

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALÇI TAŞININ TRANSFORMASYONU
VE
ETKİ EDEN UNSURLAR**

FAZIL HÜSEM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MALZEME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. MUSTAFA ÇİĞDEM**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALÇI TAŞININ TRANSFORMASYONU VE ETKİ EDEN UNSURLAR

Fazıl HÜSEM tarafından hazırlanan tez çalışması 11.02.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Adem Bakkaloğlu

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yard. Doç. Dr. Burcu ÇORBACIOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışma ve araştırmanın hazırlanmasında ve sunumunda bana her zaman yol gösteren ve her zaman destek veren, 4 yıldır kendisiyle çalışmaktan mutluluk duyduğum Sayın Hocam Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM'e çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında benim yanımda olan, onun varlığıyla yaşamın her türlü zorluğuna karşı mücadele etme gücü bulduğum eşim Pınar HÜSEM'e sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde yanımda olan, haklarını asla ödeyemeyeceğim, sevgileri ile yaşamıma renk katan ailem; babam Bilal HÜSEM ve annem Canan HÜSEM'e canı gönülden sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Benim ikinci ailem olan, benimle beraber her türlü zorluğa katlanan, destek ve sevgilerini esirgemeyen eşimin ailesi; babam Sebahattin AVŞAR ve annem Ayfer AVŞAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma bünyesinde yaptığım ziyaretlerde gerek ilgi ve alakasıyla gerek bana verdiği her türlü teknik destek ile yardımını esirgemeyen Baldudak Alçı Fab. Bilhassa Suphi Beye teşekkürü bir borç bilirim.

Şubat, 2014

Fazıl HÜSEM

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	
ALÇI	3
2.1 Alçı.....	4
2.1.1 Jips.....	5
2.1.2 Yarıhidrat.....	5
2.1.2.1 α Yarıhidrat	5
2.1.2.2 β Yarıhidrat	6
2.1.3 Çözünür Anhidrit.....	7
2.1.4 Çözünmez Anhidrit	7
2.1.5 Yüksek Sıcaklık Anhidriti	8
2.1.6 Alçı Betonu.....	9
2.1.7 Alçı Harcı	9
2.1.8 Mermer Alçısı.....	9
2.1.9 Parian Çimentosu.....	9
2.2 Alçının Olumlu Özellikleri	10
2.3 Kullanım Alanlarına Göre Alçı Çeşitleri	11
2.3.1 Yapı Alçıları	11
2.3.1.1 Yapı Alçısı	11
2.3.1.2 Normal alçı.....	11
2.3.1.3 Katkılı Normal Alçı	11
2.3.1.4 Susuz Alçı	11

2.3.1.5	Katkılı Susuz Alçı	11
2.3.1.6	Saten Alçı	11
2.3.2	Kalıp Alçıları	12
2.3.2.1	Teksir Kalıbı Alçısı	12
2.3.2.2	Seramik Kalıbı Alçısı	12
2.3.2.3	Kiremit Kalıbı Alçısı	12
2.3.3	Tıpta Kullanılan Ortopedik Alçılar	12
2.3.4	Şap Alçısı	12
2.3.5	Sert Duvar Alçısı	13
2.3.5.1	Çok Sert Kaplama Alçısı	13
2.3.5.2	Keene Çimentosu	13
2.3.5.3	Kaplama Alçısı	13
2.3.6	Dış Sıva Alçısı	13
2.3.7	Sıva Altı (Altlık) Alçıları	13
2.3.8	Son Kat Bitirme Alçısı	13
2.3.9	Püskürtme Sıva Alçısı	14
2.3.10	Yapıştırıcı Alçı	14
2.3.11	Döşeme Alçısı	14
2.3.12	Derz Alçısı	14
2.3.13	Döküm Alçıları	14
2.3.13.1	Kartonpiyer Alçısı	14
2.3.13.2	Staff Alçısı	14
2.3.13.3	Seramik Alçısı	15
2.3.13.4	Dişçi Alçısı	15
2.3.13.5	Cerrah Alçısı	15
2.3.13.6	Döküm Alçısı	15
2.3.14	Hafif Agregalı Hazır Sıva Alçıları	15
2.3.14.1	İç Kaplamalar İçin Hazır Alçı Harcı	15
2.3.14.2	Özel Kullanımlar için Hazır Alçı Harcı	15
2.4	Alçıdan Üretilen Bazı Ürünler ve Alçının Başlıca Kullanım Alanları	16
2.5	Türkiye ve Dünyada Alçı Üretimi	17
2.6	Türkiyede Bulunan Başlıca Alçı Yatakları	18

BÖLÜM 3

ALÇININ TRANSFORMASYONU VE ETKİ EDEN UNSURLAR

3.1	Alçının Transformasyonu	19
3.1.1	Sıcaklığın Alçının Transformasyonuna Etkisi	19
3.1.2	Basıncın Alçının Transformasyonuna Etkisi	20
3.2	Yarı Hidratın Etkisi	21
3.3	Suyun Etkisi	21
3.3.1	Suyun Saflığı	22
3.3.2	Suyun Sıcaklığı	22
3.3.3	Su/Toz Oranı	22
3.4	Islatmanın Etkisi	23
3.5	Karıştırmanın etkisi	23
3.5.1	Karıştırma Hızı	24
3.5.2	Karıştırma Zamanı	24
3.6	Kurutma Etkisi	25

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	27
4.1 Akışkanlık Deneyi	27
4.2 Prizlenme Genleşmesi.....	27
4.3 Otoklav Dönüşümleri.....	28
4.4 Öğütme.....	28
4.5 XRD Analizleri	29
4.6 Basma Deneyi	30
4.7 Sertlik Deneyi	32
BÖLÜM 5	
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ	37

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Alçı taşı görünümü.....	3
Şekil 2. 2	Sıcaklığa bağlı olarak DTA eğrisi a. Alçı taşının, b. β yarı hidratın, c. α yarı hidratın eğrileri. A. Yarı hidrat oluşumu, B. Anhidrit III oluşumu, C. Anhidrit II'ye dönüşümü göstermektedir.....	4
Şekil 2. 3	α yarı hidrat XRD analizleri α ; α yarı hidrat, β ; β yarı hidrat, a; anhidrit.....	6
Şekil 2. 4	β yarı hidrat XRD analizleri α ; α yarı hidrat, β ; β yarı hidrat, a; anhidrit.....	6
Şekil 3. 1	Alçı miktarına bağlı olarak priz zamanının değişimi.....	21
Şekil 3. 2	Karışımın karıştırılmasından sonra geçen zamanla akışkanlığın değişimi.....	21
Şekil 3. 3	Su/Toz oranına bağlı olarak sırasıyla kuru basma mukavemeti, priz zamanı, % donma genleşmesi ve % su emme kapasitesinin değişimi.....	23
Şekil 3. 4	Karıştırma hızına bağlı olarak akışkanlık ve mukavemetteki değişim.....	24
Şekil 3. 5	Karıştırma zamanına bağlı olarak sırasıyla su emme hızı, priz başlangıç zamanı, kuru basma mukavemeti ve akışkanlığın değişimi.....	25
Şekil 3. 6	Su/Toz oranına bağlı olarak kurutma zamanının değişimi.....	25
Şekil 3. 7	Nem oranına bağlı olarak su emme hızının değişimi.....	26
Şekil 3. 8	Nem miktarına bağlı olarak mukavemet değişimi.....	26
Şekil 4. 1	Otoklav.....	28
Şekil 4. 2	Öğütücü ve öğütme halkaları.....	28
Şekil 4. 3	XRD numune analizi ve cihaz.....	29
Şekil 4. 4	Otoklav içinde 2sa bekleyen numunenin XRD analizi.....	29
Şekil 4. 5	Otoklav içinde 6sa bekleyen numunenin XRD analizi.....	30
Şekil 4. 6	Otoklav içinde 8sa ve üzerinde bekleyen numunenin XRD analizi.....	30
Şekil 4. 7	Dökümün yapıldığı kauçuk kalıp.....	31
Şekil 4. 8	Basma numuneleri.....	32

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 α yarı hidrat ve β yarı hidrat formalarının tanımlanmasında kullanılacak özellikler.....	7
Çizelge 2. 2 α yarı hidrat, β yarı hidrat ve anhidrit dayanım değerleri.....	9
Çizelge 2. 3 2005 ve 2009 yılları arasında çeşitli ülkelerde alçı üretimi.....	17
Çizelge 2. 4 Türkiye’de alçı üretimi.....	18
Çizelge 3. 1 $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ sıcaklık-basınç-zaman ilişkisi.....	19
Çizelge 4. 1 Numunelerin basma kuvveti.....	31
Çizelge 4. 2 Numunelerin shore D sertlik dayanımı.....	33

ALÇI TAŞININ TRANSFORMASYONU VE ETKİ EDEN UNSURLAR

Fazıl HÜSEM

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM

Alçının kullanım yerlerine göre alçının transformasyonu bütün prosesi etkileyen önemli bir faktördür. Kullanım yerlerine, sıcaklığa ve nem oranına göre alçının transformasyonu önem kazanmaktadır. Alçının transformasyonunda oluşacak düzensizlikler üretilen parçanın fiziksel özelliklerini ve mekanik özelliklerini etkilemektedir.

Alçının kullanım alanlarının çeşitli olması sebebi ile farklı katkı malzemeleri ile hazırlanan alçıların yüksek sıcaklıkta ne tür dönüşümlere uğradığı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alçının transformasyonu, yüksek sıcaklık

ABSTRACT

FACTORS EFFECTING AND TRANSFORMATION OF GYPSUM

Fazıl HÜSEM

Department of Metallurgy and Materials Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM

Transformation of gypsum is an important factor that affects all processes and properties of gypsum products. Transformation of gypsum is affected by temperature, and moisture content. Irregularities consisting in the transformation of gypsum affects mechanical properties and physical properties of the gypsum products.

It is observed that time and various additives affects the properties of gypsum products after the setting process.

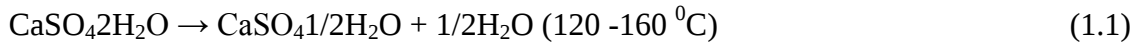
Keywords: Transformation of gypsum, high temperature

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Alçının yapısında bulunan suyun belirli sıcaklıklarda uzaklaştırılması ile yarı hidrat haline dönüşür.



Yarı hidratın iki formu vardır.

α yarı hidrat; iğne yapılı kristallerden oluşur, basınç dayanımı, çekme dayanımı ve aşınma dayanımı daha iyidir. β yarı hidrata göre daha fazla suya ihtiyaç duyar.

β yarı hidrat; kristalleri pirinç tanelerine benzer, α yarı hidrata göre daha fazla suya ihtiyaç duyar. Donma süresi uzundur. Bununla birlikte yoğunluğu daha düşük ve yüzey enerjisi daha yüksektir.[5]

Alçının yapısındaki α/β oranına bağlı olarak alçının kalıp mukavemeti ve su emme özellikleri değişir.

Sıcaklıklara bağlı olarak alçıda yarı hidrat ve farklı formlarda anhidrit oluşmaktadır. Bu yapısal değişimler alçının mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir. [5]

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin amacı piyasada kullanılmakta olan alçı içerikli malzemelerin üretim sıcaklıklarına bağlı olarak yapısında meydana gelen dönüşümleri belirlemek. Bununla beraber alçının bileşimlerine göre özelliklerini iyileştirerek üretimi daha stabil hale getirmek amaçlanmıştır. Alçıda meydana gelen dönüşümlerin alçının özelliklerini ne

şekilde değiştirdiği belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece alçının özellikleri iyileştirilirken aynı zamanda maliyet düşürmek ve verim arttırmak amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

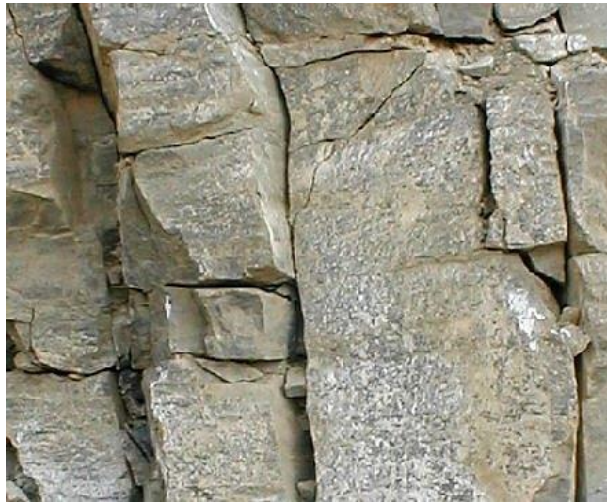
Alçının özellikle yüksek ve düşük sıcaklıklarda bünyesinde meydana gelen değişiklikler kullanım alanına göre büyük önem arz etmektedir. Alçının yapısındaki bu dönüşümler alçının mekanik özelliklerini ve fiziksel özelliklerini etkileyen en önemli parametredir. Belirli sıcaklıklardaki dönüşümler incelenerek üretilen alçının kullanım alanında daha uzun ömürlü ve dayanıklı olması sağlanmıştır. Yapıda sağlanan süreklilik sayesinde alçının hem üretim maliyeti azaltılmış, hem de verimliliği artırılmıştır. Böylelikle rekabetin her geçen gün daha çok önem kazandığı günümüzde firmalar kendi bütçelerine uygun alıyı üretme imkanına sahip olmuşlardır.

BÖLÜM 2

ALÇI

Günümüzde alçı çok farklı alanlarda kullanılan, büyük önem arz eden malzemeler arasında yer almaktadır. Alçının bünyesinde bulundurduğu su miktarına göre jips, anhidrit ve yarı hidrat oluşturulur. Bu malzemelerin mukavemetleri ve su emme özellikleri değişmektedir [5].

Farklı ortamlarda oluşabilen alçı mineralleri (jips, Anhidrit, Selenit, Bazanit, Hemihidrat) oluşumları hem sürekli hem de kesintili olarak yapılabilmekte, kalın ve monomineralik çökelimler yada çok ince ve kompleks iyonlu damarlar oluşturabilmektedir. Bu oluşumların önemi kadar oluşumdan sonra dengede kalmaları ve korunmaları da o kadar önemlidir. Bu endüstriyel hammaddelerin kullanım düzeyini arttırmak ve yeni oluşumları değerlendirmek açısından; ortamsal ve fiziko-kimyasal parametrelerin endüstriyel niteliklerine etki derecesinin incelenmesi önem arz etmektedir [6].



Şekil 2. 1 Alçı taşı görünümü

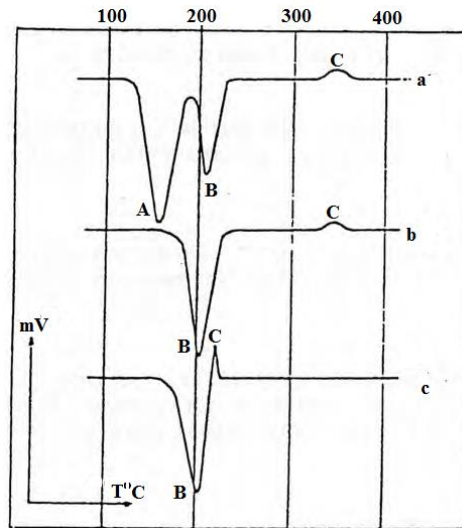
2.1 Alçı

Alçının elde edilmesinde kullanılan temel hammadde alçı taşıdır. Alçı taşı doğal olarak oluşan ve bileşiminde iki molekül su bulunduran, Ca^{+2} ve SO_4^{-2} iyonlarının bileşiminden oluşan bir kalsiyum sülfat mineralidir ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Alçı taşının bünyesinde yarım molekül su bulundurulacak şekilde ısıtılması ve öğütülmesi ile açığı elde edilir. Alçı su ile karıştırılınca plastik veya akışkan bir kütle halini alır ve bağlayıcılık özelliği olan bir yapı malzemesine dönüşür. Yarı hidrat suyla karıştırıldığı zaman yarı hidrat alçının pişirilmesi sırasında kaybettiği suyu geri alarak tekrar alçı taşı haline dönüştürür ve taşlaşır [8].

Alçı taşının yapısında bulunan iki molekül suyun fiziksel ve kimyasal yollarla kısmen veya tamamen alınmasına dezitratasyon denir. Uygulanan fiziksel yol genellikle, ısıtarak sıcaklık artışı şeklinde olur. Isıtmanın derecesine göre dezitratasyon ürünlerinin sıcaklık artışına bağlı olarak eldesini belirleyen yöntemler termal analiz olarak adlandırılır. Bunlardan en çok kullanılanı DTA (Diferansiyel Termal Analiz), diğeri ise TGA (Termal Gravimetrik Analiz)'dir [8].

DTA kayıtları, sıcaklık artması sırasında, ayrıışan maddenin enerji alımını veya enerji verimini gösterir. Bu kayıtların incelenmesi ile $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bağlantısının çeşitli aşamaları kolaylıkla okunabilir.



Şekil 2. 2 Sıcaklığa bağlı olarak çizilen D.T.A eğrisi a. Alçı taşının, b. β yarı hidratın, c. α yarı hidratın eğrileri. A. Yarı hidrat oluşumu B. Anhidrit III oluşumu C. Anhidrit II'ye dönüşümü göstermektedir [8].

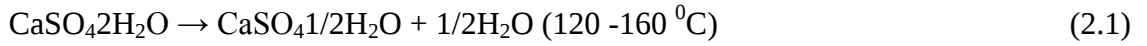
2.1.1 Jips

Jips doğal olarak oluşan ve iki mol su içeren bir kalsiyum sülfat mineralidir. Genellikle kireç taşı, kum, anhidrit ve organik maddeler gibi safsızlıklar içerir [5].

Jipsin ince toz halinde olanlarına albatr veya albaster, saydam ve mükemmel dillimli olanlarına selenir, lifli ve cam saydamlığında olanlarına ise satenspar denilir [5].

2.1.2 Yarı hidrat

Yarı hidrat eldesi; birinci aşamada 95⁰C de ayrışmaya başlayan alçıtaşı, yapsındaki suyun %75'ini bırakarak yarı hidrat yapısına dönüşür. DTA eğrisi endotermik bir reaksiyon göstererek 160⁰C-165⁰C'de bir pik yaparak döner. Sıcaklık yükselmeye devam ederse 175⁰C'de tekrar ayrışma başlar. Bu sıcaklıklar arasında oluşan ürün yarı hidrattır. Bu reaksiyon;

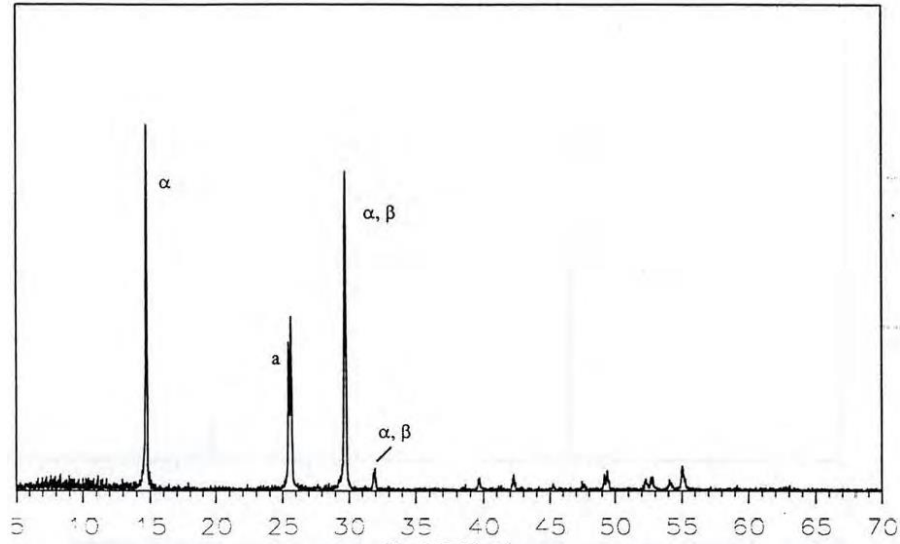


bağlantısı ile ifade edilebilir [7].

Üretimin cinsine göre yarı hidratın 2 formu vardır.

2.1.2.1 α Yarı hidrat

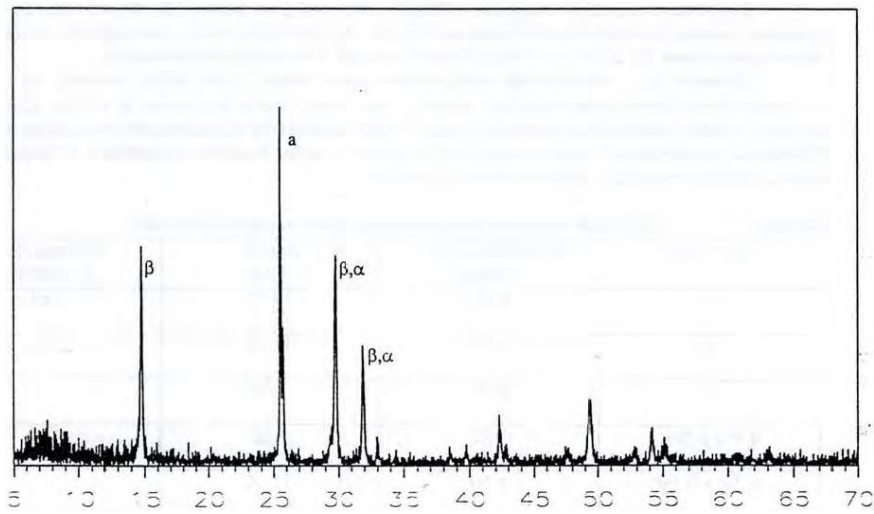
İğne yapılı kristallerden oluşur. Basınç dayanımı, çekme dayanımı ve aşınma dayanımı β yarı hidrata göre daha iyidir. Ayrıca β yarı hidrata göre daha az suya ihtiyaç duyar. Bunlara kristalize yarı hidratlarda denir. α $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}$ formülü ile gösterilir. Jips yaş yanarsa, yani otoklavda buhar basıncı altında yanarsa α tipi alçı oluşur. Üretim yöntemine göre doymuş buhar basıncı altında, 160⁰C-180⁰C'de alçıtaşının ayrışmaya uğratılması veya 100⁰C'de doymuş tuz çözeltisinden elde edilen türleri vardır [5].



Şekil 2. 3 α –yarı hidrat XRD analizleri α ; α -yarı hidrat, β ; β -yarı hidrat, a;anhidrit [20].

2.1.2.2 β Yarı hidrat

Mikrogözenekli yarıhidratta denir. Kristalleri pirinç tanelerine benzer. Formülü β $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2$ şeklindedir. β alçısı kuru yanma sonucu, yani fırında su buharının uzaklaştırıldığı yanma şartında oluşur. Alçıtaşının normal atmosfer basıncı altında dehidratasyonu ile elde edilir. α yarıhidrata göre daha fazla suya ihtiyaç duyar. Donma süresi daha uzundur. Ayrıca yoğunluğu daha düşük, hidratasyon ve yüzey enerjisi daha yüksektir. Mikroskop altında incelendiğinde; β yarı hidratlarını, oldukça küçük ve belirsiz kristaller içeren, ince yassı tanecikli düzensiz partiküllerden meydana geldikleri görülür [7].



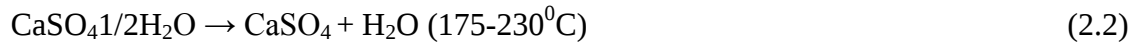
Şekil 2. 4 β –yarı hidrat XRD analizleri α ; α -yarı hidrat, β ; β -yarı hidrat, a;anhidrit [20].

Çizelge 2. 1 α -yarı hidrat ve β -yarı hidrat formların tanımlanmasında kullanılabilecek özellikleri [7]

Özellikler	α -yarı hidrat	β -yarı hidrat
Yoğunluk (g/cm ³)	2,757	2,637
Karma Suyu (ASTM.C26)(cm ³ su/100g yarı hidrat)	35	90
Priz Süresi (dakika)	15-20	25-35
Kuru Halde Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	66	13
20 °C’de sudaki çözünürlük (g/100g çözelti)	0,63	0,74
Kuru Halde Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	560	56

2.1.3 Çözünür Anhidrit

Anhidrit III yada γ CaSO₄ olarak da ifade edilir. CaSO₄· ϵ H₂O kimyasal formülü ile de gösterilir. Bu ifade de ϵ harfi suyun çok az miktarda olduğunu gösterir. Çözünür anhidrit psödohekzagonal sistemde kristalleşir. Suyu karşı çok haris olup kısa sürede yarı hidrata dönüşür. Bu nedenle tek başına üretilip saklanmaz [5].



(Hekzagonal Anhidrit (Anhidrit III))

2.1.4 Çözünmez Anhidrit

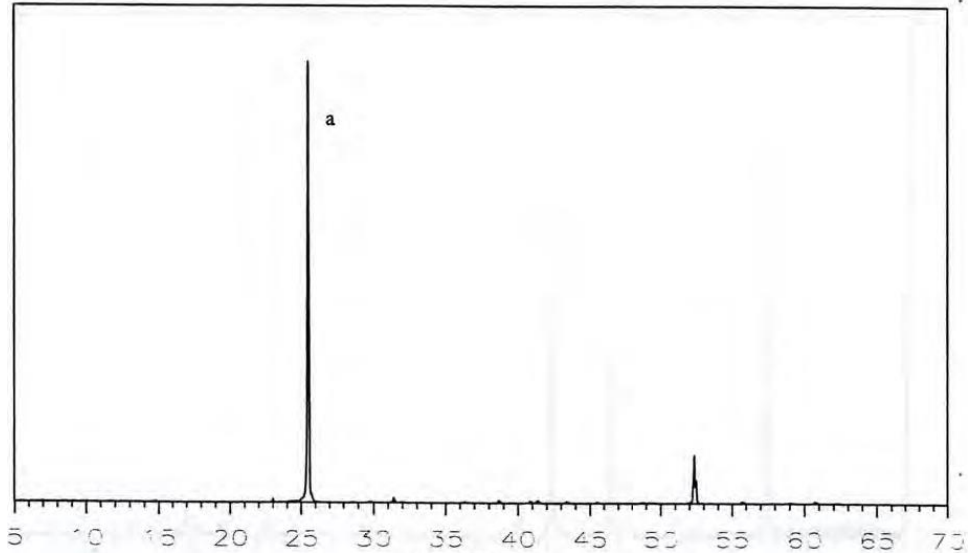
Anhidrit II yada β CaSO₄ olarak da adlandırılır. Bazı literatürde aşırı pişirilmiş, aşırı kızdırılmış alçı veya ölü doğmuş alçı olarak adlandırılmıştır. Ortorombik sistemde kristalleşir [5].



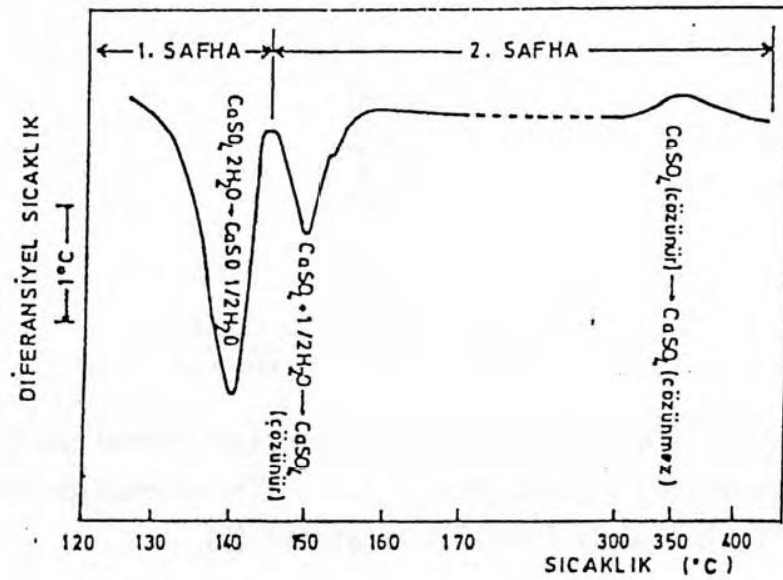
(Rombohedral Anhidrit (Anhidrit II))

2.1.5 Yüksek Sıcaklık Anhidriti

Anhidrit I yada α CaSO_4 olarakta yazılır. Anhidrit II'nin yüksek sıcaklıklarda dönüşmesi ile elde edilir. CaSO_4 'ün ayrılmaya başlamasından önce yüksek sıcaklıklarda değişmez karakterdedir [7].



Şekil 2. 5 Anhidrit XRD analizleri α ; α -yarı hidrat, β ; β -yarı hidrat, a; anhidrit [20]



Şekil 2. 6 $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 'nun 1. safha (anhidrit III) ve 2. safha (anhidrit II) oluşumu [8]

Özetle ilk safha, endotermik geniş bir pikle karakterize edilir ve 150⁰C civarında tamamlanır. Birinci safhada oluşan yarı hidrat, ikinci safhada 200⁰C'nin altında endotermik bir pik meydana getirerek çözünür anhidrite dönüşür ve bu anhidrit de daha sonra küçük egzotermik bir pik ile belirtildiği gibi çözünmez anhidrit oluşumuna neden olur. DTA eğrisindeki egzotermik pikin kesin yeri birinci safhada elde edilen yarı hidrat formunun tanınması için kullanılır. β -yarı hidratlarında egzotermik pikler yaklaşık 350⁰C'de oluşurlar. Halbuki α -yarı hidratlarında oluşan pikler ikinci endotermi takip ederek 250⁰C altında gözlemlenirler [7].

Çizelge 2. 2 α -yarı hidrat, β -yarı hidrat, anhidrit dayanım değerleri [7]

Alçı Türü	Çekme (N/mm ²)	Basma (N/mm ²)	Yapışma (N/mm ²)
α -yarıhidrat	6,37	19,72	1,42
β -yarıhidrat	4,12	11,68	0,81
Anhidrit	0,70	1,65	

2.1.6 Alçı Betonu

Yarı hidrat alçısının ahşap testere talaşı, perlit veya kum gibi bir agrega ile karıştırılıp yeterli su katılarak yapılan betondur [16].

2.1.7 Alçı Harcı

İnce tane boyutundaki organik ya da inorganik agrega ile yarı hidrat alçısının oluşturduğu karışımdır [16].

2.1.8 Mermer Alçısı

Şaplı alçıda denilir. Şap ve anhidritin bir karışımıdır. Bu karışım çift kalsinasyona uğratılarak yapılır [16].

2.1.9 Parian Çimentosu

Boratl alçıda denilen parian çimentosu, boraks ve anhidrit karışımıdır. Boratlı su ile hidratasyona uğratılan yarı hidrat alçı tekrar 400⁰C'nin üzerine kızdırılarak öğütülür. Sert yüzeyler veren bu tür alçılar bu gün kullanılmamaktadır [16].

2.2 Alçının Olumlu Özellikleri

Alçının kullanım yeri, şekli ve önemi çok fazladır. Bunları maddeler halinde kısaca özetleyecek olursak;

- Farklı malzemeler ile birlikte kullanıma olanak sağlaması
- Yangına karşı dayanıklı bir malzeme oluşu
- Isı tutuculuk özelliklerinin yapı fiziği açısından uygunluğu
- Hafif bir malzeme oluşu
- Çevre ve ekolojide özellikle mimaride uygun niteliklere sahip oluşu
- İnsan sağlığı ile olumlu özellikleri
- Nefes alan bir malzeme oluşu
- Estetik ve psikolojik yönden kullanıma uygunluk sağlaması
- Elemanlarında yüzey, doku, biçim, renk değişimi ve kullanımına uygun olması.
- Pratik parça üretiminin sağlanması
- Ülkemizde zengin kaynakların bulunması.
- Malzeme temininin kolaylığı
- Kaynağından çıkarma ve taşıma kolaylığı.
- Ekonomiklik
- Üretiminde az işçilik gerektirmesi.
- Kolay yapılabilirlik.
- Kolay sökülebilirlik.
- Diğer malzemelerle birlikte uyum kolaylığı sağlaması.
- Kalıp ve detaylarda çok çeşitlilik ve kolaylıklar sağlaması.
- Zamandan tasarruf sağlaması [11].

2.3 Kullanım Alanlarına Göre Alçı Çeşitleri

2.3.1 Yapı Alçıları

Tamirat işleri kartonpiyer işlerinin ilk kaba şekillendirmesinde ince sıva, kalıp yapma, süsleme işlerinde, alçı duvar levhaları ve yapı elemanlarının yapımında kullanılan alçı türüdür [16].

2.3.1.1 Yapı Alçısı

Jipsin pişirilip öğütülmesi ile elde edilen bünyesinde yarım mol su ihtiva eden β -yarı hidrattır. Kullanım alanlarına göre çeşitli katkı malzemeleri ihtiva etmektedir [16].

2.3.1.2 Normal alçı

Jipsin pişirilip öğütülmesi ile elde edilen bünyesinde yarım mol su ihtiva eden β -yarı hidrattır [16].

2.3.1.3 Katkılı Normal Alçı

Normal alçının işleme özelliklerini daha iyi hale getirmek için kullanım amacına uygun olarak içine çeşitli katkı malzemeleri ilave edilen bir yapı alçısıdır [16].

2.3.1.4 Susuz Alçı

Jipsin öğütülmesi ve bünyesindeki iki mol suyun tamamen uzaklaştırılması veya doğal kaynaklı anhidritin öğütülmesi ile elde edilen bir yapı alçısıdır [16].

2.3.1.5 Katkılı Susuz Alçı

Susuz alçının işleme özelliklerini daha iyi hale getirmek için kullanım amacına uygun olarak içine çeşitli katkı malzemeleri ilave edilen bir yapı alçısıdır [16].

2.3.1.6 Saten Alçı

Alçı sıva kaplanmış duvarlara veya brüt yüzeylere uygulanabilen yapışma özelliği arttırılmış bir yapı alçısıdır [16].

2.3.2 Kalıp Alçıları

Genellikle seramik ve porselen sanayiinde yapılacak imalatın kalıbının çıkarılmasında kullanılan alçılardır [16].

2.3.2.1 Teksir Kalıbı Alçısı

Genelde α alçılardan yapılan yüksek kıvamlı alçılardır. Yani az su ile karışabilen yüksek mukavemetli alçılardır. Kendi içinde normal teksir alçısı ve torna teksir alçısı olarak ikiye ayrılır. Teksir alçısı genellikle seramik sanayisinde çamur dökümünde kullanılan ana kalıpların yapımında kullanılır. Torna teksir alçısı ise genelde porselen sanayiinde kullanılan, tornada işlenerek basılacak tabakların şekil verilebilen alçılardır [16].

2.3.2.2 Seramik Kalıbı Alçısı

Seramik sanayiinde içine dökülen çamurun suyunu emerek şekil almasını sağlayan kalıpların imalinde kullanılan alçılardır. Poroziteleri dolayısıyla su emme özellikleri yüksek olan çoğunlukla β -yarı hidrat olarak üretilirler. Az oranda α -yarı hidrat ihtiva edebilirler. Teksir alçısına göre daha yumuşak ve gözeneklidirler [16].

2.3.2.3 Kiremit Kalıbı Alçısı

Kiremitin sanayiinde koyu kıvamdaki çamurun preslerde basılarak şekil almasında kullanılan kalıpların yapımında kullanılır. Poroziteleri ve mukavemetleri seramik kalıbı ile teksir kalıbı alçısı arasındadır [16].

2.3.3 Tıpta Kullanılan Ortopedik Alçılar

Donma süresi ve sertleşme süresi özel katkı malzemeleri ile düşürülmüş olan alçılardır. Ortopedide kırıkların tedavisinde, bezle beraber kırığın sarılmasında kullanılır. Son zamanlarda pahalı olmasına karşı daha kullanışlı olan sentetik malzemeler de piyasaya çıkarılmıştır [16].

2.3.4 Şap Alçısı

Doğal anhidrit veya ölü alçının belirli oranda yüksek kıvamlı α alçısı ile karıştırılarak kimyasallarla akışkanlığı ve yapışma özelliği arttırılmış alçılardır. Yüksek kıvamlı, basınca dayanıklı makine ile dökülebilen ve kendiliğinden seviyeye gelen akışkan bir

alçıdır. En büyük özelliği çok düzgün bir yüzey vermesidir ve sekiz saat sonra üzerinde gezilebilecek bir kıvama gelmiş olmasıdır [16].

2.3.5 Sert Duvar Alçısı

Yüksek dayanımlı bir alçı olduğundan alçı çimentosu da denir. Düşük karma suyuna ihtiyaç gösteren, yalnız veya harç şeklinde kullanılabilen, çözünmez anhidrit veya yarı hidrat bileşimli bir alçıdır. Bileşiminde priz hızlandırıcı, priz geciktirici, plastifiyan veya hava sürükleyici gibi katkıları bulunabilir [16].

2.3.5.1 Çok Sert Kaplama Alçısı

Karışımında büyük oranda anhidrit II ve yarıhidrat bulunur [16].

2.3.5.2 Keene Çimentosu

Bir çeşit mermer alçısıdır. Düşük su gereksinimi olan özel niteliklere sahip anhidrit alçıdır [16].

2.3.5.3 Kaplama Alçısı

Parlak yüzeyli bir alçı türüdür [16].

2.3.6 Dış Sıva Alçısı

Yapının dış yüzeyinde kullanılacak olan sıva veya kaplama alçısıdır. Kısmen yada tamamen dehidrate olmuş alçı taşı veya aktive edilmiş doğal anhidritten oluşmuştur. Çeşitli katkıları ile inert dolgular (kum, alçı taşı) ve kireç, silis, su iticiler ile su azaltıcılar katılmış olarak bulunur [16].

2.3.7 Sıva Altı (Altlık) Alçıları

Agregalı ve agregasız, kireç katılmış, türüne göre hafif agrega ile karıştırılarak hazırlanmış bir yarı hidrat alçıdır [16].

2.3.8 Son Kat Bitirme Alçısı

Çok ince öğütülmüş kısmen ve tamamen dehidrate olmuş alçıdan üretilen alçıdır. Priz ve çalışma süresini kontrol etmek için çeşitli katkıları içerir [16].

2.3.9 Püskürtme Sıva Alçısı

Sıva makinesi ile kullanılabilecek şekilde çeşitli katkıları ile prizlenme süresi kontrol altına alınmış, su gereksinimi azaltılmış ve akışkanlığı artırılmış bir yapı alçısıdır. Yüzey Düzgünlüğü sağlamak amacı ile bentonit, çok ince öğütülmüş kireç taşı ve dolomit içerir [16].

2.3.10 Yapıştırıcı Alçı

Alçılı yapıştırıcılar olarak da tanımlanabilir. Bileşimine su azaltıcı katılmış, işleme ve priz başlama süresi kontrol altına alınmış, yapışma özelliği artırılmış bir yarıhidrat alçı karışımıdır [16].

2.3.11 Döşeme Alçısı

Yüksek sıcaklıkta ayrıştırılmış alçı taşı anhidrit II'nin, sentetik anhidritin veya doğal anhidritin çok ince öğütülmesi ile üretilmiş bir alçı türüdür. Kum gibi agrega ve akışkanlık artırıcı maddeler ile yüzey özellikleri artırılmıştır [16].

2.3.12 Derz Alçısı

Tuğla duvar örgüsünde yatay veya düşey derzlere uygulanan kaba öğütülmüş bir yapı alçısıdır [16].

2.3.13 Döküm Alçıları

Bazen kalıp alçısı da denilen, yabancı literatürde Paris sıvası veya Paris alçısı denilen bir yarı hidrat alçısıdır. Dişçilikte kullanılan alçılar hariç tutulursa bir α ve β yarı hidrat karışımıdır [16].

2.3.13.1 Kartonpiyer Alçısı

Hayvansal yapıştırıcı katılmış α ve β yarı hidrat karışımıdır. Kartonpiyer yapımında bitkisel lif katılarak kullanmaya uygundur [16].

2.3.13.2 Staff Alçısı

Bitkisel ve/veya mineral elyaf katılmış α ve/veya β yarı hidrat karışımıdır [16].

2.3.13.3 Seramik Alçısı

α ve/veya β yarı hidrat karışımıdır. Dökülen seramik malzemesinin süzülmesini sağlayacak özel katkıları bulunabilir [16].

2.3.13.4 Dişçi Alçısı

Yüksek buhar basınçlarında pişirilmiş ve donma süresi ile yüzey sertliği özel katkılarıyla kullanıma uygun hale getirilmiş bir α -yarı hidrat alçısıdır. Yoğunluğu fazladır ve çok az suyla karıştırılabilir [16].

2.3.13.5 Cerrah Alçısı

Bir α ve β yarı hidrat alçısıdır [16].

2.3.13.6 Döküm Alçısı

α ve/veya β yarı hidrat karışımıdır [16].

2.3.14 Hafif Agregalı Hazır Sıva Alçıları

Öngörülen kullanıma uygun olarak çeşitli katkıları ve/veya hafif agregalar veya dolgu maddeleri katılmış, harç biçiminde kullanılan yarı hidrat alçısı veya yapı alçılarıdır [16].

2.3.14.1 İç Kaplamalar İçin Hazır Alçı Harcı

Su itici, ıslak karışımında akışkanlık sağlayıcı maddeler katılmış, kum gibi dolgu maddeleri de içeren yarı hidrat alçısı veya yapı alçısı harcıdır [16].

2.3.14.2 Özel Kullanımlar için Hazır Alçı Harcı

Yangından koruma, ses düzenlenmesi, ses kesici veya ısı yalıtımı gibi amaçlar için hazırlanmış, lifli veya lifsiz hafif agregalı, normal veya püskürtmeye uygun yarı hidrat alçısı veya yapı alçısıdır [16].

2.4 Alçıdan Üretilen Bazı Ürünler ve Alçının Başlıca Kullanım Alanları

- Ham jips beyaz boya ve kağıt dolgu malzemesi olarak kullanılır.
- Kömür işletmelerinde kömür tozunda kül oranını arttırmak için kullanılır.
- Bira sanayiinde mayalandırma için kullanılır.
- Sıcak ve soğuk yalıtım malzemesi olarak kullanılır.
- Binalarda ses izolatörü olarak kullanıldığı gibi diğer ses yalıtımı gereken yerlerde de kullanılmaktadır.
- Binalarda rutubet düzenleyici olarak kullanılır.
- Mekansal akustik kriterlerinin elde edilmesinde kullanılır.
- Diş sektöründe kalıp malzemesi olarak kullanılır.
- Tıp sektöründe kullanılır.
- Kuyumculuk sektöründe kalıp malzemesi olarak kullanılır.
- İç ve dış mimaride estetik ürünlerin üretiminde kullanılır.
- Cam sanayiinde kullanılır.
- Yapay kükürt yapımında kullanılır.
- Tutkal yapımında kullanılır.
- Hayvan yemi üretiminde kullanılmaktadır.
- Böcek ilacı yapımında kullanılır.
- Plastik üretiminde kullanılır.
- Tarımda doğal gübre yapımında kullanılır.
- Gıda sanayiinde kullanılır.
- Mekânda estetik çözümler için alçı duvar sistemlerinde kullanılmaktadır [16].

2.5 Türkiye ve Dünyada Alçı Üretimi

Dünyada ki günümüzde alçı üretim miktarı 130 milyon tonu geçmiştir.

Çizelge 2.3 2005 ve 2009 yılları arasında çeşitli ülkelerde alçı üretimi [8].

Ülke	2005	2006	2007	2008	2009
Kanada	9.40	9.50	9.50	9.70	9.90
Çin	7.30	7.50	7.70	7.80	7.90
Mısır	2.00	2.00	2.00	2.20	2.20
Fransa	4.90	4.80	4.80	5.00	5.00
Almanya	1.60	1.65	1.70	1.80	1.80
Yunanistan	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
İran	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
İtalya	1.20	1.20	1.20	1.40	1.40
Japonya	5.90	5.90	6.00	6.00	6.10
Meksika	6.30	7.00	7.40	7.50	7.70
Rusya	2.20	2.20	2.40	2.50	2.60
İspanya	13.20	13.20	13.20	13.40	13.50
Suriye	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Tayland	6.92	8.35	8.40	8.50	8.50
İngiltere	2.90	2.90	2.90	3.10	3.10
A.B.D.	1.75	21.10	22.00	22.00	22.20
Diğer Ülkeler	21.33	21.40	21.30	20.80	21.80

Çizelge 2.4 Türkiye’de Açı Üretimi [8].

	2005	2006	2007	2008	2009
Yurt içi alçı tüketimi	1,350	1.800	1.900	1.470	1.800
İhracat	400	500	600	830	450
Toplam	1.750	2.300	2.500	2.300	2.250

Çizelgelerden de görüleceği üzere alçı sektörü her geçen gün gelişmektedir. Türkiye’nin de üretimi hesaba katılacak olursa dünyada toplam 130 milyon ton alçı üretimi gerçekleşmektedir. Sektördeki bu gelişme ve ilerlemeye bağlı olarak da sadece Türkiye de 110000 kişiye istihdam olanağı sağladığı bilinmektedir.

2.6 Türkiye’de Bulunan Başlıca Alçı Yatakları

- Çankırı
- Ankara – Gölbaşı
- Karabük – Ovacık
- Beypazarı Havzası
- Tuz Gölü Havzası
- Sivas Tersiyer
- Kars Kağızman
- Trakya Havzası
- Adana Havzası
- Karacaören – Muş – Hınız Havzası

Başlıca Türkiye’nin alçı yataklarıdır [16].

ALÇININ TRANSFORMASYONU VE ETKİ EDEN UNSURLAR

Alçının transformasyonu genellikle yapı içindeki yarı hidratların oranlarıyla ilişkili olarak yapının basınç dayanımı, sertliği ve prizlenme genleşmesi gibi olgulara etkiye bulunmaktadır.

3.1 Alçının Transformasyonu

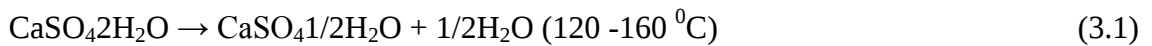
Alçının yapısında bulunan suyun belirli sıcaklıklarda uzaklaştırılması ile yarı hidrat haline dönüşür.

Yarı hidratın α yarı hidrat ve β yarı hidrat olarak iki formu vardır. Alçının yapısındaki α/β oranına bağlı olarak alçının kalıp mukavemeti ve su emme özellikleri değişir.

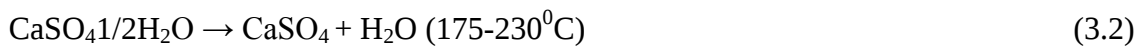
Sıcaklıklara bağlı olarak alçıda yarı hidrat ve farklı formlarda anhidrit oluşmaktadır. Bu yapısal değişiklikler alçının mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir [10].

3.1.1 Sıcaklığın Alçının Transformasyonuna Etkisi

Alçının yapısındaki suyun belli basınçlarda belirli sıcaklıklar ile uzaklaştırılmasıyla farklı yapıda, farklı mekanik ve fiziksel özelliklere sahip alçı türleri elde edilmektedir. Bunların oluşumundan kimyasal tepkimeleri ile kısaca bahsedilecek olursa;



(Yarı hidrat)



(Hekzagonal Anhidrit (Anhidrit III))



(Rombohedral Anhidrit (Anhidrit II))



3.1.2 Basıncın Alçının Transformasyonuna Etkisi

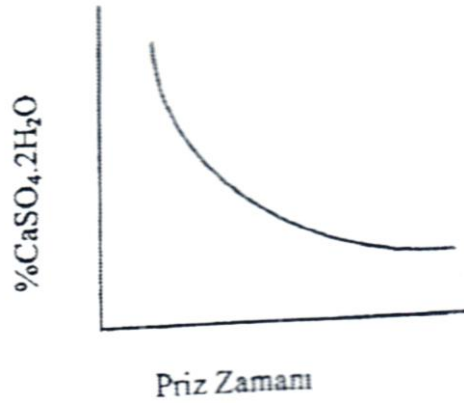
Özellikle alçının transformasyonun da kullanılan otoklavlar yardımıyla basıncın ve sıcaklığın yardımıyla alçı taşından istenilen oranda istenilen yapı elde edilir.

Çizelge 3.1 $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ sıcaklık-basınç-zaman ilişkisi [17].

Giren Bileşim	SICAKLIK, C	BASINÇ, kb	ZAMAN, sa	Ürün
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	90	4	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100	4	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 + 1/2\text{H}_2\text{O}$	110	4	4	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	90	5	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	100	5	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	120	5	6	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 + 1/2\text{H}_2\text{O}$	130	5	3	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	110	10	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	120	10	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	160	10	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	160	10	6	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	170	10	3	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	120	15	2.5	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	130	15	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	130	15	5.5	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	140	15	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	160	15	5	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	190	15	5	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	190	15	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	200	15	3	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	210	15	2	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	140	20	2.5	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	150	20	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	200	20	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	220	20	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	220	20	6	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	230	20	2	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	250	20	3	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	140	25	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	140	25	4	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	150	25	3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	160	25	2.5	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	220	25	4	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	230	25	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	250	25	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	260	25	2	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	160	30	1.5	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	160	30	4	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	170	30	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	200	30	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	260	30	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	260	30	6	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ grew
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	270	30	3	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	290	30	2	CaSO_4
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	320	30	3	CaSO_4

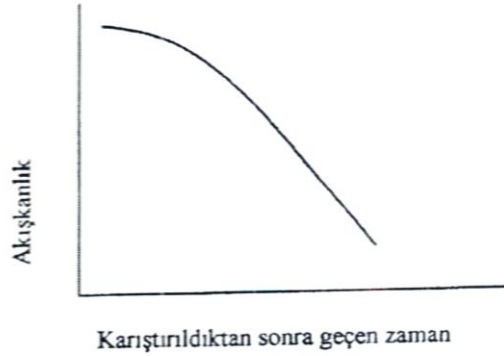
3.2 Yarı Hidratın Etkisi

Yarı hidrat doğal olarak yüksek saflıktaki alçı taşının kalsinasyonu sonucu oluşur. Başlangıçtaki alçı minerallerine bağlı olarak kalsinasyon sonucu farklı yarı hidratlar oluşabilir. Bunların sonucunda ise yarı hidrat miktarına bağlı olarak prizlenme zamanının kısaldığı bilinmektedir.



Şekil 3.1 Alçı miktarına bağlı olarak priz zamanının değişimi [14].

Bunun yanında priz zamanı kısaldıkça akışkanlık da azalmakta bunun önüne geçmek için fazla su kullanılması sonucunda ise mukavemeti düşmektedir.



Şekil 3.2 Karışımın karıştırılmasından sonra geçen zamanla akışkanlığın değişimi [14].

3.3 Suyun Etkisi

Alçı üzerinde suyun etkisi üç ana başlık altında incelenebilmektedir. Bunlar sırasıyla suyun saflığı, suyun sıcaklığı ve su/toz oranı olarak ele alınabilmektedir [6].

3.3.1 Suyun Saflığı

Suyun içinde bulunan safsızlıklar alçının verimini etkiledikleri için su mümkün olduğunca temiz ve saf olmalıdır. Suyun içindeki safsızlıklar donma zamanını, prizlenme süresini etkiledikleri için üretimde ve kullanımda çeşitli sıkıntılara sebep olabilmektedir [5].

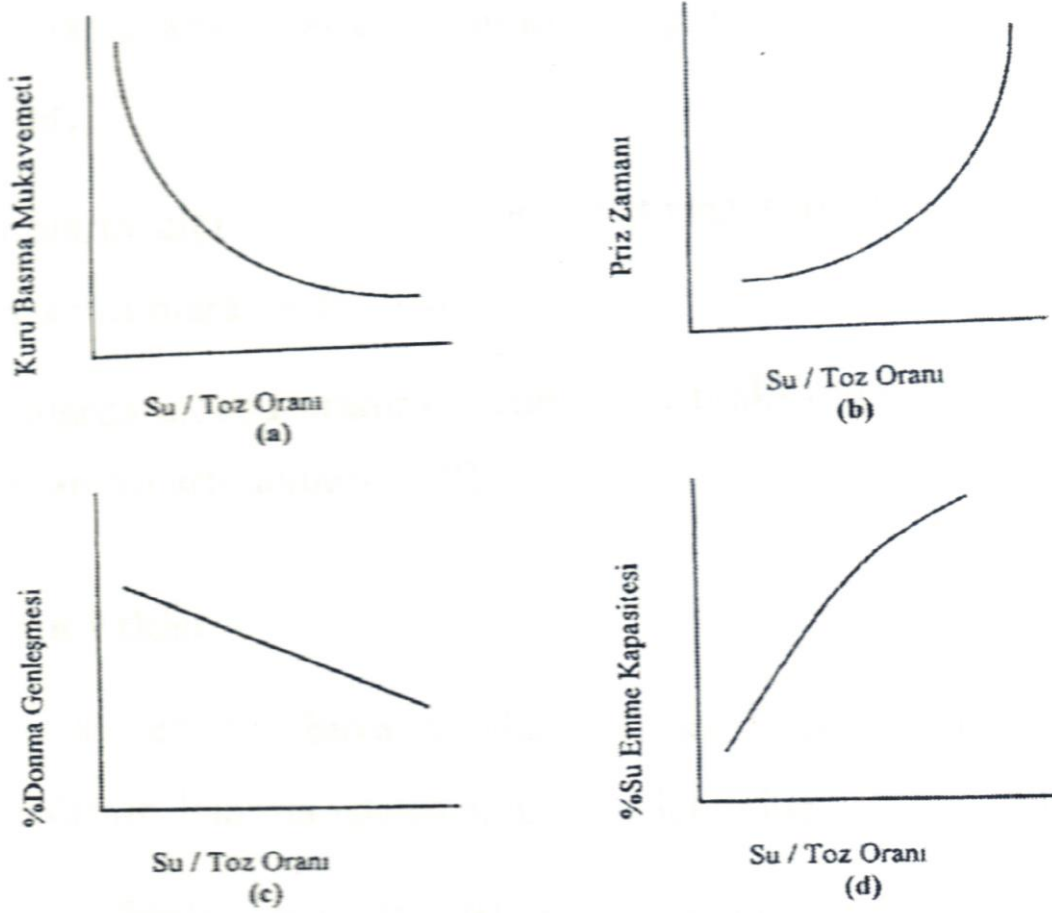
3.3.2 Suyun Sıcaklığı

Kullanılan suyun sıcaklığı alçının donma zamanını ve alçının genleşmesini de etkiler. Sıcaklık arttıkça net genleşme miktarı azalır. Donma zamanı düştükçe de basma mukavemeti artar [6].

3.3.3 Su/Toz Oranı

Su/alçı oranındaki farklılıklar mukavemeti, absorpsiyonu, uygulama sırasındaki görülen genleşmeyi ve üretimi etkileyebilir [5].

- Kullanılacak yerdeki mukavemet kullanılan su miktarı ile ters orantılıdır.
- Priz başlangıcı ve bitimi için gerekli zaman su miktarı ile ters orantılıdır.
- Donma genleşmesi kullanılan su miktarı ile ters orantılıdır.
- Su emme kapasitesi ve hızı kullanılan su miktarı ile doğru orantılıdır [14].



Şekil 3.3 Su/toz oranına bağlı olarak sırasıyla kuru basma mukavemeti, priz zamanı, %donma genleşmesi ve % su emme kapasitesinin değişimi [14].

Alçı/ su oranındaki artma yayılma çapını azaltırken dayanım artmaktadır. Bunun yanında su absorpsiyonu da azalırken kuru dayanım artar [5].

3.4 Islatmanın Etkisi

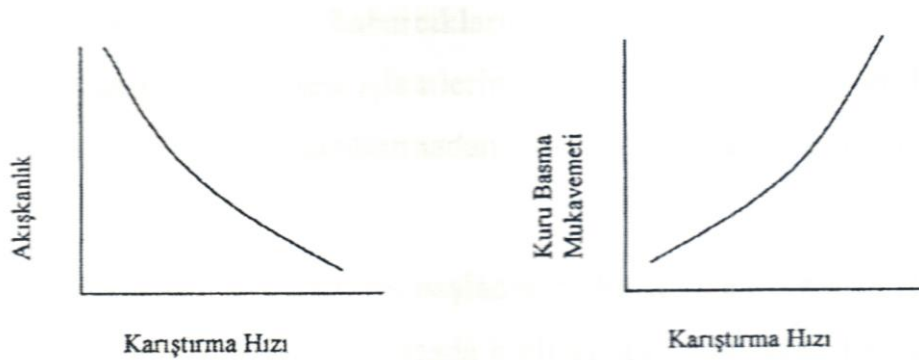
Yarı hidrat partiküllerinin etrafındaki hava tabakası ıslatma boyunca uzaklaştırılır. Islatma işleminin süresi arttıkça donma süresi hızlanır ve çözeltinin de çabuk sertleşmesine yol açar. Islatmanın en uygun sürede bitirilmesi gerekmektedir [5].

3.5 Karıştırmanın etkisi

Uygun karıştırma sonucunda su içindeki yarı hidrat partikülleri uygun olarak ıslatılır ve üretilcek ürün mukavemeti karıştırma işlemi tarafından belirlenir [5].

3.5.1 Karıştırma Hızı

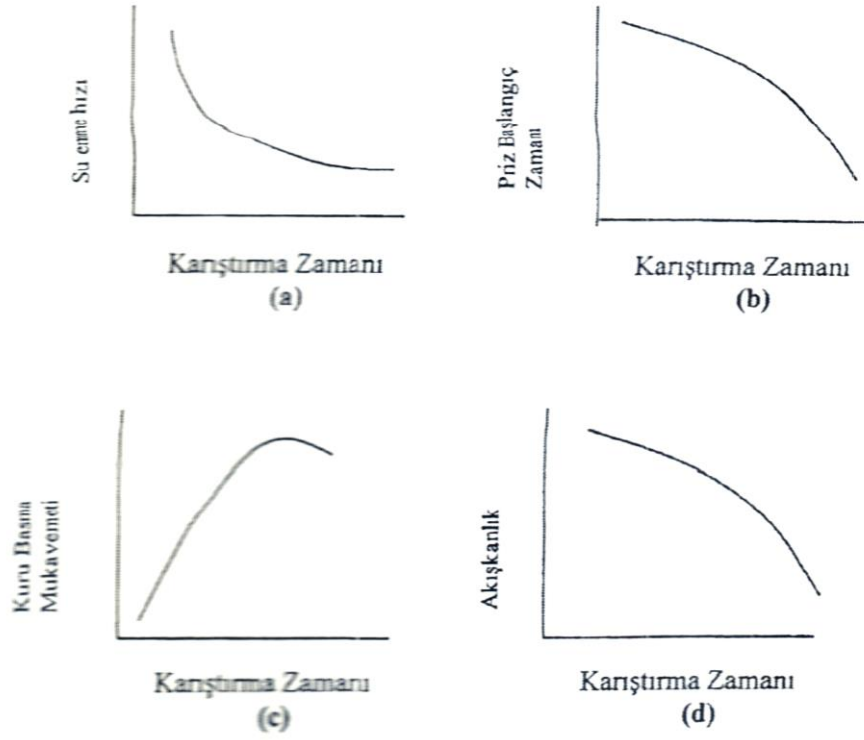
Karıştırma hızı karıştırma şekli ve karışım miktarına göre en uygun karıştırma hızı belirlenir. Karıştırma hızı çok hızlı olduğunda reaksiyon hızı artar ve prizlenme zamanı kısalır. İstenilen döküm karışımı oluşmaz ve yapı içinde düzensizlikler oluşur. Bunların aksine mukavemet artar. Bunun yanında karıştırma hızı yavaş seçilirse yapı içindeki hava uzaklaştırılamadığından yapı içinde hava kabarcıkları oluşur [5].



Şekil 3.4 Karıştırma hızına bağlı olarak akışkanlık ve mukavemetteki değişim [14].

3.5.2 Karıştırma Zamanı

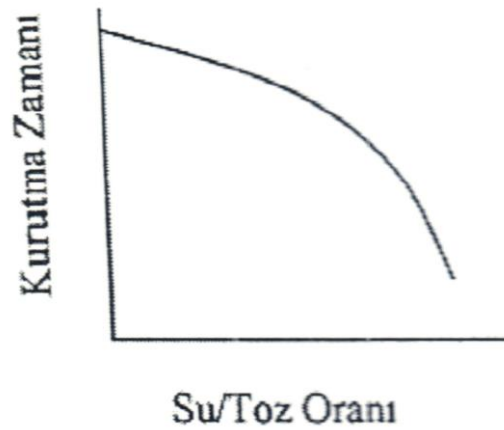
Karıştırma zamanı aynı karıştırma hızının artmasının sonuçları gibi arttırıldığında priz başlangıç zamanı kısalır, yayılma çapı düşer ve mukavemet artar [5].



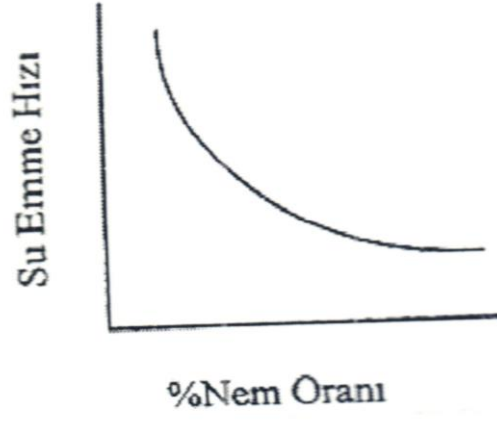
şekil 3.5 Kariştırma zamanına bağlı olarak sırasıyla su emme hızı, priz başlangıç zamanı, kuru basma mukavemeti ve akışkanlığın değişimi [14].

3.6 Kurutma Etkisi

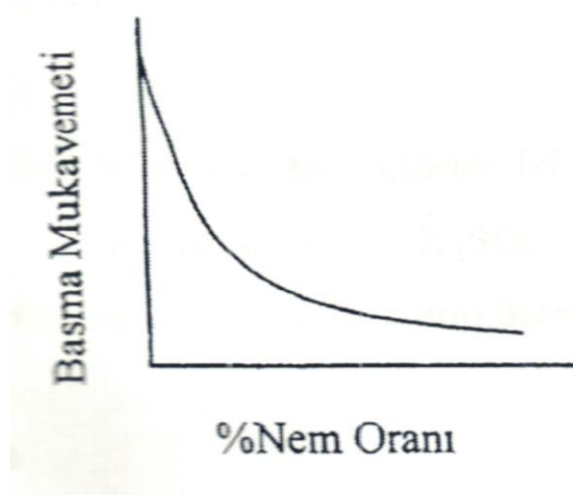
Özellikle çalışmalarda kullanılacak olan sertlik ve basma numunelerinin dökümlerinden sonra yapı içindeki suyun uzaklaştırılması için kullanılır. Yapı içindeki su ve nem oranı arttığında kurutma zamanının da o şekilde artması gerekmektedir [5].



şekil 3.6 Su/toz oranına bağlı olarak kurutma zamanının değişimi [14].



Şekil 3.7 Nem oranına bağlı olarak su emme hızının değişimi [14].



Şekil 3.8 Nem miktarına bağlı olarak mukavemet değişimi [14].

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar sırasıyla otoklav, öğütme, XRD analizi, akışkanlık deneyi, prizlenme genleşmesi, sertlik deneyi ve basma deneyi olarak yapılmıştır.

4.1 Akışkanlık Deneyi

Akışkanlık deneyini numune aldığımız yerde numunenin istediğimiz şekilde ön hazırlıklarının yapılıp yapılmadığını anlamak için kullanılmıştır. Bu deney halka çapı testi ile yapılmıştır. Bunun için alacağımız numuneye gerekli kontrol ilaveleri eklenmiş ve bunlar hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra bu karışım uygun karıştırma ortamında belirli süre karıştırılmıştır. Toz numuneden 500g hassas terazi ile tartılır. Daha sonra 264ml su aynı şekilde ayarlanır. Bunlar düzgün şekilde birbirine eklenir ve 2 dk 230 dvr/dk da karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi bittiğinde 65x75x40 ölçülerinde hazırlanmış prinç kalıp içerisine bu karışım dökülmüştür. Tozun suyla temas ettiği ilk andan itibaren 5.dk sonunda halka hızlıca yukarı çekilmiştir. Halkayı dolduran karışım düzgün yüzeye yayılır ve oluşan halkanın çapı ölçülmüştür. Standartlara göre belirlenen halka çapı 180 – 230 mm arasındadır. Yapılan deneyde halka çapı 215mm olarak ölçülmüştür. Bu şekildeki halkadan kesme yardımıyla numunenin sertleşmeye başladığı zaman belirlenebilmektedir.

4.2 Prizlenme Genleşmesi

Prizlenme genleşmesi hazırlanan karışım döküldükten sonra 1 – 2 sa sonraki boylarındaki değişimin yardımıyla bulunmaktadır. Kayık şeklindeki tek tarafı hareketli olan kalıp içerisine dökülen karışım ucundaki komperatör yardımıyla belirlenen süredeki boyut değişimi hesaplanmıştır.

4.3 Otoklav Dönüşümleri

Deneyisel çalışmalara başlamadan önce numune hazırla işlemi olarak hazırlanan alçı hava geçirmeyecek şekilde paslanmaz çelikten yapılan otoklav içerisine hazırlanan özel numune sehпасına koyulmuştur. Burada amaç numunenin dönüşüm sırasında uzaklaşan suya temasını engellemektir. Daha sonra otoklavın kapağı sıvı conta sürüldükten sonra sıkıca kapatılmış ve etüv içerisine koyulmuştur. Burada 180⁰C de sırasıyla 2 sa, 4sa, 6sa, 8sa, 10sa, 12sa, 14sa numuneler hazırlanır. Hazırlanan bu numuneler hava ile temas etmeyecek şekilde saklanmış ve diğer deney aşamalarına geçilmeden önce dönüşüm olup olmadığı XRD cihazında incelenmiştir. Bu işlemin otoklavda yapılmasının nedenlerinde biride alçının direk olarak ısı ile karşılaşmasını engellemektir.



Şekil 4.1 Otoklav

4.4 Öğütme

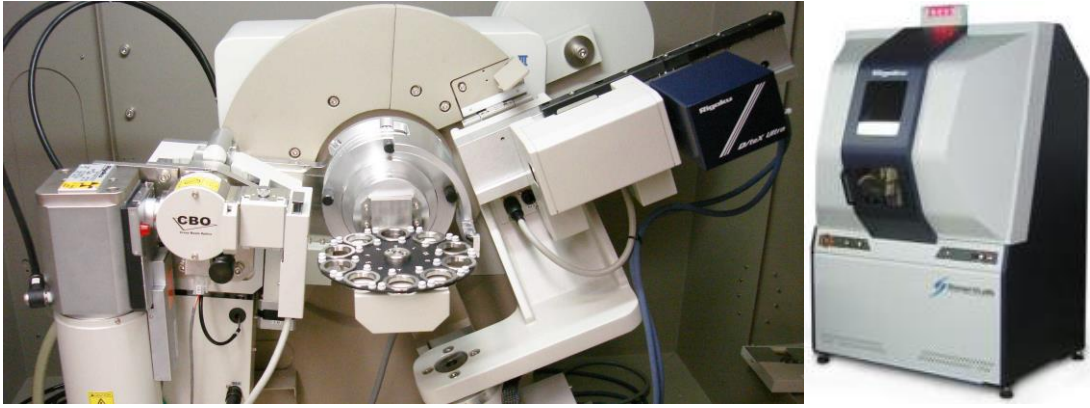
Otoklavda hazırlanan numunelerin her biri sırasıyla halkalı öğütme makinesinde boyutları 60µm olacak şekilde ayarlanmıştır.



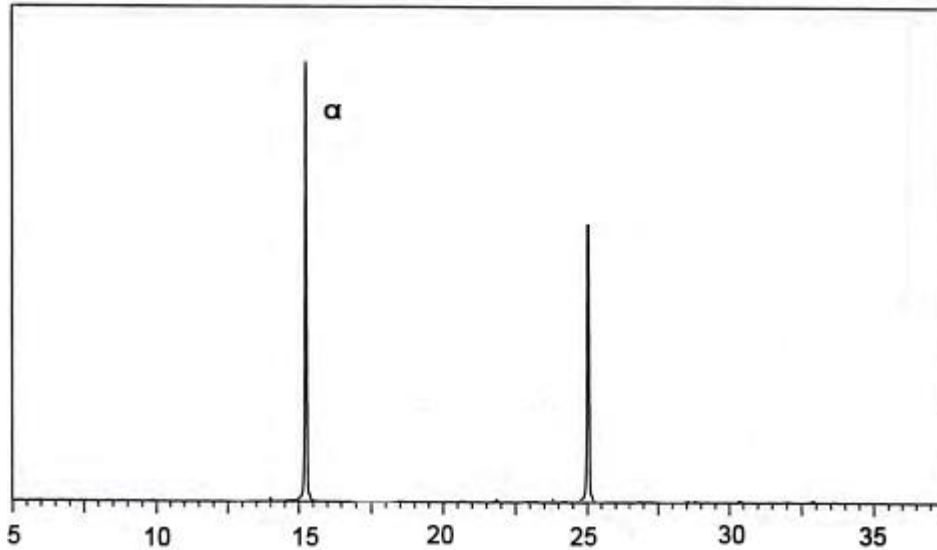
Şekil 4.2 Öğütücü ve öğütme halkaları

4.5 XRD Analizleri

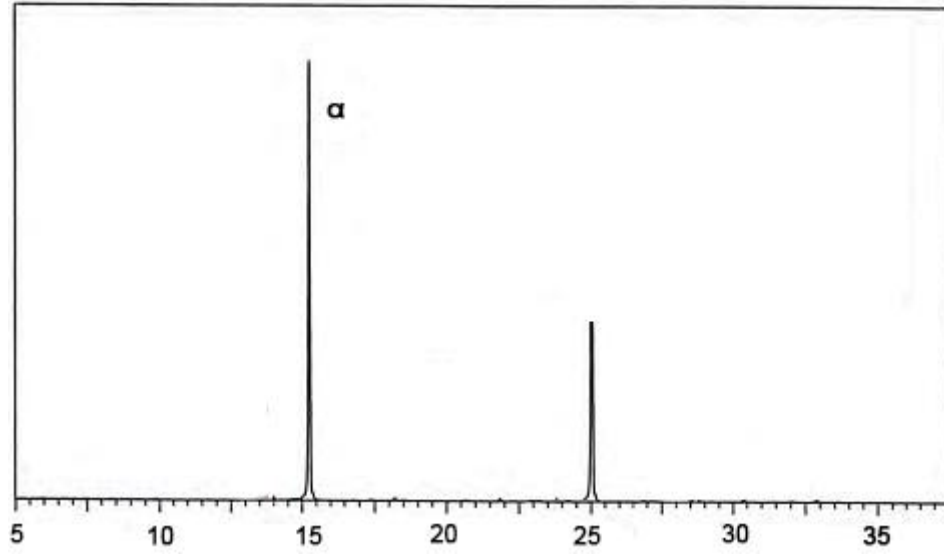
Hazırlanan, öğütülen ve ayrı ayrı hava geçirmeyen numune poşetlerinde muhafaza edilen alçılar, sırasıyla gerekli dönüşümleri yapıp yapmadıklarının anlaşılması için XRD makinesine yerleştirilmiştir. Bunun için XRD makinesine alınacak tozun toz tutma aparatına yerleştirilmiş daha sonra, XRD makinesinde piklerin görüleceği açı aralıkları belirlenmiştir. Bu bilinmiyorsa genel olarak $3^0 - 90^0$ aralığında numune üzerine X ışınları göndererek piklerin oluşması beklenir. Oluşan piklerin daha sonra bilgisayardaki yazılım yardımıyla hangi bileşimlere göre daha yakın referanslarda pik verdiğine bakılarak numunede dönüşüm olup olmadığı incelenir. Bizim yerleştirdiğimiz her numune için daha öncede belirtilen reaksiyonların gerçekleştiği gözlenmiştir.



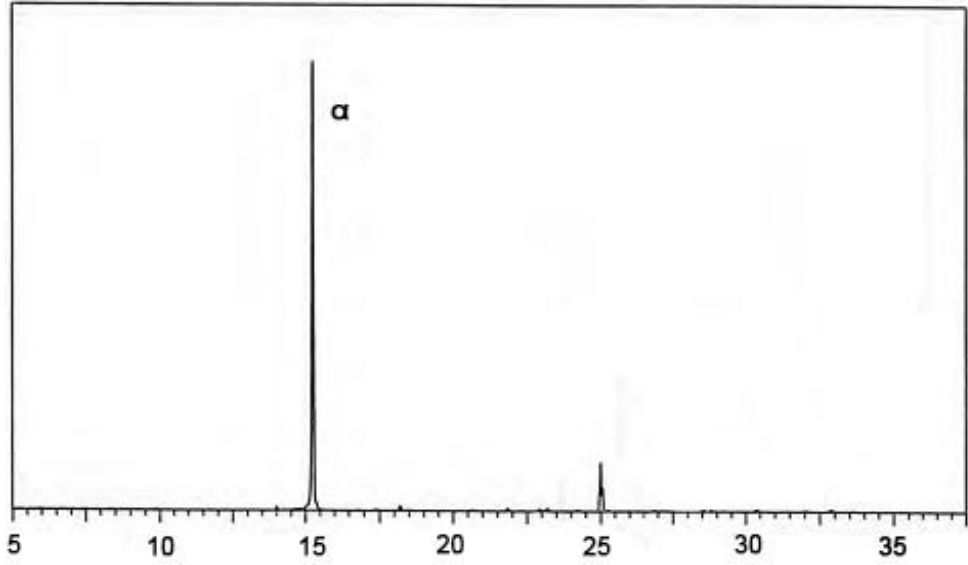
Şekil 4.3 XRD Numune analizi ve cihaz



Şekil 4.4 Otoklav içinde 2sa bekleyen numunenin XRD analizi.



Şekil 4.5 Otoklav içinde 6sa bekleyen numunenin XRD analizi.



Şekil 4.6 Otoklav içinde 8sa ve üzeri bekleyen numunelerin XRD analizi.

4.6 Basma Deneyi

Dönüşümleri gerçekleşen numuneler sırasıyla döküm yapmak için hazırlanır. Bunun için her numuneden sırasıyla 50g hassas terazide tartılmıştır. Bunun yanında her numuneye sırasıyla bir, iki, üç, dört, beş numaralı numunelere 0.03g sitrik asit, altı ve yedi numaralı numunelere 0.05g sitrik asit hassas terazi ile tartılarak ilave edilmiştir. Bunlara ek olarak sekiz numaralı numuneye %1.5 elektrolit ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan karışımlar içinde karıştırma bilyelerinin bulunduğu kaplara konulmuştur. Bu şekilde ağızları güzelce kapatılan kaplar karıştırma makinesinde 30dk boyunca

karıştırılması beklenmiştir. Daha sonra hazırlanan bu karışım bilyalarında güzelce temizlenmesi ile karıştırma kapına boşaltılır. Burada toz üzerine belirli oranlarda su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım tam olarak 3dk karıştırılmıştır. Döküme hazır kıvama gelen karışım basma numunesi kalıbına boşaltılmıştır. Kuruması beklendikten sonra kalıp içinden numuneler çıkartılmıştır. 24sa beklendikten sonra numunelerin basma deneyleri yapılmıştır. Dökülen numune boyutları 20x20mm ölçülmüştür.



Şekil 4.7 Dökümün yapıldığı kauçuk kalıp

Çizelge 4.1 Numunelerin basma dayanımı

Numune No	Bekleme Süresi (180 °C -saat)	Max. Basma Kuvveti (N)	Su/Toz Oranı
1	2	905	0.30
2	4	1330	0.30
3	6	1560	0.30
4	8	1700	0.30
5	10	1980	0.30
6	12	2260	0.30
7	14	2000	0.28
8	14	2390	0.28



Şekil 4.8 Basma Numuneleri

Yapılan deneyler sonucunda yedi numaralı numunede set time çok kısa olduğundan numune düzensizliğinden dolayı basma dayanımı düşük çıkmıştır. Bunun yanında sekiz numaralı numunenin içerisine katılan elektrolit 100g alçıya 28ml su katılmasına karşın set time uygun olduğu için sertlik ve basma dayanımı yüksek çıkmıştır.

4.7 Sertlik Deneyi

Buradaki numunede aynı basma deneyinde olduğu gibi hazırlandıktan sonra kalplara dökülür. Kalıplara dökülen bu numuneler daha sonra kuruması beklenir. Yaklaşık 2sa - 3sa kurutulan numunelerin her birinin sırasıyla shore sertlik cihazında sertliklerine bakılır. Bu şekilde hazırlanan numunelerde beklenen değerlere ulaşıp ulaşılmadığına bakılır. Burada numunelerin yüzeylerinin düzgün olması gerekir. Sertlik cihazının numune üzerine basan kısmı tam olarak numuneye oturması gerekir. Her numuneye katılan sitrik asit miktarı aynı olup yalnızca sekiz numaralı numunede sitrik asite ilaveten elektrolit kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 Numunelerin shore D sertlik dayanımı

Numune No	Bekleme Süresi (saat)	Geciktirici	Shore D
1	2	Sitrik asit	62
2	4	Sitrik asit	63
3	6	Sitrik asit	65
4	8	Sitrik asit	66
5	10	Sitrik asit	67
6	12	Sitrik asit	69
7	14	Sitrik asit	65
8	14	Elektrolit+Sitrik asit	74

Yapılan deneyler sonucunda yedi numaralı numunede set time çok kısa olduğundan numune düzensizliğinden dolayı sertliği düşük çıkmıştır.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan deneyler esnasında otoklav içinde daha uzun bekleyen numunelerin daha az suyla karışmasına karşın sertlik ve basma değerlerini daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun yanında otoklav içinde daha çok bekleyen numuneler daha az bekleyen numunelere göre set time'ları daha kısa olduğu için içerisinde katılan sitrik asit miktarları da buna bağlı olarak artmaktadır. Bunun yanında karışım içerisinde eklenen elektrolit yapının daha az suyla karışmasını sağlarken sertlik ve basma dayanımları aynı şartlarda hazırlanan numuneye göre daha yüksek olmaktadır. Tüm bunlara rağmen otoklavda bekleme süresi arttıkça numunelerin prizlenme süresi kısalmaktadır. Bu da numunelerin kullanım alanlarına göre eğer uzun süreli bir döküm yapılacaksa döküm esnasında numune sertleşmeye başlayacağı için hatalar oluşabilmektedir. Ancak istenen sertlik değerine uygun bekletilen numunenin uygun geciktiricilerin ilavesi ile bu süre ayarlanabilmektedir. Bunun için optimum değerlerin belirlenmesi gerekir.

KAYNAKLAR

-
- [1] Yaman, B., (2002). Demir Dışı Alaşımların Dereceli Hassas Dökümde Kullanılan Kalıp Malzemeleri, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 - [2] Powel, D.A., (1958). “Transformation of The α and β Forms of Calcium Sulphate Hemihydrate to Insoluble Anhydrite”, Nature, 132.
 - [3] Quiwu, Z., Eiki, K. ve Furnio, S., (1995). “Mechanochemical Changes In Gypsum When Dry Ground With Hydrated Minerals” Tohoku Üniversitesi, Kahaira.
 - [4] Jianquan, L., Guozhong, L. ve Yanzhen, Y., (2006). “ The Influences of Gypsum Water-Proofing Additive on Gypsum Crystal Growth”, Jinan Üniversitesi, Shandong.
 - [5] Ümlüer, Ö., (2001). “Alçı Kalıplar ve Alçı Kalıplarda Mikro Yapı Dizayını”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
 - [6] Ghazal, A., Vladimirov, G. ve Papangelakis, (2010). “ Mechanism and kinetics of gypsum–anhydrite transformation in aqueous electrolyte solutions” Toronto Üniversitesi, Toronto.
 - [7] Subaşı, R., (1999). “Alçı Kalıp Yapımında Kullanılan Yarı Hidratların Karakterizasyonu”, Anadolu Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
 - [8] Erol, G. ve Ayşe, G. (1980). Değişik Buhar Basınçları Altında Alçının Dezidratasyonu, İTÜ, İstanbul.
 - [9] Sebastian, S., Hesse, C., Goetz, F. ve Neubauer, J. (2008). “ Quantitative determination of anhydrite III from dehydrated gypsum by XRD”, Erlangen-Nuernberg Üniversitesi, Erlangen..
 - [10] Baohong, G., Hailu, F., Jie, Y., Guangming, J., Bao, K. ve Zhongbiao, W., (2010) “Direct Transformation of Calcium Sulfite to A-Calcium Sulfate Hemihydrate in Aconcentrated Ca–Mg–Mn Chloride Solution Under Atmospheric Pressure” Zhejiang Üniversitesi, Hangzhou.
 - [11] Ernst, S., Pierre, B., Philippe, D. ve Jean M., (2001). “ Microstructural modifications resulting from the dehydration of gypsum”, Bougogne Üniversitesi, Dijon.
 - [12] Badens, E., Llewellyn, P., Fulconis, J., Jourdan, C., Veessler, S., Boistelle, R. ve Rouquerol R., (1998). “ Study of Gypsum Dehydration by Controlled

Transformation Rate Thermal Analysis (CRTA)”, Provence Üniversitesi, Marsilya.

- [13] Leonard, S. (1950). “ The Stability of Gypsum and Anhydrite in The Geologic Enviroment”, Johns Hopkins Üniversitesi, Massachusetts.
- [14] Talay, Ş., (2012). Alçının Hidratasyonunda Morfolojiye Etki Eden Faktörler, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Borsoum, M. ve W., (1997). “Fundamentals of Ceramics”, Mcgrowhill Companies, Inc., 270, Singapore.
- [16] Erol, G. ve Ayşe, G. (1980). Alçı Taşı ve Alçı Taşından Üretilen Malzemeler, İTÜ, İstanbul.
- [17] Yamamoto, H. ve Kennedy, G. (1969). “Stability Relations in The System $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ at High Temperatures and Pressures”, California Üniversitesi, Los Angeles.
- [18] Işıtman, O. ve Işıkcı, C., (1985). “Alçı Kalıp Problemlerinin Çözümü Ve Maksimum Verimlilikte Kalıp Üretimi”, Seramik Teknoloji Kongresi, 15-19 Nisan 1985, 289-306, Ankara.
- [19] Singh, N.B. ve Middendorf B., (2007). “Calcium Sulphate Hemihydrate Hydration Leading to Gypsum Crystalization”, Progress in Crystal Growth and Characterization of .Materials, 53:57-77.
- [20] Yetgin, Ş., (1996). Temel Alçı Ürünleri İle Üretim Yöntemlerinin Yapı Mühendisliği Açısından Önemi, KTÜ, Gümüşhane.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Fazıl HÜSEM
Doğum Tarihi ve Yeri :15.05.1986 KARABÜK
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :fazilhusem@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Malzeme	Yıldız Teknik Üniversitesi	2014
Lisans	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	YDA	Mustafa Yazıcı Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011	Karabük Üniversitesi	Akademik Personel
2010	Duyar Vana	Araştırma Müh.
2008	Tool Organizasyon	Eleman

2005

Hüsemoğlu Teknik Tamir Hassas İmalat Eleman