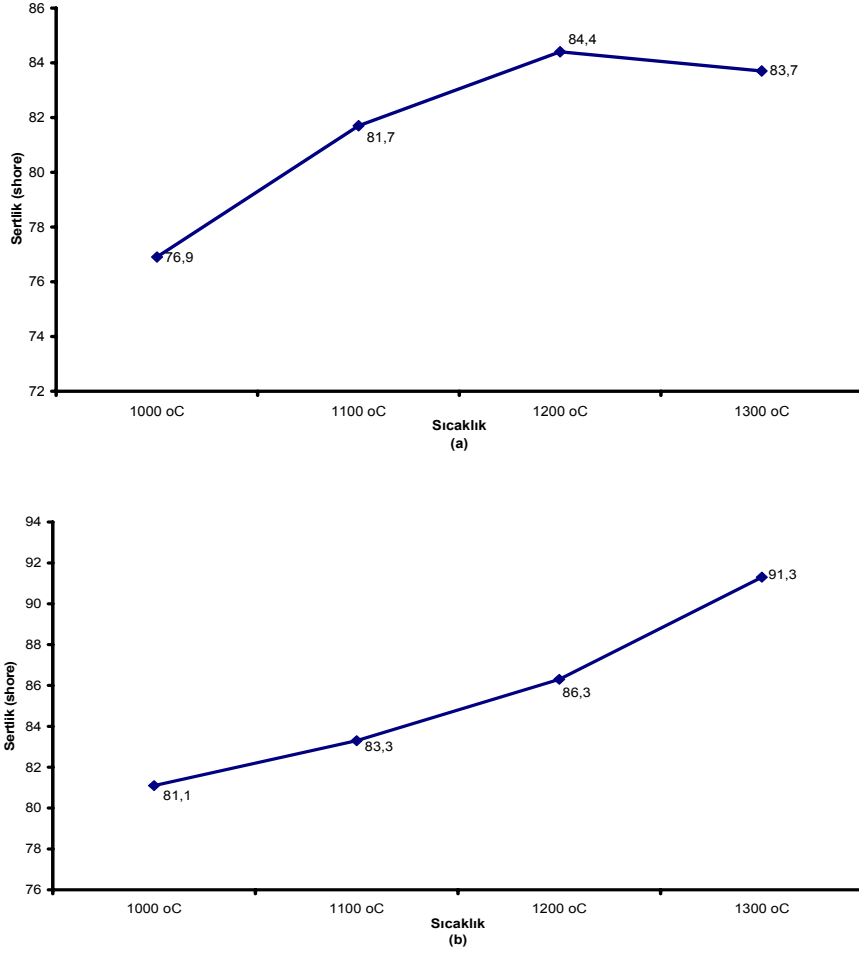


şekil 10.3. Sabit sıcaklıkta sinterlenen pelletlerin sertlik- borik asit değişimi
 a) Sinterleme sıcaklığı 1000 °C b) Sinterleme sıcaklığı 1100 °C
 c) Sinterleme sıcaklığı 1200 °C d) Sinterleme sıcaklığı 1300 °C

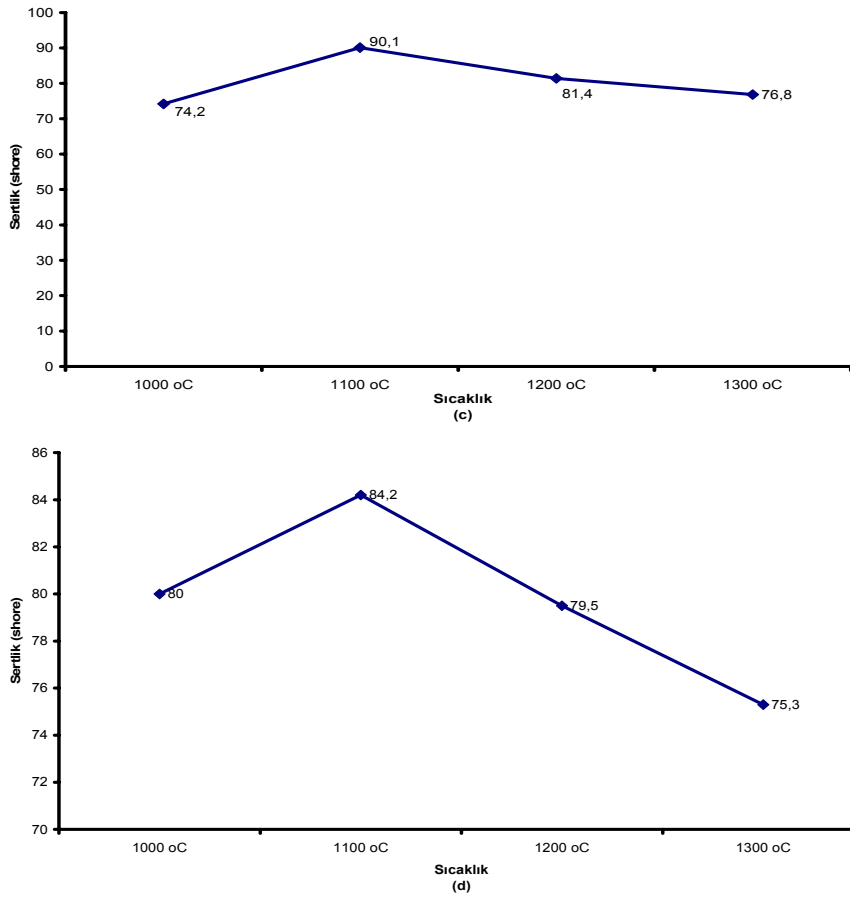


Şekil 10.3. (Devam) Sabit sıcaklıkta sinterlenen pelletlerin sertlik- borik asit değişimi
a) Sinterleme sıcaklığı 1000 °C b) Sinterleme sıcaklığı 1100 °C
c) Sinterleme sıcaklığı 1200 °C d) Sinterleme sıcaklığı 1300 °C

10.2.2. Sabit borik asit katkısında sertlik- sıcaklık değişimi



Şekil 10.4. Sabit borik asit katkılı pelletlerin sertlik- sıcaklık değişimi
a) Borik asit katkısız b) Borik asit katkısı %2 c) Borik asit katkısı %4
d) Borik asit katkısı %6



Şekil 10.4. (Devam) Sabit borik asit katkılı pelletlerin sertlik- sıcaklık değişimi
a) Borik asit katkısız b) Borik asit katkısı %2 c) Borik asit katkısı %4
d) Borik asit katkısı %6

1000 °C ve 1100 °C sinterleme sıcaklıklarında sertlik ve borik asit arasında bir korelasyon olmadığı görülmektedir. Ancak 1200 °C ve 1300 °C sıcaklıklarda borik asit katkısı arttıkça sertliklerinde azalma gözlenmiştir. Bu sonucun numunelerin yüksek sıcaklıkta ve yüksek bor katkılarında deformasyona uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

10.3. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C Olan Pelletlerin XRF Analizleri

1100 °C sıcaklık da sinterlenen pelletlerin Çizelge 10.1.'de yer alan XRF analizi neticesinde numullerdeki SiO₂, AlO₃ ve CaO oranlarının Niğde yöresi tufündeki homojen olmayan yapıdan ve SiO₂ deki yüksek orandan dolayı anortit değerlerinden uzak olduğu görülmektedir. Bunun nedeni de volkanik tufün içerisinde bulunan safsızlık oranının yüksek olmasıdır.

Çizelge 10.1. Bor katkılı ve katkısız karışımların 1100 °C de 2 saat sinterleme sonrası XRF analizi

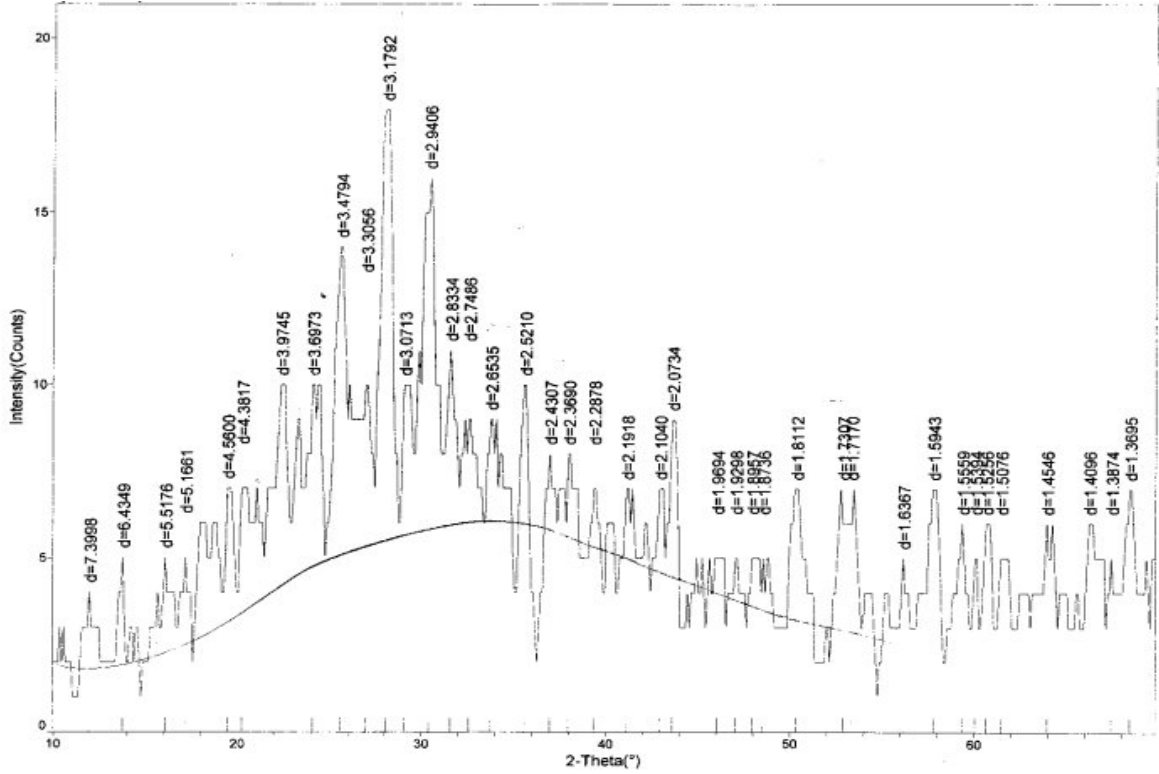
Element		%6 borik asit katkılı	Borik asit katkısız
Na ₂ O	%	2,88	2,38
MgO	%	4,473	6,776
Al ₂ O ₃	%	24,03	26,19
SiO ₂	%	61,57	65,79
P ₂ O ₅	%	0,0477	0,1247
SO ₃	%	0,0575	0,03927
Cl	%	0,02671	0,03845
K ₂ O	%	1,97	2,09
CaO	%	21,4	21,48
TiO ₂	%	0,1765	0,2041
V ₂ O ₅	%	0,0073	0,0134
Cr ₂ O ₃	%	0,00291	0,00636
MnO	%	0,044	0,046
Fe ₂ O ₃	%	1,643	1,685
Co ₃ O ₄	µg/g	40	18,8

10.4. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C Bor Katkısız Pelletin XRD Analizi

1100 °C sıcaklıkta ısıl işlem gören katkısız pelletin X- ışını toz difraksiyon modeli Şekil 10.5 de verilmiştir. Diyagram incelendiğinde kristal anortitin bu şartlarda oluşmadığını intensite değerlerinin çok küçük olmasından anlaşılabilir. Bununla birlikte $d \approx (3,18)$ de elde edilen yüzeyin ne olduğu araştırılmıştır.

Bu araştırmada ince kesit analizi kullanılmıştır. Bu yöntemin esası örneklerin çok ince kesilerek iki cam lamel arasına optik geçirgenliği yüksek olan bir yapıştırıcı ile

yapıştırılması ve optik mikroskopta incelenmesi esasına dayanır. Bu analiz MTA Kartograf bölümünde Leica Marka optik mikroskopta yapılmış ve yapı içinde ışığı



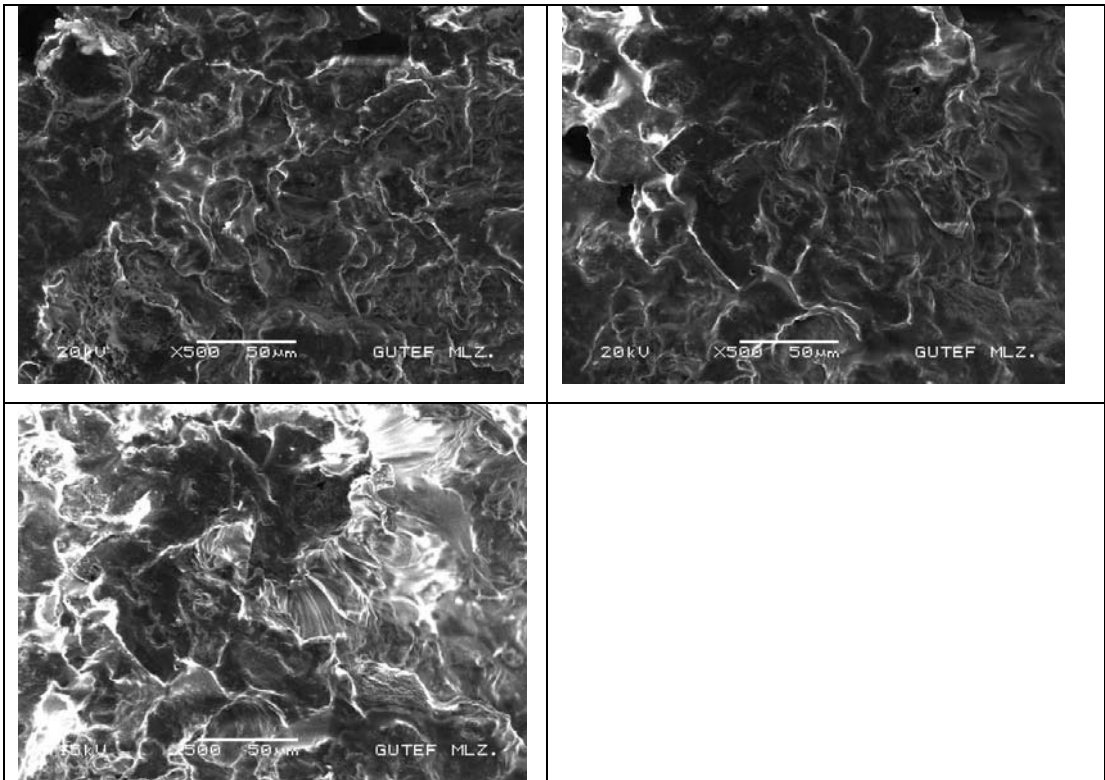
Şekil 10.5 Sinterleme sıcaklığı 1100 °C bor katkısız pelletin XRD grafiği

farklı yönlerde yansıtan kristal bir yapı olup olmadığı incelenmiştir. Amorf bir yapı olup olmadığı incelenmiştir. Amorf yapı içinde plecioglass feldspatların varlığı tespit edilmiş ve bu kamera ile görüntülenmiştir (Resim 10.1) Şekil 10.5 Sinterleme sıcaklığı 1100 °C olan borik asit katkısız pelletin XRD grafiği X- ışını diyagramı incelendiğinde $d \approx 3,18$ deki pikin intensitesi en yüksek pik olduğu ve bu yansımanın $\eta\lambda = 2d\sin\theta$ bragg eşitliğine göre karşılık gelen 28,024 (q_3) yüzeyini temsil etmektedir.



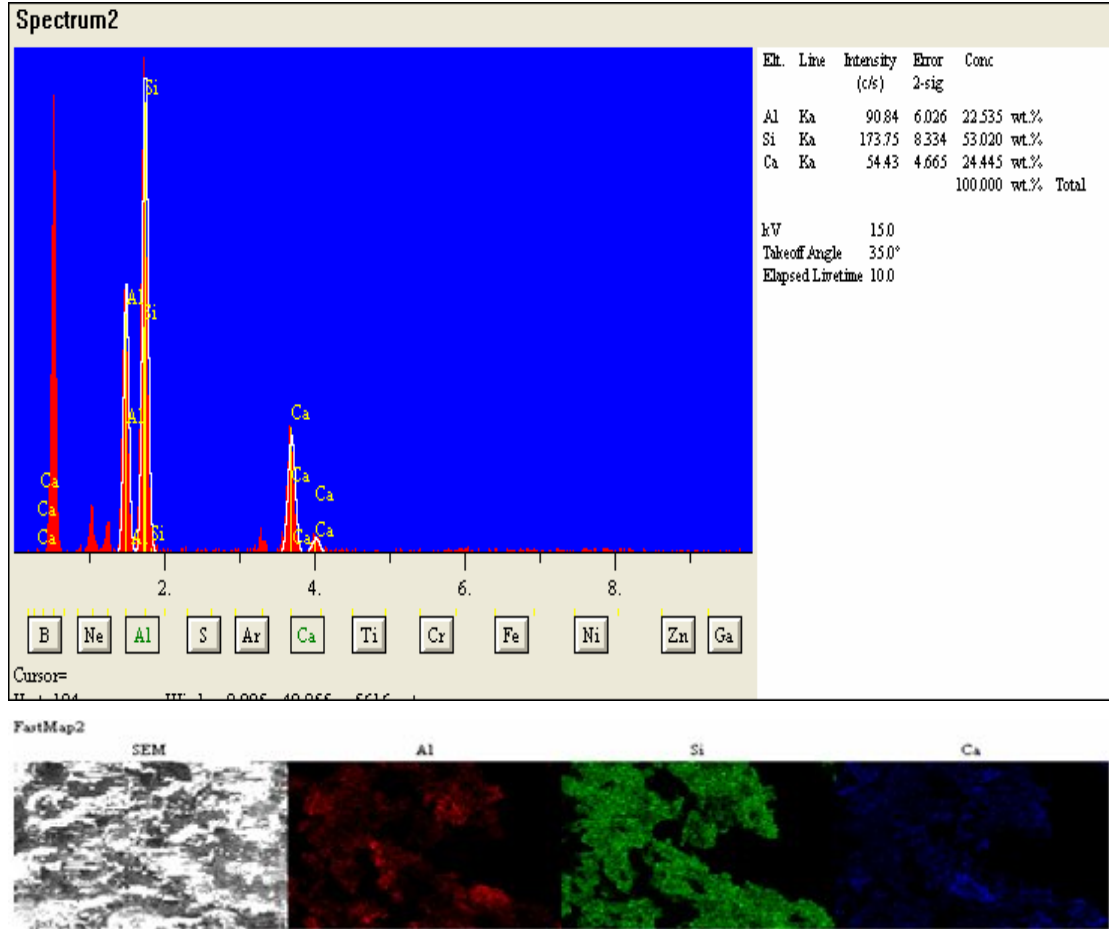
Resim 10.1. Leica optik mikroskop görüntüsü (büyütme X1000)

10.5. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C %6 Bor Katkılı Pelletin SEM İncelemesi



Resim 10.2. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin sem görüntüleri

10.6. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C %6 Bor Katkılı Pelletin EDS İncelemesi

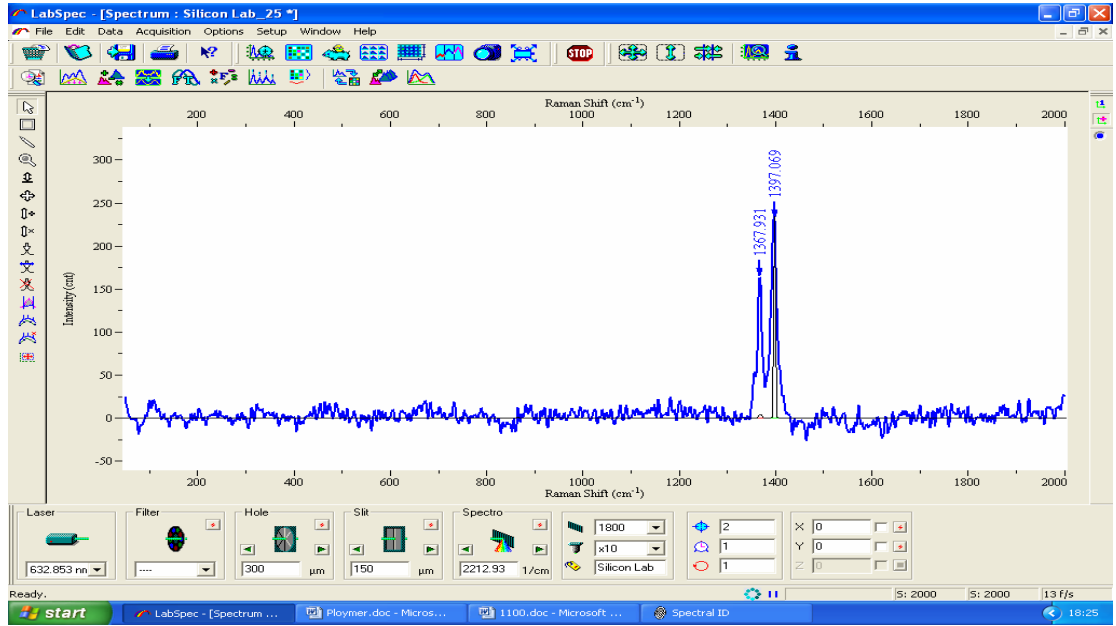


Şekil 10.6. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin EDS incelemesi

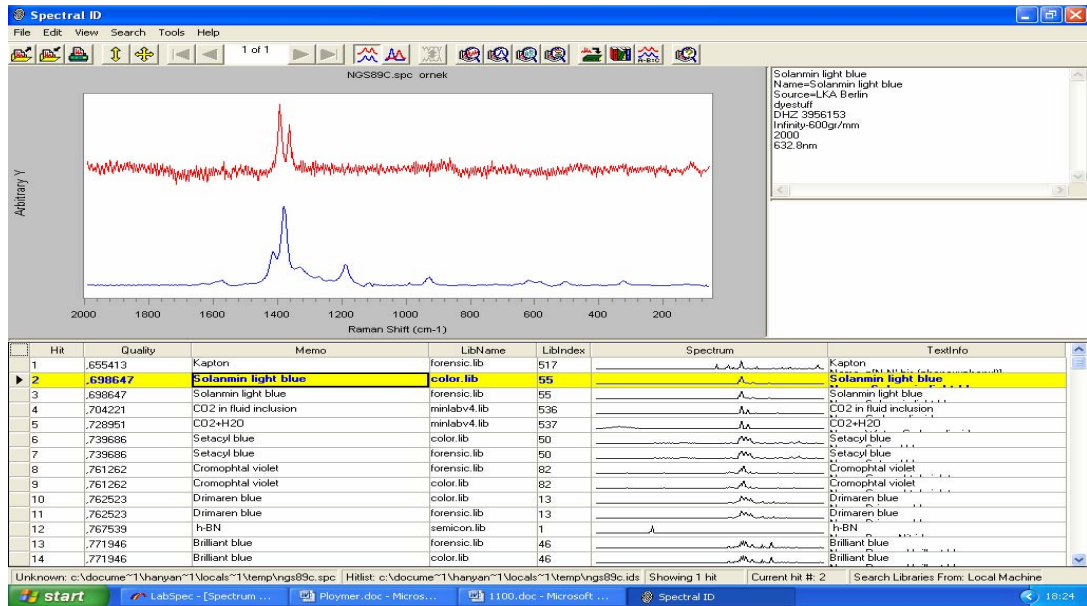
10.7. Sinterleme Sıcaklığı 1100 °C Bor Katkısız Pelletin Raman Spektroskopisi

Pelletleri oluşturan mineralojik bileşenlerden minerallerin türlerini belirleyebilmek için Raman spektroskopisi çalışması yapılmıştır. Raman spektrometre çalışması Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji ve Petrografi Araştırma Laboratuvarında, yüksek çözünürlüklü, analitik Raman mikroskoplu, “HORIBA Jobin Yvon marka Labram HR” cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Pelletlerde görülen opak minerallerin incelemeleri sonucunda, farklı Raman pikleri elde edilmiştir. Solaminium Light Blue bileşimli opak minerale ait Raman pikinin en yüksek değerleri 1397,069 ve 1367,931 (cm^{-1})’de görülmüştür.

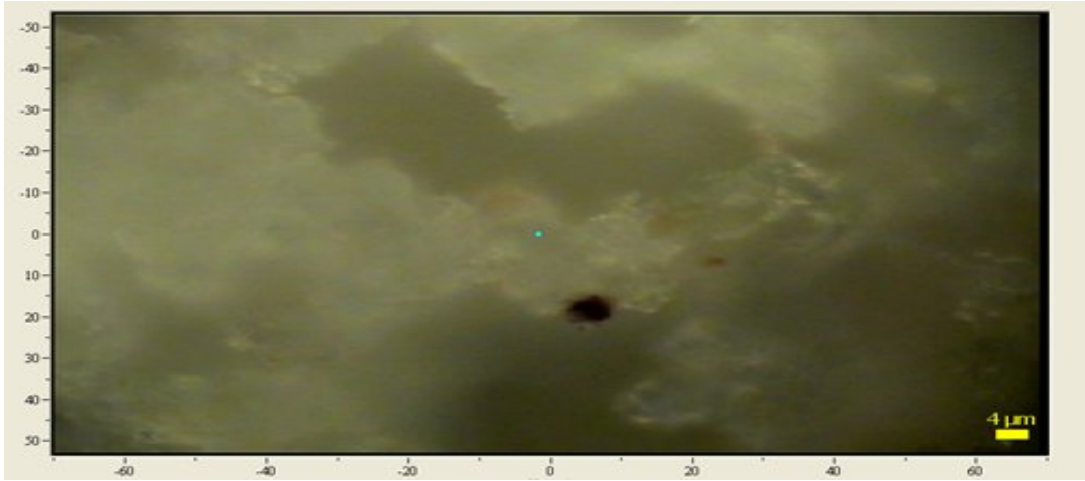


Şekil 10.7. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C %6 bor katkılı pelletin Raman spektrumu

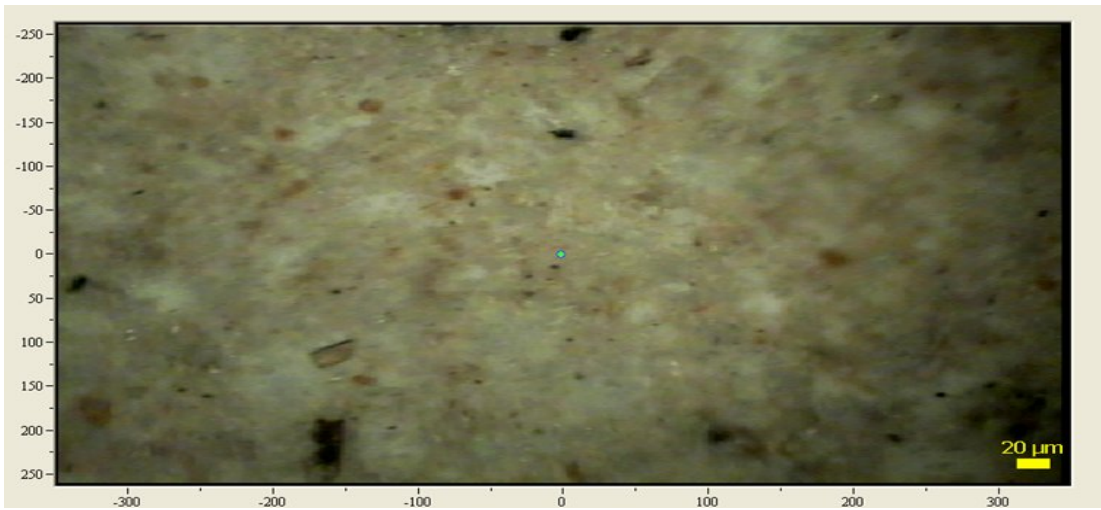


Şekil 10.8. Sinterleme sıcaklığı 1100 °C bor katkısız pelletin Raman spektrumu

Elde edilen Raman pikleri “*Spectral ID*” adı verilen yazılım programındaki standart mineral pikleriyle karşılaştırılmış ve minerallin türü belirlenmiştir. Buna göre opak minerallerden alınan Raman “*Solanium Light Blue*” pikleriyle uyumlu oldukları görülmüştür. Ancak bu sonuç doğrudan kimyasal analiz ile elde edilmediğinden sadece elde edilen Raman pikleri matematiksel olarak söz konusu maddenin pik değerlerine denk düşmektedir. Maddenin Raman spektrumunun anortit spektrumu olmadığı bu sonucun sadece fazın çok büyük bir kısmını oluşturan gövde yapının spektrumuna ait olduğu söylenebilir. Spektral benzerlik materyalin kimliğini açıklayamaz.



Resim 10.4. 1100 °C’de sinterlenen %6 bor katkılı pelletin Raman fotoğrafı



Resim 10.5. 1100 °C’de sinterlenen bor katkısız pelletin Raman fotoğrafı

11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Volkanlardan çıkan kül ve irili ufaklı parçaların üst üste yığılarak yapışması ile oluşan volkanik tüflerden ülkemizin her bölgesinde hemen hemen bulunmaktadır. volkanik tüf stokiyometrik hesaplar sonucunda ileri teknoloji seramik malzeme olan anortit oluşumunu gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada volkanik tüf ve borik asit kullanılarak, elektronik devre altlığı olarak kullanılan anortit seramik malzeme toz metalurji yöntemiyle üretilmeye çalışılmıştır. Katkısız ve farklı oranlarda borik asit katkısı kullanılarak elde edilen pelletler 1000 °C - 1300 °C sıcaklık arsında sinterlenmiş ve yoğunluk –sıcaklık, borik asit katkısı-sıcaklık, sertlik-sıcaklık, borik asit katkısı-sertlik değişimleri göz önüne alınarak pelletlerden 1100 °C için XRF, XRD , EDS ve Raman spektroskopisi kullanarak karakterize edilmiştir.

11.1. Sonuçlar

1. XRF analizleri farklı sıcaklıklarda sinterlenen numunelerin bileşiminin anortitten farklı olduğu ve büyük oranda numunelerin safsızlık içerdiği görülmüştür.
2. Tekrarlanan deney sonucunda farklı bağlayıcılarla yapılan pelletlerin bazıları sinterleme sonunda tamamen dağılmıştır. Waks uygun bağlayıcı olarak kullanılmıştır .
3. Katkısız ve farklı oranlarda (%2, %4, %6) borik asit katkısı kullanılarak elde edilen numuneler 1000 °C, 1300 °C sıcaklıkları arasında sinterlenmiştir. Sertlik ve yoğunluk ölçümleri yapılmıştır. 1100 °C sıcaklıkta sinterlenen pelletlerde sıcaklık ve borik asit katkısı arasında kararlı bir değişim görülmüştür. Diğer sıcaklıklarda bu değişim gözlenmemiştir.
4. Sertlik ve sıcaklık arasında 1200 °C ve 1300 °C sıcaklıklarda borik asit katkısı artıkça sertliğinde azaldığı görülmüştür. Yüksek sıcaklıkta yüksek bor katkısının

numunelerde deformasyona neden olduğu ve numune sertlik ölçümlerinde istenen ölçüm yüzeyin oluşmamış olmasından dolayı böyle bir sonuç alınmıştır.

5. 1100 °C sıcaklıkta sinterlenmiş pelletlerin Raman Spektroskopik analizi sonucunda kısmen de olsa camsı yapılar görülmüştür. Ancak elde edilen sonuç yapıyı tanımlamaz.

6. 1100 °C sinterlenen pelletlerde anortit piki oluşmuş ancak amorf yapı fazlalığından yapıda tamamen homojen bir anortit faza rastlanmamıştır.

7. 1100 °C sinterlenen borik asit katkılı pelletlerin çaplarının ve kalınlıkları azalmış yoğunlukları ve sertlikleri artmıştır.

8. Borik asit katkısız pelletleri 1000 °C sıcaklıkta sinterlenen numunelerde çatlama oluşmuş ve çap ve kalınlıklarda bir değişim olmamıştır.

9. İncelemeler sonucunda ve çekilen mikroskopik fotoğraflarda borik asit katkılı numuneler uniform yapıdadırlar.

10. 1300 °C de yapılan sinterleme işleminde numunelerin ergidiği ve deformasyona uğradığı görülmüştür.

11.2. Öneriler

Bu çalışmada hedeflenen anortit yapıya ulaşılmamasının en büyük etken volkanik tüfün bileşiminin yüksek oranda SiO₂ (%64,49) içermesi ve bunun yanında yüksek oranda safsızlık içermesidir. Başlangıç bileşimi anortite yakın olmadığından istenen kristal yapıya erişilememiştir. Literatür araştırmalarında göstermiştir ki Kaolin türü başlangıç bileşimi anortite yakın olan maddelerde 1100 °C sinterlemede anortit elde edilebilmiştir. Yapılan sitokiyometrik hesaplarda istenen anortit bileşim yapısına

ulaşılamamıştır. Ancak buna rağmen anortit piki elde edilmiştir. İstenen tamamen homojen bir anortit olduğundan bu çalışma sonucunda önerilenler aşağıdaki gibidir.

1. Yüksek yoğunlukta anortit seramik elde etmek için farklı anortit elde edim yöntemleriyle çalışmaya devam edilmesi ve çalışmanın detaylandırılması.
2. Volkanik tüf gibi safsızlık oranı yüksek olmayan ve başlangıç maddesi anortite yakın kaolin gibi maddelerden anortit sentezi denenmesi.
3. Çalışmanın farklı yörelerden alınan ve anortit teorik bileşimine yakın başlangıç bileşime sahip volkanik tüflerden yapılması.
4. Yoğunluğu etkileyen borik asit yerine farklı maddeler kullanılarak sinterleme etkisine bakılması.

KAYNAKLAR

1. Wilhelm, F., "Ullmans Encyclopedie der technishen Chemie", Vienna, 17 (1996).
2. Arcasoy, E., "Seramik Teknolojileri", *Marmara Üniversitesi GDF Seramik ASD Yayınları*, İstanbul, 2 (1996).
3. Saito, S., "Advanced Ceramics", *Oxford University Press*, London, 3-10, 94(1998).
4. Barsoum, M., "Fundamentals of Ceramics", *McGraw-Hill*, Singapur, 1765 (1997).
5. Mergen, A, Aslanoğlu, Z., "Low-Temperature Fabrication of Anorthite Ceramics from Kaolinite and Calcium Carbonate with Boron Oxide Addition" *Ceramic International*, 29:667-670 (2003).
- 6 Zimitoğlu, O., "Ekonomik Mineral Yataklarını Oluşturan Süreçler" *MTA*, Ankara, 4-5 (1996).
7. "Bor Dosyası" *Focus Popüler Bilim ve Kültür Dergisi*, 2003/04: 65, 4 (1996).
8. "Bor Tuzları-Trona-Kaya Tuzu-Sodyum Sülfat-stronsiyum Çalışma Grubu Raporu", *DPT*, Ankara, 2822-2, 8-17 (2001).
9. Roskill, "The Economics of Boron", 10th Edition, *Roskill Information Services Ltd*, London, 83 (2001).
10. "Bilim ve Teknik. Aylık Popüler Bilim Dergisi", *TÜBİTAK*, 426:56 (2003).
11. Seramik Killeri-Kaolen-Feldspat-Pirofillit-Wollatonit Çalışma Grubu Raporu, *DPT* " Ankara, 2611-2837 (2001).
12. Gökçe, H., "Doğal Hammaddelerden Sentetik Kordiyerit Seramiklerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu" Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 41-58 (2002).
13. Geçkinli, E., "İleri Teknoloji Malzemeleri", (1. Baskı), *İstanbul Teknik Üniversitesi Basımevi*, İstanbul, 285-288 (1992).
14. Redd, J., "Principles of Ceramic Processing", *Wiley*, New York, 89-105 (1995).
15. Munsuz, N., "Toprak Mekaniği ve Teknolojisi", *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ankara, 69-75 (1985).

16. Koralay, T., “İncesu ignimbitlerinin Petrolojisi ve Jeokimyası”, Doktora Tezi, *A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (2007).
17. Gdula, R.A., “Anorthite Ceramic Dielectrics”, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 50(6): 555-557 (1971).
18. Knickerbocker, S.H., Kumar A.H. ve Herron, L.W., “Cordierite Glass-Ceramics for Multilayer Ceramic Packaging”, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 72(1): 90-95 (1993)
19. Sumi, K., Kobayashi, Y. Ve Kato, E., “Low Temperature Fabrication of Cordierite Ceramics From Kaolinite and Magnesium Hydroxide Mixtures With Boron Oxide Additions”, *J. Am. Ceram. Soc.*, 82(3): 783-785 (1999).
20. Kumar, S., Singh, K.K., Ramachandrarao, P., “Synthesis of Cordierite from Fly Ash and Its Refractory Properties”, *Journal of Materials Science Letters*, 19:1263-1265 (2000).
21. Kobayashi, Y., Kato, E., “Low Temperature Fabrication of Anorthite Ceramics”, *J. Am. Ceram. Soc.* 77(3): 833-834 (1994).
22. Sampathkumar, N.N., Umarji, A.M., Chandrasekhar, B.K., “Synthesis of α -Cordierite (indialite) from Fly Ash”, *Material Research Bulletin*, 30(9): 1107-1114 (1995).
23. Mergen, A., T.S., Bilen, M., Qasiawi, A.F., Gürü M., “Production of anorthite from kaolinite and CaCO_3 via colemanite” *Key Engineering Materials*, 264-268: 1475-1478, Ankara, 1-5 (2004).
24. Boudchicha, M.R., Achour, S., Harabi, A., “Crystallization and sintering of cordierite and anorthite based binary ceramics” *Journal of Materials Science Letters*, 20: 215-217 (2001).
25. Traore, K., Kabre, T.S., Blanchart, P., “Gehlenite and anorthite crystallisation from kaolinite and calcite mix”, *Ceramic International*, 29(4): 377-383 (2003).
26. Kurama, S., Ay, N., “Cordierite Formation”, *American Ceramic Society*, 81(11): 58-61 (2002).
27. Sumi, K., Kobayashi, Y., Kato, E., “Synthesis and Sintering of Cordierite from Ultrafine Precursors of Magnesium Hydroxide and Kaolinite”, *Journal American Society*, 81(4): 1029-1032 (1998).
28. Acimovic, Z., Pavlovic, L., Trumbulovic, L., Andric, L., Stamatovic, M., “Synthesis and Characterization of the Cordierite Ceramics from Nonstandard Raw Materials for Application in Foundry”, *Material Letters*, 4217: 1-6 (2002).

29. Wittman, E., Zanolto, E.D., "Surface nucleation and growth in anorthite glass", *Journal-Crystalline solids*, 27(1): 94-99 (2000).
30. Liu, W., Liang, K.M., Gu, X.M., Zheng, Y.K., Gu, S.R., "Phase Separation of CaO.Al₂O₃ SiO₂ Glasses Induced by Electric Field" *Journal of Materials Science*, 34: 3455-3459 (1999).
31. Aydoğan, U., "Uçucu Kül Kullanılarak Bor Katkılı Anortit Üretimi" Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 27-66 (2006).

EKLER

EK-1. Volkanik tuf için başlangıç bileşimi sitokiyometrik hesaplaması

Niğde Yöresi Volkan tuf (A) bileşimi oranları:

%64,49 SiO₂, %3,041 CaO, %11,92 Al₂O₃ ve %20,34 safsızlık içerir.

Teorik Anortit (B) bileşimi oranları:

%43,20 SiO₂, %20,16 CaO, %36,65 Al₂O₃ içermektedir.

100 g Volkanik Tuf (A) için Teorik anortit oranı (B) ;

$$A * 0,65g = B * 0,43 g$$

$$100 * 0,65g = B * 0,43 g$$

$$B = 151,163 g \text{ olmaktadır.}$$

Karışımında olması gereken

$$Al_2O_3 = 151,163 * 0,37 = 55,93 g$$

$$CaO = 151,163 * 0,3 = 30,23 g$$


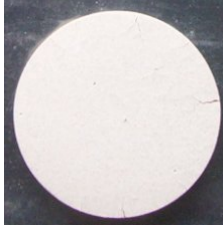


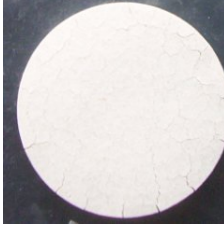
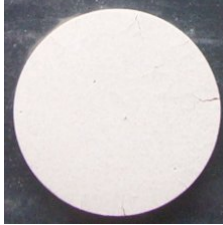










Volkanik tüfte 12 g Al₂O₃ ve 3g CaO bulunmaktadır o halde;

$$55,93 - 12 = 43,93 Al_2O_3 \text{ ve } 30,23 - 3 = 27,23 CaO \text{ 100 g volkanik tüfe katılmalıdır.}$$

Teorik Anortit karışımını vermesi beklenen oranlar ve karışım miktarı aşağıdaki gibidir.

$$100 g \text{ Volkanik tuf} + 43,93 Al_2O_3 + 27,23 CaO = 171,163 g$$

EK-2. Farklı sıcaklıklarda sinterlenmiş pellet fotoğrafları

Sıcaklık (°C)	Borik Asit Katkısı			
	Katkısız	%2	%4	%6
1000				
1100				
1200				
1300				

Resim 1. Farklı sıcaklıklarda sinterlenmiş pellet fotoğrafları

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÖSEÇAVUŞ, Murat
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1972 İskenderun
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 596 11 11
 Faks :
 e-mail : kcavus@agri.ankara.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Ankara Üniversitesi/Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü	1995
Lise	İskenderun Cumhuriyet Lisesi	1990

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998-	Ankara Üniversitesi	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Futbol