

**KÜTAHYA EMET BORİK ASİT İŞLETMESİ BOR ATIKLARININ
ALÇI LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILMASI**

Hüseyin Şamil KOÇAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2010
ANKARA**

Hüseyin Şamil KOÇAK tarafından hazırlanan KÜTAHYA EMET BORİK ASİT İŞLETMESİ ATIKLARININ ALÇI LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Atilla MURATHAN

.....

Tez Danışmanı, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

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

(Prof. Dr. Nursel DİLSİZ)

.....

(Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

(Prof. Dr. Atilla MURATHAN)

.....

(Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

(Prof. Dr. Ahmet ALICILAR)

.....

(Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

(Doç Dr. Göksel ÖZKAN)

.....

(Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

(Yrd. Doç. Dr. Hasan NAZIR)

.....

(Kimya Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi)

Tarih 10./02/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Hüseyin Şamil KOÇAK

**KÜTAHYA EMET BORİK ASİT İŞLETMESİ BOR ATIKLARININ ALÇI
LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Hüseyin Şamil KOÇAK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2010

ÖZET

Bor ve bor bileşikleri günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Ülkemizde bor konsantresi üretimi yapan işletmelerin atık miktarları yıllık 600 bin ton civarındadır. Bor atıklarının değerlendirilmesinde üç yöntem geliştirilmiştir. Bunlar atıkların uygun yerde depolanması, borun tekrar kazanılması ve bor atıklarının uygun sektörde kullanılmasıdır. Bu çalışmada Kütahya – Emet Borik Asit İşletmesi bor atığının alçı levha üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda bor atığının alçı levhada priz süresini hızlandırdığı görülmüştür. Bunun yanında alçı levhanın basınç ve eğilme dayanımını arttırdığı, su emilimini azalttığı tespit edilmiştir. Bunların ışığında bor atığının alçı levhalarda kullanımı ile üretim maliyeti düşecek, daha dayanıklı ve standartlara uygun ürünler elde edilebilecektir.

Bilim Kodu : 912.1.092
Anahtar Kelimeler : Bor, Bor Atıkları, Alçı, Alçı Levha
Sayfa Adedi : 59
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Atilla Murathan

**WASTE BORON COMPOUND FROM THE PLANT OF EMET İN
KÜTAHYA WAS RESEARCHED IF IT IS USABLE IN GYPSUM
PLASTERBOARD PRODUCTION
(M.Sc. Thesis)**

Hüseyin Şamil KOÇAK

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
February 2010**

ABSTRACT

Boron and Boron compounds have broad using areas. In our country, the production plants that produce the concentrate of boron compounds / minerals have a waste amount of 600 thousand per year. To reevaluate the waste boron compounds, three methods have been developed. These methods are the storing waste compounds in suitable places, recovering them and using them in suitable sectors. In this study, waste boron compound from the plant of Emet in Kutahya was researched whether it is usable in gypsum plasterboard production or not. At the end of the study, it is found that the waste boron compound in gypsum plasterboard accelerated the setting time of gypsum slurry. Moreover, the flexural and compressive strength of gypsum board increased and the water absorption value of the board reduced by the waste compound. By using waste boron compound in gypsum plaster board, cost of production will decrease and more durable gypsum plasterboards that suit the related standards will be produced.

Science Code : 912.1.092

Key Words : Boron, Boron waste, Gypsum, Gypsum Plaster Board

Page Number: 59

Adviser : Prof. Dr. Atilla Murathan

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince bana yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam Prof. Dr. Atilla Murathan'a ve bu süreçte hep yanımda ve bana yardımcı olan değerli eşim Nazan KOÇAK'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2.BOR.....	2
2.1. Bor Elementi.....	2
2.2. Bor Mineralleri.....	4
2.2.1. Ham bor ürünleri.....	5
2.2.2. Rafine bor bileşikleri.....	5
2.3. Bor Kullanım Alanları.....	7
2.3.1. Cam sanayi.....	8
2.3.2. Temizleme ve beyazlatma sanayi.....	9
2.3.3. Seramik ve emaye sanayi.....	10
2.3.4. Tekstil sanayi.....	10
2.3.5. Metalürji sanayi.....	10
2.3.6. Tarım.....	11

Sayfa

2.3.7. Diğer kullanım alanları.....	11
2.4. Dünyada ve Türkiye’deki Bor Rezervleri.....	13
3. BOR ATIKLARI.....	16
3.1. Bor Atıklarının Değerlendirilmesi.....	16
3.1.1. Atıkların uygun bir şekilde depolanması.....	16
3.1.2. Atıklardan borun tekrar kazanılması.....	16
3.1.3. Atıkların uygun sektörde kullanılması.....	18
4. ALÇI.....	25
4.1. Alçının Özellikleri.....	27
4.2. Kullanıldığı Alanlar.....	31
4.3. Sektör Ürünleri.....	33
5. ALÇI LEVHA.....	35
5.1. Alçı Levhanın Tarihçesi.....	35
5.2. Alçı Levha Özellikleri ve Kullanım Yerleri.....	36
5.3. Alçı Levhanın Üretim Prosesi.....	37
6. MATERYAL VE METOD.....	41
6.1. Materyal.....	41
6.2. Metod.....	42
6.2.1. Priz Süresi ve Yayılma Çapı Tayini.....	42
6.2.2. Eğilme ve Basınç Mukavemeti Tayini.....	43
6.2.3. Toplam Su Emme Oranı Tayini.....	44
6.2.4. Yapışma Tayini.....	45
7. DENEYSEL SONUÇLAR VE YORUM.....	46

Sayfa

7.1. Bor Atığının Yayılma Çapı, İlk Priz, Son Priz, Eğilme Mukavemeti, Basınç Mukavemeti ve Toplam Su Emmeye Etkisi.....	46
7.2. Bor Atığının Elyaf ile Birlikte Kullanımının Yayılma Çapı, İlk Priz, Son Priz, Eğilme Mukavemeti ve Basınç Mukavemetine Etkisi.....	50
7.3. Bor Atığının Silikon ile Birlikte Kullanımının Yayılma Çapı, İlk Priz, Son Priz ve Toplam Su Emmeye Etkisi.....	51
7.4. Bor Atığı ve Potasyum Sülfat Katkılı Numunelerin Yapışmalarının Karşılaştırılması.....	52
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	61

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bor elementinin fiziksel özellikleri.....	3
Çizelge 2.2. Ham Bor Ürünleri-Etibor.....	5
Çizelge 2.3. Ticari boyutta dünyada üretilen rafine bor ürünleri.....	6
Çizelge 2.4. Türkiye'nin rafine bor ürünleri kurulu kapasiteleri.....	6
Çizelge 2.5. Bor cevheri ve kullanım alanları.....	8
Çizelge 2.6. Bor üretimimiz.....	13
Çizelge 2.7. Ham ve Rafine Bor Kurulu Kapasitemiz (ETİ BOR).....	14
Çizelge 3.1. Türkiye'de Bor Atıklarının Değerlendirilmesine Yönelik Yapılmış Araştırmalar.....	19
Çizelge 5.1. Açılı levha üretiminde kullanılan katkıları ve fonksiyonları.....	39
Çizelge 6.1. Bor atığının komple kimyasal analiz sonuçları.....	41
Çizelge 7.1. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının yayılma çapına, ilk priz, son priz, eğilme mukavemeti, basınç mukavemeti ve toplam su emmeye etkisi.....	46
Çizelge 7.2. Alçıya farklı oranlarda katılan potasyum sülfatın yayılma çapına, ilk priz, son priz, eğilme mukavemeti, basınç mukavemeti ve toplam su emmeye etkisi.....	46
Çizelge 7.3. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığı, sarı ve beyaz nişasta ve elyafın yayılma çapına, ilk priz ve son priz, eğilme ve basınç mukavemetin etkisi.....	50
Çizelge 7.4. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığı, sarı ve beyaz nişasta ve silikonun yayılma çapına, ilk priz ve son priz, toplam su emmeye etkisi.....	51
Çizelge 7.5. Nişastalı alçıya katılan bor atığı ve potasyum sülfat miktarları.....	52

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dünya Bor Rezervleri (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu 2000).....	13
Şekil 3.1. Bor atıklarının sektörel bazda dağılımı.....	19
Şekil 5.1. Alçı levha üretim prosesi.....	37
Şekil 5.2. Alçı Levha.....	39
Şekil 7.1. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının yayılma çapına etkisi.....	47
Şekil 7.2. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının son prize etkisi.....	47
Şekil 7.3. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının eğilme mukavemetine etkisi..	48
Şekil 7.4. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının basınç mukavemetine etkisi...	49
Şekil 7.5. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının toplam su emmeye etkisi.....	49

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. En çok kullardan 3 bor cevheri.....	4
Resim 6.1. Mikser.....	42
Resim 6.2. Yayılma çapı halkası.....	42
Resim 6.3. Vicat Konisi.....	43
Resim 6.4. Eğilme mukavemeti ölçme cihazı.....	43
Resim 6.5. Basınç mukavemeti ölçme cihazı.....	44
Resim 6.6. Toplam su emme tayini kalıbı.....	44
Resim 6.7. Yapışma deneyi kalıbı.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar

Açıklamalar

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

DPT

Devlet Planlama Teşkilatı

DSM

Dijital spektrum modülasyonu

EKG

Elektrokardiyografi

GTIP

Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonları

ÖİK

Özel ihtisas komisyonu

TS

Türk Standartları

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

US \$

Amerikan doları

1.GİRİŞ

Bugün bor ürünleri birçok endüstri dalının ana ham maddesidir. Kullanım alanlarında tüketimin hızla artışı kadar, yeni kullanım alanlarının da günden güne artışı ve borun yakın gelecekte enerji üretim kaynağı olarak kullanılabilme olasılığı bu hammaddeye diğerleri arasında bir ayrıcalık kazandırır. Bilinen dünya bor rezervlerinin yaklaşık % 63'ünün Türkiye'de bulunuşu, bu hammaddenin önemini bizim açımızdan daha da arttırır. Bu nedenlerle bor cevherlerinin en verimli şekilde üretimi ve açığa çıkan atıklarının etkili şekilde bertaraf edilmesi, madencilik sektörü ve ülkemiz açısından önem arz etmektedir. Günümüzde atıklarının çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması, ülke madenciliğinin gelişmesinin ve büyümesini etkileyen en önemli teknik problemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır [1].

Şimdiye kadar bor atıklarının uygun sektörlerde kullanılması ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, bor atıklarının son yıllarda yapı sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanan alçı levha üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2.BOR

Bor çok çeşitli ve yaygın kullanım alanları ile endüstrinin vazgeçilmez hammaddelerinden biridir. Türkiye sahip olduğu bor mineralleri ve rezervlerinin büyüklüğü, minerallerin dünya pazarlarında aranılan nitelikleri ve çeşitliliği açısından önemli bir konumda olup, dünya rezervlerinin yaklaşık % 63'üne sahiptir [1].

Bor ayrı bir element olarak ilk defa 1808'de Fransa'da Gay - Lussac, İngiltere'de Sir Humprey Davy tarafından, bor bileşikleri birçok uygarlıklar tarafından asırlardır kullanılıyordu. Modern boraks endüstrisi ise 13. Yüzyılda boraksın Tibet'ten Avrupa'ya getirilmesi ile başlar. Her ne kadar kesinlikle bilinmese de birçok kaynak boraksı Avrupa'ya getirenin Marko Polo olduğunu belirtir [2].

Borik asidin Tuscany (İtalya) yakınlarındaki sıcak kaynak suları içinde Francesca Lardoret tarafından varlığının saptanması 1828'de olmuştur. Daha sonra 1852'de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği Şili'de başlar ve hemen hemen tüm dünya tüketimi bu kaynaktan karşılanır. 1964'de Kaliforniya'daki tuzlu göllerde borun varlığı saptanır ve aralıklı üretime geçilir. Her ne kadar Türkiye'deki özellikle Susurluk (Balıkesir) civarındaki, bor yataklarının ilkel olarak işletildiğini kanıtlayan veriler varsa da, ilk madenciliğin 1965'de bir Fransız kuruluşunun Osmanlı Devleti'nden "imtiyaz" almasıyla başladığı görülür. 1927 yılına kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde dağınık ve küçük işletmeler şeklinde sürdürülen boraks madenciliği, Kaliforniya'daki boraks ve kernit yataklarının bulunmasıyla birden değişir ve dünya tüketiminin büyük bir kısmı yataklardan karşılanarak üretim denetimi ABD'nin eline geçer ve günümüze kadar sürdürülür [3].

2.1. Bor Elementi

Periyodik sistemin üçüncü grubunun başında bulunan ve atom numarası 5 olan bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotopundan oluşur [4]. Element bor doğada serbest olarak bulunmaz. Bor, biri amorf ve altısı kristalin polimorf

olmak üzere, çeşitli allotropik formlarda bulunur. Amorf bor, siyah veya kahverengi toz şeklinde, kristal bor ise siyah, sert ve kırılımandır [5]. Alfa ve beta rombohedral formlar en çok çalışılmış olan kristalin polimorflarıdır. Alfa rombohedral yapı 1200°C'nin üzerinde bozulur ve 1500°C'de beta rombohedral oluşur. Amorf yaklaşık 1000°C'nin üzerinde beta rombohedrale dönüşür ve her türlü saf bor ergime noktasının üzerinde ısıtılıp tekrar kristalleştirildiğinde beta rombohedral forma dönüşür. Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken kristalin bor kolay reaksiyona girmez. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve diğer ürünleri oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlama şeklinde olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur [6].

Bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği genelde ortalama 10-20 ppm olmakla birlikte ABD'nin batı bölgeleri ve Akdeniz'den Kazakistan'a kadar uzanan yörede yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,01 – 1,5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır [7]. Bor elementinin fiziksel özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir [8-9].

Çizelge 2.1. Bor elementinin fiziksel özellikleri

Özellik	Değeri
Atom ağırlığı	10,811 ± 0,005 veya 0,007
Ergime noktası	2190±20 °C
Kaynama noktası	3660 °C
Termal genleşme katsayısı (25-1050 °C arası, 0 °C için)	0,0000083 cm/°C
Knoop sertliği	2100-2580 HK
Mohr sertliği (elmas-15)	11
Vickers sertliği	5000 HV

2.2. Bor Mineralleri

Bor mineralleri endüstride ham, rafine ve bor kimyasalları şeklinde kullanılmaktadır. Cevher zenginleştirme yöntemiyle ham bor, fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilmesiyle rafine bor ürünleri elde edilebilmektedir. Zenginleştirme teknikleri; operasyonun ölçeğine ve cevherin çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Zenginleştirilmiş üleksit, kolemanit, boraks veya borik asit alışılmış madencilik operasyon nihai ürünleridir. Kolemanit konsantreleri direk cam endüstrisinde veya borik asit tesislerinde hammadde olarak kullanılmaktadır. ABD kolemaniti ortalama % 37 B_2O_3 flotasyon ürünü veya % 42 B_2O_3 içerikli kalsine edilmiş şekilde satılmaktadır. Türk Kolemaniti ise ortalama % 40-42 B_2O_3 içerikli olarak satılmaktadır. Searles Gölündeki tuzlu sulardaki borlardan ise buharlaştırma ve kristalleşme ile boraks ürünleri veya borik asit elde edilmektedir. Güney Amerika'da üretilmekte olan borlar kurutulup, elekten geçirilerek paketlenmektedir. Daha sonra hidroklorik asit ilave edilerek borik asit elde edilmektedir. Boraks-kernit cevherleri (ABD, Türkiye, Arjantin gibi) kırılıp yıkandıktan sonra; yeni işlemlerden geçirilerek kristalleştirilmekte, santrifüjlenmekte ve kurutularak boraks dekahidrat, pentahidrat ve susuz boraks gibi ürünler elde edilmekte veya borik asit elde etmek için hammadde olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de kolemanit ve üleksit cevherleri ocaklardan alındıktan sonra kırılmakta, yıkanmakta ve sınıflandırılarak konsantre olarak yurtiçi veya yurt dışı pazarda hammadde veya direk ürün olarak kullanılmaktadır. Borik asit üretiminde kolemanit ve tinkal (boraks) önemli bir yere sahiptir [1]. En çok kullanılan üç bor cevheri Resim 2.1'de görülmektedir.



Resim 2.1. En çok kullardan 3 bor cevheri

2.2.1. Ham bor ürünleri

Dünyada üretilen bor cevherlerinin hemen hemen tamamı bir zenginleştirme işleminden sonra, ya parça ya da öğütülmüş konsantre halinde pazarlanır ve kullanılır. Bu tür ürünler ham bor olarak tanımlanabilmektedir. Ham bor ürünlerinin (konsantreler) mineral yapısı ve üretildikleri yerler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Ham Bor Ürünleri-Etibor

Ürün adı	Formülü	Bulunduğu yer
• Tinkal konsantre	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Türkiye, ABD, Arjantin
• Üleksit konsantre	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Türkiye, ABD, Arjantin
• Kolemanit (Konsantre veya Öğütülmüş)	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Türkiye, ABD, Arjantin, Şili
• Hidroborasit konsantre	$\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Türkiye, Arjantin
• Szaybelit konsantre	$\text{MgBO}_2(\text{OH})$	Kazakistan, Çin

Ham bor ürünleri % 90 dolayında borik asit, boraks pentahidrat ve dekahidrat gibi rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, çeşitli amaçlara yönelik cam elyaf (fiberglas), borosilikat cam, nükleer uygulamalar ve metalürjide kullanılmaktadır. Özellikle, çelik üretiminde fluorit yerine üleksit ve kolemanit tercih edilmeye başlanmıştır.

Türkiye tinkal, üleksit ve kolemanit konsantreleri üretilip dünyaya satmaktadır. Türkiye bu satışlar ile dünya konsantre satışlarının yaklaşık %80 'ini karşılamaktadır. Diğer bir ifadeyle, dünya üleksit ve kolemanit konsantresi talebinin hemen hemen tamamını Türkiye karşılamaktadır ve bu satışlar ile 85-90 milyon US \$ gelir elde edilmektedir [3].

2.2.2. Rafine bor bileşikleri

Rafine bor ürünlerinin temel kullanım alanları olarak, cam ve cam elyafı, sabun ve deterjan, seramik, yangın geciktirici gereçler, tarım, nükleer uygulamalar, metalürji,

ilaç ve kozmetik, elektronik, bilgisayar sanayi dalları sayılabilir. Ticari boyutta dünyada üretilen rafine bor ürünleri ve B_2O_3 (%) miktarları Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Ticari boyutta dünyada üretilen rafine bor ürünleri

Ürün adı	Formülü	B_2O_3 (%)
Boraks pentahidrat	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	47,8
Boraks dekahidrat	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	36,5
Susuz boraks	$Na_2B_4O_7$	69,3
Borik asit	H_3BO_3	56,5
Susuz borik asit	B_2O_3	100
Sodyum perborat	$NaBO_3 \cdot 4H_2O$	22
Sodyum metaborat	$Na_2B_2O_4 \cdot 4H_2O$	64,2
Sodyum oksiborat	$Na_2B_8O_{13}$	81,8

Rafine bor ürünleri borun en çok tüketilen türevlerini oluşturmaktadır. Rafine boraks ürünleri (Boraks penta ve dekahidrat, susuz boraks) üretim tesislerinin toplam dünya kurulu kapasitesi 1 600 000 ton dolayında olup, bunun 452 000 tonu Türkiye’de bulunmaktadır. Türkiye’nin boraks penta ve dekahidrat üretimi ise yıllık 135 000 ton B_2O_3 düzeyindedir; bu üretim düzeyi dünya üretiminin % 23’ünü oluşturmaktadır. Dünya borik asit üretim kapasitesi ise 800 000 ton dolayındadır. Kurulu kapasitenin % 25’i US boraks’a, % 11’i Eti Holding AŞ’ye aittir. Türkiye’nin borik asit üretimi 30 bin ton B_2O_3 dolayında olup, dünya üretiminin ancak % 11’ini oluşturmaktadır. Türkiye’nin rafine bor ürünleri kurulu kapasiteleri Çizelge 2.4’de verilmektedir [10].

Çizelge 2.4. Türkiye’nin rafine bor ürünleri kurulu kapasiteleri

İşletme	Ürün	Ton/Yıl
Kırka Bor İşl. Müd.	Boraks penhidrat	320 000
	Boraks dekahidrat	17 000
	Susuz boraks	60 000
Bandırma Bor ve Asit Fab. İşl. Müd.	Boraks deka+pentahidrat	55 000
	Borik asit	85 000
	Sodyum perborat	20 000

Borik asit

Borik asit (H_3BO_3), molar kütlesi 61,83 g/mol, B_2O_3 içeriği % 56,3, ergime noktası 169 °C, özgül ağırlığı 1,44, oluşum ısısı -1089 kJ/mol, çözünme ısısı 22,2 kJ/mol olan kristal yapılı bir maddedir. Oda sıcaklığında sudaki çözünürlüğü az olmasına

rağmen, sıcaklık yükseldikçe çözünürlüğü de önemli ölçüde artmaktadır. Bu nedenle sanayide borik asidi kristallendirmek için genellikle doymuş çözeltiyi 80 °C'den 40 °C'ye soğutmak yeterli olmaktadır [11]. Bor minerallerinden geniş ölçüde üretilen borik asit başlıca; cam, seramik ve cam yünü sanayiinde kullanılmakta olup, kullanım alanları çok çeşitlidir. Borik asit, bor minerallerinin genel olarak sülfürik asidin asitlendirilmesi ile elde edilmektedir. Türkiye'de borik asit üretimi başlıca; Bandırma'daki Etibor A.Ş. Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmeleri tarafından yapılmaktadır [12].

Susuz borik asit

Ticari bor oksit, B_2O_3 'tür ve genellikle % 1 su içerir. Genellikle borik asitten uygun sıcaklıkta su kaybettirilerek elde edilir. Renksiz cam görünüşlüdür. Oda sıcaklığında higroskopiktir. Bor oksit ve susuz boraks cam sanayiinde çok kullanılır. Yüksek sıcaklıkta borik asitten su buharlaşırken B_2O_3 kaybı artmaktadır. Cam üretim projesinde, borik asit yerine, bor oksit kullanılması enerji ve hammadde avantajı sağlamaktadır. Bor oksit porselen sırlarının hazırlanmasında, çeşitli camlarda, ergitme işlemlerinde, seramik kaplamalarda kullanılır. Ayrıca pek çok organik reaksiyonun katalizörüdür. Pek çok bor bileşiğinde başlangıç maddesidir [12].

2.3. Bor Kullanım Alanları

Endüstride çok yaygın ve çeşitli kullanım alanlarına sahip bor bileşiklerinin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Ticari anlamda borlar, genelde içerdikleri B_2O_3 içeriğine göre tanımlanmakta ve satılmaktadır. Diğerleri içinde en fazla ticareti yapılan bor ürünleri "boraks pentahidrat" ve "borik asit" olmaktadır. Kullanım alanları bölgelere göre değişiklikler göstermektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde, bor ürünlerinin en önemli kullanım alanı izolasyon fiberleri olup, bunu tekstil fiberleri, borosilikat cam üretimi, deterjan ve seramik sanayi takip etmektedir. Avrupa'da deterjan sanayii en önemli kullanım alanı olmaya devam etmekte, Japonya'da ise tekstil fiberleri ilk sırada yer almaktadır. Bor cevherleri ve kullanım alanları Çizelge 2.5'de görülmektedir [13].

Çizelge 2.5. Bor cevheri ve kullanım alanları

Kalsiyum Borat Cevheri	Kalsiyum Sodyum Borat Cevherleri	Sodyum Borat Cevherleri	Borlu Göl Suları	
• Cam • Metalürji • Nükleer • Tekstil türü • Fiberglas	• Selülozik • İzolasyon • Fiberglas • Metalürji • Nükleer • Cam	Rafine boraks pentahidrat ve boraks dekahidrat, susuz boraks		
Boraks penta ve deka Hidrat, Susuz Boraks	Susuz Borik Asit	Sodyum Perborat	Borik Asit	
• Gübre • Fiberglas • İzolasyon • Metalürji • Cam ağartıcı • Cam • Kozmetik ve ilaç • Tarım • Fotoğraf • Tekstil boyaları • Dericilik • Yün koruyucu • Emaye, firit,sır • Metalürji	• Antiseptik • Kozmetik • Yangın söndürücü • Deri • Tekstil • Metalürji • Naylon • Tekstil sanayi • Sabun ve deterjanlar • Sır • Kaplama • Fotoğraf	• Deterjan ve ağartıcılar • Dezenfektan • Tekstil • Boyaları • Cam	• Cam • Zirai mücadele • Böcek öldürücü • Tekstil • Fotoğraf • Sabun ve deterjanlar • Naylon • Tekstil boyaları • Balmumu • Yumuşatıcı	• Antiseptik • Kozmetik • Yangın söndürücü • Sır • Kaplama • Nükleer • Sabun ve deterjanlar • Tekstil • Tekstiliberglas

2.3.1. Cam sanayi

Günümüzde üretilen borun % 40'ı cam ve fiberglas sanayiinde tüketilmektedir. Cam sanayiinde yararlanılan belli başlı bor özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Hammaddenin ergime noktasını düşürür.
- Ergimiş ortamın viskozitesini düşürür.
- Camın termal genleşme katsayısını düşürür.
- Camın kırma indisini büyütür.

- Camın saydamlığını ve parlaklığını artırır.

Her türlü yalıttımdan bilişim sektörüne kadar çok çeşitli alanlarda, farklı amaçlar için kullanılan cam elyafın (fiberglas) temel hammaddelerinden birini bor oluşturur. Cam elyafa bor katıldığında yukarıda belirtilen özelliklere ilaveten;

- Kristalleşme eğilimini düşürür.
- Liflerin dayanıklılığını ve neme karşı direncini artırır.

Çeşitli metaller ile giydirilmiş fiberglas türleri; mikroçiplerde, fiber optik kablolarda, yarı iletken elemanların üretiminde ve buna benzer birçok elektronik parçanın üretiminde kullanıldığı gibi, diğer bor türevleri de elektronik sanayiinde kullanılmaktadır [14].

2.3.2. Temizleme ve beyazlatma sanayi

Dünya bor tüketiminin yaklaşık % 20'si sabun, deterjan gibi temizlik ürünlerini üretimine yöneliktir. Bu sanayide yararlanılan başlıca bor özellikleri:

- Güçlü bir beyazlatıcıdır.
- Lekeleri çözer.
- pH'yı dengeler, suyu yumuşatır, yağları parçalar.
- Aktif oksijeni dengeler.
- Anti bakteriyeldir.

Bu özellikler sayesinde çok az yıpratır; renkleri soldurmaz. Düşük sıcaklıkta bile etkin sonuç verir. Çamaşırın yıkanma süresini düşürür. Su tüketimini azaltır. Makinalardaki çeliğin aşınmasını ve matlaşmasını azaltır. Deterjanların % 20-25'ini sodyum perborat oluşturur [13].

2.3.3. Seramik ve emaye sanayi

Bor, özellikle seramiklerin sırlanmasında ve emaye sanayiinde kullanılır. Bu sektör Türkiye'nin en çok bor tükettiği alanlardan birini oluşturmaktadır. Yararlanılan başlıca bor özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Sırın kıvamlılığını düşürür.
- Sırın yüzey gerilimini düşürür.
- Parlaklığı ve saydamlığı artırır [13].

2.3.4. Tekstil sanayi

Yanmayı geciktirici özelliğinden dolayı, cam elyafı halinde, tekstil üretiminde kullanılır. Bunun yanı sıra, kumaş boyalarını koruduğu için kumaş boyalarında ve aprelemede kullanılmaktadır [10].

2.3.5. Metalürji sanayi

Metalürjide yararlanılan özellikler:

- Ergime sıcaklığını düşürür.
- Cürufun akışkanlığını azaltır.
- Çeliği sertleştirir.
- Fırın tuğlalarının aşınmasını azaltır.

Demir-çelik hammaddelerinin ergime sıcaklığını düşürmek suretiyle tüketilen enerjide tasarruf sağlar.

Bor türevlerinin kendisinin ya da çelik ile alaşımlarının yüksek sertliği nedeniyle aşındırıcı ve kesici aletlerde kullanılır.

Son dönemlerde manyetik ayırıcılarda kullanılmasıyla devrim yaratan, sürekli yüksek manyetik alan şiddeti oluşturan magnetlerin içinde nadir metallerin yanısıra bor da bulunmaktadır.

Bor, kaplama sanayiinde kullanılan elektrolitlerin oluşturulmasında ve lehimleme işlemlerinde de kullanılmaktadır [14].

2.3.6. Tarım

Borun tarım ürünleri üzerinde değişik etkisi vardır. Çok az miktarda bor bitkilerin gelişmesine yardım eder. Bu nedenle gübrelere katılır. Fakat, borun fazlası bitkiler üzerine öldürücü etki yapar. Bu özellikten yararlanılarak, yabancı otlar ile mücadelede kullanılmaktadır [13].

2.3.7. Diğer kullanım alanları

Borun diğer alanlardaki kullanımlarının giderek gelişeceği yönünde genel bir eğilim olduğu herkes tarafından kabul edilmektedir.

Diğer bazı kullanım alanları aşağıdadır:

Oto antifrizlerinde kullanılan boraks, demirli malzemelerin eriyikte korozyona uğramasını önlemektedir [7].

Bor izotopları nükleer reaksiyonların denetlenmesine yardımcı olur.

Borun katalizör olarak kullanımı oldukça yaygındır. Hidrokarbonların havadan oksitlenmesindeki katalizör borik asittir [6].

Bor triflorür (BF_3), gaz halinde asidik bir katalizdir. Alkol, asit ve ketonların sudan arındırılmasında, halojenasyonda, aromatik hidrokarbonların sülfürden kurtarılmasında, karbonmonoksitin katıldığı reaksiyonlarda, polyesterin boyanmasında kullanılır. TiB_2 , ZrB_2 gibi metal boritler jet motoru parçaları, roket motoru parçaları, elektrik kontaktörleri, kesici aletler yapımında kullanılır [14].

Silikonborit (SiB), oksitlenmeye karşı çok dirençli, ısıya karşı aşırı dayanıklı ve kolay işlenebilir olduğundan bor nitritle bor karpitin kullanılmadığı oksijenli ortamlarda refrakter olarak kullanılır [6].

Lantanyum ve Seryum hekzaboritler katot yapımında; Lantanyum borit elektron mikroskopun termiyonik katodu ve elektron ışınımında istikrarlıdır. Jet ve roket motorlarının iç parçalarında, askeri zırhlı teçhizatıta seramik zırh olarak kullanılır. Bornitrit yüksek ısıda elektrik ve ısı izolasyonunun sağlanması için kullanılır. Hekzagonal bor nitrit 3 500 °C sıcaklığa dayanır, ıslanmaz, dielektrik sabiti Al'un 4 katıdır [3].

Kübik bor nitrit elmastan sonraki en sert maddedir ve 1370 °C'ye kadar kararlıdır. Kesici aletlerde kullanılır. Amborit çok hızlı dönen makine parçalarında tercih edilir. Anisotropik pirolitik bor nitrik (APBN) mikrodalga lambalarında kullanılır [6].

Borlu elyaf kompozitleri tekniğin en son harikaları olarak kabul edilir. Ti, Al ve Mg'un bor lifleri ile güçlendirilmeleri sonucunda elde edilen kompozit mm² 'de 360 kg'lık basınca dayanır. Karbon lifi kompozitten daha pahalıdır. Ti ve Tungsten tel üzerine bor buharı depozit elde edilen bu liflerin fiyatı 400-570 US\$/kg olup, F-16 savaş uçağında %2,1 oranında, F-18'de %10 kadar ve uzay araçlarında kullanılır.

Lazer hücumunda ısıyı belirli bir noktadan uzaklaştırdığı için askeri amaçla kullanılır. Talk pudrasında, bebe pudrasında ve traş pudrasında borik asit % 5-10 arasında antiseptik olarak tüketilir. Kozmetik ve ilaç sanayiinde bor bileşikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Na-borhidrit jet ve bombardıman uçaklarının yakıtlarında redükleyici eleman olarak kullanılır [14].

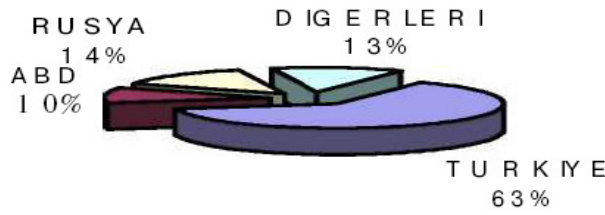
B₁OH₁₄'in Lewis bazı içinde asetilen ile reaksiyona girmesi ile üretilen karboranlar olan N-hekzil karboran'a geleceğin jet yakıtı gözü ile bakılmaktadır.

Na₂SO₄, su ve boraks dekahidrattan oluşan bir bileşiktir. Oda döşemesindeki malzemeye entegre edilip, gündüz saatlerinde pencereden giren güneş enerjisini

absorbe etmekte, geceleyin soğumaya başlayınca bu enerjiyi açığa çıkararak odayı kendiliğinden ısıtmaktadır [6].

2.4. Dünyada ve Türkiye'deki Bor Rezervleri

Dünya bor rezervlerinin dağılımı Şekil 2.1'de, ülkemizde bor rezerv miktarı ve bu rezervin cevher gruplarına göre dağılımı ise Çizelge 2.6'da verilmiştir [13].



Şekil 2.1. Dünya Bor Rezervleri (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu 2000)

Çizelge 2.6. Bor üretimimiz

ÜRETİM YERİ	CEVHER	REZERV (milyon ton)	TENOR (% B ₂ O ₃)
Kırka bor işletmesi	Tinkal	605,5	25,8
Bigadiç bor işletmesi	Üleksit	49,2	29,1
Emet bor işletmesi	Kolemanit	576,4	29,4
Kestelek bor işletmesi	Kolemanit	835,6	27,5-28,5
Toplam	Kolemanit	7,7	25-33

Şekil 2.1 ve Çizelge 2.6'da görüldüğü gibi şimdiye kadar yapılan arama sonuçlarına göre, % 100 B₂O₃ bazında ülkemizin dünya toplam bor rezervlerindeki payı % 63, dünyadaki en büyük üretici durumundaki US Borax'ın kontrolü altındaki bor rezervlerinin (ABD ve Arjantin'deki rezervler) payı ise % 11 civarındadır. Bu veriler Türkiye'nin dünyanın en büyük bor kaynaklarına sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Belirtilen bu değerler devletleştirmeyi müteakip Eti Holding'de toplanan yaklaşık 20 000 km²'lik imtiyazlı sahalarda tespit edilmiş, 15-20 yıl öncesine ait kısmı çalışılmış bor havzalarına ait verilerdir. Konu ile ilgili uzmanlar

Eti Holding'in imtiyazı altındaki sahalarda yapılacak yeni arama çalışmalarıyla ülkemiz rezervlerinin en az iki katına çıkacağını belirtmektedirler. Rezerv ömürlerine baktığımızda durum çok daha çarpıcıdır. Görünür ekonomik rezerv bazında dünya tüketimini tek başına karşılama süresi yönüyle ülkemizin bor atıkları şu anda US Borax kontrolündeki rezervlerin yaklaşık 7 katı olup, analistlere göre son yıllardaki tüketim artış hızı da dikkate alındığında 80 yıl sonra ülkemiz yataklarının dünyada tek bor kaynağı olma olasılığı çok yüksektir. Bor ve bor ürünleri ile ilgili olarak günümüzde dünyada bir rezerv sorunu bulunmamaktadır. Bu sebeple, büyük rezervlere sahip olmak kendi başına bir anlam ifade etmemektedir. Bu rezervden sağlanacak faydanın en üst seviyeye çıkarılabilmesinin şartlarını oluşturmak çok daha önem kazanmaktadır [15].

Çizelge 2.6 ülkemiz rezervlerinin ağırlıklı olarak kolemanitten oluştuğunu göstermektedir. Ülkemizde 1,4 milyar ton dolaylarında kolemanite karşılık diğer ülkelerdeki toplam kolemanit rezerv miktarı 100 milyon ton civarındadır. Bu değer üretimde kolemanit kullanımının daha ekonomik ve zorunlu olacağı sanayi alanlarında ileride ortaya çıkacak olan büyük avantajımızı da bu günden ortaya koymaktadır. Ülkemiz, dünya bor rezervlerinin en büyük kısmına sahip olmakla beraber borlarımız içinde istenmeyen safsızlıkların çok düşük olmasının sağladığı nitelikten dolayı tercih sebebi olmasının yanısıra, açık işletmeciliğin getirdiği maliyet avantajlarına da sahiptir. Bu nedenle, dünya ham bor ticaretinin tamamına yakını ülkemizin elinde bulunmaktadır. Diğer ülkelerin bu alanda bizimle rekabet etmesi söz konusu değildir [7]. Çizelge 2.7'de ülkemizdeki işletmelerin ürünleri ve kurulu kapasite miktarları verilmiştir [5].

Çizelge 2.7. Ham ve Rafine Bor Kurulu Kapasitemiz (ETİ BOR)

İŞLETME	ÜRÜN	KURULU KAPASİTE	
		HAM BOR	RAFİNE BOR
		Bin ton/yıl	
Kırka	Tinkal Konsantre	800	
	Boraks Pentahidrat		320
	Boraks Dekahidrat		17
	Susuz Boraks		60
Bandırma	Boraks Deka+Penta Hidrat		55
	Borik Asit		85
	Sodyum Perborat		20

Çizelge 2.7. (Devam) Ham ve Rafine Bor Kurulu Kapasitemiz (ETİ BOR)

Bigadiç	Konsantre Kolemanit	200	
	Konsantre Üleksit	200	
Emet	Konsantre Kolemanit	500	
Kestelek	Konsantre Kolemanit	100	
TOPLAM :		1 800	557

3. BOR ATIKLARI

Birçok endüstri dalında yaygın bir kullanım alanı bulan bor mineralleri ve türevleri, 21. yüzyılın petrolü olarak adlandırılmakta ve yaşam standartlarının kalitelendirilmesindeki önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bir bor ürünü bazı durumlarda başka bir ürünün yerini tutabilmesine rağmen, günümüz koşullarında bor ürünlerinin yerini aynı kalite ve ucuzlukta tutabilecek başka bir mineralin bulunmayışı ve stratejik anlamda da değerli olması bor minerallerine özel bir konum kazanmaktadır [10].

Dünya piyasalarında % 31’lik üretim payına sahip olan ülkemizde, bor konsantresi üretimi Eti Holding Etibor A.Ş.’ye ait Eskişehir-Kırka, Kütahya-Emet, Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kestelek işletmelerinde gerçekleştirilmektedir. Çeşitli araştırmacılar, bu tesislerde açığa çıkan atık miktarının 600 000 ton/yıl olduğunu bildirmişlerdir [15].

3.1. Bor Atıklarının Değerlendirilmesi

Bor atıklarının değerlendirme şekillerini üç sınıfa ayırmak mümkündür.

3.1.1. Atıkların uygun bir şekilde depolanması

Atıkları, atık sahasında çok fazla yer kaplamaması ve çevre kirliliğinin azaltılması amaçlarıyla preslenerek kompaktlaştırılabilir [16]. Atıklar, göletlere verilmeden önce uygun flokülasyon ve koagülasyon yöntemleriyle katı sıvı ayırımına tabi tutulur. Susuzlaştırma ile göletlerin hızlı bir şekilde dolması engellenebileceği gibi, elde edilen sıvı tekrar kullanılmak üzere tesise de beslenebilecektir. Atıkların diğer sektörlerde kullanılabilmesi için de susuzlaştırma işleminin gerekliliği göz ardı edilmemelidir [2].

3.1.2. Atıklardan borun tekrar kazanılması

Genelde bor atıklarına, zenginleştirme sırasında atığa kaçan borun tekrar kazanılması amacıyla suda bekletme, mekanik dağıtma, sınıflandırma, gravite yöntemleri,

manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, soda liçi, çözeltme, flokülasyon, flotasyon, ısıtma işlemi (kalsinasyon) ve briketleme yöntemleri uygulanmaktadır [17]. Ayrıca son zamanlarda ses ötesi dalgaların kil uzaklaştırmadaki etkinliği [18] ve atıklardaki borun doğrudan çözme çözeltisi ile kazanımı araştırılmış ve olumlu neticeler alınmıştır [19].

Bor konsantratör tesislerinde uygulanan elle ayıklama, mekanik dağıtma+sınıflandırma yöntemleri ancak ince boyutlara uygulanabilmekte, daha ince boyuttaki (0,5mm) % 15-20 B₂O₃ tenörlü cevherler ise atık barajına gönderilmektedir [20].

Atıklardaki killerin içinde ferromanyetik ve paramanyetik minerallerin bulunması durumunda sabit mıknatıslı yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar etkili bir ayırım yapabilmektedir [21]. American Borate Corporation şirketinin kolemanit ve üleksit zenginleştirmede flotasyon ve kalsinasyon yöntemlerini kullandığı bildirilmiştir. Flotasyonla yapılan bor zenginleştirmede mekanik dağıtma ve sınıflandırma ile kil içerikli şlamın atılması ve doygun bor çözeltisinde çalışılması gereği üzerinde durulmaktadır [22]. Şlam halinde bulunan kilin bor mineralleri üzerine şlam kaplama mekanizması nedeniyle flotasyon verimini düşürdüğü kanıtlanmıştır [23]. %5 oranında kil varlığında bile flotasyon verimi büyük ölçüde düşmektedir [24]. Kilin kolemanit yüzeyine elektrostatik çekim mekanizmasıyla yapıştığı tespit edilmiştir [25]. Kolemanit flotasyonunda sonik ve Ca⁺² iyonlarının birlikte etkisi ile kilin flotasyona olan olumsuz etkisinin azaltılarak % 80-90'lara varan flotasyon verimine ulaşılabilceği gösterilmiştir [26].

Bor minerallerine 400-600 °C'de kristal suların uzaklaştırılması amacıyla yapılan işleme kalsinasyon denmektedir. Bor mineralleri kalsinasyon esnasında patlayarak ince boyutlara geçerken kil mineralleri agrega haline gelmektedir. Kalsinasyon yönteminin yaş yöntemlere göre daha verimli, ekonomik ve kolay olduğu bunun yanında çevre kirliliği meydana getirmediği belirtilmektedir [27]. Araştırmalar bor atıkları içindeki borun kalsinasyon yöntemi ile kazanılabileceğini göstermiştir. Bor minerallerinin kalsinasyon ile zenginleştirilmesi hakkında çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar atıkların değerlendirilmesinde önemli birer kaynaktır.

İster ham cevher, ister konsantre olsun; boratların çok ince boyutta (0,5 mm) satışının mümkün olmaması, bunların briketleme ile boyut kazandırılmasını zorunlu hale getirmiştir [22].

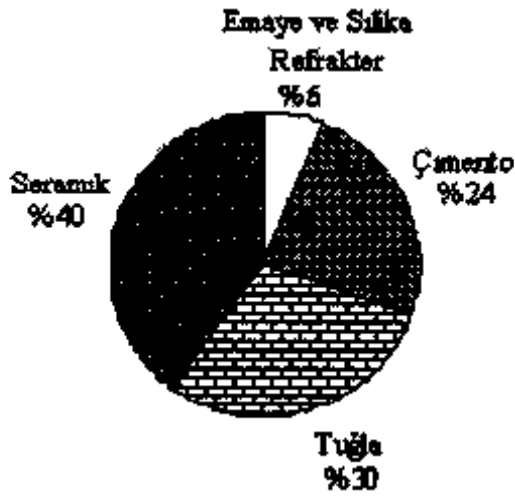
3.1.3. Bor atıklarının uygun sektörde kullanılması

Son zamanlarda artan çevre bilinci madencilik sektöründe de kendisini hissettirmiş, madencilik faaliyetleri sonucu oluşan atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi hususunda çeşitli yönetmelikler ve standartlar getirilmiştir. Bor atıklarının uygun yöntemlerle çeşitli sektörlerde değerlendirilmesi sonucunda;

- Atıkların stoklanmasından doğan sorunlar ve stoklama maliyeti azalacak,
- Çevreyi kirleten unsurlar en az düzeye indirgenecek,
- Bor atıklarının değerlendirilmesi sonucu üretilen yeni ürünler ülke ekonomisine ek kazanç sağlayacaktır.

Türkiye'de ticari öneme sahip bor minerallerinden Kırka tinkal minerali, birbirine yakın miktarlarda montmorillonit ve dolomit içeren gri killer ile dolomitçe zengin beyaz killerden ve kalsitten oluşmakta [2], Bursa- Kestelek bor işletmelerindeki kolemanit atıkları ile Kütahya-Emet-Hisarçık işletmesindeki kolemanit atıkları montmorillonit, kalsit, klorit ve biyotit gibi paramanyetik mineraller içerirken, Balıkesir- Bigadiç atıkları montmorillonit, jips ve kalsit ihtiva etmektedir [28]. Bor atıklarının kil içeriği bakımından zengin oluşu, sözkonusu atıkların değerlendirilmesine yönelik bilimsel çalışmaları; seramik başta olmak üzere, tuğla ve çimento sektörüne yönlendirmiştir. Bu çalışmalarda, bor atıklarından yeni bir ürün eldesinin yanında, bu ürünlerin fiziksel ve fizikomekanik özellikleri üzerindeki etkisine yer verilmesi dikkat çekilmesi gereken bir diğer husustur.

Bor atıklarının çeşitli sektörlerde hammadde veya katkı maddesi olarak kullanımına yönelik Türkiye'de yapılan çalışmalar neticesinde sektörel bazda dağılımı Şekil 3.1'de, değerlendirildikleri alanlara göre gruplandırılmaları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir [29].



Şekil 3.1. Bor atıklarının sektörel bazda dağılımı

Çizelge 3.1. Türkiye'de Bor Atıklarının Değerlendirilmesine Yönelik Yapılmış Araştırmalar

Değerlendirilme Sektörü	Araştırma Konusu
Seramik	Kırka Boraks İşletmesi Tinkal Konsantratörü Atıklarındaki Kilin Flokülasyon ile Ayrıştırılması ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması
	Kırka Boraks İşletmesindeki Artık Killerin Seramik Endüstrisinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması
	Etibank Kırka-Boraks işletmesi Konsantratör Atığının Sır Hammaddesi Olarak Değerlendirilmesi
	Kırka Boraks İşletmesi DSM Atık Kilinin Çini Hamura Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması
	Döküm Çamuruna %10 ve %20 Kolemenit ve Üleksit Atıkları İlavesinin Viskozite ve Mukavemet Özellikleri Üzerine Etkisi
	Tinkal Reaktörü Atığının Seramik Sanayinde Kullanılabilirliği Konsantre Boraks Atığının Duvar Karosu Sırlarında K-Feldispat Yerine Kullanımı
	Etibor Kırka Boraks İşletmesi Konsantre ve Türev Atıklarının Duvar Karosu Bünye Özelliklerine Etkisi
	Etibor Kırka Boraks İşletmesi DSM Elek Üstü Atığının Duvar Karosu Bünyesinde Katkı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması
	Etibor Kırka Boraks İşletmesi DSM Elek Üstü Atığının Duvar Karosu Bünyesinde Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması
	Etibor Kırka Boraks Atığının Yer Karosu Bünye Özelliklerine Etkisi
	Firitleştirilmiş Boraks Konsantre Atığının Yer Karosu Sırlarının Özelliklerine Etkisi

Çizelge 3.1. (Devam) Türkiye'de Bor Atıklarının Değerlendirilmesine Yönelik Yapılmış Araştırmalar

Çimento	Çimento üretiminde borojibs kullanımı.
	Kolemanit Konsantrasyon Atıkları İçeren Çimento Karışımları
	Çimento ve beton üretiminde katkı maddesi olarak bor atıklarının kullanılması.
	Kula Cürufu, Bentonit ve Kolemânit Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi
	Bor Endüstrisinde Üretim Esnasında Meydana Gelen Katı Atıkları Değerlendirilmesi
	Portlant çimento üretiminde priz geciktirici olarak borojibs kullanımı.
	Kula cürufu, bentonit ve kolemanit atıklarının çimento üretiminde değerlendirilmesi
	Çimento katkısı olarak bor atıklarının kullanılması.
Tuğla	Bor Atıklarının Yapı Malzemesi Üretiminde Değerlendirilmesi
	Bor Minerali Atıklarının Seramik Endüstrisinde Kullanılabilirliği
	Bor Atıklarının İnşaat Tuğlası Üretiminde Kullanılması
	Etibank Kırka Boraks İşletmesi Atıklarının Turgutlu Killeri ile Tuğla- Kiremit Denemesi
	Kırka Boraks işletmesi Atık Killerinin Tuğla Yapımında

Seramik sanayinde kullanımı

Bor minerallerinin çoğunlukla kil mineralleri içermesi, esas hammadde kil olan seramik sektöründe bor türevleri atıklarının değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Bor atıklarının seramik endüstrisinde kullanıldığı alanlar; sır hazırlanması, çini yapımı, döküm çamuru üretimi, yer karosu ve duvar karosu yapımı şeklinde sıralanabilir.

Bor atıkları yüksek miktarda boroksit (B_2O_3) içerdiğinden seramik sanayinde sır bünyelerde kullanılma imkanı bulmaktadır [30]. Boroksit, sır yapımında bünyelere yüzeysel camsı parlaklık kazandırdığı için tercih edilmektedir.

Lyday [31], seramik sektöründe sır bünyelere boroksit ilavesinin; viskoziteyi ve erime noktasını düşürdüğünü ve bünye yüzeylerine parlaklık verdiğini bildirmektedir. Genç ve arkadaşları [32], tarafından yapılan deneysel çalışmada bor atıklarının genleşme katsayılarının yüksek olmasından dolayı fayans sırında direkt olarak kullanılamayacağı, fakat genleşme katsayısını düşürecek şekilde reçete düzenlenmesi durumunda bor atıklarının fayans ürünlerinde sır maddesi olarak

kullanılabileceği gösterilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, bor atık katkılı killerin seramik sektöründe frit, sır ve masse hazırlanmasında kullanılabilirliği kanıtlanmıştır [33].

Çini, başlıca hammaddeleri kil, kaolin, kalsit veya dolomit olan çift pişirim yöntemiyle üretilen seramik bir malzemedir. Dolayısıyla çini yapımında bor içerikli kil atıklarının kullanımı mümkündür. Bu amaçla Bentli ve Çakı [34], tinkal konsantresi ve boraks pentahidrat üretimi yapılırken önemli miktarda açığa çıkan killi malzemenin; plastik özellik taşıyan kil olması ve pişme renginin beyaza yakınlığı nedenlerinden ötürü çini hamurunda değerlendirilebileceği gösterilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan DSM elek üstü atık kilinin çini hamuruna ilavesiyle;

- Kuru-pişme ve toplam küçülme değerlerinin azaldığı,
- Atık bünyesindeki B_2O_3 ve Na_2O nedenleriyle sinterleşmenin arttığı ve böylece sağlam bir yapının oluştuğu,
- Hammadde maliyetinin önemli oranda düştüğü gözlenmiştir.

Sır bünyelere bor atıkları ilavesi; viskoziteyi düşürerek döküm çamurunun iyi kurumasını sağlamakta, erime noktasını düşürmekte ve seramik bünyelere parlaklık kazandırmaktadır [35].

Duvar karosu üretiminde kullanımı

80'li yıllardan itibaren seramik endüstrisinde tek pişirim yöntemi uygulamasına geçilmesiyle, seramik bünye ve sır beraber pişerek yoğun bir yapı elde edilmektedir [36]. Ancak, bu yöntemde şekillendirme sonrası ürünlerin düşük mukavemet nedeni ile üretim hatlarında kayıplar oluşmaktadır. Ediz ve arkadaşları [37], duvar karosu üretiminde yaş ve kuru mukavemeti arttırmak amacıyla, DSM elek üstü bor atık malzemesini reçete bünyelerine ilave ederek;

- Kalsit hammaddesi yerine bor atık malzemesi kullanımı sonucu kalsit tüketim giderlerinden ek kazanç,
- Atık bünyesindeki alkali oksitlerin, sinterleşme sırasında camsı faz oluşturmaları sonucu pişme mukavemetinde artış,
- Düşük porozite,
- Düşük su emme değerleri elde etmişlerdir.

Aynı çalışmada, DSM elek üstü atığının, duvar karosu bünyelerinde silis kumu yerine % 20 oranında dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Yapılan benzer araştırmalarda, Eti Bor Kırka Konsantratör ve türev atığının, duvar karosu bünyelerinde pegmatit yerine alternatif akışkanlaştırıcı olarak kullanılabileceği tespit edilmiş, yine bu atığın duvar karosu sırlarında potasyum feldispat yerine yaklaşık % 89 oranında alternatif ergitici olarak kullanılabileceğine dair olumlu neticeler alınmıştır [36].

Yer karosu üretiminde kullanımı

Karasu ve Gerede [38], Kırka boraks atığının yer karosu sırlarında kullanılabilirliğini incelemek amacıyla yer karosu firit reçetesine belli oranlarda (% 13,5'a kadar) bor atığı ilave etmiş ve elde edilen ürünlere mekanik ve fiziksel testler uygulamıştır. Kırka boraks atığının, düşük sıcaklıklarda camlaşma yeteneğine sahip oluşturan firitli yer karosu sırlarında Na-feldispat, borik asit ve dolomit yerine kullanılabileceğini göstermiş ve elde edilen ürünlerin iyi bir performans sergilediği belirlenmiştir.

Kırka Boraks atığı yer karosu massesine ilave edilmesine yönelik başka bir çalışmada; düşük poroziteli, dayanım değerleri yüksek, su emme miktarı düşük ürünler elde edildiği belirtilmiştir [39].

Çimento üretiminde kullanımı

Son yıllarda çimento endüstrisinde atıkların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmış, uygun miktarda atık malzeme kullanımıyla hem çevresel hem de

ekonomik fayda sağlanabileceği görülmüştür. Birçok araştırmacı, çimentoda katkı maddesi olarak uçucu kül, taban külü, kolemanit konsantratör atığı, tinkal konsantratör atığı ile bunların ikili veya üçlü karışımlarını kullanmak suretiyle aynı anda farklı türde atık malzemelerin çimento üretiminde değerlendirilebilirliğini incelemişlerdir.

Targan ve arkadaşları [40], kolemanit atığını, Kula curufu ve bentonit karışımına ayrı ayrı ilave etmişler ve farklı oranlarda kolemanit atığının çimento üretiminde değerlendirilebileceğini ve klinker üretiminde enerji tasarrufu sağlanacağını belirtmişlerdir. Bu konuda yapılan diğer araştırmalarda, çimento ve beton üretiminde katkı maddesi olarak bor atıklarının kullanılması olumlu neticeler vermiştir.

Tinkalden boraks üretimi esnasında meydana gelen ve tromel elek atığı (TEA) olarak nitelendirilen borlu atık malzeme, Boncukçuoğlu ve arkadaşları [41], tarafından çimento üretiminde kullanılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Bor atık katkılı (TEA) çimentolardan elde edilen betonlar, geleneksel çimentolardan elde edilen betonlara nazaran daha iyi mekanik özellik sergilemekte,
- Çimento bünyesine bor ilavesi klinker birim maliyetinde azalma sağlamakta,
- Çimento priz süresi kısalmaktadır.

Kalsiyumlu bor bileşiği olan kolemanitten borik asit üretimi sırasında atık bir madde oluşmakta ve oluşan bu atığa borojips adı verilmektedir. Yüksek bor içerikli bu atık malzemenin çimento ve beton üretiminde değerlendirilmesine yönelik çalışmalar olumlu neticeler vermiş ve borojipsin çimento bünyelerinde diğer alçı taşları (fosfojips, fluorjips..) yerine alternatif bir madde olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Tuğla bünyelerde kullanımı

Birçok araştırmacı, çeşitli endüstriyel atıkları (bor atıkları, kırmızı çamur atıkları, mermer atıkları gibi) tuğla üretiminde belirli oranlarda kullanmakta ve özellikle bor

atıklarının tuğla yapımında kullanılabilirliğine yönelik çalışmaları sayısının son yıllarda yoğunlaştığı görülmektedir. Yaman [42], Kırka ve Bandırma bor atıklarının döşeme tuğlası, yer karosu ve fayans hamurlarına % 6'ya kadar ilave edilebileceği bildirmektedir. Yine başka bir çalışmada bor atıklarının kimyasal bileşimine göre borosilikat cam, emaye ve silika astarlara katkı malzemesi olarak kullanılabileceği belirtilmektedir. Kırka boraks işletmesi atık malzemesi ve Bloksan tuğla-kiremit hammaddesinin mineralojik, kimyasal özellikleri belirlenmiş ve bu hammaddelerin % 50 oranlarındaki karışımının 900 °C gibi düşük sıcaklıkta pışmesi ile enerji maliyetinin azaltılacağı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada bu karışımın seramik malzemelerde aranan düşük su emme, düşük aşınma, yüksek mukavemet ve beyazlık gibi özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir [43]. Kavas ve Emrulloğlu [44], Seydişehir kırmızı çamuru ile Kırka bor atık killeri değişik oranlarda karıştırarak yüksek mukavemetli ve düşük su emme özelliğine sahip kaliteli tuğla imal etmiştir. Bu karışımın endüstriyel hammadde olarak, seramik ve inşaat sektöründe kullanılabileceği belirtilmiştir.

4. ALÇI

Alçıtaşı, kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat olan bir mineraldir. Bileşiminde iki molekül kristal suyu bulunan türüne jips ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) denir. Alçıtaşı tabiatta 6 şekilde bulunur. Bunlar; Anhidrit, Bassanit, Jips, Albatr, İpek Jipsi ve Selenittir.

Doğal anhidrit susuz kalsiyum sülfattır. Doğada genellikle alçıtaşı ile birlikte yataklandığı görülür. Bazı ülkelerdeki sülfürik asit üretimi dışında yakın tarihlere kadar fazla bir kullanım alanı bulunamamıştır. Ancak 30 yıldan bu yana kimya endüstrisinde ve inşaat malzemeleri yapımında önem kazanmış bulunmaktadır.

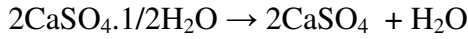
Diğer bir jips çeşidi olan bassanit, anhidrit ile jips arasında ayrı bir mineral fazı oluşturmaktadır. Jips doğada bol miktarda bulunur. Çok eski devirlerde jipsi ısıtarak alçıya çevirdikten sonra başta Mısırlılar olmak üzere Asurlular, Çinliler, Yunanlılar ve Romalılar kullanmışlardır. Ancak 1755’de Fransa’da jips kimyasının açıklığa kavuşması ve 1870’de alçı priz geciktirme metodunun bulunmasıyla alçı tüketimi gelişmeye başlamıştır [45].

Ülkemizde Selçuklulardan kalma Akşehir/Konya’daki eserlerde alçı kullanıldığı bilinmektedir. Yine Erzurum’da alçı sıvalı 200 yıllık evlerin varlığı dikkate alındığında oldukça eski tarihlerden beri alçı kullanıldığı anlaşılmaktadır [46].

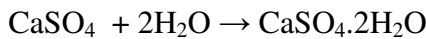
Alçı, hammaddesi doğada bol bulunduğu, pişirme sıcaklığı düşük ve öğütülmesi kolay olduğu için enerji maliyeti düşük ve dolayısı ile ucuz bir malzemedir. Alçı taşının 1999 yılı sonuna kadar maden kanunu kapsamında olmaması nedeni ile Türkiye’deki alçı taşı rezervleri sistematik bir şekilde incelenmemiştir. VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı Alçı Özel İhtisas Komisyon Raporunda tahminlere dayalı olarak görünür rezervin 165 milyon ton, görünür ve muhtemel rezervin ise 1,8 milyar ton olduğu belirtilmiştir. Alçı üretim tesislerinin coğrafi olarak dağılımına bakıldığında alçı taşı yataklarının genelde İç Anadolu, Güney ve Doğu Anadolu’da yoğun, batı bölgelerinde ise daha az olduğu söylenebilir [47].

Alçının hammaddesi olan alçı taşı, kimyasal bileşimi $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ olan jips mineralinden oluşan tek mineralli bir tortul taştır. Kalıp ve model yapımında kullanılan alçı, alçı taşının öğütüldükten sonra döner fırın, kazan veya otoklav denilen basınçlı kaplarda yaklaşık $120^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C}$ ’ de kalsine edilmesi ile elde edilir [45]. Alçı taşının suyunun uçurulması aşağıdaki reaksiyonlarda görüldüğü gibi iki safhada gerçekleşir ve bu olaya dehidratasyon denir.

Birinci safhada oluşan maddeye yarımhidrat denir ve bu yarımhidrat, alçının hammaddesini oluşturur. İkinci safhada oluşan madde ise anhidrittir.



Yarımhidratın α ve β olmak üzere iki farklı formu vardır; α yarımhidrat, iğne yapılı kristallerden, β yarımhidrat ise pirinç tanelerine benzer kristallerden oluşur. α yarımhidratının basınç dayanımı, çekme dayanımı ve aşınmaya karşı dayanıklılığı, β yarımhidratına göre çok daha iyidir, daha az suya ihtiyaç duyar. β yarımhidratının katılma süresi α yarımhidratına göre uzun, yoğunluğu daha düşük, hidratasyon ve yüzey enerjisi daha yüksektir, daha fazla suya ihtiyaç gösterir. Alçı su ile karşılaşınca, ısıtma ile çıkan kristal suyunu tekrar bünyesine alarak katılır, bu olaya hidratasyon denilir.



Alçı hamurunun akıcı kaldığı sürenin sonu “işleme süresi” katılmanın başladığı an “priz başlangıcı” katılmanın bittiği an ise “priz sonu” olarak adlandırılır. Alçı katıldıktan sonra belirli bir sıcaklık artışı gösterir ve su ile yaptığı reaksiyon sona erer. Bu ana hidratasyon sonu denilir [48].

4.1. Alçının Özellikleri

Alçının sahip olduğu başlıca özellikler şunlardır.

- Yanmazlık
- Isı yalıtımı
- Hafiflik
- İşleme ve onarım kolaylığı
- Yüzeye nefes aldırma
- Bakteri üretmeme

Yanmazlık: Alçı anorganik bir madde olduğu için yanmaz. Bir yangın anında alevle karşılaşan alçı, elemanın boşluklarındaki nem ile bünyesindeki kristal suyu ayrıştırmak için ısı enerjisinin büyük bir bölümünü absorbe eder. Ayrışan ve buharlaşan su, alev ile alçı elemanın arasında bir buhar tabakası oluşturur. Suyun buharlaşma sürecinde alçı elemanın yüzeyindeki sıcaklık 140 °C üzerine çıkmaz. İki saat yoğun ateşe maruz kalan 15 cm kalınlığındaki bir alçı elemanın dış yüzeyindeki sıcaklık 1000 °C iken, iç yüzeyinde 55 °C’dir. Alçı, yanmazlığı ve dayanıklılığı ile tüm dünyada bina ve yangın sigorta otoriteleri tarafından kabul görmektedir [47].

Nem düzenleyici özelliği: Kapalı bir hacimde bulunan su buharı, hacmi çevreleyen dış yapı elemanlarının yüzeylerine temas ettiğinde soğuyarak yoğunlaşır ve yapı elemanlarının ıslanmasına, dolayısıyla elemanın yüzeyinde su lekelerine ve çiçeklenmelere neden olur. Alçı ise ısı iletkenliğinin düşük olması dolayısıyla yalnız yoğunlaşmayı geciktirmekle kalmaz, aynı zamanda boşluklarında önemli bir oranda ortam nemini ve kondensasyon suyunu absorbe edip, iç hacimde bağıl nemin

azalmasını sağlayarak yoğunlaşmayı azaltır. Buna ek olarak nem azaldığında alçı kendi bünyesindeki nemi ortama vererek ortamın yeterli derecede nemli kalmasını sağlar ve bu suretle kaloriferli evlerde yaşam koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunur [47].

Isı iletkenlik özelliği: Alçı, yapılarda kullanıldığından beri sıcak temaslı bir malzeme olarak bilinmektedir. Günümüzde ısı iletkenlik değerleri saptandığında, alçının ısı iletkenlik değerinin doğal malzemeler arasında ahşaba çok yakın olduğu ve diğer doğal malzemelerden daha az ısı iletmediği görülmüştür. TS 825'e göre birim hacim kütlesi 800 kg/m^3 olan bir ahşap malzemenin ısı iletkenlik değeri $0,17 \text{ W/mK}$ dir. Alçının ısı iletkenlik dereceleri alçı hamurunun birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Birim hacim ağırlığı, hamura katılan alçı/su oranına bağlıdır. Alçı hamurundaki alçı oranı fazlalaşıp su oranı azaldıkça alçının birim hacim ağırlığı artar. Binalarda ısı yalıtım kurallarını tanımlayan TS 825'te alçı hamurlarının gözenekli ve yoğun oluşuna göre birim ağırlığına bağlı olarak verilen ısı iletkenlik değeri $0,6-1,20 \text{ kg/m}^3$ arası yoğunluk için $0,29-0,53 \text{ W/mK}$ değerleri arasında değişmektedir [47].

Geleneksel bir yapı malzemesi olan alçı, ısı yalıtımı ve diğer olumlu özellikleri nedeniyle günümüzdeki yapıların duvar konstrüksiyonlarının estetik, konfor ve insan sağlığı açısından standardını yükseltecek niteliktedir. İnşaat sektöründe, doğadan kolayca elde edilip işlenebilen alçı malzeme kullanımının artması ile minimum enerji sarfiyatıyla yüksek performanslı ürün elde edilebilecek ve binalardaki ısı kaybı da azalacaktır [47].

Alçı malzeme doğru olarak ve uygun yerlerde uygulandığında, mimariye çok geniş imkanlar tanıyan ve yüzyıllarca bozulmadan kalan bir malzemedir. Ayrıca sanıldığı gibi aksine alçı malzeme çimento ve kireç esaslı malzemelerden maliyet açısından daha ekonomiktir [47].

Ses düzenleyici etkisi: Alçı yapı elemanı, çok küçük boşluklar içermesi nedeniyle üzerine gelen ses dalgalarını azaltarak yansıtır. Özellikle akustik amaçlarla üretilmiş elemanlar yardımıyla, hacim içinde ses düzeni ve hacimler arasındaki ses geçişi, iyi bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Bu alanda yapılan araştırmalarda, alçı elemanlarla yapılmış bir duvar tertibinde, 700 Hz'lik bir sesi % 50'ye kadar yuttuğu, bu tertibe bilinen lifsel malzeme eklendiğinde % 90'a varan bir ses yutuculuğu yaptığı ortaya çıkmıştır [46].

Yapılar, mekanlar, yapı malzemeleri ve tesisatlarda alçılı malzemelerin değerlendirmesini yapabilmek için belirli ölçütlerin önceden belirlenmiş olması gerekmektedir. Genellikle kabul edilen bu ölçütleri yedi grupta toplamak mümkündür.

- Üretim sırasında gereksinim duyulan enerji miktarı,
- Üretim aşamasında atık madde veya yan ürün olarak çıkan zararlı maddeler,
- Malzemenin geri dönüşebilirliği,
- Malzemenin tekrar kullanılabilirliği,
- Yerel kaynaklardan sağlanabilirliği,
- Merkezi büyük tesisler dışında üretim ve uygulama olanakları,
- Kişi sağlığı ve ortamın konfor düzeyi üzerindeki etkileri;

Buna göre alçılı yapı malzemeleri için uygun nitelikte bir malzemedir denilebilir. Alçının yukarıda bahsedilen özellikleri yanında diğer yapı malzemelerine göre üstünlüklerini sıralamak gerekirse;

- Alçı dökümünden ve prizini yapıp kuruduktan sonra boyutlarında bir değişiklik göstermez. Böylelikle beton gibi rötre çatlakları ve ahşap gibi bünyesine rutubet alıp verdiği halde boyut ve şekil değişikliği yapmaz,
- Alçının ve alçı elemanının elde edilişi, uygulanması, bakımı kolay ve ucuzdur,
- Alçı, tam bitmiş olarak yapıya girer, ek emek ve masraf gerektirmez,
- Alçı, hazır yapı elemanı üretimine elverişli bir malzemedir. Duvar ve tavan kaplamalarının önceden hazırlanmasına olanak sağlar. Deprem, yangın ve sel baskını gibi afet durumlarında konut ihtiyacının arttığı ve karşılanmasının kısa sürede gerçekleşmesinin zorunlu olduğu hallerde kullanılmak üzere depo edilebilecek yapı elemanları hazırlanabilir.
- Alçıdan üretilen yapı elemanları, aranan fiziksel ve ekonomik özelliklere sahip, çağın inşaat usullerine uygun, çabuk kuruyan, hafif yapı elemanlarının üretimini sağlayan yapı malzemeleri arasında önemli bir yer tutar.
- Alçı malzemesi en az enerji kullanımı ile elde edilebilir, tasarımda öngörülen konfor ve estetik koşullarını sağlar, çevre kirliliği yaratmaz.
- Alçı doğal hammadde kaynaklarından elde edilmektedir. Bu malzemeler ülke ölçeğinde yeterli olduğu gibi, ülke dışına da ihraç edilerek ülke ekonomisine katkıda bulunulabilir.
- Malzeme üretimi büyük yatırım gerektirmez ve karmaşık teknoloji ile değildir.
- Teknolojik gelişmelere uyum sağlar ve hazır yapı elemanları üretimine elverişlidir.
- Standartlara uygun malzeme kolaylıkla üretilebilir.

- Alçı malzemesi kolaylıkla işlenebilir. Bu özellik, tasarımda ve yapımda esneklik sağlar. Dolayısıyla zaman içinde ortaya çıkabilecek kullanıcının değiştirme istek ve gereksinimleri kolaylıkla karşılanabilir.
- Alçı malzemesinin birim hacim ağırlığı kullanım yerine göre ayarlanabilir. İstenirse azaltılabilir. Hafif malzemeler yapı yükünün, yani zemine aktarılan yükün az olmasını sağlar. Bu özellik de ekonomiye önemli ölçüde katkı sağlar. Özellikle taşıyıcı sistemli yapılarda bölücü duvarların hafif olması sağlanırsa, daha düşük maliyette yapı elde etmek mümkündür.
- Alçı malzemeleri üretim yerinden şantiyeye kolaylıkla taşınabilir ve kolay uygulanabilir. İşçilik masrafı ve maliyeti azdır. Taşıma ve kullanma sırasında tahrip olmuş malzeme veya yapı elemanları kolay onarılabilir [46].

Yapılarda kullanılacak malzemelerin seçiminde ise enerji-malzeme üretim teknikleri dikkate alınmalı, karbondioksit ile hava ve çevre kirlenmesi dengeleri hesaba katılmalıdır. Alternatiflerden en az zararlısı seçilmelidir. Bu nedenle mimarlar, mühendisler ve tüketiciler yapı malzemelerini seçerken üretim aşamasında en az enerji kullanan, çevre ile uyumlu malzemeleri seçmek durumundadırlar [48]. İnsan yaşama ortamını kendi istekleri yönünde değiştirirken doğadan kopmamaya ve doğaya zarar vermemeye özen göstermek zorundadır. Eğer üretimi ve işlenmesi sırasında en az enerji harcanan, kullanım ömrünü tamamlayınca doğa tarafından kolayca dönüşüme uğratılan, hem üretim aşamasında, hem de yakılması sırasında doğayı kirletmeyen ve kanserojen maddelerin ortaya çıkmasına neden olmayan malzemeler seçmeye özen gösterilirse doğal dengeyi korumaya katkı sağlamaktadır [48].

4.2. Alçının Kullanıldığı Alanlar

Günümüzde alçı taşı kullanımında, genel toplamın % 5'i zirai amaçlı, % 10-15 kadarı ise endüstriyel kullanım olarak adlandırılabilen uygulamalarda tüketilmektedir. Geri kalan alçı taşının tamamı inşaat sektöründe kullanılan alçı türlerinin imalatında

tüketilir. Bu gün inşaat sektöründe kullanılan sıva alçısı, kartonpiyer alçısı, saten perdah alçısı ve makine sıva alçısı gibi toz alçı ürünleri kullanım miktarları gün geçtikçe artmaktadır. Alçı, hazır bina bölme duvarları, panolar, blok kriş ve tavanların yapımında kullanılmaktadır. Alçının inşaat malzemesi olarak sağladığı avantajları son yıllarda farkedilen ülkemiz 2000' li yılları geçerken 1 milyon ton alçıyı yapılarda kullanır hale gelmiştir. Ancak ülkemizin çağdaş konut ihtiyacının rasyonel bir biçimde karşılanabilmesi için çok daha fazlasını kullanması gerekmektedir. Kimya sanayiinde alçı taşının kullanılması, bundan 40 yıl kadar önce pratik olarak hiç bir alanda kullanılmayan anhidritin (susuz alçı), “İngiltere Imperial Chemical Industries” şirketinin bu hammaddeyi amonyum sülfata dönüştürmesi ile başlanmıştır. Bu yöntemde havanın azotu amonyağa dönüştürülerek anhidrit ile birleşmekte ve elde edilen amonyum sülfat tarımda gübre olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra alçı tıpta, cerrahide, dişçilikte, cam sanayii, sondajcılık, hayvan yemi ve böcek ilacı üretimi, yapay kükürt, tutkal, plastik üretimi, gıda gibi çok çeşitli faaliyet alanlarında kullanılmaktadır. Alçının diğer kullanım alanları şu şekildedir.

- Ham jips, beyaz boya (Mineral white = terra alba) ve dolgu maddesi olarak kağıt ve pamuklu tekstil maddelerine katılır.
- Ham jips çimento sanayiinde prizlenmeyi geciktirir.
- Nikel izabesinde eritmeyi kolaylaştırır.
- Bira sanayiinde mayalandırma için kullanılır.
- Alçı, tıpta cerrahide ve dişçilikte kullanılır.
- Alçı vitrifiye malzemelerde, porselende ve kiremit üretiminde kalıp aşamasında kullanılır.

- Kimya sanayiinde amonyum sülfat, kükürt, kükürt oksit ve sülfat asidi elde etmek için kullanılır. Halen İskoçya’da anhidrit ve alçıdan faydalanılarak sülfirik asit üretilmektedir. Yan ürün olarak portland çimentosu imal edilmektedir [48].

4.3. Sektör Ürünleri

a- Kalıp Alçıları

- Teksir kalıbı alçısı
- Porselen kalıp alçısı
- Seramik kalıbı alçısı
- Kiremit kalıbı alçısı

b- Tıpta Kullanılan Alçılar

- Diş alçısı
- Ortopedik alçı

c- İnşaat Sektöründe Kullanılan Alçılar

- İnşaat alçısı
- Kartonpiyer alçısı
- Saten perdah alçısı
- Perlitli sıva alçısı

- Makine sıva alçısı
- Derz dolgu alçısı
- Yapıştırma alçısı (Alçı levha, duvar blok)
- Dolgu gövdeli duvar blok
- İki yüzü kartonlu alçı levha

d- Alçı Taşı

- Tüvenan alçıtaşı
- Mikronize edilmiş alçıtaşı [48].

5. ALÇI LEVHA

Duvar veya asma tavan yapımında kullanılmak üzere alçıdan imal edilmiş iki tarafı kağıt kaplı olan levhaya alçı levha adı verilir. Hafif, yangına dayanıklı, ses yalıtkanlığı iyi bir malzeme olan alçı levha, istenilen biçimi alabilirliği, kolay ve çabuk uygulanabilirliği gibi nedenler ile inşaat ve dekorasyon işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [49].

5.1. Alçı Levhanın Tarihçesi

Yapı malzemesi olarak kartonlu alçı levhalar ilk kez 22 Mayıs 1894 tarihinde ABD'de Augustine Sackett'in aldığı patent ile ortaya çıkmıştır. ABD'de kısa sürede yaygınlaşan kartonlu alçı levhaların kullanımı, 20. yüzyılın başına gelindiğinde büyük miktarlara ulaşmıştır. İlk zamanlar açık kenarlı olarak yapılan üretim, günümüzdeki kapalı kenarlı biçimini 1910 yılında almıştır. Avrupa kıtasında ilk üretimi 1917 yılında İngiltere - Wallasey, Cheshire'da başlamış, bunu 1938 yılında Letonya'nın başkenti Riga'da kurulan fabrika izlemiştir [50].

Kartonlu alçı levhalar, I.Dünya Savaşı yıllarında askeri barakaların yapımında yaygın olarak kullanılmıştır. II. Dünya Savaşı yıllarında savaşılan ülkelerde metal kullanımına getirilen kısıtlamalar ve uygulama kolaylığı nedenleri ile daha da çok kullanılır hale gelerek o yıllarda kullanılan metal üzeri sıva duvarların yerini almıştır. Dünyada uzun yıllardır kullanılmakta olan karton kaplı alçı plaka ya da kartonlu alçı levhalar ülkemizde ilk kez 1989 yılında üretilmeye başlanmıştır. Malzemenin adı, ülkemizde ilk üreticisi olan kuruluşun ticari markası olan "Alçıpan" biçiminde dilimize yerleşmiştir. Bu ad günümüzde Knauf - Türkiye firmasının kayıtlı ticari markasıdır. Değişik üreticiler tarafından üretilen kartonlu alçı levhalar farklı biçimlerde adlandırılırsalar da malzeme yaygın olarak "Alçı levha" sözcüğü ile tanımlanmaktadır [51].

5.2. Alçı Levhanın Özellikleri ve Kullanım Yerleri

Alçı levhalar kimyasal bileşimi $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ olan alçının iki dayanıklı karton levha arasına dökülerek dondurulması ile üretilir [49]. Üretilen levha kalınlıkları uygulama yerine göre 6-18 mm arasındadır. Farklı kalınlıktaki bu levhalar, istenilen en ve uzunluklarda üretilirler. Alçı levhaların kısa kenarları uygulama yerine göre; küt, pahlı, yarım yuvarlak ya da pahlı yarım yuvarlak biçimde olabilir. 6 mm kalınlıktaki alçı levhalar kolay bükülebilir olmaları sayesinde dekoratif elemanların yapılmasında; 7,5 ve 9,5 mm kalınlıktakiler görece hafif olmaları nedeni ile asma tavanlarda, daha kalın olanları ise bölme duvarların yapımı ve diğer özel uygulamalarda kullanılırlar. Islak mekanlarda kullanılan kimyasal katkıları ile suya dayanıklılığı arttırılmış, yangın dayanımı gerektiren yerlerde kullanılan yangına dayanıklı, alçı içine eklenen lifler ile fiziksel dayanımı arttırılmış olan özel tipte alçı levhalar da üretilmekte ve kullanılmaktadır [52].

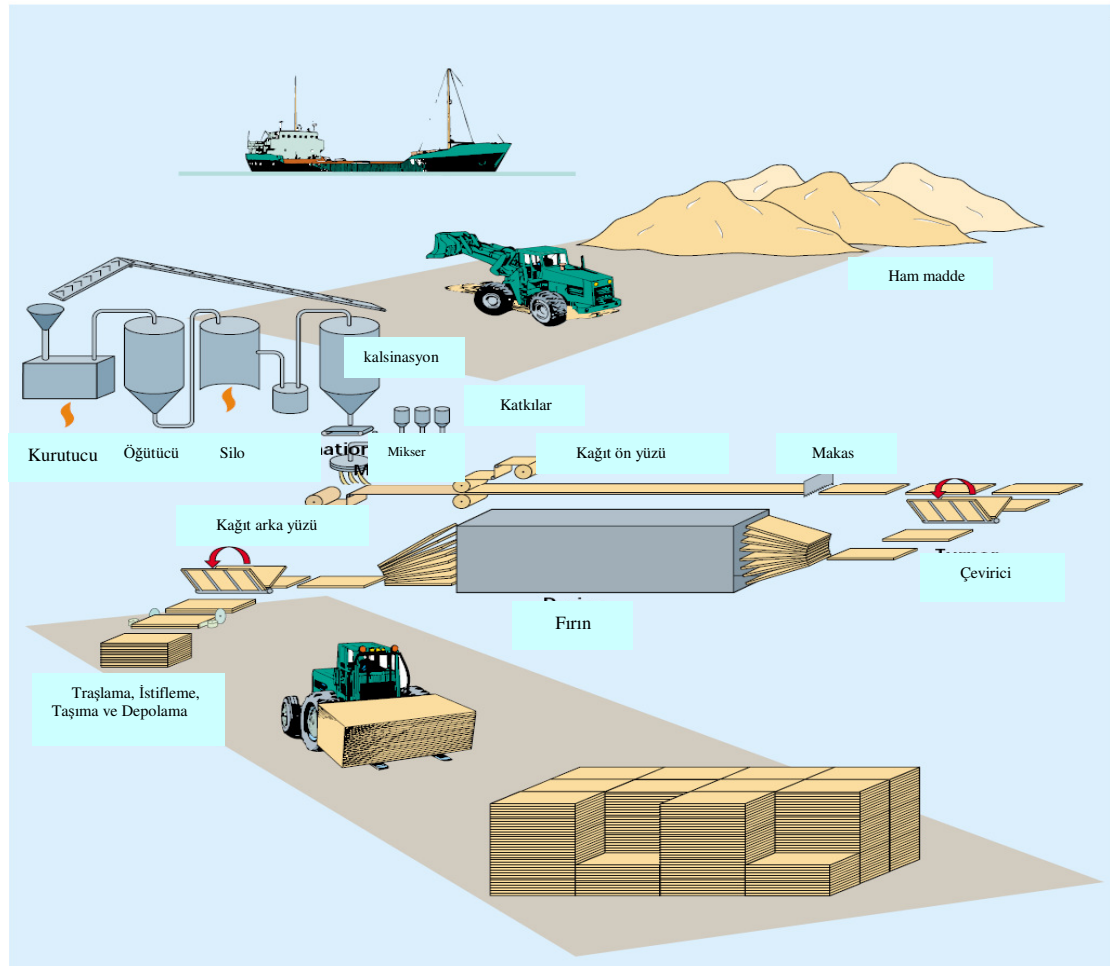
Alçı levha uygulaması, 5x5 - 10x10 cm gibi ölçülerde ahşap çiteler ya da özel galvanize çelik saç profillerden oluşturulan taşıyıcı iskelet üzerine levhaların vidalanarak sabitlenmesi sureti ile yapılır. Duvar giydirme uygulamalarında özel alçı karışımı ile yapıştırılarak da alçı levha uygulaması yapılabilir.

Uygulama zorluğu ve metale göre daha az dayanıklı olması gibi nedenler ile ahşap taşıyıcı iskeletler günümüzde nadiren kullanılmaktadır. Taşıyıcı iskelet yapımında kullanılan metal profiller ve diğer yan malzemeler kullanım yerlerine göre farklı şekil ve özelliklerde üretilirler. Duvar taşıyıcı profiller, tavan taşıyıcı profiller, yay şekli alabilen esnek profiller bunlardan bazılarıdır. Özel bıçaklar ile kesilerek bağlanacağı yere uygun ölçüye getirilen levhalar taşıyıcı iskelet üzerine, bu amaç için yapılmış vida makinesi, vida matkabı ya da vida sıkıcı olarak adlandırılan aletler ile sıkılan vidalar yardımı ile sabitlenir. Bu aletler yardımı ile kullanılması gereken çok sayıda vida son derece çabuk bir şekilde sıkılabilir. Taşıyıcı iskelet üzerine alçı levhaların sabitlenmesinin ardından levhaların ek yerleri ve vida başlarının açıkta kalan kısımları, cam yünü ya da polyester liflerinden yapılan derz bandı olarak adlandırılan kuvvetlendirici bantlar ile güçlendirilir. Yapıştırılan derz bantlarının

üzerleri ve var ise diğer boşluklar alçı ile macunlanarak düzgün bir yüzey elde edilir. Bu işlemlerin ardından yüzey zımparalanarak tamamen pürüzsüzleştirilir ve boya, duvar kağıdı veya diğer yüzey kaplamalarına hazır hale getirilir [53].

5.3. Alçı Levha Üretim Prosesi

Alçı levha üretimde hammaddenin çıkarılmasından alçı levha üretimine kadar gerçekleşen prosesler Şekil 5.1’de görülmektedir [52].



Şekil 5.1. Alçı levha üretim süreci

Alçı Üretimi

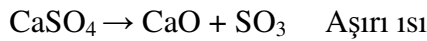
Alçı taşının ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bünyesindeki %75 birleşik suyun ısı ile uzaklaştırılması sonucu aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi alçı ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) oluşur. Bu reaksiyona kalsinasyon reaksiyonu adı verilir [54].



Bu reaksiyon sıcaklığı dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. Optimum sıcaklık aralığının üstünde aşırı su kaybı nedeniyle istenmeyen yan reaksiyonlar meydana gelebilir ve bu yan reaksiyonlar sonucu aşağıdaki reaksiyonlarda görüldüğü gibi suda çözünmeyen anhidritler ve sönmemiş kireç oluşabilir [55].



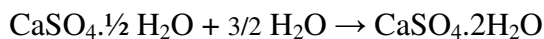
(Çözünmeyen anhidrit)



(Kireç)

Dehidrasyon ve alçı levha üretimi

Kuru alçı tozu, su ve bazı katkılarla karıştırılır. Oluşan bulamaç iki karton arasına kalıp halinde dökülerek uygulanır. Kullanılan katkıları alçı levhanın yoğunluğunu değiştirmek ve karton ile alçı arasında mekanik bir bağ oluşturmak için kullanılır. Temel rehidrasyon reaksiyonu kalsinasyon reaksiyonun tersidir. Alçı plaka için uygun rehidrasyon işlemi aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibidir.



Bu reaksiyon için su/alçı oranı ağırlıkça 18,3/100 olmasına rağmen, pratikte alçının prizlenmeden önce, akışkanlığı, diğer katkılarla karışma süresi, kalıba girme kolaylığı açısından su/alçı oranı 60/100 ile 80/100 arası kullanılır. Alçı levha

üretiminde su, alçı ve bazı katkı maddeleri mikser tarzı bir karıştırıcıda karıştırılır. Alçı levha üretiminde kullanılan bazı katkı ve fonksiyonları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Alçı, su ve katkıları bulamaç halinde Şekil 5.2’de görüldüğü gibi iki karton arasına dökülür ve kalıp haline getirilir [55].

Çizelge 5.1. Alçı levha üretiminde kullanılan bazı katkı ve fonksiyonları

Katkı	Fonksiyon
Nişasta	Kurutma sırasında alçı kristalleri ile karton arasında fiziksel bir bağ kurulmasını ve alçı çekirdeği ve kartonun birbirinden ayrılmamasını sağlar.
Jips	Üretimden çıkan traşlama atıklarının değirmende öğütülüp elekten geçirildikten sonra geri dönüş yaptırılması sonucu elde edilir. Priz süresini hızlandırmak amacıyla kullanılır.
Akışkanlaştırıcı	Harcın akışkanlığını artırmak ve bu sayede kullanılan su miktarını azaltmak için kullanılır.
Potasyum Sülfat	Ortak iyon etkisiyle priz süresini hızlandırır.
Köpük	Aynı hacimde daha hafif alçı levhalar üretmek için kullanılır. Deterjan konsantresi, hava ve su ile oluşturulur.
Silikon-vaks	Alçı levhanın suya dayanımını arttırmak için dolgu malzemesi olarak kullanılır.
Elyaf	Alçı levhanın yangına karşı direncini ve mukavemetini arttırmak amacıyla kullanılır.



Şekil 5.2. Alçı Levha

Prizlenme olduktan sonra su/alçı oranına göre 60 dak civarında, kurutma fırınının dizaynına göre ortalama 200-250 °C de Şekil 5.5’de görüldüğü gibi sıcak hava ile bünyesindeki suyun yaklaşık % 80’i uzaklaştırılan alçı levhalar traşlama ünitesinde traşlanarak hazır hale getirilir [55].

6. MATERYAL VE METOD

Alçı levha üretimi prosesinde, 25 metre/dakika hızında çalışan bir sistemde prizlenme (donma) bandı boyunun 100 metre olduğu durumda, prizlenme süresinin 4 dakika olması gerekir. Alçı levha üretiminde priz süresini kısa olması için, üretim sırasında ortama potasyum sülfat ilave edilmektedir. Yapılan bu çalışmada 4 dakika priz süresi temel alınmıştır.

6.1. Materyal

Bu çalışmada Kütahya Emet Kolemanit Borik Asit İşletmesi bor atığı kullanılmıştır. Etüvde 105 °C kurutulan bor atıklarının yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Bor atığının komple kimyasal analiz sonuçları

Bileşim	%
B ₂ O ₃	23,07
SiO ₂	22,88
CaO	18,44
MgO	5,85
FezCb	2,12
Al ₂ O ₃	5,62
Na ₂ O	0,12
K ₂ O	1,66
LiO	0,08
TiO ₂	0,21
Ateş kaybı	21,12

Deneysel çalışmalarda, kayaç halindeki bor atığı, kullanılmadan önce kırılıp, öğütülüp, 250 mikrometrelik elekten geçirilerek ve elek altı 40 °C’lik etüvde kurutulmuş olan numune kullanılmıştır.

6.2. Metod

Yapılan deneylerde kullanılan numune harçlar, su/alçı oranı % 72 olacak şekilde 1 kg alçı su içine 1 dakika süreyle eklenip, işlem başladığı anda kronometre

çalıştırılmıştır. 2 dakika, 215 devir/dakika hızdaki Resim 6.1’de görülen mikserle karıştırılarak hazırlanmıştır.



Resim 6.1. Mikser

6.2.1. Priz süresi ve yayılma çapı tayini

Hazırlanan numune harç cam levha üzerinde bulunan Resim 6.2’de görülen iç çapı 60 mm, yüksekliği 50 mm ve et kalınlığı 7 mm olan yayılma halkasının içine dökülüp yayılma çapı halkası tek elle düzgün bir şekilde yukarıya kaldırılmıştır. Bu işlem sonunda yayılan harcın çapı ölçülmüş, bu değer yayılma çapı olarak kaydedilmiştir.



Resim 6.2. Yayılma çapı halkası

Yayılma çapı bakılan numune ince uçlu bıçakla yayılma çapı boyunca 10-15 saniye aralıklarla kesilmiş, harcın birbiriyle birleşmediği an ilk priz (td) olarak kaydedilmiştir. Aynı harçtan Resim 6.3’de görülen vicat konisine silme doldurulmuştur. TSE 13279-1-2 [56]’ye göre vicat konisine 15-20 saniye aralıklarla vicat iğnesi batırılmış, iğnenin batmadığı an son priz (t3) olarak kaydedilmiştir.



Resim 6.3. Vicat Konisi

6.2.2. Eğilme ve basınç mukavemeti tayini

Hazırlanan numune harç, 40×40×160 mm boyutlarında kalıplara doldurulmuş, ilk priz süresi geldiğinde mala ile üzeri düzeltilmiştir. Son priz süresi geldikten sonra numune kalıptan çıkarılarak, sabit tartıma gelinceye kadar 40 °C de etüvde kurutulup, Resim 6.4’de görülen eğilme ve Resim 6.5’de görülen basınç ölçme cihazında değerler ölçülüp kaydedilmiştir.



Resim 6.4. Eğilme mukavemeti ölçme cihazı



Resim 6.5. Basınç mukavemeti ölçme cihazı

6.2.3. Toplam su emme oranı tayini

Hazırlanan numune harç, Resim 6.6'da görülen alt uzunluğu 152 mm, üst uzunluğu 162 mm, yan yükseklik 16 mm, genişliği 40 mm olan kalıplara doldurularak ilk priz süresi gerçekleştirildikten sonra mala ile üzeri düzeltilip son priz süresi sonrasında numune kalıptan çıkarılmıştır. Sabit tartıma gelinceye kadar 40 °C de etüvde kurutulan numuneler tartılıp kuru kütlesi bulunduktan sonra ortam şartlarında bulunan su dolu bir kapta 2 saat süreyle bekletilmiştir. Sudan çıkarılan numuneler tartılıp yaş kütle bulunmuştur. Yaş kütle ve kuru kütle arasındaki farkın kuru kütleyle oranı hesaplanarak toplam su emme oranı bulunmuştur.



Resim 6.6. Toplam su emme tayini kalıbı

6.2.4. Yapışma tayini

Hazırlanan numune harç, Resim 6.7’de görülen 15×20×1,25 cm boyutlarındaki metal kalıbın altına alt levha kağıdı yerleştirilerek dökölüp, harcın üzerine üst levha kağıdı yerleştirilmiştir. Son priz süresi sonunda numune kalıptan çıkarılıp 230 °C deki fırında 1 saat kurutulmuştur. Fırından çıkarılan numune levhalar ortam sıcaklığına geldikten sonra keskin bir kesici uç yardımıyla levhaya yapıştırılmış olan kağıt soyulmaya çalışılarak kağıt ile harç arasındaki yapışma kontrol edilmiştir.



Resim 6.7. Yapışma deneyi kalıbı

7. SONUÇ VE TARTIŞMA

7.1. Bor Atığının Yayılma Çapı, İlk Priz, Son Priz, Eğilme Mukavemeti, Basınç Mukavemeti ve Toplam Su Emmeye Etkisi

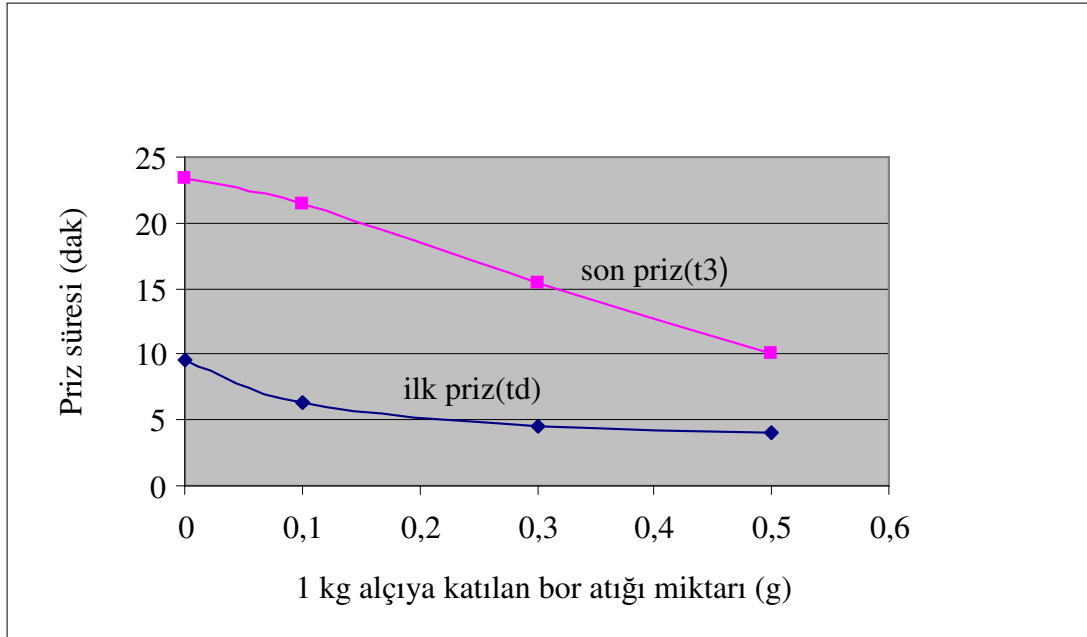
% 0 - 0,01 - 0,03 - 0,05 - 0,1 bor atık katkılı ve % 0,3 - 0,5 potasyum sülfatlı katkılı numunelerin yayılma çapı, ilk priz (td), son priz (t3), eğilme ve basınç mukavemeti ve toplam su emme değerleri Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2’de verilmiştir. Bor atık miktarının değişimiyle elde edilen değerler grafiksel olarak yayılma çapı için Şekil 7.1, ilk priz (td) ve son priz (t3) için Şekil 7.2, eğilme mukavemeti için Şekil 7.3, basınç mukavemeti için Şekil 7.4 ve toplam su emme için Şekil 7.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının yayılma çapı, ilk priz, son priz, eğilme mukavemeti, basınç mukavemeti ve toplam su emmeye etkisi

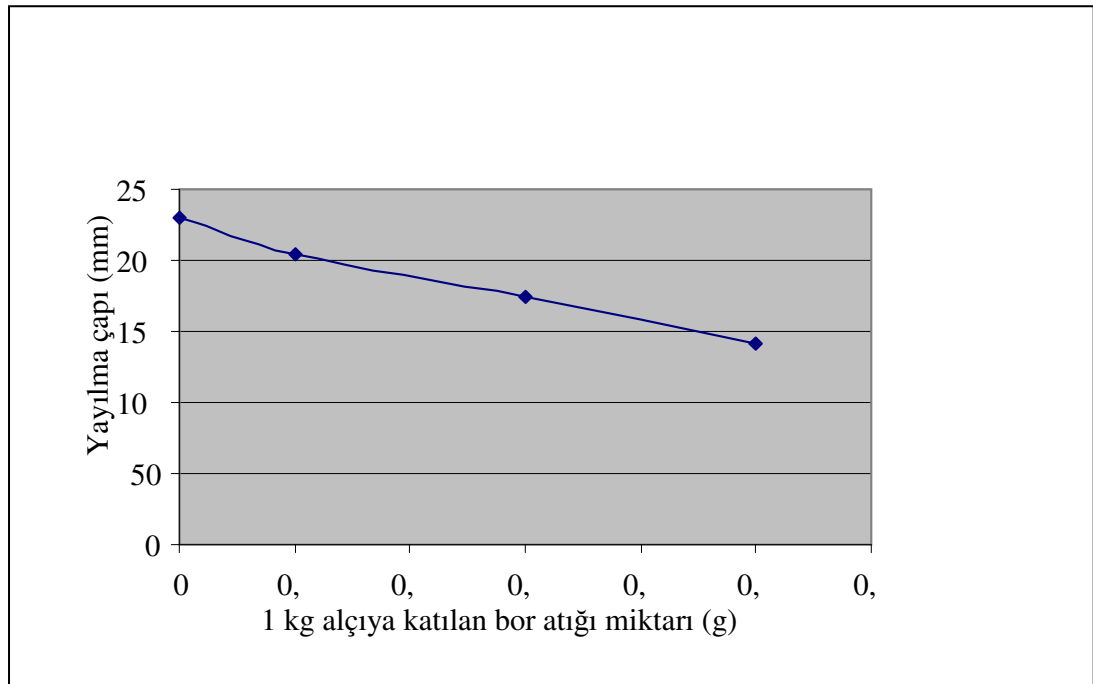
1 kg sade alçıya katılan bor atığı miktarı (g)	Su/alçı oranı (%)	Yayılma çapı (mm)	İlk priz td (dakika)	Son priz t3 (dakika)	Eğilme mukavemeti (N/mm ²)	Basınç mukavemeti (N/mm ²)	Toplam su emme (%)
0	72	230	9,55	23,40	4,45	11,40	34,90
0,1	72	205	6,30	21,40	4,74	12,40	34,20
0,3	72	175	4,50	15,45	5,27	13,90	31,80
0,5	72	142	4,00	10,10	5,90	16,20	30,10
1	72	kabın içinde dondu	–	–	–	–	–

Çizelge 7.2. Alçıya farklı oranlarda katılan potasyum sülfatın yayılma çapı, ilk priz, son priz, eğilme mukavemeti, basınç mukavemeti ve toplam su emmeye etkisi

1 kg sade alçıya katılan potasyum sülfat miktarı (g)	Su/alçı oranı (%)	Yayılma çapı (mm)	İlk priz td (dakika)	Son priz t3 (dakika)	Eğilme mukavemeti (N/mm ²)	Basınç mukavemeti (N/mm ²)	Toplam su emme (%)
0	72	230	9,55	23,40	4,45	11,40	34,90
3	72	205	5,50	15,30	4,68	12,00	34,40
5	72	160	4,00	9,00	4,71	14,10	33,80



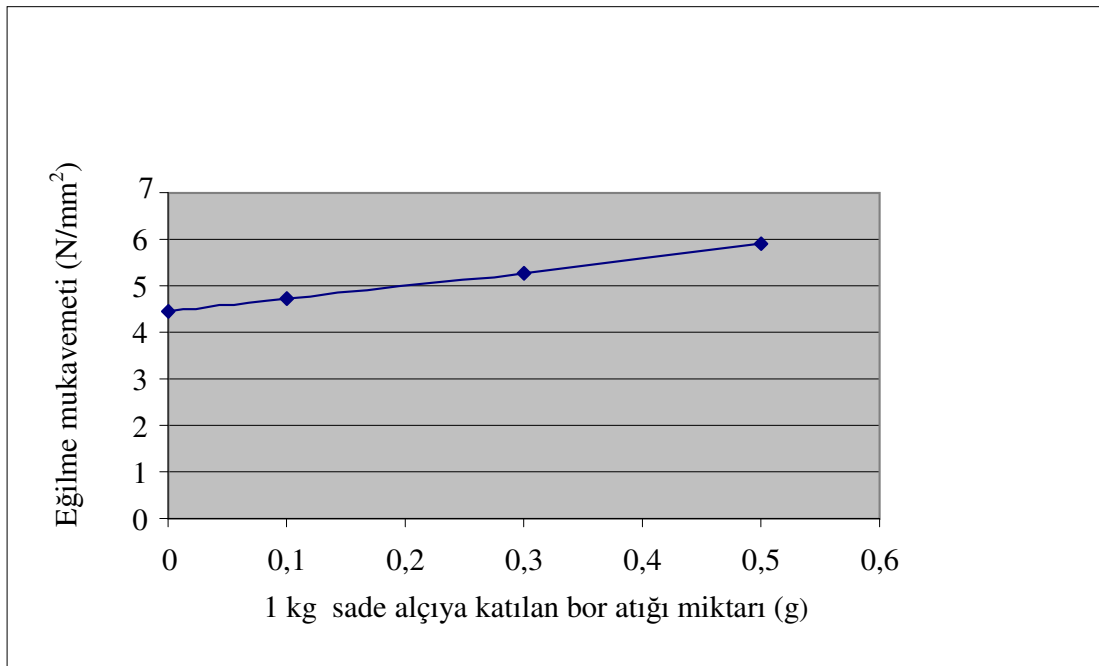
Şekil 7.1. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının son prize etkisi



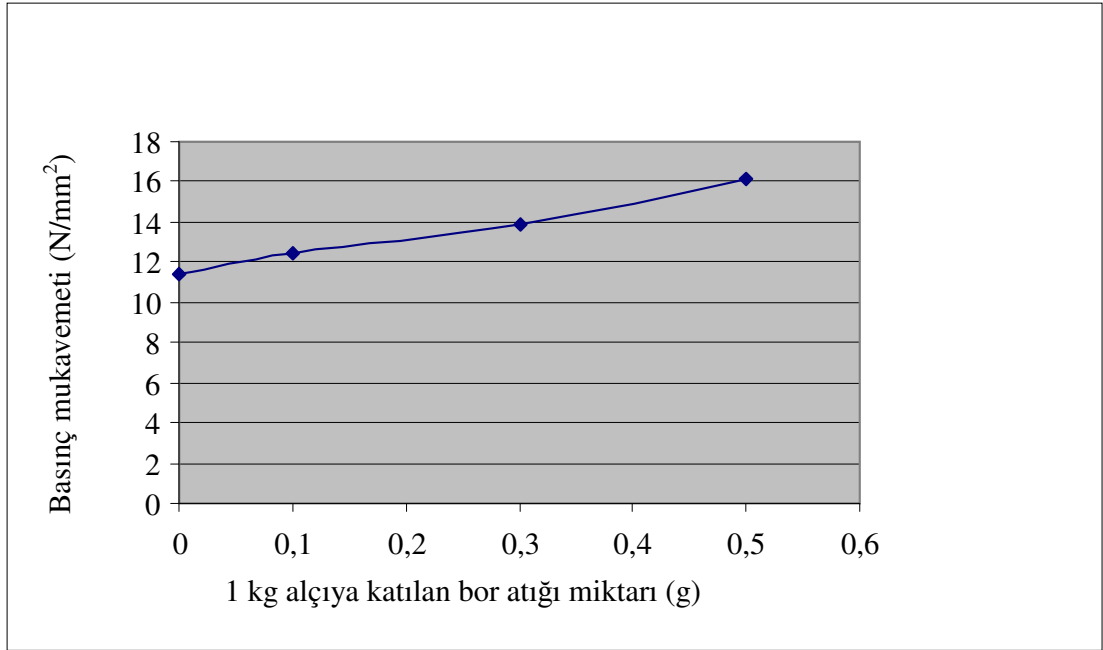
Şekil 7.2. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının yayılma çapına etkisi

Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2 birlikte incelendiğinde, numunelere 0,5 g bor atığı ilavesinin ilk priz süresini, 9,55 dakikadan 4,00 dakika süreye kısaltıyor, 2. priz süresini ise 23,40 dakikadan 10,10 dakikaya indirmekte, ilk priz süresini aynı

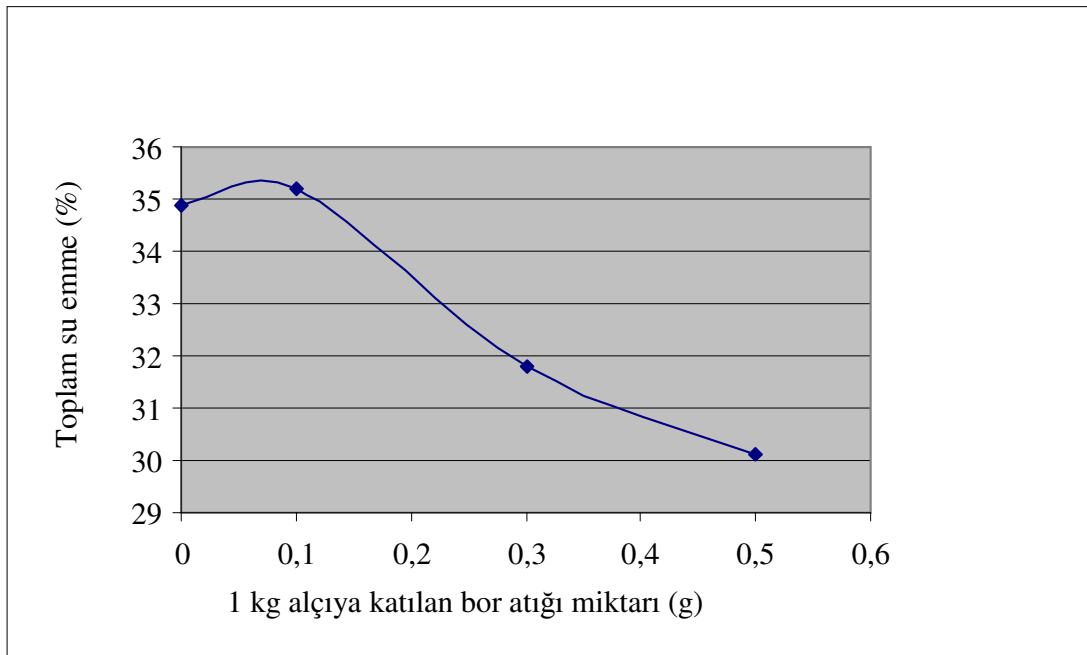
miktarda düşürmek için 5 g potasyum sülfat ilave etmek gerekmekte, potasyum sülfat kullanımı durumunda ise ikinci priz süresinde ise 9 dakikaya düşürdüğü görülmektedir. Şekil 7.1’de ilk ve ikinci priz süresindeki bor atığı kullanmanın etkisi görülmektedir. Alçı levha üretiminde istenilen priz süresini elde etmek için kullanılan potasyum sülfat miktarının 1/10’u kadar bor atığı kullanılması gerekmektedir. Şekil 7.2’de katılan bor atığının miktarına bağlı olarak yayılma çapındaki değişim görülmektedir. Bor atığı katkılı numunelerin yayılma çapları potasyum sülfat katkılı numunelere göre daha düşük olması bor atığının bir dezavantajı olarak görülmektedir, ancak su/alçı oranı değiştirilerek bu dezavantaj ortadan kaldırılabilir.



Şekil 7.3. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının eğilme mukavemetine etkisi



Şekil 7.4. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının basınç mukavemetine etkisi



Şekil 7.5. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığının toplam su emmeye etkisi

Şekil 7.3, Şekil 7.4 ve Şekil 7.5’de katılan bor atık miktarının arttırılması ile eğilme, basınç mukavemet ve su emme değerlerinin değişimleri görülmektedir. Katılan bor atık miktarının arttırılması ile eğilme ve basınç mukavemet değerlerinin artmış,

toplam su emme değeri azalmıştır. Bu durum, üretilen malzemenin zor koşullara dayanımını artırması sebebiyle bor atığının alçı levha üretiminde avantaj sağladığı söylenebilir. Toplam emilen su miktarında bor atığı kullanımıyla azalma görülmüştür. Alçı levhanın dış etkilere maruziyetinde dayanımı bor atığı kullanılmadan üretilen ürünlere göre daha fazla avantaj sağlamaktadır.

7.2. Bor Atığının Elyaf ile Birlikte Kullanımının Yayılma Çapı, İlk Priz, Son Priz, Eğilme Mukavemeti ve Basınç Mukavemetine Etkisi

Nişasta katkılı numunelere farklı miktarlarda katılan bor atığı ve elyafın yayılma çapı, ilk priz (td), son priz (t3), eğilme ve basınç mukavemeti değerleri Çizelge 7.3’de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığı, sarı ve beyaz nişasta ve elyafın yayılma çapı, ilk priz ve son priz, eğilme ve basınç mukavemetine etkisi

1 kg sade alçıya katılan bor atığı miktarı (g)	1 kg sade alçıya katılan sarı nişasta miktarı (g)	1 kg sade alçıya katılan beyaz nişasta miktarı (g)	1 kg sade alçıya katılan elyaf miktarı (g)	Su/alçı oranı (%)	Yayılma çapı (mm)	İlk priz td (dakika)	Son priz t3 (dakika)	Eğilme mukavemeti (N/mm ²)	Basınç mukavemeti (N/mm ²)
0	0	0	0	72	222	8,55	24	3,9	12,6
0,5	3,5	3,5	0	72	222	6,35	19,1	4,1	13,0
0,5	3,5	3,5	0,2	72	222	7,55	21,5	4,5	13,9
0	3,5	3,5	0,2	72	222	11,5	28,45	4,3	13,3

Sarı ve beyaz nişasta alçı levha üretiminde standart metotda karton yapıştırma zarureten kullanılmaktadır. Elyaf kullanımında yangına dayanıklı alçı levha üretiminde gerekli bir girdidir. Çizelge 7.3 incelendiğinde, numunelere 0,5 g bor atığı, sarı ve beyaz nişasta ilavesinin eğilme mukavemetini 3,9 N/mm²’den 4,1 N/mm²’ye, basınç mukavemetini 12,6 N/mm²’den 13 N/mm²’ye yükselttiği görülmektedir. Numunelere ilave edilen 0,2 g elyaf, sarı nişasta ve beyaz nişasta eğilme mukavemetini 4,3 N/mm²’ye, basınç mukavemetini 13,3 N/mm²’ye yükseltirken, numunelere 0,5 g bor atığı, 0,2 g elyaf, sarı ve beyaz nişasta birlikte

ilave edildiğinde eğilme mukavemetinin $4,5 \text{ N/mm}^2$ 'ye, basınç mukavemetinin $13,9 \text{ N/mm}^2$ 'ye yükseldiği görülmektedir. Bu değerler Çizelge 7.1'de verilen, numunelere sadece 0,5 g bor atığı ilave edilmesiyle elde edilen, eğilme mukavemeti için $5,90 \text{ N/mm}^2$, basınç mukavemeti için $16,20 \text{ N/mm}^2$ değerlerinden daha düşüktür. Bu durum, kullanılan sarı ve beyaz nişastanın yanında elyaf kullanımının da bir dezavantaj oluşturduğunu ifade edebiliriz. Bu olumsuz durumun giderilebilmesi için alçı levha üretiminde kullanılan kartonun yapıştırma işlemlerinde ve yangına dayanımda daha avantajlı maddelerin kullanımı için yeni araştırmalar yapılması gerekmektedir.

7.3. Bor Atığının Silikon ile Birlikte Kullanımının Yayılma Çapı, İlk Priz, Son Priz ve Toplam Su Emmeye Etkisi

Nişasta katkılı numunelere farklı miktarlarda katılan bor atığı ve silikonun yayılma çapı, ilk priz (td), son priz (t3) ve toplam su emmeye etkisi Çizelge 7.4'de verilmiştir.

Çizelge 7.4. Alçıya farklı oranlarda katılan bor atığı, sarı ve beyaz nişasta ve silikonun yayılma çapı, ilk priz ve son prize, toplam su emmeye etkisi

1 kg sade alçıya katılan bor atığı miktarı (g)	1 kg sade alçıya katılan sarı nişasta miktarı (g)	1 kg sade alçıya katılan beyaz nişasta miktarı (g)	1 kg sade alçıya katılan silikon miktarı (g)	Su/alçı oranı (%)	Yayılma çapı (mm)	İlk priz td (dakika)	Son priz t3 (dakika)	Toplam su emme (%)
0	0	0	0	72	221	10,45	24,30	33,9
0,5	3,5	3,5	0	72	215	6,00	14,15	22,8
0,5	3,5	3,5	12,5	72	212	5,30	15,10	15
0	3,5	3,5	12,5	72	230	11,50	28,45	15,9

Çizelge 7.4 incelendiğinde numunelere 0,5 g bor atığı, sarı ve beyaz nişasta ilavesinin toplam su emme değerini % 33,9'dan % 22,8'e düşürmüştür, bu değer Çizelge 7.1'de görülen numunelere 0,5 g bor atığı ilavesindeki toplam su emme

değeri olan % 30,10'dan daha düşüktür. Bu durum alçı levhanın su emmesinin azaltılmasında, bor atığının sarı ve beyaz nişasta ile kullanımının daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Bor atığı yerine 12,5 g silikon ilave edildiğinde toplam su emme değeri % 15,9'a düşmüştür. 0,5 g bor atığı ve 12,5 g silikon birlikte ilave edildiğinde toplam su emme değeri % 15'e düşmüş, alçı levha üretiminde, silikon, bor atığı, sarı ve beyaz nişastanın birlikte kullanımının avantajlı bir durum olduğu belirlenmiştir..

7.4. Bor Atığı ve Potasyum Sülfat Katkılı Numunelerin Yapışmalarının Karşılaştırılması

Hazırlanan numunelere katılan katkıları ve miktarları Çizelge 7.5'de görüldüğü gibi verilmiş yapışmalar kontrol edilmiştir.

Çizelge 7.5. Nişastalı alçıya katılan bor atığı ve potasyum sülfat miktarları

Levha no	Sade alçı (kg)	Sarı nişasta (g)	Beyaz nişasta (g)	Bor atığı (g)	Potasyum sülfat (g)	Yapışma durumu
1	1	3,5	3,5	0	0	Çok iyi
2	1	3,5	3,5	0	3,0	İyi
3	1	3,5	3,5	0	5,0	Orta
4	1	3,5	3,5	0,5	0	İyi
5	1	3,5	3,5	0,7	0	İyi
6	1	3,5	3,5	0,35	1,5	İyi
7	1	3,5	3,5	0,25	2,5	Orta

Alçı levha üretiminde alçı ile ön ve arka yüzde kullanılan kartonun yapıştırılmasında nişasta kullanılmaktadır, Çizelge 7.5 incelendiğinde numunelere ilave edilen potasyum sülfat miktarının artması ile yapışmada zayıflama görülürken, bor atık miktarının artması sonucu yapışmada zayıflama görülmemiştir. Bunlar sonucunda, alçı levha üretiminde potasyum sülfat yerine bor atığı kullanımı ile daha iyi yapışma sağlandığı görülmüştür.

Bu çalışmada, ülkemizde yüksek miktarda açığa çıkan endüstriyel atıklardan olan borik asit fabrikası bor atığının alternatif hammadde olarak alçı levha üretiminde

kullanılabileceği belirlenmiştir. Alçı levha üretiminde potasyum sülfat yerine bor atığı kullanımı ile üretim maliyeti düşerken aynı zamanda alçı levhaların bazı özelliklerini iyileştirmek için kullanılan diğer katkı maddelerinin etkinliği artmaktadır. Bor atığının alçı levha üretiminde kullanılmasında, avantajlarının yanında yayılma çapının düşmesinden kaynaklanan bir dezavantajıda vardır. Bu dezavantaj, üretim reçetesinde su/alçı oranı bir miktar arttırılarak bertaraf edilebilir.

Atıklar bertaraf edilirken atıkların her ne şekilde olursa olsun ortadan kaldırılması gereken malzemeler olarak düşünülmesi yerine atıklarında belli bir değerinin olduğu ve katma değerı yüksek olan ürünlerin eldesinde kullanılabileceği düşünölmelidir.

KAYNAKLAR

1. Poslu, K., Arslan, H., “Dünya Bor Mineralleri ve Bileşikleri Üretiminde Türkiye’nin Yeri”, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir, 33-42 (1995).
2. Uysal, B., “Farklı Bor Alkoksitlerinin, Çeşitli Karbonil Gruplarının İndirgenmesi Üzerine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Antalya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 70-75 (2005).
3. Devlet Planlama Teşkilatı, “Bor Bileşikleri”, *Özel İhtisas Komisyonu Raporu, D.P.T. 2247-ÖİK:372, Ankara*, 8-13, 50-52 (1991).
4. Robert C. W., “Handbook of Chemistry and Physics, 61st edition”, Melvin J. A., *CRC Press*, (1980- 1981).
5. Taneri, A., "Organik ve Anorganik Bor Bileşikleri", *Etibank Bülteni*, 74:20-28 (1985).
6. Garrett, D., "Borates: Handbook of Deposits, Processing, Properties and Use", *San Diego Academic Press*, San Diego, 126-133 (1998).
7. Devlet Planlama Teşkilatı, “Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Kimya Sanayii Hammaddeleri”, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Cilt:2 (Bor Tuzları – Trona -Kaya Tuzu-Sodyum Sülfat- Stronsiyum)*, *DPT:2608-ÖİK:619*, Ankara (2001).
8. Greenwood, N.N., “Boron”, *Pergamon Press*, Oxford, 327 (1975),
9. Meller, A., “Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry, Boron Supplement, Vol.2, Elemental Boron, Boron Carbides ”, *Springer – Verlag*, 242 (1981).
10. İnternet : Türkiye Maden Mühendisleri Odası “Bor Raporu” [www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar\(2006\)](http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar(2006)).
11. İnternet : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü “ Madenler/ Mineraller” [http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php\(2008\)](http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php(2008)).
12. Smith, R., “Boric Acid, and Borates”, *Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology*, 1(4):263-280 (1990).
13. İnternet : Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü “Bor- Bor Ürünleri” <http://www.etimaden.gov.tr> (2008).

14. Yılmaz, A., “Her derde deva hazinemiz Bor”, *TUBİTAK-Bilim ve Teknik Dergisi*, Mayıs, 38-41 (2002).
15. Poslu, K., Çebi, H., “Özel Bor Kimyasalları ve Bor Dünyasındaki Gelişmeler” *Madencilik Bülteni*, 25-26 (2001)
16. Badnık, M., Yamık, A., Akçıl, A., “Tinkal cevherinden elde edilen konsantre ve artığın kompaktlaştırılması ve konsantrenin çözeltilmesi”, *Türkiye 15.Madencilik Kongresi*, TMMOB Maden Müh Odası, Ankara, 395-398 (1997).
17. Doğan, M. Z., Kaylaz, Y., Onal, G. , Perek, K.T., “Bigadiç ve Kestelek bor atıklarının ısıtma işlemi, elektrostatik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirme olanaklarının araştırılması”, *1.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası.Eds Köse&Arslan İzmir, 76-85 (1997).
18. Alp, 1., Ozdag, H., “Investigation of processing of colemanite tailings by ultrasonic, Mineral Processing on the Verge of the 21 Century”, *801 International Mineral Processing Symposium*, Antalya, 693-696 (2000).
19. Ediz, N., “Tinkal cevherinin zenginleştirilmesi ve borlu suların arıtılmasında tek kademeli çözme helezonunun kullanımı”, Doktora Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 171 (1999).
20. Özbayoğlu, G., Şener, S., Özdemir, Z., “Toz üleksite boyut kazandırma”, *4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir, 288-291 (2001a).
21. Griffin, T.S., Downing, T.L., “Rio Tinto Borax's pond reprocessing and sustainable development”, *New Developments in Mineral Processing. 9''' Balkan Mineral Processing Congress*, Eds önal, Atak, Güney, Çelik&Yiice, İstanbul, 319-324 (2001).
22. Aytekin, Y., Badnık, M., “Emet kolemanit cevherinin dekrepatasyon yoluyla zenginleştirilebilirliğinin araştırılması”, *Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu*, Ed Özbayoglu, C.2 Antalya, 549-562 (1992).
23. Gülgönül. 1., Çelik, M.S., Çınar, M., “Üleksit flotasyonunda şlamın etki mekanizması”, *1.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Eds Köse&Arslan, İzmir, 70-75 (1997).
24. Hançer, M., Çelik. M.S., “Flotation mechanisms of boron minerals”, *Separation Science and Tech*, 28(9):1703-1714 (1993).
25. Gülgönül, İ., Yaşar, E., Kaytaç, Y., Çelik, M.S., “Kolemanit flotasyonunda şlamın etki mekanizması” *Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. 15.Yıl Sempozyumu*, Özel Sayı, Adana, 369-377 (1994).

26. Çelik, M.S., Elma, I., Hançer, M., Miller, J.D., “Effect of in-situ ultrasonic treatment on the floatability of slime coaled colemanite”, ***Innovations in Mineral anil Coal Processing, 7 th International Mineral Processing Symposium***, Eds Atak, önal&Çelik, İstanbul, 153-157 (1998).
27. Akdag, M., Batar, T., İpekoğlu, O., Polat, M., “Processing of tuıcal and cotemanite ores by decrepitation method and comparison with wet method in terms of production cost”, ***Changing Scopes in Mineral Processing, 6th International Mineral Processing Symposium***, Eds Kemal, Akar&Canbazoglu, 389-393 (1996).
28. Bozkurt, R., “Minerolojik incelemelerin cevherzeninleştirmedeki rolüne iki örnek”, ***Anadolu Üni. Müh.- Mim. Fak. Dergisi***, Eskişehir, 5(1):15-21 (1989).
29. Oruç, F., Sabah, E., Erkan, Z. E., “Türkiye'de Bor Atıklarını Sektörel Bazda Değerlendirme Stratejileri”, ***II.Uluslararası Bor Sempozyumu***, Eskişehir, 385-389 (23-25 Eylül 2004).
30. Yeşilkaya, L., “Kırka Boraks İşletmesi Tinkal Konsantratörü Atıklarındaki Kilin Flokülasyon İle Ayrıştırılması ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, ***Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Eskişehir, 45-58 (1989).
31. Lyday, P.A., “Boron”, ***US Department Of The Interior , Bureau Of Mines***, Washington D.C, 36-37 (1996).
32. Genç, S., Sevinç, V., Özşeker, A., Çakı, M., “Etibank Kırka boraks işletmesi konsantratör atığının sır hammaddesi olarak değerlendirilmesi”, ***4.Seramik Kongresi***, Türk Seramik Derneği Yayınları, Eskişehir, 20:119-124 (1998).
33. Sönmez, E., Özdağ, H., Özler, A., Sümer, G., “Kırka Boraks İşletmesi Atık Killerinin Seramik Endüstrisinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, ***Türkiye XIII. Madencilik Kongresi***, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İstanbul, 561-566 (1993).
34. Bentli, İ., Çakı, M., “Kırka boraks işletmesi DSM atık kilinin çını hamuru yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması”, ***10.Ulusal Kil Sempozyumu***, Selçuk Üniversitesi, Eds Karakaya, Konya, 502-511 (2001).
35. Köseoğlu, K., Bayca, S.U., “Döküm Çamuruna %10 ve %20 Kolemanit ve Üleksit Atıkları İlavesinin Viskozite ve Mukavemet Özellikleri Üzerine Etkileri”, ***I. Uluslararası Bor Sempozyumu***, Kütahya, 207-212 (2002).
36. Yurdakul, H., Topkaya, A., “Eskişehir Kırka Boraks İşletmesi Konsantre ve Türev Atıklarının Duvar Karosu Bünyesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, DPÜ Ser. Müh. Böl., Kütahya, 66 (2001).

37. Ediz, N., Özdağ, H., “Kırka boraks işletmesi atık killlerinin tuğla yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması”, *Madencilik*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayın, Ankara, 34(4):27-34 (1995).
38. Karasu, B., Kaya, G., Karalar, M., "Use of Concentrator Wastes of Etibor Kırka Borax Company in Soft Porcelain Opaque Glazes as An Alternative Fluxing Agent", *Euro Ceramics VIII, Key Engineering Materials*, 264(68):2497-2500 (2004).
39. Emrullahoglu, Ö. F., Emrullahoğlu, C. B., Özçelik, F., “Etibor Kırka Boraks Atığının Yer Karosu Bünye Özelliklerine Etkisi”, *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Kütahya, 213-218 (2002).
40. Targan, Ş., Erdoğan, Y., Olgun, A., Zeybek, B., Sevinç, V., “Kula Cürufu, Bentonit ve Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi”, *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Kütahya, 259-266 (2002).
41. Boncukçuoğlu, R., Yılmaz, M.T., Kocakerim, M.M., Tosunoğlu, V., “Borocipsden Portland çimentosu üretiminde piriz geciktirici olarak yararlanılması”, *Cement and Concrete Research*, 32:471-475 (2002).
42. Yaman, C., “Bor minerali atıklarının seramik endüstrisinde kullanılabilirliği”, *VIII.Ulusal Kil Sempozyumu*, Dumlupınar Üniversitesi. Ed Işık, Kütahya, 345-352 (1997).
43. Yaman, C., Maraşoğlu, M., “Bor minerali atıklarından üretilen camsı maddenin olası kullanım alanları”, *4.Seramik Kongresi*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 97-102 (1998).
44. Kavas, K., Emrullahoglu, Ö.F., “Seydişehir kırmızı çamuru ve Kırka bor atıklarının endüstriyel hammadde olarak kullanımı”, *I. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İzmir, 216-225 (1999).
45. Herhández, O.F., Bollatti, M.R., Rio, M., and Landa, B.P., “Development of cork-gypsum composites for building applications”, *Construction and Building Materials*, 13:179-186 (1999).
46. Eriç, M., *Yapı Malzemeleri*, Cilt II, Kazmaz Matbaası, İstanbul, 367 (1978).
47. Gürdal, E., “Kuzey ve Orta Anadolu Alçıları Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi*, İstanbul, 44-48 (1976).
48. Devlet Planlama Teşkilatı, “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, *Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri Cilt 1, (Alçı-Kireç-Kum-Çakıl-Mıcır-Boya Toprakları-Tuğla Kiremit), Çalışma Grubu Raporu (DPT:2615-ÖİK:626)*, Ankara, 1-17 (2001).

49. TS EN 520, *Alçı Levhalar - Tarifler, Gerekler ve Deney Metodları*, (Kasım 2006).
50. Ryan, J. V., “Study of gypsum plasters exposed to fire”, *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 66c(4):373-387 (1962).
51. Lawson, J. R., “An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products”, *National Bureau of Standards*, NBSIR 77-1265 (1977).
52. Antunes, R.P.N., John, V.M., Andrade, A.C., “Productivity of gypsum plaster rendering”, *Influence of material's properties*, 92-96 (1999)
53. (BS 476), British Standard BS 476, Fire Tests on Building Materials and Structures, *Part 13: Method of measuring the ignitability of products subjected to thermal irradiance*, FRS Division, BRE, 17-23 (1987).
54. McGraw, J. R., “Flammability and Dehydration of Painted Gypsum Wallboard Exposed to Fire Heat Fluxes”, *University of Maryland*, 7-14 (1998).
55. Chu Nguong, N., “Calcination of Gypsum Plasterboard under Fire Exposure”, *Fire Engineering Research Report 04/6* (May 2004).
56. TS EN 13279-1, 13279-2, *Yapı ve Sıva Alçıları*, (Mayıs 2007).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KOÇAK, Hüseyin Şamil
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.02.1978 Tokat / Turhal
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 615 51 00
 Faks : 0 (312) 615 51 61
 e-mail : samilkocak@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kimya Mühendisliği Bölümü	-
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kimya Mühendisliği Bölümü	2004
Lise	Turhal Cumhuriyet Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	AB Yerel Kalkınma Projesi	Proje Koordinatörlüğü
2007-.....	ABS Alıcı ve Blok San. A.Ş	Üretim Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Voleybol, Gitar çalmak